

## GIS 기반 불투수율 산정방법론을 활용한 강우유출수 부담금 모의산정 방안 연구

유재현<sup>1</sup> · 김계현<sup>2,\*</sup> · 최지용<sup>3</sup> · 이철용<sup>4</sup>

<sup>1</sup>국립환경과학원 물환경평가연구과 · <sup>2</sup>인하대학교 공간정보공학과 ·  
<sup>3</sup>서울대학교 그린바이오과학기술연구원 · <sup>4</sup>한국해양과학기술원 해양빅데이터센터

### A Study on the Calculation of Stormwater Utility Fee Using GIS based Impervious Surface Ratio Estimation Methodology

Jae Hyun Yoo<sup>1</sup> · Kye Hyun Kim<sup>2,\*</sup> · Ji Yong Choi<sup>3</sup> · Chol Young Lee<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Division of Water Quality Assessment, National Institute of Environmental Research

<sup>2</sup>Department of Geoinformatic Engineering, Inha University

<sup>3</sup>Institutes of Green Bio Science and Technology, Seoul National University

<sup>4</sup>Marine Bigdata Center, Korea Institute of Ocean Science & Technology

(Received 1 December 2020, Revised 31 March 2021, Accepted 1 April 2021)

#### Abstract

Korea needs to develop a rational system to separate stormwater utility fee from current sewerage fee. In this study, the scenario for calculating stormwater utility fee of Bupyeong-gu was suggested and the results were considered. For this purpose, the application of stormwater utility fee overseas and current domestic system were analyzed. A three step calculating scenario considering suitable domestic situation and impervious surface area was suggested. Water, sewerage usage, and hydrant data were collected. The total amount of water and sewerage fees for land use were calculated. The sewerage fee of Bupyeong-gu for the year 2014 was 21,685,446,578 won. Assuming that 40% of this amount was the cost associated to stormwater, the result showed that the fees for residential area in third step decreased by 0.77% compared to that of the first step. For commercial area, the stormwater utility fee decreased by 36.87%. For industrial area, although the consumption of water was similar to that of commercial area, the stormwater utility fee increased by 8.35%. For green area, the fee increased by 37.46%. This study demonstrated that the calculation of actual stormwater utility fee using impervious surface map and impervious Surface Ratio Estimation Methodology developed in previous studies is feasible.

**Key words** : Impervious Surface Map, Impervious Surface Ratio, Nonpoint pollution, Stormwater Utility Fee

<sup>1</sup> 전문위원(Researcher), jhyoo0127@korea.kr, https://orcid.org/0000-0001-5097-5533

<sup>2,\*</sup> Corresponding author, 교수(Professor), kyehyun@inha.ac.kr, https://orcid.org/0000-0002-4138-4317

<sup>3</sup> 교수(Professor), c jy2053@snu.ac.kr, https://orcid.org/0000-0001-9139-8461

<sup>4</sup> 연구원(Researcher), cylee82@kiost.ac.kr, https://orcid.org/0000-0001-6888-9721

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 1. Introduction

불투수면은 빗물이 투과하지 못하는 지면으로(Schueller, 1994), 유역의 수질과 강우유출량에 직접적으로 영향을 미치는 지표이다(ME, 2015). 최근 도시화에 따른 토지이용 패턴 변화로 인한 불투수면의 증가는 도시 비점오염, 홍수 피해, 지하수 고갈 및 하천건천화 등 물순환 왜곡에 따른 다양한 물 문제가 발생하고 있다(NIER, 2010). 특히 불투수면 증가로 인해 지표면 위로 흐르는 강우유출수는 일정 강도 이상의 강우가 오면 지표면에 존재하는 각종 오염물질이 하천이나 호소로 유입되는 주요 매개체이며, 하천 환경을 오염시키는 주요 원인이다(Kang et al., 2014; Kim et al., 1993).

따라서 전 세계적으로 비점오염 및 불투수면 관리의 필요성을 인식하고 대응하기 시작하였다. 이에 선진국에서는 불투수면 증가를 억제하고 강우유출수를 처리하기 위해 비점오염 저감시설을 설치하고, 저영향개발(Low Impact Development, LID) 기법 적용 및 확대를 통해 비점오염 감소, 강우유출수 관리 등 물순환 건전성 회복을 위해 노력을 하고 있다(Che et al., 2014; Dietz, 2007).

또한 비점오염관리 기술 분야 선도국가인 미국이나 독일에서는 LID 기법 적용에 필요한 재원을 마련하기 위해 강우유출수 부담금(Storm-water Utility Fee)을 도입하였다. 강우유출수 부담금은 필지별 불투수면적을 산정하고 이에 비례하여 강우유출수를 추정하는 다음, 이를 근거로 필지의 소유주에게 요금을 부과하는 제도이다(U. S. EPA., 2009). 이는 대부분 국가들의 환경정책 기본원칙인 ‘오염원자부담원칙(Polluters pay principle)’에 근거하여 개발되었으며, 불투수면을 증가시키는 원인자에게 그 책임을 묻도록 하는 것이다(Bonnaffon, 2011; Crocket, 2010; Graham et al., 2011; Parikh et al., 2005; Roy et al., 2008; U. S. EPA., 2010). 미국의 경우, 상·하수, 빗물을 통합하여 관리하거나(필라델피아 물 관리국), 수로관리 및 빗물을 따로 관리(샬롯, 메클렌부르크 Storm Water Service)하는 등 지자체의 해당 기관마다 관리하는 대상은 상이하지만 빗물을 관리하고 요금을 부과하고 있으며, 이를 통해 마련된 재원으로 빗물관리 인프라 사업을 진행하고 있다. 아울러 각 필지의 불투수면적을 기준으로 하여 강우유출수 요금을 산정하고 있으며, 필지 면적이거나 수도 사용량을 기준으로 부과하던 지자체도 불투수면으로 부과기준을 변경하였다. 독일의 경우, 원인자부담원칙에 입각한 요금 부과 형평성 제고를 위해 하수요금은 수도 사용량을 기준으로 한 오수요금과 불투수면을 기준으로 한 강우유출수 배출요금을 분리하여 요금을 산정하고 있다(Kwon and Hur, 2010). 국내에서는 ‘비점오염관리를 위한 빗물오염제 도입방안 연구’(ME, 2012), ‘토지피복 및 빗물유출을 고려한 하수도요금 부과방식 개선방안 연구’(Kim et al., 2015), ‘하수도사업 재정운영 효율화 방안 연구’(SMG, 2014) 등 강우유출수 관리 및 재원을 마련하기 위한 연구가 진행되었다. 그러나 기술적으로나 법제적으로 해결되어야 하는 문제가 많고, 그 중 가장 큰 문제 중 하나는 정확한 불투수면적 통계 정보가 부족한 실정이다. 강우유출수 부담금은 토지피복 상

태를 고려하여 비점오염원 배출이 많을수록 요금을 더 징수하여 비용을 충당하는 방안으로써 불투수면적을 기반으로 산정되기 때문에 과학적인 근거가 되는 정확도 높은 불투수면적 통계 정보를 가진 공간자료 확보는 필수적이다.

