

# 공업용수 수요량 추정과 가격현실화 정책 효과 분석\*

민 동 기\*\*

## 〈차 례〉

- |                        |   |
|------------------------|---|
| I. 서 론                 | IV. 공업용수 사용량 추계 및 가격<br>정책을 통한 공업용수 절감 효과 |
| II. 공업용수 수요예측방법론 비교·분석 | V. 결 론                                    |
| III. 자료분석              |   |

## I. 서 론

1990년대까지 수자원 이수 정책의 초점은 증가하는 용수 수요를 충족시키기 위한 공급량 확보 정책에 두었다. 따라서 용수 생산원가에도 미치지 못하는 용수 가격을 유지하면서 증가하는 용수 수요량을 충족시키기 위한 방안으로 새로운 용수 공급원 개발에 초점을 두었다. 그러나 공급원 확보를 위한 댐 건설이 환경을 훼손하는 문제가 대두됨에 따라 1990년대 후반부터는 수자원 이수 정책

\* 이 연구는 건국대학교 사회과학 특성화 사업의 지원에 의해 이루어졌다.

\*\* 건국대학교 경제학과 조교수.

이 용수 수요관리에 초점을 두게 되었다.

1990년대부터 추진되고 있는 수요관리 정책은 절수기기 보급, 생활용수 가격 현실화 등 주로 생활용수 부문에서 이루어지고 있으나 공업용수 부문에서는 체계적인 수요관리 정책이 이루어지지 않고 있다. 상수도를 통하여 공급되는 생활용수에 반하여 공업용수는 상수도, 공업용수도, 지하수, 하천수, 해수 등 공급원이 다양할 뿐 아니라 지하수, 하천수 등은 용수 사용량 산정에도 어려움이 있다. 이와 같이 다양한 형태의 공급원에서 공급되고 있는 공업용수의 수요를 예측하고 정부 주도의 수요관리 정책을 시행하는 것은 생활용수에 비하여 어려운 실정이다.

건설교통부(2001)의 수자원장기종합계획에서 사용하고 있는 공업용수 수요 추정방법론은 부지면적원단위법이다. 부지면적원단위법은 공업용수를 사용하고 있는 사업체의 공업용수 사용량과 부지면적 자료를 이용하여 업종별로 부지면적당 용수 사용량을 산정하고 이를 토대로 하여 미래의 공업용수 사용량을 예측한다. 지금까지 보편적으로 사용하고 있는 부지면적원단위법은 다른 원단위법 및 공업용수 수요함수를 이용한 계량분석에 비하여 용수 수요 예측이 간편하다는 장점을 가지고 있다. 그러나, 이러한 장점은 산출량 및 용수 가격 변화 등 다른 요인들의 변화를 제대로 반영하지 못하여 도리어 용수 수요 예측의 한계가 될 수 있다. 따라서 본 연구에서는 용수 수요 예측에 사용되고 있는 용수 수요 예측 방법론에 대하여 비교·분석하고자 한다. 그리고 계량 모형을 이용하여 공업용수 수요량을 추정하여 기존의 부지면적원단위법에 의하여 추정된 공업용수 수요량과 비교하고 용수 가격 현실화 정책에 따른 공업용수 절감량을 추정하고자 한다. 이를 위하여 제Ⅱ장에서는 공업용수 수요예측방법론에 대한 비교·분석을 한다. 제Ⅲ장에서는 산업총조사 원자료를 토대로 본 연구에 필요한 자료를 분석하고, 제Ⅳ장에서는 계량모형을 이용하여 공업용수 수요함수를 구하고 이를 이용하여 향후 공업용수 수요량을 예측한 후 가격 정책의 용수 수요량 절감 효과를 분석한다. 제Ⅴ장에서는 본 연구의 결과에 대하여 설명한다.

## II. 공업용수 수요예측방법론 비교·분석

미래의 용수 수요예측을 위하여 사용되고 있는 방법은 부지면적원단위법, 중업원수원단위법, 생산액원단위법과 계량모형을 이용한 공업용수 수요함수 이용 방법 등이다. 수자원 장기종합계획에서는 공업용수 사용량 및 장기수요 추정을 위하여 부지면적원단위법을 사용하고 있으며 개별 국가별로 여러 형태의 수요 예측방법이 사용되고 있다.

공업용수 수요예측방법이 다양한 이유를 이해하기 위해서는 우선 상품 생산과 이에 필요한 투입요소 및 공업용수의 역할에 대한 이해가 필요하다. 공업용수는 상품생산을 위한 여러 투입요소 중의 하나로 다른 투입요소들과 결합되어 상품을 생산한다. 즉, 아래와 같은 생산함수에서 상품 생산량은 고용, 자본, 용수, 부지면적 그리고 기타 투입요소량에 의하여 결정된다.

$$Y = f(E, K, W, L, M)$$

$Y$ : 생산량

$E$ : 고용량

$K$ : 자본량

$W$ : 용수량

$L$ : 부지면적량

$M$ : 기타 투입요소

그러므로 미래의 공업용수 수요량을 추정하기 위해서는 미래의 생산량이 어느 정도인지를 알 수 있어야 하지만 미래 공업용수 수요량을 결정하는 미래 생산량을 예측하는 것은 쉬운 작업이 아니므로 그 대안으로 여러 형태의 원단위법이 공업용수 수요량 추정방법론으로 사용되고 있다. 그러나 이러한 어려움을 해결하기 위한 방법 중에는 이들 방법이 미래의 용수 수요예측에 적용될 경우 도리어 근본적인 한계점을 해결하기보다는 또 다른 문제점을 야기하기도 한다.

