

## 스마트 하수도 구축의 경제적 파급효과 분석

김성태<sup>1</sup>, 임병인<sup>2\*</sup>, 오현택<sup>3</sup>, 박규홍<sup>4</sup>

<sup>1</sup>청주대학교 경제학과 교수, <sup>2</sup>충북대학교 경제학과 교수, <sup>3</sup>청주대학교 경영학부 교수, <sup>4</sup>중앙대학교 사회기반시스템공학부 교수

### An Analysis on Economic Effects of Smart Sewage Pipe

Sung Tai Kim<sup>1</sup>, Byung In Lim<sup>2\*</sup>, Hyun-Taek Oh<sup>3</sup>, Kyoo-Hong Park<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Professor, Department of Economics, Cheongju University

<sup>2</sup>Professor, Department of Economics, Chungbuk National University

<sup>3</sup>Professor, Division of Business Administration, Cheongju University

<sup>4</sup>Professor, Dept. of Industry-University Cooperation Foundation, Chung-Ang University

**요약** 본 연구의 목적은 스마트 하수도의 개념을 소개하고, 2021년부터 2040년까지 우리나라 전역에 스마트 하수도가 구축되는 경우 그 경제적 파급효과를 분석하는 것에 있다. 연구방법으로는 산업연관분석 모형을 이용한다. 분석 결과, 스마트 하수도 투자 사업을 통한 생산유발효과는 343조 7,330억원, 부가가치유발효과는 155조 8,675억원, 취업유발효과는 251만 8,470명 증가하는 것으로 추정되어 스마트 하수도 사업의 국민경제적 파급효과는 상당히 큰 것으로 나타났다. 또한 스마트 하수도에 의한 사회후생의 증가는 환경개선과 국민건강 개선을 통하여 실현될 것으로 예상되므로 빠른 시일 안에 스마트 하수도 사업에 대한 구체적인 Road map을 수립, 확정하고 예산을 투입하여 적극 추진할 필요가 있다.

**주제어** : 스마트하수도, 산업연관분석, 경제적 파급효과, 생산유발효과, 취업유발효과, 부가가치유발효과

**Abstract** The purpose of this study is to introduce the concept of the Smart Sewer System and to analyze the economic ripple effect when smart sewer is built all over Korea. The research method is the input-output model based on the assumption that the smart sewerage will be constructed throughout the Korea from 2021 to 2040. Estimation results show that the production-induced effect reaches 343.73 trillion Korean won, the added value-induced effect is 155.867 trillion Korean won, and the employment-induced effect is estimated by 25,118,470, indicating that the smart sewer project leads to being considerably large in the nation-wide economy. In addition, the increase of social welfare by smart sewer is expected to be realized through the improvement of both the environment improvement and the national health. Therefore, the smart sewer project should be implemented without delay by planning a concrete road map and putting it into effect with a budget.

**Key Words** : Smart sewer system, Input-output model, Economic ripple effects, Production-induced effect, Employment-induced effect, Value added-induced effect

\*This research was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) Grant funded by the Ministry of Science and ICT for convergent research in Development program for convergence R&D over Science and Technology Liberal Arts(NRF-2017M3C1B6070097).

\*Corresponding Author : Byung In Lim(bilforest@gmail.com)

Received June 28, 2019

Revised July 8, 2019

Accepted July 20, 2019

Published July 28, 2019

## 1. 연구의 필요성과 목적

하수관로는 우수와 오수를 하나의 관로를 통해 배제하는 합류식체계와 우수와 오수를 별도의 관로로 배제하는 분류식체계로 구분할 수 있다. 우리나라 대부분의 중규모이상 도시는 대부분 합류식이며, 최근 약 15년 간 많은 중소도시 하수관로의 분류식화 사업이 진행되었음에도 완전한 분류식체계를 갖추었다고 단언하기는 어렵다. 하수도법 제35조 및 시행령 제24조에 의하면 강우 시 합류식 하수관로 월류수(Combined Sewer Overflows, 이하 CSOs)에 의한 방류수역의 오염방지를 위하여 '하수관로정비구역으로 공고한 지역 외 합류식하수관로 지역에서는 수세식 변기 설치 시 정화조를 설치'하도록 규정하고 있다. 합류식체계는 청천 시 저유량의 하수유입으로 하수가 원활히 배제되지 않고 관로 내에 퇴적되는 경우가 발생하며, 우천 시 정화조의 상징수를 펌프로 양수해 공공하수관로에 배출함에 따라 악취 및 메탄가스 발생의 원인이 되고 있다.

