

■ 論 文 ■

확률적 변경 접근법을 이용한 한국과
일본 철도산업의 수입 효율성 분석
(비용 효율성과의 비교를 중심으로)

Measuring the Revenue Efficiency of Korean and Japanese Railways
Using a Stochastic Frontier Approach (A Comparison with Their Cost Efficiency)

박진경

(한국철도기술연구원 선임연구원)

김성수

(서울대학교 환경대학원 교수)

목 차

- I. 서론
 - II. 선행연구의 고찰
 - 1. 철도업체의 수입과 비용 효율성을 함께 분석한 선행연구
 - 2. 철도업체의 비용 효율성을 분석한 선행연구
 - III. 분석방법론
 - 1. 변경과 경제적 효율성
 - 2. SFA를 이용한 수입 효율성 분석모형의 설정
 - 3. 수입 효율성의 추정방법
 - IV. 자료와 분석결과
 - 1. 자료
 - 2. SFA를 이용한 수입함수모형의 추정결과
 - 3. 수입 효율성의 추정결과
 - 4. 비용 효율성과의 비교 및 설명
 - V. 결론
- 참고문헌

Key Words: 철도산업, 수입 효율성, 비용 효율성, 확률적 변경 접근법, 한국과 일본
Railways, Revenue Efficiency, Cost Efficiency, Stochastic Frontier Approach, Korea and Japan

요 약

본 연구는 확률적 변경 접근법으로 비용 효율성을 분석한 선행연구에서 사용된 동일한 철도자료로 비용함수모형 대신에 수입함수모형을 설정하여 한국과 일본 철도산업의 수입 효율성을 분석하고 난 다음 이를 비용 효율성의 추정결과와 비교분석하고, 민영화의 수입과 비용 측면에서 더 효율적인지를 검증하였다. 확률적 변경 접근법을 이용한 일반초월대수 수입함수모형 추정 결과 한국과 일본 철도업체의 수입 비효율성은 표본평균에서 반정규분포의 경우 7.02%, 지수분포의 경우 6.98%로 추정되었으며, 비효율성향을 반정규분포로 가정했을 때 표준화된 수입 비효율성은 표본평균에서 7.5%로 표준화된 비용 비효율성 2.1%보다 더 큰 것으로 분석되었다. 또한 평균적으로 가장 수입 효율적인 업체는 JR 동일본이고 가장 비용 효율적인 업체는 JR 서일본이며, 가장 비효율적인 업체는 수입 측면과 비용 측면 모두 JNR과 JR 구주로 나타났다. 마지막으로 수입과 비용 효율성 및 민영화 변수를 이용하여 상관분석을 시행한 결과 수입 효율성과 비용 효율성 간에 그리고 이들 효율성과 민영화 변수 간에 양의 상관관계가 존재하는 것으로 나타나 비용 측면에서 효율적인 업체가 수입 측면에서도 효율적이고, 경영 자율성이 높을수록 수입과 비용 측면에서 더 효율적인 것으로 분석되었다.

On the basis of a Stochastic Frontier Approach (SFA), this paper analyses revenue efficiencies for the same sample of Korean and Japanese railways in the papers which analyze cost efficiencies using a generalized translog functional form. The paper also compares the results of revenue efficiencies with cost efficiencies and evaluates the effects of managerial autonomy and privatization on the firm-specific efficiencies. The results show that the average estimate of revenue inefficiency is 7.02% when the term of inefficiency is assumed to be distributed as a half-normal and 6.98% as an exponential for the total sample. Also, standardized inefficiencies in revenues (7.5%) are greater than those in costs (2.1%). JR East and JR West are found to be most efficient on the revenue side and on the cost side respectively while JNR and JR Kyushu are worst efficient on the both sides. Finally, the correlations between efficiencies in revenues and costs also between efficiencies and privatization are positively correlated. The results suggest that the most independent companies, with increased managerial autonomy via privatization, are the most efficient in both revenues and costs.

I. 서론

Oum et al.(1999)을 비롯하여 Cantos and Maudos (2000)와 Sloboda(2004) 등 철도산업의 효율성과 생산성을 다룬 많은 선행연구들은 공통적으로 그 동안 철도업체들의 효율성과 생산성은 향상되어 왔으며, 이는 1990년대 규제완화가 시작된 이후 경영 자율성(managerial autonomy)과 경쟁(competition)이 커질수록 더 크게 향상되었다는 결과를 제시하고 있다. 그럼에도 불구하고 철도업체들의 재무적 성과는 개선되지 않았으며, 오히려 경영수지와 영업적자는 더 악화되었다.

주어진 산출물 가격과 투입량 하에서 최대수입을 달성하지 못하면 수입 비효율성이 존재하고, 주어진 투입물 가격과 산출량 하에서 최소비용을 달성하지 못하면 비용 비효율성이 존재한다. 효율성이 업체의 성과와 정부규제 등의 복합적인 효과를 반영해주는 척도라고 했을 때, 철도업체들은 수입과 비용이 동시에 효율적일 때 완전하게 효율적이라고 할 수 있다. 또한 철도와 같은 규제 산업에서는 철도업체들이 수입을 극대화하려고 하기 보다는 주어진 산출량과 투입물 가격 하에서 비용을 극대화하려고 하기 때문에 대부분의 철도업체들이 비용 비효율성보다는 수입 비효율성이 더 클 가능성이 많다¹⁾. 따라서 이러한 철도업체들의 비효율성이 수입 비효율성에 기인하는지 또는 비용 비효율성에 기인하는지를 구별하여 이에 따른 적절한 정책을 시행하여야만 비효율성을 줄일 수 있으며, 특히 규제완화가 시행될수록 수입 극대화 여부를 분석하는 것이 철도업체들의 재무적 성과를 향상시키는데 필수적이라고 할 수 있다.

이에 본 연구는 박진경(2007)과 박진경·김성수(2007)에서 사용된 자료로 확률적 변경 접근법을 이용하여 비용함수모형 대신에 수입함수모형을 설정하고 한국과 일본의 철도산업의 수입 효율성을 분석한 다음, 이를 박진경(2007)과 박진경·김성수(2007)의 비용 효율성과 비교분석하고자 한다. 이때 수입 비효율성항은 반정규분포와 지수분포로 가정하여 각각 분석한다. 또한 수입 효율성과 비용 효율성 간에 유의한 상관관계가 존재하는지를 분석하고, 민영화가 수입과 비용 측면에서

더 효율적인지를 검증한다.

본 연구는 2장에서 철도산업을 대상으로 수입과 비용 효율성을 분석한 선행연구를 고찰하고, 3장에서는 확률적 변경 접근법을 이용하여 변경과 경제적 효율성을 분석하는 방법론에 대하여 설명하고 분석에 사용되는 모형을 설정하며, 4장에서는 자료와 수입 효율성을 추정하는 방법을 설명한다. 또한 5장에서 수입 효율성의 추정결과를 제시하고 이를 비용 효율성 추정결과와 비교·분석하며, 마지막으로 6장에서는 추정결과를 요약하고 연구의 한계와 향후 연구방향에 관해 논한다.

II. 선행연구의 고찰

1. 철도업체의 수입과 비용 효율성을 함께 분석한 선행 연구

철도산업을 대상으로 수입 효율성과 비용 효율성을 함께 분석한 선행연구는 유럽 철도업체들을 대상으로 확률적 변경 접근법(Stochastic Frontier Analysis, SFA)을 이용하여 분석한 Cantos and Maudos(2001)와 자료포락분석 접근법(Data Envelopment Analysis, DEA)을 이용하여 분석한 Cantos et al.(2002)이 있다²⁾.

Cantos and Maudos(2001)는 1970~1990년 동안의 유럽 철도업체들을 대상으로 수입변경함수와 비용변경함수를 SFA를 이용하여 동시에 추정하고, 이를 통해서 규제기간동안 효율성과 생산성 수준이 향상되었음에도 불구하고 재무 상태가 악화된 원인을 분석하고자 하였다. 분석결과는 첫째, 수입 비효율성이 비용 비효율성보다 더 크고 이들 간에 유의한 음의 상관관계가 존재하며, 둘째, 평균수입과 평균비용 간에는 유의한 양의 상관관계가 존재한다고 하였다. 이는 철도산업에 대한 강한 규제와 간섭으로 보다 비용 효율적인 철도업체가 오히려 수입 손실을 더 크게 보고 있기 때문이라고 하였다.

한편 Cantos et al.(2002)은 1970~1995년 동안의 유럽철도업체들을 대상으로 DEA를 이용하여 수입과 비용 효율성을 동시에 분석하고, 이를 각각 기술적 효율성과 배분적 효율성으로 분해하였다. 분석결과는 첫째,

1) Cantos and Maudos(2001) 참조.

2) 우리나라를 포함한 UIC 세계철도통계연감에 수록된 20개국의 OECD 철도업체들을 대상으로 DEA를 이용하여 효율성을 분석한 이재훈·정경훈(2004)은 운영효율성과 경영효율성을 구분하여 분석하였는데, 여기서 운영효율성은 소위 기술적 효율성을, 경영효율성은 일종의 수입효율성을 가리킨다고 볼 수 있다. 즉 DEA로 효율성을 측정하기 위한 투입물은 인원수, 기관차대수, 객차대수, 화차대수를 취하였고, 산출물은 운영효율성의 경우 인킬로와 톤킬로를 그리고 경영효율성의 경우 수송수입과 영업성과계수를 취하였기 때문이다.

