

## 한국에서의 물소비와 경제성장 -오차수정모형을 이용하여-

### Does Water Consumption Cause Economic Growth, Vice-Versa, or Neither? Evidence from Korea

임 해 진\* / 유 승 훈\*\* / 곽 승 준\*\*\*

Lim, Hea Jin / Yoo, Seung Hoon / Kwak, Seung Jun

#### Abstract

The purpose of this study is to examine relationship between water consumption and economic growth in Korea, and to obtain policy implications of the results. To this end, we attempt to provide more careful consideration of the causality issues by applying rigorous techniques of Granger causality. Tests for unit roots, co-integration, and Granger causality based on an error-correction model are presented. The existence of bi-directional causality between water consumption and economic growth in Korea is detected. This finding has various implications for policy analysts and forecasters in Korea. Economic growth requires enormous water consumption, though there are many other factors contributing to economic growth, and water consumption is but one part of it. Thus, this study generates confidence in decisions to invest in the water supply infrastructure. Moreover, this study lends support to the argument that an increase in real income, *ceteris paribus*, gives rise to water consumption. Economic growth results in a higher proportion of national income spent on water supply services and stimulates further water consumption.

**Keywords** : Water consumption; Korea; Economic growth; Granger causality; Unit root; Co-integration; Error correction model

#### 요 지

본 연구의 목적은 한국에서의 물소비와 경제성장간의 관계를 분석하여 그 결과에 대한 정책적 함의를 도출하는 것이다. 이러한 목적을 달성하기 위해, 본 연구는 보다 엄밀한 Granger 인과성 기법을 적용하여 인과성 문제를 좀더 세심하게 살펴보았다. 단위근, 공적분 그리고 오차수정모형을 통한 Granger 인과성 검정의 적용 결과, 한국에서의 물 소비와 경제성장 사이에 양방향의 인과성이 존재함이 발견되었다. 이러한 발견은 우리나라 전체를 위한 정책분석 혹은 정책예측에서 몇 가지 유용한 정책적 시사점을 제공한다. 경제성장에 영향을 미치는 많은 다른 요인들이 존재하고 물소비는 이 중의 일부이긴 하지만, 경제성장의 촉진을 위해서는 물소비에 지장을 초래하지 않도록 충분한 투자가 요구된다. 따라서 전국의 상수도 인프라를 확충하기 위한 상수도 관련 투자는 경제성장을 촉진할 것이다. 또한 본

\* 고려대학교 대학원 경제학과 박사과정

Ph.D. Candidate, Department of Economics, Korea University, 5-1 Anam-Dong, Sungbuk-Ku, Seoul, 136-701, Korea

\*\* 호서대학교 경상학부 조교수

Assistant Professor, School of Business and Economics, Hoseo University, 268 Anseo-Dong, Cheonan, Chungnam, 330-713, Korea

\*\*\* 고려대학교 정경대학 경제학과 교수 (교신저자)

Professor, Department of Economics, Korea University, 5-1 Anam-Dong, Sungbuk-Ku, Seoul, 136-701, Korea  
(Phone: +82-2-3290-2217, Fax: +82-2-3290-2535, E-mail: sjkwak@korea.ac.kr)

연구는 실질소득 증가가 물소비의 증가를 가져온다는 주장도 성립함을 확인하였다. 경제성장의 결과, 더 높은 비율의 소득이 상수도 관련 인프라에 투자되고 더 나아가 국민들의 삶의 질 향상과 산업체에서의 생산활동 증가 등에 따라 물의 사용을 늘리게 한다.

**핵심용어** : 물소비, 경제성장, 인과성, 단위근, 공적분, 오차수정모형

## 1. 서론

2000년 3월 17일 Hague에서 개최된 제2차 세계 물 포럼(Second World Water Forum)에서 발표된 세계 물 위원회(World Water Council)의 보고서는 향후 2025년 경에는 전 세계의 물 수요량이 지난 1995년 수준보다 약 40% 증가할 것이며, 만약 현재와 같은 추세가 지속될 경우 생태계의 악화와 생물종 다양성의 손실로 후세대의 생존이 위협받게 될 것이라고 경고했다. 따라서 이러한 물 부족 현상을 예방하기 위해서는 현재 공공, 민간분야 및 국제적으로 투입되고 있는 규모의 2배(1,800억\$)의 투자가 필요함을 강조했고 또한 관련단체들에게 물 절약기술을 개발하고 물 절약을 제도화할 것을 요구했다.

특히 우리나라의 경우 모로코, 이집트, 벨기에 등과 함께 UN이 선정한 물 부족(water-stressed)국가임은 널리 주지된 사실이다.<sup>1)</sup> 좀 더 세부적으로 고찰하면, 우리나라의 실질 국내총생산은 1960년 대비 2001년에 20.36배로 성장하여 급속한 경제성장이 이루어졌으며, 이러한 경제성장으로 인해 물소비량은 1960년의 417,000(톤/일)에서 2001년의 15,857,000(톤/일)으로 약 38.02배나 급증했다. 반면 상수도 보급률은 1960년 기준 16.9%에서 2000년 기준 87.1%로 5배 증가했지만, 주요 선진국들은 80년대에 이미 90%이상의 상수도 보급률을 보이고 있어 선진국에 비해 보급률이 매우 낮다고 할 수 있다. 게다가 우리나라의 급수현황은 여름철인 6~9월에 연 강우량의 70%가 몰려있는 등 계절적 편중이 심하며, 전 국토의 30%에 해당되는 해안 및 도서지방은 자체 유역에서 충분한 급수가 불가능하여 지역적 불균형도 심한 편이다. 더욱이 향후 국토의 균형개발과 대도시의 지방 분산정책에 따라 신규 상수도 수요의 증가와 광역 및 지방상수도를 통한 새로운 수요가 예상된다. 이에 따라 정부는 2006년부터 물 수요가 공급을 초과하여 2011년이면 연간 18억 톤의 물이 부족할 것을 예상하고, 이에 대비한 27개의 대형 댐 건설계획을 발표하였다(한국수자원공사, 2003).

물은 인간생존의 필수적 요소일 뿐 아니라 산업생

산에 있어서도 필수적인 투입요소이다.(Brookshire 와 Whittington, 1993; Yoo 와 Yang, 1999). 특히 인구와 산업이 집중된 도시지역과 공단지역에서 상수도 시설확충이 제때 이루어지지 않는다면 국내경제성장에 있어서도 부정적인 영향을 크게 미칠 것이다(Dupont 와 Renzetti, 2001). 이렇게 한국은 용수수요가 급증하고 있지만 상수도보급률이 다른 선진국에 비해 매우 낮고, 수자원의 계절적·지역적 불균형도 심한 편이어서 물이 가진 생존의 기반이란 성격과 경제성장을 위한 투입요소라는 점을 고려할 때 향후 상수도에 대한 대폭적인 투자가 요구된다.

이러한 상황에서 우리나라의 정책 결정자들은 상수도 관련투자에 대한 정책결정에 관한 정보가 필요하지만 이에 대한 연구사례는 충분하지 않은 편이다. 따라서 본 논문에서는 상수도 관련 투자에 대한 정책적 시사점을 얻기 위해서, 물 소비와 경제성장의 관계에 대해 연구하고자 한다.

먼저 물소비와 경제성장의 관계에 대한 선행연구사례들을 보면, 물소비가 경제성장에 미치는 영향에 대한 연구와 경제성장, 즉 소득수준이 물소비에 미치는 영향에 관한 연구로 나뉘어 진다.

