

정부연구개발사업의 파급효과 분석¹⁾

- 에너지절약기술개발사업의 사례 -

An Analysis on Effect of Government-funded Research Program

- Case of Energy Conservation Technology Research Program -

허 은 녕* · 배 위 섭** · 이 영 수***

〈目 次〉

- | | |
|--------------|-----------------------------|
| I. 머리말 | IV. 국제수지 개선효과 및 총 파급효과 |
| II. 에너지 절약효과 | V. 에너지절약 목표달성을 위한 제언 및 추후연구 |
| III. 환경개선효과 | |

<Abstract>

This study analyzes effects of the government-funded energy conservation technology research program using a simple calculation-based valuation method. Energy conservation amounts by 50 commercialized technologies are calculated and then transformed to energy conservation effect and pollution reduction effect. Export and import-substitution effects are also calculated. Empirical results show that effectiveness of the research program has been increasing rapidly after 1996 while research fund has not. We suggest rapid increase of government support of this program so that the goal of the research program can be reached.

Key words : 파급효과, 에너지절약기술개발사업, 에너지절약효과, 환경개선효과

* 서울대학교 지구환경시스템공학부 조교수 (E-mail: exheo@plaza.snu.ac.kr)

** 광주대학교 토목환경공학부 교수

*** 에너지기술연구원 책임연구원

1) 본 연구는 산업자원부에서 시행하는 에너지·자원기술개발사업의 지원을 받아 실시한 "에너지 절약기술개발사업 성과분석 연구"(2002, 산업자원부) 내용의 일부임.

I. 머리말

1. 연구의 배경

본 연구는 1992년 에너지기술개발 10개년 계획이 수립된 이래 지속적으로 지원되고 있는 대표적인 정부연구개발사업인 산업자원부 에너지절약기술개발사업의 직접적인 파급효과를 분석하여 사업의 현 위치를 파악하고 우리나라 에너지절약기술개발정책의 방향을 제시하는데 목적이 있다. 1992년부터 정부가 투자한 에너지절약기술개발자금은 1,494억원에 달하며 정부와 민간을 합하면 총 2,235억원의 예산이 투입되었다. 에너지절약기술개발사업을 단계별로 나누어 분석하면 1992년부터 1996년까지의 제1단계에서는 단기 실용화과제를 중심으로 연구기반을 구축하였고, 1997년부터 2001년의 제2단계에서는 절약 잠재량을 확보하고 시범보급사업을 활성화하였으며, 2002년부터 2006년의 제3단계에서는 중대형사업의 추진을 통한 미래지향적인 대형화사업의 기술개발이 예정되어 있다. 그동안 상용화 성공사업은 매년 증가하여 2000년말까지 종료된 425개 사업 중 50개 사업에 달하고 있으며 에너지 절감효과는 물론 국제수지 및 환경개선에도 많은 긍정적인 효과를 가져왔다. 또한 기업에서 에너지절약기술개발에 참여할 기반을 구축하였고, 정부의 지원이 민간의 부담과 함께 에너지기기 효율 향상에 커다란 역할을 하여 왔다. 그러나 또 한편으로는 선정된 기술들의 상용화 성공률이 낮으며 사업의 효과 역시 그 중요성에 비하여 매우 미미한 것으로 인식되어 왔다.

기술개발사업의 성과는 크게 기술개발의 결과가 기업에 이전되어 상용화된으로써 그 기업 또는 그 기

업이 속해 있는 산업의 매출 혹은 부가가치의 증대에 기여하는 종류의 사적(private)성과와 국가 경제전반에 걸쳐서 나타나는 사회적(social) 파급효과로 분류해 볼 수 있다. 에너지절약기술개발사업 역시 정부가 막대한 자금을 직접 투자하는 사업이므로 국가경제 전반에 걸쳐 투자에 따른 파급효과가 구체적으로 나타나야 할 것이다. 그러나 에너지절약기술개발사업은 다른 공공목적의 연구개발사업과 마찬가지로 통상적으로 인정될 수 있는 구체적이고 가시적인 성과물을 제시하기 어려운 경우로 인식되어 왔다. 이러한 문제는 최근 에너지수급관련정책 입안과정에서 에너지절약기술개발사업의 우선순위 및 지원금액이 다른 공공연구사업들에 비하여 상대적으로 낮아지는 원인이 되고 있다.

이러한 이유에서 본 연구에서는 그동안 추진되었던 에너지절약기술개발사업의 사회적 파급효과를 가능한 한 직접적이며 간단 명료하게 표현하여 관련 정책입안과정에서 기초자료로 쉽게 쓰일 수 있도록 하고자 하였다. 이를 위하여 2000년 말까지 사업이 마감된 425개 과제 중 실용화에 성공하여 이익이 발생된 50개 사업만을 대상으로 하였으며, 그 효과 역시 상용화에 따라 판매된 제품으로 인한 에너지 절감효과, 국제수지 개선 및 환경개선효과 등 직접적인 파급효과만으로 한정하여 분석하였다. 또한 결과수치에 대한 이해도를 높이기 위하여 분석기법 역시 복잡한 모형을 동원하기보다 기술수명과 제품수명을 이용한 간단 명료한 방법을 적용하였다.

사업성공에 따른 실용화는 단기간에 가시적으로 나타나지 않고 장시간이 소요되므로 성공사업에 따른 긍정적인 효과는 향후 지속적으로 나타날 전망이다. 또한 지금까지 완료된 사업들 중 분석시점 이후에 상용화에 성공하는 사업들도 여럿 있을 것이며,

비록 실패하거나 성공이 가시적이지 않은 사업일지라도 인력양성 및 기술수준향상 등 사업의 파급 효과가 없다고 할 수는 없다. 또한 기술의 상용화로 인하여 관련 기업 또는 그 기업이 속해 있는 산업의 매출이나 부가가치가 증대 되는 등의 사적인 효과도 적지 않다. 따라서 본 연구에서 산출한 에너지절약기술개발사업의 파급효과는 사업의 진정한 파급효과를 나타내는 최소한의 값이라고 볼 수 있다.

2. 성과분석 접근단계

본 연구의 분석대상은 2000년 말까지 상용화에 성공하여 매출이 발생한 50개(에너지관리공단 조사)과제이다. 이들을 기술분야별로 나누어보면 산업분야 18과제, 요로 금속분야 4과제, 건물분야 2과제, 수송분야 2과제, 전기분야 24과제이다. 상용화 성공사업은 첫 성공사업이 발생한 1994년 이후 매년 꾸준히 늘어나고 있으며 특히 1996년에 상용화에 성공한 사업이 많다.

