

DEA 모형을 이용한 한국 철강 산업의 효율성 분석

Measuring Efficiency of Korean Steel Industry Employing DEA

이형석*, 김기석**
부산대학교 경영학과*, 부산대학교 경영학부**

Hyung-Suk Lee(leehs@pusan.ac.kr)*, Ki-Seog Kim(mgtkkim@pusan.ac.kr)**

요약

철강 산업은 자동차, 조선, 가전, 건설 등 전체산업에 기초소재를 공급하는 국가 기간산업으로서 '산업의 쌀'이라 할 만큼 중요한 산업이며, 철강업체들이 경쟁력을 강화하기 위해서는 정확한 효율성 분석이 필수적이다. 본 논문에서는 DEA 모형을 이용하여 한국 철강업체들의 효율성을 분석하였다. DEA 모형 중에서 CCR 모형과 BCC 모형을 사용하였으며, 분석에 선정된 28개 철강업체들의 2005년도 효율성(CCR, BCC, 규모)과 규모수익성(RTS)을 분석하였다. 또한 분석된 자료를 바탕으로 벤치마킹의 대상 찾기 위한 포락지도(envelopment map)와 이에 따라 효율적이 되기 위한 목표 값을 제시하였으며, 산업분류를 세분류와 세세분류로 나누어서 각 산업별로 효율성을 파악하였다.

■ 중심어 : | DEA | 철강산업 | 효율성 |

Abstract

The steel industry plays an important role in the entire Korean Economy. However, little empirical research has analyzed the efficiency of steel companies. The purpose of this paper is to measure and analyze their efficiency using DEA models. We evaluate the CCR and BCC efficiency and the return to scale of 28 Korean steel companies. We also provide their envelopment map and the projection, which are valuable information for inefficient companies to find benchmarking companies and to improve their efficiency.

■ keyword : | DEA | Steel Industry | Efficiency |

I. 서론

철강 산업은 철강의 제조와 이를 가공 처리하여 각종 철강재를 생산하는 산업을 의미하며 자동차, 조선, 가전, 건설 등 전체산업에 기초소재를 공급하는 국가 기간산업으로서 '산업의 쌀'이라 할 만큼 중요한 산업이라 할 수 있다. 또한 우리나라의 국가경제 발전을 이끌었

던 대표적인 산업으로 여타의 자동차와 선박에서도 세계 상위권에 한국을 올려놓는데 큰 기여를 한 산업이다. 철강 산업이 타산업과 차별화되는 일반적인 특징으로는 그 어느 산업보다도 규모의 경제와 산업 연관 효과가 크다. 한편, 철강 산업은 국내 제조업 에너지 소비량의 27%를 차지하는 에너지 다소비 산업이며, 자본재

* 본 논문은 부산대학교 자유과제 학술연구비(2년)에 의하여 연구되었습니다.

비율이 높은 자본집약적 산업이고 막대한 건설비를 요하는 장치산업이라는 점에서 타산업과 비교된다.

최근 철강 산업의 주요 이슈로는 M&A의 증가, 한미 FTA, 현대제철 일관제철소 건설 착수, 국제적 환경규제의 강화, 중국효과 등을 들 수 있다. 이러한 급변하는 환경에서 우리나라 철강업체들이 외국 철강업체들과의 치열한 경쟁에서 유리한 고지를 차지하기 위해서는 효율성을 더욱 제고해야 한다. 이러한 효율성의 제고는 정확하고 다면적인 효율성의 분석을 통해 가능하다. 이를 통한 효율성의 개선은 관련 산업의 발전에도 큰 기여를 할 것이다.

본 연구의 목적은 DEA(Data Envelopment Analysis) 모형을 이용하여 국내에서 영업 중인 철강업체들의 효율성을 분석하고 비효율성의 개선을 위하여 벤치마킹 대상의 탐색 및 개선점을 도출하는데 있다. DEA는 같은 종류의 투입물과 산출물을 사용하는 DMU(Decision Making Unit)들 간의 상대적 효율성을 선형계획모형으로 평가하는 기법이다. 이 기법은 1978년 Charnes 등이 최초의 모형을 제시한 이래로 지금까지 국내외에서 병원, 은행, 학교 등의 효율성 평가에 널리 적용되고 있다. 그러나 지금까지 국내외에서 DEA 모형을 철강 산업에 적용한 연구로는 김주백[1]의 연구 외에는 찾을 수 없었다. 김주백은 투입변수를 자본금과 고정자산으로, 산출변수를 당기순이익과 매출액으로 하여 세계 주요 철강업체들의 효율성을 파악하고 각 기업의 R&D 투자성향과의 관계를 분석하고자 했다. 그러나 동질성을 중요시하는 DEA 분석에서 봤을 때, 분석범위를 전 세계 철강업체들로 확대했다는 측면에서 한계점이 있다. 한편 유사한 사례로는 철강 산업과 유사한 특성을 지닌 자동차산업, 기계 산업, 해운산업의 효율성 평가에 적용한 문승[2], Bernard[3], 이형석과 김기석[4]의 연구가 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 제 II장에서는 본 연구에서 사용할 DEA 모형들을 소개하고 주요 개념들을 설명한다. 그리고 제 III장에서는 DEA 모형에서 사용할 투입산출변수의 선정과 자료의 수집에 대하여 설명한 후, 우리나라 철강업체들의 효율성을 분석한다. 제 IV장은 결론으로서, 본 연구의 주요 분석결과를 요

약하고 향후 연구 과제를 제시한다.

