

우리나라 철도운영체의 효율성에 관한 연구

A Study on Efficiency of the Korea National Railroad

유재균*, 최진석**

Yoo, Jae-Kyun, Jin-Seok Choi

Abstract

This paper evaluates the efficiency of Korea National Railroad on the basis of revenues from 1980 to 1999. There was a significant inefficiency in this organization due to operating at an decreasing return to scale area. Although Korean Railroad in 1990s has made a great effort, his performance is still low. Consequently, it is important to insure substantiality of operations than to expand business area in order to finally improve the efficiency, in particular the revenue efficiency, of the Korea Railroad.

1. 서론

현재 우리나라의 철도는 구조개혁을 통한 새로운 탄생을 시도하고 있다. 한국철도는 지난 1세기 동안 공공성에 입각한 국민의 교통수단으로 그 역할을 충실히 수행해 왔음은 주지의 사실이다. 그러나 비효율적인 경영방식과 정부의 과감하고 적절한 철도정책의 부재로 인해 경영수지는 지속적으로 악화되어 1999년 한해동안의 영업적자가 영업수익의 25%인 3,523억원에 달하고 있으며 철도부분의 투자 역시 매우 뒤떨어져 있다. 정부의 철도정책과 투자 문제는 본 논문의 영역 밖이므로 우리는 한국철도의 경영부분에 초점을 맞추어 보자.

한국철도(Korea National Railroad)의 적자원인으로서 본 논문에서는 경영의 비효율을 적자발생원인으로 보고자 한다. 즉 한국철도가 생산요소를 사용하여 산출물을 생산하는데의 효율성 여부와 한국철도가 규모의 경제를 실현하고 있는지를 측정·평가해 봄으로써 향후 우리나라 철도경영의 효율성 제고방안을 모색하는데 일조하고자 한다.

일반적으로 효율성을 측정하는데 있어 그 측정방법에 따라 동일한 자료를 기초로 하였음에도 불구하고 다른 결과가 도출될 수 있다. 그러므로 어느 한가지 방법만으로 효율성을 측정하여 결론짓기에는 무리가 따른다. 따라서 우리나라 철도경영에 대한 효율성 측정은 다양한 방법으로 실증분석을 해야 하는바 본 논문에서는 먼저 생산함수를 이용하여 효율성을 측정하고 이후 계속해서 다른 방법을 이용한 효율성 측정을 시도할 것이다.

본 논문은 모두 4장으로 구성되어 있는데 1장 서론에 이어 2장에서는 효율성의 개념과 측정기법을 살펴보고 3장에서는 효율성 측정모형을 소개하고 이를 이용하여 한국철도의 효율성을 측정한다. 마지막 4장은 결론부문으로서 효율성 측정결과를 요약하고 한국철도의 효율성 제고방안을 제시한다.

* 한국철도기술연구원 선임연구원

** 한국철도기술연구원 선임연구원

2. 효율성(Efficiency)의 개념과 측정기법

2.1 효율성 개념

생산함수는 일정한 기간동안 사용한 여러 가지 생산요소의 양과 이를 통해 그 기간 동안 생산할 수 있는 최대한의 산출량과의 함수관계로 정의되며, 이러한 개념에 해당하는 생산함수를 경계생산함수(frontier production function)라고 한다. 따라서 실제자료를 이용하여 회귀분석으로 추정된 생산함수는 평균생산함수(average production function)이며, 평균생산함수 위에 이론적 생산함수에 해당하는 경계생산함수가 존재한다고 할 수 있다.¹⁾