수입 비효율성이 비용 비효율성보다 그리고 기술적 비효율성이 배분적 비효율성보다 더 큰 것으로 추정되었고, 둘째, 수입 효율성과 비용 효율성 간에는 Cantos and Maudos(2001)와 반대로 유의한 양의 상관관계가 존재하며, 마지막으로 경영 자율성과 수입 및 비용 효율성 간에는 양의 상관관계가 존재하여 외부 규제나 간섭이 적은 철도업체들이 수입과 비용 측면에서 모두 더 효율적인 것으로 분석되었다. Cantos et al.(2002)의 비용 효율성 순위는 Cantos and Maudos(2001)와 유사하지만 수입 효율성 순위는 차이를 보인다. Cantos et al.(2002)은 이와 같은 차이가 나는 원인을 다음과 같이 기술하고 있다. 첫째, 모형에 이용된 투입물 변수가 다르고³⁾, 둘째, DEA 분석시에는 여러 철도업체들의 네트워크 규모를 통제하기 위한 궤도연장 변수를 추가로 도입하였으며, 셋째, 분석방법이 상이하기 때문이라고 하였다.

2. 철도업체의 비용 효율성을 분석한 선행연구

먼저 확률적 변경 접근법을 이용하여 철도산업의 비용 효율성을 분석한 선행연구는 미국의 Class I 철도업체들을 대상으로 분석한 Kumbhakar(1988)와 유럽의 OECD 철도업체들을 대상으로 분석한 Cantos and Maudos(2000)⁴⁾, 그리고 한국과 일본의 철도업체들을 대상으로 분석한 박진경(2007)와 박진경·김성수(2007)를 들 수 있다⁵⁾. 또한 자료포락분석 접근법을 이용하여 비용 효율성 또는 기술적 효율성을 분석한 선행연구는 유럽의 OECD 철도업체들을 대상으로 분석한 Oum and Yu(1994)와 Cantos et al.(1999), 그리고 미국의 Class I 철도업체들을 대상으로 분석한 Sloboda(2004)가 있다. Kumbhakar(1988)는 비용 효율성을 추정 한 다음 이를 기술적 효율성과 배분적 효율성으로 분해하였고, Cantos et al.(1999)과 Sloboda(2004)는 생산성을 구하고 이를 기술변화와 효율성으로 분해하였으며, Cantos and Maudos(2000)와 박진경(2007) 및 박진경·김성수(2007)는 생산성을 기술변화와 효율성 및 규모 효

율성으로 분해하였다.

이 외에 Cowie and Riddington(1996)은 수정 최소승법(Corrected Ordinary Least Squares, COLS)과 DEA 등 여러 다른 분석기법을 이용하여 유럽 OECD 철도업체들의 효율성을 분석하였고, Gathon and Pestieau(1995)는 확률적 생산함수를 추정하여 유럽 OECD 철도업체들의 생산성을 구하고 이를 기술변화와 효율성으로 분해하였으며, 효율성을 다시 경영효율성과 규제효율성으로 분해하였다. 이러한 연구들은 공통적으로 연구기간동안 생산성이 증가하였으나, 이러한 생산성 증가는 효율성 향상보다는 기술진보에 의해서 일어났다는 연구 결과를 제시하고 있다.

III. 분석방법론

1. 변경과 경제적 효율성

경제학의 생산이론에 따르면 생산자는 생산기술과 처분 가능한 자원을 적기에 투입하여 산출량을 극대화하여 생산하며, 또한 주어진 생산기술과 직면한 투입물 가격 하에서 비용을 극소화하여 생산한다고 가정한다. 생산자가 주어진 생산기술로 직면한 투입물 가격 하에서 비용을 극소화하여 생산하고자 할 때, 비용을 극소화하는 투입물 수요량(cost-minimizing input demand)은 Shephard's lemma에 의해 최소비용함수(minimum cost function)로 도출된다. 또한 생산자가 직면한 생산기술 및 투입물과 산출물 가격 하에서 이윤을 극대화하여 생산하고자 할 때, 이윤을 극대화하는 산출물 공급량(profit-maximizing output supplies)과 투입물 수요량(input demand)은 Hotelling's lemma에 의해 이윤함수(profit function)로 도출된다. 그러나 생산자가 추구하는 목표, 즉 생산 극대화, 비용 극소화, 이윤 극대화 등에 대한 최적화 시도는 항상 성공적일 수 없기 때문에 이러한 접근법은 비판을 받아왔다. 따라서 생산자의 행태는 항상 효율적⁶⁾이지 않으며, 상대적으로 더 효율적인 생산자가 존재한

3) Cantos and Maudos(2001)는 SFA 분석시 투입물을 노동, 동력, 재료와 외부 서비스의 3가지 요소로 나누어 변수로 포함시켰으나, Cantos et al.(2002)은 노동과 동력 및 재료의 2가지 요소로 구분하고 있다.

4) Cantos and Maudos(2000)와 앞서 설명한 Cantos and Maudos(2001) 및 Cantos et al.(2002)의 철도업체별 비용 효율성 순위는 모두 유사한 것으로 분석되었다.

5) 이 밖에 김성호(2006)는 일종의 확률적 변경 접근법이라고 할 수 있는 투입거리함수(input distance function)를 이용하여 1963~2004년 동안의 우리나라 철도산업의 생산특성과 기술적 효율성을 분석하였다.

6) 생산자가 추구하는 목표에 대한 달성가능한 성공의 정도를 생산적 효율성(productive efficiency)이라고 한다. 이에 관해서는 Kumbhakar and Lovell(2003) 참조.

다고 가정하는 것이 더 바람직하다.

생산자의 목표는 낮은 수준에서는 주어진 투입물을 이용하여 산출물의 산출량을 극대화하고, 특정 산출량을 생산하는 투입물의 투입량을 극소화하여 단순히 낭비를 줄이는 것, 즉 기술적 효율성(technical efficiency)을 달성하는 것이다. 그러나 보다 높은 수준에서 생산자의 목표는 주어진 산출량을 최소비용으로 생산하거나, 주어진 투입물을 이용하여 수입을 극대화하거나, 또는 투입물과 산출물의 배분을 달리하여 이윤을 극대화하는 것이다. 이 경우 생산적 효율성(productive efficiency)은 소위 경제적 효율성(economic efficiency)이라고 부르는데, 이때 생산자의 목표는 높은 수준의 경제적 효율성(비용, 수입 또는 이윤 효율성)을 달성하는 것이 된다.

생산적 효율성은 생산자가 투입물과 산출물의 수량과 가격 자료를 이용하여 경제적 최적화 문제를 풀기 위해 시도한다고 가정할 때, 특정 변경과의 거리 개념으로 정의된다. 기술적 효율성은 생산변경(production frontiers)⁷⁾에서의 거리 개념으로 정의되고, 경제적 효율성은 경제적 변경, 즉 비용변경(cost frontiers), 수입변경(revenue frontiers), 이윤변경(profit frontiers)에서의 거리 개념으로 정의된다. 기술적 효율성은 가격 정보가 필요하지 않으며 생산자에 대한 행태적 가정을 부과하지 않고 측정될 수 있는 반면, 경제적 효율성(비용, 수입 또는 이윤 효율성)은 가격 정보가 필요하고 생산자에 대한 적절한 행태적 가정을 부과해야만 측정할 수 있다.

변경을 추정하는 방법은 크게 계량경제학적 기법인 확률적 변경 접근법(Stochastic Frontier Analysis, SFA)과 수학적 프로그래밍 기법인 자료포락분석 접근법(Data Envelopment Analysis, DEA)으로 구분된다⁸⁾. 이 중에서 확률적 변경 접근법은 변경함수(비용 변경함수, 수입 변경함수, 이윤 변경함수)를 확률적으로 추정하여 최적변경(최소비용, 최대수입, 최대이윤)과 관측된 비용, 수입, 이윤과의 차이로 비효율성을 나타내는 접근법이다. 이때 변경 접근법을 이용하여 도출되는 효율성은 항상 표본에 포함된 관찰점 간의 상대적인 효율성을 나타낸다.

SFA에 의해 추정되는 비용변경함수와 수입변경함수로부터 비용 효율성과 수입 효율성을 분석하는 방법을 구체적으로 살펴보면 다음과 같다. 먼저 철도업체가 주어진 투입물 가격과 산출량 하에서 비용을 극소화하고자 할 때 비용함수는 식(1)과 같이 표현된다.

$$C = C^*(y, w, u, v) \\ = C^*(y, w) \exp(v+u) \quad (1)$$

여기서 y : 산출물의 산출량 벡터
 w : 투입물의 가격 벡터
 u : 비용 비효율성 요소
 v : 확률적 요소

비용 효율성(cost efficiency, CE)은 식(2)에서 보는 바와 같이 주어진 투입물 가격 하에서 산출량 y 를 생산하기 위해서 필요한 최소비용과 관측된 비용과의 비율로 정의된다.

$$CE = \frac{C^{\min}}{C^*} = \frac{C^*(y, w, u) \exp(v)}{C^*(y, w, u) \exp(v+u)} = \exp(-u) \quad (2)$$

같은 방법으로 철도업체가 주어진 산출물 가격과 투입량 하에서 수입을 극대화하고자 할 때, 수입함수는 식(3)과 같이 표현된다. 완전경쟁시장인 경우 비용 극소화 모형은 산출량이 최적수준으로 고정된다고 가정하므로 비용 극소화는 이윤 극대화와 같고, 수입 극대화 모형은 투입량이 최적수준으로 고정된다고 가정하므로 수입 극대화는 이윤 극대화와 같다⁹⁾.

$$R = R^*(x, p, u, v) \\ = R^*(x, p) \exp(v-u) \quad (3)$$

여기서 x : 투입물의 투입량 벡터
 p : 산출물의 가격 벡터
 u : 수입 비효율성 요소
 v : 확률적 요소

7) Shephard의 거리함수(distance functions)는 생산기술의 구조를 설명하는 함수특성을 제공해주는데, 생산변경과 마찬가지로 궁극적으로 기술적 효율성을 측정하는 것과 관련된다. 거리함수의 주된 역할은 쌍대이론(duality theory)으로, 특정 조건 하에서 생산변경은 비용변경에 쌍대적이며, 투입거리함수는 비용변경에 쌍대적이고 산출거리함수는 수입변경에 쌍대적이다.

