

COVID-19 시기 가정용 상수도 사용에 영향을 미치는 요인에 관한 연구: 서울과 인천의 자치구 33개를 대상으로*

Factors Affecting Household Water Use during the COVID-19 Period: A Focus on the 33 Autonomous Districts of Seoul and Incheon

송이슬** · 조항훈*** · 김흥순****

Yiseul Song** · Hanghun Jo*** · Heungsoon Kim****

Abstract

Clean water is an essential urban infrastructure in human daily life, and water plays a vital role in public health. Due to restrictions on outdoor activities during COVID-19, time staying at home has increased. Therefore, it is plausible to assume that large-scale disaster incidences such as COVID-19 will affect water consumption. In this regard, this research aims to explore the factors that influence household water use during COVID-19. The analysis period of the study is 2020, and the geographical scope covers Seoul and Incheon. A dependent variable was water consumption in the autonomous districts of Seoul and Incheon, and the factors reflecting urban characteristics were used as independent variables. Multiple regression was used for analysis, and the unit of analysis was the autonomous district in Seoul and Incheon. The finding confirmed that the pandemic situation caused an increase in water consumption. In addition, it supports policy for the elderly so that they can use water without financial difficulty. It implies that a stable supply of clean water is essential for managing infectious diseases. The findings of this study are expected to provide some implications for efficient water supply policies and efficient water supply management in the event of the spread of infectious diseases such as COVID-19.

Keywords : COVID-19, Household Waterpipes, Multiple Regression Analysis

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

확진자가 급속히 증가하는 COVID-19의 상황으로 인해 우리나라는 물론 전 세계가 혼란을 겪었다. 2020년 1월 20일 우리나라에서도 첫 번째 COVID-19 확

진자가 발생하였고(질병관리청, 2021), 이후 여러 차례 대유행이 반복되었다. 이러한 상황에서 정부는 사회적 거리두기 정책을 실시함과 더불어 COVID-19 예방수칙을 발표하였다. 정부는 사회적 거리두기를 통해 타인과의 접촉을 줄이고 가정에서 머무를 것을 강조하였다. 또한 여러 예방수칙 중 일상생활에서 실

*본 논문은 2021년도 대한민국·도시계획학회 추계학술대회에서 발표한 내용을 수정·보완하여 작성하였음.

**한양대학교 도시공학과 석사과정(주저자: sis7530@hanyang.ac.kr)

***한양대학교 도시공학과 박사수료

****한양대학교 도시공학과 교수(교신저자: soon@hanyang.ac.kr)

천이 가능한 30초 이상 손 씻기를 권고하고, 이러한 예방수칙은 도시 내 상수도 사용을 증가시킬 수 있다.

세계보건기구는 COVID-19가 공중보건에 미치는 영향이 크다고 판단하고, 2020년 1월 30일 ‘국제적 공중보건 비상사태’를 선포하였다(BBCNEWS코리아, 2020). 또한 COVID-19와 같은 감염병의 확산은 상수도 공급에 차질을 유발할 수 있는 위기라고 볼 수 있다(김기범 외, 2020). COVID-19의 장기화는 기반 시설 계획에 영향을 미치고, 특히 물 사용의 증가는 유도된 행동의 변화로 예기치 못한 사회적 상황을 초래할 수 있다(Ludtke et al., 2021).

또한 서울과 인천의 2019년 1인당 가정용 상수도 사용량은 2310.91t이고 2020년 1인당 가정용 상수도 사용량은 2398.57t으로 COVID-19가 발생한 이후 약 87.66t 증가한 것으로 확인되었다. Table 1의 2019년과 2020년의 1인당 가정용 상수도 사용량의 대응표본 t검정 결과를 통해 이 증가의 차이가 유의미하게 도출되었다는 것을 알 수 있다.

본 연구는 COVID-19 시기 가정용 상수도 사용에 어떠한 요인들이 영향을 미치는지 알아보는 것을 목적으로 한다. 정부가 추진하는 다중이용시설 피하기, 밀접접촉이 이루어지는 실내시설 피하기 등 외부활동의 제한으로 인해 가정에서 머무르는 시간이 자연스럽게 증가하였다. 또한 사회전반에서 손 씻기가 강조되고 있다. 따라서 본 연구에서는 일상생활과 가장 밀접한 가정용 상수도 사용량에 대한 분석을 통해 COVID-19의 영향을 살펴보고자 하고, 본 연구의 분석 결과를 통해 효율적인 상수도 관리를 위한 정책적 시사점을 제시하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 서울특별시(25개)와 인천광역시(8개)의 자치구 33개를 대상으로 한다. 본 연구의 분석 대상 지역은 상수도 보급률이 100%(환경부, 2020)이면서 동일생활권내에서 인구가 밀집되어 있고 연담화된 대도시권이라는 특징을 갖는다. 본 연구에서는 상수도 요금을 측정하는데 기준이 되는 ‘상수도 급수 부과량’을 종속변수로 사용하였으며, COVID-19의 발생을 반영하여 2020년 서울과 인천의 상수도 사용에 영향을 미친 여러 요인을 독립변수로 하여 다중회귀분석을 실시하였다.

2. 이론 및 선행연구 고찰

2.1 감염병과 상수도

재난은 원인이나 규모와 상관없이 국민의 생명, 신체, 재산과 국가에 피해를 주거나 줄 수 있는 현상을 의미한다(행정안전부 중앙안전관리위원회, 2019). 그 중에서 사회재난은 화재, 환경오염, 폭발 등의 사고, 교통, 통신, 에너지, 의료 같은 기반시설의 마비와 함께 『감염병의 예방 및 관리에 관한 법률』에 따른 감염병을 포함한다. 따라서 COVID-19는 사회재난의 감염병에 해당된다.