원단위법의 개념은 투입요소와 생산량 간에는 일정한 투입-산출 비율을 가지게 된다는 가정에 근거한다. 이에 더하여 부지면적당 원단위법과 종업원당 원단위법은 투입요소간의 투입비율도 일정하다는 가정하에 부지면적당 또는 종업원당 용수 수요량을 계산하게 된다.

부지면적원단위법은 산업체의 부지면적 및 공업용수 사용량 자료를 이용하여 부지면적당 공업용수 사용량을 산정한다. 이러한 부지면적원단위법의 장점으로 수자원장기종합계획에서는 이 방법을 사용할 경우 미래의 불확실한 생산량을 전망할 필요가 없다는 점과 장래의 산업단지 조성계획이 수립되어 있고 이것이 완료되면 부지면적이 변하지 않으므로 다른 방법에 비하여 정확도가 높다고 평가하고 있다. 그러나 이것은 앞에서 언급한 투입과 산출의 함수관계를 전혀 고려하지 못한 것으로 생산량을 포함한 모든 변수들이 변하지 않는 상태에서만 부지면적원단위는 의미를 가질 수 있다. 즉, 부지면적원단위법은 생산량의 변화에 무관하게 부지면적이 변하지 않으면 공업용수 수요량은 변하지 않는 것으로 간주한다. 그러나 용수 수요량은 생산을 위한 투입요소로서 생산량 변화에 따라 그 수요량도 변할 뿐 아니라 용수 가격과 같이 다른 경제적인 요인에 의해서도 변화하는데 부지면적원단위는 이를 전혀 반영하지 못하는 한계를 지니게 된다. 따라서 수자원장기종합계획에서 주장하는 부지면적원단위법의 예측 정확도가 높다는 것은 미래의 생산량 변화를 전혀 고려하지 않는 결과로 이 방법을 이용한 용수 수요량 예측은 결국 다른 모든 변수들이 변화하지 않을 경우에만 그 타당성을 지니게 된다. 수자원장기종합계획에서는 부지면적원단위법의 이러한 한계를 극복하고자 공장 가동률 변수로 보정하였다. 이러한 경우 미래의 사업체 가동률을 추정한다는 것은 결국 개별 사업체의 생산량을 추정하는 것과 마찬가지이다. 따라서 미래의 생산량 불확실성 때문에 생산량 원단위를 사용하지 않고 미래의 용수 사용량을 추정하고자 하는 부지면적원단위의 장점은 가동률 변수로 보정할 경우 생산액당 원단위법에서 미래의 생산액을 가정하는 것과 마찬가지이므로 더 이상 생산액당 원단위 등 다른 방법보다 불확실성을 줄이는 방법이라고 볼 수 없다. 도리어 개별 사업체가 가지고 있는 다양한 형태의 부지로부터

터 생산과 연관된 부지면적을 산정한다는 것은 추가적인 오류의 여지를 가지게 된다.

종업원당 원단위법은 종업원 1인당 용수 사용량을 계산하여 이를 토대로 미래의 용수 수요량을 추정하는 방법이다. 이 방법의 경우도 생산량과는 무관하게 종업원수를 토대로 공업용수 수요량을 추정하므로 생산량의 변화에 따른 공업용수 수요량 변화를 직접적으로 추정할 수는 없다. 그러나 부지면적에 비하여 종업원수는 산출량 변화에 따라 상대적으로 수월하게 변하므로 생산량 증가(감소)는 종업원수를 증가(감소)시켜 산출량 증가(감소)에 따른 공업용수 수요량 증가(감소)를 부분적으로 반영할 수 있다.

생산액당 원단위법은 생산액과 투입요소인 용수량 간에 일정한 투입산출 관계가 존재한다는 것을 가정하고, 생산액 1단위당 용수 사용량을 계산하여 생산량 변화에 따른 용수 수요량 변화를 추정하는 방법이다. 이 방법은 부지면적원단위법 및 종업원수원단위법에서 가정하는 부지면적 또는 종업원당 용수 사용량에 대한 계산 없이 직접 생산액당 용수 사용량을 이용하므로 생산액 변화 추이만이 전제되면 용수 사용량을 추계할 수 있다. 이 방법은 생산액의 변화에 따른 용수 사용량 변화를 모형내에서 추정하게 되지만 용수 가격 변화 등 다른 경제적인 변수의 변화에 따른 용수 사용량 변화는 포함하지 못한다.

