

Research on Introduction strategy of low Impact
development (LID) in Goyang city [2]

고양시 LID(저영향개발) 도입 전략 연구 [2]

임 지 열
소 가 람

Research on Introduction strategy of low Impact development (LID) in Goyang city [2]

고양시 LID(저영향개발) 도입 전략 연구 [2]

연구책임자

임지열(고양시정연구원, 도시환경연구부, 부연구위원)

공동연구자

소가람(고양시정연구원, 도시환경연구부, 위촉연구원)

발 행 일 2020년 11월 30일

저 자 임지열, 소가람

발 행 인 이재은

발 행 처 고양시정연구원

주 소 10393 경기도 고양시 일산동구 태극로 60 빗마루방송지원센터 11층

전 화 031-8073-8341

홈페이지 www.gyri.re.kr

S N S <https://www.facebook.com/goyangre/>

I S B N 979-11-89636-88-3

이 보고서의 내용은 연구진의 개인적인 견해로서, 고양시정연구원의 공식 견해와는 다를 수 있습니다.
해당 보고서는 고양시서체를 사용하여 제작되었습니다.

목 차

요약	i
제1장 연구의 배경 및 목적	1
제1절 연구의 배경	3
제2절 연구의 목적	7
제2장 고양시 LID 시설 평가	9
제1절 한국에서의 LID 접근	11
제2절 고양시 비점오염 저감시설 현황	17
제3절 성능 평가기준의 선정	24
제4절 고양시 내 비점오염 저감시설 성능 평가	29
제3장 고양시 LID 시설의 문제점 및 개선방안	55
제1절 고양시 LID 시설의 설계상의 문제 (저류형 시설)	57
제2절 고양시 LID 시설의 설계상의 문제 (장치형 시설)	61
제3절 유지·보수상의 문제	65
제4장 결론	69
제1절 연구의 요약 및 정책 제언	71
제2절 연구의 한계 및 후속연구의 방향	73
참고문헌	75
Abstract	77

표 목차

[표 2-1] 저류시설(그림 2-5의 1~3번 지점)의 상세 제원	18
[표 2-2] 장치형(여과형) 시설(그림 2-5의 4번 지점)의 상세 제원	19
[표 2-3] 시설별 토지 이용 등의 특성	21
[표 2-4] LID 시설 및 장치형 시설의 효율 기준(환경부)	54
[표 3-1] [그림 3-2]의 각 문자별 의미	58
[표 3-2] [그림 3-5]의 각 문자별 의미	61
[표 3-3] 장치형 시설의 개선 방안	64
[표 4-1] 각 시설별 개선방안	72

그림 목차

[그림 1-1] 충북 오창읍 빗물유출제로화단지 사례	5
[그림 1-2] 부산광역시 내 저영향개발 기술연구센터 내 적용사례	5
[그림 2-1] 고양시 3기 신도시 개발 관련 언론 보도	11
[그림 2-2] 환경부 정책 홍보자료 中	13
[그림 2-3] 서울특별시 2020 업무보고 내 물순환 관련 내용	15
[그림 2-4] LID 기법 및 물순환도시 시행을 알리는 각종 기사들	16
[그림 2-5] 덕이지구 내 LID 시설의 분포	17
[그림 2-6] 저류시설 평면도 및 단면도	20
[그림 2-7] 고양시 내 LID 시설의 현황	22
[그림 2-8] 덕이지구 내 LID 시설	23
[그림 2-9] LID 성능 평가 모니터링 결과 보고	25
[그림 2-10] 비점오염 저감시설 강우 모니터링 그래프 예시	27
[그림 2-11] Voronoi's Polygon을 활용한 덕이동의 기후현상을 잘 설명하는 AWS의 선정	30
[그림 2-12] 고양시의 강우 특성	30
[그림 2-13] 측정 시기의 강우 특성	30
[그림 2-14] 고양시의 2020년도 누강우량 및 측정시점 표기	31
[그림 2-16] Event 1 - Inflow Hydro-Pollute Graph (Bio-retention)	34
[그림 2-17] Event 1 - Outflow Hydro-Pollute Graph (Bio-retention)	35
[그림 2-18] Event 2 - Inflow Hydro-Pollute Graph (Bio-retention)	36
[그림 2-19] Event 2 - Outflow Hydro-Pollute Graph (Bio-retention)	37
[그림 2-20] Event 3 - Inflow Hydro-Pollute Graph (Bio-retention)	38
[그림 2-21] Event 2 - Outflow Hydro-Pollute Graph (Bio-retention)	39
[그림 2-22] 시간에 따른 비점오염물질의 유출 특성을 나타낸 그래프	40
[그림 2-23] 식생체류지 결과값 해석	40

[그림 2-24] Event 1 - Inflow Hydro-Pollute Graph (Filtration)	42
[그림 2-25] Event 1 - Outflow Hydro-Pollute Graph (Filtration)	43
[그림 2-26] Event 2 - Inflow Hydro-Pollute Graph (Filtration)	44
[그림 2-27] Event 2 - Outflow Hydro-Pollute Graph (Filtration)	45
[그림 2-28] Event 3 - Inflow Hydro-Pollute Graph (Filtration)	46
[그림 2-29] Event 3 - Outflow Hydro-Pollute Graph (Filtration)	47
[그림 2-30] 장치형 시설 측정 결과	48
[그림 2-31] EMC의 계산식	49
[그림 2-32] 식생저류지(LID시설)의 EMC 및 오염부하량 (Inflow)	49
[그림 2-33] 식생저류지(LID시설)의 EMC 및 오염부하량 (Outflow)	49
[그림 2-34] 장치형 시설의 EMC 및 오염부하량 (Inflow)	50
[그림 2-35] 장치형 시설의 EMC 및 오염부하량 (Outflow)	50
[그림 2-36] 인구에 의한 발생원단위 기준	50
[그림 2-37] 식생저류지(LID시설)의 오염부하량 및 오염물질 발생인구수	50
[그림 2-38] 장치형 시설의 오염부하량 및 오염물질 발생인구수	51
[그림 2-39] 식생저류지(LID시설)의 오염부하량 및 오염물질 발생인구수 (고양시 하수원단위와의 대조)	51
[그림 2-40] 장치형 시설의 오염부하량 및 오염물질 발생인구수(고양시 하수원단위와의 대조)	51
[그림 2-41] 식생저류지*EMC	52
[그림 2-42] 식생저류지*오염부하량	53
[그림 2-43] 장치형 시설*EMC	53
[그림 2-44] 장치형 시설*오염부하량	53
[그림 2-45] 충북 오창 및 전주 서곡자구의 LID시설 효율성	54
[그림 3-1] 고양시 LID 시설의 문제점	57
[그림 3-2] 저류형 LID 시설의 원리	58
[그림 3-3] 저류형 LID 시설의 원리 중 침투부분	59

[그림 3-4] LID 시설 보강 등에 대한 예시	60
[그림 3-5] 장치형 시설의 활동 기작	61
[그림 3-6] 저류형 시설 내의 내부체류수 사진	62
[그림 3-7] 저류형 시설의 출입구	62
[그림 3-8] 저류형 시설의 유출부	63
[그림 3-9] 고양시 LID 시설 유지관리 상의 문제점-1	67
[그림 3-10] 고양시 LID 시설 유지관리 상의 문제점-2	68

요 약

1. 연구의 배경 및 목적

□ 연구의 배경

- 앞으로 고양시의 개발 예정지가 많으므로 도시내 물순환 저해가 우려되는 상황
 - 이는 싱크홀 발생 여지를 높이며 도시환경을 악화시킬 여지가 높음
- 개발시 설계 단계에서 LID를 도입할 필요성의 증대
 - 이를 위해 현재 고양시 내의 ,LID 시설의 효과, 효율의 측정 필요

□ 연구의 목적

- 장항습지나 침수가구 등 현안의 해결을 위한 측면에서의 LID 효과/효율 판단의 필요성
- 현재 존재하는 시설에 대한 최초의 효율 평가

2. 고양시 LID 시설 평가

□ 한국에서의 LID 접근

- 도시정부의 환경에 대한 역할 증대
 - 서울특별시 또한 주요 업무에 물순환 반영
 - 고양시 또한 적극적으로 물순환 기반 구축을 통해 친환경 도시로서의 정체성 구축 필요

□ 고양시 비점오염 저감시설 현황

○ 고양시 내 15개의 비점오염 저감시설 존재

- 장치형 12개, 저류형 4개
- 이후 삼송지구(LH)에서 32개 장치형 시설 인수예정

□ 성능 평가기준의 선정

○ 기존 평가기준의 문제

- 단순 농도의 경우 실시간으로 변화하는 강우 변화에 대한 반영 곤란

○ 강우에 따른 유량과 농도 기반의 평가기준 수립

- 시간대별 저감효율의 산술평균, 강우계급별 발생빈도, 오염저감량 등

□ 고양시 내 비점오염 저감시설 성능 평가

○ 측정 방법

- 1단계로 유량과 탁도, 2단계로 시료 채취, 3단계로 분석 순
- 0712, 0719, 1118 측정
- 측정시점으로부터 10분 간격으로 12개 시료 채취

○ 유출 특성

- **(저류형)** 유출수 유입 및 복합 토지 이용에 따른 특성을 보임
- **(장치형)** 내부 체류수로 인한 유출특성 및 복합토지이용에 따른 특성을 보임

○ EMC 및 오염부하량

- **(저류형)** TSS 기준 EMC 12.2mg/L, 오염부하량 41.3kg
- **(장치형)** 높은 부하량을 보임(TSS 기준 EMC 9.9mg/L, 오염부하량 4.1kg)

○ 효율성

- **(저류형)** TSS 저감효율 기준 49.9% ~ 80.5%로 환경부 기준(69.5%)보다 낮음
- **(장치형)** TSS 저감효율 기준 20%로 환경부 기준(78.0%)보다 심각하게 낮음

3. 고양시 LID 시설의 문제점 및 개선방안

□ 고양시 LID 시설의 설계상의 문제

○ 저류형 시설

- 유입부와 유출부의 표고 동일: 유입수 체류시간이 짧아 정화 효과 낮음
- 하부 토양 제원이 없어 부정확한 만큼 추가로 투수계수 측정 필요 (효과 측정 불가)
- 상시수위가 설계상의 수치를 유지하지 못함: 체류시간 증대 등 보완 필요

○ 장치형 시설

- 내부체류수 문제: 체류수가 고여 부패할 우려가 높음
- 제원 파악 불가: 설계도 등의 확보 필요
- 여과시간 확보방안, 역세척, 침강지의 설치, 여재 성능점검 등의 방안 필요

□ 유지·보수상의 문제

○ 관리가 이루어지지 않음

- 쓰레기, 녹조, 식생과다성장, 식생고사 문제 발생
- 모니터링 시설 전무
- 관리를 통한 해당 문제점의 개선 필요
- 설계도 확보 혹은 제원의 조사를 통한 관리방안 마련 시급

4. 결론

□ 연구의 요약 및 정책 제언

○ 시설별 개선방안 요약

- (저류형) 구조개선, 체류시간 확대방안 적용, 토사유출방지방안 적용
- (장치형) 내부체류수 관리, 접근성 개선, 여재 점검, 역세척

□ 연구의 한계 및 후속연구의 방향

○ 연구의 한계

- 적은 조사횟수
- 시설 제원 전무

○ 후속연구 방향성

- 많은 시행을 통한 데이터의 축적
- 제원 파악

제 1 장

연구의 배경 및 목적

제1절 연구의 배경

제2절 연구의 목적

제1절 연구의 배경

2019년도에 실시한 「고양시 LID(저영향개발) 도입 전략 연구 [1]」을 통해 LID 시설들을 둘러보고 고양시에 적용이 가능하거나 적용할 경우 바람직한 LID 시설을 선정한 바 있다. 해당 연구에 따르면 장치형 시설보다 자연형 시설을 도입하는 것이 바람직하다는 결과를 도출했다. 그러나 아직까지 고양시 내에 LID 기능의 수행을 위해 설치한 시설은 전무하다시피 하나 국내 일부 지자체에서 물순환도시의 일부 개념으로서 도입하고 있는 상황이다. 한편 고양시의 경우 1989년 1기 신도시의 선정 이래로 중산지구, 탄현지구 등 지속적인 택지개발이 이루어졌으며 현재도 성사동, 주교동 등의 재개발, 재건축과 삼송지구, 향동지구 개발 및 3기 신도시로서 창릉지구가 지정되는 등 도시화가 지속적으로 이루어져 왔으며 앞으로도 지속될 것이다. 이러한 도시화는 더 많은 인구를 수용할 수 있게 해 주는 반면 녹지공간을 감소시키고 불투수층의 증가를 유발하여 도시 내 물순환을 저해하는 현상을 불러오곤 한다. 물순환이 저해된 도시의 경우 점오염은 기존의 도시 내 인프라로 해결을 하는 편이나 비점오염에 대해서는 취약점을 드러내게 되는데 이로 인하여 수계 등 도시 내 물순환 종착지의 오염도를 증대시키는 결과를 초래하게 된다.

한편 도시화로 인한 도시 내 불투수층의 증가는 도시 내의 우수 저장기능을 약화시켜 더 적은 양의 강우로도 도심 침수피해를 유발할 수 있다는 점 또한 문제이다. 고양시의 경우 1987년 이래로 대규모 도심 침수가 발생할 만큼의 강우는 거의 겪지 않았으나 국지적인 침수 피해는 지속적으로 발생하고 있었으며 이는 고양시의 침수 피해에 대한 지원금이 지속적으로 발생하는 원인이 되었다. 특히 2018년에는 침수로 인한 피해 비용이 13억에 달했으며 재난지원금으로 지출한 금액이 11억을 넘는 등 많은 피해가 발생한 바 있다(임지열 외, 2020).

이 외에도, 도시에서의 불투수층의 증가는 도시 내의 물 순환계를 변화시키게 되는데 서울특별시의 경우 60년대 물수지 분석을 살펴보면 전체 강우량 대비 43.3%가 증발하며 41.1%가량이 지층에 흡수되는 구조였다. 그러나 2010년대에는 증발량이 25%로 감소하였으며 강우량의 51.9%는 땅에 스미지 못하고 표면유출로 인해 사용할 수 없게 되는 일이 발생한 바 있다(한제현, 2019). 고양시의 경우 정확한 분석은 없으나 서울시와 유사한 현상이 존재할

것으로 예측되며 이는 물의 도시 내에서의 기능인 정화를 어렵게 하여 도시 환경 악화에 일조하고 싱크홀의 가능성을 증가시키는 원인으로 작용할 수 있다. 특히 수도권에서도 서울특별시, 인천광역시와 함께 고양시가 2040년까지 물 스트레스¹⁾가 가장 높은 도시로 꼽히는 등(인천광역시 하천살리기추진단, 2020) 이에 대비할 필요성은 명확하다.

이러한 상황을 타개하기 위한 방법 중 하나로 LID가 등장하였는데 이는 저영향개발(Low Impact Development)로 빗물의 유출이 발생하는 곳으로부터 지면에 침투시키거나 저류 등의 기능을 통해 빗물의 유출을 저감시켜서 수환경 및 도시 내 물순환에 미치는 영향을 최소화하는 기법이다(서울특별시, 2017). 이는 1990년대에 미국 메릴랜드의 프린스 조지 카운티에서 시작된 개념으로 우수의 유출량을 조절하고 비점오염물질을 저감하기 위한 생태저류지로부터 시작되었다(한제현, 2019). 한편 이는 비점오염의 저감 외에도 기후 조절이나 생태적 기능 저하를 방지(국립환경과학원, 2017)하는 효과가 있다. 또한 기존 우수관거를 통한 도시 내 우수처리 대비 적은 주변 영향 및 저비용으로 이미 개발이 완료된 지역에 적용하기가 상대적으로 용이하다는 장점도 있다.

한국 또한 LID 기법을 지속적으로 확대해 나가는 추세이다. 2016년에 국정과제로서 저영향 개발기법의 확대를 필두로 하여 2018년에는 저영향개발 관련 조경, 경관 가이드라인이 마련된 바 있다. 현재는 세종시와 충북 오창 등에 기술실증 사업으로서 LID의 적용이 이루어진 바 있으며, 수원시 등 지자체 차원에서 물순환을 강조하는 도시도 있는 상황이다. 아래 [그림 1-1] 및 [그림 1-2]가 LID의 적용사례이다.

¹⁾ 물 사용량 대비 이용 가능한 수량의 비율

[그림 1-1] 충북 오창읍 빗물유출제로화단지 사례(환경부, 2017)



[그림 1-2] 부산광역시 내 저영향개발 기술연구센터 내 적용사례(환경부, 2017)



LID 자체가 개발이 완료된 지형에도 좀 더 수월하게 적용할 수 있는 것도 사실이나 고양시는 앞으로 개발의 여지가 많은 지역이며 현재도 수도권에서 인구가 계속 증가 중인 몇 안 되

는 도시이다. 따라서 도시 설계 단계에서부터 물순환을 고려하여 LID를 반영한 설계를 하는 것이 바람직할 것으로 보인다. 이를 위해서는 기존 관내에 설치된 LID 시설의 성능을 파악하여 단점을 개선하고 장점을 더욱 극대화할 필요성이 있다. 특히 현 민선 7기 고양시정의 주요 관심사 중 하나가 환경이며, COP 총회 유치 건이나 장항습지의 람사르 습지 등록 등의 정책을 통해 이것이 뒷받침되는 만큼 도시 내 물순환 또한 고양시의 친환경적인 정체성을 강조함에 있어 효과적일 것으로 기대된다.

이 연구에서는 현재 고양시가 도입한 LID 시설의 효과 및 효율성에 대해 조사해 보고자 한다. 이는 앞서 언급한 상황에서 현재 상황을 점검하고 미비한 점은 보완하며 개선할 수 있는 여지를 만드는 초석으로서의 역할을 감당할 것으로 기대한다. 이러한 점에서 이번 연구는 시의적절하다고 볼 수 있으며 이 연구를 바탕으로 고양시에 적용 가능한 LID에 대해 저변을 넓히는 기반이 될 것과 고양시 내의 물순환 개선을 기대할 수 있을 것이다.

제2절 연구의 목적

고양시는 장항습지의 람사르 습지 등재를 위해 노력하였으며, 그 결실로 장항습지의 람사르 습지 등재를 눈앞에 두고 있다. 이외에도 고양시 관내의 일부 어민의 경우 한강 하구에서의 어업을 통해 생계를 이어가고 있으며 이는 한강 하구의 오염을 방지해야 할 이유가 된다. 그러나 점오염원에 대해서는 비교적 통제와 관리가 양호한 반면 비점오염원에 대해서는 기초조사부터 부족한 실정이다. 이는 고양시와 맞닿은 한강 수계 등으로부터 비점오염물질이 흘러들어갈 수 있으나 그 양조차 파악하기 어려움을 의미한다. 따라서 한강 하구의 오염 방지를 위한 기초를 위해서라도 비점오염과 관련된 항목들에 대해서 파악할 필요성이 존재한다.

한편 앞서 언급했듯 고양시의 침수 피해 또한 지속되고 있는데 특히 이는 지층 거주자에게 더 많은 피해가 됨을 알 수 있다(임지열 외, 2020). 이들의 경우 침수피해에 대비하기 위해서 나름의 시설을 설치하곤 하나 이는 제대로 된 침수피해를 기대하기 어려울 수 있고 제대로 된 방시설을 갖추기는 비용의 문제로 어려운 점이 많다. 또한 구도심 위주로 분포해 있기에 우수관로의 추가 설치나 확장 등 기존 우수처리방식으로 해결하기가 어려운 것도 사실이다. 이를 해결하기 위해 소규모 LID 시설의 도입이 도움이 될 수 있는데 비해 효율에 대한 제대로 된 측정이 이루어지지 않았으므로 현재 고양시에 도입된 LID 시설의 효율을 측정하는 것은 기초조사의 시작으로써 시의적절하다고 할 수 있을 것이다.

