

| 최종보고서 |

온실가스 집약도 목표설정 및 배출권 거래제도와 연계방안에 관한 연구

2003. 5

연구기관 : 한국환경정책·평가연구원

환 경 부

온실가스 집약도 목표설정 및 배출권
거래제도와의 연계방안에 관한 연구

2003. 5.

연구기관 : 한국환경정책·평가연구원

환경부

제 출 문

환경부장관 귀하

본 보고서를 「온실가스 집약도 목표설정 및 배출권 거래제도와
연계방안에 관한 연구」 용역의 최종보고서로 제출합니다.

2003년 5월

한국환경정책·평가연구원장

연구 책임자: 김용건 (한국환경정책·평가연구원)

연구 참여자: 김선영 (한국환경정책·평가연구원)

한화진 (한국환경정책·평가연구원)

강광규 (한국환경정책·평가연구원)

강상인 (한국환경정책·평가연구원)

장기복 (한국환경정책·평가연구원)

< 요약 >

기후변화를 유발하는 온실가스에 대한 국제적 규제가 점차 강화되고 있다. 미국의 반대와 러시아의 비준 지연에도 불구하고 교토의정서의 발효가능성은 여전히 높은 상황이다. 교토의정서의 발효가능성과 별도로 유럽과 일본, 캐나다 등 미국과 호주를 제외한 대부분의 선진국은 온실가스 규제를 강화하고 있다. 교토의정서를 반대하는 미국 내에서도 주정부 단위로 온실가스 규제를 확대하고 있으며, 국회에서의 논쟁도 가열되고 있다. 이는 교토의정서의 발효 여부에 관계없이 국제적인 온실가스 규제는 계속 강화될 것이라는 점을 시사하는 것이다.

우리나라는 비록 교토의정서상에서 감축의무를 부담하고 있지 않지만 향후 추가적인 온실가스 감축의무 협상에서 가장 높은 의무부담 압력에 직면할 것으로 평가된다. 따라서 온실가스 감축의무의 결정 이전에 다양한 의무부담 방식과 수준에 대한 연구와 의견수렴이 필요하다. 이와 함께 국가적인 온실가스 감축목표를 이행하기 위한 배출권 거래제도의 설계도 늦추어져서는 안된다.

본 연구에서는 온실가스 감축목표의 한 형태인 집약도 목표의 도입 타당성과 함께 배출권 거래제도와 연계방안을 분석하였다. 온실가스 집약도 목표는 우리나라를 비롯하여 높은 경제성장률과 함께 미래 전망의 불확실성이 높은 경제시스템에서 고정량 목표방식에 비하여 의무불이행 위험을 감소시킬 수 있고 동시에 자연발생 잉여배출권(Hot Air)의 발생을 줄임으로서 환경적 효과성을 높일 수 있는 바람직한 대안으로 평가된다. 또한 다양한 국가별 온실가스 감축의무 할당 시나리오 분석결과에 있어서 온실가스 집약도에 기초한 할당방식의 경우가 우리나라에 있어서 감축의무에 따른 경제적 부담을 최소화할 수 있는 가능성을 제공하는 것으로 평가된다. 특히 온실가스 집약도 목표의 수립·이행은 경제성장과 환경보전이라는 두가지 목적을 균형있게 추구함으로써 지속가능발전이라는 정책목표의 이행에 유용한 수단으로서의 역할을 할 수 있는 것으로 판단된다.

온실가스 집약도 목표는 과거 아르헨티나 정부에 의해서 개도국의 감축의무 부담방식의 하나로 제시된 바 있으며, 미국의 청정대기정책센터(CCAP), 세계자원연구소(WRI) 등 다수의 연구기관에서도 필요성이 제기된 바 있다. 최근에는 교토의정서 참여를 거부한 미국의 부시 행정부에서 교토의정서를 대체하는 온실가스 감축목표의 대안적 형태로서 제시된 바 있다.

온실가스 집약도 목표가 고정량 목표방식에 비해 의무불이행의 위험과 자연발생 잉여배출권의 발생 위험을 감소시켜줄 수 있음에도 불구하고, 미래 예측의 불확실성에 따른 위험이 충분히 제거되는 것은 아니다. 미래 전망의 불확실성에 따른 위험을 추가적으로 제거하기 위해서는 이중 집약도 목표(dual intensity targets)의 도입을 통해 국가별 목표를 보다 유연하게 설정할 필요가 있다. 즉, 집약도 목표를 단일 수준이 아닌 상한(준수 목표)과 하한(인센티브 목표)으로 이루어진 구간 목표치로 정하고, 정해진 구간 내에서는 벌칙과 인센티브 없이 불확실성을 고려한 완충구간으로 운영하는 것이다. 준수목표 미달성시에는 배출권 구입 또는 벌칙 부과가 필요하며, 인센티브 목표 초과달성시에는 배출권 판매 혹은 보조금 지급을 통해 의무이행의 유인을 제공할 수 있다.

이중 집약도 목표방식은 상한과 하한의 조정을 통해서 감축의무에 대한 구속력이 없는 인센티브 방식, 기존의 고정 목표방식 등 다양한 감축의무 형태를 포괄하는 일반화된 목표설정방식으로서 활용될 수 있다. 이러한 목표설정방식의 유연성은 국가간 협상에서 이해관계의 조정을 통한 타협의 가능성을 넓힌다는 점에서도 바람직한 대안으로 판단된다.

배출권 거래제도를 운영함에 있어서 온실가스 집약도 방식의 적용이 고정목표방식에 비해 추가적으로 복잡한 제도의 설계를 필요로 한다는 점은 확실하다. 하지만 환경적 효과성과 경제적 효율성이란 측면에서 볼 때 고정목표 방식보다 우월한 결과를 가져올 가능성도 매우 크다. 즉, 국가별 특성을 고려한 유연한 목표방식의 적용을 통해 보다 적극적인 감축목표 설정과 이행을 유도함은 물론, 의무불이행 위험과 자연발생 잉여배출권의 예방을 통해 환경적 효과성과 경제적 효율성을 모두 높일 수 있다.

온실가스 집약도 목표방식하에서의 배출권 할당과 거래허용 및 정산방식은 다양한 형태가 검토될 수 있다. 입증후 거래방식이나 이행기간 후 거래방식을 통해 사후적인 거래만을 허용할 수도 있고, 이행기간예치제나 구매국 책임방식 등을 통해 사전적인 거래를 허용할 수도 있다. 사후적인 거래방식의 경우에도 선물·옵션 등 다양한 계약과 거래는 사전적으로 가능함으로 현대 자본·금융시장의 장점이 충분히 발휘된다면 시장의 효율성에 큰 장애는 없을 것이라 판단된다. 단, 온실가스 집약도 목표를 채택하는 경제주체(국가 혹은 기업)와 고정량 목표를 채택하는 경제주체가 공존하는 거래시장의 경우 영국의 예에서와 같이 Gateway 메카니즘을 통해 집약도 목표를 적용받는 부문에서 고정량 목표를 적용받는 부분으로서 순 이전량이 '0'보다 작도록 유지함으로써 고정량 목표 적용 주체를 우대하는 것은 바람직한 대안으로 평가된다. 즉,

경제주체의 상황에 따라 집약도 목표 적용의 정당성이 있다는 점은 분명하지만, 가능한 한 고
정량 목표로의 전환을 유도함으로써 환경관리목표를 보다 확실히 설정·이행하는 방향으로 정
책을 이끌어나가는 것이 바람직하다.

<목 차>

I. 서론	1
II. 기후변화협약 협상 동향 및 전망	3
1. 기후변화협약 및 교토의정서	3
2. 본 협정 및 마라케시 합의	4
2.1. 본 협정	5
2.2. 마라케시 합의	6
3. 제8차 당사국총회	8
3.1. 텔리 선언문	9
3.2. 온실가스 배출통계 보고 및 검토	9
3.3. 재정 메카니즘	9
3.4. 기타	10
4. OECD의 기후변화 논의 동향	10
4.1. 장기 기후정책 방향	11
4.2. 프로젝트 메카니즘	12
4.3. 정책 및 조치	13
4.4. 배출권 거래	14
5. 평가 및 전망	15
III. 온실가스 집약도 목표의 개념 및 특성	19
1. 온실가스 감축의무 참여방식의 설계변수 및 유형	19
2. 온실가스 집약도의 개념	24
3. 온실가스 집약도 적용 사례	28

3.1. 아르헨티나 제안	29
3.2. CCAP 및 WRI의 제안	30
3.3. 미국의 제안	31
4. 불확실성과 이중 집약도 목표	33
IV. 온실가스 목표설정을 위한 집약도의 적용 타당성	37
1. 온실가스 배출 현황	37
2. 온실가스 집약도 목표의 적용 타당성	42
3. 에너지부문 집약도 목표 적용 타당성	45
3.1. 에너지 부문 이산화탄소 배출 추이	45
3.2. 에너지 부문 이산화탄소 배출량과 GDP와의 상관관계	47
3.3. 회귀분석을 통한 이중 집약도 목표 설정	48
4. 세부 분야별 배출집약도 적용 방안	55
4.1. 전력 분야	55
4.2. 제조업 분야	57
4.3. 수송 분야	59
4.4. 토지이용 및 임업 부문	61
4.5. 폐기물 부문	65
V. 온실가스 배출권 거래제도 추진 동향 및 시사점	73
1. 온실가스 배출권 거래제도의 유형 및 개념	73
2. 온실가스 배출권 거래제도 추진 동향	78
2.1. EU의 배출권 거래제도	83
2.2. 영국의 배출권 거래제도	85
2.3. 미국의 배출권 거래제도	87
3. 전망 및 시사점	91

VI. 온실가스 집약도 목표와 배출권 거래제도의 연계	95
1. 온실가스 집약도 목표 하에서의 배출권 거래제도 도입시 고려사항	95
2. 집약도 목표 하에서의 배출권 거래제도 설계 방안	98
VII. 결론	103
참 고 문 헌	107
부 록	111
주요 용어 해설	115

<표 차 례>

<표Ⅱ-1> 교토의정서와 마라케시 합의에 따른 부속서 I 국가의 온실가스 감축필요 량 및 예상 배출권 가격	16
<표Ⅱ-2> 화석연료 연소에 따른 이산화탄소 배출량 변화 (1990~2000)	16
<표Ⅱ-3> 미국의 불참에 따른 교토의정서 배출권 시장가격 하락 효과	17
<표Ⅲ-1> 감축의무 할당 시나리오별 우리나라의 목표 감축률 (2015년)	21
<표Ⅲ-2> 할당 시나리오별 2020년 배출한도	23
<표Ⅲ-3> 할당 시나리오별 일인당 배출한도	24
<표Ⅲ-4> CO ₂ 의 환경쿠즈네츠 곡선 검증에 대한 선행연구 비교	26
<표Ⅲ-5> 배출집약도 방식에 관한 기존 제안·연구 현황	28
<표Ⅲ-6> 배출집약도 향상을 설정을 위한 잠재적 분류(CCAP)	30
<표Ⅲ-7> CO ₂ 와 GDP에 대한 EIA 전망 요약, 2020	34
<표Ⅳ-1> 이산화탄소 관련 주요지표에 대한 국제비교(1999년)	37
<표Ⅳ-2> 지표별 상위 15개 당사국(2000년)	38
<표Ⅳ-3> 부속서 I 국가와 우리나라 온실가스 배출량에 대한 부문별 비교	39
<표Ⅳ-4> 온실가스별·부문별 배출량(2000년)	40
<표Ⅳ-5> 온실가스별·부문별 배출비중(2000년)	41
<표Ⅳ-6> 부문별 온실가스 배출통계(1990년~2000년)에 대한 상관분석 결과	43
<표Ⅳ-7> 우리나라 이산화탄소 배출량 및 GDP 추이	45
<표Ⅳ-8> 우리나라 에너지부문 CO ₂ 배출량과 주요 요인과의 상관관계	48
<표Ⅳ-9> GDP당 이산화탄소 배출량 전망 (EIA)	53
<표Ⅳ-10> 발전부문 이산화탄소 배출집약도 국가간 비교(BAT=100%)	56
<표Ⅳ-11> 제조업 업종별 에너지원단위(에너지/부가가치) 추이	57
<표Ⅳ-12> 영국 기후변화협정의 업종별 목표 및 실적(2001~2002)	58

<표IV-13> 임업 및 토지이용부문의 온실가스 배출현황	61
<표IV-14> 토지유형 별 단위면적 당 biomass	63
<표IV-15> 산림의 타용도 전용시 배출량	63
<표IV-16> 폐기물 부문의 온실가스 배출현황	65
<표IV-17> 연도별 매립 폐기물의 DOC(%)	66
<표IV-18> 하폐수 처리 가정과 추정식	68
<표IV-19> 소각에 따른 CO ₂ 배출현황	69
<표IV-20> 폐기물 유형별 · 처리방법별 비중 변화 추이	69
<표IV-21> 소각 폐기물 종류별 이산화탄소 배출계수	70
<표IV-22> 2020년까지의 소각에 의한 이산화탄소 발생량 예측	71
<표V-1> 배출권거래 시행 사례별 비용절감 추정치(미국)	73
<표V-2> 배출권 거래의 할당방법	75
<표V-3> 교토메카니즘 하에서의 배출권 유형	76
<표V-4> 국가별 신재생에너지증명서 거래제도 현황	80
<표V-5> 탄소기금의 유형 및 특징	82
<표V-6> 온실가스 배출권 거래제도 사례	88
<표V-7> 온실가스 배출권 거래제도 사례(배출한도와 할당)	89
<표V-8> 온실가스 배출권 거래제도 사례(이행과 벌칙)	90
<표V-9> 교토의정서에 따른 배출권의 시장가격 전망	91
<표VI-1> 온실가스와 GDP에 대한 측정, 보고 및 감시 측면의 비교	96

<그 립 차 례>

[그림Ⅲ-1] 1인당 GDP와 GDP당 배출량	27
[그림Ⅳ-1] 일인당 배출량	46
[그림Ⅳ-2] GDP(PPP)당 배출량	47
[그림Ⅳ-3] 에너지부문 이산화탄소 배출량과 GDP에 대한 회귀분석 결과(단순선형)	49
[그림Ⅳ-4] 에너지부문 이산화탄소 배출량과 GDP에 대한 회귀분석 결과(누승식)	50
[그림Ⅳ-5] 에너지 부문 CO ₂ 배출량에 대한 이중목표(예시)	52
[그림Ⅳ-6] 과거 데이터에 따른 회귀분석 결과와 EIA(2000)의 전망	54
[그림Ⅳ-7] 국가별 전력부문 kWh당 CO ₂ 배출량 추이	55
[그림Ⅳ-8] 국가별 수송부문 GDP당 CO ₂ 배출량 추이	60
[그림Ⅳ-9] 국가별 수송부문 일인당 CO ₂ 배출량 추이	60
[그림Ⅳ-10] 하수처리과정에서의 온실가스 배출량	68
[그림Ⅴ-1] 영국의 온실가스 배출권 거래제도 개념도	85
[그림Ⅵ-1] 당사국 - 비당사국간 거래구조	101

1. 서론

1992년 리우 환경정상회의에서 기후변화협약이 채택된 이후 국제사회는 온실가스 배출안정화를 위한 노력을 지속하여 왔다. 특히 1997년 교토의정서의 채택은 선진국의 온실가스 감축의무를 구체화하였다는 점에서 매우 중요한 진전으로 평가되고 있다. 이를 계기로 선진 각국에서는 온실가스 감축을 위한 정책과 조치를 확대하고 있으며, 특히 온실가스 배출권의 할당과 거래에 관한 제도의 도입을 가속화하고 있다. 하지만 이러한 전향적인 움직임과 별도로 미국의 교토의정서 거부 선언과 러시아의 교토의정서 비준 지연은 교토의정서와 기후변화협약의 미래에 어두운 그림자를 드리우고 있다. 또한 선진국에서 주요 선발개도국에 대한 온실가스 감축의무 부과를 지속적으로 요구함에 따라 선진국과 개도국간의 갈등 또한 점차 수면위로 등장하고 있다.

이처럼 기후변화 예방을 위한 국제사회의 움직임은 국제협약 측면에서 발전과 후퇴의 두 가지 현상을 모두 보이고 있다. 그럼에도 불구하고 기후변화 문제의 심각성에 대한 전문가들과 일반 대중의 인식은 보다 강화되고 있으며, 이에 따라 국제협상의 틀 밖에서의 노력을 꾸준히 확대되고 있다. 유럽연합을 중심으로 한 각국의 정책적 노력이나 교토의정서 거부를 선언한 미국에서조차도 점차 많은 주정부와 민간업계에서 기후변화 대응을 위한 온실가스 감축정책을 확대해나가고 있다는 점은 주목할 필요가 있다. 이러한 동향을 토대로 볼 때, 기후변화의 예방을 위한 온실가스 감축의 필요성은 결코 낮아지지 않을 것으로 보인다. 특히 우리나라는 온실가스 배출량과 그 증가세가 세계적으로 높은 수준인 선발 개도국으로서 향후 국제적인 온실가스 규제압력에 개도국 중 가장 먼저 직면하게 될 것으로 예상된다. 이에 대비하기 위해서는 우리나라의 여건에 맞는 감축목표의 설정과 이행방식에 대한 연구가 시급한 상황이다.

온실가스 집약도 목표방식은 교토의정서에서 채택하고 있는 고정목표방식에 대한 대안으로서 아르헨티나 정부에서도 제안한 바 있고, 미국 정부에서도 최근 교토의정서에 대한 대안으로 제기한 바 있다. 그리고 다양한 선진국 연구기관에서도 개도국에 대한 온실가스 집약도 목표 적용을 주장하여 왔다. 우리나라에서도 이에 대한 연구가 시작되고 있으며, 초기의 연구결과는 우리나라의 여건에서 바람직한 대안의 하나로 평가되고 있다. 따라서 이에 대한 보다 심도있는 연구는 향후 우리나라의 온실가스 감축의무 협상 대응은 물론 국내적인 정책 설계를 위해서도 매우 시급한 실적이다.

본 연구에서는 지금까지의 기후변화 국제협상 경과를 분석하고 개도국 온실가스 감축목표 부담과 관련된 동향을 분석하도록 한다. 그리고 온실가스 집약도의 개념과 특성 및 우리나라에의 적용타당성을 분석하도록 한다. 다음으로 온실가스 배출권 거래제도의 추진동향을 살펴보고 온실가스 집약도 방식의 적용시에 배출권 거래제도의 운영상에 미치는 영향과 가능한 문제점 및 해결방안을 논의하도록 한다. 이는 향후 우리나라에서 적용가능한 온실가스 집약도 목표 방식을 도출하고, 배출권 거래제도의 설계방향을 제시하는데 유용한 논리적 기초를 제공할 수 있을 것이다. 또한 향후 진행될 개도국의 온실가스 감축의무 협상에서도 전략적 방향과 논리 제공에 필요한 정보를 제공할 수 있을 것이다.

II. 기후변화협약 협상 동향 및 전망

1. 기후변화협약 및 교토의정서

기후변화협약(United Nations Framework Convention on Climate Change: UNFCCC)이란 기후체계에 대한 위험한, 인위적 간섭(interference)을 방지할 수 있도록 대기중의 온실가스 농도를 안정화하기 위한 목적으로 1992년 리우 환경정상회의에서 채택된 국제협약이다. 1992년 당시 경제협력개발기구(OECD) 24개국과 온실가스 감축 잠재력이 높은 동구권 11개국 등 총 35개국으로 구성된 부속서 I 국가에 대해 1990년 수준으로 온실가스 배출량을 안정화하도록 노력하여야 할 의무를 부과하고 있으며, 특히 부속서 II 국가(동구권을 제외한 부속서 I국가)는 개도국에 대한 재정 및 기술지원 의무를 추가로 부담하고 있다. 기후변화협약은 1994년 3월 비준국 수가 50개국을 넘음으로써 발효되었으며, 우리나라는 1993년 12월에 비준하였고 2003년 4월 188개 국가(유럽연합 포함)가 비준한 상태이다.

국제사회는 “공통의 그러나 차별화된 책임 원칙(Common but differentiated responsibility)”에 따라 기후변화협약의 이행을 촉진하기 위해 선진국의 의무강화를 위한 구체적 방안을 논의한 끝에 1997년 제3차 당사국총회(COP3)에서 선진국의 구속력 있는 양적 감축의무를 명문화한 교토의정서(Kyoto Protocol)를 채택하였다. 교토의정서는 부속서 B국가¹⁾에 대한 구속력 있는 (legally binding) 감축목표 설정, 배출권거래/청정개발체제/공동이행 등 교토메카니즘, 국가 보고서 작성/제출/검토, 재정 및 기술이전, 기타 조직/행정/의사결정 관련사항을 주요내용으로 담고 있다.

교토의정서에서 가장 핵심적인 내용은 부속서 B국가에 대한 양적 감축의무의 부과이다. 교토의정서는 부속서 B국가에 대하여 1차 의무이행기간(2008~2012) 중 CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆ 등 6개 온실가스의 배출량을 1990년도 대비 평균 5.2% 감축하도록 명시하고 있다.²⁾ 감축목표는 당사국에 따라 차별화되어 있는데, 미국의 경우 7%, 캐나다 및 일본 6%, EU 8%

1) 부속서 B국가란 교토의정서 부속서 B에 수록된 국가로 협약상의 부속서 I국가들 중에서 벨라루스와 터키를 제외하면 동일하다.

2) HFCs, PFCs 및 SF₆에 대해서는 당사국의 재량에 따라 1995년을 기준연도로 선택할 수 있다.

등이며, 일부 국가는 증가가 허용되었다(아이슬랜드 10%, 호주 8%, 노르웨이 1% 등). 러시아, 우크라이나, 뉴질랜드 등의 국가는 증감없이 0%의 목표를 받았고, 헝가리와 폴란드는 6%, 루마니아와 슬로바키아는 8% 등 동구권 국가들도 감축의무를 부담하고 있다.

교토의정서는 부속서 I국가에 대한 감축목표와 함께 이를 달성하기 위한 비용을 최소화하기 위해 배출권 거래(emissions trading: ET), 청정개발체제(Clean Development Mechanism: CDM), 공동이행(Joint Implementation: JI) 등 세 가지의 국제협력수단을 허용하고 있다. 이 세 가지는 소위 교토메카니즘(Kyoto mechanism) 혹은 유연성 조치(flexibility measure)라 불리고 있는데, 이에 따라 온실가스에 대한 범세계적 시장이 출범하게 된다는 점에서 국제경제에 미치는 영향이 클 것으로 예상된다. 또한 의정서 4조에는 지역경제협력체 혹은 일부 국가가 협의에 의해 감축목표를 함께 달성할 수 있도록 하는 공동실시(joint fulfillment)가 규정되어 있는데, 현재 EU가 이 조항의 적용을 받고 있다. 이를 통해 EU는 교토의정서에 명시되어 있는 8% 삭감 목표를 회원국간에 재분배하였으며, 이에 따라 스웨덴(4%), 스페인(15%), 그리스(25%), 포르투갈(27%) 등이 증가목표를 할당받았으며, 영국(-12.5%), 독일 및 덴마크(-21%), 룩셈부르크(-28%) 등은 8%를 크게 상회하는 감축목표를 이행하여야 한다.

우리나라는 2002년 11월 8일 교토의정서를 비준(서명은 1998년 9월 25일)하였으며, 2003년 4월 12일 106개국(31개 부속서 I국가 포함)이 비준하였다. 현재까지 비준한 부속서 I국가의 배출량 비중은 43.9%로서 러시아의 비준이 예상되는 2003년 중반에 발효가 가능할 것으로 전망된다.³⁾

2. 본 협정 및 마라케시 합의

1997년 제3차 기후변화협약 당사국총회에서 채택된 교토의정서에 대한 해석과 세부 이행방안에 대한 견해 차이를 해소하기 위해, 1998년 제4차 당사국총회(COP4)에서는 2000년 말까지 모든 쟁점에 대한 협상을 일괄타결한다는 부에노스아이레스 행동계획(Buenos Aires Plan of Action: BAPA)을 채택하였다. 2000년 말에 개최된 제6차 당사국총회(COP6)에서는 BAPA의

3) 교토의정서의 발효조건은 첫째 55개국 이상 비준하여야 하며, 둘째 부속서 I국가 중 1990년 이산화탄소 배출량 기준으로 55% 이상을 점유하는 국가가 비준하여야 한다.

이행을 위한 협상을 시도하였으나 미국 협상단의 미온적인 태도와 함께 미국을 위시한 소위 Umbrella 그룹⁴⁾과 EU와의 심각한 입장차이를 끝내 해소하지 못함에 따라 협상이 결렬되었다. 이에 따라 2001년 중순 COP6의 속개회의(COP6bis)를 개최하여 추가적인 협상을 진행하였다.

2.1. 본 협정(Bonn Agreement)

2001년 3월말 부시 대통령의 교토의정서 거부 선언으로 협상타결 가능성이 희박한 상황에서 개최된 속개회의에서는 교토메카니즘, 의무준수체계, 개도국 지원, 흡수원 등의 네 가지 핵심 쟁점에 대한 일괄협상이 성공하여 합의가 도출되었다. 특히 보조성, 흡수원(sink), 의무준수체계 등의 문제에 관한 EU의 양보와 개도국 그룹(G77/중국)의 협조로 정치적 합의(Bonn Agreement: 본 협정)가 도출되었다.

청정개발체제(CDM), 배출권 거래제(ET) 등 교토메카니즘의 활용한도(보조성)에 있어서 EU와 개도국은 Umbrella 그룹의 주장을 대폭 수용함으로써 양적인 한도를 설정하지 않기로 합의하였다. 흡수원의 이용한도에 대해서도 가장 논란이 되었던 산림경영활동의 인정범위에 합의하였다. 국가별로 산림경영활동을 통한 흡수량 인정한도를 확정했으며, 일본과 캐나다 등 Umbrella 그룹이 높은 한도를 허용받음으로써 온실가스 감축의무 이행의 상당부분을 산림경영으로 해결하는 것이 가능하게 되었다.

이와 함께 개도국 지원과 관련하여 기후변화 특별기금, 최빈국 기금, 교토의정서 적응기금 등 3개의 기금 신설을 합의하였다. 구체적인 지원액을 명시하지는 않았으나 부속서 II 국가가 정치적 선언을 통해 적정규모의 재원을 공여하겠다는 약속을 합의내용에 포함하였고, 이러한 합의내용의 발표와 함께 EU 등 대부분의 부속서 II 국가(미국은 제외)에서 함께 4억1천만불에 이르는 재원 공여의사를 발표함에 따라 구체적인 재원 규모에 대해서도 사실상의 합의가 도출된 것으로 평가된다.⁵⁾

본 협정은 미국의 반대에도 불구하고 교토의정서가 이행될 수 있다는 점을 국제사회가 확인

4) Umbrella 그룹이란 미국, 호주, 캐나다, 아이슬란드, 일본, 뉴질랜드, 노르웨이, 러시아, 우크라이나 등으로 구성된 협상그룹으로서 EU, G77/중국 등과 함께 교토의정서 후속협상과정을 주도한 3대 협상그룹의 하나이다.

5) 재정지원 규모에 있어서 비록 협상과정에서 논의되어 왔던 연간 10억불 수준의 재원조성 의무화가 희석되어 구체적인 규모 언급없이 국가별로 자발적으로 기여한다는 선언적 조항으로 합의되었지만, EU 등 국가에서 공표한 재원지원 규모는 미국 등 제외된 국가를 고려할 경우 10억불 규모의 강제적 조성보다 더 진전된 것으로 평가된다.

했다는 점에서 높은 평가를 받고 있으며, 교토의정서를 발효시키는데 유리한 토대를 마련한 것으로 평가되고 있다. 특히 UN 시스템이 범지구적인 문제의 해결에 중요한 역할을 할 수 있다는 점을 확인한 것으로 인식되고 있다. 또한 개도국 지원 기후변화특별기금, 최빈국기금 및 적응기금 등 3개 기금 설립 및 기술이전을 용이하게 하기 위한 전문가그룹 설치 등에 합의함으로써 선진국의 개도국 지원이 가시화되었다는 점은 긍정적으로 평가된다. 하지만 합의도출 자체에 치중한 나머지 온실가스 감축이라는 본연의 목적이 크게 희석되었다는 비판도 제기되고 있다. 미국의 불참 자체만으로도 부속서 I 국가들의 온실가스 감축목표는 90년도 배출량 대비 -5.2%에서 -3.9%로 낮추어진 상태인 데다가, 금번 회의에서 합의된 산림경영을 통한 흡수량 인정과 러시아 등 동구권의 Hot Air(배출량 자연감소분 또는 자연발생 잉여배출권) 거래를 전부 허용할 경우 제1차 공약기간 중 부속서 I 국가들의 온실가스 배출 저감목표는 마이너스로 바뀔 것이라는 분석도 제기되고 있다.

2.2. 마라케시 합의

2001년 말에 개최된 제7차 당사국총회(COP7)는 제6차 당사국총회 속개회의에서 핵심쟁점에 대한 합의가 도출되었으므로 상대적으로 기술적인 주제들이 논의되었다. 주요 쟁점으로는 교토메카니즘(청정개발체제, 배출권 거래 및 공동이행), 의무이행체제(compliance mechanism) 및 배출량 산정·보고·검토에 관한 의정서 5·7·8조의 구체적 이행방안 확정, 러시아의 산림경영활동에 따른 흡수원 인정한도 확대 등이 논의되었다.

협상은 교토메카니즘 참여자격(eligibility)을 완화하고 러시아에 대한 흡수원(산림경영) 활용 한도를 본 협정에서 합의한 17백만탄소톤에서 33백만탄소톤으로 확대 인정하는 등 Umbrella 그룹의 주장을 추가 반영함으로써 합의를 도출하였다.

가장 민감한 문제인 개도국 의무부담과 관련하여, 개회식에서 진행된 협상그룹별 대표연설에서부터 선진국과 개도국의 갈등이 표출되었다. 특히 G77/중국의 의장국인 이란이 개도국에 대한 새롭거나 추가적인 의무부담 문제가 제기되어서는 안된다고 강조함으로써 논의 자체를 거부하였는데, 교토의정서 체제 자체의 발족이 저해될 것으로 우려한 EU(의장국 벨기에)에서 개도국 감축의무에 대한 검토가 COP7이나 WSSD에서 논의되어서는 안되며 의정서 발효 이후 혹은 COP8에서나 논의되어야 한다고 주장하는 등 여러 당사국에서 금번 회의에서의 개도국

의무부담 관련 논의를 반대함에 따라 결국 이에 대한 논의는 차기 회의 의제로 이월되었다.

마라케시 합의의 주요 내용으로는 러시아에 대한 산림경영 크레딧 한도 확대를 들 수 있다. 미국의 불참을 가정할 때 배출권의 잠재수요가 낮은 상황에서 러시아로부터의 배출권 공급량을 더욱 확대시킴으로서 향후 배출권 시장의 가격을 크게 낮출 것으로 예상된다.

다음으로 RMU(Removal unit)의 신설과 예탁(Banking) 제한, 호환성 보장, 이행기간 예치제의 운영방식 구체화, JI 감독위원회 구성·운영방식 등의 세부사항이 결정되었다. 구체적으로 의정서 3.3 및 3.4항에서 규정하고 있는 흡수원 활동(LULUCF)에 따른 추가 할당량에 대해 발행하는 배출권을 RMU로 정의하고 이에 대해서는 차기 이행기간으로의 예탁을 금지하였다.

CDM 및 JI를 통해 발생하는 크레딧인 CER 및 ERU에 대해서는 할당량의 2.5% 한도내에서 차기 이행기간으로의 예탁을 허용(제한적 예탁)하였다. 흡수원을 제외한 교토의정서 부속서 B에 따른 할당량(AAU)에 대해서는 무제한 예탁이 허용되었다. 호환성(fungibility)과 관련하여서는 선진국의 입장이 수용되어 AAU, CER, ERU, RMU 등 네 가지 배출권 혹은 크레딧 간에 상호 호환 및 거래를 허용기로 합의하였다. 또한 Umbrella 그룹의 입장을 수용하여, 이행기간 예치(Commitment Period Reserve: CPR) 규정을 교토메카니즘 참가자격요건에서 제외하였다.

JI 감독위원회가 승인하는 ERU(2nd track ERU)에 대해서는 CPR 관련 의무의 적용을 면제함으로써 동구권에서의 조기 JI 사업 활성화를 촉발할 것으로 전망된다. JI 감독위원회(supervisory committee)의 구성과 관련하여 선진국과 개도국의 줄다리기 끝에 시장경제전환국(EIT) 3인, 기타 부속서 I국가 3인, 비부속서 국가 3인, 소도서국(AOSIS) 1인 등 총 10인으로 구성하기로 결정하였다. 조기 공동이행(early JI)과 관련하여서는 2000년 이후 시작된 사업에 대해 관련 규정을 만족할 경우 JI 사업으로 인정하되 크레딧(ERU)의 발생은 2008년 이후에 가능하도록 한다는 데 선진국과 개도국이 절충하였다.

의무준수체제(Compliance mechanism)의 법적 구속성 여부(legally binding or politically binding)에 대해서는 합의가 도출되지 못하였으며, 의정서 발표 이후 개최되는 제1차 의정서 당사국총회(COP/MOP-1)에서 이에 대한 결정을 내리기로 유보하였다. 의무준수 관련 절차 및 메카니즘(procedures and mechanisms of compliance)에의 구속성 여부를 교토메카니즘(CDM, JI, ET) 참가자격요건에서 제외함으로써 향후 의무준수체계에 대한 법적 성격과 교토메카니즘과의 관계가 쟁점으로 떠오를 전망이다.

이와 함께 당사국총회가 부속서 I 에 가입하고자 하는 카자흐스탄의 제안과 함께 교토의정서가 발효되면 의정서상의 부속서 I 국가에 포함된다는 점을 다른 당사국에 통보하기로 결정하였다. 마라케시 합의는 또한 부속서 B의 정량적 감축목표에 대한 협상에 대한 카자흐스탄의 관심을 지적하고 있는데, 이에 따라 교토의정서가 발효되면 카자흐스탄에 감축목표 설정을 위한 협상이 시작될 전망이다. 카자흐스탄의 이산화탄소 배출량은 구소련에서의 분리독립 이후 1992년 254.52백만CO₂톤에서 1999년 114.45백만CO₂톤으로 55% 감소하였으며, 동구권에 준하는 1990년 수준으로의 안정화 목표를 채택할 경우 백만톤 이상의 Hot Air 추가 발생이 예상된다. 이러한 카자흐스탄의 감축목표가 확정된다면 비록 카자흐스탄에게는 이익을 가져다 줄 것이지만 교토의정서의 선진국 감축의무는 본 협정, 마라케시 합의 이후에 또 한번 희석되는 효과를 초래할 것으로 전망된다.

3. 제8차 당사국총회

2002년 10월 23일부터 11월 1일까지 인도 뉴델리에서 개최된 제8차 당사국총회에서는 WSSD 회의 결과를 기초로 지속가능발전과 기후변화협약과의 조화로운 관계를 모색하고, 교토의정서 발효 이후의 대응방향을 수립하기 위한 협상이 진행되었다. 그 결과 선진국의 기후변화 대응조치 이행을 촉구하고, 개도국의 지속가능 발전을 촉진한다는 내용의 델리 선언문이 채택되었다.⁶⁾

델리 선언문(Delhi Declaration on Climate Change and Sustainable Development)의 채택이라는 상징적인 행사가 있었지만, 전체적으로 기후변화 대응을 위한 국제사회의 노력을 보다 강화·발전시키는 데 의미있는 기여를 하지 못 했다는 평가를 받았으며 다수 당사국의 실망을 초래하였다. 특히, 델리 선언문에 대한 협상 과정에서 향후 온실가스 감축의무의 강화에 대한 구체적인 내용이 누락됨에 따라 유럽 국가의 반발을 불러일으켰다. 미국의 교토의정서 불참 문제가 기후변화협약의 이행에 여전히 심각한 걸림돌로 작용하고 있으며, 향후 미국의 교토의정서 복귀에 대한 세계 각국의 압력이 강해짐과 동시에, 개도국에 대한 온실가스 감축의무 부과 문제도 쟁점으로 부각될 전망이다.

6) 온실가스 감축 문제와 함께 개도국의 적응(adaptation) 노력에 대한 선진국의 지원이 강조됨으로써 “Adaptation COP”이란 별칭을 얻게 되었다.

3.1. 델리 선언문

델리 선언문은 경제·사회발전과 빈곤퇴치가 개발도상국의 최우선 과제임을 재확인하며, 모든 기후변화협약 가입국이 온실가스 배출량 억제노력에 최우선순위를 부여할 것을 강조하고 있다. 교토의정서의 미비준국들의 조속한 비준과 함께 선진국과 개발도상국간의 차별화된 책임을 고려하여 각국의 협약상 약속 이행을 촉구하고 있으며, 개발도상국이 지구온난화 등에 대처할 수 있도록 선진국이 재정지원 및 기술이전을 확대하고, 온실가스 감축기술 개발과 관련한 국제협력을 강화하며, 온실가스 배출억제 대책을 위한 정보교환과 재생가능 에너지의 사용 비율 확대 등을 요청하고 있다.

3.2. 온실가스 배출통계 보고 및 검토

부속서 I 국가의 제4차 국가보고서 제출시한을 EU의 제안에 따라 2006년 1월 1일로 결정하였다. 이는 부속서 I 국가의 의무이행과 관련하여 가시적인 진전(demonstrable progress)에 관한 보고 시한(교토의정서 3조 2항)과 일치하는 것이다.

국가보고서를 제출하지 않은 비부속서 I 국가들은 가능한 한 조속히 국가보고서를 제출하도록 하되 최빈국(Least Developed Countries: LDCs)은 자국의 재량에 맡긴다는 결정문이 채택되었다. 또한 기후변화협약 사무국은 비부속서 I 국가의 1차 국가보고서에 대한 제5차 종합보고서를 준비하기로 하였다. 비부속서 I 국가의 국가보고서 작성지침 개선안이 확정되었으며, 부속서 I 국가의 국가보고서 지침을 따를 수 있다는 데 합의하였다. 비부속서 I 국가의 국가보고서 제출 빈도는 제9차 당사국총회에서 결정하기로 하였다.

3.3. 재정 메카니즘

기후변화협약 하의 재정 메카니즘 운영을 담당하고 있는 지구환경금융(Global Environment Facility: GEF)의 지원조건과 관련하여, GEF에 대한 당사국총회의 지침과 GEF의 운영방식간의 일관성 문제가 논의되었다. GEF는 당사국총회에서 별도의 지침을 결정하지 않는 한 현재의 GEF 운영절차가 협약하의 기후변화 특별기금(Special Climate Change Fund)에도 적용될 것이

라는 점을 지적하였다. 제9차 당사국총회(2003년 12월, 이탈리아 밀라노)에서 GEF에 대한 운영 지침이 확정될 예정이다.

재정 메카니즘의 검토와 관련하여 협약 사무국이 당사국총회와 지구환경금융 총회간의 양해각서(Memorandum of Understanding: MOU)의 이행상황에 대한 보고서를 준비하여 제20차 부속기구회의(2004년 중순 개최 예정)에서 논의기로 하였다.

최빈국 기금(LDC fund)의 운영과 관련하여 신속한 지불(speedy release and disbursements), 국가 적응 행동계획(National Adaptation Plan of Action: NAPA)의 준비 및 이와 관련된 4회의 지역 워크샵에 대한 시의적절한 지원을 보장한다는 결정문을 채택하였다.

3.4. 기타

청정에너지 수축에 대한 크레딧 부여를 위한 캐나다의 제안과 정책 및 조치의 부정적 영향에 대한 대응(교토의정서 2조 3항)에 관한 사우디아라비아의 제안, 그리고 감축의무의 적정성 검토 등 세 개의 의제는 구체적인 논의가 이루어지지 못하고 당사국간의 견해차이만을 확인한 채 다음 회의에서 다시 논의기로 하였다.

4. OECD의 기후변화 논의 동향

OECD는 부속서 I 국가를 중심으로 기후변화 전문가그룹회의를 매년 2회 개최하며 관련 협상 및 국제 협력에 대한 대응방안을 논의하고 있다. 2003년 3월 13~14일간 개최된 OECD 부속서 I 전문가 그룹(Annex I Expert Group: AIXG) 회의에서는 장기 기후정책 방향, 프로젝트 메카니즘, 정책 및 조치, 배출권 거래 등 네 가지 주제를 중심으로 전문가의 보고서 발표와 토론이 있었다. 이 회의의 주요 논의내용과 시사점으로 OECD 기후변화의 논의동향을 살펴본다.

4.1. 장기 기후정책 방향(Long-term climate policy issues)

기후변화 해결을 위한 중장기적 방향에 대한 검토와 함께, 단기적인 감축의무 방식을 비교·분석한 보고서(“Evolution of Mitigation Commitments: Key Issues”)가 발표되었으며, 단기적 감축의무 방식으로서의 정량적 목표 방식인 동적 목표(dynamic target), 가격상한(price-cap), 비구속적 목표 등과 함께 비계량적 목표 방식인 정책 및 조치, 기술협정(technology agreement), 탄소세, 부문별 목표 방식 등에 대한 분석결과가 논의되었다. Philibert(2003)는 국가별로 상이한 여건을 고려할 때 특정 감축의무 방식을 일률적으로 적용하는 것보다는 국가별로 상이한 형태의 감축의무를 부담하는 것이 바람직하다고 주장하였다. 예를 들면 개도국의 경우 1차 이행기간에서 정책 및 조치, 혹은 부문별 목표 방식을 채택하고, 비구속적 국가 목표가 다음 이행기간에는 구속적인 방식으로 전환되는 방식이 가능하다는 점을 지적하였다.

이산화탄소 배출량을 크게 감소시킬 수 있는 기술적 대안들에 대해 검토하고, 기술의 개발·보급을 촉진시킬 수 있는 정책수단들을 분석한 논문(“Technology Innovation, Development and Diffusion”)에서 Philibert(2003)는 현재의 기술적 대안들이 부족하고, 시간이 지남에 따라 기술발전이 가능할 것이므로 이산화탄소 감축노력을 기술발전 상황에 맞추어 늦추는 것이 보다 경제적인 수 있음을 설명하였다. 특히 탄소 고배출형 사회경제구조로 고착되는 현상을 예방하여야 하며, 기술 및 성과 표준을 포함하는 국제적 기술협정의 도입 필요성을 시사하고 있다. 상기 논문은 단기적인 온실가스 저감노력이나 구체적인 정책수단의 이행을 전제하지 않고 기술발전 상황을 지켜본 후 저감노력을 기울이지는 주장으로서, 조속한 온실가스 감축을 추구하는 교토의정서 등 국제사회의 방향과는 상반된 입장을 반영하고 있어 주목된다. 기술개발을 촉진하기 위해서는 기술개발의 주체, 특히 기업이 기술개발의 필요성을 느낄 수 있는 여건이 조성되어야 하며, 정부 주도의 Push 전략만으로는 좋은 결과를 기대할 수 없다. 따라서 향후(중장기) 온실가스 규제 일정에 대한 불확실성 감소가 기술개발을 촉진하기 위해 매우 중요하다는 점에 대한 충분한 고려가 필요하다고 판단된다.

