

# 가뭄시 공업용수의 효율적 배분에 관한 연구

○ 최장환<sup>1)</sup>, 허은녕<sup>2)</sup>, 심명필<sup>3)</sup>

## 1. 서론

현재 우리나라의 수자원정책은 여러 면에서 어려움을 겪고 있다. 수자원공급의 경우 개발에 대한 사회적 거부와 님비(NIMBY)현상에 부딪쳐 수요-공급 불균형을 해소하기 위해 과거의 공급위주정책을 고수하기가 더욱 힘든 실정이고 수자원 공급을 늘리는데 드는 비용이 점점 증가하고 있고 풍족하게 공급할 수 있는 수자원의 공급원들을 찾기가 쉽지 않게 되었다. 이렇듯 공급의 한계가 닥쳐오고 물 한단위 공급을 위해 더 많은 비용이 든다면 물이 얼마나 효율적으로 배분되고 가치 있게 쓰여지고 있는지를 심각하게 점검을 해야 할 것이다. 물의 수요를 충족시키기 위해 공급을 확대하는 것도 물론 필요한 일이지만 공급된 물이 유용하고 값지게 사용되도록 하는 것 즉 수요관리에 점차 비중을 확대해야할 시기라고 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 가뭄으로 인해 충분한 물공급이 이루어지지 못할 경우 발생하는 산업간의 피해를 계량경제 모형을 이용하여 분석하고 이를 바탕으로 피해를 최소화할 수 있는 방안을 마련하고자 하였다. 가뭄으로 인한 피해는 사회·경제 전반에 걸쳐 발생하고 지속기간이 장기화될수록 피해의 범위와 정도는 확산·심화되어 국가 경쟁력 전반에 상당한 피해를 주게된다. 사회적인 영향은 정량적으로 평가하기 어려운 정성적인 요소가 많아 평가하기가 쉽지가 않은 반면 경제적인 영향은 적절한 경제분석방법을 이용하면 계량이 가능하다. 산업간 거래관계에서 수도부문은 다른 산업에 중간재로 판매되고 수도생산을 위해서는 다른 산업으로부터 생산물을 구입하는 산업간 거래관계가 이루어진다. 이러한 산업간 거래관계는 산업연관분석 통해 수도의 공급감소로 인한 산업간 파급효과를 계측할 수가 있다. 수도는 거의 모든 산업에서 중간투입물로서 사용되고 있으며 그 속성상 단기간 내에 다른 중간투입물로 대체가 불가능하기 때문에 수도를 이용하는 산업들은 수도공급지장의 충격을 그대로 흡수할 수밖에 없다.

## 2. 이론적 배경

### 2.1 산업연관모형

산업연관표는 일정기간(보통 1년)에 일정지역에서 이루어진 경제거래 즉 산업상호간의 재화와 용역의 거래와 산업부문과 최종수요부문과의 거래를 산업부문별 비용구조와 판매구조로 동시에 기록하는 복식부기의 형식으로 기록한 것으로 산업상호간의 의존관계와 산업과 최종수요의 관계를 설명하려는 것이다.

- 
- 1) 인하대학교 수자원시스템연구소 연구원
  - 2) 서울대학교 지구환경시스템공학부 조교수
  - 3) 인하대학교 토목공학과 교수

산업연관표를 이용한 경제적 분석방법을 산업연관분석(interindustry analysis) 또는 투입-산출분석(input-output analysis)이라 하는데, 이것은 생산과 소비단위의 상호연관에 대한 수량적 분석, 즉 타 요소의 구매자로서, 생산요소의 소비자로서, 그리고 타 소비자에 대한 요소의 판매자로서의 생산자 상호관계를 연구하는 것이다.

<표 2-1> 산업연관분석의 기본모형

	중간수요				최종수요	총생산액
중간투입	$X_{11}$	$X_{12}$	...	$X_{1n}$	$Y_1$	$X_1$
	$X_{21}$	$X_{22}$	...	$X_{2n}$	$Y_2$	$X_2$
	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
	$X_{n1}$	$X_{n2}$	...	$X_{nn}$	$Y_n$	$X_n$
부가가치	$V_1$	$V_2$	...	$V_n$		
총투입액	$X_1$	$X_2$	...	$X_n$		

## 2.2 공급지장비용

공급지장은 공급중단뿐만 아니라 물의 수질저하 등으로 인해 소비자의 소비행위를 만족시키지 못하는 다양한 모든 상황을 포함하며 비용 범위는 이러한 공급지장에 따르는 소비자의 직·간접 피해비용과 피해방지비용 등을 모두 포함한다.

