

## 수도사업의 국민경제적 역할분석

### The Role of Water Utility Industry to the National Economy

김 태 유\* · 유 승 훈\*\* · 허 은 녕\*\*\*

Kim, Tai-Yoo · Yoo, Seung-Hoon · Heo, Eunnyeong

---

#### Abstract

In order to set public policy to overcome 'water crises' on both quantity and quality of water, we looked into the national-economic role of Korea water utility by two approaches. First, we examined the relationship between water consumption and economic growth during 1978-94, a period of rapid increase in water consumption caused by prompt industrialization and urbanization. The price and income elasticities of aggregate and sectoral demand for water were estimated. Second, we developed a static input-output(I-O) framework for analysing water issues in the short run. In addition, we discussed two topics in its application: i) sectoral failure(shortage) costs by supply-driven I-O model, ii) Leontief price model's sectoral pervasive effects of price due to rise in water rate. In conclusion, we found that investments to water sector and water shortage has a big influence on the standard of living and industrial production. Also we found that raising water rate to encourage conservation or to create investment funds decreases demand for water significantly but has a small influence on overall price levels.

---

#### 요 지

수량과 수질 양면에서의 '물위기'를 극복할 수 있는 공공정책 개발을 위해 두 가지 접근방법으로 수도사업의 국민경제적 역할을 고찰하고자 했다. 먼저 급속한 산업화와 도시화로 인해 물소비가 급증한 시기인 1978-1994년 동안의 물소비와 경제성장간의 관계를 살펴보았다. 물의 총수요와 부문별 수요의 가격 및 소득탄력성을 분석하였다. 둘째, 단기적으로 수자원 문제를 분석할 수 있는 투입-산출(I-O, input-output)모형을 개발하였다. 통상적인 I-O 모형을 고찰할 뿐만 아니라 그 응용으로서 i) 공급유도 투입-산출모형을 이용한 부문별 공급지장비용 평가와, ii) 레온티에프 가격모형을 이용한 수도요금 상승으로 인한 부문별 물가과급효과분석을 다루었다. 결론적으로 가장 주목할 만한 정책적 시사점은 수도부문에 대한 투자와 물공급장애가 생활수준과 산업생산에 큰 영향을 미치지만, 절수를 고무하고 투자재원을 확보할 목적의 수도요금 인상은 물수요를 유의하게 감소시키지만 전반적 물가수준에 별다른 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

*Keywords* : elasticity, input-output analysis, demand-driven model, supply-driven model, Leontief price model

- 
- \* 서울대학교 공과대학 기술정책 대학원과정 교수
  - \*\* 서울대학교 공과대학 기술정책 대학원과정 박사과정
  - \*\*\* 서울대학교 공과대학 지구환경시스템공학부 전임강사

## 1. 서 론

우리나라는 여름철인 6~9월에 연 강우량의 70%가 몰려있는 등 계절적 편중이 심하며, 전 국토의 30%에 해당되는 해안 및 도시지방은 자체유역에서 충분한 급수가 불가능하여 지역적 편중도 심한 편이다. 게다가 상수도 보급률은 선진국에 비해 매우 낮아 생존의 기반 일 뿐만 아니라 산업생산을 위한 필수적 투입요소인 수자원의 성격을 고려할 때 대폭적 투자가 요구된다. 가장 손쉬운 해결방법은 댐건설이나 수몰지 보상비의 급등으로 이를 위한 사회간접자본의 확충이 어려워지고 있으며, 이미 800여 개의 크고 작은 댐들이 있어 개발적지도 부족하다. 1980년과 1994년을 비교해 볼 때 전국평균 지가는 4.7배 상승하였지만, 댐건설에 따른 용지보상비는 이를 훨씬 상회하여 약 42.8배 상승한 것은 댐건설의 어려움을 단적으로 보여주고 있다. 그러나 우리나라의 1일 1인당 급수량은 여타 선진국에 비해 훨씬 많으나, 현재의 수도요금에 생산원가의 72.3%에 불과하여 물위기에 능동적으로 대처하기가 어려울 뿐만 아니라 물의 낭비도 초래되고 있다. 이러한 당면한 물문제를 극복하기 위한 정책적 시사점을 얻기 위해 본 연구에서는 수요함수접근법과 I-O 분석의 두 가지 접근방법으로 수도사업의 국민경제적 역할을 고찰하여 수자원 정책 수립에 기여하고자 한다.

수요함수접근방법의 목적은 물소비가 급증했던 1978~1994년 기간동안의 물소비와 경제성장간의 관계를 분석하는 것으로 다음의 분석들이 주가 될 것이다. 첫째, 물에 대한 총수요와 경제성장에 대한 수자원의 기여를 알아보기 위해 물소비와 경제성장간의 관계를 분석한다. 둘째, 부문별 물수요에 초점을 맞추어 수도요금인상에 기인한 소비조정을 살펴보고 수자원정책의 관점에서 정책적 시사점도출을 위해 장·단기 행동을 분석한다. 또한 부가적으로 상수생산시의 전력사용량과 급수량과의 관계를 분석한다. 산업연관분석의 목적은 I-O 모형을 단기적으로 수자원문제에 적용할 때의 몇 가지 중요한 문제를 고찰하는 것으로 통상적인 I-O 모형을 살펴볼 뿐만 아니라 그 응용에 있어서 공급지장비용과 물가과급효과를 살펴본다. 그간 국내에서는 기초적 수준의 수도부문 I-O 분석을 다룬 한국수자원공사(1994b)와 포스코경영연구소(1996)를 제외하고는 연구가 거의 이루어지지 않았다. 따라서 본 연구의 수도부문 I-O 분석 결과는 수자원개발계획과 정책수립에 유용하게 활용될 수 있으리라 기대된다.

## 2. 물소비와 경제성장간의 관계

용수는 각 지방자치단체에 의한 지방상수도과 수자원공사에 의한 광역상수도를 통해 공급되며 1996년 현재 광역상수도의 비중은 약 40%이다. 본 절에서는 먼저 물소비와 경제성장간의 관계를 살펴본 후, 물소비의 특징으로서 가격 및 소득탄력성을 유도하고, 상수생산의 효율성을 간단하게 분석한다. 각 함수의 추정은 우선 최소자승법(ordinary least squares)을 적용하여 더빈-왓슨(Durbin-Waston) 검정, 더빈-h(Durbin-h) 검정, 더빈-h 대체(Durbin-h alternative) 검정 등으로 계열상관(serial correlation)의 유무를 검정한 후, 계열상관이 존재할 때에는 1차 계열상관을 가정하고 코크란-오컷(Cochrane-Orcutt)의 반복추정법을 적용하여 일치성과 접근적 정규성을 갖는 추정량(consistent and asymptotically normal estimator)을 구하는 절차를 따른다(Greene, 1997).