한편 고정목표(fixed target), 동적 목표(dynamic target), 가격상한(price cap) 등 다양한 온실가스 감축목표 방식들에 대하여, 협상능력, 정책 설계 및 이행, 감시 및 보고 체제 등 제도적인 역량의 조건에 대하여 비교 분석한 논문 “Institutional Capacity for Future Mitigation Commitments”가 발표되었다. Willems(2003)는 이 논문을 통해 제도적 역량에 따라 적절한

감축목표 방식이 선택되어야 하지만, 감축목표의 결정이 제도적 역량 제고를 촉진하는 측면도 있다는 점을 강조하고 있다. OECD는 남아공, 한국, 아르헨티나, 멕시코, 카자흐스탄 등 일부 개도국에 대하여 제도적 역량에 대한 국가별 사례연구를 추진할 예정이다.

4.2. 프로젝트 메카니즘(Project-based Mechanisms)

청정개발체제(Clean Development Mechanism: CDM) 집행이사회(Executive Board: EB) 활동 및 프로젝트 메카니즘 관련 향후 작업방향에 대한 발표 및 토론이 진행되었다. 첫 번째 CDM 사업과 운영기구(Operational Entity: OE)의 지정이 순조롭게 진행되고 있다는 EB 의장의 설명에 대해 영국과 독일은 추가성(additionality), 환경영향평가(EIA), OE의 역할, 기준선(Baseline) 설정 방법론 등 다양한 주제에 대한 추가 작업의 필요성을 강하게 제기하였다. 향후 AIXG에서 CDM EB의 활동에 대한 평가와 지원을 위해 노력한다는 합의가 도출되었다.

향후 프로젝트 메카니즘⁷⁾ 관련 작업방향에 대하여 Martina Bosi (IEA)의 발표와 각국 대표의 토론이 진행되었다. Bosi(2003)는 ① 기존 프로젝트 메카니즘에 대한 평가, ② 기준선 설정 방법론의 개발(이산화탄소 포집·저장 및 천연가스 프로젝트 관련), ③ 프로젝트 메카니즘과 다른 AIXG 작업 프로그램간의 연계 부분(장기 정책방향 및 배출권 거래 관련) 등 세 가지의 작업방향(주제)을 제시하고, 우선순위 등에 대한 각국의 의견을 요청하였다. 슬로베니아는 세 번째 주제의 우선순위를 가장 높게 평가(핀란드 동조)하며, 이산화탄소 포집·저장 기술에 대해서는 IPCC에서 이론적 논쟁이 진행 중이므로 AIXG의 논의가 시기상조임을 주장(스위스, 독일 동조)하였다. 네덜란드는 CERUPT 사업을 통한 경험을 소개하면서 첫 번째 주제에 가장 높은 우선순위가 있다고 주장하였다. 독일도 이를 지지하면서 기존의 사업 경험에 대한 meta-analysis의 필요성과 Leakage 문제에 대한 추가적 연구의 필요성을 주장하였다. 스웨덴도 첫 번째 주제에 가장 높은 우선순위를 부여하였고, 다음으로 세 번째 주제의 중요성을 강조하였다. 영국도 기존의 기준선 연구가 하향식(top-down) 접근에 치중했으나 EB에서 상향식(bottom-up) 접근을 채택하게 되었으므로 첫 번째 주제의 중요성이 가장 높다고 주장하였다. 뉴질랜드는 투자 추가성(investment additionality)과 거래비용(transaction cost)의 문제가 충분히 고려되어야 하며, 과거(1990년 이전)의 온실가스 저감노력에 대한 배려 방안도 현실적으로

7) 프로젝트 메카니즘(Project-based mechanism)이라 교토의정서상의 청정개발체제(Clean Development Mechanism)와 공동이행(Joint Implementation)을 지칭한다.

중요하다는 점을 언급하였다. 크로아시아는 가스전으로부터의 이산화탄소 포집 사업이 추진중이며, 매립지 가스 발전 사업에 대한 기준선 설정 방법에 대한 연구의 필요성을 주장(스위스 동조)하였고, 캐나다는 이산화탄소 포집 관련 연구에 대한 재정지원 의사를 표시하였다.

4.3. 정책 및 조치(Policies and Measures: PAMs)

2002년 12월 2~3일간 베를린에서 개최된 PAMs 워크숍(“산업부문의 온실가스 저감정책”) 결과에 대해 OECD의 Stephen Bygrave의 발표와 각국의 토론이 진행되었다. 대부분의 국가가 워크숍 결과를 긍정적으로 평가하였다.

Bygrave(2003)는 상기 워크숍이 자발적 접근(Voluntary approaches: VAs), 세제 및 배출권거래제도 등 세 가지 정책수단에 초점을 맞추어 진행되었으며, 대부분의 AIXG 국가에 있어서 VAs가 가장 보편적인 정책수단이었고, 과세(Taxes) 제도는 일부 업종에 대하여 많은 예외조항(exemption)과 낮은 세율이 적용되고 있었으며, 거래제도(trading)는 점차 적용범위가 넓어지고 있다고 점을 설명하였다. 그리고 정책의 효과 분석을 위해 감시·보고·검증(MRV)과 데이터의 중요성이 크며, 정책수단간 연계, 경쟁력에 미치는 효과 등이 중요한 문제로 부각되고 있음을 지적하였다.

독일은 경험 및 교훈의 지속적인 공유가 필요하며, 국제항공(Aviation)에 따른 배출량의 산정 및 배분도 함께 논의되어야 함을 주장하였고, 오스트리아가 지난번 회의에서 제안한 바 있는 F-gas (HFC, PFC, SF6) 관련 워크숍에 대해 지지를 표명하였다. 또한 난방·수송·전력·산업 등 부문별 사례연구와 함께 PAMs와 장기적 이슈와의 연계 필요성도 제기하였다. 스위스도 이를 지지하였으며, 특히 수송부문의 중요성을 강조하였다. 핀란드는 PAMs가 장기적 이슈, 특히 추가적인 의무부담문제와 연계되어 논의되어야 함을 주장하였다. 미국은 Aviation, F-gas 등과 관련하여 OECD의 추가적 작업에 대해 중복성 등을 이유로 회의적인 태도를 표명하였으며, 일본도 AIXG의 Aviation 관련 작업에 반대를 나타내고 비부속서 I 국가의 PAMs에 대한 사례연구도 필요하다고 언급하였다.

4.4. 배출권 거래(Emissions trading)

“Links Between International Emission Trading and Project-Based Mechanism: Scoping Paper”(발표: S. Bygrave)와 “Green Investment Schemes and International Emission Trading”(발표: R. Baron)에 대한 발표와 토론이 진행되었다.

Bygrave(2003)는 주제발표를 통해 배출권 거래제와 프로젝트 메카니즘(CDM 및 JI)이 국제, 지역, 국가 등 다양한 차원에서 연계되어 있다는 점을 설명하고 이에 관한 연구계획을 제시하였다. 영국은 다양한 제도에 있어서 배출권 및 크레딧의 일관성, CDM 사업에 대한 추가성 적용 문제, 환경적 건전성과 시장 효율성 사이의 균형 등 세 가지가 해결되어야 할 중요한 이슈임을 강조하였다. 또한 핀란드와 함께 절대 목표와 상대 목표 방식(‘absolute or relative target’)의 선택과 메카니즘 운영 사이의 연계 문제가 무엇보다도 중요하게 분석되어야 한다고 주장하였다. 캐나다는 마라케시 합의에서 이미 호환성(fungibility)이 허용되었으므로 배출권 거래와 프로젝트 메카니즘간의 연계가 적어도 국제(국가간) 수준에서는 문제가 되지 않는다고 주장하였다. 따라서 연구의 초점을 국내 정책 차원에 두어야 한다고 지적하였다. 또한 비당사국의 배출권 거래 문제에 대하여 연구지원의사를 표명하였다. 호주도 비당사국과의 거래의 중요성을 지적하고 자국이 시행하고 있는 온실가스 Eco-labelling과 재생에너지 거래제도를 홍보하였다.

Baron(2003)은 Green Investment Scheme (GIS)의 개념을 설명하고 이를 통해 환경적 건전성을 보장하면서 시장의 효율성을 높일 수 있는 다양한 방법을 제시하였다. GIS는 자연발생 잉여 배출권(소위 Hot Air)의 판매수입을 온실가스 배출저감 사업 및 역량제고 사업에 재투자하도록 의무화하는 제도를 뜻한다. 불가리아는 GIS가 동구권 국가에 있어서 환경친화성을 높이고 재원 마련을 가능케 하며, 역량제고를 촉진하는 매우 현실적인 대안이라고 주장하였다. 러시아는 GIS와 자국의 비준문제를 연계시키지 말 것과 자국이 조만간 비준할 가능성도 있음을 시사하였다. 또한 GIS는 관련 국가별로 다양하고 적용될 수 있는 유연한 개념임을 강조하였다. 스위스는 GIS를 온실가스 감축문제에만 연계시키기보다는 다른 환경문제를 포함하고, 외채탕감 과도 연결할 수 있는 개념으로 확대 해석하여야 한다는 점을 지적하였다. 독일은 러시아와 함께 GIS를 JI와 연결시키는 것에 반대하였는데 이는 GIS의 적용이 배출권 거래에만 한정되어야 함을 뜻하는 것으로 해석된다. 캐나다는 교토의정서가 이미 환경적 건정성을 보장하고 있으며, GIS는 이를 향상시키는 것이라고 강조하고, 자국은 배출권 판매수입이 ‘환경친화적(Green)’으

로 사용되는 배출권만을 구입(네덜란드 동조)할 것이라 지적하였다. 일본은 GIS가 메카니즘의 경제적 효율성을 저해할 수 있다며 GIS 관련 연구에 반대를 표명하였다. 스웨덴도 GIS가 러시아를 위한 러시아의 제안일 뿐 OECD의 지원이 필요하지 않다고 설명하고, 연구가 진행되더라도 러시아에만 초점을 맞추어서는 안된다고 주장하였다. 뉴질랜드도 GIS가 기본적으로 양자간 문제일 것이며, 과연 누가 원하는 것인지가 불분명하다며 의문을 제기하였다.

AIXG 사무국은 배출권 거래와 프로젝트 메카니즘 연계 관련 연구에 있어서 ‘absolute or relative target’의 문제를 중점적으로 연구할 것과 EU의 배출권 거래제도 동향 및 광범위한 사례 및 경험을 연구에 반영할 계획임을 설명하였다. GIS 연구는 단지 다양한 대안만을 제시할 것이며, 국내 정책 차원의 문제로 접근할 것이라는 점을 확인하였다.

5. 평가 및 전망

마라케시 합의 도출에 이르기까지의 협상과정에서 교토의정서상의 감축의무는 크게 희석되어 왔다. 특히 미국의 비준 거부와 대량의 흡수원 인정에 따라 부속서 I 국가 전체(미국 제외)적으로 사실상 감축을 요구한다기 보다는 증가를 허용하는 결과를 초래할 수도 있는 것으로 평가된다. 이는 러시아 등 Hot Air를 통한 대규모 잉여배출권 보유국가가 차기 이행기간으로의 대량 이월(banking)을 현실화하지 않을 경우 배출권 시장이 초과 공급으로 붕괴될 수 있음을 의미하는 것이다. 또한 부속서 I 국가들이 저렴한 배출권을 비축하여 차기 이행기간에 이를 사용한다고 가정할 경우, 차기 이행기간의 감축의무가 이월되는 배출량을 상쇄하고도 추가적인 감축노력이 필요한 수준으로 강하게 설정되지 않는다면 2차 이행기간까지의 온실가스 감축의무는 전세계적으로 온실가스 증가를 촉진하게 되는 아이러니를 낳게 될 수도 있다. 더욱이 카자흐스탄 등 새롭게 감축의무를 협상하고자 하는 동구권 국가에 대하여 추가적인 Hot Air를 허용하게 될 경우 감축의무의 희석은 가속화될 전망이다. Grubb(2003)에 따르면 교토의정서상 배출권 초과공급량이 연간 101~509 백만 tC에 달할 것으로 전망되기도 한다.

**<표 II-1> 교토의정서와 마라케시 합의에 따른 부속서 I 국가의
온실가스 감축 필요량 및 예상 배출권 가격**

분석 기관	구분	실질 감축필요량 (백만 탄소톤)	예상 배출권 가격(US\$/탄소톤)	예상 감축비용 (백만US\$1995)
RIVM (네덜란드), 2001	교토의정서	755	36	19,000
	마라케시 합의	115	9	1,500
IEPE (프랑스), 2002	교토의정서	725	48	10,974
	마라케시 합의	-183.5	0	0

주: 상기 분석결과는 미국의 교토의정서 불참을 가정한 것임.

자료: Elzen and Moor(2001, RIVM) 및 Blanchard 외(2002, IEPE)

선진국은 감축의무의 희석뿐만 아니라 실질적인 감축노력에 있어서도 의미있는 성과를 보이지 못하고 있다. 기후변화 문제의 일차적 원인제공자로서 온실가스 감축의무를 우선적으로 이행하여야 하는 부속서 II 국가의 과거 10년간 이산화탄소 배출량은 세계 평균보다 오히려 더 빠른 속도로 증가하였으며, 배출집약도의 경우는 세계 평균보다도 덜 감소하였고, 1인당 배출량도 세계 평균치가 감소하는 데 반해 오히려 증가하고 있다. 이는 선진국이 과거 10년간 온실가스 감축노력에 적극적인 노력을 기울이지 않았다는 점을 나타내는 것으로서, 향후 온실가스 감축의무 협상에 개도국의 참여를 유도하는 데 어려움이 있을 것이라 예상된다. 하지만 우리나라의 경우는 배출량, 집약도, 일인당 배출량 등 모든 지표에서 세계 평균은 물론 부속서 I, 부속서 II, 비부속서 I 등의 주요 그룹에 비해서 바람직하지 못한 방향의 실적을 보이고 있다.

<표 II-2> 화석연료 연소에 따른 이산화탄소 배출량 변화 (1990~2000)

구 분	배출량 (reference approach)	배출집약도 (GDP : 환율기준)	일인당 배출량
전세계	12.3 %	-11.5 %	-1.8 %
부속서 II	12.6 %	-10.6 %	5.7 %
부속서 I, EIT	-32.0 %	-13.0 %	-28.9 %
비부속서 I	36.1 %	-9.0 %	15.5 %
우리나라	87.7 %	6.0 %	73.8 %

자료: IEA(2002)

<표 II-3> 미국의 불참에 따른 교토의정서 배출권 시장가격 하락 효과

연구자	범위		균형가격(\$/tCO ₂)		미국 불참 효과
	흡수원	Non-CO ₂	미국 참여	미국 불참	
Hagem and Holtmark(2001)	N	N	15	5	66%
Kemfert(2001)	Y	N	52	8	84%
Eymans 외(2001)	N	N	22	10	55%
Den Elzen and Manders(2001)	Y	Y	37	13.6	63%
Bohringer(2001)	Y	N		'0'에 접근	

자료: Grubb, Michael (2003)

이상에서 살펴본 바와 같이 미국의 교토의정서 거부와 교토의정서 감축의무의 회석, 그리고 선진국의 가시적인 성과의 부재는 온실가스 감축을 위한 범세계적 협력에 걸림돌이 되고 있다. 이러한 상황에서 개도국에 대해 온실가스 감축의무를 요구하는 것은 실현 가능성이 거의 없어 보인다. 따라서 비록 간접적인 방식으로라도 미국의 참여가 불가피하며, 선진국의 감축의무 강화가 선행되지 않는 한 개도국의 동참은 물론 기후변화 예방을 위한 국제사회의 노력은 성공하기 어려울 것이다.

최근에는 미국의 교토의정서 불참에 따른 감축의무 회석을 보완하기 위하여 미국 등 비당사국과 교토의정서 당사국간의 배출권 시장 연계방안이 논의되고 있다 (Baron and Pershing, 2002). 미국이 자율적인 감축목표를 약속하고 이를 위한 이행수단으로 교토의정서 배출권 구입을 활용함으로써 국제 온실가스 감축에 간접적으로 참여할 수 있다는 논리이다. 특히 캐나다 등 미국과의 교역이 활발한 국가에서는 국제경쟁력 악화 방지를 위하여 미국의 직/간접적인 감축의무 부담을 필요로 하고 있으며, 미국의 우회적인 배출권 거래제 참여시 매개체 역할을 자임하고 있다. 하지만 국제적인 구속력이 없는 온실가스 감축목표의 이행을 위해 국제 배출권 시장에 개입할 경우 구매자로서 시장가격 안정에 기여하기보다는 중개자(broker)로서의 이익을 추구함으로써 시장을 교란시킬 가능성도 있는 것이어서 조심스런 접근이 요구된다.⁸⁾

8) 예를 들어 미국의 기업이 미국의 온실가스 감축목표 이행을 위해 교토의정서 배출권을 구입한다고 가정하자. 구입시에는 시장가격이 매우 낮아 대량의 배출권을 구입했다고 가정하자(미국이 개입 초기에는 가격이 낮을 가능성이 매우 높다). 시간이 지남에 따라 배출권의 가격이 높아져서 구입분을 판다고 가정하자. 이는 미국 기업이 자국내에서의 감축의무 위반시 받게 되는 벌칙이 충분히 크지 않을 경우 오히려 배출권 거래이익만을 얻을 뿐 국제적인 온실가스 감축에 기여하지 않는 결과를 초래하게 된다. 미국의 온실가스 감축목표 이행 약속이 구속적이지 않다면 미국 정부로서도 자국내 기업에 대한 온실가스 규제를 엄격하게 이행하려고 하는 책임감이 크지 않을 것이다.

미국의 직·간접적 참여 여부와 선진국의 감축의무 이행강화와 관련하여 가시적인 진전이 이루어지기 전까지는 개도국에 대하여 의무적 혹은 규제적 성격의 감축노력을 기대하기는 어려울 것이다. 따라서 현재 교토의정서 상에 규정되어 있는 CDM을 통하여 개도국의 온실가스 감축노력을 유도하는 방향이 가장 우선될 것으로 보인다. 이와 관련하여 부문 단위의 CDM(sectoral CDM) 또는 정책 및 조치를 통한 CDM(P&M CDM) 등의 방식이 개도국의 감축 의무 부담으로 가는 과도기적 형태로서 논의되고 있다.

장기적으로는 미국 등 선진국은 물론 주요 선발 개도국을 포함하는 범세계적인 감축의무 부담체제의 재설계 노력이 강화될 전망이다. 교토의정서의 고정목표 방식에서 탈피하여 배출집약도를 비롯한 동적 목표방식, 가격상한제 등 보완적 수단의 활용, 기술협정 등 비정량적인 대안의 모색 등에 대한 논의가 가속화될 것이다. 이는 공식적인 기후변화협약 및 교토의정서 당사국총회(COP/MOP)보다는 OECD를 통한 우회적 협상노력이나 비공식적인 전문가회의를 통해 활발하게 진행될 것이라 판단된다.

III. 온실가스 집약도 목표의 개념 및 특성

1. 온실가스 감축의무 참여방식의 설계변수 및 유형

온실가스 감축의무 참여방식은 다양한 설계변수에 대한 여러 가지의 대안으로 구성된다. 설계변수에는 감축의무 부담시기 및 참여기준, 감축목표의 확정시점 및 지표, 목표량의 결정기준(감축의무 할당원칙), 목표의 구속성 여부와 벌칙/인센티브, 감축의무의 적용범위 등이 고려될 수 있다.

- ① 감축의무 부담시기 및 참여기준: 감축의무 부담시기 및 참여기준은 어떤 국가가 언제부터 감축의무를 부담하여야 하는가의 문제이다. 교토의정서 상에서 제1차 이행기간(2008~2012년)중 부속서 I국가에 대한 감축의무를 확정하고 있다는 점을 고려할 때, 교토의정서가 발효 되면 비부속서 I국가, 즉 개도국에 대한 감축의무는 2013년 또는 그 이후를 대상으로 논의하는 것이 합리적이다. 우리나라의 경우 일인당 배출량, 일인당 GDP, 누적 및 연간 총 배출량 등 논의되고 있는 주요 지표에 있어 세계적으로 상위에 위치해 있음에 따라 교토의정서상 제1차 이행기간을 제외하고 가장 빠른 시기인 제2차 이행기간(2013~2017년)에 감축의무를 부담하게 되는 상황을 배제할 수 없다.
- ② 감축목표의 확정시점 및 지표: 감축목표의 확정시점 및 지표는 배출한도를 사전에 고정시킬 것인가, 혹은 온실가스 집약도(GDP당 배출량) 목표만 사전에 결정하고 배출한도는 경제 상황을 고려하여 사후적으로 확정지을 것인가와 같은 문제를 포함한다.
- ③ 목표량의 결정기준(감축의무 할당원칙): 목표량의 결정기준은 배출한도를 인구비례로 할당할 것인가, 혹은 일인당 GDP(소득수준)에 비례하여 감축목표를 할당할 것인가와 같이 형평성과 밀접히 관련된 설계변수이다.
- ④ 목표의 구속성 여부 및 벌칙·인센티브: 목표의 구속성 여부 및 벌칙·인센티브는 감축의무의 이행을 당사국 자율에 맡길 것인가, 혹은 위반시 벌칙을 부과할 것인가에 대한 설계변수로서, 개도국에 대해서 교토의정서에 규정된 부속서 I국가와 동일한 방식을 취할 것인지, 아니면 부속서 I국가보다는 보다 유연하고 완화된 방식을 적용할 것인지가 중요한 쟁점이다.

⑤ 감축의무의 적용범위: 감축의무의 적용범위는 국가 전체를 대상으로 목표를 설정할 것인가, 혹은 전력부문 등 일부 업종만을 대상으로 할 것인가의 문제로서, 일부 연구에서는 개도국의 경우 아직 국가 전체적인 온실가스의 관리가 어렵다는 점을 근거로 일부 부문 혹은 업종에 대해 우선적인 감축목표 설정을 주장하고 있다. 기존 제안은 대부분 상기 설계변수의 일부에 국한하여 대안을 모색하는 경향이 있으며 특히 목표량의 결정기준(감축의무 할당원칙) 혹은 관련 지표의 선택에 논의를 집중하고 있다.

누적배출량을 고려한 감축의무 할당방식은 최근의 기후변화협약 협상회의에서도 지속적으로 논의되고 있는데, 오염자 부담원칙에 의거하여 지구온난화의 책임을 중시하는 방법론으로 COP3에서 발표된 브라질제안이 대표적이다.

일인당 배출량 방식은 모든 인간이 동등한 권리를 갖는다는 원칙 하에 일인당 배출량이 동등하도록, 혹은 동등한 수준으로 수렴하도록 배출한도를 할당하는 방식으로서 교토의정서 협상과정(AGBM 회의)에서도 여러 국가가 주장한 바 있다.

부문별 접근방식은 국가 전체적인 배출한도의 설정에 있어서 부문별로 상이한 특성을 고려하여 기술적 잠재력과 성장 가능성을 바탕으로 부문별 배출한도를 먼저 고려해야 한다는 개념으로서 보다 현실적인 대안을 모색하고 있다. 배출집약도 방식은 개도국의 경우 배출증가에 대한 전망의 불확실성을 감안하여 배출한도를 경제성장에 연동시켜 사후적으로 결정하자는 개념으로 최근 개도국에의 적용잠재력에 대한 인식이 확산되고 있다.

한국환경정책·평가연구원(2002)은 1999년까지의 자료를 토대로 2015년에 대한 시나리오별 할당결과를 비교·분석하였다. 이 분석에서는 전세계 배출량을 2010년 수준으로 안정화(2015년의 경우 BAU 대비 배출량 10.69% 삭감에 해당)한다는 가정 하에서 배출량(혹은 삭감량)을 다양한 기준에 따라 배분할 경우의 국가별 영향을 비교하고 있다.

<표Ⅲ-1>에서 보듯이 분석대상으로 설정된 할당 시나리오 중에서 우리나라의 경우 가장 선호되는 것은 배출집약도에 대해 확일적 목표를 부과하는 것(B34)이며, 가장 큰 부담을 초래하는 시나리오는 일인당 배출량을 동등한 수준으로 만드는 시나리오(B12)로 평가된다. 따라서 확일적 목표의 설정방식은 우리나라에 매우 불리(일인당 배출량 균등화)할 수도 있고 매우 유리(확일적 배출집약도 목표)할 수도 있다. 즉, 일인당 배출량의 균등화 방식을 채택할 경우 우리나라는 BAU 대비 65% 삭감이라는 과도한 목표가 계산되는 반면, 배출집약도에 대한 확일적 목표 설정의 경우 우리나라는 BAU 대비 3.4% 증가목표를 할당받게 된다.

<표III-1> 감축의무 할당 시나리오별 우리나라의 목표 감축률 (2015년)

비교 기준	배출량		배출집약도	
	과거 기준연도(1)	BAU(2)	과거 기준연도(3)	BAU(4)
BAU 대비 삭감률				
확일적 삭감율(A)	13.45%	10.69%	2.09%	10.69%
확일적 목표(B)	64.98%		-3.38%	
일인당 GDP(C)	7.18%	8.58%	9.79%	8.58%
GDP당 배출량(D)	5.99%	5.79%	6.07%	5.79%
일인당 배출량(E)	9.24%	10.67%	11.85%	10.67%
누적 배출량(F)	0.82%	0.89%	0.97%	0.89%
누적 배출량(F')	5.07%			
일인당 누적 배출량(G)	4.21%	4.91%	5.42%	4.91%
BAU 대비 삭감량의 전세계 비중				
확일적 삭감율(A)	2.28%	1.81%	0.35%	1.81%
확일적 목표(B)	11.02%		-0.57%	
일인당 GDP(C)	1.22%	1.45%	1.66%	1.45%
GDP당 배출량(D)	1.01%	0.98%	1.03%	0.98%
일인당 배출량(E)	1.57%	1.81%	2.01%	1.81%
누적 배출량(F)	0.14%	0.15%	0.16%	0.15%
누적 배출량(F')	0.86%			
일인당 누적 배출량(G)	0.71%	0.83%	0.92%	0.83%

자료: 한국환경정책·평가연구원, 「개도국의 온실가스 감축의무 참여방식에 관한 연구」, 환경부, 2002.5

확일적 삭감률 설정방식의 경우에는 기준을 배출량으로 하느냐 배출집약도로 하느냐에 따라서, 그리고 기준시점을 과거로 하느냐 이행기간 당해연도로 하느냐에 따라 큰 차이를 나타낸다. 배출량을 기준으로 할 경우 BAU 대비 삭감률의 적용이 유리하나, 배출집약도를 기준으로 할 경우 과거 시점을 기준으로 하는 것이 유리하다.

차별적 삭감률을 적용할 경우, 우리나라의 경우 가장 유리한 차별화 기준은 누적 배출량 상대지표이며, 일인당 배출량에 비례하는 삭감률 배분이 가장 불리한 기준으로 평가된다. 누적 배출량 다음으로는 일인당 누적 배출량, GDP당 배출량, 일인당 GDP 등의 순으로 우리나라의 감축의무 부담이 커지는 것으로 평가된다.

전세계 배출량 기준 BAU 대비 삭감률이 10.69%인 점을 고려할 때, 우리나라가 전세계 평균보다 더 높은 삭감률을 부담하는 경우는 과거 기준년도 대비 확일적 삭감률(A1), 일인당 배출

량 균등화(B12), 일인당 배출량에 따른 과거 기준년도 대비 집약도 삭감률의 차별화(E3) 등으로 총 21개 시나리오 중 3개에 그치고 있다. 또한 우리나라 삭감목표량의 전세계 비중이 2002년 UN 의무분담금 정규분담률 1.866%⁹⁾보다 높은 경우도 이들 3개 시나리오에 불과하다. 이는 할당기준 및 지표의 적용방법에 따라서 우리나라의 감축의무 부담수준이 다른 국가에 비해 상대적으로 강하지 않도록 결정될 수도 있다는 점을 시사하는 것이다. 따라서 향후 감축의무 협상 시 다양한 과학적 근거를 충분히 활용하도록 하는 노력이 매우 중요하다.

배출집약도 목표방식이 우리나라의 경우 보다 유리한 감축목표를 초래할 수 있다는 분석은 해외의 연구결과에서도 찾아볼 수 있다. Hohne 외(2003)는 이산화탄소의 대기중 농도를 450ppmv로 유지하기 위한 하나의 배출시나리오로서 2020년 기준 전세계 배출량(CO₂, CH₄, N₂O)을 1990년 대비 27% 증가수준에서 억제한다는 가정 하에 다양한 할당방식별로 국가별 배출한도를 시산하였다. 이 결과에 따르면 우리나라의 2020년 배출전망치가 1990년 대비 360%이며, 다양한 할당방식 중 우리나라의 배출한도를 가장 크게 허용하는 경우는 배출집약도 방식과 다단계 접근(FAIR)의 두 가지 경우로서 277%로의 증가목표가 계산되는 것으로 나타났다. 또한 Blanchard(2002)의 연구에서도 2030년까지 전세계 이산화탄소 배출량을 9.4GtC로 안정화한다는 가정 하에서 ① 일인당 배출량 균등화, ② 누적배출량 기준, ③ 배출집약도 기준 등 3가지의 할당시나리오를 적용하여 국가별 배출한도를 시산한 결과를 제시하고 있다. 이에 따르면 우리나라의 경우 2030년의 배출전망치가 일인당 4.7탄소톤인데 반하여 일인당 배출량 균등화 기준에 따를 경우 1.8톤, 누적배출량 기준에 따를 경우 4.2톤, 배출집약도 기준에 따를 경우 4.3톤으로서 배출집약도 기준이 가장 유리한 것으로 나타났으며 누적 배출량 기준의 경우에도 매우 유리한 결과를 기대할 수 있는 것으로 나타났다. 이러한 연구결과는 한국환경정책·평가연구원(2002)의 결과와 매우 유사한 것이다.

9) 2001년의 정규분담률 1.318%에서 대폭 상향 조정되었으며, 2003년 정규분담률은 1.852%로 소폭 하향 조정키로 합의되었다.

<표 III-2> 할당 시나리오별 2020년 배출한도(1990년 대비 변화율)
(1990=100%, 화석연료와 산림에 대한 CO₂, CH₄, N₂O, 전체 Triptych 제외)

지 역	BAU (IPCC SRES A2)	계속되는 교토	집약도 목표	축소수립 방식	전체 Triptych (CO ₂ from energy only)	부문별 수립 방식	Multistage 방식 (FAIR)	확대된 전체 Triptych	New Multistage
미국	138%	74%	83%	85%	65%	47%	88%	68%	74%
EU	118%	74%	76%	82%	70%	49%	87%	74%	74%
일본	139%	75%	75%	83%	75%	50%	89%	76%	75%
동부유럽(부속서 I)	94%	76%	81%	68%	68%	45%	75%	72%	64%
러시아연방	92%	63%	79%	66%	44%	41%	74%	50%	63%
기타 부속서 I	140%	80%	89%	93%	75%	51%	94%	81%	80%
터키	141%	80%	89%	121%	199%	178%	94%	169%	80%
기타동유럽/구소련	120%	115%	104%	102%	49%	59%	104%	57%	104%
아르헨티나	224%	129%	223%	158%	166%		223%	124%	195%
브라질	210%	133%	167%	165%	203%	261%	167%	130%	185%
콜롬비아	232%	232%	179%	190%			179%		227%
멕시코	248%	135%	183%	173%	175%	251%	183%	147%	215%
베네수엘라	271%	271%	182%	198%			182%		240%
기타 라틴아메리카	235%	210%	206%	193%		295%*	206%		217%
이집트	266%	266%	226%	223%		382%	226%		266%
남아프리카	266%	140%	154%	161%	115%	240%	154%	114%	228%
나이지리아	245%	245%	183%	252%		431%	183%		245%
기타 북아프리카	242%	234%	195%	198%			195%		233%
기타 남아프리카	206%	206%	151%	236%		431%	151%		195%
페르시아걸프국가	313%	163%	202%	212%	141%	284%	202%	140%	267%
기타 중동	287%	191%	221%	213%	157%	293%	221%	144%	254%
중국	226%	224%	196%	176%	237%	205%	196%	196%	222%
인도	227%	227%	186%	222%	558%	294%	186%	308%	227%
인도네시아	213%	213%	164%	187%	469%	294%	164%	231%	213%
한국	360%	205%	277%	232%	96%	170%	277%	101%	282%
말레이시아	236%	147%	213%	183%	192%		213%	130%	185%
필리핀	196%	196%	138%	197%			138%		196%
싱가포르	290%	163%	246%	181%	123%		246%	123%	226%
태국	263%	158%	195%	198%	248%		195%	160%	232%
기타 아시아	189%	188%	157%	205%			157%		166%
기타 세계					201%			180%	
부속서 I	119%	73%	81%	80%	66%	47%	84%	70%	71%
비부속서 I	227%	196%	182%	189%	230%	301%	182%	192%	211%
전세계 총계	167%	127%	126%	128%	127%	133%	128%	123%	133%

주: 진한색 값 - 같거나 BAU 경로보다 높은 값.

자료: Hohne 외(2003), 67page.

<표Ⅲ-3> 할당 시나리오별 일인당 배출한도

(단위: 1인당 탄소톤)

	1990	2010	2030			
CO ₂ 배출 허용량						
	실제배출량	배출량 전망	BAU 배출량전망	일인당수렴 시나리오	Relative Responsibility 시나리오	배출집약도 시나리오
부속서 I						
미국	5.1	5.6	5.8	2.6	3.8	3.7
유럽연합(EU)	2.4	2.4	2.8	1.7	1.6	1.6
일본	2.4	2.4	2.8	1.7	2.0	1.7
호주, 뉴질랜드	3.0	3.1	3.8	1.6	3.1	2.0
이전 소비에트연방	3.3	2.0	3.2	1.6	2.2	2.1
기타 EITs	2.2	1.9	2.5	1.6	1.5	1.6
부속서 I 전체	3.5	3.8	4.1	1.7	2.8	2.0
비부속서 I						
브라질	0.4	0.6	1.0	1.0	0.9	0.9
멕시코	1.0	1.1	1.4	1.2	1.1	1.2
인도	0.2	0.5	0.8	1.0	0.8	0.8
남아시아(인도제외)	0.1	0.2	0.3	0.8	0.3	0.3
중국	0.6	1.1	1.6	1.2	1.4	1.5
한국	1.5	2.8	4.7	1.8	4.2	4.3
남동아시아	0.4	0.6	1.2	1.0	1.1	1.1
아프리카	0.3	0.3	0.5	0.9	0.5	0.5
걸프국가들	1.2	1.6	1.9	1.2	1.6	1.8
비부속서 I 전체	0.6	0.7	1.0	1.0	0.9	0.9
전세계	1.1	1.1	1.5	1.2	1.2	1.2

주: 1) POLES 모델과 ASPEN 소프트웨어 사용하여 계산

2) BAU-Business as Usual, EITs-Economics in Transition

자료: Odile Blanchard, Scenarios For differentiating Commitments: A Quantitive Analysis, Building on the Kyoto Protocol: Options For Protecting The Climate, WRI, 2002, 214page.

2. 온실가스 집약도의 개념

배출집약도 방식은 제5차 기후변화협약 당사국총회에서 아르헨티나가 제안한 바 있으며, CCAP, WRI 등 다수의 연구기관에서도 주장하고 있고, OECD 차원에서도 논의중이며, 최근에는 미국의 부시행정부에서 교토의정서의 고정 감축의무에 대한 대안으로 제시된 바 있다.

배출집약도(emission intensity) 방식에서는 배출한도(emission limit)를 사전에 확정하지 않고, 이행기간 중의 경제상황(GDP 등)을 고려하여 사후적으로 결정하는 방식으로서 동적 목표(dynamic target) 방식으로 불리기도 한다. 구체적으로 배출집약도란 배출량을 경제활동지표로 나눈 값을 뜻하며, 경제활동지표로는 통상 GDP가 이용된다.

$$\circ \text{배출집약도 목표: } I = \frac{\text{배출량}}{GDP^a} \dots\dots\dots <\text{식III-1}>$$

위의 식에서 GDP의 승수 a 는 배출량이 GDP에 대해 단순한 선형관계에 있을 경우 '1'이 되며, 국가별 경제구조의 특징에 따라 승수의 조정을 통해 보다 적절한 집약도 관계식이 설계될 수 있다. 집약도는 부문별로 특성에 따라 다양한 형태로 적용될 수 있다. 예를 들어 전력부문의 경우 kWh당 배출량, 수송부문의 경우 km당 배출량, 가정부문의 경우 가구당 배출량, 상업부문의 경우 건물면적당 배출량 등의 형태로 설계될 수 있다.

GDP를 이용하는 온실가스 배출집약도 목표설정의 필요성을 주장하는 배경에는 경제성장과 환경오염간의 밀접한 상관관계에 대한 인식이 있다. 하지만 경제성장이 환경오염을 유발하는 상관관계의 형태에 관해서는 다양한 의견이 존재한다. 이에 대한 대표적인 주장의 하나는 환경쿠즈네츠 곡선(Environmental Kuznets Curve)에 대한 역U자형 가설이다.¹⁰⁾

<표III-4>에서 나타내듯이 이산화탄소 배출량에 대한 환경쿠즈네츠 곡선 검증에 대해서는 다수의 연구가 진행되어 왔다. 연구결과는 역U자 형태뿐만 아니라 선형관계, N자형 관계 등 다양한 결론을 보여주고 있다.

환경쿠즈네츠 곡선에 대한 연구결과는 배출 목표설정에 중요한 시사점을 준다. 환경쿠즈네츠 곡선이 역U자 형태를 띤다고 가정할 경우 배출 목표는 저소득 국가의 경우 증가목표를, 고소득 국가의 경우 감소목표를 부담할 수 있다는 점을 의미할 수 있다. 또한 환경쿠즈네츠 곡선이 선형이라면 이는 배출 목표의 설정이 과거 배출량 추세를 기준(baseline)으로 결정되어야 한다는 주장이 설득력을 갖게 되며, N자 형태를 보인다면 저소득 국가와 중소득 국가 및 고소득 국가의 구분에 따라 증가세, 감소세 및 증가세를 기준으로 설정되어야 함을 의미하는 것으로 해석될 수 있다.

10) 쿠즈네츠 곡선이란 소득분배의 불평등 정도와 경제성장 수준에 대한 관계를 함수화시킨 것으로서 역U자 곡선의 형태를 보인다는 쿠즈네츠의 연구에서 유래된 개념이며, 환경 쿠즈네츠 곡선이란 쿠즈네츠 곡선을 환경오염과 경제성장간의 관계로 확장시킨 개념이다.

정영근·김미숙(1999)에 따르면 프랑스, 스웨덴 등 일부 고소득 국가의 경우 뚜렷한 역U자형 관계를 보이는 반면, 미국과 일본 등 경제규모가 큰 나라의 경우 고소득 국가임에도 불구하고 소득에 따른 오염의 추이는 꾸준히 증가하는 현상을 보이고 있다. 또한 우리나라를 비롯한 중간소득 국가들은 대부분 고소득 국가에 비하여 더 급격하고 지속적인 오염증가 현상을 보여주고 있다.

<표Ⅲ-4> CO₂의 환경쿠즈네츠 곡선 검증에 대한 선행연구 비교

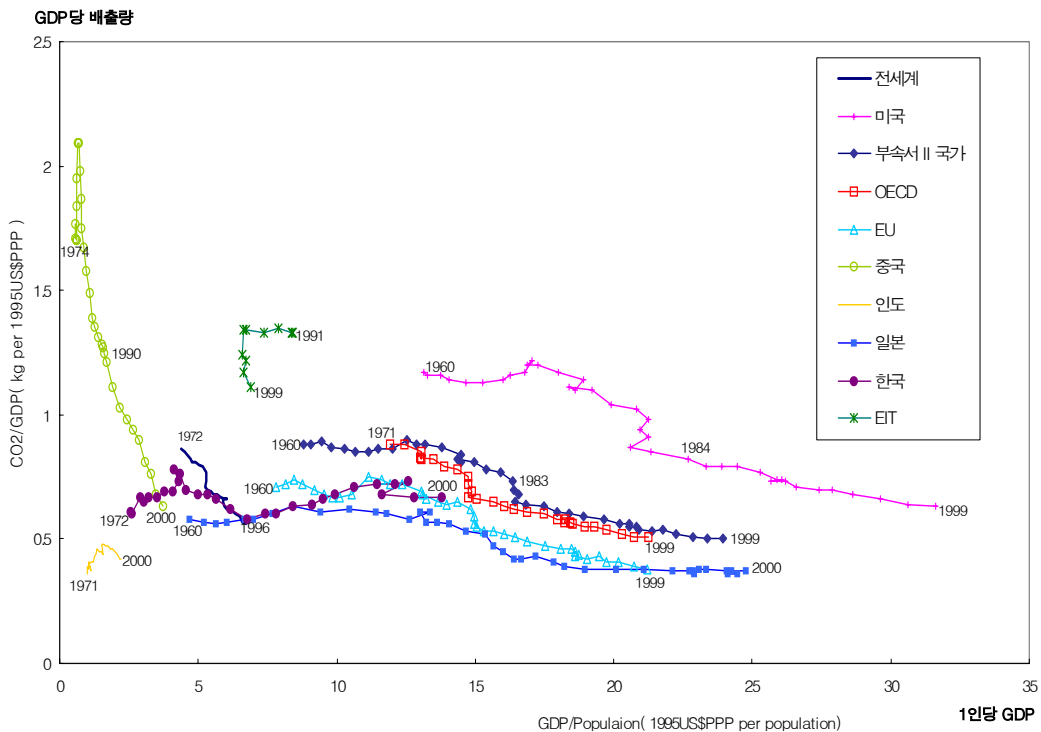
연구자	대상국 수(數)	분석기간	소득 전환점	기타 독립변수	비고
Shafik & Bandyopadhyay(1992)	149	1960~1990	-	투자, 무역, 보조, 개방, 권리, 부채 등	선형관계 도출
Shafik(1994)	149	1960~1990	-	투자, 무역, 보조, 개방, 권리, 부채 등	선형관계 도출
Holtz-Eakin & Seldon(1995)	130	1951~1986	\$35428~\$800만	-	역U자형 도출
Sengupta(1996)	16	-	\$8740	-	N자형 도출
Cole, Rayner & Bates(1997)	6개 지역	-	\$25100~\$62700	-	역U자형 도출
Roberts & Grimes(1997)	30	1962~1991	-	-	역U자형 도출
Schmalensee et al. (1998)	47	1950~1990	-	-	선형관계 도출
Unruh-Moomaw(1998)	16	1950~1992	\$12813	-	N자형 도출
Galeotti & Lanza(1999)	80	1960~1995	기존연구의 범위와 유사	연료수요, 규제, 조세, 보조금 등	N자형 도출
김정인 외(1999)	10	1985~1994	약 \$20000	환경투자비율, 인구밀도	역U자형 도출

자료: 정영근·김미숙, 「거시환경경제모형 개발에 관한 연구Ⅱ - 경제성장과 환경오염에 대한 실증분석」, 한국환경·정책평가연구원, 1999.12, 90쪽

환경쿠즈네츠 곡선은 배출량과 소득수준 뿐만 아니라 배출집약도와 소득수준에 대해서도 도출해 볼 수 있다. [그림Ⅲ-1]은 소득수준(1인당 GDP)과 배출집약도(GDP당 배출량)의 관계를 주요 국가 및 국가(군)에 대하여 과거 30년 간의 자료를 토대로 도식화한 것이다. 두 가지

변수의 관계에 대하여 일반적인 결론을 내릴 수는 없지만 많은 경우에 소득수준이 증가함에 따라 배출집약도가 역U자 형태로 변화되는 과정을 볼 수 있다.

