

# 물 수요함수 추정과 지역 물 관리 정책 연구

임동순  
동의대학교 상경대학 경제학과

## A Study on Estimating Regional Water Demand and Water Management Policy

Dongsoon Lim  
Department of Economics, Dong-Eui University

요 약 우리나라는 성공적인 물 관리를 위하여 1980년대 이후 상수도 보급을 중심으로 한 공급정책이 성공적으로 진행되었고, 1990년대 이후 물 가격이 상수도 수요에 미치는 영향 등 수요관리에 대한 정책이 이어지고 있다. 최근 들어 물 가격 결정과 효율적인 수자원 관리에 논의가 부각되고 있다. 본 논문은 부산지역을 대상으로 물수요 관리의 핵심 변수로서 물 가격의 결정 요인과 가격 수준 설정에 대한 논의를 수요함수추정을 통하여 분석한다. 주요 변수로는 총 인구, 수도 요금, 소득, 가구 수, 에너지 가격으로 선정되었고, 시계열 자료의 특성을 고려한 초월대수함수 모형을 설정하여 분석하였다. 분석 결과에 따르면 물 수요는 인구, 소득 등 실물 경제변수에는 양의 효과를, 물 가격, 에너지 가격 등 가격변수에는 음의 효과를 나타냈다. 향후 지역별 미래 물 소비량에 따른 공급 능력 확보와 지속적인 물 절약을 위하여 수도 요금 조정이 효율적 정책 방안으로 판단되며, 디지털 정보의 이용 확대 등 보완적 수자원 관리 정책도 동시에 요구된다. 또한 용도별, 지역별, 시간별로 세분화된 자료를 구축하고, 정교한 계량분석모형을 이용한 연구가 요청된다.

주제어 : 물수요, 물 공급, 가격탄력성, 에너지 가격, 물 가격

**Abstract** In Korea, water supply capacity and facility investments had been emphasized around the 1980s. The water pricing have gained focuses in water policy since the 1990s. This study analyzes a water demand and estimates the relation of water demand and other socio-economic variable, using econometric models on the city of Busan. Water price and income are two key elements to explain water demand. Modeling approach using translog function provides better results, and water demand responds positively to population and income. Energy and water prices are negative factors in deciding water demand. It is requested that water pricing needs to reflect more production costs. Alternative approaches such as water saving facilities by household and use of digital water information should be emphasized for efficient water management in a local community.

**Key Words** : Water supply, Water demand, Price, Elasticity, Translog function

### 1. 서론

수자원은 경제사회의 정상적인 운영에 필수적인 생존재로서 안정적인 물 수급은 국민 생활과 직결되어 있다. 우리나라의 물 수급 상황도 과거와는 달리 물 부족 문제

가 점차 중요한 현안으로 부각되고 있다. 우리나라에서 물 특히 상수도는 대표적인 지방공공 서비스 중 하나로 공급 자원의 회복, 물 소비 절약, 적정 가격 설정 등 다양한 분야에서 정책적 접근이 요구되고 있다. 특히 디지털 경제의 성숙, 4차 산업혁명 등으로 대표

\*This study was supported by the research year grant (2013) of Dong-Eui University.

\*Corresponding Author : Dongsoon Lim(dslimr@deu.ac.kr)

Received June 5, 2018

Accepted July 20, 2018

Revised June 29, 2018

Published July 28, 2018

되는 새로운 물 공급과 수요 여건의 변화로 인하여 경제 주체의 역할과 정책 설계가 보다 자율적이고 시장 지향적이며, 정보를 효율적으로 활용하는 방향으로 전환되는 추세이다. 주요 국제기구에서도 미래의 물 관리 정책은 지속가능한 재정을 위한 물 비용 분담, 물 이용관리를 위한 효율적 거버넌스 확립, 기후변화에 대응한 물 안보 체계 확보, 디지털 정보를 활용하는 지능형 물 관리 정책의 도입 등을 강조하고 있는 실정이다[1].

이러한 여건을 고려하면 경제와 산업 활동의 핵심 생산요소인 물의 수요와 공급은 생산비용과 가격 등 경제 변수를 고려하여 보다 정확한 분석과 예측이 도입되어야 한다[2]. 2000년대 이후 우리나라에서도 물 수요와 가격 결정에 대한 논의가 활발히 진행되었다. 2000년대 이전에는 상수도 정책의 핵심 현안이 상수도 보급률이 향상되어 안정적인 공급 여건을 마련하는 것에 있었다면, 최근 들어서는 물 수요의 변화를 예측하여 수요와 공급의 균형을 달성하는 것이 주요 현안으로 부각되고 있다.