### 2.1 물소비와 경제성장

물소비와 경제성장과의 개략적인 관계를 살펴보기 위해 아래의 식 (1), (2), (3), (4)를 상정할 수 있으며, 교란항의 1차 계열상관을 가정할 때는 식 (5)를 추가적으로 고려한다.

$$\ln TWC_t = \alpha_0 + \alpha_1 \ln RGDP_t + u_t \quad (1)$$

$$\ln RGDP_t = \alpha_0 + \alpha_1 \ln TWC_t + u_t \quad (2)$$

$$\ln(TWC/RGDP)_t = \alpha_0 + \alpha_1 T + u_t \quad (3)$$

$$\ln(TWC/RGDP)_t = \alpha_0 + \alpha_1 \ln RGDP_t + \alpha_2 T + u_t \quad (4)$$

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

여기서  $TWC_t$ 는 물소비량,  $RGDP_t$ 는 실질 국내총생산,  $T$ 는 추세변수,  $\rho$ 는 1차 계열상관계수,  $u_t$ 와  $v_t$ 는 교란항이다. 광역상수도에 대한 추정은 전반적으로 유의성이 부족하여 지방상수도 사용량에 대해서만 추정하였으며 그 결과는 표 1과 같다.

표 1. 지방상수도 소비와 경제성장간의 관계

식번호	$\alpha_0$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$R^2$	DW	F
(1)	6.06 (9.67**)	1.09 (24.7**)		0.978	1.874	609**
(2)	-4.95 (-7.12**)	0.889 (27.5**)		0.982	1.860	755**
(3)	7.24 (200**)	0.0994 (3.17**)		0.417	1.857	10.0**
(4)	16.7 (5.64**)	-0.709 (-3.19**)	0.0691 (3.70**)	0.680	1.577	13.8**

주) 괄호 안은 t-통계량, \*\* : 유의수준 1%에서 유의.

식 (1)의 추정결과 지방상수도에 대한 총수요는 대체로 실질 국내총생산에 대해 탄력적이며, 상수량이 양수이고 유의한 것으로 보아 실질 국내총생산이 낮아도 수요가 어느 정도 발생하는 물의 필수재적 성격을 반영하고 있다. 용수수요가 경제성장에 미치는 영향은 식 (2)의 추정결과로서 알 수 있는데 산출탄력성은 0.89로 양수이고 유의하지만 1보다는 작다. 식 (3)의 추정결과 총소비량 대 실질 국내총생산의 비로 정의되는 물소비계수(coefficient of water use) 또는 물소비강도(intensity of water use)는 연간 9.9% 증가했음을 알 수 있다. 이는 시간에 따른 물소비계수의 안정적 상승을 의미하는 것으로 적절한 대체재가 없는 물의 성격을 반영하고 있으며, 경제성장에 따라 그 역할이 계속 중요하다는 것을 보여준다. 그러나 식 (4)의 추정결과에 따르면 물소비계수는 실질 국내총생산이 증가함에 따라 유의하게 감소했음을 알 수 있다.

## 2.2 물수요의 가격 및 소득탄력성

조정률(rate of adjustment)뿐만 아니라 가격 및 소득탄력성을 구하기 위해 식 (6)의 이중로그형태 동적 수요함수를 추정한다.

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

여기서  $Q_t$ 는 부문별 연간 물소비량,  $P_t$ 는 부문별 1톤당 실질 평균가격,  $Q_{t-1}$ 는 전년도의 부문별 연간 물소비량,  $Y_t$ 는 실질 국내총생산,  $u_t$ 는 교란항이며 예상부호는  $\beta_1 < 0$ ,  $\beta_2 < 0$ ,  $\beta_3 > 0$ 이다.

지방상수도의 경우 수도요금에 누진제(increasing block rates)를 적용하고 있어 이를 고려한 수요함수 추정이 보다 적절하다(Billing과 Agthe, 1980). 하지만 이에 대한 미시자료의 구득이 어려워 많은 연구에서 평균가격(average price)이 널리 사용되고 있는 점을 고려하여 본 연구에서도 평균가격을 이용하였다. 소득 변수와 가격변수는 각각 GNP-디플레이터와 물가지수를 이용하여 실질화하였다.

식 (6)은 이중로그형이므로 추정계수는 독립변수 각각의 탄력성이 되며, 우변에 내생시차변수(endogenous lagged variable)가 포함되었으므로 장·단기 탄력성의 구별이 가능하고 조정률을 이용하여 이를 구할 수 있는 장점을 가진다. 즉, 가격 및 소득의 단기 탄력성은 각각 추정계수  $\beta_1, \beta_3$ 이 되며, 조정률은 1에서 내생시차변수의 계수값을 빼준 값인  $(1-\beta_2)$ 가 된다. 이는 독립변수가 변할 때 실제 소비수준이 바람직한 소비수준으로 조정되는 속도를 의미한다. 따라서 가격 및 소득

표 2. 용도별 수요함수 추정결과

용도	추정계수					$R^2$	F
	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\rho$		
지방상수도 총수요	4.56 (5.90**)	-0.229 (-4.58**)	0.397 (3.63**)	0.610 (4.68**)	0.560 (3.87**)	0.996	1027**
가정용	3.98 (3.96**)	-0.158 (-2.99**)	0.353 (2.51*)	0.685 (4.25**)	0.567 (3.74**)	0.993	500**
영업용	1.01 (1.03)	-0.193 (-2.20*)	0.697 (4.93**)	0.382 (2.63*)		0.994	619**
욕탕용	3.56 (0.360)	-0.164 (-1.55)	0.207 (0.544)	0.780 (2.18*)	0.785 (1.65)	0.861	22.5**
공공용	1.97 (2.53*)	-0.135 (-1.79)	0.314 (1.54)	0.763 (3.43**)		0.990	416**
광역 상수도	-0.244 (-0.335)	-0.727 (-3.16*)	0.394 (5.90**)	0.592 (6.48**)		0.987	253**

주) - 괄호 안은 t-통계량, \*\* : 유의수준 1%에서 유의,

\* : 유의수준 5%에서 유의,

- 지방상수도 총수요, 가정용, 욕탕용은 코크란-오컷 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	-0.229	-0.380	0.610	1.01	60.3
가정용	-0.158	-0.244	0.567	0.877	64.7
영업용	-0.193	-0.636	0.382	1.26	30.4
욕탕용	n.s.	n.s.	0.780	n.s.	n.s.
공공용	n.s.	n.s.	0.763	n.s.	n.s.
광역상수도	-0.727	-1.20	0.591	0.976	40.6

주) n.s. : 유의하지 않음(not significant).