한국건설기술연구원에서 최근 하수도 악취 민원의 주요 원인은 정화조 때문이라고 보고한 바 있다[1]. 2015년에 환경부와 서울시가 공동으로 종로구, 은평구, 영등포구에서 하수도 악취 개선 시범사업을 시행한 바 있다. 또 악취저감 대책으로 악취의 발생 원인이라고 지목된 정화조에 공기 주입 또는 화학약품이나 미생물 제제 주입 등의 악취저감 기술을 적용하는 사업도 시행하였다. 그렇지만, 서울시의 『2030 하수도정비 기본계획』[2]에 의하면, 상기의 단기적인 대책사업보다는 수세변수소를 정화조를 통하지 않고 공공하수관로에 직접 유입시키는 장기적인 사업을 중점추진계획으로 수립하였다. 더 구체적으로는 서울시 군자 2구역 소block 정비 시범사업과 수색배수분구의 시범사업을 통해 수세분뇨의 관로 직투입을 위한 기본계획을 수립하였고, 설계를 통해 정화조를 폐쇄하고 배관공사를 통해 수세분뇨를 공공하수관로에 직접 투입하는 시범사업을 추진할 예정이다. 이런 분위기에 서 한국상하수도협회와 몇몇 연구자들은 합류식지역의 정화조를 없애고 수세분뇨를 관로에 직접 투입하는 방안에 대한 연구를 수행한 바 있다[3,4].

본 논문에서 스마트 하수도는 수세분뇨의 공공하수관로 직투입으로 인한 하수처리시설의 용량확대 등 개선, 공공수역 수질보전을 위한 CSOs 대책시설 투자에 관한 범위를 제외하고 수세분뇨의 직접투입으로 인한 하수관로의 악취를 개선하기 위해 관로 내에 스마트기술을 적용하는 사업으로 범위를 정의하고자 한다. 구체적으로 정의하면, 하수관로 내에 유속, 유량, 수위, 황화수소(하수도 악취의 대표물질)를

측정하는 센서를 설치하고 이 센서들을 통해 서버(server)로 수집된 악취유발정보를 분석하여 해당관로의 상류부에 미리 설치해둔 저류조의 수문을 자동 개폐하도록 제어하여 하수관로를 상당량의 물로 세정하는 시스템을 말한다.

이와 같은 스마트 하수도 구축이 우리나라에서 현실적으로 추진되기 위해서는 공공사업 형태를 취하여야 될 것이다. 이는 스마트 하수도를 전국적으로 설치하기 위해서는 막대한 규모의 재원이 소요될 것으로 예상되기 때문이다. 스마트 하수도 공공사업이 국가적 관점에서 타당한가를 검토하기 위해서는 사업에 대한 경제성 분석을 수행하여야 된다. 본 논문에서는 스마트 하수도 사업에 대한 경제성 분석의 기초 작업으로서 경제적 파급효과에 대하여 검토한다. 현재로서는 국가 차원에서 스마트 하수도 사업의 구체적인 계획이 없기 때문에 본 연구에서는 스마트하수도 시설을 30년 동안 전국에 걸쳐 구축한다는 가정 하에 스마트하수도 구축의 경제적 파급효과를 분석한다. 따라서 본 연구의 목적은 스마트 하수도의 개념을 소개하고, 2021년부터 2040년까지 우리나라 전역에 스마트 하수도를 구축할 때, 그 경제적 파급효과를 분석하는 것에 있다.

본 논문에서는 산업연관분석 모형을 이용하여 스마트 하수도 구축이 경제에 미치는 파급효과를 분석한다. 스마트 하수도가 전국적으로 구축되면 경제적으로는 시설투자가 이루어지고, 이는 해당산업의 최종수요인 투자 증가로 이어질 것이다. 투자증가는 후방연쇄효과를 통하여 생산액과 부가가치를 증가시키고 일자리를 창출시키는 효과를 유발할 것이다. 현재 시점에서 스마트 하수도 시설투자규모가 구체적으로 결정되지 않은 상태이므로 스마트 하수도를 전국에 구축한다는 가정 하에 스마트 하수도의 경제적 파급효과를 분석할 것이다.