특히 국내 상수도 사업의 경우에는 지방 상수도는 개별 지방자치단체 권역별로 사업자가 독립적으로 분할되어 있으며, 하위 단계에서는 지방상수도와 광역상수도로 구분되어 운영되고 있다. 지방상수도 사업자는 대체로 사업의 규모가 작고, 상대적으로 재정 및 경영 여건이 충분하지 못하다. 이에 따라 관로 정비 등 시설개선을 위한 지속적인 투자가 부족하여 누수율이 높은 수준을 나타내는 등 운영의 어려움이 존재한다[3]. 또한 지역 수자원 공급에 따른 경영과 서비스의 불일치, 수자원 관리 비용에 비하여 상대적으로 낮은 요금의 부과 등으로 인하여 지방공기업으로 경영수지악화, 최선의 서비스 부족 등 산업구조적인 어려움이 존재하는 한편, 전반적인 물 관리의 효율성이 매우 낮은 것으로 평가된다. 따라서 보다 효율적인 지역 단위의 물 수요의 예측은 적정 공급을 위한 투자, 지역 수자원 관리, 상수도 요금의 효율적 결정 등을 달성하는데 중요한 연구 분야로 판단된다.

상수도 사업은 해당 지역 거주자와 산업부문에 대하여 기본적인 공공재 공급을 목적으로 하는 지자체 사회간접사업으로서 도로, 철도, 항만 등과는 다른 네트워크 사업과는 구분되는 특성이 있다. 특히 물 공급 주체와 편익 수혜자의 구분이 비교적 명확하여 사용자가 비용을 부담하는 수익자부담원칙이 적용되는 분야이다. 따라서 개별 가계의 경우 가구당 사용요금과 각종 원인자부담금과 같은 물 사용자의 부담요금과 기업의 경우 물 사용량

과 환경개선부담금 등을 근간으로 재원이 구성된다[4]. 또한 전력이나 가스과 같은 망산업(network industries)과도 구조적으로 차이가 있다. 강수량과 수자원의 지형적 분포 특성에 따라 가용한 수자원 수준이 결정되고 공급원가가 지역별로 많은 차이가 발생한다. 따라서 수요 예측과 가격결정에 있어서도 지역별 특성의 반영이 매우 중요하다.

향후 지역적으로 물에 대한 수요는 소득과 인구의 증가, 지역 내 산업 구조의 변화, 1인 1가구의 증가 등 인구 및 가계구조의 변화 등이 지속될 것으로 전망된다. 그동안 전국을 대상으로 물수요 예측과 분석에 관한 연구는 다수 제시되고 있으나 지방자치단체의 특성과 현황을 고려한 물수요 예측과 분석은 비교적 적게 수행되어 왔다. 본 연구에서는 보다 지역 친화적이고 효율적인 수자원 정책을 수립하기 위한 연구이다. 이를 위해 대표적인 광역자치단체인 부산시를 대상으로 물 수요함수를 추정하고자 한다. 또한 이 결과를 바탕으로 지역 단위의 합리적인 물 수급관리 정책 방안을 제시하고자 한다.

## 2. 지역 물 수요 여건 분석

### 2.1 물 수요 관련 제도

우리나라는 수도법에 따른 수도는 일반수도, 공업용수도, 전용수도로 구분한다. 일반수도는 일반 수요자 또는 다른 수도사업자에게 일반 수도를 사용하여 원수나 정수를 공급하는 수도이며, 공업용수도는 일반 수요자 또는 다른 수도사업자에게 공업용 수도를 사용하여 원수나 정수를 공급하는 수도이다. 전용수도는 특정목적에 맞게 사용하는 일반수도나 공업용수도 이외의 전용상수도와 전용공업용수도를 의미한다[4].

일반수도는 광역상수도, 지방상수도, 마을상수도로 나뉜다. 광역상수도는 국가·지방자치단체·한국수자원공사 또는 국토교통부장관이 인정하는 자가 둘 이상의 지방자치단체에 원수나 정수를 공급하는 일반 수도를 말하며, 지방자치단체가 관할 지역주민, 인근 지방자치단체 또는 그 주민에게 원수나 정수를 공급하는 일반수도로서 광역상수도 및 마을상수도 외의 수도를 말한다[5].

광역상수도와 지방상수도를 수자원의 공급 측면에서 살펴보면, 광역상수도는 다목적댐, 하천 등에서 원수를 확보하고, 이를 해당 광역자치단체가 관리하는 정수장에

서 정수한 후 기초자치단체 인근 지역까지 이동하는 범위를 말한다. 이후 최종소비자에게 전달하는 과정은 지방상수도 관리기관에서 담당한다.

지방상수도는 광역상수도 체계에서 공급되는 원수나 정수, 그리고 소규모 저수지, 지방 하천, 지하수 등을 수원으로 하여 해당 지자체의 정수설비를 거쳐 최종수요자에게 공급하거나 광역상수도의 공급 수자원을 최종수요자에게 전달하는 기능을 수행한다.

법에서 정한 상수도사업자는 수도물의 요금, 급수 설비에 관한 공사의 비용부담, 그 밖의 수도물의 공급 조건에 관한 내용을 인가 공공기관의 승인을 획득하여야 한다. 지방상수도는 환경부장관이, 광역상수도는 국토교통부장관이 승인을 하게 된다. 이때 공급되는 수자원의 요금은 수도설비와 설치에 소요되는 비용을 전액 요금으로 회수할 수 있도록 하여, 물 공급 비용의 원가 회수와 사업의 계속성을 유지될 수 있도록 하고 있다. 수도법상 광역상수도는 국가나 지방자치단체를 운영주체로 정할 수 있지만, 현재까지 우리나라 광역상수도의 경우 효율적인 운영을 위하여 한국수자원공사가 담당하고 있다[5].