의 장기 탄력성은 각각  $\beta_1/(1-\beta_2)$ ,  $\beta_3/(1-\beta_2)$ 가 된다. 식 (6)의 최종적인 추정결과는 표 2, 최종적으로 계산된 가격과 소득의 장·단기 탄력성은 표 3과 같다.

지방상수도 총수요, 가정용, 영업용의 경우 가격탄력성은 예상부호와 일치하고 유의하며 그 값도 물수요는 일반적으로 가격비탄력적(price inelastic)이라는 국내외의 연구결과와 일치한다(한국수자원공사, 1994a). 지방상수도의 경우 단기 가격탄력성은 -0.229로 수도요금의 10% 상승하면 물수요는 2.29% 감소함을 의미하는데 수요감소량은 1995년을 기준으로 할 때 1억 3천만  $m^3$ 에 해당된다. 이는 소양강댐 용수공급능력(12억  $m^3$ )의 약 10%에 해당되는 양으로 수도요금조정은 수요관리측면에서 중요한 정책적 시사점을 가짐을 알 수

있다. 또한 장기탄력성의 절대값이 단기보다 크므로 장기적인 조정과정을 통해 가격에 보다 민감하게 반응함을 알 수 있다. 소득탄력성도 예상부호와 일치하고 유의하며 장기가 단기보다 크다. 특히 지방상수도과 영업용의 장기 소득탄력성은 1보다 크다. 옥탕용과 공공용은 모든 추정계수가 예상부호와 일치하지만 유의하지 못하며 단기 소득탄력성만 유의하여 가격과 소득기능이 수요에 제대로 작용하지 못함을 알 수 있다. 광역상수도의 경우는 예상부호와 유의성이 모두 만족되며 가격탄력성의 경우 지방상수도보다 훨씬 탄력적이다.

### 2.3 상수생산의 효율성

마지막으로 광역상수도의 비중이 점차 증가하고 있는 상황에서 수자원공사에 대해 상수생산의 효율성을 살펴보는 것이 의미가 있을 것이다. 전력비가 상수생산비에서 차지하는 비중이 30~40%로 상당히 높으므로 전력사용량 대비 생산량을 조사하여 식 (7)과 같은 단순한 생산함수를 추정할 수 있다.

$$\ln NQ_t = \gamma_0 + \gamma_1 \ln KWH_t + u_t \quad (7)$$

여기서  $NQ_t$ 는 연간 상수생산량,  $KWH_t$ 는 연간 전력사용량이다. 최소자승법으로는 유의수준 5%에서 양의 계열상관이 확인되어 1차 계열상관을 가정한 후 코크란-오코트의 반복추정법을 적용했다.

1981-1995년까지의 자료분석결과 전력의 산출탄력성(output elasticity of electricity)은 0.78로 유의수준 1%에서  $\gamma_1 < 1$ 의 귀무가설을 기각하지 못하여 단위 전력투입당 상수생산량은 전력투입이 늘어남에 따라 감소하고 있다고 할 수 있다. 이는 수질악화에 따라 상수생산에 보다 많은 전력이 요구되기 때문인 것으로 판단된다.

### 3. 수도부문에 대한 I-O 분석

수도사업은 국민경제의 기초산업으로서 산출물의 대부분은 수요산업의 중간재로 공급된다. 따라서 수도부문에 대한 수요는 수자원수요산업들의 생산활동 수준에 의해 결정되고, 수도부문의 자원공급은 수자원수요산업들의 생산활동에 직·간접적으로 영향을 미친다. 특히 수자원개발사업은 사회간접자본투자의 하나로 투자가

표 4. 단순한 상수생산함수 추정결과

$\gamma_0$	$\gamma_1$	$R^2$	DW	F
-1.31 (-2.60**)	0.781 (31.1**)	0.988	2.395	964**

주) 괄호 안은 t-통계량, \*\* : 유의수준 1%에서 유의.

타부문에 미치는 파급효과가 큰 편이며, 산업생산에서 수자원이 필수투입요소로서 작용한다는 점을 고려할 때 공급의 지장이 미치는 파급효과 또한 중요하다. 아울러 수도요금은 물가대책의 일환으로 관리되고 있으므로, 타부문의 물가수준에 직·간접적인 영향을 미치는 요금인상의 파급효과도 중요하게 된다. 본 절에서는 바로 이러한 제반 파급효과에 대한 분석을 다룬다.

#### 3.1 I-O 분석의 기본적 틀

I-O 모형은 산출량 결정에 대해 선형인 부문간 모형으로 한 부문의 생산수준 변화가 다른 부문의 생산물에 대한 연속적인 수요를 어떻게 발생시키는 지를 보여줄 수 있다. 이 모형은 투입요소의 판매와 구매사이의 연관관계에 강조를 둔 일반균형(general equilibrium)의 성격을 가지기 때문에 전반적인 경제적 영향을 분석하고 예측하는데 유용한 방법으로 인식되어 왔다 (Miller와 Blair, 1985). I-O 모형의 기본적인 균형식은 산출의 관점에서 행으로 보면 식 (8)이 되며, 투입의 관점에서 열로 보면 식 (9)가 된다.

$$X_i = \sum_j z_{ij} + F_i - M_i = \sum_j a_{ij} X_j + F_i - M_i \quad (8)$$

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

여기서  $n$ 은 총 부문수,  $X_i$ 는  $i$ 부문의 총산출(total output,  $X$ 는  $n \times 1$ 행렬),  $X_j$ 는  $j$ 부문의 총투입(total input),  $M_i$ 는  $i$ 부문의 총수입(total imports,  $M$ 은  $n \times 1$ 행렬),  $F_i$ 는  $i$ 부문 생산에 대한 최종수요(final demand,  $F$ 는  $n \times 1$ 행렬),  $z_{ij}$ 는 투입요소로서  $j$ 부문에 의해 구입된  $i$ 부문의 양( $Z$ 는  $n \times n$ 행렬),  $V_j$ 는  $j$ 부문의 부가가치( $V$ 는  $n \times 1$ 행렬),  $a_{ij}$ 는  $z_{ij}/X_j$ 로 정의되는 직접 투입계수(direct input coefficient) 또는 기술계수(technical coefficient,  $A$ 는  $n \times n$ 행렬)다.

식 (8)은 특정부문의 총생산이 경제내 모든 부문의 한 단위 생산을 위해 투입되는  $i$ 번째 부문의 생산액과 소비지출, 수출, 투자, 정부지출에 의한 최종 용도에 수요되는 양을 합한 것과 같다는 것을 보여준다. 식 (9)는 어떤 부문의 총생산은 그 부문이 경제내 모든 부문과 수입부문으로부터 구매한 금액에 이 부문의 원초적 투입요소 또는 부가가치(즉, 임금, 이윤, 세금 등)에 대한 모든 수익을 합한 것과 같다는 것을 의미한다.