오늘날 에볼라 바이러스, 중동호흡기증후군(MERS) 바이러스, 지카 바이러스, COVID-19 등 사회, 문화, 경제적으로 막대한 영향을 주는 감염병이 지속적으로 발생하고 있다. 도시의 상수도는 일상생활의 위생관리를 위한 시설이며 감염병 예방의 수단이다. 비단 COVID-19라는 특수상황이 아니더라도 손 씻

Table 1. Review of Previous Studies

		N	Mean	S.D.	t	p
Household water consumption per capita	2019	33	70.03	2.76	-23.471***	.000
	2020	33	72.68	3.07		

***p<.001

기뿐만 아니라 위생을 포함한 모든 인간 활동에 있어서 깨끗한 물은 매우 중요하다. 따라서 공중 보건에서 상수도 공급은 필수적인 요소라 할 수 있다(김시연 외, 2021).

사회·환경적인 변화는 물 수요와 공급에 영향을 미친다(오미애·전진아, 2020). 인구의 증가 및 도시화와 같은 사회적인 변화와 기후변화와 같은 환경적인 변화가 도시의 물 수요와 공급에 영향을 미치게 되므로(김시연 외, 2021), COVID-19와 같은 대규모 재난 또한 물 사용에 영향을 미칠 것이라는 추론이 가능하다.

2.2 선행연구 고찰

Table 2와 같이 상수도는 도시의 기반시설로서 다양한 연구가 이루어져 왔다. 상수도 사용량과 상수도 요금, 상수도 관리체계 등 다양한 부분에서 연구가 이루어졌다. 그 중 상수도 사용에 영향을 미치는 요인에 관한 선행연구를 살펴보면 다음과 같다. 노상환(2007)은 요인분석을 통해 상수도의 사용량을 결정하는 요인을 분석하여 수요요인, 공급요인과 더불어 지역의 특성요인이 중요함을 확인하였다. 지역의 특성을 고려한 요인으로는 소득, 세대당 인구, 용수가격, 강수량, 시설용량, 인구밀도 등이 있다는 분

Table 2. Review of Previous Studies

Author (year)	Research Content
Sanghwan Noh (2007)	Through factor analysis, factors that determine the amount of water used are analyzed, and factors that consider regional characteristics are reflected.
Seongyoung Jeong et al. (2012)	Analysis of factors affecting water supply production cost and rate using 10-year panel data from 2000 to 2009. It shows that water supply capacity and population density have a positive effect on wealth, while housing ratio and water supply penetration rate have a positive effect.
Hyunki Park et al. (2013)	In Incheon Metropolitan City, we compared and analyzed the water consumption according to the increase and decrease of the population, and confirmed that the number of households shows the same pattern as the increase and decrease of the population.
Hyeyoung Shin et al. (2021)	As a study on the changes in people's behavior and daily life due to COVID-19, the contents of changes in the distribution of the living population and changes in local commerce were intensively analyzed in Seongdong-gu, Seoul.
Siyeon Kim et al. (2021)	Time series analysis was conducted for small and medium-sized cities in western Gyeongsangnam-do. Comparison of the period before and after the onset of COVID-19. During the analysis period, the analysis results showed that the consumption of household water increased and that of business and public baths decreased. A time series graph showing usage patterns for household, industrial, business, and public baths between 2018 and 2020. It was confirmed that the pattern of water use by use during the corona period was different for each building.
Ludtke, D. U. et al. (2021)	Daily water consumption in northern Germany in 2019 and 2020 was analyzed using a linear mixed model. Instead of the number of confirmed cases, the presence or absence of action is used as a variable. The variables of population number, daily precipitation, daily maximum temperature, dry period, humidity, and whether or not COVID-19 measures are taken (dummy variable) are used.

석결과를 제시하였다. 박헌기 외(2013)는 인천광역시를 대상으로 인구의 증감에 따른 상수도 사용량을 비교 분석하였다. 분석결과 가정용수의 경우 대상지역 전체에서 상수도 사용량의 증감과 인구 증감이 비례하는 것으로 나타났다. 또한 가정용수의 사용량이 급수 세대수가 아닌 급수 인구수에 비례함을 확인하였다.

COVID-19 상황을 반영한 김시연 외(2021)의 상수도 소비에 관한 연구는 경남 서부에 위치한 중소도시 중 하나를 대상으로 시계열분석을 진행하였다. COVID-19 발생 이전인 2018년, 2019년에 비해 2020년 가정용수의 소비량은 증가하였지만, 업무용과 대중탕용의 물 사용량은 감소한 것으로 나타났다. 근린상업 지역, 사무실 밀집지역, 공동주택 밀집지역에서의 상수도 소비현황에 대한 분석을 통해 상수도 소비량에 거리두기 완화나 비대면 수업, 재택근무가 영향을 미쳤다는 결론을 제시하였다.

Ludtke et al.(2021)은 2019년과 2020년 독일 북부지역의 일일 물 소비량을 선형혼합모형을 통해 분석하였다. 확진자 수 변수를 사용하지 않고 COVID-19로 인해 조치가 이루어졌는가에 대한 조치유무를 조절변수로 사용하였다. 그 외에도 인구수, 일강수량, 일최고기온, 진조기간, 습도 등이 분석을 위한 독립변수로 사용되었다. 분석을 통해 Time, Location, Intensity, Efficiency, New의 변화된 5개 관행이 물 소비 증가를 야기했다는 결과를 제시하였다. Dziminska et al.(2021)의 연구에서는 K-means 클러스터링에 의한 그룹핑을 통해 아파트 건물의 시간당 물 사용량을 분석하였다. 분석결과 물 수요는 물이 공급되는 대상의 유형에 따라 일상 행동, 생활 방식, 요일, COVID-19 비상사태 선포 등 다양한 변수에 의해 결정되는 것으로 나타났다.

