

생활용수 수요 분석*

민 동 기**

〈차 례〉

- | | |
|-----------|-----------------|
| I. 서 론 | IV. 생활용수 수요량 예측 |
| II. 모 형 | V. 결 론 |
| III. 실증분석 | |

I. 서 론

기존의 용수 수요량 예측은 과거의 용수 수요량을 토대로 하여 앞으로의 수요량을 예측하는 방법이 주로 사용되었다. 그러나, 과거의 용수 수요량은 정부의 공공요금 억제정책의 일환으로 용수 가격이 생산원가에도 미치지 못하는 수준에서 이루어진 수요량이다.

과거와 같이 물가상승을 염려했던 공공요금 억제정책의 일환으로 낮은 용수가

* 본 연구는 생명의 물 살리기 운동 3차 정책심포지엄(환경정의시민연대)에 발표한 “생활용수 수요 변화 추이와 전망”(1990. 10)을 보완·정리한 것임.

** 한국환경정책·평가연구원, 책임연구원.

격을 유지한 정책은 물 부족 문제가 심각하지 않은 상황에서 정책의 우선 순위가 물가 상승 억제에 있었던 시기의 정책으로, 향후 물 부족 문제가 심각해질 것이라는 예상하에서도 이와 같은 가격정책이 유지될 것이라는 묵시적인 가정을 전제로 하는 용수 수요량 예측은 상당한 문제점을 내포하고 있다. 즉, 물 공급량이 과거와 같이 수월하게 무한정 공급하기가 어려운 상황에서 생산원가보다 낮은 가격을 유지하는 정책은 비현실적일 뿐만 아니라 바람직한 정책 방안도 될 수 없다. 왜냐하면 물은 인간 생존의 필수재적 성격을 갖고 있는데, 물 부족으로 인하여 필수적으로 필요한 수요량도 충족시키기 어려운 현실에 직면해서도 낮은 가격을 유지하여 과도한 수요를 유발하는 것은 경제적인 측면뿐만이 아니라 인간 생존적인 측면에서도 유지될 수 없는 정책이기 때문이다.

따라서, 본 연구에서는 용수 가격, 소득 등의 경제 변수의 변화에 따른 용수 수요량 변화를 분석한다. 수요량 변화를 추정하기 위한 분석기법은 시계열 분석(time series analysis) 및 혼합모형 분석(pooling data analysis)을 이용하며, 모형별로 개별 변수의 수요탄력성을 추정하여 설정된 시나리오를 이용하여 2011년까지의 생활용수 수요량을 추정한다.

용수 수요량 추정에 대한 기존연구들은 주로 급수 인구와 1인당 평균급수사용량 그리고 상수도보급률을 이용하여 추정하는 방법과 용수 수요의 탄력성을 추정하여 용수 수요를 추정하는 방법으로 구분된다.

용수 수요량에 대한 정부 통계자료는 주로 1인당 1일 급수량의 변화 추정치를 근거로 급수 인구와 상수도보급률의 변화 추정치를 이용하여 용수 수요량을 추정하는 방법을 사용하였다. 이 방법에서도 수요량 변화율을 과거와 같이 동일한 추세로 증가한다고 가정하지는 않았지만, 과거의 수요량 변화 추세를 근거로 증가율을 설정한다. 과거와 같이 앞으로도 물 부족 문제가 심각하지 않아 정부 정책이 변화되지 않는다는 전제하에서는 이러한 용수 수요량 추정방법은 용수 수요량 추정의 한 방법이 될 수 있다. 그러나, 향후 물 부족 문제가 심각해질 것이라고 예상되는 상황하에서도 생산원가에도 못 미치는 낮은 용수 가격을 유

지할 것이고, 이러한 전제하의 용수 수요량 추정은 용수 수요량을 왜곡되게 추정할 수 있다.

따라서, 용수 수요량 추정방법에 정부 정책의 주요 도구가 될 수 있는 가격 변화에 따른 용수 수요량의 변화를 추정하는 것이 더 바람직한 추정방법이 될 수 있다. 이러한 방법에서 가격의 변동폭을 과거와 같이 유지한다면, 기존의 연구결과와 비슷한 추정치를 나타내겠지만 가격을 과거와 달리 크게 올릴 경우에는 가격에 대응하는 수요량의 정도에 따라 과거의 수요량에 근거한 수요 추정치와는 다른 수요량을 나타낼 것이다.

경제 변수들의 변화에 대한 수요량 추정을 위해 시계열 분석과 혼합모형 분석 방법이 주로 사용되고 있다. 기존연구의 결과들을 보면 가격탄력성과 소득탄력성의 추정치가 다양하게 나타난다. 이러한 결과가 나타나게 된 원인으로는 용수 수요량 추정 대상이 광역상수도, 지방상수도 등 서로 다른 것을 들 수 있고, 둘째로는 모형 설정의 문제로 용수 수요와 무관한 변수를 사용하거나 수요 변수가 아닌 공급 변수를 사용하여 외국의 사례 연구결과와 크게 차이가 나는 가격 및 소득 탄력성 추정치를 보이기도 한다.

본 연구에서는 생활용수 수요를 대상으로 시계열모형과 혼합모형을 이용하여 용수 수요의 탄력성을 추정하는데, 기존연구에서의 문제점을 시정하기 위해 개별 변수의 적합성을 검증하고 각 모형이 사례연구에 사용될 때의 문제점과 모형별 결과를 비교하고자 한다.

