

■ 論 文 ■

확률적 비용변경 접근법을 이용한 한국과 일본 철도산업의 효율성과 생산성 분석

The Analysis of Efficiency and Productivity in the Korean and Japanese Railways:
A Stochastic Cost Frontier Approach

박진경

(한국철도기술연구원 선임연구원)

김성수

(서울대학교 환경대학원 교수)

목 차

- | | |
|--|--|
| <p>I. 서론</p> <p>II. 선행연구의 고찰</p> <p style="padding-left: 20px;">1. 효율성에 관한 선행연구의 고찰</p> <p style="padding-left: 20px;">2. 생산성에 관한 선행연구의 고찰</p> <p>III. 확률적 변경 접근법을 이용한 효율성과
생산성의 분석방법</p> <p style="padding-left: 20px;">1. 일반초월대수 가변비용함수모형의 설정</p> <p style="padding-left: 20px;">2. 효율성과 생산성의 분석방법</p> | <p>IV. 자료와 추정방법</p> <p style="padding-left: 20px;">1. 자료</p> <p style="padding-left: 20px;">2. 추정방법</p> <p>V. 효율성과 생산성의 추정결과</p> <p style="padding-left: 20px;">1. 일반초월대수 가변비용함수모형의
추정결과</p> <p style="padding-left: 20px;">2. 효율성과 생산성의 추정결과</p> <p>VI. 결론
참고문헌</p> |
|--|--|

Key Words : 철도산업, 한국과 일본, 효율성, 생산성, 확률적 비용변경 접근법
Railways, Korea and Japan, Efficiency, Productivity, Stochastic Cost Frontier
Approach

요 약

본 연구는 한국과 일본의 철도업체를 노동, 동력, 차량 및 유지보수의 세 가지 생산요소를 투입하여 신칸센 인キロ, 일반여객 인キロ, 화물 톤キロ의 세 가지 산출물을 생산하는 기업형태로 상정하여 확률적 변경 접근법을 이용한 일반초월대수 함수형태의 가변비용함수모형을 설정하였다. 이 모형의 독립변수로는 준고정요소인 기반시설의 총 가치와 네트워크효과를 나타내는 궤도연장, 타 업체와의 비용구조 차이를 반영하는 더미변수, 그리고 생산성을 분석하기 위한 시간추세변수가 함께 포함된다. 가변비용함수모형은 철도청에 대한 27개 연도별 자료(1977~2003), 일본국철(JNR, Japan National Railways)에 대한 8개 연도별 자료(1977~1984), 그리고 7개 일본철도주식회사(JR's, Japan Railways)에 대한 17개 연도별 자료(1987~2003)를 결합한 총 154개의 불균형통합자료를 이용해 반복결합일반화최소자승법으로 추정하였다.

확률적 변경 접근법을 이용한 비용 효율성 추정 결과 한국과 일본의 철도업체는 표본평균에서 비용 비효율성이 2.57%로 나타났으며, 비용 효율성은 평균적으로 JR서일본이 가장 높고 JNR과 JR구주가 가장 낮은 것으로 분석되었다. KNR의 경우 1977~2003년까지 평균적인 비용 비효율성은 1.80%이고, 특히 1996~2000년에 비용 비효율성이 4.16%로 가장 컸던 것으로 나타났다. 반면 일본의 경우 민영화 이후 비용 비효율성이 전반적으로 상당히 개선된 것으로 나타났다. 한편 비용 효율성 변화, 기술변화, 규모 효율성 변화 및 배분적 효율성 변화에 기인하는 생산성 변화율을 추정한 결과 전반적으로 정부부처형 공기업인 KNR과 공사체제인 JNR의 생산성은 감소한 반면, 민영업체인 JR's의 생산성은 JR동해를 제외하고 증가한 것으로 나타났다.

This paper evaluates the effects of privatization and deregulation on the firm-specific efficiency and total factor productivity (TFP) growth in the Korean and Japanese railways. Using a stochastic frontier approach and a generalized translog functional form, the paper specifies the equation system consisting of a multiproduct variable cost function and input share equations which is estimated with Zellner's iterative seemingly unrelated regression and the corrected least squares method. The Korean and Japanese railway firms are assumed to produce three outputs (Shinkansen passenger-kilometers, incumbent railway passenger-kilometers, ton-kilometers of freight) using three input factors (labor, fuel, maintenance and rolling stock). A monetary value of the ways and fixed installations held by the railroad firm is also included as a quasi-fixed input.

The empirical results indicate that the average estimate of cost inefficiency is 2.57% for the total sample and on the average, JNR and JR Kyushu are found to be worst efficient while the most efficient railway firm in the sample is JR West. Also the cost efficiency levels of seven JRs have been improved after the reform and privatization of JNR. The findings also indicate that TFP growth of the privately-owned JRs are higher than those of the government-owned KNR and JNR. Three-island JRs and JR Freight have slightly higher TFP growth than Honshu JRs as well. Thus, the results suggest that managerial autonomy and increased competition via deregulation have improved efficiency and TFP growth.

I. 서론

1980년대 이전의 철도산업은 자연독점산업으로 인식되었기 때문에 철도업체는 주로 정부소유였으며, 사적소유인 경우 수익률 규제(rate of return regulation) 등을 받았다. 그러나 이러한 두 가지 방법은 효율성 제고 유인이 없었기 때문에 민간 경쟁 산업보다 비효율적인 결과를 초래하였고, 후자는 A-J효과(Averch-Johnson Effect)¹⁾로 알려져 있는 역효과를 초래하였다. 따라서 1980년대 이후 효율성을 높이기 위하여 유인 규제방식(incentive regulation methods)²⁾이 도입되었다. 유인 규제방식 중에서 대표적인 방법이라고 할 수 있는 CPI-X 규제방식³⁾과 현재 일본의 철도산업에서 시행중인 철도업체간 비교경쟁(yardstick competition)방식은 철도업체별 효율성과 생산성이 비교척도가 된다.

또한 정부 보조금의 주된 수혜자인 철도업체의 이윤이 생산성, 시장지배력, 규제, 그리고 시장이라는 상호관계의 결과라고 할 때, 2005년 1월에 설립된 한국철도공사는 장기적인 자본투자에 의한 수익창출보다는 경영효율성을 증대시켜 생산성을 높이는 것이 더 중요하다. 그러나 우리나라의 경우 철도산업에 대한 전반적인 효율성과 생산성에 관한 분석이 체계적으로 이루어지지 않았으며, 경영 자율성(managerial autonomy)을 도입하는 정책이 철도업체의 성과를 향상시키고 생산비용을 줄여 궁극적으로 생산성을 향상시키는데 관한 사전적인 분석이 이루어지지 않은 상황이므로 이에 관한 체계적인 분석이 필요하다.

이에 본 연구는 한국과 일본의 철도산업에 대해 확률적 변경 접근법을 이용한 일반초월대수 함수형태의 가변비용함수모형을 설정하고, KNR에 대한 27개 연도별 자료(1977~2003), JNR에 대한 8개 연도별 자료(1977~1984), 그리고 7개 JR's에 대한 17개 연도별 자료(1987~2003)를 결합하여 이를 추정한 후, 정부부처형 공기기업인 KNR⁴⁾과 공사체제인 JNR 및 민영화체인 JR's

의 효율성과 생산성을 분석한 다음 민영화(privatization)와 경영 자율성이 비용 측면에서 효율성과 생산성을 더 크게 향상시키는지 검증하는 데 그 목적이 있다.

본 연구는 먼저 2장에서 철도산업의 효율성과 생산성을 분석한 선행연구를 고찰한다. 3장에서는 확률적 변경 접근법을 이용한 일반초월대수 함수형태의 가변비용함수모형을 설정하며, 이로부터 도출되는 효율성과 생산성을 측정하는 방법에 대하여 설명한다. 4장에서는 가변비용함수모형을 추정하는 데 사용되는 자료와 추정방법을 설명하고, 5장에서 추정결과를 제시한다. 마지막으로 6장에서 추정결과를 요약하고, 본 연구의 한계 및 향후 연구 방향에 관해 논한다.

II. 선행연구의 고찰

1. 효율성에 관한 선행연구의 고찰

철도산업에 대해 확률적 변경 접근법을 이용하여 비용 효율성을 분석한 논문은 Kumbhakar(1988)와 Cantos and Maudos(2000, 2001)를 제외하고는 드문 편이다⁵⁾. 먼저 Kumbhakar(1988)는 1951~1975년 기간의 Class I 미국 철도업체들을 대상으로 확률적 변경 접근법을 적용하여 일반화 함수형태의 총비용함수모형을 추정하고, 기술적 효율성과 배분적 효율성을 구분하여 추정하였다. 추정 결과 미국의 철도업체는 기술적 비효율성보다 배분적 비효율성이 다소 더 컸으며, 대부분의 배분적 비효율성은 노동이나 동력에 비해 자본을 초과 투입하여 발생하였다는 분석 결과를 제시하고 있다. 이는 연구 기간이 정부규제가 완화되기 이전이었으므로 규제당국의 허가 없이는 이윤이 나지 않는 노선을 철폐할 수 없었기 때문이라고 해석하고 있다.

다음으로 Cantos and Maudos(2000)는 1970~1990년 기간의 유럽 OECD 철도업체들에 대해 확률적

- 1) 수익률 규제를 받는 기업은 노동에 비하여 자본을 과도하게 사용하려는 인센티브를 갖기 때문에 가격은 높아지고 사회후생은 감소한다는 것이다.
- 2) 1980년대 이후 등장한 유인 규제방식은 다양한 형태로 이루어지지만, 가장 일반적인 형태는 가격상한규제(price cap regulation)방식이라고 할 수 있다. 공공요금의 형평성 측면을 강조하여 투입된 자본에 대해 보상을 해주는 비용에 근거한 가격규제방식인 수익률규제방식과 달리, 가격상한규제방식은 운영자들의 효율성을 높이기 위해 모색된 가격규제방식으로서 기업의 비용절감노력 또는 생산적 효율성에 대해 보상을 해주어 가격을 인하할 수 있도록 유도하는 방식이다.
- 3) CPI-X 규제방식은 가격상한규제방식의 대표적인 형태이다. 여기서 가격은 소매물가지수(Consumer Price Index, CPI) 증가율에서 소위 X로 고안된 생산성 상쇄분(productivity offset)을 뺀 증가율로 설정된다.
- 4) KNR은 정부부처형 공기기업이므로 정부조직이라고 할 수 있다. 정부부처형 공기기업은 행정법의 지배를 받는 행정기관이므로 조직원은 공무원의 신분을 가지고 예산은 국회의 승인을 받아야 한다. 반면 한국철도공사와 같은 공사체제는 상업적 자유가 부여된 국가기업 유형이라고 할 수 있으며, 정부가 운영의 최종적인 책임을 가지고 있기는 하나 경영과 재무상의 자율성을 가지며 조직원은 공무원의 신분을 가지지 않는다.
- 5) 자료포락분석 접근법을 이용하여 OECD 철도를 대상으로 효율성을 분석한 연구는 Oum and Yu(1994)와 Cantos et al.(2002)가 있다.

