

## 지속가능한 빗물 집수시스템의 온실가스 배출량 평가

김영운<sup>1</sup> · 황용우<sup>1,\*</sup> · 김용인<sup>2</sup> · 공윤정<sup>2</sup> · 임시내<sup>3</sup>

<sup>1</sup>인하대학교 환경안전융합전공

<sup>2</sup>지성산업개발(주)

<sup>3</sup>(주)현대산업개발

### Evaluation of Greenhouse Gas Emissions on Sustainable Rain Water Collection System

Kim Young Woon<sup>1</sup> · Hwang Yong Woo<sup>1,\*</sup> · Kim Yong In<sup>2</sup> · Gong Yun Jung<sup>2</sup> · Lim Si Nae<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ET&ST Convergence at Inha Univ.

<sup>2</sup>Jisung Co. Ltd.

<sup>3</sup>Hyundai Development Co. Ltd.

**ABSTRACT:** By climate change, natural disaster like flood, desertification, elnino and etc happens more than before. Adaptation for climate change becomes important as well as respond globally. One of main issue for adaptation is the water circulation recently. Each countries has been developing technology facilitating water circulation. South Korea also develops low impact development(LID) using rain-water. The rain-water collecting system needs to establish for circulating the rain-water in the household area. The side gutter collecting system and round collecting system have been applied as rain-water collecting system. This study aims at evaluating carbon emission in the life cycle of construction, operation&maintenance, demolition and disposal comparing them with drain collecting system which was developed by life cycle assessment(LCA) methodology. Drain collecting system emitted 2.82 ton CO<sub>2</sub> eq./set, round collection system emitted 27.65 ton CO<sub>2</sub> eq./set and side gutter collection system emitted 21.54 ton CO<sub>2</sub> eq./set. From the result, drain collecting system concluded to reduce over 87% of CO<sub>2</sub> emission in the life cycle besides of other two collecting system. Thus decision-makers need to consider to apply LCA for reducing CO<sub>2</sub> emission designing rainwater collecting system.

## 1. 서 론

기후변화는 지구의 평균 온도를 상승시킬 뿐 아니라, 이산화탄소 배출량을 증가시키고, 이상기온으로 인한 가뭄, 자연재해가 발생하는 빈도 또한 증가시키고 있다. 특히, 우기시에 강우일수는 줄어든 반면, 일 강수량은 증가하고, 강우강도는 강해지는 현상이 발생되고 있다. 이로 인하여, 홍수나 가뭄이 발생하고, 물순환이 잘 이루어지지 않고 있다. 물순환이 잘 이루어지기 위해서는 빗물을 이용하는 것이 필요하다. 이에 따라, 전세계적으로 각 국가에서는 물순환을 원활하게 하고, 물순환 체계를 관리하기 위해 저영향개발(LID, low impact development) 등의 기술을 개발하고 있다. 서울시에서도 저영향개발 기본 조례를 제정하여 시행하고 있다<sup>1)</sup>. 투수보도블록, 투수성 아스팔트 등이 대표적인 LID 기술에 해당된다. 하지만, 투수층을 통과하여 지하로 유입된 빗물을 저류하는 시설은 거의 없다. 대부분이 토질면을 따라 지하로 스며들어, 지하수로 이용되고 있기 때문이다.

이는 기존의 저류시설이 투수층을 통해 지하로 흘러가는 빗물을 집수하는 시스템이 부족하기 때문이다. 이를 보완한 시스템이 표면수와 투수층을 통해 지하로 스며드는 침투수를 모두 집수하는 수로형 집수시스템이다. 기존의 빗물 집수시스템인 측구 집수시스템과 원형 집수시스템은

“ㄷ”자형 콘크리트로 구성되어 있는 수로와 집수정으로 구성되어 있다. 이 시스템은 보도블럭, 아스팔트 등의 표면으로 집수되는 빗물만을 집수하며, 용량이 과도하게 설계되어 있다는 단점이 있다. 하지만, 수로형 집수시스템은 표면뿐만 아니라 지하로 침투되는 빗물까지 집수할 수 있으며, 집수할 수 있는 면적에 적합한 집수정만을 설치하여 빗물 재활용하는 효과가 있다.

이와 같은 건설분야에 환경영향을 분석하는 평가방법론에는 전과정평가(LCA, Life cycle assessment)가 대표적으로 이용되고 있다. 전과정평가를 이용하여 상하수도 시설, 폐기물 수집시스템 등에 대해 환경영향을 평가하거나 이산화탄소 배출량을 분석한 사례 등이 있다<sup>2,3)</sup>. 또한, 국토해양부에서는 시설물에 대해 이산화탄소 배출량 산정 가이드라인을 개발하여, 이를 이용하여 이산화탄소 배출량을 산정하고 있다<sup>4)</sup>.

본 연구에서는 지속가능한 빗물 집수시스템을 유지하기 위해 전과정평가를 이용하여 건설, 운용 및 유지관리, 해체, 폐기에 이르는 전과정에 대해 이산화탄소 배출량을 평가하고자 한다.

## 2. 빗물 집수시스템의 개요

국내의 주거지역에서 빗물을 집수하기 위해 적용되고

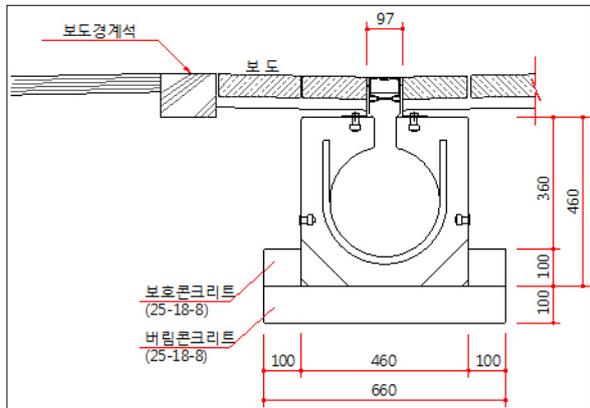
\* Corresponding author: 황용우, Tel: 032-860-7501, Fax: 032-872-8756, Email: hwangyw@inha.ac.kr

있는 시스템에는 측구 집수시스템과 원형 집수시스템이 있다. 이 두가지 빗물 집수시스템은 콘크리트 배수로와 집수정으로 구성되어 있으며, 우수 시 표면에 있는 물만을 집수한 후, 보도블럭 등을 통해 지하로 스며드는 물을 집수하지 못하는 단점이 있다. 이러한 단점을 해결한 빗물시스템이 수로형 집수시스템이다. 수로형 집수시스템은 표면수와 기존 빗물집수시스템에서 집수하지 못한 침투수까지 집수할 수 있는 시스템이다.

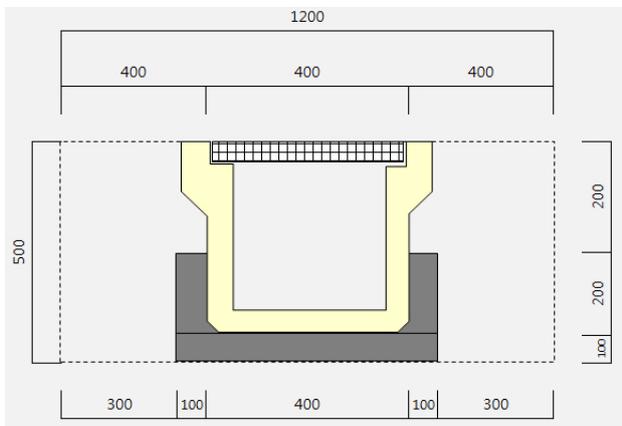
Fig. 1에 나타난 각각의 빗물집수시스템을 살펴보면, Fig. 1(a)에 나타난 원형 집수시스템은 배수로관은 배수로관의 지상과 만나는 면은 철근그레이팅을 통해 빗물이 모이게 되면, 가운데 부분의 원형으로 비어있는 공간을 통해 빗물이 집수정으로 흐르는 방식이다. Fig. 1(b)에 나타난 측구 집수시스템은 배수로관은 배수로관의 지상과 만나는 면은 철근그레이팅을 통해 빗물이 모이게 되면, 가운데 부분의 'u'자의 비어있는 공간을 통해 빗물이 집수정으로 흐르는 방식이다. Fig. 1(c)에 나타난 수로형 집수시스템은 배수로관이 없는 대신 폴리에틸관을 이용하는 데, 빗물은 지상면의 철근 그레이팅을 통해 모이거나, 지하로 스며드는 빗물이 콘크리트 구조물의 상부로 흘러들어와 폴리에틸관을 통해 집수정으로 흐르는 방식이다.

