

# 아리수 소비실태에 대한 조사 연구

김남진<sup>\*</sup>, 나미정, 고상근, 심미숙, 이만호, 김복순

수질분석부 수질연구과

# 요 약 문

## I. 제 목

아리수 소비실태에 대한 조사 연구

## II. 연구기간

2014년 5월 ~ 2015년 4월 (12개월)

## III. 연구목적

서울시민의 물에 대한 궁금증을 해결하고자 「응답하라 상수도연구원」 공모과제에서 선정된 본 연구는 핵가족화에 의한 가족구성원 및 주거형태 변화에 따른 수돗물 사용 형태, 용도별 사용실태를 조사·분석하여 기후변화에 의한 수자원의 적절한 관리·공급, 그리고 아리수의 합리적인 생산·관리에 필요한 기초자료로 활용하고자 하였다.

## IV. 연구내용

서울특별시 및 자치구를 대상으로 주택유형 및 가구 구성원수 변화 그리고 수돗물 사용현황을 비교·분석하여 수돗물 소비패턴, 아리수 사용현황 및 관련인자의 통계적 상관성 분석으로 수돗물 사용량 변동에 미치는 요인과 국내·외 주요도시 및 연구기관의 수돗물 사용량 조사 결과를 비교·분석하여 효과적인 수돗물 사용방안을 모색하고자 하였다.

## V. 연구결과

현재 수도물 공급현황을 기초로 다양한 방법을 이용하여 장래 수도물 사용량 예측과 수도물 사용량에 미치는 영향에 대한 상관성 분석 및 국내·외 수도물 사용현황을 분석하여 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

### 1) 서울특별시 상수도 공급특성

2014년 서울특별시 인구는 10,369,593 Persons, 총가구수는 4,194,176 Households로 인구는 16,219 Persons/year로 감소하나 가구수는 44,033 Housholds/year로 증가하며, 가구 구성원수도 3 Persons에서 2 Persons으로 변화하였다.

그리고, 2008년부터 상수도 보급률은 100%이며, 현재 6개 정수장에서 1일  $4,350 \times 10^3 \text{ m}^3$  (14)의 수도물을 생산·공급하며, 과거 상수도 공급현황으로 2023년 아리수 공급량은 1인1일 급수량이 282.2 L/Person/day, 1인1일 물 사용량이 281.9 L/Person/day로 유수율 99.9%가 예측되었다.

### 2) 자치구 상수도 공급특성

2013년 서울특별시 25개 자치구 수도물 공급현황, 급수인구, 1일 급수량, 1인1일 급수량 및 자치구 지하철 여객수송 실적과 상관성을 분석한 결과, 급수인구는 급수량 ( $\text{m}^3/\text{day}$ ,  $R=0.727$ )과 1인1일 급수량 (L/Person/day)은 평균 유동인구 (Persons/station,  $R=0.673$ )와 다른 요인보다 상관성이 높았다.

그리고 자치구의 용도별 물 사용량과 상관성을 분석한 결과, 가정용은 급수인구, 급수량 ( $\text{m}^3/\text{day}$ ) 및 급수전수, 공공용은 급수전수, 옥탕용은 급수인구, 급수량 ( $\text{m}^3/\text{day}$ ), 급수전수 및 가정용 사용량과 유의적인 상관관계가 분석되었으나 향후 심층 연구가 필요하다고 판단되었다.

### 3) 서울특별시 주택유형과 가구 구성원수별 수돗물 예측 사용량

서울특별시 주택현황은 단독주택과 아파트가 전체의 79.4%이며, 향후 주거환경개선으로 공동 주거형태가 지속적인 증가가 예상되었다.

그리고 가구 구성원수의 소수화로 2025년에는 2인이하 가구의 가구수가 전체의 58.8%, 2005년과 비교하여 2025년에는 인구가 279,403명이 감소한 10,017,358명이 되며, 이에 따른 급수량은 637,691 (m<sup>3</sup>/day)이 감소된 2,804,860 (m<sup>3</sup>/day)로 예측되었다.

### 4) 국내·외 가정용 수돗물 사용량 비교분석

2012년까지 동경도 가정의 용도별 수돗물 사용현황 분석결과에 의하면 목욕≫화장실≫취사≫세탁≫세면 및 기타 순이며, 2011년 후쿠시마 원전사고 발생상황에서 화장실과 취사부분이 급감하고 목욕부분이 증가하는 사용량 분석결과를 토대로 절수정책 수립에서 변동 가능한 화장실과 취사부분에 대한 효과적인 정책제안과 시행이 필요하다고 판단되었다.

동경도와 서울특별시의 1인 수돗물 사용량을 비교하면 동경도 7.0 m<sup>3</sup>/Person/month, 서울특별시 7.8 m<sup>3</sup>/Person/month로 0.8 m<sup>3</sup>/Person/month 정도 서울특별시가 물을 많이 사용하였지만, 가구 구성원이 2인 이상으로 많아지면 동경도가 많은 수돗물을 사용하였다.

국내 수돗물 사용량 (주택유형, 가구 구성원수 등)은 장래 물 사용량 및 생산량 관리에 중요한 인자임에도 조사량이나 연구결과가 충분하지 않고 연구기관마다 차이가 있어 수돗물 사용량 예측을 위한 기초자료로써는 신뢰도가 낮다고 판단되었다. 그러므로 IoT (사물인터넷, Internet of Things)을 활용하여 합리적이고 지속적인 수돗물 사용 원단위 산정과 분석으로 신뢰성 높은 수돗물 사용량 예측과 이를 활용한 합리적인 수돗물 생산·관리가 필요하다고 판단되었다.

## VI. 활용방안

본 연구결과는 이상기온 변화나 변동에 따른 서울특별시의 장래 물 부족상황과 주거형태 그리고 가족 구성원 변화에 따른 수도물 사용실태, 장래의 합리적인 수도물 생산 및 관리방안 수립을 위한 기초자료로 활용함과 아울러 시민에게 정보를 제공하여 아리수의 역할 및 중요성에 대한 인식자료로 활용하고자 한다.

## 목 차

1. 서론	47
2. 연구배경	48
2.1 세계 물 사용현황 및 예측 분석	48
2.2 전국 수돗물 공급현황	52
2.3 시·도 수돗물 공급현황	54
2.4 생활패턴 변화에 의한 수돗물 사용실태 조사 필요성	57
3. 연구방법	58
3.1 자료조사	58
3.2 수요 예측분석	59
3.3 상관성 분석	59
4. 결과 및 고찰	60
4.1 서울특별시 상수도 공급특성	60
4.2 자치구 상수도 공급특성	64
4.3 서울특별시 주택유형과 가구 구성원수 변화	71
4.4 국내·외 가정용 수돗물 사용량 조사	75
5. 결론	81
6. 활용방안	83
참고문헌	84

## 표 목 차

표 1. 대륙별 인구 현황 및 예측 ('97) .....	48
표 2. 대륙별 물 사용 현황 및 예측 ('97) .....	49
표 3. 대륙별 1인1일 물 사용 현황 및 예측 ('97) .....	50
표 4. 세계 주요 도시별 1인1일 수도물 사용량 .....	52
표 5. 전국 용도별 수도물 사용현황 ('03~'13) .....	53
표 6. 전국 수도물 생산원가 및 수도요금 현황 ('03~'13) .....	54
표 7. 시·도 수도물 사용현황 .....	56
표 8. 시·도 수도물 요금 및 생산원가 현황 .....	57
표 9. 서울특별시 연도별 주민등록 인구수 및 총가구수 변화 .....	61
표 10. 서울특별시 연도별 상수도 급수현황 .....	62
표 11. 서울특별시 연도별 수도물 공급 현황 및 예측 .....	64
표 12. 자치구 수도물 공급현황 .....	66
표 13. 자치구 역사의 평일 1일 승·하차 수송실적 .....	67
표 14. 자치구 수도물 공급현황과 평일 지하철 여객수송 실적 상관분석 .....	69
표 15. 표 14의 상관성 분석시 유의성 지표 (p-values) .....	69
표 16. 자치구 용도별 수도물 사용현황 .....	70
표 17. 자치구 수도물 공급현황과 용도별 수도물 사용량 상관분석 .....	71
표 18. 서울특별시 연도별 주거형태 변화 .....	72
표 19. 서울특별시 가구 구성원수 변화와 수도물 공급현황 .....	73
표 20. 서울특별시 가구 구성원수 및 수도물 공급 예측 .....	75
표 21. 동경도 생활용수의 수도물 사용현황 (동경도 수도국) .....	76
표 22. 동경도 가구 구성원별 생활용수 사용현황 (동경도 수도국) .....	77
표 23. 일반가정 용도별 1인1일 수도물 사용현황 (환경부, '03) .....	78
표 24. 전국 가정의 용도별 1인1일 수도물 사용현황 (한국수자원공사, '06) .....	78
표 25. 주택유형 및 가구 구성원수별 수도물 사용현황 .....	79
표 26. 국내·외 생활용수 용도별 수도물 사용현황 .....	80
표 27. 서울 ('07) 및 동경 ('12)의 가구 구성원수별 생활용수 사용현황 .....	81

## 그림 목 차

그림 1. 2025년 예상 인구수, 물 사용량 (m <sup>3</sup> , L/Person/day)의 상관관계 분석 .....	51
그림 2. 전국 연도별 수도물 요금, 생산원가 및 요금 현실화율 변화 .....	54
그림 3. 서울특별시 연도별 주민등록 인구수 및 총가구수 변화 .....	62
그림 4. 장기적 급수량(왼쪽)과 수도물 사용량(오른쪽) 예측 Plotting .....	64
그림 5. 자치구 수도물 공급현황 및 유동인구 상관관계 분석 .....	68



## 1. 서론

기후 온난화와 국지성 집중호우 영향 등 장기적이며 지속적인 수자원 확보가 어려운 상황에서 지속 가능한 산업성장과 발전에 기초가 되는 수자원 확보와 개발은 어떠한 국가 기간사업보다도 우선적이며 민·관 모두에게 핵심적인 사업이라 할 수 있다.

2003년에 국제인구행동연구소 (Population Action International, PAI)는 2025년 한국의 인구 (중간인구전망)는  $52,065 \times 10^3$  Persons으로 1인 이용 가능한 수자원은  $1,453 \text{ m}^3$ 이 감소되기 때문에 안정적인 수자원 확보가 장래 이슈로 부각될 가능성이 높다고 전망하였다.

국토해양부 ('13)에 의하면 국내 강수량 ( $1,277 \text{ mm}$ , '78~'07)은 세계 평균 강수량 ( $807 \text{ mm}$ )의 1.6배로 수자원 총량은  $1,297 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{year}$ 이지만, 1인당 강수량은  $2,629 \text{ m}^3/\text{year}$ 로 세계 평균  $16,427 \text{ m}^3/\text{year}$ 의 1/6에 해당한다. 이와 같은 조건에서 국내 수자원 관리의 문제점은 3면이 바다인 임해성 기후조건임에도 연중 강우의 2/3가 여름철에 집중되고, 짧은 하천유로와 급경사로 우수가 단시간에 바다로 유출되는 입지적 영향이라 할 수 있다.

이러한 상황에서 전체인구의 1/4이 집중된 서울은 장래 물 부족문제에 대한 시민인식과 가정용 수도물 사용패턴 (사용실태)의 객관적인 평가를 기반으로 합리적인 물 (수도물) 사용 및 관리방안이 필요하다. 또한 수도물 생산에도 정확한 수요예측을 기반으로 수도시설 및 생산량 관리가 요구되는 상황이다.

본 연구는 현재 서울 및 국내·외 수자원 이용현황 자료와 다양한 방법으로 서울의 수도물 수요를 예측하고, 예측결과를 시민에게 제공하여 아리수의 중요성 인식과 아리수의 안정적 공급 등을 포함한 합리적이고 효율적인 수도사업을 추진하기 위한 기초자료를 확보하고자 하였다.

## 2. 연구배경

### 2.1 세계 물 사용현황 및 예측 분석

세계기상기구 (WMO, '97)는 1950년과 1995년의 대륙별 생활용수 사용량, 인구 및 1인1일 생활용수 사용량, 장래의 세계인구 증가 [예측인구수  $8.3 \times 10^{10}$  Persons, '25]에 의한 경제활동 그리고 생활방식 변화를 고려한 장래 물 사용량을 다음과 같이 예측하였다.

