

공업용수 투입의 기술적 효율성 분석

The Study on the Technical Efficiency of Industrial Water in Manufacturing

민 동 기*

Min, Dongki

Abstract

This paper estimates technical efficiency of industrial water in order to afford some information for improving the efficiency of government water management policy. To estimate technical efficiency, this paper uses data envelopment analysis. The result shows that the average pure technical efficiency of industrial water is 0.407. This estimate is less than the estimates when all inputs are considered as variables in the previous researches. This result means that the managers may have not tried to improve the efficiency of industrial water usage since the cost for industrial water is trivial compared to other inputs. In addition, this result shows that the previous researches which assume that all inputs are used in efficient way may give a biased results.

keywords : Data Envelopment Analysis, Industrial water, Technical Efficiency

요 지

본 연구는 수자원정책의 효율성 제고를 위한 정책 방안 마련의 토대를 제공하고자 제조업체에서 투입요소로 사용하고 있는 공업용수의 기술적 효율성을 추정하였다. 이를 위하여 자료포락분석(DEA:Data Envelopment Analysis)기법을 이용하였으며 분석 결과에 의하면 공업용수의 기술적 효율성은 전 산업 평균이 0.407로 추정되어 모든 투입요소가 가변적인 경우의 연구 사례에 비하여 낮은 추정치를 보여준다. 이는 공업용수에 대한 비용이 다른 투입요소에 비하여 낮아 기업 경영진이 공업용수의 효율적인 활용 필요성에 상대적으로 둔감한 결과로 볼 수 있다. 그리고 낮은 기술적 효율성 추정치는 모든 투입요소가 효율적이라고 가정하고 분석한 기존 연구들의 가정에 한계가 있음을 보여준다.

핵심용어 : 자료포락분석(DEA), 공업용수, 기술적 효율성

1. 서 론

1990년대에 이르러 수자원 정책 방향은 과거의 공급량 확대 정책에서 용수의 수요관리에 초점은 정책으로 방향을 전환하기 시작하였다. 따라서 다양한 용수 사용분야에서 효율적인 수요 관리 방안을 마련하기 위하여 여러 형태의 기술개발이 진행되어 왔다.

용수 수요관리 정책의 중요성이 부각됨에 따라 이러한 수요관리 정책을 뒷받침하기 위한 용수 수요부문에 대한 연구도 활발하게 이루어져 왔다. 그러나 이러한 연구들은 대부분 생활용수를 대상으로 이루어져 왔으며 공업용수를 대상으로 한 수요분석 연구들은 최근에야 몇몇 연구가 발표되고 있다. 공업용수에 대한 연구가 부족한 중요한 이유로는 첫째, 생활용수와는 달리

* 건국대학교 상경대학 경제학과 부교수
Associate Prof., Dept of Economics, Konkuk Univ., Seoul, 147-701, Korea
(e-mail: dkm2@konkuk.ac.kr)

용수 공급원이 상수도 뿐 아니라 하천수, 지하수 및 해수 등 다양하고 공급원별 사용량을 정확하게 추정할 수 없기 때문이고 둘째, 제조업체의 생산 활동 측면에서 보면 공업용수가 다른 투입요소에 비하여 비용면에서 차지하는 비중이 상대적으로 작아서 기업 경영자 입장에서는 다른 투입요소에 비하여 상대적으로 주요 관심 대상이 되지 못하였기 때문이다(민동기(2006)).