8) 자료포락분석 접근법(DEA)의 주된 장점은 선형적으로 함수형태와 오차항을 가정할 필요가 없다는 점이다. 그러나 DEA로부터 계산된 변경은 통계적 오차를 고려하지 않기 때문에 효율성 추정치가 이상점(outliers)이나 자료측정오차에 민감하여 편의를 발생시킬 수 있으며, 투입물이나 산출물의 수가 증가할수록 효율성이 커지는 단점이 있다. 반면 확률적 변경 접근법(SFA)은 통계적 오차를 다룰 수 있다는 장점이 있으나, 제약이 많고 생산기술에 대한 함수형태가 부과된다는 단점이 있다. Bauer(1990)와 Cantos et al.(1999) 참조.

9) Berger et al.(1996)과 Berger and Mester(1997) 참조.

가격을 수용(price-taking)하는 행태 가정 하에서, 수입함수는 주어진 산출물 가격과 투입물 가격 하에서 산출량과 투입량을 조절하여 수입을 극대화한다고 가정하게 되므로 간접수입함수는 다음과 같이 표현된다¹⁰⁾.

$$R = R^*(p, w, u, v) = R^*(p, w) \exp(v - u) \quad (4)$$

간접수입함수는 산출물 가격의 외생적 여부에 따라서 표준적인 간접수입함수와 대안적인 간접수입함수로 나눌 수 있다. 즉 표준적인 간접수입함수는 위에서 언급한 바와 같이 산출물의 가격은 외생적이고, 따라서 산출물의 가격을 책정할 때 시장력이 존재하지 않기 때문에 철도 업체들은 이를 주어진 것으로 받아들인다고 가정한다. 그러나 철도업체들은 부가된 산출물 가격 수준을 어느 정도는 조절할 수 있기 때문에 산출물 시장에서 가격 책정자로 행동하기도 한다. 따라서 식(4)에서 산출물 가격을 외생적이라고 가정하는 대신 산출물의 산출량이 외생적이라고 가정하게 되면, 식(5)와 같은 대안적인 간접수입함수를 도출할 수 있다.

$$R = R^*(y, w, u, v) = R^*(y, w) \exp(v - u) \quad (5)$$

대안적인 간접수입함수는 식(1)에서 수입이 비용 대신에 종속변수로 대체되는 것과 같다. 이때 수입 효율성(revenue efficiency, RE)은 식(6)에서처럼 주어진 투입물 가격과 산출량 하에서 달성할 수 있는 최대수입과 관측된 수입과의 비율로 정의된다.

$$RE = \frac{R^*}{R^{max}} = \frac{R^*(y, w, \lambda) \exp(v - u)}{R^*(y, w, \lambda) \exp(v)} = \exp(-u) \quad (6)$$

대안적인 수입 효율성은 산출물 가격이 외생적이라고 가정하기 힘들거나 개별업체들에 의해 생산되는 산출물

의 산출량이 차이가 날 때 보다 더 현실적이라고 할 수 있는 반면, 표준적인 수입 효율성은 산출물 가격이 규제되거나 완전경쟁시장이 존재할 때 보다 더 적절하다고 할 수 있다.

2. SFA를 이용한 수입 효율성 분석모형의 설정

본 연구는 확률적 변경 접근법을 이용하여 한국과 일본 철도업체의 수입 효율성을 측정하기 위해서 식(5)와 같은 대안적인 간접수입함수¹¹⁾를 식(7)과 같이 설정한 다음, 일반초월대수 함수형태를 갖는 수입함수모형을 테일러시리즈 2차까지 전개하여 추정한다.

$$\ln R_{it} = \ln R_{it}^*(y_{it}^*, w_{it}; \beta) + \epsilon_{it}, \quad \epsilon_{it} = v_{it} - u_{it} \quad (7)$$

$$S_{it} = S_{it}^* + e_{it}$$

식(7)에서 R_{it} 는 수입을, S_{it} 와 S_{it}^* 는 각각 i 번째 산출물의 실제 수입비중과 효율적인 수입비중을 의미한다. y_{it}^* 와 w_{it} 는 각각 산출물 i 의 산출량과 투입물 q 의 가격을 의미하고, β 는 추정하여야 할 모수를 의미하는데, y_{it}^* 는 y_{it} 의 Box-Cox 변환치¹²⁾를 말한다.

본 연구에서 산출물 i 는 일반여객 인키로(p)와 신칸센 인키로(h) 및 화물 톤키로(f)를, 투입물 q 는 노동(l), 동력(e), 그리고 차량 및 유지보수(m)를 이용한다. 또한 네트워킹 효과를 나타내는 궤도연장(N)과 시간추세(T), 그리고 JNR 더미(JNR=1, 그 외 업체들=0)와 혼수 섬 업체 더미(JR동일본과 JR동해 및 JR서일본=1, 그 외 업체들=0) 및 작은 섬 업체 더미(JR북해도와 JR구주 및 JR서국=1, 그 외 업체들=0)를 함께 이용한다¹³⁾.

결합 오차항 ϵ_{it} 는 확률적 오차항(noise error term) v_{it} 와 수입 비효율성항(revenue inefficiency term) u_{it} 으로 구성되는데, 수입(비용) 효율성은 이러한 결합 오차항에 각각의 확률분포를 설정하여 수입(비용)변경을 계산한 다음 추정된다. 본 연구에서 수입 효율성은 수입 기술적 효율성

10) 표준적인 수입함수는 Kumbhakar and Lovell(2003)을, 간접수입함수는 Berger et al.(1996)과 Berger and Mester(1997) 및 Cantos and Maudos(2001) 참조.

11) 표준적인 (간접)수입함수도 추정하였으나, 유의한 결과를 도출하지 못하였다.

12) Box-Cox 변환된 변수 y_{it}^* 는 $\lambda_i \neq 0$ 일 때, $y_{it}^* = (y_{it}^{\lambda_i} - 1)/\lambda_i$ 이고, $\lambda_i = 0$ 일 때 $\ln y_{it}$ 로 정의된다. 본 연구에서 추정하여야 할 모수 λ_i 는 박진경(2007) 및 박진경·김성수(2006, 2007)와 같이 0.095를 적용하였다.

13) 박진경(2007)과 박진경·김성수(2007)의 경우 비용변경함수를 추정하였는데, 본 연구와 똑같은 투입물과 산출물, 궤도연장과 시간추세를 이용하였으며, 이에 더해 기반시설과 운영부문의 수직분리문제를 계량경제학적으로 규명하기 위해서 기반시설의 총 가치 변수를 추가로 고려하였다. 더미변수의 경우에는 작은 섬 업체 더미와 JR 화물 더미를 이용하였다.

(Revenue Technical Efficiency, RTE)과 수입 배분적 효율성(Rvenue Allocative Efficiency, RAE)을 모두 포함한다¹⁴⁾.

식(7)과 같은 수입함수에서 결합 오차항 $\epsilon_t = v_t - u_t$ 이므로 결정적 수입변경은 $R_t^*(y_{it}, w_{it})$ 이고, 확률적 수입변경은 $R_t^*(y_{it}, w_{it})\exp(v_t)$ 가 된다¹⁵⁾. 일반적으로 v_t 는 평균이 0이고 분산이 σ_v^2 인 양방향의 정규분포로 가정하고, u_t 는 수입(비용)변경의 아래(위)에서 수입(비용)을 감소(증가)시키므로 비대칭의 일방향 분포로 가정하는데, 본 연구는 수입 비효율성향의 분포를 반정규분포와 지수분포로 가정한다¹⁶⁾.

수입함수모형으로부터 수입변경이 도출되면 개별 관찰점의 수입 효율성(revenue efficiency, RE_t)은 수입변경과 관측된 실제수입과의 비율로 계산되며, u_t 의 조건부 기대치 또는 최빈치로부터 식(8)과 같이 구한다. RE_t 는 1보다 작은 값을 나타내는데, 1에 가까울수록 효율적이고 1의 값을 가질 때 완전 수입 효율적이 된다.

$$RE_t = \exp(-\hat{u}_t) \quad (8)$$

$$\text{여기서 } \hat{u}_t = E(u_t | \epsilon_t) \text{ 또는 } \hat{u}_t = M(u_t | \epsilon_t)$$

SFA로 추정된 효율성은 변경에 따른 상대적 효율성이므로 표본이 달라지면 변경도 변화하고, 따라서 효율성도 달라진다. 따라서 변경선상에 위치하는 완전 수입(비용) 효율적인 표본이라고 해서 수입(비용) 효율성을 개선할 여지가 전혀 없다고는 말할 수 없다.