국내 상수도 사용량에 관한 대부분의 연구들에서는 COVID-19와 같은 감염병 상황에 대한 고려가 충분히 이루어지지 못했다. 또한 COVID-19의 상황을

반영한 연구도 일부 있었지만, 중소도시의 상수도를 대상으로 연구를 진행하였다는 점과 상수도 사용량에 대한 단순 시계열 패턴만을 파악하였다는 한계가 있다. 본 연구는 COVID-19 상황에서 인구가 밀집된 대도시권을 대상으로 도시특성을 반영한 변수의 적용을 통해 분석을 진행하였다는 연구의 차별성을 갖는다.

3. 변수의 구성

“도시특성변수들이 COVID-19 시기의 가정용 상수도 사용에 영향을 미칠 것이다”라는 연구문제를 확인하기 위해 다중회귀분석을 실시하였다. 분석에 있어 도시특성을 반영한 요인들을 독립변수로 설정하였고, 가정용 상수도 총 사용량을 종속변수로 설정하였다. 선행연구에 대한 검토를 통해 Table 3과 같이 변수를 도출하였고 변수의 정의는 Table 4와 같다.

상수도는 크게 가정용, 일반용, 욕탕용으로 구분되는데, 상수도 사용량은 서울특별시(2021) 『수도조례』와 인천광역시(2021) 『수도급수조례』에 근거하여 상수도관을 통해 공급되는 수돗물 공급량으로 정의된다. 본 연구에서 가정용 상수도 사용량은 사용자 청구를 위한 요금측정의 기준이 되는 급수 부과량을 기준으로 하였다. 급수 부과량의 단위는 m^3 이다. 해당 데이터는 서울과 인천의 상수도사업본부에서 제공되는 데이터를 활용하였다. 본 연구에서는 2020년의 팬데믹 상황을 고려하여 분석을 진행하였다. 따라서 상수도 사용에 영향을 미치는 요인으로 확진자 변수를 포함하였다. 이와 함께 상수도 사용에 영향을 미치는 경제적 요인과 더불어 환경적 요인, 인구적 요인 등 전반적인 영향요인을 독립변수로 고려하였으며, 가정용 상수도라는 특성을 감안, 주거 특성요인을 추가하여 분석을 진행하였고 Table 5는 본 연구에서 사용된 데이터의 목록과 출처를 정리한 것이다.

Table 3. Derivation of Variables through Review of Previous Studies

	Variable	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Population	Resident Population	●	●				●			●
	Elderly Population			●				●		
	Infant Population							●		
Residence	Residence Building				●					
	Housing Type				●	●			●	
	Empty House									
Economy	Official Price									
Environment	Temperatures	●				●	●		●	●
Social	Confirmed Cases						●			

(1) Noh (2007) (in Korean); (2) Jeong (2012) (in Korean); (3) Noh and Lee (2013) (in Korean); (4) Ahn et al. (2014) (in Korean); (5) Oh (2020) (in Korean); (6) Ludtke et al. (2021); (7) Campos et al. (2021); (8) Kalbusch et al. (2020); (9) Feizizadeh et al. (2021).

Table 4. Definition of Variables

	Variable	Definition	Unit	Period
Dependent	Household Water Consumption	Total household water bills	ℓ	2020
Population	Resident Population	Population density according to the total number of registered residents	Pop./km ²	2020
	Infant Population	Ratio of the population aged 0-5 to the total population	%	2020
	Elderly Population	Ratio of the population aged 65 and over to the total population	%	2020
	Apt Resident	Percentage of the population living in apartments	%	2020
Independent	Residence Building	Total floor area of residential buildings	m ²	2020
	Residence Empty House	Total number of empty houses	Number of House	2020
	One-person Households	Ratio of single-person households to total households	%	2020
Economy	Official Price	Annual average price	Won	2020
Social	Confirmed Cases	Cumulative number of COVID-19 cases	Number of People	2020
Environment	Temperatures	Annual average temperature	°C	2020

3.1 인구적 특성

본 연구에서는 인구요인으로 총 거주인구밀도를 사용하였다. 통계청에서 제공하는 주민등록 인구수

와 각 자치구의 면적을 통해 얻어진 총 거주인구밀도를 변수로 설정하였다. 총 거주인구수를 사용하는 대신 거주인구밀도를 사용한 이유는 COVID-19의 특

Table 5. Data List and Sources

Variable	Data Name	Aggregate Units	Format	Year	Source
Household Water Consumption	Seoul Waterworks Consumption	Autonomous	TXT	2020	https://data.seoul.go.kr
	Incheon Waterworks Consumption	Autonomous	CSV	2020	https://www.data.go.kr
Resident Population	Seoul Residents Population	Autonomous	TXT	2020	https://data.seoul.go.kr
	Incheon Resident Population	Administrative building (Dong)	CSV	2020	https://kosis.kr
Infant Population	Population trend survey	Autonomous	CSV	2020	https://kosis.kr
Elderly Population	Elderly Population Ratio	Autonomous	CSV	2020	https://kosis.kr
Apt Resident	Housing Census	Autonomous	CSV	2020	https://kosis.kr
Residence Building	Building Manager	Lot number	XLXS	2020	https://open.eais.go.kr
Official Price	Individual Published Price	Lot number	CSV	2020	http://www.nsd.go.kr
Temperatures	AWS Temperatures	Spot	CSV	2020	https://data.kma.go.kr
Empty House	Empty House rate	Autonomous	CSV	2020	https://kosis.kr
One-person Households	Census	Autonomous	CSV	2020	https://kosis.kr
Confirmed Cases	Seoul COVID-19 Confirmed Cases	Autonomous	CSV	2020	https://data.seoul.go.kr
	Incheon COVID-19 Confirmed Cases	Autonomous	CSV	2020	https://www.data.go.kr