대륙별 인구현황, 물 사용량, 1인1일 물 사용량 및 예측량 자료를 근거로 종합한 결과, 표 1 ~ 표 3과 같이 45년간 ('50~'95) 인구는 2.2배, 물 사용량은 6.7배 그리고 1인1일 생활용수 사용량은 2.4배 증가하였고, 향후 30년간 ('95~'25) 인구는 1.5배, 생활용수는 1.8배, 그리고 1인1일 생활용수 사용량은 1.2배 증가한다고 예측하였다.

표 1. 대륙별 인구 현황 및 예측 ('97)

(unit :  $\times 10^6$  Persons)

지역	'50		'95		'25	
	Population	Population	'95/'50 (%)	Population	'25/'50 (%)	
유럽	519	686	132.2	685	132.0	
북미	217	455	209.7	595	274.2	
아프리카	220	743	337.7	1,558	708.2	
아시아	1,415	3,332	235.5	4,913	347.2	
남미	110	326	296.4	494	449.1	
오스트리아· 오세아니아	12	30	250.0	39	325.0	
계	2,493	5,572	223.5	8,284	332.3	

대륙별 인구 증가율 (%)은 표 1과 같이 1995년까지 아프리카 (337.7)»남미 (296.4)»오스트리아·오세아니아 (250.0)»아시아 (235.5)»북미 (209.7)»유럽 (132.2) 순으로 높았고, 2025년까지는 아프리카 (708.2)»남미 (449.1)»아시아 (347.2)»오스트리아·오세아니아 (325.0)»북미 (274.2)»유럽 (132.0) 순으로 높아

진다고 예측하였다. 1950년 대비 세계 인구는 1995년에는 2.2배 (5,572/2,493), 2025년에는 3.3배 (8,284/2,493)로 증가한다. 75년간 ('50~'25) 아프리카 인구는 가장 높게 (7.1배) 증가하며 아시아는 3위 그리고 유럽은 둔화되리라 예측하였다.

인구증가와 더불어 대륙별 물 사용 예측량을 표 2에 정리하였다. 물 사용량 증가율 (%)은 1995년까지 아프리카 (1,700.0)»남미 (1,650.0)»아시아 (1,454.5)»유럽 (437.5)»북미 (322.7)»오스트리아·오세아니아 (300.0) 순이었으며, 2025년까지는 아프리카 (6,000.0)»남미 (3,250.0)»아시아 (3,118.2)»유럽 (531.3)»오스트리아·오세아니아 (500.0)»북미 (404.5) 순으로 높아진다고 예측하였다.

세계 물 사용량은 1950년 대비 1995년에는 6.7배, 2025년에는 12.2배 증가하고 75년간 ('50~'25) 아프리카 (60.0배)의 물 사용량 증가가 가장 많아지며, 유럽은 인구정체와 더불어 물 사용량도 증가하지 않는 결과가 분석되었다.

표 2. 대륙별 물 사용 현황 및 예측 ('97) (unit : ×10<sup>10</sup> m<sup>3</sup>)

지역	'50		'95		'25	
	Water Consumption	'95/'50 (%)	Water Consumption	'25/'50 (%)	Water Consumption	'25/'50 (%)
유럽	16	70	437.5	85	531.3	
북미	22	71	322.7	89	404.5	
아프리카	1	17	1,700.0	60	6,000.0	
아시아	11	160	1,454.5	343	3,118.2	
남미	2	33	1,650.0	65	3,250.0	
오스트리아·오세아니아	1	3	300.0	5	500.0	
계	53	354	667.9	647	1,220.8	

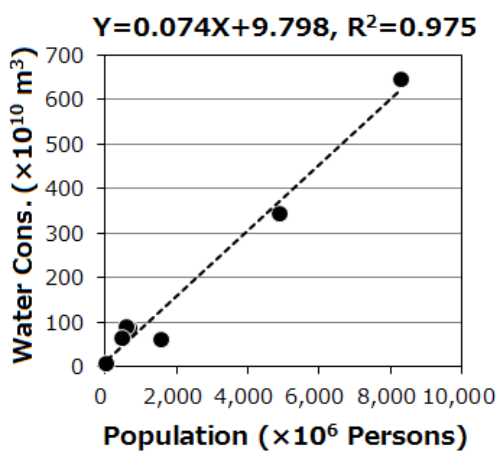
그리고 대륙별 1인1일 물 사용현황 및 예측결과를 표 3에 정리하였다.

표 3. 대륙별 1인1일 물 사용 현황 및 예측 ('97) (unit : L/Person/day)

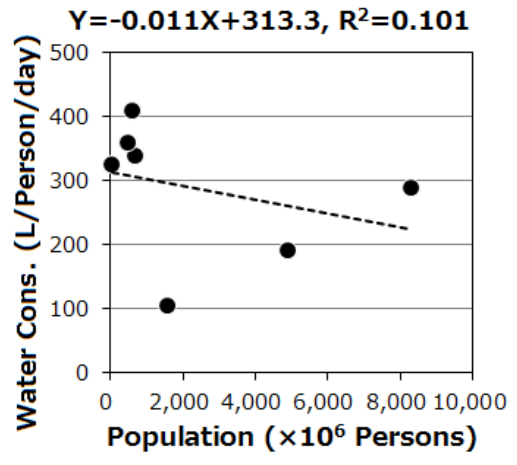
지역	'50		'95		'25	
	Water Consumption		'95/'50 (%)	Water Consumption	'25/'50 (%)	
유럽	82	280	341.5	338	412.2	
북미	278	425	152.9	408	146.8	
아프리카	16	63	393.8	105	656.3	
아시아	21	132	628.6	191	909.5	
남미	47	274	583.0	358	761.7	
오스트리아· 오세아니아	174	305	175.3	326	187.4	
평균	103.0	246.5	239.3	287.7	279.3	

2025년까지 대륙별 1인1일 물 사용량 (L/Person/day)은 북미 (408)»남미 (358)»유럽 (338)»오스트리아·오세아니아 (326)»아시아 (191)»아프리카 (105) 순이며, 1인1일 물 사용량 증가율 (%)은 2025년까지 아시아 (909.5)»남미 (761.7)»아프리카 (656.3)»유럽 (412.2)»오스트리아·오세아니아 (187.4)»북미 (146.8) 순으로 대륙별 물 사용량의 증가는 1인1일 물 사용량에 영향을 미치지 못하며, 그림 1과 같이 대륙별 2025년 예상인구, 물 사용량 및 1인1일 물 사용량과의 상호관계에서 예상 인구수는 물 사용량 (m<sup>3</sup>)과 상관성 (R<sup>2</sup>=0.975)을 가지지만 그 외는 상관성이 분석되지 않았다. 향후 아시아나 아프리카에서는 인구증가로 상당한 수자원이 필요하고 수자원 확보에 많은 문제점이 대두될 것으로 판단되었다.

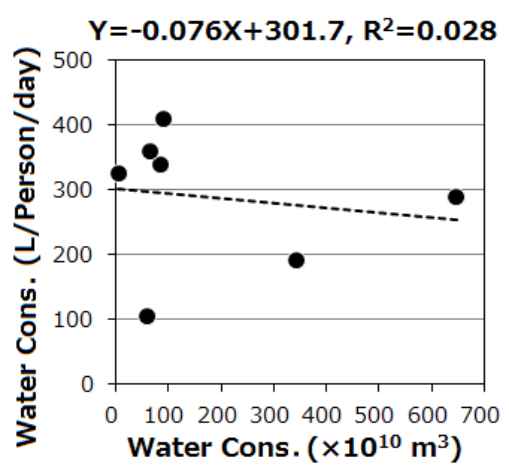
또한, 최근 서울을 포함한 세계 주요 도시의 1인1일 가정용수 사용량은 표 4와 같다. 도시별 1인1일 물 사용량 (L/Person/day)을 비교한 결과, 서울은 오슬로 (노르웨이)나 로마 (이탈리아)와 유사하며, 동경, 스톡홀름, 제네바 및 뉴욕보다 각각 11%, 29%, 36% 및 141% 적게 분석되었다.



(1) 예상인구와 물 사용량 ( $m^3$ )



(2) 예상인구와 1일 물 사용량 (L/Person/day)



(3) 물 사용량 ( $m^3$ )과 1일 물 사용량 (L/Person/day)

그림 1. 2025년 예상 인구수, 물 사용량 ( $m^3$ , L/Person/day)의 상관관계 분석

표 4. 세계 주요 도시별 1인1일 수돗물 사용량<sup>1)※</sup> (unit : L/Person/day)

구분 ('08)	서울 <sup>2)※</sup> (한국)	오슬로 (노르웨이)	로마 (이탈리아)	도쿄 (일본)	스톡홀름 (스웨덴)	제네바 (스위스)	뉴욕 (미국)
물 사용량 (L/person/day)	212('11)	197	208	236	273	289	511
상대국/한국 (%)	100	93	98	111	129	136	241

※ 1인1일 수돗물 사용량<sup>1)※</sup> ; 공공커뮤니케이션 연구소 ('13), 서울<sup>2)※</sup> ; (한국) 가정용+업무용 1인 사용량 ('12, 상수도 통계, 환경부), (외국) Household and small business 1인 사용량 ('10, IWA)

## 2.2 전국 수돗물 공급현황

2025년에 아시아의 인구 및 물 사용량 (m<sup>3</sup>/year)은 지속적으로 증가하지만, 1인1일 물 사용량 (L/Person/day)은 전체 예측량 평균의 66.4%에 해당하는 191 L/Person/day로 아프리카와 같이 낮게 예측되었다. 그리고 서울의 1인1일 수돗물 사용량 (L/Person/day)은 2011년에 212 L/Person/day로 이미 예측량을 초과할 정도로 수자원 수급은 원활하지만, 최근 이상 기온현상 및 국지성 집중호우로 인한 강우량 편중이 심화되어 적절한 물 수급관리의 필요성이 요구됨에 따라 대응방안 수립을 위하여 현재의 수돗물 공급현황 및 수도요금을 비교·분석하였다.

### 1) 용도별 수돗물 사용현황

전국의 용도별 수도요금 부과현황 ('03~'13)은 표 5와 같다. 2013년 기준 수돗물 사용량은 가정용 (63.5%), 업무용 및 영업용 (31.6%), 욕탕용 (1.5%), 공업용 (3.1%) 과 기타 (0.4%)로 가정용과 업무 및 영업용이 95.1%로 대부분을 차지하였다. 전체 수돗물 사용량은 54.2×10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/year로 증가하고, 가정용, 업무용 및 영업용, 욕탕용, 공업용과 기타의 용도별 증가량은 각각 44.6, 25.5, -3.0, -11.1 및 -1.8×10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/year으로, 가정용과 업무용 그리고 영업용은 증가하였지만 그 외 용도는 감소하였다. 업무용 및 영업용을 구분하면 영업용은 71.6×10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/year으로 증가하였지만 업무용은 -4.6×10<sup>7</sup> m<sup>3</sup>/year으로 감소하였다.

그리고 1인1일 수돗물 사용량은 2013년에 282 L/Person/day로 2003년부터 1.17 L/Person/day 증가하였고, 분석기간에 인구수 변동이 없어 가정용 및 영업용 수돗물 사용량 증가가 수돗물 사용량 증가의 원인으로 판단된다.

2) 수돗물 생산원가 및 수도요금 현황

전국 수도요금 현황 ('03~'13)은 표 6과 같고, 2013년 전국 평균 수도요금은 660.4 Won/m<sup>3</sup>이며, 수돗물 생산원가는 849.3 Won/m<sup>3</sup>으로 수도요금이 생산원가의 77.8% 수준이었다.