본 연구에서 분석한 에너지절약기술개발사업의 파급효과는 크게 에너지 절약효과, 국제수지 개선효과 및 환경개선효과의 세 부분으로 나누어진다. 기존의 연구는 주로 에너지절약효과의 측정에 집중하였다. 에너지절약기술개발사업의 성과를 측정한 유일한 선행연구인 김진오(1997)의 경우, 연간 판매량에 따른 에너지 절약량의 누적치나 성과 분석 기준 연도까지의 누적 판매량에 대한 에너지 절약량을 산정하는 방법을 사용하였다. 본 연구에서는 사업으로 인한 에너지절약효과를 좀 더 정확히 측정하기 위하여 여기에 제품 수명을 고려하였고 이를 기반으로 측정된 연도별 에너지 절약량에 에너지 절감금액을 환산하여 연별 성과 자료를 정리하였다. 또한 측정 대상 과제의

기술 수명을 정하여 개발 기술의 판매 중지 연도를 가정하고 이를 이용하여 2000년 이후 기술 수명이 다하기까지의 절약효과를 계산하여 에너지 절약효과에 합산하였다.

에너지원 중 화석연료는 연소시 이산화탄소와 대기오염물질을 발생시켜 인체의 건강장애, 생물손상, 건축물 등 재산상 피해는 물론 지구전체의 기후변화까지 광범위한 영향을 끼친다. 따라서 화석연료 사용의 감소는 이산화탄소 및 대기오염물질의 발생을 저감하는 결과가 되어, 직접적인 에너지 절약효과 이외에도 사회적으로 지불하고 있던 비용을 감소시키는 효과가 나타나게 된다. 본 연구에서는 에너지절약기술개발사업의 환경개선효과를 사업으로 인한 에너지 절감에 따른 이산화탄소 및 대기오염물질 저감량을 산출하고 이를 사회적 비용 절감으로 환산, 표현하였다.

마지막으로 국제수지 개선효과는 수입대체효과 및 수출효과로 구성하고, 각각 해당효과가 나타나는 과제들의 효과를 합산하여 표현하였다. 다음 2절에서는 에너지 절약효과를, 3절에서는 환경개선효과를 설명하였으며, 4절에서는 국제수지 개선효과 및 3개 효과 총합을 설명하였다. 그리고 5절에 에너지절약기술개발사업에 대한 정책적 제언을 첨부하였다.

II. 에너지 절약효과

1. 기본 가정 및 측정 모델

에너지 절약효과는 에너지절약기술개발사업의 본래 목적의 달성 정도를 나타내는 가장 중심이 되는 파급효과이다. 기술개발에 의한 에너지 절약효과는 개발된 제품의 사용에 의한 직접적인 절약효과와 기술축적 및 타 산업으로의 기술파급 등에 의한 절약효

과 등 간접적인 효과로 나누어 볼 수 있다. 그러나 본 연구에서는 분석자료 및 시간적인 제약으로 인하여 이 중 상용화 성공과제의 판매제품 사용에 의한 직접적인 효과에 한정하여 에너지 절약효과를 측정하였다. 본 연구에서 에너지 절약량 측정을 위한 기본적인 가정은 다음과 같다.

- (1) 판매된 개발제품에 대한 사용률 및 가동률은 1로 본다.
- (2) 판매된 개발제품은 제품수명이 다하기까지 다른 제품으로의 교체율은 0이다. 즉, 판매된 제품은 수명이 다할 때까지 사용된다. 또한 이때 수명은 1년 단위로 계산한다.
- (3) 에너지 절감액은 산출한 에너지 절약량에 해당 에너지원별 단위가격을 곱하여 계산한다. 이 때 사용하는 가격은 산출된 값이 개발과제로 인한 국가 경제에 미치는 에너지 절감액을 나타내도록 하기 위하여 에너지원 별 공장도(이윤 및 세금 미포함) 가격을 적용하였다. 또한 절감금액은 연말에 합산하여 발생한 것으로 한다.

이러한 가정을 바탕으로 연간 에너지 절약효과 측정식을 모형화 하면 다음과 같다.

$$E(y) = e \cdot g_y \cdot \mu_y$$

$$R(y) = E(y) \cdot p_y$$

이때 $E(y)$: y년도의 에너지 절약량

e : 개발제품의 해당 단위시간당 에너지 절약량

g_y : 개발제품의 y년도 가동대수

μ_y : 개발제품의 y년도 연 사용시간

$R(y)$: y년도의 에너지 절감금액

p_y : y년도 에너지 가격 (2000년 불변가격)

2. 분석 단계

50개 에너지절약기술개발사업 상용화 성공 과제에 대한 에너지 절약효과 측정의 기초 자료와 단계별 산정 방법을 정리하면 다음과 같다.

가. 상용화 성공 과제에 대한 기술개발 보고서와 개발업체 제시자료를 바탕으로 절약 대상 에너지원, 해당 단위시간 에너지량, 에너지 효율 상승분, 과제 개발로 인해 대체할 수 있는 기존 제품 등 절약량 산정 기본자료를 확보하였다.

나. 판매제품의 연간 가동시간은 조명기기와 전동기의 경우 조명기 보급 실태조사와 전동기 보급 실태조사(한전 '94)자료에서 제시된 일일평균 가동시간과 월 평균 가동일수를 바탕으로 연간 가동시간을 측정하고, 그 외 과제의 경우 업체 제시자료와 관련 연구기관 자료를 통해 산정하였다.

다. 연간 총 에너지 절약량을 산정하였다. 이 때 개발품의 분석년도 가동대수는 업체 상담과 에너지관리공단 조사 자료에서 연간 판매대수를 산정하고 여기에 사용 수명을 고려하여 분석년도 전(前) 기간 판매 제품이 분석 기간에 사용되고 있는지를 결정하였다. 사용 수명의 통계치가 있는 경우 이를 이용하고 그렇지 않은 경우 업체 제시 제품 수명을 사용하였다. 모든 절약 에너지원은 에너지원별 TOE단위 환산계수를 이용하여 비교하였으며 이 때 에너지원이 전력인 경우 전력의 최종에너지 환산계수를 사용하였다.