즉, 원형 집수시스템과 측구 집수시스템은 철근 그레이팅을 통해 빗물이 모이는 방식이라며, 수로형 집수시스템은 철근 그레이팅과 지하로 스며든 후, 지하에 설치된 콘크리트 면을 통해 빗물이 모이는 방식이다. 즉, 철근 그레이팅을 통해 들어오는 표면수와 지하로 스며들어 들어오는 침투수를 모두 유입하는 이중 배수 시스템 방식이다. 특히 수로형 집수시스템은 침투수의 경우, 콘크리트 구조물 위에 집수정이 설치된 방향으로 구배를 두어 집수정으로 유입되는 것이 특징이다. 따라서, 수로형 집수시스템은 콘크리트 배수로가 없는 대신, 집수정에서 집수한 물이 배수될 수 있도록 지하에 폴리에틸관과, 집수구멍이 있는 집수정, 부직포로 구성되어 있다<sup>5)</sup>.

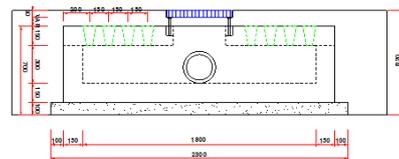
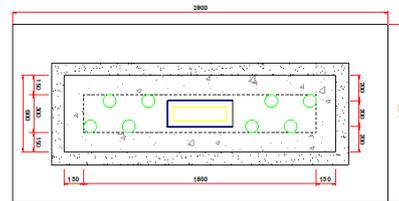
Fig. 2와 Table 1에 원형, 측구, 수로형 집수시스템에 대해 장단점을 나타낸 것이다. 수로형 집수시스템은 표면수와 침투수를 모두 배수하고 동시에 집수할 수 있으나, 측구 및 원형 집수시스템은 표면수만 배수한 후, 집수정에서 집수하게 된다. 따라서, 수로형 집수시스템은 침투방식으로 빗물 집수량이 증가되는 효과가 있다. Fig. 2(a)에 나타난 바와 같이 원형 및 측구 집수시스템은 터파기, 다짐, 양생, 구조물 설치 등의 과정을 거친다. 반면에 수로형 집수시스템은 Fig. 2(b)에서 보듯이 터파기, 다짐, 구조물 설치, 다짐



(a) 원형 집수시스템 단면도



(b) 측구 집수시스템 단면도



(c) 수로형 집수시스템 단면도

Fig. 1. 빗물 집수시스템 단면도



(a) 원형 및 측구 집수시스템의 건설 공사 과정



(b) 수로형 집수시스템의 건설 공사 과정



(c) 곡선구간 시공



(d) 유지보수

Fig. 2. 빗물집수시스템의 건설공사 및 유지보수

**Table 1.** 빗물 집수시스템 개요

구분	수로형 집수시스템	측구 집수시스템	원형 집수시스템
원리	* 포면수와 침투수를 집배수	* 표면수 처리 배수 후 집수	* 표면수 처리 배수 후 집수
장점	* 집수 및 배수기능이 통합되어, 빠른 시간 내에 침투수를 집수하여 침수 예방 및 증발수 감소를 통한 물 재활용 증가 * 기존 시스템에 비해 15% 이상 집수효율이 우수 * 시공비용이 저렴 * 단순공정으로 공기가 짧다. * 유지관리가 매우 용이	* 원형 집수시스템에 비해 저렴 * 시공경험 풍부	* 미관적으로 수려함 * 배수성이 좋음
단점	* 순간 배수처리능력 불리	* 곡선구간 시공이 불량 * 침투수 배수불량 * 유지관리가 불리	* 시공 비용이 높다. * 다단공정으로 공기가 좋다. * 침투수 배수불량 * 유지관리가 불리

등의 과정을 거치므로, 원형 및 측구 집수시스템보다 공사 기간이 짧다. 또한 공사시 원형 및 측구 집수시스템은 Fig. 2(c)에서 보듯이 곡선 구간의한 공사가 어려우나, 수로형 집수시스템은 집수정과 폴리에틸렌관으로 이루어져 있어, 곡선 구간의 공사가 쉽다. 유지관리 측면에서 원형 및 측구 집수시스템은 Fig. 2(d)을 보면, 유지보수하는 데, 주변의 보도블럭, 철근 그레이팅 전체를 제거하면서 진행하여야 하는 반면, 수로형 집수시스템은 집수정 주변만을 제거하면서 유지보수할 수 있는 장점이 있다. 수로형 집수시스템은 순간 배수처리능력에는 불리할 수 있다.

**3. 연구범위**

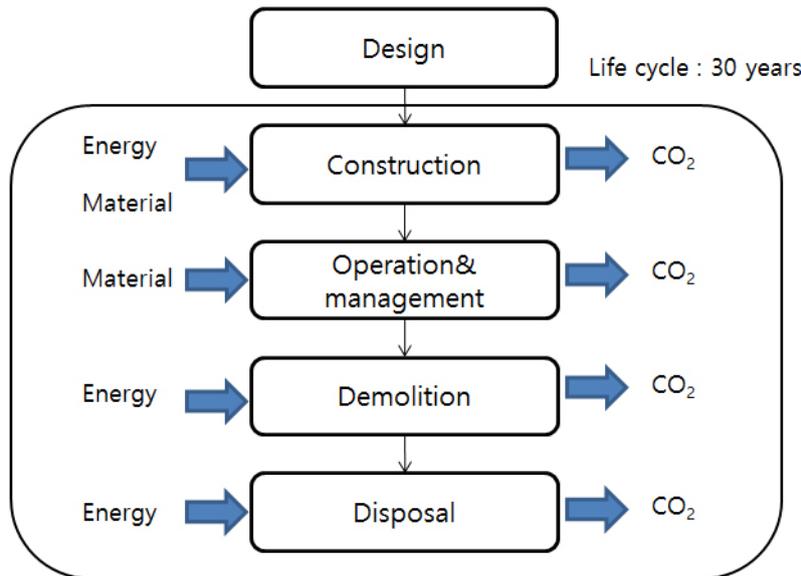
빗물 집수시스템을 건설하기 위해서는 집수정과 배수로가 필요하다. 현행 도로 배수설비법규 또는 하수도 시설기준에서는 배수로와 연결된 빗물받이의 경우, 크기에 따라 30 m를 기준으로 1개씩 설치하도록 의무화하고 있으나,

집수정은 특별한 설치기준은 없다<sup>6)</sup>.

본 연구에서 온실가스 배출량을 산정하기 위해, 기능은 ‘빗물의 집수’로 설정하였다. 기능단위는 빗물의 집수량은 지역 및 강우량에 따라 차이가 발생하므로, 빗물 집수량으로 선정하기는 어렵다. 따라서, 빗물을 집수하기 위해 필요한 배수로관이나 집수정으로 구성된 빗물 집수시스템 1set로 선정하였다. 기준흐름은 하수도 시설기준에서 제시하고 있는 배수로관의 최소길이인 30 m를 구성하는 빗물 집수시스템 1 set로 선정하였다.