성을 고려한 것이다. 감염병에 해당하는 COVID-19는 밀도와 밀접한 관련이 있는 것으로 보고된다. 대도시에서 감염병 피해가 두드러졌던 이유로 인구의 규모와 밀도가 있고, 같은 도시 안에서도 인구밀도가 다른 지역은 차이를 보였었다(이시철, 2020). 인구와 자본이 집중된 도시와 도시계획은 감염병이 고려되는 방향으로 변화한다면, 인구 밀집도에 따라 도시의 서비스도 영향을 미친다는 점을 고려하였다. 영유아 인구비율은 총 인구수 중 0-5세 인구의 비율이다. 본 연구에서 영유아 인구를 고려한 이유는 영유아의 경우 감염성 질환에 취약하고 해당 연령대

가 감염 예방이 매우 중요한 시기라는 점에서(최은영 외, 2017), 영유아가 있는 가구의 경우 위생관리에 특별히 주의할 것이라는 점을 반영한 것이다. 고령 인구비율은 총 인구수 중 65세 이상 인구의 비율이다. 고령인구는 소득대비 에너지 소비비율이 큰 것으로 알려져 있다(김하나·임미영, 2015). 경제적으로 취약한 연령이라는 특징도 고려할 필요가 있다. 가정에서 상수도 사용은 필수적인 활동이므로 젊은 층에 비해 상대적으로 집에 거주하는 시간이 긴 고령인구 비율에 대한 고려가 필요하다고 판단했다. 아파트거주자 비율은 주택유형 중 아파트에 거주

하는 사람의 비율이다. 주택의 유형에 따라 물 소비에 차이가 있을 것이라는 판단에서 변수로 선정하였다.

3.2 주거 특성

건축물 용도는 건축물 대장 표제부(국토교통부, 2020)를 통해 건축물의 실제 사용 용도를 파악하였다. 본 연구의 목적이 가정용 상수도 사용에 영향을 미치는 요인을 알아보기 위한 것이라는 점에서 주거 용도만을 따로 분류하여 해당 연면적(m^2)의 합을 구하였다. 주거용 건축물과 물 사용량의 관련성 파악을 통해 COVID-19 시기에 재택근무 및 방역대책에 대한 결과를 고려할 수 있을 것이라 판단하였다. 주거용도의 경우 공동주택과 단독주택을 분리하여 데이터를 구축하였다.

빈집 수는 분석단위인 자치구 전체의 주택 중 사람이 살지 않는 집의 개수이다. 빈집의 경우 물 사용이 이루어지지 않아서 부(-)의 영향을 미칠 것이라는 예측이 가능하나, 어느 정도의 영향이 있는지를 알아보기 위해 변수로 설정하였다.

1인 가구 비율은 전체 가구에서 1인가구가 차지하는 비율을 나타낸다. 같은 가구 수라도 1인가구의 비율에 따라 물 사용량이 다를 것이라 판단하여 변수로 고려하였다.

3.3 사회·경제적 특성

경제적인 특성을 반영하는 변수로 평균 공시지가를 사용하였다. 본 연구에서는 국토교통부에서 제공되는 개별공시지가를 활용하여 2020년의 연간 평균값을 산정하여 분석에 사용하였다. 지가나 주택가격의 경우 빈도수가 낮은 값으로 인해 결과가 왜곡될 우려가 있기에 자연로그(\ln)를 취해주는 것이 일반적이다(양영준, 2014). 로그변환은 데이터의 왜도와 첨도를 줄여주고 정규성을 제고함으로써 통계분석의 유효성을 높여준다. 본 연구에서도 다중회귀모형의 독립변수인 공시지가 값을 정규분포로 만들기

위해 자연로그(\ln)를 취하였다.

COVID-19 확진자 수는 국내 최초 발생일인 2020년 1월 25일부터 2020년 12월 31일까지 11개월간 집계된 총 확진자 수를 고려하였다. 확진자 수 데이터가 제공되는 가장 작은 공간단위는 자치구로, 해당 데이터는 질병관리청과 각 구청 등에서 제공되고 있다. 본 연구에서는 서울 열린데이터 광장과 공공데이터포털에서 제공되는 데이터를 활용하였다. COVID-19 총 확진자 수는 누적된 확진자 수로 동일한 사람이 재감염되었을 시에는 반복 측정된다(질병관리청, 2021). 본 연구에서 활용된 데이터 역시 재감염이 고려된 누적 확진자 수이다.

이는 특정한 사람의 감염유무보다 전체 확진자 수가 얼마나 증가하였는지가 더 큰 의미를 갖는다고 판단했기 때문에 취해진 조치다.

3.4 환경적 특성

상수도 사용에 영향을 미치는 요인들 중 환경적 요인으로 기온을 선정하였다.

물 사용과 기온은 선행연구에서도 제시되었듯이 기본적인 통제변수로 사용된다(김주환 외, 2007). 기온 요인은 사람이 직접적으로 체감하는 변화이기에 물 사용에 많은 영향을 줄 것이라 판단했다. 해당 구에서 측정된 일별 측정 데이터를 통해 일 년간의 평균 기온을 산출하였다. 데이터는 기상청의 기상자료개방포털에서 제공되는 방재기상관측(AWS) 데이터를 활용하였다. 기온 측정 지점은 서울에 30개, 인천에 21개가 있다. 각 지점에서 측정된 기온들을 연간 평균기온으로 산정하였다.

