

운송부문의 이산화탄소 배출량 전망과 저감방안에 관한 연구

1995. 12.

김 승 우
이 동 근
전 성 우

Korea
Environmental
Technology
Research
Institute

목 차

요약

I. 서론

1. 연구의 배경
2. 연구의 목적 및 내용

II. 모델의 기본 구조

1. AIM의 개요
2. AIM/KOREA의 구성
3. 운송부문의 AIM/KOREA
4. 필요 입력자료
5. 모델의 시물레이션절차
 - 5.1. 전체절차
 - 5.2. 기술선택

III. 시물레이션 대상기간 및 입력자료 내역

1. 시물레이션 대상기간
2. 입력자료의 내역
 - 2.1. 운송서비스의 분류
 - 2.2. 에너지원별 가격 및 이산화탄소 배출계수
 - 2.3. 에너지서비스량 및 에너지소비량
 - 2.4. 운송서비스 기술
 - 2.5. 입력자료의 한계

IV. 시물레이션 결과

1. BAU(business-as-usual) 시나리오
2. 시물레이션 결과
 - 2.1. BAU하에서의 이산화탄소 배출량의 추이
 - 2.2. 탄소세 부과 및 보조금 지급의 효과
 - 2.3. 승용차 10부제 시행의 효과
 - 2.4. 시물레이션 결과의 요약

V. 결론과 앞으로의 과제

참고문헌

부록 : 우리나라의 차량보유현황

표 목 차

- <표 1> AIM/KOREA 운송부문의 필요입력자료
- <표 2> AIM/KOREA의 기술선택조건
- <표 3> 운송부문의 에너지서비스 분류
- <표 4> 에너지원별 가격과 이산화탄소배출량
- <표 5> '92년도 운송부문의 에너지소비량 및 단위에너지소비량
- <표 6> 차량당 인·km/년 및 톤·km/년
- <표 7> 운송부문의 서비스기술
- <표 8> 운송부문의 장기 운송량전망 시나리오
- <표 9> BAU시나리오하의 운송부문 이산화탄소배출량 전망
- <표10> BAU시나리오하에서의 차종별 점유율의 변화
- <표11> 시나리오별 결과의 비교
- <표12> 1일 연료소비량의 변화
- <표13> 전국적인 10부제 실시에 따른 운송부문 이산화탄소배출량 전망
- <표14> 서울시의 10부제 실시에 따른 운송부문 이산화탄소배출량 전망
- <표15> 시나리오별 이산화탄소 배출량 저감효과

그림 목차

<그림 1> AIM모델의 구성

<그림 2> AIM 최종에너지소비모델의 구조

<그림 3> 운송부문 AIM/KOREA의 시물레이션 흐름도

<그림 4> BAU시나리오하의 운송부문 이산화탄소배출량 전망

<그림 5> 승용차 10부제 운행의 효과

요약

온실효과에 의한 지구온난화의 가능성이 점차 심화됨에 따라 우리나라에서도 기후변화에 대한 국가적인 대응책이 마련되고 있다. 온실효과에 가장 큰 영향을 미치고 있는 물질은 이산화탄소로서 본 연구에서는 운송부문에서의 이산화탄소 배출량저감을 위한 정책대안을 통합적인 시뮬레이션 모델을 통하여 평가하였다.

본 연구에서 이용된 시뮬레이션 모델은 일본의 국립환경연구소에 의해 개발된 AIM(Asia-Pacific Integrated Model for Evaluating Policy Options to Reduce GHG Emission and Global Warming Impacts)이다. 이 모델을 이용하여 다양한 세율에 의한 탄소세의 부과, 이산화탄소 저배출차량에 대한 보조금 지급, 승용차 10부제 운행제도 시행 등의 여러가지 정책시나리오하에서 새로운 에너지절약기술의 선택 메카니즘이 평가되었다. 본 연구의 결과는 다음의 3가지로 정리할 수 있다.

첫째, 기존차량에 비해 가격이 다소 비싸거나 동등한 에너지절약형 차량은 탄소세의 부과없이도 2005년에 가면 신규차량 전부를 대체할 것으로 전망된다. 이는 에너지절약형 차량 운행시 저감되는 연료비용이 에너지절약형 차량가격과 기존의 차량가격과의 차이보다 크기 때문에 가능하다.

둘째, 운송부문에서의 에너지 사용량은 앞으로 급격히 증가할 것으로 예측된다. 그러나 국제적으로 거론되고 있는 수준의 탄소세부과는 이산화탄소 배출저감에 기여하지 못하는 것으로 전망되었다. 반면에 승용차 10부제의 시행은 이산화탄소배출량의 급격한 증가를 크게 둔화시킬 수 있는 하나의 대안으로 제시되었으나, 보다 획기적으로 이산화탄소 배출량을 저감시키기 위해서는 전철이나 철도 등 대중교통수단의 비중확대와 소비자가 고효율 소형승용차를 선호하도록 유도하는 등의 더 광범위한 접근이 이루어져야 한다.

셋째, 높은 세율이 아닌 탄소세는 주어진 시나리오하에서 이산화탄소 배출량 저감효과가 전무하나 에너지절약형 차량, 특히 전기자동차의 구입자에게 탄소세에 의해 확보된 재원을 이용하여 보조금을 지급하는 것이 운송부문에서 이산화탄소배출량을 줄일 수 있는 하나의 대안으로 평가되었다. 그러나 국제적으로 고려되고 있는 수준의 탄소세율로 모든 신규차량구입자에게 보조금을 지급하기에는 그 재원이 크게 부족하다. 또한 이러한 형태의 보조금지급은 오염자부담의 원칙에 위배된다. 따라서 보조금은 전기자동차, 이산화탄소 저배출차량과 기타의 이산화탄소 배출삭감 기술 및 장비의 연구개발에 지급되어야 할 것이다.

I. 서론

1. 연구의 배경

지구온난화는 1990년대의 지구환경문제중 가장 시급히 대응하여야 할 과제의 하나이다. 실제로 지구온난화가 진행되고 있는가에 대한 과학적 규명노력은 2000년대까지도 계속될 것이나, 이미 1992년도의 브라질 리우회담에서는 기후변화에 대비한 국제적 노력의 결과로서 "기후변화협약(Framework Convention on Climate Change)"이 채택되었다. 이 협약이 앞으로 정식으로 발효되면 지구온난화의 속도를 늦추기 위한 국제규제수단으로서 기능할 것이다. 그러면 에너지집약도가 높은 산업의 경제성장과 수출에 대한 기여도가 높은 우리나라 경제는 또 한번의 시련을 겪게 될 것이다. 1980년도부터 1990년까지의 지구온실효과의 반 이상에 책임이 있는 이산화탄소의 우리나라 1992년도 배출량은 77.7백만 탄소톤(tonnes of carbon)으로서 전세계 국가중 배출량에 있어서 18위를 차지하였다. 2010년에의 이산화탄소 배출량은 1992년의 2.0배수준인 158.0백만 탄소톤으로 전망됨에 따라 배출량에 있어서 세계 10위권내로 진입할 것으로 예상된다(이회성, 1994). 따라서 지구온난화에 대비한 사회·경제적, 과학적 대응방안 수립은 그 어느 때보다도 절실히 요구되고 있으며, 이러한 차원에서 우리나라에서도 여러 정부출연 및 민간 연구기관과 기타의 관련기관 전문가들이 다양한 예방적 대응수단을 강구하고 있다.

예방적 대응수단으로서 경제적 수단이 고려될 때 가장 중요한 것이 각 수단의 비용효과성이며, 이러한 면에서 탄소세나 배출권 거래제도 등이 우선적으로 고려될 수 있다. 이같은 제도의 시행은 거시경제 및 국제무역에 미치는 영향이 지대하므로 최근에 많이 적용되고 있는 거시경제모델에 기초한 "상방하향 분석방법(Top down approach)"(Dean, 1993)이나 미시적 비용편익분석에 기초한 "하방상향 분석방법(Bottom up approach)"(Jogansson, 1993), 그리고 에너지 보전과 이산화탄소배출저감을 촉진시키기 위해 사용되는 정책수단들의 묶음을 지칭하는 "혼합정책(Mixed Bag approach)"(Lenstra and Bonney, 1993) 등에 대한 연구를 확대하고 각 정책수단들의 우선순위를 파악하여 선별적으로 정책을 시행하는 것이 바람직하다. 한편 이같은 대응방안 수립을 보다 합리적이고 정책적으로 수용가능성이 높게 하기 위한 하나의 노력이 "통합평가모델(integrated assessment model)"의 개발과 적용이다.

통합평가모델은 시뮬레이션에 의해 각종 경제활동에 따른 온실효과가스 배출, 대기중의 온실효과가스농도 증가에 의한 기후변화, 기후변화에 의한 자연환경·사회환경에의 영향 등 모든 과정을 통합해 각종 온난화대책효과를 종합적으로 평가 할 수 있다.

2. 연구의 목적 및 내용

운송부문에서의 이산화탄소배출량은 1990년 11.5백만 탄소톤, 1993년 17.2백만 탄소톤으로서 우리나라 이산화탄소배출총량의 약 20.9%와 24.5%를 각각 차지하는 이산화탄소의 주요 배출원이다(이회성, 1994). 따라서 본 연구는 운송부문에 있어서 이산화탄소 배출량을 전망하고 그 저감방안을 평가한다. 연구에 적용된 모델은 일본의 국립환경연구소에 의해 개발된 AIM(Asia-Pacific Intergated Model for Evaluating Policy Options to Reduce GHG Emmission and Global Warming Impacts)으로서 이 모델을 바탕으로 우리나라에 적용가능한 AIM/DOREA를 구축한다. 구체적으로는 탄소세부과가 에너지절약기술(이산화탄소 저배출차량)의 도입에 미치는 영향과 이산화탄소의 배출저감효과를 평가하고 아울러 에너지절약기술의 도입을 촉진시키기 위한 보조금 지급과 승용차의 10부제 운행제도 등의 정책대안을 분석한다.

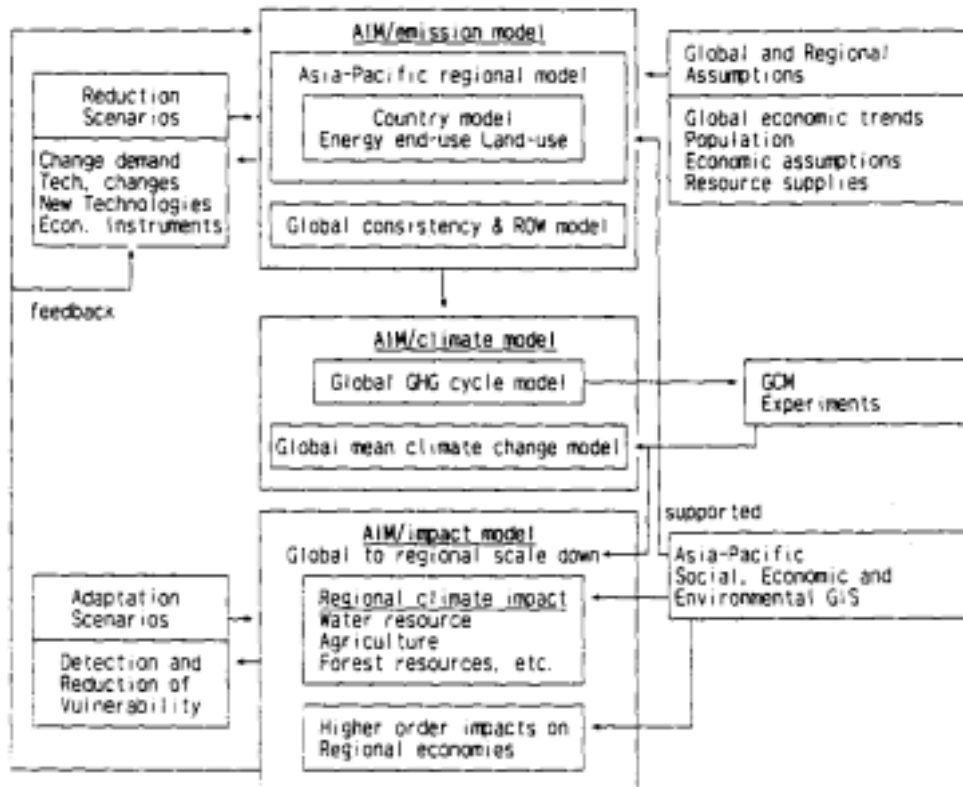
이를 위해 AIM의 에너지수요 모델을 우리나라의 경우에 수정·적용시키되, AIM의 배출모델(Emission Model) 만을 대상으로 한다. 이렇게 하여 개발된 모델은 기술선택, 에너지효율, 에너지서비스 수요, 관련 사회·경제적 변수, 에너지 소비량 및 이산화탄소 배출량의 변수관계를 시뮬레이션 할 수 있는 "최종에너지소비모델(Energy End-use Model)"로서 이를 본 연구에서는 AIM/KOREA라고 지칭한다. 그리고 이 모델을 이용해 첫째로 에너지 최종소비 측면에서 각종 에너지절약기술이 최종소비자에 의해 채택되는 조건을 탄소세 세율의 변동과 보조금지급 등에 대한 여러 시나리오하에서 분석한다. 또한 이산화탄소 저배출기술(차량)의 도입에 의해 이뤄지는 이산화탄소의 배출저감량을 전망하고 두 요인간의 상관관계를 분석한다. 마지막으로 승용차 10부제 실시의 이산화탄소 배출저감효과에 대해 분석한다.