환경부에서는 전국적인 유역관리 및 비점관리를 위해 불투수면지도 제작하는 방법으로 토지피복지도, 수치지형도, 지적도를 이용하는 방법을 제시하였다(ME, 2012). 그러나 각 공간자료는 고유의 공간 및 시간, 방사 해상도를 가지고 있으므로 단일 공간자료만으로 정확하고 정밀한 분류가 어렵다. 이에 국립환경과학원에서는 유역관리를 위해 다양한 공간자료를 활용하여 전국 불투수면적률 현황 조사 연구를 수행하였다. 전국단위 면 정보를 포함하는 수치지형도를 바탕으로, 제한된 대지 정보는 용도지역·지구도로 보완하였고, 최종적으로 수치지형도에 표현된 건물, 시설물 정보를 중첩하여 불투수면적률을 산정하였다. 토지피복도는 투수/불투수면 정보 확인이 가능하나 전국적으로 데이터가 구축되지 않거나 갱신주기가 맞지 않아서 활용하지 않았다(NIER, 2014). 최근 환경부에서는 「물환경보전법」 제53조의 5(비점오염원 관리 종합대책의 수립), ‘비점오염관리를 위한 물순환관리지표 산정지침’을 제정하여 소권역별 불투수면적률 및 물순환을 산정에 필요한 사항을 규정하고 있으며, 해당 지침에서는 소권역도, 지적도, 정밀토양도를 중첩하여 불투수면적률을 산정하고 있다. 지적도는 전국 기반의 수치데이터가 구축되어 있고, 지표면의 불투수면을 판단할 수 있는 지목 정보를 포함하고 있으며, 데이터 갱신주기가 2년 이하인 데이터이므로 전국 단위의 불투수면적률 산정에는 적합한 데이터로 사료된다. 그러나 지적도는 도면상의 경계와 현실의 경계가 불일치하는 ‘지적불부합지’가 포함되어 있으며, 하나의 필지에 투수면과 불투수면이 혼재되어 있는 경우에는 정확하고 정밀한 분류가 불가능하다는 문제점이 있다. Oh et al. (2015)과 Lee (2018)는 환경부에서 제시된 불투수면지도 제작 방안을 고찰하고 시범 제작을 통한 각 방안의 장단점을 확인하였다. 그 결과 토지피복지도 속성 재분류를 기반으로 상대적으로 수월하게 제작된 불투수면지도를 바탕으로 수치지형도와 항공사진을 중첩하여 정확한 경계 정보와 최신 피복 정보를 보완하였다. 항공사진은 작은 면적의 공간 객체에 대한 분류가 가능하기 때문에 한 필지 내 투수면과 불투수면이 혼재되어있는 경우 정밀 분류가 가능하다. 그러나 폐색으로 인해 피복정보를 얻기 어려운 지역이 있기 때문에 인터넷 포털사이트 로드뷰 활용 및 현장 조사를 통한 최적의 대축척 불투수면지도 제작 방안을 제시하였다. 최적 불투수면지도는 Kappa 값 0.99로 현실세계와 거의 일치하는 정확한 지도가 제작된 것으로 확인되었다. 이후 최적 불투수면지도를 이용하여 용도지역 및 필지 단위의 불투수율 통계를 산출하였다. 불투수면적의 경우 강우유출수 발생량, 비점오염 발생량을 간접적으로 나타낼 수 있는 지표로 부담금의 기준으로 삼기에 합리적일 것으로 판단되며, 이러한 이유로 해외에서도 대부분 불투수면적이 요금 부과기준으로 사용되고 있다. 현행 국내 하수도요금 체계에서는 수도 사용자가 강우유출수 처리 비용까지 지불하는 불합리한 형태로 구성

되어 있으며 이를 개선하기 위해서는 하수도요금 체계에서 빗물처리비용을 분리 산정하여 국내에 적용할 수 있는 합리적 하수도요금 체계가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 Oh et al. (2015)과 Lee (2018)의 선행연구를 통해 제작된 GIS 기반의 대축척 불투수면지도를 통해 강우유출수 부담금 모의산정 및 적용 방안을 모색하고자 하였다. 우선 기존 국내에 적용하기 이전에 미국, 독일의 강우유출수 부담금에 대해 분석하고 시사점을 도출하였다. 또한 국내 관련제도에 대해 고찰하고, 연구대상지역 내 강우유출수 부담금을 모의 산정하기 위한 요금 산정 시나리오를 3단계로 수립하였다. 1단계는 국민의 수용성을 고려하여 현재의 하수도 요금을 오수, 우수 요금분담 비율을 바탕으로 분리 후 산정하였다. 2단계는 행정적 편의를 고려하여 용도지역별로 산출된 평균 불투수율을 적용하여 요금을 산정하였다. 3단계는 선진국과 유사한 형태로 개별 필지별로 불투수율을 산출하고 개별 필지에 할당하여 요금을 산정하였다. 그 후 연구대상지역의 상수 사용량 및 하수배출량, 부과금액 통제 자료를 수집하였으며, 이를 엑셀 프로그램을 이용하여 요율표에 맞춰 하수도 요금을 재산정하여 강우유출수 요금 산정 시나리오의 근거로 활용하였다. 마지막으로 용도 지역별 적용을 통해 강우유출수 부담금 변화를 확인하고 결과를 고찰하였다.

비용 조달 방안 마련이 필요하였다. 강우유출수 부담금 제도는 1960년대 도입되었으며, 1990년대에 Water Environment Federation에서 ‘User-Fee Funded Stormwater Utilities’가 발간과 GIS 기술의 등장으로 불투수면의 상세한 측정 및 관리가 가능해짐에 따라 많은 지자체에서 불투수면적을 기준으로 요금을 부과 방식을 적용하였다. 2000년대 중반 이후 기하급수적으로 증가하여 전국적으로 확대 시행 중이며, 도시 위치 및 인구 밀도, 주택 가치 등 여러 요인을 분석하여 지역마다 다른 방식으로 자금 조달 체계를 구축하였다. 그 결과 인구 밀도가 높고 대도시가 많은 미국 동·남부에서는 불투수면적을 기준으로 요금을 부과하는 Equivalent Residential Unit (ERU) 방식을 많이 사용하며, 인구밀도가 낮고 소도시가 많은 미국 서·북부 지역에서는 모든 필지에 대해 단일 요금을 부과하는 Flat Fee 방식이 많이 사용되고 있다.

Flat Fee 요금 방식은 미국 서부 도시에서 많이 활용되고 있다. 시애틀 시에서는 토지의 불투수성에 기초하여 강우유출수 요금을 부과하고 있으며, 주거지역일 경우 면적에 따라 단일요금을 적용하고, 그 외 지역은 1,000ft<sup>2</sup> 당 요율을 적용하고 있다. 포틀랜드 시는 단일가구 주택과 2가구 주택은 평균 불투수면적 223m<sup>2</sup>, 3가구 주택 및 4가구 주택은 평균 불투수면적 93m<sup>2</sup>, 이를 초과하는 다가구주택 및 상업 및 산업 지역에서는 실제 불투수면적에 기초하여 단일요금을 부과하는 실정이다. ERU 요금 방식은 미국 동·남부에서 많이 활용하는 실정으로 샬럿 시 메클렌부르크 카운티는 1가구 주거지에 대해 불투수면 2,613 ft<sup>2</sup>인 1 ERU 당 월 1.06달러를 부과하고 있다. 워싱턴 D.C는 불투수면 면적에 따른 6단계로 구간을 두어 차등요금제를 실시하고 있다. 주거지역의 부과기준은 1 ERU 당 매월 2.67달러이며, 비주거지역의 필지에 대해서는 실제 불투수면적에 비례하여 요금을 부과하는

## 2. Materials and Methods

### 2.1 국내·외 강우유출수 부담금 정책 분석

#### 2.1.1 미국 강우유출수 부담금 적용 사례

미국은 오염물질 및 토사가 함유된 강우유출수에 대한 관리 책임을 연방정보에서 각 지방정부에 부여함에 따라 지방정부의 강우유출수 관리비용이 증가하였고, 각 지방정부는