비용변경함수를 추정한 결과 평균적으로 비효율성으로 인한 비용 증가분이 관측된 비용의 13.5%라는 분석결과를 제시하고 있다. 또한 국가 간 효율성 차이를 토빗회귀식을 통해 추정한 결과 경영 자율성과 재정 독립성 정도가 높을수록, 열차 이용율이 증가할수록 효율성은 커지는 반면 보조금 수준이 높을수록 효율성은 낮아지는 것으로 나타났다.

마지막으로 Cantos and Maudos(2001)는 1970~1990년 기간의 유럽 철도업체들에 대해 효율성과 생산성이 증가하였음에도 불구하고 재정적 성과가 낮은 원인을 밝히기 위해 확률적 변경 접근법을 이용하여 비용 효율성과 수입 효율성⁶⁾을 동시에 추정하였다. 추정 결과 철도산업을 규제했던 기간 동안 비용 효율성과 수입 효율성 간 음의 상관관계가 존재하여 보다 비용 효율적인 철도업체가 수입 비효율적인 경향이 있는 것으로 나타났다. 이는 열차 이용율이 높을 때 비용 효율성은 높지만 철도산업에 대한 강한 규제와 간섭으로 요금수준이 상대적으로 매우 낮아서 수입 손실이 발생하였기 때문이라고 하였다.

2. 생산성에 관한 선행연구의 고찰

총요소생산성을 측정하는 방법은 크게 변경 접근법과 가격기반 지수법(price-based index numbers, PIN)으로 나눌 수 있으며, 변경 접근법은 확률적 변경 접근법(stochastic frontier analysis, SFA)과 자료포락분석 접근법(data envelopment analysis, DEA)으로 구분된다. 확률적 변경 접근법을 이용하여 철도산업의 비용 효율성을 분석하고, 생산성을 요인별로 분해한 사례는 Cantos and Maudos(2000)를 들 수 있다. Cantos and Maudos(2000)는 앞서 언급한 바와 같이 확률적 변경 접근법을 이용하여 초월대수 함수형태의 가변비용함수를 추정한 결과 유럽 OECD 철도업체의 연평균 생산성 증가율은 1970~1990년 동안 0.81%에 달했으며, 이는 요인별로 기술변화에 0.45%, 비용 효율성 변화에 0.19% 그리고 규모 효율성 변화에 0.16% 기인하는 것으로 분석되었다.

한편 자료포락분석 접근법을 이용하여 효율성과 생산성을 함께 분석한 연구로는 OECD 철도를 대상으로 분석한 Cantos et al.(1999), 미국의 Class I 철도를 대상으로 분석한 Sloboda(2004) 그리고 우리나라를 비롯한 UIC 세계철도통계연감에 수록된 철도를 대상으로 분석한 이재훈·정경훈(2004)이 있다. 또한 가격기반 지수법을 이용하여 톤키비스트 총요소생산성을 분석한 연구로는 호주 철도를 대상으로 분석한 Brunker(1992)와 Hensher et al.(1995), 캐나다 철도를 대상으로 분석한 Tretheway et al.(1997)과 Laurin and Bozec(2001), 그리고 한국과 일본 철도업체를 대상으로 분석한 박진경·김성수(2006a)가 있다.

이 외에도 전통적인 비용함수 접근법을 이용하여 생산성을 분석한 연구로는 Loizides and Tsionas(2002), Bitzan and Keeler(2003), Smith(2006), Wang and Liao(2006) 및 박진경·김성수(2006b) 외 다수가 존재한다. 전통적인 비용함수로부터 도출된 생산성 증가율은 생산성을 변화시키는 요인별로 분해하지 못하기 때문에 생산성과 관련된 정책적 함의를 이끌어내는 데 한계가 있다고 할 수 있다.

III. 확률적 변경 접근법을 이용한 효율성과 생산성의 분석방법

1. 일반초월대수 가변비용함수모형의 설정

본 연구는 한국과 일본의 철도업체를 노동, 동력, 차량 및 유지보수의 세 가지 생산요소를 투입하여 신칸센 인키로, 일반여객 인키로 및 화물 톤키로를 생산하는 기업형태로 상징하고, 기반시설의 총 가치를 포함하는 일반초월대수 가변비용함수모형을 설정한다⁷⁾. 이때 산출물은 외생적으로 결정된다고 가정하며, 궤도연장은 노선 구조, 즉 네트워크효과를 나타낸다. 기반시설의 총 가치는 선로와 고정시설(ways and fixed installations)의 금전적 가치라고 할 수 있는데, 차량을 제외한 건물, 선로, 정거장 등을 모두 포함하며 가변비용함수모형에서 준고정요소(quasi-fixed input)로 취급된다⁸⁾.

6) 비용 비효율성은 관측된 비용과 달성 가능한 최소비용 간 차이를 계산하여 만약 업체가 효율적이라면 업체가 달성할 수 있는 비용 절감분을 나타내는 반면, 수입 효율성은 관측된 수입과 최대 수입 간 차이를 계산하여 만약 업체가 효율적이라면 업체가 달성할 수 있는 수입 증가분을 나타낸다.

7) 철도산업은 전통적인 규제산업이므로 산출물이 외생적으로 결정된다고 가정하는 것이 합당하기 때문에 생산함수가 아닌 비용함수를 추정하였으며, 철도산업의 선로 및 궤도는 불균형상태에 있다고 볼 수 있으므로 총비용함수가 아닌 가변비용함수를 추정하였다. Caves et al.(1985)은 철도산업의 비용함수를 추정할 때, 총비용함수보다 가변비용함수를 추정하는 것이 더 적절하다고 하였다.

또한 가변비용함수모형은 일본의 혼슈 섬을 제외한 세 작은 섬에서 여객열차를 운행하는 JR북해도, JR구주 및 JR서국 더미(작은 섬 업체더미)와, JR화물더미, 그리고 시간추세변수를 포함한다. 첫째, 작은 섬 업체더미는 JR 북해도, JR구주 및 JR서국의 비용구조 차이를 반영하기 위해 도입되었다. JNR은 1987년 4월 1일 6개의 지역별 여객철도업체(JR동일본, JR동해, JR서일본, JR북해도, JR서국, JR구주)와 1개의 화물철도업체(JR화물)로 수평분할(horizontal separation)된 다음 민영화되었다. 규모가 큰 3개의 여객철도업체(JR동일본, JR동해, JR서일본)는 인구밀도가 높은 본섬(혼슈 섬)에서, 그리고 3개의 작은 여객철도업체(JR북해도, JR서국, JR구주)는 홋카이도(북해도), 시코쿠(서국), 큐슈(구주) 섬에서 각각 여객열차를 운행한다. 신칸센⁸⁾은 혼슈 섬의 세 업체에 의해 운행되어 왔으며, 2003년부터 JR구주도 구주 신칸센을 운행하기 시작하였다. 따라서 규모와 인구 밀도가 낮고 신칸센을 운행하지 않는 작은 섬의 세 업체들은 비용구조가 타 업체들과 상이할 것이라고 판단하였다. 둘째, JR화물더미 역시 JR화물의 비용구조 차이를 반영하기 위해 도입되었다. JR화물은 일본 전역의 화물 운송부문을 단일체제로 운영하는데, 선로를 보유하지 않고 다른 6개 여객철도업체들의 선로를 빌려서 이용하고 선로사용료를 지불하기 때문에 타 업체들과 비용구조가 다를 수 있다. 셋째, 시간추세변수를 도입하여 기술변화를 추정하고, 생산성 증가율을 연도별 및 철도업체별로 측정한다 다음 비용 효율성 변화와 기술변화 그리고 규모 효율성 변화 및 배분적 효율성 변화로 분해한다.

비용함수의 형태는 1계·2계 미분에 대한 사전적 제약이 없는 유연한 형태의 일반초월대수 함수형태이다. 유연한 함수형태를 채택한 이유는 제약을 가하지 않은 함수를 추정하고 생산기술에 대한 가설검정을 통해 가장 적합한 함수형태를 도출하여 생산성을 측정하는 것이 편의가 발생하지 않기 때문이다. 일반초월대수 함수형태는 요소가격은 자연대수를 취하는 반면 산출물은 Box-Cox 변환을 취하기 때문에 산출물 벡터에 0이 있는 철도업체를 분석대상에 포함시킬 수 있다는 장점이 있다. 일반초월대수 가변비용함수모형은 식(1)과 같이 설정된다.

$$\begin{aligned} \ln VC_t &= \ln VC_t^* + \epsilon_t \\ &= \alpha_0 + \sum_i \alpha_i Y_{it}^* + \sum_q \beta_q \ln P_{qt} + \gamma_N \ln N_t \\ &\quad + \sigma_I \ln I_t + \rho_T T_t + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \delta_{ij} Y_{it}^* Y_{jt}^* \\ &\quad + \frac{1}{2} \sum_q \sum_r \eta_{qr} \ln P_{qt} \ln P_{rt} + \frac{1}{2} \gamma_{NN} \ln N_t^2 \\ &\quad + \frac{1}{2} \sigma_{II} \ln I_t^2 + \frac{1}{2} \rho_{TT} T_t^2 + \sum_i \sum_q \theta_{iq} Y_{it}^* \ln P_{qt} \\ &\quad + \sum_i \gamma_{iN} Y_{it}^* \ln N_t + \sum_i \sigma_{iI} Y_{it}^* \ln I_t \\ &\quad + \sum_q \gamma_{qN} \ln P_{qt} \ln N_t + \sum_q \sigma_{qI} \ln P_{qt} \ln I_t \\ &\quad + \sigma_{NI} \ln N_t \ln I_t + \sum_q \rho_{qT} \ln P_{qt} T \\ &\quad + D_1 + D_2 + \epsilon_t \end{aligned} \tag{1}$$

- 여기서 VC_t : 가변비용
 Y_{it}^* : 산출물 i 의 산출량 Y_{it} 의 Box-Cox 변환치
 P_{qt} : 생산요소 q 의 가격
 i, j : 신칸센 인키로(h), 일반여객 인키로(p), 화물 톤키로(f)
 q, r : 노동(l), 동력(e), 차량 및 유지보수(m)
 I : 기반시설의 총 가치(준고정요소)
 N : 궤도연장(네트워크 효과)
 T : 시간추세(time trend)
 D_1 : 작은 섬 업체더미(JR북해도=1, JR구주=1, JR서국=1, 그 외 업체들=0)
 D_2 : JR화물 더미(JR화물=1, 그 외 업체=0)
 $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \eta, \theta, \rho, \sigma$: 추정해야 할 모수

$\epsilon_t = v_t + u_t$ 이며,
 v_t : 비용 비효율성향(cost inefficiency term)
 u_t : 통계적 오차항(noise error term)

확률적 비용변경 접근법은 철도업체가 비효율적일 수

8) Cantos(2001)와 Ivaldi and McCullough(2001)는 기반시설과 관련된 변수로 전자의 경우 선로와 고정시설의 금전적 가치를, 후자의 경우 한 해 동안 설치되는 대체선로를 이용하였다.
 9) 1987년 JNR의 분할 당시 신칸센의 기반시설은 운영부문에 수직적으로 분리되어 신칸센철도보유기구(Shinkansen Holding Corporation, SHC)에 의해 소유되었으나 신칸센 자산은 1991년에 JR동일본, JR동해 및 JR서일본에 의해 매입되었고, SHC는 해체되었다.