II. 모델의 기본 구조

1. AIM의 개요

AIM은 일본국립환경연구소에서 개발한 대규모 시뮬레이션 모델로서(Morita et al., 1993) 아시아·태평양지역에서의 온실효과가스의 발생량과 그 배출량 저감방안, 그리고 지구온난화가 환경에 미치는 영향을 평가하는 것을 목적으로 한다(그림 1).

<그림 1> AIM모델의 구성



Source: Morita, T., Y. Matsuoka, M. Kainuma, K. Kai, H. Harasawa and D. K. Lee, 1994, *Asian-Pacific Integrated Model for Evaluating Policy Options to Reduce Greenhouse Gas Emissions and Global Warming Impacts*, p.3

AIM은 "상방하향모델(top-down model)"과 "하방상향모델(bottom-up model)"을 결합한 통합모델이며, 이는 다시 대상지역에 따라 지구모델과 지역모델로 구분할 수 있다. 또한 이 모델은 크게 "온실효과가스 배출모델(GHG emission model)", "기후모델(climate model)", 그리고 "영향평가모델(impact model)"의 3부분으로 구성되어 있다. 배출모델은 "최종에너지소비모델"과 "기술선택모델"로 세분되어 있다. 기후모델은 배출모델과 영향평가모델을 연결시키기 위해 개발된 모델이다. "지역물수지균형모델(spatial water balance model)", "생태연결모델(ecological matching model)", 그리고 "말라리아 분포모델(malaria distribution model)"로 이뤄진 영향평가모델은 기후변화에 의해 야기되는 가뭄과 홍수의 증가, 식생변화, 말라리아 확산 등의 영향을 평가하는데 이용된다.

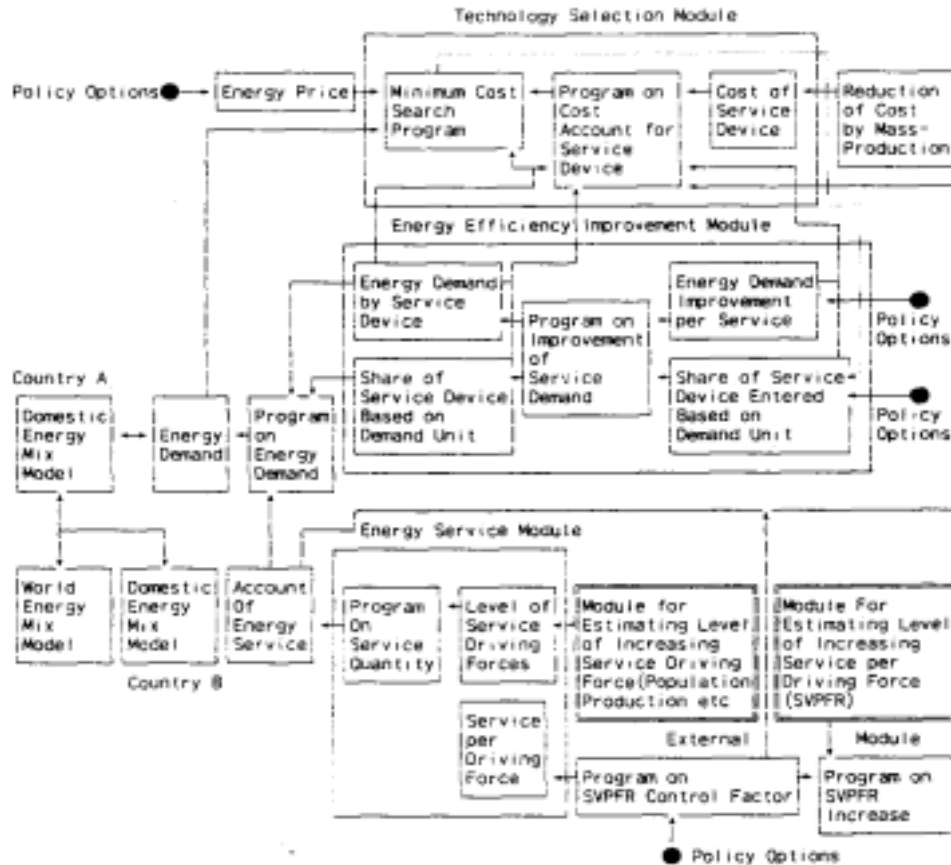
2. AIM/KOREA의 구성

AIM/KOREA는 AIM의 3가지 모델중 온실효과가스 배출모델(GHG Emission Model)의 일부로서 개발되어진 "AIM 최종에너지소비모델(End-use Energy Demand model)"을 우리나라에 적용시키기 위해 수정한 것이다. AIM/KOREA는 대상기술의 에너지효율성, 최종에너지소비량, 사용에너지의 가격, 이산화탄소배출량, 자본비용 등에 대한 자료를 바탕으로 에너지절약 메커니즘을 시뮬레이션 할 수 있다.

이 AIM/KOREA는 <그림 2>에 나타난 것과 같이 3개의 모듈로 구성되어 있다. 첫 번째 모듈은 에너지소비량을 각종 수요(에너지 서비스)별로 선정하는 "에너지서비스량 산출 모듈"이다. 이 모듈은 경제·사회의 제변수를 결정하는 외부모델 또는 소비형태의 변화, 경제활동실태, 생활방식, 그리고 기타의 주요경제변수를 반영하는 특정 시나리오에 의해서 에너지서비스 수요량(예를 들면 운송량 톤·km 또는 인·km)을 추정한다. 두 번째는 에너지효율 개선정도를 산정하는 "에너지효율 산출모델"이다. 끝으로 여러 에너지절약기술중 가장 비용효과적인 기술선택을 결정하는 "기술선택 모듈"이다.

AIM/KOREA는 소위 "하방상향모델"로서 에너지가격변화에 의한 기술대체와 이에 따른 에너지소비량 변화를 산정하여 이산화탄소배출량을 추정한다. 따라서 이산화탄소배출저감을 위한 개별 정책의 유효성을 구체적으로 평가하는 것이 가능하다. 또 에너지수요모델에 에너지절약기술선택모델을 연결시켜 분석함으로써 개별 기술의 시장도입 정도와 에너지효율개선의 효과에 대한 예측을 가능하게 한다. 나아가 이 모델은 이미 완성되어 있는 AIM세계모델과 연결시킬 수 있으므로 앞으로 지역 또는 지구 모델의 일부분으로서 활용될 수 있다. AIM/KOREA는 모델링의 최종단계에서 "상방하향모델"과 연결시킬 수 있고, 따라서 통합모델하에서 에너지 절약기술의 가격변화와 에너지형태의 구조를 내생적으로 결정할 수 있다.

<그림 2> AIM 최종에너지소비모델의 구조



자료: Morita, T., Y. Matsuoka, M. Kainuma, K. Kai, H. Harasawa and D. K. Lee, 1994, *Asian-Pacific Integrated Model for Evaluating Policy Options to Reduce Greenhouse Gas Emissions and Global Warming Impacts*, p.4

3. 운송부문의 AIM/KOREA

AIM/KOREA는 산업부문(철강업, 시멘트공업, 석유화학공업), 가정부문, 상업부문, 운송부문 등 모든 부문을 포함하고 있으나, 본 연구는 운송부문에 한정된다. 운송부문에서는 여객운송과 화물운송 별로 에너지서비스량이 먼저 추정되고, 이에 따라 기술선택이 결정되며, 마지막으로 에너지소비량과 이산화탄소배출량이 추정된다.

4. 필요 입력자료

운송부문을 시뮬레이션하는데 있어서 필요한 자료는 <표 1>과 같이 요약된다.

<표 1> AIM/KOREA 운송부문의 필요입력자료

구 분	데이터 내역
에너지소비량	차종별 에너지 소비량
단위에너지서비스당 에너지소비량	에너지소비량/에너지서비스
에너지서비스기술	차종별 사용기간, 가격, 에너지효율, 에너지원
에너지서비스량	톤 · km, 인 · km
이산화탄소 배출계수	에너지원별 이산화탄소 배출계수

본 모델의 시뮬레이션에 입력되는 에너지원에 대한 자료는 대상이 되는 연료별 발열량, 가격, 이산화탄소배출계수 등이다. 에너지서비스는 에너지소비에 의해 발생하는 물리적 효용을 가리키며 그 단위는 에너지소비형태에 따라 정의된다. 운송부문에서는 사람 혹은 화물을 운반하는 운송량 즉, 인 · km, 톤 · km가 된다.

한편 에너지를 소비하는 기기 및 장치를 에너지서비스기술로 정의하며 운송부문에서는 승용차, 버스, 기차, 비행기 등이 해당된다. 따라서 앞으로 언급되는 "서비스기술"은 대부분이 승용차, 트럭 등의 차량을 가리키는 것으로 보면 무방하다. 서비스기술에 관련된 자료로서는 초기비용(차량구입비용), 각 연도별 운행차량대수, 에너지사용량, 타차량의 에너지소비량과 비교했을 때의 에너지소비절약량, 차량의 이용년수(내구년수), 차량별 시장점유율, 각 차량모델의 시장도입 및 퇴거년도 등이 요구된다.

5. 모델의 시뮬레이션절차

5.1. 전체절차

AIM/KOREA의 전체적인 시뮬레이션은 다음의 절차에 따라 실행된다.

① 외부시나리오(국가전망치)에 의해 에너지서비스량(운송량)을 산출한다. 기준년도의 에너지서비스량은 실제의 에너지소비량에 의해 책정되고 미래의 에너지서비스량은 외

부시나리오에 의해 결정된다.

② 에너지서비스를 충족시키기 위해 신규 또는 기존의 서비스기술이 선택된다. 이때 신규(이산화탄소 저배출차량) 또는 기존 서비스기술의 선택은 최소비용원칙에 의한다.

③ 선택된 서비스기술을 가동시키는데 필요한 에너지소비량을 계산한다.