4. 분석 결과

다중회귀분석을 실시하기 전, 데이터의 특성과 기본적인 내용을 파악하기 위하여 기술통계 및 상관분석을 진행하였다. 기술통계의 결과는 Table 6과 같

다. 연간 가정용 상수도 사용량의 서울 및 인천 자치구의 평균은 약 2844만t이고 서울 자치구의 가정용 상수도 평균 사용량은 약 2931만t, 인천 자치구의 가정용 상수도 평균 사용량은 약 2572만t으로 확인되었다(Fig. 1). 서울의 경우 송파구에서 약 4997만t으로 가장 많은 양의 가정용 상수도가 사용된 반면, 중구에서 약 896만t으로 가장 적은 양의 상수도가 사용된 것으로 확인되었다. 인천의 경우 서구에서 약

4047만t으로 가장 많은 가정용 상수도가 사용된 반면, 동구에서 약 434만t으로 가장 적은 양이 사용된 것으로 확인되었다. 전체 1인당 상수도 연간 사용량은 72.68t이고 서울 자치구의 평균 1인당 가정용 상수도 사용량은 73.17t, 인천 자치구의 평균 1인당 가정용 상수도 사용량은 71.17t으로 확인되었다. 서울에서 1인당 연간 사용량이 가장 많은 구는 강남구로 78.42t이고, 가장 적은 구는 중구로 66.14t을 사용한

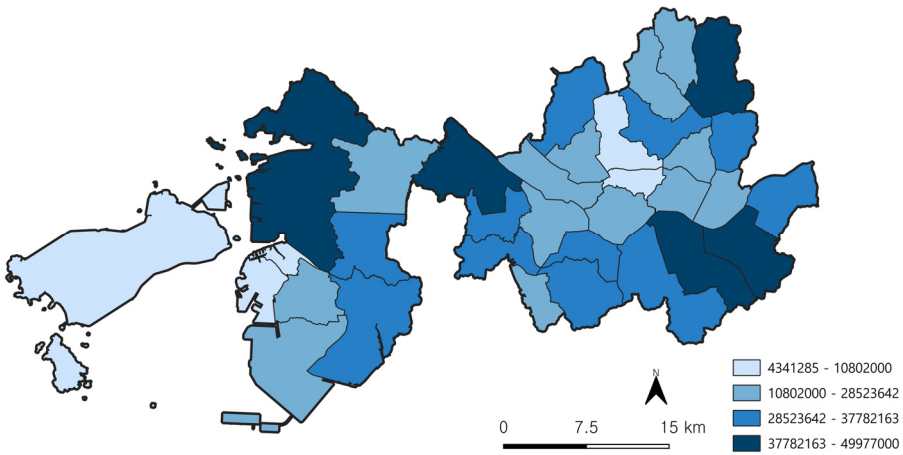


Fig. 1. Annual Household Waterworks Consumption in Seoul and Incheon (unit: ton)

Table 6. Descriptive Statistical Analysis

Variable	N	Min.	Max.	Mean	S.D.
Household Waterworks (t)	33	4,341,285.00	49,977,000.00	28,443,519.55	10,487,460.93
Resident Population (Pop./km ²)	33	991.99	26,427.27	9,223.37	6,131.39
Infant Population (%)	33	2.74	5.37	3.82	0.61
Elderly Population (%)	33	9.90	23.10	16.05	2.64
Apt Resident (%)	33	34.49	91.65	60.04	13.43
Residence Building (m ²)	33	737,533.69	37904,264.96	15612,578.79	92,233.72
Empty House (Number of House)	33	735.00	12448.00	4751.88	3240.29
One-person Households (%)	33	23.75	51.91	33.79	6.47
Official Price (Won)	33	12.77	16.05	14.67	0.90
Temperatures (°C)	33	11.50	14.20	13.17	0.78
Confirmed Cases (Number of People)	33	122.00	1,785.00	790.82	393.86

것으로 나타났다. 인천의 경우 1인당 연간 사용량이 가장 많은 구는 연수구로 75.82t이고, 가장 적은 구는 중구로 66.40t을 사용한 것으로 나타났다.

피어슨(Pearson) 상관분석을 통하여 변수들 간의 관계를 파악하고자 하였다. 상관분석의 결과를 토대로 변수들 간의 공선성을 검토하였다. 최종적으로 다중회귀분석에서 사용된 변수들은 상관분석의 결과를 반영하여 수정된 변수들을 적용하였다.

분석 결과 Table 7과 같이 회귀모형은 F값이 14.395, $p < 0.001$ 로 회귀식이 적합한 것으로 나타났고, 유의수준 1%범위 내에서 유의미한 것으로 나타났다. Adj. R^2 값이 0.807로 모형이 80.7%의 설명력을 갖는 것으로 나타났다. 모든 변수의 VIF가 10을 넘지 않아서 변수들 간의 다중공선성은 없는 것으로 판단되었다. Dubin-Watson 값 역시 1.862로 2에 근사하기에 잔차의 독립성 가정에 문제가 없다고 판단했다.

10개의 독립변수 중에서 총인구밀도, 고령인구 비

율, 공시지가, 1인 가구 비율, 확진자 수에 해당하는 5개의 독립변수가 상수도 사용량과 유의미한 상관성이 존재하는 것으로 나타났다. 유의한 변수 중 총 거주인구밀도, 공시지가, 확진자 수가 상수도 사용량과 정(+)의 상관성을 갖는 것으로 파악되었다. 반면에 고령인구 비율, 1인 가구 비율은 가정용 상수도 사용량에 부(-)의 상관관계가 존재하는 것으로 파악되었다.