물소비가 경제성장에 미치는 영향에 대한 연구의 한 유형으로 거시적 관점에서 I-O분석을 사용하여 살펴본 연구가 존재한다. 김태유·유승훈·허은영(1997)은 물에 대한 총수요와 경제성장에 대한 수자원의 기여를 살펴보기 위해, 한국에서 물소비가 급증했던 1978~1994년 기간 동안 물 소비와 경제성장의 관계를 I-O모형을 사용하여 분석하였다. 분석결과, 수도부문에서 1원어치의 공급이 이루어지지 않으면 국민경제적으로 약 1.193원의 공급지장비용이 발생하여 1993년도에 총 1조 2,295억원의 공급지장비용이 발생했을 것으로 분석되었다. 반면 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. 요컨대 국내 수자원은 국민생활과 산업생산에 필수적인 투입요소로서 수도부문에 대한 투자와 물 공급 장

1) UN산하 국제인구행동단체(PAI)는 연간 물이용가능량과 인구의 관계로부터, 세계 각국의 국민 1인당 연간 물이용가능량을 산정하고 이에 따라 물 기근(Water-scarce), 물 부족(Water-stressed) 및 물 풍요(relatively sufficient) 국가들을 분류하여 발표하였다(Sustaining Water, 1993).

애가 생활수준과 산업생산에 큰 영향을 미침이 발견되었다.

물소비가 경제성장에 미치는 영향에 대한 연구의 또 다른 유형으로, 미시적 측면에서 수요함수를 추정함으로써 소비자의 관점에서 살펴본 연구들이 있다. 김태유·유승훈·허은영(1997)과 Abual-Foul(1994)은 각각 물 부족이 한국과 요르단(1990~2000)의 경제성장과 발전에 어떤 영향을 미치는 지를 알아보기 위해 일정기간 동안 경제성장을 대체 목적(후생)함수로 취하여 물소비와 경제성장의 관계를 추정하였다. 결론적으로 경제성장에 따라 물소비의 역할이 계속적으로 중요하며, 요르단의 경우 물 공급이 제한되면 1995년 이후 경제성장에 적자(deficit)가 있을 것임이 나타났다. 미국<sup>2)</sup>과 캐나다<sup>3)</sup>에서는 수요함수와 소비자잉여를 추정하여 용수의 가치를 계산한 여러 보고서들이 발표되었다. 이러한 용수의 가치는 지역별·용도별로 다양하고 상세하게 금액까지 제시되어 있다.

한편, 경제성장이 물소비에 미치는 영향에 관한 연구로서 둘 간의 관계를 환경 쿠즈네츠크 곡선 상에서 살펴본 연구가 존재한다. Cole(2004)은 1900년~2000년 기간 동안 일정한 간격을 두고 선정한 9개 연도를 대상으로 세계 각 대륙(유럽, 북아메리카, 아프리카, 아시아, 남아메리카와 오세아니아)의 전체 물소비 추정량과 1인당 소득 자료를 구하여 연구한 결과, 1인당 물소비와 1인당 소득 사이에는 흔히 환경 쿠즈네츠크 곡선(Environmental Kuznets Curve)이라 불리는 관계가 존재함을 발견하였다. 즉, 물소비와 소득간에는 “꺾어진 U자형(inverted U-shaped)”관계가 존재한다는 것으로, 1인당 소득이 증가함에 따라 1인당 물소비도 체감적으로 증가하다가 어느 일정수준 이후부터는 성장으로 인한 조정효과와 기술효과 등으로 인해 오히려 1인당 물소비가 감소함을 의미한다. 이에 따르면, 향후 개발도상국에서는 1인당 물소비가 증가할 것이며 선진국에서는 1인당 물소비가 감소할 것임을 예측할 수 있다.

지금까지 살펴본 바에 의하면, 전반적으로 물소비와 경제성장 사이에 양의 상관관계가 존재하는 것이 확인된다. 하지만 물소비와 경제성장 사이에 양의 상관관계가 존재함을 발견했다고 해도 이것이 반드시 인과관계가 성립함을 의미하는 것은 아니다. 경제성장이 물소비를 유발할 수도 있으며, 반대로 물소비가 경제성장을 유발할 수도 있다. 물론 이 두 가지 상황은 동시에 발생할 수도 또는 어느 한쪽만 발생할 수도 있다. 따라서 이

러한 인과관계에 대한 문제는 좀 더 깊이 있게 고찰해 볼 필요가 있다. 이 문제를 살펴보다 보면 과연 물소비가 경제성장에 대한 추동력이 되는가 아니면 경제성장이 물소비를 유발하는가에 대한 질문을 제기하게 된다. 이 질문에 대한 답이 무엇이나에 따라 정책적 처방은 큰 영향을 받는다(Munasinghe, 1992).

다시 말해서 물소비와 경제성장 사이의 인과관계의 방향은 중요한 정책적 시사점을 가진다. 예를 들어, 물 소비로부터 경제성장으로의 단방향 인과관계가 존재한다면 물 소비의 감소는 소득의 감소를 가져온다고 볼 수 있다. 물 소비로부터 경제성장으로의 음의 인과관계가 있다면 물 소비를 감소시키는 정책이 시행될 때 총소득이 증가할 것이다. 반면에, 경제성장으로부터 물 소비로의 단방향 인과관계가 존재한다면 물 소비를 감축하는 정책이 경제성장에 부정적인 영향을 미치지 않으면서 시행될 수 있다. 어느 방향으로든 인과관계가 존재하지 않는다면, 소위 중립성 가설(neutrality hypothesis)이 성립한다면 물 소비를 증가시키는, 즉 상수도 인프라 투자를 증가시키는 정책이 경제성장에 별다른 영향을 미치지 않을 것이다.

그러나, 최근까지 물소비와 경제성장 사이의 인과관계에 관한 연구는 시도되지 않았는데, 이에 관한 첫 연구로서 유승훈(2003)은 1973년부터 2001년까지 대전·충남 지역의 물소비와 지역경제성장 사이의 관계를 분석하였다. 단위근, 공적분, 그리고 Hsiao가 제안한 Granger인과성 검정기법(Granger, 1969; Hsiao, 1981)을 운용하여 분석한 결과, 물소비와 지역경제성장 사이에 양방향의 인과관계가 존재함을 발견하였다. 즉 물소비 인프라에 대한 투자가 지역경제성장을 유발하며 이로 인한 실질소득의 증가는 다시 물소비와 상수도 투자에 유의한 영향을 미쳐 지역경제성장을 촉진하는 것으로 나타났다.

이러한 연구 성과 위에서, 본 연구의 목적은 선행연구(유승훈, 2003)에 이어 연구대상을 확장하여 우리나라에서의 물소비와 경제성장 사이의 인과관계를 검정하고 그 결과로부터 상수도 관련투자에 대한 정책적 시사점을 얻는 것이다. 이 목적을 달성하기 위해, 본 논문은 Granger-인과성 기법을 적용하여 보다 엄밀한 결론을 이끌어내면서 단기적 인과관계뿐만 아니라 장기적 인과관계에 대해서도 고찰하고자 한다. 여기서 제시된 방법은 다음과 같은 방식으로 전개된다. 첫째, 국내 물소비와 경제성장의 안정성(stationarity)을 검정한다. 둘째,

2) 이 내용은 미국 미래자원연구소(Resources for the Future)에서 발간한 Frederick et al.(1996)의 서베이 보고서에 근거하고 있다.

