

---

# 군산시 비점오염저감시설 타당성 조사 및 기본계획 수립

---

2025. 08.



군산시



# 제 출 문

군산시장 귀하

본 보고서를“군산시 비점오염저감시설 타당성 조사 및 기본계획 수립용역”의 최종보고서로 제출합니다.

2025년 08월

연구기관명	(유) 이알엠 컨설턴트	
책임연구원	: (유) 이알엠 컨설턴트	김 영 일
연 구 원	: (유) 이알엠 컨설턴트	정 진 필
연 구 원	: (유) 이알엠 컨설턴트	전 용 태
연구보조원	: (유) 이알엠 컨설턴트	문 민 호
연구보조원	: (유) 이알엠 컨설턴트	박 인 지
보 조 원	: (유) 이알엠 컨설턴트	류 은 혜
보 조 원	: (유) 이알엠 컨설턴트	김 솔 희



# 차례

<b>제1장 과업의 개요</b> .....	<b>13</b>
1.1 과업의 배경 및 목적 .....	15
1.2 과업의 범위 .....	16
1.3 과업의 주요내용 .....	16
<b>제2장 기초현황</b> .....	<b>17</b>
2.1 일반현황 .....	19
2.2 지역 환경 현황 .....	26
2.2 환경기초시설 현황 .....	39
2.3 수질오염총량관리 기본계획 및 시행계획 .....	43
<b>제3장 비점오염원 특성 및 관리방안</b> .....	<b>51</b>
3.1 비점오염원의 정의 및 특성 .....	53
3.2 비점오염원 관리기법 .....	65
3.3 국·내외 비점오염저감시설 적용사례 .....	90
<b>제4장 비점오염물질 유출특성</b> .....	<b>101</b>
4.1 유량 및 수질조사 지점선정 .....	103
4.2 유량 및 수질조사 .....	107
<b>제5장 비점오염원 최적관리방안 수립</b> .....	<b>125</b>
5.1 비점오염저감사업 타당성 검토 .....	127
5.2 비점오염저감시설 용량 및 규모결정 .....	151
5.3 배수구역 특성 및 설치위치 검토 .....	158
5.4 비점오염원 관리방안 선정 .....	161
5.5 비점오염저감시설 설치효과 분석 .....	174

<b>제6장 유지관리 및 모니터링 계획</b> .....	<b>185</b>
6.1 비점오염저감시설 유지관리 방안 .....	187
6.2 유지관리 계획 .....	191
6.3 모니터링 계획 .....	200
<b>제7장 재정계획</b> .....	<b>209</b>
7.1 사업비 총괄 .....	211
7.2 재원조달방안 .....	213

## 표 차례

〈표2-1〉 군산시 경위도상 위치 .....	20
〈표2-2〉 군산시 행정구역현황 .....	20
〈표2-3〉 연도별 기온, 풍속 .....	22
〈표2-4〉 연도별, 월별 강수량 .....	23
〈표2-5〉 인구 현황 .....	24
〈표2-6〉 주요 지목별 토지이용현황 .....	25
〈표2-7〉 용도지역 현황 .....	25
〈표2-8〉 군산시 하천 현황 .....	26
〈표2-9〉 군산시 수질측정망 운영현황 .....	27
〈표2-10〉 하천 수질측정망 분석결과 .....	28
〈표2-11〉 산단하천 수질측정망 분석결과 .....	29
〈표2-12〉 농업용수 수질측정망 분석결과 .....	32
〈표2-13〉 중권역 목표등급 및 수질오염총량관리 목표수질 .....	36
〈표2-14〉 목표수질 달성도 평가 .....	36
〈표2-15〉 탐천 유량구간별 목표수질 초과율 .....	37
〈표2-16〉 군산시 하수도 보급률 현황 .....	39
〈표2-17〉 군산시 하수도 시설 현황 .....	39
〈표2-18〉 군산시 공공하수처리시설 현황 .....	40
〈표2-19〉 군산시 소규모 마을하수처리시설 현황 .....	41
〈표2-20〉 임실군 가축분뇨공공처리시설 개요 .....	42
〈표2-21〉 군산시 공공하수처리시설 재이용수 현황 .....	42
〈표2-22〉 단위유역별 기준유량 및 목표수질 .....	44
〈표2-23〉 단위유역별 BOD 할당부하량 .....	45
〈표2-24〉 단위유역별 T-P 할당부하량 .....	45
〈표2-25〉 시행계획 수립대상 단위유역 및 관리대상물질 .....	46
〈표2-26〉 군산시 단위유역별 목표수질 및 기준유량 조건 .....	48
〈표2-27〉 군산시 단위유역별 최종년도 BOD 부하량 총괄표 .....	48
〈표2-28〉 군산시 단위유역별 최종년도 BOD 부하량 총괄표 .....	49
〈표3-1〉 점오염원과 비점오염원의 특성비교 .....	53
〈표3-2〉 비점오염물질의 종류 .....	54

〈표3-3〉 토지이용별 주요비점오염원 및 오염물질 .....	58
〈표3-4〉 도시지역 CSOs와 우수관거 유출수 농도 조사결과 .....	60
〈표3-5〉 강우시 도로 및 도시지역의 오염부하량 비교 .....	61
〈표3-6〉 도시지역 비점오염원 특성 .....	61
〈표3-7〉 강우유출수 농도와 공공처리시설 방류수 농도 비교 .....	63
〈표3-8〉 비점오염원 관리기술의 종류 .....	67
〈표3-9〉 지역내 저류공간 .....	68
〈표3-10〉 지역의 저류공간 .....	69
〈표3-11〉 침투형 BMP의 종류 .....	77
〈표3-12〉 식생형 BMP의 종류 .....	80
〈표3-13〉 장치형 BMP의 종류 .....	81
〈표3-14〉 처리형 BMP의 종류 .....	84
〈표3-15〉 비구조적 관리기술의 종류 .....	85
〈표3-16〉 비점오염원 원천저감방안 .....	86
〈표3-17〉 공사중 오염저감 방안 .....	87
〈표3-18〉 수변구역 관리 .....	87
〈표3-19〉 자연 완충지역 조성 .....	88
〈표3-20〉 시민참여 및 교육홍보방안 .....	89
〈표4-1〉 집수유역 현황 .....	106
〈표4-2〉 유량 및 수질조사항목 및 주기 .....	108
〈표4-3〉 대상유역 강우조사표 .....	109
〈표4-4〉 수질 및 유량 1차 조사 결과(우유제 좌측(L-1)) .....	110
〈표4-5〉 수질 및 유량 1차 조사 결과(우유제 우측(R-1)) .....	111
〈표4-6〉 수질 및 유량 2차 조사 결과(우유제 좌측(L-1)) .....	114
〈표4-7〉 수질 및 유량 2차 조사 결과(우유제 좌측(L-2)) .....	115
〈표4-8〉 수질 및 유량 2차 조사 결과(우유제 우측(R-1)) .....	116
〈표4-9〉 강우시 수질항목별 EMC농도 산정결과(1차) .....	121
〈표4-10〉 강우시 수질항목별 EMC농도 산정결과(2차) .....	122
〈표4-11〉 수질항목별 Event 부하량 산정결과(1차) .....	123
〈표4-12〉 수질항목별 Event 부하량 산정결과(1차) .....	124
〈표5-1〉 토지이용 특성에 따른 저감시설 타당성 평가표 .....	128
〈표5-2〉 세부 입지별 설치 가능한 저감시설 .....	129
〈표5-3〉 물리적 타당성에 따른 강우유출수 처리기법 선정표 .....	131
〈표5-4〉 기후 및 지역적인 요소에 관한 선정표 .....	135

〈표5-5〉 유역 요소 .....	137
〈표5-6〉 처리목적별 비점오염저감시설의 적합성 평가표 .....	140
〈표5-7〉 지역사회와 환경 요소 .....	142
〈표5-8〉 비점오염저감시설의 설치비용 .....	143
〈표5-9〉 비점오염저감시설의 유지관리 용이성 .....	144
〈표5-10〉 비점오염저감시설별 안전성 .....	146
〈표5-11〉 비점오염저감시설별 안전성 .....	147
〈표5-12〉 비점오염저감시설별 적용 규모 설계기준 .....	151
〈표5-13〉 처리용량에 따른 저감시설별 소요부지 면적 산정방법 .....	152
〈표5-14〉 비점오염저감시설 설계용량 및 시설부지 면적 산정결과 .....	154
〈표5-15〉 시설종류 및 용량에 따른 개략사업비 .....	155
〈표5-16〉 기본 및 실시설계, 감리비 산정기준 .....	156
〈표5-17〉 시설규모 .....	156
〈표5-18〉 소요사업비 .....	156
〈표5-19〉 ○○저수지 준설사업 개요 .....	157
〈표5-20〉 사업대상지 개략준설비용 산정 .....	157
〈표5-21〉 부지평가항목 및 검토사항 .....	159
〈표5-22〉 설치위치 검토 .....	160
〈표5-23〉 비점오염원 구조적 관리방안 .....	161
〈표5-24〉 인공습지의 법적 설치 기준 .....	162
〈표5-25〉 습지 수심에 따른 식재 계획 .....	165
〈표5-26〉 주요저류시설의 제거효율 .....	175
〈표5-27〉 도시 및 농촌지역 적용대상 비점오염물질저감시설 및 효율 .....	175
〈표5-28〉 저감시설의 처리효율 .....	176
〈표5-29〉 비점오염저감시설별 저감효율 .....	176
〈표5-30〉 Performance data for a northern-climate CW treating septic tank effluent	177
〈표5-31〉 Summary of North American treatment wetland database operational performance .....	178
〈표5-32〉 Average treatment wetland performance for removal of BOD <sub>5</sub> , TSS, NH <sub>4</sub> -N, TN in the Livestock Wastewater Treatment Wetland Database .....	178
〈표5-33〉 Wetland Water Quality, West Jacson Co., Ms .....	179
〈표5-34〉 BOD & TSS Removal for Ouray, CO .....	179
〈표5-35〉 설계기준에 따른 강우처리비 산정시 적용계수 .....	181
〈표5-36〉 비점오염저감시설별 저감효율 .....	181

〈표5-37〉 비점오염저감시설 대상유역 토지계 발생부하량 .....	182
〈표6-1〉 비점오염저감시설의 관리·운영기준 .....	189
〈표6-2〉 비점오염저감시설의 주요 유지관리 항목 .....	193
〈표6-3〉 주요 유지관리 항목별 관리주기 .....	194
〈표6-4〉 자연형 관리시설 유지관리사항 .....	195
〈표6-5〉 자연형 관리시설 유지관리방안 .....	195
〈표6-6〉 인공습지 유지관리활동 및 주기 .....	196
〈표6-7〉 인공습지 유지관리 체크리스트 .....	198
〈표6-8〉 비점오염저감시설 유지관리비용 .....	199
〈표6-9〉 시료채취 조건 및 주기 .....	204
〈표6-10〉 도시지역과 농촌지역에서의 조사항목 .....	204
〈표6-11〉 수질·유량의 조사대상 및 주기 .....	207
〈표6-12〉 수질·유량의 조사대상 및 주기 .....	208
〈표6-13〉 지점당 연간 수질분석 비용 .....	208
〈표7-1〉 비점오염저감시설 설치사업 소요 사업비 .....	211
〈표7-2〉 비점오염저감시설 설치 경제성 분석 .....	212
〈표7-3〉 비점오염저감시설 설치에 따른 경제성 분석 결과 .....	212
〈표7-4〉 2024년도 국고보조사업 사업비 비율 .....	213
〈표7-5〉 군산시 비점오염관리에 따른 재원조달방안 .....	213

## 그림차례

(그림2-1) 군산시 행정지도 .....	20
(그림2-2) 군산시 표고경사 현황 .....	22
(그림2-3) 군산시 하천현황도 .....	27
(그림2-4) 군산시 하천 수질측정망 현황 .....	28
(그림2-5) 하천 항목별 수질변화 추이(2020~2024년) .....	29
(그림2-6) 산단하천 항목별 수질변화 추이(2020~2024년) .....	31
(그림2-7) 농업용수 항목별 수질변화 추이(2020~2024년) .....	34
(그림2-7) 농업용수 항목별 수질변화 추이(2020~2024년) .....	35
(그림2-7) 농업용수 항목별 수질변화 추이(2020~2024년) .....	36
(그림2-7) 탐천 부하지속곡선(중권역 목표수질) .....	39
(그림2-7) 탐천 부하지속곡선(수질오염총량 목표수질) .....	39
(그림2-8) 금강수계 전북특별자치도 단위유역 현황 .....	44
(그림2-9) 군산시 수질오염총량 시행계획 대상 단위유역 .....	48
(그림3-1) 도심지역 토지이용별 비점오염원 .....	60
(그림3-2) 비도심지역 토지이용별 비점오염원 .....	63
(그림3-3) 최적관리기법(Best Management Practices) 선정 흐름도 .....	67
(그림3-4) 유출부 소규모 연못형성 이중목적 저류지 .....	71
(그림3-5) 연못형 이중목적 저류지 .....	72
(그림3-6) 다단계 저류지 .....	73
(그림3-7) 소규모 저류지 .....	74
(그림3-8) 지하저류조 .....	75
(그림3-9) 소규모 습지 .....	76
(그림3-10) 인공습지 .....	77
(그림3-11) 침투저류조 .....	79
(그림3-12) 침투도랑 .....	80
(그림3-13) 식생여과대 .....	81
(그림3-14) 자연식생수로 .....	82
(그림3-15) 여과형-Storm Filter .....	83