우리나라의 경우는 외환위기 전까지 소득수준의 증가에 따라 배출집약도도 꾸준히 증가하는 경향을 보이고 있다. 하지만 외환위기를 지나면서 비연속적인 하락을 보였으며 이후 일정한 수준을 유지하는 경향이 있다. 미국, 일본, 유럽 등의 추세를 고려할 때 우리나라도 조만간 감소세로 전환될 가능성은 충분히 있다. 에너지경제연구원(2002)이나 EIA(2002) 등 많은 국내의 연구기관의 전망치도 이러한 경향을 반영하고 있다. 이처럼 미래의 배출집약도가 하락한다고 전망할 경우 우리나라에 대한 집약도 목표는 과거의 추세보다 크게 강화된 수준으로 결정되어야 한다는 근거가 될 수 있다. 그럼에도 불구하고 아직까지 뚜렷한 하락추세를 보이지 않는다는 점은 우리나라의 배출집약도 목표설정에서 많은 논란의 가능성이 있다는 것을 의미한다.



자료: IEA (2002)

[그림 III-1] 1인당 GDP와 GDP당 배출량

3. 온실가스 집약도 적용 사례

온실가스 배출집약도 목표 설정방식에 대해서는 지금까지 다양한 연구결과와 제안이 발표되었다. 대다수의 경우 교토의정서 하에서 감축의무를 부담하고 있지 않는 개도국을 대상으로 적용 필요성이 주장되고 있다. 특히 미국의 청정대기정책센터(CCAP, 1998)에서 ‘growth baseline’이라는 명명하고 있는 배출집약도 방식을 제안한 이후 아르헨티나 정부, 미국의 세계자원연구소, OECD, 미국 정부 등에서 배출집약도 방식의 적용을 제안한 바 있다. 학계에서도 배출집약도 방식에 대하여 다양한 연구가 진행되고 있다.

<표Ⅲ-5> 배출집약도 방식에 관한 기존 제안·연구 현황

제안	목표결정방식	시기	할당기준	별책/인센티브
CCAP (미국), 1998	Growth Baseline (BAU 대비 배출집약도 삭감방식)		Fuel Mix, Economic growth, Technology level, Policy Framework 등이 고려된 탄소 집약도 개선잠재력에 따라 국가군을 구분하여 BAU와 No-regret Baseline 사이에 Growth Baseline을 설정	배출권 판매수익 보장
아르헨티나, 1999	배출집약도 (배출량/ $\sqrt{\text{GDP}}$)	2008~2012	전망의 불확실성을 고려한 9개 시나리오에 따라 BAU 배출량 대비 2-10% 삭감	메커니즘 참여를 전제로 구속적 의무로 전환 가능
Baumert 외, WRI (미국), 1999	배출집약도 (기준연도 대비 삭감방식)		BAU 대비 집약도 삭감 (목표수치는 과거 실적 대비로 표현)	자발적 참여, 구속력 인정시 배출권 거래 참여
Frankel, Brookings (미국), 1999	GDP-indexed Target		BAU 혹은 더 낮은 수준에서 목표 설정 (배출권 거래의 이익을 고려하여 순이득이 0이 되도록 설정: Break-even level)	
Lutter, 2000	$\text{배출량} / [(\text{과거 배출량})^{0.5} \times (\text{과거 GDP})^{0.6} \times (\text{과거 일인당 배출량})^{0.06}]$			
Philibert, OECD/IEA, 2001	배출집약도			Price-cap, Borrowing
Kim & Baumert(2002)	이중 집약도		인센티브 목표(incentive target)와 준수목표(compliance target)를 위한 두 개의 집약도 목표를 설정하고 배출권 거래 허용	
미국 정부, 2002	배출집약도	2012	2002년 대비 18% 감축	자발적 노력

3.1. 아르헨티나 제안

아르헨티나 정부는 1999년 제5차 당사국총회에서 자국의 온실가스 감축을 위한 자발적 목표를 발효하였다(Argentine Republic, 1999). 이에 따르면 미래 상황에 대해 가정된 9개의 시나리오를 분석한 결과 배출량의 변화폭이 2008~2012년 간 기준 시나리오의 총배출량 대비 25%를 상회하는 3천만TC에 달하는 것으로 평가되었고, 이러한 불확실성을 줄이기 위해 배출목표를 경제활동지표에 연동시키는 동적 목표(dynamic target)의 적용이 필요한 것으로 나타났다. 이와 함께 경제활동지표는 GDP를 이용하고 아르헨티나 국민계정의 통계기록에 따른 1993년 시장가격 기준 아르헨티나 폐소화로 평가할 것을 제안하였다.

배출집약도 목표를 “배출율(E)=상수(K)×GDP(P)”의 형태(단순 선형관계)로 설정할 경우 불확실성의 감소는 충분하지 못했는데, 극단적인 시나리오간의 배출량 변화폭은 고정목표방식과 비슷하게 약 2천만TC로 평가되었다. 특히 가장 가능성이 높은 시나리오(GDP성장 중간, 농업 및 축산부문 고성장) 대비 배출량 10% 삭감목표를 가정할 경우에도 GDP가 높은 성장을 보일 경우 Hot Air가 발생할 가능성이 있는 것으로 평가되었다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 1990년부터 2012년까지의 배출량 추세를 분석한 결과, 배출량이 GDP의 제곱근과 유사한 추세를 나타내는 경향을 갖는다는 점이 발견되었다. 이를 토대로 “ $E=I \times \sqrt{P}$ ”의 공식(승수 $\alpha=0.5$ 에 해당)을 적용할 경우 9개 시나리오간 배출량 변화폭은 1천만TC 수준으로 줄어들어 불확실성이 현저하게 하락한다는 점이 확인되었다. 남아있는 불확실성은 농업 및 축산부문에서의 불확실성 때문인 것으로 평가되었다.

이와 같은 배출집약도 공식을 토대로 배출한도는 가장 가능성이 높은 시나리오(GDP성장 중간, 농업 및 축산부문 고성장) 대비 배출량 10% 삭감을 목표로 채택하였으며, 경제성장율이 높을 경우 오히려 더 높은 감축노력이 요구되며 Hot Air의 발생 가능성은 없어진다는 결론에 도달하게 된다.

아르헨티나는 협약 당사국총회에서 배출목표를 채택하는 비부속서 I국가가 교토의정서 발효 후에 의정서상의 4/6/17조에 규정된 메카니즘에 참여할 수 있도록 하는 새로운 대안을 이행할 경우 구속적인 국제적 의무(binding international commitment)로 전환한다는 점을 함께 주장하였는데, 다음해 정권교체와 함께 사실상 철회된 것으로 알려지고 있으며, 최근 경제위기를 고려할 때 약속의 이행여부가 매우 불투명한 것으로 평가된다.

3.2. CCAP 및 WRI의 제안

미국의 청정대기정책센터(Center for Clean Air Policy)는 개도국에 대한 온실가스 배출집약도 목표의 설정을 주장하였다. CCAP(1998)에 따르면 유사한 환경(경제 성장률, 산업화 수준, 자원 등)의 국가들을 동일한 그룹으로 분류하고 그룹별로 동일한 배출집약도 감소목표를 설정할 것을 주장하며, 다음의 기준을 고려하여 배출집약도 향상율을 설정할 것으로 제안하였다.

- 연료 믹스 : 석탄과 석유에 의존하는 국가들은 천연가스, 원자력 및 재생에너지를 사용하는 국가보다는 청정연료로 전환할 수 있는 기회가 더 많다.
- 경제 성장 : 경제 성장이 급속한 국가들은 자본 회전율이 더 빠르기 때문에 저성장 경제 혹은 침체경제의 국가들에 비해 신규의 더 효율적인 기술에 대해 투자할 수 있는 능력이 크다.
- 기술 수준 : 이미 상대적으로 효율적인 에너지 기술을 도입한 국가들은 덜 효율적인 기술을 도입한 국가들보다 배출집약도 효율을 향상할 수 있는 기회가 작다.
- 정책 : 화석에너지 생산자에 대한 보조금을 제공하거나, 인위적으로 최종 소비자 에너지 가격을 낮게 유지하거나 에너지 효율에 대한 기타 장애요인을 갖고 있는 국가들은 정책 결정을 통하여 배출집약도를 향상시킬 수 있다.

이를 토대로 주요 개도국의 배출집약도 감축잠재력을 평가하였으며, 감축잠재력에 따라 5개의 그룹을 구분하였는데, 우리나라는 중간 정도의 감축 여력을 갖는 ‘Medium’ 그룹에 속하는 것으로 평가되었다.

<표Ⅲ-6> 배출집약도 향상율 설정을 위한 잠재적 분류(CCAP)

범 주	국 가
5 (High No Regrets Potential: 고탄소 연료혼합, 고경제성장, 비효율적인 기술)	중국, 이란
4 Medium High	사우디 아라비아
3 Medium	인도, 인도네시아, 한국, 대만, 태국
2 Medium Low	멕시코, 베네수엘라
1 (Low Potential: 저탄소 연료 혼합, 저경제성장, 효율적인 기술)	브라질

자료: CCAP, Growth Baselines: Reducing Emissions and Increasing Investment in Developing Countries(Executive Summary), 1998

CCAP는 감축 잠재력에 따라 감축목표를 차별화하되, 감축목표가 BAU(기준 전망)와 No-Regret (순 비용의 발생 없이 취할 수 있는 정책 및 조치를 이행한다고 가정함) 수준 사이에 위치하도록 함으로써 개도국이 배출권 거래를 통해 순이익을 얻을 수 있도록 함과 동시에 Hot Air의 발생을 방지하자고 제안하고 있다.

미국 세계자원연구소(World Resources Institute)의 Baumert 외(1999)는 ‘온실가스 배출집약도 지수(greenhouse gas intensity indicator)’가 개도국에 있어서 실질적인 기후 위기를 해결하는, 즉 경제성장과 배출성장을 연결을 끊는 지속발전의 지표라 평가하면서 배출집약도의 적극적인 개발·적용을 주장하였다. 특히 부속서 I국가의 1차 이행기간 중 감축의무를 집약도 지수로 전환하자는 주장은 아니며, 미래에 개도국의 감축의무, 혹은 일부 부속서 I국가의 후속적인 감축의무 설정시 고려해 볼 수 있다고 밝히고 있다. 한편 Philibert (2001)는 OECD 기후변화 부속서 I 전문가회의에서 배출집약도 방식이 가격상한제(price-cap)와 차입(borrowing)의 허용을 포함하여 개도국은 물론 일부 혹은 전부의 부속서 I국가에도 적용가능함을 강조한 바 있다.

3.3. 미국의 제안¹¹⁾

미국은 부시 행정부의 등장과 함께 교토의정서에 거부의를사를 표명하였다. 2002년 2월 14일 부시 대통령은 깨끗한 하늘을 위한 법률(Clear Skies legislation)과 지구기후변화 이니셔티브(Global Climate Change Initiatives)를 촉구하면서 미국의 온실가스 감축노력을 위한 새로운 목표를 제시하였다.¹²⁾

부시 대통령이 제시한 “Global Climate Change Initiatives”에 따르면 미국은 온실가스 집약도를 2012년까지 18% 감축할 계획이다. 이와 함께 (자율적) 협정에 기초한 온실가스 저감크레딧 거래 허용(배출감소에 대한 인센티브의 제공)과 이를 위해 세계수준의 배출감축량 측정 및 등록체계 구축을 약속하고 있다. 특히 자율적 삭감을 등록한 업체가 미래의 기후정책으로 불이익을 받지 않도록 하고 실질적인 배출삭감을 보인 업체에게는 크레딧을 부여하는 방안을 제안

11) 이에 관한 부시의 연설문과 요약보고서(Clear Skies & Global Climate Initiatives)는 <http://www.whitehouse.gov> 참조함.

12) 부시 대통령이 제시한 Clean Skies legislation에 따르면 발전부문의 오염물질 세가지에 대한 총량규제 및 배출권 거래제(cap-and-trade) 도입하고, 2018년까지 현재 대비 아황산가스 73%, 질소산화물 67% 및 수은 69%를 삭감할 계획이다.

하도록 Secretary of Energy에 요청한다는 내용이 포함되어 있으며, 원자력, 신재생, 청정석탄 기술 촉진과 자동차 연비 향상 등의 대책을 포함하고 있다.

부시 대통령은 기후변화협약에 대한 지지에도 불구하고 교토의정서에 대한 반대 입장을 재차 천명하였는데, 교토의정서 이행시 미국은 490만명의 일자리를 잃고 4천억불에 달하는 막대한 경제적 비용을 초래할 것이라 주장하고 있다. 또한 비현실적인 온실가스 목표를 강요함으로써 개도국의 성장을 막는 것은 불공평하지만, 이미 전세계 배출량의 상당부분(majority)을 차지하고 있는 중국과 인도와 같은 개도국에게 공동책임의 분담을 면제시키는 것은 무책임하다는 점을 지적함으로써 개도국의 의무부담 필요성을 강조하였다.

미국의 EIA(Energy Information Agency)가 발표한 International Energy Outlook(2001)에 따르면 미국의 이산화탄소 배출량은 2010년까지 1999년 대비 19.7%(298백만탄소톤(million TC)) 증가한 1,809백만TC로 전망되며, 이산화탄소 배출집약도는 동기간 0.1665 TC/천US\$1997에서 0.1375 TC/천US\$로 17.4% 감소할 것으로 전망된다. 이를 기초로 평가할 때 온실가스 배출집약도를 향후 10년간 현재 대비 18% 감소시킨다는 계획은 추가적인 규제정책이 거의 필요없는 목표임을 알 수 있다.

과거 9년간(1990~1999) 미국은 이산화탄소 배출집약도가 15.4% 감소(EIA 추정)하였으며,¹³⁾ 이러한 추세는 대부분의 선진국에 있어서 비슷한 것으로 예외적인 상황이 아니며, 따라서 EIA의 전망에서도 나타나고 있듯이 앞으로도 비슷한 경향을 나타낼 것이라 판단된다. 국제에너지기구(IEA)의 “CO₂ emissions from fuel combustion” (2001)에 따르면 '90~'99년 간 이산화탄소 배출집약도는 전세계적으로도 11.3% 감소했으며, 교토의정서상 배출감축의무를 부담하고 있는 부속서 I국가의 경우는 17.9%나 감소하였다.

미국의 세계자원연구소(WRI)¹⁴⁾에 따르면 부시의 새로운 제안은 온실가스 배출량을 14% 늘리겠다는 것으로 평가된다. 이는 교토의정서상 1990년도 대비 7% 삭감목표를 갖고 있는 미국이 1990~2000년간 온실가스 배출량을 이미 14.7% 증가시킨 데 추가적으로, 향후 10년간 14.1%를 더 배출하겠다는 것으로서 사실상 1990년 대비 28.8%를 더 배출하겠다는 것에 다름없다. 미래 전망의 불확실성을 고려하더라도, 어떤 가능한 시나리오 하에서도 실질적인 총량의 감소를 위한 노력을 하지 않겠다는 것으로 해석된다. EIA의 자료가 이산화탄소만을 고려한 것

13) IEA(2001)는 12.2% 감소로 추정함.

14) WRI, *Analysis of Bush Administration Greenhouse Gas Target*, February 14, 2002.

이며, 대상기간(1999~2010)이 새로운 제안의 대상기간(2002~2012)과 다르다는 점에서 평가의 불확실성이 있으나, 미국의 온실가스 배출에서 이산화탄소가 차지하는 비중이 높고,¹⁵⁾ 대상기간 자체도 비슷하다는 점에서 평가결과의 불확실성은 크지 않다고 판단된다. 따라서 온실가스 배출집약도를 18% 감축한다는 것은 기존의 전망 자료를 고려할 때, 사실상 감축을 위한 추가적인 노력이 거의 필요하지 않는 수준이다.

경제의 불안정성이 높은 국가(특히 개도국)의 경우 불확실성에 따른 위험을 완화시키고 장기적으로 보다 적극적인 배출감축목표를 유도한다는 점에서 배출집약도 방식은 바람직한 대안일 수 있다. 하지만 경제의 안정성이 높은 국가가 기존의 국제적인 합의를 존중하지 않으면서까지 배출집약도 방식을 고수한다는 것은 결코 기후변화문제 해결에 도움이 되지 않을 것이다. 또한 이번에 제시된 배출집약도 목표는 실질적인 배출감축노력을 거의 하지 않았다는 것으로 범지구적인 온실가스 안정화 노력에 큰 장애가 될 것임이 분명하다. 특히 미국 국내적인 대기오염에 대해서는 적극적이고 강제적인 해결책을 제시하면서 국제적인 환경문제를 위해서는 실질적인 감축노력을 외면하는 것은 자국의 이익만을 중시하겠다는 국가 이기주의의 발현이라 평가될 수 있다.¹⁶⁾

4. 불확실성과 이중 집약도 목표

배출집약도의 지표(GDP 등)가 배출량을 완전하게 결정하지 못하는 한 배출집약도 방식이 미래 배출량이 갖는 불확실성과 그에 따른 의무이행 위험을 완화할 수 있는 잠재력에는 한계가 있다. 한국환경정책·평가연구원(2001)에 따르면 1980~1998년간 CO₂ 배출증가율 변동(표준편차)을 분석한 결과, 총량의 경우 6.08, 일인당 배출증가율의 경우 6.12인 반면, GDP당 배출량(집약도) 증가율의 경우 환율기준 적용시 4.19, PPP 기준 적용시 4.20으로서 나타났는데, 이는 집약도 목표를 적용하더라도 불확실성의 2/3 이상은 여전히 제거되지 못하는 것으로 해석할 수 있다.

15) 미국의 경우 1990년 기준 전체 온실가스 배출량의 83.5%가 이산화탄소로 배출된 것으로 추정됨. (CICERO, 2001)

16) 미국 의회에서는 부시 대통령의 계획과 별도로 다양한 온실가스 규제법안이 상정중이다. 미 상원의원 John McCain과 Joseph Lieberman은 미국에서의 강제적인 온실가스 감축을 규정하는 법안을 제안하였다. 이 제안은 모든 종류의 온실가스 배출총량을 2010년까지 2000년 수준으로 동결하고 2016년까지 1990년 수준으로 강제적으로 감축한다는 목표를 채택하고 있다. 이와 함께 온실가스 보고시스템과 배출권 거래제(cap-and-trade)의 도입을 포함하고 있으며, 해외로부터의 크레딧 구입을 허용하고 있다.

배출집약도의 위험 제거 효과는 과거 배출량 통계의 분석결과 뿐만 아니라 전망의 불확실성에서도 그 한계를 볼 수 있다. EIA(2001)에 따르면 배출전망의 불확실성(High와 Low 시나리오의 격차)이 개도국의 경우 CO₂ 배출총량보다는 집약도의 경우에 크게 낮은 것으로 나타났으며, 선진국의 경우는 배출총량의 불확실성이 집약도 보다 낮은 경향이 발견된다. 이는 개도국의 경우 배출총량에 대한 고정목표 방식보다는 배출집약도에 대한 동적 목표 방식이 보다 적합하다는 점을 시사하는 것이다. 그럼에도 불구하고 EIA의 1999년 전망과 2001년 전망을 비교해 보면, GDP, 배출량은 물론 집약도의 경우도 매우 큰 격차를 보여주고 있다. 이는 전망의 불확실성이 집약도의 경우에도 무시할 수 없을 만큼 높다는 점을 보여주는 것이다. 따라서 집약도 목표방식을 적용할 경우에도 전망의 불확실성에 따른 위험을 완화하기 위한 추가적인 보완수단이 필요하다. 또한 집약도 목표방식을 적용할 경우에도 Hot Air 혹은 의도되지 않은 감축의 무부담의 가능성과 심각성이 여전히 높다는 점을 나타내는 것이다.

<표III-7> CO₂와 GDP에 대한 EIA 전망 요약, 2020

(단위: % points)

배출전망의 불확실성 (High와 Low 시나리오의 격차, 2020년)			EIA의 1999년 전망과 2001년 전망 비교		
국가	CO ₂	집약도	GDP	CO ₂	집약도
미국	13.6	27.4	30.6	3.3	-20.9
캐나다	21.1	20.0	5.7	-1.1	-6.4
영국	16.1	24.8	5.7	6.1	0.4
프랑스	20.0	21.1	4.1	8.9	4.6
독일	16.5	24.8	-7.3	-6.6	0.7
일본	24.4	17.1	-9.9	-1.4	9.5
러시아	42.0	48.4	35.5	14.9	-15.2
중국	56.1	29.1	9.2	-17.1	-24.1
인도	40.0	19.9	13.5	-3.8	-15.3
한국	36.6	26.9	2.0	-23.9	-25.4
멕시코	27.1	13.0	6.6	28.5	20.6
브라질	45.8	14.7	8.1	13.4	4.9
선진국	16.7	24.4	9.0	3.5	-5.1
개발도상국	47.7	17.8	9.8	-5.4	-13.8
전세계	34.0	16.0	9.5	-0.6	-9.2

자료: Kim and Baumert, Reducing Uncertainty through Dual-Intensity Targets, *Building on the Kyoto Protocol*, WRI, 2002.

Kim and Baumert(2002)는 집약도 목표의 적용에도 불구하고 여전히 남아 있는 불확실성과 의무이행 위험을 추가적으로 완화하기 위한 방안으로서 이중집약도 목표 방식을 제안하고 있다. 이중집약도 목표(dual intensity target)는 다음과 같이 인센티브 목표(selling target)를 위한 집약도(I_1)와 준수 목표(compliance target)를 위한 집약도(I_2)의 두 가지로 구성된다.

$$\circ \text{인센티브 목표 배출량} = I_1 \times GDP^{\#} \dots\dots\dots <\text{식III-2}>$$

$$\circ \text{준수 목표 배출량} = I_2 \times GDP^{\#} \dots\dots\dots <\text{식III-3}>$$

인센티브 목표는 이를 초과달성(목표 배출량 이하로 배출)할 경우 잉여 배출량을 판매할 수 있는 기준이 되며, 준수 목표는 미달성(목표 배출량 이상으로 배출)시 부족한 배출량을 구입하거나 혹은 벌칙에 적용을 받게 되는 기준이 된다. 이중집약도 목표방식은 다양한 의무부담방식으로의 포괄하는 일반화된 목표 개념으로 해석할 수 있다. 몇 가지 예를 제시하면 다음과 같다.

- $I_1 = 0$: 인센티브가 없는 구속적 목표 방식
- $I_2 = \infty$: 인센티브만 부여하는 비구속적 목표 방식
- $I_1 = I_2$: 단일 집약도 목표 방식
- $\alpha = 0$: 고정 목표 방식

즉, 인센티브 목표 집약도(I_1), 준수 목표 집약도(I_2) 및 α 의 세 가지 지표를 적절히 설정함으로써 인센티브가 없는 구속적 집약도 목표방식, 인센티브만 부여하고 미달성시 벌칙을 부과하지 않는 목표방식, 단일 집약도 목표방식은 물론 고정목표 방식으로의 전환도 가능하다. 따라서 다양한 의무부담방식을 포괄하는 유연한 목표설정방식으로써 이중집약도 목표방식을 활용할 수 있다.

IV. 온실가스 목표설정을 위한 집약도의 적용 타당성

1. 온실가스 배출 현황

우리나라의 경제규모(GDP)는 1999년 기준 5,663억 달러로 세계 11위이며, 화석연료 연소에 따른 이산화탄소 배출량은 410백만 CO₂톤으로 세계 10위에 달한다. 특히 1990년대 10년 동안의 이산화탄소 배출증가율은 75.5%로 다른 OECD 국가를 압도하며 1위를 차지하였다. 1995년까지의 누적 배출량도 전세계 25위, OECD 국가 중 15위에 해당한다. 일인당 배출량, 배출집약도(GDP당 배출량) 등에 있어서도 세계적으로 상위에 위치하고 있어 감축의무 부담에 대한 요구가 매우 높을 수밖에 없는 입장이다(<표IV-1>참조).

<표IV-1> 이산화탄소 관련 주요지표에 대한 국제비교 (1999년)

구분	누적 배출량 (’50 ~’95)	총 CO ₂ 배출	GDP		일인당 배출량	GDP당 배출량		일인당 GDP		CO ₂ 변화율 (’90 ~’99)
			GDP (환율)	GDP (PPP)		GDP (환율)	GDP (PPP)	GDP (환율)	GDP (PPP)	
한국	4,548	410	566.3	710	8.76	0.72	0.58	12.08	15.15	76%
전세계	662,240	23,172	32,445	39,841	3.90	0.71	0.58	5.46	6.70	9%
부속서 I 국가	490,886	13,592	26,020	-	11.11	0.52	-	21.28	-	-1.60%
부속서 II 국가	364,058	10,953	25,247	21,532	12.07	0.43	0.51	27.81	23.72	10%
OECD	401,327	12,239	26,446	23,626	10.96	0.46	0.52	23.69	21.16	10%
비 중(%)					평균 대비 비율(%)					
한국/전세계	0.69	1.77	1.75	1.78	225	43	97	154	226	
한국/부속서 I 국가	0.93	3.02	2.18	-	79	59		64		
한국/부속서 II 국가	1.25	3.75	2.24	3.30	73	183	114	44	64	
한국/OECD	1.13	3.35	2.14	3.01	80	119	112	52	72	
순 위										
한국/전세계	25/175	10/135	11/135	13/135	29/135	75/135	42/135	32/135	33/135	25/135
한국/부속서 I 국가	16/40	8/40	9/40	9/40	15/40	16/40	12/40	24/40	23/40	1/40
한국/부속서 II 국가	12/24	7/24	9/24	8/24	12/24	3/24	4/24	24/24	23/24	1/24
한국/OECD	15/30	7/30	9/30	8/30	13/30	8/30	7/30	24/30	23/30	1/30

주: 이산화탄소 배출량은 화석연료 연소에 따른 배출량만이 고려됨. 단위는 누적배출량 및 총배출량은 백만 이산화탄소톤, GDP는 십억US\$1995, 일인당 배출량은 이산화탄소톤, GDP당 배출량은 탄소-kg/US\$1995, 일인당 GDP는 천US\$1995임.

자료: IEA (2002) 및 Claussen 외 (1998)

<표IV-2> 지표별 상위 15개 당사국 (2000년)

CO ₂ 배출량(세계 CO ₂ 비율)		GDP(세계 총비율PPP)		TEPS(세계 총비율)	
미국	24.19%	미국	21.53%	미국	22.76%
중국	12.79%	중국	11.31%	중국	11.31%
러시아	6.43%	일본	7.53%	러시아	6.08%
일본	4.93%	인도	5.38%	일본	5.19%
인도	4.00%	독일	4.58%	인도	4.97%
독일	3.56%	프랑스	3.25%	독일	3.36%
영국	2.27%	이탈리아	3.03%	프랑스	2.55%
캐나다	2.25%	영국	3.03%	캐나다	2.48%
한국	1.85%	브라질	2.84%	영국	2.30%
이탈리아	1.82%	러시아	2.66%	한국	1.92%
프랑스	1.59%	캐나다	1.96%	브라질	1.81%
멕시코	1.54%	멕시코	1.95%	이탈리아	1.70%
호주	1.41%	스페인	1.72%	멕시코	1.52%
브라질	1.29%	한국	1.56%	인도네시아	1.44%
우크라이나	1.29%	인도네시아	1.38%	우크라이나	1.38%
세계	23422 Mt CO ₂	세계	41751 billion US\$	세계	422970 PJ
일인당 CO ₂ 배출량(t CO ₂)		GDP당 배출량(1000US\$PPP)		일인당 GDP(1000US\$PPP)	
Qatar	59.99 t	이라크	2.4 kg	룩셈부르크	42.36
쿠웨이트	31.53 t	Qatar	2.28 kg	미국	32.63
아랍에미레이트	23.66 t	쿠웨이트	2.13 kg	아일랜드	27.67
미국	20.57 t	우즈베키스탄	2.09 kg	스위스	27.49
바레인	20.44 t	Turkmenistan	1.86 kg	아이슬란드	26.75
룩셈부르크	18.24 t	우크라이나	1.72 kg	캐나다	26.60
호주	17.19 t	카자흐스탄	1.59 kg	노르웨이	26.29
캐나다	17.13 t	바레인	1.44 kg	Qatar	26.27
브루나이	14.95 t	리비아	1.38 kg	덴마크	25.70
사우디아라비아	12.58 t	Trinidad and Tobago	1.38 kg	벨기에	24.88
벨기에	11.73 t	Azerbaijan	1.36 kg	일본	24.77
Trinidad and Tobago	11.63 t	러시아	1.35 kg	네덜란드	24.72
체코	11.56 t	아랍에미레이트	1.30 kg	호주	24.71
네덜란드	11.13 t	유고슬라비아	1.20 kg	오스트리아	24.17
아일랜드	10.88 t	사우디아라비아	1.20 kg	핀란드	23.83
세계	3.89 t	세계	0.56 kg	세계	6.93
한국	9.17 t	한국	0.67 kg	한국	13.79

자료: IEA (2002)

우리나라는 2000년에는 경제규모(GDP)가 1999년 11위에서 세계 14위로 하락하였음에도 불구하고 화석연료 연소에 따른 이산화탄소 배출량은 1999년 10위에서 세계9위로 상승함으로써 온실가스 규제에 보다 취약해졌다(<표IV-2> 참조).

<표 IV-3> 부속서 I 국가와 우리나라 온실가스 배출량에 대한 부문별 비교

구분	온실가스(LU LUCF 제외)		CO ₂ (연료연소)		CO ₂ (수송)		CO ₂ (산업공정)		CO ₂ (LULUCF)		CH ₄		N ₂ O		F-gas	
호주	502,406	18.2	66.2%	25.4	14.3%	21.1	1.5%	16.5	6.5%	-58.0	24.1%	1.8	6.4%	37.6	0.19%	-76.2
오스트리아	79,754	3.1	66.9%	9.5	21.2%	41.8	15.3%	-5.7	-9.6%	-17.2	11.8%	-16.8	3.2%	9.0	2.18%	16.9
벨기에	152,356	6.7	74.9%	4.5	15.8%	22.4	7.4%	46.1	-1.2%	13.9	7.2%	-4.9	8.8%	1.6	0.59%	0.0
캐나다	726,250	19.6	71.1%	22.5	24.9%	23.8	5.5%	22.9	-2.3%	-73.2	12.6%	24.6	7.4%	1.2	1.29%	6.2
체코	146,792	-23.6	84.8%	-22.3	7.6%	52.7	1.5%	-33.4	-2.7%	88.7	7.3%	-36.1	5.6%	-27.4	0.61%	0.0
덴마크	68,505	-1.2	74.0%	-1.1	17.6%	15.9	2.1%	44.5	-1.5%	8.6	8.4%	-1.6	13.3%	-16.2	1.19%	1,800.7
에스토니아	19,746	-54.6	83.5%	-56.0	5.2%	-61.7	1.8%	-42.3	-42.4%	32.4	12.6%	-43.1	2.1%	-59.5	0.00%	0.0
핀란드	73,958	-4.1	74.3%	1.9	16.7%	-0.8	1.4%	-8.8	-16.2%	-49.8	5.3%	-36.0	9.7%	-14.6	0.73%	651.7
프랑스	550,033	-1.7	68.4%	3.4	25.0%	15.6	3.2%	-19.9	-11.5%	12.5	11.0%	-9.4	14.0%	-15.6	1.99%	43.0
독일	991,421	-18.9	83.9%	-15.7	18.4%	12.7	2.6%	-5.5	-1.7%	-50.1	6.1%	-45.3	6.1%	-32.2	1.30%	43.9
그리스	130,053	24.0	73.6%	25.1	16.7%	20.2	6.1%	2.5	3.0%	166.5	8.4%	24.5	8.5%	3.6	3.41%	271.4
헝가리	84,338	-17.0	66.1%	-30.4	11.1%	20.5	3.4%	-21.2	-4.8%	29.5	13.8%	-16.8	15.1%	217.0	0.69%	0.0
아이슬랜드	2,991	6.9	63.7%	16.9	27.8%	15.1	16.4%	25.6	-4.4%	2,318.7	9.3%	-5.8	4.2%	-4.6	4.85%	-53.1
아일랜드	66,993	24.8	61.6%	39.4	15.1%	103.9	3.8%	33.4	0.0%	-63.4	19.1%	-0.4	14.5%	5.2	0.82%	0.0
이탈리아	546,905	5.1	79.4%	6.6	22.1%	19.2	4.7%	-10.5	-3.0%	-30.1	6.9%	-4.0	7.9%	5.9	0.46%	173.4
일본	1,386,306	11.2	83.7%	10.7	18.0%	21.4	3.8%	-6.1	0.0%	15.3	1.6%	-17.6	2.7%	-5.1	6.51%	46.0
라트비아	10,672	-65.6	63.2%	-70.6	19.9%	-64.7	0.9%	-82.1	-39.8%	-60.8	23.8%	-38.3	12.1%	-62.3	0.00%	0.0
룩셈부르크	5,971	-55.6	78.8%	-61.2	24.3%	-44.7	11.4%	16.5	-4.9%	0.0	8.0%	-4.7	1.6%	-51.9	0.00%	0.0
네덜란드	217,830	3.1	78.1%	8.3	16.1%	20.7	0.6%	-19.5	-0.6%	-0.6	9.5%	-24.0	7.8%	2.8	2.65%	-18.1
뉴질랜드	76,956	5.2	35.6%	23.0	16.0%	42.3	3.7%	18.3	-30.6%	7.6	43.1%	-6.2	16.4%	6.4	0.32%	-59.6
노르웨이	55,263	6.3	56.1%	16.8	23.8%	18.5	13.1%	16.5	-33.9%	91.9	12.3%	5.6	9.3%	0.5	3.66%	-61.2
폴란드	386,187	-31.6	78.3%	-34.7	7.3%	-0.1	3.1%	-12.3	-11.2%	24.0	11.9%	-30.5	6.2%	9.4	0.42%	0.0
포르투갈	84,700	30.4	67.4%	44.5	23.2%	75.0	6.0%	22.7	-5.0%	12.4	15.5%	1.8	9.7%	4.1	0.19%	0.0
슬로바키아	48,667	-33.3	77.1%	-32.7	8.9%	-14.8	8.2%	-1.3	-5.0%	0.7	9.3%	-33.5	6.3%	-49.8	0.21%	-62.1
스페인	385,987	34.8	72.9%	37.3	22.1%	47.6	5.2%	20.3	-7.6%	0.0	9.9%	29.4	7.9%	16.1	2.72%	219.3
스웨덴	69,356	-1.7	73.3%	-1.1	28.2%	4.4	6.6%	8.5	-39.4%	34.6	8.5%	-13.8	10.0%	-3.5	1.03%	36.0
스위스	52,748	-0.9	75.9%	0.9	29.5%	10.1	4.5%	-29.4	-3.5%	-42.9	8.6%	-10.7	6.9%	2.8	1.39%	241.5
영국	649,106	-12.6	80.4%	-6.3	19.0%	5.5	2.0%	-7.3	0.5%	-61.8	7.9%	-33.4	6.8%	-35.4	1.78%	-19.9
미국	7,001,225	14.2	80.6%	17.8	25.6%	21.6	2.3%	-3.7	-12.9%	-17.8	8.8%	-5.6	6.1%	9.8	1.73%	29.6
유럽연합	4,067,767	-3.5	77.1%	-0.3	20.2%	18.5	3.7%	-1.5	-4.4%	-9.2	8.4%	-19.9	8.3%	-15.7	1.55%	35.9
한국	534,442	62.4	81.0%	81.0	16.2%	105.3	5.4%	57.0	-7.8%	56.8	6.0%		2.5%		3.88%	-

주: 1) 온실가스 유형별로 첫 번째 열은 온실가스 총량(LULUCF 제외)에서의 비중을 나타내며, 두 번째 열은 1990~2000년간 증가율을 나타냄,

2) 온실가스 총량의 단위는 천CO₂

자료: UNFCCC

<표IV-3>에서 부속서 I 국가와 비교할 때, 우리나라의 온실가스 배출량 부문별 비중은 수송 부문 CO₂와 메탄 및 아산화질소의 경우 낮은 경향이 있는 반면 산업공정과 F-gas의 경우 높은 경향이 발견된다. 또한 연료연소 및 수송부문에 대한 이산화탄소 증가율이 높아 이에 대한 적극적인 관리가 필요함을 보여준다.

<표 IV-4> 온실가스별 · 부문별 배출량 (2000년)

(단위: 천TC)

온실가스 배출/흡수원	CO ₂ 배출	CO ₂ 흡수	CH ₄	N ₂ O	HFCs	PFCs	SF ₆	순배 출량	비중 (%)
온실가스 배출 및 흡수 총량	128,197.3	-11,299.0	8,738.1	3,601.6	1,390.6	639.1	3,190.3	134,458.0	100.0
1. 에너지	117,985.3		1,438.7	279.0				119,703.0	89.0
가. 연료연소 (부문별)	117,985.3		242.8	279.0				118,507.1	88.1
1. 에너지산업	34,112.8		0.6	59.2				34,172.5	25.4
2. 제조업 및 건설업	38,744.7		56.1	118.4				38,919.2	28.9
3. 수송	23,628.7		83.6	59.2				23,771.5	17.7
4. 광업,농림어업,가정상업, 공공기타	21,499.2		102.5	42.3				21,644.0	16.1
5. 기타	No		No	No				0.0	0.0
나. 탈루성 배출	0.0		1,195.9	0.0				1,195.9	0.9
1. 석탄	0.0		317.9	0.0				317.9	0.2
2. 석유 및 천연가스 시스템	0.0		878.0	0.0				878.0	0.7
2. 산업공정	7,859.8		118.6	1,800.8	1,390.6	639.1	3,190.3	14,999.2	11.2
가. 광물산업	7,616.8		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7,616.8	5.7
나. 화학산업	204.1		118.6	1,800.8	0.0	0.0	0.0	2,123.5	1.6
다. 금속산업	38.9		0.0			0.0	0.0	38.9	0.0
라. 기타산업								0.0	0.0
마. HFCs, PFCs, SF ₆ 소비					1,390.6	639.1	3,190.3	5,220.0	3.9
바. 기타	No		No	No	No	No	No	0.0	0.0
3. 솔벤트 및 기타 제품소비	0.0			0.0				0.0	0.0
4. 농업축산	0.0	0.0	2,825.8	1,158.3				3,984.1	3.0
가. 장내발효			770.9	0.0				770.9	0.6
나. 분뇨분해			87.6	456.5				544.2	0.4
다. 벼논경작			1,967.3	0.0				1,967.3	1.5
라. 농업용 토양	0.0	0.0	0.0	0.0				0.0	0.0
마. 비료소비				701.7				701.7	0.5
5. 토지이용 및 임업	1,143.0	-11,299.0	0.0	0.0				-10,156.0	-7.6
가. 산림및기타목질제바이오매스변화	0.0	11,299.0						11,299.0	-8.4
나. 산림 및 초지의 타용도 전환	84.0	0.0	0.0	0.0				84.0	0.1
다. 토양에서의 CO ₂ 배출및흡수	1,059.0	0.0						1,059.0	0.8
라. 기타	No	No	No	No				0.0	0.0
6. 폐기물	1,209.2		4,355.6	372.0				5,936.8	4.4
가. 고형폐기물 매립	0.0		4,315.5	0.0				4,315.5	3.2
나. 생활하수 처리			20.0	270.5				290.6	0.2
다. 산업폐수 처리			20.0	0.0				20.0	0.0
라. 폐기물 소각	1,209.2		0.0	101.5				1,310.6	1.0

자료: 임재규 (2002), 53쪽

<표IV-4> 온실가스별·부문별 배출비중을 보면 에너지산업, 제조·건설업, 수송 등 에너지 분야의 이산화탄소 배출량이 총 순배출량(총 배출량에서 총 흡수량을 제외한 양)의 87.7%를 차지하고 있다. 토지이용 및 임업 분야의 이산화탄소 흡수량은 8.4%를 차지하고 있고 폐기물 분야에서 발생하는 이산화탄소, 메탄 및 아산화질소는 총 순배출량의 4.4%를 차지하고 있으며 산업공정에서 발생하는 HFCs, PFCs, SF₆ 등 3개 F-gas는 3.9%를 차지하고 있다(<표IV-5>참조).

<표IV-5> 온실가스별·부문별 배출비중 (2000년)

온실가스 배출/흡수원	CO ₂ 배출	CO ₂ 흡수	CH ₄	N ₂ O	HFCs	PFCs	SF ₆	순배 출량
온실가스 배출 및 흡수 총량	95.3%	-8.4%	6.5%	2.7%	1.0%	0.5%	2.4%	100.0%
1. 에너지	87.7%		1.1%	0.2%				89.0%
가. 연료연소 (부문별)	87.7%		0.2%	0.2%				88.1%
1. 에너지산업	25.4%		0.0%	0.0%				25.4%
2. 제조업 및 건설업	28.8%		0.0%	0.1%				28.9%
3. 수송	17.6%		0.1%	0.0%				17.7%
4. 광업·농림어업·가정상업, 공공기타	16.0%		0.1%	0.0%				16.1%
5. 기타	No		No	No				0.0%
나. 탈루성 배출	0.0%		0.9%	0.0%				0.9%
1. 석탄	0.0%		0.2%	0.0%				0.2%
2. 석유 및 천연가스 시스템	0.0%		0.7%	0.0%				0.7%
2. 산업공정	5.8%		0.1%	1.3%	1.0%	0.5%	2.4%	11.2%
가. 광물산업	5.7%		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	5.7%
나. 화학산업	0.2%		0.1%	1.3%	0.0%	0.0%	0.0%	1.6%
다. 금속산업	0.0%		0.0%			0.0%	0.0%	0.0%
라. 기타산업	0.0%							0.0%
마. HFCs, PFCs, SF ₆ 소비	0.0%				1.0%	0.5%	2.4%	3.9%
바. 기타	No		No	No	No	No	No	0.0%
3. 솔벤트 및 기타 제품 소비	0.0%			0.0%				0.0%
4. 농업축산	0.0%	0.0%	2.1%	0.9%				3.0%
가. 장내발효	0.0%		0.6%	0.0%				0.6%
나. 분뇨분해	0.0%		0.1%	0.3%				0.4%
다. 벼논경작	0.0%		1.5%	0.0%				1.5%
라. 농업용 토양	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%				0.0%
마. 비료소비	0.0%			0.5%				0.5%
5. 토지이용 및 임업	0.9%	-8.4%	0.0%	0.0%				-7.6%
가. 산림및기타목질계바이오매스변화	0.0%	8.4%						8.4%
나. 산림 및 초지의 타용도 전환	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%				0.1%
다. 토양에서의 CO ₂ 배출및흡수	0.8%	0.0%						0.8%
라. 기타	No	No	No	No				0.0%
6. 폐기물	0.9%		3.2%	0.3%				4.4%
가. 고형폐기물 매립	0.0%		3.2%	0.0%				3.2%
나. 생활하수 처리	0.0%		0.0%	0.2%				0.2%
다. 산업폐수 처리	0.0%		0.0%	0.0%				0.0%
라. 폐기물 소각	0.9%		0.0%	0.1%				1.0%
마. 기타	No		No	No	No	No	No	0

주: <표IV-4>를 순배출량에 대한 비율로 나타냄.