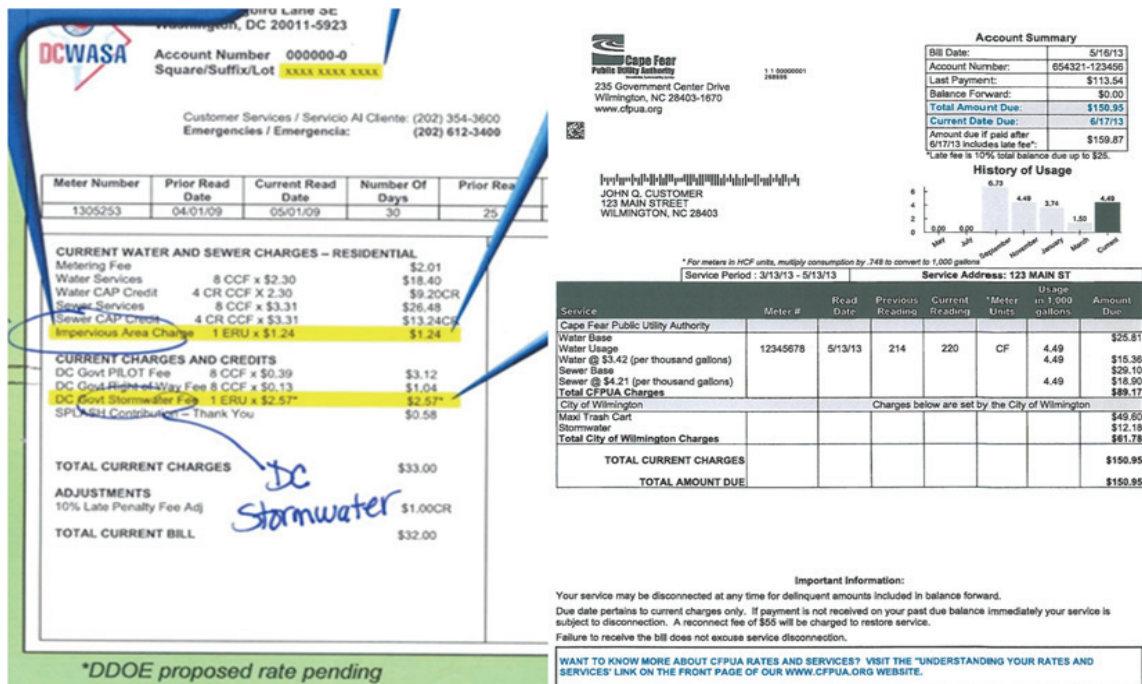


Fig. 1. A bill of stormwater utility fee (Washington D.C, USA).



방식으로 시행되고 있다(Fig. 1). 필라델피아 시는 필지 전체 면적과 불투수면 면적을 고려하여 요금을 산정하고 있으며, 총면적 요율은 500ft<sup>2</sup> 당 0.528달러, 불투수면적 요율은 총면적 요율의 약 8배인 4.169달러로 책정하고 있다. 또한 주택, 재산세, 불투수면적 등에 대한 GIS 자료를 통합하여 DB를 구축·운용 중이며, DB 정보가 변경되면 자동 갱신되는 시스템을 갖추고 있다.

불투수면적의 상대적인 비교를 위해 주거지역의 불투수면적 대푯값을 설정하고, 강우유출수 요금 부과 대상지가 몇 ERU에 해당하는지 계산하여 그에 따른 요금을 산정하고 있다. 단, 주거지역에 대해서는 도시의 규모, 관리 비용 등을 고려하여 모든 필지에 1 ERU를 일률적으로 부과하거나(Flat Fee), 불투수면적 단계(tier)를 구분하여 불투수면적이 적은 필지와 많은 필지에 대해 요금 단가를 다르게 설정하는 경우도 있었다. 상업지역 등 비거주지역에 대해서는 ERU 값에 비례하여 정확하게 요금을 산정하고 있다.

미국의 강우유출수 부담금은 2012년 기준으로 가구당 매월 0~22.37달러 수준인 것으로 나타났으며, 1가구 주택의 평균 요금은 매월 4.2달러 수준이다. 요금 수준은 소비자물가지수 변화에 따라 인상되어 왔으나 요금을 인하한 도시도 존재하였다(Campbell, 2012). 요금 산정 방식에 따라 요금 부담 수준이 달라질 수 있었으며, 이에 대한 소송 등을 진행하여 요율 조정 판결을 받기도 하였다.

2.1.2 독일 강우유출수 부담금 적용 사례

1985년 독일 연방행정법원 및 지방고등법원은 상수도의

사용량에 따른 하수요금 부과는 형평성에 문제가 있음을 지적하였다(Kwon and Hur, 2010). 독일 연방법원은 원인자 부담 원칙에 입각한 요금 부과와 법적 형평성 제고를 위해 하수도 사용료를 강우유출수 배출 사용료와 일반 오수 사용료로 분리 징수해야 한다고 판결하였다. 이에 따라 각 지자체에서는 요금 징수체계를 변경하였고, 빗물이용 및 침투를 촉구하는 법적 근거를 마련하였으며, 하수도 사용조례 속에 분리 산정법 적용을 위한 구체적인 사항을 반영하여 해당 도시에 맞게 산정토록 하였다.

독일 베를린의 경우, 상수도 요금은 기본료와 사용량에 따른 요금으로 구분되며 하수도 요금은 오수, 우수, 분뇨, 분뇨슬러지 요금으로 구분된다. 오수 요금의 경우 기본료와 함께 배출량(수도사용량)에 비례한 요금이 부과되고, 우수 요금의 경우 포장면(불투수면)의 면적에 따라 부과된다(Table 1).

베를린 시는 2000년 하수도 분리요금제로 변경하여 포장면적(불투수면) 1m<sup>2</sup> 당 1.897유로를 하수도 요금에 추가로 부과하였다. 2000년 이전에는 하수처리를 위하여 수도 소비량에 따라 계산된 단일 요금인 2.425유로만 부과하였으나, 분리요금제를 도입한 이후에는 오수처리 비용인 1.93유로에 포장면적당 1.897유로를 추가로 부과하였다. 사례를 통해 살펴보면, 독일 베를린의 강우유출수 부담금은 주거지역의 경우 485유로에서 113.8유로로 낮아지는 것으로 나타났으나, 상업·업무지역의 경우 97유로에서 7,588유로로 요금이 큰 폭으로 증가한 것으로 나타났다(Table 2). 주거지역에 비하여 불투수면적이 큰 상업·업무지역의 하수도 요금에서 강우유출수 부담금이 차지하는 비중이 큰 것을 확인 할 수 있다.

Table 1. Water and sewerage fee structure (Berlin, Germany) (Kwon and Hur, 2010)

Division		Notes	
Water fee	Usage fee	Imposition according to actual water usage	
	Basic fee	Imposition according to water meter caliber	
Sewerage fee	Sewage fee	Emission fee	Imposition according to actual sewage usage
		Basic fee	Imposition according to water meter caliber
	Stormwater utility fee		Proportionate imposition of the impervious surface where stormwater into public sewage facilities (1.897 Euro/m <sup>2</sup> /year)
	Feces and urine fee		-
Feces and urine sludge fee		-	

Table 2. Examples of changes in sewage fees in Berlin

Division	Case A	Case B
	Commercial-Business Complex	Residential building
Impervious area	4,000m <sup>2</sup>	60m <sup>2</sup> per household (4 floor multi-famil housing)
Water usage	40m <sup>3</sup> /year	200m <sup>3</sup> /year
Integrated calculation method (1999 Berlin standard)	40m <sup>3</sup> × 2.425 €/m <sup>3</sup> = 97 €/year	200m <sup>3</sup> × 2.425 €/m <sup>3</sup> = 485 €/year
Separated calculation method (2012 Berlin standard)	4,000m <sup>2</sup> × 1.897 €/m <sup>2</sup> = 7,588 € 40m <sup>3</sup> × 1.93 €/m <sup>3</sup> = 77.2 € Sum : 7,665.2 €/year	60m <sup>2</sup> × 1.897 €/m <sup>2</sup> = 113.8 € 200m <sup>3</sup> × 1.93 €/m <sup>3</sup> = 386 € Sum : 499.8 €/year

### 2.1.3 해외 강우유출수 부담금 분석 및 시사점

미국의 강우유출수 부담금은 EPA에 의해 수질개선 명령을 받은 후, 수질개선 계획을 수립하는 과정에서 지속적인 재원을 마련하기 위한 수단으로 도입하였다. 반면에 독일의 강우유출수 요금은 기존 오수·우수 합산 요금제가 형평성에 어긋난다는 법원의 판결에 따라 분리 요금제가 도입되었다. 결과적으로 미국과 독일은 강우유출수 문제 해결을 위해 각 도시의 강우유출수 규제 제정, 지역 조례 개정, 시범사업 실시, 강우유출수 요금제 및 감면제도 등의 정책수단을 활용하게 되었다. 강우유출수 요금은 일반적으로 균등요금, 불투수면적의 면적, 개발의 강도(밀도), 강우유출수 발생량에 근거하여 요금을 부과하는 방식이 있다. 이 중 필지의 불투수면적을 기준으로 하는 요금 부과방식은 강우유출수 및 비점오염 발생량을 간접적으로 나타낼 수 있는 지표이기 때문에 선진국에서 주로 사용되고 있다. 또한 요금 부과 및 청구 방법 등 제도의 구체적 실행 방법에 있어서는 두 나라의 제도에 큰 차이는 없는 것으로 확인되었다(Table 3). 강우유출수 부담금은 공공 하수처리시설에 흘러드는 강우유출수를 발생시키는 사유지의 불투수면 관리비용으로 부담하게 하는 장점이 있어 비슷한 문제에 당면해 있는 미국이나 독일의 사례와 같이 필지별 불투수면을 기준으로 요금을 부과하여 관련 관리 재원을 마련하는 것이 바람직하다.

