

공업용수의 수종별 경제적 가치 추정 Economic Value of Industrial Water Use

이 주 석* / 박 선 영** / 류 문 현*** / 유 승 훈****

Lee, Joo Suk / Park, Sun Young / Ryu, Mun Hyun / Yoo, Seung Hoon

Abstract

The information on the economic value of industrial water use is widely demanded in policy analysis area as well as academic research area. Therefore, this study attempts to obtain more accurate economic value of industrial water use using the economic theory. To this end, we conducted a survey of 1,017 manufacturing firms and estimated the economic value of industrial water use based on the concept of value of marginal product (VMP). Moreover, this study tried to estimate the VMP of three industrial water types, river water, precipitated water, and purified water. The results show that the VMPs of river water, precipitated water and purified water are estimated to be 769.24 won/m³, 896.76 won/m³ and 1,861.95 won/m³, respectively. The value for the precipitated water found in this study is not significantly different from that (885.1 won/m³) used in the pre-feasibility test implemented by Korea Development Institute (KDI). These imply that the latter is appropriate for evaluating the economic benefit of supplying industrial water, though it is based on 2003 Industry Survey.

Keywords : industrial water, economic value, production function, marginal value of product

요 지

공업용수의 경제적 가치에 대한 정보는 학술적 연구 분야뿐만 아니라 정책평가 영역에서도 광범위하게 요구되고 있다. 이에 본 연구에서는 경제이론에 근거하여 수종별 공업용수의 경제적 가치를 추정하고자 한다. 이를 위해 본 연구에서는 전국 국가산업단지 및 지방산업단지 등에 위치한 제조업체 1,017개를 대상으로 한 설문조사를 통해 수집한 자료를 이용하여 공업용수의 경제적 가치를 추정을 시도하되 원수·침전수·정수 등 수종별로 구분된 경제적 가치를 도출하고자 하였다. 분석결과, 2010년 말 기준 공업용수의 수종별 한계생산가치는 정수가 1,861.95(원/m³), 침전수가 896.76(원/m³), 원수가 769.24(원/m³)로 추정되었다. 이러한 분석결과는 한국개발연구원이 수자원부문의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제4판)의 보완을 위한 공업용수 공급편익 산정요령 가이드라인(2011)에서 2003년 산업총조사 자료를 이용하여 분석한 결과로 제시한 공업용수 침전수의 한계생산가치 885.1원/m³(침전수, 2010년 말 기준)과 비교할 때 별 차이가 없다. 이러한 점은 현재 한국개발연구원에서 현재 적용하고 있는 공업용수 침전수의 공급편익 원단위가 적절함을 시사한다.

핵심용어 : 공업용수, 경제적 가치, 생산함수, 한계생산가치

* 호서대학교 해외개발학과 조교수 (e-mail: leejoosuk@hoseo.edu)

Assistant Professor, Department of International Area Studies, Hoseo University, 268 Anseo-dong, Cheonan, Chungnam 330-713, Korea.

** 고려대학교 경제학과 박사과정 (e-mail: korea04@korea.ac.kr)

Ph.D., Candidate., Department of Economics, Korea University, 5-1 Anam-dong, Sungbuk-gu, Seoul 136-701, Korea.

*** 한국수자원공사 K-water 연구원 책임연구원 (e-mail: ryumsejj@kwater.or.kr)

Principal Researcher, K-water Institute, Korea Water Resources Corporation, 462-1 Junmin-dong, Yuseong-gu, Daejeon 305-370, Korea.

**** 교신저자, 서울과학기술대학교 에너지환경대학원 교수 (e-mail: shyoo@seoultech.ac.kr)

Corresponding Author, Professor, Graduate School of Energy & Environment, Seoul National University of Science & Technology, 172 Gongneung-dong, Nowon-gu, Seoul 139-743, Korea.

1. 서론

공업용수는 공업의 생산과정에 원료, 제품처리, 냉각, 세정 등에 사용되는 용수로서 생산요소로서의 역할을 통해 경제적 가치를 발생시키는 필수적인 투입요소이다. 따라서 원활한 산업활동을 위해서는 용수공급을 위한 투자가 효율적으로 이루어지지 않으면 안 되며, 이와 관련된 의사결정에 있어서 공업용수의 경제적 가치에 대한 정보는 필수적으로 요구된다. 즉, 산업투자의 중요한 전제조건인 용수 투입의 효율성을 도모하기 위해서 공업용수의 경제적 가치에 대한 분석은 용수공급 사업의 추진에 필수적이다.

그동안 공업용수의 경제적 가치는 다음과 같은 방법으로 논의되어 왔다. 공업용수의 경제적 가치보다 넓은 범위인 공업용수의 편익은 생공용수 공급편익이라 하여 생활용수와 합쳐서 산정하는 경향이 있었다. 또한 경우에 따라서는 편익산정의 어려움으로 광역상수도 평균요금으로 공업용수의 경제적 가치를 대체하여 적용하는 평균가격 접근법이 활용되기도 하였다. 그러나 공업용수의 경우 공공재적 성격으로 인하여 생산원가 이하에서 공급가격이 결정되고 있기 때문에 이러한 평균가격 접근법을 활용하여 공업용수도의 경제적 가치를 환산할 경우 공업용수의 경제적 가치를 저평가하게 된다. 특히 Spulber and Sabbagh (1994)는 용수의 효율적 이용을 위해서 용수에 대해 과거 공학적 단순원가 개념에서 벗어나 경제이론에 근거한 경제적 가치의 측정을 통해 용수의 가치를 규명할 필요가 있다고 강조한 바 있다.

