

최종보고서

생활용수 수요 추정에 관한 연구

1999. 9

환경부

최종보고서

생활용수 수요 추정에 관한 연구

1999. 9

연구기관

한국환경정책·평가연구원

환 경 부

제 출 문

환경부 장관 귀하

본 보고서를 『생활용수 수요 추정에 관한 연구』 용역의 최종보고서로 제출합니다.

1999. 9

연구 기관 : 한국환경정책·평가연구원

연구 책임자 : 김광임(한국환경정책·평가연구원, 연구위원)

민동기(한국환경정책·평가연구원, 책임연구원)

연구 참여자 : 서용원(한국환경정책·평가연구원, 연구원)

자문위원 : 정경수(건국대학교, 교수)

구자용(서울시립대학교, 교수)

허은녕(서울대학교, 교수)

제 목 차 례

I. 서 론	1
II. 생활용수 생산 및 소비 현황	2
1. 상수도 생산현황과 변화 추이	2
1.1 생산량과 보급율	2
1.2 유수율	6
2. 생활용수 소비현황과 변화추이	9
2.1 용도별 생활용수 소비현황	9
2.2 생활용수 소비 추이	11
III. 생활용수 수요 예측의 기존 연구	21
1. 수자원 장기 종합계획에서의 생활용수 수요 전망	21
2. 경제 변수를 고려한 생활용수 수요 추정 연구	24
3. 외국의 용수 수요 추정 연구	26
4. 생활용수 수요 예측의 문제점	29
IV. 생활용수 수요 추정	31
1. 시계열 분석	31
1.1 안정성(Stationarity)	31
1.2 공적분(Cointegration)	33
1.3 분석 모형	34
2. 혼합모형 분석(pooled data analysis)	34
3. 실증 분석	36
3.1 자료 분석	36
3.2 시계열 모형의 실증분석	39
3.2.1 안정성 검정	39
3.2.2 공적분 검정 및 탄력성 추정	41

3.3 혼합모형 실증분석	43
4. 용수의 수요량 예측	45
4.1 시나리오 설정	46
4.2 시계열 모형을 이용한 생활용수 수요량 추정	47
4.2.1 유수수량 추정	47
4.2.2 생활용수 수요 추정	49
4.3 혼합 모형을 이용한 생활용수 수요량 추정	52
4.3.1 유수수량 추정	52
4.3.2 생활용수 수요 추정	54
4.4 모형별 용수 수요량 예측결과 비교 분석	57
V. 결론 및 정책 방향	60
참 고 문 헌	63
<부록> 지자체별 용수수요예측	65
1. 한강 수역 광역시의 용수수요 예측	65
2. 지자체별 용수수요 예측	69

표 차 례

<표 II-1> 지역별 상수도 공급현황('97)	2
<표 II-2> 상수도 생산량 변화 추이	3
<표 II-3> 상수도 보급율 추이	4
<표 II-4> 한국과 일본의 보급율 비교	6
<표 II-5> 지자체별 유수 수량('97)	7
<표 II-6> 상수도 유효수량과 무효수량 변화 추이	7
<표 II-7> 지자체별 유수율 변화 추이('90~'97)	8
<표 II-8> 생활용수의 용도별 이용 비중('97)	10
<표 II-9> 지자체별 상수 사용량('97)	11
<표 II-10> 인구 및 급수인구현황	15
<표 II-11> 연도별 급수대상도시 변화현황	18
<표 II-12> 상수도 소비량 연평균 증가율('81~'97)	20
<표 III-1> 생활용수 수요량 전망I	22
<표 III-2> 시도별 생활용수 수요량 전망II	23
<표 III-3> 생활용수 수요량 전망	24
<표 III-4> 국내 물 수요와 탄력도	25
<표 III-5> 공공 용수 수요에 대한 가격탄력성	28
<표 III-6> 물수요의 소득 탄력성	29
<표 IV-1> 전국총계의 연도별 자료 특성 분석(1981~1997)	38
<표 IV-2> 1997년도 지자체별 자료 특성 분석	39
<표 IV-3> 생활용수관련 시계열 자료의 안정성 분석 결과	40
<표 IV-4> 가정용 용수관련 시계열 자료의 안정성 분석 결과	40
<표 IV-5> 영업(업무·공공용 포함) 용수 시계열 자료의 안정성 분석 결과	41
<표 IV-6> 탄력성 추정 및 공적분 검정 결과	42
<표 IV-7> 혼합모형 회귀분석에 의한 개별 변수의 탄력성 추정	44
<표 IV-8> 시나리오별 유수수량(시계열 분석)	48
<표 IV-9> 생활용수 수요량 추정(시계열 분석)	50
<표 IV-10> 시나리오별 유수수량(혼합모형 분석)	53

<표 IV-11> 생활용수 수요량 추정(혼합모형 분석)	55
<표 IV-12> 분석모형별 생활용수 수요량 추정결과	58
<표 IV-13> 분석모형별 1인당 생활용수 수요량 추정	59

그림 차례

<그림 1> 한국과 일본의 상수도 보급율 변화추이	5
<그림 2> 전국 생활용수 소비 추이	12
<그림 3> 전국 가정용수 소비추이	12
<그림 4> 전국 영업용수(업무용포함) 소비추이	13
<그림 5> 인구, 급수인구, 보급율 변화추이	13
<그림 6> 생산용량 및 1인당1일급수량 변화추이	14
<그림 7> 급수인구 및 인구증가율	16
<그림 8> 시설용량 및 일인당급수량 증가율	16
<그림 9> 급수도시 증가추이	17

부 표 차 례

<부표 1> 한강수계 지자체의 개별 변수 탄력성 추정	65
<부표 2> 한강수계 생활용수 수요추정 결과	66
<부표 3> 지자체별 가정용수 탄력성	70
<부표 4> 지자체별 영업용수 탄력성	71
<부표 5> 서울시 생활용수 수요추정 결과	72
<부표 6> 부산시 생활용수 수요추정 결과	75
<부표 7> 광주시 생활용수 수요추정 결과	78
<부표 8> 강원도 생활용수 수요추정 결과	81
<부표 9> 충청북도 생활용수 수요추정 결과	84
<부표 10> 전라북도 생활용수 수요추정 결과	87
<부표 11> 경상북도 생활용수 수요추정 결과	90

I. 서론

지금까지 국내에서의 용수에 대한 문제는 주로 새로운 용수 공급원을 개발하여 증가하는 용수 수요를 충족시키는데 초점을 두었다. 따라서, 지금까지는 수요량을 조절하기보다는 공급량을 늘려 낮은 가격 수준에서의 수요량을 충족시키고자 노력하였다. 그 결과로 공급량이 한정된 현실에서 용수수요량을 충족시킬 수 없는 현상이 예상될 뿐만 아니라 공급원가에도 못 미치는 가격으로 인하여 공급 비용을 충당하기 위해 정부예산의 비효율적 사용을 야기하게 되었다.

용수 수요는 과거의 용수 이용 추이를 반영하여 추정하여 왔으나, 1997년 현재 상수도 보급율¹⁾이 전국 평균 84.5%이며, 5대 광역시의 상수도 보급율은 94%~100%에 달하고 있으므로 앞으로의 상수도 수요량이 과거의 추이대로 증가할 것으로 기대하기는 어려울 것이다. 따라서, 앞으로의 용수 수요는 가격 등의 경제 변수를 고려하여야 할 뿐만 아니라, 물절약 기술의 발달과 수요관리 대안들이 도입됨으로 인한 상수도 소비량의 감소를 적절하게 반영한 용수 수요량 추정이 이루어져야 하지만 아직 수요량 추정에 이러한 요소들이 적절하게 반영되지 않고 있다. 이와 같은 여건하에서 과거의 추이를 그대로 반영하여 생활용수의 수요를 추정한다면 생활용수의 수요는 과다하게 추정될 여지가 크다. 더욱이 최근에는 물 수요관리를 통한 절약부분이 반영되지 않은 채 생활용수 수요가 과다하게 산정되고 이에 따라 물 공급정책이 수립된다는 점에 대해 커다란 논란이 제기되고 있다.

이와 같은 용수 수요예측은 결과적으로 물의 과다 소비를 조장하고 물자원 뿐만 아니라 예산의 낭비도 초래하고 있다. 그러므로 물수요 관리효과와 사회·경제적 여건 변화를 감안하여 생활용수 수요를 추정함으로써 좀 더 객관적이고 신뢰성있는 수요를 제시하여야 한다.

따라서 본 연구는 물이용의 효율성을 극대화하기 위해 신뢰성있는 생활용수 수요를 추정하고자 한다.

1) 본 연구에서 상수도 보급율은 생활용수 보급율을 의미한다.

II. 생활용수 생산 및 소비 현황

1. 상수도 생산현황과 변화 추이

1.1 생산량과 보급율

1997년 지역별 상수도 공급현황을 나타낸 <표 II-1>에 의하면 1997년 전국 상수도 시설용량은 23,964천톤/일이며, 급수량은 16,194천톤/일이다. 1997년도 1인당 1일 급수량은 전국 평균은 409ℓ이며, 인천시가 480ℓ, 서울시가 470ℓ로 가장 많고, 그외 대구시 459ℓ, 대전 430ℓ, 부산 399ℓ로 대부분의 광역시에서는 1인당 1일 급수량이 400ℓ 이상임을 보여주고 있다. 나머지 지자체의 1인당 1일 급수량은 400ℓ 이하의 수준을 보이고 있다.

<표 II-1> 지역별 상수도 공급현황('97)

	급수인구(천명)	시설용량(천톤/일)	급수량(천톤/일)	1인당1일 급수량(ℓ)
서울	10,386	6,190	4,886	470
부산	3,779	2,718	1,506	399
대구	2,467	1,720	1,131	459
인천	2,360	1,524	1,132	480
광주	1,242	830	393	316
대전	1,241	789	534	430
울산	850	390	306	360
경기	7,210	4,149	2,650	367
강원	1,188	685	451	380
충북	974	515	319	328
충남	894	445	287	321
전북	1,391	653	545	392
전남	1,140	807	434	381
경북	1,822	1,093	712	391
경남	2,135	1,119	721	338
제주	528	338	186	351
전국	39,607	23,964	16,194	409

자료: 환경부, 『상수도통계(1998)』

상수도 생산량 변화 추이를 정리한 <표 II-2>에 의하면 1991년에 4,896.7백만톤에서 1997년 6,039.2백만톤으로 6년간 총 23.3%(1,142.5백만톤) 증가했다.

연도별 증감율을 보면 1991년과 1994년에는 5%이상의 증가율을 보였고, 나머지 해에는 3%~4%의 증가율을 보였다. 그러나 1995년도에는 -0.93%의 감소율을 보이기도 했다. 이를 통해본 1990년대의 평균증가율은 3.92%로 나타난다.

<표 II-2> 상수도 생산량 변화 추이

(단위: 백만톤/연, %)

년도	연간 생산량	연간 증감율
1990	4,620.3	
1991	4,896.7	5.98%
1992	5,084.9	3.84%
1993	5,286.2	3.96%
1994	5,625	6.41%
1995	5,572.3	-0.93%
1996	5,835.8	4.72%
1997	6,039.2	3.49%
연평균 증감율 ('90-'97)		3.92%

자료: 환경부, 『상수도 통계』, 각년도

상수도 보급율 추이를 정리한 <표 II-3>를 보면 1997년도 전국 평균 상수도 보급율은 84.5%이고, 지자체별로 보면 서울시와 제주도가 100%, 대구광역시가 98.6%, 부산광역시가 97.8%로 높은 보급율을 보였으며, 기타 광역시의 보급율도 평균 90%를 초과하고 있다. 그러나, 도별 상수도 보급율을 보면 광역시에 비해 상당히 낮은 보급율을 나타내고 있다. 충청남도의 경우 보급율이 47%로 가장 낮은 수준을 보이고 다른 지역들로 50%~80%수준으로 광역시에 비해 낮은 상수도 보급율을 보이고 있다.

<표 11-3> 상수도 보급률 추이

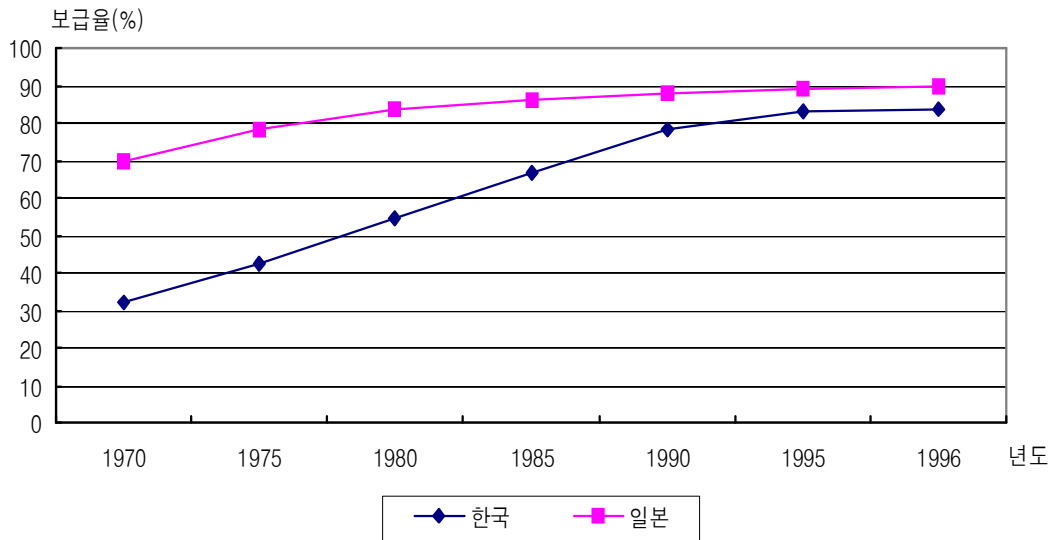
(단위: %)

	서울	부산	대구	인천	광주	대전	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주	전국
1981	93.7	88	91	92.2	80	87.1	36.6	42.9	30.6	18.2	33	21.9	28	42.8	98.5	57.0
1982	94.4	90	91	92.6	81.9	88.6	39.8	45.1	33.2	19.3	35	23.2	30.1	42.6	98.7	59.4
1983	96.2	90.8	92	93	83	82.3	45	46.1	36.7	21.1	37.3	24.7	32.6	45.1	99	62.0
1984	96.8	92.1	93	93.3	84	84	50.9	50.4	39.7	23.1	39.5	26.5	35	47.3	99.6	64.9
1985	97.6	93	94.2	93.6	85.1	84.9	53.1	53.8	42.8	25.3	42.7	28.5	38.3	51.4	99.8	66.6
1986	97.7	94	94.5	95.5	86	85.1	56.1	55.3	44.6	26.9	44.2	29.9	39.8	54.1	99.8	68.6
1987	98.2	95.2	95	95.8	87	85.5	58.1	57.5	47.4	29.7	46.5	31.2	42.1	56.2	99.8	71.0
1988	98.9	97.5	96	95.8	86.9	85.8	60.9	60.9	50.2	32.5	48.3	33.3	45.7	59.4	99.8	74.1
1989	99.3	97.5	96.7	96.5	88.1	83.2	67	63.6	53.7	34.4	51.2	35.2	48.5	63.2	99.8	77.7
1990	99.7	97.6	97.2	97.0	89.6	86.1	70.1	69.2	57.8	35.6	55.2	39	52.7	66.2	99.8	78.4
1991	99.9	97.7	97.6	97.2	91.5	87.6	75.5	70.1	54.5	36.7	56.6	39.7	55	64.5	100	80.1
1992	99.9	97.8	98	97.4	91	91.2	76.1	71.7	58.6	38.2	57.9	42.1	55.2	66	100	80
1993	100	98.1	98.2	97.6	91.5	92.8	78.6	72	60.2	40	61.1	43.7	58.4	66.9	100	81.1
1994	99.9	98.2	98.7	97.8	92.5	93.4	80.7	73.1	61.9	42.1	62.8	46.2	59	68.1	100	82.1
1995	99.9	97.4	98.1	95.3	93.2	93.2	82.9	75	63.7	45.3	65.4	50.3	60.2	72.4	100	82.9
1996	99.9	97.7	98.4	95.3	93.1	93.8	83.6	76.2	64.9	45	67.1	49.8	62.3	72.2	100	83.6
1997	100	97.8	98.6	95.9	93.7	93.8	84.7	77.1	66	47	69.3	52.6	64.8	73.3	100	84.5

자료: 지자체 통계연보

전국 상수도 보급률 추이를 나타낸 <그림 1>을 보면 1970년에 상수도 보급률이 32%에서 1980년에 54%, 1990년에는 78%로 크게 증가했으며, 1995년에는 84.2%, 그리고 1997년에는 84.5%로 그 증가추세는 약간씩 감소하고 있다. 1인당 급수량도 1970년에 158ℓ/일에서 1980년 256ℓ/일, 1990년 369ℓ/일, 1997년 409ℓ/일로 증가했다.

일본의 보급률 변화추이와 한국의 보급률 변화추이를 비교하여 보면 일본도 한국과 마찬가지로 보급률이 80%선을 넘어서는 증가율이 둔화되고 있는 것으로 나타난다. 즉, 연도별 변화율은 틀리지만 한국도 일본과 비슷한 형태의 보급률 추이를 나타내고 있다. 일본의 보급률이 80%가 되기 전의 보급률 증가율의 기울기와 한국의 보급률이 80%가 되기 전의 기울기는 비슷한 것으로 보인다. 한국도 일본과 같이 상수도 보급률이 80%를 넘어선 이후의 변화율은 아주 완만하게 나타나는 것을 알 수 있다.



<그림 1> 한국과 일본의 상수도 보급률 변화추이

<표 II-4>는 한국과 일본의 상수도 보급율을 5년 단위로 나누어 본 것이다. 이 표에 의하면 한국의 상수도 보급율은 일본에 비해 빠른 속도로 증가해 왔다는 것을 알 수 있다. 한국은 1970년도에 상수도 보급율이 32.4%에서 1996년 83.6%로 증가했다. 일본과의 차이를 비교해 보면 1970년도 일본의 보급율은 69.8%로서 한국의 1985년보다 높았다. 그러나 한국의 경우 보급율의 급상승으로 인해 30%이상의 차이가 나던 보급율이 6%정도로 차이가 줄어들었고 1997년에는 84.5%까지 상승했다.

또한 한국과 일본의 상수도 보급율에서 알 수 있는 것은 <그림 1>에서도 이미 언급했지만 급수보급율이 80%이상에서는 증가율이 현저하게 둔화된다는 것이다. 일본도 60%대와 70%대의 기울기보다 80%이후의 보급율 증가율이 현저하게 둔화되어 있는 것을 알 수 있다. 한국 또한 마찬가지로, <그림 1>에서 보는 바와 같이 1995, 1996년도로 다가갈수록 양 국가의 보급율 증가 추세가 비슷하게 되어 가는 것을 알 수 있다.

<표 II-4> 한국과 일본의 보급률 비교

(단위: %)

년도	한국	일본
1970	32.4	69.8
1975	42.4	78.4
1980	54.6	83.5
1985	66.6	86.1
1990	78.4	88.1
1995	82.9	89.1
1996	83.5	89.4

자료: 전국수도 종합계획, 환경부

1.2 유수율

지자체별 유수율²⁾ 변화 추이를 정리한 <표 II-5>을 보면 1997년도 전국 평균 유수율은 71.9%이며, 지자체별로 보면 경기도가 82%로서 가장 높고, 서울과 전남이 66%, 63%로서 가장 낮다. 그리고 부산, 강원도, 경상남도과 제주도는 전국 평균보다 낮은 69% 정도의 유수율을 보이고 있다. 유수율의 변화 추이를 보면 1990년에 64.1%, 1995년 70.5%, 1997년 71.9%으로 매년 증가하고 있는 추세이다.

상수도 유효수량과 무효수량의 1990년대 변화 추이를 나타낸 <표 II-6>에 의하면 1991년의 유효수량은 3,580.6백만톤이고 무효수량은 1,316.1백만톤으로 각각 연간생산량의 73.1%와 26.9%를 차지하였다. 이러한 구성비율은 유효수량의 비중이 점차 증가함에 따라 1997년에는 유효수량이 4,922.6백만톤으로 증가하고, 무효수량은 1,116.6백만톤으로 감소하여 각각 연간 생산량의 81.5%와 18.5%를 차지하고 있다.

2) 유수율이란 수도요금 또는 타회계 등에서 수입이 있는 수량을 상수도 생산량으로 나누어서 나오는 비율로서(상수도 통계, 환경부), 상수도 생산량 중 요금을 받을 수 있는 수량이다.

<표 II-5> 지자체별 유수 수량('97)

(단위: 백만톤/연, %)

구 분	연간생산량	유수수량	유수율
서 울	1,785	1,179	66
부 산	550	378	68.9
대 구	413	312	75.6
인 천	413	298	72
광 주	143	110	76.4
대 전	195	137	70.5
울 산	112	75	67
경 기 도	967	795	82.2
강 원 도	165	115	69.5
충청북도	132	105	79.5
충청남도	105	81	77.5
전라북도	246	179	72.9
전라남도	165	104	62.9
경상북도	318	248	78
경상남도	263	181	68
세 주 도	68	47	68.9
전 국	6,039	4,344	71.9

자료: 환경부, 『상수도통계』, 1998

<표 II-6> 상수도 유효수량과 무효수량 변화 추이

(단위: 백만톤/연)

년 도	연간생산량	유효수량			무효수량
		유효 수량 소계	유수 수량	무수 수량	
1991	4896.7	3,580.6	3,199.2	381.4	1,316.1
1992	5084.9	3,779.2	3,370.8	408.4	1,305.7
1993	5286.1	4,106.7	3,575	531.7	1,179.4
1994	5562	4,407.6	3,947.3	523.3	1,154.4
1995	5572.3	4,481.4	3,929.5	551.9	1,090.9
1996	5835.8	4,692	4,132.9	559.1	1,143.8
1997	6039.2	4,922.6	4,343	579.6	1,116.6

자료: 건교수/수자원공사, 『수자원편람』, 1998

주: 1) 연간생산량 = 유효수량+무효수량

2) 유효수량=유수수량+무수수량

3) 무효수량 = 조정감액수량 + 누수량 + 기타

지자체별 유수율 변화 추이를 정리한 <표 II-7>을 보면 1991년도 전국 평균 유수율은 64.19%이었으나, 1995년도에 70.5%, 1997년에는 71.9%로 증가하였다. 지자체별로 보면 서울이 1991년도에 57.5%에서 1997년에는 66%로 증가하였으며, 경기도가 77%에서 82.2%로서 증가하였고 다른 지자체들도 비슷한 증가 추세를 보이고 있다.