II. DEA 모형

지금까지 DEA 모형은 매우 다양한 형태로 개발되어 왔다. 이들 중 본 논문에서 우리나라 해운업체의 정태적 효율성 분석을 위해서 CCR, BCC 모형을 사용한다. DEA 모형의 목표 중 하나는 비효율적인 DMU의 효율성 개선을 위하여 벤치마킹(benchmarking) 대상을 찾는 데 있다. 이를 위한 평가기준은 기본적으로 투입중심(input-oriented) 모형과 산출중심(output-oriented) 모형 그리고 투입/산출중심 모형으로 나눌 수 있다. 투입중심 모형은 적어도 현재 산출물 수준을 유지하면서 투입물의 수준을 최소화하는데 목적이 있다. 반면에 산출중심 모형은 적어도 현재의 투입물 수준을 유지하면서 산출물의 수준을 최대화하는데 있다. 한편 투입/산출중심 모형은 투입물의 최소화와 산출물의 최대화를 동시에 추구한다[5]. 철강 산업의 경우 효율성은 산출물을 생산하기 위하여 고가의 장비와 자본을 얼마나 효율적으로 사용했는가 하는 것이 중요할 것이다. 따라서 본 논문에서는 투입중심 모형을 사용한다.

1. CCR-I 모형

DEA 모형들 중에서 Charnes 등[6]이 최초로 개발한 것을 CCR 모형이라 부르며, CCR-I 모형은 투입중심의 CCR 모형을 가리킨다. 평가대상 DMU(이를 DMU_o라 부름)의 효율성을 평가하기 위한 CCR-I 모형은 다음과 같이 선형계획모형으로 정식화할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 \min \quad & \theta & (1) \\
 \text{제약식} \quad & \theta x_o - X\lambda \geq 0 \\
 & y_o - Y\lambda \leq 0 \\
 & \lambda \geq 0
 \end{aligned}$$

여기서, θ : DMU_o의 투입물 승수

x_o, y_o : DMU_o의 투입물과 산출물 벡터

X, Y : 전체 DMU들의 투입물과 산출물 행렬

λ : 가중치 벡터

위 모형에서 투입물 승수 θ 는 1 이하의 값을 가지며, 이를 DMU_o의 CCR 효율성이라 한다. 만약 CCR 효율성 값이 1이면 DMU_o가 효율적인 것으로 평가되고, 그 값이 1보다 작으면 DMU_o가 비효율적인 것으로 평가된다. 어떤 DMU가 비효율적인 경우에는 이보다 효율적인 가상적 DMU가 존재하고, 이것은 $\lambda_j^* > 0$ 인 DMU들(참조집합이라 부름)의 선형결합(linear combination)으로 구성된다.

일반적으로 $\theta^* < 1$ 일 때 $(X\lambda, Y\lambda)$ 는 $(\theta x_o, y_o)$ 보다 우수한 값을 갖는다. 이러한 특성에 관하여 투입물 잉여와 산출물 부족은 $s^- = \theta x_o - X\lambda$, $s^+ = Y\lambda - y_o$ 로 나타낼 수 있다. 투입물 잉여(input excess)와 산출물 부족(output slack)을 구하기 위해 두 단계로 LP문제를 풀면 된다. 첫 번째 단계는 식(1)을 이용해 θ^* 를 구하고 두 번째 단계에서 θ^* 를 이용해 다음 LP모형을 계산하면 된다.

$$\begin{aligned} \max \quad & w = es^- + es^+ & (2) \\ \text{제약식} \quad & s^- = \theta^* x_o - X\lambda \\ & s^+ = Y\lambda - y_o \\ & \lambda \geq 0, s^- \geq 0, s^+ \geq 0 \end{aligned}$$

여기서 e는 1로만 이루어진 벡터를 말하고 총투입물 개선량을 $\Delta x_o = x_o - (\theta^* x_o - s^-) = (1 - \theta^*)x_o + s^-$, 총산출물 개선량을 $\Delta y_o = s^+$ 와 같이 나타낼 수 있다. Δx_o 와 Δy_o 를 이용하면 DMU_o를 효율적 프론티어에 투사(projection) 할 수 있으며, 다음과 같은 (\hat{x}_o, \hat{y}_o) 를 CCR투사라고 한다.

$$\begin{aligned} \hat{x}_o &= x_o - \Delta x_o = \theta^* x_o - s^- \leq x_o & (3) \\ \hat{y}_o &= y_o + \Delta y_o = y_o + s^+ \geq y_o \end{aligned}$$

2. BCC-I 모형

DEA연구의 초기부터 CCR 모형의 대안으로서 다양한 확장모형이 개발되었으며, 그 중 Banker 등[7]이 개

발한 BCC 모형이 대표적이고 BCC-I 모형은 투입중심 BCC 모형을 가리킨다. 평가대상 DMU(이를 DMU_o라 부름)의 효율성을 평가하기 위한 BCC-I 모형은 다음과 같이 선형계획모형으로 정식화할 수 있다.

BCC-I 모형은 다음과 같이 선형계획모형으로 정식화할 수 있다.

$$\begin{aligned} \min \quad & \theta & (4) \\ \text{제약식} \quad & \theta x_o - X\lambda \geq 0 \\ & y_o - Y\lambda \leq 0 \\ & e\lambda = 1 \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned}$$

여기서 CCR 모형과의 차이는 각 DMU에 대한 참조 집합 λ 의 크기를 1로 제한하는 볼록성(convexity) 조건에 의해 발생됨을 알 수 있다. 즉, $e\lambda = 1$ 이라는 제약 조건을 추가함으로써 규모 수익성의 증가(IRS)·일정(CRS)·감소(DRS) 상태를 모두 포괄했다. 이 때 CCR 효율성과 BCC 효율성이 같으면 규모수익성이 일정하고 CCR 효율성과 BCC 효율성이 다른 경우에 $\sum \lambda_j^* < 1$ 이면 규모수익성이 증가, $\sum \lambda_j^* > 1$ 이면 규모수익성이 감소 상태에 있음을 나타낸다. 한편, CCR 모형에서 설명한 것처럼 2단계 방법을 이용하여 투사 값을 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} \hat{x}_o &= x_o - (1 - \theta_B^*)x_o + s^- = \theta_B^* x_o - s^- & (5) \\ \hat{y}_o &= y_o + s^+ \end{aligned}$$