3. 수입 효율성의 추정방법

일반적으로 확률적 변경 접근법을 이용해서 수입(비용)함수모형을 추정하는 방법은 최우추정법(Maximum Likelihood Estimation, MLE)과 수정최소자승법(Corrected Ordinary Least Squares, COLS)이 있

다. 최우추정법은 표본수가 400개 이상일 때 성과가 더 뛰어난 경향이 있는 반면, 수정최소자승법은 표본수가 400개 이하일 때 성과가 더 뛰어난 경향¹⁷⁾이 있기 때문에 본 연구에서는 수정최소자승법을 이용한다. 또한 수입함수모형을 단일식으로 추정하면 변수의 다중공선성 문제가 발생하여 모수 추정치의 효율성이 떨어지므로 일반초월대수 수입함수모형과 수입비중식을 함께 연립방정식체계를 구성하여 Zellner의 반복결합일반화최소자승법으로 추정한다¹⁸⁾. 이때 일반여객, 신칸센 및 화물수입 비중의 합은 1이 되므로 화물수입 비중식을 제외하였으며, E-Views 3.1 version의 SUR method(seemingly unrelated regression method)를 이용하여 추정하였다.

수입 효율성(RE_t)은 일반초월대수 수입함수모형을 추정할 때 결합 오차항의 확률분포를 설정하여 수입변경을 계산한 다음 u_t 의 조건부 기대치 또는 최빈치로부터 구한다. 본 연구는 앞서 설명한 바와 같이 수입 비효율성향의 분포를 반정규분포와 지수분포로 가정하여 각각 구한다.

먼저 Aigner et al.(1977)에 따라 결합 오차항의 분포가 정으로부터 $v_t \sim N(0, \sigma_v^2)$ 이고, $u_t \sim |N(0, \sigma_u^2)|$ 라고 가정하면, 정규분포하는 v_t 의 밀도함수는 $f(v) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_v} \exp\left(-\frac{v^2}{2\sigma_v^2}\right)$ 이고, 반정규분포하는 u_t 의 밀도함수는 $f(u) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}\sigma_u} \exp\left(-\frac{u^2}{2\sigma_u^2}\right)$ 가 된다. 또한 $v_t \perp u_t$ 이고 $\epsilon_t = v_t - u_t$ 이므로 u_t 와 ϵ_t 의 결합 밀도함수는 식(9)와 같이 개별밀도함수의 곱이 된다.

$$f(u, \epsilon) = \frac{2}{2\pi\sigma_u\sigma_v} \exp\left\{-\frac{u^2}{2\sigma_u^2} - \frac{(\epsilon+u)^2}{2\sigma_v^2}\right\} \quad (9)$$

ϵ_t 의 한계밀도함수(marginal density function)는 $f(u, \epsilon)$ 를 u_t 로 적분하여 산출하며, u_t 의 조건부 분포(conditional distribution)는 식(10)과 같이 계산된다.

$$f(u|\epsilon) = \frac{f(u, \epsilon)}{f(\epsilon)} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_*} \exp\left\{-\frac{(u-\mu_*)^2}{2\sigma_*^2}\right\} / \left[1 - \Phi\left(-\frac{\mu_*}{\sigma_*}\right)\right] \quad (10)$$

14) 박진경(2007)과 박진경·김성수(2007)의 비용변경함수에서 비용 효율성은 비용 기술적 효율성(Cost Technical Efficiency, CTE)과 비용 배분적 효율성(Cost Allocative Efficiency, CAE)을 포함한다.

15) 비용함수의 결합 오차항 $\epsilon_t = v_t + u_t$ 이므로, 확률적 비용변경은 실제 비용에서 비효율성을 제외한 $VC_t^* \exp(v_t)$ 이다.

16) 일방향 분포는 대표적으로 반정규분포(half-normal distribution)와 지수분포(exponential distribution)를 들 수 있다. 반정규분포와 지수분포는 Aigner et al.(1977)에 의해 제안되었고 truncated 정규분포는 Stevensen(1980)에 의해 제안되었으며, two-parameter 감마분포(Gamma distribution)는 Greene(1990)에 의해 제안되었다.

17) Bauer(1990), p. 42 참조.

18) Zellner의 반복결합일반화최소자승법은 수정최소자승법(COLS)을 반복적으로 수행하는 추정방법이다.

여기서 $\mu_s = -\frac{\epsilon\sigma_u^2}{\sigma^2}$ 이고, $\sigma_s^2 = \frac{\sigma_u^2\sigma_v^2}{\sigma^2}$

수입 효율성을 구하기 위한 u_t 의 조건부 기대치와 최빈값은 각각 식(11)과 식(12)와 같이 산출된다¹⁹⁾. 여기서 $\phi(\cdot)$ 는 밀도함수(density function)이고, $\Phi(\cdot)$ 는 표준정규누적분포함수(standard normal cumulative distribution)이다.

$$E(u_t | \epsilon_t) = \frac{\sigma_u \sigma_v}{\sigma} \left[\frac{\phi(\epsilon_t \lambda / \sigma)}{1 - \Phi(-\epsilon_t \lambda / \sigma)} - \left(\frac{\epsilon_t \lambda}{\sigma} \right) \right] \quad (11)$$

$$M(u_t | \epsilon_t) = -\epsilon_t \left(\frac{\sigma_u^2}{\sigma^2} \right) \quad \text{if } \epsilon_t \leq 0 \\ = 0 \quad \text{otherwise} \quad (12)$$

두번째로 오차항의 분포를 v_t 는 양방향의 정규분포를 따르고, u_t 는 지수분포를 따른다고 가정하면, u_t 의 밀도함수는 $f(u) = \frac{1}{\sigma_u} \exp\left(-\frac{u}{\sigma_u}\right)$ 가 된다. 이때 u_t 와 ϵ_t 의 결합밀도함수는 식(13)과 같고, u_t 의 조건부 분포는 식(14)와 같이 계산된다.

$$f(u, \epsilon) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma_u \sigma_v} \exp\left\{-\frac{u}{\sigma_u} - \frac{(\epsilon + u)^2}{2\sigma_v^2}\right\} \quad (13)$$

$$f(u | \epsilon) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma_v \Phi\left(\frac{\tilde{\mu}}{\sigma_v}\right)} \exp\left\{-\frac{(u - \tilde{\mu})^2}{2\sigma_v^2}\right\} \quad (14)$$

여기서 $A = -\frac{\tilde{\mu}}{\sigma_v}$ 이고, $\tilde{\mu} = -\epsilon - \left(\frac{\sigma_u^2}{\sigma_v}\right)$

비효율성항이 지수분포를 따르는 경우 수입 효율성을 구하기 위한 u_t 의 조건부 기대치와 최빈값은 각각 식(15)와 식(16)과 같이 구할 수 있다.

$$E(u_t | \epsilon_t) = \sigma_v \left[\frac{\phi(A)}{\Phi(-A)} - A \right] \quad (15)$$

$$M(u_t | \epsilon_t) = \tilde{\mu}_t \quad \text{if } \tilde{\mu}_t \geq 0 \\ = 0 \quad \text{otherwise} \quad (16)$$

IV. 자료와 분석결과

1. 자료

분석에 사용되는 자료는 박진경(2007)과 박진경·김성수(2007)에서 사용된 철도청(KNR)의 27개 연도별 자료(1977~2003)와 일본국철(JNR)의 8개 연도별 자료(1977~1984), 그리고 7개 일본철도주식회사(JR's)의 17개 연도별 자료(1987~2003)를 결합한 총 154개의 불균형통합자료(unbalanced panel data)이다. 1977년 이전의 자료를 제외시킨 이유는 KNR의 회계계정 변화로 일관된 자료를 구축할 수 없었기 때문이며, JNR의 1985년과 1986년 자료를 제외시킨 이유는 JNR이 1987년 4월 1일에 7개의 JR's로 분할되었기 때문에 이 시기는 민영화 준비시기로 시계열 자료가 불안정하여 제외하였다. 2004년 이후의 자료를 제외시킨 이유는 우리나라의 철도산업이 기반시설과 운영부문이 수직적으로 분리되어 기반시설부문의 신선 건설은 2004년에 설립된 한국철도시설공단이 맡고, 운영부문과 기반시설부문의 유지보수는 2005년에 설립된 한국철도공사가 맡고 있기 때문에 일관된 자료 구축을 위하여 제외하였다. 또한 박진경(2007)과 박진경·김성수(2007)에서 도출된 비용 효율성을 본 연구에서 추정하는 수입 효율성과 비교·분석하기 위해서 이들 연구와 같은 시기의 자료를 이용하였다.

산출물과 투입물 및 레도연장 자료를 구축하는 구체적인 방법은 박진경·김성수(2007, pp. 147~149)를 참조하고, 여기서는 수입을 산정하는 방법만을 제시하도록 한다. 먼저 KNR의 경우 철도통계연보에 수록되어 있는 세 가지 운수수입, 즉 여객수입, 화물수입 및 수소화물수입 항목을 발취하여 산정하였는데 일반여객 수입은 여객수입 항목으로, 화물수입은 화물수입 항목과 수소화물수입 항목을 더하여 산정하였다.