미래의 공업용수 수요는 상품 생산량을 비롯한 다양한 종류의 사회·경제 변수의 영향을 받을 수밖에 없다. 즉, 용수 수요관리 정책의 중요한 수단인 용수 가격현실화 정책 등은 산출량의 변화 없이도 용수 수요량에 영향을 미치게 된다. 그러므로 이러한 정책 변수들을 비롯한 사회·경제 변수들의 변화에 따른 여러 형태의 시나리오를 통하여 미래의 공업용수 수요량을 추정하여야 한다. 그러나 위에서 살펴본 원단위법은 당연히 고려되어야 할 사회·경제 변수들을 제외하고 생산량 변화를 고려하지 않은 기법에 토대를 두고 있다. 따라서 용수 가격의 변화에 따라 용수 수요량이 변화할 경우, 원단위법에서는 이를 구조적으로 반영할 수가 없으므로 가격 변화 등 사회·경제 변수의 변화에 의하여 용수 수요량이 변화하게 되면 원단위를 다시 산정하여야 한다.

사회·경제 변수의 변화를 반영하고 생산량 변화에 따른 용수 수요량의 변화를 모형내에 포함하는 방법으로 계량모형을 이용할 수 있다. 계량모형에서는 공업용수 수요함수를 설정하여 용수 가격과 생산량 등 공업용수 수요에 영향을 미치는 변수들을 설명변수로 하여 공업용수 수요와 이들 변수들의 관계를 분석함으로써 미래의 공업용수 수요량을 추정하는 방법이다. 즉, 부지면적원단위법에서는 고정된 것으로 가정하는 가격 및 생산량의 변화를 고려하여 공업용수의 수요량을 예측한다. 이 방법 또한 미래의 산업구조 변화 및 용수 수요량을 변화시키는 기술 개발 등을 반영할 수는 없으므로 이러한 측면에서는 다른 원단위법과 마찬가지로의 한계를 가지고 있다. 그러나 계량 모형에서는 생산량의 변화 및 공업용수 가격 변화에 따른 공업용수 수요량의 변화를 예측할 수 있으므로 원단위법에 비하여 공업용수 수요량과 이에 영향을 미치는 변수들의 관계를 더 정확하게 분석하게 되어 수요관리 정책 효과분석에 유용하다.

### Ⅲ. 자료분석

공업용수 수요함수 추정을 위하여 본 연구에서는 1998년도 산업총조사 원자료를 이용한다.<sup>1)</sup> 본 연구를 위하여 수집된 원자료는 전국을 대상으로 총 75,985만 개의 사업체 조사자료이고, 이 중에서 하루 용수 사용량이 10m<sup>3</sup>/day 이상의 사업체를 대상으로 하였다. 산업총조사에서는 화폐 단위를 백만 원으로 하여 조사하므로 용수 사용량이 적은 사업체들은 용수 사용료를 0으로 적은 업체들이 많아서 용수 가격 산정에 오류를 야기하므로 이를 제외한 후 분석 가능한 사업체는 총 12,597개이다. 공업용수는 수자원공사 및 개별 지방자치단체에서 공급하면서 서로 다른 가격을 부과하고 있다. 따라서 개별 사업체는 서로 다른 가격

1) 1998년도 산업총조사 자료는 수자원장기종합계획에서 사용한 자료로 이 자료를 사용함으로써 수자원장기종합계획에서 추정된 공업용수 수요량 결과와 비교가 가능하다.

〈표 1〉 자료 현황

변수명	평 균	최 소	최 대	표준편차	사업체수(개)
상수도 용수(m <sup>3</sup> /일)	225	10	235,260	3,828	7,434
공업용수도 용수(m <sup>3</sup> /일)	1,457	10	400,000	14,583	1,145
지하수 및 기타 용수(m <sup>3</sup> /일)	155	10	10,000	103	324
총용수(m <sup>3</sup> /일)	693	10	556,738	10,219	12,597
용수 구입비(백만 원)	29	1	18,405	265	12,597
생산액(백만 원)	20,887	4	10,704,239	199,208	12,597

하에서 공업용수 수요량을 결정하게 되므로 가격변화에 따른 공업용수 수요량 변화에 대한 횡단면 분석을 할 수 있다. 본 연구에서 사용한 자료 현황은 <표 1>에 정리하였다. 조사표에 의하면 용수 공급원은 상수도, 공업용수도, 지하수, 기타로 구분되어 있으나 구입 용수비는 총합으로 되어 있어 공급원별 용수 구입비를 알 수 없다. 따라서 공급원별 수요함수 추정에서는 여러 공급원 중에서 한 공급원에서만 용수를 구입한 사업체만을 대상으로 한다. 상수도만으로 공업용수를 공급받는 업체는 총 7,434개의 사업체로 1일당 평균용수 사용량은 225m<sup>3</sup>이고 공업용수도로부터 용수를 공급받는 사업체는 1,145개의 사업체로 1일당 평균용수 사용량은 1,457m<sup>3</sup>이며, 지하수 및 기타 공급원으로부터만 공업용수를 공급받는 사업체는 324개의 사업체로 1일당 평균용수 사용량은 155m<sup>3</sup>이다. 위와 같이 하나의 용수공급원으로부터 용수를 공급받는 사업체는 총 8,903개 업체이고, 둘 이상의 공급원으로부터 용수를 공급받는 사업체는 3,694개 업체로 이들 총 12,597개의 사업체가 사용하는 1일당 평균용수는 693m<sup>3</sup>이며, 평균 용수구입비는 약 2,900만 원이다. 이들 업체에서 산출하는 평균 생산액은 208억 8,700만 원이다.<sup>2)</sup>