기존의 시스템인 측구 집수시스템과 원형 집수시스템은 기본적으로 콘크리트 배수로관 1개와 집수정 1개로 구성하고, 수로형 집수시스템은 폴리에틸렌 배관과 집수정 2개로 구성하는 형태를 1 set로 설정하였다. 이에 따른 추가로 소요되는 건설재료도 포함하였다.

Fig. 3에 나타낸 바와 같이 빗물 집수시스템의 건설, 운용 및 유지관리, 해체, 폐기단계의 전과정을 시스템 경계로 선정하였다. 빗물집수시스템을 운용하기 위한 기간은 지



**Fig. 3.** 빗물 집수시스템의 시스템 경계

방공기업법 시행규칙의 건축물 등의 내용연수표에 따라 상하수도 시설의 법정 내용연수인 30년으로 설정하였다<sup>7)</sup>.

#### 4. 연구방법

##### 4.1 건설재료 및 에너지 사용량 산정

기준이 되는 30 m을 설치한다는 가정하여 각 빗물 집수 시스템을 설계하였다. 그리고, Fig. 2에 나타난 바와 같이 측구 집수시스템, 원형 집수시스템, 수로형 집수시스템의 세가지 빗물 집수시스템의 건설, 운용 및 유지관리, 해체, 폐기 과정에서 사용되는 건설재료의 수량과 건설장비 사용으로 인한 에너지사용량을 파악하였다.

###### 4.1.1 건설단계

건설장비 사용으로 인한 에너지사용량과 소요되는 건설재료 사용량을 파악하였다. 시공시에는 터파기, 자갈기초, 토사운반, 되메우기 및 다짐, 집수정 설치, 수로관 설치공사 등의 공사가 이루어지며, 이 때 사용되는 건설장비에 의한 에너지사용량을 파악하였다. 건설재료는 빗물 집수시스템을 설치하기 위해 필요한 건설재료의 수량을 파악하였다.

###### 4.1.2 운용 및 유지관리단계

빗물집수시스템을 운용 및 유지관리하기 위해 소요되는 자재는 스틸 그레이팅으로 한정하였으며, 10년에 1회 교체한다고 가정하여 스틸 그레이팅 사용량을 파악하였다. 교체하면서 발생하는 폐기물에 대해 파악하였다.

###### 4.1.3 해체단계

빗물집수시스템을 해체할 때, 건설장비를 이용하면서 사용되는 에너지량을 파악하였다.

###### 4.1.4 폐기단계

해체된 건설폐기물을 폐기하거나 폐기물을 운반하면서 사용되는 건설장비로 인한 에너지사용량을 파악하였다.

##### 4.2 이산화탄소 배출량 평가

Fig. 3에 나타난 바와 같이 빗물 집수시스템의 각 단계별로 이산화탄소배출량을 산정하였다. 본 연구에서는 전과정평가를 이용하여 적용된 국토해양부의 시설물 이산화탄소 배출량 산정가이드라인에서 제시하는 방법에 따라 각 단계별 이산화탄소 배출량을 산정하였다. 이산화탄소배출량을 산정하기 필요한 위해 필요한 탄소배출계수는 국토해양부, 환경부, 해외에서 제시하고 탄소배출계수를 이용하였다<sup>8-10)</sup>.

###### 4.2.1 건설단계

건설단계의 탄소 배출량은 크게 건설공사 시, 건설장비를 사용하면서 소모되는 에너지에 의한 탄소 배출량과 빗물집수시스템을 설치하기 위해 사용되는 건설재료에 의한

이산화탄소 배출량으로 구분된다.

빗물시스템의 시공은 터파기, 자갈기초, 토사운반, 되메우기 및 다짐, 집수정 설치, 수로관 설치공사로 구성된다. 건설장비에 의한 이산화탄소배출량은 (식1)과 같이 각 공사 시 건설장비의 작업량과 장비별 시간당 작업량, 에너지 사용량을 고려하여 산정한 장비별 시간당 탄소배출계수를 고려하여 산정하였다.

건설재료에 의한 이산화탄소배출량은 (식2)와 같이 사용되는 건설재료량과 건설재료별 탄소배출계수를 고려하여 산정하였다.

$$\text{건설장비 사용에 따른 CO}_2 \text{ 배출량 (tCO}_2\text{)} = \text{작업량 (unit)} \div \text{건설장비사용 단위작업량 (unit/hr)} \times \text{건설장비별 탄소배출계수 (tCO}_2\text{/hr)} \quad \text{(식1)}$$

$$\text{건설재료 사용에 따른 CO}_2 \text{ 배출량 (tCO}_2\text{)} = \text{투입 건설재료량(unit)} \times \text{건설재료별 탄소배출계수 (tCO}_2\text{/unit)} \quad \text{(식2)}$$

###### 4.2.2 운용 및 유지관리단계

운용 및 유지관리단계에서의 이산화탄소배출량은 30년 동안 각 빗물집수시스템을 운용하기 위해 사용되는 건설재료와 폐기되는 건설재료에 대해 식 2에 따라 산정하였다.

###### 4.2.3 해체단계

빗물집수시스템을 운용한 이후 해체하면서 사용되는 건설장비로 이용으로 인한 이산화탄소 배출량은 식 1에 의해 산정하였다.

###### 4.2.4 폐기단계

해체된 건설폐기물을 폐기하는 과정에서 발생하는 이산화탄소 배출량은 건설장비의 경우, 식 1에 의해서 산정하였으며, 폐기물은 식 2에 의해 산정하였다.

#### 5. 전과정 온실가스 평가

##### 5.1 단계별 이산화탄소배출량에 미치는 요인 분석

###### 5.1.1 건설단계

건설단계에서는 빗물집수시스템을 건설하기 위해서는 콘크리트배수로, 배관, 집수정을 설치하기 위한 공사 시 사용되는 건설장비의 에너지소비량과 사용된 건설자재에 의해 이산화탄소배출량이 발생이 된다. Table 2, 3, 4는 수로형 집수시스템과 기존의 측구 집수시스템 및 원형 집수시스템의 건설공사 시의 건설장비 작업현황을 나타낸 것이다. 기본적으로, 터파기, 모래기초, 자갈기초, 사토운반, 되메우기 등의 공사와 집수정이나 수로관을 설치하는 공사로 이루어진다. 공사 시 사용되는 건설장비로는 굴삭기, 진동로울러, 덤프트럭, 불도우저, 크레인 등이 사용된다.

**Table 2.** 수로형 집수시스템의 건설공사 산출표

공사명	단위	작업량	사용건설장비
터파기	m <sup>3</sup>	23.30	굴삭기(타이어형) 0.6 m <sup>3</sup>
자갈기초	m <sup>3</sup>	0.81	굴삭기(무한궤도), 0.2 m <sup>3</sup> 진동로울러(핸드가이드식), 0.7 Ton
사토운반(토사)	m <sup>3</sup>	5.99	굴삭기(타이어형) 0.6 m <sup>3</sup> 덤프트럭(자동덮개), 15 ton 불도우저(무한궤도), 32 ton
되메우기밧다짐(콤팩터)	m <sup>3</sup>	17.31	굴삭기(타이어형) 0.6 m <sup>3</sup> 플레이트콤팩터 1.5 ton
집수정 설치	EA	2	크레인(타이어), 10 ton
모래기초	m <sup>3</sup>	2.08	굴삭기(무한궤도), 0.2 m <sup>3</sup> 플레이트콤팩터, 1.5 Ton

**Table 3.** 측구 집수시스템의 건설공사 산출표

공사명	단위	작업량	사용건설장비
터파기	m <sup>3</sup>	19.18	굴삭기(타이어형) 0.6 m <sup>3</sup>
사토운반(토사)	m <sup>3</sup>	11.16	굴삭기(타이어형) 0.6 m <sup>3</sup> 덤프트럭(자동덮개), 15 ton 불도우저(무한궤도), 32 ton
되메우기밧다짐(콤팩터)	m <sup>3</sup>	8.02	굴삭기(타이어형) 0.6 m <sup>3</sup> 플레이트콤팩터 1.5 ton
집수정 설치	개소	1.00	크레인(타이어), 10 ton
측구수로관 설치	본	15.00	크레인(타이어), 10 ton