표 5. 전국 용도별 수돗물 사용현황 ('03~'13) (unit : ×10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>)

년도	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	
수도요금 부과량 (×10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	계	4,489	4,632	4,761	4,708	4,648	4,674	4,747	4,909	4,990	5,021	5,133 (100.0)
	가정용	2,785	2,868	2,906	2,939	2,970	2,964	3,040	3,113	3,160	3,205	3,260 (63.5)
	업무용	644	666	731	612	572	631	544	478	307	277	256 (5.0)
	영업용	712	718	676	826	879	837	926	1,045	1,259	1,314	1,363 (26.6)
	업무+영업	1,356	1,384	1,407	1,438	1,451	1,468	1,470	1,523	1,566	1,591	1,619 (31.6)
	욕탕	106	106	107	106	107	97	92	90	88	83	79 (1.5)
	공업용 <sup>1)※</sup>	206	212	290	216	76	110	101	134	146	118	152 (3.0)
	기타 <sup>2)※</sup>	36	62	51	9	44	35	44	49	30	24	23 (0.4)
물 사용량 (L/Person/day)	267	270	272	276	275	275	274	277	279	278	282	

※ 공업용<sup>1)※</sup> : 전용 공용용수 시설이 아닌 생활용수로 공업용수를 공급하는 경우  
 기타<sup>2)※</sup> : 기타 업종과 기타 부과량 값을 환산한 값

표 6. 전국 수돗물 생산원가 및 수도요금 현황 ('03~'13)

년도	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	평균
요금 (Won/m <sup>3</sup> )	532.9	550.7	563.2	577.3	603.9	609.3	609.9	610.2	619.3	649.1	660.4	598.8
생산원가 (Won/m <sup>3</sup> )	596.6	638.9	680.0	704.4	715.4	730.7	761.6	777.2	813.4	814.7	849.3	734.8
현실화율 (%)	89.3	86.2	82.8	82.0	84.4	83.4	80.1	78.5	76.1	79.7	77.8	81.9

그림 2와 같이 2003년부터 연간 수도요금 인상률은 11.6 Won/m<sup>3</sup>/year, 수돗물 생산원가 인상률은 23.3 Won/m<sup>3</sup>/year으로, 생산원가 인상율은 요금 인상률의 2배정도 (23.3/11.6) 높았으며, 수도요금 현실화율은 -1.04 %/year로 적자 수도경영이 지속되고 있다.

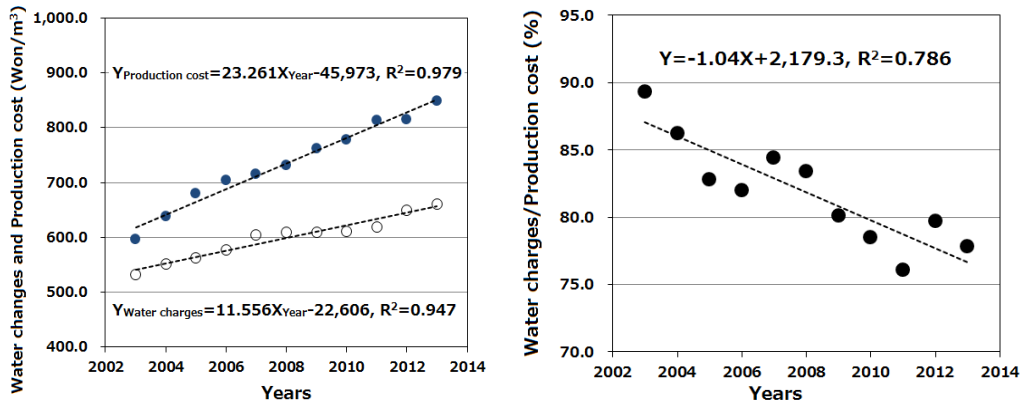


그림 2. 전국 연도별 수돗물 요금, 생산원가 및 요금 현실화율 변화

### 2.3 시·도 수돗물 공급현황

전국 수도공급 및 수도요금 현황을 2003년부터 2013년까지 연도별로 분석한 결과, 생산원가의 77.8% ('13)만이 수도요금으로 부과되어 상수도 재정을 지속적 (-1.04 %/year)으로 악화시키는 원인이 되고 있어 2013년 시·도 수돗물 공급현황을 세부적



으로 분석하였다.

### 1) 시·도 수돗물 사용현황

특·광역시와 도 단위의 2013년도 수돗물 사용현황은 표 7과 같이 전국 수도 보급률은 98.5%이며, 이와 비교한 시·도 보급률은 세종특별자치시 (90.8%)를 제외하고 모든 특·광역시에서 100%에 가까웠으며, 도 단위에서는 평균 96.6%로 제주도와 경상남도를 제외하고 전국 보급률 평균 (98.5%) 이하였다.

전국 평균 급수량은 335 L/Person/day, 특·광역시는 323.5 L/Person/day, 도 단위는 394.1 L/Person/day로, 도 단위가 특·광역시보다 70.6 L/Person/day 높았다. 그리고 전국 평균 수돗물 사용량은 282 L/Person/day, 특·광역시는 279.9 L/Person/day, 도 단위는 290.6 L/Person/day으로 도 단위가 특·광역시보다 10.7 L/Person/day 높았다. 이를 종합한 급수량 대비 물 사용량은 전국 평균이 84.2%, 특·광역시는 86.5%, 도 단위는 73.7%로 특·광역시가 도 단위보다 12.8% 급수량 대비 사용량 (유수율)이 높았다.

표 7. 시·도 수돗물 사용현황

구분	총인구 (×10 <sup>3</sup> Persons)	급수인구 (×10 <sup>3</sup> Persons)	면적 (×km <sup>2</sup> )	보급률 (%)	직접 급수량 (×10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	급수량 (L/Person/day)	물 사용량 (L/Person/day)	유수율 <sup>1)※</sup>
전국	52,127	51,325	100,285	98.5	16,734	335	282	84.2
서울특별시	10,388	10,388	605	100.0	3,128	301	284	94.4
부산광역시	3,563	3,564	770	100.0	1,000	281	258	91.8
대구광역시	2,525	2,524	884	100.0	768	304	277	91.1
인천광역시	2,930	2,930	1,048	100.0	958	332	295	88.9
광주광역시	1,488	1,484	501	99.7	472	319	270	84.6
대전광역시	1,548	1,547	539	100.0	512	332	297	89.5
울산광역시	1,179	1,170	1,061	99.2	330	286	257	89.9
세종특별시	125	113	465	90.8	42	433	301	69.5
소계	23,746	23,720	5,873	98.7	7,210	323.5	279.9	86.5
경기도	12,549	12,341	10,173	98.3	3,894	318	281	88.4
강원도	1,556	1,470	16,826	94.5	631	457	302	66.1
충청북도	1,600	1,554	7,407	97.1	596	419	349	83.3
충청남도	2,097	1,910	8,214	91.1	706	415	323	77.8
전라북도	1,896	1,853	8,067	97.8	713	401	275	68.6
전라남도	1,932	1,805	12,309	93.4	591	369	245	66.4
경상북도	2,743	2,687	19,029	98.0	1,099	453	309	68.2
경상남도	3,403	3,380	10,538	99.3	1,068	342	244	71.3
제주도	605	605	1,849	100.0	226	373	287	76.9
소계	28,381	27,605	94,412	96.6	9,524	394.1	290.6	73.7

※ 유수율<sup>1)※</sup> : 물 사용량 (L/Person/day) / 급수량 (L/Person/day)

특히 서울특별시 경우에 상수도 보급률은 100 %이며 급수량 대비 사용량 (유수율)은 94.4 %로 전국 1위이며, 전국 평균 84.2 %보다 10.2 %, 특·광역시 평균 86.5 %보다 7.9 % 높았다.

## 2) 시·도 수도요금 및 생산원가 현황

2013년도 시·도 수돗물 생산원가와 수도요금은 표 8과 같고, 전국 평균 수도요금은 660.4 Won/m<sup>3</sup>, 생산원가는 849.3 Won/m<sup>3</sup>으로 전국 요금 현실화율은 77.8 %,

특·광역시는 87.8 %, 도 단위는 70.4 %로 특·광역시가 도 단위보다 17.4 % 높았다.

표 8. 시·도 수돗물 요금 및 생산원가 현황

특·광역시				도			
구분	요금 (Won/m <sup>3</sup> )	생산원가 (Won/m <sup>3</sup> )	현실화율 (%)	구분	요금 (Won/m <sup>3</sup> )	생산원가 (Won/m <sup>3</sup> )	현실화율 (%)
전국	660.4	849.3	77.8	경기도	634.4	753.4	84.2
서울특별시	574.2	618.6	92.8	강원도	796.3	1,472.8	54.1
부산광역시	715.1	880.6	81.2	충청북도	698.1	936.4	74.6
대구광역시	579.0	598.3	96.8	충청남도	738.5	1,118.7	66.0
인천광역시	663.7	693.8	95.7	전라북도	875.4	1,114.8	78.5
광주광역시	531.3	624.8	85.0	전라남도	811.5	1,286.3	63.1
대전광역시	509.4	578.4	88.1	경상북도	684.1	1,185.0	57.7
울산광역시	872.0	870.9	100.1	경상남도	796.4	1,024.8	77.7
세종특별시	769.4	1,229.7	62.6	제주도	697.9	898.3	77.7
소계	651.8	761.9	87.8	소계	748.1	1,087.8	70.4

특·광역시 수도요금 현실화율은 울산광역시가 100.1 %로 최고이며, 세종특별시가 62.6 %로 최저, 도 단위에서는 경기도가 84.2 %로 최고, 강원도가 54.1 %로 최저였다. 서울특별시는 현실화율이 92.8 %로 전국 시·도별 4위였다.

전국 수도요금과 수돗물 생산원가의 평균을 100 %으로 가정하면, 수돗물 요금은 특·광역시가 도 단위보다 14.6 % 낮고, 수돗물 생산원가는 특·광역시가 도 단위보다 40.7 %로 낮았다. 그럼에도 수도요금 현실화율은 특·광역시가 17.4 % (87.8~70.4) 높은 원인은 표 7의 시·도별 수돗물 사용현황에서와 같이 인구는 도 단위가 1.2배 높지만 지역면적이 16배나 넓어 시설투자에 대한 원가상승이 원인의 하나로 판단된다.

## 2.4 생활패턴 변화에 의한 수돗물 사용실태 조사 필요성

세계기상기구 (WMO, '97)에 의하면, 아시아는 2025년에 인구가 4,913×10<sup>6</sup> Persons, 물 사용량이 343×10<sup>10</sup> m<sup>3</sup>, 그리고 1인1일 물 사용량은 191 L/Person/day로 물

사용량 증가율은 어느 대륙보다 높다고 전망하였다. 이러한 전망은 아시아의 경제활동과 인구의 지속적인 증가로 판단되며, 특히 2.2. 1)의 분석결과와 같이 우리의 수돗물 사용량 중에서 가정용은 매년  $44.6 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{year}$  ('03~'13), 1인1일 수돗물 사용량도 1.17 L/Person/day씩 증가하며 주된 원인은 가정용과 영업용의 수돗물 사용량 증가로 분석되었다.

그리고 아시아의 1인1일 사용량인 191 L/Person/day (WMO '25 예측)을 서울은 284 L/Person/day ('13)로 소비량이 이미 초과되었으며, 수도요금 현실화율 (92.8%, 전국 77.8%)도 높아 수도요금 증가나 수돗물 수요량 증가는 시민의 기본 생활비 증가에 직접적인 영향을 미칠 수 있다고 판단되었다.

그러므로 본 연구는 수돗물 사용량 중에서 가장 많은 가정용수의 사용패턴을 조사하고, 기후 온난화 등 수자원 확보에 대한 불확실성이 증대되는 현실에서 가정에서 수돗물을 효율적으로 사용하는 방안을 검토하여, 현대사회의 특징인 가구 구성원의 소수화 및 도시화에 의한 주거형태 변화가 수돗물 사용패턴에 미치는 영향을 조사하였다.

이와 같은 현대인의 생활패턴 및 주거 환경변화에 대응이 가능하게 체계적이고 합리적인 수돗물 사용량에 대한 심층적인 연구는 필요하며 이를 통한 효율적인 수돗물 생산과 관리도 가능하게 되리라 판단할 수 있다.

### 3. 연구방법

#### 3.1 자료조사

##### 1) 서울특별시

서울특별시 수돗물 사용현황 및 기타 관련 자료는 홈페이지 (<http://stat.seoul.go.kr/>)와 연도별 서울특별시 및 자치구 관련 공개 자료를 종합 활용하였다.

서울특별시 및 자치구 관련자료 : 서울특별시의 인구, 가구수, 거주형태 및 수도물 급수현황, 자치구 수도물 급수 및 용도별 사용현황 등

그리고 이동인구는 2013년 1~4호선 및 5~8호선 평일 주요역사 승·하차 여객수 (여객운송 실적)를 서울메트로 (<http://www.seoulmetro.co.kr/>)와 서울도시철도공사 (<http://www.smrt.co.kr/>) 홈페이지 자료를 참고하여 자치구별로 1일 지하철 이용실적을 활용하였다.

## 2) 환경부

전국 상수도 보급현황 자료는 환경부 홈페이지 (<http://www.me.go.kr/>)와 연도별 상수도 통계자료를 활용하였다.