공업용수의 경제적 가치를 산정하는 방법에는 크게 2 가지 방법이 있다. 첫째, 공업용수에 대한 수요함수를 직접 추정하여 이로부터 수요함수의 아랫면적을 구하여 공업용수의 경제적 가치를 구하는 방식이다. 유승훈과 박광섭(2006) 및 구세주와 유승훈 (2010)의 연구에서는 생활용수에 대해 이러한 접근법을 적용한 바 있으며, 어승섭·유승훈(2010)의 연구에서는 공업용수를 대상으로 이러한 접근법을 적용하였다. 둘째, 생산함수를 추정한 후 이로부터 공업용수에 대한 역수요함수에 해당하는 한계생산가치함수를 유도하여 한계생산가치함수의 아랫면적으로 공업용수의 경제적 가치를 구하는 방안이 있다. 김길호 등 (2009) 및 Ku and Yoo (2012)의 연구는 이러한 한계생산가치 접근법을 적용하였다.

한편 기업의 업종과 규모 등에 따라 사용되는 공업용수의 양과 수질이 다를 수 있다. 즉, 용수의 용도에 따라 원수, 침전수, 또는 정수의 형태로 공업용수가 공급되기 때문에 용수의 수질과 용도에 따라 그 경제적 가치가 다르

다. 따라서 보다 엄밀한 공업용수의 경제적 가치를 산정하기 위해서는 수종별로 공업용수의 경제적 가치를 산정해야 한다. 그러나 아직까지 국내에는 이와 관련된 구체적인 연구가 많지 않은 상황이다. 김길호 외(2009)의 연구는 이러한 점에서 선구자적 연구라 할 수 있다. 하지만 2003년 산업총조사 자료를 이용하였기에 2011년이라는 현재 시점에서 이 연구결과를 그대로 활용하기에는 어려움이 없지 않다. 아울러 선행 연구는 수종별로 공업용수의 경제적 가치가 구분되어 있지 않아 수종별 구분도 필요한 상황이다.

이에 본 논문에서는 기업체에 대한 설문조사자료를 바탕으로 수종별 공업용수의 경제적 가치를 추정함으로써 산업현장에서 세밀한 정책적 대응을 기할 수 있는 기초연구가 될 것이다. 이를 위한 본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 제2장에서는 공업용수의 경제적 가치 추정방법론 및 연구사례를 살펴본다. 제3장에서는 본 연구에 적용할 연구모형과 실제 추정방법 및 설문조사에 대하여 논의한다. 제4장에서는 실제 추정결과를 바탕으로 수종별 공업용수 공급의 경제적 가치를 살펴본다. 마지막 장은 연구의 결과를 요약하면서 결론을 제시하고 연구결과의 시사점과 향후 연구전망에 대해 논의한다.

2. 공업용수의 경제적 가치 추정 방법론 및 연구사례

2.1 공업용수의 경제적 가치 추정 방법론

공업용수의 경제적 가치를 추정할 수 있는 방법론은 통상적으로 수요함수 접근법, 원가기준 접근법, 평균가격 접근법, 잠재가격 접근법, 대안비용 접근법 등으로 분류할 수 있다(한국개발연구원, 2003).

수요함수 접근법은 공업용수에 대한 수요곡선을 구할 수 있을 때 적용되며, 수요곡선의 아래 면적으로 용수의 가치를 추정하게 된다. 수요함수 접근법은 지불의사액이라는 후생경제학에 근거한 후생값을 측정하고 있기에 가장 바람직하다. 일반적으로 다른 재화들의 가격이 일정할 때, 관심대상 재화의 가격이 변하면 수요량도 따라서 변하게 된다. 만일 이 재화에 대한 수요량과 가격 사이의 관계를 나타내는 적절한 수요곡선을 추정할 수 있다면 그러한 수요곡선의 높이는 바로 한 단위의 재화를 얻기 위해 지불할 의사가 있는 최대 가격을 의미하는 한계지불의사액 또는 한계편익이 된다.

원가기준 접근법은 자원의 사용비용(resource cost) 또는 일종의 대체비용(replacement cost)을 반영한다는 측

면에서 원가기준을 통해 용수공급의 편익을 추정하는 방법이다. 용수를 저류 및 취수하는데 따른 비용과 이를 정수하여 공급하는 데 소요되는 비용을 합한 용수 생산원가에 의한 방법이다. 현행 용수 생산원가에는 용수생산에 필요한 다양한 자원들의 시장가치가 종합적으로 반영되어 있다고 할 수 있으며, 아울러 용수 생산원가가 기존의 용수공급시설을 이용할 때의 비용을 반영한다는 측면에서 일종의 대체비용으로 파악할 수 있다. 그러나 이 방법은 공급측면의 분석이기 때문에 상수도의 생산수단에 따라 원가의 편차가 크다는 문제가 있다. 또한 개별 용수공급사업의 경제성을 판단할 때 생산원가에 반영된 공급자의 비용이 편익으로 산정되므로 사업 자체의 비용·편익 분석으로는 의미가 없다. 즉 원가기준 접근법은 용수 소비자들의 지불의사액과 무관하게 결정된다는 점에서 진정한 용수공급 편익을 과소하게 평가할 가능성이 존재한다.

