

수도사업의 3 민경제적 역할분석

- 수요함수분석과 투입산출분석을 이용하여 -

유승훈¹⁾, 정근영²⁾, 허은녕³⁾, 김태유⁴⁾

1. 서론

우리나라는 국민생활 수준의 향상, 급속한 산업화와 도시화로 인해 용수수요가 급증하였으나 1인당 강수량이 세계 평균의 1/11에 불과하고 그나마 지역적, 계절적 편중으로 인하여 수자원 부족현상을 겪고 있다. 이의 손쉬운 해결방안은 댐건설이나 수물지 보상비 급등, 개발적지 부족 등의 어려움으로 더 이상의 대규모 댐개발은 어려운 실정이다. 게다가 상수원 자체의 오염도 심각해져 수량과 수질 양면에서 '물위기'에 직면하고 있다.

본 연구에서는 이러한 물위기를 극복하기 위한 정책논리의 개발을 위해 두 가지 접근방법을 사용, 수도사업의 민경제적 역할을 고찰하였다. 먼저 물소비가 급증했던 시기인 1978-1994년 동안의 물소비와 경제성장간의 관계를 살펴보고, 물수요의 가격 및 소득탄력성을 도출하였다. 또한 투입-산출(Input-Output)모형을 응용, 생산유발효과 및 공급지장비용 평가와 수도요금 상승으로 인한 물가파급효과분석을 다루었다.

2. 물소비와 경제성장간의 관계

1978-1994년의 지방상수도 사용량 자료를 이용, 최소자승법으로 다음의 식 (1)-(5)를 이용, 물소비와 경제성장간의 관계를 추정하였다. 계열상관이 존재할 때는 1차 계열상관을 가정하고 코크란-오컷(Cochrane-Orcutt)의 반복추정법을 적용하였다(Greene, 1993).

$$\ln Q_t = a_0 + a_1 \ln Y_t + u_t \quad (1)$$

$$\ln Y_t = a_0 + a_1 \ln Q_t + u_t \quad (2)$$

-
- 1) 서울대학교 공과대학 기술정책과정 박사과정
 - 2) 서울대학교 공과대학 지구환경시스템공학부 석사과정
 - 3) 서울대학교 공과대학 지구환경시스템공학부 전임강사
 - 4) 서울대학교 공과대학 기술정책과정 교수

$$\ln(Q/Y)_t = \alpha_0 + \alpha_1 T + u_t \quad (3)$$

$$\ln(Q/Y)_t = \alpha_0 + \alpha_1 \ln Y_t + \alpha_2 T + u_t \quad (4)$$

$$u_t = \rho u_{t-1} + v_t \quad (5)$$

여기서 Q_t 는 물소비량, Y_t 는 실질 국내총생산, T 는 추세변수(time trend), u_t , v_t 는 교란항(disturbance term)이며 추정결과는 표 1과 같다.

표 1. 지방상수도 소비와 경제성장간의 관계

식번호	α_0	α_1	α_2	R^2	DW	F
(1)	6.06428 (9.67424**)	1.09056 (24.6808**)		0.978	1.874	609.1**
(2)	-4.95312 (-7.11512**)	0.88886 (27.4674**)		0.982	1.860	754.5**
(3)	7.23835 (200.346**)	0.09944 (3.16609**)		0.417	1.857	10.0**
(4)	16.6527 (5.64352**)	-0.70874 (-3.19114**)	0.069122 (3.70327**)	0.680	1.577	13.8**

주) 괄호 안은 t-통계량, **: 유의수준 1%에서 유의

지방상수도에 대한 총수요는 대체로 국내총생산에 탄력적이며, 물의 산출탄력성은 0.77-0.89로 양수이고 유의하지만 1보다는 작다. 총소비량 대 실질 국내총생산의 비로 정의되는 물소비계수(coefficient of water use)는 연간 1.0-9.9% 증가했다. 이는 시간이 지남에 따라 물소비계수가 안정적으로 상승함을 의미하는 것으로 적절한 대체재가 없는 물의 성격과 경제성장애 따라 그 역할이 계속 중요함을 반영한다.

조정률(rate of adjustment)과 가격 및 소득탄력성을 추정하기 위해 식 (6)의 이중 로그형태 동적 수요함수를 이용하였다.

$$\ln Q_t = \beta_0 + \beta_1 \ln P_t + \beta_2 \ln Q_{t-1} + \beta_3 \ln Y_t + u_t \quad (6)$$

여기서 P_t 는 실질 평균가격이며, 예상부호는 $\beta_1 < 0$, $\beta_2 > 0$, $\beta_3 > 0$ 이다.

