

주요국 감축수단별 감축잠재량 산정 및 감축목표 달성 가능성 검토 방법 연구

2016. 9.

최종보고서

한국환경경제학회

제출문

온실가스종합정보센터 센터장 귀하

본 보고서를 “주요국 감축수단별 감축잠재량 산정 및 감축목표 달성 가능성 검토 방법 연구”의 최종보고서로 제출합니다.

2016. 9.

한국환경경제학회

회장 한택환

연구책임자: 김영덕 (부산대학교)

참여연구진: 심상열 (이컨설팅)

조경엽 (한국경제연구원)

김연준 (경성대학교)

<제목 차례>

<요약>	1
제1장 서론	59
제2장 주요국 1차, 2차 격년보고서 분석	8
제1절 미국	62
1. 2020 감축목표	62
2. 감축수단 개괄	67
제2절 영국	72
1. 2020 감축목표	72
2. 감축수단 개괄	78
제3절 독일	84
1. 2020 감축목표	84
2. 감축수단 개괄	87
제4절 일본	91
1. 2020 감축목표	91
2. 감축수단 개괄	96
제3장 부문별 핵심 감축수단 분석	9
제1절 개요	99
제2절. 에너지공급	99
1. [미국] CHP Technical Assistance Partnerships and Industrial Assesment Centers	99
2. [미국] Clean Power Plan(CPP)	120
3. [미국] Clean Energy Supply Programs: Green Power Partnership	135
제3절 건물(가정, 상업/공공)	144
1. [미국] Energy Star Labeled Products	144
2. [미국] Energy Star Commercial Building	155
3. [미국] Appliance, Equipment, and Lighting Energy Efficiency Standards	162
제4절 수송	174
1. [미국] National Program for Light-Duty Vehicle GHG Emissions and CAFE Standards	174
2. [미국] Renewable Fuel Standard	185
3. [일본] More Efficient Logistics/Modal Shifts etc.	207
제5절 폐기물	217
1. [미국] Landfill Methane Outreach Program	217
2. [미국] Sustainable Materials Management	222
3. [일본] Promotion of Waste Reduction and Recycling	228
제6절 농업	234
1. [미국] AgSTAR	234
2. [영국] Agriculture Sector Greenhouse Gas Action Plan (GHGAP)	240
3. [영국] Agricultural Action Plan	248
제7절 산업공정	250
1. [미국] SF6 Emission Reduction Partnership for Electric Power Systems	250

2. [미국] Significant New Alternatives Policy Program(SNAP)	255
3. [일본] Holistic Policies to Reduce the Emissions of Fluorinated Gases	262
제8절 산림	270
1. 미국 Woody Biomass Utilization Grants Program	270
2. 미국 Biological Carbon Sequestration Assessment	275
3. [일본] Forest Sink Strategies	283
제9절 부문간(Cross-Cutting) 수단	290
1. [영국] EU Emissions Trading System	290
2. [독일] Introduction of EU Emissions Trading Scheme	315
3. [일본] Establishment and Implementation of the Joint Crediting Mechanism	335
제4장 국가 격년갱신보고서(BUR) 개선을 위한 시사점	340

<표 차례>

<표 2-1> BR1 Current Measures 하의 부문별 베이스라인 온실가스 배출 추이와 전망	36
<표 2-2> BR2 Current Measures 하의 부문별 베이스라인 온실가스 배출 추이와 전망	56
<표 2-3> 미국의 감축수단 개괄	76
<표 2-4> 미국의 감축수단 개괄 (계속)	8 6
<표 2-5> 미국의 감축수단 개괄 (계속)	9 6
<표 2-6> 미국의 감축수단 개괄 (계속)	0 7
<표 2-7> 미국의 감축수단 개괄 (계속)	1 7
<표 2-8> BR1 Current Measures 하의 부문별 베이스라인 온실가스 배출 추이와 전망	47
<표 2-9> BR1 Current Measures 하의 부문별 베이스라인 온실가스 배출 추이와 전망	67
<표 2-10> 영국의 감축수단 개괄	87
<표 2-11> 영국의 감축수단 개괄 (계속)	9 7
<표 2-12> 영국의 감축수단 개괄 (계속)	0 8
<표 2-13> 영국의 감축수단 개괄 (계속)	1 8
<표 2-14> 영국의 감축수단 개괄 (계속)	2 8
<표 2-15> 영국의 감축수단 개괄 (계속)	3 8
<표 2-16> BR1 “With Measures” 하의 부문별 베이스라인 온실가스 배출 추이와 전망	48
<표 2-17> Climate Action Programme 2020의 주요 정책 수단과 기대효과	58
<표 2-18> BR2 “With Measures” 하의 부문별 베이스라인 온실가스 배출 추이와 전망	58
<표 2-19> 독일의 감축수단 개괄	78
<표 2-20> 독일의 감축수단 개괄 (계속)	8 8
<표 2-21> 독일의 감축수단 개괄 (계속)	9 8
<표 2-22> 독일의 감축수단 개괄 (계속)	0 9
<표 2-23> BR1 Current Measures 하의 부문별 베이스라인 온실가스 배출 추이와 전망	29
<표 2-24> BR2 Current Measures 하의 부문별 베이스라인 온실가스 배출 추이와 전망	49
<표 2-25> 일본의 감축수단 개괄	69
<표 2-26> 일본의 감축수단 개괄 (계속)	7 9
<표 2-27> 일본의 감축수단 개괄 (계속)	8 9
<표 3-1> CHP의 에너지 절약 및 CO ₂ 감축 잠재량	310

<표 3-2> 미국 내의 주요 CHP 발전 방식 시설과 용량	51
<표 3-3> CHP 주요 발전 방식의 장·단점	70
<표 3-4> CHP 주요 발전 방식의 주요 특징	90
<표 3-5> 연료별 CO ₂ 배출 계수	121
<표 3-6> eGRID2012 Grid Gross Loss (%)	311
<표 3-7> 전력생산 단위당 각 주별 감축 목표 (lbs/MWh)	221
<표 3-8> 탄소단위로 측정된 각 주별 감축 목표 (Short Tons)	321
<표 3-9> 2030년 각 지역의 감축 잠재량을 위한 블록별 전망치	621
<표 3-10> 각 Building Blocks을 반영한 전력 생산 및 배출물	92
<표 3-11> 주별 최종 감축 목표	112
<표 3-12> 녹색 에너지 최소 요구 사용량	92
<표 3-13> 미국의 승인제품 에너지스타 프로그램의 대상 상품군 (전기 기기 등)	741
<표 3-14> 미국의 승인제품 에너지스타 프로그램의 대상 상품군 (조명기기 등)	841
<표 3-15> 승인제품 에너지스타 프로그램의 주요 성과	941
<표 3-16> 승인제품 에너지스타 프로그램의 2020년 감축량 효과	651
<표 3-17> 상업용 건물 에너지스타 프로그램의 감축량 효과	151
<표 3-18> 상업용 건물 에너지스타 프로그램의 2020년 감축량 효과	651
<표 3-19> 상업용 건물 에너지스타 프로그램의 감축량 효과	751
<표 3-20> 에너지효율 프로그램의 소비절감효과 추정을 위한 주(州)별 자료 구분 체계	951
<표 3-21> 미국 연방정부의 기기 등 에너지효율기준 설정 실적 (가정용 및 배관용)	361
<표 3-22> 미국 연방정부의 기기 등 에너지효율기준 설정 실적 (상업용, 산업용 및 조명용)	461
<표 3-23> 기기 등 에너지효율기준 정책의 2020년 감축량 효과	551
<표 3-24> 기기 등 에너지효율기준 정책의 감축량 효과	661
<표 3-25> 기업평균연비 시나리오별 배출량 기준과 비용(예시)	571
<표 3-26> 배출과 연료 절감 효과	671
<표 3-27> 기준 시나리오 하에서의 CO ₂ 배출	771
<표 3-28> 통제 시나리오 하에서의 CO ₂ 배출	771
<표 3-29> 기대된 배출 수준	881
<표 3-30> 베이스라인 A/C 사용을 포함한 CO ₂ 배출	881
<표 3-31> 모델 연도에 의한 AC 통제 효과	991
<표 3-32> 부문별 프로그램 연도별 감축효과	991
<표 3-33> 총 자동차 대수와 비율 전망	1181
<표 3-34> 차령별 생존율과 누적 마일리지	1281
<표 3-35> BR1과 BR2에서의 실적과 전망 비교 (단위 천tCO ₂ eq)	381
<표 3-36> 시나리오별 재생연료 사용량	991
<표 3-37> FASOM 모형에서의 2020 연료량	1191
<표 3-38> 지역별, 곡물별 건조시 단위면적당 온실가스 배출계수	441
<표 3-39> 바이오연료 생산 증대에 따른 투입요소의 변화량	441
<표 3-40> 바이오 연료 감축시나리오별 벼농사 CH ₄ 감소 효과	691
<표 3-41> 바이오 연료 생산 증대에 따른 시나리오별 배출량 변화	691
<표 3-42> 미국 농업부문의 온실가스 배출량에 미치는 총량	691

<표 3-43> 미국 바이오연료 생산시나리오별 전 세계 N ₂ O 배출량 변화량	81
<표 3-44> 시나리오별 전세계 에너지사용에 따른 온실가스 배출량 변화	81
<표 3-45> 미국의 바이오연료 시나리오에 따른 전세계 농축산 온실가스 배출량 변화	91
<표 3-46> 바이오 경유 운송수단 비중과 수단별 운송거리	32
<표 3-47> 미국 환경처의 바이오 연료 연소시 온실가스별 배출계수	32
<표 3-48> BR1과 BR2에서의 감축효과와 목표의 비교	32
<표 3-49> 트럭수송 효율화의 감축효과	2
<표 3-50> 공동 수배송의 감축효과	2
<표 3-51> 해운 그린화 감축효과	2
<표 3-52> 철도화물 수송로의 모달시프트 감축효과	32
<표 3-53> 항만 최적 선택에 의한 화물 육상 운송거리 단축의 감축효과	62
<표 3-54> BR1과 BR2에서의 감축효과 비교	12
<표 3-55> WARM의 자원별, 처리방식별 온실가스 배출계수	62
<표 3-56> BR1과 BR2에서의 감축효과 비교	2
<표 3-57> 플라스틱제 용기포장 분리수집 및 재이용 감축효과	92
<표 3-58> 2010년도 폐기물 소각량 및 CO ₂ 배출량	12
<표 3-59> 플라스틱 소각에 따른 CO ₂ 감축량	2
<표 3-60> 폐기물 최종처분의 감축효과	2
<표 3-61> 지난 20년 간 AgSTAR 이력	3
<표 3-62> 산업계 추정 방법	3
<표 3-63> 가스·제품제조 분야의 비프레온·저GWP추진	42
<표 3-64> 업무용 냉동공조기기 사용시 프레온류 누설방지	42
<표 3-65> 업무용 냉동공조기기에서 폐기시 등 프레온류 회수 촉진	52
<표 3-66> 산업계의 자주적인 대처 방안 추진	52
<표 3-67> 탄화불소가스(Fluorinated gases)의 예상 배출량	6
<표 3-68> 지원 프로젝트 현황	2
<표 3-69> 평가에서 사용된 기간, 토지이용, 토지범위, 생태시스템 교란 및 토지 관리활동	72
<표 3-70> 평가에 고려된 감축 활동	2
<표 3-71> 필요 자료	8
<표 3-72> 필요 자료 (계속)	12
<표 3-73> 산림흡수원 대책의 흡수량	3
<표 3-74> 농림토양 흡수원 대책의 흡수량	2
<표 3-75> 도시녹화 추진 효과	8
<표 3-76> 단계별 EU ETS 주요 내용	2
<표 3-77> 주요 국가별 EU ETS 검증 배출량 (백만톤CO ₂)	492
<표 3-78> 주요 국가별 2기 규제총량 (백만톤CO ₂)	492
<표 3-79> 2기 국가별 유상할당량 (백만톤CO ₂ , 백만유로)	592
<표 3-80> EC의 back-loading 안 (백만톤CO ₂)	9
<표 3-81> 부문별 감축잠재량 추정	2
<표 3-82> EU ETS Directive - Annex I activities	29
<표 3-83> 석탄 및 석유 플랜트 효율성	13

<표 3-84> 가스 플랜트 효율성	B
<표 3-85> 가정과 전제 (2015 UEP)	3B
<표 3-86> 연료가격과 탄소가격 전망 전제 (2015 UEP)	303
<표 3-87> 2015년 환율 전망 전제	B
<표 3-88> 2007년과 Phase I의 EU ETS 영국 부문별 이행 결과 (MtCO ₂ eq)	503
<표 3-89> 2012년과 Phase II의 EU ETS 영국 부문별 성과 (MtCO ₂ eq)	503
<표 3-90> GLOCAF 지역과 부문	B
<표 3-91> BR1에서의 목표	B
<표 3-92> 제1기 탄소예산(Carbon Budget) 현황 (BR1)	2B
<표 3-93> BR2에서의 목표	B
<표 3-94> 제1기 탄소예산(Carbon Budget) 현황 (BR2)	3B
<표 3-95> 성장률 가정	B
<표 3-96> 기준안 연료가격과 탄소가격 가정	B
<표 3-97> 성장률 가정	B
<표 3-98> 기준안 연료가격과 탄소가격 가정	B
<표 3-99> 인구 및 경제 전망 2005-2030	6B
<표 3-100> 배출 전망 WMS 시나리오, 2000-2030 (MtCO ₂ eq)	613
<표 3-101> 배출 전망 WAMS 시나리오, 2000-2030 (MtCO ₂ eq)	713
<표 3-102> 교정계수	B
<표 3-103> 할당 배분에서의 탄소누출 위험 계수	B
<표 3-104> 산업 시설에 대한 CSCF	B
<표 3-105> 독일의 제1기 EU ETS 대상 시설 개황	1B
<표 3-106> 제1기 할당규칙 적용에 관한 시설 현황	2B
<표 3-107> VET Entries, VET, 시설 수 및 연간 배출량	2B
<표 3-108> 조정된 할당비율	B
<표 3-109> 누적 할당 잉여 (단위 M EUA)	72B
<표 3-110> 제2기와 제3기의 탄소(EUA)가격 (단위: Euro/EUA)	72B
<표 3-111> ETS 도입의 감축효과: BR1 vs. BR2	B
<표 3-112> 독일 BR1에서의 주요 가정	B
<표 3-113> 독일 BR2에서의 주요 가정	B
<표 3-114> Climate Action Programme 2020의 주요 정책 수단과 기대효과	B
<그림 차례>	
[그림 3-1] 에너지효율 - CHP Vs SHP(Separate Heat and Power)	104
[그림 3-2] CO ₂ 배출 - CHP Vs SHP(Separate Heat and Power) Production	104
[그림 3-3] 주별 이행 계획 차트	2
[그림 3-4] 상호 연결 지역 GRID	B
[그림 3-5] 에너지 분류	B
[그림 3-6] 산업별 그린에너지 소비량 (단위: kWh)	71
[그림 3-7] 주별 녹색 에너지 공급자	B
[그림 3-8] 녹색 에너지 파트너십의 산업별 가입 점유	4

[그림 3-9] 녹색 에너지 파트너들이 사용하는 전력량	4
[그림 3-10] 전력사용 규모별 녹색에너지 사용량	11
[그림 3-11] GPP 파트너들이 녹색 에너지를 사용하는 이유(복수 응답)	141
[그림 3-12] 바이오연료에 따른 배출량 변화 산정모형과 자료틀	78
[그림 3-13] 곡물별 국내 농지 변화	9
[그림 3-14] 곡물별로 표시된 2022년 기준 질소비료 시비량 평균과 범위	31
[그림 3-15] 곡물별 N ₂ O 배출량(단위면적당 배출량)	51
[그림 3-16] 토지용도 변화에 따른 시나리오별 온실가스 배출량 변화	102
[그림 3-17] 바이오 연료생산 증대에 따른 토지용도 전환의 온실가스 배출량	102
[그림 3-18] 바이오가스 회수 시스템	3
[그림 3-19] Ben & Jerry's Ice Cream Cabinets	258
[그림 3-20] 코카콜라 자판기	8
[그림 3-21] 탄소, 질소 및 주요 탄소품의 흐름	7
[그림 3-22] 개별 IPCC SRES 시나리오에 대한 평가 체계	9
[그림 3-23] 시나리오 운영을 위한 주요 방법론 간의 관계	9
[그림 3-24] 일본 배출저감 목표(교토의정서 제1차 공약기간)	482
[그림 3-25] EU 배출권 거래량	9
[그림 3-26] 제1기 EU ETS 가격과 거래량	9
[그림 3-27] 제1기 할당방식 접근	9
[그림 3-28] 일반적인 할당방식	9
[그림 3-29] 제안된 규제총량, 실제 규제총량 및 2005년 배출	28
[그림 3-30] 제1기 기준 검증 배출량, 총 EU ETS 배출량, 전망과 규제총량(2008)	603
[그림 3-31] 저감비용 곡선	8
[그림 3-32] 2020년 영국의 한계저감비용 곡선	8
[그림 3-33] 2000-04 평균과 2007년 VET 간의 배출량 변화	323
[그림 3-34] 할당방식 기준에 따른 2000-04 평균과 2007년 VET 간의 배출량 변화	323
[그림 3-35] Grandfathering 할당방식에서의 할당량(AV)과 검증배출량(VET) 비교	423
[그림 3-36] 벤치마크 할당방식에서의 할당량(AV)과 검증배출량(VET) 비교	423
[그림 3-37] 전망생산(forecast production) 할당방식에서의 할당량(AV)과 검증배출량(VET) 비교	523
[그림 3-38] 신규진입에서의 할당량(AV)과 검증배출량(VET)	523
[그림 3-39] 배출권거래제 관리체계	9
[그림 3-40] Monitoring과 Reporting에서의 역할 분담	331
[그림 3-41] JCM 일본기금 (JFJCM)	633
[그림 3-42] JCM을 이용한 REDD+보조사업 개요	73
[그림 3-43] JCM 체계도	3

<요약>

제1장 서론

- 연구목적
 - 본 연구는 미국, 영국, 독일 및 일본의 2020년 국가감축목표 달성을 위해 추진 중인 주요 정책의 감축 효과에 대한 정량적, 정성적 분석 방법과 결과를 비교 분석하는 것을 목적으로 함.
 - 우리나라도 격년보고서(Biennial Update Report, BUR)를 제출해야 하는 상황이며 선진국들의 온실가스 감축정책 효과의 정량적·정성적 분석 방법과 내용 등에 대한 분석을 통해 국내추진 주요 온실가스 감축 정책에 대한 정량적 또는 정성적 분석 결과 도출의 참고자료로 활용 가능함.
- 연구범위
 - 주요 4개국(미국, 영국, 독일, 일본)이 UNFCCC에 제출한 제1차 및 제2차 격년보고서(Biennial Report, BR)를 연구의 분석 대상으로 함.¹⁾
 - 핵심감축수단의 감축효과 분석 상세 내용(8대 부문별로 3개씩 선정 분석)
 - 핵심감축수단에서의 감축잠재량 방법과 산정내용 분석
- 과업 방향
 - 주요 4개국의 BR을 중심으로 부문별 감축수단 현황, 이행 점검 및 지표관리방안을 분석하여 우리나라 BUR 작성시 지표관리와 이행평가를 위한 시사점 도출
- 분석내용
 - 부문별 감축수단 현황을 분류·정리하고, 핵심감축수단을 선정하여 집중적으로 분석
- 부문별 핵심감축수단 선정
 - 부문별 핵심수단의 선정은 우선적으로 주요 4개국의 BR에서 제시한 총 218개의 감축수단을 대상으로 함.
 - 핵심수단의 선정을 위해서 4개국의 모든 감축수단을 검토하는 작업을 시행
 - 이를 바탕으로 83개의 감축수단을 1차적으로 선정, 선정 기준은 정량적 감축잠재량의 존재 여부, 감축량의 정량화가 없다하더라도 우리나라 감축수단의 중요한 참고자료가 될 경우 선정

1) 이후부터 제1차 격년보고서를 BR1으로 제2차 격년보고서를 BR2로 표기함.

- 이를 바탕으로 온실가스종합정보센터의 부문별 담당자의 의견을 통해 분석이 필요한 감축수단의 우선순위 목록을 제시
- 자료의 구득가능성 및 분석의 필요성 등에 대한 논의를 거쳐 센터에 핵심감축수단 목록을 제시
- 센터와의 커뮤니케이션을 통해 8대 부문별 각 3개의 핵심감축수단을 선정하고 이에 대한 보다 면밀한 내용을 분석하고 정리함.
- 선정된 부문별 각 3개의 핵심감축수단은 아래와 같음.

가. 에너지 공급

- [미국] Combined Heat & Power Technical Assistance Partnerships and Industrial Assessment Center
- [미국] Clean Power Plan
- [미국] Clean Energy Supply Program - Green Power Partnership

나. 건물

- [미국] 승인제품 에너지스타 (ENERGY STAR Labeled Products)
- [미국] 상업용 건물 에너지스타 (ENERGY STAR Commercial Buildings)
- [미국] 기기 등 에너지효율기준 (Appliance, Equipment, and Lighting Energy Efficiency Standards)

다. 수송

- [미국] 중소형 기업평균연비제도 (National Program for Light-Duty Vehicle GHG Emissions and CAFE Standards)
- [미국] 재생에너지연료 기준 (Renewable Fuel Standard)
- [일본] 물류 효율화/모달시프트 추진 (More Efficient Logistics/Modal Shifts etc.)

라. 폐기물

- [미국] 매립지 메탄처리 프로그램 (Landfill Methane Outreach Program)
- [미국] 지속가능한 자원관리 (Sustainable Materials Management)
- [일본] 폐기물 감축과 재활용제고 (Promotion of Waste Reduction and Recycling)

마. 농업

- [미국] AgSTAR
- [영국] Agriculture Sector Greenhouse Gas Action Plan (GHGAP)
- [영국] Agricultural Action Plan

바. 산업공정

- [미국] 전력시스템에 대한 SF₆ 배출 저감 파트너십 (SF₆ Emission Reduction Partnership for Electric Power Systems)
- [미국] Significant New Alternatives Policy Program
- [일본] 대체 프레온 등 4개 가스 종합 배출 억제 대책 (Holistic Policies to Reduce the Emissions of Fluorinated Gases)

사. 산림

- [미국] Woody Biomass Utilization grants Program
- [미국] Biological Carbon Sequestration Assessment
- [일본] Forest Sink Strategies

아. 부문간 (Cross-Cutting) 수단

- [영국] EU Emissions Trading System
- [독일] Introduction of EU ETS
- [일본] Establishment and Implementation of the Joint Crediting Mechanism

제2장 주요국 1차, 2차 격년보고서 분석

제1절 미국

- BR1에서의 미국의 2020년 감축목표
 - 2020년에 2005년 배출수준의 17% 감축이 목표
 - 목표 달성을 위해서 기존에 이룩한 감축 성과, 예를 들면 풍력과 태양광 발전의 확대나 연비기준의 확립 등의 성과를 포함해서, 기존의 온실가스 배출 감축 노력을 지속하면서 The President's Climate Action Plan을 통해 추가적인 감축활동을 수행할 계획을 밝히고 있음.
- BR2에서의 미국의 2020년 감축목표
 - BR1에서의 2020년 감축목표와 동일
 - 2020년 목표의 이행과정은 Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2013을 통해 추적 보고되고 있음.
 - The President's Climate Action Plan에서 설정된 정책과 수단들은 2020년 감축 목표를 달성하고 2025년 감축목표를 달성하는 근본토대로서의 역할을 하고 있음.
 - BR1 이후, 온실가스 감축을 위한 새롭고도 다양한 정책을 제안하거나 완료하였으며, 이러한 정책들은 수송, 전력, 최종에너지, 산업, 농업, 토지이용과 산림 및 폐기물 전 부문에 걸쳐 있음.
 - BR2에서는 온실가스 감축을 위한 연방정부의 정책과 지역의 정책을 구분하여 주요 감축수단에 대해서 제시하고 있으며, 2030년까지의 배출 전망을 수록하고, 2015년 여름까지의 유효한 감축 정책과 수단의 영향을 포함
 - 전망 방법은 2014 Climate Action Report에서 사용한 것과 유사함.
- BR1과 BR2에서의 특징
 - 2020년 감축목표는 BR1과 BR2 모두에서 2005년 기준 17% 감축임.
 - 2005년 실적 배출량에서 BR1과 BR2의 차이가 발생
 - 2005년 총배출(Total Gross Emissions)은 BR1에서보다 BR2에서 더 큼.
 - 2005년 실적치의 BR1과 BR2에서의 차이는 전망에서의 차이를 초래함.
 - BR 보고서 작성시, 당시의 사용 온실가스 감축수단의 효과를 포함하고 있으므로, 전망시점이 다른 BR1과 BR2의 배출량 전망은 감축수단의 범위에서 차이가 발생하고, 이는 전망 배출량에서는 차이를 초래함. 따라서 BR1 이후에 확정된 감축수단이 추가적으로 존재하면 이 수단에 따른 배출량 저감은 BR1과 BR2의 배출량에 영향을 주게 됨.

제2절 영국

- BR1에서의 영국의 2020년 감축목표
 - 2011년에 2020년까지 1990년 배출 수준의 43% 감축 범위의 목표를 제시함.
 - 영국은 GHG 배출 감축에 전기 분야, 산업, 가정, 사무실, 빌딩에서 강력한 정책 포트폴리오를 가짐.
 - 2002년에 소개된 이후에 신재생의무제도(RO: Renewable Obligation)로 재생 전기 수준을 2.9%에서 2012년 11.3%로 3배나 증가
 - 에너지 법안은 신재생의무제도(RO)의 성과를 기반으로 할 것이며 더 나아가 민영화 이후 전력시장에 있어서 최고의 개혁을 가능하게 함.
 - 대규모 저탄소 발전으로 지원을 보완하기 위해 발전차액지원제도(Feed-in Tariffs)는 전력시장에 관여하지 않았던 조직, 사업체, 공동체, 개인에 의해 소규모(5MW까지), 저탄소 전력생산의 전개를 장려함.
 - 영국 탄소배출의 절반은 열발전에서 사용되는 에너지에 기인함.

- BR2에서의 영국의 2020년 감축목표
 - BR2에서도 BR1과 같이 1990년 배출수준의 43% 감축
 - 대부분 다른 부문은 2005년 대비 약10% 감축. 이들 부문은 Effort Sharing Decision(ESD)에 들어 있음.
 - 기후변화법 하에서 정부는 탄소 예산을 만족하고 2050년 목표에 맞는 계획을 수립해야 함.
 - 2011년에 정부는 탄소계획을 발표하여 초기 탄소 예산에 맞는 배출 감축량을 달성하고자 함. 이는 2050년 목표를 달성하기 위한 초기 달성 목표임.
 - ESD는 2013-2020년 기간 동안 회원국들의 연간 GHG 배출 목표를 수립함.
 - 이 목표들은 EU-ETS에 포함되지 않은 교통, 건물, 농업, 폐기물을 포함한 대부분의 분야에 영향을 미침.

- BR1과 BR2에서의 특징
 - 실적치에서 BR1과 BR2의 부문이 서로 다름.
 - 전망의 범위에서 차이가 발생함. 현재 사용되고 있는 온실가스 저감 수단의 효과를 포함하고 있으므로 BR1과 BR2의 전망 시점에 차이가 발생하면 전망 배출량에서는 차이가 발생하게 됨.
 - BR2는 BR1을 기반으로 수정·보완됨.

제3절 독일

- BR1에서의 독일의 2020년 감축목표
 - 2020년에 1990년 배출량 기준으로 40%를 감축하는 것을 목표로 하고 있음.
 - 2030년까지는 55%, 2040년까지는 70%, 2050년까지는 95% 감축을 목표로 하고 있음.
 - 독일의 BR1 보고서의 경우 1차 제출 후에 재제출하여 발표된 보고서에는 전망이나 감축목표를 설명하여 정리한 부분이 게재되어 있지 않음. 재제출본에는 표와 숫자만이 나열되어 있음.

- BR2에서의 독일의 2020년 감축목표
 - 2020년까지 1990년 배출량 대비 최소한 40%를 감축하는 것을 목표로 하고 있음.
 - 2030년까지는 55%, 2040년까지는 70% 감축을 목표로 하고 있으며, 보다 장기적으로는 2050년까지 80-95% 감축을 목표로 하고 있음.
 - 독일정부는 2020년 감축목표를 달성하기 위한 추가적인 감축수단을 포함하여 Climate Action Programme 2020을 채택
 - 이에 덧붙여 2016년까지 2050 Climate Action Plan을 마련할 계획임.
 - Climate Action Programme 2020은 9개의 프로그램으로 구성되어 있으며, 감축효과와 정량화를 가정하고,²⁾ 감축 목표와의 격차를 해소하기 위한 방안을 구체적으로 적시함. 이 프로그램으로 2020년까지 현 전망에 의해 예상된 것보다 많은 62~78MtCO_{2e}가 감축될 것으로 제시함.

- BR1과 BR2에서의 특징
 - 독일의 2020년 감축목표는 1990년 배출량 대비 40% 감축으로 BR1과 BR2 모두에서 동일함.
 - 감축목표는 동일하지만 1990년 기준 실적치 뿐만 아니라 다른 연도의 실적치에서도 BR1과 BR2에서 미묘한 차이가 나타남. 그러나 실적치의 차이가 크지는 않음.
 - 부문의 구성도 BR1과 BR2에서 상이함.
 - BR1에서는 수송부문이 포함되어 있지 않지만 Solvent and other Product Use가 포함되어 있음.
 - BR2에서는 산림(Forestry)과 산업(Industry) 및 폐기물관리(Waste management)가 포함되어 있음.
 - 이러한 구성의 차이로 부문별 전망치의 비교는 사실상 어려움.
 - BR1과 BR2 모두에서 LULUCF의 전망치는 제시하지 않고 있음. 이러한 관계로 LULUCF를 포함한 배출량 전망은 정확하지 않음.
 - 2020년과 2030년의 배출량 전망치는 BR2가 BR1에 비해서 배출량이 작음. 이는 2014년의 새로운 정책수단의 도입에 따른 추가적인 감축효과가 반영되었을 가능성이 있음.

2) 감축효과가 정량화되어 표시될 수 있다고 가정하고, 가능하면 감축효과와 정량화를 시도하였으나, 특정한 감축량을 제시한 것이 아니라 감축량의 범위를 제시하고 있음.

제4절 일본

- BR1에서의 일본의 2020년 감축목표
 - 2005년 배출수준의 3.8% 감축
 - 2020년까지 2005년 배출 수준의 3.8% 감축 범위의 목표를 제시함.
 - 이는 에너지 정책과 에너지 믹스를 고려하되 핵발전으로 인한 감축 효과를 고려하지 않은 목표임.
 - LULUCF 분야 목표: FY2013-2020의 산림관리에 의한 감축량은 총 에너지 배출의 평균 3.5%로 FY1990에 예상됨. 이는 약 44MtCO₂임.
 - 일본은 Joint Credit Mechanism(JCM) 정책과 이의 이행을 촉진하고 있음.

- BR2에서의 일본의 2020년 감축목표
 - 2005년 배출수준의 3.8% 감축
 - BR1에서의 2020년 감축목표와 동일
 - 원자력발전으로 인한 배출감축 효과를 고려하지 않은 목표임.
 - LULUCF 분야: 일본은 LULUCF 활동에서 교토의정서 제2기 이행기의 회계법칙에 따른 순 감축을 사용함.
 - 산림 경영의 순 감축량 목표는 약 38MtCO₂ 혹은 그 이상임. 재녹화(revegetation)에 의한 순 감축량 목표는 1.2MtCO₂임. 농업토양에 의한 순 감축량은 7.7MtCO₂임.
 - 일본은 Joint Credit Mechanism(JCM) 정책과 이의 이행을 촉진하고 있음.

- BR1과 BR2에서의 특징
 - 감축목표는 BR1과 BR2에서 동일함.
 - 2020년 감축목표는 BR1과 BR2모두에서 2005년 기준 3.8% 감축임.
 - 그러나 BR1과 BR2에서 실적치가 서로 차이가 발생함.
 - 2000년, 2005년, 2010년 BR2의 실적치가 BR1의 실적치 보다 더 큼.
 - BR1에는 2011년 실적치가 포함되어 있고 BR2에는 2011년 대신 2013년의 실적치가 포함되어 있음.
 - 전망치의 경우 BR1에는 전망치가 보고되지 않지만 BR2에는 2020년과 2030년의 전망치가 보고됨.

제3장 부문별 핵심 감축수단 분석

제1절 개요

- 4개국의 총 218개의 감축수단을 대상으로 8대 부문별 3개씩 핵심감축수단을 선정
- 핵심감축수단 선정 기준
 - 감축잠재량의 정량화
 - 감축잠재량의 산정방법
 - 감축효과의 존재 여부
 - 감축효과 산정방법
 - 우리나라 BUR에서의 시사점
- 상기의 기준에 따라 센터의 부문별 담당자와 협의하여 선정
- 핵심감축수단의 내용은 일반적인 감축수단의 내용, 감축잠재량과 감축잠재량 산정 방법, 감축효과 및 감축효과의 산정방법, BR1과 BR2에서의 감축잠재량 및 감축효과의 차이 및 그 원인 분석, 우리나라 BUR 작성 및 감축수단 수행에서의 시사점을 담고 있음.

제2절 에너지공급

1. [미국] CHP Technical Assistance Partnerships and Industrial Assessment Centers

가. 일반 현황

- CHP 파트너십은 CHP 사용을 확대하여 전력 생산으로 야기되는 에너지 소비와 CO₂ 배출의 환경영향을 줄이기 위해 2001년에 도입된 자발적 프로그램임.
- 오바마 정부는 2020년까지 현재 CHP 전력 생산 용량의 50% 확대하여 1,000조 Btu에 달하는 에너지 절약과 연간 CO₂ 배출량 1.5억톤 절감을 목표로 함.

나. 감축 잠재량 분석

- 감축 잠재량의 존재 여부

- CHP의 기관(engine)별 기본적 재원과 투입연료의 효율을 기준으로 각 주의 전력 시설 규모별(kW), 사업 분류별 감축 잠재량을 추정함.
- 감축 잠재량 산정방법
 - 파트너십 가입자 스스로 전담 기관인 EPA가 인터넷에 제공한 CHP 배출 계산기를 이용하여 SHP를 CHP로 대체할 경우의 연료 절감량과 CO₂ 감축량을 추정
 - 또한 사용자들에게 매년 감축에 대한 보고서를 받아 감축량 현황을 파악

다. 감축 효과 분석

- CHP로의 전환에 따른 연료절약과 CO₂ 배출감축 규모 도출을 위한 기본식
 - ① SHP를 운영함으로 소요되는 연료 소비량 및 CO₂ 배출량 추정
 - ② CHP를 운영함으로 소요되는 연료 소비량 및 CO₂ 배출량 추정
 - ③ 연료 절약량과 CO₂ 배출 감축량은 ① - ②로 추정
- CHP 배출 계산기를 통해 배출량 현황 및 감축 잠재량추정
 - EPA의 eGRID System을 통해 배출량 현황 파악 가능
 - CHP Calculating System을 통해 누구나 CHP 대체 운용에 따른 전력 생산 및 감축 배출량 추정 가능함.
 - BR2에 따르면 CHP와 GPP(Green Power Partnership)로 인한 CO₂ 감축량은 2013년 36,300ktCO₂e, 2020년 73,300ktCO₂e으로 추정됨.

CHP 및 기타 발전 시설의 에너지 절약 및 CO₂ 감축 잠재량

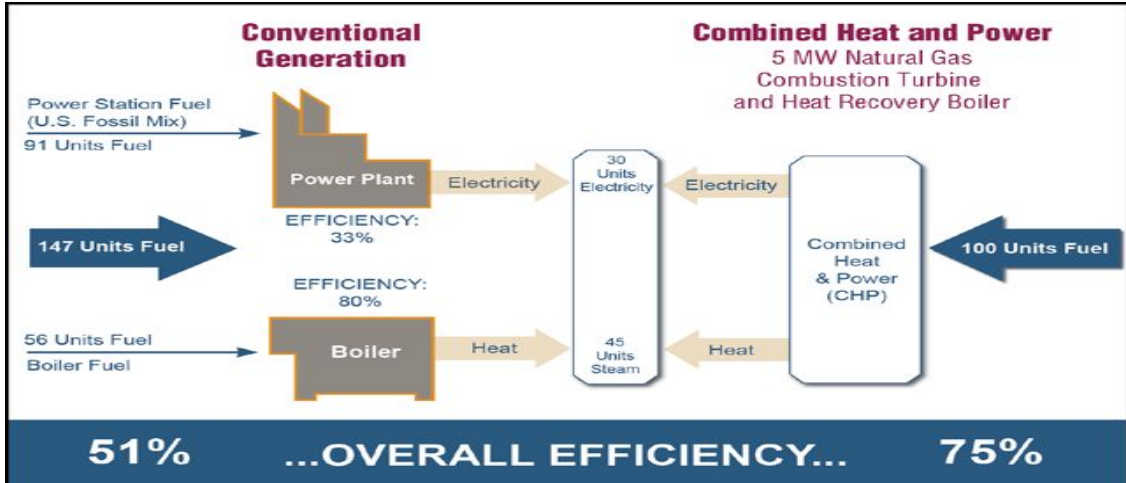
Category	<i>10 MW CHP</i>	10 MW PV	10 MW Wind	Combined Cycle (10 MW Portion)
Annual Capacity Factor	85%	22%	34%	70%
Annual Electricity	74,446 MWh	19,272 MWh	29,784 MWh	61,320 MWh
Annual Useful Heat	103,417 MWh	None	None	None
Footprint Required	6,000 sq ft	1,740,000 sq ft	76,000 sq ft	N/A
Capital Cost	\$20 million	\$60.5 million	\$24.4 million	\$10 million
Annual Energy Savings	308,100 MMBtu	196,462 MMBtu	303,623 MMBtu	154,649 MMBtu
Annual CO ₂ Savings	42,751 Tons	17,887 Tons	27,644 Tons	28,172 Tons
Annual NOx Savings	59.4 Tons	16.2 Tons	24.9 Tons	39.3 Tons

Source: CHP, A Clean Energy Solution, August 2012.

- CHP는 기존 SHP보다 효율적으로 전력과 열을 생산함으로써 연료 사용과 CO₂ 배출을 줄이는데 기여하고 있음.³⁾

3) 이하 비교 예시로 SHP의 기관 화석연료 발전소이며, 전력 생산 평균 효율은 33%에 그치고 있음.

에너지효율 - CHP Vs SHP(Separate Heat and Power)

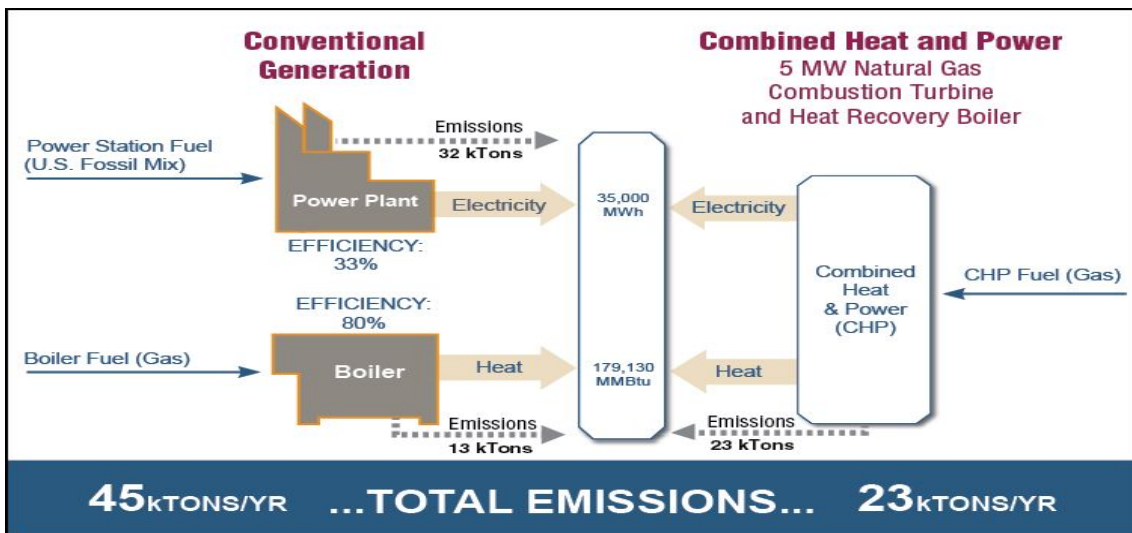


자료: EPA, Fuel and Carbon Dioxide Emissions Savings Calculation Methodology for CHP Systems, 2015.

주) 각 에너지 생산 효율은 eGRID2012와 국가 평균 에너지 변환 및 분배 손실을 반영

- CHP는 보편적으로 최종 에너지 생산 효율이 60%~80%에 달하는데 비해 SHP는 45%~55%에 그치고 있음.
- CHP 시스템은 전력 생산과 열에너지 생산에 있어 총 연료 사용량뿐만 아니라 변환 효율도 우수한 것으로 평가됨.
- CHP가 열 45 Units와 전력 30 Units을 생산하는데 100 Units가 필요한 반면 SHP로 동일한 량의 전력과 열을 생산하는데 각각 91 Units과 56 Units가 들어 총 147 Units가 필요한 것으로 평가되고 있음.

CO₂ 배출 - CHP Vs SHP(Separate Heat and Power) Production



자료: EPA, Fuel and Carbon Dioxide Emissions Savings Calculation Methodology for CHP Systems, 2015.

*각 CO₂ 배출량은 eGRID2012의 평균을 기반으로 작성

- SHP의 경우 전력 35,000MWh 생산하는데 32 ktCO₂를 배출하고, 열 179,130 MM

Btu를 생산하는데 13 ktCO₂를 배출함.

- 반면 CHP는 동일한 전력과 열을 생산하는데 23 ktCO₂를 배출하여 감축량이 22 ktCO₂에 달함.

라. BR1과 BR2의 감축효과 차이 및 원인 분석

- 미국의 BR1과 여섯 번째 기후 활동 보고서를 비교했을 때 BR2와 방법론적 기준은 동일함.

2. [미국] Clean Power Plan (CPP)

가. 일반 현황

- 2015년 Clean Power Plan(CPP) 법 111(d) 발효
- CPP는 장기적으로 2030년에 2005년 배출수준의 32% 감축을 목표로 함.
 - Fossil Fuel-Fired Electric Steam Generating Units의 감축 목표
 - Net MWh 당 CO₂(Pounds)를 2022~2029년 중에 1,534(lb/MWh) 감축
 - 2030년에는 1,305(lb/MWh) 수준으로 감축
 - Natural gas-fired combined cycle generating units의 감축목표
 - Net MWh 당 CO₂(Pounds)를 2022~2029년 중에 832(lb/MWh) 감축
 - 2030년에는 771(lb/MWh) 수준으로 감축

나. 감축 잠재량 분석

- EPA는 각 주의 중간 및 최종 단계의 감축목표를 전력 생산단위당 감축량 (lbs/MWh)과 CO₂ 단위(short tone)로 제시하고 주별 편의에 따라 선택하도록 함.
 - 감축목표가 가장 큰 주는 텍사스로 중간 목표치는 1188lbs/MWh (208,090,841 short Tons), 최종 목표치는 1042 lbs/MWh (189,588,842 Tons)에 달함.
- 목표달성을 위해 EPA는 배출 감축의 최적 체계(BSER: Best System of Emissions Reduction)를 다음과 같이 3개의 블록으로 나눔
 - Building Block 1 (BB1): 기존 화력 발전소의 연비 개선을 통해 CO₂ 배출 축소
 - Building Block 2 (BB2): 고배출 화력 발전을 천연가스 발전으로 대체
 - Building Block 3 (BB3): 고배출 화력 발전을 신재생에너지원으로 대체
- BSER 분석을 통해 각 주를 3개의 지역으로 통합 분류하여 다음과 같이 블록별 · 지역별 감축잠재량을 제시

2030년 각 지역의 감축 잠재량을 위한 블록별 전망치

	BB1-Heat Rate Improvement for Coal Fleet	BB2-TWh of Total NGCC Generation at 75% Utilization, (Amount of NGCC Generation Potential Incremental to Baseline)	BB3-Incremental RE Potential(TWh)
Eastern Interconnection	4.3%	988, (253)	438
Western Interconnection	2.1%	306, (108)	161
Texas Interconnection	2.3%	204, (66)	107

자료: EPA, CO2 Emission Performance Rate and Goal Computation Technical Support Document for CPP Final Rule.

다. 감축효과 분석

- 감축 목표량은 다음 7개 단계를 거쳐 결정됨
 - Step 1: 각 지역의 전력 생산량과 배출량의 기준치(baseline) 추정
 - Step 2: 각 발전 특성 및 규모를 고려하여 각 지역의 배출 및 전력 생산 집계
 - Step 3: 화력발전과 천연가스 발전의 배출률 추정(배출량/전력생산량)
 - Step 4: 열소비율 개선(BB1)에 따른 각 지역의 전력생산과 배출률 재산출
 - Step 5: 신재생에너지 대체(BB3)에 따른 각 지역의 전력생산과 배출률 재산출
 - Step 6: 천연가스발전 대체(BB2)에 따른 각 지역의 전력생산과 배출률 재산출
 - Step 7: 지역별·발전원별 Block 결정(열소비율 개선 및 발전대체 타입)
- 위 단계를 거쳐 지역별·블록별 중간 및 최종 목표 배출량 결정

라. BR1과 BR2의 감축효과 차이 및 원인 분석

- 미국의 BR1과 여섯 번째 기후 활동 보고서를 비교했을 때 BR2와 방법론적 기준은 동일함.

3. [미국] Clean Energy Supply Programs: Green Power Partnership

가. 일반 현황

- 2001년 EPA는 신재생에너지 사용을 확대하고 환경을 보호하기 위한 목적으로 자발적 프로그램인 Green Power Partnership(GPP) 도입
- 2015년 현재 1,300개가 넘는 파트너들이 연간 300백억kWh의 녹색 에너지 사용

나. 감축 잠재량 분석

- GPP는 구체적인 CO₂ 배출 감축량을 추정하기보다는 본 프로그램을 적극적으로 알리고 많은 파트너를 유치하는데 역점
- GPP는 앞서 설명한 CHP와 함께 EPA의 Clean Energy Supply Programs 중 하나
- GPP의 온실가스 잠재량은 CO₂ 환산톤이 아닌 신재생에너지 인증서 (RECs: Renewable Energy Certificates)로 측정함.

다. 감축효과 분석

- 파트너 가입자는 노력 수준·연간 전기 사용 정도 등을 EPA에 보고
 - 가입자의 보고서를 통해 시설, 설비의 그룹 또는 조직 전체의 총 전력 사용 파악
 - 파악이 어려운 경우 EPA에서 제시하는 표준 추정식으로 계산함.
*임대 공간(평방피트)*14.9kWh (미국 내의 상업용 건물 평균 소비전력)*
- 가입하기 위한 최소 요구 조건은 다음과 같음.

녹색 에너지 최소 요구 사용량

전력 사용량(kWh)	GPP 최소 요구 사항	GPLC ⁴⁾ 최소 요구 사항
1억 이상	사용량의 3%	사용량의 30%
1천만 이상 ~ 1억 이하	사용량의 5%	사용량의 50%
1백만 이상 ~ 1천만 이하	사용량의 10%	사용량의 100%
1백만 이하	사용량의 20%	자격 미달

자료: EPA.

- GPP를 통한 감축량 추정식은 제공되지 않고 있음.
 - 화석연료로 대체한 양(kWh)을 기준으로 온실가스 감축 규모를 추정할 수 있지만, 대체하기 이전에 사용한 에너지원에 대한 정보가 불확실하여 정확한 감축량을 측정하기 어려운 상황임.

라. BR1과 BR2의 감축효과 차이 및 원인 분석

- 미국의 BR1과 여섯 번째 기후 활동 보고서를 비교했을 때 BR2와 방법론적 기준은 동일함.

4) Green Power Leadership Club.

제3절 건물(가정, 상업/공공)

1. [미국] 승인제품 에너지스타 (Energy Star Labeled Products, ESLP)⁵⁾

가. 일반 현황

- 고효율 에너지 기기, 장치 및 기자재(현재 70여개의 상품군 대상, 구체적 상품군은 본문 참조)에 대하여 에너지스타 표식을 부여하는 제도로서 미국 환경청이 주관
- 1992년에 승인제품 에너지스타가 도입된 이래, 2010년 현재 백만 이상의 미국인이 에너지스타 프로그램에 직접 참여

나. 감축잠재량 분석

- 승인제품 에너지스타 프로그램(ESLP)의 2020년 감축량 효과(단위: ktCO₂eq)는 다음과 같으며, 이 효과는 예상되는 제품 판매량을 토대로 추정되는 것이어서 2020년에 달성 가능한 감축효과를 의미하는 것으로 보임.

	BR1-CTF	BR2	OAR(2015)
2020년	141,200	141,200	141,200

자료: DOS(2016a), DOS(2014b), OAR(2015) - 미국 환경청 연차보고서

다. 감축효과 분석

- 상업용 건물 에너지스타 프로그램의 감축량 효과(단위: ktCO₂eq)

	BR1-CTF	BR2	OAR(2015)
2011년	99,700	na	107,400
2013년	na	155,100	155,100

자료: DOS(2016a), DOS(2014b), OAR(2015) - 미국 환경청 연차보고서

- BR1의 2011년 감축효과는 OAR(2015)의 같은 해의 감축효과와는 차이가 있는데, 산정모형의 변경이 효과 차이의 원인으로 분석됨.

- 연간 감축효과(감축량)은 공업경제학적 접근법으로 제품별로 산정

* ESLP에 의한 연간 감축량

= (ESLP 제품이 아닌 대표 제품의 단위당 연간 에너지 사용량

- ESLP 제품의 단위당 연간 에너지 사용량)

× (ESLP 제품의 연간 판매량 - 기준안(BAU)의 ESLP 제품의 추정 판매량)

× CO₂ 배출계수

5) 본 절의 요약문에 사용된 약어표는 보고서 본문의 제3장 제3절의 말미에 있는 약어표 참조

- 'ESLP 제품이 아닌 대표 제품의 단위당 연간 에너지 사용량'은 최저에너지효율기준 또는 ESLP 효율기준에 미달되는 제품의 평균 에너지 사용량 적용
- 'ESLP 제품의 단위당 연간 에너지 사용량'은 ESLP 제품의 기술적 사양에서 정한 효율기준(즉 ESLP 제품의 최저 효율기준)을 적용
- '기준안(BAU)의 ESLP 제품의 추정 판매량'의 추정 시 제품의 편익-비용 비율과 제품의 시장장벽에 토대를 둔다고 하나, 구체적인 소개는 없음.
- 'CO₂ 배출계수'는 전력의 경우 한계배출계수 적용, 천연가스 및 연료유의 경우 제품 현장의 배출계수 적용

※ 한계배출계수는 ESLP에 의해 감소하는 전력은 발전 공급원(즉 발전기)의 가동 변화 내지 감축을 초래하므로 이러한 전력공급원의 변화 내지 감축에 의한 CO₂ 변화(감축)량을 ESLP의 전력수요 감소량으로 나누어 산정되는 계수

- 주택 에너지스타 프로그램과의 이중계산을 방지하기 위해 ESLP 대상 제품이 주택 에너지스타 프로그램의 대상 요소가 될 경우 ESLP의 효과는 주택 에너지스타 효과에서 제외함.
- ESLP 제품의 파트너 제조회사에 대한 자료보고 의무 부과
- ESLP 프로그램에 의해 달성되는 국가적 에너지 절감량 또는 감축량에 대해서는 환경청이 평가한 이후 제3자의 공식적인 평가는 거치지 않는 것으로 판단됨.

라. BR1과 BR2의 감축효과 차이 및 원인 분석

- 앞의 '다'항에서 살펴본 바와 같이 BR1 및 BR2는 각각 서로 다른 1개년에 대해서만 감축효과를 제공하고 있어 이들 두 보고서만으로 감축효과의 차이를 비교할 수 없음.

마. 한국에서의 적용 가능성 및 시사점

- 우리나라도 에너지 소비효율 표시제도를 운영하고 있으므로 미국의 방법을 원용하여 이 표시제도의 감축효과를 추정하고 BUR에 반영할 수도 있으나, 본 연구자는 그러한 방법을 권고하지 않음. 그 배경은 다음과 같음.
 - 미국이 추정하는 감축효과는 기준년도의 차이점으로 인해 미국의 국가목표와 연계성이 떨어짐. ESLP에 의한 감축효과 산정의 기준년도는 ESLP의 도입 직전이 될 수밖에 없는데 비해, 미국 국가 감축목표는 현재 2005년이 기준년도임.
 - ESLP의 감축효과를 국가목표와 연계하기 위해서는 기준년도를 비교 가능한 상태로 전환하는 방법이 필요한데, BR1 및 BR2는 현재 이러한 방법을 적용하지 않음.

- 현행 미국이 추정하는 감축효과는 ESLP의 효과를 판단하는 자료는 될 수 있으나, 국가 감축목표에 대하여 ESLP 프로그램이 기여하는 지표로 볼 수 없음.
- 이러한 점을 고려할 때, 우리나라의 BUR은 ESLP에 해당하는 에너지 소비효율 표시제도에 대해서는 정책을 설명하는 위주로 반영하고 그 정책의 계량적 감축효과는 건물부문에서 종합적으로 다루는 것이 바람직 할 것으로 보임.
 - 건물부문에서 종합적으로 다룬다고 함은 감축효과를 에너지절약 또는 감축시책별로 추정하지 아니하고 가정·상업·공공 등 경제부문별로 배출원단위 등을 이용하여 건물부문의 종합적인 감축효과를 추정하는 것이 바람직할 것임을 말함.
- ESLP는 미국의 에너지부와 환경청이 공동으로 추진하는 감축정책이나, 이들 두 정부부서 간에 체결된 양해각서(MOU)에 따라 환경청이 ESLP 업무를 추진함. 우리나라의 경우에도 공동으로 추진하는 감축정책은 업무협약 체결 등을 통해 관련 부서 간 업무 조정을 할 수 있을 것으로 보임.
 - 미국 환경청은 외부 전문가의 지원을 받아 ESLP의 감축효과를 직접 추정
 - 감축효과 추정의 결과에 대하여 공식적인 평가 절차는 없는 것으로 보이며 환경청 내부적으로 또는 외부 자문관의 평가를 거치는 것으로 보임. 다만 외부 자문관의 의견은 대외적으로 공개되지 않는 것으로 판단됨.

2. [미국] 상업용 건물 에너지스타 (Energy Star Commercial Building, ESCB)

가. 일반 현황

- 기존 및 신축의 상업용 또는 다중이용 건물의 에너지효율이 일정 수준 이상이 될 경우 그 건물에 대해 표식(ENERGY STAR)을 부여하는 제도로서 환경청이 주관
- 1995년 ESCB가 도입된 이래, 에너지스타 건물은 현재 28,459동에 달함.

나. 감축잠재량 분석

- 상업용 건물 에너지스타 프로그램의 2020년 감축량 효과(단위: ktCO₂eq)는 다음과 같으며, 달성 가능한 감축효과인 것으로 판단됨.

	BR1-CTF	BR2
2020년	93,500	93,500

자료: DOS(2016a), DOS(2014b)

다. 감축효과 분석

1) 감축효과

- 상업용 건물 에너지스타 프로그램의 감축량 효과(단위: ktCO₂eq)

	BR1-CTF	BR2
2011년	86,600	na
2013년	na	96,000

자료: DOS(2016a), DOS(2014b)

- 연간 감축효과(감축량)는 공업경제학적 접근법으로 제품별로 산정하되, 전력은 한계배출계수를 적용하고 천연가스는 건물의 배출계수를 사용

* ESCB에 의한 연간 감축량

$$= (\text{ESCB 대책이 없을 경우의 전력 및 천연가스 소비량} - \text{ESCB 대책이 있을 경우의 전력 및 천연가스 소비량}) \times \text{CO}_2 \text{ 배출계수}$$

- ESCB 대책의 유·무에 따른 에너지소비량 산정은 Horowitz(2007)을 원용
- Horowitz(2007)는 에너지효율 정책의 강도에 대한 정성적 변수를 도입하고 미국 주별 에너지행태 회귀식으로부터 효율정책 강도의 에너지소비 절감효과를 추정
- 이중 산정의 방지를 위해 ESLP 효과는 제외하되, 전력 및 천연가스 회사의 수요관리프로그램 등 기타 주요한 효율대책의 절감효과는 포함함.
- 감축효과의 평가는 2가지 방법으로 이루어지는 것으로 보임. 첫째, ESCB 관련 논문을 학술지에 게재 시 동료평가를 받으며 둘째, 환경청 직원 및 외부 자문관이 모형분석 이후에 이용 자료와 산정 등을 철저히 검토하는 것임.

라. BR1과 BR2의 감축효과 차이 및 원인 분석

- 앞에서 살펴본 바와 같이 BR1, BR2 및 OAR(2015)의 감축효과에는 차이가 없음. 이 점에 비추어 볼 때 환경청은 발표자료 간 일관성을 유지하고 있음.

마. 한국에서의 적용 가능성 및 시사점

- 상업용 건물 에너지스타(ESCB) 프로그램은 전체 에너지스타 프로그램의 한 분야이기 때문에 우리나라에서의 적용 가능성 및 시사점은 승인제품 에너지스타(ESLP)와 유사하므로 여기서는 생략함 (구체 내용은 본 보고서의 본문 참조).

3. [미국] 기기 등 에너지효율기준 (Appliance, Equipment, and Lighting Energy Efficiency Standards, MEES로 약칭)

가. 일반 현황

- 기기 등 에너지효율기준은 현재 60여종 이상의 제품그룹에 대해 최저 에너지효율 기준을 책정하는 것으로서 미국 에너지부가 주관하고, LBL(Lawrence Berkeley National Laboratory)이 분석을 전담

* 에너지효율기준이 설정된 제품그룹은 본문 참조

- 1987년에 1차 국가 에너지효율기준을 설정한 이래, 점차적으로 확대됨.

나. 감축잠재량 분석

- BR1 및 BR2는 MEES 정책에 의한 2020년의 감축효과(216MtCO₂, 비(非)조명)를 잠재량으로 제시하고 있는데 각 보고서의 전망치는 동일한 것으로 판단됨.

다. 감축효과 분석

- 기기 등 에너지효율기준 정책의 감축량 효과(단위: ktCO₂eq)

		2011년	2013년
기기 등 에너지효율기준 [비(非)조명부문]	BR1-CTF	156,000	na
	BR2	na	173,000
기기 등 에너지효율기준 (조명부문)	BR1-CTF	19,000	na
	BR2	na	na
기기 등 에너지효율기준 (조명부문 포함 전체)	BR1-CTF	175,000	na
	BR2	na	na

자료: DOS(2016a), DOS(2014b)

- LBL은 공업경제학적 접근법을 이용하여 MEES의 연간 감축효과를 산정하며, 산정을 위한 주요 요소는 다음과 같음.
 - 대상제품별 MEES 제품의 단위당 연간 최종에너지(전력 또는 천연가스) 절감량
 - MEES에 따른 국가의 연간 최종에너지(전력 또는 천연가스) 절감량
 - MEES에 따른 국가의 연간 1차에너지 절감량
 - MEES에 따른 국가의 연간 온실가스(CO₂) 감축량 산정
- MEES에 따른 최종에너지 절약량은 제품별로 효율기준의 유·무, 대상 제품의 내구년수 등을 반영하여 산정하며, 1차에너지 절약량은 에너지원별로 1차/최종 비율을 적용하여 추정함.

- 배출계수는 전력의 경우 1차에너지 기준 발전부문의 평균 배출계수이며, 천연가스의 경우 1차에너지 기준 천연가스의 평균 배출계수 적용
- 추정된 감축효과를 공식적으로 검증하거나 평가하는 절차는 없는 것으로 판단됨.

라. BR1과 BR2의 감축효과 차이 및 원인 분석

- 미국 BR2에서 기기 등 효율기준에 의한 2020년 CO₂ 감축량은 216Mt으로 BR1의 감축량과 동일함. 이는 LBL의 동일 보고서에 토대를 둔 결과로 보임.

마. 한국에서의 적용 가능성 및 시사점

1) 감축잠재량 분석 분야

- 우리나라도 에너지 최저소비효율 기준을 운용하고 있으므로 미국의 방법을 원용하여 이 기준제도의 감축효과를 추정하고 BUR에 반영할 수도 있으나, 본 연구자는 그러한 방법을 권고하지 않음.
 - 미국이 추정하는 감축효과는 기준년도의 차이점으로 인해 미국의 국가목표와 연계성이 떨어짐. MEES에 의한 감축효과 산정의 기준년도는 MEES의 도입 직전이 될 수밖에 없는데 비해, 미국 국가 감축목표는 현재 2005년이 기준년도임.
 - MEES의 감축효과를 국가목표와 연계하기 위해서는 기준년도를 비교 가능한 상태로 전환하는 방법이 필요한데, BR1 및 BR2는 현재 이러한 방법을 적용하지 않음.
 - 현행 미국이 추정하는 감축효과는 MEES 프로그램의 효과를 판단하는 자료는 될 수 있으나, 국가 감축목표에 대하여 MEES가 기여하는 지표로 볼 수 없음.
- 이러한 점을 고려할 때, 우리나라의 BUR은 MEES에 해당하는 에너지 최저소비효율 기준에 대해서는 정책을 설명하는 위주로 반영하고 그 정책의 계량적 감축효과는 건물 등 해당부문에서 종합적으로 다루는 것이 바람직 할 것으로 판단됨.
 - 건물 등 해당부문에서 종합적으로 다룬다고 함은 감축효과를 에너지절약 또는 감축시책별로 추정하지 아니하고 산업·가정·상업·공공 등 최저소비효율 기준이 해당하는 경제부문별로 배출원단위 등을 이용하여 해당부문의 종합적인 감축효과를 추정하는 것이 바람직할 것임을 말함.
- MEES는 미국 에너지부의 에너지절약 및 온실가스 감축 프로그램으로서, 에너지부가 MEES 제도의 운영 즉 기준의 설정, 집행 및 관리를 전담하며, LBL(Lawrence Berkeley National Laboratory)은 기준제도 분석의 전담기관임.
 - 우리나라의 산업통상자원부는 MEES에 해당하는 에너지 최저소비효율 기준을 운영하는 중인데, 필요 시 최저소비효율 기준제도의 감축효과를 분석하는 전담기관을 지정하여 운영할 수 있을 것으로 보임.
 - 전담 분석기관의 운영은 모형의 유지 관리, 관련 시계열 자료의 확보 등 감축정책의 효과분석을 효율적으로 추진할 수 있는 기반이 될 것임.

제4절 수송

1. [미국] 중소형 기업평균연비제도(National Program for Light-Duty Vehicle GHG Emissions and CAFE Standards)

가. 일반 현황

- 1975년 미국 의회는 에너지 정책과 보존법(Energy Policy and Conservation Act, EPCA)을 통하여 교통부로 하여금 제조사에게 1978년 모형부터 기업단위 연비규제(CAFE)를 하도록 함.
 - 2025년까지 배출량을 163g/mile 또는 갤런당 54.5마일 주행 목표

나. 감축잠재량 분석

- 2012년부터 2025년까지의 모형연도를 연비/온실가스배출량 기준으로 산정.
 - 자동차 배기구 배출 온실가스와 자동차 에어컨 시스템의 누출량
 - 에어컨 효율개선을 통한 간접배출량 감소분 산정

다. 감축효과 분석

- 2개의 분석시나리오 설정
 - 기준시나리오(Reference Scenario)와 통제시나리오(Control Scenario) 분석
 - 통제시나리오에서 감축효과는 휘발유만을 대상으로 연료사용 감소 효과 산정하고 재생연료 사용량 불변 가정
- 2012년부터 2016년까지 판매된 자동차 운행 전기간에 걸쳐 온실가스 배출량 감축은 960MtCO₂eq. 연료소비량 감축은 180억배럴로 추정
- 하류 부문에서의 CO₂ 배출량 산정
 - 연도별 자동차 판매량과 배출량을 반영, 온실가스 배출량 저감량과 편익을 산정
총배출량 = 연간 주행 거리(VMT) * 배출율(g/mile)
- 리바운드(Rebound) 효과 산정: 주행거리 10% 증가 가정 효과 반영
- CO₂ 감축효과 최종 산정 시 기술적 배출량과 실질배출량 차이 크기 20% 반영
- 에어컨 설계 변경 등으로 HFCs의 누출량을 줄이고 효율개선으로 CO₂ 배출량 감소
연도별 감축률 = $\sum \{ \text{모형연도별 감축률} * (\text{모형연도의 차량/전체 차량수}) \}$

- 에어컨 시스템 간접배출량 감축효과
 - 기존의 차량 대비 신규 기술을 적용하는 경우 40%(5.7g) 저감 효과 발생

라. BR1과 BR2의 감축효과 차이 및 원인 분석

- BR1에서는 2025년 목표를 갤런당 54.5마일 연비로 정함.
 - 2020년 기준 236,000ktCO₂eq 감축 목표
 - BR1과 BR2의 2020년 감축목표는 동일함

마. 감축수단 이행평가 방법, 관리 책임 기관 및 역할

- 전담 기관: 교통부/환경청(Department of Transportation/Environment Protection Agency)
- 2012~2025 감축효과에 대해서는 Volpe, EPA의 OMEGA, MOVES 모형과 관련 산업에서 제시하는 자료를 사용하여 잠재량 추정

바. 한국에서의 적용 가능성 및 시사점

- 감축잠재량과 목표 설정에 CO₂, CH₄, N₂O 뿐만 아니라 HFCs도 포함한 허용치를 발표하는 것을 도입할 필요 있음.
- 리바운드 효과, 기술적 배출량과 실질 배출량 차이 보정 필요

2. [미국] 재생에너지연료 기준(Renewable Fuel Standard)

가. 일반 현황

- 2022년까지 매년 360억배럴 재생에너지 연료를 사용하는 것으로 양으로 기준 설정
 - 연료와 중간원료의 새로운 정의, 전생애온실가스 배출량 기준 설정

나. 감축잠재량 분석

- 온실가스 감축효과는 전생애방법(Lifecycle methodology) 적용
- 환경청에서 재생에너지연료 기준 감축효과 추정모형을 개발하여 추정
 - 연료, 중간원료(feedstock) 생산, 분배, 사용, 농산물 시장에 미치는 영향고려
- 미국내 재배면적의 변화와 축산의 변화는 FASOM모형 사용

- 연료와 비료의 온실가스 배출계수 GREET의 spreadsheet analysis tool 사용
- 비료사용에 따른 N₂O배출량 산정을 위해서는 CENTURY와 DAYCENT 모형 사용
- 바이오연료에 따른 국제적인 농업생산과 가축생산 변화는 FAPRI-CARD 모형사용
- 곡물의 생산, 중간원료의 생산, 수송거리와 수송수단 등도 모형을 통하여 생산지에서 바이오연료 가공공장, 최종소비자까지의 수송과 관련한 배출량 산정

다. 감축효과 분석

- 전생애 감축량은 재생에너지와 휘발유, 경유의 전생애 배출량 차이 의미
- 미국의 바이오연료 생산이 국제시장에 미치는 영향은 2가지 경로로 분석
 - 미국의 수출량 변화와 미국의 국내 가격변화로 국제시장에 영향을 줌
 - 연료용 옥수수 수요증대는 미국의 대외 수출량 감소의미, 국내생산 증대 시 다른 곡물의 재배면적 감소를 의미하며 해당 곡물의 가격이 변동하게 됨.
- 연료 운송단계 배출량은 운송거리와 운송방법(barge, 철도, 트럭 등)에 의해 결정
- 바이오 연료 연소단계 배출량은 CH₄와 N₂O에 대해서만 산정됨.

라. BR1과 BR2의 감축효과 차이 및 원인 분석

- 감축 효과와 목표의 비교(단위 ktCO₂eq)
 - 제1차 보고서(BR1)와 제2차의 2020년 감축목표는 138,400ktCO₂으로 동일

마. 감축수단 이행평가 방법, 관리 책임 기관 및 역할

- 전담 기관: 환경청(Environment Protection Agency)

바. 한국에서의 적용 가능성 및 시사점

- 전생애 분석을 통한 바이오연료 순감축효과 산정은 바이오연료 생산을 위한 중간 원료 생산과 제조 공정의 에너지 소비, 가격변화 등에 의한 간접효과(농산물 생산량, 가축수 변화 등)를 분석할 수 있는 모형과 자료가 구축되어야 함.

3. [일본] 물류 효율화/모달시프트 추진(More Efficient Logistics/Modal

Shifts etc.)

가. 일반 현황

- 트럭 대형화 촉진, 지역 내 공동 물류배송 촉진. 대형(31ft)컨테이너 도입과 에코레일마크 추진 등에 의한 화물, 철도, 내항 해운의 모달시프트 촉진

나. 감축잠재량 분석

- 배출량을 2013년도 225MtCO₂에서 2030년 기준 163MtCO₂으로 낮춤.

다. 감축효과 분석

1) 화물수송 효율화

- 트럭수송 효율화를 촉진하여 CO₂ 배출량 감축
- 산출방법: 대형화 차량의 증가대수와 차량당 감축효과를 산정

2) 공동 물류배송 추진

- 화물 운송에서 운송·물류 사업자 등의 협력을 통해 공동 수배송의 활동을 촉진
- 산출방법
 - 공동 물류배송 대차건수 증가율을 평가지표로 감축량 측정
 - 평균 주행거리와 평균 톤 산정후 평균 톤km를 구함. 평균 톤km에 배출계수 곱하여 감축량 산정

3) 해운 그린화 종합대책

- 슈퍼에코쉽 등 신기술 보급 촉진, 신규 선박·설비도입, 트럭에서 해운으로 전환
- 산출방법
 - 해상 수송량 (자동차로 운송하기 쉬운 화물량 : 톤km)
 - CO₂ 배출 원단위 (2013년도) 의 차이에 운송량 변화를 곱하여 산정

4) 철도화물 수송로의 모달시프트 추진

- 산출방법
 - CO₂ 배출 원단위 (2013년도)의 차이에 운송 변화량을 곱하여 산정

5) 항만 최적 선택에 의한 화물육상 운송거리 단축

- 산출방법
 - 국제 해상 컨테이너와 물류 터미널 공용으로 육상 운송거리 감소 실적 산출
 - 감축량 = 톤km(화물양 × 육상운송절감거리) × CO₂감축원단위(271g-CO₂/톤km)

라. BR1과 BR2의 감축효과 차이 및 원인 분석

- 제1차 보고서와 제2차 보고서에 해당 내용이 명시적으로 제시되지 않음

마. 한국에서의 적용 가능성 및 시사점

- 우리나라 수송부문에서도 물류 효율화, 해운 그린화 등의 효과가 산정됨.
- 운송수단간 대체 효과에 대한 보다 많은 자료와 배출계수(온실가스배출량/톤km 등)에 대한 검증 등이 필요
- 수송 수단 전환 등에 대한 보다 구체적인 자료와 근거 제시가 필요

제5절 폐기물

1. [미국] 매립지 메탄처리 프로그램(Landfill Methane Outreach Program)

가. 일반 현황

- 매립지 메탄을 포집하여 열병합발전, 대체연료 자동차 연료로 사용되는 것은 CNG 혹은 LNG형태로 사용됨.
- 2025년 기준으로 CH₄ 배출량을 436,000톤(10MtCO₂eq)을 줄이는 계획 수립

나. 감축잠재량 분석

- 2020년 기준 매립가스 에너지화 사업의 감축효과는 18.7MtCO₂eq

다. 감축효과 분석

- CH₄를 CO₂로 전환하는 직접감축효과 계산
- 매립가스 이용 발전을 하는 경우 발전 대체 감축효과 추가 계산
- 매립가스 이용 화석연료 대체시 직접 감축효과와 화석연료 대체 감축효과 계산

라. BR1과 BR2의 감축효과 차이 및 원인 분석

- 2020년 감축목표도 BR1은 15,700ktCO₂, 제2차는 18,690ktCO₂으로 산정
- BR1은 감축효과 산정 시 배출되는 CH₄를 태워 없애는 효과 불포함. BR2는 CH₄를

태워버리는(Flaring) 효과 산정

마. 감축수단 이행평가 방법, 관리 책임 기관 및 역할

- 환경청(Environment Protection Agency)

바. 한국에서의 적용 가능성 및 시사점

- 우리나라 폐기물부문 감축목표 설정 시 매립가스를 이용한 발전, 천연가스로 활용하는 효과 산정됨.

2. [미국] 지속가능한 자원관리(Sustainable Materials Management)

가. 일반 현황

- 자원 전생애(천연자원의 추출부터 퇴출시의 관리) 분석 실시

나. 감축잠재량 분석

- 폐기물 저감모형(Waste Reduction Model, WARM): 관리·저감 감축효과 산정
- WARM 기준선 대비 대안 정책 혹은 노력의 배출량 차이를 감축량으로 산정

다. 감축효과 분석

- WARM 모형을 통하여 분석대상이 되는 자원 다음과 같음.
 - 금속: 알루미늄 캔과 잉곳, 철 캔, 구리선
 - 유리
 - 플라스틱: HDPE, LDPE, PET, LLDPE, PP, PS, PVC, PLA
 - 종이: Corrugated Containers, 잡지, 광고우편, 신문, 사무용지, 전화번호부, 교과서
 - 나무: 각목, 합판
 - 기타: 음식물 찌꺼기, 정원부산물, 잔디, 잎, 가지
 - 혼합물: 혼합종이(일반, 가정, 사무실), 혼합금속, 혼합플라스틱, 혼합재활용가능, 혼합유기물, 혼합고형폐기물
 - 카펫, 개인컴퓨터, 벽돌, 콘크리트, 재, 페타이어, 아스팔트 콘크리트, 아스팔트 싱글, 석고보드, 유리섬유 단열재, 비닐 장판, 목재마루
- 고형 폐기물 발생량은 재활용, 매립, 소각, 퇴비의 처리량으로 구분
 - 기준선(baseline)하의 처리방식과 감축시나리오 각각에 대하여 처리량을 명시

- 폐기물 발생 억제 정책의 경우를 살펴보면 우선 폐기물 발생 억제의 효과 계산
- 폐기물 발생 억제의 효과는 재사용, 원료 대체 효과로 나누어 접근 가능
- 대체 원료 사용의 감축효과는 원재료와 대체원료간의 배출량 차이로 계산
원료대체 감축효과 = (대체원료 배출량*대체비율 - 대체대상 원료 배출량)

라. BR1과 BR2의 감축효과 차이 및 원인 분석

- 2020년 기준 지속가능한 자원관리 감축목표는 BR1은, BR2은 모두 30ktCO₂으로 제시됨.

마. 한국에서의 적용 가능성 및 시사점

- 대체 원료 혹은 중간재, 감축효과의 전생애 감축효과 등에 국내 현실을 반영 필요

3. [일본] 폐기물 감축과 재활용제고(Promotion of Waste Reduction and Recycling)

가. 일반 현황

- 순환형 사회형성 추진 기본법에 따른 목표 및 이에 입각한 「폐기물 처리법」에 따라 폐기물 감량화 목표 달성을 위해 3R활동을 촉진하고 소각량을 줄임.

나. 감축잠재량 분석

- 목표연도(2030년) 이외의 숫자는 2030년까지 진행상황을 확인하기 위한 기준임.

다. 대책별 감축량

- 1) 플라스틱제 용기포장 분별수집 및 재이용 추진
- 2) 폐기물 소각량 감축
 - 폐기물 소각 시 CO₂ 감축량은 약 580만tCO₂로 추계
- 3) 폐기물 최종처분 감축

- 감축량(만 tCO₂) = (유기성 일반폐기물의 최종 처리량을 기초로 산정한 평가연도 폐기물분해량의 BAU와의 차분) × (폐기물 종류별 메탄배출계수 및 인벤토리에서 설정한 각종 파라미터)

제6절 농업

1. [미국] AgSTAR

가. 일반 현황

1) 제도의 개요

- AgSTAR는 1994년에 시작된 축산 폐기물로부터 메탄(CH₄) 배출을 줄이기 위한 바이오가스 회수 시스템의 사용을 촉진하는 미국의 에너지 정책의 하나임.

2) 제도 이력

- 1994년 처음 도입된 이래, AgSTAR은 농업 부문에서 온실가스(GHG) 배출량을 줄이는 의미 있는 진전을 보이고 있음.
- 축산 폐기물로부터 메탄 배출을 줄이기 위한 바이오 가스 회수 시스템의 사용을 촉진하는데 지난 20년간 성공함.

3) 기준 설정 및 갱신 원칙

- AgSTAR 프로그램은 자발적으로 매년 산업계 구성원 프로그램에 보고된 40% 배출 감소를 기반으로 달성된 연간 배출 감소 규모를 계산
- 연간 성과를 추정하기 위해서 새로이 개정된 AgSTAR 방법론에서는 산업 감축성과를 100% 모두 반영하지 않고, 산업이 보고한 감축분의 40%만을 인정하여 연간 감축 성과를 산정함.

4) 분석 전담 기관 및 CO₂ 배출량의 감축 실적(추정)

- 2014년에 AgSTAR는 GHG 배출을 1.2MtCO₂eq 감축시키는데 기여함. 이는 109,489 가구의 1년간 에너지 소비량에 해당됨.

- 2015년에 가축 농장에서의 혐기성 소화조는 3.0MtCO₂eq의 온실가스를 감축하였음.

나. 감축잠재량 분석

1) 감축잠재량

- BR2에 따르면 2020년 배출 감축량 효과는 1,070ktCO₂eq인 것으로 전망

2) 산정방법

- 2015년 및 2020년에 미치는 영향의 경우, EPA는 프로그램의 영향을 추정하기 위해 한계저감비용(MAC, Marginal Abatement Cost) 곡선 분석을 사용.
- Non-CO₂ 가스에 대해서 사용된 GWP 참고자료는 IPCC AR4임.

3) 필요 자료 및 정보

- 자발적으로 매년 산업계 구성원 프로그램에 배출 감소를 보고해야 하므로 관련된 자료가 필요함. 이를 기반으로 연간 달성된 배출 감소 규모를 계산하게 됨.

다. 감축효과 분석

1) 감축효과

- BR2에 따르면 2013년도에 824 ktCO₂eq의 배출감축량 효과가 있었음.
- 가축 혐기성 소화(Anaerobic Digestion, AD)로부터 배출량 감소를 살펴보면, 1994년 이후, GHG 배출에서 감축은 19 MtCO₂eq임.
- 1년간 탄소격리(Carbon Sequestration)를 통한 효과는 미국 숲 15.5백만 에이커의 규모에 달함.

2) 측정방법

$$\text{메탄(Methane)} = \text{Population} \times \text{VS} \times \text{TAM} \times \text{MCF} \times \text{B0} \times 0.041 \times 365$$

메탄(Methane) = 총 메탄 배출량(Total methane emissions from different animal types in different states and manure management systems, pounds (lb) per year)

개체수(Population) = 동물수(Animal population)

VS = 총 휘발성 고체 배설율(Total volatile solids excretion rate, lb VS per 1,000 lb

animal mass per day)

TAM = 일반적인 동물의 질량(Typical animal mass, lb)

MCF = 메탄 환산 계수(Methane conversion factor, decimal)

B0 = 비료의 용량을 생산하는 최대 메탄(Maximum methane producing capacity of manure, cubic feet (ft³) methane per lb volatile solids)

0.041 = 메탄의 농도(Density of methane at 25° Celsius, lb per ft³)

365 = 1년의 날짜 수(Days in a year)

3) 필요 자료 및 정보

- 필요 자료 및 정보는 EPA 홈페이지에 정리됨.
 - ① 미국 주별 데이터
 - ② Renewable Portfolio Standards
- Second Biennial Report Methodologies for Quantified Policies and Measures 참조.

4) 효과의 평가 분석

- 2015년도의 편익을 분석해 보면 직접 및 간접 GHG 배출은 약 3.0 MtCO₂eq을 감소 시킨 것으로 나타남.
- 이를 통한 에너지는 981백만 kWh가 생성된 것으로 보고되고 있음.
- AgSTAR은 대형 착유장 및 돼지 사육 시설에서 약 8,000개의 바이오가스 회수시스템이 기술적으로 실현 가능한 것으로 나타남. 이들 농장들은 연간 13백만 MWh 이상의 에너지를 생산할 수 있는 것으로 평가됨. 이는 화석연료 발전의 약 1,670 MW 설비를 대체할 수 있는 양임.

5) 기타

- EPA가 추진하고 있는 프로그램임.
- 매년 산업계 구성원들은 자발적으로 이 프로그램에 배출 감축 실적을 보고함. 보고된 배출 감축 규모를 기반으로 달성된 연간 배출 감소 규모를 계산
- 산업계 구성원과 배출 감축 규모 등 정보는 EPA에서 모두 종합이 됨.
- 잠재량, 감축 효과 분석, 감축 대상에 대한 구체적인 평가 절차는 확인되지 않음. EPA가 전반적인 총괄 및 효과 분석을 할 것으로 판단됨. 평가 관련 내용은 외부로

공개되지 않는 것 같음.

라. BR1과 BR2의 감축효과 차이 및 원인 분석

- CAR6(6th Climate Action Report) 이후, 연간 실적을 평가하는 이 프로그램의 방법론은 이 프로그램을 통해 산업계에서 보고된 배출 감소의 40%만 계정에 반영됨

마. 한국에서의 적용 가능성 및 시사점

- 감축 잠재량은 미국의 AgSTAR 자료를 바탕으로 감축잠재량, 산정방법, 필요자료 및 정보를 제시해야 함.
- 미국의 정책 프로그램은 농업 부문의 기후변화 완화 정책 수립시 벤치마킹 자료로 활용 가능함.
- 프로그램 별 중복 계산의 문제 및 방법론의 중복성 문제가 있을 수가 있으므로 주의해야 함.
- 선진국의 BR과 같이 감축 방법 및 데이터 등 구체적인 자료들을 보고서에 추가할 필요성

2. [영국] English Agriculture sector Greenhouse Gas Action Plan (GHGAP)

가. 일반 현황

1) 제도의 개요

- GHGAP의 목표: Low Carbon Transition Plan에 의해 시작이 되어 제3차 carbon budget period(2018-2022년)까지 연간 3MtCO₂eq를 감축하고자 함.

2) 제도 이력

- NFU, CLA, AIC는 2007년 1월에 합동 기후 변화 태스크 포스를 설립하고 이를 바탕으로 농업 분야에서 세 기관이 연합하여 3단계에 걸쳐 기후 변화에 대비하려고 함.
① Phase 1(2010-2012년) ② Phase 2(2012-2015년) ③ Phase 3(2015-2020년)

나. 감축잠재량 분석

1) 감축잠재량

- GHGAP는 온실가스 배출을 2020년까지 11% (3 MtCO₂eq)를 감축하고자 하는 프로그램임. 영국의 농업 분야에서 이행을 시작함.
- 기후변화독립위원회는 2030년까지 영국에서 GHG를 약 20% 감축을 목표로 하고 있으며, 2050년까지는 GHG 배출량을 70% 감축을 목표로 함.
- 감축잠재량효과(BR1): 2020년에는 3,200ktCO₂eq, 2025년에는 3,400ktCO₂eq, 2030년에는 3,400kt CO₂eq의 배출감축량 효과가 있을 것으로 전망함.

2) 필요 자료 및 정보

- NAEI는 GHGI(온실가스인벤토리)와 Air Quality Pollutant Inventory (AQPI)(대기질오염물질인벤토리)를 추정하고자 함.
- 이를 위해하기 위해 Ricardo Energy & Environment 팀, GHG 인벤토리 팀은 정보를 수집하고 분석함.
- 국가 에너지 통계로부터 개별 산업 공장에서 수집된 데이터까지 다양하게 데이터를 수집하고 분석함.

3) 기타 관련 사항

- GHGAP 이행시도는 농업분야 GHG 배출이 다른 요소들과는 본질적으로 다르다는 인식 하에서 만들어지게 되었음.

다. 감축효과 분석

1) 감축효과

- 현 GHG 인벤토리가 완벽하지 않고 불확실성에 근거하고 있음에도 불구하고 현재 추정량은 농업이 영국 GHG 배출의 약 8%를 차지하고 있음을 제시
- 영국 배출의 약 90%는 non-CO₂ 가스로부터 배출되고 있음.

2) 측정방법

- 아산화질소배출량(N₂O):
 - 다음과 같은 직접 배출에서 N₂O가 발생: 무기비료 사용, 곡물 재배를 위해 생물학적 질소의 고정적 사용, 작물 잔류물의 사용, 유기토양 재배, 토지에 동물 분뇨 확산, 방목 동물에 의한 분뇨 확산
- 메탄 배출량(CH₄)
 - CH₄ 배출량은 초식동물에서 장내 발효의 부산물로 생산됨. 즉, 탄수화물이 미생물

에 의해 분해되는 소화 과정에서 생산됨.

3) 필요 자료 및 정보

- 영국 국립 대기 배출량 인벤토리(NAEI)는 Ricardo Energy & Environment에 의해 발전되어지고 관리되어짐.

라. BR1, 2 감축량 차이 및 원인 분석

- BR1에는 본 수단이 존재하였으나 BR2에는 존재하지 않음.

마. 한국에서의 적용 가능성 및 시사점

- 영국의 GHGAP 자료를 참고하여 감축잠재량, 산정방법, 필요자료 및 정보를 제시해야 함.
- 프로그램 별 중복 계산의 문제 및 방법론의 중복성이 있을 수가 있을 수 있기 때문에 주의해야 함.
- 영국의 BR과 같이 감축 방법 및 데이터 등 구체적인 자료들을 보고서에 추가할 필요성
- 정부가 중심이 되어 연구기관, 산업계 등 참여가 필요함.

3. [영국] Agricultural Action Plan

가. 일반 현황

1) 제도의 개요

- CH₄, N₂O를 줄이기 위한 정책으로 농업에서 배출량을 줄이고자 하는 정책임.
- 에너지 효율성 향상과 토지 관리를 추진함.

2) 제도 이력

- 2010년 시작. BR2에는 Agricultural Action Plan이 있으나 BR1에는 없음. BR1에는 GHGAP 존재

나. 감축잠재량 분석

- BR2에 따르면 2020년까지 2,972ktCO₂eq가 감축될 것으로 추정됨. 2025년까지

3,607, 2030년까지 3,607, 2035년까지 3,607ktCO₂eq가 감축될 것으로 추정됨.

다. 감축효과 분석

- BR2에 따르면 2013년 833ktCO₂eq를 감축하고 2015년 1,385ktCO₂eq를 감축
- 담당부서는 DEFRA, Industry Associations(농업/환경 담당)임.

라. BR1, 2 감축량 차이 및 원인 분석

- BR1에는 Agricultural Action Plan이 존재하지 않았고 BR2부터 보고됨.

마. 한국에서의 적용 가능성 및 시사점

- 농업 부문의 감축수단에 대한 감축 잠재량은 앞에서 설명하는 영국의 자료를 바탕으로 작성할 필요성 있음. 구체적으로 영국의 Agricultural Action Plan 보고와 같이 감축잠재량, 산정방법, 필요자료 및 정보를 제시해야 함.
- 앞에서 설명한 영국의 정책 프로그램은 농업 부문의 기후변화 완화 정책 수립시 벤치마킹 자료로 활용 가능함. 프로그램 별 중복 계산의 문제 및 방법론의 중복성이 있을 수가 있을 수 있기 때문에 주의해야 함.
- 영국의 BR과 같이 감축 방법 및 데이터 등 구체적인 자료들을 보고서에 추가할 필요성
- 정부가 중심이 되어 연구기관, 산업계 등 참여가 필요함.

제7절 산업공정

1. [미국] SF₆ Emission Reduction Partnership for Electric Power Systems

가. 일반 현황

1) 제도의 개요

- ‘전력 시스템에 대한 SF₆ 배출 저감 파트너십’은 SF₆ 감축을 목표로 미국 환경 보호국 (EPA)과 전력산업 사이에 추진된 자발적, 비규제적 협력임.
- EPA와 전력산업간 제휴: ① EPA 위한 포럼 개최, ② 지구 기후변화에 대비하여 기술적으로 SF₆ 배출을 감소·경제적으로 실현가능한 수준의 온실가스 감축

2) 제도 이력

- SF₆를 측정하기 위한 이 프로그램은 1999년에 시작됨.

나. 감축잠재량 분석

1) 감축잠재량

- BR2에 따르면 2020년에 4,990ktCO₂eq의 배출 감축량 효과 전망함.

2) 산정방법

- 이 방법은 전기 전송 및 유통 시설에서 배출량을 추정하기 위한 3단계 접근 방식으로 2006 IPCC 가이드 라인에 의해 제공됨.
- EPA는 프로그램에 따라 연간 보고된 배출량과 BAU(배출전망치)에 따른 연간 예상 배출량의 차이로 프로그램의 성과를 계산함.
- 2015년 및 2020년에 미치는 영향의 경우, EPA는 프로그램의 영향을 추정하기 위해 한계저감비용(MAC) 곡선 분석을 사용.
- EPA는 SF₆ 배출을 줄이기 위한 성공적 전략에 관한 기술 정보 청산소 역할을 함.
- EPA는 파트너들에게 SF₆ 배출 감축목표 달성을 알려주고 파트너들의 배출 감축 달성 데이터에 관한 신뢰할 수 있는 정보센터의 역할을 함.

3) 필요 자료 및 정보

- EPA 홈페이지 자료
- EPA 연간 보고 배출량, 연간 예상 배출량, 저감 기술의 투자 비용, 온실가스 감축 효과 데이터 및 자료
- Second Biennial Report Methodologies for Quantified Policies and Measures 참조

다. 감축효과 분석

1) 감축효과

- 산업계에서 약 45%를 차지하는 60개 이상의 회사들이 이 파트너십 프로그램에 참여함. 이들 회사들은 278,000 파운드의 SF₆ 배출량을 감축시켰는데 이는 연간 약 500,000대의 자동차에서 발생하는 CO₂ 배출을 감축시키는 것과 동일함.

- BR2에 따르면 2013년 배출 감축량은 5,500ktCO₂eq인 것으로 나타남.

2) 측정방법

- 시설 고유의 물질 수지 방법(Facility-specific mass-balance methodology)
- 한 해 동안 모든 회사를 대상으로 보고된 SF6 사용에 대해 질량 균형 방법(mass-balance method)을 사용하여 추적함.
- EPA는 MOU를 맺은 SF6 배출 감축 파트너들(산업계)로부터 이들이 모니터링한 연간 배출 추정치를 받음.
- 감축 파트너들(산업계)로부터 받은 연간 배출 추정치를 가지고 EPA는 총 미국 배출량을 추정함.
- EPA 배출 감축 파트너쉽에서 산업계 참가자들은 연간 배출 추정치를 모니터링 하고 EPA에 제출함.
- 추정치는 EPA/IPCC 방법론을 근거로 함. EPA는 IPCC 인벤토리 방법론의 발전에 상당히 적극적임.

라. BR1, 2 감축잠재량 차이 및 원인 분석

- CAR 6(6th Climate Action Report) 이래로 방법론적 업데이트는 없었음.

마. 한국에서의 적용 가능성 및 시사점

- 미국자료를 바탕으로 감축잠재량, 산정방법, 필요자료 및 정보를 제시하며 작성할 필요성
- 정부와 산업계가 공조하여 효율적인 잠재량을 파악하여 이를 분석할 필요성
- 산업계에서 측정한 감축 효과에 대해 정부가 리뷰하며 전반적인 감축 효과를 정리 하는 작업이 필요함. 중복 계산되는 점을 유의해서 감축 효과를 측정해야 함.
- BR 작성시 수치 자료만 수집하거나 감축 수단을 정리하는 것뿐만 아니라 기술 발전 수준을 참조하여 실질적으로 도움이 될 한국형 BR이 작성될 필요성

- 정부가 중심이 되어 연구기관, 산업계 등이 참여해야 함.
- 정부가 민간에 위탁을 할 경우에는 수시 모니터링을 통해 감축 수단 및 감축 실적을 작성해야 함.

2. [미국] Significant New Alternatives Policy Program(SNAP)

가. 일반 현황

1) 제도의 개요

- 오존층 보호를 위한 몬트리올 프로토콜에 대응하는 미국 측 대응 제도임.
- Clean Energy Act 섹션 612(section 612)는 EPA로 하여금 인간의 건강과 환경에 위협을 주는 ODS(오존 파괴 물질)에 대해 대체 물질을 평가하고 나열하게 되어 있음.
- 측정 가스: ODS(오존 파괴 물질)과 HFCs(플루오르화탄소)을 포함하는 대체 가스

2) 제도 이력

- 시작연도는 CAA 보정서(Amendments)에 서명된 1990년임.
- 초기에 SNAP 법규가 완성되었고 1994년도에 발간됨.

나. 감축잠재량 분석

- BR2에 따르면 2020년 기준으로 316,868ktCO₂eq의 감축 효과가 있을 것으로 전망함.
- EPA가 감축량 분석의 주체이며 SNAP Process를 가지고 분석함.
- EPA는 오존파괴지수, 지구온난화잠재력, 독성, 인화성, 산업 및 소비자의 건강 및 안전, 지역 대기 질 및 생태계 영향을 가지고 제안된 대체 평가 시행함.
- 주된 데이터 원천은 연방 추정치, 산업 보고, 자가 보고(self-reporting)임.
- 감축 효과 분석을 위해 사용된 데이터와 가정은 연방, 산업 보고, 영업 비밀을 포함한 공개된 자료를 사용함.
- Vintaging Model은 'bottom-up'모델임. 정보는 연간 시장 규모, 성장, 각 시설 단위에 필요한 화학 물질 양, 대체 이력에 관한 정보가 수집됨.

- 이 모델은 EPS Global Programs Division에 의해 관리되는 ODS Tracking System으로부터 수집되는 데이터와 Significant New Alternatives Policy(SNAP) 하에서 EPA에 제출되어지는 정보를 포함하는 다양한 원천으로부터 데이터를 모음.

다. 감축효과 분석

1) 감축효과

- BR2에 따르면 2013년에 217,949ktCO₂eq의 배출량 감축 효과가 있는 것으로 나타남.
- DOE(2013)에 따르면 해당 기업은 예를 들어가며 감축 효과를 분석함.
- 기업에서 신기술을 확대 적용하여 제품으로 제작하여 에너지 효율성 향상을 달성함.

2) 측정방법

- GHG 감축 효과를 측정하기 위해 Vintage Modeling이 사용됨. Vintage Modeling은 미국 GHG 배출과 싱크(sinks)의 인벤토리에서 설명됨.
- 배출 감소를 판단하기 위해 EPA는 다음 두 가지 Vintage Model 시나리오를 비교함.
 - ① CAA의 Title VI 하에 모든 필요조건을 가정하는 배출량 추정
 - ② 오존층을 대폭 감소시키는 물질에 관한 몬트리올 프로토콜에 따라 ODS 폐지가 발생할 것을 가정하는 배출 추정함. 이는 SNAP의 설립 이전에 발생했었을 지도 모르는 추세가 지속된다는 가정 하에서 BAU(배출전망치) 시나리오로 발전됨.
- 배출량을 측정하기 위한 Vintaging Model에 의해 사용되는 모델은 최종용도 분야에 따라 다양함.

라. BR1, 2 감축량 차이 및 원인 분석

- BR1과 BR2는 방법론상 차이점은 없음.
- GHG는 HFCs, PFCs, SF6을 포함하는 내용들만 보고되어짐.
- 특별하게 ODSs와 같은 다른 GHGs의 감축은 포함되지 않음.
- ODSs의 감축은 수량화되지 않음.

마. 한국에서의 적용 가능성 및 시사점

- 미국의 SNAP를 바탕으로 감축잠재량, 산정방법, 필요자료 및 정보를 제시하며 작성할 필요성
- 정부와 산업계가 공조하여 효율적인 잠재량을 파악하여 이를 분석할 필요성

- 산업계에서 측정한 감축 효과에 대해 정부가 리뷰하며 전반적인 감축 효과를 정리하는 작업이 필요함. 중복 계산되는 점을 유의해서 감축 효과를 측정해야 함.
- BR 작성시 수치 자료만 수집하거나 감축 수단을 정리하는 것뿐만 아니라 기술 발전 수준을 참조하여 실질적으로 도움이 될 한국형 BR이 작성될 필요성
- 정부가 중심이 되어 연구기관, 산업계 등이 참여해야 함.
- 정부가 민간에 위탁을 할 경우에는 수치 모니터링을 통해 감축 수단 및 감축 실적을 작성해야 함.

3. [일본] Holistic Policies to Reduce the Emissions of Fluorinated Gases

가. 일반 현황

1) 제도의 개요

- HFC의 배출 증가 전망, 프레온 회수율 침체, 저 GWP·논프레온 제품의 기술 개발 및 상업화의 움직임, 정책 성격: 규제/세제/보조금/기술발전/의식제고/교육/자발적

2) 제도 이력

- 「프레온류의 사용 합리화 및 관리 적정화에 관한 법률」(2013.6) 또한 프레온 기기의 기술 개발 및 도입 지원 산업에 의한 자주 행동 계획의 추진을 실시
- 프레온 회수·파괴법(2001년)에 따라 업무용 냉동 공조 기기의 정비와 폐기시 냉매로 사용되는 프레온류 회수 및 파괴를 의무화

3) 기준 설정 및 갱신 원칙

- 대체 프레온 등 4개 가스(HFCs, PFCs, SF₆, NF₃)는 2030년에 2013년 대비 25.1% 감소(2005년 대비 4.5% 증가, 약 2,890만tCO₂)하는 것을 목표로 함.

4) 분석 전담 기관

- Ministry of Environment(MOE)(환경성), METI(경제산업성)

나. 대책별 감축량

- ① 가스·제품제조 분야의 논프레온·저GWP추진: 2020년 350만 tCO₂, 2030년 1,120만 tCO₂
- ② 업무용 냉동공조기기 사용시 프레온류 누설방지: 2020년 650만 tCO₂, 2030년 2,010만 tCO₂
- ③ 업무용 냉동공조기기에서 폐기시 등 프레온류 회수 촉진: 2020년 790만 tCO₂, 2030년 1,570만 tCO₂
- ④ 산업계의 자주적인 대처 방안 추진: 2020년 55만 tCO₂, 2030년 122만 tCO₂

다. 감축효과 분석 방법론 및 결과

1) 감축효과

- Second biennial report: 2020년까지 18,500ktCO₂eq 감축될 것으로 추정됨.(2016)
- First biennial report: 2020년까지 9,700ktCO₂eq가 감축될 것으로 추정됨.(2013)

2) 측정방법

- 감축량 = (BAU배출량 - 전제로 한 배출량)으로 산출

라. 한국에서의 적용 가능성 및 시사점

- 일본 자료를 바탕으로 대체 프레온 등 4개 가스에 대하여 감축잠재량, 산정방법, 필요자료 및 정보를 제시하며 작성할 필요성
- 정부와 산업계가 공조하여 효율적인 잠재량을 파악하여 이를 분석할 필요성
- 산업계에서 측정한 감축 효과에 대해 정부가 리뷰하며 전반적인 감축 효과를 정리하는 작업이 필요함. 중복 계산되는 점을 유의해서 감축 효과를 측정해야 함.
- BR 작성시 수치 자료만 수집하거나 감축 수단을 정리하는 것뿐만 아니라 기술 발전 수준을 참조하여 실질적으로 도움이 될 한국형 BR이 작성될 필요성
- 정부가 중심이 되어 연구기관, 산업계 등이 참여해야 함.
- 정부가 민간에 위탁을 할 경우에는 수시 모니터링을 통해 감축 수단 및 감축 실적을 작성해야 함.

제8절 산림

1. [미국] Woody Biomass Utilization Grants Program

가. 일반 현황

- 프로그램의 목적
 - 전 미국을 대상으로 산림관리를 지원하여 목재 시장과 목재 에너지를 확대하고 가속화시키기 위한 프로젝트를 지원하는 프로그램
- Wood-to-energy(W2E) program과 Woody Biomass Utilization Grant program으로 알려져 있었으며, 최근에 Wood Innovations Grant Program으로 변경

- Wood to Energy (W2E) Grants
 - 목재 에너지 시스템을 위한 최종설계, 비용관리, 공정 등에 대한 엔지니어링 서비스에 초점을 맞춘 프로젝트를 위한 Grant 지원
 - 국가 산림 서비스 시스템과 여타 산림지역으로부터 생성된 목재 바이오매스를 활용하는데 초점을 두고 있음.

나. 감축잠재량 분석

1) 감축잠재량

- 감축잠재량 분석은 Grants 프로그램 특성상 다루어지지 않고 있음.
 - Grants 자체가 일관성이 없고 사업의 특성이 서로 다르기 때문에 감축잠재량을 산정할 수 있는 정보가 부족함.

2) 필요 자료 및 정보

- 감축잠재량 추정을 위한 자료와 정보
 - 산림에서 목재 파편 등과 같은 탄소 함유원 산림의 분포 등이 유용함.
 - 산림 인벤토리 정보와 목재 바이오매스 활용 모형

다. 감축효과 분석

1) 감축효과

- 프로젝트의 감축효과 평가가 이루어지지 않는.

2) 필요 자료 및 정보

- 효과 측정을 위한 필요 자료와 정보
 - 바이오매스 에너지 소비, 가정에서 사용된 목재 유형
 - 가정에서의 사용 목재 유형
 - 효과 평가 모형: Ince, P.J. et al. (2012), Zerbe, J.I. et al. (2007) 등

라. BR1과 BR2의 감축효과 차이 및 원인 분석

1) 감축효과 차이

- 감축효과 분석이 BR1과 BR2 모두에서 정량화되어 있지 않음.

2) 원인 분석

- 감축효과 분석이 정량화되어 있지 않으나 BR1과 BR2 사이에 산림 부문의 전망 방법에서의 차이는 나타남.

마. 감축수단 이행평가 방법, 관리 책임 기관 및 역할

- Wood Education and Resource Center (WERC), US Forest Service
 - Grant program 담당, 프로젝트 지원 신청 및 선정, 프로젝트 관리 및 보고서 관리

2. [미국] Biological Carbon Sequestration Assessment

가. 일반 현황

- 목적
 - 토지 이용과 관련한 생태시스템으로부터의 탄소 격리와 온실가스 흐름의 과학적 이해도를 높이는 것이 목적
- 생물학적 탄소격리 평가 프로젝트
 - 2011년 the Great Plains에 대한 보고서, 2012년 서부지역 보고서, 2013년 동부지역 보고서, 2015년 알래스카 보고서 등이 발간
- 대통령의 Climate Action Plan (2013)에서 생물학적 탄소 격리의 중요성을 강조

나. 감축잠재량 분석

1) 감축잠재량

- 감축잠재량의 산정
 - 감축잠재량을 추정하기 위하여 탄소격리의 현황 자료에 대한 평가 프로그램임.
 - 감축잠재량과 관련해서는 향후 이 프로그램의 보고서를 이용할 수 있을 것임.

2) 산정방법

- 탄소 격리 국가 평가보고서를 위한 방법론 보고서
 - USGS Scientific Investigations Report 5233의 내용
- 평가 설계 필요 사항
 - 50주의 물 생태시스템과 모든 국가 토지에 대해서 온실가스 흐름과 탄소 격리 능력을 평가
 - 현재와 미래의 온실가스 흐름과 탄소격리 능력을 평가하고 2001년부터 2050년까지의 50년 기간의 연도 추정치를 산출

3) 필요 자료 및 정보

- 평가를 위한 필요자료: PRISM climate grid data, PRISM Climate Group, OSU 등

다. 감축효과 분석

1) 감축효과

- 프로그램의 감축효과
 - 이 프로그램의 결과가 감축을 목적으로 하는 것이 아니라 감축잠재량을 살펴보기 위한 기초자료를 만들어 내는 프로그램임.

라. BR1과 BR2의 감축효과 차이 및 원인 분석

1) 감축효과 차이

- 2015년에 시행된 제도로서 BR2에 도입되었음.
 - 감축효과를 나타낼 수 있는 수량화된 정보 없음

2) 원인 분석

- 2015년 시행된 감축수단으로 원인분석 없음.

마. 한국에서의 적용 가능성 및 시사점

- 미국의 산림분야의 프로그램은 감축의 실제수단과 감축을 위한 자료/모형 준비 수단으로 구성되고 있음.
- 감축을 준비하는 단계의 프로그램은 미국 전체의 산림 인벤토리와 산림의 현황 등을 자료화·정보화·모형화하는 프로그램으로 감축수단으로서 산림 자원을 활용하기 위한 준비 프로젝트로서의 역할을 하고 있음. 이를 위해 기존의 연구와 분석 및 자료를 통합하여 평가하는 프로젝트를 기획한 것임.
- 우리나라의 경우에도 비록 감축잠재량이나 감축효과가 정량화되지 못하고 미흡하더라도 산림부문의 실제 탄소감축을 할 수 있는 활동을 찾는 과제를 기획할 필요가 있음. 또한 감축을 위해 필요한 자료와 정보를 모형화하여 통합할 수 있는 프로그램을 기획하는 것도 중요한 과제임.

3. [일본] Forest Sink Strategies

가. 일반 현황

- 2013년도 일본 흡수원 활동에 따른 흡수량은 6100만tCO₂임.
- 향후 산림흡수원 대책

- 2013년~2020년: 산림흡수원 대책으로 COP17등에서 국제적으로 합의한 법칙에 따라 산림흡수량 산입 상한치 3.5%분을 최대한 확보하는 것을 목표로 함.

나. 감축잠재량 분석

1) 감축잠재량

- 산림·임업 기본 계획에 따라 다양한 정책 수단을 활용하면서 적절한 간벌이나 조림 등을 통한 건전한 산림의 정비, 보안림 등의 적절한 관리·보전, 효율적이고 안정적인 임업 경영 육성을 위한 대처, 국민 참여 산림 만들기, 목재 및 목질 바이오매스 이용 등 산림흡수원 대책을 추진함으로써 산림에 의한 이산화탄소 흡수량을 확보
- 2014~19년까지 연평균 81만 ha의 산림사업면적에 2020년까지 약 3,800만tCO₂를 흡수할 것을 예상

2) 산정방법

- 산림흡수원 산정방법
 - 산림 사업이 실시된 면적 합계. 도도부현 등 사업보고에 의해 파악 산출
 - 교토의정서의 산림흡수량 산입대상산림 면적의 계상규칙을 준용
 - 교토의정서의 산림흡수량의 산입대상산림
- 농림토양 탄소흡수원 산출방법
 - 흡수 예상량은 토양에 유기물 사용량, 토양에 환원되는 농작물 잔여량, 기온과 강수량의 기상 데이터 등을 바탕으로 국립연구개발법인 농업환경기술연구소가 개발한 산정 모델(개선 Roth-C 모델)에 따라 각 연도의 전국 광질 토양의 토양탄소량 연간 변화량(저장 변화량)을 추정하고 교토 의정서 산정 규칙(IPCC 가이드라인에서 정한 1990년을 기준년도로 하는 net-net방식)에 의해 토양 탄소 저장량(흡수량)을 추정
 - 추계시 식료·농업·농촌 기본계획의 2025년도 면적 등 전망달성 내지 대략 달성하는 것을 전제함. 2025년도 이후는 그 목표 값이 유지되는 것으로 가정함. 연변동이 크기 때문에 연도별 수치는 설정하지 않고 각각 2013 ~ 2020년 2021 ~ 2025년 2026 ~ 2030년의 평균치로 함.
- 도시녹화 추진 탄소흡수원 산출방법
 - 교토 의정서의 보고 대상인 도시 공원 정비 면적, 도로, 하천·사방, 항만, 하수처리 시설, 공공 임대 주택, 관공서 시설 등의 녹화 면적 등에 관한 통계 데이터를 수집하고 토지 이용 및 토지 이용 변화 및 임업 (Land Use, Land Use Change and

Forestry, LULUCF) 흡수량 산정 방법에 관한 국제적 지침인 GPG-LULUCF (Good Practice Guidance)에서 나타낸 산정 식과 계수 등을 이용하여 각 탄소풀 (생체 바이오매스 (나무), 쓰레기 (낙엽), 토양 등)의 CO₂ 흡수량을 산정하여 합산

○ 각 탄소풀 흡수량 산정 방법

- 생체 바이오매스 (지상) : 전용에 관련된 탄소저장량의 변화량에 나무의 지상부에 의한 탄소저장변화량을 가산하여 산출함. 수목의 지상부에 의한 탄소저장변화량은 대상 녹지마다, 단위 면적당 식재 그루수를 이용하여 고목 그루수를 산출함. 고목 그루수에 표준 수종 구성비의 수목 한 그루당 연간 탄소스톡변화량을 곱하여 산정함. 또한 여기서 사용하는 수목 한 그루당 연간 탄소 스톡 변화량은 GPG-LULUCF 수목별 수목의 지상부에 의한 탄소고정량 기본값을 일본 수종 구성비에 따라 가중 평균으로 산출함.