그런데 실제 자료를 이용하여 생산함수를 추정하기보다는 생산함수와 쌍대관계에 있는 비용함수를 추정하는 것이 여러모로 편리하므로 비용함수를 이용하여 효율성을 정의할 수 있다. 시장경제에서 활동하는 기업의 실제평균생산비와 기술적으로 실현 가능한 최소평균생산비와의 차이를 X-비효율성(X-inefficiency)이라고 정의하는데 이러한 비효율성은 경쟁의 압력을 비롯한 제도적 유인이 가격기구에 의해 제공되지 못하거나, 불완전정보와 거래비용에 의해서 가격기구가 유인 일치적 기능을 발휘할 수 없을 때 발생할 수 있다.²⁾

비효율성은 투입물을 이용하여 산출물을 생산하는 과정에서 비효율적인 투입물간의 결합이나 사용 때문에 발생하는 것으로서, 일반적으로 투입물의 비효율성(input inefficiency)과 산출물의 비효율성(output inefficiency)으로 구분된다. 투입물의 비효율성은 주어진 산출물 수준을 생산하는데 있어 투입물을 최적으로 사용하지 않기 때문에 발생하는 비효율로서 배분비효율성(allocative inefficiency)과 기술적 비효율성(technical inefficiency)으로 구분되며, 산출물의 비효율성은 생산과정에서 최소한의 단위비용에 일치하는 산출물의 결합과 수준을 생산하지 못하는 경우에 발생하는 것으로 규모의 비효율성(scale inefficiency)과 X-비효율성으로 나뉘어진다.

본문에서는 주어진 생산요소를 이용하여 얼마나 효율적으로 산출물을 생산하는가에 관심이 있으므로 산출물의 비효율성에 대해서만 고찰하고자 한다.

2.2 산출물의 비효율성(Output Inefficiency)

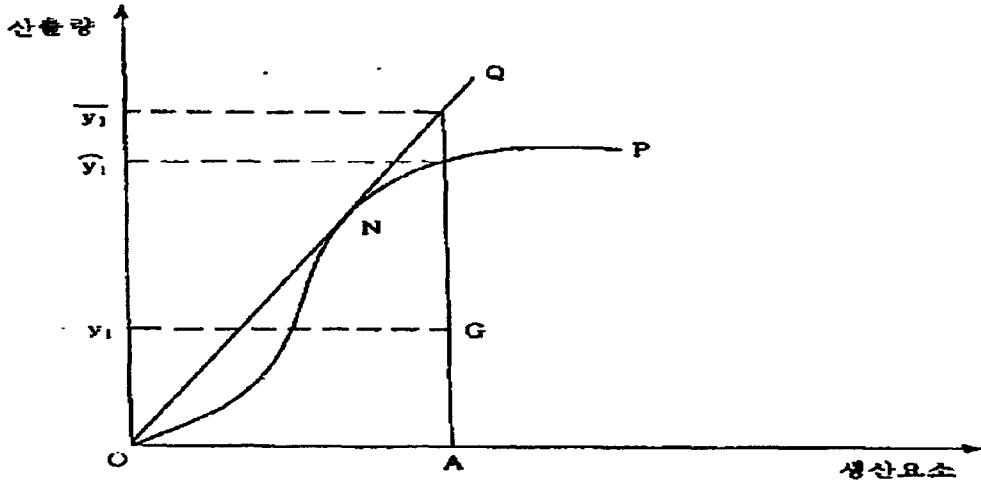
산출물의 비효율성은 생산과정에서 최소한의 단위비용에 일치하는 산출물의 결합과 수준을 생산하지 못하는 경우에 발생하는데 이는 규모의 비효율성과 X-비효율성으로 구성된다. <그림 1>에서 ONP의 총생산량 곡선을 살펴보면, N은 변곡점으로서 ON까지는 규모에 대한 보수증가를, N 점은 규모에 대한 보수불변을, N이후는 규모에 대한 보수감소를 나타내고 있다. 그리고 OQ는 규모에 대한 보수 불변의 생산기술하에서 모든 투입요소 수준에서 생산되는 산출량 수준을 나타내고 있다.

<그림 1>에서 총생산곡선 아래의 G점은 A의 투입물비율로 y_1 을 생산하고 있음을 나타낸다.