## 2. 스마트하수도 구축사업

### 2.1 스마트하수도 사업 개요

주거환경 문제 중 하수도와 밀접하게 관련된 것은 정화조 존치로 발생하는 악취, 음식물 찌꺼기 수거로 인한 생활환경 문제이다. 이들 문제를 해결하기 위해서는 정화조를 없애고 주방오물분쇄기를 적용하여 수세분뇨와 주방오물의 공공하수관로 직접 투입이 필요한데, 이를 위한 새로운 개념의 하수관로가 스마트 하수관로이다. 스마트 하수도는 결국 실시간 사물인터넷 모니터링 시스템이라고 말할 수 있다.

스마트 하수도 구축을 위하여 기술적인 측면에서 하수관

로 내 퇴적을 최소화하는 관로 설계·시공방법의 제시, IoT 등 첨단기술 접목을 통한 하수관로 조사, 모니터링 및 수세 분뇨가 정체 없이 흐를 수 있도록 하는 운영기술 개발, CSOs 발생으로 인한 공공수역 수질보전대책 마련 등 과학적인 해법 제시, 공공하수처리시설에서 추가로 유입되는 분뇨로 인한 하수처리 및 슬러지처리시설 용량확대 및 운영 개선이 필요하다. 최근 하수관로의 악취 저감을 위해 스마트기술 적용을 위한 법제도 및 기술적 문제해결을 위한 연구[4, 5-8]가 활발히 진행되고 있으며, 서울시에서는 2016-2017년에 제1기 하수도정책자문단 운영에 이어, 2018년부터는 130여명의 전문가 및 시민의 참여를 통한 제2기 하수도정책자문단 및 하수도정책포럼을 운영하면서 하수관로의 악취문제 해결, 하수배제방식 검토와 스마트융합기술의 도입 등에 대해 심도 있는 논의를 지속하고 있다[9,10]. 이와 함께 실시간 하수관로 흐름 개선을 위한 자가세척 및 포집장비의 제어 시스템 개발을 위한 연구로 실시간 제어 네트워크 시스템 및 글로벌 제어 로직/알고리즘 도출, GIS기반 하수관로 속성 및 모니터링 데이터 관리 프로그램 개발 및 빅데이터 분석에 따른 최적유지관리 주기 및 방법론 마련을 위한 연구와 함께 실시간 IoT모니터링 및 영향평가 분석 시뮬레이터 개발, 공공하수도 O&M 문제대응 솔루션 도출을 위한 활동이 활발히 진행되고 있다.

Fig. 1과 같이 하수관로 내 하수침전물의 퇴적이 많이 일어나 악취의 원인이 되는 지점의 상류부에 저류조를 설치하여, 수시로 또는 악취가 심하게 나는 상황을 악취센서 등으로 계측하여 특정기준 값을 넘으면 저수조 오리피스스의 제어 밸브를 열게 해 저류되었던 저수조의 물을 흘려보냄으로써 해당지점의 퇴적물을 플라싱하는 상황을 고려하고자 한다.

### 2.2 스마트하수도 구축비용 추정

우리나라 전역에 스마트 하수도를 구축하기 위해서는 투자비용을 정확히 추정하는 것이 필요하다. 스마트 하수도의 핵심 구성요인은 하수관로의 센서와 저류조 및 공공하수도를 관리하는 스마트 하수도 운영센터이다[11]. 스마트 하수도를 구축하는 사업은 장기기간이 소요될 것으로 예상되는데 본 논문에서는 2021년부터 시작하여 2040년에 종료되는 것으로 가정한다. 스마트 하수도 구축을 위한 투자비용을 위하여 전제가 되는 조건에 대하여 다음과 같이 가정한다. 첫째, 전국에 있는 모든 하수관로에 연장 100m당 유량, 유속 수위, 악취 센서를 설치하는 것이다.)

1) 단, 차집관로는 제외한다.

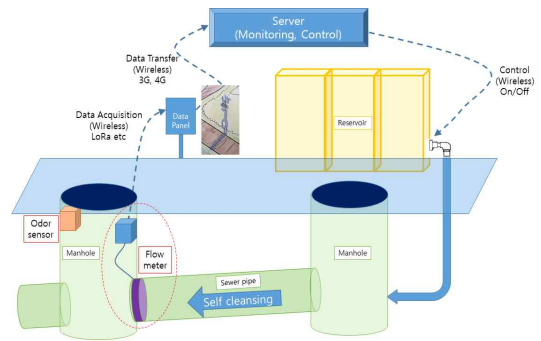


Fig. 1. Schematics of flushing sediments deposited on the bottom of sewer with water stored in water tank [4]

우리나라 하수도총연장은 143,168km이므로 센서는 1,431,689개가 소요된다. 센서를 하수관거 100m 당 1개씩 설치하기 위하여 도로를 파헤치고 설치하는 과정에서 비용이 소요되는데 하수관거 1m를 설치하는 데 소요되는 비용과 같은 수준이 소요된다고 가정한다.)