다음으로 JNR의 경우 일본철도통계연보의 손익계산서에 나와 있는 영업수입 중 여객수입과 화물수입 항목을 발취하여 사용하였는데, JNR의 여객수입은 일반여객과 신칸센 운송부문으로 구분되어 수록되어 있지 않다. 이에 JNR의 일반여객과 신칸센 수입은 한국철도기술연구원

19) 비용함수의 경우 비효율성항을 만정규분포로 가정했을 때, u_t 의 조건부 기대치와 최빈값은 각각 $E(u_t | \epsilon_t) = \frac{\sigma_u \sigma_v}{\sigma} \left[\frac{\phi(\epsilon_t \lambda / \sigma)}{1 - \Phi(-\epsilon_t \lambda / \sigma)} + \left(\frac{\epsilon_t \lambda}{\sigma} \right) \right]$ 와 $M(u_t | \epsilon_t) = \epsilon_t \left(\frac{\sigma_u^2}{\sigma^2} \right)$ if $\epsilon_t \geq 0$ 가 된다. 비용함수에 대한 보다 자세한 내용은 박진경(2007)과 박진경·김성수(2007) 참조.

<표 1> 변수의 평균값

변수	KNR ²⁾	JNR ²⁾	JR's ²⁾							전체 ³⁾	
			JR동일본	JR동해	JR서일본	JR북해도	JR서국	JR구주	JR화물		
수입(억원) ¹⁾	13,617	340,708	173,760	107,468	82,166	7,780	3,462	12,297	16,860	64,661	
산출량	일반여객 (백만인キロ)	28,603	149,839	107,060	9,464	37,769	4,546	1,888	8,211	-	31,448
	신칸센 (백만인キロ)	-	44,361	16,205	39,377	14,656	-	-	-	-	10,058
	화물 (백만톤キロ)	12,165	34,178	-	-	-	-	-	-	23,692	6,524
투입물 가격 ¹⁾	노동 (백만원/인·년)	23.4	73.0	89.5	86.9	77.8	68.5	78.3	82.4	87.8	71.5
	동력 (백만원/만TOE)	6,507	13,638	12,414	16,678	12,630	6,023	4,757	9,686	8,260	9,641
	차량 및 유지보수 (백만원/천차량キロ·년)	0.49	1.44	2.48	3.04	2.20	2.89	2.52	1.71	0.57	1.86
수입 비중	일반여객	0.64	0.57	0.75	0.11	0.58	1.00	1.00	1.00	-	0.63
	신칸센	-	0.32	0.25	0.89	0.42	-	-	-	-	0.19
	화물	0.36	0.11	-	-	-	-	-	-	1.00	0.18
케도연장(km)	6,377	43,743	12,689	3,277	8,198	3,346	896	2,665	14,087	8,375	

주: 1) 2003년 불변가격 기준임.
 2) KNR의 경우 1977~2003년, JNR의 경우 1977~1984년 그리고 JR's의 경우 1987~2003년까지의 평균값임.
 3) KNR, JNR, 7개의 JR's를 모두 포함한 전체(154개 표본) 평균값임.

(2004)에서 구축한 자료를 이용하여 신칸센의 순수입 대비 총 순수입 비율을 여객수입에 곱하여 신칸센의 수입을 계산하고, 나머지 수입을 일반여객의 수입으로 계상하였다. JR's의 경우 JNR과 마찬가지로 일본철도통계연보의 철궤도업 영업손익서에 나와 있는 여객수입과 화물수입을 발췌하여 이용하였다. 그러나 JR's의 여객수입 역시 JNR과 마찬가지로 일반여객과 신칸센 운송부문으로 구분되어 수록되어 있지 않으므로 JR동일본, JR동해 및 JR서일본의 내부 자료를 이용하여 구분하였다.

이들 경상가격 기준의 일반여객, 신칸센 및 화물 수입은 각각 국가별 소비자 물가지수를 이용하여 2003년 불변가격 기준으로 환산한 다음 2003년 일본의 월별 환율 자료를 이용하여 우리나라 가격으로 환산하였다.

2. SFA를 이용한 수입함수모형의 추정결과

먼저 확률적 변경 접근법을 이용한 일반초월대수 수입함수모형의 통계적 적합도가 <표 2>에 제시되어 있다.

<표 2> 수입함수모형 추정결과와 결정계수

구분	결정계수	수정결정계수
수입함수	0.990	0.986
일반여객 수입비중식	0.953	0.950
신칸센 수입비중식	0.946	0.943

<표 3> 수입함수모형 1차항의 계수 추정결과

변수	추정치	표준오차	t-통계량
상수	11.308	0.19	59.78***
일반여객 인キロ(y_p^*)	0.277	0.05	5.84***
신칸센 인キロ(y_h^*)	0.420	0.07	6.18***
화물 톤キロ(y_f^*)	0.331	0.06	5.23***
노동가격($\ln w_l$)	0.586	0.02	26.77***
동력가격($\ln w_e$)	0.283	0.02	14.34***
차량 및 유지보수 가격($\ln w_m$)	0.131	0.04	3.15***
케도연장($\ln N$)	0.316	0.13	2.34**
시간추세(T)	-0.027	0.01	-3.94***
JNR 터미(D_1)	-0.459	0.51	-0.90
혼슈 섬 업체터미(D_2)	0.716	0.21	3.33***
작은 섬 업체터미(D_3)	0.638	0.19	3.36***

주: t-통계량의 ***는 1%, **는 5%, *는 10% 수준에서 유의함을 각각 나타냄.

이 표에서 보는 바와 같이 수입함수와 일반여객 및 신칸센 수입비중식의 수정결정계수는 각각 0.986과 0.950 및 0.943으로 상당히 높게 추정되었다.

다음으로 일반초월대수 수입함수모형의 1차항과 2차항 및 교차항의 계수 추정결과를 <표 3>과 <표 4>에 각각 제시하였는데, 총 48개의 모수 추정치 중에서 9개를 제외하고 모두 10% 이상의 수준에서 유의한 것으로 나타났다. 1차항의 모수 추정치는 <표 3>에서 볼 수 있는 것처럼 JNR 터미(D_1)를 제외하고 모두 5% 이상의 수준

<표 4> 수입함수모형 2차항 및 교차항의 계수 추정결과

변수	y_p^*	y_h^*	y_f^*	$\ln w_l$	$\ln w_e$	$\ln w_m$	$\ln N$	T
y_p^*	0.059 (3.80)***	-0.048 (-4.33)***	-0.080 (-5.06)***	0.160 (29.65)***	-0.069 (-17.24)***	-0.091 (-9.72)***	-0.161 (-2.65)***	0.0001 (0.08)
y_h^*		0.173 (13.17)***	-0.002 (-0.22)	-0.120 (-30.16)***	0.133 (38.37)***	-0.013 (-1.70)*	-0.056 (-2.12)**	-0.001 (-1.72)*
y_f^*			0.074 (4.17)***	-0.044 (-8.60)***	0.011 (2.27)***	0.034 (3.46)***	0.110 (3.36)***	-0.001 (-1.44)
$\ln w_l$				0.280 (9.53)***	-0.319 (-19.76)***	0.039 (0.85)	0.007 (0.52)	-0.007 (-6.49)***
$\ln w_e$					0.220 (15.48)***	0.099 (3.27)***	-0.097 (-9.32)***	0.006 (6.76)***
$\ln w_m$						-0.138 (-1.81)*	0.090 (3.87)***	0.001 (0.38)
$\ln N$							0.069 (0.34)	-0.005 (-2.20)**
T								-0.0004 (-1.06)

주: t-통계량의 ***는 1%, **는 5%, *는 10% 수준에서 유의함을 각각 나타냄.

에서 유의한 것으로 나타났다²⁰⁾. 또한 산출물과 투입물 가격의 1차항 모수 추정치는 모두 양의 부호를 갖는 것으로 나타나 수입함수의 전제 조건을 만족하고 있으며, 네트워크 효과를 나타내는 궤도연장과 기술진보율을 의미하는 시간추세는 박진경(2007) 및 박진경·김성수(2007)와 마찬가지로 각각 양의 부호와 음의 부호를 띄는 것으로 나타났다.

동조성, 동차성 및 콕-더글라스 형태의 생산기술에 대한 우도비 검정(likelihood ratio test) 결과는 모두 1% 유

의수준에서 기각되었으며, 산출물과 투입물에 대한 정규성 조건 검정 결과는 99.7% 만족하는 것으로 나타났다²¹⁾.