그런데 이 기업은 A의 생산요소를 최적으로 이용하고 있다면 \widehat{y}_1 을 생산할 수 있기 때문에 $(\widehat{y}_1 - y_1)$ 이 X-비효율성 때문에 발생하는 산출물의 손실로서 X-비효율성은 $1 - (y_1 / \widehat{y}_1)$ 으로 측정된다. 한편 규모의 비효율성은 기업이 단기평균비용곡선의 최저점에서 운영되고 있지만 장기평균비용곡선의 최저점(규모에 대한 보수불변)에서 운영되지 못함에 따라 발생하는 산출물의 손실로서 $(\overline{y}_1 - \widehat{y}_1)$ 이 되며 규모의 비효율성은 $1 - (\widehat{y}_1 / \overline{y}_1)$ 으로 측정된다.

1) 유승민·이인천(1990), pp. 52~53.

2) 윤창호·이규익(1985), p. 45.



<그림 1> 산출물의 비효율성

2.3 효율성 측정기법³⁾

효율성을 측정하는 방법은 크게 계량경제학적 방법(econometric approach)과 수학적 프로그래밍 방법(mathematical programming approach)으로 나눈다.⁴⁾ 계량경제학적 방법은 비효율성을 포함하고 있는 확률오차의 분포에 대한 가정에 따라 계량경제학적 프론티어 방법(EFA, Econometric Frontier Approach), Thick Frontier Approach(TFA), Distribution Free Approach(DFA)로 나누어지며 수학적 프로그래밍방법⁵⁾으로는 Data Envelopment Analysis (DEA)방법이 있다.

계량경제학적 방법에서는 오차항이 잔차변동과 비효율성을 나타내는 항의 합으로 구성되어 있는데 EFA에서는 잔차변동은 정규분포를 가지며 비효율성 항은 반정규분포를 갖는다고 가정하며, DFA방법에서는 잔차변동만 정규분포를 갖는다고 가정하고 있다.

한편 계량경제학적 프론티어 방법(EFA)이 정확한 경계를 추정하여 비효율성을 측정하는데 비해 TFA는 두터운 경계(thick frontier)를 추정하여 비효율성을 측정하는 방법이다. 이 접근방법은 개별기업의 평균비용의 크기에 따라 순서대로 정렬한 후 먼저 평균비용이 가장 낮은 하위 25%에 속하는 기업들의 비용함수와 평균비용이 가장 높은 상위 25%에 속하는 기업들의 비용함수를 추정한 후, 하위 25% 기업들의 비용함수를 두터운 경계로 간주하고 여기에 속한 기업들은 평균 이상의 효율성을 갖는다고 보며, 상위 25%에 속하는 기업들은 평균 이하의 효율성을 갖는다고 본다. 이러한 TFA는 하위 25% 기업과 상위 25% 기업에서 각각 추정되는 비용함수의 오차는 경영자의 실수(measurement error)나 행운(luck) 등을 반영하는 잔차항을 나타내며, 이들 비용함수간의 차이는 비효율성과 시장요소에 의한 차이를 나타낸다고 가정한다.

DEA(Data Envelopment Analysis)방식은 비모수적 접근방법(non-parametric approach)으로서 투입요소와 산출물간의 자료를 이용하여 경험적 효율성 경계를 도출한 후 이를 평가대상(Decision

3) 각 측정기법에 대한 자세한 소개는 유재균(1998)을 참조하라.

4) 이 두 가지 측정방법상 차이는 확률오차(random noise)와 생산기술의 신축성(flexibility)에 관한 가정 차이에 있다. Lovell(1993)은 두 가지 측정방법상의 차이를 다음의 두 가지로 요약하고 있는데 첫째, 계량경제학적 방법은 확률오차를 비효율(inefficiency)과 오차(noise)로 구분하는데 비해 수학적 프로그래밍방법은 비효율과 오차를 구분하지 않는다. 둘째, 계량경제학적 방법은 모수적 방법으로서 비효율과 함수설정오류(misspecification of functional form)로 인한 효과를 구분할 수 없는데 비해 수학적 프로그래밍방법은 비모수적 방법으로서 함수설정오류의 효과가 거의 없다.