식 (8)은 다음과 같은 축약된 행렬형태로 다시 쓸 수 있다.

$$X = AX + F - M \quad (10)$$

그런데 식 (10)은 국산품과 수입품을 구분하지 않는 경쟁수입형(competitive imports) 산업연관표로부터

도출된다. 그러나 수도부문은 그 성격상 수입과 별 관련이 없으며, 본 분석의 목적이 순수한 국내생산과급효과를 계측하는 것이므로 국산거래표와 수입거래표를 구분하는 비경쟁수입형(noncompetitive imports) 산업연관표를 이용하는 것이 바람직하며(한국은행, 1987), 사후적인 개념의 산업연관효과를 분석하기 위해서는 국산거래표를 이용하는 것이 타당하다(Jones, 1976). 국산거래표에 'd'란 상첨자를 붙여 식 (10)을 다시 정리하면

$$X = A^d X + F^d \quad (10')$$

이 된다. 이후의 분석은 이 국산거래표에 근거하여 진행되며 편의상 상첨자 'd'를 생략한다. 우리나라의 산업연관표는 한국은행에서 1960년부터 5년 주기로 7개의 실측표가 작성되었으며 실측표가 나오는 연도 사이에 연장표도 작성되었다. 본 연구는 최근에 작성된 1993년 연장표(한국은행, 1996)를 이용한다. 이 산업연관표의 수도부문은 지방자치단체의 상수도시설 및 한국수자원공사 댐용수 판매액과 수도사업수익만을 나타내며, 수도 중에서도 간이상수도를 포함한 민간부문의 상수도활동 등은 통계자료의 미비로 제외되었다. 본 연구에서는 수도부문 I-O 분석을 위해 한국은행 26부문 대분류 방식을 기본으로 하되 부문 16이 전력, 가스, 수도로 이루어져 있으므로, 수도부문을 분리한 27부문으로 통합하였다.

### 3.2 수도사업의 생산유발과급효과

수도사업의 생산유발과급효과 분석은 수요유도(demand-driven) I-O 분석을 이용할 수 있다(Spulber와 Sabbaghi, 1994). 식 (10')을 다시 쓰면

$$X = (I - A)^{-1} F \quad (11)$$

이 되며, 식 (11)을 변동모형으로 바꾸면

$$\Delta X = (I - A)^{-1} \Delta F = B \Delta F \quad (12)$$

이 된다. 여기서  $\Delta$ 는 변화량,  $I$ 는 항등행렬,  $B = (I - A)^{-1}$ 는 레온티에프 역행렬 또는 투입역행렬(Leontief or input inverse matrix)이라 하며, 각 원소는  $b_{ij} = \partial X_i / \partial F_j$ 로  $j$ 부문 최종수요 한 단위 증가로 인해 직·간접적으로 소요되는  $i$ 부문 산출의 총변화량을 의미하는 총 상호의존계수(interdependence coefficient)를 나타낸다. I-O 분석은 산업의 투입과 산출을 수도부문에 대한 중간수요 및 최종수요와 상호관련시킬 수 있으므로 수도부문에 대한 수요를 분석하는데 유용하다. 관심대상인 수도부문( $w$ )을 외생화한 행렬에 '\*'란 상첨자를 붙여 다시 정리하면,

$$X^* = (I - A^*)^{-1} (F^* + A^w X^w) \quad (13)$$

이 되고 이를 최종수요의 변동이 없다고 가정하고( $\Delta F^* = 0$ ) 변동모형으로 바꾸면,

$$\Delta X^* = (I - A^*)^{-1} A^w \Delta X^w \quad (14)$$

이 된다. 수도부문의 투자는 자체로서의 산출효과에 그치는 것이 아니라 연관효과를 통해 타산업 부문의 생산을 유발시킴으로써 결과적으로 전체 산업의 생산을 촉진하므로, 식 (14)로부터 수도부문의 총산출 또는 총투자로 인한 파급효과를 구할 수 있다.

분석결과는 그림 1과 같다. 수도부문 1원어치의 생산 또는 투자는 국민경제 전체적으로 약 0.666원의 생산유발효과를 미쳐 1993년도 수도부문의 총산출액을 고려할 때 6조 8,582억원의 생산유발효과를 가져왔으며, 부문별 생산유발효과는 전력 및 가스(0.223원), 제1차 금속(0.067원), 화학제품(0.062원)의 경우에 가장 커서 상수생산비에서 전력비와 약품비의 비중이 높음을 반영하고 있다. 특히 전력 및 가스는 총산출의 약 21%가 수도부문의 생산과급부분이다. 반면에 공공행정 및 국방(0원), 섬유 및 가죽(0.002원), 교육 및 보건(0.003원)은 파급효과가 가장 낮다. 이와 같은 생산유발효과 분석결과는 두 가지 용도를 가진다. 첫째, 사회간접자본의 성격을 가지는 수자원개발계획과 관련된 편익-비용 분석(benefit-cost analysis)에서의 편익의 항목으로 사용될 수 있다. 둘째, 최근 영국과 프랑스에서 널리 확대되고 있는 수도사업 민영화가 우리나라에서도 조금씩 논의되고 있는 상황에서(곽결호, 1997; 우동기와 이종규, 1996), 사기업의 수도사업 진입에 따른 제반 경제적 효과분석에 이용할 수 있다(Miller와 Blair, 1985).

### 3.3 수도사업의 공급시장 파급효과

고정투입계수와 투입요소의 완전탄력적 공급이라는 가정에 의존하는 통상적인 I-O 모형은 최종수요로부터 발생하는 충격, 즉 후방연쇄와 활동의 산출결정(output orientation of activities)을 분석하는데 초점을 맞춘다. 그러나 통상적인 I-O 모형은 원초적 공급에서 발생하는 충격, 즉 전방연쇄와 활동의 투입결정을 다루는데는 적절하지 못하다(Hoover, 1975). 그러므로 공급유도(supply-driven) I-O 모형을 도입하여 수자원 공급시장의 직·간접적 영향을 평가하는 데 사용할 수 있다(Giarratani, 1976; Davis와 Salkin, 1984; Rose와 Allison, 1989). 이 모형은 배분함수(allocation function)를 통해 상호작용하는 힘의 균형조건에 근거