Ⅱ. 모 형

1. 시계열 분석

시계열 분석을 위한 방법은 시간에 대해 독립적인 정태분석과는 달라서 시계

열자료가 통계적 추론을 하기 위한 전제조건을 만족하는지에 대한 검정이 전제되어야 한다. 일반적인 통계적 추론에서는 모집단의 확률분포가 하나로 고정되어, 이 불변의 모집단에서 독립적으로 표본을 관찰하여 추론한다. 그러나, 시계열자료는 어느 한 시점에서 하나의 관측치만이 존재하며, 이러한 관측치가 시간의 변화에 관계없이 하나의 불변인 모집단에서 나온 표본이 아닐 수 있다. 만약 모든 시점에서의 관측치가 동일한 모집단에서 관측된 것이 아니라면 일반적인 정태분석에서 사용한 통계적 추론은 의미를 가질 수 없다.

1) 안정성

시계열 분석을 통한 통계적 추론이 의미를 가지기 위해서는 우선 시계열자료의 안정성(stationarity)을 검정하여 모집단의 불변성이라는 전제조건이 만족되는지를 분석한다. 안정성을 가지는 시계열자료는 각 시점에서의 확률변수의 평균과 분산이 일정하고 계열상관(serial correlation)이 시간에 무관하여 단기적인 계열상관에만 의존한다.¹⁾ 따라서, 안정성을 가지는 시계열자료는 시간의 변화에 따른 관측치가 안정적인 수준보다 높으면(낮으면) 그 값이 미래에 떨어질(올라갈) 것을 예상할 수 있어 통계적 추론을 위한 조건을 충족하나, 불안정성을 보이는 시계열자료는 관측치가 평균을 벗어나 불규칙적으로 움직여서 그 평균이 안정적인 값을 가지지 못한다. 이와 같이 불안정성을 보이는 시계열자료를 이용한 통계적 추론은 오도된 가성결과(spurious results)를 보여 경제적인 의미를 가지지 못한다. 예를 들면, 다음과 같은 형태의 AR(1)(Auto-Regressive model of order 1)모형은

$$y_t = \alpha y_{t-1} + \varepsilon_t$$

$\varepsilon_t =$ 안정적인 오차항(white noise: 백색잡음)

1) 정운찬·전성인(1998)을 참조하십시오.

다음과 같은 형태의 MA(∞)(Moving-Average model of order ∞)로 표현될 수 있다.

$$y_t = \varepsilon_t + \alpha\varepsilon_{t-1} + \alpha^2\varepsilon_{t-2} + \dots$$

위 식의 평균과 분산을 구하면 $E[\varepsilon] = 0$ 이므로,

$$\begin{aligned} E[y_t] &= 0 \\ \sigma_y^2 &= E[(y_t - \mu_y)^2] \\ &= E[(\varepsilon_t + \alpha\varepsilon_{t-1} + \alpha^2\varepsilon_{t-2} + \dots)^2] \end{aligned}$$

여기서 다른 시점의 오차항 ε_{t-i} 와 ε_{t-j} 는 서로 상관관계가 없으므로 분산은 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$\sigma_y^2 = E\left[\sum_{i=0}^{\infty} (\alpha^i)^2 \varepsilon_{t-i}^2\right] = \sigma_\varepsilon^2 \left(\sum_{i=0}^{\infty} (\alpha^i)^2\right)$$

변수 y 가 안정적이기 위해서는 분산이 유한한 값을 가져야 하는데, 만약 $|\alpha| < 1$ 이면 변수 y 는 안정적이다. 그러나, $|\alpha| \geq 1$ 이면 분산이 시간에 비례하여 증가하므로 불안정적이다. 안정적 시계열 변수는 외부 충격의 효과가 기하학적으로 감소하나, 불안정적 시계열 변수는 그 효과가 항구적으로 시계열이 회귀할 안정적인 수준이 존재하지 않는다. 따라서, 시계열 변수들이 모두 안정성을 만족하면 회귀분석을 통한 통계적 추론이 올바른 추정치를 제공할 수 있으나, 시계열자료가 불안정성을 보이면 통계적 추론이 올바른 추정치를 제공할 수 없으므로 우선 시계열을 안정적으로 변환시켜야 한다. 안정적인 시계열자료를 만들기 위하여 사용되는 방법은 자료를 성장률로 변환시키거나 원 계열 자료에 대해 자연대수 값을 취하는 것 등이 있다.

2) 공 적 분

시계열 변수들이 불안정성을 보일 경우, 이들 시계열 변수간의 관계를 나타낸 관계식이 안정적인 장기적 균형관계를 보이면 이를 시계열 분석에서는 변수간에 공적분(cointegration)관계가 있다고 한다. 예를 들면, 불안정성을 보이는 두 개의 시계열 변수를 Y_t 와 Z_t 라 하고 이들간의 관계식을 다음과 같이 정의하면,

$$Y_t = Z_t + U_t$$

위 식에서 Y_t 와 Z_t 의 차이가 무한히 한 방향으로 증가하거나 감소하면 U_t 는 불안정적이지만, Y_t 와 Z_t 의 차이가 장기적인 측면에서 평균적인 관계로 회귀하면 U_t 는 안정적이다. 여기서 U_t 가 안정적이면 시계열 변수 Y_t 와 Z_t 는 공적분관계에 있다고 한다. 그리고 U_t 가 안정성을 보이면, 오차항은 평균인 0으로 회귀하고자 한다. 이러한 특성은 시계열 변수 Y_t 와 Z_t 가 서로 독립적으로 움직이지 못하도록 한다. 공적분관계가 없다는 것은 각 설명변수들이 서로 독립적으로 움직임을 의미하며 이러한 변수들은 실제적으로는 의미 있는 관계가 존재한다고 볼 수 없다. 그러나, 이들을 회귀분석하면 그 관계가 유의성이 있는 오도된 결과를 보이기도 한다. 따라서, 두 변수간의 관계를 살펴보기에 앞서, 공적분검정이 선행되어야 한다.