3. 수입 효율성의 추정결과

확률적 변경 접근법에 의해 추정된 철도업체별 기간별 (1977~1986년, 1987~1990년, 1991~1995년, 1996~2000년, 그리고 2001~2003년) 수입 효율성과 비효율성 추정결과를 비효율성향을 반정규분포와 지수분포로

<표 5> 철도업체별 수입 효율성과 비효율성의 추정결과

철도업체	비효율성향을 반정규분포로 가정했을 때							비효율성향을 지수분포로 가정했을 때						
	수입 효율성 (RE_t)	기간별 수입 비효율성(%)						수입 효율성 (RE_t)	기간별 수입 비효율성(%)					
		77~86 ¹⁾	87~90	91~95	96~00	01~03	평균 ²⁾		77~86 ¹⁾	87~90	91~95	96~00	01~03	평균 ²⁾
KNR	0.936	4.12	4.82	8.40	9.38	7.94	6.42	0.936	3.68	4.37	8.55	10.45	7.90	6.41
JNR	0.905	9.52	-	-	-	-	9.52	0.900	9.96	-	-	-	-	9.96
JR동일본	0.953	-	3.63	5.19	5.00	4.62	4.67	0.958	-	3.23	4.71	4.52	4.15	4.21
JR동해	0.917	-	8.35	9.97	8.05	5.91	8.31	0.916	-	8.33	10.57	7.97	5.45	8.38
JR서일본	0.937	-	6.17	7.07	6.15	5.40	6.29	0.941	-	5.71	6.74	5.70	4.91	5.87
JR북해도	0.921	-	9.17	10.43	5.92	5.17	7.88	0.919	-	9.51	11.44	5.57	4.71	8.07
JR서국	0.946	-	5.94	5.45	5.22	5.13	5.44	0.950	-	5.57	4.98	4.73	4.64	4.99
JR구주	0.899	-	7.05	12.92	9.79	10.07	10.11	0.889	-	6.74	15.54	10.37	10.79	11.11
JR화물	0.938	-	6.19	6.69	5.95	5.66	6.17	0.942	-	5.77	6.31	5.50	5.21	5.75
표본평균 ³⁾	0.930	7.02						0.930	6.98					

주: 1) JNR의 경우 1977~1984년까지의 평균값을 의미함.
 2) KNR의 경우 1977~2003년, JNR의 경우 1977~1984년 그리고 JR's의 경우 1987~2003년의 평균값에 해당함.
 3) KNR, JNR, 7개의 JR's를 모두 포함한 전체(154개 표본) 평균값임.

20) JNR 더미는 유의하지는 않으나, 이를 제외할 경우 궤도연장이 10% 수준에서 유의하지 않은 것으로 추정되어 이를 포함시켰다.
 21) 박진경(2007)과 박진경·김성수(2007)의 경우 투입물 가격에 대한 비감소성 조건과 산출물에 대한 단조성 조건은 100% 만족하였으나, 투입물 가격에 대한 오목성 조건은 55.2% 만족하여 총 85.1%를 만족하였다.

가정했을 경우로 구분하여 각각 제시하면 <표 5>와 같다.

앞서 설명한 바와 같이 본 연구에서 추정된 수입 비효율성은 가능한 최대 산출량을 생산하지 않기 때문에 발생하는 수입 기술적 비효율성(revenue technical inefficiency)과 주어진 산출물 가격 하에서 수입을 극대화하는 비율로 산출물을 생산하지 않기 때문에 발생하는 수입 배분적 비효율성(revenue allocative inefficiency)을 모두 포함한다.

표본평균에서 한국과 일본 철도업체의 수입 효율성은 반정규분포와 지수분포 모두 0.930으로 나타났으며, 기술적 비효율성과 배분적 비효율성으로 인한 수입 비효율성은 반정규분포의 경우 7.02%, 그리고 지수분포의 경우 6.98%로 추정되어 큰 차이가 없는 것으로 분석되었다.

철도업체별로 살펴보면 반정규분포와 지수분포 모두 평균적으로 JR 동일본과 JR 서국이 가장 수입 효율적이고, JNR과 JR 구주가 가장 수입 비효율적인 철도업체로 추정되었고, KNR은 9개 철도업체들 중 다섯번째로 수입 효율적인 업체로 표본평균을 다소 상회하는 것으로 분석되었다. 또한 상대적으로 수입 효율적인 업체의 경우 반정규분포로 가정했을 때 수입 비효율성은 지수분포로 가정했을 때보다 더 크고, 상대적으로 수입 비효율적인 업체의 경우 더 작은 것으로 추정되었다. KNR의 경우 수입 효율성은 분포가정에 상관없이 모두 0.936으로 나타났다.

기간별 수입 효율성은 먼저 KNR의 경우 1980년대 후반까지는 상당히 높았으나, 1990년대 초반부터 급격히 낮아져 IMF 구제금융을 받았던 경기침체기에는 가장 낮았으며 2000년대 초반에 다소 개선되어 평균적인 수입 비효율성은 반정규분포의 경우 6.42%, 지수분포의

경우 6.41%로 추정되었다. 일본의 경우 지수분포를 가정했을 때 JNR의 수입 비효율성은 9.96%에 달했으나 민영화 이후 JR 구주를 제외하고 전반적으로 수입 효율성은 개선된 것으로 나타났으며, 특히 혼슈 섬의 철도업체들과 JR 화물의 수입 효율성이 높은 것으로 분석되었다.

4. 비용 효율성과의 비교 및 설명

비효율성향을 반정규분포로 가정했을 때 확률적 변경 접근법을 이용하여 추정한 수입 효율성과 박진경(2007) 및 박진경·김성수(2007)의 비용 효율성을 함께 비교하여 제시하면 <표 6>과 같다. 이때 추정된 수입과 비용 효율성은 표본에 포함된 변경에 따라서 상대적으로 추정되기 때문에 이를 직접적으로 비교할 수는 없다. 이러한 이유로 수입 효율성과 비용 효율성을 표준화시킨 추정 결과를 <표 6>에 함께 제시하였다.

수입 효율성은 최대수입과 실제수입과의 차이를 계산하여 업체가 수입 효율적일 때 증가시킬 수 있는 잠재적인 수입 증가분을 나타내는 반면, 비용 효율성은 최소비용과 실제비용과의 차이를 계산하여 업체가 비용 효율적일 때 감소시킬 수 있는 잠재적인 비용 감소분을 나타낸다.

표본평균에서 한국과 일본 철도업체의 수입 비효율성은 7.02%로 비용 비효율성 2.57%보다 더 크고, 표준화된 수입 비효율성은 7.5%로 표준화된 비용 효율성 2.1%보다 약 2.8배 더 커서 수입 효율성이 양적 측면에서 비용 효율성보다 더 중요한 것으로 분석되었다. 또한 이러한 경향은 일반적으로 철도업체별로 비슷한 것으로

<표 6> 철도업체별 SFA를 이용한 수입 효율성과 비용 효율성의 추정 결과 비교(반정규분포 가정시)

철도업체	수입 측면				비용 측면 ³⁾			
	수입효율성 (RE)	수입(억원) (R)	최대수입 (R* = R/RE)	$\frac{R^* - R}{R}$	비용효율성 (CE)	비용(억원) (C)	최소비용 (C* = C × CE)	$\frac{C - C^*}{R}$
KNR	0.936	13,617	14,551	0.069	0.982	14,731	14,467	0.019
JNR	0.905	340,708	376,559	0.105	0.953	375,648	357,877	0.052
JR동일본	0.953	173,760	182,269	0.049	0.979	117,108	114,615	0.014
JR동해	0.917	107,468	117,207	0.091	0.972	49,564	48,162	0.013
JR서일본	0.937	82,166	87,683	0.067	0.987	64,091	63,283	0.010
JR북해도	0.921	7,780	8,445	0.086	0.980	11,936	11,695	0.031
JR서국	0.946	3,462	3,661	0.058	0.977	4,001	3,911	0.026
JR구주	0.899	12,297	13,681	0.113	0.944	13,986	13,200	0.064
JR화물	0.938	16,860	17,969	0.066	0.979	16,858	16,501	0.021
표본평균 ²⁾	0.930	64,661	69,539	0.075	0.974	52,735	51,378	0.021

주: 1) KNR의 경우 1977~2003년, JNR의 경우 1977~1984년, JR's의 경우 1987~2003년의 평균값에 해당함.

2) KNR, JNR, 7개의 JR's를 모두 포함한 전체(154개 표본) 평균값임.

3) 박진경(2007)과 박진경·김성수(2007)의 연구결과임.

나타났는데, 이는 선행연구인 Cantos and Maudos (2001)와 Cantos et al.(2002)의 연구결과와 일치한다. 따라서 비용 측면에서만 효율성을 분석 하는 것은 전체 효율성 분석에 있어 편향적인 분석이 될 수 있으며, 업체의 수입 변화와 그에 따른 재무적 결과를 분석하기 위해서는 수입 효율성을 간과하지 말아야 한다고 볼 수 있다.

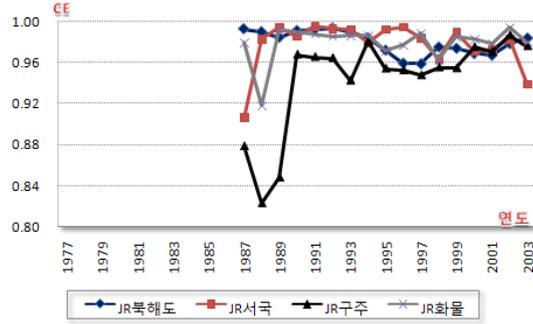
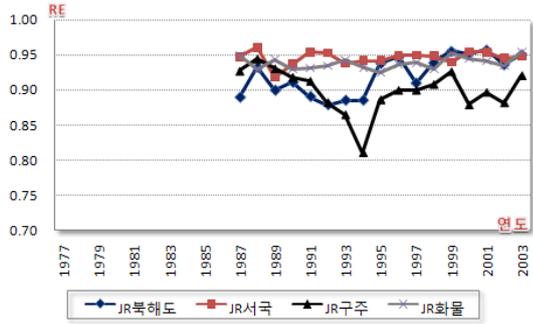
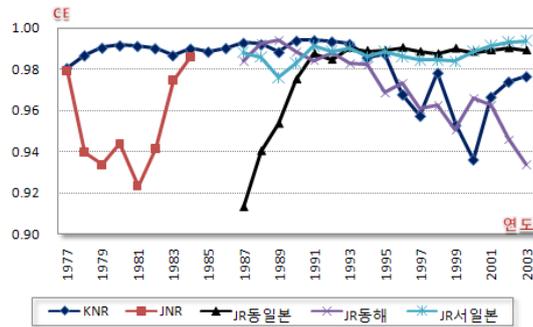
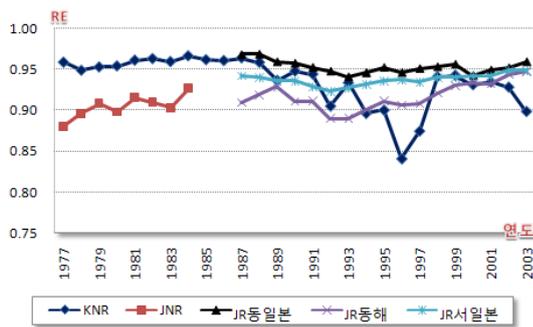
철도업체별로 살펴보면 평균적으로 가장 수입 효율적인 업체는 JR 동일본이고 가장 비용 효율적인 업체는 JR 서일본이며, 가장 비효율적인 업체는 수입 측면과 비용 측면 모두 JNR과 JR 구주로 나타났다. KNR의 경우에는 수입과 비용 효율성 모두 표본평균을 다소 상회하고 있는 것으로 나타났다.