라. 연간 총 에너지 절감액을 산정하였다. 에너지통계자료를 바탕으로 개발품의 절약에너지원에 적합한 분석년도 에너지가격을 적용하여 위의 연간 총 에너지 절약량을 절감액으로 환산하였다. 이

때 모든 가격은 2000년도 불변가격(constant price)으로 변환하였다. 본 연구에서는 정부투자의 파급효과를 측정하기 위하여 기본적으로 공장도가를 이용하여 분석하였으며 정확한 자료를 구할 수 없는 전력이나 도시 가스, 증기 에너지의 경우 평균 판매가격을 이용하였다. 절약 대상 에너지원이 전력인 경우 전력 판매단가(2002년 한국전력통계), 도시 가스는 평균 판매가(에너지 통계정보시스템)를 이용하였다. B-C유, 경유, 부탄 등 LPG는 공장도가 월별 자료(월간 석유수급통계)로부터 연평균 가격을 산정하였으며 증기의 경우 증기 가격에 대한 통계치를 구할 수 없어 증기 절약량을 B-C유 사용열량으로 환산하여 가격을 추정하였다.

마. 이렇게 계산된 연별 절약효과를 합하여 추진 사업에 대한 2000년 말까지 판매된 제품에 의한 파급효과로 산정하였다. 이때 사회적 할인율을 적용하여 현재가(2000년 말)로 표시하였으며, 또한 할인율을 적용하지 않은 경우 역시 정부투자액

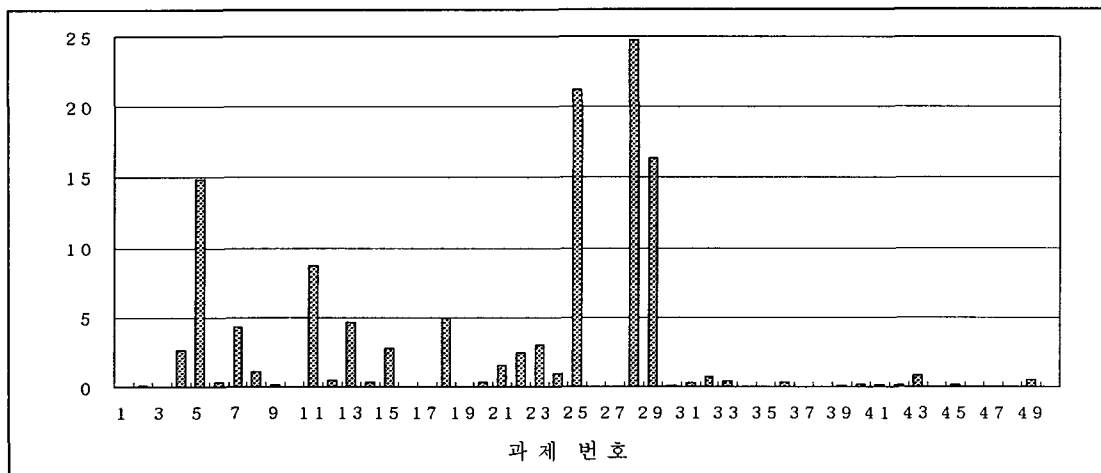
과의 비교 및 할인을 적용에 따른 효과를 비교하기 위하여 계산하였다.

바. 다음으로 제품사용수명을 고려한 2000년까지 판매된 제품의 2001년 이후의 잔존효과를 산정하였다. 이때 사용한 제품수명은 관련 통계자료나 업체제시 제품수명을 검토 후 적정한 값을 사용하였다.

사. 마지막으로 2000년까지 판매가 이루어진 제품 중 2001년 이후 시장에서 판매가 지속됨에 의한 추가 효과를 고려하였다. 이 때 판매 지속 기간은 업종별 기술수명 자료²⁾로부터 각 과제에 가장 가까운 기술 수명을 정하고 상용화 시작연도부터 기술 수명기간만큼 2000년도 연간 판매량이 유지된다고 가정하여 연간 가동대수를 산정하여 에너지절약효과를 구하였다.

3. 분석 결과

50개 상용화 성공과제별 에너지 절약량 산정 결과를 [그림 1]에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이



[그림 1] 상용화 과제별 에너지 절약량 (단위: 만TOE)

2) 일본과학기술백서(1985) 1장 3절 참조

성공 과제에 따라 에너지 절약효과가 다양함을 알 수 있다. 분석결과 소비자용 가전/전기제품([그림 1] 과제번호 25, 28, 29)이 과제별 총 성과에서 가장 뛰어난 실적을 나타내었다.

50개 과제의 에너지절약 성과를 기술 분야별로 나누어 <표 1>에 정리하였다. 에너지절약기술 사업 역시 연구개발 투자의 성격을 가지고 있기 때문에 1992년 사업 시작 후 본격적인 효과가 나타나기까지는 사업 종료이후에도 2년 내지 3년의 기간이 필요하였음을 알 수 있다. 특히 1996년에는 상용화 성공사업이 급증하면서 에너지 절감액이 크게 상승하였으며 그 이후 특히 산업분야를 중심으로 전 분야에서

꾸준히 늘어나고 있다. 제품수명 및 기술수명을 고려하여 산출한 2001년 이후 절감액은 2000년까지의 절감액의 9배에 가깝게 나타나 에너지절약기술개발사업의 파급효과가 기술개발완료 후 시간차를 가지고 상당한 기간에 걸쳐서 나타남을 확인할 수 있었다. 기술분야별로는 건물 및 전기분야에서 10배 이상으로 나타났다.