둘째, 저류조에 대한 가정은 다음과 같다. 잡배수 저류조는 단독주택의 경우 100가구 당 1개소를, 공동주택의 경우 1개동 별로 설치하는 것으로 가정한다. 저류조의 크기는 수평단면적 6㎡, 수심 2m(용적 12㎡)로 가정한다. 우리나라 단독주택과 공동주택의 수를 고려하여 산정한 저류조의 수는 355,828개소가 된다.) 저류조를 구축하려면 부지가 필요한데 부지면적은 소요면적(3.6㎡)의 약 2배로 가정하여 2평으로 가정한다.)

셋째, 스마트 하수도는 사물 인터넷을 기반으로 하므로 실시간으로 하수도의 유량, 유속 수위 등을 감지하고 문제 발생 시 조치하기 위해서는 지방자치단체별로 공공하수도관리청과 총괄운영센터의 운영이 필요하다. 기초자치단체별로 공공하수도관리청은 1개소를 두고 총괄운영센터의 경우 시에는 5개소가 군과 구에는 10개소의 센터를 구축하는 것을 가정한다. 관리청과 센터에는 1대의 서버가 있으며 일정 수의 관리직원이 시스템을 운영하는 것으로 가정한다.

이상과 같은 가정 하에 스마트 하수도 구축을 위한 항목별 투자비용은 Table 1과 같다.

- 2) 관경 500mm 설치비용은 664,220원이다[12].
- 3) 단독주택(3,963,072채), 연립주택(502,514호), 다세대주택(2,072,905호)는 100가구 당 저류조 1개소를 구축하고, 아파트(1,173,110동)는 1개 동 당 저류조 1개소를 구축하면 355,828개소의 저류조의 구축이 필요하다.
- 4) 부지면적(㎡)=저류시설용량(㎡)×0.3=12㎡×0.3=3.6㎡. 자료는 [13] 참조.

Table 1. Cost of Constructing Smart Sewer Pipe System

Classification	Unit Cost (million Won)	Number of Units	Total Cost (billion Won)
Sewer Tank Construction	307.42	355,828	109,388
Sewer Tank Design	18.04	355,828	64,211
Sewer Tank Operation	17.23	355,828	61,309
Sewer Tank Land	5.4	355,828	19,215
Sensor Implementation	0.664	1,431,689	9,510
Sensor Purchase	0.015	1,431,689	215
Public Sewer Management Office Operation & Management	120	226	271
Public Sewer Management Office Computer Server	1.25	226	13
Public Sewer Management Center Operation & Management	120	1,505	1,806
Public Sewer Management Center Computer Server	1.25	1,505	29

### 3. 스마트하수도 구축의 경제적 파급효과 분석모형

#### 3.1 산업연관분석 모형

본 연구에서는 스마트하수도 투자의 경제적 파급효과를 분석하기 위하여 산업연관분석 모형을 이용한다[14-15]. 산업연관표상에서 생산물수요는 식(1)과 같이 표현하고 있다. 식(1)은 개별 산업의 생산물 가치는 여타 생산에 중간투입물(intermediate input)로 이용된 생산물 가치와 최종수요의 합과 같음을 보여준다.

$i$ 재에 대한 시장 수요 =  $i$ 재 시장 생산물 가치

$$\begin{aligned}
 x_{11} + x_{12} + \dots + x_{1N} + y_1 &= x_1 \\
 x_{21} + x_{22} + \dots + x_{2N} + y_2 &= x_2 \\
 &\vdots \\
 x_{M1} + x_{M2} + \dots + x_{MN} + y_N &= x_N
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

단,  $x_{ij}$ 는  $j$ 재 생산에 투입된  $i$ 재의 양,  $y_i$ 는 재화  $i$ 에 대한 최종수요,  $x_i$ 는 산업  $i$ 의 총생산량을 나타낸다. 식 (1)을 투입계수에 대하여 다시 정리하면 식 (2)와 같다.