환경부 관련자료 : 전국 (시·도 포함) 수도물 사용현황, 수도요금 및 생산원가 등

## 3) 국외자료

동경도 상수도 관련 자료는 동경도 수도국 홈페이지 (<http://www.waterworks.metro.tokyo.jp/>) 자료를 활용하였다.

## 3.2 수요 예측분석

서울특별시 연도별 수도물 수요 예측은 일차방정식 또는 ln식으로 Plotting하여 R-Squared (결정계수,  $R^2$ )가 1에 가장 가까운 식으로 (분석기간) 증가와 감소경향 그리고 수도물 사용량을 예측하였다.

## 3.3 상관성 분석

수도물 사용현황과 이동인구 그리고 용도별 사용현황에 대한 통계적 상관성 분석은 프로그램 XLSTAT 2009을 사용하였으며, 각 요소의 상관성 분석은 Spearman coefficients of determination analysis (상관관계분석)방법으로 실시하였다.

본 연구에서 활용한 통계분석에서 상관분석 (Correlation Analysis)이란 독립적인 두 변수 사이의 어떠한 선형적인 상관성이 있는지에 대한 분석으로, 두 변수사이의 관계강도를 상관관계 (Correlation, Correlation coefficient)라 한다. 상관계수는 변수사이의 연관정도이며 인과관계를 설명하지는 않고 상관관계 정도의 단위로 모상관계수 ( $\rho$ )를 사용한다. 즉, 변수사이의 원인과 결과에 대한 인과관계의 유무는 회귀 분석으로 인과관계의 방향과 정도 그리고 수학적 모델로 확인이 가능하다.

그리고 상관분석은 두 변수가 어느 정도의 상관성이 있는지를 분석하는 단순상관분석 (Simple correlation analysis), 3개 이상 변수사이의 강도를 측정하는 다중상관분석이 있으며, 다중상관분석에는 다른 변수의 관계를 고정하고 두 변수만의 관계 강도를 나타내는 편상관계분석 (Partial correlation analysis)도 있다.

모상관계수가  $0 < \rho \leq +1$  이면 양의 상관,  $-1 \leq \rho < 0$  이면 음의 상관,  $\rho = 0$ 이면 무상관이라 하며, 0은 상관이 없다는 의미보다 선형적 상관성이 아니라는 의미이다. 본 연구에 활용한 스피어만 상관계수 (Spearman correlation coefficient)는 자료가 서열척도인 경우, 자료 값 대신 순위를 이용하는 경우의 상관계수로서, 자료를 순위 (서열)로 바꾼 뒤 순위를 이용하여 상관계수를 구한다. 두 변수사이의 연관성과 자료가 정규분포가 아닌 경우, 표본 크기가 작을 때 유용하게 이용한다. 스피어만 상관계수는 -1과 1 사이의 값을 가지는데 두 변수의 순위가 완전히 일치하면 +1이고, 두 변수의 순위가 완전히 반대이면 -1이 된다.

## 4. 결과 및 고찰

### 4.1 서울특별시 상수도 공급특성

#### 1) 인구 및 가구수 변동

1991년부터 2014년까지 서울특별시 주민등록 인구수와 총가구수 변화는 표 9와

같다. 2014년 서울특별시 인구는 10,369,593 Persons, 총가구수는 4,194,176 Households로 1991년보다 인구수 (10,904,527 Persons)는 감소하였고, 가구수 (3,330,317 Households) 는 반대로 증가하였다.

그림 3과 같이 인구는 연간 21,800 Persons/year ( $R^2=0.539$ )씩 감소하였으나, 가구수는 연간 40,131 Households/year ( $R^2=0.954$ )씩 증가하였다. 가구에 대한 인원수 (총가구수에 대한 주민등록 인구수) 변화는 1991년부터 25년간 약 0.8 Persons이 감소하여 3.3 Persons 구성원 가구에서 점차적으로 2.5 Persons 구성원 가구로 변화하였다.

표 9. 서울특별시 연도별 주민등록 인구수 및 총가구수 변화

년도	총가구수 (Households)	주민등록인구수 (Persons)	Ratio <sup>1)*</sup>	년도	총가구수 (Households)	주민등록인구수 (Persons)	Ratio <sup>1)*</sup>
'91	3,330,317	10,904,527	3.3	'04	3,780,305	10,287,847	2.7
'94	3,455,665	10,798,700	3.1	'09	4,116,660	10,464,051	2.5
'99	3,490,616	10,321,449	3.0	'14	4,194,176	10,369,593	2.5

※ Ratio<sup>1)\*</sup> ; 주민등록인구수/총가구수

## 2) 서울특별시 수도물 급수현황

서울특별시의 1994년부터 2014년까지 수도물 급수현황은 표 10과 같고, 2010년 [10,575,447 Persons, 표 11]부터 인구가 감소함에 따라 급수인구도 감소하였다. 그리고 상수도 시설에 대한 지속적인 투자로 수도물 보급률은 2008년부터 급수대상 인구에 대하여 100%를 공급하게 되었다.

서울특별시는 수도물 보급률 100%를 달성하기 위하여 1985년에 8개 정수장 (광암, 구의, 뚝도, 보광동, 선유, 노량진, 영등포, 신월)을 운영하다가 1986년에 9개 (암사 추가), 1998년에 10개 (강북 추가), 2000년에 9개 (선유 폐쇄), 2001년 8개 (노량진 폐쇄), 2003년 7개 (신월 폐쇄), 2004년 6개 (보광동 폐쇄)로 현재 6개 정수장을 운영하며, 시설용량은 최대  $7,300 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{day}$  ('99)로 현재는  $4,350 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{day}$  ('14)의 수도물을 생산하여 공급하고 있다.

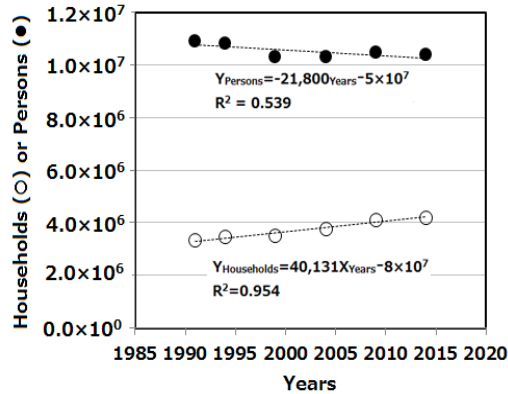


그림 3. 서울특별시 연도별 주민등록 인구수 및 총가구수 변화

표 10. 서울특별시 연도별 상수도 급수현황

연도	급수인구 (Persons)	급수인구 (Persons)	보급률 (%)	시설용량 (m <sup>3</sup> /day)	급수량 (m <sup>3</sup> /day)	1인1일 급수량 <sup>1)※</sup> (L/Person/ day)	급수전수 (Unit)	급수인구/ 급수전수 (Persons/ unit)
'94	10,798,700	10,791,862	99.9	6,190,000	5,137,230	476	1,809,097	6.0
'99	10,321,449	10,319,551	99.9	7,300,000	4,342,606	421	1,872,451	5.5
'04	10,287,847	10,287,604	99.9	5,400,000	3,526,370	343	1,971,111	5.2
'09	10,464,051	10,464,051	100.0	5,100,000	3,215,029	307	1,960,727	5.3
'14	10,369,593	10,369,593	100.0	4,350,000	3,093,257	298	2,093,223	5.0

※ 1인1일 급수량<sup>1)※</sup> (L/Person/day) ; 급수량 (m<sup>3</sup>/day) / 급수인구 (Persons)

1인1일 수도물 급수량은 1993년에 461 L/Person/day에서 2014년에는 35.4%가 감소한 298 L/Person/day가 되었고, 급수전 (≡ 수도계량기) 수는 총가구수 증가로 1993년 보다 19%가 증가한 2,093,223 units가 되었다. 급수전에 대한 급수인구는 1994년에 6.0 Persons/unit에서 2014년에 5.0 Persons/unit로 20년간 1.0 Persons/unit이 감소하였으며, 가구 구성원 소수화에 의한 가구수 증가로 급수전이 증가한 결과로 분석되었다.



### 3) 수돗물 수요량 예측분석

서울특별시의 2003년에서 2013년까지 인구변동에 따른 급수인구 및 수돗물 공급 현황은 표 11과 같고, 이를 토대로 장래 수돗물 사용량을 예측하였다.

2013년 기준으로 급수인구는  $10.39 \times 10^6$  Persons이며, 급수율은 100.0%로 2003년부터 매년  $47.4 \times 10^3$  m<sup>3</sup>/year씩 감소하여 2013년 현재 급수량은  $3.13 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/year이고 1인1일 급수량은 301 L/Person/day이다. 그림 4-2 (왼쪽)과 같이 급수량 감소속도는 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$\text{급수량(L/Person/day)} = -24.8 \ln(\text{Year}-2002) + 357.7 \quad (R^2=0.983) \quad \dots \text{ [Eq. 1]}$$

식 1에 의하여 2023년에는 282.2 L/Person/day로 예측되었다.

그리고 표 11과 같이 급수량과 유수율을 감안한 2013년도 1인1일 수돗물 사용량은 284 L/Person/day로, 그림 4(오른쪽)와 같이 수돗물 사용량 감소속도는 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$\text{수돗물 사용량(L/Person/day)} = -5.178 \ln(\text{Year}-2003) + 295.4 \quad (R^2=0.829) \quad \dots \text{ [Eq. 2]}$$

식 2에 의하여 2023년의 수돗물 사용량은 281.9 L/Person/day로 예측되었다. 이러한 결과를 종합하면 2023년에는 유수율 (수돗물 사용량/급수량, 281.9/282.2)은 99.9%로 수돗물 사용량과 급수량이 거의 일치할 것으로 예측된다.

표 11. 서울특별시 연도별 수돗물 공급 현황 및 예측

년도	급수인구 (Persons)	급수인구 (Persons)	보급률 (%)	시설용량 (m <sup>3</sup> /day)	급수량 (m <sup>3</sup> /day)	급수량 (L/Person/ day)	유수율 (%)	물 사용량 (L/Person/ day)
'03	10,276,968	10,276,725	99.9	5,700,000	3,657,296	356	-	-
'04	10,287,847	10,287,604	99.9	5,400,000	3,526,370	343	85.6	294
'05	10,297,004	10,296,761	99.9	5,400,000	3,442,551	334	87.8	293
'06	10,356,202	10,356,018	99.9	5,400,000	3,351,514	324	90.4	293
'07	10,421,782	10,421,718	99.9	5,100,000	3,284,290	315	91.4	288
'08	10,456,034	10,456,034	100.0	5,100,000	3,252,788	311	91.8	285
'09	10,464,051	10,464,051	100.0	5,100,000	3,215,029	307	92.8	285
'10	10,575,447	10,575,447	100.0	4,550,000	3,217,454	304	93.8	285
'11	10,528,774	10,528,774	100.0	4,600,000	3,187,072	303	93.5	283
'12	10,442,426	10,442,426	100.0	4,350,000	3,159,095	303	94.5	286
'13	10,388,055	10,388,055	100.0	4,350,000	3,129,778	301	94.4	284
'23	예측값					282.2	99.9	281.9

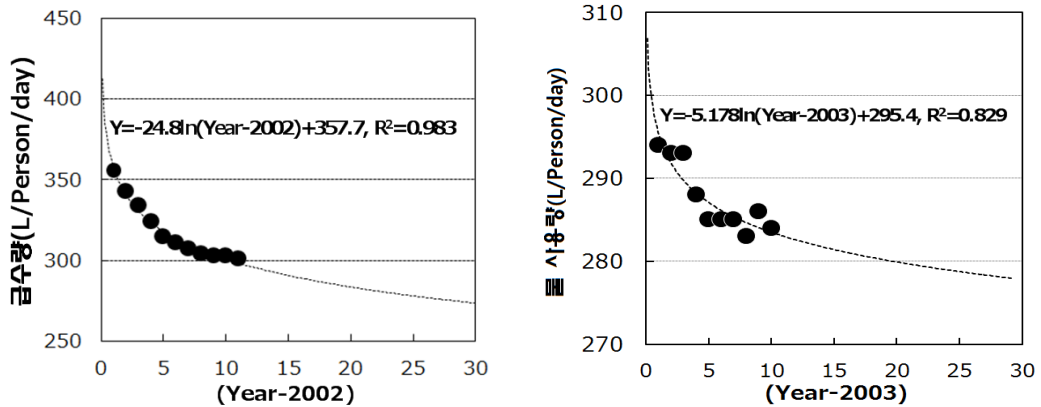


그림 4. 장기적 급수량(왼쪽)과 수돗물 사용량(오른쪽) 예측 Plotting

## 4.2 자치구 상수도 공급특성

### 1) 상수도 공급현황

서울특별시 2013년도 25개 자치구 수돗물 공급현황은 표 12와 같이 상수도 보급률이 100%이며, 급수인구수 (Persons)는 송파≫노원≫강서≫강남≫관악≫...≫중구

순, 1일 수돗물 급수량 ( $m^3/day$ )은 강남»송파»관악»서초»강서»...»금천 순, 1인 1일 급수량 (L/Person/day)은 중구»종로»강남»용산»서초»...»은평 순으로 분석되었으나, 급수인구, 1일 급수량 ( $m^3/day$ ) 그리고 1인1일 급수량 (L/Person/day) 순위에 대한 뚜렷한 상관관계는 없었다.