2. 온실가스 집약도 목표의 적용 타당성

온실가스 집약도 목표의 적용 타당성을 평가하기 위해서는 GDP, 에너지 사용량, 인구 등 집약도 공식에 활용 가능한 지표들과 온실가스 배출량간의 상관관계를 살펴볼 필요가 있다. 1990~2000년간 우리나라의 온실가스 배출량과 이들 지표간의 상관관계를 부문별로 분석해 본 결과, 우선 온실가스 총배출량은 최종에너지 소비량과 가장 높은 상관관계를 갖고 있으며, 다음으로 1차에너지 공급량, GDP(PPP), GDP(국내통화), 인구의 순으로 상관관계가 낮아지는 것으로 나타났다(<표IV-6>참조).

이러한 분석결과는 집약도 지표의 설정시 ‘에너지 소비량(혹은 공급량)당 배출량’ 지표가 가장 적합한 형태라는 점을 보여준다. 하지만 집약도 지표의 목표를 ‘에너지 소비량당 배출량’으로 채택할 경우 온실가스 배출량이 상대적으로 낮은 에너지(원자력, 천연가스 등)의 이용을 과도하게 확대하는 유인을 제공할 위험이 있으므로 온실가스 감축이라는 환경적 효과성을 훼손할 우려가 있다. 따라서 에너지 소비·공급량을 활용하는 지표보다는 경제적 부가가치를 나타내는 GDP 지표의 활용이 경제와 환경을 균형있게 고려할 수 있다는 점에서 보다 합리적이라 평가된다. 그리고 GDP의 계산기준에 대해 국제환율(구매력 기준)에 따를 것인지 국내통화에 따를 것인지의 구분은 큰 차이를 나타내지 않으나 국제 환율의 경우 환율의 불안정성에 따른 불확실성과 위험이 부정적인 영향을 미칠 수 있으므로 국내 통화를 기준으로 하는 것이 바람직하다고 평가된다.

부문별로 보면, GDP(국내통화)와의 상관관계에 있어서 에너지 분야 배출량이 높은 상관관계를 나타내고 있으며, 그 중에도 연료연소에 따른 에너지산업에서의 배출량이 가장 높은 관계를 나타낸다. 에너지 분야와 산업공정 분야는 모두 0.9 이상의 상관계수를 보이고 있으며, 폐기물 분야도 0.9에 근사하는 수준을 나타내고 있다. 반면 농업축산, 토지이용 및 임업 분야는 모두 약 0.66이라는 낮은 상관계수를 나타내고 있을 뿐만 아니라 ‘음(-)’의 상관관계를 나타내고 있다. 이는 에너지, 산업공정, 폐기물 분야의 경우 GDP를 이용한 배출집약도 지표가 적합한 분야임에 반해 농업축산과 토지이용 및 임업 분야는 배출집약도 지표의 적용이 바람직하지 않을 수 있음을 보여주는 것으로 해석된다.

국가 전체적인 순배출량과 비교할 때, 에너지 분야(89.0%), 산업공정 분야(11.2%) 및 폐기물 분야(4.4%)의 배출량이 차지하는 비중이 104.6%를 나타내므로 국가 차원의 배출목표 설정시 배출집약도의 역할은 충분한 의미를 갖는 것으로 평가된다.¹⁷⁾

<표 IV-6> 부문별 온실가스 배출통계(1990년~2000년)에 대한 상관분석 결과

온실가스 배출/흡수	1차에너지 공급	최종에너지 소비	GDP (PPP _s)	GDP (원화)	인구
온실가스 배출 및 흡수 총량	0.9339	0.9457	0.9222	0.9202	0.8426
1. 에너지	0.9760	0.9831	0.9636	0.9618	0.9110
가. 연료연소 (부문별)	0.9754	0.9830	0.9625	0.9607	0.9106
1. 에너지산업	0.9915	0.9876	0.9877	0.9873	0.9529
2. 제조업 및 건설업	0.9870	0.9955	0.9655	0.9631	0.9534
3. 수송	0.9478	0.9607	0.9328	0.9304	0.8747
4. 광업, 농림어업, 가정상업, 공공기타	0.1358	0.1713	0.1272	0.1238	-0.0692
나. 탈루성 배출	-0.5618	-0.6077	-0.5047	-0.4985	-0.5272
1. 석탄	-0.9434	-0.9585	-0.9124	-0.9089	-0.9275
2. 석유 및 천연가스 시스템	0.9775	0.9632	0.9767	0.9765	0.9815
2. 산업공정	0.9358	0.9466	0.9208	0.9182	0.8588
가. 광물산업	0.7367	0.7759	0.7013	0.6969	0.6183
나. 화학산업	0.9215	0.8972	0.9331	0.9336	0.9739
다. 금속산업	0.6961	0.7340	0.6558	0.6527	0.5568
라. 기타산업	0	0	0	0	0
마. HFCs, PFCs, SF ₆ 소비	0.9001	0.9004	0.8935	0.8918	0.8262
3. 솔벤트 및 기타 제품 소비					
4. 농업축산	-0.5912	-0.5309	-0.6571	-0.6623	-0.6857
가. 장내발효	0.3660	0.4313	0.2834	0.2756	0.2725
나. 분뇨분해	0.9236	0.9465	0.8813	0.8772	0.8974
다. 버논경작	-0.9313	-0.9530	-0.8930	-0.8889	-0.9028
라. 농업용 토양	0	0	0	0	0
마. 비료소비	-0.8478	-0.8261	-0.8644	-0.8646	-0.8956
5. 토지이용 및 임업	-0.6630	-0.6312	-0.6603	-0.6612	-0.7670
가. 산림 및 기타 목질계 바이오매스 변화	-0.7120	-0.6829	-0.7066	-0.7072	-0.8098
나. 산림 및 초지의 타용도 전환	0.9733	0.9754	0.9494	0.9469	0.9860
다. 토양에서의 CO ₂ 배출 및 흡수	0.9403	0.9570	0.9068	0.9033	0.9199
6. 폐기물	-0.9292	-0.9379	-0.9013	-0.8983	-0.9489
가. 고형폐기물 매립	-0.9516	-0.9540	-0.9326	-0.9304	-0.9711
나. 생활하수 처리	-0.8654	-0.8703	-0.8326	-0.8291	-0.9190
다. 산업폐수 처리	0.7322	0.7060	0.7965	0.7999	0.6618
라. 폐기물 소각	0.8994	0.8628	0.9388	0.9417	0.9147
일차에너지공급	1.0000	0.9969	0.9926	0.9914	0.9774
최종에너지소비		1.0000	0.9814	0.9795	0.9677
GDP (PPP)			1.0000	0.9999	0.9694
GDP(95년 기준, 원화)				1.0000	0.9685
인구					1.0000

자료: IEA (2002)와 임재규 (2002) 자료로 상관분석을 시행한 결과.

- 17) 순배출량 대비 비중이 100%를 넘는 것은 흡수량의 비중(-7.6%)이 음의 숫자를 보이기 때문이다. 즉, 순 배출량 대비 분야별 배출비중의 절대값을 합하면 107.6%가 되기 때문에 일부 분야의 합이 이 비율보다 높을 수는 없지만 100%보다는 높게 나타날 수 있다.

한편, 농업축산 부문과 토지이용 및 산림 부문이 GDP와 약한 음의 상관관계를 보여줌에도 불구하고 부문내의 세부 분야에 있어서는 높은 양의 상관관계를 나타내는 경우가 발견된다. 이러한 경우의 예는 분뇨분해, 산림 및 초지의 타용도 전환, 토양에서의 이산화탄소 배출 및 흡수 등이 해당되는데, 이는 이들 세부 분야의 경우 GDP의 증가에 따라 배출량이 증가하는 직접적인 관계를 갖고 있음을 나타내는 것이다. 따라서 이들 세부 분야는 국가 차원의 집약도 목표를 설정할 경우 집약도 목표의 적용대상분야에 포함시킬 필요가 있음을 시사하는 것이다.

국가적인 온실가스 감축목표는 목표의 이행가능성과도 연계되어 설정되어야 하며, 이행가능성을 평가하기 위해서는 감축 잠재력, 감축비용, 가용한 정책수단 등에 대한 고려가 필요하다.

국무총리실 산하 기후변화협약대책위원회의 “기후변화협약 대응 제2차 종합대책(2002)”¹⁾에서는 부록에서 나타내는 바와 같이 5개 부문에 걸쳐 84개 과제를 제시하고 있다. 주요 대책으로는 ‘의무부담협상에 대비한 협상역량 강화’와 같은 협상 대책뿐만 아니라 ‘온실가스 감축 기술 및 환경친화에너지 개발 촉진’으로 표현된 기술개발 정책, ‘교토메카니즘 및 통계기반 구축’과 ‘기후변화협약에 대한 국민의 참여와 협력 유도’와 같은 기반구축 및 홍보 정책과 함께 ‘온실가스 감축대책의 강화’를 주요 내용으로 포함하고 있다. 배출삭감효과에 대한 자료가 부족하여 감축잠재력이나 감축비용에 대한 분석은 불가능하지만 가능한 정책수단의 목록에 대해서는 중요한 정보를 제공한다. 그리고 이는 배출집약도 목표(특히 분야별 집약도 목표)의 설정이 구체적인 정책수단으로 이행가능한가를 검토하는 데 유용하다(<부록> 기후변화협약 대응 제2차 종합대책 : 정책 및 조치 참조).

현재까지 국가 경제시스템 차원에서 감축비용의 추정에 대해서는 여러 가지 연구가 진행되어 왔다. Edmonds 등이 개발한 CGE(Computable General Equilibrium) 모형인 SGM(Second Generation Model)에서 추정된 결과에 따르면 기준성장(Business As Usual: BAU) 시나리오 대비 5% 삭감목표를 가정할 경우 우리나라의 한계 배출삭감비용(marginal emission reduction cost)은 약 \$35/톤으로 중국(\$5 이하)은 물론 인도나 멕시코(약 \$10)에 비해 크게 높은 것으로 나타난 바 있다(Lutter(2000)). 이는 국내적으로 탄소세 부과를 통해 5% 감축목표를 이행할 경우 우리나라의 세율이 중국의 7배, 인도나 멕시코의 3.5배 수준이 되어야 한다는 의미로 해석할 수 있으며 이는 우리나라의 감축비용 및 감축잠재력이 다른 주요 개도국에 비해 상대적으로 낮음을 보여주는 것이다.

또한 Sands 외(2002)에 따르면 우리나라의 이산화탄소 저감비용이 BAU 대비 10% 삭감시

톤당 10만원 이상으로 추정되고 있다. 이처럼 높은 한계비용은 시간이 지남에 따라 떨어져서 20년 경과시 약 5만원/톤 수준까지 낮아질 것으로 분석하고 있다. 이는 삭감목표의 점진적 강화를 통해 경제 시스템의 적응을 위한 기회를 주어야 한다는 점과 함께 목표 이행 이전부터의 예방적인 조기노력의 필요성을 뒷받침하는 것이다. 이러한 결론은 한국환경정책·평가연구원/에너지경제연구원(2000)의 「온실가스 저감 시나리오별 비용/편익 분석」의 결과에서도 마찬가지로 나타난다.

3. 에너지 부문 집약도 목표 적용 타당성

3.1 에너지 부문 이산화탄소 배출 추이

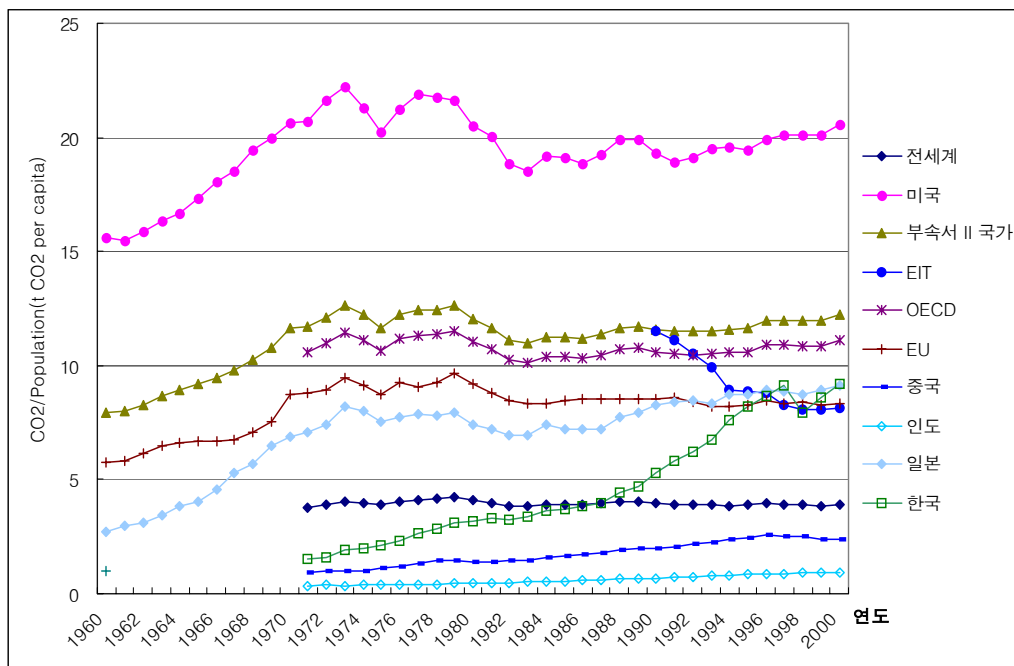
우리나라의 에너지부문 온실가스 배출은 총 순배출량의 89%(<표IV-5>참조)를 차지하고 있으며, 이중 약 99%가 이산화탄소이다. 에너지 부문 이산화탄소 배출량은 <표IV-8>에서처럼 1971년 50.96 백만CO₂-톤에서 2000년에 433.57 백만CO₂-톤으로 30년간 8.5배로 증가하였다. 같은 기간에 GDP가 7.8배 증가하였다는 점을 고려할 때 GDP 증가율을 상회하는 증가세를 나타낸다. 일인당 배출량의 경우는 5.9배 증가하였으며, GDP당 배출량은 1.1배 증가하였다.

<표IV-7> 우리나라 이산화탄소 배출량 및 GDP 추이

1971~1980	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
GDP (십억 US\$1995, PPP)	83.54	87.61	98.42	105.7	112.6	125.21	137.74	150.15	160.76	157.40
CO ₂ (백만톤)	50.96	52.8	65.8	69.05	75.05	83.49	95.52	104.14	117.51	121.93
1981~1990	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
GDP (십억 US\$1995, PPP)	167.57	179.72	198.94	215.36	229.3	254.44	282.39	311.93	330.9	360.61
CO ₂ (백만톤)	127.08	126.72	134.58	146.82	151.59	158.17	164.62	187.63	198.52	226.17
1991~2000	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
GDP (십억 US\$1995, PPP)	393.89	415.31	438.11	474.26	516.56	551.43	579.06	540.33	599.19	651.97
CO ₂ (백만톤)	251.00	273.19	298.1	339.28	370.18	395.52	421.52	367.41	402.87	433.57

자료: IEA (2002)

주요 국가 및 국가군의 과거 추세와 비교하여 보면, 일인당 배출량의 경우 1970년대 이후에 대부분의 국가(군)가 안정화 경향을 보이는 데 반해 우리나라는 지속적인 상승세를 나타내고 있다. 1971년 우리나라의 일인당 배출량은 세계 평균의 41.1%, OECD 평균의 14.6%, EU 평균의 17.7%에 불과하였다. 하지만 1988년 세계 평균치를 상회하기 시작하였으며 1996년부터는 EU 평균보다 높아졌고, 1997년에는 일본보다도 높은 수준을 기록하였다. 2000년 기준으로 우리나라의 일인당 배출량은 세계 평균의 2.4배, EU 평균의 1.1배 중국의 3.9배, 인도의 10배에 달하는 수준을 보이고 있다. 아직 OECD 평균에 비해서는 82.7%에 불과하지만 미국 등 일부 국가를 제외할 경우 선진국 평균을 상회하는 것으로 평가된다(〔그림Ⅳ-1〕 참조).

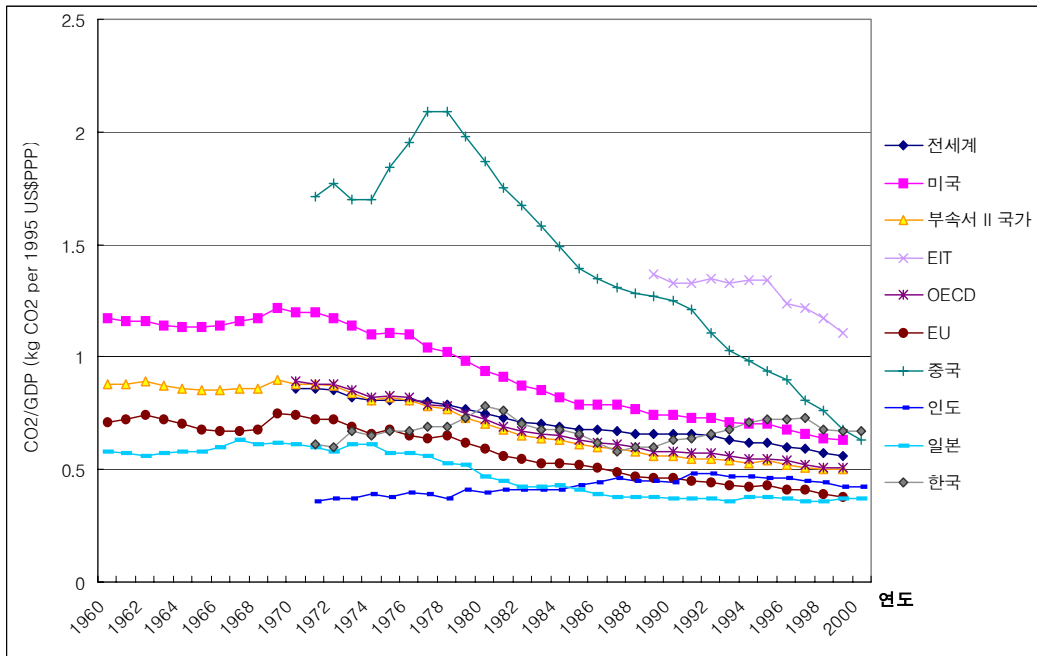


자료: IEA (2002)

〔그림Ⅳ-1〕 일인당 배출량

GDP당 배출량(배출집약도)에 있어서도 전 세계적인 하락 추세에도 불구하고 등락의 변동만 있을 뿐 하락 추세를 보이지는 않는다. 이에 따라 2000년 동구권 시장전환국가에 비해서는 낮은 수준이나 미국, 일본, 중국, 인도 등 주요국은 물론 OECD, EU, 부속서 II 국가, 전세계 평균 등 주요 국가군의 평균을 상회하고 있다. 따라서 기후변화 예방을 위한 국제적 노력에 동참하

고 온실가스 규제에 대비하기 위해서는 배출집약도를 관리하기 위한 적극적인 노력이 필요할 것이다([그림IV-2] 참조).



자료: IEA (2002)

[그림 IV-2] GDP(PPP)당 배출량

3.2. 에너지 부문 이산화탄소 배출량과 GDP와의 상관관계

배출집약도 목표의 적용 타당성을 평가하기 위해 에너지 부문 및 세부 분야별 이산화탄소 배출량과 GDP 등 주요 지표와의 상관관계를 분석하면, 에너지 부문 총 이산화탄소 배출량의 경우 1차 에너지 공급, 최종에너지 소비 및 GDP의 경우 모두 0.9 이상의 높은 상관계수를 나타내고 있다. 앞에서도 설명한 바와 같이 에너지 공급 및 소비량에 대한 집약도 지표는 에너지 이용을 과도하게 증가시키는 부정적인 효과를 초래할 수 있다는 점에서 집약도 기준으로서 추가적인 분석에서는 제외하도록 한다. 총 배출량과 GDP의 상관계수는 시간이 지남에 따라 약간 낮아지는 경향이 있으나 안정적으로 높은 관계를 나타내고 있다. 따라서 에너지 부문에 대

한 배출집약도 목표의 적용은 가능성이 높다고 판단된다.

세부 분야별로 살펴보면 공공전력·난방, 기타 에너지산업, 제조업 및 건설업, 수송, 국제 해운병커링 등에서 0.9 이상의 높은 수준을 보여주고 있다. 하지만 주거 분야와 국제 항공병커링 분야는 높지 않은 상관계수를 나타내고 있어 이 분야에 대해서 별도의 방식을 적용할 필요성이 제기될 수 있다. 하지만 총 에너지 부문 이산화탄소 총 배출량 433.6 백만CO₂톤(2000년 기준) 중에서 주거 분야와 국제 항공병커링 분야가 차지하는 비중이 31.4 백만CO₂톤으로 7.2%에 불과하므로 이들 분야를 구분하는 것보다 에너지부문 전체를 대상으로 집약도 목표를 적용하는 방안이 바람직할 수 있다(<표IV-9>참조).

<표IV-8> 우리나라 에너지부문 CO₂ 배출량과 주요 요인과의 상관관계

구 분	인구 (millions)	1차에너지 공급 (천TOE)	최종에너지 소비 (천TOE)	GDP (billion 1995 US\$ using PPPs)			
				1971 ~ 2000	1971 ~ 1980	1981 ~ 1990	1991 ~ 2000
총 배출량	0.9423	0.9972	0.9980	0.9939	0.9920	0.9810	0.9720
공공전력과 난방	0.8599	0.9668	0.9652	0.9459	0.9887	0.5272	0.9875
기타 에너지산업	0.9198	0.9695	0.9695	0.9588	0.9533	-0.0084	0.9618
제조업 및 건설업	0.9195	0.9877	0.9910	0.9819	0.9723	0.9006	0.9233
수 송	0.9130	0.9935	0.9947	0.9880	0.9421	0.9889	0.9439
주 거	0.0025	-0.3104	-0.3237	-0.2389	0.9733	0.5272	-0.2143
국제해운병커링	0.8549	0.9775	0.9772	0.9609	-0.7930	0.9595	0.9416
국제항공병커링	0.7624	0.5977	0.5941	0.6431	0.9715	0.4494	0.3855

자료: IEA (2002)

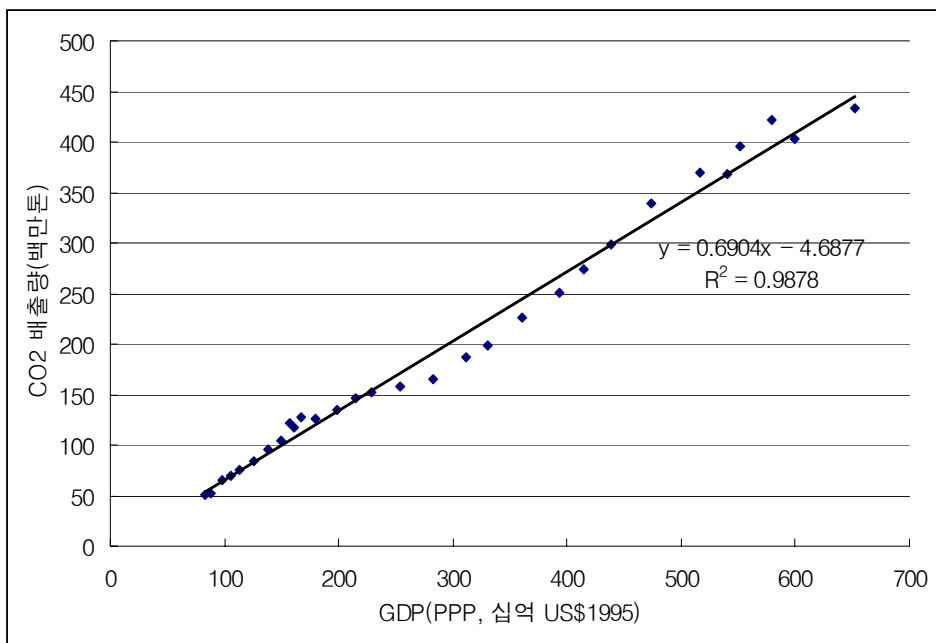
3.3. 회귀분석을 통한 이중 집약도 목표 설정

에너지 부문의 이산화탄소와 GDP에 대한 회귀분석 결과를 토대로 이중집약도 목표를 1971~2000년 간의 데이터(<표IV-8>)를 이용하여 단순 회귀분석한 결과는 <식IV-1>로 나타난다.

$$\circ \text{이산화탄소 배출량(백만톤)} = -4.68772 + 0.69036 \times \text{GDP (십억 US$PPP)} \cdots \text{식IV-1}$$

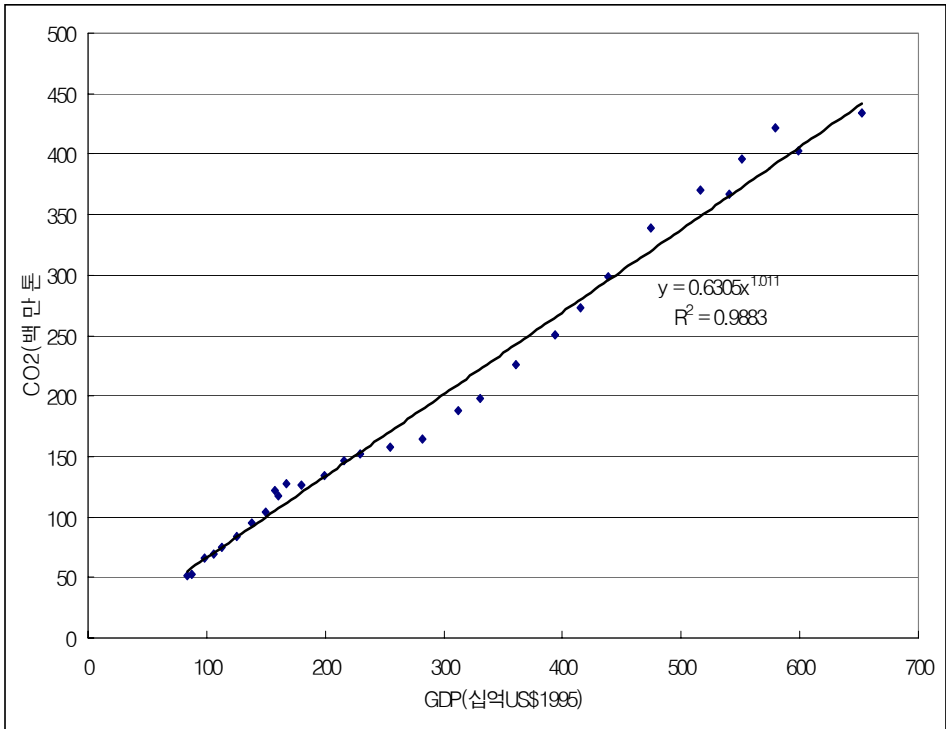
회귀분석 결과 조정된 결정계수(Adjusted R²)는 0.987, 표준오차 13.861, P-값 0.356(Y-절편) 및 2.34E-28(GDP의 계수)로 나타났다. Y-절편에 대한 유의성이 비교적 낮지만 전체적으로 매우

유의한 관계를 보여주고 있다. 이와 같은 회귀분석 결과는 배출집약도 목표를 설정할 경우 집약도 공식으로 이용될 수 있다. 예를 들면, GDP당 배출량(십억 US\$PPP당 백만CO₂톤)에 대한 집약도 목표를 0.69036으로 정하고 이 목표를 초과달성할 경우 인센티브를 주거나 미달성시 벌칙을 부과할 수 있다.¹⁸⁾ 이와 같은 회귀분석 결과는 단순히 기준으로만 활용하고 '기준 대비 5% 삭감' 등의 목표를 부과할 수도 있을 것이다. 이 경우 5% 삭감목표는 GDP당 배출량(십억 US\$PPP당 백만CO₂톤)에 대한 목표치를 0.65584(= 0.69036×95%)로 정하는 것에 대응한다 ([그림IV-3] 참조).



[그림 IV-3] 에너지부문 이산화탄소 배출량과 GDP에 대한 회귀분석 결과(단순선형)

18) 유의성이 낮은 상수항을 '0'으로 가정하고 회귀분석을 한 결과는 계수가 0.67864로 추정되므로 이를 집약도 목표로 활용할 수도 있다.



[그림 IV-4] 에너지부문 이산화탄소 배출량과 GDP에 대한 회귀분석 결과(누승식)

단일 집약도 목표에 따른 의무이행에 대한 위험을 완화하기 위해 이중 집약도 목표를 적용하는데 이를 위해서는 이중 집약도 목표 설정에 필요한 인센티브 목표와 준수 목표를 도출하여야 한다. 도출을 위해 GDP에 대한 배출량의 확률적 특성을 살펴볼 필요가 있다.

단순 회귀분석($Y = \alpha + \beta \cdot X$)의 결과를 토대로 할 때 임의의 설명변수 X_0 (GDP)가 주어져 있는 경우 종속변수 Y_0 (배출량)의 기대값과 분산은 다음과 같이 계산된다.

$$\circ E(Y_0) = \alpha + \beta X_0 \dots\dots\dots <식IV-2>$$

$$\begin{aligned} \circ Var(Y_0 - E(Y_0)) &= S_f^2 = S^2 \cdot \left[1 + \frac{1}{n} + \frac{(X_0 - X')^2}{\sum (X_i - X')^2} \right] \\ &= (13.861)^2 \left[1 + \frac{1}{30} + \frac{(X_0 - 297)^2}{916,496} \right] \dots\dots\dots <식IV-3> \end{aligned}$$

(S^2 은 분산추정량(S 는 표준오차)이며, X' 은 X (GDP)의 표본평균)

이 때 Y_0 의 분포는 다음과 같은 t-분포를 갖는다.

$$\frac{Y_0 - \widehat{Y}_0}{S_f} \sim t_{n-2} \dots\dots\dots <\text{식IV-4}>$$

또한 유의도 λ (또는 신뢰도 $1-\lambda$)일 때의 신뢰구간은 다음과 같이 결정된다.

$$\Pr(-t_{n-2, \lambda/2} \leq \frac{Y_0 - \widehat{Y}_0}{S_f} \leq t_{n-2, \lambda/2}) = 1 - \lambda \dots\dots\dots <\text{식IV-5}>$$

<식IV-4>과 <식IV-5>를 토대로 Y_0 에 대한 예측구간을 구하면 다음과 같다.

$$\widehat{Y}_0 - t_{n-2, \lambda/2} S_f \leq Y_0 \leq \widehat{Y}_0 + t_{n-2, \lambda/2} S_f \dots\dots\dots <\text{식IV-6}>$$

이 구간은 $\widehat{Y}_0$ 을 중심으로 상하 대칭적으로 $t_{n-2, \lambda/2} \cdot S_f$ 만큼씩 벌어진 구간으로서 실제 Y_0 값을 포함할 것으로 기대되는 확률이 $(1-\lambda)$ 인 구간을 뜻한다.

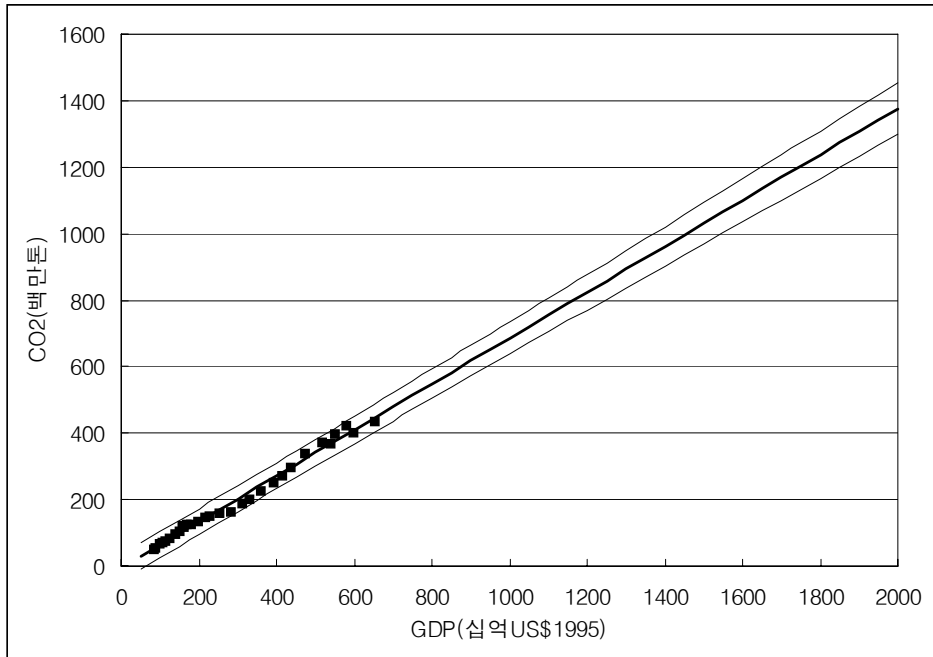
배출량(Y_0)이 GDP(X_0)와 위에서 살펴본 바와 같은 확률적 관계를 갖는다고 가정할 경우, 일정 수준의 신뢰도(예: 99%) 하에서 배출집약도는 물론 'GDP 수준에 따른 배출량'의 가능한 범위를 구할 수 있다. 이 경우 정해진 신뢰도 하에서 GDP 수준에 따른 배출량의 하한값을 인센티브 목표 배출량으로, 그리고 하한값을 준수 목표 배출량으로 설계할 수 있다. 따라서 신뢰도 99%를 기준으로 이중목표를 도출해 보면 다음과 같다.

○ 인센티브 목표 배출량.....<식IV-7>

$$\begin{aligned} &= -4.68772 + 0.69036 \times GDP - t_{28, 0.005} \cdot S_f \\ &= -4.68772 + 0.69036 \times GDP - 2.763 \cdot 13.861 \cdot \sqrt{\left[1 + \frac{1}{30} + \frac{(GDP - 297)^2}{916,496}\right]} \end{aligned}$$

○ 준수 목표 배출량<식IV-8>

$$\begin{aligned} &= -4.68772 + 0.69036 \times GDP + t_{28, 0.005} \cdot S_f \\ &= -4.68772 + 0.69036 \times GDP + 2.763 \cdot 13.861 \cdot \sqrt{\left[1 + \frac{1}{30} + \frac{(GDP - 297)^2}{916,496}\right]} \end{aligned}$$



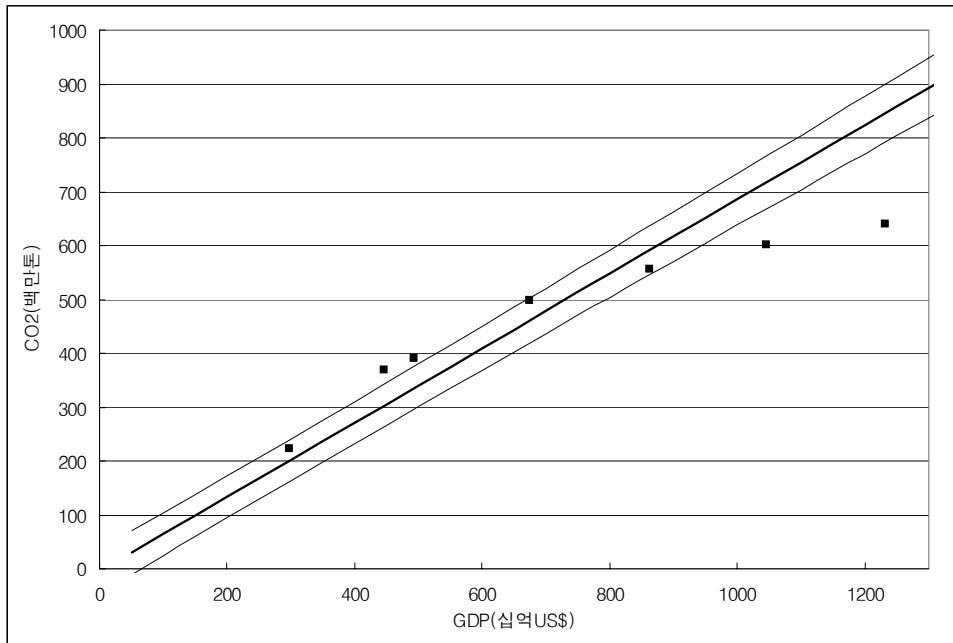
[그림 IV-5] 에너지 부문 CO₂ 배출량에 대한 이중목표(예시)

지금까지의 분석은 배출량과 GDP간의 관계가 과거의 추세를 지속할 것이라는 가정에 기초한 것인데, 이러한 가정에는 여러 가지 반론이 제기될 수 있다. 첫 번째, 앞에서도 살펴본 바와 같이 환경쿠르즈네츠 가설에 따를 경우 GDP의 증가에 따라, 특히 고소득 국가로의 진입에 따라 배출집약도는 물론 배출량 수준 자체가 감소할 수 있다는 점이다. 두 번째로 에너지 절약, 효율 향상, 환경규제 등 다양한 정책수단의 시행과 함께, 서비스 산업의 확대, 전자·통신 등 환경친화적인 첨단산업의 증가 등으로 배출집약도가 크게 낮아질 것이라는 전망이 가능하다는 것이다. 이러한 전망이 타당할 경우 과거의 데이터에만 기초하여 배출집약도를 설정하는 것은 합리성 상실을 예상할 수 있게 한다.

<표 IV-9> GDP당 이산화탄소 배출량 전망(EIA)

지역/국가	GDP당 이산화탄소 배출량 현황			GDP당 이산화탄소 배출량 전망				연평균 변화율	전체 변화율
	1990	1998	1999	2005	2010	2015	2020		
선진국									
북미	0.20	0.18	0.17	0.17	0.15	0.14	0.13	1.40%	0.26%
미국	0.20	0.17	0.17	0.16	0.15	0.13	0.12	1.50%	0.26%
캐나다	0.23	0.22	0.21	0.19	0.18	0.17	0.16	1.60%	0.28%
멕시코	0.25	0.24	0.23	0.23	0.22	0.20	0.18	1.10%	0.20%
서유럽	0.12	0.11	0.11	0.10	0.09	0.08	0.08	1.50%	0.27%
영국	0.14	0.11	0.11	0.10	0.10	0.09	0.08	1.50%	0.26%
프랑스	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	1.30%	0.23%
독일	0.14	0.11	0.11	0.10	0.09	0.08	0.08	1.40%	0.26%
이탈리아	0.10	0.10	0.10	0.10	0.09	0.08	0.07	1.40%	0.25%
네덜란드	0.18	0.17	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	1.90%	0.33%
기타 서유럽	0.12	0.12	0.12	0.10	0.10	0.09	0.08	1.60%	0.29%
아시아 선진국	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.07	0.07	1.10%	0.21%
일본	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	1.10%	0.21%
호주	0.23	0.23	0.22	0.20	0.19	0.17	0.16	1.60%	0.29%
선진국 계	0.15	0.13	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	1.30%	0.27%
EE/FSU									
이전 소비에트연방	1.03	1.10	1.07	0.90	0.79	0.67	0.59	2.90%	0.45%
동유럽	0.86	0.61	0.56	0.48	0.41	0.35	0.30	3.00%	0.46%
EE/FSU 계	0.99	0.90	0.87	0.74	0.65	0.55	0.49	2.90%	0.44%
개발도상국									
아시아 개발도상국	0.61	0.48	0.43	0.40	0.37	0.34	0.31	1.60%	0.28%
중국	1.44	0.79	0.65	0.55	0.49	0.44	0.39	2.50%	0.39%
인도	0.57	0.52	0.51	0.46	0.40	0.36	0.32	2.40%	0.38%
한국	0.21	0.23	0.22	0.20	0.18	0.16	0.14	2.20%	0.35%
기타 아시아	0.30	0.30	0.30	0.30	0.28	0.27	0.26	0.70%	0.13%
중동	0.61	0.56	0.57	0.52	0.49	0.45	0.42	1.60%	0.27%
터키	0.25	0.26	0.27	0.25	0.23	0.21	0.19	1.70%	0.28%
기타 중동	0.82	0.72	0.72	0.63	0.60	0.56	0.51	1.60%	0.28%
아프리카	0.44	0.45	0.44	0.41	0.37	0.35	0.33	1.40%	0.25%
중미와 남미	0.16	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.16	0.30%	0.04%
브라질	0.09	0.11	0.11	0.10	0.10	0.10	0.09	0.70%	0.13%
기타 중미와 남미	0.25	0.24	0.25	0.27	0.28	0.29	0.28	-0.50%	-0.10%
개발도상국 계	0.45	0.40	0.38	0.36	0.33	0.31	0.29	1.40%	0.24%
전세계 계	0.24	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.90%	0.17%

자료: Energy Information Administration/International Energy Outlook 2002



[그림 IV-6] 과거 데이터에 따른 회귀분석 결과와 EIA(2000)의 전망

우리나라의 이산화탄소 배출량에 대한 미래 전망을 보면 배출집약도의 대폭적인 하락을 나타내는 경우가 있다. EIA(2002)의 전망에 따르면 우리나라의 GDP와 CO₂ 배출량을 2010년의 경우 861십억\$와 557백만톤, 2020년의 경우 1,232십억\$와 642백만톤으로 예측하고 있는데, 이는 상기 회귀분석결과의 99% 신뢰구간을 벗어나는 수준으로서 파격적인 배출집약도의 하락을 의미하는 것이다. 이는 중국, 인도 및 동구권을 제외하면 대상 국가 중 가장 높은 하락을 나타내는 것이어서 주목된다([그림 IV-6] 참조).

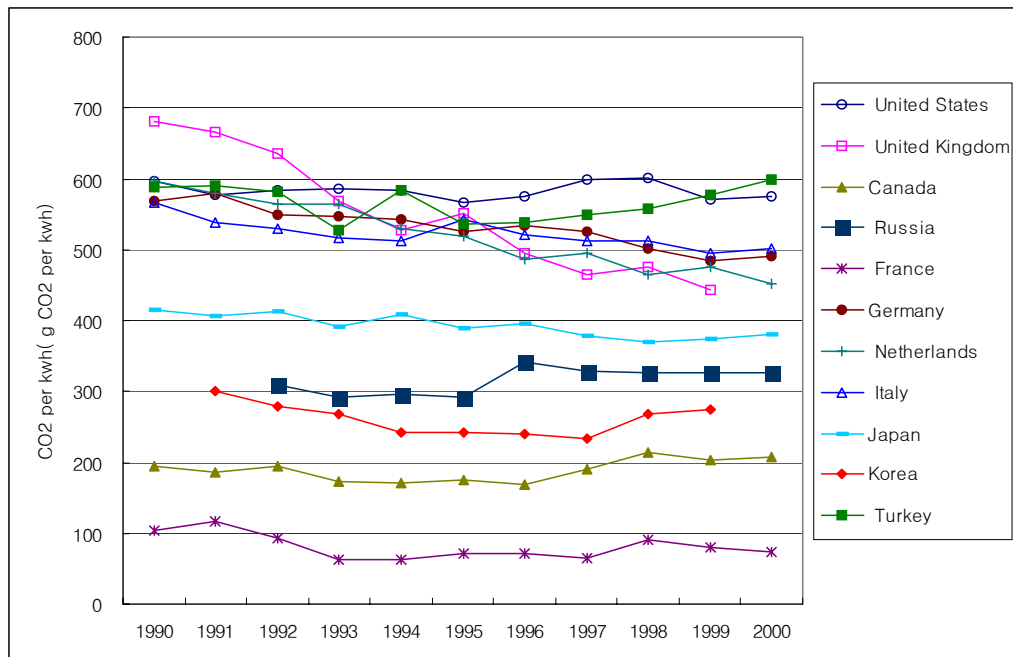
이와 같이 배출집약도 하락에 대한 전망은 비록 합리적인 가정 하에서 도출된 결과라 하더라도 그 위험 또한 크다는 점을 지적하지 않을 수 없다. Lutter(2000)에 따르면 미국 EIA의 과거 전망 중 87%가 배출량을 과소추정하였던 것으로 분석되었다. 우리나라의 경우에는 이러한 전망의 불확실성이 보다 높은 경향이 있다. 예를 들어 2010년의 에너지 부문 이산화탄소 배출량에 대하여 에너지경제연구원(1990)은 126.5백만톤으로 예측하였는데, 산업자원부·에너지경제연구원(2000)에서는 170.6백만톤으로 전망하고 있다. 이는 10년간 전망치가 35%나 증가한 것이다. 이러한 과소 전망 경향은 에너지 절약, 효율향상, 산업구조 변화 등에 대하여 바람직한 정책적 방향이나 목표, 사업계획 등을 지나치게 반영하였기 때문인 것으로 평가된다.