θ_B 를 BCC 효율성이라 하며, DMU의 규모 효율성(scale efficiency; SE)은 $SE = \frac{\theta_{CCR}^*}{\theta_{BCC}^*}$ 를 통하여 측정된

다. 일반적으로 CCR 효율성은 BCC 효율성보다 작거나 같기 때문에 규모 효율성은 1보다 작거나 같다. CCR 효율성은 기술 효율성(technical efficiency; TE)이라 하는 반면에 BCC 효율성은 규모수익성의 가변을 가정하기 때문에 순수 기술 효율성(pure technical efficiency; PTE)이라 한다. 이러한 개념을 이용하여 효율성을 다

음 식과 같이 분해하면 비효율성의 원인이 비효율적인 운영에 의한 것인지 규모로 인한 불리한 상황에 의한 것인지 혹은 둘 다에 의한 것인지를 분석할 수 있다.

기술효율성(TE)=순수기술효율성(PTE)×규모효율성(SE)

한편, Cooper 등[5]에 따르면 DEA 분석에 있어서 투입변수의 수가 m이고 산출변수의 수가 s이면, DMU의 수 N은 다음 식을 만족시켜야 한다고 제안한 바 있다.

$$N \geq \max\{m \times s, 3(m + s)\} \quad (6)$$

III. 한국 철강업체의 효율성 분석

1. 투입·산출 변수의 선정 및 자료수집

1.1 투입변수와 산출변수의 선정

DEA를 사용하여 우리나라 철강업체의 효율성을 분석하려면, 먼저 적절한 투입 변수와 산출 변수를 선정하는 것이 매우 중요하다. 지금까지 국내외에서 DEA를 응용한 연구는 매우 많지만, 철강 산업에 적용한 사례는 김주백[1] 외에는 찾을 수 없었다. 김주백은 세계주요철강업체 10개 기업을 대상으로 투입변수로서 자본금과 고정자산을 선정하고 산출변수로는 당기순이익과 매출액을 선정하여 각 기업의 R&D 투자 성향과의 관계를 분석하고자 했다.

본 연구에서 선정한 철강 산업에 대한 투입변수로는 철강 산업이 대표적인 장치산업이기 때문에 고정자산을 고려하였고 막대한 설비투자가 소요되는 자본집약적 장치이므로 자기자본과 타인자본을 합한 총자본을 고려하였다. 이와 같은 특성을 지닌 산업으로는 철강 산업, 자동차 산업, 기계 산업, 해운 산업 등을 들 수 있으며, 이들 분야의 DEA 연구에서 사용한 변수들은 다음과 같다. 문승[2]은 투입변수를 자본금과 고정자산 그리고 종업원 수로 하고 산출 변수로는 당기순이익과 매출액을 사용하여 세계 자동차 주요기업을 분석하였다. 박정현[8]은 투입변수를 종업원 수와 고정자산 그리고 원·부재료비로 하고 산출변수로는 매출액과 경상이익

을 사용하여 재무비율이 우수한 자동차 부품업체 20곳을 선정하여 분석을 실시하였다. 또한 Bernard[3]는 투입변수로서 고정자산과 총노동시간 그리고 재료를 선정하고 산출변수로는 경상 손익을 선정하여 프랑스 142개 기계 기업들의 효율성을 분석하였다. 이형석과 김기석[4]은 투입변수를 종업원 수와 고정자산 그리고 총자본으로 하고 산출변수로는 매출액과 당기순이익 그리고 영업이익을 사용하여 한국 해운업체들의 효율성을 분석하였다. 한편 종업원 수는 DEA 연구에서 일반적으로 많이 사용되어 왔던 변수이다. 산출변수는 기업의 목표는 이윤추가가 중요하다고 판단되므로 매출액과 당기순이익을 사용하며, DEA 연구에서 일반적으로 많이 사용되어 왔다.

이상과 같은 기존연구를 바탕으로 하여, 본 연구에서는 우리나라 철강 산업의 효율성을 분석하기 위한 투입 변수와 산출 변수를 [표 1]과 같이 선정하였다. 즉, 투입 변수로는 종업원 수와 고정자산 그리고 총자본을 선정하였고, 산출 변수로는 매출액과 당기순이익을 선정하였다. 특히, 산출 변수 중 매출액과 당기순이익은 DEA 연구에서 많이 사용되어온 변수이다.

표 1. 투입산출 변수

투입 변수	산출 변수
종업원 수 고정자산 총자본	매출액 당기순이익

1.2 자료수집

본 연구에서는 우리나라 철강업체들의 효율성을 분석하기 위하여 모든 자료를 한국신용평가정보(주)의 웹사이트(www.kisvalue.com)의 산업분류기준에 따라 수집하였다. 한국신용평가정보는 철강업체의 범위는 2005년 기준 제1차 금속산업 하의 제1차 철강 산업 중 대기기업으로 하였으며, 제1차 철강 산업에는 제철·제강 및 합금철 제조업, 철강 압연압출 및 연신제품, 철강관 제조업, 기타철강산업이 있다. 이 결과로 28개의 철강업체가 선정이 되었으며, 자료의 기술통계량은 [표 2]와 같다. 이 표에서 종업원 수의 단위는 명이고, 그 이외의 단위는 모두 백만 원으로 반올림하여 사용하였다. 이

표로부터 분석대상 철강업체들은 투입물과 산출물의 규모에 있어서 상당한 차이가 있음을 알 수 있다.