(그림3-16) 와류형 분리기 .....	83
(그림3-17) 브러시 스크린 .....	84
(그림3-18) 응집·침전처리 .....	85
(그림4-1) 수질모니터링 측정지점 선정 절차 .....	105
(그림4-2) 유량 및 수질조사지점 위치도 .....	106
(그림4-3) 유속-면적법에 의한 유량측정 방법 .....	109
(그림4-4) 강우시 수질 및 유량 1차 조사 결과 .....	113
(그림4-5) 1차 우유제 수질 및 유량 조사 지점 .....	114
(그림4-6) 강우시 수질 및 유량 2차 조사 결과 .....	118
(그림4-5) 강우시 수질 및 유량 2차 조사 결과(계속) .....	119
(그림4-7) 2차 우유제 수질 및 유량 조사 지점 .....	120
(그림4-8) 강우시 EMC 1차 조사 결과 .....	122
(그림4-9) 강우시 EMC 2차 조사 결과 .....	123
(그림4-10) 강우시 Event 부하량 현황(1차 조사 결과) .....	124
(그림4-11) 강우시 Event 부하량 현황(1차 조사 결과) .....	125
(그림5-1) 강우사상 히스토그램(1995~2024, 군산기상관측소) .....	154
(그림7-1) 인공습지 시설용량에 따른 개략사업비 산정 방법(예시) .....	156
(그림5-2) 비점오염저감시설 설치지점 위치도 .....	159
(그림5-3) 비점오염저감시설 원격 제어 및 모니터링 시스템 사례 .....	164
(그림5-4) 인공습지의 수생식물과 생물구성 모식도 .....	165
(그림5-5) 인공습지 관찰데크(좌) 및 투수성 탐방(산책)로(우) 예시 .....	167
(그림5-6) 인공습지의 단면 구조도 .....	168
(그림5-7) 인공습지 형태별 개념도 .....	170
(그림5-8) 농업 비점오염관리 거버넌스 만들기 구성 요소 .....	173
(그림5-9) 농업최적관리기법(BMPs) 예시 .....	174

제1장

과업의 개요



# | 제1장 과업의 개요 |

## 1.1 과업의 배경 및 목적

### 1.1.1 과업의 배경

- 군산시 서수면에 위치한 우유제는 유역내 서수양돈단지 및 가축분뇨 재활용시설이 입지하고 있어 오염물질 유출 사고 등에 취약한 유역특성을 가지고 있으며 그간 액비유출사고 및 주요 민원이 다수 발생하고 있는 유역임
- 현재 우유제는 농업용수 공급 저수지로서의 기능이 미흡하여 '23년 12월에 용도폐기 되었으며 강우시 발생하는 축산계 비점오염물질이 새만금호로 유입됨에 따라 비점오염저감시설 설치가 필요함
- 새만금 3단계 수질개선대책의 일환으로 비점오염관리 부처간 협력사업으로서 기능이 저하되거나 활용도가 낮은 농업용 저수지를 인공습지 또는 저류시설로 조성하여 농·축산계 비점오염원 저감시설로서 활용하기 위하여 추진되고 있음
- 따라서, 군산시는 타당성 조사 및 기본계획 수립을 통해 강우유출수와 함께 배출되는 비점오염원 물질을 저감하기 위한 체계적인 비점오염원 관리대책을 수립하여 수질개선을 도모하고, 비점오염저감사업의 실효성 있는 추진을 위해 사업예산 확보 및 향후 비점오염 저감방안을 마련할 필요가 있음

### 1.1.2 과업의 목적

- 강우시 발생하는 비점오염물질은 수계에 직접적인 영향을 미치며 이에 비점오염 부하량을 저감하기 위한 체계적인 비점오염원 관리대책을 수립
- 축사 밀집지역 등 비점오염물질 발생이 높은 지역에서의 수질오염 예방의 효율적인 추진을 위하여 비점오염원 관리에 대한 계획을 수립함으로써 향후 저감사업 추진의 기초 자료로 활용하기 위함

## 1.2 과업의 범위

- 본 과업의 공간적 범위는 군산시 서수면 우유제 유역 일원을 대상으로 함.



(그림 1-1) 과업대상유역

## 1.3 과업의 주요내용

- 기초조사 (인문사회·자연·환경현황·강우시 하천수질, 개발현황 및 계획)
- 단위유역 구분 및 유역별 비점오염원 유출특성 조사분석
- 비점오염원 유출현황 조사(현장조사)
- 배수구역 및 오염부하량, 삭감량 및 기여율 산정 및 최적관리방안
- 비점오염원 처리시설 계획(시설종류, 처리용량, 설치위치, 소요예산 등)수립
- 연차별 투자계획 및 재원조달방안
- 삭감계획에 대한 타당성 조사 및 분석



제2장

기초현황



# | 제2장 기 초 현 황 |

## 2.1 일반현황

### 2.1.1 지역의 개황

#### 가. 위 치

- 군산시는 금강하구에 북위 36°선이 지나는 중위도에 위치하고 있음. 우리나라에서는 포항, 동아시아에서는 중국 칭따오, 일본 요코하마와 비슷한 위도에 위치하고 있으며, 동으로는 서수면 금암리 마포, 서로는 옥도면 어청도리, 남으로는 옥도면 비안도리, 북으로는 옥도면 어청도리가 경계임.
- 또한 서울에서 231.5km, 광주에서 140km, 전주에서 47.9km거리에 이르는 곳에 있으며, 금강의 왼쪽 끝에 호남을 배후지로 하는 환황해권의 중심적 항구도시로서, 2010년 완공된 세계 최장 33.9km의 새만금방조제가 개통되어 명실상부 군산의 위상을 높이고 있으며, 인접 지역으로 익산시, 김제시와 부안군, 서천군이 접하고 있음



(그림2-1) 군산시 행정지도

〈표2-1〉 군산시 경위도상 위치

소재지	단	경도와 위도의 극점		연장거리(km)
		지명	극점	
전북특별자치도 군산시 시청로 17 (조촌동)	동단	서수면 금암리 마포	북위 36° 00′ 01″	동서간 약 85km
			동경 126° 54′ 55″	
	서단	옥도면 어청도리	북위 36° 07′ 34″	
			동경 125° 57′ 59″	
	남단	옥도면 비안도리	북위 35° 43′ 33″	남북간 약 45km
			동경 126° 27′ 36″	
북단	옥도면 어청도리	북위 36° 07′ 38″		
		동경 125° 58′ 13″		

자료: 군산시 통계연보(2022), 2023

#### 나. 행정구역 면적

- 군산시 행정구역은 읍 1개 면 10개 행정동 16개 법정동 52개 통461통, 행정리 339개로 구성되어 있으며, 면적은 397.4km<sup>2</sup>로 되어 있음

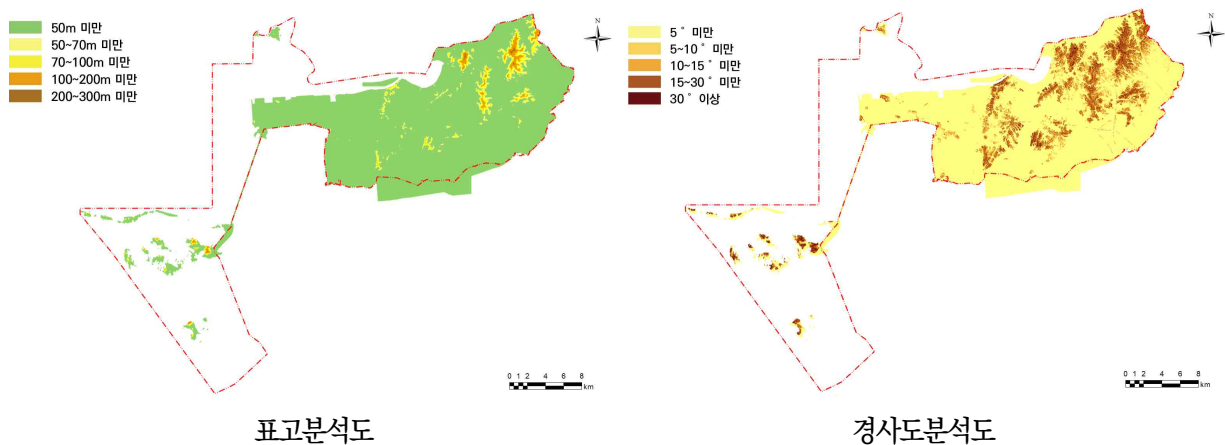
〈표2-2〉 군산시 행정구역현황

연도별	면적 (km <sup>2</sup> )	읍	면	동		통	행정리
				행정	법정		
2012년	394.9	1	10	16	52	439	337
2013년	394.9	1	10	16	52	439	337
2014년	395.9	1	10	16	52	439	337
2015년	396.0	1	10	16	52	455	337
2016년	396.2	1	10	16	52	460	339
2017년	396.4	1	10	16	52	461	339
2018년	396.4	1	10	16	52	480	341
2019년	397.0	1	10	16	52	481	342
2020년	397.3	1	10	16	52	497	342
2021년	397.4	1	10	16	52	497	342

자료: 군산시 통계연보(2021), 2023

## 2.1.2 지형 및 지세

- 군산시 서남부 지역은 토사의 퇴적에 의한 표고 25m 이하의 비교적 평탄한 지역에 시가지 및 농경지가 형성되어 있으며, 특히 일제시대 매립으로 형성된 평야지대가 분포함
- 구시가지를 둘러싸고 있는 월명산~금성산~고봉산~오성산이 평지위에 우뚝 솟은 듯한 임야를 형성하고 있으며, 북동쪽으로 취성산, 대명산 등 표고 150m 이상의 임야지가 이어지고, 북쪽의 금강, 남쪽의 만경강, 서쪽의 서해로 둘러쌓인 군산은 삼면이 물로 둘러쌓여 있으나, 서남측 고군산군도의 대·소 도서가 병풍처럼 산재하여 있고, 새만금 방조제가 완공되어 있어 육지부측에 대한 천혜의 방파제 역할을 담당하고 있음
- 육지부 390.1km<sup>2</sup> 가운데 개발이 양호한 표고 50m 이하 지역이 364.5km<sup>2</sup>로 93.4%, 50~100m 지역이 20.6km<sup>2</sup>로 5.3%, 100m 이상 지역이 5km<sup>2</sup>로 1.3%를 점유한다. 군산 서남지역을 중심으로 경사 5%이하 지역이 75.8%(295.7km<sup>2</sup>), 5~15% 지역이 12.5%(48.8km<sup>2</sup>), 동북 구릉지를 중심으로 경사 15%이상 지역이 11.7% (45.6km<sup>2</sup>) 분포함



(그림2-2) 군산시 표고경사 현황

## 2.1.3 기상개황

### 가. 기상개황

- 군산시 과거 10년(2013~2022) 동안의 기상자료를 분석한 결과 과거 10년간 평균 기온은 13.4℃이며, 평균 최고기온은 18.2℃, 평균 최저기온은 9.1℃을 보임
- 평균풍속은 1.9m/sec를 나타내고 있으며, 평균강수량은 1,153.3mm로 대부분 5~9월에 집중된다.