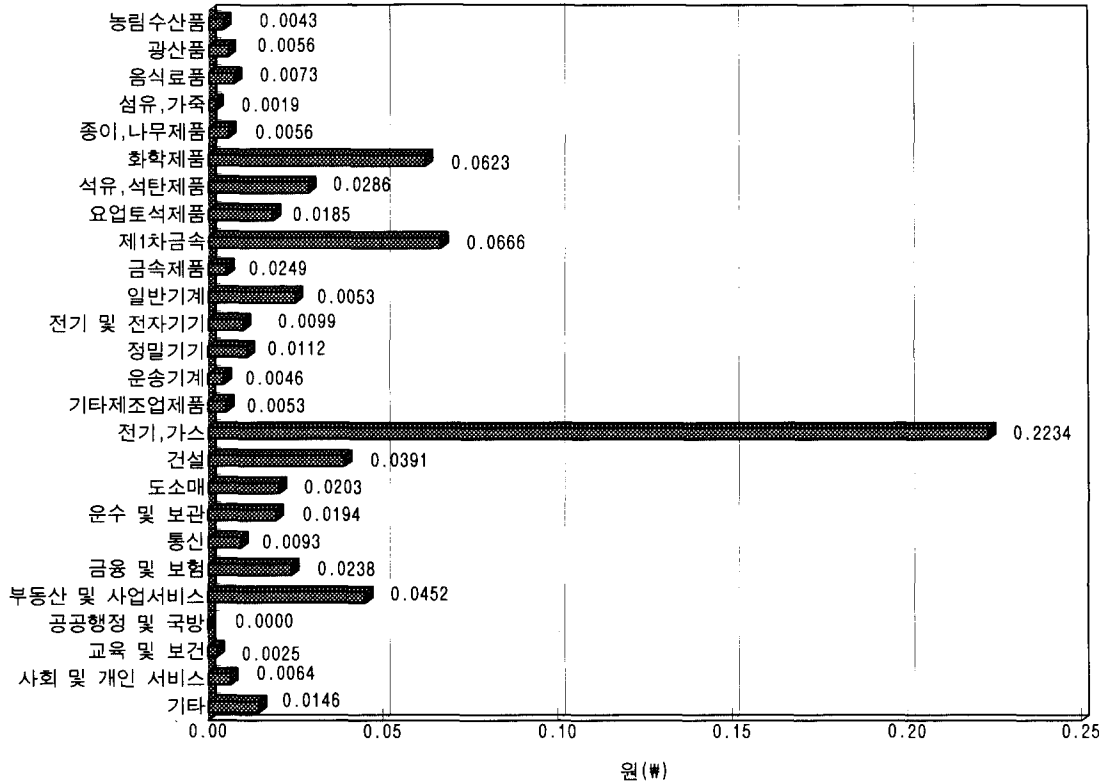


그림 1. 수도부문 총산출의 생산유발효과

하고 있으며 기본적인 균형방정식은 다음 식으로 대표된다.

$$X_i = \sum_j z_{ij} + F_i = \sum_j s_{ij} X_i + F_i \quad (15)$$

$$X_j = \sum_i z_{ij} + V_j = \sum_i s_{ij} X_i + V_j \quad (16)$$

여기서  $s_{ij}$ 는  $z_{ij}/X_i$  로 정의되는 산출계수(allocation or output coefficient)이며, 식 (16)을 축약된 행렬 형태로 다시 쓰면,

$$X' = X' S + V' \quad (17)$$

또는

$$X' = V'(I - S)^{-1} = V' C \quad (17')$$

이다. 여기서  $S$ 는 직접산출계수행렬,  $C=(I-S)^{-1}$ 는 산출역행렬(output inverse matrix)이라 하며, 각 원소는  $c_{ij} = \partial X_i / \partial V_j$ 로  $i$ 부문 부가가치 한 단위 증가로 인해 직·간접적으로 소요되는  $j$ 부문 산출의 총변화량을 의미한다. '수학'는 전치행렬(transpose matrix)를 나타낸다. 식 (17')로부터 원초적 투입요소의 변화가

주어질 때 국내산출에 대한 직·간접적인 총영향을 결정할 수 있다. 산출역행렬의 행합은 원초적 투입요소의 단위변화에 대해 전체 경제에서의 총산출 변화를 나타내는 공급승수(supply multiplier)가 된다. 일반적으로 고정산출계수는 고정투입계수보다 약한 가정이며, 투입계수가 산출계수보다 더 안정해 보이는 않으므로 원초적 투입요소의 공급제약이 있는 동안에 산출계수가 고정이라고 가정하는 것은 적절하다(Wu와 Chen, 1990). 또한 수자원과 같이 희소한 자원에 대한 독점시장 하에서는 생산함수보다 배분함수가 경제에서 중요한 역할을 한다(Ghosh, 1958). 바로 이러한 점들이 공급유도 I-O 분석의 적용을 정당화시킨다.

식 (17')에서 관심대상인 수도부문을 외생화된 행렬에 '\*'이란 상첨자를 붙여 다시 정리하면,

$$X^* = (V^* + S^w X^w)(I - S^*)^{-1} \quad (18)$$

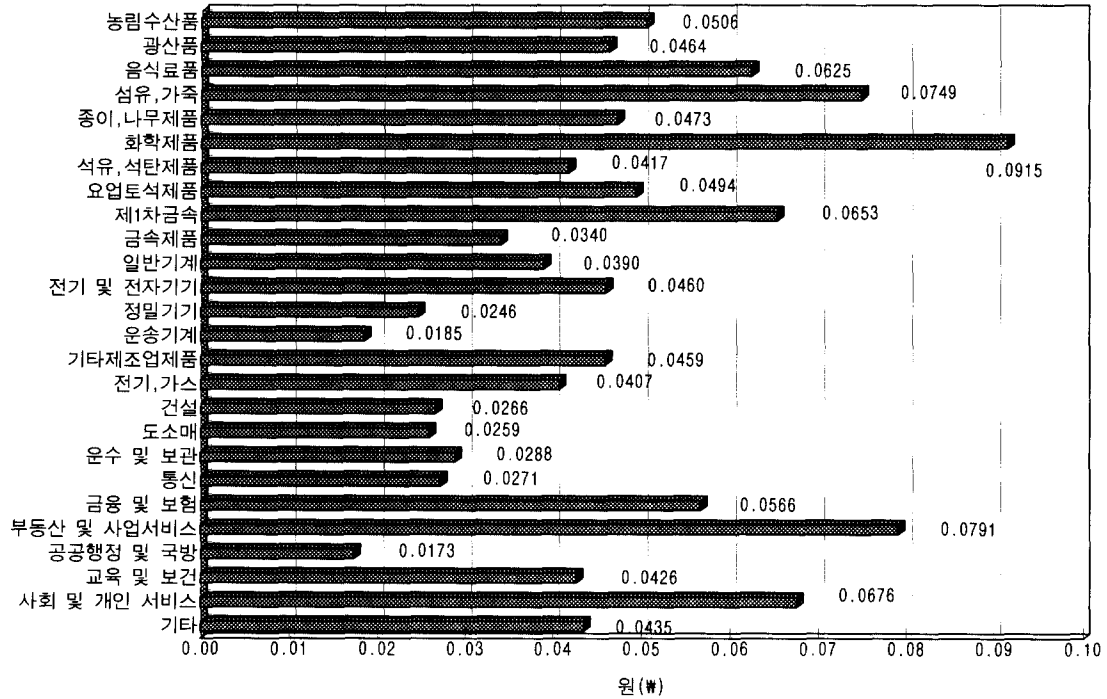


그림 2. 수도권 공급지장의 파급효과

이 되고 부가가치의 변동이 없다고 가정하고 ( $\Delta V^* = 0$ ) 변동모형으로 바꾸면,

$$\Delta X^* = S^{-1} \Delta X^m (I - S^*)^{-1} \quad (19)$$

이 된다. 식 (19)로부터 수도권에서의 공급지장이 각 산업에 미치는 파급효과를 구할 수 있으며, 이를 공급지장비용(failure or shortage cost)으로 정의할 수 있다.