표 2. 2005년 철강업체의 투입산출 변수의 기술통계량

(단위: 명, 백만 원)					
	종업원수	고정자산	총자본	매출액	당기순이익
최대값	19,004	15,807,474	24,206,950	21,695,044	4,012,932
최소값	13	6,900	20,571	21,728	-8,612
평균	1,390	1,091,414	1,703,303	1,565,674	208,402
표준편차	3,523	2,967,467	4,543,011	4,043,151	757,813

2. DEA 모형을 이용한 효율성 분석

2.1 효율성 분석 결과

본 연구에서는 한국 철강업체들의 효율성을 분석하기 위하여 DEA 모형들 중에서 CCR-I, BCC-I 모형을 사용하였다. 앞 절에서 설명한대로 수집한 28개 철강업체들의 자료를 사용하여 2005년도 효율성과 규모수익성(RTS) 그리고 참조빈도를 구한 결과는 [표 3]과 같다. 여기서 사용한 소프트웨어는 Cooper 등(2006)이 제공하는 DEA-Solver이다.

표 3. 2005년 한국 철강업체의 효율성

BCC 순위	DMU	효율성			RTS
		BCC	CCR	규모	
1	창원특수강(주)	1.000	0.814	0.814	DRS
1	(주)해덕스틸	1.000	1.000	1.000	CRS
1	동국제강(주)	1.000	0.704	0.704	DRS
1	현대하이스코(주)	1.000	0.638	0.638	DRS
1	(주)포스코	1.000	1.000	1.000	CRS
1	환영철강공업(주)	1.000	1.000	1.000	CRS
1	(주)에이치디스틸	1.000	1.000	1.000	CRS
1	포항강판(주)	1.000	0.830	0.830	DRS
1	대흥산업(주)	1.000	0.649	0.649	IRS
1	영흥철강(주)	1.000	1.000	1.000	CRS
11	현대제철(주)	0.987	0.987	1.000	DRS
12	(주)세아제강	0.948	0.721	0.761	DRS
13	(주)세아특수강	0.934	0.771	0.826	DRS
14	비앤지스틸(주)	0.912	0.754	0.827	DRS
15	동부제강(주)	0.900	0.586	0.651	DRS
16	(주)한국번디	0.882	0.849	0.963	DRS
17	(주)세아메탈	0.878	0.852	0.971	IRS
18	한국철강(주)	0.825	0.824	0.998	DRS
19	(주)세아베스틸	0.815	0.606	0.744	DRS
20	(주)휴스틸	0.796	0.688	0.864	DRS
21	유니온스틸(주)	0.742	0.537	0.724	DRS
22	(주)성광벤드	0.734	0.623	0.849	DRS
23	동양석판(주)	0.717	0.606	0.845	DRS
24	고려강선(주)	0.600	0.499	0.832	DRS
25	만호제강(주)	0.551	0.482	0.874	DRS

26	고려제강(주)	0.485	0.405	0.835	DRS
27	한국주철관공업(주)	0.411	0.358	0.872	DRS
28	유니온코팅(주)	0.396	0.365	0.921	IRS
평균		0.840	0.720	0.857	
효율적인 DMU의 수		10	5	6	
IRS의 수					3
DRS의 수					20
CRS의 수					5

주: 현대제철은 규모효율성이 1로 나타났지만 실제로 0.9996829이기 때문에 반올림하여 1이 되었다.

[표 3]에서 보는 바와 같이 2004년도에 BCC 효율성이 1인 철강업체들은 모두 10개로 나타났다. 이들 중 (주)해덕스틸, (주)포스코, 환영철강공업(주), (주)에이치디스틸, 영흥철강(주)은 CCR 효율성도 1로 나타났으며, 따라서 규모 효율성도 1이다. 반면에 동국제강(주), 현대하이스코(주)와 대흥산업(주)의 경우는 BCC 효율성이 1임에도 불구하고 CCR 효율성이 각각 0.704, 0.638, 0.649로 평균보다 많이 낮게 나타났으며, 따라서 규모 효율성도 매우 낮다. 앞 절에서 살펴본 효율성의 분해에서 살펴본 것처럼 이들 업체들은 내부적으로는 효율적으로 운영되고 있지만 규모로 인한 불리한 상황에 있다고 해석할 수 있다. 또한 규모수익성(RTS)과 함께 살펴보면 동국제강(주), 현대하이스코(주)는 규모수익성이 DRS로 나타난 것으로 보아 규모의 감소를 통한 효율성의 향상을 기대할 수가 있겠고, 대흥산업(주)은 IRS로 나타난 것으로 보아 규모의 증가를 통한 효율성의 향상을 기대할 수 있겠다.

한편 유니온코팅(주)은 BCC 효율성값과 CCR 효율성값이 모두 0.4 이하임에도 불구하고 규모 효율성값이 0.921로 나타난 것으로 보아 내부적으로 비효율적인 운영을 하고는 있지만, 규모 면에서 다소 유리한 상황에 있는 것으로 해석할 수 있겠다. 또한 규모수익성(RTS)도 IRS로 나온 것으로 보아 규모의 증가를 통한 수익성의 향상을 기대할 수 있다고 해석할 수 있다.

규모수익성(RTS)은 IRS가 3개, DRS가 20개, CRS가 5개 업체로 나왔다. 규모수익성(RTS)이 IRS로 나온 철강업체들은 대흥산업(주), (주)세아메탈, 유니온코팅(주)으로서 대기업 중에서 비교적 규모가 작으며, 이는 규모의 증가를 통한 수익성의 향상을 기대할 수 있다고 해석할 수 있다. 반면에 규모수익성(RTS)이 DRS로 나온 철강업체들은 현대제철(주), 동부제강(주), (주)세아

베스틸 등과 같이 대부분 규모가 큰 업체로서, 규모의 감량화를 통한 수익성의 향상이 중요하다고 볼 수 있다.