그리고 자치구 급수인구에 대한 급수량 ( $m^3/day$ )으로 계산한 1인1일 급수량 (L/Person /day)은 최대가 중구 (698 L/Person/day, 인구-송파구 최대), 최소가 은평구 (225 L/Person /day, 인구-중구 최소)로 최대와 최소의 비가 약 310 % 차이로 1인1일 급수량 (L/Person/day) 은 단순한 급수인구 영향보다는 다른 요인이 수돗물 급수량에 영향을 미친다고 판단되었다.

## 2) 수돗물 사용량의 상관성 분석

자치구별 1인1일 급수량 (L/Person/day)의 최대와 최소비가 약 310 % (698/225)로, 이러한 원인분석은 장래 인구변동 외에 사회변동 또는 도시개발 등 수돗물 급수량의 정확한 예측과 관리에서 필요하다고 판단하였다.

그러므로 수돗물 사용량은 가정용 (63.5 %)과 업무용 (31.6 %)이 전체의 95.1 %를 차지하여 업무용에 영향을 미칠 수 있는 변수 (인자)로 수돗물 공급 상황과 유동인구 사이의 상관성을 분석하였다. 직접적인 유동인구를 산출하기 어려운 점을 고려하여 유동인구의 흐름을 파악할 수 있는 대응인자로, 서울지역 지하철 역사의 이용승객을 활용하였다. 지하철 역사별 이용승객은 서울메트로와 도시철도공사의 2013년도 여객수송 실적자료를 참조하여 역사 소재지를 자치구별로 구분하여 표 13에 정리하였다.

표 13과 같이 8개 노선, 257개 역사의 평일 1일 총 이용여객은 10,134,294 Persons이며 1개 역사에 평균 이용객수는 43,219 Persons이었다. 그리고 1일 1개 역사 최대 이용실적은 관악구 역사로 100,194 Persons/day/station, 최소는 서대문구 역사로 22,667 Persons/day/ station이었다.

위에서 분석한 자치구 지하철 이용실적과 수도 공급현황 자료의 상관관계를 분석하여 그림 5의 (1)~(6)에 나타내었다.

표 12. 자치구 수돗물 공급현황

자치구	급수인구 (Persons)	보급률 (%)	급수량 (m <sup>3</sup> /day)	1인1일 급수량 (L/Person/day)	급수전수 (units)
합계	10,388,055	100	3,129,778	301	2,058,452
종로구	167,867	100	94,140	561	50,265
중구	137,990	100	96,330	698	32,706
용산구	251,925	100	93,057	369	52,207
성동구	306,571	100	84,306	275	46,631
광진구	381,439	100	114,617	300	76,284
동대문구	376,445	100	113,530	302	65,169
중랑구	421,237	100	108,950	259	80,587
성북구	485,347	100	138,588	286	79,407
강북구	341,921	100	91,834	269	77,474
도봉구	360,609	100	102,371	284	73,452
노원구	594,027	100	137,372	231	129,824
은평구	508,111	100	114,461	225	84,410
서대문구	324,067	100	97,666	301	70,946
마포구	391,098	100	124,069	317	118,232
양천구	496,934	100	129,661	261	105,080
강서구	575,236	100	156,330	272	139,629
구로구	452,168	100	126,157	279	70,348
금천구	258,254	100	79,715	309	41,551
영등포구	421,577	100	113,367	269	64,155
동작구	421,487	100	134,676	320	74,962
관악구	535,128	100	164,754	308	96,155
서초구	446,541	100	159,708	358	82,703
강남구	569,152	100	231,740	407	122,159
송파구	674,955	100	188,914	280	129,362
강동구	487,969	100	133,465	274	94,754

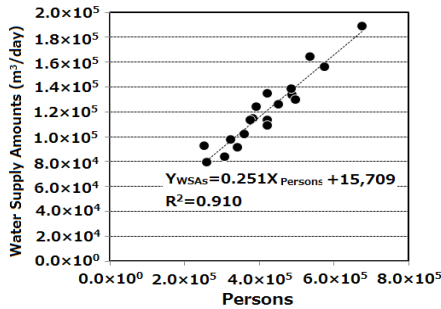
두 요소 상호간의 결정계수 ( $R^2$ )을 1.0에 최대한으로 근접하는 자료로 Plotting하면 (1) 급수인구와 급수량 ( $m^3/day$ )은  $R^2$  (결정계수)이 0.910, (2) 급수인구와 급수량 (L/Person/day)은  $R^2$ 이 0.439, (6) 급수량 (L/Person/day)과 유동인구 (Persons/day/station)은  $R^2$ 이 0.771로 상관성이 높았으나 (3) 급수량 ( $m^3/day$ )과 급수량 (L/Person/day)은  $R^2$ 이 0.056, (4) 급수인구 (Persons)와 유동인구 (Persons/day/station)는  $R^2$ 이 0.002, (5) 급수량 ( $m^3/day$ ) 과 유동인구 (Persons/day/station)은  $R^2$ 이 0.004로 상관성이 낮았다.

표 13. 자치구 역사의 평일 1일 승·하차 수송실적

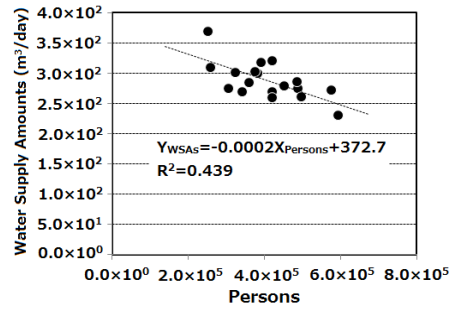
자치구	유동인구평균 (Persons/day/ station)	조사대상 역사수 (stations)	자치구	유동인구평균 (Persons/day/ station)	조사대상 역사수 (stations)
강남구	68,422.6	17	서대문구	22,667.3	5
강동구	27,943.9	11	서초구	53,244.0	12
강북구	73,959.6	3	성동구	23,381.7	14
강서구	26,301.7	9	성북구	31,491.8	9
관악구	100,194.7	4	송파구	26,423.8	21
광진구	43,829.3	11	양천구	33,313.8	5
구로구	61,770.6	7	영등포구	28,239.7	11
금천구	80,039.0	1	용산구	33,989.4	10
노원구	32,133.3	13	은평구	28,743.2	13
도봉구	56,289.8	3	종로구	50,119.5	15
동대문구	33,418.1	6	중구	39,199.3	22
동작구	39,731.7	12	중랑구	25,214.1	7
마포구	40,408.5	16	평균	43,218.8	10.3

그리고 그림 5에서 분석한 두 요소간 상관관계를 토대로 자치구별 지하철 이용여객 수와 수도공급 현황자료를 이용하여 Spearman coefficients of determination analysis 로 실시하여 표 14에 정리하였다.

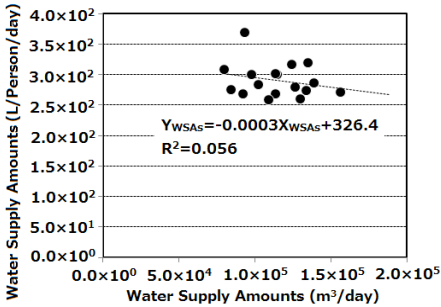
자치구 급수인구, 1일 및 1인1일 급수량 그리고 평균 유동인구의 상관성 분석결과, 급수인구 (Persons)는 급수량 ( $m^3/day$ ,  $R=0.727$ )과 1인1일 급수량 (L/Person/day,  $R=-0.464$ ), 그리고 1인1일 급수량 (L/Person/day)은 평균 유동인구 (Persons/day/station,  $R=0.673$ )와 상관성이 다른 요소보다 높았고 표 15와 같이 유의성 지표인 p-values 결과는  $p<0.05$  (95% 유의성이 있음)이하인 급수인구 (Persons)와 급수량 ( $m^3/day$ ,  $p=0.014$ ) 그리고 1인1일 급수량 (L/Person/day)과 평균 유동인구 (Persons/day/station,  $p=0.027$ )는 유의성이 있음이 확인되었다.



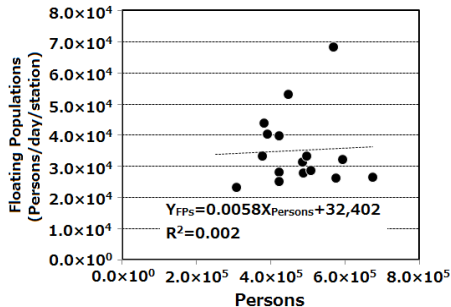
(1) 급수인구 (Persons)와 급수량 ( $m^3/day$ )



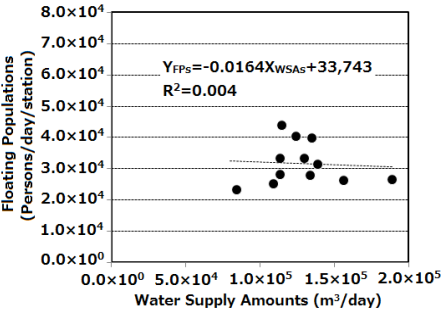
(2) 급수인구 (Persons)와 급수량 (L/Person/day)



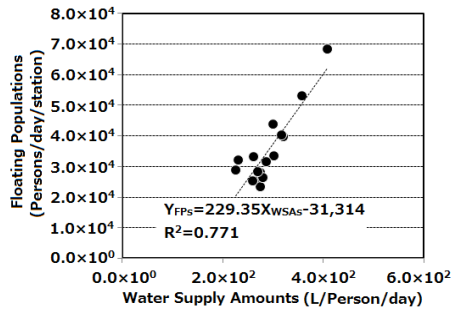
(3) 급수량 ( $m^3/day$ )과 급수량 (L/Person/day)



(4) 급수인구 (Persons)와 유동인구 (Persons/day/station)



(5) 급수량 ( $m^3/day$ )과 유동인구 (Persons/day/station)



(6) 급수량 (L/Person/day)과 유동인구 (Persons/day/station)

그림 5. 자치구 수돗물 공급현황 및 유동인구 상관관계 분석

이러한 결과를 종합하면, 자치구 1인1일 급수량 (L/Person/day) 변동은 급수인구와 유동인구 요소 등의 복합요인이라 판단할 수 있다. 그리고 그 외의 다른 원인 (예로, 주거지역 및 상업지역 특성 등)에 대한 상관관계는 장래 수돗물 사용량 예측 영향 인자의 판단 요인으로 향후 다각적인 해석이 필요하다고 판단되었다.

표 14. 자치구 수돗물 공급현황과 평일 지하철 여객수송 실적 상관분석

요소	급수인구 (Persons)	급수량 (m <sup>3</sup> /day)	급수량 (L/Person/day)	평균유동인구 (Persons/day/station)
급수인구 (Persons)	1	<b>0.727</b>	-0.464	-0.182
급수량 (m <sup>3</sup> /day)		1	0.218	0.236
급수량 (L/Person/day)			1	0.673
유동평균인구 (Persons/day/station)				1

*Values in bold are different from 0 with a significance level alpha=0.05  
Correlation matrix (Spearman)*

표 15. 표 14의 상관성 분석시 유의성 지표 ( $p$ -values)

요소	급수인구 (Persons)	급수량 (m <sup>3</sup> /day)	급수량 (L/Person/day)	평균유동인구 (Persons/day/station)
급수인구 (Persons)	0	<b>0.014</b>	0.154	0.595
급수량 (m <sup>3</sup> /day)		0	0.512	0.477
급수량 (L/Person/day)			0	<b>0.027</b>
유동평균인구 (Persons/day/station)				0

*Values in bold are different from 0 with a significance level alpha=0.05*

### 3) 자치구 용도별 수돗물 사용량 상관성 분석

자치구 수돗물 사용량 (L/Person/day, '13)은 유동인구와 상관성이 있어 자치구의 경제활동이나 상업적인 영업 활동요인과 관련성이 있는 수돗물 용도별 공급현황과 유동인구 사이의 상관성을 분석하기 위하여 2013년도 자치구의 용도별 수돗물 사용현황을 표 16과 같이 정리하였다.