현재 고양시는 덕이지구 일원에 기초적 형태의 LID 시설로 볼 수 있는 저류시설을 설치하여 운용 중에 있다. 이는 저류형 시설 3개와 장치형 시설로 구성되어 있으며 저류형 시설 중 하나는 공원으로 구성되어 지역 주민들에게 열린 공간으로 기능하고 있었다. 현재 고양시청 오염총량과에서 관리하고 있으나 관리 지침 등이 제대로 보급되지 않은 점으로부터 비롯된 관리의 부재 및 기초 효율평가가 이루어지지 않은 관계로 정확한 효율의 산출이 어려운 상황이다. 그렇기에 현재 운용 중인 시설의 효율을 측정하기로 한다.

제 2 장

고양시 LID 시설 평가

제1절 한국에서의 LID 접근

제2절 고양시 비점오염 저감시설 현황

제3절 성능 평가기준의 선정

제4절 고양시 내 비점오염 저감시설 성능 평가

제절 한국에서의 LID 접근

[그림 2-1] 고양시 3기 신도시 개발 관련 언론 보도

출처: “3기 신도시, 친환경 공간으로 만든다...저영향개발기법 적용”, 세계일보(2019.6.16.),

3기 신도시, 친환경 공간으로 만든다...저영향개발기법 적용

관련어슈 디지털기획, 일러온타임즈

입력 : 2019-06-16



▲ 경기도 고양시 창릉동 일대 모습. 뉴스시스

경기 고양시와 남양주시, 하남시 등에 조성하는 3기 신도시 공공택지에 자연 상태의 물 순환 체계를 유지하도록 하는 등 기존 특성을 최대한 보존하는 개발기법이 도입된다. 이를 통해 땅에 물이 충분히 머금으면서 기존 아스팔트 포장으로 인한 폭우 시 도시 침수, 하천의 건천화, 도심의 열섬효과 등 환경 문제가 저감할 것으로 전망된다.

1기 신도시인 일산신도시에 이어 2019년 고양시는 3기 신도시인 창릉신도시 입지지역으로 선정되었으며, 창릉지구의 계획에 있어, 전 지구적 추세에 발맞추어 저영향개발기법(LID) 도입을 추진하고 있다. 이는 저영향개발기법 기반의 도시 구축을 목표로 하는 것이라 할 수 있다. 이와 같은 부분을 통해 자연적 물순환 시스템을 최대한 유지한 채 도시를 구축하여, 해당 지역의 개발로 인한 물 문제 및 기후변화에 대응하기 위한 정부의 적극적인 의지를 엿볼 수 있다.

한편 현재 세계적으로 환경문제의 해결 주체로서 도시정부가 떠오르고 있는 상황이다. 과거에는 전지구적인 환경 문제에 대해 국가와 국가 연합 기구 등이 플레이어로서 참석했다면 이클레이의 설립 및 도시정부들의 노력으로 도시 단위에서의 환경문제에 대응하게 되었고 중앙정부보다 한 걸음 더 나아가는 기후변화 대응 노력을 보이고 있는 상황이다(임지열 외, 2020). 한국 또한 이러한 추세를 인지하여 서울특별시에서 2015년에 이클레이 세계도시 기후환경총회가 개최된 바 있으며, 현재는 이클레이 한국사무소가 수원에 문을 열고 활동 중이다. 또한 정부차원에서도 환경부가 도시의 문제를 다루며 그린 뉴딜 정책의 일환으로 스마트 그린도시의 시작을 선포하며 세계가 도시를 중심으로 기후변화를 위한 노력을 기울이고 있음을 밝힌 바 있다(그림 2-2 참조).


[그림 2-2] 환경부 정책 홍보자료 중 (환경부, 2020)



이로서 도시정부 자체적으로 기후변화를 위시한 환경에 대해 관심을 가지고 정책을 마련해야 함이 분명해 진 시점이다. 이러한 변화의 일환으로 서울특별시는 2020년 주요 업무보고에 물순환도시 개념을 반영하였으며 최신 LID 기법의 의무 적용을 통한 물순환을 이룰 것을 천명한 상태이다(서울특별시 물순환안전국, 2020). 아래 [그림 2-3]은 해당 내용을 보여주는 것이다.

[그림 2-3] 서울특별시 2020 업무보고 내 물순환 관련 내용 (서울특별시 물순환안전국, 2020)

<div data-bbox="278 446 394 467">I·SEOUL·U</div> <div data-bbox="569 436 703 471">제291회 시의회 임시회 도시안전건설위원회</div> <div data-bbox="317 552 658 625">물순환 양면 도시 맑은 물 도시 물산업 혁신 도시 2020 주요 업무보고</div> <div data-bbox="439 736 535 759">2020. 3.</div> <div data-bbox="376 909 592 938">물 순 환 안 전 국</div>	<div data-bbox="799 394 1141 423">Ⅲ 2020년 주요업무 추진계획</div> <div data-bbox="792 446 1245 1002"> <table> <tr> <td>1 녹색인프라 조성으로 쾌적한 물순환도시</td><td>7</td></tr> <tr> <td>1. 녹색인프라 조성 위한 물순환회복 기술훈련 수립</td><td>8</td></tr> <tr> <td>2. 최선 LID기법 적용 물순환시설 확충</td><td>9</td></tr> <tr> <td>3. 하수악취 없는 쾌적한 도시환경 조성</td><td>10</td></tr> <tr> <td>4. 물재생센터 시민친화 문화·녹색환경 중심지 조성</td><td>11</td></tr> <tr> <td>5. 차천길과 물레길 연계로 도심녹지 보행길 확장</td><td>12</td></tr> <tr> <td>2 시민이 행복한 현장 중심 안전도시</td><td>15</td></tr> <tr> <td>1. 돌발강우 대비 현장 중심의 풍수해 대책 추진</td><td>16</td></tr> <tr> <td>2. 방재성능 향상을 위한 저속적인 시설 확충</td><td>17</td></tr> <tr> <td>3. 물량/노후 하수관로 종합개선 추진</td><td>18</td></tr> <tr> <td>4. 하수관로 공사장 재해없는 현장 조성</td><td>19</td></tr> <tr> <td>5. 유출지하수 안전관리 및 활용까지 극대화</td><td>20</td></tr> <tr> <td>6. 물재생센터 안전관리 강화 및 근무환경 개선</td><td>21</td></tr> <tr> <td>3 지속가능하고 건강한 맑은 물도시</td><td>23</td></tr> <tr> <td>1. 미래환경 수요 대비 한강수질관리 종합대책 수립</td><td>24</td></tr> <tr> <td>2. 한강수질 개선을 통한 지역균형개발 총량 확보</td><td>25</td></tr> <tr> <td>3. 맑은 물 도시 조성 2040 하수도정비 종합계획 수립</td><td>26</td></tr> <tr> <td>4. 다각적 하수관로 관리에 통한 하천수질 개선</td><td>27</td></tr> <tr> <td>5. 물재생센터 수처리 기술 강화로 방류수질 개선</td><td>28</td></tr> <tr> <td>4 물순환 산업을 선도하는 혁신성장도시</td><td>29</td></tr> <tr> <td>1. 물재생센터 부지활용 종합적 마스터플랜 수립</td><td>30</td></tr> <tr> <td>2. 물산업 육성을 위한 클러스터 조성</td><td>31</td></tr> <tr> <td>3. 물산업을 선도하는 물순환 식인문화에 개화</td><td>32</td></tr> <tr> <td>4. 지역일 물순환자원화센터를 통한 최선 신기술 실증 확대</td><td>33</td></tr> <tr> <td>5. 물재생센터 신재생에너지 환경영향 구축</td><td>34</td></tr> <tr> <td>6. 하수슬러지 처리제동 고도화 및 가치제고체계 구축</td><td>35</td></tr> </table> </div>	1 녹색인프라 조성으로 쾌적한 물순환도시	7	1. 녹색인프라 조성 위한 물순환회복 기술훈련 수립	8	2. 최선 LID기법 적용 물순환시설 확충	9	3. 하수악취 없는 쾌적한 도시환경 조성	10	4. 물재생센터 시민친화 문화·녹색환경 중심지 조성	11	5. 차천길과 물레길 연계로 도심녹지 보행길 확장	12	2 시민이 행복한 현장 중심 안전도시	15	1. 돌발강우 대비 현장 중심의 풍수해 대책 추진	16	2. 방재성능 향상을 위한 저속적인 시설 확충	17	3. 물량/노후 하수관로 종합개선 추진	18	4. 하수관로 공사장 재해없는 현장 조성	19	5. 유출지하수 안전관리 및 활용까지 극대화	20	6. 물재생센터 안전관리 강화 및 근무환경 개선	21	3 지속가능하고 건강한 맑은 물도시	23	1. 미래환경 수요 대비 한강수질관리 종합대책 수립	24	2. 한강수질 개선을 통한 지역균형개발 총량 확보	25	3. 맑은 물 도시 조성 2040 하수도정비 종합계획 수립	26	4. 다각적 하수관로 관리에 통한 하천수질 개선	27	5. 물재생센터 수처리 기술 강화로 방류수질 개선	28	4 물순환 산업을 선도하는 혁신성장도시	29	1. 물재생센터 부지활용 종합적 마스터플랜 수립	30	2. 물산업 육성을 위한 클러스터 조성	31	3. 물산업을 선도하는 물순환 식인문화에 개화	32	4. 지역일 물순환자원화센터를 통한 최선 신기술 실증 확대	33	5. 물재생센터 신재생에너지 환경영향 구축	34	6. 하수슬러지 처리제동 고도화 및 가치제고체계 구축	35
1 녹색인프라 조성으로 쾌적한 물순환도시	7																																																				
1. 녹색인프라 조성 위한 물순환회복 기술훈련 수립	8																																																				
2. 최선 LID기법 적용 물순환시설 확충	9																																																				
3. 하수악취 없는 쾌적한 도시환경 조성	10																																																				
4. 물재생센터 시민친화 문화·녹색환경 중심지 조성	11																																																				
5. 차천길과 물레길 연계로 도심녹지 보행길 확장	12																																																				
2 시민이 행복한 현장 중심 안전도시	15																																																				
1. 돌발강우 대비 현장 중심의 풍수해 대책 추진	16																																																				
2. 방재성능 향상을 위한 저속적인 시설 확충	17																																																				
3. 물량/노후 하수관로 종합개선 추진	18																																																				
4. 하수관로 공사장 재해없는 현장 조성	19																																																				
5. 유출지하수 안전관리 및 활용까지 극대화	20																																																				
6. 물재생센터 안전관리 강화 및 근무환경 개선	21																																																				
3 지속가능하고 건강한 맑은 물도시	23																																																				
1. 미래환경 수요 대비 한강수질관리 종합대책 수립	24																																																				
2. 한강수질 개선을 통한 지역균형개발 총량 확보	25																																																				
3. 맑은 물 도시 조성 2040 하수도정비 종합계획 수립	26																																																				
4. 다각적 하수관로 관리에 통한 하천수질 개선	27																																																				
5. 물재생센터 수처리 기술 강화로 방류수질 개선	28																																																				
4 물순환 산업을 선도하는 혁신성장도시	29																																																				
1. 물재생센터 부지활용 종합적 마스터플랜 수립	30																																																				
2. 물산업 육성을 위한 클러스터 조성	31																																																				
3. 물산업을 선도하는 물순환 식인문화에 개화	32																																																				
4. 지역일 물순환자원화센터를 통한 최선 신기술 실증 확대	33																																																				
5. 물재생센터 신재생에너지 환경영향 구축	34																																																				
6. 하수슬러지 처리제동 고도화 및 가치제고체계 구축	35																																																				

<div data-bbox="273 1060 688 1089">1 녹색인프라 조성 위한 물순환회복 기반계획 수립</div> <div data-bbox="273 1093 695 1128">물순환기본계획(18.4)을 반영한 물환경 여건 및 정책연구를 반영한 물순환 계획 기반계획을 수립하여 쾌적한 물순환도시 조성 토대 마련</div> <div data-bbox="265 1141 354 1161">추진방향</div> <div data-bbox="265 1164 703 1184">기후변화와 도시화로 변화된 물환경을 회복하기 위한 정책 기반방향 제시</div> <div data-bbox="287 1186 681 1253">   </div> <div data-bbox="265 1257 629 1277">녹색인프라 환경조성을 위한 물순환도시 조성 체계 차질비</div> <div data-bbox="265 1286 354 1306">주요내용</div> <div data-bbox="265 1309 703 1495"> <ul style="list-style-type: none"> Mapping 기법으로 물순환 회복(가용) 물순환 회복계획 및 관리계획 설정 (Source) 5개 물순환회복(가용) 20개 물순환회복(가용) 3, 450개 물순환회복(가용) 물순환회복 물순환을 분석하여 물순환 회복 계획 도출 및 방류량 설정 방류량 조정을 통한 하천하상 침하(침하), 하천하상 침하(침하) 방지 대책 지속가능한 물순환 회복을 위한 제도개선 대안 발굴(하천, 하천, 방류 등) 시민·전문가·관계부서와 협업으로 실행력 있는 사업시행계획 마련(2019) 사업시행계획, 물순환회복(가용) 실행계획, 물순환회복(가용) 사업의 참여율 향상 녹색인프라 안전국가를 위해 인공하천 다 수역에 대한 '안전'을 위한 대책 마련 도출 : 1. 물순환회복(가용) 물순환회복(가용) 기법 적용 (도시계획, 하천, 하천) 2. 인공하천 안전국가를 위한 인공하천 다 수역에 대한 '안전'을 위한 대책 마련 </div> <div data-bbox="265 1499 354 1518">향후계획</div> <div data-bbox="265 1522 606 1541">서울시 물순환 회복 기반계획 확충 및 발표 : '20. 10.</div> <div data-bbox="265 1543 703 1562">[참고자료] 물순환회복(가용) 물순환회복(가용) 기법 적용 (도시계획, 하천, 하천)</div>	<div data-bbox="799 1051 1200 1079">2 최선 LID 기법 의무 적용 물순환시설 확충</div> <div data-bbox="799 1083 1267 1118">공공 기반시설에 물순환 개념 도입을 서울특별시 물순환회복(가용) 최선 LID 기법 적용을 통한 물순환도시 조성</div> <div data-bbox="799 1128 888 1147">추진방향</div> <div data-bbox="799 1151 1163 1190"> <ul style="list-style-type: none"> 서울특별시 물순환회복(가용) 최선 LID 기법 적용 공공 및 도시개발 사업과 연계한 물순환시설 전면 확충 </div> <div data-bbox="799 1199 888 1219">주요내용</div> <div data-bbox="799 1222 1267 1476"> <ul style="list-style-type: none"> (공공) 도로·공원·공원건축물 등 사회기반시설에 물순환(인프라) 기법 적용 (민간) 상공 건축물에서 녹색인프라 적용 의무 사항 20개에 이상 모든 건축물에서 LID기법(가용) 적용 등 의무 적용 물순환회복을 위한 시민참여(가용) 교육(가용) 사업 및 시설 보급 확대 도시 하천하상 침하(침하) 기법 적용 (도시계획, 하천, 하천) 물순환회복(가용) 기법 적용 (도시계획, 하천, 하천) </div> <div data-bbox="799 1479 888 1499">향후계획</div> <div data-bbox="799 1503 1245 1541"> <ul style="list-style-type: none"> 서울특별시 물순환회복(가용) 최선 LID 기법 적용 '서울특별시 물순환회복(가용) 최선 LID 기법 적용' 연구 : '20. 10. </div> <div data-bbox="799 1543 1267 1562">[참고자료] 물순환회복(가용) 물순환회복(가용) 기법 적용 (도시계획, 하천, 하천)</div>
---	---

한편 서울시 외에도 부산광역시, 광주시, 전주시, 당진시 등도 제기된 목적은 다르지만 물순환도시라는 목표를 가지고 LID 기법을 도입하는 모습을 보여주고 있다. 이는 아래 [그림 2-4]를 통해 확인할 수 있다.

[그림 2-4] LID 기법 및 물순환도시 시행을 알리는 각종 기사들 (Naver 뉴스 검색, 2020)



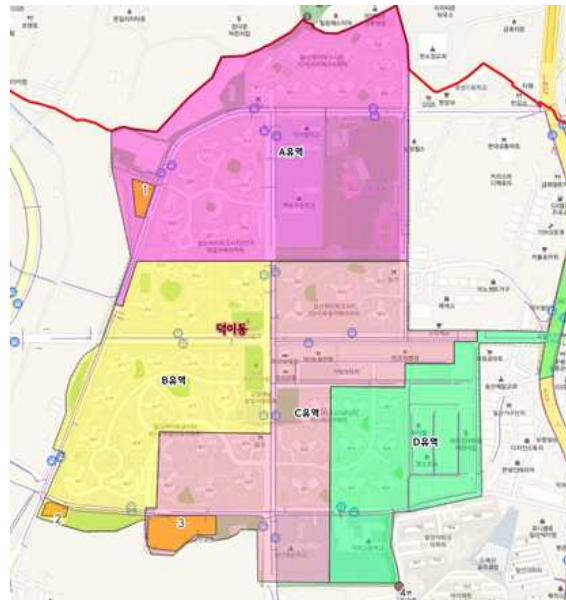
이런 상황에서 고양시 또한 물순환도시라는 개념을 수용하고 관련 조례나 정책을 세워야 한다는 점은, 현 민선 7기의 핵심 방향성 중 하나인 친환경 도시와도 부합하기에 고양시가 적극적으로 나설 필요성이 있음을 보여주고 있다.

제2절 고양시 비점오염 저감시설 현황

현재 고양시 내에는 15개의 비점오염 저감을 위한 시설이 있으며 이전 연구에서 고양시에 도입할 것을 권고한 시설인 자연형 LID 시설은 3개이다. 이 외에도 삼송택지개발지구에 설치된 32개의 시설을 인수할 예정이다. 자세한 현황은 다음 [그림 2-7]을 살펴보면 확인할 수 있다.

이 중 자연형 LID시설은 3개소로서 일산서구의 택지지구인 덕이지구 일원에 분산 배치되어 있으며 3개 다 식생저류지 형태의 시설로 우수가 LID 관(고양시에서는 우수관으로 취급하고 있음)을 통해 저류지에 비점오염물질과 혼입되면 저류지 내에 있는 식생의 흡착 및 토양흡착, 침전 등의 현상을 바탕으로 비점오염물질을 내부에서 고정 및 정화하여 최종적으로 물은 인접한 수계 및 하루종말처리장으로 보내 최종 처리하는 방식이다. 아래 [그림 2-5]는 덕이지구 내 LID 시설의 분포를 나타내는 지도데이터이며 이후 등장하는 [그림 2-8]은 LID 시설의 모습을 촬영한 이미지이다.