추정결과는 표 2, 표 3과 같이 지방상수도 총수요, 가정용, 영업용의 경우, 가격탄력성과 소득탄력성이 모두 예상부호와 일치하고 유의하다. 더군다나 수요는 가격비탄력적이라는 국내외의 연구결과와 일치한다. 욕탕용과 공공용은 모든 추정계수가 예상부호와 일치하지만 유의하지 못하며 단기 소득탄력성만 유의하다. 광역상수도의 경우는 예상부호와 유의성이 모두 만족되며 가격탄력성의 경우 지방상수도보다 훨씬 탄력적이다.

표 2. 용도별 수요함수 추정결과

용도	추정계수					R ²	F
	β_0	β_1	β_2	β_3	ρ		
지방상수도 총수요	4.55508 (5.9011**)	-0.22905 (-4.5812**)	0.39657 (3.6283**)	0.60984 (4.6847**)	0.56005 (3.8734**)	0.996	1027.3**
가정용	3.97917 (3.9646**)	-0.15787 (-2.9923**)	0.35314 (2.5145*)	0.68492 (4.2533**)	0.56698 (3.7398**)	0.993	500.4**
영업용	1.00619 (1.0250)	-0.19313 (-2.2007*)	0.69650 (4.9320**)	0.38233 (2.6349*)		0.994	618.6**
육탕용	3.56349 (0.3600)	-0.16430 (-1.5528)	0.20707 (0.5437)	0.77989 (2.1822*)	0.78480 (1.6470)	0.861	22.5**
공공용	1.97233 (2.5254*)	-0.13455 (-1.7930)	0.31443 (1.5425)	0.76298 (3.4257**)		0.990	416.1**
광역상수도	-0.244312 (-0.3353)	-0.726684 (-3.1575*)	0.393769 (5.8955**)	0.591477 (6.4777**)		0.987	253.2**

주) - 괄호 안은 t-통계량, ** : 유의수준 1%에서 유의, * : 유의수준 5%에서 유의
 - 지방상수도 총수요, 가정용, 육탕용은 코크란-오킷 방법으로 추정되었음.
 - 지방상수도는 1978-1994년 자료, 광역상수도는 1980-1994년 자료.

표 3. 용도별 가격 및 소득탄력성

용도	가격탄력성		소득탄력성		조정률(%)
	단기	장기	단기	장기	
지방상수도	- 0.22905	- 0.37958	0.60984	1.01063	60.3
가정용	- 0.15787	- 0.24405	0.56698	0.87651	64.7
영업용	- 0.19313	- 0.63634	0.38233	1.25974	30.4
육탕용	n.s	n.s	0.77989	n.s	n.s
공공용	n.s	n.s	0.76298	n.s	n.s
광역상수도	- 0.72668	-1.19869	0.59148	0.97567	40.6

주) n.s : 유의하지 않음(not significant)

3. 생산유발효과 및 공급지장비용 평가와 물가파급효과 분석

수도사업은 국민경제의 기초산업으로서 산출물의 대부분이 산업생산의 중간재 또는 인간생활의 필수요소로서 공급된다. 따라서 수도사업은 물을 수요하는 부문뿐만 아니라 물생산에 투입되는 부문의 생산활동에 직간접적인 영향을 미치게 되며, 수도부문 I-O 모형을 통해 이러한 파급효과들을 모형화하여 계량화할 수 있다. 기본적인 균형식은 식 (7) 과 같다(Miller와 Blair, 1985).

$$X_i = \sum_j z_{ij} + F_i - M_i = \sum_j a_{ij} X_j + F_i - M_i \quad (7)$$

여기서 n은 부문수, X_i 는 i부문의 총산출, X_j 는 j부문의 총투입, M_i 는 i부문의 총수입, F_i 는

i부문 생산에 대한 최종수요, z_{ij} 는 투입요소로서 j부문에 의해 구입된 i부문의 양, a_{ij} 는 z_{ij}/X_j 로 정의되는 투입계수(input coefficient)이다. 식 (7)을 국산거래표에 근거하여 관심 대상인 수도부문(w)을 외생화한 행렬에 '*'란 상첨자를 붙혀 최종수요의 변동이 없다고 가정하고 변동모형으로 바꾸면 식 (8)이 되며, 이로부터 수도부문에 대한 투자가 타부문의 생산을 촉진하는 생산유발과급효과를 구할 수 있다. 공급유도 I-O 모형은 (9)에 근거하고 있다.