그림 2에 따르면 수도권에서 1원어치의 공급이 이루어지지 않을 때 국민경제 전체적으로 1.193원의 공급지장비용이 발생하여, 1993년도에 물공급이 전혀 이루어지지 않았다면 수도부문을 제외한 국민경제 전체적으로 1조 2,295억원의 공급지장비용이 발생했을 것이다. 부문별 공급지장비용은 화학제품부문이 약 0.092원으로 가장 크며, 공공행정 및 국방부문이 약 0.017원으로 가장 작다. 이와 같은 공급지장효과 분석결과는 두 가지 용도를 가진다. 첫째, 사회적으로 본 최적 용수설비 규모는 설비비용과 공급지장비용의 합이 최소가 되는 점에서 결정되므로, 수도사업의 공급신뢰도(reliability) 결정에 사용될 수 있다(Howe와 Smith, 1994). 둘째,

주로 가뭄시에 문제가 되는 용도별 우선공급순위 결정에 적용이 가능하여 공급지장비용이 큰 부문에 한정된 용수를 우선적으로 공급하는 정책이 고려될 수 있다.

### 3.4 수도부문의 산업간 연쇄효과

전방연쇄효과(forward linkage)는 확산감응도(sensitivity of dispersion)를 나타내는 것으로 감응도계수라 불리며 전 산업의 최종수요를 모두 1단위씩 증가시키기 위해  $i$ 번째 산업이 생산해야 할 단위의 전 산업 평균치에 대한 비율로 다음 식으로 정의된다(이정진, 1983).

$$F(d)_i = \frac{1}{n} \sum_j b_{ij} / \frac{1}{n^2} \sum_i \sum_j b_{ij} \quad (20)$$

후방연쇄효과(backward linkage)는 확산력(power of dispersion)을 나타내는 것으로 영향력계수라 불리며 전 산업 평균 생산유발계수에 대한 산업별 생산유발계수의 비율로  $j$ 부문에 대해 다음 식으로 정의된다.

$$B(d)_j = \frac{1}{n} \sum_i b_{ij} / \frac{1}{n^2} \sum_i \sum_j b_{ij} \quad (21)$$

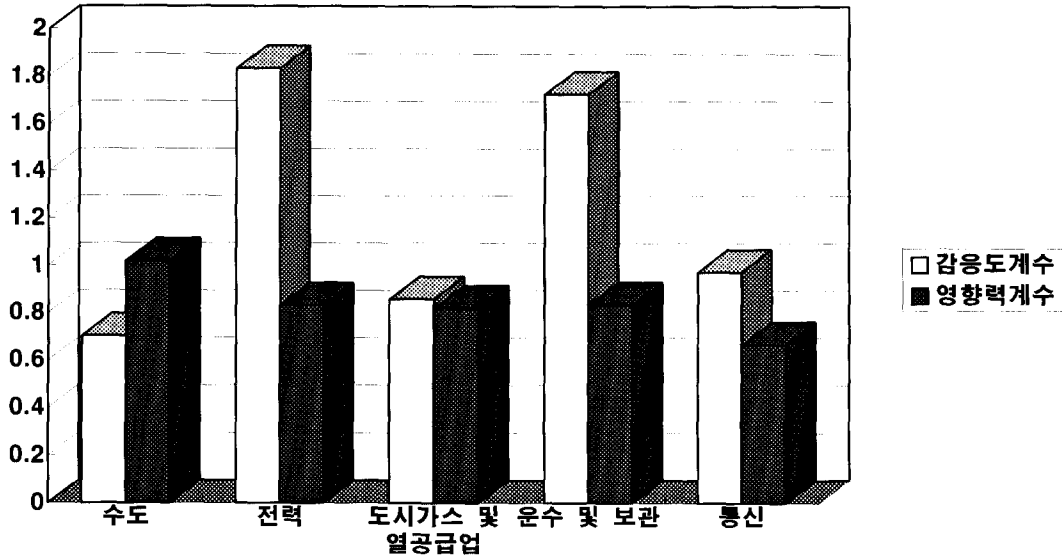


그림 3. 사회간접자본의 연쇄효과 지표

수도부문을 중심으로 볼 때 전방연쇄효과는 수도물을 다른 산업생산의 원료로 파악하는 것이며, 후방연쇄효과는 수도물을 최종재로 보고 다른 산업의 생산물을 수도물을 생산하기 위한 원료로 파악하는 것이다(한국수자원공사, 1994b). 그림 3에서와 같이 수도부문의 감응도계수는 0.702로 전력(1.834), 통신(0.972), 도시가스 및 열공급업(0.858), 운수 및 보관(1.725) 등 다른 사회간접자본부문보다 낮다. 이는 수도사업이 일반적인 경기가 활황일 때 다른 사회간접자본사업에 비해 전반적인 산업성장에 자극받는 정도가 낮음을 보여주는 것으로, 경기변동에 영향을 별로 받지 않는 국가생존의 기반이 되는 필수적 투입요소라는 것을 의미한다. 영향력계수는 1.020으로 전력(0.832), 통신(0.067), 도시가스 및 열공급업(0.819), 운수 및 보관(0.835)보다 높다. 이는 수도사업이 다른 사회간접자본사업보다 투자지출에 따른 경제적 파급효과 즉 다른 산업을 건인하는 정도가 큼을 나타낸다. 따라서 수도사업은 전방연쇄효과는 낮고 후방연쇄효과는 높아 최종수요적 제조업(final manufacture)으로 분류된다.

### 3.5 레온티에프 가격모형

지금까지의 모든 논의는 금액단위 산업연관표에 의한 것이었다. 그러나 원래 산업연관분석의 중요한 문제는 수급균형식을 이용한 물량적인 파급효과 분석이다. 그런데 산업연관표를 열로 본 각 산업부문의 구성은 곧

각 산업부문의 생산활동에 대한 비용구조를 나타내므로 이를 이용하면 가격의 파급효과를 분석할 수 있는데 이를 레온티에프 가격모형(Leontief price model)이라 한다(유승훈, 1996).