〈표2-3〉 연도별 기온, 풍속

구분	기온(℃)			평균풍속 (m/sec)	상대습도 (%)	강수량 (mm)	일조시간 (hr)
	평균	평균최고	평균최저				
2013	12.6	17.5	8.4	2.4	80.7	1,092.4	2,398.9
2014	12.9	18.1	8.9	2.1	81.6	1,141.0	2,305.6
2015	13.4	18.1	9.4	2.1	81.8	895.8	2,307.2
2016	13.9	18.6	9.2	2.1	81.7	1,144.4	2,351.7
2017	14.1	18.2	8.8	2.2	76.3	774.4	2,550.1
2018	13.2	18.1	9.0	2.0	75.3	1,637.1	2,566.9
2019	13.5	18.4	9.3	0.0	75.2	1,008.1	2,478.0
2020	13.4	18.2	9.4	2.1	75.2	1,644.5	2,325.3
2021	13.9	18.9	9.8	2.0	75.2	1,151.7	2,390.1
2022	13.2	18.1	8.9	2.3	72.6	1,043.4	2,371.0
평균	13.4	18.2	9.1	1.9	77.6	1,153.3	2,404.5

자료: 군산시 통계연보(2022), 2024

〈표2-4〉 연도별, 월별 강수량

(단위 : mm)

연도	계	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
2013	1,092.4	29.2	63.3	62.1	94.1	157.5	38.4	293.0	108.2	114.2	10.4	95.4	26.6
2014	1,141.0	6.9	9.1	89.9	97.7	58.2	82.4	113.2	293.2	128.2	128.7	69.0	64.5
2015	895.8	41.4	25.8	44.0	114.9	45.7	120.4	113.0	31.0	66.9	99.3	150.1	43.3
2016	1,144.4	42.4	46.1	24.1	166.6	102.9	37.4	327.2	10.0	192.1	112.3	31.9	51.4
2017	774.4	16.9	36.8	12.8	61.6	39.3	37.0	221.1	164.7	90.2	28.0	19.1	46.9
2018	1,637.1	27.4	33.5	96.3	122.0	139.6	101.1	316.3	495.9	77.5	138.1	52.0	37.4
2019	1,008.1	6.7	35.7	33.6	78.8	44.3	74.8	198.1	104.5	185.2	98.4	114.7	33.3
2020	1,664.8	70.6	60.5	16.8	20.3	98.7	196.6	446.2	520.6	171.0	4.1	47.6	11.8
2021	1,151.7	28.8	13.8	91.9	43.9	137.0	98.8	251.3	218.3	138.8	32.7	81.9	14.5
2022	1,043.4	4.3	7.1	78.6	83.3	4.9	94.9	152.2	340.9	80.6	73.8	75.4	47.4

자료: 군산시 통계연보(2022), 2024

## 2.1.4 인구현황

- 2022년 말 기준 군산시 인구는 271,126인이고, 세대수는 122,250세대이며, 인구증가율은 -0.9%임
- 세대당 인구는 2010년 2인/세대에서 2019년 2.2인/세대로 감소 추세를 보이고 있으며, 65세 이상 고령자는 증가하는 추세를 보임

〈표2-5〉 인구 현황

구분	세대수 (가구)	인구수(인)			인구증가율 (%)	세대당 인구(인/세 대)	65세 이상 고령자(인)
		계	남	여			
2013	111,278	282,762	144,245	138,517	1.0	2.5	36,763
2014	112,103	283,746	144,354	138,616	0.1	2.5	38,073
2015	113,098	283,525	144,653	138,667	0.1	2.5	39,555
2016	114,382	284,118	144,954	138,977	0.2	2.5	41,317
2017	113,191	283,041	144,300	138,741	-0.4	2.5	42,810
2018	115,657	280,263	142,591	137,672	-1.0	2.4	44,580
2019	117,068	278,345	141,557	136,788	-0.7	2.4	45,913
2020	118,264	276,232	140,386	135,846	-0.8	2.3	48,059
2021	121,220	273,651	139,035	134,616	-0.9	2.3	50,700
2022	122,250	271,126	137,964	133,162	-0.9	2.2	52,714

자료: 군산시 통계연보(2021), 2023

## 2.1.5 토지이용현황

### 가. 토지 지목별 이용현황

- 군산시의 2022년 기준 면적 397.45km<sup>2</sup>이고, 이중에 농경지가 37.69%(149.81km<sup>2</sup>)로 가장 많이 차지하였고, 임야 78.79km<sup>2</sup>, 기타 50.36km<sup>2</sup>, 하천 36.02km<sup>2</sup>, 대지 25.77km<sup>2</sup>, 도로 24.83km<sup>2</sup> 순으로 조사되었음

〈표2-6〉 주요 지목별 토지이용현황

구분	계	농경지	임야	대지	도로	하천	공장용지	공공용지	기타
면적 (km <sup>2</sup> )	397.45	149.81	78.79	25.77	24.83	36.02	21.51	10.36	50.36
비율 (%)	100.00	37.69	19.82	6.48	6.25	9.06	5.41	2.61	12.67

참고: 농경지(전, 답, 과수원), 공장용지(공장용지, 창고용지), 공공용지(학교, 철도용지, 수도용지, 유원지, 체육용지, 공원)  
 자료: 군산시 통계연보(2022), 2023

### 나. 용도지역 현황

- 군산시의 용도지역 현황은 도시지역이 207.40km<sup>2</sup>로 전체의 45.4%를 차지하고, 비도시지역은 249.21km<sup>2</sup>로 54.6%를 차지함
- 도시지역은 녹지지역 18.2%, 공업지역 6.1%, 주거지역 4.2%, 상업지역 0.9% 순으로 나타났으며, 비도시지역은 관리지역 28.2%, 농림지역 26.0%, 자연환경보전지역 0.4%순으로 나타남

〈표2-7〉 용도지역 현황

구분	총합계	도시지역					비도시지역		
		주거지역	상업지역	공업지역	녹지지역	미지정	관리지역	농림지역	자연환경보전지역
면적 (km <sup>2</sup> )	456.60	18.95	4.24	27.87	82.99	73.35	128.57	118.76	1.88
비율 (%)	100.0	4.2	0.9	6.1	18.2	16.1	28.2	26.0	0.4

자료: 군산시 통계연보(2021), 2023

## 2.2 지역 환경 현황

### 2.2.1 하천 현황

- 군산시의 하천은 금강 을 포함하여 6개의 하천이 위치하고 있으며 연장 26.81km의 가장 긴 하천인 탑천은 익산시 금마를 기점으로 군산시 대야면을 종점으로 만경강으로 흘러 들어가고 있음

〈표2-8〉 군산시 하천 현황

하천명	유 수 의 계 통 (수 계)		하천연장 (km)	유로연장 (km)	유역면적 (km <sup>2</sup> )
	본 류	제1지류			
금강	금강	-	97.31	-	-
탑천	만경강	탑천	26.81	27.99	158.52
고척천	만경강	고척천	6.77	9.40	29.30
미제천	만경강	미제천	9.00	8.82	27.74
경포천	경포천	-	8.92	11.17	54.60
옥회천	경포천	옥회천	6.30	14.98	42.09

자료: 하천일람 2022, (2023기준)



(그림2-3) 군산시 하천현황도

## 2.2.2 수질 현황

### 가. 수질측정망 현황

- 군산시 내 수질측정망은 하천(총량측정망)1개소, 산단하천 측정망 2개소, 농업용수 6개소의 측정망이 운영되고 있는 것으로 나타남

〈표2-9〉 군산시 수질측정망 운영현황

중권역	측정소명	수질측정지점	조사기관	비고
만경강 중권역	탑천	군산시 대야면 광교리	금강물환경연구소	총량측정망
	C소룡동 수로	군산시 소룡동	전북지방환경청	산단하천
	C비응도동 수로	군산시 비응도동	전북지방환경청	산단하천
금강서해	옥구저수지	군산시 옥구읍 어은리	한국농어촌공사	농업용수
	옥녀저수지	군산시 개사동	한국농어촌공사	농업용수
새만금(직소천)	미룡저수지	군산시 미룡동	한국농어촌공사	농업용수
	대위저수지	군산시 회현면 학당리	한국농어촌공사	농업용수
금강하구언 금강하구언	서지저수지	군산시 나포면 장상리	한국농어촌공사	농업용수
	옥곡저수지	군산시 성산면 대명리	한국농어촌공사	농업용수

자료: 물환경정보시스템



(그림2-4) 군산시 하천 수질측정망 현황

## 나. 수질측정망 분석결과

- 수질측정망 자료를 이용하여 하천, 산단하천, 농업용수의 2020~2024년까지의 주요 수질 항목에 대한 농도 변화 추이 및 하천 생활환경기준 등급을 분석하였음

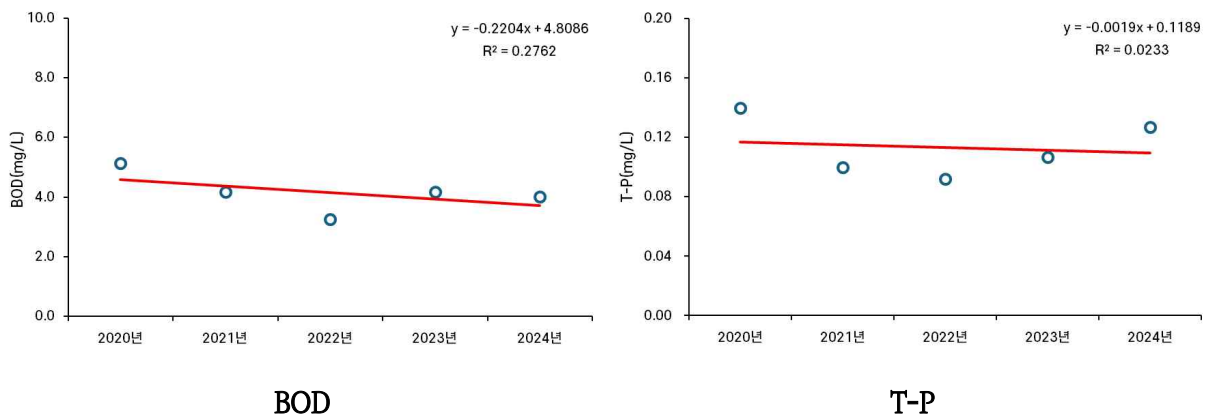
### (1) 하천 측정망

- (BOD) `20년 대비 `24년 5.1 → 4.0 mg/L로 감소, 5년 평균 보통(III)등급
- (T-P) `20년 대비 `24년 0.140 → 0.127 mg/L로 감소, 5년 평균 보통(III)등급

〈표2-10〉 하천 수질측정망 분석결과

측정망	항목 (mg/L)	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년	평균	등급
탑천	TOC	6.0	6.5	6.4	6.9	6.6	6.5	V
	BOD	5.1	4.2	3.3	4.2	4.0	4.1	III
	COD	9.7	9.3	10.0	9.2	8.9	9.4	V
	SS	23.1	22.4	23.5	31.9	27.6	25.7	IV
	T-N	4.313	4.196	3.877	3.871	3.770	4.005	-
	T-P	0.140	0.100	0.092	0.107	0.127	0.113	III

자료: 물환경정보시스템



(그림2-5) 하천 항목별 수질변화 추이(2020~2024년)

## (2) 산단하천 측정망

### ○ 비응도동 수로

- (BOD) `20년 대비 `24년 10.1 → 7.3 mg/L로 감소, 5년 평균 나쁨(V)등급
- (T-P) `20년 대비 `24년 0.517 → 0.408 mg/L로 감소, 5년 평균 나쁨(V)등급

### ○ 소룡동 수로

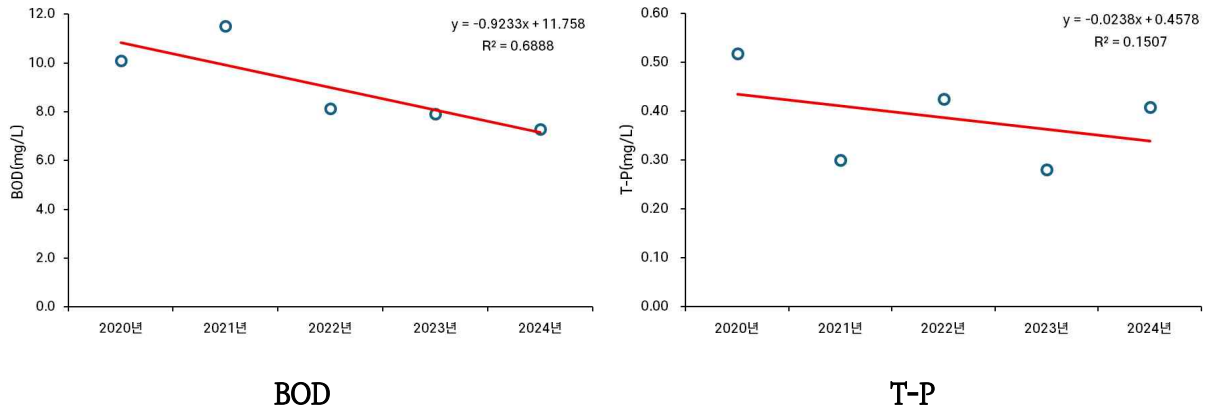
- (BOD) `20년 대비 `24년 3.8 → 4.0 mg/L로 증가, 5년 평균 보통(III)등급
- (T-P) `20년 대비 `24년 0.249 → 0.193 mg/L로 감소, 5년 평균 약간나쁨(IV)등급

〈표2-11〉 산단하천 수질측정망 분석결과

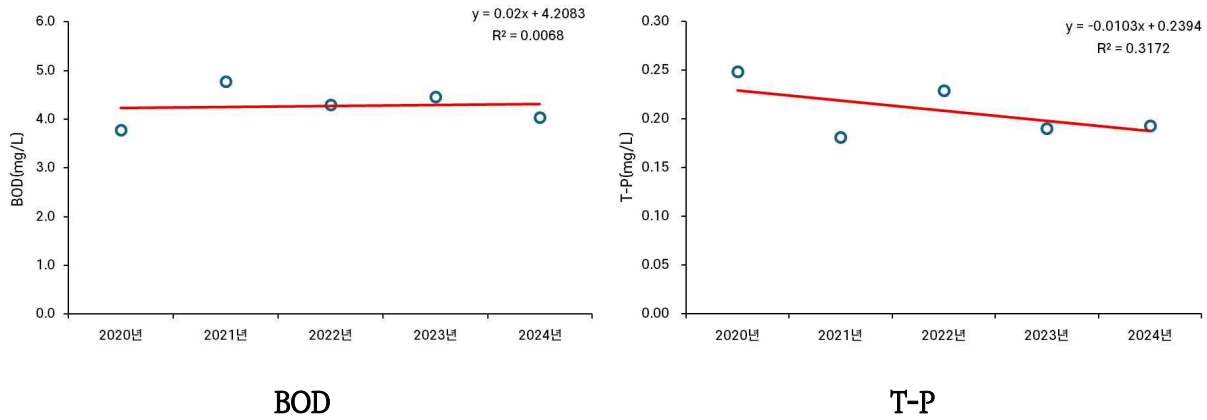
측정망	항목 (mg/L)	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년	평균	등급
비응도동 수로	TOC	9.2	7.0	7.0	8.9	9.1	8.2	V
	BOD	10.1	11.5	8.1	7.9	7.3	9.0	V
	COD	20.1	19.9	16.7	14.6	18.5	17.9	VI
	SS	21.8	18.8	22.9	19.4	16.8	19.9	Ia
	T-N	4.891	3.770	4.165	3.282	3.519	3.925	-
	T-P	0.517	0.300	0.425	0.281	0.408	0.386	V
소룡동 수로	TOC	11.5	7.5	7.4	8.5	8.2	8.6	V
	BOD	3.8	4.8	4.3	4.5	4.0	4.3	III
	COD	13.0	13.7	14.3	12.9	13.1	13.4	VI
	SS	13.6	27.7	17.3	14.7	16.7	18.0	Ia
	T-N	4.211	4.460	4.009	3.941	3.374	3.999	-
	T-P	0.249	0.181	0.229	0.190	0.193	0.208	IV