도 있음을 가정¹⁰⁾하고 비용함수의 형태와 오차항의 확률 분포를 설정하여 이를 추정한 다음, 도출되는 오차항으로부터 비용변경을 계산하여 철도업체별로 상대적인 효율성을 측정하는 방법이다. 식(1)에서 결합 오차항, ϵ_t 는 통계적 오차와 비효율성에 기인하는 비용의 증가분을 의미한다. 이때 비용변경은 통계적 오차에 영향을 받기 때문에 통계적 오차항과 비용 비효율성 항의 분포에 대한 가정을 필요로 한다. v_t 는 백색잡음, 설정오차, 측정오차, 누락변수의 영향 및 예측 불가능한 오차를 모두 포함한다. 이러한 요인들은 비용을 증가시킬 수도 있고 감소시킬 수도 있으므로 양방향의 정규분포(two-sided normal distribution)를 따른다고 가정한다.

한편 u_t 는 철도업체가 기술적으로 또는 배분적으로 비효율적¹¹⁾이기 때문에 발생하며, 이러한 비효율성은 항상 비용을 증가시키므로 비음의 일방향 분포(nonnegative one-sided distribution)로 가정한다. 본 연구에서 u_t 는 Schmidt and Lovell(1979)과 Kumbhakar(1991)을 따라 반정규분포를 따른다고 가정하였다.

식(1)에서 Box-Cox 변환된 변수 Y_{it}^* 는 식(2)와 같이 정의된다.

$$Y_{it}^* = \begin{cases} \left(\frac{Y_{it}^{\lambda_i} - 1}{\lambda_i}\right), & \text{if } \lambda_i \neq 0 \\ \ln Y_{it} & \text{if } \lambda_i = 0 \end{cases} \quad (2)$$

식(1)은 2차까지 전개한 테일러시리즈이므로 함수 $\ln VC_t$ 에 대한 헤시안 행렬(Hessian matrix)이 대칭(symmetry)이어야 한다. 따라서 식(1)의 계수가 식(3)의 조건을 만족해야 한다.

$$\begin{aligned} \delta_{ij} &= \delta_{ji}, & \eta_{qr} &= \eta_{rq}, & \theta_{iq} &= \theta_{qi}, & \gamma_{iN} &= \gamma_{Ni} \\ \gamma_{qN} &= \gamma_{Nq}, & \sigma_{qI} &= \sigma_{Iq}, & \sigma_{NI} &= \sigma_{IN}, & \rho_{qT} &= \rho_{Tq} \end{aligned} \quad (3)$$

또한 비용함수는 정규성 조건, 즉 요소가격에 대한 연속성, 1차 동차성, 비감소성, 오목성 조건을 만족해야 한다. 여기서 1차 동차성 조건은 식(1)의 모수에 대한 식(4)의 제약조건으로 미리 부과된다.

$$\sum_q \beta_q = 1 \quad (4)$$

$$\sum_q \eta_{qr} = 0, \quad \text{for all } q = l, e, m$$

$$\sum_i \theta_{iq} = 0, \quad \text{for all } i = h, p, f$$

$$\sum_q \gamma_{qN} = 0$$

$$\sum_q \sigma_{qI} = 0$$

$$\sum_q \rho_{qT} = 0$$

한편 식(1)에 Shephard의 정리¹²⁾를 적용하면 요소비용비중식(input share equation)을 구할 수 있다. 즉 생산요소 q 의 비용이 가변비용에서 차지하는 비중 또는 점유율(S_{qt})은 식(1)을 생산요소 q 의 가격(P_{qt})에 대해 로그미분(log differentiation)함으로써 식(5)와 같이 구할 수 있다.

$$S_{qt} = S_{qt}^* + v_{qt} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} &= \frac{P_{qt} X_{qt}}{VC_t} = \frac{\partial VC_t}{\partial P_{qt}} \cdot \frac{P_{qt}}{VC_t} = \frac{\partial \ln VC_t}{\partial \ln P_{qt}} \\ &= \beta_q + \sum_q \eta_{qr} \ln P_{qt} + \sum_i \theta_{iq} Y_{it}^* + \gamma_{qN} \ln N_t \\ &\quad + \sigma_{qI} I^T + \rho_{qT} T^T + v_{qt} \end{aligned}$$

여기서 S_{qt} 와 S_{qt}^* 는 각각 q 번째 생산요소의 실제 비용비중과 효율적인 비용비중을 의미한다. 요소비용비중식에서 비효율성은 배분적 비효율성을 의미하기 때문에 q 번째 생산요소의 효율적인 비용비중보다 크거나 작을 수 있으므로 v_t 와 마찬가지로 양방향의 정규분포로 가정한다. 기술적 비효율성은 철도산업에서 산출물이 외생적으로 결정되기 때문에 비용 관점에서 요소비용비중식에는 나타나지 않는다¹³⁾.

따라서 본 연구에서 확률적 비용변경 모형을 가정한 일반조월대수 가변비용함수는 가변비용함수에 나타나는 비음의 일방향 기술적 그리고 배분적 비효율성과 요소비용비중식에 존재하는 양방향의 배분적 비효율성이 존재

10) 전통적인 비용함수 접근법은 분석의 대상이 되는 철도업체들이 효율적이라고 가정하고, 비용과 산출량 간의 평균적인 관계를 추정한다. 따라서 생산과정에서 나타나는 비효율성으로 인해 관측되는 비용 차이가 최소비용과 차이가 있을 수 있으므로 이론적인 비용함수의 정의와 부합하지 않는다.

11) 기술적 비효율성은 주어진 산출량 수준에서 생산요소를 과도하게 투입할 때 발생하는 비효율성이며, 배분적 비효율성은 생산요소 조합이 비용극소화 조합과 다르기 때문에 발생하는 비효율성이다.

12) 임의의 요소가격에 대해 비용함수를 편미분하면 임의의 생산요소 투입량과 같다는 정리이다.

13) 산출물이 외생적으로 결정되는 산업에 대해 비용함수를 추정하면 엄밀히 말해 투입물 기반 기술적 비효율성과 투입물 기반 배분적 비효율성 추정치를 도출할 수 있으므로 요소비용비중식에서 투입물 기반 기술적 비효율성은 발생하지 않는다.

하며, 비용함수식의 비효율성 오차항은 Greene(1980)과 같이 요소비용비중식의 비효율성 오차항과 서로 상관되지 않는다고 가정한다.

2. 효율성과 생산성의 분석방법

1) 효율성

철도업체의 상대적인 효율성은 식(1)에서 일반초월대수 가변비용함수모형과 오차항의 확률분포를 설정하여 이를 추정한 다음, 도출되는 오차항으로부터 비용변경을 계산하여 추정할 수 있다. $\epsilon_t = v_t + u_t$ 이므로 실제 가변비용은 식(6)과 같이 계산된다.

$$VC_t = \exp(\ln VC_t^* + v_t + u_t) \tag{6}$$

$$= VC_t^* \exp(v_t + u_t)$$

식(6)에서 비용변경은 실제 비용에서 비효율성을 제외한 $VC_t^* \exp(v_t)$ 이 되고 $\ln VC_t - (\ln VC_t^* + v_t) = u_t \geq 0$ 이므로 비용함수에서 관찰된 실제 가변비용(VC_t)은 반드시 확률적 비용변경 위에 존재해야 한다. 오차항 분포의 가정으로부터 v_t 는 평균이 0이고 분산이 σ_v^2 인 양방향의 정규분포를 따르고, u_t 는 평균이 0이고 분산이 σ_u^2 인 비율의 반정규분포를 따른다고 가정한다. 이때 u_t 와 ϵ_t 의 결합밀도함수는 $v_t \perp u_t$ 이고 $\epsilon_t = v_t + u_t$ 이므로 개별밀도함수의 곱이 되며, 식(7)과 같다.

$$f(u, \epsilon) = \frac{2}{2\pi\sigma_u\sigma_v} \exp\left\{-\frac{u^2}{2\sigma_u^2} - \frac{(\epsilon - u)^2}{2\sigma_v^2}\right\} \tag{7}$$

ϵ_t 가 주어져 있을 때 u_t 의 조건부 분포(conditional distribution)는 식(8)과 같이 계산된다.

$$f(u|\epsilon) = \frac{f(u, \epsilon)}{f(\epsilon)} \tag{8}$$

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

$$\text{여기서 } \mu_* = \epsilon\sigma_u^2/\sigma^2 \text{이고, } \sigma_*^2 = \sigma_u^2\sigma_v^2/\sigma^2$$

식(8)에서 $f(u|\epsilon)$ 는 $N(\mu_*, \sigma_*^2)$ 으로 분포하므로 관찰점 각각에 대한 u_t 의 조건부 기대치와 최빈값은 각각 식(9)와 식(10)과 같이 산출된다.

$$E(u_t|\epsilon_t) = \frac{\sigma_u\sigma_v}{\sigma} \left[\frac{\phi(\epsilon_t\lambda/\sigma)}{1 - \Phi(-\epsilon_t\lambda/\sigma)} + \left(\frac{\epsilon_t\lambda}{\sigma}\right) \right] \tag{9}$$

$$M(u_t|\epsilon_t) = \epsilon_t(\sigma_u^2/\sigma^2) \quad \text{if } \epsilon_t \geq 0 \tag{10}$$

$$= 0 \quad \text{otherwise}$$

u_t 의 조건부 기대치로부터 개별 관찰점의 비용 효율성(cost efficiency, CE_t)¹⁴은 비용변경과 관측된 비용 간 차이로서, 식(11)과 같이 구한다. CE_t 는 1부터 무한대까지의 값을 가지며, 1의 값을 가질 때 완전 비용 효율적이다. 비용 비효율성(%)은 $CE_t - 1$ 로 구할 수 있다.

$$CE_t = \exp(E(u_t | \epsilon_t)) \tag{11}$$

확률적 비용변경 접근법을 이용해 추정된 비용 효율성은 포함된 변경에 따라 상대적으로 측정되는 효율성이기 때문에 표본이 달라지면 비용변경도 변화하게 되고, 따라서 효율성 값도 달라진다. 따라서 비용변경전상에 위치하는 완전 비용 효율적인 표본이라고 해서 효율성을 개선할 여지가 전혀 없다고는 말할 수 없다.

2) 생산성

식(1)과 같은 일반초월대수 가변비용함수의 모수추정치를 이용하여 두 기간 동안의 총요소생산성 변화(Total Factor Productivity Change, TFPC)를 도출하는 방법은 다음과 같다. 두 연도간 총요소생산성 변화를 로그 형태로 나타내면 식(12)와 같다.

$$\ln\left(\frac{TFP_{n1}}{TFP_{n0}}\right) = \ln\frac{CE_{n0}}{CE_{n1}} - 0.5\left(\frac{\partial VC_{n0}}{\partial T} + \frac{\partial VC_{n1}}{\partial T}\right) \tag{12}$$

$$+ 0.5\sum_{i=1}^M [(SF_{n0}\epsilon_{CY_{in}} + SF_{n1}\epsilon_{CY_{id}}) \cdot (Y_{n1}^* - Y_{n0}^*)]$$

14) 본 연구에서 비용 효율성은 기술적 효율성과 배분적 효율성으로 구분하여 도출하지는 않으며, 이는 향후 연구과제로 남겨둔다.