투입계수( $a_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j}$ )는 생산요소  $i$ 가 재화  $j$ 의 총 생산물에서 차지하는 비중을 의미한다.

$$\begin{aligned}
 a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1N}x_N + y_1 &= x_1 \\
 a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2N}x_N + y_2 &= x_2 \\
 &\vdots \\
 a_{M1}x_1 + a_{M2}x_2 + \dots + a_{MN}x_N + y_N &= x_N
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

이를 행렬식으로 간단히 표시하면 다음과 같다.

$$AX + Y = X
 \tag{3}$$

단,  $I$ 는  $(N \times N)$  단위행렬,  $(I - A)$ 는 비특이 행렬(non-singular matrix)이어야 한다. 스마트 하수도시설 투자 범위가 국내에 한정되면서 국내 생산경제에 직접적으로 영향을 미치게 되기 때문에 국산투입계수행렬  $AD$ 을 활용한다. 이는 국산제품과 수입제품을 중간 투입물로 활용하는 투입산출모형에서 순수한 국내 생산파급효과를 계측하기 위함이다. 따라서 투입계수행렬은  $A \rightarrow AD$ 로 적용한다.

$$\begin{aligned}
 (I - AD)X &= Y \\
 \Rightarrow X &= (I - AD)^{-1}Y
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

최종수요 증가에 의한 생산유발효과는 식 (4)와 같다. 최종수요 증가에 의한 부가가치유발효과 분석모형은 식 (4)의 우변에 산업별 부가가치율의 대각행렬( $n \times n$ )인  $A^V$ 를 앞에 곱하면 구할 수 있다. 최종수요 증가에 의한 취업유발효과 분석모형은 식 (4)의 우변에 산업별 취업유발계수의 대각행렬( $n \times n$ )인  $l_w$ 를 앞에 곱하면 된다.

#### 3.2 스마트 하수도 사업에 의한 최종수요 증가분 추계 및 산업분류

스마트 하수도의 경제적 파급효과를 분석하기 위해서는 사업비의 산업별 배분이 이루어져야 한다. 스마트 하수도 사업은 크게 저류조 구축, 하수관로의 센서 장착, 하수관로를 관측하고 통제하는 총괄운영센터의 세부사업으로 구성된다. 스마트 하수도 구축사업의 구성요인별 투자유형을 한국은행 산업연관표의 산업소분류로 구분하면 Table 2와 같다. Table 2의 A열에는 산업소분류 코드, B열에는 산업 명, C열에는 산업별 투자규모가 정리되어 있고, D열에는 스마트 하수도의 구성요인이 정리되어 있다.

**Table 2. Classification of Smart Sewer Pipe System Investment By Industries**

(Unit: Billion Korean Won)

(A) Industry Code	(B) Industry Name	(C) Amount of Investment	(D) Components of Smart Sewer Pipe System
369	Other Precision Instrument	21.5	Purchase of Sewer Sensor
519	Other Construction	118,682.2	Sewer Storage Tank Construction Cost Sewer Sensor Implementation Cost
621	Software Development and Supply	4.2	Smart Sewer Control Center Software Development Cost
721	Architectural Engineering Services	11,290.3	Smart Sewer Control Center Operation and Maintenance Cost
729	Other science and technology and professional services	64,365.9	Sewer Storage Tank Operation and Maintenance Cost

스마트 하수도 구축을 위한 부문별 투자를 세분하여 살펴 보면 다음과 같다. 저류조 관련 투자는 저류조 구축 설계비, 부지매입비 및 공사비와 유지관리비로 구성된다. 하수관로 센서와 관련된 투자는 센서 부착을 위한 공사비와 센서 구입비로 구성된다. 스마트 하수도시스템 관리를 위한 투자에는 226개 지방자치단체별로 1개소의 공공하수도관리청과 5~10개의 총괄운영센터에 설치되는 컴퓨터 서버와 소프트웨어 개발비가 포함된다.

스마트 하수도 구축을 위한 부문별 투자는 2021~40년 기간 동안 순차적으로 이루어지는 것으로 가정한다. Table 3에는 스마트 하수도시스템을 저류조와 하수관로의 센서 및 시스템을 통제하는 행정부문에 대한 투자로 구분하여 정리 되어 있다.

