

# 운수업부문 에너지 소비와 집약도 변화에 관한 요인분해 분석\*

이재민\*\* · 한상용\*\*\*

본 연구에서는 도로·철도·해운·항공부문 등 운수업별 에너지 사용 실적 및 매출액, 부가가치 등의 자료를 이용하여 국내 운수업부문의 에너지 소비 및 에너지 집약도 변화요인을 분석하였다. 구체적으로 에너지 소비요인 분해의 경우 2001, 2004, 2007년 사이의 에너지 소비량 변화효과를 산출효과(output effect), 구조효과(structural effect) 및 집약도효과(intensity effect) 등의 요인으로 분해하였으며, 에너지 집약도 요인분해의 경우 지수분해분석법을 이용하여 동 기간 동안의 에너지 집약도 변화요인을 구조효과(structural effect), 생산기술효과(production technological effect)와 에너지 기술효과(energy technological effect)로 분해하여 분석하였다. 분석결과 운수업부문의 에너지 소비증가는 구조효과와 집약도효과보다는 주로 영업활동 성장, 즉 산출효과에 의한 것으로 분석되었으며, 운수업부문의 에너지 집약도 증가는 에너지 기술효과보다는 주로 생산기술효과에 기인하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 운수업부문의 영세성 및 부가가치율의 지속적인 감소에 기인한다고 볼 수 있다. 또한 2000년대 이후 정부에서 시행한 수송분담구조 개선대책의 효과가 미약하였으며, 향후 시행될 온실가스-에너지 목표관리제도의 성과도 확신할 수 없다는 결론에 도달하였다.

핵심주제어: 운수업, 에너지 소비, 에너지 집약도, 요인분해, 지수분석  
경제학문헌목록 주제분류: Q4, R4, C0

\* 본 논문은 2010년 한국교통연구원 기본 연구사업에 의하여 지원되었으며, 유익한 논평을 해 주신 익명의 두 분 심사위원들께 감사를 드립니다. 또한 본 논문에 남아 있는 오류는 전적으로 저자들의 책임임을 밝힙니다.

\*\* 제1저자, 경북대학교 경제통상학부 전임강사, 전화: (053) 950-7438, E-mail: jm064@knu.ac.kr

\*\*\* 교신저자, 한국교통연구원 연구위원, 전화: (031) 910-3117, E-mail: hansy@koti.re.kr  
논문투고일: 2010. 9. 11 수정일: 2011. 1. 11 게재확정일: 2011. 3. 15

## I. 서 론

2008년 OECD 전체 국가들의 1차 에너지 소비<sup>1)</sup>는 2007년에 비해 1.23% 감소하고 있지만, 국내의 경우 2008년 현재 약 2억 2,695만 TOE(ton of oil equivalent)로서 2007년의 2억 2,215만 TOE에 비해 약 2.16% 증가하였다(국가에너지 통계종합정보시스템, <http://www.kesis.net>). 다른 OECD 국가들이 세계적인 금융위기의 영향으로 에너지 소비를 소폭 감소시키는 것에 비해 우리나라는 에너지 소비가 증가하고 있는 실정이다. 제조업 기반이 강한 산업구조를 보유하고 있는 특성으로 우리나라 에너지 소비는 계속하여 증가 추세를 나타내고 있다.

이 중에서 수송부문은 제조업에 비해 적은 에너지 소비비중을 차지하지만 다른 부문, 가정 및 상업 혹은 공공 및 기타 부문에 비해서는 높은 비중을 나타내고 있다. 즉, 2008년 현재 최종 에너지 소비기준으로 수송부문의 에너지 소비는 전체 에너지 소비의 약 19.84%를 점유하고 있는 실정이다.<sup>2)</sup>

에너지 다소비 국가인 우리나라에 대한 에너지 소비구조 혹은 제조업(산업)에 대한 에너지 소비구조를 분석하는 것은 중요한 의미를 가질 수 있다. 김진수·허은영(2005)은 구조분해분석법(structural decomposition analysis)을 이용하여 제조업부문의 에너지 소비를 분석하였으며, 나인강·이성근(2008)은 요인분해 방법과 회귀분석법을 이용하여 제조업부문의 에너지 효율성을 평가하였다. 박희천(2001)은 제조업부문의 에너지 소비구조를 물량 에너지 효율지표를 이용하여 분석·평가하였다. 또한 이상영·안윤기(2003)는 철강산업의 에너지 효율성을 평가하기 위하여 철강산업 특성을 반영하는 에너지 효율성 지표를 제시하여 분석하고 있다. 이 밖에도 이달석(2001)은 국내 제조업을 대상으로 에너지 수요변화 요인을 규모효과, 대체효과, 기술변화 효과 등으로 분해하여 분석하였다. 김진수 외(2005)에서는 산업연관표와 구조분해분석법을 이용하여 1980~2000년 동안의 국내 제조업별 에너지 소비변화를 17개 요인으로 구분하여 분석하였다.

위와 같이 제조업부문에 대한 관련 연구는 다양하게 수행된 반면, 수송부문의 에너지 소비구조에 대한 연구는 전무한 실정이다.<sup>3)</sup> 특히, 수송부문에 대한

1) 1차 에너지는 열이나 힘을 공급하기 위해 소비 또는 전환될 수 있는 물질이나 자연현상으로 원유, 석탄, 천연가스, 우라늄, 풍력, 태양열 등을 들 수 있다. 최종 에너지는 1차 에너지의 전환(변환)으로 생산되는 에너지로서 휘발유·경유·등유 등과 같은 석유제품, 전력, 지역난방 온수(열에너지) 등이 대표적인 예이다.

2) 전체 최종에너지 소비는 산업, 가정상업, 수송, 공공 및 기타 부문으로 구분된다.

에너지 소비구조를 에너지 원단위 혹은 효율성 지표를 이용하여 분석하고 정책적 시사점을 제시하는 연구는 찾아보기 어렵다. 2012년부터 시행될 예정인 온실가스·에너지 목표관리제와 관련하여 중장기적으로 운수업부문에서도 에너지 사용량과 에너지 집약도 저감을 위한 대책 마련이 요구되고 있는 상황에서, 운수업부문의 에너지 소비구조에 대한 현황 진단 및 에너지 소비변화에 대한 요인 파악이 선결되어야 한다.

이러한 관점에서 본 연구에서는 도로·철도·해운·항공부문 등 운수업별 에너지 사용실적 및 매출액, 부가가치 등의 자료를 이용하여 국내 운수업부문의 에너지 소비 및 에너지 집약도 변화요인을 분석하고자 한다. 에너지 소비 및 에너지 집약도 변화요인 분석을 통하여 운수업부문의 에너지 소비구조를 분석하고 이를 통하여 정책적 시사점을 제시하고자 한다. 특히, 에너지 효율성 분석을 통한 결과와 운수업부문의 영세성 및 부가가치율의 현황과의 관련성을 제시할 것이다. 또한 2000년대 이후 정부에서 시행한 수송분담구조 개선 대책 및 향후 시행할 온실가스-에너지 목표 관리제의 성과를 에너지 효율성 분석을 통하여 논의할 것이다.

구체적으로 본 연구의 구성은 다음과 같다. 제Ⅱ절에서는 본 연구의 실증분석을 위한 연구방법론에 대해 설명한다. 제Ⅲ절에서는 본 연구의 실증분석을 위해 이용된 분석자료의 개요 및 주요 특성을 간략히 설명한다. 제Ⅳ절에서는 국내 운수업부문의 에너지 소비와 집약도 변화요인을 분해하는 실증분석을 수행하고, 이를 통한 운수업부문 에너지 효율성 제고를 위한 정책적 시사점을 제시하고자 한다. 마지막으로 제Ⅴ절에서는 본고의 분석결과와 정책적 시사점에 대한 요약, 연구의 한계, 그리고 향후 연구과제를 제시할 것이다.

3) 수송부문 혹은 교통부문은 운수업부문과 개인 교통부문으로 구분할 수 있다. 개인 교통부문은 주로 승용차 이용과 관련된 것으로 에너지 소비에서 매우 중요한 부분을 차지하고 있지만, 본 분석의 특성에 비추어 볼 때 에너지 소비요인 및 집약도 요인분해에 적합하지 않다. 따라서 본 연구에서는 분석대상 범위를 운수업부문으로 한정하고자 한다. 이후 수송 및 교통 등을 용어를 일부 혼용할 수 있는데, 이는 운수업부문을 지칭하는 것이다.

## II. 연구방법론

### 1. 에너지 소비 변화요인 분해

운수업부문의 에너지 변화를 좀더 심층적으로 살펴보기 위한 방법으로 에너지 소비요인 분해법(energy consumption approach)과 에너지 집약도 요인 분해법(energy intensity approach)으로 구분할 수 있다(김화영·김지효, 2008). 에너지 소비요인 분해법은 기준연도와 비교연도의 에너지 소비량 변화요인을 산출효과(output effect), 구조효과(structural effect), 집약도효과(intensity effect)로 구분하여 분해하는 것이며, 에너지 집약도 요인 분해법은 기준연도 대비 비교연도의 에너지 집약도 변화요인을 구조효과, 생산기술효과(production technological effect)와 에너지 기술효과(energy technological effect)로 분해하는 것이다.