따라서 선형 연구로 진행된 최적의 대축척 불투수면지도를 활용할 수 있다. 불투수면적을 강우유출수 요금 기준으로 적용할 경우 단독주택과 같이 불투수면적이 작은 사용자는 비용 부담이 일부 감소하나, 상업용 건물과 같이 상대적으로 불투수면적이 큰 사용자는 비용 부담이 크게 증가하여 형평성을 구현할 수 있다.

### 2.1.4 국내 현행 관련제도 고찰

국내에서는 하수도 요금과 관련하여 「하수도법」 제61조(원인자부담금 등), 제65조(사용료 등)에 의해 지방자치단체의 조례로 정하고 있어 지방자치단체마다 하수도 사용요금은 상이하다. 요금산정은 행정안전부 예규로 정하고 있으며, 요금표에 의해 징수하고 있다. 요금 대상은 가정용, 대중목욕탕용, 업무용, 영업용으로 구분되며, 각각의 월 사용량에

따른 차등 요율이 적용되고 있다(ME, 2018). 현행 제도에서는 공공하수도의 사용자가 상수도 사용자인 경우 상수도 급수량을 하수배출량으로 간주하며 강우유출량을 포함하지 않는다(Kim, 2019). 우리나라는 하수처리장과 오수펌프장의 운영비용은 오수처리 비용으로, 분류식 하수관거의 빗물관과 빗물펌프장 운영비용은 빗물처리 비용으로 분류하고 있다. 그러나 합류식 하수관거의 경우 오수와 빗물이 함께 흐르더라도 오수처리 비용으로 분류하며 오수, 빗물의 적정한 비율로 분류되지 않고 있다. 이는 국내 하수도요금 체계는 표면적으로는 빗물이 포함되어 있지 않은 것으로 보이지만 내면적으로는 빗물을 포함하는 것으로 해석할 수 있고, 일반적으로 수도(지하수 포함) 사용자가 빗물처리비용까지 함께 지불하는 불합리한 형태로 구성되어 있다. 이러한 불합리성을 개선하기 위해서는 하수도요금 체계에서 ‘오수’와 ‘우수’ 요금으로 분리하고, 우수 요금 부분을 강우유출수 부담금으로 대체하는 합리적 하수도요금 체계가 필요하다.

또한 2012년 개최한 ‘2050 하수도 비전 공청회’에서는 우수관리 재원조달을 위한 ‘강우유출수 요금’의 설계 방안에 대해 간략하게 제시되었다. 강우유출수 요금의 부과 대상은 공공우수(하수) 관거에 수리적으로 연결된 토지 소유자로 하여 기준 비용은 관거 및 우수처리 등 우수관리 소요 비용으로, 부과 방법은 우수배출 영향요인인 토지피복 정도에 따라 차별적으로 부과하는 것으로 제시된 바 있다. 이를 수행하기 위해 재원조달 방안으로써 강우유출수 요금제는 중요한 수단이지만 신규 법률 제정은 저항이 클 수 있어 현행 법률을 개정하여 도입하는 방안의 검토가 필요하다. 아울러 강우유출수 부담금 적용을 위해 도입 시 단계적으로 적용이 필요하며, 대국민적 공감과 이해가 반드시 선행되어야 한다. 2012년 ‘서울시 빗물세 도입을 위한 정책토론회’에서 증세에 대한 저항, 불투수면 조성책임을 시민에게 전가한다는 등의 반대 의견이 크게 표출된 사례가 있었기 때문이다. 국민의 수용성을 높이기 위해 강우유출수 부담금 제도 도입 시에는 우리나라의 현 요금 시스템을 바탕으로 단계적 제도 적용이 반드시 고려되어야 한다. 강우유출수 부담금 분리 산정 및 정착을 위해 초기에는 단순히 하수도 요금을 우수와 오수를 분리하고 이후 필지단위 불투수면적을 고려한 산정방식으로 전

Table 3. Comparison of stormwater management funding features in USA & Germany

Division	USA (stormwater utility fee)	Germany (regenwassergebühr)
Introduction backgrounds	- Deterioration of water quality due to stormwater - Strengthening of EPA regulations on stormwater and establishment of stable stormwater management funding	- Reorganization of the fee system in accordance with the judgment by the Federal Administrative Court that the existing stormwater · sewage-integrated fees system was against equity.
Fee criteria	- Charging a stormwater fee according to the polluter pays principle - Charging in proportion to the past use of water supply - Currently, charging in proportion to the impervious surface of the parcel - Diverse fee calculating methods of local governments	
Billing	- Billing by adding to water fee	
The effects of billing depending on the impervious surface	- Decrease in fee of small-sized houses - Increase in fee of large-sized commercial facilities	

환하는 등 단계적으로 정착시키는 방안으로 추진되어야 한다. 빗물관리와 연계한 요금으로 변경할 경우 토지피복 현황 정보를 바탕으로 불투수면적을 고려해 부담금을 산정해야 한다. 이에 강우유출수 요금제 산정 및 정착을 위해 초기에는 단순히 현재의 하수도 요금을 오수와 우수를 분리 시행하고, 2단계에서는 용도지역별 불투수율을 고려하여 적용하고, 3단계에는 개별 필지별 구체적 산정 시나리오가 필요하다.

2.2 연구대상지역

본 연구에서는 31.98 km<sup>2</sup> 면적의 인천광역시 부평구를 연구대상으로 선정하였다(Fig. 2). 부평구는 주거지역, 상업지역, 공업지역을 골고루 포함하고 있는 전형적인 도심지역이며, 2009년 이후 주거 및 도시환경 개선 등 다양한 사업이 지속적으로 추진되면서 불투수면이 증가하였다(Lee et al., 2014). 또한 국지성 호우로 인한 하천의 범람이 도시하수의 오염물질을 부평구 내 굴포천으로 유입시켜 비점오염물질의 발생 및 유출 문제가 심각한 지역이다(Yang, 2006). 이로 인해 불투수면 관리 및 비점오염관리가 시급한 것으로 판단되는 지역이다. Lee (2018)는 인천시 부평구를 대상으로 최적대축적 불투수면지도를 제작하였으며, 각 항목별 면적은 투수면 11.43km<sup>2</sup>, 불투수면 20.5km<sup>2</sup>, 수계 0.15km<sup>2</sup>로 확인되었다. 이를 용도지역도와 중첩하여 용도지역별 불투수면지도를 추출하였다. 연구대상지역은 용도지역도 속성 분류에서 ‘도시지역’에 해당되며, Fig. 3과 같이 주거지역의 불투수율은 82.1%, 상업지역은 91.7%, 공업지역은 94.1%, 녹지지역은 30%로 확인되었다. 특히 상업지역과 공업지역의 불투수율은 90% 이상인 것으로 나타나 불투수면 관리 및 개선이 시급한 것으로 판단되었다.

2.3 연구대상지역 강우유출수 부담금 모의산정

연구대상지역에 강우유출수 부담금을 모의 산정하기 위해 우선 인천시 부평구의 하수도요금 현황을 조사하였다. 인천 부평구는 현재 오수관리비용과 우수관리비용을 구분 없이 통합하여 청구하고 있고, 상수도 사용량에 비례하여 상수도 요금의 일정 비율로 청구하고 있다. 따라서 인천 부평구의 월별 상수도 사용량 통계를 수집하고 실제 하수도요금을 계

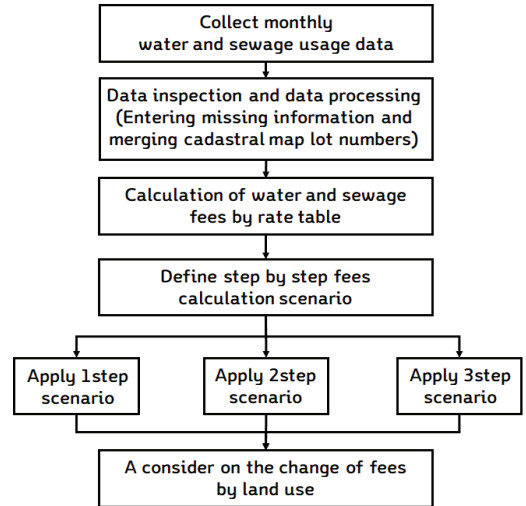


Fig. 4. Calculation process of stormwater fees considering impervious surface ratio.