제9절 부문간(cross-cutting) 수단

1. [영국] EU Emissions Trading System

가. 일반 현황

1) 제도의 개요

- EU ETS 일반현황: 2050년까지 1990년 대비 80~95% 감축을 목표로 단계적으로 시행하고 있음. 2005~2007년 기간의 1기(Phase I), 2008~2012년 기간 동안의 2기(Phase II)를 거쳐 현재 3기(2013~2020년, Phase III) 시행 중에 있음.
- 제3기(2013~2020년)는 1,2기의 경험을 바탕으로 EU 전체로 2020년까지 1990년 대비 20% 감축을 목표로 추진

나. 감축잠재량 분석

1) 감축잠재량

- 감축잠재량/전망배출량 산정
 - 감축잠재량 부분부터는 영국의 경우를 정리함.
 - 영국의 경우 에너지/온실가스배출 전망모형에서 전망된 배출량을 이용하여 감축잠재량을 산정하는 것으로 판단됨. 이는 FES report라는 보고서 형태로 발간된 것으로 알려져 있으나 구체적인 방법론을 찾기는 어려움.
 - 영국의 경우 고유의 에너지-온실가스 배출 모형을 이용하여 배출량을 전망하고,

이를 할당량 산정에 이용하였음.

2) 산정방법

- 영국의 온실가스 배출전망(projection) 방식
 - 배출 전망은 DTI(Department of Trade and Industry)/DECC(Department of Energy and Climate Change)의 에너지와 배출 모형을 이용하여 전망하며, DTI는 전망의 방법론과 전망 업데이트를 보고함. 이는 UEP(Updated Energy and Emission Projections) report로 보고됨.

3) 필요 자료 및 정보

- 전망의 주요 가정
 - 배출량 전망을 위해선 여러 가지 전망의 전제 변수들이 필요하며, 영국의 경우에는 경제성장, 인구 변화, 연료가격, 탄소가격, 환율 변수 등의 추세 전망을 전제로 가정하여 배출량 및 에너지 소비를 전망

다. 감축효과 분석

1) 감축효과

- 영국정부는 각 단계 마다 EU ETS에 의해 전망된 배출량과 실제 검증된 배출량을 측정하고 이를 부문별로 성과 평가하는 보고서를 제시하고 있음.

2) 측정방법

- 제1기와 제2기에서 영국에게 할당된 EU ETS 대상시설의 총할당량과 실제 검증된 배출량의 차이를 EU ETS의 실제성으로 측정함.
- 배출저감에 대한 달성을 효율적으로 수행하였는지를 판단하기 위하여 탄소가격과 그 변화추이를 분석하여 제시함.

3) 필요 자료 및 정보

- 부문별 배출전망 자료, 규제총량, 할당량 및 실제 검증된 배출량
- 실제 검증된 배출량과 할당량의 차이를 분석하기 위해서는 주요 전제 변수의 업데이트 등이 필요, 특히 연료가격과 탄소가격 등의 추이는 각 부문별 배출의 변동을 분석하는데 필수적임.

4) 효과의 평가 분석

- 정책 평가를 위한 탄소가치평가 보고서
 - 장기의 감축목표(2020년 이후)는 단기목표에 비하여 상세하지 않음. 영국에서는 Climate Change Act에서 설정된 2050년에 1990년 수준의 80%를 감축하는 목표가 정부에서 채택되고 있음.
 - 장기적으로 전지구적인 거래 시스템 하에 놓인다고 가정하고 영국의 탄소가격이 아니라 전지구적인 국제탄소가격으로 접근함. 이 때 규제총량(cap)은 전지구적으로 합의된 안정화 시나리오에 도달하는 것을 목표로 설정함.

라. BR1과 BR2의 감축효과 차이 및 원인 분석

1) 감축효과 차이

- BR1에서의 감축목표
 - BR1에서의 EU 목표는 EU ETS로부터 2005년 대비 21%의 감축을 목표로 제시하고 있으며 영국의 감축목표는 EU ETS에서 영국의 몫에 기반한 거래제 대상부문의 규제총량(cap)을 포함함.
- BR2에서의 감축목표
 - BR2 배출전망에서 EU ETS의 사용에 대한 배출 영향은 전망 배출량에 포함되지 않음.

2) 원인 분석

- BR1과 BR2에서의 주요 가정 차이
 - 주요 가정의 차이
 - 영국의 경제성장률 전제는 장기적으로는 변화하지 않았지만, 2015년은 BR2에서 높고, 2020년은 BR1에서 높게 전망
 - 세계 경제, 연료가격, 탄소가격에서 전제의 차이가 발생

2. [독일] Introduction of EU ETS

가. 감축잠재량 분석

1) 감축잠재량

- 에너지 수요와 배출 전망 (projektionsbericht 2013) 보고서
 - 에너지 수요와 배출 전망에 대해서는 독일은 'projektionsbericht 2013'으로 보고서를 발간하고, 두 가지 전망 시나리오인 WMS(With Measures Scenario)와 WAMS(With Additional Measures Scenario) 전망을 발표
 - WMS 전망은 2012년 10월까지 기시행된 기후 및 에너지정책을 고려

- WAMS 전망은 향후 추가적으로 시행가능한 정책효과도 고려
- 규제총량의 설정과 할당량 배분
 - 거시적 차원에서 규제총량을 설정하고, 할당에 대한 규칙을 마련하고 이에 따라 시설에 대한 할당량을 배분하는 방식을 취함.

2) 필요 자료 및 정보

- ETS 초기의 필요자료 수집
 - 거시적 수준에서 에너지 통계자료
 - 미시적 수준에서는 배출 공표자료 평가와 자발적 자료 수집

나. 감축효과 분석

1) 감축효과

- 감축성과와 관련한 보고서로 배출권거래제 기간에 대해 성과보고서를 발간
 - 제1기의 경우 2009년에 성과보고서를 발간함.
 - 제3기도 현재 VET-report를 매년도 발간함.

2) 필요 자료 및 정보

- EU ETS 검증배출량을 수집하여 매년 VET-report(VET-Bericht)를 DEHSt에서 발간

3) 효과의 평가 분석

- EU ETS의 효과 측정 방법
 - ETS의 효과를 측정하는 방법 중 다른 파라미터들은 현실과 동일하게 적용하고 단 ETS가 없는 조건을 만족하는 배출 시나리오(counterfactual scenario)를 구성하고 이를 실제 배출량과 비교하여 그 차이를 ETS의 효과로 측정하는 방법을 사용하기도 하였음.
 - 2014년 제3기의 VET report에서는 무상할당량과 검증배출량을 비교

다. BR1과 BR2의 감축효과 차이 및 원인 분석

1) 감축효과 차이

- BR1과 BR2에서의 감축효과 차이
 - 2014년 Climate Action Programme에서의 추가적인 수단 도입(2014)

Climate Action Programme 2020의 주요 정책 수단과 기대효과

주요 정책수단	온실가스 감축 기여분 (MtCO ₂ eq)
National Energy Efficiency Action Plan, NEEAP (수송부문은 불포함)	약 25-30 (건물부문 에너지효율 포함)
환경친화적 건물과 주거 전략	약 5.7-10
수송부문의 감축수단	약 7-10
비에너지 관련 부문에서의 감축: - 산업, 상업/무역/서비스 부문과 폐기물관리 - 농업	3-7.7 3.6
배출권거래제 개혁	EU 수준에서 이끌어낼 구체적인 사항에 따라 유동적임.
추가적인 수단, 특히 전력부문에서	22
합계	62-78

2) 원인 분석

- BR1과 BR2에서의 주요 가정 차이
- Climate Action Programme에서의 추가적인 수단 도입(2014)

라. 감축수단 이행평가 방법, 관리 책임 기관 및 역할

- DEHSt 독일의 ETS 기관
- Monitoring과 reporting의 기관의 기능과 분담
- 시설운영자의 자료 수집

마. 한국에서의 적용 가능성 및 시사점

- 할당관련
 - 할당과 관련해서는 EU ETS는 할당 제안과 관리의 이원화에 따른 문제점이 제기 되었음. 국가할당계획에 따른 할당량을 모두 인정하는 경우 EC의 감축목표가 매우 느슨해지는 문제점을 안게 됨.
 - 이에 따라 EC는 제2기에서 국가의 할당계획을 인정하지 않게 되고 할당과잉을 조정하는 포물라를 구축하여 사용하게 됨.
 - 제2기 EC의 새로운 규제총량 산정식

$$\text{maximum allowed annual average cap} = (\text{CIVE} * \text{GTD} * \text{CITD}) + \text{ADD}$$
 - CIVE = corrected independently verified emissions for 2005
 - GTD = growth trend development 2005 to 2010

- CITD = carbon intensity trend development 2005 to 2010
 - ADD = additional emissions covered by an extended scope of combustion installations
 - 온실가스 감축목표를 달성하기 위하여 시장을 어떻게 활용하는가에 대한 문제이므로 할당량이 목표를 달성할 수 있는 수준에서 결정될 수 있도록 할당량 산정에서의 정보의 비대칭성에 의한 문제를 최소화할 수 있는 방안 마련이 필요함.
 - 또한, 할당량을 산정하는데 있어서 유럽의 경우 영국과 독일 모두 2단계 접근 방식을 사용하였음. 우선 부문별 할당수준을 정하고, 이후 개별 시설에 할당량을 배정하는 방식을 사용하였음.
 - 2기에서는 개별 시설에 대한 실제 검증된 배출량 자료를 이용할 수 있으므로 검증된 배출량의 집계에 일관성을 유지할 필요가 있음. 검증 배출량의 부문 합계와 부문의 배출량 집계 가능한 동일한 정보를 담고 있어야 할 필요성이 있음.
 - 독일에서 제1기 할당에서의 가장 큰 문제점은 할당신청시 시설이 적용할 수 있는 방법을 너무 다양하게 제시하여 초과할당이 공식적으로 가능할 수 있었다는 점임. 정보의 비대칭성에 발생하는 초과할당을 최소화할 뿐만 아니라, 할당방식 그 자체에서 초과할당을 공인하는 방식을 최소화할 수 있도록 제도적 검토가 사후적으로 필요함.
- 감축잠재량 분야
- 영국과 독일 모두 감축잠재량 산정에 대한 구체적인 정보가 부족함. 다만, 두 국가 모두에서 배출권거래제 대상시설과 산업 전체의 배출량 전망에 대한 격차를 줄이고자 노력한 것으로 보임.
 - 배출권거래제의 감축잠재량은 해당 산업의 전망 배출량을 그대로 사용하고 이를 통해 산업간 할당을 산정하는 방식을 취하고 있음.
 - 배출량 전망에 대한 모형을 구축하고 이를 통해 배출권거래제 대상 해당 배출량 전망과 할당량 산정에 이용함.
 - 전망모형에 의해 전망된 배출량 전망은 해마다 방법론과 전제치가 업데이트되고 있어서 단순히 시계열적 배출량 전망 비교는 의미를 찾기 어려움.
- 감축 효과 측정 분야
- 감축분야에 대해서는 유럽의 경우 크게 두 가지 대상에 대한 보고에 집중하고 있음.
 - 첫째는 실제 검증된 배출량과 할당량의 차이를 계산하는 것임. 실제 배출량이 할당량보다 적다면 초과할당이 발생하였을 가능성을 의미함. 또한, 부문이나 산업별로 이러한 차이를 계산하고 있으며, 이러한 차이의 원인분석을 통해 배출권거래제가 일관된 목표로 진행되고 있는지 또는 부문별로 차이가 왜 발생하는지 등을 검토하고 있음.
 - 둘째는 배출권가격의 움직임과 그 수준임. 배출권가격이 실제 할당량과 검증배출량의 차이를 설명하는데 일관성을 가지는지를 살펴보아야 함.

- 독일과 영국은 동일한 EU ETS에 참여하고 있음에도 불구하고 배출량 전망 및 감축효과 산정시 화석연료가격 전망이나 탄소가격 전망의 전제치가 서로 다름. 이는 동일한 제도 하에서 전제가 일관되지 않음을 의미함.
- BR의 개선 분야
 - BR1 과 BR2에서의 차이가 제도적으로 나타나는 것은 아니며, 배출권거래제 거래기간에 따라 온실가스 감축의 제도와 행태의 진화가 이루어지고 있음.
 - 각기 국가의 배출권거래제에서의 현황과 문제점이 다르므로 실용적인 차원에서 문제에 대한 해법을 접근하고 있음.
 - 독일의 경우 2014년 Climate Action Programme 2020이라는 추가적인 감축수단의 도입 프로그램이 시행되어 배출권거래제에 영향을 미치게 됨.
- 참여기관 및 역할 분야
 - 영국과 독일의 제도적 차이는 전담기관의 차이에서 나타났음. 영국은 초기에는 Defra 등이, 이후에는 DECC가, 2016년에는 BEIS가 전담하는 형태를 취하고 있으며, 독일도 DEHSt를 새로이 전담기관으로 구축하여 배출권거래제에 대한 기능을 담당하도록 함.
 - 다만, 검증과 보고 등에서는 독립적인 기관이 담당하도록 하고 있음. 독일에서는 검증된 보고에서의 정보 검토는 DEHSt에서도 이루어지고 있음.

3. [일본] Establishment and Implementation of the Joint Crediting Mechanism(JCM)

가. 일반 현황

1) 제도의 개요

- JCM은 우수한 저탄소 기술·제품·시스템·서비스·인프라 보급 및 완화 활동의 이행을 가속화하고 개발도상국의 지속 가능한 개발에 기여

2) 제도 이력

- 환경에너지기술혁신계획(개정판) 개요 (2013년 9월 13일 종합과학기술회의 결정)

나. 감축잠재량 분석

1) 감축잠재량

- 감축잠재량과 감축효과의 정량화 미비

2) 산정방법

- 일본은 파리 협정에 따라 양국간 오프셋 크레딧 제도 (JCM)를 온실가스 감축목표 실적에 반영하고 있지 않지만, 일본이 획득한 배출 삭감·흡수량은 일본의 온실가스 감축으로서 적절한 방법으로 산정하고 있음.
 - 4개국의 8개 프로젝트에 대하여 26차례의 위원회가 개최되고 19개의 JCM 방법론이 승인되었다고 명시하고 있으나, 구체적인 내용을 찾기 어려움.

3) 필요 자료 및 정보

- 민간 기반사업에 의한 기여분과는 별도로, 매년 예산범위 내에서 실시하는 정부 사업으로 2030년까지 누적으로 5,000만~1억tCO₂의 국제적인 감축·흡수량이 전망됨.

제4장 국가 격년갱신보고서(BUR) 개선을 위한 시사점

□ 공통사항

- 개별 감축수단의 감축효과를 산정할 때, 여러 감축수단이나 시책이 대상 산업이나 시설에 동시에 적용되는 경우가 많음. 수단간 중복계산 없이 단일수단의 감축효과를 식별하는 것은 매우 어려운 과제임. 보고서 작성을 위해서는 이러한 중복계산에 유의하여야 함. 중복계산을 회피하기 위해서는 합리적인 수단을 통하여 이를 식별하는 노력이 요구됨.
- BR의 온실가스 배출전망은 모형과 자료의 업데이트, 추가된 감축수단 등으로 전망 배출량의 시계열적 일관성이 확보되기 어려운 문제를 안고 있음. 이를 인식하여 우리나라 BUR의 작성에서는 배출전망의 시계열적 일관성을 갖추어 시계열적 비교를 가능하게 하는 것이 바람직함.
- BR에서는 새로이 업데이트된 신규 온실가스 감축수단이나 노력을 중심으로 작성되어 있고, 온실가스 감축수단은 대체로 짧은 설명과 사전식 나열 형태를 취하고 있음. 우리나라 BUR 작성을 위해서는 이와 같은 4개국의 BR 작성방식에서 탈피하여 시계열적 흐름에서 감축수단이 어떻게 진화되어 왔는가에 대한 경험적 전개방식을 바탕으로 구성하여 작성하는 것을 고려해 볼 수 있음.
- 감축잠재량이나 감축효과 산정방법에서의 일관성을 가진 방법론을 채택하는 것이 요구되며, 이를 위해서는 우리나라에서 실제 사용되고 있는 배출 관련 자료 및 정보의 체계화가 선행될 필요가 있음.
- 4개국 BR보고서에서의 감축수단별 감축효과와 온실가스배출량 전망의 관계는 전망 모형에서 감축효과가 일부 고려되고 있는 경우도 있고 그렇지 않은 경우도 있는 것으로 판단됨. 이를 식별하기 위해서는 전망 모형에 대한 세밀한 분석이 요구됨. 대상 부문이나 가스에서 감축수단의 감축효과가 중복되는 경우 이를 어떻게 전망모형에서 고려할 수 있는지를 판단하는 것이 필요함. 온실가스종합정보센터에서 이러한 문제를 합리적으로 식별하는 과제를 담당할 필요가 있음.

□ 에너지공급

- (감축효과의 산정 대상 부문) CHP와 신재생에너지 사용과 같이 다양한 주체를 대

상으로 할 경우 인터넷 프로그램을 통해 참여자가 직접 감축량을 입력하도록 하고 담당부서에서 이를 부분별로 취합하여 제시할 필요성이 높음

- (감축효과의 산정방법) 미국과 같이 각 지역의 발전기기 마다 효율과 배출계수를 제공하지는 못하더라도 발전 기기별·에너지원별·규모별로 나누어 효율, Heat Rate, 배출계수 등을 정량화함으로써 감축잠재량 추정의 정확도를 제고
- (갱신보고서의 시책 유형 및 정리) 신재생에너지가 대체한 발전원에 대한 정보가 불확실하여 중복계산 가능성이 높아 가급적 세분류로 편성하여 정리하되 중복가능성 명시할 필요성 높음.

□ 건물(가정, 상업/공공) 부문

- (실적 및 예상 중심의 감축효과 추정) 우리나라 BUR에서 추정하는 건물부문 정책의 감축효과는 미국 BR1 및 BR2와 같이 감축 실적과 실현될 수 있는 감축(예상)을 대상으로 함이 바람직할 것으로 보임.

※ 본 연구의 분석대상 미국의 건물부문 감축정책은 승인제품 에너지스타 프로그램(ESLP), 상업용 건물 에너지스타 프로그램(ESCB), 그리고 기기 등 에너지효율기준(MEES)임.

- (정책의 감축효과와 BUR의 관계) 우리나라도 미국의 건물부문 정책과 유사한 감축정책을 운영하고 있으므로 미국의 감축효과 추정방법(공업경제학적 산정방법)을 원용하여 이들 정책의 감축효과를 추정하고 BUR에 반영할 수도 있으나, 연구자는 그러한 방법을 권고하지 않음. 그 배경은 다음과 같음.
 - 미국이 추정하는 감축효과는 기준년도의 차이점으로 인해 미국의 국가목표와 연계성이 떨어짐. 정책에 의한 감축효과 산정의 기준년도는 정책의 도입 직전이 될 수밖에 없는데 비해, 미국의 국가 감축목표는 현재 2005년이 기준년도임.
 - 그러므로 건물부문 정책의 감축효과를 국가목표와 연계하기 위해서는 기준년도를 비교 가능한 상태로 전환하는 방법이 필요한데, BR1 및 BR2는 현재 이러한 방법을 적용하지 않음.
 - 따라서 건물부문의 현행 정책에 의한 감축효과는 정책의 효과를 판단하는 기초자료는 될 수 있으나, 국가 감축목표에 대한 정책의 감축 기여도를 나타내는 지표로 활용되기 어려움.

※ 미국의 건물부문 감축정책과 비교되는 우리나라 건물부문의 감축정책은 에너지 소비효율 표시제도, 건축물 에너지효율등급 인증제, 에너지 최저소비효율 기준임.

- (BUR에서 정책과 그 감축효과의 처리방법) BUR에서 정책별로 감축효과를 추정하

지 않을 경우, 우리나라의 BUR은 건물부문의 감축정책에 대해서는 그 정책을 설명하는 위주로 반영하고 그 정책의 계량적 감축효과는 건물부문의 종합효과에 포함하여 분석하는 것이 바람직함.

- 건물부문에서 종합적으로 포함한다고 함은 감축효과를 정책별로 추정하지 아니하고 가정·상업·공공 등 경제부문별로 배출원단위 등을 이용하여 건물부문의 종합적인 감축효과를 추정하는 것을 말함.
- (BUR의 갱신 방법) BR2는 분석대상 감축수단에 대하여 갱신 정리하는 수준을 반영하고 있으므로, 우리나라 BUR의 경우에도 갱신 방법을 체계적으로 반영할 수 있을 것으로 보임.
- (에너지 소비효율 표시제도 관련 참여기관 및 역할) ESLP 및 ESCB는 미국의 에너지부와 환경청이 공동으로 추진하는 감축정책이나, 이들 두 정부부서 간에 체결된 양해각서(MOU)에 따라 환경청이 ESLP 및 ESCB 업무를 추진함. 우리나라의 경우에도 공동으로 추진하는 감축정책은 업무협약 체결 등을 통해 관련 부서 간 업무 조정을 할 수 있을 것으로 보임.
 - 환경청은 외부 전문가의 지원을 받아 ESLP 및 ESCB의 감축효과를 직접 추정
 - 감축효과 추정의 결과에 대하여 공식적인 평가 절차는 없는 것으로 보이며 환경청 내부적으로 또는 외부 자문관의 평가를 거치는 것으로 보임. 다만 외부 자문관의 의견은 대외적으로 공개되지 않는 것으로 보임.
- (최저 에너지효율 기준 관련 참여기관 및 역할) MEES는 미국 에너지부의 에너지절약 및 온실가스 감축 프로그램으로서, 에너지부가 MEES 제도의 운영 즉 기준의 설정, 집행 및 관리를 전담하며, LBL(Lawrence Berkeley National Laboratory)은 기준제도 분석의 전담기관임.
 - 우리나라의 산업통상자원부는 MEES에 해당하는 에너지 최저소비효율 기준을 운영하는 중인데, 필요 시 최저소비효율 기준제도의 감축효과를 분석하는 전담기관을 지정하여 운영할 수 있을 것으로 보임.
 - 전담 분석기관의 운영은 모형의 유지 관리, 관련 시계열 자료의 확보 등 감축정책의 효과분석을 효율적으로 추진할 수 있는 기반이 될 것임.

□ 수송 부문

- (감축효과의 산정 대상 정책) 수송부문의 온실가스 감축잠재량 산정은 정책내에서는 경계가 명확하게 구분되지만 정책간 효과의 중복계산 가능성이 존재함.
 - 차량 연비개선과 대중교통 활성화 등으로 주행거리 감소효과가 존재하는 경우 한

정책의 효과 계산시 다른 정책이 없는 것으로 가정하여 산정되므로 이를 최소화하는 것이 필요

- (감축효과의 산정방법) 연비 개선, 바이오 연료 등의 온실가스 감축효과 산정 시 직접적 효과 뿐만 아니라 전생애분석을 통하여 순 감축효과를 산정하고 있으므로 우리나라도 해당 정책과 시책별 감축수단의 정량화 제시뿐만 아니라 전생애 분석을 통하여 단위활동자료 당 배출계수 등을 개발하여야 함.
- (갱신보고서의 시책 유형 및 정리) 갱신보고서의 시책은 효과산정을 가능한 세분류로 편성하여 정리하되 중복산정의 불확실성 명시 필요

□ 폐기물 부문

- (감축효과의 산정 대상 정책) 폐기물 부문의 온실가스 감축은 폐기물 발생억제, 폐기물 재활용, 폐기물 소각, 발생 온실가스의 이용 등으로 구분 가능
 - 폐기물별로 다양한 감축 정책과 자발적인 참여 유도를 위한 정책의 감축효과 분석 계산식 등의 표준화 제시 필요
- (감축효과의 산정방법) 폐기물 억제, 폐기물 재사용 혹은 재활용 등의 온실가스 감축효과 산정 시 직접적 효과뿐만 아니라 전생애 분석을 통하여 순 감축효과를 산정하며, 신규제품과 대체제품 등 현실적인 대안별 재활용 효과 산정기준 마련 필요
 - 폐자원이 중복적으로 재활용되는 경우 중복효과를 산정하는 기준 마련 필요

□ 농업 부문

- (감축잠재량 산정 벤치마크) 농업 부문의 감축수단에 대한 감축 잠재량은 미국과 영국의 자료를 바탕으로 작성할 필요성
- (감축효과의 산정대상) 미국과 영국의 정책 프로그램은 농업 부문의 기후변화 완화 정책 수립시 벤치마킹 자료로 활용 가능. 프로그램 별 중복 계산의 문제 및 방법론의 중복성이 있을 수가 있을 수 있기 때문에 주의해야 함.
- (감축효과의 산정방법) 선진국의 BR과 같이 감축 방법 및 데이터 등 구체적인 자료들을 보고서에 추가할 필요성
- (감축효과 산정의 전담기관) 정부가 중심이 되어 연구기관, 산업계 등이 참여해야

할 필요성

□ 산업공정 부문

- (감축잠재량 산정 벤치마크) 산업공정 부문의 감축 잠재량 분석은 미국(SF₆ Emission Reduction Partnership for Electric Power Systems, Significant New Alternatives Policy Program, SNAP)과 일본(Holistic policies to reduce the emissions of fluorinated gases)의 자료를 바탕으로 작성할 필요성. 정부와 산업계가 공조하여 효율적인 잠재량을 파악하여 이를 분석할 필요성.
- (감축효과의 산정 대상 정책) 미국과 일본의 정책 프로그램은 산업공정 부문의 기후변화 완화 정책 수립 시 벤치마킹 자료로 활용 가능. 산업계에서 측정된 감축 효과에 대해 정부가 리뷰하며 전반적인 감축 효과를 정리하는 작업이 필요함. 정부는 앞에서 논의한 미국과 일본의 사례를 바탕으로 정확한 감축효과 측정에 대한 방법론 및 가이드 라인을 제시할 필요성. 감축 프로그램 간에 중복 계산되는 점을 유의해서 감축 효과를 측정해야 함.
- (감축효과의 산정방법) BR 작성시 수치 자료만 수집하거나 감축 수단을 정리하는 것뿐만 아니라 기술 발전 수준을 참조하여 실질적으로 도움이 될 한국형 BR이 작성될 필요성. 잘 정리된 선진국의 BR과 같이 감축 방법 및 데이터 등 구체적인 자료들을 보고서에 추가할 필요성. 산업계에서 추진해야 할 BR 작성 원칙 규명과 정부가 제시하는 정확한 방법론 및 정책에 대한 가이드 라인의 정립이 필요함.
- (감축효과 산정의 전담기관) 정부가 중심이 되어 연구기관, 산업계 등이 참여해야 함. 즉, 정부가 민간에 위탁을 할 경우에는 수시 모니터링을 통해 감축 수단 및 감축 실적을 작성해야 함. 한편, 산업계에서 작성할 경우 정부는 정확한 지침 및 방법론을 제시하여야 함. 해외의 사례와 같이 정부와 참여 기관 간에 MOU를 체결하여 감축 수단 및 감축 실적에 대해 수시로 모니터링할 필요성

□ 산림 부문

- (감축효과의 산정방법) 감축잠재량을 정량화하기 어려운 감축수단이며, 정량화를 위한 준비단계의 감축수단임.
- (감축효과의 산정 대상 정책) 미국의 산림분야의 프로그램은 감축의 실제수단과 감축을 위한 자료/모형 준비 수단으로 구성되고 있음. 감축의 실제 수단은 행동을 우

선적으로 추진하는 프로그램으로 다양한 정보/교육 프로그램과 함께 실제 탄소를 저감할 수 있는 방안을 공모하여 실행하는 프로그램임. 따라서 감축수단이 표준화되어 있지 않기 때문에 구체적인 감축잠재량을 정량화하기 어려움.

- (감축효과의 산정방법) 감축을 준비하는 단계의 프로그램은 미국 전체의 산림 인벤토리와 산림의 현황 등을 자료화 정보화 모형화하는 프로그램으로 감축수단으로서 산림 자원을 활용하기 위한 준비 프로젝트로서의 역할을 하고 있음. 이를 위해 기존의 연구와 분석 및 자료를 통합하여 평가하는 프로젝트를 기획한 것임.
- (감축효과의 산정방법) 우리나라의 경우에도 비록 감축잠재량이나 감축효과가 정량화되지 못하고 미흡하더라도 산림부문의 실제 탄소감축을 할 수 있는 활동을 찾는 과제를 기획할 필요가 있음. 또한, 감축을 위해 필요한 자료와 정보를 모형화하여 통합할 수 있는 프로그램을 기획하는 것도 중요한 과제임.

□ 부문간 수단

- (할당관련 정책) 할당량이 목표를 달성할 수 있는 수준에서 결정될 수 있도록 할당량 산정에서의 정보의 비대칭성에 의한 문제를 최소화할 수 있는 방안 마련이 필요함. 독일에서 제1기 할당에서의 가장 큰 문제점은 할당신청시 시설이 적용할 수 있는 방법을 너무 다양하게 제시하여 초과할당이 공식적으로 가능할 수 있었다는 점임. 정보의 비대칭성에 발생하는 초과할당을 최소화할 뿐만 아니라, 할당방식 그 자체에서 초과할당을 공인하는 방식을 최소화할 수 있도록 제도적 검토가 사후적으로 필요함.
- (감축잠재량 산정방법) 영국과 독일 모두 감축잠재량 산정에 대한 구체적인 정보가 부족함. 다만, 두 국가 모두에서 배출권거래제 대상시설과 산업 전체의 배출량 전망에 대한 격차를 줄이고자 노력한 것으로 보임. 배출권거래제의 감축잠재량은 해당 산업의 전망 배출량을 그대로 사용하고 이를 통해 산업간 할당을 산정하는 방식을 취하고 있음. 배출량 전망에 대한 모형을 구축하고 이를 통해 배출권거래제 대상 해당 배출량 전망과 할당량 산정에 이용함.
- (감축 효과 측정 방법) 감축분야에 대해서는 유럽의 경우 크게 두 가지 대상에 대한 보고에 집중하고 있음. 첫째는 실제 검증된 배출량과 할당량의 차이를 계산하는 것임. 실제 배출량이 할당량보다 적다면 초과할당이 발생하였을 가능성을 의미함. 또한, 부문이나 산업별로 이러한 차이를 계산하고 있으며, 이러한 차이의 원인분석을 통해 배출권거래제가 일관된 목표로 진행되고 있는지 또는 부문별로 차이가 왜

발생하는지 등을 검토하고 있음. 결국 이를 통해 할당의 배분방식에 대한 부문별 일관성 유지를 체크할 수 있음. 둘째는 배출권가격의 움직임과 그 수준임. 배출권 가격이 실제 할당량과 검증배출량의 차이를 설명하는데 일관성을 가지는지를 살펴 보아야 함.

- 독일과 영국은 동일한 EU ETS에 참여하고 있음에도 불구하고 배출량 전망 및 감축효과 산정시 화석연료가격 전망이나 탄소가격 전망의 전제치가 서로 다름. 이는 동일한 제도 하에서 전제가 일관되지 않음을 의미함. 중요한 것은 목표를 달성하는 감축수단이지 이를 전망하고 평가하는 방법은 아닐 수도 있음을 의미함.

○ (갱신보고서의 일관성) BR1 과 BR2에서의 차이가 제도적으로 유의하게 나타나는 것은 아니며, 배출권거래제 거래기간에 따라 온실가스 감축 제도와 행태의 진화가 이루어지고 있음. 각 국가의 배출권거래제에서의 현황과 문제점이 다르므로 실용적인 차원에서 문제에 대한 해법을 접근하고 있음. BR1과 BR2에서의 일관성을 유지하려는 의도가 보이지 않음.

- 독일의 경우 2014년 Climate Action Programme 2020이라는 추가적인 감축수단의 도입 프로그램이 시행되어 배출권거래제에 영향을 미치게 되는 것으로 보고하고 있으나 그 효과에 대해서 구체적으로 보고하지는 않고 있음.

○ (배출권거래제 전담기관) 영국과 독일의 제도적 차이는 전담기관의 차이에서 나타났음. 영국은 초기에는 Defra 등이 주요기관이었고, 최근까지 DECC가 전담하였으나 2016년 BEIS(Department for Business, Energy & Industrial Strategy)가 전담하는 형태를 취하고 있으며, 독일은 DEHSt를 전담기관으로 하여 배출권거래제에 대한 기능을 담당하도록 함. 다만, 검증과 보고 등에서는 독립적인 기관이 담당하도록 하고 있음. 독일에서는 검증된 보고에서의 정보 검토는 DEHSt에서도 이루어지고 있음.

제 1 장 서론

○ 연구목적

- 본 연구는 미국, 영국, 독일 및 일본의 2020년 국가감축목표 달성을 위해 추진 중인 주요 정책의 감축 효과에 대한 정량적, 정성적 분석 방법과 결과를 비교 분석하는 것을 목적으로 함.
- 우리나라도 격년보고서(Biennial Update Report)를 제출해야 하는 상황이며 이러한 선진국들의 온실가스 감축정책 효과분석의 방법과 내용 등에 대한 분석을 통해 국내 추진 주요 온실가스 감축 정책에 대한 정량적 또는 정성적 분석 결과 도출의 참고자료로 활용 가능
- 미국, 영국, 독일 및 일본 4개 주요국들의 온실가스 감축이행에 대한 정성적, 정량적 분석 방법론과 결과 그리고 이를 통한 감축목표 이행 평가 등에 대한 분석을 통하여 국내의 온실가스 감축영향 분석과 이행에 관한 모니터링 대안 제시가 필요

○ 연구범위

- 주요 4개국(미국, 영국, 독일, 일본)이 UNFCCC에 제출한 격년보고서(제1차, 제2차)를 연구의 분석 대상으로 함
- 핵심감축수단의 감축효과 분석 상세 내용(8대 부문별로 3~10개 선정 분석)
- 감축수단과 감축잠재량 분석
- 진도보고회 이후 8대 부문별 핵심수단을 최소 3개씩 선정하여 집중적으로 분석
- 핵심감축수단에 대해서는 협의를 통해 선정
- 감축수단의 목적을 달성하기 위하여 감축잠재량을 어떻게 산정하고, 사후적으로 이를 어떻게 평가하며, 이를 위해서 어떠한 자료와 정보가 필요하며, 이러한 자료를 얻기 위하여 취할 수 있는 조치와 수단 등을 조사 분석

○ 과업 방향

- 주요 4개국의 격년보고서를 중심으로 부문별 감축수단 현황, 이행 점검 및 지표 관리방안을 분석하여 우리나라 BUR 작성시 지표관리와 이행평가를 위한 시사점 도출

○ 분석내용

- 부문별 감축수단 현황을 분류·정리하고, 핵심감축수단을 선정하여 집중적으로 분석
 - (1) 핵심감축수단의 목표 및 전망, 목표 달성 지표내용 및 지표 관리 체계 등을 비교·분석 실시하고,

(2) 감축경로 관리(전망과 모니터링 등)체계, 추가적인 감축수단 개발 체계(거버넌스)에 관한 시사점을 도출함.

(3) 핵심수단 선정방법은 BUR의 지표관리 차원에서 센터와 협의하여 선정함.

○ 부문별 핵심감축수단 선정

- 부문별 핵심 감축수단 선정은 4개국 BR에서 제시된 감축수단 중에서 우리나라의 BUR 작성에 도움이 되고 로드맵의 이행에 필요한 감축수단을 선정함.

- 우선, 핵심감축수단으로 목표가 정량화되어 있는 감축수단을 추려내고, 정량화되어 있지 않은 감축수단 중에서 우리나라 BUR과 로드맵에 유용한 감축수단을 선정함.

- 이러한 감축수단 중에서 센터의 부문별 담당자의 의견을 통해 분석을 위한 우선적 감축수단을 제시토록 하고, 이를 다시 연구진의 검토과정을 거친 후에 핵심감축수단을 선정하였음.

- 이러한 핵심감축수단은 아래에 제시되어 있음.

가. 에너지 공급

· [미국] Combined Heat & Power Technical Assistance Partnerships and Industrial Assessment Center

· [미국] Clean Power Plan

· [미국] Clean Energy Supply Program - Green Power Partnership

나. 건물

· [미국] 승인제품 에너지스타 (ENERGY STAR Labeled Products)

· [미국] 상업용 건물 에너지스타 (ENERGY STAR Commercial Buildings)

· [미국] 기기 등 에너지효율기준 (Appliance, Equipment, and Lighting Energy Efficiency Standards)

다. 수송

· [미국] 중소형 기업평균연비제도 (National Program for Light-Duty Vehicle GHG Emissions and CAFE Standards)

· [미국] 재생에너지연료 기준 (Renewable Fuel Standard)

· [일본] 물류 효율화/모달시프트 추진 (More Efficient Logistics/Modal Shifts etc.)

라. 폐기물

· [미국] 매립지 메탄처리 프로그램 (Landfill Methane Outreach Program)

· [미국] 지속가능한 자원관리 (Sustainable Materials Management)

· [일본] 폐기물 감축과 재활용제고 (Promotion of Waste Reduction and Recycling)

마. 농업

· [미국] AgSTAR

· [영국] Agriculture Sector Greenhouse Gas Action Plan (GHGAP)

· [영국] Agricultural Action Plan

바. 산업공정

- [미국] 전력시스템에 대한 SF₆ 배출 저감 파트너십 (SF₆ Emission Reduction Partnership for Electric Power Systems)
- [미국] Significant New Alternatives Policy Program
- [일본] 대체 프레온 등 4개 가스 종합 배출 억제 대책 (Holistic Policies to Reduce the Emissions of Fluorinated Gases)

사. 산림

- [미국] Woody Biomass Utilization grants Program
- [미국] Biological Carbon Sequestration Assessment
- [일본] Forest Sink Strategies

아. 부문간 (Cross-Cutting) 수단

- [영국] EU Emissions Trading System
- [독일] Introduction of EU ETS
- [일본] Establishment and Implementation of the Joint Crediting Mechanism

제2장 주요국 1차, 2차 격년보고서 분석

제1절 미국

1. 2020 감축목표

가. BR1에서의 2020년 감축목표

- 2005년 배출수준의 17% 감축
 - 2009년에 2020년까지 2005년 배출 수준의 17% 감축 범위의 목표를 제시함.
 - 이를 달성하기 위해서 기존의 성과, 예를 들면 풍력과 태양광 발전의 확대나 연비 기준의 확립 등의 성과를 포함해서 기존의 온실가스 배출 감축 노력을 지속하면서 The President's Climate Action Plan을 통해 추가적인 감축활동을 수행할 계획을 밝히고 있음.

- The President's Climate Action Plan⁶⁾의 내용
 - 2013 State of the Union Address에서 기후변화에 맞서 대응할 초당파적인 시장기반 감축정책 또는 감축수단 추진을 의회에 요구
 - 일차적인 목표는 미국의 온실가스 배출을 전반적으로 관리할 행동방안을 수행하는 것임.
 - 제시된 주요 실천방안은 아래와 같음.
 - 발전설비에서의 탄소 배출 감축
 - 신재생에너지에서의 미국의 리더쉽 강화
 - 청정에너지 혁신에 대한 장기 투자 확대
 - 2020년까지 상업/산업용 건물의 에너지효율을 20% 이상 개선하는 Better Building Challenge 확산
 - 에너지효율기준의 새로운 목표 설정
 - 자동차 연료효율 기준과 온실가스배출 기준의 선진화
 - 자동차 에어컨에서의 HFC 누출 해결 등을 통한 HFC 배출 억제
 - 메탄 배출 저감
 - 기후변화 완화에서의 산림의 역할 보전
 - 화석연료의 낭비를 부추기는 보조금의 단계적 철회
 - Federal Quadrennial Energy Review 제도화
 - 연방정부의 리더쉽 강화

6) EOP (Executive Office of the President). 2013. *The President's Climate Action Plan*. Washington, DC. June.
<<http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/image/president27sclimateactionplan.pdf>>

○ 부문별 베이스라인 온실가스 배출 전망

<표 2-1> BR1 Current Measures 하의 부문별 베이스라인 온실가스 배출 추이와 전망
(단위: TgCO₂eq)

부문	실적				전망				
	2000	2005	2010	2011	2015	2020	2025	2030	
Energy	4,258	4,321	4,104	3,981	3,936	4,038	4,141	4,207	
Transportation	1,861	1,931	1,736	1,765	1,710	1,702	1,660	1,627	
Industrial Processes	357	335	308	331	378	438	504	536	
Agriculture	432	446	462	461	461	485	498	512	
Forestry and Land Use	31	25	20	37	30	27	40	35	
Waste	136	137	131	128	127	126	125	123	
Total Gross Emissions	7,076	7,195	6,812	6,702	6,643	6,815	6,967	7,041	
Forestry and Land Use (Sinks)	high sequestration	-682	-998	-889	-905	-884	-898	-917	-937
	low sequestration					-787	-614	-573	-565
Total Net Emissions	high sequestration	6,395	6,197	5,923	5,797	5,759	5,918	6,050	6,104
	low sequestration					5,856	6,201	6,394	6,476

나. BR2에서의 2020년 감축목표

- 2005년 배출수준의 17% 감축
 - BR1에서의 2020년 감축목표와 동일
 - 2020년 목표의 이행과정은 Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2013을 통해 추적 보고되고 있음.
 - The President's Climate Action Plan에서 설정된 정책과 수단들은 2020년 감축 목표를 달성하고 2025년 감축목표를 달성하는 근본토대로서의 역할을 하고 있음.
 - BR1 이후, 온실가스 감축을 위한 새롭고도 다양한 정책을 제안하거나 완료하였으며, 이러한 정책들은 수송, 전력, 최종에너지, 산업, 농업, 토지이용과 산림 및 폐기물 전 부문에 걸쳐 있음.
 - BR2에서는 온실가스 감축을 위한 연방정부의 정책과 지역의 정책을 구분하여 제시하고 있으며, 주요 정책수단에 대해서도 제시하고 있음. BR2에서의 주요 감축수단은 아래와 같이 정리할 수 있음.

- 연방차원의 주요 감축 수단
 - 발전소의 탄소 오염 기준
 - Clean Air Act (CAA) 하에서 발전소의 탄소배출을 제한하는 Clean Power Plan (CPP)을 완성
 - 2030년까지 2005년 수준의 32% 온실가스 감축

- 승용차와 트럭의 효율성 증대 프로그램
 - National Programs for Light-Duty Vehicle GHG Emissions and CAFE Standards
 - National Programs for Heavy-Duty Vehicle GHG Emissions and Fuel Efficiency Standards
 - 첨단 전기차 기술과 충전 인프라 개발
- 건물 부문 재생에너지
 - 공공부지에 재생에너지 허용
 - 농촌 청정에너지 건설
 - 에너지부 대출 보장 및 그랜트
- 건물과 가정의 에너지 폐기물 감축
 - 기기와 설비의 에너지 절약 기준
 - 건물과 가정의 에너지 효율 강화
- 자동차 대체 연료 프로그램
 - 재생 연료 기준
 - 바이오 연료 기술 혁신 지원
- 청정에너지 연구 개발
- HFC 단계적 감축
 - 새로운 HFC 대체 정책 프로그램 마련
 - 냉매 관리 규제
 - 몬트리올 프로토콜 개정
- 메탄 배출 감축
 - 석유 가스 부문으로부터의 배출 감축
 - 매립 메탄가스 저감
- 농업과 산림부문 배출
 - USDA Building Blocks for Climate Smart Agriculture and Forestry
 - 자연자원 복원력 강화
 - 바이오가스 복원 촉진
- 연방정부 리더쉽
 - 연방 지속가능성 목표
 - 연방 재생에너지 목표
- 권역, 주, 지역 차원의 감축수단 프로그램
 - 지역 배출권거래제
 - Regional Greenhouse Gas Initiative (RGGI)
 - California Global Warming Solutions Act

- 전력부문 프로그램과 기준
 - State Renewable Portfolio Standards
 - 수요측 에너지 효율성
- 부문별 베이스라인 온실가스 배출 전망
 - 2030년까지의 배출 전망 수록
 - 2015년 여름까지의 유효한 정책과 수단의 영향을 포함
 - 전망 방법은 2014 Climate Action Report에서 사용한 것과 유사함.

<표 2-2> BR2 Current Measures 하의 부문별 베이스라인 온실가스 배출 추이와 전망
(단위: TgCO₂eq)

부문	실적				전망				
	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2025	2030	
Energy	4,280	4,345	4,097	3,898	4,004	3,860	3,816	3,657	
Transportation	1,862	1,929	1,758	1,739	1,701	1,680	1,622	1,578	
Industrial Processes	397	367	354	359	388	430	477	497	
Agriculture	460	494	525	516	512	504	499	494	
Forestry and Land Use	32	26	20	23	28	28	28	28	
Waste	182	189	145	138	138	138	138	137	
Total Gross Emissions	7,213	7,350	6,899	6,673	6,772	6,641	6,580	6,392	
Forestry and Land Use (Sinks)	high sequestration	-641	-912	-872	-882	-970	-1,191	-1,201	-1,118
	low sequestration					-928	-1,044	-908	-689
Total Net Emissions	high sequestration	6,571	6,438	6,027	5,791	5,802	5,451	5,379	5,274
	low sequestration					5,844	5,597	5,672	5,703

다. BR1과 BR2에서의 감축목표 차이

- 감축목표는 BR1과 BR2에서 동일함.
 - 2020년 감축목표는 BR1과 BR2모두에서 2005년 기준 17% 감축임.
- 그러나 BR1과 BR2에서 실적치가 서로 차이가 발생함.
 - 2005년 실적치에서 BR1과 BR2의 차이가 발생
 - 2005년 총배출(Total Gross Emissions)은 BR1에서보다 BR2에서 더 큼.
 - 2010년의 총배출의 경우에도 BR1에서보다 BR2에서 더 많은 배출이 발생하였음. 그러나 2010년 Energy 부문에서의 배출량은 BR1에서 근소하기는 하지만 BR2보다 많음.

- 2005년 실적치의 BR1과 BR2에서의 차이는 전망에서의 차이를 초과함.
- 전망에서의 BR1과 BR2의 차이
 - 전망의 범위에서 차이가 발생함. BR에서는 보고서 작성 당시 사용되고 있는 온실가스 감축수단의 효과를 포함하고 있으므로, BR1과 BR2의 전망 시점에 차이가 발생하면, BR1과 BR2에서의 전망 배출량에서는 차이가 발생하게 됨.
 - BR2의 작성시점에 확정된 감축수단이 존재하면 이 수단에 따른 배출량 감축은 BR1과 BR2의 배출량 차이에 영향을 주게 됨.

2. 감축수단 개괄

<표 2-3> 미국의 감축수단 개괄

번호	수단명	해당부문	정책 범주	정책 성격	주요 내용	담당부서	시행연도	대상 온실가스	추정 감축효과 (단위: ktCO ₂ e/yr)		
									2013 (2차)	2020 (1차)	2020 (2차)
1	National Program for Light-Duty Vehicle GHG Emissions and CAFE Standards	수송	효율향상	규제	경차(new light-duty vehicles, LDVs) 기업배출 연료경제와 온실가스배출표준	DOT/EPA	2010	CO ₂ , N ₂ O, CH ₄ , HFCs	35,000	236,000	236,000
2	Renewable Fuel Standard	수송	신재생	규제	재생연료 비중 증대	EPA	2010	CO ₂	na	138,400	138,400
3	National Program for Heavy-Duty Vehicle GHG Emissions and Fuel Efficiency Standards	수송	효율향상	규제	대형차 연료효율과 배출기준	DOT/EPA	2011	CO ₂ , N ₂ O, CH ₄ , HFCs	na	37,700	37,700
4	SmartWay Transport Partnership	수송		자율	상품이동에서의 배출 저감	EPA	2004	CO ₂	33,000	43,000	43,000
5	Light-Duty Vehicle Fuel Economy and Environment Label	수송	정보제공	규제	소비자에게 정보제공	EPA/DOE		CO ₂	na		na
6	National Clean Diesel Campaign	수송	효율향상 기술	VA/NA	배출조절기술과 전략 적용으로 경유 저감	EPA	2008	CO ₂	na		na
7	Advanced Technology Vehicle Manufacturing Loan Program	수송	효율향상 기술	유자	신기술 유자	DOE	2008	CO ₂	2,500	2,500	2,500
8	Next Generation Air Transportation Systems	수송	효율향상 기술, 항공부문	경제, 연구	항공부문 배출 저감, 연구	DOT	2004	CO ₂	200	3,800	1,500
9	Other Aviation Low-Emission, Fuel Efficiency, and Renewable Fuels Measures	수송	효율향상, 행태변화	자율, 경제, 연구		DOT	2004-2006	CO ₂	na		na
10	State and Alternative Fuel Provider Fleet Program	수송	연료전환, 행태변화	규제	AFVs 비중/연료저감방식 채택	DOE	1992	CO ₂	na		na
11	Federal Transit, Highway, and Railway Programs	수송	행태변화	자율, 경제, 연구		DOT	1991-2012	All	na		na
12	On-road GHG Assessment Tools	수송	정보제공	정보, 전망	지역정부 온실가스 추정 전망정보	DOT	2011	CO ₂	na		na
13	Vehicle Technology Deployment (Clean Cities)	수송	연료전환, 효율향상	경제	지역프로젝트에 대해서 기술지원, 소비자정보, 수단, 지식공유, 비영공유제원을 제공	DOE	1993	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	6,700		15,600
14	Commercial-Scale Integrated Biorefineries	수송	연료전환	경제	산업파트너십을 통해 상업적 규모의 바이오정제설비 발전 프로젝트. 2020년까지 바이오연료 160백만갤런 생산설비 확충(에타놀 60; 하이드로카본 100)	DOE	2009	CO ₂	na		800
15	Energy Efficiency and Conservation Loan Program	에너지	효율향상	자율, 경제, 유자		USDA	2014	CO ₂	na		na
16	Clean Energy Supply Programs	에너지 공급		VA/NA	Green Power Partnership & CHP partnership	EPA	2001	CO ₂	36,300	73,300	73,300

<표 2-4> 미국의 감축수단 개괄 (계속)

번호	수단명	해당부문	정책 범주	정책 성격	주요 내용	담당부서	시행연도	대상 온실가스	추정 감축효과 (단위: ktCO ₂ eq)		
									2013 (2차)	2020 (1차)	2020 (2차)
17	Hydroelectric Production Incentive Program	에너지공급	연료전환	경제	수력발전 확충	DOE	2013	CO ₂	na		na
18	Onshore Renewable Energy Development Programs	에너지공급	신재생	자율, 경제	산재생에너지 개발을 위한 연방 공공용 지 활용	DOI/BLM	약 1980	CO ₂	8,200	41,500	41,500
19	Rural Energy for America Program	에너지공급	효율향상, 신재생	자율, 경제, 음자		USDA	2008	CO ₂ , CH ₄	1,136	17,500	17,500
20	CCS Demonstration and Large-Scale Geologic Storage Cooperative Agreements	에너지공급	사후처리	경제	대규모 CCS: CCS 투자 증대를 위한 정부와 산업계 협약	DOE	2009	CO ₂	1,470	16,200	8,555
21	Rural Development Biofuels Programs	에너지공급	신재생	자율, 경제, 자금		USDA	2008	CO ₂	12,319	100	17,250
22	Biofuel Regional Feedstock Partnerships	에너지공급	신재생	경제	바이오매스 확충 지원	DOE	2002	CO ₂	na		na
23	Offshore Renewable Energy Program-Bureau of Ocean Energy Management	에너지공급	신재생	규제	산재생에너지 개발	DOI/BOEM	2009	CO ₂	na		na
24	Clean Power Plan	에너지공급	연료전환	규제	신규와 기존 발전소 온실가스 저감	EPA, states, and tribal lands	2022	CO ₂	na		na
25	Enhanced Geothermal Systems Demonstration Projects	에너지공급	신재생	보급	지열시스템의 개발과 보급	DOE	na	CO ₂	na		na
26	Offshore Wind Demonstration Projects	에너지공급	신재생	보급	풍력 에너지 개발 보급 지원	DOE	2012	CO ₂	na		na
27	Regional Carbon Sequestration Partnerships (RCSPs)	에너지공급	사후처리	경제	탄소저장 개발	DOE	2008	CO ₂	2,000		na
28	Appliance, Equipment, and Lighting Energy Efficiency Standards	에너지: 가정, 상업, 산업 최종소비	효율향상	규제	60개 이상의 가전제품 에너지 절약 최소 기준 설정	DOE	1987	CO ₂	173,000	216,000	216,000
29	ENERGY STAR Labeled Products	에너지: 가정, 상업, 산업 최종소비	효율향상	자율	에너지효율제품 지정표시	EPA/DOE	1992	CO ₂	155,100	141,200	141,200
30	ENERGY STAR Commercial Buildings	에너지: 가정, 상업, 산업 최종소비	효율향상	자율	에너지효율 건물 성과 개선	EPA	1995	CO ₂	96,000	93,500	93,500
31	ENERGY STAR for Industry	에너지: 가정, 상업, 산업 최종소비	효율향상	자율	에너지 효율 산업 시설	EPA	1995	CO ₂	39,700	36,600	36,600
32	ENERGY STAR Certified New Homes	에너지: 가정, 상업, 산업 최종소비	효율향상	자율	신규주택 에너지효율 성과 개선	EPA	1995	CO ₂	3,100	3,800	3,800
33	Home Performance with ENERGY STAR	에너지: 가정, 상업, 산업 최종소비	효율향상	경제	기존주택 에너지효율 성과 개선	DOE	2002	CO ₂	600	2,800	2,800
34	Building Energy Codes	에너지: 가정, 상업, 산업 최종소비	효율향상	규제	에너지효율 건물 코드	DOE	1992	CO ₂	29,700		56,100

<표 2-5> 미국의 감축수단 개괄 (계속)

번호	수단명	해당부문	정책 범주	정책 성격	주요 내용	담당부서	시행연도	대상 온실가스	추정 감축효과 (단위: ktCO ₂ eq)		
									2013 (2차)	2020 (1차)	2020 (2차)
35	Combined Heat & Power Technical Assistance Partnerships and Industrial Assessment Centers	에너지: 가정, 상업, 산업 최종소비	효율향상	경제	산업 시설 에너지효율 개선 지원	DOE	2007	CO ₂	na		na
36	National Energy Information Surveys and Analysis	에너지: 가정, 상업, 산업 최종소비	정보제공	정보	EIA 정보 수집	DOE/EIA	1977	CO ₂	na		na
37	Green Retrofit Program	에너지: 가정, 상업, 산업 최종소비	효율향상	경제, 재무	에너지 효율투자; ARRA fund로 250백만달러 20,000unit 지원을 통해 에너지비용 저감; 펙지	HUD	2010	CO ₂	na		na
38	Update Energy Efficient Building Codes and Standards	에너지: 가정, 상업, 산업 최종소비	효율향상	규제, 경제	에너지 효율투자 지원	HUD /USDA	2010	CO ₂	na		na
39	Incentives for Energy Efficient Homeownership	에너지: 가정, 상업, 산업 최종소비	효율향상	경제	주택소유자에 대한 에너지효율개선 사업	HUD	1985	CO ₂	na		na
40	Renew300 Federal Renewable Energy Target	에너지: 가정, 상업, 산업 최종소비	신재생	자율, 경제, 정보	연방지원주택에서 태양과 재생에너지 300MW 설정	HUD	2014	CO ₂	na		na
41	Better Buildings Challenge	에너지: 가정, 상업, 산업 최종소비	효율향상	자율, 경제, 정보	에너지절약 최소기준 설정	DOE /HUD	2011	CO ₂	na		na
42	Better Buildings/Better Plants	에너지: 상업, 산업 최종소비	효율향상	경제	건물과 산업시설의 에너지효율 지원	DOE	2011	CO ₂	na		na
43	Superior Energy Performance/ISO 50001	에너지: 상업, 산업 최종소비	효율향상	경제	지도, 수단, 프로토콜 제공에 의해 제조업 에너지효율향상 지원	DOE	2007	CO ₂	na		na
44	H2USA	에너지: 상업, 산업 최종소비	신재생	경제	수소연료전지 자동차, 수소연료 인프라 보급 지원	DOE	2013	CO ₂	na		na
45	Better Buildings Alliance	에너지: 상업, 산업 최종소비	효율향상, 정보제공	경제, 정보	건물과 시설의 에너지효율향상 지원	DOE	2008	CO ₂	na		na
46	Better Building Accelerators	에너지: 상업, 산업 최종소비	효율향상	경제	에너지 효율투자 시범사업	DOE	2013	CO ₂	na		na
47	Significant New Alternatives Policy Program	산업공정(non-CO ₂)	정보제공, 행태변화, 연료전환	규제, 정보	산업과 소비자부문에서 오존 감소 화학물질로부터의 점진적 탈피	EPA	1990	HFCs, PFCs, SF ₆	217,949	311,100	316,868
48	Federal Air Standards for Oil and Natural Gas Sector	산업공정(non-CO ₂)	행태변화	규제	가스 석유부문에서 유기복합물 배출 저감	EPA	2012	CH ₄	38,700	39,900	47,500

<표 2-6> 미국의 감축수단 개괄 (계속)

번호	수단명	해당부문	정책 범주	정책 성격	주요 내용	담당부서	시행연도	대상 온실가스	추정 감축효과 (단위: ktCO ₂ e/yr)		
									2013 (2차)	2020 (1차)	2020 (2차)
49	Natural Gas STAR Program	산업공정 (non-CO ₂)	효율향상	자율, 정보	석유 가스회사의 배출 저감	EPA	1993	CH ₄	24,120	22,100	31,800
50	Coalbed Methane Outreach Program	산업공정 (non-CO ₂)	행태변화, 효율향상	자율, 정보	석탄 탄광의 배출가스 저감	EPA	1994	CH ₄	9,620	9,400	10,530
51	SF ₆ Emission Reduction Partnership for Electric Power Systems	산업공정 (non-CO ₂)	정보제공	자율, 정보	송배전에서의 배출저감	EPA	1999	SF ₆	5,500	9,300	4,990
52	GreenChill Advanced Refrigeration Partnership	산업공정 (non-CO ₂)	정보제공	VA/NA, 정보, 교육	슈퍼마켓에서의 온실가스와 오존감소배출 저감	EPA	2007	HFCs	4,369	8,800	15,274
53	Responsible Appliance Disposal Program	산업공정 (non-CO ₂)	행태변화	VA/NA	수명종료 가전제품 배출 저감	EPA	2006	HFCs	207	600	774
54	Voluntary Aluminum Industry Partnership	산업공정 (non-CO ₂)	효율향상	자율, 정보	알루미늄 산업에서의 배출저감	EPA	1995	PFCs	6,500	400	400
55	Voluntary Code of Practice for the Reduction of Emissions of HFC and PFC Fire Protection Agents	산업공정 (non-CO ₂)	정보제공, 행태변화	VA/NA	소방산업에서의 배출저감	EPA	2002	PFCs, HFCs	na		na
56	New Source Performance Standards for Petroleum Refineries	산업공정 (CO ₂)	행태변화	규제	flare gas recovery를 통한 배출저감	EPA	2012	CO ₂	na		2,262
57	Conservation Reserve Program	농업	행태변화	경제, 정보	지속가능 개발 촉진	USDA	1985	CO ₂	43,900	61,200	39,800
58	Natural Resources Conservation Service	농업	행태변화	자율, 경제, 정보	지속가능 개발 촉진	USDA	1935-2014	CO ₂ , N ₂ O, CH ₄	9,237	27,600	27,600
59	AgSTAR	농업	행태변화	자율, 정보	바이오가스 재생	EPA/USDA	1994	CH ₄	824	900	1,070
60	Woody Biomass Utilization Grants Program	임업/토지관리	행태변화, 정보제공	자율, 경제, 정보	지속가능 개발 촉진	USDA	2005	CO ₂	na		na
61	Forest Ecosystem Restoration and Hazardous Fuels Reduction Programs	임업/토지관리	행태변화	자율	지속가능 개발 촉진	USDA/DOI	2003	CO ₂	na		na
62	Biological Carbon Sequestration Assessment	임업/토지관리	정보제공	정보	토지부문 탄소 관리	DOI/USGS	2015	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	na		na
63	Retention of Private Forests	임업/토지관리	행태변화	자율	지속가능 개발 촉진	USDA	1978-2008	CO ₂	na		na
64	Landfill Air Regulations	폐기물/폐기물 관리	행태변화	규제	매립가스배출 저감	EPA	1996	CH ₄	251,762	183,100	261,885

<표 2-7> 미국의 감축수단 개괄 (계속)

번호	수단명	해당부문	정책 범위	정책 성격	주요 내용	담당부서	시행연도	대상 온실가스	추정 감축효과 (단위: ktCO ₂ eq)		
									2013 (2차)	2020 (1차)	2020 (2차)
65	Landfill Methane Outreach Program	폐기물/폐기물 관리	정보제공, 형태변화	자율, 정보	매립가스배출 저감	EPA	1994	CH ₄	31,280	15,700	18,690
66	Sustainable Materials Management	폐기물/폐기물 관리	정보제공	VANA, 정보, 교육	지속가능 물질 관리	EPA	2011	CO ₂	500	30	30
67	Wastewise	폐기물/폐기물 관리	정보제공	VANA, 정보, 교육	지속가능 물질 관리	EPA	1994	CO ₂	na	na	na
68	Federal Energy Management Program	연방정부	효율향상, 신재생	규제	연방정부 건물, 시설, 운영에서의 효율향상과 신재생 사용 촉진	DOE	2008	CO ₂	8,800	14,400	14,400
69	National Park Service Programs	연방정부	정보제공	경제, 자율, 교육	국립공원 온실가스 배출저감과 지속가능 실행	DOI/NPS	2003-2012	CO ₂	38	200	200
70	State Energy Program	Cross-cutting	효율향상, 신재생	경제	주정부의 연료효율 및 신재생 촉진 펀드	DOE	1977	CO ₂	14,000	16,200	16,200
71	Energy Efficiency and Conservation Block Grants	Cross-cutting	효율향상, 신재생	경제	주정부의 연료효율 및 신재생 촉진 펀드	DOE	2009	CO ₂	4,400	11,300	4,400
72	Section 1703/1705 Loan Guarantee Program	Cross-cutting	효율향상	경제	혁신기술 투자에 위험 축소	DOE	2009	CO ₂	2,500	7,300	14,000
73	Weatherization Assistance Program	Cross-cutting	정보제공	경제	저소득층 기상서비스 제공 펀드	DOE	1977	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	500	3,300	2,200
74	Indian Energy Policy and Programs/Tribal Energy Program	Cross-cutting	기술과 재정지원	경제	미국인디언 에너지효율과 신재생 펀드	DOE	2002	CO ₂	140	400	400
75	Climate Showcase Communities Program	Cross-cutting	정보제공	정보	지역과 소수민족 정부 배출저감 지원	EPA	2009	CH ₄ , CO ₂	188	400	400
76	Community Renewable Energy Deployment Grants	Cross-cutting	신재생	경제	소규모 신재생 프로젝트 펀드	DOE	2009	CO ₂	na		na
77	Tax Provisions	Cross-cutting	신재생, 효율향상, 연료전환	경제	온실가스 저감 투자 인센티브	Treasury	1992	CO ₂	na		na
78	Interagency Partnership for Sustainable Communities	Cross-cutting	정보제공	자율, 경제, 정보	기관협력을 통한 에너지효율 토지이용과 지속 가능성	EPA/DOT/ HUD	2009	ALL	na		na
79	Center for Corporate Climate Leadership	Cross-cutting	정보제공	정보	온실가스 측정과 관리	EPA	2012	ALL	na		na
80	Mandatory Greenhouse Gas Reporting Program	Cross-cutting	정보제공	규제, 정보	설비수준에서의 온실가스 배출 자료 수집	EPA	2009	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, HFCs, PFCs, SF ₆ , 기타 F-gas	na		na

제2절 영국

1. 2020 감축목표

가. BR1에서의 2020년 감축목표

- 1990년 배출수준의 43% 감축
 - 2011년에 2020년까지 1990년 배출 수준의 43% 감축 범위의 목표를 제시함.
 - 영국은 GHG 배출 감축에 전기 분야, 산업, 가정, 사무실, 빌딩에서 강력한 정책 포트폴리오를 가짐.
- 2002년에 소개된 이후에 신재생의무제도(RO: Renewable Obligation)로 재생 전기 수준을 2.9%에서 2012년 11.3%로 3배나 증가
- 에너지 법안은 신재생의무제도(RO)의 성과를 기반으로 할 것이며 더 나아가 민영화 이후 전력시장에 있어서 최고의 개혁을 가능하게 함.
- 대규모 저탄소 발전으로 지원을 보완하기 위해 발전차액지원제도(Feed-in Tariffs)는 전력시장에 관여하지 않았던 조직, 사업체, 공동체, 개인에 의해 소규모(5MW까지), 저탄소 전력생산의 전개를 장려함.
- 영국 탄소배출의 절반은 발전에 사용되는 에너지에 기인함.
- 제시된 주요 실천방안은 아래와 같음.
 - 신에너지공급 정책
 - 신재생의무제도
 - EU-ETS 탄소가격
 - 대형연소설비지침
 - 발전분야 추가 신재생에너지 사용
 - 산업배출지침(대형연소설비에 적용)
 - 전력시장개혁
 - 탄소 포집 및 저장(CCS) 상업화 경쟁
 - 탄소가격하한제
 - 건물규제 파트 L 2002, 2006(2005년 응축형 보일러 업데이트 포함)
 - 건물규제 파트 L 2010
 - 국민생산정책(분할발행 1(Tranche) - 시도된 시책)
 - 국민생산정책(분할발행 2 - 적용된 시책)
 - 신재생열 인센티브

- 스마트 계량
- 탄소신탁조치(carbon trust measures)
- CRC 에너지 효율화 전략
- 그린 딜(deal)과 에너지 회사 의무
- 온난전선(스코트랜드에서 에너지 지원 패키지, 웨일즈 네스트 북 아일랜드에서 워홈(warm homes)계획)
- EEC 1과 2, 오리지널 CERT
- 탄소배출 감축 목표(CERT) 증가 및 확대
- 커뮤니티 에너지 절약 프로그램(CESP)
- 제로 탄소 홈(homes)
- 건물의 에너지 실적(증명 및 조사), 선진 행정에서 평행 측정을 통한 규제
- 샬릭스(Salix), 공공분야 대출
- 카본 트러스트에 의한 중소기업 대출
- 기후변화협정(CCA)
- 철도 전력화(electrification)
- 바이오 연료 정책(2020년까지 8% 에너지)
- 자동차 정책(EU 신차 CO₂ 배출 타겟)
- LGV 정책(EU 신 LGV CO₂ 배출 타겟: 2017년까지 175g CO₂/km, 2020년까지 147 gCO₂/km)
- HGV 정책(효율성 향상을 위한 저 구름저항 타입과 산업주도 정책)
- 지속가능 지역 여행펀드
- 저탄소 버스
- 영국 농업분야 온실가스사업계획(GHGAP)
- 질산사업계획
- 집수민감농장(catchment sensitive farming)
- 이익을 위한 토양(Soils for Profit)
- 환경 관리(stewardship)(초급 계획과 고급 관리)
- 매립세
- 오존제거물질규제
- 불소오르화 GHG 규제
- 삼림지대 카본 코드
- 개정된 영국 삼림 기준
- 삼림법, 벌목 자격 규제와 환경 충격 규제
- 그로운 인 브리튼(Grown in Britain)
- 시골개발 프로그램
- 목재연료 실행계획

○ 부문별 베이스라인 온실가스 배출 전망

<표 2-8> BR1 Current Measures 하의 부문별 베이스라인 온실가스 배출 추이와 전망
(단위: MtCO₂eq)

부문	실적				전망			
	2000	2005	2010	2011	2015	2020	2025	2030
Energy Supply	219.3	228.5	205.3	192.1	172.6	106.1	94.0	72.3
Business	114.0	108.3	92.0	89.2	79.3	70.3	65.6	63.7
Industrial Processes	24.7	18.8	11.7	10.2	10.1	9.8	9.4	9.1
Transport	127.2	131.0	120.8	119.1	113.9	107.7	106.4	103.4
Residential	90.4	88.1	90.2	69.9	80.4	78.0	80.3	84.9
Public	11.5	11.1	8.4	7.1	9.1	7.8	6.9	6.7
Agriculture	59.4	55.7	51.4	51.4	49.5	45.5	44.9	44.9
LULUCF(net)	0.4	-2.6	-3.7	-3.3	-1.5	-0.4	0.9	2.2
Waste management	30.9	20.5	18.0	17.4	15.5	13.7	12.5	11.7
Total net GHG emissions	677.9	659.3	594.1	553.1	528.9	438.5	421.0	399.2

*LULUCF: land use, land-use change and forestry

나. BR2에서의 2020년 감축목표

- 2020년 감축목표는 2005년 배출수준의 21%를 감축하는 것임.
 - 여기서 배출 감축은 EU-ETS에 포함되어 있는 섹터로부터의 배출 감축임.
- EU-ETS에 포함되지 않는 섹터(여기서는 Effort Sharing Decision(ESD)에 들어있는 섹터임)로부터의 배출 감축은 2005년 대비 약 10%를 감축하는 것이었음.
 - ※ 참고로 BR1에서는 2020년까지 감축 목표가 1990년 배출 수준의 43%를 감축하는 것이었고 2030년까지 감축 목표는 1990년 배출수준의 48%를 감축하는 것이었음.
- 기후변화법 하에서 정부는 탄소 예산을 만족하고 2050년 목표에 맞는 계획을 수립해야 함.
 - 2011년에 정부는 탄소계획을 발표하여 초기 탄소 예산에 맞는 배출 감축량을 달성하고자 함. 이는 2050년 목표를 달성하기 위한 초기 달성 목표임.
- ESD는 2013-2020년 기간 동안 회원국들의 연간 GHG 배출 목표를 수립함.
 - 이 목표들은 EU-ETS에 포함되지 않은 교통, 건물, 농업, 폐기물을 포함한 대부분의 분야에 영향을 미침.
- 제시된 주요 실천방안은 아래와 같음.
 - 신에너지공급 정책

- 신재생의무제도
- EU-ETS 탄소가격
- 대형연소설비지침
- 발전분야 추가 신재생에너지 사용
- 발전차액지원제도(Feed in Tariffs, FITS)
- 산업배출지침(대형연소설비에 적용)
- Capacity Mechanism
- Contract for Difference(CfD)(2014-2020)
- Contract for Difference(CfD)(2021-2035)
- 탄소 포집 및 저장(CCS) 상업화 경쟁
- 탄소가격 하한제
- 건물규제 파트 L (2002+2005/6)
- 건물규제 파트 L 2010
- 건물규제 2013 파트 L
- 생산 정책(이행)
- 생산 정책(적용)
- 신재생열 인센티브
- 신재생열 인센티브(계획된 편당)
- 스마트 계량
- 탄소신탁조치(carbon trust measures)
- CRC 에너지 효율화 전략
- 에너지 회사 의무(ECO)
- 미래 공급자 의무
- 온난전선
- EEC 1, EEC 2(2002-2008), 기준 탄소배출 감축 목표(CERT)(2008-2010)
- 탄소배출 감축 목표(CERT) 증가 및 확대(2010-2012)
- 건물 에너지 실적 지침(EPDB)
- 건물 에너지 실적 지침(EPDB) 재구성 2010
- 건물 에너지 실적 지침(EPDB)2017 탄소제로 에너지 건물(NEB)(2018과 2020)
- 사적 임차 구역(PRS) 에너지 효율 규제
- 샐릭스(Salix), 공공분야 대출
- 중소기업(SME) 대출
- 기후변화협정(CCA)
- 에너지절약기회제도(ESOS)
- 철도 전력화(electrification)
- 신재생 운송 연료 준수(RTFO)-현 5% (용량)
- 신재생 운송 연료 준수(RTFO)-RED 준수를 위한 목표 증대

- 자동차 연료 효율 정책
- 밴(van) 연료 효율 정책
- HGV 연료 효율 정책
- HGV 천연가스 정책
- 지속가능 지역 여행펀드
- PSV 연료 효율 정책
- 농업사업계획(Agricultural Action Plan)
- 질산사업계획
- 집수민감농장(catchment sensitive farming)
- 이익을 위한 토양(Soils for Profit)
- 환경 관리(stewardship)(초급 계획과 고급 관리)
- 매립세
- 오존제거물질규제
- 불소오르화 GHG 규제
- F-가스 규제 2014
- 삼림지대 카본 코드
- 개정된 영국 삼림 기준
- 삼림법, 벌목 자격 규제와 환경 충격 규제
- 그로운 인 브리튼(Grown in Britain)
- 시골개발 프로그램
- 목재연료 실행계획

○ 부문별 베이스라인 온실가스 배출 전망

<표 2-9> BR1 Current Measures 하의 부문별 베이스라인 온실가스 배출 추이와 전망
(단위: MtCO₂eq)

부문	실적				전망				
	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2025	2030	2035
Energy	559.4	556.4	503.2	468.9	450.6	367.2	331.4	340.1	338.7
Transport	127.3	131.4	120.9	117.3	118.7	113.3	108.0	108.3	109.8
Industrial Processes and product use	41.1	39.5	34.5	34.6	33.6	27.2	22.9	19.6	17.8
Agriculture	56.4	52.5	50.3	49.5	49.5	48.4	48.7	48.9	48.8
Land use, land use change and forestry	0.8	-2.9	-4.3	-5.2	-4.5	-3.6	-2.0	0.3	1.7
waste	66.9	53.2	31.7	22.7	20.0	15.4	14.4	14.2	14.2
Total net GHG emissions	724.7	698.6	615.5	570.5	549.1	454.6	415.5	423.0	421.2

다. BR1과 BR2에서의 감축목표 차이

- 감축목표는 BR1에서는 1990년 배출 수준의 43%를 감축하는 것이고 BR2에서는 2005년 배출 수준의 21%를 감축하는 것임.

- 그러나 BR1과 BR2에서 실적치가 서로 차이가 발생함.

- 전망에서의 BR1과 BR2의 차이
 - 전망의 범위에서 차이가 발생함. 현재 사용되고 있는 온실가스 저감 수단의 효과를 포함하고 있으므로 BR1과 BR2의 전망 시점에 차이가 발생하면 전망 배출량에서는 차이가 발생하게 됨.

- BR1과 BR2에서 제시된 실천 방안이 다름.
 - BR2는 BR1을 기반으로 수정·보완됨.
 - 새로 만들어진 내용: 건물규제 파트 L (2002+2005/6), 건물규제 2013 파트 L, 생산 정책(이행), 생산 정책(적용), 신재생열 인센티브(계획된 펀딩), 에너지 회사 의무(ECO), 미래 공급자 의무, 건물 에너지 실적 지침(EPDB), 건물 에너지 실적 지침(EPDB) 재구성 2010, 건물 에너지 실적 지침(EPDB) 2017 비용최적리뷰와 거의 제로 에너지 건물(NEB)(2018과 2020), 사적 임차 구역(PRS) 에너지 효율 규제, 중소기업(SME) 대출, 에너지절약기회제도(ESOS), 신재생 운송 연료 준수(RTFO)-현 5% (용량), 신재생 운송 연료 준수(RTFO)-RED 준수를 위한 목표 증대, 자동차 연료 효율 정책, 밴(van) 연료 효율 정책, HGV 천연가스 정책, PSV 연료 효율 정책, 농업사업계획(Agricultural Action Plan), F-가스 규제 2014
 - 변경된 내용: 온난전선(스코틀랜드 에너지 지원 패키지, 웨일즈 네스트 북 아일랜드에서 워밍(warm homes)계획), EEC 1, EEC 2(2002-2008), 기준 탄소배출 감축 목표(CERT)(2008-2010), 탄소배출 감축 목표(CERT) 증가 및 확대(2010-2012), HGV 연료 효율 정책(효율성 향상을 위한 구름저항 유형과 산업주도 정책)

2. 감축수단 개괄

<표 2-10> 영국의 감축수단 개괄

번호	수단명	해당부문	정책 범주	정책 성격	주요 내용	담당부서	시행연도	대상 온실가스	추정 감축효과 (단위: ktCO ₂ e)			비고
									2013 (2차)	2020 (1차)	2020 (2차)	
1	New Energy Supply Policies	에너지공급/산업공정	신재생, 연료전환(원자력)	규제, 가격	에너지공급사에게 원자력, ccs, 재생에너지 비중 증가 의무	산업/기후담당	2002	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	1,530	-	25,097	
2	Renewable Obligation	에너지공급	신재생, 연료전환(원자력)	규제, 가격	전력생산과 공급에 있어서 신재생에너지 비중 증가를 목적으로 매년 목표 제시 발전사 혹은 공급자는 자체적으로 혹은 ROCs를 구입해서 달성	산업/기후담당	2002	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	IE	IE	IE	New Energy Supply Policies에 효과 합산한 듯
3	EU ETS	에너지공급, 산업, 산업공정, 공공부문		가격	할당 후 시장 거래를 통하여 가격 형성, 감축목표 달성의 확실성 보장	산업/기후담당	2005	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, PFCs	IE	IE	IE	별도로 산정하지 않음. 한국에 대한 시사점은 한국도 별도로 감축효과 미산정
4	Large Combustion Plant Directive(LCPD)	에너지공급, 산업, 산업공정	연료전환	규제	50MW이상의 용량을 가진 발전설비 등에 NOx, SOx, 미세먼지 등에 대한 대기오염물질 규제를 통하여 석탄등의 사용 억제	환경부	2007	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	IE	IE	IE	
5	Additional Renewables in Generation(Renewable Energy Strategy)	에너지공급	신재생	규제, 가격	2020년 EU 신재생에너지 목표 달성을 위하여 발전사와 공급사에게 추가적으로 신재생발전 목표상향 조정	에너지/기후담당	2009	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	IE	IE	IE	
6	Feed in Tariffs	에너지공급	신재생	규제, 가격	조각, 기업, 마을 등 소규모(5MW 이하) 신재생발전을 촉진시키는 것으로 공급사는 정해진 가격에 구입의무부여	에너지/기후담당	2010	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	IE	IE	IE	
7	Industrial Emissions Directive (대규모연소시설 대상)	에너지공급, 산업, 산업공정	연료전환	규제	2016년 1월부터 기존의 LCPD를 강화시키는 것으로 2013년 1월이후 신규 가동분에 대해서는 이미 적용되고 있으며 감축시설을 설치하지 않은 석탄발전소에 대해서는 향후 총가동시간 제약을 둠	환경부	2016	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	IE	IE	IE	
8	Capacity Mechanism	에너지공급	신재생, 연료전환(원자력)	가격	전력시장 구조개편의 일환으로 전력공급에 예비설비설치에 있어서 저탄소, CCS, 신재생발전 설비 설치 촉진	에너지/기후담당	2017	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	IE	IE	IE	
9	Contract for Difference	에너지공급	신재생, 연료전환(원자력)	가격	2017년 종료되는 ROC를 대체하는 것으로 전력시장에서 저탄소, 재생에너지에 대하여 CFD를 제공하는 것으로 현재 신설설비에 대하여 경매를 통하여 제공함	에너지/기후담당	2014	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	IE	IE	IE	2014-2020기간 및 2021-2035로 나누어 진행됨
10	Carbon Capture & Storage Programme(CCS)	에너지공급, 산업, 산업공정	사후처리	가격	화석연료발전에서 CCS 설비 설치	에너지/기후담당	2017	CO ₂	IE	IE	IE	

<표 2-11> 영국의 감축수단 개괄 (계속)

번호	수단명	해당부문	정책 범주	정책 성격	주요 내용	담당부서	시행연도	대상 온실가스	추정 감축효과 (단위: ktCO ₂ e)			비고
									2013 (2차)	2020 (1차)	2020 (2차)	
11	Carbon Price Floor	에너지공급	연료전환	가격	다배출연료사용을 억제하고 재생에너지 사용을 촉진시키는 목적으로 시행	에너지/기후 담당	2013	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	IE	IE	IE	
12	Building Regulations Part L(2002+2005/6)	에너지공급, 산업, 산업공정, 공공, 주거	효율향상	규제	신축건물과 기존건물의 확장 등 규정된 행위를 할 경우에 적용되는 최소에너지 성능기준 제시,	행정지자체	2002	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	7,933	10,421	10,708	2002-2005/6년 까지 1차 시행 이후 2010년, 그리고 2013년 추가적으로 강화된 기준 적용
13	Building Regulations Part L(2010)	에너지공급, 산업, 산업공정, 공공, 주거	효율향상	규제	신축건물과 기존건물의 확장 등 규정된 행위를 할 경우에 적용되는 최소에너지 성능기준 제시,	행정지자체	2010	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	1,639	5,849	6,281	
14	Building Regulations Part L(2013)	에너지공급, 산업, 산업공정, 공공, 주거	효율향상	규제	신축건물과 기존건물의 확장 등 규정된 행위를 할 경우에 적용되는 최소에너지 성능기준 제시,	행정지자체	2013	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	-	IE	123	
15	Products Policy	에너지공급, 산업, 산업공정, 공공, 주거	효율향상	규제	가전제품, 백색제품, 냉난방기기, 전동기 등에 최소효율기준을 적용하여 미달제품 판매금지하고 최고효율제품 구매 촉진, Eco-Design 등의 구체적 제도 도입	환경부	2008/2013	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	3,213	5,023 +3,908	9,672 +3,375	2008년, 2013년 2차에 걸쳐 시행하는 중 이면 2008년 기준은 현재 적용 중 2013년 기준은 채택
16	Renewable Heat Incentive	에너지공급, 산업, 산업공정, 공공, 주거	신재생	가격	재생에너지원과 화석연료간의 열생산비용차액을 보전하기위한 제도로서 산업부문에서 가정부문 전반에 걸쳐 시행	에너지/기후 담당	2011/2017	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	337	5,631	1,837 +7,402	2011년시행된 이후 2017년 시행 예정안이 준비된 상황임
17	Smart Metering	에너지공급, 산업, 산업공정, 주거	행태변화	정보	2020년까지 주거용과 소규모 비주거용 시설에 smart meter 혹은 advanced meter를 보급하는 것으로 실시간 에너지 소비정보를 제공하여 행태변화 유도, 공급자에게도 효율적인 공급체계 유지	에너지/기후 담당	2014	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	120	2,809	2,794	
18	Carbon Trust Measure	에너지공급, 산업, 산업공정, 공공	정보, 행태변화	정보 교육	기업과 공공부문에 대하여 진단, 인증 제도를 통하여 에너지절약과 비용절감유도	기타(Carbon Trust)	2002	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	2,314	401	465	종료됨
19	CRC Energy Efficiency Scheme	에너지공급, 산업, 산업공정, 공공	효율향상	가격 정보	EU ETS 대상이 아닌 대규모 비에너지집약적 시설에 대하여 영국내 배출권 거래제를 적용하는 것으로 에너지 효율향상을 유도, 현재 1800-1900개 사용시설(Users) 대상	에너지/기후 담당, 환경청	2010	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	337	1,275	1,449	

<표 2-12> 영국의 감축수단 개괄 (계속)

번호	수단명	해당부문	정책 범주	정책 성격	주요 내용	담당부서	시행연도	대상 온실가스	추정 감축효과 (단위: ktCO ₂ eq)			비고
									2013 (2차)	2020 (1차)	2020 (2차)	
20	Energy Company Obligation	에너지공급, 주거	효율향상	가격 규제	250000개의 수요자를 확보한 에너지공급사로 하여금 가정과 상업부문의 배출저감과 에너지비용절감을 하도록 의무화. 대부분 저소득계층의 단열, 난방효율개선에 중점적으로 실시	에너지/기후 담당	2013	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	265	3,906	726	추가적인 정책으로 20년의 효과가 큰 것 확인 필요
21	Future Obligation	에너지공급, 주거	효율향상	가격 규제	위의 계획을 확대 실시하는 것으로 현재 계획됨	에너지/기후 담당	2017	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	-	-	1,038	
22	Warm Front	에너지공급, 주거	연료빈곤 효율향상	가격	저소득계층에 단열과 난방시설을 설치해 주는 것으로 최대 £3500 제공	에너지/기후 담당	2000	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	671	180	234	종료됨
23	EEC1, EEC2(2002-2008)& Baseline Carbon Emissions Reductions Target (CERT)(2008-2010)	에너지공급, 주거	효율향상	규제	대규모 에너지공급사로하여금 가정부문에 대하여 비용효과적인 에너지 효율향상 지원 유도 EEC1: 15000개 이상의 가구에 전력과 가스를 공급하는 공급자는 가계에 대하여 에너지 효율수단을 도입 하도록 동기(Incentive)를 부여하여 2005년까지 62TWh 절약 달성의무 EEC II: 50,000개 이상의 가계에 대하여 가스와 전기를 공급하는 공급자는 에너지효율수단을 장려하여 130TWh의 절약을 달성하도록 함. CERT: 50,000개 이상의 가계에 에너지를 공급하는 공급자로 하여금 온실가스 배출 감축을 유도함	에너지/기후 담당	2002	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	4,706	2,941	3,273	종료됨
24	CERT(2010-12)	에너지공급, 주거	효율향상	규제	CERT를 확대시행하는 것으로 기존의 목표를 20% 상향 조정함. 수요자가 250,000이상 공급자에게 온실가스 감축 촉진 요구. 주로 가계에 대하여 고효율 전기기구를 통한 전기절약보다는 단열 강화를 통한 에너지 절약으로 보조금 지급 대상을 전환함	에너지/기후 담당	2010	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	1,965	1,700	1,994	종료됨
25	Community Energy Saving Programme(CESP)	에너지공급, 주거	효율향상	규제	CESP는 저소득지역단위의 조치로서 에너지 효율 기준 상향 조정, 에너지 비용절감등을 추진하는 것으로 자금은 주로 에너지 공급사와 발전사로부터 추진	에너지/기후 담당	2009	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	125	95	127	종료됨
26	Energy Performance of Buildings Directive(EPBD)	에너지공급, 산업, 산업공정, 주거, 공공부문	효율향상	규제정보	건물관매, 임대, 혹은 건축(개선)시 에너지성능인증서 첨부 의무화. 성능에 따라 A부터 G까지 등급 매김	행정자치부	2007	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	714	636	727	2015년부터 250m ² 이상의 공공건물에 대한 인증서 전시 의무화

<표 2-13> 영국의 감축수단 개괄 (계속)

번호	수단명	해당부문	정책 범주	정책 성격	주요 내용	담당부서	시행연도	대상 온실가스	추정 감축효과 (단위: ktCO ₂ eq)			비고
									2013 (2차)	2020 (1차)	2020 (2차)	
27	Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) 2017 Cost Optimal Review and Nearly Zero Energy Buildings(NZEB)(2018-2020)	에너지공급, 산업, 산업공정, 주거, 공공부문	효율향상	규제정보	최소 에너지 성능기준이 비용효과적인 수단이라는 증명을 EU에 2017년 7월까지 해야함.	행정지자체	2017	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	-	-	-	
28	Private Rented Sector (PRS) Energy Efficiency Regulations	에너지공급, 산업, 산업공정, 주거	효율향상	규제정보	시설 임대시설에 대하여 2018년 4월부터 에너지 성능이 E이상이라는 증명서를 요구함. 2018년 4월부터는 신규 또는 갱신의 경우 기존임대에 대해서는 2020년 4월부터 적용. E이하 등급의 시설을 임대하는 것은 불법	에너지/기후 담당	2016	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	-	-	643	
29	Salix Loans	에너지공급, 공공부문	효율향상	저리융자	공공부문의 효율향상에 대하여 matching fund를 제공하는 것으로 무이자로 4년 이내 갚음	에너지/기후 담당	2004	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	52	40	174	
30	Small and Medium Enterprises(SME) Loans	에너지공급, 산업, 산업공정	효율향상, 신재생에너지	저리융자	중소기업에 대하여 무이자 자금지원 (£3,000-400,000)하며 에너지 효율향상과 재생 에너지 투자	에너지/기후 담당	2004	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	101	49	56	
31	Climate Change Agreements (CCA)	에너지공급, 산업, 산업공정	효율향상, 신재생에너지	가격 자발적협약	에너지다소비산업이 할당목표를 달성한 경우 Climate Change Levy에서 일정부분의 환급을 실시. 2013년부터 전력에 대해서는 2013.화석연료에 대해서는 65% 환급 실시	에너지/기후 담당	2013	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	-	0	-	
32	Energy Savings Opportunity Scheme	에너지공급, 산업, 산업공정	효율향상	규제, 정보	대기업(250명 이상 고용 또는 매출액 £38.9m이며 대차대조표가 £33.4m)에 대하여 공정, 건물, 수송에 대한 진단을 의무화함. 2015년 12월까지 1차 완료 후 4년마다 수행. 10,000 기관이 대상으로 예상	에너지/기후 담당	2014	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	-	-	904	
33	Rail Electrification	수송	효율향상, 연료전환	가격	경유기관차를 전기기관차로 전환하여 시간, 비용, 배출 저감	수송담당	2013	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	-	269	206	
34	Renewable Transport Fuel Obligation (RTFO)- 현재 5%	수송	신재생에너지	규제	2014년까지 경유와 휘발유에 5% 바이오연료 혼합의무화(양기준), 2020년까지 경유와 휘발유 공급자에게 바이오연료 사용량 확대 의무	수송담당	2007, 2009	CO ₂	-	-	2,754 +5,564	
35	Car Fuel Efficiency Policies	수송	효율향상	규제, 자발적협약	연료효율향상과 CO ₂ 배출 감축하는 것으로 2015년과 2020년 목표 존재. 기준차량에 대한 효율향상(기어변속지표, 타이어 압력 모니터링, 저마찰타이어, 에어컨효율향상)도 추진	수송담당	2012	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	-3	IE	6,226	

<표 2-14> 영국의 감축수단 개괄 (계속)

번호	수단명	해당부문	정책 범주	정책 성격	주요 내용	담당부서	시행연도	대상 온실가스	추정 감축효과 (단위: ktCO ₂ e)			비고
									2013 (2차)	2020 (1차)	2020 (2차)	
36	Van Fuel Efficiency Policies	수송	효율향상	규제, 자발적 협약	소형 밴에 대한 연비 기준 설정(2017, 2020)	수송담당	2012	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	-	-	965	
37	HGV Fuel Efficiency Policies	수송	효율향상	규제, 자발적 협약	중형 화물차의 배출량 저감을 위해서 타이어의 마찰, 소음 등 라벨부착의무화, 운송효율화 등 추진	수송담당	2012	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	-	-	808	
38	HGV natural gas policy	수송	연료전환	가격, 규제	중형화물차의 배출저감을 위해 350대의 천연가스 혹은 부수연료 차 보급확대 추진. £11.3m 자금 지원	수송담당	2012	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	IE	-	IE	
39	Local Sustainable Travel Fund	수송	행태변화	가격	지자체로 하여금 대중교통 확대, 자전거 도로 확대 등 지속가능한 교통체계 구축 지원. 2010년에서 2015년까지 £600m 자금 지원	수송담당	2011	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	376	535	503	
40	PSA Fuel efficiency Policies	수송	효율향상	가격	Green Bus Fund를 통하여 버스회사와 지자체가 유로 III보다 30% 저감효과가 있는 저탄소 차량 구입 지원하였으며 low Emission Bus Fund로 대체	수송담당	2006/2007	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	IE	-	503	
41	Agricultural Action Plan	농업	행태변화	자발적협약, 정보, 교육	에너지 효율향상과 토지관리 등 추진	농업/환경담당	2010	CH ₄ , N ₂ O	833	3,200	2,972	
42	Nitrates Action Plan	농업	행태변화	규제, 정보	하천에 질소오염물질 배출 감축	농업/환경담당, 환경청	2013	N ₂ O	IE	IE	IE	
43	Catchment Sensitive Farming	농업	행태변화	가격, 정보	수질오염물질의 확산을 방지	농업/환경담당, 환경청	2006	N ₂ O	IE	IE	IE	
44	Soils for Profit	농업	행태변화	교육	토양의 분묘와 영양소 등 관리에 대한 현지감도 교육실시	Natural England	2009	N ₂ O	IE	IE	IE	2013년 종료
45	Environmental Stewardship(Entry Level Schemes and Higher Level Stewardship)	농업	행태변화	가격	생물다양성, 자원보호, 수질보호 등을 위해 소득손실을 입은 농가 보상	농업/환경담당	2005	N ₂ O	IE	IE	IE	

<표 2-15> 영국의 감축수단 개괄 (계속)

번호	수단명	해당부문	정책 범주	정책 성격	주요 내용	담당부서	시행연도	대상 온실가스	추정 감축효과 (단위: ktCO ₂ e/yr)			비고
									2013 (2차)	2020 (1차)	2020 (2차)	
46	Waste Measures	폐기물	행태변화	계경지인, 규제	재활용/재이용을 촉진시키는 정책 포함	농업/환경담당 당	1996년이 후	CH ₄	IE	IE	IE	
47	Ozone Depleting Substances Regulation	산업, 산업공정	대체	규제	CFCs, Halon의 사용을 금지시키고 2015년부터 HCFC 사용 금지	농업/환경담당 당	2001	HFCs	IE	IE	IE	
48	Flourinated GHG Regulation	산업, 산업공정, 주거	사후처리	규제	F-gas의 회수, 누출, 보수, 사용 금지 등을 통한 감축	농업/환경담당 당	2007	HFCs, PFCs, SF ₆	IE	IE	IE	
49	F-gas regulation 2014	산업, 산업공정	대체	규제	점진적으로 quota를 줄여 80%를 줄임. 신규제품에 대한 사용금지, 높은 GWP의 HFCs 사용 금지 등 추진	농업/환경담당 당	2015	HFCs, PFCs, SF ₆	-	-	4717	
50	Woodland Carbon Code	산림	행태변화	자발적협약, 정보	자발적으로 기금 등을 조성하여 조림확대 실시	산림청	2011	CO ₂	IE	IE	IE	
51	Revised UK Forestry Standard	산림	행태변화, 효율향상	규제, 정보	조림확대와 관리 증진을 통하여 흡수 확대, 적응 고려	산림청	2011	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	IE	IE	IE	
52	Forestry Act, Felling Licence Regulations and Environmental Impact(Forestry) Regulations	산림	행태변화	규제	벌채, 황폐에 대한 보다 강화된 규제 시행	산림청	1999	CO ₂	IE	IE	IE	
53	Grown in Britain	산림	행태변화	자발적협약, 정보, 교육	국내 산림확대와 국내생산 목재 사용확대 자발적 협약 추진	농업/환경담당 당	2013	CO ₂	IE	IE	IE	
54	Rural Development Programme	산림	행태변화	가격	농촌개발계획 지원의 일환으로 산림확대 지원	농업/환경담당 당	2007	CO ₂	IE	IE	IE	
55	Woodfuel Implementation Plan	산림	행태변화	정보, 교육, 가격	목재연료 보급확대를 위한 벌목, 유통 지원	산림청	2011	CO ₂	IE	IE	IE	증단됨.

IE: Included elsewhere

제3절 독일

1. 2020 감축목표

가. BR1에서의 2020년 감축목표

- 2020년에 1990년 배출량 기준으로 40%를 감축하는 것을 목표로 하고 있음.
 - 2030년까지는 55%, 2040년까지는 70%, 2050년까지는 95% 감축을 목표로 하고 있음.
 - 독일의 BR1 보고서의 경우 1차 제출 후에 재제출하여 발표된 보고서에는 전망이나 감축목표를 설명하여 정리한 부분이 게재되어 있지 않음. 재제출본에는 표와 숫자만이 나열되어 있음.

- 부문별 베이스라인 온실가스 배출전망

<표 2-16> BR1 “With Measures” 하의 부문별 베이스라인 온실가스 배출 추이와 전망
(단위: MtCO₂eq)

부문	실적					전망			
	1995	2000	2005	2010	2011	2015	2020	2025	2030
Energy	902	856	824	789	761	754	689	655	583
Industrial Processes	97	77	79	69	69	70	69	65	60
Solvent & other Product Use	4	3	2	2	2	2	2	2	2
Agriculture	76	76	71	68	70	68	68	67	66
LULUCF	-35	-35	7	9	9	-	-	-	-
Waste	40	28	21	15	14	10	10	8	7
Total including LULUCF	1,083	1,006	1,005	952	926	-	-	-	-
Total excluding LULUCF	1,118	1,041	998	943	916	904	837	797	719

나. BR2에서의 2020년 감축목표

- 2020년까지 1990년 배출량 대비 최소 40%를 감축하는 것을 목표로 하고 있음.
 - 2030년까지는 55%, 2040년까지는 70% 감축을 목표로 하고 있으며, 보다 장기적으로는 2050년까지 80-95% 감축을 목표로 하고 있음.
 - 독일정부는 2020년 감축목표를 달성하기 위한 추가적인 감축수단을 포함하여 Climate Action Programme 2020을 채택
 - 이에 덧붙여 2016년까지 2050 Climate Action Plan을 마련할 계획임.

○ Climate Action Programme 2020

- 9개의 프로그램으로 구성되어 있으며, 감축 목표와의 격차를 해소하기 위한 방안을 구체적으로 적시함.
- 이 프로그램으로 2020년까지 현 전망에 의해 예상된 것보다 많은 62~78MtCO₂e가 감축될 것으로 보임.
- 이 프로그램의 주요 감축 정책 수단과 내용은 아래의 표에 제시되어 있음.

<표 2-17> Climate Action Programme 2020의 주요 정책 수단과 기대효과

주요 정책수단	온실가스 감축 기여분 (MtCO ₂ e)
National Energy Efficiency Action Plan, NEEAP (수송부문은 불포함)	약 25-30 (건물부문 에너지효율 포함)
환경친화적 건물과 주거 전략	약 5.7-10
수송부문의 감축수단	약 7-10
비에너지 관련 부문에서의 감축: - 산업, 상업/무역/서비스 부문과 폐기물관리 - 농업	3-7.7 3.6
배출권거래제 개혁	EU 수준에서 이끌어낼 구체적인 사항에 따라 유동적임.
추가적인 수단, 특히 전력부문에서	22
합계	62-78

○ 부문별 베이스라인 온실가스 배출전망

<표 2-18> BR2 “With Measures” 하의 부문별 베이스라인 온실가스 배출 추이와 전망
(단위: MtCO₂e)

부문	실적					전망	
	1995	2000	2005	2010	2013	2020	2030
Energy	919	873	834	804	813	695	585
Transport	178	183	161	154	159	148	133
Industry/Industrial Processes	97	77	75	62	61	68	53
Agriculture	68	67	63	62	64	61	62
Forestry/LULUCF	2	2	2	2	2		
Waste management/waste	36	27	20	14	12	9	7
Total with LULUCF	1,086	1,005	980	925	935	14	5
Total without LULUCF	1,120	1,044	993	943	951	833	707

다. BR1과 BR2에서의 감축목표 차이

- 독일의 감축목표는 1990년 배출량 대비 40% 감축으로 BR1과 BR2 모두에서 동일함.
 - 감축목표는 동일하지만 1990년 기준 실적치 뿐만 아니라 다른 연도의 실적치에서도 BR1과 BR2에서 미묘한 차이가 나타남. 그러나 실적치의 차이가 크지는 않음.

- 부문의 구성도 BR1과 BR2에서 상이함.
 - BR1에서는 수송부문이 포함되어 있지 않지만 Solvent and other Product Use가 포함되어 있음.
 - BR2에서는 산림(Forestry)과 산업(Industry) 및 폐기물관리(Waste management)가 포함되어 있음.
 - 이러한 구성의 차이로 부문별 전망치의 비교는 사실상 어려움.
 - BR2에서의 전망치는 2020년과 2030년만을 제시하고 있음.
 - BR1과 BR2 모두에서 LULUCF의 전망치는 제시하지 않고 있음. 이러한 관계로 LULUCF를 포함한 배출량 전망은 정확하지 않음.
 - 2020년과 2030년의 전망치는 BR2가 BR1에 비해서 배출량이 작음. 이는 2014년의 새로운 정책수단의 도입이 반영되었을 가능성이 있음.

2. 감축수단 개괄

<표 2-19> 독일의 감축수단 개괄

번호	수단명	해당부문	정책 범주	정책 성격	주요 내용	담당부서	시행연도	대상 온실가스	추정 감축효과 (단위: ktCO ₂ eq)		
									2013 (2차)	2020 (1차)	2020 (2차)
1	Introduction of EU Emissions Trading Scheme impacting the sector energy supply*	에너지 산업 산업공정	특정산업의 CO ₂ 배출 총량규제 도입	경제	특정산업의 CO ₂ 배출 총량규제 도입	정부	2005	CO ₂		3,000	7,000
2	Abolition of Tax on Natural Gas	에너지	세금	경제	발전에서 천연가스 사용 증대	정부	2006	CO ₂		0	-
3	Renewable Energy Act*	에너지	재생에너지 증대	기타 (규제)	재생에너지 발전의 Feed-in tariff	정부	2000	CO ₂		14,000	142,000
4	Electricity savings*	에너지 산업 산업공정	건물에너지 효율개선 서비스산업의 효율개선 가전제품의 효율개선 산업부문의 효율개선 수요관리 저감기술 보급	규제 정보 재정 경제	다양한 최종소비자의 전기절약 수단	정부 기업 기타	2008- 2015	CO ₂		28,000	47,000
5	EU F-gas regulation (517/2014, 842/2006)*	산업 산업공정	F-gas 배출 저감 수요관리	규제	F-gas 누출 방지 수단 HFCs 단계적 축소	정부	2006	HFCs, PFCs, SF ₆			10,485
6	Chemicals Climate Protection Ordinance (Chemikalien-Klimaschutzverordnung)	산업 산업공정	F-gas 배출 저감	규제	F-gas Regulation (517/2014) 수준을 초과하는 F-gas 누출 관련 요구사항	정부	2008	HFCs, PFCs, SF ₆			i.e.
7	Federal Support Scheme for air conditioning and refrigeration systems under the "National Climate Initiative"*	Energy, Industry/ industrial processes	F-gas 배출 저감 수요관리	경제	자연 냉매 에너지효율 에어컨과 냉장고에 대한 투자 보조	정부	2008	CO ₂ , HFCs, PFCs			i.e.
8	Revision of Road Traffic Licensing Regulation (Straßenverkehrszulassungsordnung)*	산업 산업공정	F-gas 배출 저감	규제	MAC Directive (2006/40/EC)의 국법 전환	정부	2012	HFCs			i.e.
9	SF ₆ emission reduction from switchgear (voluntary agreement)*	산업 산업공정	F-gas 배출 저감	VA	스위치기어 제조업자 배출저감수단 목표에 대한 자발적 협약	기업	2005	SF ₆			i.e.
10	Inclusion of the production of nitric and adipic acid into the EU-ETS*	산업 산업공정	기타 산업공정	경제	2013년 EU-ETS에 질산과 아디프산 생산이 포함됨	정부	2013	N ₂ O			i.e.
11	Regulation on CO ₂ from cars*	수송	자동차 효율 개선	기타 (규제)	자동차 CO ₂ 배출 저감을 위한 EU-Regulation (2009/443/EC) 시행	정부	2008	CO ₂		2,500	1,800
12	Mandatory biofuel quotas*	수송	저탄소 연료/전기차	규제	바이오연료 쿼타 확대: 2020년까지 온실가스 집약적 연료의 7% 감축	정부	2010	CO ₂		5,100	13,100

<표 2-20> 독일의 감축수단 개괄 (계속)

번호	수단명	해당부문	정책 범주	정책 성격	주요 내용	담당부서	시행연도	대상 온실가스	추정 감축효과 (단위: ktCO ₂ eq)		
									2013 (2차)	2020 (1차)	2020 (2차)
13	Redistribution of Highway toll for heavy duty vehicles*	수송	기타 수송	경제	오염배출과 증량에 따른 HDV 도로요금 책정으로 2005년에 도입 시행 최소 4차선과 고속도로 연결 연방도로로 확대 시행 (2012년 8월)	정부	2005	CO ₂		1,200	1,600
14	Air passenger taxes /EU-ETS aviation*	수송	자동차 효율 개선 수요관리	기타 (재정)	2011년 1월 1일로 모든 출항에 대해 출항세(departure tax) 부과, 부과 금액은 도착 국가에 따라 다르게 적용됨(2012: 단거리 비행의 경우 최소 7.50 €; 중거리의 경우 23.48 €; 장거리의 경우 42.18 € 부과). 탑승세 (air passenger taxes)는 항공사의 EU-ETS 항공 지불액에 따라 다르게 부과되며, 매년 감소함.	정부	2011	CO ₂		500	500
15	Minimum energy performance standards(MEPS) (only electricity savings)	에너지	기기 효율개선	규제	시장에서 저효율 제품을 금지하기 위해 에너지 관련 제품에 최소 에너지 성능 표준을 규정하기 위한 법적 체계를 결정	정부	2009	CO ₂			i.e.
16	Energy Consumption Labelling Ordinance*	에너지	기기 효율	규제	판매시 에너지효율과 다른 기기효율에 대한 정보를 제공 에너지 라벨 부록은 소비자가 에너지 효율 제품을 선택하도록 하는 동시에, 에너지 효율 제품을 개발하고 투자하는 산업에 유인을 제공함.	정부	2010	CO ₂			i.e.
17	Ecological tax (only electricity tax)*	부문간	서비스부문 효율개선	재정	전기에 부과되는 세금 (다양한 산업공정은 면제되거나 세제 혜택을 받음)	정부	2008	CO ₂			i.e.
18	Renewable Energy Act (EEG) surcharge*	에너지	수요 관리 및 절약	재정	신재생에너지원의 개발 제원의 조달을 위해 전기요금에 추가적으로 부과 이 수단 역시 에너지관리 시스템 대상 산업체에 대해서는 세계 혜택을 포함	정부	2008	CO ₂			i.e.
19	Energy Consulting Service for SMEs (only electricity savings)*	에너지	서비스부문 효율개선	정보	중소기업의 에너지 효율 잠재력을 활용하기 위한 Federal Ministry of Economy and Energy (BMWi)와 the KfW의 선도 프로그램으로 권고성 지원과 투자 지원을 포함	정부	2008	CO ₂			i.e.
20	Promotion of industrial cross-cutting and process technologies (only electricity savings)*	산업 산업공정	산업부문 에너지 효율 개선	재정	제조업과 서비스업에서의 냉장공정 및 에어컨 분야의 에너지 효율 부문 간 기술(전기모터, 펌프 등), 에너지효율적 생산 공정, 에너지 효율 수단과 권고에 대한 투자 재정 지원	정부	2014	CO ₂			i.e.
21	100 Energy Efficiency Networks (only electricity savings)*	산업 산업공정	산업부문 에너지효율 개선	정보	기존 60개 네트워크에 추가적으로 40개의 에너지효율 네트워크를 설립함. 개별 네트워크는 10-15 중기업으로 구성되며, 이들은 공통의 에너지 효율 목표를 수립하고 정기적으로 시행수단과 진행상황을 논의함. 중간 에너지비용을 유지하는 중기업에게 잠재적인 에너지효율 수단을 식별하고 분석하도록 know-how를 제공하것을 목표로 하고 있음.	기업	2012	CO ₂			i.e.
22	Emissions Trading System (EU ETS) impacting the industry sector*	산업 산업공정	감축 기술 설치	경제	에너지집약 산업의 CO ₂ 배출 총량규제와 배출권거래 도입	정부	2010	CO ₂		1,520	1,000

<표 2-21> 독일의 감축수단 개괄 (계속)

번	수단명	해당부문	정책 범주	정책 성격	주요 내용	담당부서	시행연도	대상 온실가스	추정 감축효과 (단위: ktCO ₂ eq)		
									2013 (2차)	2020 (1차)	2020 (2차)
23	Energy Consulting Service for SMEs*	산업/산업공정	서비스부문 에너지효율 개선	정보	중소기업의 에너지 효율 잠재력을 활용하기 위한 Federal Ministry of Economy and Energy (BMWi)와 the KfW의 선도 프로그램으로 조연성 지원과 투자 지원을 포함	기타	2008	CO ₂		1,120	1,300
24	Promotion of industrial cross-cutting technologies*	산업/산업공정	산업부문 효율 개선	재정	에너지 효율 부문간 기술(전기모터, 펌프 등)에 대한 투자 재정 지원	정부	2014	CO ₂		20	100
25	Promotion of energy efficient industrial process technologies*	산업/산업공정	산업부문 효율 개선	재정	에너지효율 생산공정에 대한 재정 지원	정부	2014	CO ₂			100
26	100 Energy Efficiency Networks*	산업/산업공정	산업부문 효율 개선	정보	기존 60개 네트워크에 추가적으로 40개의 에너지효율 네트워크를 설립함. 개별 네트워크는 10-15 중소기업으로 구성되며, 이들은 공통의 에너지효율 목표를 수립하고 정기적으로 시행수단과 진행상황을 논의함. 중간 에너지비용을 유지하는 중소기업에 잠재적인 에너지효율 수단을 식별하고 분석하도록 know-how를 제공하는 것을 목표로 하고 있음.	기업	2012	CO ₂			800
27	Energy Saving Order (EnEV) (only electricity savings)*	기타 (건물)	건물 에너지 효율	규제	2016년부터 신규 건물에 대해 최소 에너지 요구사항과 건물 개조에 대해서도 의무 제한을 강화함. 전기 절감 수단만을 포함함.	정부	2015	CO ₂		1,550	i.e.
28	KfW (the German government-owned promotional bank) programmes (only electricity savings)*	기타 (건물)	건물 효율개선	재정	건물 신축과 개조에 대한 과감한 에너지 표준 설정에 대해 융자와 그랜트를 제공	기타	2015	CO ₂		3,840	i.e.
29	Energy Saving Order (EnEV)*	기타 (건물)	건물 효율개선	규제	2016년부터 신규 건물에 대해 최소 에너지 요구사항과 건물 개조에 대해서도 의무 제한을 강화함.	정부	2015	CO ₂		1,550	830
30	KfW (the German government-owned promotional bank) programmes*	기타 (건물)	건물 효율개선	재정	건물 신축과 개조에 대한 과감한 에너지 표준 설정에 대해 융자와 그랜트를 제공	기타	2015	CO ₂		3,840	600
31	Act on the Promotion of Renewable Thermal Energy (EEWärmeG)*	기타 (건물)	건물 효율개선	규제	The Act on the Promotion of Renewable Thermal Energy (EEWärmeG)은 신물 에너지 공급과 연결된 열과 냉방 부문에서의 신재생에너지 확대를 장려하기 위한 의도를 가진. 신축 건물에서의 태양열, 히트펌프 등을 포함한 신재생에너지의 사용을 부과함 (§ 3 (1) of the EEWärmeG에 따른 사용의무). 폐열 이용 또는 단열처리 등도 보상 형태로 시행될 수 있음.	정부	2015	CO ₂		280	580

<표 2-22> 독일의 감축수단 개괄 (계속)

번호	수단명	해당부문	정책 범주	정책 성격	주요 내용	담당부서	시행연도	대상 온실가스	추정 감축효과 (단위: ktCO ₂ eq)		
									2013 (2차)	2020 (1차)	2020 (2차)
32	Market Incentive Programme for Renewable Energies (MAP)*	기타 (건물)	건물 효율 개선	재정	이 프로그램의 목적은 투자 인센티브를 통해 신재생에너지 기술의 판매를 촉진하고 수익성을 개선하는 것임. Funding takes the form of a grant provided by the Federal Office of Economics and Export Control (BAFA)에 의해 그랜트 형태로 자금을 지원함. 태양열과 히트펌프의 동시 설치는 결합 보너스를 통해 자금 지원됨.	정부	2015	CO ₂	700	110	
33	Minimum energy performance standards (MEPS)*	기타 (건물)	건물 효율 개선	규제	시장에서 저효율 제품을 금지하기 위해 에너지 관련 제품(화석연료 난방 설치)에 최소 에너지 성능 표준을 규정하기 위한 법적 체계를 결정	정부	2015	CO ₂		740	
34	CHP Act*	에너지	에너지/전환 부문 효율향상	경제	전기가격 상승으로 CHP 전력생산에 보너스 부가	정부	2008	CO ₂	3,000	1,000	
35	Regulation on CO ₂ from vans*	수송	자동차효율 개선	규제	승합차(van) CO ₂ 감축을 위해 EU-Regulation (2011/510/EC)을 시행	정부	2011	CO ₂	100	300	
36	Landfill aeration*	폐기물/ 폐기물관리	매립관리 개선	기타 정보	메탄 배출을 줄이기 위해 매립 에어레이션에 대하여 national climate initiative (NKI)를 통해 자금 지원	지방정부	2013	CH ₄		500	
37	Regulation of biological waste treatment (30. BImSchV)*	폐기물/ 폐기물관리	처리기술 개선	규제	폐기물의 생물학적 또는 생화학적 처리를 위한 시설의 건축, 설계 및 운영에 대한 규제	지역	2009	CH ₄		i.e.	
38	Water Resources Act (Amendment, WHG)*	폐기물/ 폐기물관리	기타 폐기물	규제	활용 자산뿐만 아니라 동식물의 서식지로서 생태계의 일부로서 수자원을 보호하고 관리하는 것을 목적으로 함.	지방정부	2010	CH ₄ , N ₂ O		i.e.	
39	Amendment of the Regulation on the incineration and co-incineration of waste (17. BImSchV)*	폐기물/ 폐기물관리	처리기술 개선	규제	17차 BImSchV 개정으로 폐기물 소각에 대한 EU Directive 2000/76/EC 의무적 시행이 강제화됨. 독일에서는 이미 대기질의 수준이 높음. 폐기물이 사용되는 모든 시설에서 폐기물 소각시설에 대한 필요조항들이 적용됨.	지역	2003	CO ₂ , CH ₄		i.e.	
40	Recycling and Waste Management Act (KrW-/AbfG)*	폐기물/ 폐기물관리	수요관리; 매립축소	규제	재활용법의 목적은 폐기물의 생성을 줄이고 최소한의 폐기물만 매립되도록 하는 것임.	정부	1996	CH ₄		i.e.	
41	Landfill regulation (DepVereinfV, 2009)*	폐기물/ 폐기물관리	매립관리 개선	규제	매립에 대한 국제적/국내적 규제의 요약정리 및 단순화	정부	2006	CH ₄		i.e.	
42	MAC Directive (2006/40/EC)*	산업/ 산업공정	F-gas 배출 감축	규제	에어컨 시스템에서의 high GWP refrigerants를 사용하는 자동차의 시장 공급 금지	정부	2009	HFCs		i.e.	