에너지절약기술개발사업에는 2000년 말까지 총 1,494억의 정부자금이 투자되었다. 본 연구의 성과에서도 나타났듯이 R&D의 성과는 일반적으로 일정한 기간 이후에 나타나는 것이지만 개별 기술의 시차가 각기 다르기에 본 연구에서는 이를 고려하지 않고 해

<표 1> 기술분야별 에너지 절감액

(단위: 억원)

	1992년	1993년	1994년	1995년	1996년	1997년	1998년	1999년	2000년
산업	0.0	0.0	0.0	0.0	53.3	195.4	250.1	429.8	872.3
요로금속	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	25.4	39.2	72.0	126.4
건물	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.3	0.4	0.7
수송	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	4.6	9.3
전기	0.0	0.0	0.0	178.8	637.5	850.4	983.3	1,656.7	1,990.2
합계	0.0	0.0	0.0	179.9	701.5	1,076.1	1,282.2	2,174.2	3,010.9
	2000년까지 절감액		2001년 이후 절감액 및 2001년 이후 추가절감액			총 에너지 절감액			
산업	1,800.8		7,072.4			8,873.2			
요로금속	270.0		1,992.4			2,262.3			
건물	1.5		11.5			13.0			
수송	16.6		58.7			75.4			
전기	6,296.9		65,055.9			71,352.8			
합계	8,391.4		74,190.9			82,576.7			

※ 2000년까지 절감액은 제품수명을 고려한 1992년부터 2000년까지의 실질 가동대수로 인한 절감액
 ※ 2001년 이후 절감액은 1992년부터 2000년까지 판매된 제품의 2001년 이후 발생하는 절감액
 ※ 2001년 이후 추가절감액은 기술수명을 고려하여 2001년 이후 판매되는 제품으로 발생할 절감액

당연도의 정부투자액과 당해연도 에너지절약효과를 비교하여보았다. (<표 2> 참조) 2000년도의 에너지 절감액은 당해연도 정부 투자액의 12.1배에 달하고 있으며, 이는 1995년 1.1 배에서 5년 만에 10 배 이상 효율이 증가한 것으로서, 에너지절약기술개발사업의 사업효율성이 매우 크고 빠르게 개선되어가고 있음을 알 수 있다.

각 과제별 절약량을 해당 에너지원별 최종에너지량으로 분류하여 산정한 에너지 수급기여도는 그러나 매우 낮아 가장 높은 2000년도에도 겨우 0.36%에 그쳤다. 또한 기술개발로 인한 에너지절약이 주로 전력에 집중되어 있어 에너지 수급기여도를 높이기 위해서는 우리나라 에너지 소비의 약 63%에 해당하는 석유를 절약할 수 있는 제품기술의 개발로의 방향전환이 필요하다. 또한 에너지 절약량을 원유로 환산 후(전력의 경우 1차에너지로 환산한 양 이용), 에너지 가격으로 원유도입가를 적용하면 에너지절약기술개발사업으로 인한 에너지절약효과를 절약된 에너지만큼을 만들기 위하여 필요한 원유수입금으로 표현할 수 있다. 이렇게 산정한 2001년 이후 에너지 절약량은 2,483만 TOE로 원유도입가가 배럴 당 1달러 변할 때 2001년 이후 에너지 절감액 변화는 1.8억 달러로서, 이는 1999년도 한해동안의 에너지 절감액과 맞먹는 수치이다.

Ⅲ. 환경개선효과

본 연구에서 사용한 환경개선효과는 에너지절약으로 인한 대기오염물질 배출감소가 가져오는 사회적 비용의 감소분으로 하였다. 그 산출방법은 먼저 1차 에너지원별 이산화탄소와 대기오염물질 배출계수를 이용하여 배출 절감량을 계산하고 환경오염물질별 단위당 사회적 비용을 이용하여 비용으로 환산하는 순서로 하였다.

1. 에너지절약으로 인한 환경오염물질 배출감소량 산정

에너지원이 전력이나 증기인 경우는 발전원별 발전량 비율과 산업단지 집단에너지사업의 에너지원별 비율을 활용하여 측정하였다. 전력은 1차에너지를 기준으로 측정하였으며 증기의 경우 에너지원은 아니나 증기의 사용량을 감소시키는 제품의 경우 증기를 생산하는 화석연료를 줄이는 효과를 가지므로 포함시켰다. 화석연료 사용 절감에 따른 대기물질 저감효과 측정방법은 다음과 같다.

환경오염물질배출감소량(ton/year)

= 화석연료 절약량(TOE/year) 배출계수(ton/TOE)

환경개선효과

= 환경오염물질배출감소량(ton/year) × 단위당

사회적 비용(원/ton)

<표 2> 연간 정부 투자액 대비 에너지 절약량 및 절감액

연도	1992년	1993년	1994년	1995년	1996년	1997년	1998년	1999년	2000년
정부투자액대비 절약량(TOE/억원)	0.0	0.0	0.0	149.7	557.9	744.9	950.3	1,534.1	1,633.2
정부투자액대비 절감액 (%)	0.0	0.0	0.0	1.1	3.7	4.9	6.7	10.7	12.1

배출계수(ton/TOE)는 환경부의 대기오염물질배출량(2000)의 연료별 대기오염계수와 IPCC의 탄소배출계수를 이용하여 산정하였다.(대기오염물질배출량(1999), 2000, 환경부 국립환경연구원에서 발췌 단위 변환 (단위ton/TOE), IPCC의 탄소배출계수 (단위 : Ton C/TOE)) 그리고 전력의 대기오염물질 배출계수는 연료별 대기오염계수와 한국전력통계의 발전원별 발전 비율을 고려하여 산정하였다. 이산화탄소 배출계수도 마찬가지로 방법으로 산정하였다. 또한 증기를 절감하는 경우에 대해서는 산업자원부, 집단에너지사업 산업단지 에너지원별 연료사용량 통계(2000)로부터 산정한 산업단지 집단에너지사업 에너지원 비율을 이용하여 하여 1차 에너지원별 사용비율로 삼고 대기오염물질 배출계수를 전력과 같은 방법으로 환산하여 사용하였다. 전력과 증기의 경우 사용한 배출계수를 <표 3>에 정리하였다.

2. 환경오염물질 배출로 인한 사회적 비용 산정

환경오염물질 배출의 사회적 비용 산출은 사회 후생의 평가 관점에서 대기오염물질의 사회적 비용을 산출한다. 기존의 조준모·유완식(1996), 엄영숙(1998) 등의 연구는 대기오염으로 인한 호흡기 질환 등 인체피해에 대해서만 사회적 비용을 선정하였으나 실제로 대기오염물질이 발생시키는 사회적 비용은 그 범위가 인체의 건강장해, 생물손상, 건축물 등 재산상 피해뿐만 아니라 산성비 생성, 지구전체의 기후변화까지 고려해야 한다. UNEP의 The Indirect Costs and Benefits of Green house Gas Limitations (1998)를 통해 미세먼지, SO₂, NO_x에 대해서 이들의 배출로 인해 초래되는 질병유발, 노동 및 농어업 생산성 감소, 구조물 부식 등의 인적, 물적 피해를 고려한 단위당 사회적 비용을 이용한다. CO, HC에 대한 단위당 대기오염의 사회적 비용은 UNEP 보고서에서는 산정하지 않았으므로 한국과학기술원이 산정한 SO₂를 기준의 오염물질별 대기위해도 지수를 활용하여 단위당 대기오염의 사회적 비용을 추정한다. 그 결과는 아래 <표 4>와 같다.

