J Korean Soc Disaster Secur 14(4): 61-67, 2021
https://doi.org/10.21729/ksds.2021.14.4.61

Print ISSN: 2466-1147 Online ISSN: 2508-285X
www.dssms.org

KSDS

Original Article

도시 상수도 공급량 산정의 적정성 평가

김장진[1] · 장형준[2]* · 이호진[3]

[1]충북대학교 토목공학부 석사, [2]충북대학교 토목공학부 박사후 연구원, [3]충북대학교 토목공학부 교수

Assessment of Adequacy of Urban Water Supply

Jang Jin Kim[1], Hyung Joon Chang[2]*, and Ho Jin Lee[3]

[1]Master's degree, School of Civil Engineering, Chungbuk National University

[2]Post Doctor, School of Civil Engineering, Chungbuk National University

[3]Professor, School of Civil Engineering, Chungbuk National University

요 약

본 연구에서는 도시 설계의 핵심 요소인 상수도 공급량의 적정성에 대해 살펴보았다. 상수도의 공급은 설계가 진행됨에 따라 다양한 방식으로 분석된다. 기초 자료 수집 분석을 시작으로 수급 계획을 수립하여 상수도 공급량을 산정하는데 본 연구에서는 인구추정과 원단위 산정의 적정성에 대하여 평가하였다. 실측자료를 확보할 수 있는 제 2기 신도시 중 위례신도시를 연구대상지역으로 선정하였다. 관련 자료를 분석하여 장래인구와 원단위를 확인하고 실측자료와 비교하였다. 위례신도시의 2020년 9월 기준 인구는 93,977명으로 계획인구 110,990명으로 약 84%의 적정성을 보임에 따라 계획인구와 실제 인구가 거의 유사하게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 원단위의 경우 설계 당시 서울지역 314 ℓ/인, 성남지역의 320 ℓ/인으로 산정되었다. 분석 결과, 계획도시 내의 공급량을 알아보면서 인구추정에 있어 어느 정도 일치함을 알 수 있었으나 현재 우리나라의 경우는 지속적인 개발에서 벗어나 기존의 도시 활성화에 대한 관심이 많은바, 구도심에 대한 공급량의 적정성에 관해서도 추후 연구가 필요가 있는 것으로 판단된다.

핵심용어: 위례, 신도시, 상수도, 수자원, 도시설계

ABSTRACT

In this study, the adequacy of water supply critical factors of urban design was examined. The supply of water supply is analyzed in various ways as the design progresses. Starting with basic data collection and analysis a supply and demand plan is established to calculate the amount of water supply and in this study the adequacy of population estimation and original unit calculation was evaluated. Among the second new cities where actual data can be secured Wirye New Town was selected as the study target area. Related data were analyzed to confirm the future population and the original unit and compared with the measured data. As of September 2020, the population of Wirye New Town was 93,977, showing the appropriateness of about 84% with a planned population of 110,990 confirming that the planned population and the actual population were almost similar. In the case of the original unit, it was calculated as 314 liters per person in Seoul and 320 liters per person in Seongnam at the time of design. As a result, it was found that there was some agreement in the population estimation while examining the supply in the planned city. In the case of Korea, there is a lot of interest in revitalizing the existing city, away from continuous development. Therefore it is judged that there is a need for further research on the adequacy of supply for the old city center.

Keywords: Wirye, New town, Water supply, Water resource, Urban design

***Corresponding author:** Hyung Joon Chang, param79@chungbuk.ac.kr **ORCID:** http://orcid.org/0000-0003-3083-0884

Received: 10 December 2021, **Revised:** 11 December 2021, **Accepted:** 24 December 2021

Ⓒ Korean Society of Disaster & Security. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서 론

우리가 살아가는 현재의 사회는 인구증가에 따른 각종 사회문제를 해소하고자 신도시 개발, 도로건설 및 상하수도 공급망 확충 등의 다양한 사회 기반시설을 구축하고 있다. 상수도 공급망 확충은 인간의 생명을 유지하는 중요한 자원인 물을 확보하고자 하는 기반시설 분야의 가장 기본적인 요소이다. 상수도의 공급은 장기적인 인프라 계획으로 추정치에 의한 불확실한 자료를 토대로 공급망을 설정하고 있다. 인구증가는 예상보다 빠르거나 느리게 진행되기도 하며 규정이 변경되기도 한다.