<표 II-7> 지자체별 유수율 변화 추이('90~'97)

(단위: %)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
전국	64.1	65.3	66.3	67.6	70.2	70.5	70.8	71.9
서울	57.5	58.4	59.8	62.1	65	65.5	64.7	66
부산	61.6	62.5	63	63	67.1	68.2	68.3	68.9
대구	71.5	71.1	72.4	73.5	77.1	74.9	76.5	75.6
인천	62.2	62.8	63.8	64.1	68.1	69.7	70.4	72
광주	57.2	60.2	62.3	67.6	67.8	72.7	74.5	76.4
대전	63.9	64.9	65.7	65.9	66.6	67.9	69.1	70.5
경기	77	79.6	79.7	80.2	81	81.6	81.7	82.2
강원	68.1	69.1	70.6	70.7	72.1	71.4	69.9	69.5
충북	75.9	75.4	75.3	76.1	75.4	77.4	78.1	79.5
충남	68.3	74.8	75.8	74.2	74.1	75.9	75.9	77.5
전북	60	68.8	67.7	65.9	70	70.4	69	72.9
전남	75	59.3	58.8	60.8	62.6	63	63	62.9
경북	68.5	76.1	75.5	75.1	77	72.2	74.2	78
경남	68.5	69.7	70.8	71.6	70.5	69.6	71.4	68
제주	71.4	63.9	66.5	67.5	68.4	66.5	66.2	68.9

자료: 각시도, 지자체 통계연보

2. 생활용수 소비현황과 변화추이

2.1 용도별 생활용수 소비현황

1997년 전국 생활용수의 용도별 이용 비율을 정리한 <표 II-8>에 의하면 생활용수 중 가정용이 60.7%이고, 영업용(영업 1, 2종과 업무용의 합)이 29.9%로서 생활용수의 대부분을 차지하며, 그외 공업용은 6%, 욕탕용은 2.7%를 차지한다. 1997년 기준 15개 지자체(울산은 경남에 포함)의 급수사용량을 용도별로 세분하여 보면 가정용수의 비중이 가장 큰 지자체는 서울과 인천으로서 69%를 차지하며 부산과 대전, 경남은 50% 정도가 가정용수로 사용되고 있다. 그러나 대구, 경북과 충북은 가정용수의 비중이 40%정도로 전국 평균에 비해 가정용수의 비중이 상대적으로 낮다.

영업용(업무용 포함) 상수도 사용량의 비중을 보면 대전이 39.7%이고 부산이 38.7%이며 대구가 37.1%로 높은 편이며, 경상남도와 경상북도, 제주도가 20%대로 낮은 편이다. 다른 지자체는 대부분 30%정도의 영업용 소비 비중을 나타내고 있다.

욕탕용으로 이용되는 상수도의 양은 지자체별로 편차가 크지 않으며, 서울시와 부산시가 각각 4.1%와 4.0%로 가장 많고 나머지 지자체에서 욕탕용 수돗물 소비량의 비중은 2%~3%수준이다.

공업용 상수도 이용량이 많은 지역은 경상북도가 26%이고 충청북도가 24%이며 경상남도가 20.9%, 그리고 대구광역시가 13% 정도이다.

<표 II-8> 생활용수의 용도별 이용 비중('97)

(단위: %)

지자체	가정용	욕탕용	영업용	공업용	기타
서울	69.3	4.0	26.7	-	-
부산	56.2	4.1	38.7	0.9	-
대구	47.0	2.3	37.7	13.0	-
인천	69.0	2.2	24.0	4.8	-
광주	61.8	1.4	28.7	7.5	0.6
대전	53.1	2.3	39.7	-	4.8
울산	66.3	2.5	31.2	-	-
경기	63.9	2.8	31.5	1.7	-
강원	63.7	1.6	33.2	1.4	0.1
충북	42.6	1.7	31.6	24.1	-
충남	61.2	3.0	35.3	0.6	-
전북	64.1	1.9	27.9	5.0	1.0
전남	64.0	1.2	25.6	9.2	-
경북	46.1	1.7	26.3	26.0	-
경남	59.3	2.3	17.6	20.9	-
제주	65.0	0.3	23.3	-	11.4
전국 평균	60.7	2.7	29.9	6.0	0.7

자료: 각 시도, 『지자체 통계연보』, 1998

주: '95년부터 상수도 용도 분류(집계) 기준 변경으로 인해 업무용과 영업1종, 영업2종을 모두 영업용으로 합산해서 계산함.

지자체별 상수사용량(유수수량)을 나타낸 <표 II-9>에 의하면 급수 사용량은 1997년에 전국적으로 4,365백만톤을 사용하였으며 이 가운데 서울이 총사용량 중 27%를 소비하고, 그 다음으로 경기도가 18.3%로서 두 번째로 많은 양을 소비하고 있다. 나머지 지자체들이 소비하는 상수도의 양은 전국 소비량의 1%~8% 정도이다.

업종별 수요량의 지자체별 비중을 보면 가정용은 서울이 전체 가정용수의 30.8%, 경기도가 19.3%, 부산시가 8.7%를 사용하여 이들 지자체가 전체 가정용수의 50%이상을 소비하고 있으며, 영업용도 서울이 23.7%, 경기도가 16.8%, 부산이 11%를 사용하여 전체 영업용수의 50%이상을 소비하고 있다.

<표 II-9> 지자체별 상수 사용량('97)

지자체	총사용량		가정용		영업용+업무용	
	사용량(천톤)	비율	사용량(천톤)	비율	사용량(천톤)	비율
서울	1,178,992	27.0%	816,840	30.8%	315,154	23.7%
부산	378,744	8.7%	212,901	8.0%	146,745	11.0%
대구	312,227	7.2%	146,819	5.5%	117,591	8.9%
인천	297,569	6.8%	158,152	6.0%	118,278	8.9%
광주	109,518	2.5%	75,614	2.9%	26,926	2.0%
대전	137,399	3.1%	84,852	3.2%	39,490	3.0%
경기	798,937	18.3%	512,462	19.3%	223,297	16.8%
강원	113,421	2.6%	72,282	2.7%	37,646	2.8%
충북	104,860	2.4%	67,084	2.5%	26,850	2.0%
충남	81,429	1.9%	49,867	1.9%	28,743	2.2%
전북	178,065	4.1%	82,070	3.1%	46,748	3.5%
전남	97,970	2.2%	62,636	2.4%	30,901	2.3%
경북	247,899	5.7%	105,710	4.0%	78,315	5.9%
경남	281,003	6.4%	71,800	6.5%	80,808	6.1%
제주	46,702	1.1%	30,352	1.1%	10,876	0.8%
전국	4,364,736	100.0%	2,649,443	100.0%	1,328,370	100.0%

자료: 각 시도, 『지자체 통계연보』, 1998

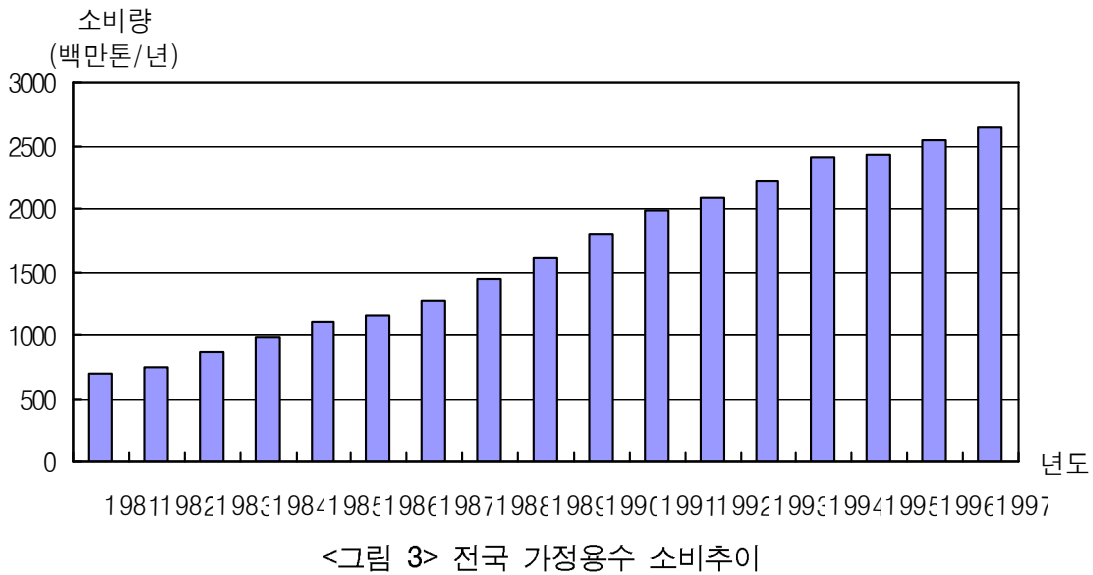
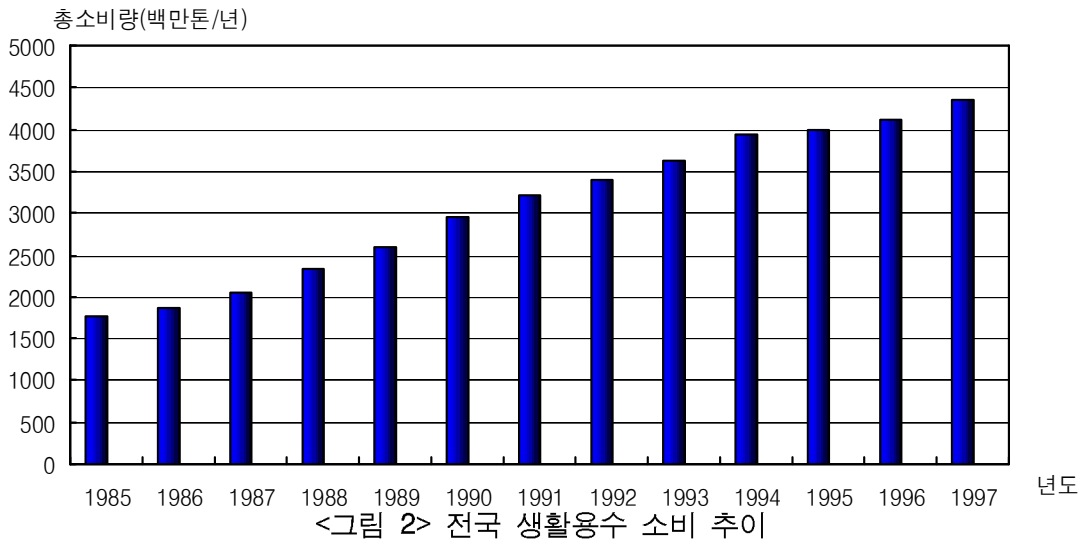
주: '95년부터 업무용과 영업1종, 영업2종을 모두 영업용으로 합산해서 계산함

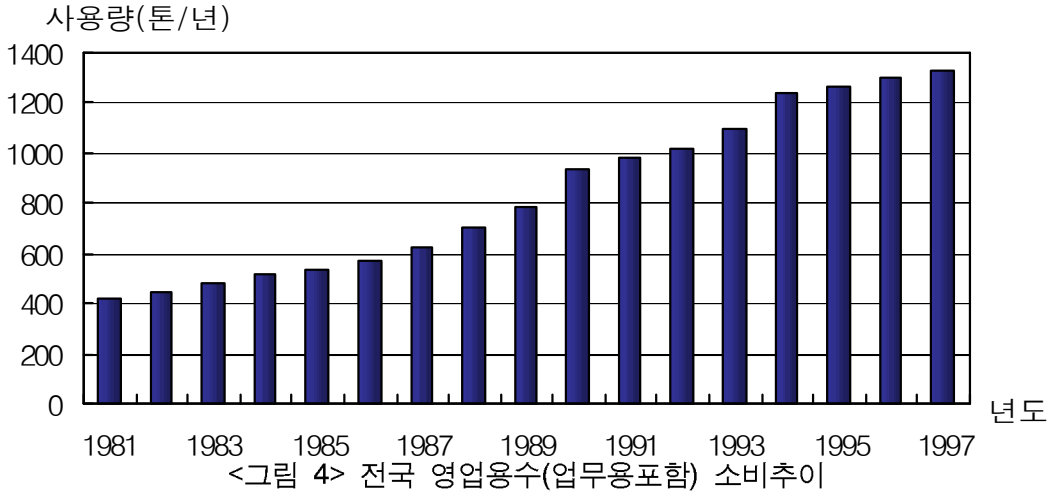
2.2 생활용수 소비 추이

전국 생활용수 소비 추이를 그림을 통해 보면 전체적으로 증가추세에 있으나 <그림 2>에서 볼 수 있듯이 1994년까지는 가파른 증가세를 보이다가 1994년 이후에는 매우 완만한 증가추세를 보이고 있다.

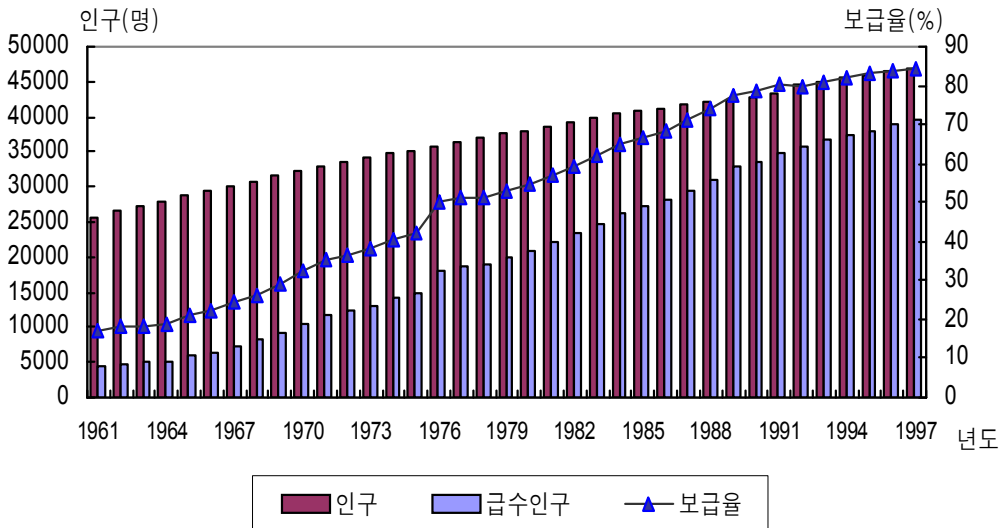
가정용수의 소비추이를 나타낸 <그림 3>을 보면 가정용수는 전체용수사용량의 추세와 비슷하게 1994년까지는 가파르게 상승하다가 1994년 이후에는 완만한 증가를 보이고 있다. 이러한 추세는 영업용수의 소비추이에서도 나타나 <그림 4>에서 볼 수 있듯이 1994년까지는 가파른 상승세를 이어가지만 1994년 이후에는 증가세가 다소 완만해진 모습을 보인다.

12 생활용수 수요 추정에 관한 연구



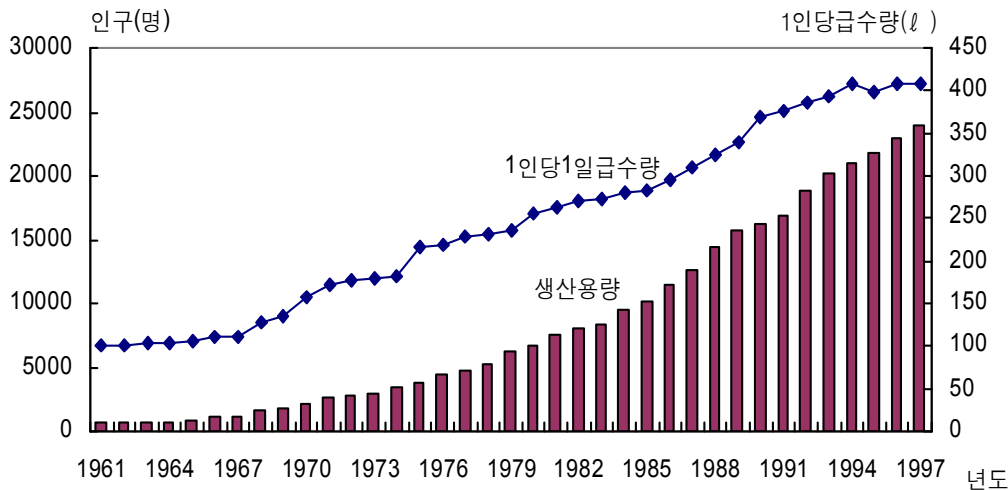


<그림 5>는 1961년부터 1997년까지의 인구, 급수인구, 상수도 보급율의 변화추이를 나타낸 것이다. 앞의 현황과 마찬가지로 인구는 1990년대 들어와서는 증가율의 감소세가 두드러져 보이며 급수인구 또한 1961년에는 매우 적었으나 점차 증가하고 있지만 급수인구 증가율은 급증하다가 점차적으로 감소추세를 보임을 그림을 통해서 알 수 있다. 보급율의 변화추이는 앞의 현황에서 본 것과 마찬가지로 80% 수준 이후에는 증가율이 점차 감소추세를 보이고 있는 것으로 나타난다.



<그림 5> 인구, 급수인구, 보급율 변화추이

<그림 6>은 1961년부터 1997년까지의 생산용량변화와 1일 일인당 급수량의 변화를 나타낸 것이다. 그림에서 보면 생산용량 및 일인당 급수량 또한 1990년대까지는 가파른 증가세를 보이다가 그 증가세가 점차 둔화되고 있는 모습을 보여준다.



<그림 6> 생산용량 및 1인당1일급수량 변화추이

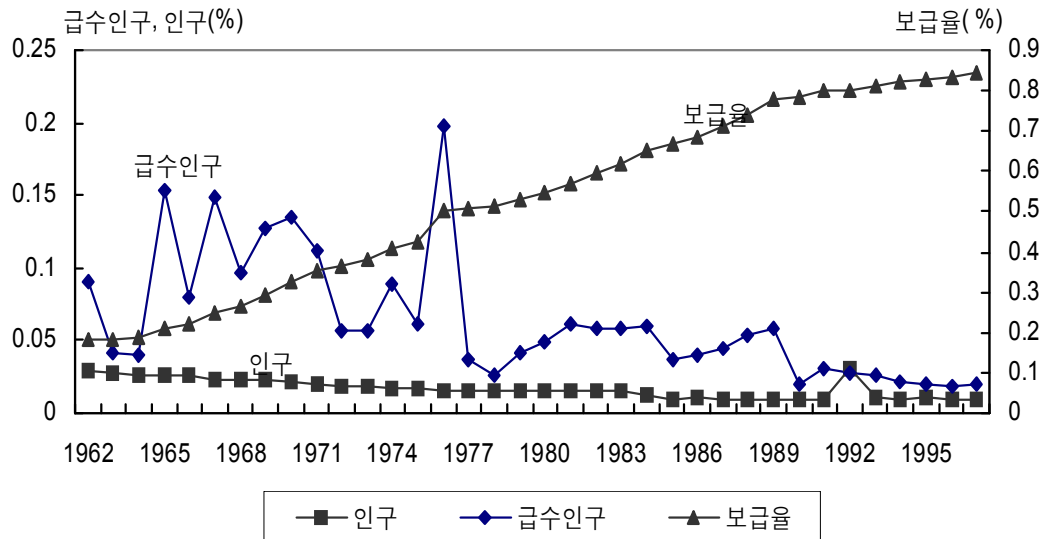
1981년부터 1997년까지의 자료를 토대로 나타낸 <그림 2>에서 <그림 6>까지의 상수도 소비 변화추이를 보면 이들이 꾸준한 증가세를 보이고 있음을 알 수 있다. 생활용수 소비추이가 17년간 계속적으로 증가하는 형태를 보이고 있지만 보다 구체적으로 살펴보면 1994년 이전까지는 빠른 증가세를 보이다가 1994년 이후부터는 완만한 기울기를 갖는 추이를 보이고 있음을 알 수 있다. 이는 전체 생활용수 뿐만 아니라 가정용수, 영업용수에서도 같이 나타나는 현상이다.

인구 및 급수인구 추세를 정리한 <표 II-10>에 의하면 인구는 1961년에 25,766천명이었으나 1997년에는 2배 가까이 증가하여 46,878천명에 이르렀고 급수인구는 1961년에 4,400천명으로 전체 인구에 비해 매우 미미한 수준이었으나 1997년에는 급수인구가 약 9배정도 증가하여 39,607천명에 이르게 되었다. 이에 따라, 상수도 보급율도 1961년에 17.1%수준이던 것이 1997년에는 84.5%수준에 도달하였다. 1인당1일급수량도 급증추세를 보여 1961년에 102ℓ/일이었으나 1997년에는 약 4배가 증가하여 409ℓ/일 수준에 도달하였다. 시설용량도 급증하여 1961년에 600천톤/일 수준이었으나 1997년에는 약 40배가 증가하여 23,964천톤/일에 이르고 있다.