다음으로 수입과 비용 효율성의 연도별 추이를 철도 업체별로 각각 제시하면 <그림 1>과 <그림 2>와 같다. 먼저 그림에서 보는 바와 같이 우리나라 KNR의 경우 수입 효율성과 비용 효율성은 모두 1980년대까지 상당히 높았으나 1990년대에 들어서면서 급격히 하락하였고, 2000년대 초반에는 비용 효율성은 다소 증가하고 있는 추세에 있으나 수입 효율성은 반대로 하락하고 있

는 추세에 있어 KNR은 수입 효율성을 향상시킬 여지가 더 크게 존재한다고 볼 수 있다.

이는 1980년대에는 투입물 가격의 증가에도 불구하고 산출량 역시 상당히 증가하여 수입과 비용 효율성이 모두 높았으나, 1990년대에 들어서면서 투입물 가격은 급격히 증가했으나 산출량은 오히려 감소하여 효율성이 감소하기 시작하였다고 볼 수 있다. 특히 1990년대 후반부터는 가변비용은 그 이전과 마찬가지로 지속적으로 증가하나 수입은 감소하여 가변비용 대비 수입 비율²²⁾이 급격하게 감소하였기 때문에 수입과 비용 효율성이 반대 경향을 나타내는 것으로 판단된다.

1963~2004년까지 우리나라 철도산업의 효율성을 분석한 김성호(2006)는 KNR의 기술적 효율성이 1960년대에는 비교적 높았으나 이후 1980년대 말까지 지속적으로 낮아졌고, 1990년대 이후 다시 높아지는 추세에 있다고 하였다. 이 연구는 투입거리함수를 이용하여 기술적 효율성만을 분석하였기 때문에 본 연구와 같이 기술적 그리고 배분적 효율성이 모두 포함되어 있는 비용 또는 수입 효율성과 직접적으로 비교할 수는 없다는 한계가 있



<그림 1> 철도업체별 수입 효율성의 연도별 추이

<그림 2> 철도업체별 비용 효율성의 연도별 추이

22) KNR의 가변비용은 1990년대 후반을 제외하고 2000년대 초반까지 지속적으로 증가한 반면, 수입은 1990년대 후반 이후 지속적으로 감소하는 추세에 있다. 따라서 가변비용 대비 수입 비율은 평균적으로 1980년대에는 1.17이었으나, 1990년대에는 0.86 그리고 2000년대 초반에는 0.68까지 감소하였다.

다. 이재훈·정경훈(2004)은 1981~2002년까지 KNR의 효율성이 20개국의 OECD 철도업체들보다 비효율적이고, 일종의 수입 효율성이라고 할 수 있는 경영 효율성이 기술적 효율성인 운영 효율성보다 더 작다고 하여 부분적으로 본 연구의 연구결과와 일치한다고 볼 수 있다.

일본의 경우 평균적으로 수입과 비용 효율성이 가장 낮았던 JNR은 분할되는 시점으로 갈수록 이들 효율성이 모두 증가하는 추세에 있었으며, 전반적으로 민영화 이후 수입과 비용 효율성이 모두 향상된 것으로 나타났다. 특히 혼슈 섬의 세 업체 경우 민영화 초기를 제외하면 JR 동일본과 JR 서일본은 수입과 비용 효율성이 모두 상당히 높았고, JR 동해는 비용 효율성의 경우 최근으로 갈수록 낮아지고 있는 추세에 있으나 수입 효율성의 경우에는 반대로 증가하는 추세에 있다. JR 동해의 경우 1990년대 이후 일반여객 인키로는 감소하고 있으나 신칸센이 전체 운송부문에서 차지하는 비율²³⁾이 상당히 커서, 총 산출량과 수입은 신칸센 인키로와 마찬가지로 거의 일정하게 유지되고 있지만 가변비용²⁴⁾은 급격하게 증가하고 있기 때문에 판단된다.

수입과 비용 효율성 및 민영화 변수²⁵⁾를 이용하여 추정된 상관분석 결과는 <표 7>에 제시되어 있다. 가장 중요한 결과는 수입 효율성과 비용 효율성 간에 Cantos et al.(2002)의 추정결과와 마찬가지로 양의 상관관계가 존재하는 것으로 나타났다. 이는 비용을 줄이기 위해서 가장 노력한 철도업체가 상업적으로도 가장 효율적이었으며, 상업적으로 가장 좋은 성과를 낸 철도업체가 비용 역시 가장 많이 줄였음을 의미한다.

또한 수입 및 비용 효율성과 민영화 변수 간에도 작지만 양의 상관관계가 존재하여, 민영화된 업체의 수입과 비용 효율성이 모두 높은 것으로 분석되었다. 이 역시 Oum and Yu(1994)와 Gathon and Pestieau(1995), Cantos et al.(1999) 및 Cantos and Maudos(2000)의 연구결과와

<표 7> 상관분석 결과

구분	수입효율성	비용효율성	민영화 변수
수입효율성(RE)	1.00	0.82	0.23
비용효율성(CE)		1.00	0.20
민영화 변수			1.00

일치한다고 할 수 있는데, 이들의 연구에 따르면 정부규제와 간섭이 적어 경영 자율성(management autonomy)이 높을수록, 제도적인 정부규제가 완화될수록 그리고 정부 보조금 의존도가 낮을수록 철도업체는 더 효율적이라고 하였다.

V. 결론

주어진 산출물 가격과 투입량 하에서 최대수입을 달성하지 못하면 수입 비효율성이 존재하고, 주어진 투입물 가격과 산출물 하에서 최소비용을 달성하지 못하면 비용 비효율성이 존재하기 때문에, 철도업체들은 수입과 비용이 동시에 효율적일 때 완전하게 효율적이라고 할 수 있다. 이에 본 연구는 박진경(2007)과 박진경·김성수(2007)에서 사용된 자료로 확률적 변경 접근법을 이용하여 비용함수모형 대신에 수입함수모형을 설정하고 한국과 일본 철도산업의 수입 효율성을 분석한 다음, 이를 박진경(2007)과 박진경·김성수(2007)의 비용 효율성과 비교분석하였다. 이때 수입 효율성과 비용 효율성 간에 유의한 상관관계가 존재하는지 분석하고, 민영화와 수입과 비용 측면에서 더 효율적인지를 검증하였다.

먼저 확률적 변경 접근법을 이용한 일반초월대수 수입함수모형으로 추정된 한국과 일본 철도업체의 수입 비효율성은 표본평균에서 반정규분포의 경우 7.02%, 그리고 지수분포의 경우 6.98%로 추정되었다. 비효율성향을 반정규분포로 가정했을 때 한국과 일본 철도업체의 표준화된 수입 비효율성은 표본평균에서 7.5%로 표준화된 비용 비효율성 2.1%보다 더 커서 수입 측면에서 발생하는 비효율성이 비용 측면에서 발생하는 비효율성보다 훨씬 더 큰 것으로 분석되었다. 또한 평균적으로 가장 수입 효율적인 업체는 JR 동일본이고 가장 비용 효율적인 업체는 JR 서일본이며, 가장 비효율적인 업체는 수입 측면과 비용 측면 모두 JNR과 JR 구주로 나타났다. KNR의 경우 수입과 비용 효율성이 모두 표본평균을 다소 상회하고 있는 것으로 나타났다. 철도와 같은 규제산업에서는 업체들이 수입을 극대화하려고 하기 보다는 비용을 극소화하려고 하는 유인이 크므로 수입 비효율성이 비용 비효율성보다 더 크게 나타난다고 판단된다.

23) 2003년을 기준으로 신칸센 인키로가 총 인키로에서 차지하는 비율은 81.9%이고, 신칸센 수입이 총 수입에서 차지하는 비율은 90.1%이다.

24) JR 동해의 가변비용은 1991년 대비 2003년에 24.7% 증가하였다.