**Table 4.** 원형 집수시스템의 건설공사 산출표

공사명	단위	작업량	사용건설장비
터파기	m <sup>3</sup>	31.58	굴삭기(타이어형) 0.6 m <sup>3</sup>
자갈기초	m <sup>3</sup>	2.61	굴삭기(무한궤도), 0.2 m <sup>3</sup> 진동로울러(핸드가이드식), 0.7 Ton
사토운반(토사)	m <sup>3</sup>	13.63	굴삭기(타이어형) 0.6 m <sup>3</sup> 덤프트럭(자동덮개), 15 ton 불도우저(무한궤도), 32 ton
되메우기밧다짐(콤팩터)	m <sup>3</sup>	17.95	굴삭기(타이어형) 0.6 m <sup>3</sup> 플레이트콤팩터 1.5 ton
집수정 설치	개소	1.00	크레인(타이어), 10 ton
원형수로관 설치	본	15.00	크레인(타이어), 10 ton

Table 5, 6, 7은 세가지 집수시스템을 설치하기 위해 사용되는 건설자재 사용량을 나타낸 것으로, 수로형 집수시스템은 플라스틱관이 사용되고, 측구 집수시스템과 원형 집수시스템은 콘크리트 배수관이 사용된 것이 가장 큰 차이이다. 이로 인하여, 수로형 집수시스템에서는 스틸그레이팅 사용량이 측구 집수시스템과 원형 집수시스템보다 적다. 반면에, 수로형 집수시스템에서는 드레인보드, 유입공, 부직포 등이 사용된다.

### 5.1.2 운용 및 유지관리단계

운용 및 유지관리단계에서는 탄소배출량이 영향을 미치는 것은 유지보수하면서 사용되는 스틸그레이팅이다. Table 8은 각 빗물집수시스템별 사용량을 나타내었다. 수로형 집수시스템은 2개의 집수정에 설치된 스틸그레이팅을 보수하게 되며, 측구 집수시스템과 원형 집수시스템은 집수정 이외에도 콘크리트배수로관 상부에 설치된 스틸그레이팅을 보수하게 된다. 따라서, 배수로관이 없는 수로형 집수시

시스템은 집수정에 설치된 스틸그레이팅만을 보수하여 수량이 적으며, 측구 집수시스템과 원형 집수시스템은 집수정

과 콘크리트배수관 위에 설치하는 스틸그레이팅의 수량이 수로형 집수시스템에 비해 많다.

**Table 5.** 수로형 집수시스템의 건설자재 사용량

자재명	단위	사용량
골재(자갈기초용)	m <sup>3</sup> /set	1.015
레미콘(시공)	m <sup>3</sup> /set	0.02652
레미콘(집수정)	m <sup>3</sup> /set	1.40
드레인보드	m <sup>2</sup> /set	2.52
부직포	m <sup>2</sup> /set	2.52
합판4회	m <sup>3</sup> /set	0.3744
스틸그레이팅	EA/set	2
PE이중벽관	m/set	26
연결소켓(6M/본)	EA/set	5
유입공	EA/set	16
모래(모래기초용)	m <sup>3</sup> /set	2.34

**Table 6.** 측구 집수시스템의 건설자재 사용량

자재명	단위	사용량
레미콘(시공)	m <sup>3</sup> /set	0.15
레미콘(집수정)	m <sup>3</sup> /set	0.63
스틸그레이팅(집수정)	EA/set	1.00
합판 거푸집(집수정)	m <sup>3</sup> /set	0.40
합판 거푸집(수로관)	m <sup>3</sup> /set	17.40
스틸그레이팅(수로관)	EA/set	29.00
레미콘(수로관)	m <sup>3</sup> /set	7.87
레미콘(시공)	m <sup>3</sup> /set	2.61

**Table 8.** 운영 및 유지관리 시 건설자재 사용량

자재명	단위	수량		
		수로형	측구	원형
스틸그레이팅(집수정)	EA/set	4	2	2
스틸그레이팅(수로관)	EA/set	0	58	58

**Table 9.** 수로형 집수시스템의 해체 산출자료

공사명	단위	작업량	사용건설장비
철근콘크리트 깨기	m <sup>3</sup> /set	1.43	굴삭기(무한궤도, 0.7 m <sup>3</sup> )

**Table 10.** 측구 집수시스템의 해체 산출자료

공사명	단위	작업량	사용건설장비
무근콘크리트깨기 (T=30 cm미만)[m <sup>3</sup> ]	m <sup>3</sup> /set	7.87	굴삭기(무한궤도, 0.7 m <sup>3</sup> )
철근콘크리트 깨기	m <sup>3</sup> /set	0.78	굴삭기(무한궤도, 0.7 m <sup>3</sup> )

**Table 11.** 원형 집수시스템의 해체 산출자료

공사명	단위	작업량	사용건설장비
무근콘크리트깨기 (T=30 cm미만)[m <sup>3</sup> ]	m <sup>3</sup> /set	9.91	굴삭기(무한궤도, 0.7 m <sup>3</sup> )
철근콘크리트 깨기	m <sup>3</sup> /set	0.38	굴삭기(무한궤도, 0.7 m <sup>3</sup> )

**5.1.3 해체단계**

빗물집수시스템을 해체 시에는 콘크리트 구조물을 해체하게 된다. Table 9, 10, 11은 콘크리트 구조물을 해체할 때 사용되는 건설장비의 작업량을 나타낸 것이다. 철근 콘크리트를 깨는 작업으로 굴삭기가 이용된다. 콘크리트배수

**Table 7.** 원형 집수시스템의 건설자재 사용량

자재명	단위	사용량
골재(자갈기초용)	m <sup>3</sup> /set	0.15
레미콘(시공)	m <sup>3</sup> /set	0.24
레미콘(집수정)	m <sup>3</sup> /set	0.13
스틸그레이팅(집수정)	EA/set	1.00
합판 거푸집(집수정)	m <sup>3</sup> /set	0.70
합판 거푸집(수로관)	m <sup>3</sup> /set	1.36
몰탈(시멘트)	kg/set	0.0018
몰탈(모래)	m <sup>3</sup> /set	1.02
몰탈(시멘트)	kg/set	0.0022
몰탈(모래)	m/set	29.00
스틸그레이팅(수로관)	m <sup>3</sup> /set	3.12
골재(자갈기초용)	m <sup>3</sup> /set	9.91
레미콘(수로관)	m <sup>3</sup> /set	3.14
레미콘(시공)	EA/set	2.00
시멘트	m <sup>3</sup> /set	0.12

관을 해체하기 위해, 측구 집수시스템과 원형 집수시스템이 작업량이 높은 것으로 나타났다.

#### 5.1.4 폐기단계

빗물집수시스템을 해체 후 폐기되는 폐콘크리트를 차량에 상차하거나 운반할 때 사용되는 건설장비의 작업량과 재활용 되는 폐철근으로 인하여 탄소배출량이 발생된다. Table 12, 13, 14는 각 집수시스템의 건설장비 작업량과 폐철근량을 나타내었다.

### 5.2 빗물집수시스템의 이산화탄소배출량 비교 평가

세가지 빗물집수시스템의 각 단계별 탄소배출량의 요인을 분석하였다. 이 분석결과를 바탕으로 각 단계별 이산화탄소배출량을 산정하였다.