우선 운수업의 에너지 소비 변화요인을 분석하는 방법론에 대해 설명하고자 한다. 에너지 사용 패턴의 변화로부터 다양한 경제적 효과들을 구분하여 분리해 내는 연구는 오래 전부터 다양한 관점에서 수행되어 왔다(Boyd, 1988). 에너지 소비 변화요인 분해분석과 관련하여 다양한 연구가 존재하는데, 본 연구에서는 그 중에서 Zhang(2003)이 제시한 에너지 이용 분해방법을 이용하였다.<sup>4)</sup> Zhang(2003)은 기존의 라스파이에스 지수방법에 의거한 에너지 이용 분해방법이 다소 문제가 있음을 지적하면서 새로운 방법을 제시하였다. 기준연도(0)와 비교연도( $t$ )의 에너지 소비변화를  $\Delta E_{tot} = E_t - E_o$ 로 정의하면서 다음과 같이 구체적으로 제시하였다.

$$\Delta E_{tot} = \Delta E_{out} + \Delta E_{str} + \Delta E_{ins}. \quad (1)$$

여기서  $\Delta E_{out}$ 는 교통산업 부가가치액 변화에 따른 에너지 소비변화를 의미하며  $\Delta E_{str}$ 는 에너지 다소비 교통산업에서 저소비 교통산업으로의 전환 혹은 저소비 교통산업에서 다소비 교통산업으로의 전환에 따른 에너지 소비변화를 의미한다.<sup>5)</sup>  $\Delta E_{ins}$ 는 개별 부문별 에너지 집약도 변화에 따른 에너지 소비변화를 의미한다.  $\Delta E_{out}$ 를 산출효과,  $\Delta E_{str}$ 는 구조효과, 그리고  $\Delta E_{ins}$ 를 집약도효

4) Zhang(2003)의 방법론은 기존의 방법론과 달리 잔차(residual)가 발생하지 않는다는 장점이 있다.

5) 혹은 동 기간 동안 에너지 저소비 교통산업이 다소비 교통산업이 더 빠르게 성장하거나 반대의 경우에도 구조적 변화가 발생한다.

과라고 정의할 수 있다(Zhang, 2003).

전체 운수업의 에너지 소비량 변화를 개별 효과별로 좀더 세분하여 나타내면 식 (2)~식 (4)와 같이 나타낼 수 있다.<sup>6)7)</sup>

$$\Delta E_{out} = \sum_i V_t S_{i,o} I_{i,o} - E_o = (V_t - V_o) \sum_i S_{i,o} I_{i,o}, \quad (2)$$

$$\Delta E_{str} = \sum_i (V_t S_{i,t} I_{i,o} - V_t S_{i,o} I_{i,o}) = V_t \sum_i (S_{i,t} - S_{i,o}) I_{i,o}, \quad (3)$$

$$\Delta E_{ins} = \sum_i (V_t S_{i,t} I_{i,t} - V_t S_{i,t} I_{i,o}) = V_t \sum_i S_{i,t} (I_{i,t} - I_{i,o}). \quad (4)$$

$V_o$ 와  $V_t$ 는 각각 기준연도와 비교연도의 전체 운수업 부가가치를 나타내며,  $S_{i,o}$ 와  $S_{i,t}$ 는 기준연도 및 비교연도의 전체 운수업 부가가치 대비 세부 운수업  $i$ 의 부가가치 비중을 의미한다. 또한  $I_{i,o}$ 와  $I_{i,t}$ 는 기준연도 및 비교연도의 세부 운수업  $i$ 의 에너지 집약도를 나타낸다. 본 연구에서는 운수업부문별 운송실적 자료의 신뢰성 문제로 인해 에너지 집약도의 대리변수로서 부가가치당 에너지 소비량을 이용하였다.

본 연구에서는 위의 방법론을 이용하여 국내 전체 운수업부문의 에너지 소비 변화요인을 분석하였다. 즉, 전체 운수업의 부가가치 변화, 구조적 변화 및 부가가치당 에너지 이용량 변화에 따른 에너지 소비변화의 영향 정도를 분석하였다.

## 2. 에너지 집약도 변화요인 분해

전술한 바와 같이 국내 운수업의 에너지 소비량은 운수업부문별 에너지 사용량과 부가가치를 이용하여 식 (5)와 같이 나타낼 수 있다.

$$E = \sum_i V_i \frac{E_i}{V_i} = V \sum_i \frac{V_i}{V} \frac{E_i}{V_i} + V \sum_i S_i I_i. \quad (5)$$

여기서,  $E$ : 전체 운수업 총에너지 소비량

$V$ : 전체 운수업의 총부가가치

$E_i$ : 세부 운수업  $i$ 의 에너지 소비량

$V_i$ : 세부 운수업  $i$ 의 부가가치

6) 본 연구에서는 Zhang(2003)의 정의를 활용하였으며, 관련 수식에 대한 보다 자세한 설명은 Zhang(2003)의 pp. 629~630을 참고하기 바란다.

7) 그 밖에도 다양한 지수분해 방법이 있다(Ang and Lee, 1994; Fisher-Vanden *et al.*, 2004; Greening *et al.*, 1997).

$S_i$ : 전체 운수업 대비 세부 운수업  $i$ 의 부가가치 비중  
 $I_i$ : 세부 운수업  $i$ 의 에너지 집약도

여기에서 식 (5)를 전체 운수업의 부가가치( $V$ )로 나누면 운수업 전체의 에너지 집약도를 나타내는 식 (6)이 도출된다. 즉, 전체 운수업의 에너지 집약도 변화는 구조효과( $S$ )와 업종별 에너지 집약도효과( $I$ )라는 2가지 요인으로 구분된다.

$$e = \frac{E}{V} = \sum_i \frac{V_i}{V} \frac{E_i}{V_i} = \sum_i S_i I_i. \quad (6)$$

그리고 정한경(2005)에 따르면 에너지 집약도효과( $I$ )를 생산기술효과( $P$ )와 에너지 기술효과( $T$ )로 분리하면 식 (7)과 같이 나타낼 수 있다.

$$e = \frac{E}{V} = \sum_i \frac{V_i}{V} \frac{Q_i}{V_i} \frac{E_i}{Q_i} = \sum_i S_i P_i T_i. \quad (7)$$

$Q_i$ 는 세부 운수업  $i$ 의 매출액이고  $P_i$ 는 세부 운수업  $i$ 의 부가가치율의 역수로서 전반적인 생산성을 나타낸다. 식 (7)은 전체 운수업의 에너지 집약도를 업종별 부가가치에 따른 구조효과( $S$ ), 업종별 부가가치율의 변화에 따른 생산기술효과( $P$ ), 업종별 생산액 기준 에너지 집약도 변화에 따른 에너지 기술효과( $T$ )로 구분한 것이다.

업종별 부가가치율 변화에 따른 생산기술효과는 다음과 같은 점에서 중요한 의미를 갖는다. 예를 들어, 육상운수업에서 전년 대비 에너지 이용량과 매출액은 동일하지만 부가가치가 전년에 비해 감소하였다면 이는 동일한 매출액을 달성하기 위하여 비효율적인 투입과정이 있음을 의미하며, 부가가치 기준 에너지 집약도는 커지게 된다.<sup>8)</sup>

식 (6)의 에너지 집약도효과를 식 (7)에서는 경제학적 의미의 생산기술효과( $P$ )와 순수한 에너지 기술효과( $T$ )로 분리하였으며, 이는 업종별 에너지 집약도효과는 전반적인 생산성을 반영하는 부가가치율 수준과 에너지 이용기술을 반영하는 물리적 에너지 효율수준에 의해 결정됨을 의미한다. 따라서 운수업의 에너지 집약도는 물리적 에너지 효율이 개선되거나 부가가치율이 증가하면 개선될 수 있음을 알 수 있다. 따라서 운수업의 에너지 집약도 변화를 엄밀하게 분석하기 위해서는 구조효과, 생산기술효과, 에너지 기술효과로 구분하여 분석할 필요성이 있다.<sup>9)</sup>

8) 이 경우 부가가치와 매출액의 차이는 중간재 투입액이다.

구체적으로 본 연구에서는 운수업부문의 에너지 집약도 변화요인을 분해하기 위해 다양한 지수방법론을 이용하였다. 특정 재화 혹은 서비스를 대상으로 기준시점과 비교시점의 변화 정도를 파악하기 위하여 다양한 지수가 이용되고 있다. 지수는 크게 가중치가 특정 연도에 고정된 고정지수(fixed base year)와 가중치를 매년 직전연도로 변경·이동하면서 인접연도의 단기변동을 누적적으로 반영하는 방식인 연쇄지수(rolling base year)로 구분할 수 있다(한국은행 경제통계국, 2009; Greening *et al.*, 1997).

본 연구에서는 6가지의 고정지수 방법을 이용하여 운수업부문의 에너지 집약도 변화요인을 분석하였다. 즉, 라스파이레스 지수(Laspeyres Index), 파쉐 지수(Paasche Index), 마셜-에지워스 지수(Marshall-Edgeworth Index), 피셔 지수(Fisher Index), 단순 디비시아 지수(Divisia-Tornqvist Index), 로그평균 가중 디비시아 지수(Refined Divisia Index)를 이용하여 에너지 집약도 요인분해를 수행하였다.<sup>10) 11) 12)</sup>

우선 라스파이레스 지수는 기준연도의 가중치를 이용하여 구조효과, 생산기술효과, 에너지 기술효과를 정의하고 있다. 라스파이레스 지수의 단점으로는 시간역전 검증과 요소역전 검증을 만족시키지는 못한다는 점이며, 이 밖에도 기준연도 대비 비교연도의 변화를 가장 과대평가하는 경향이 있다.<sup>13)</sup>

둘째, 파쉐 지수는 라스파이레스 지수와 대비되는 지수로서 비교연도의 가중치를 이용하여 구조효과, 생산기술효과, 에너지 기술효과를 구분한다. 파쉐 지수의 문제점은 역시 라스파이레스 지수와 마찬가지로 시간역전 검증과 요소역전 검증을 만족시키지는 못한다는 점이다. 라스파이레스 지수와는 반대로 기준연도 대비 비교연도의 변화를 가장 과소평가하는 경향이 있다.<sup>14)</sup>

9) 정한경(2005)은 에너지 기술효과를 연료대체효과와 연료효율효과로 구분하는 방법론도 제시하고 있다. 그러나 본 연구에서 이용되는 운수업부문의 자료로는 연료대체효과와 연료효율효과를 구분하기에 불충분하여 이를 적용하지 못하였다. 이러한 점은 본 연구의 한계이다.