산하여 요금을 산정하였다.

빗물관리와 연계한 요금으로 변경할 경우 토지피복 현황 정보를 바탕으로 불투수면적을 고려해 부담금을 산정해야 한다. 이에 강우유출수 요금제 산정 및 정착을 위해 초기에는 단순히 현재의 하수도 요금을 오수와 우수를 분리 시행하고, 2단계에서는 용도지역별 불투수율을 고려하여 적용하고, 3단계에는 개별 필지별 구체적 산정 시나리오가 필요하다. 단계별 가상 시나리오를 수립하고 이에 따른 요금을 모의 산정함으로써 용도지역별 강우유출수 부담금 청구액의 변화를 확인하도록 하였다(Fig. 4).

2.4 상수도 사용량 통계자료 수집 및 자료 가공

인천 부평구의 하수도 요금 산정을 위하여 인천상수도본부의 협조를 통하여 2014년 상하수도 월별 사용량 및 부과금액 통계자료, shapefile 포맷의 수도전 공간자료 수집하였다. 상하수도 요금은 엑셀을 활용하여 상하수도 요금표 기준을 함수화하여 산정하였으며, 강우유출수 요금 산정 시나리오의 근거로 활용하였다. 한편, 수집된 상수 사용량 및 하수 배출량, 부과금액 통계 자료에 수도전 폐전 및 이동으로 인해 누

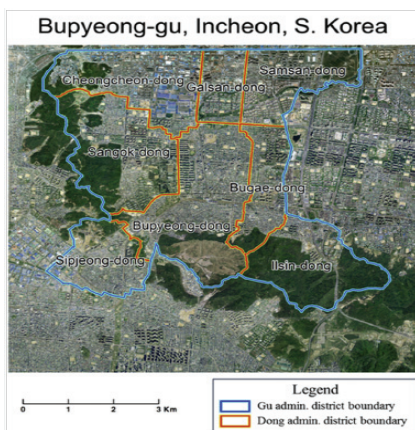


Fig. 2. Study area (Bupyeong-gu, Incheon).

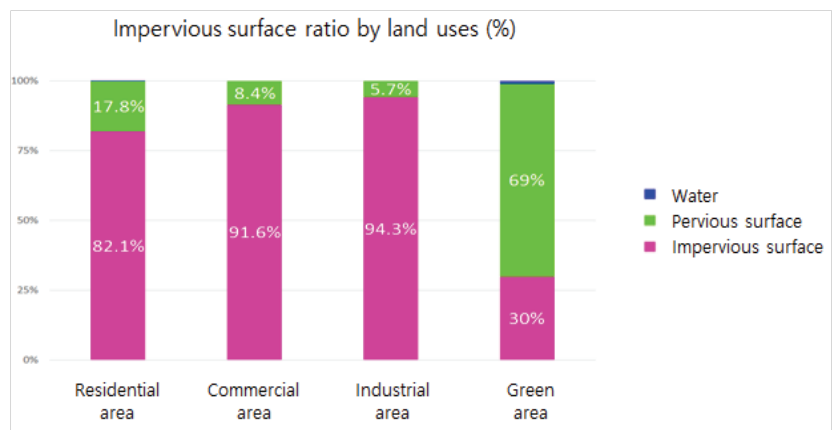


Fig. 3. Results of estimation of impervious surface ratio by the land uses.



락정보가 존재하는 것이 확인되었다. 이 경우 부과금액을 바탕으로 역으로 업종을 추정하고 구경크기를 계산한 후 관련 정보를 추가하였다. 보완 결과는 수도전 공간자료와 조인(join)하여 공간자료화 하였고, 이후 연속지적도와 중첩하여 연속지적도에 상수 사용량 및 하수 배출량, 부과금액 속성이 입력되도록 하였다. 이때 하나의 수도전을 여러 필지가 함께 사용하는 경우도 있었는데, 해당 필지들은 연속지적도에서 통합(merge)하여 단일 필지로 만들었다. 통합된 필지의 불투수율을 다시 산정하고 상수 사용량 및 하수 배출량, 부과금액 정보를 함께 연속지적도 속성에 입력하였다. 최종적으로 부평구 내 총 68,457개 실적을 대상으로 상하수도 요금을 산출하였다.

2.5 강우유출수 부담금 모의산정 시나리오

2.5.1 1단계 강우유출수 부담금 산정 시나리오

1단계 시나리오는 국민의 수용성을 고려하여 현재 하수도 요금을 단순 비율로 오수와 우수로 분리하여 산정하였다. 하수도 요금 징수 시에 우수 비용 부분을 강우유출수 요금으로 청구하는 것이다. 요금은 서울시에서 상하수도 사업을 공기업특별회계로 운영하기 위해 강우유출수와 오수를 분리하여 하수도 총괄원가를 산정한 사례가 있었다. 그 결과 서울시에서는 합류식 관거에 대한 유지관리비의 강우유출수 대 오수의 비율을 35% 대 65%를 일률적으로 적용하였다(SMG, 2014). 따라서 본 연구에서 서울시의 사례를 적용하여 강우유출수와 오수를 분리하여 하수도 총괄원가를 산정한 배분 비율은 일반적인 수준으로 4:6으로 가정하여 적용하였다. Table 4는 현행 하수도 요금과 1단계 시나리오 요금의 부과방식 차이를 예시로 나타냈다. 한편, 1단계 시나리오에서는 용도지역별 및 필지별 불투수율과는 무관하게 요금이 산정되나, 1단계 강우유출수 요금 산정 총액은 2단계 및 3단계에서 요금 배분의 기준 금액으로 활용하도록 하였다.

2.5.2 2단계 강우유출수 부담금 산정 시나리오

Lee (2018)의 연구에 따르면 우리나라 도시지역은 용도지역별 불투수율이 높고 용도지역 내 필지별로 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한 외국과는 달리 공동주택이 많고 대부분의 단독주택지구도 불투수율이 거의 100% 수준임을 고려해 2단계에서는 행정적 편의를 위해 용도지역별 요금을 적용하였다. 총 하수도 요금 중 강우유출수 요금 부분을 용도지역별 평균 불투수율을 고려해 배분하여 부담하는 방식으로 산정한다. 구체적인 요금 산정 방법은 아래의 식(1)과 같다.

$$\text{단위면적당 강우유출수 요금} = \frac{\text{총 강우유출수 요금}}{\text{총 불투수면적}} \times \text{용도지역별 불투수면적} \quad (1)$$

이때 ‘총강우유출수요금’은 1단계 시나리오에서 산정한 강우유출수 요금 총액(전체 하수도 부과금액의 40%에 해당하는 금액)을 활용하며, ‘용도지역별 불투수면적’은 선행연구(Lee, 2018)에서 제작된 불투수면지도로부터 산출한 결과를 활용한다.

2.5.3 3단계 강우유출수 부담금 산정 시나리오

3단계 시나리오는 강우유출수 관리를 위한 요금이 안정화된 이후 시행할 수 있는 시나리오이며, 선진국에서 시행되고 있는 방식으로 개별 필지별 불투수율을 산정하여 이에 비례한 요금을 산정한다. 총 하수도 요금 중 강우유출수 요금 부분을 필지별 기여율을 고려해 배분하여 부담하는 방식으로 산정한다. 구체적인 요금 산정 방법은 아래의 식(2)와 같다.

$$\text{원단위요금} = \frac{\text{총 강우유출수 요금}}{\text{총 불투수면적}} \quad (2)$$

$$\text{필지별요금} = \text{개입필지내 불투수면적} \times \text{원단위요금}$$

3단계 시나리오는 용도지역과 상관없이 개별 필지의 불투수율 산정이 가능하였으며, 이를 고려한 강우유출수 관리에 대한 기여도가 정량적으로 반영되어 형평성 및 합리성이 상대적으로 높은 부과 방식으로 판단된다.