5) 수학적 프로그래밍방법을 이용한 효율성 측정방법에는 DEA방법 이외에 FDH(Free-Disposal Hull)방법이 있는데, 이 방법은 DEA의 기본가정인 투입물과 산출물의 불록성 가정을 완화하여 정수계획법(Integer Programming)을 사용하는 방법이다. 지홍민(1996), p. 127.

Making Unit : DMU)과 비교하여 효율성을 측정하는 방식이다.

3. 우리나라 철도운영체의 효율성 측정

3.1 효율성 측정모형 설정

본논문에서 사용되는 모형은 식(1)과 같은 방사동조함수(ray-homothetic function)이다.⁶⁾

$$(1) \quad y = \ln \theta + a_N \left(\frac{N}{N+K+F} \right) \ln N + a_K \left(\frac{K}{N+K+F} \right) \ln K + a_F \left(\frac{F}{N+K+F} \right) \ln F$$

여기서 N, K, F는 각각 노동, 자본, 연료를 나타내며 y는 수입을 나타낸다. 그리고 θ , a_N , a_K , a_F 는 추정계수이다.

식(1)을 규모의 경제를 반영하는 형태로 변환하면 식(2)와 같다.⁷⁾

$$(2) \quad u = \frac{a_N \left(\frac{N}{N+K+F} \right)}{y} + \frac{a_K \left(\frac{K}{N+K+F} \right)}{y} + \frac{a_F \left(\frac{F}{N+K+F} \right)}{y}$$

식(2)에서 u는 규모의 경제를 나타내는 지표로서 u=1인 곳은 규모의 보수 불변인 지점으로 최적규모(optimal scale of output)이다. 그러므로 최적산출물 규모 y^* 는 다음의 식(3)과 같다.

$$(3) \quad y^* = a_N \left(\frac{N}{N+K+F} \right) + a_K \left(\frac{K}{N+K+F} \right) + a_F \left(\frac{F}{N+K+F} \right)$$

본논문에서 설정한 모형을 이용하여 생산프론티어를 구하기 위해서 식(1)을 수정OLS(COLS : Corrected Ordinary Least Squares)방법을 사용한다.⁸⁾

식(1)의 추정계수를 이용하여 구한 y는 가장 효율적인 운영을 했을 경우의 최대수입으로서 잠재산출물(potential output)이 된다. 그러므로 잠재산출물과 실제산출물과의 차이가 비효율로 인한 수입의 감소분이며 이때의 비효율을 X-비효율성이라 한다. 또한 최적산출물 규모와 잠재산출물 간의 차이는 규모의 경제로 인해 발생하는 비효율성이다.

3.2 자료설명

효율성 추정식 (1)을 추정하기 위해서는 설명변수와 종속변수가 필요하다. 본논문에서는 산출물의 효율성에 관심이 있기 때문에 종속변수로 영업수익(operating revenue)을, 설명변수로 인건비와 자본 및 동력비를 사용한다. 인건비는 철도영업에 소요되는 인건비만을 계상하며 자본은 철도 관련 투자금액과 유형고정자산의 합으로 정의한다. 이상의 설명변수와 종속변수들은 명목변수이기 때문에 GDP디플레이터를 이용하여 1980년 기준의 실질가치로 환산하였다. 왜냐하면 불변화를 하지 않을 경우 서로 다른 연도의 비효율성 측정치가 단지 명목가격의 차이로 인하여 크게 다른 수치가 나올 수 있기 때문이다.