[그림 2-5] 덕이지구 내 LID 시설의 분포



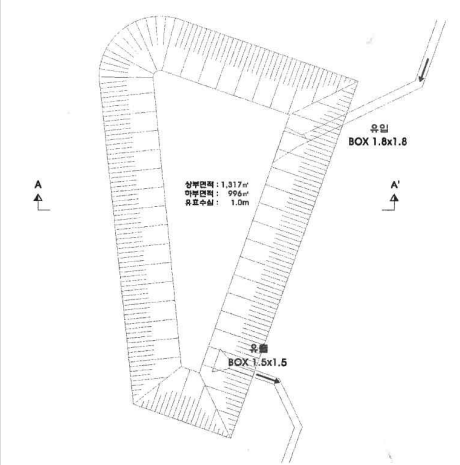
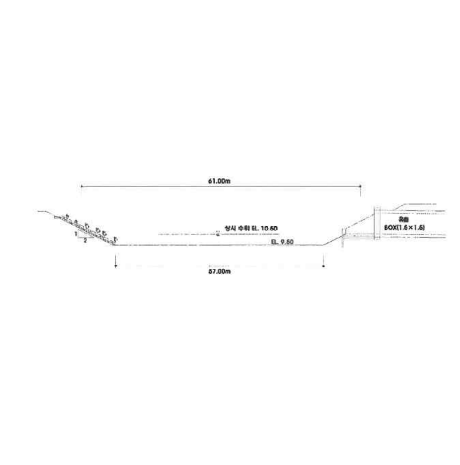
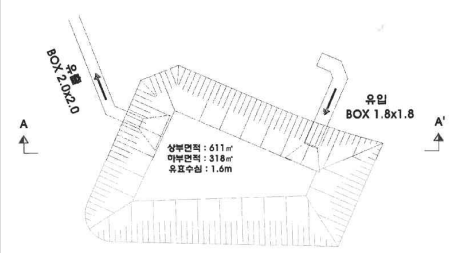
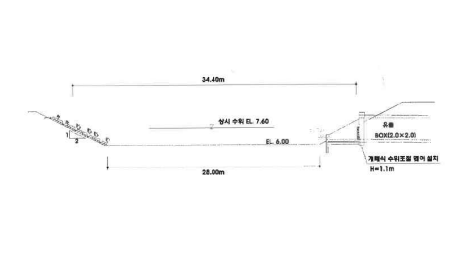
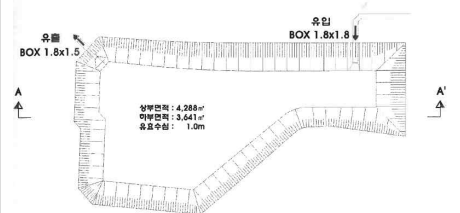
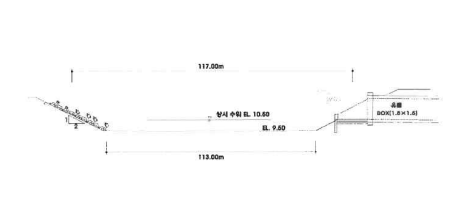
한편 [그림 2-5]에서 1~3번은 식생저류지 형태의 시설이며 4번 시설은 장치(저류)형 시설이다. 다음 [그림 2-6]에서의 12~15번 시설에 해당한다. 한편 각 시설의 상세 제원은 다음 [표 2-1] 및 [표 2-2]와 같다.

[표 2-1] 저류시설(그림 2-5의 1~3번 지점)의 상세 제원

구분		저류시설		
		1지점 (SGD 2)	2지점 (SGD 1)	3지점 (SGD 3)
배수면적 (ha)		21.01	13.98	20.44
우수유출량 (Qm ³)		1,050.82	698.96	1,022.29
저류지	바닥면적 (m ²)	996	318	3,641
	바닥표고 (EL.m)	9.50	6.00	9.50
	마루표고 (EL.m)	14.50	10.50	14.00
	퇴사위 (EL.m)	10.50	7.60	10.50
	최고수위 (EL.m)	13.32	9.30	12.79
	사면경사 (비)	1:2	1:2	1:2
설계 용량	저류용량 (m ³)	1,171	743	4,146
	홍수조절용량 (m ³)	5,409	1,959	12,744
	필요용량 (m ³)	6,580	2,140	16,890
	여유용량 (m ³)	3,322	1,433	8,269
	시설용량 (m ³)	9,902	3,573	25,159
방류구	BxH@런	2.0x2.0@1	1.5x1.5@1	1.8x1.5@1

한편 저류형 시설(그림 2-5의 1~3번 지점)의 단면도는 다음 [그림 2-6]과 같다.

[그림 2-6] 저류시설 평면도 및 단면도

지점	평면도	단면도
1지점		
2지점		
3지점		

또한 시설별로 유역면적 및 토지 이용 등은 아래 [표 2-3]과 같다.

[표 2-3] 시설별 토지 이용 등의 특성

식생저류지	장치형 시설
<ul style="list-style-type: none"> ·유역면적: 139,800m² (B유역) ·토지이용: 주거지역(아파트), 도로 및 공원 ·설계강우량: 누적유출고 5mm ·시설설계용량: 698.96m³ 	<ul style="list-style-type: none"> ·유역면적: 110,000m² (D유역) ·토지이용: 주거지역(아파트), 도로 및 공원 ·설계강우량: 누적유출고 5mm ·시설설계용량: 698.96m³
<ul style="list-style-type: none"> ·특이사항: 인점 LID시설로부터 유출수가 유입 	<ul style="list-style-type: none"> ·특이사항 <ul style="list-style-type: none"> - 지하화 시설 - By-pass 시설 없음

[그림 2-7] 고양시 내 LID 시설의 현황

연번	시군	위치	개발사업명	시설명	처리방법	초기 우수량 (㎥/일)	규격(m) (WxLxH)	처리용량 (㎥/일)	
1	고양시	일산서구 대화동 1396	한국국제전시장 2단계(3개)	장지형	스크린형		2.5x6.75x5.5	1300	
2				장지형	스크린형		1.6x3.0x3.4	250	
3				장지형	스크린형		2.4x4.6x3.5	916	
4			덕양구 원흥동, 도내동, 용두동일원	고양원흥주택지구 조성사업(8개)	장지형	여과형	149	3.1x4.1x3.0	149.5
5					장지형	여과형	321	3.3x5.75x3.2	321
6					장지형	여과형	457	3.3x7.0x3.5	457
7			일산서구 덕이동 일원	고양덕이지구 도시개발사업(4개)	장지형	여과형	1,579	4.96x13.86x4.6	1579
8					장지형	여과형	677	3.3x9.05x3.8	677
9					장지형	여과형	442	3.3x6.9x3.9	442.5
10			상송지구	상송택지개발지구	장지형	여과형	314	3.3x5.7x3.6	314
11					장지형	여과형	247	3.3x5.1x3.2	247.5
12					장지형	여과형	545	18.6x1.82x2.32	550
13			LID	저류형 A	저류형	735	-	-	
14				저류형 B	저류형	1,075	-	-	
15				저류형 C	저류형	1,105	-	-	
16 ~ 48				장지형	여과형	-	-	인수 예정	

[그림 2-8] 덕이지구 내 LID 시설(좌측 상단부터 시계방향으로 1, 2, 3, 4번 시설)



제3절 성능 평가기준의 선정

LID 시설의 경우, 강우 시 강우유출수와 함께 비점오염 물질(부유물질 및 쓰레기 등)이 지속적으로 유입되면서 여러 가지 설계 인자들의 변화가 일어난다. 이와 같은 상황은 LID 시설의 효율 감소를 초래하고 결과적으로 계획한 효율을 안정적으로 확보하지 못하는 상황이 발생한다. 따라서 지속적인 성능 평가 모니터링을 바탕으로 설치한 LID 시설에 대한 효율 평가를 실시해야 한다. 또한 효율 모니터링은 추후 유지 및 관리 방안 수립에 중요한 기초자료로 활용될 수 있기에 LID 시설 운용에 있어 중요한 부분을 차지한다. [그림 2-9]는 2018년 LID 시설에 대해 성능 평가를 실시한 성능평가 자료로 그림에서도 확인 할 수 있듯이, 강우 중 2회 (유입수 1회, 유출수 1회) 샘플링을 실시하여 BOD²⁾와 SS 농도³⁾를 측정하여 성능 평가를 실시한다. 해당 평가 결과를 보면, BOD와 SS의 저감 효율은 각 각 11.1% ~ 81.8%과 6.7% ~ 8.0%의 범위를 보였다(단, 음의 효율 제외). 참고로 비점오염 저감시설에 대한 법적 방류 기준은 따로 존재하지 않으나, 권고사항으로 SS 제거 효율 80%가 제시되고 있다. 즉, 고양시 LID 성능 평가 결과와 비교하면, 현재 운영 중인 LID 시설의 효율은 권고 효율의 약 10% 정도 수준으로 볼 수 있다. 이는, 현재 운영 중인 LID 시설은 안정적으로 운용되고 있지 않거나 효율성이 상당히 떨어진다고 할 수 있다.

2) 생화학적 산소 요구량(Biological Oxygen Demand)의 약자로 호기성 미생물이 일정 기간 동안 물 속에 있는 유기물을 분해할 때 사용하는 산소의 양을 말한다. 보통 물의 오염된 정도를 표현할 때 사용하는 지표이다. (두산백과)

3) 부유물질량(Suspended Solid)의 약자로 일정량의 물 속에 부유하고 있는 물질의 양이며, 수질조사의 한 지표로 사용된다.. 단위는 ppm으로 나타낸다. (농촌진흥청, 농업용어사전)

[그림 2-9] LID 성능 평가 모니터링 결과 보고 (환경부, 2018)

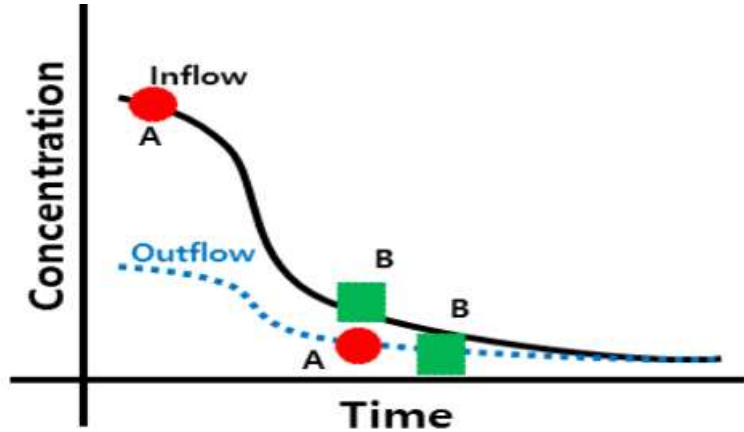
(두레-18082901)

수질측정기록부										
의뢰인	상호(기관명)	고양시청								
	소재지(주소)	경기도 고양시 덕양구 고양시청로 10								
의뢰내용	대표자(의뢰인)	고양시								
	환경기준연	해당없음								
	측정용도	참고용								
	대상시설명 (측정지점)	고양시 비점오염시설 (한국지역난방공사 회 7지점)								
자료제공	의뢰항목	BOD 외 1항목								
	채취용기 및 수량	Polyethylene 2L								
	채취자의 의견	특이사항 없음.								
	채취일시	2018.08.29								
측정분석결과	측정항목	측정분석소								
		한국 지역난방공사 (전화번호2708)		덕이교등학교 (덕이동381-8)		컨택스 컨퍼런스 (전화번호2705)		아파트 브레이크더스 (전화번호2705)		
		유입수	유출수	유입수	유출수	유입수	유출수	유입수	유출수	
	BOD (mg/L)	1.1	0.2	2.5	1.8	3.2	3.5	2.7	2.4	수질오염공정시험기준 ES 04305.1c, 여과법
	SS (mg/L)	13.5	15.3	31.2	29.1	23.8	21.9	31.9	38.4	수질오염공정시험기준 ES 04303.1b, 여과법
	분석기간	2018.08.29 ~ 2018.09.05				분석책임자		전 미 -		
종합의견		분석 시 특이사항 없음.								
위와 같이 측정분석결과를 사실대로 기록합니다.										
2018년 09월 05일										
상 호 : (주)두레환경건설										
소재지 및 연락처 : 경기도 남양주시 경춘로 982(금곡동,3층)										
(031) 559-6230										
대표자 성명 : 최성규 (서명)										

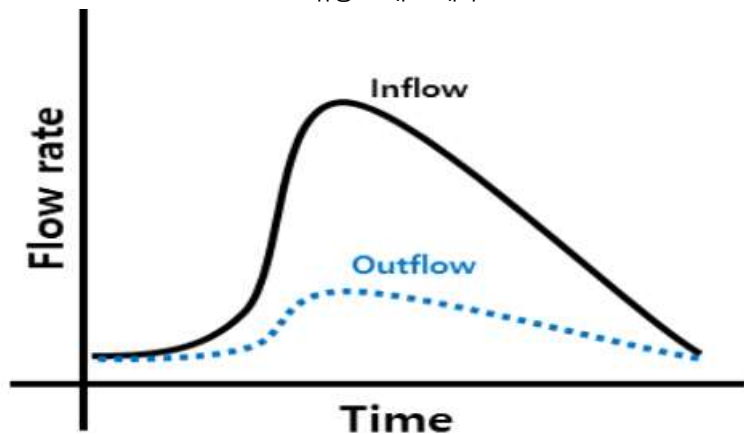
하지만, 이와 같은 성능 평가는 근본적인 문제점을 내포하고 있다. 바로 단순 농도를 기반으로 성능 평가가 이루어지기 때문에 실시간으로 변화하는 강우의 특성을 반영하지 못한다는 것이다. 이는 [그림 2-10]의 비점오염 저감시설 강우 모니터링 특성 그래프 예시를 통해 설명 될 수 있다. 해당 예시 그래프는 불투수면적의 비율이 높은 도로 및 도심지역의 강우 모니터링 특성 그래프이며, 해당 지역의 전형적인 유출 특성인 초기 강우 현상을 예시에 반영하였다. 여기서, 초기 강우 현상이란 투수계수가 높은 불투수 토지 이용 지역의 전형적인 강우 유

출 특성으로 유량과 관계없이 강우 초기 고농도의 오염물질이 유출되는 현상을 의미한다. 만약, 유입수와 유출수를 샘플링한 시점이 'A'라고 가정할 경우, 본 시설은 높은 저감 효율을 보일 것이다. 하지만, 샘플링 시점이 'B'일 경우, 본 시설은 상대적으로 낮은 저감 효율을 보일 것이다. 단순 농도를 기반으로 성능 평가를 실시한다면, 동일한 강우에서 샘플링 시점에 따라 그 효율 변화 폭 변화가 크다. 또한, 실시간으로 변하는 유량을 고려하지 못하여 낮은 농도에 고유량이 유출되는 경우와 높은 유량에 저유량이 유출되는 경우와 같은 상황에 정확한 분석을 실시할 수 없다. 따라서, 현재 실시하고 있는 단순 농도 기반 효율 평가는 실제 강우 유출의 특성을 반영하지 못하는 문제점으로 LID 시설 효율 평가에 적합하지 않은 평가 방법이다.

[그림 2-10] 비점오염 저감시설 강우 모니터링 그래프 예시



(a) 유량 그래프 예시



(b) 농도 그래프 예시

비점오염 연구는 기본적으로 자연현상인 강우를 대상으로 연구가 이루어지기 때문에 불확실성이 매우 큰 분야이다. 이와 같은 불확실성을 최소한으로 하는 것은 현장 강우 모니터링 비점오염 연구에서 중요한 부분을 차지한다. 특히, 1회 모니터링을 실시하더라도 강우 유출 초기부터 강우 유출 종료시까지 샘플링을 실시하고 단순 농도만이 아닌 강우유출수 유입·유출 유량, 농도 측정을 위한 시료 채취, 토양 투수속도 및 실시간 강우 발생 현황 등을 측정한다. 이후 이를 바탕으로 다음과 같은 7가지 방법을 통해 효율 분석을 실시한다. 제시한 효율 평가 방법은 강우 사상, 강우 빈도, 강우유출수 유량, 샘플링 간격, 식생 피도 및 농도 등을

인자로 효율을 산정한다. 즉, 다양한 인자 수치를 측정한 후 이를 기반으로 LID 시설의 효율 평가가 이루어지는 것이라 할 수 있다. 현재, 가장 보편적으로 활용되고 있는 방법은 오염부하량을 기반으로 시설 성능평가가 이루어지는 SOL 방법이지만, 시설 특성, 목적 및 종류 등을 기반으로 해당 조건에 적합한 효율 평가를 실시한다. 따라서 고양시 LID 시설도 이와 같은 점을 고려하여 정밀한 강우모니터링 자료를 기반으로 공학적 성능 평가가 필요하다.

- ▶ ER (Efficiency Ratio) → 강우 사상별 저감효율 산술 평균 효율
- ▶ ROF (Rainfall of Frequency) → 강우 계급별 발생빈도 고려 효율 산정
- ▶ SOL (Summation of Loads) → 오염저감량 기반 효율 산정
- ▶ SOLF (Summation of Loads as rainfall of Frequency) → 오염저감량 기반 발생빈도 고려 효율 산정
- ▶ ROL (Regression of Loads) → 추세선 기반 효율 산정
- ▶ ROL (Regression of Loads as rainfall of Frequency) → 추세선 기반 발생빈도 고려 효율 산정
- ▶ EOVS (Efficiency of Vegetation coverage ratio) → 식생 피도 기반 효율 산정

제4절 고양시 내 비점오염 저감시설 성능 평가

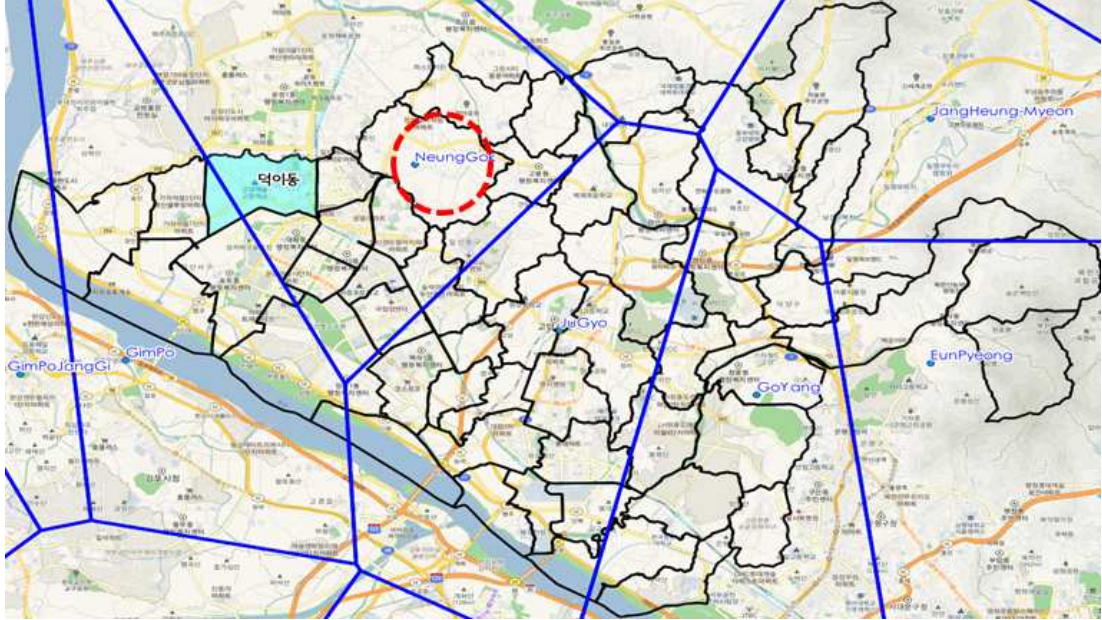
1. 강우 관련 데이터의 수집

비점오염 저감시설의 성능을 평가하기 위해서는 우천상황이 뒷받침되어야 한다. 이는 비점 오염물질이 우수와 함께 이동하는 특성에 기인하는데 따라서 본 연구에서는 우천 이후 3일 내의 날짜를 선정하여 측정하였다. 또한 측정상의 변수를 파악하기 위해 덕이동의 기상 상황에 대해서 사전 점검하였다. 이를 위해 덕이동의 기상 상황을 가장 잘 보여주는 능곡 AWS(자동 기상관측소)의 데이터를 바탕으로 2010년부터 현재까지의 기상 관련 자료를 습득한 뒤 강우 관련 자료를 정리하였다. 능곡 AWS의 선정은 고양시 내부 및 인근에 있는 AWS의 위치를 표기한 후 Voronoi's Polygon을 활용하여 이루어졌으며 해당 결과는 다음 [그림 2-11]과 같다. 한편 능곡 AWS를 통해 파악한 강우 특성은 다음 [그림 2-12]와 같다.