자료: 물환경정보시스템

30 | 군산시 비점오염저감시설 타당성 조사 및 기본계획 수립



(a) 비응도동 수로



(b) 소룡동 수로

(그림2-6) 산단하천 항목별 수질변화 추이(2020~2024년)

(3) 농업용수 측정망

- 대위 저수지
  - (COD) `20년 대비 `24년 6.6 → 7.0 mg/L로 증가
  - (T-P) `20년 대비 `24년 0.022 → 0.031 mg/L로 증가

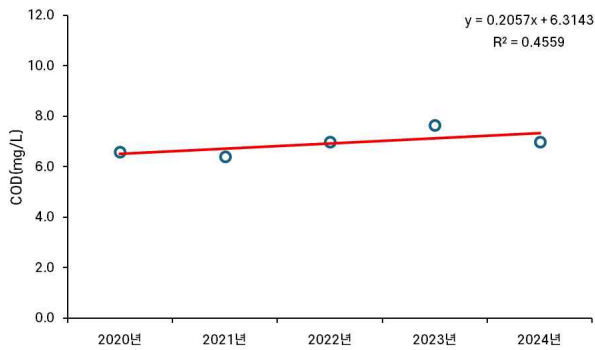
- 미룡 저수지
  - (COD) `20년 대비 `24년 5.6 → 5.6 mg/L
  - (T-P) `20년 대비 `24년 0.015 → 0.031 mg/L로 증가
  
- 서지 저수지
  - (COD) `20년 대비 `24년 13.3 → 14.2 mg/L로 증가
  - (T-P) `20년 대비 `24년 0.072 → 0.052 mg/L로 감소
  
- 옥곡 저수지
  - (COD) `20년 대비 `24년 4.6 → 4.3 mg/L로 감소
  - (T-P) `20년 대비 `24년 0.020 → 0.031 mg/L로 증가
  
- 옥구 저수지
  - (COD) `20년 대비 `24년 8.0 → 9.8 mg/L로 증가
  - (T-P) `20년 대비 `24년 0.038 → 0.107 mg/L로 증가
  
- 옥녀 저수지
  - (COD) `20년 대비 `24년 9.9 → 12.6 mg/L로 증가
  - (T-P) `20년 대비 `24년 0.042 → 0.040 mg/L로 감소

〈표2-12〉 농업용수 수질측정망 분석결과

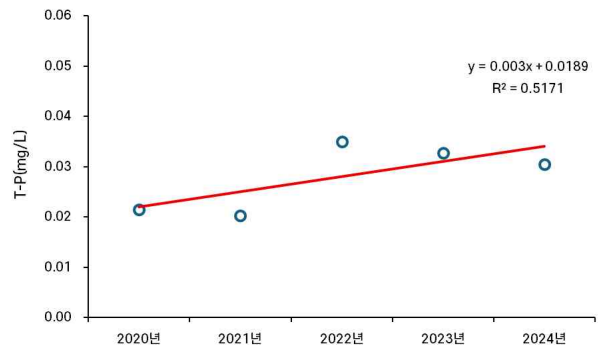
측정망	항목 (mg/L)	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년	평균	등급
대위 저수지	TOC	4.9	4.1	4.7	5.4	4.7	4.7	III
	COD	6.6	6.4	7.0	7.7	7.0	6.9	IV
	SS	3.8	4.1	5.8	4.1	3.6	4.3	II
	T-N	0.476	0.425	0.468	0.579	0.523	0.494	III
	T-P	0.022	0.020	0.035	0.033	0.031	0.028	II
미룡 저수지	TOC	4.0	3.4	3.6	3.5	3.8	3.7	II
	COD	5.6	5.1	6.8	5.3	5.6	5.7	IV
	SS	4.7	2.4	8.0	6.0	2.5	4.7	II
	T-N	0.416	0.286	0.396	0.545	0.365	0.401	III
	T-P	0.015	0.013	0.020	0.037	0.020	0.021	II
서지 저수지	TOC	7.0	7.2	9.1	6.4	8.4	7.6	V
	COD	13.3	12.6	17.0	10.8	14.2	13.6	VI
	SS	19.0	21.3	25.2	14.3	18.8	19.7	V
	T-N	1.004	1.164	1.118	1.453	0.834	1.114	V
	T-P	0.072	0.098	0.103	0.098	0.052	0.084	IV
옥곡 저수지	TOC	4.6	6.3	4.2	5.4	4.3	5.0	III
	COD	7.0	12.9	7.5	8.3	8.2	8.8	V
	SS	7.6	13.7	7.6	6.9	6.9	8.5	III
	T-N	1.057	1.145	1.085	1.020	0.923	1.046	V
	T-P	0.020	0.045	0.030	0.045	0.031	0.034	III
옥구 저수지	TOC	5.1	4.9	7.5	5.0	5.2	5.5	IV
	COD	8.0	10.1	21.3	7.5	9.8	11.3	VI
	SS	13.5	13.2	50.0	6.2	10.1	18.6	V
	T-N	1.023	1.087	0.764	1.045	0.782	0.940	IV
	T-P	0.038	0.052	0.141	0.051	0.107	0.078	IV

측정망	항목 (mg/L)	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년	평균	등급
옥녀저수지	TOC	7.0	5.6	5.6	6.6	7.8	6.5	V
	COD	9.9	9.0	10.2	8.9	12.6	10.1	VI
	SS	13.2	9.7	17.7	6.8	5.7	10.6	III
	T-N	1.004	0.666	0.622	0.942	0.721	0.791	IV
	T-P	0.042	0.039	0.031	0.037	0.040	0.038	III

자료: 물환경정보시스템

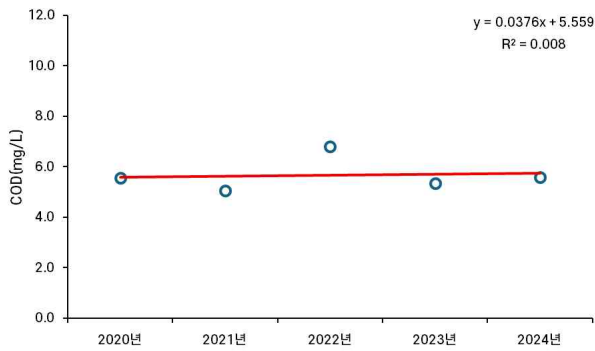


COD

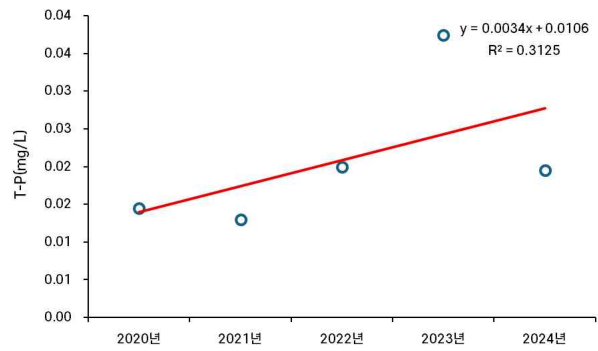


T-P

(a) 대위 저수지



COD



T-P

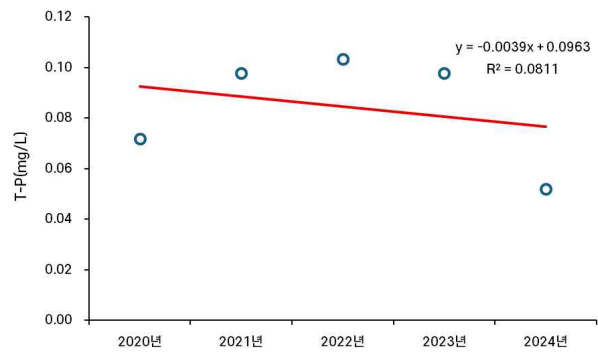
(b) 미룡 저수지

(그림2-7) 농업용수 항목별 수질변화 추이(2020~2024년)

34 | 군산시 비점오염저감시설 타당성 조사 및 기본계획 수립

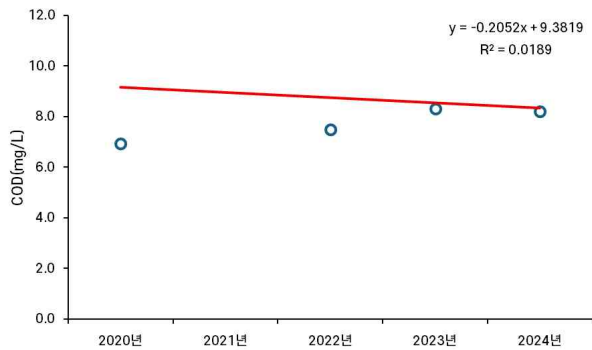


COD

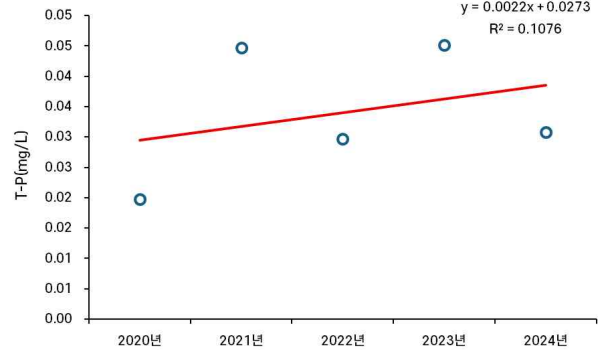


T-P

(c) 서지 저수지

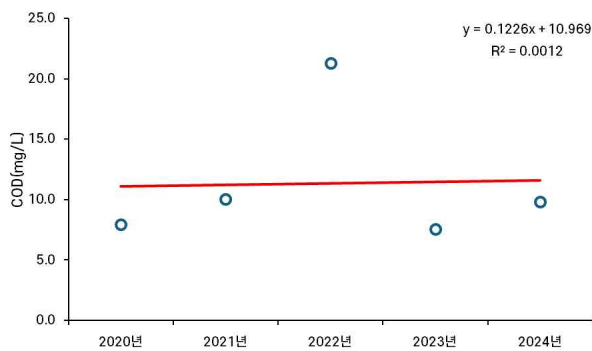


COD

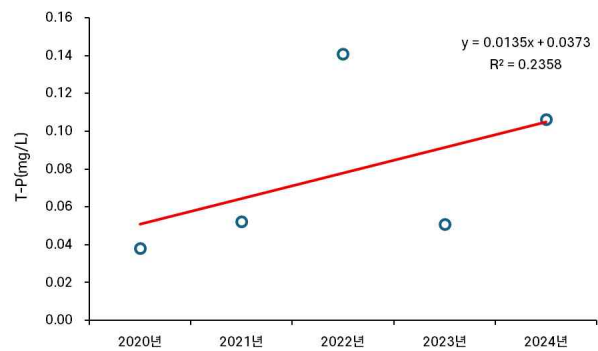


T-P

(d) 옥곡 저수지



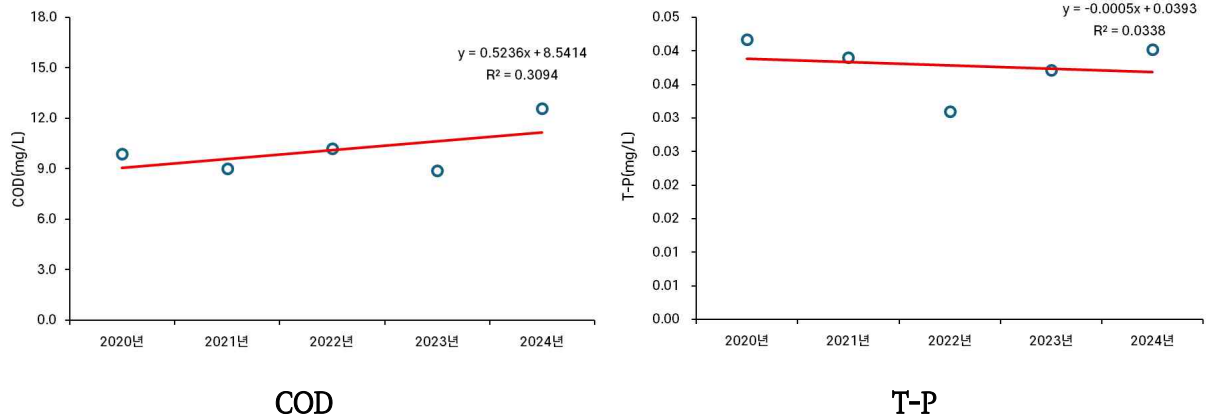
COD



T-P

(e) 옥구 저수지

(그림2-7) 농업용수 항목별 수질변화 추이(2020~2024년)