제조업 생산을 위한 투입요소로서의 공업용수에 대한 연구는 외국에서도 많은 연구가 축적되지 않았으며 기존의 연구들은 주로 공업용수의 수요함수 또는 생산함수 및 비용함수를 설정하여 공업용수의 가격탄력성 및 한계가치를 추정하는 연구에 초점을 두었다(Young, 2005; Renzetti, 1992). 우리나라에서 이루어진 연구들을 보면 이명현(1997)에서는 비용함수를 이용하여 공업용수의 가격탄력성을 추정하였으며 민동기(2005)에서는 수요함수를 이용하여 공업용수의 가격탄력성을 추정하였고 민동기(2006)에서는 생산함수를 이용하여 공업용수의 한계가치 및 가격탄력성을 추정하였다. 이러한 연구들은 특정함수를 설정하여 그 계수 값을 추정함으로써 공업용수의 역할 및 공업용수의 용수가격 변화에 따른 수요량 변화효과 등을 분석하였다. 이와 같이 함수를 설정하여 분석하는 모수적 방법에서는 제조업 생산을 위한 투입요소들이 모두 효율적으로 사용되어 모든 제조업체들이 효율적인 생산수준을 유지하고 있다는 전제하에서 대부분의 연구가 이루어졌다. 그러나 현실에서는 많은 제조업체들이 효율적인 수준에서 생산활동을 하지 못할 수 있다. 이러한 경우 위와 같은 연구 방법론을 이용한 추정결과를 토대로 집행하는 수요관리 정책은 한계가 있을 수 있다. 그러므로 위와 같은 연구와 병행하여 업종별로 투입요소로서 공업용수 이용의 기술적 효율성 수준을 분석하여 공업용수 사용의 기술적 효율성을 제고할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 효율적인 수자원 관리를 위한 토대를 마련하기 위하여 제조업체의 공업용수 사용의 기술적 효율성 수준을 분석하고자 한다. 본 연구에서 공업용수의 기술적 효율성을 추정하기 위하여 사용하는 방법은 함수에 대한 모형을 설정하지 않고 실제 관측된 투입요소 및 산출 자료를 토대로 하여 기술적 효율성을 추정하는 비모수적 방법으로 자료포락분석(DEA: Data Envelopment Analysis)를 이용한다. 선형계획법(linear programming method)을 이용하여 생산변경을 찾는 DEA 기법은 Färe and Grosskopf(1996, 2000), Färe *et al.*(1994) 등에 의해 발전되었으며 생산성과 기술적 효율성 분석에 많이 응용되고 있다.

생산성 및 효율성 분석에 대한 연구들을 보면 특정

투입요소에 대한 연구에 초점을 두기 보다는 주로 국가 경제 또는 제조업종별 생산성 향상 추세나 총 투입요소의 기술적 효율성 변화에 초점을 두어 이루어졌다. 이러한 연구를 위한 연구방법론으로 과거에는 대부분 성장회계분석방법을 이용하였다. 이 방법은 완전경쟁시장 가정하에 모든 업체들의 현재 산출량을 최적산출량으로 간주한다. 그리고 시계열로 주어진 투입량을 투입하여 산출량을 더 많이 생산하는 것을 총요소 생산성의 향상으로 보고 이러한 생산성 향상을 기술진보에 의한 것으로 보았다. 그러나 이러한 총요소 생산성의 증가는 기술진보에 의하여 이루어질 수도 있지만 생산활동이 효율적으로 이루어지지 못한 상태라면 기존의 생산기술을 보다 효율적으로 활용하게 됨에 따라 산출량을 보다 증대시킬 수도 있으므로 기술진보와 기술적 효율성 증가를 분리하여 분석할 필요가 있다. 생산성을 추정하는 또 다른 방법으로 생산요소의 투입량과 최대 산출량의 관계를 나타낸 생산함수를 회귀분석을 통하여 추정하는 방법이 있다. 이러한 회귀분석은 투입요소와 평균 산출량간의 관계를 추정하게 되므로 기술적 효율성을 추정할 수 없는 한계가 있다.

기술적 효율성을 추정하기 위한 한 방법으로 관측된 투입 및 산출량 자료를 이용하여 비모수적 방법으로 생산 변경(frontier)을 추정할 수 있다. 이 방법의 장점은 여러 투입요소를 투입하여 여러 산출물을 생산하는 경우에도 이용할 수 있으며 생산변경(생산함수)을 추정하는 데 있어 불록성을 제외한 어떠한 가정도 필요하지 않기 때문에 함수 설정의 오류(specification error)를 피할 수 있다. 그러나 이러한 비모수적 방법은 실제 관측치를 통하여 기술적 효율성을 추정하기 때문에 이상점(outlier)에 의하여 추정결과가 민감하게 반응하게 된다는 단점이 있다. 따라서 사용되는 자료의 신뢰 수준에 추정 결과가 민감하게 영향을 받게 된다. 기술적 효율성 개념을 토대로 DEA 기법을 이용하여 한국 제조업의 효율성 분석 및 국가 생산성 변화를 비교분석한 연구로는 노택선 등(2000), 한광호(2001), 강상목 등(2005), Hsiao and Park(2005) 등이 있다. 한광호(2005)에서는 제조업체의 평균 기술적 효율성을 분석하였는데 확률적 변경함수를 이용하는 경우에는 0.587로 추정되었고 DEA를 이용하는 경우에는 0.642로 추정되었다. 박헌수, 지우석(2004)에서는 확률적 변경생산함수를 이용하여 10개 산업의 기술적 효율성을 추정하였는데 제조업종별로 평균 0.7~0.85수준으로 추정되었다.