고양시의 경우 대륙성 기후와 해양성 기후의 영향을 동시에 받으며 한국의 전형적인 기후 특성에서 크게 벗어나지 않는다. 따라서 7~9월에 강우가 집중되는 특성을 보인다. 올해(2020년)의 경우 강우 특성을 파악한 2010년 이래로 최대의 연간 강우량이 발생하였으나 최대 일 강우량은 과거 대비 상대적으로 낮은 수준을 보여주었다. 즉 비가 자주 왔으며 강우량이 과거 대비 많지 않았음을 알 수 있다.

한편 측정은 7월 12일, 7월 19일 및 11월 18일에 이루어졌다. 이 당시의 강우 관련 상황은 아래 [그림 2-13]과 같다.

[그림 2-11] Voronoi's Polygon을 활용한 덕이동의 기후현상을 잘 설명하는 AWS의 선정



[그림 2-12] 고양시의 강우 특성

▷ 년 강우 특성 분석

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
연간 강우량 (mm)	1,805	1,725	1,280	1,248	699	740	1,056	869	1,305	952	1,470
강우일수 (일)	101	87	82	100	73	76	72	66	81	75	83
최대일우량 (mm)	162	218	95	154	58	92	119	148	154	160	118
강우량 비중	13.7%	13.1%	9.7%	9.5%	5.3%	5.6%	8.0%	6.6%	9.9%	7.2%	11.2%

▷ 월 강우 특성 분석

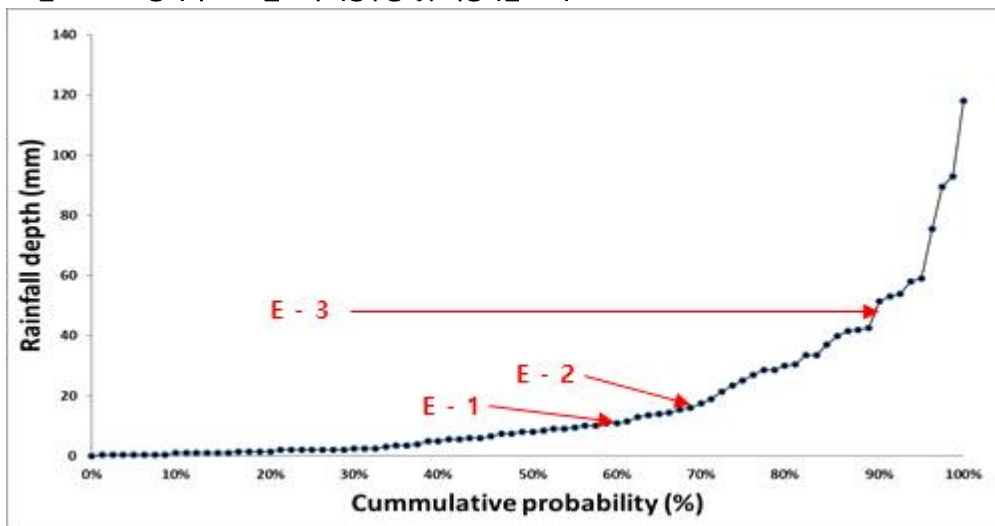
	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월
월 강우량 (mm)	55	42	11.5	13.5	95	113.5	259	648	160	0.5	72
강우일수 (일)	2	9	3	3	9	9	14	19	9	1	5
최대일우량 (mm)	42	14.5	9.5	9	37	41.5	89.5	118	54	0.5	51.5
강우량 비중	3.7%	2.9%	0.8%	0.9%	6.5%	7.7%	17.6%	44.1%	10.9%	0.0%	4.9%

[그림 2-13] 측정 시기의 강우 특성

	Date	ADD (d)	Total Rainfall (mm)	Duration Time (hr)	Ave. Rainfall intensity (mm/hr)	Max. Rainfall intensity (mm/hr)	Sample (Inflow)	Sample (Outflow)
Event 1	2020.07.12	11	12.5	7.0	1.8	4.5	12	12
Event 2	2020.07.19	5	17.0	4.0	4.3	6.0	12	12
Event 3	2020.11.18	16	51.5	10.0	5.2	15.5	12	12

비점오염물질이 적은 양의 강수에서는 유의미한 이동을 보여주지 못할 가능성이 높기에 시간당 3mm 이상일 때 측정하였다(Event 1은 비교를 위한 독립변수로서의 기능을 하도록 설정). 이러한 강우량은 고양시의 2020년도 누가강우량으로 봤을 때 60% 이상의 강우량을 보여주고 있다. 이는 아래 [그림 2-14]에 나타나 있다.

[그림 2-14] 고양시의 2020년도 누가강우량 및 측정시점 표기



2. 측정 방법

이번 측정의 단계는 1단계로 유량 및 탁도의 측정, 2단계로 식생체류지 및 장치형 시설의 시료 채취, 3단계로 시료의 분석 순으로 이루어졌다. 1단계의 측정을 위해서 유량계로 ISCO 2000이 사용되었으며 탁도계는 TN-100 모델이 사용되었다. 아래 [그림 2-15]는 해당 장비들의 사진이다.

[그림 2-15] 이번 측정에 사용된 유량계 및 탁도계

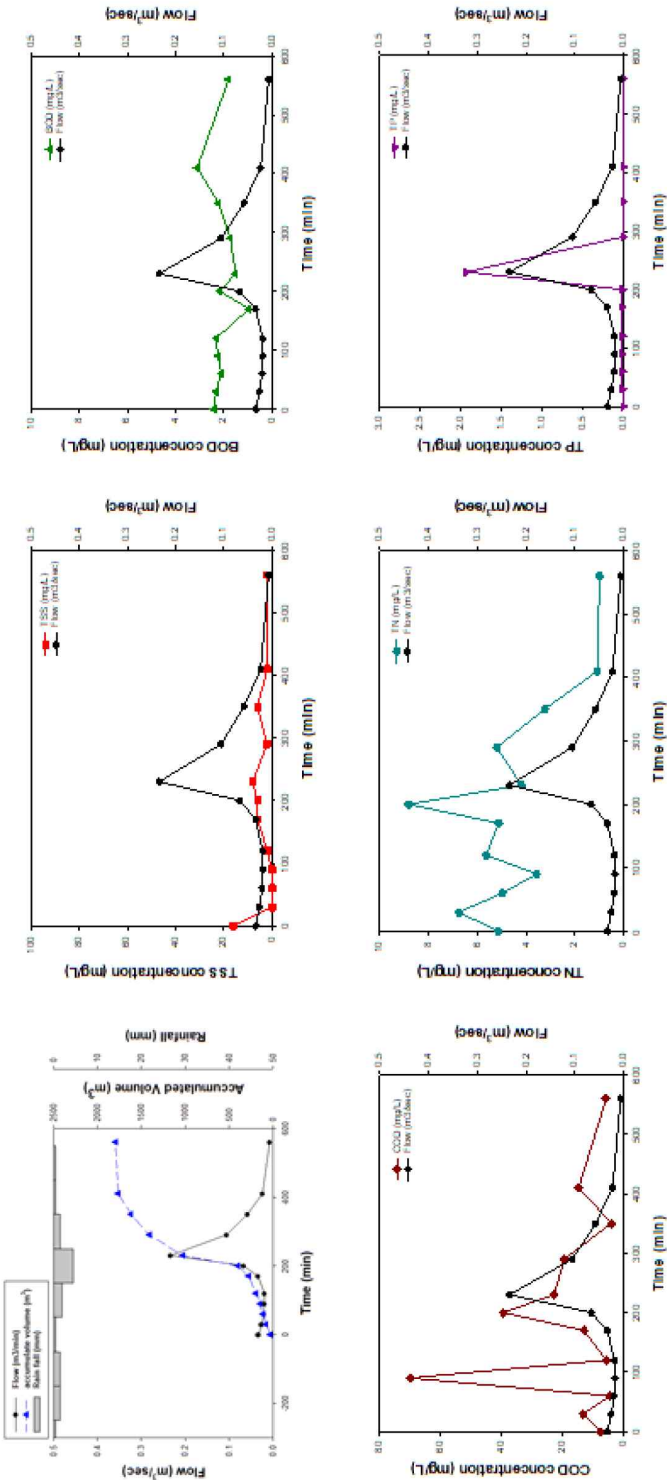


한편 시료의 경우 각 측정시점마다 10분의 시간차를 두고 유입부와 유출부에서 각각 12개의 샘플을 채취하였다. 채취된 샘플은 실험장소로 즉각 보내져 수행사에서 각종 오염인자를 측정하였으며 측정결과를 받아 비점오염 저감시설의 효과 및 효율 등을 분석하였다.

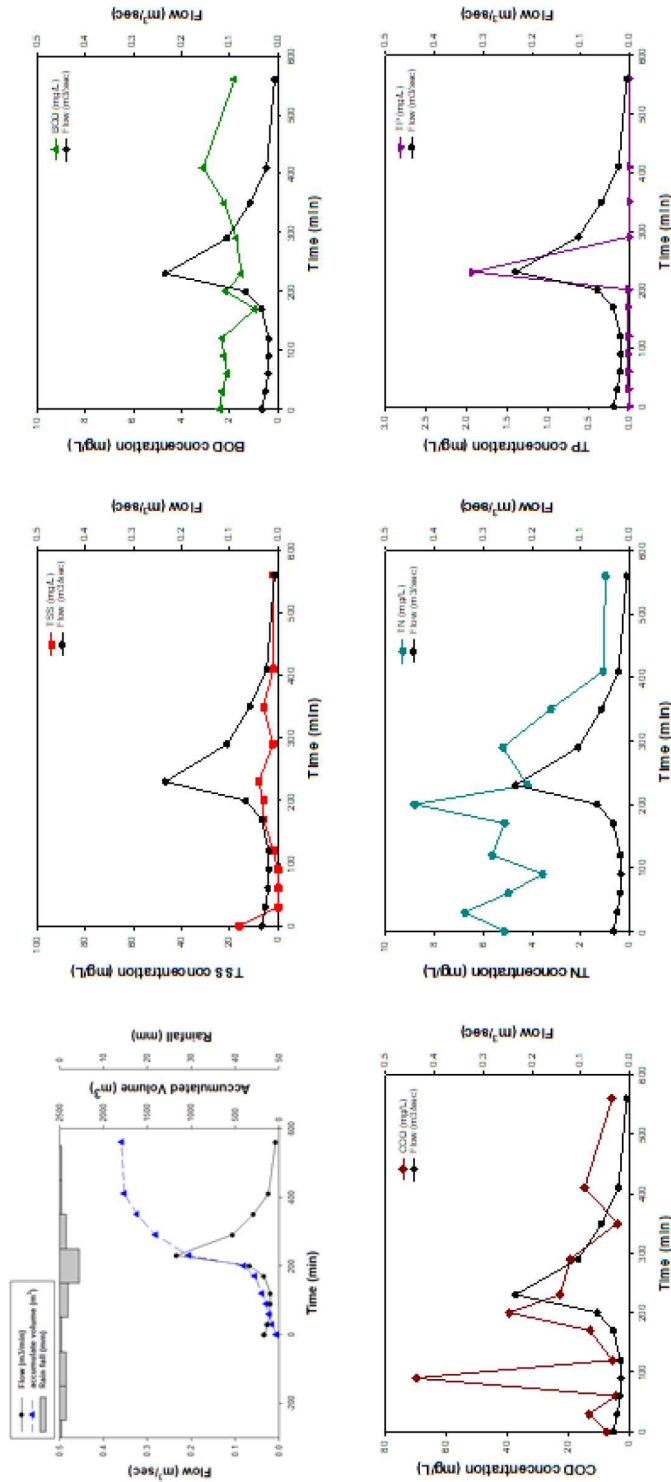
3. 강우 모니터링 상의 유출 특성

이번 측정 시기의 비점오염물질의 유출 특성을 바탕으로 Hydro-pollute Graph를 작성하였다. 해당 결과는 시간순으로 작성되었으며 시간에 따른 TSS, BOD, COD, T-N, T-P를 측정하였다. 해당 결과는 앞서 언급했는 초기 유입/유출시와 후기 유입/유출시마다 차이가 있음을 확인하였으며 이 결과를 바탕으로 LID 시설 및 장치형 시설의 효과를 확인하였다. 우선 식생체류지의 각 사상별 유입과 유출에 따른 그래프는 아래 [그림 2-16] ~ [그림 2-21]에 표현하였고 이를 해석한 결과가 [그림 2-22]이다.

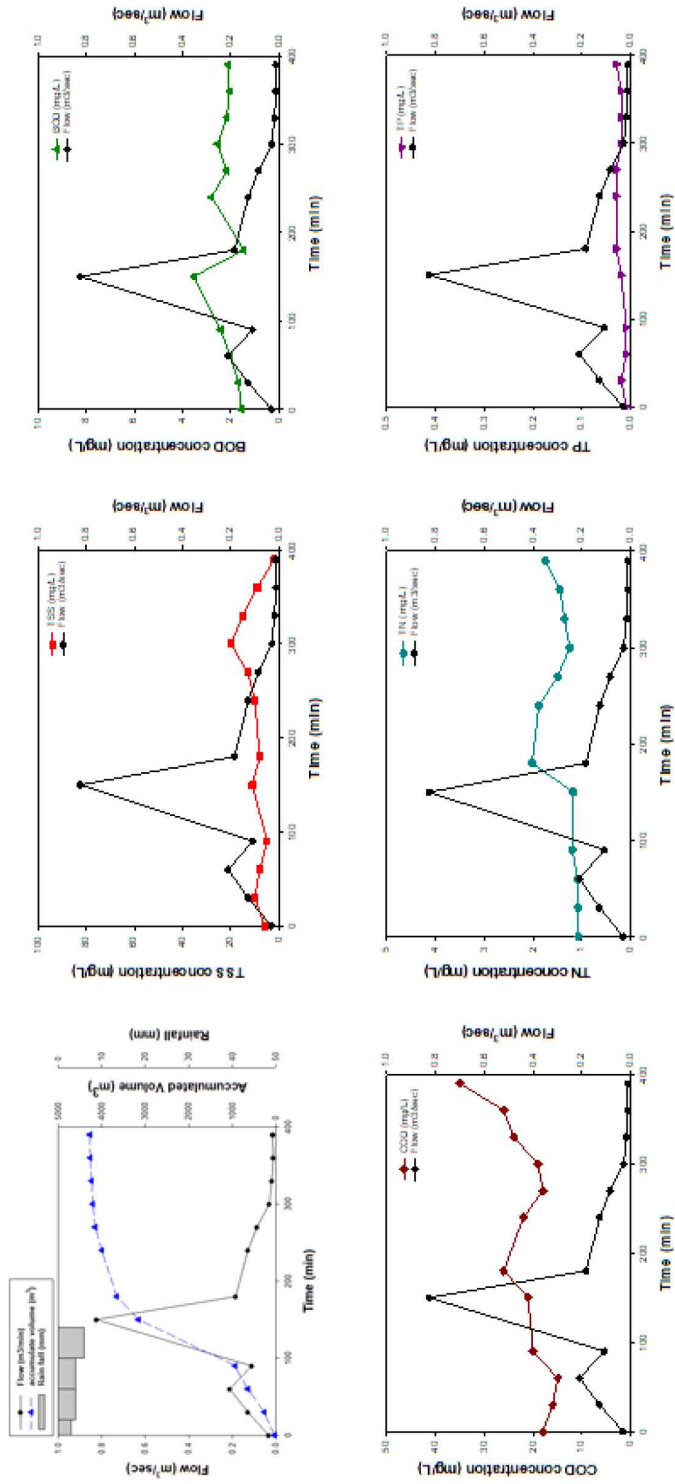
[그림 2-16] Event 1 - Inflow Hydro-Pollute Graph (Bio-retention)



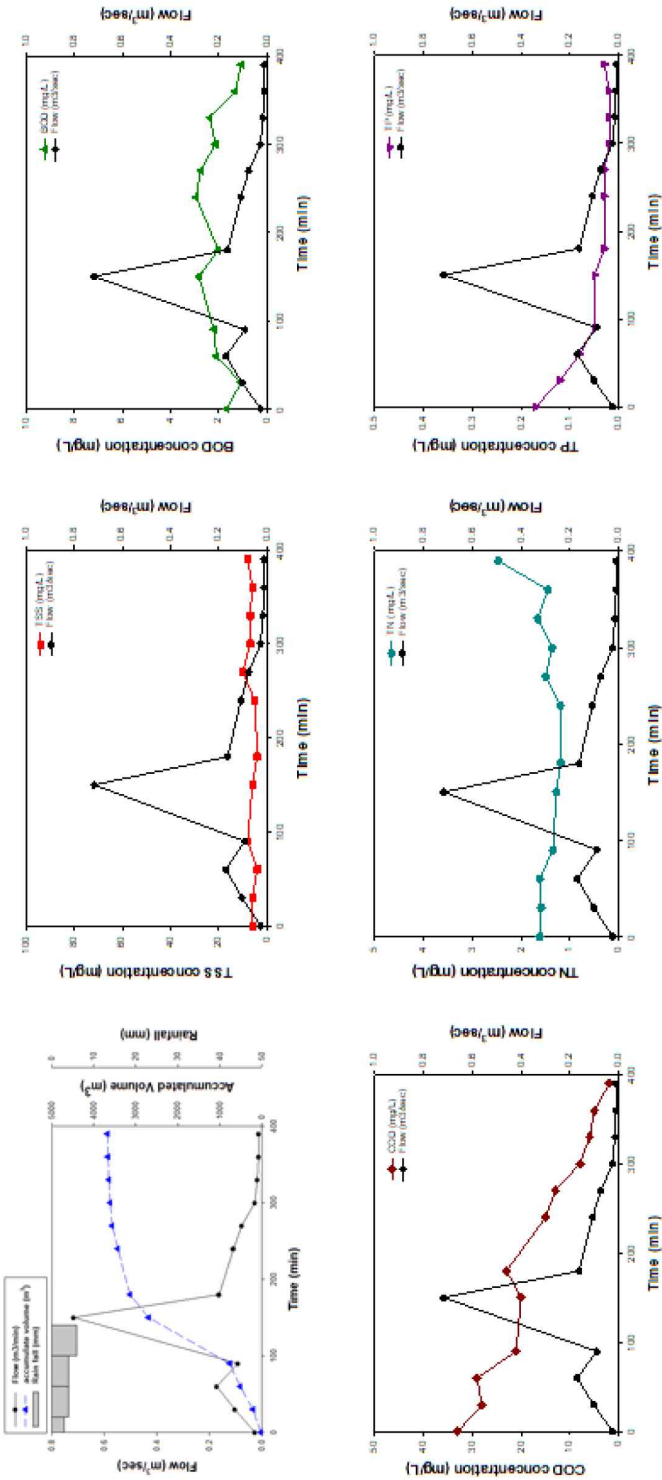
[그림 2-17] Event 1 - Outflow Hydro-Pollute Graph (Bio-retention)



