

투입요소로서의 공업용수 한계가치추정

민동기*, 이기성**

Dong Ki Min, Ki Seong Lee

요 지

본 연구는 수자원관리 정책에 필요한 공업용수의 한계가치를 추정하고자 하였다. 그동안 우리나라에서는 공업용수 관련 자료의 한계 등으로 공업용수 가치 추정에 대한 연구가 이루어지지 않았다. 따라서 본 연구에서는 해외에서 진행된 다양한 형태의 가치 추정 방법론 중에서 생산함수를 이용하는 방법을 토대로 공업용수 가치를 추정하였다. 분석결과에 의하면 공업용수의 가치는 공업용수의 가격에 비하여 높은 것으로 나타나 효율적인 수자원관리를 위해서는 생산원가를 반영하는 수준의 적절한 용수 가격 인상의 당위성이 있음을 보여준다.

핵심용어: 공업용수, 콤팩트 생산함수, 트랜스로그 생산함수, 한계 가치

1. 서 론

최근 들어 용수 관리정책에 대한 관심이 급증하고 있다. 1990년대 까지 용수 관리 정책은 주로 주어진 수요량을 충족시키기 위한 공급량 확대 정책에 초점을 두었다. 그러나 댐 건설을 통한 공급량 확대 정책은 환경 보전에 대한 관심이 증가함에 따라 실행하기가 어려워지고 있으며 그 대안으로 용수 수요관리 정책이 주요한 정책 수단으로 등장하였다.

용수는 용도별로 생활용수, 공업용수, 농업용수 등 세 가지로 구분하고 있다. 이 중에서 생활용수 부문에 대해서는 많은 자료가 구축되어 있으며 수요관리 정책을 수행하기 위한 많은 연구가 이루어지고 있다. 즉, 생활용수 부문은 가정용, 영업용, 업무용 등 용도별 사용량 및 부과액 자료가 연도별로 구축되어 수요관리 정책 방안의 효과 분석을 위한 토대가 잘 이루어졌다. 그러나 공업용수 부문의 경우에는 실제 사용량을 매년 조사하는 기관이 없으며 공업용수 공급원이 생활용수의 공업용, 공업용수도, 지하수, 하천수 및 해수 등으로 매우 다양하여 각 공급원별로 정확하게 공급량을 산정하는 것은 한계가 있다. 따라서 공업용수 사용량 자료가 제대로 구축되어 있지 않을 뿐 아니라 지하수, 하천수 및 해수 등은 사용량을 개별 업체가 신고하거나 허가를 받는 양으로 실제 사용량과는 차이가 있을 수 있으며 공업용수 사용량에 대한 지불금액 또한 실제 지불액과 차이가 있을 수 있다.

이와 같은 자료의 한계와 더불어 공업용수를 투입요소로 사용하여 제품을 생산하는 대부분의 기업들에게 공업용수는 여러 투입요소 중의 하나로 비용측면에서 차지하는 비중이 다른 투입요소에 비하여 매우 미미하므로 공업용수에 대한 관심이 별로 없었다. 따라서 외국에서도 생활용수 부문에 비하여 공업용수에 대한 연구는 상대적으로 별로 이루어지지 않았다. 그러나 산업발전과 더불어 공업용수에 대한 수요는 증가하여 왔으나 용수 공급량은 제한되고 있는 현실에서 체계적인 수요관리 정책을 수행하기 위해서는 용수 사용량 중에서 큰 비중을 차지하고 있는 공업용수에 대한 체계적인 분석이 시급한 실정이다.

* 정회원건국대학교 상경대학 경제학과 교수 E-mail:dkm2@konkuk.ac.kr

** 정회원건국대학교 상경대학 경제학과 강사 E-mail:ekis21@hanmail.net

본 연구에서는 용수 관리 정책의 하나인 용수 배분의 효율성을 제고시키기 위한 정책 기준을 제시하고자 생산함수를 이용하여 공업용수에 대한 가치를 추정한다.