이와 같이 국내에서 이루어진 연구들은 공업용수 등 특정 투입요소에 초점을 둔 투입요소의 기술적 효율성 분석은 이루어지지 않았다. 본 연구의 목적은 수자원의

효율적인 관리를 위한 공업용수 사용의 기술적 효율성 현황을 분석하고자 업종별로 제조업체에서 투입요소로 사용하고 있는 공업용수의 기술적 효율성을 추정하고자 한다. 이를 위하여 본 연구는 자료포락분석기법을 이용하여 다른 투입요소가 고정된 상태에서 공업용수에 대한 거리함수를 추정하고 이를 토대로 공업용수의 기술적 효율성을 추정한다.

이 분석을 위하여 사용된 자료는 2003년 산업총조사 자료이다. 본 논문의 구성은 2장, 3장에서 자료포락분석 기법 및 분석 대상 공업용수를 제외한 나머지 투입요소량이 고정되어 있을 경우 분석 대상 공업용수의 기술적 효율성을 분석하는 방법에 대하여 살펴본다. 제 4장에서는 2003년 산업총조사 자료를 이용하여 공업용수의 기술적 효율성을 추정하고 결과를 분석하며 제 5장에서는 본 연구의 결론을 서술한다.

2. 연구 모형

본 연구에서 추정하고자 하는 기술적 효율성은 생산 활동을 하고 있는 제조업체들이 모두 효율적으로 생산하고 있다는 가정을 설정하지 않고 실제 이루어진 투입 및 산출자료를 토대로 한다. 주어진 산출량을 생산하는데 있어 투입요소를 가장 적게 사용하는 생산변경(생산함수)을 추정하고 이를 이용하여 개별 제조업체들의 기술적 효율성을 추정하는 것이다. 즉, 관측된 자료를 이용하여 생산가능집합을 도출하고 이 집합에서 각각의 주어진 산출량을 생산하는데 있어 최소의 투입량을 투입하는 투입산출관계가 기술적 효율성이 최대가 되는 생산가능곡선을 나타내게 된다. 개별 제조업체의 기술적 효율성은 생산가능곡선의 투입량과 실제투입량의 비율로 나타낸다.

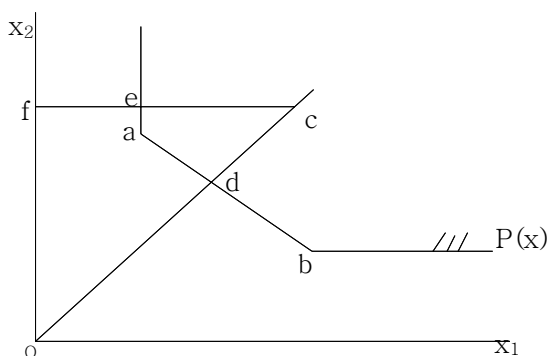


Fig. 1. Technical Efficiency with Fixed Input

Fig. 1에서는 투입요소(x1, x2)를 투입하여 동일한 생산량(y)을 생산하는 제조업체 a,b,c의 투입산출관계 및 이를 토대로 구축된 생산가능곡선을 나타내었다. 본