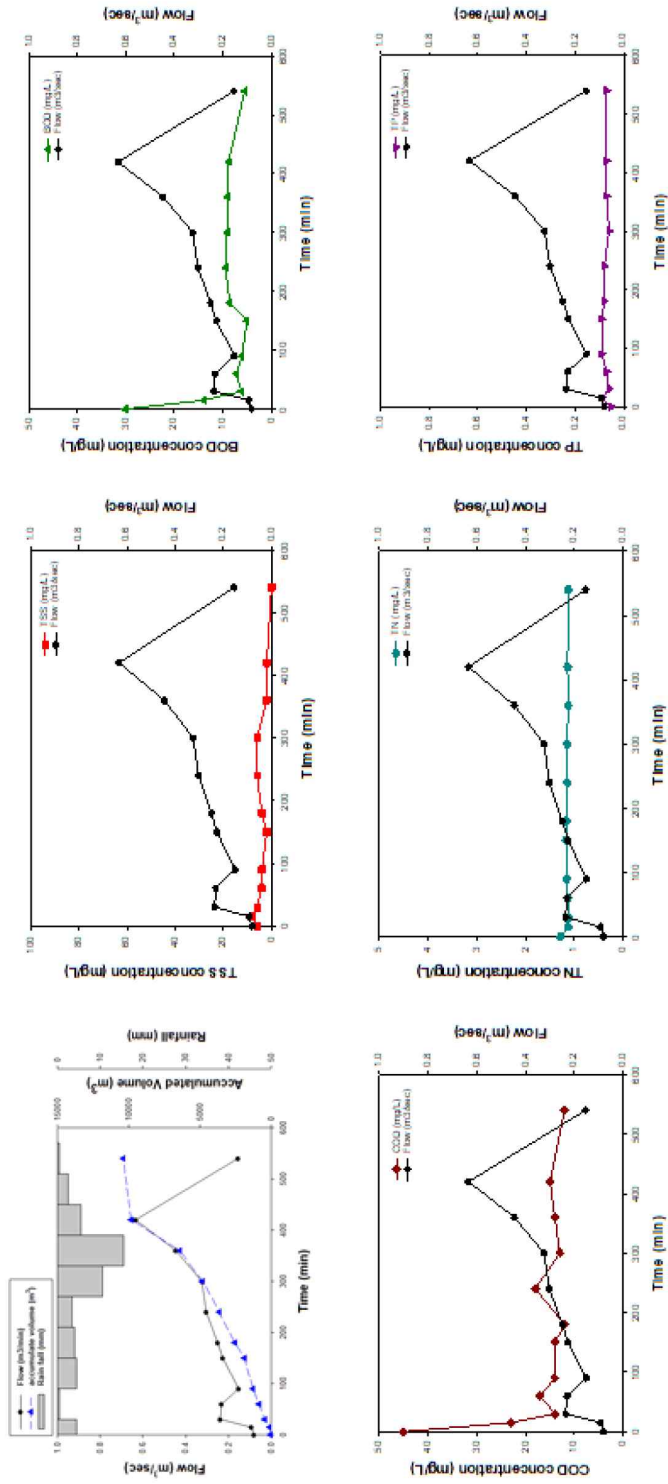
[그림 2-18] Event 2 - Inflow Hydro-Pollute Graph (Bio-retention)



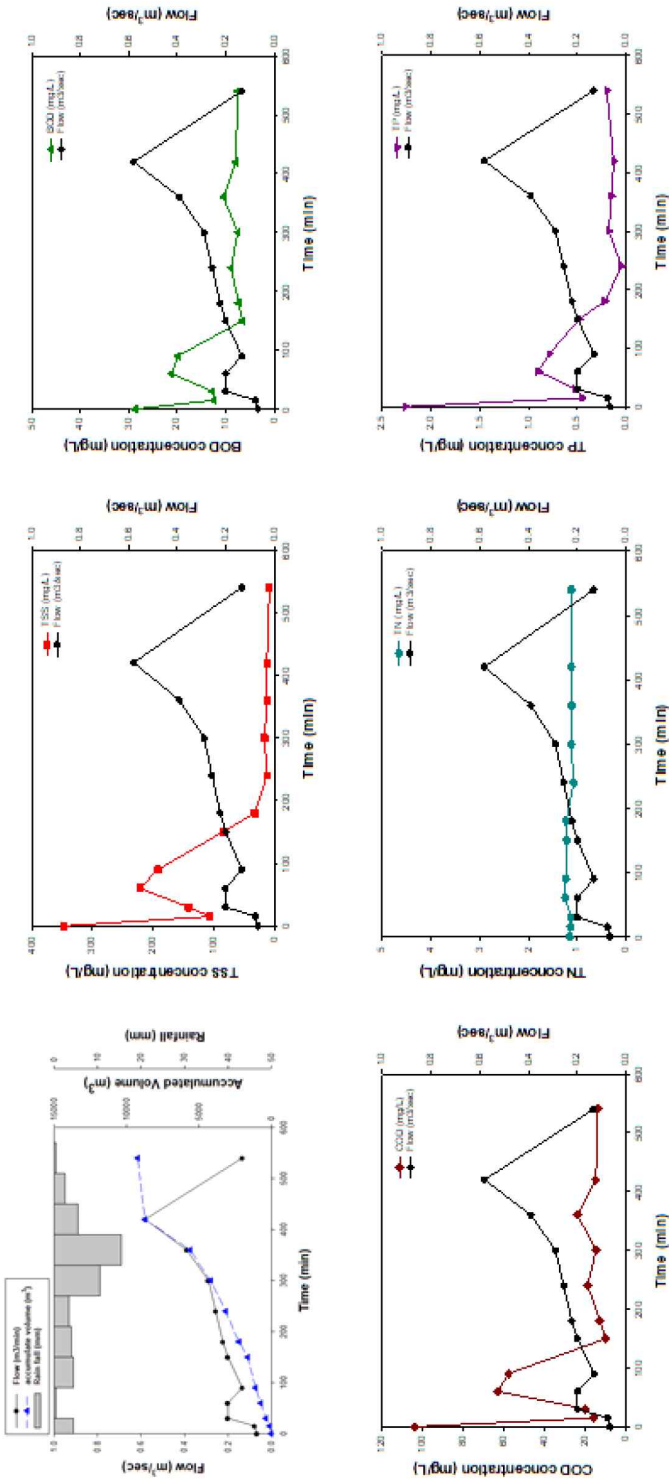
[그림 2-19] Event 2 - Outflow Hydro-Pollute Graph (Bio-retention)



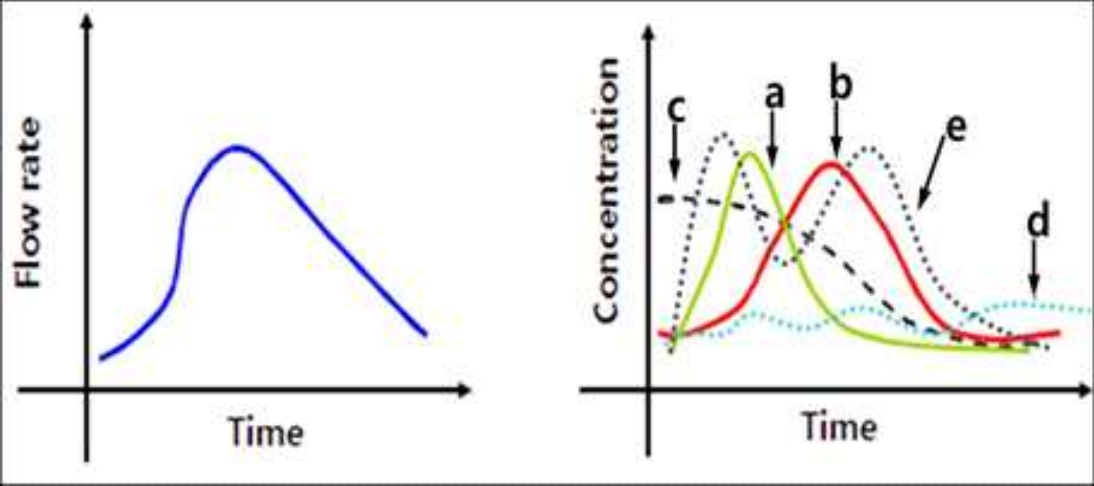
[그림 2-20] Event 3 - Inflow Hydro-Pollute Graph (Bio-retention)



[그림 2-21] Event 2 - Outflow Hydro-Pollute Graph (Bio-retention)



[그림 2-22] 시간에 따른 비점오염물질의 유출 특성을 나타낸 그래프



[그림 2-22]는 시간대에 따른 유출 곡선을 따라서 유출 특성을 해석 방향을 알려주는 프레임으로 우측 그래프의 a의 경우 초기 물빠짐에 의한 효과, b는 흐름과의 연관성, c는 희석 효과, d는 무작위 효과(연관성이 희박함), e는 두가지 봉우리를 나타내는 특성을 보인다고 해석하면 된다.

이번 식생체류지의 특성 분석 결과는 아래 [그림 2-23]과 같다.

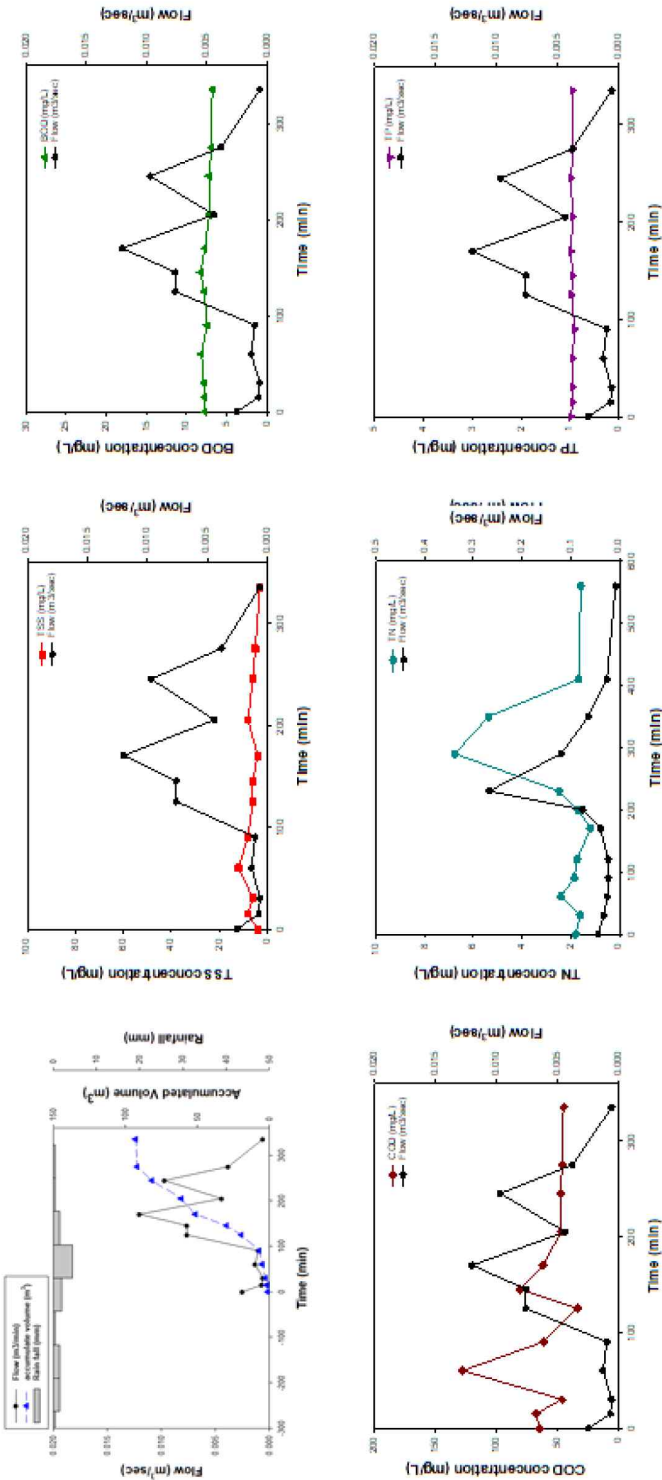
[그림 2-23] 식생체류지 결과값 해석

Pollutant	Runoff Characteristic					Type
	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	
TSS				1	2	(e)
BOD		1		2		(d)
COD	1				2	(e)
TN		2			1	(b)
TP		1		2		(d)

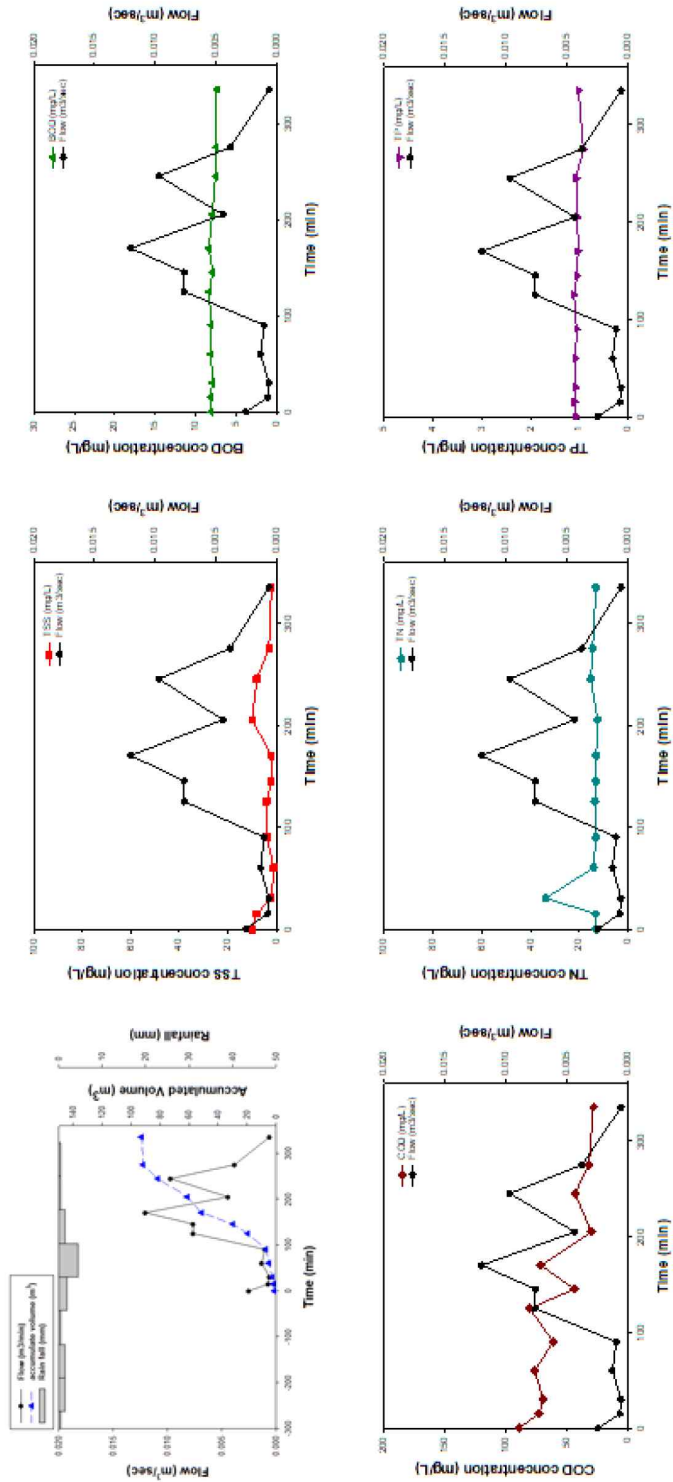
결과값을 보면 T-N은 제외한 값이 d, e 타입으로 나왔음을 알 수 있다. 이는 타 LID 시설에서의 유출수가 유입되었거나 복합적인 토지 이용의 결과로 해석할 수 있다.

한편 이번에는 비교군인 장치형 시설의 유출 특성 및 효과를 측정해 보았다. 해당 결과값은 아래 [그림 2-24] ~ [그림 2-29]까지이며 [그림 2-30]은 그 결과값의 해석이다.

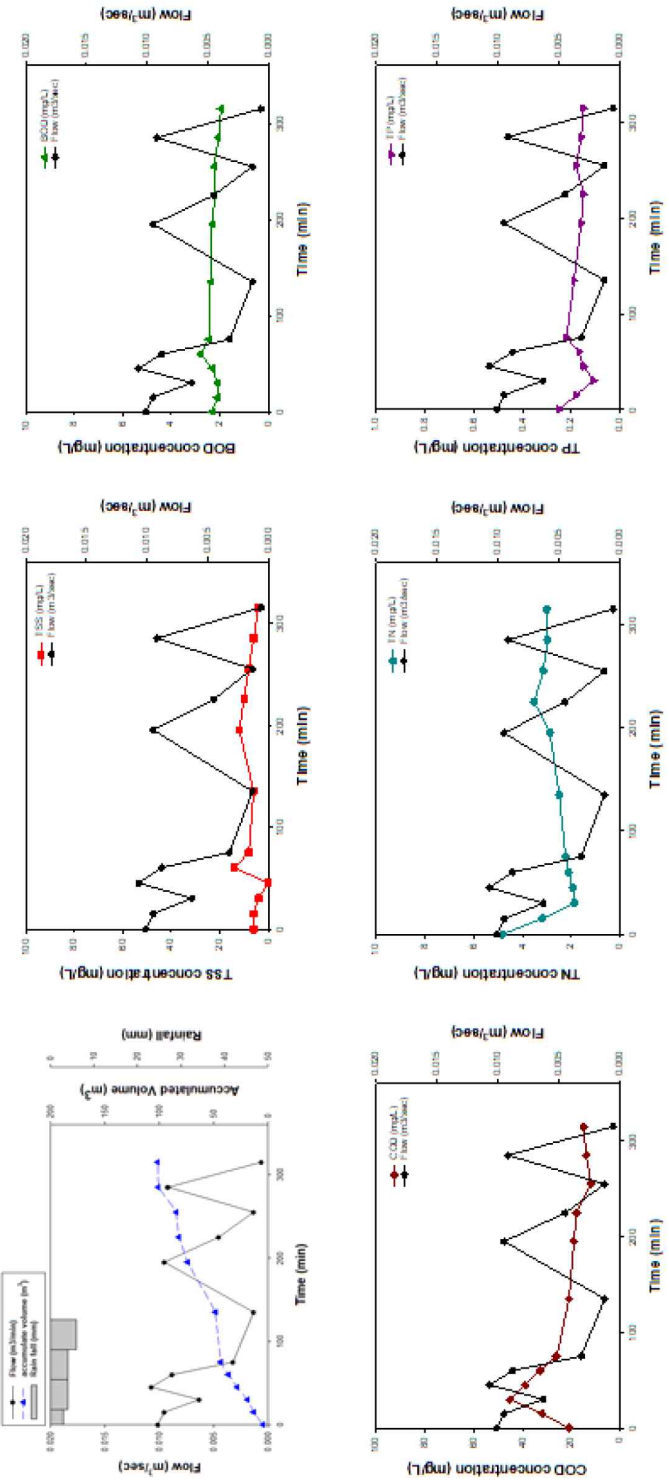
[그림 2-24] Event 1 – Inflow Hydro-Pollute Graph (Filtration)