**Table 3. Smart Sewer Pipe System Investment By Industries: 2021-40**

(Unit: Billion Korean Won)

Year	Sewer Storage Tank Related Investment	Smart Sewer Sensor Related Investment	Administration Costs	Total
2021	6,193	49	567	6,808
2022	6,500	49	565	7,113
2023	6,806	49	565	7,419
2024	7,113	49	565	7,726
2025	7,419	49	565	8,032
2026	7,726	49	565	8,339
2027	8,032	49	565	8,645
2028	8,339	49	565	8,952
2029	8,645	49	565	9,258
2030	8,952	49	565	9,565
2031	9,258	49	565	9,871
2032	9,565	49	565	10,178
2033	9,871	49	565	10,484

2034	10,178	49	565	10,791
2035	10,484	49	565	11,097
2036	10,791	49	565	11,404
2037	11,097	49	565	11,710
2038	11,404	49	565	12,017
2039	11,710	49	565	12,323
2040	12,017	49	565	12,630
Total	182,097	972	11,294	194,364

### 3.3 스마트 하수도 사업의 경제적 파급효과

본 절에서는 스마트 하수도의 경제적 파급효과를 구축 기간 전체의 효과와 연도별 효과를 분석한다[16].

우선 스마트 하수도 구축에 투입되는 투자액은 저류조 구축 182조 971억원, 하수도센서 장착 관련 투자 9,724억원, 스마트 하수도 관리를 위한 투자 11조 2,944억원 등으로 총 194조 3,640억원의 투자가 이루어질 것이다.

스마트 하수도 구축투자를 산업별로 구분하면 Table 4에 정리된 바와 같이 정밀기기에산업에 215억원, 기타 건설산업에 118조 6,822억원, 소프트웨어 개발 공급산업에 42억원, 건축 토목 관련 서비스산업에 11조 2,903억원, 기타 과학기술 및 전문서비스산업에 64조 3,659억의 투자가 이루어지게 될 것이다.

이상과 같은 스마트 하수도 투자는 경제 내 최종수요를, 최종수요 증가는 생산, 부가가치, 취업자 수 등을 증가시킨다. 본 연구에서는 가용한 최근 년도 실측표인 2015년 생산자가격표를 이용하여 스마트 하수도 투자의 경제적 파급효과를 분석한다.

**Table 4. Total Economic Ripple Effects by Smart Sewer Pipe System Investments: 2021-2040**

(Unit: Billion Korean Won, Person)

Industry Code	Total Investment	Production-induced Effect	Value Added-induced Effect	Employment-induced Effect
369	21	42	13	165
519	118,682	226,802	88,300	1,542,868
621	4	6	4	42
721	11,290	16,472	9,879	177,257
729	64,366	100,411	57,672	798,137
Total	194,364	343,733	155,868	2,518,470

Note: Industry Codes are explained in Table 2.

산업연관분석을 이용하여 추정된 스마트 하수도 구축사업의 경제적 파급효과는 Table 4와 같다. 첫째, 스마트 하수도 투자 사업을 통한 생산유발효과는 343조 7,330억원에 이른다. 산업별 생산유발효과로 구분하면, 기타 건설 산업의 생산유발액이 226조 8,016억원으로 가장 크고, 다음으로 기타 과학기술 및 전문서비스 산업의 생산유발액이 100조

4,108억원으로 큰 것으로 나타났다. 이와 같이 두 산업의 생산유발효과가 가장 큰 것은 스마트 하수도 사업이 기존의 SOC 산업과 사물 인터넷에 기반한 4차 산업혁명 산업의 융합과제 성격을 갖는 것에 기인한다.

둘째, 부가가치유발효과는 2021~40년 전 기간에 걸쳐 155조 8,675억원인 것으로 추정되었다. 부가가치유발액을 산업별로 구분하여 보면, 기타 건설 산업의 부가가치유발액이 88조 2,995억원으로 가장 크고, 다음으로 기타 과학기술 및 전문서비스 산업의 부가가치유발액이 57조 6,719억원인 것으로 나타났다.

셋째, 취업유발효과는 2021~40년 전 기간에 걸쳐 251만 8,470명인 것으로 추정되었다. 취업유발규모를 산업별로 구분하여 보면, 기타 건설 산업의 취업유발규모가 154만 2,868명으로 가장 크고, 다음으로 기타 과학기술 및 전문서비스 산업은 79만 8,137명인 것으로 나타났다.