3) 시계열 분석 모형

용수에 대한 수요를 추정하기 위해 첫째로 용수 수요에 영향을 미치는 변수와 함수 형태를 설정하여야 한다. 용수 수요량에 영향을 미치는 변수로 용수 평균가격, 실질소득, 급수 인구를 포함한 수요함수 형태는 다음과 같다.

$$\log D_t = \alpha_0 + \alpha_1 \log P_t + \alpha_2 \log Y_t + \alpha_3 \log W_{pop,t} + \varepsilon_t$$

D = 수요량

P = 용수 가격

Y = 실질소득

W_{pop} = 급수 인구

위와 같은 로그선형함수 형태는 본 연구에서 하고자 하는 경제 변수, 즉 가격과 소득 그리고 급수 인구의 변화에 따른 용수 수요량의 예측을 용이하게 하는 개별 변수의 탄력성을 도출하기가 수월하다.

2. 혼합모형 분석

용수 추정은 통계자료의 제약으로 대체로 연간 자료(annual data)를 사용하게 된다. 연간 자료를 이용하면 사용할 수 있는 관측치 수가 한정되어 시계열 분석을 위한 충분한 관측치를 획득할 수 없는 경우가 많다. 이와 같이 제한된 자료를 이용하여 시계열 분석을 하면 그 결과의 신뢰도가 떨어지고, 실제의 결과와는 다른 가성 결과(spurious results)를 가져올 수 있다. 이러한 문제를 해결하는 방안으로, 연도별로 횡단별자료를 이용할 수 있으면 이 자료를 풀링(pooling)하여 용수 수요를 예측하는 혼합모형 분석(pooled data analysis)을 사용할 수 있다. 이 분석에서는 독립변수와 종속변수의 관계를 설명하는 계수들이 각 지자체간에 동일하다고 가정하고 독립변수들과 종속변수의 관계를 분석한다. 그러나, 실제적으로 각 지자체의 특성이 달라서 이를 무시한 회귀분석은 실질적인 변수간의 관계를 제대로 설명하지 못하게 된다. 따라서, 모형을 설정할 때에는 각 지자체의 특성을 통제하기 위해 가변수(dummy variables)를 사용하는 Fixed Effects모형과 오차항에 그 효과를 포함시키는 Random Effects모형이 있다. 본 연구에서는 Fixed Effects모형을 이용하여 분석하는데, 회귀식은 다음과 같다.

$$\text{Ln } Y = \sum_{i=1}^k \text{Ln } X_i + \sum_{j=1}^m D_j$$

Y = 종속변수

X = 독립변수

D = 지자체 가변수

Ⅲ. 실증분석

생활용수는 용도별로 다른 가격체계를 가지고 있어 전체 생활용수량과 생활용수의 평균가격을 이용하여 용수 수요의 탄력성을 추정할 경우에는 왜곡된 추정치를 갖게 된다. 따라서, 본 연구에서는 생활용수 수요량과 가격을 업종별로 세분화한 자료를 이용하여 업종별(가정용 및 영업용) 수요탄력성을 추정하고 이를 근거로 하여 생활용수 수요량을 추정한다.

1. 자료 분석

본 연구에서는 생활용수 수요량 예측을 위해 15개 지자체를 대상으로 1981년부터 1997년까지의 연도별 시계열·횡단면 자료를 이용하였다. 수요량 추정은 가정용 수요량과 영업용(업무용, 공업용 포함) 수요량으로 구분하여 추정하므로 개별 변수를 이와 같이 두 가지 형태로 분류하여 시계열·횡단면 자료를 수집하였다. 급수 사용량은 실제로 가격을 부과하는 유수수량을 이용하였고, 용수 가격은 용수 판매액을 급수 사용량으로 나눈 평균가격을 1990년 기준 물가지수를 이용한 실질가격으로 변환하여 사용하였다. 소득 변수는 국내총생산(Gross Domestic Product)과 1인당 가처분소득을 이용하였으며, 지자체별 분석에서는 1인당 지역 총생산(Gross Regional Product)을 사용하였다. 인구 변수는 연도별 급수 인구를 사용하였다.

생활용수 수요 분석

<표 1> 1997년도 지자체별 자료 특성 분석

변수명	단위	평균	최대	최소	표준편차
급수 인구	천 명	2,640	10,386	528	2,715
지역 총생산	백만 원	19,895,518	66,971,545	2,815,007	18,789,599
개인 가처분소득	원	6,105,925	8,840,063	4,351,255	1,314,555
가정용 사용량	톤	176,629,510	816,839,815	30,352,112	212,328,710
가정용 부과액	천 원	36,968,500	145,259,344	10,249,200	37,690,911
가정용 실질질가격	원	158	228	117	29
영업용수 사용량	톤	88,558,020	315,153,574	10,875,897	85,384,788
영업용수 부과액	천 원	48,567,627	191,166,879	10,209,243	48,350,979
영업용수 실질가격	원	397	634	293	85

급수 사용량과 급수 부과액, 그리고 급수 인구는 지자체 통계연보 자료를 이용하였다. 자료가 없는 일부 지자체는 직전 3개년도의 이동평균식을 이용하여 자료를 추정하였다.