2. 생산함수를 이용한 공업용수의 한계가치 추정 모형

본 장에서는 생산함수를 이용하여 공업용수의 가치를 추정하는 모형을 설정한다. 공업용수 가치 추정에 사용되는 생산함수로 Cobb-Douglas 생산함수와 Translog 생산함수를 이용한다. 두 생산함수를 토대로 공업용수 가치를 추정한 결과를 비교함으로써 추정결과가 생산함수의 변화에 따라 변하는지 검정할 수 있다.

생산함수는 다음과 같이 개별 투입요소와 산출량의 관계로 나타낼 수 있다.

$$Q = f(K, L, W, m)$$

Q: 산업 생산액 K: 자본투입 L: 노동투입 W: 용수투입 m: 중간투입

생산함수를 Cobb-Douglas 생산함수로 설정하는 경우 함수 형태는 다음과 같다.

$$Q = AK^{\alpha_1} L^{\alpha_2} W^{\alpha_3} m^{\alpha_4}$$

위 함수식의 양변에 log를 취하여 함수식을 변형하면 아래와 같은 식이 도출된다.

$$\ln Q = \ln A + \alpha_1 \ln K + \alpha_2 \ln L + \alpha_3 \ln W + \alpha_4 \ln m$$

이 식에서 각 변수의 추정된 계수 값이 각 변수의 생산탄력성을 나타낸다. 따라서 공업용수의 계수(α_3)는 공업용수의 생산 탄력성 값을 나타낸다.

$$\alpha_3 = \frac{\partial Q/Q}{\partial W/W}$$

이 식으로 부터 용수의 한계생산($\frac{\partial Q}{\partial W}$)은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\partial Q/\partial W = \alpha_3 (Q/W)$$

Translog 생산함수 식은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \ln Q = & \ln A + \alpha_1 \ln K + \alpha_2 \ln L + \alpha_3 \ln W + \alpha_4 \ln m + \alpha_5 \ln K \cdot \ln L \\ & + \alpha_6 \ln K \cdot \ln W + \alpha_7 \ln K \cdot \ln m + \alpha_8 \ln L \cdot \ln W + \alpha_9 \ln L \cdot \ln m \\ & + \alpha_{10} \ln W \cdot \ln m + \alpha_{11} (\ln K)^2 + \alpha_{12} (\ln L)^2 + \alpha_{13} (\ln W)^2 + \alpha_{14} (\ln m)^2 \end{aligned}$$

위 함수식의 양변에 log를 취하여 함수식을 변형하면 아래와 같은 식이 도출된다.

$$\ln Q = \ln A + \alpha_1 \ln K + \alpha_2 \ln L + \alpha_3 \ln W + \alpha_4 \ln m$$

이 식을 공업용수(W)로 미분하면 아래와 같은 식이 유도되며 이 식을 이용하여 공업용수의 생산탄력성 값을 추정할 수 있다.

$$\varepsilon = \alpha_3 + \alpha_6 \ln K + \alpha_8 \ln L + \alpha_{10} \ln m + 2\alpha_{13} \ln W$$

도출된 공업용수 생산탄력성 추정치(ϵ)와 생산액 및 공업용수 투입량 추정치를 아래 식에 적용하여 공업용수의 한계생산가치를 추정할 수 있다.

$$\frac{\partial Q}{\partial W} = \epsilon(Q/W)$$

3. 실증분석

3.1 자료 분석

본 연구는 통계청에서 5년마다 조사하는 산업총조사 원자료를 이용하였다. 산업총조사에서는 공업용수 사용량을 공급원별로 구분하여 조사하고 있다. 시·군별로 1개 업소만이 있어 사업체의 정보 유출 가능성이 있는 자료를 제외하고 획득할 수 있었던 원자료 중에서 본 연구에 적합한 자료는 1998년 18,360개의 사업체, 2003년 29,940개의 사업체 자료이다. 연도별 개별 변수의 특성은 <표 1>과 같다.