3) 이 내용은 캐나다 환경부 수자원국과 뉴펀드랜드 주정부에서 발간한 ADI Nolan davis and Gardner Pinfold Consulting Economist Limited(1996)의 보고서에 근거하고 있다.

불안정성이 확인되면 공적분(co-integration)의 관계가 있는지를 검정한다. 셋째, 공적분이 존재하면 인과성을 검정하기 위해 Engle 와 Granger(1987)가 제안한 오차수정모형(error-correction model)을 적용한다. 아울러 안정성의 검정, 공적분의 검정, 오차수정모형의 추정시 시차결정의 임의성을 배제할 수 있도록 통계적 기법을 적용하여 최적의 시차를 결정한다.

이후의 본 논문은 다음과 같이 구성된다. 먼저 2장에서는 본 연구에서 사용된 자료에 대해 설명한 후 제안된 연구방법론에 대해 살펴본다. 3장에서는 실증연구 결과에 대해 논의한다. 마지막 장은 연구의 요약, 정책적 시사점, 결론제시에 할애된다.

## 2. 자료 및 연구방법론

### 2.1 자 료

연구에 사용된 자료는 크게 한국의 물소비와 국내총생산이다. 물소비 자료는 건설교통부와 환경부가 발행한 상수도 통계 각년호에서 구하였다. 원래 물소비 자료가 집계되는 상수도 통계는 1992년까지 건설교통부에서 발행되다가 그 이후로는 환경부에서 발행하고 있기 때문이다. 여기서 물소비량 자료는 일반적인 상수도를 통해 공급되는 물량으로 지방상수도, 간이상수도와 광역상수도 사용량을 포함한다. 따라서 지하수, 저수지에서의 농업용수, 공업용수 사용량 등은 포함되지 않는다. 국내총생산 자료는 한국은행이 발행하는 조사통계월보 각년호로부터 구할 수 있었다.

분석대상기간은 1960년~2001년의 42개 연도인데, 1960년을 시작 년도로 정한 것은 가능한 많은 자료 수를 확보하기 위해 물소비에 관해 구할 수 있는 가장 오

래된 자료가 1960년도부터였기 때문이다. 물소비 자료의 단위는 1일 평균 급수량(천 톤)으로 하였으며, 국내총생산 자료는 1995년 불변가격(10억 원)으로 하되, 한국은행에서 공포한 국내총생산 디플레이터(GDP deflator)를 이용하여 경상 국내총생산을 1995년 불변 실질 국내총생산으로 변환시켰다. 이렇게 한 이유는 불변가격이 다른 1970년 이전과 이후의 모든 국내총생산 자료를 1995년 불변가격으로 통일하기 위해서였다.

본 논문에서는 이렇게 구한 1일 평균 급수량과 실질 국내총생산을 각각 *WC* 와 *GDP*로 나타내어 사용하며 이를 도시하면 <그림 1>과 같다. 1960년 이후로 물소비 자료와 실질 GDP 자료 값들은 완만하게 증가추세에 있음을 알 수 있다.

### 2.2 연구방법론

#### 2.2.1 Granger 인과성 검정과 안정성

인과관계의 방향에 대한 검정은 Granger(1969)에 의해 최초로 시도되었다. Granger-인과성 검정은 두 변수 사이의 인과적 관계의 존재 여부를 검정하는 기법으로 대단히 편리하고 매우 일반적인 접근 방법이다. 두 개의 시계열 변수 X, Y가 있을 때, 과거의 Y값에다 과거의 X값을 함께 사용함으로써 현재의 Y에 대한 예측오차가 감소한다면 X가 Y를 'Granger-인과'한다고 말한다. Guilkey 와 Salemi(1982)와 Geweke et al.(1983)에 의해 보고된 몬테칼로(Monte Carlo) 모의실험 연구결과에 따르면, 특히 실증연구에서 직면하게 되는 소표본의 경우 인과성을 검정하는 여러 가지 기법들 중에서 Granger-인과성 검정이 가장 바람직한 결과를 가져왔다. 따라서 본 연구에서는 Granger-인과성 검정 기법을 이용한다.

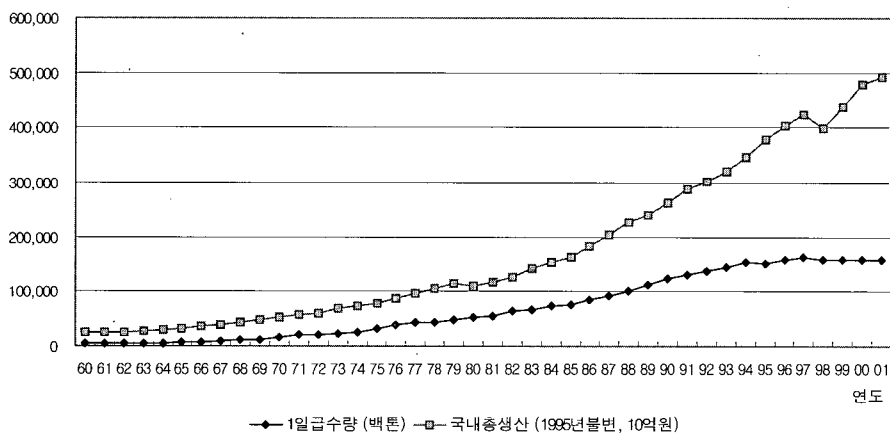


그림 1. 연구에 사용된 한국의 물소비 자료와 국내총생산 자료

표준적인 Granger-인과성 검정을 적용하기 위해서는 관심대상 변수의 시계열이 안정적이어야 한다. 인과성 검정에서 불안정한(non-stationary) 자료를 이용하게 되면 가성적인(spurious) 인과성 검정 결과를 가져올 수 있음이 여러 연구에서 입증되었다(Granger와 Newbold, 1974; Stock와 Watson, 1989). 따라서, Engle와 Granger(1987)의 연구절차를 따라, 먼저 시계열 X와 Y의 안정성, 즉 각 변수의 단위근(unit root) 여부를 확인해야 한다. 단위근을 검정하는 방법에는 크게 DF-검정법, ADF-검정법, Phillips-Perron(PP) 검정법(Phillips와 Perron, 1998)이 있다. DF-검정법은 자기상관 및 이분산이 존재하지 않음을 전제로 하기에 제약점이 있어 최근에는 잘 이용되지 않는다. 널리 사용되는 ADF-검정법은 자기상관의 문제를 명시적으로 고려하는 장점을 가지지만 이분산이 없다고 가정하는 제약성을 가진다. 따라서 본 연구에서는 PP-검정을 이용한다. 그 이유는 PP-검정이 다양한 종류의 자기상관과 시간 의존적인 이분산성에 대해 강건한 것으로 알려져 있기 때문이다. 어떤 변수라도 불안정성이 발견되면 1차 차분을 한 후 차분된 자료를 가지고 인과성 검정을 해야 한다. 아울러 한 가지 더 주의해야 할 것은 단위근 검정에 있어서, 시차의 결정은 중요한 문제라는 것이다. 즉, 시차의 임의적 선정에 따라 단위근 존재여부에 대한 판정은 달라진다. 따라서 최적 기준을 이용하여 최적시차를 결정하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 실증연구에서 가장 널리 이용되는 AIC 최소화 기준(Pantula et al., 1994)을 적용한다.