연구에서 정의한 기술적 효율성은 투입물거리함수로 나타내며 투입물거리함수는 주어진 생산량을 생산하기 위한 최소투입량(생산가능곡선의 투입량)과 실제투입량의 비율로 나타낸다. 제조업체 a, b의 경우에는 생산가능곡선에서 생산이 이루어지므로 최소투입량이 실제 투입량과 같아서 기술적 효율성이 1이 된다. 그러나 제조업체 c의 경우에는 생산활동이 생산가능집합 내부에서 이루어져 생산활동이 비효율적으로 이루어지고 있다. 이 경우의 기술적 비효율성은 실제투입량에 대한 최적투입량의 비율(최적투입량/실제투입량)로서 그 값은 1보다 작다. 따라서 기술적 효율성 추정치의 크기는 가장 효율적으로 생산할 경우 1이 되고 비효율적으로 생산하면 1보다 작은 값을 가지게 된다. 기술적 효율성 추정치가 1에 가까울수록 기술적 효율성이 크고 0에 가까울수록 투입요소를 비효율적으로 사용하고 있음을 나타낸다.

모든 투입요소에 대한 제조업체의 기술적 효율성을 추정할 경우에는 모든 투입요소의 투입비율이 동일한 비율로 감소시킬 수 있는 것으로 가정하여 그림에서 보면 c 기업의 기술적 효율성은 od/oc 로 나타내게 된다. 그러나 투입요소 중에는 고정투입요소도 있으므로 이 경우에는 고정투입요소들의 투입량이 불변인 경우의 기술적 효율성을 추정하여야 한다. 본 연구에서는 공업용수에 초점을 두고 다른 투입요소량이 일정한 경우 공업용수 사용의 기술적 효율성을 추정하게 되므로 Fig. 1에서 보면 기타 투입요소(x2)의 양이 현재 투입된 수준으로 고정된 상태에서 동일한 생산을 위하여 공업용수(x1)의 양을 얼마나 줄일 수 있는지를 추정하여야 한다. 따라서 제조업체 c의 경우 공업용수의 기술적 효율성은 fe/fc 로 나타내게 된다.

3. 추정 모형

개별 제조업체의 투입물거리함수를 추정하기 위하여 본 연구에서 사용하는 방법은 Farrell Input-Saving Measure of Technical Efficiency이다. 이 효율성 측정 방법은 아래와 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$F(x,y) = \min \{ \lambda : \lambda x \in P(x) \} \quad (1)$$

$P(x)$: 생산 가능집합

x : 관측투입량

y : 관측산출량

$F(\square)$: 기술적효율성 (≤ 1)

Eq. (1)을 토대로 개별 제조업체의 투입산출 자료를

이용하여 기술적 효율성을 추정하는데 기술적 효율성은 순수 효율성(pure efficiency)과 규모의 효율성(scale efficiency)의 곱으로 구성된다. 가정되는 규모(scale)는 세 가지 형태로 설정되며 제약 식에서 z (intensity variable)의 제약 조건에 따라 CRS(Constant Return to Scale), NIRS(Non-Increasing Return to scale), VRS(Variable Return to Scale)로 분류하여 CRS는 $z_k \geq 0$, NIRS는 $0 \leq \sum_{k=1}^K z_k \leq 1$, VRS는 $\sum_{k=1}^K z_k = 1$, ($k=1, \dots, K$) 등으로 제약식을 설정한다.¹⁾

아래 식으로 부터 모든 투입요소가 가변적일 경우의 개별 제조업체(i)의 기술적 효율성을 추정할 수 있다.

$$F^i(x^i, y^i | CRS) = \min \lambda^i \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \text{s.t. } & \sum_{k=1}^K z_k y_k \geq y^i \\ & \sum_{k=1}^K z_k x_{kn} \leq \lambda^i x_n^i, n = 1, \dots, N, \\ & z_k \geq 0, k = 1, \dots, K \end{aligned} \quad (3)$$

위 제약식에서 보면 모든 투입요소들이 가변적이며 기술적 효율성은 동일한 비율의 추정치(λ)로 나타낸다. 그러나 본 연구에서는 공업용수(x_1)에 초점을 두고 다른 요소들이 고정된 상태에서 기술적 효율성을 추정하므로 제약식이 아래와 같이 변경된다.

$$\begin{aligned} \text{s.t. } & \sum_{k=1}^K z_k y_k \geq y^i \\ & \sum_{k=1}^K z_k x_{k1} \leq \lambda^i x_1^i, \\ & \sum_{k=1}^K z_k x_{kn} \leq x_n^i, n = 2, \dots, N, \\ & z_k \geq 0, k = 1, \dots, K \end{aligned} \quad (4)$$