### 1) 수요측면산업연관표

<표 2-1>에서 행(row) 방향의 수급균형식을 일련의 연립방정식 체계로 나타내면 식 (2-1)과 같다.

$$X = (I - A)^{-1}Y \quad (2-1)$$

### 2) 공급측면 산업연관모형

배분계수를 이용하는 접근방법으로 전방연쇄효과의 분석과 에너지와 같은 중간투입물의 공급감소(bottleneck)에 따른 파급효과를 계측하는데 많이 이용되고 있다. <표 2-1>에서 열(column) 방향으로 이루어진다. <표 2-1>에서 열(column) 방향의 수급균형식을 일련의 연립방정식 체계로 나타내면 식 (2-2)와 같다.

$$X' = V(I - B)^{-1} \quad (2-2)$$

생산함수의 변화를 투입계수의 변화를 전혀 고려할 필요가 없는 생산요소간 완전대체성(perfect substitutability)을 가정한 함수와 요소간 대체성이 전혀 없는 Leontief 생산함수를 가정해서 총파급효과를 계측할 수 있다.

#### ① 생산요소간 완전대체성 가정하는 경우

이 경우 모든 생산요소가 대체 가능하며 절대적으로 필요한 생산요소가 없다는 것을 의미하는 것으로 이러한 경우에는 공급측면 산업연관모형의 적용과정에 나타나는 투입계수 변화를 전혀 고려할 필요가 없게 된다. 완전대체성을 가정한 경우의 공급측면 산업연관모형은 식 (2-3)과 같다.

$$\Delta X' = \Delta X_j B_j^d (I - B^d)^{-1} \quad (2-3)$$

② 생산요소간 대체가 불가능하다고 가정하는 경우  
고정투입계수를 가정한 수도의 공급감소로 인한 단기적인 공급측면 파급효과 분석방법은 식 (2-4)과 같다.

$$x_j^{(0)} = x_i b_{ij} \left( \frac{1}{a_{ij}} \right) \quad (2-4)$$

수도산업의 공급지장은 전방효과 즉 공급측면의 파급효과뿐만 아니라 후방효과인 수요측면의 파급효과까지 고려해야 한다. 따라서 수도의 공급지장이 국민 경제에 미치는 총파급효과는 전·후방파급효과를 합계하고 이중계산(double counting)되는 부분을 제외하면 구할 수 있다. 이중계산된 부분은 식 (2-5)과 같이 나타낼 수 있다.