### 2.2.2 공적분

공적분(Co-integration)의 개념은 장기에 걸쳐 두 개 혹은 그 이상의 경제시계열이 체계적으로 함께 움직이는 것(systematic co-movement)으로 정의될 수 있으며, 이러한 관계가 존재할 때 공적분이 존재한다고 말한다. 만약 X와 Y가 각각 불안정 시계열이라면, X와 Y의 선형결합도 역시 확률보행(random walk)일 것으로 예상된다(Engle와 Granger, 1987). 하지만 이 두 변수들의 특정 조합인  $Z = X - bY$ 는 안정적인 성격을 가질 수 있다. 따라서 그러한 성질이 성립된다면 우리는 X와 Y가 공적분되어 있다고 말한다.

이렇게 X와 Y가 각각 불안정 시계열이지만 공적분되어 있다면 표준적인 Granger-인과성 검정으로부터의 추론은 유효하지 못하며 오차수정(error-correction model)에 근거한 보다 포괄적인 인과성 검정을 해야 한다(Engle와 Granger, 1987). 반면에 X와 Y가 각각 불

안정 시계열이면서 이 두 시계열의 선형결합도 역시 불안정적이라면 표준적인 Granger-인과성 검정을 적용해야 한다(Toda와 Phillips, 1993).<sup>4)</sup> 따라서 표준적인 Granger-인과성 검정을 수행하기에 앞서 한국의 물소비와 경제성장 시계열의 공적분 성질에 대해 검정하는 것이 필요하다.

공적분의 검정법에는 크게 Enger와 Granger(1987)의 방법과 Johansen와 Juselius(1990)의 방법이 있다. 전자는 공적분 관계에 있다고 생각되는 변수들을 회귀시켜서 공적분 벡터를 구한 다음, 이 회귀식에서 유도된 잔차항에 대해 단위근 검정을 수행하여 공적분의 유무를 판단하는 과정이다. 후자는 벡터자기회귀분석 모형에 제한 정보 최우추정법을 적용한 후 추정계수 행렬의 공적분 위수(rank)를 측정함으로써 공적분의 존재유무를 검정하는데, 실증연구에서 전자에 비해 보다 널리 사용된다. 따라서 본 연구에서는 후자의 방법을 적용하여 공적분의 존재유무를 검정한다.

### 2.2.3 오차수정 모형과 인과성 검정

만약 시계열 변수 X와 Y가 단위근을 가지고, 즉 불안정적이지만 1차 차분 후는 안정화되고 두 변수 사이에 공적분이 존재한다면 오차수정모형을 적용하여 인과성 여부에 대해 판단을 내려야 한다. 두 변수 사이에 공적분 관계가 존재함에도 불구하고 통상적인 인과성 검정 기법을 적용하면 장기적 관계를 볼 수 없으며, 단기적 단계만 남은 결과를 가지고 인과성 유무에 대해 검정을 하게 된다. 하지만 오차수정 모형을 이용하면 독립변수의 차분항이 종속변수에 미치는 영향뿐만 아니라 오차수정항의 변화가 종속변수에 미치는 영향도 찾아낼 수 있기 때문에, 장·단기 인과관계를 모두 파악할 수 있는 장점을 가진다. 오차수정모형을 통한 Granger-인과성 검정의 형태는 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\Delta Y_t = \beta_{10} + \sum_{i=1}^{L_{11}} \beta_{11i} \Delta Y_{t-i} + \sum_{j=1}^{L_{12}} \beta_{12j} \Delta X_{t-j} + \gamma_1 \hat{\epsilon}_{t-1} + v_{1t} \quad (1)$$

$$\Delta X_t = \beta_{20} + \sum_{i=1}^{L_{21}} \beta_{21i} \Delta X_{t-i} + \sum_{j=1}^{L_{22}} \beta_{22j} \Delta Y_{t-j} + \gamma_2 \hat{\epsilon}_{t-1} + v_{2t} \quad (2)$$

여기서  $\Delta$ 는 차분 연산자이며,  $L$ 은 시차의 개수,  $\alpha, \beta, \gamma$ 는 추정해야 할 모수,  $v_t$ 는 교란항이다. 아울러

4) 표준적인 Granger-인과성 검정의 절차 및 과정에 대해서는 Yoo와 Kwak(2004)를 참고할 수 있다.

$\hat{\epsilon}_{t-1}$ 은 다음과 같이 구성되는 공적분 회귀식에서의 잔차항의 시차 값(lagged value)이다.

$$Y_t = \eta_0 + \eta_1 X_t + \epsilon_t \quad (3)$$

독립변수의 시차구조는 인과성 검정의 결과에 민감한 영향을 미친다. 시차의 수를 자의적으로 결정하게 된다면 추정계수를 왜곡하고 잘못된 인과성 추론에 이를 수 있다. 따라서 시차수( $L_{11}, L_{12}, L_{21}, L_{22}$ )의 결정이 매우 중요하므로, 본 연구에서는 AIC를 최소로 만들어 주는 수준에서 최적 시차수를 결정한다.<sup>5)</sup>

식(1)은 X가 Y를 인과하는 지 여부에 대해 검정할 때 사용되며, 식(2)는 Y가 X를 인과하는 지 여부에 대해 검정할 때 사용된다. 식(1)에서  $\Delta X_{t-j}$ 의 추정계수들이 모두 통계적으로 유의하면 X는 Y를 단기적으로 Granger-인과한다고 한다. 또한 식(1)에서 오차수정항의 추정계수인  $\gamma_1$ 이 통계적으로 유의하면 X는 Y를 장기적으로 Granger-인과한다고 한다. 이 경우 장기 균형관계로부터 이탈이 종속변수에 영향을 주는 틀을 파악한다는 점에 있어서 장기관계를 설명한다고 보는 것이다. 만약  $\Delta X_{t-j}$ 의 추정계수와 오차수정항의 추정계수가 모두 통계적으로 유의하면 X에서 Y로의 강(strong) Granger-인과성이 존재한다고 한다. 마찬가지로 식(2)에서  $\Delta Y_{t-j}$ 의 추정계수들이 모두 통계적으로 유의하면 Y는 X를 단기적으로 Granger-인과한다고 한다. 또한 식(2)에서 오차수정항의 추정계수인  $\gamma_2$ 이 통계적으로 유의하면 Y는 X를 장기적으로 Granger-인과한다고 한다. 만약  $\Delta Y_{t-j}$ 의 추정계수와 오차수정항의 추정계수가 모두 통계적으로 유의하면 Y에서 X로의 강(strong) Granger-인과성이 존재한다고 한다.

표준적인 Granger-인과성 검정에서는 식(1)이나 식(2)에서 오차수정항을 제외한  $\Delta X_{t-j}$ 나  $\Delta Y_{t-j}$ 의 추정계수가 통계적으로 유의한 지 여부를 따짐으로써 인과성 유무를 검정하므로 인과관계가 나타날 수 있는 경로가 하나인 반면, 오차수정 모형에서는 단기적 경로뿐 아니라 장기적인 경로도 제시하는 장점을 가진다.<sup>6)</sup> 특히 추정된 오차수정항의 계수는 장기균형관계에서의 이탈이 단기에 어느 정도 종속변수에 영향을 주어 장기 균형관계로 조정되도록 하는지를 의미하는 단기 조정계수의 성격을 가진다. 본 연구에서는  $\Delta X_{t-j}$ ,  $\Delta Y_{t-j}$ , 오차수정항의 계수가 유의한지를 검정하기 위해 F-검정 또는 t-검정을 이용하되 단기적 인과성, 장기적 인과성, 강 인과성의 3가지 모두를 검정한다.