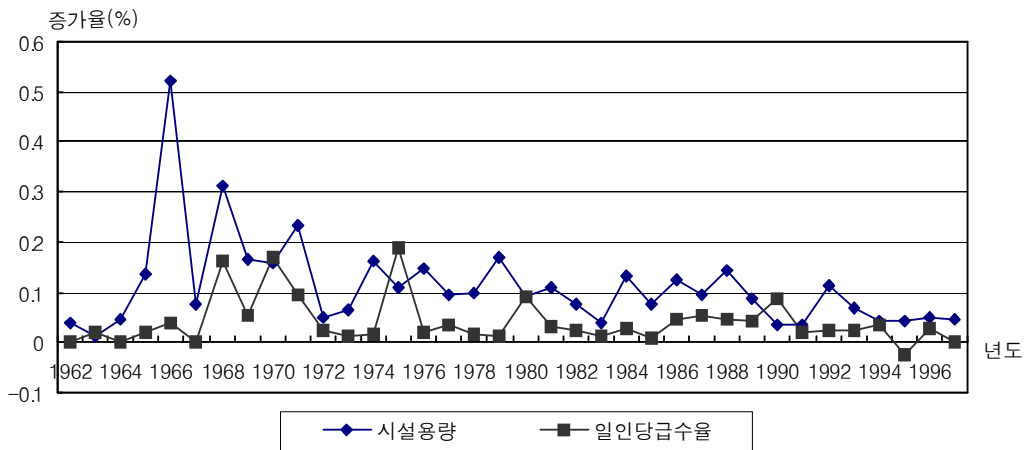
<표 II-10> 인구 및 급수인구현황

년도	인구(천명)	급수인구 (천명)	시설용량 (천톤/일)	일인당급수량 (ℓ/일)	상수도보급율 (%)
1961	25,766	4,400	600	102	17.1
1962	26,513	4,800	622	102	18.1
1963	27,262	5,000	630	104	18.3
1964	27,984	5,200	660	104	18.6
1965	28,705	6,000	750	106	20.9
1966	29,436	6,474	1,140	110	22
1967	30,131	7,436	1,226	110	24.7
1968	30,838	8,150	1,606	128	26.4
1969	31,544	9,184	1,870	135	29.1
1970	32,241	10,430	2,166	158	32.4
1971	32,883	11,600	2,670	173	35.3
1972	33,505	12,250	2,803	177	36.6
1973	34,103	12,944	2,980	179	38
1974	34,692	14,089	3,466	182	40.6
1975	35,281	14,961	3,842	216	42.4
1976	35,849	17,910	4,409	220	50
1977	36,412	18,582	4,820	228	51
1978	36,969	19,053	5,286	232	51.5
1979	37,534	19,834	6,186	235	52.8
1980	38,124	20,809	6,756	256	54.6
1981	38,723	22,088	7,508	264	57
1982	39,326	23,363	8,076	270	59.4
1983	39,910	24,728	8,386	273	62
1984	40,406	26,211	9,498	280	64.9
1985	40,806	27,188	10,214	282	66.6
1986	41,214	28,289	11,505	295	68.6
1987	41,622	29,556	12,613	311	71
1988	42,031	31,161	14,442	325	74.1
1989	42,449	32,968	15,725	339	77.7
1990	42,869	33,631	16,274	369	78.4
1991	43,269	34,665	16,870	376	80.1
1992	44,569	35,639	18,787	385	80
1993	45,077	36,568	20,093	394	81.1
1994	45,512	37,351	20,967	408	82.1
1995	45,974	38,107	21,844	398	82.9
1996	46,426	38,823	22,908	409	83.6
1997	46,878	39,607	23,964	409	84.5

자료: 환경부, 『상수도 통계』

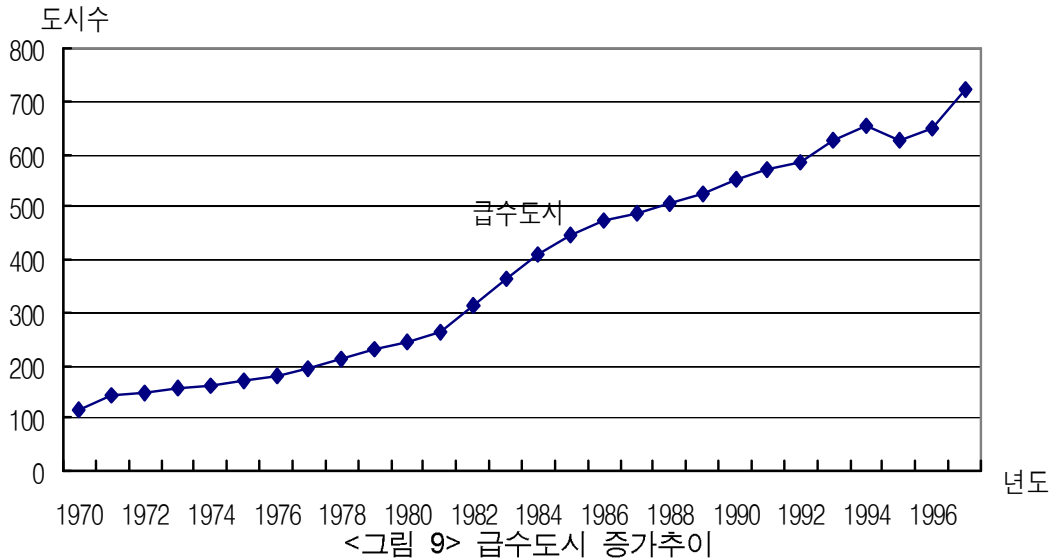


<그림 7> 급수인구 및 인구증가율



<그림 8> 시설용량 및 일인당급수량 증가율

우리나라의 급수도시 현황은 <그림 9>에서 보는 바와 같이 1970년대부터 현재까지 아주 가파른 증가추세를 이어왔다. 이러한 증가 추세는 다른 현황들과 비슷하게 1994년까지는 매우 가파르게 증가해 왔으며 1994년 이후에는 그 증가세가 둔화되고 있다. 즉, 급수도시나 급수인구가 계속적으로 증가했다는 것은 급수량이 급격히 증가해 왔다는 것을 뒷받침해 주는 증거가 될 수 있으며 또한 반대로 급수인구와 급수도시의 증가세가 둔화되었다는 것은 급수량 증가세가 감소되고 있다는 것을 뒷받침한다.



<그림 9> 급수도시 증가추이

이러한 현상은 <표II-11>에서 자세히 볼 수가 있다. 1970년에는 117개소에 불과하던 급수대상 도시가 1980년에는 243개소로 10년 사이에 두 배 이상이 증가했으며 1990년에는 551개소로 1980년에 비해 두 배 이상, 1970년에 비해 5배정도 증가했다. 1997년 현재 급수대상도시는 720개소로 1970년에 비해서는 7배 가량 증가했지만 80년대, 90년대의 증가세에 비해서는 그 증가세가 둔화되고 있음을 알 수 있다. 이는 급수가 되고 있는 지역이 상당히 높은 수준에 이르렀기 때문이다.

<표 II-11> 연도별 급수대상도시 변화현황

(단위: 개소)

년도	급수대상도시	년도	급수대상도시
1970	117	1984	407
1971	144	1985	446
1972	149	1986	472
1973	155	1987	489
1974	160	1988	504
1975	172	1989	524
1976	181	1990	551
1977	193	1991	572
1978	210	1992	585
1979	232	1993	625
1980	243	1994	654
1981	262	1995	626
1982	314	1996	649
1983	364	1997	720

자료: 상수도 통계(환경부)

1981년부터 1997까지의 연평균 상수도 소비량 증가율을 나타낸 <표 II-12>을 보면 생활용수 소비량 증가율은 전국평균이 8.6% 정도이며, 대전, 경기, 충북, 충남, 경북, 경남이 10%이상의 증가율을 보이고, 인천, 광주, 전남이 전국 평균보다 높은 9%대의 증가율을 기록하고 있다. 나머지 지자체들은 5%~8%대의 증가율을 보여주고 있는 것으로 나타나며 서울과 부산이 전국에서 가장 낮은 증가율인 5.7%와 5.4%의 증가율을 보이고 있다.

용도별 사용현황을 본다면 가정용은 전국 평균 증가율이 8.8%이다. 지자체별로 증가율을 보면 인천, 대전, 경기, 충북, 충남, 전남, 경남이 평균 10%이상의 높은 증가율을 보이고 있으며, 반면에 서울, 부산은 생활용수 증가율과 같이 5%~6%대의 낮은 증가율을 보이고 있다.

영업용수의 사용현황을 보면 전국 연평균 증가율이 7.5%로, 대전, 경기, 전남, 경북, 경남은 10%이상의 높은 증가율을 보이고 있으며 서울과 부산은 4%~5%의 낮은 성장률을 보여주고 있다.

생활용수 및 업종별 용수 소비량의 증가율을 비교해 보면 전국 평균 증가율은

가정용이 영업용보다 높은 증가율을 보이고 있다. 지자체별로 보면 서울시는 생활용수 소비량이 5.7%의 증가율을 보이며 영업용보다 가정용이 높은 증가율을 보이고 있다. 부산시는 생활용수 수요량 증가율이 5.4%로 전국 평균에 비해 낮은 증가율을 보이며, 가정용수의 증가율이 영업용수의 증가율에 비해 더 큰 것으로 나타났다. 대구시는 8.9%의 증가율을 보이며 가정용과 영업용의 소비량 증가율은 동일하게 8.3%로 나타났고, 인천시는 생활용수 수요량 증가율이 9.1%이고 가정용이 11.8%로서 7.8%를 기록한 영업용보다 높은 증가율을 보이고 있다. 광주시는 생활용수 수요량 증가율이 9.3%의 증가율을 보이며 가정용이 영업용에 비해 더 높은 것으로 나타났으며, 대전시는 10.3%의 높은 증가율을 보이며 영업용 증가율이 가정용에 비해 더 높게 나타났다.

경기도는 19.3%로서 전국에서 가장 높은 상수도 소비량 증가율을 보이며, 영업용의 소비량 증가율도 19.5%로 전국에서 가장 높았다. 강원도도 영업용 증가율이 가정용 증가율보다 높으며, 충청북도는 생활용수 수요량 증가율이 10.8%로서 높은 편이고, 가정용의 증가율이 영업용 증가율보다 우세하다. 충청남도도 상수도 소비량이 11.2%의 높은 증가율을 보이며, 가정용의 증가율이 12%대로 영업용에 비해 크게 우세하다. 전라북도는 가정용이 9.5%의 증가율을 보이며 영업용은 전국에서 제일 낮은 3.8%로서 영업용에 비해 가정용이 현저하게 큰 증가율을 보이는 것으로 나타났다. 전라남도는 12.3%로 영업용의 증가율이 더 높고, 경상북도도 10%로 영업용이 더 큰 증가율을 보이며, 경상남도 또한 12.1%의 증가율로 영업용의 증가율이 더 크다. 제주도는 가정용이 7%로서 영업용과 비슷한 수준의 증가율을 보인다.

전국적으로 본다면 생활용수 중에서 가장 큰 비중을 가지는 가정용수의 사용증가율과 영업용수의 사용증가율이 지자체별로 큰 차이를 보이지 않는 것으로 나타나며, 가정용과 영업용이 모두 계속적으로 증가해 왔다는 것을 알 수 있다. 그러나 인천, 충남, 전북은 가정용수의 증가율이 영업용수의 증가율보다 4%이상 현저하게 높은 것을 알 수 있다.

<표 II-12> 상수도 소비량 연평균 증가율('81~'97)

(단위: %)

지 자 체	총 량	가정용	영업용
전국평균	8.6	8.8	7.5
서 울	5.7	6.2	4.9
부 산	5.4	5.6	5.3
대 구	8.9	8.3	8.3
인 천	9.1	11.8	7.8
광 주	9.3	9.6	8.2
대 전	10.8	11.3	11.9
경 기	19.3	18.9	19.5
강 원	8.1	8.1	8.7
충 북	10.8	10.8	9.1
충 남	11.2	12.0	8.3
전 북	8.6	9.5	3.8
전 남	9.4	11.3	12.3
경 북	10.9	9.0	10.0
경 남	11.0	10.2	12.1
체 주	7.0	7.0	6.8

자료 : 각시도별 지자체 통계연보(1981-1998)

주: 1) 1981년~1997년 동안 지자체별 수도물소비량(수도요금부과량)을 대상으로 연평균 증가율을 산정함. 단, 자료의 구득이 어려운 일부 지자체는 3개년 이동평균식을 사용해 추정하였음.

2) 1995년부터 지방조례에 의해 영업용수의 집계기준이 바뀐에 따라 영업용을 영업용+업무용으로 포함해서 조사하였음.

Ⅲ. 생활용수 수요 예측의 기존 연구

1. 수자원 장기 종합계획에서의 생활용수 수요 전망

수자원 장기 종합계획상 생활용수의 수요량을 추정하는 방법은 급수인구, 1인당 1일 평균급수량과 상수도보급율을 이용하는 방식이다. 따라서 장래의 생활용수 수요량은 도시의 인구수와 보급율, 그리고 1인당 1일 평균 급수량의 증감에 따라 결정된다고 볼 수 있다. 보급율은 각 도시의 상수도 보급계획 자료와 정부의 목표 보급율을 이용하고 있으며, 1인당 1일 평균 급수량은 1970년~1988년간의 1인당 1일 평균 급수실적자료를 회귀 분석하여 반영하고 각 도시의 급수계획과 광역상수도 사업계획을 참고로 보정하고 있다(한국수자원공사, 1993).

1인당 1일 평균급수량(1pcd)은 도시의 생활용수량 수요변화를 반영하는 직접적인 지표로서 인구규모별로 비슷한 경향이 있으나, 도시의 특성, 입지, 기상조건, 생활정도, 생활양식과 기타 경제·사회조건 등에 따라 크게 변화한다. 현행 상수도 시설기준(건설부, 1985)에서는 시설의 확장 등의 경우 과거 실측자료를 검토하고 용도별 급수량을 세분하여 분석한 후 1pcd를 결정하도록 제시하고 있다.

한국수자원공사에서 발간한 『21세기를 바라보는 수자원 전망』(1993)에서 예측한 우리나라의 수자원장기전망에 의하면 생활용수 수요량이 2021년까지 증가한 후 안정화되는 것으로 전망하고 있다(<표 III-1> 참조). 이 표에 의하면 서울시는 용수수요량이 계속 증가하여 2011년의 생활용수 수요량이 605ℓ/인/일이 된 후 안정화 추세를 보이는 것으로 전망되고, 도급 지자체 평균 생활용수 수요량은 계속 증가하여 2021년에 400ℓ/인/일까지 수요량이 증가한 후 안정적인 추세를 보이는 것으로 전망하고 있다. 전국 평균을 보면 2001년에 396ℓ/인/일에서 계속적으로 증가하여 2011년에 480ℓ/인/일, 2021년에 490ℓ/인/일로 증가한 후 안정적인 추세를 보일 것으로 전망하고 있다. 연간 생활용수 수요량을 보면 2001년에 6,815백만톤을 수요할 것으로 예측되고 용수 수요량은 계속 증가하여 2021년에는 9,038백만톤에 달한 후 점차 감소할 것으로 예상되고 있다.

<표 III-1> 생활용수 수요량 전망

		2001	2011	2021	2031	2041
1인당 1일 수요량전망 (ℓ/인·일)	전국	396	480	490	490	490
	서울	545	605	605	605	605
	도급 지자체 평균	276	382	400	400	400
생활용수 수요량(백만톤/연)		6,815.2	8,725.3 (28.0%)	9,038.6 (3.6%)	8,904.7 (-1.5%)	8,433.3 (-5.3%)

자료: 한국수자원공사, 『21세기를 바라보는 수자원 전망』, 1993. 11. P.70

환경부에서 발간한 전국수도종합계획에 따르면 생활용수 수요량은 2001년에 20,366천톤/일에서 2006년에 23,607천톤/일로 1인당 급수량은 2001년 453ℓ/일/인에서 2006년 483ℓ/일/인으로 증가할 것으로 전망하고 있다. 1인당 1일 최대급수량이 500ℓ를 넘는 지자체는 1996년 현재 대구시와 서울시로 각각 522ℓ, 502ℓ의 급수량을 보이고 있다. 지자체들의 대부분에서 최대급수량이 증가 추세를 보이며 최대급수량이 500ℓ를 넘는 지자체도 2001년에는 서울시, 부산시, 대구시 등 3개 지역으로 증가하고 2006년에는 대전시도 포함되어 4개 지역으로 늘어날 것으로 예측되고 있다(<표 III-2> 참조).

수자원공사에서 발간한 『미래 수자원 전망에 관한 연구』(1997)에서 예측한 우리나라의 수자원장기전망을 정리한 <표 III-3>을 보면 새오할용수 수요량이 2011년에 8,217백만톤에서 계속 증가하여 2021년에는 8,820백만톤, 2031년에는 9,033백만톤으로 계속 증가할 것으로 예측하고 있다. 지역별로는 서울시가 약 1,900백만톤 수준에서 약간 증가하는 것으로 예측하고 있으며, 경기도의 생활용수 수요량은 급격히 증가하여 1996년에 907백만톤에서 2011년에는 1,527백만톤으로 증가할 것으로 전망하고 있다.

<표 III-2> 시도별 생활용수 수요량 전망II

행정구역	1996		2001		2006	
	1인1일 최대 급수량(ℓ)	수요량 (천톤/일)	1인1일 최대 급수량(ℓ)	수요량 (천톤/일)	1인1일 최대 급수량(ℓ)	수요량 (천톤/일)
서울특별시	502	5,250	502	5,924	526	6,259
부산직할시	467	1,769	530	2,149	530	2,240
대구직할시	522	1,279	560	1,457	590	1,651
인천직할시	454	1,040	455	1,148	496	1,334
광주직할시	360	436	395	530	483	696
대전직할시	460	560	460	603	520	737
울산광역시	394	327	435	429	450	465
경 기 도	397	2,715	418	3,429	464	4,526
강 원 도	401	468	408	545	458	666
충청북도	371	351	373	473	388	558
충청남도	355	300	365	430	391	552
전라북도	419	564	421	683	449	794
전라남도	377	410	376	539	410	694
경상북도	376	655	386	823	407	955
경상남도	363	752	372	984	409	1,224
제 주 도	406	213	411	220	462	253
전국평균	440	17,089	453	20,366	483	23,607

자료: 환경부, 『전국수도종합계획』, 1998. P.99

<표 III-3> 생활용수 수요량 전망

(단위: 백만톤/년)

년도	1996	2011	2021	2031
전국	6,127	8,217	8,820	9,033
서울	1,875	1,948	1,928	1,902
부산	557	622	634	639
대구	410	572	592	591
인천	409	511	512	506
광주	144	279	314	335
대전	198	398	418	424
경기	907	1,527	1,690	1,761
강원	163	220	254	260
충북	144	238	273	288
충남	150	176	225	264
전북	215	274	318	335
전남	169	227	274	295
경북	295	427	484	501
경남	425	717	819	844
제주	66	81	85	88

자료: 수자원공사, 『미래수자원 전망에 관한 연구』, 1997

2. 경제 변수를 고려한 생활용수 수요 추정 연구³⁾

생활용수 수요에 관한 연구는 다양한 방법으로 이루어져 왔는데, 앞 절에서 논의한 1인당 급수사용량과 급수인구를 근거로 한 연구와 시계열 자료 또는 횡단면 자료를 이용하여 가격 및 소득 등의 경제 변수를 포함하여 분석한 연구들로 나눌 수 있다.

가격 및 소득 등의 경제변수를 고려하여 생활용수 수요를 추정한 연구 결과들을 <표 III-4>에 정리하였다.

3) 본 절과 다음 절은 김광임(1996)의 『상수도 수요 예측 모형 연구』와 한국수자원공사(1998)의 『수도요금 정책방향에 관한 연구』, 그리고 Ellen M.Pint(1999)의 내용을 요약 정리함.

<표 III-4> 국내 물 수요와 탄력도

논 문	모형	자료	가격탄력도	소득탄력도
김추운 (1991)	로그선형	년, 서울시 년생활용 소비량 가격, 실질소득, 급수가구	가격 : -0.820	소득:0.540
유승훈 (1996)	로그선형	년, 광역상수 수요량, 가격, 급수인구	가격 : -0.496	
김광임 (1996)	로그선형	년, 지자체별 용도별 소비량 가격, 가구수, 소득(GNP)	가격 : -0.011	소득:0.443
이명현 (1997)	비용함수	산업 총조사보고서(1993) 제 조업자료	제조업가격: -0.920	
김태유 외 (1997)	로그선형	년, 지방상수도 소비량, 평균 가격, 실질소득(GDP)	지방상수도 가격 단기 -0.229, 장기 -0.379	소득:0.61
한국 수자원공사 (1998)	로그선형, 오차수정 모형	년, 광역상수도 판매량, 평균 가격, 실질가처분소득	단기 -0.475 장기 -1.064	단기 0.995 장기 1.772

자료: 김광임, 『상수도 수요 모형 개발』, 한국환경정책평가연구원, 1996
 김태유·유승훈·허은녕, 『수도사업의 국민경제적 역할분석』, 1997
 김추운, 『서울시 생활용수 수요에 관한 연구』 건국대학교, 박사학위논문 1991

서울시의 생활용수를 대상으로 분석한 김추운(1991)의 연구에서는 서울시 생활용수 수요량을 종속변수로 하고 용수 가격, 소득, 급수가구수를 독립변수로 하여 로그선형식을 이용하여 회귀분석하였는데 용수사용량의 가격탄력성은 -0.82로 나타났으며, 소득탄력성은 0.54, 그리고 급수가구의 탄력성은 2.745로 탄력적인 것으로 나타났다. 노기성(1987)의 연구에서도 서울시를 대상으로 하여 분석하였는데 가격탄력성은 -0.58, 소득탄력성은 0.53, 그리고 급수가구수 탄력성은 0.39로 나타났다.

1980년~1993년 동안의 15개 지자체와 광역상수도 자료를 이용하여 용수 수요를 추정한 유승훈(1996)의 결과에 의하면 소득은 추정값이 유의하지 못하고 가격탄력성은 -0.496으로 비탄력적인 것으로 나타났다.