분석기간은 1980년부터 1999년까지이며 철도청의 손익계산서와 대차대조표 및 세출예결산 자료를 이용하였다.⁹⁾

각 자료에 대한 성격은 다음의 <표 1>과 같다.

6) 모형 유도에 관한 자세한 과정은 Grabowski and Mehdiان(1990) pp. 29~30 참조하라.

7) 한계생산물(MP)과 평균생산물(AP)과의 관계에서 규모의 보수불변인 곳은 MP/AP=1인 부분이다. 식(1)에서 y는 수입을 나타내기 때문에 y를 생산요소로 나누면 평균생산물이 되고, y를 각각의 생산요소로 미분하면 한계생산물이 된다. 이렇게 구한 한계생산물과 평균생산물과의 관계를 나타낸 것이 식(2)이다.

8) COLS 방법은 먼저 식(1)을 OLS로 추정한후 잔차항이 전부 0의 값을 갖도록 결편을 조정하는 방법이다. 이러한 방법에 의해 구해진 추정식은 프론티어로서 효율성 추정의 기준이 된다.

9) 철도청에서 발간하는 철도통계연보에서는 1977년 이전 손익계산서에 인건비가 분리계상되어 있지 않아 부득이하게 1980년부터 분석기간으로 설정하였다.

<표 1> 변수별 평균, 최대, 최소값

(단위 : 억원)				
	영업수익	인건비	연료비	고정자산
평균	8,575	4,300	1,035	60,832
최대	14,642	7,444	2,099	162,011
최소	2,842	1,256	456	14,650

3.3 효율성 측정

본논문에서의 효율성 추정식 (1)은 수정OLS방법을 이용하여 추정되는데 먼저 식(1)을 OLS로 추정한 결과 D-W값이 1.54로 잔차항에 자기상관이 존재하는 것으로 판명되었다. 자기상관을 해소하기 위해 AR1 모형을 추정한 결과 D-W값이 2.01로 자기상관이 해소되었으며 ρ 값도 유의한 것으로 추정되었다. 추정결과는 다음의 <표 2>와 같다.

<표 2> 효율성 추정식 (1)의 추정결과

변수항	계수값	t-값
상수항	-277,633.8	-7.36*
인건비	48,040.6	6.56*
연료비	49,920.1	2.03***
고정자산	24,496.5	9.26*
ρ	0.46	2.54**
\bar{R}^2	0.98	
D-W	2.01	

주 : * : 1% 유의수준에서 유의
 ** : 5% 유의수준에서 유의
 *** : 10% 유의수준에서 유의

식(1)의 추정식에 해당변수의 실제 값을 대입하면 잠재산출물수준이므로 이 값과 실제산출물과의 차이가 X-비효율성이다. 분석기간중 평균적인 X-효율성은 86%수준이며 이를 80년대와 90년대로 구분하여 보면 80년대에는 X-효율성이 82%였으나 90년대 들어서는 동 비율이 90%수준으로 효율성이 상당히 제고되었다고 볼 수 있다. 그러나 X-효율성은 경기침체기였던 80년대말과 IMF 구제금융을 받았던 1998년도에는 X-효율성 지표가 급격히 악화되는 모습을 보이고 있다.

한편 규모의 효율성을 살펴보면 분석기간중 평균적인 규모 효율성은 13%로서 우리나라의 철도 경영은 규모의 비경제가 매우 심각함을 보여주는 것으로 해석할 수 있을 것이다. 이를 80년대와 90년대로 구분하여 보면 80년대 규모의 효율성은 최적수입의 9%수준이었으나 90년대 들어서는 동 지표가 17%로 급격히 상승함에 따라 규모의 비효율성이 상당부분 개선된 것으로 볼 수 있겠다. 90년대 들어 규모의 효율성이 급격히 상승한 것은 90년대 중반부터 진행된 철도분야의 구조 조정으로 비용절감이 이루어졌기 때문인 것으로 사료된다.