평균가격 접근법은 용수의 평균가격(=급수수입/급수사용량)을 이용하여 용수공급 편익의 대용값으로 사용하는 것이다. 이는 시장에서 거래되는 가격을 사용자들이 용수공급에 지불하고자 하는 단위당 지불의사액으로 간주할 수 있다는 사실에 근거한다. 즉 용수시장의 신호가 가격이라는 점을 이용한 것이다. 그러나 현실적으로 용수의 가격이 정책적인 목적에서 중앙정부 혹은 지방정부에 의해 어느 정도 통제되고 있는 점을 감안할 때, 평균가격 접근법을 통해 구해진 용수공급의 편익은 해석상의 어려운 점이 없지 않다. 즉 현재의 용수가격을 진정한 시장가격으로 보기에 는 무리가 따른다. 그동안 추진되어 왔던 용수요금 현실화 정책이 목표를 달성한다 하더라도 용수 수요 감소를 위한 수요관리 측면에서 접근한 것이므로 이 역시 시장가격으로 보기에 는 한계가 있다. 따라서 평균가격 접근법은 원가기준 접근법과 마찬가지로 수요함수 접근법에 대한 보조적 수단으로 사용되는 것이 바람직하다.

잠재가격 접근법(residual imputation approach)은 생산 과정에 사용된 각 투입요소에 산출물의 총 가치를 분할함으로써 각 요소의 잠재가격(shadow price)을 추정한다. 만약 하나의 투입요소를 제외하고 나머지 투입요소에 정확한 가격을 매길 수 있다면, 시장기능(market mechanism)을 통해 총 산출물의 잔여분은 가격이 매겨지지 않은 투입요소의 기여에 따라 생산된 것으로 간주할 수 있다. 이 접근법은 개념적으로 명확하고 적용이 비교적 간단하다는 장점이 있지만, 두 가지 강한 가정을 필요로 한다. 첫째, 모든 투입요소의 가격들은 그들 각각의 한계수익(marginal return)과 같다고 가정한다. 이는 용수를 제외한 모든 투입요소의 가치가 그들의 가격에 반영된다는 가

정에 기초한다. 둘째, 산출물의 총 가치가 생산에 사용된 모든 투입요소들의 가치를 모두 더한 값과 같다고 가정한다. 이 두 가정은 생산에 있어 규모수익불변(CRS, constant returns to scale)임을 전제한다. 만약 이 가정들이 충족되지 않는다면, 그에 따라 용수의 가치는 과대 혹은 과소 추정된다. 만약 투입요소들에 대한 시장왜곡이나 시장 실패가 존재한다면 첫 번째 가정이 충족되지 않는다. 이는 다른 투입 요소들의 가치 추정에 오류가 생기기 때문이다. 만약 생산 과정이 규모에 대한 수익체증(increasing return to scale)일 경우, 두 번째 가정이 충족되지 않고, 용수의 가치는 과소하게 평가될 것이다. 이 방법은 개념적으로 명확하고 적용이 비교적 간단하다는 장점을 가지고 있지만 앞서 언급한 강한 가정이 전제되므로 적용에 있어서 주의가 요망된다.

대안비용 접근법(alternative cost approach)은 용수에 대해 수요함수를 직접 구할 수 없을 경우에 기회비용 개념의 관점에서 용수의 가치 추정에 널리 적용되고 있다. 만약 재화나 서비스의 생산과정에서 용수 대신 다른 투입요소로의 대체가 가능하다면, 현재의 저비용 생산공정 대신에, 용수를 적게 쓰는 고비용 생산공정을 사용할 수 있다. 이럴 경우 현재의 저비용 생산공정과 용수를 적게 사용하는 고비용 생산공정 사이에 생산비용의 차이가 추정되고, 고비용 생산공정을 사용할 때 현재의 절약되는 용수량을 구하게 된다. 이렇게 구한 두 생산 공정 사이의 생산비용 차이를 고비용 생산공정을 사용할 때 현재의 절약되는 용수량으로 나누면 용수의 가치가 추정된다. 이 접근법을 적용하기 위해서는 두 생산 공정에 대한 공정과 비용구조가 필요하다. 이렇게 대안비용 접근법의 이론은 매우 단순하지만, 실제 적용에 있어서는 시간과 노력이 필요하다.