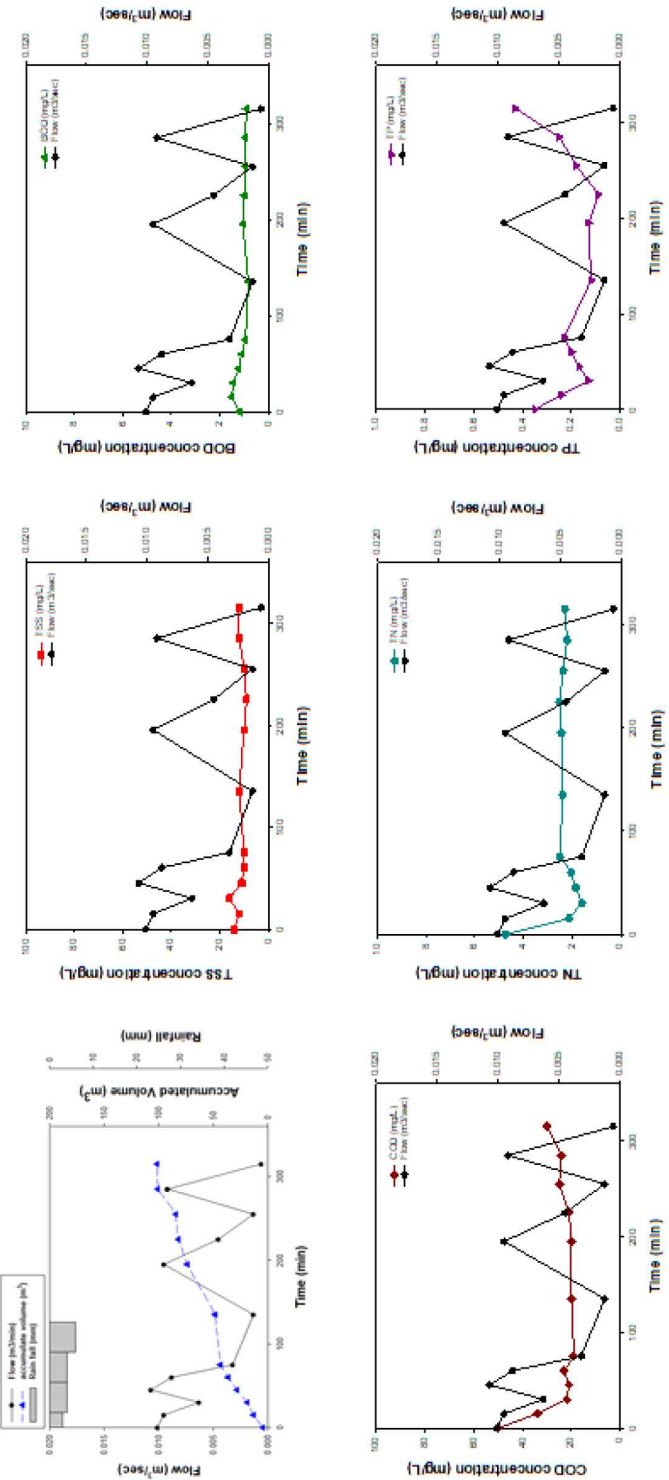
[그림 2-25] Event 1 - Outflow Hydro-Pollute Graph (Filtration)



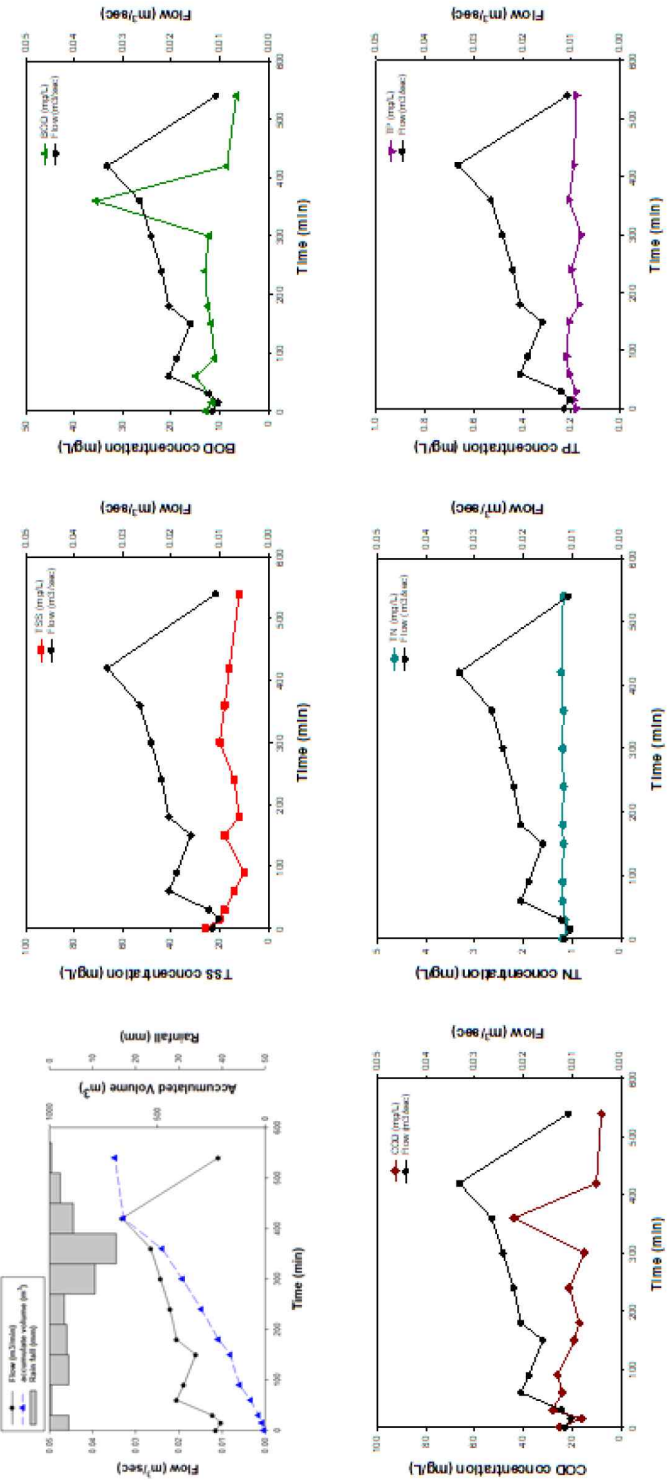
[그림 2-26] Event 2 - Inflow Hydro-Pollute Graph (Filtration)



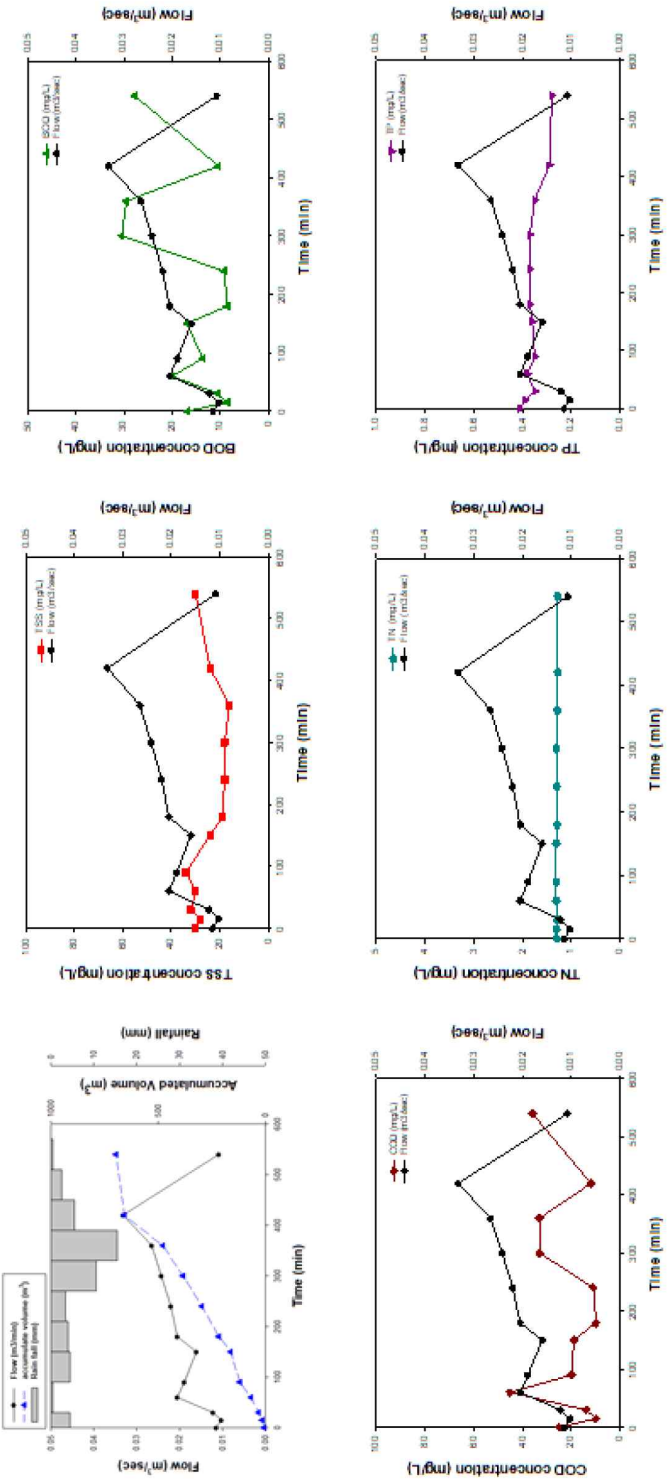
[그림 2-27] Event 2 - Outflow Hydro-Pollute Graph (Filtration)



[그림 2-28] Event 3 - Inflow Hydro-Pollute Graph (Filtration)



[그림 2-29] Event 3 - Outflow Hydro-Pollute Graph (Filtration)



이번 장치형 시설의 경우 T-N 값을 제외한 결과가 앞서 [그림 2-22]의 c, e 타입으로 검출되었다. 이는 시설 내에서 내부 체류수가 희석되었으며 이는 복합적인 토지 이용의 결과로 추산된다. 아래 [그림 2-30]은 장치형 시설의 결과값을 정리한 그림이다.

[그림 2-30] 장치형 시설 측정 결과

Pollutant	Runoff Characteristic					Type
	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	
TSS			1		2	(e)
BOD			2		1	(c)
COD		1			2	(e)
TN		2			1	(b)
TP			2		1	(c)

4. EMC 및 오염부하량 측정

이번에는 LID 시설과 장치형 시설의 EMC(유량가중평균농도: Event Mean Concentration) 및 오염부하량을 측정해 보았다. EMC는 아래 [그림 2-31]에 나온 계산식으로 측정하며 측정군은 TSS, BOD, COD, T-N, T-P를 대상으로 하였다.

[그림 2-31] EMC의 계산식

$$EMC(mg/L) = \frac{\sum_{t=0}^{t=T} C(t) \times q_{run}(t)}{\sum_{t=0}^{t=T} q_{run}(t)}$$

아래 [그림 2-32]와 [그림 2-33]은 식생저류지(LID 시설)의 EMC와 오염부하량 값이다.

[그림 2-32] 식생저류지(LID시설)의 EMC 및 오염부하량 (Inflow)

Parameter	EMC (mg/L)				오염부하량 [Pollutant load] (kg)			
	Event 1	Event 2	Event 3	Ave (median)	Event 1	Event 2	Event 3	Ave (median)
TSS	23.3	10.0	3.2	12.2 (10.0)	47.5	42.7	33.6	41.3 (42.7)
BOD	3.4	2.9	8.4	4.9 (3.4)	6.8	12.1	87.1	35.3 (12.1)
COD	47.0	20.7	14.7	27.5 (20.7)	95.8	88.6	152.7	112.4 (95.8)
TN	3.4	1.3	1.1	1.9 (1.3)	7.0	5.7	11.9	8.2 (7.0)
TP	0.275	0.021	0.072	0.14 (0.1)	0.560	0.088	0.751	0.5 (0.6)

[그림 2-33] 식생저류지(LID시설)의 EMC 및 오염부하량 (Outflow)

Parameter	EMC (mg/L)				오염부하량 [Pollutant load] (kg)			
	Event 1	Event 2	Event 3	Ave (median)	Event 1	Event 2	Event 3	Ave (median)
TSS	5.1	5.8	38.7	16.5 (5.8)	9.2	21.4	356.9	129.2 (21.4)
BOD	1.9	2.5	9.5	4.6 (2.5)	3.4	9.2	87.3	33.3 (9.2)
COD	19.3	20.6	20.3	20.1 (20.3)	34.6	75.7	187.2	99.2 (75.7)
TN	4.5	1.3	1.1	2.3 (1.3)	8.0	4.9	10.6	7.8 (8.0)
TP	0.689	0.051	0.237	0.3 (0.2)	1.236	0.188	2.191	1.2 (1.2)

식생저수지의 값을 확인해보면 TSS를 기준으로 했을 때 EMC 12.2mg/L이고 오염부하량은 41.3kg를 보여주었다. 한편 장치형 시설의 경우는 아래 [그림 2-34] 및 [그림 2-35]에서 확인할 수 있다.

[그림 2-34] 장치형 시설의 EMC 및 오염부하량 (Inflow)

Parameter	EMC (mg/L)				오염부하량 [Pollutant load] (kg)			
	Event 1	Event 2	Event 3	Ave (median)	Event 1	Event 2	Event 3	Ave (median)
TSS	5.8	8.0	15.8	9.9 (8.0)	0.5	0.8	11.0	4.1 (0.8)
BOD	7.5	2.3	14.3	8.0 (7.5)	0.7	0.2	10.0	3.6 (0.7)
COD	55.3	24.1	20.1	33.2 (24.1)	5.1	2.4	14.0	7.2 (5.1)
TN	14.1	2.8	1.2	6.0 (2.8)	1.3	0.3	0.8	0.8 (0.8)
TP	0.965	0.168	0.192	0.442 (0.192)	0.090	0.017	0.134	0.080 (0.090)

[그림 2-35] 장치형 시설의 EMC 및 오염부하량 (Outflow)

Parameter	EMC (mg/L)				오염부하량 [Pollutant load] (kg)			
	Event 1	Event 2	Event 3	Ave (median)	Event 1	Event 2	Event 3	Ave (median)
TSS	4.7	11.1	22.7	12.8 (11.1)	0.4	1.1	15.8	5.8 (1.1)
BOD	7.9	1.1	17.4	8.8 (7.9)	0.7	0.1	12.1	4.3 (0.7)
COD	54.5	23.8	21.4	33.2 (23.8)	5.1	2.4	14.9	7.5 (5.1)
TN	17.3	2.3	1.3	7.0 (2.3)	1.6	0.2	0.9	0.9 (0.9)
TP	1.044	0.184	0.340	0.523 (0.340)	0.097	0.189	0.237	0.174 (0.189)

장치형 시설의 경우 TSS 기준으로 EMC 9.9mg/L, 오염부하량 4.1kg를 기록하여 높은 오염수치를 보여주었다. 이러한 수치들을 바탕으로 인구에 의한 오염량 발생원단위 및 고양시의 하수 발생량 원단위를 적용하여 어느 정도의 오염물질이 배출되었는지 비교하기 쉽도록 하였다.

우선 인구에 의한 발생원단위를 비교해 보았다. 국립환경과학원에 따르면 인구에 의한 발생원단위는 g/인/일로 측정하며 한국의 기준값은 아래 [그림 2-36]과 같다.

[그림 2-36] 인구에 의한 발생원단위 기준

구분		BOD	TN	TP
시가	가정	50	10.5	1.2
	영업	26	8.0	0.7

[그림 2-37] 식생저류지(LID시설)의 오염부하량 및 오염물질 발생인구수

Parameter	오염부하량 [Pollutant load] (kg)				발생 인구 수 (명)			
	Event 1	Event 2	Event 3	Total (Average)	Event 1	Event 2	Event 3	Total (Average)
BOD	6.8	12.1	87.1	106.0 (12.1)	136	242	1,742	2,120 (706)
TN	7.0	5.7	11.9	24.6 (7.0)	667	543	1,133	2,343 (781)
TP	0.560	0.088	0.751	1.399 (0.6)	467	73	626	1,166 (417)

[그림 2-38] 장치형 시설의 오염부하량 및 오염물질 발생인구수

Parameter	오염부하량 [Pollutant load] (kg)				발생 인구 수 (명)			
	Event 1	Event 2	Event 3	Total (Average)	Event 1	Event 2	Event 3	Total (Average)
BOD	0.7	0.2	10.0	10.9 (0.7)	14	4	200	218 (72)
TN	1.3	0.3	0.8	2.4 (0.8)	124	29	76	229 (76)
TP	0.090	0.017	0.134	0.241 (0.090)	75	14	112	201 (67)

BOD를 기준으로 했을 때 LID 시설의 경우 2,120명분의 오염물질을 배출하고 있었으며 장치형 시설의 경우 동일 기준에서 218명분의 오염 물질이 배출됨을 확인할 수 있었다.

한편 고양시 하수원단위인 BOD 51.4g/인/일, T-N 15.2g/인/일, T-P 1,519g/인/일(임지열 외, 2020)과의 비교를 통해서 살펴본 값은 아래 [그림 2-39]와 [그림 2-40]을 통해 확인할 수 있다.

[그림 2-39] 식생저류지(LID시설)의 오염부하량 및 오염물질 발생인구수(고양시 하수원단위와의 대조)

Parameter	오염부하량 [Pollutant load] (kg)				발생 인구 수 (명)			
	Event 1	Event 2	Event 3	Total (Average)	Event 1	Event 2	Event 3	Total (Average)
BOD	6.8	12.1	87.1	106.0 (12.1)	132	235	1,695	2,062 (687)
TN	7.0	5.7	11.9	24.6 (7.0)	461	375	783	1,618 (539)
TP	0.560	0.088	0.751	1.399 (0.6)	369	58	494	921 (329)

[그림 2-40] 장치형 시설의 오염부하량 및 오염물질 발생인구수(고양시 하수원단위와의 대조)

Parameter	오염부하량 [Pollutant load] (kg)				발생 인구 수 (명)			
	Event 1	Event 2	Event 3	Total (Average)	Event 1	Event 2	Event 3	Total (Average)
BOD	0.7	0.2	10.0	10.9 (0.7)	14	4	195	212 (70)
TN	1.3	0.3	0.8	2.4 (0.8)	86	20	53	158 (53)
TP	0.090	0.017	0.134	0.241 (0.090)	59	11	88	159 (53)

고양시 하수원단위와의 비교 시 식생저류지의 경우 2,062명분의 오염물질을, 여과형 시설의 경우 212명분의 오염물질을 배출하고 있음을 확인할 수 있었다. 이를 통해 해당 시설이 제 기능을 하는지에 대한 의문을 품을 수밖에 없는 결과임을 알 수 있었다.

5. 효율성 측정

이번에는 LID시설(식생저류지)와 장치형 시설의 효율을 측정해 보기로 한다. 효율을 평가하는 기준은 여러 가지가 있는데 이는 아래와 같다.

- ▶ ER (Efficiency Ratio) → 강우 사상별 저감효율 산술 평균 효율
- ▶ ROF (Rainfall of Frequency) → 강우 계급별 발생빈도 고려 효율 산정
- ▶ SOL (Summation of Loads) → 오염저감량 기반 효율 산정
- ▶ SOLF (Summation of Loads as rainfall of Frequency) → 오염저감량 기반 발생빈도 고려 효율 산정
- ▶ ROL (Regression of Loads) → 추세선 기반 효율 산정
- ▶ ROLF (Regression of Loads as rainfall of Frequency) → 추세선 기반 발생빈도 고려 효율 산정
- ▶ EOV (Efficiency of Vegetation coverage ratio) → 식생 피도 기반 효율 산정

이번 연구에서는 ER 및 SOL을 통해 각 시설의 비점오염물질 저감 효율을 측정하기로 한다. 우선 식생저류지의 EMC 및 오염부하량을 기반으로 한 결과값이다. 아래 [그림 2-41] 및 [그림 2-42]에서 개별 사상 부분은 ER에 해당하며 총합(total) 부분은 SOL에 해당하는 값이다.