식(12)에서 오른쪽의 첫 번째 항은 비용 효율성 변화(Cost Efficiency Change, CEC)를 나타낸다. 이는 주어진 기술수준 하에서 철도업체가 외생적으로 주어진 산출물 수준을 최소비용으로 생산하기 위한 기업의 능력을 측정하여 연도별 변화를 측정하는 것으로, 식(11)에서 제시한 비용 효율성(CE_t) 값으로부터 도출된다. 식(12)에서 오른쪽의 두 번째 항은 기술변화(Technical Change, TC)로 최선의 기술 자체의 이동, 즉 기술이 발전하여 산출량이 증가하고 평균가변비용이 감소하는 정도를 연도별로 측정하며, 식(13)과 같이 시간에 따른 가변비용의 변화율, 즉 기술변화율(ϵ_{CT})로부터 도출된다.

$$\epsilon_{CT} = \frac{\partial \ln VC}{\partial T} \tag{13}$$

$$= \rho_T + \rho_{TT}T + \sum_q \rho_{qT} \ln P_q$$

식(13)에서 $\epsilon_{CT} > 0$ 이면 기술퇴보를, $\epsilon_{CT} < 0$ 이면 기술진보를 의미한다. 또한 기술진보의 유형은 ρ_{qT} 의 부호에 따라 좌우되는데, $\rho_{qT} = 0$ 이라면 모든 생산요소 q 에 대해 Hicks 중립적 기술진보¹⁵⁾가 나타났음을 의미한다. 반면 $\rho_{qT} > 0$ 이라면 q 번째 생산요소 집약적인 기술진보가, $\rho_{qT} < 0$ 이라면 q 번째 생산요소 절약적인 기술진보가 나타났음을 의미한다. 또한 식(13)은 식(14)로 분해할 수 있는데, T_1 은 중립적 기술 효과(neutral technical effect)를, 그리고 T_2 는 비중립적 기술 효과(nonneutral technical effect)¹⁶⁾를 의미한다. 중립적 기술 효과는 순수한 시간 추세를 따르는 기술 효과를, 그리고 비중립적 기술 효과는 투입물이 기술진보에 미치는 기여도를 설명한다.

$$T_1 = \rho_T + \rho_{TT}T \tag{14}$$

$$T_2 = \sum_q \rho_{qT} \ln P_q$$

식(12)의 오른쪽 세 번째 항은 규모 효율성 변화(Scale Efficiency Change, SEC)를 나타내는데, 이는 철도업체가 운영규모를 최적화하는 정도를 도출하여 연도별 변화를 측정하는 것으로 산출물의 비용탄력성을

이용하여 도출된다. $\epsilon_{nt} = \sum_{i=1} \epsilon_{CY_{it}}$ 이고, 산출물별 규모 계수는 $SF_{nt} = \frac{\epsilon_{nt} - 1}{\epsilon_{nt}}$ 로 계산된다. 이와 같은 총요소생산성 변화는 세 가지 요인별로 분해될 수 있으므로 철도업체가 어떤 요인에 의해 생산성이 증가하였는지 또는 감소하였는지를 측정할 수 있게 해준다. 만약 주어진 산출물 수준을 최소비용으로 산출하지 않거나 최적의 규모로 운영되지 않는다면 총요소생산성은 감소하게 된다.

마지막으로 생산요소의 양과 산출물 가격 자료를 이용하여 배분적 효율성 변화(Allocative Efficiency Change, AEC)를 계산할 수 있으며, 식(15)와 같이 도출된다.

$$AEC = \sum_{q=1} \left(\frac{(S_{qn1} - W_{qn1}) + (S_{qn0} - W_{qn0})}{2} \cdot (\ln P_{qn1} - \ln P_{qn0}) \right) \tag{15}$$

$$+ \sum_{i=1} \left(\frac{(\Pi_{in1} - R_{in1}) + (\Pi_{in0} - R_{in0})}{2} \cdot (Y_{in1}^* - Y_{in0}^*) \right)$$

식(15)에서 오른쪽의 첫 번째 항은 투입물 조합의 배분적 비효율성으로 식(5)에서 구한 효율적인 비용비중, S_{qnt} 가 실제 비용비중, W_{qnt} 와 다를 때 발생한다. 두 번째 항은 산출물 조합의 배분적 비효율성으로 효율적인 투입비중, $\Pi_{int} = \frac{\epsilon_{CY_{it}}}{\epsilon_{nt}}$ 가 실제 투입비중, R_{int} 와 다를 때, 즉 잠재가격이 시장가격과 다를 때 발생한다. 투입물 조합의 배분적 비효율성은 투입물 가격비율이 한계 생산물 비율과 같게 하기 위해 투입물의 투입량 조합을 선택하는 기업의 능력을 측정하는 척도인 반면, 산출물 조합의 배분적 비효율성은 산출물 가격비율이 산출물의 한계비용비율과 같게 하기 위해 산출물의 산출량 조합을 선택하는 기업의 능력을 측정하는 척도이다.

IV. 자료와 추정방법

1. 자료

가변비용함수모형의 추정에 사용되는 자료는 철도청

15) Hicks 중립적 기술진보는 생산요소 간 한계대체율이 기술변화에 독립이면 성립한다. 즉 관찰시점에 관계없이 항상 일정하다. 만약 기술진보가 Hicks 비중립적이라면 기술진보 추정치는 어느 시점에서 추정하느냐에 따라 그 결과가 달라진다.

16) Baltagi and Griffin(1988)과 Andrikopoulos and Loizides(1998) 참조.

(KNR)의 27개 연도별 자료(1977~2003), 일본국철(JNR)의 8개 연도별 자료(1977~1984), 그리고 7개 일본철도주식회사(JR's)의 17개 연도별 자료(1987~2003)를 결합한 총 154개의 불균형통합자료이다. 철도청의 경우 각 연도의 철도통계연보와 경영성적보고서를 이용하였다. 한편 일본 철도업체의 경우 주로 각 연도의 일본철도통계연보를 이용하였으며, 신칸센 인キロ 자료는 한국철도기술연구원(2004)의 자료와 JR동일본, JR동해 및 JR서일본 철도업체의 내부 자료를 이용하였다. 본 연구에서 구축한 철도업체의 비용 자료는 기회비용 관점에서 산정되었다.

먼저 노동비용은 우리나라의 경우 손익계산서에 나와 있는 인건비와 경비 중 복리후생비를 더해 산정하였고, 일본의 경우 철·궤도업 영업손익에 나와 있는 노동비 항목을 발취하여 이용하였다. 동력비용은 우리나라의 경우 손익계산서의 자산관련 경비 중 동력비 항목을, 그리고 일본의 경우 경비 항목 중 내동력비 항목을 발취하여 사용하였다. 이들 경상가격 기준의 노동비용과 동력비용은 각각 국가별 소비자 물가지수와 생산자 물가지수를 이용하여 2003년 불변가격으로 환산하였다.

차량 및 유지보수비용¹⁷⁾은 먼저 유지보수비용의 경우 우리나라는 경비와 자산관련 경비를 더한 후 복리후생비, 동력비, 지급이자, 감가상각비를 빼서 구하였고, 일본은 경비 항목 중 내수선비 항목을 발취하여 구하였다. 이때 JR동일본, JR동해 및 JR서일본의 유지보수비용은 내수선비에서 1987~1991년까지 신칸센철도보유기구(SHC)에 지불하였던 신칸센 사용료를 제외하여 구하였다¹⁸⁾. 차량비용의 경우 기회비용과 감가상각비를 별도로 계산하였는데, 먼저 기회비용은 우리나라의 경우 철도통계연보의 대차대조표에 수록되어 있는 기관차 및 차량의 유형고정자산과 기타 유형고정자산 항목을 발취한 다음 이를 더하여 구하였다. JNR의 경우 철도통계연보의 차량재산액에 수록된 차량비 항목을 발취하여 구하였고, JR's의 경우 철도통계연보의 대차대조표에 수록

된 총 사업용 고정자산을 발취한 후 업체별 차량자산이 총 사업용 고정자산에서 차지하는 비율을 곱하여 구하였다¹⁹⁾. 마지막으로 차량의 감가상각비는 우리나라와 일본 모두 차량의 내구연한(20년)으로 나누는 정액법을 이용하여 산정하였다. 일본의 인건비용, 동력비용, 그리고 차량 및 유지보수비용 자료는 2003년 우리나라와 일본의 월별 평균 환율 자료²⁰⁾를 이용하여 우리나라 가격으로 환산하였다.

기반시설의 총 가치는 선로, 건물, 토지, 통신신호전력, 기계 및 기타설비와 같은 철도기반시설의 금전적 가치이므로 우리나라의 경우 차량비용과 마찬가지로 대차대조표에 수록되어 있는 고정자산 항목 중에서 유형고정자산과 기타 유형고정자산 항목을 발취하였다. 유형고정자산 및 기타 유형고정자산 항목은 토지, 건물, 궤도노반 및 구축물, 통신신호전력, 기계 및 장비, 기관차 및 차량, 사무용기기로 분류된다. 이 중에서 기관차 및 차량 항목을 제외하고, 각각의 항목별로 유형고정자산과 기타 유형고정자산 항목을 더하여 항목별 총 고정자산을 구하였다. 토지를 제외한 항목별 기반시설의 가치는 전년도의 기말자산가액에서 감가상각누계액을 빼서 구한 당해 연도의 자산가액을 연평균으로 보정하여 산정하였으며, 건설업 디플레이터²¹⁾와 품목별 생산자 물가지수를 적용하여 2003년 불변가격으로 환산하였다²²⁾. 일본의 경우 기반시설의 총 가치는 일본철도통계연보 대차대조표에 수록되어 있는 고정자산 항목을 발취하여 이용하였다. JR's의 사업용 고정자산은 철도사업 고정자산과 관련사업 고정자산을 포함한 사업전속 고정자산(事業專屬 固定資産)과 객사업관련 고정자산(客事業 固定資産)을 포함한다. 이렇게 산정된 기반시설의 총 가치는 생산자 물가지수를 이용하여 2003년 불변가격으로 환산한 다음, 2003년 우리나라와 일본의 월별 평균 환율 자료를 이용하여 우리나라 가격으로 환산하였다.

2003년 불변가격으로 환산된 노동비용, 동력비용 그리고 차량 및 유지보수비용을 각각 현원수, TOE, 총차량

17) 유지보수비용에 차량비용을 함께 포함시킨 이유는 다음과 같다. 첫째, 일반적으로 자본은 이동가능 자본과 이동불가능 자본으로 나눌 수 있는데, 차량을 제외한 나머지 자본은 모두 이동불가능 자본에 해당한다고 판단하였다. 둘째, 우리나라 철도산업 구조개편방안의 경우 차량과 차량정비시설 등의 철도자산을 운영자산으로 분류하고, 이를 한국철도공사에 현물출자하였으므로 차량비용은 가변비용에 포함시키고, 차량을 제외한 나머지 자본비용을 매물비용으로 보았다.