(f) 옥녀 저수지

(그림2-7) 농업용수 항목별 수질변화 추이(2020~2024년)

## 2.2.3 수질기준 달성도 평가

### 가. 수질기준 및 달성 현황

#### (1) 평가방법

- (평가지점) 군산시 하천 수질측정망의 탐천지점의 2020~2024년 수질자료를 토대로 수질기준 달성도 평가
- (물환경 목표기준) 중권역별 BOD, T-P 목표등급 및 수질오염총량관리 목표수질

〈표2-13〉 중권역 목표등급 및 수질오염총량관리 목표수질

유역	중권역	중권역 목표등급(mg/L)		총량단위유역	총량 목표수질(mg/L)	
		III(5.0이하)	III(0.20이하)		4.5	0.142(저)
만경강	만경강	III(5.0이하)	III(0.20이하)	탐천A	4.5	0.142(저)

#### (2) 수질기준 달성도 평가

- BOD 및 T-P 수질기준 달성도 평가 결과 탐천지점의 목표수질은 중권역 및 총량 목표수질을 달성하는 것으로 검토

〈표2-14〉 목표수질 달성도 평가

유역	지점	항목	목표등급/수질 (mg/L)		수질 (mg/L)		비고
			중권역	총량	2024년	5년평균 (2020~2024년)	
만경강	탐천	BOD	5.0	4.5	4.0	4.1	
		T-P	0.20	0.142	0.127	0.113	

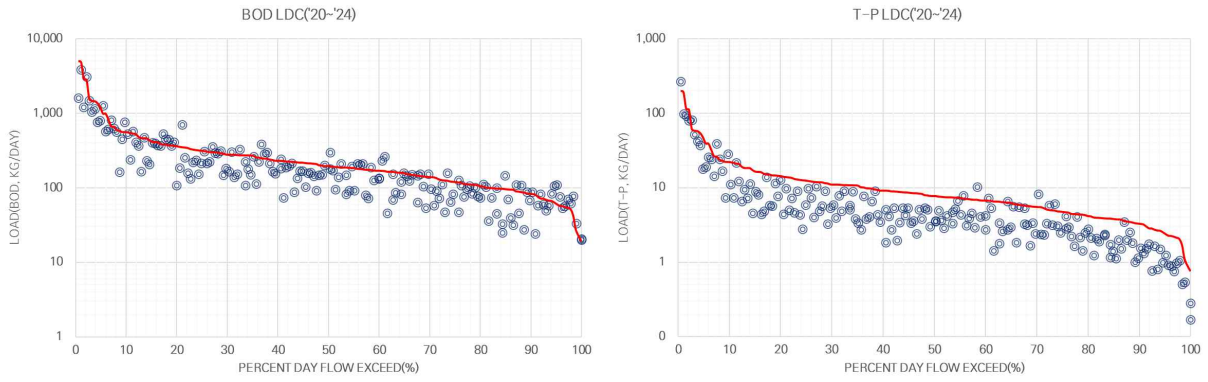
## 나. 부하지속곡선식(LDC, Loda Duration Curve) 분석 결과

- 유량 및 수질자료는 탐천지점의 하천 수질측정망 자료(2020~2024년) 사용, 물환경 목표기준은 중권역 목표등급 및 수질 오염총량관리 목표 수질을 적용
  - (BOD) 중권역 목표등급과 총량 목표 수질은 모든 유량구간에서 초과
  - (T-P) 중권역 목표등급은 모든 유량구간에서 초과, 총량 목표 수질은 홍수기, 풍수기, 저수기, 유량구간에서 초과

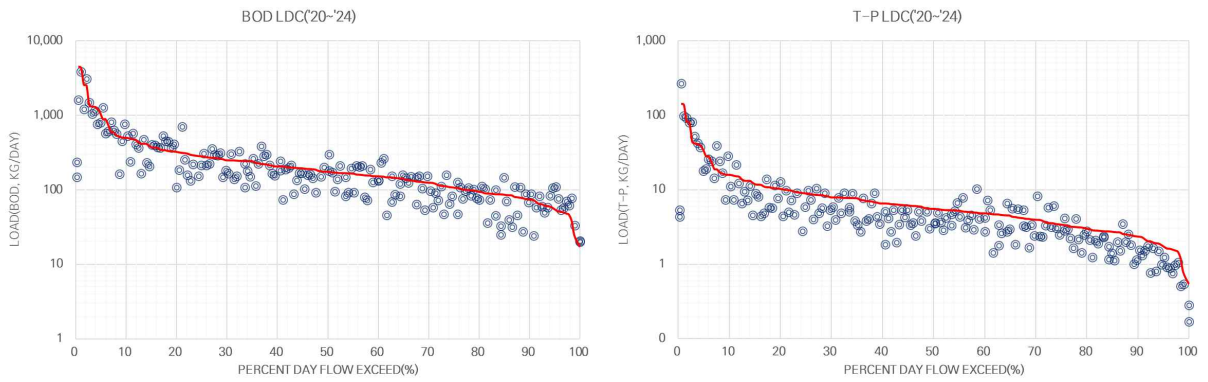
〈표2-15〉 탐천 유량구간별 목표수질 초과율

항목	환경기준	구분	유량구간(Flow Duration Interval, %)				
			홍수 (0~10)	풍수 (10~40)	평수 (40~60)	저수 (60~90)	갈수 (90~100)
BOD	총 자료수		18	55	36	57	19
	중권역 목표등급	초과자료수	4	14	9	14	13
		초과율 <sup>1)</sup>	22.2%	25.5%	25.0%	24.6%	68.4%
	총량 목표수질	초과자료수	8	24	11	21	14
		초과율 <sup>1)</sup>	40.0%	44.4%	31.4%	36.8%	73.7%
	T-P	총 자료수		18	55	36	57
중권역 목표등급		초과자료수	5	1	2	5	0
		초과율 <sup>1)</sup>	27.8%	1.8%	5.6%	8.8%	0.0%
총량 목표수질		초과자료수	12	11	3	13	0
		초과율 <sup>1)</sup>	60.0%	20.4%	8.6%	22.8%	0.0%

주 : 1) 초과율 = 유량구간별 초과자료수/자료수



(그림2-7) 탑천 부하지속곡선(중권역 목표수질)



(그림2-7) 탑천 부하지속곡선(수질오염총량 목표수질)

## 2.2 환경기초시설 현황

### 2.2.1 하수도 현황

#### 가. 하수도 보급

- 군산시 총인구 중 공공하수처리구역 인구 하수도 보급률은 2023년 기준 92.1%이며, 하수도 설치율은 62.8%로 조사되었음

〈표2-16〉 군산시 하수도 보급률 현황

지역	총인구 (명)	하수처리구역 내				하수처리구역 외				보급 률 (%)	하수도 설치율 (%)
		계 (명)	공공하수처리인구(명)			계 (명)	미처리 인구	오수처 리인구	정화조 인구		
			합계	생물학 적처리	고도 처리						
군산시	268,423	247,306	229,089	0	229,089	21,117	0	4,479	16,638	92.1	62.8

자료 : 2023 하수도 통계, 환경부, 2024

#### 나. 하수관거 정비현황

- 하수관거는 2023년 기준 총 계획연장 1,998km중 1,362km가 매설되어 하수관거 보급률이 68.2%로 나타났으며, 하수관거의 분류식화 사업을 꾸준히 진행하여 분류식 관거는 계획대비 76.3%가 진행되었으며, 하수도대장 전산화율은 78.6%로 나타남

〈표2-17〉 군산시 하수도 시설 현황

(단위 : km, %)

구분	계획 연장	시설 연장	보급률	합류식		분류식				하수도 대장 전산화율
				계획 연장	시설 연장	오수관거		우수관거		
						계획 연장	시설 연장	계획 연장	시설 연장	
군산시	1,998	1,362	68.2	371	121	895	658	733	584	78.6

자료 : 2023 하수도 통계, 환경부, 2024

## 다. 공공 하수처리시설

### (1) 공공 하수처리시설(500톤 이상) 현황

- 2023년 기준 군산시의 500톤 이상 공공하수처리장은 총 6개소로 총 시설용량은 205,550m<sup>3</sup>/일로 나타남

〈표2-18〉 군산시 공공하수처리시설 현황

시설명	소재지	시설용량 (m <sup>3</sup> /일)	처리량 (m <sup>3</sup> /일)	처리 효율	연계처리량(m <sup>3</sup> /일)				운영 주체
					분뇨 (하수)	축산 (하수)	침출수 (하수)	기타 (하수)	
군산	전라북도 군산시 서해로 289	200,000	137,287	97.1	102.6	0.0	112.8	32,075	민간 (대행)
대야	전라북도 군산시 대야면 산월리 27-15	1,900	1,525	99.0	0.0	0.0	0.0	0.0	민간 (대행)
옥서	전라북도 군산시 옥서면 옥봉리 1809-1	1,600	1,058	99.0	0.0	0.0	0.0	0.0	민간 (대행)
서수	전라북도 군산시 임피면 술산리 668-10	950	941	99.4	0.0	0.0	0.0	0.0	민간 (대행)
임피	전라북도 군산시 임피면 미원리 778	550	366	99.1	0.0	0.0	0.0	0.0	민간 (대행)
회현	전라북도 군산시 회현면 대정리 762-1	550	386	99.0	0.0	0.0	0.0	0.0	민간 (대행)

자료 : 2023 하수도 통계, 환경부, 2024

## [2] 공공 하수처리시설(500톤 미만) 현황

- 군산시의 2024년 기준 운영중인 500톤 미만 공공하수처리시설은 17개소로 총 시설 용량은 1,970㎥/일 이며, 1일 평균 처리량은 98.8㎥/일로 나타났다.

〈표2-19〉 군산시 소규모 마을하수처리시설 현황

시설명	위치	방류수역	가동개시	시설용량 (㎥/일)	처리량 (㎥/일)
선유도	전라북도 군산시 옥도면 선유도리 279-4	금강	2021-09-06	390.0	250.3
가산	전라북도 군산시 옥구읍 수산리 748	금강	2020-03-20	330.0	210.5
어은	전라북도 군산시 옥구읍 어은리 107-3	금강	2021-11-01	210.0	127.0
무녀도	-	금강	2022-02-17	150.0	87.1
옥곤	전라북도 군산시 나포면 옥곤리955-27	금강	2010-02-01	150.0	179.2
신시도	-	금강	2022-02-17	120.0	82.7
어청도	전라북도 군산시 옥도면 어청도리	금강	2023-02-16	100.0	72.1
창오	전라북도 군산시 성산면 창오리 192-3	금강	2010-01-01	92.0	102.6
원우	전라북도 군산시 회현면 원우리 550-2	금강	2010-01-01	90.0	89.7
금암	전라북도 군산시 서수면 금암1000-9	금강	2010-02-01	80.0	55.9
오봉	군산시 회현면 월연리 172-6번지	금강	2016-09-29	50.0	55.4
원서포	전라북도 군산시 나포면 원서포리 606-15	금강	2010-02-01	48.0	88.4
신기	전라북도 군산시 전라북도 군산시 나포면 서포리738-1	금강	2010-02-01	40.0	132.5
(나포)뜰아름	군산시 나포면 주곡리 1131-9번지	금강	2015-10-21	30.0	31.6
대위	전라북도 군산시 회현면 고사리180	금강	2010-02-01	30.0	36.2
옥산(남내)	군산시 옥산면 남내리 795-3번지	금강	2015-10-21	30.0	38.3
용연	전라북도 군산시 회현면 월연리445	금강	2010-02-01	30.0	39.4

자료 : 2023 하수도 통계, 환경부, 2024

### [3] 분뇨처리시설 현황

- 2023년 기준 군산시의 분뇨분뇨처리장은 총 1개소로 시설용량 200m<sup>3</sup>/일로 전처리 후 군산공공하수처리장으로 연계되고 있음

〈표2-20〉 임실군 가축분뇨공공처리시설 개요

시설명	소재지	시설용량 (m <sup>3</sup> /일)	처리량 (m <sup>3</sup> /일)	처리방법	방류수역	운영주체
군산 분뇨처리시설	군산시 소룡동 1584번지	200.0	101.6	전처리	연계 (군산공공)	민간위탁

자료 : 2023 하수도 통계, 환경부, 2024

### [4] 공공하수처리시설 재이용현황

- 군산시의 하수처리장은 법적의무시설 대상 1개소, 미대상 5개소 로 장내용수를 사용하여 세척수와 장내 기타용수를 사용하며 재이용률은 2023년 기준 2.8%로 나타났다.