부가가치 접근법(value-added approach)은 앞에서 언급한 잠재가격 접근법과 유사하다. 그러나 부가가치 접근법에서는 잠재가격 접근법과 달리 가치 추정에 있어 용수의 기여뿐만 아니라 최종 생산물의 가치에 포함된 임금, 감가상각, 이윤, 지대, 이자와 간접세 등 모든 원초적 투입요소의 기여까지 포함한다는 차이가 있다. 용수의 가치는 특정부문의 부가가치를 단순히 이 부문에 투입된 용수의 양으로 나눔으로써 추정되며 흔히 원단위라고 불린다. 즉 용수를 제외한 다른 기본적 투입요소들의 잠재가격을 0이라 가정하여 총 부가가치가 용수에 의한 것으로 본다. 그러나 이러한 방법은 용수의 가치를 과대 추정할 가능성이 있다. 따라서 다른 기본적 투입요소들의 기회비용이 0이라는 가정이 유효할 경우나 다른 방법으로 경제적인 가치

를 추정할 수 없을 경우를 제외하고 잘 사용되지 않는다. 공업용수를 투입요소로 하는 생산함수를 추정하기 위해서는 기타 여러 정보가 필요하므로 보다 간단하게 산업별 공업용수의 가치를 구하기 위해서는 각 산업의 부가가치를 공업용수 투입량으로 나눈 값을 단위당 공업용수의 가치로 삼는 부가가치 접근법의 적용도 고려해 볼 수 있다. 하지만 단순한 부가가치 접근법보다는 경제이론에 근거한 생산함수 접근법이 보다 바람직한 방법인 점은 분명하다.

2.2 기존의 연구사례

자료 취득의 한계로 인해 생산함수를 이용하여 공업용수의 경제적 가치를 분석한 국내의 연구사례는 많지 않다. 민동기(2006)는 생산함수를 이용하여 역수요함수를 추정하는 방식으로 공업용수의 한계생산가치와 가격탄력성을 추정한 바 있다. 2003년 산업총조사에서 총 17,212개의 사업체 자료를 이용하여 분석한 결과, 공업용수의 한계가치가 콥-더글러스 생산함수와 초월대수 생산함수에서 각각 톤당 5,769.4원과 5,794.2원으로 추정되었다. 또한 2003년 산업총조사를 활용한 한국개발연구원의 수자원부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완연구(제4판)의 보완을 위한 공업용수 공급편의 산정요령 가이드라인(2011)의 경우에도 생산함수를 이용하여 공업용수의 경제적 가치를 산정하였는데 침전수 기준으로 855.2원/m³로 추정되었다. 한편 한국개발연구원에서는 동 추정치를 원수와 침전수, 정수와 침전수의 공업용수 공급가격 비율로 조정한 610.7원/m³, 1,129.6원/m³을 각각 원수와 침전수의 한계생산가치로 적용하여 국내의 공업용수 공급사업에 대한 평가에 적용할 계획이다.

3. 설문조사 및 분석모형

3.1 개요

공업용수의 경제적 가치를 산정한 기존의 연구들은 생산함수를 이용하여 역수요함수를 추정하기 위해서 2003년 산업총조사로부터 수집한 데이터를 바탕으로 공업용수의 공급탄력성과 한계생산가치를 추정하였다. 하지만 이 연구는 데이터 수집과 선별에서 두 가지 한계점을 가지는 것으로 나타났다. 첫째, 통계청에서 현재 제공하는 산업총조사 자료가 2003년이라는 다소 먼 과거의 자료이기 때문에 생산자 물가지수를 반영하여 보정하였다는 것이고, 둘째, 분석자료 중 37%의 경우 용수비 지출액이 0으로 기재되어 있는데 이는 조사표의 단위가 백만원 단위이기 때문에 백만원 이하인 사업체를 누락시킬 수밖에 없

었기 때문이었다.

본 연구는 이러한 한계를 극복하면서 제조업체를 대상으로 공업용수의 공급탄력성과 한계생산가치를 추정하고자 하며, 추정방법으로는 지불의사액이라는 후생경제학에 근거한 후생값을 측정하고 있어 가장 바람직하다고 알려져 있는 수요함수 접근법을 이용하고자 한다. 또한 더 나아가 공업용수를 원수, 침전수, 정수로 나누어 생산함수를 이용하여 역수요함수를 추정하는 방법을 사용하여 각각의 경우의 공급탄력성과 한계생산가치를 추정하고자 한다.

3.2 설문조사

본 연구의 분석을 위한 데이터는 산업총조사 등의 국가통계사업에도 참여한 바가 있고 사업체조사 전문기관인 (주)코리아데이터네트워크(KDN)에 의뢰하여 2011년 2월 18일부터 3월 24일에 걸쳐 전국의 국가, 지방 산업단지 등에 위치한 제조업체 3,600여개를 대상으로 설문조사를 실시하였다. 모집단은 국가·지방 산업단지에 속해 있는 전체 제조업체이며, 이 중 랜덤샘플링을 통해 3,600개를 표본집단으로 선정하였고, 이 중 조사 기간동안 설문조사에 응한 제조업체는 1,017개였으며, 본 연구에서는 이 중 일부 문항에 대한 응답이 누락된 120개 자료를 제외한 총 897개를 활용하여 분석하였다.

3.3 주요조사 항목 및 내용

하나의 생산과정은 여러가지 종류의 투입물을 사용하여 한 가지 또는 그 이상의 산출물을 생산해 내는 데, 생산에 있어 투입물이 산출물로 변형되는 기술적 관계를 하나의 수학적 함수관계로 나타낸 것을 생산함수(production function)이라 한다. 일반적으로 하나의 생산물을 생산하기 위해서 요구되는 투입물은 매우 다양하다. 투입물에는 생산과정에 투입되어 없어져 버리거나 새로 변형된 산출물의 한 부분을 이루는 것을 중간투입물(intermediate input)이라 하고, 토지, 노동력과 같이 투입물 그 자체의 원형이 그대로 남아있는 상태로 생산과정에서 사용되는 것을 앞의 것과 구분하여 생산요소(factors of production)라 부른다.