2.2 효율성의 포락지도(envelopment map)

어떤 평가대상 DMU가 비효율적인 경우에는 그보다 효율적인 가상적 DMU가 존재하며, 이 가상적 DMU는 참조집합이라는 효율적인 DMU로 구성된다. 이때 참조집합에 속하는 DMU들은 투입물과 산출물의 구성이 평가대상인 비효율적 DMU와 유사하므로 벤치마킹의 대상으로 이용될 수 있음을 의미한다. 표 4는 BCC 효율성에서 Cooper 등[9]이 사용한 포락 지도(envelopment

map)를 통하여 나타내었다. 예를 들면, BCC 효율성에서 유니온스틸(주)은 비효율적으로 평가되었으며, 참조집합은 각각이 창원특수강(주)(0.283), 현대하이스코(주)(0.200), 포항강판(주)(0.517)으로 나타났다. 괄호 안에 있는 값은 참조비율을 나타낸다. 현대제철(주)의 참조집합은 (주)포스코(0.252), 환영철강공업(주)(0.748)으로, 동부제강(주)의 참조집합은 창원특수강(주)(0.187), 현대하이스코(주)(0.813)으로, (주)세아베스틸의 참조집합은 창원특수강(주)(0.608), (주)포스코(0.009), 환영철강공업(주)(0.383)으로 나타났다. [표 4]에서 참조빈도(TN)는 2005년도에 효율적인 철강업체 각각이 모든 비

표 4. BCC 효율성의 포락지도

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	N
1			v																			v			v			3	
2		v																										0	
3			v																									0	
4																						v			v			2	
5		v																v			v	v						4	
6						v																						0	
7		v																				v	v					3	
8		v																v				v	v					4	
9		v												v										v				3	
10																			v		v							2	
11																			v		v	v						3	
12		v																				v	v					3	
13																			v			v	v					3	
14														v														0	
15		v																				v	v					3	
16		v																						v				2	
17		v												v														2	
18																			v									0	
19		v																				v	v					3	
20																			v			v	v					3	
21																						v						0	
22																							v					0	
23																								v				0	
24		v																	v			v	v	v				5	
25																										v		0	
26		v																				v						3	
27		v																				v	v					v	4
28																												v	0
TN	0	12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	8	0	0	9	13	7		2	0	0	1	55

주: 1.(주)세아메탈, 2.창원특수강(주), 3.(주)해덕스틸, 4.유니온코팅(주), 5.고려제강(주), 6.동국제강(주), 7.만호제강(주), 8.(주)세아제강, 9.유니온스틸(주), 10.현대제철(주), 11.(주)휴스틸, 12.한국주철관공업(주), 13.한국철강(주), 14.현대하이스코(주), 15.동양석판(주), 16.비앤지스틸(주), 17.동부제강(주), 18.(주)포스코, 19.고려강선(주), 20(주)한국번디, 21.환영철강공업(주), 22.(주)에이치디스틸, 23.포항강판(주), 24.(주)세아특수강, 25.대흥산업(주), 26.(주)세아베스틸, 27.(주)성광랜드, 28.영흥철강(주)

TN: 참조빈도, N: 비효율적인 DMU가 참조한 횟수

효율적인 철강업체들의 참조집합으로 등장한 횡수를 의미하며, N은 비효율적인 DMU가 효율적인 DMU를 참조한 횡수를 의미한다. 이 표에서 보는 바와 같이 BCC 모형의 경우에 참조빈도가 높은 효율적인 철강업체들은 (주)에이치디스틸, 창원특수강(주), 환영철강공업(주), (주)포스코, 포항강관(주), 현대하이스코(주), 대홍산업(주), (주)해덕스틸, 영흥철강(주) 순으로서 각각 13, 12, 9, 8, 7, 2, 1, 1회로 나타났다. 비효율적인 철강업체는 이를 벤치마킹의 대상으로 활용한다면 효율성 향상에 도움이 될 것이라 해석할 수 있겠다.

2.3 효율성의 투자

위에서 구한 참조집합을 바탕으로 하여 비효율적으로 평가된 철강업체에 대하여 효율성을 개선시키기 위해 개선점을 DEA-Solver를 이용하여 구하였다. 여기서 개선점은 앞 절에서 설명한 투자값을 나타낸다. [표 5]는 현대제철(주), 동부제강(주)의 경우를 예로 하여

개선점을 제시하였다

철강업체가 비효율적일 때 각자가 개선시켜야 하는 값을 안다면 비효율성의 원인을 파악하여 효율성을 개선시켜야 하는 방안을 찾는 데 용이할 것이다. 예를 들면, [표 5]에서 현대제철(주)은 효율성값이 0.987로 상대적으로 효율성이 높은 것으로 나타났으며 효율적이 되기 위해서는 종업원수, 고정자산, 총자본을 각각 2.36%, 1.27%, 1.57%만큼 줄이고 매출액을 16.11%만큼 증가시켜야 한다고 해석할 수 있다.

동부제강(주)은 효율성값이 0.9로 나타났으며 BCC 효율적이 되기 위해서는 종업원수, 고정자산, 총자본을 14.45%, 12.98%, 10.01%만큼 줄이고 당기순이익을 269.36%만큼 증가시켜야 한다고 해석할 수 있다. 이 값들은 다른 철강업체에 비해 상대적인 값들을 보여주기 때문에 모든 철강업체가 비율이 큰 변수부터 개선에 초점을 맞춘다면 효율성 뿐만 아니라 기업성과에도 많은 기여를 할 것이다.