10) 이러한 다양한 지수를 평가하는 기준으로 다음과 같은 6가지 조건을 들 수 있다. 동일성(identity), 순환성(circularity), 단위 무차별성(commensurability), 비례성(proportionality), 시점역전 검증(time reversal test), 요소역전 검증(factor reversal test, product test) 등을 들 수 있다(한국은행 경제통계국, 2009).

11) 정한경(2005)은 다양한 지수를 평가하는 데 있어서 시간역전 검증과 요소역전 검증을 지수평가의 중요한 도구로 간주하였다. 이 밖에도 정한경(2005)은 계산의 용이성, 자료의 구득성도 고려하여야 할 사항으로 보았다.

12) 이하에서의 지수에 관한 설명은 정한경(2005)의 연구를 참조하였다.

13) 6가지 개별 지수들의 산정방법은 부록을 참조하기 바란다.

14) 일반적으로 라스파이레스 지수가 파쉐 지수보다 더 크게 증가(혹은 더 작게 감소)하는

셋째, 마셜-에지워스 지수는 라스파이레스 지수와 파쉐 지수의 산술평균(arithmetic mean)으로 정의된다. 마셜-에지워스 지수는 시간역전 검증은 만족하지만 요소역전 검증은 만족하지 않는다.

넷째, 피셔 지수는 라스파이레스 지수와 파쉐 지수의 기하평균(geometric mean)으로 시간역전 검증과 요소역전 검증을 모두 만족시킨다. 피셔 지수의 단점으로는 고려하는 하위 지수요소의 수가 늘어남에 따라 계산상의 부담이 기하급수적으로 증가한다는 점이다.<sup>15)</sup>

다섯째, 단순 디비지아 지수는 각 관련 변수의 상대적 변화에 대한 기하평균으로 해석할 수 있다. 즉, 해당 변수 로그변화의 산술가중평균의 지수값(exponential)이다. 본 연구에서 사용하는 자료는 이산형(discrete) 변수로서 가중치가 고려하는 두 시점 간의 산술평균 수준에서 고정된 것으로 가정하여 근사화하였다. 이러한 방법은 Tornqvist가 제안한 것으로 단순 디비지아 지수 혹은 Divisia-Tornqvist Index라고 불리고 있다. 단순 디비지아 지수는 시간역전 검증을 만족시키지만, 요소역전 검증을 만족시키지 못한다.

여섯째, Ang and Choi(1997)는 산술평균 가중치 대신에 로그평균 가중치를 이용하는 이산형 디비지아 지수를 적용하면서 이를 Refined Divisia Index라 정의하였다. 로그평균 가중 디비지아 지수는 요소역전 검증을 충족시키는 장점이 있지만, 단순 디비지아 지수에 비해 계산상의 비용이 다소 높다고 할 수 있다.

### Ⅲ. 운수업부문 에너지 소비 현황과 분석자료

#### 1. 운수업부문 에너지 소비 현황

운수업부문별 에너지 소비량 현황을 살펴보면, 2007년 현재 전체 운수업의 에너지 소비량은 약 218조 8,651억 kcal 수준으로서 2001년 이후 연평균 약 3.45%의 증가 추세를 보이고 있다.<sup>16)</sup> 세부 업종별로는 육상운송업, 항공운송업,

경향이 있지만, 반드시 이러한 현상이 성립하는 것은 아니다(한국은행 경제통계국, 2009).  
15) 즉,  $n$ 개의 분해요인이 고려될 경우  $2n-1$ 개 지수에 대한 기하평균을 계산하여야 한다.

16) 운수업이란 여객 및 화물자동차 운수사업법에서 규정하고 있으며, 이 밖에도 철도, 항공, 해운 등 운임을 받고 상업적 운수관련 서비스를 수행하는 비즈니스를 의미한다. 그러나 본 분석에서는 자료상의 한계로 주로 에너지총조사보고서에 나타나 있는 부문을 대상으로 할 것이다.



〈표 1〉 운수업부문별 에너지 소비량

(단위: 10<sup>9</sup>kcal, %)

구 분		2001	2004	2007	연평균 증감률
운수업	합계	178,598.1	205,280.2	218,865.1	3.45
육상운송업	소계	69,740.3	86,770.1	93,072.8	4.93
	택시	19,896.2	21,330.9	22,284.3	1.91
	시외버스	5,859.7	5,097.9	4,039.8	-6.01
	시내버스	12,066.6	14,345.6	17,991.8	6.88
	전세버스	3,532.5	3,548.1	4,346.6	3.52
	장의차량	129.7	140.7	139.3	1.20
	화물	28,211.3	42,250.5	44,256.4	7.79
	파이프라인	44.3	56.4	14.7	-16.79
철도운송업	소계	5,705.9	5,941.4	5,459.3	-0.73
수상운송업	소계	61,957.2	60,499.9	61,161.7	-0.22
	내항여객	771.7	861.0	805.3	0.71
	내항화물	9,946.6	9,569.4	10,196.3	0.41
	외항여객	647.3	882.5	1,866.5	19.30
	외항화물	50,081.7	48,756.3	45,236.1	-1.68
	내륙수상여객	56.5	58.3	45.1	-3.69
	항만 내 운송	168.3	150.6	465.0	18.46
	기타 내륙수상	285.2	221.7	2,247.4	41.07
항공운송업	소계	40,235.1	51,078.3	58,011.6	6.29
	정기항공운송	40,213.3	51,036.1	56,024.4	5.68
	부정기항공운송	21.8	42.2	1,987.3	112.15
운수관련 서비스업	소계	959.6	990.6	1,159.6	3.21

주: 2007년의 기타 내륙수상 운송업 에너지 소비량은 2001년 및 2004년과 큰 차이를 보이고 있음. 이에 대해서는 정확한 원인파악이 되지 않았음.

자료: 지식경제부(2002, 2005, 2008).

운수관련 서비스업이 2001년 이후 에너지 이용량이 증가 추세를 나타내고 있으며, 철도운송업과 수상운송업은 감소 추세를 보이고 있다. 그리고 전체 운수업 부문의 에너지 소비에서 육상운송업이 차지하는 비중은 2007년 현재 약 42.53%이며, 2001년 이후 증가하는 추세이다. 그 다음으로 수상운송업이 약 27.94%를

〈표 2〉 에너지 집약도 분해를 위한 운수업부문 통계자료

구 분		2001	2004	2007
매출액 기준 에너지 원단위(kcal/원)	육상운송업	3.2645	2.9299	2.4655
	철도운송업	2.3002	1.8162	1.9978
	수상운송업	3.7415	2.3695	1.8115
	항공운송업	5.8575	5.2402	4.5078
	운수관련 서비스업	0.1456	0.0900	0.0827
부가가치율의 역수 (매출액/부가가치액)	육상운송업	1.5672	1.7498	1.8529
	철도운송업	1.6937	1.7004	2.5000
	수상운송업	4.7560	5.0760	5.6197
	항공운송업	2.6884	2.6186	3.1536
	운수관련 서비스업	1.3921	1.5099	1.6943
전체 운수업 대비 부가가치 비중	육상운송업	0.5270	0.4851	0.5115
	철도운송업	0.0566	0.0551	0.0274
	수상운송업	0.1346	0.1442	0.1508
	항공운송업	0.0988	0.1067	0.1024
	운수관련 서비스업	0.1830	0.2089	0.2078

주: 매출액 기준 에너지 원단위는 2005년 생산자물가지수를 이용하여 실질화하였음.  
 자료: 지식경제부(2002, 2005, 2008); 통계청(2002, 2005, 2008); 한국철도공사·한국철도시설공단(2008).

점유하고 있지만 그 비중은 점차 감소하고 있으며, 항공운송업의 비중이 증가하는 추세이며 2007년 현재 약 25.60%를 차지하고 있다.

## 2. 요인분해 분석자료

운수업부문의 에너지 소비 및 집약도 변화요인 분해를 위하여 분석대상 산업 부문은 전체 운수업을 대상으로 하고, 시간적 범위는 2001, 2004년, 그리고 2007년 자료를 이용하였다.<sup>17)</sup> 그리고 전체 운수업을 육상운송업, 철도운송업, 수상운송업, 항공운송업 및 운수관련 서비스업으로 구분하였다.

17) 2000년대 이전의 운수업부문 구분이 최근의 구분과 일치하지 않으며, IMF 이후와 이전의 매출액 및 부가가치의 자료가 큰 차이를 보이고 있어서 실증연구 분석대상에서 제외하였다.

〈표 3〉 에너지 집약도 분해를 위한 육상운송업 통계자료

구 분		2001	2004	2007
매출액 기준 에너지 원단위(kcal/원)	택시	2.8222	2.9909	2.5861
	시외버스	5.9537	5.0206	3.7631
	시내버스	4.4073	4.0975	4.0830
	전세버스	6.7071	4.3367	3.0891
	장의차량	3.8243	3.0305	1.9629
	화물	2.8312	2.4829	2.0097
	파이프라인	0.6698	0.6547	0.0958
부가가치율의 역수 (매출액/부가가치액)	택시	1.4423	1.6012	1.6528
	시외버스	1.8864	2.0868	2.2834
	시내버스	1.5860	1.6883	1.5845
	전세버스	1.6640	1.8182	1.9889
	장의차량	1.5013	1.5526	3.2139
	화물	1.6256	1.8110	1.9807
	파이프라인	2.5000	2.5000	2.5000
육상운송업 대비 부가가치 비중	택시	0.3586	0.2632	0.2559
	시외버스	0.0383	0.0287	0.0231
	시내버스	0.1266	0.1225	0.1365
	전세버스	0.0232	0.0266	0.0347
	장의차량	0.0017	0.0018	0.0011
	화물	0.4497	0.5552	0.5457
	파이프라인	0.0019	0.0020	0.0030

주: 1) 매출액 기준 에너지 원단위는 2005년 생산자물가지수를 이용하여 실질화하였음.