### 3. 실증연구 결과

#### 3.1. 단위근 검정 결과

Yoo 와 Kwak(2004)의 실증연구를 따라 단위근과 공적분을 검정하는데 있어서 유의수준을 10%로 하였다. 이 임계치는 본 연구와 같이 적은 수의 표본에 적용하기에 적절한 수준이다. 단위근 및 공적분 검정에 사용되는 변수를 설정하는데 있어 인과성을 검정하는 여러 실증연구들을 살펴보면 원 변수를 그냥 사용하기도 하지만 더 많은 연구들에서 자연로그(natural logarithm)를 취한 값을 사용한다. 따라서 본 연구에서는 몰소비(WC)와 국내총생산(GDP) 시계열 변수에 자연로그를 취한 값(LWC 및 LGDP)에 대해 단위근 및 공적분을 검정하고자 한다. 표 1은 PP-검정법을 이용한 단위근 검정결과를 요약하고 있다.

표 1. 단위근 검정

변수	Phillips-Perron(PP) 통계량	
	수준값	1차 차분값
LWC	0.74[5]	-3.75[10]*
LGDP	-1.15[2]	-5.71[2]**

주) \* 및 \*\*는 각각 유의수준 5% 및 1%하에서 귀무가설이 기각됨을 나타낸다. Phillips-Perron 통계량의 유의수준 10%, 5%, 1%에서의 임계치는 각각 -3.19, -3.52, -4.20 이다. 괄호 안의 숫자는 Pantula et al.(1994)에서 제시된 AIC(Akaike information criterion)를 이용하여 결정된 최적 시차 수이다. 임계치는 MacKinnon(1991)에 근거하여 계산되었다

- 5) 고려되는 시차의 최대값은 전역적 최소값 AIC를 놓치지 않도록 충분히 크게 결정될 수 있다. 그런데 실증연구에서 연구자가 고려할 수 있는 최대 시차의 개수는 대개 시계열 자료 자체의 성격 및 표본수와 추정식에 포함되는 변수의 개수에 영향을 받기 마련이다. 본 연구에서의 연간 시계열 자료는 42년치에 불과하므로 고려되는 최대 시차수를 8로 제한한다.
- 6) 예를 들어, Glasure 와 Lee(1997)은 한국과 싱가포르의 에너지 소비와 경제성장 사이의 인과관계에 대해 분석하였는데, 표준적인 Granger-인과성 검정 기법을 적용할 때는 인과관계가 발견되지 않았는데, 오차수정모형을 적용하였더니 양방향의 인과관계가 발견되었음을 지적하면서 표준적인 Granger-인과성 검정기법이 아닌 오차수정모형에 근거한 인과성 검정기법을 적용해야 한다고 주장하였다.

모든 수준변수의 PP-통계량은 유의수준 10%에서 임계치인 -3.19보다 크다. 이것은 모든 변수의 시계열이 불안정적이므로 이에 근거하여 인과성에 대해 추론하는 것은 타당하지 않음을 의미한다. 그러나 1차 차분한 자료에 있어서는 모든 변수의 시계열에 대해 불안정성 가설이 유의수준 10%에서 기각된다. 즉, 한국의 물소비와 국내총생산은 단위근을 갖는 불안정 시계열이지만 1차 차분을 하게 되면 안정화된다. 따라서 1차 차분된 자료를 가지고 Granger-인과성 모형을 추정하는 것이 적절하다.

### 3.2 공적분 검정결과

공적분의 근간이 되는 아이디어는 두 개의 개별적인 불안정적 시계열의 선형결합이 안정적인지 여부를 검정하는 것이다. *LWC* 및 *LGDP* 시계열에 대한 공적분 검정결과는 표 2에 제시되어 있다. 관례에 따라, 공적분 관계 검정에서 공적분 방정식에 상수항은 포함하였으나 시간추세항은 고려하지 않았다. 이 표에서 볼 수 있듯이, 공적분 벡터가 없다는 귀무가설( $H_0: r=0$ )은 우도비통계량이 29.430으로 유의수준 1%에서 기각됨을 알 수 있다. 그러나 공적분 벡터가 기껏해야 하나가 있다는 귀무가설( $H_0: r \leq 1$ )은 우도비통계량이 7.426으로 유의수준 5%와 1%에서 기각할 수 없다. 따라서 두 변수 사이에는 유의수준 1%에서 1개의 공적분 관계가 존재한다는 결론을 내릴 수 있다. 또한, 여기서 도출된 공적분 관계식(정규화된 공적분 식)은 그림 1과 일치하며, 물소비와 경제성장 간에 양의 상관관계가 존재한다는 문헌상의 이론(e.g., Abual-Foul, 1994; Yoo 와 Yang, 1999)과도 일치한다. 따라서 한국의 물소비와 경제성장은 서로 공적분되어 있다고 결론 내릴 수 있다.

이는 두 변수간에 장기적 관계(long-run relationship)가 성립함을 의미하며, 적어도 한 방향으로의 Granger-인과성이 존재함을 알 수 있다. 아울러 두 개의 시계열

변수가 불안정적이고 이것들의 선형결합이 안정적이므로 표준적인 Granger-인과성 검정을 이용하지 말고 식 (1), (2), (3)에 제시되어 있는 오차수정모형을 이용하여 인과성 여부를 검정해야 한다.

### 3.3 모형의 안정성 검정결과

오차수정모형을 추정하기에 앞서, 식(1)과 (2)로 대표되는 오차수정모형의 안정성(model stability)을 검정할 필요가 있다. 모형의 불안정성은 분석결과를 신뢰하기 어렵게 하며 추정의 정확성을 떨어뜨리게 된다. 본 연구에서는 모형의 안정성을 검정하기 위해 Brown et al.(1975)에 의해 제시된 CUSUM(cumulative sum of recursive residuals) 검정과 CUSUMSQ(CUSUM of Squares) 검정을 이용하였다. 이 검정법은 시계열 자료에 적합하며 구조변화(structural break)가 발생한 정확한 시점을 알 수 없는 경우에도 사용될 수 있다. 게다가 구조변화가 일어난 시점에 대해 미리 예상할 필요가 없다는 점에서 매우 일반적이다(Greene, 1997, p.355). 일반적으로 CUSUM과 CUSUMSQ가 두 개의 5% 유의수준의 임계선 밖으로 벗어난다면, 이는 모형이 불안정적임을 의미한다. <그림 2>와 <그림 3>은 각각 식 (1)과 식 (2)에 대한 CUSUM 검정과 CUSUMSQ 검정의 결과를 나타낸 그림이다. 모형의 안정성 검정결과는 설정된 모형이 추정기간에서 상당히 안정적임을 시사한다.

### 3.4 오차수정 모형의 추정 결과

공적분 검정결과에 따르면 각 변수들은 장기적인 균형관계를 나타내고 있다. 이를 이용하여 오차수정모형을 구성하고 개별 계수를 구할 수 있다. 표 3은 물소비가 경제성장을 인과하는 지 여부를 검정하기 위한 오차수정모형의 추정결과를 제시하고 있으며, 표 4는 경제성장이 물소비를 인과하는 지 여부를 검정하기 위한 오차수정모형의 추정결과를 담고 있다.