$$D_j = X_j B_j (I - \langle B^d \rangle)^{-1} \quad (2-5)$$

### 3. 비교고찰

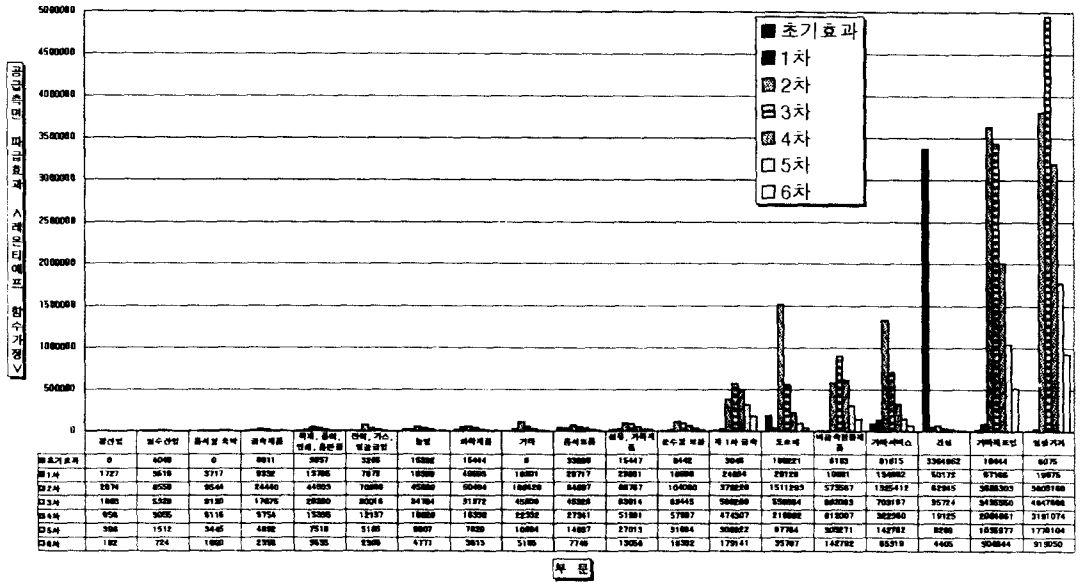
#### 1) 분석대상자료

수도는 지방자치단체가 관리·운영하는 상수도시설을 통하여 공급되는 급수활동을 말하며 한국표준산업분류의 수도사업부문에 해당된다. 한편 간이상수도업인 민간의 상수도활동은 자료사정으로 이 부문에서 제외되지만 한국수자원공사의 용수판매활동은 이 부문에 포함된다.

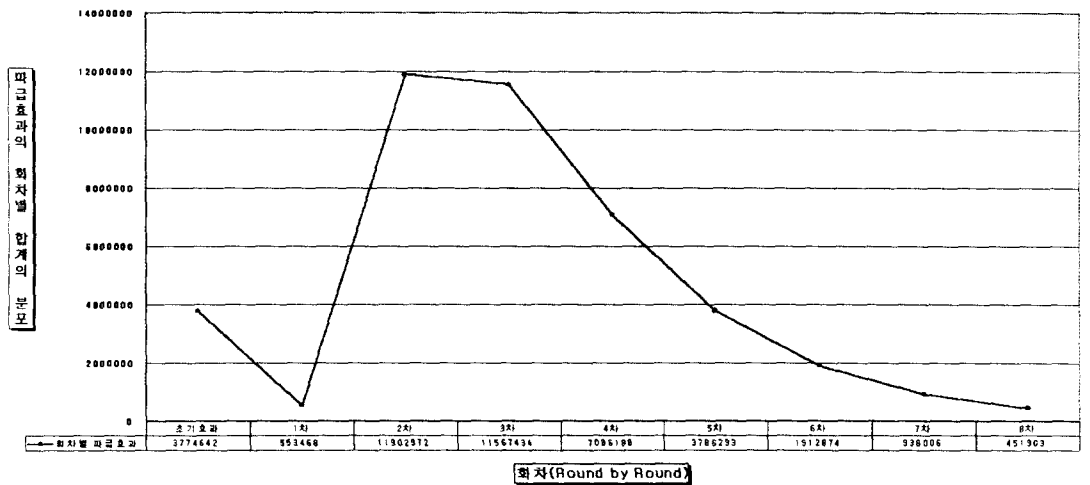
#### 2) 모형 적용

수도 공급지장에 따른 전산업의 총파급효과는 현실적으로 완전대체성의 가정과 대체가 전혀 없다는 가정사이의 어느 수준에서 총파급효과가 결정될 것이다. 즉 산업간의 생산요소간 대체가능성의 정도에 따라 파급효과가 결정된다고 할 수 있다. 하지만 파급효과 초기의 단기적인 부분에서는 수요산업들의 생산요소간 대체 가능성이 적다고 가정한다면 총효과는 후자에 가까울 것이고 장기적인 파급효과 경우에는 전자에 가까울 것이다. 또한 Leontief 함수를 가정한 경우의 파급효과는 한두 회차의 파급효과를 보는 것이 유효할 것이다. <그림 3-1>은 생산요소간 대체가 전혀 없는 Leontief 생산함수를 가정한 경우로 공급측면에 의한 파급효과를 회차별로 나타낸 것이다. <그림 3-2>은 모든 산업부문의 파급효과와 회차별 합계의 분포를 보여주고 있다.