김광임(1996)에서는 생활용수를 가정용, 영업용, 육탕용, 공공용으로 나누어 용도별 수요함수를 제시하였으며, 상수도 수요량을 연도별, 지자체별 자료를 이용하여 로그선형식으로 회귀분석한 결과를 보면 가격탄력성은 -0.011로 낮았고 소득탄력성은 0.443으로 나타났다.

이명현(1997)의 연구에서는 1993년 제조업의 60개 사업체를 대상으로 비용함수

를 이용하여 가격탄력성을 추정하였는데 그 추정치는 -0.92 로 나타났다.

김태유 외(1997)에서는 지방상수도의 소비량을 로그선형식을 이용하여 동태적 분석을 하였다. 지방상수도의 개별 변수에 관한 탄력성 추정 결과를 보면 가격탄력성은 단기에 -0.229 , 장기에 -0.380 으로 추정되었고 소득탄력성은 단기에 0.610 , 장기에 1.01 로 나타났다.

한국수자원공사의 『물관리 최적화를 위한 수도요금 정책방향에 관한 연구』(1998)에서는 1980년부터 1997년까지의 시계열 자료를 이용하여 광역상수도 판매량중에서 지방자치단체에 판매하는 판매량을 생활용수 수요량으로 사용하여 개별 변수의 탄력성을 추정하였다. 오차수정모형에서 구한 단기 가격탄력성은 -0.475 이고 소득탄력성은 0.995 이며 공적분 벡터에서 구한 장기탄력성은 가격탄력성이 -1.064 이고 소득탄력성은 1.772 로 그 값이 다른 연구 결과에 비해 탄력적인 것으로 나타났다.

3. 외국의 용수 수요 추정 연구

외국의 용수 수요에 관한 기존 연구들도 생활용수에 대한 수요가 일반 경제이론에 부합하는 결과들을 보여주어 가격에 반비례하고 소득과 급수인구에 비례하여 증가하는 것으로 나타났다. Howe and Lineweaver(1967), Hanke(1970), Foster and Beattie(1979), Danielson(1979) 등의 연구에서 용수 수요의 가격탄력성이 0에서 -1 사이로 용수 수요가 비탄력적임을 보이고 있다. 일반적으로, 용수 수요에 관한 연구 자료는 시계열 자료(Hansen과 Narayanan(1981))와 횡단면 자료(Howe와 Lineweaver(1967)) 그리고 시계열 자료와 횡단면 자료를 혼합한(pooled) 자료(Billings와 Agthe(1980), Billings(1982), Billings와 Day(1983), 그리고 Martin et al.(1984))를 사용하거나 패널(Panel data)을 사용한다.

외국의 상수도수요 추정 연구 동향을 보면 스탠포드대학의 Peter W(1970)는 용수관련법규, 용수가격정책, 교육캠페인, 주거양식, 용수공급비용, 기술진보 등의 6개 변수들을 도시생활용수에 영향을 미치는 요인들로서 고려하여 분석한 결과 이들 요인이 도시용수사용량 변화의 96%를 설명하는 것으로 추정하였다.

용수가격, 소득 등의 변수를 사용한 상수도 수요 모델을 이용하여 미국의 12개 도시를 대상으로 상수도 수요를 분석한 Wong(1972)의 연구에서는 교외지역이 도

시지역에 비해 수도요금에 더 민감한 반응을 보이며 소득탄력성은 0.20~0.26으로 소득이 증가하면 수도 사용량도 증가하는 것으로 분석되었다.

텍사스주 덴튼시의 101개 가구를 대상으로 1976년~1985년간의 자료를 이용하여 물수요를 추정한 Molina(1991)의 연구에서는 소득, 평균 용수가격과 한계 용수가격 간의 비율 등의 변수를 이용한 로그선형 모델을 통하여 생활용수 가격탄력성을 추정하였는데 그 추정치는 -0.29~-0.45로 추정되었다.

덴마크 코펜하겐 광역시의 시계열 자료를 이용하여 도시상수도에 대해 연구한 Hansen(1996)의 연구 결과에 의하면, 에너지가격이 상수도 수요에 미치는 負의 효과가 큰 것으로 나타났다. 덴마크의 경우 온수 사용량이 생활용수 총량의 2/3를 차지하는데 온수사용에 수반되는 에너지 사용으로 인해 에너지 가격은 상수도 사용에 영향을 미치게 된다. 따라서, 용수 사용시 에너지 사용을 수반하는 지역에서는 많은 함축성을 갖는다고 지적하고 있다. 즉, 에너지세 등의 부과는 에너지 가격을 인상하게 되고 이는 곧 생활용수 수요에 실질적인 영향을 줄 것으로 보고 있다. 그러므로, 용수 수요량 분석시에는 용수가격 뿐만 아니라 에너지 가격변화의 영향도 고려하는 것이 중요하다는 것이다.

미국 아리조나주 톱산지역의 1974년 1월부터 1977년 9월까지의 월간 용수사용 자료를 이용하여 용수수요를 추정한 Billings and Agthe(1980)는 현재의 물수요가 과거의 물수요에 의해 영향을 받는다는 가정하에 과거의 정태적인 상수도 수요 추정방식과 달리 동태적 방정식을 추정했다. 이 연구의 결과에 의하면 용수 수요의 가격탄력도는 로그모델에서는 -0.267이며, 일반선형모델에서는 -0.45~-0.61로 나타났다으며, 2차가격변수의 탄력도는 로그모델에서는 -0.12이고, 선형모델에서는 -0.03~-0.21이다.

미국 오클라호마시를 대상으로 1967년~1983년간의 자료를 이용하여 생활용수 수요를 예측한 Cochran and Cotton(1985)은 연간 수도요금수입액을 연간 용수사용량으로 나누고, 이를 소비자 물가지수(1967년=100)를 적용하여 실질 평균 수도요금을 계산하고 이를 가격변수로 사용하여 수요를 예측하였다. 이 연구 결과에 의하면 생활용수 소비량에 영향을 미치는 변수는 소득이 가장 중요한 요인인 것으로 나타났고 실질 평균 수도요금도 영향을 미치는 변수이나 소득만큼 중요하지는 않은 것으로 나타났다.

캐나다의 지방상수도 회사를 대상으로 로그선형식을 이용하여 생활용수의 수요를 추정한 Renzetti(1992a)는 용수수요의 계절적 차이를 고려하여 계절별 가격탄력

성을 추정하였다. 이 연구의 결과에 의하면 여름의 용수수요 가격탄력성은 -0.648 이고 겨울의 용수수요 탄력성은 -0.013으로 겨울에는 가격탄력성이 매우 비탄력적 이고 여름에는 상대적으로 탄력성이 높은 것으로 나타났다.

1983년부터 1987년 동안의 월별자료를 이용하여 동태적 수요 모형으로 모스크바 개별 가정의 생활용수수요를 추정한 Lyman(1992)의 연구 결과에 의하면 peak시에는 가격탄력성이 -3.332이고 peak가 아닐 때에는 -0.652로 나타났다.

<표 III-5> 공공 용수 수요에 대한 가격탄력성

국가(지역)	연구형태	년도	탄력성	참고문헌
호주 · Sydney Water	TS/OLS	1959-60 1993-4	AR:-0.13	Warner(1995)
덴마크 · Copenhagen	TS/OLS		-0.10	Hansen(1996)
프랑스 · 116eastern communes · Gironde	CS-TS/Panel CS/OLS	1988-93	AP,s/r:-0.22 AP,l/r:-0.26 MP,s/r:-0.18 -0.17	Nauges & Thomas(1998) Point(1993)
이태리 · Unknown	CS	1990s	-0.024	Critelli(1998)
뉴질랜드 · Auckland · Auckland · Auckland · Christchurch	TS CS CS CS/CBS	1976 1981 late 1980s	-0.08 -0.20 -0.24 -0.29	Law(1986) Law(1986) Law(1986) Welsh(1991)
한국	TS	1998	-0.29	Kim(1998)
스웨덴 · 282 of 286마을	CS-TS/Panel	1980-92	AP,l/r:-0.20 MP,l/r:-0.10	Hoglund(1997)
미국 · Wisconsin · Illinois · Illinois · Denton, Texas · Massachusetts · santa Barbara California	CS/OLS CS/SEs CS-TS OLS CS-TS IV,2SLS CS CS-TS/2SLS		-0.12 -0.71 -0.48 IBR:-0.86 DBR:-0.36 -0.40/-0.45 -0.033	Schafter & David(1985) Chicoine et al(1986) Chicoine & Ramamurthy (1986) Nieswiadomy & Molina (1989) Stevens, Millan & Wilis (1992) Renwick & Archibald (1997)

자료: OECD, , 1998, p. (표 18)

<표 III-6> 물수요의 소득 탄력성

연구자	연도	대상지역과 자료	소득 탄력성	가족수 탄력성
Larson& Hudson,Jr	1951	미국 일리노이주 15개 도시 횡단자료	0.70	-
Hanson& Husdon,Jr	1956	미국 일리노이주 8개 도시 횡단자료	0.55	-
Fourt	1958	34 USA 도시 (횡단 자료)	0.28	-
Gottfried	1963	미국 캔사스주 (횡단 자료)	0.28~0.58	-
Howe& Linaweaver	1967	35개 연구 대상 지역 (횡단자료)	0.31~0.37	-
Wong	1970	미국 시카고 (1951~1961, 시계열자료)	0.20~0.26	-
Grima	1972	-	0.48~0.56	0.59~0.63
Morgan	1973	-	0.33~0.61	0.51~0.59
Darretal	1975	-	0.18~0.70	---
Shimmi	1977	Tachikawa (횡단 자료)	0.01	0.51~0.59
Darretal	1979	-	-	0.69~0.74
Shimmi	1980	Ashida 강유역 4개 도시 (횡단자료)	0.01~0.22	0.30~0.73

자료: OECD, *Pricing of Water Services*, 1987,

4 생활용수 수요 예측의 문제점

국내 생활용수 수요계획시 수요 분석방법들의 문제점을 지적하면 다음과 같다.

1) 경제 변수의 반영 부족

지금까지의 국내 상수도 공급 계획은 용수 보급을 증대에 중점을 두어 공급 기술적인 측면이 강조되어 왔으나 이제는 물의 경제적 가치나 물이라는 제품생산을 위한 경제적인 측면이 점차 강조되어야 할 시점이다.

과거와는 달리 물이 자유재의 성격이 희박해지는 최근의 동향을 반영한다면 물에 대한 수요추정에는 당연히 물 가격이 우선적으로 고려되어야 함에도 불구하고 일부 용수 수요추정 기법에서는 용수 가격이나 소득 등 사회경제적 요인을 고려하

지 못하고 있다. 재화의 가격이 고려되지 않은 수요량 예측이란 정확하게 수요에
측이라고 하기 어렵듯이 용수 가격이 반영되지 않은 용수 수요 예측은 한계를 가
지게 된다.

2) 모델설정의 문제

일부 연구에서는 독립변수의 설정시에 용수수요에 아무런 관련이 없는 변수를
사용하거나, 수요변수가 아닌 공급변수를 고려하거나 또는 같은 의미를 갖는 변수
를 중복하여 사용함으로써 잘못된 수요함수식을 설정하는 경우도 있다. 따라서, 일
부 지자체에 대한 상수도 수요분석 결과를 보면 이론적 배경이나 외국의 연구결과
와 상반되는 가격탄력성 및 소득탄력성 추정치를 보이기도 한다.

그러므로, 용수 수요모형을 추정할 경우에는 개별 독립변수가 수요에 실제로 영
향을 미치는 변수인지를 검정할 필요가 있고 설정한 용수수요 함수식이 타당한 함
수식인지를 검정할 필요가 있다.

IV. 생활용수 수요 추정

지금까지의 용수수요 추정 방법으로는 시계열 분석, 시계열 및 횡단면 자료를 이용한 혼합모형 분석, 그리고 1인당 급수량과 급수인구를 고려하여 용수수요량을 예측하는 방법 등이 사용되고 있다. 본 연구에서는 1981년부터 1997년까지의 지자체별, 업종별로 급수사용량, 급수부과액, 지역총생산, 1인당 가치분 소득, 급수인구 등의 자료를 이용하여 경제 변수의 과급효과를 고려하는 시계열 모형과 혼합모형을 이용하여 생활용수 수요를 추정한다. 그리고, 이 두 방법에 의해 추정된 생활용수 수요추정량 결과를 비교 분석한다.

1. 시계열 분석

시계열 분석은 과거 및 현재의 시계열 자료에 근거하여 미래에 관해 추론하는 방법이다. 시간의 변화에 따라 나타나는 다양한 형태의 변수값이 어떤 일정한 추세를 보이면 미래에도 이러한 추세가 계속될 가능성을 보이는 것으로 보고 이에 대해 추론하는 것이 시계열 분석의 목적이다.

이와 같은 시계열 분석을 위한 방법은 시간에 대해 독립적인 정태분석과는 달라서 시계열 자료가 통계적 추론을 하기 위한 전제 조건을 만족하는지에 대한 검정이 전제되어야 한다. 일반적인 통계적 추론에서는 모집단의 확률분포가 하나로 고정되어, 이 불변의 모집단에서 독립적으로 표본을 관찰하여 추론한다. 그러나, 시계열 자료는 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.

1.1 안정성(Stationarity)

시계열 분석을 통한 통계적 추론이 의미를 가지기 위해서는 우선 시계열 자료의 안정성을 검정하여 모집단의 불변성이라는 전제조건이 만족되는지를 분석한다. 안정성을 가지는 시계열 자료는 각 시점에서의 확률변수의 평균과 분산이 일정하고

계열상관(serial correlation)이 시간에 무관하여 단기적인 계열상관에만 의존한다.⁴⁾ 따라서, 안정성을 가지는 시계열 자료는 시간의 변화에 따른 관측치가 안정적인 수준보다 높으면(낮으면), 그 값이 미래에 떨어질(올라갈) 것을 예상할 수 있어 통계적 추론을 위한 조건을 충족하나, 불안정성을 보이는 시계열 자료는 관측치가 평균을 벗어나 불규칙적으로 움직여서 그 평균이 안정적인 값을 가지지 못한다. 이와 같이 불안정성을 보이는 시계열 자료를 이용한 통계적 추론은 오도된 가성결과(spurious results)를 보여 경제적인 의미를 가지지 못한다. 예를 들면, 다음과 같은 형태의 AR(1)(Autoregressive model of order 1) 모형은

$$y_t = \alpha y_{t-1} + \varepsilon_t \quad \varepsilon_t \text{는 안정적인 오차항(white noise:백색잡음)}$$

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,

$$E[y_t] = 0$$

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

여기서 t-i와 t-j시점이 다르면, ε_{t-i} 와 ε_{t-j} 는 서로 상관관계가 없으므로 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

4) 통계학, 정운찬외, 1998

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

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

1.2 공적분(Cointegration)

시계열 변수들이 불안정성을 보일 경우, 이들 시계열 변수간의 관계를 나타낸 관계식이 안정적인 장기적 균형관계를 보이면 이를 시계열 분석에서는 변수간에 공적분 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 공적분 관계에 있다고 한다. U_t 가 안정성을 보이면, 이 오차항은 평균인 0으로 회귀하고 자한다. 이러한 특성은 시계열 변수 Y_t 와 Z_t 가 서로 독립적으로 움직이지 못하도록 한다. 공적분 관계가 없다는 것은 각 설명변수들이 서로 독립적으로 움직임을 의미하며 이러한 변수들은 실제적으로는 의미있는 관계가 존재한다고 볼 수 없

다. 그러나, 이들을 회귀분석하면 그 관계가 유의성이 있는 오도된 결과를 보이기도 한다. 따라서, 두 변수간의 관계를 보기에 앞서, 공적분 검정이 선행되어야 한다.

1.3 분석 모형

생활용수에 대한 수요를 추정하기 위해 첫째로 생활용수 수요에 영향을 미치는 변수와 함수 형태를 설정하여야 한다. 생활용수 수요량에 영향을 미치는 변수로 용수 평균 가격, 실질 소득, 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 : 용수가격

Y : 실질소득

W_{pop} : 급수인구

위와 같은 로그선형 함수형태는 본 연구에서 하고자 하는 경제 변수, 즉 가격과 소득 그리고 급수인구의 변화에 따른 용수 수요량의 예측을 용이하게 하는 개별 변수의 탄력성을 도출하기가 수월하다.

2. 혼합모형 분석(pooled data analysis)

생활 용수 추정은 통계 자료의 제약으로 대체로 연간 자료(annual data)를 사용하게 된다. 연간 자료를 이용하면 사용할 수 있는 관측치의 수가 한정되어 시계열 분석을 위한 충분한 관측치를 획득할 수가 없는 경우가 많다. 이와 같이 제한된 자료를 이용하여 시계열 분석을 하면 그 결과의 신뢰도가 떨어지고, 실제의 결과와는 다른 가상 결과(spurious results)를 가져올 수 있다. 이러한 문제를 해결하는 방안으로, 연도별로 횡단별 자료를 이용할 수 있으면 이 자료를 풀링(pooling)하여 생활용수 수요를 예측하는 혼합모형(pooled data analysis)을 사용할 수 있다. 이

분석에서는 독립변수와 종속변수와의 관계를 설명하는 계수들이 각 지자체간에 동일하다는 가정을 하고 독립변수들과 종속변수와의 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 사용하거나, 오차항에 그 효과를 포함시킨다.

독립변수에 포함되지 않은 변수들이 각 지자체에 서로 다르게 미치는 효과를 통제하기 위해 가변수를 사용하는 방법은 각 지자체에 대한 이들 변수의 효과를 나타내는 절편을 가변수로 나타내어 각 지자체에 대한 이들 변수의 효과를 통제하는 것이다. N개의 지자체를 대상으로 분석한다면 (N-1)개의 가변수를 만든다. 이 가변수들은 분석 대상이 되는 독립변수들을 제외한 기타 변수들이 각 지자체에 미치는 효과들을 각 지자체별로 서로 다른 절편을 갖게 함으로써 분석에 포함되지 않은 변수들의 각 지자체에 대해 미치는 효과들을 서로 다른 절편으로 나타낸다. 이와 같이 가변수를 이용한 분석방법을 Fixed Effects 모형이라 한다.

가변수를 사용하지 않고 독립변수에 포함되지 않은 변수들의 효과를 통제하는 다른 방법으로 오차항을 이용하는 방법이 있는데, 이 모델에서는 전 지자체를 대표하는 절편을 설정하고, 오차항을 두 개의 구성요소로 나누어 설명하는 방법이다. 오차항의 한 구성요소는 일반 회귀식에서 정의되는 오차항이고, 다른 하나는 개별 지자체가 갖는 절편과 본 회귀식에서 대표되는 절편과의 차이를 나타내는 오차항이다. 이와 같이 오차항을 이용한 분석 모형을 Random Effects 모형이라고 한다.

이 두 모형의 우월성은 자료의 구성과 사용 용도에 따라 다르다. 모집단 전체를 대상으로 한 자료를 이용하여 이 모집단의 특성을 분석할 경우에는 Fixed Effects 모형이 우월하고 표본 자료를 이용하여 모집단의 특성을 추론하는 경우에는 자유도(degree of freedom)를 높일 수 있는 Random Effects 모형을 사용한다.⁵⁾

본 연구에서는 가변수를 이용한 모형을 이용하여 분석하는데, 회귀식은 다음과 같다.

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

5) Peter Kennedy, 「A Guide to Econometrics」 The MIT Press, 1994

Y: 종속변수

X: 독립변수

D: 지자체 가변수

3. 실증 분석

3.1 자료 분석

본 연구에서는 생활용수 수요량 예측을 위해 1981년부터 1997년까지의 연도별 시계열 자료를 이용하였다. 수요량 추정은 가정용 수요량, 영업용(업무용, 공업용 포함) 수요량, 그리고 총 생활용수 수요량 등의 3가지 형태로 구분하여 하고자 하므로 개별 변수를 이와 같이 3가지 형태로 분류하여 시계열 자료를 수집하였다. 급수사용량은 실제 가격을 부과하는 유수수량을 이용하였고, 용수가격은 용수판매액을 급수사용량으로 나눈 평균가격을 90년 기준 물가지수를 이용한 실질 가격으로 변환하여 사용하였다. 소득 변수는 국내총생산(Gross Domestic Product)과 1인당 가치분 소득을 이용하였으며, 지자체별 분석에서는 1인당 지역총생산(Gross Regional Product)을 사용하였다. 인구 변수는 연도별 급수인구를 사용하였다.

급수사용량과 급수부과액, 그리고 급수인구는 지자체 통계연보 자료를 이용하였다. 충청남도의 경우 1993년부터 1996년까지의 급수사용량과 급수부과액 자료가 없어 상수도통계의 유수수량과 부과액을 사용하였다. 그러나, 상수도 통계에는 유수수량과 부과액이 업종별로 구분되어 있지 않다. 따라서, 지자체 통계연보에 있는 각 년도 업종별 급수사용량(부과액)의 전체 급수사용량(부과액)에 대한 비율의 추정대상연도 직전 3개 연도 평균을 계산하고 추정 대상 연도의 총 급수사용량(부과액)에 그 비율을 곱하여 업종별 급수사용량(부과액)을 계산하였다. 예를 들어 1993년의 가정용 급수사용량 추정식은 다음과 같다.

$$D_{93} = \left(\frac{X_{90} + X_{91} + X_{92}}{3} \right) * T_{93}$$

D_{93} : 1993년도 가정용 급수사용량

X_t : t년도 전체급수사용량 대비 가정용수사용량 비율

T_{93} : 1993년도 총 급수사용량

지역총생산은 통계청에서 발간한 지역총생산 자료를 이용하였다. 자료를 구할 수 없는 일부 지역의 경우는 급수사용량 추정식과 같은 이동평균식을 사용하여 지역총생산을 추정하였다. 분석 대상기간 중 광역시로 분리된 광주와 대전의 경우에는 전라남도과 충청남도에서 분리하여 정리하였으나, 울산광역시의 경우 독립된 자료가 미비하여 경상남도에 포함시켜 정리하였다.