3. Results and Discussion

3.1 상하수도 요금산정 결과

인천상수도사업본부에서 제공받은 상수 사용량 및 하수 배출량 통계자료와 수도전 공간데이터를 통해 용도지역별 상하수도 요금을 산정하였다. 2014년 1~12월 부평구 전체 상수 사용량 및 하수 배출량은 각각 56,493,980m<sup>3</sup>, 55,882,048m<sup>3</sup>로 확인되었다. 연속지적도로부터 용도지역별 상수 사용량 및 하수 배출량을 산출하였으며, 주거지역의 상수 사용량 및 하수 배출량이 가장 많았고 녹지지역의 사용량이 가장 적었음을 확인하였다. 또한 시기적으로는 9월의 상수 사용량 및 하수 배출량이 가장 많은 것으로 확인되었다.

부평구 전체 상하수도 요금은 75,790,569,320원으로 확인되었다. 용도지역별 상하수도 요금은 주거지역이 45,020,915,220원(59.4%), 상업지역이 12,193,148,740원(16.1%), 공업지역이 10,950,316,850원(14.4%), 녹지지역이 7,626,188,510원(10.1%)으로 확인되었다(Table 5). 전체 상하수도 요금 중 하수도 요금은 21,685,446,578원으로 확인되었으며, 이는 강우유출수 요금제 시나리오의 기준 금액으로 활용하였다.

Table 4. Differences between the current sewerage fee and 1 step scenario fee

	Current sewerage	1 step scenario
Payment notice	- Sewerage fee (ex) Sewerage fee 8000 won	- Separate the total fee into sewage and stormwater fee (ex) sewage fee 4,800 won(60%) stormwater fee 3,200 won(40%)

Table 5. Calculation of monthly water and sewerage discharge and fees in Bupyeong-gu in 2014

(Unit : ton, million won)

Usage & fee	Land use	Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	
Water usage	<b>Total(ton)</b>	<b>56,494</b>	<b>4,607</b>	<b>4,729</b>	<b>4,481</b>	<b>4,303</b>	<b>4,610</b>	<b>4,610</b>	<b>4,921</b>	<b>4,899</b>	<b>5,098</b>	<b>4,925</b>	<b>4,636</b>	<b>4,675</b>	
	Residential	total	36,673	2,960	3,014	2,888	2,774	3,001	3,001	3,206	3,229	3,337	3,219	3,023	3,022
	Commercial	total	6,937	552	586	559	519	558	558	599	596	629	616	575	591
	Industrial	total	7,325	633	660	599	577	590	590	623	598	649	615	592	600
	Green	total	5,558	462	469	436	434	461	461	493	476	483	476	445	462
Sewerage usage	<b>Total(ton)</b>	<b>55,882</b>	<b>4,559</b>	<b>4,646</b>	<b>4,409</b>	<b>4,262</b>	<b>4,532</b>	<b>4,582</b>	<b>4,883</b>	<b>4,859</b>	<b>5,041</b>	<b>4,880</b>	<b>4,595</b>	<b>4,635</b>	
	Residential	total	39,748	3,238	3,255	3,122	3,030	3,215	3,271	3,490	3,490	3,594	3,471	3,275	3,296
	Commercial	total	8,120	649	681	641	609	651	659	704	697	736	722	677	692
	Industrial	total	6,265	529	556	506	486	518	503	535	525	557	536	507	509
	Green	total	1,749	143	154	141	136	148	148	155	147	153	152	136	138
Water and Sewerage fee	<b>Total(million won)</b>	<b>75,791</b>	<b>6,297</b>	<b>6,464</b>	<b>6,059</b>	<b>5,728</b>	<b>5,979</b>	<b>6,169</b>	<b>6,616</b>	<b>6,565</b>	<b>6,861</b>	<b>6,603</b>	<b>6,189</b>	<b>6,261</b>	
	Residential	total	45,021	3,682	3,740	3,549	3,373	3,547	3,686	3,961	3,983	4,125	3,963	3,703	3,709
	Commercial	total	12,193	982	1,041	974	914	947	986	1,056	1,052	1,113	1,081	1,012	1,035
	Industrial	total	10,950	981	1,030	929	849	861	867	920	881	963	911	873	885
	Green	total	7,626	651	653	607	591	624	630	679	649	661	649	602	631

3.2 시나리오별 요금산정 결과

1단계부터 3단계까지 시나리오별 하수도 요금 및 강우유출수 요금을 용도지역별로 산정한 결과를 정리하였다(Table 6). 표에서 ‘전체’는 ‘오수’비용과 ‘우수’비용을 합친 하수도 요금 총액을, ‘오수’는 오수 처리 요금을, ‘우수’는 강우유출수 요금을 의미한다.

연간 하수도 요금 총액은 단계별로 21,685,446,578원으로 모두 동일하도록 하여 시나리오 별 강우유출수 요금 변화를 비교하였다(Table 7). 1단계에서 2단계로 진행되면서 상업지역은 감소하고, 주거·공업 및 녹지지역은 증가하는 것을 확인하였다. 이후 2단계에서 3단계로 진행되면서 주거지역은 감소하고, 다른 지역은 동일하게 증감하였다. 단계별로 적용할 경우 2단계에서 주거지역의 부과금액이 소폭 증가하였으나 3단계에서 그 이상 감소하고, 상업지역의 부과금액이 증가하는 것으로 나타나기 때문에 주민 반발은 감소시킬 수 있을 것으로 판단되었다.

주거지역의 경우 1단계에 비해 3단계에서 요금은 0.77% 감소하였다. 우리나라 특성상 공동주택이 많으므로 공동주택의 세대수를 적용하면 부과금액은 더 감소할 것으로 판단된다. 한편 상업지역은 불투수율은 높지만 요금 부과대상 면적이 1.31km<sup>2</sup>로 전체 요금 부과대상 면적인 21.34km<sup>2</sup>의 약 6.1%를 차지하므로 불투수면이 기여하는 면적의 총 크기가 작아 하수도 요금은 오히려 감소하였다. 부평구 전체의 물사용량에 비해 점유하는 불투수면이 넓지 않아 불투수면적에 비례하여 부담하면 오히려 강우유출수 요금은 크게 줄어드는 것으로 확인되었다. 상업지역은 상업지역과 물사용량은 비슷하나 총 불투수면적이 상업지역의 1.9배에 달하여 부과금액이 크게 증가되었다. 녹지지역은 물사용량이 적으나, 총 불투수면적이 넓어 하수도 요금이 크게 증가하였다. 부평구는 녹지지역 내 군사시설 외 다수의 공공시설이 존재하여 우수관리 부담이 커지는 것으로 확인되었으며, 따라서 이들 시

설에 대한 예외규정의 신설과 같은 별도 고려사항이 필요할 것으로 판단되었다.