## 2.2 부산지역 상수도 수요 현황 분석

부산 지역은 해방이후 급격한 인구증가와 함께 도시 규모가 급격히 확대됨에 따라 물 수요량이 급증하였다. 1970년대 이후 정부 주도의 경제개발과 사회복지 증진 정책에 따라 산업화에 따른 공업용수의 수요 증대와 함께, 생활용수, 일반용 물수요도 크게 증가하였다. 이에 따라 원수의 부족으로 풍부한 상수원수를 확보하기 위하여 낙동강을 상수원수로 사용하였다. 그러나 가뭄, 낙동강 하류 역류 현상 등으로 광역 상수도 확장 공사를 통하여 상수도 기본 생산시설을 확장하였다. 현재 김해시 상동면의 매리취수장(1,200,000m<sup>3</sup>/일 취수), 덕산정수장(1,055,000m<sup>3</sup>/일 취수) 등이 상수원 확대시기에 건설되어 운영되는 시설들이다.

1960년대 이후 1990년대까지 6차례의 상수도 확장 공사를 거쳐 부산지역의 상수도 공급률은 90%까지 달성하였다. 원수의존율은 낙동강 유역의 2개의 수원지와 2개소의 취수장에서 일평균 1,773천 톤의 물을 공급하여 약 94%의 점유율을 나타내고 있다. 또한 2개소의 수원지에서 일평균 126천 톤을 공급하여 6%를 차지하고 있다. 2018년 현재 기준 부산시의 상수도 보급률은 100%에 달하고 있다[6].

부산의 상수도 연간생산량을 살펴보면, 1991년에는 545백만 m<sup>3</sup>, 2000년 507백만 m<sup>3</sup>로 높은 수준을 기록하였으나 이후 감소하고 2010년 371백만 m<sup>3</sup>, 2016년 369백만 m<sup>3</sup>로 나타나고 있다. 이러한 급수량(공급량) 감소 이유는 부산지역의 인구가 지속적으로 하락하고 있고, 유수율이 관로정비 등으로 제고되어 급수되는 물의 손실이 크게 적어지면서 생산량이 감축한 것으로 분석된다. 유수율은 최종소비자에게 가격이 부과된 물 수요량(요금부하량)을 물 공급량 전체로 나누어 시산되는 비율이다. 따라서 유수율이 높아지는 경우 생산된 물이 최종소비자에게 전달되는 과정에서 손실이 크다는 것을 의미한다. 부산의 물 수요량은 1990년대 이후 지속적으로 증가한 후 최근 들어 생활 방식과 산업구조의 변화, 물 절약 확대 등으로 소폭 감소하고 있다.

Table 1. Major Statistics for Water Demand in Busan

Year	Supply <sup>1)</sup>	Demand <sup>1)</sup>	Price <sup>2)</sup>	Pop. <sup>3)</sup>	GRDP <sup>4)</sup>
1991	545	341	267	3891	338
2000	507	354	538	3797	479
2010	371	337	635	3568	637
2016	369	338	721	3528	737

- 1) 급수량과 수요량(부과량)의 단위는 백만 m<sup>3</sup>.
- 2) 물 가격 단위는 원/m<sup>3</sup>.
- 3) 인구 단위는 천 명.
- 4) 지역총생산의 단위는 천억 원.

광역상수도 요금과 댐 용수 요금은 기획재정부장관이 정한 ‘공공요금산정기준’, 국토교통부장관이 정한 ‘수도물 요금 산정지침’, 국토교통부장관이 승인한 ‘댐 용수 요금산정 규정’에 의거, 국토교통부장관이 ‘물값심의위원회’의 심의를 거쳐 기획재정부장관과 협의하여 결정한다. 수도물 요금 산정 지침은 한국수자원공사가 광역상수도 및 공업용수도에서 공급하는 수도물 요금을 산정한다. 또한 산정지침의 주요 변수는 적정한 수도요금 산정을 위한 기준을 마련하기 위한 것이다. 수도 요금은 기본적으로 수도물을 공급하는데 소요되는 취득원가 기준에 의한 총괄원가를 보상하는 수준에서 결정되며, 총괄원가는 효율적인 경영 하에서 수도물을 공급하는데 소요되는 적정원가에 수도 사업에 공여하고 있는 적정투자보수를 가산한 금액으로 설정한다[7].

개별 지방자치단체의 지방상수도 요금은 지방물가대책위원회의 사전 심의를 거쳐 지방의회에서 의결한다.

광역상수도 요금은 전국적으로 동일하지만, 지방상수도 요금은 지자체마다 다르다. 부산 지역의 경우도 국내 수도 요금 산정 및 부과방식을 기본으로 하는 한편 실제 요금은 용도별로 구분한 후 사용량에 따라 정해진 단계별 요금을 합산하여 결정된다. 이때 단계별로 공제액을 적용하여 최종적으로 결정된다.