그러나 전반적으로는 규모의 효율성이 낮는데 그 이유는 우리나라 철도가 공공재적 성격을 지니고 있어 시장이 경쟁적이지 못하고 요금이 왜곡되어 있었기 때문인 것으로 사료된다. 즉 우리나라의 철도정이 기업의 목표인 이윤극대화를 추구하지 못하기 때문이라고 볼 수 있다.

<표 3>은 이상의 효율성 측정치를 연도별로 나타낸 것이다.

이상의 효율성 측정치를 살펴보면 우리나라 철도경영의 비효율은 X-비효율 즉 운영비효율 보다는 규모의 비효율에 주로 기인하는 것으로 보인다. 식(3)은 규모의 보수불변인 지점에서 측정된 최적산출물 수준을 나타내는데 실제산출물이 최적산출물보다 적으면 규모의 경제 영역에서 철도가 운영되고 있음을 나타내고 반대의 경우에는 규모의 비경제 영역에서 운영되고 있음을 나타낸다. 다음의 <표 4>는 연도별로 측정된 최적수입과 1980년 불변가격으로 표시한 연도별 실제수입을 나타내고 있다.

<표 3> 연도별 효율성 측정치

(단위 : %)

연도	총효율성	X-효율성	규모 효율성
1980	4.17	100	4.17
1981	5.16	82.63	6.25
1982	5.88	74.31	7.91
1983	6.57	74.50	8.82
1984	7.14	77.98	9.16
1985	7.63	80.53	9.48
1986	8.14	80.42	10.12
1987	8.62	86.54	9.97
1988	9.14	82.17	11.12
1989	9.58	77.68	12.33
1990	10.21	76.68	13.32
1991	12.22	83.98	14.55
1992	12.82	83.07	15.43
1993	14.52	96.07	15.12
1994	15.59	96.58	16.15
1995	16.35	90.57	18.05
1996	17.25	93.60	18.43
1997	18.19	96.79	18.79
1998	16.92	88.80	19.05
1999	17.33	90.06	19.24
평균	11.17	85.65	12.87
80년대	7.20	81.68	8.93
90년대	15.14	89.62	16.81

<표 4>에서 보듯이 1980 ~ 1987년 기간중에는 실제수입이 최적수입보다 낮는데 이는 동 기간 동안 우리나라의 철도가 규모의 경제영역에서 운영되고 있었음을 나타낸다. 그러나 1988년부터는 실제수입이 최적수입을 초과함으로써 우리나라의 철도경영이 규모의 비경제적 영역에서 운영되고 있음을 나타내고 있으며 그 격차가 더 벌어지고 있음을 보여주고 있다.

<표 4> 연도별 최적수입과 실제수입

(단위 : 억원)

연도	최적수입	실제수입(1980년기준 불변)
1980	27,012	11,823
1981	26,982	14,978
1982	27,107	17,360
1983	27,140	19,588
1984	27,140	21,385
1985	26,843	22,932
1986	26,879	24,628
1987	26,584	26,047
1988	26,856	27,960
1989	27,273	29,707
1990	27,128	32,040
1991	27,300	38,872
1992	27,267	41,201
1993	27,150	46,528
1994	27,246	50,564
1995	26,045	54,234
1996	25,981	57,497
1997	25,955	60,906
1998	25,851	56,829
1999	25,732	58,342

4. 요약 및 결론

본고에서는 1980 ~ 1999년 기간의 우리나라 철도분야의 산출물 효율성을 측정하였다. 효율성 측정결과 동기간중 우리나라 철도의 효율성이 전반적으로 상당히 낮은 것으로 측정되었다. 80년대와 90년대를 구분하여 보면 90년대 들어 80년대에 비해 효율성이 큰 폭으로 개선되기는 하였지만 여전히 효율성이 낮았다.