지역 총생산은 통계청에서 발간한 지역 총생산 자료를 이용하였다. 분석대상 기간 중 광역시로 분리된 광주와 대전의 경우에는 전라남도과 충청남도에서 분리하여 정리하였으나, 울산광역시의 경우 독립된 자료가 미비하여 경상남도에 포함시켜 정리하였다.

1997년도 지자체별 변수들의 특성을 나타낸 <표 1>에 의하면 급수 인구의 평균은 264만 명이고, 평균 가정용수 사용량은 1억 7,663만 톤이다. 가정용수에 대한 부과액 평균은 369억 6,900만 원이고, 부과액을 사용량으로 나눈 가정용수의 평균가격을 실질가격으로 환산한 가격은 158원이다. 그리고 평균 영업용수(업무용수 및 공공용수 포함) 사용량은 8,855만 톤이고, 영업용수에 대한 부과액 평균은 485만 6,800만 원이다. 영업용수의 평균가격을 실질가격으로 환산한 가격은 397원이다.

2. 시계열모형 실증분석

1) 안정성 검정

개별 변수들의 시계열자료에 대한 안정성 검정은 ADF(Augmented Dickey-Fuller) 검정과 필립스-페론 검정을 이용하였다. 검정식의 귀무가설은 변수가 불안정적이라는, 즉 단위근이 존재하는 것으로 하여 검정통계량이 임계치(critical value)보다 작으면 귀무가설은 기각되어 변수는 안정적(단위근이 없음)이고, 임계치보다 크면 불안정성을 보인다.

용수 수요량 예측을 위한 변수들의 안정성 검정결과를 나타낸 <표 2>에 의

<표 2> 시계열 변수의 안정성 분석 결과

변 수	ADF 검정통계량	Phillips-Perron 검정통계량
1인당 소득	2.437	4.178
급수 인구	-2.369	-2.716
국내 총생산	2.896	5.826
가정용수 수요량	-0.306	0.268
가정용수 가격	-1.400	-2.781
영업용수 수요량	-0.082	0.389
영업용수 가격	-1.549	-2.824
Log(1인당 소득)	-1.316	-0.983
Log(급수 인구)	-3.191	-5.699
Log(국내 총생산)	-1.542	-1.413
Log(가정용수 수요량)	-3.224	-2.937
Log(가정용수 가격)	-1.389	-2.864
Log(영업용수 수요량)	-1.034	-0.898
Log(영업용수 가격)	-1.535	-3.037

주: 임계치는 ADF t -statistics 1% = -3.9635, 5% = -3.0818, 10% = -2.6829

P-P t -statistics 1% = -3.9228, 5% = -3.0659, 10% = -2.6745.

하면 ADF 검정에서는 모든 변수들이 불안정성을 보인다. 필립스-페론 검정의 경우에는 급수 인구, 가정용수 가격, 영업용수 가격 변수들의 검정통계량이 각각 -2.716, -2.781, -2.824로 10% 유의수준에서 안정성을 보이거나 다른 모든 변수들이 불안정성을 보이고 있다. 변수들에 자연대수를 취한 변수들의 검정결과를 보면 ADF 검정결과에서 급수 인구와 가정용수 수요량 변수만이 검정통계량이 각각 -3.191과 -3.224로 10% 유의수준에서 안정성을 보인다. 필립스-페론 검정의 경우에는 급수인구만이 검정통계량이 -5.699로 1% 유의수준에서 안정성을 보이며 가정용수 수요량, 가정용수 가격, 영업용수 가격 변수들이 10% 유의수준에서 안정성을 보이거나, 나머지는 불안정성을 보이고 있다.

따라서, 모든 변수들이 안정적이라는 전제하에 회귀분석을 통한 기존의 연구는 올바른 추정방법이 아닐 수 있다. 이와 같이 불안정성을 보이는 변수를 사용하여 회귀분석을 하기 위해서는 공적분 관계에 대한 검정이 선행되어야 한다.

2) 공적분검정 및 탄력성 추정

업종별 용수 수요함수의 공적분검정은 잔차항을 이용하는 방법(Residual Based Method)을 사용하여 분석하였다. 공적분검정과 탄력성 추정을 위한 방정식은 다음과 같다.

$$\log D_t = \alpha_0 + \alpha_1 \log P_t + \alpha_2 \log Y_t + \alpha_3 \log W_{pop,t} + \varepsilon_t$$

D = 용수 수요량

P = 용수 가격

Y = 1인당 실질 가처분소득

W_{pop} = 급수 인구

탄력성 추정 및 공적분검정 결과를 나타낸 <표 3>에 따르면 필립스-페론

〈표 3〉 탄력성 추정 및 공적분검정 결과

업종별 함수	가격탄력성	소득탄력성	급수 인구 탄력성	ADF 검정통계량	Phillips-Perron 검정통계량
영업용수(Ⅰ)	-0.336 (-3.824)	0.862 (5.020)	0.407 (1.185)	-2.074	-3.098
영업용수(Ⅱ)	-0.333 (-3.975)	0.912 (47.554)		-2.189	-2.950
가정용수	-0.220 (-2.800)	0.302 (2.784)	1.783 (8.164)	-2.208	-2.892

주: 괄호 안은 t -통계량임.

검정법을 이용한 공적분검정 결과는 10% 유의수준에서 용수 수요량이 가격, 소득, 그리고 급수 인구에 대해 모든 함수에서 공적분관계가 있는 것으로 나타났다.²⁾

영업용수 수요함수(Ⅰ)에서 가격탄력성은 -0.336으로 가격이 1% 증가하면 용수 수요량은 0.336% 감소함을 보이고 있다. 소득탄력성은 0.862이며 급수 인구 탄력성은 0.407이다. 가격과 소득탄력성은 모두 유의(significance)하나 급수 인구탄력성은 t -통계량이 1.185로 유의하지 않다.