본 연구에서는 순생산액(Q)을 생산함수의 종속변수로, 투입노동(L), 중간투입액(M), 자본투자(K), 용수공급량(W)을 생산함수에 대한 설명변수로 결정하였다.¹⁾ 순생산액(Q)은 부가가치 개념으로서 생산량에서 원재료비,

1) 기존 선행연구들과의 일관성을 유지하기 위하여 용수공급량이 투입노동 및 중간투입액, 자본투자와 대등한 생산요소로서 투입요소 간 대체가능성이 있다는 다소 강한 가정을 그대로 따른다.

Table 1. Contents of Survey

Items	Description
The number of monthly average employees	The number of employees of the manufacturing firms based on the monthly average during the operating periods (Including a self-employed, an unpaid family worker, an employee, a dispatched worker)
Sales	Sales in 2010
Increased inventory	Increased inventory of Finished and half-finished goods in 2010
Free transfer to other factories	Ex-factory amount of free transfer to other factories of intra-firm in 2010 (calculated in producer prices)
Manufacturing cost	Total manufacturing cost such as raw-material, fuel, electricity, water, outsourcing, repairing in 2010
Tangible Assets	Such as lands and buildings, structures, machines, durable equipments, vehicles, transportation equipments and ships
Annual water amount of each unit	Amount of water supplied from original water, precipitated water, purified water, river, reutilized water, sea water, etc

연료비, 전력비, 용수비, 외주가공비 및 수선비 등 주요 생산비를 공제한 것을 말한다. 투입노동(L)은 월평균 종사자수를, 중간투입액(M)은 산업총조사의 조사표에서와 같은 개념으로 원재료비, 연료비, 전력비를 포함하는 제조원가(판매, 관리비 제외)를 의미한다. 자본투자(K)은 연말 유형자산의 잔액을 사용하였고, 용수공급량(W)은 수원별로 나누어 원수, 침전수, 정수로 나누어 사용량을 조사하여 모형에 따라 W의 범위를 각각 또는 전체 사용량으로 설정하였다. 한편, 과거 생산의 기본요소로 간주되었던 토지(부지면적)의 경우, 본 연구에서 사전 검토 결과 생산과 상관성이 떨어져 조사대상에서 제외하였다 (Table 1).

3.4 분석모형

본 연구는 위에서 설명한 종속변수와 설명변수의 데이터를 이용하여 각각의 설명변수에 대한 추정계수를 결정하여 공업용수 공급의 탄력성과 한계생산가치를 추정하였다. 이를 위해, 생산함수 추정 시 가장 보편적으로 이용되는 콥-더글러스(Cobb-Douglas) 생산함수에 로그변환시킨 형태를 활용하였다. 본 연구는 원수, 침전수, 정수 각각에 대한 공급 탄력성과 한계생산가치를 추정하였고, 전체 공업용수(원수, 침전수, 정수를 포함한 전체 공업용수 사용량)에 대한 공급 탄력성과 한계생산가치를 추정하였다.

생산함수는 개별 투입요소와 산출량의 관계로 나타낼 수 있으며, 종속변수인 순생산액(Q)과 설명변수를 투입노동(L), 용수공급량(W), 중간투입액(M), 자본투자(K)에 대하여 표현하면 Eq. (1)과 같다.

$$Q = f(L, W, M, K) \tag{1}$$

이러한 생산함수를 콥-더글러스 생산함수¹⁾로 설정하는 경우 함수형태는 다음의 Eq. (2)와 같다.

$$Q = AL^{\alpha_1} W^{\alpha_2} M^{\alpha_3} K^{\alpha_4} \tag{2}$$

여기서, 모든 변수의 상호영향을 평가할 때 절대값보다는 상대적 변화, 즉 탄력성의 개념이 가장 유용하게 쓰인다. 그러나 탄력성을 나타내는 값은 자연대수(로그)를 미분한 것과 같으므로, 어떤 식을 미리 자연대수로 나타내면 탄력성 분석이 매우 편리하다. 따라서 위 함수식의 양변에 자연로그를 취하여 함수식을 변형하면 Eq. (3)과 같이 1차 선형함수의 덧셈형태, 즉 직선의 식을 얻을 수 있다.

$$\ln Q = \ln A + \alpha_1 \ln L + \alpha_2 \ln W + \alpha_3 \ln M + \alpha_4 \ln K \tag{3}$$

이 식에서 추정된 계수값은 순생산액에 대한 각 설명변수의 탄력성을 나타내므로, 추정계수 α_2 는 Eq. (4)와 같이 콥-더글러스 생산함수에서의 공업용수 공급탄력성을 의미한다.

$$\epsilon_{C-D} = \frac{\partial Q/Q}{\partial W/W} = \alpha_2 \tag{4}$$

이 식으로부터 용수의 한계생산가치는 Eq. (5)와 같이

1) 더글러스(P.H. Douglas)가 한계생산력설(Theory of marginal productivity)의 타당성을 통계적으로 검증하기 위해 수학자인 콥(C.W. Cobb)의 협력을 얻어 1934년에 발표한 그의 최초의 저서 "임금이론"에 나타난 1차동차형의 생산함수를 말한다.