물에 대한 공급 및 체계에 관한 다양한 연구 자료들은 1997년 UN(The United Nations) 물 회의에서 채택된 Mar del Plata Action Plan을 시작으로 물의 중요성에 관한 연구가 진행되었다. Mar del Plata Action Plan에는 사람들은 조건과 무관하게 양과 질에서 기본 요구를 충족시킬 수 있을 물을 공급받을 수 있는 권리가 있다고 명시하였다.

물의 중요성에 대한 인식으로 인해 연구자들은 경제성과 유지관리 대한 연구를 수행하였다. 물의 경제성과 관련하여, You and Park(2006)은 용수공급을 위해서는 많은 비용이 소요되는 만큼 용수공급의 경제적 가치를 연구하였다. Kim et al.(2008)은 전국 140여 가구를 대상으로 실제 조사한 자료를 바탕으로 가정급수의 용도별 사용량을 확인함으로써 상수도 시설설계에 활용할 수 있는 원단위를 제시하였고, 용도별 사용의 특성분석, 영향인자들을 평가함으로써 가정용수의 변동특성을 이해하고 향후 사용 경향을 예측할 수 있다는 정보를 제공하고자 하였다.

Jung(2015)은 깨끗하고 안전하게 먹는 물을 공급하고자 하는 사회적 요구에 따른 급수 단계의 체계적인 관리를 진행함으로써 공급자와 수요자들 간의 양방향 정보교환을 통해 피크타임에서 상수도 공급의 수요를 경감시킬 수 있는 효과를 지닌 연구를 진행하였다. Alperovits and Shamir(1997)는 설계 매개변수(파이프 직경, 펌프용량 및 저장고 높이), 작동 매개 변수(작동할 펌프 및 각 부하 조건에 대한 밸브설정)을 통한 최적화된 선형을 분석하여 최적의 관망 설계를 연구하였다.

Chung et al.(2008)은 장기 예측에 따른 자연적인 변동성과 불확실성을 고려하였을 때 신뢰성은 급수 시스템의 주요한 설계 요소로 생각하여 일정기간의 도시 상수도 시스템을 분석 후, 불확실한 데이터 하에서 적정한 해결책을 찾고자 하였다. Kang and Lansey(2014)은 물 수요 예측은 불확실한 것이기 때문에 지속 가능한 물 공급을 위한 연구를 진행하였다.

본 연구에서는 이와 같은 문제를 해결하기 위한 정보를 제공하기 위하여, 수도 공급에 영향을 주는 원단위와 계획인구를 기존 설계사례 자료 수집을 통하여 분석하였다. 또한, 분석 결과를 바탕으로 실제 공급량과 비교하여 상수도 공급량 산정의 적정성을 살펴보았다.

2. 연구 방법

상수도 공급량 산정의 기본적인 구성요소는 인구와 원단위이다. 계획지역 내 적정한 인구를 산출하고 여기에 원단위를 곱하여 상수도 공급량을 결정하게 된다. 상수도 공급량의 산정 과정은 계획지역 내의 과거의 급수 실적 추이를 분석하고 상위 및 관련계획의 급수인구 및 원단위를 비교·검토하여 적정한 용수를 예측하는 작업이다.

2.1 상수도 공급량의 도출 및 결정방법

상수도 공급량은 인구와 원단위 이용해 결정한다. 상수도 공급량 결정과정은 공급 대상지역의 기초자료 수집 및 분석을 통해 진행된다. 수집 및 분석된 기초자료를 근거로 기존 시설물의 용량 조사, 상수원 조사, 광역 상수도 계획 조사가 이루어지게 되며, 여기서 급수구역을 결정하고 이를 토대로 계획인구를 산정하게 된다. 상수도 공급량 결정 절차를 상하수도 시설기준에서 제시된 내용을 Fig. 1과 같이 나타내었다. 상수도 공급량 결정 절차는 기초 자료의 수집 및 분석으로 시작하여 '상수도 예측 업무 편람'을 바탕으로 계획 인구 산정을 진행하며, 해당 절차를 Fig. 2에 제시하였다.