따라서, 용수 수요에 대한 설명력이 유의하지 못한 급수 인구 변수를 제외한 수요함수식을 수요함수(Ⅱ)로 하여 회귀분석한 결과를 보면 가격탄력성과 소득탄력성은 유의하며 추정치는 각각 -0.333과 0.912이다.³⁾

가정용수 수요함수를 회귀분석한 결과를 보면 모든 추정치가 유의하며 가격

-
- 2) ADF 검정법에서는 공적분관계가 없는 것으로 나타나 필립스-페론 검정결과에 의하여 본 연구를 진행하였다.
 - 3) 영업용수 수요는 경제활동에 필요한 용수 수요가 주종을 이루므로 소득 변수를 1인당 가처분소득 대신에 경제활동의 규모를 더 적절히 반영하는 국내 총생산을 소득 변수로 사용하였다.

탄력성은 -0.220 이고 소득탄력성은 0.302 이며 급수 인구 탄력성은 1.783 이다.

시계열 분석방법을 이용하여 업종별 용수 수요함수를 분석한 결과들을 보면, 가격탄력성의 경우 영업용수 수요함수에서의 추정치가 가정용수 수요함수에서의 추정치보다 그 절대값이 커서 영업용수가 가정용수에 비해 더 탄력적임을 보이고 있다. 이는 가정용수의 용수 가격이 영업용수의 가격에 비해 훨씬 저렴하여 낮은 가격수준에서 가격의 변화에 수요자들이 별로 큰 반응을 보이지 않고, 영업용의 경우 상대적으로 높은 용수 가격으로 인하여 가격 변화에 상대적으로 민감하게 반응함을 보이기 때문이다. 소득탄력성의 경우 영업용수 수요함수에서의 추정치가 가정용수 수요함수에서의 추정치보다 그 값이 더 크게 나타나는데, 이는 업종별 용수 수요의 특성을 잘 보이고 있다. 가정용수의 경우 용수 가격이 저렴하여 수요자들이 소득에 무관하게 충분히 사용하므로 가정용수 수요자의 소득이 증가하여도 영업용수에 비해 상대적으로 그 수요량 증가폭이 작다. 영업용수의 경우 소득의 증가는 경제규모의 증가를 의미하며, 이에 따른 영업용·업무용 용수 수요량은 가정용에 비해 상대적으로 크게 증가할 것으로 보인다. 급수 인구 탄력성을 보면, 가정용수의 경우 그 값이 크고 유의하지만 영업용수의 경우 그 값이 유의하지 않다. 그 이유는 영업용수의 수요층이 이미 도시화된 지역에 입지하여 급수 인구의 증가에 별로 영향을 받지 않기 때문인 것으로 추정된다.

3. 혼합모형 실증분석

부족한 자료를 이용한 시계열 분석의 자료부족 문제점을 시정하기 위한 혼합모형 분석을 위해 본 연구에서는 1981년부터 1997년까지의 15개 지자체의 용도별 시계열·횡단면 자료를 이용하였으며, 이 혼합모형을 분석하기 위해 사용되는 회귀식은 다음과 같다.

〈표 4〉 혼합모형 회귀분석에 의한 개별 변수의 탄력성 추정

업종별 함수	가격탄력성	소득탄력성	급수 인구 탄력성
영업용수	-0.278(-6.599)	0.548(14.181)	1.174(17.722)
가정용수	-0.251(-6.248)	0.501(21.578)	1.441(36.356)

주: 괄호 안은 t -통계량임.

$$\begin{aligned} \ln D_i = & \alpha_0 + \alpha_1 \ln P_i + \alpha_2 \ln Y \\ & + \alpha_3 \ln W_{pop} + \sum_{j=1}^{14} D_j + \varepsilon \end{aligned}$$

D_i = 업종별 용수 수요량(i = 가정용수, 영업용수)

P_i = 업종별 실질용수가격

Y = 지역총생산 또는 1인당 가처분소득

W_{pop} = 급수 인구

D_j = 지자체 가변수

위 식을 이용하여 추정된 개별 변수의 탄력성은 <표 4>와 같다. 영업용수 수요함수의 분석 결과를 보면 가격탄력성은 -0.278로 가격이 1% 증가하면 생활 용수 수요는 0.278% 감소함을 보이고 있다. 소득탄력성은 0.548이며 급수 인구 탄력성은 1.174이고 t -통계량은 모든 추정치는 유의함을 보이고 있다.

가정용수 수요함수를 회귀분석한 결과를 보면 모든 추정치가 유의하며 가격 탄력성은 -0.251이고 소득탄력성은 0.501이며 급수 인구 탄력성은 1.441이다.

혼합모형을 통한 업종별 용수 수요함수의 회귀분석 결과에 의하면, 가정용수의 가격탄력성과 소득탄력성의 절대값은 영업용수의 가격 및 소득 탄력성보다 약간 작지만 거의 비슷한 크기를 보이고 있고, 급수 인구 탄력성은 영업용수의 급수 인구 탄력성에 비해 약간 크지만 마찬가지로 비슷한 수준을 보이고 있다. 따라서, 가정용수와 영업용수의 탄력성 추정치 크기가 시계열 분석 결과와는 달리 별 차이가 없다. 즉, 시계열모형 분석의 회귀분석 결과에서는 영업용수의 수

요 및 가격 탄력성 추정값들이 가정용수의 추정값들에 비해 그 절대값이 커서 가격 및 소득에 상대적으로 더 크게 반응함을 보이는데 반해, 혼합모형에서는 가격 및 소득의 변화에 가정용수 및 영업용수가 비슷하게 반응하는 것으로 나타났다. 급수 인구의 변화에 대해서도 비슷한 반응을 보이는 것으로 분석되었다.