그리고 기술적 효율성 추정에서 규모의 효율성(scale efficiency)을 분리 추정하기 위해서는 CRS가정하의 z (intensity variable)에 대한 제약 조건($z_k \geq 0$)이 NIRS에서는 $0 \leq \sum_{k=1}^K z_k \leq 1$ 로 변환하고 VRS에서는 $\sum_{k=1}^K z_k = 1$ 로 변환되어 규모별 기술적 효율성을 도출한다. i 기업의 규모 효율성(S_i) 값은 아래 식과 같이 규모에 대한 보수가 VRS일 경우의 기술적 효율성 추정치에

대한 규모에 대한 보수가 CRS일 경우의 기술적 효율성 추정치의 비율로 나타낸다.

$$S_i(x^i, y^i) = F_i(x^i, y^i | CRS) / F_i(x^i, y^i | VRS) \quad (5)$$

규모의 효율성 추정치가 1보다 작은 경우 현재의 공업용수 투입 수준을 규모에 대한 보수 형태가 NIRS인 경우 및 CRS인 경우의 추정치를 이용하여 분석할 수 있다. 즉 $F_i(x^i, y^i | NRS) = F_i(x^i, y^i | CRS)$ 인 경우에는 현재 생산 수준이 규모에 대한 보수 체증 구간에서 공업용수가 투입되고 있음을 보여주고 만약 규모형태별 추정치가 $F_i(x^i, y^i | NRS) > F_i(x^i, y^i | CRS)$ 인 경우에는 규모에 대한 보수 감소 구간에서 공업용수가 투입되고 있음을 보여주게 된다.

4. 실증 연구

4.1 자료 분석

본 연구에서는 공업용수의 기술적 효율성을 추정하기 위하여 2003년도 산업총조사 원자료를 이용하였다. 산업총조사는 5인 이상 모든 기업의 투입 및 산출 관련 자료를 조사하므로 조사 초점을 공업용수에만 두지 않아서 공업용수 분석에 모든 자료를 다 이용할 수 없는 한계가 있다. 예를 들면 조사 단위 중 금액의 경우 백만원 단위로 용수 사용금액이 백만원을 넘지 않는 업체에서는 사용금액이 0으로 기록되는 경우가 있다. 그리고 공업용수 공급원이 다양하여 하천수와 같은 일부 공급원의 경우 신고한 용수량을 토대로 하므로 실제 사용량과 다를 수 있다. 따라서 본 연구에서는 생활용수 및 공업용수도를 통하여 공급되는 용수만을 사용하는 업체 중에서 공업용수 사용 비용이 0이 아니며 용수 사용량이 1일 5톤(연간 1500톤) 이상인 업체 17,722개를 대상으로 하여 분석한다.

Table 1에서는 분석 대상 자료의 개별 변수 특성을 요약하였다. 분석 대상 제조업체의 평균 산출량은 16,109백만원이고 연 평균 자본액은 7,535백만원, 연 평균 노동투입량은 52명이고 중간투입액은 8,543백만원이다. 그리고 2003년도 평균 용수사용량은 60,424톤으로 1998년도 평균 용수사용량 109,751톤에 비하여 급격히 감소하였음을 보여준다. 산업총조사 조사 대상이 5인 이상 모든 제조업체를 대상으로 하였으므로 개별 제조업체의 생산 규모에 큰 차이가 있어 개별 변수별 최소값 및 최대값은 큰 차이를 보이고 있다. 즉, 산출액의 경우 최소 산출액은 19백만원이나 최대 산출액은 12,598,854백만원으로 표준편차가 170,325.7백만원이다.

1) Rolf Färe, et.al. (Reference Guide on Front 참고).