2) 파이프라인 운송업의 부가가치율의 역수가 일정한 것은 부가가치액 자료가 존재하지 않아서 매출액 자료와 부가가치세법 시행령 제74조의 3의 음식점업, 숙박업, 운수 및 통신업의 부가가치율(40%)을 적용하여 산정하였기 때문임.

자료: 지식경제부(2002, 2005, 2008); 통계청(2002, 2005, 2008).

매출액 기준 에너지 원단위 추이를 살펴보면 전체적으로 감소하는 추세를 보이고 있다. 철도운송업은 2004년에 비해 2007년의 매출액 기준 에너지 원단위가 증가하였지만, 육상·수상·항공운송업과 운수관련 서비스업의 매출액 기준 에너지 원단위는 감소하는 추세를 보이고 있다. 또한 매출액 기준 에너지 원단

〈표 4〉 에너지 집약도 분해를 위한 수상운송업 통계자료

구 분		2001	2004	2007
매출액 기준 에너지 원단위(kcal/원)	내항여객	5.7964	4.8306	4.1714
	내항화물	15.0695	13.6627	10.7542
	외항여객	10.0716	5.6901	9.0101
	외항화물	3.2151	2.0014	1.4038
	내륙수상여객	5.3807	4.9796	3.3695
	항만 내 운송	5.2296	3.3871	5.7569
	기타 내륙수상	3.4599	2.7011	22.9962
부가가치율의 역수 (매출액/부가가치액)	내항여객	1.7188	1.8270	1.9880
	내항화물	1.7711	1.7918	1.9783
	외항여객	3.1473	4.8587	5.1546
	외항화물	5.3205	5.5090	6.1032
	내륙수상여객	1.2118	1.4244	1.3626
	항만 내 운송	1.5599	1.8076	2.0545
	기타 내륙수상	1.5199	1.4958	1.5605
수상운송업 대비 부가가치 비중	내항여객	0.0222	0.0194	0.0162
	내항화물	0.1070	0.0777	0.0798
	외항여객	0.0059	0.0063	0.0067
	외항화물	0.8409	0.8791	0.8788
	내륙수상여객	0.0025	0.0016	0.0016
	항만 내 운송	0.0059	0.0049	0.0065
	기타 내륙수상	0.0156	0.0109	0.0104

주: 매출액 기준 에너지 원단위는 2005년 생산자물가지수를 이용하여 실질화하였음.  
 자료: 지식경제부(2002, 2005, 2008); 통계청(2002, 2005, 2008).

위가 가장 높은 부문은 항공운송업이며, 운수관련 서비스업의 매출액 기준 에너지 원단위가 가장 낮게 나타나고 있다.

또한 전체 운수업부문 부가가치율은 감소하고 있는 실정으로 운수업부문의 부가가치 창출능력이 계속하여 저하되고 있음을 알 수 있다. 특히, 수상운송업의 부가가치율이 가장 낮으며, 운수관련 서비스업의 부가가치율이 가장 높은 것으로 나타나고 있다. 전체 운수업 대비 부문별 부가가치 비중을 살펴보면 육

상, 운수관련 서비스업, 수상, 항공, 철도 운송업의 순으로 나타나고 있다.

육상운송업부문 매출액 기준 에너지 원단위 추이를 살펴보면 전반적으로 감소세를 보이고 있다. 특히, 2004년보다는 2007년에 감소세가 뚜렷하게 나타나는데, 이는 2004년 하반기 이후 원유가격이 지속적으로 증가하는 추세에 기인한 것으로 보인다. 2007년 기준으로 매출액 기준 에너지 원단위가 가장 낮은 분야는 파이프라인 운송업이며, 시내버스 운송업의 매출액 기준 에너지 원단위가 가장 높게 나타났다.

부가가치율을 살펴보면 파이프라인과 시내버스 운송업을 제외하고는 모두 감소하고 있어서 육상운송업의 고부가가치화가 시급한 것으로 나타났다. 시내버스 운송업은 2004년과 2007년 사이에 부가가치율이 상승하였는데, 이러한 현상은 서울시 대중교통체계 개편에 의한 것으로 생각된다. 전체 육상운송업 대비 부문별 부가가치 비중을 살펴보면 2007년 기준으로 화물, 택시, 시내버스, 전세버스, 시외버스, 파이프라인, 장의차량 순으로 나타났다.

수상운송업부문 매출액 기준 에너지 원단위 추이를 살펴보면 전반적으로 감소세를 보이고 있다.<sup>18)</sup> 부가가치율을 살펴보면 내륙수상여객 및 기타 내륙수상운송업을 제외하고는 모두 감소세를 보이고 있어서 수상운송업의 고부가가치화 역시 시급한 것으로 나타났다. 전체 수상운송업 대비 부문별 부가가치 비중을 살펴보면 외항화물 운송업의 비중이 절대적으로 크게 나타나고 있다.

## IV. 실증분석 및 시사점

### 1. 에너지 소비 변화요인 분해

#### (1) 전체 운수업

전체 운수업부문의 에너지 소비변화를 분해하면 2001~2004년, 2004~2007년, 그리고 2001~2007년 모두 에너지 소비가 증가하였다. 특히, 2001~2004년의 운수업부문 에너지 소비증가량이 2004~2007년 운수업부문 에너지 소비증가량의 2배를 상회하고 있었다. 이는 동 기간이 저유가 시대로서 운수업부문의 에너지 절감대책이 상대적으로 미흡하였음을 알 수 있다.

18) 2007년의 기타 내륙수상 운송업 매출액 기준 에너지 원단위의 급격한 증가는 2007년 기타 내륙수상 운송업의 에너지 소비량의 급격한 증가에 기인한다(〈표 1〉 참조).

〈표 5〉 전체 운수업부문 에너지 소비변화 분해결과

(단위: 10<sup>6</sup>kcal, %)

구분	2001~2004		2004~2007		2001~2007	
	효과 정도	전체 대비 비중	효과 정도	전체 대비 비중	효과 정도	전체 대비 비중
산출효과	26,386,787	80.37	9,230,105	67.11	35,323,488	75.82
구조효과	3,166,073	9.64	2,481,039	18.04	5,250,961	11.27
집약도효과	3,279,107	9.99	2,042,917	14.85	6,011,578	12.90
전체 소비 변화량	32,831,966	100.00	13,754,061	100.00	46,586,027	100.00

주: 부가가치당 에너지 소비를 이용하는 과정에서 2005년 기준 생산자물가지수로 실질화한 후에 산정하였음.

〈표 5〉는 전체 운수업부문의 에너지 소비변화를 분해한 결과를 나타내고 있다. 세부 효과별로 살펴보면 산출효과가 가장 큰 비중을 차지하고 있는 것을 알 수 있다. 즉, 운수업부문의 영업활동 증가로 인한 에너지 이용량 증가가 전체 운수업부문 에너지 이용량 증가에 가장 큰 부분을 차지하고 있는 실정이다. 이러한 영업활동 증가에 기인한 에너지 이용량 증가는 에너지 절감대책 혹은 효율적인 에너지 개선대책으로 통제하기 어려운 측면이 있다. 시기별로 살펴보면 2001~2004년의 산출효과가 2004~2007년에 비해 큰 편임을 알 수 있다. 아마도 2004년 이후의 원유가격 급등으로 인하여 산출효과가 2001~2004년에 비해 상대적으로 감소하고 있는 것으로 추측된다.

구조효과를 살펴보면 모든 시기에 양(+)의 효과가 있음을 알 수 있다. 이는 운수업부문 에너지 다소비산업의 성장이 에너지 저소비산업의 성장보다 크다는 것을 의미하고 있다. 2001~2004년과 2004~2007년을 비교하면 2004~2007년의 구조효과가 2001~2004년의 구조효과에 비해 절대적 크기는 작지만, 전체 에너지 소비변화에서 차지하는 비중은 크다는 것을 알 수 있다.

집약도효과도 모든 시기에 양(+)의 효과가 있는 것으로 나타났다. 이는 운수업부문의 에너지 효율성이 개선되지 않고 있음을 알 수 있다. 구조효과와 유사하게 2004~2007년의 집약도효과가 2001~2004년의 집약도효과에 비해 절대적 크기는 작지만, 전체 에너지 소비변화에서 차지하는 비중은 크다는 것을 알 수 있다. 요약하면 영업활동 증가에 따라서 전체 운수업부문의 에너지 소비가 크게 증가하였으며, 구조효과 및 집약도효과에 의해서도 증가하고 있음을 알 수 있다.

(2) 개별 운수업

본 연구에서는 세부 운수업부문별로 에너지 소비 변화요인을 분해하였다. 그러나 철도운송업과 운수관련 서비스업의 경우 『에너지총조사보고서』에서 세부 산업별 부가가치당 에너지 소비량을 제시하지 않아서 구조변화에 따른 에너지 변화를 분석할 수가 없다. 또한 항공운송업도 정기항공 운송업의 비중이 절대적이어서 이를 분해하는 것이 큰 의미가 없었다. 따라서 세부 운수업 가운데 육상운송업과 수상운송업의 에너지 소비변화를 산출효과, 구조변화, 집약도 변화로 구분하였다.<sup>19)</sup> 즉, 구득가능한 자료와 Zhang(2003)이 제안한 에너지 소비 변화 분해방법을 이용하여 육상운송업과 수상운송업의 에너지 소비변화를 분석하였다.