지자체별 자료를 합계한 전국의 연도별 자료의 특성을 분석한 <표 IV-1>에 의하면 급수인구의 연구대상 기간 17년간의 평균은 31,772천명이고 최대 급수인구는 39,607천명이며 최소 급수인구는 22,251천명이다. 평균 가정용수 사용량은 1,645백만톤이고 최대 가정용수 사용량은 2,649백만톤이며 최소 가정용수 사용량은 699백만톤이다. 가정용수에 대한 부과액 평균은 238,714백만원이고 최대 부과액은 554,528백만원이며 최소 부과액은 52,595백만원이다. 부과액을 사용량으로 나눈 가정용수의 평균가격을 실질가격으로 환산한 가격을 보면 평균 실질가격은 131원이다. 평균 영업용수(업무용수 및 공공용수 포함) 사용량은 839백만톤이고 최대 영업용수 사용량은 1,328백만톤이며 최소 영업용수 사용량은 421백만톤이다. 영업용수에 대한 부과액 평균은 326,272백만원이고 최대 부과액은 728,514백만원이며 최소 부과액은 78,801백만원이다. 영업용수의 평균가격을 실질가격으로 환산한 가격은 359원이다. 생활용수(유수수량)의 평균 사용량은 2,677백만톤이고 최대 생활용수 사용량은 4,365백만톤이며 최소 생활용수 사용량은 1,185백만톤이다. 생활용수에 대한 부과액 평균은 607,663백만원이고 최대 부과액은 1,375,743백만원이며 최소 부과액은 141,894백만원이다. 부과액을 사용량으로 나눈 가정용수의 평균가격을 실질가격으로 환산한 가격은 210원이다.

<표 IV-1> 전국총계의 연도별 자료 특성 분석(1981~1997)

변수명	단위	평균	최대	최소	표준편차
급수인구	천명	31,772	39,607	22,251	5,673
지역총생산	백만원	169,403,725	298,383,573	76,596,159	70,494,269
개인가처분소득	원	3,871,499	6,364,430	1,998,908	1,400,487
가정용사용량	톤	1,644,778,561	2,649,442,652	699,238,480	666,928,096
가정용부과액	천원	238,714,318	554,527,503	52,594,867	157,800,921
가정용수실질가격	원	131	144	114	9
영업용수사용량	톤	839,362,451	1,328,370,299	421,086,408	326,770,104
영업용수 부과액	천원	326,272,329	728,514,408	78,801,210	202,853,655
영업용수실질가격	원	359	437	283	35
생활용수사용량	톤	2,677,369,430	4,364,736,132	1,184,768,338	1,079,710,741
생활용수부과액	천원	607,662,885	1,375,743,470	141,894,405	384,233,413
생활용수실질가격	원	210	261	181	20

1997년도 지자체별 변수들의 특성을 나타낸 <표 IV-2>에 의하면 급수인구의 평균은 2,640천명이고 최대 급수인구는 10,386천명이며 최소 급수인구는 528천명이다. 평균 가정용수 사용량은 176,630천톤이고 최대 가정용수 사용량은 816,840천톤이며 최소 가정용수 사용량은 30천톤이다. 가정용수에 대한 부과액 평균은 36,969백만원이고 최대 부과액은 145,259백만원이며 최소 부과액은 10,249백만원이다. 부과액을 사용량으로 나눈 가정용수의 평균가격을 실질가격으로 환산한 가격은 158원이다. 그리고 평균 영업용수(업무용수 및 공공용수 포함) 사용량은 88,558천톤이고 최대 영업용수 사용량은 315,154천톤이며 최소 영업용수 사용량은 10,876천톤이다. 영업용수에 대한 부과액 평균은 48,568백만원이고 최대 부과액은 191,167백만원이며 최소 부과액은 10,209백만원이다. 영업용수의 평균가격을 실질가격으로 환산한 가격을 보면 평균 실질가격은 397원이다. 또한 생활용수(유수수량)의 평균 사용량은 290,982천톤이고 최대 생활용수 사용량은 1,179백만톤이며 최소 생활용수 사용량은 46,702천톤이다. 생활용수에 대한 부과액 평균은 91,716백만원이고 최대 부과액은 351,491백만원이며 최소 부과액은 22,079백만원이다. 부과액을 사용량으로 나눈 가정용수의 평균가격을 실질가격으로 환산한 가격은 230원이다.

<표 IV-2> 1997년도 지자체별 자료 특성 분석

변수명	단위	평균	최대	최소	표준편차
급수인구	천명	2,640	10,386	528	2,715
지역총생산	백만원	19,895,518	66,971,545	2,815,007	18,789,599
개인가처분소득	원	6,105,925	8,840,063	4,351,255	1,314,555
가정용사용량	톤	176,629,510	816,839,815	30,352,112	212,328,710
가정용부과액	천원	36,968,500	145,259,344	10,249,200	37,690,911
가정용수실질가격	원	158	228	117	29
영업용수사용량	톤	88,558,020	315,153,574	10,875,897	85,384,788
영업용수 부과액	천원	48,567,627	191,166,879	10,209,243	48,350,979
영업용수실질가격	원	397	634	293	85
생활용수사용량	톤	290,982,409	1,178,992,285	46,702,475	308,569,067
생활용수부과액	천원	91,716,231	351,491,430	22,078,552	89,534,134
생활용수실질가격	원	230	319	181	38

3.2 시계열 모형의 실증분석

3.2.1 안정성 검정

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

생활 용수 수요량 예측을 위한 변수들의 안정성 검정결과를 나타낸 <표 IV-3>에 의하면 급수인구 변수만이 필립스-페론 검정의 경우 검정통계량이 -2.716268로 10% 유의수준에서 안정성을 보이고 다른 모든 변수들이 불안정성을 보이고 있다. 변수들에 자연대수를 취한 변수들의 검정 결과를 보면 ADF 검정결과에서 용수수요량과 급수 인구 변수만이 검정통계량이 각각 -2.739과 -3.191로 10% 유의수준에서 안정성을 보이고, 필립스-페론 검정의 경우에는 급수인구만이 검정통계량이 -5.699으로 10% 유의수준에서 안정성을 보이고 나머지는 불안정성을 보이고 있다.

<표 IV-3> 생활용수관련 시계열 자료의 안정성 분석 결과

변 수	ADF 검정통계	Phillips-Perron 검정통계량
생활용수 수요량	0.295148	0.766570
생활용수 가격	-1.425183	-2.558871
1인당 소득	2.436525	4.175728
급수인구	-2.368994	-2.716268
Log(생활용수수요량)	-2.739103	-2.298771
Log(생활용수가격)	-1.400426	-2.567132
Log(1인당 소득)	-1.315551	-0.983309
Log(급수인구)	-3.190749	-5.698876

Critical Value: ADF t-statistic 1%: -3.9635, 5%: -3.0818, 10%: -2.6829

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

<표 IV-4>에 나타난 가정용수 관련 변수들의 안정성의 경우, 필립스-페론 검정에서 용수 가격만이 검정통계량이 -2.781로 10%유의수준에서 안정성을 보이거나 다른 모든 변수들은 불안정성을 보이고 있다. 변수들에 자연대수를 취한 변수들의 검정 결과를 보면 ADF 검정결과에서 용수가격만이 검정통계량이 -1.389로 불안정성을 보이고 나머지 변수들은 안정적이다.⁶⁾

<표 IV-4> 가정용 용수관련 시계열 자료의 안정성 분석 결과

변 수	ADF 검정통계량	Phillips-Perron 검정통계량
용수 수요량	-0.305640	0.268082
용수 가격	-1.399729	-2.781351
Log(용수수요량)	-3.223836	-2.937020
Log(용수가격)	-1.388837	-2.864150

Critical Value: ADF t-statistic 1%: -3.9635, 5%: -3.0818, 10%: -2.6829

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

영업용수(업무용 및 공공용 포함)관련 변수들의 안정성을 검정한 결과인 <표 IV-5>에 의하면 필립스-페론 검정에서 용수 가격의 검정통계량이 -2.824로 안정성

6) 생활용수와 공동으로 사용하는 1인당 소득, 급수인구 등의 변수는 동일한 값이므로 본 표에서는 제외함.

을 보이고 이 변수를 제외한 나머지 변수들은 불안정성을 보이고 있다. 변수들에 자연대수를 취한 변수들의 검정 결과를 보면 필립스-페론 검정에서 용수가격의 검정통계량이 -3.037로 안정성을 보이고 나머지 변수들은 불안정성을 나타낸다. 따라서, 모든 변수들이 안정적이라는 전제하에 회귀분석을 통한 기존의 연구는 올바른 추정 방법이 아닐 수 있다. 이와 같이 불안정성을 보이는 변수를 사용하여 회귀분석을 하기 위해서는 공적분 관계에 대한 검정이 선행되어야 한다.

<표 IV-5> 영업(업무·공공용 포함) 용수 시계열 자료의 안정성 분석 결과

변 수	ADF 검정통계량	Phillips-Perron 검정통계량
영업용수 수요량	-0.081926	0.389037
영업용수 가격	-1.548860	-2.824257
국내총생산	2.895974	5.826056
Log(영업용수수요량)	-1.033674	-0.898256
Log(영업용수가격)	-1.534748	-3.036907
Log(국내총생산)	-1.541973	-1.413413

Critical Value: ADF t-statistic 1%: -3.9635, 5%: -3.0818, 10%: -2.6829

P-P t-statistics 1%: -3.9228, 5%:-3.0659, 10%: -2.6829

3.2.2 공적분 검정 및 탄력성 추정

업종별 용수 수요함수의 공적분 검정은 잔차항을 이용하는 방법(Residual Based Method)을 사용하여 분석하였으며 공적분 검정과 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 : 용수가격

Y : 1인당 실질 가치분소득

W_{pop} : 급수인구

탄력성 추정 및 공적분 검정 결과를 나타낸 <표 IV-6>에 따르면 필립스-페론 검정법을 이용한 공적분 검정 결과는 10%유의수준에서 용수 수요량이 가격, 소득, 그리고 급수인구에 대해 모든 함수에서 공적분 관계가 있는 것으로 나타났다.⁷⁾

생활용수 수요함수에서 가격탄력성은 -0.189로 가격이 10% 증가하면 용수수요는 1.89% 감소함을 보이고 있다. 소득탄력성은 0.470이고 급수인구탄력성은 1.371이며 t 통계량에 의하면 모든 추정치들은 유의함(significance)을 알 수 있다.

영업용수 수요함수(I)에서 가격탄력성은 -0.336이고 소득탄력성은 0.862이며 급수인구탄력성은 0.407이다. 가격과 소득탄력성은 모두 유의하나 급수인구탄력성은 t 통계량이 1.185로 유의하지 않다. 따라서, 용수수요에 대한 설명력이 유의하지 못한 급수인구 변수를 제외한 수요함수식을 수요함수(II)로 하여 회귀분석한 결과를 보면 가격탄력성과 소득탄력성은 유의하며 추정치는 각각 -0.333와 0.912이다.⁸⁾

가정용수 수요함수를 회귀분석한 결과를 보면 모든 추정치가 유의하며 가격탄력성은 -0.220이고 소득탄력성은 0.302이며 급수인구탄력성은 1.783이다.

<표 IV-6> 탄력성 추정 및 공적분 검정 결과

업종별 함수	가격탄력성	소득탄력성	급수인구 탄력성	ADF 검정통계량	Phillips-Perron 검정통계량
생활용수	-0.189 (-3.524)	0.470 (5.014)	1.371 (7.292)	-1.9650	-3.0249
영업용수(I)	-0.336 (-3.824)	0.862 (5.020)	0.407 (1.185)	-2.0739	-3.0980
영업용수(II)	-0.333 (-3.975)	0.912 (47.554)		-2.1887	-2.9501
가정용수	-0.220 (-2.800)	0.302 (2.784)	1.783 (8.164)	-2.2078	-2.8923

주: ()는 t 통계량

7) ADF 검정법에서는 공적분관계가 없는 것으로 나타나 필립스-페론 검정 결과에 의하여 본연구를 진행하였다.

8) 영업용수 수요는 경제활동에 필요한 용수수요가 주종을 이루므로 소득 변수를 1인당 가처분 소득 대신에 경제활동의 규모를 더 적절히 반영하는 국내총생산을 소득 변수로 사용하였다.

시계열 분석방법을 이용하여 업종별 용수수요함수를 분석한 결과들을 보면, 가격탄력성의 경우 영업용수 수요함수에서의 추정치가 가정용수 수요함수에서의 추정치보다 그 절대값이 커서 가정용수가 영업용수에 비해 더 비탄력적임을 보이고 있다. 이는 가정용수의 용수가격이 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 보이고 있다. 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 증가폭이 작다. 영업용의 경우 소득의 증가는 경제규모의 증가를 의미하며, 이에 따른 영업·업무용 용수 수요량은 가정용에 비해 상대적으로 크게 증가할 것으로 보인다. 급수인구 탄력성을 보면, 가정용수의 경우 그 값이 크고 유의하지만 영업용의 경우 그 값이 유의하지 않다. 그 이유는 영업용수의 수요층이 이미 도시화된 지역에 입지하여 급수인구의 증가에 별로 영향을 받지 않기 때문인 것으로 생각된다.

3.3 혼합모형 실증분석

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

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

D_i : 업종별 용수수요량(i : 가정용수, 영업용수, 생활용수)

P_i : 업종별 실질용수가격

Y : 지역총생산 또는 1인당 가처분소득

W_{pop} : 급수인구

D_j : 지자체 가변수

위 식을 이용하여 추정된 개별 변수의 탄력성은 <표 IV-7>과 같다. 생활용수 수요함수에서 가격탄력성은 -0.179로 가격이 1% 증가하면 생활 용수수요는 0.179% 감소함을 보이고 있다. 소득탄력성은 0.523이고 급수인구탄력성은 1.358이며 t 통계량에 의하면 모든 추정치들은 유의함(significance)을 알 수 있다.

영업용수 수요함수의 분석결과를 보면 가격탄력성은 -0.278이고 소득탄력성은 0.548이며 급수인구탄력성은 1.174이며 t 통계량은 모든 추정치는 유의함을 보이고 있다.

가정용수 수요함수를 회귀분석한 결과를 보면 모든 추정치가 유의하며 가격탄력성은 -0.251이고 소득탄력성은 0.501이며 급수인구탄력성은 1.441이다.

<표 IV-7> 혼합모형 회귀분석에 의한 개별 변수의 탄력성 추정

업종별 함수	가격탄력성	소득탄력성	급수인구 탄력성
생활용수	-0.179(-5.131)	0.523(22.211)	1.358(33.671)
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: ()는 t 통계량

혼합모형을 통한 업종별 용수수요함수의 회귀분석 결과에 의하면, 가정용수의 가격탄력성과 소득탄력성은 영업용수의 가격 및 소득 탄력성보다 약간 작지만 거의 비슷한 크기를 보이고 있고, 급수인구 탄력성은 영업용수의 급수인구 탄력성에 비해 약간 크지만 마찬가지로 비슷한 수준을 보이고 있다. 따라서, 가정용수와 영업용수의 가격 및 소득탄력성 그리고 급수인구 탄력성 추정치들은 시계열 분석 결과와는 달리 별 차이가 없다.

시계열 분석 모형의 회귀분석 결과에서는 영업용수의 수요 및 가격탄력성 추정값들이 가정용수의 추정값들에 비해 그 절대값이 커서 가격 및 소득에 상대적으로 더 크게 반응함을 보이는데 반해, 혼합 모형에서는 가격 및 소득의 변화에 가정용수 및 영업용수가 비슷하게 반응하는 것으로 나타났으며, 급수인구의 변화에 대해서도 비슷한 반응을 보이는 것으로 분석되었다. 혼합모형에서 가격 및 소득 변화에 대한 용수 수요량의 반응 정도는 시계열 모형에서의 가정용수 및 영업용수의

가격 및 소득 변화에 대한 용수 수요량 반응 정도의 평균 수준으로 반응함을 보여 전체적으로는 비슷한 수준의 수요량 변화 반응을 보이고 있다.

이와 같이 시계열 모형 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 지자체 별로 독립변수들의 종속변수에 대한 효과가 동일하다는 가정하에 동일한 가중치를 가지고 회귀분석을 한다. 그러나, 만약 지자체별로 파급효과가 동일하지 않다면 용수수요량의 규모가 작은 지자체의 파급효과는 시계열 분석에서는 그 비중이 적어 전체에 대한 파급효과가 미미할 수 있으나 혼합모형에서는 용수수요량이 큰 규모의 지자체와 동일한 비중으로 분석되므로 두 모형에서는 서로 다른 크기의 파급효과를 보일 수 있다.

4. 용수의 수요량 예측

미래의 생활용수에 대한 추정 절차는 첫째, 예측의 위한 시나리오를 설정하고 앞에서 추정한 변수별 탄력성을 이용하여 업종별 수요량을 추정한다. 둘째, 영업용수 및 가정용수가 총 유수수량에서 차지하는 비중을 이용하여 유수수량을 추정한다. 끝으로, 총 용수수요량에서 유수수량이 차지하는 비중을 이용하여 총 생활용수 수요량을 추정한다.

가정용수 수요예측함수는 다음과 같다.

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

D : 용수수요량

E : 탄력성

P : 가격

Y : 소득

POP : 급수인구

영업용수 수용량 예측함수는 시계열 분석에서는 급수인구를 제외한 함수를 이용한 다음 식을 사용하였다.

$$D_t = (1 + (E_p * \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}}) + (E_y * \frac{Y_t - Y_{t-1}}{Y_{t-1}})) * D_{t-1}$$

혼합모형에서의 영업용수 수용량 예측함수는 급수인구의 영업용수에 대한 파급 효과의 추정치가 유의함으로 급수인구를 포함한 가정용수 수요 추정식과 동일한 식을 이용한다.

4.1 시나리오 설정

시나리오 구성을 위한 설명변수들의 추세는 각 기관들이 제공하는 예측치를 근거로 하여 구성하였다. 용수가격은 1997년 현재 생산원가의 72.8%이다. 환경부의 수도요금 현실화 계획에 의하면 1999년까지 생산비의 85%, 2000년까지 95%, 그리고 2001년까지 용수가격을 생산원가와 같도록 인상할 계획이다. 따라서, 용수가격은 1999까지 매년 1997년 용수가격의 8.1%씩 증가하고 2000년에는 11.8%, 그리고 2001년에는 5.3%증가하며 그후로는 용수가격이 증가하지 않는 것으로 가정한 시나리오와 현재 추정된 용수 생산원가가 댐 건설 비용과 환경 비용 등의 비용을 제대로 반영하지 못하였으므로 이를 반영하기 위해 2001년 이후 계속 용수가격이 3%씩 증가하는 것으로 가정한 시나리오를 설정하였다. 급수인구는 1990년대에는 2%대의 증가율을 보이며 점차 증가율이 감소추세에 있어 2011년까지의 급수인구 증가율은 연 평균 1.0%증가하는 것으로 가정하고, 소득의 증가율은 각 연구기관의 예측치가 다양하여 연평균 소득증가율이 각각 3%, 5% 증가하는 두 가지 경우를 가정하였다. 본 연구에서 사용한 용수수요량은 유수수량으로 총 생활용수 수요를 추정하기 위해서 과거 유수수량이 총 생활용수에서 차지하는 비중을 고려하여 앞으로의 유수수량의 비중을 가정하고 이를 이용하여 총 생활용수량을 추정한다. 1990년대의 총 생활용수량에서 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 4가지 시나리오의 차이는 다음과 같다.

시나리오 1: 가격이 생산원가에 도달할 때까지만 증가하고 소득은 매년 3%증가

시나리오 2: 가격이 생산원가에 도달할 때까지만 증가하고 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

4.2 시계열 모형을 이용한 생활용수 수요량 추정

4.2.1 유수수량 추정

시나리오별 유수수량을 추정된 <표 IV-8>에 의하면 가정용수량은 시나리오 1의 경우 1999년 2,698백만톤에서 2011년 3,574백만톤으로 증가하고 시나리오 2에서는 1999년 2,730백만톤에서 2011년 3,882백만톤으로 증가하여 2011년의 용수수요량이 큰 차이를 보이지 않는다. 이는 가정용수의 소득탄력성이 작아서 소득증가율이 3%에서 5%로 증가하여도 가정용수 수요량은 크게 변하지 않기 때문이다. 가격이 현실화된 이후에도 실질원가를 반영하기 위해 2001년 이후에도 지속적으로 가격이 3%씩 증가하는 시나리오 3의 경우 가정용수 수요량은 1999년 2,698백만톤에서 2011년 3,351백만톤으로 증가하고, 시나리오 4에서는 1999년 2,730백만톤에서 2011년 3,641백만톤으로 증가하여 시나리오 1, 2에 비해 용수수요량이 2011년에 각각 약 2억톤 가량이 적다. 따라서, 2001년까지 요금현실화 한 후 2002년부터 가정용수 가격을 3%씩 상승시키면 2011년에 가정용수 수요량은 약 2억톤을 절감할 수 있다.