나타낼 수 있다.

$$\rho_{C-D} = \partial Q / \partial W = \epsilon_{C-D}(Q/W) \quad (5)$$

4. 분석결과

4.1 조사결과

설문조사 결과 총 897개의 기업에 대하여 설문조사를 시행하였으며 응답기업의 지역별 분포는 다음 Table 2와 같다. 경기도가 190개 기업으로 가장 많았으며, 경남 104개, 경북 95개 순이었으며, 서울이 3개 기업으로 가장 적었다.

한편 897개의 기업의 업종별 분포를 살펴보면 화학물질 및 화학제품 제조업이 97개 기업으로 가장 많았으며, 식품제조업 83개, 전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업 80개 순이었다. 반면에 담배제조업이 1개 기업으로 가장 적었다(Table 3).

Table 2. Regional Distribution of Sample Firm

District	Frequency	Ratio
Gangwon-do	20	2.20%
Gyeonggi-do	190	21.20%
Gyeongnam	104	11.60%
Gyeongbuk	95	10.60%
Gwangju	38	4.20%
Daegu	39	4.40%
Daejeon	20	2.20%
Busan	30	3.30%
Seoul	3	0.30%
Ulsan	58	6.50%
Incheon	57	6.40%
Jeonnam	48	5.40%
Jeonbuk	91	10.10%
Chungnam	46	5.10%
Chungbuk	58	6.47%
Totals	897	100.00%

Table 3. Industrial Classification Distribution of Sample Firms

Business unit	Freq.	Ratio	Business unit	Freq.	Ratio
① Manufacture of Food Products	83	9.20%	⑬ Manufacture of pharmaceuticals, Medicinal Chemicals and Botanical Products	19	2.10%
② Manufacture of Beverages	8	0.90%	⑭ Manufacture of Rubber and Plastic Products	51	5.69%
③ Manufacture of Tobacco Products	1	0.10%	⑮ Manufacture of Other Non-metallic Mineral Products	50	5.60%
④ Manufacture of Textiles; Except Apparel	54	6.00%	⑯ Manufacture of Fabricated Metal Products; Except Machinery and Furniture	76	8.50%
⑤ Manufacture of wearing apparel, Clothing Accessories and Fur Articles	4	0.40%	⑰ Manufacture of Electronic Components, Computer, Radio, Television and Communication Equipment and Apparatuses	80	8.92%
⑥ Tanning and Dressing of Leather Manufacture of Luggage and Footwear	3	0.30%	⑱ Manufacture of Basic Metal Products	64	7.10%
⑦ Manufacture of Wood and of Products of Wood and Cork; Except Furniture	5	0.60%	⑲ Manufacture of Medical, Precision and Optical Instruments, Watches and Clocks	10	1.10%
⑧ Manufacture of Pulp, Paper and Paper Products	26	2.90%	⑳ Manufacture of Other Machinery and Equipment	80	8.92%
⑨ Printing and Reproduction of Recorded Media	7	0.80%	㉑ Manufacture of Motor Vehicles, Trailers and Semitrailers	71	7.90%
⑩ Manufacture of Coke, hard-coal and lignite fuel briquettes and Refined Petroleum Products	4	0.40%	㉒ Manufacture of Other Transport Equipment	37	4.10%
⑪ Manufacture of chemicals and chemical products; except pharmaceuticals and medicinal chemicals	97	10.81%	㉓ Manufacture of Furniture	4	0.50%
⑫ Manufacture of electrical equipment	18	2.00%	㉔ Other manufacturing	47	5.20%

4.2 분석결과

다음 Table 4와 같이 분석을 위한 변수들의 수종별 평균값을 살펴보면 원수를 사용하는 기업들은 2010년 기준 연간 매출액이 148.6억원에 달하며, 용수사용량은 1,219,690 m³/년에 달하는 것으로 나타났다. 반면에 정수를 사용하는 기업들의 연간 매출액은 평균적으로 51.4억원에 달하며, 용수사용량은 43,347 m³/년에 불과한 것으로 나타났다.

공업용수에 대한 콥-더글라스 생산함수의 계수값을 살펴보면 다음과 같다. 원수, 침전수, 정수에 대해 모두 양의

값으로 유의수준 5%에서 유의한 값을 보였다. 전체 공업용수에 대해서는 유의수준 1%에서 유의한 값을 보였다 (Table 5).

앞서 공업용수의 공급탄력성 및 한계생산가치를 추정 한 결과는 다음과 같다. 공급탄력성은 침전수가 0.1016으로 가장 크게 나타났으며, 그 다음으로 정수가 0.0492, 원수가 0.0631로 추정되었다. 또한 원수, 침전수, 정수를 모두 합한 공급탄력성은 0.0574로 추정되었다. 따라서 2010년 말 기준 공업용수의 수종별 한계생산가치는 정수가 1,861.95(원/m³), 침전수가 896.76(원/m³), 원수가 769.24(원/m³)로 추정되었다(Table 6).