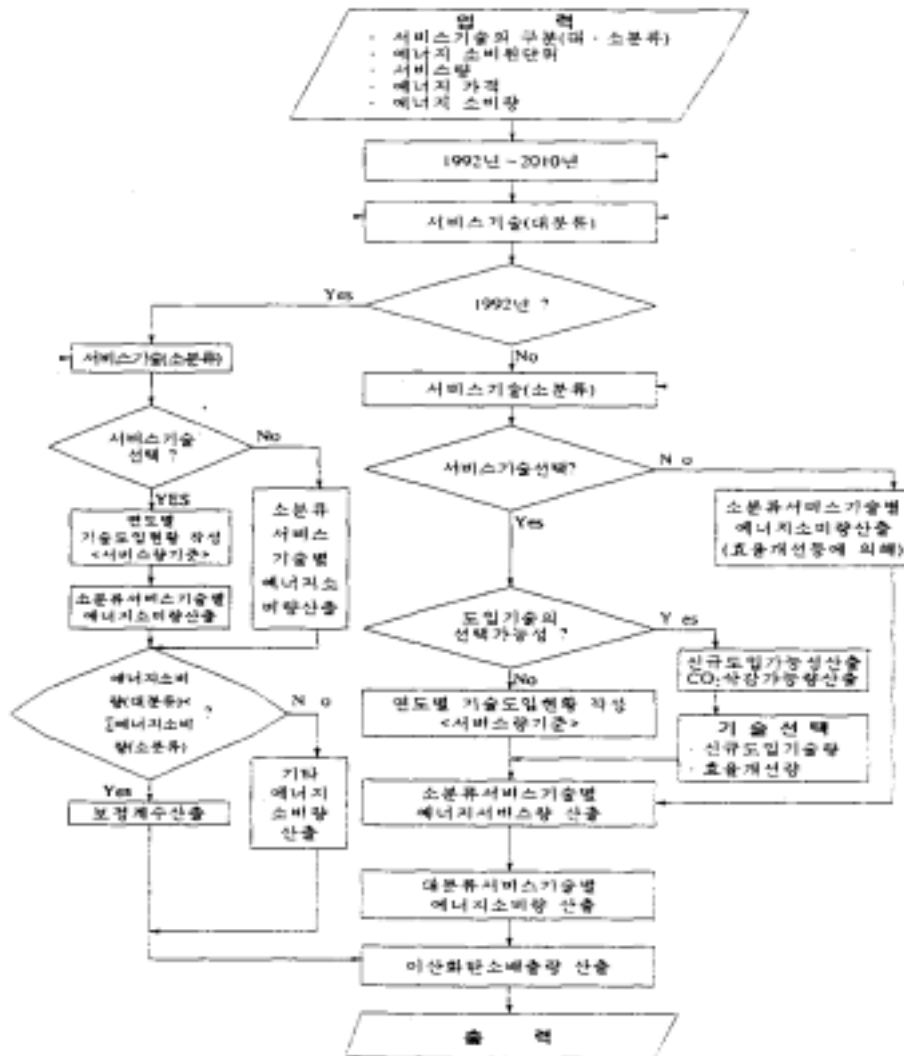
④ 이상에서 구해진 연료종류별 에너지소비량을 기초로 해 이산화탄소 배출량을 추정한다. 동시에 에너지절약형 기술의 도입현황, 즉 연도별 기존기술과 새로운 에너지절약형 기술의 도입상태를 수치로 계산한다.

이상의 절차를 컴퓨터 흐름도로 나타내면 <그림 3>과 같다. <그림 3>에서 대분류 및 소분류 서비스기술의 구분내용은 다음 장의 <표 5>에서 제시되고 있다.

5.2. 기술선택

다른 통합평가모델과 비교하였을 때 AIM의 주요 특성중의 하나는 구성모듈중 "기술선택모듈"의 존재이다. 기술선택의 기준은 그 시점에서 이용하고 있는 기술이 교체시기가 된 경우, 즉 내구년수가 종료된 경우와 교체시기가 아직 되지 않은 경우에 따라 상이하다. 이용되고 있는 기술의 내구년수가 종료되었을 때 소비자는 서비스수요를 충족시키기 위해 다시 기존기술을 도입할 것인지 아니면 가격은 비

<그림 3> 운송부문 AIM/KOREA의 시뮬레이션 흐름도



자료: Morita, et al., 1994, *An Energy-technology Model for Forecasting Carbon Dioxide Emissions in Japan*, F-64-'94/NIES, p.13

싸지만 에너지절약형(이산화탄소 저배출형)인 기술을 도입할 것인지를 결정하게 된다. 이를 위해 AIM에서는 기술도입의 초기비용(구입비용)과 연료·유지비용의 합을 기존기술과 에너지절약형 기술간에 비교하여 적은 비용의 기술을 선택한다. 서비스수요량의 증대에 따라 신규로 기술을 추가 구입하는 경우에도 동일한 논리가 적용된다. 한편 현재 이용되고 있는 기술의 교체시기가 아직 도달되지 않았을 때에는 기존의 기술을 전혀 새로운 기술로 전체 개량하는 경우와 기존기술과 동일한 기술로 부분개량하는 경우를 생각할 수 있다. 예를 든다면, 차체는 그대로 유지하되 엔진만을 새로운 연소방식의 엔진으로 바꾸는 것은 전체개량으로 볼 수 있고, 동일한 엔진으로 교체하는 것은 부

분개량의 예로 간주할 수 있다. 부분개량의 경우 기존기술의 잔존사용년수는 변함이 없다. 그러나 어떤 경우에도 기술개량에 필요한 비용이 기존기술에 의한 에너지절약비용보다 적은 경우만 기술이 교체되거나 개량된다(Morita, et al., 1994). 각각의 경우들은 <표 2>와 같이 요약될 수 있다.

<표 2> AIM/KOREA의 기술선택조건

사 례 구 분		조 건	선 택 결 과
기술교체시기도래		$(F_A + E_A) \leq (F_B + E_B)$	기술A선택 반대의 경우 기술B선택
기술교체시기도래	전체개량	$E_A \leq (F_B + E_B)$	기술A선택 반대의 경우 기술B선택
	부분개량	$E_A \leq (\Delta F_B + E_B)$	기술A선택 반대의 경우 기술B선택

주 : F: 연간고정비용, E: 연간연료비용, A: 기존기술, B: 에너지절약형 기술,
 ΔF_B : 개량비용

AIM에는 이와같은 기술선택과정이 포함되어 있기 때문에 탄소세부과나 보조금지급을 모델에 도입하면 기술선택이 변화하고 그 결과로서 에너지소비량과 이산화탄소배출량이 결정된다. 예를 들면 탄소세가 도입되면 에너지가격이 상승하고 에너지절약에 의한 연료절약비용이 증가하기 때문에 비교적 가격이 높은 에너지절약기술이 도입되게 된다. 그리고 보조금을 지급하면 에너지절약기술의 초기비용이 낮아지므로 다소 초기비용이 비싼 기술도 도입될 수 있다.

AIM은 에너지서비스를 충족시키는 서비스기술의 선택시에 각 기술의 초기구입비용, 연료비용, 탄소세 등의 기술도입에 수반되는 총비용을 비교하여 최소비용의 기술을 선택한다. 이러한 기술선택은 단순한 최소비용의 원칙에 기초한 것으로서 몇가지 실증적인 제약점을 갖고 있다(Morita, et al., 1994).

우선 소비자가 기술선택을 하는데 있어서 기술선택에 관련된 정보의 불완전성, 미래의 에너지가격 변화의 불투명, 기술진보에 대한 기대 등은 기술선택에 있어서 미래의 할인율을 증가시키고 따라서 상대적으로 현재가치의 손실폭이 적은 저에너지효율기술의 선택을 촉진시킨다. 松橋등(1991)은 일본의 산업부문에 있어서 에너지절약설비투자에 대한 미래할인율을 투자회수년수로 추정한 바 있는데 2년정도로 추정되었다. 이러한 높은 할인율은 미국과 유럽에 있어서도 공통된 현상으로서 미국의 에너지집약형산업에 있어서는 2년이하(ASE, 1983), 그리고 IEA조사에서는 1-5년 정도를 투자회수년수로 추정하고 있다(IEA, 1987).

또한 에너지서비스의 수익자와 부담자가 일치해 선택기준이 경제성만으로 충분하다

고 해도 많은 행태적 장애가 남는다. 소비자가 차종을 선택할 때 최소비용의 원칙 적용 보다는 엔진파워, 안전성, 외관 또는 비이성적인 선택행동에 관련된 개인적인 선호도에 따라 차종을 선택할 수 있다. 경제적 효율성기준의 비현실적인 문제점은 그 기준의 확장에 의해 극복될 수 있으며, 새로운 사회경제적변수의 도입에 의해 그 괴리를 줄일 수 있다. 궁극적으로는 기술선택에 있어서의 제도적·행태적 문제점을 규명하고 극복하기 위해서는 이러한 요인들과 의사결정간의 상관관계를 체계적으로 분석할 수 있는 미시적 모델의 개발이 필요하다.

Ⅲ. 시뮬레이션 대상기간 및 입력자료 내역

1. 시뮬레이션 대상기간

본 연구에서는 AIM시뮬레이션은 1992년을 기준년도로 하여 1년 단위로 2010년까지 시행한다. 1992년 - 2010년기간을 대상기간으로 한 것은 자료의 이용가능성과 관련되는 에너지절약기술의 예측가능성에서 비롯되었다.

우선 1992년도를 기준년도로 설정한 것은 자료의 이용가능성을 고려한 것이다. 우리나라에서는 3년에 한번씩 에너지센서스 조사가 실시되고 있고, 가장 최근의 조사는 1992년을 대상으로 하였다. AIM에 적용시킬 수 있는 운송부문의 에너지소비량에 대한 자료로서는 에너지센서스 조사가 가장 자세한 정보를 제공하고 있다.

2010년까지의 기간설정은 관련 에너지절약기술의 발전정도와 사용기간 등을 고려하여 결정한 것이다. 현재 사용되고 있는 자동차의 사용년수가 대부분 약 7-9년이므로, 현 수준의 기술은 2000년을 전후하여 사용되지 않을 것이며, 다음수준의 기술이 사용된 자동차가 시장에 도입될 것이다. 또한 한단계 진보된 기술이 도입된 자동차 또한 사용년수가 약 10년을 전후할 것이므로, 이러한 관점에서 대상기간을 2010년으로 한정하였다. 물론, 대상기간을 더 확대한 시뮬레이션도 가능하나, 현재로서는 그때 당시 도입될 자동차에 대한 정보가 없으므로 시뮬레이션과의 불확실성이 높아질 것이다.

따라서 현재 수집가능한 자료의 한계내에서 현실적인 결과를 도출하기 위해서 1992년부터 2010년까지를 시뮬레이션 대상기간으로 설정하였다.

2. 입력자료의 내역

2.1. 운송서비스의 분류

운송부문의 에너지서비스는 크게 여객운송과 화물운송으로 분류할 수 있고 본 분석에서는 이 분류를 다시 차량엔진의 크기(즉 서비스의 크기), 용도, 에너지원단위 등을 감안하여 분류하였다. 또한 기술선택의 유무는 비교적 기술개발이 많이 진행되어 있는 자가용과 버스, 트럭의 신기술자료를 조사하여 기술선택이 이루어질 수 있도록 하였다. 이를 정리하면 <표 3>과 같다.

<표 3> 운송부문의 에너지서비스 분류

에너지서비스 구분	기술선택 유무	에너지서비스 구분	기술선택 유무
1. 1500cc이하 승용차	○	12. 해상(국내여객)	×
2. 1500-2000cc 승용차	○	13. 항공(국내여객)	×
3. 2001cc이상 승용차	○	14. 1.0톤 이하 트럭	○
4. 1500cc이하 택시	○	15. 1.1-3.0톤 트럭	○
5. 1501cc이상 택시	○	16. 3.1-5.0톤 트럭	○
6. 지프	○	17. 5.1-8.0톤 트럭	○
7. 15인 이하 자가용 버스	○	18. 8.1-12.0톤 트럭	○
8. 16인 이상 자가용 버스	×	19. 12.1톤 이상 트럭	○
9. 16인 이상 영업용 버스	○	20. 철도(화물)	×
10. 철도(여객)	×	21. 해상(국내화물)	×
11. 지하철	×	22. 항공(국내화물)	×

2.2 에너지원별 가격 및 이산화탄소 배출계수

에너지원에 관련된 주요 자료는 대상이 되는 연료종류별 발열량, 가격, 이산화탄소배출계수 등이다. 이용되는 자료는 <표 4>에 제시되고 있다. AIM/KOREA는 최종적으로 상방하향모델과 결합되어 기술비용과 에너지소비행태의 변화가 내생적으로 결정될 수 있으나 본 연구에서는 하방상향모델을 적용하므로 1992년 기술비용, 연료가격 및 CO₂ 배출원단위는 장래에도 변화하지 않는 것을 전제로 한다. 이 가정은 전술한 바와 같이 상방하향모델과 결합되는 시점에서 개선될 수 있다.