제4절 일본

1. 2020 감축목표

가. BR1에서의 2020년 감축목표

- 2005년 배출수준의 3.8% 감축
 - 2020년까지 2005년 배출 수준의 3.8% 감축 범위의 목표를 제시함.
 - 이는 에너지 정책과 에너지 믹스를 고려하되 핵발전으로 인한 감축 효과를 고려하지 않은 목표임.

- LULUCF 분야 목표: FY2013-2020의 산림관리에 의한 감축량은 총 에너지 배출의 평균 3.5%로 FY1990에 예상됨. 이는 약 44MtCO₂임.

- 일본은 Joint Credit Mechanism(JCM) 정책과 이의 이행을 촉진하고 있음.

- 제시된 주요한 실천방안은 아래와 같음.
 - 에너지 기반 CO₂ 감축
 - 각 지방 정부의 사업계획에 따른 지구온난화대책
 - 저탄소 사회 발전
 - 전체적·효율적 에너지 사용
 - 산업분야
 - 산업의 자발적 행동계획 증진 및 강화
 - 고 에너지 효율 장비 및 장치 소개 증진
 - 상업/주거
 - 탑 러너 프로그램(Top runner program)에 의한 장비 및 장치의 에너지 효율 증
 - 에너지 효율성 증진 및 에너지 빌딩/가구의 저탄소화
 - 에너지 관리에 의한 스마트 에너지 소비
 - 공공 기관에 의한 계획
 - 열병합발전과 가정용 연료전지 증진
 - 교통 부문
 - 자동차의 에너지 효율성 증진 및 확산
 - 교통흐름관리 증진 및 친환경 자동차 사용 촉진
 - 대중교통 이용 증대
 - 철도, 배, 항공의 저탄소화
 - 보다 효율적인 물류 및 모달 쉬프트 정책(modal shift policy)⁷⁾

7) 공해 등 이유로 화물 수송에서 트럭 이용률 감축

- 에너지 전환 분야
 - 신재생에너지 원천으로부터 전력증진
 - 고효율 화력발전
- 비에너지 관련 CO₂ 배출 감축
 - 혼합시멘트 사용 증진
 - 폐기물 감량화 및 재활용
- 메탄 배출 감축
 - 유기성 폐기물의 표층 매립 감축
 - 물관리 증진
- 아산화질소 배출 감축
 - 하수 슬러지 소각 시설에서 연소기술 개선
 - 일반 폐기물 시설에서 연소기술 개선
 - 비료 사용량의 책정 및 감축
- 불소가스의 배출 감축
 - 불소가스 배출 감축을 위한 전반적 정책
- 온실가스 정책(Greenhouse Gas Sink Policies)
 - Forest Sink 전략
 - 농업 토양 Sinks 측정
 - 도시 녹지 증진
- Cross-sectional 정책
 - GHG 배출 계좌, 보고, 공개 프로그램
 - 친환경 세금 제도(Making the Tax system Greener)
 - 환경의식이 강한 사업 활동 증진
 - 환경보호정책 재정(Greening Finance)
 - J-크레딧 시스템의 증진
 - 공공 캠페인 발전

○ 부문별 베이스라인 온실가스 배출 전망

<표 2-23> BR1 Current Measures 하의 부문별 베이스라인 온실가스 배출 추이와 전망
(단위: MtCO₂eq)

부문	실적				전망	
	2000	2005	2010	2011	2020	2030
Energy	926.8	976.2	916.7	969.7	-	-
Transport	263.9	250.5	228.1	224.7	-	-
Industry/Industrial Processes	94.6	73.9	65.9	67.2	-	-
Agriculture	27.4	26.3	25.5	25.4	-	-
Forestry/LULUCF*	-85.9	-88.8	-75.7	-75.4	-	-
Waste management/waste	29.0	24.2	20.9	20.5	-	-
Total with LULUCF	1,256.1	1,262.5	1,181.6	1,232.2	46.0	-
Total without LULUCF	1,342.0	1,351.4	1,257.3	1,307.7	1,364.0	-

*LULUCF: land use, land-use change and forestry

나. BR2에서의 2020년 감축목표

- 2005년 배출수준의 3.8% 감축
 - BR1에서의 2020년 감축목표와 동일
 - 핵발전으로 인한 감축 효과를 고려하지 않은 목표임.
- LULUCF 분야: 일본은 LULUCF 활동에서 교토의정서 제2기 이행기의 회계법칙에 따른 순 감축을 사용함
- 산림 경영의 순 감축량 목표는 약 38백만tCO₂ 혹은 그 이상임. 재녹화(revegetation)에 의한 순 감축량 목표는 1.2백만tCO₂임. 농업토양에 의한 순 감축량은 7.7백만 tCO₂임.
- 일본은 Joint Credit Mechanism(JCM) 정책과 이의 이행을 촉진하고 있음.
- 주요 감축 수단
 - 에너지 기반 CO₂의 배출 감축
 - 각 지방 정부의 사업계획에 따른 지구온난화대책
 - 저탄소 사회 발전
 - 전체적·효율적 에너지 사용
 - 산업분야
 - 산업의 자발적 행동계획 증진 및 강화
 - 고 에너지 효율 장비 및 장치 소개 증진
 - 상업/주거
 - 탑 러너 프로그램(Top runner program)에 의한 장비 및 장치의 에너지 효율 증진
 - 에너지 효율성 증진 및 에너지 빌딩/가구의 저탄소화
 - 에너지 관리에 의한 스마트 에너지 소비
 - 공공 기관에 의한 계획
 - 열병합발전과 가정용 연료전지 증진
 - 교통 부문
 - 자동차의 에너지 효율성 증진 및 확산
 - 교통흐름관리 증진 및 친환경 자동차 사용 촉진
 - 대중교통 이용 증대
 - 철도, 배, 항공의 저탄소화
 - 보다 효율적인 물류 및 모달 쉬프트 정책(modal shift policy)⁸⁾
 - 에너지 전환 분야
 - 신재생에너지 원천으로부터 전력증진
 - 고효율 화력발전

8) 공해 등 이유로 화물 수송에서 트럭 이용률 감축

- 비에너지 관련 CO₂ 배출 감축
 - 혼합시멘트 사용 증진
 - 폐기물 감량화 및 재활용
- 메탄 배출 감축
 - 유기성 폐기물의 표층 매립 감축
 - 유기농 문제와 물관리 증진
- 아산화질소 배출 감축
 - 하수 슬러지 소각 시설에서 연소기술 개선
 - 일반 폐기물 시설에서 연소기술 개선
 - 비료 사용량의 책정 및 감축
- 불소가스의 배출 감축
 - 불소가스 배출 감축을 위한 전반적 정책
- 온실가스 정책(Greenhouse Gas Sink Policies)
 - Forest Sink 전략
 - 농업 토양 Sinks 측정
 - 도시 녹지 증진
- Joint Crediting Mechanism(JCM)
 - JCM의 설립과 이행
- Cross-sectional 정책
 - GHG 배출 계좌, 보고, 공개 프로그램
 - 세금 제도를 친환경적으로 함
 - 환경의식이 강한 사업 활동 증진
 - 환경보호정책 재정(Greening Finance)
 - J-크레딧 시스템의 증진
 - 공공 캠페인 발전

○ 부문별 베이스라인 온실가스 배출 전망

<표 2-24> BR2 Current Measures 하의 부문별 베이스라인 온실가스 배출 추이와 전망
(단위: MtCO₂eq)

부문	실적				전망	
	2000	2005	2010	2011	2020	2030
Energy	954.7	1,009.6	945.2	1,041.5	1,053.5	784.2
Transport	253.5	235.9	217.8	217.9	194.8	165.5
Industry/Industrial Processes	106.5	84.7	78.1	86.9	93.0	74.8
Agriculture	40.1	40.0	40.6	39.5	38.7	37.5
Forestry/LULUCF*	-86.3	-89.6	-69.3	-64.6	-36.4	-25.9
Waste management/waste	31.0	26.0	22.2	21.8	19.3	17.3
Total with LULUCF	1,299.6	1,306.8	1,234.9	1,343.1	1,363.0	1,054.0
Total without LULUCF	1,386.0	1,396.5	1,304.2	1,407.7	1,399.4	1,079.0

*LULUCF: land use, land-use change and forestry

다. BR1과 BR2에서의 감축목표 차이

- 감축목표는 BR1과 BR2에서 동일함.
 - 2020년 감축목표는 BR1과 BR2모두에서 2005년 기준 3.8% 감축임.

- 그러나 BR1과 BR2에서 실적치가 서로 차이가 발생함.
 - 2000년, 2005년, 2010년 BR2의 실적치가 BR1의 실적치 보다 더 큼.
 - BR1에는 2011년 실적치가 포함되어 있고 BR2에는 2011년 대신 2013년의 실적치가 포함되어 있음.
 - 전망치의 경우 BR1에는 전망치가 보고되지 않지만 BR2에는 2020년과 2030년의 전망치가 보고됨.

2. 감축수단 개괄

<표 2-25> 일본의 감축수단 개괄

번호	수단명	해당부문	정책 범주	정책 성격	담당부서(성)	시행연도	대상 온실가스	추정 감축효과 (단위: ktCO ₂ e/q)		
								2013 (2차)	2020 (1차)	2020 (2차)
Emissions Reduction of Energy-related CO₂										
Development of Low-Carbon Urban/Regional Structures and Socioeconomic Systems										
1	Promotion of Global Warming Countermeasures Based on the Action Plan of Each Local Government	Cross-Cutting	정보교환	규제/standard budget/보조금/인식제고		2008	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, HFCs, PFCs, SF ₆ , NF ₃		-	-
2	Promotion of Developing Low-Carbon Community	Cross-Cutting	정보교환	규제/standard taxation budget/보조금		2012	CO ₂		-	-
3	Holistic and Efficient Use of Energy	에너지	정보교환	예산/보조금/인식제고	국토교통, 경제산업	2008	CO ₂		-	-
Industry Sector										
4	Promotion and Reinforcement of Voluntary Action Plans of Industry	에너지산업/산업공정		자발적협약	경제산업, 환경, 산업그룹 관련 부처	1997	CO ₂		추정불가	추정불가
5	Promotion of Introduction of Highly Energy-efficient Equipment and Devices	에너지	기기 전환/효율향상	예산/보조금/용자	경제산업	2008	CO ₂		추정불가	추정불가
6		에너지		예산/보조/용자/기타	국토교통	2010	CO ₂		추정불가	추정불가
7		에너지		예산/보조금/인식제고/기술발전	농림수산	2007	CO ₂		추정불가	추정불가
Commercial and others Sector										
8	Improving the Energy Efficiency of Equipment and Devices based on the Top Runner Program	에너지	효율향상/정보제공	규제/standard budget/보조금		1998	CO ₂		추정불가	추정불가
9	Improvement of the Energy Efficiency Performance and Low-Carbonization of Buildings	에너지	효율향상/정보제공	규제/standard budget/그밖의 보조금		2003	CO ₂		추정불가	추정불가
10	Smart Consumption of Energy by Using Energy Management etc.	에너지	정보제공/관리강화	세제/그밖의 보조금	경제산업, 환경, 총무, 관련 부처	1998, 2012			추정불가	추정불가
11	Initiatives by Public Organizations	에너지		규제/표준	전 부처	2001	CO ₂		추정불가	추정불가
Residential Sector										
12	Improving the Energy Efficiency of Equipment and Devices based on the Top Runner Program [reprinted]	에너지	효율향상	규제/standard budget/보조금		1998	CO ₂		추정불가	추정불가
13	Improvement of the Energy Efficiency Performance and Low-Carbonization of Housing	에너지	효율향상	규제/세제/용자/보조금/기술발전/인식제고	국토교통, 경제산업, 환경	2003	CO ₂		추정불가	추정불가
14	Promotion of Combined Heat and Power and Household Fuel Cells	에너지	연료전환	예산/보조금/기술발전	경제산업	2009	CO ₂		추정불가	추정불가
15	Other Supportive Measures	에너지		예산	환경, 경제산업	2010	CO ₂		추정불가	추정불가

<표 2-26> 일본의 감축수단 개괄 (계속)

번호	수단명	해당부문	정책 범주	정책 성격	담당부서(성)	시행 연도	대상 온실가스	추정 감축효과 (단위: ktCO ₂ eq)		
								2013 (2차)	2020 (1차)	2020 (2차)
Transport Sector										
16	Improvement in the Fuel Efficiency of Vehicles and Diffusion of Them (Measures for each vehicle as a unit)	수송	효율향상/미래자동차	규제/세제/보조금/기술발전	국토교통, 경제산업	1979	CO ₂		추정불가	추정불가
17	Promotion of Traffic Flow Improvements and Promotion of the Environmentally-friendly Usages of Vehicles	수송	효율향상	예산/보조금/인식제고	국토교통	2012	CO ₂		추정불가	추정불가
18	Promotion of the Use of Public Transports	수송		세제/보조금/인식제고	국토교통	1992	CO ₂		추정불가	추정불가
19	Promoting Low- Carbonization of Railway, Vessel and Aviation	수송	효율향상	세제/유자/보조금/기술발전	국토교통	2005	CO ₂		추정불가	추정불가
20	More Efficient Logistics/Modal shifts etc.	수송	효율향상	세제/유자/보조금/인식제고	국토교통	2001	CO ₂		추정불가	추정불가
Energy Transformation Sector										
21	Promotion of Power from Renewable Energy Sources	에너지	신재생	규제/세제/보조금/기술발전	경제산업, 환경, 관련 부처	N/A	CO ₂		추정불가	추정불가
22	Persuasion of High Efficiency in Thermal Power Generation	에너지	효율향상	규제/standard budget/보조금/기술발전		N/A	CO ₂		추정불가	추정불가
Emissions Reduction of Non energy-related CO₂										
23	Increased Use of Blended Cement	산업/산업공정	생산공정	규제/기준의식제고	환경, 경제산업	2001	CO ₂		660	730
24	Promotion of Waste Reduction and Recycling	폐기물/폐기물관리		규제/standard budget/보조금/의식제고		2013	CO ₂		200	200
Emissions Reduction of Methane										
25	Reducing direct landfill disposal of organic waste	폐기물/폐기물관리	사후처리	규제/standard budget/보조금/의식제고		2013	CH ₄		400	476
26	Improvement of the Management of Organic Matter and Water	농축산	사후처리	규제/standard budget/보조금		2007	CH ₄		추정불가	333~922
Emissions Reduction of Nitrous Oxide										
27	Upgrading combustion technology at sewage sludge incineration facilities	폐기물/폐기물관리	사후처리	세제/보조금/기술발전	국토교통	2001	N ₂ O		추정불가	추정불가
28	Upgrading combustion technology at general waste incineration facilities	폐기물/폐기물관리	사후처리	규제/standard budget/보조금/의식제고		2013	N ₂ O		추정불가	추정불가
29	Appropriation and Reduction of the Amount of Fertilizer Used	농축산	사후처리	규제/standard budget/보조금		2007	N ₂ O		추정불가	72

<표 2-27> 일본의 감축수단 개괄 (계속)

번호	수단명	해당부문	정책 범주	정책 성격	담당부서(성)	시행 연도	대상 온실가스	추정 감축효과 (단위: ktCO ₂ eq)		
								2013 (2차)	2020 (1차)	2020 (2차)
Emissions Reduction of Fluorinated Gases										
30	Holistic policies to reduce the emissions of fluorinated gases	산업/산업공정		규제/세제/보조금/기술발전/의식제고/교육/자발적협약	환경, 경제산업	2001	HFCs, PFC, SF ₆ , NF ₃		9,700	18,500
Greenhouse Gas Sink Policies										
31	Forest Sink Strategies	토지이용, 토지이용변화 및 임업		규제/standard budget/보조금/기술발전/의식제고	농림수산	2007	CO ₂		38,000	38,000
32	Measures for Sinks in Agricultural Soils	토지이용, 토지이용변화 및 임업		규제/standard budget/보조금/기술발전/의식제고	농림수산	2008	CO ₂		추정불가	7,084~8,280
33	Promotion of Urban Greening	토지이용, 토지이용변화 및 임업		규제/standard budget/보조금/기술발전/의식제고	국토교통	2006	CO ₂		추정불가	1,186
Joint Crediting Mechanism (JCM)										
34	Establishment and implementation of the Joint Crediting Mechanism (JCM)	Cross-Cutting		예산/보조금	외무, 경제산업, 환경, 농림수산	2013	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, HFCs, PFCs, SF ₆ , NF ₃			추정불가
Cross-Sectoral Policies										
35	GHG Emissions Accounting, Reporting and Disclosure Program	Cross-Cutting		규제/standard budget/보조금/의식제고	환경, 경제산업	2006	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, HFCs, PFCs, SF ₆ , NF ₃		-	-
36	Making the Tax System Greener	Cross-Cutting		세제	환경	N/A	CO ₂		-	-
37	Promotion of Environmentally conscious business activities	Cross-Cutting		규제/standard budget/보조금/의식제고		2008	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, HFCs, PFCs, SF ₆ , NF ₃		-	-
38	Greening Finance	Cross-Cutting		예산/보조금/의식제고	환경	2007	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, HFCs, PFCs, SF ₆ , NF ₃		-	-
39	Promoting J-Credit system	Cross-Cutting		예산/보조금	환경, 경제산업, 농림수산	2013	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, HFCs, PFCs, SF ₆ , NF ₃		-	-
40	Developing Public Campaigns	Cross-Cutting		예산/보조금/의식제고	환경	2005	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, HFCs, PFCs, SF ₆ , NF ₃		-	-

제3장 부문별 핵심 감축수단 분석

제1절 개요

- 4개국의 총 218개의 감축수단을 대상으로 8대 부문별 3개씩 핵심감축수단을 선정

- 핵심감축수단 선정 기준
 - 감축잠재량의 정량화
 - 감축잠재량의 산정방법
 - 감축효과의 존재 여부
 - 감축효과 산정방법
 - 우리나라 BUR에서의 시사점

- 상기의 기준에 따라 센터의 부문별 담당자와 협의하여 선정
 - 우선, 정량화를 기준으로 연구진에서 감축수단 선정
 - 이에 대한 센터 담당자들의 의견 수렴 후, 담당자들이 감축수단의 우선순위를 정해 연구진에게 전달
 - 연구진은 이들 중 부문별 3개의 핵심감축수단을 선정하여 연구 진행

- 핵심감축수단의 내용은 일반적인 감축수단의 내용, 감축잠재량과 감축잠재량 산정방법, 감축효과 및 감축효과의 산정방법, BR1과 BR2에서의 감축잠재량 및 감축효과의 차이 및 그 원인 분석, 우리나라 BUR 작성에서의 시사점을 담고 있음.

제2절. 에너지공급

1. [미국] CHP Technical Assistance Partnerships and Industrial Assessment Centers

가. 일반 현황

1) 제도의 개요

- CHP 파트너십은 CHP 사용을 확대하여 전력 생산으로 야기되는 에너지 소비와 환경영향을 줄이기 위해 2001년부터 만들어진 자발적 프로그램임.
- CHP 파트너십은 새로운 CHP 사업을 개발하고 에너지 소비자, CHP 산업, 정부 등 관련자들의 에너지, 환경, 경제적 이익을 증진하는데 목적을 두고 있음.

- CHP 파트너십의 주된 감축 온실가스는 CO₂임.
 - CO₂의 가장 큰 배출원이 전력 생산인데, CHP가 전력생산에 초점을 두고 있어 온실가스 감축에 기여하는 주된 수단 중에 하나라고 볼 수 있음.
 - 미국의 총 CO₂ 배출량에서 전력 생산이 31%, 수송부문이 27%, 산업 활동이 21%를 점유하고 있음.
- CHP는 미국에서 100여년 이상 사용되어왔고, 오늘날 중요한 에너지 발전자원으로 자리 잡고 있음.
 - 미국의 전체 에너지에서 CHP가 차지하는 비중은 8%에 달하고 있지만, 30%이상 점유율을 갖는 덴마크, 필란드 그리고 네덜란드에 비해 낮은 수준임.
- 오바마 정부는 효율적인 에너지 생산에 중점을 두고 2020년까지 CHP를 통해 40기가와트에 달하는 전력을 생산하는 것을 목표로 하고 있음.
 - 10년 안에 현재 CHP 전력 생산 용량의 50% 확대
 - 현재 에너지 사용 비용 대비 100억 달러 절감
 - 1,000조 Btu 절약(미국 내에서 사용하는 총 에너지의 1%)
 - 연간 CO₂ 배출량 1.5억 톤 절감(2,500만 대의 차량이 배출하는 규모)
 - 추후 10년간 400-800억 달러 규모의 투자(제조 및 설비).

2) 분석 전담 기관 및 CO₂ 배출량의 감축

- EPA는 매년 CHP 파트너십 가입자들에게 보고서를 받고 있으며, 이를 기반으로 시장 조사, 산업 현황 그리고 CHP 데이터를 작성하고 있음.
- 또한 미국은 UNFCCC에 BR 보고서를 제출하는데, 2016년 BR2의 경우 EPA에서 발간한 2012년 보고서와 지향점이 다름.
 - UNFCCC에 제출하는 BR2 2016년 보고서에 의하면 2013년 감축량은 36,300 ktCO₂eq, 2020년은 73,300 ktCO₂eq로 추정하고 있음.
 - 이는 GPP에 의해 감축되는 CO₂의 양을 포함한 Clean Energy Supply Programs 전체의 최종 감축 목표임.
 - 반면 EPA의 2012년 보고서(U.S. Department of Energy, A Clean Energy Solution)는 10MW CHP가 매년 42,75 ktCO₂eq 감축 할 것으로 추정하고 있음.
 - 단위 감축량(일정 수준의 CHP 시설 및 연료의 종류) 추정 값을 통해 비용과 효율, 정책 지원 및 규제와 같은 제언을 함.
- CHP 파트너십에서는 CHP 배출 계산기(calculator)를 인터넷에 제공하여 SHP (Separate Heat and Power)를 CHP로 대체할 경우의 연료 절감량과 CO₂ 감축량을 가입자 스스로 계산할 수 있도록 하고 있음.

- 현재 CHP는 상업용 건물(호텔, 헬스 클럽, 양로원 등), 거주(아파트, 계획 단지 등), 일반 기관(대학, 병원, 군사 기지 등), 공공 기관(폐수 처리 시설 등), 산업(화학, 제지, 식품 등)에 걸쳐 4,400개 이상 시설에서 사용되고 있음.
- CHP 계산기는 <http://www.epa.gov/chp/basic/calculator.html>에서 이용 가능함.
- 본 절에서는 CHP의 전반적 시스템과 계산기 내의 추정식을 소개하고 감축 수단 작성에 필요한 핵심 요소와 논지를 살펴보기로 함.

나. 감축 잠재량 분석

- EPA의 보고서(Catalog of CHP Technologies)에 따르면 CHP의 기관별 기본적 재원과 투입되는 연료에 따른 효율 등이 기술되어 있음.
- 대표적인 기관들(전체 CHP 중 점유율 99%)을 중심으로 CHP 계산기에 들어가는 산술식을 구축하여 사용자들에게 제공함.
- 사용자들은 이를 이용하여 SHP를 CHP로 대체 할 경우 감축량 및 연료 절약의 정도를 추정 할 수 있음.
- 또한, 사용자들에게 매년 감축에 대한 보고서를 받아 감축량에 대한 현황 및 추정값을 담은 보고서를 발간함.
 - DOE(U.S. Department of Energy)에서 발간하는 보고서(CHP Technical Potential in the United States)에 Profit Format을 제공하고 각 주에서 전력 시설 규모별(kW), 사업 분류별 감축 잠재량을 추정

다. 감축효과 분석

1) 감축효과

- 일반적으로 전력을 생산하는데 사용되는 에너지의 2/3가 열의 형태로 대기로 배출
- 또한, 전력의 최종 사용자에게 송전되는 과정에서 에너지의 추가 손실이 발생
- CHP는 가정이나 산업에서 사용될 수 있는 유용한 열에너지 등을 제공하기 위해 One-Step 운영으로 낭비되는 열에너지 및 전력 손실을 최소화할 수 있음.
 - CHP의 효율은 기존 SHP의 50% 보다 30%p 증가된 80%에 달함.
- <표 3-1>은 CHP, PV(Solar Photovoltaics), Wind 그리고 NGCC(Natural Gas Combined Cycle)의 에너지절약 및 CO₂ 감축 잠재량을 보여주고 있음.

- CHP가 CO₂(42,751 Tons), NO_x(59.4 Tons), 연간 절감과 에너지절약(308,100 MMBtu) 그리고 전력 발전 규모(74,446 MWh)가 크다는 것을 알 수 있음.
- CHP는 이미 미국 내에서 중요한 에너지공급원으로 자리 잡고 있음.
 - 현재 87%가 산업 운용(화학: 29%, 섬유: 18%, 제지: 14% 등)에 쓰이고 있음.
 - 나머지 13%는 병원, 학교, 호텔, 주상복합아파트에서 쓰임.
- 사용되는 연료는 72%가 천연가스이며, 나머지는 Biomass, 쓰레기, 석탄 그리고 혼합 연료로 운용됨.

<표 3-1> CHP의 에너지 절약 및 CO₂ 감축 잠재량

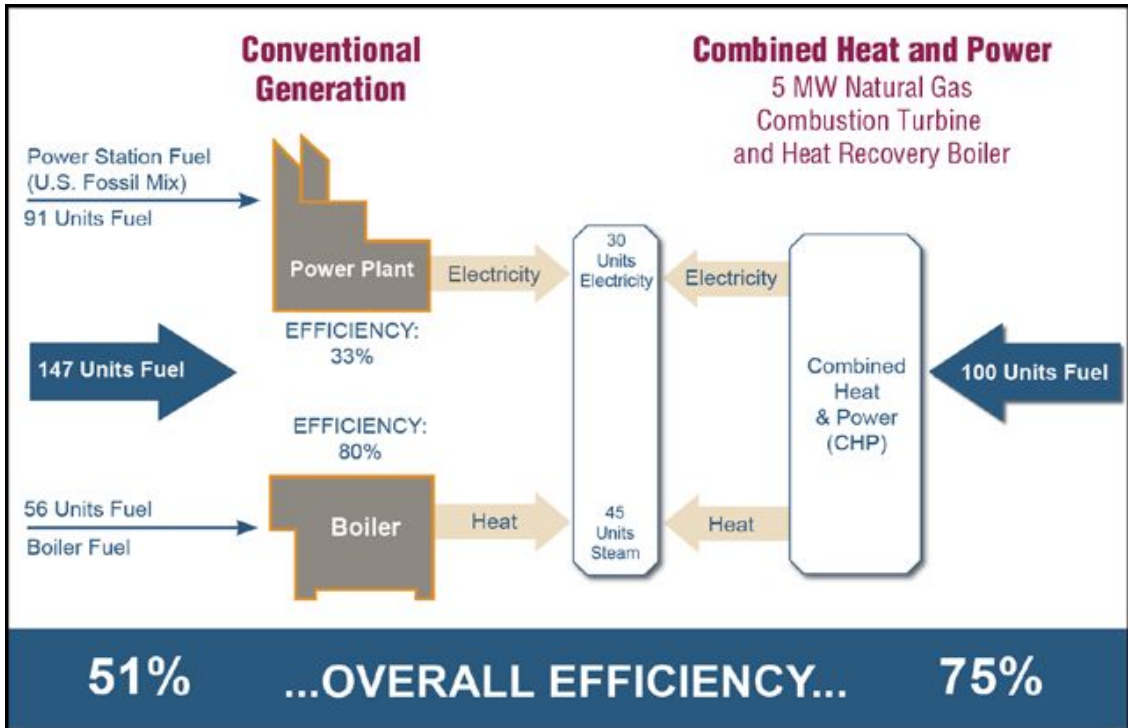
Category	10 MW CHP	10 MW PV	10 MW Wind	Combined Cycle (10 MW Portion)
Annual Capacity Factor	85%	22%	34%	70%
Annual Electricity	74,446 MWh	19,272 MWh	29,784 MWh	61,320 MWh
Annual Useful Heat	103,417 MWht	None	None	None
Footprint Required	6,000 sq ft	1,740,000 sq ft	76,000 sq ft	N/A
Capital Cost	\$20 million	\$60.5 million	\$24.4 million	\$10 million
Annual Energy Savings	308,100 MMBtu	196,462 MMBtu	303,623 MMBtu	154,649 MMBtu
Annual CO ₂ Savings	42,751 Tons	17,887 Tons	27,644 Tons	28,172 Tons
Annual NO _x Savings	59.4 Tons	16.2 Tons	24.9 Tons	39.3 Tons

Source: CHP, A Clean Energy Solution, August 2012.

- CHP는 기존 SHP보다 효율적으로 전력과 열을 생산함으로써 연료 사용과 CO₂ 배출을 줄이는데 기여하고 있음
 - (효율성) CHP는 기존 에너지 생산을 위해 연료를 덜 필요로 하며, 송배전 손실을 최소화 함.
 - 미국에서 화석연료 발전소의 평균 효율은 33%임.
 - 이는 발전소에서 전력을 생산하기 위해 사용되는 에너지의 2/3가 열의 형태로 대기로 배출되는 것으로 볼 수 있음.
 - CHP는 전력 생산에 따른 폐열을 회수하여 열에너지를 공급함.
 - 이로써 60% ~ 80%의 효율을 달성할 수 있게 되고, 일부에서는 90%에 근접하는 효율을 달성하기도 함(시스템 설계에 따라 달라짐).
 - (환경성) 기존에 비해 적은 연료의 투입과 송배전 손실의 최소화로 온실가스 등의 대기 오염물질 배출을 줄일 수 있음.
 - CHP는 기존(SHP)과 동일한 에너지를 생산하는데 더 적은 연료를 필요로 함.
 - 적은 연료가 연소되기 때문에, 이산화탄소뿐만 아니라 질소산화물 및 이산화황 등 대기오염물질 배출을 최소화 할 수 있음.

- (경제성) CHP의 높은 효율로 생산자 및 사용자의 에너지 비용을 절약할 수 있음.
 - 기존 효율(50%)보다 높은 효율(80%)로의 에너지를 생산할 수 있어 비용이 절감
 - One-Step(현장 생산)으로 재난 및 전력 공급 체계의 마비에 안정성이 보장됨.
 - Grid(상용 전력망)에서 적은 전력을 이용하기 때문에 공공요금 인상에 따른 위험에 덜 노출되어 있음.
 - CHP는 천연가스, 바이오 가스, 석탄 등 다양한 연료로 운용되기 때문에 에너지 가격 변화에 탄력적인 대응이 가능함.
- (신뢰성) 재해 또는 전력 생산 및 공급망의 갑작스런 장애에 대비하여 안정적인 운용 설계를 바탕으로 함.
 - 전력 공급의 안정성이 보장됨으로 운영의 불확실성이 감소
 - 이는 곧 총체적인 운용의 신뢰성이 높아짐.
- 한 연료를 투입함으로 전력과 동시에 열에너지를 생산함. 전력 생산 과정(보일러 또는 터빈)에서 열에너지가 생산되는데 전력과 열 생산이 나누어진 SHP와는 달리 CHP는 이를 One-Step 생산함으로써 효율적인 생산이 가능함.
- [그림 3-1]은 CHP와 SHP의 효율성의 차이를 보여주고 있음.
 - CHP는 일반적으로 최종 에너지 생산 효율이 60%~80%에 달하는데 비해 SHP는 45%~55%에 그치고 있음.
 - CHP 시스템은 전력 생산과 열에너지 생산에 있어 총 연료 사용량뿐만 아니라 변환 효율도 우수하다는 것을 보여줌.
 - CHP가 열 45 Units와 전력 30 Units를 생산하는데 100 Units가 필요한 반면 SHP로 동일한 량의 전력과 열을 생산하는데 각각 91 Units과 56 Units가 들어 총 147 Units가 필요한 것으로 평가되고 있음.
- [그림 3-2]에서 보듯이 SHP를 CHP로 대체할 경우 연료가 절약되기 때문에 CO₂ 배출도 함께 감소
 - SHP의 경우 전력 35,000MWh 생산하는데 32 kt의 CO₂를 배출하고 열 179,130 MM Btu를 생산하는데 13 kt에 달하는 CO₂를 배출함.
 - 반면 CHP는 동일한 전력과 열을 생산하는데 23 kt의 CO₂를 배출하여 22 kt에 달하는 CO₂가 배출이 감축됨.

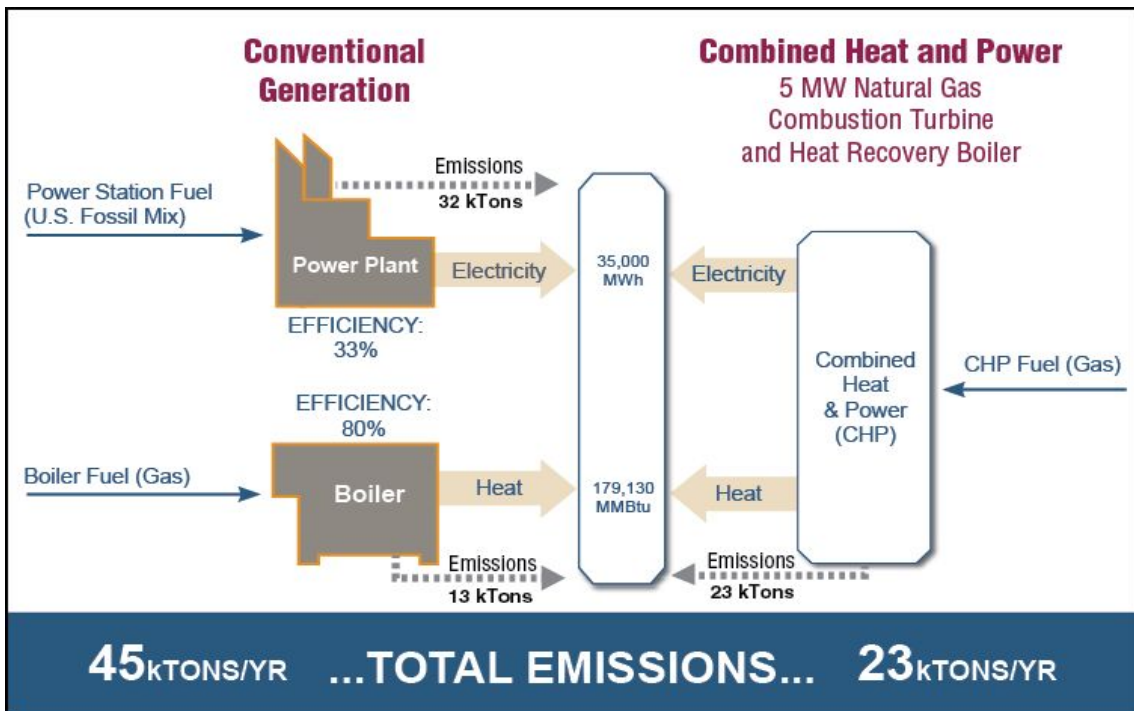
[그림 3-1] 에너지효율 - CHP Vs SHP(Separate Heat and Power)



자료: EPA, Fuel and Carbon Dioxide Emissions Savings Calculation Methodology for CHP Systems, 2015.

주: 각 에너지 생산 효율은 eGRID2012와 국가 평균 에너지 변환 및 분배 손실을 반영

[그림 3-2] CO₂ 배출 - CHP Vs SHP(Separate Heat and Power) Production



자료: EPA, Fuel and Carbon Dioxide Emissions Savings Calculation Methodology for CHP Systems, 2015.

*각 CO₂ 배출량은 eGRID2012의 평균을 기반으로 작성

2) 측정개요

- CHP 계산식에 들어가는(Calculator Platform) 발전(운용)방식은 다음과 같은 5가지 방식이 있음.
 - Reciprocating Engine
 - Gas Turbine
 - Boiler/Steam Turbine
 - Microturbine
 - Fuel Cell

- 각 발전방식의 특성과 투입되는 연료에 따라 산출식의 구성과 연료와 CO₂의 투입·배출 비율이 달라짐.

- <표 3-2>는 발전방식에 따른 전력 생산을 비롯한 점유율을 보여줌.
 - 위의 5가지의 발전방식이 전체 전력 용량의 99%를 차지하고 있음.
 - 특히 Gas Turbine과 Boiler/Steam Turbine이 96.1%를 점유함.
 - 사용 점유율을 보면 Reciprocating Engine방식이 41.9%를 차지하고 있음.

<표 3-2> 미국 내의 주요 CHP 발전 방식 시설과 용량

Prime Mover	Sites	Share of Sites	Capacity (MW)	Share of Capacity
Reciprocating Engine	2,194	41.9%	2,288	2.7%
Gas Turbine*	667	15.8%	53,320	64.0%
Boiler/Steam Turbine	734	17.4%	26,741	32.1%
Microturbine	355	8.4%	78	0.1%
Fuel Cell	155	3.7%	84	0.1%
Other	121	2.9%	806	1.0%
Total	4,226	100.0%	83,317	100.0%

*Includes gas turbine/steam turbine combined cycle.
Source: ICF CHP Installation Database, April 2014.

- <표 3-3>은 각 발전방식에 대한 장·단점을 보여주고 있음.
 - (Reciprocating Engine)
 - 총 CHP 발전방식에서 절반 이상이 Reciprocating Engine 방식으로 운용됨.
 - 규모가 작기 때문에 일반적인 장소인 자동차, 트럭, 열차, 긴급 전력 공급 시스템, 휴대용 전력 공급 패키지 그리고 농장이나 정원용 장비에서 주로 쓰임.
 - 본 방식은 100여년 이상 사용되었을 정도로 운용을 위한 빠른 시동, 높은 에너지 효율, 비교적 낮은 투자비용, 낮은 가스 압력의 장점을 가짐.
 - 다만 높은 유지비용, 한계 온도로 인한 폐열 활용이 어렵고, 비교적 높은 오염 배

출과 소음이 단점.

- (Steam Turbine)

- 미국 내의 CHP 전력의 약 32%를 점유할 만큼 주 발전 수단임.
- 장점으로 증기에서 전력으로의 높은 변환 효율, 보편적인 연료가 모두 쓰일 수 있으며, 운용 수명이 길며 신뢰성이 높음.
- 반면 운용을 위한 시동이 느리고, 보일러 또는 증기 기관이 필수적으로 필요하다는 것이 단점임.

- (Gas Turbine)

- CHP 발전방식의 전력 용량 중 60% 이상을 점유하고 있음.
- 시스템 크기에 대해 탄력적임.
- 장점으로 높은 신뢰성, 낮은 오염 배출 그리고 냉각 시스템이 필요 없다는 점임.
- 고압력의 가스가 필요하며, 낮은 운용 단계에서는 효율이 급격하게 떨어지고 주변 온도가 상승하면 출력(Output)이 하락한다는 점이 단점임.

- (Microturbine)

- 다른 방식에 비해 가장 최근에 도입된 방식임.
- 트럭의 내연기관 배기 터빈 구동의 터빈식 과급기에 바탕을 두고 있음.
- 구성품의 작기 때문에 전체적인 크기도 작고, 무게도 가벼움.
- 따라서 오염 배출도 적고 냉각 시스템이 필요 없음.
- 하지만 높은 운용비용, 상대적으로 낮은 효율과 한계 온도에 따른 폐열 활용이 난해하다는 것이 단점임.

- (Fuel cell)

- 전기화학 또는 배터리 같은 공정으로 수소를 에너지로 변환함.
- 장점으로 낮은 오염 배출과 소음, 부하 범위 내에서의 고효율, 모듈형 디자인을 꼽을 수 있음.
- 상대적으로 높은 비용, 낮은 전력 계수, 연료 불순물에 민감하고, 순수한 수소 연료가 필요하다는 것이 단점으로 꼽힘.

○ <표 3-4>는 위에서 설명한 5가지 발전방식에 대한 주요 특징을 보여주고 있음.

- (Effective electrical efficiency)

- 전력 생산 효율이 33%인 기존 SHP(화력의 경우)에 비해 전반적으로 월등한 효율을 보여줌.
- 대표적으로 Recip. Engine, Steam Turbine 그리고 보편적으로 널리 쓰이는 Gas Turbine이 50% ~ 80% 정도의 효율 가짐.

- (CHP 설치비용)

- 시스템 초기 설치비용의 경우 공정이 가장 까다로운 연료전지(Fuel Cell)와 소형화에 중점을 두고 있는 마이크로터빈(Microturbine)을 제외하고는 대부분 저렴함.
- 미국 내에서 96.1%의 전력 생산(CHP)을 맡고 있는 Steam Turbine과 Gas Turbine

의 단위 비용이 각각 \$670 ~ \$1,100와 \$1,200 ~ \$3,300에 달함.

<표 3-3> CHP 주요 발전 방식의 장·단점

CHP 방식	장점	단점	사용가능 규모
불꽃 점화(SI) 왕복 엔진	<ul style="list-style-type: none"> 탄력적인 부분 운용이 가능하며, 높은 효율성 빠른 시동 상대적으로 저투자 비용 우수한 부하 허용 범위 운용 중 점검이 용이 저압 가스에서도 작동 	<ul style="list-style-type: none"> 높은 유지 보수 비용 저온 운용의 한계 상대적으로 고배출 열을 사용하지 않더라도 반드시 냉각시켜야 함 높은 수준의 저주파 소음 	1 kW ~ 10 MW
			고속(1,200 RPM) ≤ 4MW
압축 점화(CI) 왕복 엔진(이중 연료 점화)			저속 (60-275 RPM) < 80 MW
증기 터빈	<ul style="list-style-type: none"> 증기에서 전력 변환의 전반적인 높은 효율 연료의 액체 또는 고체를 아우르는 다양한 범용성 동시 적용성 긴 수명과 높은 신뢰성 전력에서 열로의 변환 가능 	<ul style="list-style-type: none"> 느린 시동 전력에서 열로의 낮은 변환 비율 보일러 또는 다른 증기원이 필요 	50 kW ~ 2백 내지 3백 MWs
가스 터빈	<ul style="list-style-type: none"> 높은 신뢰성 저배출 고질의 열 생산 냉각이 필요 없음. 	<ul style="list-style-type: none"> 고압 가스 또는 가스 압축기 내장이 필요 낮은 부하에서의 낮은 효율성 주위 온도가 상승하면 출력 저하 	500 kW ~ 300 MWW
마이크로 터빈	<ul style="list-style-type: none"> 작동하는 부품 수가 적음 경량화로 크기가 작고 가벼움 낮은 가스 배출 냉각이 필요 없음. 	<ul style="list-style-type: none"> 고비용 상대적으로 낮은 기계적 효율성 저온 운용의 한계 	30 kW ~ 250 kW (다수 묶음으로 1,000 kW 까지)
연료 전지	<ul style="list-style-type: none"> 저배출과 저소음. 부하 수용 범위에서의 높은 효율 모듈형 디자인. 	<ul style="list-style-type: none"> 고비용 순수 수소 사용을 제외하면 연료 처리 과정이 필수 연료의 불순물에 민감 낮은 전력 밀도 	5 kW ~ 2 MW

Source: EPA, 2014 Catalog of CHP Technologies, March 2015.

- (Start-up time)

- 운용을 위한 최초 시동의 경우 Stram Turbine(최대 1일)과 Fuel Cell(최대 2일)을 제외하고 비교적 짧은 편임.
- Recip. Engine과 Microturbine과 같이 비교적 규모가 작은 방식은 시동시간이 10 초에서 60초로 굉장히 짧음.

- (Fuels)

- 발전에 필요한 투입 연료도 생산 효율에 더불어 중요 요소 중 하나임.
- 순수 수소 연료가 필요하며 연료의 불순물에 민감한 Fuel Cell과 같이 특수한 방식을 제외한 대부분이 연료에 대한 제약이 적음.
- 이는 특정 연료가격 변동에 의해 생산 단위 비용 변화가 급격해지는 것을 방지할 수 있음.
- 투입 연료의 공급에 대한 탄력성이 보장되면 장기적으로 안정적인 에너지 공급이 가능해지며 운용 위험도를 추정 가능하기 때문에 여러 이점을 얻을 수 있음.

- (Power Density)

- 단위 면적당 생산 가능 전력을 나타내는 계수(Power Density)는 Microturbine과 Fuel Cell은 5 ~ 20으로 비교적 낮음.
- 반면 Gas Turbine과 Steam Turbine의 계수는 20 ~ 500과 100 이상으로 높음.
- Recip. Engine은 35 ~ 50을 보이고 있음.

3) 기본 추정식

- CHP 운영으로 인한 연료 절약과 CO₂ 배출 감축 규모를 도출하는 기본적인 추정산식은 다음과 같음.
 - ① SHP를 운영함으로 소요되는 연료 소비량 및 CO₂ 배출량 추정
 - ② CHP를 운영함으로 소요되는 연료 소비량 및 CO₂ 배출량 추정
 - ③ 연료 절약량과 CO₂ 배출 감축량은 ① - ②로 추정

(1) CHP로 대체 시 연료 절약량 추정

- 아래의 수식 1은 SHP를 CHP로 대체할 경우 연료 절약량을 추정하는 방법을 보여주고 있음.
 - 기본적 구조는 SHP의 연료량에서 CHP의 연료소비량을 차감하는 방식임.

<표 3-4> CHP 주요 발전 방식의 주요 특징

Technology	Recip. Engine	Steam Turbine	Gas Turbine	Microturbine	Fuel Cell
Electric efficiency (HHV)	27-41%	5-40+%	24-36%	22-28%	30-63%
Overall CHP efficiency (HHV)	77-80%	near 80%	66-71%	63-70%	55-80%
Effective electrical efficiency	75-80%	75-77%	50-62%	49-57%	55-80%
Typical capacity (MWe)	.005-10	0.5-several hundred MW	0.5-300	0.03-1.0	200-2.8 commercial CHP
Typical power to heat ratio	0.5-1.2	0.07-0.1	0.6-1.1	0.5-0.7	1-2
Part-load	ok	ok	poor	ok	good
CHP Installed costs (\$/kWe)	1,500-2,900	670-1,100	1,200-3,300 (5-40 MW)	2,500-4,300	5,000-6,500
Non-fuel O&M costs (\$/kWe)	0.009-0.025	0.006 to 0.01	0.009-0.013	0.009-.013	0.032-0.038
Availability	96-98%	72-99%	93-96%	98-99%	>95%
Hours to overhauls	30,000-60,000	>50,000	25,000-50,000	40,000-80,000	32,000-64,000
Start-up time	10 sec	1 hr - 1 day	10 min - 1 hr	60 sec	3 hrs - 2 days
Fuel pressure (psig)	1-75	n/a	100-500 (compressor)	50-140 (compressor)	0.5-45
Fuels	natural gas, biogas, LPG, sour gas, industrial waste gas, manufactured gas	all	natural gas, synthetic gas, landfill gas, and fuel oils	natural gas, sour gas, liquid fuels	hydrogen, natural gas, propane, methanol
Uses for thermal output	space heating, hot water, cooling, LP steam	process steam, district heating, hot water, chilled water	heat, hot water, LP-HP steam	hot water, chiller, heating	hot water, LP-HP steam
Power Density (kW/m^2)	35-50	>100	20-500	5-70	5-20
NOx (lb/MMBtu) (not including SCR)	0.013 rich burn 3-way cat. 0.17 lean burn	Gas 0.1-.2 Wood 0.2-.5 Coal 0.3-1.2	0.036-0.05	0.015-0.036	0.0025-.0040
NOx ($lb/MWh_{TotalOutput}$) (not including SCR)	0.06 rich burn 3-way cat. 0.8 lean burn	Gas 0.4-0.8 Wood 0.9-1.4 Coal 1.2-5.0.	0.52-1.31	0.14-0.49	0.011-0.016

Source: EPA, 2014 Catalog of CHP Technologies, March 2015.

수식 1: CHP로 대체할 경우의 연료 절약 추정산식

$$F_S = (F_T + F_G) - F_{CHP}$$

여기서

F_S = 총 연료 절약량(Btu)

F_T = SHP의 열 생산(Displaced On-site Thermal Production) 시 연료 소비량 (Btu)

F_G = SHP의 그리드 전력 생산(Displaced Grid Electricity) 시 연료 소비량 (Btu)

F_{CHP} = CHP의 연료 소비량(Btu)

Step 1: 수식 3과 수식 6을 이용하여 F_T 와 F_G 추정

Step 2: 수식 8, 9, 10을 이용하여 F_{CHP} 추정

Step 3: F_S 추정.

(2) CHP로 대체 시 CO₂ 감축량 추정

- SHP를 CHP로 대체할 경우 CO₂ 배출 감축량은 수식 2와 같은 방법으로 추정
- 기본적 구조는 SHP의 CO₂ 배출량에서 CHP의 CO₂ 배출량을 차감하는 방식임.

수식 2: CHP로 대체할 경우의 CO₂ 배출 감축량 추정산식

$$C_S = (C_T + C_G) - C_{CHP}$$

여기서

C_S = 총 CO₂ 감축량 (lbs CO₂)

C_T = SHP의 열 생산 시 CO₂ 배출량 (lbs CO₂)

C_G = SHP의 그리드 전력 생산 시 CO₂ 배출량 (lbs CO₂)

C_{CHP} = CHP의 CO₂ 배출량 (lbs CO₂)

Step 1: 수식 4와 수식 7을 이용하여 C_T 와 C_G 추정

Step 2: 수식 11을 이용하여 C_{CHP} 추정

Step 3: C_S 추정

4) CHP로 대체된 SHP의 연료 소비량 및 CO₂ 배출량

(1) SHP의 열 생산 시 연료 소비량과 CO₂ 배출량 추정

- 수식 3은 대체된 SHP로 열을 생산했을 경우 소비되는 연료량을 추정하는 방법을 보여 주고 있음.
 - F_T 는 SHP의 전력 생산에 필요한 연료 소비량인데 CHP의 열 생산량에 생산장비(thermal equipment)의 효율을 곱하여 추정됨.
 - 연료 타입에 따라 효율이 달라지는데, 천연가스는 약 80%, 바이오 가스는 75%의 효율을 보임.

수식 3: 대체된 SHP의 전력 생산 시 연료 소비량 추정식

$$F_T = CHP_T / \eta_T$$

여기서

F_T = SHP의 열 생산 시 연료 소비량 (Btu)

CHP_T = CHP의 열 생산량 (Btu)

η_T = 생산장비(thermal equipment)의 효율

Step 1: CHP_T 추정

Step 2: η_T 선택 (e.g., 80% efficiency for a natural gas-fired boiler, 75% for a biomass-fired boiler).

Step 3: F_T 추정

- 대체된 SHP로 열을 생산할 경우 발생하는 CO₂를 추정하는 방법은 아래 수식 4와 같음.
 - C_T 는 SHP의 열 생산(Displaced On-site Thermal Production) 시 발생하는 CO₂량 (lbs CO₂)을 의미함.
 - 수식 3에서 도출된 F_T 에 <표 3-5>에 나타난 연료별 배출계수 EF_F 를 곱하여 추정하는데, 단위(Btu to MMBtu)를 맞추기 위한 과정이 필요함.
 - 수식 3에서 투입된 연소물이 가령 천연가스(효율 80%)라면 EF_F 의 값은 <표 3-5>에서의 116.9가 사용됨.

수식 4: 대체된 SHP의 열 생산 시 발생하는 CO₂ 량 추정 식

$$C_T = F_T * EF_F * (1 \times 10^{-6})$$

여기서

C_T = SHP의 열 생산 시 CO₂ 량 (lbs CO₂)

F_T = SHP의 열 생산 시 연료 소비량 (Btu)

EF_F = 연료별 CO₂ 배출계수 (lbs CO₂ / MMBtu)

1×10^{-6} = 전환계수(Btu to MMBtu)

Step 1: 수식 3을 이용하여 F_T 추정

Step 2: <표 1>로부터 연료별 배출계수 EF_F 선택

Step 3: C_T 추정.

<표 3-5> 연료별 CO₂ 배출 계수

Fuel Type	Energy Density	CO ₂ Emissions Factor, lb/MMBtu
Natural Gas	1,025 Btu/scf	116.9
Distillate Fuel Oil #2	138,000 Btu/gallon	163.1
Residual Fuel Oil #6	150,000 Btu/gallon	165.6
Coal (Anthracite)	12,545 Btu/lb	228.3
Coal (Bituminous)	12,465 Btu/lb	205.9
Coal (Subbituminous)	8,625 Btu/lb	213.9
Coal (Lignite)	7,105 Btu/lb	212.5
Coal (Mixed-Industrial Sector)*	11,175 Btu/lb	207.1

주: CHP Emissions Calculator에 사용된 디폴트 계수임 사용자가 특정 계수를 알고 있다면 수정할 수 있음.

(2) SHP의 그리드 전력 생산 시 연료 소비량과 CO₂ 배출량 추정

- 대체된 SHP로 생산할 수 있는 전력량에 HR 계수와 배출계수를 곱하여 SHP의 연료 소비량과 CO₂ 배출량을 추정함.⁹⁾
- 수식 5는 대체된 SHP로 생산할 수 있는 전력량을 추정하는 방법을 보여주고 있음.
 - 이는 CHP로 생산되는 전력량에 $L_{T\&D}$ (전환 및 배전 손실률)을 적용하여 추정함.
 - <표 3-6>는 지역별 eGRID(Emissions & Generation Resource Integrated Database)에 수록된 전환 및 배전 손실률을 보여주고 있음.

9) HR은 시장가격을 연료가격으로 나눈 값으로 이 값이 클수록 단위 전력량을 공급하는데 보다 많은 연료가 소요되어 효율성이 저하되었음을 나타냄.

수식 5: 대체된 SHP의 그리드 전력 생산량 추정 식

$$E_G = CHP_E / (1 - L_{T\&D})$$

여기서

E_G = SHP의 그리드 전력량 (kWh)

CHP_E = CHP의 전력생산량 (kWh)

$L_{T\&D}$ = 전환 및 배전 손실을 (percentage in decimal form)

Step 1: CHP_E 추정

Step 2: $L_{T\&D}$ 선택 (지역별 eGRID 전환 및 배전 손실을 이용)

Step 3 E_G 추정

주: eGRID Technical Support Document::

http://www.epa.gov/sites/production/files/215-10/documents/egrid2012_technicalsupportdocument.pdf

<표 3-6> eGRID2012 Grid Gross Loss (%)

Power Grid	Grid Gross Loss (%)
Eastern	9.17
Weatern	5.76
ERCOT	7.03
Alaska	8.66
Hawaii	7.69
U.S.	8.33

자료: EPA, eGRID2012_Data

[=100(GENERAT+FRGNINTC+INTRCHNG-CONSUMP) / GENERAT)]

- 대체된 SHP로 그리드 전력을 생산할 때 연료 소비량 추정 방식은 수식 6와 같음
 - 수식 5에서 추정된 SHP의 그리드 전력 생산량에 지역별 HR_G 를 곱하여 추정
 - eGRID에 수록된 HR(heat rates)는 부록에 수록되어 있음.

수식 6: 대체된 SHP의 그리드 전력 생산 시 연료 소비량 추정식

$$F_G = E_G * HR_G$$

여기서

F_G = SHP의 그리드 전력 생산 시 연료 소비량 (Btu)

E_G = CHP의 그리드 전력 대체량 (kWh)

HR_G = 지역별 Grid Electricity Heat Rate (Btu / kWh) for the appropriate subregion

Step 1: 수식 5를 이용하여 E_G 결정

Step 2: 지역별 HR_G 선택 (부록 참조)

Step 3: F_G 추정

- 수식 7은 SHP로 그리드 전력을 생산할 때 발생하는 CO₂를 추정하는 식임.
 - 수식 5에서 추정된 SHP의 그리드 전력 생산량에 지역별 배출계수를 곱하여 추정함.
 - eGRID가 발표하는 지역별 배출계수 HF는 부록에 수록되어 있음.

수식 7: 대체된 SHP의 그리드 전력 생산 시 CO₂ 배출량 추정식

$$C_G = E_G * HF_G$$

여기서

C_G = SHP의 그리드 전력 생산 시 CO₂ 배출량(lbs CO₂)

E_G = CHP의 그리드 전력 대체량 (kWh)

HF_G = 지역별 그리드 전력의 배출 계수 (lbs CO₂ / kWh)

Step 1: 수식 5를 이용하여 E_G 결정

Step 2: 지역별 EF_G 선택(부록 참조)

Step 3: C_G 추정

5) CHP의 연료 소비량 및 CO₂ 배출량

- 수식 1에서 사용되는 CHP의 연료 소비량 F_{CHP} 는 다음 4가지 방법 중 하나로 추정할 수 있음.
 - 첫 번째, CHP에 투입되는 연료량을 직접 측정하고 대입하는 방법
 - 두 번째, 수식 8과 같이 연료의 부피(Fuel Volume)와 에너지 집약도(Energy Density)를 이용한 방법

- 세 번째, 수식 9와 같이 연료의 무게(Fuel Weight)와 에너지 집약도(Energy Density)를 이용한 방법 (단위변환: Mass Basis_Btu/lb)
- 네 번째, 수식 10와 같이 CHP의 전력 산출량과 CHP의 전력 효율을 이용한 방법 (단위변환: kWh를 Btu로 전환하기 위한 계수 3412를 곱함)

수식 8: 연료 부피(fuel volume)을 이용한 CHP의 연료 소비량 추정식

$$F_{CHP} = V_F * ED_F$$

여기서

F_{CHP} = CHP의 연료 사용량(Btu)

V_F = CHP에 사용된 연료의 부피(cubic foot, gallon, 등)

ED_F = CHP의 에너지 집약도(Btu/cubic foot, Btu/gallon, etc.)

Step 1: W_F 추정

Step 2: ED_F 선택 (Table 1 참조)

Step 3: F_{CHP} 추정

수식 9: 연료 무게(weight)를 이용한 CHP의 연료 소비량 추정식

$$F_{CHP} = W_F * ED_F$$

여기서

F_{CHP} = CHP의 연료 사용량(Btu)

W_F = CHP에 사용된 연료의 무게(lbs)

ED_F = CHP의 에너지 집약도- Mass Basis (Btu / lb)

Step 1: W_F 추정

Step 2: S ED_F 선택 (Table 1 참조)

In order to be used here, the values in Table 1 must be converted to a mass basis using the fuel-specific density.

Step 3: F_{CHP} 추정

수식 10: CHP의 전력 산출량과 CHP의 전력 효율을 이용한 CHP의 연료 소비량 추정식

$$F_{CHP} = (CHP_E / EE_{CHP}) * 3412$$

여기서

F_{CHP} = CHP의 연료 사용량(Btu)

CHP_E = CHP의 전력 생산량(kWh)

EE_{CHP} = CHP의 전력 효율성 (percentage in decimal form)

3412 = 전환계수(kWh를 Btu로 전환)

Step 1: CHP_E 추정

Step 2: EE_{CHP} 결정 (This value should account for parasitic losses, and is usually available in a product specification sheet provided by the manufacturer of the equipment.)

Step 3: F_{CHP} 추정

- 수식 11은 CHP에서 사용되는 연료량(F_{CHP} ; 직접측정 또는 수식 8 또는 수식 9 또는 10으로 추정)과 연료별 배출 계수(Table 1)를 이용하여 CHP의 CO₂배출량을 추정하는 방법을 보여주고 있음.

수식 11: CHP의 CO₂ 배출량 추정식

$$C_{CHP} = F_{CHP} * EF_F$$

여기서

C_{CHP} = CHP의 CO₂ 배출량 (lbs CO₂)

F_{CHP} = CHP의 연료 사용량(Btu)

EF_F = 연료별 배출계수 (lbs CO₂ / MMBtu)

Step 1: 직접 측정 또는 수식 8, 9, 또는 10을 이용하여 F_{CHP} 측정

Step 2: <표 1>로부터 연료별 배출계수 EF_F 선택

Step 3: CHP의 CO₂ 배출량 C_{CHP} 측정

6) 필요 자료 및 정보

- 필요 자료 및 정보는 EPA(2012), U.S. Department of Energy(2016), BR2(2016)을 정리함.
 - 5대 기관 재원 및 특징
 - U.S. Department of Energy CHP Technology Characterization

- EPA CHP A Clean Energy Solution
- CHP 종류별 운용 현황 및 주별 현황
- U.S. Department of Energy CHP Technical Potential in the United States
- EPA Catalog of CHP Technologies
- CHP 대체 운용 효율 및 감축 배출량 산술식
- EPA Calculating Fuel and CO₂ Emissions Savings from CHP의 기본 산술식
- Fuel Use and CO₂ Emissions from Displaced On-site Thermal Production and Displaced Grid Electricity
- Fuel Use and CO₂ Emissions from Displaced On-site Thermal Production
- Fuel Use and CO₂ Emissions from Displaced Grid Electricity
- Fuel Use and CO₂ Emissions of the CHP System
- CHP Calculating System을 이용, 에너지 생산 및 감축 배출량 추정
- 전력 생산, 배출량 등 통계
- eGRID System 통계 이용. 잠재량 추정
- Technical Potential Estimation Methodology
- 연료별 에너지 생산 효율
- eGRID System 통계
- CHP Calculating System을 이용, 추정
- Fuel-Specific Energy and CO₂ Emissions Factors

7) 효과의 평가 분석

- 추정된 전력 생산의 잠재량은 U.S. Department of Energy에서 보고서를 통해 발표
 - 현재 운용 중인 CHP 설비 통계 및 전력량 집계
 - Sector별로 전력 생산의 잠재량을 추정하여 발표
 - 각 주별 운용 중인 전력량 및 전력 생산 잠재량을 추정함.
- 추정된 배출량 현황 및 감축 잠재량은 기본적으로 추정식을 제공하여 산술 가능토록 함.
 - EPA의 eGRID System을 통해 배출량 현황을 파악 가능
 - CHP Calculating System을 통해 누구나 CHP 대체 운용으로 전력 생산 및 감축 배출량을 추정 가능함.

라. BR1과 BR2의 감축효과 차이 및 원인 분석

- 미국의 BR1과 여섯 번째 기후 활동 보고서를 비교했을 때 BR2와 방법론적, 기준은 동일함.

<부록>

eGRID CO₂배출 계수 및 Heart Rate (2012년)

NERC Region and Subregions	All Generation		All Fossil Average		Non-BaseLoad	
	Heat Rate (Btu/kW h)	CO2 Emission Factor (lb/MW h)	Heat Rate (Btu/kW h)	CO2 Emission Factor (lb/MW h)	Heat Rate (Btu/kW h)	CO2 Emission Factor (lb/MW h)
Alaska Systems Coordinating Council	7,969	1087	10,351	1,412	10,171	1,388
ASCC Alaska Grid	9,398	1,269	10,470	1,414	10,206	1,378
ASCC Miscellaneous	3,199	481	9,311	1,400	9,338	1,404
Florida Reliability Coordinating Council	7,767	1,125	8,500	1,217	9,220	1,334
FRCC All	7,767	1,125	8,500	1,217	9,220	1,334
Hawaiian Islands Coordinating Council	8,746	1,471	9,429	1,599	8,055	1,386
HICC Miscellaneous	7,554	1,200	9,867	1,656	8,124	1,331
HICC Oahu	9,210	1,576	9,297	1,583	8,028	1,402
Midwest Reliability Organization	7,188	1,437	10,442	2,142	9,396	1,927
MRO East	7,841	1,523	10,153	2,077	8,659	1,739
MRO West	7,097	1,425	10,488	2,152	9,550	1,965
Northeast Power Coordinating Council	4,987	602	8,775	1,056	9,105	1,141
NPCC Long Island	9,448	1,201	9,489	1,129	10,811	1,303
NPCC New England	6,294	697	10,026	1,176	9,115	1,081
NPCC NYC/Westchester	5,333	638	8,463	980	8,646	1,080
NPCC Upstate NY	3,108	409	8,120	1,086	9,000	1,229
Reliability First Corporation	6,722	1,248	9,780	1,821	9,206	1,725
RFC East	5,292	859	9,272	1,469	9,221	1,492
RFC Michigan	8,597	1,569	9,921	1,854	9,896	1,856
RFC West	7,098	1,379	9,943	1,942	9,151	1,792
Southeast Reliability Corporation	6,819	1,184	9,549	1,688	9,402	1,671
SERC Midwest	8,423	1,711	10,178	2,070	9,430	1,918
SERC Mississippi Valley	7,168	1,053	9,603	1,384	8,631	1,302
SERC South	7,063	1,149	8,928	1,519	10,082	1,697
SERC Tennessee Valley	7,047	1,337	9,962	1,913	9,107	1,744
SERC Virginia/Carolina	5,468	933	9,441	1,666	10,098	1,791
Southwest Power Pool	8,917	1,596	10,215	1,852	9,457	1,709
SPP North	8,694	1,722	10,774	2,150	10,586	2,112
SPP South	9,018	1,539	9,988	1,729	9,222	1,590
Texas Regional Entity	7,006	1,143	8,660	1,418	7,819	1,281
TRE All	7,006	1,143	8,660	1,418	7,819	1,281
Western Electricity Coordinating Council	5,395	879	9,241	1,537	7,625	1,278
WECC California	5,409	650	7,955	986	7,983	1,019
WECC Northwest	3,673	666	9,966	1,859	8,433	1,579
WECC Rockies	9,316	1,823	10,683	2,095	8,525	1,670
WECC Southwest	6,758	1,153	9,427	1,614	7,200	1,236

자료: Fuel and Carbon Dioxide Emissions Savings Calculation Methodology for CHP, 2015, EPA.

<약어표>

BR	Biennial Report
Btu	British thermal unit
CH ₄	methane
CHP	Comebined Heat and Power
CO ₂	carbon dioxide
CO ₂ eq	carbon dioxide equivalent
DOE	United States Department of Energy
EPA	United States Energy Information Administration
GHG	greenhouse gas
GW	gigawatts
kt	kiloton
kWh	kilowatt-hour
lb/MWh	pounds per megawatts-hour
LULUCF	land use, land-use change, and forestry
MW	meagwatts
MWh	megawatts-hour
NGCC	Natural Gas Combined Cycle
NO _x	nitrogen oxide
PV	Solar Photovoltaics
SHP	Separate Heat and Power
UNFCCC	United Nations Famework Convention on Climeite Change

<참고문헌>

U.S. DOE, 2016. Combined Heat and Power [CHP] Technical Potential in the United States.

U.S. DOE, 2015. *CHP Technical Assistance Partnerships*.

www.energy.gov/chp-contacts

U.S. DOE, 2012. *Combined Heat and Power: A Clean Energy Solution*.

http://energy.gov/sites/prod/files/2013/11/f4/chp_clean_energy_solution.pdf

U.S. DOE, 2015. *CHP Installation Database, maintained by ICF International*.

www.energy.gov/chp-installs

U.S. DOE, 2013. State and Local Energy Efficiency Action Network, *Guide to the Successful Implementation of State Combined Heat and Power Policies*.

https://www4.eere.energy.gov/seeaction/system/files/documents/see_action_chp_policies_guide.pdf

U.S. EPA, 2015. U.S. Environmental Protection Agency Combined Heat and Power Partnership: Catalog of CHP Technologies.

U.S. EPA, 2015. U.S. Environmental Protection Agency Combined Heat and Power Partnership: Fuel and Carbon Dioxide Emissions Savings Calculation Methodology for Combined Heat and Power Systems.

U.S. EPA, 2012. Technical Support Document for eGRID with Year 2012 Data: The Emissions & Generation Resource Intergrated Database.

U.S. Department of State, 2016. Second Biennial Report of the United States of America: Under the United Nations Framework Convention on Climate Change.

U.S. Department of State, 2016. Second Biennial Report Methodologies for Quantified Policies and Measures.

The CHP Emissions Calculator: <http://www.epa.gov/chp/basic/calculator.html>

U.S. DOE Energy information Administration. State Electricity Profiles:

http://205.254.135.24/cneaf/electricity/st_profiles/e_profiles_sum.html

eGRID Database, 2012: <https://www.epa.gov/energy/egrid>

2. [미국] Clean Power Plan(CPP)

가. 일반 현황

1) 제도의 개요

- 2015년 8월 3일 오바마 대통령과 EPA는 Clean Power Plan(CPP)을 발표함.
- 발전소에서 배출되는 CO₂를 규제하는 최초의 국가 표준임.
 - 현재 운용되고 있는 Electric Generating Units(EUGs)의 구조와 배출기준을 제시하고 있음.
- CPP는 발전소의 CO₂ 배출과 청정에너지 혁신, 개발 및 구축을 진행하고 건강을 해치는 매연과 스모그를 일으키는 원인 및 위협을 해결하는데 전략적 기반을 마련하는 동시에 기후변화에 대응하는데 목적을 두고 있음.
- 화석연료는 미국의 미래 에너지의 중요한 구성 요소 중 하나로 지속적으로 남아있을 것으로 예상되고 있기 때문에 에너지 생산 용량을 확대하면서 낮은 오염 배출을 동시에 지향 할 필요가 있음.
- 기후변화는 미국이 직면한 가장 큰 환경 및 공중보건 문제 중 하나라고 인식함.
 - 긴 가뭄, 식품 가격의 상승
 - 기후변화에 취약한 어린이와 노인의 심장, 폐 질환 증가
 - 보험료의 지속적인 증가
 - 지구 온난화의 진행과 매년 지속적으로 갱신되는 평년 기온
 - 화석연료 발전소로부터 배출되는 CO₂가 가장 큰 배출 점유율을 차지(31%)

2) 제도의 이점

- 청정에너지로의 전환은 빠르게 일어나고 있고, 이는 CO₂와 공기오염이 매년 감소하고 있다는 것을 의미하는 동시에 공중 보건의 질적 향상을 가리킴.
- 역사적으로도 낮은 수준의 오염 배출은 미래의 위험도를 낮춤.
- 본 계획은 장기적으로 2030년에 2005년 배출수준의 32% 감축하는 것을 목표로 함.
 - 또한 이산화황의 배출을 2005년의 수준에 비해 90%, 질소산화물은 72% 감축을 목표로 함.
- CPP를 통해 기대되는 편익은 다음과 같음.

- 기후에 대한 편익: 20억 달러
 - 보건에 대한 편익: 14-34억 달러
 - 순 편익: 26-45억 달러
- 동시에 CO₂ 배출 감축으로 매년 다음과 같은 위험요인이 감소할 것으로 기대
 - 조기 사망자 감소: 3,600명
 - 심장 발작 감소: 1,700명
 - 천식환자 감소: 90,000명
 - 생산 및 학업 활동 증가: 3000,000일

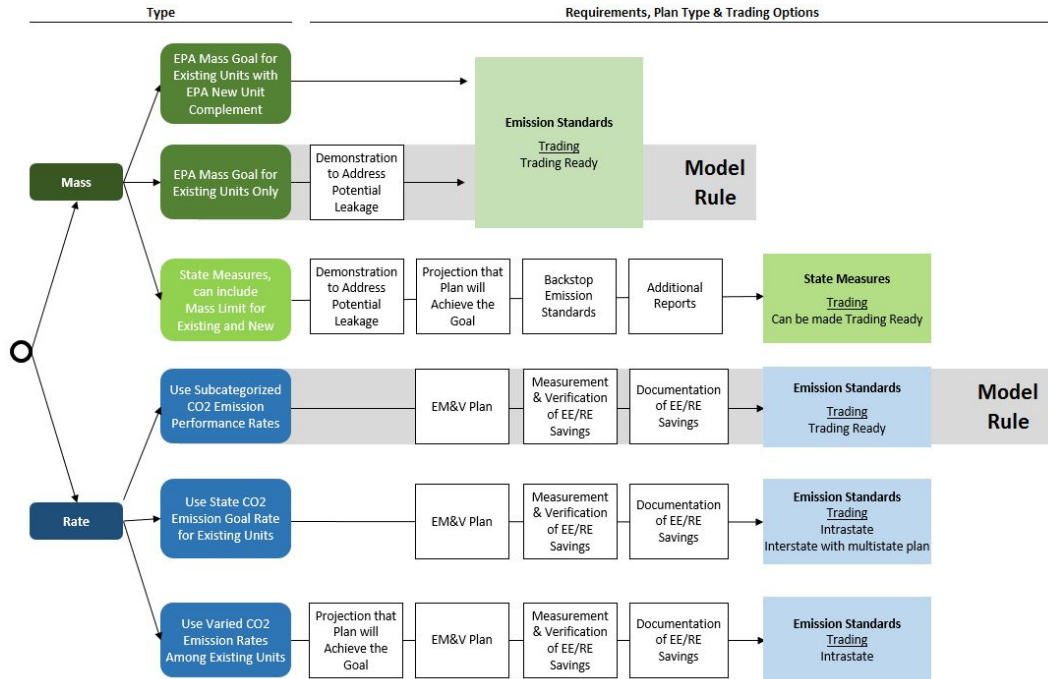
3) 분석 전담 기관 및 CO₂ 배출량의 감축

- Clean Power Plan(CPP) 법 111(d)에 의거, EPA는 감축 목표 달성을 위해 지역 간의 협력을 유도함.
- EPA는 CPP의 목표 달성을 위해 중간 및 최종적인 CO₂ 배출 기준을 확립하고 이를 위해 화석연료 연소를 통한 발전 시설 2개의 하위 단위(unit)로 분류
 - Fossil Fuel-Fired Electric Steam Generating Units
 - Net MWh 당 CO₂(Pounds)를 2022~2029년 중에는 1,534(lb/MWh)
 - 2030년에는 1,305(lb/MWh) 수준으로 감축
 - Natural Gas-Fired Combined Cycle Generating Units
 - Net MWh 당 CO₂(Pounds)를 2022~2029년 중에는 832(lb/MWh)
 - 2030년에는 771(lb/MWh) 수준으로 감축
- 중간 및 최종 목표 달성 기준은 다음 2가지 단위가 제시됨
 - (Rate-Base) 전력생산 단위당 배출(lb/MWh)을 목표 측정 기준으로 삼음.
 - (Mass-Base) CO₂ 단위를 단기 측정 목표 기준으로 사용
- <표 3-7>는 EPA가 제시한 각 주의 전력생산 단위당 배출로 측정된 중간 및 최종 감축목표(Rate-Base)¹⁰⁾를 보여주고 있음
 - EPA가 제시한 감축 목표가 큰 주는 중간 목표치(Interim) 1,534lb/MWh, 최종 목표치(Final) 1,305lb/MWh으로 Montana, Lands of the Navajo Nation, North Dakota, Lands of the Utah and Ouray Resevation, West Virginia임.
 - 가장 낮은 목표를 제시한 주는 중간 목표치(Interim) 832lb/MWh, 최종 목표치(Final) 771lb/MWh으로 Lands of the Fort Mojave Tribe. Idaho, Rhode Island임.

10) 자세한 내용은 EPA Fact Sheets 참조(이하) 및 부록에 첨부함.

<https://www.epa.gov/cleanpowerplanttoolbox/clean-power-plan-state-specific-fact-sheets>

[그림 3-3] 주별 이행 계획 차트



자료: EPA, State Plans: More State Options, Lower Cost, 2015.

<표 3-7> 전력생산 단위당 각 주별 감축 목표 (lbs/MWh)

State Name	Interim	Final	State Name	Interim	Final
Alabama	1,157	1,018	Lands of the Navajo Nation	1,534	1,305
Arkansas	1,304	1,130	North Carolina	1,311	1,136
Arizona	1,173	1,031	North Dakota	1,534	1,305
California	907	828	Nebraska	1,522	1,296
Colorado	1,362	1,174	New Hampshire	947	858
Connecticut	852	786	New Jersey	885	812
Delaware	1,023	916	New Mexico	1,325	1,146
Florida	1,026	919	Nevada	942	855
Lands of the Fort Mojave Tribe	832	771	New York	1,025	918
Georgia	1,198	1,049	Ohio	1,383	1,190
Iowa	1,505	1,283	Oklahoma	1,223	1,068
Idaho	832	771	Oregon	964	871
Illinois	1,456	1,245	Pennsylvania	1,258	1,095
Indiana	1,451	1,242	Rhode Island	832	771
Kansas	1,519	1,293	South Carolina	1,338	1,156
Kentucky	1,509	1,286	South Dakota	1,352	1,167
Louisiana	1,293	1,121	Tennessee	1,411	1,211
Massachusetts	902	824	Texas	1,188	1,042
Maryland	1,510	1,287	Lands of the Uintah and Ouray Reservation	1,534	1,305
Maine	842	779	Utah	1,368	1,179
Michigan	1,355	1,169	Virginia	1,047	934
Minnesota	1,414	1,213	Washington	1,111	983
Missouri	1,490	1,272	Wisconsin	1,364	1,176
Mississippi	1,061	945	West Virginia	1,534	1,305
Montana	1,534	1,305	Wyoming	1,526	1,299

자료: EPA, CO₂ Emission Performance Rate and Goal Computation Technical Support Document for CPP Final Rule.

- <표 3-8>은 CO₂ 단위(Mass-Base)로 제시된 각 주의 감축 목표량을 보여주고 있음.
 - EPA가 제시한 감축 배출량이 가장 큰 주는 중간 목표치(Interim) 208,090,841Tons,¹¹⁾ 최종 목표치(Final) 189,588,842Tons으로 Texas이고, Florida, Pennsylvania, Indiana가 뒤를 이음.
 - 가장 낮게 제시된 주는 중간 목표치(Interim) 611,103Tons, 최종 목표치(Final) 588,519Tons으로 Lands of the Fort Mojave Tribe임.
- 이에 각 주는 2016년 9월 6일까지 탄소 배출량 규정 준수 계획을 EPA에 제출해야 함.

<표 3-8> 탄소단위로 측정된 각 주별 감축 목표 (단위: short tons)

State Name	중간 (Interim)	최종(Final)	State Name	중간 (Interim)	최종(Final)
Alabama	62,210,288	56,880,474	Lands of the Navajo Nation	24,557,793	21,700,587
Arkansas	33,683,258	30,322,632	North Carolina	56,986,025	51,266,234
Arizona	33,061,997	30,170,750	North Dakota	23,632,821	20,883,232
California	51,027,075	48,410,120	Nebraska	20,661,516	18,272,739
Colorado	33,387,883	29,900,397	New Hampshire	4,243,492	3,997,579
Connecticut	7,237,865	6,941,523	New Jersey	17,426,381	16,599,745
Delaware	5,062,869	4,711,825	New Mexico	13,815,561	12,412,602
Florida	112,984,729	105,094,704	Nevada	14,344,092	13,523,584
Lands of the Fort Mojave Tribe	611,103	588,519	New York	33,595,329	31,257,429
Georgia	50,926,084	46,346,846	Ohio	82,526,513	73,769,806
Iowa	28,254,411	25,018,136	Oklahoma	44,610,332	40,488,199
Idaho	1,550,142	1,492,856	Oregon	8,643,164	8,118,654
Illinois	74,800,876	66,477,157	Pennsylvania	99,330,827	89,822,308
Indiana	85,617,065	76,113,835	Rhode Island	3,657,385	3,522,225
Kansas	24,859,333	21,990,826	South Carolina	28,969,623	25,998,968
Kentucky	71,312,802	63,126,121	South Dakota	3,948,950	3,539,481
Louisiana	39,310,314	35,427,023	Tennessee	31,784,860	28,348,396
Massachusetts	12,747,677	12,104,747	Texas	208,090,841	189,588,842
Maryland	16,209,396	14,347,628	Lands of the Uintah and Ouray Reservation	2,561,445	2,263,431
Maine	2,158,184	2,073,942	Utah	26,566,380	23,778,193
Michigan	53,057,150	47,544,064	Virginia	29,580,072	27,433,111
Minnesota	25,433,592	22,678,368	Washington	11,679,707	10,739,172
Missouri	62,569,433	55,462,884	Wisconsin	31,258,356	27,986,988
Mississippi	27,338,313	25,304,337	West Virginia	58,083,089	51,325,342
Montana	12,791,330	11,303,107	Wyoming	35,780,052	31,634,412

자료: EPA, CO₂ Emission Performance Rate and Goal Computation Technical Support Document for CPP Final Rule.

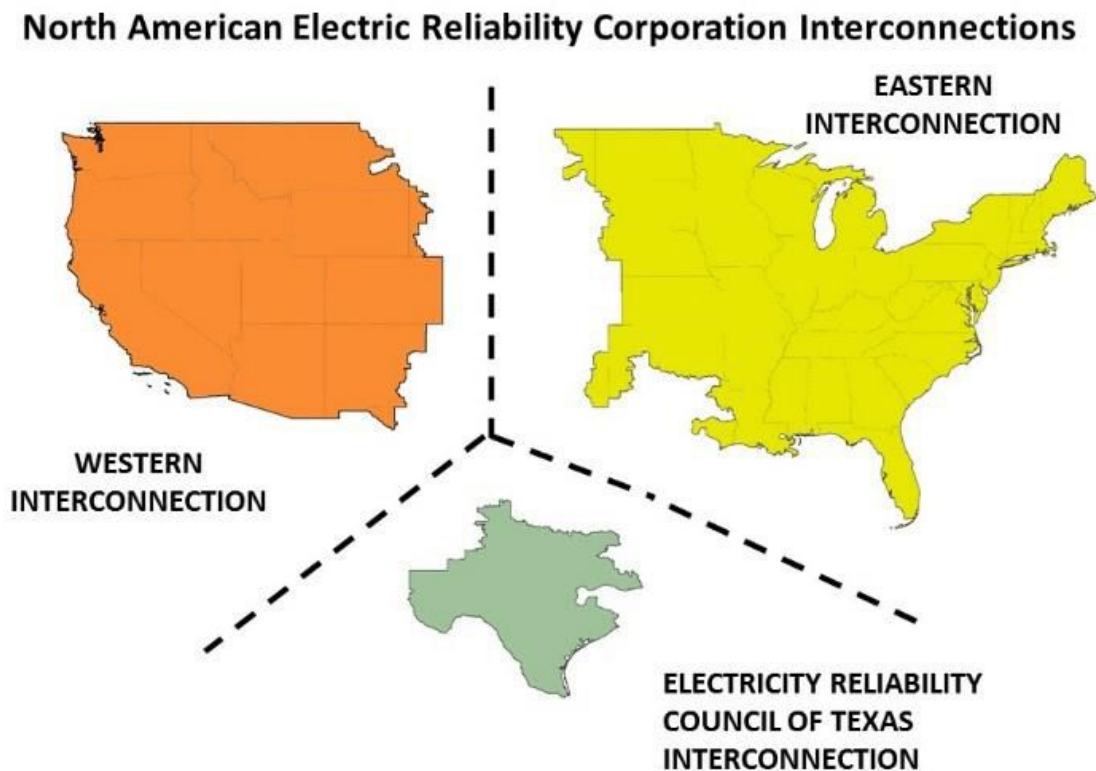
주) 1 short ton = 0.972 metric tons

- 배출 감축의 최적 체계(Best System of Emissions Reduction: BSER)를 다음과 같이 구축하고 있음.
 - Building Block 1: 기존 화력 발전소의 열소비율을 개선하여 CO₂ 배출 농도를 축소

11) 여기서 Tons는 short ton을 의미하며, metric ton과 구분하기 위하여 Tons로 표기하였음. 1 short ton = 0.972 metric tons.

- Building Block 2: 높은 배출을 하는 화력 발전소에서 낮은 배출을 하는 천연가스 발전소로의 대체를 통한 전력 생산
- Building Block 3: 높은 배출을 하는 화력 발전소에서 풍력, 태양광 등 신 재생 에너지를 대체·확충시켜 전력 생산
- BSER을 통해 EPA는 각 Building Block을 통해 합리적으로 화석, 석유 그리고 천연가스 발전소에서 배출되는 CO₂ 감축을 달성함.
- BSER의 평가로 EPA는 발전소에 따라 전력 생산 및 송전 분석을 기반으로 폭 넓은 상호 연결 지역 GRID를 [그림 3-4]와 같이 나누어 결정
- EPA는 세 지역의 화석발전과 천연가스 발전 비율 등을 고려하여 공평한 CO₂ 감축량 달성을 위해 BSER를 결정함.
- 본 절에서는 Clean Power Plan(CPP)의 취지와 더불어 Rate-Base 배출 감축량 추정식을 소개함.

[그림 3-4] 상호 연결 지역 GRID



자료: EPA, CO₂ Emission Performance Rate and Goal Computation Technical Support Document for CPP Final Rule.

나. 감축 잠재량 분석

- 배출 규제의 대상인 화석연료 발전 시설에 대한 전반적인 통계량은 U.S. DOE Office of Fossil Energy¹²⁾에서 담당하고 있음.
- DOE는 EPA와 연관된 규제에 대한 정보 분석·지원을 하고 있음(MATS, 111(b), 316(b), CCR, CSAPR 등).
 - 구체적으로 EPA 규제, 발전 인프라 시설, 주 단위의 화석연료 발전 자원, 천연가스 발전, 화석연료 발전 기술 자원 제공 등이 있음.
- 이를 추진하는 주 기관인 EPA는 Clean Power Plan(CPP)의 기술 지원 제공, 주 단위의 특성 정보 시트 및 이행 지원, CPP 진행 목표 전망 등을 제공·지원함.
- 또한, 규칙 이력과 구체적인 관련 법안¹³⁾을 공시하고 규제 영향 평가¹⁴⁾를 실시함.

다. 감축효과 분석

1) 감축효과

- Clean Power Plan(CPP)은 Technical Support Document(TSD)를 통해 Fossil steam 및 NGCC기술, 각 주의 배출물 그리고 감축 목표치를 제시하고 있음.
- TSD는 CPP Final Rule의 기본적인 기술을 다루는데, 각 발전 시설에 대한 자원 및 각 주의 감축 목표 달성을 위한 BSER의 개발에 대한 설명을 기본으로 함.
 - 자원 및 각 주의 최종 감축량 목표 결정을 위해 사용되는 기초 데이터 및 BSER-기반 추정식을 설명하고 있음.
- 온실가스 감축을 위한 3가지 방법(Building blocks)은 전력생산 단위당 배출률(Performance rates)¹⁵⁾을 기초로 사용됨.
- <표 3-9>은 각 지역의 블록별 감축 잠재량을 보여 주고 있음.
 - 동부지역의 첫 번째 블록(BB1)은 열소비율 4.3% 개선, 두 번째 블록(BB2)에서 천연가스 대체 발전 잠재력 988TWh, 세 번째 블록(BB3)의 신재생에너지 발전 잠재량은 438TWh으로 전망

12) <http://energy.gov/fe/office-fossil-energy-s-technical-assistance>

13) Federal Register / Vol. 80, No. 205 / Friday, October 23, 2015 / Rules and Regulations.

14) EPA, Regulatory Impact Analysis: Clean Power Plan Final Rule.

15) lb/MWh rate.

- 서부지역의 경우 첫 번째 블록(BB1)의 열소비율 2.1% 개선, 두 번째 블록(BB2)의 천연가스 대체 발전 잠재 능력 306TWh, 세 번째 블록의 신재생에너지 발전 잠재량은 161TWh로 전망
- 마지막으로 텍사스지역은 첫 번째 블록(BB1)의 열 소비율 2.3% 개선, 두 번째 블록(BB2)의 천연가스 대체 발전 잠재 능력 204TWh, 세 번째 블록의 신재생 에너지 발전 잠재 능력 107TWh로 전망
- 이처럼 각 지역마다 감축·발전 전망치가 다른 이유는 발전 설비의 투입 연료, 발전 용량, 재원, 구성 등의 복합적인 요소를 고려하고 동시에 감축 방법의 다양화를 통해 저비용·고효율을 달성하고자하는 노력 때문임.

<표 3-9> 2030년 각 지역의 감축 잠재량을 위한 블록별 전망치

	BB1-Heat Rate Improvement for Coal Fleet	BB2-TWh of Total NGCC Generation at 75% Utilization, (Amount of NGCC Generation Potential Incremental to Baseline)	BB3-Incremental RE Potential(TWh)
Eastern Interconnection	4.3%	988, (253)	438
Western Interconnection	2.1%	306, (108)	161
Texas Interconnection	2.3%	204, (66)	107

자료: EPA, CO₂ Emission Performance Rate and Goal Computation Technical Support Document for CPP Final Rule.

- 식 (1)과 (2)는 화석연료 발전과 천연가스 발전¹⁶⁾의 BSER¹⁷⁾ 정량화를 위한 식임.
- 화석연료 및 천연가스 발전 방식의 전체적인 감축 블록(BB1~BB3) 수준이 비슷하다면 아래의 식을 통한 기술 지표가 EGUs(Electric Generation Units)에 반영됨.

$$BSER \text{ for fossil steam} = \frac{BSER \text{ adjusted emissions for affected fossil steam sources}}{BSER \text{ adjusted generation for affected fossil steam sources}} \quad (1)$$

$$BSER \text{ for NGCC} = \frac{BSER \text{ adjusted emissions for affected NGCC sources}}{BSER \text{ adjusted generation for affected NGCC sources}} \quad (2)$$

2) Rate-Base 추정식

- Step 1: 2012년까지의 데이터, 각 주별의 총 집계, 기준치에 맞는 수정 그리고 지역 기준치의 총합

16) Clean Power Plan(CPP)의 감축 발전 대상

17) Best System of Emissions Reduction

$$\text{Adjusted Baseline} = 2012 \text{ Data for Affected Units} + (8784\text{hours} \times \text{Adjustment for Affected Under Construction Units} \times \text{Capacity factor}) \quad (3)$$

- (3)은 한 주의 Baseline(MWh)을 추정하기 위한 식임.
- eGRID System에 공시된 데이터에 따라 Coal steam, O/G steam, NGCC 등에 대한 추정이 가능함.
- Step 2: 각 발전 특성¹⁸⁾에 따른 지역의 배출 및 전력 생산 집계
 - 식 (3)에 따라 각 주의 전력 생산량과 배출량이 추정되면 3개 지역에 대한 총 집계 가능해짐.
 - Regional Baseline Interconnection Eastern에 따르면 Coal에 대한 배출은 1,356,066(1000 Tons(short tons)), 순 전력 생산은 1,230,448(GWh)임.
 - NGCC는 배출 328,220(1000 Tons(short tons)), 순 전력 생산 734,535(GWh)
 - O/G steam은 배출 52,979(1000 Tons(short tons)), 순 전력 생산 74,241(GWh)
- Step 3: Fossil steam과 NGCC에 대한 배출률 추정.
 - 배출률은 기본적으로 ‘배출량/순 전력 생산’을 기본으로 함.

$$\text{Eastern fossil Steam Rate} = \frac{(\text{Coal emissions} + \text{OGemissions})}{\text{Coal generation} + \text{OGgeneration}} \quad (4)$$

- 식 (4)에 따라 Step2의 값을 대입하여
 $(1,356,066,366\text{Tons} + 52,949,259\text{Tons}^{19}) / (1,230,447,795\text{MWh} + 74,240,802\text{MWh}) = 2,160\text{lbs/MWh}$ 로 추정됨.
- 마찬가지로 NGCC에 대한 추정식 (5)로 Eastern NGCC Rate는 894lbs/MWh가 추정됨.

$$\text{Eastern NGCCRate} = \frac{\text{NGCCemissions}}{\text{NGCCgeneration}} \quad (5)$$

- Step 4: Building Block(BB)1의 열소비율 개선(HRI)으로부터 각 지역에 대한 Fossil steam 배출률을 재산출
 - 각 지역에 대한 집계기 이루어진 후에 EPA는 BSER에 따라 각 블록(BB1~3)을 반영함.
 - EPA는 각 지역(Interconnection)에 Coal steam에 대한 BB1의 HRI를 Western 2.1%, Texas 2.3%, Eastern 4.3%으로 가정하여 배출 감축 수준을 정함(전력 생산량은 불

18) 한 연도(1년: 8,760시간+섬머타임)의 운용 시간

19) Coal steam, O/G steam, NGCC 등.

변).

- Eastern의 기존 배출량은 1,356,066(1000 short tons)이며 4.3%의 개선으로 BB1 반영 후에는 1,297,756(1000 Tons(short tons))로 감축 정도가 산출됨.
- 결국 식 (4)에 의해 BB1 반영 배출률은 2,071lb/MWh가 됨.
- 식 (6)은 BB1 반영 배출률 추정식임.

$$Eastern\ fossil\ steam\ rate = \frac{Coal\ emissions \times (1 - HRF\%) + OG\ emissions}{Coal\ gen + OG\ gen} \quad (6)$$

- o Step 5: Building Block(BB)3- RE Generation-의 반영으로 각 지역에 대한 Fossil steam과 NGCC 전력 생산 수준 재산출
 - BB3은 저배출을 기반으로 하는 전력 생산 수단으로의 대체가 핵심임.²⁰⁾
 - 종래의 전력 생산에서 RE로 대체된 전력 생산 정도만큼 차감하여 BB3 반영 전력 생산 수준이 결정됨.
 - Eastern의 종래 전력 생산의 총량은 1,304,689GWh이며 Potential BB3의 잠재 전력 생산의 수준은 438,445GWh에 달함. Fossil과 NGCC의 대체 점유율이 각각 64%, 36%로 식 (7), (8)에 대입하면 BB3로 RE의 전력 생산량은 각각 208,515GWh, 157,929GWh로 추정됨.

$$Eastern\ Fossil\ Steam\ Gen. = BASEline\ Fossil\ Steam\ gen. - (Potential\ BB3\ Gen \times fossil\ steam\ share\ of\ total\ fossil\ gen.) \quad (7)$$

$$Eastern\ NGCC\ Gen. = BASEline\ NGCC\ gen. - (Potential\ BB3\ Gen \times NGCC\ share\ of\ total\ fossil\ gen.) \quad (8)$$

- o Step 6: Building Block(BB)2의 반영으로 각 지역에 대한 Fossil steam과 NGCC 전력 생산 수준 재산출
 - 이하의 추정식은 BB2와 BB3를 반영했을 때의 전력 생산량임.

$$Eastern\ Fossil\ Steam\ gen. = Post\ BB3\ fossil\ steam\ gen. - (NGCC\ Potential\ at\ 75\% \ CF - Post\ BB3\ NGCC\ gen) \quad (9)^{21)}$$

$$Eastern\ NGCC\ Gen. = Post\ BB3\ NGCC\ gen + (Step6\ change\ in\ fossil\ steam\ generation\ above) \quad (10)$$

- o Step 7: 분류별 운용률에 따른 각 지역에 반영된 열 소비율 개선과 전력 생산의 대

20) EPA는 파트너들로부터 보고받는 핵심적인 내용은 Green Power Purchase(kWh/year), Product's Recourse Mix(% of: Bio-gas, Bio-mass, Geo-thermal, Hydro, Solar, Wind, Unknown)임.

21) 만일 'NGCC Potential at 75% CF-Post BB3 NGCC gen'이 'Post BB3 fossil steam gen'보다 값이 크다면 NGCC 대체를 통한 전력 생산이 증진되어야 함.

체량을 결정.

<표 3-10> 각 Building Blocks을 반영한 전력 생산 및 배출률

Table 8. Adjusted Fossil Steam and NGCC Generation Rates Reflecting all Three Building Blocks																	
Adj. Baseline					BB1 HRI		BB3 - RE							BB2 - NGCC		Final Rates	
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
Interconn	Fossil Steam Rate	NGCC Rate	Fossil Steam Gen	NGCC Gen	Fossil Steam Rate	NGCC Emission Rate	Fossil Steam Total	NGCC Total	Potential BB3	Remaining Fossil Steam	Remaining NGCC Gen	BB3 generation assigned to fossil steam	BB3 generation assigned to NGCC	Remaining Fossil Steam	Remaining NGCC Gen	Fossil Steam Rate	NGCC Rate
	lb/MWh	lb/MWh	GW	GW	lbs/MWh	lbs/MWh			GW	GW	GW	GW	GW	GW	GW	lb/MWh	lb/MWh
Eastern	2,160	894	1,304,689	734,535	2,071	894	64%	36%	438,445	1,024,173	576,606	280,515	157,929	612,922	987,857	1,305	771

자료: EPA, CO₂ Emission Performance Rate and Goal computation Technical Support Document for CPP Final Rule.

$$Eastern\ Fossil\ Steam\ gen. = \frac{(Post\ BB3,\ 2\ fossil\ steam\ gen \times Post\ BB1\ fossil\ steam\ emission\ rate) + (Incremental\ NGCC\ generation \times BASEline\ NGCC\ rate)}{(Post\ BB3,\ 2\ fossil\ steam\ gen + BB3\ generation\ replacing\ fossil\ steam + incremental\ BB2\ generation)} \quad (11)$$

$$Eastern\ NGCC\ Gen. = \frac{(Post\ BB3\ NGCC\ gen \times NGCC\ BASEline\ rate)}{(Post\ BB3\ NGCC\ gen + BB3\ generation\ replacing\ NGCC\ gen)} \quad (12)$$

○ CPP의 최종 법칙(rule)에 따르면 Step 1~7로 진행되는 식으로 중간 및 최종 목표 배출량이 추정됨.

- 중간 단계(2022~2029)는 Fossil Steam 1,534lbs/MWh, NGCC 832lbs/MWh.
- 최종 단계(2030)는 Fossil Steam 1,305lbs/MWh, NGCC 771lbs/MWh.

3) 필요 자료 및 정보

○ 필요 자료 및 정보는 EPA(2015), eGRID(2012), U.S. Department of Energy, BR2(2016)을 정리함.

- EPA는 기초 데이터를 서술하기 위해 주 및 지역 단위로 집계를 함.

- 주 및 지역 단위의 석탄 발전량
- 주 및 지역 단위의 석탄 발전 배출량
- 주 및 지역 단위의 석유/가스 발전량
- 주 및 지역 단위의 석유/가스 발전 배출량
- 주 및 지역 단위의 천연가스 복합 발전량
- 주 및 지역 단위의 천연가스 복합 발전 배출량
- 주 및 지역 단위의 천연가스 복합 발전 용량

- 2012년까지 집계된 eGRID 데이터를 반영

- eGRID는 미국 전력 시스템의 분배 체계를 파악할 수 있는 통계임.

- 연료별 전력 분류별 배출 데이터 등 특정 전력 생산 부문의 현황 파악이 가능
- 종합적인 보고는 미국 정부가 추렴하지만 보고의 주체가 다양한 만큼 많은 집계 방식으로 인한 통일된 기준에는 한계가 있음(EIA, NERC, FERC).
- 주로 EIA(Energy Information Administration)에서 생산하는 pounds per megawatts-hour (lb/MWh)을 사용하여 추정.
- EPA는 추가로 NEEDS(National Electric Energy Data System)을 사용하는데, NEEDS는 기초 지역적, 운용, 용량 그리고 일반 현황 이외의 데이터를 다룸.
- (Under Construction) Modeling Platform v.5.15가 있음.
- 주 단위의 배출량과 최종 목표 감축량을 추정하고 이를 세 지역으로 묶어 총 배출량과 및 감축량을 추정
- [표 3-11]과 같이 감축 블록 3가지의 목표 추정치로 집계됨.

라. BR1과 BR2의 감축효과 차이 및 원인 분석

- 미국의 BR1과 여섯 번째 기후 활동 보고서를 비교했을 때 BR2와 방법론적, 기준은 동일함.