육상운송업은 2001년부터 2004년까지 구조효과에 의해서 에너지 소비가 미약하게 감소하고 있으며, 2004년부터 2007년까지 집약도효과에 의해서 에너지 소비효율이 개선되고 있었다. 아마도 2004년 이후의 고유가로 인하여 전반적인 에너지 효율적인 기술개선이 이루어지고 있는 것으로 짐작된다. 그러나 전체적으로는 육상운송업의 에너지 소비량은 증가하고 있다.

수상운송업은 전반적으로 에너지 소비가 감소하고 있는 것이 특징이다. 특히,

<표 6> 개별 운수업부문별 에너지 소비변화 분해결과

(단위: 10<sup>6</sup>kcal, %)

구분		2001~2004		2004~2007		2001~2007	
		효과 정도	전체 대비 비중	효과 정도	전체 대비 비중	효과 정도	전체 대비 비중
육상 운송업	산출효과	4,421,821	31.09	8,599,234	136.67	12,017,120	58.57
	구조효과	-8,435	-0.06	707,795	11.25	772,079	3.76
	집약도효과	9,810,991	68.97	-3,015,044	-47.92	7,727,162	37.66
	전체 소비 변화량	14,224,377	100.00	6,291,985	100.00	20,516,362	100.00
수상 운송업	산출효과	14,701,137	978.77	5,677,187	60,848.93	21,899,751	1,449.04
	구조효과	-775,042	-51.60	197,957	2,121.73	-665,291	-44.02
	집약도효과	-15,428,090	-1,027.17	-5,884,474	-63,070.66	-22,745,785	-1,505.02
	전체 소비 변화량	-1,501,996	-100.00	-9,330	-100.00	-1,511,326	100.00

주: 부가가치액과 부가가치당 에너지를 이용하는 과정에서 2005년 기준 생산자물가지수로 실질화한 후에 산정하였음.

19) 이러한 점은 본 연구의 한계로 지적될 수 있다.

전 기간에 걸쳐 집약도효과에 의해 에너지 효율이 크게 개선되고 있음을 알 수 있다. 영업활동 증가에 따라서 에너지 소비량이 전반적으로 증가하고 있으며, 2001년부터 2004년 사이에는 구조효과에 의해 에너지 효율이 개선되고 있었다. 그러나 2004년부터 2007년 사이에는 에너지 다소비 수상운송업의 성장이 에너지 저소비 수상운송업의 성장보다 크게 나타나고 있었다.

(3) 분석결과의 시사점

2000년대 전반적인 경기호황으로 인한 영업활동 증가에 따라 운수업부문의 에너지 이용량은 주로 산출효과에 의해 증가하였다. 교통부문 에너지 소비감소라는 목표에 입각할 때, 산출효과에 의한 에너지 소비증가는 운수업부문의 성장을 감안하면 용인될 수 있을 것이다.

그러나 구조효과에 의하면 모두 에너지 이용을 증가시키는 것으로 나타나고 있는데, 이는 교통부문의 에너지 효율성을 개선하기 위한 기존의 정책들이 그다지 큰 효과를 거두지 못하고 있음을 의미하고 있다. 정부는 2000년부터 시작된 “국가기간교통망계획”에서 에너지 다소비형인 도로운송에서 에너지 저소비형인 철도운송으로 여객 및 화물운송의 모드 전환을 시도하는 밑그림을 그렸고, 이에 따라 교통부문정책을 추진해 왔다. 즉, 에너지 소비와 온실가스 배출량을 줄이기 위해 도로여객 수송분담률을 점진적으로 하락시키고 철도의 수송분담률을 증가시키기 위한 정책을 추진해 왔다.

그러나 본 연구에 따르면 2000년대에는 전반적으로 운수업부문의 에너지 소비가 증가하고 있으며, 특히 구조효과를 감안하면 수송분담구조가 에너지 효율적인 방향으로 개선되지 않고 있음을 보이고 있다.

또한 전체적으로 집약도효과에 따른 에너지 소비도 다소 증가하는 것으로 측

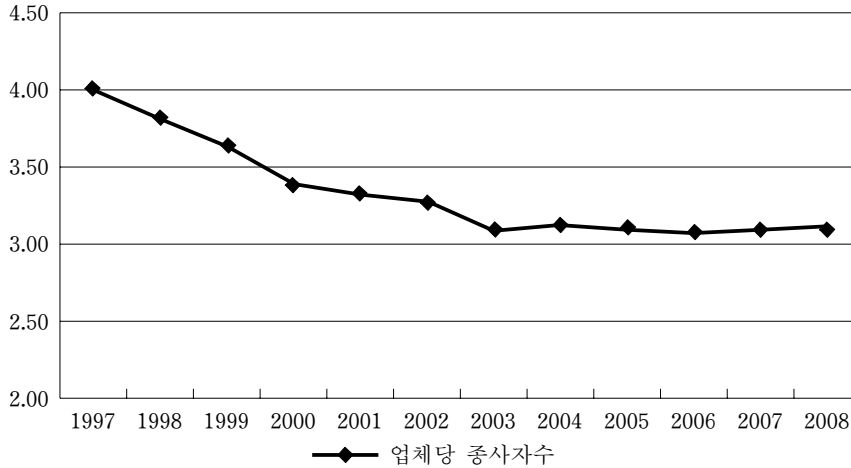
<표 7> 국가기간교통망계획의 여객부문 수송분담률 목표

(단위: %)

구 분	수송수단	1997	2004	2009	2014	2019
국내 여객 인-km	도 로	88.2	81.3	78.4	77.5	74.8
	철 도	7.6	14.2	17	17.5	18.6
	항 공	4	4.3	4.4	4.8	6.3
	해 운	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3

주: 1997년은 실적치를 의미함.  
 자료: 한국교통연구원(2000).





〈그림 1〉 운수업부문 업체당 종사자수<sup>20)</sup>

〈표 8〉 온실가스-에너지 목표관리제도 부문별 관리업체 지정 현황

(단위: 개수, 천CO<sub>2</sub>톤, TJ)

구 분	관리 업체수	비율 (%)	대상 사업장수	비율 (%)	온실가스 배출량	비율 (%)	에너지 사용량	비율 (%)
농업·축산	27	5.7	68	4.3	2,238	0.5	36,312	0.6
산 업	338	71.9	784	49.9	214,310	48.4	2,770,899	49.5
발 전	36	7.7	140	8.9	212,513	48	2,664,582	47.6
폐 기 물	23	4.9	331	21.1	7,133	1.6	24,581	0.4
건물·교통	46	9.8	247	15.7	6,397	1.4	96,217	1.7
합 계	470	100	1,570	100	442,591	100	5,592,591	100

주: 비율은 전체 업체 및 사업장 대비 비중을 의미함.  
자료: 한상용 외(2010).

정되어 운수업부문의 에너지 효율 개선이 미흡함을 알 수 있다. 이는 운수업부문의 영세성으로 말미암아 자체적인 에너지 효율 개선대책이 미흡하여 집약도 효과에 의해 에너지 이용이 증가하는 것으로 보인다. 2008년 기준 전체 운수업체수는 33만 9,991개이고 종사자수는 105만 1,304명으로 업체당 종사자수가 약 3명 내외의 영세성을 띠고 있다(통계청, 2009). 〈그림 1〉을 살펴보면 운수업부문 업체당 종사자수가 1997년 이후 계속하여 감소하고 있는 실정이다. 이러한

20) 운수업통계조사보고서(통계청, 각 연도)의 운수업부문 기업체수와 종사자수를 이용하여 업체당 종사자수를 산정하였다.

운수업부문의 영세성으로 말미암아 자체적인 에너지 소비 감소대책이 미흡할 수밖에 없으며, 이는 본 연구의 집약도효과를 통해서도 나타나고 있다.

최근 정부는 「저탄소 녹색성장 기본법」에 의하여 에너지 소비 및 온실가스 저감을 위하여 온실가스-에너지 목표관리제도를 2012년부터 시행할 계획이며 운수업부문도 적용될 예정이다. 즉, 온실가스-에너지 목표관리 대상 사업체를 지정하여 온실가스 배출량 목표치를 선정하고 사업체들이 이를 따르게 할 것이다. 동 제도에 의한 운수업부문 관리업체 지정 현황을 살펴보면 여객운송업체 3개, 항공업체 2개, 철도운영기관 6개 등 총 11개 업체가 포함되어 있다.

앞에서도 지적하였지만 우리나라의 운수업은 대단히 영세하고 많은 업체가 난립해 있는 실정이다. 그러나 온실가스-에너지 목표관리제도의 운수업부문 관리업체가 매우 소수이고 전체 운수업체를 대상으로 하기에 어려운 구조이기 때문에 동 제도 시행에 의해 에너지 소비감소를 기대하기 어려운 측면이 존재한다. 물론 동 제도가 시행되면 점차적으로 관리업체 대상을 계속 확대해 나갈 예정이지만 전체 운수업체의 수가 30만 개가 넘고 업체당 종사자수가 3명 내외인 운수업체의 영세성을 감안하면 동 제도의 실효성을 확보하기 위해서는 관리대상 업체의 수를 대폭 상향 조정해야 할 것이다.