〈표2-21〉 군산시 공공하수처리시설 재이용수 현황

시설명	법적 의무대상	연간하수처리량 (m <sup>3</sup> /일)	하수처리수 재이용현황(천톤/년)			재이용률 (%)
			총방류량 (천m <sup>3</sup> )	장내용수 (천m <sup>3</sup> )	장외용수 (천m <sup>3</sup> )	
군산	대상	50,109.7	1,350.1	1,350.1	0.0	2.7
대야	미대상	556.6	31.6	31.6	0.0	5.7
옥서	미대상	386.3	23.4	23.4	0.0	6.1
서수	미대상	343.4	21.6	21.6	0.0	6.3
임피	미대상	133.5	8.6	8.6	0.0	6.4
회현	미대상	140.7	8.5	8.5	0.0	6.0

자료 : 2023 하수도 통계, 환경부, 2024



## (2) 계획 수립 목적 및 범위

- 금강수계 전라북도 기본계획의 수립목적은 단위유역별 목표수질을 달성·유지하기 위한 단위유역별·지방자치단체별 오염물질 할당부하량(허용총량)을 산정하여 오염물질 배출부하량을 할당부하량 이내로 관리하기 위함임.
- 기본계획의 관리대상 오염물질(이하 “대상물질”이라 한다)은 생물화학적산소요구량(BOD<sub>5</sub>)과 총인(T-P)임
- 4단계 기본계획 기간은 2021년 1월 1일 ~ 2030년 12월 31일(10년)이며, 수립 기준년도는 2017년도 임

## 나. 기본계획 주요 내용

### (1) 기준유량 및 목표수질

〈표2-22〉 단위유역별 기준유량 및 목표수질

수계	단위유역	기준유량 (m <sup>3</sup> /sec)		목표수질 (mg/L)	
		저수량	평수량	BOD	T-P
금강상류	금본A	1.705	2.802	1.3	0.024(평)
	금본B	8.388	9.829	1.0	0.016(저)
	금본C	10.655	13.178	1.0	0.014(저)
만경강	만경A	3.133	5.687	1.6	0.081(저)
	전주A	4.230	5.178	4.4	0.144(저)
	만경B	9.151	13.639	3.9	0.137(저)
	탑천A	0.200	0.388	4.5	0.142(저)
	만경C	해수 유통			
동진강	정읍A	1.417	2.385	3.0	0.129(평)
	동진A	3.889	7.228	2.3	0.122(평)
	고부A	0.591	1.080	3.5	0.139(평)
	원평A	0.499	0.862	3.3	0.125(저)
	동진B	해수 유통			
금강하류	논산A	3.174	5.680	3.6	0.134(평)
	금본L	58.852	89.609	3.0	0.078(평)

자료 : 제4단계 전라북도 금강수계 수질오염총량관리기본계획, 전라북도, 21.08

## [2] 오염총량관리 할당부하량

〈표2-23〉 단위유역별 BOD 할당부하량

시 도	시 군 구	단위 유역	할당부하량(kg/일)											안전부하량	
			점					비점						점	비점
			계	오염원			지역 개발	계	오염원			지역 개발			
				소계	기준 최종	자연 증감			소계	기준최종 배경 부하	자연 증감				
전 북 도	군 산 시	탑천A	142.07	88.36	92.51	-4.15	53.71	1,046.57	809.90	819.52	13.48	-9.62	236.67	0.00	0.00
		만경C	301.47	96.33	117.62	-21.29	205.14	1,101.06	937.28	940.88	31.71	-3.60	163.78	0.00	0.00
		금본L	110.84	40.80	45.07	-4.27	70.04	374.76	272.26	265.74	23.84	6.52	102.50	0.00	0.00
	소계	554.38	225.49	255.20	-29.71	328.89	2,522.39	2,019.44	2,026.14	69.03	-6.70	502.95	0.00	0.00	

자료 : 제4단계 전라북도 금강수계 수질오염총량관리기본계획, 전라북도, 21.08

〈표2-24〉 단위유역별 T-P 할당부하량

시 도	시 군 구	단위 유역	할당부하량(kg/일)											안전부하량	
			점					비점						점	비점
			계	오염원			지역 개발	계	오염원			지역 개발			
				소계	기준 최종	자연 증감			소계	기준최종 배경 부하	자연 증감				
전 북 도	군 산 시	탑천A	11.606	6.715	6.907	-0.192	4.891	73.108	61.337	61.981	0.507	-0.644	11.771	0.000	0.000
		만경C	20.436	7.162	8.095	-0.933	13.274	86.456	72.642	72.946	1.192	-0.304	13.814	0.000	0.000
		금본L	5.346	2.705	2.898	-0.193	2.641	25.931	20.558	20.031	0.896	0.527	5.373	0.000	0.000
	소계	37.388	16.582	17.900	-1.318	20.806	185.495	154.537	154.958	2.595	-0.421	30.958	0.000	0.000	

자료 : 제4단계 전라북도 금강수계 수질오염총량관리기본계획, 전라북도, 21.08

## 2.3.2 4단계 군산시 금강수계 수질오염총량관리 시행계획

### 가. 시행계획 수립주체

- 제4단계 총량관리 계획기간 중 금강수계 전라북도 군산시 관할지역 탐천A, 금본L 단 위유역의 오염총량관리시행계획(이하 “시행계획”이라 한다)의 수립주체는 군산시장임

### 나. 시행계획 수립목적 및 범위

- 수립목적 : 총량관리단위유역(이하 “단위유역”이라 한다)의 목표수질을 달성하는 범 위에서 오염총량관리기본계획(이하 “기본계획”이라 한다) 상의 군산시 할당부하량을 오염원별로 할당하고 적정한 개발계획과 실현가능한 삭감계획 및 이행담보 방안 수 립
- 계획기간 : 제4단계 총량관리 계획기간 2021년 01월 01일 ~ 2030년 12월 31일
- 시행계획 수립대상 단위유역 및 관리대상물질

〈표2-25〉 시행계획 수립대상 단위유역 및 관리대상물질

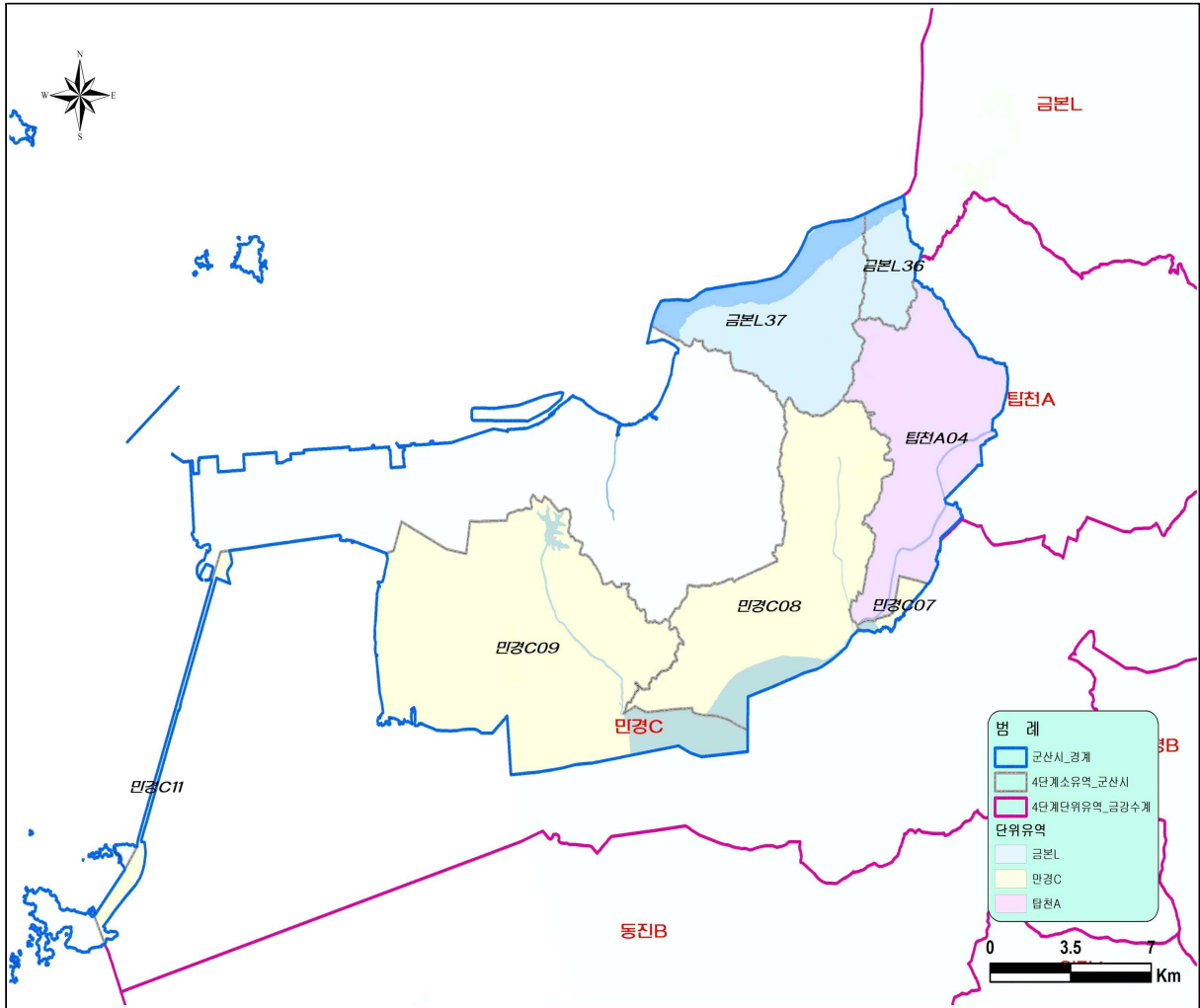
시행계획 수립대상 단위유역	관리대상물질		비고
	BOD	T-P	
금본L	○	○	BOD, T-P 추가수립
탐천A	○	○	BOD, T-P 추가수립

자료 : 제4단계 전라북도 금강수계 수질오염총량관리 시행계획, 군산시, 2021

### 다. 시행계획 주요 내용

#### (1) 시행계획 대상유역

- 군산시는 탐천A, 만경C, 금본L 단위유역을 포함하고 있으며, 시행계획 수립대상 단 위유역은 금본L 및 탐천A 단위유역임



(그림2-9) 군산시 수질오염총량 시행계획 대상 단위유역

**[2] 목표수질**

- 군산시 관할 오염총량관리 단위유역 중 군산시 행정구역이 포함된 단위유역은 금본 L, 만경C, 탑천A 단위유역이며, 시행계획에 포함된 금본L 및 탑천A 단위유역의 목표수질 및 최근 평가수질은 아래 표와 같음

〈표2-26〉 군산시 단위유역별 목표수질 및 기준유량 조건

단위유역	대상물질	목표수질 (30년)	'14~'16년	'15~'17년	'16~'18년	'17~'19년	'18~'20년	시행계획 수립 대상여부	기준유량 조건
금본L	BOD	3.0	2.9	2.8	2.9	3.2	3.1	X	저수
	T-P	0.078	0.062	0.064	0.073	0.081	0.079	X	평수
탑천A	BOD	4.5	4.1	4.0	4.4	4.8	5.2	X	저수
	T-P	0.142	0.116	0.111	0.136	0.146	0.156	X	저수

자료 : 제4단계 전라북도 금강수계 수질오염총량관리 시행계획, 군산시, 2021

## [2] 부하량 총괄

- 군산시 금본L 및 탑천A 단위유역은 목표수질을 2회 이상 초과하여 시행계획 추가수립지역에 포함되며, 금본L 및 탑천A 단위유역 시행계획 할당부하량은 기본계획 할당부하량에 안전율(10%)을 고려해서 재 할당

〈표2-27〉 군산시 단위유역별 최종년도 BOD 부하량 총괄표

(단위 : kg/일)

단위유역	구분	배출부하량			할당부하량						삭감 목표 부하량	삭감 부하량	삭감후 최종배출 부하량	잔여 량
		기존	최초	삭감전 최종	계	오염원	지역개발부하량							
							계	개발 계획	여유량					
		A	B	C	D=C+d	c	d1+d2 +d3	d1	d2	d3				
금본 L	점	101.76	75.81	116.11	99.76	55.12	44.64	0.00	42.06	2.58	16.35	16.84	99.27	0.49
	비점	328.69	265.54	339.46	339.67	272.28	67.39	0.02	63.47	3.90	-0.21	-0.20	339.66	0.01
탑천 A	점	136.55	120.09	157.07	127.86	88.41	39.45	0.04	38.08	1.33	29.21	34.05	123.02	4.84
	비점	776.00	794.54	918.18	943.26	810.00	133.26	0.09	128.67	4.50	-25.08	0.00	918.18	25.08

자료 : 제4단계 전라북도 금강수계 수질오염총량관리 시행계획, 군산시, 2021

〈표2-28〉 군산시 단위유역별 최종년도 BOD 부하량 총괄표

(단위 : kg/일)