한국은행 산업연관표를 포함한 대부분의 산업연관표는 작성상의 어려움 때문에 물량단위로는 작성하지 않고 금액단위로만 작성된다. 물량단위 산업연관표로부터 논의를 시작하더라도 금액단위 산업연관표를 이용한 분석으로 귀결되어야 하는 이유가 여기에 있다. 물량단위 I-O 모형의 기본적인 균형식은 식 (22)와 같으며 금액단위 산업연관표와 비교할 때 식 (23)이 성립한다.

$$Q_i = \sum_j r_{ij} + Y_i = \sum_j d_{ij} Q_j + Y_i \quad (22)$$

$$\begin{aligned} X_i &= P_i Q_i, & z_{ij} &= P_i r_{ij}, \\ F_i &= P_i Y_i, & V_j &= P_j^v V_j^s \end{aligned} \quad (23)$$

여기서  $Q_i$ 는  $i$  부문의 물량단위 총산출량,  $Y_i$ 는  $i$  부문 생산에 대한 물량단위 최종수요,  $r_{ij}$ 는 투입요소로서  $j$  부문에 의해 구입된  $i$  부문의 물량단위 수량,  $V_j^s$ 는  $j$  부문의 물량단위 부가가치,  $P_i$ 는  $i$  부문의 총산출량  $Q_i$ 의 단위가격( $P$ 는  $n \times 1$ 행렬),  $P_j^v$ 는  $j$  부문의 물량단위 부가가치에 대한 단위가격( $P^v$ 는  $n \times 1$ 행렬),  $d_{ij}$ 는  $r_{ij}/Q_j$ 로 정의되는 물량단위 투입계수( $D$ 는  $n \times n$ 행렬)다. 이제 식 (22)의 양변에  $P_i$ 를 곱하면,

$$P_i Q_i = \sum_j P_i r_{ij} + P_i Y_i \quad (24)$$



이 되어 식 (23)을 고려할 때 결국 식 (10')이 된다. 그런데 식 (9)에 식 (23)을 적용하면,

$$P_j Q_j = \sum_i P_i r_{ij} + P_j^v V_j^p \quad (25)$$

이 되고 양변을  $Q_j$ 로 나누면,

$$P_j = \sum_i P_i d_{ij} + P_j^v \frac{V_j^p}{Q_j} = \sum_i P_i d_{ij} + P_j^v d_j^v \quad (26)$$

이 된다. 전술한 바와 같이 실물단위 투입계수  $d_{ij}$ 를 알지 못하므로 금액단위 투입계수  $a_{ij}$ 를 이용하여 가격 모형을 해결해야 하는데, 한 가지 중요한 사실은 만약 모든 산출물의 가격이 1원이라면  $d_{ij} = a_{ij}$ 가 되어 실물 단위 투입계수행렬  $D$ 와 금액단위 투입계수행렬  $A$ 가 일치한다는 것이다. 이는  $a_{ij}$ 가 산출물의 화폐가치를 기준으로 유도되었기 때문이다. 이런 의미에서 이때의 가격들을 정규화된 가격(normalized price)으로 볼 수 있다(Miller와 Blair, 1985).

식 (26)을 축약된 행렬형태로 다시 쓰면,

$$P = D'P + \hat{D}^v P^v \quad (27)$$

$$\text{또는 } P = (I - D') \hat{D}^v P^v \quad (27')$$

이 된다. 여기서  $\hat{D}^v$ 는 실물단위 부가가치계수( $d^v$ )의 대각행렬이 된다. 이제 모든 가격을 1로 정규화시키면,

$$\bar{P} = (I - A') \hat{A}^v \bar{P}^v = I \quad (28)$$

이 된다. 여기서  $I$ 는 1로 채워진 열벡터이다. 이때 부가가치 부분의 가격변화에 따른 가격과급효과는

$$\Delta \bar{P} = (I - A') \hat{A}^v \Delta \bar{P}^v \quad (29)$$

이 된다. 따라서 가격수준을 몰라도 정규화된 가격을 통해 가격변동률은 구할 수 있다. 수도부문( $w$ )을 외생화시킨 투입계수행렬을  $A^*$ 라 하고 식 (29)를 다시 쓰면,

$$\Delta \bar{P} = (I - A^*) (\hat{A}^v \Delta \bar{P}^v + \hat{A}^w \Delta \bar{P}^w) \quad (30)$$

이 되며 이때 부가가치의 변동이 없다면 ( $\Delta \bar{P}^v = 0$ ),

$$\Delta \bar{P} = (I - A^*) \hat{A}^w \Delta \bar{P}^w \quad (31)$$

이 된다. 우리는 최종적으로 식 (31)을 이용하여 수도요금 인상으로 인한 물가과급효과를 계측할 수 있다.