<표 4> 에너지원별 가격과 이산화탄소배출량

	연료(단위)	평균발열량 (Kcal/unit)		가격(1990)		단위당 CO ₂ 배출계수(g-C/Kcal)	
		한국	일본	₩/kcal	¥/kcal	한국	일본
1	Imported Coal(kg)		6,200		0.00116	0.10802	0.10422
2	Anthracite(kg)	4,500		0.00905		0.10802	
3	Bituminous(kg)	6,600		0.00518		0.10802	
4	Fire Wood(kg)	4,500				0.10802	
5	Cokes(kg)	6,500	7,200	0.01280	0.00337	0.10802	0.10612
6	Furnace Gas(m ³)		2,000		0.00337		0.10612
7	Gasoline(l)	8,300	8,400	0.04494	0.01321	0.08164	0.077658
8	Kerosene(l)	8,700	8,900	0.02138	0.00481	0.08374	0.07775
9	Diesel(l)	9,200	9,200	0.01946	0.00662	0.08457	0.07839
10	Bunker-C(l)	9,900	9,800	0.00857	0.00259	0.08834	0.08180
11	Bunker-A(l)	9,400		0.01384		0.07201	
12	Bunker-B(l)	9,700		0.01075		0.07201	
13	Other Pet(l)		10,100		0.01321		0.07737
14	LPG(kg)	12,000	12,000	0.03458	0.00730	0.08374	0.06883
15	Gas(m ³)		10,000		0.01071		0.05639
16	Butane(kg)	11,800		0.02458		0.08374	
17	Town Gas(kg)	10,500		0.02713		0.06406	
18	LNG(m ³)	13,000		0.01157		0.07913	
19	Solar Heat						0
20	Electric.(Res;Kwh)	860	860	0.03570	0.02894	0.12128	0.12128
	Electric.(Com;Kwh)	860	860	0.06337	0.02000	0.12128	0.12128
	Electric.(Ind;Kwh)	860	860	0.04384	0.01538	0.12128	0.12128
21	Steam(kg)		639		0.02758		-
22	Jet Oil(l)	8,700	8,700	0.01877	0.00777	0.08457	0.07665
23	JP-4(l)		8,500		0.00220		0.10612
24	Naphtha(l)	8,000	8,000	0.01060	0.00289	0.08374	0.07605
25	Crude Oil(kg)	10,000	9,250	0.01102	0.00220	0.08374	0.07811
26	Limestone						0.00001
27	Waste Heat				0.00000		

자료: KEEI 내부자료, Morita, et al., 1994

2.3. 에너지서비스량 및 에너지소비량

<표 5>는 에너지서비스의 구분에 따른 에너지소비량과 단위에너지소비량(kcal1인 · km, kcal/톤 · km)을 에너지원별로 나타낸 것이다. 각 자료칸의 상단에 기

<표 5> '92년도 운송부문의 에너지소비량 및 단위에너지소비량

(상단: 10⁹Kcal, 하단: Kcal/인·톤·km)

서비스기술의 구분		가솔린	경유	중유	LPG	전력	제트유	대상서비스량
대분류	소분류							
자가용	1. 소형- (1500cc미만)	26,712.0 603.3	-	-	-	-	-	인·km
	2. 중형 (1500cc이상-2000cc미만)	11,442.6 789.5	-	-	-	-	-	
	3. 대형 (2000cc이상)	1,708.1 1,039.1	-	-	-	-	-	
영업용	4. 소형 (1500cc 미만)	-	-	-	2,754.7 168.3	-	-	
	5. 중형 (1500cc이상)	-	-	-	10,952.5 200.9	-	-	
지프	6. 지프	-	2,068.1 1,124.8	-	-	-	-	
버스	7. 15인 이하	자가용	-	8,532.7 195.9	-	-	-	
	16인 이상	8. 자가용	-	2,394.6 76.7	-	-	-	
		9. 영업용	-	16,921.4 69.5	-	-	-	
철도(여객)	철도(여객)	10. 철도여객	-	1,652.6 69.6	-	-	-	
		11. 지하철	-	-	-	754.3 30.3	-	
여객선	12. 여객선	-	-	776.9 1,479.8	-	-	-	
항공(여객)	13. 항공(여객)	-	-	-	-	-	3,985.3 761.6	
화물	14. 1.0톤이하	-	29,998.3 2,566.4	-	-	-	-	톤·km
	15. 1.0초과-3.0톤이하	-	10,076.4 1,327.7	-	-	-	-	
	16. 3.0초과-5.0톤이하	-	6,495.2 841.0	-	-	-	-	
	17. 5.0초과-8.0톤이하	-	1,897.7 374.4	-	-	-	-	
	18. 8.0초과-12.0톤이하	-	2,790.7 181.6	-	-	-	-	
	19. 12.0톤초과	-	386.5 204.6	-	-	-	-	
철도(화물)	20. 철도(화물)	-	1,424.9 100.0	-	-	-	-	
내항해운	21. 내항해운	-	-	4,957.0 137.8	-	-	-	
항공(화물)	22. 항공(화물)	-	-	-	-	-	28.5 303.2	

자료 : 상공자원부(1993), 「1993년도 에너지총조사보고서」

록된 수치가 서비스기술별 열량으로 환산된 총에너지소비량이고, 하단에 기록된 수치가 운송량단위당 에너지소비량이다. 이용된 에너지센서스의 자료는 TOE(Tonnes of Oil Equivalent)에 의한 것으로 열량(kcal)에 의한 에너지소비량으로 자료를 환산하였다. 1TOE는 10⁷kcal이다.

서비스기술의 대분류는 운송수단의 매체(육상, 해상, 항공)와 운송수단의 형태에 따라 이뤄졌고, 소분류는 대분류를 차량 엔진배기량규모와 운송량규모에 따라 세분한 것이다. 단위에너지소비량은 1992년도의 각 계층별 총에너지사용량과 차량대수, 연간주행거리, 평균승차인원(평균적재톤수)를 이용하여 다음과 같은 방법에 의해 산출하였다.

$$\text{단위에너지소비량} = \frac{\text{총에너지사용량}}{\text{차량대수} \times \text{년간주행거리} \times \text{평균승차인원(평균적재톤수)}}$$

에너지서비스의 소분류에서는 '영업용 15인이하 버스'대수가 매우 적어 이를 16인 이상의 영업용버스대수에 포함시켰다. 16인 이상의 영업용버스는 시외, 시내, 전세, 장의 차량의 4가지로 구분되어 있으나, 자료가 미비한 관계로 이를 단순히 산술평균하여 계산한 수치이다. 차량의 구분에는 특수용도차가 포함되어야 하나 에너지소비 자료가 없는 관계로 이를 분석의 대상에서 제외하였다.

기술선택이 이루어질 각 에너지서비스의 구분에 따른 단위당에너지서비스량(연간 인·km 및 톤·km)은 <표 6>에 요약되어 있다. 이 자료는 에너지센서스자료에 기초한 것이다.

차량당 인·km/년 및 톤·km/년은 기존기술(차량)의 경우 1992년 자료를, 신형(이산화탄소 저배출차량)은 1992년도의 차량별 총 에너지 소비량과 차량운행대수를 이용하여 아래와 같은 방법으로 계산하였다(차량대수 자료에 대한 자세한 내용은 부록에서 제시되고 있다). <표7>에서 신형모델은 기존모델의 엔진 및 차체 등을 개량하여 에너지효율(연비)을 크게 향상시킨 차량을 가리킨다.

$$\text{차량당 인, 톤} \cdot \text{km/년} = \frac{\text{총에너지소비량(Kcal)}}{\text{단위에너지소비량} \times \text{총차량대수} \times \text{평균승차인원(적재량)}}$$

이 식에서 단위에너지소비량은 <표 5>의 자료칸의 하단에 기록된 수치가 직접적으로 적용된다.

<표 6> 차량당 인 · km/년 및 톤 · km/년

	가용모델	신 형	평균승차인원·적재량('92) (인, 톤)
1. 1500cc이하 승용차	16,828.8	19,607.1	1.0
2. 2000cc이하 승용차	20,338.4	21,408.8	1.0
3. 2001cc이상 승용차	22,748.0	23,945.3	1.0
4. 1500cc이하 택시	131,973.7	153,321.1	4.0
5. 1501cc이상 택시	86,592.5	88,399.2	4.0
6. 제프	22,327.7	25,087.3	1.0
7. 15인 이하 자가용 버스	24,688.4	25,987.8	4.5
8. 16인 이상 자가용 버스	26,724.9	31,270.8	27.2
9. 16인 이상 영업용 버스	184,508.1	195,625.5	27.2
14. 1.0톤 이하 트럭	25,880.1	26,680.6	0.5
15. 1.1-3.0톤 트럭	29,156.6	30,058.4	1.5
16. 3.1-5.0톤 트럭	33,783.0	34,827.8	3.3
17. 5.1-8.0톤 트럭	42,137.5	43,440.7	4.1
18. 8.1-12.0톤 트럭	45,403.7	46,808.0	8.6
19. 12.1톤 이상 트럭	52,934.5	54,571.7	14.4

자료: 에너지센서스(1992), 교통신문

2.4. 운송서비스 기술

운송서비스기술에는 엔진제작, 배기가스장치, 동력전환장치 등에 관계된 많은 기술이 존재하나 여기서 뜻하는 기술은 차량전체를 가리킨다. 따라서 에너지절약과 이산화탄소의 배출저감을 위한 기술비용은 차량전체에 투입되는 기술비용의 일부이나 이러한 기술은 별도로 구입되어 장착될 수 없다는 가정하에 에너지절약과 이산화탄소 배출저감에 관련된 기술비용을 차량전체에 관련된 비용으로서 분석한다. 이같은 접근방법에 따라 각 서비스기술 차량의 고정비용은 다음과 같은 방법으로 산출하였다.

$$\text{고정비용} = \frac{\text{차량명목가격}}{\text{인, 톤} \cdot \text{km/년}}$$

작성된 자료는 <표 7>에서 보여주고 있다. 각 차종의 대표차종은 기준년도와 그 이전에 가장 많이 판매된 차량들로 선정되었으며, <표 7>의 차량유형 번호순서에 따라 엑셀, 소나타, 그랜저, 스텔라 소형, 스텔라 중형, 코란도, 베스타, 현대 A/City 540 버스, 봉고, 기아 2.5톤, 기아 라이노 5톤, 현대 8톤 카고, 현대 11톤 카고, 현대 15톤 덤프

등이다. 소분류 서비스기술은 크게 기존형, 신형, 전기자동차, 저공해차의 네가지로 분류하였으나, 소형자가용, 15인 이하의 버스를 제외하고는 자료수집의 한계 및 현 기술 수준의 제약에 의해 기존형, 신형만으로 분류할 수 있었다. 이미 제작되어 운행되어 있는 기존의 연소방식에 의한 차량은 기존형으로 분류하였고, 동일한 연소방식을 채택하고 있으나 처음출시된 모델의 외관 및 엔진의 교체에 의해 기존형보다 에너지효율을 크게 향상시킨 자동차는 신형으로 분류하였다(<표 6>의 정의와 동일). 저공해차는 사용하는 연료와 연소방식이 기존형이나 신형과 다른 자동차를 나타낸다.

에너지소비량의 계산에 있어서는 기존모델차량은 '92년도 에너지센서스의 자료에 기초하였으나, 에너지절약형(또는 고연비) 신형모델의 경우는 소형·중형·대형자가용은 정부공인연비를, 소형영업용은 자동차산업의 중장기발전계획의 일환으로 수립되었던 X-5 Project에서 제시하고 있는 '94년도까지의 14% 연비향상율을 '92년도 실적치에 적용하였으며, 중형영업용은 버스와 함께 5% 연비향상율을 '92년도 실적치에 적용하였다. 또한 트럭차종은 3%의 연비향상을 가정하였고, 지프는 약 11%의 연비향상을 가정하였다.