[그림 2-41] 식생저류지*EMC

	Event 1				Event 2				Event 3				Total			
	Inf	Outfl	Rem	Eff	Inf	Outfl	Rem	Eff	Inf	Outfl	Rem	Eff	Inf	Outfl	Rem	Eff
Flow	-															
TSS	23.3	5.1	18.2	78.1	10.0	5.8	4.2	42.0	3.2	38.7	-35.5	-	12.2	16.5	-4.4	-
BOD	3.4	1.9	1.5	44.1	2.9	2.5	0.4	13.8	8.4	9.5	-1.1	-	4.9	4.6	0.3	5.4
COD	47.0	19.3	27.7	58.9	20.7	20.6	0.1	0.5	14.7	20.3	-5.6	-	27.5	20.1	7.4	26.9
TN	3.4	4.5	-1.1	-	1.3	1.3	0.0	0.0	1.1	1.1	0.0	0.0	1.9	2.3	-0.4	-
TP	0.275	0.689	-0.414	-	0.021	0.051	-0.030	-	0.072	0.237	-0.165	-	0.123	0.326	-0.203	-

[그림 2-42] 식생저류지*오염부하량

	Event 1				Event 2				Event 3				Total			
	Inf	Outfl	Rem	Eff	Inf	Outfl	Rem	Eff	Inf	Outfl	Rem	Eff	Inf	Outfl	Rem	Eff
Flow	2,037	1,794	243	11.9	4,273	3,673	600	14.0	10,385	9,226	1,159	11.2	16,695	12,899	3,796	22.7
TSS	47.5	9.2	38.3	80.6	42.7	21.4	21.3	49.9	33.6	356.9	-323.3	-	123.8	378.3	-254.5	-
BOD	6.8	3.4	3.4	50.0	12.1	9.2	2.9	24.0	87.1	87.3	-0.2	-	106.0	96.5	9.5	9.0
COD	95.8	34.6	61.2	63.9	88.6	75.7	12.9	14.6	152.7	187.2	-34.5	-	337.1	262.9	74.2	22.0
TN	7.0	8.0	-1.0	-	5.7	4.9	0.8	14.0	11.9	10.6	1.3	10.9	24.6	15.5	9.1	37.0
TP	0.560	1.236	-0.676	-	0.088	0.188	-0.100	-	0.751	2.191	-1.440	-	1.399	2.379	-0.980	-

위 [그림 2-41] 및 [그림 2-42]를 통해 TSS의 저감 효율이 오염부하량을 기준으로 봤을 때 49.9% ~ 80.5%의 효율을 보임을 알 수 있었다.

한편 장치형 시설의 경우에는 아래 [그림 2-43] 및 [그림 2-44]를 통해 확인할 수 있다.

[그림 2-43] 장치형 시설*EMC

	Event 1				Event 2				Event 3				Total			
	Inf	Outfl	Rem	Eff	Inf	Outfl	Rem	Eff	Inf	Outfl	Rem	Eff	Inf	Outfl	Rem	Eff
Flow																
TSS	23.3	5.1	18.2	78.1	10.0	5.8	4.2	42.0	3.2	38.7	-35.5	-	12.2	16.5	-4.4	-
BOD	3.4	1.9	1.5	44.1	2.9	2.5	0.4	13.8	8.4	9.5	-1.1	-	4.9	4.6	0.3	5.4
COD	47.0	19.3	27.7	58.9	20.7	20.6	0.1	0.5	14.7	20.3	-5.6	-	27.5	20.1	7.4	26.9
TN	3.4	4.5	-1.1	-	1.3	1.3	0.0	0.0	1.1	1.1	0.0	0.0	1.9	2.3	-0.4	-
TP	0.275	0.689	-0.414	-	0.021	0.051	-0.030	-	0.072	0.237	-0.165	-	0.123	0.326	-0.203	-

[그림 2-44] 장치형 시설*오염부하량

	Event 1				Event 2				Event 3				Total			
	Inf	Outfl	Rem	Eff	Inf	Outfl	Rem	Eff	Inf	Outfl	Rem	Eff	Inf	Outfl	Rem	Eff
Flow																
TSS	0.5	0.4	0.1	20.0	0.8	1.1	-0.3	-	11	15.8	-4.8	-	12.3	17.3	-5.0	-
BOD	0.7	0.7	0.0	0.0	0.2	0.1	0.1	50.0	10	12.1	-2.1	-	10.9	12.9	-2.0	-
COD	5.1	5.1	0.0	0.0	2.4	2.4	0.0	0.0	14	14.9	-0.9	-	21.5	22.4	-0.9	-
TN	1.3	1.6	-0.3	-	0.3	0.2	0.1	33.3	0.8	0.9	-0.1	-	2.4	2.7	-0.3	-
TP	0.09	0.097	-0.007	-	0.017	0.189	-0.172	-	0.134	0.237	-0.103	-	0.2	0.5	-0.282	-

장치형 시설의 경우 TSS의 저감 효율이 오염부하량 기준으로 볼 때 20%의 효율이 발생함을 확인할 수 있었다.

한편 환경부에서는 LID 시설과 장치형 시설의 처리 효율 기준을 제시하고 있는데 이는 아래 [표 2-4]와 같다.

[표 2-4] LID 시설 및 장치형 시설의 효율 기준(환경부)

LID		장치형 시설	
TSS	69.5	TSS	78.0
BOD	75.2	BOD	53.1
COD	72.3	COD	58.4
TN	62.8	TN	42.9
TP	71.9	TP	53.8

환경부 기준으로 볼 때 고양시의 LID 시설은 효율성이 낮음을 확인할 수 있었다. 한편 이번에는 기존 파일럿 시설인 충북 오창 및 전주 서곡지구에 적용된 LID 시설의 효율성과 비교해 보았다. 이는 아래 [그림 2-45]에서 확인할 수 있다.

[그림 2-45] 충북 오창 및 전주 서곡지구의 LID시설 효율성



두 지역과의 비교를 해 보아도 고양시의 시설이 효율성이 없지는 않으나 매우 낮은 수치를 확보하고 있음을 확인할 수 있었다.

제 3 장

고양시 LID 시설의 문제점 및 개선방안

제1절 고양시 LID 시설의 설계상의 문제 (저류형 시설)

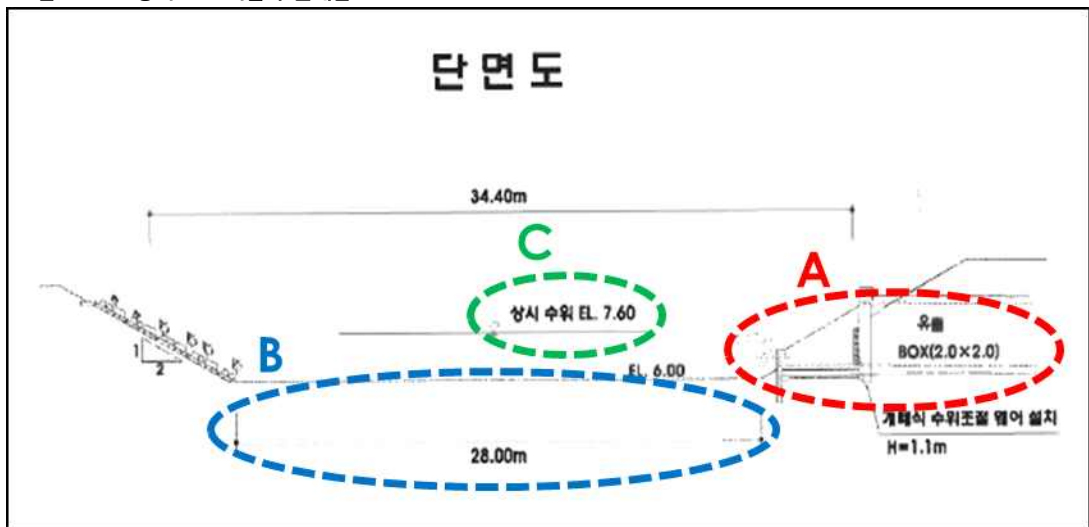
제2절 고양시 LID 시설의 설계상의 문제 (장치형 시설)

제3절 유지·보수상의 문제

제1절 고양시 LID 시설의 설계상의 문제 (저류형 시설)

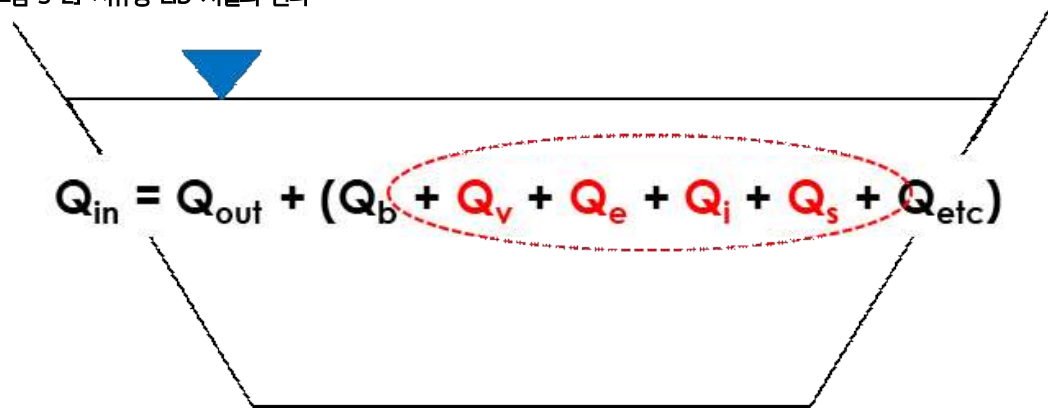
이번 LID 시설의 경우 앞서 보였던 평면도와 단면도에서도 시설 설계 자체의 문제점이 드러난다. 대략적인 문제점을 보면 아래 [그림 3-1]과 같다.

[그림 3-1] 고양시 LID 시설의 문제점



우선 위 [그림 3-1]에서 A의 경우 유입부와 유출부의 표고가 동일하다는 점이다. 유입부와 유출부의 표고가 동일한 상황에서 상시 수위가 유지가 되기 위해서는 끊임없이 물이 유입되어야 하며 이 경우 내부 체류시간의 감소로 인하여 식생의 흡수, 증발산, 침투 및 저류로 인한 비점오염물질 저감효과를 기대할 수 없게 된다. 이는 아래 [그림 3-2]를 통해 저류형 LID 시설의 원리를 통해 금방 이해할 수 있다.

[그림 3-2] 저류형 LID 시설의 원리



[그림 3-2]에서 각각의 문자의 의미는 아래 [표 3-1]에 정리하였다.

[표 3-1] [그림 3-2]의 각 문자별 의미

문자	의미
Q_{in}	유입 (Inflow)
Q_{out}	유출 (Outflow)
Q_b	우회로로의 우회유량 (By-pass)
Q_v	식생흡수 (Vegetation)
Q_e	증발산 (Evaporation)
Q_i	(토지 및 식생으로의)침투 (Infiltration)
Q_s	시설 및 시설 내부의 토양 내 저류 (Storage)
Q_{etc}	기타

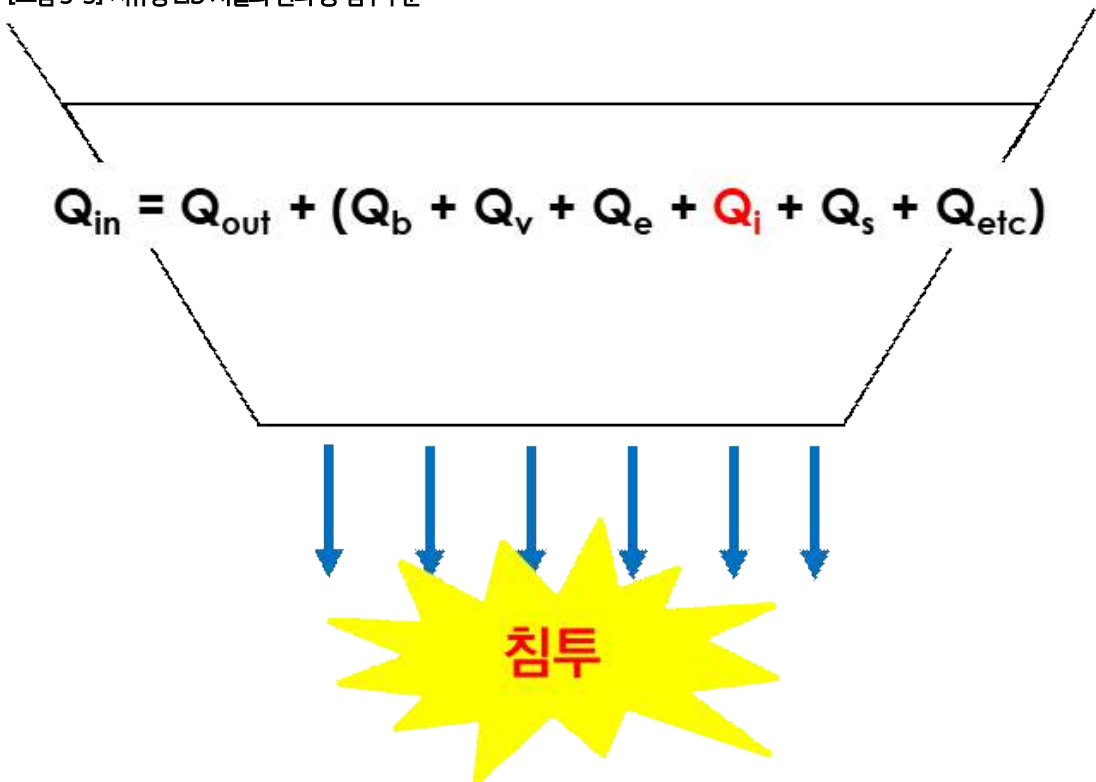
저류형 시설에서 비점오염물질 저감의 핵심 기작은 유입수 대비 유출수의 저감을 낮추는 것이다. 이는 유출수 및 유출수에 포함된 비점오염물질이 저류지 내에서 체류하면서 내부 식생이나 토양에 침전, 흡수 등으로 인하여 비점오염물질이 정화되거나 시설 안에 남게 되고 나머지 물만 나가게 되는 원리이다. 위 [그림 3-2]에서는 Q_v , Q_e , Q_i , Q_s 가 이에 해당하는 것이다. 즉 이번 시설과 같이 유입부와 유출부의 표고가 동일하면 내부 토양이나 식생에 의한 저항 외에 유입수를 체류하게 할 저항력이 거의 없는 것과 마찬가지로

로 시설의 효과를 크게 저해할 수 있다는 점이 문제이다.

따라서 이러한 문제를 해결하기 위해서는 시설을 새로 설계하여 다시 만드는 방안이 있으나 이는 단순히 저류시설만 고치면 되는 문제는 아니고 유입, 유출관로를 재시공해야 할 수 있으므로 큰 비용과 시간이 들 것으로 예상된다. 그러므로 여기서는 저류시설 내에서의 유출 지연을 위한 방안을 추천하는 바이다. 유출 지연을 위해서 고려할 수 있는 방법으로는 시설 내부 토양의 준설이나 복잡한 물길 설치, 소규모 댐 역할을 할 언덕 설치 및 침강지의 설치 등이 있다.

한편 B의 경우는 저류시설 내의 하부 토양 문제를 언급한 것이다. 환경부에서 발간/배포하고 있는 비점오염저감시설의 설치 및 관리·운영 매뉴얼에 따르면, 저류지 부지의 투수속도에 대해서 언급하고 있으며 이는 저류지 수위유지에 중요한 요소이며 저류시설 하부에 대수층이 위치할 경우를 고려해야 한다고 밝히고 있다. 이는 아래 [그림 3-3]에서 Q에 해당하는 부분이다.

[그림 3-3] 저류형 LID 시설의 원리 중 침투부분

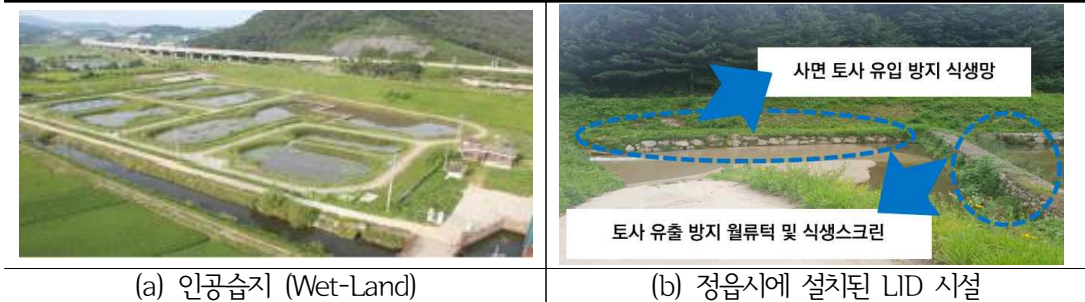


이를 위해 대상부지 토양의 투수계수를 확인해야 한다고 하고 있으나 이번 연구에서 대상 시설의 설계도 중 일부밖에 확인할 수 없었으며 따라서 투수계수 및 토양 재질 등을 확인할 수 없었다. 이는 고양시에서 LID 시설에 대한 관리상의 심각한 문제를 유발할 수 있는 건으로 이에 대해서 재조사 등 시설의 성능이나 제원 등을 명확히 할 필요성이 있음을 확인하게 된 계기가 되었다.

마지막으로 C의 경우는 설계 상의 상시수위 유지 여부와 관련이 있다. 현재 파악한 대상 시설의 경우 설계상의 상시수위로는 1.6m으로 되어 있었으나 실제로는 해당 수위를 유지하지 못하고 있음이 여러 번 확인되었다. 이는 앞서 A, B에서 언급했던 문제들의 총체적인 부실로 인해 일어나는 문제로 추정되며 따라서 설계 시의 유입, 하부토양 등의 제원을 찾아 면밀히 살펴보고 부적절한 부분 등에 대한 수정 및 보완이 필요할 것이다.

저류형 LID 시설의 경우 기본적인 목적은 자연 상태에 가까운 시설을 통한 비점오염물질의 여과 및 정화이다. 한편 현재 하수종말처리장에서 처리하는 하수의 농도 증가로 인한 문제(노해연, 2020)가 심각한 상황인데 이에 대해 시설 내 인공습지를 조성하거나 시설 내부의 부유물질이 유출될 가능성의 저감을 위해서 몇 가지 시설을 보강하는 방법을 강구해 볼 수 있다. 아래 [그림 3-4]는 이에 대한 예시이다.

[그림 3-4] LID 시설 보강 등에 대한 예시



제2절 고양시 LID 시설의 설계상의 문제 (장치형 시설)

장치형 시설의 경우 시설점검 시 내부에 체류수가 고여 있는 상태임을 확인할 수 있었다. 이에 대한 문제점을 살펴보기 이전에 장치형 시설의 활동기작을 살펴볼 것인데 이는 아래 [그림 3-5]와 같다. 또한 각 문자의 내용은 아래 [표 3-2]에 정리하였다.