단위 유역	구분	배출부하량			할당부하량						삭감 목표 부하량	삭감 부하량	삭감후 최종배출 부하량	잔여 량	
		기존	최초	삭감전 최종	계	오염원	지역개발부하량			승인					유보
							계	개발 계획	여유량						
		A	B	C	D=c+d	c	d=d1+d2 +d3	d1	d2	d3					E=C-D
금분 L	점	4870	3.597	5.377	4811	2865	1.946	0.000	1.552	0.394	0.566	0.627	4.750	0.061	
	비점	25.367	20.021	23.411	23.428	20.561	2.867	0.002	2.300	0.565	-0.017	-0.006	23.417	0.011	
탑천 A	점	7.297	6.697	10.261	10.445	6.725	3.720	0.009	2.655	1.056	-0.184	1.341	8.920	1.525	
	비점	58.638	59.863	63.722	65.848	61.340	4.508	0.003	3.171	1.334	-2.126	0.000	63.722	2.126	

자료 : 제4단계 전라북도 금강수계 수질오염총량관리 시행계획, 군산시, 2021



## 제3장

# 비점오염원 특성 및 관리방안



# | 제3장 비점오염원 특성 및 관리방안 |

## 3.1 비점오염원의 정의 및 특성

### 3.1.1 비점오염원의 정의

- 점오염원(Point Source)은 오염물질의 유출경로가 명확하여 수집이 쉽고, 계절에 따른 영향이 적은 만큼 연중 발생량 예측이 가능하여 관거 및 처리장 등 처리시설의 설계와 유지·관리가 용이하지만 비점오염원(NPS, Non Point Source)은 오염물질의 유출 및 배출경로가 명확하게 구분되지 않아 수집이 어렵고 발생량·배출량이 강수량 등 기상조건에 크게 좌우되기 때문에 처리시설의 설계 및 유지관리가 어려움이 있음

#### 가. 비점오염원의 특성

- 비점오염에는 농작물에 흡수되지 않고 농경지에 남아있는 비료와 농약, 초지에 방목된 가축의 배설물, 가축사육농가에서 배출되는 미처리 축산폐수, 빗물에 섞인 대기오염물질, 도로 노면의 퇴적물, 합류식 하수관거에서 강우시 설계량을 초과하여 하천으로 흘러드는 오수·하수와 빗물의 혼합수가 있음

〈표3-1〉 점오염원과 비점오염원의 특성비교

구분	점오염원	비점오염원
배출원	공장, 가정하수, 분뇨처리장, 축산농가 등	대지, 도로, 논, 밭, 임야, 대기 중의 오염물질 등
특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 인위적</li> <li>• 배출지점이 특정·명확</li> <li>• 관거를 통해 한 지점(주로 처리장)으로 집중적 배출</li> <li>• 자연적 요인에 영향을 적게 받아 연중 배출량의 차이가 일정함</li> <li>• 모으기 용이하고 처리효율이 높음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 인위적 및 자연적</li> <li>• 배출지점이 불특정·불명확</li> <li>• 희석, 확산되면서 넓은 지역으로 배출</li> <li>• 강우 등 자연적 요인에 따른 배출량의 변화가 심하여 예측이 곤란함</li> <li>• 모으기 어렵고, 처리효율이 일정치 않음</li> </ul>

## 나. 비점오염원의 종류

- 비점오염물질은 비점오염원으로부터 배출되는 수질오염물질로서 토사, 영양물질, 박테리아와 바이러스, 유기물질, 농약 등을 들 수 있으며, 비점오염원 종류별 영향은 다음의 표와 같음

〈표3-2〉 비점오염물질의 종류

종류	비점오염원의 종류별 특징
토사(Sediment)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 토사에는 영양물질, 금속, 탄화수소 등을 비롯한 다른 오염물질이 흡착되어 같이 이동함</li> <li>• 토사는 강우유출수의 많은 부분을 차지하는 오염물질로서 수생생물의 광합성, 호흡, 성장, 생식에 장애를 일으켜 치명적인 영향을 미침</li> </ul>
영양물질(Nutrients)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 질소인과 같은 영양물질은 비료로 사용되는데, 종종 빗물에 의해 유출되어 조류의 성장을 촉진함으로써 하천·호소의 수질을 악화시킴</li> <li>• 주택 및 골프장의 잔디밭이나 농경지, 도시노면 및 하수도에서 유출되어 하천으로 유입됨</li> </ul>
박테리아와 바이러스(Bacteria & Viruses)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 동물의 배설물과 하수도에서 월류된 배출수에서 많이 검출되며 미국에서는 강우유출수에 포함된 고농도의 박테리아와 바이러스로 인하여 하천·호소가 오염되어 폐쇄의 원인이 된 사례도 있음</li> </ul>
기름과 그리스(Oil & Grease)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기름과 그리스는 적은 양으로도 수생 생물에 치명적일 수 있으며, 누출이나 차량전복 등 사고, 차량 세척, 폐기름의 무단 투기 과정에서 오염이 발생함</li> </ul>
금속(Metals)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 납, 아연, 카드뮴, 구리, 니켈 등 중금속은 도시지역 강우유출수에서 흔히 검출되는 물질이며, 하천으로 유입되는 총금속물질량 중 50% 이상이 토사를 매개체로 하여 배출됨</li> <li>• 금속물질은 수생태계에 치명적이며 생물농축이 일어나고 음용수 오염의 가능성이 있으므로 특별한 관리가 요구됨</li> </ul>
유기물질(Organics)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 밭, 논, 산림, 주거지역 등 광범위한 장소에서 유출되며, 특히 합류식 관거에서는 평소 하수관거를 약한 유속으로 흐르는 오수·하수에 포함되어 있던 유기물질이 관거 바닥에 침전되어 있다가 강우시 일시에 배출되기도 함</li> <li>• 공업지역에서는 접착제, 세척제, 용제(溶劑) 등의 인공적인 유기 화합물이 광범위하게 사용되고, 부적절하게 저장되며 폐기되는 과정에서 발생함</li> </ul>
살충제(Pesticides)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 제초제, 농약, 항곰팡이제와 같은 살충제는 플랑크톤과 같은 수생물에 축적되어 먹이그물을 통해 생물농축을 일으켜 어류와 조류에게는 치명적인 결과를 초래할 수 있음</li> </ul>
협잡물(Gross Pollutants)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 건축공사장 및 사업장 등에서 발생하는 쓰레기, 잔재물, 부유물 등에는 중금속, 살충제, 박테리아 등이 포함될 수 있음</li> <li>• 낙엽이나 잔디를 깎은 잔재물, 동물의 배설물, 투기된 쓰레기 등은 박테리아, 바이러스 등을 하천·호소로 운반하는 매개체가 되며 용존산소를 감소시켜 어류폐사의 원인이 되기도 함</li> </ul>

## 다. 비점오염원의 원인

### [1] 도시지역

- 도시지역의 수문현상은 강우에 매우 민감하며 강우가 있는 경우 유량은 급히 상승하고 강우가 종료되면 바로 감소하여 비강우시의 상황으로 빠르게 회복되는 것이 특징임
- 합류식 하수도시설을 갖춘 도시는 오염물이 강우초기에 일시에 배출되는 First Flush 현상이 두드러져 우수 피크유출에 앞서 최대오염유출이 발생하여 하천에 큰 영향을 미치고 있는 것으로 파악되었고 도시지역에서의 합류식하수관거 월류수(CSOs)는 심각한 비점오염원 중의 하나로 조사되었음
- 특히 우수토실내의 퇴적물 과다 및 월류웨어 설치의 부실 등으로 인한 미처리 하수의 하천 유입현상이 두드러져 있으며 도시지역 비점오염원으로서 큰 역할을 하는 것은 쌓여있는 각종 퇴적물이며 이들 퇴적물은 일반적으로 유기성 부유오니, 수생 동식물의 사체, 기름, 중금속, 각종 도시폐기물, silt, 모래, 자갈 등으로 이루어져 있음
- 대기오염물질은 바람에 의해 이동하는 물질인 건식강하물(Dryfall)과 강우에 포함되어 내리는 용존성 가스 및 염인 습식강하물(Wetfall)이 있으며 도시지역에서의 대기오염물질의 출현은 교통기관과 도시내 각종 연소기관에서의 배기가스(SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> 등)가 주원인이 됨
- 인의 주요 발생원으로서 기름보일러의 Fly ash와 일반 소각로가 있으며 대기 중에 함유되어 있는 탄화수소와 질소산화물간의 가수분해와 광화학반응이 강우속에 함유된 질산과 질산염 및 아질산염의 주요 공급원이 됨

### [2] 산업지역

- 산업지역에서는 각종 생산활동으로 인해 비점오염물질이 많이 발생하며, 특히 각종 유독성 오염물질을 함유하고 있는 경우도 있음
- 현행 물환경보전법에 명시된 비점오염원(법에서는 기타 수질오염원이라 함)에 해당되는 시설로는 수산물 양식시설(면허대상, 수조 500m<sup>2</sup> 이상), 골프장시설(면적 3만m<sup>2</sup> 이상이거나 3홀 이상) 또는 폐차장시설(면적 1,500m<sup>2</sup> 이상), 농축수산물 가공시설(물

사용량 5m<sup>3</sup>/일 이상), 사진처리시설(1대 이상) 등의 5개시설로 제한적으로 분류함

- 미국 EPA에서는 각종 산업활동 중 비점오염 유출과 관련되는 발생원을 다음과 같이 분류함
  - 주요 비점오염 유출업종 명시(목재 및 나무제품, 종이 및 관련 제품 등 9개 업종)
  - 금속 광산, 안트라사이트광산, 석탄 광산, 석유 및 가스 광산, 비철금속 광산 등으로 생산 중 또는 폐광된 광산과 석유 및 가스의 생산, 처리, 정제, 수송업으로서 원료, 중간 제품, 완제품, 부산품, 폐기물 등이 강우에 노출된 지역
  - 유해 폐기물처리, 저장, 최종 처분지역
  - 산업폐기물을 매립 중이거나 매립한 지역
  - 금속폐품 및 배터리 재생사업장, 폐차장
  - 석탄화력을 포함한 증기 발전시설
  - 자동차 정비 및 세정시설이 있는 운수 시설, 제설, 제빙시설이 있는 공항, 자동차 유지 보수(자동차재생, 기계수리, 도색, 주유, 윤활유 교환 등) 시설
  - 도시하수 및 폐기물의 처리, 저장, 재이용 관련 시설(농장, 가정정원, 처리장 내에 입지 하지 않은 슬러지 재이용 시설은 제외)
  - 벌목, 정지, 굴착 등을 포함하는 5에이커 이상의 건설사업장

### [3] 농경지(논, 밭, 목장용지)

- 논, 밭 등의 농지에서의 비점오염부하 원인이 되는 것은 농작물의 경작 때 발생하는 갈흙의 교란, 잡초 등 식생 제거 후 농작물이 뿌리를 내리기까지의 토양의 방치, 토양개량을 위해 비료나 인분, 두엄 등의 토지살포, 농약 살포, 농작물 수확 때 나머지 잔재물의 방치 등이 있음
- 또한 목장용지에서는 부적절한 방법에 따른 가축배설물의 처분 내지는 방치, 방목 및 가축 사육장 설치로 인한 식생의 훼손, 하천 인근의 소규모 축산농가(규제 미만)에서의 축산폐수 방류 등이 위치함

- 논, 밭 및 목장 용지와 관련된 주요한 비점오염물질은 침식물과 영양물(특히 인과 질소), 농약 등 독성물질, 박테리아나 병원균, 염분 등이며, 토지이용에 따라 다음과 같은 비점오염물질을 유발함
  - 논 : 농약과 영양물 등을 흡착한 퇴적물, 용존영양염과 박테리아 등 미생물을 함유한 관개배수, 농작물의 잉여잔재물 등
  - 밭 : 영양물과 농약을 흡착한 퇴적물, 농작물의 잉여잔재물 등
  - 목장용지 : 박테리아, 영양물, 퇴적물, 살충제 및 제초제의 농약류, 유기물, 염류, 금속류

#### [4] 산지

- 산지는 보통 안정되어 있지만, 단기적으로는 집중호우와 임도의 개설 그리고 장기적으로는 벌목과 조림, 산불 등 산림의 생태계가 변하면 강우 시 비점오염원 유출로 하천 수질에 영향을 끼치는 것으로 알려져 있으며 산지에서의 비점오염원 유출과 관련 있는 인자 중 벌목과 임도의 개설은 비점오염 발생 우려에 가장 큰 요인 중의 하나임
- 산지와 관련되어 발생하는 주요한 비점오염물질은 침식물, 유기물질, 영양물 등이며, 훼손을 하지 않았을 경우에는 산지가 비점오염원 유출이 가장 작은 토지이용으로 SS의 경우 산지에서의 유출량은 도시지역의 4%, 밭에서의 13%에 불과한 것으로 보고되고 있음
- 산지에서의 비점오염 유출에 영향을 끼치는 요소로는 수종형태, 토양과 모암의 형태, 식생 상태, 기후, 숲의 손상 (벌목, 화재, 비료, 압도) 등이 있음