4. 세부 분야별 배출집약도 적용 방안

4.1. 전력 분야

전력 분야는 GDP(PPP)와의 상관계수가 0.988에 달해 GDP당 배출집약도 목표의 적용 잠재력이 매우 큰 분야이다. 하지만 전력분야의 특성상 산출물시장이 동질적이므로 산출물 단위(kWh)를 기준으로 하는 배출집약도를 목표로 설정할 수도 있다. 이처럼 분야(혹은 업종)에 특수한 상황을 고려하여 별도의 배출집약도 목표를 설계하는 것은 두 가지 의미를 갖는다.

첫째, 국가 차원의 집약도 목표를 결정할 때 분야별로 별도의 집약도 형태를 적용할 수 있다는 점이다. 이 경우 배출집약도는 국가 차원에서 단일 지표로 설정될 수 없지만 분야별로 다양한 지표를 설정하는 결과로서 이행기간이 지난 후에 결정되는 목표배출량을 산정하는 데에는 문제가 없다.



자료: IEA (2002)와 한국남부발전(주)발전처, 「전력산업 구조개편에 따른 전력부문 기후변화협약대응방안 수립」, 2002 - (한국자료)

[그림 IV-7] 국가별 전력부문 kWh당 CO₂ 배출량 추이

둘째, 국가단위의 집약도 목표는 국가 전체의 배출량과 GDP를 기준으로 설계하되, 이를 이행하는 국가별 정책수단으로서는 분야별 특성에 맞는 배출집약도를 설계하여 시행할 수 있다는 점이다. 즉, 국가 차원에서 설정된 GDP당 배출량 목표를 이행하는 수단으로서 전력 분야에 대해서는 kWh당 배출량 목표를 부과시킬 수 있다.

하지만 산출물 단위(kWh) 기준의 배출집약도를 적용할 경우에는 산출보조금 효과에 따른 부작용을 초래함으로써 사회적 후생을 감소시킬 수 있다. 예를 들어 발전사업자에 대하여 전력 생산량에 비례하여 배출권을 할당할 경우 전력생산에 있어서의 과당경쟁을 유발하여 사회후생을 감소시킬 수 있다.

Hohne 외(2003)에 따르면 우리나라의 발전부문 이산화탄소 배출집약도(kg-CO₂/kWh)는 최적가능기술(Best Available Technology: BAT) 수준 대비 118%(석탄)~134%(가스)를 나타내고 있다. 이는 미국이나 주요 개도국에 비해 우수한 수준이나 유럽에 비해서는 떨어지는 수준이다. 일본과 비교해 보면 석탄발전의 경우 비슷한 수준이나 가스발전의 경우 효율이 떨어지는 것으로 평가된다.

<표Ⅳ-10> 발전부문 이산화탄소 배출집약도 국가간 비교 (BAT=100%)

	석탄				가스				자료
	전력생산 (GWh)	CO ₂ 배출량 (Gg)	배출요인 (kg/kWh)	BAT 비교	전력생산 (GWh)	CO ₂ 배출량 (Gg)	배출요인 (kg/kWh)	BAT 비교	
미국	1733592	1636511	0.94	126%	581950	320654	0.55	156%	ECOFYS
EU	756473	666120	0.88	117%	341645	127852	0.37	106%	
일본	185242	173757	0.94	125%	172496	74346	0.43	122%	
동부유럽 (부속서 I)	-	-	-	-	115578	62487	0.54	153%	
러시아 연방	-	-	-	-	-	-	-	-	
기타 부속서 I	267175	256090	0.96	127%	76093	31975	0.42	119%	
터키	33744	41437	1.23	163%	25427	11112	0.44	124%	
브라질	5000	6000	1.20	160%	-	-	-	-	WEO for 1997
라틴아메리카	39000	38000	0.97	130%	85000	52000	0.61	173%	
아프리카	204000	194000	0.95	126%	59000	38000	0.64	182%	
중동	25000	21000	0.84	112%	159000	80000	0.50	142%	
중국	863000	1035000	1.20	159%	7000	4000	0.57	162%	
인도	339000	400000	1.18	157%	28000	14000	0.50	141%	
한국	77247	68546	0.89	118%	43063	20410	0.47	134%	Phylipsen 2000

자료: Niklas Hohne · Carolina Galleguillos · Kornelis Blok · Jochen Harnisch · Dian Phylipsen, *Evolution of commitments under the UNFCCC: Involving newly industrialized economies and developing countries*, Federal Environmental Agency, February 2003, 54page.

4.2. 제조업 분야

제조업 전체(건설업 포함)의 CO₂ 배출은 GDP(PPP)와의 상관계수가 0.966으로 매우 높으나, 업종별로는 GDP당 배출집약도가 매우 불안정한 경향을 보인다. 업종간은 물론 업종내에서도 산출물의 동질성이 매우 약한 경우가 많아 산출물 단위당 배출집약도의 적용은 효과적이지 못할 것으로 평가된다. 철강, 시멘트 등 일부 업종의 경우 업종내의 산출물이 비교적 동질적인 경우에도 제품의 차별화 현상이 존재하여 산출물 단위를 기준으로 적용하는 데에 부작용이 초래될 가능성이 크다. 에너지 소비량과 CO₂ 배출량과의 상관계수가 0.996으로 매우 높으므로 투입 에너지당 배출집약도(예: CO₂-톤/TOE)가 효과적인 지표로 평가되나 배출권을 투입에너지에 비례하여 할당할 경우 에너지의 과도한 소비를 초래하는 부작용이 우려된다.

<표 IV-11> 제조업 업종별 에너지원단위(에너지/부가가치) 추이

구분	1981	1990	1997	1998	2000	연평균증가율(%)		
						'81~'90	'90~'00	'90~'97
음식담배	0.14	0.14	0.15	0.14	0.13	0.0	-1.2	0.5
섬유의복	0.22	0.26	0.40	0.51	0.53	1.7	7.4	6.6
목재인쇄	0.33	0.29	0.35	0.37	0.37	-1.5	2.7	3.1
석유화학	1.05	0.84	1.21	1.35	1.30	-2.4	4.4	5.3
비금속광물	2.29	1.21	1.34	1.29	1.24	-6.9	0.3	1.5
1차금속	2.96	1.72	1.48	1.62	1.55	-5.9	-1.0	-2.1
조립금속	0.11	0.08	0.08	0.08	0.06	-3.1	-3.8	-0.3
기타제조업	0.38	0.42	1.95	2.12	2.35	1.0	18.8	24.6
제조업 전체	0.57	0.44	0.56	0.59	0.48	-2.8	0.7	3.3

자료: 산업자원부·에너지경제연구원, 「기후변화협약 및 교토의정서 대응전략 연구」, 2002. 4, 80쪽

영국의 경우 기후변화세(Climate Change Levy)의 부과와 함께, 에너지 다소비업종을 중심으로 기후변화세의 80% 감면을 전제로 하는 자발적 협약이 기후변화협정(Climate Change Agreement)을 시행하고 있다. 이에 따르면 업종별 협회를 중심으로 정부와의 협상을 통해 온실가스 감축목표를 수립·이행하고 있다. 이에 따르면 업종별로 다양한 형태의 집약도 목표가 활용되고 있음을 알 수 있다.

<표 IV-12> 영국 기후변화협정의 업종별 목표 및 실적(2001~2002)

Sector	Type of agreement	Target before trading adjustment/ring-fencing	Target after trading adjustment /ring-fencing	Actual Performance	% of target units recertified	Absolute Saving kt(CO ₂)	Relative Saving kt(CO ₂)
Aerospace	Abs E	637,700,258 kWh _p	566,545,353	593,956,008	100%	15	N/A
Aluminium	Rel C	0.709 EER(C)	0.714	0.681	100%	2,000	2,600
Craft Baking	Rel E	1,659 kWh _p /(£ k)	1,548	1,494	100%	-9	27
Brewing	Rel E	62.19 kWh _p /hl	59.47	59.50	100%	29	35
Cement	Rel E	1.463 kWh _p /kg	1.354	1.406	100%	1,600	880
Ceramics							
non-fletton	Rel E	1,003 kWh _p /t	984	982	100%	71	45
fletton	Rel E	768 kWh _p /1000	804	864	100%	-5.9	-5.7
refractories	Rel E	3,640 kWh _p /t	3,365	3,769	93%	62	-7.3
whitewares	Rel E	10,352 kWh _p /t	9,228	9,441	98%	58	68
materials	Rel E	961 kWh _p /t	856	871	91%	3.2	12
Chemicals	Rel E	0.908 EER	0.862	0.855	100%	2,000	2,500
Cathode Ray Tubes	Rel E	0.710 EER	0.580	0.580	100%	21	117
Dairy Industry	Rel E	478.22 kWh _p /t	439.31	458.67	99%	35	160
Egg Processing	Rel E	1.118 kWh _p /kg	0.770	0.804	100%	1.9	7.7
NFU-Eggs	Rel E	0.390 kWh _p /doz	0.301	0.335	68%	53	10
Eurisol(Mineral Wool)	Rel E	4,954 kWh _p /t	4,925	4,861	100%	8.9	24
Food & Drink	Rel E	959.3 kWh _p /t	905.3	897.6	100%	160	990
Foundries	Rel E	6,507 kWh _p /t	6,278	6,554	95%	139	16
Glass	Rel E	3.67 MWh _p /t	3.50	3.39	100%	39	251
Gypsum Products	Rel E	1,976,700,401 kWh _p	2,124,200,217	2,110,100,697	100%	-21	5.7
Leather	Rel E	11.1 kWh _p /m ²	11.1	10.5	100%	6	2.9
Lime	Rel E	976 kWh _p /t	911	969	100%	170	47
Malting	Rel E	1,290.74 kWh _p /t	1,236.31	1,236.30	100%	4.2	19
Poltry meat Processing/Feed	Rel E	649.8 kWh _p /t	557.2	624.5	98%	-30	38
British Meat Fed	Rel E	636.0 kWh _p /t	529.1	681.6	97%	27	12
Metal Forming	Rel E	2,719 kWh _p /t	2,037	2,480	100%	23	46
Metal Packaging	Rel C	77,091,828 kg(C)	73,703,086	75,296,282	95%	18	-86
Motor Manufacturers	Rel E	3,147 kWh _p /veh	2,674	2,809	100%	36	185
NFU-Pigs	Rel E	1.104 kWh _p /kg	1.130	1.060	100%	64	5.7
Non-Ferrous	Rel E	6,345,235,016 kWh _p	5,388,449,938	5,380,280,623	100%	130	140
Paper	Rel E	4,637 kWh _p /t	4,478	4,476	100%	-930	1,900
NFU-Poltry Meat	Rel E	0.731 kWh _p /kg	0.414	0.955	83%	53	-26
Poltry Meat Rearing	Rel E	1,414 kWh _p /t	1,116	1,147	99%	72	82
Printing	Rel E	0.0597 kWh _p /m ²	0.0559	0.0581	96%	-22	5.4

<계속>

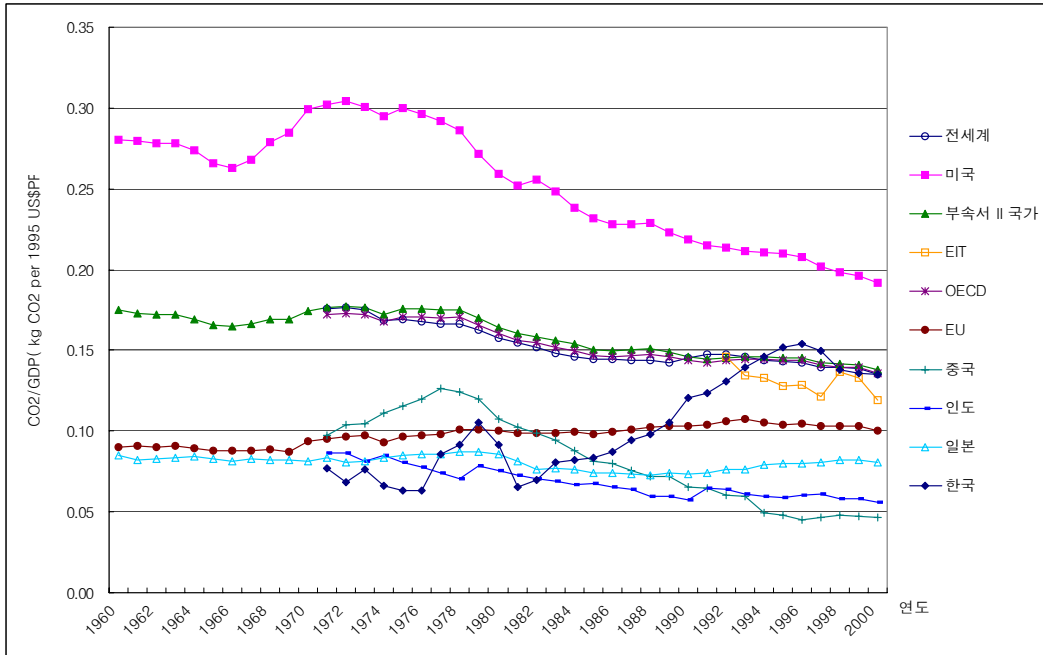
Rendering	Rel E	877.0 kWh _p /t	811.6	853.0	100%	14	-0.59
Rubber	Rel E	6,887 kWh _p /t	6,173	6,073	100%	171	49
Semiconductors	Rel E	0.466 EER	0.969	0.890	100%	60	41
Slag Grinders	Rel E	278 kWh _p /t	258	257	100%	3.5	6.2
Spirits	Rel E	7.70 kWh _p /lpa	7.43	7.53	100%	42	14
Steel	Abs E	304 J	282	281	100%	9,400	N/A
Supermarkets	Abs E	288,957,043 kWh _p	275,620,899	272,986,625	100%	5.7	0.41
Surface Engineering	Rel E	2,890,361,508 kWh _p	2,977,406,335	2,828,683,776	100%	29	75
Textiles	Rel E	3,693,676,535 kWh _p	3,290,704,859	3,141,386,873	100%	114	54
Agricultural Supply	Rel E	167.0 kWh _p /t	159.0	158.3	100%	23	46
Vehicle Builders and Repairers	Rel E	664 kWh _p /unit	664	N/A	100%	0	N/A
Wallcoverings	Abs E	698,383,867 kWh _p	734,876,688	627,286,792	100%	28	N/A
Wool Panel	Rel E	959 kWh _p /m ³	924	981	100%	-22	-5.5

주: Abs E-절대에너지, Rel E-상대에너지, EER-에너지효율비율, 1pa-순수알콜리터, Abs C-절대탄소, Rel C-상대탄소, hl-헥토리터(=100리터)

자료: Huddleston (2003)

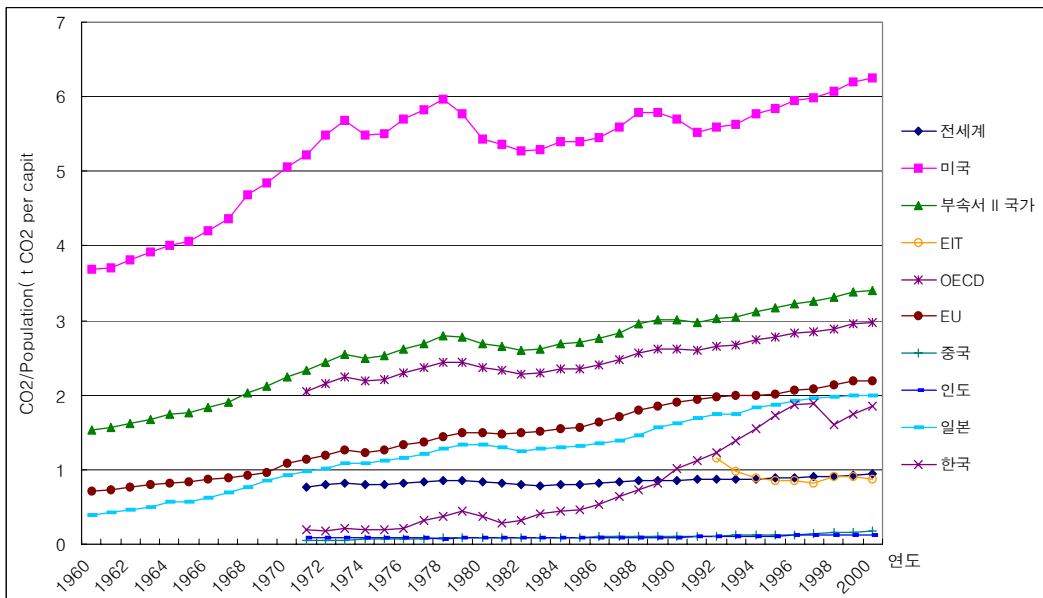
4.3. 수송 분야

수송부문의 CO₂ 배출은 GDP(PPP)와의 상관관계수가 0.933으로서 에너지 부문 전체적인 상관계수 0.964에 비해서는 다소 낮은 수준이다. 우리나라 수송부문의 GDP당 배출집약도는 중국, 일본, 인도, EU 등에 비해 매우 높은 수준이다. 미국보다는 크게 낮은 수준이나 국토면적을 고려할 때 비교에 어려움이 있으며, 특히 미국을 비롯한 대다수의 선진국이 꾸준히 감소하는 경향을 보이고 있는 반면에 우리나라는 오히려 급속히 증가하는 경향이 있다. 다만 외환위기 이후 감소 경향이 발견된다.



자료: IEA (2002)

[그림 IV-8] 국가별 수송부문 GDP당 CO₂ 배출량 추이



자료: IEA (2002)

[그림 IV-9] 국가별 수송부문 일인당 CO₂ 배출량 추이

EU와의 자동차협회 간의 자발적 협약을 통해 신규 판매 자동차의 km당 CO₂ 평균배출계수를 대폭 낮추어야 한다는 점을 고려할 때 km당 CO₂ 배출계수를 지표로 국내목표를 설계·관리하는 방안이 효과적인 대안으로 검토될 수 있다. 개별 자동차에 대한 배출규제 및 관리는 과도한 행정력의 소모를 초래할 수 있으므로 제작자 혹은 판매업체를 대상으로 미국의 CAFE 제도와 유사한 기업 평균 배출계수 관리제도를 시행하는 방안이 검토될 필요가 있다.

수송부문 배출량을 결정하는 주요요인인 인-km(여객부문) 및 톤-km(화물부문) 데이터의 경우 데이터의 일관성과 신뢰성이 떨어지므로 이에 기초한 집약도(인-km당 배출량 또는 톤-km당 배출량) 지표는 효율적인 관리가 어려울 것으로 평가된다.

4.4. 토지이용 및 임업 부문

토지이용 및 임업부문에서는 지속적인 산림녹화사업의 실시로 바이오매스 변화에 따른 총 흡수량이 산림생장 증가에 따라 점차 증가하는 반면, 벌채와 산림의 타용도 변경 등에 따른 배출량과 토지이용체계 변화에 따른 토양에서의 탄소배출 역시 증가한다. 그러나 상대적으로 흡수량 증가가 커서 순흡수량은 1990년 6,476천TC에서 2000년 10,228천TC로 증가하여 연평균 4.7%의 신장세를 나타내고 있다.

<표 IV-13> 임업 및 토지이용부문의 온실가스 배출현황

(단위: 천TC)

	1990	1995	1997	1998	1999	2000	'90~'00 증가율(%)
토지이용변경/임업	-6,476.0	-5,794.0	-8,428.0	-9,948.0	-10,421.6	-10,228.0	4.7
산림 및 기타목질계 바이오매스변화	-7,155.0	-6,867.0	-9,564.0	-11,087.0	-11,551.6	-11,371.0	4.7
산림 및 초지용도변경	46.0	71.0	79.0	82.0	84.0	84.0	6.2
토양의 흡수/배출	633.0	1,002.0	1,057.0	1,057.0	1,046.0	1,059.0	5.3

자료 : 산업자원부·에너지경제연구원 (2002), 44쪽

토지이용변경 및 임업부문(Land Use, Land Use Change and Forestry: LULUCF)에 대한 온실가스 배출집약도 적용 잠재력을 분석하기 위해서는 이 분야에서 온실가스 배출이 어떤 메카

니즘을 통해 발생하고 배출량이 어떻게 산정되는 지 살펴볼 필요가 있다. LULUCF의 온실가스 배출통계는 다음과 같이 크게 다섯 부분으로 구성된다.

- ① 산림 및 기타 목질계 바이오매스 저장량의 변화
- ② 산림 및 초지의 타용도 전환에 따른 CO₂ 배출
- ③ 산림의 현지내 연소에 따른 Non-CO₂ 온실가스의 배출
- ④ 경작지의 폐경 방치(폐경지)
- ⑤ 토지이용변화 및 토지이용 관리에 의한 토양의 CO₂ 배출/흡수

이 가운데 세 번째 요소인 산림의 현지내 연소에 따른 배출은 우리나라의 경우 산림연소가 금지되어 있고, 네 번째 요소인 경작지의 폐경 방치에 따른 배출 역시 우리나라의 경우 가용토지에 비해 토지이용수요가 월등히 높기 때문에 그 양이 매우 미미할 것으로 평가되고 있다. 따라서 우리나라의 경우 ①, ②, ⑤ 등 세 가지 항목이 LULUCF 부분의 배출통계를 구성한다고 볼 수 있다.

첫 번째 요소인 산림 및 기타 목질계 바이오매스 변화에 따른 이산화탄소 '총흡수량'은 산림 바이오매스 연간 순증가량('순흡수량')과 용재 및 임산연료 생산에 따른 '배출량'의 합으로 구할 수 있다. 순흡수량은 임목축적(IPCC 가이드라인 추천 3년 이동평균 이용) 통계치와 우리나라의 산림 바이오매스 관련 연구결과를 기초로 하여 산출되고 있으며, 배출량은 임업통계연보(산림청) 상의 용재 생산량 및 임산연료 생산량을 기초로 산출된다.

두 번째 요소인 산림 및 초지용도 변경에 따른 이산화탄소 배출량에 있어서 산림의 타용도 전용은 논, 밭, 목초지 및 기타 도시적 용도로 구분된다. 산림 및 초지의 용도변경을 초래하는 벌채의 경우 목재가치가 있는 것의 바이오매스 양은 '산림 및 목질계 바이오매스 변화에 따른 이산화탄소 배출' 계산시 상업적 벌채량에 반영되며, 여기에서는 현지나 인근에서 썩는 것은 산림이 타용도로 전용될 때 방치되어 서서히 썩으면서 CO₂를 배출하는 바이오매스만 포함된다. 또한, 산림처럼 유기물이 비교적 많은 토양이 타용도로 전환될 경우 토양교란이 일어나 탄소손실이 발생하게 되는 데 이는 '토지이용변화 및 토지이용 관리에 의한 토양의 CO₂ 배출/흡수'에 포함된다. 벌채 후 방치된 산림바이오매스는 10년 기간에 걸쳐서 부후되며, 산림에서 논, 밭, 목초지 및 기타 도시적 용도 등 전용유형에 따라 과거 10년 간의 전용 면적을 토대로 추정

된다. 근거자료는 산림청 산림토목과 집계 산림의 유형별 형질변경허가 실적이 이용되고, 1996년 수정된 IPCC 가이드라인에 기초, 전용전과 전용후의 바이오매스 양을 국내연구결과 근거로 분석할 수 있다.

<표 IV-14> 토지유형 별 단위면적 당 biomass

토지이용		Biomass	자료
산림	활엽수	35	산림청(각년판)
	침엽수	69	
	혼합림	50	
	무림목지	3	임업연구원(1996)
농경지		15	안수용(1995)
초지		10	축산시험장(1993)

자료: 이경학·손영모·김영수, 「임업 및 토지이용부문의 온실가스 흡수 및 배출 현황」, 임산에너지20(1), 2001, 59쪽

<표 IV-15> 산림의 타용도 전용시 배출량

Forest type before conversion	Land use after conversion	Annual conversion area	Biomass density before conversion	Biomass density after conversion	Change in biomass density	Annual biomass loss	Portion of biomass for decaying on site	Biomass decayed	Carbon conversion factor	Total carbon emissions
침엽수	농경지	0.239	35	15	20	5	0.6	3	0.5	1
	초지	0.18	35	10	25	5	0.6	3	0.5	1
	기타	2.791	35	0	35	98	0.6	59	0.5	29
활엽수	농경지	0.101	69	15	54	5	0.6	3	0.5	2
	초지	0.076	69	10	59	4	0.6	3	0.5	1
	기타	1.175	69	0	69	81	0.6	49	0.5	24
혼합림	농경지	0.113	50	15	35	4	0.6	2	0.5	1
	초지	0.085	50	10	40	3	0.6	2	0.5	1
	기타	1.322	50	0	50	66	0.6	40	0.5	20
무림목지	농경지	0.17	3	15	-12	-2	0.6	-1	0.5	-1
	초지	0.128	3	10	-7	-1	0.6	-1	0.5	0
	기타	1.983	3	0	3	6	0.6	4	0.5	2
Total		8.363				274		166		81

주: 1)Annual conversion area('89~'98평균), Annual biomass loss, Biomass decayed - 1,000ha, 2)Biomass density before conversion('89~'98평균) ,Biomass density after conversion - tdm/ha, 3)Total carbon emissions - 1,000TC

자료: 이경학 외(2001), 59쪽

토지이용변경 및 임업부분의 순 배출량을 구성하는 마지막 요소는 토양에 의한 흡수/배출로서 다음과 같은 세 가지 항목으로 구성된다.

- ① 토지이용활용 변화에 따른 토양 내와 무기토양 내 낙엽의 탄소저장량 변화
- ② 농지나 조림지로 바뀐 유기토양에서의 CO₂ 배출
- ③ 경작지 토양에서의 석회시비에 따른 CO₂ 배출

토지이용활용 변화에 따른 토양 내 탄소저장량 변화를 알기 위해서는 다양한 토지이용활동이 토양탄소저장량에 미치는 영향을 추정하여야 하는데, 토양조사, 국가토지자원조사, 토지이용전략, 농업생산전략, 장기간 야외실험요약 등이 이용될 수 있으며, 특히 임업통계연보의 연도별 국토이용 현황자료(토지유형 : 논, 밭, 산림 및 기타로 구분)가 유용하다. 석회시비에 따른 경작지 토양에서의 CO₂ 배출은 비료연감에 나타나 있는 석회공급량을 근거로 IPCC 가이드라인의 탄소배출 발생량 전환인자를 곱하여 산출할 수 있다.

토지이용체계 변화에 따른 무기토양 내 탄소변화에 의한 순탄소배출량은 산업화, 도시화에 따른 도시적 용도수요 급증으로 논, 밭, 산림면적이 감소(순배출원으로 작용)하면서 증가하고 있다. 토지유형별 면적감소에 따른 배출은 1998년의 경우 산림 면적감소로 인한 배출량이 482×10^3 탄소톤 (전체의 37%), 논 면적감소로 인한 배출량이 469×10^3 탄소톤 (36%), 밭 면적감소로 인한 배출량 360×10^3 탄소톤 (27%), 기타 도시적 용도 면적증가로 인한 탄소증가량 282×10^3 탄소톤 등으로 나타난다(이경학 외, 2001).

이상에서 살펴본 바와 같이 LULUCF에서의 배출/흡수량은 구조적으로 GDP와 같은 경제지표와의 직접적인 상관관계가 크지 않다. 앞에서의 상관분석에서도 LULUCF 배출량과 GDP(PPP)간의 상관계수는 0.66에 그치고 있다. 그럼에도 불구하고 LULUCF 배출량을 구성하는 개별 요인별로는 낮지 않은 상관계수를 나타내는 경우를 발견할 수 있다. 즉, 산림 및 목질계 바이오매스 변화에 따른 총 흡수량의 경우 0.71의 상관계수를 보이고 있으며, 산림 및 초지의 타용도 전환에 따른 배출량과 토양에서의 CO₂ 배출량은 GDP와 각각 0.95 및 0.91의 상관계수를 나타내고 있다. 용도 전환에 따른 배출과 토양에서의 배출은 산림면적의 축소나 비료시비량의 증가 등 일정부분 경제성장 및 도시화 등에 따른 영향이 크기 때문에 GDP와의 연관성이 크게 나타나고 있는 것으로 판단된다. 하지만 용도 전환에 따른 배출과 토양에서의 배출은 전체 LULUCF에서 차지하는 비중이 크지 않으므로 LULUCF 전체적으로는 GDP와의 연관성이

낮고, GDP 연동방식의 집약도 목표 설정 대상으로는 적절성이 떨어진다고 판단된다.

임재규(2002)에 따르면 2020년까지 LULUCF의 온실가스 흡수/배출량이 현재와 유사한 수준을 보일 것으로 전망하고 있다. 순흡수량이 2000년 10,156 천TC에서 2020년 7,605으로 감소하는데 주 요인은 벌채에 의한 배출량 증가이다. 따라서 LULUCF의 배출/흡수량 관리목표는 GDP 연동방식 보다는 기존 수준의 유지를 기준으로 일부 수정·보완하는 별도의 지표 설정이 필요할 것이다.

4.5. 폐기물 부문

폐기물 부문의 온실가스 배출량을 결정하는 폐기물 발생량은 폐기물 관리정책의 강화로 90년대 중반이후 증가폭이 둔화되었으며, 우리나라에서 발생하는 생활 및 산업폐기물의 대부분은 매립 처리되어 '98년 매립비중을 보면, 생활폐기물이 56.2%, 산업폐기물이 24.2% 수준을 보이고 있다. 인구증가와 경제성장으로 인해 생활폐수와 산업폐수량은 증가추이를 나타내고 있는데 하수 발생량은 1990년 14,000천리터/일 에서 1998년 16,231천리터/일 로 연평균 1.9% 증가하였으며 폐수 발생량은 1990년 3,446m³/일에서 1998년 4,068m³/일 로 늘어나 연율 2.1%의 신장세를 나타내고 있다.

폐기물 부문에서의 온실가스 배출원별 가스는 폐기물 매립과 생활 및 산업폐수에서 배출되는 메탄과 아산화질소, 폐기물 소각시 발생하는 이산화탄소 등이 있다.

<표 IV-16> 폐기물 부문의 온실가스 배출현황

(단위: 천TC)

	1990	1995	1997	1998	1999	2000	90~00 증가율(%)
폐기물	11,936.8	6,793.2	6,717.1	5,675.5	5,879.1	5,934.0	-6.8
매립	11,446.7	5,930.2	5,693.3	4,670.7	4,579.6	4,315.4	-9.3
생활폐수	297.6	290.4	290.8	286.9	287.7	288.9	-0.3
산업폐수	14.8	18.4	17.2	15.7	17.8	20.2	3.1
소각	177.7	554.2	715.9	702.3	994.1	1,309.5	22.1

자료: 산업자원부·에너지경제연구원 (2002), 44쪽

1) 매립

$$\circ CH_4 \text{배출량} = MSW_T \times MSW_F \times MCF \times DOC \times F \times \left(\left(\frac{16}{12} - R \right) - (1 - OX) \right) \cdots \cdots <\text{식IV-9}>$$

IPCC에 따르면 매립에 따른 메탄 발생량은 <식IV-9>와 같이 계산된다. 여기서 MSW_T 는 폐기물 연간 총 발생량(Gg/year), MSW_F 는 매립비율을 나타낸다. 그리고 MCF 는 메탄보정계수(Methane Correction Factor)로서 매립지의 관리상태를 반영을 위해서 도입되었고 호기성 분해조건 형성가능성이 높은 경우 (관리가 잘 안된 매립지) 0에 가까이 가며, 혐기성 분해조건 형성가능성이 높은 경우 (관리가 잘 된 매립지) 1에 가까운 값을 갖는다. 현재 매립중인 국내 매립지 대부분이 위생매립지이므로 1로 가정할 수 있다. DOC 는 분해가능한 유기탄소 비율(Degradable Organic Carbon, Gg/Gg-폐기물)로 폐기물 성상별 유기탄소 성분비율(습량기준)과 성상별 발생량 비율 자료를 활용하여 가중평균으로 계산하게 된다(<표IV-16>참조).

<표IV-17> 연도별 매립 폐기물의 DOC(%)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	평균
DOC(%)	12.70	13.26	11.40	9.65	9.58	9.05	9.15	8.22	9.14	10.10	9.16	10.49

자료: 환경부, 「환경부문의 온실가스 배출량 조사 및 통계구축」, 2002.8, 178쪽

DOC_F 가 나타내는 것은 DOC 중에서 미생물에 의해 동화될 수 있는 비율(Degradable Organic Carbon Dissimilated, 0.55로 가정)이다. F 는 매립가스 중 메탄가스 비율을 나타내며 0.5로 가정한다. R 은 발생하는 매립가스 중 포집·회수된 메탄가스 양(Gg/yr)이고 OX 는 포집·회수되지 않은 메탄가스가 매립층을 통과하면서 산화되는 비율을 말하며 위생매립지에 대해서는 0.1로 가정한다.

<식IV-9> 공식에 따르면 매립에 따른 메탄 발생량은 폐기물 매립량(발생량×매립비율)과 발생하는 매립가스 중 포집·회수비율이 결정적인 영향을 미친다고 볼 수 있다. 또한 폐기물 발생량은 생활폐기물의 경우 일인당 배출량과 인구에 의해 결정되며, 사업장 폐기물은 GDP에 비례하여 증가한다고 가정할 수 있다. 환경부의 “제2차 국가 폐기물 관리 종합계획”에서는 일

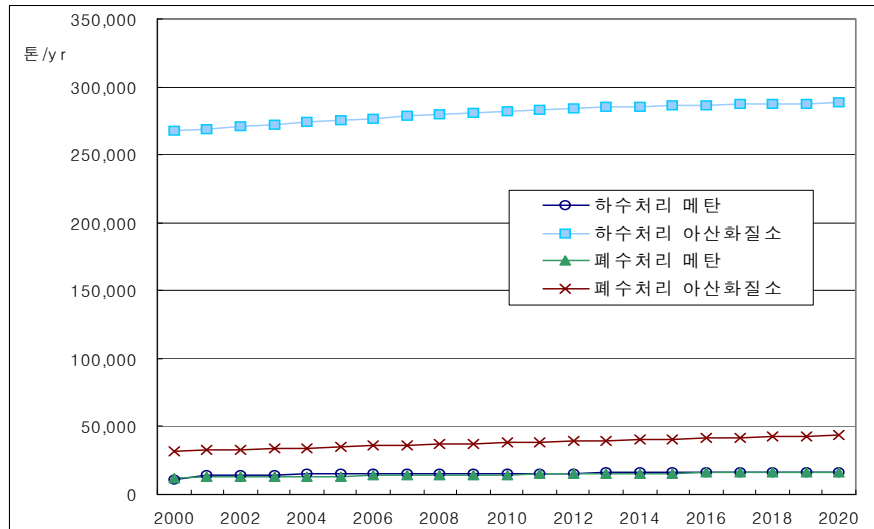
인당 생활폐기물의 발생율이 2000년 0.98 kg/인·일에서 2005년 1.03 kg/인·일, 2008년 이후에는 1.04 kg/인·일로 증가할 것이라고 전망 하에 정책목표를 2005년 0.97 kg/인·일, 2008년 0.94 kg/인·일, 2011년 0.91 kg/인·일, 그리고 2012년 이후에는 0.90 kg/인·일로 안정화하는 것으로 수립한 바 있다.

매립비율은 정부의 정책목표에 따라 결정될 것으로 예상되는데, “제2차 국가 폐기물 관리 종합계획”에 따르면 생활폐기물의 경우 매립비율이 2000년의 48.1%에서 2005년 31.0%, 2008년 22.0%, 2011년 이후에는 17.0%로 계획되어 있고, 사업장 폐기물은 2000년의 17.0%에서 2005년 12.4%, 2008년 10.4%, 2011년 9.2%, 그리고 2012년부터는 매년 0.1%씩 감소하여 2020년에는 8.3%가 되도록 계획되어 있다. 이처럼 폐기물 매립비율이 감소할 뿐만 아니라 매탄 회수비율도 증가할 것으로 예상되어 메탄 발생량을 크게 감소할 것으로 전망된다. 환경부(2002)에 따르면 2020년의 메탄 배출량이 2000년의 60%수준으로 감소할 것으로 예측된다.

매립에 따른 메탄 배출량의 관리는 생활폐기물 및 사업장 폐기물을 구분하여 전자는 인구, 후자는 GDP에 연동시킨 집약도 지표의 활용이 바람직할 것으로 평가된다. 일인당 생활폐기물 발생량 저감대책과 매립지 메탄가스 회수를 위한 정책방향의 영향이 크므로 BAU 전망과 대책 추진시의 저감량에 대한 명확한 구분이 필요하다.

2) 하폐수 처리

메탄과 아산화질소가 발생하며, 메탄의 경우 상하수도 보급정책(하수처리 부문)과 공업용수 공급정책(폐수처리 부문)이 중요한 영향을 미치고, 아산화질소의 경우 인구가 주요 결정요인으로 작용한다.



자료: 환경부 (2002), 246~250쪽

[그림 IV-10] 하수처리과정에서의 온실가스 배출량

<표 IV-18> 하폐수 처리 가정과 추정식

구 분	추 정 식	가 정
1) 하수처리 메탄	① 하수발생량=상수보급량×오수전환율 ② 메탄총발생량 = 하수발생량 × BOD 슬러지 제거율 × 배출계수(0.01532) ③ 메탄순수발생량 = 메탄총발생량 - 메탄회수량	· 오수 전환율은 0.885, 배출계수는 0.01532 kg CH ₄ /kg BOD, 하수의 BOD는 107 ppm으로 하며 슬러지 처리과정에서만 메탄이 발생하고 BOD의 하수 슬러지로 제거 비율은 93.47%, 메탄회수율은 76.8%로 가정.
2) 하수처리 아산화질소	하수의 N ₂ O배출량 = 연간단백질 섭취량 × 단백질 중 질소 비율 × 총인구수 × 배출계수(0.01)	· 1인당 1일 단백질 섭취량은 73.3g/인·일, 단백질 중 질소 비율은 0.16 kg N/kg Protein, 아산화질소 배출계수는 0.01 kg N ₂ O-N/kg 하수슬러지-N으로 가정.
3) 폐수처리 메탄	① 폐수발생량 = 공업용수공급량 × 폐수전환율 ③ 메탄총발생량 = 하수발생량 × BOD 슬러지 제거율 × 배출계수(0.0002747) ④ 메탄순수발생량 = 메탄총발생량 - 메탄회수량	· 메탄 배출계수는 2000년의 산업폐수로부터의 메탄 발생량(2,172톤)을 폐수 발생량(7,905,726톤)으로 나누어 결정한 0.0002747 톤-CH ₄ /톤-폐수로 예측기간동안 변하지 않으며 슬러지 처리과정에서만 메탄이 발생하고 최대 메탄가능 발생량은 0.25, 혐기처리율은 100%, 메탄회수율은 0%로 가정
4) 폐수처리 아산화질소	폐수의 N ₂ O배출량 = 연간단백질 섭취량×단백질 중 질 소비율 × 총인구수 × 배출계수 (0.00004819)	· 폐수의 아산화질소 배출계수는 2000년의 산업폐수로부터의 아산화질소 발생량을 폐수 발생량으로 나누어 결정한 0.00004819 톤-N ₂ O/톤-폐수로 예측기간동안 변하지 않는다고 가정.

자료: 환경부 (2002), 246~250쪽 요약·정리.

3) 폐기물 소각

소각에 따른 이산화탄소 배출량은 1990년 이후 연평균 22.1%의 높은 증가세를 나타내고 있는데, 이는 폐기물 처리방법 중 소각의 비중이 높아졌기 때문으로 분석된다.

<표IV-19> 소각에 따른 CO₂ 배출현황

(단위: 천TC)

	1990	1995	1997	1998	1999	2000	90~00 증가율(%)
소 각	177.7	554.2	715.9	702.3	994.1	1,309.5	22.1

자료: 산업자원부·에너지경제연구원 (2002), 44쪽

<표IV-20> 폐기물 유형별·처리방법별 비중 변화 추이

(단위: 톤/일, %)

구분		1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	
지정폐기물	합계(톤/일)	1,351,141	1,622,256	1,912,334	2,217,215	1,921,906	2,733,313	2,779,334	
	매립	7.85%	4.93%	7.25%	9.76%	8.84%	9.58%	12.09%	
	소각	15.53%	15.53%	13.46%	17.65%	1.83%	17.06%	21.74%	
	재활용	48.75%	48.15%	46.42%	51.17%	53.59%	50.20%	50.33%	
	기타	27.87%	31.39%	32.66%	21.41%	35.74%	23.16%	15.84%	
일반 폐기물	생활 폐기물	합계(톤/일)	58,118	47,774	49,925	47,895	44,583	45,614	46,438
		매립	81.07%	72.35%	68.33%	63.85%	56.24%	51.62%	47.01%
		소각	3.48%	4.02%	5.46%	7.12%	8.84%	10.25%	11.72%
		재활용	15.36%	23.67%	26.21%	29.04%	34.91%	38.13%	41.27%
		미수집	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	사업장 폐기물	합계(톤/일)	85,229	95,823	125,409	141,305	140,406	166,114	180,230
		매립	34.15%	32.56%	28.49%	30.77%	25.21%	17.97%	16.08%
		소각	4.59%	5.94%	5.19%	4.87%	5.17%	4.58%	5.61%
		재활용	61.26%	61.50%	66.32%	64.36%	66.61%	73.58%	74.46%
		기타	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	3.00%	3.86%	3.85%

자료: 환경부, 「환경통계연감 2002(제15호)」, 2002. 12, 496~497쪽

폐기물 부문의 온실가스 배출통계 중 소각으로 인한 CO₂ 배출량은 폐기물 발생량과 소각처리비율, 소각폐기물의 유기탄소 함량, 비생물계 소각 폐기물의 성상별 발생비율, 소각효율 등에 의해 결정되며, <식IV-10>으로 구해진다.