분석결과 총 거주인구밀도가 1명/km² 증가할 때 가정용 상수도 사용량은 연간 406.87t 증가하는 것으로 나타났다. 거주인구의 증가는 곧 물 사용의 증가를 의미한다. 대부분의 사람들은 주거공간에서 기본적인 의식주 활동을 수행한다. 인구밀도는 거주인구 기준이기에 가정에서의 활동을 대변한다고 볼 수 있다. 분석을 통해 공시지가가 1% 증가할 때 대상지역의 가정용 상수도사용량은 연간 616만t 증가한다는 것을 확인했다. 공시지가는 가구의 경제적 수준

Table 7. Results of Multiple Regression Analysis

Dependent/Independent Variable	B	S. E.	β	t	p	VIF	
(constant)	-40,814,786.91	32,494,377.42		-1.256	0.222		
Resident Pop (Pop./km ²)	406.87	194.24	0.238	2.095	0.048**	2.140	
Infant Pop (%)	238,931.81	2,235,325.10	0.014	0.107	0.916	2.796	
Elderly Pop (%)	-930,107.11	521,959.79	-0.234	-1.782	0.089*	2.865	
Apt Resident (%)	-43,574.57	87,739.63	-0.056	-0.497	0.624	2.096	
Household Waterworks (t)	Residence Building (m ²)	0.00	0.16	0.003	0.027	0.978	2.484
	Empty House (Number of House)	166.12	445.69	0.051	0.373	0.713	3.147
	One-person Households (%)	-330,756.50	175,996.16	-0.204	-1.879	0.074*	1.954
	ln Official Price (Won)	6,163,440.20	1,501,676.48	0.530	4.104	0.000***	2.770
Temperatures (°C)	-1,076,542.92	1,333,515.37	-0.080	-0.807	0.428	1.637	
Confirmed Cases (Number of People)	17,422.68	4,876.63	0.654	3.573	0.002**	5.566	
F=14.395 ($p < 0.001$), Dubin-Watson=1.862, R-Square=.867, Adjusted R-Square=.807							

* $p < .1$, ** $p < .05$, *** $p < .001$

을 반영하므로 분석결과는 경제적인 여유가 있으면 상수도 사용에 부담을 덜 느낀다는 결과를 보여준다.

확진자 수가 1명 증가할 때 가정용 상수도사용량은 연간 17422.68t 증가하는 것으로 나타났다. 확진자 수의 증가는 COVID-19 예방에 대한 경각심을 불러일으켰다. 따라서 예방과 위생관리를 위한 노력이 집중되면서 상수도 사용량에 영향을 미쳤다고 판단된다. 또한 확진자 수가 사회적 거리두기의 기준 중 하나로서 물 사용량에 영향을 미쳤다고도 볼 수 있다. 확진자 수가 증가함에 따라 사회적 거리두기 강도가 강해지고 이로 인해 외부 활동의 제약이 강해짐으로써 집에 머무는 시간이 길어져서 물 사용량의 증가로 이어졌다고 판단된다.

반면 고령인구 비율, 1인 가구 비율은 물 사용량과 부(-)의 상관성을 갖는 것으로 나타났다. 분석결과 고령인구 비율이 1% 증가할 때 가정용 상수도 사용량은 연간 93만t 감소하는 것으로 나타났다. 고령자가 있는 가구의 경우 다른 가구들에 비해 에너지 절약의식이 높기 때문에(이운재 외, 2011) 물 사용량이 줄어든 것으로 추정할 수 있다. 고령인구는 소득 대비 에너지 소비비율이 크다는 점에서 경제적으로 취약한 연령층이라는 특성이 영향을 주었다고도 볼 수 있다. 1인 가구 비율이 1% 증가할 때 가정용 상수도 사용량은 연간 33만t 감소하는 것으로 나타났다. 물 사용은 인구수에 직접적으로 영향을 받기에 동일한 가구 수라도 1인가구의 비율이 높으면 상수도 사용량이 감소한다는 것을 확인할 수 있다. 이는 또한 1인가구의 경우 가정에서 수행하는 의식주 활동의 비중이 크지 않음에 기인하는 결과로도 볼 수 있다.

표준화된 계수를 통해 보았을 때 확진자 수($\beta=0.654$)가 가정용 상수도 사용량에 가장 많은 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 팬데믹 상황이 물 사용량의 증가에 영향을 미칠 것이라는 본 연구의 가정을 확인시켜주는 결과이다. 다음으로 많은 영향을 미치는 변수는 공시지가($\beta=0.530$)로 나타났으며, 1인가

구 비율($\beta=-0.204$)이 가장 적은 상관성을 갖는 것으로 나타났다.

5. 결론

COVID-19의 발생으로 정부는 사회적 거리두기를 통해 타인과의 접촉을 줄이는 것을 강조하고 있으며, 이로 인해 가정에서 머무르는 시간이 증가하였다. COVID-19는 도시재난 중 사회재난에 해당하는 감염병으로 일상생활에 막대한 영향을 준다.

본 연구에서는 COVID-19 시기 가정용 상수도 사용에 영향을 미치는 도시특성 요인을 파악하기 위하여 분석을 진행하였다. 인구적 특성, 건축물 용도 특성, 사회·경제적 특성, 주거 특성, 환경적 특성으로 대분류된 변수를 독립변수로 설정하여 분석을 진행하였다. 분석결과 가정용 상수도 사용량과 확진자 수간에 큰 상관성이 존재함을 확인하였다. 그 외에 총 거주인구밀도와 공시지가가 가정용 상수도 사용량과 정의 상관성을 갖는 반면, 고령인구 비율과 1인 가구 비율은 부의 상관성을 갖는 것을 확인하였다.