<표 3-11> 주별 최종 감축 목표

State or Tribe	Final CPP Rates (lb/MWh)					Final CPP Mass (short tons)					New Source Complement + Mass Goals (short tons)				
	Interim Goal 2022-2024	Interim Goal 2025-2027	Interim Goal 2028-2029	Interim Goal	Final Goal	Interim Goal 2022-2024	Interim Goal 2025-2027	Interim Goal 2028-2029	Interim Goal	Final Goal	Interim Goal 2022-2024	Interim Goal 2025-2027	Interim Goal 2028-2029	Interim Goal	Final Goal
Alabama	1,244	1,133	1,060	1,157	1,018	66,164,470	60,918,973	58,215,989	62,210,288	56,880,474	66,515,949	62,104,698	59,336,277	63,066,812	57,636,174
Arizona	1,263	1,149	1,074	1,173	1,031	35,189,232	32,371,942	30,906,226	33,061,997	30,170,750	35,869,066	34,070,025	33,039,340	34,486,994	32,380,196
Arkansas	1,411	1,276	1,185	1,304	1,130	36,032,671	32,953,521	31,253,744	33,683,258	30,322,632	36,201,456	33,522,923	31,791,721	34,094,572	30,685,529
California	961	890	848	907	828	53,500,107	50,080,840	48,736,877	51,027,075	48,410,120	54,858,122	53,472,875	52,997,917	53,873,603	52,823,635
Colorado	1,476	1,332	1,233	1,362	1,174	35,785,322	32,654,483	30,891,824	33,387,883	29,900,397	36,376,858	34,132,015	32,747,885	34,627,799	31,822,874
Connecticut	899	836	801	852	786	7,555,787	7,108,466	6,955,080	7,237,865	6,941,523	7,611,353	7,295,920	7,132,188	7,373,274	7,060,993
Delaware	1,093	1,003	946	1,023	916	5,348,363	4,963,102	4,784,280	5,062,869	4,711,825	5,380,716	5,072,246	4,887,401	5,141,711	4,781,386
Florida	1,097	1,006	949	1,026	919	119,380,477	110,754,683	106,736,177	112,984,729	105,094,704	120,099,944	113,181,823	109,029,369	114,738,005	106,641,595
Georgia	1,290	1,173	1,094	1,198	1,049	54,257,931	49,855,082	47,534,817	50,926,084	46,346,846	54,535,858	50,792,677	48,420,669	51,603,368	46,944,404
Idaho	877	817	784	832	771	1,615,518	1,522,826	1,493,052	1,550,142	1,492,856	1,660,490	1,635,157	1,634,160	1,644,407	1,639,013
Illinois	1,582	1,423	1,313	1,456	1,245	80,396,108	73,124,936	68,921,937	74,800,876	66,477,157	80,731,921	74,257,813	69,992,293	75,619,224	67,199,174
Indiana	1,578	1,419	1,309	1,451	1,242	92,010,787	83,700,336	78,901,574	85,617,065	76,113,835	92,396,252	85,000,711	80,130,184	86,556,407	76,942,604
Iowa	1,638	1,472	1,355	1,505	1,283	30,408,352	27,615,429	25,981,975	28,254,411	25,018,136	30,531,021	28,029,256	26,372,964	28,553,345	25,281,881
Kansas	1,654	1,485	1,366	1,519	1,293	26,763,719	24,295,773	22,848,095	24,859,333	21,990,826	26,870,692	24,656,647	23,189,053	25,120,015	22,220,822
Kentucky	1,643	1,476	1,358	1,509	1,286	76,757,356	69,698,851	65,566,898	71,312,802	63,126,121	77,066,129	70,740,507	66,551,068	72,065,256	63,790,001
Lands of the Fort Mojave Tribe	877	817	784	832	771	636,876	600,334	588,596	611,103	588,519	654,605	644,618	644,225	648,264	646,138
Lands of the Navajo Nation	1,671	1,500	1,380	1,534	1,305	26,449,393	23,999,556	22,557,749	24,557,793	21,700,587	26,835,616	24,964,261	23,769,601	25,367,354	22,955,804
Lands of the Uintah and Ouray Reservation	1,671	1,500	1,380	1,534	1,305	2,758,744	2,503,220	2,352,835	2,561,445	2,263,431	2,799,029	2,603,841	2,479,235	2,645,885	2,394,354

Louisiana	1,398	1,265	1,175	1,293	1,121	42,035,202	38,461,163	36,496,707	39,310,314	35,427,023	42,233,941	39,131,613	37,130,156	39,794,622	35,854,321
Maine	888	827	793	842	779	2,251,173	2,119,865	2,076,179	2,158,184	2,073,942	2,267,928	2,176,390	2,129,585	2,199,016	2,109,968
Maryland	1,644	1,476	1,359	1,510	1,287	17,447,354	15,842,485	14,902,826	16,209,396	14,347,628	17,517,496	16,079,110	15,126,393	16,380,325	14,498,436
Massachusetts	956	885	844	902	824	13,360,735	12,511,985	12,181,628	12,747,677	12,104,747	13,453,117	12,823,637	12,476,082	12,972,803	12,303,372
Michigan	1,468	1,325	1,228	1,355	1,169	56,854,256	51,893,556	49,106,884	53,057,150	47,544,064	57,110,174	52,756,905	49,922,586	53,680,801	48,094,302
Minnesota	1,535	1,383	1,277	1,414	1,213	27,303,150	24,868,570	23,476,788	25,433,592	22,678,368	27,420,731	25,265,233	23,851,560	25,720,126	22,931,173
Mississippi	1,136	1,040	978	1,061	945	28,940,675	26,790,683	25,756,215	27,338,313	25,304,337	29,109,101	27,358,874	26,293,049	27,748,753	25,666,463
Missouri	1,621	1,457	1,342	1,490	1,272	67,312,915	61,158,279	57,570,942	62,569,433	55,462,884	67,587,294	62,083,903	58,445,482	63,238,070	56,052,813
Montana	1,671	1,500	1,380	1,534	1,305	13,776,601	12,500,563	11,749,574	12,791,330	11,303,107	13,977,772	13,003,045	12,380,787	13,213,003	11,956,908
Nebraska	1,658	1,488	1,369	1,522	1,296	22,246,365	20,192,820	18,987,285	20,661,516	18,272,739	22,335,063	20,492,045	19,269,996	20,877,665	18,463,444
Nevada	1,001	924	877	942	855	15,076,534	14,072,636	13,652,612	14,344,092	13,523,584	15,444,082	14,990,694	14,805,867	15,114,508	14,718,107
New Hampshire	1,006	929	881	947	858	4,461,569	4,162,981	4,037,142	4,243,492	3,997,579	4,490,876	4,261,849	4,130,554	4,314,910	4,060,591
New Jersey	937	869	829	885	812	18,241,502	17,107,548	16,681,949	17,426,381	16,599,745	18,370,159	17,541,576	17,092,023	17,739,906	16,876,364
New Mexico	1,435	1,297	1,203	1,325	1,146	14,789,981	13,514,670	12,805,266	13,815,561	12,412,602	15,041,467	14,142,829	13,594,353	14,342,699	13,229,925
New York	1,095	1,005	948	1,025	918	35,493,488	32,932,763	31,741,940	33,595,329	31,257,429	35,707,786	33,655,705	32,424,984	34,117,555	31,718,182
North Carolina	1,419	1,283	1,191	1,311	1,136	60,975,831	55,749,239	52,856,495	56,986,025	51,266,234	61,259,834	56,707,332	53,761,714	57,678,116	51,876,856
North Dakota	1,671	1,500	1,380	1,534	1,305	25,453,173	23,095,610	21,708,108	23,632,821	20,883,232	25,553,843	23,435,223	22,028,979	23,878,144	21,099,677
Ohio	1,501	1,353	1,252	1,383	1,190	88,512,313	80,704,944	76,280,168	82,526,513	73,769,806	88,902,150	82,020,069	77,522,714	83,476,510	74,607,975
Oklahoma	1,319	1,197	1,116	1,223	1,068	47,577,611	43,665,021	41,577,379	44,610,332	40,488,199	47,816,048	44,469,397	42,337,362	45,191,382	41,000,852
Oregon	1,026	945	896	964	871	9,097,720	8,477,658	8,209,589	8,643,164	8,118,654	9,314,152	9,018,260	8,888,687	9,096,826	8,822,053
Pennsylvania	1,359	1,232	1,146	1,258	1,095	106,082,757	97,204,723	92,392,088	99,330,827	89,822,308	106,598,711	98,945,311	94,036,616	100,588,162	90,931,637
Rhode Island	877	817	784	832	771	3,811,632	3,592,937	3,522,686	3,657,385	3,522,225	3,840,372	3,689,890	3,614,288	3,727,420	3,584,016
South Carolina	1,449	1,309	1,213	1,338	1,156	31,025,518	28,336,836	26,834,962	28,969,623	25,998,968	31,167,043	28,814,276	27,286,053	29,314,508	26,303,255
South Dakota	1,465	1,323	1,225	1,352	1,167	4,231,184	3,862,401	3,655,422	3,948,950	3,539,481	4,250,270	3,926,790	3,716,258	3,995,462	3,580,518

Tennessee	1,531	1,380	1,275	1,411	1,211	34,118,301	31,079,178	29,343,221	31,784,860	28,348,396	34,265,552	31,575,934	29,812,562	32,143,698	28,664,994
Texas	1,279	1,163	1,086	1,188	1,042	221,613,296	203,728,060	194,351,330	208,090,841	189,588,842	223,672,713	210,382,837	202,595,072	213,419,599	198,105,249
Utah	1,483	1,339	1,239	1,368	1,179	28,479,805	25,981,970	24,572,858	26,566,380	23,778,193	28,948,270	27,152,096	26,042,759	27,548,327	25,300,693
Virginia	1,120	1,026	966	1,047	934	31,290,209	28,990,999	27,898,475	29,580,072	27,433,111	31,474,885	29,614,008	28,487,101	30,030,110	27,830,174
Washington	1,192	1,088	1,021	1,111	983	12,395,697	11,441,137	10,963,576	11,679,707	10,739,172	12,649,388	12,074,804	11,759,581	12,211,467	11,563,662
West Virginia	1,671	1,500	1,380	1,534	1,305	62,557,024	56,762,771	53,352,666	58,083,089	51,325,342	62,804,443	57,597,448	54,141,279	58,686,029	51,857,307
Wisconsin	1,479	1,335	1,236	1,364	1,176	33,505,657	30,571,326	28,917,949	31,258,356	27,986,988	33,655,371	31,076,392	29,395,142	31,623,197	28,308,882
Wyoming	1,662	1,492	1,373	1,526	1,299	38,528,498	34,967,826	32,875,725	35,780,052	31,634,412	39,094,099	36,380,577	34,650,409	36,965,606	33,472,602

<약어표>

BB	Building block
BSER	Best System of Emissions Reduction
BR	Biennial Report
Btu	British thermal unit
CH₄	methane
CO₂	carbon dioxide
CO₂eq	carbon dioxide equivalent
CPP	Clean Power Plan
DOE	United States Department of Energy
EIA	Energy Information Administration
EPA	United States Energy Information Administration
EUGs	Electric Generating Units
GHG	greenhouse gas
GW	gigawatts
kt	kiloton
kWh	kilowatt-hour
lb/MWh	pounds per megawatts-hour
LULUCF	land use, land-use change, and forestry
MW	megawatts
MWh	megawatts-hour
NEEDS	National Electric Energy Data System
NGCC	Natural Gas Combined Cycle
TSD	Technical Support Document

<참고문헌>

U.S. EPA, 2015. Regulatory Impact Analysis for the Clean Power Plan Final Rule.

U.S. EPA, 2015. CO₂ Emission Performance Rate and Goal Computation Technical Support Document for CPP Final Rule.

U.S. EPA. 2015. Technical Support Document (TSD) the Final Carbon Pollution Emission Guidelines for Existing Stationary Sources: Electric Utility Generating Units. GHG Mitigation Measures.

U.S. EPA, Cutting Carbon Pollution from Power Plants: Overview of the Clean Power Plan.

U.S. Department of State, 2016. Second Biennial Report of the United States of America: Under the United Nations Framework Convention on Climate Change.

U.S. Department of State, 2016. Second Biennial Report Methodologies for Quantified Policies and Measures.

U.S. EPA, Clean Power Plan: Technical Summary for States.

<http://www.epa.gov/cleanpowerplan>

U.S. DOE Energy information Administration. State Electricity Profiles:

http://205.254.135.24/cneaf/electricity/st_profiles/e_profiles_sum.html

eGRID Database, 2012.

<https://www.epa.gov/energy/egrid>

3. [미국] Clean Energy Supply Programs: Green Power Partnership

가. 일반 현황

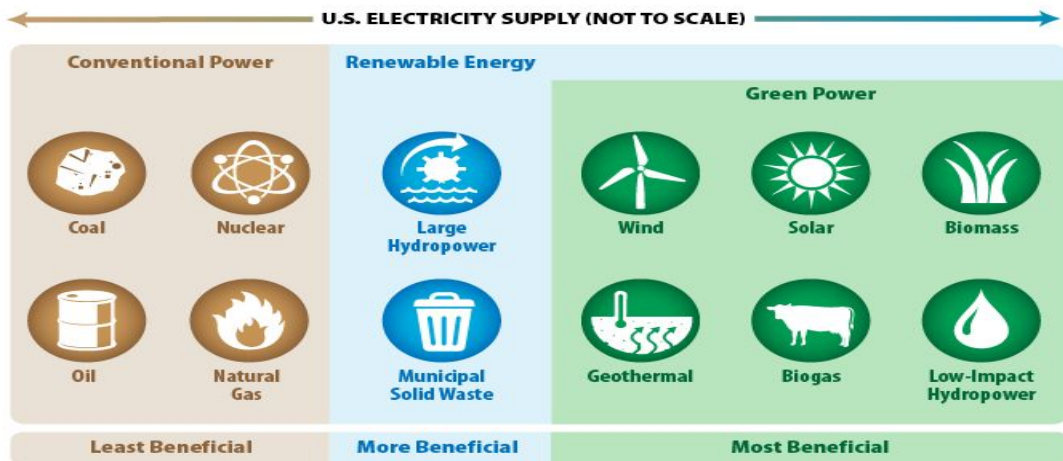
1) 제도의 개요

- 경제성장은 의도치 않은 대기 오염과 기후 변화를 불러오기 때문에 경제성장에 기여하면서 환경 친화적인 신재생에너지 기술이 각광받고 있음.
- EPA는 미국에서 신재생에너지의 사용을 높이기 위해 2001년에 Green Power Partnership(GPP)을 시작함.
- GPP는 종래의 전력 사용과 관련되어 환경적 영향을 최소화하기 위한 일환으로 녹색 에너지를 사용하는 이들을 장려하는 자발적 프로그램임.
 - EPA는 녹색 에너지를 ‘신재생에너지의 일부이며, 가장 높은 친환경적인 이점을 가지는 에너지 자원과 기술’이라 정의함.
 - 구체적으로 태양열, 풍력, 지열, 바이오가스, 바이오매스, 수력 에너지를 가리킴.
 - EPA는 기존 에너지와 신재생에너지를 [그림 3-5]과 같이 분류하고 있음.
 - 신재생에너지에 속하는 에너지원은 짧은 기간 안에 스스로의 에너지원을 복원하고 감소하지 않는 특징을 가지며, 이러한 에너지원은 태양, 바람, 흐르는 물, 유기 공장 및 폐기물(바이오매스)과 지열 등을 포함함.
 - 다만, 일부 신재생에너지 기술도 환경에 다소 영향을 미칠 수 있는데, 예를 들면 대규모 수력 발전 시설은 어업과 토지 이용 등에 문제를 야기함.
 - 종래의 에너지원은 흔히 알고 있는 화석 연료(석탄, 천연가스, 석유)와 우라늄의 핵분열 연소가 있음.
 - 화석연료는 광산, 시추 또는 채굴로 인한 환경 비용이 발생하고, 연소 시 온실가스 및 대기오염을 일으킴.
 - 원자력 발전은 화석연료와 같이 발전 연소 과정에서 온실가스를 배출하지는 않지

만, 장기적으로 방사성 폐기물 저장이 요구됨.

- Green Power Partnership(GPP)의 전반적인 비전은 녹색 에너지의 자발적인 사용을 통해 미국의 신재생에너지 시장을 확대하여 사람의 건강과 환경을 보호함에 있음.
- 본 프로그램과 관련된 몇 가지 핵심 전략 프로그램 구성 요소는 세 가지가 있음.
 - 미국의 신재생에너지 시장 내에서 자발적인 조달 경로에 대한 이해 관계자 교육
 - 이해 관계자들이 녹색에너지 사용을 위한 동기 부여
 - 녹색에너지 조달에 대한 인식 제고
- 2015년 말 현재 1,300개 넘는 파트너들이 연간 300백억 kWh의 녹색 에너지를 사용하고 있는데, 이는 평균적으로 미국의 3백만 가정이 사용하는 전력량에 해당함.

[그림 3-5] 에너지 분류



자료: EPA.

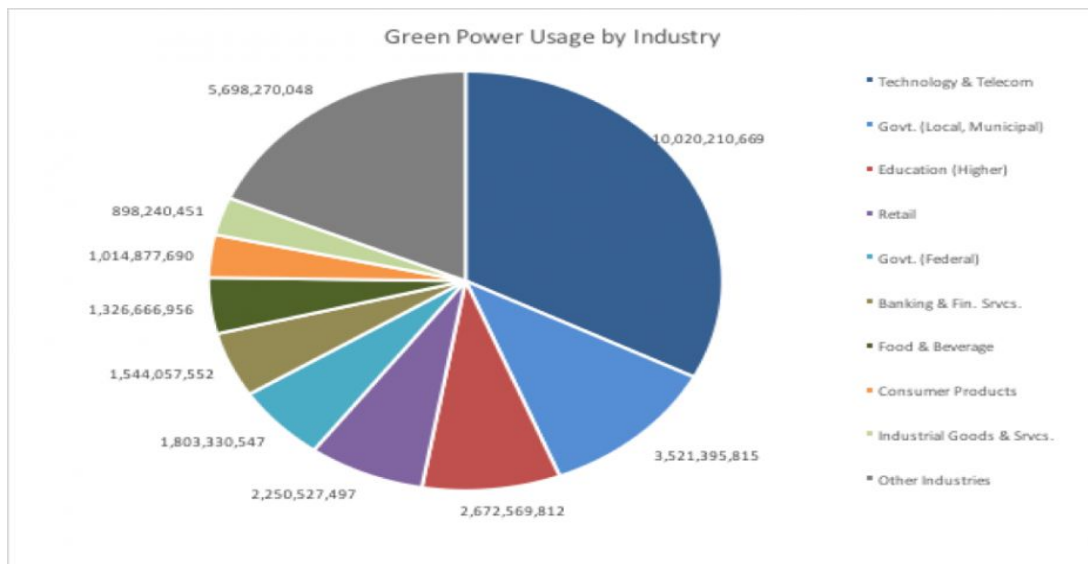
2) 분석 전담기관 및 CO₂ 배출량의 감축 실적

- Green Power Partnership(GPP)는 EPA가 가입자를 받고 있으며, 보고 받은 데이터²²⁾를 추적·이용하여 현황을 공시함.
- EPA는 가입을 위한 요건과 더불어 본 프로그램의 취지, 이점, 현황 등을 소개함.
- 파트너(가입자)들은 매년 정해진 기간 동안 녹색에너지 발전에 대한 보고를 하게 되어 있는데, EPA는 이를 통해 매년 Green Power Purchases Report를 작성함.

22) EPA는 파트너들로부터 보고받는 핵심적인 내용은 Green Power Purchase(kWh/year), Product's Recource Mix(% of: Bio-gas, Bio-mass, Geo-thermal, Hydro, Solar, Wind, Unknown)임.

- EPA가 집계·작성하는 GPP 보고서는 Green House Gas(GHG: 온실가스) 배출을 알 수 있는 간접적인 지표로 쓰임.
 - 구체적인 데이터는 EPA가 eGRID를 통해 공시함.
- CO₂ 감축량을 간접적으로 확인할 수 있는 지표 중에 하나가 본 프로그램으로 인해 사용되는 녹색 에너지의 총량이라고 할 수 있음.
 - [그림 3-6]는 주요 산업별 녹색에너지를 사용량을 보여주고 있음.
 - 기술 및 통신 분야, 지방 정부, 고등 교육 및 소매 부문이 전체의 절반 이상을 차지하고 있어 GPP 녹색에너지의 주된 사용자임을 보여줌.
- EPA는 Green Power Equivalency Calculator을 제공하는데 ‘○○kWh의 녹색 에너지를 구매하여 사용한다면 이는 매년 ○○가구의 평균 에너지 소비량²³⁾과 같음’이 기본적인 공식임²⁴⁾.

[그림 3-6] 산업별 그린에너지 소비량 (단위: kWh)



자료: EPA.

- EPA는 녹색에너지 공급자도 공시 해놓는데, [그림 3-7]과 같이 각 주별로 선택 및 검색이 가능하며 이하의 내용과 같은 자세한 정보가 공시되어 있음.
 - State.
 - Utility Information.
 - Enrollment Information.
 - Type.
 - Start Date.

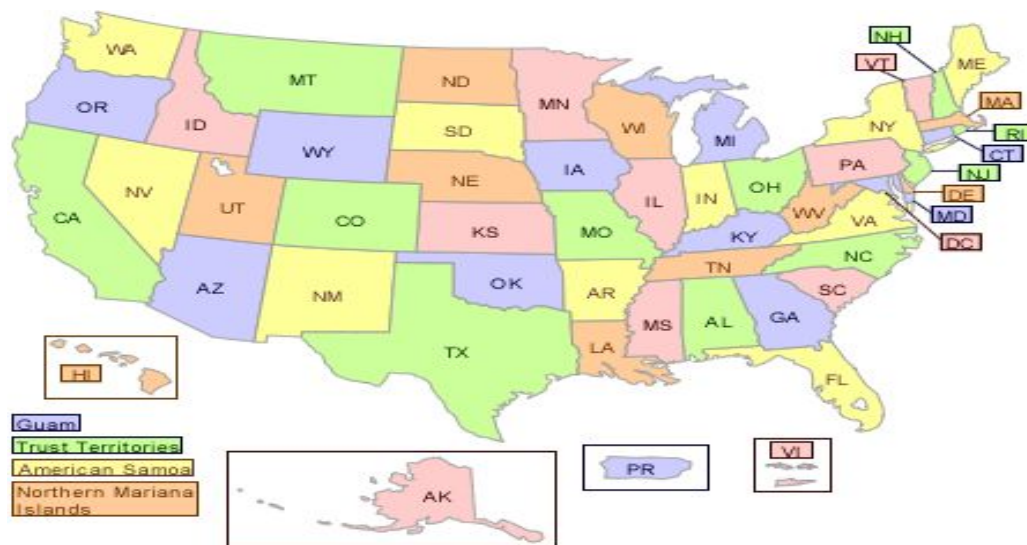
23) 미국의 1가구당 연평균 에너지 소비량은 10,932kWh

24) U.S. Energy Information Administration, www.eia.gov/tools/faqs/faq.cfm?id=97&t=3

- Premium.

- Green Power Partnership(GPP) 프로그램의 경우 그 목적과 취지가 신재생에너지로 대체하여 온실가스 배출 감소 및 환경 보호에 있음.
 - GPP는 구체적인 CO₂ 배출 감소량에 대한 추정 결과를 명시하기 보다는 본 프로그램을 적극적으로 알리고 많은 파트너를 유치하는 방법론을 강조하고 있음.
- Green Power Partnership(GPP)는 본 장의 1절 Combined Heat and Power(CHP)와 함께 Clean Energy Supply Programs의 하나의 정책에 속하는 프로그램임.
 - 따라서 CO₂의 배출량은 1 절에 설명된 추정식²⁵⁾과 녹색에너지 생산·소비량을 이용하여 간접적으로 추정 가능함.²⁶⁾

[그림 3-7] 주별 녹색 에너지 공급자



자료: EPA. <https://www.epa.gov/greenpower/locate-green-power-suppliers>

나. 감축 잠재량 분석

- 미국이 배출 감소를 입증하기 위해 일반적으로 사용하는 기준은 두 가지임.
- 첫 번째는 Project Offsets으로 온실가스 감축 범위를 규정
 - 측정 단위는 이산화탄소 환산한 톤(MMtCO₂e)

25) Green Power Partnership(GPP)는 본 장의 1절 Combined Heat and Power(CHP)와 함께 Clean Energy Supply Programs로 하나의 정책에 속하는 프로그램임(BR2, 2016).

26) Green Power Partnership(GPP)로 운용되는 신재생에너지는 온실가스 배출이 없는 것으로 가정하고 화석 연료를 대체한 만큼(kWh)을 온실 가스를 감축한 규모 간주함. 다만, 대체하기 이전의 어떤 에너지를 사용하였는가에 따라 감축 규모의 정도가 달라짐(e.g., 석유, 석탄의 에너지 생산 대체 vs 원자력 에너지 생산 대체).

- 총 온실가스 배출량과 기후변화 완화 대비 낮은 비용(절감)에 목적을 두고 있음.
 - 신재생에너지로 사용되는 양은 집계되지 않음.
 - 다양한 프로젝트 유형으로 구성되어 있음.
- 두 번째는 신재생에너지 인증서(RECs: Renewable Energy Certificates)임.
 - 측정 단위는 MWhs이며 환경을 고려하는 동시에 신재생에너지 사용 여건을 고려하고 개발 지원과 같이 소비자의 선택을 확장하는데 중점을 둠.
 - 신재생에너지 프로젝트를 위해 만들어져 미국, 캐나다, 멕시코의 일부가 본 기준을 사용함.
 - 본 절에서 다루는 Green Power Partnership(GPP)는 신재생에너지를 다루는 프로그램으로 Renewable Energy Certificates(RECs)의 기준을 따르게 됨.

다. 감축효과 분석

1) 감축효과

- 미국이 신재생에너지 생산·수요를 장려하기 위해 2001년 이후 Green Power Partnership(GPP)를 시행하고 작년 2015년 말, 1,300개²⁷⁾ 이상의 파트너들은 연간 300백억 kWh의 녹색 에너지를 사용하고 있는데. 이는 평균적으로 미국 3백만 가정이 사용하는 전력량에 해당함.
- 본 프로그램에 가입하는 것은 무료이지만 몇 가지 절차·조건이 있음.
 - 파트너 가입을 원하는 사용자는 EPA에 노력의 수준·연간 전기 사용의 정도 등을 보고해야함(시설, 설비의 그룹 또는 조직 전체의 총 전력 사용 정도를 파악).
 - 파악이 어렵다면 EPA에서 제시하는 표준 추정식²⁸⁾으로 계산함.
 - <표 3-12>는 Green Power Partnership(GPP)를 통해 조달해야하는 녹색 에너지 비율이 명시되어 있는데, 가입자들은 이를 준수해야 함.

<표 3-12> 녹색 에너지 최소 요구 사용량

전력 사용량(kWh)	GPP 최소 요구 사항	GPLC ²⁹⁾ 최소 요구 사항
1억 이상	사용량의 3%	사용량의 30%
1천만 이상 ~ 1억 이하	사용량의 5%	사용량의 50%
1백만 이상 ~ 1천만 이하	사용량의 10%	사용량의 100%
1백만 이하	사용량의 20%	자격 미달

자료: EPA.

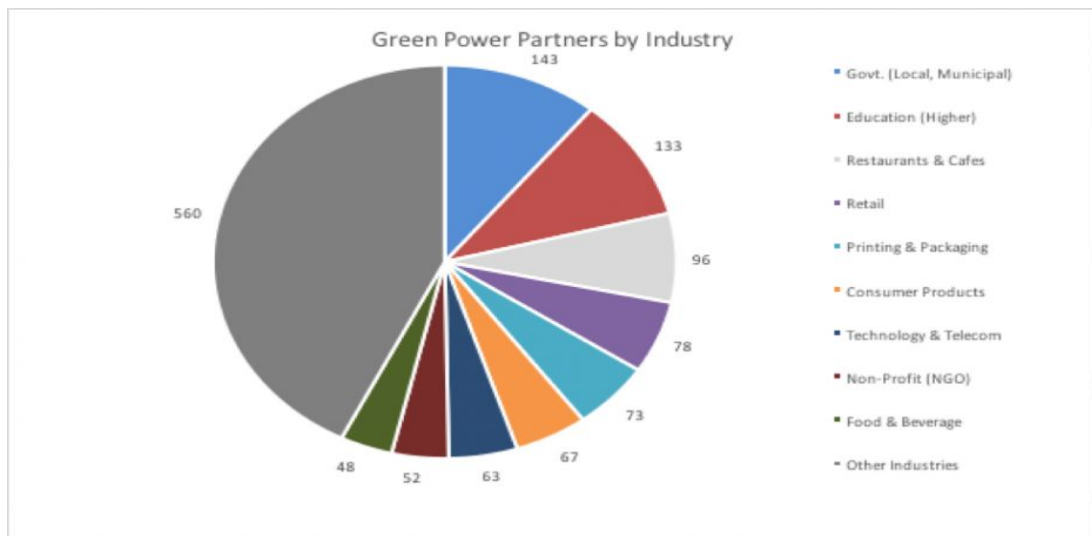
27) Partner List: <https://www.epa.gov/greenpower/green-power-partner-list>

28) e.g., 임대 공간(평방피트)*14.9kWh(미국 내의 상업용 건물 평균 소비전력)

29) Green Power Leadership Club.

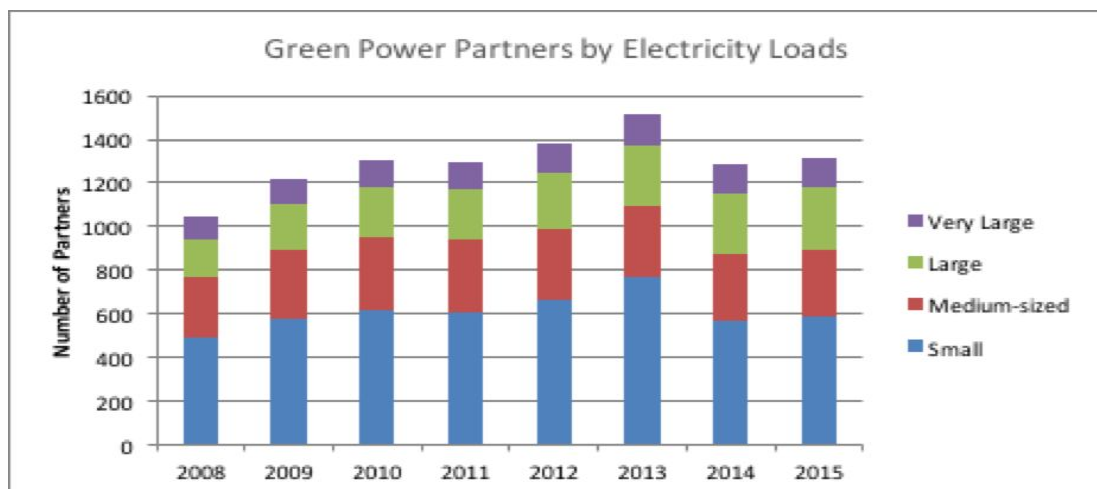
- [그림 3-8]는 산업별 Green Power Partnership(GPP)에 가입한 산업별 파트너 숫자를 보여주고 있음.
 - 지방정부 143개, 고등교육 기관 133개, 레스토랑 & 카페 96개, 도소매 78개의 순으로 중화학·기계 산업과 같이 순간 전력 소모가 많은 곳이 아닌 상대적으로 낮은 곳이 주로 가입하고 있음.
 - [그림 3-9]은 파트너들이 사용하는 전력 사용량임.
 - 전력 사용이 소·중규모의 파트너가 절반 이상을 차지함.

[그림 3-8] 녹색 에너지 파트너십의 산업별 가입 점유



자료: EPA.

[그림 3-9] 녹색 에너지 파트너들이 사용하는 전력량

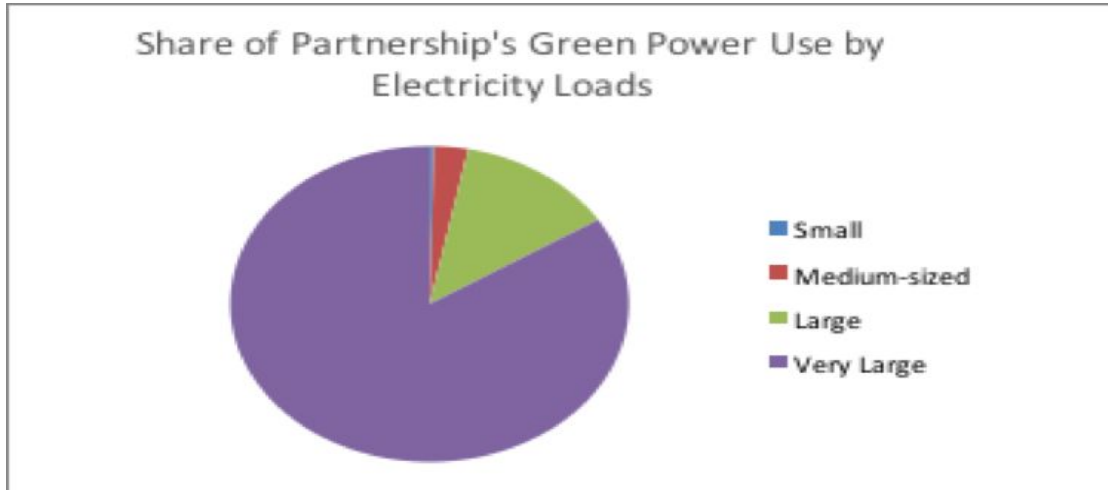


- *Very Large: 연간 1억 kWh 이상.
- Large: 연간 1천만 이상 ~ 1억 이하 kWh.
- Medium: 연간 1백만 이상 ~ 1천만 이하 kWh.
- Small: 연간 1백만 이하 kWh.

자료: EPA.

- 절반 이상의 수가 소·중규모의 전력량 사용자지만 [그림3-10]에서 보듯이 전체의 사용량에 대한 점유를 본다면 대규모 전력 사용자들의 녹색에너지 사용량이 월등히 높다고 할 수 있음.

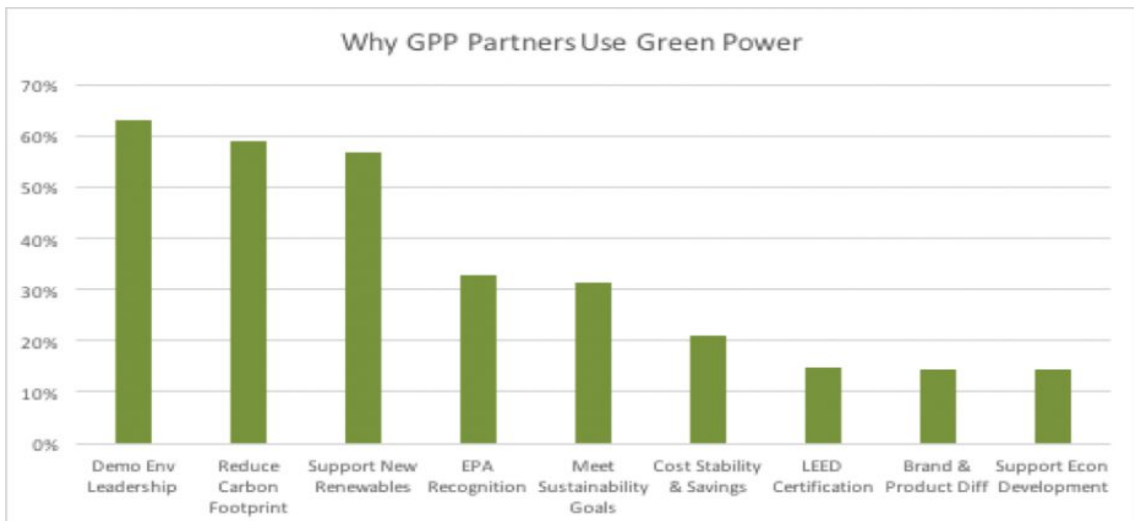
[그림 3-10] 전력사용 규모별 녹색에너지 사용량



자료: EPA.

- EPA는 생산·소비 전력량뿐만 아니라 본 프로그램을 장려하는데 서면 설문을 병행하고 있음.
- [그림 3-11]은 GPP 파트너들의 녹색에너지 사용자에 대한 설문조사 결과를 보여주고 있음.
 - 파트너들은 녹색에너지를 사용하는 가장 큰 이유로 환경을 보호하는 리더십을 발휘에 의미를 두고 있으며, 다음은 CO₂감소와 신재생 에너지 발전 지원을 꼽았음.

[그림 3-11] GPP 파트너들이 녹색 에너지를 사용하는 이유(복수 응답)



- 또한 EPA는 Green Power Partnership(GPP) 참여 장려를 위해 여러 가지 지원프로그램을 병행하고 있음.
 - (전문가의 조언) 파트너의 현황을 파악·고려하여 가장 적합한 녹색 에너지 수요 옵션을 제안하고, 이로 인해 사용자는 시간과 비용을 절약 할 수 있고 조달 프로세스 및 파트너십 요구 사항에 대해 질문·응답이 가능함.
 - (도구 및 리소스) EPA는 파트너에게 조언뿐만 아니라 운용에 필요한 도구 및 리소스를 제공하고 상호 의사소통을 통해 녹색 에너지 사용에 대한 이점을 극대화함.
 - (신뢰성·홍보·인식) 파트너와 EPA는 녹색 에너지 사용의 신뢰성을 보장함으로써 조직의 차별성과 브랜드 이미지에 긍정적인 영향을 줌.

2) 측정방법

- Green Power Partnership(GPP)는 본 절의 1에 서술된 Combined Heat and Power(CHP) 추정식과 녹색에너지 생산·소비량을 이용하여 감축량을 추정함.
 - 화석연료로 대체한 만큼(kWh)을 온실가스를 감축한 규모라 간주하지만 대체하기 이전에 사용한 에너지원에 따라 감축 규모가 달라짐.

3) 필요 자료 및 정보

- 필요 자료 및 정보는 EPA의 Tool·Resource, DOE/EE-0307(2010), BR2(2016)을 정리함.
- EPA에 따르면 파트너(수요자·공급자)가 녹색에너지를 사용함에 있어 비용적으로 여러 고려 사항이 있음.
 - 녹색 에너지에 대한 비용은 다양한 가격 요인을 가짐.
 - 수요와 공급의 변화
 - 구매의 규모(e.g., 총 MWh)
 - 자원 및 기술의 유형(e.g., 태양광·풍력 등)
 - 지리(e.g., 지역 vs 국가 단위)
 - 유형(e.g., 프로젝트 or 생산)
 - 제품의 유형(e.g., REC, 가격, 고정 가격)
 - 소매 가격 vs 도매
 - 계약 기간
 - 인증 상태
 - 현황은 [그림 3-8]과 같이 공시함.
- 파트너들의 현황 및 산업별 통계 및 리스트
 - EPA, Green Power Partnership Basic Program Information
 - EPA, Green Power Partners List

- 본 절의 1에서의 추정식에 따라 전력 생산, 배출량 등 통계를 이용
 - eGRID System
 - Technical Potential Estimation Methodology
- 연료별 에너지 생산 효율
 - eGRID System

라. BR1과 BR2의 감축효과 차이 및 원인 분석

- 미국의 BR1과 여섯 번째 기후 활동 보고서를 비교했을 때 BR2와 방법론적, 기준은 동일함.

<약어표>

BR	Biennial Report
CHP	Combined Heat and Power
CO ₂	carbon dioxide
CO ₂ eq	carbon dioxide equivalent
DOE	United States Department of Energy
EPA	United States Energy Information Administration
GHG	greenhouse gas
GPP	Green Power Partnership
GPLC	Green Power Leadership Club
kt	kiloton
kWh	kilowatt-hour
MW	meagwatts
MWh	megawatts-hour
RECs	Renewable Energy Certificates

<참고문헌>

U.S. EPA, 2013. EPA's Green Power Partnership: Partnership Requirements.

U.S. EPA, DOE, 2010. Guide to Purchasing Green Power.

U.S. Department of State, 2016. Second Biennial Report of the United States of America: Under the United Nations Framework Convention on Climate Change.

U.S. Department of State, 2016. Second Biennial Report Methodologies for Quantified Policies and Measures.

U.S. Energy Information Administration.
<http://www.eia.gov/tools/faqs/faq.cfm?id=97&t=3>

eGRID Database, 2012.
<https://www.epa.gov/energy/egrid>

제3절 건물(가정, 상업/공공)

1. [미국] Energy Star Labeled Products³⁰⁾

가. 일반 현황

1) 전체 에너지스타 프로그램의 개요

- 본 연구의 중간보고 이후, 건물부문에서 온실가스 감축 정책 및 수단의 분석대상은 ① [미국] ENERGY STAR Labeled Products, ② [미국] ENERGY STAR Commercial Buildings, ③ [미국] Appliance, Equipment, and Lighting Energy Efficiency Standards로 결정되었음.
- 위의 3개 정책 및 수단은 미국의 모든 에너지스타 프로그램과 관련되어 있다는 점을 고려하여 본 절에서는 미국의 전체 에너지스타 프로그램에 대한 개요를 먼저 정리하여 분석대상 정책 및 수단의 이해도를 높이고자 함.
- 에너지스타 프로그램은 미국의 에너지부와 환경청이 공동으로 추진하는 에너지효율 제고 및 온실가스 감축 정책으로서, 각 기관의 업무 및 의무는 두 부서 간의 협약에 따라 결정됨 (42 U.S. Code §6294a - Energy Star program).³¹⁾
- 미국 환경청이 기후파트너십 프로그램의³²⁾ 하나로 운영하는 에너지스타 프로그램은 가정, 상업, 산업 및 공공 부문의 에너지효율 개선을 통해 경제적 편익의 증진과 함께 기후 보호를 위한 대책으로 1992년부터 추진됨 (OAR, 2015).
- 에너지스타 프로그램은 소비자, 공공기관 및 사업자들이 에너지 및 온실가스를 효율적으로 감축할 수 있도록 제품, 건물 및 산업체의 에너지사용에 대하여 자발적 기준과 정보를 제공하고, 일정한 조건을 만족하는 제품, 건물 및 산업체 공장에 대해 승인된 표식인 에너지스타(ENERGY STAR)를 부여 (OAR, 2015)
- 미국의 전체 에너지스타 프로그램은 크게 아래와 같이 4가지 유형으로 구분되며 (OAR, 2015; <https://www.energystar.gov/>), 본 연구의 분석대상 에너지스타 프로그램은 아래의 승인제품 및 상업용 건물에 대한 것임.

30) BR2는 “Energy Star Labeled Products”로 정의하지만, OAR(2015)는 “Energy Star Certified Products”로 정의하여 사용하고 있음. 그리고 BR2는 Second Biennial Report인데, 본 절 말미의 약어표 참조

31) <https://www.energystar.gov/index.cfm?c=partners.mou> (에너지부와 환경청의 협약 경과 참조)

32) 미국 환경청의 기후파트너십 프로그램의 종류는 1) 에너지스타, 2) 녹색전력 파트너십 (Green Power Partnership, 2001년 도입), 3) CHP 파트너십 (Combined Heat and Power Partnership, 2001년 도입), 4) 메탄 및 불화 온실가스 감축 프로그램 (Methane and Fluorinated Greenhouse Gas Emissions Reduction Programs) 임.

- 승인제품 에너지스타 (ENERGY STAR Certified Products). 에너지를 사용하는 기기 및 장치가 일정한 에너지효율을 달성하는 경우³³⁾ 승인 표식(ENERGY STAR)을 부여하는 등의 프로그램
 - 가정부문 에너지스타 (ENERGY STAR in the Residential Sector).³⁴⁾ 신축 단독주택 또는 공동주택, 그리고 기존 주택의 개량 시 일정 수준의 에너지 효율을 달성한 주택에³⁵⁾ 대해 승인 표식(ENERGY STAR)을 부여하는 등의 프로그램
 - 상업부문 에너지스타 (ENERGY STAR in the Commercial Sector). 상업용 건물이 일정 수준의 에너지효율을 달성할 경우³⁶⁾ 승인 표식(ENERGY STAR)을 부여하는 등의 프로그램
 - 산업부문 에너지스타 (ENERGY STAR in the Industrial Sector). 공장의 에너지효율이 일정 수준을 달성할 경우³⁷⁾ 승인 표식(ENERGY STAR)을 부여하는 등의 프로그램
- 환경청의 에너지스타 프로그램은 대단히 비용효과적임 OAR(2015).
- 환경청의 에너지스타 전체 프로그램에 의한 효과 (2013년)
 - 약 3,800억 kWh 절감 (미국 전체 전력소비의 약 5%)
 - 약 2.93억 톤의 온실가스 배출 회피 (약 4,000만 가구의 전력소비 배출 해당)
 - 약 300억 달러의 에너지지출비용 절감
 - 환경청의 에너지스타 프로그램은 대단히 비용효과적인 제도임.
 - 2000년부터 실시된 에너지스타 전체 프로그램을 통해 미국인은 1달러 투자마다 에너지 지출비용을 4.5달러 절감하고 온실가스 배출량을 30파운드 감축하였음.
 - 미국인은 에너지스타 전체 프로그램을 통해 감축한 온실가스 톤당 약 125달러의 에너지 지출비용을 절감하였음.

33) 승인제품 에너지스타를 획득하기 위한 효율 조건은 제품그룹별로 설정되지만, 미국 환경청의 경험으로 볼 때 개략적인 효율 조건은 시장에 유통되는 제품의 상위 25% 수준임.

(https://www.energystar.gov/index.cfm?c=prod_development.prod_development_index, ENERGY STAR Products Program Strategic Vision and Guiding Principles 참조)

34) 가정부문 에너지스타에서 주로 고려되는 제품은 단열, 냉난방 및 조명과 관련된 기기, 장치 또는기자재(예, 단열제품, 창호 등)으로서 에너지 및 에너지 사용과 관련된 것임 (ICC, 2009). 이에 비해 승인제품 에너지스타는 주로 전기 및 가스를 사용하는 기기 또는 장치(예, 컴퓨터, 에어컨 등)임.

35) 에너지스타주택(ENERGY STAR Certified Home)이 되기 위한 조건은 대상 주택이 기준주택(reference design home 또는 baseline home)의 최소에너지성능 조건을 만족해야 함.

https://www.energystar.gov/index.cfm?c=bldrs_lenders_raters.nh_v3_guidelines (National Program Requirements) 참조. 미국 환경청의 분석에 의하면 에너지스타 주택은 기준주택에 비해 16% 내지 29% 에너지 구입량이 절약되는 것으로 추정됨.

https://www.energystar.gov/index.cfm?c=bldrs_lenders_raters.nh_v3_guidelines (Estimated Cost and Savings) 참조.

36) 상업용 건물에 대한 에너지효율 조건을 이 절의 2항 참조

37) 에너지스타 공장의 에너지효율은 국가의 동일한 제조업 공장의 에너지성능 기준을 1-100의 지수로 나타낼 때 최소한 75점 이상이 되어야 함.

<https://www.energystar.gov/buildings/facility-owners-and-managers/industrial-plants/earn-recognition/energy-star-plant-certification> 참조

2) 승인제품 에너지스타 제도의 개요

- 승인제품 에너지스타(이하 ESLP라 한다)는 고효율 에너지 기기, 장치 및 기자재에 대하여 에너지스타 표식을 부여함으로써, 소비자의 에너지소비 절감을 지원하며 동시에 온실가스 배출을 완화하기 위한 제도
- 에너지스타 승인제품은 현재 70여개의 상품 군으로 분류되며 (OAR, 2015), 이들은 가정용 에너지사용 기기, 냉난방 장치, 전자기기, 사무용 기기, 조명기기, 음식업의 에너지사용 장치, 데이터센터의 장치, 건물 기자재, 온수기 등 포함.
 - OAR(2015)에도 불구하고 <https://www.energystar.gov/products?s=mega>는 현재 70여개의 상품군을 56개로 재분류하여 제반정보를 제공 중 (<표 3-13> 및 <표 3-14> 참조)
- 환경청의 관련 사이트 <https://www.energystar.gov/products?s=mega>는 승인제품 에너지스타 프로그램의 추진을 위해 여러 가지 정보를 제공함.
 - 승인제품 관련 기술현황, 에너지 및 물 절약의 중요성 홍보, 에너지 및 물의 주요한 절감방안 등에 대한 정보
 - 승인제품에 대한 현행 기술적 사양 (기기, 장치 및 기자재의 형태, 용량 및 효율 조건 등), 에너지스타 적격성 검사 방법 등에 대한 정보
 - 제품에 대한 에너지스타 표식의 취득 절차 등에 대한 정보
 - 승인제품의 제품군별로 에너지스타 제품의 구매요령, 에너지 및 물 절약 방법, 그리고 적절한 제품의 탐색 방법 등 소개

<표 3-13> 미국의 승인제품 에너지스타 프로그램의 대상 상품군 (전기 기기 등)

제품의 대분류별 승인제품군		승인제품군의 영문명칭
전기 기기 (Appliances)	공기 청정기	Air Purifiers (Cleaners)
	의류 건조기	Clothes Dryers
	의류 세탁기	Clothes Washers
	사업용 의류 세탁기	Commercial Clothes Washers
	제습기	Dehumidifiers
	식기 세척기	Dishwashers
	냉동고	Freezers
	냉장고	Refrigerators
음식업 장치 (Commercial Food Service Equipment)	사업용 식기 세척기	Commercial Dishwashers
	사업용 튀김기	Commercial Fryers
	사업용 부침 및 볶음기	Commercial Griddles
	사업용 더운 음식 보관기	Commercial Hot Food Holding Cabinets
	사업용 제빙기	Commercial Ice Makers
	사업용 오븐	Commercial Ovens
	사업용 냉장 및 냉동고	Commercial Refrigerators & Freezers
	사업용 스팀 요리기	Commercial Steam Cookers
전자기기 (Electronics)	시청각 기기	Audio/Video
	전문 디스플레이	Professional Displays
	셋톱박스	Set-top Boxes & Cable Boxes
	태블릿[컴퓨터형]	Slates and Tablets
	전화기	Telephones
	TV	Televisions
냉난방 기기 및 장치 (Heating & Cooling)	공기이용 히트펌프	Air-Source Heat Pumps
	보일러	Boilers
	중앙집중 에어컨	Central Air Conditioner
	배관없는 냉난방 기기	Ductless Heating & Cooling
	연소용 가마(노)	Furnaces
	지열이용 히트펌프	Geothermal Heat Pumps
	사업용 소규모 냉난방장치	Light Commercial Heating & Cooling
	방(객실) 에어컨	Room Air Conditioner
	환기용 선풍기	Ventilation Fans

자료: <https://www.energystar.gov/products?s=mega>로부터 정리

<표 3-14> 미국의 승인제품 에너지스타 프로그램의 대상 상품군 (조명기기 등)

제품의 대분류별 승인제품군		승인제품군의 영문명칭
조명기기 (Lighting)	일체형 천장 선풍기/전등	Ceiling fan/light combination units
	판매용 조명기기	Commercial Light Fixtures
	장식용 조명기기	Decorative Light Strings
	백열전구	Light Bulbs
	조명기기	Light Fixtures
사무용 기기 (Office Equipment)	컴퓨터	Computers
	데이터센터 저장기기	Data Center Storage
	상업용 서버	Enterprise Servers
	영상장치(장비)	Imaging Equipment
	대형 전산네트워크 장치	Large Network Equipment
	모니터	Monitors
	소형 전산네트워크 장치	Small Network Equipment
	무정전 전력설비	Uninterruptible Power Supplies
	VoIP 전화장치	Voice over Internet Protocol (VoIP) Phones
온수기 (Water Heaters)	상업용 온수기	Commercial Water Heaters
	히트펌프형 온수기	Heat Pump Water Heaters
	고효율가스 온수기	High Efficiency Gas Storage Water Heaters
	태양열 온수기	Solar Water Heaters
	가스 순간온수기	Whole Home Tankless Gas Water Heaters
건물 기자재 (Building Products)	주택 창문 및 대문	Residential Windows, Doors and Skylights
	지붕 자재	Roof Products
	단열마감재	Seal and Insulate
기타 (Other)	수영장 펌프기	Pool Pumps
	자판기	Vending Machines
	음료수 냉각기	Water Coolers

자료: <https://www.energystar.gov/products?s=mega> 및 https://www.energystar.gov/products/lighting_fans/ceiling_fans로부터 정리

- 환경청이 에너지스타 대상제품을 선정하는 주요 기준
 - 고려되는 제품군의 에너지절약량이 국가적으로 상당히 높은 수준일 것
 - 제품의 에너지효율은 높아야 하며³⁸⁾ 동시에 소비자의 요구 기능 및 성능을 충족할 것
 - 제품의 증분 투자비(구입비)는 합리적 기간 내에 회수 가능할 것

- 에너지효율은 광범위하며 비전매 특허가 아닌 기술로 달성 가능할 것
 - 제품의 에너지 소비 및 성능은 측정 가능하고, 검사 가능해야 함.
 - 에너지스타 표식이 쉽게 보여야 하며 구별되어야 함.
- 승인제품의 기술적 사양을 갱신하는 원칙
 - 일반적으로 승인제품의 시장점유율이 제품군별로 50% 이상이 될 때, 승인제품의 기술적 사양의 갱신을 고려함.
 - 그밖에 연방정부의 최저효율기준 변경, 기술진보에 따라 추가적으로 에너지절약이 가능할 경우, 소비자 및 검사 절차 등과 관련하여 중요한 사유가 발생할 경우, 승인제품에 대한 기술적 사양의 갱신을 고려함.
 - 환경청의 관련 사이트 https://www.energystar.gov/index.cfm?c=partners.pt_index는 승인제품을 포함하여 에너지스타 프로그램에 대한 조세지원 제도, 제3자 검사제도, 승인 부여 및 회수 절차 등에 대한 정보를 제공함.
 - 승인제품 에너지스타 프로그램의 주요 성과

<표 3-15> 승인제품 에너지스타 프로그램의 주요 성과

	2000년	2013년
승인제품의 누적 판매량	6억 개 제품	48억 개 제품 이상
승인제품의 연간 판매량	1.71억 개 제품	3억 개 제품
승인제품의 개별 제품수	11,000	45,000 이상
승인제품의 제품군수	33	70
프로그램 파트너 제조회사	1,600	1,800
프로그램 파트너 소매상(판매점)	550	2,600

자료: OAR(2015)

3) 승인제품 에너지스타의 제도 이력³⁹⁾

- 1992년 승인제품 에너지스타 도입, 개인용 컴퓨터 및 모니터부터 시작
- 1993년 연방정부의 에너지스타 승인제품 우선 구매 실시
- 1995년 냉난방 장치로 확대, 에너지스타 사무제품에 대해 일본과 협력 합의
- 1996년 에너지부와 협력하여 가정용 기기에 대한 기술사양 설정
- 1997년 조명기기로 확대

38) 제품의 개략적인 효율 조건은 시장에 유통되는 동종 제품군의 상위 25% 수준이다.
(https://www.energystar.gov/index.cfm?c=prod_development.prod_development_index, ENERGY STAR Products Program Strategic Vision and Guiding Principles 참조)

39) https://www.energystar.gov/index.cfm?c=about.20_years 참조

- 1998년 건축 기자재로 확대, 대기전력 등 전자기기의 기술사양 설정
- 2000년 유럽연합과의 협력 체결
- 2001년 음식업용 장치에 대한 기술사양 설정
- 2002년 에너지스타 표식(ENERGY STAR)의 디자인 변경
- 2003년 승인제품 에너지스타의 대상 제품군 40로 증가
- 2006년 에너지스타 인식률 50% 이상으로 증가
- 2010년 백만 이상의 미국인이 에너지스타 프로그램에 직접 참여

나. 감축잠재량 분석

- DOS(2016a) 및 DOS(2014b)는 승인제품 에너지스타(ESLP) 프로그램에 의한 2020년 감축효과의 전망 제시

<표 3-16> 승인제품 에너지스타 프로그램의 2020년 감축량 효과 (단위: ktCO₂eq)

	BR1-CTF	BR2	OAR(2015)
2020년	141,200	141,200	141,200

자료: DOS(2016a), DOS(2014b), OAR(2015)

- 위의 감축효과 전망은 OAR(2015)의 전망과 일치함. 이를 토대로 해볼 때 환경청은 BR2 작성 시 OAR 2013년(실적년도) 보고서에 토대를 두고 있는 것으로 판단됨.⁴⁰⁾
- 그런데 BR1, BR2 및 OAR(2015)는 위에서 제시한 감축잠재량의 개념, 산정방법, 이용 자료 등에 대한 충분한 정보를 제공하지 않음. 다만 DOS(2016c)에 의하면 2020년 감축 전망은 미래 제품 판매량의 전망에 토대를 두고 있음을 밝힘.
- 연구진의 판단으로는 위에서 제시한 감축 전망은 궁극적 감축잠재량⁴¹⁾ 아니라 ESLP의 실시에 따라 달성 가능한 감축효과인 것으로 보임.

다. 감축효과 분석

40) OAR(2016) 보고서에도 동일한 감축 전망을 제시하고 있으나, 동 보고서는 BR2 제출 이후에 출판된 것이기 때문에 BR2는 OAR(2015)에 토대를 두고 있는 것으로 판단됨.

41) 궁극적 감축잠재량의 정의는 온실가스 감축 정책 및 수단에 따라 다르게 정의될 수 있다. 예를 들어 설명하면 Rohde(2012)는 가구의 난방 목표온도 조정 또는 온도조절장치의 도입으로 감축할 수 있는 최대 잠재량을 추정함과 동시에 여러 가지 사회적 정책적 제약 요인을 고려하여 실현 가능한 잠재량을 추정하고 있음. 또한 DEFRA(2009)는 최고로 가능한 기술(BAT, Best Available Technology)에 의한 감축잠재량을 BAT Scenario로 정의하고 있음. 이들을 고려해 볼 때, 특정 감축정책 내지 수단의 궁극적 감축잠재량은 해당하는 최고 기술과 그 기술의 잠재적 시장점유율을 토대로 온실가스 감축 잠재량을 추정하는 것으로 볼 수 있음.

1) 감축효과

- BR1에 의하면 2011년의 연간 감축량은 99,700ktCO₂eq이지만, 이는 OAR(2015)의 같은 해 자료인 107,400ktCO₂eq보다 적다. 이 차이에 대하여 BR2 및 OAR(2015)는 설명이 없음.
- 그리고 BR2에 의하면 2013년의 연간 감축량은 155,100천톤CO₂eq인데, 이는 OAR(2015)의 같은 해 자료와 동일함.

<표 3-17> 상업용 건물 에너지스타 프로그램의 감축량 효과 (단위: ktCO₂eq)

	BR1-CTF	BR2	OAR(2015)
2011년	99,700	na	107,400
2013년	na	155,100	155,100

자료: DOS(2016a), DOS(2014b), OAR(2015)

2) 측정방법

- DOS(2016c)가 제시하는 ESLP에 의한 감축효과의 산정 절차를⁴²⁾ 설명과 이해의 편이를 위해 역순으로 제시하면 다음과 같음.
 - ESLP에 의한 누적 감축량
 - ESLP에 의한 연간 감축량
 - ESLP에 의한 연간 순(net)에너지 절감량
 - ESLP 제품의 제품 단위당 연간 에너지 절약량
 - 다른 에너지효율 프로그램과의 이중계산 방지 방법
- ESLP에 의한 누적 감축량
 - * 특정 연도 t년도의 누적 감축량
 - = $\sum_{i=1992}^{i=t}$ 연도 i에 실시된 ESLP의 t년도 감축량
 - 여기서 누적 감축량 산정의 기준년도는 1992년 이전의 특정 연도로 해석 가능함. 왜냐하면 ESLP 효과의 최초년도는 1992년이기 때문임.
 - 연도 i에 실시된 ESLP의 향후 감축량은 해당되는 ESLP 제품의 내구년수(4년 - 20년) 동안에만 실현되는 것으로 전제함.
- ESLP에 의한 연간 감축량 (즉, 연도 i에 실시된 ESLP의 연도 i의 감축량)

42) OAR(2015)도 ESLP에 의한 에너지 절감 및 감축량 감축 효과를 제시하고 있는데, DOS(2016c)의 내용이 보다 상세함.

* ESLP에 의한 연간 감축량

= ESLP에 의한 연간 순(net)에너지 절감량 × CO₂ 배출계수

- 여기서 에너지는 전력, 천연가스 또는 연료유를 의미함.

- 'CO₂ 배출계수'는 전력의 경우 한계배출계수⁴³⁾ 적용, 천연가스 및 연료유의 경우 제품 현장의 배출계수 적용

○ ESLP에 의한 연간 순(net)에너지 절감량

* ESLP에 의한 연간 순(net)에너지 절감량

= ESLP 제품의 제품 단위당 연간 에너지 절약량

× (ESLP 제품의 연간 판매량 - 기준안(BAU)의 ESLP 제품의 추정 판매량)

- 여기서 "ESLP 제품의 연간 판매량"은 ESLP 파트너 제조회사의 보고자료 및 산업계의 연간자료를 이용하여 EPA가 추정

- '기준안(BAU)의 ESLP 제품의 추정 판매량'은 ESLP 프로그램이 없더라도 대상 제품이 구매되었을 것으로 추정되는 판매량인데, 환경청은 이 판매량의 추정 시 제품의 편익-비용 비율과 제품의 시장장벽에 토대를 둔다고 함.

※ 그런데 BR2 및 OAR(2015)은 위의 절차와 관련하여 편익-비용 비율의 고려방안 등을 구체적으로 밝히지 않고 있음. 또한 OAR(2015)에서 참고자료로 열거된 관련 자료도⁴⁴⁾ 환경청 사이트에서 제공하지 않음.

○ ESLP 제품의 제품 단위당 연간 에너지 절약량

* ESLP 제품의 제품 단위당 연간 에너지 절약량

= ESLP 제품이 아닌 대표 제품의 단위당 연간 에너지 사용량

- ESLP 제품의 단위당 연간 에너지 사용량

- 여기서 'ESLP 제품이 아닌 대표 제품의 단위당 연간 에너지 사용량'은 ① 연방 기준이 있는 경우 최저에너지효율기준을 적용하며, ② 연방기준이 없는 경우 해당 제품에 대해 ESLP가 도입되기 이전에 판매된 제품 중 ESLP 효율기준에 미달되는 제품의 평균 에너지 사용량을 적용

- 'ESLP 제품의 단위당 연간 에너지 사용량'은 ESLP 제품의 기술적 사양에서 정

43) 한계배출계수는 ESLP에 의해 감소하는 전력은 발전 공급원(즉 발전기)의 가동 변화 내지 감축을 초래하므로 이러한 전력공급원의 변화 내지 감축에 의한 CO₂ 변화(감축)량을 ESLP의 전력수요 감소량으로 나누어 산정되는 계수임.

44) DNV KEMA Energy & Sustainability. 2014. "E-CAST 2013 Results for Carbon and Energy Savings from the ENERGY STAR Program." Technical Memorandum to EPA November 2014; DNV GL Energy & Sustainability. 2015. "E-CAST 2014 Results for Carbon and Energy Savings from the ENERGY STAR Program." Technical Memorandum to EPA December 2015.

한 효율기준(즉 ESLP 제품의 최저 효율기준)을 적용함.

- 다른 에너지효율 프로그램과의 이중계산 방지 방법
 - 주택 에너지스타 프로그램과의 이중계산을 방지하기 위하여 주택 에너지스타 프로그램의 대상이 되는 ESLP 제품에 대한 에너지 절감량 및 감축량은 주택 에너지스타 프로그램의 감축효과에서 제외함.
- DOS(2016c)의 산정방법에 대한 연구진의 평가
 - DOS(2016c)의 산정방법은 소비자의 제품 구매 행태에 근거하지 않아 BAU의 제품 판매량 산정은 신뢰하기 어려운 측면이 있음.
 - DOS(2016c)는 ESLP의 효과와 관련하여 주택 에너지스타 프로그램과의 이중계산 방지는 명백히 밝히고 있으나, 상업용 건물 및 산업 부문에 대한 에너지스타 프로그램과의 이중계산 방지에 대해서는 명백히 밝히고 있지 않음.

3) 필요 자료 및 정보

- 감축 잠재량 및 효과 분석에 필요한 자료 명칭과 세부 내용(예컨대 단위, 값 등)은 BR1, BR2 및 OAR(2015)의 내용만으로 파악하기 어려움.
- 다만 자료의 제공처는 다음과 같이 파악됨.
 - ESLP에 참여하는 파트너인 제품 제조회사
 - 산업계의 보고서 자료
 - 기타 EPA가 지원해서 수집하는 정보

4) 효과의 평가 분석

- ESLP 프로그램의 경우, 해당 제품이 ESLP의 기술적 사양에 부합하는지에 대해서는 제3자 검사기관이 평가하고 있음.
- 그러나 ESLP 프로그램에 의해 달성되는 국가적 에너지 절감량 또는 감축량에 대해서는 환경청이 평가한 이후 제3자의 공식적인 평가는 거치지 않는 것으로 판단됨.

라. BR1과 BR2의 감축효과 차이 및 원인 분석

- 앞의 '다'항에서 살펴본 바와 같이 BR1 및 BR2는 각각 서로 다른 1개년에 대해서만 감축효과를 제공하고 이 두 보고서의 감축효과에 차이를 발견하기 어려움.
- 그러나 BR1 및 BR2와 ORA(2015) 보고서를 비교해 보면 BR1의 2011년 감축효과는 OAR(2015)의 같은 해의 감축효과와는 차이가 있음.
 - 그럼에도 불구하고 후자 두 보고서간의 차이에 대해 OAR(2015) 보고서는 그 원인

을 설명하지 않음.

- 그런데 DOS(2016c)에 의하면 환경청은 2011년 분석 시부터 보다 강건한 모형을 이용한다고 한 점을 볼 때, 산정모형의 변경이 효과 차이의 원인으로 판단됨.

마. 한국에서의 적용 가능성 및 시사점

1) 감축잠재량 분석 분야

- BR1 및 BR2에서 추정되는 감축량은 ESLP에 의해 실현될 수 있는 감축효과(또는 감축목표)이기 때문에 감축잠재량과는 관계없음.

※ 참고로 영국 DEFRA(2009)는 최선의 가능한 기술(BAT, Best Available Technology)과 비교하여 기존 기술 또는 정책의 감축잠재량을 추정함.

- 우리나라 BUR에서 추정하는 건물부문 정책의 감축효과는 미국 BR1 및 BR2와 같이 감축 실적과 실현될 수 있는 감축(예상)을 대상으로 함이 바람직할 것으로 보임.

2) 감축 효과 측정 분야

- BR1 및 BR2는 공업경제학(engineering economics)적 산정방법을 이용하여 ESLP의 감축효과를 추정하고 있음.

- 우리나라도 에너지 소비효율 표시제도를 운영하고 있으므로 미국의 방법을 원용하여 이 표시제도의 감축효과를 추정하고 BUR에 반영할 수도 있으나, 본 연구자는 그러한 방법을 권고하지 않음. 그 배경은 다음과 같음.

- 미국이 추정하는 감축효과는 기준년도의 차이점으로 인해 미국의 국가목표와 연계성이 떨어짐. ESLP에 의한 감축효과 산정의 기준년도는 ESLP의 도입 직전이 될 수밖에 없는데 비해, 미국 국가 감축목표는 현재 2005년이 기준년도임.

- 그러므로 ESLP의 감축효과를 국가목표와 연계하기 위해서는 기준년도를 비교 가능한 상태로 전환하는 방법이 필요한데, BR1 및 BR2는 현재 이러한 방법을 적용하지 않음.

- 따라서 현행 미국이 추정하는 감축효과는 ESLP 프로그램의 효과를 판단하는 자료는 될 수 있으나, 국가 감축목표에 대하여 ESLP 프로그램이 기여하는 자료로 볼 수 없음.

- 이러한 점을 고려할 때, 우리나라의 BUR은 ESLP에 해당하는 에너지 소비효율 표시제도에 대해서는 정책을 설명하는 위주로 반영하고 그 정책의 계량적 감축효과는 건물부문의 종합효과에 포함하여 분석하는 것이 바람직함.

- 건물부문에서 종합적으로 포함한다고 함은 감축효과를 에너지절약 또는 감축시책 별로 추정하지 아니하고 가정·상업·공공 등 경제부문별로 배출원단위 등을 이용하여 건물부문의 종합적인 감축효과를 추정하는 것을 말함.

3) BR의 개선 분야

- BR2는 분석대상 감축수단에 대하여 갱신 정리하는 수준을 반영하고 있으므로, 우리나라 BUR의 경우에도 갱신 방법을 체계적으로 반영할 수 있을 것으로 보임.

4) 참여기관 및 역할 분야

- ESLP는 미국의 에너지부와 환경청이 공동으로 추진하는 감축정책이나, 이들 두 정부부서 간에 체결된 양해각서(MOU)에 따라 환경청이 ESLP 업무를 추진함. 우리나라의 경우에도 공동으로 추진하는 감축정책은 업무협약 체결 등을 통해 관련 부서 간 업무 조정을 할 수 있을 것으로 보임.
 - 미국 환경청은 외부 전문가의 지원을 받아 ESLP의 감축효과를 직접 추정
 - 감축효과 추정의 결과에 대하여 공식적인 평가 절차는 없는 것으로 보이며 환경청 내부적으로 또는 외부 자문관의 평가를 거치는 것으로 보임. 다만 외부 자문관의 의견은 대외적으로 공개되지 않는 것으로 보임.

2. [미국] Energy Star Commercial Building

가. 일반 현황

1) 제도의 개요

- 상업용 건물 에너지스타(이하, ESCB라 한다)는 환경청의 기후파트너십 프로그램의 하나로써 상업용 또는 다중이용 건물의 에너지효율 개선을 통해 경제적 편익을 증진할 뿐만 아니라 기후 보호를 위한 대책임 (OAR, 2015).⁴⁵⁾
- ESCB는 기존 및 신축의 상업용 또는 다중이용 건물의 에너지효율이 일정 수준 이상이 될 경우 그 건물에 대해 표식(ENERGY STAR)을 부여하는 것이며, 이를 위해 환경청은 제반 분석도구, 정보 및 자원을 제공함.
 - 에너지스타(ENERGY STAR) 표식을 획득할 조건은 건물의 에너지효율 성적이 75 점 이상이 되어야 함. 이 성적은 해당 건물의 연간 에너지소비량과 해당 건물 유형의 평균 에너지소비량의 상대적 비율에 근거하여 결정됨.
 - 해당 건물 유형의 평균 에너지소비량은 건물의 용도, 위치, 운영 조건 등을 고려하여 회귀분석 방법으로 결정됨.⁴⁶⁾

45) 미국의 에너지스타에 대한 모든 프로그램 현황은 본 보고서 이 절의 1항을 참조할 수 있다.

46) <https://portfoliomanager.energystar.gov/pdf/reference/ENERGY%20STAR%20Score.pdf>

- 해당 건물의 에너지효율 성적은 동 건물의 연간 에너지소비량과 해당 건물 유형의 평균 에너지소비량의 상대적 비율을 고려하여 1-100 범위의 지수로 나타냄.
 - 그러므로 에너지효율 성적은 직접적으로 에너지 절감량 등을 의미하지 않음.
 - 환경청의 분석 도구 중 대표적인 예는 ① 건물의 에너지소비량과 그 행태를 분석하기 위한 프로그램,⁴⁷⁾ ② 현금흐름 분석 도구, ③ 에너지관리를 위한 지침 등임.
 - 환경청이 제공하는 정보 및 자원으로는 ① 홍보, ② 교육 자료, ③ 연구보고서 및 각종 보고 자료, ④ 성공사례, ⑤ 기술보고서, ⑥ 기타 다른 기관의 자료 및 관련 정책 자료 등임.
- ESCB의 에너지스타 표식을 획득하려면 정해진 절차를 거쳐야 하는데 특히 에너지스타 표식을 신청하기 전에 관련 분야에 대한 허가(또는 인가)증을 보유하는 전문가의 검증을 거쳐야 함.⁴⁸⁾
 - 에너지스타 표식을 획득한 건물은 현재 28,459동임.⁴⁹⁾

2) 제도 이력

- 1995년, ESCB 도입 (참고: 승인제품 에너지스타 프로그램은 1992년에 도입)
- 1995년, ESCB 제도 하에서 최초의 에너지스타 표식 건물 등장
- 2000년, ESPM 도입
- 2009년, ESPM 분석도구는 뉴욕 시에서 에너지보고 업무의 기준 도구로 채택

나. 감축잠재량 분석

- DOS(2016a) 및 DOS(2014b)는 상업용 건물 에너지스타(ESCB) 프로그램에 의한 2020년 감축효과의 전망 제시

<표 3-18> 상업용 건물 에너지스타 프로그램의 2020년 감축량 효과 (단위: ktCO₂eq)

	BR1-CTF	BR2
2020년	93,500	93,500

자료: DOS(2016a), DOS(2014b)

47) ENERGY STAR Portfolio Manager(ESPM) 프로그램은 건물의 에너지 및 물 소비 행태 분석을 위한 것이며, 2013년 현재 약 325,000 건물에서 이용되었는데 이 규모는 상업용 건물 총면적(바닥면적)의 약 40%에 해당한다 (OAR, 2015).

48) <https://www.energystar.gov/buildings/service-providers/verify>

49) https://www.energystar.gov/index.cfm?fuseaction=labeled_buildings locator 참조. 이 사이트의 정보에 의하면 에너지스타 건물은 약 28,000동 이지만 OAR(2015)에 의하면 2013년의 에너지스타 건물은 약 22,000동에 지나지 않음. 이 차이는 2014년부터 에너지스타 표식을 받은 건물 이외에, 과거에 표식을 받았으나 2013년 이전에 탈락한 건물이 포함되었을 가능성이 있다.

- 위의 감축효과 전망은 OAR(2015)의 전망과 일치함. BR2 및 OAR(2015) 보고서의 발간일자를 기준으로 판단해 볼 때,⁵⁰⁾ 환경청은 BR2 작성 시 OAR 2013년(실적년도) 보고서에 토대를 두고 있는 것으로 보임. 그런데 OAR 보고서는 2020년의 감축전망을 감축목표로 제시함.
- 그런데 BR1, BR2 및 OAR(2015)는 위에서 제시한 감축 잠재량의 개념, 산정방법, 이용자료 등에 대한 충분한 정보를 제공하지 않음. 다만 DOS(2016c)는 감축효과 전망을 위해 상업부문의 감축 기회를 감안하여 일정한 증가율을 적용한다고 보고함.
- 연구진의 판단으로는 위에서 제시한 감축효과는 궁극적 감축잠재량⁵¹⁾이 아니라 ESCB의 실시예 따라 달성 가능한 감축 잠재량인 것으로 보임.

다. 감축효과 분석

1) 감축효과

- DOS(2016a) 및 DOS(2014b)는 각각 ESCB 프로그램에 의한 2013년 및 2011년의 감축효과를 제시함.

<표 3-19> 상업용 건물 에너지스타 프로그램의 감축량 효과 (단위: ktCO₂e/q)

	BR1-CTF	BR2
2011년	86,600	na
2013년	na	96,000

자료: DOS(2016a), DOS(2014b)

- 위의 감축효과는 OAR(2015)에 제시하는 ESCB의 감축효과와 동일한데, OAR(2015)는 2009년부터의 시계열 감축효과를 신고 있음.
- ESCB를 통한 사업체의 2013년 에너지 지출비용 절감 총액은 약 77억 달러에 달함 (OAR, 2015).

2) 측정방법

- DOS(2016c)는 ESCB에 의한 감축량의 산정방법을 누적 및 연간 개념으로 설명하고 있음.
 - DOS(2016c)에 따르면 ESCB에 의한 특정 연도 시점의 누적 감축량은 그 연도의 프로그램 실시 효과와 그 이전 연도에 실행된 프로그램의 효과를 포함한다는 설명임. 그렇지만, 실행된 프로그램의 효과 지속기간에 대해서는 설명이 없음.
 - ESCB에 의한 연간 감축량 산정은 DOS(2016c) 및 그 보고서에서 인용하는 참고문

50) OAR(2016) 보고서에도 동일한 감축 전망을 제시하고 있으나, 동 보고서는 BR2 제출 이후에 출판된 것이기 때문에 BR2는 OAR(2015)에 토대를 두고 있는 것으로 판단됨.

51) 궁극적 감축잠재량의 개념은 본 절 1항의 “나”목에 있는 각주 참조

헌 즉 Horowitz(2007)을 살펴볼 경우 비교적 상세한 것으로 판단되나, 충분한 설명은 부족한 실정임.

- 이와 같은 상황을 고려하여 본 보고서는 ESCB의 실시에 따른 연간 감축량에 대해서만 산정방법을 요약함.

○ DOS(2016c) 보고서는 구체적인 수식을 제공하지 않으나, ESCB에 의한 연간 감축량은 아래 수식과 같이 산정되는 것으로 판단되며 수식의 구성 요소에 대해서는 아래의 별도 항목으로 요약함.

* ESCB에 의한 연간 감축량

= ESCB 대책에 의한 연간 전력 및 천연가스 절감량 × CO₂ 배출계수

* ESCB 대책에 의한 연간 전력 및 천연가스 절감량

= ESCB 대책이 없을 경우의 전력 및 천연가스 소비량

- ESCB 대책이 있을 경우의 전력 및 천연가스 소비량

○ ESCB에 의한 연간 배출량 감축의 산정방법에 대한 DOS(2016c)의 주요 세부 내용

- 프로그램 실시 연도는 1995년이나, BR2의 효과 추정 시작연도는 2002년임.

- 효과 추정 대상 온실가스는 CO₂에 국한함.

- 전력의 CO₂ 배출계수는 한계배출계수 사용

- 천연가스의 CO₂ 배출계수는 대책이 실시되는 건물의 배출계수 사용

- 에너지 절감량 산정의 이론적 근거로 Horowitz(2007)를 제시하고 있으나 실제로 적용하고 산정한 보고서는 참고문헌으로 제시되어 있지 않으며, 환경청의 사이트에서도 제공되지 않음.

- 이중 산정의 방지를 위해 승인제품 에너지스타 프로그램이 상업용 건물의 에너지 소비에 미치는 효과는 제외한 후 산정함. 그런데 이에 대한 구체적인 처리 방법은 보고서에서 제시되지 않음.

- 이중 산정의 방지를 위해 아래 4가지 프로그램의 에너지절감 효과는 ESCB의 절감효과에 포함하여 산정함. 그런데 이에 대한 구체적인 처리 방법은 보고서에 제시되지 않음.⁵²⁾

① 전력 및 천연가스 회사의 수요관리프로그램 효과

② 주정부 및 제3자에 의한 기타의 에너지효율 프로그램 효과

③ 주정부의 건물 설비기준 및 기기표준 프로그램 효과

④ 미국 에너지부 건물기술국의 프로그램⁵³⁾ 효과

52) DOS(2016) 보고서는 본문에서 열거한 에너지효율 프로그램의 효과를 고려한다고 표현하고 있으나, 연구진의 판단으로는 이 효과를 제외하는 것으로 판단함. 그 이유는 BR2 CTF에서 열거한 프로그램의 감축효과를 “자료없음(n/a)”으로 표기하고 있기 때문임.

- 감축효과는 직접효과만을 반영하고 간접적 파급효과(spillover and market transformation effects)는 포함하지 않음.
- 이론적 배경으로 인용된 Horowitz(2007) 논문에서 제시된 에너지효율 프로그램의 에너지소비 절감효과에 대한 추정방법
 - Horowitz(2007)는 에너지효율 프로그램별로 소비 절감량을 추정하지 아니하고, 에너지효율 프로그램의 실시 정도(강도)를 반영하여 소비 절감량을 추정함.
 - 그럼에도 불구하고 Horowitz(2007)는 에너지효율 프로그램이 실행된 후와 실행 전을 비교하여 절감량을 산정하는 데에 활용될 수 있음.
- ※ 이 같은 관점에서 Horowitz(2007)의 방법은 ESCB 대책이 없을 경우와 ESCB 대책이 있을 경우를 비교하여 전력 및 천연가스 소비량의 차이를 구하는 데에 응용될 수 있음.
- 이와 같은 목적을 달성하기 위하여 Horowitz(2007)는 프로그램의 실행과 관련된 연도기준 기간과 에너지효율 프로그램의 추진 강도를 아래와 같이 구분함.

<표 3-20> 에너지효율 프로그램의 소비절감효과 추정을 위한 주(州)별 자료 구분 체계

		자료의 연도기간 구분	
		1977-1991(b)	1992-2003(t)
주(州)별 에너지효율 프로그램의 추진 강도	강(S)	기준 기간 (그룹 Sb)	프로그램 기간 (그룹 St)
	중간(M)	기준 기간 (그룹 Mb)	프로그램 기간 (그룹 Mt)
	약(W)	기준 기간 (그룹 Wb)	프로그램 기간 (그룹 Wt)

자료: Horowitz(2007)의 내용으로부터 작성

주 1) 1992년은 에너지스타 등 에너지효율을 집중적으로 추진하기 시작한 연도임.

2) 효율 프로그램의 추진강도는 프로그램의 종류, 다양성, 예산 등을 반영하여 48개 주를 4등분하여 설정함.

3) S = strong, M = moderate, W = weak; b = base, t = treatment

- 위와 같이 구분된 그룹을 대상으로 Horowitz(2007)는 에너지효율 프로그램 (이하 EEP라 한다)에 의한 에너지원단위(이하 EI라 한다) 변화효과를 아래와 같은 방법으로 추정하였음.

$$\begin{aligned}
 & * \text{EEP에 의한 그룹 S의 EI 변화량} \\
 & = \text{그룹 S의 연도기간 구분 간 EI의 총변화량} \\
 & \quad - \text{EEP 이외 요소에 의한 그룹 S의 EI 잠재 변화량}
 \end{aligned}$$

53) 프로그램의 공식명칭은 U.S. Department of Energy Building Technologies Office programs임.

- * 그룹 S의 연도기간 구분 간 EI의 총변화량
= 위의 표에서 세부 그룹 St의 EI - 위의 표에서 세부 그룹 Sb의 EI
- * EEP 이외 요소에 의한 그룹 S의 EI 잠재 변화량
= 그룹 S의 EEP 강도를 W로 전환할 경우, 예상되는 세부 그룹 St의 잠재 EI
- 그룹 S의 EEP 강도를 W로 전환할 경우, 예상되는 세부 그룹 Sb의 잠재 EI
- 위와 같은 방법에서 그룹 또는 세부 그룹의 실적 에너지원단위 즉 실적 EI는 회귀분석으로 추정하되, 설명변수는 전력 소매가격, 천연가스 소매가격, 지역 GDP 또는 소득, 기술진보 (시간변수로 반영), 난방도일수 및 냉방도일수임.
- 그룹 S의 에너지효율 프로그램 추진 강도를 W로 전환할 경우, 잠재 EI는 그룹 W의 실적 EI 회귀방정식에서 그룹 S의 설명변수 실적치를 대입하여 도출함. 이를 통해 그룹 S와 W의 EEP 강도차이만에 의한 EI 잠재변화량을 추정하는 것임.
- 그런데 위와 같은 Horowitz(2007)의 방법이 ESCB 프로그램의 효과 추정 시 구체적으로 어떻게 적용되었는지에 대해 DOS(2016c) 및 OAR(2015)는 밝히지 않음.

3) 필요 자료 및 정보

- 감축 잠재량 및 효과 분석에 필요한 자료 명칭과 세부 내용(예컨대 단위, 값 등)은 BR1, BR2 및 OAR(2015)의 내용만으로 파악하기 어려움.
- 다만 자료의 제공처는 다음과 같이 파악됨.
 - 미국 에너지정보청(US DOE EIA)의 국가 에너지통계시스템 자료
 - 산업계 자료로서 에너지효율협력단, 미국에너지효율경제위원회, 전력 및 가스 회사의⁵⁴⁾ 보고서 등
- 자료 신뢰성은 ESCB 관련 논문의 발간 시 학술지의 동료평가 절차를 통해 확보한다고 서술하고 있으나 (BR2; OAR, 2015), OAR(2015)는 ESCB 프로그램의 효과에 대한 학술지 논문을 인용하지 않고 있음.

4) 효과의 평가 분석

- OAR(2015)에 따르면 감축효과의 평가는 2가지 방법으로 이루어지는 것으로 보임. 첫째, ESCB 관련 논문을 학술지에 게재 시 동료평가를 받으며 둘째, 환경청 직원 및 외부 자문관이 모형분석 이후에 이용 자료와 산정 등을 철저히 검토함.
- OAR(2015) 보고서는 참고자료로서 외부 자문관 보고서를 인용하고⁵⁵⁾ 있으나 환경

54) 이들 기관의 원 명칭은 Consortium for Energy Efficiency, American Council for an Energy Efficient Economy, and electricity and natural gas utilities임.

55) Horowitz, Marvin J., 2014b. "Technical Memorandum: Impact Evaluation of ENERGY STAR for the Commercial Buildings Sector in 2013" to EPA January 2015.

청은 그 자료를 사이트에 제공하지 않음.

라. BR1과 BR2의 감축효과 차이 및 원인 분석

- 앞에서 살펴본 바와 같이 BR1, BR2 및 OAR(2015)의 감축효과에는 차이가 없음. 이 점에 비추어 볼 때 환경청은 발표자료 간 일관성을 유지하고 있음.

마. 한국에서의 적용 가능성 및 시사점

1) 감축잠재량 분석 분야

- BR1 및 BR2에서 추정되는 감축량은 ESCB에 의해 실현될 수 있는 감축효과(또는 감축목표)이기 때문에 감축잠재량과는 관계없음.

※ 참고로 영국 DEFRA(2009)는 최선의 가능한 기술(BAT)과 비교하여 기존 기술 또는 정책의 감축잠재량을 추정함.

- 우리나라 BUR에서 추정하는 건물부문 정책의 감축효과는 미국 BR1 및 BR2와 같이 감축 실적과 실현될 수 있는 감축(예상)을 대상으로 함이 바람직할 것으로 보임.

2) 감축 효과 측정 분야

- BR1 및 BR2는 공업경제학(engineering economics)적 산정방법과 회귀분석을 이용하여 ESCB의 감축효과를 추정하고 있음.

- 우리나라도 건축물 에너지효율등급 인증제를 운영하고 있으므로 미국의 방법을 원용하여 이 등급제도의 감축효과를 추정하고 BUR에 반영할 수도 있으나, 본 연구자는 그러한 방법을 권고하지 않음. 그 배경은 다음과 같음.

- 미국이 추정하는 감축효과는 기준년도의 차이점으로 인해 미국의 국가목표와 연계성이 떨어짐. ESCB에 의한 감축효과 산정의 기준년도는 ESCB의 도입 직전이 될 수밖에 없는데 비해, 미국 국가 감축목표는 현재 2005년이 기준년도임.

- 그러므로 ESCB의 감축효과를 국가목표와 연계하기 위해서는 기준년도를 비교 가능한 상태로 전환하는 방법이 필요한데, BR1 및 BR2는 현재 이러한 방법을 적용하지 않음.

- 따라서 현행 미국이 추정하는 감축효과는 ESCB 프로그램의 효과를 판단하는 자료는 될 수 있으나, 국가 감축목표에 대하여 ESCB 프로그램이 기여하는 지표로 볼 수 없음.

- 이러한 점을 고려할 때, 우리나라의 BUR은 ESCB에 해당하는 건축물 에너지효율등

급 인증제에 대해서는 정책을 설명하는 위주로 반영하고 그 정책의 계량적 감축효과
과는 건물부문의 종합효과에 포함하여 분석하는 것이 바람직함.

- 건물부문에서 종합적으로 포함한다고 함은 감축효과를 에너지절약 또는 감축시책
별로 추정하지 아니하고 가정·상업·공공 등 경제부문별로 배출원단위 등을 이
용하여 건물부문의 종합적인 감축효과를 추정하는 것을 말함.

3) BR의 개선 분야

- BR2는 분석대상 감축수단에 대하여 갱신 정리하는 수준을 반영하고 있으므로, 우
리나라 BUR의 경우에도 갱신 방법을 체계적으로 반영할 수 있을 것으로 보임.

4) 참여기관 및 역할 분야

- ESCB는 미국의 에너지부와 환경청이 공동으로 추진하는 감축정책이나, 이들 두 정
부부서 간에 체결된 양해각서(MOU)에 따라 환경청이 ESCB 업무를 추진함. 우리나
라의 경우에도 공동으로 추진하는 감축정책은 업무협약 체결 등을 통해 관련 부서
간 업무 조정을 할 수 있을 것으로 보임.
 - 미국 환경청은 외부 전문가의 지원을 받아 ESCB의 감축효과를 직접 추정
 - 감축효과 추정의 결과에 대하여 공식적인 평가 절차는 없는 것으로 보이며 환경
청 내부적으로 또는 외부 자문관의 평가를 거치는 것으로 보임. 다만 외부 자문관
의 의견은 대외적으로 공개되지 않는 것으로 보임.

3. [미국] Appliance, Equipment, and Lighting Energy Efficiency Standards

가. 일반 현황

1) 제도의 개요 (DOE 사이트; Meyers, 2015 참조)

- 기기 등 에너지효율기준은 기기 등에 대해 최저 에너지효율기준을 책정하는 것으
로서 미국에서 가장 효과적인 에너지절약 정책의 하나로 인식되고 있음.⁵⁶⁾
 - 현재 60여종 이상의 제품그룹에 대해 기준이 설정되어 있는데 (아래 표 참조), 분
석 전담기관의 자료에 의하면 분석대상 제품의 종류는 124개에 달함.⁵⁷⁾
 - 기준이 설정된 제품의 에너지사용량은 가정부문의 경우 90%, 상업부문 60%, 그리
고 산업부문 30%에 달함.

56) DOE/EERE (검색일자 2016/6/7)

57) 분석전담 기관인 LBL(Lawrence Berkeley National Laboratory)의 엑셀형 분석모형으로부터 산정한
제품 개수 (Meyers et al., 2013 참고)이다.

<표 3-21> 미국 연방정부의 기기 등 에너지효율기준 설정 실적 (가정용 및 배관용)

	제품의 대분류별 승인제품군	승인제품군의 영문명칭	근거법률
가정용	의류 세탁기	Clothes Washers+	NAECA 1987
	의류 건조기	Clothes Dryers	NAECA 1987
	식기 세척기	Dishwashers +	NAECA 1987
	냉장고 및 냉장냉동고	Refrigerators and Refrigerator-Freezers	NAECA 1987
	냉동고	Freezers	NAECA 1987
	방(객실) 에어컨	Room Air Conditioners	NAECA 1987
	중앙집중 에어컨 및 히트펌프	Central Air Conditioners and Heat Pumps	NAECA 1987
	온수기	Water Heaters	NAECA 1987
	연소용 가마(노)	Furnaces	NAECA 1987
	보일러	Boilers	NAECA 1987
	직화식 난방장비	Direct Heating Equipment	NAECA 1987
	요리 기기	Cooking Products	NAECA 1987
	수영장 온수기	Pool Heaters	NAECA 1987
	천장 선풍기 및 조명 장비	Ceiling Fans and Ceiling Fan Light Kits	EPACT 2005
	간접조명등(기기)	Torchieres	EPACT 2005
	제습기	Dehumidifiers	EPACT 2005
	전력충전효율(핸드폰 등)	External Power Supplies	EISA 2007
	전자레인지 대기전력	Microwave Oven Standby Power	EISA 2007
	연소가마(노)용 선풍기	Furnace Fans	EISA 2007
배관용	수도꼭지	Faucets++	EPACT 1992
	샤워기	Showerheads++	EPACT 1992
	양변기	Water Closets++	EPACT 1992
	소변기	Urinals++	EPACT 1992
	식기세척을 위한 사전(事前) 수처리 기구	Pre-rinse Spray Valves++	EPACT 2005

자료: Meyers(2015) pp. 6-7

주: 1) NAECA 1987은 National Appliance Energy Conservation Act,

NAECA 1988은 National Appliance Energy Conservation Amendments of 1988

EPACT 1992는 Energy Policy Act of 1992

EPACT 2005는 Energy Policy Act of 2005

EISA 2007은 Energy Independence and Security Act of 2007

2) 에너지 및 물(水) 절약 기준은 1975년에 제정된 Energy Policy and Conservation Act를 통해 도입되었으며, 그 이후 위의 법률에서 1975년에 제정된 법률을 수정하는 방법으로 에너지 및 물 절약 기준이 추가로 도입되거나 갱신되었음.

3) 승인제품군의 영문명칭 중, 어깨 부호의 의미

+ Water and energy conservation standard

++ Water conservation standard

<표 3-22> 미국 연방정부의 기기 등 에너지효율기준 설정 실적 (상업용, 산업용 및 조명용)

제품의 대분류별 승인제품군	승인제품군의 영문명칭	근거법률	
상업 및 산업용	전기모터	Electric Motors	EPACT 1992
	온풍로(溫風爐)	Warm Air Furnaces	EPACT 1992
	소형 보일러	Packaged Boilers	EPACT 1992
	에어컨, 히트펌프	Air Conditioners and Heat Pumps	EPACT 1992
	온수기, 온수용 보일러, 비직화식 온수저장탱크	Water Heaters, Hot Water Supply Boilers and Unfired Hot Water Storage Tanks	EPACT 1992
	배전용 변압기	Distribution Transformers	EPACT 1992, EPACT 2005
	냉장기, 냉장냉동기, 냉동기	Refrigerators, Refrigerator-Freezers and Freezers	EPACT 2005
	자동제빙기	Automatic Ice Makers	EPACT 2005
	의류 세탁기	Clothes Washers+	EPACT 2005
	유닛히터(가열송풍기)	Unit Heaters	EPACT 2005
조명용	냉장음료자판기	Refrigerated Beverage Vending Machines	EPACT 2005
	출입(出入)형 냉각기, 출입형 냉동기	Walk-in Coolers and Walk-in Freezers	EISA 2007
	형광등 안정기	Fluorescent Lamp Ballasts	NAECA 1988
	일반 서비스 형광 램프, 백열 반사형 전구	General Service Fluorescent Lamps and Incandescent Reflector Lamps	EPACT 1992, EISA 2007
	중소형 형광전구	Medium Base Compact Fluorescent Lamps	EPACT 2005
	점멸식 출구등	Illuminated Exit Signs	EPACT 2005
	교통신호등, 횡단보도 신호등	Traffic Signal Modules and Pedestrian Modules	EPACT 2005
	수은증기등(水銀蒸氣燈) 안정기	Mercury Vapor Lamp Ballasts	EPACT 2005
조명용	메탈할로젠등 안정기, 메탈할로젠등 기구	Metal Halide Lamp Ballasts and Fixtures	EISA 2007
	일반 서비스 백열등, 중형 백열등, 세형(細形, 장식용) 백열등	General Service Incandescent Lamps, Intermediate Base Incandescent Lamps and Candelabra Base Incandescent Lamps	EISA 2007

자료 및 주는 앞의 표 참조

- 기기 등에 대한 최저 효율기준 (이하 MEES 즉 Minimum Energy Efficiency Standards라 한다)의 설정 및 갱신 원칙
 - 기준은 에너지 및 물 효율을 최대로 개선하며, 기술적으로 가능하고 경제적으로 타당한 수준에서 설정 또는 갱신됨.
 - 경제적 타당성은 편익이 비용보다 높은 것으로 정의되며, 이 때 여러 가지 요소가 고려되어야 하는데 기기 사용자 및 제조자에 대한 영향, 그리고 에너지 및 물 절약의 국가적 필요성을 포함

- MEES 정책의 전담기관은 미국 에너지부이며,⁵⁸⁾ 이 제도의 효과 분석을 전담하는 기관은 현재 LBL(Lawrence Berkeley National Laboratory)인 것으로 판단됨.

2) 제도 이력 (Meyers, 2015 참조)

- 1975년, 가정·상업·산업 부문의 제품에 대해 에너지절약 프로그램 설치 (근거법은 EPCA-1975 (Energy Policy and Conservation Act of 1975)
 - 19개 제품에 대해 시험절차, 표기방법 및 에너지절약 목표 설정
- 1978년, 에너지절약 목표 제도를 폐기하고, 에너지절약 기준 제도 도입 (National Energy Conservation Policy Act of 1978에서 EPCA의 관련 규정 수정)
- 1987년, 1차 국가 에너지절약 기준 설정 (같은 해에 National Appliance Energy Conservation Act (NAECA)가 제정되면서 EPCA 개정)
 - 1988, 1992, 2005 및 2007년에 기준 제도를 다른 제품으로 확대함. 아울러 가정 및 상업 부문에 대해 물 절약 기준을 포함함.

나. 감축잠재량 분석

- DOS(2016a) 및 DOS(2014b)는 기기 등 에너지효율기준(MEES) 정책에 따른 2020년의 감축효과에 대한 전망 제시

<표 3-23> 기기 등 에너지효율기준 정책의 2020년 감축량 효과 (단위: ktCO₂eq)

		2020년
기기 등 에너지효율기준 [비(非)조명부문]	BR1-CTF	216,000
	BR2	216,000
기기 등 에너지효율기준 (조명부문)	BR1-CTF	41,000
	BR2	na
기기 등 에너지효율기준 (조명부문 포함 전체)	BR1-CTF	257,000
	BR2	na

자료: DOS(2016a), DOS(2014b)

주: 1) BR1의 전체 효과는 연구진이 합산한 합계임.

2) BR2의 효과는 동 보고서에 의하면 조명부문을 포함하는 것으로 해석될 수 있으나, 분석전담 기관인 LBL의 연구책임자 Meyers로부터 입수한 엑셀모형에 의하면 BR2의 효과에는 조명부문이 제외되어 있어, BR2 보고서에도 불구하고 BR2의 효과는 비조명부문으로 정리함.

- 그런데 BR1 및 BR2는 위에서 제시한 감축잠재량의 개념, 산정방법, 이용 자료 등

58) 효율기준의 설정, 집행 및 관리 등에 대한 제반 내용은 DOE의 아래 홈페이지를 참조할 수 있음.

<http://energy.gov/eere/buildings/appliance-and-equipment-standards-program>

에 대한 충분한 정보를 제공하지 않으며, 위에서 제시한 감축 전망은 궁극적 감축 잠재량이⁵⁹⁾ 아니라 달성 가능한 2020년의 연간 감축효과인 것으로 판단됨.

다. 감축효과 분석

1) 감축효과

- BR2는 MEES에 따른 2013년의 감축효과를 제공하며, BR1 CTF는 2011년의 감축효과를 아래 표와 같이 제시함. 이들 효과는 분석전담기관인 LBL의 Meyers et al.(2015) 연구에 토대를 두고 있음.

<표 3-24> 기기 등 에너지효율기준 정책의 감축량 효과 (단위: ktCO₂eq)

		2011년	2013년
기기 등 에너지효율기준 [비(非)조명부문]	BR1-CTF	156,000	na
	BR2	na	173,000
기기 등 에너지효율기준 (조명부문)	BR1-CTF	19,000	na
	BR2	na	na
기기 등 에너지효율기준 (조명부문 포함 전체)	BR1-CTF	175,000	na
	BR2	na	na

자료: DOS(2016a), DOS(2014b)

주: 1) BR1의 전체 효과는 연구진이 합산한 합계

2) BR2의 효과는 앞의 표 주석에 근거하여 BR2의 보고서 내용에도 불구하고 일관성을 유지하기 위하여 그 효과를 비조명부문으로 정리

- 참고로 분석 전담 기관인 LBL은 2년 주기로 기준제도의 분석을 수행하고 있는데, 최근 분석 시기는 2013년 및 2015년으로서 각 보고서는 2012년 및 2014년에 대하여 감축 실적을 추정함 (Meyers et al., 2013 및 2015 참조).
 - 이와 같이 LBL 보고서는 2013년 실적을 발표하지 않지만 동 보고서 주 저자인 S. Meyers로부터 입수한 엑셀모형에 의하면 2013년 CO₂ 감축 실적(추정치)는 총 219.8백만 톤으로서 이 중 173백만톤은 조명기기 효과를 제외한 감축량임.
 - 그러므로 BR2 감축 실적 추정치는 조명기기 효과를 제외한 값으로 볼 수 있으며, LBL 보고서는 조명기기를 포함하는 기준 제도의 총 효과임. 그런데 BR2는 조명부문의 CO₂ 감축효과를 별도로 발표하지 않음에 유의해야 함.
- Meyers et al.(2013, 2015)은 CO₂ 감축량이외에 에너지 및 물 절약량을 추정하고 있으며, 연도간 누적효과도 제공함. 다만 이 보고서들은 그러한 산정방법에 대하여 세부 내용을 제공하지 않음.

2) 측정방법

- 온실가스 감축 수단 및 정책의 효과 산정방법을 설명하는 DOS(2016c) 보고서는

59) 궁극적 감축잠재량의 개념은 본 절 1항의 “나”목에 있는 각주 참조

LBL의 참고 사이트를 인용하고 있는데, 나머지 세부 정보에 대한 제공은 미흡함.

- LBL의 Meyers et al.(2013, 2015) 연구는 측정방법에 대한 개요와 결과를 제시하고 있지만, 측정방법에 대한 비교적 자세한 내용은 Meyers(2008)에서 다루어짐.
 - 참고로 Meyers et al.(2013, 2015) 연구는 Meyers(2008) 및 다른 연구를 참고하여 분석모형을 개선하고, 자료를 갱신하여 결과를 도출하는 것임.
- Meyers(2008) 및 그 이후의 연구는 MEES에 따른 온실가스 감축량 이외에 에너지 절감량, 물 절감량, 비용절약액 등을 다루고 있으며, 분석시계는 연간 효과와 누적 효과를 동시에 분석하고 있음.
 - 본 연구는 이들 분석 중 연간 효과로서 MEES에 따른 에너지 절감량과 온실가스 감축효과 중심으로 Meyers(2008) 보고서를 요약하되, 이 보고서의 산정 절차와 절차별로 제시된 서술식 설명을 수식으로 요약함.
- LBL의 Meyers(2008) 보고서에 의하면, MEES에 따른 감축량 산정의 절차는 개략적으로 아래와 같은데, 실제 제품별로 적용 시에는 자료의 이용 가능 정도 등에 따라 산정 절차 및 과정이 조정됨.
 - 대상제품별 MEES 제품의 단위당 연간 최종에너지(전력 또는 천연가스) 절약량
 - MEES에 따른 국가의 연간 최종에너지(전력 또는 천연가스) 절약량
 - MEES에 따른 국가의 연간 1차에너지 절약량
 - MEES에 따른 국가의 연간 온실가스(CO₂) 감축량 산정
- 대상제품별 MEES 제품의 단위당 연간 최종에너지(전력 또는 천연가스) 절약량
 - * 대상제품별 MEES 제품의 단위당 연간 최종에너지(전력 또는 천연가스) 절약량 = 기본안(base case)의 제품 단위당 연간 최종에너지 소비량⁶⁰⁾
 - 대상제품별 효율기준안(standard case)의 제품 단위당 연간 최종에너지 소비량
 - 여기서, 이 절약량은 MEES 대상 제품별로 산정함. 이를 위해 LBL의 Meyers(2008)은 이러한 절약량을 산정하기 위하여 매년 판매되는 제품별로 판매량, 폐기량, 에너지효율 (또는 제품 단위당 에너지소비량) 등을 추적·관리함.
 - 기본안(base case)는 효율기준이 설정되지 않는 경우를 말하며, Meyers(2008)은 기본안의 제품 단위당 연간 최종에너지 소비량에 대하여 구체적인 추정 수식을

60) 연간 에너지 소비량을 추정하기 위해서는 제품의 이용행태에 대한 자료 및 정보와, 그 자료의 이용방법 등에 대한 전제가 필요한데, Meyers(2008) 보고서는 이들에 대한 정보를 상세히 제공하지 않지만 에너지부에서 MEES를 설정할 때 작성되는 기술문서의 자료 및 정보를 이용하는 것으로 판단됨.

제시하지 않지만 아래의 특성을 지니는 것으로 판단됨.

- 기본안의 단위당 소비량은 MEES가 도입되기 직전까지 매년 판매된 MEES의 대상 제품을 대상으로 평균 에너지효율의 추세(감소)를 반영하여 도입 연도 및 그 이후 연도에 대하여 MEES가 없는 경우를 전제로 추정되는 소비량임.
- 위와 같이 감소추세를 반영하는 이유는 MEES 제도 이외에 다른 요인, 예컨대 시장 기능적 요소, 에너지스타 등 다른 정책, 기술진보 등에 의한 에너지효율 향상을 기본안으로 반영하기 위한 조치임.

- 효율기준안(standard case)의 제품 단위당 최종에너지 소비량은 MEES 대상제품별로 파악하므로 매년 판매되는 제품의 평균 소비량을 사용하되, 이 평균 소비량을 미래 연도에 연장하여 사용함.

○ MEES에 따른 국가의 연간 최종에너지(전력 또는 천연가스) 절약량

* MEES에 따른 국가의 연간(t년도) 최종에너지(전력 또는 천연가스) 절약량⁶¹⁾

$$= \sum_{\{i=MEES제품\}} \sum_{\{tb=i제품의 판매년도\}} (tb년도에 판매된 i제품의 t년도 사용대수 \times MEES 대상 i제품의 단위당 t년도 최종에너지 절약량)$$

* tb년도에 판매된 i제품의 t년도 사용대수

$$= i제품의 tb년도 판매대수 - i제품의 tb년도 판매대수 중 (t-1)년도까지의 폐기대수$$

- 여기서, MEES 대상 i제품의 연도별 폐기대수는 이 제품의 내구년수를 토대로 특정한 분포를⁶²⁾ 유지하는 것으로 전제하여 추정

○ MEES에 따른 국가의 연간 1차에너지 절약량

* MEES에 따른 국가의 연간 1차에너지 절약량

$$= MEES에 따른 국가의 연간 최종에너지(전력 또는 천연가스) 절약량 \times (\text{해당 최종에너지 부문의 1차에너지 소비량} \div \text{해당 최종에너지의 소비량})$$

- 여기서, 1차에너지는 전력투입용과 천연가스 제조용으로 구분하여 산정

○ MEES에 따른 국가의 연간 온실가스(CO₂) 감축량 산정

61) 연간 절약량의 산정 수식에서 tb는 MEES가 설정된 제품이 판매된 연도이며, t는 연간 절약량을 산정하는 연도이다. 예를 들어 전기모터의 MEES가 1992년에 설정되었고, 에너지 절약량 산정년도가 2010년이라고 하면, 전기모터의 2010년 절약량은 1992년부터 매년 판매된 전기모터 중에서 2009년까지 폐기된 전기모터를 제외하고 산정한다는 의미임. 즉 1992년부터 매년 판매된 전기모터 중에서 2010년에도 여전히 사용되는 전기모터만을 대상으로 절약량을 산정하는 것임.

62) 제품의 내구년수 분포는 제품의 평균 내구년수를 평균으로 하는 정규분포를 가정함. 여기서 분포의 폭(즉 분산)은 제품이 평균 내구년수의 전과 후 2-3년 사이에 거의 모든 제품이 폐기되는 형태를 반영하도록 함.

* MEES에 따른 국가의 연간 온실가스(CO₂) 감축량
 = MEES에 따른 국가의 연간 1차에너지 절약량
 × 1차에너지의 CO₂ 배출계수

- 여기서, 온실가스 감축량은 전력부문과 천연가스부문으로 구분하여 적용
- 배출계수는 전력의 경우 1차에너지 기준 발전부문의 평균 배출계수이며, 천연가스의 경우 1차에너지 기준 천연가스의 평균 배출계수 적용
- 배출량 감축효과는 처음으로 기준을 설정한 1987년부터임.

○ 측정 방법에 대한 불확실성 요소

- 기본안 설정 시 즉 기준 제도가 없을 경우 기기 사용자의 기기 구입 및 에너지소비 행태, 그리고 제조사의 행태를 명확히 설정하기 어려우며, 또한 정부의 다른 정책 등이 어떻게 수립되고 집행될 것인가 등에 대해 명쾌한 설정이 곤란함.
- 최종에너지 감축량을 1차에너지로 환산하는 계수는 불확실하며, 평균으로 적용할지 아니면 한계 개념으로 적용할지가 의문임. DOE는 기준 제정 분석 시 한계적 계수를 적용하지만, LBL의 분석은 평균 개념을 적용함.
- 효율 향상은 실효적 에너지 가격의 하락을 의미하고, 이것은 에너지소비의 증가를 의미함. DOE는 기준 제정 분석 시 이러한 반동효과를 고려하지만, LBL의 분석은 반영하지 않음. 이러한 반동효과는 추정 감축량의 5 내지 10%로 추정함.

3) 필요 자료 및 정보

○ 가정부문 분석을 위한 자료 및 정보

- 기기 판매량 실적 자료
 - Association of Home Appliance Manufacturers (AHAM)
 - Air-Conditioning and Refrigeration Institute (ARI)
 - DOE 기술자료 이용,⁶³⁾ LBL 추정
- 기기 판매량 추정(미래) 자료
 - 「Appliance」 잡지(magazine)이며, 이는 산업계 전문가 추정 반영
 - DOE 기술자료 이용, LBL 추정
- 연평균 에너지효율 및 에너지소비량
 - Association of Home Appliance Manufacturers (AHAM)
 - DOE 기술자료 이용, LBL 추정

63) DOE 기술자료라고 함은 DOE가 효율기준 제정을 위한 절차로서 국민의견을 수렴하고 있는데, 이 과정에서 DOE는 여러 가지 절차서와 문서(기술적 또는 경제적 분석)를 제공하고 있음.
<http://energy.gov/eere/buildings/downloads/using-regulationsgov-find-dockets-and-documents>

- 국가 에너지절약량 추정 관련 기초 자료 (최종-1차 에너지소비량 비율 등)
 - DOE의 AEO 및 DOE 기술자료 이용, LBL 추정
- 상업부문의 형광등 안정기 효율기준 분석을 위한 필요 자료 및 정보
 - 기기 판매량 실적 및 추정(미래) 자료
 - 미국 센서스(Census Bureau) 자료 이용, LBL 추정
 - 미국 센서스의 산업동향보고서(Current Industrial Reports)
 - DOE 기술자료 이용, LBL 추정
 - 연평균 에너지효율 및 에너지소비량: DOE 기술자료 이용, LBL 추정
 - 국가 에너지절약량 추정 관련 기초 자료: DOE 기술자료 이용, LBL 추정
- 배출량 산정을 위한 배출계수: DOE EIA의 배출자료 이용, LBL 추정

4) 효과의 평가 분석

- 추정된 감축효과를 공식적으로 검증하거나 평가하는 절차 내지 보고서는 없는 것으로 판단됨.

라. BR1과 BR2의 감축효과 차이 및 원인 분석

- 미국 BR2에서 기기 등 효율기준에 의한 2020년 CO2 감축량은 216백만 톤으로서 BR1의 감축량과 동일함. 이는 LBL의 동일 보고서에 토대를 둔 결과로 보임.

마. 한국에서의 적용 가능성 및 시사점

1) 감축잠재량 분석 분야

- BR1 및 BR2에서 추정되는 감축량은 MEES에 의해 실현될 수 있는 감축효과(또는 감축목표)이기 때문에 감축잠재량과는 관계없음.

※ 참고로 영국 DEFRA(2009)는 최선의 가능한 기술(BAT, Best Available Technology)과 비교하여 기존 기술 또는 정책의 감축잠재량을 추정함.

- 우리나라 BUR에서 추정하는 건물부문 정책의 감축효과는 미국 BR1 및 BR2와 같이 감축 실적과 실현될 수 있는 감축(예상)을 대상으로 함이 바람직할 것으로 보임.

2) 감축 효과 측정 분야

- BR1 및 BR2는 공업경제학(engineering economics)적 산정방법을 이용하여 MEES의

감축효과를 추정하고 있음.

- 우리나라도 에너지 최저소비효율 기준을 운용하고 있으므로 미국의 방법을 원용하여 이 기준제도의 감축효과를 추정하고 BUR에 반영할 수도 있으나, 본 연구자는 그러한 방법을 권고하지 않음. 그 배경은 다음과 같음.
 - 미국이 추정하는 감축효과는 기준년의 차이점으로 인해 미국의 국가목표와 연계성이 떨어짐. MEES에 의한 감축효과 산정의 기준년도는 MEES의 도입 직전이 될 수밖에 없는데 비해, 미국 국가 감축목표는 현재 2005년이 기준년도임.
 - 그러므로 MEES의 감축효과를 국가목표와 연계하기 위해서는 기준년도를 비교 가능한 상태로 전환하는 방법이 필요한데, BR1 및 BR2는 현재 이러한 방법을 적용하지 않음.
 - 따라서 현행 미국이 추정하는 감축효과는 MEES 프로그램의 효과를 판단하는 자료는 될 수 있으나, 국가 감축목표에 대하여 MEES 프로그램이 기여하는 지표로 볼 수 없음.
- 이러한 점을 고려할 때, 우리나라의 BUR은 MEES에 해당하는 에너지 최저소비효율 기준에 대해서는 정책을 설명하는 위주로 반영하고 그 정책의 계량적 감축효과는 건물 등 해당부문의 종합효과에 포함하여 분석하는 것이 바람직함.
 - 건물 등 해당부문의 종합효과에 포함한다고 함은 감축효과를 에너지절약 또는 감축시책별로 추정하지 아니하고 산업·가정·상업·공공 등 경제부문별로 배출원 단위 등을 이용하여 해당부문의 종합적인 감축효과를 추정하는 것을 말함.

3) BR의 개선 분야

- BR2는 분석대상 감축수단에 대하여 갱신 정리하는 수준을 반영하고 있으므로, 우리나라 BUR의 경우에도 갱신 방법을 체계적으로 반영할 수 있을 것으로 보임.

4) 참여기관 및 역할 분야

- MEES는 미국 에너지부의 에너지절약 및 온실가스 감축 프로그램으로서, 에너지부가 MEES 제도의 운영 즉 기준의 설정, 집행 및 관리를 전담하며, LBL(Lawrence Berkeley National Laboratory)은 기준제도 분석의 전담기관임.
- 우리나라의 산업통상자원부는 MEES에 해당하는 에너지 최저소비효율 기준을 운영하는 중인데, 필요 시 최저소비효율 기준제도의 감축효과를 분석하는 전담기관을 지정하여 운영할 수 있을 것으로 보임.
 - 전담 분석기관의 운영은 모형의 유지 관리, 관련 시계열 자료의 확보 등 감축정책의 효과분석을 효율적으로 추진할 수 있는 기반이 될 것임.