전기자동차(소형)는 '94년도 7월에 기아자동차(주)에서 프라이드급 전기자동차를 개발하여 18,300,000원에 시판한 바 있으나, 정확한 에너지소비량이 발표되지는 않았다. 따라서 관계전문가에 문의하여 에너지효율자료를 작성하였다. 15인이하 버스중 전기자동차에 대한 자료는 가격은 기아자동차(주)가 개발한 베스타전기차의 가격을 적용하였으나(판매가격이 기존 베스타가격의 약 4배) 에너지효율 자료는 존재하지 않아서 일본의 자료를 적용하였다. 소형자가용중 저공해차(1)은 현대자동차(주)가 개발한 가솔린과 에탄올 혼소엔진 소형승용차로서 상용화는 되지 않았으나, 회사

<표 7> 운송부문의 서비스기술

대분류 서비스기술	소분류 서비스기술	사용 년수	고정비용 (가격) (원/년)	단위에너지 소비량 (kcal/인·km, 톤·km)	연료종류	시장판매		'92 도입 현황 (%)
						건입	퇴거	
1. 소형자가용 (1500cc미만)	기존형	7	255.9	603.3	가솔린	1986	1992	100
	신형	7	250.9	593.2	가솔린	1992	2010	0
	전기자동차1	7	858.9	95.33	전기	2000	2010	0
	저공해1	7	276.0	343.0	가솔린:에 탄올=4:1	2000	2010	0
	저공해2	7	369.5	573.2	메탄올	2000	2010	0
2. 중형자가용 (1500~2000cc미만)	기존형	7	539.4	789.5	가솔린	1986	1992	100
	신형	7	541.8	750.1	가솔린	1992	2010	0
3. 대형자가용 (2000cc이상)	기존형	8	966.7	1,039.0	가솔린	1986	1992	100
	신형	8	1,040.0	987.1	가솔린	1992	2010	0
4. 소형영업용	기존형	7	44.2	168.3	LPG	1986	1992	100
	신형	7	34.6	144.8	LPG	1992	2010	0
5. 중형영업용	기존형	7	89.4	200.9	LPG	1986	1992	100
	신형	7	77.5	190.9	LPG	1992	2010	0
6. 지프	기존형	8	635.6	1,125.0	경유	1986	1992	100
	신형	8	597.9	1,001.0	경유	1992	2010	0
7. 15미 이하버스	기존형	7	295.6	195.9	경유	1986	1992	100
	신형	7	330.2	186.1	경유	1992	2010	0
	저공해	7	414.4	203.1	메탄올	2000	2010	0
	전기자동차1	7	1,667.0	30.4	전기	2000	2010	0
9. 16인이상 버스(영업용)	기존형	10	191.0	69.0	경유	1986	1992	100
	신형	10	184.0	65.6	경유	1992	2010	0
14. 1.0톤이하 트럭	기존형	10	160.6	2,566.0	경유	1986	1992	100
	신형	10	206.4	2,489.0	경유	1992	2010	0
15. 1.0~3.0톤 트럭	기존형	10	245.6	1,328.0	경유	1986	1992	100
	신형	10	264.2	1,288.0	경유	1992	2010	0
16. 3.0~5.0톤 트럭	기존형	10	415.7	841.0	경유	1986	1992	100
	신형	10	439.9	815.8	경유	1992	2010	0
17. 5.0~8.0톤 트럭	기존형	10	539.9	374.4	경유	1986	1992	100
	신형	10	541.0	363.2	경유	1992	2005	0
18. 8.0~12.0톤 트럭	기존형	10	812.1	181.6	경유	1986	1992	100
	신형	10	803.3	176.2	경유	1992	2010	0
19. 12.0톤초과 트럭	기존형	10	908.9	204.6	경유	1986	1992	100
	신형	10	907.1	198.5	경유	1992	2010	0

측은 기존차량보다 10%의 에너지효율 향상을 이뤘다고 제시하고 있다. 따라서 <표 7>에서 제시하고 있는 에너지효율은 실측치에서 10% 향상을 이룬 것으로 작성하였다. 메탄올소형승용차의 자료는 현재 현대자동차(주)에서 브라질에 수출하고 있는 메탄올스 쿱에 기초한 것으로서 국내에서는 판매가 되고 않은 상황이며, 기존차량의 실제 에너지 효율보다 5%의 에너지효율 향상을 적용하였다. 트럭의 에너지소비량은 자료제약으로

인해 자가용 트럭의 에너지소비량을 기준으로 산출한 것이다.

고정비용은 명목가격에 의한 것이고, 각 대표차종의 출시이후의 평균가격을 적용하였으나, 버스, 지프, 8톤 이상 트럭의 가격은 과거의 가격자료가 없는 관계로 '94년도 가격을 적용하였다. 각 자동차제작회사의 담당자 의견에 따르면 대형트럭이나 버스의 가격은 특별한 사양이 첨가되지 않는 한 80년대 중반이후 거의 가격변화가 없었다고 한다. 가솔린과 에탄올 혼합의 경우는 가솔린의 배출계수를, 메탄올의 경우는 LPG의 배출계수를 이용하여 이산화탄소배출량을 추정하였다.

2.5. 입력자료의 한계

AIM이 요구하는 형태의 자료는 많은 경우에 현재 우리나라에 존재하지 않고 있다. 따라서 본 연구는 필요한 자료를 여러 가지 가정과 기존자료의 수정에 의해 작성하였다. 이러한 자료의 한계를 정리하면 다음과 같다.

각 차량의 연비나 에너지소비량 자료에 있어서 승용차의 경우는 정부가 에너지효율을 발표하고 있으나, 이는 실제 주행시의 에너지효율과 차이가 있다. 또한 기타의 차량에 있어서는 자사발표 에너지효율을 이용하였으나, 이 또한 실제 주행시의 에너지효율과 많은 차이가 있으며, 자동차 제작회사 스스로도 이를 인정하고 있다. 따라서 현재의 자료에 의해서는 여러 가정에 신형차나 저연비차, 저공해차에 대한 에너지효율을 산출할 수 밖에 없었다.

에너지절약형 또는 고연비차량은 대부분의 차량이 시험적으로 제작되었고, '94년도에 시판된 전기자동차를 제외하고는 아직 시장판매가 되고 있지 않은 상황이다. 또한 에너지센서스의 차량분류가 자동차공업협회 등의 기관에서 작성한 차량보유현황 자료의 분류와 일치하지 않아 일관성 있는 자료를 작성하는 데에 한계가 있었다.

에너지절약형 또는 이산화탄소 저배출차량의 신기술도입은 자체엔진개발의 경우(예를 들면 Excel)를 제외하고는 대부분이 외형 및 내장의 개량에 의한 배기량의 증가(특히 Power up)를 목적으로 한 것이었다. 따라서 이산화탄소의 배출저감 측면에서 특기할만한 기술개발은 존재하지 않았다고 가정하는 것이 타당하다. 이는 특히 새로운 모델개발시 대부분이 배기량의 증가에 의한 엔진의 마력증진에 치중하여 이산화탄소의 배출은 오히려 증가될 수 있는 소지가 있다는 것을 의미한다.

추후에 이러한 여러 문제점을 바탕으로 정확한 자료가 작성되어야 더 올바른 시뮬레이션 결과를 도출할 수 있을 것이다.

IV. 시뮬레이션 결과

1. BAU(business-as-usual) 시나리오

운송부문의 이산화탄소배출량을 전망하고 그 배출량 저감수단을 평가하기 위해서는 먼저 현재의 기술수준과 에너지소비증가율 등을 바탕으로 한 BAU(business-as-usual) 시나리오하의 운송서비스량 수요전망이 필요하다. 그러나 기준년도(1992년)대비 승객운송량(인·km)과 화물운송량(톤·km)의 연평균증가율을 예측한 자료가 없는 관계로 에너지경제연구원("장기에너지수요 2030", 1994.10)의 운송부문 장

<표 8> 운송부문의 장기 운송량전망 시나리오

서비스기술 구분	1992년 에너지서비스량 (인·km, 톤·km)	1992년-2000년 연평균증가율(%)	2000년-2010년 연평균증가율(%)
1. 1500cc이하 자가용	4.428 E+10	9.5	6.5
2. 1501-2000cc 자가용	1.449 E+10	9.5	6.5
3. 2000cc이상 자가용	1.644 E+09	9.5	6.5
4. 1500cc이하 택시	1.637 E+10	3.4	1.4
5. 1501cc이상 택시	5.452 E+10	3.4	1.4
6. 지프	1.839 E+09	8.9	2.2
7. 15인 이하 자가용 버스	4.356 E+10	8.9	2.2
8. 16인 이상 자가용 버스	3.122 E+10	8.9	2.2
9. 16인 이상 영업용 버스	2.435 E+11	8.9	2.2
10. 철도(여객)	2.374 E+10	8.9	2.2
11. 지하철	2.522 E+10	9.9	5.5
12. 수상(여객)	5.250 E+08	3.7	2.9
13. 항공(국내여객)	5.233 E+09	8.2	4.7
14. 1.0톤 이하 트럭	1.169 E+10	8.9	2.2
15. 1.1-3.0톤 트럭	7.552 E+09	8.9	2.2
16. 3.1-5.0톤 트럭	7.723 E+09	8.9	2.2
17. 5.1-8.0톤 트럭	5.069 E+09	8.9	2.2
18. 8.1-12.0톤 트럭	1.537 E+10	8.9	2.2
19. 12.1톤 이상 트럭	1.889 E+09	8.9	2.2
20. 철도(화물)	1.425 E+10	8.9	2.2
21. 해상(화물)	3.597 E+10	3.7	2.9
22. 항공(국내화물)	9.400 E+07	8.2	4.7

기에너지수요 전망중 BAU시나리오에 기초한 예측자료로 대체하였다. 따라서 이 자료는 운송량에 대한 직접적인 예측자료와는 다소의 차이가 존재할 것이다. 이렇게 하여 작성된 BAU시나리오하의 각 서비스기술에 따른 운송서비스량은 <표 8>에 제시되고 있다.

서비스기술별 운송서비스량은 다음의 식에 의해 계산하였다.

$$\text{서비스기술별 에너지서비스량} = \frac{\text{서비스기술별 에너지소비량(kcal)}}{\text{차량당 에너지소비량(kcal/인·km, 톤·km)}}$$

즉 1992년도의 서비스기술별 에너지서비스량은 <표 5>의 상단자료를 하단자료로 나눈 것이다. 앞에서 지적한 바와 같이 1992년의 기술(차량)가격과 이산화탄소배출계수는 본 시뮬레이션에서는 미래에도 변하지 않는다고 가정하며, 이 가정은 AIM/KOREA가 "상방하향모델"과 통합되는 단계에서 수정될 수 있다.

2. 시뮬레이션 결과

2.1 BAU하에서의 이산화탄소 배출량의 추이

1992년도의 운송부문에서의 이산화탄소배출량은 12.5백만 탄소톤(TC)이었던 것이 2010년에는 32.8백만톤으로 약2.6배 증가할 것으로 전망된다. 특히, 가솔린자동차에 의한 이산화탄소의 배출증가가 현저할 것으로 전망된다. 가솔린자동차의 이산화탄소 배출량은 1992년 3.3백만 탄소톤에서 12.0백만톤으로 증가하여 약3.6배의 신장율을 보일 것으로 예측된다. 이러한 높은 증가는 에너지절약형 신형차 도입에 의한 이산화탄소의 배출량저감보다도 신규차량의 증가에 의한 배출량증가가 더 크기 때문이다. 또한 전력의 사용으로 인한 이산화탄소의 증가도 0.09백만톤에서 0.34백만톤으로 약 3.7배가 증가하는 것으로 나타났는데, 이는 지하철의 증설에 따른 운송량의 증대에 기인하는 것으로 추정된다(<표 9>과 <그림 4> 참조).

전기자동차를 제외한 고효율의 신형 소형승용차, 지프 및 소형버스는 탄소세가 부과되지 않더라도 에너지소비와 고정비용이 비교적 저렴하기 때문에 <표 10>에서 보여지는 것처럼 2000년에 100% 도입될 것으로 예측되었다. 2005년에는 전기자동차를 제외한 모든 차종의 신형차가 시장에 100% 도입될 것으로 전망된다. 전기자동차는 운행비용은 낮는데 반해 고정비용이 크므로 에너지효율이 높음에도 불구하고 시장에 도입되지 않을 것으로 예측된다.