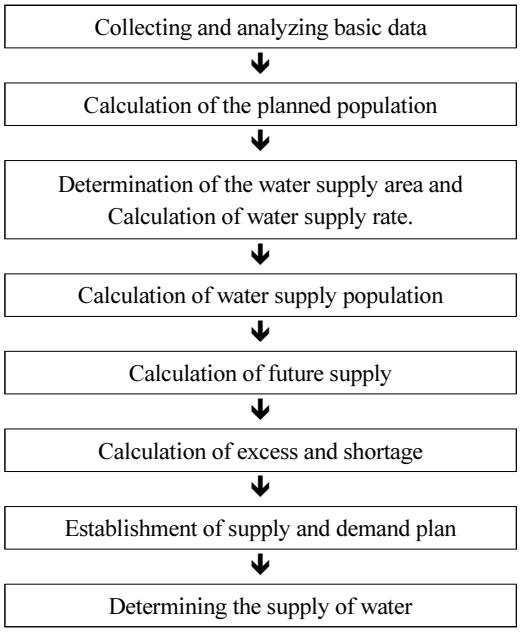

Fig. 1. The procedure for determining the supply of water

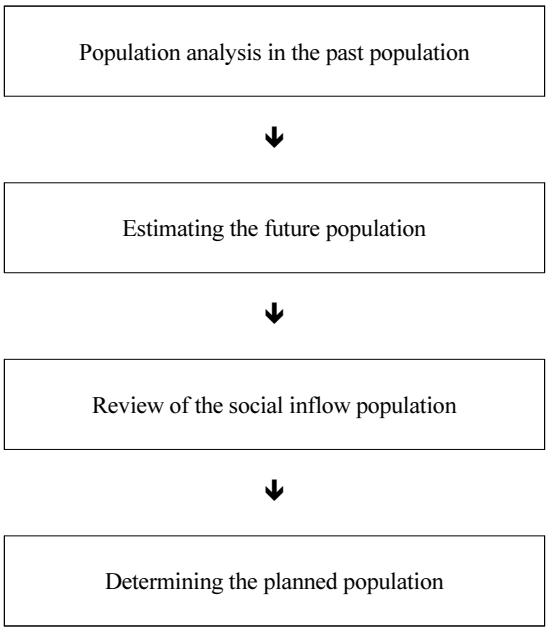

Fig. 2. The procedure for calculating the planned population

장래인구 추정 접근 방법으로는 Fig. 2에 제시한 바와 같이 과거의 다양한 변화 추세에 의한 인구증가율을 추정하는 방법(시계열 추정법)과 연령별 · 성별에 따라 출생률과 생잔율을 감안한 생잔모형법에 사회적 증가인구를 가산한 조성법으로 구분하고 있다. 시계열추정은 과거 20년 인구자료를 이용하여 장기적으로나 단기적으로 인구증감흐름을 분석한 후, 과거인구 증가 흐름에 대한 증가요인을 검토하고 조성법은 출생 · 사망률만을 고려한 자연 증감 인구를 산정하여 검토한다. 상수도 예측업무 편람에 명시된 시계열 추정방법에는 등차 급수법, 등비 급수법, 베기 함수법, 지수 함수법, 로지스틱 곡선법, 수정지수법 등이 있다.

과거 자료 및 기존 상위계획상 자료 분석 등을 토대로 기존 용량을 확인할 수 있으며, 새롭게 산정된 급수량 비교하여 과 부족량을 산정할 수 있다. 과한 용량일 시에는 별도의 공급시설 확충 계획이 필요 없으나 실질적으로 대부분 지역의 경우 상위계획에 따른 개발계획 등으로 인해 인구 증가가 이루어지게 되어 상수도 공급량이 부족한 실정이 대부분이다. 부족한 상수도 공급량을 수급하기 위해 다시 기초 자료들을 통해 상수원 조사 및 광역상수도 조사 등을 다시 검토 분석하여 수급계획을 수립하여 최종 상수도 공급량을 결정하고 이에 따른 시설확충으로 이어지게 된다.

현재 일반적인 수도정비 기본계획보고서 상의 상수도 공급량 예측은 이러한 방식을 통해 급수인구, 급수 보급률, 원단위를 산정 및 결정하게 되며, 결정된 자료를 토대로 기반시설 확충하는 데에 있어 설계 및 시공으로 이어지고 있다. 기초자료 수집 및 분석, 인구, 지역, 과 · 부족량, 수급 계획을 통해 결정된 상수도 공급량의 결정 과정은 서로 간 연관되어진 요인들을 반복적으로 분석 · 검토를 통하여 결정된다.