수돗물의 용도별 평균 점유율 (자치구 최대~최소)은 가정용이 65.2 % (80.5 %, 도봉~26.9 %, 중구), 일반용 (영업용)이 22.5 % (60.4 %, 종로~9.1 %, 중랑), 공공용이 7.4 % (15.6 %, 중구~2.8 %, 중랑), 욕탕용과 기타가 2.4 % (2.9 %, 중구, 성북~1.5 %, 중랑)와 2.5 % (37.1 %~0.0 %)로 용도별 평균에 대한 최대 및 최소값의 편차는 최대 664 %로 나타났다.

표 16. 자치구 용도별 수돗물 사용현황

(unit :  $\times 10^3 \text{ m}^3$ )

자치구	합계	가정용		공공용		일반용(업무용)		욕탕용		기타	
		사용량	점유율 (%)	사용량	점유율 (%)	사용량	점유율 (%)	사용량	점유율 (%)	사용량	점유율 (%)
합계	1,108,834	723,018	65.2	82,476	7.4	249,315	22.5	26,092	2.4	27,933	2.5
종로구	29,212	11,114	38.0	4,565	15.6	12,762	43.7	771	2.6	0	0.0
중구	32,606	8,779	26.9	3,196	9.8	19,690	60.4	941	2.9	0	0.0
용산구	29,919	19,033	63.6	3,069	10.3	7,138	23.9	679	2.3	0	0.0
성동구	33,120	21,831	65.9	4,138	12.5	6,322	19.1	829	2.5	0	0.0
광진구	39,135	27,684	70.7	3,031	7.7	7,416	18.9	1,004	2.6	0	0.0
동대문구	38,652	25,548	66.1	3,564	9.2	8,658	22.4	882	2.3	0	0.0
중랑구	59,743	29,596	49.5	1,645	2.8	5,447	9.1	881	1.5	22,174	37.1
성북구	45,573	33,862	74.3	3,835	8.4	6,559	14.4	1,317	2.9	0	0.0
강북구	30,306	23,253	76.7	1,458	4.8	4,809	15.9	786	2.6	0	0.0
도봉구	31,263	25,180	80.5	1,555	5.0	3,668	11.7	860	2.8	0	0.0
노원구	53,305	42,356	79.5	3,941	7.4	5,960	11.2	1,048	2.0	0	0.0
은평구	42,990	34,191	79.5	2,417	5.6	5,330	12.4	1,052	2.4	0	0.0
서대문구	33,331	22,572	67.7	3,915	11.7	6,025	18.1	819	2.5	0	0.0
마포구	43,540	27,572	63.3	2,829	6.5	12,021	27.6	1,118	2.6	0	0.0
양천구	43,950	33,385	76.0	2,632	6.0	6,771	15.4	1,162	2.6	0	0.0
강서구	52,759	38,997	73.9	2,761	5.2	9,610	18.2	1,391	2.6	0	0.0
구로구	44,236	29,675	67.1	3,264	7.4	8,811	19.9	1,153	2.6	1,333	3.0
금천구	27,110	17,788	65.6	2,746	10.1	5,977	22.0	572	2.1	27	0.1
영등포구	49,977	27,414	54.9	3,737	7.5	15,746	31.5	1,056	2.1	2,024	4.0
동작구	41,012	30,330	74.0	2,881	7.0	6,454	15.7	970	2.4	377	0.9
관악구	54,728	36,002	65.8	4,234	7.7	12,153	22.2	1,083	2.0	1,256	2.3
서초구	55,900	31,469	56.3	4,813	8.6	18,261	32.7	1,357	2.4	0	0.0
강남구	82,554	42,982	52.1	4,394	5.3	33,330	40.4	1,848	2.2	0	0.0
송파구	68,933	48,162	69.9	5,649	8.2	12,972	18.8	1,408	2.0	742	1.1
강동구	44,980	34,243	76.1	2,207	4.9	7,425	16.5	1,105	2.5	0	0.0

위와 같이 자치구 용도별 수돗물 사용량의 최대와 최소 범위가 크다는 의미는 고정적인 요인보다는 유동적인 요인에 의한 수돗물 사용량 (L/Person/day)이 영향을 받는다고 판단되어 상관성 분석 (유의성  $p < 0.05$ )을 실시하였다.



자치구 수돗물 공급 현황, 용도별 사용량 그리고 유동인구의 상관성 분석결과는 표 17과 같이 용도별로 가정용은 급수인구 ( $R=0.873, p=0.001$ ), 급수량 ( $m^3/day, R=0.845, p=0.002$ ) 및 급수전수 ( $R=0.718, p=0.016$ ), 공공용은 급수전수 ( $R=-0.727, p=0.015$ ), 욕탕용은 급수인구 ( $R=0.800, p=0.005$ ), 급수량 ( $m^3/day, R=0.800, p=0.005$ ), 급수전수 ( $R=0.718, p=0.016$ ) 및 가정용 ( $R=0.718, p=0.016$ )과 유의한 상관성이 있었지만, 유동인구와 용도별 수돗물 사용량 사이에는 유의한 상관관계가 분석되지 않았다.

표 17. 자치구 수돗물 공급현황과 용도별 수돗물 사용량 상관분석

요소	급수인구 (Persons)	급수량 ( $m^3/day$ )	1인1일급수량 (L/Person/day)	급수전수 (unit)	년간 사용량 ( $\times 10^3 m^3$ )				평균유동인구 (Persons/station)
					가정	공공	일반	욕탕	
급수인구 (Persons)	1	0.727	-0.464	0.636	0.873	-0.473	0.218	0.800	-0.182
급수량 ( $m^3/day$ )		1	0.218	0.600	0.845	-0.218	0.182	0.800	0.236
1인1일 급수량 (L/Person/day)			1	-0.200	-0.245	0.400	0.109	-0.109	0.673
급수전수 (unit)				1	0.718	-0.727	0.227	0.718	0.073
년간 사용량 ( $\times 10^3 m^3$ )	가정				1	-0.555	-0.027	0.718	-0.100
	공공					1	0.045	-0.191	0.073
	일반						1	0.482	0.309
	욕탕							1	0.164
평균유동인구 (Persons/station)									1

*Values in bold are different from 0 with a significance level  $\alpha=0.05$   
Correlation matrix (Spearman)*

### 4.3 서울특별시 주택유형과 가구 구성원수 변화

고전적인 수돗물 사용량 예측관리는 거주 인구수나 주민등록 인구수에 1인 물 사용량 원단위를 적용하여 정수시설 용량 및 수돗물 필요 생산량을 산정하였다. 하지만

경제활동 등에 의한 인구 밀집과 집중 그리고 주거형태와 가구 구성원수 변화 그리고 유동인구 증가 등과 같은 사회변화에 의해서 수돗물 소비형태나 소비량에 많은 영향을 미치게 되었지만 현재까지 이러한 분야에 대한 연구는 미약한 실정이다. 이와 같은 상황에서 서울특별시 주택유형과 가구 구성원수의 연도별 변화를 비교하여 수돗물 사용량을 분석하였다.

1) 서울특별시 주택유형 변화

서울특별시의 2006년에서 2014년까지 주택유형의 변화는 표 18과 같이 아파트 (39.8 %)»단독주택 (39.6 %)»다가구주택 (11.7 %)»연립주택 (4.6 %)»기타 (4.3 %) 순으로 단독주택과 아파트가 전체의 79.4%로 주거형태의 주종이었다.

표 18. 서울특별시 연도별 주거형태 변화 (unit : %)

기간	단독주택	아파트	연립주택	다가구주택	기타	계
'06	42.4	36.8	4.4	12.5	3.9	100.0
'08	41.7	38.3	4.3	12.4	3.3	100.0
'10	39.5	41.0	6.1	9.8	3.6	100.0
'12	38.1	40.4	4.0	12.4	5.1	100.0
'14	36.5	42.6	4.4	11.3	5.2	100.0
평균	39.6	39.8	4.6	11.7	4.3	100.0

주거형태의 변화 특색으로 단독주택 점유율이 9년간 5.9 % 감소한 반면 아파트는 3.0 % 증가하였고, 그 외 주거형태는 정체상태이었다. 향후 주거환경개선에 의한 재건축과 재개발 촉진으로 공동 주거형태의 점유율은 증가가 예상되며, 수돗물 사용량과 생산량 산정은 수돗물 생산과 관리에 중요한 영향인자로서 주거형태에 따른 수돗물 사용량 등 원단위 산정에 지속적이고 심층적인 조사와 연구가 필요하다고 판단된다.

2) 장기적 인구 및 수돗물 공급량 예측분석

1995년부터 5년 주기로 서울특별시 가구 구성원수 변화와 수돗물 사용현황을 표

19에 정리하였다. 1995년부터 약 20년간 전체 가구수는 41.0% 증가하였고, 특히 1인, 2인 및 3인 구성 가구수는 1995년을 기준으로 1인 가구는 295.3 %, 2인 가구는 90.2 % 그리고 3인 가구는 26.9 %가 증가하였다. 반면 4인 가구이상은 평균 47.5 % 감소하였다.

표 19. 서울특별시 가구 구성원수 변화와 수도물 공급현황 (unit : Households)

연도		'95	'00	'05	'10	'13	'13/'95 (%)
	총계	2,965,794	3,085,936	3,309,890	3,504,297	4,182,351	141.0
가구 (Household)	1 가구수	382,024	502,245	675,739	854,606	1,510,202	395.3
	Person 점유율 (%)	12.9	16.3	20.4	24.4	36.1	
	2 가구수	426,210	524,663	670,455	781,527	810,516	190.2
	Persons 점유율 (%)	14.4	17.0	20.3	22.3	19.4	
	3 가구수	615,127	670,538	732,043	788,115	780,698	126.9
	Persons 점유율 (%)	20.7	21.7	22.1	22.5	18.7	
	4 가구수	996,854	989,621	917,243	807,836	822,832	82.5
	Persons 점유율 (%)	33.6	32.1	27.7	23.1	19.7	
	5 가구수	403,136	312,946	248,450	209,061	200,130	49.6
	Persons 점유율 (%)	13.6	10.1	7.5	6.0	4.8	
	6 가구수	102,344	63,668	49,781	47,659	44,057	43.0
	Persons 점유율 (%)	3.5	2.1	1.5	1.4	1.1	
	over 7 가구수	40,099	22,255	16,179	15,493	13,916	34.7
	Persons 점유율 (%)	1.4	0.7	0.5	0.4	0.3	
	예상인구 (Persons)	9,977,678	9,624,192	9,535,939	9,453,059	10,127,060	101.5
	실제 급수인구 (Persons)	10,584,302	10,371,861	10,296,761	10,575,447	10,388,000	98.1
	예상/실제인구 (%) <sup>1)※</sup>	94.3	92.8	92.6	89.4	97.5	103.4

2013년까지 가구 구성원수 변화를 기초로 장기적 인구변화 및 수도물 공급량을 예측 분석하였다. 가구 구성원수 및 가구수를 이용하여 다음과 같은 식 3으로 정의한다.

$$\text{총인구(Persons)} = \sum(N_i \times H_i) \cdots [\text{Eq. 3}]$$

$N_i$  : 가구 구성인수 (i),  $H_i$  : (i) 가구수

식 3에 의해서 인구를 예측한 결과, 2013년 시점의 예상급수 인구수 (10,127,060 Persons)는 실제 급수인구수 (10,388,000 Persons)의 97.5 %정도로 예측되었다.

이와 같이 과거 연도별 자료의 안정성과 신뢰성이 높다고 판단하여 인구 및 수돗물 사용량을 기초로 4.1. 서울특별시 상수도 공급특성 3) 수돗물 수요량 예측분석의 1인 1일 급수량 (L/Person/day)과 1인1일 수돗물 사용량 (L/Person/day) 예측 모델식 (Eq. 1과 Eq. 2)에 의한 결과와 연도별 가구 예측 값 (통계자료 ; <http://stat.seoul.go.kr/>)을 이용하여 장기적인 (10년 후) 예측 급수량과 1인1일 수돗물 사용량을 표 20에 정리하였다.