표 2. Johansen 공적분 검정 결과

공적분위수	특성치 (Eigenvalue)	우도비통계량 (LR)	5% 임계치	1% 임계치	가정된 공적분 관계의 개수
$r=0$	0.4667	29.4300	19.96	24.60	None**
$r \leq 1$	0.1912	7.4264	9.24	12.97	At most 1

정규화된 공적분 식 :  $LGDP = -66.202 + 6.026LWC$

주) 우도비(likelihood ratio)통계량은  $\lambda_{trace}(r) = -T \sum_{i=r+1}^n \ln(1 - \hat{\lambda}_i)$  이고, 귀무가설은 “공적분 벡터의 수가 r개보다 작거나 같다”이다. \*\*는 유의수준 1%에서 귀무가설이 기각됨을 나타낸다. 최적치치는 Pantula et al.(1994)에서 제시된 AIC(Akaike information criterion)를 이용하여 결정되었다.

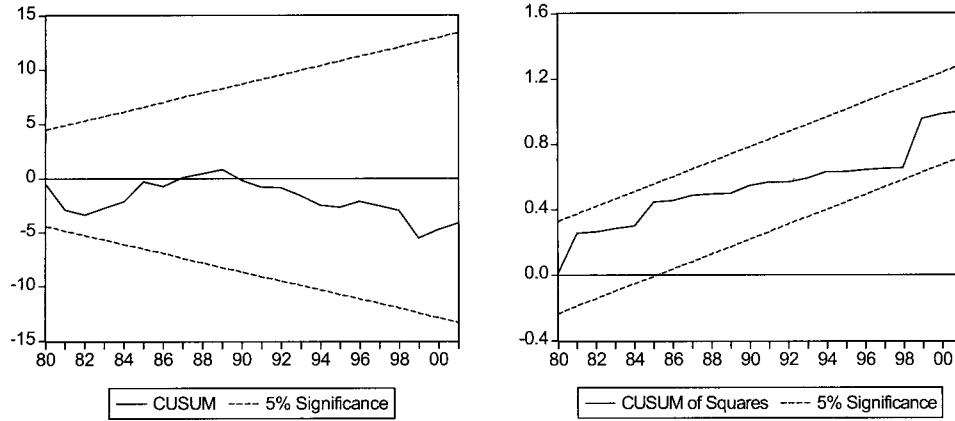


그림 2. (1)식에 대한 CUSUM 검정과 CUSUMSQ 검정의 결과

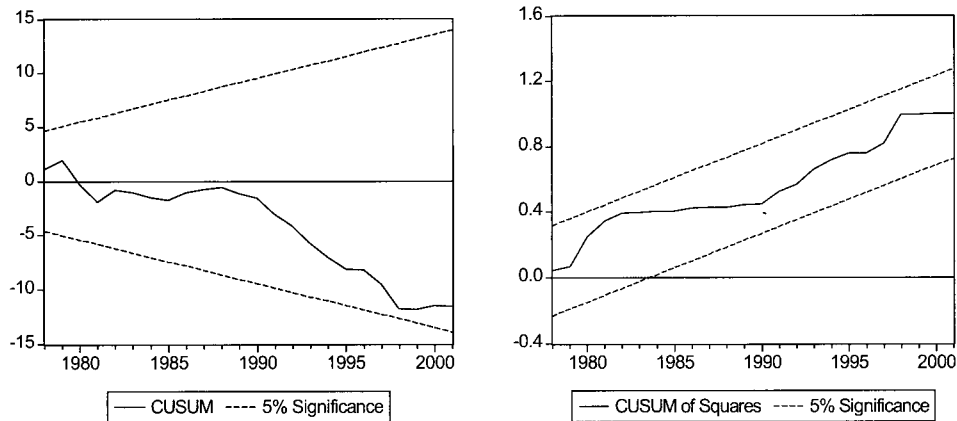


그림 3. (2)식에 대한 CUSUM 검정과 CUSUMSQ 검정의 결과

표 3. 물소비에서 경제성장으로의 인과성 검정을 위한 오차수정모형의 추정결과

변수	추정계수	t-통계량
상수항	0.195	0.39
$\Delta LGDP_{t-1}$	0.207	0.93
$\Delta LWC_{t-1}$	0.294	1.86
$\Delta LWC_{t-2}$	-0.252	-1.50
$\Delta LWC_{t-3}$	-0.304	-0.02
$\Delta LWC_{t-4}$	0.013	0.08
$\Delta LWC_{t-5}$	-0.404	-3.03
$\Delta LWC_{t-6}$	0.118	0.99
$\Delta LWC_{t-7}$	0.076	0.66
$\Delta LWC_{t-8}$	-0.238	-2.86
$\hat{\epsilon}_{t-1}$	-0.739	-0.24
$R^2$	0.628	
F-통계량 (p-값)	3.682(0.018)	

주) AIC(Akaike information criterion)를 최소화시키는 수준에서 시차가 결정되었다.



표 4. 경제성장에서 물소비로의 인과성 검정을 위한 오차수정모형의 추정결과

변수	추정계수	t-통계량
상수항	2.220	3.88
$\Delta LWC_{t-1}$	-0.037	-0.17
$\Delta LWC_{t-2}$	-0.247	-1.35
$\Delta LWC_{t-3}$	-0.535	-2.69
$\Delta LGDP_{t-1}$	0.468	1.58
$\Delta LGDP_{t-2}$	0.388	1.30
$\Delta LGDP_{t-3}$	0.287	1.05
$\Delta LGDP_{t-4}$	0.179	0.61
$\Delta LGDP_{t-5}$	0.279	1.02
$\Delta LGDP_{t-6}$	-0.328	-1.64
$\hat{\epsilon}_{t-1}$	0.047	3.85
$R^2$	0.677	
F-통계량 (p-값)	4.791(0.006)	

주) AIC(Akaike information criterion)를 최소화시키는 수준에서 시차가 결정되었다.

두 추정결과에 제시된 F-통계량으로 판단하건대, ‘모든 추정계수가 0’이라는, 즉 ‘물소비가 경제성장을 인과하지 않는다’와 ‘경제성장이 물소비를 인과하지 않는다’는 귀무가설은 각각 유의수준 10%에서 모두 기각되어 추정된 방정식은 통계적으로 유의하다고 볼 수 있다. 본 연구에서는 다음과 같이 3가지 절차를 운용하여 Granger-인과성 유무를 검정하였다. 첫째, <표 3>에서 ‘각  $\Delta LWC$  변수들의 추정계수가 모두 0’이라는 귀무가설에 대해 F-검정을 하여 물소비가 경제성장을 인과하는지를 검정한다. 마찬가지로 <표 4>에서 ‘각  $\Delta LGDP$  변수들의 추정계수가 모두 0’이라는 귀무가설에 대해 F-검정을 하여 경제성장이 물소비를 Granger-인과하는지를 검정한다. 이 검정은 단기 인과성(short-run causality)을 검정하는 것이다.