18) 이들 혼슈 섬의 세 업체는 1991년에 신칸센 자산을 매입하였고, SHC는 해체되었다. 자세한 내용은 박진경(2007)의 pp. 85~86 참조.

19) 7개 JR's 철도업체의 홈페이지 대차대조표 각주에 제시되어 있는 유형별 사업용 고정자산을 발취하여 비율을 구하였다.

20) 2003년의 평균 환율은 통계청 자료에 나오는 1,032원/100엔을 적용하였다.

21) 한국은행(2004)의 경제활동별 국내총생산(GDP) 중에서 당해년도 가격과 기준년도(2000년) 가격으로 표시된 건설업 국내총생산을 발취하여 2003년 불변가격으로 환산하였다.

22) 건물과 궤도노반 및 구축물의 경우 건설업 디플레이터, 통신신호전력은 통신장비지수, 기계 및 장비는 일반기계 및 장비지수, 그리고 사무용기구는 가구지수를 각각 적용하였다.

〈표 1〉 변수의 평균값

변수	KNR ²⁾	JNR ²⁾	JR's ²⁾							전체	
			JR동일본	JR동해	JR서일본	JR북해도	JR서국	JR구주	JR화물		
가변비용(억원) ¹⁾	14,731	375,648	117,108	49,564	64,091	11,936	4,001	13,986	16,858	52,735	
산출량	신칸센 인키로 (백만인키로)	-	44,361	16,205	39,377	14,656	-	-	-	-	10,058
	일반여객 인키로 (백만인키로)	28,603	149,839	107,060	9,464	37,769	4,546	1,888	8,211	-	31,448
	화물 톤키로 (백만톤키로)	12,165	34,178	-	-	-	-	-	-	23,692	6,524
요소 가격 ¹⁾	노동 (백만원/인·년)	23	73	91	87	79	69	79	84	88	71
	동력 (백만원/만TOE)	6,427	13,745	12,419	16,722	12,643	6,032	4,885	9,709	8,248	9,641
	차량 및 유지보수 (백만원/차량키로·년)	472	1,470	2,474	3,031	2,198	2,912	2,530	1,717	577	1,864
요소 비용 비중	노동	0.54	0.67	0.51	0.37	0.53	0.61	0.63	0.59	0.46	0.53
	동력	0.14	0.05	0.04	0.07	0.06	0.03	0.04	0.05	0.07	0.07
	차량 및 유지보수	0.32	0.28	0.45	0.56	0.41	0.36	0.42	0.35	0.47	0.40
기반시설의 총 가치(억원) ¹⁾	144,079	869,301	528,335	500,257	163,766	20,588	8,920	26,128	13,057	209,626	
궤도연장(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 1977~1985년 그리고 JR's의 경우 1987~2003년까지의 평균값임.

키로로 나누어 생산요소의 단위가격을 구하였고, 각 생산 요소의 단위가격을 표본 평균값으로 나누어 정규화한 다음 일반초월대수 가변비용함수 추정에 사용하였다. 산출량과 궤도연장 및 기반시설의 총 가치도 마찬가지로 표본 평균값으로 나누어 정규화한 지수를 가변비용함수 추정에 사용하였다. 변수의 평균값은 〈표 1〉에 제시하였다.

2. 추정방법

식(1)의 일반초월대수 가변비용함수모형을 단일식으로 추정하는 것은 다중공선성 문제가 발생하여 추정된 모수 추정치의 효율성을 떨어뜨린다. 따라서 본 연구에서는 식(1)의 일반초월대수 가변비용함수와 식(5)의 요소비용 비중식으로 구성되는 연립방정식체계를 각 식의 오차항들이 상관관계를 갖는, 즉 결합정규분포를 하고 있다는 가정하에 Zellner의 반복결합일반최소자승법(iterative seemingly unrelated regression)을 이용해 추정하였다. 연립방정식체계를 추정하면 모수에 대한 보다 접근적으로 효율적인 추정치(asymptotically efficient estimates)를 구할 수 있다. 이때 세 요소비용비중의 합은 1이 되므로 오차항의 공분산행렬이 비특이성(nonsingularity) 조건을 만족하지 못하기 때문에 차량 및 유지보수의 비용비중식을 제외

하고 추정하였다²³⁾. 한편 본 연구에서 λ 는 Caves et al.(1980), Caves et al.(1981), Caves et al.(1985), 그리고 Kim(1987)과 같이 $\lambda_i = \lambda$ 로 가정하였다.

일반초월대수 가변비용함수모형은 E-Views 3.1 version의 SUR method(seemingly unrelated regression method)를 이용하여 추정하였다.

V. 효율성과 생산성의 추정결과

1. 일반초월대수 가변비용함수모형의 추정결과

확률적 변경 접근법을 이용한 일반초월대수 가변비용함수의 추정결과를 〈표 2〉~〈표 5〉에 제시하였다. 먼저 〈표 5〉에서 볼 수 있는 것처럼 가변비용함수의 수정결정계수는 0.997이고, 노동과 동력 요소비용비중식의 수정결정계수는 각각 0.880과 0.930으로 모두 높게 추정되었으므로 통계적 적합도가 상당히 높다고 볼 수 있다. 또한 총 52개의 모수 추정치 중에서 9개를 제외하면 모두 10% 수준에서 유의한 것으로 나타나, 모형의 설명력이 전반적으로 높다고 할 수 있다.

요소가격과 세 산출물의 1차항 모수 추정치는 모두 부호가 (+)이기 때문에 비용함수의 전체 조건을 만족하고 있다. 한편 기반시설의 총 가치 1차항의 모수 추정치는

23) 어떤 요소비용비중식을 제외하더라도 추정결과는 변하지 않으며, 반복적으로 추정된 추정량은 최대우도추정량에 접근한다.

부호가 (-)로, 기반시설의 잠재가치는 음의 부호를 갖는 것으로 나타났다²⁴⁾. 작은 섬 업체터미와 JR화물 터미는 각각 1% 수준과 5% 수준에서 유의하며, 모두 부호가 (-)로 추정되었다. 이는 이들 업체들이 타 업체들에 비해 가변비용이 더 적다는 것을 의미한다. 시간추세변수는 1차항과 2차항, 그리고 요소가격과의 교차항을 포함하고 있으며, 산출물과 궤도연장 및 기반시설과의 교차항은 제외하였다²⁵⁾. 시간추세변수의 1차항 모수 추정치는 부호가 (+)이나, 10% 수준에서 유의하지 않다. 그러나 시간추세변수 T 의 2차항과 요소가격과의 교차항에 대한 모수 추정치가 각각 5% 수준과 1% 수준에서 유의한 것으로 나타났기 때문에 이를 이용하여 기술진보율을 추정하는데 큰 무리가 없을 것으로 판단된다. 마지막으로 산출량의 Box-Cox 변환시 추정하여야 하는 모수 λ 는 한국과 일본 철도산업에 대한 비용함수를 추정한 선행연구인 박진경·김성수(2006b)의 추정치인 0.095를 그대로 받아

〈표 2〉 일반초월대수 가변비용함수의 1차항 계수 추정결과

모수	변수	추정치	표준오차	t-통계량
α_0	상수	11.243	0.062	180.769***
α_h	신칸센 인키로(Y_h^*)	0.260	0.048	5.459***
α_p	일반여객 인키로(Y_p^*)	0.190	0.039	4.902***
α_f	화물 톤키로(Y_f^*)	0.173	0.031	5.542***
β_l	노동가격($\ln P_l$)	0.635	0.008	81.698***
β_e	동력가격($\ln P_e$)	0.053	0.003	17.505***
β_m	차량 및 유지보수가격($\ln P_m$)	0.312	0.011	28.961***
σ_I	기반시설의 총 가치($\ln I$)	-0.099	0.044	-2.276**
γ_N	궤도연장($\ln N$)	0.553	0.095	5.834***
ρ_T	시간추세(T)	0.004	0.004	1.007
D_1	작은 섬 업체터미	-0.340	0.084	-4.045***
D_2	JR화물 터미	-0.700	0.281	-2.491**

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

들었다²⁶⁾.

다음으로 동조성(homotheticity), 동차성(homogeneity), 콥-더글라스(Cobb-Douglas) 형태의 세 가지 생산기술에 관한 우도비 검정(likelihood ratio test)²⁷⁾ 결과 우리나라 및 일본 철도산업의 생산기술은 요소간 단위대체탄력성을 가지지 않고, 산출량에 대한 비용탄력성이 상수가 아닌 동시에 요소가격과 산출량을 분리할 수 없는 특성을 가지고 있는 것으로 나타났다. 또한 한국과 일본 철도산업의 기술진보는 Hicks 중립적이지 않은 것²⁸⁾으로 나타났으며, Hicks 중립적이지 않은 기술진보의 유형은 $\rho_{IT} < 0$ 이고, $\rho_{eT}, \rho_{mT} > 0$ 이므로 노동 절약적이고 동력, 차량 및 유지보수 집약적인 것으로 나타났다.

마지막으로 비용함수가 갖추어야 할 경제적 조건인 요소가격에 대한 정규성 조건과 산출량에 대한 정규성 조건을 만족하고 있는지 검증하였다. 일반적으로 비용함수는 요소가격에 대한 연속성, 1차 동차성, 비감소성, 오목성 조건을 만족해야 하며 산출량에 대한 단조성, 즉 한계비용조건도 만족해야 한다²⁹⁾. 먼저 요소가격에 대한 연속성과 1차 동차성 조건은 모형설정단계에서 제약조

〈표 3〉 일반초월대수 가변비용함수의 2차항 계수 추정결과

모수	변수	추정치	표준오차	t-통계량
δ_{hh}	$(Y_h^*)^2$	0.093	0.016	5.937***
δ_{pp}	$(Y_p^*)^2$	0.037	0.013	2.798***
δ_{ff}	$(Y_f^*)^2$	0.038	0.009	4.371***
η_{ll}	$(\ln P_l)^2$	0.062	0.011	5.515***
η_{ee}	$(\ln P_e)^2$	0.064	0.003	20.537***
η_{mm}	$(\ln P_m)^2$	0.024	0.019	1.284
σ_{II}	$(\ln I)^2$	0.238	0.089	2.664***
γ_{NN}	$(\ln N)^2$	-0.208	0.109	-1.910*
ρ_{TT}	T^2	-0.001	0.000	-2.509**

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

24) Oum and Zhang(1991)은 자본요소의 잠재가치는 음의 부호를 갖는다고 하였다. 또한 Cantos(2001)와 Ivaldi and McCullough(2001)에서 기반시설의 1차항 모수 추정치는 각각 -0.066과 -0.216으로, 모두 (-) 부호를 갖는 것으로 나타났다.