그러나 부산의 경우 실제 요금의 설정이 생산원가를 충분히 반영하지 못하는 낮은 수준에 머물고 있다. 전국의 요금이 생산원가에 대비하여 90% 수준에 달하고 있는 반면 부산의 요금은 아직까지 원가의 80% 수준에 머물고 있다.

물 수요 관리는 물 절약 기기와 설비 보급 등 수요 절감을 위한 기술적 정책뿐만 아니라 가격 정책을 통하여 수자원의 진정한 가치를 경제적으로 평가하여 적용하는 접근이 필요하다. 즉, 소비자에게 물을 절약하고 수자원 보호의 유인을 가격 신호를 통하여 제공한다는 점에서 공급 정책에 비해 더 유용하다고 볼 수 있다.

따라서 가격 변수를 포함하는 수요함수추정을 통하여 물 수요의 적절한 규모를 예측하는 접근은 공급 관리 측면에서도 상수도 적정 공급량을 유지하기 위한 각종 시설의 설치를 결정하는데 있어서 매우 중요한 역할을 한다.

Table 2. Water Price and Realization rate in Busan

Year	Price <sup>1)</sup>	Production Cost <sup>2)</sup>	Realization rate <sup>3)</sup>
1991	267	443	60.2
2000	538	689	78.1
2010	635	834	76.2
2016	721	909	79.3

1) 가격 단위는 원/톤.

2) 생산원가 단위는 원/톤.

3) 요금현실화율 단위는 가격/생산원가, %.

특히 국가와 지방정부의 재원이 한정된 상황에서 물 공급능력을 지속적으로 증가시키는 것은 제약이 존재하고, 상수도 시설의 신규 설치나 노후 관리로 보수하는 데에도 막대한 재원이 필요하다. 또한 미래의 지속가능 발전 목표에 있어서도 물 수요의 관리를 경제사회주체의 자발적 의지로 달성하는 노력은 매우 중요하다. 즉 경제발전, 산업성장 등에 따라 발생하는 물 수요량의 증가 추세를 고려하면서, 시장경제의 가장 중요한 요소로서 소비자의 물 소비 패턴 변화를 신속하게 유도하는 가격 정책이 필요하다. 즉 상수도 요금의 현실적 비용을 충분히

반영하여 장기적인 상수도 수급 관리 대책을 마련해야 할 필요가 있다.

### 3. 물 수요 분석 모형 방법론과 자료

국내 물 수요 특히 생활용수의 수요예측에 있어서는 급수인구와 1인당 일 평균 급수량과 상수도 급수율을 고려하는 산정 방식인 적상식 인과모형이 주로 적용되고 있다. 즉, 미래의 물 수요량은 특정 지역의 인구수와 보급률, 그리고 1인당 1일 평균 급수량의 증감 등에 따라 결정된다고 가정하고 결과를 도출한다. 1인당 1일 평균급수량은 개별 지역의 물 수요의 변화를 반영하는 직접적인 지표로서 지역 인구 규모별로는 비슷한 경향이 있으나 지역의 경제산업구조의 특성, 지형적 조건, 기상상태, 소득규모와 농어촌 지역에 따른 생활수준과 생활양식 등에 따라 변화한다.

대표적인 선행연구로 김광임(1998)은 연도별로 15개 시, 도의 자료를 이용하여 전국 상수도 수요함수를 추정하였다. 생활용수는 가정용, 영업용, 육탕용, 공공용 등 용도별로 구분하여 수요함수를 제시하였다. 모형 추정에 있어서는 상수도 수요량을 연도별, 지자체별 자료를 이용하여 로그선형식으로 회귀분석 하였다. 추정결과에 따르면 지역별 물 소비는 해당 지역의 소득과 가구 수와는 정(正)의 관계를 가지고, 상수도 요금은 부(不)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 또한 전국 상수도 수요의 소득 탄력성은 0.44, 가격탄력성은 0.01로 추정되었다[8].

김종원, 한동근(2002)은 서울특별시의 물 수요함수를 추정하고 변화 내역을 검토하기 위하여 자기상관회귀모형식(ARIMA)을 추정하였다. 분석 결과에 따르면 1994년 이후 서울의 가정용 물 사용 패턴의 변화가 확인되었고, 1997년 경제 위기는 물 수요에 크게 영향을 미치지 않은 것으로 나타나 필수재의 성격을 반영하는 것으로 나타났다. 또한 공적분 분석과 혼합 모형에서는 소득 탄력성이 약 0.3 수준으로 추정되었지만 횡단면 자료를 이용한 SUR모형에서는 소득이 물 수요에 영향을 준다는 증거가 도출되지 않았다. 또한 가격탄력성 추정치는 대부분 불안정하게 나타났는데 이는 소득 및 가격이 물 수요에 미치는 영향력 추정치의 편차가 지역, 자료의 종류, 추정모형에 일관된 결과를 보이지 않음을 반영하는 것으로 해석되며, 인구, 사회, 문화적 요인이 물 수요의 분석에 더 중요하다는 사실을 보여준다고 제시하였다[2].