<표 3> 전력과 증기의 이산화탄소 및 대기오염물질 배출계수 산정

(단위 : ton/TOE)

	CO ₂	먼지	SO ₂	NO _x	CO	HC
전력	0.42602	0.00327	0.00734	0.00227	0.00031	3.9E-05
증기	0.63826	0.00237	0.00842	0.00224	0.00025	0.00140

<표 4> 대기오염물질 단위당 사회적 비용

(단위 : 백만원/ton)

	하 한	평 균	상 한
SO ₂	5.2961	6.1308	6.9661
NO _x	2.7417	5.4582	8.1746
CO	3.9190	4.5365	5.1547
HC	4.5544	5.2722	5.9907
미세먼지	8.7603	17.8200	26.8804

이산화탄소의 경우 대기오염물질은 아니나 대기에 방출되면 온실효과로 인해 대기의 온도를 상승시켜 지구적으로 해산선 상승, 기상 이변 등의 원인이 된다. 한국전력공사(1997), 이명균(1998)의 연구와 같이 지구온난화로 예상되는 피해 비용의 산출을 통해서 이산화탄소 배출의 사회적 비용을 산출할 수 있으나 한국의 실정에 맞는 총체적인 피해 비용을 산출하는 데에 이견이 많으므로 이산화탄소의 배출 기준을 설정하고 달성을 위한 저감 비용을 산출하는 방법을 취하였다.

에너지경제연구원(2000)에 따르면 선진국과 개도국(우리나라)의 의무 부담시 국내 감축에 따른 온실가스 저감비용은 1995년 US달러 기준으로 87.9 \$/TC 으로 예상하고 있다. 이러한 비용은 선진국의 개별적 감축과 함께 우리나라가 제3차 공약기간

(2018~2022년)에 2차 공약대비 5% 감축 의무를 가지는 것으로 짜여진 시나리오에 의한 것이다. 1995년 US \$로 계산비용이므로 그 시기의 상황을 반영하여 해당 연도의 환율을 사용하여 달러 단위를 원 단위로 바꾸어 사용하였다. 그리고 1995년 기준의 한국의 GDP 디플레이터를 곱해서 1994년~2000년의 각각의 인플레이션을 반영한 비용을 책정하였다. 그 결과는 <표 5>와 같다.

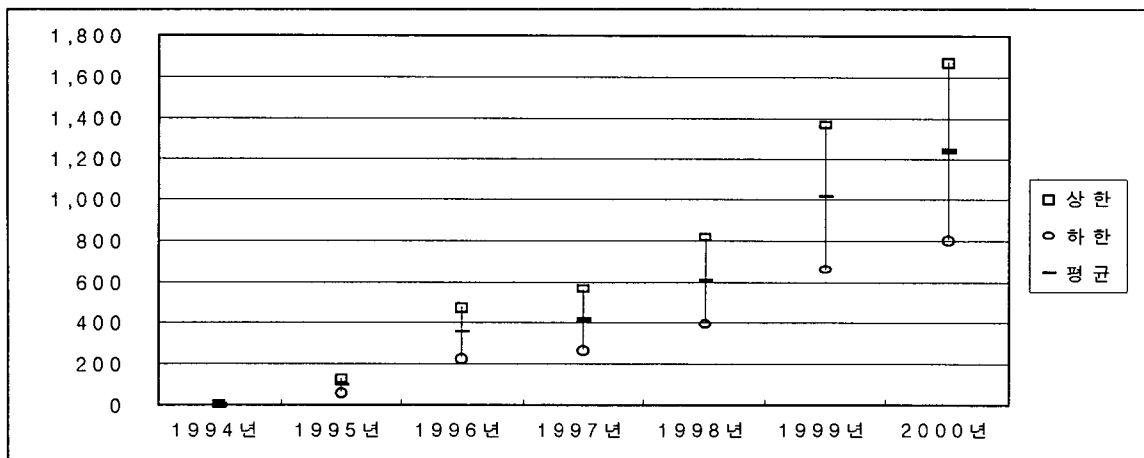
3. 분석 결과

에너지절약기술개발사업의 시행으로 인한 대기오염물질 및 이산화탄소 배출 감소의 사회적 비용 감소량은 다음 [그림 2] 및 [그림 3]과 같다.

<표 5> 이산화탄소 단위당 저감 비용

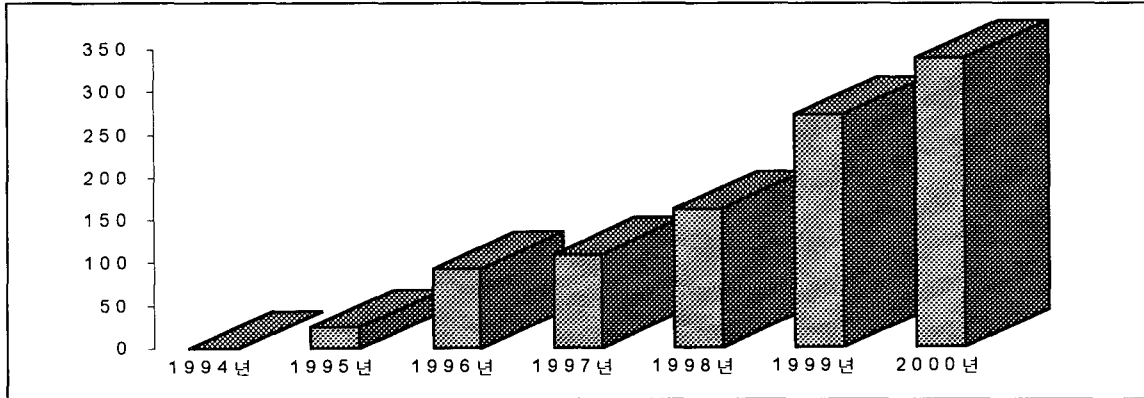
(단위 : 백만원/TC)

연도	1994년	1995년	1996년	1997년	1998년	1999년	2000년
저감비용	0.0632	0.0678	0.0704	0.0727	0.0763	0.0748	0.0736