Table 1. Summary Statistics for the Variables

variable	unit	Mean	SD	Min.	Max
Output	Mil. Won	16,109.12	170,325.7	19	12,598,854
Capital	Mil. Won	7,535.12	105,396.6	1	9,681,999
Labor	number	52.18	321.51	5	25,771
Intermediate Inputs	Mil. Won	8,543.58	87,175.8	1	6,184,174
Water	ton	60,424.46	668,294.8	1,500	58,792,242

4.2 기술적 효율성 추정

기술적 효율성을 추정하기 위하여 분석 대상 제조업체의 실제 투입 산출 자료를 토대로 3 가지 규모에 대한 보수 형태 별로 생산가능곡선을 도출한다. 구축된 생산가능곡선 상에서 생산하는 업체는 주어진 산출량을 생산하는데 사용되는 공업용수의 실제 투입량과 최적 투입량이 같으므로 두 투입량의 비율로 측정되는 기술적 효율성이 1이 된다. 그러나 생산가능집합 내부에서 생산하고 있는 업체는 생산가능곡선상에서 생산하고 있는 업체들에 비하여 기술적 효율성이 낮아서 기술적 효율성지수가 1이하로 측정된다. 이와 같이 규모에 대한 보수 형태별로 추정된 개별업체의 효율성 추정치와 기

술적 효율성이 1인 제조업체 비율을 업종별로 분류하여 업종별 평균 추정치 결과를 Table 2에 정리하였다.

분석 대상 제조업체에서 투입요소로 사용한 공업용수의 기술적 효율성을 보면 전 산업 평균 기술적 효율성은 규모에 대한 보수가 CRS일 경우 0.0153, NIRS일 경우 0.0178로 추정되었다. 제약조건에서 업체별 z (intensity variable)값의 합을 1로 하여 추정한 순수 효율성 추정치인 규모에 대한 보수 형태가 VRS인 경우의 추정치는 0.4073으로 추정되어 CRS일 경우의 추정치와 큰 차이를 보인다. 따라서 규모 효율성(S_i)의 전체 산업 평균값이 0.0381로 매우 낮게 추정되었다. 즉 규모 효율성 추정치가 1보다 작고 규모에 대한 보수 형태가

Table 2. Technical Efficiency for Sub-Industry

업종	F _{CRS}	F _{NIRS}	F _{VRS}	S _i	
15	Food and beverages	0.0039	0.0040	0.3252	0.0173
17	Textiles	0.0103	0.0104	0.3062	0.0217
18	Wearing apparel and Fur articles	0.0447	0.0485	0.6791	0.0752
19	Leather, Luggage and Footwear	0.0193	0.0198	0.4293	0.0536
20	Wood	0.0065	0.0065	0.4537	0.0145
21	Pulp and Paper	0.0108	0.0108	0.3797	0.0314
22	Printing and Recorded Media	0.0296	0.0310	0.5921	0.0521
24	Chemicals	0.0125	0.0169	0.2619	0.0509
25	Rubber and Plastic Products	0.0098	0.0103	0.4024	0.0233
26	Non-metallic Mineral Products	0.0094	0.0121	0.2870	0.0318
27	Basic Metal Products	0.0113	0.0140	0.2897	0.0427
28	Fabricated Metal Products	0.0054	0.0055	0.4231	0.0138
29	Other Machinery and Equipment	0.0097	0.0097	0.4440	0.0251
30	Office Machinery and Equipment	0.0348	0.0468	0.4805	0.0823
31	Other Electrical Machinery and Equipment	0.0127	0.0127	0.4490	0.0439
32	Communication Equipment	0.0214	0.0252	0.4054	0.0553
33	Medical and Optical Instrument	0.0073	0.0073	0.4505	0.0209
34	Motor Vehicles and Trailers	0.0071	0.0083	0.3181	0.0359
35	Other transport Equipment	0.0130	0.0334	0.3379	0.0472
36	Furniture and Others	0.0096	0.0096	0.4915	0.0231
37	Waste Collection	0.0315	0.0315	0.3472	0.0428
	Industry Wide	0.0153	0.0178	0.4073	0.0381

주: F_{CRS}, F_{NIRS}, F_{VRS} : 규모에 대한 보수 형태별 기술적 효율성 추정치

CRS일 경우와 NIRS일 경우의 기술적 효율성 추정치가 큰 차이가 없어 대부분의 업체들이 규모에 대한 보수 체증 구간에서 공업용수의 투입이 이루어지고 있음을 보여주며 규모의 효율성을 제외한 순수 기술적 효율성(VRS하에서의 추정치)은 상대적으로 크게 추정되었다.