<표 9> BAU시나리오하의 운송부문 이산화탄소배출량 전망(탄소톤)

	총계	가솔린	경유	BC유	LPG	전기	젯트유
1992	12,495,380	3,254,354	7,154,453	506,533	1,147,920	92,694	339,422
1993	13,523,470	3,553,804	7,796,890	525,948	1,174,387	102,796	369,646
1994	14,551,660	3,853,254	8,439,421	545,384	1,200,855	112,914	399,832
1995	15,579,850	4,152,704	9,081,952	564,819	1,227,322	123,032	430,018
1996	17,053,260	4,595,895	10,001,320	587,345	1,259,274	137,878	471,547
1997	18,526,680	5,039,086	10,920,697	609,872	1,291,226	152,724	513,076
1998	20,000,090	5,482,276	11,840,060	632,398	1,323,178	167,570	554,606
1999	21,473,500	5,925,467	12,759,437	654,924	1,355,130	182,416	596,135
2000	22,985,400	6,390,861	13,683,967	677,450	1,398,206	197,262	637,664
2001	23,837,920	6,864,010	13,977,317	698,264	1,418,342	293,375	670,671
2002	24,690,440	7,337,159	14,270,677	719,077	1,438,478	221,487	703,571
2003	25,563,050	7,810,307	14,584,110	739,890	1,458,615	233,599	736,524
2004	26,435,660	8,283,456	14,894,560	760,704	1,478,751	245,711	769,478
2005	27,308,270	8,756,604	15,211,010	781,518	1,498,887	257,823	802,431
2006	28,408,950	9,404,686	15,560,820	805,538	1,520,441	273,647	843,817
2007	29,509,630	10,052,770	15,910,640	829,558	1,541,995	289,470	885,204
2008	30,610,310	10,700,850	16,260,450	853,578	1,563,549	305,294	926,590
2009	31,710,980	11,348,930	16,610,260	877,599	1,585,103	321,117	967,977
2010	32,811,660	11,997,010	16,960,070	901,620	1,606,657	336,941	1,009,363

<표 7>의 각 차량별 고정비용과 에너지소비량을 비교하면 알 수 있듯이 15인승이하 버스, 1톤이하 트럭, 1.1-3.0톤 트럭, 3.1-5.0톤 트럭은 에너지소비량의 감소에 의한 비용 절약액이 고정비용증가액보다 많으므로 BAU시나리오에서와 같은 형태의 선택구조를 가지고 있다.

2.2 탄소세 부과 및 보조금 지급의 효과

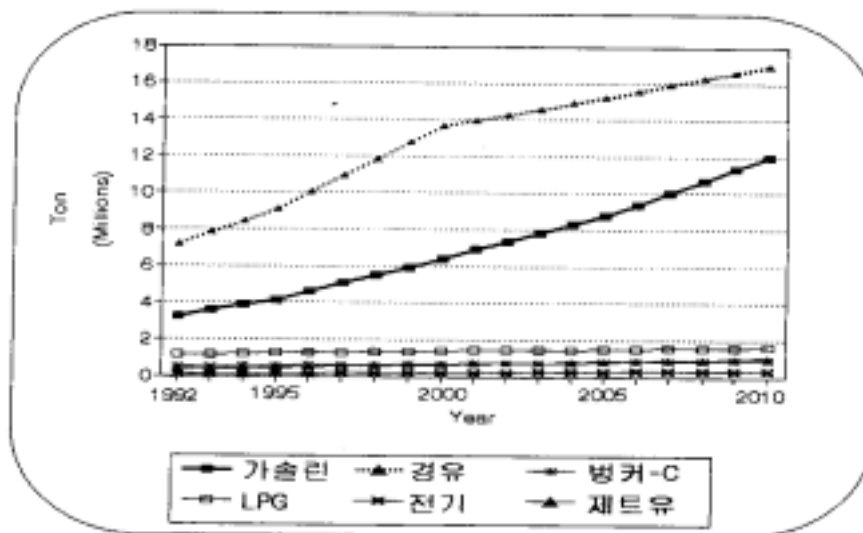
이산화탄소배출량을 줄이는 효과적인 경제적 수단의 하나로 여겨지는 탄소세는 핀란드, 노르웨이, 스웨덴, 덴마크, 네덜란드 등의 여러나라에서 탄소세 또는 에너지세라는 명목으로 부과되고 있다. 탄소세율에 대해서는 나라마다 주장이 다소 상이하나 대략 EU에서는 탄소톤당 22\$(1993년 기준)을, 일본에서는 탄소톤당 3,000¥의 탄소세 부과를 고려하고 있다.

본 연구에서는 선진국과 비슷한 수준인 톤당 20,000원의 탄소세와 함께 톤당 50,000원 및 톤당 100,000원의 탄소세 부과시 이산화탄소배출량 저감효과를 추정하였다. 그러나 이같은 수준의 탄소세율하에서는 이산화탄소의 배출저감이 이뤄지지 않았다. 아울러 기술(자동차)선택 구조에도 전혀 영향을 주지 못하였다. 이것은 톤

<표 10> BAU시나리오하에서의 차종별 점유율의 변화

		1992	1995	2000	2005	2010
1. 1500cc이하 자가용	기준형	100	41.6	0.0	0	0
	신형	0	56.4	100.0	100	100
	전기자동차	0	0.0	0.0	0	0
	배터리	0	0.0	0.0	0	0
	연료	0	0.0	0.0	0	0
2. 1500-2000cc 자가용	기준형	100	43.6	0.0	0	0
	신형	0	56.4	100.0	100	100
3. 2001cc이상 자가용	기준형	100	47.6	0.0	0	0
	신형	0	52.4	100.0	100	100
4. 1500cc이하 택시	기준형	100	51.7	0.0	0	0
	신형	0	48.3	100.0	100	100
5. 1501cc이상 택시	기준형	100	51.7	0.0	0	0
	신형	0	48.3	100.0	100	100
6. 지프	기준형	100	48.3	0.0	0	0
	신형	0	51.7	100.0	100	100
7. 15인 이하 자가용버스	기준형	100	44.3	0.0	0	0
	신형	0	55.7	100.0	100	100
	배터리	0	0.0	0.0	0	0
	전기자동차	0	0.0	0.0	0	0
9. 16인 이상 대형용버스	기준형	100	54.3	10.1	0	0
	신형	0	45.7	89.9	100	100
14. 1.0톤 이하 트럭	기준형	100	54.2	10.1	0	0
	신형	0	45.8	89.9	100	100
15. 1.1-3.0톤 트럭	기준형	100	54.2	10.1	0	0
	신형	0	45.8	89.9	100	100
16. 3.1-5.0톤 트럭	기준형	100	54.2	10.1	0	0
	신형	0	45.8	89.9	100	100
17. 5.1-8.0톤 트럭	기준형	100	54.2	10.1	0	0
	신형	0	45.8	89.9	100	100
18. 8.1-12.0톤 트럭	기준형	100	54.1	10.1	0	0
	신형	0	45.9	89.9	100	100
19. 12.1톤 이상 트럭	기준형	100	54.2	10.1	0	0
	신형	0	45.8	89.9	100	100

<그림 4> BAU시나리오하의 운송부문 이산화탄소배출량 전망



당 100,000원의 탄소세도 차량의 구입비용과 연료비용에 비해 매우 낮은 수준이기 때문이다. 따라서 탄소세부과시의 시뮬레이션 결과를 본 보고서에서 제시하지 않는다. 다음으로는 톤당 20,000원의 탄소세를 부과하고 이 세수입을 에너지 절약형 기술도입을 촉진하기 위한 보조금으로 활용하는 방안을 설정해 시뮬레이션하였다. 즉 이산화탄소

배출량을 최소화할 수 있도록 탄소세수입 전액을 이산화탄소 저배출차량의, 특히 전기자동차의, 구입자에게 배분하는 것으로 가정하였다. 탄소세의 부과는 1996년부터 시작되고 보조금은 그 다음해인 1997년부터 지급되는 것으로 가정하였다.

탄소세는 2000년에는 4,295억원, 2010년에는 6,562억원이 징수될 것으로 예측되었다. 전기자동차가 2000년 이후에 도입가능하려면 1대당 약 1,360만원의 보조금이 필요하고, 2010년에 톤당 2만원의 탄소세 수입으로는 <표 8>의 소형승용차 운송량 증가율과 사용연수 7년을 기준으로 하였을 때 2010년에 필요로 하는 총소형승용차의 4.0%정도만이 도입가능하며, 그 결과 24만톤의 이산화탄소배출량이 저감될 수 있다. 2000년도의 이산화탄소 배출저감량은 약 15만톤으로 추정되었으며 2000년에 필요로 하는 총소형승용차의 4.7%만이 전기자동차로 도입가능하다.

2010년에 도입되는 소형승용차 전체를 보조금을 부과해 전기자동차가 도입된다면 약 6.1백만톤의 이산화탄소배출량을 저감시킬 수 있고, 이 수치는 2010년 총배출량의 약 18%에 해당된다(<표 11>). 그러나 이를 위해 필요한 보조금 규모는 약 17조 676억원이 나 된다.

<표 11> 시나리오별 결과의 비교

(단위 : 백만 탄소톤)

시나리오	1992	2000	2010
1) Business-As-Usual	12.50	22.99	32.81
2) 20,000 원/TC 탄소세부과	12.50	22.99	32.81
3) 20,000 원/TC 탄소세부과시의 세수를 보조금으로 지급	12.50	22.84	32.57
4) 20,000 원/TC 탄소세부과 및 모든 소형전기승용차에 보조금 지급	12.50	19.77	26.76

2.3. 승용차 10부제 시행의 효과

서울시는 1995년에 10부제 전후의 교통량, 주행속도 및 1일 연료소비량을 조사한 바 있는데 1일 연료소비량에 대한 조사결과가 <표 12>에 요약되어 있다. 이 자료에서는 우리나라에서 10부제를 실시할 경우, 승용차의 1일 연료소비량은 22.79%가, 화물차·버스·지프는 7.24%가, 그리고 택시는 14.26%가 저감되는 것으로 추정되었다. 이 연료소비량의 감소는 차량운행대수의 감소와 주행속도의 증가에 의한 연비향상의 두가지 요인에 기인한다.

<표 12> 1일 연료소비량의 변화

(단위 : l)

구분	가솔린	경유	LPG	총계
시행전	12,202,817.30	29,048,002.78	2,782,318.75	44,033,138.83
시행후	9,422,383.69	26,945,153.19	2,385,600.75	38,753,137.63
감소량 (감소율)	2,780,433.61 (22.79%)	2,102,849.59 (7.24%)	396,718.00 (14.26%)	5,280,001.20 (11.99%)

자료 : 서울시 자료(조사기간 : 1995년 1월 24일 - 1995년 2월 15일)

본 연구에서는 10부제 효과를 시뮬레이션하기 위하여 <표12>의 자료를 기초로 하여 전국적으로 10부제를 실시하는 경우와 서울에서만 10부제를 실시하는 경우의 에너지소비량을 다음의 식에 의하여 산출하였다.

(1) 전국적으로 10부제 실시 :

에너지소비량 = 각 서비스기술별 에너지소비량 × (1-에너지별 에너지소비감소율)

(2) 서울에서만 10부제 실시 :

에너지소비량 = 서울에서의 에너지소비량 × (1-에너지별 에너지소비감소율) + 다른지역에서의 에너지소비량

전국적으로 10부제를 실시하면, 10부제를 실시하지 않을 경우의 2010년도 이산화탄소 배출량 32.8백만 탄소톤의 약12.6%인 4.1백만톤이 저감가능하며, 서울시만 실시할 경우 약4.3%인 1.4백만톤의 저감이 가능한 것으로 예측되었다(<표 13>, <표 14>, <그림 5> 참조). 또한 에너지소비량이 증가함에 따라 10부제 시행으로 인한 이산화탄소 배출저감량도 증가하는 것으로 나타나고 있다. <표 13>과 <표 14>에서 알 수 있듯이 BC유는 대부분이 해상운송에 사용되고, 젯트유는 항공운송에 사용되므로 승용차 10부제 시행에 의해서도 이 에너지원들에 의한 이산화탄소배출량은 변화가 없다. 그러나 경유차와 LPG택시의 이산화탄소 배출량저감은 주행속도의 증가에 의한 연비향상의 결과로 해석할 수 있다.