Table 4. Variables' Mean and Standard Deviation of Each Unit of Water

		Sales (1,000 Won/yr)	Employment (persons)	Quantity of Water(m ³ /yr)	Intermediate Input (1,000 Won)	Capital Investment (1,000 Won)
River water	Mean	14,864,100	578.42	1,219,690	42,683,400	21,552,000
	Std. Dev.	55,706,300	3304.17	4,555,137	18,380,100	90,094,400
Precipitated water	Mean	6,470,058	325.85	733,159	26,998,200	11,412,500
	Std. Dev.	16,801,100	647.37	2,098,509	75,623,900	24,636,800
Purified water	Mean	1,640,432	130.66	43,347	3,960,570	2,639,766
	Std. Dev.	3,017,743	215.80	158,306	10,181,300	10,027,700
Total	Mean	5,142,916	252.12	378,413	15,020,100	7,817,401
	Std. Dev.	27,905,500	1620.63	2,335,736	93,055,000	45,395,000

Table 5. The Estimation Results of Cobb-Douglas Product Function

	Coefficients (t-values)			
	River water	Precipitated water	Purified water	Total
lnA	1.6565 (2.82)**	3.2702 (3.28)**	3.1360 (7.84)**	2.7570 (9.33)**
lnL	0.2655 (2.82)**	0.4584 (3.07)**	0.3953 (6.99)**	0.3579 (7.86)**
lnK	0.2818 (3.28)**	0.1079 (1.15)	0.1541 (4.26)**	0.1757 (5.54892)**
lnM	0.4256 (5.08)**	0.3800 (3.50)**	0.4183 (9.93)**	0.4286 (12.25)**
lnW	0.0631 (1.97)*	0.1016 (1.97)*	0.0492 (2.00)*	0.0574 (3.38)**

Table 6. Supply Elasticity and Marginal Value of Industrial Water

	Number of sample	Supply elasticity	Marginal value (Won/m ³)
River water	208	0.0631	769.24
Precipitated water	81	0.1016	896.76
Purified water	608	0.0492	1,861.95
Total	897	0.0574	780.52

4.3 조사결과 분석

공업용수의 가치를 산정한 대표적인 기존의 연구결과로는 공업용수 공급사업의 경제성 분석과 관련된 한국개발연구원의 수자원부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완연구(제4판)(2008)를 들 수 있다. 수자원부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완연구(제4판)의 보완을 위한 공업용수 공급편의 산정요령 가이드라인(2011. 4, KDI)에서는 $855.2\text{원}/\text{m}^3$ (침전수 기준)을 적용하고 있다. 또한 이 값을 원수와 침전수, 정수와 침전수의 공업용수 공급가격 비율로 조정한 $610.7\text{원}/\text{m}^3$, $1,129.6\text{원}/\text{m}^3$ 을 각각 원수와 침전수의 한계생산가치로 적용하고 있다. 한편 $855.2\text{원}/\text{m}^3$ 은 2009년 말 기준이므로 본 연구에서 도출된 연구결과의 시점인 2010년 말로 보정하면 $885.1\text{원}/\text{m}^3$ 이 된다.

수자원부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완연구(제4판)의 보완을 위한 공업용수 공급편의 산정요령 가이드라인(2011.4, KDI)에서 제시된 공업용수의 한계생산가치는 설문조사를 통해 도출된 본 연구의 분석결과 $885.1\text{원}/\text{m}^3$ (침전수 기준)과 비교해 볼 때 큰 차이가 없다. 반면에 본 연구의 분석결과에 따르면 원수와 정수의 한계생산가치는 각각 $769.24\text{원}/\text{m}^3$, $1,861.95\text{원}/\text{m}^3$ 으로 한국개발연구원에서 광역상수도(공업용수도) 평균요금 수준으로 보정한 수종별 경제적 가치보다 큰 것으로 나타났다. 이러한 분석결과는 원수, 침전수, 정수간의 공급가격비율로 보정한 정수, 원수의 한계생산가치를 활용할 경우 정수와 원수의 한계생산가치가 과소평가될 가능성이 있음을 보여주고 있다.

5. 결론

공업용수의 공급을 위해서는 많은 초기투자비와 정상 운영비가 소요된다. 특히 공업용수 공급사업의 경우 효율적인 용수공급을 하지 못하면 산업 활동 전반에 차질을 미칠 정도로 필수불가결한 사업이기도 하다. 그리고 우리나라의 용수공급 사업은 통상적으로 공공투자사업의 성격을 갖기에 신규 용수공급사업을 추진하기 위해서는 보다 엄밀한 경제적 이론에 근거해야 하며, 해당 사업으로 인해 발생하는 편익과 비용을 비교하는 경제성 분석을 통해 추진 여부가 결정되어야 한다(어승섭과 유승훈, 2010). 이러한 측면에서 공업용수의 수종별 경제적 가치를 정확하게 추정하는 것은 꼭 필요한 과제이다.

한편 기존의 연구들은 2003년 산업총조사로부터 수집

한 데이터를 바탕으로 공업용수의 공급탄력성과 한계생산가치를 추정하였다. 하지만 이 연구들은 데이터 수집과 선별에서 두 가지 한계점을 가지는 것으로 나타났다. 첫째, 통계청에서 현재 제공하는 산업총조사 자료가 2003년이라는 다소 시간이 지난 과거의 자료이기 때문에 생산자물가지수를 반영하여 보정하였다는 것이고, 둘째, 분석자료 중 37%의 경우 용수비 지출액이 0으로 기재되어 있는데 이는 조사표의 단위가 백만원 단위이기 때문에 백만원 이하인 사업체를 누락시켰다는 것이다.