#### 5.2.1 건설단계

건설단계에서의 이산화탄소배출량은 건설장비의 에너지사용으로 인한 경우와 사용되는 건설재료에 의해서 발생된다. 건설장비 사용으로 인한 이산화탄소배출량은 국토교통부의 시설물 탄소배출량 가이드라인에서 제시하는 건설장비별 탄소배출계수에 작업량을 적용하여 이산화탄소배출량을 산정하였으며, 건설자재는 환경부, 국토해양부, 해외에서 제시한 건설재료별 탄소배출계수를 적용하여 이산화탄소배출량을 산정하였다. 수로형 집수시스템은 건설장비로 인한 이산화탄소 배출량이 877 kg CO<sub>2</sub>-eq./set으로, 측구 집수시스템의 1,347 kg CO<sub>2</sub>-eq./set, 원형 집수시스템의 2,123 kg CO<sub>2</sub>-eq./set에 비해 적은 것으로 나타났다. 세부적으로는 수로형 집수시스템은 모래기초공사를 위해 사용되는 굴삭기에 의한 이산화탄소 배출량이

**Table 12.** 수로형 집수시스템의 폐기자료

공사명	단위	작업량	사용건설장비
폐콘크리트 상차	m <sup>3</sup> /set	1.43	굴삭기(타이어형) 0.6 m <sup>3</sup>
폐콘크리트 운반	m <sup>3</sup> /set	1.43	덤프트럭(자동덤펀), 15 ton
폐철근	kg/set	8.00	

**Table 13.** 측구 집수시스템의 폐기자료

공사명	단위	작업량	사용건설장비
폐콘크리트 상차	m <sup>3</sup> /set	8.66	굴삭기(타이어형) 0.6 m <sup>3</sup>
폐콘크리트 운반	m <sup>3</sup> /set	8.66	덤프트럭(자동덤펀), 15 ton
폐철근	kg/set	8.00	

**Table 14.** 원형 집수시스템의 폐기자료

공사명	단위	작업량	사용건설장비
폐콘크리트 상차	m <sup>3</sup> /set	10.29	굴삭기(타이어형) 0.6 m <sup>3</sup>
폐콘크리트 운반	m <sup>3</sup> /set	10.29	덤프트럭(자동덤펀), 15 ton
폐철근	kg/set	8.00	

**Table 15.** 수로형 집수시스템의 건설단계에서의 건설장비로 인한 이산화탄소 배출량 특성

공사명	단위	작업량	사용건설장비	단위 작업량	단위	탄소배출계수 (kg CO <sub>2</sub> /hr)	탄소배출량 (kg CO <sub>2</sub> /set)
터파기	m <sup>3</sup> /set	23.30	굴삭기(타이어형) 0.6 m <sup>3</sup>	47.240	m <sup>3</sup> /hr	30.21	14.90
자갈기초	m <sup>3</sup> /set	0.81	굴삭기(무한궤도), 0.2 m <sup>3</sup>	0.063	m <sup>3</sup> /hr	13.02	167.40
			진동로울러(핸드가이드식), 0.7 Ton	0.074	m <sup>3</sup> /hr	5.73	62.72
사토운반(토사)	m <sup>3</sup> /set	5.99	굴삭기(타이어형) 0.6 m <sup>3</sup>	61.240	m <sup>3</sup> /hr	30.21	2.95
			덤프트럭(자동덤펀), 15 ton	6.500	m <sup>3</sup> /hr	41.41	38.16
되메우기및다짐(콤팩터)	m <sup>3</sup> /set	17.31	불도우저(무한궤도), 32 ton	249.480	m <sup>3</sup> /hr	108.34	2.60
			굴삭기(타이어형) 0.6 m <sup>3</sup>	65.700	m <sup>3</sup> /hr	30.21	7.96
집수정 설치	EA/set	2.00	플레이트콤팩터 1.5 ton	9.000	m <sup>3</sup> /hr	2.13	4.10
			크레인(타이어), 10 ton	0.960	hr/EA	9.9	20.63
모래기초	m <sup>3</sup> /set	2.08	굴삭기(무한궤도), 0.2 m <sup>3</sup>	0.056	m <sup>3</sup> /hr	13.02	483.60
			플레이트콤팩터, 1.5 Ton	0.062	m <sup>3</sup> /hr	2.13	71.46
계							876.48

**Table 16.** 측구 집수시스템의 건설단계에서의 건설장비로 인한 이산화탄소 배출량 특성

공사명	단위	작업량	사용건설장비	단위 작업량	단위	탄소배출계수 (kg CO <sub>2</sub> /hr)	탄소배출량 (kg CO <sub>2</sub> /set)
터파기	m <sup>3</sup> /set	19.18	굴삭기(타이어형) 0.6 m <sup>3</sup>	47.240	m <sup>3</sup> /hr	30.21	12.27
			굴삭기(타이어형) 0.6 m <sup>3</sup>	61.240	m <sup>3</sup> /hr	30.21	5.51
사토운반(토사)	m <sup>3</sup> /set	11.16	덤프트럭(자동덤펀), 15 ton	6.500	m <sup>3</sup> /hr	41.41	71.10
			불도우저(무한궤도), 32 ton	249.480	m <sup>3</sup> /hr	108.34	4.85
되메우기및다짐 (콤팩터)	m <sup>3</sup> /set	8.02	굴삭기(타이어형) 0.6 m <sup>3</sup>	65.700	m <sup>3</sup> /hr	30.21	3.69
			플레이트콤팩터 1.5 ton	9.000	m <sup>3</sup> /hr	2.13	1.90
집수정설치	EA/set	1.00	크레인(타이어), 10 ton	0.960	hr/EA	9.9	10.31
측구수로관설치	EA/set	15.00	크레인(타이어), 10 ton	0.120	hr/본	9.9	1,237.50
계							1,347.11

**Table 17.** 원형 집수시스템의 건설단계에서의 건설장비로 인한 이산화탄소 배출량 특성

공사명	단위	작업량	사용건설장비	단위 작업량	단위	탄소배출계수 (kg CO <sub>2</sub> /hr)	탄소배출량 (kg CO <sub>2</sub> /set)
터파기	m <sup>3</sup> /set	31.58	굴삭기(타이어형) 0.6 m <sup>3</sup>	47.240	m <sup>3</sup> /hr	30.21	20.20
자갈기초	m <sup>3</sup> /set	2.61	굴삭기(무한궤도), 0.2 m <sup>3</sup>	0.063	m <sup>3</sup> /hr	13.02	540.31
			진동로울러(핸드가이드식), 0.7 Ton	0.074	m <sup>3</sup> /hr	5.73	202.44
사토운반(토사)	m <sup>3</sup> /set	13.63	굴삭기(타이어형) 0.6 m <sup>3</sup>	61.240	m <sup>3</sup> /hr	30.21	6.72
			덤프트럭(자동덤펀), 15 ton	6.500	m <sup>3</sup> /hr	41.41	86.84
			불도우저(무한궤도), 32 ton	249.480	m <sup>3</sup> /hr	108.34	5.92
되메우기및다짐 (콤팩터)	m <sup>3</sup> /set	17.95	굴삭기(타이어형) 0.6 m <sup>3</sup>	65.700	m <sup>3</sup> /hr	30.21	8.25
			플레이트콤팩터 1.5 ton	9.000	m <sup>3</sup> /hr	2.13	4.25
집수정설치	EA/set	1.00	크레인(타이어), 10 ton	0.960	EA/hr	9.9	10.31
원형수로관 설치	EA/set	15.00	크레인(타이어), 10 ton	0.120	본/hr	9.9	1,237.50
계							2,122.74

**Table 18.** 수로형 집수시스템의 건설단계에서의 건설자재로 인한 이산화탄소 배출량 특성

자재명	단위	사용량	단위중량 (kg/unit)	탄소배출계수		탄소배출량 (kg CO <sub>2</sub> /set)
				물질명	단위	
골재(자갈기초용)	m <sup>3</sup> /set	1.015		재생물질로 제외		-
레미콘(시공)	m <sup>3</sup> /set	0.02652		레드믹스트콘크리트 25-210-12	kg/m <sup>3</sup>	411.06
레미콘(집수정)	m <sup>3</sup> /set	1.40		레드믹스트콘크리트 25-210-12	kg/m <sup>3</sup>	411.06
드레인보드	m <sup>2</sup> /set	2.52	0.306	폴리스티렌	kg/kg	1.81
부직포	m <sup>2</sup> /set	2.52	0.3055	폴리에스터(섬유)	kg/kg	4.87
합판4회	m <sup>3</sup> /set	0.3744		합판	kg/m <sup>3</sup>	819.6
스틸그레이팅	EA/set	2	50	스테인리스 스틸	kg/kg	3.23
PE이중벽관	m/set	26	0.85	HDPE	kg/kg	2.03
연결소켓(6M/본)	EA/set	5	0.08	HDPE	kg/kg	2.03
유입공	EA/set	16	0.015	PP	kg/kg	1.47
모래(모래기초용)	m <sup>3</sup> /set	2.34		모래(강)	kg/m <sup>3</sup>	1.63
계						1,272.66

높게 나타났으며, 측구 집수시스템과 원형 집수시스템은 콘크리트배수로관을 설치하기 위해 사용되는 크레인에 의한 이산화탄소 배출량이 높게 나타났다.