여기서 EF_i 는 폐기물 종류 i 의 배출계수(톤-CO₂/톤-폐기물), IW_i 는 폐기물 종류 i 의 연간 소각량(Gg/yr), i 는 세 종류로 생활폐기물, 사업장 일반폐기물, 사업장 지정폐기물이고, η_i 는 폐기

물 종류 i 의 소각효율을 나타낸다.

$$\circ \text{CO}_2 \text{ 배출량 (톤/yr)} = \sum_i EF_i \times IW_i \times \eta_i \dots\dots\dots <\text{식IV-10}>$$

환경부(2002)에 따르면 2000년의 폐기물 소각량 단위당 이산화탄소 배출계수는 0.706톤- CO_2 /톤-폐기물로 나타났으며, 소각효율은 강열감량 10%를 간주하는 경우 97%로 결정할 수 있다.¹⁹⁾

<표 IV-21> 소각 폐기물 종류별 이산화탄소 배출계수

종류	배출계수
폐합성수지	$EF_p = 0.640 \times 44/12 = 2.347$ 톤 CO_2 /톤-합성수지
고무·피혁	$EF_r = 0.571 \times 44/12 = 2.094$ 톤 CO_2 /톤-고무피혁
폐합성섬유	$EF_f = 0.384 \times 44/12 = 1.408$ 톤 CO_2 /톤-폐섬유
폐합성고무	$EF_u = 0.627 \times 44/12 = 2.299$ 톤 CO_2 /톤-폐고무
폐피혁	$EF_l = 0.510 \times 44/12 = 1.870$ 톤 CO_2 /톤-폐피혁
기타 가연분	$EF_o = 0.285 \times 44/12 = 1.045$ 톤 CO_2 /톤-기타

자료: 환경부 (2002), 262쪽

이산화탄소 배출량을 결정하는 변수 중에서 유기탄소 함량과 성상별 발생비율, 소각효율 등은 향후 변화가능성에 있어서 특별한 방향성을 가정하기 어려우므로 과거와 유사하다고 가정하면 결국 폐기물 발생량과 소각처리비율이 폐기물 부문의 CO_2 발생을 결정하는 핵심 인자가 된다. 이중 소각처리비율은 정부의 폐기물 정책방향에 의해 결정된다고 할 수 있는데, 정부의 “제2차 국가 폐기물 관리 종합계획”에 따르면 생활폐기물의 소각비율은 2000년 12.0%에서 2005년 23.0%, 2008년 28.0%, 2011년 이후에는 30.0%로 계획되어 있고, 사업장 폐기물은 2000년 5.8%에서 2005년 6.9%, 2008년 7.5%, 2011년 7.8%, 그리고 2012년 이후에는 연간 0.1%씩 증가하여 2020년에 8.7%까지 증가하는 것으로 계획되어 있다. 폐기물 발생량은 생활폐기물의 경우 일인당 배출량과 인구에 의해 결정되며, 사업장 폐기물은 GDP에 비례하여 증가한다고 가정할 수 있다.

19) 환경부(2002)에서는 환경부(2000)의 이산화탄소 배출계수 0.711 톤- CO_2 /톤-폐기물보다 다소 낮게 산정되었는데 그 이유는 슬러지를 생물계로 간주하여 소각의 온실가스 배출원에서 제외하였고, 기타 가연성분을 모두 비생물계로 간주하지 않고, 기타 가연분을 제외한 나머지 가연성분의 비생물계 중량비율을 적용하여 기타 가연성분의 비생물계 비율을 결정하였기 때문이라고 밝히고 있다. 또한 환경부(2000)의 소각효율은 90%도 다소 낮게 가정된 것이라고 지적하고 있다.

이러한 내용을 토대로 볼 때 폐기물에서 발생하는 이산화탄소 배출량은 생활폐기물의 경우 인구와 폐기물 관리정책이라는 두 가지 변수에 따라 변화될 전망이며, 10년 이내에 안정기에 접어들 가능성이 큰 반면, 사업장 폐기물의 경우는 GDP의 증가와 함께 지속적으로 늘어날 가능성이 크다. 따라서 소각에 따른 이산화탄소 배출량에 대한 관리목표는 생활 폐기물과 사업장 폐기물을 구분하여 설정하는 것이 바람직하며, 전자의 경우 인구에 비례하는 방식이 적절하고, 후자의 경우는 GDP에 연동하는 배출집약도 방식이 적절하다고 판단된다.

<표 IV-22> 2020년까지의 소각에 의한 이산화탄소 발생량 예측

(단위: 톤/yr)

연도	생활폐기물 소각비율(%)	사업장폐기물 소각비율(%)	소각량	이산화탄소 발생량	TCE
2000	12.0	5.8	5,673,359	3,883,321	1,059,088
2001	14.2	6.0	6,399,760	4,363,262	1,189,981
2002	16.4	6.2	7,161,191	4,882,394	1,331,562
2003	18.6	6.4	7,961,006	5,427,696	1,480,281
2004	20.8	6.7	8,801,727	6,000,887	1,636,606
2005	23.0	6.9	9,686,059	6,603,812	1,801,040
2006	24.7	7.1	10,494,108	7,154,728	1,951,289
2007	26.4	7.3	11,334,500	7,727,695	2,107,553
2008	28.0	7.5	12,210,630	8,325,027	2,270,462
2009	28.7	7.6	12,896,127	8,792,389	2,397,924
2010	29.4	7.7	13,612,606	9,280,874	2,531,147
2011	30.0	7.8	14,362,957	9,792,452	2,670,669
2012	30.0	7.9	15,075,629	10,278,341	2,803,184
2013	30.0	8.0	15,886,318	10,831,057	2,953,925
2014	30.0	8.1	16,751,919	11,421,211	3,114,876
2015	30.0	8.2	17,676,326	12,051,458	3,286,761
2016	30.0	8.3	18,663,770	12,724,683	3,470,368
2017	30.0	8.4	19,718,859	13,444,027	3,666,553
2018	30.0	8.5	20,846,529	14,212,855	3,876,233
2019	30.0	8.6	22,052,091	15,034,790	4,100,397
2020	30.0	8.7	23,341,199	15,913,684	4,340,096

자료: 환경부 (2002), 253쪽

V. 온실가스 배출권 거래제도 추진 동향 및 시사점

1. 온실가스 배출권 거래제도의 유형 및 개념

배출권이란 일정량의 오염물질 등을 배출할 수 있는 권리 혹은 허가를 뜻하며, 배출권 거래란 배출권의 할당(혹은 인증) 및 거래를 허용하는 정책수단이다. 배출권 거래는 미국을 중심으로 아황산가스, 질소산화물, 먼지 등 대기오염물질에 대한 총량규제의 수단으로 시행되어 왔으며 높은 비용절감효과를 거두고 있는 것으로 평가된다(<표 V-1>참조).

<표 V-1> 배출권거래 시행 사례별 비용절감 추정치(미국)

오염물질	지역	Regulatory benchmark	Type ^a	Cost Saving
미세먼지	St. Louis	SIP regulations	P	83%
이산화황	Four corners. Utah	SIP regulations	P	76%
황산염	L.A	California emission standards	P	7%
이산화질소	Baltimore	Proposed RACT regulations	P	83%
이산화질소	Chicago	Proposed RACT regulations	P	93%
미세먼지	Baltimore	SIP regulations	P	76%
이산화황	Lower Delaware Valley	Uniform percentage reduction	P	44%
미세입자	Lower Delaware Valley	Uniform percentage reduction	P	95%
항공소음	USA	Mandatory retrofit	P	42%
탄화수소	All Dupont plants in the USA	Uniform percentage reduction	P	76%
CFCs	USA	Proposed emission standards	P	49%
가솔린 납	USA	Uniform standard	A	\$250 million 20%
기준 오염물질	Non-attainment areas in the USA	No netting, offsets bubbles or banking	A	\$5-\$12 billion
NOx, SO ₂	Greater L.A. area	Regs replaced by RECLAIM	P	42%
기준 오염물질	Non-attainment areas in the USA	No bubbles	A	\$430 million
NOx	North-eastern	Regulations	P	40-47%
SO ₂	USA	Efficient regulations	P	\$1 bn/year 45%

주: ^a: 'A'- 절감 실적 추정치, 'P'- 예상 절감 추정치

자료: UNEP · UNCTAD (2002)

배출권 거래제도에서 가장 중요한 설계변수는 배출권의 할당방법이다. 배출권 할당방법은 크게 기준연도 불변 실적기준 분배(Grandfathering), 기준연도 조정 실적기준 분배(Updating), 경매(Auction)의 세 가지로 구분할 수 있다.

① 기준연도 불변 실적기준 분배(Grandfathering)란 과거 기준연도(기간)의 배출량/투입열량/산출물(kWh 등) 등의 평균 또는 최고치(혹은 최고치 2~3년의 평균)를 기준으로 할당하는 방식이다. 과거 기준연도의 배출량을 기준으로 할 경우에는 배출삭감노력에 대한 역인센티브를 제공함으로써 선의의 피해자가 발생할 수 있다. 그러나 투입열량이나 산출물을 기준으로 배출계수(업종별 차별화 가능)를 적용하여 할당할 경우, 과거 삭감노력에 대해 보상할 수 있다. 하지만 이 경우 배출과다 시설에 대하여 불이익을 초래하게 되는데, 단기적으로는 배출과다시설에 대해서도 개선 기회를 줄 필요가 있다. 기준연도(기간)를 설정할때 최고치 혹은 평균치의 적용 여부는 신뢰성 있는 데이터의 확보 여부와 가동률 등 경제상황(업체 경영상태)의 가변성 정도에 따라 결정되어야 한다. 데이터가 확보될 경우 3~5년 간의 실적을 활용할 수 있으며, 업체별 가동률 등 경영여건의 변화가 심하지 않을 경우 평균치를 적용할 수 있다. 일부 업체의 경영여건 변화가 심각한 문제를 초래할 경우 예외조항으로 최고치 혹은 당해연도 실적치를 고려한 조정을 허용하되, 이에 따른 할당량은 한시적으로만 인정하는 방식을 적용할 수 있다.

② 기준연도 조정 실적기준 분배(Updating)는 할당 대상연도 대비 전년도(기간) 또는 당해연도의 투입열량/산출물 등에 비례하여 할당하는 방식이다. 당해연도 투입열량/산출물 등에 비례하여 할당할 경우, 열량 또는 산출물 단위당 배출량에 대한 규제로서 원단위 혹은 배출집약도(emission intensity) 규제라 할 수 있다. 미국의 자동차 연비규제(CAFE)와 같은 규제형태로 총량에 대한 고정 목표를 달성하는 데는 한계가 있으나, 투입열량이나 산출물 등 경제 관련 지표를 비교적 정확하게 전망할 수 있을 경우 배출총량에 대하여 비교적 정교한 관리를 할 수 있다. 기존 업체와 신규업체에 대한 차별이 없으므로 동태적 효율성(dynamic efficiency)은 높은 반면, 배출량을 많이 할당받기 위해 산출물이나 투입열량을 불합리하게 높이려고 하는 잘못된 인센티브효과를 야기하여 정태적 효율성(static efficiency)을 훼손할 수 있다.

③ 경매방식(Auction)은 배출량을 경매하거나, 기준 배출량(Baseline) 대비 삭감량을 경매하는 두 가지 방향으로 적용이 가능하다. 배출량 경매는 배출업소가 배출량을 구입하는 방식이

며, 삭감량 경매는 정부가 삭감량을 구매하는 방식이다. 삭감량 경매 방식은 기준 배출량을 무상으로 할당하고 삭감량을 정부가 경매를 통해 구매하는 것과 다름없다. 배출량 경매 방식의 경우 배출업소에 대해 배출 부과금과 유사한 재정적 부담을 초래하며, 삭감량 경매 방식은 배출업소의 삭감노력에 대해 보조금을 지급하는 효과를 가져올 수 있는데 이는 규제 당국이 충분한 재원을 보유한 경우 가능하다.

<표 V-2> 배출권 거래의 할당방법

프로그램	물질	규제대상	할당연도	할당방법	참고
산성비 프로그램	SO ₂	석탄발전소	Phase I ('95~'99); Phase II('00~)	['85~'87년간 소비연료의 투입열량 평균]×[Emission rate] Emissions rate = 2.5 pound/mmBtu (Phase I) → 1.2 (Phase II)	경매 병행 (총량의 2.8%)
RECLAIM	SO ₂ NOx	SO ₂ 또는 NOx 4톤 이상 배출업소	1994 ~ 2003 (매년 7~8% 삭감)	['89~'92년 중 peak activity level(생산량 또는 투입열량)]× [업종별 계수]	'87, '88 및 '93년 activity level이 높을 경우 non-tradable allocation
OTC	NOx	주정부	1999 ~ 2003	'90년 배출량 대비 55% 삭감('99년까지) 및 70% 삭감('03)	
OTC (메사추세츠)	NOx	화석연료 연소 보일러 및 간접 열교환기 (투입 열량 250 mmBtu/hour 이상, 15Mw 이상 발전소)		'94~'98년 중 전력생산 최고연도 2년의 평균(후속연도의 할당은 각 연도의 4~6년 전년도중 전력생산 최고연도 2개 연도의 평균)을 기준으로, 1.5 lb/MWh (발전소) 또는 0.44 lb/mmBtu (steam output or heat input)	신규발전소에 대해서도 동일한 기준으로 할당 (5% set-aside for new sources)
OTC (기타 주정부)	NOx	상동		[뉴햄프셔] 3년 및 4년전 발전량 평균에 비례 [뉴저지] 과거 3년중 투입열량이 높은 2년의 평균에 비례 [펜실베이니아] 3년전 투입열량에 표준배출계수 적용	[커넥티컷] '97 및 '98년의 early emission reduction에 대한 one-time additional allowance credit
EPA SIP Call	NOx	25Mw 이상 발전기의 보일러 및 250 mmBtu/hour 이상의 산업용 보일러	2004~	매 5년마다 과거 5년간 activity에 비례하여 Updating, 최소 3년전 할당, 주정부 차원의 총량 목표 달성 (기타사항은 주정부 재량으로 할당)	신규 업체 할당: 발전소 0.15 lbs/mmBtu, 기타 0.17 lbs/mmBtu
영국	CO ₂	자발적 참여 (발전소 제외)	2002~	삭감량 경매 및 자발적 협약에 따른 할당 (기준연도: 1998~2000)	5년간 삭감량 경매를 통해 £ 215백만 배분

온실가스 배출권은 다양한 유형이 등장하고 있다. 우선 교토의정서 및 후속 합의²⁰⁾에 따르면 교토의정서의 이행에 따라 발생하는 배출권으로 네 가지 종류가 있다(<표 V-3>참조).

<표 V-3> 교토메카니즘 하에서의 배출권 유형

거래단위	메카니즘	1차 이행기간 중 활용 한도	이월(banking) 한도
AAU (Assigned Amount Unit)	부속서 B국가에 대한 교토의정서하의 할당량	한도 없음.	한도 없음.
RMU (Removal Unit)	부속서 B국가의 흡수원 감축량에 대해 사후발행된 배출권	산림경영에 대한 RMU의 경우 국가별로 한도 설정(마라케시 합의)	이월 불가능
CER (Certified Emission Reduction)	청정개발체제(Clean Development Mechanism)	흡수원 사업에 따른 CER의 경우 구매국 할당량의 1%	구매국 할당량의 2.5%
ERU (Emissions Reduction Unit)	공동이행(Joint Implementation)	한도 없음.	구매국 할당량의 2.5%

교토의정서에서 부속서 B국가는 기후변화협약 부속서 I국가에 대하여 2008~2012년(1차 이행기간)에 걸친 1990년 대비 연간 온실가스 배출한도를 “1990년 기준 배출량 대비 백분율”로 명시하고 있다. 이에 따라 1차 이행기간의 배출한도를 계산하고 그에 상응하는 배출권을 당사국별로 할당하게 된다. 이렇게 할당되는 배출권을 할당 배출권(Assigned Amount Unit: AAU)이라 한다.

한편 교토의정서 3조 3항 및 4항에 따르면 조림, 산림경영 등을 포함하여 소위 흡수원(Sink)이라 칭하는 토지이용, 토지이용변화 및 산림 활동(Land Use, Land Use Change and Forestry: LULUCF)에 대해 1990년 이후에 수행된 인위적 노력에 따른 온실가스 흡수실적을 교토의정서 상 감축목표 이행실적으로 인정하도록 규정하고 있다. 이는 결국 국가별 온실가스 흡수량 만큼 추가적인 배출을 허용하는 것이며, 이러한 흡수량 만큼이 흡수 배출권(Removal Unit: RMU)으로 할당되고 거래된다.

교토의정서 제12조에 따르면 비부속서 I국가(개도국)에서 시행되는 온실가스 저감사업의 경우 해당 사업의 시행에 따라 추가적으로 저감되는 온실가스 양을 입증할 경우 이에 대해 CDM

20) 후속합의서에는 제6차 기후변화협약 당사국총회 속개회의(COP6bis)에서 합의된 Bonn Agreement와 제7차 당사국총회(COP7)에서 합의된 Marrakesh Accords를 지칭한다.

크레딧(Certified Emission Reduction: CER)을 획득할 수 있다. CER은 교토의정서 상 부속서 I국가의 감축의무 이행을 위해 감축의무에 대신 이용할 수 있으며 국가 간 거래도 허용된다.

마지막으로 교토의정서 제6조에 따르면 부속서 I 국가 간에도 온실가스 저감사업을 시행하고 이로부터 인정되는 추가적인 저감실적을 II 크레딧(Emission Reduction Unit: ERU) 형태로 획득할 수 있다. ERU 또한 부속서 I국가의 감축의무 이행에 이용될 수 있고, 국제적인 거래도 허용된다. ERU는 감축의무를 부담하고 있는 부속서 I국가에서 창출되는 배출권이므로 ERU의 발생분 만큼 해당국가의 AAU 혹은 RMU가 감소하게 된다.

교토의정서 하의 배출권 거래는 부속서 I국가에 대한 총량적 배출한도의 준수를 위해 교토의정서에 규정된 온실가스 총량 목표에 해당하는 배출권을 AAU 혹은 RMU의 형태로 발행하고, 1차 이행기간 중 배출하는 온실가스에 대해서는 그에 상응하는 배출권을 확보하여 폐기시키도록 의무화함으로써 교토의정서상의 배출한도가 부속서 I국가 전체적으로 초과되지 않도록 하기 위한 정책수단이다. 배출권의 거래는 국가간 배출삭감능력의 차이를 고려한 저감노력의 국제적 조정을 통해 부속서 I국가 전체적으로 배출저감비용을 최소화할 것을 추구하기 위해 도입된 것이다.

개도국에서 시행되는 온실가스 배출저감사업(CDM)에서 창출되는 CER의 경우 사실상 부속서 I국가에 할당된 배출권 총량을 증가시키게 되는데, 이는 증가되는 양만큼을 비부속서 I국가에서 줄이도록 함으로서 지구 전체적으로 배출량을 증가시키지 않으면서 부속서 I국가의 감축 목표 달성을 촉진하기 위해 도입된 것이다. 교토의정서에 따른 부속서 I국가의 감축목표 달성을 위해 전세계가 공동노력함으로써 전 세계적인 저감비용을 최소화한다는 취지가 반영되었다.

II사업에 따른 ERU의 발생은 배출권 총량을 변화시키지는 않는다. 사실상 부속서 I국가는 AAU나 RMU의 거래를 통해 목적하는 국가 간 저감노력의 조정이 가능하다. II사업과 ERU의 도입은 AAU와 RMU와 같은 배출권의 거래참여 자격요건 달성이 어려울 것으로 예상되는 동구권 국가의 여건을 고려하여 배출권 거래에 참여할 수 없을 경우 개도국의 CDM 사업에 준하는 형태의 사업단위 국제투자활동을 활성화하기 위해 도입된 것이다.

AAU, RMU, CER, ERU 등 네 가지 배출권은 모두 거래 가능하며, 상호 교환될 수 있다. AAU와 RMU의 구분은 후자가 측정의 불확실성이 높고 입증이 어려운 흡수원 활동에 따라 창출되는 배출권이라는 점에서 전자와 구분하고, 또한 이러한 환경적 문제점을 고려하여 차기 이행기간(예: 2013~2017년)으로의 예탁(Banking)을 금지하기 위한 목적에서 이루어진 것이다.

하지만 RMU가 AAU, CER, ERU 등 Banking이 허용되는 배출권과 상호 교환될 수 있다는 점을 고려하면 Banking 제한규정은 유명무실한 조항이 될 가능성이 높다.

교토의정서에 따라 인정받는 배출권은 일차적으로 국가(당사국)에 귀속되므로 국가가 배출권을 보유 또는 거래할 수 있다. 하지만 개별 국가는 자국내의 배출량 억제 혹은 관리를 위해 경제주체별로 배출권을 재할당하는 배출권 거래제도를 시행할 것으로 전망된다. 이러한 경우에는 앞에서 설명한 배출권, 즉 AAU, RMU, CER, ERU 등의 거래가 국가가 보증하는 법인에 의해 국내에서는 물론 국제적으로도 이루어질 수 있다. 이처럼 교토의정서에 따라 허용되는 배출권의 재할당과 별도로, 개별 국가는 자국의 배출량 관리를 위해 교토의정서와 직접 관련이 없는 온실가스 배출권 거래를 시행할 수 있을 것이다. 예를 들어, 덴마크 정부는 2001년부터 일정규모 이상의 발전업자를 대상으로 이산화탄소에 대한 총량규제 및 배출권 거래를 실시하고 있다. 이처럼 특정 국가의 재량권으로 시행되는 제도에 따라 거래되는 배출권은 교토의정서 등 국제법과 직접적인 관련이 없으며, 시행국가 내에서만 제한적으로 가치를 갖는 상품에 지나지 않는다. 현재 영국, 일본, 독일, 프랑스, 미국, 스위스, 호주, 캐나다 등 대부분의 선진국에서 각국 재량권에 의한 국내 배출권 거래제도 도입을 적극 추진하고 있다.

2. 온실가스 배출권 거래제도 추진 동향

교토의정서에 따른 배출권의 할당과 거래는 교토의정서가 발효된 이후에 이루어질 수 있으므로 2003년 중반 이후에나 가능할 것으로 전망된다. 하지만 각국 정부 및 민간 기업들은 미래의 배출권에 대한 선물 및 옵션 거래를 교토의정서의 채택 이전부터 활발히 진행하고 있다. 이러한 거래는 예상되는 미래의 규제에 대비하고 시장형성 초기단계에서 저렴한 크레딧을 확보함으로써 잠재적 수익기회를 선점하기 위한 시도로 분석되며 이러한 기업간 및 정부간 거래를 중개·자문하기 위한 Broker, 컨설팅 회사들이 증가하고 있으며 거래중개서비스 시장을 선점하기 위한 노력이 확대되고 있다.

World Bank는 CDM 프로젝트의 위험과 거래비용을 줄이고 경험과 지식을 축적하기 위해 Prototype Carbon Fund를 발족하였으며, 15~20개의 사업에 145백만불을 투자할 예정이다. 각국 정부 및 산업계로부터 자금조성 완료되었으며, 크레딧의 목표 가격은 \$20/tC이고 목표 수익

를 100%로 설정하였다. World Bank (Environmental Finance conference, 2001. 2)에 따르면 2005년경까지 탄소배출권 가격은 CDM/JI 사업의 경우 약 \$3~5/CO₂톤에서 형성될 것으로 전망하고 신재생에너지 및 효율향상 프로젝트의 경우 0.5~1.5%의 IRR 증가효과가 있을 것으로 평가한다. 최근까지 탄소가격은 일반적으로 \$3 이하로 나타나고 있으나²¹⁾ 네덜란드의 ERUPT 프로젝트에서의 ERU 거래가격은 \$4~8/CO₂톤이었으며, 1차년도에 평균가격은 \$7.69로 비교적 높은 수준에서 형성되었다. 이는 이산화탄소 톤당 \$10의 거래가격은 B-C유 1리터당 약 41.3원의 추가비용에 해당하는 것으로서, 높은 수준의 탄소시장 하에서 B-C유의 경우 10% 이상의 가격인상 압력에 직면하게 됨을 의미한다.²²⁾

2001년 말까지 발표된 탄소기금 규모만도 10억불에 이르며, 세계적인 보험회사인 Swiss Re는 탄소 배출권의 거래규모가 연간 750~1,450억불 규모로 성장할 것으로 예측하고 있다(Swiss Re, Dealing with a carbon constrained future, 2001)

국제적으로 인정받지 못함에도 불구하고 여러 국가들이 국내적인 배출권 거래제도 도입을 서두르고 있는 이유는 국제 배출권 시장 출범에 대비하여 배출권 거래라는 정책수단에의 적응능력을 배양함은 물론 온실가스 저감기술의 개발 및 보급, 중장기적 투자 의사결정의 조정 등을 통해 1차 이행기간 이전부터 온실가스 저감역량을 확충하기 위한 것이다. 이러한 배출권 거래제는 시행국 내에 있는 외국 법인에도 동일하게 적용될 것이므로 부속서 I 국가에 있는 우리나라의 현지법인들이 관련 규제의 적용을 받을 것으로 예상된다.

한편, British Petroleum(BP), Shell 등 다국적 기업에서는 국제적인 배출권 거래제는 소속국의 정책과도 무관하게 기업 내부적으로 온실가스 배출권 거래를 시행하고 있다. 1998년 9월 BP는 자사의 온실가스 배출을 2010년까지 1990년 대비 10% 삭감하는 목표를 달성하기 위한 수단으로 사내 배출권 거래제도를 도입하였다.

온실가스 배출권 거래와 밀접한 관계를 갖는 또 하나의 거래시장으로서 신재생에너지 발전량 쿼터제도가 미국과 유럽을 중심으로 활발히 시행되고 있다. 녹색증명서(Green Certificate) 혹은 거래가능 재생에너지 증명서(Tradeable Renewable Energy Certificate)라고도 불리는 신재생에너지 발전량 쿼터제도는 송배전업체, 발전업체 혹은 전력사용자에 대하여 사용 전력량의 일정 비율 이상을 신재생에너지로 충당하여야 한다는 의무를 부과하고, 이의 이행수단으로

21) Mary Jean Vurer, "Funds offer carbon 'kicker'", Environmental Finance, October 2001.

22) $0.86625\text{kg/리터(B-C유)} \times \$10/\text{T-CO}_2 \times 1,300\text{원}/\$ \times 44/12 \div 1,000$ (단위조정) = 41.29원/리터

신재생에너지를 이용한 발전량에 대하여 인증서를 발행하여 거래할 수 있도록 하는 제도이다. 신재생에너지 발전량 쿼터제도는 온실가스 배출권 거래시장보다 일찍 시작되었으며, 거래가격도 온실가스 배출권 보다 매우 높은 수준으로 형성되고 있다. 영국 등 일부 국가에서는 신재생에너지 발전량 쿼터제도와 온실가스 배출권 거래제도를 연계하여 시행하고 있다. 즉, 신재생에너지 증명서를 신재생에너지 이용에 따른 온실가스 저감량 만큼의 온실가스 배출권으로 전환하여 온실가스 배출권 시장에서 판매할 수 있도록 하고 있다.

<표 V-4> 국가별 신재생에너지증명서 거래제도 현황

Country	Target	Liabe entities	Eligible electricity sources	Penalty, banking and borrowing
Australia	RE % 목표는 총전기 판매량의 %로 매년 발표됨. RE 기여를 2%까지 증가시키는 목표로 2010까지 추가 9,500 GWh 필요. 2001년: 0.24% (300GWh와 동일)	도매업자 (>100MW 이상을 구매하는 모든 도매업자)	모든 재생가능한 자원(대형 수력 포함), 바이오가스, 하수 개스, co-firing, 연료전지, solar water-heaters, pump-storage (화석연료투입금액을 제한net)	Penalty: 총 부족분에 대해 40/MWh. 3년내에 부족분 충족되면 상환해줌. Banking: 무제한 Borrowing: 목표의 10%까지 허용
Austria	최종소비자에게 판매된 전기의 8%는 소규모 수력발전소에서. 기타 RE는 2001년 1%, 2003년 2%, 2003년 3%, 2007년 4%	등록된 공급자 (최종소비자에 대한 delivery에 준함) 그외는 최종소비자	소규모의 수력 발전소로 최대 용량 10MW까지	Penalty: 각 주별로 정의됨. Banking: 2년 미만의 certificates만 가능
Belgium (regional level)	Flanders 생산량의 %로 2001년 0.96%, 2002년 1.41%, 2003년 2.05%, 2004년 3%, 2010년 5%.	전기 소매업자	용량 1MW 이상의 태양열, 풍력, 수력, 바이오매스, 바이오가스, 지열, 조력, 파력. Offshore 시설도 허용. 폐기물 소각은 제외	Penalty: 2001~2003년 0.05/kWh, 그 이후는 €0.12/ kWh. 수입은 Renewable Energy Fund로 다시 돌아감. Banking: 생산연도와 그 이후 5년간 허용
	Wallonia 생산량의 %로 2002/1/1 까지 2.9%, 2004/1/10 까지 5%, 2009/1/10 까지 12%	전기 소매업자	용량 1MW 이상의 수력, 풍력 (offshore포함), 목재, 농산물, 바이오매스, 양질의 co-generation: 3kWh는 certified kWh 발행. Co-generation 은 2002 목표의 0.7%, 2004의 1.4%, 2009의 4%까지 기여 가능	Penalty: 2002년 €0.075/kWh, 2003/10/01부터 € 0.1/ kWh
Denmark (proposal)	소비자는 2003년까지 총 전기의 20%를 RES로부터 구입해야 함. (발효 연기됨)	전기 소비자 (산업 및 주거). 소비자는 소매업자에게 대신 목표달성 위임 가능	풍력, central CHP on 바이오매스, 바이오가스, 최소량의 유기물질 포함하는 폐기물에너지제외: 대규모 수력, 기존의 바이오매스 및 폐기물 소각공장	Penalty: DKK0.27/kWh (€0.035) certificates는 보장가격 DKK 0.10/kWh가짐 Borrowing: 허용됨

<계속>

Italy	2002: 전년도 전기 생산의 2%. 의무 3년	전기 수입자 및 생산자 (100GWh/년 이상) 전기 수출은 제외	1999/4/1이후의 New renewable energy로 strict pollution control하의 신설 대 규모수력발전소(pumping storage facility 제외)와 organic waste plant포함.	Penalty: 없음. 최소 최대 가격은 없고 정 부가 비용이 너무 높아질 경우 추가 certificates 발행함. Banking: certificate은 1 년 유효함. Borrowing: 허용
Netherlands	자발적 접근	Green Certificates system 참여자: 전기발전회사, traders/공급자	15MW이하의 수력, 태양열, 바이오매스(추가연료로 플라 스틱 사용하지 않는) 제외: 대규모 수력, 폐기물소 각	Penalty: 없음 Banking: certificate은 1년 유효함. Borrowing: 불허
Sweden (proposal)	연도별 전기 소모량에 대한 퍼센 티지로 2003/1/1부터 시행해야 함. 2003년까지 6.4%, 2004년 7.6%, 2005년 9.5%, 2006년 11.4%, 2007년 12.8%, 2008년 13.9%, 2009년 14.6%, 2010년 15.3%	전기 사용자 혹은 공급자	풍력, 태양열, 지열, 특정 생물 연료, 파력, 현존 소규모 수력 (1.5MW 이하), Certificate law 시행 이후 허 가된 수력발전, 2001/7/01이후 운영 중지된 발전소)	Penalty: 4월1일 이전 12개 월간 관찰된 가중평균가격 의 150%. Ceiling 가격은 2007년까지 200SEK/MWh 이고 2008년 이후는 개정 예정, Banking: certificates의 유효기간은 무제한이고, banking 허용
United Kingdom (proposal)	생산량의 %로 2001/10/01부터 2003/3/31 까지는 3%, 2004년 4.3%, 2005년 4.9%, 2006년 5.5%, 2007년 6.7%, 2008년 7.9%, 2009년 9.1%, 2010년 9.7%, 2011년까지 10.4%이 고 최소한 이 수준을 2027/3/27까지 유지	전기 소매업자	1990/01/01 이후 허가된 시설 만 허용. 예외는 Micro hydro 와 co-firing인. 매립가스, 하 수개스, 특정 폐기물에너지, 수력(<20MW), 신설 수력(만 약 Order이후 허가되었으면 >20MW), 풍력(onshore and offshore), 2011년까지의 바이오매스, 에너지 작물, 지 열, 조력, 파력, 태양광	Penalty: buyout가격은 3p/kWh로 소매가격지수에따라 조정됨. 수입은 목표 달성한 공급자 에게 다시 돌아감. Banking: 다음해의 의무량 의 25% Borrowing: 불허
United States (State level)	New Jersey 모든 소매 전기공급자는 2001/01/01 까지 에너지의 0.5% Class I 재생가능 resources로부터 제공해야 하고, 2006/01/01까지는 1%, 2012년에 4%에 다다를 때까 지 연간 추가적 0.5%를 제공해야 함. RPS는 2000년에 2.5%로 시작 했고, Class I or Class II renewables로 충족시킬 수 있었지만, 모든 후속 추가는 Class I renewables로 충 족시켜야 함	전기 공급자	풍력, 태양열, 바이오매스, 수 력, 지열, 연료전지, 폐기물에 너지, 조력, 파력	Penalty: 면허정지나 취소, 벌금, 비용(cost in rates)의 회 수 불허, 신규고객 수용 금지 등의 방법 Borrowing: 허용

<계속>

United States (State level)	Texas Renewables Portfolio Standard에 의해 규정. 2009년 까지 2,000MW의 신규renewables 설치 요구. 2002/01/01 400MW, 2003/01/01 400MW, 2004/01/01 850MW 2005/01/01 850MW 2006/01/01 1,400MW 2007/01/01 1,400MW 2008/01/01 2,000MW 2009/01/01-2019 2,000MW conversion factor이용하여 용량 목표를 생산 목표(MWh)로 변환함.	Utilities	태양열, 풍력, 바이오매스, 수력, 지열, 조력, 매립가스	Penalty: \$50/MWh or 해당기간의 credit의 평균시장가의 200% 중 적은 액수 Banking: 3년간 가능 Borrowing: 처음 두 해 (2002와 2003년)에 각 소 매업자는 최종 REC요구의 5%까지 부족 허용
	Wisconsin Renewables Portfolio Standard 로 규정. 12/31/2001에 0.5%, 12/31/2003에 0.85%, 12/31/2005에 1.2%, 12/31/2007에 1.55%, 12/31/2010에 1.9%	전기 서비스 공급자	태양열, 풍력, 바이오매스, 수력(60MW 이하), 재생가능 운송 연료, 지열, 연료 전지	Penalty: 최대 \$500,000 Banking: credits는 후속 연도에 사용 가능

자료: Baron & Serret (2002), 112~114쪽 요약 · 정리

<표 V-5> 탄소기금의 유형 및 특징

구분	규모	시기	투자주체	사업 영역	대상지역
순수 탄소기금					
세계은행 Prototype Carbon Fund	\$ 145백만	2000.1월 발족	정부 및 전략적 투자자	CDM 및 JI사업의 탄소 권리에 대한 재정지원 및 매수	CDM 및 JI 관련 지역
네델란드 ERUPT (Carboncredits.nl)	탄소 크레딧 4.2백만 (평균가격 8.46유로)	2001. 4. 17일 첫 번째 거래 계약	네델란드 정부	에너지효율향상, 열병합, 신재생, 폐기물, 조림, 재조림	중앙 및 동부 유럽
호주 GHG Friendly/GHG Free 인증프로그램	BP가 자사 연료 판매에 대해 2-3 cents/litre 모금(연간 약 A\$ 1-2백만)	2000.9월 발표	BP의 경우 자사의 연료 제품 Ultimate 98 매출액에서 충당	매립지 메탄 발전, 신재생, 효율 향상, 광산 증발 가스 회수 등	호주
수익률(IRR) 증대를 위해 탄소 크레딧에 투자하는 민간기금					
Dexia-FondElec Energy Efficiency and Emission Reduction Fund	71 m(백만) 유로	2000. 12월2차 모금 완료	EBRD(20m), Dexia 그룹(20m), 간사이 전력, EPDC, 마루베니 주식회사(각각 10m)	중소규모 에너지 효율향상 프로젝트 (ESCO 업체 매수·설립)	중앙 및 동구 유럽

<계속>

REEF (Renewable Energy and Energy Efficiency Fund)	\$65백만, IRR 10% 증대 기대	2000.3월 모금 완료	IFC, Nuon, FinnFund, Alliant Energy Renewable Resources, DEG, VMH, John Hancock Mutual Life Insurance	신재생 및 에너지효율향상	IFC financing 대상국가
FondElec 남미 청정에너지서비스 기금	\$35m-50m 예상	2001.10월 모금완료 예정	IADB의 MIF(\$10m), 스미토모사 (\$5m~10m 예상)	ESOCO, 에너지 효율향상, micro-generation, 신재생	남미 (특히 브라질, 멕시코)
Black Emerald Leasing Partners	500m 유로 예상	2002년 1분기 출범	민간은행, 연기금, 보험사, 에너지회사	풍력, 수력, 지열, 태양, 연료전지 및 바이오가스 (저탄소 에너지 기술 임대)	유럽
민간소유 산림 기금 및 회사					
Hancock New Forests Australia	\$200m 목표	호주기업 기출범	전략적 투자자 (현금배당 대신에 탄소 크레딧 지급)	지속가능한 산림	호주
GMO Renewable Resources	초기 목표 \$50m	2002년 1분기 모금완료 목표	전략적 투자자 (교토의정서 부재시 고려)	지속가능한 산림	미국 남부, 남반구, 동구유럽
기 타					
UBS Global Alternative Climate Fund	2~4년간 SFr 100m 목표, 최소SFr 10m~14m 필요	모금 중	기관투자자 (현금 배당 및 탄소 크레딧 배분)	탄소수익율이 높은 CDM 및 JI	개도국 및 동구유럽
Natsource		모집 중	전략적 파트너 (주로 에너지 및 전력)	미래기술에 초점	No regret 사업

자료: Mary Jean Vurer, Funds offer carbon 'kicker', Environmental Finance, October 2001.

2.1 EU의 배출권 거래제도

2000년 3월 Commission Green Paper에서는 EU차원의 배출권 거래제도를 도입하자는 Paper가 발간되었고, 2001년 10월 Commission Proposal이 제안되었다. 이로 2002년 10월 EU 의회의 1차 검토가 진행되었고, 2002년 12월 공동 입장에 관한 Council이 개최되었으며, 2003년 말까지 Directive가 완성될 전망이다.

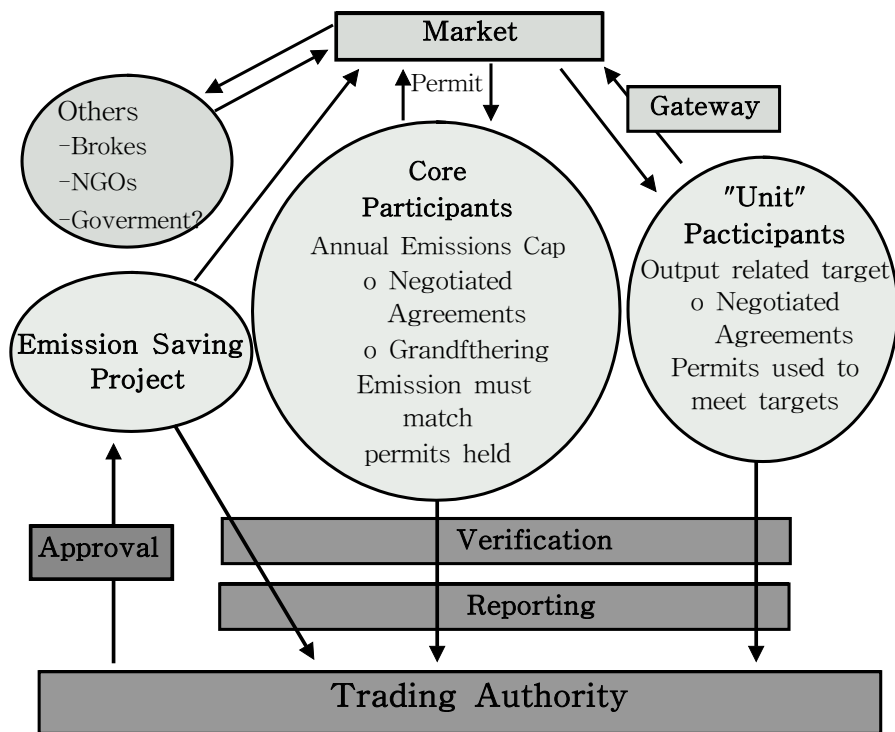
- ① 시 기: EU 거래에서는 3년간(2005~2007)은 mandatory "warm-up" phase (강제적 준비단계)로 경험축적을 중시하며, 일부 시설 및 활동에 대한 한시적인 특례 조항 허용하고 5년간(2008~2012)은 mandatory Kyoto phase(강제적 교토단계)로 국제적인 교토 배출권 시장과 병행한다.
- ② 참가 및 적용 범위: 전력·열·스팀 생산(cracker 포함), 정유, 철강, 제지, 건설자재(시멘트 등) 등 5개 주요 하류 부문(일정 규모 이상)의 CO₂를 대상으로 시행하기로 하였으며 화학 및 알루미늄 업종 추가가 논의중에 있다. 또한 2004년 말 및 2006년 중간 평가 시 타 부문 및 가스의 포함여부 검토하고 있으며 2005년에 제한적인 자발적 참여를 허용하며 2008년에는 범위를 확대한다.
- ③ Pooling 개념 도입: 국가별로 한 부문의 다수 시설이 pool을 구성하여 공동이행을 가능하게 한다. 그리고 모든 배출권을 trustee가 접수·관리하며, 감시 및 보고는 시설 단위에서 책임지며, trustee가 의무불이행시 개별 시설로 불이행 책임 이동이 이루어진다.
- ④ 할 당: 준비단계(2005~2007)에는 100% 무상배분하며(15% 이상 강제적 경매 여부 논의 중) 교토단계(2008~2012)에는 90% 이상 무상배분하되 국가별로 10%까지 경매를 통해서 할당을 가능케 한다. 2006년 중간평가를 통해 추가적인 국가간 조화(harmonization)방안에 대한 검토가 이루어지며 국가별 총 할당량과 할당방법에 있어 Commission의 검토 및 승인을 받아야 하고 이는 투명성, 의견수렴 등 절차상의 문제가 있을 경우 거부될 수 있다. 여기서 국가별 할당 총량은 국가별 Kyoto target 등을 포함하는 공통기준과 state aid rule 등과 일관성이 유지되어야 한다.
- ⑤ 의무준수체계: 의무준수 첫 번째 기간에는 톤당 40유로, 이후에는 100유로의 벌금이 부과되며 이에 추가적으로 차기 이행기간 할당량에서 공제한다. 그리고 관리자의 명칭이 공개(name and shame) 된다.

EU 배출권 거래는 이밖에 EC와 타 부속서 B국가와의 양자 합의를 통해 배출권 거래제도간 연계가 가능하며 국가별 재량권 하에 준비기간에서 교토기간으로의 이월(banking) 허용 여부를 결정할 수 있다.

2.2. 영국의 배출권 거래제도

영국의 배출권 거래제도는 전 부문에서 발생하는 모든 온실가스에 대한 전국단위의 배출권 거래제도 시행이라는 점에서 세계 최초의 시도였다.