둘째, 표 3에 제시된 오차수정형의 계수에 대해 t-검정을 적용하여 통계적 유의성 여부를 판단함으로써 물소비가 경제성장을 Granger-인과하는지를 검정한다. 마찬가지로 표 4에 제시된 오차수정형의 추정계수에 대해 t-검정을 적용하여 통계적 유의성 여부를 판단함으로써 경제성장이 물소비를 Granger-인과하는지를 검정한다. 이 검정은 장기 인과성(long-run causality)을 검정하는 것이다.<sup>7)</sup>

셋째, 첫 번째 검정과 두 번째 검정을 종합적으로 운용한다. 즉, 표 3에서 ‘각  $\Delta LWC$  변수들의 추정계수와

오차수정형의 추정계수가 모두 0’이라는 결합 귀무가설에 대해 F-검정을 하여 물소비가 경제성장을 Granger-인과하는지를 검정한다. 마찬가지로 표 4에서 ‘각  $\Delta LGDP$  변수들의 추정계수와 오차수정형의 추정계수가 모두 0’이라는 결합 귀무가설에 대해 F-검정을 하여 경제성장이 물소비를 Granger-인과하는지를 검정한다. 이 검정은 장기 균형으로 이끄는 단기조정(short-run adjustment), 즉 강 인과성(strong causality)을 검정하는 것이다.

이상의 3가지 검정절차를 적용한 결과는 표 5에 요약되어 있다. 먼저 물소비에서 경제성장으로의 인과성은 유의수준 10%에서 단기에는 확인되지만, 장기에는 존재하지 않는다. 반면 경제성장에서 물소비로의 인과성은 유의수준 10%에서 단기에는 존재하지 않지만 장기에는 존재한다. 마지막으로 강 인과성에 대해 살펴보면, 인과성이 없다는 귀무가설은 두 경우 모두 기각되어 물소비와 경제성장 사이에는 양방향의 강 인과성이 존재한다고 결론을 내릴 수 있다. 이상의 연구결과를 요약하면, 단기에는 물소비가 경제성장을 유발하는 단방향의 인과관계가 존재하지만 장기에는 경제성장이 물소비를 유발하는 단방향의 인과관계가 존재한다. 이러한 결과는, 단기에는 물소비가 경제발전을 위한 생산요소로서의 역할이 강하지만 시간이 지나 장기로 가면서, 산업전반에서의 조정효과와 상대적으로 낮은 비중을 갖

7) 한편 <표 3> 및 <표 4>에서 오차수정형의 계수가 0.73 및 0.047로 추정되었는데, 이는 장기균형에서의 이탈의 73%내지 4.7%가 단기에 조종되며 나머지는 장기에 조정됨을 의미한다.

표 5. Granger-인과성 검정결과

귀무가설	단기	장기	강
	Granger-인과성	Granger-인과성	Granger-인과성
	$\Delta LGDP$ 또는 $\Delta LWC$	오차수정항	( $\Delta LGDP$ 또는 $\Delta LWC$ ) + 오차수정항
	F-통계량	t-통계량	F-통계량
물소비 ↔ 경제성장	3.68*** (0.018)	-0.24 (0.809)	2.19* (0.093)
경제성장 ↔ 물소비	4.79 (0.006)	3.85** (0.002)	3.15** (0.022)

주) 오차수정항은 GDP에 대한 공적분 벡터를 정규화(normalizing)한데서 도출된 잔차항을 나타낸다. 최적시차는 Pantula et al.(1994)에서 제시된 AIC에 근거하여 선택되었다. \*, \*\*, \*\*\*는 각각 유의수준 10%, 5%, 1%에서 유의함을 나타낸다.

는 물값(water cost)의 영향으로 물소비가 경제성장에 미치는 효과가 그다지 크지 않음을 의미한다. 또한 물 소비와 경제성장 사이에는 양방향의 강 인과성이 존재하는데, 이는 충격이 있을 때마다 물소비나 경제성장이 단기조정을 하여 장기균형을 회복함을 의미한다. 요컨대 우리나라에 있어서 물소비와 경제성장 사이에는 양 방향의 인과관계가 존재한다.

#### 4. 결 론

본 연구의 중요한 목적은 한국의 물소비와 경제성장 사이의 관계를 살펴보는 것이다. 이를 위해 먼저 여러 선행 실증연구사례들을 조사하여 물소비와 경제성장 사이에 강한 양의 상관관계가 존재함을 살펴보고, 또한 환경 쿠즈네츠크 곡선 상에서 꺾어진 U자형 관계가 있음을 확인하였다. 다음으로 물소비와 경제성장 사이에 Granger-인과관계가 존재하는 지 여부를 우리나라에 대해 실증적으로 검정하였다. 요약하자면, Granger-인과성 검정을 적용하기에 앞서 단위근 및 공적분 검정을 통해 자료의 시계열적 특성을 분석하고 Granger-인과성의 방향을 검증하기 위해 오차수정 모형을 추정하였다. 본 연구의 발견은 이전의 연구들(유승훈, 2003)과 일관된 결과를 보이고 있다.

본 연구에서는 물소비와 경제성장 사이에 양방향의 인과성이 존재함을 발견하였다. 물소비와 경제성장 사이의 양방향 Granger-인과성의 발견은 우리나라 전체를 위한 정책분석 혹은 정책예측에서 몇 가지 유용한 정책적 시사점을 제공한다. 먼저 높은 수준의 물소비는 높은 수준의 경제성장을 가져온다. 이것은 낮은 상수도 보급률이 경제성장을 저해할 수 있음을 의미한다. 물론 경제성장에 영향을 미치는 많은 다른 요인들이 존재하고 물소비는 이 중의 일부이긴 하지만, 경제성장의 촉진을 위해서는 상수도 보급률을 높이기 위한 더 많은 투자가 요구된다는 점은 분명해 보인다.

일반적으로 생활용수, 상업용수, 공업용수의 공급을 위한 기반시설의 마련은 용수사용량의 증가를 가져오며, 더 나아가 가구 및 상가의 유입을 촉진하면서 공업 단지의 유치도 도모하게 된다. 따라서 경제활동도 보다 활발하게 되어 경제성장을 유발하게 된다. 최근 상수도 공급시설이 충분하지 않은 경우에는 대규모 택지개발계획이 반려되고 있으며, 대규모 공장의 설치를 위한 예비타당성 조사에 있어 용수공급이 충분히 이루어지는 지가 중요한 요건이 되는 점은 이러한 측면을 잘 반영하고 있다(유승훈, 2003). 따라서 도시개발 및 공단유치와 같은 수단을 통해 경제성장을 꺾기 위해서는 상수도보급률을 늘리는 정책이 필요하다. 특히, 서론에서 제시했듯이 현재 우리나라의 급수여건이 매우 불리한 상황이라는 점을 고려하면 더욱 그러하다. 좀 더 구체적으로, 우리나라의 상수도보급률을 늘리기 위해서는 중·소규모의 다목적 댐 건설과 지하수 개발 등이 필요하다. 그러나 댐에만 의존한 용수공급은 환경문제를 악화시킬 수 있으므로, 장기적으로 중수도, 해수담수화, 인공강우와 우수의 재이용 등 새로운 대체 수자원의 개발과 기존 상수도 체계의 개선 및 재배분과 같은 효율성 제고방안도 유효할 것이다.

더군다나 본 연구는 국내에서의 실질소득 증가가 물 소비의 증가를 가져온다는 주장도 성립함을 확인하였다. 경제성장은 국민들의 삶의 질 향상에 필요한 물을 더욱더 많이 사용하게 할 것이며, 산업체에서는 생산 활동이 증가함에 따라 투입요소로서의 물의 사용을 늘리게 한다. 따라서 국내소득의 증가가 더 많은 물소비를 가져 올 것이라는 점은 직관적이라 할 수 있다. 그러므로 향후 예상되는 소득의 지속적인 증가에 따른 물소비 증가에 대처하여, 수요관리 정책인 생활용수절약 정책이 장기적으로 병행되는 것이 보다 유효할 것으로 판단된다.