류문현, 장석원(2012)의 연구에서는 1992~2010년 기간을 대상으로 광역상수도 통계자료를 이용하여 광역상수도 수요함수를 추정하였다. 시계열자료의 불안정적인 특성을 감안하여 단위근 검정 및 공적분검정을 수행한 후 수요함수를 추정하였다. 추정 결과에 따르면 광역상수도의 가격탄력성은 -0.159, 소득탄력성은 0.463으로 추정되었다. 또한 물의 가격 변수인 수도요금은 시장경제의 가장 중요한 요소로서 현재 낮은 요금으로 인하여 광역상수도의 물가효과가 크지 않음을 감안하면, 적정 요금수준을 인상하여 원가를 보전하는 방향과 적정한 투자가 이루어져야함을 강조하였다[9].

이상의 기존 연구들을 통하여 분석 방법, 분석 대상에 따라 물 수요의 탄력성은 모형 추정의 범위, 모형 구성, 기간 등의 요인에 따라 다양하게 나타나고 있으나 대부분의 경우 물의 가격이 중요한 변수인 점을 나타내고 있다. 그러나 대부분의 연구가 우리나라 물 수요 전체를 대상으로 하고 있어, 개별 지방자치단체 수준의 특성을 감안하는데 미흡하였다. 또한 기존 연구 결과 분석에 따르면, 모형의 선택에 따라 주요 변수의 방향은 유사하더라도 계수의 크기가 큰 편차를 나타내고 있어, 지역적 특성의 고려가 더욱 필요한 것으로 나타났다. 기존 연구에는 사회문화적 요인 특히 개인 생활패턴을 반영하고 개별적인 물 수요에 영향을 미칠 것으로 예상되는 가구 수 변수를 포함되지 않았다.

본 연구는 기후변화협약 등 지속가능발전의 중요성이 증대되고 물 수요의 지역의 특성을 개별적으로 반영하기 위하여 특정 지역의 물 수요함수를 추정하고자 한다. 가격과 소득변수와 같이 전통적인 변수도 국가 경제 전체를 대상으로 하는 경우, 지역 개별적 특성이 상쇄될 가능성이 있다. 따라서 개별 물 관리 정책의 기본 단위로서 광역자치단체 수준의 수요함수 추정이 향후 보다 효율적인 물 관리 정책을 위해서 필요하다. 또한 우리나라의 소득 수준의 변화 이외에 생활패턴의 변화를 반영하기 위하여 가구 수 변수를 포함하여 지역 단위의 물 수요를 추정하여 시사점을 파악하는 것도 중요한 접근으로 판단된다.

본 연구에서 지역 단위의 물수요함수를 추정하기 위한 기본 모형은 다음과 같다.

$$WC = f(POP, PR, GRDP, HH, ENP) \quad (1)$$

여기서 WC는 지역 상수도 수요량, POP는 인구 수, PR은 수도요금, GRDP는 지역 총생산, HH는 가구 수, ENP는

에너지 가격을 나타낸다. 이러한 설명변수는 지역의 경제적, 사회적 특성, 가격, 그리고 공급 측면의 제약 요인 등을 포함한다. 인구수와 가구 수는 통계청 국가통계포털에서 제공하는 개별 주제별 지역 통계를 사용한다. GRDP는 한국은행의 국민계정 가운데 지역계정 항목의 자료를 활용한다. 가격과 피설명변수인 물 수요는 환경부의 상수도 통계에 수록된 지역 평균요금과 부하수요량을 활용한다.

에너지 가격은 석탄, 석유, 전력 등 원별 종류에 따라 가격의 차이가 크며, 단일 에너지를 물 수요 추정변수의 대표로 정하기 어려운 점이 존재한다. 따라서 에너지 가격은 물 공급원가 구성과 가장 관련된 전력과 가스에 대한 생산자물가지수 개별 항목을 활용하며, 통계청 국가통계포털의 최근 자료를 적용한다[11-15].

## 4. 실증모형 추정 결과

### 4.1 단위근과 공적분 검정

물 수요 실증분석모형을 구축하기 위하여 본 연구에서 활용하는 변수들의 단위근 및 공적분 검정이 필요하다. 이는 대부분의 시계열 자료가 비정상성(non-stationarity)을 나타낼 가능성이 매우 높아 원변수를 이용하여 추정하는 경우 실제 변수간의 관련성이 없음에도 불구하고 유의수준이 높은 것으로 나타나는 가성적 회귀(spurious regression) 결과가 초래될 수 있기 때문이다. 본 연구에서 단위근(unit root) 검정은 가장 일반적인 Augmented Dicky and Fuller(ADF) 검정 방식을 사용하였으며, 검정 회귀식은 아래와 같다.

$$\Delta y_t = \alpha + (\beta - 1)y_{t-1} + \sum_{j=1}^p \gamma_j \Delta y_{t-j} + \epsilon_t \quad (2)$$

단위근 검정은 사전 모형 추정에서 가구 수와 변수의 상관성 분석 결과 인구수는 제외하였고, 모든 변수는 모형의 설명력이 높은 자연대수로 변환한 수준변수를 활용하여 시행하였다. 단위근 검정 결과에 따르면 본 연구의 실증모형을 추정하기 위해 활용되는 종속변수인 WC(물 수요)와 설명변수인 GRDP(지역총생산), PR(물 가격), ENP(에너지가격), 그리고 HH(냉난방도)가 모두 비정상성의 판단기준인 1% 유의값 수준에서 낮은 수치를 보이고 있어, 비정상 속성을 나타내는 것으로 판정되었다.