## 2. 에너지 집약도 변화요인 분해

### (1) 전체 운수업

전체 운수업부문의 산업구조효과를 살펴보면 에너지 집약도가 증가하는 방향으로 나아가고 있음을 알 수 있다. 이는 6개 지수를 모두 고려하여도 동일한 결과에 도달함을 알 수 있다. 즉, 전체 운수업에서 에너지 집약도가 높은 산업의 성장이 낮은 산업의 성장보다 더 큰 것으로 볼 수 있다. 혹은 교통산업 간의 모드 변화를 고려하면 에너지 집약도가 더 높은 산업으로의 모드 전환이 발생하는 것으로 이해할 수 있다. 경제학적인 생산기술효과를 살펴보면 에너지 집약도가 증가하고 있음을 알 수 있다. 이는 중간투입재의 증가 혹은 투입과정상의 문제로 경영과정의 비효율이 증가하는 것으로 파악할 수 있다. 그리고 에너지 기술효과를 살펴보면 에너지 집약도를 개선하는 방향으로 기술적인 발전이 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 고연비 차량 혹은 선박, 항공기 등의 이용 혹은 에너지 효율적인 기술의 채택으로 에너지 집약도가 개선되는 것으로 볼 수 있다. 3가지 효과를 모두 종합하면 운수업부문에서 에너지 집약도를 개선하

〈표 9〉 전체 운수업부문 에너지 집약도 요인분해 결과

구 분		2001년	2004년	2007년
Laspeyres	산업구조효과	1.0000	1.0115	1.0229
	생산기술효과	1.0000	1.0636	1.1895
	에너지 기술효과	1.0000	0.8002	0.6670
	합 계	1.0000	0.8609	0.8117
Paasche	산업구조효과	1.0000	1.0013	1.0007
	생산기술효과	1.0000	1.0599	1.1857
	에너지 기술효과	1.0000	0.7943	0.6567
	합 계	1.0000	0.8430	0.7792
Marshall-Edgeworth	산업구조효과	1.0000	1.0068	1.0136
	생산기술효과	1.0000	1.0619	1.1877
	에너지 기술효과	1.0000	0.7973	0.6621
	합 계	1.0000	0.8525	0.7971
Fisher	산업구조효과	1.0000	1.0065	1.0121
	생산기술효과	1.0000	1.0618	1.1879
	에너지 기술효과	1.0000	0.7974	0.6621
	합 계	1.0000	0.8522	0.7960
Divisia-Tornqvist	산업구조효과	1.0000	1.0064	1.0125
	생산기술효과	1.0000	1.0618	1.1874
	에너지 기술효과	1.0000	0.7973	0.6617
	합 계	1.0000	0.8520	0.7956
Refined Divisia	산업구조효과	1.0000	1.0064	1.0125
	생산기술효과	1.0000	1.0618	1.1874
	에너지 기술효과	1.0000	0.7974	0.6619
	합 계	1.0000	0.8521	0.7958

주: 매출액 대비 에너지원 단위는 2005년 생산자물가지수를 이용하여 실질화하였음.

는 방향으로 나아가고 있음을 알 수 있다.

개별 효과의 증감률을 살펴보면 에너지 기술효과만인 음(-)의 변화율을 나타내고 있으며, 산업구조효과와 생산기술효과는 양(+ )의 변화율을 나타내고 있다. 에너지 기술효과로 인해 전체 에너지 집약도는 감소하고 있는 것으로 나타

났다. 에너지 기술효과는 2001~2004년의 변화율이 2004~2007년의 변화율보다 크게 나타났다. 알려진 바와 같이 2004년 이후 원유가격이 급격히 상승하였다. 원유가격 급등에 대한 운수업의 에너지 절감노력이 있을 것으로 예상하여 2004~2007년의 에너지 기술효과가 더 크게 나타날 것으로 예상되지만, 분석결과는

〈표 10〉 육상운송업 부문 에너지 집약도 요인 분해결과

구 분		2001년	2004년	2007년
Laspeyres	산업구조효과	1.0000	0.9999	1.0096
	생산기술효과	1.0000	1.1024	1.1595
	에너지 기술효과	1.0000	0.9237	0.7863
	합 계	1.0000	1.0182	0.9205
Paasche	산업구조효과	1.0000	0.9839	0.9879
	생산기술효과	1.0000	1.1030	1.1515
	에너지 기술효과	1.0000	0.9086	0.7611
	합 계	1.0000	0.9861	0.8657
Marshall-Edgeworth	산업구조효과	1.0000	0.9923	1.0004
	생산기술효과	1.0000	1.1027	1.1563
	에너지 기술효과	1.0000	0.9161	0.7734
	합 계	1.0000	1.0025	0.8946
Fisher	산업구조효과	1.0000	0.9919	0.9988
	생산기술효과	1.0000	1.1027	1.1556
	에너지 기술효과	1.0000	0.9161	0.7737
	합 계	1.0000	1.0020	0.8930
Divisia-Tornqvist	산업구조효과	1.0000	0.9921	0.9972
	생산기술효과	1.0000	1.1027	1.1556
	에너지 기술효과	1.0000	0.9158	0.7737
	합 계	1.0000	1.0019	0.8916
Refined Divisia	산업구조효과	1.0000	0.9922	0.9983
	생산기술효과	1.0000	1.1027	1.1555
	에너지 기술효과	1.0000	0.9159	0.7741
	합 계	1.0000	1.0020	0.8929

주: 매출액 대비 에너지원 단위는 2005년 생산자물가지수를 이용하여 실질화하였음.

반대로 나타났다.

## (2) 육상운수업

육상운송업 부문의 산업구조효과를 살펴보면 6개의 지수가 다소 상이한 값을 나타내어 일률적으로 설명하기 어려운 점이 있다. 그러나 로그평균 가중 디비아 지수를 기준으로 보았을 때 에너지 집약도가 미약하게 개선되는 방향으로 육상운송업 구조가 개편되고 있음을 알 수 있다. 즉, 에너지 집약도가 낮은 산업의 성장이 높은 산업의 성장에 비해 다소 큰 것으로 이해할 수 있다. 그리고 생산기술효과를 살펴보면 에너지 집약도를 증가시키고 있음을 알 수 있다. 즉, 전체 운수업과 마찬가지로 중간투입 과정의 비효율로 인하여 육상운송업의 에너지 소비량을 증가시키는 것으로 보인다. 그리고 육상운송업 부문에서도 에너지 기술효과가 에너지 집약도를 개선하는 방향으로 나아가고 있음을 알 수 있다. 그러나 전체 운수업에 비해 에너지 기술효과로 인한 에너지 집약도 개선의 효과는 작은 것으로 나타났다. 에너지 기술효과로 말미암아 전체 에너지 집약도 개선은 전체 운수업에 비해 크지 않은 편이다. 특히, 2004년은 에너지 집약도가 2001년에 비해 개선되었다고 결론내리기 어려운 편이다.

개별 효과의 증감률을 살펴보면 에너지 기술효과는 음(-)의 변화율을 나타내고 있으며, 생산기술효과는 양(+ )의 변화율을 나타내고 있다. 산업구조효과는 2004~2007년에는 양(+ )의 변화율을 나타내고 있지만, 2001~2004년에는 개별 지수에 따라 상이하게 나타나고 있다. 에너지 기술효과는 2004~2007년의 변화율이 2001~2004년의 변화율보다 크게 나타났다. 이는 2004년 이후 원유가격 상승에 따른 육상운송업의 에너지 절감 노력에 기인하는 것으로 보인다.

## (3) 수상운수업

수상운송업 부문의 에너지 집약도 변화요인 분해결과는 <표 11>에 제시되어 있다. 수상운송업 부문의 산업구조효과를 살펴보면 에너지 집약도가 개선되는 방향으로 나아가고 있음을 알 수 있다. 즉, 에너지 집약도가 낮은 산업의 성장이 높은 산업의 성장에 비해 다소 큰 것으로 이해할 수 있다. 그리고 생산기술효과는 다른 운수업과 마찬가지로 에너지 집약도를 증가시키고 있음을 알 수 있다. 즉, 전체 운수업과 마찬가지로 중간투입 과정의 비효율로 인하여 수상운송업의 에너지 소비량을 증가시키는 것으로 보인다. 또한 수상운송업 부문에서도 에너지 기술효과가 에너지 집약도를 개선하는 방향으로 나아가고 있음을 알

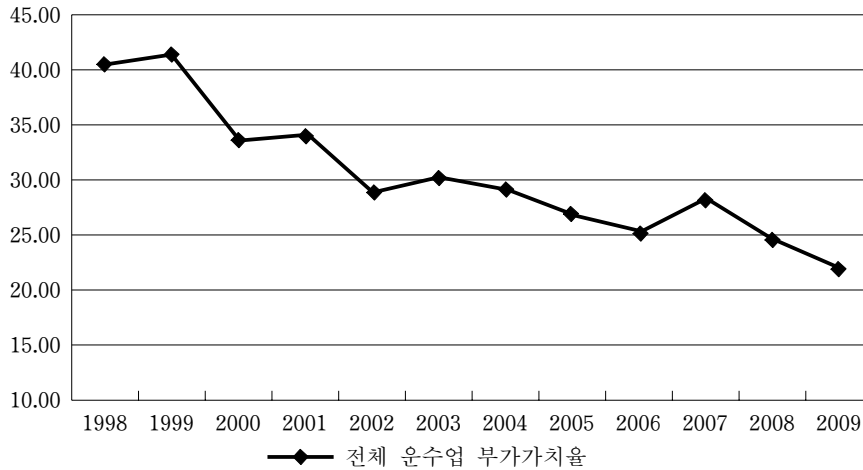
〈표 11〉 수상운송업 부문 에너지 집약도 요인 분해결과

구 분		2001년	2004년	2007년
Laspeyres	산업구조효과	1.0000	0.9899	0.9921
	생산기술효과	1.0000	1.0375	1.1474
	에너지 기술효과	1.0000	0.6712	0.5200
	합 계	1.0000	0.6893	0.5919
Paasche	산업구조효과	1.0000	0.9726	0.9576
	생산기술효과	1.0000	1.0371	1.1487
	에너지 기술효과	1.0000	0.6572	0.4992
	합 계	1.0000	0.6629	0.5491
Marshall-Edgeworth	산업구조효과	1.0000	0.9830	0.9802
	생산기술효과	1.0000	1.0374	1.1476
	에너지 기술효과	1.0000	0.6642	0.5092
	합 계	1.0000	0.6774	0.5728
Fisher	산업구조효과	1.0000	0.9811	0.9740
	생산기술효과	1.0000	1.0372	1.1473
	에너지 기술효과	1.0000	0.6641	0.5091
	합 계	1.0000	0.6759	0.5689
Divisia-Tornqvist	산업구조효과	1.0000	0.9818	0.9767
	생산기술효과	1.0000	1.0374	1.1488
	에너지 기술효과	1.0000	0.6637	0.5141
	합 계	1.0000	0.6759	0.5769
Refined Divisia	산업구조효과	1.0000	0.9818	0.9783
	생산기술효과	1.0000	1.0373	1.1487
	에너지 기술효과	1.0000	0.6637	0.5066
	합 계	1.0000	0.6759	0.5693

주: 매출액 대비 에너지원 단위는 2005년 생산자물가지수를 이용하여 실질화하였음.