20개 업종별로 분류하여 평균한 기술적 효율성 추정치를 보면 CRS를 가정한 경우 의복 및 모피제품제조업(18), 사무, 계산, 회계용 기계제조업(30)의 추정치가 상대적으로 높아 각각 0.0447, 0.0348로 추정되었다. NIRS 가정하에서도 이 두 산업이 다른 산업에 비하여 상대적으로 높은 효율성을 보이지만 전체적으로는 기술적 효율성 수준이 매우 낮은 수준이다. 그러나 순수 기술적 효율성 추정치들은 다른 규모를 가정한 경우보다 크게 증가하여 의복 및 모피제품제조업(18)과 출판, 인쇄 및 기록매체제조업(22)이 각각 0.6791, 0.5921로 추정되어 가장 높은 기술적 효율성을 보였으며 가구 및 기타제조업(36)은 0.4915로 두 산업에 비하여 기술적 효율성이 상대적으로 작지만 다른 제조업체에 비하여 상대적으로 높은 기술적 효율성을 보이고 있다.

본 연구에서 추정한 기술적 효율성은 생산가능곡선의 변화(생산성 변화)를 나타내는 것이 아니고 효율적으로 용수를 사용하고 있는 기업에 대비하여 공업용수를 상대적으로 비효율적으로 사용하고 있는 기업들의 비효율성 수준을 나타낸다.

본 연구에서 추정한 공업용수의 기술적 효율성 추정치 결과는 기존 연구에서 모든 투입요소가 가변적일 경우를 대상으로 한 기술적 효율성 추정치 수준이 0.58~0.85로 추정된 결과에 비하여 상대적으로 낮은 수준임을 보여준다. 이와 같이 투입요소로서 공업용수의 기술적 효율성이 상대적으로 낮게 나타나는 것은 개별 기업에서 보면 투입요소 중에서 공업용수가 비용 측면에서 차지하는 비중이 매우 작아서 이 부분에 대한 효율성 제고를 위한 노력이 상대적으로 작은 것도 한 원인으로 볼 수 있다.

공업용수의 기술적 효율성 추정치가 1보다 매우 낮게 추정된 결과를 보면 여러 공업용수관련 연구 중에서 가정한 공업용수의 효율적 사용이라는 가정에는 무리가 있음을 보여준다. 따라서 공업용수에 대한 연구는 이러한 기술적 비효율성을 반영한 연구방법론이 설정되어야 할 필요가 있을 것이다.

5. 결 론

물 부족 문제가 심각히 대두되고 있는 현실에서 물 부족 문제를 해결하기 위하여 다양한 수요관리 정책 방

안이 연구□개발되고 있는데 많은 연구들의 분석에서는 기존의 제조업체의 생산활동이 효율적으로 이루어지고 있다는 가정하에서 가격정책 등 수요관리 정책효과를 분석하고 있다. 그러나 이러한 정책 방안을 집행하기 위해서는 현재 생산활동을 하고 있는 업체들이 가정하와 같이 효율적으로 공업용수를 활용하고 있는지에 대한 검토가 우선 되어야 할 것이다. 만약 많은 업체들이 공업용수를 비효율적으로 사용하고 있다면 우선적으로 공업용수 사용의 효율성을 제고하는 정책 방안이 우선되어야 할 것이다. 따라서 본 연구에서는 개별 제조업체에서 투입요소로 사용하고 있는 공업용수의 효율성을 분석하고자 하였다.

추정결과를 보면 평균적인 공업용수의 순수 기술적 효율성은 0.407정도로 모든 업체들이 효율적으로 생산하고 있다는 가정하에 분석한 모형의 추정결과에 한계가 있음을 보여준다. 그리고 모든 투입요소를 가변적으로 보고 투입요소를 동일한 비율로 변화시킬 수 있다는 가정을 토대로 수행한 기존 연구에서 추정한 기술적 효율성 수준에 비하여 상대적으로 낮은 추정치를 보여준다. 이는 공업용수 사용에 대한 비용이 다른 투입요소에 비하여 상대적으로 적어서 공업용수의 효율적인 활용에 대한 관심이 낮았고 효율성 제고를 위한 노력이 상대적으로 작았던 것이 하나의 원인일 수 있을 것이다. 1998년도에 비하여 2003년도의 용수 사용량 대비 산출량은 크게 증가하여 공업용수 투입 대비 평균생산성은 크게 향상되었으나 기술적 효율성 수준은 상당히 낮은 것으로 추정되었다. 따라서 향후 물 부족 문제가 심각히 제기된다면 개별 업체들이 사용하고 있는 공업용수의 효율적인 활용에 대한 정책 방안이 마련되어야 할 것이다.