건설자재로 인한 이산화탄소배출량은 수로형 집수시스템이 1,273 kg CO<sub>2</sub>-eq./set, 측구 집수시스템이 21,082 kg

CO<sub>2</sub>-eq./set, 원형 집수시스템이 21,640 kg CO<sub>2</sub>-eq./set로 수로형 집수시스템이 적게 배출되는 것으로 나타났다. 이는 콘크리트배수로관을 설치할 때, 거푸집으로 사용되는 합판으로 인한 영향과 콘크리트 배수로관을 만들 때 사용되는 레미콘으로 인한 영향으로 나타났다.

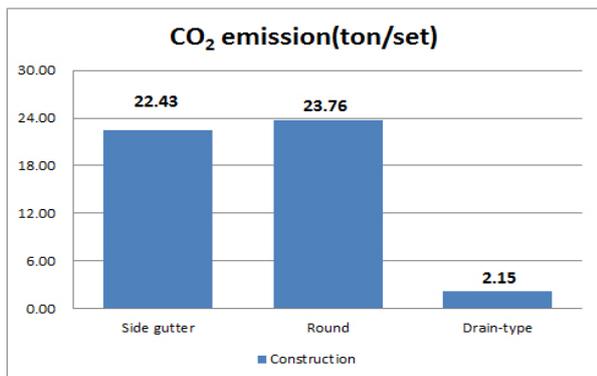
**Table 19.** 측구 집수시스템의 건설단계에서의 건설자재로 인한 이산화탄소 배출량 특성

자재명	단위	사용량	단위중량 (kg/unit)	탄소배출계수			탄소배출량 (kg CO <sub>2</sub> /set)
				물질명	단위	탄소배출계수	
레미콘(시공)	m <sup>3</sup> /set	0.15		레드믹스트콘크리트 25-210-12	kg/m <sup>3</sup>	411.06	60.38
레미콘(집수정)	m <sup>3</sup> /set	0.63		레드믹스트콘크리트 25-210-12	kg/m <sup>3</sup>	411.06	260.25
스틸그레이팅(집수정)	EA/set	1.00	25.39	스테인리스 스틸	kg/kg	3.23	82.01
합판 거푸집(집수정)	m <sup>3</sup> /set	0.40		합판	kg/m <sup>3</sup>	819.6	327.84
합판 거푸집(수로관)	m <sup>3</sup> /set	17.40		합판	kg/m <sup>3</sup>	819.6	14,261.04
스틸그레이팅(수로관)	EA/set	29.00	19.03	스테인리스 스틸	kg/kg	3.23	1,782.54
레미콘(수로관)	m <sup>3</sup> /set	7.87		레드믹스트콘크리트 25-210-12	kg/kg	411.06	3,235.04
레미콘(시공)	m <sup>3</sup> /set	2.61		레드믹스트콘크리트 25-210-12	kg/kg	411.06	1,072.87
계							21,081.97

**Table 20.** 원형 집수시스템의 건설단계에서의 건설자재로 인한 이산화탄소 배출량 특성

자재명	단위	사용량	단위중량 (kg/unit)	탄소배출계수			탄소배출량 (kg CO <sub>2</sub> /set)
				물질명	단위	탄소배출계수	
골재(자갈기초용)	m <sup>3</sup> /set	0.15		재생물질로 제외			-
레미콘(시공)	m <sup>3</sup> /set	0.24		레드믹스트콘크리트 25-210-12	kg/m <sup>3</sup>	411.06	99.57
레미콘(집수정)	m <sup>3</sup> /set	0.13		레드믹스트콘크리트 25-210-12	kg/m <sup>3</sup>	411.06	55.07
스틸그레이팅(집수정)	EA/set	1.00	8	스테인리스 스틸	kg/kg	3.23	25.84
합판 거푸집(집수정)	m <sup>3</sup> /set	0.70		합판	kg/m <sup>3</sup>	819.6	576.34
합판 거푸집(수로관)	m <sup>3</sup> /set	17.4		합판	kg/m <sup>3</sup>	819.6	14,261.04
몰탈(시멘트)	m <sup>3</sup> /set	1.36		1급 포틀랜드 시멘트	kg/kg	0.95	1.29
몰탈(모래)	kg/set	0.0018		모래(강)	kg/m <sup>3</sup>	1.63	0.00
몰탈(시멘트)	m <sup>3</sup> /set	1.02		1급 포틀랜드 시멘트	kg/kg	0.95	0.97
몰탈(모래)	kg/set	0.0022		모래(강)	kg/m <sup>3</sup>	1.63	0.00
스틸그레이팅(수로관)	m/set	29.00	13	스테인리스 스틸	kg/kg	3.23	1,217.71
골재(자갈기초용)	m <sup>3</sup> /set	3.12		재생물질로 제외			-
레미콘(수로관)	m <sup>3</sup> /set	9.91		레드믹스트콘크리트 25-210-12	kg/m <sup>3</sup>	411.06	4,074.84
레미콘(시공)	m <sup>3</sup> /set	3.14		레드믹스트콘크리트 25-210-12	kg/m <sup>3</sup>	411.06	1,288.87
시멘트	EA/set	2.00	40	1급 포틀랜드 시멘트	kg/kg	0.95	38.00
모래	m <sup>3</sup> /set	0.12		모래(강)	kg/m <sup>3</sup>	1.63	0.20
계							21,639.75

Fig. 4에 나타낸 수로형 집수시스템, 측구 집수시스템, 원형 집수시스템 각각에 대해 이산화탄소배출량을 산정한



**Fig. 4.** 빗물 집수시스템의 건설단계에서의 이산화탄소 배출량

결과, 수로형 집수시스템이 2.15 ton CO<sub>2</sub>-eq./set로 가장 낮게 나타났으며, 원형 집수시스템이 23.76 ton CO<sub>2</sub>-eq./set로 가장 높게 나타났다. 이는 건설자재가 많이 사용되어 이산화탄소배출량이 높게 나타났다.

**5.2.2 운용 및 유지관리단계**

운용 및 유지관리단계에서는 보수되는 철근그레이팅으로 인한 이산화탄소배출량을 산정하였다. 내용연수 30년을 기준으로 보수되는 수량을 적용하였다. Table 21, 22, 23에 나타난 산정 결과, 수로형 집수시스템이 647 kg CO<sub>2</sub>-eq./set, 측구 집수시스템과 원형 집수시스템이 3,733 kg CO<sub>2</sub>-eq./set로 나타나, 수로형 집수시스템이 적게 나타났다. 측구 집수시스템과 원형 집수시스템에서는 콘크리트배수로관 위에 설치하는 철근그레이팅으로 인한 영향으로 나타났다.