2) 공업용수의 경우에는 공급되는 용수 수종이 원수, 정수, 침전수로 구분되어 공급되지만 산업 총조사에서는 사업체별로 총공업용수 사용량으로 통합되어 집계되므로 수종을 구분할 수가 없다. 따라서 본 연구에서는 수종을 통합한 전체 공업용수에 대한 수요량과 이에 대한 가격 자료를 이용한다.

<표 2> 연도별 수도요금 변화 추이

구 분		1998	1999	2000	2001	2002	2003
상수도	생산원가(원/m <sup>3</sup> )	499.3	535.3	592.3	569.1	593.9	596.6
	공업용수 요금(원/m <sup>3</sup> )	169.6	182.5	207.2	228.8	244.0	256.9
	공업용수 현실화율(%)	33.9	34.0	34.9	40.2	41.0	43.0
공업용수	생산원가(원/m <sup>3</sup> )	158.1	206.7	226.2	241.5	266.2	275.6
	공업용수 요금(원/m <sup>3</sup> )	115.8	153.0	168.7	193.2	231.6	233.6
	공업용수 현실화율(%)	73.2	74.0	74.6	80.0	87.0	84.8

자료: 환경부, www.me.go.kr  
수자원공사, 수도연보, 각년도.

1998년도 개별 사업체의 산업총조사 자료를 이용하여 공급원별 용수 수요의 가격 및 산출 탄력성을 추정한 후 1998년 이후 공업용수 가격 및 생산액 변화에 따른 공업용수 수요량을 추정하게 된다. 공업용수 수요량 추정은 2단계로 구분한다. 첫째, 연도별 공업용수 가격 및 생산액 자료가 이용 가능한 2003년도까지는 실제 자료를 이용하고, 그 후 연도에 대해서는 시나리오를 설정하여 공업용수 수요량을 추정한다. 이 경우 2003년도를 대상으로 산업총조사에서 집계한 공업용수 수요량과 본 연구에서 추정한 수요량은 직접 비교가 가능하게 된다.

공업용수 수요량 추정에서 가격 및 산출량에 대한 실제 자료가 이용되는 1998년도에서 2003년도 사이의 톤당 공업용수 가격은 <표 2>와 같다. 상수도 생산원가는 1998년도에 톤당 499.3원에서 2003년도에 596.6원으로 증가하였다. 생활용수 평균 부과요금도 348.7원에서 532.9원으로 증가하여 생활용수 가격 현실화율이 1998년도에 69.8%에서 2003년도에 89.3%로 크게 높아졌다. 그러나 공업용수의 가격을 보면 생활용수 평균 가격에 비하여 크게 낮은 상태로 1998년도에 톤당 169.6원에서 2003년에 256.9원으로 아직 원가의 50%에도 미치지 못하고 있다.

공업용수도로 공급되는 공업용수의 경우 생산원가는 상수도에 비하여 크게



낮으나 부과되는 공업용수의 가격은 상수도로 공급되는 공업용수에 비하여 약간 낮은 수준이다. 따라서 공업용수도를 통하여 공급되는 공업용수의 현실화율은 상수도의 경우에 비하여 2배 정도 높은 수준을 보여 2003년도에는 현실화율이 84.8%에 이르고 있다.

#### IV. 공업용수 사용량 추계 및 가격 정책을 통한 공업용수 절감 효과

##### 1. 공급원별 용수 수요함수

조사된 자료를 용수 공급원별로 구분하여 수요함수를 추정하는 방정식은 아래 식과 같이 가격과 생산액을 설명변수로 하고 종속변수는 공업용수 수요량으로 한다. 본 연구의 자료는 16개 광역 지자체의 횡단면 자료를 이용하므로 본 연구에서 독립변수로 사용하는 가격 및 소득 변수를 제외한 지역특성에 의하여 공업용수 수요에 영향을 주는 다른 요인들을 통제하지 않으면 독립변수와 종속변수 간의 관계를 제대로 설명할 수가 없다. 이러한 요인들을 통제하기 위하여 가변수를 사용하는 Fixed Effects 모형을 이용한다. 이 방법은 각 지역특성을 반영하는 절편을 가변수로 나타내어 각 지자체에서 공업용수 수요에 영향을 미치는 기타 변수의 효과를 가변수로 통제하는 것이다.

$$\log D = \alpha_0 + \alpha_1 \log P + \alpha_2 \log Y + \alpha_3 RD + \epsilon$$

$D$ : 공급원별 용수 수요량

$P$ : 용수가격

$Y$ : 생산액

$RD$ : 지자체 가변수

〈표 3〉 용수 공급원별 개별 변수의 탄력성

	가격탄력성	소득탄력성
상수도 용수	-0.61(-45.55)	0.38(51.02)
공업용수도 용수	-0.62(-21.98)	0.54(28.75)
지하수 및 기타 용수	-0.91(-48.37)	0.14(8.48)
총용수	-0.67(-75.94)	0.47(83.67)

주: ( )는  $t$ 값임.