예측한 결과 (통계자료 ; <http://stat.seoul.go.kr/>)는 2025년에는 전체 가구수 3,947,050 Households로, 1인가구는 29.8 %, 2인가구는 29.0 %, 3인가구는 23.0 %, 4인가구는 14.4 %, 5인가구는 2.7 % 그리고 6인가구는 1.0 %를 점유할 것으로 예상되며, 2인이하 가구는 전체의 58.8 %로 2010년 (46.7 %) 보다 12.1 % 증가하는 등 소핵가족 구성가구 (2인 이하)가 절반이상을 차지하는 가구 구성원의 변화를 예측하였다.

그리고 예상인구는 위에서 예측한 가구 구성원수 및 예상 가구수를 이용한 식 3.으로 계산하면, 예상인구에 대한 실제 급수인구 비율 ('95, '00, '05, '10년 평균, 표 4-11<sup>1)</sup>\*)인 92.3%를 표 20<sup>2)</sup>\*)에 적용하여 예상인구에서 급수인구를 예측하였고, 1인1일 급수량<sup>3)</sup>\*) (L/Person/day)을 적용하여 급수량<sup>4)</sup>\*) ( $\text{m}^3/\text{day}$ )을 산출하였다.

2025년의 예측 급수인구는 10,017,358 Persons, 급수량은 2,804,860  $\text{m}^3/\text{day}$ 로, 2005년과 비교하여 2025년에는 인구가 279,403명이 감소한 10,017,358명이 되며, 이에 따른 급수량은 637,691 ( $\text{m}^3/\text{day}$ )이 감소된 2,804,860 ( $\text{m}^3/\text{day}$ )로 예측되었다.

표 20. 서울특별시 가구 구성원수 및 수도물 공급 예측 (unit : Households)

연도		'95	'05	'15	'20	'23	'25
	총계	2,965,794	3,309,890	3,632,068	3,798,450	3,894,252	3,947,050
가구 (Household)	1 가구수	382,024	675,739	981,574	1,096,195	1,151,565	1,177,135
	Person 점유율 (%)	12.9	20.4	27.0	28.9	29.6	29.8
	2 가구수	426,210	670,455	896,287	1,019,941	1,095,507	1,145,479
	Persons 점유율 (%)	14.4	20.3	24.7	26.9	28.1	29.0
	3 가구수	615,127	732,043	826,283	869,654	892,863	906,624
	Persons 점유율 (%)	20.7	22.1	22.7	22.9	22.9	23.0
	4 가구수	996,854	917,243	710,708	635,205	595,606	570,321
	Persons 점유율 (%)	33.6	27.7	19.6	16.7	15.3	14.4
	5 가구수	403,136	248,450	164,494	132,320	117,208	108,174
	Persons 점유율 (%)	13.6	7.5	4.5	3.5	3.0	2.7
	6 가구수	102,344	49,781	52,722	45,135	41,503	39,317
	Persons 점유율 (%)	3.5	1.5	1.5	1.2	1.1	1.0
	over 7 가구수	40,099	16,179	-	-	-	-
	Persons 점유율 (%)	1.4	0.5	-	-	-	-
	예상인구 (Persons)	9,977,678	9,535,939	9,234,631	9,218,269	9,238,650	9,246,021
	예상/급수인구 (%) <sup>2)※</sup>	94.30	92.60	92.30	92.30	92.30	92.30
	급수인구 (Persons)	10,584,302	10,296,761	10,005,017	9,987,290	10,009,372	10,017,358
	급수량 (m3/day) <sup>4)※</sup>	4,958,903	3,442,551	2,942,476	2,857,364	2,824,645	2,804,860
	급수량 (L/Person/day) <sup>3)※</sup>	469	334	294.1	286.1	282.2	280.0
	물 사용량 (L/Person/day)	-	293(87.8%)	284.6	282.8	281.9	281.4

#### 4.4 국내·외 가정용 수도물 사용량 조사

##### 1) 동경도 생활용수 및 가구 구성원수에 따른 수도물 사용 조사

서울과 비슷한 동경의 생활용수 사용실태를 분석하여 가정용의 용도별 물 사용량을 표 21에 정리하였다. 가정용 생활용수는 목욕, 화장실, 세탁, 취사, 세면 및 그 외로 구분하여 1997년부터 5년 주기로 2012년까지 동경도에서 조사한 자료로 다음과 같이 분석되었다. 평균적인 사용분포 (%)는 목욕 (28.5 %)≫화장실 (25.5 %)≫취사

(21.2 %)»세탁 (17.0 %)»세면 및 그 외 (7.8 %) 순으로, 2011년 원전사고 영향으로 2012년 목욕부문 사용량이 급증하였다.

표 21. 동경도 생활용수의 수돗물 사용현황 (동경도 수도권) (unit : %)

구분	'97	'02	'06	'12	평균 (%)	EPA권장량 <sup>2)</sup> * (Household)	
						점유율 (%) <sup>1)</sup> *	(m <sup>3</sup> /month)
목욕	26	24	24	40	28.5	28.8	2.0
화장실	24	28	28	22	25.5	30.5	2.1
세탁	20	17	16	15	17.0	22.0	1.5
취사	22	23	23	17	21.2	10.2	0.7
세면 및 그 외	8	8	9	6	7.8	8.5	0.6
계 (%)	100	100	100	100	100	100	6.9

\* 점유율 (%)<sup>1)</sup> ; 평균(값)은 미국 권장 값, EPA권장량<sup>2)</sup> ; 생활용수 사용량 권장값으로 가정에서 1가구에 목욕 또는 샤워에 66.5 L/day, 화장실에 70.4 L/day, 세탁에 50.8 L/day, 취사에 23.5 L/day 그 외 19.6 L/day로 약 231 L/day을 권장하고 있음 ('07.3 업데이트, 미국 EPA 폭로계수 핸드북)

2012년 자료에 의하면 후쿠시마 원전사고 ('11)가 원인이 되어 화장실과 취사부문은 급감하고 목욕부문이 증가하여 향후 절수 가능 부문은 화장실과 취사부문 (위기상황에서 물 사용 점유율 변화)으로, 절수정책 추진에 있어서 우선적으로 반영 가능한 부분이라고 판단할 수 있었다.

동경에서 2012년 조사한 가구 구성원별 생활용수 사용량은 표 4-14와 같이 1인 가구와 2인 가구의 1인 물 사용량은 평균 8.05 m<sup>3</sup>/month/Person이며 3인과 4인 가구 등 그 이상으로 구성된 가구는 6.25 m<sup>3</sup>/month/Person으로 1인, 2인의 소수 구성가구는 3인 이상 가구보다 물 사용량이 29 % 높았다.

표 22. 동경도 가구 구성원별 생활용수 사용현황 (동경도 수도권)

가구인원 (Persons)	사용량 (m <sup>3</sup> /month)	1인 물 사용량 (m <sup>3</sup> /Person/month)	
1	8.0	8.0 (100%)	≙ 8.05
2	16.2	8.1 (101%)	
3	20.8	6.9 (86%)	≙ 6.25
4	25.1	6.3 (79%)	
5	29.6	5.9 (74%)	
Over 6	35.4	5.9이하 (74%이하)	

## 2) 국내 생활용수 분야별 수도물 사용현황

국내 생활용수의 사용용도, 가구 구성원 및 주거형태에 따른 수도물 사용량의 중요성은 인식하고 있지만, 물 사용량 원단위에 대한 연구는 부족하여 2000년대 초반이후 물 수요 증장기 계획수립 및 효과적 물 관리를 위한 물 소비패턴을 예측하기 위하여 수도물 사용량 원단위 기초자료를 확보하기 시작하였다. 정부, 한국수자원공사 그리고 서울연구원을 중심으로 연구가 진행되었고 각 기관의 관련 연구내용을 간단히 소개한다.

또한, 환경부 ('03)는 물 수요 증·장기 계획을 수립하고 효과적인 물 관리정책 방향을 모색하기 위하여 물 소비패턴과 물 사용 실측에 의한 원단위 기초자료를 확보하는 시범사업을 실시하여 가계부문 물 소비패턴을 조사하였으며, 일반 가정에서 용도별 1인1일 물 사용현황을 표 23과 같이 발표하였다.

이 결과에 의하면, 가정에서 생활용도별 물 예측 사용량을 실측값에 기초한 1인1일 수도물 사용량 예측값은 237.6 L/Person/day이며, 월 사용량은 약 7.1 m<sup>3</sup>/month /Person으로 목욕이 29.6 %, 화장실은 26.8 %, 그리고 세탁이 15.5 %, 취사가 5.6 %이며 세면 및 그 외 부문은 22.5 %로 분석되었다.

한국수자원공사 (K-water, '06)는 가정용수의 수요량 예측모델 개발연구를 추진하고 전국 가정에서 1인1일 사용하는 수도물 예측 사용현황을 표 24와 같이 발표하였다.

표 23. 일반가정 용도별 1인1일 수돗물 사용현황 (환경부, '03)

구 분	사용량 (L/Person/day)	사용량 (m <sup>3</sup> /Person/month)	점유율 (%)
목 욕	68.6	2.1	29.6
화장실	62.7	1.9	26.8
세 탁	37.1	1.1	15.5
취 사	14.9	0.4	5.6
세면 및 그 외	54.3	1.6	22.5
계	237.6	7.1	100.0

연구결과에 의하면 가정에서 1인1일 사용량은 5.31 m<sup>3</sup>/day/Person (177.0 L/Person/day)이며 용도별 수돗물 사용현황은 화장실용 25.0%로 가장 높고, 취사용 21.1 %, 세탁용 20.0 %, 목욕용 16.0 %, 그리고 세면 및 그 외 용도가 17.9 %로 가장 낮았지만 모든 부문에서 균일하게 사용하는 것으로 분석되었다.

그리고 서울연구원 (구 서울특별시정개발연구원, '07)은 물 수요관리 일환으로 가정의 물 소비패턴과 절수 가능성을 위해 주택형태별 (공동주택, 아파트, 일반주택) 각각 360 Households (총 1,080 Households)의 수돗물 사용량을 조사하고 그 결과를 표 25와 같이 발표하였다.

표 24. 전국 가정의 용도별 1인1일 수돗물 사용현황 (한국수자원공사, '06)

구분	사용량 (L/Person/day)	사용량 (m <sup>3</sup> /Person/month)	점유율 (%)
목욕	28.3	0.85	16.0
화장실	44.3	1.33	25.0
세탁	35.4	1.06	20.0
취사	37.2	1.12	21.1
세면 및 그 외	31.8	0.95	17.9
계	177.0	5.31	100.0



표 25. 주택유형 및 가구 구성원수별 수도물 사용현황 (unit : m<sup>3</sup>/Person/month)

가구 구성원수		1-Person	2-Persons	3-Persons	4-Persons	5-Persons	Average
공동주택	사용량	13.2	7.7	6.1	5.0	4.6	7.3
	(N/1) <sup>1)</sup> ※(%)	100.0	58.3	46.2	37.9	34.8	-
아파트	사용량	15.2	8.0	6.3	5.2	4.7	7.9
	(N/1)(%)	100.0	52.6	41.4	34.2	30.9	-
일반주택	사용량	17.8	10.5	8.5	6.5	6.2	9.9
	(N/1)(%)	100.0	59.0	47.8	36.5	34.8	-
평균	사용량	15.4	7.8	6.2	5.1	4.6	7.8
	(N/1)(%)	100.0	50.6	40.3	33.1	29.9	-

※ (N/1)<sup>1)</sup>※ ; 1인 구성가구의 물 사용량에 대한 가구구성 인원수별 물 사용량의 비 (%)

360가구씩 조사한 주택형태별 수도물 사용량은 일반주택이 9.9 m<sup>3</sup>/Person/month, 아파트가 7.9 m<sup>3</sup>/Person/month 그리고 공동주택이 7.3 m<sup>3</sup>/Person/month 으로 공동주택이 (아파트 및 공동주택 등) 일반주택보다 23.2 % 낮았다. 그리고 평균 수도물 사용량은 구성원이 증가하여도 일반주택이 어느 주택형태보다도 높았다.

1인가구 주택별 수도물 사용량 평균은 15.4 m<sup>3</sup>/Person/month[일반주택 (17.8) ≫아파트 (15.2)≫공동주택 (13.2)]이며 2인은 7.8 m<sup>3</sup>/Person/month, 3인은 6.2 m<sup>3</sup>/Person/month, 4인은 5.1 m<sup>3</sup>/Person/month, 5인은 4.6 m<sup>3</sup>/Person/month 으로 2인 이상의 물사용량은 1인 가구주택의 평균보다 확연한 차이 (2배정도)를 보였다.