표 1. 변수별 특성

변수명	평균값		표준편차	
	1998년	2003년	1998년	2003년
산출액(백만원)	9,725	10,925	134,821	152,684
자본액(백만원)	6,211	4,910	100,560	85,342
노동(명)	42	36	283	249
중간투입액(백만원)	5,140	5,928	82,893	89,117
용수(톤)	70,940	38,109	1,429,007	557,706
자료 수(사업체)	18,360	29,940		

3.2 분석 결과

공업용수 가치 추정을 위한 계량 분석에서 생산함수별로 산업별 가변수와 지역별 가변수를 포함하여 분석하였다. Cobb-Douglas 생산함수와 Translog 생산함수를 이용하여 개별 투입요소와 산출액과의 관계를 분석한 결과는 <표 2>와 같다. Cobb-Douglas 생산함수를 이용한 분석에서 투입요소의 계수 값들이 모두 양으로 추정되어 투입요소들의 산출탄력성 값들이 모두 양의 값을 보였으며 모든 추정값들이 유의한 것으로 나타났다. Translog 생산함수에서 추정된 계수값을 이용하여 추정된 공업용수의 산출탄력성 추정값도 양의 값으로 나타났다. 공업용수 한계 가치는 공업용수의 산출탄력성 추정치에 평균 산출액을 곱하고 평균 용수 사용량으로 나누면 도출된다. Cobb-Douglas 생산함수 추정에서는 공업용수의 추정 계수 값이 산출 탄력성을 나타내므로 이 값에 평균 산출액을 곱하고 평균 용수사용량으로 나누면 도출된다. 1998년도 공업용수의 한계가치는 아래 식에서 공업용수 톤당 1,289원으로 추정되었다.

$$\frac{\partial Q}{\partial W} 98 = 0.0094 * (9,725 / 70,940) * 1,000,000 \text{원} = 1,289 \text{원/톤}$$

표 2. 모형별 추정 계수 값

	Cobb-Douglas 생산함수		Translog 생산함수	
	1998년	2003년	1998년	2003년
Ln K	0.0446***	0.0496***	0.0381***	0.03***
Ln L	0.4202***	0.4408***	0.7716***	0.8285***
Ln W	0.0094***	0.0182***	0.0167*	0.0380***
Ln m	0.5907***	0.5625***	0.2478***	0.2435***
Ln KL			0.0260***	0.0203***
Ln KW			0.0010	-0.0002
Ln Km			-0.0239***	-0.0218***
Ln LW			0.0007	0.0060***
Ln Lm			-0.1550***	-0.1594***
Ln Wm			-0.0028*	-0.0094***
Ln KK			0.0056***	0.0088***
Ln LL			0.0660***	0.0706***
Ln WW			-0.0001	0.0016***
Ln mm			0.0813***	0.0803***
Adj R ²	0.9511	0.9427	0.9626	0.9566
F statistic	8908.86***	12300.37***	9435.58***	13,180***
SSR	2262.86	4294.42	1729.02	3,252
표본 수	18,360	29,940	18,360	29,940

주:*** 유의수준 0.01, ** 유의수준 0.05, * 유의수준 0.10에서 유의함

Translog 생산함수에서는 공업용수의 log 값으로 생산함수식을 미분하여 공업용수 탄력성을 구한 후 이 값에 평균 산출액을 곱하고 평균 용수사용량으로 나누면 도출된다. 아래 식으로부터 계산한 1998년도 공업용수의 한계가치는 Cobb-Douglas 생산함수의 추정 값과 동일하게 1,289원/톤으로 추정되어 생산함수의 형태와 무관하게 동일한 값으로 추정되었다.

$$\begin{aligned} \frac{\partial Q}{\partial W} 98 &= \{0.0167 + 0.0010(\text{Ln } K) + 0.0007(\text{Ln } L) - 0.0028(\text{Ln } m) - 0.0001*2*(\text{Ln } W)\} \\ &\quad *(9,725/70,940)*1,000,000\text{원} \\ &= \{0.0167 + 0.0010(5.780) + 0.0007(2.799) - 0.0028(5.957) - 0.0001*2*(7.924)\} \\ &\quad *(9,725/70,940)*1,000,000\text{원} = 0.0094*(9,725/70,940)*1,000,000\text{원}=1,289\text{원/톤} \end{aligned}$$