이와 같이 시계열모형 분석과 혼합모형 분석 결과가 차이를 보이는 것은 시계열 모형에서는 회귀분석 이전에 변수별로 전체 지자체의 연도별 통합 자료를 만들어 회귀분석 자료로 이용하는데 반하여 혼합모형에서는 각 지자체별 자료를 그대로 사용하여 분석하기 때문으로 추정할 수 있다. 혼합모형에서는 각 지자체별로 독립변수들의 종속변수에 대한 효과가 동일하다는 가정하에 동일한 가중치를 가지고 회귀분석을 한다. 그러나, 만약 지자체별로 파급효과가 동일하지 않다면 용수 수요량의 규모가 작은 지자체의 파급효과는 시계열 분석에서는 그 비중이 적어 전체에 대한 파급효과가 미미할 수 있으나, 혼합모형에서는 용수 수요량이 큰 규모의 지자체와 동일한 비중으로 분석되므로 두 모형에서는 서로 다른 크기의 파급효과를 보일 수 있다.

IV. 생활용수 수요량 예측

미래의 생활용수에 대한 추정 절차는 첫째, 예측을 위한 시나리오를 설정하고 앞에서 추정된 변수별 탄력성을 이용하여 업종별 수요량을 추정한다. 둘째, 영업용수 및 가정용수가 총유수수량에서 차지하는 비중을 이용하여 유수수량을 추정한다. 끝으로, 총용수 수요량에서 유수수량이 차지하는 비중을 이용하여 총생활용수 수요량을 추정한다.

가정용수 수요예측식은 다음과 같다.

민 동 기

$$D_t = \left[1 + \left(E_p \times \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}} \right) + \left(E_y \times \frac{Y_t - Y_{t-1}}{Y_{t-1}} \right) + \left(E_{pop} \times \frac{POP_t - POP_{t-1}}{POP_{t-1}} \right) \right] \times D_{t-1}$$

D = 용수 수요량

E = 탄력성

P = 가격

Y = 소득

POP = 급수 인구

영업용수 수용량 예측식은 시계열 분석에서는 다음 식과 같이 급수 인구를 제외한 식을 사용하였다.

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

혼합모형에서의 영업용수 수용량 예측함수는 급수 인구의 영업용수에 대한 과급효과의 추정치가 유의하므로 급수 인구를 포함한 가정용수 수요 추정식과 동일한 식을 이용한다. 추정기준년도는 가장 최근 자료인 1997년도를 기준으로 하여 1998년도부터 추정하였다.

1. 시나리오 설정

시나리오 구성을 위한 설명변수들의 추세는 각 기관들이 제공하는 예측치를 근거로 하여 구성하였다. 용수 가격은 1997년 현재 생산원가의 72.8%이다. 환경부의 수도요금 현실화 계획에 의하면 1999년까지 생산비의 85%, 2000년까지 95%, 그리고 2001년까지 용수 가격을 생산원가와 같도록 인상할 계획이다. 따라서, 용수 가격은 1999년까지 매년 1997년 용수 가격의 8.1%씩 증가하고 2000년

생활용수 수요 분석

에는 11.8%, 그리고 2001년에는 5.3% 증가하며 그 후로는 용수 가격이 증가하지 않는 것으로 가정한 시나리오와 현재 추정된 용수 생산원가가 댐 건설비용과 환경 비용 등의 비용을 제대로 반영하지 못하였으므로 이를 반영하기 위해 2001년 이후 계속 용수 가격이 3%씩 증가하는 것으로 가정한 시나리오를 설정하였다. 급수 인구 증가율은 1990년대에는 2%대의 증가율을 보이며 점차 증가율이 감소추세에 있어 2011년까지의 급수 인구 증가율은 연평균 1.0% 증가하는 것으로 가정하고, 소득의 증가율은 각 연구기관의 예측치가 다양하여 연평균 소득증가율이 각각 3%, 5% 증가하는 두 가지 경우를 가정하였다. 본 연구에서 사용한 용수 수요량은 유수수량으로 총생활용수 수요를 추정하기 위해서 과거 유수수량이 총생활용수에서 차지하는 비중을 고려하여 앞으로의 유수수량의 비중을 가정하고 이를 이용하여 총생활용수량을 추정한다. 1990년대의 총생활용수량에서 유수수량이 차지하는 비중이 연평균 1.114%씩 증가하였으며, 최근 4년간은 0.57%씩 증가하였다. 따라서, 본 연구에서는 2005년까지 유수수량의 비중이 매년 0.55%씩 증가하고 그 후 2011년까지는 0.45%씩 증가하여 2011년에는 유수수량이 총생활용수량에서 차지하는 비중이 77.55%가 되는 것으로 가정하였다. 가정용수와 영업용수(업무용 및 공공용 포함)가 유수수량에서 차지하는 비중은 1997년의 비중을 이용하여 0.911로 가정하였다.

개별 시나리오는 가격과 소득의 변수를 제외하고는 동일하게 변하는 것으로 가정하여 본 연구에서 설정한 네 가지 시나리오의 차이는 다음과 같다.