본 연구에서는 개별 업체에서 투입요소로 사용하고 있는 공업용수의 기술적 효율성을 추정하여 업종별 공업용수의 기술적 비효율성 정도를 분석하였다. 이러한 연구는 수자원 수요관리 정책 효율성을 제고하기 위한 토대를 제공하지만 개별업체의 비효율성 추정치가 상이한 원인에 대한 분석까지는 포함하지 못하고 있다. 따라서 향후 연구에서는 공업용수 투입의 기술적 비효율성이 나타나게 된 원인을 분석할 수 있도록 개별 업체의 현황 자료를 구축하고 본 연구에서 추정한 기술적 비효율성과 상관관계를 분석함으로써 공업용수의 효율적인 관리 방안을 제시하는데 초점을 두어야 할 것이다.

감사의 글

본 논문은 2007년도 건국대학교 지원에 의하여 연구

되었습니다.

참고 문헌

- 강상목, 윤영득, 이명현 (2005). "산업의 생산성 성장, 기술효율, 환경성과." **경제학연구**, 제53집, 제2호, pp. 5-39.
- 노택선, 민충기, 염건 (2000). "비모수계획법을 이용한 생산성의 추정과 요인분석:통신산업의 국각간 비교." **정보통신정책연구**, 제7권, 제2호, pp. 1-35.
- 민동기 (2005). "공업용수 수요량 추정과 가격현실화 정책 효과 분석." **자원□환경경제연구**, 제14권, 제2호, pp. 475-491.
- 민동기 (2006). "제조업 생산에 대한 공업용수의 한계생산가치와 가격탄력성 연구." **자원□환경경제연구**, 제15권, 제5호, pp. 961-989.
- 박현수, 지우석 (2004). "우리나라 첨단기업의 기술적 효율성 추정에 관한 연구." **지역연구**, 제20권, 제2호, pp. 1-20.
- 이명현 (1997). "한국제조업의 용수에 대한 적적가격 설정." **자원□환경경제연구**, 제7권, 제1호, pp. 153-164.
- 통계청 (2003). **산업총조사 보고서**.
- 한광호 (2001). "한국제조업의 생산성결정요인:비모수적 맨퀴스트 생산성 지수에 의한 분석." **경제학연구**, 제49집, 제4호, pp. 37-61.
- 한광호 (2005). "한국제조업의 중요소생산성, 효율성 변화와 기술진보:SFA와 DEA에 의한 추정." **경제학연구**, 제53집, 제4호, pp. 119-146.
- Flre, R. and Grosskopf S. (1996). "Productivity and Intermediate Products: A frontier Approach." *Economic Letters*, Vol. 50, pp. 65-70.
- Flre, R. and Grosskopf S. (2000). "Theory and Application of Directional Distance Function." *Journal of Productivity Analysis*, Vol. 13, No.2, pp. 93-103.
- Flre, R., Grosskopf S., Norria M. and Zhang Z. (1994). "Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries." *American Economic Review*, Vol. 84, No.1, pp. 66-83.
- Flre, R. and Grosskopf S. (2000). *Reference guide to OnFront*, Economic Measurement and Quality in Lund Co., Lund, Sweden
- Hsiao, F.S.T and Park, C.S. (2005). "Korean and Taiwanese Productivity Performance: Comparisons at matched Manufacturing Levels." *Journal of Productivity Analysis*, Vol. 23, No.1, pp. 85-107.
- Renzetti, S (1992). "Estimating the structure of industrial water demands: the case of Canadian manufacturing." *Land Economics*, Vol. 68, pp. 396-404.
- Robert, A. (2005). *Determining the Economic Value of Water*. RFF Press.

(논문번호:07-149/접수:2007.12.17/심사완료:2008.04.11)