2.2 연구대상 지역

본 연구에서는 2기 신도시의 사례를 통해 토지이용계획에 의거하여 관련 상수도 실시설계 보고서에 수록된 원단위 도출과정 및 결정 문헌을 검토하였고, 인구와 원단위는 어떻게 결정되었는지를 설계 도서에서 검토 후, 현재 사용 중인 배수지의 용량이 적정한지 확인을 하였다. 이를 통해 상수도 공급량 산정방법의 적정성을 평가하였다. 2기 신도시는 2003년의 참여 정부 당시 서울의 집값이 급등하는 것을 막고자 국가 정책의 일환으로 추진된 사업이며, 서울 및 수도권은 물론 충청권 일부 지역을 포함한 12개 지역으로 지정하여 사업을 진행하였다.

서울 도심과 근접하여 1기 신도시(경기도 성남시 분당· 일산 등지)들이 교통 접근성이 좋은 편이지만 1기 신도시의 문제점으로 지적되었던 쾌적한 주거 여건을 제공, 베드타운의 신도시가 아닌 자족 기능이 가능한 신도시를 조성하고자 하였다. Table 1은 12개의 신도시의 일부 지역에 해당하는 사업 기간과 면적이 작성되어 있으며, 12개의 2기 신도시 중 표본을 결정하는 데 해당 지역의 특성, 사업 시기 등을 고려하여 결정하였다.

Table 1. Current status of the new city

Name	Area (m^2)	Period
Gimpo hangang new city (Gimpo)	10,875,559	2006~2022
Godeok new town (Pyeongtaek)	13,421,644	2008~2022
Wirye new town (Seoul, Sungnam, Hanam)	6,753,452	2008~2020
Dongtan new town (Hwaseong)	24,014,896	2001~2021
Yangju new town (Yangju)	11,424,000	2007~2014
Unjeong new town (Paju)	16,477,000	2003~2023

한강, 고덕국제, 동탄 및 운정 신도시의 경우는 올해의 사업이 마무리되지 않는 점을 감안하여 배제하였으며, 양주 신도시의 경우는 사업이 완료되어 좋은 표본이라 할 수 있었으나 지하철 확충 및 교통의 변화가 아직도 이루어지고 있는 점 등이 기존 기본계획에 반영이 제대로 이루어지지 않은 점 등이 있어 배제하였다.

따라서 본 연구에서는 위례신도시를 연구 대상 지역으로 결정하였다. 위례신도시는 송파, 위례신도시의 경우는 특이하게 서울시, 하남시, 성남시라는 3개의 도시가 한 개의 신도시로 구성하는 특이점을 가지고 있을 뿐만 아니라, 지리적 및 행정적으로 근소한 차이를 보이는 3개의 도시가 하나의 신도시를 구성하는 특징이 있다.

3. 분석결과

3.1 상수도 공급량분석

위례신도시의 설계당시의 상수도 공급량을 분석하고자 위례신도시 개발사업을 진행하였던 한국토지주택공사(LH)의 설계 도서를 수집하여 비교, 분석 및 검토를 진행 하였다. 설계상 진행된 상수도 공급량 산정의 적정성 평가가 목적이므로 위례신도시 인구 산정 및 원단위의 적용 과정을 살펴보았다.

위례 신도시의 경우 상위계획인 수도정비기본계획에서는 이를 반영한 상수도 공급량 계획이 진행되었는지를 먼저 알아보았다. 위례신도시는 3개의 도시가 한 개의 신도시를 건설하게 된 사례로 수도정비 기본계획도 서울시, 하남시 및 성남시의 수도 정비 기본계획 보고서를 기초로 설계에 반영된다.

위례신도시의 경우 급수 용량을 산정함에 있어서는 “서울시 수도정비 기본계획 보고서”, “성남시 수도정비 기본계획수립 보고서”, 환경부 및 LH가 공동 수행한 “주택단지내 상수· 오수 발생량 원단위 산정 및 하수처리시설 소요비용 연구” 및 “주택단지내 적정 상수량 산정에 관한 연구” 등 최근 계획되고 있는 유사 택지개발사업지구의 원단위 적용사례 등을 비교 검토하여 진행하였다.