**Table 5. Economic Ripple Effect by Smart Sewer Pipe System Investments By Years: 2021~2040**  
(Unit: Billion Korean Won, Person)

Year	Volume of Physical Capital Investment Increase	Production-induced Effect	Value Added -induced Effect	Employment -induced Effect
2021	6,808	12,526	5,186	89,837
2022	7,113	13,001	5,459	93,617
2023	7,419	13,479	5,734	97,418
2024	7,726	13,957	6,008	101,219
2025	8,032	14,435	6,283	105,019
2026	8,339	14,914	6,557	108,820
2027	8,645	15,392	6,832	112,620
2028	8,952	15,870	7,107	116,421
2029	9,258	16,348	7,381	120,222
2030	9,565	16,826	7,656	124,022
2031	9,871	17,304	7,931	127,823
2032	10,178	17,782	8,205	131,623
2033	10,484	18,261	8,480	135,424
2034	10,791	18,739	8,754	139,225
2035	11,097	19,217	9,029	143,025
2036	11,404	19,695	9,304	146,826
2037	11,710	20,173	9,578	150,626
2038	12,017	20,651	9,853	154,427
2039	12,323	21,129	10,128	158,228
2040	12,630	21,608	10,402	162,028
Total	194,364	341,307	155,868	2,518,470

스마트하수도사업은 국가적인 사업으로 추진되어야 한다. 이는 투자규모가 194조원, 공간도 전국이 대상이기 때문이다. 따라서 스마트 하수도 프로젝트가 완료되면 그 혜택이 전 국민에게 골고루 돌아갈 것이다.

Table 5에는 스마트 하수도 구축사업의 경제적 파급효과가 2021년부터 2040년까지 연도별로 정리되어 있다. 연도

별 경제적 파급효과는 스마트 하수도의 투자규모에 비례하는 것을 볼 수 있다. 스마트 하수도 사업의 가장 중요한 전제는 전국의 하수관거를 20년에 걸쳐 스마트 하수관거로 전환시킨다는 것이다. 따라서 사업이 시작되면서 부가가치유발효과와 생산유발효과 및 취업유발효과가 점증 추세를 보인다는 점이다.

#### 4. 요약 및 결론

본 논문의 분석결과를 요약하면 다음과 같다. 첫째, 2021~40년 기간 동안 스마트 하수도 구축 투자액은 저류조 구축 182조 971억원, 하수도센터 장착 관련 투자 9,724억원, 스마트 하수도 관리를 위한 투자 11조 2,944억원 등 총 194조 3,640억원에 이를 것이다. 둘째, 산업연관분석기법을 이용하여 추정한 스마트 하수도 구축사업의 경제적 파급효과는 다음과 같다. 생산유발효과 343조 7,330억원, 부가가치유발효과 155조 8,675억원, 유발 취업자 수는 251만 8,470명인 것으로 추정되어 국가경제에서 차지하는 비중이 상당히 큰 것으로 나타났다. 셋째, 스마트하수도사업으로 인한 사회후생 증가가 환경개선과 국민건강 개선으로 이어진다는 것이다.5) 그 이유는 다음과 같다. 스마트 하수도 구축에 의해 정화조 폐쇄 및 수세분뇨를 공공하수관로에 직접 투입함으로써 하수도 악취 문제를 해결하고, 공공하수도요금 및 정화조 수거·청소비용의 이중부담문제 해결을 기대할 수 있다. 또한 음식물을 가정 내 주방 싱크대에서 하수관로로 바로 배출할 수 있는 하수관로 여건을 조성함으로써 음식물 쓰레기 분리배출의 불편함을 없애 생활환경 개선에 기여할 수 있을 것이다.

이상의 분석결과에서 스마트하수도 사업을 빠른 시일 안에 구체적인 로드맵을 확정된 뒤, 예산을 투입하여 적극적으로 추진할 필요성이 있음을 확인할 수 있었다. 이런 차원에서 본 논문의 연구결과가 향후 스마트 하수도 구축을 위한 장기사업계획 추진의 기초자료로 활용되기를 기대해본다.

#### REFERENCES

[1] Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology. (2014). Development of Odor Control Technology and Policy Making in Sewer Pipe. 414-111-008, 2.

5) 스마트 하수도에 의한 환경개선 편익과 건강개선 편익 연구는 향후 연구과제로 넘긴다.