앞의 식을 이용하여 추정된 계수는 개별 변수의 탄력성을 나타낸다. 용수 공급원별로 추정된 결과를 <표 3>에 정리하였다. 전체 공업용수를 대상으로 하여 분석한 결과에 의하면 가격탄력성은 -0.67이고, 소득탄력성은 0.47로 모두 비탄력적이지만 가격탄력성이 상대적으로 크다. 가격탄력성은 공업용수 사용량을 공급원별로 구분하여 분석한 결과에서도 비슷하다. 상수도만을 공업용수로 사용하는 업체에서의 용수가격탄력성은 -0.61, 공업용수도만을 사용하는 업체는 -0.62로 비슷한 수준이지만 지하수만을 사용하는 업체는 -0.91로 나타났다. 소득탄력성의 경우에는 상수도만을 공업용수로 사용하는 업체는 0.38, 공업용수도만을 사용하는 업체는 0.54이지만 지하수만을 사용하는 업체는 0.14로 매우 낮게 나타났다. 이와 같이 공급원별 추정치에서 지하수 및 기타 용수의 추정치가 다른 공급원의 추정치와 차이가 나는 이유로는 실제 사용량을 측정할 수 있는 상수도와 공업용수도 이용 업체에 비하여 지하수 및 기타 용수를 사용하는 업체들의 지하수 및 기타 용수 사용량은 허가량 또는 신고량이므로 실제 사용량보다 적게 신고하는 경향이 있으며, 이것이 차이를 초래하는 한 요인이라고 추측할 수 있다. 그러나 지하수를 사용하는 대상 업체가 전체업체에서 차지하는 비중이 낮아 총용수 사용량을 이용한 탄력성 추정치에는 큰 영향을 미치지 못한다.

생활용수를 대상으로 가격 및 소득 탄력성을 추정한 민동기(2000)에서 보면 가격탄력성 추정치는 가정용수 -0.22, 영업용수 -0.33으로 본 연구에서 추정된 공업용수의 가격탄력성이 생활용수를 대상으로 한 추정치에 비하여 상대적으로

높은 수치를 보이고 있다. 이는 생활용수를 사용하는 가정이나 사무실에 비하여 공장 등 개별 사업체에서는 다양한 형태의 용수 재활용 시설 등 용수 대체 시설의 이용이 상대적으로 용이하므로 가격 변화에 상대적으로 민감하게 반응하는 것으로 보인다. 생활용수의 소득탄력성은 가정용수는 0.3, 영업용수는 0.9로 공업용수의 소득탄력성은 이들의 중간 수준이다.

## 2. 공업용수 수요량 추정

공업용수 수요 추정 절차는 다음과 같은 방법으로 한다. 우선 지하수 및 기타용수의 경우에는 하수도료 형식으로 부과하여 다른 공급원에서 공급하는 용수에 비하여 실제사용량을 정확하게 추정하지 못하므로 용수 사용료와 사용량 간의 관계를 분석한 결과에 대한 신뢰성이 약하다. 따라서 지하수 및 기타용수 사용량은 1998년도에 사용한 공업용수 중에서 지하수 및 기타용수가 차지하는 비중이 앞으로도 동일하다는 가정하에 상수도 및 공업용수도를 통하여 공급되는 공업용수 사용량을 추정하고 가정한 지하수 및 기타용수의 비중을 이용하여 지하수 및 기타용수 수요량을 산정하여 총공업용수 수요량을 추정한다.

상수도 및 공업용수도를 통하여 공급되는 미래의 공업용수 수요량을 추정하기 위해서는 용수 가격 및 생산액 등 개별 설명 변수들의 향후 변화 추이를 가정하여 두 가지 시나리오를 구성한다. 1999년도부터 2003년도까지는 공급원별로 실제 공업용수 가격과 산출량 자료를 이용하여 연도별 공업용수 사용량을 추정한다. 2003년 이후 연도에서의 가격 및 산출량 변화는 다음과 같은 시나리오를 가정한다.

**시나리오 1** 공업용수 가격은 변화 없고 매년 산출량만 5%씩 증가

**시나리오 2** 공업용수 가격이 매년 일정 비율로 상승하여 2020년도에 용수 가격이 생산원가를 100% 반영하는 것으로 하고 산출량은 매년 5% 증가

## 민 동 기

이 시나리오를 비교함으로써 공업용수 수요량 추이 및 공업용수 가격현실화 정책을 통한 용수 절감량을 추정할 수 있다.