표 5. 2005년 BCC, CCR 효율성의 투자

투입/산출	원자료	CCR			BCC		
		투자(목표)	차이	개선비율(%)	투자(목표)	차이	개선비율(%)
현대제철(주)	0.987						
종업원수	5,148	5,027	-121	-2.36%	4,851	-297	-5.77%
고정자산	4,107,338	4,055,229	-52,110	-1.27%	4,052,303	-55,035	-1.34%
총자본	6,395,984	6,295,648	-100,335	-1.57%	6,310,283	-85,701	-1.34%
매출액	5,050,731	5,704,590	653,860	12.95%	5,864,209	813,478	16.11%
당기순이익	1,032,069	1,032,069	0	0.00%	1,032,069	0	0.00%
동부제강(주)	0.900						
종업원수	1,357	1,161	-196	-14.45%	529	-828	-61.03%
고정자산	1,741,799	1,515,764	-226,035	-12.98%	533,907	-1,207,892	-69.35%
총자본	2,378,156	2,140,207	-237,949	-10.01%	1,393,099	-985,057	-41.42%
매출액	2,395,383	2,395,383	0	0.00%	2,395,383	0	0.00%
당기순이익	15,007	55,431	40,423	269.36%	153,884	138,876	925.39%

표 6. 산업분류별 BCC, CCR 효율성

산업분류 (세분류)	BCC	CCR	규모	산업분류 (세세분류)	BCC	CCR	규모
기타철강산업(3)	0.705	0.600	0.852	절단가공및표면처리강재생산업(3)	0.705	0.600	0.852
제철, 제강및합금철제조업(6)	0.940	0.825	0.877	제철및제강업(5)	0.965	0.869	0.900
				기타제철및제강업(1)	0.815	0.606	0.744
철강관계제조업(8)	0.814	0.677	0.832	강관제조업(7)	0.872	0.722	0.829
				주철관계제조업(1)	0.411	0.358	0.873
철강업연·입출및연신제품제조업(11)	0.841	0.726	0.864	냉간압연및입출제품제조업(4)	0.906	0.741	0.818
				열간압연및입출제품제조업(2)	0.994	0.993	1.000
				철강선제조업(5)	0.727	0.607	0.835

2.4 산업분류별 효율성

위에서 구한 효율성을 바탕으로 하여 제1차 철강 산업을 업종별로 분류해 보았다. 제1차 철강 산업은 세분류로 제철제강 및 합금철 제조업, 철강압연압출 및 연신제품, 철강관 제조업, 기타철강산업으로 나누어진다. 또한 이를 세세분류로 나누면 절단가공 및 표면처리 강재 생산업, 제철 및 제강업, 기타 제철 및 제강업, 강관 제조업, 주철관 제조업, 냉간 압연 및 압출 제품 제조업, 열간 압연 및 압출 제품 제조업, 철강선 제조업으로 나누어진다.

[표 6]은 본 논문에서 분석한 자료를 바탕으로 제1차 철강 산업을 보다 세분류해서 효율성을 살펴보았다. 세분류에서 살펴보면 제철·제강 및 합금철 제조업이 BCC, CCR 효율성 각각이 0.940, 0.825로 효율성이 가장 높게 나타났고 반면에 기타철강산업은 BCC, CCR 효율성 각각 0.705, 0.600으로 효율성이 상대적으로 가장 낮게 나타났다. 이는 제철·제강 및 합금철 제조업이 제1차 철강 산업에서 상대적으로 효율적으로 운영이 되고 있다는 것을 나타내고 기타철강산업은 다른 철강 산업에 비해 다소 수익성이 많이 낮다는 것으로 해석할 수 있겠다. 규모 효율성은 모두 0.832~0.877로서 대체로 양호했으며, 업종별로 큰 차이는 없었다.

세세분류를 살펴보면 열간압연 및 압출 제품 제조업과 제철 및 제강업이 BCC, CCR 효율성이 각각이 0.994, 0.993과 0.965, 0.869로서 매우 높게 나타났고 반면에 주철관제조업은 BCC, CCR 효율성이 0.411, 0.358로서 매우 낮게 나타났다. 규모 효율성을 살펴보면 열간압연 및 압출제품 제조업은 거의 1에 가까운 효율성으로 나타났고 반면에 기타제철 및 제강업은 규모효율성이 0.744로서 가장 낮게 나타난 것으로 보아 규모면에서 불리한 상황에 있다고 해석할 수 있겠다.

2.5 소속그룹별 효율성

[표 7]은 위에서 구한 효율성을 바탕으로 하여 각 철강업체들을 소속그룹으로 나누어 효율성을 비교하였다.

표 7. 소속그룹별 BCC, CCR 효율성의 분류

No.	DMU	소속그룹	BCC	CCR	SE	RTS
5	고려제강(주)	고려제강	0.542	0.452	0.833	DRS
19	고려강선(주)					DRS
4	유니온코팅(주)	동국제강	0.713	0.536	0.752	IRS
6	동국제강(주)					DRS
9	유니온스틸(주)					DRS
17	동부제강(주)	동부	0.900	0.586	0.651	DRS
15	동양석판(주)	동양석판	0.717	0.606	0.845	DRS
7	만호제강(주)	만호제강	0.551	0.482	0.875	DRS
27	(주)성광벤드	성광벤드	0.734	0.623	0.849	DRS
1	(주)세아메탈	세아	0.922	0.828	0.898	IRS
3	(주)해덕스틸					CRS
8	(주)세아제강					DRS
20	(주)한국번디					DRS
22	(주)에이치디스틸					CRS
24	(주)세아특수강					DRS
26	(주)세아베스틸	DRS				
11	(주)휴스틸	신안	0.796	0.688	0.864	DRS
2	창원특수강(주)	포스코	1.000	0.881	0.881	DRS
18	(주)포스코					CRS
23	포항강판(주)					DRS
13	한국철강(주)	한국철강	0.956	0.868	0.908	DRS
21	환영철강공업(주)					CRS
25	대흥산업(주)					IRS
28	영흥철강(주)					CRS
10	현대제철(주)	현대자동차	0.966	0.793	0.821	DRS
14	현대하이스코(주)					DRS
16	비엔지스틸(주)					DRS
12	한국주철관공업(주)					0.411