<표 IV-8> 시나리오별 유수수량(시계열 분석)

(단위: 백만톤/년)

연도	시나리오 1			시나리오 2		
	가정용수량	영업용수량	유수수량	가정용수량	영업용수량	유수수량
1999	2,698	1,329	4,421	2,730	1,378	4,510
2000	2,700	1,314	4,406	2,749	1,387	4,540
2001	2,741	1,326	4,465	2,808	1,426	4,647
2002	2,815	1,363	4,586	2,900	1,491	4,820
2003	2,891	1,400	4,710	2,996	1,559	4,999
2004	2,968	1,438	4,837	3,094	1,630	5,186
2005	3,048	1,478	4,968	3,196	1,704	5,379
2006	3,130	1,518	5,102	3,301	1,782	5,580
2007	3,214	1,559	5,240	3,410	1,863	5,788
2008	3,301	1,602	5,382	3,522	1,948	6,005
2009	3,390	1,646	5,528	3,638	2,037	6,230
2010	3,481	1,691	5,677	3,758	2,130	6,463
2011	3,574	1,737	5,831	3,882	2,227	6,706

연도	시나리오 3			시나리오 4		
	가정용수량	영업용수량	유수수량	가정용수량	영업용수량	유수수량
1999	2,698	1,329	4,421	2,730	1,378	4,510
2000	2,700	1,314	4,406	2,749	1,387	4,540
2001	2,741	1,326	4,465	2,808	1,426	4,647
2002	2,797	1,349	4,551	2,882	1,477	4,784
2003	2,854	1,373	4,639	2,957	1,529	4,925
2004	2,912	1,397	4,729	3,035	1,584	5,070
2005	2,971	1,421	4,821	3,115	1,640	5,220
2006	3,031	1,446	4,914	3,197	1,698	5,374
2007	3,092	1,471	5,009	3,281	1,759	5,533
2008	3,155	1,496	5,106	3,368	1,821	5,696
2009	3,219	1,522	5,205	3,456	1,886	5,865
2010	3,285	1,549	5,305	3,547	1,954	6,038
2011	3,351	1,565	5,397	3,641	2,023	6,217

영업용수 수요량은 시나리오 1의 경우 1999년 1,329백만톤에서 2011년 1,737백만톤으로 증가하고 시나리오 2에서는 1999년 1,378백만톤에서 2011년 2,227백만톤으로 증가하여 가정용수 수요량보다 큰 변화를 보인다. 이는 영업용수량의 소득탄력성이 커서 소득증가율이 3%에서 5%로 증가하면 용수수요량이 크게 증가하게 되기 때문이다. 가격이 2001년 이후에도 지속적으로 3%씩 증가하는 시나리오 3의 경우 1999년 1,329백만톤에서 2011년 1,565백만톤으로 증가하고, 소득도 5%씩 지속적으로 증가하는 시나리오 4에서는 1999년 1,378백만톤에서 2011년 2,023백만톤으로 증가하여 시나리오 1, 2에 비해 가격이 2001년 이후에도 지속적으로 3%씩 증가하는 시나리오 3, 4의 경우 영업용수 수요량이 2011년에 약 2억톤 가량이 적다. 따라서, 2001년까지 요금현실화 한 후 2002년부터 용수 가격을 3%씩 상승시키면 2011년에 영업용수 수요량은 약 2억톤 정도 절감할 수 있다.

가정용수와 영업용수 수요량 추정 결과를 이용하여 추정한 유수수량을 보면 가격상승률이 같고 소득 상승률이 3%에서 5%로 증가하면 시나리오 1과 2에서 2011년의 유수수량은 각각 5,831백만톤과 6,706백만톤으로 약 8.8억톤이 증가하고, 시나리오 3과 4의 경우 유수수량이 각각 5,397백만톤과 6,217백만톤으로 약 8.2억톤이 증가한다. 소득상승률이 같고 가격 상승률이 2001년까지만 증가하는 경우와 2001년 이후에도 실질 생산원가를 반영하기 위해 가격이 지속적으로 3%씩 증가하는 시나리오 1과 3의 경우 용수수요량의 차이를 보면 2011년의 유수수량이 각각 5,831백만톤과 5,397백만톤으로 가격 상승으로 약 4.3억톤의 유수수량이 감소한다. 시나리오 2와 4의 경우, 2011년의 유수수량이 각각 6,706백만톤과 6,217백만톤으로 가격상승시 약 4.9억톤의 유수수량이 감소한다.

4.2.2 생활용수 수요 추정

앞 절에서 추정한 유수수량과 시나리오 설정시 가정한 유수수량 비율을 이용하여 각각의 시나리오별로 생활용수 수요량을 추정한 결과는 <표 IV-9>와 같다. 시나리오 1에서 1999년도 생활용수 수요량은 6,204백만톤이며 2011년에는 7,518백만톤으로 증가한다. 소득 증가율이 3%에서 5%로 증가하는 시나리오 2의 경우 생활용수 수요량은 1999년에 6,330백만톤에서 2011년에 8,647백만톤으로 증가하여 시나리오 1의 경우에 비해 2011년의 생활용수 수요량이 약 11.3억톤 증가한다. 가격에 실질 용수생산 원가를 반영하기 위해 2001년 이후에도 지속적으로 3%씩 동일하게

증가하고 소득이 각각 3%, 5%로 증가하는 시나리오 3과 4의 경우에도 2011년의 생활용수 수요량이 각각 6,959백만톤과 8,017백만톤으로 소득 증가로 인한 생활용수 수요량 증가는 약 10.58억톤 정도이다.

소득증가율이 같은 가정에서 가격 증가율이 용수생산 원가만을 반영하는 수준으로 증가하는 시나리오와 가격이 실질 용수 생산원가를 반영하기 위해 2001년 이후에도 3%씩 증가하는 시나리오 2와 4의 비교 결과를 보면 시나리오 1과 3에서는 2011년도의 생활용수 수요량이 각각 7,518백만톤과 6,959백만톤으로 가격상승율이 증가하는 경우 약 5.6억톤의 생활용수 수요량이 줄고, 시나리오 2와 4에서는 2011년도의 생활용수 수요량이 각각 8,647백만톤과 8,017백만톤으로 가격상승율이 증가하는 경우 약 6.3억톤의 생활용수 수요량이 줄어드는 것으로 나타났다.

<표 IV-9> 생활용수 수요량 추정(시계열 분석)
시나리오1

(단위: 백만톤/년)

year	유수수량	유수율	생활용수
1999	4,421	0.7125	6,204
2000	4,406	0.7180	6,136
2001	4,465	0.7235	6,171
2002	4,586	0.7290	6,291
2003	4,710	0.7345	6,412
2004	4,837	0.7400	6,537
2005	4,968	0.7455	6,664
2006	5,102	0.7505	6,799
2007	5,240	0.7555	6,936
2008	5,382	0.7605	7,077
2009	5,528	0.7655	7,221
2010	5,677	0.7705	7,368
2011	5,831	0.7755	7,518

시나리오2

(단위: 백만톤/년)

year	유수수량	유수율	생활용수
1999	4,510	0.7125	6,330
2000	4,540	0.7180	6,323
2001	4,647	0.7235	6,423
2002	4,820	0.7290	6,612
2003	4,999	0.7345	6,806
2004	5,186	0.7400	7,008
2005	5,379	0.7455	7,215
2006	5,580	0.7505	7,435
2007	5,788	0.7555	7,662
2008	6,005	0.7605	7,896
2009	6,230	0.7655	8,138
2010	6,463	0.7705	8,388
2011	6,706	0.7755	8,647

시나리오 3

(단위: 백만톤/년)

year	유수수량	유수율	생활용수
1999	4,421	0.7125	6,204
2000	4,406	0.7180	6,136
2001	4,465	0.7235	6,171
2002	4,551	0.7290	6,243
2003	4,639	0.7345	6,316
2004	4,729	0.7400	6,391
2005	4,821	0.7455	6,466
2006	4,914	0.7505	6,547
2007	5,009	0.7555	6,630
2008	5,106	0.7605	6,714
2009	5,205	0.7655	6,799
2010	5,305	0.7705	6,886
2011	5,397	0.7755	6,959

시나리오 4

(단위: 백만톤/년)

year	유수수량	유수율	생활용수
1999	4,510	0.7125	6,330
2000	4,540	0.7180	6,323
2001	4,647	0.7235	6,423
2002	4,784	0.7290	6,562
2003	4,925	0.7345	6,705
2004	5,070	0.7400	6,851
2005	5,220	0.7455	7,002
2006	5,374	0.7505	7,160
2007	5,533	0.7555	7,323
2008	5,696	0.7605	7,490
2009	5,865	0.7655	7,661
2010	6,038	0.7705	7,837
2011	6,217	0.7755	8,017

4.3 혼합 모형을 이용한 생활용수 수요량 추정

4.3.1 유수수량 추정

시나리오별 유수수량을 추정한 <표 IV-10>에 의하면 가정용수량은 시나리오 1의 경우 1999년 2,698백만톤에서 2011년 3,664백만톤으로 증가하고 시나리오 2에서는 1999년 2,752백만톤에서 2011년 4,199백만톤으로 증가하여 2011년의 용수수요량은 소득 증가율이 3%에서 5%로 증가하면 약 5.4억톤 증가하는 것으로 나타났다. 가격이 현실화된 이후에도 실질원가를 반영하기 위해 2001년 이후에도 지속적으로 가격이 3%씩 증가하는 시나리오 3의 경우 가정용수 수요량은 1999년 2,698백만톤에서 2011년 3,404백만톤으로 증가하고 시나리오 4에서 1999년 2,752백만톤에서 2011년 3,905백만톤으로 증가하여 시나리오 1, 2에 비해 용수수요량이 2011년에 약 2.6~2.9억톤 가량이 줄어든다. 따라서, 2001년까지 요금을 현실화한 후 2002년부터 가정용수 가격을 3%씩 상승시키면 2011년에 가정용수 수요량은 약 2.6~2.9억톤 정도를 절감할 수 있다.

<표 IV-10> 시나리오별 유수수량(혼합모형 분석)

(단위: 백만톤/년)

연도	시나리오 1			시나리오 2		
	가정용수량	영업용수량	유수수량	가정용수량	영업용수량	유수수량
1999	2,698	1,343	4,436	2,752	1,373	4,528
2000	2,697	1,337	4,429	2,779	1,382	4,567
2001	2,741	1,355	4,496	2,852	1,415	4,684
2002	2,822	1,393	4,627	2,964	1,471	4,868
2003	2,905	1,433	4,761	3,081	1,528	5,060
2004	2,990	1,473	4,899	3,203	1,588	5,259
2005	3,078	1,515	5,042	3,329	1,650	5,466
2006	3,169	1,557	5,188	3,460	1,715	5,681
2007	3,262	1,601	5,338	3,597	1,782	5,904
2008	3,358	1,646	5,493	3,739	1,852	6,137
2009	3,457	1,693	5,653	3,886	1,924	6,378
2010	3,559	1,740	5,817	4,040	1,999	6,629
2011	3,664	1,789	5,986	4,199	2,078	6,890

연도	시나리오 3			시나리오 4		
	가정용수량	영업용수량	유수수량	가정용수량	영업용수량	유수수량
1999	2,698	1,343	4,436	2,752	1,373	4,528
2000	2,697	1,337	4,429	2,779	1,382	4,567
2001	2,741	1,355	4,496	2,852	1,415	4,684
2002	2,801	1,382	4,592	2,943	1,459	4,832
2003	2,862	1,410	4,689	3,037	1,504	4,984
2004	2,925	1,437	4,789	3,134	1,550	5,141
2005	2,989	1,466	4,890	3,234	1,598	5,303
2006	3,055	1,495	4,994	3,337	1,647	5,471
2007	3,122	1,525	5,100	3,443	1,698	5,643
2008	3,190	1,555	5,209	3,553	1,750	5,822
2009	3,260	1,586	5,319	3,667	1,804	6,005
2010	3,331	1,617	5,432	3,784	1,860	6,195
2011	3,404	1,649	5,547	3,905	1,917	6,390

영업용수 수요량은 시나리오 1의 경우 1999년 1,343백만톤에서 2011년 1,789백만톤으로 증가하고 시나리오 2에서는 1999년 1,373백만톤에서 2011년 2,078백만톤으로 증가하여 소득증가율이 3%에서 5%로 증가하는 경우 2011년에 약 2.9억톤의 추가 용수수요량이 발생한다. 가격이 2001년 이후에도 지속적으로 3%씩 증가하는 시나리오 3의 경우 1999년 1,343백만톤에서 2011년 1,649백만톤으로 증가하고, 소득도 5%씩 지속적으로 증가하는 시나리오 4에서는 1999년 1,373백만톤에서 2011년 1,917백만톤으로 증가하여 시나리오 3, 4의 경우 시나리오 1, 2에 비해 영업용수 수요량이 2011년에 약 1.5톤 가량이 줄어든다. 따라서, 2001년까지 요금현실화한 후 2002년부터 용수 가격을 3%씩 상승시키면 2011년에 영업용수 수요량은 약 1.5억톤 정도 절감할 수 있다.

가정용수와 영업용수 수요량추정 결과를 이용하여 추정한 유수수량을 보면 가격상승률이 같고 소득 상승률이 3%에서 5%로 증가하면 시나리오 1과 2에서는 2011년의 유수수량은 각각 5,986백만톤과 6,890백만톤으로 약 9억톤이 증가하고, 시나리오 3과 4의 경우 유수수량이 각각 5,547백만톤과 6,390백만톤으로 약 8.4억톤이 증가한다. 소득상승률이 같고 가격 상승률이 2001년까지만 증가하는 경우와 2001년 이후에도 실질 생산원가를 반영하기 위해 가격이 지속적으로 3%씩 증가하는 경우의 용수수요량의 차이를 보면 시나리오 1과 3에서 2011년의 유수수량이 각각 5,986백만톤과 5,547백만톤으로 가격 상승으로 약 4.4억톤의 유수수량이 감소한다. 시나리오 2와 4의 경우, 2011년의 유수수량이 각각 6,890백만톤과 6,390백만톤으로 가격상승시 약 5억톤의 유수수량이 감소한다.

4.3.2 생활용수 수요 추정

각각의 시나리오별로 생활용수 수요량을 추정한 결과는 <표 IV-11>과 같다. 가격이 생산원가를 반영하도록 2001년까지만 증가하고 소득이 3%씩 증가하는 시나리오 1에서의 생활용수 수요량은 1999년에 6,226백만톤이고 2011년에는 7,719백만톤으로 증가한다. 가격상승율은 시나리오 1과 동일하고 소득 증가율이 3%에서 5%로 증가하는 시나리오 2의 경우 생활용수 수요량은 1999년에 6,355백만톤에서 2011년에 8,885백만톤으로 증가하여 시나리오 1의 경우에 비해 2011년의 생활용수 수요량이 약 11.7억톤 증가한다. 가격이 실질 용수생산 원가를 반영하기 위해 2001년 이후에도 지속적으로 3%씩 동일하게 증가하고 소득이 3%에서 5%로 증가하는

시나리오 3과 4의 경우에도 1999년의 생활용수 수요량이 각각 6,226백만톤과 6,355백만톤에서 2011년에는 생활용수 수요량이 각각 7,153백만톤과 8,240백만톤으로 소득 증가로 인한 생활용수 수요량 증가는 약 10.9억톤 정도이다.

소득증가율이 같은 가정에서 가격 증가율이 용수생산 원가만을 반영하는 수준으로 증가하는 시나리오와 가격이 실질 용수 생산원가를 반영하기 위해 2001년 이후에도 3%씩 증가하는 시나리오의 생활용수 수요량의 차이를 보여주는 시나리오 1·3과 시나리오 2·4의 비교 결과를 보면 시나리오 1과 3에서는 2011년도의 생활용수 수요량이 각각 7,719백만톤과 7,153백만톤으로 가격상승율이 증가하는 경우 약 5.7억톤의 생활용수 수요량이 줄고, 시나리오 2와 4에서는 2011년도의 생활용수 수요량이 각각 8,885백만톤과 8,240백만톤으로 가격상승율이 증가하는 경우 약 6.5억톤의 생활용수 수요량이 줄어드는 것으로 나타났다.

<표 IV-11> 생활용수 수요량 추정(혼합모형 분석)
시나리오1

(단위: 백만톤/년)

year	유수수량	유수율	생활용수
1999	4,436	0.7125	6,226
2000	4,429	0.7180	6,168
2001	4,496	0.7235	6,215
2002	4,627	0.7290	6,347
2003	4,761	0.7345	6,482
2004	4,899	0.7400	6,621
2005	5,042	0.7455	6,763
2006	5,188	0.7505	6,913
2007	5,338	0.7555	7,066
2008	5,493	0.7605	7,223
2009	5,653	0.7655	7,385
2010	5,817	0.7705	7,550
2011	5,986	0.7755	7,719

시나리오2

(단위: 백만톤/년)

year	유수수량	유수율	생활용수
1999	4,528	0.7125	6,355
2000	4,567	0.7180	6,361
2001	4,684	0.7235	6,474
2002	4,868	0.7290	6,678
2003	5,060	0.7345	6,889
2004	5,259	0.7400	7,106
2005	5,466	0.7455	7,332
2006	5,681	0.7505	7,569
2007	5,904	0.7555	7,815
2008	6,137	0.7605	8,069
2009	6,378	0.7655	8,332
2010	6,629	0.7705	8,604
2011	6,890	0.7755	8,885

시나리오 3

(단위: 백만톤/년)

year	유수수량	유수율	생활용수
1999	4,436	0.7125	6,226
2000	4,429	0.7180	6,168
2001	4,496	0.7235	6,215
2002	4,592	0.7290	6,299
2003	4,689	0.7345	6,384
2004	4,789	0.7400	6,471
2005	4,890	0.7455	6,560
2006	4,994	0.7505	6,655
2007	5,100	0.7555	6,751
2008	5,209	0.7605	6,849
2009	5,319	0.7655	6,949
2010	5,432	0.7705	7,050
2011	5,547	0.7755	7,153

시나리오 4

(단위: 백만톤/년)

year	유수수량	유수율	생활용수
1999	4,528	0.7125	6,355
2000	4,567	0.7180	6,361
2001	4,684	0.7235	6,474
2002	4,832	0.7290	6,628
2003	4,984	0.7345	6,786
2004	5,141	0.7400	6,948
2005	5,303	0.7455	7,114
2006	5,471	0.7505	7,290
2007	5,643	0.7555	7,470
2008	5,822	0.7605	7,655
2009	6,005	0.7655	7,845
2010	6,195	0.7705	8,040
2011	6,390	0.7755	8,240

4.4 모형별 용수 수요량 예측결과 비교 분석

시계열 분석 모형과 혼합모형을 이용하여 시나리오별로 생활용수 수요량을 예측한 결과를 <표 IV-12>에 정리하였다. 이 표에 의하면 두 모형별 생활용수 수요량 추정치들이 시나리오별로 비슷한 추정 수요량을 보이고 있음을 알 수 있으나, 시계열 모형의 생활용수 수요량 추정치에 비해 혼합모형의 수요량 추정치들이 약 2억톤 정도씩 더 많은 것으로 나타났다. 2011년의 생활용수 수요량에서 시나리오 1의 경우를 보면 시계열 모형에서는 7,518백만톤의 생활용수 수요량 추정치를 보이고 있으며 혼합모형에서도 7,719백만톤의 수요량 추정치를 보여 그 차이는 201백만톤 정도이다. 시나리오 2의 경우 시계열 모형에서는 8,838백만톤의 생활용수 수요량 추정치를 보이고 있으며 혼합모형에서도 9,079백만톤의 수요량 추정치를 보여 그 차이는 241백만톤 정도이다. 시나리오 3의 경우, 시계열 모형에서는 7,112백만톤의 생활용수 수요량 추정치를 보이고 있으며 혼합모형에서도 7,312백만톤의 수요량 추정치를 보여 그 차이는 약 200백만톤 정도이다. 시나리오 4의 경우 시계열 모형에서는 8,193백만톤의 생활용수 수요량 추정치를 보이고 있으며 혼합모형에서도 8,421백만톤의 수요량 추정치를 보여 그 차이는 약 228백만톤 정도이다. 따

라서, 두 모형 분석결과에 의하면 두 모형간의 추정치 차이는 별로 크지 않아서 가장 큰 차이를 보이는 시나리오 2의 경우 약 2.4억톤의 차이를 보이고 시나리오 3의 경우에는 약 2억톤의 차이만을 보이고 있다. 시나리오별 연구 결과에 의하면 용수 가격의 조정을 통하여 생활용수 수요량을 상당히 줄일 수 있음을 알 수 있다. 시나리오 1, 2에 비해 용수가격이 2001년 이후 매년 3%씩 증가하는 시나리오 3, 4의 경우, 2011년의 용수 사용량이 약 5.6억톤에서 6.45억톤정도 감소한다.

<표 IV-12> 분석모형별 생활용수 수요량 추정결과

(단위: 백만톤/년)

구분	시계열 모형				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

2011년 생활용수 수요량을 1인당 1일 수요량으로 환산하면 <표 IV-13>과 같다. 급수인구가 매년 1%씩 증가하면 2011년의 급수인구는 45,527천명으로 이를 이용하여 시나리오별로 수요량을 추정하였다. 시계열 모형에서는 실질소득이 5%씩 매년 증가하고 가격이 생산원가만을 반영하는 시나리오 2의 경우 520ℓ로 가장 많은 수요량을 보이고 실질소득이 3%씩 증가하고 실질생산원가를 반영하기 위해 2001년 이후에도 용수가격이 3%씩 증가하는 시나리오 3의 경우가 용수수요량이 419ℓ로 가장 적다. 소득 증가율이 같은 조건에서 2001년 이후 용수 가격이 3%씩 증가

하는 경우와 가격이 증가하지 않는 경우를 비교하면(시나리오 1과 3, 시나리오 2와 4) 1인당 1일 용수 절감량은 약 30ℓ ~40ℓ 정도로 추정된다.

혼합 모형에서는 실질소득이 5%씩 매년 증가하고 가격이 생산원가만을 반영하는 시나리오 2의 경우가 535ℓ로 가장 많은 수요량을 보이고 실질소득이 3%씩 증가하고 실질생산원가를 반영하기 위해 2001년 이후에도 용수가격이 3%씩 증가하는 시나리오 3의 경우가 용수수요량이 430ℓ로 가장 적다. 소득 증가율이 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 시계열 모형과 마찬가지로 약 30ℓ ~40ℓ 정도로 추정된다.