연도별 공업용수 수요량을 추계하는 식은 아래와 같다. 개별 연도의 가격 및 산출량 증가율이 주어지면 추정된 가격 및 산출량 탄력성과 전년도 공업용수 사용량 자료를 이용하여 당해 연도 공업용수 수요량을 추정한다.

$$D_t = \left( 1 + \left( E_p \times \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}} \right) + \left( E_y \times \frac{Y_t - Y_{t-1}}{Y_{t-1}} \right) \right) \times D_{t-1}$$

$D$ : 용수 수요량

$E$ : 가격 및 산출 탄력성

$P$ : 가격

$Y$ : 산출액

시나리오 분석에 사용되는 자료는 실질 가격과 실질 생산액 자료이므로 물가 상승률을 이용하여 계산한 용수의 실질 가격 및 실질 성장률을 <표 4>에 정리하였다. 공업용수 요금이 원가를 100% 반영하기 위하여 용수가격이 상승하는 시나리오에서는 상승도를 통하여 공급되는 공업용수의 경우에는 2003년도의 용수 가격 253.3원(현실화율 43%)으로부터 매년 실질가격이 19.88원씩 증가하는 것으로 가정한다. 공업용수도를 통하여 공급되는 공업용수의 경우에는 2003년도의 용수 가격 230.4원(현실화율 84.8%)으로부터 매년 실질가격이 2.5원씩 증가하는 것으로 가정한다.

건설교통부(2001)의 수자원장기종합계획에서는 산업총조사 자료를 토대로 하여 1998년도 공업용수 사용량을 28억 7,500만 톤으로 집계하고 이 자료를 토대로 부지면적원단위법을 이용하여 공업용수 사용량을 추정하였다. 공급원별 용수 사용량은 수자원장기종합계획의 공급원별 용수 수요량 비율을 이용하여 1998년도 공업용수 사용량 28억 7,500만 톤을 공급원별로 배분한다. 산업총조사 자료에서 1998년도 공급원별 1일당 용수사용량 비율은 상수도 34.2%, 공업용수도 45.3%, 지하수 및 기타 용수 20.5%로, 본 연구에서는 1998년의 공업용수 사용

공업용수 수요량 추정과 가격현실화 정책 효과 분석

<표 4> 연도별 공업용수 가격 및 산출액 실질 성장률 추이

		1998	1999	2000	2001	2002	2003
상수도	공업용수 실질가격(원/m <sup>3</sup> )	169.4	186.2	207.2	229.9	245.9	253.3
	공업용수 가격상승률(%)	-	9.9	11.2	10.9	6.5	3.0
공업용수도	공업용수 실질가격(원/m <sup>3</sup> )	115.7	156.1	168.7	194.2	233.5	230.4
	공업용수 가격상승률(%)	-	34.9	8.1	15.1	20.2	-1.3
생산자물가지수		100.1	98.0	100	99.5	99.2	101.4
실질경제성장률		-6.9	9.5	8.5	3.8	7.0	3.1

자료: 한국은행.

<표 5> 수자원장기종합계획에서의 연도별 공업용수 수요량

(단위: 백만m<sup>3</sup>/년)

	1998	2001	2006	2011
공업용수 수요량	2,875	3,355	3,736	4,073

자료: 수자원장기종합계획(water vision 2020), 건교부, 2001.

량 2,875백만m<sup>3</sup>/년을 이 비율대로 배분한 양을 각각의 공급원별 1998년도 사용량으로 하여 시나리오에 의한 미래 용수 사용량을 추정한다.

본 연구에서 추정한 공업용수 수요량 추정 결과는 <표 6>의 시나리오 1과 시나리오 2로 정리하였다. 시나리오 1과 2 모두 2003년도까지는 실제 가격상승률과 산출량 증가율을 적용하여 추정하므로 그 값은 동일하게 산정된다. 시나리오 1에서는 2004년도 이후 산출량만 매년 5%씩 증가하는 경우의 공업용수 수요량을 추정한 결과이고, 시나리오 2에서는 공업용수 가격현실화를 위하여 가격도 상수도를 통하여 공급되는 공업용수는 매년 19.88원씩, 공업용수도를 통하여 공급되는 공업용수는 매년 2.5원씩 증가하는 경우의 공업용수 수요량 추정 결과이다.

본 연구의 추정결과를 보면 2003년까지는 공업용수 수요량이 감소하는 것으로 추정되었다.

〈표 6〉 자료별 용수 수요량 추정 결과 비교 (단위: 백만<sup>3</sup>/년)

공업용수 수요량	1998	2001	2003	2006	2011
시나리오 1	2,875	2,266	2,179	2,334	2,618
시나리오 2	2,875	2,266	2,179	2,174	2,217
수자원장기종합계획	2,875	3,355		3,736	4,073
산업총조사보고서	2,875		2,063 <sup>주)</sup>		

주: 조사대상이 5인 이상 사업체로서 전체 사업장의 수요량이 아님. 전체 사업장을 대상으로 할 경우 약 10~20% 정도 증가할 것으로 예상함. 현재 전체 수요량 추정 작업이 진행중임.