Table 3. ADF Test Results for the Variables

Variable	ADF Test Results		
	t stat	1% CV	p stat.
WC	-1.189	-3.716	0.6779
GRDP	-1.996	-3.716	0.2883
PR	-0.2475	-3.716	0.1217
ENP	-1.785	-3.716	0.3878
HH	-0.597	-3.716	0.8733

이와 같이 변수에 단위근이 존재하는 경우 가성적 회귀 문제를 회피하기 위하여 각 변수를 현재와 전기를 비교하여 1차 차분한 후, 해당 오차항을 이용하여 두 변수 간 선형관계에 대한 통계적 검정을 실시한다. 본 연구에서는 단위근 검정을 통하여 변수의 정상성을 확인하였으며, 이에 따라 추정모형의 유의성이 확보되었다.

또한 본 모형에 사용되는 개별 변수들의 선형 결합이 안정적인지 여부를 검정하기 위하여 공적분 검정이 요구된다. 공적분 검정은 기본적으로 변수 사이에 장기적인 균형관계를 파악하기 위한 것이다. 즉, 공적분(cointegrated relationship) 여부를 판단하기 위하여 시행한다. 본 연구는 기존 회귀모형에서 추정된 오차항에 대하여 ADF 검증을 시행하고, 이 오차항 변수의 정상성을 확인하는 변수들 간 공적분을 검정하는 방식인 Eagle and Granger의 검정방법을 활용하였다[10].

이는 본 연구 목적이 변수들 간 상호적인 대칭관계를 파악하고 인과성을 동시에 규명하는 것이 아니라, 이론적으로 명백하게 설정된 물 가격, 가구 수, 지역 총생산 등 독립변수들이 물 수요량에 대하여 한 방향으로 영향을 미치는 관계를 분석하는 것이기 때문이다.

공적분 검증을 위해서는 기본 회귀분석을 추정하여 잔차를 시산하고, 이에 대한 단위근을 검정하는 방식으로 시행한다. 아래 식에서 추정된  $\delta$ 의 t검정 결과가 ADF에서 제시한 임계치를 초과할 경우 단위근이 존재하지 않아 변수들 간 장기 균형이 존재하는 것으로 판정한다.

$$\Delta \hat{e}_t = \delta \hat{e}_{t-1} + \beta_1 \Delta \hat{e}_{t-1} + v_t$$

아래의 Table 4는 기본 추정모형의 잔차, 즉 종속변수인 총산출량과 이를 설명하는 자본, 노동, 에너지, 원료 등 주요 결정요인들 간 공적분 검정결과이다. 검증결과 물 수요량과 설명변수 사이에는 공적분이 존재하는 것으로 나타났다.

Table 4. ADF Test Results for the Dependent Variable

Variable	ADF Test Results		
	t stat	1% CV	p stat.
WC-WC_hat <sup>1)</sup>	-3.905	-3.716	0.6779

1) WC는 실제 자료, WC\_hat은 모형 추정 결과 자료

#### 4.2 모형 추정 결과

본 논문에서는 단순 선형회귀모형, 초월대수함수모형, 로그차분모형 등 다양한 모형의 설명력과 이론적 부합성을 검토한 후 지역 물 수요의 장기간 균형관계를 파악하는 실증모형으로 앞서 설명된 단위근과 공적분 검정을 거쳐서 오차수정모형을 선택하였다. 모형의 추정은 우선 기본 모형을 선택하고, 주요 대상 변수를 공분산 등 다양한 방식으로 비교 평가하고 통계적 기준에 의거하여 가장 적절한 변수를 구성하여 추정하였다. 물 수요 함수 모형에 포함된 변수는 물 요금과 소득, 가구 수, 그리고 에너지 가격이다. 인구 등 여타 변수를 이용한 추정에서는 통계량과 부호, 모형의 적합성에 있어서 다양한 문제점이 제시되어, 위의 변수를 활용한 모형으로 확정하였다.

Table 5. Estimation Results for Water Demand Model

Variable	Coeff.	Std. Error	t stat
PR	-0.093	0.070	-1.33
GRDP	0.293 <sup>1)</sup>	0.144	2.03
HH	-0.655 <sup>1)</sup>	0.322	-2.04
ENP	-0.030	0.044	-0.68
ehat	0.365 <sup>2)</sup>	0.169	2.17
Constant	19.493	3.425	5.69
R-squared	0.7878		
Adj R-squared	0.7320		

1) 10% 수준에서 유의.  
2) 5% 수준에서 유의.