본 연구는 팬데믹 시기에 코로나 확진자 수가 가정용 상수도 사용과 관련하여 가장 중요한 변수임을 확인했다. 이는 감염병 관리에 있어 깨끗한 물의 안정적인 공급이 필수적이라는 시사점을 제공한다.

그와 함께 경제적 수준이 물 사용량에 가장 큰 영향을 미치는 요인임을 확인했다. 따라서 물 사용량을 줄이기 위해서는 누진 요금제와 같은 소득별 차등적 요금제 적용 등의 조치가 필요함을 알 수 있다.

또한 경제활동이 활발하지 않고 소득대비 에너지 소비비율이 큰 고령자에게 물 사용은 부담이 될 수 있음을 확인하였다. 따라서 많은 양의 물 사용으로 인해 고령자가 경제적인 부담을 가지지 않고 일상생활을 할 수 있도록 정책적 지원이 필요하다는 시사점을 얻었다.

끝으로 물 사용량은 가구 수보다는 거주자수에 영

향을 받음을 확인하였다. 같은 맥락에서 1인가구의 공급처리시설 사용 동향에 대해서는 지속적인 관찰이 필요하다고 판단된다.

본 연구에서는 가정용 상수도의 사용에 어떠한 요인이 영향을 미치는 지 알아보았다. 본 연구는 분석의 시간적 범위가 2020년으로 한정되었다는 한계가 있으므로 추후 연구에서는 COVID-19 전 기간에 대한 데이터 추가를 통해 분석을 진행할 필요가 있다. 시간적 범위를 확장하여 COVID-19 이전과 이후에 대한 비교를 위해서 보다 작은 단위의 데이터 분석이 필요할 것으로 보인다. 또한 거주와 관련된 요인만을 변수로 활용하였으므로 향후에는 주거 외에 상업, 업무, 공공, 공업 등의 다른 요인에 대해서도 파악이 필요하다. 또한 공간적 범위가 서울과 인천으로 제한되었다는 한계가 존재하나, COVID-19라는 특정한 시기의 상수도 사용에 영향을 미치는 요인을 파악할 수 있다는 점에서 본 연구의 의의를 찾을 수 있다.

참고문헌

1. 국토교통부 국가공간정보포털, “용도별건물정보”, 2021.12.22. 읽음. <http://www.nsd.go.kr>.
2. 김기범·김진근·구자용(2020), “코로나바이러스 사태와 상수도시설의 전염병 대응 매뉴얼”, 「대한상수도학회·한국물환경학회 공동 춘계학술발표회」, 2020: 20~20.
3. 김시연·윤석민·장석현·조귀래·박노석(2021), “COVID-19 바이러스 유행 및 대응책이 중소도시에서의 수도물 소비에 미치는 영향 연구”, 「대한환경공학회지」, 43(5): 357~366.
4. 김주환·김화수·이두진·김기형(2007), “가정용수의 용도별 사용량 모니터링을 통한 물 수요 특성 분석”, 「대한환경공학회지」, 29(8): 864~869.
5. 김하나·임미영(2015), “사회·경제적 요인의 에너지 빈곤 영향 분석: 노인포함가구를 중심으로”, 「환경사회학연구ECO」, 19(2): 133~164.
6. 노상환(2007), “상수도 사용량 결정요인 분석”, 「환경정책」, 15(1): 5~21.
7. 노승철·이희연(2013), “가구부문의 에너지소비량에 영향을 미치는 요인분석”, 「국토계획」, 48(2): 295~312.
8. 박현기·이호신·유정완·박형순·한국현(2013), “SWG 적용을 위한 인구증가에 따른 상수도 사용량과의 상관관계 분석”, 「대한토목학회 학술대회」, 1662~1664.
9. 서울특별시, “서울특별시 수도조례”, 2022.1.22. 읽음. <https://www.law.go.kr/LSW//main.html>.
10. 신혜영·박소현·강성호·이금숙(2021), “정형·비정형 빅데이터 분석을 통한 COVID-19와 지역 경제의 관계 - 서울시 성동구를 대상으로 -”, 「대한지리학회지」, 56(4): 421~435.
11. 안영수·김기중·이승일(2014), “서울시 주택의 규모와 종류, 건축연도별 특성이 에너지 소비량의 차이에 미치는 영향 실증 연구”, 「국토계획」, 49(3): 175~194.
12. 양영준(2014), “서울시 오피스 매매가격 결정요인 분석-최소자승법과 분위 회귀모형을 이용하여”, 「부동산학연구」, 20(3): 89~101.
13. 오미애·전진아(2020), “코로나바이러스감염증-19 소셜 빅데이터 기반 주요 이슈 분석”, 「보건·복지 Issue & Focus」, 376: 1~12.
14. 오희진(2020), “계절별 가구 에너지 소비량 영향요인 분석”, 「한국환경정책학회 학술대회논문집」, 421~435.
15. 이시철(2020), “밀도와 안전의 공존 가능성 : 코로나 19 시대, 공간계획의 변화 방향 예측”, 「국토계획」, 55(5): 134~150.
16. 이윤재·이현수·박소윤(2011), “공동주택 거주자의 에너지 사용행태 및 에너지 절약의식 분석”, 「한국주거학회 논문집」, 22(6): 31~42.
17. 인천광역시, “인천광역시 수도급수 조례”, 2022.1.22. 읽음. <https://www.law.go.kr/LSW//main.html>.
18. 정성영·조세현·현대용·배수호(2012), “지방상수도 서비스의 생산비용 및 요금에 관한 영향요인 연구”, 「지방행정연구」, 26(3): 287~309.
19. 질병관리청(2021), 「2020 감염병 감시연보」, 청주.
20. 최은영·김아름·이민경(2017), 「안전한 영유아 보육·교육 환경 조성 방안. 경제·인문사회연구회 협동 연구총서」, 서울: 육아정책연구소.
21. 행정안전부 중앙안전관리위원회(2019), 「제4차 국가안전관리기본계획」, 세종.
22. 환경부(2020), 「2019 상수도통계」, 세종.
23. Ahn, Y., K. Kim and S. Lee (2014), “An Empirical Research on the Difference of Energy Consumption According to the Housing and Regional Characteristics of Seoul”, Journal of Korea Planning Association,