[그림 3-5] 장치형 시설의 활동 기작

$$Q_{in} = Q_{out} + (Q_b + Q_s)$$

[표 3-2] [그림 3-5]의 각 문자별 의미

문자	의미
Q_{in}	유입 (Inflow)
Q_{out}	유출 (Outflow)
Q_b	우회로로의 우회유량 (By-pass)
Q_s	시설 내 저류 (Storage)

여기서 Q_s 가 적정한 시점에서 방출되거나 처리되지 못할 경우 내부체류수가 부패하는 문제가 일어나게 된다. 또한 시설이 지하에 위치하고 외부와의 접촉면도 극히 적어 용존산소량이 줄어드는 문제도 발생하여 상황의 악화가 가속되게 된다. 이로 인해 시설 자체가 오염원이 되어버리는 문제(및 이로 인해서 시설이 제 기능을 하지 못하는 문제)와 오염물 자체가 고농도가 되고, 강수로 인해 시설용량을 초과 시 고농도의 오염물질이 방출된다는 문제점이 발생하게 된다. 다음 [그림 3-6]은 시설에 고여있는 내부체류수를 촬영한 사진이다.

[그림 3-6] 저류형 시설 내의 내부체류수 사진



(a) Event 1 당시의 내부체류수



(b) Event 2 당시의 내부체류수

한편 시설의 출입구가 도로상에 위치하는 만큼 접근성이 떨어지고 유지보수 상의 어려움이 있는 것을 확인할 수 있었다. 출입구 사진은 아래 [그림 3-7]에서 확인할 수 있다.

[그림 3-7] 저류형 시설의 출입구



또한 장치형 시설의 오염물질 처리 기작을 알 수 없다는 문제점이 있다. 현재 고양시의 주무부서인 오염총량과에서는 현재 저류형 시설의 설계도면을 확보하지 못한 상태이며 아래 [그림 3-8]에서 확인할 수 있듯 유출부가 좁은 관계로 내부 처리 필터 등의 시설을 확인할 수 없었다.

[그림 3-8] 저류형 시설의 유출부



이러한 문제는 나중에도 언급하겠지만 유지보수에서의 곤란함을 초래하게 되며 앞서 언급했던 내부 체류수 등의 문제를 가속화 할 여지가 크다. 따라서 주무부서에서는 해당 시설의 설계도 및 제원을 파악하고 적당한 관리방안을 수립해야 할 것이다. 본 연구진이 제안하는 방안은 다음 [표 3-3]과 같다.

[표 3-3] 장치형 시설의 개선 방안

방안	세부
여과 시간 확보방안	■ 여과선 속도: 20m/hr
역세척 방안 고려	■ 시설 내부를 우선 세척하여 기능 회복의 발판 마련 ■ 손실수두 회복
침강지의 설치	
여재 성능점검 등	

제3절 유지·보수상의 문제

LID 시설의 경우, 안정적인 효율 유지를 위한 유지관리가 중요한 부분이다. [그림 3-9]에 서는 현재 고양시 LID 시설에서 관찰될 LID 시설의 주요 유지관리 상의 문제점을 보여주고 있다. [그림 3-9 (a)]는 LID 시설 내 쓰레기 축적 및 식생고사에 관한 부분이다. 쓰레기 축적 및 식생 고사는 강우 종료 시 유지관리가 이루어져야 후속 강우 시 쓰레기의 수계로 유출을 방지할 수 있다. 이와 같은 쓰레기가 지속적으로 축적되게 될 경우 LID 시설은 주민들에게 혐오 시설로 인식될 가능성이 높기 때문에 강우 종료 이후에도 (강우량이 큰 강우) 지속적인 관리가 필요한 부분이다. 식생 고사는 계절적 영향을 받는 부분으로 초봄 또는 겨울철 식생이 고사할 경우 고사한 식생을 제거해주어야 하는 필요성이 있다. 고사한 식생을 관리하지 않고 방치할 경우, 일부는 분해되어 LID 시설 내 토양에 영양분을 공급해주는 역할을 하지만 그 외 고사한 식생은 지표에 축적되어 오염물질로 수계로 유출되는 상황이 발생할 수 있다. [그림 3-9 (b)]는 LID 시설 내 식생이 과다 성장한 경우이다. 이와 같이 식생이 과다 성장할 경우, 식생에 의한 흡수 작용으로 유량 및 오염물질 저감 효율은 증가할 수 있으나, 모기와 같은 해충 등의 서식 공간을 제공 할 수 있다. 특히, 주거지역 인근에 설치된 LID 시설의 경우 이와 같은 부분에서 각별한 관리가 필요하다고 할 수 있다. [그림 3-9]의 (c)는 LID 시설 내에서 녹조가 발생한 경우를 보여주고 있다. 이와 같은 현상은 강우가 지속적으로 발생하여, 내부체류수가 존재하는 경우 관찰 될 수 있는 상황이다. 일반적으로 LID 시설은 강우 유출 발생 시 최대 3일(72시간) 이내 발생한 강우유출수를 전량 배출하고, 지하수위도 강우 전 수위를 확보하여 다음 강우에 대비할 수 있도록 해야 한다. 하지만, 배수가 원활하게 이루어지지 않을 경우, LID 시설 내 내부체류수가 발생하게 되며, 강우유출수 내 함유되어 있는 질소와 인과 같은 영양염류로 인해 미세조류의 과다증식으로 인한 녹조 현상이 발생하게 된다. 이와 같은 상황에서 후속 강우로 인해 내부체류수가 수계 유출될 경우 다량의 미세 조류와 시설 내부에서 생성된 오염물질의 수계 유출이 발생할 수 있다. 즉, LID 시설 내부에서 생성된 오염물질로 인해 다량의 오염물질이 수계로 유출될 수 있다는 것이다. 내부 체류수 발생은 하부 토양의 투수성 감소 등의 문제로 인해 발생할 수 있으므로 현장 조사 및 지하수위 관측정 등

을 설치하여 이에 대한 대비도 필요하다. [그림 3-9 (d)]는 현재 고양시 LID 시설의 성능 평가를 위한 모니터링 시설이 전무하다는 것을 보여주는 내용이다. 앞서 비점오염 연구에서 모니터링은 가장 기초적이지만 가장 중요한 부분을 차지하고 있다고 서술하였다. 특히, 현장 모니터링은 강우 시 수행하게 되며, 모니터링 실시자들에 대한 안전 확보가 매우 중요하다. 따라서 강우 시 LID 시설 내 강유출수의 유입이 이루어지는 상황에서 모니터링 실시자들의 안전성 부분을 충분히 확보할 수 있는 모니터링 시설이 필요하다. 하지만 현재 고양시 LID 시설을 점검한 결과 모니터링 시 안정성을 확보할 수 있는 시설이 전무하며, 이에 대한 개선 또한 절실한 상황이다.

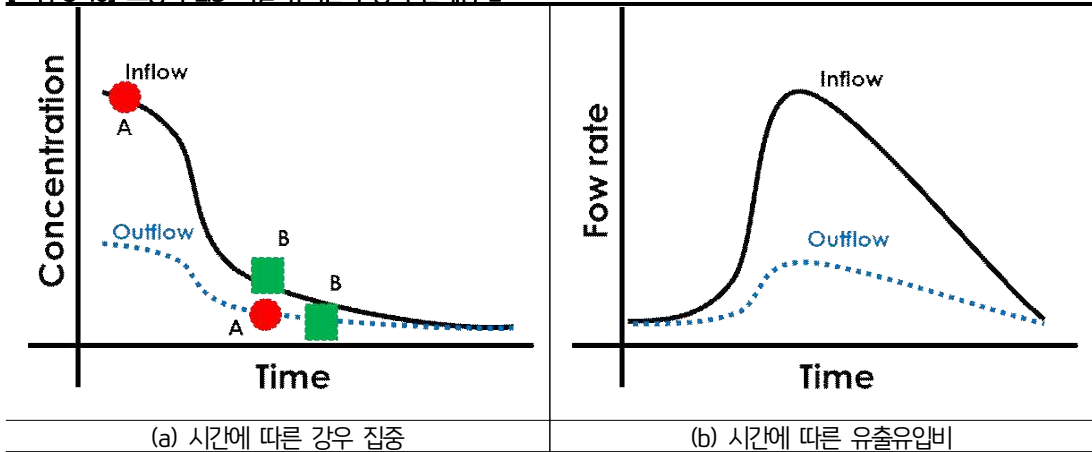
[그림 3-9] 고양시 LID 시설 유지관리 상의 문제점

	
<p>(a) LID 시설 내 쓰레기 축적 및 식생 고사</p>	<p>(b) LID 시설 내 식생 과다 성장</p>
	
<p>(c) LID 시설 내 낙조 낙상 (물결문 오영물길)</p>	<p>(d) LID 시설 내 모나터리를 위한 시설 전무</p>

또한, 시설의 설계도 및 제원에 대한 확보 혹은 조사를 통한 획득이 필요할 것이다. 이는 유지보수의 핵심이기도 하며 추후 시설 개량이나 평가를 할 때 문제점을 파악하는 데 필수적인 요소이기 때문이다.

그리고 지속적인 강우 모니터링을 통하여 시설 점검에 활용하는 방안이 필요하다. 앞서 2장에서도 언급했지만 시간에 따른 집중강우강도와 유입유출비는 아래 [그림 3-10]과 같은 특성을 보인다. 강우의 경우 자연현상이며 현재 지구온난화로 인하여 예측이 어려워지고 불확실성이 큰 상황이다.

[그림 3-10] 고양시 LID 시설 유지관리 상의 문제점-2



그렇지만 강우량 등의 기초데이터를 축적하여 변화의 양상이나 우기의 예측 등을 바탕으로 시설 점검 및 추후 새로운 시설들에 기상 특성을 적용하여야 할 것이다. 이때 실시간 관측이 이루어지면 좋겠지만 비용 등 현실적인 문제로 인해 곤란한 점이 있고 기계적인 단순 모니터링 외에 시설을 고려한 강우 특성을 파악할 필요가 있으므로 이에 대해서는 전문 인력을 통한 모니터링을 실시할 필요성이 있다.

제 4 장 결 론

제1절 연구의 요약 및 정책 제언

제2절 연구의 한계 및 후속연구의 방향성

제장 연구의 요약 및 정책 제언

이 연구를 요약하면 다음과 같다.

우선 연구 대상은 덕이지구의 저류형 및 장치형(여과형) 비점오염물질 저감 시설이다. 이 중 고양시에서 2번 시설로 불리는 저류형 시설과 4번 시설인 장치형 시설을 선정하여 그 효과와 효율성을 측정하였다. 측정을 위해 우천 이후에 시설을 방문하여 측정하였으며 각 측정 횟수는 3일에 걸쳐 일별로 12회씩(10분 간격으로) 측정하였다.

그 결과 식생저류지 유역(저류형 시설)의 경우 비점오염물질 유출 특성이 Random 및 Two-peak 형태로 나타난 것을 확인하였다. 이는 타 LID 시설과의 연계가 이루어졌으며 주변의 토지 이용이 복합적 양태를 띠는 점에서 기인하였다고 볼 수 있으며, 따라서 강우 전반에 걸친 처리 시설로서 활용해야 한다는 결론을 내렸다. 한편 장치형 시설의 경우 유출특성이 회석형 및 Two-peak 형태로 나타난 것을 확인하였다. 이는 내부 체류수 문제 및 주변에서의 복합적인 토지 이용 형태로 인한 점입에 기인하였다고 볼 수 있다. 따라서 저류형과 동일하게 강우 전반에 걸쳐 있는 처리시설로서 활용해야 한다는 결론을 내렸다. 또한 BOD를 기준으로 하였을 때 저류형 시설의 경우 106.0kg를 기록하여 2,120명분의 비점오염물질을 감당하고 있다고 밝혀졌다. 반면 여과형 시설의 경우 10.9kg의 비점오염물질을 처리한 것으로 밝혀져 218명분의 몫을 감당했다고 나왔으며 이는 효율성 면에서 타 지역의 시설이나 환경부에서 제공하는 효율성 기준 대비 부족하다는 것을 확인하였다.

따라서 이 연구에서 각 시설별로 개선 방안을 내놓았는데 이는 다음 [표 4-1]과 같다. 한편 고양시에서 지속가능한 관리를 위해서 설계도를 찾거나 해당 시설들의 제원을 파악하고 이를 바탕으로 체계적인 관리를 할 수 있도록 하는 것 또한 매우 중요할 것이다.

[표 4-1] 각 시설별 개선방안

시설	개선방안
저류형	■ 시설의 구조 개선
	■ 체류시간의 확대 방안 검토
	■ 내부 토사유출 방지방안 적용
장치형	■ 내부체류수의 관리 방안 도입
	■ 시설 접근성의 개선 방안
	■ 여과재 교체 및 성능 검증
	■ 역세척 혹은 역세척이 가능한 설비의 도입

제2장 연구의 한계 및 후속연구의 방향성

이 연구의 한계로 들 수 있는 것은 아래와 같다.

우선 연구를 수행한 당해 년도 딱 1년만에 우기 기간 중 3회에 불과한 측정을 들 수 있겠다. 현재 지구 온난화로 인해 기상현상의 예측이 어렵다는 측면 및 축적된 자료의 부족으로 인해 이 연구의 결과값이 대표성을 띠는다고 보기 어렵다는 점이다. 이러한 문제는 추후 지속적인 모니터링과 효율 등의 측정으로 지속적인 데이터를 쌓아가며 시설의 효율성을 검증하고 이를 토대로 하여 개선 방안을 도출하는 쪽으로 문제가 해결되어야 할 것이다.

또한 시설의 양적인 제원 외의 토양 성분 구성이나 여과 제원 등 기초적인 시설의 제원을 알 수 없었다는 점이다. 현재로서 설계도를 찾아내기 곤란한 만큼, 이 문제는 추후 후속과제로서의 연구 진행 시 추가적으로 제원에 대한 파악이 선행되어야 할 것이며 이를 토대로 시설의 효율을 파악하여야 좀 더 적합성이 높은 개선 방안을 도출할 수 있을 것이다.

한편 앞선 연구에서 고양시에 고가 하부공간 및 선형 LID 시설의 적용이 필요하다고 밝힌 바 있었다. 이번 연구는 현재 고양시에 존재하는 시설에 대해서 측정이 이루어진 것이며 이 연구에서 도출한 결과를 바탕으로 앞으로 고양시에 적용할 수 있는 LID 시설에 대한 연구가 지속되어야 할 것이다. 이러한 과정에서 기록을 잘 남겨 고양시 차원에서 LID 시설의 지속가능성을 담보할 수 있도록 발판을 마련할 필요성이 있을 것이다.

참고문헌

- 강민지·류덕희·최지용(2014). “국내 비점오염원 관리 정책현황과 연구동향”, 『환경정책』, 22(4) 141-167.
- 국립환경과학원(2017). “한강 하구 지역 토지계 오염원 분포”, 국립환경과학원.
- 김승현·조경진(2015). “도시 물순환 회복을 위한 그린인프라 계획 및 설계에 관한 연구 - 조경계획 및 설계 해외사례 분석을 중심으로” 『한국도시설계학회지 도시설계』, 16(3), 37-51.
- 김이형(2018). “생태공학과 도시환경”. 『KSEIE - OJERI 2018 생태공학 공개강좌』.
- 김이호(2015). “[Special Report] ①해외 빗물관리 시스템과 방향”, 『워터저널』, 2015(6)
- 김형산 외(2018). “LID 표준 조합 Set 및 계획모델 개발”, 『한국방재학회 논문집』, 18(3) : 321-329.
- 이인화(2017). 『저영향시설(LID) 모니터링 자료를 통한 유출저감 효과 분석』, 석사학위논문, 아주대학교 일반대학원 건설교통공학과.
- 전제찬 외(2018). “국내 비점오염 관련 연구 동향 및 향후 연구방향 제언”, 『Journal of Wetlands Research』, 20(1), 80-93.
- 한국수자원공사(2012). LID 요소기술 설계지침, 한국수자원공사.
- 환경부(2014). 『비점오염저감시설의 설치 및 관리·운영 매뉴얼 개정』, 환경부.
- 고양시(2017). “고양시 통계연보”.
- “‘녹색성장과 빗물관리’ 국제 빗물포럼”, 건설기술뉴스(2009.3.20.) 접속일 2020.11.3.
- “뉴욕시 빗물통 무료 배포”, 한국일보(2011.4.30.) 접속일 2020.11.3.
- “빗물 한방울도 자원... 주목받는 ‘LID 기법’”, 그린포스트코리아(2019.6.2.) 접속일 2020.9.25.
- “서울시, 양평1유수지에 한강수질개선 ‘저류조’ 설치”, 자치행정신문(2019.11.18.) 접속일 2020.11.8.
- “일석이조 ‘빗물정원’ 아시나요?”, 시흥신문(2017.6.11.) 접속일 2020.10.3.
- “창녕군 인공습지 만들어 계성천 수질 개선”, 국제신문(2016.9.7.) 접속일 2020.10.3.
- “청호환경개발, 오염된 도로 빗물 정화 위한 수목여과박스, 친환경 대전서 눈길”, 머니투데이(2016.10.25.) 접속일 2020.10.3.
- “한반도 ‘물난리’, 투수블록으로 잡는다”, 건설경제신문(2011.8.4.) 접속일 2020.10.3.
- “행복청은 급격한 도시화로 빗물관리 이해를 위해 친환경 홍보관 운영”, 뉴스통신포커스(2019.6.24.) 접속일 2020.9.3..
- “(1기 신도시 발표 후 30년의 변화) 고양시 한해 살림, 1991년 3600억 → 2019년 2조3000억”, 고양신문(2019.6.10.) 접속일 2020.11.3.

5개시, 수질오염-기후변화에 강한 도시된다”, 그린타임즈(2016.6.11.) 접속일 2020.10.3.

강우유출오염원 블로그(환경부) <https://blog.naver.com/nonpointme1/220722985181> 접속일 2020.10.3.

“강우유출량수질오염 저감...저영향개발기법 효과 확인”, 정부24(환경부)(2019.5.31.),
<https://www.gov.kr/portal/ntnadmNews/1887405> 접속일 2020.11.1.

County, P. G. S.(1999)

Low-impact development design strategies: An integrated design approach. Department of Environmental Resources, Programs and Planning Division, Prince George's County, Maryland.

Georgia Priari. *Promoting the Use of Public Areas for Sustainable Stormwater Management in Cities with Mediterranean Climate*, In Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 2018.

Johnstone, Phillip. *Stormwater in a Liveable City - Towards an Evidence Based Policy Framework*. 2012.

Center for Environmental Science(Univ of Maryland)

<https://ian.umces.edu/imagelibrary/displayimage-87-8170.html> 접속일: 2020.10.13.

Google Earth(2020)

Abstract

Research on Introduction strategy of low Impact development (LID) in Goyang city [2]

Jiyeol Im*, GARAM SO*

This study was conducted to confirm the performance and efficiency of LID facilities and device-type of non-point pollution reduction facilities in Goyang City. Through this study, it was confirmed that the performance and efficiency of LID facilities and device-type non-point pollution reduction facilities in Goyang city were insufficient in effectiveness or efficiency when compared to other facilities. This problem may be because it appears to be an error in the design of the facility and that the management of the facility itself is not properly managed. In fact, during the study each time the researchers visited the non-point pollution reduction facility they were able to continuously check problems such as waste being discarded or the occurrence of green algae.

Therefore, in this study, in the case of vegetation reservoirs, measures such as overall improvement of the facility structure, expansion of the residence time of internal water, and countermeasures to prevent internal soil leakage were proposed. Introduction, improvement of accessibility to ensure the efficiency of facility management, replacement of filter media, and continuous verification of performance, and introduction of backwash facilities were suggested. Also, as mentioned in the previous study, Goyang City LID facility introduction strategy, additional non-point pollution reduction facilities were introduced as natural facilities rather than device types, but the facilities were managed and functioned through meticulous review in the design part. An approach in a direction that can reduce the burden of people will be needed.

One of the important directions of the current policy of Goyang City is environment-friendly. In order not to become obscured in this direction, an effective and efficient operation of environmental facilities currently being managed by the city government should be supported.