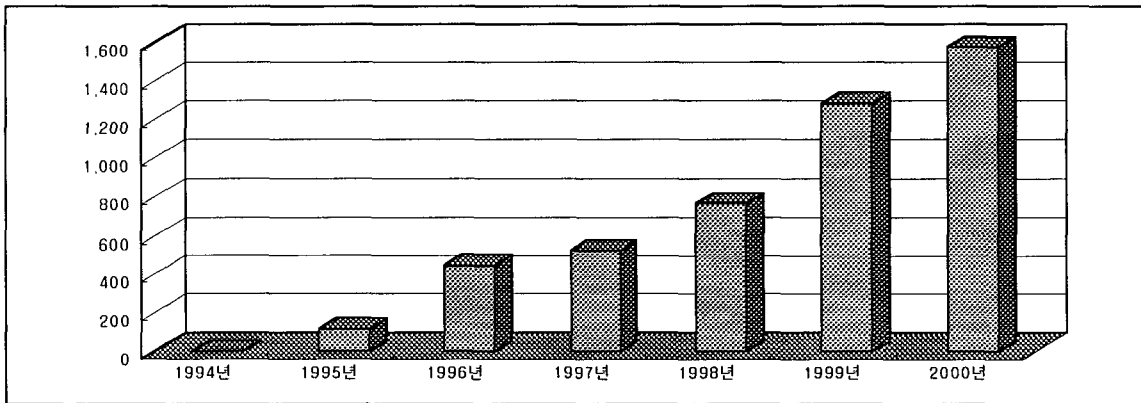
(단위 : 억원)

[그림 2] 대기오염물질 배출 감소로 인한 사회적 비용 감소액



(단위 : 억원)

[그림 3] 이산화탄소 배출 감소로 인한 사회적 비용 감소액



(단위 : 억원)

[그림 4] 연도별 환경개선효과로 인한 사회적 비용 감소액

위 결과에 의해 산출된 연도별 환경오염물질의 배출 감소에 따른 사회적 비용 감소액은 다음 [그림 4]와 같다. 이때 대기오염물질의 경우 평균값을 취하였다.

제품수명과 기술 수명을 고려한 결과는 다음 <표 6>과 같다. 2000년 현재까지 판매된 제품의 수명을 고려한 사회적 비용 감소액은 1조 2,118억 원이며 이후에 판매될 제품의 수명까지 고려한 사회적 비용 감

소액은 총 4조 4,206억 원으로 나타났다. 산출된 사회적 비용 감소액에 대한 연도별 정부투자 대비 투자 효율을 살펴보면 환경개선효과의 산출방법으로 인하여 에너지 절약효과와 비슷한 추세를 보이고 있다. 정부투자대비 효율 역시 매년 증가하여 1999년도부터는 환경개선효과 만으로 정부 투자액 대비 6배 이상의 효과를 나타낸 것을 알 수 있다 (<표 7> 참조).

〈표 6〉 환경개선효과(사회적 비용 감소) 종합

(단위 : 억원)

분 류	2000년 이전 감소액	2001년 이후 감소액	2001년 이후 추가 감소액	총 환경개선효과 (사회적비용 감소)
이산화탄소	995.71	1,664.78	6,657.69	9,629.19
황산화물	1,518.19	2,626.62	9,817.30	13,543.12
질소산화물	425.48	753.71	2,788.52	3,851.11
일산화탄소	50.69	85.30	328.14	451.33
탄화수소	9.89	22.11	55.34	85.10
분 진	1,717.28	2,248.47	12,440.75	15,969.76
합 계	4,717.25	7,400.99	32,087.74	44,205.98

- ※ 2000년까지 감소액은 제품수명을 고려한 1992년부터 2000년까지의 실질 가동대수로 인한 감소액
- ※ 2001년 이후 감소액은 1992년부터 2000년까지 판매된 제품의 2001년 이후 발생하는 감소액
- ※ 2001년 이후 추가감소액은 기술수명을 고려하여 2001년 이후 판매되는 제품으로 발생할 감소액

〈표 7〉 연간 정부투자액 대비 사회적 비용 감소액 비율

(단위 : %)

1992년	1993년	1994년	1995년	1996년	1997년	1998년	1999년	2000년
0	0	0.002	69	234	240	402	633	636

- 수입대체효과(원/year) = 수입품의 금액(원/unit) x 수입 대체량(unit/year)
- 수출효과(원/year) = 해당 수출금액(원/unit) x 연간 수출량(unit/year)

IV. 국제수지 개선효과 및 총 파급효과

1. 국제수지 개선효과

국제수지개선효과는 수입대체효과 및 수출효과로 나누어 산출하였으며, 이때 사용한 계산식은 다음과 같다. 국제수지 개선효과는 해당 판매연도에만 발생한 것으로 하였으며, 국제적인 상황을 고려하여야 하는 관계로 기술수명을 고려한 효과의 계산은 하지 않았다. 수입대체금액 및 수출단가는 기술별로 해당업체에서 제시한 숫자를 사용하였다.

두 효과를 <표 8>에 연도별로 정리하였다. 수입대체효과의 경우는 상용화된 50개 과제 중에서 24개의 과제에서 나타난 반면 수출효과는 8개의 과제만이 효과를 나타내 상대적으로 작은 편이다. 수입대체효과의 경우 1998년까지는 건물 분야 과제의 상용화 성공으로 계속 상승하다가 이의 판매종료로 1999년에 급락하였으며 이후에는 전기분야의 기술이 대부분을 차지하고 있다. 수출효과의 경우, 전기분야의 한 과제가 매년 250억원 이상의 생산량을 전량 수출, 국내의

〈표 8〉 수입대체효과 및 수출효과

(단위 : 억원)

	1994년	1995년	1996년	1997년	1998년	1999년	2000년
수입대체효과	90.00	108.00	418.80	546.08	835.60	386.41	1,105.51
수출효과	7.91	7.91	263.41	263.41	271.96	279.13	303.32
국제수지개선효과 (합계)	97.91	115.91	682.21	809.49	1,107.56	665.54	1,408.83

에너지를 절약하는 효과는 없지만 수출효과의 대부분을 차지하고 있다.