1999년 6월 정부 및 대기업의 후원으로 설립된 민간 주도의 UK ETG(Emissions Trading Group)에서 배출권 거래제도 설계를 주도하였으며, 제도의 시행은 환경부(Department of Environment, Food and Rural Affairs: DEFRA)에서 주관하였다. UK ETG는 기업환경자문위원회(ACBE), 영국산업연합회(CBI) 등이 주도적 역할을 하였으며 100개 이상의 주요 기업과 통상협회, 학계, 환경단체 등이 참여하여 설립하였다.



자료: UK Emissions Trading Group, 2000

[그림 V-1] 영국의 온실가스 배출권 거래제도 개념도

배출권 거래제도에 대한 참여는 자발적이며 크게 4가지의 경로를 통해서 참여할 수 있다.

- ① 기후변화협정(Climate Change Agreement: CCA)을 통한 참여 : 2001년 4월부터 시행중인 기후변화세(Climate Change Levy: CCL)의 80% 감면 혜택을 위해 정부와 체결한 온실가스 배출감축 협정(CCA)에 따른 ‘배출총량’ 혹은 ‘집약도(산출물 단위당 배출량)’ 목표를 이행하는 기업은 CCA상의 의무이행을 위해 배출권 거래를 할 수 있다. 여기서 총량목표를 채택하는 참가자(“absolute sector” participant)로부터 집약도 목표를 채택하는 참가자(“unit sector” participant)로의 순 이전량이 ‘0’보다 클 경우에만 역방향 거래가 가능(gateway mechanism)하다.
- ② 직접 참여(Direct Entry) : 기후변화세(CCL)의 적용을 받지 않는 기업은 자발적 감축목표를 입찰하는 인센티브 경매를 통해 배출권 거래에 참여할 수 있다. 영국 정부는 이를 위해서 2002~2006년간 인센티브 경매 재원으로 £215백만(\$309백만)을 조성한다. 2002년 3월에 실시된 1차년도 경매에는 34개의 기관이 최종라운드(9차)까지 참여하였으며, 최종 낙찰가격은 감축목표 단위당 £53.37/t-CO₂, 총 감축목표는 4백만t-CO₂(평균 배출감소율 약 11%)로 결정되었다.
- ③ 사업을 통한 크레딧 획득(Project Credit) : 모든 기업은 추가적인(additional) 온실가스 감축 효과가 있는 사업을 시행하여 정부로부터 온실가스 감축 크레딧(tradable credit)을 인정받는 경우 이를 거래할 수 있다.
- ④ 자발적 매매(Broker) : 어떤 기관이든 온실가스 감축의무가 없더라도 배출권 거래제정을 등록하고, 이 제정을 통해 배출권을 거래할 수 있다.

배출권 거래제도에서 직접 참여(direct entry) 업체는 매년초 총량목표에 해당하는 배출권을 할당받아 거래할 수 있으며(cap-and-trade), 기후변화협정(CCA)을 통해 참여하는 기업은 합의된 목표를 초과달성할 경우 입증되는 추가 감축량에 대하여 배출권을 획득·거래할 수 있다(baseline-and-credit). 그리고 의무이행에 충당하고도 남는 배출권은 차기로 이월(banking)될 수 있는데, 2008년 및 그 이후로의 이월은 제한된다. 적용대상이 되는 온실가스는 참가자가 ‘이산화탄소 1종’ 혹은 ‘6개 온실가스 전체’ 중 양자택일하며 직접 참여 업체의 경우 기준선(baseline)은 1998~2000년간 평균 배출량을 기초로 타 규제기준 등을 추가 적용하여 결정한다. 또한 참가업체에 대한 감시(monitors)는 허가된 입증기관(credited verifier)에 의해 이행되

어야 하고 영국내의 온실가스 감축사업은 tradable credit을 창출할 수 있지만 가정부문은 제외되며 흡수원 사업(sequestration)도 한시적으로 제한된다.

배출권 거래 참가업체는 국제거래를 통해 의무를 이행할 수 있으며, 해외에서의 감축사업에 따른 크레딧도 국제적으로 인정된 기준에 따를 경우 인정될 수 있게 된다. 단, 이용가능한 양은 제한될 수 있으며, 특히 2008년 이전의 경우 타국이 실시하는 배출권 거래제도에서 발행되는 배출권은 양국간 공식적 합의가 있을 경우에만 인정된다. 정부는 참여업체의 배출권 보유량에 대한 공식 기록을 포함하는 등록소(registry)를 운영하며, 매 이행기간(1년) 말에 배출량과 비교하여 위반(non-compliance) 여부를 판단한다. 그리고 매 이행기간에 대한 거래기록(transaction log)은 정산기간(reconciliation period) 이후 일반에 공개된다.

직접 참여 업체가 배출권 보유량을 초과하여 배출하였을 경우, 인센티브 재원의 지불은 보류되며, 차기 할당량에서 초과 배출량을 삭감한다. 또한 최종연도(2006년)까지 목표를 이행하지 못하였거나 중도 탈퇴하는 업체에 대해서는 지급된 인센티브 재원 및 이자를 환수한다.

2.3. 미국의 배출권 거래제도

미국 정부의 교토의정서 반대 및 전력회사에 대한 이산화탄소 배출규제 공약 번복에도 불구하고 Oregon과 Massachusetts 등의 일부 주정부는 전력회사를 대상으로 독자적인 이산화탄소 배출저감 프로그램을 추진 중에 있다.

Oregon주의 경우 1997년 비영리법인 Climate Trust를 설립하고 전력업체를 위한 이산화탄소 삭감 프로젝트를 수행중이며 전력회사는 독자적인 CO₂ 배출저감사업을 시행할 수도 있고 Climate Trust에의 기부를 통해 저감 크레딧을 확보할 수 있다.

이산화탄소 톤당 기부금은 시작 당시 \$0.57/short ton of CO₂ 였으며, CO₂ 저감사업의 비용에 따라 변화할 수 있지만 50% 이상 증가할 수 없도록 되어 일종의 Price-cap을 활용한다. 2000년 총 모금액은 \$5.5백만이었다.

<표 V-6> 온실가스 배출권 거래제도 사례

	참여	시기	대상 배출원	대상 배출가스	목표
오레곤(미국)	M	1997	신규 에너지 시설	CO ₂ 배출 간접적 감소	A
덴마크	M	2001 - 2003	발전소, 8개의 참여원	CO ₂ 배출	A
ER-UPT(네덜란드)	V	2000	다른 나라의 배출감소 프로젝트	다수 배출가스, 간접적 감소	R
영국	V ¹	2001	산업에너지사용자들, 프로젝트에참여하는 발전소(8,000)	직접 및 간접 CO ₂ 배출	4
호주	M	2008(?)	아직 미정	아직 미정	A
캐나다	M	2008(?)	대형 최종 배출원(700~900) 혹은 가능한 광범위한(800~1,000) 배출원	광범위한 배출원의 경우 모든 교토 가스들	A
유럽연합 (EU)	M	2005	발전소, 철과 강철, 석회, 시멘트, 유리, 세라믹, 펄프 및 제지	직접 CO ₂ 배출만	A
프랑스	M ²	2002	30개의 화석연료집약업종의 대부분배출원(1,100개참여원)	직접 CO ₂ , 가능한 경우 간접 CO ₂	5
독일	M	2005(?)	대형 배출원에서 시작하여 모든 부문으로 확대 적용	초기에는 직접 CO ₂ , 다른 가스들로 확대	A
노르웨이	M	2008	대형 산업 배출원 및 화석 연료 도매업자 (100~200개 참여원)	모든 교토 가스	A
슬로바키아	M	2005 - 2008(6)	20Mwh이상 용량의 연소원, 산업 공정 배출	직접 CO ₂	A(7)
스웨덴	M	2005	EU와 동일, 화석연료 도매업자 추가(총 GHG배출의 80~90%)	직접 CO ₂ , 가능한 경우 이외의 가스들	A
스위스	V	2008	자발적 배출 제한목표 부담 기업(군)	화석연료 연소에서의 직접 CO ₂	A(8)
PERT (캐나다)	V	1996	43 프로젝트 등록, 8개 검토, 13개 검토중 (2001년 3월)	직접+간접 CO ₂ , CH ₄ 및 non-GHGs	R
BP	V ³	2000	부속서 I 국가의 모든 운영 단위	직접 CO ₂ , CH ₄	A
Shell	V ²⁰⁰⁰ _{~2002}	2000	부속서 I 국가내 6개의 기업 단위	직접 CO ₂ , CH ₄	A
Cicago Exchange	V ²⁰⁰² _{~2005}	2002	250,000 CO ₂ e톤 이상 배출하는 기업, 33개	모든 교토 가스	A

주: 1) 참여 - V는 자발적 참여를 의미하며, M은 강제적 참여를 의미한다.

2) 목표 - A는 참여원에 절대 규제(제한)가 적용되는 것이고, R은 기준 배출대비 비율 규제(생산물 혹은활동 단위당 배출 등)가 적용됨을 의미한다.

3) ¹: UK프로그램 참여는 자발적이지만, 참여를 유도하는 강력한 유인이 존재한다.

²: 프랑스 프로그램 참여는 자발적 협약에 따라 자발적으로 이루어지도록 할 것이지만, 자발적 협약이 합의되지 못하는 경우는 정부가 기업들에게 규제(제한)을 부과할 수 있다.

³: BP의 참여는 자발적이지만, 운영 단위에 대한 참여는 강제적이다.

4) UK프로그램은 절대 및 비율기준이 복합적으로 적용된다.

5) 프랑스 프로그램에서 절대 및 비율기준참여 모두 제안되었다.

6) 시범사업은 2005년에 시작되고, 본격적인 프로그램은 2008년에 시작됨

7) 대부분의 배출원에 있어서 할당되는 할당량은 현재 배출을 초과한다.

8) 배출규제협약은 비율기준이지만, 할당량은 추정 생산량을 기초로 절대량으로 계산된다. 할당량은 실제 생산량을 반영하여 추후에 조정된다.

자료: Erik Haites, *Linking Domestic and Industry Greenhouse Gas Emission Trading Systems*, EPRI/IEA/IETA, 2001.

<표 V-7> 온실가스 배출권 거래제도 사례(배출한도와 할당)

	총 배출한도(Cap) 수준	할당량의 분배	흡수 크레딧 등 허용 여부
오레곤	배출허용기준(신규 에너지시설)		신규 프로젝트의 Credit만 사용 가능
덴마크	2001년 22백만tCO ₂ 에서 1백만 tCO ₂ /yr씩 감소 ; 2003년에는 20백만tCO ₂ 임	'94~'98년 배출기준으로 무상 배분, CHP발전소 우대, 최고한도 고려 조정	CDM 및 JI Credit 사용 허용 계획
ER-UPT	각 프로젝트에서 합의된 기준(Baseline)		신규 JI 및 CDM 프로젝트의 Credit 구매
영국	합의된 협약상 목표치 혹은 경매로 낙찰된 절대 한도	합의된 협정에 의해 무상배분 혹은 경매를 통한 절대적 cap 입찰	국내 배출원이 배출감소 credit 창출 가능
호주	아직 미정	산업계는 무상을 선호, 컨설턴트는 경매를 권고	JI 및 CDM Credit 사용 허용 예정
캐나다	아직 미정	경매를 기본으로 자본 손실 및 국제경쟁력 약화기업에 대한 무상배분 포함	JI 및 CDM Credit 사용 허용 예정
EU	아직 미정	각 회원국이 결정하는 바에 따른 무상 배분	사용 불가
프랑스	참여원들과 합의된 협약에 의함	합의된 협약상 목표에 따른 무상 배분	아직 미정
독일	아직 미정	가격 신호를 창출하기 위한 일부 경매와 함께 대부분 무상 배분. 무상분배는 1990년 혹은 '90~'92년 배출을 기준으로 함.	CDM 및 JI Credit 사용이 허용되어야 함
노르웨이	1990년 배출에서의 30% 감소를 목표	산업계에 대해 1990년 혹은 1998년 배출의 84%는 무상배분하고 나머지는 경매	JI 및 CDM Credit 사용 허용 예정
슬로바키아	아직 미정	최근 3년 동안 배출량 기준 무상 배분	미정, 시설은 잉여 할당량을 보유하게 됨.
스웨덴	아직 미정	경매, 기존의 CO ₂ 세금은 철회	JI 및 CDM Credit 사용 허용 예정
스위스	2008 ~ 2012년 동안 1990년 배출 대비 15% 이하	합의된 배출제한 협약 기준으로 무상배분	CDM 및 JI Credit 허용
PERT	각 프로젝트의 Baseline 설정		사용 가능
BP	2010년까지 1990년 배출대비 10%	1998년 배출을 기준으로 무상배분	현재는 없으나 허용방안 검토
Shell	2002년까지 1990년 배출대비 10%	1998년 배출을 기준으로 무상배분	현재는 없으나 허용방안 검토
Chicago Exchange	2002년 2% 이하에서 2005년 5%까지 매해 1999년 배출의 1%씩 감소	1999년 배출을 기준으로 무상배분	사용 가능

자료: Erik Haites (2001)

<표 V-8> 온실가스 배출권 거래제도 사례(이행과 벌칙)

	이월, 차용	이행 기간	배출량 / Credit 단위	불이행 벌칙, 안전장치
오레곤	NA	C	1tCO ₂	Energy Siting Board는 배출시설 운영권을 취소할 수 있음.
덴마크	B ⁶	C	1tCO ₂	안전장치 가격(safety valve price)은 DKK 40/CO ₂ 톤
ER-UPT	NA	C	1,000tCO ₂	구매 계약에 계약된 JI 혹은 CDM credits의 인도 불이행시 에 대한 벌칙을 포함될 것임.
영국	B, C ⁹	C	1tCO ₂	협약된 협약 배출원은 80%의 세금감면 혜택 상실; 절대총량 관리 참여원들은 '인센티브 재원 + 벌금' 상환
호주	B ¹⁰	C	1tCO ₂	아직 미정
캐나다	B ¹⁰	C	1tCO ₂	아직 미정
EU	B, C ¹¹	C	1tCO ₂	CO ₂ 톤 당 200유로 혹은 해당 연도의 1월 1일에서 3월 31일까지 평균 가격의 두배 중 작은 값
프랑스	B, C ¹²	C	1tCO ₂	정부의 예정가격과 최고 시장가격 중 높은 값
독일	NA	C	1tCO ₂	아직 미정
노르웨이	B ¹⁰	C	1tCO ₂	아직 미정
슬로바키아	NA	C	1tCO ₂	아직 미정
스웨덴	B, C, b ¹³	C	1tCO ₂	과중한 (미정) 벌금
스위스	B, b ¹⁰	C	1tCO ₂	배출규제(제한)협정에 명시된 처벌과 함께 CO ₂ 세 (이자 포 함) 지불
PERT	B	C	1tCO ₂	구매 계약에서 계약된 크레딧의 인도 불이행시에 대한 벌칙 이 명시될 것임.
BP	B ¹⁴	C	1tCO ₂	기업 단위 경영자의 성과 계약
Shell	B	C	100tCO ₂	4분기 평균가격의 3배의 벌금
Chicago Exchange	B	C	1tCO ₂	불이행시 자동(automatic) 벌칙(미정)

주: 1) 이월: B는 이월이 허용됨을 의미하고, C는 2008~2012년 기간으로의 기간간 이월(Cross-period banking)이 허용됨을 의미한다. b는 차용이 허용됨을 의미하며, NA는 이월이 허용되지 않음을 의미한다.

2) 이행기간: C는 이행 기간이 Calendar year임을 의미한다.

3) ⁹: Cross-period banking은 절대한도를 갖는 배출원에 한해 2008년까지의 누적 할당량보다 누
적량이 더 적은 경우 허용한다.

¹⁰: 프로그램이 2008년에 운영예정이기 때문에, 2008년~2012년 기간동안에 기간간 이월 문제가
거론되지 않았다.

¹¹: EU는 Cross-period banking에 대해 회원국에 결정하도록 제안하였음.

¹²: 프랑스 제안은 Cross-period banking을 허용하고 있으나, 만약 이월량이 다른 부문들에게 부
정적으로 영향을 주는 경우에는 산업 부문에 대한 배출한도를 조정할 수 있도록 함.

¹³: 스웨덴은 무제한의 기간간 이월과 무제한의 기간내(기간간은 불허) 차용을 지지한다.

¹⁴: BP는 해당 연도에 대해 참여원에게 할당된 할당량의 5%로 이월을 한정하였다.

자료: Erik Haites (2001)

3. 전망 및 시사점

교토의정서가 발효되면 공동이행(JI), 청정개발체제(CDM) 및 배출권 거래(IET)의 세 가지 교토메카니즘에 의해 발생·거래되는 ERU, CER, AAU 및 RMU의 네 가지 배출권으로 시장이 형성된다.

배출권의 종류와 판매 또는 구입 국가의 정책에 따라 배출권 시장에서의 가격차별화 현상이 발생할 수 있게 된다(<표 V-8>참조). 예를 들어 러시아 등으로부터의 Hot Air 배출권의 경우 다수 국가의 구매 거부가 현실화될 경우 타 배출권보다 낮은 가격으로 거래될 수 있으며, 경우에 따라서는 거래 자체가 이루어지지 못할 수도 있다. 이와 관련해서는 OECD 차원에서 Hot Air의 매출 수입을 온실가스 저감사업에 재투자한다는 조건 하에 이의 거래를 활성화하지는 방안(러시아가 제안한 Green Investment Scheme)이 논의되고 있다.

<표 V-9> 교토의정서에 따른 배출권의 시장가격 전망

Type of Unit	Location/mechanism	Project / source / procedure	시장가격 £ / MtCO ₂
(A) Kyoto Compliance units available to private sector	Developing country projects : Certified Emission Reductions (CERs verified through the Clean Development Mechanism procedures)	(i) Renewable energy and energy efficiency projects under CDM fast-track procedures for small scale projects	10~25
		(ii) Land use and other CDM projects	5~15
	'Joint Implementation' projects in EITs: Emission Reduction Units (ERUs verified under Article6).	(i) 'Track 1' projects from countries with full eligibility (reduced additionality governance)	5~15
		(ii) 'Track 2' projects under Supervisory Committee - Small scale, renewables - Larger conversion projects	10~20 5~15
	Assigned Amount Units (AAUs) transferred from EITs (Article 17)	(i) Accession country transfers within context of EU trading system	7~10
		(ii) Transfers from other EITs verified under 'green investment scheme' approach or approved domestic trading schemes	5~10

<계속>

(b) Kyoto compliance units exchanged directly between governments	Assigned Amount Units transferred from EITs (Article 17)	(i) Accession country transfers to EU Cohesion countries within enlargement 'trading bubble'	3~8
		(ii) EIT transfers to other OECD countries (eg. Canada)	2~8
		(iii) Large-scale possible Russia/Ukrainian transfer in context of hypothetical US reentry	1~3
c) Compliance against domestic energy/power sector trading systems/ levies		EU trading system	5~12
d) compliance or credits for transport sector projects - carbon component		EU - Other -	20~50 5~35

자료: Grubb (2003)

우리나라의 경우 협약 부속서 I국가 간에 시행되는 JI 사업에서 나오는 ERU와 의정서 부속서 B에 따라 부속서 I국가에 할당되는 AAU 및 RMU의 세 가지는 부속서 I 국가간에 이전될 수 있는 것으로서 부속서 I에 포함되어 있지 않아 우리 정부 및 기업으로서는 직접적인 참여가 불가능하다. 하지만 배출권 거래 혹은 JI 사업의 경우 부속서 I국가의 책임하에 지정되는 법인의 경우에도 허용되므로 부속서 I국가에 법인을 갖고 있는 우리나라 기업들이 간접적으로 참여할 가능성은 존재한다. 특히 국내적으로 교토의정서에 따른 배출권을 재할당하고 이의 국내의 거래를 허용하는 정책을 시행하는 부속서 I국가의 경우 이에 소속된 우리나라의 현지 법인은 의무적으로 배출권 거래에 의존해야 한다. 예를 들어 2002년부터 국내적인 온실가스 배출권 거래를 시행하는 영국의 경우, 우리나라의 현지법인이 일정규모 이상의 배출시설을 보유할 경우 배출권 할당 및 거래의 적용대상이 된다. 비록 영국의 배출권 할당이 자발적 성격을 띄지만, 배출권 거래에의 참여가 기후변화세의 면제, 감축성과에 대한 인센티브 재원의 배분 등 여러 가지 혜택을 받게 되므로 이에 참여하지 않는 것은 상당한 재정적 손실을 초래하게 되므로 특히 부속서 I국가에 온실가스 배출시설을 갖고 있는 우리나라의 기업체들은 해당국가의 온실가스 배출권 관련 정책 동향을 신속하게 분석하여 대처하여야 한다. 또한 부속서 I국가별로 시행되는 배출권 거래제도에 있어서 우리나라의 현지법인이 배출권의 할당 및 거래 등에 있어서 차별적인 불이익을 받지 않도록 관심을 기울여야 한다.

교토메카니즘 중에서 청정개발체제(CDM)는 비부속서 I국가의 직접적인 참여를 허용하는

체제이다. 교토의정서에 따르면 비부속서 I국가에서 시행되는 사업이 사업 부채시와 대비하여 추가적인 온실가스 저감효과를 입증할 경우 그에 상응하는 크레딧(CER)을 획득할 수 있으며, 부속서 I국가는 이를 교토의정서에 따른 온실가스 감축의무 이행에 이용할 수 있다. 따라서 우리나라는 청정개발체제 사업의 유치국으로서의 조건을 갖추고 있으며, 우리나라 정부 및 기업 등은 CER의 창출, 보유 및 거래를 통해 국제 배출권 시장에 참여할 수 있다.²³⁾ 이에 따를 때 우리나라에서 추진 혹은 검토되고 있는 효율향상 사업, 청정연료 보급, 신재생에너지 발전 등 다양한 사업들이 사업 부채시와 대비하여 추가적인 온실가스 저감효과를 입증할 수 있다면 CDM사업으로서 CER을 창출할 수 있으며, 이는 추가적인 재정적 이익을 가져다 줄 것이다.

한편, 우리나라와 같은 비부속서 I국가가 자국 혹은 제3의 비부속서 I국가의 청정개발체제 사업에 투자(Unilateral CDM)할 수 있는가의 여부는 아직도 해결되지 않은 쟁점으로 남아있다.²⁴⁾ Unilateral CDM이 허용되지 않는다는 하더라도 비부속서 I국가에 있는 우리나라 기업의 현지법인이 우리나라 혹은 타 개도국에 투자함으로써 우회적인 방법을 통한 CDM 투자는 가능하다. 하지만 우리나라 혹은 타 개도국에 CDM 사업을 추진하고자 할 경우 Unilateral CDM 여부에 대한 논란과 이에 따른 투자위험을 최소화하기 위해 가능하다면 부속서 I국가의 기업체로부터 투자액의 일부를 조달함으로써 형식적으로 부속서 I국가가 투자하는 형태를 유지하는 것이 보다 바람직할 것이다.

CDM 사업은 교토의정서 상에 2000년부터 시작하도록 명시되어 있으며, COP7의 마라케시 합의에 따르면 교토의정서 발효가 늦어지더라도 청정개발체제 사업을 통한 저감 크레딧(CER)이 2000년까지는 소급되어 인정되도록 허용되어 있다. 즉, 2000년 이후에 시작된 사업들은 사실상 교토의정서 발효와 함께 2000년 실적부터 CER을 창출할 수 있게 되며, 교토의정서의 발효 가능성이 높아짐에 따라 이미 시작된 잠재적인 청정개발체제 사업들로부터 창출될 가능성이 있는 CER의 거래는 더욱 확대될 전망이다. 따라서 우리나라 정부 및 기업은 2000년도부터 시작된 사업 중 온실가스 저감효과가 입증될 수 있는 사업에 대해 CDM 사업화 가능성을 검토함과 함께, 현재 추진되고 있거나 계획중에 있는 사업들에 대해서도 CDM 사업화 가능성을 동시

23) CDM 사업의 경우 비부속서 I국가의 참여자격조건은 교토의정서를 비준한 당사국이어야 한다는 조건 하나뿐이다. 또한 당사국의 책임하에 민간 혹은 공공 기관의 CDM 사업 참여를 허용할 수 있으며, 그러한 민간 혹은 공공기관은 CER을 이전·획득할 수 있다.

24) Unilateral CDM의 허용 여부는 협상과정에서 첨예한 의견대립으로 합의를 이루지 못한 쟁점의 하나이며, 향후 CDM 집행이사회에서 재차 쟁점화 될 가능성이 있으며, CDM 집행이사회에서 합의가 도출되지 못하거나 합의된 결정에 반대하는 당사국이 있을 경우 당사국총회에서 또한번의 논쟁이 재현될 가능성도 있다.

에 검토할 필요가 있다. 사실상 대부분의 신규사업은 효율성이나 환경성이 기존 사업에 비해 우수한 경향이 있으므로 CDM 사업화 가능성은 매우 높을 것으로 평가된다. 다만 대상 사업의 온실가스 저감효과가 CDM사업화를 통한 CER의 획득과 이에 따른 경제성 증대효과와 무관하게 실현될 수 있는 것이라는 주장을 설득력을 얻을 경우 이러한 사업의 온실가스 저감효과가 “추가적”이라는 점을 입증할 수 없을 것이며, 이는 CDM 사업으로서 인정받기 어렵다.

교토의정서 체제 출범에 따라 새롭게 출현하는 배출권은 하나의 상품으로써 투자의 대상이 된다. 기업 차원에서 미래의 배출권 시장에 대응하기 위한 경험축적과 잠재적인 수익기회의 선점을 위해 부속서 I국가에 진출해 있는 현지법인을 통해 배출권 거래 및 투자를 추진할 필요가 있다. 예를 들면, CDM 및 JI 사업, 흡수원으로서의 조림사업 등에의 투자나 이러한 사업으로부터 예상되는 크레딧의 선물 및 옵션 계약, 세계은행의 Prototype Carbon Fund와 같은 국제 탄소기금에의 출자 등이 그러한 대상이 될 수 있다. 주요 선진국의 기업들이 이러한 투자 및 거래에 경험을 축적해 나가고 있는 현실에 비추어 볼 때, 필요한 사전 지식을 갖추지 못할 경우 장치 막대한 컨설팅 비용은 물론 시행착오에 따른 위험과 비용이 급증할 것이다.

VI. 온실가스 집약도 목표와 배출권 거래제도의 연계

1. 온실가스 집약도 목표 하에서의 배출권 거래제도 도입시 고려사항

온실가스 집약도 목표방식 하에서 배출권 거래제도를 도입할 때 고려해야 할 것은 거래가능 배출권 할당량의 불확실성, GDP에 대한 추정 및 감시방법, GDP지표의 선택의 세 가지로 구분할 수 있다.

① 거래가능 배출권 할당량의 불확실성: 온실가스 집약도의 목표 방식 하에서는 GDP의 공식 집계가 완료되기 전까지 배출권 할당량 자체가 정해지지 않으므로 배출권 거래제도와의 양립가능성이 문제로 등장한다. 하지만, 배출권 거래제도의 운영을 위해 필요한 것은 거래가능한 배출권 양을 결정하는 것이지 단순히 배출권 할당량을 결정하는 것은 아니다. 배출권은 그 할당량이 정해졌다 할지라도 모든 할당량이 거래가능한 것은 아니다. 즉, 배출권의 과잉판매(overselling)을 예방하기 위해 거래에 대한 제한을 둘 필요가 있는데 마라케시 합의에서는 이러한 조치로서 이행기간예치제(Commitment Period Reserve: CPR)가 도입되었다. 이는 과잉판매를 예방하기 위한 거래가능 배출량의 추정에 있어서 집약도 방식의 목표가 보다 합리적인 해결방안을 제공할 수 있음을 나타낸다. 고정 총량 방식의 경우는 경제규모(GDP)가 예상보다 커질 경우 배출권 소요량이 많아짐에 따라 과잉판매를 초래할 가능성이 크다. 즉, 경기 변동과 같은 불확실성을 완충시켜 주고, 배출량에 대한 보다 정교한 예측에 기초한 배출목표 방식이 과잉판매를 예방하는 데 바람직한 결과를 가져올 수 있다는 것이다.

② GDP에 대한 추정 및 감시 방법: GDP에 대한 추정 및 감시시스템은 온실가스 배출량의 경우보다 더 전문화·체계화되어 있으므로 심각한 문제를 초래할 가능성은 높지 않다. IMF, UN Statistical Commission 등 국제기구를 통해 50년 이상 경험이 축적되어 있기 때문이다. 현재 UNFCCC를 통해 온실가스에 대해 구축하고 있는 측정, 보고, 확인 등의 시스템이 GDP의 경우는 이미 구축되어 있다(<표VI-1> 참조). GDP의 신뢰성 및 적시성에서 중국

의 경우 통계 당국의 독립성이 의심받고 있으며, 정치적 영향력이 작용하고 있다는 우려와 함께 특히 해외투자 유치를 위해 GDP를 과대 계상하고 있다는 지적이 있다. 그러나 GDP의 조작 용이성은 온실가스의 경우보다 크게 낮으며, GDP가 기후변화협약상의 문제보다 훨씬 더 많은 다양한 기능을 갖고 있으므로 집약도 목표달성을 위한 조작의 대상으로 이용될 가능성은 낮다. 하지만 중국을 위시한 일부 국가에 있어서 이러한 GDP의 신뢰성 및 적시성에 문제에 대한 개선 노력이 필요하다.

<표 VI-1> 온실가스와 GDP에 대한 측정, 보고 및 감시 측면의 비교

온실가스(GHG)	국내총생산(GDP)
방법 및 기준	
교토 의정서(제5조 2항): IPCC 및 COP이 인정하는 배출(및 흡수) 측정방법들을 사용하는 것을 요구 기후변화에 관한 정부간 협의회 (IPCC): 온실가스 배출 측정을 위한 지침서 및 모범사례(good practice) 방법들을 제공	국민계정체계(System of National Accounts). • SNA는 모든 국가들이 경제분석 및 정책입안과정에서 사용하는 개념, 정의, 분류 및 회계 규정을 포함하는 일반적인 체계이다. SNA는 경제 활동의 분석 및 평가를 위한 포괄적인 개념 및 회계 체계를 제공한다. • 일관성 및 비교가능성을 보장하기 위하여 UN 통계위원회, IMF, OECD, Eurostat 및 World Bank를 포함한 Working Group에 의해 정기적으로 업데이트된다. IMF 제IV조 협의. 제 IV조 협의에 의해 수집된 자료들은 IMF 내부절차를 통해 신뢰성을 얻으며, 이와 같은 자료들은 GDP와 같이 펀드(FUND)에 특수하게 요구되는 정보들이다. IMF의 특정 자료 유포기준(Special Data Dissemination Standards: SDDS)는 국가들에게 (국제 자본시장의 접근을 용이하기 하기 위하여) 재정 통계를 유포하는 지침을 제공한다. SDDS에는 다음 영역의 기준들이 포함된다. (1) 자료: 적용 범위, 주기성 및 적시 (또는 보고), (2) 대중의 접근성 (3) 유포되는 자료의 정확성 및 (4) 유포 자료의 질
보 고	
UNFCCC(제12조). 국가 배출 inventory를 포함한 국가 통신(communication)의 정기적인 보고 교토 의정서(제 7조) 연간 배출 inventory와 이행을 보장하기 위한 필수적인 보충정보	SNA. UN 통계위원회는 연간 회원국들이 자발적으로 기재할 수 있는 국제 질문사항을 보낸다. IMF 제IV조 협의(감시): 1993 SNA에 반하여, 회원국들은 (IMF에게) IMF의 IV조에 기재되고 Fund 직원들이 요구하는 정보들을 제출해야 하는 의무가 있다. 민감한 정보가 누출되는 것을 방지하기 위하여 해당 국가가 이 정보의 대중 접근 유효성을 결정한다. IMF의 감시 메커니즘은 연간 작성된다. SDDS: 위를 참조

모니터링, 검토 및 확인	
교토 의정서(제 8조) 각 부속서 I 국가들이 제출한 정보들은 전문가 검토팀에 의해 검토된다.	IMF 제IV조 협의. 위를 참조 기준 및 규약 준수에 관한 IMF 보고(Reports on the Observance of Standard and Codes: ROSCs)는 SDDS에 서명한 국가들이 준수하는 국제 기준의 범위를 평가한다. SNA 이행의 평가(Milestone Assessment of the Implementation of the SNA)는 국가 활동을 모니터링하고 평가하는 제도이다. 이 제도에는 국가 회계 개발의 다른 수준들을 지정하는 6개의 milestone을 포함한다. 일반적으로, SDDS는 유포, 투명성 및 대중의 의한 자료 접근성을 장려한다. 이 자료들은 금융 기관(예, 채권자(creditors))에 의해 검토되고 평가되어야 한다.
	역량 강화
National Communications Support Programme(NCSP)는 초기 national communication을 준비하는데 있어 비부속서 I 국가의 역량을 강화하기 위하여 온실가스 inventory 준비를 포함한 기술적 지원을 한다. CC: 1994년에 훈련과 조사에 대하여 기후변화 사무국과 유엔기구가 공동으로 설계한 훈련	일반 자료 유포 기준(General Data Dissemination Standard(IMF))은 자료질을 향상시키기 위한 교육과 훈련에 초점을 둔다. GDDS에는 자료 향상과 우선순위 설정을 위한 평가 과정을 포함한다. 공무원에 대한 9개 지역 세미나의 일정이 잡혔다. 기준 및 규약 준수에 관한 IMF 보고(Reports on the Observance of Standard and Codes: ROSCs)는 이후에 투명성이 강화되는 분야를 명시하는데 있어서 도움을 주는 것을 목적으로 한다. IMF 제IV조 협의. 위를 참조

자료: Kim & Baumert (2002), 131~132쪽

③ GDP 지표의 선택: GDP는 전세계적으로, 또는 국가군(그룹)별로 동일한 집약도 수준을 목표로 채택하지 않는 한 해당 국가의 자국통화를 적용하는 것이 바람직하다. 전세계적으로, 또는 국가군별로 동일한 집약도 수준을 정하기 위해 동일한 집약도 지표를 이용해야 하므로 PPP 또는 국제환율에 따른 GDP는 국내 통화 기준 GDP를 이용하여 계산되므로 이를 적용하여야 한다. 또한, 시간에 따른 일관성 보장을 위해서는 경상가격 기준보다는 물가변동에 따른 가치변화를 조정한 절대가격 기준의 실질 GDP의 적용이 필요하다.

2. 집약도 목표 하에서의 배출권 거래제도 설계 방향

집약도 목표 하에서 배출권의 할당은 GDP에 대한 전망을 토대로 할당하되, 일정한 조건을 만족할 경우 판매를 허용하는 방안을 고려할 수 있다. 거래 허용 조건으로는 입증 후 거래방식(post-verification trading), 사후거래, 이행기간예치제(CPR) 등을 적용할 수 있다. 그리고 배출권 할당량 자체도 시간이 지남에 따라 GDP 공식 집계결과가 도출되면 이를 함께 고려하여 조정해 나가는 방식이 합리적이다.

COP6 협상문서(FUTURE FCCC/SB/2000/CRP.14/Add.1 (Volume 3))에 배출권 할당 및 거래의 compliance와 관련하여, 10개의 Option이 제시되어 있다. 여기에는 지금까지 논의되었던 다양한 방식이 대부분 포함되어 있으므로, 향후 배출권 거래제도의 설계에 있어서 중요한 참고가 될 수 있다. 아래에서는 제안된 10가지 대안의 특징과 장단점을 살펴보고, 집약도 목표하에서의 배출권 거래제도 설계방안을 도출해 보도록 한다.

- Option 1(Originating Party liability): (배출권 대비) 배출량 초과국(위반국)이 책임을 진다. 여기서 Originating의 의미는 non-compliance를 유발한다는 의미로 해석된다.
- Option 2(Shared liability): 배출량 초과국이 판매한 배출권의 일부 무효화하며 이는 사실상 구매국 책임원칙으로 해석된다.
- Option 3(Acquiring Party liability): 배출량 초과국이 판매한 배출권의 일부(초과배출량 상당)를 무효화한다. Option 2가 무효화 대상을 이전량의 일부분이라고만 한 것과 비교할 때 Option 3은 무효화 대상이 초과배출량 상당량임을 명시하고 있다.
- Option 4(Trigger): compliance 문제가 제기된 시점부터 해당국가가 판매한 배출권을 무효화한다.
- Option 5(Compliance reserve): 배출권 거래시 거래량의 일부분을 공약기간말까지 예치하였다가 compliance가 확인되면 반환한다.
- Option 6(Commitment period reserve): 공약기간중의 배출량 추정치만큼을 할당량에서 사전 예치하였다가 compliance가 확인되면 반환한다. 자국의 배출량 추정치를 과소평가하여 예치량을 최소화하려는 유인이 존재함으로 이에 대한 대비책이 필요하다.

의장초안에는 배출량 추정에 대한 방법론으로 회귀분석 등이 제시되고 있으나 해결책으로는 미흡하다.

- Option 7(Units in surplus to plan): (스위스 제안) 연도별로 재할당한 배출권보다 적게 배출할 경우 잉여분만을 거래(입증 후 거래방식)한다.
- Option 8(Surplus units): 공약기간 만료 후에 배출권 할당량보다 낮게 배출한 것이 입증될 경우에 한해 차이분만큼을 거래한다. 사실상 차기 공약기간에나 거래가 가능하게 된다.
- Option 9(Mixed liability): (EU 제안) 위반국이 판매한 배출권의 한시적으로 무효화하며 위반국가가 준수상태로 복귀하면 사용가능하게 된다.
- Option 10: 공약기간 중 배출량 예측치를 충당하고 남는 배출권의 이전에 대해서는 3% 예치율을 적용한다. 추가적인 거래는 20% 예치한다(Option 5를 확장시킨 개념으로 해석된다).

여기서 Option 1은 구체적 내용이 결여되어 있을 뿐만 아니라 발행국에 대한 일방적인 책임 추궁은 과잉판매를 예방하기에 미흡하며 Option 2, 3, 9의 구매국 책임방식은 배출권 시장이 발행국별 위험도 평가에 따라 국가 수만큼이나 차별화 될 가능성이 커 이는 시장의 복잡성을 크게 증가시키므로 거래의 효율성을 떨어뜨릴 수 있다. Option 4는 compliance에 문제가 제기된 국가에 대해 배출권 판매를 중지시키는 것으로서 근본적인 해결책이 아니므로 보다 근본적인 다른 해결책과 병행해야 할 것이다. Option 5, 6, 10은 예치제를 통해 위반에 따른 배출량 증가를 방지하기 위한 방안으로 합리적인 대안의 하나지만 배출권의 예치율을 높일 경우 거래 활성화가 저해되며, 낮을 경우 위반가능성이 높아져 이에 대한 결정이 어렵다. Option 8은 공약기간 중 거래가 불가능함에 따라 거래제의 활용가능성이 지나치게 제한되어 있다. Option 7의 입증후 거래방식(post-verification trading)은 과잉판매(overselling)에 따른 문제점을 효과적으로 예방하면서 거래를 활성화할 수 있는 합리적인 대안으로 판단된다.

입증후 거래방식에 따를 경우, 당사국(혹은 기업)은 일정기간의 이행기간에 대하여 할당받은 배출권을 연도별로 재할당하여야 한다. 그 다음 매년 연도별 배출량이 확인된 이후 당해연도에

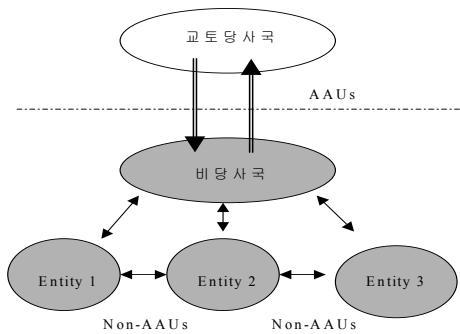
할당된 배출권 수량과 배출량을 비교하여 잉여 배출권이 발생할 경우에 한하여 해당량을 판매 가능 배출권으로 인증하여 거래할 수 있도록 한다. 따라서 이행기간이 시작되었다고 첫해에는 거래가능 배출권이 존재하지 않으므로 현물거래는 이루어질 수 없다. 공식적인 현물거래는 추 번째 연도 이후에나 가능하다. 하지만 선물 및 옵션 거래 등 다양한 계약이 이행기간 이전부터 가능하므로 시장의 기능은 초기부터 작동할 수 있다.

집약도 목표 부담국가와 고정총량 목표 부담국가와의 거래시에 영국의 배출권 거래제도에 서와 같은 Gateway 메카니즘 도입을 검토할 수 있는데 집약도 목표 부담국가로부터의 잉여 배출권 발생에 따른 환경적 효과성 저하를 방지하며 국내 배출권 거래제도 설계시에도 부문·업종별로 고정총량 방식과 집약도 방식을 병행 적용할 경우, Gateway 메카니즘의 도입이 바람직하다. 또한 교토 당사국과 비당사국 간의 배출권 거래제도 연계를 허용하되, 비당사국 그룹 으로부터 당사국 그룹으로의 순이전량이 ‘+’가 되지 않도록 제한 규정을 도입할 필요가 있다. 이를 통해 비당사국의 자발적인 온실가스 관리목표 추진을 유도할 수 있을 것이다.

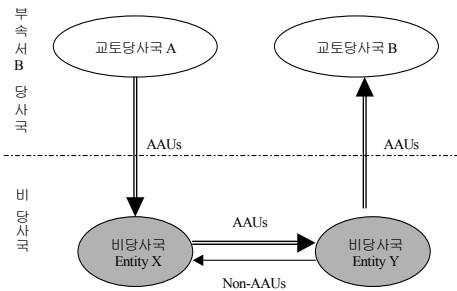
Gateway 메커니즘은 국내적인 배출권 거래제도 시행시에도 적용될 필요가 있다. 즉, 일부 업종의 경우 고정목표방식의 배출권 할당이 이루어지고, 타 부분의 경우 집약도 목표방식의 배출권 할당이 이루어질 경우, 양 부분간의 거래에 Gateway 메커니즘을 적용함으로써 집약도 목표 방식을 적용받는 부분에서의 과도한 크레딧 발생이 고정목표 방식을 적용받는 부문에서 의 배출량 증가를 초래하는 현상을 예방할 필요가 있다.

집약도 목표 또는 고정총량 목표의 선택은 피규제자인 배출원(기업)이 결정할 수 있도록 자율권을 부여할 필요가 있다. 미래상황의 불확실성과 배출량 관리 역량에 대해서는 배출원 자신이 가장 정확한 정보를 갖고 있다고 볼 수 있을 것이다. 영국의 기후변화협정(CCA)의 경우 대부분의 업종별 협회에서 집약도 목표방식을 채택한 것을 보면 미래의 불확실성을 고려할 때 많은 업종에서 집약도 목표를 채택함으로써 위험을 줄이려는 경향을 볼 수 있다. 우리나라의 경우도 유사한 경향을 나타낼 것으로 예측된다.