Cobb-Douglas 생산함수 추정 결과를 이용한 2003년도 공업용수의 한계가치는 아래 식에서 공업용수 톤당 5,218원으로 추정되었다.

$$\frac{\partial Q}{\partial W} 03 = 0.0182*(10,925/38,109)*1,000,000\text{원}=5,218\text{원/톤}$$

Translog 생산함수 추정결과를 이용한 공업용수의 한계가치는 아래 식으로 부터 5,734원/톤으로 추정되어 Cobb-Douglas 생산함수에서의 추정결과와 유사하게 추정되었다.

$$\begin{aligned} \frac{\partial Q}{\partial W} &= \{0.0380 - 0.0002(\ln K) + 0.0060(\ln l) - 0.0094(\ln m) + 0.0016 \cdot 2 \cdot (\ln W)\} \\ &\quad \cdot (10,925/38,109) \cdot 1,000,000 \text{원} \\ &= \{0.0380 - 0.0002(5.740) + 0.0060(2.736) - 0.0094(6.187) + 0.0016 \cdot 2 \cdot (7.786)\} \\ &\quad \cdot (10,925/38,109) \cdot 1,000,000 \text{원} = 0.024 \cdot (10,925/38,109) \cdot 1,000,000 \text{원} = 5,734 \text{원/톤} \end{aligned}$$

Translog 생산함수에서는 공업용수의 log 값으로 생산함수식을 미분하여 공업용수 탄력성을 구한 후 이 값에 평균 산출액을 곱하고 평균 용수사용량으로 나누면 도출된다. 아래 식으로부터 계산한 1998년도 공업용수의 한계가치는 Cobb-Douglas 생산함수의 추정 값과 동일하게 1,289원/톤으로 추정되어 생산함수의 형태와 무관하게 동일한 값으로 추정되었다.

Cobb-Douglas 생산함수 추정 결과를 이용한 2003년도 공업용수의 한계가치는 아래 식에서 공업용수 톤당 5,218원으로 추정되었다.

Translog 생산함수 추정결과를 이용한 공업용수의 한계가치는 아래 식으로 부터 5,734원/톤으로 추정되어 Cobb-Douglas 생산함수에서의 추정결과와 유사하게 추정되었다.

4. 결론

1998년도에 비하여 2003년도의 공업용수 가치 추정결과는 상당히 증가한 것으로 나타났다. 공업용수의 가격을 고려한다면 분석 대상의 어느 연도에서든지 공업용수의 한계가치가 용수 가격보다 상당히 크게 나타났다. 이러한 예는 많은 나라에서 나타나고 있는 현상이다. 생산함수를 이용하여 중국을 대상으로 공업용수의 가치를 추정한 Wang and Lall(2001)의 연구 결과에서도 톤당 약 12.75위안 정도로 추정하고 있다.

본 연구의 분석 결과를 토대로 보면 공업용수의 한계가치는 공업용수의 가격보다 상대적으로 더 크므로 공업용수 가격 현실화의 필요성 및 당위성이 있음을 보인다. 즉, 공업용수의 가격을 한계가격을 반영하는 수준으로 인상하는 것이 현실적으로 어려움이 있더라도 최소한 사회적 비용을 포함한 공업용수 생산원가를 반영하는 수준으로 공업용수 가격을 인상할 필요는 있다.

감사의 글

본 연구는 21세기 프론티어 연구 개발 사업인 수자원의 지속적 확보기술개발 사업단의 연구비 지원(과제 번호 1-10-2)에 의해 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

참고 문헌

1. 통계청, 산업총조사보고서, 1998
2. 임재환, 미곡생산에 있어 최적자원배분에 관한연구:물과 비료를 중심으로, 1999
3. 김태유 외, 물관리의 최적화를 위한 수도요금 정책방향에 관한 연구, 한국수자원공사, 1998
4. Wang, Hua, and S. Lall, "Valuing Water for Chinese Industries" *Applies Economics*, Vol. 34, No. 6, 2002
5. Young, Robert, A. 『*Determining the Economic Value of Water*』, 2005
6. <http://www.moct.go.kr>