요컨대, 본 연구의 중요한 발견은 우리나라의 물소비

와 경제성장에 있어서 단방향 인과성보다는 양방향 인과성이 존재한다는 것이다. Cole(2004)의 연구에서 지적되었듯이, 일반적으로 우리나라와 같은 선진 개발도상국에 있어서 물소비 인프라의 확보가 경제발전에 있어서 하나의 중요한 요소임은 분명하다. 제조업, 건설업 등의 산업생산을 위해서는 상당한 양의 물이 필요하므로 보다 확충된 상수도 인프라는 경제발전에 직접적인 영향을 미칠 것이다. 또한, 실질소득의 증가는 물소비 및 상수도관련 투자에 영향을 미칠 것이고 이는 다시 경제활동을 촉진시킨다.

본 연구에서 밝히고 있는 물소비와 경제성장 사이의 인과관계와 이 결과의 정책적 시사점이 우리나라에만 국한된 것일 수도 있지만 본 연구에서 사용된 기법은 다른 나라의 시계열 자료에 쉽게 적용될 수 있다. 특히 우리나라와 같은 선진 개발도상국뿐 아니라 후진국이나 선진국들을 대상으로 비교연구를 수행한다면, 물소비와 경제성장 간의 관계를 보다 폭넓게 고찰하며 다양한 정책적 시사점을 얻을 수 있을 것이다. 아울러 본 연구에서 사용한 구도는 물소비와 경제성장이 자본스톡, 고용과 같은 다른 경제적 요인에 의해 결정되는 다변량 시스템으로도 쉽게 확장될 수 있다는 점을 강조할 필요가 있다. 더군다나 그러한 분석은 실질소득과 물소비가 서로 인과 하는 세부적 구조를 밝히는데 기여할 수 있을 것이다.

더 나아가 본 논문에서는 물소비량을 생활용수에 한정하였지만, 공업용수, 농업용수 등을 추가하여 각각의 용수와 경제성장간의 관계를 분석하는 것도 보다 세밀하고 유용한 후속연구가 될 것이다. 마지막으로 물소비가 경제성장에 기여하는 정도를 보다 엄밀하고 구체적으로 계량화하는 연구도 한 가지 유용한 후속작업이 될 것이다.

## 참 고 문 헌

건설교통부 (1992). **상수도**.  
 김태유, 유승훈, 허은영 (1997). "수도사업의 국민경제적 역할분석" **한국수자원학회 논문집**, 제30권, 제4호, pp. 367~377.  
 유승훈 (2003). "대전·충남지역의 물소비와 지역경제성장" **국토연구**, 제39권, pp. 117~129.  
 한국수자원공사 (2003). **물과 미래(Water for the Future)**  
 환경부 (2000). **상수도통계**.  
 Abual-Foul, B. M. (1994). *Water Consumption and Economic Growth in Jordan: An Input-Output Analysis*. Ph.D. dissertation, University of Utah.  
 Akaike, H (1969). "Fitting Autoregressions for Pre-

diction", *Annals of the Institute of Statistical Mathematics*, Vol. 21, pp. 243~247.  
 Brookshire, D. S. and Whittington, D. (1993). "Water Resources in the Developing Countries". *Water Resources Research*, Vol. 29, No. 7, pp. 1883~1884.  
 Cole, M. A.(2004). "Economic Growth and Water Use", *Applied Economics Letters*, Vol. 11, pp. 1~4.  
 Dupont, D. P. and Renzetti, S. (2001). "The Role of Water in Manufacturing", *Environmental and Resource Economics*, Vol. 18, pp. 411~432.  
 Engle, R. F. and Granger, C. W. J. (1987). "Co-integration and Error correction: Representation, Estimation and Testing", *Econometrica*, Vol. 55, pp. 251~267.  
 Geweke, J., Meese, R. and Dent, W. (1983) "Comparing Alternative Tests for Causality in the Temporal Systems: Analytic Results and Experimental Evidence", *Journal of Econometrics*, Vol. 21, pp. 161~194.  
 Glasure, Y. U. and Lee, A.-R. (1997). "Co-integration, Error-correction, and the Relationship between GDP and Energy: The Case of South Korea and Singapore", *Resources and Energy Economics*, Vol. 20, pp. 17~25.  
 Granger, C. W. J. (1969), "Investigating Casual Relation by Econometric and Cross-sectional Method", *Econometrica*, Vol. 37, pp. 424~438.  
 Granger, C. W. J. and Newbold, P. (1974). "Spurious Regressions in Econometrics", *Journal of Econometrics*, Vol. 2, pp. 111~120.  
 Guilkey, D. K. and Salemi, M. K. (1982). "Small Sample Properties of the Three Tests of Causality for Granger-causal Ordering in a Bivariate Stochastic System", *Review of Economics and Statistics*, Vol. 64, pp. 668~680.  
 Hsiao, C. (1981). "Autoregressive Modeling and Money-income Causality Detection", *Journal of Monetary Economics*, Vol. 7, pp. 85~106.  
 Johansen, S. and Juselius, K. (1990). "Maximum Likelihood Estimation and Inference on Co-integration with Applications to the Demand for Money", *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, pp. 169~210.  
 MacKinnon, J. (1991), "Critical Values for Co-integration Tests", *Long-run Economic relationships:*

- Readings in Co-integration*, Edited by R. F. Engle and C. W. J. Granger, Oxford University Press, New York, pp. 267~276.
- Munasinghe, M. (1992). *Water Supply and Developing Applications*, Boulder: Westview Press.
- PAI (1993). *Sustaining Water: Population and the Future Renewable Water Supplies*, Population Action International, Washington, DC.
- Pantula, S. G., Gonzalez, G. F. and Fuller, W. A. (1994). "A Comparison of Unit-Root Test Criteria", *Journal of Business and Economic Statistics*, Vol. 12, pp. 449~459.
- Phillips, P. C. B. and Perron, P. (1998). "Testing for a Unit Root in Time Series Regression", *Biometrika*, Vol. 75, pp. 335~346.
- Stock, J. H. and Watson, M. W. (1989). "Interpreting the Evidence in Money-Income Causality", *Journal of Econometrics*, Vol. 40, pp. 161~182.
- Toda, H. Y. and Phillips, P. C. B. (1993). "Vector Autoregressions and Causality", *Econometrica*, Vol. 61, pp. 1367~1393.
- Tortajada, C. (1999). "Workshop on Challenges to Urban Water Management in Developing Countries", *International Journal of Water Resources Development*, Vol. 15, pp. 583~585.
- World Water Council (2000). *World Water Vision-Making Water Everybody's Business*, Second World Water forum, Hague.
- Yang, H. Y. (2000), "A Note on the Causal Relationship between Energy and GDP in Taiwan", *Energy Economics*, Vol. 22, pp. 309~317.
- Yoo, S. H. and Yang, C.-Y. (1999) "Role of Water Utility in the Korean National Economy", *International Journal of Water Resources Development*, Vol. 15, No. 4, pp. 527~541.
- Yoo, S. -H. and Kwak, S. J. (2004). "Information Technology and Economic Development in Korea: a Causality Analysis", *International Journal of Technology Management*, Vol. 27, pp.57~67.
- (논문번호:04-72/접수:2004.07.26/심사완료:2004.09.15)