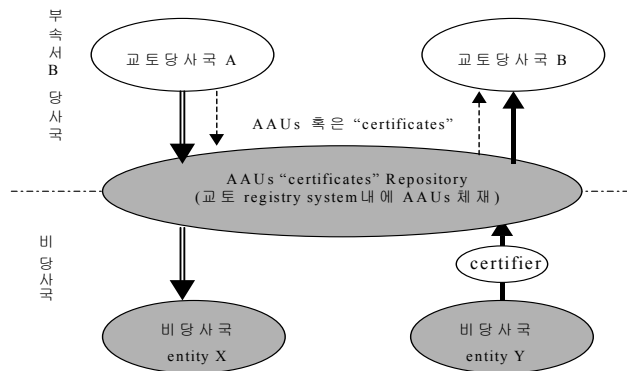
집약도 목표를 통한 배출권 할당기준으로 선택할 경우 경매방식의 적용은 매우 복잡한 문제를 야기할 수 있다. 사후적으로 확정되는 배출량에 대하여 사전적으로 경매를 통해 가격을 결정하기 위해서는 사후 배출량에 대한 ‘예측’과 함께 예측의 오차에 대한 처리방법에 대한 설계



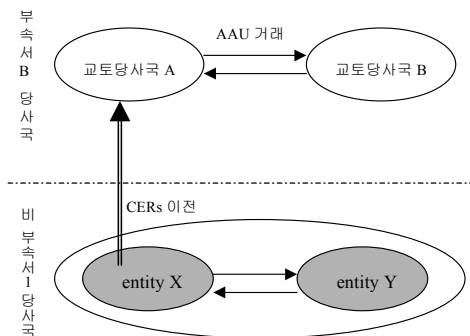
(1) 당사국-비당사국 거래



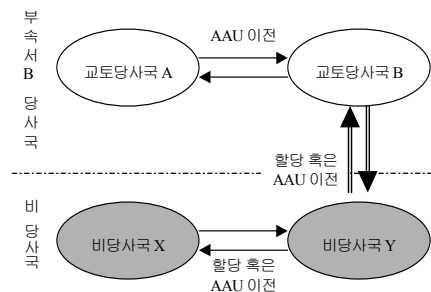
(2) 여러개의 비당사국이 개입하는 거래



(3) AAU certificates 방식



(4) CDM 방식



(5) Dual Track system

주: (1) 비당사국 entity는 교토 당사국으로부터 초기에 구매했던 AAUs를 이용하는 교토의정서 제도로 돌아가 AAUs를 판매. (2) Entity Y는 비당사국 entity X와 AAUs와 non-AAUs를 거래하고 교토당사국 B로 AAUs를 이전. (3) AAU 인증된 units 만이 사용됨. 교토제도에서 인증된 unit을 이전하는 것을 결정할 때까지 교토 registry 시스템에서 계정을 지닌 entity는 repository에서 AAUs를 취소하거나 거래해서는 안됨. (4) cap-and-trade 시스템은 비부속서I 당사국이 설립, cap 하의 감축은 CDM registry를 거쳐 부속서 B 당사국에게 인증과 이전이 가능. (5) 당사국B는 교토당사국뿐만 아니라 비당사국과 거래제도에 참가.

자료: Richard Baron · Johnathan Pershing, Trading Greenhouse Gases Outside Kyoto, IEA, 2002.

[그림 VI-1] 당사국 - 비당사국간 거래구조

가 필요하다. 아직까지 배출집약도 목표를 경매를 통해 결정한 사례가 없음을 보더라도 복잡한 메커니즘을 설계해야 하는 부담이 현실 적용을 어렵게 하는 것으로 판단된다.

집약도 목표하에서의 배출권 거래제도는 고정목표 하에서도 배출권 거래제도에 비하여 산출물 지표에 대한 추가적인 보고·감시·확인 절차를 필요로 한다. 즉, 배출량의 보고·감시·확인 과정에서 산출물에 대한 지표를 추가하여야 한다. 또한 산출물의 평가를 생산량으로 할 것인지 판매량으로 할 것인지도 결정되어야 한다. 온실가스 배출량에 직접적인 영향을 미친다는 점에서 판매량 보다는 생산량을 지표로 하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 생산량을 정확히 산정하기 위해서는 초기 재고량과 판매량, 그리고 말기 재고량이 확인되어야 할 것이다.

신재생에너지 발전 크레딧(tradable renewable energy certificates) 거래제도나 저공해 자동차 쿼터제도 등 관련된 제도와 동시에 시행될 경우, 온실가스 배출권 거래제와의 연계방식에 대한 설계도 필요하다. 특히 영국 등 일부 국가에서는 신재생에너지 발전 크레딧을 상응하는 온실가스 배출저감량에 대한 온실가스 배출권으로 전환·판매할 수 있도록 허용하고 있다. 이 경우 신재생에너지 발전의 증가가 온실가스 배출권 시장의 공급요인으로 작용하여 온실가스 배출량 관리에 불확실성을 초래할 수 있다. 이러한 불확실성이 심각한 위험을 유발하기 않는다면 양자의 상호 연계는 효율성을 증가시킬 수 있을 것이다.

VII. 결론

본 연구에서는 온실가스 집약도 목표의 도입 타당성과 함께 배출권 거래제도와 연계방안을 분석하였다. 온실가스 집약도 목표는 우리나라를 비롯하여 높은 경제성장과 함께 미래 전망의 불확실성이 높은 경제시스템에서 고정량 목표방식에 비하여 의무불이행 위험을 감소시킴과 동시에 자연발생 잉여배출권(Hot Air)을 발생을 줄임으로서 환경적 효과성을 높일 수 있는 바람직한 대안으로 평가된다. 또한 다양한 국가별 온실가스 감축의무 할당 시나리오 분석결과에 있어서 온실가스 집약도에 기초한 할당방식의 경우가 우리나라에 있어서 감축의무에 따른 경제적 부담을 최소화할 수 있는 가능성을 제공하는 것으로 평가된다. 특히 온실가스 집약도 목표의 수립·이행은 경제성장과 환경보전이라는 두가지 목적을 균형있게 추구함으로써 지속가능발전이라는 정책목표의 이행에 유용한 수단으로서의 역할을 할 수 있는 것으로 판단된다.

온실가스 집약도 목표가 고정량 목표방식에 비해 의무불이행의 위험과 자연발생 잉여배출권의 발생 위험을 감소시켜줄 수 있음에도 불구하고, 미래 예측의 불확실성에 따른 위험에 완전히 제거되는 것은 아니다. 미래 전망의 불확실성에 따른 위험을 추가적으로 제거하기 위해서는 이중 집약도 목표의 도입을 통해 국가별 목표의 보다 유연하게 설정할 필요가 있다. 즉, 집약도 목표를 단일 수준이 아닌 상한(준수 목표)과 하한(인센티브 목표)으로 이루어진 구간 목표치로 정하고, 정해진 구간 내에서는 벌칙과 인센티브 없이 불확실성을 고려한 완충구간으로 운영하는 것이다. 준수목표 미달성시에는 배출권 구입 또는 벌칙 부과가 필요하며, 인센티브 목표 초과달성시에는 배출권 판매 혹은 보조금 지급을 통해 의무이행의 유인을 제공할 수 있다.

본 연구에서는 과거 배출실적 데이터를 기초로 회귀분석을 통해 미래 전망의 불확실성을 계량화하고, 이중 집약도 목표방식의 적용이 의무 불이행 위험과 자연발생 잉여배출권(Hot air)의 감소를 통해 경제적 효율성과 환경적 효과성을 증진시킬 수 있음을 보여주었다. 이러한 장점은 아르헨티나 정부에서의 제안에서도 주장된 바 있으나 우리나라를 포함하는 광범위한 국가들에 대해 보다 일반적으로 적용될 수 있다는 점을 밝혔다. 특히 집약도 목표의 상한과 하한

을 적절히 설계할 경우 인센티브에 기초한 자발적 참여방식이나 고정목표방식을 포함하는 유연한 목표설정 개념으로서 활용될 수 있다는 점은 향후 국제 협상에서 국가간 이해관계를 원만하게 조정함으로써 효율적인 협상진행을 촉진할 수 있는 제도적 틀을 제공할 수 있을 것이라 평가된다.

배출권 거래제도를 운영함에 있어서 온실가스 집약도 방식의 적용이 고정목표방식에 비해 추가적으로 복잡한 제도의 설계를 필요로 한다는 점은 확실하다. 하지만 환경적 효과성과 경제적인 효율성이란 측면에서 볼 때 고정목표 방식보다 우월한 결과를 가져올 가능성도 매우 크다. 즉, 국가별 특성을 고려한 유연한 목표방식의 적용을 통해 보다 적극적인 감축목표 설정과 이행을 유도함은 물론, 의무불이행 위험과 자연발생 잉여배출권의 예방을 통해 환경적 효과성과 경제적인 효율성을 모두 높일 수 있다.

온실가스 집약도 목표방식하에서의 배출권 할당과 거래허용 및 정산방식은 다양한 형태가 검토될 수 있다. 입증후 거래방식이나 이행기간 후 거래방식을 통해 사후적인 거래만을 허용할 수도 있고, 이행기간예치제나 구매국 책임방식 등을 통해 사전적인 거래를 허용할 수도 있다. 사후적인 거래방식의 경우에도 선물·옵션 등 다양한 계약과 거래는 사전적으로 가능함으로 현대 자본·금융시장의 장점이 충분히 발휘된다면 시장의 효율성에 큰 장애는 없을 것이라 판단된다. 단, 온실가스 집약도 목표를 채택하는 경제주체(국가 혹은 기업)와 고정량 목표를 채택하는 경제주체가 공존하는 거래시장의 경우 영국의 예에서와 같이 Gateway 메카니즘을 통해 집약도 목표를 적용받는 부문에서 고정량 목표를 적용받는 부분으로서 순 이전량이 '0'보다 작도록 유지함으로써 고정량 목표 적용 주체를 우대하는 것은 바람직한 대안으로 평가된다. 즉, 경제주체의 상황에 따라 집약도 목표 적용의 정당성이 있다는 점은 분명하지만, 가능한 한 고정량 목표로의 전환을 유도함으로써 환경관리목표를 보다 확실히 설정·이행하는 방향으로 정책을 이끌어나가는 것이 바람직하다.

본 연구에서는 우리나라의 과거 배출실적을 토대로 이중 집약도 목표를 설계하였다. 하지만 미래에 대한 전망이 과거의 배출실적에만 의존하는 것은 아니며, 오히려 과거 데이터가 설명하지 못하는 변화추세를 고려함으로써 보다 적절한 목표를 설정할 수 있을 것이다. 이러한 측면에서 다양한 사회경제 지표에 대한 장래 전망 자료를 보다 충실히 반영하는 집약도 목표 설계가 필요하여 이를 위한 심도있는 추가적 연구가 필요한 실정이다. 또한 우리나라 이외의 주요 개도국은 물론 미국과 같은 선진국에 대해서도 이중 집약도 목표를 적용해 봄으로써 이에 대한

국가별 전략적 입장의 차이를 보다 분명히 살펴볼 필요가 있다. 이러한 연구는 보다 광범위한 데이터 수집과 함께 해당 국가별 전문가가 참여하는 폭넓은 연구협력을 통해서 진행될 필요가 있다. 이와 함께, 본 연구에서 채택하고 있는 통계학적 방법론에 있어서도 예측력이 보다 높은 추정모형의 연구·개발이 필요하다고 판단된다.

참 고 문 헌

Ⅵ 국내문헌 Ⅵ

- 기후변화협약대책위원회, 「기후변화협약 대응 제2차 종합대책」, 2002.6
- 산림청, 임업통계연보, 2002
- 산업자원부·에너지경제연구원, 「기후변화협약 및 교토 의정서 대응전략 연구(제1차년도)」, 2000
- 산업자원부·에너지경제연구원, 「기후변화협약 및 교토 의정서 대응전략 연구(제2차년도)」, 2002
- 에너지경제연구원, 「21세기 에너지방안」, 1990
- 이경학·손영모·김영수, 「임업 및 토지이용부문의 온실가스 흡수 및 배출현황」, 임산에너지20(1), 2001
- 임재규, 「기후변화협약에 따른 대한민국 국가보고서 초안작성」, 에너지경제연구원, 2002. 1
- 정영근·김미숙, 「거시환경경제모형 개발에 관한 연구 II - 경제성장과 환경오염에 대한 실증 분석」, 한국환경정책·평가연구원, 1999. 12
- 한국남부발전(주)발전처, 「전력산업 구조개편에 따른 전력부문 기후변화협약 대응방안 수립」, 2002
- 한국환경정책·평가연구원/에너지경제연구원, 「온실가스 저감 시나리오별 비용/편익 분석」, 환경부, 2000. 9.
- 한국환경정책·평가연구원, 「온실가스 배출저감 목표설정 및 배출권 거래제도 활용방안」, 환경부, 2001. 3
- 한국환경정책·평가연구원, 「개도국의 온실가스 감축의무 참여방식에 관한 연구」, 환경부, 2002. 5
- 환경부, 「온실가스 저감 시나리오별 비용/편익 분석」, 2000. 9

환경부, 「제2차 국가 폐기물관리 종합계획(2002~2011)」, 2002

환경부, 「환경부문의 온실가스 배출량조사 및 통계구축」, 2002. 8

환경부, 「환경통계연감 2002(제15호)」, 2002.12

|| 국외문헌 ||

Argentine Republic, Revision of the First National Communication, Secretariat for Natural Resources and Sustainable Development, Buenos Aires, October 1999.

Baumert, Kevin A., Ruchi Bhandari, Nancy Kete, What might a developing country climate commitment look like?, World Resource Institute(WRI), 1999. 5.

Blanchard, Odile, Scenarios for differentiating commitments: a quantitative analysis, *Building on the Kyoto Protocol: Options For Protecting The Climate*, WRI, 2002.

Blanchard, Odile, Patrick Criqui and Alban Kitous, After the Hague, Bonn and Marrakech: *The future international market for emissions permits and the issue of hot air*, IEPE, 2002

Bygrave. S, *Links Between Interational Emission Trading and Project-Based Mechanism: Scoping Paper*, 2003

CCAP, Growth Baselines: Reducing Emissions and Increasing Investment in Developing Countries (Executive Summary), 1998.

CICERO, 2001

Claussen, Ellen, Lisa McNeilly, Equity & Global Climate Change, Pew center on Global Climate Change, 1998. 10.

COP6 Document, FUTURE FCCC/SB/2000/CPR.14/Add1 (Volume3)

Elzen, M.G.J. den, and A.P.G. de Moor, The Bonn Agreement and Marrakesh Accords: an updated analysis, RIVM, 2001.

EIA, Energy Information Administration/International Energy Outlook 2001

- EIA, Energy Information Administration/International Energy Outlook 2002
- Erik Haites, Linking Domestic and Industry Greenhouse Gas Emission Trading Systems, EPRI/IEA/IETA, 2001.
- Grubb, Michael, On Carbon Prices and Volumes in the Evolving 'Kyoto Market', OECD(문서 번호: CCNM/GF/SD/ENV(2003)12)), 2003.
- Hohne, Niklas, Carolina Galleguillow, Kornelis Blok, Jochen Harnisch, Dian Phylipsen, *Evolution of commitments under the UNFCCC: Involving newly industrialized economies and developing countries*, Federal Environmental Agency of Germany, 2003.
- Huddleston, John, *Climate Change Agreement - Results of the first target period assessment*, AEA Technology plc, 2003.
- IEA(International Energy Agency), *CO₂ Emissions from Fuel Combustion*, 2002.
- John McCain and Joseph Lieberman, *Mining Engineering*, March 19. 2003
- Kim, Yong-Gun and Kevin Baumert, Reducing Uncertainty through Dual Intensity Targets, *Building on the Kyoto Protocol: Options For Protecting The Climate*, WRI, 2002.
- Lutter, Randall, Developing Countries' Greenhouse Emissions: Uncertainty and Implications for Participation in the Kyoto Protocol, *The Energy Journal*, Vol. 21, No. 4, 93-120, 2000.
- Mary Jean Vurer, *Funds offer carbon 'kicker'*, Environmental Finance, October 2001.
- Martina Bosi, IEA, 2003
- Philibert Cedric, *Evolution of mitigation commitments: Fixed targets versus more flexible architectures* (First Draft: September 12, 2001), IEA, 2001.
- Philibert Cedric, Jonathan Pershing, Considering the options: climate targets for all countries, *Climate Policy* 1, 211~227, 2001.
- Philibert, *Technology Innovation, Development and Diffusion*, 2003
- Richard Baron, *Green Investment Schemes and International Emission Trading*, 2003

Richard Baron and Jonathan Pershing, Trading Greenhouse Gases Outside Kyoto, IEA Information Paper, 2002. 10.

Sands, Ronald D., Tae Yong Jung and Sunghan Jo, Second Generation Model for Korea, 2002. forthcoming.

Swiss Re, *Dealing with a carbon constrained future*, 2001

UK Emissions Trading Group, 2000

UNEP · UNTAD, A Guide to Emissions Trading, 2002.

UNFCCC, 2002

Willems, *Institutional Capacity for Future Mitigation Commitments*, 2003

WRI, *Analysis of Bush Administration Greenhouse Gas Target*, February 14, 2002.

World Bank, *Environmental Finance Conference*, 2001.2

World Bank, *Environmental Finance* , July~August 2001.

|| 인터넷 사이트 ||

Ecosecurities Press Release , http://www.ecosecurities.com/200about_us/223press_releases/223press_release_19_nov_2001.html

Clear Skies & Global Climate Initiatives, <http://www.whitehouse.gov>

Glossary, <http://www.gihoo.or.kr/>

부 록

기후변화협약 대응 제2차 종합대책 : 정책 및 조치

정책 및 조치	시행 주관부처	계획수 립일정	배출저감효과
1. 의무부담협상에 대비한 협상역량 강화			
1) 적정의무부담 방안 및 협상대응논리 개발	국조실, 외교부	2002. 4	
2) 교토의정서 비준 추진	외교부	2002. 3	
3) 의무부담협상 대비 국제공조 강화	외교부	2002. 6	
4) 기후변화협약 관련 협상전문인력 양성	국조실	2002. 6	
5) 국제기구에 대한 전문가 진출 지원강화	국조실, 외교부	2002. 5	
6) 국제기구와 교류협력 및 교육연수제도 도입	공통	2002. 6	
2. 온실가스 감축기술 및 환경친화에너지 개발 촉진			
1) 온실가스 감축기술 및 연구개발 추진			
① 중·대형 에너지절약기술의 개발	산자부	기수립	CO ₂ 7.7백만tc/년 배출 감소
② 차세대 초전도 응용기술 개발 추진	과기부	기수립	CO ₂ 156천tc
③ 이산화탄소 분리 상용화기술 등 개발	산자부	기수립	
④ 이산화탄소 저감 및 처리기술 개발 (21C 프론티어사업)	과기부	기수립	
⑤ 고연비 저공해 자동차(ISCV) 개발 추진	산자부	기수립	수송부문배출감축
⑥ HFC, PFC, SF ₆ 감축기술 개발	산자부	기수립	복합가스배출감축
2) 대체에너지 및 청정에너지 보급 확대			
① 태양광, 풍력, 연료전지 등 3대 분야 중점개발	산자부	기수립	
② 고효율수소 제조기술 개발 및 초전도 핵융합연구	과기부	기수립	
③ 조력·조류·파력 등 해양에너지 기술개발	해수부	기수립	
④ 대체에너지의 경제성 확보	산자부	2002. 6	CO ₂ 14.4백만톤 저감 (2003년 1차에너지 대비 2%공급시)
⑤ 대체에너지 시장기반 조성	산자부	2002. 6	
⑥ 지역특성에 적합한 대체에너지 보급 활성화	산자부	2002. 3	168천tc/년 절감
⑦ 천연가스의 안정적 공급 확보	산자부	기수립	CO ₂ 37,330천톤 (‘05~‘10년) (B-C유 천연가스 대체)
⑧ 원자력의 공급비중 유지	산자부, 과기부	기수립	1억864만톤(2001년도 원자력발전)(유연탄화력대비)

<계속>

3) 환경·기상·해양부문 등의 연구사업 추진			
① 기후변화 영향평가 및 적응프로그램 마련	환경부	기수립	
② 한반도 배경대기 감시기술 개발	과기부	기수립	
③ 해저 메탄수화물 자원 개발	해수부	기수립	
④ 온실가스 심해저장기술 연구	해수부	기수립	
⑤ 한반도 주변해역의 수온상승 및 해수면변동 연구	해수부	기수립	
⑥ 기후변화가 해양생태계 및 수산자원에 미치는 영향 예측 및 대응전략 수립	해수부	기수립	
3. 온실가스 감축대책의 강화			
1) 통합관리형 에너지절약정책 추진			
① 에너지진단 3개년계획 수립 및 시행	산자부	2002. 4	
② 에너지 피진단업체의 에너지절약사업 실시	산자부	기수립	56천tc/년 (2003년기준)
③ 조기 감축실적의 등록 및 관리	산자부	2002. 4	
④ 기후변화협약 대응 기업 인증제도 도입	산자부	2002. 10	
⑤ ESCO 확대 및 기후변화협약 전문기업으로 육성	산자부	기수립	987천tc 감축
2) 에너지 효율개선을 통한 온실가스 감축			
① 자발적 협약(VA)의 지속적 확대	산자부	기수립	5,087천tc 감축
② 지역 냉·난방 등 지역에너지 공급 확대	산자부	기수립	1,108천toe 절감 (2004년기준)
3) 국가기간 교통망 및 교통수요의 효율적 관리			
① 수송분담구조의 개선	건교부	기수립	
② 교통혼잡구간의 정비	건교부	기수립	
③ 지하철, 경전철 등 도시철도망 확충	건교부	기수립	
④ 교통수요관리 종합대책의 강력한 시행	건교부	기수립	
⑤ 사업용 차량의 공회전 규제 도입	환경부	기수립	
⑥ 승용차 자율운행제도 실시 검토	산자부	2002. 12	
4) CNG 차량 및 경차 보급 촉진			
① CNG 버스 운행확대	환경부	기수립	CO ₂ 발생량 13~25% 감축
② 경차 보급 확대	산자부	기수립	215천toe절감 (보급율10%제고)
③ 디젤승용차의 개발 지원	산자부	2002. 10	

<계속>

5) 종합물류정보망 구축 및 물류장비 표준화			
① 종합물류정보망 구축	건교부	기수립	
② 물류 표준화 추진계획 수립	건교부	2002. 12	
6) 건축물 등 가정·상업부문의 온실가스 감축			
① 건축물 단열시공 의무화	건교부	기수립	
② 건축물 에너지절약설계 의무화	건교부	기수립	5.3백만tc (2010년까지 누적)
③ 고효율 에너지기자재 인증대상품목 확대	산자부	기수립	460천toe (2010년기준)
④ 에너지소비효율등급 표시제도 확대	산자부	기수립	747천toe(에너지절감)
⑤ 건물에너지이용효율 인증제도 확대	산자부	기수립	47천toe(에너지절감)
⑥ 환경친화적 건축물 인증제도 도입	환경부, 건교부	기수립	
7) 매립가스 지원화사업 추진			
① 수도권 매립지 발전사업 추진	환경부	기수립	50만 탄소톤 저감 (50MW발전시설가동시)
② 광역지자체 매립지 발전사업 추진	환경부	2002. 6	15만 탄소톤 저감
8) 폐기물 처리시설 및 환경기초시설 확충			
① 쓰레기 종량제 및 1회용품 사용규제 강화	환경부	2002. 4	
② 음식물쓰레기 자원화시설 및 분리배출지역 확대	환경부	2002. 3	
③ 소각처리장 확충	환경부	2002. 3	
④ 하수처리장 확충	환경부	2002. 2	
⑤ 폐수종말처리장 확충	환경부	2002. 2	
9) 영농축산방식 개선을 통한 온실가스 감축			
① 논·밭의 메탄 배출량 감축	농림부	2002. 3	논토양 메탄배출10% 저감기술확립
② 밭의 아산화질소 배출량 감축	농림부	2002. 3	농경지 아산화질소배출 10% 저감기술 확립
③ 반추가축의 장내발효 개선	농림부	2002. 3	
④ 축산분뇨 처리시설 개선	농림부	2002. 3	
10) 산림 흡수원 확충			
① 어린 숲 가꾸기 사업 실시	산림청	기수립	
② 병해충 집중방제	산림청	기수립	

<계속>

③ 산불피해 방지 적극추진	산림청	기수립	
④ 도시림가꾸기 사업 추진	산림청	기수립	
⑤ 해외조림사업 확대	산림청	기수립	
4. 교토메카니즘 및 통계기반 구축			
1) 교토메카니즘 대응기반 구축			
① 온실가스 국가등록시스템 도입	산자부	2002. 4	
② 국내 배출권거래제도 시범사업방안 마련	국조실	2002. 10	
③ 청정개발사업(CDM)의 적극적 활용	산자부	2002. 6	
④ 공동이행제도(JI)에의 참여 모색	산자부	2002. 8	
2) 온실가스 국가통계기반 구축			
① 국가 인벤토리시스템 구축	산자부	2002. 4	
② 온실가스통계 부문별 개선	산자부	2002. 4	
③ 업종별·기기별 배출통계 DB 구축	산자부	2002. 4	
④ DB 활용을 통한 온실가스 감축잠재량 분석	산자부	2002. 9	
5. 기후변화협약에 대한 국민의 참여와 협력 유도			
1) 자발적 참여와 협력 유도를 위한 홍보 강화			
① 민간부문과의 파트너십 구축 및 교류협력 증진	공통	2002. 2	
② 업종별 대책반 자체계획 수립 지원	산자부	2002. 4	
③ 「지역의제21」을 통한 교육홍보 추진	환경부	2002. 6	
④ 언론매체 및 인터넷 등을 통한 홍보 실시	공통	2002. 3	
⑤ 기후변화협약 관련 연구기반 확대	공통	2002. 5	
2) 기후변화협약 관련 교육 실시			
① 기후변화협약 특성화대학원 지정 추진	산자부, 환경부	2002. 10	
② 초·중·고교 교과과정에 관련내용 반영	교육부	2002. 5	
③ 학교 재량활동시간을 통한 관련내용 교육	교육부	2002. 4	
④ 에너지절약 시범학교를 정책연구학교로 강화	산자부	2002. 6	
⑤ 환경보전 시범학교에 관련내용 포함	환경부	2002. 4	

주: 1)국조실(국무조정실), 과기부(과학기술부), 건교부(건설교통부), 산자부(산업자원부), 외교부(외교
통상부), 해수부(해양수산부), 2)계획 수립일정은 2002년 기준

자료: 기후변화협약대책위원회, 「기후변화협약 대응 제2차 종합대책」, 2002. 6

주요 용어 해설

AAU(Assigned Amount Unit): 교토의정서에 따라 부속서 B국가에 할당되는 온실가스 배출권을 의미하며 PAA와 동일한 개념이다.

BAU(Business-as-Usual): 별도의 정책 및 조치가 없는 상황에서 예상되는 상태를 의미한다.

CER(Certified Emission Reduction): 청정개발체제 사업의 수행에 따른 온실가스 저감량에 대한 인증이다.

CGE(Computable General Equilibrium): 일반균형 환경 모델링을 의미한다.

ERU(Emission Reduction Unit): 공동이행사업의 수행에 따른 온실가스 저감량에 대한 인증이다.

G77: UN무역개발회의(UNCTAD : the United Nations Conference for Trade and Development)의 원조로서 1967년에 세워진 개발도상국들의 주요 협상그룹을 의미한다. 그리고 실제로는 130개국 이상이 참여한다.

JUSSCANNZ 그룹: 유럽연합에 속하지 않는 선진국간의 정보교류 및 토론을 위한 모임으로 이 그룹에는 일본, 미국, 스위스, 캐나다, 호주, 노르웨이, 뉴질랜드, 아이슬란드, 멕시코, 한국 등이 포함되어 있다.

LULUCF(Land Use, Land Use Change and Forestry): 토지이용변경 및 임업부문을 의미한다.

Observer: UN과 특정 기구인 핵에너지 기관, 그리고 기후변화협약에 인준되지 않은 나라들과 관련 정부 또는 비정부 기구들을 의미한다. 기후변화협약 당사국회의와 부속기구회의에 참석할 수 있도록 허락하고 있다.

PAA(Parts of Assigned Amount): 교토의정서에 따라 부속서 B국가에 할당되는 온실가스 배출권을 의미하며 AAU와 동일한 개념이다.

RMU(Removal unit): 흡수원 활동(LULUCF)에 따른 추가 할당량에 대해서 발행하는 배출권을 의미한다.

t-분포: 정규모집단에서 표본의 크기가 작을 때 유용하게 사용되는 분포로서 W. S. Gosset Student라는 가명으로 발표하여 Student t-분포라고도 불린다.

일반적으로 t-분포는 확률변수 Z 가 표준정규분포 $N(0, 1)$ 를 따른다.

서로 독립이며 자유도가 k 인 카이제곱분포를 따르는 확률변수를 V 라고 할 때,

$T = Z/\sqrt{V/K}$ 인 분포를 자유도가 k 인 t-분포라 한다. 확률변수가 자유도 k 인 t-분포를 갖는다는 것을 $T \sim t(k)$ 로 나타낸다. t분포의 확률밀도함수는 0을 중심으로 좌우 대칭이며 표준정규분포보다 확률밀도함수의 꼬리가 두터운 형태를 보인다.

UMBRELLA 그룹: JUSSCANNZ 그룹과 유사하지만 교토메카니즘 등 주요쟁점사항에 대하여 독립적인 주체로서 협상에 참여한다. JUSSCANNZ 그룹에 러시아와 우크라이나가 포함되어 있으며 여기에 스위스, 멕시코, 한국 등이 제외된다.

경매(Auction): 배출량을 경매하거나, 기준 배출량(Baseline) 대비 삭감량을 경매하는 두 가지 방향으로 적용이 가능하다. 배출량 경매는 배출업소가 배출량을 구입하는 방식이며, 삭감량 경매는 정부가 삭감량을 구매하는 방식이다. 삭감량 경매 방식은 기준 배출량을 무상으로 할당하고 삭감량을 정부가 경매를 통해 구매하는 것과 다름없다.

고정량 목표(fixed target): 목표이행기간(공약기간) 전에 목표량을 확정하는 방식으로 과거의 배출량 혹은 미래 배출전망에 기초하여 총량적 배출한도를 미리 설정하는 방식.

공동이행(Joint Implementation: JI): 기후변화협약 부속서 I국가간에 공동으로 온실가스 저감사업을 수행하여 투자국이 저감분의 일부를 자국의 저감실적으로 인정받는 제도로써 교토의정서 6조에 규정되어 있다.

과학기술자문 부속기구(SBSTA: Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice): 기후변화협약과 이행과 관련된 과학, 기술적 자문을 당사국회의나 보조기구에 제공하기 위하여 설치된 기구. 각 정부대표전문가로 이루어진 여러 개의 전문분야로 구성되어 온실가스 배출 통계 방법론, 국가보고서 작성지침 등 기후변화협약의 과학기술적 측면에 대한 권고안을 만들어 당사국 총회의 요청이 있을 경우 당사국 총회에 제출하여 다른 부속기구에 전달토록 한다.

교토메카니즘(Kyoto Mechanism): 교토의정서상 온실가스 감축의무 이행비용을 절감하기 위해 국가간 협력을 촉진하기 위해 허용된 제도로써 배출권 거래,

청정개발체제, 공동이행의 세 가지를 지칭한다.

교토의정서(Kyoto Protocol): 1997년 12월 교토에서 개최된 제3차 기후변화협약 당사국총회에서 채택된 의정서로 부속서 I국가의 온실가스 감축의무와 교토메카니즘을 포함하고 있다.

구매기준(buying target): 구속적 목표 미달성시 배출권 구매의무가 부과되는 것을 의미한다.

기준년도(Base Year): 감축목표 설정시 이용되는 특정연도를 지칭한다. 선진국의 경우는 기준년도 1990년을 사용한다. (교토의정서가 제안하는 수소불화탄소(HFCs), 과불화탄소(PFC), 육불화황(SF6)에 대해서는 1995년을 기준년도로 선택할 수 있음.)

기준연도 불변실적기준 분배(Grandfathering): 과거 기준연도(기간)의 배출량/투입열량/산출물(kWh 등) 등의 평균 또는 최고치(혹은 최고치 2~3년의 평균)를 기준으로 할당하는 방식을 의미한다.

기준연도 조정 실적기준 분배(Updating): 할당 대상연도 대비 전년도(기간) 또는 당해연도의 투입열량/산출물 등에 비례하여 할당하는 방식을 말한다.

기후변화세(CCL: Climate Change Levy): 기후변화와 관련해서 환경오염을 방지하고 에너지 효율을 높이기 위해서 에너지를 소비하는 산업계에 부과되는 세금을 의미한다.

기후변화협약(United Nations Framework Convention on Climate Change: UNFCCC): 1992년 6월 브라질 리우에서 개최된 지구정상회담에서 채택된 것으로 지구온난화를 완화하기 위한 범세계적인 노력을 강화하기 위한 국제환경협약이다.

단순선형회귀분석: 회귀분석에서 가장 단순한 형태로 단순은 설명변수가 한 개임을 뜻하고 선형은 회귀식이 설명변수의 일차식으로 주어지는 것을 의미한다.

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i, \quad i = (1, 2, \dots, n)$$

당사국(Party): 협약 혹은 의정서상의 법적 의무를 부담하겠다는 선언(비준: ratification)을 한 국가를 말함. 협약 혹은 의정서의 채택사항을 확인하는 절차에 불과한 서명

(sign)과 달리 구속력을 가짐.

당사국총회(COP: Conference of the Parties): 협약 관련 최종 의사결정기구로서 통상적으로 매년 1회 개최된다.

동적 목표(dynamic target): 목표이행기간 중 경제사회변수의 변화가 고려되어 감축목표량이 결정되는 방식으로 인구, GDP 등 주요 경제사회변수의 변동에 따라 감축목표가 사후적으로 결정된다.

바이오매스(Biomass): 나무, 곡물, 식물, 농작물 찌꺼기, 축산 분뇨, 음식쓰레기 등 생물체를 태우거나 열분해, 발효, 또는 에스테르화시켜 발생하는 에너지는 다양하게 이용할 수 있다(바이오가스, 바이오 디젤 등). 바이오매스를 이용할 때 배출되는 이산화탄소는 탄소순환의 한 과정으로 볼 수 있기 때문에 이산화탄소배출을 줄이는 대안적인 에너지로 여겨지고 있다.

배출권 거래제(ET: Emissions trading): 온실가스 배출을 감축해야 할 의무를 지고 있는 당사국들에게 해당하는 메커니즘을 말한다. 교토의정서 제17조에 규정되어 다른 당사국들과 그들의 방출 허용치를 거래할 수 있도록 하는 것이다(Annex1 그룹 내에 해당).

부속기구(Subsidiary Body): 당사국총회의 효율적인 진행을 위한 자문기구로서 기후변화협약의 경우 이행부속기구(Subsidiary Body on Implementation: SBI)와 과학기술부속기구(Subsidiary Body on Scientific and Technological Advice: SBSTA)가 있다. 두 부속기구의 회의는 매년 2회 이상 동시에 개최된다.

부속서 I국가: 기후변화협약 부속서 I에 속한 국가들로 이에 속하지 않는 비부속서 I국가에 비해서 추가적인 의무를 부담하고 있다(총 40개국 및 유럽공동체). OECD 국가(한국, 멕시코 제외) 및 시장경제전환국가로 구성된다.

부속서 II국가: 한국과 멕시코를 제외한 OECD 선진국으로 기후변화협약 부속서 II에 명시되어 있는 국가.

부속서 B국가: 교토의정서 부속서 B에 속한 국가로서 부속서 I국가에서 터키와 벨라루스가 제외되어 있다(총 38개국 및 유럽공동체). 교토의정서 상에서 온실가스에 대한

양적 감축의무를 부담한다.

부에노스아이레스 행동계획(BAPA: Buenos Aires Plan Of Action): 1998년 부에노스아이레스에서 열린 제4차 당사국 총회(COP4)에서 합의된 교토의정서의 미 합의 부분을 완성하고 개발도상국에서 건의한 문제들을 다루기 위한 실행 프로그램으로 제6차 당사국회의까지 운영되었다.

비당사국(Non-Party): 기후변화협약을 비준하지 않은 국가로 Observer로 회의에 참가할 수 있다.

소도서국(AOSIS: The Alliance of Small Island States): 해수면이 낮은 저지대 및 섬나라들 간의 연합체로 이 국가들은 기후변화로 인한 해수면 상승에 특히 치명적인 영향을 받으며 이러한 42개국이 모여 기후변화협약에 대한 공동의 입장을 내고 있다.

시장경제전환국가(Economies in Transition: EITs): 동유럽과 구 소련연방 소속국가들로 시장경제로 전환 중에 있는 국가로서, 러시아, 우크라이나, 크로아티아, 슬로바키아, 슬로베니아, 벨라루스, 불가리아, 에스토니아, 라트비아, 리투아니아, 루마니아 등이 해당한다.

예탁(Banking): 배출목표를 초과달성하는 경우에 잉여배출권 판매를 통한 수익창출 및 차기공약기간으로 이월하는 인센티브를 의미한다.

온실가스(Greenhouse Gases: GHGs): 대기 중에 분포하며 지구온난화를 유발하는 것으로 알려진 가스로 교토의정서에는 이산화탄소, 메탄, 아산화질소, 수소불화탄소, 과불화탄소, 육불화황의 6가지가 명시되어있다. 이외에 수증기, 염화불화탄소 등이 주요 온실가스로 알려져 있다.

의무이행계획(CAP: Compliance Action Plan): 교토의정서 하의 배출 목표량을 달성하지 못한 부속서 I 국가들에 부과되는 벌 중의 하나. 계획의 목표는 각 국내에서 이행하지 못한 방출량보다 더 많은 방출량을 차감시키려는 것으로 교토의정서 하에서 세워진 실행위원회의 강제기구에 의해 승인되어야 한다.

의무이행기간(Commitment Period): 감축목표를 달성하는 기간. 현행 교토의정서의 경우 5년 단위로 의무이행기간을 설정하였으며, 2008~2012

년을 1차 의무이행기간으로 규정하였다.

1차 의무이행기간은 2008~2012, 2차 의무이행기간
2013~2017, 3차 의무이행기간 2018~ 2022.

이행자문 부속기구(SBI: Subsidiary Body for Implementation): 당사국회의에서 정책이나 이행과 관련한 국가보고서 제출, 개정기술 지원방안 등 기후변화협약의 이행과 관련된 문제에 관한 권고안을 만들어 당사국 총회의 요청이 있을 경우 당사국 총회에 제출하여 다른 부속국가에 전달하도록 한다.

입증후 거래방식(Post-verification trading): 의정서의 공약기간에 대해 할당받은 배출권을 합
의된 절차에 따라 연도별로 재할당 한 후 당해 연도에서 초과삭감량(연도별
할당량보다 배출량이 낮을 경우)만큼을 다음 연도 이후에 판매할 수 있도록
하는 것을 의미한다. 이 방식은 거래의 남용 및 과다판매를 통한 고의적/우연
적 위반가능성을 사전에 예방할 수 있다는 점에서 바람직하다.

자발적 협약(VA: Voluntary Agreement): 에너지를 생산, 공급, 소비하는 기업과 정부가 상호
신뢰를 바탕으로 자발적으로 에너지 절약 및 온실가스 배출 감축 목
표를 달성하기 위한 협약을 의미한다. 기업의 경우 실정에 맞는 목표를
설정하여 이를 이행하고 정부는 기업의 목표 이행을 위하여 자금·세제
지원 등 인센티브를 제공하여 기업의 노력을 적극 지원하는 비규제적 제
도이다.

재정 체제(Financial mechanism): 재정체제의 역할은 COP의 인준 하에 개도국에 자금과 기
술을 이전하는 것이다.

정책과 수단(PAMs: Policies and Measures): UNFCCC와 교토의정서에서 온실가스를 줄이
거나 제한하기 위한 국내적인 활동들을 지칭하는 용어이다. 각 국가들
은 이를 구체적으로 결정해야 하며 채택할 수 있는 정책과 수단, 국가
간 협력을 통한 달성할 수 있는 시스템들이 교토의정서에 명시되어 있
다.

조정된 결정계수(R^2): 전체모형에서 회귀모형이 얼마나 설명하고 있는가를 나타내는 결정계수
는 설명변수가 많을수록 값이 커지게 된다. 추가적인 설명(독립)변수가
제 역할을 못하는 경우에 값을 감소시키는 것이 조정된 결정계수이며 이
값이 높은 모형을 선택한다.

증가목표(Growth target): 기준년도 배출량 대비 허용 가능한 증가량을 설정하는 것으로 감축목표를 정한 것이다.

지구환경기금(GEF:Global Environment Facility): 1990년 UN의 개발 프로그램(UNDP)과 UN 환경 프로그램(UNEP) 하에서 세계은행(WB)에 의해 만들어진 기금을 말한다. 기후변화협약의 재정체계를 관리하고 세계 기후변화 방지에 대한 개발도상국 관련 프로젝트에 대한 펀드를 제공한다.

차입(borrowing): 목표미달성시 차기 공약기간으로부터 배출권을 차용하는 것을 의미한다.

청정개발체제(Clean Development Mechanism: CDM): 부속서 I국가의 감축의무 이행과 비부속서 I국가의 지속가능개발을 촉진하기 위한 사업으로 교토의정서 12조에 규정되어 있다.

최고 한도(Cap): 교토 체제에서 EU나 다른 그룹들에 의해 지지된 배출량을 감소하기 위해서 국내에서 그 실천을 촉진시키기 위한 최고 배출 한계를 의미한다.

탄소환산(CE:Carbon Equivalent): 지구온난화지수(GWP)에 기준하여 다양한 온실가스 배출을 비교할 수 있도록 하는 측정수단으로 이산화탄소 배출량을 기준으로 할 때 이를 탄소의 무게만으로 다시 환산하여 비교한다.

탄소환산톤(TC: Ton of Carbon Equivalent): 온실가스 배출량×지구온난화지수(GWP)
 $\times 44/12$

판매기준(selling target): 비구속적 목표 초과달성시 배출권 판매권리가 부여되는 것을 의미한다.

환경쿠즈네츠 곡선: 쿠즈네츠 곡선이란 소득분배의 불평등 정도와 경제성장 수준에 대한 관계를 함수화시킨 것으로서 역U자 곡선의 형태를 보인다는 쿠즈네츠의 연구에서 유래된 개념이며, 환경 쿠즈네츠 곡선이란 쿠즈네츠 곡선을 환경오염과 경제성장간의 관계로 확장시킨 개념이다.

환경협력그룹(Environmental Integrity Group: EIG): 기후변화협상 협상그룹의 하나이다. 한국, 멕시코, 스위스, 리히텐슈타인 등이 이 그룹에 포함되어 있다.

용역과제 연구보고서

온실가스 집약도 목표설정 및 배출권 거래제도와
연계방안에 관한 연구

2003년 5월 인쇄

2003년 5월 발행

수행기관: 한국환경정책·평가연구원

발주기관: 환경부 지구환경담당관실

경기도 과천시 중앙동 1 정부 제2청사

전화 (02) 504-9245

인쇄처: 명보정판 (전화 02-2274-4296)

- 정부의 동의없이 무단 전재 및 복제를 금합니다.
- 본 최종보고서에서 제시하는 연구내용은 연구수행자의 의견임을 밝힙니다.