25) 시간추세변수의 모든 교차항을 포함시키는 경우 작은 섬 업체터미와 JR화물 터미가 유의하지 않았으며 시간추세변수의 1차항과 2차항이 모두 유의하지 않았다. 또한 JNR과 JR동일본의 경우 궤도연장의 비용탄력성 부호가 (-)로 도출되어 시간추세변수와 산출물, 궤도연장 및 기반시설의 교차항을 제외시켰다.

26) Caves et al.(1981)과 Caves et al.(1985) 역시 Caves et al.(1980)의 λ 값을 그대로 받아들여 이용하였다. 본 연구에서 λ 값은 Caves et al.(1980)의 0.115와 비슷하고, 박진경·김성수(2004)의 2.540보다 작다.

27) 세 가지 가설에 대한 우도비 검정통계량은 각각 371.83과 443.16, 그리고 759.43으로 모두 1% 유의수준에서 기각되었다.

28) 한국과 일본 철도산업의 기술진보가 Hicks 중립적이라는 귀무가설, $\rho_{IT} = \rho_{eT} = 0$ 에 대한 우도비 검정 통계량은 96.25로 1% 유의수준에서의 임계치, $\chi^2(2) = 9.21$ 보다 크기 때문에 귀무가설을 기각하였다.

29) 요소가격에 대한 비감소성 조건은 요소가격이 증가할 때 가변비용이 감소하지 않아야 함을 의미하므로, 추정된 요소비용비중식을 이용해 각 생산요소의 연도별 요소비용비중 추정치를 구한 다음 이 추정치가 (+) 부호를 가지면 만족된다. 한편 요소가격에 대한 오목성 조건은 생산요소간의 대체성 때문에 요소가격의 변화율보다 가변비용의 변화율이 적은 것을 의미하므로, 요소가격에 대한 2계 미분을 통해 도출된 헤시안 행렬이 음반정부호(negative semidefinite) 행렬이 되면 만족된다. 마지막으로 산출량에 대한 단조성 조건은 산출물의 비용탄력성 부호가 (+)로 도출될 때 만족된다.

〈표 4〉 일반초월대수 가변비용함수의 교차항 계수 추정결과

모수	변수	추정치	표준오차	t-통계량	모수	변수	추정치	표준오차	t-통계량
δ_{hp}	$Y_h^* \times Y_p^*$	0.013	0.014	0.873	γ_{hN}	$Y_h^* \times \ln N$	-0.115	0.036	-3.232***
δ_{pf}	$Y_p^* \times Y_f^*$	0.012	0.008	1.513*	γ_{pN}	$Y_p^* \times \ln N$	0.056	0.025	2.252**
δ_{fh}	$Y_f^* \times Y_h^*$	-0.024	0.013	-1.743*	γ_{fN}	$Y_f^* \times \ln N$	0.080	0.022	3.710***
η_e	$\ln P_l \times \ln P_e$	-0.051	0.004	-11.419***	γ_{lN}	$\ln P_l \times \ln N$	0.018	0.005	3.552***
η_{em}	$\ln P_e \times \ln P_m$	-0.013	0.008	-1.703*	γ_{eN}	$\ln P_e \times \ln N$	-0.015	0.002	-8.431***
η_{ml}	$\ln P_m \times \ln P_l$	-0.011	0.016	-0.720	γ_{mN}	$\ln P_m \times \ln N$	-0.003	0.007	-0.448
θ_{hl}	$Y_h^* \times \ln P_l$	0.056	0.003	21.435***	σ_{hI}	$Y_h^* \times \ln I$	-0.132	0.034	-3.870***
θ_{he}	$Y_h^* \times \ln P_e$	0.000	0.001	-0.396	σ_{pI}	$Y_p^* \times \ln I$	-0.030	0.028	-1.061
θ_{hm}	$Y_h^* \times \ln P_m$	-0.055	0.004	-15.650***	σ_{fI}	$Y_f^* \times \ln I$	-0.031	0.016	-1.963**
θ_{pl}	$Y_p^* \times \ln P_l$	0.003	0.003	1.204	σ_{lI}	$\ln P_l \times \ln I$	-0.075	0.005	-13.844***
θ_{pe}	$Y_p^* \times \ln P_e$	-0.005	0.001	-5.097***	σ_{eI}	$\ln P_e \times \ln I$	0.005	0.002	1.976**
θ_{pm}	$Y_p^* \times \ln P_m$	0.002	0.004	0.587	σ_{mI}	$\ln P_m \times \ln I$	0.070	0.008	9.024***
θ_{fl}	$Y_f^* \times \ln P_l$	0.007	0.002	3.196***	σ_{NI}	$\ln N \times \ln I$	-0.014	0.050	-0.277
θ_{fe}	$Y_f^* \times \ln P_e$	0.005	0.001	5.938***	ρ_{lT}	$\ln P_l \times T$	-0.005	0.000	-11.093***
θ_{fm}	$Y_f^* \times \ln P_m$	-0.012	0.003	-3.911***	ρ_{eT}	$\ln P_e \times T$	0.000	0.000	3.007***
					ρ_{mT}	$\ln P_m \times T$	0.004	0.001	7.223***

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

〈표 5〉 일반초월대수 가변비용함수모형 추정결과의 결정계수

구분	결정계수 (R^2)	수정결정계수 (\bar{R}^2)
가변비용함수	0.998	0.997
노동비용비중식	0.886	0.880
동력비용비중식	0.934	0.930

건으로 부과되었으므로 이미 만족하고 있다. 본 연구에서 추정된 일반초월대수 가변비용함수모형은 55.2%를 만족하고 있는 요소가격에 대한 오목성 조건을 제외하고, 요소가격에 대한 비감소성 조건과 산출량에 대한 단조성 조건은 100% 만족하고 있는 것으로 나타났다. 일반적으로 통계적 적합도와 정규성 조건의 만족도는 정확히 일치하지는 않는 것으로 알려져 있다³⁰⁾.

2. 효율성과 생산성의 추정결과

1) 효율성

확률적 변경 접근법을 이용해 도출된 철도업체의 비용 효율성 추정치와 기간별(1977~1986년, 1987~1990년, 1991~1995년, 1996~2000년, 그리고 2001~2003년) 비용 비효율성 및 평균적 비용 비효율성 값을

〈표 6〉에 제시하였다. 확률적 변경 접근법을 이용해 도출된 비용 효율성은 표본에 포함된 비용변경과의 상대적인 효율성 정도를 측정하므로 비용변경선 상에 위치하는 완전 비용 효율적인 표본이라고 해서 효율성을 개선할 여지가 전혀 없다고는 말할 수 없다.

먼저 한국과 일본의 철도업체는 표본평균에서 비용 비효율성 추정치가 2.57%로 나타났으며, 생산요소를 과다사용하거나 생산요소를 잘못된 비율로 투입함으로써 비용 극소화에 실패하여 실제 비용의 2.57%를 줄여야 비용변경에 도달할 수 있는 것으로 분석되었다. 추정된 비용 효율성 값은 평균적으로 JR서일본이 1.013으로 가장 높고 JNR과 JR구주가 각각 1.047과 1.056으로 가장 낮은 것으로 추정되었다. 이는 비용변경에 도달하여 완전 비용 효율적이기 위해서는 JNR의 경우 평균적으로 실제 가변비용의 4.73%, JR구주의 경우 5.62%, 그리고 JR서일본의 경우 1.26%를 줄여야 함을 의미한다.

KNR의 경우 1977~2003년까지 평균적인 비용 비효율성 추정치는 1.80%이고 이를 기간별로 살펴보면 1990년대 중반부터 비용 비효율성이 상당히 컸으며, 특히 1996~2000년³¹⁾에 4.16%로 가장 컸던 것

30) Pulley and Braunstein(1992), p. 228 참조.

31) IMF 구제 금융을 받았던 경기 침체에 해당한다.

〈표 6〉 철도업체별 비용 효율성과 기간별 비용 비효율성 추정 결과

철도업체	비용 효율성 (CE_t)	기간별 비용 비효율성(%)					
		77~86 ²⁾	87~90	91~95	96~00	01~03	평균
KNR (1977~2003)	1.018 (0.015)	1.14 (0.003)	0.82 (0.002)	0.94 (0.004)	4.16 (0.016)	2.77 (0.005)	1.80 (0.015)
JNR (1977~1984)	1.047 (0.024)	4.73 (0.024)	-	-	-	-	4.73 (0.024)
JR동일본 (1987~2003)	1.021 (0.022)	-	5.43 (0.026)	1.17 (0.002)	1.10 (0.001)	1.04 (0.001)	2.13 (0.022)
JR동해 (1987~2003)	1.028 (0.018)	-	1.03 (0.005)	1.89 (0.007)	3.74 (0.008)	5.26 (0.013)	2.83 (0.018)
JR서일본 (1987~2003)	1.013 (0.004)	-	1.67 (0.005)	1.09 (0.002)	1.43 (0.002)	0.71 (0.001)	1.26 (0.004)
JR북해도 (1987~2003)	1.020 (0.012)	-	1.03 (0.004)	1.36 (0.009)	3.28 (0.008)	2.35 (0.008)	2.02 (0.012)
JR서국 (1987~2003)	1.023 (0.023)	-	3.30 (0.041)	0.97 (0.006)	1.94 (0.013)	3.53 (0.018)	2.26 (0.023)
JR구주 (1987~2003)	1.056 (0.047)	-	12.04 (0.066)	3.84 (0.014)	4.29 (0.011)	2.22 (0.008)	5.62 (0.047)
JR화물 (1987~2003)	1.021 (0.018)	-	3.05 (0.035)	1.69 (0.007)	2.11 (0.010)	1.59 (0.009)	2.12 (0.018)
표본평균 ³⁾	1.026 (0.025)	2.57 (0.025)					

주: 1) 괄호안의 값은 표준편차를 의미함.

2) JNR의 경우 1977~1984년까지의 평균값을 의미함.

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

으로 나타났다. 이는 1990년대 중반부터 시작된 철도청의 구조조정에 따른 노동비용의 절감에도 불구하고 동력과 차량 및 유지보수 단위가격은 지속적으로 상승³²⁾하였고, 계속해서 증가 추이를 보였던 수도권 전철부문의 인키로가 1998~2000년에 일시적으로 감소하였기 때문에 1990년대 초반부터 꾸준히 감소해오던 지역간 여객 인키로와 화물 톤키로의 감소 경향과 맞물려서 총 산출량이 이 기간 동안 소폭 감소하였기 때문인 것으로 판단된다. 2000년 이후에는 경부선의 수원~병점 구간 및 분당선의 오리~선릉 구간의 개통과 맞물려 수도권 전철부문의 산출량이 다시 상당히 증가하였기 때문에 지역간 여객 인키로와 화물 톤키로의 감소에도 불구하고 총 산출량은 소폭 증가하여 KNR의 효율성이 1996~2000년에 비해 다소 높아진 것으로 사료된다.

JNR의 경우 1977~1984년 동안 신칸센 인키로는 지속적으로 증가하였으나 일반여객 인키로와 화물 톤키로가 큰 폭으로 감소하였고 선로운영밀도 역시 꾸준히

감소하여 비용 비효율성이 가장 큰 것으로 분석되었으며, 민영화 이후 비용 비효율성은 전반적으로 상당히 개선된 것으로 보인다.