고정투입계수를 가정한 공급측면 모형은 일반적으로 투입계수의 변화가 거의 불가능한 단기적인 파급효과분석에 유용하다. 그러므로 그 파급효과를 많은 회차(round by round)에 걸쳐 분석하기보다는 연구의 목적에 따라 한두 회차의 파급효과를 분석하는 것이 의미가 있다. 한 요소의 투입이 감소하였을 경우 장기적으로 각 산업은 대체투입요소를 증가시키거나 생산기술구조를 변화시킴으로써 생산량 감소 없이 생산활동을 할 수 있을 것이다.



<그림 3-1> 대체 불가능할 경우의 파급효과(단위: 백만원)



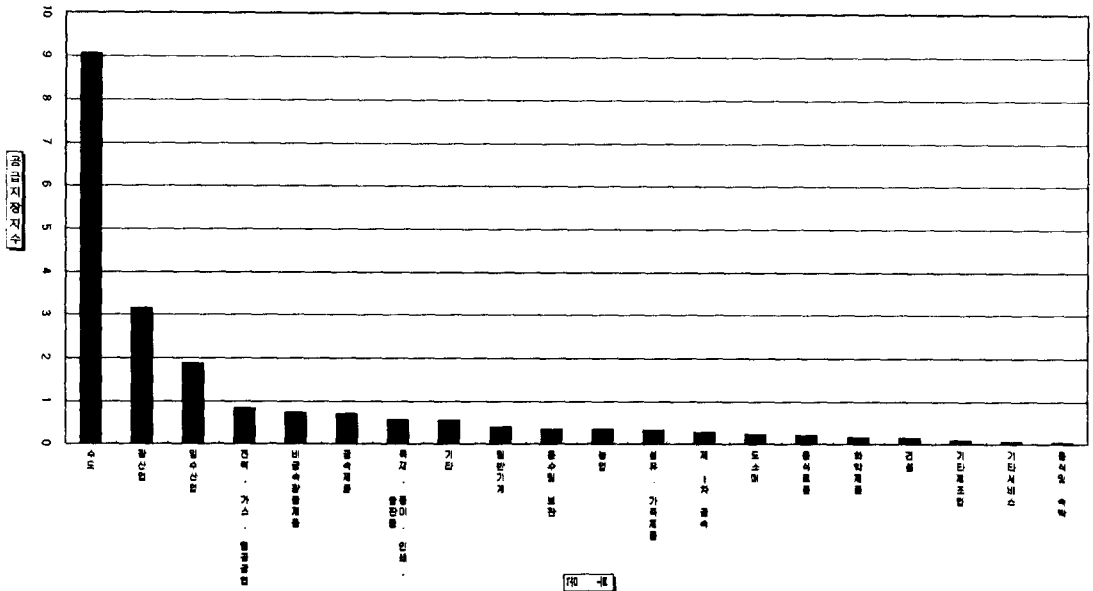
<그림 3-2> 대체 불가능한 경우의 파급효과의 회차별 분포

### 3) 공급의 우선순위결정

수도 공급에 의한 총파급효과 중에서 수도부문에 의해 직접적으로 영향을 받는 부분은 생산요소간 완전 대체가 가능할 경우에는 전체 피해비용의 50%에 가깝고 생산요소간 대체가 없는 경우에는 거의 10%에 미치지 못하였다. 결론적으로 수도에 의한 국민 경제에 끼치는 총파급효과는 직접적인 효과보다는 간접적인 부문이 크다는 것을 알 수 있었다. 단기의 파급효과의 크기는 배분계수에 비례하고 투입계수에 반비례한다는 사실을 이용하면 전·후방연쇄효과지수의 산정과 마찬가지로 공급시장의 파급효과지수를 제안할 수가 있다. 이러한 관계를 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$E_j = \frac{\frac{1}{n} \sum_j \frac{b_{ij}}{a_{ij}}}{\frac{1}{n^2} \sum_i \sum_j \frac{b_{ij}}{a_{ij}}} \quad (3-1)$$

식 (3-1)을 이용하여 20 부문 분류산업에 적용한 결과는 <그림 3-3>과 같다.