즉, 1998년의 공업용수 수요량 28억 7,500만 톤에서 2001년도에는 22억 6,600만 톤, 2003년에는 21억 7,900만 톤으로 감소한다. 이에 반하여 부지면적원단위를 사용한 수자원장기종합계획에서는 1998년도 28억 7,500만 톤에서 2001년에는 33억 5,500만 톤으로 증가하여 매년 지속적으로 증가하는 것으로 추정하고 있다. 최근에 발표된 2003년도 5인 이상 사업체의 실제 공업용수 사용량을 조사한 산업총조사 자료에 의하면 2003년도의 공업용수 수요량은 20억 6,300만 톤이다. 1998년도 자료를 토대로 공업용수 수요 함수를 이용하여 추정한 본 연구의 추정 결과에 의하면 2003년도 추정치는 산업총조사 결과와 비슷한 수준의 공업용수 수요량을 추정하고 있다. 이에 반하여 수자원장기종합계획의 추정결과는 매우 큰 차이를 보이고 있다. 2001년도에 이미 33억 톤 이상의 공업용수를 수요하는 것으로 추정하였으며, 그 후 지속적으로 증가하여 2006년에는 37억 3,600만 톤, 2011년에는 40억 7,300만 톤의 공업용수를 수요하는 것으로 추정하였다. 본 연구에서는 산출량만 매년 5%씩 증가하는 시나리오 1의 경우 2006년도에 23억 3,400만 톤, 2011년도에 26억 1,800만 톤으로 2011년도의 수자원장기종합계획의 공업용수 수요량 추정치와는 14억 톤 이상의 차이를 보이고 있다. 2003년도의 수자원장기종합계획의 공업용수 수요량 추정치를 보면 이미 산업총조사 실제 집계치에 비하여 10억 톤 정도 차이가 나고 있다.

공업용수의 가격을 매년 증가시키는 시나리오 2의 추정결과를 보면 2006년도

에 공업용수 수요량이 21억 7,400만 톤, 2011년도에는 22억 1,700만 톤으로 추정하여 시나리오 1의 경우보다 2011년도의 공업용수 수요량이 약 4억 톤 정도 적다. 이러한 시나리오에 의하면 공업용수 가격현실화 정책을 통하여 공업용수 수요량을 어느 정도 줄일 수 있음을 보이고 있다. 1998년도에 비하여 2003년도의 공업용수 수요량이 감소한 것도 상당한 수준의 공업용수 가격 상승에 기인한다. 따라서 앞으로도 가격 현실화 정책을 통하여 공업용수 수요량을 조정할 수 있음을 보이고 있다.

## V. 결 론

본 연구에서는 공업용수 수요량 추정방법으로 이용되고 있는 부지면적원단위법과 수요함수를 이용하여 공업용수 수요량을 추정하는 방법을 비교·분석하였으며 두 방법론을 이용한 공업용수 수요량 추정결과와 산업총조사의 실제 조사결과를 비교하였다. 본 연구 결과에 의하면 1998년도 자료를 토대로 공업용수 수요량을 추정한 두 방법론의 2003년도 추정치를 보면 수요함수를 이용한 방법론이 실제로 조사가 이루어진 산업총조사 결과와 비슷한 수준의 공업용수 수요량 추정치를 보였으나 부지면적원단위법의 경우에는 약 10억 톤 이상의 과다 추정 결과를 보였다. 2003년도 산업총조사의 공업용수 수요량이 1998년도의 산정치 28억 7,500만 톤보다 작은 것으로 추정되고 있다. 이러한 결과는 본 연구의 시나리오 분석에서 보듯이 공업용수 가격이 그 기간 동안 상승하여 공업용수 가격 상승으로 인한 공업용수 수요량 감소 효과가 산출량 증대에 따른 공업용수 수요량 증대 효과보다 커서 총용수 수요량이 감소한 것으로 설명할 수 있다. 따라서 앞으로의 공업용수 수요량도 공업용수 가격 현실화 정책에 의하여 어느 정도 수요량을 조절할 수 있음을 보이고 있다. 이에 반하여 부지면적원단위법은 원단위를 재조정하는 방법 이외에는 사후적으로도 공업용수 수요량 변

화를 설명할 수가 없는 방법론적 한계를 가지고 있다. 즉, 부지면적원단위법에서는 근본적으로 공업용수 가격 및 산출량 변화와 무관하게 부지면적당 공업용수 사용량을 원단위로 고정하므로 부지면적의 변화에 의해서만 공업용수 사용량이 변화하는 것으로 가정한다. 이러한 경우 산출량 변화 및 가격 변화에 따른 공업용수 수요량 변화는 없는 것으로 된다. 이를 시정하고자 가동률 개념을 추가할 경우에는 부지면적원단위법을 이용하는 장점이 약화된다. 즉, 부지면적원단위법의 장점으로 산출량 변화를 고려할 필요가 없다고 하였는데 가동률 변화는 산출량 변화를 반영하는 것으로 이는 결국 산출량 변화를 고려하지 않기 위하여 부지면적원단위를 사용한다는 논리에 대립되는 것이다. 이에 더하여 가동률을 추가한 방법론을 사용하더라도 공업용수 가격의 변화에 따른 공업용수 수요량 변화를 반영하지 못하는 한계는 여전히 가지고 있다. 따라서 용수 가격 및 산출량 자료가 이용 가능하면 부지면적원단위법을 사용하기보다는 수요함수를 이용하는 방법이 더 타당하고 정부의 가격 정책을 통한 수요관리 정책 효과도 추정할 수 있는 장점이 있다.