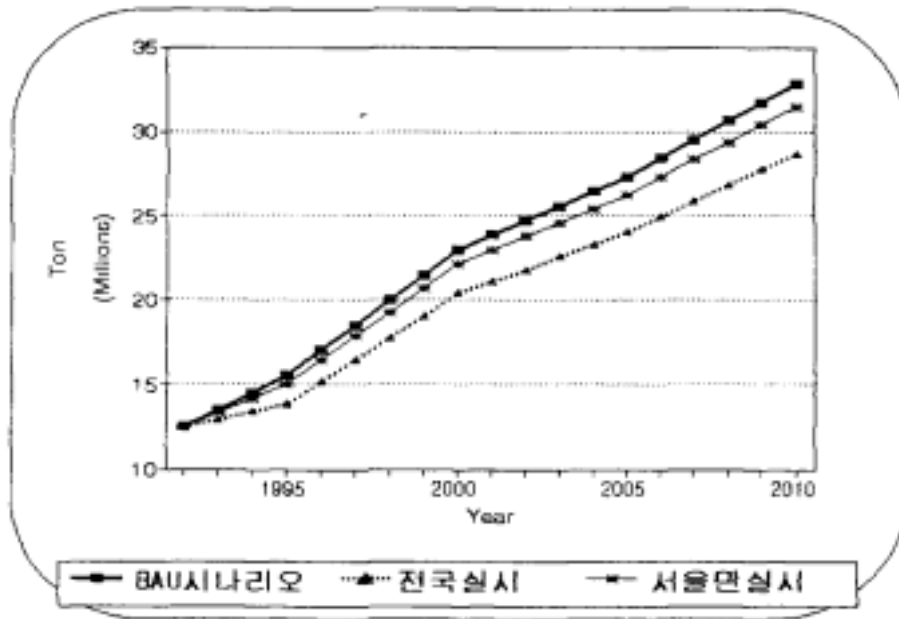
<표13> 전국적인 10부제 실시에 따른 운송부문 이산화탄소배출량 전망(탄소톤)

	총계	가솔린	경유	BC유	LPG	전기	젯트유
1992	12,495,380	3,254,354	7,154,453	506,533	1,147,920	92,694	339,422
1993	12,951,430	3,245,313	7,589,541	525,948	1,118,186	102,796	369,646
1994	13,407,580	3,236,272	8,024,723	545,384	1,088,453	112,914	399,832
1995	13,863,720	3,227,230	8,459,904	564,819	1,058,719	123,032	430,018
1996	15,158,560	3,564,233	9,313,047	587,345	1,084,511	137,878	471,547
1997	16,453,400	3,901,236	10,166,190	609,872	1,110,304	152,724	513,076
1998	17,748,240	4,238,238	11,019,330	632,398	1,136,096	167,570	554,606
1999	19,043,080	4,575,241	11,872,470	654,924	1,161,889	182,416	596,135
2000	20,376,400	4,934,446	12,730,770	677,450	1,198,805	197,262	637,6640
2001	21,096,610	5,299,680	13,002,600	698,264	1,216,074	209,375	670,617
2002	21,816,820	5,664,914	13,274,430	719,077	1,233,343	221,487	703,571
2003	22,557,130	6,030,149	13,563,360	739,890	1,250,612	233,599	736,524
2004	23,297,430	6,395,384	13,858,280	760,704	1,267,881	245,711	769,477
2005	24,037,740	6,760,618	14,150,200	781,518	1,285,149	257,823	802,431
2006	24,962,900	7,260,687	14,475,590	805,538	1,303,627	273,647	843,817
2007	25,888,070	7,760,756	14,800,980	829,558	1,322,106	289,470	885,204
2008	26,813,240	8,260,825	15,126,370	853,579	1,340,584	305,294	926,590
2009	27,738,400	8,760,894	15,451,760	877,599	1,359,062	321,117	967,977
2010	28,663,570	9,260,962	15,777,140	901,620	1,377,540	336,941	1,009,363

<표14> 서울시의 10부제 실시에 따른 운송부문 이산화탄소배출량 전망(탄소톤)

	총계	가솔린	경유	BC유	LPG	전기	젯트유
1992	12,495,380	3,254,354	7,154,453	506,533	1,147,920	92,694	339,422
1993	13,343,200	3,437,337	7,751,855	525,948	1,155,618	102,796	369,646
1994	14,191,120	3,620,320	8,349,353	545,384	1,163,316	112,914	399,832
1995	15,039,040	3,803,303	8,946,850	564,819	1,171,015	123,032	430,018
1996	16,456,280	4,206,302	9,852,322	587,345	1,200,884	137,878	471,547
1997	17,873,520	4,609,301	10,757,790	609,872	1,230,753	152,724	513,076
1998	19,290,760	5,012,299	11,663,270	632,398	1,260,623	167,570	554,606
1999	20,708,000	5,415,298	12,568,740	654,924	1,290,492	182,416	596,135
2000	22,163,370	5,840,499	13,479,370	677,450	1,331,485	197,262	637,664
2001	22,969,920	6,272,944	13,768,100	698,264	1,350,629	209,375	670,617
2002	23,776,120	6,705,387	14,056,830	719,077	1,369,771	221,487	703,571
2003	24,602,410	7,137,830	14,365,650	739,890	1,388,914	233,599	736,524
2004	25,428,700	7,570,275	14,674,470	760,704	1,408,057	245,711	769,477
2005	26,254,990	8,002,719	14,983,300	781,518	1,427,200	257,823	802,431
2006	27,293,520	8,594,932	15,327,830	805,538	1,447,761	273,647	843,817
2007	28,332,060	9,187,149	15,672,360	829,558	1,468,322	289,470	885,204
2008	29,370,600	9,779,363	16,016,890	853,579	1,488,882	305,294	926,590
2009	30,409,130	10,371,580	16,361,420	877,599	1,509,443	321,117	967,977
2010	31,447,670	10,963,790	16,705,950	901,620	1,530,004	336,941	1,009,363

<그림5> 승용차 10부제 운행의 효과



2.4.시뮬레이션 결과의 요약

이상의 시뮬레이션 결과는 제시된 이산화탄소배출량 저감방안별 배출저감량 측면에서 요약될 수 있다. <표15>가 그 결과를 보여주고 있다. 분석된 방안 중에서는 탄소세를 부과하면서 모든 소형승용차 신규구입자에게 전기자동차를 구입할 수 있도록 보조금을 지급하는 방안이 이산화탄소 배출량을 가장 현저하게 줄일 수 있다. 그러나 이 방안은 막대한 규모의 재원을 필요로 하고, 이러한 보조금 지급은 국제무역의 차원에서도 권장되지 않는다. 따라서 분석된 방안중에서는 전국적인 승용차10부제의 실시가 차선택으로 평가된다. 물론 보조금지급과 승용차 10부제의 전국적인 실시의 병행은 이산화배출량 저감효과를 크게 증진시킬 수 있을 것이다.

<표15>시나리오별 이산화탄소 배출량 저감효과(단위:백만 탄소톤)

시나리오	2000	2005	2010
1) 탄소톤당 20,000원의 탄소세 부과	0	0	0
2) 탄소톤당 20,000원의 탄소세부과와 탄소세수입에 의한 보조금 지급	0.15	0.18	0.24
3) 탄소톤당 20,000원의 탄소세 부과와 모든 소형승용차구입자에게 보조금 지급	3.22	4.19	6.05
4) 전국적인 승용차 10부제 실시	2.61	3.27	4.15
5) 서울에서의 승용차 10부제 실시	0.82	1.05	1.36

한편 탄소톤당 10만원 이하의 탄소세의 부과는 운송부문의 이산화탄소 배출량 저감에 기여하지 못하는 것으로 나타나고 있어 일반적으로 알려진 탄소세의 효과와는 괴리가 존재하고 있다. 그러나 이러한 괴리는 분석에 적용된 AIM/KOREA의 기술선택 특성에 기인하기도 한다. 즉 소형승용차 1대가 1년에 배출하는 이산화탄소량을 1탄소톤 정도로 가정할 때, 탄소톤당 10만원의 탄소세는 차량의 구입과 연료비용에 비해 매우 낮은 수준이기 때문에 모델상의 기술선택구조변화에 큰 영향을 줄 수 없을 것이다. 결코 에너지원에 직접적으로 부과되는 탄소세의 효과가 없음을 의미하는 것이 아니라는 점을 주의해야 한다.

본 분석에서는 제도의 시행에 따른 사회비용의 파악이 제시되지 못하고 있다. 궁극적으로는 이산화탄소의 배출량 저감효과와 함께 제시된 각 대안을 시행하는데 따른 사회비용과 편익의 규모가 정책수립의 기준이 되어야 한다. 본 연구에서 적용된 AIM/KOREA는 앞으로의 연구에서는 사회비용의 파악과 정책수립에 더 정확한 정보제공을 가능케 할 수 있는 상방하향모델과 연계시키게 될 것이다.

V. 결론과 앞으로의 과제

본 연구에서는 AIM/KOREA를 이용하여 에너지경제연구원이 제시한 BAU 시나리오 하에서의 장기에너지 수요 전망치를 바탕으로 2010년도까지의 운송부문 이산화탄소배출량을 전망하였다. 또한 탄소세의 부과, 보조금의 지급, 그리고 승용차 10부제의 시행 등에 대한 여러가지 시나리오하에서 이산화탄소 배출량저감폭과 새로운 에너지절약기술(또는 이산화탄소 저배출차량)의 선택구조를 수치적으로 평가하였다. 연구의 결과는 다음과 같이 크게 3가지로 요약할 수 있다.

첫째, IV장에서 보여주듯이 에너지절약형 신형차량이 탄소세의 부과없이도 2005년부터는 신규구입차량 전부를 대체할 것으로 전망된다. 이는 에너지절약형 차량 운행시 절약할 수 있는 연료비용이 에너지절약형 신형차량과 기존기술차량간의 고정비용(차량가격)차이보다 더 크다는 것을 의미한다. 물론 이같은 결과는 소비자가 최소비용원칙에 준하여 차량을 선택한다는 가정아래에서 성립된다.

둘째, 운송부문에서의 에너지 사용량이 급격히 증가하는 것으로 예측된 반면, 현재의 에너지절약기술 수준하에서는 탄소톤당 10만원의 탄소세부과도 운송부문 에너지사용량과 이산화탄소배출량의 급격한 증가를 크게 둔화시키지 못할 것으로 판명되었다. 그러나 승용차 10부제의 전국적인 시행은 운송부문의 이산화탄소배출량 저감에 어느정도 기여를 할 수 있는 것으로 분석되었다. 보다 획기적으로 이산화탄소배출량을 줄이기 위해서는 차량증가의 억제, 전철 및 철도 등 대중교통수단의 운송량부담 확대, 소비자의 대형차 선호 동기를 감소시키고 소형이면서 에너지효율이 높은 차량을 선호하도록 유도하는 노력 등의 더 광범위한 접근이 이루어져야 한다.

셋째, 탄소톤당 10만원의 탄소세도 주어진 시나리오하에서는 이산화탄소 배출 저감효과가 없지만, 탄소세부과에 의한 세수입을 에너지절약형 차량, 특히 전기자동차 구입자에게 보조금으로 지급하는 것이 운송부문에서 이산화탄소배출량을 줄일 수 있는 하나의 대안으로 평가되었다. 그러나 모든 신규차량구입자에게 보조금을 지급하기 위해서는 막대한 재원이 필요하며, 국제적으로 거론되고 있는 수준의 탄소세만으로는 보조금규모가 매우 부족하다. 더욱이 이같은 유형의 보조금지급은 오염자부담원칙(polluter-pays-principle)에 위배된다. 따라서 보조금은 전기자동차나 이산화탄소 저배출차량 또는 이산화탄소배출저감 기기 및 장비의 연구개발에 지원토록 권장되어야 할 것이다.

한편, 제시된 연구결과가 앞으로 운송부문의 이산화탄소 배출저감을 위한 기초자료로 활용되기 위해서는 이 연구가 해결하지 못한 몇가지 제약점을 인지하는 것이 요구된다.

첫째, 시행된 시뮬레이션에서는 자료의 부족으로 인해 현재 개발중인 모든 종류의 에너지절약차종이나 이산화탄소 저배출차량을 대안으로 포함시키지 못하였다. 또한 일부 차종의 에너지효율성과 가격자료는 실제자료가 아니었다. 앞으로의 더 심층적인 분석에

서는 이러한 자료의 제약을 보완하는 것이 필요하다.