<약어표>

ACEEE – American Council for an Energy-Efficient Economy
AEO – Annual Energy Outlook, EIA, DOE, USA
BAU – Business As Usual
BR1 – First Biennial Report
BR2 – Second Biennial Report
BR CTF – biennial report common tabular format
CTF – Common Tabular Format
DEFRA – Department for Environment, Food and Rural Affairs, UK
DOE – Department of Energy, USA
DOS – Department of State, USA
EEP – Energy Efficiency Program
EERE – Energy Efficiency & Renewable Energy, USA
EI – Energy Intensity
EIA – Energy Information Administration, DOE, USA
EPA – Environmental Protection Agency, USA
EPCA – Energy Policy and Conservation Act, USA
ESCB – Energy Star Commercial Building, USA
ESLP – Energy Star Labeled Products, USA
ESPM – ENERGY STAR Portfolio Manager, USA
EU – European Union
ICC – International Code Council, USA
IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change
LBL – Lawrence Berkeley National Laboratory, USA
MEES – Minimum Energy Efficiency Standards
NAECA – National Appliance Energy Conservation Act, USA
NPV – Net Present Value
OAR – Office of Air and Radiation, EPA, USA
UK – United Kingdom
USA – United States of America

<참고문헌>

Department for Environment, Food and Rural Affairs(DEFRA), UK, Saving Energy Through Better Products and Appliances: A report on analysis, aims and indicative standards for energy efficient products 2009 – 2030, 2009
Department of State (DOS), 2016 Second Biennial Report of the United States of America, 2016a.
Department of State (DOS), BR CTF submission workbook, 2016b.

Department of State (DOS), Second Biennial Report Methodologies for Quantified Policies and Measures, 2016c.

Department of State (DOS), 2014 First Biennial Report of the United States of America, 2014a.

Department of State (DOS), BR CTF submission workbook, 2014b.

DOE/EERE, Saving Energy and Money with Appliance and Equipment Standards in the United States.

International Code Council (ICC), 2009 International Energy Conservation Code, January 2009.

Horowitz, Marvin J., “Changes in Electricity Demand in the United States from the 1970s to 2003,” *The Energy Journal*, 2007, Vol. 28, No. 3, pp. 93–119.

Meyers, S., *Realized and Projected Impacts of U.S. Energy Efficiency Standards for Residential and Commercial Appliances*, 2008.

Meyers, S. et al., *Energy and Economic Impacts of U.S. Federal Energy and Water Conservation Standards Adopted From 1987 Through 2012*, April 2013.

Meyers, S. et al., *Energy and Economic Impacts of U.S. Federal Energy and Water Conservation Standards Adopted From 1987 Through 2014*, March 2015 (revised January 2016).

Office of Air and Radiation(OAR), United States Environmental Protection Agency(EPA), Office of Atmospheric Programs – Climate Protection Partnerships, 2014 Annual Report, March 2016.

Office of Air and Radiation(OAR), United States Environmental Protection Agency(EPA), Office of Atmospheric Programs – Climate Protection Partnerships, 2013 Annual Report, January 2015.

Rohde, C. et al., *Behavioural Climate Change Mitigation Options – Domain Report Housing*, CE Delft(연구기관), April 2012.

<http://energy.gov/eere/buildings/appliance-and-equipment-standards-program>

<http://energy.gov/eere/buildings/downloads/using-regulationsgov-find-dockets-and-documents>

<https://www.energystar.gov/>

<https://www.energystar.gov/index.cfm?c=partners.mou>

<https://www.energystar.gov/buildings?s=mega>

<https://portfoliomanager.energystar.gov/pdf/reference/ENERGY%20STAR%20Score.pdf>

<https://www.law.cornell.edu/uscode/text/42/6294a>

제4절 수송

1. [미국] National Program for Light-Duty Vehicle GHG Emissions and CAFE Standards

가. 일반 현황

1) 제도의 개요

- 1975년 발효 후 미국내 판매되는 중소형 승용차와 트럭에 대하여 1978년 이후 매년 연비 기준을 마련하고 지속적으로 기준을 상향 조정하여 자동차의 에너지 사용 감소 유도

2) 제도 이력

- 1975년 미국 의회는 에너지 정책과 보존법(Energy Policy and Conservation Act, EPCA)을 통하여 교통부로 하여금 제조사에게 1978년 모형부터 기업단위 연비규제(CAFE)를 하도록 함.
- 2009년 이후 미국은 차량의 연비를 큰 폭으로 감소시키는 정책을 실시
- 2010년에는 2012년부터 2016년까지의 중소형 자동차에 대한 기준을 발표
 - 2016년을 기준으로 250g/마일 목표 추진
 - 이는 2016년 기준 갤런당 35.5마일 이상의 연비를 의미
- 2012년부터는 청정대기법(Clean Air Act)에 근거하여 환경청이 온실가스배출량에 대한 기준도 발표함.
 - 2017년부터 2025년까지 적용되는 새로운 기준은 2025년까지 배출량을 163g/마일 또는 갤런당 54.5마일 주행 목표
 - 2025년까지 누적 연료 절약량은 120억배럴, 그리고 차량 수명기간동안의 누적 온실가스 배출량 감축량은 600억CO₂eq으로 추정

나. 감축잠재량 분석

1) 감축잠재량

- 2010년부터 시행되는 새로운 기업평균연비 기준을 적용하여 2012년부터 2025년까지의 모형연도를 기준으로 감축잠재량을 산정함.
 - 2020년 기준 236,000ktCO₂eq 감축잠재량 추정
 - 2013년의 감축잠재량은 35,000ktCO₂eq으로 산정함.

- 사용된 모형
 - 교통부의 Volpe Model(CAFE Compliance and Effects Modeling System)
 - 환경청의 OMEGA(Optimization Model for reducing Emissions of Greenhouse gases from Automobiles), EPA Motor Vehicle Emission Simulator(MOVES),
 - 관련 산업 제공 CAFE 이행 자료(CAFE Compliance data)
- 2010년 발표된 보고서 “Final Rule making to Establish Light-Duty Vehicle Greenhouse Gas Emission Standards and Corporate Average Fuel Economy Standards (EPA-420-R-10-009)”에서는 2012~2016년까지를 대상으로 함.
 - 2016년 기준으로 복합 배출량을 기준으로 온실가스 배출량은 250g/마일, 연료소비량은 갤런당 34.1마일로 낮춤.
 - 2012년부터 2016년까지 판매된 자동차 운행 전 기간에 걸쳐 온실가스 배출량 감축은 960MtCO₂eq, 연료소비량 감축은 180억배럴로 추정

2) 산정방법

- EPA의 OMEGA모형에 사용되는 기술의 조합을 통하여 달성 가능한 온실가스 감축 수준 분석
 - 이를 근거로 배출량 목표 수준을 달성할 수 있는 기술 조합과 각각의 비용과 효과 등을 분석
- EPA는 자동차 에어컨 제조사에게 설계향상을 통하여 누출(leakage)을 줄일 수 있도록 동기(Credit)을 부여하고 있으며 누출을 줄이는 기술과 효과, 비용 등에 대한 분석 시행
 - 직접 배출량은 기술별 자동차 에어컨의 연간 배출량을 산정하고 이를 주행거리당 배출량(gram-per-mile)으로 산정
 - 간접배출량은 에어컨 효율 개선을 통하여 자동차의 에너지사용량과 연료 절감을 통한 CO₂ 배출량 감소분 산정
- EPA의 분석에서는 통제시나리오 이외에도 추가적으로 2012년부터 매년 배출량을 4% 또는 6%씩 감소하는 경우 감축되는 온실가스의 양과 차량 1대당 추가비용을 산정
 - 이를 위하여 자동차 제조사별로 추가적인 CO₂ 감축이행 비용을 산정함.

<표 3-25> 기업평균연비 시나리오별 배출량 기준과 비용(예시)

감축 시나리오	산업단위 CO ₂ 배출량(g/mile)	자동차당 추가비용
매년 4% 감축	256.9	\$883
매년 6% 감축	236.1	\$1,343

출처: EPA(2010), p 5-2.

- EPA의 온실가스 감축잠재량 분석은 경제변수 전망을 통하여 자동차별 판매량을 전망하고 온실가스 감축기준 적용에 따른 차량에서의 배출량(배기구 배출량과 자동차 에어컨 시스템의 누출량) 감축효과를 산정함.
- 추가적으로 연비향상에 따라 자동차 연료의 사용량이 감소하고 그로 인한 원유 채굴과 운송, 정제과정과 수송과정에서의 온실가스 감축효과도 산정함.

<표 3-26> 배출과 연료 절감 효과

Table 5-1 Impacts of Program on GHG Emissions and Fuel Savings

CALENDAR YEAR	ANNUAL GHG REDUCTION (CO ₂ EQ MMT)	FUEL SAVINGS (MILLION BARRELS PER DAY OF GASOLINE EQUIVALENT)	ANNUAL FUEL SAVINGS (BILLION GALLONS OF GASOLINE EQUIVALENT)
2020	156.3	0.8	12.6
2030	307.4	1.6	24.7
2040	401.5	2.1	32.6
2050	505.9	2.7	41.5

- 매년 강화된 새로운 기준이 적용되는 신규 자동차가 기존 자동차를 대체함에 따라 온실가스 감축잠재량은 시간이 지남에 따라 증가함.
- 분석 대상
 - 2012~2016년 모형연도별 자동차로서 휘발유와 경유 사용 자동차 대상
 - 자동차 배기구 배출 온실가스와 자동차 에어컨 시스템의 누출량
 - 에어컨 시스템 효과는 에어컨 시스템 누출 감소뿐만 아니라 에어컨 효율개선에 따른 연료 사용량 저감에 의한 온실가스 감축효과도 산정
 - 연비 향상에 따른 주행거리의 증가효과(Rebound Effect)도 고려
 - 연료공급 감소에 따른 온실가스 감축효과 산정
- 분석모형
 - OMEGA 모형과 MOVES2010을 사용하여 주어진 차종(Fleet)에 대하여 EPA의 기준을 달성할 수 있는 감축기술과 감축기술별 효과(편익)와 비용을 산정
 - OMEGA 모형의 Microsoft Excel Workbook(the benefits post-processor)을 사용하여 차종(fleet)단위로 산정된 온실가스 감축효과와 편익을 국가단위로 산정
 - CO₂배출량과 연료소비량(율)은 OMEGA에서 산출되고 다른 오염배출물질은 MOVES 2010의 DB에서 제공됨.
 - 에어컨의 HFCs와 CO₂ 저감 효과는 별도의 spreadsheet을 사용하여 개별 산정
 - 원유 채굴과 운송, 정제부문과 수송 등 상류 부문(upstream emissions)의 배출량 저감 효과는 재생연료기준(renewable fuel standard) 효과 산정과 동일하게 산정. 단 효과는 가솔린 소비량의 감소효과만을 산정함.

○ 2개의 분석시나리오 설정

- 기준시나리오(Reference Scenario)와 통제시나리오(Control Scenario) 2개의 시나리오 분석
- 기준시나리오는 교통부의 고속도로 안전청(National Highway Traffic Safety Administration)의 2011년 모형의 기업평균연비를 가정하여 이를 2012~2016년 모형연도 차량에 적용
- 기준시나리오와 통제시나리오에서는 차종별 구성, 판매, 기준 자동차 주행거리 등의 자료를 동일하게 사용
- 통제시나리오에서 온실가스 감축효과는 휘발유만을 대상으로 연료사용 감소에 따른 효과를 산정함. 재생연료의 사용량은 불변으로 가정함. 그 결과 가솔린 사용량이 감소하는 경우 재생연료의 시장 점유율은 상승함.
- 기준 시나리오 하에서의 CO₂ 배출

<표 3-27> 기준 시나리오 하에서의 CO₂ 배출

Table 5-8 Reference Case Average Emission Targets (grams/mile CO₂)

MODEL YEAR	PA EMISSION LEVEL	NPA EMISSION LEVEL	MY EMISSION LEVEL
2012	292	365	320
2013	291	365	319
2014	291	364	318
2015	292	364	317
2016	292	364	316

출처: EPA(2010), p 5-10.

- 통제시나리오 하에서의 CO₂ 배출

<표 3-28> 통제 시나리오 하에서의 CO₂ 배출

Table 5-11 Control Case Average Emission Targets (grams/mile CO₂)

MODEL YEAR	PA EMISSION LEVEL	NPA EMISSION LEVEL	PROJECTED MY EMISSION TARGET
2012	263	346	295
2013	256	337	286
2014	247	327	276
2015	236	312	263
2016	225	298	250

출처: EPA(2010), p 5-12.

- 각각의 시나리오에 대하여 자동차 판매, CAFE하에서 목표 초과 달성실적 등을 반영하여 예상되는 실질 CO₂ 배출 전망(Achieved CO₂ emission level)도 실시

○ 하류 부문에서의 CO₂ 배출량 산정

- 연도별 자동차 판매량과 배출량을 반영, 온실가스 배출량 저감량과 편익을 산정
- 배출량 산정 방법

$$\text{총배출량} = \text{연간 주행 거리(VMT)} * \text{배출율(g/mile)}$$

<표 3-29> 기대되는 배출 수준

Table 5-14 Federal GHG Program Anticipated Emission Levels (grams/mile CO₂)

MODEL YEAR	ANTICIPATED PA EMISSION LEVEL	ANTICIPATED NPA EMISSION LEVEL	ANTICIPATED MY EMISSION LEVEL
2012	270	365	307
2013	264	354	298
2014	258	344	290
2015	248	330	277
2016	236	309	261

출처: EPA(2010), p 5-16.

- 시간이 지남에 따라 특정연도에 신규 공급된 자동차의 배출효과는 누적됨.

○ 리바운드(Rebound) 효과 산정

- 연비 향상에 따른 실질 운행비용 하락으로 주행거리 증가 효과 반영하므로 기준 시나리오와 통제시나리오에 있어서 주행거리(VMT)가 달리 적용됨.
- EPA(2010) 분석에서는 리바운드 효과로 주행거리가 10% 상승하는 것으로 가정함.

○ 최종적으로 CO₂ 배출감축효과 산정 시 기술적 배출량과 운행 시 배출량 차이 크기 20%를 반영

$$\text{운행시 배출량} = \text{실질 배출량} / (1 - \text{차이 크기}) * \text{VMT(리바운드 효과 반영)}$$

○ 에어컨 시스템 누출 저감 효과 산정

- 에어컨 시스템 설계 변경 등으로 HFCs의 누출량을 줄이고 효율개선으로 CO₂ 배출량 감소효과 산정하며 폐기단계의 누출량 감축효과는 산정하지 않음.

<표 3-30> 베이스라인 A/C 사용을 포함한 CO₂ 배출

Table 5-16 Tailpipe CO₂ Emissions including Baseline A/C Usage (MMT)

	2020	2030	2040	2050
Tailpipe CO ₂ Emissions (Reference)	1,173	1,313	1,609	2,030
Δ Tailpipe CO ₂ Emissions (Control) including 10% rebound	-101.2	-199.6	-263.4	-335.3
Δ Tailpipe CO ₂ Emissions due to 10% rebound	10.3	19.9	26.1	33.2

- 신기술의 보급률에 대하여 가정

<표 3-31> 모델 연도에 의한 AC 통제 효과

Table 5-17 - AC Control by Model Year (Reduction from Base Emissions)

	MY 2012	MY 2013	MY 2014	MY 2015	MY 2016+
Market Penetration of technology	25% ^E	40%	60%	80%	85%
HFC Reduction %	-13%	-21%	-30%	-40%	-43%
Indirect Reduction %	-10%	-16%	-24%	-32%	-34%

- 누출은 신기술을 장착한 차량의 비중, 그리고 간접배출은 신기술을 장착한 차량의 주행거리에 비례
 - 에어컨 시스템 누출량 감축효과 산정
 - 배출량 감축 = 연도별 감축률 * 연도별 배출량
 - 연도별 감축률 = $\sum\{\text{모형연도별 감축률} * (\text{모형연도의 차량/전체 차량수})\}$
 - 에어컨 시스템의 간접배출량 감축효과
 - 기존의 차량에서는 에어컨 사용으로 CO₂ 배출량이 14.25g/mile 발생하는 것으로 조사되었으며 신규 기술을 적용하는 경우 40%(5.7g) 저감 효과 발생
 - 신규차량 판매와 주행거리 추정치를 사용하여 저감 효과 산정
 - 기준 시나리오하의 배출량은 기술적 배출량과 운행 배출량의 차이에 반영되어 있는 것으로 추정하여 감축효과만 순수하게 반영
 - CH₄와 N₂O 배출량은 기준시나리오와 통제시나리오의 차이가 없는 것으로 산정하므로 감축기술에 의한 CH₄와 N₂O 저감효과는 통제시나리오에 리바운드효과를 반영한 차이만을 산정
 - 연료저감량은 CO₂ 저감량에 배출계수의 역수를 곱하여 산정
 - 8,887gCO₂/가솔린 갤런

<표 3-32> 부문별 프로그램 연도별 감축효과

This section presents total program calendar year impacts by sector (Table 5-24, Table 5-25, Table 5-26). Upstream, downstream, and total program impact are presented.

Table 5-24 Downstream GHG and Fuel Consumption Changes vs. Reference Case

	2020	2030	2040	2050
Δ CO2 (Metric Tons)	-111,867,639	-219,811,320	-289,887,109	-368,990,880
Δ CH4 (Metric tons)	302.0	631.8	853.1	1,087.4
Δ N2O (Metric tons)	134.9	284.1	383.9	489.6
Δ HFC (Metric tons)	-9,324	-18,189	-21,642	-23,899
Δ GHG (MMT CO2 EQ)	-125.2	-245.7	-320.7	-403.0
Δ Fuel Consumption (billion gallons per year)	-12.6	-24.7	-32.6	-41.5

Table 5-25 Upstream GHG Change vs. Reference Case

	2020	2030	2040	2050
Δ CO2 (Metric Tons)	-27,200,175.2	-53,446,255.6	-70,484,907.4	-89,718,677.3
Δ CH4 (Metric tons)	-154,246.0	-303,081.5	-399,703.8	-508,774.1
Δ N2O (Metric tons)	-437.2	-859.1	-1,133.0	-1,442.2
Δ GHG (MMT CO2 EQ)	-31.2	-61.3	-80.8	-102.9

Table 5-26 Total GHG and Fuel Consumption Changes vs. Reference Case

	2020	2030	2040	2050
Δ CO2 (Metric Tons)	-139,067,814.2	-273,257,576.1	-360,372,016.8	-458,709,557.6
Δ CH4 (Metric tons)	-153,944.0	-302,449.7	-398,850.7	-507,686.7
Δ N2O (Metric tons)	-302.3	-575.0	-749.1	-952.6
Δ HFC (Metric tons)	-9,324.1	-18,189.3	-21,641.7	-23,899.2
Δ GHG (MMT CO2 EQ)	-156.3	-307.0	-401.5	-505.9
Δ Fuel Consumption (billion gallons per year)	-12.6	-24.7	-32.6	-41.5

- 불확실성 고려 방법
 - 주요 변수에 대하여 Monte Carlo 모의실험을 통하여 연료 절감, 온실가스 배출, 그리고 비용과 편익에 미치는 불확실성의 범위 산정
 - 대표적인 주요 변수는 기술 비용, 기술의 효과성, 연료가격, 외부효과의 크기, 그리고 리바운드(Rebound) 효과 등

3) 필요 자료 및 정보

- 상류부문 온실가스 감축효과 산정은 DOE의 Argonne National Lab.에서 개발된 GREET 모형을 사용하여 원유채취에서 가솔린 생산까지의 배출량을 산정
- 중소형 자동차 판매량을 예측하고 이중 승용차의 비중을 예측하여 승용차 판매량 예측

<표 3-33> 총 자동차 대수와 비율 전망

Table 5-7 Projected Total Vehicle Sales and Car Fractions

	Model Year 2012	Model Year 2013	Model Year 2014	Model Year 2015	Model Year 2016
Total Light Duty Sales	14,921,031	15,835,190	16,178,725	16,452,676	16,501,102
Classic Car Fraction	51.8%	52.9%	54.3%	55.8%	57.1%
PA Fraction	59.2%	61.1%	61.9%	63.2%	64.6%
PAs Sold	7,922,992	9,123,197	9,797,738	10,231,974	10,627,055

출처: EPA(2010), p 5-9

- 자동차 제조사(판매사)별로 공급되는 자동차 종류별 연비/온실가스 배출량과 자동차 제조사별 생산되는 자동차 종류의 전망량을 가지고 제조사 단위의 기업연비를 산정
- 자동차 모형연도별 차령에 따른 주행거리와 신차 중 차령별 운행 중인 차
 - 특정모형연도 총차량의 연간 총운행 거리 = 해당모형연도 신차 판매량 * 차령을 반영하여 당해 연도 운행중인 차의 비중* 해당 차령의 연간 운행거리
- 차량 판매 자료
 - 신차는 Annual Energy Outlook에서 제공
 - 운행 중인 차의 판매실적은 Transportation Energy Data Book
- 차량 운행거리는 매년 1.15%씩 증가하는 것을 기본으로 하고 실질 에너지소비량, 그리고 휘발유 가격 등을 반영하여 조정
- 자동차 차령별 생존률과 주행거리 존재(EPA(2010), p. 5-32, 다음 page)
- 리바운드 효과에 대한 추정치 혹은 가정이 필요
- 운행시 배출량과 기술적 배출량의 차이 추정치
- 에어컨 시스템 누출 산정
 - 2005년과 2006년 자동차 등록대수와 차종별 연간 누출량 자료
 - 이후 각각의 연도별 차량 구성의 변화를 반영하여 기준 배출량을 산정

<표 3-34> 차령별 생존율과 누적 마일리지

Table 5-32 Updated Survival Fraction and Mileage Accumulation by Age

AGE	PA SURVIVAL FRACTION	PA MILEAGE	NPA SURVIVAL FRACTION	NPA MILEAGE
0	0.9950	17,270	0.9950	19,219
1	0.9900	16,943	0.9741	18,782
2	0.9831	16,599	0.9603	18,419
3	0.9731	16,163	0.9420	17,946
4	0.9593	15,761	0.9190	17,502
5	0.9413	15,337	0.8913	16,952
6	0.9188	14,881	0.8590	16,439
7	0.8918	14,429	0.8226	15,829
8	0.8604	13,940	0.7827	15,218
9	0.8252	13,495	0.7401	14,648
10	0.7866	12,964	0.6956	13,992
11	0.7170	12,510	0.6501	13,450
12	0.6125	11,990	0.6042	12,832
13	0.5094	11,470	0.5517	12,212
14	0.4142	10,997	0.5009	11,600
15	0.3308	10,543	0.4522	11,069
16	0.2604	10,125	0.4062	10,617
17	0.2028	9,714	0.3633	10,125
18	0.1565	9,307	0.3236	9,650
19	0.1200	8,891	0.2873	9,238
20	0.0916	8,546	0.2542	8,882
21	0.0696	8,285	0.2244	8,667
22	0.0527	8,136	0.1975	8,400
23	0.0399	7,896	0.1735	8,395
24	0.0301	7,699	0.1522	8,197
25	0.0227	7,530	0.1332	8,188
26	0.0000	7,432	0.1165	8,218
27	0.0000	7,297	0.1017	8,216
28	0.0000	7,198	0.0887	8,213
29	0.0000	7,138	0.0773	8,211
30	0.0000	7,136	0.0673	8,210
31	0.0000	7,133	0.0586	8,208
32	0.0000	7,128	0.0509	8,203
33	0.0000	7,117	0.0443	8,196
34	0.0000	7,103	0.0385	8,182
35	0.0000	7,086	0.0334	8,167

다. 감축효과 분석

1) 감축효과

- 2010년부터 시행되는 새로운 기업평균연비 기준을 적용하여 2012년부터 2025년까지의 모형연도를 기준으로 감축잠재량을 산정함.
 - 2013년의 감축잠재량은 35,000천톤CO₂eq으로 산정함.
- 6대 온실가스 이외에 추가적으로 VOC, CO, NO_x, PM_{2.5}, SO_x 저감효과도 산정함
- 또한, 대기오염물질인 Butadiene, Acetaldehyde, Acrolein, Benzene, Formaldehyde 등의 저감효과도 산정
 - PM_{2.5}, 오존 등의 저감을 통한 환경, 건강영향 평가도 실시
- 경제, 사회적 영향 분석
 - 자동차 판매량, 소비자의 차량 선택, 에너지 안보 등의 효과
 - 연비향상에 따른 경제적 영향, 자동차 주행거리 증가, 혼잡도와 소음공해 증가 등의 영향도 분석

2) 측정방법

- 구체적인 자료 미비

3) 필요 자료 및 정보

- 차량 판매 자료
 - 신차 전망자료는 Annual Energy Outlook에서 제공
 - 운행 중인 차의 판매실적은 Transportation Energy Data Book
- CAFE 연비효과 영향에 관한 결과와 기초자료(2012~2016, 2017~2025)는 <http://www.nhtsa.gov/fuel-economy> 에 제시
- CAFE 연비규제의 온실가스 효과 영향에 관한 결과와 기초 자료 (2012~2016, 2017~2025)는 <http://www.epa.gov/otaq/climate/regulations/420r10009.pdf> 와 <http://www.epa.gov/otaq/climate/documents/420r12016.pdf> 에 제시

4) 효과의 평가 분석

- 미국 환경부의 MOVES 모형, OMEGA 모형 사용
<http://www.epa.gov/otaq/models/moves/moves-cwp.htm>.
<http://www.epa.gov/otaq/climate/models.htm>

라. BR1과 BR2의 감축효과 차이 및 원인 분석

1) 감축효과 차이

- BR1에서는 CO₂와 HFC를 대상으로 2025년 목표를 갤런당 54.5마일 연비로 정함.
- 감축 효과와 목표의 비교(단위 천CO₂eq톤)
 - BR1과 BR2의 2020년 감축목표는 동일함.

<표 3-35> BR1과 BR2에서의 실적과 전망 비교 (단위 ktCO₂eq)

	2011	2013	2020
BR1	35,000	-	236,000
BR2	-	35,000	236,000

마. 감축수단 이행평가 방법, 관리 책임 기관 및 역할

1) 잠재량 분석의 주체 및 역할

- 전담 기관: 교통부/환경청(Department of Transportation/Environment Protection Agency)
- 감축 실적: 1990년부터 2011년까지 교통부 Volpe Model과 대상 산업에서 제공한 자료를 이용하여 CO₂, N₂O, CH₄ 저감 실적을 산정
- 2012~2025 감축효과에 대해서는 Volpe, EPA의 OMEGA, MOVES 모형과 관련 산업에서 제시하는 자료를 사용하여 잠재량 추정
 - CO₂, N₂O, CH₄, 그리고 HFCs의 감축잠재량 추정

바. 한국에서의 적용 가능성 및 시사점

1) 감축잠재량 분석 분야

- 우리나라의 온실가스 감축잠재량 분석에 있어서 기업평균 연비, 온실가스 감축목표 제도의 효과를 수송부문 감축에 포함.
 - 매년 공급되는 신차의 보급대수를 반영한 연도별 연비변화를 예상하여 해당연도의 예상주행거리를 곱하여 온실가스 감축잠재량을 산정함.
- 감축잠재량과 목표 설정에 CO₂, CH₄, N₂O뿐만 아니라 HFCs도 포함한 허용치를 발표하는 것을 도입할 필요 있음.

2) 감축 효과 측정 분야

- 우리나라의 경우에도 자동차 제작, 판매사, 수입자동차 판매업자들의 신차 판매량에 대한 신뢰도 있는 자료가 획득가능하고 이론적 연비와 실질 연비의 차이가 적은 경우 승용차에 대한 기업연비제도의 사후적 효과를 측정할 수 있을 것임.
- 또한, 자동차 제작사 혹은 수입자동차 판매업자들의 국내 판매량 실적을 반영한 사후적 연비와 감축목표의 연비를 비교하여 사후적으로 목표 달성 여부를 판단할 수 있을 것임.

3) BR의 개선 분야

- 본 제도는 지속적으로 추진되어 왔으며 BR의 경우 온실가스 감축목표 설정에 있어서는 국가보고서와 차별화되지만 감축효과에 있어서는 국가보고서가 보다 상세히 서술하고 있음.

4) 참여기관 및 역할 분야

- 교통부/환경청(Department of Transportation/Environment Protection Agency)

2. [미국] Renewable Fuel Standard

가. 일반 현황

1) 제도의 개요

- 2022년까지 매년 360억배럴의 재생에너지 연료를 사용할 것을 규정
 - 바이오 디젤의 양을 규정하고 셀룰로식(cellulosic) 바이오 연료의 양도 160억톤 기준 정함.
 - 재생에너지 연료와 중간원료 등에 대한 새로운 정의 도입, 재생에너지 전생애 온실가스 배출량에 대한 기준 설정

2) 제도 이력

- 2006년부터 '재생에너지연료 기준'제도를 시행하였으며 2010년부터는 제2기(RFS2)를 시행
- 2015년에, 2014부터 2016년까지의 재생에너지 연료기준의 혼합비율과 연료량 기준을 설정하였으며 2014년부터 2017년까지의 바이오 디젤량 기준을 설정
 - 2016년 기준 셀룰로식 바이오 연료 2014년 시장 판매규모보다 7배 증가한 200백만갤런임.
 - 고급바이오 연료의 2016년 기준은 약 10억 갤런이고 2014년보다 35% 증가함.
 - 전체적으로는 2016년까지 18억 갤런 이상이 되는 규모임.
 - 2017년에는 20억 갤런 이상임.

나. 감축잠재량 분석

1) 감축잠재량

- 재생에너지연료 기준의 온실가스 감축효과는 전생애방법(Lifecycle methodology) 적용
 - 전생애 분석은 연료별 감축을 이용하여 특정연료에 대한 기준치를 산정하는 데 사용함.
 - 또한 재생에너지 기준정책이 전세계적인 온실가스 배출량에 미치는 영향을 산정하는 데에도 사용됨.
- 미국 환경청의 전생애분석의 목적은 특정연료, 그리고 연료의 전생애에 걸친 온실가스 배출량을 법에서 규제하고 있는 기준과 비교하고 피규제대상 기업 혹은 배출원에 대하여 온실가스 배출량 기준치를 만족시키는 연료만을 사용하여 의무량을 달성하도록 하는 것임.

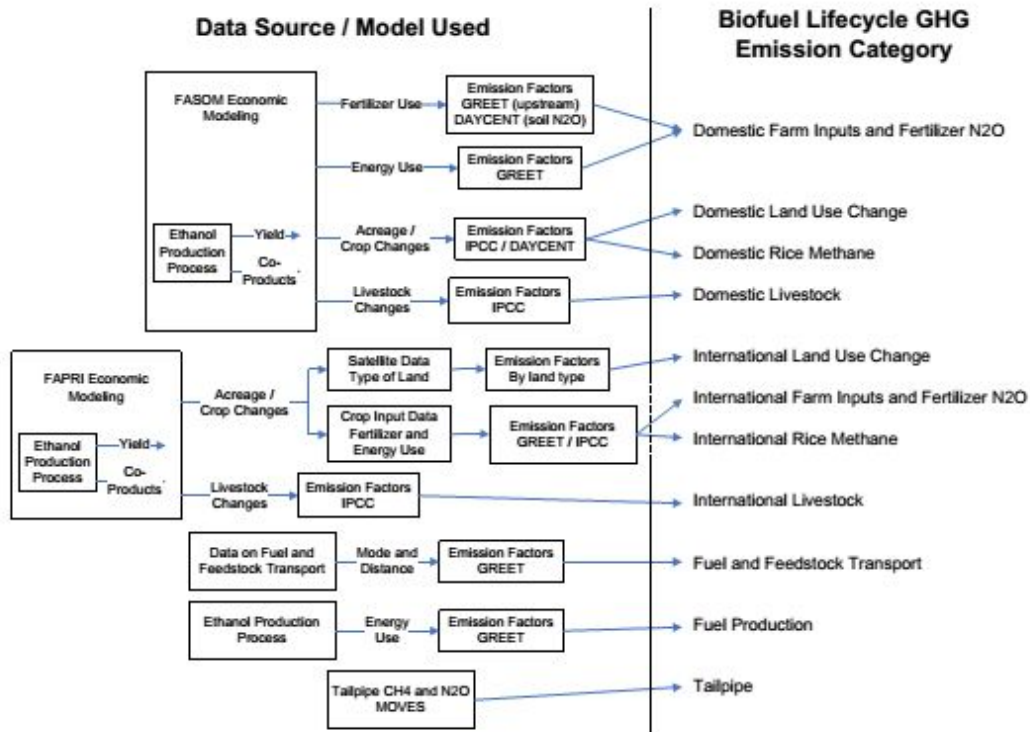
- 영향 평가는 2022년을 기준으로 산정되었으며 30년 동안의 토지사용변화와 바이오 연료의 편익을 계산함.
 - 2020년의 감축효과량은 실질적으로는 2022년의 평균 감축효과를 나타냄.
 - 미국 환경청의 분석에 있어서 전생애에 걸친 재생연료의 효과분석을 1년단위로 하는 것은 무의미한 것으로 판단하여 제2차 재생연료기준 계획이 마지막 연도인 2022년을 기준으로 산정

- EPA에서는 재생에너지연료 기준의 온실가스 감축효과 추정을 위한 모형을 개발하여 추정
 - 모형에는 연료와 중간원료(feedstock) 생산, 분배, 사용, 그리고 농산물 시장에 미치는 영향까지 고려

- 미국내 바이오연료로 인한 재배면적의 변화와 축산의 변화는 FASOM(Forestry and Agricultural Sector Optimization Model)을 사용
 - 바이오 연료수요 확대에 따른 곡물재배 면적 변화 분석
 - 옥수수 가격 상승으로 인한 가축사육의 변화 등 추정
 - FOSOM은 미국내 상황에 따른 2000여개 이상의 생산 가능성을 분석함.
 - CO₂, CH₄, N₂O 등 농산물 생산활동과 탄소흡수와 변화 등을 산정
 - FOSOM은 미국 환경청에서 미국 산림과 농업부문 감축 잠재량 분석에 사용함.
 - 모형을 통한 산출물은 국내 농업부문에서 사용하는 비료와 에너지 사용량 산정
 - 비료와 에너지 사용량은 모든 곡물별 생산과 바이오연료 생산으로 인한 곡물생산량 등을 산정하여 추정
 - 가축과 관련해서는 가축사료가격의 변화로 인한 가축수와 가축 종류의 변화를 산출
 - 또한, FASOM 모형은 농업에 투입되는 토지면적과 곡물별 재배면적의 변화, 초지와 산림지의 관계도 분석함.
 - 이러한 토지사용의 변화에 대하여 배출계수를 적용하여 토지사용변화에 따른 온실가스 배출량 변화를 산정함.

[그림 3-12] 바이오연료에 따른 배출량 변화 산정모형과 자료틀

Figure 2.2-1 System Boundaries and Models Used



출처: Renewable Fuel Standard Program(RFS2) Regulatory Impact Analysis, EPA, 2010, p. 304

- 연료와 비료의 온실가스 배출계수는 미국 Argonne 국립연구소에서 만든 Greenhouse gases, Regulated Emissions, and Energy use in Transportation(GREET)의 spreadsheet analysis tool 사용
 - 가축배출계수는 IPCC 배출계수 사용
 - GREET는 연료의 생산과 소비과정, 그리고 농축산부문의 비료, 사료 등의 생산과 운반에 사용되는 배출활동에서 배출하는 온실가스 배출량 산정
 - 농업과 바이오연료 생산에 소요되는 전력 생산 배출계수도 추정
- 비료사용에 따른 N₂O배출량 산정을 위해서는 CENTURY와 DAYCENT 모형 사용
 - DAYCENT 모형은 식물과 토양과의 관계를 묘사하는 것으로 일단위로 토양수분합량과 온도, 그리고 가스배출(CH₄, N₂O, NO_x, N₂)의 배출을 산정
 - CENTURY는 일반적인 토양-식물 모형으로 식물생산, 토양탄소관계, 토양영양관계, 토양수량과 온도 관계 등을 묘사함
 - CENTURY는 곡물별로, 그리고 토지사용별로 N₂O 배출량 산정함.
 - Winlock International 자료에는 위성자료를 이용하여 경제, 사회, 정치적 원인 등

으로 인한 토지사용의 변화에 관한 내용이 존재하며 이러한 동일한 추세가 2022년까지 지속될 것으로 가정함.

- 바이오연료 중간원료생산에 따른 국제적인 농업생산과 가축생산의 변화는 FAPRI-CARD 모형을 사용
 - FAPRI-CARD 모형은 특정 상품, 상품간 생물학적, 기술적, 경제적인 관계 묘사
 - 미국내에서 바이오연료 생산과 소비증대에 따른 전세계적인 영향을 추정함.
 - 외부 충격에 따른 국가별, 상품별 곡물재배면적과 가축생산의 변화를 산출함.
 - FASOM과는 달리 비료사용량의 변화, 에너지 사용의 변화, 그리고 토지사용변화에 대한 자료를 산출하지는 않음.
 - FAPRI-CARD의 곡물과 가축생산에 사용하도록 모형 밖에서 비료사용량, 에너지 사용량, 토지사용 등의 변화에 대한 내용을 산출하고 이를 근거로 온실가스 배출량을 산정함.
 - FAPRI-CARD 모형에서는 곡물과 가축생산에 따른 토지면적의 변화는 산정되지만 어떠한 형태의 토지가 토지사용 용도가 변화되는 지에 대해서는 제시되지 않으므로 Winrock International이 제시하는 국가별 토지용도 변화자료 사용
- 모형을 사용한 전생애분석에 있어서 시나리오 분석을 채택하였는데 추가적인 정책이 없는 경우를 기준선(business as usual)으로 선정하고 재생에너지기준 제도가 추가적으로 시행되는 경우의 온실가스 배출량의 변화를 산정함.
 - 2007년 추가적인 정책이 시행되지 않는다는 기준 하에 미국 에너지 정보청에서 전망한 재생연료의 양을 기준선(BAU)으로 채택
 - 다만, 2007년 이전에 채택한 경제, 정책적 요인들의 영향을 BAU 하의 배출량 기준선 전망에 반영됨.
- 2022년 기준 정책효과를 반영한 재생연료의 양은 기준선보다 많고 개별 재생연료의 영향을 분석하는 데 있어서는 다른 재생연료의 양을 고정시킨 상황에서 해당 재생연료의 양을 조금씩 증대시키면서 효과를 산정함.
- 재생연료량 이외의 에너지 가격, 연료가격, 생산효율 등의 현재와 2022년간의 변화는 기준선과 재생연료기준을 시행한 효과 분석에 있어서 동일하게 반영됨.
- 감축효과 분석은 재생연료 총량의 변화에 대한 감축효과 총량을 구하여 감축효과를 재생연료 총량으로 나누어 단위 연료량 당 감축효과를 산정함.
- 재생연료기준 정책 전체의 효과는 모든 재생연료의 감축효과를 합한 총량을 절대값으로 표시함.

- 곡물의 생산, 중간원료의 생산과 수송을 위한 거리와 수송수단 등에 대한 모형과 자료를 통하여 생산지에서 바이오연료 가공공장, 그리고 최종소비자까지의 수송과 관련한 배출량도 산정함.
- 바이오연료 가공과정에서의 배출량은 해당 산업에서 제출한 명세서, 그리고 자체 모형 등을 통하여 소요 에너지양을 산정하여 배출량 산정
- FASOM, FAPRI-CARD, Winrock International 결과의 타당성을 검증하기 위하여 GRAP(Global Trade Analysis Project) 모형의 바이오연료에 따른 전세계적인 농업 부문 생산의 변화에 대한 결과와 비교
 - 대부분의 결과가 GTAP에서 산출된 결과와 유사하였으며 특히 국제적인 토지사용의 변화는 유사한 결과를 얻음.
- 또한 개별 연료별 미국 경제 전체에 대한 영향은 지역별 차이를 고려하지 않고 미국 전체에 미치는 영향을 총량적으로 파악
 - 농업의 경우 미국 농업 전반에 미친 영향을 미국내 해당 바이오연료의 변화를 이를 기준선과 정책추진 이후의 바이오 연료량의 차이로 나누어 연료 단위량별 효과를 산정
 - 특정 생산시설의 특징도 해당 시설에 대한 영향을 동일한 방식으로 산정하여 동일한 기술을 갖는 시설에는 동일하게 적용함.

2) 산정방법

- 재생연료 전생애 온실가스 감축량은 재생에너지와 대체인 휘발유 또는 경유 차이를 의미
 - 또한 기준치에 비하여 재생연료가 대체하는 온실가스 배출량의 변화를 추정함.
- 구체적 산정은 재생연료와 석유기반의 화석연료 열함유량 당 온실가스 배출량의 차이를 기반으로 온실가스 감축효과를 산정하여 에너지단위(per BTU 등) 당 온실가스 배출량의 변화를 추정함.
- 감축잠재량은 CO₂, CH₄, 그리고 N₂O를 대상으로 산정
- 미국 의회에서 규정한 전생애온실가스 배출량은 직접배출량 뿐만 아니라 토지사용 변경 등으로 인한 유의미한 간접배출을 포함함.
 - 전생애에는 연료와 중간원료(feedstock) 생산과 배분, 그리고 중간원료 생산 또는 채취로부터 분배, 운송 등을 통하여 최종소비자가 사용하는 연료를 포함
 - 특히 바이오연료의 경우 온실가스 배출의 직접효과 뿐만 아니라 간접효과, 2차 효

- 과 등도 반영할 수 있는 모형을 개발 운용
 - 2차 효과에는 바이오 연료로 인한 혹은 바이오연료가격의 변화로 인한 재배 작물의 변화, 가축생산의 변화 등이 효과도 고려함.
 - 또한 바이오 연료 생산 시 부산물이 동시에 산출되는 경우 배출량을 바이오연료와 부산물 사이에 배분문제도 함께 기준을 정하여 산정함.
- 전생애분석에 있어서 경계 설정은 매우 중요
 - 원유 채취단계와 바이오연료의 중간원료 생산단계는 동일 단계로 간주하여 생산한 중간원료를 수송하고 이를 다시 가공하는 경우는 채취된 원유를 수송하고 정제하는 과정에 대응하여 배출량 변화를 산정
 - 중간원료 생산을 위한 트랙터 연료 사용, 비료 생산과 수송을 위한 에너지 사용 등이 온실가스 배출에 미친 영향 산정
 - 시설, 설비, 기계 등의 이용에 따른 에너지 사용과 온실가스 배출량은 산정대상이지만 시설, 설비, 기계 등의 생산에 소요된 원료와 에너지 등은 온실가스 배출량 산정 대상이 아님.
 - 폐오일을 활용한 바이오디젤의 생산 영향 분석에 있어서는 토지사용변화의 효과를 추정하지 않음.
 - 생활폐기물(MSW), 폐지방, 폐식용유 등
 - 바이오에탄올 수입은 기준선(BAU)하에서는 6억갤런을 수입, 그리고 재생연료기준 제도하에서는 22억갤런을 수입하는 경우만 고려
 - 다른 재생연료의 경우도 기준선과 제도 시행에 있어서 총량은 고정되어 있음.

<표 3-36> 시나리오별 재생연료 사용량

Table 2.3-1. Fuel Volume Scenarios Considered in This Analysis (Billions of Gallons)

Biofuel	Reference Case – Low Volume	Control Case – High Volume	Change
Corn Ethanol	12.3	15.0	2.7
Switchgrass Cellulosic Ethanol	0	7.9	7.9
Corn Residue Cellulosic Ethanol	0	4.9	4.9
Imported Sugarcane Ethanol	0.6	2.2	1.6
Soybean Oil Biodiesel	0.1	0.6	0.5

- 기준 전생애 온실가스 배출량은 2005년을 기준으로 재생에너지에 의해서 대체되는 수송부문에서 사용되는 휘발유 혹은 경유의 전생애에 걸친 온실가스 배출량을 의미함.

- 2005년을 기준으로 휘발유와 경유를 생산하기 위하여 사용된 대표적인 원유의 채굴, 운송, 정제 단계의 배출량이 경계내의 생산단계에서의 배출량임.
 - 이러한 배출량은 2005년을 기준으로 한 휘발유, 경유의 평균적인 전생애 배출량을 의미함.
- 위에서 정리한 재생연료기준의 온실가스 감축량 산정에 관한 내용을 근거로 구체적으로 제2단계 재생연료기준의 감축효과 산정과정을 서술하면 다음과 같음.
 - 바이오연료가 국내 농업부문에 미치는 영향은 FASOM 모형을 적용
 - 바이오연료가 국제 시장과 전세계적으로 미치는 영향은 FAPRI-CARD 모형을 적용
 - 농업부문의 배출량은 FASOM과 FAPRI-CARD 모형에서 산출된 결과에 GREET 산정표와 IPCC 산정기준을 적용하여 산정
 - 바이오연료 정제과정의 에너지 사용과 배출되는 온실가스 배출량은 다양한 정제 과정에 대한 모형을 고려하여 산정
 - 중간원료와 부산물의 운송관련 온실가스 배출량은 GREET 산정표를 적용
 - FASOM모형과 FAPRI-CARD 모형에는 통제시나리오(control case)와 정책시나리오를 동일하게 적용하여 특정연료의 연료량 변화 효과를 산정함
 - 여러 가지 바이오연료 중 한 가지 바이오연료에 대해서만 연료량을 변화시키고 다른 바이오 연료량은 고정시킴.

<표 3-37> FASOM 모형에서의 2020 연료량

Table 2.4 1. 2022 Fuel Volumes Modeled with FASOM (Billions of Gallons)

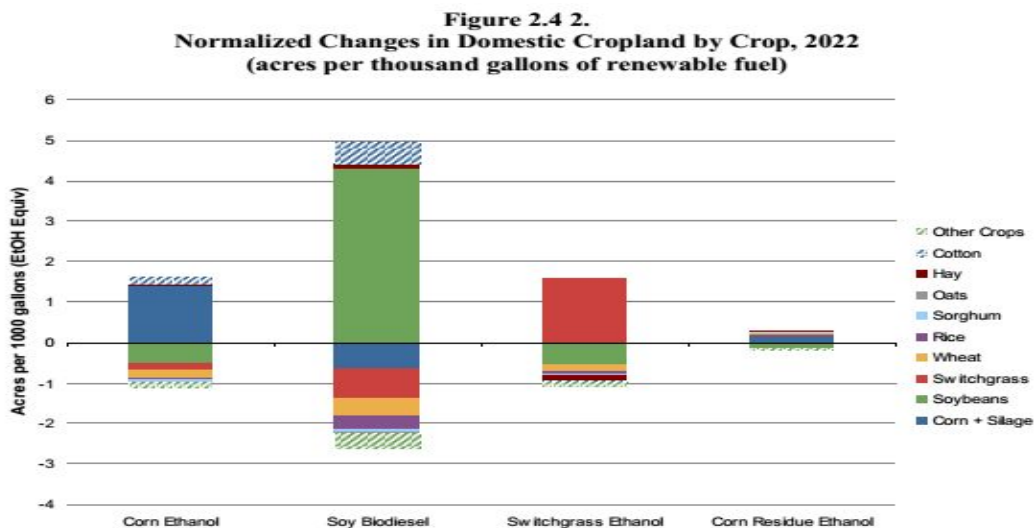
	Control Case	Biodiesel Only Case	Corn Ethanol Only Case	Corn Stover Ethanol Only Case	Switchgrass Ethanol Only Case
Soybean Biodiesel	0.6	0.1	0.6	0.6	0.6
Corn Ethanol	15.0	15.0	12.3	15.0	15.0
Corn Stover Ethanol	4.9	4.9	4.9	0.0	4.9
Switchgrass Ethanol	7.9	7.9	7.9	7.9	0.0

- 바이오연료 생산량의 변화에 따른 온실가스 감축효과는 기준시나리오와 정책시나리오의 차이로 분석
- 열량당 혹은 연료량당 효과는 전체 효과를 열량 혹은 연료량으로 나누어 산정
- 연료생산량의 효과는 다른 바이오 연료의 생산은 불변인 채 해당연료만의 생산량 변화를 산정하는 한계적 접근을 채택하였으며 한 연료의 생산량 변화 효과는 평균적 접근을 채택함.

○ 국내 농업에 미치는 영향

- FASOM 모형은 바이오 연료 생산 증대로 인한 활동자료의 변화와 온실가스 배출량 증가를 분석
- FASOM 모형에서 산출되는 변화되는 활동자료의 예: 비료사용량, 농약, 휘발유, 경유, 전력사용량, 토양관리의 변화, 가축생산, 그리고 농업수출량 변화 등
- FASOM 모형을 이용하여 각각의 바이오연료 시나리오에 해당하는 작물별 재배면적의 변화를 산정하고 이를 바이오 연료 일정량(1,000갤런당) 재배면적의 변화로 정규화된 효과 분석

[그림 3-13] 곡물별 국내 농지 변화



- 옥수수 에탄올 생산이 증가하는 경우는 옥수수 재배면적이 증가하지만 콩, 귀리, 건초(switch grass) 밀, 벼 재배면적은 감소함. 특히 옥수수와 경쟁관계에 있는 콩 재배면적이 가장 많이 감소함.

○ 곡물예산(crop budget)이라는 개념을 도입하여 지역별로 차등화된 곡물생산의 투입물 자료를 활용하여 이를 FASOM 모형에서 운용

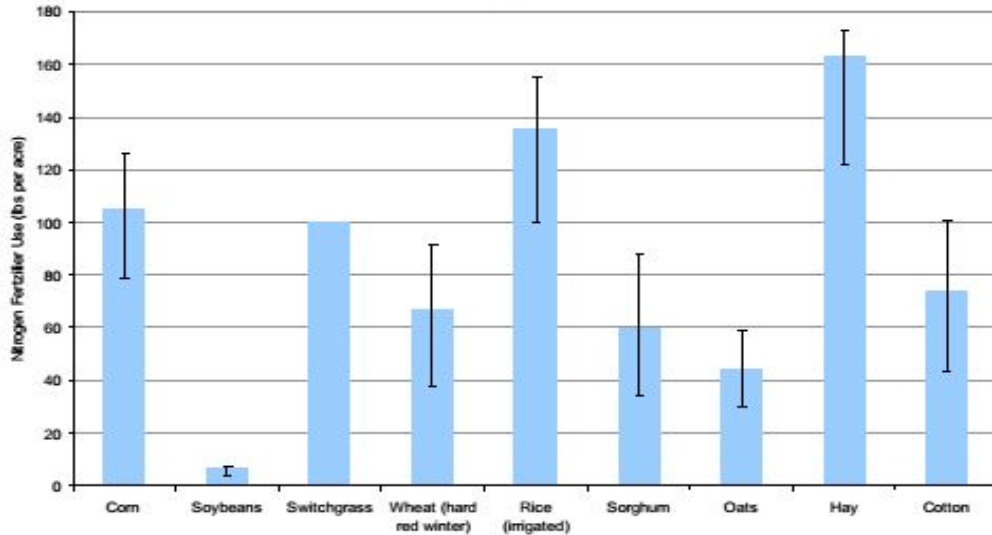
- 곡물예산에는 생산량, 비료, 농약, 에너지 소비량 등에 대한 자료가 지역별로 차별화되어 투입됨.
- 이러한 투입과 산출의 관계는 과거 자료를 활용하여 지역별 평균으로 산출되며 미래 전망 자료도 존재
- 투입 산출관계는 곡물별, 지역별로 차이가 있으며 재배관리 방식에 의해서도 차이가 존재함.

○ 곡물별 질소비료의 사용량은 지역별로 차이가 존재하며 [그림 3-13]는 곡물별 차이를 나타냄

- 옥수수, 건초 등은 상대적으로 질소비료 시료량이 높음.

[그림 3-14] 곡물별로 표시된 2022년 기준 질소비료 시비량 평균과 범위

Figure 2.4-3.
FASOM Average Nitrogen Fertilizer Use by Crop, 2022
Non-Irrigated, No Residue Harvesting
(lbs per acre)



Note: The range indicates the regions with the highest and lowest average nitrogen fertilizer use rates.

- FASOM 모형에서는 질소비료 시료량 뿐만 아니라 곡물재배에 투입되는 경유, 휘발유, 전기사용량에 대한 자료가 존재함.
 - 다만, 곡물 건조에 쓰이는 프로판 가스와 전기의 양은 100부셀(bushel)의 곡물에서 10%의 수분을 제거하는 데 필요한 에너지 양으로 각각 17.5 갤런(gallon)과 9kWh가 필요한 것으로 가정
 - 곡물별, 지역별로 차이가 나는 것은 수분제거율, 에이커당 생산량 등으로 결정됨.
- 지역별, 곡물별로 분석된 건조용 에너지 사용으로 인한 배출량은 아래 표와 같음.

<표 3-38> 지역별, 곡물별 건조시 단위면적당 온실가스 배출계수

Table 2.4-4. FASOM Average Carbon Dioxide Emissions from Grain Drying by Region (kgCO₂e / acre)

Crop	CB	GP	LS	NE	PNWE	PSW	RM	SC	SE	SW
Dryland										
Corn	161.4	135.9	202.2	160.5	NA	NA	66.1	24.5	43.8	15.2
Sorghum	99.4	22.3	NA	54.3	NA	17.7	NA	NA	NA	NA
Soybeans	26.0	7.0	24.1	14.3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Wheat, Durham	NA	5.1	23.4	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Wheat, Hard Red Spring	NA	6.7	25.4	NA	9.1	NA	NA	NA	NA	NA
Wheat, Hard Red Winter	51.3	11.1	51.6	34.5	NA	11.6	NA	NA	NA	NA
Wheat, Soft White	NA	NA	NA	NA	NA	NA	11.6	NA	NA	NA
Irrigated										
Corn	NA	185.1	NA	NA	132.6	121.6	103.2	21.0	NA	30.7
Rice	1,216.6	NA	NA	NA	NA	1,667.3	NA	1,254.8	NA	1,400.8
Sorghum	NA	33.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Soybeans	NA	10.3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Wheat, Durham	NA	11.3	NA	NA	NA	21.0	NA	NA	NA	NA
Wheat, Hard Red Spring	NA	10.2	NA	NA	NA	NA	17.6	NA	NA	NA
Wheat, Hard Red Winter	NA	15.4	NA	NA	NA	22.6	NA	NA	NA	NA
Wheat, Soft White	NA	NA	NA	NA	NA	NA	18.3	NA	NA	NA

- 곡물생산과 투입물, 곡물가격, 곡물생산비용 등을 고려하여 미국 전체 바이오연료 생산 증대에 따른 투입요소들의 변화량은 다음과 같음. (옥수수 에탄올생산 증대)

<표 3-39> 바이오연료 생산 증대에 따른 투입요소의 변화량

Table 2.4-5. Change in Domestic Agricultural Inputs under Corn Ethanol Scenario, 2022

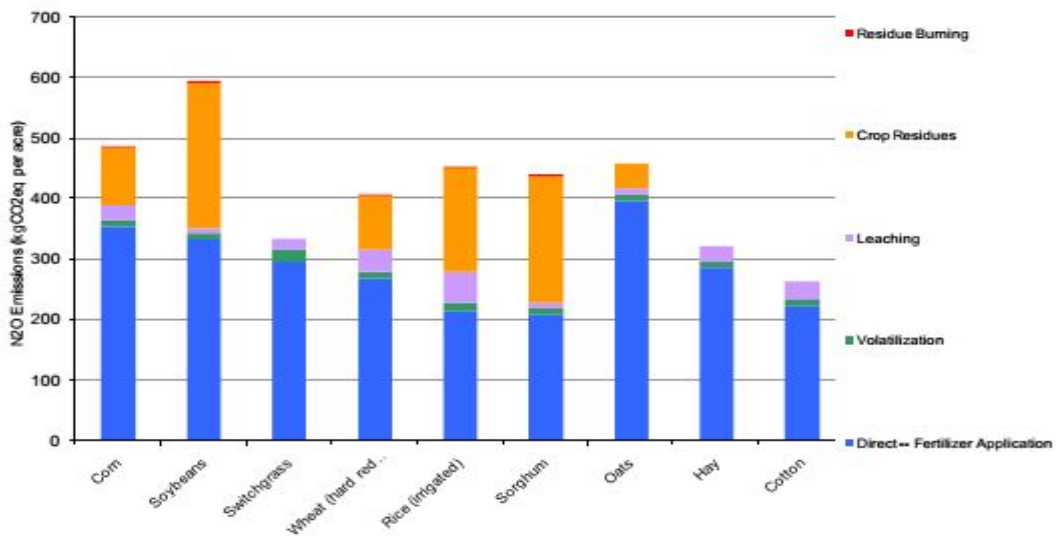
	Units per mmBTU	Corn Ethanol Only Scenario	Control Scenario	Difference	Percent Change
Total N use	Pounds	136.6	138.8	2.1	1.5%
Total P ₂ O ₅ use	Pounds	31.2	31.7	0.5	1.5%
Total K ₂ O use	Pounds	38.8	39.5	0.7	1.9%
Total Lime Use	Pounds	104.2	104.7	0.5	0.5%
Herbicide Use	Pounds	1.9	2.0	0.0	2.2%
Pesticide Use	Pounds	0.4	0.4	0.0	2.8%
Total Diesel Fuel use	Gal	14.3	14.2	-0.1	-0.5%
Total Gasoline use	Gal	1.7	1.7	0.0	-0.9%
Total Electricity Use	kWh	1.0	1.0	0.0	0.3%
Total Natural Gas Use	BTU	248,002	234,746	-13,257	-5.6%

- GREET 산정표(spreadsheet)를 이용하여 각각의 시나리오별 온실가스 배출원의 활동변화로 인한 배출량과 비료생산, 농약생산, 화석연료 채취와 정제과정에서 배출

- 되는 온실가스 배출량을 합하여 온실가스 배출량에 미치는 영향을 산정
- 이러한 직접적인 온실가스 배출량 이외에도 농업분야에서는 N₂O가 가축의 배설물, 농작물 잔사, 그리고 잔사 소각 등에서 배출되며 이러한 배출량도 추가적으로 산정하여 바이오연료 생산량 증대에 따른 효과를 산정함.
- DAYCENT/CENTURY 모형을 이용하여 경작지에서 배출되는 N₂O의 직접적, 간접적 배출량을 배출계수를 개발하여 반영함. [그림 3-14]는 이러한 직접적 배출량과 간접적 배출량을 종합한 결과임.

[그림 3-15] 곡물별 N₂O 배출량(단위면적당 배출량)

Figure 2.4-8.
FASOM Average N2O Emissions by Crop (Non-Irrigated, No Residue Harvesting)
(kgCO₂e per acre)



- 벼농사의 경우 CH₄은 화석연료 연소와 별도로 배출되므로 이를 반영한 CH₄ 배출량을 산정
- FASOM 모형에서는 모든 벼농사가 상시담수논에서 이루어지는 것으로 가정함.
- FASOM 모형에서는 벼농사에서의 CH₄의 배출량 감소는 재배면적의 감소에 의한 경우만 파악
- 미국 환경청은 1990~2003년까지 미국의 지역별 벼농사에서의 CH₄ 배출량 자료에 근거하여 2001년 기준 배출량 자료를 영향 분석에 반영함.
- 바이오 연료 생산 증대에 따라 벼농사 재배면적이 감소하므로 이러한 재배면적 감소효과에 재배면적 당 CH₄ 배출량(배출계수)을 곱하여 시나리오별 벼농사 재배면적 감소로 인한 온실가스 감축효과를 산정함.

<표 3-40> 바이오 연료 감축시나리오별 벼농사 CH₄ 감소 효과

Table 2.4-10.
Change in Domestic Rice Emissions by Scenario, 2022

	Corn Ethanol	Soybean Biodiesel	Corn Stover Ethanol	Switchgrass Ethanol
Rice Methane Emissions ('000 tons CO ₂ e)	-42	-506	159	-938

- 국내 가축 배출량의 변화는 가축의 되새김과정과 분뇨에서 배출되는 배출량의 변화를 의미하며 가축수의 변화로 인한 효과로 산정됨.
 - FASOM 모형에서는 바이오 연료 생산 증대로 인하여 가축사료용 작물(옥수수, 콩 등)의 가격이 상승하여 가축수와 생산량에 영향을 줌
 - 배출량 변화는 가축수의 변화량에 가축당 배출량(배출계수)을 곱하여 산정하며 배출계수는 2001년 기준 자료임.
 - 바이오 연료 생산 증대에 따른 시나리오별 배출량 변화는 아래의 표와 같음.

<표 3-41> 바이오 연료 생산 증대에 따른 시나리오별 배출량 변화

Table 2.4-12. Change in Domestic Livestock Emissions by Scenario, 2022

	Corn Ethanol	Soybean Biodiesel	Corn Stover Ethanol	Switchgrass Ethanol
Enteric CH ₄ Emissions ('000 tons CO ₂ e)	21	-128	1,129	338
Manure CH ₄ and N ₂ O Emissions ('000 tons CO ₂ e)	-94	-5	2,194	1,751
Total Livestock Emissions ('000 tons CO ₂ e)	-73	-133	3,322	2,089

- 이상의 미국내 농업에 미치는 영향, 그리고 벼농사, 축산 부문 등에 미치는 간접적 효과를 포함한 영향 분석을 통하여 미국 농업부문의 온실가스 배출량에 미치는 총량을 계산한 결과는 <표 3-42>에 정리되어 제시됨.

<표 3-42> 미국 농업부문의 온실가스 배출량에 미치는 총량

Table 2.4-13.
Domestic Agriculture GHG Emission Changes by Scenario, 2022
(g CO₂e/mmBTU)

Emission Source	Corn Ethanol	Soybean Biodiesel	Corn Stover Ethanol	Switchgrass Ethanol
Fuel and Feedstock Transport	4,265	3,461	2,418	2,808
Farm Inputs	10,313	6,482	2,770	4,890
Livestock (Manure and Enteric Fermentation)	-3,746	-2,100	9,086	3,462
Rice Methane	-209	-7,950	434	-1,555
Total Domestic Agriculture	10,623	-107	14,708	9,605

- 미국내 바이오연료 생산 증대가 세계 곡물시장과 각국의 농업부문에 미치는 영향은 FAPRI-CARD 모형을 통하여 분석함.
 - FAPRI-CARD 모형은 미국의 바이오연료 정책이 각국의 곡물재배면적과 곡물생산량에 미치는 영향을 분석함.
 - FAPRI-CARD 모형은 각국별 곡물가격과 무역 방정식으로 구성되며 각국의 곡물가격은 세계 곡물가격에 의해서 결정되는데 두 개의 가격은 환율로 연계됨.
 - 국제시장에서 수요와 공급이 일치하도록 가격이 변동함.
 - 또한, 농축산 부문의 각 부문은 계량경제학 모형을 통하여 상호 연계되어 있음.

- 미국의 바이오연료 생산이 국제시장에 미치는 영향은 2가지 경로가 있음.
 - 미국의 수출량 변화와 미국의 국내 가격변화로 국제시장에 영향을 줌
 - 바이오 연료용 옥수수의 수요 증대는 미국의 대외 수출량을 감소시키고 국내 생산을 증대시키기 위해서는 다른 곡물의 재배면적이 감소하여 해당 곡물의 가격이 변동하게 됨.
 - 추가적으로 미국내에서 사용이 증가하는 브라질 사탕수수-에탄올 증가가 국제시장에 미치는 영향도 분석함.

- FAPRI-CARD 모형에서 산출된 재배면적과 생산량 변화가 온실가스 배출량에 미치는 영향을 계산하기 위해서는 이러한 변화가 생산요소(질소비료, 농약, 연료 등) 투입량에 미치는 영향을 분석해야 함.
 - 이러한 자료는 FAO, IEA 등의 자료를 사용함. 추가적으로 International Fertilizer Industry Association(IFA)의 자료‘Assessment of Fertilizer Use by Crop at the Global Level, 2006/07-2007/08’사용
 - 비료, 농약, 에너지 사용량 자료에 대하여 GREET 산정표의 배출계수 등을 적용하여 배출량을 산정함.

- 미국내 N₂O 배출량 분석과 마찬가지로 전세계적으로 농축산과 관련된 N₂O 직접, 간접배출량 산정을 위한 배출계수 필요
 - IPCC 기본계수가 존재하지 않는 면화재배, palm 오일, 사탕수수 등의 N₂O 직접, 간접 배출량은 산정하지 않음.

- 미국내 바이오연료 생산량 변화에 대한 시나리오별 전세계 N₂O 배출량 변화는 표와 같이 산정됨.

<표 3-43> 미국 바이오연료 생산시나리오별 전 세계 N₂O 배출량 변화량

Table 2.4-16.
International Crop Change in N₂O Emissions in 2022 from Different Fuel Scenarios
(kg CO₂e/mmbTU)

	Corn Ethanol	Soybean Biodiesel	Switchgrass Ethanol	Brazilian Sugarcane Etanol
Direct and Indirect N ₂ O Emissions	3.38	2.09	0.95	29.25

- 전세계 농축산업에 있어서 연료 연소에 의한 배출량은 IEA의 국가별 혹은 지역별 화석연료, 전기사용량 자료를 활용함.
 - 다만 전생애 분석을 위해서 미국의 연소에 의한 배출량대비 전생애 배출량 비율을 적용하여 국가별 연소에 의한 배출량을 전생애 배출량으로 환산함.
 - 국가 단위 전생애 배출량을 FAOStat의 국가단위 재배면적으로 나누어 단위면적당 배출량을 산정함.
 - 국가별 과거자료를 활용하여 2020년까지의 농업부문 연료연소에 따른 배출량을 전망함.

<표 3-44> 시나리오별 전세계 에너지사용에 따른 온실가스 배출량 변화

Table 2.4-18.
International Change in Agricultural Energy Use GHG Emissions by Scenario, 2022
(kg CO₂e / mmbTU)

	Corn Ethanol	Soybean Biodiesel	Switchgrass Ethanol	Brazilian Sugarcane Ethanol
Agricultural Sector Energy Use GHG Emissions	1.7	1.88	-0.16	5.14

- 마찬가지로 FARPI-CARD 모형을 사용하여 벼 재배시 발생하는 메탄 배출량의 변화, 잔사 소각에 따른 배출량의 변화 등을 산정함.
 - FARPI-CARD 모형을 사용하여 곡물사료가격 변화에 따른 가축수의 변화량을 전세계적으로 분석하여 가축이 배출하는 온실가스 배출량의 변화를 산정함.
- 미국의 바이오연료가 국제시장에 미치는 영향을 FAPRI-CARD 모형을 사용하여 생산량과 생산면적, 가축수 등의 변화를 파악하고 FAO, IEA 등의 비료, 농약, 에너지 사용자료를 활용하여 배출량과 직접적으로 연관된 활동자료 변화를 반영한 배출량 변화를 산정함.

<표 3-45> 미국의 바이오연료 시나리오에 따른 전세계 농축산 온실가스 배출량 변화

Table 2.4-25.
Foreign Agriculture GHG Emission Changes in 2022 from Different Fuel Scenarios
(g CO₂e/mmBTU)

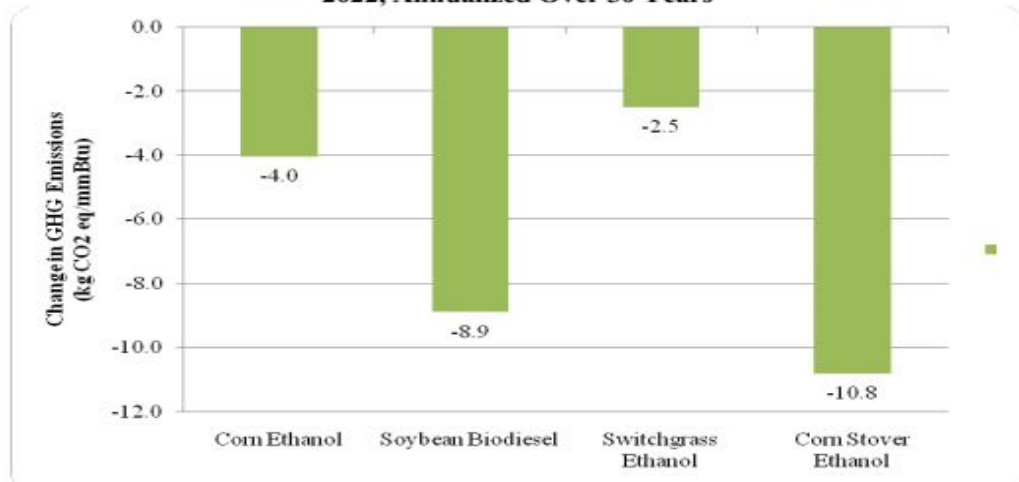
	Corn Ethanol	Soy Biodiesel	Sugarcane Ethanol	Switchgrass Ethanol
Farm Inputs	6,601	5,402	37,884	1,310
Livestock Production	3,458	-6,436	-128	-245
Rice Methane	2,089	2,180	485	-920

- 바이오 연료 영향에 대한 전생애분석에서 추가적으로 고려해야 하는 것을 토지사용의 변화로 인한 온실가스 배출량임.
 - 전생애분석에서는 바이오연료 생산증대로 인한 토지의 용도 전환량, 전환장소, 전환되는 토지의 이전 용도, 전환으로 인한 배출량 변화, 배출량에 영향을 주는 토지용도 변환 시점의 반영 방법, 영향평가에 있어서의 불확실성에 대한 분석 시행.
 - FASOM 모형을 사용하여 국내의 토지사용 변화에 대한 분석을 하며 국제적인 토지사용의 변화는 FAPRI-CARD 모형을 통하여 분석함.
 - FAPRI-CARD 모형에서는 재배면적의 변화를 추정할 수 있지만 구체적인 용도별 토지 전환의 내용을 묘사하지는 못하고 한 국가내 특정지역에서의 토지용도 변화 등에 대한 설명이 부족함.
 - FAPRI-CARD 모형의 한계를 보완하기 위하여 Winrock International Inc.의 MODIS 위성사진 자료에 근거한 최근의 토지 용도변환 추세를 반영함.
 - 또한, 온실가스 배출량에 영향을 주는 토지용도의 변환 추세는 30년에 걸친 매년 단위(annualized land use change)의 용도변화를 가정하여 반영함.
- 토지용도의 변화는 토지용도별 이윤율에 근거하여 결정되는 것으로 가정하며 토지 용도는 특정 작물간 경쟁뿐만 아니라 농토와 초지 또는 축산업간의 경쟁도 반영함.
 - 재생연료기준 확정시에는 농업용 토지이용뿐만 아니라 산림토지이용간의 경쟁효과도 고려함.
- 바이오 연료 생산 변화가 토지이용의 변화에 미치는 영향은 재배 곡물의 변화뿐만 아니라 재배면적의 절대적인 양의 변화를 가져옴,
 - 2022년 기준으로 옥수수 에탄올 생산증가는 90만 에이커의 경작지 증가를 가져오고, 산림초지는 20만 에이커 증가하는 데 산림지역은 3만 에이커 정도 감소함.
 - 옥수수 부산물을 이용한 에탄올 생산의 경우 직접적으로 경작면적의 증가를 가져오지 않지만 옥수수 재배의 경제성을 증가시키는 효과가 있어 경작면적이 증가하고 산림면적이 감소하는 효과를 부수적으로 발생시킴.

- FASOM 모형에서 토지용도별 사용면적의 변화를 산출하면 이를 반영하여 온실가스 배출과 흡수량의 변화 효과를 산출함.
 - FASOM 모형은 명시적으로 재배면적의 변화와 재배 곡물의 변화에 따른 토양의 탄소량을 계산하며 또한 산림지역의 표피와 지하의 바이오매스의 탄소 흡수량 등을 계산함.
 - FASOM 모형은 시간이 흐름에 따라 흡수량이 포화되거나 순흡수량이 감소하는 현상 등을 고려함.
- 토지용도 변화에 따른 온실가스 배출량의 변화는 2022년을 기준으로 한 2개의 시나리오에 있어서 토지 용도의 차이만 반영하는 것이 아니라 과거의 토지용도의 변화와 관리 방법에 따른 차이도 반영함.
 - FASOM 모형은 토지용도 변화에 따른 온실가스 배출량의 변화를 5년 단위로 산출하므로 이를 모형기간 동안의 누적 배출량으로 환산하여 총량을 구한 다음 이를 연간단위 배출량 일 변화로 환산하여 2020년 기준 배출량의 변화를 산정함.
 - 토지용도의 변화 효과 산정시 토지용도의 변화는 2000년에서 2022년까지의 용도 변화만을 반영하지만 누적효과는 2022년 이후 30년간의 효과를 산정함.

[그림 3-16] 토지용도 변화에 따른 시나리오별 온실가스 배출량 변화

Figure 2.4-19. Change in GHG Emissions Due to Domestic Land Use Change by Scenario, 2022, Annualized Over 30 Years

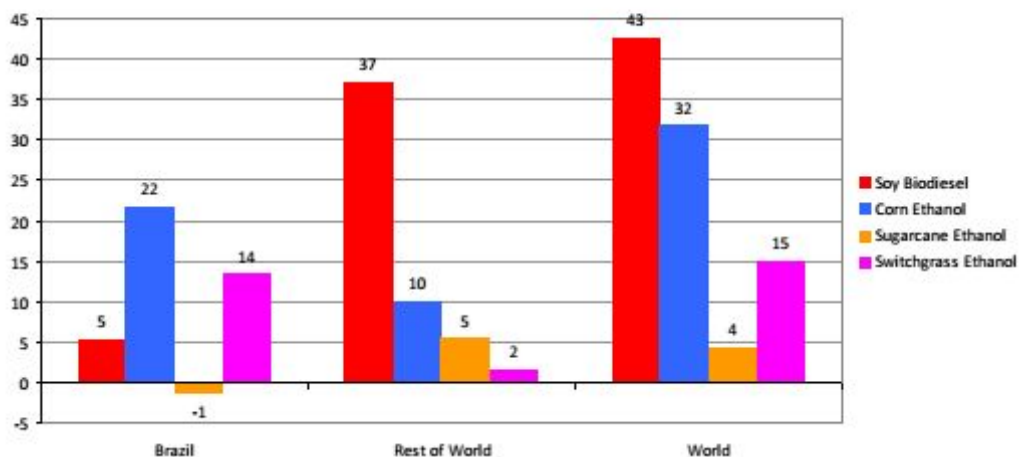


- 국제적인 토지용도 변화효과는 FAPRI-CARD 모형을 통하여 산정함.
 - FAPRI-CARD 모형에서 토지용도 변화에 영향을 주는 요인으로는 곡물생산성장률, 가격으로 인한 곡물생산 변화, 한계지의 곡물생산, 재생연료 부산물의 효율성 변화, 축산분야의 수요와 공급 등임

- 미국의 바이오연료 생산 증대가 전세계 곡물재배면적 변화를 가져온 크기뿐만 아니라 어느 지역에서 그러한 변화가 일어나는가도 중요한 요인임.
 - FAPRI-CARD 모형은 이러한 재배면적의 변화를 지역별로 배분하는 데 그 기준은 기존의 무역형태, 지역별 생산비용, 지역별 농업 확대 가능성 등임.
- 국제적인 토지 이용 변화에 있어서 미국의 바이오연료 생산이 증가하여도 각 국가별, 그리고 미국을 제외한 전 세계적으로 목초지의 변화가 없다는 가정을 도입함.
 - 바이오 연료 생산 증가에 따라 특정국가 혹은 지역에서 재배면적이 증가하는 경우 초지가 줄어들 만큼 산림지역 등이 초지로 전환된다는 것을 의미함.
 - 만약 가축의 두수가 증가하는 경우에는 초지면적이 증가해야 하므로 이는 비경작 지역 혹은 산림지역으로 초지가 확대되는 것을 의미함.
- 전세계적인 지역별, 용도별 토지용도 전환은 MODIS 자료를 이용하여 보전함.
 - 산정된 국제적인 토지용도 전환에 의한 온실가스 배출량은 그림과 같이 산정됨.
 - 토지용도 전환에 따른 배출효과 산정에 있어서 브라질의 영향이 매우 큼.
 - FAPRI-CARD 모형에서 브라질은 6개의 지역으로 구분되어 토지용도 전환에 따른 온실가스 배출량 변화량이 산정됨.
 - 바이오 연료 생산 증가는 아마존 지역의 배출량 증가를 초래함

[그림 3-17] 바이오 연료생산 증대에 따른 토지용도 전환의 온실가스 배출량

Figure 2.4-41. International land use change GHG emissions by renewable fuel, 2022 (kgCO₂e/mmBTU)



- 바이오연료 제조과정에서의 온실가스 배출량은 제조과정에 사용된 에너지 투입열량에 배출계수를 곱하여 산정됨.

- 에너지투입물의 열량은 해당 산업 등에서 배출량 산정시 도출된 자료를 활용함.
 - 연료별 배출계수는 미국 농업부문에 대한 전생애분석에서 사용한 GREET산정식의 배출계수를 적용함.
 - 바이오 연료 연소시에는 CO₂의 배출량의 순증가는 없는 것으로 하여 바이오연료 제조과정에서 사용되는 바이오 연료의 CO₂ 배출량은 없는 것으로 함.
- 다양한 바이오 연료 제조과정이 존재하지만 본 보고서에서는 예시를 위하여 옥수수를 이용한 에탄올 제조과정에서의 온실가스 배출량 산정을 살펴봄.
- 기본적으로 대학연구소의 에탄올 제조 에너지 사용 자료를 활용하였으며 전문가, 관련 산업 등의 자문을 통하여 추가적인 정보와 자료를 반영함.
 - 옥수수를 가지고 에탄올을 생산하는 기술은 2가지임
 - 건식(dry milling)과 습식(wet milling)임.
 - 건식은 옥수수 낱알을 갈아서 발효시켜 에탄올을 만드는 것이며 잔류물은 습식 혹은 건식으로 보관하여 사용하는 방식임. 건식 방식에서는 1 부셀당 2.71 갤런의 에탄올이 생산됨.
 - 습식은 옥수수를 물에 담귀 옥수수 낱알의 다른 부분으로부터 녹말을 분리하여 에탄올을 만드는 것이며 건식보다 복잡하고 비용이 높음. 대부분의 미국 에탄올 공장은 건식 방식임. 습식 방식에서는 2.5 갤런이 생산됨.
 - 공장 내 다른 제품 생산 또는 에탄올 가공공정의 부산물 가공을 위해서 에너지를 사용하는 경우 에너지를 배분하여야 함.
 - 제조공정에서 사용되는 연료는 석탄, 천연가스 등 다양하며 공정별 사용량도 편차가 큼. 또한 공장의 특성, 운영개시 연도 등에 따라 다르게 나타나지만 분석에 있어서는 사용연료, 그리고 공장형태에 따라 구분함.
 - 미래의 온실가스 배출량을 전망하는 것이므로 미래 공장의 에너지 사용에 대한 전망에 기초하여 배출량을 산정함.
 - 공장별 에너지 사용량은 건식방식인 경우 석탄을 연료로 사용하는 경우 13,200 BTU/gal에서 39,407 BTU/gal 임. 이러한 사용량의 차이는 열병합 발전의 존재 여부, 가축용 건식 혹은 습식 사료 제조여부 등에 따라 차이가 있음
- 연료 운송단계의 배출량은 운송거리, 운송방법(barge, 철도, 트럭 등)에 따라 결정.
- GREET는 바이오 경유와 에탄올로 구분하여 운송단계의 배출량을 산정
 - 바이오 경유의 운송관련 배출량 산정은 우선 운송수단을 barge, 파이프라인, 트럭, 철도로 구분함. 각 운송수단별 비중과 운송수단별 평균운송거리를 가정하여 배출량을 산정함. 운송도 공장에서 중간 터미널까지 그리고 중간터미널에서 소매점까지의 운송으로 구분함. 소매단계의 운송은 평균 30마일을 트럭을 사용하여 운송하는 것으로 가정함.

<표 3-46> 바이오 경유 운송수단 비중과 수단별 운송거리

Table 2.4-67. Biodiesel Assumptions for Transport from Plant to Terminal

Mode	%	Distance (miles)
Barge	5%	520
Pipeline	0%	400
Rail	45%	800
Truck	50%	50

- 에탄올의 수송도 동일한 방식으로 운송단계의 배출량을 산정함.
 - 에탄올의 경우 생산공장에서 중간터미널까지 전체 운송량의 77%를 담당.
- 바이오 연료의 연소단계 온실가스 배출량은 CH₄와 N₂O,에 대해서만 산정됨.
 - N₂O와 CH₄의 배출량은 미국 환경청의 MOVES 모형을 이용하여 산정된 것임.

<표 3-47> 미국 환경청의 바이오 연료 연소시 온실가스별 배출계수

Table 2.4-71. Tailpipe Combustion Emissions for Bio-Based Fuels

Fuel Type	CO ₂ (g/mmBTU)	CH ₄ (g/mmBTU)	N ₂ O (g/mmBTU)
Ethanol	75,250	269	611
Biodiesel	81,044	11	689

3) 필요 자료와 정보

- 연방정부와 국제기구 등의 자료, 산업의 보고서와 자료 등을 사용하며 전생애분석은 많은 양의 자료가 필요. 자료의 질에 따라 결과가 다를 수 있음.
- 일반적으로 자료 질은 지리적, 기술적, 시간적으로 대표성을 가진 자료의 확보 여부에 따라 결정될 수 있음.
 - 전생애 분석에 있어서 배출이 발생하거나 에너지 사용이 일어나는 지역의 특성은 고려하지 않음. 또한 미국내에서 발생하는 영향만을 고려하는 것이 아니라 해외 원유채취, 정제에서 감축되는 효과도 전생애분석에서는 포함
 - 미국의 정책이 다른 국가의 농업생산에 영향을 주고 그로 인한 온실가스 배출량의 변화 효과는 해당지역의 특성자료를 사용하여 산정함.
 - 토지사용 변화는 해당지역 자료를 최대한 사용함.
- 기술적인 측면에서 현재 존재하는 앓는 산업, 기술효과도 감축량 산정에 반영함.
 - 따라서 미래의 산업, 기술에 대한 자료는 가정 등에 근거하여 모형에 반영됨. 또한 현재 존재하여도 미래에 지속적으로 기술 발전이 있는 경우 이에 대한 가정 또는 전망을 2022년까지 하여 반영함.
- EPA 분석에서는 2022년을 기준으로 분석 결과를 산정하는 데 비용 산정에서와 일

- 관성을 갖고 현재보다 2022년에 생산공정이 보다 효율적이라는 가정 등을 도입함.
- 자료 질은 제3자 검토, 대중 의견, 다양한 관련 문헌, 자료, 정보 등으로 확보.
 - 또한 수십 번의 모형운용, 불확도 분석, 그리고 민감도 분석을 시행함.
 - FASOM, FAPRI-CARD, Winrock International 결과의 타당성을 검증하기 위하여 GRAP(Global Trade Analysis Project) 모형의 바이오연료에 따른 전세계적인 농업 부문 생산의 변화에 대한 결과와 비교
 - 대부분의 결과가 GTAP에서 산출된 결과와 유사하였으며 특히 국제적인 토지사용의 변화는 유사한 결과를 얻음.
 - EPA 전생애영향 분석에 있어서 협조적, 투명성 확보, 과학적인 접근 채택함. 2차 재생에너지 영향 분석은 바이오연료에 따른 2차적인 영향에 대한 분석도 강화함.
 - 다양한 이해관계자, 전문가 등으로부터 지속적인 자문과 의견 수렴을 진행하였음.
 - 전생애영향 분석에 관하여 정책(안)을 발표한 이후 2일에 걸친 과학적인 워크숍(workshop)을 개최하였음.
 - 영향 분석결과에 많은 영향을 미치는 것은 브라질 토지사용 변화와 배출량에 대한 가정이며 공청회와 과학에 관한 워크숍을 통하여 브라질의 최근 생산성 추세, 경작지 확대면적, 지역별 생산량 비용 차이 등 다양한 내용을 수정 보완하였음.
 - 동료 검토를 통하여 분석결과의 주요 요인에 대한 독립적 검토를 확보함.
 - 검토자문회의에는 전생애영향분석 전문가, 경제 모형, remote sensing imagery, 바이오 연료기술, 토양학, 농업경제학, 기후학 전문가들이 참여
 - 전세계 비료(질소, 인산비료 등)사용량 자료는 FAO에서 존재하지만 보다 최신의 자료로서 International Fertilizer Industry Association(IFA)의 자료를 사용함.
 - FAO 자료는 시계열 통계의 일관성이 결여되어 있고 특히 2004년을 기준으로 자료 조사 방법이 변경됨.
 - FAO 자료는 최근에 갱신되었으며 IFA에서 다루지 않는 지역에 대하여 상세한 자료를 제공하기도 함.
 - FAO의 FAOStat dataset에는 농약사용에 관한 자료가 존재함.
 - 중국에 대한 자료는 미국 농업부의 자료를 활용
 - 미국내 비료와 농약 사용량뿐만 아니라 전세계적으로 단위면적당 비료(종류별) 사용량과 농약사용량 자료 사용
 - 토지용도 변화에 따른 온실가스 배출(흡수)량의 변화를 산정하기 위하여 FASOM

모형은 작물별, 관리 방법, 그리고 토지용도변화효과 등을 명시적으로 반영한 배출 계수를 산정함.

- 이러한 배출계수는 DAYCENT/CENTURY 모형을 이용한 결과를 반영함.

○ 국제적인 곡물생산과 가축두수의 변화로 인한 토지용도의 변화는 FAPRI-CARD 모형과 Winlock International Inc.의 MODIS 위성 자료를 사용함.

- 토지용도 전환의 배출량 변화 산정 배출계수는 IPCC의 배출량 산정식 사용

- 배출량 산정에는 표피와 지하 바이오매스 탄소축적량, 광물토지의 토양탄소축적량 변화 등의 자료 사용

- 지역별 산림의 탄소축적량 자료와 IPCC Tier 1 배출값

* 이하 토지용도별 용도 전환에 따른 활동자료와 배출산정식 활동자료은 EPA(2010) 보고서 참조

다. 감축효과 분석

1) 감축효과

○ 새로운 재생에너지 연료 기준 적용으로 통하여 2013년 감축량은 산정되지 않음.

2) 측정방법

○ 여러 모형을 사용하여 재생에너지 연료인 바이오 연료 생산과 관련된 전생애 주기 온실가스 배출량을 평가하여 감축효과 산정

3) 필요 자료 및 정보

○ 앞에서 요약하고 있는 <http://www.epa.gov/otaq/renewablefuels/420r10006.pdf> 의 제 2장에 상당한 규모의 자료와 출처가 제시됨.

라. BR1과 BR2의 감축효과 차이 및 원인 분석

1) 감축효과 차이

○ 감축 효과와 목표의 비교(단위 ktCO₂eq)

- BR1과 BR2의 2020년 감축목표는 138,400ktCO₂으로 동일함.

<표 3-48> BR1과 BR2에서의 감축효과와 목표의 비교 (단위: ktCO₂)

	2011	2013	2020
BR1	-	-	138,400
BR2	-	-	138,400

마. 감축수단 이행평가 방법, 관리 책임 기관 및 역할

1) 잠재량 분석의 주체 및 역할

- 전담 기관: 환경청(Environment Protection Agency)

바. 한국에서의 적용 가능성 및 시사점

1) 감축잠재량/효과 분석 분야

- 우리나라 수송부문의 온실가스 감축목표 분석에 있어서 바이오 디젤과 바이오 에탄올의 도입을 통한 감축 잠재량을 분석하였음.
- 하지만, 우리나라 수송부문의 재생에너지원인 바이오 디젤 혹은 바이오 에탄올의 도입효과는 대체되는 경유 혹은 휘발유의 배출량을 기준으로 산정됨
- 전생애 분석을 통한 바이오연료의 온실가스 순 감축효과 산정을 위해서는 바이오 연료 생산을 위한 중간원료의 생산과 제조 공정 등에서 사용되는 에너지 소비, 가격변화 등에 의한 간접효과(농산물 생산량, 가축수 변화 등)를 분석할 수 있는 모형과 자료가 구축되어야 함.
 - 우리나라의 경우 국내에서 대부분 생산하는 농작물을 제외하고는 상당량 수입에 의존하므로 우리나라의 바이오연료 생산 혹은 보급 확대에 가격에 미치는 영향 또는 그로 인한 간접적인 효과가 상대적으로 적을 것으로 예상됨,
- 바이오 디젤을 생산하는 중간원료 등에 대한 정확한 통계가 있어야 폐식용유 등 중간원료에 대한 투입통계가 있어야 전생애 온실가스 배출계수를 적용할 수 있음

2) BR의 개선 분야

- 바이오연료의 순온실가스 감축효과는 현재 산정하고 있는 양과 비교하여 달라질 것으로 예상됨.
 - 바이오 연료의 온실가스 감축효과의 정확성과 신뢰성을 높이기 위해서는 중장기 과제로 이러한 간접적 효과를 산정할 수 있도록 기반을 구축하는 것이 필요

3) 참여기관 및 역할 분야

- 바이오 연료의 온실가스 감축 순효과를 산정하기 위해서는 농업부문 생산, 가격, 공급 등에 대한 모형 구축과 관련 자료, 그리고 바이오연료 생산과정에 대한 에너지 소비 등에 대한 자료와 운송 등에 대한 모형과 자료 필요

3. [일본] More Efficient Logistics/Modal Shifts etc.

가. 일반 현황

1) 제도의 개요

- 운수부문 CO₂ 배출량은 일본 전체 배출량의 약 20%를 차지하고 있으며, 그 중 1/3 이상을 물류 관계가 차지하고 있어 물류 분야 CO₂ 배출 억제 대책은 매우 중요.
- 트럭차량의 대형화를 촉진하고, 물류 사업자 등에 의한 지역 내 공동 수배송을 촉진함. 대형(31ft)컨테이너 도입과 에코레일마크 추진 등에 의한 화물철도의 모달시프트 및 트럭과 분리 가능한 트레일러 도입과 에코쉽 마크를 활용하여 내항 해운의 모달시프트를 촉진함.
- 에너지 절감법
 - 운송 사업자에 관한 조치는 585개의 운송 사업자를 특정 운송 사업자로 지정하여 에너지 절감 계획 제출 및 에너지 사용량 등의 보고를 접수
 - 화주에 따른 조치는 867명의 화주를 특정 화주로 지정하여 에너지 절감 계획 제출 및 에너지 사용량 등의 보고를 접수
- 그린 물류 파트너십 회의
 - 2011년까지 보급 사업 등 지원 사업 실시
 - 매년 그린 물류 파트너십 회의를 개최하고 화주와 물류 사업자의 제휴에 의한 환경 부하 저감에 이바지 뛰어난 활동을 한 사업자에 대해 장관 표창 등을 실시
 - 각 지방 운수국, 경제산업국에서 그린 물류 세미나, 설명회 등 개최
 - 경제산업성과 국토교통성의 제휴에 의한 모달시프트 등 추진 민관 협의회를 개최, 2011년 중간보고서 공표
- 물류 종합 효율화법
 - 환경부하 저감에 기여하는 물류 효율화 시설에 관련한 세제 특례 조치 (소득세·법인세 할증상각 5년간 10%, 재산세·도시 계획세의 과세 표준 특례 5년간 1/2 ~ 3/4) 실시
 - 홈페이지에서 인증 사례 소개 (정기적으로 업데이트) 등 물류 종합 효율화법 어필 활용 강화
- 도시내 물류 효율화
 - 「도시내 물류 효율화 모델 사업」 실시 (4개소)
 - 「물류 연계 효율화 추진 사업」으로 물류 효율화를 도모하는 활동 지원
- 모달 시프트 추진

- 「모달 시프트 등 추진 사업」 지원

2) 제도 이력

- 운송기업, 물류사업자 등 물류에 관한 관계자에 의해 구성된 협의회가 실시하는 CO₂ 배출 원단위가 작은 수송 수단으로의 전환을 도모하는 모달시프트 대책을 지원하는 「모달시프트 등 추진 사업」(보조사업)을 2011년도에 설립함.

3) 기준 설정 및 갱신 원칙

- 대책별 평가대상로 하는 지표를 설정하고 평가시 해당 평가지표를 근거로 평가함.
- 목표연도(2030년)이외의 숫자는 2030년까지 진행상황을 확인하기 위한 기준임.

4) 분석 전담 기관

- 국토교통성, 환경성, 경제산업성

나. 감축잠재량 분석

- 일본의 에너지기원 이산화탄소 배출량 중 운송부문의 배출량은 2013년도 225 MtCO₂에서 2030년 기준 163MtCO₂으로 낮춤.
- 감축잠재량에 대한 자세한 사항은 보고되지 않음.

다. 감축효과 분석

- 운송부문 중 모달시프트를 통한 물류효율화에 따른 감축량을 대책별로 정리

1) 화물수송 효율화

- 트럭수송 효율화를 촉진하여 CO₂배출량 감축

<표 3-49> 트럭수송 효율화의 감축효과

	2013 (실적)	2015	2020	2025	2030
차량 총중량 24톤 이상 25톤 이하 차량 보유 대수 (대)	182,274	187,722	191,624	192,142	192,211
트레일러의 보유 대수 (대)	98,720	101,381	103,281	103,534	103,568
자동차화물 수송량 중 영업용 차량의 비율 (%)	86.26	87.05	87.05	87.05	87.05
에너지 절감량(만 kL)	-	11.291	19.359	20.436	20.578
감축량(만 tCO ₂)	-	180	202	205	206

○ 에너지 절감대책: 차량대형화

○ 연료 절감효과

- 25 톤 차량 도입에 따른 연료 절감 효과 : 약 9,000L/대
- 트레일러(trailer) 도입에 따른 연료 절감 효과 : 약 24,000L/대
- 자가용화물 자동차 대비 영업용화물 자동차의 원단위 : 약 15%
- 경유의 배출 계수 : 2.7tCO₂/kL

(에너지원별 총 발열량당 탄소 배출계수표 (자원에너지청))

○ 산출방법

- 자동차 보유 차량수, 총 분류별, 차량 총중량은 자동차검사등록정보협회의 총 분류별 자동차 보유 차량수의 자료를 사용
- 차량 총 중량 24톤 이상 25톤 이하 차량 보유 대수는 「자동차 보유 차량수」에서 차량 총중량별(전국 합계) 총중량이 24,001~25,000kg 화물차(보통차만)의 영업용과 자가용의 합계에 의해 산출 (수치는 연말 기준)
- 감축량 (kgCO₂) = (2013년 182,274 대에서 증가 차량 대수 (대))
 × (1대당 경유 감축량 = 9,000 (L/대))
 × (경유 1L당 CO₂ 배출량 = 2.62 (kg/L))
- 트레일러 보유대수(26톤 초과 영업용 트레일러 보유대수)는 「자동차 보유 차량수」에서 차량 총중량별(전국합계) 총중량이 26,001kg이상인 화물차(피견인차만) 영업용 합계만 산출 (수치는 연말 기준)
- 감축량 (kgCO₂) = (2013년 98,720대에서 증가한 차량 대수 (대))
 × (1대당 경유 감축량 = 24,000 (L/대))
 × (경유 1L당 CO₂ 배출량 = 2.62 (kg/L))
- 자동차화물 수송량 중 영업용 차량의 비율은 2013년도 자동차 총 화물 수송량(톤km 기준)에 차지하는 영업용 차량에 의한 화물수송량(톤km 기준)임.(경자동차 포함)

- 감축량 (gCO₂) = (전제조건인 수송 톤km = 2141억톤)
 - × (2009년도부터 2013년도 평균 87.05 % - 2013년도의 실적 값 86.26 %)
 - × (자가용화물 원단위 = 1046gCO₂/톤km)
 - × (gCO₂/톤km의 자영업 비율에 따른 상수 = 100-15 (%)))
- 2030년도 차량대형화에 따른 감축량은 약 56만tCO₂, 자동차화물 수송량 중 영업용 차량 비율의 전환에 따른 감축량은 약 150만tCO₂로, 2030년도 트럭수송 효율화에 따른 감축량은 약 206만tCO₂로 예상된다.
- 교토의정서 목표달성 계획 진척상황(2008년~2012년)
 - 에너지 절감법 화주 및 트럭 사업자 등에 적용 (중장기 계획 수립 및 실시 등)
 - 「그린 물류 파트너십 회의」를 통한 대처 촉진
 - 법률·기준: 에너지 사용 합리화에 관한 법률
 - 모든 운송 사업자에게 에너지 절감 이행을 요구하는 동시에 일정 규모 이상 수송 능력을 가진 운송 사업자에게 에너지 절감 계획 작성, 에너지 소비량 등의 정기보고 등 의무 수행. (2006년 4월 시행)
 - 세제 : 중소기업 투자 촉진 세제 ※ 단, 자가용도 대상에 포함
 - 예산·보조: 저공해차 보급 촉진 대책
 - 보급 계발: 「그린 물류 파트너십 회의」를 통한 대처 촉진
화주 기업과 물류 사업자 협동에 의한 화물 운송 효율화 대책을 추진함과 동시에 CO₂ 배출량 산정방법의 표준화. (2005년 4월부터 실시)

2) 공동 수배송 추진

- 육상 수송의 대부분을 차지하는 화물 운송에서 운송·물류 사업자 등의 협력을 통해 공동 수배송의 활동을 촉진하여 수송 효율·적재 효율을 개선함으로써 CO₂ 배출량 감축 및 인력 부족 대책을 추진

<표 3-50> 공동 수배송의 감축효과

	2013 (실적)	2030
공동 수배송 대처건수 증가율 (2013년도 대비) (%)	-	206
감축량(만tCO ₂)	-	2.1

- 수송관련 자료는 매년 11월말에 공표하는 자동차수송 통계연보(국토교통성 종합정책국 정보정책본부 정보안전·조사과 교통 통계실)를 사용함.

○ 산출방법

- 공동 수배송 대차건수 증가율을 평가지표로 감축량 측정
- 트럭 CO₂ 배출원단위(2013년도)는 약 217gCO₂/톤km 임.
- 공동 수배송 건수는 2010-2013년에 걸쳐 약 23 % 증가
: 2030년까지 이 비율로 증가하는 것으로 산정
- 영업용 승용차의 수송 톤수 : 2,421,931 천톤 (①)
- 영업용 승용차의 수송 톤km : 145,335,968 천톤km (②)
- 영업용 승용차의 실질 주행거리 km : 26,518,785 천km (③)
- 평균 주행거리(② ÷ ①) = 60.421 km (④)
- 평균 톤 (② ÷ ③) = 5.518 톤 (⑤)
- 평균 톤km (④ × ⑤) = 333.4 톤km (⑥)
- 공동 수배송 건수 : 142,617 건 (⑦)
- CO₂ 배출원단위 : 약 217gCO₂/톤km (⑧)
- 2013년도 감축량 (⑥ × ⑦ × ⑧) = 10,318.0 tCO₂ (⑨)
- 2030년 공동 수배송의 활동 건수 (예상) : 293,186 건 (⑩)
- 2030년 공동 수배송의 활동 건수 증가율 (예상) : 206 %

○ 2030년도 감축량은 (⑩ ÷ ⑦ × ⑨) = 21,211.3 tCO₂ 로 예상됨.

○ 교토의정서 목표달성 계획 진척상황(2008년~2012년): 그린 물류 파트너십 회의

- 2011년까지 보급 사업 등 지원 사업 실시
- 매년 그린 물류 파트너십 회의를 개최하고 화주와 물류 사업자가 제휴하여 환경 부하 저감을 위해 활동을 한 사업자에 대해 장관 표창 등 실시
- 각 지방 운수국, 경제산업국에서 그린 물류 세미나, 설명회 등 개최
 - 경제산업성과 국토교통성 제휴에 의한 모달시프트 등 추진하고 민관 협의회를 개최, 2011년 중간 보고서를 공표

3) 해운 그린화 종합대책

<표 3-51> 해운 그린화 감축효과

	2013 (실적)	2020	2030
대책 평가 지표(억톤km)	330	367.4	410.4
감축량(만 tCO ₂)	-	78.8	172.4

- 슈퍼 에코쉽 등 신기술 보급 촉진, 신규 선박·설비의 도입, 에너지 절감법 적용 등을 통해 트럭에서 해운으로의 모달시프트 촉진
- 설비도입 지원·운영 경비보조 등을 통해 모달시프트 촉진하며 자료는 「내항 선박 수송 통계 연보」 국토교통성 종합 정책국 발행(매년 7월 하순 발행)
- 대표평가지표는 해운을 이용한 화물 수송 톤km임. 2020년도 수치는 교통정책 기본 계획(2015년 2월 내각회의 결정)에 따름. 또한 2030년도 수치는 일본의 약속초안(2015년 7월 지구온난화 대책 추진본부 결정)에 따른 것임.
- 산출방법
 - 해상 수송량(자동차로 운송하기 쉬운 화물(잡화)양 : 톤km)
 - 「내항 선박 수송 통계 연보」의 품목별 수송량 중, 전용 선박의 선박으로 운송하고 있는 「야채·과일」, 「축산물」, 「금속 제품」, 「기계」 등 수송량 합계로 산출
 - CO₂ 배출 원단위(2013년도) :
 - ① 트럭의 CO₂ 배출 원단위 약 217gCO₂/톤km
 - ② 선박의 CO₂ 배출 원단위 약 39gCO₂/톤km
 - ③ 트럭에서 해운화물로의 이동에 의한 CO₂ 감축원단위 약 178gCO₂/톤km
 - (③ = ①-②)
 - 감축량('20년) = CO₂ 감축원단위 × 운송량 변화량
= 약 178gCO₂/톤km (③) × 44.3억톤km(기준 시나리오와의 차이) ÷ 100
= 78.8만tCO₂ (④)
 - 감축량('30년) = CO₂ 감축원단위 × 운송량 변화량
= 약 178gCO₂/톤km (③) × 96.8억톤km(기준 시나리오와의 차이) ÷ 100
= 172.4만tCO₂ (⑤)
- 교토의정서 목표달성 계획 진척상황(2008년~2012년)
 - 슈퍼 에코쉽 등 신기술 보급 촉진
 - 신규 선박·설비 도입에 대한 지원
 - 화물 해상 수송으로의 모달시프트 추진
 - 선박 연비 성능을 평가하는 지표 활용에 의한 에너지 절감 선박의 보급 촉진
 - 고도의 운항 관리에 의한 에너지 절감 실증 운항 등 지원
 - 해상 교통 저탄소화 촉진 사업(에너지 절감 개조 등에 대한 지원·수송 기기 도입 지원)

- 법률·기준: 에너지 사용 합리화에 관한 법률 시행
- 세제: 선박 특별 상각 제도
환경 부하 저감 (CO₂ 삭감 등)에 기여하는 기능을 갖는 내항 선박을 취득하고 사업 의용으로 제공한 경우 특별 상각 인정 (특별상각률 16/100 (18/100 슈퍼 에코쉽 등 환경 성능 특히 높은 선박) : 소득세, 법인세)
- 예산·보조(국토교통성): 해상 교통 저탄소 화 추진 사업에 의한 지원
 - ① 페리 등의 에너지 절감 개조 등에 대한 지원
 - ② 새로운 해상화물 운송에 필요한 선박 관련 운송 장비 도입 지원
- 신기술 실용화 지원
- 슈퍼 에코쉽 보급 촉진
- 모달시프트 등 추진 사업 (2011년도부터)
- 보급 계발: 화물 해상수송으로 모달시프트를 추진함. 모달 시프트 공헌기업을 선정 하여 해당 기업 표창과 로고 사용을 인정하는 '에코쉽 모달시프트 사업' 실시.
- 그린 물류 파트너십 회의
- 슈퍼 에코쉽 등 신기술 보급 촉진
독립 행정법인 철도 건설·운수 시설 정비 지원
기구 선박 공유 건조(建造) 제도를 활용한 슈퍼 에코쉽 건조(建造) 지원 등 보급 지원 정책을 2005년도부터 실시

4) 철도화물 수송로의 모달시프트 추진

- 철도화물은 영업용 트럭에 비해 배출 원단위가 1/9 수준

<표 3-52> 철도화물 수송로의 모달시프트 감축효과

	2013 (실적)	2020	2030
철도 이용 화물수송량(억톤km)	193.4	221.4	256.4
감축량(만 tCO ₂)	-	58.9	133.4

- 설비도입 지원·운영 경비보조 등을 통해 모달시프트 촉진
- 평가지표는 철도이용 화물수송량(매년 6월 공표 일본화물철도(주) 자료에 따름)

○ 2020년도 수치는 교통정책 기본계획(2015년 2월 내각결정)을 근거로 하며 2030년도는 일본의 약속초안(2015년 7월 지구 온난화 대책 추진본부결정)을 근거로 함.

○ 산출방법

- 철도화물 컨테이너 수송 톤 킬로수 실적치
- 일본화물 철도 주식회사 자료(매년 6월경 발표)
- CO₂ 배출 원단위 (2013년도) :

- ① 트럭의 CO₂ 배출 원단위 약 217gCO₂/톤km
- ② 철도의 CO₂ 배출 원단위 약 25gCO₂/톤km
- ③ 트럭에서 철도화물로의 이동에 의한

$$\text{CO}_2 \text{ 감축원단위(①-②)} = \text{약 } 192\text{gCO}_2/\text{톤km}$$

○ 감축량

- 감축량('20년) = (CO₂ 감축원단위) × (운송량 변화량)
= 약 192gCO₂/톤km × 30.7억톤km(대책실시 유무의 차) ÷ 100
= 58.9만tCO₂(④)
- 감축량('30년) = CO₂ 감축원단위 × 운송량 변화량
= 약 192gCO₂/톤km (③) × 69.5억톤km(대책실시 유무의 차) ÷ 100
= 133.4만tCO₂(⑤)

○ 촉진사업별 CO₂ 감축효과

- 철도·해상 운송로의 전환 촉진 사업 : 철도·해상 운송로의 전환을 촉진함으로써 CO₂ 감축량은 2020년에 약 3만tCO₂로 예상
- 31ft 컨테이너 도입 촉진 사업 : CO₂ 배출량이 약 1/9 줄어듦.
- 공동 수배송 촉진 사업 : 관계자 등의 연계를 통해 수송 효율·적재 효율을 개선하고 2020년 CO₂ 감축량은 약 3만tCO₂로 예상된다.