효율성을 규모의 효율성과 X-효율성으로 구분하여 본 결과 X-효율성보다는 규모의 효율성이 매우 낮은바 이러한 규모의 비효율성이 전반적인 효율성 저하의 큰 요인이 되고 있다. 즉 우리나라의 철도는 규모의 비경제적 영역에서 운영됨으로써 생산요소를 투입하여 산출물을 생산할수록 수입의 증가보다는 비용의 증가가 더 큼을 의미한다고 할 수 있겠다. 그러므로 효율성을 제고하기 위해서는 외형적인 성장보다는 내실있는 경영이 더욱 중요하다고 할 수 있을 것이다.

한편 본 논문에서는 우리나라 철도 전체의 경계(frontier)를 추정함에 있어 먼저 OLS기법으로 연도별 오차항을 계산한 후 오차항이 가장 큰 연도를 기준으로 추정식을 상향 이동시켰고 이를 기준으로 연도별 효율성을 측정하였기 때문에 효율성의 정도는 절대적이 아닌 상대적인 개념이다. 따라서 표본이 변하면 전체표본의 경계도 변화하게 되고, 이에 따라 효율성의 정도도 변화하게 되므로 향후 보다 많은 다양한 실증분석이 요구된다고 하겠다. 또한 효율성을 어떤 방법으로 측정

하는가에 따라 효율성의 정도가 큰 차이를 보이기 때문에 다양한 방법으로 효율성을 측정하여 상호 비교하는 연구도 필요할 것이다.

참고문헌

1. 유승민·이인찬, 「한국제조업의 기술적 효율성 : 산업별 기술적 효율성의 추정」, 『한국개발 연구』, 한국개발연구원, 제12권 제2호, 1990 여름.
2. 유재균, 『우리나라 은행산업의 X-비효율성에 관한 연구 -이윤함수에 의한 접근-』, 중앙대학교 대학원 박사학위논문, 1998.
3. 윤창호·이규억, 『산업조직론』, 법문사, 1985.
4. 지홍민, 「미국 손해보험산업의 효율성 측정 : DEA기법의 적용」, 『금융학회지』, 한국금융학회, 창간호, 1996. 6.
5. Borger, Bruno De, "Estimating a multiple-output generalized Box-Cox cost function - Cost structure and productivity growth in Belgian railroad operations, 1950-1986", *European Economic Review*, 36, 1992, pp. 1379~1398.
6. Grabowski, Richard, and Seyed Mehdiian, "Efficiency of the Railroad Industry : A Frontier Production Function Approach", *Quarterly Journal of Business and Economics*, 29(2), Spring 1990, pp. 26~42.
7. Greene, William H., "The Econometric Approach to Efficiency Analysis", in *The Measurement of Productive Efficiency -Techniques and Applications-*, ed by Harold O. Fried, C. A. Knox Lovell, and Shelton S. Schmidt, Oxford University Press, New York, 1993, pp. 68~119.
8. Greene, William H., *Econometric Analysis*, 2nd ed., Prentice-Hall International, Inc., 1993.
9. Keeler, Theodore, "Railroad Costs, Returns to Scale, and Excess Capacity", *The Review of Economics and Statistics*, 56, May 1974, pp. 201~208.
10. Lovell, C. A. Knox, "Production Frontiers and Productive Efficiency," in *The Measurement of Productive Efficiency -Techniques and Applications-*, ed. by Fried Harold O., C.A. Knox Lovell, and Shelton S. Schmidt, Oxford University Press, New York, 1993, pp. 3~67.
11. Nadiri, M. I., "Producer's Theory" in *Handbook of Mathematical Economics*, ed. by K. J. Arrow and M. D. Intriligator Vol. II, North-Holland, 1982, pp. 433~437.
12. Tae Hoon Oum and Chunyan Yu, "Economic Efficiency of Railways and Implications for Public Policy -A Comparative Study of the OECD Countries' Railways", *Journal of Transport Economics and Policy*, May 1994, pp. 121~138.