**Table 21.** 수로형 집수시스템의 운용 및 유지관리단계에서의 건설자재로 인한 이산화탄소 배출량 특성

건설자재명	단위	수량	단위중량 (kg/EA)	탄소배출계수			탄소배출량 (kg CO <sub>2</sub> /set)
				물질명	단위	탄소배출계수	
스틸그레이팅(집수정)	EA/set	2.00	50	스테인리스 스틸	kg/kg	3.23	646.00
페스틸그레이팅(집수정)	EA/set	2.00	50	Recycling of waste iron metal	kg/kg	0.00379	0.76
계							646.76

**Table 22.** 측구 집수시스템의 운용 및 유지관리단계에서의 건설자재로 인한 이산화탄소 배출량 특성

건설자재명	단위	수량	단위중량 (kg/EA)	탄소배출계수			탄소배출량 (kg CO <sub>2</sub> /set)
				물질명	단위	탄소배출계수	
스틸그레이팅(집수정)	EA/set	2.00	25.39	스테인리스 스틸	kg/kg	3.23	164.02
스틸그레이팅(수로관)	EA/set	58.00	19.03	스테인리스 스틸	kg/kg	3.23	3,565.08
페스틸그레이팅(집수정)	EA/set	2.00	25.39	Recycling of waste iron metal	kg/kg	0.00379	0.19
페스틸그레이팅(트렌치)	EA/set	58.00	19.03	Recycling of waste iron metal	kg/kg	0.00379	4.18
계							3,733.48

**Table 23.** 원형 집수시스템의 운용 및 유지관리단계에서의 건설자재로 인한 이산화탄소 배출량 특성

건설자재명	단위	수량	단위중량 (kg/EA)	탄소배출계수			탄소배출량 (kg CO <sub>2</sub> /set)
				물질명	단위	탄소배출계수	
스틸그레이팅(집수정)	EA/set	2.00	25.39	스테인리스 스틸	kg/kg	3.23	164.02
스틸그레이팅(수로관)	EA/set	58.00	19.03	스테인리스 스틸	kg/kg	3.23	3,565.08
페스틸그레이팅(집수정)	EA/set	2.00	25.39	Recycling of waste iron metal	kg/kg	0.00379	0.19
페스틸그레이팅(수로관)	EA/set	58.00	19.03	Recycling of waste iron metal	kg/kg	0.00379	4.18
계							3,733.48

**5.2.3 해체단계**

해체단계에서는 해체 시 사용되는 건설장비로 인한 에너지사용으로 인한 이산화탄소배출량을 산정하였다. Table

24, 25, 26에 나타난 산정 결과, 수로형 집수시스템이 17 kg CO<sub>2</sub>-eq./set, 측구 집수시스템은 61 kg CO<sub>2</sub>-eq./set, 원형 집수시스템이 70 kg CO<sub>2</sub>-eq./set로 나타나, 수로형 집수

**Table 24.** 수로형 집수시스템의 해체단계에서의 이산화탄소 배출량 특성

공사명	단위	작업량	사용건설장비	단위 작업량	단위	탄소배출계수 (kg CO <sub>2</sub> /hr)	탄소배출량 (kg CO <sub>2</sub> /set)
철근콘크리트 깨기	m <sup>3</sup> /set	1.43	굴삭기(무한궤도, 0.7 m <sup>3</sup> )	2.45	m <sup>3</sup> /hr	30.21	17.63
계							17.63

**Table 25.** 측구 집수시스템의 해체단계에서의 이산화탄소 배출량 특성

공사명	단위	작업량	사용건설장비	단위 작업량	단위	탄소배출계수 (kg CO <sub>2</sub> /hr)	탄소배출량 (kg CO <sub>2</sub> /set)
무근콘크리트 깨기 (T=30cm미만)[m <sup>3</sup> ]	m <sup>3</sup> /set	7.87	굴삭기(무한궤도, 0.7 m <sup>3</sup> )	2.45	m <sup>3</sup> /hr	30.21	51.69
철근콘크리트 깨기	m <sup>3</sup> /set	0.78	굴삭기(무한궤도, 0.7 m <sup>3</sup> )	2.45	m <sup>3</sup> /hr	30.21	9.62
계							61.30

**Table 26.** 원형 집수시스템의 해체단계에서의 이산화탄소 배출량 특성

공사명	단위	작업량	사용건설장비	단위 작업량	단위	탄소배출계수 (kg CO <sub>2</sub> /hr)	탄소배출량 (kg CO <sub>2</sub> /set)
무근콘크리트 깨기 (T=30cm미만)[m <sup>3</sup> ]	m <sup>3</sup> /set	9.91	굴삭기(무한궤도, 0.7 m <sup>3</sup> )	2.45	m <sup>3</sup> /hr	30.21	65.10
철근콘크리트 깨기	m <sup>3</sup> /set	0.38	굴삭기(무한궤도, 0.7 m <sup>3</sup> )	2.45	m <sup>3</sup> /hr	30.21	4.64
계							69.74

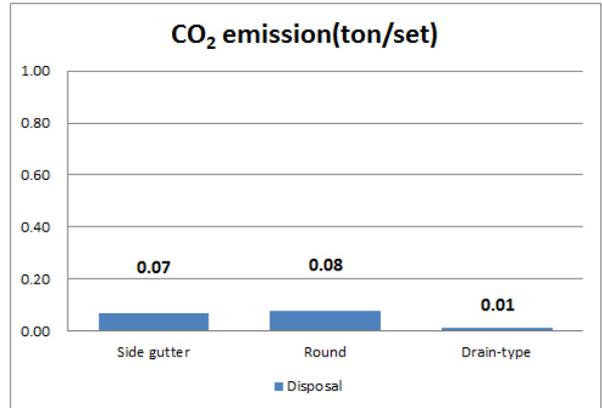
시스템이 가장 낮게 나타났다. 해체과정에서 사용되는 굴삭기에 인한 영향으로, 해체량이 수로형 집수시스템이 적기 때문이다.

**5.2.4 폐기단계**

Table 27, 28, 29는 각 빗물 집수시스템에 대해 폐기단계에서의 이산화탄소배출량 산정 결과를 나타냈다. 폐기단계에서는 주요 영향이 해체된 폐 건설자재인 폐철근과 폐 건설자재 운반 시 사용되는 건설장비로 인한 에너지사용이다.

Fig. 5에는 폐기단계의 각 빗물 집수시스템의 이산화탄소 배출량을 나타낸 것으로, 해체단계와 유사하게 이산화탄소배출량의 경향을 나타냈으며, 수로형 집수시스템이 0.01 ton CO<sub>2</sub>-eq./set로 기존 집수시스템에 비해 낮은 이

산화탄소배출량을 나타내었다.



**Fig. 5.** 빗물 집수시스템의 폐기단계에서의 이산화탄소 배출량

**Table 27.** 수로형 집수시스템의 폐기단계에서의 이산화탄소 배출량 특성

공사명	단위	작업량	사용건설장비	단위 작업량	단위	탄소배출계수 (kg CO <sub>2</sub> /hr)	탄소배출량 (kg CO <sub>2</sub> /set)
폐콘크리트 상차	m <sup>3</sup> /set	1.43	굴삭기(타이어형) 0.6 m <sup>3</sup>	20.89	m <sup>3</sup> /hr	30.21	2.07
폐콘크리트 운반	m <sup>3</sup> /set	1.43	덤프트럭(자동덤펀), 15 ton	6.50	m <sup>3</sup> /hr	41.41	9.11
계							11.18
건설자재명	단위	수량	탄소배출계수		단위	탄소배출계수	탄소배출량 (kg CO <sub>2</sub> /set)
			자재명				
폐철근	kg/set	8.00	Recycling of waste iron metal		kg/kg	0.00379	0.03
계							0.03