JR동일본과 JR동해의 비용 효율성은 JR서일본의 비용 효율성보다 작게 도출되었다. JR동일본은 분할 초기에는 비용 비효율성 추정치가 상당히 컸으나 급격히 감소하여 1991년부터 2003년까지 평균 1.11%로 상당히 낮은 것으로 나타난 반면, JR동해는 분할 당시에는 비효율성 추정치가 작았으나 1990년대 중반 이후 점차 증가하는 추이를 보이고 있다. JR서일본의 경우 1987~2003년까지 전 기간에 걸쳐 큰 변화가 없으며, 표본에 포함된 모든 철도업체들 중 상대적으로 비용 비효율성 추정치가 가장 작은 것으로 분석되었다. JR동일본은 표본에 포함된 철도업체들 중에서 JNR을 제외하고 가변비용이 가장 큰 철도업체이며, 민영화 이후 평균적으로 2.7%였던 가변비용의 증가율은 1990년대 후반에 35.1%로 급격히 증가하였다. 이러한 가변비용의 증가

32) KNR의 차량키로는 1980년대 후반부터 거의 변화가 없이 일정하게 유지되었음에도 불구하고 차량 및 유지보수비는 계속해서 증가하여 차량 및 유지보수의 단위가격은 1990년대에 지속적으로 증가하였으며, 차량 및 유지보수비용비중 역시 지속적으로 증가하였다. 또한 동력의 투입량은 이 기간 동안 약 2배로 증가하였으나 동력비용은 약 3배 이상으로 증가하였고, 1998년까지 감소추세에 있던 동력비용비중은 그 이후 증가하는 추세에 있다.

와 종업원 1인당 노동비용 및 차량키로당 차량 및 유지 보수비용의 급격한 증가 때문에 이 기간 동안 JR동일본의 비용 비효율성이 컸었던 것으로 판단된다. 이와 마찬가지로 JR동해의 경우에도 가변비용은 점진적으로 증가하고 있으나 1990년대 중반부터 차량 및 유지보수의 단위가격이 급격히 상승하였고, 따라서 차량 및 유지보수의 비용비중이 증가하여 비효율성이 증가하고 있는 것으로 판단된다. 반면 JR서일본의 경우 차량 및 유지보수의 단위가격이 올라갔음에도 불구하고 1990년대 후반부터 노동비용이 감소하여 가변비용이 다소 감소하고 있으므로 JR동일본이나 JR동해만큼 기간별 효율성의 편차가 크지 않아 가장 비용 효율적인 업체로 분석되었다. 마지막으로 작은 섬의 세 업체들 중 JR구주는 분할 당시 비용 비효율성이 커서 평균적인 비용 비효율성 추정치가 가장 큰 것으로 나타났으며, JR화물의 비용 효율성이 상대적으로 큰 까닭은 급격한 노동 편요소생산성 증가³³⁾에 기인하는 것으로 판단된다.

철도산업에 대해 확률적 변경 접근법을 이용하여 비용 효율성을 분석한 선행연구는 앞에서 언급한 바와 같이 Kumbhakar(1988)와 Cantos and Maudos(2000, 2001)가 있다. 효율성 수준은 이용된 표본 기간, 고려되는 효율성 개념(기술적 또는 배분적 효율성), 이용되는 방법론(모수적 또는 비모수적 접근법), 그리고 산출물의 설정에 따라서 차이가 나고, 표본에 포함된 변경에 따라 상대적으로 추정되기 때문에 선행연구에서 분석된 효율성을 직접적으로 비교할 수는 없다. 그러나 요금 규제, 서비스 수준 규제, 수익률 규제 및 보조금 지급 등으로 규제 당국의 규제와 간섭 정도가 커질 때 비효율성은 커지는 것으로 판단할 수 있다. 또한 전반적으로 JNR의 비용 비효율성 수준이 JR구주를 제외한 6개 JR's보다 더 큰 것으로 분석되었으므로 경영 자율성과 재정 독립성이 커질수록 비용 효율성이 증가하는 것으로 판단된다.

2) 생산성

표본평균값에서 기술진보율은 <표 7>에서 보는 바와 같이 -0.0054로 $\epsilon_{CT} < 0$ 이므로 연구기간 동안 아주 미미한 기술진보가 나타났음을 알 수 있다. 업체별로 살펴보면 기술진보율은 JR화물이 1987~2003년 동안 -0.0126으로 가장 높았고, JNR이 1977~1984년 동안 0.0011로 오히려 기술이 퇴보한 것으로 나타났다. JNR을 제외

<표 7> 철도업체별 기술진보율의 분해

철도업체 ¹⁾	기술진보율 (ϵ_{CT})	기술진보율의 분해	
		순 기술효과 (T_1)	비중립적 기술효과(T_2)
KNR	-0.0040	-0.0034	-0.0006
JNR	0.0011	0.0021	-0.0010
JR동일본	-0.0061	-0.0064	0.0003
JR동해	-0.0049	-0.0064	0.0015
JR서일본	-0.0059	-0.0064	0.0005
JR북해도	-0.0045	-0.0064	0.0019
JR서국	-0.0058	-0.0064	0.0005
JR구주	-0.0074	-0.0064	-0.0011
JR화물	-0.0126	-0.0064	-0.0062
표본평균 ²⁾	-0.0054	-0.0054	0.0000

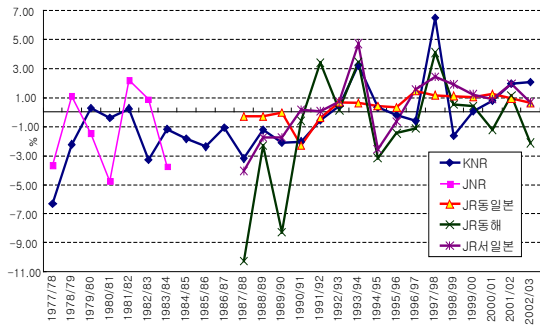
주: 1) KNR의 경우 1977~2003년, JNR의 경우 1977 ~1985년, 그리고 JR's의 경우 1987~2003년까지의 평균값임.

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

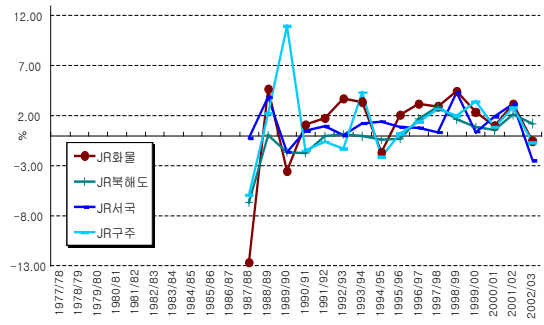
하면 KNR이 1977~2003년에 -0.0040으로 가장 낮았다. 기술진보율을 순 기술효과(중립적 기술효과)와 비중립적 기술효과로 분해하면 혼슈 섬의 세 업체와 JR북해도 및 JR서국의 비중립적 기술효과는 0보다 크게 나타났는데, 이는 다른 업체에 비해 생산요소 집약적임을 뜻한다. 반면 KNR과 JNR, 그리고 JR구주와 JR화물은 비중립적 기술효과가 0보다 작게 나타났다.

총요소생산성 변화(TFPC 1)는 식(12)에서 제시한 바와 같이 비용 효율성 변화(CEC)와 기술변화(TC), 그리고 규모 효율성 변화(SEC)에 기인한다. <표 8>에서 보는 바와 같이 표본평균값에서 TFPC 1은 평균적으로 0.32%만큼 증가한 것으로 나타났으며, 이 중 비용 효율성 변화와 기술변화로 인해 각각 0.10%와 0.60% 증가한 것으로 나타났다. 반면 규모 효율성 변화는 0.38%가 감소하여 총요소생산성을 감소시킨 것으로 분석되었다. TFPC 1은 전반적으로 작은 섬의 세 업체와 JR화물이 타 업체들에 비해 크게 증가한 것으로 측정된 반면 KNR의 경우 0.61% 감소하였으며, 혼슈 섬의 세 업체들은 JR동해를 제외하고 비교적 적게 증가한 것으로 분석되었다. KNR의 경우 주어진 기술수준 하에서 경영상의 문제 등으로 인하여 최선의(best-practice) 효율성 수준에 도달하지 못하여 음의 비용 효율성 변화가 나타났으며, 최적 규모로 운영되지 않았기 때문에 발생하는 비효율성이 상당히 큰 것으로 나타난 반면 기술 진보는 미미하여 연평균 TFPC 1이 감소한 것으로 판단된다.

33) 1987년 대비 2003년 JR화물의 노동편요소생산성 증가율은 98.4%이다.



〈그림 1〉 JNR, KNR, 혼슈 섬 세 업체의 연도별 TFPC 2 추이



〈그림 2〉 작은 섬의 세 업체와 JR화물의 연도별 TFPC 2 추이

〈표 8〉 철도업체별 연평균 총요소생산성 변화(%)

철도업체 ³⁾	총요소생산성 변화(TFPC 1) ¹⁾				총요소생산성 변화(TFPC 2) ²⁾			
	비용 효율성 변화(CEC)	기술변화(TC)	규모 효율성 변화(SEC)	소계	투입물 결합 배분적 효율성 변화	산출물 결합 배분적 효율성 변화	배분적 효율성 변화(AEC)	합계
KNR	-0.02	0.41	-1.01	-0.61	0.07	0.00	0.07	-0.54
JNR	0.09	-0.11	0.65	0.64	0.14	-2.11	-1.97	-1.34
JR동일본	0.45	0.62	-0.77	0.25	-0.01	0.15	0.15	0.40
JR동해	-0.30	0.50	-0.24	-0.04	0.00	-1.03	-1.03	-1.07
JR서일본	0.03	0.60	-0.36	0.27	0.00	0.09	0.09	0.36
JR북해도	-0.06	0.45	-0.37	0.03	0.01	-0.38	0.01	0.04
JR서국	0.19	0.59	0.12	0.90	0.09	0.00	0.09	0.99
JR구주	0.57	0.76	-0.11	1.21	0.00	-0.01	-0.01	1.20
JR화물	0.00	1.26	-0.32	0.94	0.04	0.00	0.04	0.99
표본평균 ⁴⁾	0.10	0.60	-0.38	0.32	0.03	-0.23	-0.16	0.16

주: 1) TFPC 1 = CEC + TC + SEC

2) TFPC 2 = TFPC 1 + AEC

3) KNR의 경우 1977~2003년, JNR의 경우 1977~1985년, 그리고 JR's의 경우 1987~2003년까지의 평균값임.

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

다음으로 생산요소와 산출물의 물량지수와 가격지수 자료를 이용하면 식(15)에서와 같이 배분적 효율성 변화(AEC)를 계산할 수 있으며, 배분적 효율성 변화와 TFPC 1을 더하면 총요소생산성 변화(TFPC 2)가 도출된다.