2. 총 파급효과

에너지절약기술개발사업의 파급효과로 산정한 세

효과를 사업 시점인 1992년부터 연도별로 살펴보았다(〈표 9〉). 2001년 이후의 국제수지 개선효과를 산정하지 않은 관계로 에너지 절약효과와 환경개선효과가 그 대부분을 차지하고있다. 1992년부터 2000년까지 상용화에 성공한 50개 과제가 가져온 총 파급효

과는 13조 1,892억원으로, 이는 1992년부터 2000년까

〈표 9〉 에너지절약기술개발사업의 연도별 파급효과

(단위:억원)

	1992년	1993년	1994년	1995년	1996년	1997년	1998년	1999년	2000년
에너지절약효과	0	0	0	179	701	1,076	1,282	2,174	3,010
환경효과	0	0	0	115	448	526	767	1,285	1,577
수출효과	0	0	8	8	263	263	272	279	303
수입대체효과	0	0	90	108	419	546	836	386	1,106
합계	0	0	98	410	1,831	2,411	3,156	4,125	5,996
정부투자대비 비율(%)	0	0	0.01	175.2	599.9	728.1	1,071.3	1,698.2	1,846.3

	2000년까지의 효과	2001년 이후의 효과	2001년 이후 추가 효과	합계
에너지절약효과	8,391	12,460	61,736	82,577
환경효과	4,717	7,400	32,088	44,206
수출효과	1,397	0	0	1,397
수입대체효과	3,490	0	0	3,490
합계	17,991	19,861	94,040	131,892

- ※ 2000년까지 효과는 제품수명을 고려한 1992년부터 2000년까지의 실질 가동대수로 인한 효과
- ※ 2001년 이후 효과는 1992년부터 2000년까지 판매된 제품의 2001년 이후 발생하는 효과
- ※ 2001년 이후 추가효과는 기술수명을 고려하여 2001년 이후 판매되는 제품으로 발생할 효과

지의 정부 투자액 1,493.6억원의 88배에 해당하는 금액이다. 에너지 절약효과만으로도 정부투자액 대비 55배에 달하고 있다. 이는 에너지절약기술개발사업이 공공기술개발사업의 특성을 가짐을 고려할 때, 매우 높은 수치라고 할 수 있다. 물론, 정부의 기술개발투자액만이 아니라 상용화하기 위한 추가연구비 및 상용화비용 등 기업측면의 비용을 고려하지 않았기에 투자의 효율성은 과대 추정된 것이라고 볼 수도 있으나, 본 연구의 목적이 정부투자에 대한 사업의 국가경제에 미치는 파급효과의 산출이므로 이러한 산출방법이 본 연구의 목적에 적절한 것으로 판단하였으며, 또한 기업이 얻은 사적인 효과를 함께 고려할 때 과대추정이라고 판단하기는 어렵다고 보인다.

<표 9>에서 계산된 연간 총 파급효과를 연간 정부 투자액과 비교하여 그 비율의 변화를 분석해 보면 1994년까지 매우 미미하였던 성과가 에너지절약기술개발사업 3년차인 1994년부터 효과가 나타나기 시작, 정부투자효율이 1995년에 처음으로 100%를 넘어 175%를 기록하였다. 이는 일반적인 R&D 투자와 같이 에너지절약기술에 대한 투자 역시 상용화를 통한 효과를 얻기까지는 최소한 약 3년 정도의 시간이 흘러야 함을 표현하고 있다. 정부투자효율은 1996년에 600%를 기록하면서 계속 상승하여, 2000년도에는 당해연도 정부투자액의 18배 이상(1,846%)의 효과를 거두고 있다. 이러한 효율의 증가는 지금까지의 에너지절약기술개발사업의 운영이 효율적이었으며 지속적으로 개선되어왔음을 보여주며, 또한 그 효율성이 계속 증가할 여지가 충분함을 표현하고 있어 정부투자의 우선순위에서 보다 더 상위의 우선순위 배정이 요구된다고 할 수 있다.

V. 에너지절약 목표달성을 위한 제언 및 추후연구

본 연구에서는 에너지절약기술개발사업의 파급효과를 산정함에 있어, 결과수치에 대한 이해도를 높이고 또 관련 정책입안과정에서 기초자료로 쉽게 쓰일 수 있도록 하고자 간단 명료한 산정방법을 적용하였으며, 사업의 효과 역시 상용화에 성공한 과제만을 대상으로 하여 에너지 절약효과와 환경개선효과, 그리고 국제수지 개선효과 등 직접적인 파급효과 세 가지로 한정하여 분석하였다. 그럼에도 불구하고 에너지절약기술개발사업의 파급효과는 정부투자액 대비 88배의 파급효과를, 에너지절약효과만 보더라도 55배의 효과를 나타내는 것으로 나타났다. 이는 본 사업 관련 기술들이 상용화에 중심을 두기보다는 기반기술의 성격에 가까움을 고려할 때 매우 큰 성과라 할 수 있다.

하지만 에너지절약기술개발사업에 투자되는 정부 지원금은 10년 동안 2배 정도의 증가에 그치고 있으며 1997년 이후에는 전혀 늘어나지 못하고 있는 실정이다. 에너지절약기술개발사업은 국가기본계획에 따라 2006년 기준 최종에너지의 10% 절감을 목표로 하고 있다. 에너지관리공단의 에너지절약기술개발사업 자료집(2001)에 따르면 에너지절약기술개발사업의 2006년 목표 에너지 절약량은 2천만 TOE가 된다. 그러나 현재의 정부지원금액 수준으로는 이러한 목표의 달성은 요원하다.

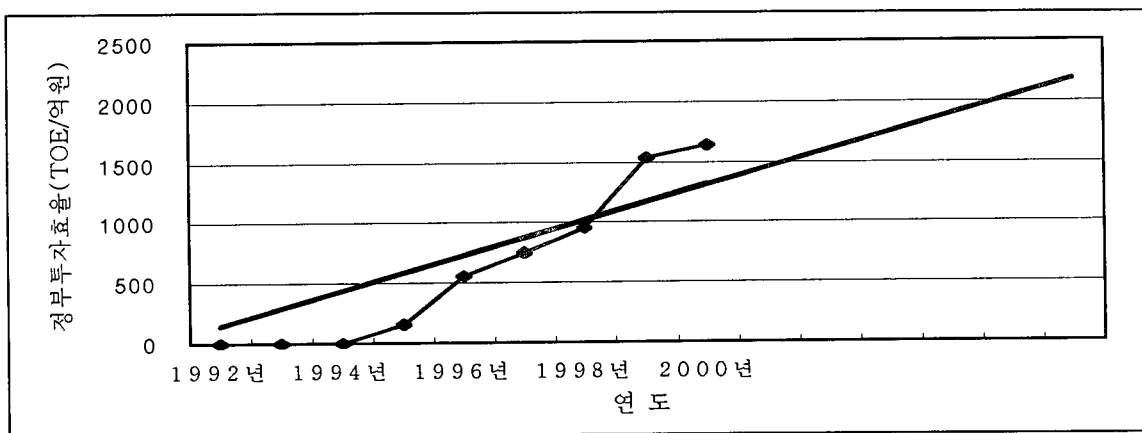
국가기본계획의 목표를 달성하기 위하여 필요한 정부투자재원의 규모를 개략적으로 알아보기 위하여 1992년부터 2000년까지의 투자효율 자료를 간단히