- [2] Seoul Metropolitan Government. (2017). *2030 Sewer Rehabilitation Master Plan*, 2017.
- [3] K. H. Park, J. I. Oh, S. Y. Yoo, B. J. Kang, T. H. Lee, S. J. Kang & S. M. Kim. (2017). *Study of Sewage Direct Input Plan in the Combined Sewer Zone*. Korea Water and Wastewater Works Association.
- [4] K. Park, T. Lee & B. Kang. (2019a). Hydraulic consideration to improve the tractive force of sewage in sewer pipes using a storage tank. *Korean Society of Water and Wastewater*, 33(20), 121-129.
- [5] D. Im & J. Yi. (2018). Study on improving the legislation for installation and management of smart sewer system. *Chung-Ang Law Review*, 20(1), 47-86.
- [6] K. Park, T. Lee, S. Yu, B. Kang, & K. Hyun. (2019). Analysis of characteristics of sediment transport in sewers by densimetric Froude number. *Korean Society of Water and Wastewater*. 2019b.
- [7] K. Park, J. Oh, T. Lee, J. Lee & B. Kang. (2019). Characteristics of Tractive force of Sewage Flow in Sewer Pipes. *Korean Society of Water and Wastewater*, 2019c.
- [8] H. Ko & N. Kim. (2019). Performance Analysis of Detecting buried pipelines in GPR images using Faster R-CNN. *Journal of Convergence Society for SMB*, 9(5), 21-26.
- [9] Seoul Metropolitan Government. (2018). *Final Report of Sewerage Policy Consultants*.
- [10] Seoul Metropolitan Government. (2019). *Mid-term Report of Sewerage Policy Forum*
- [11] I. Jeon & K. Kim. (2018). The Development of Remote Monitoring System for Storm Overflow Chamber Device. *Journal of the Korea Convergence Society*, 9(6), 61-68.
- [12] S. K. Shin. (2016). *A Feasibility Study on the Installation of the Buffered Storage Facility*. Busan Development Institute 2016-05-673.
- [13] Ministry of Environment. (2016). *Establishment of nonpoint pollution abatement facility (State Subsidy Project) and Management Guidelines*, 2016b.
- [14] H. Lim & J. Shim. (2017). Economic Impact of the Technical Security Utilizing the Inter-industry Relations Table. *Journal of Convergence Society for SMB*, 7(1), 99-106.
- [15] S. Lee, D. Jeong & J. Yu. (2016). The Industrial Economic Costs of Unsupplied Electricity in OECD Countries using Input-Output Analysis. *Journal of the Korea Convergence Society*, 7(4), 191-198.
- [16] S. Kim, S. Jeon & B. I. Lim. (2018). An Analysis on Macro-economic Effect of Tax Exemption in R&D Special Cluster. *Journal of Convergence Society for SMB*, 8(6), 409-416.

### 김 성 태(Sung-Tai Kim)

[정회원]



- 1978년 2월 : 성균관대학교 경제학과 (경제학사)
- 1987년 6월 : University of California, San Diego (경제학박사)
- 1989년 3월 ~ 현재 : 청주대학교 경제학과 교수

- 관심분야 : 재정학, 응용경제학
- E-Mail : stkim@cju.ac.kr

### 임 병 인(Byung-In Lim)

[정회원]



- 1985년 2월 : 성균관대학교 경제학과 (경제학사)
- 2000년 2월 : 성균관대학교 대학원 경제학과(경제학 박사)
- 2007년 9월 ~ 현재 : 충북대학교 경제학과 교수

- 관심분야 : 재정학(소득분배), R&D, 보험경제학
- E-Mail : bilforest@gmail.com

### 오 현 택(Hyun-Taek Oh)

[정회원]



- 1987년 8월 : 연세대학교 경영학과 (경영학석사)
- 1992년 2월 : 연세대학교 경영학과 (경영학박사)
- 1997년 9월 ~ 현재 : 청주대학교 회계학과 교수

- 관심분야 : 재무회계, 정부회계, 회계감사, 세법
- E-Mail : oht0452@cju.ac.kr

### 박 규 흥(Kyoo-Hong Park)

[정회원]



- 1986년 2월 : 연세대학교 토목공학과 (공학석사)
- 1993년 1월 : Northwestern University 환경공학과 (공학박사)
- 1993년 9월 ~ 현재 : 중앙대학교 사회기반시스템공학부 교수

- 관심분야 : 하수도, 도시물순환, 자산관리
- E-Mail : kpark@cau.ac.kr