<그림 3-3> 공급지장지수

수도 부문이 타 산업에 비해 훨씬 큰 값을 보이고 있는데 결국 공급감소로 인한 전산업 부문의 피해의 상당 부분을 유발하는 주요 산업이라는 것을 말하고 있다. 원자재 부문과 전력, 가스, 열공급업과 같은 기초재 부문에 의해 유발되는 피해가 특정 산업의 공급감소로 인한 산업 전 부문에 끼치는 파급효과의 주요 원인 산업이 된다는 것을 다시 한번 확인할 수가 있다. 하지만 직접적인 파급효과의 경우는 실제 해당 업체의 대처비용을 고려하지 않게 되어 산업연관분석모형만으로는 설명하기에는 한계가 있다고 할 수 있다. 직접적인 피해를 계량화하는 방법으로는 설문조사기법을 이용하여 각 업체의 대응을 바탕으로 한 피해비용을 도출하는 것이 바람직하다고 할 수 있다.

#### 4. 결론

업종에 따라 공급제한시 받게 되는 피해가 현저하게 다르므로 물공급의 우선 순위에 있어서 업종 및 공정의 특성을 고려할 필요가 있다. 예를 들면 다른 산업에 비해 석유/화학 산업의 경우 공정의 특성상 전체 공장의 가동을 멈추어야 하므로 그 피해에 있어서 훨씬 크게 나타날 수 있다. 따라서 기상학적 가뭄이나 물수요급증으로 인한 물부족이 발생하였을 경우 직접적인 파급효과만을 고려해서 물의 배분이나 배분계획을 세우는 것 보다 국가 경제적인 측면에서의 총파급효과를 고려해서 효율적인 물배분을 하는 것이 바람직할 것이다. 이러한 인위적인 물공급은 산업간 배분구조를 변화시켜서 기존 산업연관모형의 변화를 가져올 수 있다. 하지만 총량적인 배분구조를 같게 하면서 시간단위로 차등 배분하여 직접피해가 큰 부문들에 우선적

으로 공급을 하고 직접파급효과가 작지만 다른 산업으로의 간접파급효과가 큰 필수재와 기초재 부문에 대한 배분비율을 유지시켜나가는 것이 파급효과를 경감하고 물의 낭비를 막는 방법이 될 것이다.

## 5. 참고문헌

강광하 (1994). 산업연관분석론. 비봉출판사.

서정헌 (1993). “공급측면 산업연관모형의 타당성과 철강산업의 전파급효과분석.” RIST연구논문, 제7권 제4호, pp.763-781.

서정헌 (1996). “철강과 철강수요산업간 연관효과 및 파급효과 분석: 「1990년 철강산업을 위한 산업연관표」를 중심으로.” POSRI철강경제, 제1권 제1호, pp.93-121.

정환삼 (1993). 전력의 공급지장비 추정 연구: 산업연관분석을 토대로. 석사학위논문, 한국과학기술원.

한국은행 (1998). 산업연관표(1970~1995) CD.

한국수자원공사 (1998a). 물관리 최적화를 위한 수도요금 정책방향에 관한 연구.

한국수자원공사 (1998b). 수자원개발의 경제성 분석모델 개발.

HEC (1986). *Reservoir operation during drought: Case study*. US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center.

HEC (1990). *A preliminary assessment of corps of engineers' reservoirs, Their purposes and susceptibility to drought*. US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center.

Maynard M. Hufschmidt, David E. James., Anton D. Meister., Blair T. Bower., and John A. Dixon. (1983). "Environment natural systems, and development: An economic valuation guide." The Johns Hopkins University Press, Baltimore and London. pp.287-338.

Miller (1989). *Frontier of input-output analysis*. Oxford University Press, New York Oxford.

Miller and Blair (1985). *Input-Output Analysis : Foundations and Extensions*. Prentice-Hall, Inc.

Rose and Casler (1996). "Input-Output Structural Decomposition Analysis : a critical appraisal." Economic systems Research, vol. 8, no.1.

Wassily Leontief (1970). "Environmental repercussions and the economic structure: An input-output approach." International symposium on environmental disruption in the modern world.