설계당시 주변 지역 및 상위계획들의 급수원단위를 비교하였는데, 위례신도시의 원단위는 상위계획 7가지 항목을 비교하여 검토하였다. 국토해양부에서 발간한 “광역상수도 및 공업용수도 수도정비 기본계획”, “수도정비 기본계획-전국계획편” 및 “수자원 장기 종합 계획”, 환경부에서 발간한 “전국 수도 종합 계획”, 수자원공사에서 발간한 “권역별 급수체계 기본계획(한강하류권)”, 경기도에서 발간한 “경기도 물수요관리 종합계획”, 그리고 해당 지자체의 수도정비 기본계획이었다. 그 당

시 최근에 수립된 경기도 물 수요관리 종합계획의 평균 원단위가 2011년 기준 일평균 328 ℓ/인 으로 다른 상위계획보다 낮게 산정되었으며, 이는 과거 높게 산정되었던 상수원단위가 최근 낮아지고 있는 현실을 반영한 결과로 판단되었다.

3.2 상수도 공급량 원단위 변화

앞서 위례신도시의 설계 당시의 상수도 공급량은 설계 당시 시점이 2010년이며, 현재 약 10년이 흐른 지금 위례신도시의 경우 여러 차례에 걸쳐 개발계획 및 실시계획 변경이 이루어진 점을 고려하였을 때, 10년간의 인구 산정 및 원단위 분석에 변화가 없었는지 확인해 볼 필요가 있었다. 서울시의 자료를 살펴보면, 설계 당시 44,396세대에서 2020년 7월에 고시된 15차 위례지구 택지개발사업 개발계획 변경 15차에서는 44,458세대로 62세대가 늘어난 반면, 인구수는 설계 당시 110,990인에서 개발계획 변경 15차에서는 110,719인으로 271인이 줄어든 결과가 나타났다.

유수율은 "경기도 물 수요관리 종합계획"에서 제시된 경기도의 시·군 중 2그룹에 해당하는 성남시에서 2002년 85.6% 미만으로 나타났으며, 16년 이상 된 관로 비율 20.4% 미만인 범위로 비율이 낮음에도 불구하고 유수율이 낮은 그룹으로 분리되어 노후관 교체 중심으로 이루어지는 관로 정비사업도 병행 추진해야 하는 그룹에 속해져 있었다. 당시 기본 계획 하에서는 "경기도 물 수요관리 종합계획"과 "성남시 물 수요관리 시행계획"을 반영하여 2025년에 90% 이상 달성하는 것으로 계획하여 유수율을 결정하였으며, 이를 토대로 성남지역의 일 평균 급수량 산정 결과는 Table 2와 같다.

Table 2. The average daily water supply in Seongnam

Division	2009 yr	2015 yr	2020 yr	2025 yr	2030 yr
Unit of won	284.1	295.1	296.0	296.5	296.7
Flow rate (%)	85.2	87.5	89.0	90.0	90.0
Average daily water supply	333.4	337	333	329	330

상수도 공급량의 영향을 주는 원단위에 대한 비교는 현재 상황의 원단위 파악이 어려운 관계로 각 지자체 수도사업소를 통하여 수집된 위례신도시의 상수도 공급량 자료를 토대로 역 추산하여 원단위의 차이를 분석하고 이에 따른 적정성을 판단하였다.

위례신도시로 공급되어지는 총 공급량은 서울하남지역 위례신도시의 경우 8,999 m^3/일, 성남지역 위례신도시의 경우 10,076 m^3/일로 산정된 자료를 수집할 수 있었다.

위의 2개의 수집 자료를 통하여 유수율 및 첨두 부하율의 경우는 현재 상위계획상의 자료를 그대로 적용하여 원단위를 산정하게 되면, 서울·하남지역 및 성남지역의 원단위는 다음과 같이 산정이 된다.

① 서울지역 원단위 지표

일최대 급수량 산정: 8,999 m^3/일 / 48,175 = 185ℓ/인·일

일평균 급수량 산정: 185 / 1.20 = 154ℓ/인·일(첨두부하율 : 1.20)

원단위 산정: 154 × 0.94 = 145ℓ/인·일(유수율 : 94%)

② 성남지역 원단위 지표

일최대 급수량 산정: 10,076 m^3/일 / 45,802 = 220ℓ/인·일

일평균 급수량 산정: 220 / 1.20 = 183ℓ/인·일(첨두부하율 : 1.20)

원단위 산정: 183 × 0.90 = 165ℓ/인·일(유수율 : 90%)

4. 결 론

본 연구는 공급량의 적정성을 판단하고자 연구를 시작하여 본 연구에 필요한 설계자료, 설계자료와 연관된 지침 및 상위계획 자료, 그리고 실제 공급량 데이터를 수집 분석하여 공급량의 적정성을 알아보았다.