수 있다. 또한 전체 운수업 및 육상운송업에 비해 에너지 기술효과로 인한 에너지 집약도 개선의 효과가 큰 것으로 나타났다. 에너지 기술효과로 말미암아 전체 에너지 집약도 개선이 전체 운수업 및 육상운송업에 비해 크게 산정되었다.

개별 효과의 증감률을 살펴보면 에너지 기술효과는 음(-)의 변화율을 나타



〈그림 2〉 운수업부문 부가가치율<sup>21)</sup>

내고 있으며, 생산기술효과와 산업구조효과는 모두 양(+)의 변화율을 나타내고 있다. 에너지 기술효과는 2004~2007년의 변화율보다 2001~2004년의 변화율이 크게 나타났다.

(4) 분석결과의 시사점

에너지 소비 변화요인 분해에서와 마찬가지로 전체 운수업 에너지 집약도 변화요인 분해의 산업구조효과에서도 에너지 집약도가 높은 산업의 성장이 낮은 산업의 성장보다 높게 나타나서 교통부문 수송분담구조 개선대책의 결과가 미흡함을 알 수 있다. 즉, 도로부문 운송에서 철도부문 운송으로의 모드 전환을 시도하였지만, 이러한 노력에 비해 실제 나타난 효과는 미흡함을 알 수 있다.

전체 운수업부문 생산기술효과에서 투입과정상의 비효율 혹은 중간투입재의 증가로 인해 에너지 집약도가 증가하는 것으로 나타났다. 이를 운수업부문 부가가치율과 비교해 보면 1998년 이후 운수업부문의 부가가치율이 하락하고 있는 것과 서로 일맥상통한다. 즉, 운수업부문의 생산기술효과로 인한 에너지집약도 증가는 운수업부문의 전반적인 부가가치율 하락에 의해 설명된다고 볼 수 있다. 한국은행 자료에 의하면 육상운송업과 수상운송업 모두 부가가치율이 2000년대에 감소하는 것으로 나타나는데,<sup>22)</sup> 생산기술효과에 의해 에너지 집약

21) 한국은행 경제통계시스템(<http://ecos.bok.or.kr/>)의 기업경영 분석에서 발췌한 수치이다.

22) 1998년 이후 육상운송업과 수상운송업의 부가가치율 변화도 산정하였는데 전체적으로 감

도가 증가하고 있다는 사실이 이를 뒷받침하고 있다.

전체 운수업과 육상운송업, 그리고 수상운송업의 에너지 기술효과가 에너지 집약도를 개선하고 있음을 보이고 있다. 이는 2000년대 이후 운송기계부문(자동차, 선박 등)의 에너지 효율성이 크게 개선되어 동일한 매출액을 달성하고도 에너지 소비가 감소하고 있음을 보이고 있다. 이러한 점은 향후 전기 자동차, 하이브리드 등 에너지 효율적인 자동차 도입이 에너지 기술효과에 미칠 효과를 간접적으로 예상 가능하게 해 준다. 최근 정부는 교통부문에서 온실가스 배출량을 감축하기 위하여 「녹색교통 추진전략」(2009. 11. 5)을 발표하였으며, 구체적으로 전기자동차를 비롯한 그린카 개발 및 보급 활성화와 차세대 고속열차, 도시형 자기부상 열차 및 바이모달 트램 등과 같은 첨단 녹색교통 수단 개발에 착수하였다. 이러한 정부 정책은 에너지 기술효과를 통한 교통부문 에너지 집약도를 개선시킬 것으로 보인다.

## V. 결 론

본 연구에서는 운수업부문의 에너지 변화를 심층적으로 분석하기 위해 에너지 소비요인 분해법(energy consumption approach)과 에너지 집약도 요인 분해법(energy intensity approach)을 이용하였다.

에너지 소비요인 분해에 의하면 전체 운수업부문은 산출효과, 구조효과 및 집약도효과에 의해서 에너지 소비가 증가하고 있는 것으로 나타났다. 즉, 운수업부문의 영업활동 성장에 의해서 에너지 소비가 증가하고 있으며, 운수업부문 에너지 다소비산업 성장이 저소비산업 성장보다 큰 것으로 나타났다. 또한 에너지 집약도가 증가하는 것으로 나타나서 운수업부문의 에너지 효율이 저하되는 것으로 나타났다.

에너지 집약도 요인 분해를 통하여 에너지 집약도 증가를 좀더 세부적으로 분석하면 운수업부문의 에너지 집약도 증가는 에너지 기술효과보다는 생산기술 효과에 기인하는 것으로 나타났다. 즉, 기술적인 에너지 효율성은 개선되고 있지만 중간투입 과정 혹은 경영과정상의 비효율로 인하여 운수업부문의 에너지 집약도가 증가하는 것으로 나타났다.

소하고 있었다. 지면관계상 생략하였지만 요청시 육상운송업과 수상운송업 부가가치율도 제공할 수 있다.



전체적으로 운수업부문은 영업활동 증가에 따라서 에너지 이용량이 증가하고 있으며 구조효과에 의한 에너지 효율은 개선되지 않고 있는 실정이다. 또한 생산기술효과에 의해서 에너지 소비가 증가하고 있는데 이는 투입과정 혹은 경영상의 비효율로 간주할 수 있으며 영세한 운수업의 특성에 기인하고 있다. 따라서 경영 및 중간투입 과정의 효율성 개선의 여지가 크다고 볼 수 있다. 그러나 에너지 기술효과는 에너지 소비를 감소시키는 것으로 나타나서 운수업부문의 기술적인 측면의 에너지 효율은 개선되는 것으로 나타났다.

이러한 에너지 소비요인 분해와 집약도 요인 분해에 의한 실증분석 결과를 운수업 관련 정부 정책과 경제적 특성을 연계하여 살펴보면 다음과 같다. 예를 들어, 정부가 추진해 온 도로 등 에너지 다소비 교통수단에서 철도 등 에너지 저소비 교통수단으로의 모드 전환정책이 실제로 큰 효과를 거두지 못하고 있음을 에너지 소비 변화요인 분해의 구조효과를 통해 알 수 있었다. 그리고 향후 정부에서 시행할 계획인 온실가스-에너지 목표관리제도에서 제한적인 관리대상 업체 선정으로 인하여 그 효과가 미약할 수 있음을 예상하였다. 그리고 집약도효과가 미약하게 나타나는 이유를 현행 운수업부문의 영세성과 관련지어 설명하였다.

또한 에너지 집약도 요인 분해에서 구조효과, 경제학적인 생산기술효과와 순수한 에너지 기술효과로 분리하여 살펴보았으며, 운수업부문의 생산기술효과가 미약한 이유가 운수업부문 부가가치율의 지속적인 하락에 기인함을 실증적으로 제시하였다.

지금까지 대부분의 에너지 요인 분해가 제조업부문에 포커스를 맞춘 것에 비해 본 연구는 운수업부문에 연구의 포커스를 맞추었다는 점에서 의의가 있을 것이다. 또한 에너지 소비 및 집약도 요인 분해를 통해 분석된 내용이 현행의 운수업 영세성 및 부가가치율의 지속적인 하락과 어떠한 연관성을 나타내는지를 보였다. 그리고 정부의 수송분담구조 개선대책 및 향후 시행될 온실가스-에너지 목표관리제도의 성과에 대해서도 논의하였다.

본 연구가 교통부문 에너지 효율성 연구의 최초 시도라는 점에서 큰 의의를 가지지만, 자료의 한계로 다양한 분석을 수행하지 못하였다는 점은 본 연구의 한계점으로 지적될 수 있다. 또한 본 연구에서는 자료 구득의 한계로 인해 향후 운수업의 에너지 소비감소를 위한 정책방향 설정에 있어 중요하게 활용될 수 있는 에너지 소비에 대한 부가가치의 탄력성 산정은 시도하지 못하였다. 이러한 한계점들은 운수업 전반에 대한 포괄적이고 구체적인 자료들이 축적된다면 향후 연구를 통해 극복될 수 있을 것으로 판단된다.