- 49(3): 175~194. (in Korean)
24. BBCNEWS코리아, "WHO, 신종 코로나바이러스 '국제적 공중보건 비상사태' 선포", 2020.01.31. 읽음. <http://www.bbc.com/korean/international-51291964>.
 25. Campos, M. A. S., S. L. Carvalho, S. K. Melo, G. B. F. R. Gonçalves, J. R. dos Santos, R. L. Barros, U. T. M. A. Morgado, E. S. Lopes and R. P. Abreu Reis (2021), "Impact of the COVID-19 Pandemic on Water Consumption behaviour", *Water Supply*, 21(8): 4058~4067.
 26. Dzimińska, P., S. Drzewiecki, M. Ruman, K. Kosek, K. Mikołajewski and P. Licznar (2021), "The Use of Cluster Analysis to Evaluate the Impact of COVID-19 Pandemic on Daily Water Demand Patterns", *Sustainability*, 13(11): 5772.
 27. Feizizadeh, B., D. Omarzadeh, Z. Ronagh, A. Sharifi, T. Blaschke and T. Lakes (2021), "A Scenario-based Approach for Urban Water Management in The Context of The COVID-19 Pandemic and a Case Study For the Tabriz Metropolitan Area, Iran", *Science of The Total Environment*, 790: 148272.
 28. Jeong, S., S. Jo, D. Hyun and S. Bae (2012), "Factors Affecting Local Water Supply Costs and Water Prices in Korea", *The Korea Local Administration Review*, 26(3): 287~309. (in Korean)
 29. Kalbusch, A., E. Henning, M. P. Brikalski, F. V. de Luca and A. C. Konrath (2020), "Impact of Coronavirus (COVID-19) Spread-Prevention Actions on Urban Water Consumption", *Resources, Conservation and Recycling*, 163: 105098.
 30. Kim, S., S. Yoon, S. Jang, G. Jo and N. Park (2021), "A Study on Impact of Countermeasures on Water Consumption in the Small-Medium Sized City", *J. Korean Soc. Environ. Eng.*, 43(5): 357~366. (in Korean)
 31. Lüdtke, D. U., R. Luetkemeier, M. Schneemann and S. Liehr (2021), "Increase in Daily Household Water Demand during the First Wave of the COVID-19 Pandemic in Germany", *Water*, 13(3): 260.
 32. Noh, S. and H. Lee (2013), "An Analysis of the Factors Affecting the Energy Consumption of the Household in Korea", *Journal of Korea Planning Association*, 48(2): 295~312. (in Korean)
 33. Oh, H. (2020), "Seasonal Determinants of Household Energy Consumption: the Case of Seoul, South Korea", *KEPAS Academic Conference*, 421~435. (in Korean)
 34. Park, H., H. Lee, J. Yoo, H. Park and K. Han (2013), "The Analysis on the Correlation Between the Number of Households and Water Supply Consumption for Applying Smart Water Grid: The Case of Incheon", *KSCE Academic Conference*, 1662~1664. (in Korean)
 35. Roh, S. (2007), "Study on the Determinants of the Piped Water Consumption Focusing on the Factor Analysis of Local Government", *Environment Policy*, 15(1): 5~21. (in Korean)
 36. Shin, H., S. Park, S. Kang and G. Lee (2021), "Associations of COVID-19 and Local Economy Analyzed with Structured and Unstructured Data: A Case Study of Seongdong-gu, Seoul", *Journal of the Korean Geographical Society*, 421~435. (in Korean)

요 약

인간의 일상생활에서 깨끗한 물은 필수적인 도시 기반 시설이며, 공중보건에서 물은 중요한 역할을 담당한다. 따라서 COVID-19와 같은 대규모 재난 상황이 물 사용에 영향을 미칠 것이라는 추론이 가능하다. 이와 관련하여 우리는 COVID-19 상황에서 가정용 상수도 사용에 영향을 미치는 요인을 알아보고자 한다. 본 연구는 2020년을 시간적 범위로 설정하였으며, 공간적 범위는 서울과 인천으로 하였다. 서울과 인천 자치구의 상수도 사용량을 종속변수로, 도시 특성을 반영한 요인을 독립변수로 사용하였다. 분석 방법은 다중회귀분석을 활용하였고 분석단위는 자치구이다. 분석을 통해 팬데믹 상황이 물사용량의 증가를 초래했음을 확인하였다. 또한 고령자에게 경제적인 부담 없이 일상 생활을 할 수 있도록 정책적 지원이 필요하다는 점과 감염병 관리에 있어 깨끗한 물의 안정적 공급이 필수적이라는 시사점을 확인하였다. 본 연구의 분석결과는 COVID-19 등의 감염병 확산 시 효율적인 물 공급 정책과 효율적인 상수도 관리에 시사점을 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

주제어 : COVID-19, 가정용 상수도, 다중회귀분석