시나리오 1: 가격이 2001년까지만 증가하고(생산원가 수준) 소득은 매년 3% 증가

시나리오 2: 가격이 2001년까지만 증가하고(생산원가 수준) 소득은 매년 5% 증가

시나리오 3: 가격이 생산원가만큼 증가한 후에도 계속 3%씩 증가하고 소득은 매년 3%씩 증가

시나리오 4: 가격이 생산원가만큼 증가한 후에도 계속 3%씩 증가하고 소득은 매년 5%씩 증가

2. 모형별 용수 수요량 예측결과 비교 분석

시계열 분석 모형과 혼합모형을 이용하여 시나리오별로 생활용수 수요량을 예측한 결과를 <표 5>에 정리하였다. 이 표에 의하면 두 모형별 생활용수 수요량 추정치들이 시나리오별로 비슷한 추정 수요량을 보이고 있음을 알 수 있으나, 시계열모형의 생활용수 수요량 추정치에 비해 혼합모형의 수요량 추정치들이 2011년에 약 2억 톤 정도씩 더 많은 것으로 나타났다. 즉, 두 모형 분석결과에 의하면 두 모형간의 추정치가 가장 큰 차이를 보이는 시나리오 2의 경우

<표 5> 분석 모형별 생활용수 수요량 추정 결과

(단위: 백만 톤/년)

구 분 연 도	시계열모형				혼합모형			
	시나리오 1	시나리오 2	시나리오 3	시나리오 4	시나리오 1	시나리오 2	시나리오 3	시나리오 4
1999	6,204	6,330	6,204	6,330	6,226	6,355	6,226	6,355
2000	6,136	6,323	6,136	6,323	6,168	6,361	6,168	6,361
2001	6,171	6,423	6,171	6,423	6,215	6,474	6,215	6,474
2002	6,291	6,612	6,243	6,562	6,347	6,678	6,299	6,628
2003	6,412	6,806	6,316	6,705	6,482	6,889	6,384	6,786
2004	6,537	7,008	6,391	6,851	6,621	7,106	6,471	6,948
2005	6,664	7,215	6,466	7,002	6,763	7,332	6,560	7,114
2006	6,799	7,435	6,547	7,160	6,913	7,569	6,655	7,290
2007	6,936	7,662	6,630	7,323	7,066	7,815	6,751	7,470
2008	7,077	7,896	6,714	7,490	7,223	8,069	6,849	7,655
2009	7,221	8,138	6,799	7,661	7,385	8,332	6,949	7,845
2010	7,368	8,388	6,886	7,837	7,550	8,604	7,050	8,040
2011	7,518	8,647	6,959	8,017	7,719	8,885	7,153	8,240

생활용수 수요 분석

〈표 6〉 분석 모형별 1인당 생활용수 수요량 추정

(단위: ℓ/일/인)

구 분 연 도	시계열모형				혼합모형			
	시나리오 1	시나리오 2	시나리오 3	시나리오 4	시나리오 1	시나리오 2	시나리오 3	시나리오 4
2011	452	520	419	482	465	535	430	496

약 2.4억 톤의 차이를 보이고, 시나리오 3의 경우에는 약 2억 톤의 차이만 보이고 있다. 시나리오별 연구결과에 의하면 용수 가격의 조정을 통하여 생활용수 수요량을 상당히 줄일 수 있음을 알 수 있다. 즉, 용수 가격이 2001년 이후 매년 3%씩 증가하는 경우, 2011년의 용수 사용량이 약 5.6억 톤에서 6.45억 톤 정도 감소한다(시나리오 1과 시나리오 3의 용수량 차이 및 시나리오 2와 시나리오 4의 용수량 차이).

2011년 생활용수 수요량을 1인당 1일 수요량으로 환산하면 <표 6>과 같다. 급수 인구가 매년 1%씩 증가하면 2011년의 급수 인구는 4,552만 7,000명으로 이를 이용하여 시나리오별로 2011년도의 1인당 1일 수요량을 추정하였다. 시계열모형에서는 실질소득이 5%씩 매년 증가하고 가격이 생산원가만을 반영하는 시나리오 2의 경우 520 ℓ로 가장 많은 수요량을 보이고 실질소득이 3%씩 증가하고 실질생산원가를 반영하기 위해 2001년 이후에도 용수 가격이 3%씩 증가하는 시나리오 3의 경우 용수 수요량이 419 ℓ로 가장 적다. 소득증가율이 같은 조건에서 2001년 이후 용수 가격이 3%씩 증가하는 경우와 가격이 증가하지 않는 경우를 비교하면(시나리오 1과 3, 시나리오 2와 4) 1인당 1일 용수 절감량은 약 30~40 ℓ 정도로 추정된다.

혼합모형에서는 실질소득이 5%씩 매년 증가하고 가격이 생산원가만을 반영하는 시나리오 2의 경우 535 ℓ로 가장 많은 수요량을 보이고 실질소득이 3%씩 증가하고 실질생산원가를 반영하기 위해 2001년 이후에도 용수 가격이 3%씩

증가하는 시나리오 3의 경우 용수 수요량이 430 ℓ로 가장 적다. 소득증가율이 같은 조건에서 2001년 이후 용수 가격이 3%씩 증가하는 경우와 가격이 증가하지 않는 경우를 비교하면(시나리오 1과 3, 시나리오 2와 4) 1인당 1일 용수 절감량은 시계열모형과 마찬가지로 약 30 ℓ ~ 40 ℓ 정도로 추정된다.