**Table 28.** 측구 집수시스템의 폐기단계에서의 이산화탄소 배출량 특성

공사명	단위	작업량	사용건설장비	단위 작업량	단위	탄소배출계수 (kg CO <sub>2</sub> /hr)	탄소배출량 (kg CO <sub>2</sub> /set)
폐콘크리트 상차	m <sup>3</sup> /set	8.66	굴삭기(타이어형) 0.6 m <sup>3</sup>	20.89	m <sup>3</sup> /hr	30.21	12.51
폐콘크리트 운반	m <sup>3</sup> /set	8.66	덤프트럭(자동덤펀), 15 ton	6.50	m <sup>3</sup> /hr	41.41	55.11
계							67.62
건설자재명	단위	수량	탄소배출계수		단위	탄소배출계수	탄소배출량 (kg CO <sub>2</sub> /set)
			자재명				
폐철근	kg/set	8.00	Recycling of waste iron metal		kg/kg	0.00379	0.03
계							0.03

**Table 29.** 원형 집수시스템의 폐기단계에서의 이산화탄소 배출량 특성

공사명	단위	작업량	사용건설장비	단위 작업량	단위	탄소배출계수 (kg CO <sub>2</sub> /hr)	탄소배출량 (kg CO <sub>2</sub> /set)
폐콘크리트 상차	m <sup>3</sup> /set	10.29	굴삭기(타이어형) 0.6 m <sup>3</sup>	20.89	m <sup>3</sup> /hr	30.21	14.88
폐콘크리트 운반	m <sup>3</sup> /set	10.29	덤프트럭(자동덤펀), 15 ton	6.50	m <sup>3</sup> /hr	41.41	65.55
계							80.43
건설자재명	단위	수량	탄소배출계수		단위	탄소배출계수	탄소배출량 (kg CO <sub>2</sub> /set)
			자재명				
폐철근	kg/set	8.00	Recycling of waste iron metal		kg/kg	0.00379	0.03
계							0.03

5.2.5 전과정에 걸친 이산화탄소배출량 분석

Fig. 6에는 각 빗물 집수시스템의 전과정에서 배출되는 이산화탄소를 나타낸 것으로, 건설, 운용 및 유지관리, 해체, 폐기의 전과정에 걸쳐 이산화탄소배출량의 특성을 분석한 결과, 수로형 집수시스템이 2.82 ton CO<sub>2</sub>-eq./set로 측구 집수시스템의 26.29 ton CO<sub>2</sub>-eq./set, 원형 집수시스템의 27.65 ton CO<sub>2</sub>-eq./set보다 낮은 것으로 나타났다. 세부적으로 살펴보면 다음과 같다.

- (1) 건설단계에서는 원형 집수시스템이 23.76 ton CO<sub>2</sub>-eq./set로 이산화탄소배출량이 가장 높게 나타났으며, 다음으로 측구 집수시스템, 수로형 집수시스템의 순이었다. 특히 수로형 집수시스템은 원형 집수시스템에 비해 90%가 저감된 것으로 나타났다.
- (2) 운용 및 유지관리단계에서는 원형 집수시스템과 측구 집수시스템이 3.73 ton CO<sub>2</sub>-eq./set로 동일하게 나타났으며, 수로형 집수시스템은 두 시스템에 비해 이산화탄소 배출량이 83%가 저감된 것으로 나타났다.
- (3) 해체단계에서는 원형 집수시스템이 0.07 ton CO<sub>2</sub>-eq./set로 가장 높게 나타났으며, 측구 집수, 수로형 집수 시스템 순이었다. 수로형 집수시스템은 원형 집수시스템에 비해 72%가 저감된 것으로 나타났다.
- (4) 폐기단계에서는 해체단계와 유사하게 원형 집수시스템이 0.08 ton CO<sub>2</sub>-eq./set로 가장 높게 나타났으며, 측구 집수, 수로형 집수시스템 순이었다. 수로형 집수시스템은 원형 집수시스템에 비해 86%가 저감된 것으로 나타났다.
- (5) 전체적으로 볼 때, 수로형 집수시스템이 2.82 ton CO<sub>2</sub>-eq./set로 이산화탄소배출량이 가장 적게 나타났으며, 원형 집수시스템이 27.65 ton CO<sub>2</sub>-eq./set로 가장 높게 배출되는 것으로 나타났다. 또한 측구 집수시스템은 26.29 ton CO<sub>2</sub>-eq./set로 다음으로 높은 것

으로 나타났다.

- (6) 따라서, 수로형 집수시스템은 기존의 집수시스템에 비해 87~90%를 저감한 것으로 나타났으며, 1세트 기준으로 원형 집수시스템에 비해 24.82 ton CO<sub>2</sub>-eq./set가 저감되는 것이다.
- (7) 수로형 집수시스템을 2,500 세트 설치된다고 가정하면, 수로형 집수시스템의 설치로 인한 효과는 61,752 ton CO<sub>2</sub>-eq.가 저감되는 효과가 나타나며, 30년생 소나무기준으로 7,032그루를 심는 효과가 발생된다.

6. 결론

국내뿐 아니라 각 국가에서는 기후변화를 대응하기 위해 이산화탄소 배출량은 저감하기 위한 목표를 수립하여 저감활동을 추진하고 있다. 따라서, 건설산업에서의 이산화탄소 배출량을 저감하기 위한 노력은 필요하다.

본 연구에서는 전과정평가방법론을 이용하여 기존의 빗물 집수시스템인 측구 집수시스템과 원형 집수시스템과 새로운 집수시스템인 수로형 집수시스템간의 탄소배출량을 비교 분석하였다. 30 m를 설치 할 때를 기준으로 기존의 집수시스템보다 수로형 집수시스템은 최대 24.82 ton CO<sub>2</sub>-eq./set 저감되는 것으로 나타났다.

본 연구는 이제까지 적용되지 않았던 빗물 집수시스템에 대해 LCA방법론을 적용하여 이산화탄소배출량을 산정했다는 면에서 의미가 크다. 따라서, 각 의사결정자들은 빗물 집수시스템을 설계시에 LCA방법론을 적용하여 이산화탄소 배출량을 산정하고 각 단계별로 분석하여 이산화탄소 배출량을 저감하는 데 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

REFERENCES

- 1) 서울특별시, 서울특별시 물순환 회복 및 저영향개발 기본조례 (2015.5.14.).
- 2) 김영은 외 3명, LCA를 이용한 쓰레기 수집시스템의 환경부하 정량화, 대한토목학회, 21(6-B), pp. 693-703 (2001).
- 3) 박지형 외 3명, 상하수도시설에 대한 전과정관리(LCM)시스템 구축방안 연구, 상하도학회지, Vol.26, No.2, p. 302-312 (2012.4).
- 4) 국토해양부, 시설물별 탄소배출량 산정 가이드라인, pp. 7-24 (2010).
- 5) 특허 제10-1509202호, 친환경 수로형 집수정 및 그것을 이용한 배수 시스템을 구비하는 친환경 도로 구조물(2015).
- 6) 한국상하수도협회, 하수도시설기준(2011).
- 7) 지방공기업법 시행규칙, 건축물 등의 내용연수표.
- 8) 한국환경산업기술원, 탄소배출계수(2015).
- 9) 산업통상자원부, LCI 데이터베이스(2010).
- 10) Ecoinvent ver. 3.1.

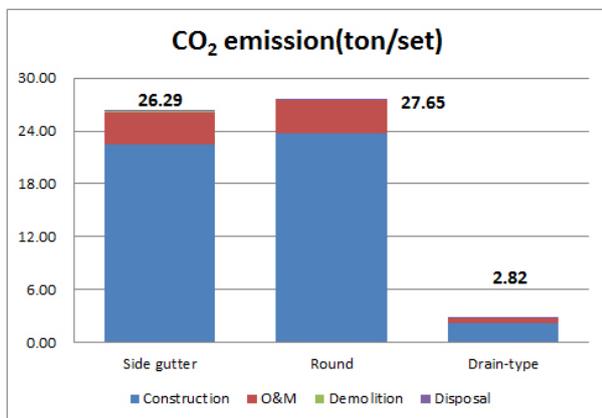


Fig. 6. 빗물 집수시스템의 전과정에서의 이산화탄소 배출량