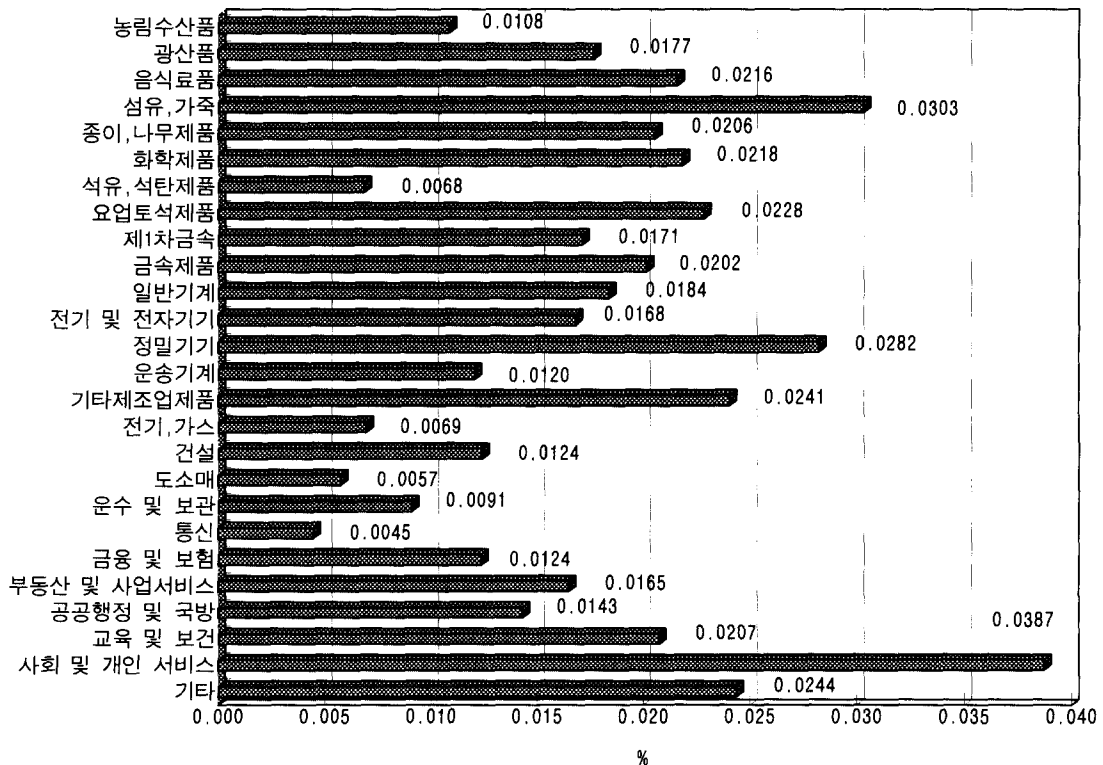


그림 4. 수도요금 10% 인상으로 인한 물가과급효과

분석결과에 따르면 수도요금 10% 인상으로 인한 물가상승률은 국민경제 전체적으로 0.017%에 불과하여 대단히 미미하며, 각 부문별 물가상승률(%)은 그림 4와 같다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 당면한 물위기를 극복할 수 있는 공공정책 개발을 위해 물소비와 경제성장간의 관계, 물수요의 가격 및 소득탄력성, 상수생산의 효율성, 수도부문의 생산유발과급효과, 공급지장과급효과, 산업간 연쇄효과, 물가와급효과를 분석하였다. 주요결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 지방상수도에 대한 총수요는 대체로 국내총생산에 탄력적이며, 물의 산출탄력성은 0.89로 양수이고 유의하지만 1보다는 작으며, 물소비계수는 연간 9.9% 증가하는 것으로 분석되었다.

(2) 지방상수도 총수요, 가정용, 영업용, 광역상수도의 경우, 가격탄력성과 소득탄력성이 모두 예상부호와 일치하고 유의하며, 가격탄력성의 경우 수요는 가격비탄력적이라는 국내외의 연구결과와 일치한다. 욕탕용과 공공용은 모든 추정계수가 예상부호와 일치하지만 유의하지 못하며 단기 소득탄력성만 유의하다.

(3) 수도부문 1원어치의 생산 또는 투자는 국민경제적으로 약 0.666원의 생산유발효과를 가져오는 것으로 추정되었으며 이는 1993년도 수도부문의 총산출액을 고려할 때 총 6조 8,582억원의 생산유발효과를 의미한다.

(4) 수도부문에서 1원어치의 공급이 이루어지지 않으면 국민경제적으로 약 1.193원의 공급지장비용이 발생하는 것으로 나타나 1993년도에 물공급이 전혀 이루어지지 않았다면 수도부문을 제외하고 1조 2,295억원의 공급지장비용이 발생했을 것으로 분석되었다.

(5) 수도사업은 낮은 전방연쇄효과와 높은 후방연쇄효과를 보이고 있어 최종수요적 제조업으로 분류된다.

(6) 수도요금 10% 인상으로 인한 물가상승률은 국민경제적으로 약 0.017%에 불과하다. 이 값은 1990년 산업연관표를 이용한 건설교통부(1995)와 유승훈(1996)의 0.019%보다도 오히려 낮아 수도요금인상이 국민경제에 미치는 영향이 매우 작으며, 그 크기도 수도요금인상 억제정책으로 인해 작아졌음을 알 수 있다.

이상과 같은 분석결과로부터 국내 수자원은 국민생활과 산업생산에 필수적인 투입요소로서 수도부문에 대한 투자와 물공급지장은 국민경제에 큰 영향을 미치지만 절수를 유도하고 투자재원을 확보할 목적의 수도요금 인상은 물수요를 유의하게 감소시키지만 전반적인 물가수준에는 별다른 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

#### 참 고 문 헌

건설교통부 (1995). *가뭄기록조사보고서*. 연구보고서.

곽경호 (1997). "물자원의 효율적 배분을 위한 경제적 접근방안." *한국수자원학회지*, 제30권, 제1호, pp. 7-18.

우동기, 이종규 (1996). "상수도 사업의 민간참여 방안." 21세기를 대비한 맑은 물 공급정책에 관한 학술세미나 자료집, 한국환경정책학회, 7월.

유승훈 (1996). *장기한계비용을 이용한 최적수도요금 결정에 관한 연구*. 석사학위논문, 서울대학교.

이정진 (1983). "연쇄효과지표에 관한 고찰." *경제학연구*, 제31권, pp. 57-80.

포스코경영연구소 (1996). *해수담수화 설비의 경제성 및 사회적 편익분석*. 연구보고서.

한국수자원공사 (1994a). *광역상수도의 최적요금결정에 관한 실증적 연구*. 연구보고서.

한국수자원공사 (1994b). *댐의 효용과 국가경제에 미치는 영향*. 연구보고서.

한국은행 (1987). *산업연관분석해설*.

한국은행 (1996). *산업연관표 1993 연장표*.

Billing, R.B. and Agthe, D.E. (1980). "Price elasticities for water: A case of increasing block rates." *Land Economics*, Vol. 56, No. 1, pp. 73-83.

Davis, H.C. and Salkin, E.L. (1984). "Alternative approaches to the estimation of economic impacts resulting from supply constraints." *Annals of Regional Science*, Vol. 18, No. 3, pp. 25-34.

Ghosh, A. (1958). "Input-output approach to an allocative system." *Economica*, Vol. 25, No. 1, pp. 58-64.

Giarratani, F. (1976). "Application of an inter-industry supply model to energy issues." *Environment and Planning A*, Vol. 8, No. 4, pp. 447-454.

Greene, W.H. (1997). *Econometric Analysis*, 3rd ed., Prentice-Hall International Inc.

Hoover, E.M.(1975). *An introduction to regional economics*, 2nd ed., Alfred A. Knopf, New York.

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.
- Jones, L.P. (1976). "The measurement of Hirschmanian linkage hypothesis." *Quarterly Journal of Economics*, Vol.90, No.2, pp. 323-333.
- Miller, R.E. and Blair, P.D. (1985). *Input-output analysis: foundations and extensions*. Prentice-Hall, New Jersey.
- Rose, A. and Allison, T. (1989). "On the plausibility of the supply-driven input-output model: empirical evidence on joint stability." *Journal of Regional Science*, Vol. 29, No. 3, pp. 451-458.
- Spulber, N. and Sabbaghi A. (1994). *Economics of water resources: from regulation to privatization*. Kluwer Academic Publishers.
- Wu, R.H. and Chen, C.Y. (1990). "On the application of input-output analysis to energy issues." *Energy Economics*, Vol. 12, No. 1, pp. 71-76.
- 〈최종본 도착일 : 1997년 7월 30일〉