〈부표〉 6가지 지수 산정방법

구 분	산정방법
라스파이레스 지수 (Laspeyres Index)	$LS_{o,t} = \frac{\sum_i S_{i,t} P_{i,o} T_{i,o}}{\sum_i S_{i,o} P_{i,o} T_{i,o}}$ $LP_{o,t} = \frac{\sum_i S_{i,o} P_{i,t} T_{i,o}}{\sum_i S_{i,o} P_{i,o} T_{i,o}}$ $LT_{o,t} = \frac{\sum_i S_{i,o} P_{i,o} T_{i,t}}{\sum_i S_{i,o} P_{i,o} T_{i,o}}$
파셰 지수 (Paasche Index)	$PS_{o,t} = \frac{\sum_i S_{i,t} P_{i,t} T_{i,t}}{\sum_i S_{i,o} P_{i,t} T_{i,t}}$ $PP_{o,t} = \frac{\sum_i S_{i,t} P_{i,t} T_{i,t}}{\sum_i S_{i,t} P_{i,o} T_{i,t}}$ $PT_{o,t} = \frac{\sum_i S_{i,t} P_{i,t} T_{i,t}}{\sum_i S_{i,t} P_{i,t} T_{i,o}}$
마셜-에지워스 지수 (Marshall-Edgeworth Index)	$MS_{o,t} = \frac{\sum_i S_{i,t} (P_{i,o} + P_{i,t}) (T_{i,o} + T_{i,t})}{\sum_i S_{i,o} (P_{i,o} + P_{i,t}) (T_{i,o} + T_{i,t})}$ $MP_{o,t} = \frac{\sum_i (S_{i,o} + S_{i,t}) P_{i,t} (T_{i,o} + T_{i,t})}{\sum_i (S_{i,o} + S_{i,t}) P_{i,t} (T_{i,o} + T_{i,t})}$ $MT_{o,t} = \frac{\sum_i (S_{i,o} + S_{i,t}) (P_{i,o} + P_{i,t}) T_{i,t}}{\sum_i (S_{i,o} + S_{i,t}) (P_{i,o} + P_{i,t}) T_{i,o}}$
피셔 지수(Fisher Index)	$FS_{o,t} = \left[ \frac{S_t P_o T_o}{S_o P_o T_o} \times \frac{S_t P_t T_t}{S_o P_t T_t} \times \frac{S_t P_t T_o}{S_o P_t T_o} \times \frac{S_t P_o T_t}{S_o P_o T_t} \right]^{\frac{1}{4}}$ $FP_{o,t} = \left[ \frac{S_o P_t T_o}{S_o P_o T_o} \times \frac{S_t P_t T_t}{S_t P_o T_t} \times \frac{S_t P_t T_o}{S_t P_o T_o} \times \frac{S_o P_t T_t}{S_o P_o T_t} \right]^{\frac{1}{4}}$ $FT_{o,t} = \left[ \frac{S_o P_o T_t}{S_o P_o T_o} \times \frac{S_t P_t T_t}{S_t P_t T_o} \times \frac{S_t P_o T_t}{S_t P_o T_o} \times \frac{S_o P_t T_t}{S_o P_t T_o} \right]^{\frac{1}{4}}$
단순 디비지아 지수 (Divisia-Tornqvist Index)	$DTS_{o,t} = \prod_i \left( \frac{S_{i,t}}{S_{i,o}} \right)^{\frac{w_{i,o} + w_{i,t}}{2}} = \exp \left[ \sum_i \left( \frac{w_{i,o} + w_{i,t}}{2} \right) \ln \left( \frac{S_{i,t}}{S_{i,o}} \right) \right]$ $DTP_{o,t} = \prod_i \left( \frac{P_{i,t}}{P_{i,o}} \right)^{\frac{w_{i,o} + w_{i,t}}{2}} = \exp \left[ \sum_i \left( \frac{w_{i,o} + w_{i,t}}{2} \right) \ln \left( \frac{P_{i,t}}{P_{i,o}} \right) \right]$ $DTT_{o,t} = \prod_i \left( \frac{T_{i,t}}{T_{i,o}} \right)^{\frac{w_{i,o} + w_{i,t}}{2}} = \exp \left[ \sum_i \left( \frac{w_{i,o} + w_{i,t}}{2} \right) \ln \left( \frac{T_{i,t}}{T_{i,o}} \right) \right]$ <p>단, <math>w_{i,o} = S_{i,o} P_{i,o} T_{i,o} / \sum_i S_{i,o} P_{i,o} T_{i,o}</math> 이며,  <math>w_{i,t} = S_{i,t} P_{i,t} T_{i,t} / \sum_i S_{i,t} P_{i,t} T_{i,t}</math> 이다.</p>
로그평균 가중 디비지아 지수 (Refined Divisia Index)	$RDS_{o,t} = \exp \left[ \sum_i w_i^* \ln (S_{i,t} / S_{i,o}) \right]$ $RDP_{o,t} = \exp \left[ \sum_i w_i^* \ln (P_{i,t} / P_{i,o}) \right]$ $RDT_{o,t} = \exp \left[ \sum_i w_i^* \ln (T_{i,t} / T_{i,o}) \right]$ <p>단, <math>w_i^* = \lambda_i / \sum_i \lambda_i = \frac{w_{i,t} - w_{i,o}}{\ln w_{i,t} - \ln w_{i,o}} / \sum_i \frac{w_{i,t} - w_{i,o}}{\ln w_{i,t} - \ln w_{i,o}}</math> 이다.</p>

자료: 정한경(2005); 김화영·김지효(2008), pp. 91~100.

## 참 고 문 헌

- 국토해양부·지식경제부, 『녹색교통 추진전략』, 2009. 11. 5.
- 김진수·허은녕, “구조분해분석을 통한 국내 산업별 에너지 소비 변화요인 연구,” 『자원·환경경제연구』제14권 제2호, 2005, 257~290.
- 김화영·김지효, “주요 분해분석 방법론을 이용한 에너지유 소비 변화 분석,” 『한국지구시스템공학회지』 제45권 제2호, 2008, 91~100.
- 나인강·이성근, “산업부문 에너지 효율 변화요인 분석,” 『자원환경경제연구』 제17권 제2호, 2008, 255~286.
- 박희천, “한국 제조업의 에너지효율 향상평가,” 『자원환경경제연구』 제10권 제2호, 2001, 135~159.
- 이달석, “한국 제조업의 에너지수요 변화요인에 관한 연구,” 『경제학연구』 제49집 제2호, 2001, 87~110.
- 정한경, 『산업부문 에너지 소비 변화요인 분석』, 에너지경제연구원, 2005.
- 지식경제부, 『에너지총조사보고서』, 2002, 2005, 2008년 각 연도.
- 통계청, 『운수업조사보고서』, 각 연도.
- 한국교통연구원, 『국가기간교통망계획』, 구 건설교통부, 2000.
- 한국은행 경제통계국, 『연쇄가중 경제성장률 이해』, 2009.
- 한국철도공사·한국철도시설공단, 『2007 철도통계연보』, 2008.
- 한상용·이재훈·이재민, 『교통산업 에너지 소비구조 분석 및 개편방안 연구』, 한국교통연구원, 2010.
- Ang, B. W. and K. H. Choi, “Decomposition of Aggregate Energy and Gas Emission Intensities for Industry: a Refined Divisia Index Method,” *Energy Journal* 18 (3), 1997, 59~73.
- Ang, B. W. and S. Y. Lee, “Decomposition of Industrial Energy Consumption: Some Methodological and Application Issues,” *Energy Economics* 16(2), 1994, 83~92.
- Boyd, G. A., D. A. Hanson, and T. Sterner, “Decomposition of Changes in Energy Intensity: A Comparison of the Divisia Index and Other Methods,” *Energy Economics* 10(4), 1988, 309~312.
- Fisher-Vanden, Karen, Gary H. Jefferson, Hongmei Liu, and Quan Tao, “What is

Driving China's Decline in Energy Intensity?," *Resource and Energy Economics* 26(1), 2004, 77~97.

Greening, Lorna A., William B. Davis, Lee Schipper, Marta Khrushch, "Comparison of Six Decomposition Methods: Application to Aggregate Energy Intensity for Manufacturing in 10 OECD countries," *Energy Economics* 19(3), 1997, 375~390.

Zhang, Zhong Xiang, "Why Did the Energy Intensity Fall in China's Industrial Sector in the 1990s, The Relative Importance of Structural Change and Intensity Change," *Energy Economics* 25(6), 2003, 625~638.

[Abstract]

## Factor Decomposition Analysis on Energy Consumption and Intensity Changes in Transportation Industry

Jaimin Lee\* · SangYong Han\*\*

The objective of this paper is to investigate the energy consumption and intensity changes in transportation industry. We analyze the energy consumption changes and energy intensity changes from 2001 to 2007 using the method suggested by Zhang (2003) and the index decomposition method. We divide the total energy consumption changes in transportation industry into output effect, structural effect, and intensity effect. We also attribute the energy intensity changes to structural effect, production technological effect, and energy technological effect.

The analysis shows that the energy consumption increase in transport industry is caused not by structural effect and intensity effect but by output effect. We also clarify that the energy intensity increase in transportation industry is due to production technological effect instead of energy technological effect. We conclude that small scale enterprises in transportation industry and continuous decreases of its value added rates accord with our analyses. In addition, our analyses show that the effects of the Korean government to improve its transport mode share structure are not big and that other policies such as greenhouse gas and energy targeting management system does not have significant effects on energy consumption and greenhouse gas reduction.

**Keywords:** transportation industry, energy consumption, energy intensity, factor decomposition, index analysis

**JEL Classification:** Q4, R4, C0

---

\* First Author, Kyungpook National University, Full-time Lecturer, Tel: 82-53-950-7438, E-mail: jm064@knu.ac.kr

\*\* Corresponding Author, Korea Transport Institute(KOTI), Research Fellow, Tel: 82-31-910-3117, E-mail: hansy@koti.re.kr

— |

| —

— |

| —