반면에 본 연구는 전국의 국가, 지방 산업단지 등에 위치한 제조업체 897개의 응답자료를 바탕으로 공업용수의 원수·침전수·정수 등 수종별 경제적 가치를 추정하였다. 본 연구는 직접 사업체 조사를 통해 최신의 자료를 이용하였으며, 매출액, 용수비 지출액 등의 조사 단위가 1,000원이었기 때문에 산업총조사와는 달리 용수비 지출액이 백만원 이하의 사업체의 자료까지도 모두 분석자료에 포함되었다는 점에서 기존의 연구와 차이가 있다.

분석결과, 2010년 말 기준 공업용수의 수종별 한계생산가치는 정수가 $1,861.95(\text{원}/\text{m}^3)$, 침전수가 $896.76(\text{원}/\text{m}^3)$, 원수가 $769.24(\text{원}/\text{m}^3)$ 로 추정되었다. 침전수의 가치는 수자원부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완연구(제4판)의 보완을 위한 공업용수 공급편의 산정요령 가이드라인(2011)에 제시된 공업용수의 한계생산가치 $885.1\text{원}/\text{m}^3$ (침전수, 2010년말 기준)과 비슷하나, 원수와 정수의 한계생산가치는 각각 $769.24\text{원}/\text{m}^3$, $1,861.95\text{원}/\text{m}^3$ 으로 동 분석결과와 차이를 보였다. 이로 보아 가이드라인(2011)에서처럼 원수, 침전수, 정수간의 공급가격비율로 보정한 정수, 원수의 한계생산가치를 활용할 경우 정수와 원수의 한계생산가치가 과소평가될 가능성이 있다. 이러한 연구결과는 향후 수종별 가격체계 조정시 수종별 경제적 가치를 반영한다면 현행의 수종별 가격비율의 조정 필요성이 있음을 보여주고 있다.

다만 본 연구에서는 시간과 비용이란 한계 때문에 897개의 기업자료만을 활용하였기 때문에 보다 엄밀한 분석을 위해서는 추후 산업총조사와 같이 기업체 전수조사 자료를 이용하여 공업용수의 경제적 가치를 재산정하는 작업이 있어야 할 것이다.

감사의 글

이 논문은 한국수자원공사의 『건전한 물순환체계를 고려한 공업용수 개발 및 공급방안 연구용역』에 의하여 수행된 결과물 중 일부를 담고 있습니다.

참고문헌

구세주, 유승훈 (2010). “전국 생활용수의 경제적 가치 평가 : 가정용수 대 비가정용수.” **한국수자원학회논문집**, 한국수자원학회, 제43권, 제11호, pp. 957-965.

김길호, 이충성, 이상원, 심명필 (2009). “생산함수 접근법에 의한 공업용수 공급편의 산정 방안.” **대한토목학회논문집**, 대한토목학회, 제19권, 제2B호, pp. 173-179.

민동기 (2006). “제조업 생산에 대한 공업용수의 한계생산 가치와 가격탄력성 연구.” **자원환경경제연구**, 한국자원경제학회, 제15권, 제5호, pp. 961-974.

유승훈, 박광섭 (2006). “서울시 가정용수 공급의 경제적 편익 추정.” **한국수자원학회논문집**, 한국수자원학회, 제39권, 제12호, pp. 1057-1066.

어승섭, 유승훈 (2010). “공업용수의 소비자 잉여와 경제적 가치 추정.” **국토연구**, 국토연구원, 제65권, pp. 151-162.

한국개발연구원 (2003). 수자원(댐)부문사업의 예비타당성조사 표준지침 연구. 제3판. 서울 : 공공투자관리센터.

_____. (2008). 수자원부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구. 제4판. 서울: 공공투자관리센터.

_____. (2011). 수자원부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완연구(제4판)의 보안을 위한 공업용수 공급편의 산정요령 가이드라인. 서울 : 공공투자관리센터.

Alexander, D.L., Kern, W., and Neil, J. (2000). “Valuing the Consumption Benefits from Professional Sports Franchises.” *Journal of Urban Economics*, Vol. 48, Netherlands : Elsevier. pp. 321-337.

Espey, M., Espey, J., and Shaw, W.D. (1997). “Price Elasticity of Residential Demand for Water: a Meta-analysis.” *Water Resources Research*, Vol. 33. Washington, D.C: American Geophysical Union. pp. 1369-1374.

Frederick, K.D., VandenBerg, T., and Hanson, J. (1996). *Economic Values of Freshwater in the United States*. Discussion Paper 97-03. Washington, D.C: Resources for the Future. Gibbons, D.C.

Ku, S.J., and Yoo, S.H. (2012). “Economic Value of Water in the Korean Manufacturing Industry.” *Water Resources Management*, Vol. 26, pp. 81-88.

Muller, R.A. (1985). *The Socioeconomic Value of Water in Canada*. Ottawa : Inquiry on Federal Water Policy.

Spulber, N., and Sabbaghi, A. (1994). *Economics of Water Resources: From Regulation to Privatization*. Massachusetts: Kluwer Academic Publishers.

논문번호: 11-114	접수: 2011.10.18
수정일자: 2012.01.17	심사완료: 2012.01.17