단순회귀분석하여 얻은 추세선([그림 5] 참조)을 이용하여 보았다. 예측 결과 2006년도 예상 정부투자효율은 2,183.3(TOE/억원)이 되며, 2002년도의 에너지절약기술개발사업 관련 정부투자 예산안인 185억원을 2006년 정부 투자로 예상한다면 2006년에 연간 절약 성과는 403,900TOE가 된다. 이는 에너지절약기술개발사업의 2006년 목표의 2%를 겨우 넘긴 양이다. 이를 역산해보면 2006년도 에너지절약 목표량인 2000만 TOE를 달성하기 위해 요구되는 정부 지원금은 9,160억원이 된다. 이는 2002년도 정부투자금액의 50배에 가까이 증가된 금액으로서, 정부의 에너지절약계획을 달성하기 위해서는 에너지절약기술개발사업에 투자되는 정부기금이 매우 큰 폭으로 증가하여야 함을 알 수 있다. 따라서, 본 사업의 정부투자분에 대한 파급효과의 증가를 감안할 때 정부는 에너지절약기술개발사업에의 지원금을 대폭 상향조정하여야 할 것이다.

앞서 본 바와 같이 R&D 투자의 효과는 투자 후 3-4년의 lag를 두고 발생하므로 2006년에 정부 지원금을 갑자기 증가시킨다해서 목표량을 달성할 수 있는 것이 아니므로 2006년까지 정부 지원의 꾸준한 증가

와 함께 에너지절약기술개발사업의 효율을 높이는 일도 필요하다. [그림1] 에서 볼 수 있듯이 과제별 에너지절감효과의 크기가 다양한데 이러한 과제별 효과 차이는 제품 대당 에너지 절약량에 원인이 있기보다는 상용화 정도와 제품 및 기술 수명 등에 원인이 있다. 따라서 과제 선정에 있어 기술 자체뿐 아니라 향후 상용화 가능성을 고려하는 것도 사업의 효율을 높이는 한 방안이 될 수 있을 것이다.

정부연구개발사업의 파급효과를 보다 더 분명히 산출하기 위해서는 본 연구에서 산출한 직접적인 파급효과 이외의 간접적인 효과와 상용화로 인하여 해당 기업과 기업이 속해 있는 산업의 매출 혹은 부가 가치의 증대에 기여하는 사적인 효과의 산정에 대한 연구와 더불어 성공하지 못한 기술개발과제의 파급효과산정에 대한 연구가 필요하다. 이러한 다양한 성과의 측정이 이루어진다면 에너지절약기술개발사업의 사적수익률(private rate of return)과 사회적 수익률(social rate of return)의 측정이 가능해지고 나아가 기술개발사업에 대한 사적 및 사회적인 비용-편익분석의 적용이 가능해질 것이다. 또한 외국 자료를 이용한 기술수명 및 대기오염배출계수 부분에 대한 한국



(그림 5) 연간 정부투자액 대비 에너지 절약량 비율 추세선

실정에 맞는 방법에 대한 추후 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- A. Markandya (1998) "The Indirect Costs and Benefits of Green house Gas Limitations", UNEP Collaborating Centre on Energy and Environment.
- C. A. Webber, et al. (2000) "Saving estimates for the Energy Star Voluntary labeling program," Energy Policy, 28, pp.1137-1149
- 강운영 외 (2000), 『기후변화협약 및 교토의정서 대응 전략 연구』, 에너지경제연구원
- 김인길 (1996), 『에너지절약시책 평가 모델 개발 연구』, 에너지경제연구원
- 김진오 (1997) 『에너지절약 기술개발사업의 성과분석 및 사후관리방안 연구』, 통상산업부/에너지경제연구원
- 배위섭 (2002), 『에너지 절약기술 개발사업 성과분석 연구』, 산업자원부
- 배위섭, 이영수, 허은녕 (2002) "에너지기술체계를 활용한 분야별 에너지절약기술개발사업 성과분석", 한국기술혁신학회 2002 춘계학술대회논문집.
- 산업자원부 (2000), 『집단에너지사업 산업단지 에너지원별 연료사용량 통계』
- 엄영숙 (1998), "대기오염이 건강에 미치는 영향에 대한 가치평가: 회피행위접근법을 사용하여", 환경경제연구 제7권 1호
- 에너지관리공단, 『에너지기술』, 2000년 에너지관리지 신년호 별책부록
- 에너지관리공단, 에너지기술개발사업 최종보고서
- 에너지관리공단, 『에너지절약기술개발사업자료집』, 1997~2001 연간 자료
- 이명균 (1998), "지구온난화의 경제적 영향", 자원경제학회지 제7권 2호
- 임재규 · 강운영 (2000), 『기후변화협약의 국내 산업 구조 및 국제 경쟁력 파급효과』, 에너지경제연구원
- 조준모 · 유완식 (1996), "이산화질소 배출에 의한 대기오염의 사회적 비용", 자원경제학회지 제6권 1호
- 통상산업부/에너지관리공단 부설 에너지자원기술개발지원센터 (1997) 『에너지절약기술개발사업 성과 자료집(1992 ~1996)』
- 한국환경정책평가연구소 (2002), 『대기오염으로 인한 사회적 피해비용』, KEI 보도자료
- 허은녕, 배위섭, 이영수 (2002) "국가기술개발사업의 파급효과분석 -에너지절약기술개발사업의 사례-", 한국기술혁신학회 2002 추계학술대회논문집.
- 환경부(2000), 『대기오염물질배출량』, 국립환경연구원.