먼저 BCC 효율성을 살펴보면 포스코 그룹에 속한 업체들의 평균 효율성값이 1로서 상대적으로 매우 효율적인 기업을 소유하고 있는 것으로 나타났고 한국철강 그룹과 현대자동차 그룹에 속한 업체들도 BCC 효율성 값이 0.95 이상으로 높게 나타났다. 반면에 고려제강과 만호제강에 속한 업체와 한국주철관공업(주)은 효율성이 매우 낮게 나타났다. CCR 효율성을 살펴보면 포스코, 한국철강, 세아 그룹 순으로 나타났고 반면에 한국주철관공업(주)은 효율성이 가장 낮게 나타났다. 규모 효율성은 한국철강 그룹에 속한 업체에서 가장 높게 나타난 것으로 보아 규모면에서 다소 유리한 상황에 있다고 해석할 수 있고 반면에 동부 그룹에 속한 업체들은 BCC 효율성은 양호하나 규모효율성이 가장 낮게 나타난 것으로 보아 내부적으로는 효율적으로 운영되고 있으나 규모면에서 불리한 상황에 있다고 파악된다. 한편 규모수익성을 살펴보면 고려제강, 동국제강, 동부, 동양석판, 만호제강, 성광벤드, 신안, 현대자동차 그룹에 속

한 업체와 한국주철관공업(주)은 모두 DRS로 나타났다. 또한 전체적으로 봤을 때 국내 철강업체의 대부분이 DRS로 나타났으며 이는 대부분의 한국철강업체들이 규모의 감량화를 통한 수익성의 향상이 중요하다고 해석할 수 있다.

2.6 전략적 시사점

위의 분석결과를 바탕으로 한국 철강업체들의 비효율성을 파악하였고 전체 효율성을 제고시킬 수 있는 전략적 시사점을 발견할 수 있었다. [표 3]에서 보는바와 같이 효율성 분석결과를 통하여 효율적인 기업과 비효율적인 기업을 파악할 수 있었고, 규모수익성(RTS) 결과를 바탕으로 하여 규모의 증감에 대한 효율성의 향상 방안을 알 수 있었다. 예컨대 규모수익성이 IRS로 나온 대흥산업(주), (주)세아메탈, 유니온코팅(주)는 규모의 증가를 통한 수익성의 향상을 기대할 수 있고, DRS로 나온 철강업체들은 규모의 감량화를 통한 수익성의 향상을 기대할 수 있다. 한편, 우리나라 철강업체들의 대부분이 DRS로 나타난 것으로 보아 규모의 감량화를 통한 효율성의 향상이 필요한 것으로 해석할 수 있다.

어떤 평가대상 DMU가 비효율적인 경우에는 그보다 효율적인 가상적 DMU가 존재하며, 이 가상적 DMU는 참조집합이라는 효율적인 DMU로 구성된다. 표 4에서 보는바와 같이 BCC 효율성의 포락지도를 이용하여 비효율적인 기업에 있어서 벤치마킹의 대상을 제시했다. 예컨대, 유니온스틸의 참조집합은 창원특수강(주), 현대하이스코(주), 포항강관(주)으로 나타났고 동부제강(주)의 참조집합은 창원특수강(주), (주)포스코, 환영철강공업(주)으로 나타났다.

철강업체가 비효율적일 경우에 각자가 개선시켜야 하는 값을 안다면 비효율성의 원인을 파악하여 효율성을 개선시켜야 하는 방안을 찾는 데 용이할 것이다. 예컨대 [표 5]에서 보는 바와 같이 현대제철(주)은 매출액의 증가비율이 가장 크기 때문에 매출액을 증가시키는데 비중을 두어야 하고, 동부제강(주)은 당기순이익의 비율이 가장 크기 때문에 당기순이익을 증가시키는데 중점을 둔다면 수익성 향상에 많은 기여를 할 것이라고 해석할 수 있겠다.

산업분류별 효율성을 살펴봤을 때, 세분류에서는 제철·제강 및 합금철 제조업의 효율성이 가장 높게 나타났고 반면에 기타철강산업은 효율성이 상대적으로 가장 낮게 나타났다. 이것은 기타철강산업이 상대적으로 수익성이 많이 낮다는 것으로 해석할 수 있으며, 수익성 향상을 위하여 효율성 개선에 초점을 맞추어야 하겠다. 한편, 세세분류에서는 열간압연 및 압출제품 제조업은 효율성이 상대적으로 높게 나타났고 반면에 주철관 제조업은 매우 낮게 나타났다. 따라서 한국의 주철관 제조업에서는 효율성 개선에 많은 노력을 기울여야 하겠다.

마지막으로 소속그룹별 효율성을 살펴보았다. 포스코 그룹에 속한 업체들이 매우 효율적으로 나타났고 반면에 고려제강과 한호제강에 속한 업체와 한국주철관공업(주)은 효율성이 매우 낮게 나타났다.