국영체제인 JNR의 TFPC 2는 〈표 8〉과 〈그림 1〉~〈그림 2〉에서 보는 바와 같이 1977~1984년 동안 1.34% 감소하였으며, KNR의 경우에도 1977~2003년 동안 0.54%가 감소한 것으로 나타났다. JNR의 경우 TFPC 2가 감소한 이유는 산출물 조합의 배분적 효율성 변화가 2.11%로 크게 감소하였기 때문이다. JNR의 경우 효율적인 수입비중과 실제 수입비중이 다른 데 따른 총요소생산성 감소율이 컸다고 볼 수 있다. KNR의 경우에는 투입물 조합과 산출물 조합의 배분적 비효율성 변화

는 크지 않으나, 규모 비효율성 변화로부터 야기되는 생산성 감소율이 큰 것으로 나타났다. 반면 민영체제인 JR's의 TFPC 2는 JR동해를 제외하고, 모든 철도업체의 생산성이 증가한 것으로 나타났다. 일본 철도업체의 경우 TFPC 1과 마찬가지로 JR 북해도를 제외한 작은 섬 업체와 JR화물의 TFPC 2가 가장 크게 증가한 것으로 나타났다. 따라서 정부부처형 공기업인 KNR과 공사체제인 JNR의 생산성은 연평균 감소한 반면, 민영업체인 JR's³⁴⁾의 생산성은 JR동해를 제외하고 증가하였다고 볼 수 있다. 톤키비스트 총요소생산성 지수를 이용하여 총요소생산성과 증가율을 비교한 박진경·김성수(2006a)에 따르면, 일본의 철도산업은 민영화 이후 산출량 증가와 투입량 감소로 톤키비스트 총요소생산성 지수가 상당히 증가하였고, 생산성은 본 연구결과와 마찬가지로 JR동해를 제외하고 모

34) 엄밀하게 말하자면 전 주식을 민간에 매각한 JR동일본, JR동해, JR서일본의 경우 완전 민영화된 민영기업이라고 할 수 있다. 그러나 JR 북해도, JR구주, JR서국 및 JR화물은 아직 주식회사 형태를 띤 공기업이라고 볼 수 있다.

두 증가한 것으로 나타났다. 그러나 JR동해의 경우 생산성은 감소하였으나, 톤키비스트 총요소생산성 지수의 절대값은 모든 업체들 중 가장 높았다는 연구결과를 제시하고 있다.

VI. 결론

본 연구는 한국과 일본의 철도업체를 노동, 동력, 차량 및 유지보수의 세 가지 생산요소를 투입하여 신칸센 인키로, 일반여객 인키로, 톤키로의 세 가지 산출물을 생산하는 기업형태로 상정하여 확률적 변경 접근법을 이용한 일반초월대수 함수형태의 가변비용함수모형을 설정하였다. 이때 준고정요소인 기반시설의 총 가치와 네트워크효과를 나타내는 케도연장, 타 업체와의 비용구조 차이를 반영하는 작은 섬 업체더미와 JR화물더미, 그리고 생산성을 분석하기 위한 시간변수를 함께 포함시켰다. 가변비용함수모형은 KNR에 대한 27개 연도별 자료(1977~2003), JNR에 대한 8개 연도별 자료(1977~1984), 그리고 7개 JR's에 대한 17개 연도별 자료(1987~2003)를 결합한 총 154개의 불균형통합자료를 이용해 반복결합일반화최소자승법으로 추정하였다.

먼저 확률적 변경 접근법을 이용한 일반초월대수 가변비용함수모형의 효율성 추정 결과 한국과 일본의 철도업체는 표본평균에서 비용 비효율성 추정치가 2.57%로 나타났으며, 추정된 비용 효율성 값은 평균적으로 JR서일본이 1.013으로 가장 높고 JNR과 JR구주가 각각 1.047과 1.056으로 가장 낮은 것으로 추정되었다. 또한 KNR의 경우 1977~2003년 동안 평균적인 비용 비효율성 추정치는 1.80%이고 이를 기간별로 살펴보았을 때 1990년대 중반부터 비용 비효율성이 상당히 커졌으며, 특히 1996~2000년 동안 4.16%로 가장 컸던 것으로 나타났다. JNR의 경우 1977~1984년 동안 신칸센 인키로는 지속적으로 증가하였으나 일반여객 인키로와 화물 톤키로가 큰 폭으로 감소하였고 선로운행밀도 역시 꾸준히 감소하여 비용 비효율성이 가장 큰 것으로 분석되었으며, 민영화 이후 비용 비효율성은 전반적으로 상당히 개선된 것으로 분석되었다.

다음으로 비용 효율성 변화, 기술변화, 규모 효율성 변화 및 배분적 효율성 변화에 기인하는 생산성 변화를 추정한 결과 전반적으로 정부부처형 공기업인 KNR과

공사체제인 JNR의 생산성은 감소한 반면, 민영업체인 JR's의 생산성은 JR동해를 제외하고 증가한 것으로 나타났다. 또한 일본의 작은 섬 업체들과 JR화물의 생산성이 타 업체들에 비해 크게 증가한 것으로 나타났다. JR동해의 경우 박진경·김성수(2006a)에 따르면 생산성은 감소하였으나, 톤키비스트 총요소생산성 지수의 절대값은 모든 업체들 중 가장 높았다.

효율성과 생산성 분석결과로부터 먼저 조직의 소유경영 측면에서 민영업체가 인력조정이나 경영관리의 전문화를 보다 잘 할 수 있기 때문에 민영업체는 정부부처형 공기업이나 공사체제에 비해 주어진 철도수송서비스를 보다 적은 비용으로 공급하고 있음을 알 수 있다. 따라서 정부의 규제와 간섭을 완화시켜 운영부문에 경쟁을 도입하고, 명확한 경영관리체계 하에서 경영 자율성이 높아질수록 생산성 측면에서 보다 더 효율적인 것으로 판단된다. 우리나라의 철도산업은 현재 기반시설과 운영부문이 수직적으로 분리되어 운영부문은 2005년 1월 1일로 설립된 한국철도공사가 맡게 되었다. 정부부처형 공기업인 KNR에서 한국철도공사로의 전환은 철도가 정부 조직에서 분리되어 정부의 직접적인 통제에서 벗어났으며, 경영과 재무적 자율성을 어느 정도 확보하게 되었다는 것을 의미한다. 그러나 우리나라 철도산업의 구조개혁은 소유경영 측면에서 정부부처형 공기업에서 공사형태의 공기업으로의 변화이기 때문에 정부소유 자체가 변화한 것이 아니므로 철도산업의 정부소유를 유지한다고 한다면 한국철도공사는 독자적인 경영 자율성을 어느 정도로 확보하느냐가 중요하다고 볼 수 있다. 따라서 한국철도공사는 효율성과 생산성을 높이는 경영목표를 세우고 방만한 경영이 되지 않도록 경영 자율성과 권한을 확대시켜 상업적 기반을 강화시키는 방향으로 나아가야 할 것으로 사료된다.

본 연구는 다음과 같은 세 가지 한계를 갖는다. 첫째, KNR과 혼슈 섬의 세 업체인 JR동일본, JR동해 및 JR서일본은 모두 대도시권의 전철부문을 함께 담당하고 있다³⁵⁾. 따라서 전철부문의 인키로는 타 운송부문의 산출물, 즉 지역간 여객 인키로와 신칸센 인키로 및 화물 톤키로와 이질적인 속성을 가지고 있다고 볼 수 있으므로 이를 별도의 산출물로 구분하여 가변비용함수모형을 추정할 필요가 있다. 둘째, 본 연구는 철도업체별로 그리고 연도별로 비용 효율성은 추정하였으나, 이 값이 다소 작

35) KNR과 JR동일본은 각각 우리나라 수도권과 도쿄 대도시권의 전철운송부문을, 그리고 JR동해와 JR서일본은 각각 오사카-교토-나라 대도시권과 나고야 대도시권의 전철운송부문을 담당하고 있다.

아서 Kumbhakar(1988)와 같이 비용 효율성을 기술적 효율성과 배분적 효율성으로 구분하여 측정하지 못하였다. 마지막으로 본 연구는 우리나라와 일본의 철도업체가 주어진 생산요소가격과 산출량이 주어진 조건 하에서 최소비용을 달성하는지를 측정하는 비용 측면의 효율성만을 분석하였다. 그러나 산출물 가격과 투입량 하에서 달성할 수 있는 수입변경함수를 함께 추정하여 우리나라와 일본의 철도업체들이 궁극적으로 이윤을 극대화했는지 여부를 판단할 필요가 있다.

참고문헌

1. 박진경(2007), "한국과 일본 철도산업의 비용구조와 생산성 분석-철도산업의 구조개편방안 및 민영화방안과 관련하여", 도시계획학 박사학위논문, 서울대학교.
2. 박진경·김성수(2004), "일반초월대수 비용함수모형을 이용한 한국 철도산업의 규모 및 범위의 경제성 분석", 대한교통학회지, 제22권 제6호, 대한교통학회, pp.159~173.
3. 박진경·김성수(2006a), "톤키비스트 지수를 이용한 한국과 일본 철도산업의 총요소생산성 분석", 환경논총, 제44권, pp.77~97.
4. 박진경·김성수(2006b), "한국과 일본 철도산업의 비용구조와 생산성 분석", 대한교통학회지, 제24권 제2호, 대한교통학회, pp.65~78.
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. 한국은행(2004), "경제통계연보".
10. 한국철도기술연구원(2004), "일본의 철도투자 확대전략에 관한 조사 분석 연구".
11. Andrikopoulos, A. A. and J. Loizides(1998), "Cost Structure and Productivity Growth in European Railway Systems", Applied Economics, Vol. 30, pp.1625~1639.
12. Baltagi, H. B. and J. M. Griffin(1988), "A General Index of Technical Change", Journal of Political Economy, Vol. 96, pp.20~41.
13. Bitzan, J. D. and T. E. Keeler(2003), "Productivity Growth and Some of Its Determinants in the Deregulated U.S. Railroad Industry", Southern Economic Journal, Vol. 70, pp.232~252.
14. Bruncker, D.(1992), "Total Factor Productivity Growth in Australian National Railways-An Application of Shadow Prices", Transportation Research B, Vol. 26, pp.449~459.
15. Cantos, P.(2001), "Vertical Relationships for the European Railway Industry", Transport Policy, Vol. 8, pp.77~83.
16. 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.
17. Cantos, P. and J. Maudos(2001), "Regulation and Efficiency: The Case of European Railways", Transportation Research A, Vol. 35, pp.459~472.
18. 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.
19. 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.
20. Caves, D. W., L. R. Christensen, and J. A. Swanson(1981), "Productivity Growth, Scale Economies, and Capacity Utilization in U.S. Railroads, 1955-1974", American Economic Review, Vol. 71, pp.994~1002.
21. Caves, D. W., L. R. Christensen and M. W. Tretheway(1980), "Flexible Cost Functions for Multiproduct Firms", Review of Economics and Statistics, Vol. 62, pp.477~481.
22. Caves, D. W., L. R. Christensen, M. W. Tretheway, and R. J. Windle(1985), "Network Effects and the Measurement of Returns to Scale and Density for U.S. Railroads", In Daughety, A. F. (Ed.), "Analytical Studies in Transport Economics", Cambridge University