공급량과 연관을 지어 인구와 원단위를 중점적으로 공급량의 적정성을 알아보았으며, 수집 분석한 자료를 토대로 다음과 같이 결론을 도출하였다.

1. 2010년에 제출된 설계 자료상의 위례신도시의 인구 추정과 관련하여 계획 설계인구는 110,990명이며, 2020년 9월 기준 현재 위례신도시의 인구는 93,977명으로 17,013명이 차이를 보이고 있어 약 84%로의 적정성을 보이고 있어 계획인구 추정에는 계획인구를 높게 설정하였다고 할 수 있겠다. 그러나 10여년간의 지리적 요인 및 현장 여건의 변화 따른 요인으로 개발사업이 늦어진 지역의 인구 수용 계획을 감안할 시 107,275명으로 설계 당시의 계획 인구였던 110,990명과 대비시 약 97%의 인구 추정 적정성을 보였다.
2. 원단위의 경우는 현재의 공급량을 역으로 산출된 자료를 토대로 원단위 비교를 보게 되면 설계 공급량은 현재의 실제 공급되어지는 공급량과 큰 차이를 보여주었다. 설계당시의 원단위의 경우 서울지역 314, 성남지역 320으로 산정되었는데 설계이후의 상위계획상에서는 서울지역 314, 성남지역 303으로 성남지역의 경우는 다소 차이를 보였으며, 지자체로 공급받은 공급량을 토대로 원단위를 추정하게 되면 서울지역 183, 성남지역 165로 설계당시 산정된 원단위와 비교시 큰 차이를 보여주었다. 원단위 산정에 있어서 큰 차이를 보여주고 있지만 실질적으로 발생량을 추정한 원단위의 경우는 화재로 인한 비상용수, 물의 재활용 측면의 원단위량 배제 등 다양한 원단위 산정요인을 감안이 안 되었다는 점에서 원단위의 적정성 측면은 좀 더 장기적으로 연구가 필요할 것으로 판단된다.

본 연구를 진행하면서 계획도시 내의 공급량을 알아보면서 인구추정에 있어 어느 정도 일치함을 알 수 있었으나 현재 우리나라의 경우는 지속적인 개발에서 벗어나 기존의 도시 활성화에 대한 관심이 많은바, 구도심에 대한 공급량의 적정성에 관해서도 추후 연구가 필요가 있는 것으로 판단된다.

References

Alperovits, E. and Shamir U. (1977). Design of Optimal Water Distribution Systems. Water Resources Research. 13(6): 885-900.

Chung, G., Lansey, K., and Bayraksan G. (2008). Reliable Water Supply System Design under Uncertainty. Environmental Modelling & Software. 24(4): 449-462.

Jung, J. H. (2015). Suggestion of an Integrated Water Management Framework for Smart Water Services. Journal of Water Policy & Economy. 24: 15-20.

Kang, D. and Lansey, K. (2014). Multiperiod Planning of Water Supply Infrastructure Based on Scenario Analysis. Journal of Water Resources Planning and Management. 140(1).

Kim, H. S., Lee, D. J., Kim, J. H., Kim, J. H., and Jung, K. S. (2008). End-use Analysis of Household Water by Metering. Journal of KSCE. 28(5B): 595-601.

Yoo, S. H. and Park, G. S. (2006). Valuing the Economic Benefits from the Residential Water Supply In Seoul. Journal of Korea Water Resources Association. 39(12): 1057-1066.

Korean References Translated from the English

김화수, 이두진, 김주환, 김정현, 정관수 (2008). 가정용수의 용도별 사용량 조사 및 원단위 분석. 한국수자원학회 2004년 학술

발표회 논문집. 28(5B): 595-601.

유승훈, 박광섭 (2006). 서울시 가정용수 공급의 경제적 편익 추정. 한국수자원학회 2006년 학술발표회 논문집. 39(12): 1057-1066.

정진홍 (2015). 기획특집 : 스마트 물 서비스를 위한 용수 통합관리 Framework 제언. 저널 물 정책 · 경제. 24: 15-20.