전체적인 추정결과는 통계적으로 지역총생산과 가구 수가 대체로 유의하게 나타났으며, 가격 변수의 통계적 유의성은 적은 것으로 나타났다. 모형 전체의 설명력 약 70% 이상으로 국가 전체를 대상으로 추정한 선형 연구결과와 유사하게 나타났다. 우선 오차항의 차분(ehat)은 유의한 계수로 추정되어 전기의 수요량이 장기적 관계에서 이탈한 부분에서 약 36%가 금년에 추가되어 조정된다는 것을 의미한다.

부산 지역의 물 수요의 가격탄력성은 -0.093으로 음

의 부호로 나타났으며, 탄력성의 크기는 선행연구에 비하여 상대적으로 낮은 것으로 제시되었다. 대부분의 선행연구와 유사하게 통계적인 유의성이 다소 낮으나 부호와 크기는 몇 가지 시사점을 나타내고 있다. 물 가격은 가격 변수로서의 역할이 하고 있으나, 필수재로서의 물 수요는 상대적으로 비탄력적인 것으로 해석된다. 정책적인 의미에서는 단순히 가격 변수로만 물 수요를 관리하는 것은 다소 한계가 있으며, 가격 변수를 신호로 활용하는 한편 설비보급, 교육홍보, 기후변화정책 등 여타 정책 수단과의 혼합접근이 요청되는 것으로 나타났다. 이는 에너지나 필수 식품 등의 경우에도 유사하게 나타나는 결과이다.

에너지 가격변수는 통계적 유의성이 매우 낮아 해석의 어려움은 있으나 음의 부호를 나타내고 있어 물공급구조, 물 공급원가 등을 고려하면 공급측면의 제약이 물 수요에도 부정적인 영향을 줄 가능성이 있음을 반영하고 있다. 기존 결과와 경제이론에 부합하는 양의 부호를 나타냈다.

본 연구에서 최초로 시도한 가구 수 변수의 계수는 -0.655로 음의 부호이며 동시에 기본적으로 유의한 것으로 나타났다. 이는 가구 수의 증가함에 따라 물 수요량이 감소한다는 결과로, 감소 원인은 1인 가구의 경제사회적 특징을 반영하는 것으로 판단된다. 1인 가구 구성원들의 생활 패턴, 특히 외식, 외부활동의 증가 등은 상대적으로 가계 단위당 물 소비량이 감소되는 원인이며, 외부 활동에 따라 일반용, 상업용 물 소비가 증가하지만, 상대적으로 규모의 경제 효과로 인하여 물 소비의 증가를 다소 완화시키는 원인으로 작용한 것으로 해석된다.

또한 가구 수의 증가에 따른 주거의 형태가 원룸, 오피스텔, 기타 공동주택 등 신규로 건축된 건물이 대부분을 차지하는 동시에 최종소비처의 누수율 등이 상대적으로 개선됨에 따라 물 소비 둔화의 원인이 될 수 있다. 향후 가구 수 분화는 지속적으로 유지될 전망이다. 그 동안 에너지와 전력 수요 관리 정책에서는 신규 건물에 절약 설비 의무화, 친환경 건물 인증제, 스마트 그리드, 스마트 미터링 등 디지털 정보를 적극 활용하는 다양한 수단이 활용되었다. 물 소비와 관련하여서도 디지털 정보를 보다 체계화하는 한편 물 소비 절약 인증 건물과 같은 보다 적극적인 관리 정책이 도입되는 경우 물 소비량의 감소에 긍정적 영향을 미칠 것으로 전망된다.

## 5. 결론 및 정책 제언

생존을 위한 필수재인 수자원은 기후변화협약, 지속가능발전 등 지구환경관리 차원의 중요성이 절대적인 자원이다. 우리나라에서의 수자원은 지방 공공서비스로서 중앙정부의 포괄적인 정책뿐만 아니라 개별 지자체 측면에서 정확한 수요를 추정하고, 안정적인 공급을 유지하는 정책적 관리가 매우 중요하다. 우리나라는 그동안 물의 공급 측면에서는 급속한 보급률 달성, 누수율의 획기적 저감 등 성공적인 물관리를 시행하였으나, 소득 수준의 향상, 위생 관념의 확대 등 지속적인 소비 증대로 인하여 수요의 특성 분석과 수요 관리의 필요성이 크게 증대하여 왔다[16].

또한 한강유역의 서울, 경기, 인천의 상류와 하류 관리, 수리권 재배치 문제, 경남과 부산의 취수원 갈등 등 지방자치단체 사이에 물공급 확보와 관련된 갈등이 증가하고 있다. 이에 대한 기본적인 대응은 적절한 수요관리를 통하여 근원적으로 지역 내 물 부족 문제를 완화시키는 것이다. 이를 위해서는 필수제이면서 경제적 재화로서 수자원에 대한 수요의 특성을 분석하여 대응하여야 한다.