<표 IV-13> 분석모형별 1인당 생활용수 수요량 추정

(단위: ℓ/일/인)

구분	시계열 모형				혼합모형			
	시나리오 1	시나리오 2	시나리오 3	시나리오 4	시나리오 1	시나리오 2	시나리오 3	시나리오 4
2011년	452	520	419	482	465	535	430	496

생활용수 가격이 생산원가에 미치지 못하고 있는 현실에서 현재의 가격을 고수한다는 것은 정부부문의 다른 재원으로 이 차이를 보전해야 함을 뜻한다. 즉, 이와 같이 원가에 미치지 못하는 가격으로 인한 비용 차액은 정부 예산으로 그 비용을 충당해야 하는 것이다. 따라서 이러한 비용을 반영한 용수 가격 정책이 이루어지지 않으면 자원 분배의 비효율성을 가져와 생활용수의 과다수요를 유발하게 된다. 본 연구 결과는 실질 원가를 반영하는 가격 정책을 통하여 생활용수 수요량을 상당히 줄일 수 있음을 보이고 있으며, 이는 정부 재정을 건실하게 할 뿐만 아니라 자원의 효율적 이용을 촉진시킬 것이다.

V. 결론 및 정책 방향

기존의 용수문제 해결을 위한 방안으로 수요관리 정책보다는 새로운 용수공급원 개발에 초점을 둔 정책이 한정된 수자원을 효율적으로 이용하는데 저해 요인이 될 뿐만 아니라 환경문제와 지역 주민의 반발로 인하여 새로운 용수공급원의 개발에도 한계에 도달하였다. 따라서, 본 연구에서는 공급측면의 용수 정책에 대한 대안으로 용수수요에 영향을 미치는 경제변수를 통한 수요관리 정책의 효과를 분석하였다.

경제 변수를 고려한 용수수요 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 검증한 후 시계열 분석을 통하여 생활용수 수요를 예측하였으며, 시계열 분석시 문제가 될 수 있는 자료 부족의 문제점을 보완하기 위하여 시계열 자료와 횡단면 자료를 이용한 혼합모형을 이용하여 생활용수 수요를 예측하였다.

본 연구의 분석 결과를 보면 시계열 분석 결과와 혼합모형 분석 결과를 이용한 생활용수 추정 수요량은 서로 큰 차이를 보이지 않고 비슷한 예측을 하고 있다. 시계열 분석결과를 보면 2011년의 생활용수 수요량은 시나리오별로 차이는 있지만 6,959~8,647백만톤 정도인 것으로 추정되고 있다. 소득이 과거와 비슷한 수준으로 5%씩 증가하고 2001년 이후 용수 가격이 상승하지 않으면 생활용수 수요량은 가장 커서 86.47억톤에 이르나, 소득이 매년 3%씩 증가하고 2001년 이후 용수 가격이 3%씩 증가하면 수요량은 69.59억톤이 되어 약 16.88억톤의 차이를 보이고 있다. 이러한 차이 중에서 소득 증가율이 5%에서 3%로 줄어듬에 따른 감소량은 약 11.29억톤이고, 가격 상승에 따른 감소분은 약 5.59억톤 정도이다. 이러한 결과는 용수 가격을 10년 동안 총 34.39%(매년 3%씩 상승할 경우 총 증가율)만 증가시켜도 5.59억톤의 용수를 절약할 수 있음을 보이고 있다. 따라서, 소득이 과거와 같이 상승하고 가격상승율이 미진한 경우에는 생활용수 수요량이 2011년에 최대 86억톤에 달하지만, 적절한 가격 정책을 통하여 생활용수 수요량을 69.59억톤 수준으로 줄일 수 있다. 이러한 결과는 혼합모형의 결과에서도 유사하다.

본 연구 결과에 의하면 2011년의 용수수요량이 최대 88억톤에 이르는 경우도 있으나, 이러한 결과는 본 연구의 시나리오 설정시 대부분의 가정을 가능한 한 용수 수요량이 클 경우로 설정하였기 때문에 현실적으로 실현가능성은 다른 시나리오의 경우 보다 적다. 즉, 유수율의 경우 환경부의 계획 수준보다 상당히 낮은 수준으로 가정하였다. 그리고 용수 실질원가가 현재 사용되는 생산원가에 비해 상당히 높은 것으로 추정되고 있으나 2001년 이후 10년간 용수가격은 약 34% 증가하는 것으로 가정하여 용수가격이 실질원가를 반영하지 못할 뿐만 아니라 실질소득 증가율보다 낮게 설정하였다. 따라서, 환경부가 수요관리 정책을 확고히 하고 있는 현실을 감안하고 유수율의 증가수준이 환경부의 계획대로 이루어진다면 2011년의 용수수요량은 본 연구에서 추정한 약 70억톤 수준으로 유지될 수 있을 뿐만 아니라 그 이하로도 수요량을 조절할 수 있다.

생활용수 수요량을 줄이기 위해서는 용수가격 조정이 중요한 정책 수단이 될 수 있으나 이것이 유일한 정책은 아니다. 용수 수요관리 대책으로 용수가격 현실화와 조세 정책 등의 경제적 대책과 중수도 보급확대와 절수기기의 보급 및 상수도 관로 개선 등의 기술적 대책, 그리고 용수 수요자의 용수 소비패턴 변화 유도 정책 등을 병행할 필요가 있다.

본 연구에서 분석한 용수 가격 등의 경제적 대책과 더불어 중요시되는 것으로는 중수도 시설의 확대 정책이 있다.

우리나라는 1991년 수도법에서 공장의 경우 일일 물사용량이 1,000톤이상, 대형 빌딩의 경우 500톤 이상, 주택단지 300세대이상의 건물에서 물을 사용하는 공동 시설물에 중수도 설치를 권장하고 있으며 1999년 현재 약 68개 업소에서 1일 391,722톤의 용수를 재이용할 수 있는 시설을 가지고 있다. 이 중에서 공장에서의 중수도 이용은 전체 중수도 시설의 절반 이상을 차지하며 재이용률은 90%이상 차지한다. 즉, 현재까지의 중수도 이용현황을 보면 주로 공업용수에서 재이용하는 비율이 압도적으로 많고 생활용수에서 재이용하는 수준은 아직까지 미미하다.

이와 같은 현상은 용수 사용요금이 생산원가에도 미치지 못하는 수준을 유지하고 있어 사용자들은 수돗물을 아껴야 할 필요성을 느끼지 못할 뿐만 아니라 중수도를 설치할 유인을 가지지 못하고 있고, 수도법이나 조세특례제한법에서 중수도 설치에 대한 각종 혜택을 제공하고 있으나 실효성이 미미하기 때문이다. 따라서, 가격 현실화 정책을 실시하면서 중수도 설치에 대한 각종 혜택이 실질적인 실효성

을 갖게 되면 상당한 수준의 용수량을 절약할 수가 있을 것이다.

중수도 시설과 더불어 용수 절약방안으로 절수기기의 보급은 용수 절약에 상당한 기여를 하는 것으로 많은 외국 연구 사례에서 보고되고 있다. 가정은 물론 각종 신규 건물에서 절수기기의 도입을 의무화하고 절수기기 도입시설에 대해 경제적 혜택을 부여함으로써 절수기기의 보급확대를 추진해야 하겠다. 이에 더하여, 우리나라의 실질 누수율은 선진국 수준의 2배 정도이므로 이와 같은 높은 누수율을 줄이기 위한 상수도 관망 개선사업을 지속적으로 추진할 필요가 있다.

위와 같은 기술적 대책과 더불어 장기적으로 용수 수요자의 용수 소비패턴을 변화시켜 물소비량을 줄이는 방안을 강구하여야 한다. 최근 들어 환경과 건강에 대한 관심의 증대로 맑은 물에 대한 양적, 질적 수요가 지속적으로 증가하고 이를 공급하기 위한 투자가 증가함으로써 국가재정에 큰 부담이 된다. 따라서 용수절약은 환경을 보호함과 동시에 금전적으로도 개인에게 도움이 되고, 용수를 절약함에 따라 댐 건설, 정수, 배수를 위해 소요되는 각종 환경재를 보전할 수 있음을 홍보해야 한다.

< 참 고 문 헌 >

각 시·도, 통계연보, 각년도

김광임, 『상수도 수요 모형 개발』, 한국환경정책·평가연구원, 1996

김명직, 장국현, 『금융시계열 분석』, 경문사, 1999.

김추운, 『서울시 생활용수 수요에 관한 연구』, 건국대학교, 박사학위논문, 1991.

김태유, 유승훈, 허은녕, 『수도사업의 국민경제적 역할 분석』, 내부자료, 1997

윤석범, 『계량경제학』, 법문사, 1993.

정운찬, 전성인, 『통계학』, 경문사, 1998.

창원시 상수도 자료, 1981-1997

통계청 통계정보시스템(KOSIS), 보도자료 '97지역내 총생산, 1999,

통계청 통계정보시스템(KOSIS), 국내통계, 물가지수

통계청 통계정보시스템(KOSIS), 국내통계, 지역내총생산

한국수자원공사, 『21세기를 바라보는 수자원 전망』, 1993

한국수자원공사, 『물관리의 최적화를 위한 수도요금 정책방향에 관한 연구』,
1998

한국수자원공사, 『미래수자원 전망에 관한 연구』, 1997

한국수자원공사, 『수자원편람』, 1998

한국은행, www.bok.or.kr/kobank/owa/ststs3

한국주요경제지표(p244-245), 1999. 3, 통계청(지역내 총생산)

환경부, 『상수도 통계』, 각년도

환경부, 『전국수도 종합계획』, 1998

환경부, 『중수도 이용확대를 위한 정책방안 연구』, 1999

Dandy, G., Nguyen, T., and Davies, C., "Estimating Residential Water Demand in the Presence of Free Allowances" *Land Economics*, Feb. 1997.

Hamilton, J.D. , *Time Series Analysis*, 1994.

Kennedy, A Guide to Econometrics, 1994.

Lyman, R. A., "Peak and Off-Peak Residential Water Demand" *Water Resources Research*, Vol.28, pp 2159-2167. 1992.

Pint, E. M., "Household Responses to increased Water Rates During the California Drought" *Land Economics*, May, 1999.

<부록> 지자체별 용수수요예측

본 장에서는 지자체별 생활용수 수요량을 추정하고자 한다. 생활용수 수요 예측 방법은 각 지자체별 시계열 분석 결과를 토대로 생활용수 수요에 영향을 미치는 용수가격, 소득, 급수인구의 효과가 유의한 지자체를 대상으로 본문에서 설정한 시나리오별로 생활용수 수요를 예측하였다. 지자체별 분석에 더하여 한강수역 지역의 생활용수 수요량 예측을 위하여 강원도, 경기도, 서울, 인천 등의 광역시를 대상으로 혼합모형을 이용하여 본문에서 설정한 시나리오별로 생활용수 수요를 예측하였다.

1. 한강 수역 광역시의 용수수요 예측

생활용수를 한강에서 이용하는 지역을 정확하게 구분할 수 있는 자료가 없어, 본 연구에서는 자료를 구할 수 있는 도별 자료를 이용하여 한강수역의 생활용수 수요를 예측하였다. 이 분석에 포함된 지자체는 강원도, 경기도, 인천, 서울로 1981년부터 1997까지의 지자체별 자료를 시계열 및 횡단면 자료로 구성하여 혼합모형으로 분석하였다. 분석 결과를 나타낸 <부표 1>에 의하면 가정용수 수요탄력성의 경우 가격탄력성이 -0.213 이며, 소득탄력성은 0.703 이고 급수인구탄력성은 1.183 이다. 영업용수 수요탄력성은 가격탄력성이 -0.571 이고 소득탄력성은 0.558 이며 급수인구탄력성은 1.128 이다. 모든 추정값의 t 통계량을 보면 그 값들이 유의함을 알 수 있다.

<부표 1> 한강수계 지자체의 개별 변수 탄력성 추정

업종별 함수	가격탄력성	소득탄력성	급수인구 탄력성
영업용수	$-0.571(-5.295)$	$0.558(5.651)$	$1.128(9.725)$
가정용수	$-0.213(-3.312)$	$0.703(16.384)$	$1.183(23.021)$

주: ()는 t 통계량

<부표 1>에서 추정된 변수들의 탄력성을 이용하여 본문에서 정의한 시나리오별로 생활용수 수요를 추정한 결과는 <부표 2>와 같다.

<부표 2> 한강수계 생활용수 수요추정 결과

(단위: 백만톤/년)

년도	시나리오1			시나리오2		
	가정용수량	영업용수량	유수수량	가정용수량	영업용수량	유수수량
1999	1,609	669	2,373	1,654	685	2,436
2000	1,622	643	2,359	1,690	665	2,453
2001	1,657	642	2,394	1,750	671	2,522
2002	1,711	659	2,469	1,833	698	2,635
2003	1,767	678	2,547	1,919	725	2,754
2004	1,826	697	2,628	2,009	753	2,877
2005	1,886	716	2,711	2,103	783	3,006
2006	1,948	737	2,796	2,202	813	3,141
2007	2,012	757	2,885	2,305	845	3,282
2008	2,078	778	2,976	2,414	878	3,429
2009	2,147	800	3,070	2,527	913	3,583
2010	2,217	823	3,167	2,646	949	3,744
2011	2,290	846	3,267	2,770	986	3,912

년도	시나리오3			시나리오4		
	가정용수량	영업용수량	유수수량	가정용수량	영업용수량	유수수량
1999	1,609	669	2,373	1,654	685	2,436
2000	1,622	643	2,359	1,690	665	2,453
2001	1,657	642	2,394	1,750	671	2,522
2002	1,701	648	2,447	1,821	686	2,612
2003	1,746	656	2,501	1,895	701	2,705
2004	1,792	663	2,557	1,972	717	2,801
2005	1,840	670	2,614	2,052	732	2,901
2006	1,888	677	2,672	2,136	749	3,004
2007	1,938	685	2,732	2,222	765	3,112
2008	1,990	692	2,794	2,312	782	3,223
2009	2,043	700	2,856	2,406	799	3,339
2010	2,097	707	2,921	2,504	817	3,459
2011	2,152	715	2,987	2,606	835	3,584

시나리오 1

(단위: 백만톤/년)

year	유수수량	유수율	생활용수
1999	2,373	0.7125	3,331
2000	2,359	0.7180	3,285
2001	2,394	0.7235	3,309
2002	2,469	0.7290	3,387
2003	2,547	0.7345	3,468
2004	2,628	0.7400	3,551
2005	2,711	0.7455	3,636
2006	2,796	0.7505	3,726
2007	2,885	0.7555	3,818
2008	2,976	0.7605	3,913
2009	3,070	0.7655	4,010
2010	3,167	0.7705	4,110
2011	3,267	0.7755	4,212

시나리오 2

(단위: 백만톤/년)

year	유수수량	유수율	생활용수
1999	2,436	0.7125	3,419
2000	2,453	0.7180	3,417
2001	2,522	0.7235	3,486
2002	2,635	0.7290	3,615
2003	2,754	0.7345	3,749
2004	2,877	0.7400	3,888
2005	3,006	0.7455	4,032
2006	3,141	0.7505	4,185
2007	3,282	0.7555	4,344
2008	3,429	0.7605	4,509
2009	3,583	0.7655	4,681
2010	3,744	0.7705	4,859
2011	3,912	0.7755	5,045

시나리오 3

(단위: 백만톤/년)

year	유수수량	유수율	생활용수
1999	2,373	0.7125	3,331
2000	2,359	0.7180	3,285
2001	2,394	0.7235	3,309
2002	2,447	0.7290	3,357
2003	2,501	0.7345	3,405
2004	2,557	0.7400	3,455
2005	2,614	0.7455	3,506
2006	2,672	0.7505	3,561
2007	2,732	0.7555	3,617
2008	2,794	0.7605	3,673
2009	2,856	0.7655	3,731
2010	2,921	0.7705	3,791
2011	2,987	0.7755	3,851

시나리오 4

(단위: 백만톤/년)

year	유수수량	유수율	생활용수
1999	2,436	0.7125	3,419
2000	2,453	0.7180	3,417
2001	2,522	0.7235	3,486
2002	2,612	0.7290	3,583
2003	2,705	0.7345	3,682
2004	2,801	0.7400	3,785
2005	2,901	0.7455	3,891
2006	3,004	0.7505	4,003
2007	3,112	0.7555	4,119
2008	3,223	0.7605	4,238
2009	3,339	0.7655	4,362
2010	3,459	0.7705	4,489
2011	3,584	0.7755	4,621

2. 지자체별 용수수요 예측

2.1 지자체별 변수들의 탄력성 추정

생활용수수요를 지자체별로 추정하기 위해서 사용된 방법은 시계열 분석 모형이다. 우선 지자체별로 연구기간 1981년부터 1997년까지의 자료를 이용하여 개별 변수들의 탄력성을 추정하였다. 업종별로 분석한 지자체들의 가격 및 소득탄력성은 <부표 3>과 <부표 4>에 나타내었다. 가정용수의 가격, 소득, 그리고 급수인구 탄력성을 나타낸 <부표 3>에 의하면 t 통계량이 유의한 지자체 중에서 가격탄력성의 크기는 부산광역시가 -0.658로 가장 크고 제주도가 -0.214로 가장 작다. 소득탄력성의 경우는 대구광역시가 1.075로 가장 크고 충청남도가 0.451로 가장 작았으며, 급수인구 탄력성은 부산광역시가 2.54로 가장 크고 강원도가 0.714로 가장 작다. 영업용수의 가격, 소득, 그리고 급수인구 탄력성을 나타낸 <부표 4>에 의하면 t 통계량이 유의한 지자체 중에서 가격탄력성의 크기는 전라북도가 -0.72로 가장 크고 서울시가 -0.249로 가장 작았으며, 소득탄력성의 경우는 강원도가 1.559로 가장 크고 서울시가 0.661로 가장 작았다.

이와 같이 추정된 개별 변수의 탄력성을 이용하여 생활용수 수요량을 본문에서 정의된 방법으로 추정하였다. 생활용수 수요량을 추정한 지자체는 서울특별시, 부산광역시, 광주광역시, 강원도, 충청북도, 전라북도, 경상북도 등 가격, 소득, 그리고 급수인구탄력성 추정치가 유의한 지역을 대상으로 하였다. 지자체별 분석에서는 각 지역이 상수도 보급율과 용수가격 현실화율이 서로 다르므로 각 지자체별로 가격상승율과 보급율의 증가 수준을 다르게 부과하여 업종별 생활용수량을 추정한다. 급수인구 증가율의 경우, 보급율이 100%와 97.8%를 보이고 있는 서울과 부산은 급수인구 증가율을 0%로 가정하였고 보급율이 93.9%인 광주광역시는 급수인구 증가율을 0.5%로 하였으며 보급율이 77.1%인 강원도는 급수인구 증가율을 1.5%하였고, 보급율이 각각 66.0%, 69.3%, 64.8%인 충청북도, 전라북도, 경상북도는 급수인구 증가율을 2%로 가정하였다. 가정용수와 영업용수가 유수수량에서 차지하는 비중이 지자체별로 다르므로 본 분석에서는 지자체별 1997년의 비율을 이용하였다. 서울은 96%, 부산시는 94.9%, 광주시는 90.5%, 강원도는 96.9%, 충청북도는 74.2%, 전라북도는 92%, 경상북도는 72.4%가 유수수량에서 가정용수와 영업용수가 차지하는 비율로 가정하였다. 가격상승율의 경우 가격현실화율이 60%~80% 수

준인 서울특별시, 부산광역시, 강원도, 전라북도, 경상북도 등은 본문에서 가정한 가격상승율을 그대로 적용하였고, 가격현실화율이 상대적으로 높은 광주광역시와 충청북도의 경우에는 1998년도부터 가격상승율을 3%로 가정하여 생활용수 수요량을 예측하였다. 예측결과는 <부표 5>부터 <부표 11>에 정리하였으며 그 해석방법은 본문과 동일하다.