생활용수 가격이 생산원가에 미치지 못하고 있는 현실에서 현재의 가격을 고수한다는 것은 정부부문의 다른 재원으로 이 차이를 보전해야 한다. 이와 같이 원가에 미치지 못하는 가격은 어느 부문에서든지 그 비용을 충당해야 한다. 이러한 비용을 반영한 용수 가격 정책이 이루어지지 않으면 자원 분배의 비효율성을 가져와 생활용수의 과다수요를 유발하게 된다. 본 연구결과는 실질 원가를 반영하는 가격정책을 통하여 생활용수 수요량을 상당히 줄일 수 있음을 보이고 있다.

V. 결 론

기존의 용수문제 해결을 위한 방안으로 수요관리정책보다는 새로운 용수 공급원 개발에 초점을 둔 정책이 한정된 수자원을 효율적으로 이용하는데 저해요인이 될 뿐만 아니라 환경문제와 지역 주민의 반발로 인하여 새로운 용수 공급원의 개발이 한계에 도달하였다. 따라서, 본 연구에서는 공급측면의 용수 정책에 대한 대안으로 용수 수요에 영향을 미치는 경제변수를 통한 수요관리정책의 효과를 분석하였다.

경제 변수를 고려한 용수 수요 예측은 시계열 분석과 혼합모형 분석의 두 가지 방법을 이용하였다. 기존의 연구에서는 모형 설정시 실질적으로 종속 변수에 영향을 미치지 않는 변수를 독립변수로 고려하는 경우도 있었으며 모형의 타당성에 대한 검증도 이루어지지 않고 회귀분석한 경우도 있다. 본 연구에서는 우선 시계열 분석에서 개별 변수들의 안정성을 검증하고 회귀식의 타당성을 검증

한 후 시계열 분석을 통하여 생활용수 수요를 예측하였고, 시계열 분석시 문제가 될 수 있는 자료 부족의 문제점을 보완하기 위하여 시계열자료와 횡단면 자료를 이용한 혼합모형을 이용하여 생활용수 수요를 예측하였다.

본 연구의 분석 결과를 보면 시계열 분석 결과와 혼합모형 분석 결과를 이용한 생활용수 수요량은 서로 큰 차이를 보이지 않고 비슷한 수요량을 예측하고 있다. 2011년의 생활용수 수요량은 시나리오별로 차이는 있지만 6,959~8,885백만 톤 정도인 것으로 추정하고 있다. 이러한 결과에 의하면 용수 가격을 현재와 같이 낮은 수준으로 유지하게 되면 2011년에는 정부의 수요예측치와 비슷한 수준의 수요량을 보여 용수 부족문제는 심각해질 수 있다. 그러나, 용수 가격의 현실화등 용수 가격을 조절함으로써 생활용수 수요량을 상당히 줄일 수 있어 현재의 용수 수급문제는 수요관리정책을 통하여 해결할 수 있음을 본 연구는 보이고 있다.

◎ 참고 문헌 ◎

1. 김광임, 『상수도 수요 모형 개발』, 한국환경정책·평가연구원, 1996.
2. 김명직·장국현, 『금융시계열 분석』, 경문사, 1999.
3. 김추운, “서울시 생활용수 수요에 관한 연구”, 건국대학교 박사학위논문, 1991.
4. 김태유·유승훈·허은녕, “수도사업의 국민경제적 역할 분석”, 내부자료, 1997.
5. 윤석범, 『계량경제학』, 법문사, 1993.
6. 정운찬·전성인, 『통계학』, 경문사, 1998.
7. 각 시·도, 「통계연보」, 각 연도.
8. 창원시 상수도 자료, 1981~1997.
9. 통계청 통계정보시스템(KOSIS), 보도자료 1997 지역내 총생산, 1999.
10. _____, 국내통계, 물가지수.
11. _____, 국내통계, 지역내 총생산.

민 동 기

12. 한국수자원공사, 『21세기를 바라보는 수자원 전망』, 1993.
13. _____, “물관리의 최적화를 위한 수도요금 정책방향에 관한 연구”, 1998.
14. _____, “미래수자원 전망에 관한 연구”, 1997.
15. _____, 『수자원편람』, 1998.
16. 한국은행, www.bok.or.kr/kobank/owa/ststs3
17. 한국주요경제지표, 통계청(지역내 총생산), 1999. 3, pp. 244~245.
18. 환경부, 『상수도 통계』, 각 연도.
19. _____, 『전국수도 종합계획』, 1998.
20. _____, 『중수도 이용확대를 위한 정책방안 연구』, 1999.
21. Dandy, G., Nguyen, T. and C. Davies, “Estimating Residential Water Demand in the Presence of Free Allowances,” *Land Economics*, February 1997.
22. Hamilton, J. D., *Time Series Analysis*, 1994.
23. Kennedy, *A Guide to Econometrics*, 1994.
24. Lyman, R. A., “Peak and Off-Peak Residential Water Demand,” *Water Resources Research*, Vol. 28, 1992, pp. 2159~2167.
25. Pint, E. M., “Household Responses to Increased Water Rates During the California Drought,” *Land Economics*, May, 1999.

ABSTRACT

The Analysis of Public Water Demand

Dong Ki Min

The main aim of this paper is to estimate the change in the quantity demanded of public water when the economic factors such as income and water price are changed. The previous methods to estimate the quantity of public water demanded has been usually based on the LPCD(liter per capita per day). Implicitly, this method regards the price of water as given. If the water price and income elasticities of water demand are estimated using the time-series and pooled data analysis. In the second step, the quantity demanded of public water are forecasted using the estimated elasticities. The results show that we can reduce the quantity demanded of residential water considerably when the water price is changed.