○ 교토의정서 목표달성 계획 진척상황(2008년~2012년)

- 북규슈·후쿠오카간 철도화물 수송력 증강 사업: 2011년 3월 완성하여 수도권 등과 후쿠오카간 장편성 컨테이너 열차 직통 운전
- 스미다가와역 철도화물 수송력 증강 사업 (2012년 완성)
- 일본화물 철도 주식회사 (JR화물)는 2011년부터 7년간 700억원을 무이자로 대출 받아 노후화된 차량 또는 시설 교체 실시
- 환경 친화적인 철도화물 수송 인지도향상 추진 (에코레일마크의 보급 추진 등)
- 철도 기술 개발비 보조금에 의한 환경 대책에 관한 기술 개발에 필요한 경비 일부

- 보조 (대용량 축전지를 동력원으로 하는 기관차 기술 개발·컨테이너 자동차용 카트 고도화 기술 개발)
- 모달시프트 등 추진 사업 (화주 기업과 물류 사업자 등 물류에 관한 관계자로 구성된 협의회가 실시한 모달시프트 등 추진 사업 계획에 따라 사업에 필요한 경비의 일부 보조)
 - 물류의 저탄소화 촉진 사업 (환경부와 연계하여 철도 차량용 31피트 컨테이너 도입에 대한 지원을 실시)
 - 환경 친화적인 철도화물 수송 인지도 향상 추진 (에코 레일 마크 보급 추진 등)
 - 「화물 철도 수송의 미래 비전에 관한 간담회」 실시
 - 법률·기준
 - ① 「유통 업무의 종합화 및 효율화 촉진에 관한 법률」을 시행. (2005년 10월 시행)
 - ② 에너지 절감법의 화주와 철도화물에 적용(2006년 4월 시행)
 - ③ 「일본 국유 철도 청산 사업단 채무 등 처리에 관한 법률」에 따라 철도 건설·운수 시설 정비 지원기구에서 JR화물에 무이자 대출.(2011년 8월 시행)
 - 세제
 - ① 장기 보유 토지 등에서 기관차 및 컨테이너 운송 수단으로 바꾸는 경우 특례 조치: 법인세 취득 금액의 80 % 압축 기장 (1996년부터 실시)
 - ② JR화물이 취득한 고성능 기관차 컨테이너 운송 수단에 관한 특례 조치: 재산세 5년간 3/5 (1998년부터 실시)
 - ③ JR화물이 대출받은 철도 시설에 관한 특례 조치: 재산세 10년간 1/2 (2000년부터 실시)
 - ④ 철도궤도 차량 등 (JR화물이 역 구내 등에서 컨테이너화물 하역용으로 제공하는 포크리프트 등 포함) 동력원으로 제공하는 경우 면세: 경유 거래세 과세 면제 (1977년부터 실시)
 - 예산·보조
 - <국토교통성 실시>
 - ① 북규슈·후쿠오카 간 철도화물 수송력 증강 사업
 - ② 스미다가와역 철도화물 수송력 증강 사업
 - ③ 모달시프트 등 추진 사업
 - <환경부·국토교통성 연계 실시>
 - ④ 물류의 저탄소화 촉진 사업
 - <경제산업성 실시>
 - ⑤ 에너지 사용 합리화 사업자 지원 사업
 - 기술 개발
 - 철도 기술 개발비 보조금

- 환경 대책에 관한 기술 개발에 필요한 경비 일부 보조 (화물 철도 관련)
- 보급 계발
- 에코 레일 마크(2005년도 ~):2013년 2월말 현재 제품 99건 (153 품목) 기업 78개 인증

5) 항만 최적 선택에 의한 화물육상 운송거리 단축

<표 3-53> 항만 최적 선택에 의한 화물 육상 운송거리 단축의 감축효과

	2013(실적)	2015	2020	2025	2030
화물의 육상 운송의 절감량 (억톤km)	-	9	35	35	35
감축량(만 tCO ₂)	-	25	96	96	96

- 항만 정비 등으로 해상운송이 가능하며, 화물 운송에 따른 주행 거리가 단축
- 대책평가지표는 국제화물 육상수송거리(톤km)
- 산출방법
 - 국토교통성 조사
 - 국제 해상컨테이너 터미널, 물류터미널 공용으로 육상운송 거리 감소 실적(톤km) 산출
 - 감축량 = 톤km(화물양 × 육상운송절감거리) × CO₂ 감축원단위(271gCO₂/톤km)
 - 화물량 및 육상 운송 절감거리는 항만 정비사업의 사업평가결과 활용
- 교토의정서 목표달성 계획 진척상황(2008년~2012년)
 - 실시 개요: 2008년~2012년 중추·핵심 국제항만의 국제 해상 컨테이너 터미널 정비
 - 예산·보조: 중추·핵심 국제항만의 국제 해상 컨테이너 터미널 정비, 국제 물류 터미널 정비
 - 보급 계발: 그린 물류 파트너십 회의를 통한 활동 촉진

라. BR1과 BR2의 감축효과 차이 및 원인 분석

- 제1차 보고서와 제2차 보고서에 해당 내용이 명시적으로 제시되지 않음

마. 한국에서의 적용 가능성 및 시사점

- 우리나라 수송부문에서도 물류 효율화, 해운 그린화 등의 효과가 산정됨.
- 운송수단간 대체 효과에 대한 보다 많은 자료와 배출계수(온실가스배출량/톤km 등)

에 대한 검증 등이 필요

- 수송 수단 전환 등에 대한 보다 구체적인 자료와 근거 제시가 필요

<참고문헌>

USEPA(2010), “Final Rulemaking to Establish Light-Duty Vehicle Greenhouse Gas Emission Standards and Corporate Average Fuel Economy Standards” (EPA-420-R-10-009) <https://www.epa.gov/vehicles-and-engines>

USEPA(2016), “Final Rulemaking for 2017-2025 Light-Duty Vehicle Greenhouse Gas Emission Standards and Corporate Average Fuel Economy Standards,” <http://www.epa.gov/otaq/climate/documents/420r12016.pdf>

USEPA(2011), “Got manure? Want energy? We can help,”

USEPA(2016), Optimization model for reducing emission of Greenhouse Gases from automobiles(MOMEGA), <https://www.epa.gov/regulations-emissions-vehicles-and-engines/optimization-model-reducing-emissions-greenhouse-gases>

USEPA(2010), Renewable Fuel Standard Program(RFS2) Regulatory Impact Analysis,

<http://www.epa.gov/otaq/climate/regulations/420r10009.pdf>

<http://www.epa.gov/otaq/climate/documents/420r12016.pdf>

<https://www.epa.gov/air-pollution-transportation>

<https://www.epa.gov/agstar/what-epa-doing-agstar#a1>

<https://www3.epa.gov/otaq/climate/models.htm>

<https://www3.epa.gov/lmop/projects-candidates/lfge-calculator.htm>

<http://www.nhtsa.gov/fuel-economy>

제5절 폐기물

1. [미국] Landfill Methane Outreach Program

가. 일반 현황

1) 제도의 개요

- 매립지에서 발생하는 CH₄(메탄) 저감을 추진하는 정책으로 해당 프로그램을 통하여 지원, 기술 정보 제공, 협력자가 사업에 참여하는 경우의 감축효과 산정.

- 매립가스 발전 경우 발전설비 용량에 따른 감축효과가 데이터베이스(database)화 되어 있으며 이를 근거로 2020년 기준 온실가스 감축효과를 산정함.
- 일정규모 이상의 매립장은 2011년부터 2010년 이후의 온실가스 배출량 자료를 미국 환경청에 제출함.
- 매립가스는 50%의 CH₄(메탄)과 50%의 CO₂로 구성되는 데 메탄은 지구온난화 효과가 이산화탄소에 비하여 25배 정도 강함.
 - 미국에서 매립지는 메탄 발생에 있어서 3번째로 높은 수준임.
- 매립지 메탄처리 프로그램은 매립지 메탄을 대기 중으로 누출시키는 대신에 포집하여 에너지원으로 사용하는 것임.
 - 포집된 메탄가스는 태워 없애거나 발전 또는 산업용 화석연료 대체, 혹은 대체연료차량의 연료로 사용될 수 있음.
 - 현재 사업이 진행 중인 매립가스 중 약 1/4의 양이 보일러, 킬른, 건조기 등에서 사용되는 화석연료(천연가스, 석탄, 연료유 등)를 대체하는 연료로 직접 사용됨.
 - 매립가스는 또한 열병합발전에 사용되어 전기와 스팀 혹은 온수를 생산 공급함. 산업단지에서 엔진 혹은 터빈을 사용하여 열병합 발전을 하는 사업이 다수 있는데 이는 전기 생산에 추가하여 폐열을 회수하므로 효율성이 매우 높음.
 - 대체연료 자동차의 연료로 사용되는 것은 CNG 혹은 LNG형태로 사용됨.

2) 제도 이력

- 1994년부터 시행함.
 - 1차 격년보고서와 유사한 방법론을 사용함 .
- 2015년에는 고품폐기물에서 발생하는 메탄의 양을 현재 기준보다 1/3 낮은 수준으로 하는 목표 설정
 - 2025년 기준으로 CH₄ 배출량을 436,000톤(10MtCO₂eq)을 줄이는 계획 수립

나. 감축잠재량 분석

1) 감축잠재량

- 2020년 기준 매립가스를 이용한 에너지화 사업으로 감축되는 온실가스량은 18.7MtCO₂eq으로 추정됨.
- 2016년 3월 현재 648개의 매립가스를 이용하는 사업(Projects)이 있으며 현재 추가적으로 400개 정도가 고려되고 있음.
 - 636개의 매립가스 에너지화 사업을 통하여 2014년 현재 127MtCO₂eq의 온실가스

가 감축되는 것으로 산정됨.

- 단, 제2차 격년보고서에서 발표한 2013년 기준 온실가스 감축량은 31MtCO₂eq임.

2) 산정방법

○ 미국 환경청은 매립지 매립가스를 에너지화하는 사업의 온실가스 감축효과를 산정하는 산정표를 제공함.

- Emission Reductions and Environmental and Energy Benefits for Landfill Gas Energy Projects

(<https://www3.epa.gov/lmop/projects-candidates/lfge-calculator.htm>)

- 매립가스 에너지화 사업의 온실가스 감축효과는 직접적 효과와 대체되는 연료사용 절감에 따른 온실가스 감축효과를 합하여 산정함.

- 즉 CH₄를 CO₂로 전환하면서 감축된 효과와 다른 화석연료를 사용하여 전기를 생산할 때 발생하는 온실가스 배출량, 그리고 직접 사용하는 경우에는 다른 화석연료를 사용했을 때의 온실가스 배출량을 효과로 감축효과로 산정함.

○ CH₄을 CO₂로 전환하는 직접감축효과 계산

- 산정식에서 제시하고 있는 공식은 다음과 같음.

$$\text{MMtCO}_2\text{eq/yr} = \text{발전설비용량 (MW)} * 0.93[\text{총설비계수(gross capacity factor)}] * (8,760 \text{ hours/year}) * (1,000 \text{ kilowatts/megawatt}) * (11,700 \text{ Btu /kilowatt-hour}) / (1,012 \text{ Btu/standard cubic foot methane}) * (0.0423 \text{ pounds methane/standard cubic foot methane}) / (2,000 \text{ pounds/short ton}) * (0.9072 \text{ metric tons/short ton}) / (1\text{E}+06 \text{ metric tons/million metric tons}) * 25[\text{GWP of methane}]$$

○ 매립가스를 이용하여 발전을 하는 경우 발전 대체 감축효과는 다음과 같이 계산됨

$$\text{MMtCO}_2\text{eq/yr} = \text{발전설비용량 (MW)} * 0.85[\text{순설비계수(net capacity factor)}] * (8,760 \text{ hours/year}) * (1,000 \text{ kilowatts/megawatt}) * (1.18 \text{ pounds carbon dioxide /kilowatt-hour}) / (2,000 \text{ pounds/short ton}) * (0.9072 \text{ metric tons/short ton}) / (1\text{E}+06 \text{ metric tons/million metric tons})$$

○ 매립가스를 이용하여 화석연료 대신에 직접 이용하는 경우 직접 감축효과는 다음과 같이 계산됨.

$$\text{MMtCO}_2\text{eq/yr} = \text{million standard cubic feet per day(mmscfd) of LFG utilized(사용 매립가스)} * (365\text{days /year}) * (1\text{E}+06 \text{ standard cubic feet/million standard cubic feet}) * (0.5 \text{ standard cubic feet methane/standard cubic foot landfill gas}) * (0.0423 \text{ pounds methane/standard cubic foot methane}) / (2,000 \text{ pounds/short ton}) * (0.9072 \text{ metric tons/short ton}) / (1\text{E}+06\text{metric tons/million metric tons}) * 25[\text{GWP of methane}]$$

- 매립가스를 이용하여 화석연료 대신에 이용하는 경우 화석연료 대체 감축효과는 다음과 같이 계산됨.

$$\text{MMtCO}_2\text{eq/yr} = \text{million standard cubic feet per day(mmscfd) of LFG utilized(사용 매립가스)} * 0.90[\text{총설비계수(gross capacity factor)}] * (365\text{days/year}) * (1\text{E}+06\text{standard cubic feet/million standard cubic feet}) * (0.5 \text{ standard cubic feet methane/standard cubic foot landfill gas}) * (1,012 \text{ Btu/standard cubic foot methane}) / (1,050 \text{ Btu/standard cubic foot natural gas}) * (0.12037 \text{ pounds carbon dioxide/standard cubic foot natural gas}) / (2,000 \text{ pounds/short ton}) * (0.9072 \text{ metric tons/short ton}) / (1\text{E}+06 \text{ metric tons/million metric tons})$$

다. 감축효과 분석

1) 감축효과

- CH₄를 CO₂로 전환하여 계산되는 온실가스 감축효과는 2013년 기준으로 31,280천 CO₂톤으로 산정

라. BR1과 BR2의 감축효과 차이 및 원인 분석

1) 감축효과 차이

- BR1에서는 2011년 온실가스 감축효과를 15,800ktCO₂으로 추정하였지만 BR2에서는 2013년 온실가스 감축효과를 31,280ktCO₂으로 산정함.
- 또한 2020년의 감축목표도 BR1에서는 15,700ktCO₂으로 산정하였지만 BR2에서는 18,690ktCO₂으로 산정함.
 - BR1에서는 2020년의 감축목표가 2011년의 감축효과와 비교하여 큰 차이가 없었으나 BR2에서 산정된 2020년의 감축목표 18,690ktCO₂은 BR1에서 산정된 목표보다는 크지만 2013년의 감축효과 31,280ktCO₂에 비해서는 큰 폭으로 하락

<표 3-54> BR1과 BR2에서의 감축효과 비교 (단위: ktCO₂)

	2011	2013	2020
BR1	15,800	-	15,700
BR2	-	31,280	18,690

2) 원인 분석

- BR1에서는 해당 프로그램의 온실가스 감축효과 산정시 배출되는 CH₄를 태워 없애는 효과를 포함하지 않았지만 BR2에서는 배출되는 CH₄를 태워버리는(Flaring) 효과를 산정함.
 - 점진적으로 배출되는 CH₄를 단순히 태우는 대신에 점진적으로 열병합발전 혹은 산업용 연료로 이용하는 경우 단순하게 태워버릴 때 발생하는 온실가스의 감축효과는 점진적으로 감소하여 2020년에는 배출되는 메탄가스의 활용효과만을 산정한 BR1의 감축효과와 유사한 결과를 가져옴.
- 추가적으로 BR2에서는 최신의 감축수단과 비용, 에너지 가격, 보조 정책, 등에 대한 사용하여 해당 정책의 미래 효과를 산정하여 추정된 감축효과가 낮아짐.

마. 감축수단 이행평가 방법, 관리 책임 기관 및 역할

1) 잠재량 분석의 주체 및 역할

- 환경청(Environment Protection Agency)

바. 한국에서의 적용 가능성 및 시사점

1) 감축잠재량/효과 분석 분야

- 우리나라 폐기물부문 온실가스 감축 목표 설정에 있어서 매립가스를 이용한 발전 혹은 천연가스로 활용하는 효과는 산정되고 있음.
 - 또한 매립가스를 이용한 온실가스 감축사업은 이미 청정체제개발사업(Clean Development Mechanism)으로 인정되어 온실가스 감축 크레딧을 발급 받음.
 - 따라서 감축효과 산정 방법론과 그 효과 산정에 있어서 객관성과 투명성이 보장되고 있다고 할 수 있음.

2) BR의 개선 분야

- 온실가스 감축효과와 감축목표를 구체적으로 제시하고 그 근거를 제시하는 것이

필요함.

- 발전용 연료로 사용되는 경우 열병합 발전의 형태인지 혹은 단순한 발전 형태인지도 분명히 가정할 필요가 있을 것임.
- 전력배출계수도 지속적으로 갱신하거나 감축 효과 분석에 있어서 가정한 전력배출계수를 명시할 필요가 있음.

2. [미국] 지속가능한 자원관리(Sustainable Materials Management)

가. 일반 현황

1) 제도의 개요

- 2011년부터 실시한 지속가능한 자원관리는 자원 전생애 걸쳐 사용하거나 재활용하는 데 있어서 보다 생산적으로 활용될 수 있도록 하는 것임.
 - 최소한 사용을 전제로 가장 생산적으로 자원이 사용될 수 있도록 함.
 - 자원 전생애에 걸쳐 독성물질의 배출과 환경에 대한 부하를 최소화 함.
 - 현재와 미래 세대의 필요를 충족시킬 수 있는 충분한 자원 확보
- 최근 인구 증가와 산업 생산의 급속한 증가로 유한 자원의 한계를 극복하기 위한 노력이 필요한 상황을 반영함.
 - G7회의(2016)에서 20세기 자원사용량은 인구증가율보다 2배 증가하였음 지적
 - 2000년부터 2050년까지 인구는 50% 증가하고 경제활동은 500%, 그리고 에너지와 자원 사용을 300% 증가할 것으로 예상됨.
- 미국 환경청(2009)의 ‘Sustainable Materials Management: The Road Ahead’에서는 지속가능한 자원 관리의 목표를 3가지로 요약함
 - 전생애분석을 통한 자원과 제품 관리
 - 미래에 자원을 관리할 수 있는 능력 배양: 주정부, 지자체 등의 능력 수준이 상이하므로 이를 향상시키기 위한 기술적 지원, 지침서 작성 등 추진
 - 한세대에 걸친 보다 환경 친화적이고 강하며 동시에 경쟁적인 경제를 구현하고 자원을 관리하는 방안 도출을 위한 대중과의 대화 강화
- 미국의 경우 미국 전체 온실가스 배출량의 42%가 자원관리와 연계되어 있음.
 - 따라서 자원의 효율적 관리와 절약은 온실가스 감축에 매우 중요함.
- 자원 전생애(천연자원의 추출부터 퇴출시의 관리) 분석을 통하여 환경에 대한 부담을 줄이고, 자원을 절약하고, 비용을 절감할 수 있음.

- 제품의 설계를 바꿈으로써 다르거나, 보다 적은 양의 자원, 독성이 낮은 물질, 내구성이 강한 물질 등을 사용할 수 있음.
- 또한 수명이 다한 경우 분해를 보다 쉽게 할 수 있으며 생산자는 소비자와 연계 강화를 통하여 제품의 사용 효율을 높일 수 있음.
- 지속가능한 자원 관리 프로그램에는 음식물, 전자제품, 산업부문 무독성 2차 자원 관리 등이 포함됨.
 - 지속가능한 전자제품 프로그램은 첫째로 폐기물 발생을 줄이기 위하여 사용하지 않는 전자제품을 무상 기여하여 보다 오랜 기간 사용할 수 있도록 함.
 - 무상 기여할 수 없는 경우 재활용하도록 함. 초기 구매단계에서부터 보다 환경 친화적인 특성을 갖는 제품을 구매토록 함.
 - 지속가능한 무독성 산업 2차 자원 관리 프로그램은 산업생산과정의 부산물, 또는 수명이 다한 후 재활용된 고철 등과 같은 자원을 활용하는 것으로 화력발전 후 석탄재, 건축 혹은 철거 공사 후 생성된 자원 등을 2차 자원이라 함.
 - 석탄재는 포틀랜드 시멘트 제조 시 활용 가능, 탈황시 사용된 석고를 석고보드 만드는 경우에 재활용 등이 있음.

2) 제도 이력

- 미국 환경청은 2002년 ‘Beyond RCRA: Waste and Materials Management in the Year 2020’을 발간하여 2020의 비전을 제시함.
 - 보고서의 핵심은 환경정책 방향을 폐기물관리에서 자원관리로 전환해야 하는 것임.
 - 2007년 미국 환경청의 폐기물, 화학물질 프로그램 관리자들이 모여 2020년 비전 워크숍을 개최하여 지속가능한 자원관리 촉진을 위한 계획 수립
 - 모든 물질에 대하여 접근하는 것보다는 소수의 시범 사업을 통하여 종합적인 접근을 통한 자원관리의 효과성을 보이는 것을 권고함.
 - 선택 시 전생애환경영향, 자원(원료, 에너지, 물)사용량, 폐기물 등 고려

나. 감축잠재량 분석

1) 감축잠재량

- 미국 환경청은 폐기물 저감모형(Waste Reduction Model, WARM)을 사용하여 폐기물 관리 혹은 저감에 따른 온실가스 감축효과를 산정
 - WARM은 기준선(baseline) 대비 대안 정책 혹은 노력을 하였을 경우의 온실가스 배출량을 구하여 그 차이를 감축량으로 산정할 수 있도록 함.
 - 고품폐기물 관리 대안으로는 폐기물 배출 저감, 재활용, 혐기성 소화, 소각, 분해

와 매립 등이 있음.

- 계산을 위해서 관리하는 대상 자원과 처리 혹은 감축 방안을 정하면 WARM에서 대상 자원과 처리 혹은 감축방안에 따른 온실가스 배출량과 에너지 절약량 산출함.
 - 매립가스 회수, 운송거리 자료는 정책 존재여부 혹은 지역 특성 등 반영 산정
 - 또한, 매립가스 회수율과 매립지 수분 특성을 반영하여 부패율을 결정하도록 함.

2) 산정방법

- WARM 모형을 통하여 분석대상이 되는 자원 다음과 같음.
 - 금속: 알루미늄 캔과 잉곳, 철 캔, 구리선
 - 유리
 - 플라스틱: HDPE, LDPE, PET, LLDPE, PP, PS, PVC, PLA
 - 종이: Corrugated Containers, 잡지, 광고우편, 신문, 사무용지, 전화번호부, 교과서
 - 나무: 각목, 합판
 - 기타: 음식물 찌꺼기, 정원부산물, 잔디, 잎, 가지
 - 혼합물: 혼합종이(일반, 가정, 사무실), 혼합금속, 혼합플라스틱, 혼합재활용가능, 혼합유기물, 혼합고형폐기물
 - 카펫, 개인컴퓨터, 벽돌, 콘크리트, 재, 폐타이어, 아스팔트 콘크리트, 아스팔트 싱글, 석고보드, 유리섬유 단열재, 비닐 장판, 목재마루
- 고형 폐기물의 발생량을 재활용, 매립, 소각, 퇴비의 처리량으로 구분
 - 기준선(baseline)하의 처리방식과 감축시나리오 각각에 대하여 처리량을 명시
- 지역별 전력배출계수의 특성을 반영
- 폐기물 발생량을 줄인 경우 해당 제품 생산에 있어서 일반적인 활용품과 신제품의 비율을 적용함.
 - 해당 제품을 모든 신제품으로 생산한다는 가정 도입 가능
- 수분함량을 반영하여 매립시의 부패율(MSW decay rate, k)을 결정
- 관리대상 자원의 감량, 재활용, 매립, 소각, 퇴비처리별로 온실가스 배출계수가 존재함.
 - 이러한 온실가스 배출계수는 제품의 원료채취와 운송, 생산 등 전과정의 배출량을 나타냄.

- 미국 의회에서 규정한 전생애 온실가스 배출량은 직접배출량 뿐만 아니라 관련 활동으로 인한 유의미한 간접배출을 포함함.
 - 전생애에는 연료와 중간원료(feedstock) 생산과 배분, 그리고 중간원료 생산 또는 채취로부터 분배, 운송 등을 통하여 최종소비자가 최종 사용하는 연료를 포함
- 자원별, 처리방법별 전생애 온실가스 배출량을 나타내는 배출계수는 미국 환경청의 보고서에 처리방법과 처리방법에 대한 배출량 산정방법 등을 통하여 설명됨.
- 폐기물 발생억제 정책 또는 조치는 다음과 같음.
 - 제품 설계변경을 통하여 보다 적은 재료(원료) 사용(경량화, 원료 대체)
 - 제품 또는 원료를 재사용(reusing)(재충전이 가능한 물병)
 - 제품의 수명 연장
 - 원료사용 최소화(광고 우편물 억제, 먹지 않는 음식 수요 억제 등)
- 폐기물 발생 억제가 온실가스 배출에 미치는 영향은 다음과 같음.
 - 상류부문 배출감소: 재료(원료) 생산과 관련된 온실가스 배출 감소로서 원료의 채취, 가공, 또는 생산, 운송 등과 같은 활동도 감소
 - 제품생산과정에서 배출되는 온실가스 감소로서 목제품은 탄소 흡수 유지가능
 - 하류부문 배출감소: 사용 후 폐기물 관리와 관련된 온실가스 배출 감소
- 폐기물 발생 억제효과는 대체되는 제품이 완전 신제품만을 의미하는 것이 아니라 새로운 원료와 재활용된 원료의 혼합으로 이루어질 수 있으므로 WARM에서는 기본적으로 해당 제품의 신제품 원료와 재활용된 원료의 비중을 적용함.
 - 음식이나 목제품은 재활용 원료로 사용하는 것이 거의 불가능하므로 100%신제품 원료를 사용하는 것으로 가정함.
 - 종이와 목제품 폐기물 발생억제 효과는 벌목되는 목재의 흡수효과가 반영됨.
- 폐기물 발생 억제의 효과는 재사용, 원료 대체 효과로 나누어 접근 가능
- 폐기물 발생 억제가 해당 제품을 재활용하는 경우 해당제품을 새로이 생산하게 되는 경우의 온실가스 배출량과 재활용 제품 생산시 배출량의 차이로 계산 가능
 - 재활용 제품의 경우에도 재사용된 원료와 신제품 원료의 혼합으로 구성될 수 있으므로 혼합된 신제품 원료로 인한 배출효과는 차감하여야 함.
- 자원이 여러 번 재활용되는 경우에는 이러한 효과도 WARM에서 계산됨.
 - 우선적으로 WARM에서 해당 자원이 재활용되는 경우의 기준선 대비 온실가스 감축효과를 계산하고 여기에 추가적 재활용되는 회수(전체 활용회수 - 1)를 곱하여 감축효과 계산

·재사용으로 인한 온실가스 감축효과 = (N-1) * A

N : 전체 활용회수

A : 기준선 대비 폐기량 발생 억제의 온실가스 감축 효과

= 동일제품 생산시 발생 온실가스 - 재활용시 발생 온실가스

<표 3-55> WARM의 자원별, 처리방식별 온실가스 배출계수

Per Ton Estimates of GHG Emissions for Alternative Management Scenarios

Material	GHGEmission perTonofMat erialSourceRe duced(MTCO ₂ E)	GHGEmission perTonofMa terialRecycle d(MTCO ₂ E)	GHGEmissions perTonofMater ialLandfilled(M TCO ₂ E)	GHGEmissions perTonofMater ialCombusted(MTCO ₂ E)	GHGEmissi onsperTon ofMaterial Composted (MTCO ₂ E)
Aluminum Cans	-4.94	-8.89	0.04	0.05	NA
Aluminum Ingot	-7.27	-6.97	0.04	0.05	NA
Steel Cans	-3.18	-1.80	0.04	-1.55	NA
Copper Wire	-7.26	-4.89	0.04	0.05	NA
Glass	-0.53	-0.28	0.04	0.05	NA
HDPE	-1.47	-0.86	0.04	1.27	NA
LDPE	-1.79	NA	0.04	1.28	NA
PET	-2.22	-1.11	0.04	1.24	NA
LLDPE	-1.57	NA	0.04	1.27	NA
PP	-1.55	NA	0.04	1.27	NA
PS	-2.50	NA	0.04	1.64	NA
PVC	-1.98	NA	0.04	0.67	NA
PLA	-2.18	NA	-1.62	-0.62	-0.20
Corrugated Containers	-5.59	-3.11	-0.05	-0.48	NA
Magazines/third-class mail	-8.64	-3.07	-0.47	-0.35	NA
Newspaper	-4.85	-2.78	-1.01	-0.55	NA
Office Paper	-7.99	-2.85	1.17	-0.47	NA
Phonebooks	-6.27	-2.65	-1.01	-0.55	NA
Textbooks	-9.11	-3.11	1.17	-0.47	NA
Dimensional Lumber	-2.02	-2.46	-0.73	-0.58	NA
Medium-density Fiberboard	-2.22	-2.47	-0.73	-0.58	NA
Food Scraps	NA	NA	0.69	-0.12	-0.20
Yard Trimmings	NA	NA	-0.16	-0.15	-0.20
Grass	NA	NA	0.26	-0.15	-0.20
Leaves	NA	NA	-0.56	-0.15	-0.20
Branches	NA	NA	-0.73	-0.15	-0.20
Mixed Paper (general)	NA	-3.52	-0.07	-0.49	NA
Mixed Paper (primarily residential)	NA	-3.52	-0.14	-0.48	NA
Mixed Paper (primarily from offices)	NA	-3.59	0.06	-0.44	NA
Mixed Metals	NA	-3.97	0.04	-1.06	NA
Mixed Plastics	NA	-0.98	0.04	1.25	NA
Mixed Recyclables	NA	-2.80	-0.13	-0.43	NA
Mixed Organics	NA	NA	0.28	-0.14	-0.20
Mixed MSW	NA	NA	0.98	-0.04	NA
Carpet	-3.96	-2.37	0.04	1.10	NA
Personal Computers	-54.15	-2.35	0.04	-0.17	NA
Clay Bricks	-0.28	NA	0.04	NA	NA
Concrete	NA	-0.01	0.04	NA	NA
Fly Ash	NA	-0.87	0.04	NA	NA
Tires	-4.32	-0.39	0.04	0.51	NA
Asphalt Concrete	-0.11	-0.08	0.04	NA	NA
Asphalt Shingles	-0.20	-0.09	0.04	-0.34	NA
Drywall	-0.22	0.03	0.13	NA	NA
Fiberglass Insulation	-0.39	NA	0.04	NA	NA
Vinyl Flooring	-0.62	NA	0.04	-0.30	NA
Wood Flooring	-4.06	NA	0.07	-0.76	NA

출처: <https://www.epa.gov/warm>

- 폐기물 발생 억제가 대체 원료를 사용하여 이루어진 경우 온실가스 감축효과는 원 재료를 사용할 때의 온실가스 배출량과 대체원료를 생산하고 폐기처분할 때의 온실가스 배출량 차이임.

- 이 경우에는 대체되는 원료와 대체하는 원료간의 무게기준 대체비율을 고려함.

·원료대체의 감축효과 = (대체원료 배출량*대체비율 - 대체대상 원료 배출량)

·대체원료 배출량: 대체원료 1단위 기준 생산과 폐기까지 전생애 배출량

대체원료 배출량 = 대체원료 생산시 배출량 + 대체원료 폐기방법별 배출량

·대체대상 원료 배출량: 대체대상 원료 1단위 기준의 전생애배출량

대체대상 원료 배출량 = 대체대상 원료 생산시 배출량 + 대체대상 원료 폐기방법별 배출량

·대체비율 : 대체대상 원료 1단위를 대체하기 위하여 필요한 대체원료의 양

3) 필요 자료와 정보

- 폐음식물 발생 억제 혹은 재활용의 효과 산정시 효과가 과대 산정될 수 있음
 - 음식물이 재활용 되는 경우에도 소비자가 추가적으로 다른 음식을 소비할 수 있음.
 - 또한, 재활용된 음식이 식용이 아니라 사료로 활용되는 경우 그 효과는 사료 대체 효과로 산정되어야 함.
 - 혼합폐기물의 발생억제, 재활용 등에 있어서 혼합물 각각 폐기물 발생 억제 효과를 산정할 수 있는 경우도 있지만 구분이 어려운 경우도 존재함.
- 전생애분석은 많은 양의 자료를 필요로 하고 자료의 질에 따라 결과가 다르게 나올 수 있음.

다. 감축효과 분석

1) 감축효과

- 2011년부터 시행된 지속가능한 자원관리 프로그램의 효과는 2013년을 기준으로 500ktCO₂eq으로 산정함.

2) 측정방법

- 실질적으로 해당 시책에 참여하는 지역, 기업 등의 감축량 분석 결과를 활용하여 미국 환경처에서 표준화되어 제시하고 있는 WARM 산정식을 사용하여 감축량 산정

3) 필요 자료 및 정보

- 사용 자료는 지속가능한 자원관리 프로그램에 자발적으로 참여한 기업 혹은 단체에서 제공하는 자료를 사용함.

4) 효과의 평가 분석

- 지속가능한 자원관리 정책은 온실가스 감축과 관련하여 직접적, 간접적 효과를 나타내지만 정책의 효과 산정시 폐자원에 국한된 효과만을 산정함.

라. BR1과 BR2의 감축효과 차이 및 원인 분석

1) 감축효과 차이로 제시

- BR1에는 2011년 혹은 2013년의 온실가스 감축효과가 제시되지 않았지만 BR2에는 2013년의 온실가스 감축효과(목표)가 제시됨.
- 2020년 기준 지속가능한 자원관리 감축목표는 BR1, BR2 모두 30ktCO₂으로 제시됨.

<표 3-56> BR1과 BR2에서의 감축효과 비교 (단위: ktCO₂)

	2011	2013	2020
BR1	-	-	30
BR2	-	500	30

마. 한국에서의 적용 가능성 및 시사점

- 대체 원료 혹은 중간재, 감축효과의 전생애 감축효과 등에 국내 현실을 반영 필요

3. [일본] 폐기물 감축과 재활용제고(Promotion of Waste Reduction and Recycling)

가. 일반 현황

1) 제도의 개요

- 순환형 사회형성 추진 기본법에 따른 「순환형 사회형성 추진 기본 계획」에 규정된 목표 및 이에 입각한 「폐기물 처리법」에 따라 폐기물 감량화 목표 달성을 위해 3R 활동을 촉진함. 또한 「폐기물 처리시설 정비계획」이 나타내는 방향성에 따라 3R실

현에 이바지하는 폐기물 처리시설의 정비를 추진하여 폐기물의 소각량을 절감함.

2) 기준 설정 및 갱신 원칙 (EPCA)

- 대책별 평가대상로 하는 지표를 설정하고 평가시 해당 평가지표를 근거로 평가함.

3) 분석 전담 기관

- 전담 기관: 환경성

나. 감축잠재량 분석

- 목표연도(2030년) 이외의 숫자는 2030년까지 진행상황을 확인하기 위한 기준임.

다. 대책별 감축량

1) 플라스틱제 용기포장 분리수집 및 재이용 추진

<표 3-57> 플라스틱제 용기포장 분리수집 및 재이용 감축효과

	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	'25	'26	'27	'28	'29	'30
플라스틱제 용기포장 폐기물의 분리수집량 (만 t)	66	66	67	67	68	68	68	69	69	70	70	70	71	71	72	72	72	73
에너지절감량 (만 kL)	-	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7
감축량(만tCO ₂)	-	0.3	0.7	1.0	1.4	1.8	2.2	2.5	2.9	3.3	3.6	4.0	4.4	4.7	5.1	5.5	5.9	6.2

- 에너지 절감량은 2012년도부터 대책 진행에 따른 에너지 절감량이며 감축량은 해당 에너지량 등에 따라 계산됨. 2013년, 2014년은 실적치임.

- 분리 수집량 예상은 2013년도 실적치에서 제 7기 시읍면 분리 수집계획 증가율에 따라 계산. 절감효과는 플라스틱제 용기포장폐기물의 연료용 사용 비율(2013년도 수치)을 근거로 계산. 향후 심의회에서 재검토 가능성 있음.

- 「플라스틱제 용기포장 폐기물 분리소비량」 은 지정 법인에 인도하는 양을 나타냄.

- 「폐기물 소각 감축」 의 추진으로 폐기물량과 발전전력량도 감소 가능성은 있지만 감축량 산정에는 고려하지 않음.

○ 감축량

- 교토 의정서 목표 달성 계획시 계산 방법에 따라 산출하고 있지만, 향후 재검토

가능성 있음.

○ 시책에 따른 보급계발 및 기타 사항(2008년~2012년)

- 지자체별 분리 수거와 유료화에 관한 지침의 보급
- 배출 억제 등 지침에 따른 활동의 추진
- 용기 포장 배출억제 추진위원 등을 활용한 시민참여 확대, 3R 추진 모델 사업 (3R 추진 모델 사업은 08년도에만 실시)
- 그린 구매법에 근거하여 폐기물 감소에 기여한 물품 등 솔선 구매
- 산업폐기물 처리 분야에서 온난화 대책관련 지침 제작·배포
- 전국 산업폐기물 처리 연합회의 환경 자주행동 계획의 추진에 관한 정보 제공 등

○ 교토의정서 목표달성 계획 진척상황(2008년~2012년)

- 순환형사회 형성추진 교부금에 의한 시립 폐기물 재활용 시설의 정비 등의 사업을 지원
- 순환형사회 형성추진 교부금에 폐기물 처리 시설의 핵심 시설 개량 사업에 의한 온난화 대책에 대한 지원 메뉴 추가
- 폐기물 처리 부문의 온실가스 배출 억제 등 지침 매뉴얼을 작성·공표. 지자체에 의한 폐기물 분야의 온실가스 배출 억제 대책을 추진
- 국고 보조 사업 「폐기물 처리 시설에서의 온난화 대책 사업」(10년 이전) 「폐기물 에너지 도입 저탄소 화 촉진 사업」(11년 이후) 및 폐열 회수 시설 설치자 인증 제도의 추진으로 산업 폐기물 처리업자에 의한 폐기물의 에너지화 추진.
- 플라스틱 제 용기 포장을 연료로 활용함에 따른 절감 예상
- 관계 주체의 협력·연계에 의한 재활용 제도 개선 검토. 지자체 분리수거의 양과 질을 높이는 목적으로 분리수거 품목별 사업효과나 비용 등에 대한 실태 조사 등 추진
- 법률·기준
 - ① 순환형 사회 형성 추진 기본 계획에 정한 목표 달성을 위한 대책
 - ② 폐기물처리 시설 정비 계획에 명시된 목표의 달성을 위한 대책
 - ③ 폐기물처리법에 근거하는 폐기물 감량화 목표 달성을 위한 대책
 - ④ 개별 리사이클 법 (용기 포장 리사이클 법 등)에 근거한 조치 실시, 평가, 검증
- 예산·보조
 - ① 환경 사회 형성 추진 교부금
 - ② 폐기물 처리 시설에서의 온난화 대책 사업 (10년 이전)
 - ③ 폐기물 에너지 도입·저탄소 화 촉진 사업 (11년 이후)

2) 폐기물 소각량 감축

- 일반폐기물인 플라스틱류의 배출을 억제하고, 용기포장 재이용법의 플라스틱제 용기포장 분리 수집 및 재이용 등에 따른 재생이용을 추진함으로써, 소각량을 감축하고 플라스틱류의 소각에 따른 이산화탄소 배출량을 절감. 또한 산업폐기물은 3R 추진 등으로 소각량을 줄이고 소각에 따른 이산화탄소 배출량을 저감시킴.
- 폐기물 소각에 의한 CO₂ 배출절감대책 진행 여부에 따른 2010년도 CO₂배출량은 다음 표로 나타냄. 대책을 진행한 경우 CO₂감축량은 약 580만tCO₂로 추계됨.

<표 3-58> 2010년도 폐기물 소각량 및 CO₂ 배출량

종류	폐기물 소각량 (천 톤)		CO ₂ 배출량(만 tCO ₂)	
	대책×	대책○	대책×	대책○
일반폐기물 (플라스틱)	5,298	4,476	1,414	1,195
산업 폐기물 (폐플라스틱 류, 폐유)	5,556	4,276	1,514	1,181
합계			2,928	2,376

- CO₂ 감축량

<표 3-59> 플라스틱 소각에 따른 CO₂ 감축량

	2013	2014	2015	2020	2025	2030
일반폐기물인 플라스틱류 소각량(천 t) (건조 기준)	2,856	2,831	2,806	2,675	2,569	2,458
감축량(만 tCO ₂)	-	4.7	9.3	32	38	44

- 평가지표는 플라스틱류 소각량(천t)(건조기준)으로 2013, 2014은 실적치임.
- 플라스틱류 소각량은 「폐기물 광역이동대책검토 조사 및 폐기물 등 순환이용량 실태조사보고서(폐기물 등 순환이용량 실태 조사편)」 (환경성 대신관방 폐기물·리사이클 대책부)의 일반폐기물인 플라스틱류(플라스틱 및 페트병) 소각량에서 파악
- 바이오매스 플라스틱이 포함되지만, 감축량 산정 시 고려하지 않음.
- 2013년 이후 일반폐기물 발생억제 및 용기포장 리사이클법에서 플라스틱제 용기포

장 분리수집 진행

- 감축량(만 tCO₂) = 일반폐기물인 플라스틱류 소각량 BAU 케이스에서 절감분(천 t (건조기준)/년) × 일반폐기물인 플라스틱류의 소각량에 따른 이산화탄소 배출계수 (2,754kgCO₂/t)
- 교토의정서 목표달성 계획 진척상황(2008년~2012년)
 - 일반폐기물 배출량의 삭감·리사이클 추진
 - 순환형 사회추진 교부금에 의해 시립 폐기물 재활용 시설의 정비 등 사업을 지원. (2012년도)
 - 지자체의 분리수거와 유료화에 관한 지침을 개정 및 보급 추진
 - 폐기물처리 부문의 온실가스 배출 억제 등 지침 매뉴얼을 작성·공표하여 지자체에 폐기물분야의 온실가스 배출 억제 대책을 추진
 - 관계 주체의 협력·연계에 의한 재활용 제도 개선 검토 및 지자체 분리수거 양과 질을 끌어올리는 것을 목적으로 하는 분리수거 품목의 차이에 의한 사업 효과나 비용 등에 대한 실태 조사 등을 실시하는 용기 포장 3R 고도화 추진 사업을 실시
 - 산업폐기물 배출량의 삭감·리사이클의 추진
 - 전국 산업폐기물 연합회 환경 자주 행동 계획에 따라 소각 시 온실가스를 발생시키는 산업폐기물의 3R 촉진, 산업폐기물 소각시의 에너지 회수 추진, 온실가스 배출량을 저감시키는 시설 운전 관리 등을 추진. 또한 지금까지 수집된 사례를 하나의 사례집으로 재편집. 이외 청년 협의회의 「CO₂ 마이너스 프로젝트」 「CSR2 프로젝트」에서 우수사례 표창 등을 실시하여 사업자에게 사업 추진을 실시
 - 기타
 - ① 전국 산업폐기물처리 연합회 환경자주 행동계획의 추진에 관한 정보 제공 등
 - ② 쓰레기 처리 광역화 추진

3) 폐기물 최종처분 감축

<표 3-60> 폐기물 최종처분의 감축효과

	2013(실적)	2014	2015	2020	2025	2030
유해성 일반폐기물 최종 처리량(천t) (건중량 기준)	371	300	266	105	20	10
감축량(만 tCO ₂)	-	0.0	1.7	18	39	52

- 대책 평가 지표는 유해성 일반폐기물의 최종 처리량(천t)(건중량 기준)임.

- 유해성 일반폐기물 최종 처리량은 「폐기물 광역이동대책검토 조사 및 폐기물 등 순환이용량 실태조사보고서(폐기물 등 순환이용량 실태조사편)」(환경성 대신관방 폐기물·리사이클 대책부)에서 유기성 일반폐기물(음식물 쓰레기류, 지포류, 목축 초류, 분뇨처리슬러지)의 직접 최종 처리량 및 소각 이외의 중간처리 후 최종 처리량을 파악하여 인벤토리에 설정된 조성별 고품분 비율을 곱하여 산출
- 2013년도 실적은 「폐기물 통계의 정확도 향상 및 신속화를 위한 검토 조사 보고서」의 속보치를 인용
- 감축량(만 tCO₂) = (유기성 일반폐기물의 최종 처리량을 기초로 산정한 평가연도 폐기물분해량의 BAU와의 차분) × (폐기물 종류별 메탄배출계수 및 인벤토리에서 설정한 각종 파라미터)
- 교토의정서 목표달성 계획 진척상황(2008년~2012년)
 - 순환형사회 형성추진 교부금에 의해 시립 폐기물 재활용 시설 정비 등의 사업을 지원
 - 지자체의 분리수거와 유료화에 관한 지침을 개정 및 보급 추진
 - 전국 산업 폐기물 연합회 환경 자주 행동 계획에 따라 적정한 최종 처분장의 관리, 최종 처분장 주변 지역 및 처분장 부지 녹화 등을 추진. 또한 지금까지 수집된 사례를 하나의 사례집으로 재편집. 이 외 청년협의회의 「CO₂ 마이너스 프로젝트」, 「CSR2 프로젝트」에서 우수활동표창 등을 실시하여 사업자에게 사업 추진을 실시

<참고문헌>

USEPA(2002), "Beyond RCRA: Waste and Materials Management in the Year 2020"
 USEPA(2011), "Got manure? Want energy? We can help."
 USEPA(2009), Sustainable Materials Management: The Road Ahead
<http://www.epa.gov/otaq/climate/regulations/420r10009.pdf>
<http://www.epa.gov/otaq/climate/documents/420r12016.pdf>
<https://www.epa.gov/air-pollution-transportation>
<https://www.epa.gov/agstar/what-epa-doing-agstar#a1>
<https://www3.epa.gov/otaq/climate/models.htm>
<https://www3.epa.gov/lmop/projects-candidates/lfge-calculator.htm>

제6절 농업

1. [미국] AgSTAR

가. 일반 현황

1) 제도의 개요

- AgSTAR는 1994년에 도입된 미국의 에너지정책의 하나임.
- 구체적으로 축산 폐기물로부터 메탄(CH₄) 배출을 줄이기 위해 바이오가스 회수 시스템의 사용을 촉진하는 정책임.⁶⁴⁾
- 또한 바이오가스 회수(Biogas recovery)는 사회적, 환경적, 농업 및 경제적 이익을 달성하는데 도움이 됨.
 - 동물 거름 저장소로부터 생성된 바이오 가스는 온실가스를 배출하여 기후변화에 기여함.⁶⁵⁾
 - 특정 조건하에 메탄과 비료의 부산물 및 기타 유기 폐기물은 재정적, 환경적으로 유익한 기회를 제공함.
- AgSTAR는 프로젝트의 이익, 위험, 옵션, 기회를 파악하여 혐기성 소화조를⁶⁶⁾ 구현, 사용, 구입하는 소비자를 지원함.
- 또한, AgSTAR는 혐기성 소화조 구현의 지원 환경을 조성하기 위해 정보를 제공함.

[그림 3-18] 바이오가스 회수 시스템



자료: EPA 홈페이지

- AgSTAR는 EPA가 추진하고 있는 프로그램임.

64) EPA(<https://www.epa.gov/agstar/what-epa-doing-agstar#a1>)(검색일자 2016/6/15)

65) EPA, "Got manure? Want energy? We can help," Sept. 2011

66) 혐기성 소화조(anaerobic digestion tank)는 혐기성 세균으로 고농도 유기물을 분해하고 감량화하기 위한 밀폐된 소화조(탱크)를 의미한다.

- AgSTAR 프로그램은 매년 자발적으로 산업계 구성원으로부터 보고된 배출 감소를 가지고 달성된 연간 배출 감소 규모를 계산함.
- 산업계 구성원과 배출 감축 규모 등 정보는 EPA에서 모두 종합이 됨. 이에 따라 EPA가 전반적인 총괄 및 효과 분석을 할 것으로 판단됨.

2) 제도 이력

- 1994년 처음 소개된 이래, AgSTAR는 농업 부문에서 온실가스 배출량을 줄이는 진전을 보이고 있음.
- 복지, 교육, 훈련 등을 통해 AgSTAR는 축산 폐기물의 혐기성 소화를 지원하고 있음.
- 지난 20년 간 축산 폐기물로부터 메탄 배출을 줄이기 위한 바이오 가스 회수 시스템의 사용을 촉진하는데 성공함.

<표 3-61> 지난 20년 간 AgSTAR 이력

주요 연도	내용
1994	AgSTAR 프로그램 시작
1995	소화조에 대한 미국자연자원보호청(NRCS) 중간 기술표준 개발
1996	지역 AgSTAR 농장 설립
2002	농장법(Farm Bill)에 신재생에너지 및 에너지효율 프로그램 포함
2005	에너지정책법(Energy Policy Act)은 신재생에너지 연료 의무 혼합제도(RFS) 프로그램을 설립
2008	농장법(Farm Bill)이 REAP ⁶⁷⁾ 프로그램을 포함시키기 위해 개정됨
2009	미국자연자원보호청(NRCS) 표준 개정
2014	에너지국(DOE), 환경보호청(EPA), 미국농업연구청(USDA)에 의해 바이오 가스 기회 로드맵(Biogas Opportunities Road map)이 출판.
2015	바이오가스를 위한 신재생에너지 연료 의무 혼합제도 경로(RFS Pathways)가 업데이트됨

자료: EPS 홈페이지 정리

- 1994년에는 축산 농가에서 운영하는 소수의 혐기성 소화조가 있었으나, 2014년 말에는 200개 이상의 부가적인 시스템이 설치되었고 약 247개 소화조가 설치됨.

67) Regional Ecological Assessment Protocol

3) 기준 설정 및 갱신 원칙 (EPCA)

- AgSTAR 프로그램은 자발적인 프로그램임. 매년 산업계 구성원을 통해 보고된 배출 감소 규모를 기반으로 달성된 연간 배출 감소 규모를 계산
 - 산업계 구성원들은 설비 레벨의 데이터를 제공
 - 배출 감소는 IPCC 방법론을 이용하여 계산
- 이와 같이 계산된 데이터는 본 프로그램을 통해 계산된 배출량 감소의 합계를 보여줌. 또한, 이 자료는 AgSTAR 프로그램의 전반적인 효과를 측정하는 데 사용됨.
- 2015년 및 2020년에 미치는 영향의 경우, EPA는 이 프로그램의 영향을 추정하기 위해 한계저감비용(MAC, Marginal Abatement Cost) 곡선 분석을 사용함.
- 한편 non-CO₂에 대해서 사용된 GWP참고자료는 IPCC AR4임
- 측정된 GHG 효과는 AgSTAR 프로그램에 의해 달성된 모든 활동을 반영함.

4) 분석 전담 기관 및 CO₂ 배출량의 감축 실적(추정)

- 산업계 구성원들에 의해 제출된 자발적인 데이터가 수집됨.
- 제출된 각 데이터는 그 데이터가 합리적이고 다른 공개된 데이터와 충돌이 있는지 여부를 검토하게 됨.
- 검토하는 과정에서 불일치가 발견되면 그 시설의 소유자 또는 운영자와 직접 연락해서 문제를 해결함.
- 이렇게 문제가 되는 데이터는 AgSTAR 프로그램의 연간 총액 한도에서 삭제되거나 수정됨.
- 2014년에 AgSTAR는 GHG 배출을 1.2MMtCO₂eq 감축시키는데 기여함. 이는 109,489 가구의 1년간 에너지 소비량임.
- 2015년에 가축 농장에서의 혐기성 소화조는 3.0MMtCO₂eq 감축에 기여
- 2000년부터 축산 농가에서 혐기성 소화조는 20.85 MMtCO₂eq가 직접적, 간접적으로 배출량을 감소시킴.

- 2015년에 축산 농가의 혐기성 소화조에서 에너지 생산은 시간당 약 981백만 kWh임.

나. 감축잠재량 분석

1) 감축잠재량

- BR2에 따르면 2020년 배출 감축량 효과는 1,070 ktCO₂eq일 것으로 전망함.
- AgSTAR의 추정치는 다음과 같음.
 - 바이오가스 회수 시스템은 8,000개의 대형 유제품 작업장과 돼지 작업장에서 기술적으로 추정이 가능함.
 - 이들 농장은 잠재적으로 연간 시간당 13백만 MWh의 에너지를 생산하고 이는 약 1,670 MW의 화석 연료 화력 발전설비를 대체할 수 있음.

2) 산정방법

- 2015년 및 2020년에 미치는 영향의 경우, EPA는 프로그램의 영향을 추정하기 위해 한계저감비용(MAC, Marginal Abatement Cost) 곡선 분석을 사용

3) 필요 자료 및 정보

- 자발적으로 매년 산업계 구성원 프로그램에 배출 감소를 보고해야 하므로 관련된 자료가 필요함. 이를 기반으로 연간 달성된 배출 감소 규모를 계산하게 됨.

다. 감축효과 분석

1) 감축효과

- BR2에 따르면 2013년도에 824 ktCO₂eq의 배출 감축량 효과가 있었음.
- 1994년 이후 가축 혐기성 소화(Anaerobic Digestion, AD)로부터 배출량 감소는 19 MMTCO₂eq임.
 - 감소된 CO₂ 배출은 20억 갤런의 가솔린 소비와 같음
 - 감소된 CO₂ 배출은 1년간 260만 가구에서의 전기 사용과 같음
 - 감소된 CO₂ 배출은 1년간 석탄화력발전소의 배출량과 같음

2) 측정방법

- 2015년과 2020년 효과분석을 위한 예측 방법론은 USDA action에 포함되지 않음.

- 2016년 5월 기준으로 미국에 242개 운용추정⁶⁸⁾: 196(유제품), 39(돼지), 7(가금), 7(소고기), 7(혼합)
- 다음과 같은 단계로 측정이 됨:
 - ① 돼지 및 유제품 동물 개체수와 농장사이즈의 프로파일을 주(state)별로 특징 있게 구분함: 이 자료들은 미국 농무부(USDA)에서 공개된 보고서로부터 획득 가능함.
 - ② 분뇨 관리 방법 추정: 이 데이터는 EPA의 온실가스 인벤토리 보고서로부터 획득 가능함. 이들 데이터는 USDA, 전문가 입력, EPA에 의한 관찰로부터 수집됨.
 - ③ 바이오 가스 시스템이 있는 농장의 동물 개체수 결정: 수익성 시스템 식별 절(section)에 설명하는 기준은 후보 농장을 식별하는데 사용됨.
 - ④ 후보 농장으로부터 메탄 배출량과 배출 감소를 예측: 메탄 배출은 EPA의 온실가스 인벤토리 방법론을 이용하여 추정됨. 이는 농장 시설을 바이오 가스 회수 시스템으로 전환될 때 메탄 감축은 실질적으로 100%라고 가정함. 메탄 배출량은 EPA의 미국 온실가스 배출 및 싱크(sinks)에 사용되는 방법론에 기초하여 추정이 됨: 1990 - 2008.3; 이 방법론은 기후변화에 관한 국제 패널(IPCC)에 의해 발전되었고 국가 온실가스 인벤토리를 위한 2006년 IPCC 가이드라인에서 소개됨.
- 주(state)별로 그리고 동물 그룹별로 메탄 배출 추정: 메탄 배출 추정치는 다음 식을 이용하여 각각의 상태 및 동물군에 의해 개발됨.

$$\text{메탄(Methane)} = \text{Population} \times \text{VS} \times \text{TAM} \times \text{MCF} \times \text{B0} \times 0.041 \times 365$$

변수 설명:

메탄(Methane) = 총 메탄 배출량(Total methane emissions from different animal types in different states and manure management systems, pounds (lb) per year)

개체수(Population) = 동물수(Animal population)

VS = 총 휘발성 고체 배설율(Total volatile solids excretion rate, lb VS per 1,000 lb animal mass per day)

TAM = 일반적인 동물의 질량(Typical animal mass, lb)

MCF = 메탄 환산 계수(Methane conversion factor, decimal)

B0 = 비료의 용량을 생산하는 최대 메탄(Maximum methane producing capacity of manure, cubic feet (ft³) methane per lb volatile solids)

0.041 = 메탄의 농도(Density of methane at 25° Celsius, lb per ft³)

365 = 1년의 날짜 수(Days in a year)

- ⑤ 메탄 생산 및 발전 가능성 예측: 이와 같은 추정은 문헌 및 AgSTAR 조사에 근거함.

68) 몇몇 추정은 한 가지 동물 타입 이상으로부터 비료를 허용하기 때문에 총합계는 242개 이상이다.

- ⑥ 분석과 관련된 불확실성 예측: 불확실성 분석은 이 보고서에 제시된 데이터와 관련된 불확실성을 결정하기 위함임.

3) 필요 자료 및 정보

- 필요 자료 및 정보는 EPA 홈페이지에⁶⁹⁾ 정리됨.
- 미국 가축 농장에서 혐기성 소화의 잠재량, 혐기성 소화의 현황 및 추세, 바이오 가스 현황 및 추세, 환경 이득, 혐기성 소화 바이오 가스 및 부산물의 가치
 - ① 미국 주별 데이터: Database of State Incentives for Renewable Energy (DSIRE), State Energy Portal Online for Consumers
 - ② Renewable Portfolio Standards(신재생에너지 공급의 의무화): Owning a renewable energy facility and its output generation(신재생에너지 설비 및 출력 생성 장치 소유), 신재생에너지 자격증 구매(Purchasing Renewable Energy Certificates(RECs)), 신재생설비로부터 전기 구입
- Second Biennial Report Methodologies for Quantified Policies and Measures 참조.

4) 효과의 평가 분석

- 2015년도의 이득(Benefit)을 분석해 보면 약 3.0 MMtCO₂eq을 감축한 것으로 나타남. → 이를 통해 981백만 kWh의 에너지가 생성된 것으로 보고됨.
- AgSTAR은 대형 착유장 및 돼지 사육 시설에서 약 8,000개의 바이오가스 회수시스템이 기술적으로 실현 가능한 것으로 나타남. 이들 농장들은 연간 13백만 MWh 이상의 에너지를 생산할 수 있는 것으로 평가됨. 이는 화석연료 발전의 약 1,670 MW를 대체할 수 있는 양임.

라. BR1과 BR2의 감축효과 차이 및 원인 분석

- CAR6 이후, 연간 실적을 평가하는 이 프로그램의 방법론은 이 프로그램을 통해 산업계에서 보고된 배출 감소의 40%만 계정에 반영됨.
 - 이전에는 프로그램 실적 평가에서 배출감소의 100%를 계산했음.
- 이와 같은 변화는 역사적 가치는 감소하지만 MAC 곡선 분석을 사용하여 만든 예측과 일치함.

69) EPA(<https://www.epa.gov/agstar>)(2016/6/23 검색)

다. 한국에서의 적용 가능성 및 시사점

- 정부는 이 프로그램을 활용하여 연간 배출 감소 규모를 계산할 필요성
- 정부에서 산업계 구성원과 배출 감축 규모 등 정보를 종합할 필요성
- 정부는 구체적으로 잠재량, 감축 효과 분석, 감축 대상에 대한 구체적인 평가 절차를 조사하고 전반적인 총괄 및 효과 분석을 해야 할 필요성

2. [영국] Agriculture sector Greenhouse Gas Action Plan (GHGAP)

가. 일반 현황

1) 제도의 개요

- GHGAP는 영국에서 연간 배출량을 감소시키기 위해 농업분야 약속(commitment)을 위한 주요한 메커니즘임.
- GHGAP의 목표: Low Carbon Transition Plan에 의해 시작되어 제3차 carbon budget period(2018-2022년)까지 연간 3 MtCO₂eq를 감축하고자 함.
- 2010년에 설립된 강한 결속력의 파트너십은 온실가스 배출에 대한 농민과 재배자 사이에 이해력 증진을 위함이며 생산 단위 당 온실가스 배출을 줄이기 위한 농업 실습(on-farm practice)을 이행하기 위함임. 이를 통해 불필요한 규제나 세금 부과 필요성을 줄이려고 하는 것임.
- 식품 생산은 천연 생물학적 과정을 포함함. 여기서 천연 생물학적 과정은 불가피하게 온실가스를 분리하고 이는 광범위한 감축 조치가 필요함. 하지만 하나의 정책으로 모든 것을 해결할 수 있는 맞춤형 해결 방안은 없음.
- 그럼에도 불구하고 영국 농업에서 온실가스 배출량은 최근 1990년 이래로 약 19% 하락함.
- GHGAP의 환경적 도전은 다면적이고 모든 농업 시스템에서 생산의 효율성에 초점을 맞춤.
- 농업은 지속적으로 진화하고 있고 기후변화와 전 세계 경제위기 문제와 신기술의

개발에 영향을 받음. 농업은 위의 내용에 따라 사업의 우선순위와 투자를 포함한 사업계획이 바뀌게 됨. 따라서 모든 행동 프로그램은 미래를 예측할 수 있는 요소를 포함하고 그에 따른 대응이 있어야 효과적임. 또한 농업 시스템의 장기적인 성격은 하루아침에 변화하지 않는다는 점을 상기해야 함.

- GHGAP는 시간이 지남에 따라 정기적으로 조정이 필요한 정책과 관련 기술 변화에 반응하여 정책을 수립함.
- 보다 많은 데이터가 생성되어 자료가 축적될수록, 감축잠재력과 이에 대한 행동은 더욱 더 명백하게 분석될 것으로 기대됨.

2) 제도 이력

- The National Farmers' Union of England and Wales (NFU), the Country Land and Business Association (CLA), the Agricultural Industries Confederation (AIC)는 2007년 1월에 합동 기후 변화 태스크 포스(joint Climate Change Task Force)를 설립함. 이를 바탕으로 농업 분야에서 세 기관(NFU, CLA, AIC)이 연합하여 기후 변화에 대비하려고 함.

① Phase 1(2010-2012년)

- GHGAP의 영향력과 가치는 지난 2년간 명확하게 증명되었음. 첫 번째 단계에서 온실가스 배출량을 줄이기 위해 농민들에게 피해를 주지 않고 돕기 위해 어드바이저(adviser)에게 관련된 도구와 지식을 전달하는데 중점을 둠.
- 농촌사회에서는 온실가스 배출 감축을 위해 리더십을 보여주는 것과 온실가스 배출 감축이라는 도전을 수행하기 위한 산업계의 약속이 중요하다고 함. 따라서 GHGAP의 운영그룹(Steering Group)은 NFU(National Farmer's Union(전국농민연맹))와 CLA(Country Land and Business Association)의 부사장이 주재하게 됨. 이에 따라 GHGAP의 회원들 사이에 생성된 소유권은 강한 결속력의 파트너십을 생성하게 됨.
- 이 단계는 미래의 활동을 뒷받침하는 핵심 활동의 설립 및 통합에 초점을 맞춤; 정보 허브에 관한 타당성 조사(iHub); GHGAP의 활동에 영향을 미칠 수 있는 주요 활동 인력의 식별; 적임 목표 접근(fit-for purpose)을 발전시키기 위한 부문 로드맵 이행과 GHG 배출 감축을 시기적절하게 모니터링하기 위해 Defra(Dept. of Environment Food & Rural Affairs)와 공조

② Phase 2(2012-2015년)

- 이 단계는 2012년 4월에 제출된 updated delivery plan에 상세하게 설명됨. 이 기간에, 파트너십은 핵심 메시지를 지정하고 지원 증거를 마련함. 그리고 적극적으로 대상 분야에 대한 농업 관행의 개선을 촉진함.
- 이 초기 활동과 새로운 기술에 관한 지식에서 터득한 교훈은 다음 대상 분야에 진출하기 위한 교두보 역할을 하며, 보다 발전된 내용을 위해 신규 터득된 내용은 적용됨. 이 경험으로 업종에 투입되는 과정에서 온실가스 감축을 위한 필요성은 강화될 것임.
- 운영 위원회는 산업 정보와 데이터 원천이 효과적으로 수집되고 사용되어 영국이 GHG 배출의 진행 상황에 대해 추정할 수 있도록 노력
- 구체적인 노력은 GHG 데이터 관리 및 모델 프로그램을 개발하고 운영하는 것과 함께 적극적으로 관련 사항에 대해 활동하는 것임.
- 2015년까지, 파트너십은 온실가스 감축을 위한 우선순위 작업을 먼저 처리함으로써 뚜렷한 추세를 가지고 모든 농업 그리고 재배 분야에서 목표를 달성함.

③ Phase 3(2015-2020년)

- 2015년까지 온실가스 인벤토리 연구 프로그램 결과를 보고하게 됨.
- 이는 GHGAP 활동으로 하여금 개선된 증거에 기초하여 목표를 설정하게 됨.
- 2018년까지 농민, 생산자, 고문의 대부분은 적극적으로 자신의 농장 형태와 관련된 우선순위를 정하고 이에 대한 농장의 조치를 구현해야 함. 이 기간까지, 그와 같은 조치를 선택한 것에 대해 경제적인 보상이 이루어질 것이라는 설득과 함께 추가적인 증거가 수집됨.
 - 다른 공급망 전략과 보증제도는 아마도 그 변화에 대한 긍정적인 측면을 제공할 것임.
 - 모니터링 방법론은 정부투자 온실가스 인벤토리 조사의 결과로 보다 더 명확하게 정의될 것임.
 - 이들은 운영진행에 대해 더욱 정확한 평가가 가능하게 하며 운영위원회로 하여금 더욱 활동적으로 업무에 집중하도록 할 것임.
 - 증거기반의 지속적인 모니터링과 분석은 2015년부터 시작됨.

3) 분석 전담 기관 및 CO₂ 배출량의 감축 실적(추정)

- NAEI는 GHGI(온실가스인벤토리)와 Air Quality Pollutant Inventory (AQPI)(대기질오

염물질인벤토리)를 추정하기 위해서, Ricardo Energy & Environment 팀, GHG 인벤토리 팀은 정보를 수집하고 분석함.

- 국가 에너지 통계로부터 개별 산업 공장에서 수집된 데이터까지 다양한 데이터를 수집하고 분석함.

- GHGAP의 목표는 Low Carbon Transition Plan에 의해 시작이 되어 제3차 carbon budget period(2018-2022년)까지 연간 3(Mt CO₂eq)를 감축하고자 함.

나. 감축잠재량 분석

1) 감축잠재량

- 영국 국립 대기 배출량 인벤토리(NAEI)는 Ricardo Energy & Environment에 의해 관리 및 발전됨.

- GHGI(온실가스인벤토리)와 Air Quality Pollutant Inventory (AQPI)(대기질오염물질 인벤토리)을 추정함.

- 구체적으로 Ricardo Energy & Environment 팀, GHG 인벤토리 팀은 국가 에너지 통계부터 개별 산업 공장에서의 데이터까지 다양한 관련된 정보를 수집하고 분석함.

- GHGAP는 온실가스 배출을 2020년까지 11%(3(MtCO₂eq))를 감축함으로써 기후 변화를 저지하기 위한 영국의 농업 분야에서의 약속(commitment)임.

- 이는 1990년 이래로 달성한 약 20% 감축에 이은 추가적인 감축양임.

- GHGAP commitment는 농업분야 GHG 배출이 다른 요소들과는 본질적으로 다르다는 인식 하에서 만들어짐.

- 농업 분야에서 아산화질소와 메탄이 주된 온실가스임.

- 이들 배출량을 결정하는 것은 이산화탄소를 측정하는 것보다 더욱 복잡함.

- 그리고 이들 배출량은 매우 복잡하고 자연 토양과 동물의 미생물 처리와 관련한 내용을 이해하는데 있어서 매우 불안정함.

- 기후변화독립위원회는 2030년까지 영국에서 GHG를 약 20% 줄일 것을 목표로 하고 있음. 그리고 2050년까지는 GHG 배출량을 70%까지 줄일 것을 목표로 하고 있음.

- 이 감소 옵션은 질소 초과 금지를 포함하고 있고 더 많은 질소 효율적인 목초지와 작물 식물의 사용을 포함하고 있음.

- 또한 쇠고기와 유제품 및 혐기성 소화에 더욱 더 옥수수 사일리지⁷⁰⁾를 피하는 내

70) 가축의 겨울 먹이로 말리지 않은 채 저장

용을 포함하고 있음.

- 감축잠재량효과(BR1)는 다음과 같음: 2020년에는 3,200 ktCO₂eq, 2025년에는 3,400 ktCO₂eq, 2030년에는 3,400 ktCO₂eq의 배출감축량 효과가 있을 것으로 전망함.

2) 필요 자료 및 정보

- NAEI는 GHGI(온실가스인벤토리)와 Air Quality Pollutant Inventory (AQPI)(대기질오염물질인벤토리)로 구성이 된 이들을 추정하기 위해서, Ricardo Energy & Environment 팀, GHG 인벤토리 팀은 정보를 수집하고 분석함.
- 국가 에너지 통계로부터 개별 산업 공장에서 수집된 데이터까지 다양하게 데이터를 수집하고 분석함.

3) 기타 관련 사항

- GHGAP commitment는 농업분야 GHG 배출이 다른 요소들과는 본질적으로 다르다는 인식 하에서 만들어지게 되었음.
- 농업 분야에서 아산화질소와 메탄이 주된 온실가스인데 이들 배출량을 결정하는 것은 이산화탄소를 측정하는 것보다 더욱 복잡함.
- 그리고 이들 배출량은 측정이 매우 복잡하고 자연 토양과 동물의 미생물 처리를 이해하는데 있어서 매우 불안정함.

다. 감축효과 분석

1) 감축효과

- 감축 효과 측정의 주체는 Department for Food, Environment and Rural Affairs (DEFRA), Industry Associations임.
- 현 GHG 인벤토리가 완벽하지 않고 불확실성에 근거하고 있음에도 불구하고 현재 추정량은 농업이 영국 GHG 배출의 약 8%를 차지하고 있음을 제시함.
- 영국 배출의 약 90%는 non-CO₂ 가스(질소산화물(nitrous oxide)과 메탄(methane))로부터 배출되고 있음.
- 이들은 토양, 반추(소와 양) 가축 분뇨에 함유된 화학 반응으로부터 반응성질소의 무기 그리고 유기 원천으로부터 배출됨.

① 아산화질소(N_2O): 아산화질소는 CO_2 보다 298배나 강력한 온실가스임. 농업은 단일분야로는 가장 큰 아산화질소 배출원임. 2008년에 25.9 Mt CO_2eq 가 배출되었는데 이는 총 영국 N_2O 배출의 약 75%를 차지함. N_2O 의 주 원천은 무기 및 유기 질소 함유 토양에서 화합물임. 이 토양은 작물을 재배하는데 사용이 되고 퇴비 비료로부터 사용됨. 34%가 가축과 연결되어 있음. 농업에서 N_2O 의 배출은 1990년 이후 약 24% 감소되었음. 이는 작물 영양 응용에서 추수 개선 사례와 CAP 개혁으로 반추(소와 양)(ruminant) 가축수의 감소로부터 기인함.

② 메탄(CH_4): 온실가스로 메탄은 CO_2 보다 25배나 더 강력함. 농업은 총 영국의 CH_4 배출 가운데 38% 정도 기여함. 메탄의 주요 원천은 가축의 거름, 반추 동물(소와 양)의 소화 발효로부터임. 1990년부터 메탄 배출은 CAP 개혁으로 반추동물(소와 양) 개체 수 감소로 18% 줄어듦.

③ 탄소 격리: 농업 및 기타 관리 관행은 기후 변화 완화에 긍정적인 역할을 함. 왜냐하면 광합성의 과정과 생활 바이오매스 저장(식물) 또는 토양 유기물(탄소제거)에 의한 대기로부터 CO_2 를 제거하기 위해 상당한 잠재량을 보유함.

- 기후변화독립위원회는 2030년까지 영국에서 이 분야 GHG를 약 20% 줄일 것을 목표로 하고 있음. 그리고 2050년까지는 GHG 배출량을 70%까지 줄일 것을 목표로 하고 있음.

2) 측정방법

① 아산화질소 배출량(N_2O):

- 다음과 같은 직접 배출에서 N_2O 가 발생: 무기비료 사용, 곡물 재배를 위해 생물학적 질소의 고정적 사용, 작물 잔류물의 사용, 유기토양 재배, 토지에 동물 분뇨 확산, 방목 동물에 의한 분뇨 확산.
- 이외에도 인벤토리에는 다음과 같은 간접 원천으로부터의 N_2O 추정치가 포함됨.
 - 대기에 농업 질산과 암모니아의 침출, 농업 질산염의 침출로부터 N_2O 의 배출.
 - 분뇨 관리 시스템으로부터 배출.
- N_2O 배출의 주요 요소는 비유기 비료로부터이며 이는 배출의 약 80%를 차지함.
- 대부분의 요인들은 비료로 인해 배출 수준에 영향을 미침: 토지 이용, 토양 질소량, 토양의 유기탄소 함량, 토양 수분함량 및 토양의 조밀도
- 현재의 NAEI(National Atmospheric Emissions Inventory)⁷¹⁾ 방법론은 N_2O 배출량을

71) National Atmospheric Emissions Inventory (NAEI)는 이 방법론이 모드(mode)에 의해 믿기 어

추정할 때 이러한 지역 요인들을 추가하지 않음. 하지만 NAEI는 표준 IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change) 배출 요인(factors)을 사용함. 그리고 GHG 인벤토리를 개선하는 작업은 진행되고 있음.

- 따라서, 총 N₂O 배출과 강도 추정이 추정되는 동안 이들 수단을 지지하는 광범위한 방법론은 관련 요소의 전 범위를 반영할 수 없음을 의미함. 이러한 것들이 유용한 고수준의 지표인 반면, 우리는 배출에 관한 응용 시간, 장소, 기후 조건, 토양 유형과 같은 요소들의 충격을 추정할 수 없음.

② 메탄 배출량 (CH₄)

- CH₄ 배출량은 초식동물의 장내에서 배출되는 부산물로 생산됨. 즉, 탄수화물이 미생물에 의해 분해되는 소화 과정에서 생산됨.
- 현재의 NAEI 방법론은 이들 배출 계수를 가축 수에 적용함으로써 추정함.
 - 이들은 IPCC 기본 배출 계수를 적용하는 1단계의 혼합물을 포함함.
 - 그리고 국가별 배출 계수를 포함하는 2단계 접근 방식을 포함함.
 - 1단계 요인들은 매년 변경되지 않지만 2단계 요인들은 매년 다이어트나 체중의 변화 등을 감안하여 변경됨.
 - 유제품 가축은 소의 무게, 개선된 우유 생산량을 고려한 2단계 접근(Tier 2) 방법을 사용함. 따라서 총 배출과 배출 강도는 농업 관행과 생산성을 반영함.
 - 이는 양과 사슴에도 적용이 됨. 다른 동물들을 위해서는 1단계 접근 방법이 사용됨. 이는 배출량과 강도 추정(intensity estimates)이 실제 영국의 조건을 반영하는 것은 아니라는 것을 의미함.
 - 그리고 이는 배출 강도 개선과 모니터링 과정에서 불확실성을 반영하여 현재 재고 능력을 제한함.

3) 필요 자료 및 정보

- 영국의 국가 대기 배출량 인벤토리(NAEI)는 Ricardo Energy & Environment에 의해 발전되어지고 관리되어짐.
- 이는 Aether and CEH과 Gluckman Consulting과 공동으로 하며 Department of Energy and Climate Change (DECC), Department for Environment, Food and Rural Affairs (Defra), the Welsh Government(웨일즈 정부), the Scottish Government(스코틀랜드 정부) and the Northern Ireland Department of Agriculture, Environment and Rural Affairs으로부터 자금을 지원받게 됨.
- NAEI는 GHGI(온실가스인벤토리)와 Air Quality Pollutant Inventory (AQPI)(대기질오

려운 추정치라는 결론을 얻음. 이에 따라 새로운 방법이 정확한 데이터에 근거하여 개발되어야 함.

염물질인벤토리)을 추정하기 위해서 Ricardo Energy & Environment 팀, GHG 인벤토리 팀은 정보를 수집하고 분석함.

- 국가 에너지 통계로부터 개별 산업 공장에서 수집된 데이터까지 다양하게 데이터를 수집하고 분석함.

4) 효과의 평가 분석

- 영국 국립 대기 배출량 인벤토리(NAEI)는 Ricardo Energy & Environment에 의해 관리 및 발전됨.
- GHGI(온실가스인벤토리)와 Air Quality Pollutant Inventory (AQPI)(대기질오염물질 인벤토리)을 추정함
- 구체적으로 Ricardo Energy & Environment 팀, GHG 인벤토리 팀은 국가 에너지 통계부터 개별 산업 공장에서의 데이터까지 다양한 관련된 정보를 수집하고 분석함.

라. BR1과 BR2의 감축효과 차이 및 원인 분석

- 메탄 배출량 분석을 살펴보면 NAEI 방법론을 사용하여 메탄 배출량을 분석함. 이들은 IPCC 기본 배출 계수를 적용하는 1단계의 혼합물을 포함하고 국가별 배출 계수를 포함하는 2단계 접근 방식을 포함함.
- 1단계 요인들은 매년 변경하지 않지만 2단계 요인들은 매년 다이어트나 체중의 변화 등을 감안하여 변경하며 유제품 가축은 소의 무게, 개선된 우유 생산량을 고려한 2단계 접근(Tier 2) 방법을 사용함.
- BR1에는 본 수단이 존재하였으나 BR2에는 존재하지 않음.

마. 한국에서의 적용 가능성 및 시사점

- 영국 GHGAP에서 시행되는 내용을 한국에서도 정부에 의해 추진하여 연간 배출 감소 규모 측정, 산업계 구성원과 배출 감축 규모 등 정보를 종합할 필요성
- 정부는 구체적으로 잠재량, 감축 효과 분석, 감축 대상에 대한 구체적인 평가 절차를 조사하고 전반적인 총괄 및 효과 분석을 해야 할 필요성
- 특히 GHGI(온실가스인벤토리)와 Air Quality Pollutant Inventory (AQPI)(대기질오염물질인벤토리)를 측정할 필요성

- 국가 에너지 통계로부터 개별 산업 공장에서 수집된 데이터까지 다양하게 데이터를 수집하고 분석해야 하며 평가 관련 주체를 명시할 필요성

3. [영국] Agricultural Action Plan

가. 일반 현황

1) 제도의 개요

- 온실가스 가운데 CH₄, N₂O를 줄이기 위한 정책으로 농업에서 온실가스 배출량을 줄이고자 하는 정책임.
- 정책 범주는 행태 변화이며 정책 성격은 자발적 협약, 정보, 교육임.
- 에너지 효율성 향상과 토지 관리를 추진함. 이를 통해 영국의 탄소 예산에 맞춤.

2) 제도 이력

- 2010년에 시작됨.
- BR2에는 Agricultural Action Plan이 있으나 BR1에는 없음.
 - 단, BR1에는 Agriculture sector Greenhouse Gas Action Plan (GHGAP)이 있음.

나. 감축잠재량 분석

1) 감축잠재량

- BR2에 따르면 2020년까지 온실가스는 2,972 ktCO₂eq가 감축될 것으로 추정됨.
 - 이후 2025년까지 3,607 ktCO₂eq가 감축될 것으로 추정됨. 2030년까지 3,607 ktCO₂eq가 감축될 것으로 추정됨. 2035년까지 3,607 ktCO₂eq가 감축될 것으로 추정됨.

다. 감축효과 분석

1) 감축효과

- BR2에 따르면 2013년 833 ktCO₂eq가 감축되었고 2015년 1,385 ktCO₂eq가 감축되었음.

라. BR1과 BR2의 감축효과 차이 및 원인 분석

- BR1에는 Agricultural Action Plan이 존재하지 않았고 BR2부터 존재했음.

마. 한국에서의 적용 가능성 및 시사점

- 농업 부문의 감축수단에 대한 감축 잠재량은 영국의 Agricultural Action Plan 자료를 바탕으로 작성할 필요성.
- 영국의 정책 프로그램은 농업 부문의 기후변화 완화 정책 수립시 벤치마킹 자료로 활용 가능하므로 이에 대해 한국도 정부 주도하에 정리할 필요성.
- 프로그램 별 중복 계산의 문제 및 방법론의 중복성이 있을 수가 있을 수 있기 때문에 주의해야 함.
- 선진국의 BR과 같이 감축 방법 및 데이터 등 구체적인 자료들을 보고서에 추가할 필요성.
- 정부가 중심이 되어 연구기관, 산업계 등이 참여해야 함.

<참고문헌>

EPA(<https://www.epa.gov/agstar/what-epa-doing-agstar#a1>)(검색일자 2016/6/15)

EPA, "Got manure? Want energy? We can help," Sept. 2011

First and Second Biennial Report: the United States of America

First and Second Biennial Report: the United Kingdom

Second Biennial Report Methodologies for Quantified Policies and Measures

제7절 산업공정

1. [미국] SF₆ Emission Reduction Partnership for Electric Power Systems

가. 일반 현황

1) 제도의 개요

- 전력 시스템에 대한 SF₆ 배출 저감 파트너십은 SF₆ 감축을 목표로 미국 환경 보호국(EPA)과 전력산업 사이에 추진된 자발적, 비규제적 협력임.
- EPA와 전력 산업 간의 제휴는 ① EPA를 위한 포럼을 개최하고, ② 지구 기후변화에 대비하여 기술적으로 SF₆ 배출을 감소시키고 경제적으로 실현가능한 수준의 온실가스 배출을 감소시킬 수 있음.
- 전력산업은 비용 효율적인 운영 개선 및 장비 업그레이드를 통해 국가의 SF₆ 배출량을 줄일 수 있는 많은 기회를 제공함.
- 전력 시스템에 대한 SF₆ 배출 저감 파트너십의 대상은 매우 강력한 온실가스를 배출하는 산업과 자발적으로 EPA 프로그램에 참여하는 제품군 업체들임.
- EPA는 알루미늄 산업(과불화탄소 (PFC)), 반도체 제조업체(PFC, SF₆, 및 수소화 불화 탄소 (HFCs)), 마그네슘 생산자와 캐스터(SF₆)와 파트너십을 발전시킴.
- 이 프로그램 참가자들은 유연적이고 자발적으로 프로그램에 참여함: 비용 효율적인 오염방지, 환경보호, 정보공유 및 회사에 대한 긍정적 인식

육불화황(SF₆) : Sulfur hexafluoride

- 합성가스이며 전력 산업에서 전기 절연 매체로 사용됨.
- 다공성을 감소시키기 위한 알루미늄 재활용 반응 가스로 사용됨.
- 대기추적 연구와 응용 의료 프로그램으로 사용됨.

2) 제도 이력

- Sulfur hexafluoride(SF₆)을 측정하기 위한 이 프로그램은 1999년에 시작됨.
- 전기 전송 및 유통 시설에서 배출량을 추정하기 위한 3단계 접근 방식으로 2006 IPCC 가이드 라인에 의해 제공됨.

나. 감축잠재량 분석 방법론 및 결과

1) 감축잠재량

- BR2에 따르면 2020년에 4,990 ktCO₂eq의 배출 감축량 효과가 있을 것으로 전망함.

2) 산정방법

- 이 방법은 전기 전송 및 유통 시설에서 배출량을 추정하기 위한 3단계 접근 방식으로 2006 IPCC 가이드라인에 의해 제공됨.
- EPA는 프로그램에 따라 연간보고 된 배출량과 BAU(배출전망치)에 따른 연간 예상 배출량의 차이로 프로그램의 성과를 계산함.
- 2015년 및 2020년에 미치는 영향의 경우, EPA는 프로그램의 영향을 추정하기 위해 한계저감비용(MAC) 곡선 분석(Marginal Abatement Cost curve Analysis)을 사용

한계저감비용곡선분석(Marginal Abatement Cost curve Analysis)

한계저감비용: 온실가스 1톤을 줄이기 위해서 필요한 또는 소요되는 비용을 의미. 온실가스 감축을 위한 운영비, 설비비 등을 의미함. 온실가스 1톤을 줄이기 위해 전력 생산을 줄인다면 전력 생산 감소로부터 발생하는 손실에 대한 기회비용임.

$$\text{한계저감비용} = \frac{\text{저감기술의 투자비용}}{\text{온실가스 감축효과}}$$

한계저감비용곡선: X축에는 배출 감축, Y축에는 한계저감비용을 그래프로 그림

한계저감비용곡선의 기울기가 크다는 것은 탄소배출량을 줄이는데 더 많은 비용이 필요함을 의미

3) 필요 자료 및 정보

- EPA 홈페이지 자료.
- 구체적으로 EPA 연간 보고 배출량, 연간 예상 배출량, 저감 기술의 투자 비용, 온실가스 감축 효과 데이터 및 자료.
- Second Biennial Report Methodologies for Quantified Policies and Measures 참조.
- 이 규정은 특정 품질 보증/품질 관리 및 데이터 품질에 대해 EPA에 제출된 데이터에 대한 요구 사항을 보고함.

다. 감축효과 분석 방법론 및 결과

1) 감축효과

- 산업계에서 약 45%를 차지하는 60개 이상의 회사들이 이 파트너십 프로그램에 참여함. 이들 회사들은 278,000 파운드의 SF₆ 배출량을 감축시켰는데 이는 연간 약 500,000대의 자동차에서 발생하는 CO₂ 배출을 감축시키는 것과 동일함.

○ BR2에 따르면 2013년 배출 감축량은 5,500 ktCO₂eq인 것으로 나타남.

2) 측정방법

○ 시설 고유의 물질 수지 방법(Facility-specific mass-balance methodology)

○ 한 해 동안 모든 회사를 대상으로 보고된 SF6 사용에 대해 질량 균형 방법(mass-balance method)을 사용하여 추적함.

○ 이 방법은 전기 전송 및 유통 시설에서 배출량을 추정하기 위한 3단계 접근 방식으로 2006 IPCC 가이드라인에 의해 제공됨.

○ 2015년 및 2020년에 미치는 영향의 경우, EPA는 프로그램의 영향을 추정하기 위해 한계저감비용(MAC) 곡선 분석을 사용함.

○ 온실 가스 보고 프로그램을 통해 수집된 데이터는 온실 가스 보고 시행령(40 CFR(Code of Federal Regulation(미국연방규정집) 파트 98) 규제 요구 사항을 기반으로 함.

○ 이 규정은 특정 품질 보증·품질 관리 및 데이터 품질과 관련하여 EPA에 제출된 데이터에 대한 요구 사항을 보고함.

○ 수신 확인 도구를 이용하여 자동화 데이터 품질 검사를 포함한 모든 데이터에 대한 철저한 확인을 수행하여 데이터를 분석하고 발생하는 문제점을 해결함.

○ 자발적 제출을 통해 수집된 데이터는 GHGRP(Greenhouse Gas Reporting Program)와 동일한 질량 균형 방법을 사용하여 데이터의 품질 검사로 평가함.

○ EPA가 발생하는 문제를 해결하기 위해 자발적인 보고 설비와 직접적으로 작동하게 됨.

GHGRP는 온실가스를 배출하는 대형 배출 시설들, 화석 연료 공급원들, 산업용 가스로부터 온실가스(GHG) 데이터를 확보함. 2009년 10월 30일에 EPA는 미국에서 이산화탄소를 연간 25,000 metric ton 이상을 배출하는 대상으로부터 온실가스 의무 보고 규칙을 제정함.

○ 산업계 추정 방법⁷²⁾: 아래 표와 같이 각 산업별 추정 방법을 사용함.

72) Sally Rand, EPA's SF6 Emission Reduction Partnership for Electric Power Systems, June 4, 2012

<표 3-62> 산업계 추정 방법

산업	방법(IPCC GPG Tier)
알루미늄	Al 생산 ×양극효과분(minutes)×기울기(단계 2/3)
HCFC-22	HFC-23 직접 측정 공정 스트림(단계 2)
반도체	공정에 반영된 PFCs × 배출 요인들(단계 2)
마그네슘	SF6가 사용된 트랙(단계 2)
전기기기	SF6가 사용된 트랙; 설명되지 않은 양은 배출된 것으로 가정(단계 3)

3) 필요 자료 및 정보

- EPA 홈페이지 자료.
- 파트너 데이터는 온실 가스보고 프로그램(GHGRP)을 통해 (필수보고 임계 값 이상의 시설) 또는 자발적(필수 GHGRP보고 임계값 미만 시설)으로 보고됨.
- GHGRP 파트너 및 비파트너 모두에서, 2012년에 이 부문에서 연간 시설 수준 배출량 데이터를 수집하기 시작함.
- Second Biennial Report Methodologies for Quantified Policies and Measures를 참조함.

4) 효과의 평가 분석

- 산업계의 45%(60개 이상)의 회사들이 이 파트너십 프로그램에 참여 278,000 파운드의 SF₆ 배출량을 감축시킴.
- 이는 연간 약 500,000대의 자동차에서 발생하는 CO₂ 배출을 감축시키는 것과 동일함.

라. BR1, 2 감축잠재량 차이 및 원인 분석

- CAR 6(6th Climate Action Report) 이래로 방법론적 업데이트는 없었음.

마. 감축수단 이행평가 방법, 관리 책임기관, 역할

1) 잠재량 분석의 주체 및 역할⁷³⁾

- EPA는 SF₆ 배출을 줄이기 위한 기술 정보의 청산소 역할을 함.

73) Jerome Blackman, SF6 Emissions Reduction Partnership for Electric Power Systems: An Opportunity for Industry, EPA, March 2002.

- EPA는 파트너들에게 SF₆ 배출 감축목표 달성을 알려주고 파트너들의 배출 감축 달성 데이터에 관한 신뢰할 수 있는 정보센터의 역할을 함.
- EPA는 파트너십에 가입하려는 모든 전력 시스템 운영자와 MOU를 체결하여 양자간 SF₆를 줄이기 위한 약속을 함.
- EPA는 최선의 경영 전략과 파트너십의 목표를 달성할 수 있는 다른 기타 이슈들에 대해 EPA의 파트너들과 정보를 공유함.
- EPA는 주기적 SF₆ 컨퍼런스를 후원하여 이를 통해 산업계는 최근 이 분야 발전에 대한 정보를 업데이트 함.

2) 효과 측정의 주체 및 역할

- EPA는 MOU를 맺은 SF₆ 배출 감축 파트너들(산업계)로부터 이들이 모니터링한 연간 배출 추정치를 받음.
- 감축 파트너들(산업계)로부터 받은 연간 배출 추정치를 가지고 EPA는 총 미국 배출량을 추정함.

3) 필요 자료 및 정보 관련 주체 및 역할⁷⁴⁾

- EPA 배출 감축 파트너십에서 산업계 참가자들은 연간 배출 추정치를 모니터링 하고 EPA에 제출함.
- 추정치는 EPA/IPCC 방법론을 근거로 함. EPA는 IPCC 인벤토리 방법론의 발전에 상당히 적극적임.
- EPA는 추정치를 점검하고 그 추정치를 가지고 다시 총 미국 배출량을 추정함.
 - 제 3자의 비준은 필요하지 않음.

4) 평가 관련 주체 및 역할⁷⁵⁾

- EPA의 역할

74) Sally Rand, EPA's SF₆ Emission Reduction Partnership for Electric Power Systems, June 4, 2012.

75) Eric Jay Dolin, SF₆ Emissions Reduction Partnership for Electric Power Systems, Nov. 2, 2000.

- 프로그램을 위한 연락망 지정
 - 기술정보에 대한 정보센터(clearinghouse)의 역할을 함.
 - 각종 컨퍼런스를 스폰서함.
 - 파트너들을 위한 인정(승인) 제공
 - SF₆ 배출 추정 및 보고 의정서 수립
- 파트너의 역할
 - SF₆의 배출량 추정
 - SF₆에 대한 연간 인벤토리와 assess leaks(누출 평가) 추정
(SF₆가 15 파운드 미만 단위에 대해서는 프로그램에 포함되지 않음)
 - 인벤토리 방법을 활용하여 EPA에 연간 배출을 보고
 - 재활용 책무(commitment to recycle)를 포함한 적절한 SF₆ 처리를 위한 회사 정책 설립
 - 노후화가 심한 누설체(retiring high leakers)을 위한 대책 수립
 - 지식인들이 SF₆를 다룰 수 있도록 함(Ensure that knowledgeable people handle SF₆)
 - 18개월 후에 배출 감축 목표를 달성(After 18 months, establish an emissions reduction goal)

2. [미국] Significant New Alternatives Policy Program(SNAP)

가. 일반 현황

1) 제도의 개요

- 오존층 보호를 위한 몬트리올 의정서⁷⁶⁾에 대응하는 미국 측 대응 제도임.
- 청정에너지법 제612조는 EPA로 하여금 인간의 건강과 환경에 위협을 주는 ODS(오존 파괴 물질)에 대해 대체 물질을 평가하고 나열하게 되어 있음.
 - 대체 물질은 다음의 두 가지를 포함함:
 - ① 대체 냉매(예. R-404A)
 - ② 대체 기술(열전변환⁷⁷⁾)
- 측정 가스: ODS (오존 파괴 물질)과 HFCs(플루오르화탄소⁷⁸⁾)을 포함하는 대체 가스

76) UNEP(유엔환경계획)에 의거하여 오존층 보호를 위해 1987년에 채택된 조약임.

77) 열에너지를 전기에너지로 변환

78) Hydrofluorocarbon(플루오르화탄소)로 Ozone층에 해를 주지 않는 대체 프레온 가스 가운데 하나

- ODS(오존 파괴 물질)의 예: CFC-11, CFC-12, CFC-115, HCFC-22, HCFC-141b, HFC-142b
- HFCs의 예: HFC-32, HFC-125, HFC-134a, HFC-143a
- CAA(민간항공관리국)⁷⁹⁾에 통제되지 않는 F-가스들만이 보고됨. 총량에 ODS는 포함되지 않음.
- non-CO₂ 가스들을 위해서 AR4⁸⁰⁾ 지구온난화지수(GWPs)가 지구온난화지수(global warming potential(GWP))값으로 사용됨.
- SNAP 프로그램은 다음을 위해 설계됨:
 - ① 역사적으로 ODS를 사용하는 최종 사용자의 대체물을 확인하고 평가하기 위함.
 - ② 기존 및 신규 대체물질에 대해 건강과 환경에 대한 전반적인 위험을 확인하기 위함.
 - ③ 최종 사용에 의해 허용하고 받아들일 수 없는 대체 목록을 게시하기 위함.
 - ④ 허용 가능한 대체품의 사용을 촉진하기 위함.
 - ⑤ 대체재의 잠재적인 환경과 인간 건강에 미치는 영향에 대한 공공 정보 제공을 위함.
- 기관은 역사적으로 ODS (오존 파괴 물질)를 사용하는 다른 산업 그리고 소비자가 사용하는 다양한 대체재로부터 인간의 건강과 환경에 위험을 주는 대상에 대해 크로스-미디어 분석⁸¹⁾을 수행함.
- EPA는 각각 제안된 대체 평가를 할 때 다음과 같은 특성들을 검토함:
 - 오존 파괴 지수(Ozone depletion potential (ODP))
 - 지구 온난화 잠재력(Global warming potential (GWP))
 - 독성(Toxicity)
 - 인화성(Flammability)
 - 산업 및 소비자의 건강/안전(Occupational and consumer health/safety)
 - 지역 대기 질 및 생태계 영향(Local air quality, and Ecosystem effects)

2) 제도 이력

- 시작연도는 CAA⁸²⁾ 법개정(Amendments)에 서명된 1990년임.

임.

79) Civil Aeronautics Administration

80) Fourth Assessment Report

81) 하나의 데이터를 여러 매체에 출력하는 방법.

82) Civil Aeronautics Administration (민간 항공 관리국)

- 초기에 SNAP 법규가 완성되었고 1994년도에 발간됨.
- 하지만 CAAA⁸³⁾, SNAP ANOPR⁸⁴⁾, NOPR에 대한 산업계의 반응은 다음과 같음.
 - 방법론에서 중요한 ODS 사용에 있어서 변화
 - HFC의 활용(흡수)
- 1989년도가 0 연도로 시작 연도 이외에 감축을 위한 연도로 사용이 되고 변화는 1990년도부터 시작이 됨.

나. 감축잠재량 분석 방법론 및 결과

- BR2에 따르면 2020년 기준으로 316,868 ktCO₂eq의 배출량 감축 효과가 있을 것으로 전망함.

다. 감축효과 분석 방법론 및 결과

1) 감축효과⁸⁵⁾

- BR2에 따르면 2013년에 217,949 ktCO₂eq의 배출량 감축효과가 있는 것으로 나타남.
- DOE(2013)에 따르면 해당 기업은 예를 들어가며 감축 효과를 분석함.
 - [예 1] Ben & Jerry's Ice Cream Cabinets:
 - 최종 사용자: 소매 식품 냉동고
 - 기술: Hydrocarbon Refrigerant(프로판)으로 2011년 12월부터 SNAP 하에 승인, 2012년에 전 미국에 700개 사용
 - GWP Impact: HFC(GWP⁸⁶⁾=~1,400-4,000)를 프로판(GWP=3)으로 교체
 - 성과: 비용 측면에서 약 5% 더 비용이 드나, 10% 정도 에너지 효율성 향상 효과가 있음.

83) CAA Amendments(민간 항공 관리국 보정서)

84) Advanced Notice of Proposed Rule making

85) EPA's Significant New Alternatives Policy (SNAP) Program and Hydrofluorocarbons, DOE FEWG/CAWG Web Teleconference, November 14, 2013

86) 지구 온난화 잠재력

[그림 3-19] Ben & Jerry's Ice Cream Cabinets



자료: DOE(2013)

[예 2] 코카콜라 자판기:

- 최종 사용자: 소매 식품 냉장고
- 기술: CO₂ Refrigerant
- GWP Impact: HFCs(GWP=1,400-4,000)를 CO₂(GWP=1)으로 교체
- 성과: 코카콜라의 목적은 'the drink in your hand' 탄소발자국을 2020년까지 25% 감축, 800,000대의 無HFC 장치 설치, 에너지 효율성 향상, 모든 판매용 냉장고, 자판기, 냉각기로 확대.

[그림 3-20] 코카콜라 자판기



자료: DOE(2013)

2) 측정방법

- GHG 감축 효과를 측정하기 위해 Vintage Modeling⁸⁷⁾이 사용됨. Vintage Modeling⁸⁸⁾은 미국 GHG 배출과 싱크(sinks)의 인벤토리에서 설명됨.
- ODS(오존층 파괴 물질)를 대체할 수 있는 물질의 소비와 배출이 다음에 의해 모형화됨:
 - ① 시장 규모의 예측에 의해
 - ② 각 최종 용도 아래 비-ODS 대체재의 활용(습득)에 의해
 - ③ 기술 진보와 배출 요소에 의해
- 배출 감소를 판단하기 위해 EPA는 두 가지 Vintage Model 시나리오를 비교함.
 - ① CAA의 Title VI 하에 모든 필요 조건을 가정하는 배출량 추정
 - ② 오존층을 대폭 감소시키는 물질에 관한 몬트리올 의정서에 따라 ODS 폐지가 발생할 것을 가정하는 배출 추정. 이는 SNAP의 설립 이전에 발생했었을 지도 모르는 추세가 지속된다는 가정 하에서 BAU(배출전망치) 시나리오로 발전됨.
- 배출량을 측정하기 위한 Vintaging Model에 의해 사용되는 모델은 최종용도 분야에 따라 다양함.

▲ 냉장과 에어컨

▲냉장과 에어컨 최종 용도:

- Mobile Air Conditioners(이동식 에어컨)(CFC-12)
- Chillers(냉각장치) (CFC-11, CFC-12, R-500, HCFC-22, CFC-114)
- Retail Food(소매식료) (CFC-12, HCFC-22, R-502)
- Cold Storage(냉장실) (CFC-12, HCFC-22, R-502)
- Transport Refrigeration(수송(차량)냉동) (CFC-12, R-502)
- Refrigerated Appliances(냉장기기) (CFC-12)
- Dehumidifiers(제습기) (HCFC-22)
- Industrial Process Refrigeration(산업공정냉동) (CFC-11, CFC-12, HCFC-22)
- Ice Makers(제빙기) (CFC-12)

87) Vintaging Model(미국 환경 보호국 (EPA)): 이 모델은 트랙과 시간이 지남에 따라 장비를 포함하는 오존층 파괴 물질 (ODS) 및 ODS 대체물 분석. Vintaging Model은 ODS 사용을 감소시키기 위한 대안적인 전략의 영향을 평가하기 위한 프레임 워크 제공. 역사적으로 그들의 제품에 오존층 파괴 물질을 사용하고 여섯 가지 산업 분야(냉동 및 공기 조화, 거품, 에어러 줄, 용제, 소화, 살균)에서 연간 화학 물질 배출량을 추정. 이 모델은 최종 용도마다 시장의 성장뿐만 아니라 대안으로 ODS의 시장 전이의 이력에 대한 정보를 요구. 오존층파괴물질(ODS)이 단계적으로 폐지됨에 따라, 원래 ODS에 의해 채워 시장 점유율의 비율은 대체물에 각각 할당됨. Vintaging Model: 모델 장비 또는 매년 판매 서비스 및 폐기되는 제품 및 제조 또는 장비를 유지하는데 필요한 화학 물질의 양의 추정치에 기초하여 화학 물질의 소비. 배출량은 장비의 각 인구에 연간 누출 요금, 서비스 방출 속도, 폐기 배출 비율을 적용하여 추정함. 다른 최종 사용에서 배출 및 소비 출력을 통합하여, 모델은 연간 총 사용 및 각 화학 물질의 배출량 추정치를 생성함.

88) <http://www.epa.gov/ozone/snap/>

- Window Units(방한장치) (HCFC-22)
- Residential Unitary Air Conditioners(주택용(공기조화 냉동공학)유닛형 공기조화기) (HCFC-22)
- Commercial Unitary Air Conditioners(상업용(공기조화 냉동공학)유닛형 공기조화기) (HCFC-22)
- Water and Ground-Source and Unitary Heat Pumps(물 그리고 복합열원 그리고 열펌프);
Packaged Terminal Air Conditioners and Heat Pumps (HCFC-22)

3) 필요 자료 및 정보

- 주된 데이터 원천은 연방 추정치, 산업 보고, 자가 보고(self-reporting)임.
- 감축 효과 분석을 위해 사용된 데이터와 가정은 연방, 산업 보고, 영업 비밀을 포함한 공개된 자료를 사용함.
- 데이터 품질을 보증하기 위해 사용된 접근 방법은 다음과 같음.
 - 미국 GHG 배출과 싱크(sinks) 인벤토리의 연간 리뷰의 일부로 Vintaging Model의 투입과 가정이 UNFCCC에 보고되기 전에 산업계 그리고 정부 전문가 집단에 의해 검토됨. 물론 UNFCCC에서도 추가적인 검토가 이루어짐.
- Vintaging Model은 ‘bottom-up’모델임. 정보는 연간 시장 규모, 성장, 각 시설 단위에 필요한 화학 물질 양, 대체 이력에 관한 정보가 수집됨. 이 모델은 EPS Global Programs Division에 의해 관리되는 ODS Tracking System으로부터 수집되는 데이터와 Significant New Alternatives Policy(SNAP) 하에서 EPA에 제출되어지는 정보를 포함하는 다양한 원천으로부터 데이터를 모음.

4) 효과의 평가 분석

- 기업에서 신기술을 확대 적용하여 제품으로 제작하여 에너지 효율성 향상을 달성함.

라. BR1, 2 감축량 차이 및 원인 분석

- BR1과 BR2는 방법론상 차이점은 없음.
- GHG는 HFCs, PFCs, SF6을 포함하는 내용들만 보고되어짐.
- 특별하게 ODSs와 같은 다른 GHGs의 감축은 포함되지 않음.
- ODSs의 감축은 수량화되지 않음.

마. 감축수단 이행평가 방법, 관리 책임 기관, 역할

1) 잠재량 분석의 주체 및 역할

- Environmental Protection Agency(EPA)
- SNAP Process
 - ① In-Box: 신규 또는 현 상황을 리뷰(내부적으로 EPA)
 - ② 리뷰: EPA는 정보를 수집하여 리뷰함. 불인정 또는 제한적 인정일 경우 rule making process(규칙을 만드는 프로세스)로 이동
 - ③ Rule making(규칙 제작): a. Proposed Rule(규정안), b. Public Comments(대중 여론), c. Final rule(최종 규칙)
 - ④ Listings(목록): 제한없이 승인, 조건부 승인, 제한적 승인, 불인정

2) 효과 측정의 주체 및 역할

- 주된 데이터 원천은 연방 추정치, 산업 보고, 자가 보고(self-reporting)인 것으로 보아 정부와 산업계 모두에서 효과가 측정되는 것으로 판단됨.

3) 필요 자료 및 정보 관련 주체 및 역할

- Vintaging Model은 'bottom-up'모델임. 정보는 연간 시장 규모, 성장, 각 시설 단위에 필요한 화학 물질 양, 대체 이력에 관한 정보가 수집됨.
- 이 모델은 EPS Global Programs Division에 의해 관리되는 ODS Tracking System으로부터 수집되는 데이터와 Significant New Alternatives Policy(SNAP) 하에서 EPA에 제출되어지는 정보를 포함하는 다양한 원천으로부터 데이터를 모음.

4) 평가 관련 주체 및 역할

- EPA는 오존파괴지수, 지구온난화잠재력, 독성, 인화성, 산업 및 소비자의 건강 및 안전, 지역 대기 질 및 생태계 영향을 가지고 제안된 대체 평가 시행함.

3. [일본] Holistic policies to reduce the emissions of fluorinated gases

가. 일반 현황

1) 제도의 개요

- HFC의 배출 증가 전망
 - 2000년대 이후 냉동 공조 기기의 냉매제인 프레온류에 대해 특정 프레온에서 대체 프레온류로 전환이 진행됨. 시중 재고는 증가 추세
- 프레온 회수율 침체
 - 「프레온 회수·파괴법 (2001년)」에 근거하여 업무용 냉동 공조 기기에 사용되는 프레온류의 회수를 의무화하고 있으며, 프레온류의 회수량은 매년 증가추세이지만, 법 시행 후 회수율은 30% 정도로 침체
- 사용시 누설판명
 - 냉동 공조 기기의 설비 불량이나 노화 등에 의해 누설 발생
- 저 GWP·비프레온 제품의 기술 개발 및 상업화의 움직임.
- 세계적인 고GWP를 둘러싼 규제 강화 움직임.
 - 유럽 F-gas 규정, 몬트리올 의정서·HFC·phase-down 복미 제안
- GHG가운데 HFCs, PFCs, SF₆, NF₃에 영향을 미치는 정책임.
- HFCs, PFC, SF₆, NF₃의 배출을 줄이기 위한 탄화불소(Fluorocarbons)의 합리적인 사용과 적절한 관리와 같은 총체적인 정책임.
- ‘탄화불소(Fluorocarbons)의 합리적 사용 및 적절 관리 규정(2013년 6월)’에 따르면 정부는 다음을 수행함:
 - 가스 공급자에 의한 실제 탄화불소(Fluorocarbons)의 단계적 삭감
 - 제품으로부터 탄화불소(Fluorocarbons)의 제거와 설비와 제품의 제조업자로부터 GWP 낮춤.
 - 최종 사용자에 의한 정기 작동 기간 중에 온실가스배출전망치(BAU: Business as Usual)를 위한 냉동 기기와 에어컨으로부터의 탄화불소(Fluorocarbons) 누수 방지
 - 재활용 및 파괴 프로그램에 관한 규제 고도화 및 강화

- 추가로 정부는 無탄화불소(Fluorocarbons) 설비의 기술발전을 진작하고 그와 같은 장비의 도입과 산업계의 자발적 활동의 진작을 지지할 것임.
- 정책 성격: 규제/세제/보조금/기술발전/의식제고/교육/자발적

2) 제도 이력

- 「프레온류의 사용 합리화 및 관리 적정화에 관한 법률」(2013.6) 등에 따라 가스 제조 등에 의한 염화 불화 탄소의 실질적인 단계적 삭감, 기기 제조업체에 의한 프레온류 사용 제품의 비프레온·저GWP 촉진, 관리자에 의한 업무용 냉동 공조 기기 프레온류 누설 방지, 회수·파괴의 철저하게 함. 또한 프레온 기기의 기술 개발 및 도입 지원 산업에 의한 자주 행동 계획의 추진을 실시
- 프레온 회수·파괴법(2001년)에 따라 업무용 냉동 공조 기기의 정비와 폐기시 냉매로 사용되는 프레온류 회수 및 파괴를 의무화
- 현재 전국 약 3만 등록 사업소의 회수업자에 의해 프레온류 회수를 실시, 프레온류 파괴업자(전국 약 70 사업소)에 의해 파괴 처리를 실시함.
- 2001년에 ‘탄화불소(Fluorocarbons) 회복(Recovery)과 파괴(Destruction) 법’이 도입되면서 시행됨.

3) 기준 설정 및 갱신 원칙 (EPCA)

- 대체 프레온 등 4 가스(HFCs, PFCs, SF₆, NF₃)는 2030년에 2013년 대비 25.1% 감축(2005년 대비 4.5% 증가, 약 2,890 만tCO₂)하는 것을 목표로 함.

4) 분석 전담 기관

- Ministry of Environment(MOE)(환경성), METI(경제산업성)
- Second biennial report: 2020년까지 18,500 ktCO₂eq가 감축될 것으로 추정됨.(2016)
- First biennial report: 2020년까지 9,700 ktCO₂eq가 감축될 것으로 추정됨.(2013)

나. 대책별 감축량

- ① 가스·제품제조 분야의 비프레온·저GWP추진
 - 지정제품과 관련한 목표달성상황의 후속조치, 에너지절감형 자연냉매기기 도입지원에 의해 비프레온·저GWP화 추진

<표 3-63> 가스·제품제조 분야의 비프레온·저GWP추진

	2013(실적)	2020	2030
비프레온·저GWP형 지정제품 도입 보급률(%)	7	85	100
자연냉매기기 누적도입수 (백 건)	-	31	76
감축량(만tCO ₂)	-	350	1120

○ 프레온 배출 억제법에 따른 지정제품은 각 구분으로 목표연도에 목표치를 달성하고 목표연도까지는 단계적으로 제품전환 추진

○ 감축량 = (BAU배출량 - 전제로 한 배출량)으로 산출
 (제조사 배출량) = (제조대수) × (1대당 제조사 배출량)
 (제조사 누설량) = (시중재고대수) × (최대 냉매량) × (배출계수) - (정비시 회수량)
 (폐기시 배출량) = (폐기대수) × (1대당 냉매 잔여량) - (폐기시 등의 회수량)

② 업무용 냉동공조기기 사용시 프레온류 누설방지

○ 프레온류 산정 누설 량 보고·공표제도의 효과적인 운영 및 도도부현 실시의 지도·감독 지원, 보급 계발 등으로 사용시 누설 절감 추진

<표 3-64> 업무용 냉동공조기기 사용시 프레온류 누설방지

	2013(실적)	2020	2030
7.5kW이상의 기기 사용시 누설률 저감율(%)	-	27	5
7.5kW미만의 기기(별치형SC) 사용시 누설률 저감율(%)	-	16	50
7.5kW미만의 기기(별치형SC외) 사용시 누설률 저감율(%)	-	3	10
감축량(만tCO ₂)	-	650	2010

○ 프레온 배출억제법에 근거하는 정기점검 및 간이검사를 실시하여, 사용시 누설률 감소(2~17%, 기기 종류에 따라 상이함). 구체적인 가정조건은 이하와 같음.