<부표 3> 지자체별 가정용수 탄력성

지자체	가격	소득	급수인구
서울	-0.146(-1,216)	0.562(5.328)	1.384(3.694)
부산	-0.658(-5.448)	0.484(5.273)	2.54(8.284)
대구	0.033(0.143)	1.075(3.428)	0.631(0.751)
인천	0.02(0.154)	0.075(0.324)	2.115(11.278)
광주	-0.314(-2.944)	0.813(5.326)	1.154(6.214)
대전	-0.073(-0.634)	0.716(4.211)	1.783(13.131)
경기	-0.332(-1.714)	-0.418(-1.108)	1.896(8.343)
강원	-0.248(-3.484)	0.844(7.513)	0.714(2.391)
충북	-0.34(-4.376)	0.773(7.65)	0.877(5.16)
충남	-0.145(-0.795)	0.451(2.012)	1.228(2.065)
전북	-0.297(-7.104)	0.627(3.72)	1.365(4.03)
전남	-0.234(-1.906)	0.593(5.371)	0.558(1.205)
경북	-0.553(-5.621)	0.868(5.562)	0.468(1.548)
경남	-0.125(-1.655)	0.308(1.752)	1.608(5.32)
제주	-0.214(-2.455)	0.777(13.053)	1.068(2.214)

주: ()는 t 통계량

<부표 4> 지자체별 영업용수 탄력성

지자체	가격	소득
서울	-0.249(-2.794)	0.661(33.888)
부산	-0.465(-3.321)	0.89(19.851)
대구	-0.662(-4.086)	1.097(18.571)
인천	-0.451(-4.305)	0.881(25.021)
광주	-0.371(-2.576)	1.029(16.847)
대전	-0.059(-0.363)	1.227(11.078)
경기	0.444(0.719)	1.359(12.836)
강원	-0.657(-4.798)	1.559(14.886)
충북	-0.392(-2.164)	1.064(23.65)
충남	-0.18(-1.737)	0.895(9.457)
전북	-0.72(-6.423)	1.169(11.182)
전남	0.233(1.163)	1.033(14.186)
경북	-0.704(-4.861)	1.344(35.433)
경남	-0.218(-1.915)	1.122(12.875)
제주	-0.244(-1.239)	0.847(19.346)

주: ()는 t 통계량

<부표 5> 서울시 생활용수 수요추정 결과

(단위: 백만톤/년)

년도	시나리오1			시나리오2		
	가정용수량	영업용수량	유수수량	가정용수량	영업용수량	유수수량
1999	825	315	1,188	844	323	1,216
2000	825	312	1,184	853	325	1,226
2001	832	314	1,194	870	331	1,251
2002	846	320	1,215	895	342	1,288
2003	861	327	1,237	920	353	1,326
2004	875	333	1,259	946	365	1,365
2005	890	340	1,281	972	377	1,405
2006	905	346	1,303	1,000	389	1,447
2007	920	353	1,326	1,028	402	1,489
2008	936	360	1,350	1,056	416	1,533
2009	951	367	1,374	1,086	429	1,579
2010	967	375	1,398	1,117	443	1,625
2011	984	382	1,423	1,148	458	1,673

년도	시나리오3			시나리오4		
	가정용수량	영업용수량	유수수량	가정용수량	영업용수량	유수수량
1999	825	315	1,188	844	323	1,216
2000	825	312	1,184	853	325	1,226
2001	832	314	1,194	870	331	1,251
2002	843	318	1,209	891	339	1,281
2003	853	322	1,224	912	348	1,313
2004	864	326	1,239	934	357	1,344
2005	875	330	1,255	956	366	1,377
2006	886	334	1,270	978	376	1,410
2007	897	338	1,286	1,002	385	1,444
2008	908	342	1,302	1,025	395	1,480
2009	919	346	1,318	1,050	405	1,515
2010	931	351	1,335	1,075	415	1,552
2011	942	355	1,351	1,100	426	1,590

시나리오 1(서울)

year	유수수량	유수율	생활용수
1999	1,188	0.7125	1,667
2000	1,184	0.7180	1,649
2001	1,194	0.7235	1,650
2002	1,215	0.7290	1,667
2003	1,237	0.7345	1,684
2004	1,259	0.7400	1,701
2005	1,281	0.7455	1,718
2006	1,303	0.7505	1,737
2007	1,326	0.7555	1,756
2008	1,350	0.7605	1,775
2009	1,374	0.7655	1,795
2010	1,398	0.7705	1,815
2011	1,423	0.7755	1,835

시나리오 2(서울)

year	유수수량	유수율	생활용수
1999	1,216	0.7125	1,706
2000	1,226	0.7180	1,708
2001	1,251	0.7235	1,729
2002	1,288	0.7290	1,767
2003	1,326	0.7345	1,805
2004	1,365	0.7400	1,845
2005	1,405	0.7455	1,885
2006	1,447	0.7505	1,928
2007	1,489	0.7555	1,971
2008	1,533	0.7605	2,016
2009	1,579	0.7655	2,062
2010	1,625	0.7705	2,109
2011	1,673	0.7755	2,157

시나리오 3(서울)

year	유수수량	유수율	생활용수
1999	1,188	0.7125	1,667
2000	1,184	0.7180	1,649
2001	1,194	0.7235	1,650
2002	1,209	0.7290	1,658
2003	1,224	0.7345	1,666
2004	1,239	0.7400	1,675
2005	1,255	0.7455	1,683
2006	1,270	0.7505	1,693
2007	1,286	0.7555	1,702
2008	1,302	0.7605	1,712
2009	1,318	0.7655	1,722
2010	1,335	0.7705	1,732
2011	1,351	0.7755	1,742

시나리오 4(서울)

year	유수수량	유수율	생활용수
1999	1,216	0.7125	1,706
2000	1,226	0.7180	1,708
2001	1,251	0.7235	1,729
2002	1,281	0.7290	1,758
2003	1,313	0.7345	1,787
2004	1,344	0.7400	1,817
2005	1,377	0.7455	1,847
2006	1,410	0.7505	1,879
2007	1,444	0.7555	1,912
2008	1,480	0.7605	1,945
2009	1,515	0.7655	1,980
2010	1,552	0.7705	2,014
2011	1,590	0.7755	2,050

<부표 6> 부산시 생활용수 수요추정 결과

(단위: 백만톤/년)

년도	시나리오1			시나리오2		
	가정용수량	영업용수량	유수수량	가정용수량	영업용수량	유수수량
1999	197	144	359	201	149	368
2000	184	140	341	190	147	355
2001	181	140	338	188	150	356
2002	183	144	344	192	157	368
2003	186	147	351	197	164	380
2004	189	151	358	202	171	393
2005	191	155	365	207	179	406
2006	194	159	373	212	187	420
2007	197	164	380	217	195	434
2008	200	168	388	222	204	449
2009	203	173	395	228	213	464
2010	206	177	403	233	222	480
2011	209	182	411	239	232	496

년도	시나리오3			시나리오4		
	가정용수량	영업용수량	유수수량	가정용수량	영업용수량	유수수량
1999	197	144	359	201	149	368
2000	184	140	341	190	147	355
2001	181	140	338	188	150	356
2002	180	142	338	189	155	362
2003	179	143	339	190	159	368
2004	178	145	340	190	164	374
2005	177	147	341	191	169	380
2006	176	149	342	192	175	386
2007	175	151	343	193	180	393
2008	174	153	344	194	185	400
2009	173	155	345	195	191	406
2010	172	157	347	196	197	414
2011	171	159	348	196	203	421

시나리오 1(부산)

year	유수수량	유수율	생활용수
1999	359	0.7125	503
2000	341	0.7180	475
2001	338	0.7235	467
2002	344	0.7290	472
2003	351	0.7345	478
2004	358	0.7400	484
2005	365	0.7455	490
2006	373	0.7505	496
2007	380	0.7555	503
2008	388	0.7605	510
2009	395	0.7655	516
2010	403	0.7705	523
2011	411	0.7755	531

시나리오 2(부산)

year	유수수량	유수율	생활용수
1999	368	0.7125	517
2000	355	0.7180	495
2001	356	0.7235	492
2002	368	0.7290	505
2003	380	0.7345	518
2004	393	0.7400	531
2005	406	0.7455	545
2006	420	0.7505	559
2007	434	0.7555	574
2008	449	0.7605	590
2009	464	0.7655	606
2010	480	0.7705	623
2011	496	0.7755	640

시나리오 3(부산)

year	유수수량	유수율	생활용수
1999	359	0.7125	503
2000	341	0.7180	475
2001	338	0.7235	467
2002	338	0.7290	464
2003	339	0.7345	462
2004	340	0.7400	460
2005	341	0.7455	458
2006	342	0.7505	456
2007	343	0.7555	454
2008	344	0.7605	453
2009	345	0.7655	451
2010	347	0.7705	450
2011	348	0.7755	448

시나리오 4(부산)

year	유수수량	유수율	생활용수
1999	368	0.7125	517
2000	355	0.7180	495
2001	356	0.7235	492
2002	362	0.7290	497
2003	368	0.7345	501
2004	374	0.7400	505
2005	380	0.7455	510
2006	386	0.7505	515
2007	393	0.7555	520
2008	400	0.7605	525
2009	406	0.7655	531
2010	414	0.7705	537
2011	421	0.7755	543

<부표 7> 광주시 생활용수 수요추정 결과

(단위: 백만톤/년)

년도	시나리오1			시나리오2		
	가정용수량	영업용수량	유수수량	가정용수량	영업용수량	유수수량
1999	79	28	118	81	29	122
2000	80	29	120	84	30	127
2001	82	29	123	87	32	131
2002	85	30	127	92	33	138
2003	87	31	130	96	35	144
2004	90	32	134	100	37	151
2005	92	33	138	105	39	158
2006	95	34	143	110	41	166
2007	98	35	147	115	43	174
2008	101	36	151	120	45	182
2009	104	37	156	126	47	191
2010	107	38	161	132	50	200
2011	110	39	166	138	52	210

년도	시나리오3			시나리오4		
	가정용수량	영업용수량	유수수량	가정용수량	영업용수량	유수수량
1999	79	28	118	81	29	122
2000	80	29	120	84	30	127
2001	82	29	123	87	32	131
2002	84	30	125	91	33	136
2003	86	30	128	94	34	142
2004	87	31	131	98	36	147
2005	89	31	133	101	37	153
2006	91	32	136	105	38	158
2007	93	33	139	109	40	164
2008	95	33	142	113	42	171
2009	97	34	145	117	43	177
2010	99	35	147	121	45	184
2011	101	35	150	126	47	191

시나리오 1(광주)

year	유수수량	유수율	생활용수
1999	118	0.7125	166
2000	120	0.7180	168
2001	123	0.7235	170
2002	127	0.7290	174
2003	130	0.7345	178
2004	134	0.7400	182
2005	138	0.7455	186
2006	143	0.7505	190
2007	147	0.7555	195
2008	151	0.7605	199
2009	156	0.7655	204
2010	161	0.7705	209
2011	166	0.7755	214

시나리오 2(광주)

year	유수수량	유수율	생활용수
1999	122	0.7125	171
2000	127	0.7180	176
2001	131	0.7235	182
2002	138	0.7290	189
2003	144	0.7345	196
2004	151	0.7400	204
2005	158	0.7455	213
2006	166	0.7505	221
2007	174	0.7555	230
2008	182	0.7605	240
2009	191	0.7655	249
2010	200	0.7705	260
2011	210	0.7755	270

시나리오 3(광주)

year	유수수량	유수율	생활용수
1999	118	0.7125	166
2000	120	0.7180	168
2001	123	0.7235	170
2002	125	0.7290	172
2003	128	0.7345	174
2004	131	0.7400	176
2005	133	0.7455	179
2006	136	0.7505	181
2007	139	0.7555	184
2008	142	0.7605	186
2009	145	0.7655	189
2010	147	0.7705	191
2011	150	0.7755	194

시나리오 4(광주)

year	유수수량	유수율	생활용수
1999	122	0.7125	171
2000	127	0.7180	176
2001	131	0.7235	182
2002	136	0.7290	187
2003	142	0.7345	193
2004	147	0.7400	199
2005	153	0.7455	205
2006	158	0.7505	211
2007	164	0.7555	218
2008	171	0.7605	224
2009	177	0.7655	231
2010	184	0.7705	238
2011	191	0.7755	246

<부표 8> 강원도 생활용수 수요추정 결과

(단위: 백만톤/년)

년도	시나리오1			시나리오2		
	가정용수량	영업용수량	유수수량	가정용수량	영업용수량	유수수량
1999	75	37	115	77	40	120
2000	75	36	115	79	40	122
2001	77	36	117	82	41	127
2002	80	38	122	86	44	135
2003	82	40	126	91	48	143
2004	85	42	131	96	52	152
2005	89	44	137	101	56	162
2006	92	46	142	106	60	172
2007	95	48	148	112	65	182
2008	98	50	153	118	70	194
2009	102	53	159	124	75	206
2010	106	55	166	131	81	218
2011	109	58	172	137	87	232

년도	시나리오3			시나리오4		
	가정용수량	영업용수량	유수수량	가정용수량	영업용수량	유수수량
1999	75	108	112	77	37	118
2000	75	106	110	79	36	119
2001	77	107	110	82	36	122
2002	79	108	112	86	37	127
2003	81	110	114	90	38	132
2004	84	112	115	94	39	138
2005	86	114	117	98	41	143
2006	88	116	119	103	42	149
2007	91	118	121	107	43	155
2008	94	120	124	112	44	161
2009	96	122	126	117	45	167
2010	99	124	128	122	46	174
2011	102	126	131	128	48	181

시나리오 1(강원)

year	유수수량	유수율	생활용수
1999	115	0.7125	162
2000	115	0.7180	160
2001	117	0.7235	162
2002	122	0.7290	167
2003	126	0.7345	172
2004	131	0.7400	177
2005	137	0.7455	183
2006	142	0.7505	189
2007	148	0.7555	195
2008	153	0.7605	202
2009	159	0.7655	208
2010	166	0.7705	215
2011	172	0.7755	222

시나리오 2(강원)

year	유수수량	유수율	생활용수
1999	120	0.7125	169
2000	122	0.7180	170
2001	127	0.7235	176
2002	135	0.7290	185
2003	143	0.7345	195
2004	152	0.7400	206
2005	162	0.7455	217
2006	172	0.7505	229
2007	182	0.7555	241
2008	194	0.7605	254
2009	206	0.7655	269
2010	218	0.7705	283
2011	232	0.7755	299

시나리오 3(강원)

year	유수수량	유수율	생활용수
1999	112	0.7125	157
2000	110	0.7180	153
2001	110	0.7235	152
2002	112	0.7290	154
2003	114	0.7345	155
2004	115	0.7400	156
2005	117	0.7455	157
2006	119	0.7505	159
2007	121	0.7555	161
2008	124	0.7605	162
2009	126	0.7655	164
2010	128	0.7705	166
2011	131	0.7755	168

시나리오 4(강원)

year	유수수량	유수율	생활용수
1999	118	0.7125	166
2000	119	0.7180	165
2001	122	0.7235	169
2002	127	0.7290	174
2003	132	0.7345	180
2004	138	0.7400	186
2005	143	0.7455	192
2006	149	0.7505	198
2007	155	0.7555	205
2008	161	0.7605	212
2009	167	0.7655	219
2010	174	0.7705	226
2011	181	0.7755	234

<부표 9> 충청북도 생활용수 수요추정 결과

(단위: 백만톤/년)

년도	시나리오1			시나리오2		
	가정용수량	영업용수량	유수수량	가정용수량	영업용수량	유수수량
1999	71	28	134	73	29	138
2000	73	29	137	77	30	144
2001	76	29	141	80	32	151
2002	79	30	147	85	33	159
2003	82	31	152	90	35	168
2004	85	32	158	95	37	177
2005	89	33	164	100	39	187
2006	92	34	170	106	41	197
2007	96	35	177	111	43	208
2008	100	36	184	118	45	220
2009	104	37	191	124	48	232
2010	108	39	198	131	50	245
2011	113	40	206	139	53	258

년도	시나리오3			시나리오4		
	가정용수량	영업용수량	유수수량	가정용수량	영업용수량	유수수량
1999	71	28	134	73	29	138
2000	73	29	137	77	30	144
2001	76	29	141	80	32	151
2002	78	30	145	84	33	158
2003	80	30	149	88	34	165
2004	83	31	153	92	36	172
2005	85	31	157	96	37	180
2006	88	32	162	101	39	188
2007	91	33	166	105	40	196
2008	93	33	171	110	42	205
2009	96	34	176	115	44	214
2010	99	35	181	120	46	224
2011	102	36	186	126	47	234

시나리오 1(충북)

year	유수수량	유수율	생활용수
1999	134	0.7125	188
2000	137	0.7180	191
2001	141	0.7235	195
2002	147	0.7290	201
2003	152	0.7345	207
2004	158	0.7400	214
2005	164	0.7455	220
2006	170	0.7505	227
2007	177	0.7555	234
2008	184	0.7605	242
2009	191	0.7655	249
2010	198	0.7705	257
2011	206	0.7755	265

시나리오 2(충북)

year	유수수량	유수율	생활용수
1999	138	0.7125	194
2000	144	0.7180	201
2001	151	0.7235	208
2002	159	0.7290	218
2003	168	0.7345	229
2004	177	0.7400	240
2005	187	0.7455	251
2006	197	0.7505	263
2007	208	0.7555	276
2008	220	0.7605	289
2009	232	0.7655	303
2010	245	0.7705	318
2011	258	0.7755	333

시나리오 3(충북)

year	유수수량	유수율	생활용수
1999	134	0.7125	188
2000	137	0.7180	191
2001	141	0.7235	195
2002	145	0.7290	199
2003	149	0.7345	203
2004	153	0.7400	207
2005	157	0.7455	211
2006	162	0.7505	216
2007	166	0.7555	220
2008	171	0.7605	225
2009	176	0.7655	229
2010	181	0.7705	234
2011	186	0.7755	239

시나리오 4(충북)

year	유수수량	유수율	생활용수
1999	138	0.7125	194
2000	144	0.7180	201
2001	151	0.7235	208
2002	158	0.7290	216
2003	165	0.7345	224
2004	172	0.7400	232
2005	180	0.7455	241
2006	188	0.7505	250
2007	196	0.7555	259
2008	205	0.7605	269
2009	214	0.7655	280
2010	224	0.7705	290
2011	234	0.7755	301

<부표 10> 전라북도 생활용수 수요추정 결과

(단위: 백만톤/년)

년도	시나리오1			시나리오2		
	가정용수량	영업용수량	유수수량	가정용수량	영업용수량	유수수량
1999	86	45	142	88	47	146
2000	87	42	140	90	46	147
2001	89	42	143	94	46	152
2002	93	44	149	99	49	161
2003	98	45	155	105	52	171
2004	102	47	162	111	55	181
2005	107	48	169	118	58	191
2006	112	50	176	125	62	203
2007	117	52	184	132	65	214
2008	122	54	192	140	69	227
2009	128	56	200	148	73	240
2010	134	58	208	157	77	254
2011	140	60	217	166	82	269

년도	시나리오3			시나리오4		
	가정용수량	영업용수량	유수수량	가정용수량	영업용수량	유수수량
1999	86	45	142	88	47	146
2000	87	42	140	90	46	147
2001	89	42	143	94	46	152
2002	93	43	147	98	48	159
2003	96	43	152	103	50	167
2004	100	44	156	108	52	174
2005	103	45	161	114	54	182
2006	107	45	166	120	56	190
2007	111	46	171	125	58	199
2008	115	46	176	132	60	208
2009	120	47	181	138	62	218
2010	124	48	187	145	64	228
2011	129	48	192	152	67	238

시나리오 1(전북)

year	유수수량	유수율	생활용수
1999	142	0.7125	199
2000	140	0.7180	195
2001	143	0.7235	198
2002	149	0.7290	204
2003	155	0.7345	212
2004	162	0.7400	219
2005	169	0.7455	227
2006	176	0.7505	235
2007	184	0.7555	243
2008	192	0.7605	252
2009	200	0.7655	261
2010	208	0.7705	270
2011	217	0.7755	280

시나리오 2(전북)

year	유수수량	유수율	생활용수
1999	146	0.7125	205
2000	147	0.7180	205
2001	152	0.7235	211
2002	161	0.7290	221
2003	171	0.7345	233
2004	181	0.7400	244
2005	191	0.7455	257
2006	203	0.7505	270
2007	214	0.7555	284
2008	227	0.7605	299
2009	240	0.7655	314
2010	254	0.7705	330
2011	269	0.7755	347

시나리오 3(전북)

year	유수수량	유수율	생활용수
1999	142	0.7125	199
2000	140	0.7180	195
2001	143	0.7235	198
2002	147	0.7290	202
2003	152	0.7345	206
2004	156	0.7400	211
2005	161	0.7455	216
2006	166	0.7505	221
2007	171	0.7555	226
2008	176	0.7605	231
2009	181	0.7655	237
2010	187	0.7705	242
2011	192	0.7755	248

시나리오 4(전북)

year	유수수량	유수율	생활용수
1999	146	0.7125	205
2000	147	0.7180	205
2001	152	0.7235	211
2002	159	0.7290	219
2003	167	0.7345	227
2004	174	0.7400	235
2005	182	0.7455	244
2006	190	0.7505	254
2007	199	0.7555	264
2008	208	0.7605	274
2009	218	0.7655	284
2010	228	0.7705	296
2011	238	0.7755	307

<부표 11> 경상북도 생활용수 수요추정 결과

(단위: 백만톤/년)

년도	시나리오1			시나리오2		
	가정용수량	영업용수량	유수수량	가정용수량	영업용수량	유수수량
1999	104	76	248	107	80	259
2000	101	72	239	106	79	255
2001	101	73	240	109	81	262
2002	105	76	249	114	86	277
2003	109	79	259	120	92	294
2004	112	82	268	127	98	311
2005	116	85	278	133	105	329
2006	120	89	289	140	112	349
2007	125	92	300	148	120	369
2008	129	96	311	156	128	391
2009	134	100	322	164	136	414
2010	138	104	335	172	145	439
2011	143	108	347	182	155	465

년도	시나리오3			시나리오4		
	가정용수량	영업용수량	유수수량	가정용수량	영업용수량	유수수량
1999	104	76	248	107	80	259
2000	101	72	239	106	79	255
2001	101	73	240	109	81	262
2002	103	74	245	112	85	272
2003	105	76	249	117	89	283
2004	107	77	254	121	93	295
2005	109	78	259	125	97	307
2006	111	80	264	130	101	319
2007	113	81	269	134	106	332
2008	115	83	274	139	111	346
2009	118	85	279	144	116	360
2010	120	86	285	149	121	374
2011	122	88	290	155	127	389

시나리오 1(경북)

year	유수수량	유수율	생활용수
1999	248	0.7125	348
2000	239	0.7180	333
2001	240	0.7235	332
2002	249	0.7290	342
2003	259	0.7345	352
2004	268	0.7400	363
2005	278	0.7455	373
2006	289	0.7505	385
2007	300	0.7555	397
2008	311	0.7605	409
2009	322	0.7655	421
2010	335	0.7705	434
2011	347	0.7755	448

시나리오 2(경북)

year	유수수량	유수율	생활용수
1999	259	0.7125	363
2000	255	0.7180	355
2001	262	0.7235	362
2002	277	0.7290	380
2003	294	0.7345	400
2004	311	0.7400	420
2005	329	0.7455	442
2006	349	0.7505	465
2007	369	0.7555	489
2008	391	0.7605	514
2009	414	0.7655	541
2010	439	0.7705	570
2011	465	0.7755	600

시나리오 3(경북)

year	유수수량	유수율	생활용수
1999	248	0.7125	348
2000	239	0.7180	333
2001	240	0.7235	332
2002	245	0.7290	336
2003	249	0.7345	340
2004	254	0.7400	344
2005	259	0.7455	347
2006	264	0.7505	352
2007	269	0.7555	356
2008	274	0.7605	360
2009	279	0.7655	365
2010	285	0.7705	369
2011	290	0.7755	374

시나리오 4(경북)

year	유수수량	유수율	생활용수
1999	259	0.7125	363
2000	255	0.7180	355
2001	262	0.7235	362
2002	272	0.7290	374
2003	283	0.7345	386
2004	295	0.7400	398
2005	307	0.7455	412
2006	319	0.7505	425
2007	332	0.7555	440
2008	346	0.7605	454
2009	360	0.7655	470
2010	374	0.7705	486
2011	389	0.7755	502