본 연구에서는 전국의 전체 공업용수를 대상으로 수요함수를 이용한 공업용수 수요 추정을 하였다. 그러나, 앞으로 공업용수를 수종(원수, 정수, 침전수)별로 구분하여 사업체에서 사용한 공업용수량 및 지불금액 자료가 구축된다면 보다 구체적으로 세분화된 용수별로 공업용수 수요 추정이 가능할 것이다.

### ◎ 참 고 문 헌 ◎

1. 건설교통부, 수자원장기종합계획, 2001. 7.
2. 김광임, 『상수도 수요 모형 개발』, 한국환경정책·평가연구원, 1996.
3. 김태유·유승훈·허은녕, 『수도사업의 국민경제적 역할 분석』, 내부자료, 1997.
4. 민동기, “생활용수 수요 분석”, 『자원·환경연구』, 한국환경경제학회, 2000. 6.
5. 윤석범, 『계량경제학』, 법문사, 1993.



6. 정운찬·전성인, 『통계학』, 경문사, 1998.
7. 통계청 산업총조사보고서, 1988.
8. 통계청 통계정보시스템(KOSIS), 보도자료 '97지역내 총생산, 1999.
9. \_\_\_\_\_, www.nso.go.kr
10. 한국수자원공사, 『21세기를 바라보는 수자원 전망』, 1993.
11. \_\_\_\_\_, 「물관리의 최적화를 위한 수도요금 정책방향에 관한 연구」, 1998.
12. \_\_\_\_\_, 「미래수자원 전망에 관한 연구」, 1997.
13. \_\_\_\_\_, 『수자원편람』, 1998.
14. \_\_\_\_\_, 「용수수요추정의 신뢰성 제고 방안에 대한 연구」, 2003. 11.
15. 한국은행, www.bok.or.kr
16. 환경부, 『상수도 통계』, 각년도.
17. \_\_\_\_\_, 『상수도요금 합리화방안에 관한 연구』, 2000.
18. \_\_\_\_\_, www.me.go.kr
19. Hamilton, J. D., *Time Series Analysis*, 1994.
20. Kennedy, *A Guide to Econometrics*, 1994.
21. Lyman, R. A., "Peak and Off-Peak Residential Water Demand," *Water Resources Research*, Vol. 28, 1992, pp. 2159~2167.
22. Pint, E. M., "Household Responses to Increased Water Rates During the California Drought," *Land Economics*, May, 1999.
23. Renzetti, Steven, "Estimating the Structure of Industrial Water Demands: The Case of Canadian Manufacturing," *Land Economics*, Nov. 1992.
24. \_\_\_\_\_, "An Econometric Study of Industrial Water Demands in British Columbia, Canada," *Water Resources Research* 24(10), 1988.

---

 공업용수 수요량 추정과 가격현실화 정책 효과 분석
 

---

민 동 기

공업용수 수요량 예측방법으로 현재 사용되고 있는 부지면적원단위법의 문제점을 분석하고 이에 대한 대안으로 수요함수를 이용하는 방법을 분석한다. 실제 조사 자료인 산업총조사보고서의 자료와 비교하면 최근의 공업용수 수요량은 부지면적 원단위법의 수요량 예측치보다는 본 연구에서 사용한 수요함수를 이용하여 추정된 수요량 예측치가 훨씬 더 정확하게 추정되었음을 보여준다. 그리고 가격 변화에 따른 수요량 변화 효과가 상당함을 보이고 있으므로 공업용수 수요량 관리를 위한 가격정책의 유효성을 보여준다. 따라서 향후 공업용수 수요량 추정에서는 부지면적원단위법보다는 용수 가격 및 산출량 등 경제적인 변수를 고려한 수요함수를 이용하는 것이 바람직하다.

주제어: 공업용수, 수요함수, 가격정책, 가격탄력성, 소득탄력성

---

Estimating the Demand for Industrial Water  
and the Pricing Policy

---

Dong-Ki Min

This study reviews various problems associated with the method of estimating the demand for industrial water that was employed in the Water Vision 2020 and it suggests an alternative econometric method. Comparing with the data cited in the Report on Industrial Census, estimates obtained by employing the concept of demand function are more exact compared to those offered by the Water Vision 2020. The amount of industrial water in 1998 was estimated at 2.8 billion tons decreasing by 2003. By employing the concept of demand function, this study shows that the amount of industrial water was 2.1 billion tons in 2003 while according to the Water Vision 2020 it amounted to 3.3 billion tons in 2001. Thus, it appears that the amount of industrial water in the Water Vision 2020 has been overestimated. This study also shows that the industrial water demand can be controlled by means of certain pricing policies. Finally, we argue that the demand for industrial water should be estimated by taking account of economic variables such as water price and output.

Keywords : Industrial Water, Demand Function, Pricing Policy,  
Price Elasticity, Income Elasticity