① 압축기 정격출력 7.5kW이상 기기(정기점검 대상기기)

= 2030년까지 누설률 83%감소

② 압축기 정격출력 7.5kW미만 기기(정기점검대상제외 기기)

= 2030년까지 누설률 10%감소

(단, 7.5kW미만 기기 중, 별치형 SC = 2030년까지 누설률 50%감소)

○ 감축량 = (BAU배출량 - 전제로 한 배출량)으로 산출

(제조시 배출량) = (제조대수) × (1대당 제조시 배출량)

(제조시 누설량) = (시중재고대수) × (최대 냉매량) × (배출계수) - (정비시 회수량)

(폐기시 배출량) = (폐기대수) × (1대당 냉매 잔여량) - (폐기시 등 회수량)

③ 업무용 냉동공조기기에서 폐기시 등 프레온류 회수 촉진

○ 도도부현 실시의 지도·감독지원, 보급계발 등으로 회수율 50% 달성 목표

<표 3-65> 업무용 냉동공조기기에서 폐기시 등 프레온류 회수 촉진

	2013(실적)	2020	2030
폐기시 HFC 회수율(%)	34	50	70
감축량(만tCO ₂)	-	790	1570

○ 업무용 냉동공조기기 폐기시 CO₂ 감축량 = (냉매 회수 예상량) × (온난화 계수)
- 냉매 회수 예상량은 냉매 폐기 예정량을 추계한 후, 회수율이 2013년 34%에서, 2020년 50%, 2030년 70% 증가하는 것을 상정함.

○ 감축량 = (BAU배출량 - 전제로 한 배출량)으로 산출

④ 산업계의 자주적인 대처 방안 추진

○ 자주행동계획의 진척 상황을 후속조치하고 다양한 분야에서의 HFC 등 4가스 배출 억제 목표

<표 3-66> 산업계의 자주적인 대처 방안 추진

	2013(실적)	2020	2030
목표달성 단체수(%)	100	100	100
감축량(만tCO ₂)	-	55	122

- 자주행동계획에서 정한 HFC 등 배출억제에 관한 대처가 계획대로 달성되는 것을 전제로 함.
- 각 산업업계가 작성한 자주행동계획은 모든 업계가 매년 목표를 달성한다고 가정하여 감축량을 가산.
- 필요자료 및 정보
 - 산업 구조 심의회 환경 부회 폐기물 재활용 소위원회 자동차 재활용 WG 중앙 환경 경제 심의회 폐기물·리사이클 부회 자동차 재활용 전문위원회 합동회의 자료 (매년 8 월경 공표) 및 자동차 재활용 시스템의 프레온류 연례 보고 상황(매년 8 월경 공표)
 - 프레온 회수·파괴 법에 근거 회 수량 등의 집계 결과 (연말 공표)
 - 가전 리사이클 법에 근거 회 수량 등의 집계 결과 (매년 6 월경 공표)

다. 감축효과 분석

1) 감축효과

- 2013년(Calendar Year, CY) 수준으로 25.1%의 탄화불소가스(Fluorinated gases)를 줄이는 것을 목표로 함. 이는 2005년(CY) 수준으로 약 4.5%가 증가한 수준으로 약 28.9 백만tCO₂eq에 해당함.
- Second biennial report: 2020년까지 18,500 ktCO₂eq가 감축될 것으로 추정됨.(2016)
- First biennial report: 2020년까지 9,700 ktCO₂eq가 감축될 것으로 추정됨.(2013)

<표 3-67> 탄화불소가스(Fluorinated gases)의 예상 배출량(단위: 백만tCO₂eq)

	2030년(CY) 예상 배출량	2013년(CY)(2005년(CY))
HFCs	21.6	31.8(12.7)
PFCs	4.2	3.3(8.6)
SF6	2.7	2.2(5.1)
NF3	0.5	1.4(1.2)
Fluorinated gases 합계	28.9	38.6(27.7)

자료: Submission of Japan's Intended Nationally Determined Contribution(INDC)⁸⁹⁾

주: 탄화불소가스(Fluorinated gases)는 CY를 기초로 추정되었음.

89) UNFCCC

(http://www4.unfccc.int/submissions/INDC/Published%20Documents/Japan/1/20150717_Japan's%20INDC.pdf)

2) 측정방법

① 가스·제품제조 분야의 온프레온·저GWP추진

- 감축량 = (BAU배출량 - 전제로 한 배출량)으로 산출
(제조시 배출량) = (제조대수) × (1대당 제조시 배출량)
(제조시 누설량) = (시중재고대수) × (최대 냉매량) × (배출계수) - (정비시 회수량)
(폐기시 배출량) = (폐기대수) × (1대당 냉매 잔여량) - (폐기시 등의 회수량)

② 업무용 냉동공조기기 사용시 프레온류 누설방지

- 감축량 = (BAU배출량 - 전제로 한 배출량)으로 산출
(제조시 배출량) = (제조대수) × (1대당 제조시 배출량)
(제조시 누설량) = (시중재고대수) × (최대 냉매량) × (배출계수) - (정비시 회수량)
(폐기시 배출량) = (폐기대수) × (1대당 냉매 잔여량) - (폐기시 등 회수량)

③ 업무용 냉동공조기기에서 폐기시 등 프레온류 회수 촉진

- 감축량 = (BAU배출량 - 전제로 한 배출량)으로 산출

라. 국내 적용 가능성 및 시사점

- 산업공정 부문의 감축 잠재량 분석은 앞에서 설명하는 일본(Holistic policies to reduce the emissions of fluorinated gases)의 자료를 바탕으로 작성할 필요성
- 정부와 산업계가 공조하여 효율적인 잠재량을 파악하여 이를 분석할 필요성
- 앞에서 설명한 일본의 정책 프로그램은 산업공정 부문의 기후변화 완화 정책 수립 시 벤치마킹 자료로 활용 가능
- 산업계에서 측정한 감축 효과에 대해 정부가 리뷰하며 전반적인 감축 효과를 정리하는 작업이 필요함.
- 정부는 앞에서 논의한 일본의 사례를 바탕으로 정확한 감축효과 측정에 대한 방법론 및 가이드라인을 제시할 필요성
- 감축 프로그램 간에 중복 계산되는 점을 유의해서 감축 효과를 측정해야 함.
- BR 작성시 수치 자료만 수집하거나 감축 수단을 정리하는 것뿐만 아니라 기술 발전 수준을 참조하여 실질적으로 도움이 될 한국형 BR이 작성될 필요성

- 잘 정리된 선진국의 BR과 같이 감축 방법 및 데이터 등 구체적인 자료들을 보고서에 추가할 필요성
- 산업계에서 추진해야 할 BR 작성 원칙 규명과 정부가 제시하는 정확한 방법론 및 정책에 대한 가이드라인의 정립이 필요함.
- 정부가 중심이 되어 연구기관, 산업계 등이 참여해야 함.
- 정부가 민간에 위탁을 할 경우에는 수시 모니터링을 통해 감축 수단 및 감축 실적을 작성해야 함.
- 산업계에서 작성할 경우 정부는 정확한 지침 및 방법론을 제시하여야 함.
- 해외의 사례와 같이 정부와 참여 기관 간에 MOU를 체결하여 감축 수단 및 감축 실적에 대해 수시로 모니터링할 필요성 있음.

<약어>

AR4: Fourth Assessment Report
 BCF: Billion Cubic Feet
 DOE: Department of Energy
 DEFRA: Department of Environment and Rural Affairs (영)
 EPA: Environmental Protection Agency
 EPCA: Energy Policy and Conservation Act
 GHG: Greenhouse Gas
 GMI: Global Methane Initiative
 GWP: Global Warming Potential
 HGV: Heavy Goods Vehicle
 IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change
 MAC: Marginal Abatement Cost
 NGS: Natural Gas STAR International
 NRCS: Natural Resources Conservation Service
 RFS: Renewable Fuel Standard
 Tcf: Trillion cubic feet
 USDA: United States Department of Agriculture

<참고문헌>

EPA(<https://www.epa.gov/agstar/what-epa-doing-agstar#a1>)

EPA, "Got manure? Want energy? We can help," Sept. 2011

EPA's Significant New Alternatives Policy (SNAP) Program and Hydrofluorocarbons,
DOE FEWG/CAWG Web Teleconference, November 14, 2013

Eric Jay Dolin, SF6 Emissions Reduction Partnership for Electric Power Systems,
Nov. 2, 2000.

First and Second Biennial Report: the United States of America

First and Second Biennial Report: Germany

Jerome Blackman, SF6 Emissions Reduction Partnership for Electric Power Systems:
An Opportunity for Industry, EPA, March 2002.

Sally Rand, EPA's SF6 Emission Reduction Partnership for Electric Power Systems,
June 4, 2012

Second Biennial Report Methodologies for Quantified Policies and Measures

Submission of Japan's Intended Nationally Determined Contribution(INDC): UNFCCC(
http://www4.unfccc.int/submissions/INDC/Published%20Documents/Japan/1/20150717_Japan's%20INDC.pdf)

제8절 산림

1. [미국] Woody Biomass Utilization Grants Program

가. 일반 현황

1) 제도의 개요

- 프로그램의 목적
 - 전 미국을 대상으로 산림관리를 지원하여 목재 시장과 목재 에너지를 확대하고 가속화시키도록 목재 바이오매스 활용 프로젝트 제안을 받고 이를 선정하여 지원하는 프로그램
 - 2005년부터 시행하여 매년 연도 베이스로 프로그램을 운영
- 2016년 프로그램 일정
 - 2015년 10월 10일 제안서 요청 공고
 - 2016년 1월 13일 제안서 제출 마감
 - 2016년 3월 30일 미국 Forest Service 제안자에게 결과 통보
 - 2016년 4월 7일 제안 시행
- 프로그램 우선순위
 - 독성 연료를 줄이고 국가산림시스템과 다른 산림의 건강을 개선하는 프로그램
 - 모든 종류의 토지에 대해서 산림 관리의 비용을 축소하는 프로그램
 - 경제와 환경 개선을 도모하는 프로그램
- 프로젝트 유형
 - 유형 1(Grant Category 1): 목재 에너지시장의 확대
 - 유형 2(Grant Category 2): 목재 제품 시장의 확대

2) 제도 이력

- Wood-to-energy(W2E) program과 Woody Biomass Utilization Grant program으로 알려져 있었으며, 최근에 Wood Innovations Grant Program으로 변경
- W2E Grant Program 현황

<표 3-68> 지원 프로젝트 현황

연도	프로젝트수	연방정부 기여(\$)	협력 기여(\$)
2014	9	1,441,600	356,900
2015	16	3,477,536	17,586,888
합계	25	4,919,136	17,943,788

자료: WERC

나. 감축잠재량 분석

1) 감축잠재량

- Wood to Energy (W2E) Grants
 - 목재 에너지 시스템을 위한 최종설계, 비용관리, 공정 등에 대한 엔지니어링 서비스에 초점을 맞춘 프로젝트를 위한 Grant 지원
 - 국가 산림 서비스 시스템과 여타 산림지역으로부터 생성된 목재 바이오매스를 활용하는데 초점을 두고 있음.
 - 프로젝트는 열, 전기, 액체 또는 기체 에너지를 생산하는 상업적으로 검증된 목재 에너지 시스템을 사용하여야 함.
 - WERC(Wood Education and Resource Center), US Forest Service에서 프로젝트 관리
- W2E 프로그램 목적
 - 목재 바이오매스 사용에서의 경제적 시장적 장애요인을 제거하는 것을 목표로 하거나 이에 도움을 주는 프로젝트를 활성화
 - 공공의 이익을 보호하면서도 목재 바이오매스로부터 재생에너지를 생산할 수 있는 프로젝트 지원
 - 독성연료를 축소하고 산림의 건전성을 회복함으로써 생성된 바이오매스와 다른 산림 제품의 가치를 증대시킴으로써 산림 복원의 공적 비용을 절감
 - 재생에너지 프로젝트를 위해 국유림으로부터 목재 바이오매스를 활용하는 사업 투자를 촉진하거나 이에 대한 유인을 제공
- 프로젝트를 신청 받아 선정하는 과정을 거침.
 - 프로젝트의 내용이 정량화되어 있지 않은 것을 포함하며 다양한 프로젝트로 구성됨.
 - 프로젝트 내용이 다양하여 이를 통해 감축잠재량을 계산하기 쉽지 않음.
 - 프로젝트의 내용은 대체로 목재 바이오매스를 활용할 수 있는 방법, 목재 바이오매스 수송에서의 비용절감, 목재 바이오매스를 생산하기 위한 설비의 효율적 사용, 목재 바이오매스에 대한 교육 및 홍보 등을 내용으로 하고 있음.
 - 감축잠재량을 정량화하여 계산할 수 있는 방법론을 찾는 것이 우선적인 과제임.
 - 목재 바이오매스의 적극적인 활용을 모색하는 프로젝트로서 전체 탄소배출 저감에 미치는 영향은 제한적일 것으로 보임.
- 지원금액은 개별 프로젝트에 대해서 \$33,600 ~ \$700,000로 다양함
 - 프로젝트의 내용 사례
 - Detailed Technical Engineering Report for Three Dimensional Timberlands Integrated Biomass Facility
 - 진행 중인 프로젝트이며 연방정부에서 \$33,600를 지원

- 초기 혼합 펠릿과 브릭 작업에 요구되는 서비스의 구체적인 공정 보고서를 개발하는 것이 목적인 프로젝트
- 진행 중인 프로젝트로서 결과보고서는 생성되지 않음.
- Centennial Renewable Energy LLC Wood Pellet Facility Pre-Financial Close Project
- 목재 펠릿 시설에 대해서 공장 부지와 섬유 공급을 위한 CRE 실사의 타당성 조사 수행과 비용 추정 타당성 조사
- 공장과 터미널 부지를 위한 일반적 설계와 특성 조사
- 구체적인 엔지니어링 비용 추정
- 사업계획과 계약서류 준비
- 진행 중인 프로젝트로 연방정부로부터 \$700,000 지원
- Claremont NH Hot Water District Energy System
- 계획된 지역온수 에너지 시스템의 허가, 배관 시스템 및 보일러의 엔지니어링 설계와 계획을 완수하는 목적을 가진 프로젝트
- 진행 중인 프로젝트로서 연방정부로부터 \$250,000을 지원

2) 필요 자료 및 정보

- 감축잠재량 추정을 위한 자료와 정보
 - 산림에서 목재 파편 등과 같은 탄소 함유원 산림의 분포 등이 유용함.
 - Domke et al. (2016), Estimating litter carbon stocks on forest land in the United States, *Science of the Total Environment*, 557-558, 469-478.
 - 산림 인벤토리 정보
 - Oswalt et al. (2014), *Forest Resources of the United States, 2012: A Technical Document Supporting the Forest Service Update of the 2010 RPA Assessment*, USDA.
 - Nepal, P. et al. (2012), Developing Inventory Projection Models Using Empirical Net Forest Growth and Growing-Stock Density Relationships and Species Groups, Research paper FPL-RP-668, Forest Products Laboratory, Forest Service, USDA.
 - Nepal, P. et al. (2012), Projection of U.S. Forest Sector Carbon Sequestration under U.S. and Global Timber Market and Wood Energy Consumption Scenarios, 2010-2060, *Biomass and Bioenergy* 45, 251-264.
 - Ince, P.J. et al. (2011), U.S. Forest Products Module: A Technical Document Supporting the Forest Service 2010 RPA Assessment, Research Paper FPL-RP-662, Forest Products Laboratory, Forest Service, USDA.
 - 목재 바이오매스 활용 모형
 - Silverstein et al. (2006), Biomass Utilization Modeling on the Bitterroot National Forest, *USDA Forest Service Proceedings RMRS-P-41*, 673-688.

- RWBECK (2003), Review of Biomass Fuels and Technologies, Yakima County Public Works, Solid Waste Division.
- Ritter, S. (2007), Looking at Emissions and Economics of Biomass Use, Research Highlights.
- Bergman, R. and J. Zerbe (2008), Primer on Wood Biomass for Energy.
- Forest Products Laboratory (2004), Wood Biomass for Energy, TechLine.
- Skog, K.E. and H.N. Rosen (1997), United States Wood Biomass for Energy and Chemicals: Possible Changes in Supply, End Uses, and Environmental Impacts, Forest Products Journal, 47(2), 63-69.

다. 감축효과 분석

1) 감축효과

- 프로젝트의 감축효과 평가가 이루어지지 않는 이유.
 - 프로젝트의 결과보고서가 제공되지 않고 있음.

2) 필요 자료 및 정보

- 효과 측정을 위한 필요 자료와 정보
 - Biomass Energy Consumption
 - EIA, Industrial biomass energy consumption and electricity net generation by industry and energy source, 2009.
 - EIA, Table CE5.2 Household Wood Consumption in the U.S. - Totals and Averages, 2009.
 - 가정에서의 사용된 목재 유형 정보
 - EIA, Table CE5.1 Wood Types Used in U.S. Homes, 2009.(xls file)
 - 효과 평가 모형
 - Ince, P.J. et al. (2012), Evaluating Economic Impacts of Expanded Global Wood Energy Consumption with USFPM/GFPM Model, Canadian Journal of Agricultural Economics 60, 211-237.
 - Zerbe, J.I. et al. (2007), Sources and Uses of Wood for Energy, Forest Products Laboratory.

라. BR1과 BR2의 감축효과 차이 및 원인 분석

1) 감축효과 차이

- 감축효과의 분석이 BR1과 BR2 모두에서 정량화되어 있지 않음.

2) 원인 분석

- 감축효과 분석이 정량화되어 있지 않으나 BR1과 BR2 사이에 산림 부문의 전망 방법에서의 차이는 나타남.
 - 그러나 이러한 방법론의 개선이 이 프로그램의 감축잠재량이나 감축효과의 추정에 영향을 미치지 않는음.
 - 전망 프로젝트에서 관련이 있는 방법론이나 자료에서의 개선으로는 농지에서 탄소 투입이나 바이오매스 생산 추정을 개선하기 위한 위성 기반 자료의 시계열 업데이트 정도로 나타나고 있음.

마. 감축수단 이행평가 방법, 관리 책임 기관 및 역할

1) 지원 주체 및 역할

- Wood Education and Resource Center (WERC), US Forest Service
 - Grant program 담당
 - 프로젝트 지원 신청 및 선정
 - 프로젝트 관리 및 보고서 관리

<참고문헌>

- Bergman, R. and J. Zerbe (2008), Primer on Wood Biomass for Energy.
- Brashaw, B.K. et al. (2012), Wood Utilization Options for Urban Trees Infested by Invasive Species, WERC
- Domke et al. (2016), Estimating litter carbon stocks on forest land in the United States, Science of the Total Environment, 557-558, 469-478.
- EIA, Industrial biomass energy consumption and electricity net generation by industry and energy source, 2009.
- EIA, Table CE5.2 Household Wood Consumption in the U.S. - Totals and Averages, 2009.
- EIA, Table CE5.1 Wood Types Used in U.S. Homes, 2009.(xls file)
- Forest Products Laboratory (2004), Wood Biomass for Energy, TechLine.
- Ince, P.J. et al. (2012), Evaluating Economic Impacts of Expanded Global Wood Energy Consumption with the USFPM.GFPM Model, Canadian Journal of Agricultural Economics, 60, 211-237.
- Ince, P.J. et al. (2011), U.S. Forest Products Module: A Technical Document Supporting the Forest Service 2010 RPA Assessment, Research Paper FPL-RP-662, Forest Products Laboratory, Forest Service, USDA.
- Nepal, P. et al. (2012), Projection of U.S. Forest Sector Carbon Sequestration under U.S. and Global Timber market and Wood Energy Consumption Scenarios, 2010-2060, Biomass and Bioenergy, 45, 251-264.

- Nepal, P. et al. (2012), Developing Inventory projection models using Empirical Net forest Growth and Growing-Stock Density Relationships Across U.S. Regions and Special Groups, Research Paper FPL-RP-668, Forest Service, USDA.
- Ritter, S. (2007), Looking at Emissions and Economics of Biomass Use, Research Highlights.
- RWBECK (2003), Review of Biomass Fuels and Technologies, Yakima County Public Works, Solid Waste Division.
- Silverstein, R.P. et al. (2006), Biomass Utilization Modeling on the Bitterroot National Forest, USDA Forest Service Proceedings RMRS-P-41, 673-688.
- Skog, K.E. and H.N. Rosen (1997), United States Wood Biomass for Energy and Chemicals: Possible Changes in Supply, End Uses, and Environmental Impacts, Forest Products Journal, 47(2), 63-69.
- Oswalt, S.N. et al. (2014), Forest Resources of the United States, 2012, General Technical Report WO-91, Forest Service, USDA.
- USDA (2008), Woody Biomass utilization Strategy, FS-899, USDA.
- USDA, USDOE, USDI (2003), Memorandum of Understanding On Policy Principles For Woody Biomass Utilization for Restoration and Fuel Treatments On Forests, Woodlands, and Rangelands.
- Zerbe, J.I. et al. (2007), Sources and Uses of Wood for Energy, Forest Products Laboratory.

2. [미국] Biological Carbon Sequestration Assessment

가. 일반 현황

1) 제도의 개요

- 목적
 - 토지부문의 탄소 관리를 목적으로 함.
 - 2015년도에 시행
 - 토지 이용과 관련한 생태시스템으로부터의 탄소 격리와 온실가스 흐름의 과학적 이해도를 높이는 것이 목적
- 생물학적 탄소격리 평가 프로젝트
 - 2011년 the Great Plains에 대한 보고서, 2012년 서부지역 보고서, 2013년 동부지역 보고서, 2015년 알래스카 보고서 등이 발간
 - 주요 지형에서 현재와 잠재적인 탄소 밸런스를 평가
 - 생태계 탄소 밸런스와 온실가스 흐름에 영향을 주는 자연적/인공적 요인들을 평가
 - 탄소 모니터링 방법과 능력의 개발

- 토지관리 정책과 수단을 통해 탄소 격리를 증대시키는 과학을 지원하고 연구를 수행

2) 제도 이력

- 2015년에 신규 시행
- 대통령의 Climate action Plan (2013)에서 생물학적 탄소 격리의 중요성을 강조
- 의회는 2007년 Energy Independence and Security Act of 2007을 통해 탄소격리의 중요성을 인식하고 탄소격리의 국가 인벤토리를 의무화
- 2007년 의회의 지시를 이행하고자 USGS Land Carbon Project를 시행

나. 감축잠재량 분석

1) 감축잠재량

- 생물학적 탄소격리의 국가적 평가에 대한 방법론 발간(USGS)
 - USGS Scientific Investigations Report 5233
- 현재 4 지역에 대해 보고서 완성
 - Great Plains: USGS Professional paper 1787
 - Western US: USGS Professional paper 1797
 - Eastern US: USGS Professional paper 1804
 - Alaska: USGS Professional paper 1826
- 진행 방향
 - Hawaii 보고서의 완성으로 미국의 지역 자료와 정보를 구축
 - 생태계 탄소 밸런스에 대한 연구와 모형과 방법론에 대한 개발과 개선
 - DOI의 토지이용 의사결정에서 적용할 수 있는 탄소격리 적용방안
- 감축잠재량의 산정
 - 감축잠재량을 산정하는 프로그램이 아님.
 - 감축잠재량을 추정하기 위하여 탄소격리의 현황 자료에 대한 평가 프로그램임.
 - 감축잠재량과 관련해서는 향후 이 프로그램의 보고서를 이용할 수 있을 것임.

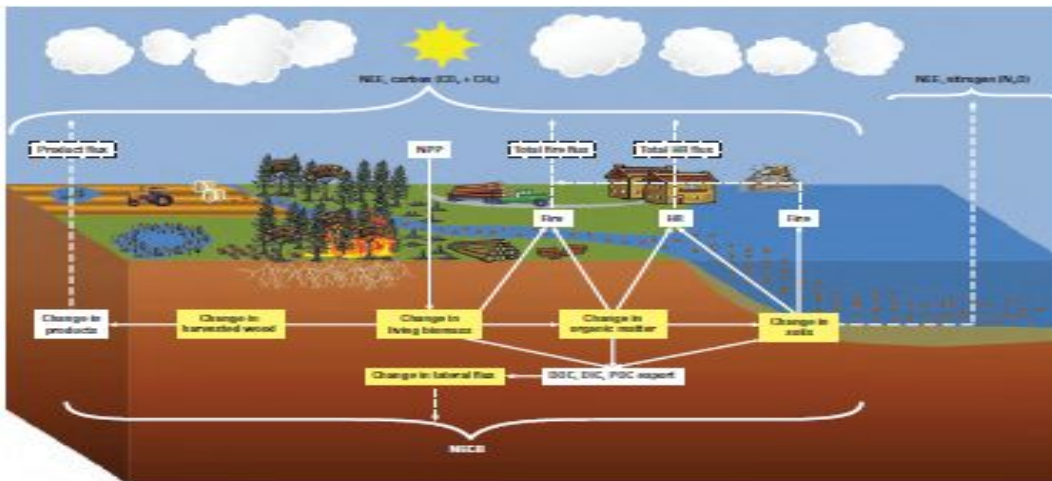
2) 산정방법

- 탄소 격리 국가 평가보고서를 위한 방법론 보고서
 - USGS Scientific Investigations Report 5233의 내용
- 평가 설계 필요 사항
 - 50주(state)의 수자원 생태시스템과 모든 국가 토지에 대해서 온실가스 흐름과 탄소 격리 능력을 평가
 - 현재와 미래의 온실가스 흐름과 탄소격리 능력을 평가하고 2001년부터 2050년까지의 50년 기간의 연도 추정치를 산출

- 토지 사용, 토지 커버, 관리, 기후, 장소 특성의 속성 간의 공정 수준의 연계를 평가하기에 충분한 공간해상도 평가를 수행
- (1) 잠재적 토지 이용, 토지커버 변화와 토지관리 활동과 (2) 미래 탄소 저장과 온실가스 흐름과 부수적 영향 간의 관계를 조사
- 탄소 저장과 온실가스 흐름을 평가한 기존의 다른 국가 프로그램과 구분하고 프로그램 간의 협력
- 불확실성을 평가하고 방법론과 모형을 제약하는 자료들에 대한 적절한 이해

○ 평가의 범위

[그림 3-21] 탄소, 질소 및 주요 탄소풀의 흐름



자료: USGS

○ 방법론 제약 요인

- 평가의 범위는 EISA section 712에서 설정한 요구사항으로 제약됨.
- 국가 수준에서 일관성을 유지
- 국가 범위의 자료를 포함하는 단순하고 확립된 모형과 방법을 사용
- 현장, 지도, 원격 감지 자료의 가용성이 고르지 않음.

○ 평가에서 사용된 기간, 토지이용, 토지범위, 생태시스템 교란 및 토지 관리활동

<표 3-69> 평가에서 사용된 기간, 토지이용, 토지범위, 생태시스템 교란 및 토지 관리활동

기간	LULC, 생태시스템 교란	토지관리	주요 투입 자료
현재 기간 평가 (2001-2010)	현재 LULC, LULC의 변화 및 생태시스템 교란요인	현재 토지 관리	LULC와 교란자료와 함께 현장자료, 토양자료, 현재 기후자료를 사용하여 현재 탄소스톡, 탄소격리, 온실가스 흐름을 추정하기 위한 실증 및 공정 모형을 생성
미래 잠재 평가 (2011-2050)	시나리오별 전망된 미래 LULC와 교란요인	시나리오별 전망된 토지관리	기후, LULC, 교란요인의 전망치와 상기의 투입자료를 통해 시뮬레이션 모형의 모수를 생성하고 미래 잠재적 탄소 스톡, 탄소격리 및 온실가스 흐름을 추정

자료: USGS Scientific Investigations Report 5233

○ 토지 범위(land-cover) 분류

- 개방수역(open water), 상로 얼음(perennial ice/snow), 개발지역(developed), 불모지(barren land), 낙엽수림(deciduous forest), 상록수림(evergreen forest), 혼성림(mixed forest), 폐림(disturbed forest), 난쟁이 관목(dwarf scrub), 관목(shrub/scrub), 초원/초본(grassland/herbaceous), 사초/초본(sedge/herbaceous), 지의류(lichen), 이끼(moss), 목초지(pasture/hay), 경작지(cultivated crops), 습지(wetland), 광산(mining), 관개지(irrigated land)

○ 평가에 고려된 감축 활동

<표 3-70> 평가에 고려된 감축 활동

생태계	전략	잠재적 토지관리	잠재적 LU 또는 LC 변화
산림(Forests)	탄소 격리	- 목재 수확-재생산 순환의 장기화 - 산림관리의 집약도 강화	- 벌목 빈도의 감축 - 토지의 산림화 - 산림 보호와 산림 벌채 방지
	온실가스 순 감축	- 벌목 영향의 축소	- 산림 벌채 축소
	오프사이트 목재제품 격리 (Offsite wood product sequestration)	- 목재 폐기물 재생 개선 - 목재 제품 생산 증대 - 목재 제품의 수명 연장 - 종이와 목재 리사이클 증대	
경작지 (Croplands)	토양 탄소 격리 (Soil carbon sequestration)	- 곡물 경작지 축소 - 혼작의 고잉여 작물과 윤작으로의 변경 - 동계 경작의 증대 - 하계 휴한지의 축소 - 농지 복원 - 바이오차(biochar)의 이용	- 초지의 상용경작지로의 전환
	CH ₄ 와 N ₂ O 배출 저감	- 곡물 경작지 개선 - 혼작의 개선 - 곡물 비료의 효율성 증대 - 관개 확대	- 벼농사지(논)의 축소
초원/관목지 (Grasslands/shrubland)	토양 탄소 격리 (Soil carbon sequestration)	- 목초지 관리 관행의 수정 - 비료의 효율성 증대 - 자연 천이의 생태적 관목화와 산림화 허용 - 노후화된 방목지의 복원	
	온실가스 순 감축	- 방목지 화재의 감축	- 초지의 에너지생산 작물로의 전환
습지(Wetlands)	탄소 격리	- 알려져 있지 않음	- 습지 복원
	온실가스 순 감축	- 알려져 있지 않음	- 습지 보존
물 생태계 (Aquatic ecosystems)	온실가스 순 감축	- 도시와 농지의 영양분 수출 축소 - 저수지 방류 변경	

자료: USGS Scientific Investigations Report 5233

○ 평가 시나리오

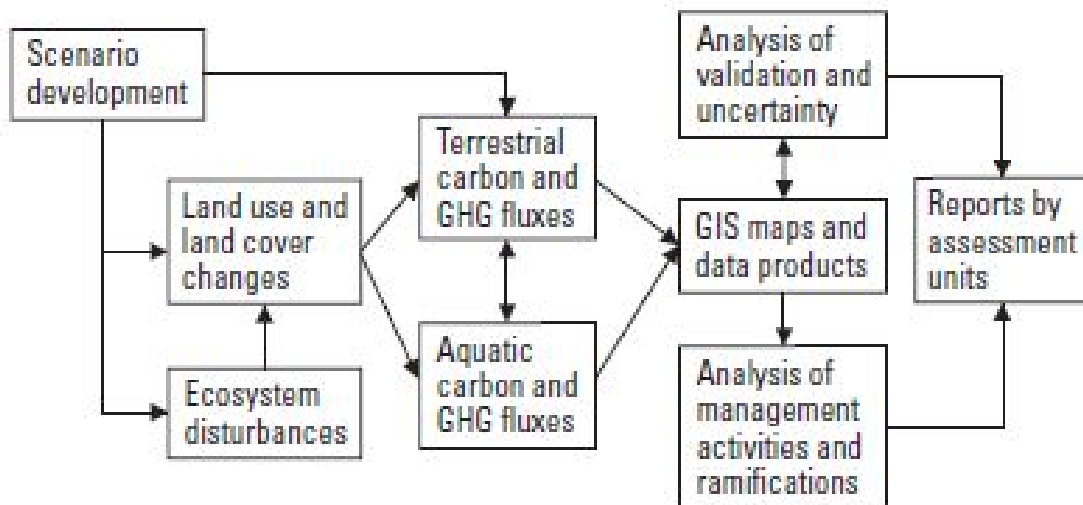
[그림 3-22] 개별 IPCC SRES 시나리오에 대한 평가 체계

IPCC SRES A1B		Management	
		Carbon sequestration →	
		Conventional	Enhanced
LULC	Reference	(R) References SRES storyline, with LULC and management consistent with basic SRES assumptions	(M) Reference LULC remains constant, but land management is optimized for carbon sequestration
	Enhanced	(L) LULC optimized for carbon sequestration, with conventional land management	(ML) LULC and land management both optimized for carbon sequestration
	Potential Natural Vegetation	(PNV) LULC returns to potential natural vegetation form and structure. Assumption of no anthropogenic alteration of landscape	

자료: USGS Scientific Investigations Report 5233

○ 주요 방법론 간의 관계

[그림 3-23] 시나리오 운영을 위한 주요 방법론 간의 관계



자료: USGS Scientific Investigations Report 5233

3) 필요 자료 및 정보

○ 평가를 위한 필요자료

<표 3-71> 필요 자료

자료와 소스	변수	속성	방법론
PRISM climate grid data, PRISM Climate Group, OSU	강수량, 최고 및 최저 기온	4km, 월별	Disturbance, aquatic methods
NCEP, NOAA	강수량, 기온, 습도, 풍속, 풍향	32km, 3시간	Disturbance
Downscaled IPCC GCM data: BCC-BCM2.0, CSIRO-Mk3.0, CSIRO-Mk3.5, INM-CM3.0, MIROC3.2	강수량, 최고 및 최저 기온	1km, 월별	Disturbance, LULCC, terrestrial BGC methods
EDNA and NED topographic data, USGS	고도, 경사도, 형상, 하천 연계 및 유량	30m, 정태	LULCC, disturbance, aquatic and terrestrial BGC methods
Soil database: STATSGO2, SSURGO, USDA NRSC	토양 탄소 및 성질, 작물 적합성	250m/1km/polygon, 정태	Aquatic and terrestrial BGC methods
Conservation dataset by USDA NRSC: CRP, WRP, CEAP, EQIP, CSP, WHIP, GRP, FRLPP, and HFRP	면적, 위치, 비용공유분, 계약 기간, 작물과 식물 유형	구획 기록, polygons, 1 ~ 30년	LULCC, terrestrial BGC methods, scenario development
Litter and soil carbon turnover: literature compilations at national scale	부엽토 및 토양 탄소플 규모와 회전율	250m/1km/polygon, 동태	BGC methods; scenario development
Agriculture residue management data, USDA NRCS	경작유형과 잉여수준 정보	카운티, 격년	LULCC, terrestrial BGC methods,
National Resource Inventory, USDA NRSC	토지이용, 농업과 방목지 생산	카운티, 5년 주기	Terrestrial BGC methods
Areas of crop types, production, and management, USDA NASS	경작, 작물회전, 작물 수확, 목초, 비료 지원	카운티와 주 통계, 매년	LULCC, terrestrial BGC methods,
PAD-US (CBI)	보호 지역과 위치, 보호 수준, 토지 소유	카운티, 10년	LULCC, disturbance
FIA, U.S. Forest Service	산림 유형, 수명 분류, 바이오매스, 풀벌 부엽토, 관리 정보, 파괴정보	Inventory plots, 5년 주기	LULCC, disturbance, terrestrial BGC methods, scenario development
Urban Forestry Program, U.S. Forest Service	도시 산림 범위, 생산, 파괴	Subset of FIA plots	LULCC, terrestrial BGC methods,
Eddy-covariance flux-tower measurements from FLUXNET	다양한 풀과 생태계의 CO ₂ 유동	지점, 미국의 약 160 사이트, 시간별	Terrestrial BGC methods,
GRACEnt, USDA ARS	농지에서의 목재 기반 CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O 유출 측정, 토지관리 시나리오	지점, 48개 주의 31 사이트	Terrestrial BGC methods, scenario development
Carbon Cycle Sampling Network, NOAA	대기의 CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O 측정	지점 자료	Terrestrial and aquatic BGC methods
National Atmospheric Deposition Program	질산염의 습지 퇴적	지점, 미국의 약 250 사이트, 주간	Aquatic and terrestrial GHG methods
National Water Information System, and National Water-Quality Assessment Program, USGS	POC, DIC, DOC 집중도, 기타 수질 정보	Variable	Aquatic and terrestrial BGC methods

<표 3-72> 필요 자료 (계속)

자료와 소스	변수	속성	방법론
Digital coast dataset. Coastal Service Center	근해와 심해의 주요 생산	약 130 하구, 30 m 및 3-arc-sound	Aquatic methods
National Estuaries Eutrophication Assessment, NOAA	질소 적재, 기타 화학과 물리학 파라미터	약 130 하구, 기간별 (1992 to 1997)	Aquatic methods
Watershed Boundary Dataset, USDA NRCS	분수계 경계, HUC	1:24,000 축척 형태	Aquatic methods
National pollutant Discharge Elimination System, U.S. Environmental Protection Agency	허용 폐기물 배출	800,000+point sources, 연간	Aquatic methods
Storm data by National Hurricane Center, NOAA	허리케인과 토네이도 추적 기록 보관	선로	Disturbance
Monitoring Trends in Burn Severity, U.S. Forest Service, USGS	화재 범위와 화재 강도 분류 (1984-present)	30 m, 화재 지역	Disturbance, terrestrial BGC methods
National Fire Plan Operations and reporting System, DOI	연료 처리 유형과 위치	지점, 연간	Disturbance
Forest Health Monitoring Program's Aerial Surveys, U.S. Forest Service	곤충과 질병, 기타 교란	다양한 규모, polygons, 연간	Disturbance
LANDFIRE, U.S. Forest Service and USGS	지표와 케노피 연료 분류, 초목 유형, 천이 분류, 전환 경로	30 m, updated annually	Disturbance
Vegetation change tracker data products, USGS, U.S. forest Service, NASA, UMD	LULCC 및 주요 생태계 교란	30 m, annual products from 1985 to present	LULCC, disturbances, terrestrial and aquatic BGC methods
National biomass and carbon dataset 2000, Woods Hole research Center	지상 바이오매스, 2000 space shuttle 레이더 미션 자료 이용	30 m, 형태	Terrestrial BGC methods
MODIS, NASA	NDVI, FPAR, 화재 피해 및 화재 범위	1 km, 8일과 16일	Terrestrial BGC methods
NLCD, USGS	현재와 미래의 LULC 분류	60 m, 250 m, national maps	LULCC, disturbance, terrestrial BGC
NWI, FWS	지리적 습지 디지털 정보	GIS polygons	LULCC
Distance to roads, National Overview Road Metrics, USGS	도로 연장	60 m	LULCC
U.S. Census Bureau, USDC	인구	카운티, 십년	LULCC, disturbance
National Irrigation Water Quality Program, DOI bureaus	국가 관개 지도	1 km, 2001 및 2006	LULCC, terrestrial BGC methods
Agricultural land-use costs, USDA ERS ARMS Program	토지 이용과 원자재 생산에 대한 재무 자료	통계표 자료	Tradeoff analysis of management activities

다. 감축효과 분석

1) 감축효과

○ 프로그램의 감축효과

- 이 프로그램의 결과가 감축을 목적으로 하는 것이 아니라 감축잠재량을 살펴보기 위한 기초자료를 만들어 내는 프로그램임.
- 감축에 대한 성과를 측정할 수 없음.

라. BR1과 BR2의 감축효과 차이 및 원인 분석

1) 감축효과 차이

- 2015년에 시행된 제도로서 BR2에 도입되었음.
 - 감축효과의 차이가 나타나지 않음.
 - 감축효과를 나타낼 수 있는 수량화된 정보 없음

2) 원인 분석

- 2015년 시행된 감축수단으로 원인분석 없음.

마. 한국에서의 적용 가능성 및 시사점

- 미국의 산림분야의 프로그램은 감축의 실제수단과 감축을 위한 자료/모형 준비 수단으로 구성되고 있음.
- 감축을 준비하는 단계의 프로그램은 미국 전체의 산림 인벤토리와 산림의 현황 등을 자료화·정보화·모형화하는 프로그램으로 감축수단으로서 산림 자원을 활용하기 위한 준비 프로젝트로서의 역할을 하고 있음. 이를 위해 기존의 연구와 분석 및 자료를 통합하여 평가하는 프로젝트를 기획한 것임.
- 우리나라의 경우에도 비록 감축잠재량이나 감축효과가 정량화되지 못하고 미흡하더라도 산림부문의 실제 탄소감축을 할 수 있는 활동을 찾는 과제를 기획할 필요가 있음. 또한, 감축을 위해 필요한 자료와 정보를 모형화하여 통합할 수 있는 프로그램을 기획하는 것도 중요한 과제임.

<참고문헌>

EIA (2015), U.S. Energy-related Carbon Dioxide Emissions, 2014, US DOE.

US DOI and US Geological Survey (2010), A Method for Assessment Carbon Stocks, Carbon Sequestration, and Greenhouse-Gas Fluxes in Ecosystems of the United States under Present Conditions and Future Scenarios, Scientific Investigations Report 2010-5233, USGS.

US DOI and US Geological Survey (2016), Baseline and Projected Future Carbon Storage and Greenhouse-gas Fluxes in Ecosystems of Alaska, Professional paper 1826, USGS.

US DOI and US Geological Survey (2015), Baseline and Projected Future Carbon Storage and Greenhouse-gas Fluxes in Ecosystems of the Eastern United States, Professional paper 1804, USGS.

US DOI and US Geological Survey (2013), National Assessment of Geologic carbon Dioxide Storage resources – Summary, Fact Sheet 2013–3020, USGS.

US DOI and US Geological Survey (2013), National Assessment of Geologic carbon Dioxide Storage resources – Results, Circular 1386, USGS.

US DOI and US Geological Survey (2012), Baseline and Projected Future Carbon Storage and Greenhouse-gas Fluxes in Ecosystems of the Western United States, Professional paper 1797, USGS.

US DOI and US Geological Survey (2011), Baseline and Projected Future Carbon Storage and Greenhouse-gas Fluxes in Ecosystems of the Great Plains, Professional paper 1787, USGS.

3. [일본] Forest Sink Strategies

가. 일반 현황

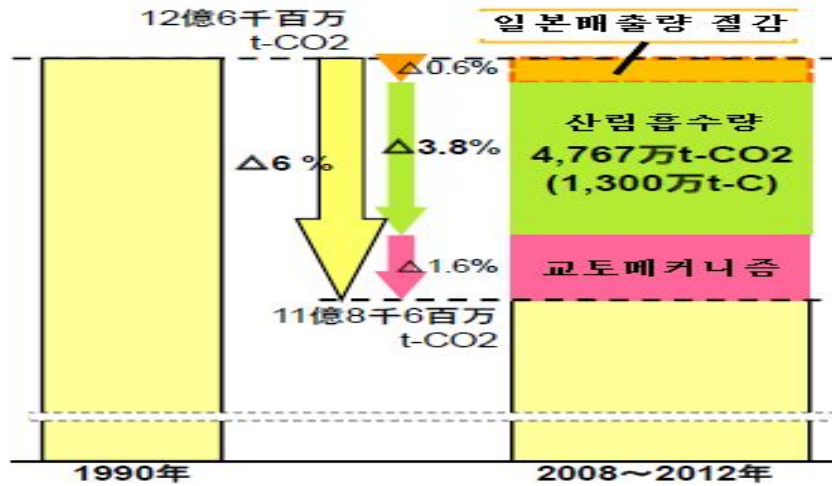
1) 제도의 개요

- 산림 경영에 의한 약 3,800만tCO₂ 이상(일정한 전제에 따라 추산)의 흡수량의 확보를 위한 산림·임업 기본 계획과 「산림 간벌 등의 실시 촉진에 관한 특별 조치법」(H25)에 따라 다양한 정책 수단을 활용하면서 간벌이나 조림 등 산림의 적절한 정비, 보안림 등의 적절한 관리·보전 등의 추진, 목재 및 목질 바이오매스 이용 추진, 국민 참여 삼림 만들기 등 추진, 지속적인 임업 경영 확립을 위한 대처를 가속화하고 또한 성장에 우수한 종묘 보급 등 대책을 추진함.
- 2013년도 일본 흡수원 활동에 따른 흡수량은 6100만tCO₂임.(산림흡수원 대책에 따른 흡수량은 5,200만tCO₂, 농지관리·목초지관리·도시녹화 활동에 따른 흡수량은 900만tCO₂)

2) 제도 이력

- 교토의정서 제 1 약속기간(2008년~2012년)
 - 제 1약속기간 동안 일본의 절감의무 6%(1990년 배출량 대비) 중, 산림흡수는 3.8%임.
 - 나머지 확보를 위해 2007년부터 6년간 330만ha 간벌 등 건전한 산림 정비 등이 필요함.
 - 필요한 예산을 조치하고 간벌 등을 실시해온 결과 확실하게 흡수량을 계상함.

[그림 3-24] 일본 배출저감 목표(교토의정서 제1차 공약기간)



○ 향후 산림흡수원 대책

- 2013년~2020년: 산림흡수원 대책으로 COP17등에서 국제적으로 합의한 법칙에 따라 산림흡수량 산입 상한치 3.5%분을 최대한 확보하는 것을 목표로 함.
- 「미래의 계획」 하에 산림흡수원이 충분히 기여할 수 있도록 2013년 이후 신속하게 필요한 대책을 추진.
- 2013년 이후 일본 지구온난화 대책은 「혁신적인 에너지·환경 전략」의 내용을 바탕으로 2012년 말까지 새로운 「지구 온난화 대책 계획」을 책정.
- 산림흡수원 대책에 대해서는 「혁신적인 에너지·환경 전략」의 실행을 위해 이하 대책을 적극적인 추진이 필요.
 - ① 건전한 산림 육성과 산림흡수량의 산입대상인 산림 확대(면적 확대)
 - ② 일본의 인공림 자원의 흡수능력향상(질적향상)
 - ③ 목재 이용 확대 및 탄소 저장 기능 등 제공
 - ④ 「산림·임업재생」을 위한 대처 가속화
 - ⑤ 재원 확보

3) 분석 전담 기관

- 농림수산부, 국토교통부

나. 대책별 감축량

1) 산림흡수원 대책

- 산림·임업 기본 계획에 따라 다양한 정책 수단을 활용하면서 적절한 간벌이나 조림 등을 통한 건전한 산림의 정비, 보안림 등의 적절한 관리·보전 효율적이고 안정적인 임업 경영 육성을 위한 대처, 국민 참여 산림 만들기, 목재 및 목질 바이오

매스 이용 등 산림흡수원 대책을 추진함으로써 산림에 의한 이산화탄소 흡수량을 확보

<표 3-73> 산림흡수원 대책의 흡수량

	2013 (실적)	2014~2019	2020	2021~2029	2030
산림사업면적 (만 ha)	83	연평균 81만ha		연평균 90만ha	
흡수량 (만 tCO ₂)	5.166	-	약 3,800	-	약 2,780

○ 산출방법

- 산림 사업이 실시된 면적 합계. 도도부현 등 사업보고에 의해 파악 산출
- 교토의정서의 산림흡수량 산입대상산림 면적의 계상규칙을 준용
- 교토의정서의 산림흡수량의 산입대상산림
 - 육성림: 산림을 적절한 상태로 보전하기 위해 1990년 이후 산림사업
 - 천연생림: 법령 등에 근거한 벌채, 전용규제 등의 보호·보전 조치가 강구된 산림

<2020년도>

- 필요한 재원이 확보되어 산림 사업을 비롯한 산림흡수원 대책이 목표대로 실시된 경우에 확보될 것으로 전망하는 산림흡수량 : 약 3,700만tCO₂ (해당 산림흡수량은 국제적으로 인정된 산림 경영에 따른 흡수량 산입 상한값인 2013 ~ 2020년도 평균에서 1990년도 배출량 대비 3.5%(약 4,400만tCO₂) 확보에 필요한 대책, 시책을 매년 계획적으로 실시하는 경우에 확보가능한 것)
- 필요한 재원이 확보되어 임산물 공급 및 이용 확대에 노력한 경우에 예상되는 HWP (벌목 목재 제품)에 따른 효과 : 약 100만tCO₂

<2030년도>

- 산림 흡수량의 산입대상산림면적
 - 필요한 재원을 확보하여 산림 사업을 비롯한 산림흡수원 대책이 목표대로 실시된 경우 산림 경영의 대상이 될 것으로 전망되는 육성림 : 약 1,050 만 ha
 - 보안림 면적의 확대·유지에 대처한 경우 산림 경영의 대상이 될 것으로 전망되는 천연생림 : 약 650 만 ha
- 산림 흡수량 평균 (주요 수종 성장량 데이터 등에서 추계)
 - 육성림의 평균 흡수량 : 약 1.4tCO₂/ha
 - 천연생림의 평균 흡수량 : 약 1.1tCO₂/ha
- 필요한 재원을 확보한 임산물의 공급 및 이용 확대에 대처한 경우에 예상되는 HWP (벌목 목재 제품)에 의한 효과 : 약 560만tCO₂
- 「삼림 정비 보전 사업 계획」 (2014년 5월 30 일 내각회의 결정) 2013년부터 2020년까지의 8년간의 국제 산입상한값인 연평균 3.5% (1990년도 배출량 대비 약

4,400만tCO₂)의 삼림 흡수량을 확보하기 위해, 2013년도에서 8년 동안 전국에서 연평균 52만 ha의 간벌 등의 산림 정비를 실시하는 것이 필요하다는 것을 명기. 또한 향후 산림의 이산화탄소 흡수 작용 보전 및 강화를 도모하기 위해서는 주벌 후 확실한 재조림을 포함한 조림실시를 촉진하는 것이 필요불가결하다는 것도 명기.

○ 감축량

2020년: 약 3,700만tCO₂ + 약 100만tCO₂ = 약 3,800만tCO₂

2030년: (약 1,050 만 ha × 약 1.4tCO₂/ha) + (약 650 만 ha × 약 1.1tCO₂/ha) + 약 560만tCO₂ = 약 2,780만tCO₂

○ 교토의정서 목표달성 계획 진척상황(2008년~2012년)

- 실시 개요

- 건전한 삼림 정비, 보안림 등 적절한 관리·보전 등의 추진 : 매년 보정예산할 때 연평균 55만ha 간벌 실시에 해당하는 예산을 조치 및 실시. 보안림 계획 지정 등 산림·임업 기본 계획 등에 따라 산림의 정비·보전을 추진.
- 국민 참여 산림 만들기 등 추진 : 식목일 등 실시와 산림 자원 봉사 활동 지원, 산림 환경 교육 추진 등을 통한 국민 참여 산림 조성 등을 추진.
- 목재·목질 바이오매스 이용 추진 : 주택·건축 자재, 토목·목공 등 다양한 분야에서 지역재 이용 확대, 미이용 간벌재 등 목질 바이오매스를 에너지로 활용하는 목질 바이오매스 활용 시설의 정비 등에 대처, 또한 2012년 7월부터 실시되는 「재생 에너지의 고정 매입 제도」에 따라 간벌재 등 지역재 이용 확대 등에 대처하여 목재·목질 바이오매스 이용을 추진. 또한 2010년 10월에는 공공 건축물에 목재 이용을 촉진하는 「공공 건축물 등에 있어서 목재의 이용 촉진에 관한 법률」을 시행하여 공공 건축물 등 지역재 등 이용 추진함. 또한, 공공 건축물 등 목재 이용 촉진법에 따라 공공 건축물 등에서의 목재 이용 방침은 2012년 3월말까지 전체 도도부현에서 책정되었고 2013년 3월말까지 전국 1,742개 시정촌 중 1,114개 시정촌에서 책정됨.

- 법률·기준

1. 산림 간벌 등 실시 촉진에 관한 특별 조치법 (2008년 법률 제 32호)
교토의정서의 제 1 약속 기간 삼림 흡수 목표 달성을 위해 2012년도까지 산림 간벌 등 실시 촉진에 관한 특별 조치를 강구하도록 규정.
2. 공공 건축물 등에 있어서 목재 이용 촉진에 관한 법률 (2010년 법률 제 36호)
국가가 솔선하여 정비하는 공공 건축물에서 목재 이용에 노력하는 것과 지방 공공 단체에서도 국가 정책에 따라 공공건물에서 목재 이용에 노력하는 것 등을 규정.
3. 산림법 일부를 개정하는 법률 (2011년 법률 제 20호)
산림 소유자가 책임을 완수하고 산림이 가지는 공익적 기능이 충분히 발휘되도록

록 소유자가 불분명한 경우의 적절한 산림 사업 확보와 산림 경영 계획 창설 등을 규정.

- 세계

- 여당의 2014년도 세계개정대강에서 산림흡수원 대책에 관한 재원의 확보에 대해서는 「재정면에서 대응, 산림 정비 등에 소요되는 비용을 국민 전체로 부담하는 조치 등 새로운 방식」에 대해 시급히 종합적인 검토를 실시함.
- 2005년도 이후 지속적으로 산림흡수원 대책에 활용할 수 있는 환경세·지구온난화 대책세를 요구함. 산림흡수원 대책에 필요한 재원 확보를 위해 대처.

- 예산·보조

· 산림 정비 사업

산림 소유자 등이 실시 심기, 잡초 뽑기, 간벌 등 작업, 효율적인 작업에 필요한 R&D 네트워크 정비 등에 대해 조성

· 치산 사업

산림이 갖는 공익적 기능 확보가 특히 필요한 보안림 등에 있어서 국가 및 도도부현에 의한 치산 시설의 설치 및 기능이 저하된 산림 정비 등을 실시.

- 보급 계발

· 아름다운 삼림 만들기 추진 국민 운동

폭 넓은 국민의 이해와 협력을 바탕으로 목재 이용을 통한 적절한 삼림 정비를 추진하는 그린 순환형 사회의 구축, 산림을 지지하는 생생한 담당자·지역 만들기, 기업과 NPO 등 삼림 만들기에 대한 폭 넓은 참여를 촉진.

○ 향후 산림흡수량 예상 및 과제

- 일본의 산림은 고령화가 진행되고 있지만, 재조림을 추진하여 산림을 젊게 회복시켜 흡수 능력을 최대한 활용 가능하게 함.
- 성장이 뛰어난 종묘 개발을 진행하여 더 큰 흡수량을 확보하는 것이 가능.
- 재조림 효과와 새로운 종묘 생산에는 몇 년 단위의 시간이 필요하지만 2020년부터 발효시키는 「미래의 계획」을 향한 주요 과제임.

2) 농림 토양 탄소 흡수원 대책

<표 3-74> 농림토양 흡수원 대책의 흡수량

	2013 (실적)	2014~2020	2021~2025	2026~2030
토양탄소저장량 (광질 토양) (만 tCO ₂)	757	-	-	-
흡수량(만 tCO ₂)	708~828		598~815	696~890

- 대책의 대책 평가 지표는 흡수량 (토양 탄소 저장량)임.
- 농업 생산 활동의 토지 만들기 등은 결과적으로 온실 가스 배출 감소에 기여함. 흡수량은 식료·농업·농촌 기본 계획에 따른 각종 시책의 목표 달성시 전국 농지 및 초지토양에서 예상되는 탄소저장량(흡수량)임.
- 산출방법
 - 농지와 목초지의 토양 탄소량은 토양에 퇴비와 녹비 등 유기물을 지속적으로 사용함으로써 증대되는 것이 확인됨. 탄소 흡수원으로 역할가능.
 - 흡수 예상량은 토양에 유기물 사용량, 토양에 환원되는 농작물 잔여량, 기온과 강수량의 기상 데이터 등을 바탕으로 국립연구개발법인 농업환경기술연구소가 개발한 산정 모델 (개선 Roth-C 모델)에 따라 각 연도의 전국 광질 토양의 토양 탄소량 연간 변화량(저장 변화량)을 추정하고 교토 의정서 산정 규칙(IPCC 가이드라인에서 정한 1990년을 기준년도로 하는 net-net방식)에 의해 토양 탄소 저장량 (흡수량)을 추정.
 - 추계시 식료·농업·농촌 기본계획의 2025년도 면적 등 전망달성 내지 대략 달성하는 것을 전제. 2025년도 이후는 그 목표값이 유지되는 것으로 가정함. 연변동이 크기 때문에 연도별 수치는 설정하지 않고 각각 2013 ~ 2020년 2021 ~ 2025년 2026 ~ 2030년의 평균치로 함.
 - 수리모델기반의 추계이므로 기온 변화 등 외부 요인 등에 의해 향후 전망에는 일정한 불확실성이 있음.

3) 도시녹화 등 추진

- 도시 공원의 정비와 도로, 항만 등 녹화 추진.

<표 3-75> 도시녹화 추진 효과

	2013 (실적)	2015	2020	2025	2030
정비 면적 (천 ha)	75	78	81	83	85
흡수량(만 tCO ₂)	110	113	119	122	124

- 산출방법
 - 국토교통부성 조사에 따름.
 - 교토 의정서의 보고 대상인 도시 공원 정비 면적, 도로, 하천·사방, 항만, 하수처리 시설, 공공 임대 주택, 관공서 시설 등의 녹화 면적 등에 관한 통계 데이터

를 수집하고 토지 이용 및 토지 이용 변화 및 임업 (Land Use, Land Use Change and Forestry (LULUCF)) 흡수량 산정 방법에 관한 국제적 지침인 GPG-LULUCF (Good Practice Guidance)에서 나타난 산정 식과 계수 등을 이용하여 각 탄소풀 (생체 바이오매스 (나무), 쓰레기 (낙엽), 토양 등)의 CO₂ 흡수량을 산정하여 합계.

○ 각 탄소풀 흡수량 산정 방법

- 생체 바이오매스 (지상) : 전용에 관련된 탄소저장량의 변화량에 나무의 지상부에 의한 탄소저장변화량을 가산하여 산출함. 수목의 지상부에 의한 탄소저장변화량은 대상 녹지마다, 단위 면적당 식재 그루수를 이용하여 고목 그루수를 산출. 고목 그루수에 표준 수종 구성비의 수목 한 그루당 연간 탄소저장변화량을 곱하여 산정. 또한 여기서 사용하는 수목 한 그루당 연간 탄소 스톡 변화량은 GPG-LULUCF수목별 수목의 지상부에 의한 탄소고정량 기본값을 일본 수종 구성비에 따라 가중 평균으로 산출함.
- 생체 바이오매스(지하) : IPCC2006가이드라인의 계수를 이용하여 산정 생체 바이오매스(지하)값은 생체 바이오매스(지상)에 대한 생체 바이오매스(지하)의 비율(0.26)의 곱.
- 쓰레기: 고목 그루수에 고목 한 그루당 연간 쓰레기 발생량 모델값과 부지 잔존율을 곱하여 산정.
- 토양 : 산정 대상인 녹지(도시공원·항만녹지)의 면적에 단위 면적당 토양의 탄소저장변화량을 곱하여 산정.
- 고사목 : 고목 그루수 산정에 고사 및 추가식재를 반영한 계수를 이용(지상 바이오매스에 포함되는 것으로 생각함).

○ 교토의정서 목표달성 계획 진척상황(2008년~2012년)

- 시책 개요

- 도시 공원 정비와 도로, 항만 등 녹화 추진.
- 도시 공원·녹지 보전 사업 예산
- 녹지 환경 정비 종합 지원 사업에서 대상 도시를 추가하거나 요소사업으로 흡수원 대책 공원 녹지 사업의 추가에 의한 지원 확충 등을 실시.
- 도시 녹지법에 따른 녹화 시설 정비 계획 인정 제도 및 녹화 지역 제도의 도입 등으로 민유지를 포함한 녹화를 추진.
- 사회 자본 정비 종합 교부금에 의해 도시 공원 정비와 도로, 항만 등 녹화 추진.

- 법률·기준

- 도시 공원법 (1956년 4월 20 일 법률 제 79 호)
도시 공원의 건전한 발달을 도모하고 공공복지 증진에 이바지하는 것을 목적으로 도시 공원 설치 및 관리에 관한 기준을 정함.
- 도시 녹지법 (1973년 9월 1 일 법률 제 72 호)

도시 공원법 기타 도시의 자연 환경의 정비를 목적으로 하는 법률과 함께 좋은 도시 환경의 형성을 도모하여 건강하고 문화적인 도시 생활의 확보에 기여하는 것을 목적으로 하는 도시 녹지 보전 및 녹화 추진에 관하여 필요한 사항을 정함.

- 세제

녹화 시설 정비 계획 인정 제도 : 2001년부터 시정 존장이 인정한 건축물 부지의 녹화에 관한 계획에 따라 녹화 시설 정비에 대한 재산세의 특례가 인정됨.(2011년 6 월말까지). 2007년도에는 인증 조건을 기존 1,000㎡에서 500㎡로 완화.

- 예산·보조

- ① 녹지 환경 정비 종합 지원 사업
- ② 사회 자본 정비 종합 교부금

제9절 부문간(Cross-Cutting) 수단

1. [영국] EU Emissions Trading System

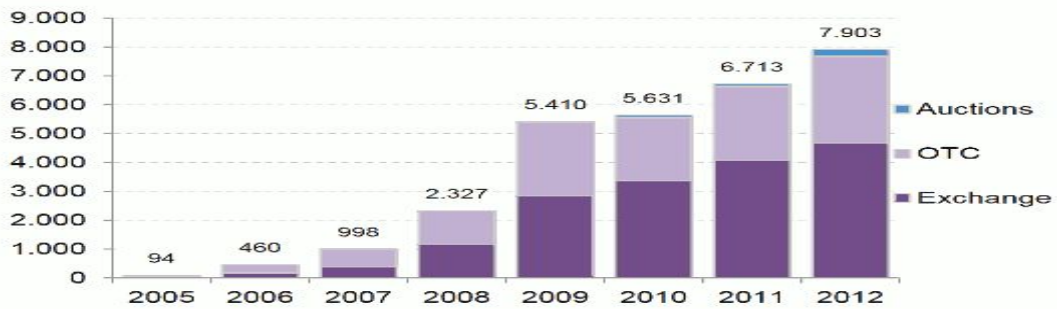
가. EU-ETS 일반 현황

- 여기서의 일반현황은 EU ETS(European Union's Emissions Trading System) 일반적인 내용을 중심으로 하여 정리되어 있음.

1) 제도의 개요

- 2005년 도입된 온실가스 배출권거래제로 현재 31개국이 참여하고 전 세계 배출권 거래량의 74%가 거래되는 세계 최대 배출권 거래 시장임. 처음에는 EU 27개국으로 출범, 2007년 노르웨이 등 3개국, 2013년 크로아티아가 가입. EU 권역 내 온실가스 배출의 약 45%를 담당하고 있음.
- 2050년까지 1990년 대비 80~95% 감축을 목표로 단계적으로 시행하고 있음. 2005~07년 기간의 1기(Phase I), 2008~12년 기간 동안의 2기(Phase II)를 거쳐 현재 3기(2013~20년, Phase III) 시행 중에 있음.
- 교토의정서에서 규정한 CO₂ 등 6대 온실가스를 대상으로 하고 있음.
- 1기와 2기에서는 시범적으로 배출권을 무상할당 하였으나, 2027년까지 전량 유상할당으로 전환할 예정임, 발전부문은 제3기부터 100% 유상할당 시행하고 있음.

[그림 3-25] EU 배출권 거래량 (in millions of tons)



자료: EC(2013a)

- 1997년 교토의정서에서의 온실가스 감축 목표를 달성하기 위한 수단으로서 정책적 필요성이 발생하였고, 2000년 3월 EC(European Commission)는 Green Paper를 발표하면서 EU ETS 설계에 대한 아이디어를 제시하였고, 2003년 EU ETS directive가 채택되어 EU ETS는 2005년 도입됨. 할당에 대한 총량규제는 NAP(National Allocation Plans)에 의해 국가 수준에서 설정됨.
- 제1기 EU ETS (2005~2007) 주요 내용
 - 제1기 EU ETS는 제2기를 위한 3년 기간의 시범사업 형태를 띠고 있음.
 - 제1기 EU ETS는 발전과 에너지다소비 산업의 CO₂ 배출을 대상으로 하고 있으며, 거의 모든 할당은 무상으로 배분되었으며, 불이행에 대한 페널티는 톤당 40 유로로 책정되었음.
 - 제1기에서는 탄소에 대한 가격이 설정되었고, EU 전체적으로 배출권이 자유롭게 거래되었고, 대상 시설로부터의 배출을 모니터, 기록 및 검증하는 기반을 갖추었다는 점에서 성공적이었다고 볼 수 있음.
 - 그러나 신뢰할 만한 배출자료가 부족한 상황에서 제1기의 규제 총량은 추정치를 기준으로 설정되었으며, 결과적으로 할당량이 배출량을 초과하는 상황을 초래하였음. 이에 따라 배출권에 대한 수요를 초과하는 공급이 발생하였고, 2007년에 배출권에 대한 가격은 0으로 떨어지는 현상이 나타났음.
- 제2기 EU ETS(2008~2012) 주요 내용
 - 제2기의 EU ETS에서는 할당량에 대한 총량규제 수준을 낮추어 2005년 대비 6.5%를 감소시켰음.
 - 아이슬란드, 리히텐슈타인, 노르웨이 3개국도 추가적으로 참여
 - 다수의 국가에서 포함하고 있는 질소산화물의 배출을 대상 온실가스에 포함
 - 무상할당의 비율을 90%로 축소함.
 - 여러 국가에서 경매방식을 적용
 - 불이행에 대한 페널티를 톤당 100유로로 인상함.
 - 사업체들로 하여금 총 14억톤 규모의 국제 크레딧(international credits) 구입을

허용함.

- 합동등록부(union registry)가 국가등록부(national registries)를 대체
- 항공부문(aviation sector)을 EU ETS에 참여시킴.
- 제1기로부터 검증된 배출자료가 구비되고 할당을 축소하였지만, 2008년의 경제 위기에 따라 기대되었던 것보다 배출이 감소하는 현상이 나타났고 이는 제2기의 탄소가격에 전반적으로 영향을 줌.

- 제3기 EU ETS(2013~2020) 주요 내용

- 제3기 EU ETS는 제1기와 제2기의 EU ETS와 유의적인 차이가 존재함.
- 기존의 국가별 총량규제(Cap)에서 EU 단일 총량규제로 전환
- 할당 배분 방식이 기존의 무상할당에서 경매방식의 할당으로 전환
- 기존 거래제에 비하여 부문과 온실가스가 확대됨.
- NER 300 programme을 통해 신재생에너지 기술과 CCS(Carbon Capture and Storage) 설치를 위한 지원을 위해 3억톤 할당분의 신규진입 예비분 별도 확보

<표 3-76> 단계별 EU ETS 주요 내용

구분	제1기	제2기	제3기
규제총량 설정	회원국 NAP 합계	회원국 NAP 합계 EC 국가별 총량 10% 삭감	EC 단일 공통 총량 설정
규제총량(백만톤CO ₂)	2,298	2,081	2013년 2,039 2020년 1,777 매년 1.74% 감축
대상	CO ₂	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, HFCs, PFCs, SF ₆	
부문	발전+에너지집약산업	1기 + 항공	2기 + 비철금속, 암면, 석면 및 석고, 화학물질, 알루미늄 PFC, 산용 N ₂ O 등
무상할당 비율	최대 95%	최대 90%	발전: 100% 유상 산업: 2013년 30% 유상에서 2020년 80% 유상
무상할당 방식	grandfathering	grandfathering	benchmarking
이월	거래기간 이내	거래기간 이내 및 거래기간 상호간	거래기간 이내 및 거래기간 상호간
차입	거래기간 이내	거래기간 이내	거래기간 이내
상쇄	CER만 허용 원자력발전소와 LULUCF 제외 국가 BAU 대비 50%로 제한	CER과 ERU 허용 원자력발전소와 LULUCF 제외 EU 총량의 13.4%로 제한	ERU와 LDC의 CER 허용 원자력발전소와 LULUCF 및 산업가스 제거사업 제외
과징금	톤당 40유로 미달 배출권 이월	톤당 100유로 미달 배출권 이월	톤당 100유로 미달 배출권 이월

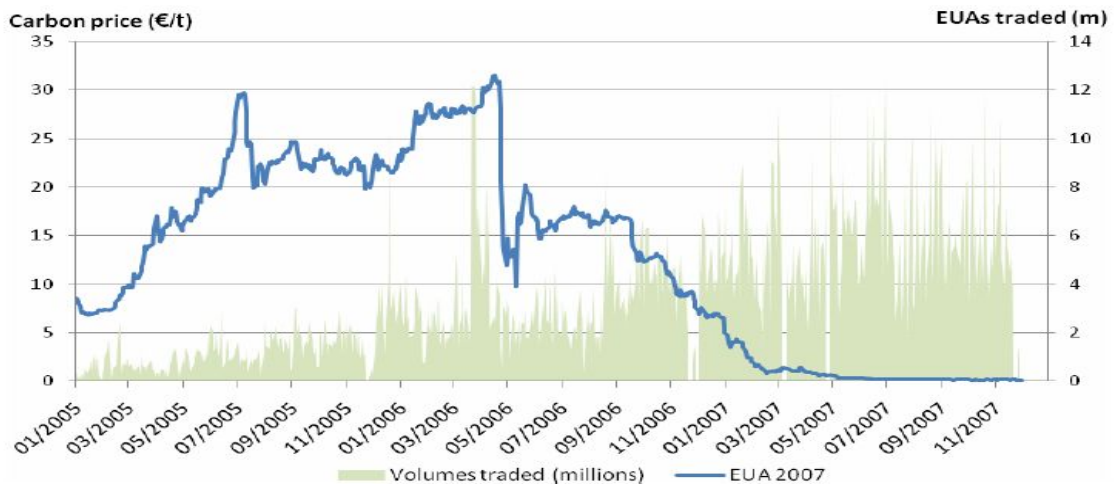
자료: EC 웹사이트

2) 제도 이력

○ 제1기(2005~07)

- 교토의정서에 따른 온실가스 감축목표 달성을 위한 시범사업단계로 2008년까지 1990년 대비 8% 감축을 목표로 2005년 1월 1일 EU ETS Phase I 시행
- EU 회원국인 27개국 11,500여개의 시설이 참여, EU 전체 배출량의 40~50%를 차지, 20MW 이상의 화력발전소와 철강, 시멘트, 유리, 세라믹, 제지 등 에너지 다소비 산업이 참여
- 국가할당계획에 따라 규제총량 결정 후 배출권을 무상할당
- 제1기 EU ETS는 당시 국제 기후협약의 의무사항과는 별개로 운영
- 국제 기후협약들이 고려되어 EU ETS가 추진되었지만, 교토의정서가 공식 발효된 2005년 2월 16일 이전부터 도입되어 운영되었음.
- EU는 교토의정서 정식발효 후 Directive 2003/87/EC를 통해 JI, CDM 등 교토메카니즘을 활용한 배출권거래 허용
- 과다할당으로 배출권가격 폭락을 경험
- 1기 시행 초기에는 배출권가격이 톤당 20~25유로 사이에서 안정되었으며, 2006년 4월에는 30유로까지 상승하였음.
- 2006년 5월 할당량이 실제 배출량보다 약 5% 과대 할당되었음이 알려지면서 배출권가격은 10유로까지 급락함. 2005년 배출량은 20.14억톤인 반면 할당량은 20.96억톤이었음. 이에 더하여 제1기 배출권의 제2기 이월금지 정책이 발표되면서 1기 말에는 배출권가격이 0으로 접근

[그림 3-26] 제1기 EU ETS 가격과 거래량



자료: EC 웹사이트

- EU의 온실가스 감축을 위한 EU ETS 도입에도 불구하고 과다할당 등으로 인해 제1기에서의 온실가스 배출량은 3.1% 증가하였음.

<표 3-77> 주요 국가별 EU ETS 검증 배출량 (백만톤CO₂)

국가	2005	2006	2007	2005~07변화율
독일	475.05	478.07	487.15	2.5%
영국	242.51	251.16	256.58	5.8%
이탈리아	225.99	227.44	226.41	0.2%
스페인	183.63	179.72	186.57	1.6%
프랑스	131.26	126.98	126.63	-3.5%
기타	755.64	772.42	792.42	4.9%
EU ETS 계	2,014.08	2,035.79	2,075.76	3.1%

자료: EU Emissions Trading System Data Viewer

○ 제2기(2008~12)

- 2기는 1기에서 드러난 문제점들을 보완하여 본격적인 ETS 시행
 - 1기와 마찬가지로 국가할당방식을 적용하였지만, EC는 회원국들의 최초 할당 요구량의 약 10.5%를 삭감하여 감축목표를 공식적으로 결정함.
 - 2기의 연간 평균 배출한도는 20.8억톤으로 1기 22.99억톤에 비해서 약 9.5%를 감축함.

<표 3-78> 주요 국가별 2기 규제총량 (백만톤CO₂)

국가	1기 규제총량	검증 실적(2005)	2기 (2008~12)	
			배출권 요구량	규제총량 승인량
독일	499.0	475.05	482.0	453.1
영국	245.3	242.51	246.2	246.2
이탈리아	223.1	225.99	209.0	195.8
스페인	174.4	183.63	152.7	152.3
프랑스	156.5	131.26	132.8	132.8
기타	1,000.2	755.64	1,102.64	900.73
계	2,298.5	2,014.08	2,325.34	2,080.93

자료: European Commission press release (EU 27개국 기준, 2007)

- 2012년 EC는 일관성을 가진 ETS 실적관리 및 국가할당방식의 적정성 검증을 위해 국가별 관리계정을 EC 통합계정으로 일원화
- 대상업종은 1기 참여업종에 더하여 2012년에는 항공부문이 포함
- 무상할당비율을 최소 90%로 1기에 비하여 축소하였으며, 배분방식은 1기와 동일한 과거 실적기반인 grandfathering을 적용
- 2기 동안 유상할당 물량은 약 4억톤이며, 판매수익은 52.3억 유로로 유상할당 가격은 톤당 약 13유로 수준임.

<표 3-79> 2기 국가별 유상할당량 (백만톤CO₂, 백만유로)

	독일	영국	노르웨이	네덜란드	기타	계
유상할당량	209.0	122.8	25.3	15.0	23.5	395.6
판매수익	2,964.8	1,531.3	359.6	173.1	205.6	5,234.3

자료: CDC Climate Research

- 2기 초기의 배출권가격은 톤당 약 20유로의 강세를 나타냈으나 2009년부터 지속적으로 하락
 - 2008년 하반기 배출권가격은 22유로를 기록한 후, 2009년 상반기 13유로로 하락하였으며, 2012년 말 6.67유로를 기록
 - 배출권가격 하락은 2008년 세계 경제위기 이후 산업생산이 침체되어 이에 따른 배출권에 대한 수요가 감소한 것에 기인하며, 또한 EU 외부로부터의 ERU·CER 등 배출권의 공급 과잉도 원인의 하나임.
 - 2008~12년 기간의 배출권 수요가 예상보다 약 5% 감소한 반면, 공급은 그대로 진행됨.
 - 또한, 2기 동안 약 14.2억톤에 달하는 ERU와 CER의 유입으로 배출권 공급과잉이 초래됨.
- 2012년 배출권가격 안정화를 위해 EC에서는 back-loading을 제안, 2013년 12월 유럽의회 통과
 - 1~2기 동안의 배출권 가격 하락 지속을 예방하기 위하여 2012년 11월 EC는 9억톤의 유상할당 물량을 3기 후반부로 연기하는 방안을 제시

<표 3-80> EC의 back-loading 안 (백만톤CO₂)

	2013	2014	2015	2019	2020	계
배출권총량	2,039	2,002	1,964	1,815	1,777	15,265
무상할당량	866	853	842	803	795	6,622
예비분 등	254	230	213	133	89	1,443
당초 유상할당량	920	919	910	878	893	7,199
백로딩 안	-400	-300	-200	300	600	0
백로딩 시 유상할당량	520	619	710	1,178	1,493	7,199

자료: CDC Climate Research

- 제3기(2013~20년)
 - 제3기는 1,2기의 경험을 바탕으로 2020년까지 1990년 대비 20% 감축을 목표로 추진
 - 규제총량(cap) 설정을 국가할당계획의 취합에서 EU단일 규제총량 설정으로 변경
 - 총 배출허용량(cap)은 2013년 20.4억톤에서 2020년 17.8억톤으로 매년 연평균

- 1.74%를 선형적으로 감축
- 무상할당 비율을 축소, 발전부문의 경우 2013년부터 100% 유상할당 배분함
 - 산업부문은 2013년 30%에서 2020년 100%로 점진적으로 유상할당 확대하며, 기타 부문도 2027년까지 100% 유상할당으로 전환
 - 3기 동안 유상할당량은 총 배출권할당량의 47%에 해당하는 72억톤을 목표로 하고 있음.
- 할당기준을 과거 실적기반인 무상할당(grandfathering)에서 벤치마크 기준으로 전환
 - 에너지 고효율 업체에 상대적으로 감축의무를 완화하는 방안인 동시에 효율향상에 유인으로 작용할 것으로 기대됨.
- 상쇄배출권 사용기준 강화
 - 2012년 이후 CER은 LDC(Least Developed Country)에서 생산된 것으로 제한하게 되어 중국과 인도의 CER을 사용하지 못하게 됨.

나. 감축잠재량 분석

1) EU ETS 공통 감축잠재량

- 감축잠재량과 관련이 있는 계획으로서 국가할당계획(NAP)을 들 수 있음. 제1기와 제2기의 NAP에 대해서 간략히 살펴보면 아래와 같음.
 - 제1기 NAP (2005~2007)
 - 각 참여 국가는 EC의 가이드라인에⁹⁰⁾ 따라 2004년 3월 31일까지 NAP를 발간.
 - EC는 2004-2005 기간 동안 NAP에 대하여 결정사항을 발행함. 몇몇 NAP는 결정전에 수정됨.
 - EC는 NAP에 대하여 수정을 요구하기도 하였음.
 - 국가의 교토의정서 목표 달성에 의문이 갈 정도의 과대한 할당, 할당량이 교토 목표로의 진전과 불일치하는 할당량, NAP에 대한 사후적 조정이 의도되는 경우에는 NAP를 수정하도록 요구하였음.
 - 제2기 NAP (2008~2012)
 - 제1기 계획은 진행이 너무 느리고 너무 복잡하였던 것을 인식해 제2기의 계획은 개선을 필요로 하게 됨.
 - EC의 가이드 하에서 계획은 단순하고 투명한 개선이 이루어질 필요가 있었음. 계획이 만들어낸 행정적 규칙들에 대해 검토할 필요가 있었으며, 주요한 정보를 요약하는 표준화된 표들을 만들어낼 필요가 있었음.
 - 이러한 개선 요구에 따라 2006년 6월 30일까지 국가들은 NAP를 발간하여야 했음.
 - EC는 2006-2007년 기간에 대부분의 NAP를 확정하였으나, 폴란드와 에스토니

90) <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52003DC0830&from=EN>

하는 제안된 계획이 거부된 이후에 각각 2010년과 2011년에 승인되었음.

- 제2기에서는 이어서 제안된 규제총량 감소가 뒤따랐으며, EC의 NAP에 대한 여러 결정사항이 회원국들에 의해 이의가 제기되었음. 이러한 규제적 불확실성은 다음 기인 제3기의 EU 공통의 단일 규제총량(EU-wide cap)에 대한 의사결정에 영향을 주는 주요한 요인의 하나가 되었음.

- EU ETS에서 감축잠재량과 관련이 있는 배출량 관련 자료는 다음과 같이 전망 (projections), 규제총량(Cap), 할당량(allocations), 추정배출량합계(estimated total emissions), 검증된 EU ETS 배출량(verified EU ETS emissions) 등임.
 - 배출전망(projections)은 산업의 에너지와 배출 모형을 이용하여 전망
 - 규제총량은 전망된 배출량에서 감축할 목표량을 제하여 산정하며, 할당량은 규제총량에서 배출권거래제에서 제외되는 부분을 제하고, 이를 다시 기존의 시설에 할당하는 분과 신규 시설분으로 나누어 산정함.
 - 추정배출량 합계는 하부 산업의 배출량을 합하여 계산하며, 이는 거래제에 포함되지 않는 부분도 포함하고 계산하고 있음.
 - 검증 배출량은 ETS의 배출량 중 검증된 실제 배출량을 의미함.

2) 영국의 감축잠재량 산정

- 영국의 경우 EEP(Energy and Emissions Projections) 모형을 이용하여 배출량을 전망하고 이를 이용하여 잠재감축량을 산정하는 것으로 판단됨. 감축잠재량과 전망배출량을 동일시하기도 함.
- 감축잠재량 산정은 초기(제1기)에 FES report라는 보고서 형태로 발간된 것으로 알려져 있으나 구체적인 내용을 찾기는 어려움.
- 다만, 배출전망을 이용하고 배출권의 가격을 전망하여 전제로 가정한 후에 잠재감축량을 산정하였던 것으로 추측됨.
- 아래의 표는 실제 감축잠재량을 구하여 제시된 표임.

<표 3-81> 부문별 감축잠재량 추정

	부문별 감축잠재량 (KtCO ₂)		
	2005	2008	2010
Bricks	41	20	20
Ceramics	8	8	11
Paper	336	173	110
Glass	62	50	62
Steel	1,345	1,295	1,267
Cement	24	23	22
Lime	2.0	1.8	1.7
Total	1,818	1,571	1,494

1. 감축잠재량은 2005년 15€/t과 2010년 25€/t의 CO₂ 가격에 대해서 직접배출에 대한 비용효과적 감축과 연관됨.
 2. 정제부문의 감축잠재량은 해당기간에서 탈황 규제로 탄소집약도의 기대된 증대 때문에 무시되는 것으로 UEP에서는 고려되고 있음.

3) 영국의 배출량 전망 산정방법

- 산정방법 부분은 영국의 ETS 부문 배출량 전망을 중심으로 서술하였음.
- 영국의 온실가스 배출전망(projection) 방식
 - 배출 전망은 DTI(Department of Trade and Industry)/DECC(Department of Energy & Climate Change)의⁹¹⁾ EEP(Energy and Emissions Projections) 모형을 이용하여 전망하며, DTI는 전망의 방법론과 전망 업데이트를 보고함.
 - 이는 UEP(Updated Energy and Emission Projections) report로 보고됨.
 - 2004년 11월의 UEP에서는 화석연료의 가격, 경제성장률 전제, 환경정책 효과의 재평가 및 모형 개선과 개발에 대한 내용을 보고하고 있음. DTI의 배출전망은 EU ETS의 도입에 따른 감축효과가 포함되지 않음. 즉, EU ETS가 도입되지 않는다는 가정 하의 배출량 전망을 의미함.
 - 2012년 이후 DECC에 의해서 발간됨. DECC의 EEP 모형의 배출 전망은 미래의 경제성장률, 화석연료의 가격, 전력 발전비용, 영국의 인구와 다른 업데이트 변수들을 기반으로 이루어짐.
 - 에너지수요, 에너지공급, 경제활동, 에너지가격의 계량경제학적 추정 관계를 기반으로 하는 top-down 수요모형과 bottom-up 공급 모형으로 구성.
 - 개별 전망 모형에서는 재원조달이 합의되었고 정책 설계에 대한 의사결정이 충분히 진전되어 정책 효과의 신뢰할 만한 추정치가 얻어질 수 있는 기후변화 정책을 고려하여 전망함.
 - 부문 분류와 에너지 주요 통계는 DUKES(Digest of UK Energy Statistics)에 따름.⁹²⁾
 - EU ETS에 포함된 영국 산업부문에 대한 배출전망은 정부가 위탁하여 OEF(Oxford Economic Forecasting) 와 Carbon Consortium의 작업에 의하여 이루어짐. OEF report는 산업 부문의 배출과 성장률을 전망하는 구체적인 방법론을 보고함.
 - OEF와 Carbon Consortium report에서는 가장 최근의 자료를 고려한 산출 성장률 전체의 수정, OEF 산업 에너지 모형을 이용한 CO₂ 배출 전망, ENUSIM(Energy End-Use Simulation Model)을 이용한 ETS 부문에 대한 조정 및 실제 베이스라인 배출 자료를 이용한 ETS coverage에 대한 조정 등을 포함함.
 - 이러한 상기 두 개의 배출전망은 영국의 NAP를 작성하는 투입자료로 활용됨.
 - 2012년 발전부문에 대해서 하부모형을 구축하여 투자와 발전을 전망함.
 - 이 이윤극대화 하부모형이 DECC의 DDM(Dynamic Dispatch Model)임.
- 할당에서의 배출활동 규정

91) 2016년 7월 DECC는 BEIS(Department for Business, Energy & Industrial Strategy)로 통합됨.

92) <https://www.gov.uk/government/collections/digest-of-uk-energy-statistics-dukes>

- 할당은 EU ETS에서 정하는 배출활동을 하는 시설에 배분되므로 배출활동 규정을 살펴보아야 함.
- EU Emissions Trading Directive (2003)와 UK Greenhouse Gas Emissions Trading Scheme Regulation (2005)에서 다음과 같은 Phase I의 11개 배출활동을 규정

<표 3-82> EU ETS Directive - Annex I activities

에너지 활동(Energy activities)
20 MW 초과 열 투입 연소기관 (위험 또는 지자체 폐기물 시설 제외)
미네랄 오일 정제(Mineral oil refineries)
코크스 로(Coke ovens)
철 금속 생산과 공정(Production and processing of ferrous metals)
금속 로스팅 또는 신터링(소결) 설비, 연속 주물 포함, 시간당 2.5 톤 초과 설비
선철(pig iron) 또는 강철 (primary or secondary fusion) 생산 설비
광업(Mineral industry)
1일 500톤을 초과하는 생산설비를 가진 회전가마(rotary kiln)에서의 시멘트 클링커 생산 시설 또는 1일 50톤을 초과하는 생산설비를 가진 회전가마나 다른 용광로에서의 석회 생산 시설
1일 20톤을 초과하는 용해설비를 가진 유리섬유와 유리 제조시설
1일 75톤을 초과하는 생산 설비, 4 m ³ 를 초과하는 가마 및 300 kg/m ³ 를 초과하는 가마당 설정 밀도(settling density)를 가진 생산설비로서, 벽돌, 기와, 내화벽돌, 사기, 자기 등 발화에 따른 세라믹 제조 시설
기타(Other activities)
아래 재화 생산을 위한 산업 플랜트 (a) 목재로부터의 펄프와 기타 섬유물질 (b) 1일 20톤을 초과하는 생산설비를 가진 종이와 보드

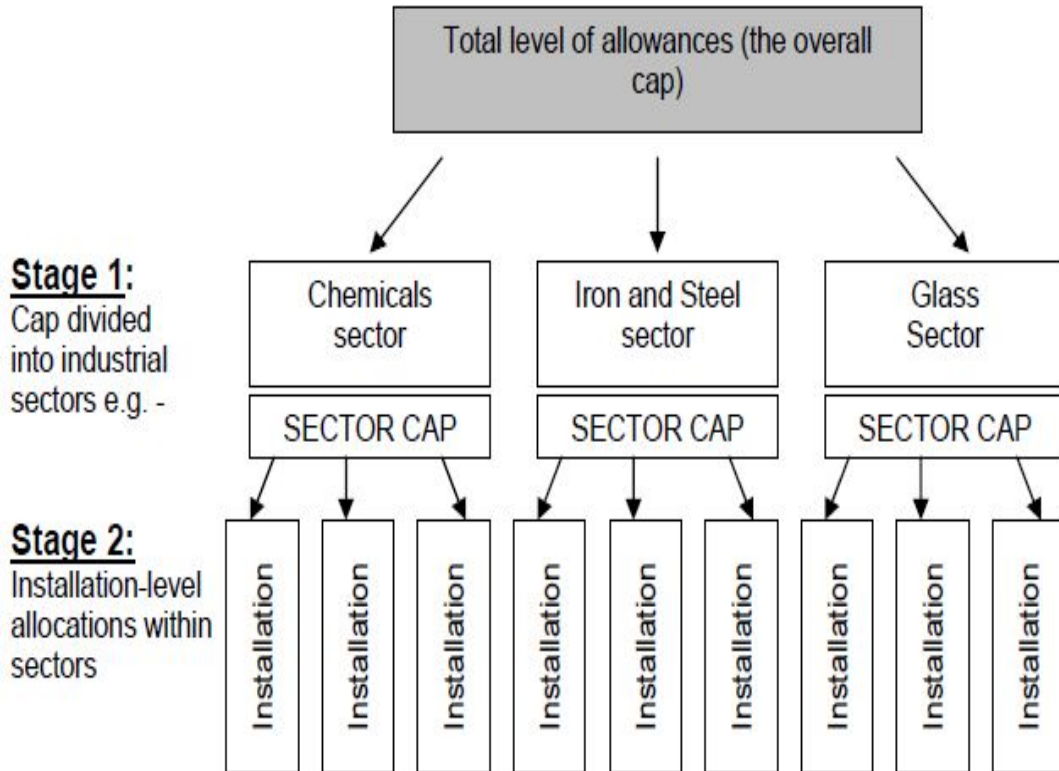
자료: EU Emissions Trading Directive (2003), UK Greenhouse Gas Emissions Trading Scheme Regulation (2005)

- 제2기의 배출활동은 다음 부문으로 확장됨. gypsum, rock wool, carbon black, petrochemical crackers, glass, offshore and integrated steelworks이 이에 해당됨.
- 제1기 배출전망, 규제총량 및 할당
 - 1기의 할당량 배분은 2단계 과정을 거쳐 할당
 - 전력부문을 제외한 다른 부문(산업)의 규제총량은 BAU 배출전망을 그대로 사용함.
 - 전력부문의 규제총량은 영국 EU ETS 대상 전체의 규제총량과 전력을 제외한 EU ETS 대상 산업의 BAU 전망의 차이를 배분함.
 - 개별 시설이 받는 할당은 해당 부문의 부문 규제총량으로부터 배분됨. 각 부문의 시설은 그 부문의 총 적정 배출(relevant emissions)의 비율에 따라 배분됨. 여기서 적정배출이란 1998년에서 2003년까지의 최소배출 연도의 배출량을 제외한 연평균 배출로 정의됨. 자료가 충분치 않거나 신규 대상 시설인 경우에는 벤치마크를

이용하여 기대 배출량이 산정됨.

- 벤치마크 시설은 부문 규제총량에서 우선적으로 할당을 배분받고, 나머지 할당량은 적정배출 기준으로 무상할당 시설에 배분됨. 따라서 벤치마크 대상시설에 비하여 무상할당 시설은 할당량이 더 작아질 수 있음.

[그림 3-27] 제1기 할당방식 접근



자료: DECC

○ 제2기 규제총량과 할당방식

- 적정 배출(relevant emissions)은 2000~2003년의 자료를 사용함. 할당 방식은 제1기와 유사, 일반적인 할당방식은 아래 그림과 같음.

[그림 3-28] 일반적인 할당방식

$$\text{Total Phase II incumbent's allocation} = \frac{\text{Incumbent's relevant emissions}}{\text{Sum of relevant emissions of all incumbents in sector}} \times \text{Total available allowances in sector}$$

- 벤치마크 부문과 실제 자료들이 대표성이 없는 경우를 제외하고는 적정배출을 기준으로 할당량을 산정하였음. 2004년 자료는 사용하지 않음.
- 1기에서는 벤치마크 부문을 우선 할당하였으나, 2기에서는 벤치마크할당을 적정

배출로서 사용하여 할당 배분함.

○ 제2기 벤치마크 부문 할당방식

- 제2기에서는 1기와 달리 벤치마크 부문(Benchmarked Sectors)을 설정하여 할당
 - 전력공급산업(Electricity Supply Industry, ESI)⁹³⁾
 - ESI 부문 총할당량에서 각 시설의 비율을 구하는데 벤치마크 포물러를 이용
 - 벤치마크 포물러는 National Grid's Seven Year Statement 2005에서 주어진 바와 같이 Transmission Entry Capacity에 등록된 개별 시설에 표준 load factor를 곱하고(load factor는 2001-03 자료로부터 도출되고 Large Combustion Plants Directive에서 제외된 설비에 허용되는 제한 운영시간을 반영하여 조정), 여기에 다시 효율계수와 연료배출계수로부터 도출된 표준 배출계수를 곱하여 산정함.
 - 배출계수에 대해서는 UK Greenhouse Gas National Inventory Report (2005)로부터 구해진 연료배출계수를 사용함. 또한, 발전효율은 UEP에서 사용한 것과 동일한 것을 사용함.

<표 3-83> 석탄 및 석유 플랜트 효율성

	Coal	Oil
Efficiency	0.35	0.32
Calorific value GJ/t	26.1	43.6
Fuel use t/TWh	0.394	0.258
Carbon content tC/Mt	0.627	0.879
Emission factor carbon t/C/MWh	0.2471	0.23
Emission factor carbon dioxide t/CO ₂ /MWh	0.91	0.83

자료: DEFRA(2007)

<표 3-84> 가스플랜트 효율성

	Gas
Efficiency	0.468
Calorific value MJ/cubic metre	39.5
Fuel use J/TWh	7.692
Carbon content tC/TJ	14.03
Emission factor carbon t/C/MWh	0.11
Emission factor carbon dioxide t/CO ₂ /MWh	0.4

자료: DEFRA(2007)

93) ESI는 아래와 같이 정의 됨. 'All combustion installations above 20MW thermal rated input that generate and have a declared net capacity of above 100MW electrical output and do not qualify for an electricity generation licence exemption under the provision of the Electricity Act 1989 and the 2001 Class Exemption'

○ 제2기 EC의 할당 재산정

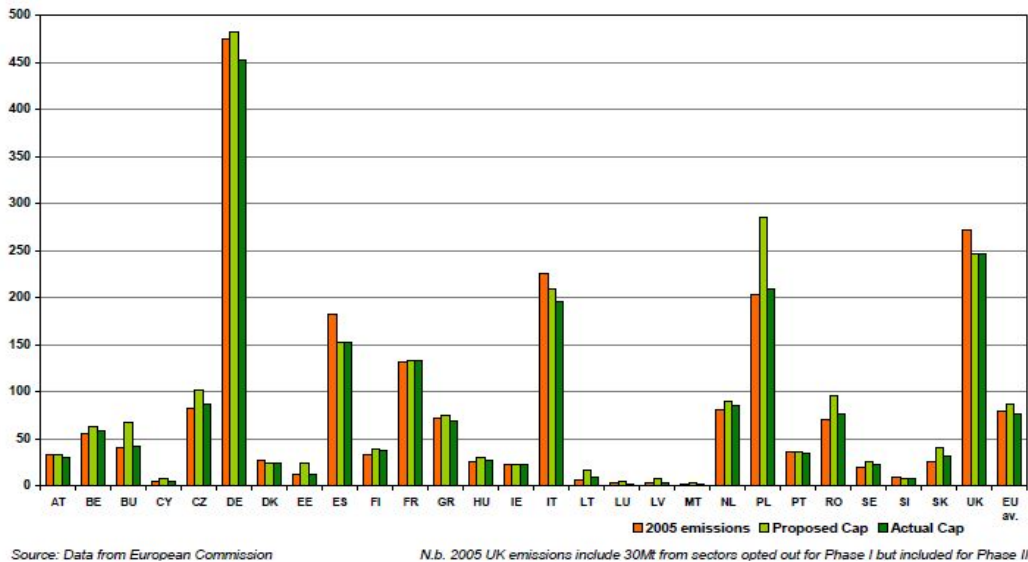
- 제2기 회원국 NAP의 초기 제안은 너무 관대한 것이어서 EC는 두 국가를 제외하고 초안을 모두 거부하였음. 이로 인하여 EC는 새로운 규제총량(Cap) 산정식(formula)을 개발함.

- **maximum allowed annual average cap** = (CIVE*GTD*CITD)+ADD

- CIVE = corrected independently verified emissions for 2005
- GTD = growth trend development 2005 to 2010
- CITD = carbon intensity trend development 2005 to 2010
- ADD = additional emissions covered by an extended scope of combustion installations

- 이러한 EC의 할당량 조정에 의하여 각 국가에서 제안한 할당량과 실제할당량 사이에는 차이가 존재함. 이러한 차이는 아래에 제시되어 있음.

[그림 3-29] 제안된 규제총량, 실제 규제총량 및 2005년 배출



4) 필요 자료 및 정보

○ 전망의 주요 가정

- 배출량 전망을 위해선 여러 가지 전망의 전제 변수들이 필요하며, 영국의 경우에는 경제성장, 인구 변화, 연료가격, 탄소가격, 환율 변수 등의 추세 전망을 전제치로 가정하여 배출량 및 에너지 소비를 전망
- 영국과 세계 경제 성장, 영국의 인구학적 변화, 연료가격 변화 추이
 - UK's Office for Budget Responsibility, Office for National Statistics, IMF projections of world growth
 - DECC의 연료가격 변화와 탄소가격 변화를 전망⁹⁴⁾

- 2015년 전망에서의 사회-경제 성장 주요 가정은 아래의 표와 같이 제시됨.

<표 3-85> Updated socio-economic growth assumptions (2015 UEP)

Growth Assumptions							
	Actual		Projection				
% per annum	2012	2013	2015	2020	2025	2030	2035
UK GDP	0.7	1.7	2.4	2.4	2.5	2.5	2.5
World GDP	3.3	3.3	3.3	3.8	3.8	3.8	3.8
UK Population	0.7	0.6	0.7	0.6	0.6	0.5	0.4
UK Households	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.7	0.7

자료: UEP(2015)

- 2015년 화석연료가격과 탄소가격 전망 전제

<표 3-86> 연료가격과 탄소가격 전망 전제 (2015 UEP)

Central Fossil Fuel and Carbon Prices							
	Actual		Projection				
2015년 가격	2012	2013	2015	2020	2025	2030	2035
crude oil(Brent 1mth) \$/bbl	116.8	111.7	63.8	85.0	120.0	120.0	120.0
Gas(NBP) p/therm	62.4	60.8	46.5	52.3	66.8	68.3	68.3
Coal(CIF ARA) \$/tonne	96.7	83.9	59.9	69.3	82.8	87.0	87.0
EU ETS £/tCO ₂	6.5	3.9	5.9	6.6	22.6	47.1	47.1

자료: UEP(2015)

- 2015년 환율 전망 전제

<표 3-87> 2015년 환율 전망 전제

Sterling에 대한 환율							
	Actual		Projection				
	2012	2013	2015	2020	2025	2030	2035
US dollars(\$ per £)	1.59	1.56	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65
Euros (€/£)	1.23	1.18	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24

자료: UEP(2015)

○ 단기 탄소가격 결정⁹⁵⁾

- 단기적으로 매년 11월에 다음 년도의 탄소가격을 결정, 예를 들면 2015년 11월에

94) 연료가격에 대해서는

https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/477958/2015_DECC_fossil_fuel_price_assumptions.pdf,

탄소가격에 대해서는

https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/360323/201410_01_Supporting_Tables_for_DECC-HMT_Supplementary_Appraisal_Guidance.xlsx 를 참조

95) Determination by the Secretary of State for Energy and Climate Change of the EU Emissions Trading System(EU ETS) Carbon Price under the Greenhouse Gas Emissions Trading Scheme Regulations 2012

2016년 탄소가격을 다음과 같이 선물가격과 환율을 이용하여 산출

- 선물가격: 2014년 11월 12일과 2015년 11월 11일 사이에 거래된 2016년 12월 평균 EUA 선물가격
- 환율: 2014년 11월 12일에서 2015년 11월 11일 사이의 Bank of England의 평균 Euro-Sterling 환율

다. 감축효과 분석

1) 감축효과

- 영국정부는 각 단계마다 EU ETS에 의해 전망된 배출량과 실적 배출량을 측정하고 이를 부문별로 성과 평가하는 보고서를 제시하고 있음.
- Phase I의 감축성과 평가에 대해서는 다음과 같이 2008년에 정리하고 있음.
- 2008년 2월에 DEFRA에서 발표된 'EU Emissions Trading Scheme: UK Results 2006 Report'는 제1기의 영국의 이행성과를 분석하고 있음.
- 이행성과에서는 우선적으로 배출전망, 할당, 검증된 배출량의 추이를 제시하고 그 차이에 대해서 분석하고 있음.
- 또한, 배출권거래제 대상 부문의 부문별 실제 배출량(검증)과 할당량을 서로 비교하고 있음. 부문의 실제 배출량을 부문별 비중을 산정하여 발표하고 있음.
- 부문의 결과는 할당량 대비 과대배출과 과소배출로 분석하고 있음. 2006년 기준으로 대상 시설의 63%가 무상할당량보다 더 많이 배출한 것으로 37%는 무상할당량보다 더 적게 배출한 것으로 보고되고 있음.
- 실제 검증된 배출량과 전망(projections)을 비교하고, 전망과의 차이를 검증하고 요인을 분석함.
- 전반적인 과다할당에 대한 문제는 BAU 배출량을 충분히 커버하는 할당량 배분에 의한 것으로 인식하고 있으며, 발전부문의 할당량보다 많은 배출은 연료가격 즉 천연가스 가격이 상대적으로 석탄가격에 비하여 상승한 것을 주요 원인으로 분석하고 있음.
- EU ETS의 목적 달성 수행 결정 지표로서 탄소가격(EUA)의 추이를 분석하고 있음. 탄소가격의 추이와 변화요인에 대한 분석을 시도하고 있음.
- 2008년 5월에 발표된 제1기 EU ETS 영국에서의 부문별 성과는 아래의 표에 제시되어 있음. 단, 1장의 결과표만을 제시하고 있으며, 할당량과 실제 검증된 배출량의 차이를 배출권거래제의 이행성과로 판단하고 있음. 발전에서만 할당량에 비하여 배출을 더 많이 한 결과를 나타내고 있으며, 이는 발전과 다른 산업의 할당량 산정 방식의 차이에 따른 결과로 보임.

<표 3-88> 2007년과 Phase I의 EU ETS 영국 부문별 이행 결과 (MtCO₂eq)

부문	검증 배출량		할당량 계		시 설 수	배출과 할당 차이	
	2007	PhaseI	2007	PhaseI		2007	PhaseI
발전(Power Stations)	177.9	531.6	136.0	407.3	125	-41.9	-124.3
정유(Refineries)	17.8	53.6	19.6	58.8	12	1.8	5.2
해양석유(Offshore)	14.8	35.8	18.9	43.4	111	4.1	7.6
철강(Iron and Steel)	20.8	59.8	23.4	68.0	12	2.6	8.2
시멘트(Cement)	8.0	17.6	9.1	20.4	15	1.1	2.8
석회(Lime)	0.8	2.3	1.1	3.3	4	0.3	1.0
제지(Pulp & Paper)	0.7	2.1	0.9	2.7	6	0.2	0.6
유리(Glass & Mineral Wool)	0.4	1.2	0.5	1.5	10	0.1	0.3
음식료담배(Food, Drink & Tobacco)	1.9	4.4	2.4	5.4	59	0.5	1.0
화학(Chemicals)	6.2	19.3	8.3	24.6	67	2.1	5.3
도자기(Ceramics)	0.1	0.3	0.2	0.6	18	0.1	0.3
자동차(Engineering & Vehicles)	0.7	2.0	1.0	3.2	35	0.3	1.2
비철금속(Non-ferrous Metals)	2.7	8.1	3.0	9.0	2	0.3	0.9
기타석유가스(Other Oil & Gas)	1.2	4.2	2.0	5.6	35	0.8	1.4
서비스(Services)	1.9	5.8	2.1	6.2	230	0.2	0.4
기타(Other)	0.2	0.7	0.3	0.7	9	0.1	0.0
합계	256.4	749.1	228.8	661.3	753	-27.6	-88.0

자료: DEFRA (2008.5)

- 2012년 영국의 EU ETS 이행성과는 아래의 표에 제시되어 있음. 검증된 배출량과 할당량의 차이를 실제 거래제의 결과로서 발표함.

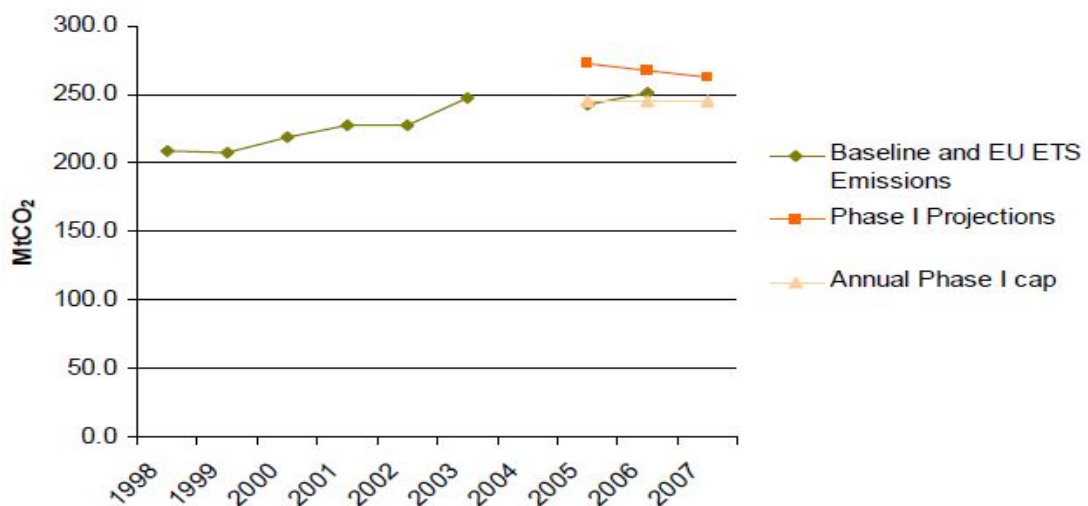
<표 3-89> 2012년과 Phase II의 EU ETS 영국 부문별 성과 (MtCO₂eq)

부문	2012		Phase II (2008~2012)			
	할당	배출량	총할당	총배출량	할당-배출차이	초과할당 (%)
Large Electricity Producers	119.9	156.8	559.3	777.1	-217.8	-38.9
Combustion Installations (not power sector)	52.4	37.2	258.7	206.0	52.6	20.3
Mineral Oil Refining	15.4	11.9	77.1	66.2	10.9	14.1
Iron & Steel	24.2	15.2	121.2	81.0	40.2	33.1
Cement	11.9	6.9	61.8	38.1	23.7	38.3
Glass	2.5	1.7	12.2	8.7	3.5	29.0
Ceramics	1.2	0.6	6.1	3.5	2.6	42.6
Pulp & Paper	1.3	0.7	6.5	4.6	1.9	29.7
Other	0.2	0.2	1.5	1.3	0.3	16.6
Total	229.0	231.2	1104.3	1186.4	-82.1	-7.4

자료: DECC(2014)

- 영국에 할당된 국가할당량과 실제 배출량을 측정하여 비교
- Phase I에서 2008년에 2006년의 배출권거래제 결과를 보고한 자료에 따르면, 2006년 동안 251.0MtCO₂를 배출하여 2006년 할당총량인 217.7MtCO₂에 비하여 33.3MtCO₂만큼 더 배출한 것으로 보고됨.
- 2007년에도 총할당량 228.8MtCO₂보다 27.6MtCO₂ 많은 256.4MtCO₂를 배출한 것으로 보고됨.
- 이에 따라 Phase I에서의 영국의 배출량은 총할당량보다 88.0MtCO₂ 많은 749.1MtCO₂로 기록됨, 이러한 할당량 대비 배출량 초과는 발전부문에서의 배출초과(Phase I에서 124.3MtCO₂ 초과)가 주도적인 것으로 나타남.

[그림 3-30] 제1기 기준 검증 배출량, 총 EU ETS 배출량, 전망과 규제총량(2008)



자료: DEFRA (2008)

○ MRV

- Directive Article 15에 따라서 모든 연간 배출보고는 검증받아야 하며, Article 14에 따라 EC는 MRG(Monitoring and Reporting Guidelines)를 발간하여야 함.
- 회원국은 매년 3월 배출을 검증받고 보고하여야 함. 영국에서 검증은 민간 검증기관에서 수행할 수 있음. 검증기관은 인증 받아야 하며, 최소 요구조건이 충족되어야 함.
- 한편, 운영자(operators)는 가이드라인에⁹⁶⁾ 따라 배출에 대한 감독 및 보고를 해야 하며, 매년 규제기관에 개선계획을 제출하여야 함.
- 배출의 보고를 위해서 어떤 개선 사항이 있었는지를 기술하게 되어 있음. 예를 들면, 신규 측정기의 설치 등을 기록하도록 함. 또한, 특정 장소에서의 배출계수를 사용할 수 있도록 하고 모니터링 방법에서도 가장 정확한 방법을 취할 수 있도록

96) European Commission's Monitoring and Reporting Guidelines

하며, 이를 기록하도록 함. 이는 배출량 자료의 정확성 및 질을 높이는 수단임.

2) 측정방법

- 제1기와 제2기에서 영국에게 할당된 EU ETS 대상시설의 총할당량과 실제 검증된 배출량의 차이를 EU ETS의 실제성으로 측정함.
- 배출저감에 대한 달성을 효율적으로 수행하였는지를 판단하기 위하여 탄소가격과 그 변화추이를 분석하여 제시함.