지금까지는 강우유출수 요금이 하수도 요금의 40% 수준이라는 가정을 바탕으로 총 요금이 변하지 않음을 가정하여 각 토지이용별 단순배분(1단계), 거시적 배분(2단계), 미시적 배분(3단계) 등을 고려하여 산정하였다. 1단계에서는 강우유출수 요금제에 대한 인식 확산과 제고, 2·3단계에서는 강우유출수 관리를 위해 용도지역 및 개별 필지의 강우유출수 관리 기여(불투수면적)에 따른 시범지역의 실제 요금 산정 방식을 적용하였다. 이와 같이 강우유출수 부담금은 단순히 물 사용량에 기반 하기보다는 강우유출량을 반영하는 요금 체계가 필요하다. 주차장과 같이 불투수면적은 넓으나 물 사용량이 적은 경우에는 현재의 하수도 요금에 포함된 우수관리비용 비용보다 실제로 강우유출수 관리에 이보다 더 많은 비용이 소요될 것이다. 이러한 지역의 강우유출수 관리를 위한 비용은 도시 내 같은 면적의 시설이용자가 부담하므로 지금과 같이 물 사용량에 기반한 요금제는 강우유출수 관리 형평성을 갖추지 못한다. 또한, 현행 제도에서의 제원은 물순환 개선 시설 설치 시 비용 지원 및 녹지 확보 등의 재해예방을 목적으로 주로 사용되기 때문에 일반 시민들의 불투수면 및 비점오염 발생을 줄이도록 하는 노력을 기대하기에는 한계가 있다. 반면, 강우유출수 부담금은 필지의 불투수면이 넓을수록 강우유출수와 비점오염물질 발생이 증가하기 때문에 비용 부담의 형평성을 확보할 수 있다. 아울러 현행 상·하수도 요금처럼 비점관리가 필요한 지자체가 조례를 통해 여건에 맞게 요금제를 도입할 수 있으며 시설공단 등 공기업이 요금을 부과·징수하고 마련된 재원을 비점관리에 투자함으로써 강우유출수 및 비점관리의 책임성을 제고할 수 있는 장점이 존재한다. 특히 요금 징수를 통해 마련된 재원이 해당 지역의 강우유출수 및 비점관리에 재투자된다는 장점이 존재한다.



Table 6. Results of calculation of sewage fees and stormwater utility fee according to steps 1-3

(Unit : million won)

Step	Land use		Monthly imposition fees												
			Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
1step	Total	Total	21,685	1,820	1,876	1,770	1,675	1,854	1,752	1,818	1,873	1,846	1,853	1,760	1,791
		Sewage	13,013	1,092	1,126	1,062	1,005	1,112	1,051	1,091	1,124	1,108	1,112	1,056	1,075
		stormwater	8,675	728	750	708	670	742	701	727	749	738	741	704	716
	Residential area	Total	11,280	938	950	921	876	1,000	914	947	963	961	959	921	930
		Sewage	6,768	563	570	553	526	600	548	568	578	577	575	553	558
		stormwater	4,512	375	380	368	350	400	366	379	385	384	384	368	372
	Commercial area	Total	5,191	420	445	410	394	407	421	447	471	448	456	432	440
		Sewage	3,115	252	267	246	236	244	253	268	283	269	274	259	264
		stormwater	2,076	168	178	164	158	163	168	179	188	179	182	173	176
	Industrial area	Total	3,221	285	305	272	250	259	253	262	280	268	273	255	259
		Sewage	1,933	171	183	163	150	155	152	157	168	161	164	153	155
		stormwater	1,288	114	122	109	100	104	101	105	112	107	109	102	104
	Green area	Total	1,996	177	176	167	155	188	164	162	159	169	165	152	162
		Sewage	1,198	106	106	100	93	113	98	97	95	101	99	91	97
		stormwater	798	71	70	67	62	75	66	65	64	68	66	61	65
2step	Total	Total	21,685	1,820	1,876	1,770	1,675	1,854	1,752	1,818	1,873	1,846	1,853	1,760	1,791
		Sewage	13,013	1,092	1,126	1,062	1,005	1,112	1,051	1,091	1,124	1,108	1,112	1,056	1,075
		stormwater	8,675	728	750	708	670	742	701	727	749	738	741	704	716
	Residential area	Total	11,607	968	988	949	900	1,013	939	973	996	990	988	946	958
		Sewage	6,768	563	570	553	526	600	548	568	578	577	575	553	558
		stormwater	4,839	405	418	396	374	413	391	405	418	413	413	393	400
	Commercial area	Total	3,902	318	335	310	297	311	317	334	351	336	341	323	329
		Sewage	3,115	252	267	246	236	244	253	268	283	269	274	259	264
		stormwater	787	66	68	64	61	67	64	66	68	67	67	64	65
	Industrial area	Total	3,409	295	311	284	264	281	271	281	295	287	290	272	277
		Sewage	1,933	171	183	163	150	155	152	157	168	161	164	153	155
		stormwater	1,476	124	128	121	114	126	119	124	127	126	126	119	122
	Green area	Total	2,771	238	242	228	214	248	225	229	231	235	234	218	227
		Sewage	1,198	106	106	100	93	113	98	97	95	101	99	91	97
		stormwater	1,573	132	136	128	121	135	127	132	136	134	135	127	130
3step	Total	Total	21,685	1,820	1,876	1,770	1,675	1,854	1,752	1,818	1,873	1,846	1,853	1,760	1,791
		Sewage	13,013	1,092	1,126	1,062	1,005	1,112	1,051	1,091	1,124	1,108	1,112	1,056	1,075
		stormwater	8,675	728	750	708	670	742	701	727	749	738	741	704	716
	Residential area	Total	11,194	934	953	914	867	978	906	939	960	954	953	913	924
		Sewage	6,768	563	570	553	526	600	548	568	578	577	575	553	558
		stormwater	4,426	371	383	361	341	378	358	371	382	377	378	360	366
	Commercial area	Total	3,793	309	326	301	288	302	308	325	341	327	332	314	320
		Sewage	3,115	252	267	246	236	244	253	268	283	269	274	259	264
		stormwater	678	57	59	55	52	58	55	57	58	58	58	55	56
	Industrial area	Total	3,515	304	320	292	272	290	279	289	305	296	299	282	286
		Sewage	1,933	171	183	163	150	155	152	157	168	161	164	153	155
		stormwater	1,582	133	137	129	122	135	127	132	137	135	135	129	131
	Green area	Total	3,192	273	278	263	247	284	259	264	267	270	270	253	262
		Sewage	1,198	106	106	100	93	113	98	97	95	101	99	91	97
		stormwater	1,994	167	172	163	154	171	161	167	172	169	171	162	165

Table 7. Comparison of step-by-step sewerage fee increase and decrease

(Unit : million won)

Land use	A lot numbers subject to imposition*	Imposition area(km <sup>2</sup> )**		Average fee per year			Step by step increase and decrease					
		Impervious area	Total area	1step	2step	3step	2step-1step		3step-2step		3step-1step	
							Fee	Ratio	Fee	Ratio	Fee	Ratio
Total	25,154	15.53	21.34	21,685	21,685	21,685	-	-	-	-	-	-
Residential area	19,043	7.92	9.91	11,280	11,607	11,194	327	2.82	-413	-3.69	-86	-0.77
Commercial area	4,312	1.21	1.31	5,191	3,902	3,793	-1,289	-33.05	-109	-2.87	-1,398	-36.87
Industrial area	1,268	2.83	3.02	3,221	3,409	3,515	188	5.5	106	3.02	294	8.35
Green area	531	3.57	7.11	1,996	2,771	3,192	775	27.96	421	13.19	1,196	37.46

\* A lot numbers subject to imposition : merge as a single lot number if the building contain multiple lot numbers

\*\* Imposition area = Total area(bupyeong-gu) - Area occupied by local governments and countries(roads, mountains, rivers etc.)

선진국에서는 강우유출수 관리를 위한 부담금은 3단계와 같이 개별 필지 내 실제 기여한 정도와 관리소요비용을 바탕으로 산정되는 것이 추세이다. 시범지역 적용사례와 같이 단순 부과 단계를 걸쳐 강우유출수 부담금 제도가 정착이 되고 요금현실화가 된다면, 용도지역을 고려할 필요가 있는 경우 감면 제도 및 가중치를 적용하여 형평성 및 비례성을 결정할 수 있도록 좀 더 체계적인 현실화 방안을 모색해야 한다.

#### 4. Conclusion

본 연구에서는 선행연구에서 제작된 최적의 대축척 불투수면지도를 활용하여 용도지역별 강우유출수 부담금을 모의산정하고 이를 비교하고자 하였다. 이를 위해 다양한 해외 사례와 국내 현행 관련제도를 분석하고 고찰하였으며, 우리나라 실정에 적합하고 불투수면적을 고려한 강우유출수 도입 시나리오를 3단계로 제시하였다. 이를 위해 인천상수도사업본부로부터 제공받은 상수 사용량과 하수 배출량 통계자료, 수도전 공간자료를 통해 용도지역별 상하수도요금 총액을 산정하였다. 이를 총 3단계 시나리오에 따라 배분하여 강우유출수 요금을 모의 산정하고 단계별 요금을 비교분석하였다. 강우유출수 요금을 용도지역별로 확인한 결과 단계를 거듭할수록 주거지역 및 상업지역의 요금 부담은 줄어들고, 공업지역과 녹지지역은 상대적으로 부담이 증가하는 것을 확인할 수 있었다.