IV. 결론

본 연구에서는 DEA 모형을 이용하여 한국 철강업체의 효율성을 분석하였다. 효율성을 분석하기 위하여 DEA 모형들 중에서 CCR-I 모형과 BCC-I 모형을 사용하였다. 제 1차 철강 산업에 속한 기업들 중 기업규모가 대기업으로 분류된 28개 철강업체들을 선정하여 2005년도 효율성과 규모수익성(RTS) 그리고 참조비도를 분석하였다. 그 결과 BCC 효율성이 1인 철강업체들은 모두 10개로 나타났으며, 이들 중 5개 업체는 CCR 효율성도 1이었으므로 규모효율성도 1이었다. 규모수익성(RTS)은 IRS가 3개, DRS가 20개, CRS가 5개 업체로 나왔다. 규모수익성(RTS)이 IRS로 나온 철강업체들은 비교적 규모가 작았으며, DRS로 나온 철강업체들은 대부분 규모가 큰 업체였다.

위의 분석을 바탕으로 하여 비효율적인 DMU의 벤치마킹 대상이 된다고 할 수 있는 참조집합을 이용하여 포락지도(envelopment map)를 만들었다. 국내에서 참조비도가 높은 철강업체로 (주)에이치디스틸, 창원특수강(주), 환영철강공업(주), (주)포스코, 포항강관(주), 현대하이스코(주), 대흥산업(주), (주)해덕스틸, 영흥철강(주) 순으로 나타났다. 또한 이 자료를 이용하여 비효율적인 회사가

효율적인 회사로 되기 위한 목표값을 제시하였다.

한편, 산업분류별로 효율성을 파악해 보았다. 세분류에서 살펴보면 제철제강 및 합금철 제조업의 BCC, CCR 효율성이 가장 높게 나타났고 반면에 기타철강산업은 BCC, CCR 효율성이 상대적으로 가장 낮게 나타났다. 철강업체를 세분류로 나누었을 때는 열간압연 및 압출 제품 제조업과 제철 및 제강업에서 BCC, CCR 효율성이 가장 높게 나타났고 반면에 주철관제조업은 매우 낮게 나타났다. 또한 규모 효율성도 함께 파악할 수 있었다.

위의 분석 결과를 이용하여 소속그룹별로 효율성을 살펴보았다. 포스코 그룹에 속한 업체들의 BCC, CCR 효율성의 평균이 가장 높게 나타났다. 또한 한국철강그룹과 현대자동차 그룹에 속한 업체들도 상대적으로 효율성이 높게 나타났다. 반면에 고려제강 그룹과 만호제강 그룹 그리고 한국주철관공업(주)은 효율성이 가장 낮게 나타났다. 또한 규모수익성(RTS)도 함께 파악할 수 있었다.

본 연구에서 철강업체의 효율성을 분석하기 위하여 선정한 투입산출변수들은 대부분 재무적인 것이었다. 향후 효율성 분석에서는 보다 구체적이고 물리적인 변수들의 도입을 고려해 보는 것도 의미 있는 일이라 여겨진다. 또한 본 논문은 2005년 한 기간만을 측정했지만 이것은 효율성의 추세, 안정성 등을 파악하지는 못한다. 따라서 동태적인 분석방법으로 DEA/Window 분석이나 맘퀴스트(Malmquist) 생산성 지수 분석을 도입해 보는 것도 필요할 것이다.

참고 문헌

[1] 김주백, *DEA 기법을 이용한 주요 철강 업체의 효율성 측정과 R&D 투자 간의 관계 연구*, 서울대 대학원 석사학위논문, 2005.
 [2] 문승, "DEA를 이용한 세계 자동차 주요기업의 효율성 분석", 인하대학교 산업경제연구소 경상논집, 제17권, 제2호, pp.1-28, 2003.
 [3] J. Bernard, "Technological Leadership and Variety: A Data Envelopment Analysis for the

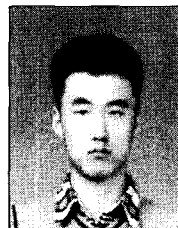
French Machinery Industry," *Annals of Operations Research*, Vol.68, pp.361-377, 1996.

[4] 이형석, 김기석, "DEA 모형을 이용한 우리나라 해운업체의 정태적·동태적 효율성 분석", 대한경영학회, 제19권, 제4호, pp.1197-1217, 2006.
 [5] W. W. Cooper, L. M. Seiford, and K. Tone, *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*, Kluwer Academic Publisher, 2000.
 [6] A. Charnes, W. W. Cooper, and E. Rhodes, "Measuring the Efficiency of Decision Making Units," *European Journal of Operational Research*, Vol.2, pp.429-444, 1978.
 [7] R. D. Banker, A. Charnes, and W. W. Cooper, "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis," *Management Science*, Vol.30, No.9, pp.1078-1092, 1984.
 [8] 박정현, *제조기업의 경영효율성 분석에 관한 연구 -자동차 부품산업 중심으로-*, 아주대 대학원 석사학위논문, 2003.
 [9] W. W. Cooper, L. M. Seiford, and K. Tone, *Introduction to Data Envelopment Analysis and Its Uses with DEA-Solver Software and References*, Springer, 2006.

저자 소개

이형석(Hyung-Suk Lee)

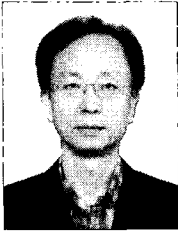
정희원



• 2006년 2월 : 부산대학교 경영학과(경영석사)
 • 2006년 3월 ~ 현재 : 부산대학교 경영학과 박사과정
 <관심분야> : DEA, 공급사슬관리, 성과평가

김 기 석(Ki-Seog Kim)

정회원



- 1975년 2월 : 서울대학교 경영학
과(경영학사)
- 1977년 2월 : 한국과학원 산업
공학과(공학석사)
- 1986년 12월 : University of
Washington(경영학박사)

▪ 1987년 3월 ~ 현재 : 부산대학교 경영학부 교수
<관심분야>: DEA, 스프레드시트의 활용, 공급사슬
관리