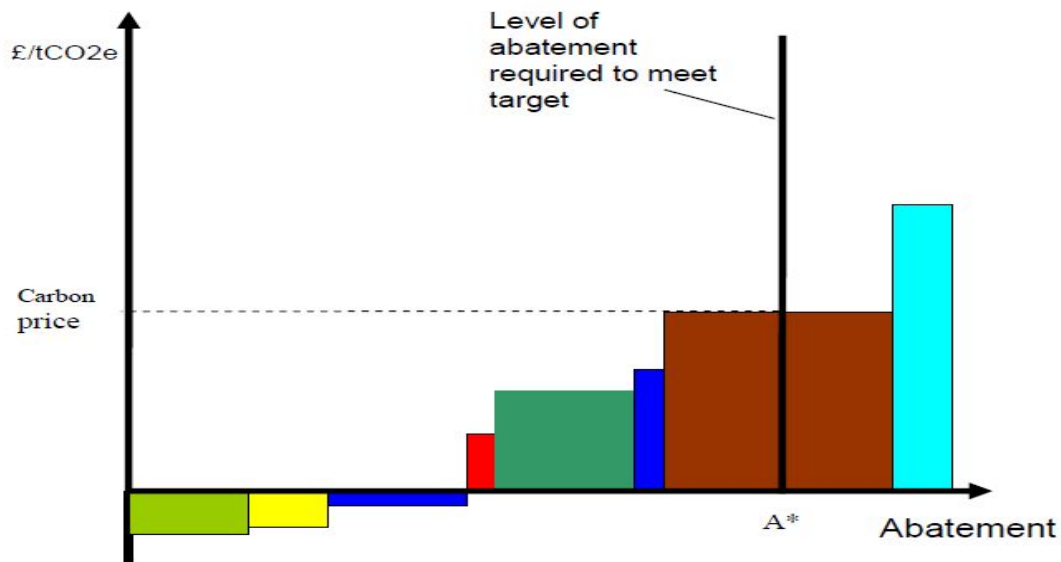
3) 필요 자료 및 정보

- 부문별 배출전망 자료, 규제총량, 할당량 및 실제 검증된 배출량
- 실제 검증된 배출량과 할당량의 차이를 분석하기 위해서는 주요 전제 변수의 업데이트 등이 필요, 특히 연료가격과 탄소가격 등의 추이는 각 부문별 배출의 변동을 분석하는데 필수적임.
- 발전부문의 속성 변화 등에 대한 정보와 자료가 필요함. 예를 들면 석탄과 천연가스 가격의 변동 추이 및 전력가격의 변동 추이 등은 발전부문의 배출량을 분석하는데 필수적임.
- 한편, 경제 및 산업활동의 변동 추이 등도 개별 산업의 배출량 변동 추이를 파악하는데 필수적으로 요구되는 자료임.
- 이외에도 인구학적 변화와 세계경제의 변화 등도 배출량의 변동을 파악하는 중요한 자료임.

4) 효과의 평가 분석

- 정책 평가를 위한 탄소가치평가
 - 2009년 기존의 탄소가치평가 방법을 개선하여 저감 비용 추정에 근거한 'target-consistent'탄소가격 접근방식을 설정, 이는 영국이 채택한 목표에 도달하기 위해 요구되는 한계저감비용(Marginal Abatement Cost, MAC) 수준과 일치하는 탄소가격을 설정하는 접근 방식임.
 - 기본적인 아이디어는 아래의 그림과 같음. 목표 달성을 위해 요구되는 감축수준 하에서의 탄소저감비용을 탄소가치로 산정하는 것임.

[그림 3-31] 저감비용 곡선



자료: DECC

- 단기 감축목표: 2020년까지 비거래부문에서 2005년 수준의 16%와 거래부문에서 3기 할당량(영국정부에 의해 경매되는 유상할당량과 무상할당량의 합)을 계산하면, 전체 2020년까지 1990년 수준의 34%를 감축하는 것이 단기 감축목표라고 할 수 있음.

- 단기에서 탄소가격은 거래부문(EUA 가격)과 비거래부문 2개의 탄소가격으로 구분
 - 장기의 감축목표(2020년 이후)는 단기목표에 비하여 상세하지 않음. 영국에서는 Climate Change Act에서 설정된 2050년에 1990년 수준의 80%를 감축하는 목표가 정부에서 채택되고 있음. 장기적으로 전지구적인 거래 시스템 하에 놓인다고 가정하고 영국의 탄소가격이 아니라 전지구적인 국제탄소가격으로 접근하여야 함. 이 때 규제총량(cap)은 전지구적으로 합의된 안정화 시나리오에 도달하려는 것을 목표로 설정되는 것으로 함.

○ 목표 일관적(target-consistent) 탄소가격 추정

- 이를 위해서는 상세한 저감비용 모형이 요구됨.

- 기본적인 아이디어는 배출전망과 감축목표가 주어졌을 때, 기준 배출과 목표수준과의 차이(gap)가 존재하며, 이 차이는 감축을 통해서 메꾸어져야 함. 주어진 연도에 감축되어야 할 감축량은 이상향하는 한계저감비용곡선에 따라 한계저감비용을 가지게 됨. 우선적으로 배출전망이 필요함.

○ 배출전망(projections)

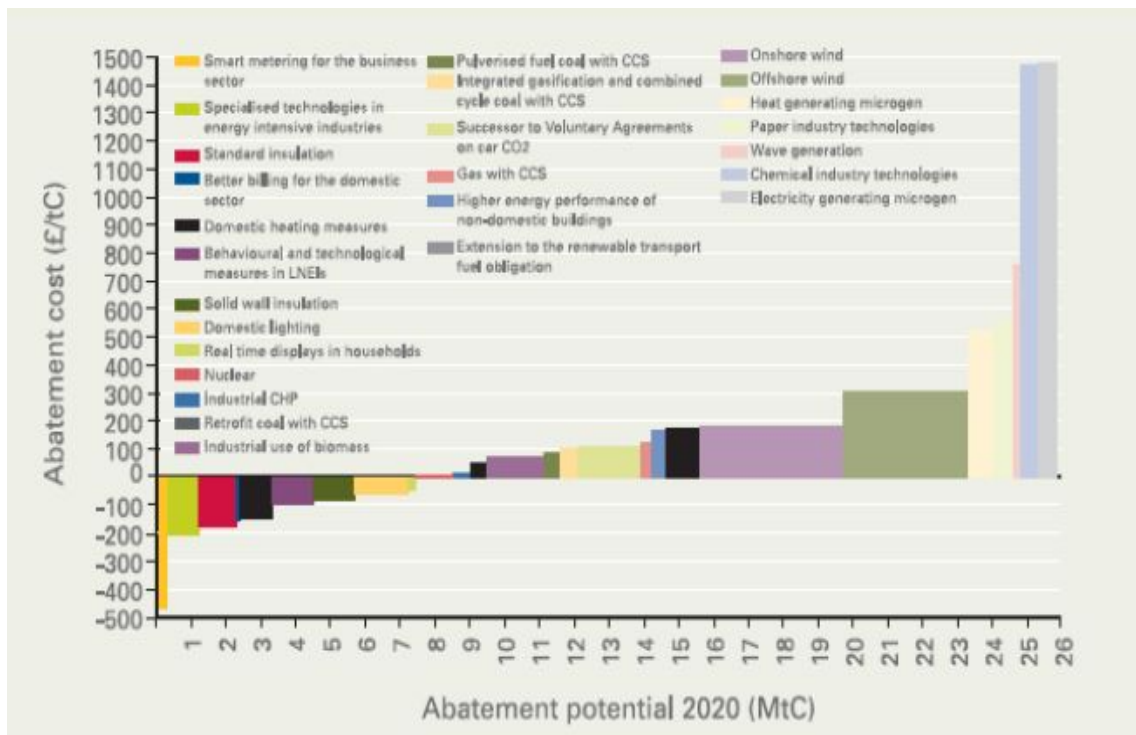
- 단기 배출전망은 DECC Energy Model로부터 전망되며, 모형의 특징은 다음과 같음.

· DECC 모형은 영국 에너지시장의 부분균형 모형임.

- 수요부문은 가정, 수송, 산업, 서비스 및 농업 부문의 연료 수요에 대한 150여개의 관계식으로 구성되어 있음.
 - 공급부문은 모든 주요 전력생산자와 에너지생산 산업의 자료로 구성됨.
 - 다수의 가정을 담고 있으며, 연료가격, 경제성장과 인구학적 변수 등이 전제로 사용됨.
- 단기 탄소 거래가격 추정
- 두 가지 방법으로 추정할 수 있음. 관찰가격에 모형 추정치를 보충하는 방법과 EC 또는 DECC 내부모형으로부터 한계저감비용 모형에 의존하는 방법임.
 - 시장과 모형 기반 추정
 - 시장 관찰가격과 모형으로부터의 추정치를 이용하여 2020년까지의 탄소거래가격 추이를 추정
 - 제2기 EU ETS기간에 대해서는 2기 매 연도의 선물가격 평균을 사용
 - 제3기의 경우에는 시장관찰 자료가 없으므로 모형으로부터 추정
 - 이 둘을 연결하여 거래가격 추이를 추정
 - 모형 기반 추정
 - DECC 모형 추정: 2008~2020년 기간 동안의 연평균 거래가격을 추정, 제2기와 제3기의 이행연도 간에 무제한 이월 가능 가정 하에 시장의 균형가격을 추정; 수요 부분은 EU ETS에서의 규제총량과 BAU 배출의 차이를 감축량의 프록시로 사용; EUA의 공급은 발전부문에서의 단기 연료스위칭에 따른 저감가능량의 합계와 CDM 크레딧의 공급에 의해서 결정
 - 추정된 탄소가격은 EUA에 투자하는 기회비용을 감안하여 조정함. 기회비용은 무위험 수익률로 측정하며 EURIBOR(명목 3.5%)를 대리변수로 사용함.
 - EC의 PRIMES 부분균형 모형 추정: EU ETS 영향평가에서 탄소가격을 2020년 40 유로(2005년 기준)로 추정
 - New Carbon Finance and Deutsche Bank forecasts: DECC 추정치에 비하여 높은 가격 전망, 이는 완전예측을 가정하는 모형의 특성을 반영
 - 전체 기간에 대해 모형기반 추정치를 사용하는 것을 추천
- 단기 비거래부문 탄소가격 추정
- 주어진 자료하에서 영국의 비거래부문 목표를 달성하는 한계비용의 현실적 평가를 제공하는 방법론을 개발하는 것이 중요함.
 - 비거래부문 탄소가격의 평가를 제공하는 과정에서 요구되는 사항들
 - 주어진 베이스라인에 대하여 정의된 저감비용 곡선
 - 배출 저감 목표
 - 국내 감축과 해외 크레딧을 커버하는 저감비용곡선에 포함되는 비용과 저감량에 대한 결정
 - 점 추정치를 가격 스케줄로 전환하는 방법
 - 저감비용곡선을 정의하는 두 가지 기본적인 방법론: 정책 한계저감비용(by policy

- MAC) 곡선과 기술적 한계저감비용(feasible technical MAC) 곡선
- 정책 MAC 곡선은 다른 정책수단이 언제까지 어떤 비용으로 수행되기를 기대하는 저감수준 평가를 기반으로 하는 반면, 기술적 MAC곡선은 개인이나 기업의 행동과 활동에 의해 초래될 수 있는 저감수준 평가에 기반을 둠.
 - 2009년 영국에서는 기술적 MAC 곡선을 사용하여 비거래부문의 탄소가격을 추정 - 베이스라인은 Energy White Paper (UEP29)에서 사용된 것을 선정함.
 - 목표수준은 Carbon Budget과 영국의 국제 감축의무를 설정함으로써 확정됨. 이를 바탕으로 2020년 비거래부문의 영국 배출수준은 310.4 MtCO₂eq를 상회할 수 없음. UEP29 하에서 영국의 베이스라인 배출수준이 352.9MtCO₂eq이므로 2020년 감축목표 수준은 42.5MtCO₂eq임.
 - 저감비용곡선에 포함된 감축잠재량과 저감비용
 - 국제적 합의 또는 정책 수행으로부터의 제약과 저감잠재량에 대한 그 효과
 - 수송에서 수요 측 수단으로부터의 감축잠재량
 - non-CO₂ 감축잠재량의 포함
 - 프로젝트 크레딧의 제외
 - 가정용 바이오매스 사용에 따른 대기질 영향 포함
 - 2020년 영국의 한계저감비용 곡선
 - 한계저감비용은 아래의 그림과 같음.

[그림 3-32] 2020년 영국의 한계저감비용 곡선



자료: DECC

- 장기 탄소가격 추정은 GLOCAF 모형을 이용하여 추정
- GLOCAF(Global Carbon Finance) Model
 - 비용과 국제 자금 흐름의 추정을 목적으로 영국정부에 의해 개발된 모형
 - BAU 배출량뿐만 아니라 한계저감비용(MAC) 곡선을 다지역 다부문을 대상으로 추정
 - POLES model: 부분균형 에너지 모형, 에너지시스템 내에서 잠재적 수요 피드백뿐만 아니라 다른 종류 기술의 비용을 고려할 수 있음.
 - 산림 배출에 대한 DIMA 또는 GCOMAP 모형: 산림부문에 대한 부분균형 모형
 - non-CO₂ 배출에 대한 IMAGE 모형: bottom-up 자료로 구성
 - 15개 세계 지역과 17개 부문으로 구성
 - 지역과 부문의 구성은 아래의 표에 제시되어 있음.

<표 3-90> GLOCAF 지역과 부문

지역	부문
Canada	Steel
USA	Chemistry
Central America	Chemical Feedstocks
South America	Non-metallic Minerals
Nothern Africa	Other Industry
Sub Saharan Africa	Non-Energy Uses
OECD Europe	Road
Eastern Europe	Rail
Former USSR	Air
Middle East	Other Transport
South Asia	Residential
East Asia	Services
South East Asia	Agriculture
Oceania	Power (electricity generation)
Japan	Deforestation
	Afforestation
	Non CO ₂ Emissions

자료: DECC

라. BR1과 BR2의 감축효과 차이 및 원인 분석

1) 감축효과 차이

- BR1에서의 감축목표
 - BR1에서의 EU 목표는 EU ETS로부터 2005년 대비 21%의 감축을 목표로 제시하고 있으며 영국의 감축목표는 EU ETS에서 영국의 몫에 기반한 거래제 대상부문

의 규제총량(Cap)을 포함함.

<표 3-91> BR1에서의 목표

	First Carbon Budget (2008-12)	Second Carbon Budget (2013-17)	Third Carbon Budget (2018-22)	Fourth Carbon Budget (2023-27)
Carbon Budget Levels (MtCO ₂ eq)	3018	2782	2544	1950
Percentage Reduction below Base Year Levels ⁽¹⁾	23%	29%	35%	50%

(1) 가장 최신의 Annual Statement of Emissions에서 기록된 기준년도 대비 감축율을 의미함.

<표 3-92> 제1기 탄소예산(Carbon Budget) 현황 (BR1)

제1기 Carbon Budget		EU ETS 포함 실제 배출						Overall emissions below budget
Total Emissions (2008-12)	Equivalent average emissions	2008	2009	2010	2011	2012 (p)	Cumulative emissions (2008-12)	
3,018	604	606	585	597	573	582	2,943	75

자료: DECC

- 상기의 표에서 살펴보는 것처럼 EU ETS의 거래를 포함한 영국 온실가스 배출은 2012년에 탄소예산 베이스라인 대비 25%를 감축한 것으로 보고됨.

○ BR2에서의 감축목표

- BR2 배출전망에서 EU ETS의 사용에 대한 배출 영향은 전망 배출량에 포함되지 않음.
- BR2에서의 목표와 제1차 탄소예산에 대한 성과는 아래의 표에 제시되어 있음.

<표 3-93> BR2에서의 목표

	First Carbon Budget (2008-12)	Second Carbon Budget (2013-17)	Third Carbon Budget (2018-22)	Fourth Carbon Budget (2023-27)
Carbon Budget Levels (MtCO ₂ eq)	3018	2782	2544	1950
Percentage Reduction below Base Year Levels ⁽¹⁾	26%	31%	37%	52%

(1) 가장 최신의 Annual Statement of Emissions에서 기록된 기준년도 대비 감축율을 의미함.

<표 3-94> 제1기 탄소예산(Carbon Budget) 현황 (BR2)

First Carbon Budget		UK Net Carbon Account						End period comparison to budget level
Level of first carbon budget (2008-12)	Equivalent average emissions	2008	2009	2010	2011	2012	Final emissions over period (2008-12)	
3,018	604	616	595	605	579	587	2,982	-36

자료: DECC

2) 원인 분석

- BR1과 BR2에서의 주요 가정 차이
 - BR1에서의 주요 가정

<표 3-95> 성장률 가정

	실제		전망			
	2010	2011	2015	2020	2025	2030
% per annum						
UK GDP	1.7	1.1	2.3	2.8	2.5	2.5
World GDP	5.1	3.9	4.4	4.5	4.3	4.3
UK Population	0.7	0.7	0.7	0.6	0.5	0.4
UK Households	1.1	1.0	1.1	0.9	0.8	0.7

자료: DECC

<표 3-96> 기준안 연료가격과 탄소가격 가정

2013 가격 기준	단위	실제		전망			
		2010	2011	2015	2020	2025	2030
Oil (Brent dated)	\$/bbl	84	105	113	120	127	135
Gas (NBP)	p/therm	45	58	70	74	74	74
Coal (Rotterdam fob)	\$/tonne	98	126	104	123	123	123
EU ETS Carbon Price	£/tCO ₂	11.7	6.4	3.7	4.9	5.5	6.2
Electricity Generation Carbon Price	£/tCO ₂	11.7	6.4	19.0	32.7	54.5	76.2

자료: DECC

- BR2에서의 주요 가정

<표 3-97> 성장률 가정

	실제		전망				
	2012	2013	2015	2020	2025	2030	2035
% per annum							
UK GDP	0.7	1.7	2.4	2.4	2.5	2.5	2.5
World GDP	3.3	3.3	3.3	3.8	3.8	3.8	3.8
UK Population	0.7	0.6	0.7	0.6	0.6	0.5	0.4
UK Households	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.7	0.7

자료: DECC

<표 3-98> 기준안 연료가격과 탄소가격 가정

2015 가격 기준	단위	실제		전망				
		2012	2013	2015	2020	2025	2030	2035
Crude Oil (Brent 1 month)	\$/bbl	116.8	111.7	63.8	85.0	120.0	120.0	120.0
Gas (NBP)	p/therm	62.4	69.8	46.5	52.3	66.8	68.3	68.3
Coal (CIF ARA)	\$/tonne	96.7	83.9	59.9	69.3	82.8	87.0	87.0
EU ETS Carbon Price	£ /tCO ₂	6.5	3.9	5.9	6.6	22.6	47.1	47.1

자료: DECC

- 주요 가정의 차이

- 영국의 경제성장률 전제는 장기적으로는 변화하지 않았지만, 2015년에는 BR2에서 높고, 2020년에는 BR1에서 높게 전망
- 세계 경제는 BR1이 BR2에 비하여 높은 성장률 가정
- 연료가격은 BR2에 비하여 BR1에서 높은 가격을 가정
- 탄소가격은 BR2가 BR1에 비하여 높은 탄소가격을 전망

<참고문헌>

- Clarkson, R. and K. Deyes (2002), "Estimating the Social Cost of Carbon Emissions," Working paper, Environment Protection Economics Division, Department of Environment, Food and Rural Affairs, London.
- DECC (2015), UK's Second Biennial Report.
- DECC (2014), Updated short-term traded carbon values used for UK public policy appraisal.
- DECC (2013), The UK's Sixth National Communication and First Biennial Report under the United Nations Framework Convention on Climate Change, Prepared by the Department of Energy and Climate Change.
- DECC (2012a), EU Emissions Trading System for Emissions from Stationary Installations Emitted Before 1 January 2013.
- DECC (2012b), EU Emissions Trading System - Guidance on Annual Verification for Emissions from Stationary Installations Emitted Before 1 January 2013.
- DECC (2011), A Brief Guide to the Carbon Valuation Methodology for UK Policy Appraisal.
- DECC (2009a), Carbon Valuation in UK Public Policy Appraisal: A Revised Approach.
- DECC (2009b), Impact Assessment of EU Climate and Energy package, the revised EU Emissions Trading System Directive and meeting the UK non-traded target through UK carbon budgets.

DECC & DEFRA (2013), 2012 EU ETS Results - UK Sector Table.

DECC & DEFRA (2012), 2012 Guidelines to Defra / DECC's GHG Conversion Factors for Company Reporting: Methodology Paper for Emission Factors.

DEFRA (2013), 2013 Government GHG Conversion Factors for Company Reporting: Methodology Paper for Emission Factors.

DEFRA (2008a), EU Emissions Trading Scheme: UK Results 2006 Report, DEFRA, London.

DEFRA (2008b), Sector Level Summary of 2007 EU ETS results in the UK, May 2008.

DEFRA (2007a), EU Emissions Trading Scheme - Approved Phase II National Allocation Plan 2008-2012.

DEFRA (2007b), EU Emissions Trading Scheme Phase II (2008-2012) Allocation Methodology Full Regulatory Impact Assessment.

DEFRA (2005a), Detailed Guide to Phase II Allocation Methodology.

DEFRA (2005b), EU Emissions Trading Scheme - Approved National Allocation Plan 2005-2007.

DTI (2006), Consultation Paper on the EU ETS Phase II CO₂ Emissions Projections.

EC (2013a), EU ETS Handbook.

EC (2013b), The EU Emissions Trading System (EU ETS).

{ 약어표 }

BEIS: Department for Business, Energy & Industrial Strategy
 DECC: Department of Energy & Climate Change
 DEFRA: Department of Environment, Food and Rural Affairs
 DTI: Department of Trade and Industry

2. [독일] Introduction of EU Emissions Trading Scheme

가. 감축잠재량 분석

1) 감축잠재량

- 에너지 수요와 배출 전망 (projektionsbericht 2013)
 - 에너지 수요와 배출 전망에 대해서는 독일은 'projektionsbericht 2013'으로 보고서를 발간
 - 두 가지 시나리오를 대상으로 전망 제공: WMS(With Measures Scenario)와 WAMS (With Additional Measures Scenario)
 - WMS: 2012년 10월까지 여러 부문에 시행된 기후 및 에너지정책을 고려한 전망
 - WAMS: 추가적으로 시행가능한 기후 및 에너지 정책 효과까지 고려한 전망

- 시나리오 구성을 위한 전제 자료

- 시나리오 구성을 위해 필요한 인구학적 또는 경제 자료 등이 요구됨. 이러한 변수들의 전제 전망은 아래 표와 같음.

<표 3-99> 인구 및 경제 전망 2005-2030

	2008	2015	2020	2025	2030
거주인구(천명)	81,856	80,929	80,625	80,020	79,046
가구(천명)	39,480	40,120	40,760	40,960	40,970
GDP(십억€ 2010)	2,518	2,678	2,896	3,059	3,232
제조업 총부가가치(십억€ 2010)	680	761	823	869	917
제조업 일자리(천개)	7,282	6,860	7,071	7,184	7,280
서비스부문 일자리(천개)	31,294	31,522	30,264	28,947	27,838
원유가격(\$/bbl)	104	117	127	139	151
탄소가격(€/EUA)	23	14	14	22	30

Source: German Federal Statistical Office, Bafa, EIA, OECD, calculations by Öko-Institut and Fraunhofer ISI

- 전망 결과: WMS 시나리오

<표 3-100> 배출 전망 WMS 시나리오, 2000-2030 (MtCO₂eq)

	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Energy Sector	360.9	380.1	354.5	332.7	297.7	288.8	240.5
Industry	118.6	110.8	115.0	115.3	112.5	110.9	109.6
Tertiary sector	54.7	47.9	44.1	41.0	36.5	31.5	26.8
Households	118.9	111.9	103.1	90.9	79.9	69.8	60.2
Transport	183.0	161.7	154.7	164.9	155.4	147.0	139.5
Fugitive emissions from energy sectors	21.8	14.7	10.8	9.6	7.5	7.1	6.5
Industrial processes	77	81	73	70	69	65	60
Product use	3	2	2	2	2	2	2
Agriculture	74	70	67	68	68	67	66
Waste	27	18	12	10	10	8	7
Total	1,039.0	997.3	936.5	903.6	837.2	796.9	718.7
compared to 2005	4.2%	-	-6.1%	-9.4%	-16.1%	-20.1%	-27.9%
Compared to 1990	-16.6%	-20.0%	-24.8%	-27.5%	-32.8%	-36.0%	-42.3%
Compared to base year	-15.7%	-19.1%	-24.0%	-26.7%	-32.1%	-35.3%	-41.7%

Note: 기준년도는 CO₂, CH₄, N₂O 경우 1990년, HFCs, PFCs, SF₆의 경우에는 1995년임. 기준 배출로서 FCCC/KP/CMP/2008/9/Rev. 1 배출수준이 사용됨.

자료: projektionsbericht 2013

- WMS 전망에서 2020년 감축 기여도가 높은 정책수단

- EU ETS를 포함하여 여러 정책수단에 의한 전력 소비 감축에 따른 배출 저감:

28MtCO₂

- 신재생 발전 차액지원을 위한 최소보상에 의한 감축: 11 MtCO₂eq
 - 바이오연료 혼합: 5.1 MtCO₂
 - 에너지효율 빌딩 및 개선 KfW 프로젝트: 3.8 MtCO₂
 - 항공 수송 효율개선: 3.3 MtCO₂eq
 - CHP 발전 보상: 3 MtCO₂
 - 승용차 배출 기준 도입: 2.5 MtCO₂
 - 독일 에너지 절약 조례(EnEV)의 개정: 2.4 MtCO₂
- 전망 결과: WAMS 시나리오

<표 3-101> 배출 전망 WAMS 시나리오, 2000-2030 (MtCO₂eq)

	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Energy Sector	360.9	380.1	354.5	323.0	278.4	269.6	209.6
Industry	118.6	110.8	115.0	112.5	106.9	103.2	81.9
Tertiary sector	54.7	47.9	44.1	40.6	35.7	30.1	25.0
Households	118.9	111.9	103.1	89.5	77.2	64.8	53.7
Transport	183.0	161.7	154.7	156.8	144.3	132.6	120.9
Fugitive emissions from energy sectors	21.8	14.7	10.8	9.5	7.3	6.7	5.9
Industrial processes	77	81	73	68	63	57	43
Product use	3	2	2	2	2	2	2
Agriculture	74	70	67	68	68	65	63
Waste	27	18	12	7	7	7	6
Total	1,039.0	997.3	936.5	877.1	790.2	737.5	610.8
compared to 2005	4.2%	-	-6.1%	-12.0%	-20.8%	-26.0%	-38.8%
Compared to 1990	-16.6%	-20.0%	-24.8%	-29.6%	-36.6%	-40.8%	-51.0%
Compared to base year	-15.7%	-19.1%	-24.0%	-28.8%	-35.9%	-40.2%	-50.4%

Note: 기준년도는 CO₂, CH₄, N₂O 경우 1990년, HFCs, PFCs, SF₆의 경우에는 1995년임. 기준 배출로서 FCCC/KP/CMP/2008/9/Rev. 1 배출수준이 사용됨.

자료: projektionsbericht 2013

- WAMS 전망에서 2020년 감축 기여도가 높은 정책수단
- EU ETS를 포함해서 전력소비 절약을 위한 노력 증대: 8 MtCO₂

- 연료 세제의 변경: 5.5 MtCO₂
 - 산업부문 규제총량 강화: 4.2 MtCO₂
 - KMU 지원 프로그램의 확대: 1.6 MtCO₂
 - 중형차(heavy duty vehicle) 효율 표준 도입: 1.6 MtCO₂
- 규제총량의 설정과 할당량 배분
- 거시적 차원에서 규제총량(Cap)을 설정하고, 할당에 대한 규칙을 마련하고 이에 따라 시설에 대한 할당량을 배분하는 방식을 취함.
 - 규제총량은 교토의정서 이행의 원칙과 1990년 이래 배출의 추세를 통해 설정
 - 할당방식은 정부에 의해서 설정되고, 기업은 이 규칙에 따라 각 시설의 배출권을 신청, DEHSt는 신청서를 검토하고 신청된 배출량의 합이 규제총량에 맞도록 교정계수(correction factor)를 산정함.
 - 이러한 과정을 통해 개별적인 시설에 배출권을 할당함.
 - 시설들은 감축계수 0.3%를 가진 과거 배출량 기준 할당과 기대된 배출량 기준 할당을 선택할 수 있음. 실제 생산이 기대 생산에 미치지 못하는 경우 추가 할당분은 사후적으로 반납함.
 - 배출권 신청시 시설들은 매우 다양한 옵션을 선택할 수 있어 지나치게 유연한 신청방식이었음.
- NAP I에서 NAP II로의 이행
- 산업시설에 대해서만 무상할당(Grandfathering) 적용하고 기준 기간 연장
 - 규칙에서의 특별 조항을 배제하여 옵션조항을 두지 않음.
 - 산업부문의 감축계수(reduction factor)를 -1.25%로 설정
 - 연 25,000tCO₂ 이하의 소규모 시설에 대해서는 감축계수를 적용하지 않음.
 - 벤치마크 할당방식의 확대: 모든 에너지 시설과 2003년 이후 신설 시설에 적용
 - 에너지 부문에 대해서는 시설의 효율성에 따라 비례적 감축을 적용함. 효율성 벤치마크는 사전에 협의하여 정함.
 - 경매를 위해 발전 부문의 할당량 축소(40MtCO₂)
- NAP II에서의 할당방식
- 2단계 할당방식: 각 부문 해당 할당량 우선 배분 후 개별 시설에 대한 할당
 - 부문 할당 배정식
 - 부문 할당량 = 전망 배출량 × CF
 - CF: 교정계수

<표 3-102> 교정계수

	연소	CHP	공정배출	산업
CF	0.89	1.0	0.91	0.99

- 개별 시설 할당식
 - 시설할당량 = 평균 배출량(2000-2004, 최소연도 배제) × sector-specific CF
 - 기타 연소, 종이와 카드보드, 석회와 시멘트 산업의 경우에는 “fuel coefficient (연료계수)”를 사용
 - 철강과 시멘트의 경우에는 특별 규칙을 적용
- 제3기 EU ETS에서의 할당
 - 28국의 NAP 대신에 EU-wide 규제총량 시행
 - 발전부문 100% 경매
 - 산업 부문 경매 도입(2013년 20%에서 2020년 70%로)
 - 5% CO₂ 비용 + 10% 무역집약도인 탄소누출 부문에 대한 면제
- 제3기 EU ETS 벤치마크 설정
 - 상위 10% CO₂ 효율시설 기준의 벤치마크
 - 산업부문과의 논의를 통해 52개 제품에 벤치마크 설정
 - ‘one product - one benchmark’일반화
 - 벤치마크 출발점은 상위 10% 효율시설의 평균 성과를 기준으로 함.
 - 2007/2008 배출집약도 자료에 근거함. 이 자료는 EC의 지휘 하에 유럽 산업협회에서 수집하고 제3자에 의해 검증받고 EC에서 검수하는 절차를 밟음.
- 제3기 벤치마크 설정식
 - $EUA_{free} = HAL \times BM \times CLEF \times CSCF$
 - EUA_{free} : 무상할당량
 - HAL : 과거 생산수준
 - 특정 기준연도(2005-08 또는 2009-10)에서 개별 생산제품의 생산실적
 - BM : product-specific 벤치마크
 - 52개 특정 생산제품 벤치마크
 - $CLEF$: 탄소누출계수(carbon leakage factor)
 - 무상할당 비중을 반영함. 2013년에 비중은 80%에서 2020년에는 30%로 축소되고, 2027년에는 0%가 됨. 탄소누출 업종은 예외를 두어 100%를 유지하도록 함.
 - 독일에서는 2013년도 총 무상할당의 89%가 계수 1을 적용받음.

<표 3-103> 할당 배분에서의 탄소누출 위험 계수

연도	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
탄소누출위험	1	1	1	1	1	1	1	1
탄소누출무위험	0.8000	0.7286	0.6571	0.5857	0.5143	0.4429	0.3714	0.3000

- *CSCF*: cross-sectional correction factor
- 산업에 대한 무상할당은 전체 규제총량에서의 해당산업의 비중으로 산정된 개별적인 규제총량에 의해 제한받음. 따라서 시간이 지남에 따라 감소함. 무상할당 신청량의 합이 규제총량보다 많은 경우, *CSCF*는 개별 무상할당량을 동등하게 삭감함.

<표 3-104> 산업 시설에 대한 *CSCF*

연도	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<i>CSCF</i>	0.9427	0.9263	0.9098	0.8930	0.8761	0.8590	0.8417	0.8244

- Fallback approaches: 제품 벤치마크가 존재하지 않거나 실적이 없는 경우
 - 열기준 에너지 벤치마크 (약 20%를 커버)
 - 연료기준 에너지 벤치마크 (약 5%를 커버)
 - 공정배출은 과거실적 기준(grandfathering) (1% 미만을 커버)

2) 필요 자료 및 정보

- ETS 초기의 필요자료 수집
 - 거시적 수준에서 에너지 통계자료
 - 미시적 수준에서는 배출 공표자료 평가와 자발적 자료 수집

나. 감축효과 분석

1) 감축효과

- 감축성과와 관련한 보고서로 배출권거래제 기간에 대해 성과보고서를 발간
 - 제1기의 경우 2009년에 성과보고서를 발간함.⁹⁷⁾
- 제1기 성과보고서의 내용
 - 독일에서 배출권거래제의 현황에 대한 정리
 - 독일에서 EU ETS의 제도적 시행에 대한 정리
 - 제1기 할당 과정
 - 할당 관련 법적 의사결정에 대한 정리
 - 국가 보유분 활용
 - 제1기의 배출 결과

97) 여기서는 2009년에 발간된 “Emissions Trading - Evaluation of the First trading Period 2005-2007”의 내용을 중심으로 작성함.

- 배출과 할당량 비교 분석
- 배출권 시장과 등록
- 제1기의 JI 및 CDM
- MRV
- 배출권거래제의 유효성
- 향후의 독일에서의 배출권거래제 과제

○ 제1기 EU ETS 대상 시설 개황

<표 3-105> 독일의 제1기 EU ETS 대상 시설 개황

구분	수량	할당 2005.2.28. EUAs	할당 2007.12.31. EUAs
무상할당 기존 시설 28/02/2005 ¹⁾	1849	1,485,220,722	1,499,211,457
2005/01/01이래 더 이상 거래제에 속하지 않은 시설	-45	-7,505,727	0
추가된 기존 시설	9	0	10,385,352
2005 이래 신규 시설	17	0	9,724,621
2005년 플랜트 폐쇄/배출권거래 중단 ²⁾	-44		
2006년 플랜트 폐쇄/배출권거래 중단 ²⁾	-46		
2007년 플랜트 폐쇄/배출권거래 중단 ²⁾	-58		
제1기 말 현재 배출권 거래제 속한 시설 ³⁾	1682		1,519,321,430

- 1) 제1기 동안 배출권 거래제 대상이지만 할당 적용이 되지 않은 23개 시설 추가
- 2) 할당량은 28/02/2005에 배출권거래제 대상 기존 시설에 대한 할당에 포함됨
- 3) 제1기 배출권거래제에 속한 시설은 할당 시설 1830개와 할당 없는 23개 시설을 더하여 1853개 시설임.

○ 배출권 신청시 할당규칙의 다양성 및 유연성

- 시설운영자는 ZuG 2007(2007 Allocation Act)의 조항에 따라 113개의 다른 방법으로 배출권 할당을 선택할 수 있도록 함.
- 제1기 할당규칙 적용에 관한 시설 현황

<표 3-106> 제1기 할당규칙 적용에 관한 시설 현황

할당규칙	시설수
Article 7에 준하는 Grandfathering	1197
Article 7 Section 12 and Article 8 Section 6 에 준하는 옵션 규칙	547
Article 7 Section 10에 준하는 경제적 곤란 조항	26
Article 7 Section 11에 준하는 경제적 곤란 조항	9
Article 8에 준하는 기대 배출	92
Article 9에 준하는 플랜트 폐쇄와 이전 규칙	90
Article 10에 준하는 신규 진입과 설비확장에 대한 규제	1
Article 11에 준하는 신규 진입과 설비확장에 대한 규제	136
Article 14에 준하는 CHP 특별 할당	584
Article 7과 연결된 Article 12 ZuG 2007에 준하는 조기 행동	398
Article 15에 준하는 원자력 발전의 단속적 가동	7

자료: DEHSt(2009)

○ 제1기 배출량 결과

– 제1기 검증배출량(VET, Verified Emissions Table)

<표 3-107> VET Entries, VET, 시설 수 및 연간 배출량

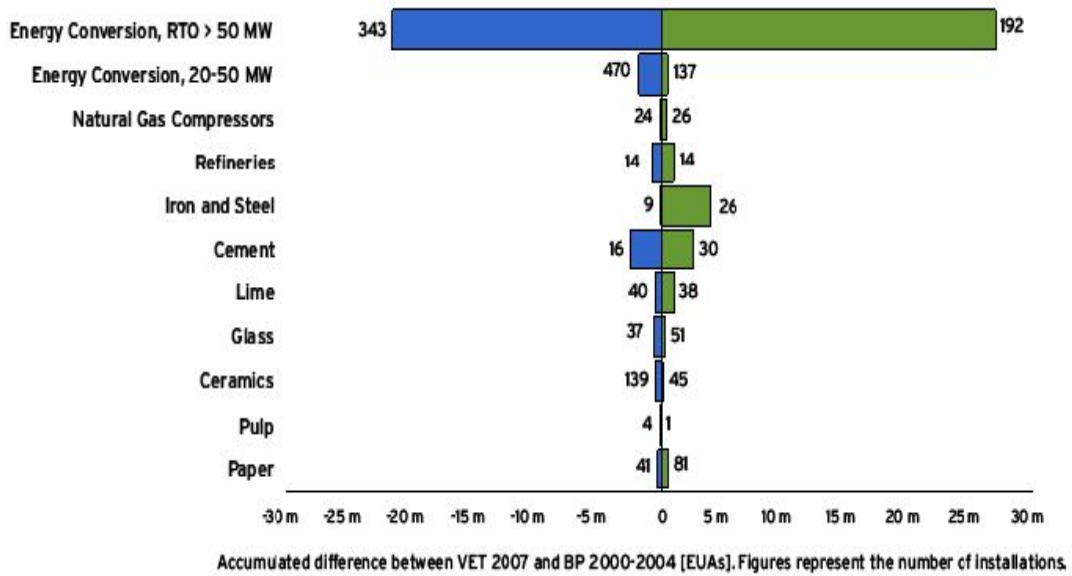
연도	시설 수	VET(tCO ₂ /년)	시설 수	연간배출량(tCO ₂ /년)
2005	1815	473,681,165	1825	474,855,603
2006	1824	477,381,974	1780	478,043,579
2007	1882	487,049,657	1749	487,059,314

자료: DEHSt(2009)

– 2000-2004와 2007년의 비교

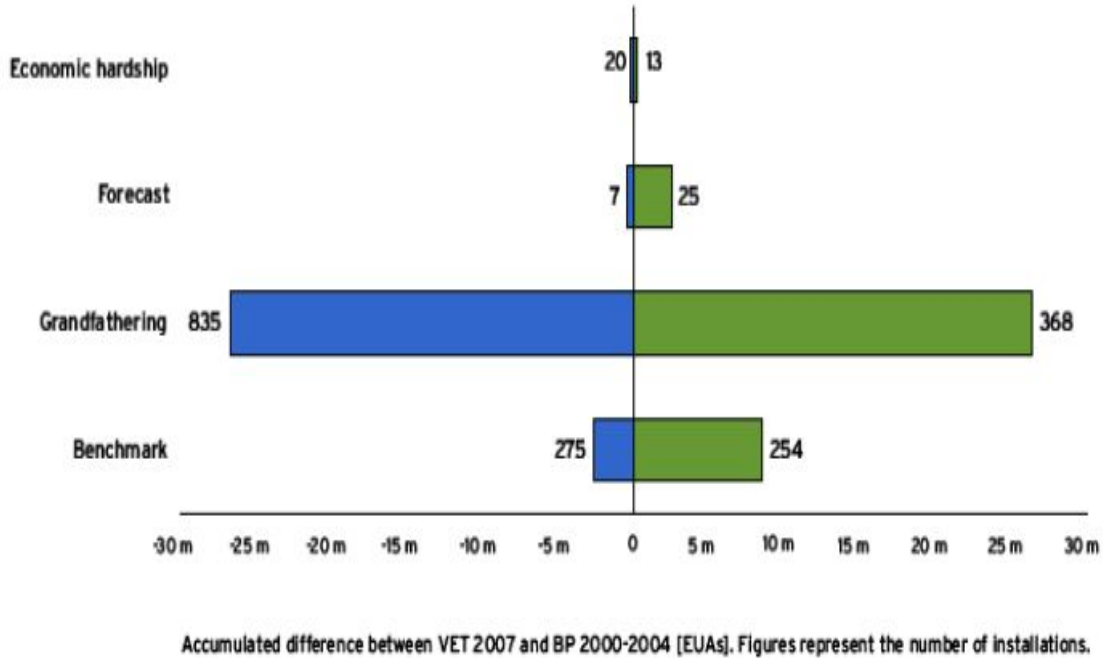
- 50 MW 이상의 에너지 전환(Energy Conversion)의 경우 2000-04년에 비하여 2007년에 배출량이 감소한 시설의 수가 343 개로 증가한 시설에 비하여 더 많음. 그러나 배출량 증가가 감소보다 큼.
- 할당방식에 대해서 살펴보면 Grandfathering의 경우 2000-04년 평균에 비하여 2007년에 배출량 감소 시설의 수가 많으며, 그들의 배출량 감소도 현저함.

[그림 3-33] 2000-04 평균과 2007년 VET 간의 배출량 변화



자료: DEHSt(2009)

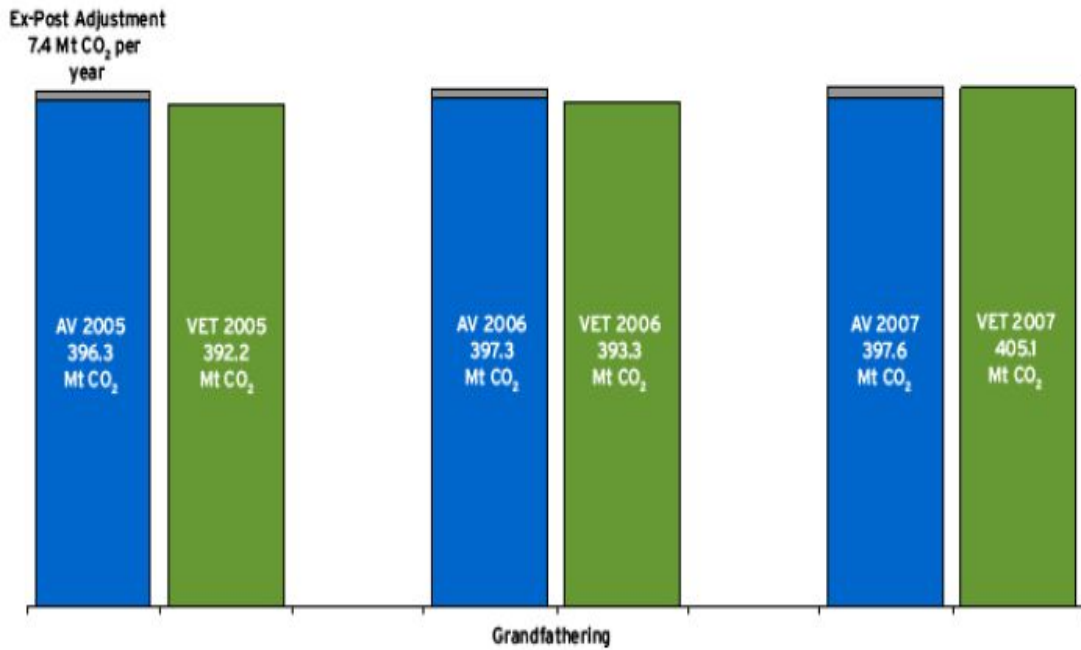
[그림 3-34] 할당방식 기준에 따른 2000-04 평균과 2007년 VET 간의 배출량 변화



자료: DEHSt(2009)

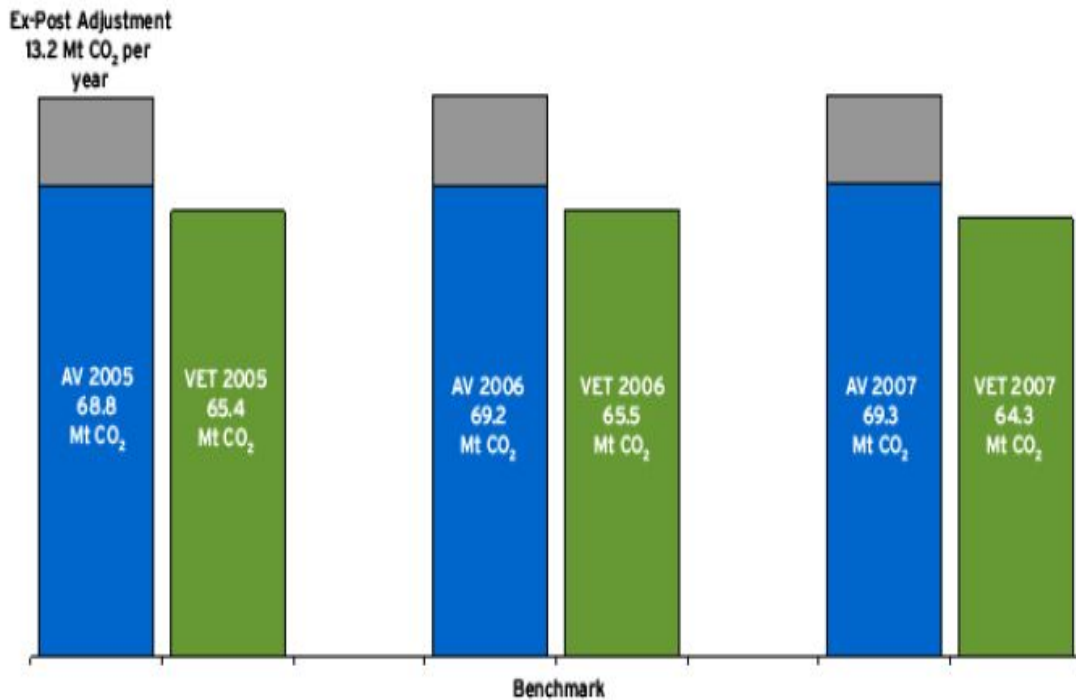
- 제1기 할당량과 배출량 비교(2005-2007)
 - Grandfathering 할당방식에서의 할당량(AV)과 검증배출량(VET)

[그림 3-35] Grandfathering 할당방식에서의 할당량(AV)과 검증배출량(VET) 비교



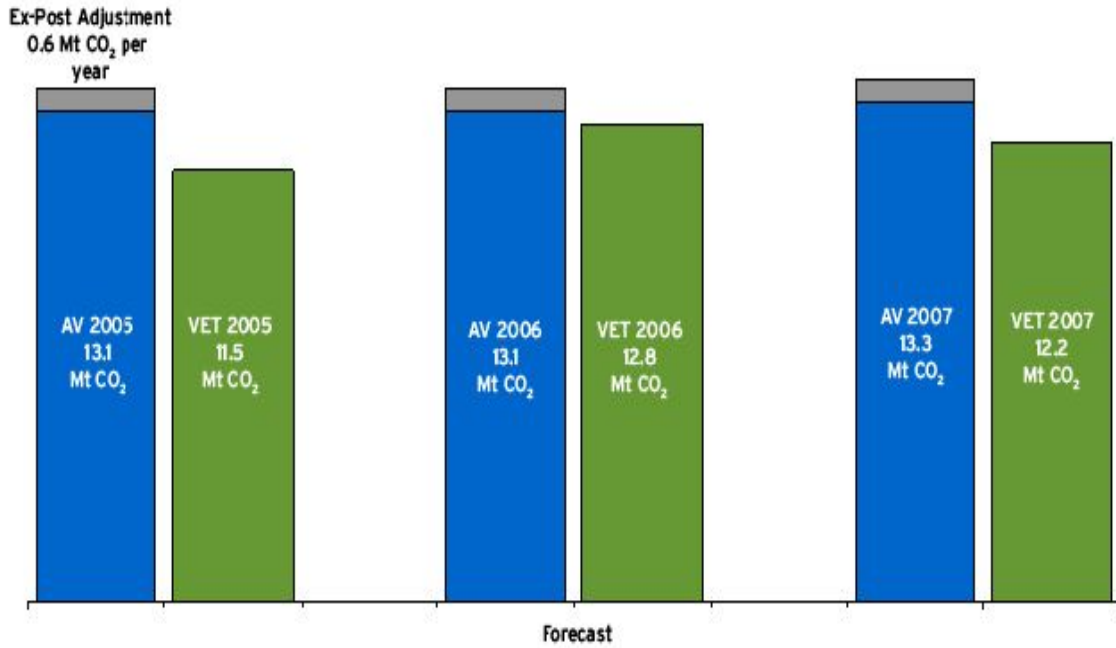
- 벤치마크 할당방식에서의 할당량과 검증배출량

[그림 3-36] 벤치마크 할당방식에서의 할당량(AV)과 검증배출량(VET) 비교



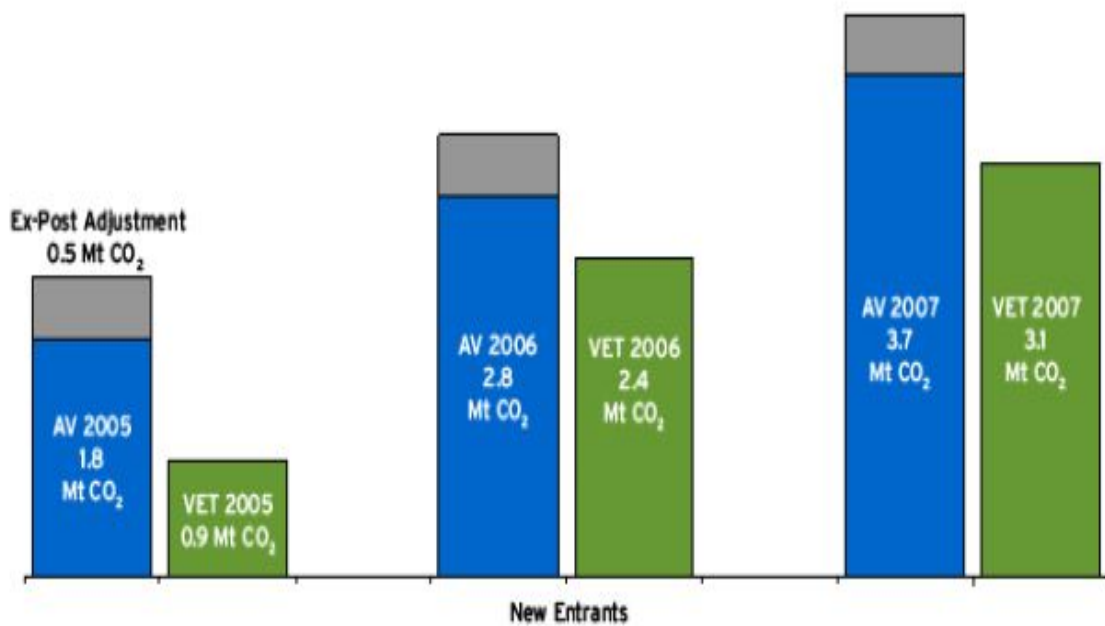
- 전망생산(forecast production) 할당방식에서의 할당량과 검증배출량

[그림 3-37] 전망생산(forecast production) 할당방식에서의 할당량(AV)과 검증배출량(VET)



- 신규진입에서의 할당량과 검증배출량

[그림 3-38] 신규진입에서의 할당량(AV)과 검증배출량(VET)



- 독일 정부는 EU ETS에서의 독일의 배출량을 평가하기 위하여 소위 ‘VET(Verified Emissions Table) report’를 매년 발간함.
 - 아래에 제시된 내용은 제3기 EU ETS의 2차 기간인 2014년 VET report를 설명하는 “Greenhouse Gas Emissions in 2014”의 내용을 중심으로 작성하였음.
 - 이 보고서는 VET report의 결과를 설명하고, 대상시설의 배출량을 실제 검증량과 할당량 등을 비교하여 배출량의 변화 등을 분석하고 있음.
- 2014년 VET 보고서의 주요 내용
 - 2014년 ETS 대상 고정 시설의 수는 1,905개로 보고하고 있음. 이 중 산업시설은 928개, 에너지시설은 977개로 구성됨. 반면 산업부문의 배출량은 123 MtCO₂eq이고 에너지부문의 배출량은 338 MtCO₂eq로 에너지부문의 배출량이 두 배 이상 많음.
 - 2014년에 무상할당된 배출권은 164 MtCO₂eq임.
 - 산업 활동으로부터 2014년의 할당잉여가 10MtCO₂eq발생한 것으로 보고됨. 이는 무상할당-배출비율이 108%임을 나타냄.
 - 이러한 전반적인 실증 배출량을 바탕으로 산업별 검증배출량과 할당량 등을 비교하고 분석함.
 - 독일에서 배출권거래제 대상 시설의 검증된 배출량은 2014년 461.2 MtCO₂eq인 것으로 집계됨. 평균적으로 무상할당비율은 35.6%인 것으로 나타남.
 - 산업부문 928개 대상시설은 133.3 MtCO₂eq의 무상할당 배출권을 받고 실제 배출은 123.2 MtCO₂eq이어서 할당잉여가 발생하였음.
 - 반면에 에너지부문은 무상할당이 사라지면서 무상할당-검증배출량 비율이 9.2%에 불과한 것으로 나타남. 2014년 열생산 부문에서 무상할당 31.1 MtCO₂eq를 받았고, 검증 배출량은 337.9 MtCO₂eq로 나타남.
 - 철강산업에서의 폐열과 다른 부문으로부터의 열 수입 등이 할당에서 조정될 필요가 있으며, 이를 조정하면 아래의 표와 같이 다시 정리됨.

<표 3-108> 조정된 할당비율(단위: MtCO₂eq, %)

부문	세부부문	시설수	2014 할당량	2014 VET	2014 할당 비율	2014 실질 할당	2014 조정할당 비율
Energy	Energy installations	977	31.1	337.9	9.2	49.4	14.6
		977	31.1	337.9	9.2	49.4	14.6
Industry	Other combustion plants	43	0.6	0.6	98.1	-	-
	Refineries	24	21.0	25.0	84.0	-	-
	Iron and steel	127	50.4	36.4	138.5	35.6	98.0
	Non-ferrous metals	38	2.5	2.5	102.6	-	-
	Mineral processing industry	354	31.9	35.5	90.1	-	-
	Paper and pulp	153	6.8	5.4	126.0	4.9	90.5
	Chemical industry	189	20.0	17.9	111.5	18.3	102.3
		928	133.2	123.2	108.1	115.0	93.3
Total		1905	164.3	461.2	35.6	-	-

자료: DEHSt (2015)

- 또한, 2008년 이후의 누적된 할당 잉여(부족)을 산정하여 정리하고 있음. 아래의 표는 이를 제시하고 있음.

<표 3-109> 누적 할당 잉여 (단위 M EUA)

부문	시설수	누적 할당 잉여				
		2008-2012	2013-2014	실질 2013-2014	2008-2014	실질 2008-2014
Energy	977	-367.3	-629.3	-592.4	-996.5	-959.6
Industry	928	101.4	21.8	-15.1	123.3	86.3
Total	1905	-265.8	-607.5	-607.5	-873.2	-873.2

자료: DEHSt (2015)

- 제2기와 제3기의 EU ETS에서의 화폐단위의 할당액 비교를 위해서 평균 EUA의 가격을 다음과 같이 제시하고 있음.

<표 3-110> 제2기와 제3기의 탄소(EUA)가격 (단위: Euro/EUA)

기간	2008.1~2013.4	2013.1~2015.4
가격	13.62	5.51

자료: DEHSt(2015)

2) 필요 자료 및 정보

- EU ETS 검증 배출량을 수집하여 매년 VET-report(VET-Bericht)를 DEHSt에서 발간
 - 각 해당연도의 배출량 변화
 - 개별 산업에서의 배출량 변화와 원인 분석
 - 할당량과 검증배출량의 비교
 - 배출량 변화 추이 분석
 - 배출권가격 변화 추이 분석
 - 배출권 수요와 공급의 분석

3) 효과의 평가 분석

- EU ETS의 효과 측정 방법
 - ETS의 효과를 측정하는 방법 중 다른 파라미터들은 현실과 동일하게 적용하고 단 ETS가 없는 조건을 만족하는 배출시나리오(contractual scenario)를 구성하고 이를 실제 배출량과 비교하여 그 차이를 ETS의 효과로 측정하는 방법을 사용
 - 이 contractual 시나리오는 결국 독일에서 배출권거래제가 존재하지 않는 경우의

배출이 어떻게 이루어졌는지를 설명하는 시나리오가 됨.

- 2005년과 2006년 EU 수준에서 이와 유사한 효과 측정은 Ellerman and Buchner (2008)과 Dalarue et al. (2008)에서 수행하였음.
- 이러한 모형들에 따라, 기준 시나리오에 비해 EU ETS는 2005년 88 MtCO₂와 2006년 59 MtCO₂의 배출을 저감한 것으로 나타남. 이 중 35.3 MtCO₂(2005)와 27.4 MtCO₂(2006) 배출 저감은 순수히 독일에 의해서 이루어진 것으로 추정됨.

다. BR1과 BR2의 감축효과 차이 및 원인 분석

1) 감축효과 차이

- BR1과 BR2에서의 감축효과 차이

<표 3-111> ETS 도입의 감축효과: BR1 vs. BR2

구분	BR1			BR2		
	2010	2015	2020	2010	2015	2020
감축효과 (MtCO ₂ eq)	-	5	3			7

- 2014년 Climate Action Programme 2020에서의 추가적인 수단 도입(2014)

2) 원인 분석

- BR1과 BR2에서의 주요 가정 차이

<표 3-112> 독일 BR1에서의 주요 가정

	단위	실제	전망				
		2010	2015	2020	2025	2030	
인구	1,000명	81,856	80,929	80,625	80,020	79,046	
가구	1,000호	40,301	40,120	40,760	40,960	40,970	
인구증가율	%	-0.30	-0.10	-0.10	-0.10	-0.30	
GDP 성장률	%	1.60	1.60	1.10	1.10	1.10	
석유가격	USD/boe	80	117	127	132	138	
석탄가격	USD/boe		24.01	25.74	25.81	25.84	
가스가격	USD/boe		66.02	72.23	74.98	77.51	

원 모형에서는 가격은 유로 기준임. 2015, 2020, 2025, 2030년의 1유로의 환율은 각각 1.28 USD, 1.22 USD, 1.19 USD, 및 1.16 USD 임. boe - GJ 전환 계수는 5.81652가 적용됨.

자료: Federal Statistical Office, Bafa, EIA, OECD, calculations by the Öko-Institut and Fraunhofer ISI

<표 3-113> 독일 BR2에서의 주요 가정

	단위	실제	전망			
		2010	2015	2020	2025	2030
population	1,000명		80,852	80,407	79,833	78,988
households	1,000호		40,120	40,760	40,960	40,970
pop growth	%			-0.10	-0.10	-0.20
GDP growth	%		1.32	1.03	1.00	0.99
oil price	USD/boe		92.58	92.02	13.86	113.40
coal price	USD/boe		18.43	18.13	19.70	20.35
gas price	USD/boe		53.53	50.28	54.33	56.42

원 모형에서는 가격은 유로 기준임. 2015, 2020, 2025, 2030년의 1유로의 환율은 각각 1.26 USD, 1.22 USD, 1.19 USD, 및 1.16 USD 임. boe - GJ 전환 계수는 5.81652가 적용됨.

자료: Federal Statistical Office, Bafa, EIA, OECD, calculations by the Öko-Institut and Fraunhofer ISI

- Climate Action Programme 2020을 2014년에 계획하고 2020년 추가적인 감축을 위해 시행
 - 2014년 Climate Action Programme 2020에서의 추가적인 수단 도입(2014)

<표 3-114> Climate Action Programme 2020의 주요 정책 수단과 기대효과

주요 정책수단	온실가스 감축 기여분 (MtCO ₂ eq)
National Energy Efficiency Action Plan, NEEAP (수송부문은 불포함)	약 25-30 (건물부문 에너지효율 포함)
환경친화적 건물과 주거 전략	약 5.7-10
수송부문의 감축수단	약 7-10
비에너지 관련 부문에서의 감축: - 산업, 상업/무역/서비스 부문과 폐기물관리 - 농업	3-7.7 3.6
배출권거래제 개혁	EU 수준에서 이끌어낼 구체적인 사항에 따라 유동적임.
추가적인 수단, 특히 전력부문에서	22
합계	62-78

자료: UNFCCC (2015)

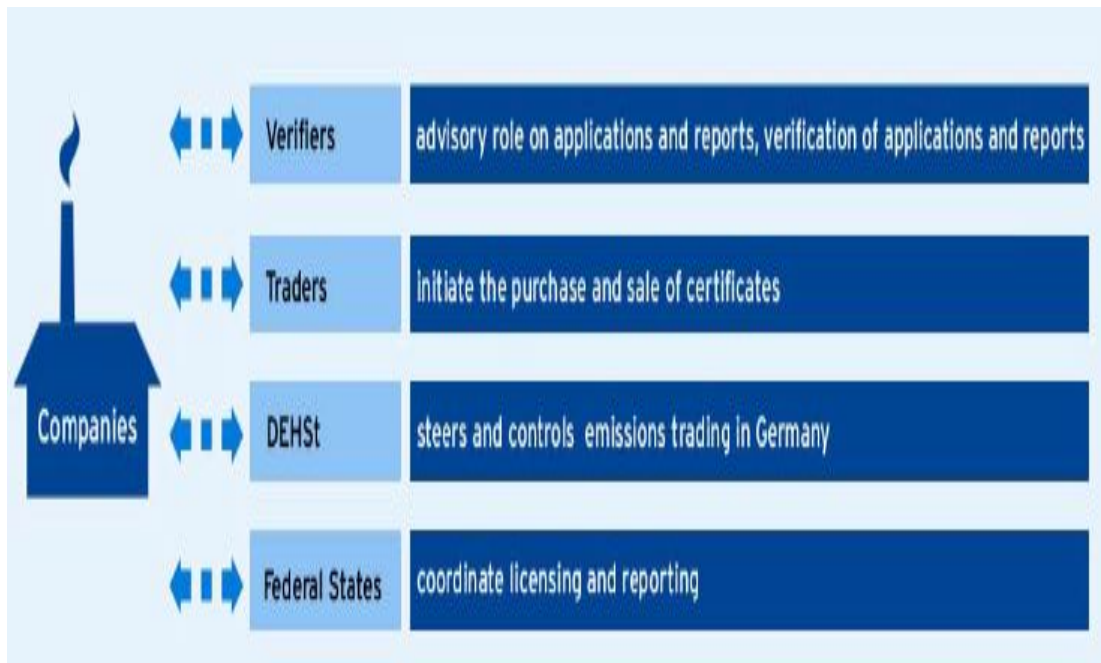
- 규제에서의 변화
 - DEHSt의 활동 추가
 - 2014년 이래 간접 CO₂ 비용을 상쇄하기 위해 고안된 전력 가격 보상으로 알려진 제도의 일부로서 에너지집약산업에 배출권을 부여하는 업무를 담당하기 시작함.
 - 또한, 보고서의 형태로 일반에 공개되는 분석과 평가를 수행하는 역할도 담당함.

- 이러한 보고서에는 연차보고서도 포함되는 데, 이 연차보고서에서는 고정시설 운영자와 항공기 운영자가 보고하는 배출결과와 월별 경매보고서 등의 분석도 포함됨.

라. 감축수단 이행평가 방법, 관리 책임 기관 및 역할

- DEHSt 독일의 ETS 기관
 - 독일 연방 환경부(German Federal Ministry for the Environment)의 지휘 하에 배출권거래제를 담당하는 기관으로서 2004년 독일의 German Federal Environment Agency의 구성체로서 설립됨.
 - 다른 국가들과 달리 독일에서는 단일 기관인 DEHSt에서 배출권 할당, 국가등록소 관리, 배출 보고 등을 모두 담당함.
 - 배출 보고에 대해서는 독일연방정부와 유관기관의 범위 아래에 있음.

[그림 3-39] 배출권거래제 관리체계



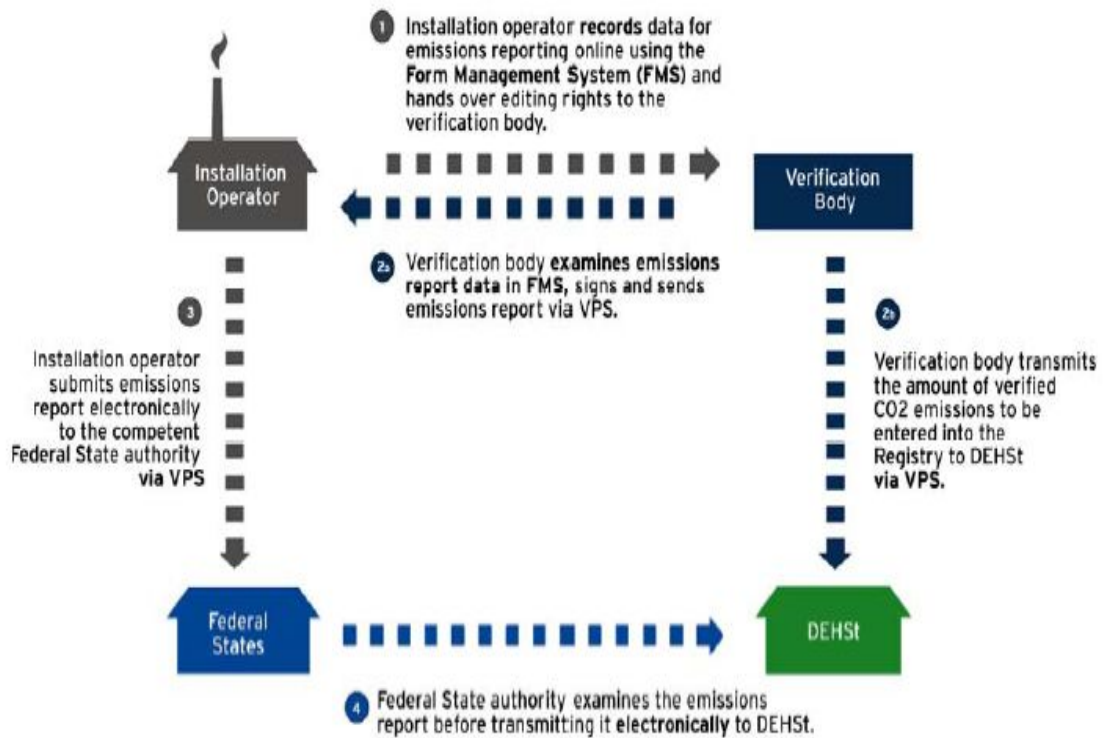
자료: DEHSt (2010)

- DEHSt의 역할
 - 배출권의 할당
 - 독일에서의 배출권 경매의 감독
 - 연차 배출보고서의 검토
 - 교토의정서 구조 하의 기후 보존 프로젝트의 승인 및 검토
 - Union Registry의 EU ETS 부문에서 독일 관할 계정의 관리

- 배출 데이터 검증에서 독립적 검증기관을 지원
- EU ETS에 대한 분석과 개선에 대해서 EC와 독일 연방 환경부를 지원
- 국가 및 국제 보고서를 수행
- 국가 또는 지역 배출권거래제를 확립하기 위하여 다른 기관과의 국제 협력

○ monitoring과 reporting의 기관의 기능과 분담

[그림 3-40] Monitoring과 Reporting에서의 역할 분담



자료: DEHSt (2010)

○ 시설운영자의 자료 수집

- 시설운영자는 연속배출측정시스템(CEMS, continuous emission measuring systems) 또는 계산에 의해서 탄소배출량을 결정함. 대부분 계산방식에 의존함.
- 산정에 의한 배출량 계산은 다음 세 가지 방식을 사용함.
 - 이산화탄소 배출은 연료와 원료의 소비와 이들의 속성(배출계수, 탄소함유량 등)을 기준으로 산정
 - 탄소배출은 제품의 산출 및 원료 속성으로부터 추론함.
 - 복잡한 공정을 가진 시설의 경우, 시설에서 생산되고 공정을 거친 탄소함유원 흐름에서의 투입과 산출 밸런싱에 의해 이산화탄소 배출을 추론함.

다. 한국에서의 적용 가능성 및 시사점

○ 할당관련

- 할당과 관련해서는 EU ETS는 할당 제안과 관리의 이원화에 따른 문제점이 제기되었음. 국가할당계획에 따른 할당량을 모두 인정하는 경우 EC의 감축목표가 매우 느슨해지는 문제점을 안게 됨.

- 이에 따라 EC는 제2기에서 국가의 할당계획을 인정하지 않게 되고 할당과잉을 조정하는 포물라를 구축하여 사용하게 됨.

- 제2기 EC의 새로운 규제총량 산정식

$$\text{maximum allowed annual average cap} = (\text{CIVE} * \text{GTD} * \text{CITD}) + \text{ADD}$$

· CIVE = corrected independently verified emissions for 2005

· GTD = growth trend development 2005 to 2010

· CITD = carbon intensity trend development 2005 to 2010

· ADD = additional emissions covered by an extended scope of combustion installations

- 할당을 사전적으로 또는 사후적으로 조정하는 과정을 거치고 있으며, 이는 일관성 차원에서 검토되어야 할 필요성이 있음.

- 온실가스 감축목표를 달성하기 위하여 시장을 어떻게 활용하는가에 대한 문제이므로 할당량이 목표를 달성할 수 있는 수준에서 결정될 수 있도록 할당량 산정에서의 정보의 비대칭성에 의한 문제를 최소화할 수 있는 방안 마련이 필요함.

- 이를 위해서는 개별적 사안에 따른 문제 해결 방안을 모색하기 보다는 전체적인 차원에서 포물라 등을 사용함으로써 일관성을 유지하는 방안을 모색하는 것이 요구됨.

- 또한, 할당량을 산정하는데 있어서 유럽의 경우 영국과 독일 모두 2단계 접근 방식을 사용하였음. 우선 부문별 할당수준을 정하고, 이후 개별 시설에 할당량을 배정하는 방식을 사용하였음.

- 제2기에서는 개별 시설에 대한 실제 검증된 배출량 자료를 이용할 수 있으므로 검증된 배출량의 집계에 일관성을 유지할 필요가 있음. 검증 배출량의 부문 합계와 부문의 배출량 집계 가능한 동일한 정보를 담고 있어야 할 필요성이 있음.

- 이러한 할당량 배정에 대한 정보의 불일치성 때문에 발생하는 비용을 낮추기 위해서라도 유상할당에 대한 비중을 늘리는 방식이 유효할 것임. 이는 정보의 정확성을 할당이 아니라 실제 배출량 검증에 집중할 수 있도록 하는 장점이 있음.

- 할당에서 유럽이 경험하고 있는 초과할당의 문제에 대한 접근 방식으로 백로당 할당을 사용하고 있음.

- 또 다른 접근 방식은 벤치마크 할당방식의 적용임.

- 독일에서 제1기 할당에서의 가장 큰 문제점은 할당신청시 시설이 적용할 수 있는 방법을 너무 다양하게 제시하여 초과할당이 공식적으로 가능할 수 있었다는 점임. 정보의 비대칭성에 발생하는 초과할당을 최소화할 뿐만 아니라, 할당방식 그

자체에서 초과할당을 공인하는 방식을 최소화할 수 있도록 제도적 검토가 사후적으로 필요함.

○ 감축잠재량 분야

- 영국과 독일 모두 감축잠재량 산정에 대한 구체적인 정보가 부족함. 다만, 두 국가 모두에서 배출권거래제 대상 시설과 산업 전체의 배출량 전망에 대한 격차를 줄이고자 노력한 것으로 보임.
- 배출권거래제의 감축잠재량은 해당 산업의 전망 배출량을 그대로 사용하고 이를 통해 산업간 할당을 산정하는 방식을 취하고 있음.
- 배출량 전망에 대한 모형을 구축하고 이를 통해 배출권거래제 대상 해당 배출량 전망과 할당량 산정에 이용함.
- 전망 모형에 대해서는 두 국가 모두 고유의 모형을 가지고 있음. 온실가스 배출전망 모형은 배출권거래제 산업을 대상으로 한 배출량 전망이 아니며, 국가와 산업 전체를 대상으로 한 모형에서 개별 산업의 전망치를 추정하는 것임.
- 전망모형에 의해 전망된 배출량 전망은 해마다 방법론과 전제치가 업데이트되고 있어서 단순히 시계열적 배출량 전망 비교는 의미를 찾기 어려움.
- 우리나라에서는 감축잠재량 모형과 온실가스 배출 및 에너지수요 전망 모형을 세분화하고 있고, 이를 적절하게 통합한다면, 배출권거래제 대상 산업과 시설에 대한 온실가스 배출 모형을 통해 배출량 전망을 충분히 수행할 수 있을 것임.

○ 감축 효과 측정 분야

- 감축분야에 대해서는 유럽의 경우 크게 두 가지 대상에 대한 보고에 집중하고 있음.
- 첫째는 실제 검증된 배출량과 할당량의 차이를 계산하는 것임. 실제 배출량이 할당량보다 적다면 초과할당이 발생하였을 가능성을 의미함. 또한, 부문이나 산업별로 이러한 차이를 계산하고 있으며, 이러한 차이의 원인분석을 통해 배출권거래제가 일관된 목표로 진행되고 있는지 또는 부문별로 차이가 왜 발생하는지 등을 검토하고 있음. 결국 이를 통해 할당의 배분방식에 대한 부문별 일관성 유지를 체크할 수 있음.
- 둘째는 배출권가격의 움직임과 그 수준임. 배출권가격이 실제 할당량과 검증배출량의 차이를 설명하는데 일관성을 가지는지를 살펴보아야 함.
- 독일과 영국은 동일한 EU ETS에 참여하고 있음에도 불구하고 배출량 전망 및 감축효과 산정시 화석연료가격 전망이나 탄소가격 전망의 전제치가 서로 다름. 이는 동일한 제도 하에서 전제가 일관되지 않음을 의미함. 중요한 것은 목표를 달성하는 감축수단이지 이를 전망하고 평가하는 방법은 아닐 수도 있음을 의미함. 실제감축을 위한 제도를 수립하고 활동에 들어가는 것이 전망이나 전제가 무엇인지보다 중요하다는 것을 시사함.
- 우리나라에서도 온실가스종합정보센터에서 검증된 배출량과 전망배출량 및 할당

량과의 비교를 통하여 감축성과를 도출하는 체계를 갖추어 배출권거래제 성과보고서를 정기간행물 형태로 발간하는 것이 바람직함. 에너지가격과 탄소가격의 동향과 배출량에 미치는 영향, 그리고 개별 산업별로 배출량과 할당량 비교와 산업간 비교 등의 내용을 포함하는 것이 바람직함.

○ BR의 개선 분야

- BR1 과 BR2에서의 차이가 제도적으로 나타나는 것은 아니며, 배출권거래제 거래기간에 따라 온실가스 저감의 제도와 행태의 진보가 이루어지고 있음.
- 각 국가의 배출권거래제에서의 현황과 문제점이 다르므로 실용적인 차원에서 문제에 대한 해법을 접근하고 있음.
- 제 3기에서는 유상할당과 벤치마크 할당방식 백로딩 등이 주요한 변화라고 할 수 있음.
- BR에서의 시사점으로 우리나라도 BUR을 작성할 때, 시계열적 일관성 및 감축잠재량/감축효과의 중복 식별에 주의하는 동시에, 온실가스 감축에서의 새로운 노력이나 감축수단을 중심으로 온실가스 감축정책의 적극성을 알리고 공유하는 방향을 견지하는 것이 바람직함.

○ 참여기관 및 역할 분야

- 영국과 독일의 제도적 차이는 전담기관의 차이에서 나타났음. 영국은 초기에는 Defra 등이 주요기관이었고, 최근까지 DECC가 전담하였으나 2016년 BEIS(Department for Business, Energy & Industrial Strategy)가 전담하는 형태를 취하고 있으며, 독일은 DEHSt를 전담기관으로 하여 배출권거래제에 대한 기능을 담당하도록 함.
- 다만, 검증과 보고 등에서는 독립적인 기관이 담당하도록 하고 있음. 독일에서는 검증된 보고에서의 정보 검토는 DEHSt에서도 이루어지고 있음.

<참고문헌>

DEHSt (2005), Implementation of Emissions Trading in the EU: National Allocation Plans of All EU States - Brief fact sheets of EU member state allocation plans.

DEHSt (2015), Greenhouse gas emissions in 2014 - Stationary installations and aviation subject to emissions trading in Germany.

DEHSt (2014), Allocation 2013-2020 - Results of Free Allocation of Emission Allowances to Incumbent Installations for the Third Trading Period, 2013-2020.

DEHSt (2014), Emissions Trading 2008-2012: Allocation of Certificates for the Second Trading Period.

DEHSt (2014), VET Report 2013 - Greenhouse gas emissions from stationary

- installations subject to emissions trading in Germany in 2013.
- DEHSt (2010), Emissions Trading and the Responsibilities of the German Emissions Trading Authority.
- DEHSt (2009), Emissions Trading - Evaluation of the First Trading Period 2005-2007.
- DEHSt (2009), Carbon Dioxide Emissions from Installations subject to Emissions Trading in 2008.
- Delarue, E., K. Voorspools, and W. D'haeseleer (2008), "Fuel Switching in the electricity sector under the EU ETS," *Journal of Energy Engineering*, 134(2), 40-46.
- Ellerman, A. D. and B. Buchner (2008), "Over-allocation or Abatement: A Preliminary Analysis of the EU ETS based on the 2005-06 Emissions Data", *Environmental and Resource Economics*, 41(2), 267-287.
- Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety (2014), Emissions Trading: Basic Principles and Experiences in Europe and Germany.
- Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety (2014), The German Government's Climate Action Programme 2020.
- KfW/ZEW (2015), KfW/ZEW CO₂ Barometer 2015 - Carbon Edition: Ten Years of Emission Trading: Strategies of German Companies.
- Rogge, K., J. Schleich, and R. Betz (2006), An Early Assessment of National Allocation Plans for Phase 2 of EU Emission Trading, Working Paper Sustainability and Innovation Nr. S 1/2006, Fraunhofer Institute Systems and Innovation Research.
- UNFCCC (2015), Germany's Second Biennial Report under the United Nations Framework Convention on Climate Change.
- UNFCCC (2014), First Biennial Report by the Federal Republic of Germany Pursuant to Decision 1/CP.16.

3. [일본] Establishment and Implementation of the Joint Crediting Mechanism

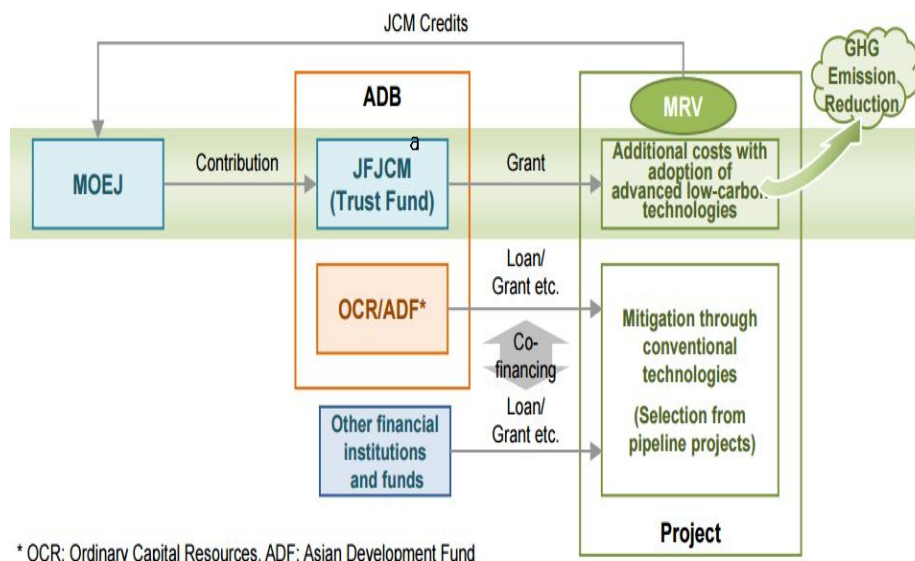
가. 일반 현황

1) 제도의 개요

- JCM(Joint Crediting Mechanism)은 우수한 저탄소 기술·제품·시스템·서비스·인프라 보급 및 운용 활동의 이행을 가속화하고 개발도상국의 지속 가능한 개발에 기여

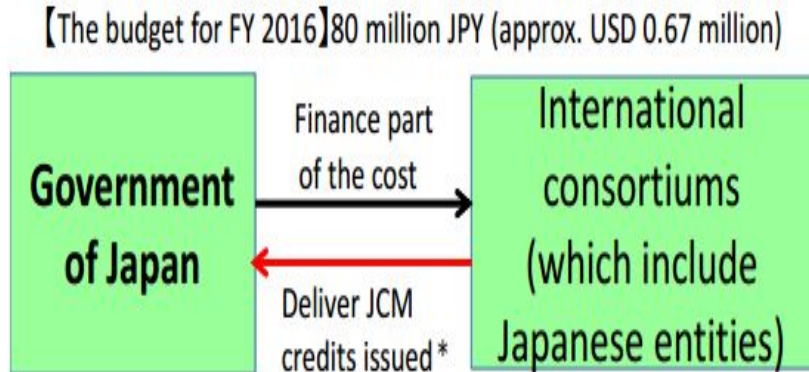
- 측정·보고·검증 (MRV) 방법론을 적용하여 일본의 온실가스 배출 저감·흡수에 대한 기여를 정량적으로 적절하게 평가하고 일본의 감축량 목표달성에 활용
- CDM(Clean Development Mechanism)을 보완하고 전 지구적인 온실가스 배출 감축·흡수 행동을 촉진함으로써 유엔 기후변화협약의 궁극적인 목적 달성에 기여
- 일본은 2011년부터 개발도상국과 JCM에 관한 협의를 진행하고 있으며, 몽골, 방글라데시, 에티오피아, 케냐, 몰디브, 베트남, 라오스, 인도네시아, 코스타리카, 팔라우, 캄보디아, 멕시코, 사우디아라비아, 칠레, 미얀마, 태국 등과 JCM을 구축
- 경제산업성은 2016년도 JCM 실증 사업에 24억엔 지원함.
- 환경성은 JCM 설비 보조사업 실시함.
 - 2016년부터 시작하는 사업에 대해 3년간 총 67 억엔 예산을 책정함.
 - 보조대상자는 국제 컨소시엄(일본 민간단체를 포함)으로 보조교부결정을 받은 후 설비의 설치공사에 착수하여 3년 이내 완공하도록 함.
 - 또한 JCM 프로젝트로 등록 및 크레딧 발행을 목표
- 그 외 보조사업으로 양국간 크레딧제도를 이용한 REDD+보조사업과 아시아개발은행기부금(JCM 일본기금)을 운영함.

[그림 3-41] JCM 일본기금 (JFJCM)



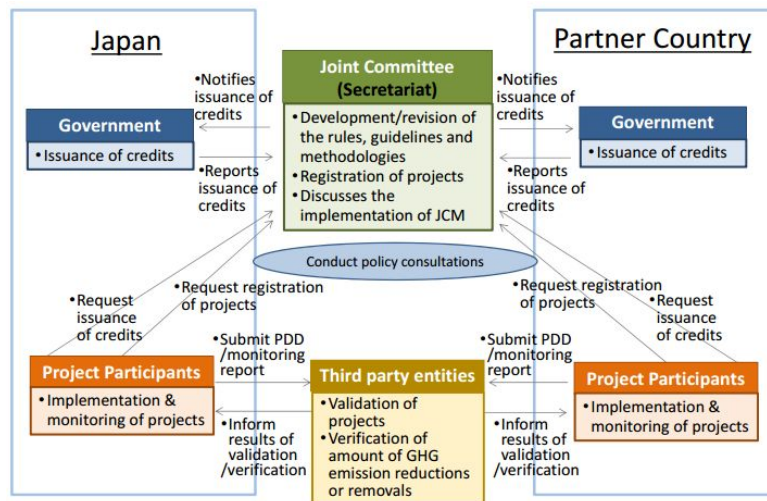
- JCM을 이용한 REDD+ 보조사업
 - 개발도상국의 열대우림 파괴 심각화, 2011년~2014년 까지 17건의 FS실시함.
 - 주민참여에 따른 위법벌채감시, 재해 예방, 산림재생 및 대체생계수단 확립
 - 법률에 의거 사업실시국가로의 배분량을 제외하고 보조대상경비에서 차지하는 보조금액의 비율과 1/2을 비교하여 큰 쪽을 일본정부에 납입함.

[그림 3-42] JCM을 이용한 REDD+보조사업 개요



- 환경 에너지 기술 혁신 계획 (개정판) 개요 (2013년 9월 13일 종합과학기술회의의 결정)
- 일본은 2050년에 전세계 온실가스 배출량 반감 (선진국은 80 %) 목표를 달성하는 동시에 개발도상국에서 경제성장 제약이 있는 환경·에너지 문제의 극복에 기여하기 위해 혁신적인 기술의 지속적인 개발과 보급을 통해 지구온난화 문제와 에너지 수급 차질 등의 과제 해결에 공헌함.

[그림 3-43] JCM 체계도



2) 제도 이력

- 온실가스배출감축 및 개발도상국의 지속가능한 개발 촉진을 위해서 선진국이 다양한 방식으로 지원을 실시하고 있지만 현재 CDM만으로는 일본의 에너지 절감 분야의 우수성을 충분히 실천할 수 없으므로 CDM의 과제를 해결하고 장점을 보완하면서 신속대응이 가능한 제도의 도입이 필요
- 온실가스 배출 감축 활동의 폭을 넓혀 개발도상국을 대상으로 개발도상국 상황에 맞춰 유연하고 신속하게 대응할 수 있는 기술이전 및 대책을 시행할 수 있는 구조를 구축하는 양자간 오프셋 크레딧 제도를 제안
- 실현 목표
 - 개발도상국에 우수한 저탄소기술·제품·시스템·서비스·인프라 등의 보급 및 운용 활동을 가속화하여 개발도상국의 지속적인 발전에 기여
 - 상대국의 감축 활동을 통해 실현한 온실가스 배출 감축·흡수를 적절하고 정량적으로 평가하여 그 배출절감 및 흡수량을 일본감축목표 달성에 활용
 - 온실가스 배출 감축 행동의 촉진을 통해 유엔기후변화협약의 궁극적 목적 달성에 기여

나. 감축잠재량 분석

1) 감축잠재량

- 감축잠재량에 대한 구체적인 자료가 나타나지 않음.

2) 산정방법

- 산정방법
 - 일본은 파리 협정에 따라 JCM을 온실가스 감축목표 실적에 반영하고 있지 않지만 일본이 획득한 배출 저감·흡수량을 일본 감축으로서 적절한 방법으로 산정함.
 - JCM에서 신용발행대상인 CO₂ 감축량은 (기준배출량-프로젝트배출량)으로 정의됨.
 - 일본의 기여를 정량적으로 평가하여 일본 감축목표 달성에 활용할 수 있도록 JCM을 구축하고 시행하고 있음.

3) 필요 자료 및 정보

- 민간 기반사업에 의한 기여분과는 별도로 매년 예산 범위 내에서 실시하는 정부사업으로 2030년까지 누적으로 5,000만~1억tCO₂의 국제적인 감축·흡수가 전망됨.
- 일본정부가 취한 조치로 일본국 JCM 실시요강 및 일본국 JCM 등록부, JCM 실증사

업 및 JCM 자금지원 사업 실현가능성 조사 및 능력배양 등이 있음.

- 일본국 JCM 실시요강(2015년 11월 시행): JCM 크레딧 발행·대체 등 일본에서 JCM 크레딧을 취급에 따른 기본적인 규칙을 규정. JCM 실시 담당 부처는 본 요강에 따라 JCM 등록부 운영을 포함한 일본의 JCM 운영
- JCM 등록부(2015년 11월 공개): JCM 크레딧 관리를 위한 정보시스템임. 각 보유계좌간 크레딧 대체(취득, 이전) 또는 비활성화 등 JCM 크레딧 거래에 관한 기록대장임.

<참고문헌>

2013년도 지구온난화 대책 및 시책 진척상황(2016년 2월)

2014년 교토의정서목표달성계획 진척상황(2014년 7월)

2015년 일본약속초안(2015년 7월)

지구온난화 대책 계획(2016년 5월)

지구온난화 대책 계획의 대책 절감량 자료

일본 환경성 <http://www.env.go.jp/seisaku/list/ondanka.html>

일본 국토교통성 <http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/index.html>

일본 산림성 <http://www.maff.go.jp/>

JCM www.jcm.go.jp/

양국간 크레딧 제도(JCM)의 최신동향(2016년 2월)

제4장 국가 격년갱신보고서(BUR) 개선을 위한 시사점

□ 공통 사항

- 개별 감축수단의 감축효과를 산정할 때, 감축수단이나 시책이 대상 산업이나 시설에 동시에 적용되는 경우가 많음. 수단간 중복계산 없이 단일수단의 감축효과를 식별하는 것은 매우 어려운 과제임. 보고서 작성을 위해서는 이러한 중복계산에 유의하여야 함. 중복계산을 회피하기 위해서는 합리적인 수단을 통하여 이를 식별하는 노력이 요구됨. 온실가스종합정보센터의 전문인력으로 이러한 중복계산 감축효과 식별이 가능할 것으로 판단됨. 이를 위해서는 사전적으로 온실가스 배출통계의 분류체계와 배출모형 고도화 과제가 요구됨.
- BR의 온실가스 배출전망은 모형과 자료의 업데이트, 추가된 감축수단 등으로 전망 배출량의 시계열적 일관성이 확보되기 어려운 문제를 안고 있음. 이를 인식하여 우리나라 BUR의 작성에서는 배출전망의 시계열적 일관성을 갖추어 시계열적 비교를 가능하게 하는 것이 바람직함.
- BR에서는 새로이 업데이트된 신규 온실가스 감축수단이나 노력을 중심으로 작성되어 있고, 온실가스 감축수단은 대체로 짧은 설명과 사전식 나열 형태를 취하고 있음. 우리나라 BUR 작성을 위해서는 이와 같은 4개국의 BR 작성방식에서 탈피하여 시계열적 흐름에서 감축수단이 어떻게 진화되어 왔는가에 대한 경험적 전개방식을 바탕으로 구성하여 작성하는 것을 고려해 볼 수 있음.
- 감축잠재량이나 감축효과 산정방법에서의 일관성을 가진 방법론을 채택하는 것이 요구되며, 이를 위해서는 우리나라에서 실제 사용되고 있는 배출 관련 자료 및 정보의 체계화가 선행될 필요가 있음.
- 4개국 BR보고서에서의 감축수단별 감축효과와 온실가스배출량 전망의 관계는 전망 모형에서 감축효과가 일부 고려되고 있는 경우도 있고 그렇지 않은 경우도 있는 것으로 판단됨. 이를 식별하기 위해서는 전망 모형에 대한 세밀한 분석이 요구됨. 대상 부문이나 가스에서 감축수단의 감축효과가 중복되는 경우 이를 어떻게 전망모형에서 고려할 수 있는지를 판단하는 것이 필요함. 온실가스종합정보센터에서 이러한 문제를 합리적으로 식별하는 과제를 담당할 필요가 있음.

□ 에너지공급

- (감축효과의 산정 대상 부문) CHP와 신재생에너지 사용과 같이 다양한 주체를 대상으로 할 경우 인터넷 프로그램을 통해 참여자가 직접 감축량을 입력하도록 하고 담당부서에서 이를 부문별로 취합하여 제시할 필요성이 높음
- (감축효과의 산정방법) 미국과 같이 각 지역의 발전기기 마다 효율과 배출계수를 제공하지는 못하더라도 발전 기기별·에너지원별·규모별로 나누어 효율, Heat Rate, 배출계수 등을 정량화함으로써 감축잠재량 추정의 정확도를 제고
- (갱신보고서의 시책 유형 및 정리) 신재생에너지가 대체한 발전원에 대한 정보가 불확실하여 중복계산 가능성이 높아 가급적 세분류로 편성하여 정리하되 중복가능성 명시할 필요성 높음

□ 건물(가정, 상업/공공) 부문

- (실적 및 예상 중심의 감축효과 추정) 우리나라 BUR에서 추정하는 건물부문 정책의 감축효과는 미국 BR1 및 BR2와 같이 감축 실적과 실현될 수 있는 감축(예상)을 대상으로 함이 바람직할 것으로 보임.

※ 본 연구의 분석대상 미국의 건물부문 감축정책은 승인제품 에너지스타 프로그램(ESLP), 상업용 건물 에너지스타 프로그램(ESCB), 그리고 기기 등 에너지효율기준(MEES)임.

- (정책의 감축효과와 BUR의 관계) 우리나라도 미국의 건물부문 정책과 유사한 감축정책을 운영하고 있으므로 미국의 감축효과 추정방법(공업경제학적 산정방법)을 원용하여 이들 정책의 감축효과를 추정하고 BUR에 반영할 수도 있으나, 연구자는 그러한 방법을 권고하지 않음. 그 배경은 다음과 같음.
 - 미국이 추정하는 감축효과는 기준년도의 차이점으로 인해 미국의 국가목표와 연계성이 떨어짐. 정책에 의한 감축효과 산정의 기준년도는 정책의 도입 직전이 될 수밖에 없는데 비해, 미국의 국가 감축목표는 현재 2005년이 기준년도임.
 - 그러므로 건물부문 정책의 감축효과를 국가목표와 연계하기 위해서는 기준년도를 비교 가능한 상태로 전환하는 방법이 필요한데, BR1 및 BR2는 현재 이러한 방법을 적용하지 않음.
 - 따라서 건물부문의 현행 정책에 의한 감축효과는 정책의 효과를 판단하는 기초자료는 될 수 있으나, 국가 감축목표에 대한 정책의 감축 기여도를 나타내는 지표로 활용되기 어려움.

- ※ 미국의 건물부문 감축정책과 비교되는 우리나라 건물부문의 감축정책은 에너지 소비효율 표시제도, 건축물 에너지효율등급 인증제, 에너지 최저소비효율 기준임.
- (BUR에서 정책과 그 감축효과의 처리방법) BUR에서 정책별로 감축효과를 추정하지 않을 경우, 우리나라의 BUR은 건물부문의 감축정책에 대해서는 그 정책을 설명하는 위주로 반영하고 그 정책의 계량적 감축효과는 건물부문의 종합효과에 포함하여 분석하는 것이 바람직함.
 - 건물부문에서 종합적으로 포함한다고 함은 감축효과를 정책별로 추정하지 아니하고 가정·상업·공공 등 경제부문별로 배출원단위 등을 이용하여 건물부문의 종합적인 감축효과를 추정하는 것을 말함.
- (BUR의 갱신 방법) BR2는 분석대상 감축수단에 대하여 갱신 정리하는 수준을 반영하고 있으므로, 우리나라 BUR의 경우에도 갱신 방법을 체계적으로 반영할 수 있을 것으로 보임.
- (에너지 소비효율 표시제도 관련 참여기관 및 역할) ESLP 및 ESCB는 미국의 에너지부와 환경청이 공동으로 추진하는 감축정책이나, 이들 두 정부부서 간에 체결된 양해각서(MOU)에 따라 환경청이 ESLP 및 ESCB 업무를 추진함. 우리나라의 경우에도 공동으로 추진하는 감축정책은 업무협약 체결 등을 통해 관련 부서 간 업무 조정을 할 수 있을 것으로 보임.
 - 환경청은 외부 전문가의 지원을 받아 ESLP 및 ESCB의 감축효과를 직접 추정
 - 감축효과 추정의 결과에 대하여 공식적인 평가 절차는 없는 것으로 보이며 환경청 내부적으로 또는 외부 자문관의 평가를 거치는 것으로 보임. 다만 외부 자문관의 의견은 대외적으로 공개되지 않는 것으로 보임.
- (최저 에너지효율 기준 관련 참여기관 및 역할) MEES는 미국 에너지부의 에너지절약 및 온실가스 감축 프로그램으로서, 에너지부가 MEES 제도의 운영 즉 기준의 설정, 집행 및 관리를 전담하며, LBL(Lawrence Berkeley National Laboratory)은 기준제도 분석의 전담기관임.
 - 우리나라의 산업통상자원부는 MEES에 해당하는 에너지 최저소비효율 기준을 운영하는 중인데, 필요 시 최저소비효율 기준제도의 감축효과를 분석하는 전담기관을 지정하여 운영할 수 있을 것으로 보임.
 - 전담 분석기관의 운영은 모형의 유지 관리, 관련 시계열 자료의 확보 등 감축정책의 효과분석을 효율적으로 추진할 수 있는 기반이 될 것임.

□ 수송 부문

- (감축효과의 산정 대상 정책) 수송부문의 온실가스 감축잠재량 산정은 정책내에서 는 경계가 명확하게 구분되지만 정책간 효과의 중복계산 가능성이 존재함.
 - 차량 연비개선과 대중교통 활성화 등으로 주행거리 감소효과가 존재하는 경우 한 정책의 효과 계산시 다른 정책이 없는 것으로 가정하여 산정되므로 이를 최소화하는 것이 필요
- (감축효과의 산정방법) 연비 개선, 바이오 연료 등의 온실가스 감축효과 산정 시 직접적 효과 뿐만 아니라 전생애분석을 통하여 순 감축효과를 산정하고 있으므로 우리나라도 해당 정책과 시책별 감축수단의 정량화 제시 뿐만 아니라 전생애 분석을 통하여 단위활동자료 당 배출계수 등을 개발하여야 함.
- (갱신보고서의 시책 유형 및 정리) 갱신보고서의 시책은 효과산정을 가능한 세분류로 편성하여 정리하되 중복산정의 불확실성 명시 필요

□ 폐기물 부문

- (감축효과의 산정 대상 정책) 폐기물 부문의 온실가스 감축은 폐기물 발생억제, 폐기물 재활용, 폐기물 소각, 발생 온실가스의 이용 등으로 구분 가능
 - 폐기물별로 다양한 감축 정책과 자발적인 참여 유도를 위한 정책의 감축효과 분석 계산식 등의 표준화 제시 필요
- (감축효과의 산정방법) 폐기물 억제, 폐기물 재사용 혹은 재활용 등의 온실가스 감축효과 산정 시 직접적 효과 뿐만 아니라 전생애분석을 통하여 순 감축효과를 산정하며, 신규제품과 대체제품 등 현실적인 대안별 재활용 효과 산정 기준 마련 필요
 - 폐자원이 중복적으로 재활용되는 경우 중복효과를 산정하는 기준 마련 필요

□ 농업

- (감축잠재량 산정 벤치마크) 농업 부문의 감축수단에 대한 감축 잠재량은 미국과 영국의 자료를 바탕으로 작성할 필요성
- (감축효과의 산정대상) 미국과 영국의 정책 프로그램은 농업 부문의 기후변화 완화 정책 수립시 벤치마킹 자료로 활용 가능. 프로그램 별 중복 계산의 문제 및 방법론의 중복성이 있을 수가 있을 수 있기 때문에 주의해야 함.

- (감축효과의 산정방법) 선진국의 BR과 같이 감축 방법 및 데이터 등 구체적인 자료들을 보고서에 추가할 필요성
- (감축효과 산정의 전담기관) 정부가 중심이 되어 연구기관, 산업계 등이 참여해야 할 필요성

□ 산업공정

- (감축잠재량 산정 벤치마크) 산업공정 부문의 감축 잠재량 분석은 미국(SF₆ Emission Reduction Partnership for Electric Power Systems, Significant New Alternatives Policy Program, SNAP)과 일본(Holistic policies to reduce the emissions of fluorinated gases)의 자료를 바탕으로 작성할 필요성. 정부와 산업계가 공조하여 효율적인 잠재량을 파악하여 이를 분석할 필요성
- (감축효과의 산정 대상 정책) 미국과 일본의 정책 프로그램은 산업공정 부문의 기후변화 완화 정책 수립 시 벤치마킹 자료로 활용 가능. 산업계에서 측정한 감축 효과에 대해 정부가 리뷰하며 전반적인 감축 효과를 정리하는 작업이 필요함. 정부는 앞에서 논의한 미국과 일본의 사례를 바탕으로 정확한 감축효과 측정에 대한 방법론 및 가이드라인을 제시할 필요성. 감축 프로그램 간에 중복 계산되는 점을 유의해서 감축 효과를 측정해야 함.
- (감축효과의 산정방법) BR 작성시 수치 자료만 수집하거나 감축 수단을 정리하는 것 뿐만 아니라 기술 발전 수준을 참조하여 실질적으로 도움이 될 한국형 BR이 작성될 필요성. 잘 정리된 선진국의 BR과 같이 감축 방법 및 데이터 등 구체적인 자료들을 보고서에 추가할 필요성. 산업계에서 추진해야 할 BR 작성 원칙 규명과 정부가 제시하는 정확한 방법론 및 정책에 대한 가이드라인의 정립이 필요함.
- (감축효과 산정의 전담기관) 정부가 중심이 되어 연구기관, 산업계 등이 참여해야 함. 즉, 정부가 민간에 위탁을 할 경우에는 수시 모니터링을 통해 감축 수단 및 감축 실적을 작성해야 함. 한편, 산업계에서 작성할 경우 정부는 정확한 지침 및 방법론을 제시하여야 함. 해외의 사례와 같이 정부와 참여 기관 간에 MOU를 체결하여 감축 수단 및 감축 실적에 대해 수시로 모니터링할 필요성

□ 산림부문

- (감축효과의 산정방법) 감축잠재량을 정량화하기 어려운 감축수단이며, 정량화를

위한 준비단계가 필요함. 이를 위해서는 산림의 유형을 표준화하고, 이를 바탕으로 지리정보를 활용하여 산림과 토지의 사용 및 산림의 흡수를 플로우 형태로 접근하여 산림 스톡의 변화를 추정할 수 있는 정보를 체계화할 필요성이 있음.

- (감축효과의 산정 대상 정책) 미국의 산림분야의 프로그램은 감축의 실제수단과 감축을 위한 자료/모형 준비 수단으로 구성되고 있음. 감축의 실제 수단은 행동을 우선적으로 추진하는 프로그램으로 다양한 정보/교육 프로그램과 함께 실제 탄소를 저감할 수 있는 방안을 공모하여 실행하는 프로그램임. 따라서 감축수단이 표준화되어 있지 않기 때문에 구체적인 감축잠재량을 정량화하기 어려움.
- (감축효과의 산정방법) 감축을 준비하는 단계의 프로그램은 미국 전체의 산림 인벤토리와 산림의 현황 등을 자료화 정보화 모형화하는 프로그램으로 감축수단으로서 산림 자원을 활용하기 위한 준비 프로젝트로서의 역할을 하고 있음. 이를 위해 기존의 연구와 분석 및 자료를 통합하여 평가하는 프로젝트를 기획하였음. 이러한 평가 프로젝트가 유용한 동시에 활용도가 높음.
- (감축효과의 산정방법) 우리나라의 경우에도 비록 감축잠재량이나 감축효과가 정량화되지 못하고 미흡하더라도 산림부문의 실제 탄소감축을 할 수 있는 활동을 찾는 과제를 기획할 필요가 있음. 또한, 감축을 위해 필요한 자료와 정보를 모형화하여 통합할 수 있는 프로그램을 기획하는 것도 중요한 과제임.

□ 부문간 수단

- (할당관련 대상 정책) 온실가스 감축목표를 달성하기 위하여 시장을 어떻게 활용하는가에 대한 문제이므로 할당량이 목표를 달성할 수 있는 수준에서 결정될 수 있도록 할당량 산정에서의 정보의 비대칭성에 의한 문제를 최소화할 수 있는 방안 마련이 필요함. 이를 위해서는 개별적 사안에 따른 문제 해결 방안을 모색하기 보다는 전체적인 차원에서 포물라 등을 사용함으로써 일관성을 유지하는 방안을 모색하는 것이 요구됨. 개별 시설에 대한 실제 검증된 배출량 자료를 이용할 수 있으므로 검증된 배출량의 집계에 일관성을 유지할 필요가 있음. 검증 배출량의 부문 집계와 부문의 배출량 집계가 가능한 동일한 정보를 담고 있어야 할 필요성이 있음. 독일에서 제1기 할당에서의 가장 큰 문제점은 할당신청시 시설이 적용할 수 있는 방법을 너무 다양하게 제시하여 초과할당이 공식적으로 가능할 수 있었다는 점임. 정보의 비대칭성에 발생하는 초과할당을 최소화할 뿐만 아니라, 할당방식 그 자체에서 초과할당을 공인하는 방식을 최소화할 수 있도록 제도적 검토가 사후적으로 필요함.

- (감축잠재량의 산정방법) 영국과 독일 모두 감축잠재량 산정에 대한 구체적인 정보가 부족함. 다만, 두 국가 모두에서 배출권거래제 대상시설과 산업 전체의 배출량 전망에 대한 격차를 줄이고자 노력한 것으로 보임. 배출권거래제의 감축잠재량은 해당 산업의 전망 배출량을 그대로 사용하고 이를 통해 산업간 할당을 산정하는 방식을 취하고 있음. 감축잠재량과 전망배출량을 동일하게 취급하는 방법은 배출권거래제에 따른 대상시설의 감축잠재량과 해당 산업의 전망배출량 정보가 서로 차이가 없다면 가능할 수 있으나, 이는 사실상 정보가 부족함. 이를 보완하기 위해서는 배출권 대상시설에 대한 감축잠재량 정보와 배출량 전망 정보를 확보할 필요성이 있음.
- (감축효과의 산정방법) 감축분야에 대해서는 유럽의 경우 크게 두 가지 대상에 대한 보고에 집중하고 있음. 첫째는 실제 검증된 배출량과 할당량의 차이를 계산하는 것임. 실제 배출량이 할당량보다 적다면 초과할당이 발생하였을 가능성을 의미함. 또한, 부문이나 산업별로 이러한 차이를 계산하고 있으며, 이러한 차이의 원인분석을 통해 배출권거래제가 일관된 목표로 진행되고 있는지 또는 부문별로 차이가 왜 발생하는지 등을 검토하고 있음. 결국 이를 통해 할당의 배분방식에 대한 부문별 일관성 유지를 체크할 수 있음. 둘째는 배출권가격의 움직임과 그 수준임. 배출권가격이 실제 할당량과 검증배출량의 차이를 설명하는데 일관성을 가지는지를 살펴보아야 함.
- (감축효과 산정 보고) 독일과 영국은 동일한 EU ETS에 참여하고 있음에도 불구하고 배출량 전망 및 감축효과 산정시 화석연료가격 전망이나 탄소가격 전망의 전제치가 서로 다름. 이는 동일한 제도 하에서 전제가 일관되지 않음을 의미함. 중요한 것은 목표를 달성하는 감축수단이지 이를 전망하고 평가하는 방법은 아닐 수도 있음을 의미함. 실제 감축을 위한 제도를 수립하고 활동에 들어가는 것이 전망이나 전제가 무엇인지보다 중요하다는 것을 시사함. 우리나라에서도 온실가스종합정보센터에서 검증된 배출량과 전망배출량 및 할당량과의 비교를 통하여 감축성과를 도출하는 체계를 갖추어 배출권거래제 성과보고서를 정기간행물 형태로 발간하는 것이 바람직함. 에너지가격과 탄소가격의 동향과 배출량에 미치는 영향, 그리고 개별 산업별로 배출량과 할당량 비교와 산업간 비교 등의 내용을 포함하는 것이 바람직함.
- (갱신보고서의 시책 유형 및 정리) BR1 과 BR2에서의 차이가 제도적으로 유의하게 나타나는 것은 아니며, 배출권거래제 거래기간에 따라 온실가스 감축 제도와 행태의 진화가 이루어지고 있음. 각 국가의 배출권거래제에서의 현황과 문제점이 다르므로 실용적인 차원에서 문제에 대한 해법을 접근하고 있음. BR1과 BR2에서의 일관성을 유지하려는 의도가 보이지 않음. 독일의 경우 2014년 Climate Action

Programme 2020이라는 추가적인 감축수단의 도입 프로그램이 시행되어 배출권거래제에 영향을 미치게 되는 것으로 보고하고 있으나 그 효과에 대해서 구체적으로 보고하지는 않고 있음. BR에서의 시사점으로 우리나라도 BUR을 작성할 때, 시계열적 일관성 및 감축잠재량/감축효과의 중복 식별에 주의하는 동시에, 온실가스 감축에서의 새로운 노력이나 감축수단을 중심으로 온실가스 감축정책의 적극성을 알리고 공유하는 방향을 견지하는 것이 바람직함.

- (감축효과 산정의 전담기관) 영국과 독일의 제도적 차이는 전담기관의 차이에서 나타났음. 영국은 초기에는 Defra 등이, 이후에는 DECC가, 2016년에는 BEIS가 전담하는 형태를 취하고 있으며, 독일도 DEHSt를 새로이 전담기관으로 구축하여 배출권거래제에 대한 기능을 담당하도록 함. 다만, 검증과 보고 등에서는 독립적인 기관이 담당하도록 하고 있음. 독일에서는 검증된 보고에서의 정보 검토는 DEHSt에서도 이루어지고 있음. 우리나라에서도 검증된 배출량에 대한 정보를 온실가스종합정보센터에서 취합하여 정기적으로 배출권거래제에 대한 온실가스 감축성과를 보고서로 발간하는 것이 필요함. 감축잠재량, 전망배출량, 실제 검증 배출량을 비교하고 이를 바탕으로 감축성과를 평가하고 원인을 식별하는 작업이 선행되어야 함.