선행 연구에서 사용된 불투수면지도는 토지피복지도를 기반으로 저비용, 고효율의 갱신 기법이 적용되었으며, 지자체별 상시 갱신이 가능할 것으로 기대된다. 또한, 지표면의 현상을 가장 정확하게 반영할 수 있다는 장점이 있기 때문에 중앙정부 및 지방정부의 환경정책수립에 과학적 근거로 활용이 가능하다. 이에 불투수면을 기준으로 비점발생의 기여도 산정이 가능하고, 나아가 실제 정확도 높은 현시성의 확보로 강우유출수 부담금 산정 또한 가능함을 확인하였다. 따라서 강우유출수 부담금 도입은 토지소유자 또는 이용자에게 비점오염원 및 불투수면 관리의 중요성을 인지하게 하고 불투수면 경감을 위한 노력도 유도할 것이다.

그러나 강우유출수 부담금이 실제로 적용되기 위해서는 사

전에 재원 마련의 중요성, 우수 관리에 대한 공공부문과 개인부문의 책임 등에 대한 관련 토론회를 개최하여 의견을 수렴하는 등 철저한 준비가 필요하다. 국민의 이해가 없는 상황에서 강우유출수 부담금의 징수는 국민의 반발을 일으킬 수 있기 때문이다. 이러한 과정을 통해 요금제 시행과 함께 비점시설 등의 설치 및 운영을 보다 원활하게 함으로써 실질적인 물 순환 개선과 전반적인 유역환경 개선에도 기여하는 바가 클 것으로 기대된다. 나아가 기본적인 요금 산정 방법을 바탕으로 장래 불투수면적 관리 비용의 산정과 부담능력, 재산가치 등을 고려하여 지자체 별로 타당한 기준과 근거에 따라 비용 배분 및 산정이 이루어지고 난 후 적용하는 방식으로 추진되어야 한다.

#### Acknowledgement

본 연구는 환경부 재원으로 한국환경산업기술원의 환경정책기반공공기술개발사업의 지원을 받아 연구되었습니다. (1403-20200001)

#### References

Bonnaffon, H. (2011). *Local stormwater fees and taxes: Results of the Sept, 2010 Survey*, Chesapeake Bay and Water Resources Policy Committee (CBPC) Meeting, Washington D.C, USA, 1-17.

Campbell, W. (2012). *Western Kentucky University Stormwater Utility Survey 2012*, School of Engineering and Applied Science Faculty Publications.

Che, W., Zhao, Y., Yang, Z., Li, J., and Shi, M. (2014). Integral stormwater management master plan and design in an ecological community, *Journal of Environmental Sciences*, 26(9), 1818-1823.

Crockett, C. S. (2010). *Parcel based billing for stormwater*, ASCE-Philadelphia Section, Philadelphia, USA, 1-35.

Dietz, M. E. (2007). Low impact development practices: A review of current research and recommendations for future directions, *Water, Air, & Soil Pollution: An International Journal of*

- Environmental Pollution*, 186, 351-363.
- Graham, S., Schempp, A., and Troell, J. (2011). Regulating nonpoint source water pollution in a federal government: Four case studies, *International Journal of Water Resources Development*, 27(1), 53-69.
- Kang, J. E., Lee, M. J., Koo, Y. S., and Cho, Y. H. (2014). *Development and application of green ingrastructure planning framework for improving urban water cycle*, Korea Environment Institute, 13(3), 43-73. [Korean Literature]
- Kim, G. B. (2019). A study on stormwater fee imposition for sustainable rainwater management, *Journal of Korean Society of Water and Wastewater*, 33(2), 103-110. [Korean Literature]
- Kim, K. H., Choi, J. Y., Lee, C. Y., Park, Y. G., Lee, S. J., Ryu, J. H., Choi, Y. G., Kwak, G. H., Lee, G. H., Oh, S. G., Hwang, S. H., Lee, Y. J., Park, J. Y., and Yoo, S. Y. (2015). *The improvement plans for levying the sewerage fee considering land cover and stormwater Runoff*, Publication No. 2013000200001, Korea Environmental Industry & Technology Institute (KEITI), 132-133. [Korean Literature]
- Kim, K. H., Stephen, J. V., Paul, M. H., Peter, G. T., and Jeffrey, P. (1993). Urban non-point-source pollution assessment using a geographical information system, *Journal of Environmental Management*, 39(3), 157-170.
- Kwon, K. H. and Hur, O. K. (2010). A measure for improvement of legal fairness by sewage charge : Introduction of German separate sewage charge system as case study, *Korea Research Institute for Local Administration*, 24(4), 293-318. [Korean Literature]
- Lee, C. Y. (2018). *Development of a GIS based impervious surface ratio estimation methodology for evaluating water cycle soundness*, Ph. D. Dissertation, Inha University, Incheon, S. Korea. [Korean Literature]
- Lee, C. Y., Kim, K. H., Kwak, G. H., and Oh, S. K. (2014). A study on the development of GIS-based updating methodology of landcover maps at intermediate level for managing nonpoint source pollutants, *Korea Water Congress 2014*, Korean Society on Water Environment and Korean Society of Water and Wastewater, 66-67. [Korean Literature]
- Ministry of Environment (ME). (2012). *Study on the introduction of rainwater pollution fee for the management of non-point source pollution*, Ministry of Environment, 1-8. [Korean Literature]
- Ministry of Environment (ME). (2018). *Framework act on the water management*, Ministry of Environment, 22-23. [Korean Literature]
- Ministry of Environment (ME). (2015). *A study on the application of Low Impact Development (LID) to sustainable water circulation system*, Ministry of Environment, 1-5. [Korean Literature]
- National Institute of Environmental Research (NIER) (2010). *Low Impact Development (LID) watershed management duidelines for sustainable urban design*, Publication No. 11-1480523-000671-01, National Institute of Environmental Research, 1-3. [Korean Literature]
- National Institute of Environmental Research (NIER). (2014). *A research on control targets and strategies for impervious surface management*, Publication No. 11-1480523-002212-01, National Institute of Environmental Research, 12-20. [Korean Literature]
- Oh, S. K., Kim, K. H., Lee, C. Y., and Ryu, K. H. (2015). A study on optimal pervious/impervious map generation method for urban impervious surface management based on GIS, *Journal of Korean Society in Water Environment*, 31(2), 120-133. [Korean Literature]
- Parikh, P., Taylor, M. A., Hoagland, T., Thurston, H., and Shuster, W. (2005). Application of market mechanisms and incentives to reduce stormwater runoff: An integrated hydrologic, economic and legal approach, *Environmental Science & Policy*, 8(2), 133-144.
- Roy, A. H., Wenger, S. J., Fletcher, T. D., Walsh, C. J., Ladson, A. R., Shuster, W. D., Thurston, H. W., and Brown, R. R. (2008). Impediments and solutions to sustainable, watershed-scale urban stormwater management, *Lessons from Australia and the United States. Environmental Management*, 42(2), 344-359.
- Schueler, T. R. (1994). The importance of imperviousness, *Watershed Protection Techniques*, 1(3), 100-111.
- Seoul Metropolitan Government (SMG). (2014). *A study of financial operations efficiency for sewerage project*, Publication No. 51-611000-000866-01, Seoul Metropolitan Government, 1-5. [Korean Literature]
- United States Environmental Protection Agency (U. S. EPA.). (2009). *Funding stormwater programs*, EPA-901-F-09-004, EPA National Pollution Discharge Elimination System.
- United States Environmental Protection Agency (U. S. EPA.). (2010). *Green infrastructure case studies: Municipal policies for management stormwater with green infrastructure*, EPA-841-F-10-004, EPA Office of Wetlands, Oceans and Watersheds.
- Yang, H. K. (2006). Runoff characteristics of non-point source pollutants in storm event : Case study on the upstream and downstream of Kokseong river, Korea, *The Korean Association of Geographic Information Studies*, 41(4), 418-419. [Korean Literature]