25) 민영화변수의 경우 본 연구에서는 KNR과 JNR을 제외한 JR's에 1을 부여하고 상관분석을 수행하였다. 그러나 알려진 바와 같이 효율성과 생산성에 영향을 미치는 요인은 소유형태라기보다는 자율성과 경쟁의 차이라고 할 수 있다. 따라서 보다 정확한 의미의 경영 자율성 정도를 나타내는 변수를 도출하기 위해서는 Gathon and Pestieau(1995)에서 제시한 바와 같이 고용, 마케팅, 운임설정법 등 여러 항목에 대한 설문조사를 수행하고 이를 집계하여 집계 경영 자율성 지수를 사용하여야 한다고 볼 수 있다.

철도업체별로 살펴보면 KNR의 경우 1980년대까지 상당히 높았던 수입과 비용 효율성은 1990년대에 들어서면서 모두 급격히 하락하였고, 2000년대 초반에는 비용 효율성은 다소 증가하고 있는 추세에 있으나 수입 효율성은 반대로 하락하고 있는 추세에 있는 것으로 나타났다. 일본의 경우 평균적으로 수입과 비용 효율성이 가장 낮았던 JNR이 분할되는 시점으로 갈수록 이들 효율성이 모두 증가하는 추세에 있었으며, 전반적으로 민영화 이후 수입과 비용 효율성이 모두 향상된 것으로 나타났다.

마지막으로 한국과 일본 철도업체의 수입과 비용 효율성 및 민영화 변수를 이용하여 상관분석을 시행한 결과 수입 효율성과 비용 효율성 간에는 양의 상관관계가 존재하고, 이들 효율성과 민영화 변수 간에도 작지만 양의 상관관계가 존재하는 것으로 나타났다.

수입과 비용 효율성 분석결과로부터 우리나라 철도산업에 대한 정책적 시사점을 제시하면 다음과 같다. 먼저 철도의 효율성은 비용 감소뿐만 아니라 수입 증가에도 기인하며, 평균적으로 수입 비효율성이 비용 비효율성보다 더 크게 나타난다고 볼 수 있다. 더욱이 KNR의 효율성은 2000년대 이후 비용 효율성은 증가하는 추세이나 수입 효율성은 오히려 감소하고 있는 추세에 있다. 따라서 2005년에 설립된 한국철도공사는 재정적 성과를 향상시키기 위하여 투입요소의 이용률을 증대시키고 비용을 감소시키는 노력 외에도 경영다각화 등을 통하여 상업적으로 수입을 증대시키기 위해서 노력해야 할 필요성이 있다.

또한 비용 측면에서 효율적인 업체가 수입 측면에서도 효율적이고, 경영 자율성과 독립성이 높을수록 수입과 비용 효율성이 더 높게 나타나고 있다. 일본의 경우 공사체제인 JNR에서 상업적인 주식회사 형태인 JR's로 분할·민영화되었고 정부규제가 완화되어 기관간 경쟁(yardstick competition)이 자극되었으며, 사철과 같은 성과평가시스템을 도입하고 운임, 노선, 서비스 경쟁 등의 수익성을 회복하는 노력을 통하여 효율성이 증대되었다고 판단된다. 따라서 KNR의 경우 산업의 정부소유를 그대로 유지한 채 공사형태의 공기업인 한국철도공사로 전환되었으므로 경영과 재무상의 자율성을 확보할 수 있는 권한을 확대시켜주어야 한다고 판단된다. 또한 장기적으로는 요금과 서비스 수준, 노선 선정과 고용 등에 대한 정부의 간섭과 규제를 완화시키고, 경쟁 시스템 도입을 확대시켜 나가야 할 것으로 사료된다.

본 연구의 한계와 향후 연구방향은 다음과 같다. 첫째, 본 연구는 Cantos et al.(2002)과 같이 수입 효율성을

수입 기술적 효율성과 수입 배분적 효율성으로 분해하여 분석하지 못하였다. 이를 두 가지 요소로 분해하여 측정한다면 수입 비효율성에 미치는 요인을 보다 구체적으로 분석할 수 있을 것으로 판단된다. 둘째, 본 연구는 KNR의 구조개편으로 인하여 2004년 이후의 자료를 구축하지 못하였다. 추후 한국철도시설공단과 한국철도공사의 최근 자료를 일관되게 구축할 수 있는 방법을 강구한다면 구조개편 이전과 이후의 수입과 비용 효율성을 비교하여 보다 현실적인 정책적 시사점을 이끌어낼 수 있을 것으로 사료된다. 마지막으로 확률적 변경 접근법을 이용하여 패널자료로 수입(비용)함수모형을 추정할 때 철도업체별 이질성(heterogeneity)을 보다 고려할 필요성이 있다. 즉 결합 오차항을 확률적 오차항과 수입(비용) 비효율성 항뿐만 아니라 관측할 수 없는 철도업체별 이질성항을 포함하는 세 요소로 구분하여 추정할 필요성이 있다.

참고문헌

1. 김성호(2006), “거리함수를 이용한 한국 철도산업의 생산특성 및 효율성 분석”, 대한교통학회지, 제24권 제5호, 대한교통학회, pp.45~56.
2. 박진경(2007), “한국과 일본 철도산업의 비용구조와 생산성 분석-철도산업의 구조개편방안 및 민영화방안과 관련하여”, 서울대학교 박사학위논문.
3. 박진경·김성수(2006), “한국과 일본 철도산업의 비용구조와 생산성 분석”, 대한교통학회지, 제24권 제2호, 대한교통학회, pp.65~78.
4. 박진경·김성수(2007), “확률적 비용변경 접근법을 이용한 한국과 일본 철도산업의 효율성과 생산성 분석”, 대한교통학회지, 제25권 제6호, 대한교통학회, pp.141~157.
5. 이재훈·정경훈(2004), “우리나라 철도산업의 효율성 분석”, 한국교통연구원.
6. 日本國土交通省鐵道局, “각 연도 鐵道統計年報”.
7. 철도청, “각 연도 경영성적보고서”.
8. 철도청, “각 연도 철도통계연보”.
9. 한국철도기술연구원(2004), “일본의 철도투자 확대 전략에 관한 조사 분석 연구”.
10. Aigner, D., C. A. K. Lovell and P. Schmidt (1977), “Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models”, Journal of Econometrics, Vol. 6, pp.21~37.

11. Bauer, P. W.(1990), "Recent Development in the Econometric Estimation of Frontiers", *Journal of Econometrics*, Vol. 46, pp.39~56.
12. Berger, A. N. and L. J. Mester(1997), "Inside the Black Box: What Explains Differences in the Efficiencies of Financial Institutions?", *Journal of Banking and Finance*, Vol. 21, pp.895~947.
13. Berger, A. N., Humphrey, D. B. and L. B. Pulley(1996), "Do Consumers Pay for One-stop Banking? Evidence from an Alternative Revenue Function", *Journal of Banking and Finance*, Vol. 20, pp.1601~1621.
14. Cantos, P. and J. Maudos(2000), "Efficiency, Technical Change and Productivity in the European Rail Sector: A Stochastic Frontier Approach", *International Journal of Transport Economics*, Vol. 27, pp.55~76.
15. Cantos, P. and J. Maudos(2001), "Regulation and Efficiency: The Case of European Railways", *Transportation Research A*, Vol. 35, pp.459~472.
16. Cantos, P., J. M. Pastor and L. Serrano(1999), "Productivity, Efficiency and Technical Change in the European Railways: A Non-Parametric Approach", *Transportation*, Vol. 26, pp.337~357.
17. Cantos, P., J. M. Pastor and L. Serrano(2002), "Cost and Revenue Inefficiencies in the European Railways", *International Journal of Transport Economics*, Vol. 29, pp.279~308.
18. Cowie, J. and G. Riddington(1996), "Measuring the Efficiency of European Railways", *Applied Economics*, Vol. 28, pp.1027~1035.
19. Gathon, H. J. and P. Pestieau(1995), "Decomposing Efficiency into Its Managerial and Its Regulatory Components: The Case of European Railways", *European Journal of Operational Research*, Vol. 80, pp.500~507.
20. Greene, W. H.(1990), "A Gamma-distributed Stochastic Frontier Model", *Journal of Econometrics*, Vol. 46, pp.141~163.
21. Kumbhakar, S. C.(1988), "On the Estimation of Technical and Allocative Inefficiency Using Stochastic Frontier Functions: The Case of U. S. Class I Railroads", *International Economic Review*, Vol. 29, pp.727~743.
22. Kumbhakar, S. C. and C. A. Knox Lovell(2003), "Stochastic Frontier Analysis", Cambridge University Press.
23. Oum, T. H. and C. Yu(1994), "Economic Efficiency of Railways and Implications for Public Policy: A Comparative Study of the OECD Countries' Railways", *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 28, pp.121~138.
24. Oum, T. H., W. G. Waters II and C. Yu(1999), "A Survey of Productivity and Efficiency Measurement in Rail Transport", *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 33, pp.9~42.
25. Sloboda, B. W.(2004), "Performance Measurement of U.S. Class I Railroads, 1980-2001", *International Journal of Transport Economics*, Vol. 31, pp.229~246.
26. Stevenson, R. E.(1980), Likelihood Functions for Generalized Stochastic Frontier Estimation, *Journal of Econometrics*, Vol. 13, pp.57~66.

✉ 주 작 성 자 : 박진경

✉ 교 신 저 자 : 박진경

✉ 논문투고일 : 2009. 3. 6

✉ 논문심사일 : 2009. 4. 21 (1차)
2009. 6. 8 (2차)

✉ 심사판정일 : 2009. 6. 8

✉ 반론접수기한 : 2009. 12. 31

✉ 3인 익명 심사필

✉ 1인 abstract 교정필