향후 가족형태의 변화와 주거 개선사업의 추진에 의한 가구 구성원수의 소핵화나 주택형태의 공동화 (아파트나 연립 등) 등이 진행되면 수도물 사용량은 감소가 예측되었다.

### 3) 서울특별시와 동경도 생활용수 사용현황 비교

연구시기는 동일하지 않지만 점유율을 기준으로 환경부 ('03), K-water ('06) 그리고 동경도 ('97~'12)의 생활용수 사용량 조사결과를 용도별로 비교·평가한 결과는 표 26과 같다.

동경은 1997년에서 2006년까지 사용용도 비율이 일정하여 평균값을, 환경부는 실측값을, K-water는 실측값을 근거한 예측 모델링 값을 활용하였다. 국내자료를 비교

하면, 목욕과 취사부문 점유율 차이는 각각 13.6% (환경부≫K-water)와 15.5% (환경부≪K-water)로 풍선효과 (Balloon Effect)적인 점유율의 이동 결과였으며, 나머지 부문은 거의 유사하였다.

동경도와 환경부의 수돗물 사용량을 비교하면, 취사와 세면 및 그 외 부문 점유율 차이가 각각 15.6 % (환경부≪동경도)와 14.7 % (환경부≫동경도)이었다.

동경도, 환경부, 그리고 K-water의 생활용수 사용용도별 점유율에서 변동부문은 취사와 세면 및 그 외 부문으로 상황변화에 따라 점유율의 변동이 가능하기 때문에 향후 수돗물 절수정책 수립에서 이 부문에 대한 집중적인 방안 강구가 필요하다고 판단된다.

서울연구원과 동경도의 가구 구성원수별 수돗물 사용량을 비교 종합하면 표 27과 같다. 평균적으로 동경도 (7.0 m<sup>3</sup>/Person/month)가 서울특별시 (7.8 m<sup>3</sup>/Person/month) 보다 0.8 m<sup>3</sup>/Person/month 정도의 물을 적게 사용하였으며, 그 원인은 1인 가구 수돗물 사용량 (15.4 m<sup>3</sup>/Person/month)이 동경도 (8.0 m<sup>3</sup>/Person/month) 보다 모든 주택 형태에서 2배정도 높았기 때문으로 (그리고 서울연구원의 1인 가구 수돗물 사용량이 2인 가구보다 2배정도 높음) 수돗물 사용량에 대한 재검토가 필요하다고 판단되었다. 하지만, 가구수 2인 이상이 되면 일반주택을 제외한 모든 공동주택에서 동경도 보다 적고 유사하게 감소되었다.

표 26. 국내·외 생활용수 용도별 수돗물 사용현황

구분	사용량 (m <sup>3</sup> /Person/month)				점유율 (%)			
	환경부 ('03)	K-water ('06)	동경도 <sup>1)</sup> * ('97~'12)	EPA권장량 (1가구, '07)	환경부 ('03)	K-water ('06)	동경도 ('97~'06)	EPA권장량 (1가구, '07)
목욕	2.1	0.85	1.8	2.0	29.6	16.0	28.5	28.8
화장실	1.9	1.33	1.6	2.1	26.8	25.0	25.5	30.5
세탁	1.1	1.06	1.1	1.5	15.5	20.0	17.0	22.0
취사	0.4	1.12	1.4	0.7	5.6	21.1	21.2	10.2
세면 및 그 외	1.6	0.95	0.5	0.6	22.5	17.9	7.8	8.5
계(%)	7.1	5.31	6.4	6.9	100.0	100.0	100.0	100.0

\* 동경도<sup>1)</sup>\* ('97~'12) ; 동경도 물 사용량은 2012년도 가구 구성원별 사용량을 1인으로 평균하여 2012년도 용도별 사용률 (%)이 원전사고로 상이하여 1997년에서 2012년까지 평균값 적용

표 27. 서울 ('07) 및 동경 ('12)의 가구 구성원수별 생활용수 사용현황

가구인원 (Persons)	1인 사용량 (m <sup>3</sup> /Person/month)					동경도 ('12)	
	서울연구원 ('07)				평균		
	공공주택	아파트	일반주택	평균			
1	15.4	13.2	15.2	17.8	8.0	8.1	
2	7.8	7.7	8.0	10.5	8.1		
3	6.2	6.1	6.3	8.5	6.9		
4	5.1	5.0	5.2	6.5	6.3	6.3	
5	4.6	4.6	4.7	6.2	5.9		
평균	7.8	7.3	7.9	9.9	7.0		

## 5. 결론

현재 수도물 공급현황을 기초로 다양한 방법을 이용하여 장래 수도물 사용량 예측과 수도물 사용량에 미치는 영향에 대한 상관성 분석 및 국내·외 수도물 사용현황을 분석하여 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

### 1) 서울특별시 상수도 공급특성

2014년 서울특별시 인구는 10,369,593 Persons, 총가구수는 4,194,176 Households로 인구는 16,219 Persons/year로 감소하나 가구수는 44,033 Housholds/year로 증가하며, 가구 구성원수도 3 Persons에서 2 Persons으로 변화하였다.

그리고, 2008년부터 상수도 보급률은 100%이며, 현재 6개 정수장에서 1일 4,350 × 10<sup>3</sup> m<sup>3</sup> ('14)의 수도물을 생산·공급하며, 과거 상수도 공급현황으로 2023년 아리수 공급량은 1인1일 급수량이 282.2 L/Person/day, 1인1일 물 사용량이 281.9 L/Person/day로 유수율 99.9 %가 예측되었다.

## 2) 자치구 상수도 공급특성

2013년 서울특별시 25개 자치구 수돗물 공급현황, 급수인구, 1일 급수량, 1인1일 급수량 및 자치구 지하철 여객수송 실적과 상관성을 분석한 결과, 급수인구는 급수량 ( $m^3/day$ ,  $R=0.727$ )과 1인1일 급수량 ( $L/Person/day$ )은 평균 유동인구 ( $Persons/station$ ,  $R=0.673$ )와 다른 요인보다 상관성이 높았다.

그리고 자치구의 용도별 물 사용량과 상관성을 분석한 결과, 가정용은 급수인구, 급수량 ( $m^3/day$ ) 및 급수전수, 공공용은 급수전수, 옥탕용은 급수인구, 급수량 ( $m^3/day$ ), 급수전수 및 가정용 사용량과 유의적인 상관관계가 분석되었으나 향후 심층 연구가 필요하다고 판단되었다.

## 3) 서울특별시 주택유형과 가구 구성원수별 수돗물 예측 사용량

서울특별시 주택현황은 단독주택과 아파트가 전체의 79.4%이며, 향후 주거환경 개선으로 공동 주거형태의 지속적인 증가가 예상되었다.

그리고 가구 구성원수의 소수화로 2025년에는 2인이하 가구의 가구수가 전체의 58.8%, 2005년과 비교하여 2025년에는 인구가 279,403명이 감소한 10,017,358명이 되며, 이에 따른 급수량은 637,691 ( $m^3/day$ )이 감소된 2,804,860 ( $m^3/day$ )로 예측되었다.

## 4) 국내·외 가정용 수돗물 사용량 비교분석

2012년까지 동경도 가정의 용도별 수돗물 사용현황 분석결과에 의하면 목욕≫화장실≫취사≫세탁≫세면 및 기타 순이며, 2011년 후쿠시마 원전사고 발생상황에서 화장실과 취사부문이 급감하고 목욕부문이 증가하는 사용량 분석결과를 토대로 절수정책 수립에서 변동 가능한 화장실과 취사부문에 대한 효과적인 정책제안과 시행이 필요하다고 판단되었다.

동경도와 서울특별시의 1인 수돗물 사용량을 비교하면 동경도 7.0 m<sup>3</sup>/Person/month, 서울특별시 7.8 m<sup>3</sup>/Person/month로 0.8 m<sup>3</sup>/Person/month 정도 서울특별시가 물을 많이 사용하였지만, 가구 구성원이 2인 이상으로 많아지면 동경도가 많은 수돗물을 사용하였다.

국내 수돗물 사용량 (주택유형, 가구 구성원수 등)은 장래 물 사용량 및 생산량 관리에 중요한 인자임에도 조사량이나 연구결과가 충분하지 않고 연구기관마다 차이가 있어 수돗물 사용량 예측을 위한 기초자료로써는 신뢰도가 낮다고 판단되었다. 그러므로 IoT (사물인터넷, Internet of Things)을 활용하여 합리적이고 지속적인 수돗물 사용 원단위 산정과 분석으로 신뢰성 높은 수돗물 사용량 예측과 이를 활용한 합리적인 수돗물 생산·관리가 필요하다고 판단되었다.

## 6. 활용방안

본 연구결과는 이상기온의 변화나 변동에 따른 서울특별시의 장래 물 부족상황과 주거형태 그리고 가족 구성원 변화에 따른 수돗물 사용실태, 장래의 합리적인 수돗물 생산 및 관리방안 수립을 위한 기초자료로 활용함과 아울러 시민에게 정보를 제공하여 아리수의 역할 및 중요성에 대한 인식자료로 활용하고자 한다.

본 연구는 2014년 『응답하라 상수도연구원!』 “물 관련 시민 궁금사항 찾습니다.” 아이디어 공모에서 채택되어 수행된 “시민공모과제”이며, 제안자 조경원 님의 수돗물에 대한 깊은 관심과 애정에 감사의 뜻을 표합니다.

## 참 고 문 헌

1. 공공커뮤니케이션연구소, 2013. 수돗물, 얼마예요.
2. 국토교통부, 2013. 통계로 보는 한국의 수자원.
3. 김갑수, 2004. 가정에서의 수돗물 사용량 기초조사 연구, 서울특별시정개발연구원
4. 김갑수, 2007. 서울특별시 가정에서의 수돗물 사용량과 거주인수 증가에 따른 1인1일 사용량의 감소변화에 관한 연구. 대한환경공학회지, 29(1):89-97.
5. 김정범, 2010. 물 산업 현황과 발전방안, KDB산업은행
6. 김진홍, 2004. 일본의 수자원 정책, 한국수자원 학회지, 37(6):55-69
7. 김영신, 2007. 수돗물 음용행동의 영향변수에 관한 연구, 한국가정관리학회지, 24(2): 93-106.
8. 김포시, 2006. 수돗물에 대한 만족도 분석결과.
9. 동경도 수도국, 2012. 일본 동경도 수도국 보고서.
10. 문영일, 2012. 우리나라 수자원현황과 관리동향.
11. 서울연구원, 서울특별시민은 물을 얼마나 쓰나?, 인포그래픽스 제77호.
12. 서울특별시, 서울특별시 서울통계 (<http://stat.seoul.go.kr/>).
13. 수돗물홍보협의회, 2009, 2010, 2011, 2012. 수돗물 만족도 조사결과 보고서.
14. 신성교, 2004. 부산광역시 수돗물 음용률 제고 방안, 부산발전연구원.
15. 이경희, 2003. 도시 가구의 환경 친화적인 태도와 물 소비에 관한 연구. 대한 가정학회지, 41(3):93-111.
16. 이형순, 2014. 수돗물의 국민인식 현황 및 제고방안, 워터저널.
17. 한국수자원공사, 2014. 수돗물이 국민건강에 미치는 영향 연구, 1차년도 보고서
18. 허정림, 2012. 서울 시민과 중·고등학교의 수돗물 이용 실태 및 인식분석을 통한 음용 활성화 방안, 이화여자대학교.
19. 환경부, 2000. 상수도요금 합리화 방안에 관한 연구.
20. 환경부, 2001. 물 사랑 실천선언 이행실적 평가 및 개선방안 연구.

21. 환경부, 2001. 물 사랑 실천선언 이행실적 평가 및 개선방안 연구.
22. 환경부, 2003. 가계부문 물 소비패턴 시범조사.
23. 환경부, 2012. 국제환경동향보고.
24. 환경부, 2012. OECD 국가 수도요금 체계분석 및 국내 제도 개선방안.
25. 환경부, 2013. 수도물 불신해소 및 음용률 향상 방안 연구.
26. 환경부, 2014. 2013 환경부 상수도통계 (<http://www.me.go.kr/>)
27. JUST서치주식회사, 2014. 음용수의 사용실태조사.
28. K-water, 2006. 가정용수의 수요량 예측모델 개발연구.
29. K-water, 2015. 물과 미래, 세계 물의 날 자료집 (<https://www.kwater.or.kr/>).