$$\Delta X^* = (I - A^*)^{-1} A^w \Delta X^w \quad (8)$$

$$X_j = \sum_i z_{ij} + V_j = \sum_i s_{ij} X_i + V_j \quad (9)$$

여기서 s_{ij} 는 z_{ij}/X_i 로 정의되는 산출계수(allocation or output coefficient), V_j 는 j부문의 부가가치이며, 수도부문을 외생화된 행렬에 '*'이란 상첨자를 붙여 부가가치의 변동이 없다고 가정하고 식 (9)를 변동모형으로 바꾸면 식 (10)이 된다.

$$\Delta X^* = (I - S^*)^{-1} S^w \Delta X^w \quad (10)$$

여기서 S는 직접산출계수행렬이며, 식(10)으로부터 수도부문의 공급지장이 각 산업에 미치는 과급효과인 공급지장비용(failure or shortage cost)을 구할 수 있다.

가격과급효과분석을 위해서는 물량단위 산업연관표가 필요하나 대부분의 산업연관표는 금액단위로만 작성되므로 레온티에프 가격모형(Leontief price model)을 도입, 이 문제를 해결한다. 물량단위 I-O 모형의 기본적인 균형식은 식 (11)이며, 부가가치의 변동이 없다면 최종적으로 금액단위인 식(12)가 도출된다.

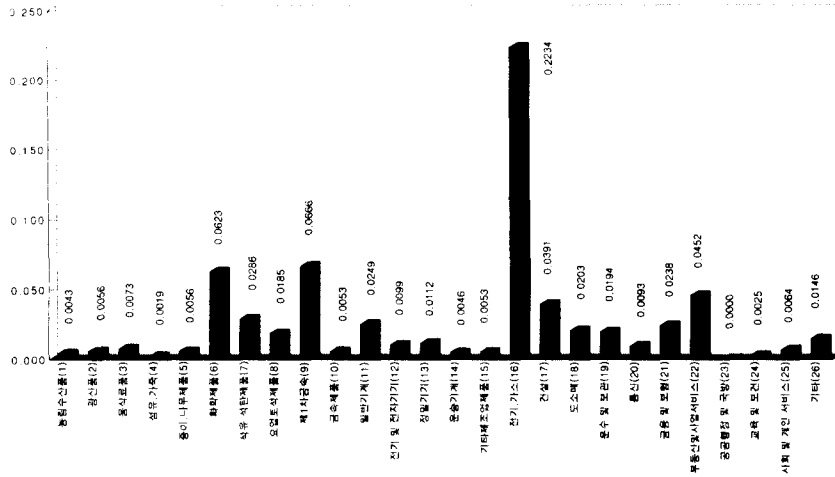
$$Q_i = \sum_j r_{ij} + Y_i = \sum_j d_{ij} Q_j + Y_i \quad (11)$$

$$\Delta P_n = (I - A^*) \widehat{A}^w \Delta P_n^w \quad (12)$$

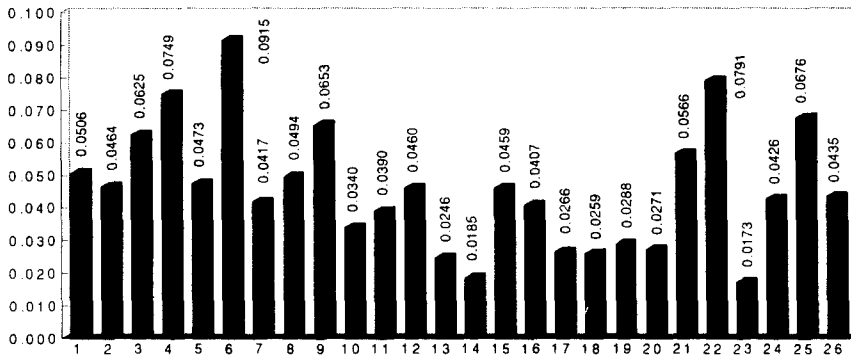
여기서 Q_i 는 i부문의 물량단위 총산출량, Y_i 는 i부문 생산에 대한 물량단위 최종수요, r_{ij} 는 투입요소로서 j부문에 의해 구입된 i부문의 물량단위 수량, P_i 는 i부문의 총산출량의 단위가격, d_{ij} 는 r_{ij}/Q_j 로 정의되는 물량단위 투입계수, \widehat{A}^w 는 수도부문 투입계수로 이루어진 대각행렬, P_n 는 1로 정규화된 가격벡터다.