본 연구에서는 전반적인 물 수급 관리 정책을 검토하고 부산지역을 대상으로 물 가격 결정 요인과 가격 수준 설정에 대한 논의를 수요함수 등 경제적 분석 방법을 이용하여 분석하였다. 물 수요에 영향을 미치는 주요 요인으로는 총 인구, 수도 요금, 소득, 가구 수, 에너지 가격으로 선정되었고, 시계열 자료의 특성인 변수의 비정상성을 고려한 단위근 검정을 거친 초월대수함수 모형을 설정하여 분석하였다. 분석 결과에 따르면 물 수요는 소득과 같이 실물 경제변수에는 양의 효과를, 물 가격, 에너지 가격 등 가격변수에는 음의 효과를 나타냈다. 또한 가구 수의 영향이 음의 효과를 나타낸 것은 지역별 물 수요 관리가 새로운 주거환경의 변화, 이에 대응하는 물 절약 유도 정책 수단의 도입, 여타 환경 및 에너지 정책과의 정책 수단 통합 등의 필요성이 크다는 점을 제시하고 있다.

향후 지역별 미래 물 소비량에 따른 공급 능력 확보와 지속적인 물 절약을 위하여 수도 요금을 단계적으로 인상하는 한편, 가정용과 일반용의 단계적 누진 요금제도의 도입도 중장기적으로 효율적인 물 관리 정책방안으로 판단된다. 또한 스마트 미터링 등 디지털 정보의 이용 확대하는 계측 방식 등도 수자원 관리 정책에 요구된다.

본 연구의 실증적 접근은 선택 변수의 확대 보다 정교한 자료의 구축, 디지털 자료의 구축을 통하여 수계로 연결되어 있는 지역 내 그리고 지역 간 연계성 분석 등을 수행하여 보다 정밀한 접근을 강화해야 한다. 또한 다양한 수자원 수요 추정과 정책 관리를 위한 계량경제와 기술분석을 융합하는 모형적 접근도 요구된다.

## REFERENCES

- [1] H. J. Moon, H. S. Kang & S. J. Yoon. (2013). *A Study on Improving Perception of Water Use (II)*. KEI Project Report 2013-0202, Seoul, KEI.
- [2] J. W. Kim & D. K. Han. (2002). Econometric Model of Water Demand: Practice, Usefulness, and Limitations. *Journal of Korea Planning Association*, 37(4), 201-216.
- [3] H. R. Im. (2012). An Empirical Study of Contracting-out Local Water Service. *Administration Studies*, 20(4), 195-219.
- [4] H. A. Kim & J. Kim. (2015). *Strategic Financing Study on Improving Perception of Water Use*. KIPF Research 15-16, Seoul, KIPF.
- [5] The Korean Government. (2018). *Act of Water Supply*, <http://www.law.go.kr/>.
- [6] Busan Water Authority. (2018). *Status of Current Water Supply in Busan*. <http://www.busan.go.kr/water/status>.
- [7] K water. (2018). *Water Pricing Guideline*. <https://www.kwater.or.kr/cust/sub04/sub01/char/>.
- [8] K. I. Kim. (1998). *A Study for Water Demand and Modeling Approaches*. KEI Basic Research 1, Seoul, KEI.
- [9] M. H. Ryu & S. W. Jang. (2012). Estimating Water Demand Elasticity for the Regional Water in Korea. *Proceedings of 2012 Fall Academic Conference Korean Society of Water and Wastewater*, Seoul, KSWW.
- [10] R. F. Eagle & C. W. Granger. (1987). Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation and Testing. *Econometrica*, 55, 251-276.
- [11] Statistics Korea. (2018). *Water Supply, Korea Statistical Information Service*. [www.kosis.kr](http://www.kosis.kr).
- [12] Statistics Korea. (2018). *Regional Account, Korea Statistical Information Service*. [www.kosis.kr](http://www.kosis.kr).
- [13] Statistics Korea. (2018). *Wholesale Price Index, Korea Statistical Information Service*. [www.kosis.kr](http://www.kosis.kr).
- [14] Statistics Korea. (2018). *Population and Households, Korea Statistical Information Service*. [www.kosis.kr](http://www.kosis.kr).
- [15] Ministry of Environment. (2018). *White Paper 2017. Digital Library*, <http://library.me.go.kr>.
- [16] H. J. Moon, H. S. Kang & S. H. Jung. (2014). *A Study on Improving Perception of Water Use (III)*. KEI Project Report 2013-0502, Seoul, KEI.

임 동 순(Lim, Dong Soon)

[중신회원]



- 1989년 2월 : 연세대학교 경제학과(경제학사)
- 1997년 7월 : 펜실바니아주립대 자원경제학과(경제학박사)
- 1997년 7월 ~ 2006년 8월 : 산업연구원 연구위원
- 2006년 9월 ~ 현재 : 동의대학교 경제학과 부교수
- 관심분야 : 산업경제, 자원경제, 환경경제, 통계분석
- E-Mail : dslim@deu.ac.kr