둘째, 기술비용(차량가격)의 장기변화를 모델분석에 반영시키지 못하였다. 에너지절약 또는 이산화탄소저배출 차량이 시장에 도입되고 규모의 경제와 더 비용효과적인 기술의 개발에 의해 생산원가가 감소하면 결과적으로 에너지절약 차량의 가격이 하락하는 과정을 거칠 것이다. 그러나 이번 연구에서는 이점을 반영하고 있지 못하므로 추후의 연구에서는 이러한 과정을 모델에 포함시켜야 할 것이다. 궁극적으로는 이용된 모델을 상방하향모델과 결합시킬 때 기술비용 뿐만 아니라 에너지비용까지 내생적으로 결정하도록 하는 것이 요구된다.

셋째, 비록 승용차 10부제가 분석에 포함되었으나 이 분석은 에너지감소량에 기초한 것이었다. 앞으로의 연구에서는 이에 대한 수정이 필요하다. 즉, 10부제 시행에 따른 차량주행속도의 증가와 대체운송수단의 이용증가 등의 여러 감소요인을 모델내에서 복합적으로 고려하는 과정이 필요하다. 이를 위해서는 에너지소비량의 감소를 수치적으로 산정할 수 있는 교통모델과의 연계를 통해 제시된 여러 감소요인을 모델내부에서 반영할 수 있는 서브루틴의 개발이 요구된다. 또한 우리나라에서 시행되고 있는 버스전용차선제와 Car-pool제도에 대한 자료를 수집하여 모델분석을 시도하면 또 다른 정책대안의 평가가 이루어질 수 있을 것이다.

마지막으로 본 연구에서는 이산화탄소 배출저감기술 또는 저공해차량 등의 연구개발에 대한 보조금 지급효과는 분석되지 않았다. 연구개발보조금 지급에 따른 기술선택의 변화는 매우 흥미있는 정책적 시사점을 제시할 수 있을 것이므로 앞으로 이에 대한 내용이 연구되어야 할 것이다.

참고문헌

1. 교통개발연구원, 「교통부문의 에너지 소비 및 대기오염 저감방안 연구」, 1992
2. 기아경제연구소, 「자동차경제」, 1994
3. 상공자원부, 「1993년도 에너지 총조사보고서」, 1993
4. 상공자원부, 「1990년도 에너지 총조사보고서」, 1990
5. 상공자원부, 「1987년도 에너지 총조사보고서」, 1987
6. 에너지경제연구원, 「에너지통계월보」, 1994
7. 에너지경제연구원, 「장기에너지수요 2030」, 1994
8. 에너지경제연구원, 「기후변화협약 관련 국가보고서 작성 및 대응방안 연구」, 1994
9. 이성근, 정창봉, 「자가용승용차 이용실태 및 자가용소유자 의식구조 조사결과」, 에너지경제연구원, 1993
10. 이희성 편저, 「기후변화협약과 한국경제」, 에너지 경제연구원, 1990, pp.291
11. 임기후, 「운송업부문 에너지 소비실태 및 소비절감방안」, 에너지경제연구원, 1994
12. 한국자동차공업협회, 「한국의 자동차 산업」
13. 현대자동차, 「자동차산업」, 1993
14. Alliance to Save Energy, 1983, *Management Practices and Tax Incentives*.
15. City of Seoul, 1995, "The Results of Economic Benefit Analysis of the Driving Restriction System."
16. Dean, Andrew, "Costs of Cutting CO2 Emissions:Evidence from "Top-Down" Models", *presented at the OECD/IEA International Conference on the Economics of Climate Change, Paris, 14-16 June, 1993*.
17. Dornbush, R. and J. M. Poterba, *Global Warming : Economic Policy Responses*, MIT Press, Cambridge, MA, 1991.
18. International Energy Agency(IEA), 1987, *Energy Conservation in IEA Countries*, OECD, Paris.
19. Johansson, T. B. and J. N. Swisher, "Perspectives on "Bottom-Up" Analyses of Costs of CO2 Emissions Reductions", *presented at the OECD/IEA International Conference on the Economics of Climate Change, Paris, 14-16 June, 1993*.

20. Lenstra, J. and M. Bonney, "The Merits of a Mixed Bag : National Plans, Agreements, and Policy Instruments", *presented at the OECD/IEA International Conference on the Economics of Climate Change, Paris, 14-16 June, 1993.*
21. Matsushashi, R., et al., 1991, "Economic Assessment of CO₂ Abatement Options," *Energy and Resources Vol. 12, No. 5*, pp.62-69.
22. Morita, T., Y. Matsuoka, M. Kainuma, K. Kai, H. Harasawa and D. K. Lee, 1994, "Asian-Pacific Integrated Model for Evaluating Policy Options to Reduce Greenhouse Gas Emissions and Global Warming Impacts," National Institute for Environmental Studies.
23. Morita, T., Y. Matsuoka, M. Kainuma, D.K. Lee, K. Kai, K. Yamabe, M. Yoshida and G. Hibino, 1994, "An Energy-technology Model for Forecasting Carbon Dioxide Emission in Japan", F-64-'94/NIES, pp.92.
24. Morita, T., Y. Matsuoka, M. Kainuma, K. Kai, H. Harasawa and D. K. Lee, 1995, "An Energy Technology Model for Forecasting Carbon Dioxide Emissions in Japan," National Institute for Environmental Studies.
25. OECD, 1993, *Taxation and the Environment : Complementary Policies*, OECD Paris

부 록 : 우리나라의 차량보유현황

<부표 1>은 1987년-1993년 기간의 전국자동차등록현황을 요약하고 있다. 1987-1988년 승용차 등록대수에는 1500cc미만에 브리사, 맵시, 포니, 제미니, 액셀, 르망, 스텔라(1,500cc 미만), 지프형승용차, 기타가 포함되어 있고, 1500-2000cc미만에는 레코드, 코티아, 피아트, 그라나다, 스텔라(1500-2000cc미만), 로얄이 포함되어 있으며, 2000cc이상에는 푸조, 그랜저 등을 포함하고 있는 구분이다.

*87년과 88년 스텔라의 소형 및 중형 구분은 자료부족으로 인해 1993년 차종별등록현황을 근거로하여 산출한 비율을 총대수에 적용시켜 추정하였다. 그리고 화물자동차중에서 특수용도로 사용되는 자동차는 특수자동차에 포함시켰다.

승용겸 화물승용차 중에서 1500cc이상은 화물자동차 1톤이하로 포함시켰다.

<부표 1> 전국 자동차 등록현황(1987~1993)

			1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
자동차	영업용	1500cc 미만	109,236	117,698	109,308	76,288	48,715	31,015	15,487
		1500-2000cc	8,392	13,986	31,867	82,849	125,635	157,293	179,276
		2000cc 이상	169	168	139	146	211	142	215
	자가용	1500cc 미만	534,241	784,043	1,119,780	1,436,255	1,862,848	2,376,932	2,923,138
		1500-2000cc	196,689	187,271	259,672	401,925	557,524	712,577	884,333
		2000cc 이상	6,728	15,257	14,353	37,531	56,449	72,262	88,822
지 프		7,205	10,894	22,510	39,897	76,422	82,351	150,585	
버스	영업용	15인 이하	492	670	888	1,195	2,226	2,379	2,580
		16인 이상	39,183	41,042	43,129	44,125	45,409	48,514	50,265
	자가용	15인 이하	134,847	187,543	240,938	295,988	336,261	389,733	432,071
		16인 이상	25,934	30,345	38,374	42,430	43,754	42,949	43,042
화물자동차	1.0톤 이하		322,955	397,585	491,662	608,689	719,521	903,296	1,066,378
	1.1-3.0톤		124,976	130,880	132,752	152,974	169,873	172,668	179,830
	3.1-5.0톤		41,339	45,865	57,666	66,443	70,659	69,273	69,744
	5.1-8.0톤		19,261	19,583	14,123	19,208	24,805	29,335	34,314
	8.1-12.0톤		14,865	16,653	29,656	32,739	37,677	39,356	39,000
	12.1톤 이상		1,332	1,319	1,409	1,744	2,464	2,478	3,444
특수자동차		41,841	45,964	50,372	54,377	67,355	98,351	110,584	

한편 본 연구에서는 각 구분별 대표차종을 선정하기 위하여 1989년부터 1992년까지 내수용으로 판매된 차량의 차종별 차량대수를 조사하였다. 조사에 의하면 1500cc이하 차량의 경우는 엑셀이 선정되었고, 1500cc~2000cc 차량에 있어서는 소나타가 선정되었으며, 2000cc이상의 경우에는 그랜저가 대표차종으로 선정되었다. 이들 차량의 판매대수를 정리하면 <부표 2>와 같다.

<부표 2> 승용차모델별 내수판매대수

구분		1989		1990		1991		1992	
총계		499,949		604,238		745,665		830,336	
년평균 증가율				20.9		23.4		11.4	
1500cc미만	PONY	8,719	2.3	385	0.1	-	0.0	-	0.0
	EXCEL	160,526	43.4	149,779	35.8	134,779	26.0	122,119	20.4
	ELANTRA	-	0.0	10,209	2.4	92,581	17.8	133,511	22.3
	SCOUPE	954	0.3	13,455	3.2	7,637	1.5	10,065	1.7
	STELLA	38,735	10.5	40,123	9.6	20,574	4.0	16,426	2.7
	PRIDE	58,034	15.7	66,914	16.0	109,861	21.2	126,222	21.0
	SEPHIA	-	0.0	-	0.0	-	0.0	23,353	3.9
	CAPITAL	21,738	5.9	48,899	11.7	50,259	9.7	44,034	7.3
	MAEPSY	135	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0
	LEMANS	80,923	21.9	88,861	21.2	71,330	13.7	64,865	10.8
	TICO	-	0.0	-	0.0	31,783	6.1	59,522	9.9
	소계	369,764	100.0	418,625	100.0	518,804	100.0	600,117	100.0
	총계대비비율	74.0		69.4		69.6		72.3	
1500cc이상 - 2000cc미만	SONATA	79,679	67.9	92,597	58.4	105,833	52.7	106,944	52.5
	CONCORD	13,300	11.3	24,558	15.3	27,815	13.9	26,158	12.9
	ESPERO	-	0.0	7,244	4.5	43,621	21.7	41,172	20.2
	PRINCE	-	0.0	-	0.0	11,650	5.8	19,857	9.8
	ROYALE	24,421	20.8	34,710	21.8	9,766	4.9	2,832	1.4
	S-SALON	-	0.0	-	0.0	1,985	1.0	6,534	3.2
	소계	117,400	100.0	159,109	100.0	200,670	100.0	203,497	100.0
	총계대비비율	23.5		26.3		26.9		24.5	
2000cc이상	GRANDEUR	12,616	98.7	26,004	98.1	26,062	99.5	20,433	76.5
	POTENTIA	-	0.0	-	0.0	-	0.0	6,221	23.3
	IMPERIAL	169	1.3	500	1.9	129	0.5	59	0.2
	KALLISTA	-	0.0	-	0.0	-	0.0	9	0.0
	소계	12,785	100.0	26,504	100.0	26,191	100.0	26,722	100.0
	총계대비비율	2.5		4.3		3.5		3.2	

1500cc이하 승용차의 경우 1985년부터 1992년까지의 년평균 증가율은 30.0%이고, 1500cc이상 2000cc 미만 승용차의 경우 1985년부터 1992년까지의 년평균 증가율은 59.4%이며, 2000cc 이상 승용차는 1987년부터 생산되기 시작하여 년평균증가율은 123%이다. 총차량대수 기준으로는 년평균 30.9%의 높은 증가율을 보이고 있다(<부표 3>)

<부표 3> 승용차의 계층별 년평균증가율

		1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
1500cc 이하	대수	106,752	127,538	226,827	251,911	358,096	380,911	514,115	604,474
	증가율		19.5	77.9	11.1	42.2	6.4	35.0	17.6
1501cc ~ 2000cc	대수	27,757	27,023	119,056	162,968	129,068	206,510	215,854	209,300
	증가율		-2.6	340.6	36.9	-20.8	60.0	4.5	-3.0
2001cc 이상	대수	-	-	831	3,131	12,785	16,817	15,696	16,562
	증가율				276.8	308.3	31.5	-6.7	5.5
총계	대수	134,509	154,561	246,714	318,010	499,949	604,238	745,665	830,336
	증가율		15.2	59.6	28.9	57.2	20.9	23.4	11.4

자료 : 한국자동차공업협회, 「한국의 자동차산업」 : 46