수도부문 I-O 모형으로 분석한 결과를 그림 1에 요약하였다. 입력자료로는 최근에 작성된 1993년도 한국은행 산업연관표 연장표를 이용하였으며, 수도부문 I-O 분석을 위

생산구분 과(원)



연필지장비용 (원)



물가상승률 (%)

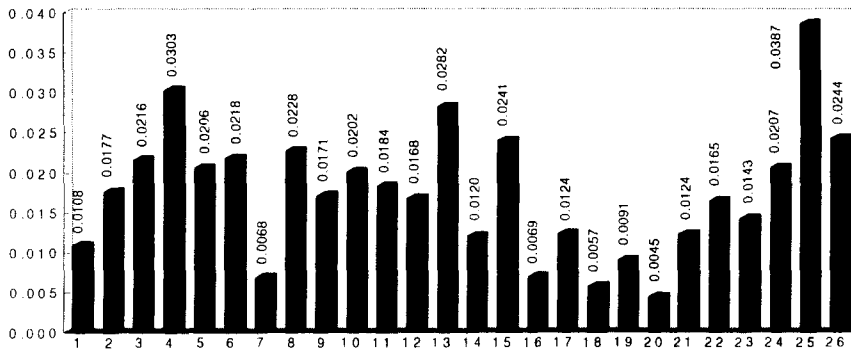


그림 1. 수도부문 I-O 모형 분석결과

해 75부문을 한국은행 26부문 대분류 방식에 따라 통합한 후 수도부문을 분리하여 총 27 부문으로 조정하여 분석하였다.

수도부문 1원어치의 생산 또는 투자는 국민경제적으로 약 0.6657원의 생산유발효과를 가져오는 것으로 추정되었으며 이는 1993년도 수도부문의 총산출액을 고려할 때 총 6조 8,582억원의 생산유발효과를 의미한다. 또한 수도부문에서 1원어치의 공급이 이루어지지 않으면 국민경제적으로 약 1.1934원의 공급지장비용이 발생하는 것으로 나타나 1993년도에 물공급이 전혀 이루어지지 않았다면 수도부문을 제외하고 1조 2,295억원의 공급지장비용이 발생했을 것으로 분석되었다.

수도요금 10% 인상으로 인한 물가상승률은 국민경제적으로 약 0.0167%로 미미하며, 이는 1990년 산업연관표를 이용한 건설교통부(1995)의 0.0188%보다도 낮은 값으로 물값 상승이 국민경제에 미치는 영향이 매우 작음을 의미한다고 할 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 당면한 물위기의 극복을 위한 정책논리의 개발을 위해 물소비와 경제성장간의 관계, 물수요의 가격 및 소득탄력성, 수도부문의 생산유발효과, 공급지장효과, 물가과급효과를 분석하였다. 국내 수자원은 국민생활과 산업생산에 필수적인 투입요소로서 물공급지장은 국민경제에 큰 영향을 미치지만 절수를 유도하고 투자재원을 확보할 목적의 수도요금 인상은 전반적 물가수준에 별다른 영향을 미치지 않는 것으로 분석되었다. 본 연구의 결과들은 수자원개발계획과 관련된 비용-편익 분석뿐만 아니라 최근 논의되고 있는 사(私)기업의 수도사업 진입에 따른 제반 경제적 효과분석과 수도사업의 적정 신뢰도결정과 용도별 용수 우선공급순위 결정에 이용할 수 있을 것으로 생각된다.

6. 참고문헌

- [1] 건설교통부 (1995), "가뭄기록조사보고서", 연구보고서.
- [2] Greene, W.H. (1993), Econometric Analysis, 2nd ed., Prentice-Hall International Inc.
- [3] Howe, C.W. and Smith, M.G. (1994), "The Value of Water Supply Reliability in Urban Water Systems", Journal of Environmental Economics and Management, Vol. 26, pp.19-30.
- [4] Miller, R.E. and Blair, P.D. (1985), Input-output analysis: foundations and extensions, Prentice-Hall, New Jersey.
- [5] Spulber, N. and Sabbaghi A. (1994), Economics of water resources: from regulation to privatization, Kluwer Academic Publishers.
- [6] Wu, R.H. and Chen, C.Y. (1990), "On the application of input-output analysis to energy issues", Energy Economics, 12(1), pp.71-76.