### 3.1.2 비점오염원의 발생 및 배출특성

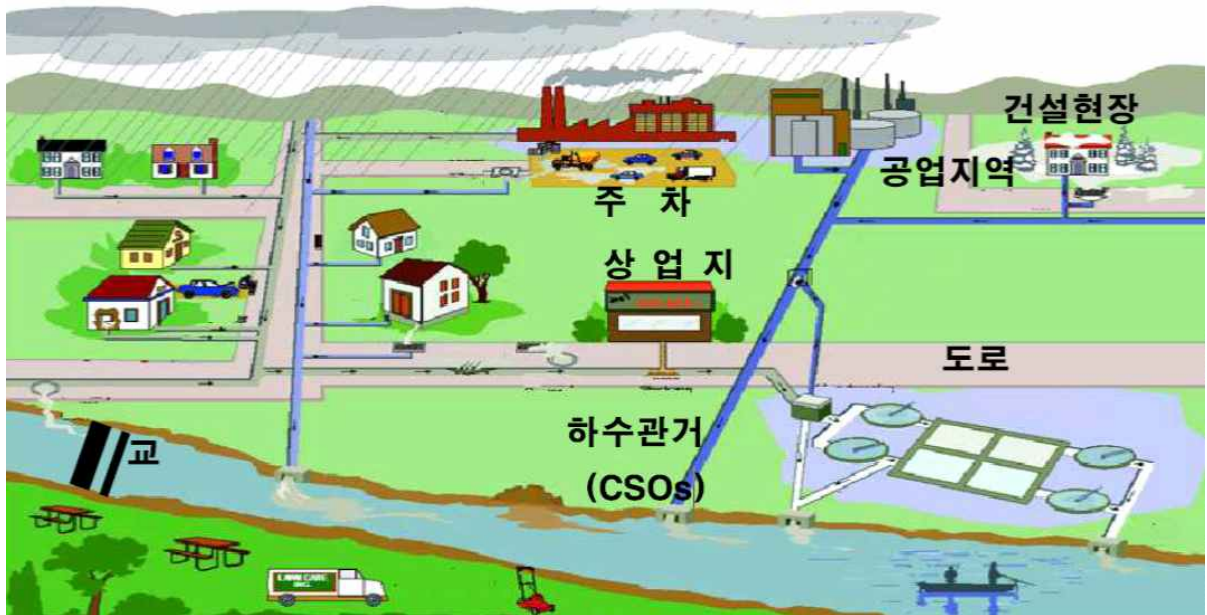
- 비점오염물질은 대부분 강우 시 지표를 흘러 하천으로 유입되므로 그 과정에서 강우 강도와 양, 토질(土質)과 같은 자연적인 조건과 토지이용현황, 건기 동안 지표에 누적된 오염물질의 종류와 양, 인구개발 밀도 등의 인위적인 조건에 큰 영향을 받음
- 주된 토지이용과 인구밀도 등에 따라 크게 도시적 토지이용과 비도시적 토지이용으로 구분할 수 있음
  - 도시적 토지이용 : 불투수층 면적을 증가시키는 주택단지, 산업입지 및 산업단지의 조성, 도로 건설, 멀칭 농법(비닐·유리하우스 포함) 등
  - 비도시적 토지이용 : 산지의 개발 및 개간매립 후 논밭과 축산농가의 조성, 토석·모래·자갈 등 채취, 골프장 등 체육시설 설치와 같이 투수층을 유지하되 개발로 인해 부가적 환경부하가 발생하는 토지이용 형태
- 비점오염물질은 이들 토지이용 현황에 따라 발생 및 배출특성이 다르므로 최적관리 방안을 마련하기 위해서는 토지이용에 따른 비점오염 특성을 파악할 필요가 있음
- 도시지역의 경우에는 지표면에 퇴적되는 많은 입자성 오염물질, 중금속, 유기물질 등이 초기강우에 쓸려 한꺼번에 배출되며, 농경지에서는 토사, 질소·인 등이, 산지에서는 토사, 협잡물 등이 주로 배출함

〈표3-3〉 토지이용별 주요비점오염원 및 오염물질

주요 비점오염원		세부발생요인	주요오염물질
도시지역		도로 및 교량건설, 토지형질변경, 우수거, 합류식관거, 지표면 유출수, 도로유출수 등	토사, 기름, 그리스, 박테리아, 영양물질, 협잡물
농업 지역	농지지역	논, 밭, 과수원, 양어장, 사면붕괴 등	토사, 영양물질, 농약
	축산지역	초지, 목축지, 축분저장 및 이용	토사, 박테리아, 영양물질
공업지역		우수거·합류식관거의 누수, 지표면 유출수, 공업폐기물 및 폐수의 토지처리, 도로유출수, 사고 누출수, 야적된 원료 및 폐기물	토사, 영양물질, 기름류, 중금속류, 협잡물
개발사업지역		절성토 등의 토목공사 시 유출되는 흙탕물, 방치된 폐건축자재 및 공사폐기물	토사, 유류, 중금속류, 협잡물

**가. 도시지역**

- 도시에서는 녹지 및 투수층 면적은 줄어들고 대신 택지개발 및 도로 건설 등으로 인한 불투수층 면적이 증가하고 있으며, 지표 또는 관로에 쌓이거나 공기 중의 먼지 등에 흡착하여 이동하던 오염물질이 강우 시 함께 강하하여 불투수성 표면을 통과하지 못하고 빗물과 같이 흘러 한꺼번에 하천으로 유입됨
- 또한 지하로 스며드는 빗물의 양이 줄어들어 따라 불투수층을 거쳐 일시에 하천에 흘러든 빗물로 홍수의 위험이 커지는 한편, 건기에는 하천 유지용수가 부족하여 하천이 건천화될 위험이 커짐



(그림3-1) 도심지역 토지이용별 비점오염원

- 주거지역과 상업지역에서 도시개발로 인한 도로 또는 주차장 등 불투수층 면적이 증가함에 따라 강우 시 유출량 증가하는 경향을 보임
- 지표면에 퇴적된 입자성 오염물질이 빗물에 쓸려 한꺼번에 하천에 유입됨에 따라 초기 강우시 배출되는 오염물질의 농도가 가장 높은 초기세척 효과(First Flush Effect)가 나타나고 강우가 지속되면서 농도는 낮아짐
  - 초기 강우유출수에는 고농도의 유기물질과 각종 독성물질이 포함되어 있어 하천 생태계 파괴와 수질오염의 원인이 될 수 있으므로 초기 강우유출수 관리 필요

- 도시지역은 하수처리구역이 지속적으로 확대되고 있으며, 분류식 하수관로와 합류식 하수관로에 따라 강우시 배출되는 오염물질 농도의 차이가 발생함
  - 분류식 하수관로로 정비되는 신시가지 등에서는 중금속·유기물질 등이 포함된 강우 유출수가 우수관거를 거쳐 오염물질 처리과정 없이 바로 하천으로 유입
  - 구시가지는 합류식 하수관거에 기반한 경우가 많으며, 강우 초기에 월류되는 배출수의 오염물질 농도가 건기 시의 하수 농도보다 최대 30배로 높음

〈표3-4〉 도시지역 CSOs와 우수관거 유출수 농도 조사결과

(단위 : mg/L)

항목	CSOs(합류식하수관거월류수)		우수관거유출수 평균농도	하수 평균농도
	평균농도	강우초기월류농도		
COD	121	1,014	16 ~ 68	100
SS	240	1,936	23 ~ 127	60
T-N	17	51	3.3 ~ 9.6	16
T-P	2.2	16.2	0.1 ~ 0.5	1.4

자료 : 한국환경정책평가연구원, 비점오염원 저감을 위한 우수유출수 관리방안, '02

- 또한 활발한 상업활동과 교통량의 증가 등으로 도로 등 지표면에 누적되는 오염물질이 많아지고 각종 상점, 재래시장과 주유소 등에서는 중금속, 질소, 석유계 탄화수소, 기타 독성물질 등 다양한 오염물질이 발생함
- 도로 노면에 떨어진 기름, 마모된 타이어 분진, 도로 보수 공사시 발생한 토사 등이 건기시 퇴적되어 있다가 강우시 직접 하천으로 유입되는데 급속한 도시화·산업화로 도로율이 증가하고 교통량이 늘어남에 따라 일반 도시지역보다 강우시 오염부하량이 높게 나타남

〈표3-5〉 강우시 도로 및 도시지역의 오염부하량 비교

항목	오염농도(mg/L)		오염부하(kg/ha/day)	
	도로	고밀도아파트	도로	도시지역
BOD	12.1	6.1	1.7 ~ 5.5	0.8 ~ 1.1
COD	67.7	15.9	1.9 ~ 6.4	1.3 ~ 1.4
SS	126.6	59.6	11.0 ~ 28.4	1.7

자료 : 한국환경정책평가연구원, 비점오염원 저감을 위한 우수유출수 관리방안, '02

- 하천을 가로지르는 교량이나 하천 주변에 개설된 콘크리트 배수로는 강우시 비점오염물질을 하천으로 직유입 시키는 통로가 될 뿐 아니라 유독물질 운송차 전복 등의 사고시에는 유독물질의 운송로가 될 수 있음
- 도시지역에서는 토지이용의 형태가 다양하고, 오염물질의 유출은 토지이용의 종류에 따라 차이가 크며, 또한 같은 토지이용이라도 이용 특성에 따라 비점오염 배출량의 차가 큼
  - 도시적 토지이용 중 공원과 같이 초지가 많은 지역은 다른 일반 도시지역보다 오염물질 배출량이 적고, 상업지역과 공업지역은 다른 토지이용보다 불투수지역과 대기오염물질의 배출이 많아 비점오염물질 유출량이 많음
  - 주거지역의 경우는 주거밀도, 식생, 하수처리시설의 유무에 따라 비점오염 배출량이 다양하고 공업지역에서는 각종 생산활동으로 인하여 비점오염물질이 많이 발생하고 있으며, 특히 각종 유독성 오염물질이 유출되는 경우도 발생함

〈표3-6〉 도시지역 비점오염원 특성

용도지역	특 성
주거지역	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 인구밀도 및 경제활동 정도에 의해 비점오염원 유출정도가 결정됨</li> <li>• 주로 유기물질과 퇴적물이 많이 발생</li> </ul>
상업지역	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 생산과 소비가 집중되어 있고, 불투수지표면이 가장 높은 지역</li> <li>• 단위 면적당 오염물질 유출이 가장 높음(유기물질, 질소의 배출량이 높음)</li> </ul>
공업지역	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 초기강우시 오염물질농도가 높음(주거지역의 약 25배)</li> <li>• 금속 및 독성물질이 함유되어 있어 유독물 관리 차원으로 접근이 필요</li> </ul>
공통사항	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 불투수지표면 10% 증가시 오염물질 배출량 10~50% 증가</li> <li>• 초기강우 오염물질 농도가 상당히 높음으로 최적관리기법(BMPs) 적용이 필요</li> </ul>

## 다. 비도시지역

- 비도시적 토지이용은 도시지역 외의 토지이용으로 투수성은 유지하되, 토지이용방법을 인위적으로 변화시키는 농경지, 방목, 임야개간(골프장 건설) 등을 들 수 있음
- 비도시지역의 토지이용으로 발생하는 비점오염물질은 강우 특성, 시비 방법, 용수관리 및 관개 방법, 토양관리 등에 따라 유출양상이 크게 달라짐
- 비료 및 농약 사용량의 증가, 생산성이 높은 단일 품종의 집중재배 활동 증가, 농기계 보급에 따른 토지 교란 행위의 증가, 가축 사육량 증가 등으로 비점오염물질 유출량도 증가함



(그림3-2) 비도시지역 토지이용별 비점오염원

### (1) 농경지 및 고령지밭

- 논에서는 농약과 영양물 등이 흡착된 침식물과 용존성 영양염이 대표적 비점오염물질이며, 밭에서는 침식물과 인·질소 등 영양물이 주로 배출됨
- 농작물 경작 시에 교란된 표토, 토층 상부에 살포된 비료와 가축 분뇨, 살충제 등 농약 등이 주요한 비점오염물질에 해당하며, 주로 썩레질과 모내기 기간 및 장마철에 비점오염물질이 배출됨

- 비료는 종류보다는 살포 시기가 중요하며, 비료를 뿌린 후 비가 오거나 동절기 후 해빙기에 살포된 비료가 다량 유출
- 밭의 비점오염물질은 주로 강우 시에 배출되나, 밭 관개가 일반화되면서 과잉 관개시 비점오염물질의 배출량도 증가하는 추세이며, 작물 재배 전후 나지 상태이거나 작물이 어릴 때 가장 많이 배출됨

**[2] 축산지역**

- 축산농가에서는 유기물, 박테리아, 영양염류, 침식물 등이 주로 배출되며 종종 금속류와 농약 등도 유출되며 축산폐수처리시설과 재활용시설을 통해 폐수를 처리하여야 하는 점오염원이지만, 부실한 관리로 인하여 비점오염원으로도 작용함
- 강우시 축산농가로부터의 배출수는 공공처리시설의 방류수 수질기준과 비교하여 7~28배의 고농도로 하천에 유입되고 액·퇴비 저장조 등 가축분뇨처리시설의 운용능력이 미흡하거나, 저장조를 부적정하게 관리하는 경우 강우시 액·퇴비가 누출됨

〈표3-7〉 강우유출수 농도와 공공처리시설 방류수 농도 비교

구분	강우유출수(mg/L)	가축폐수공공처리시설(mg/L)
BOD	2.8 ~ 221.5	30
SS	20 ~ 8,523	30
T-N	0.01 ~ 89.01	-
T-P	0.03 ~ 36.46	-

자료 : 환경부, 축산폐수배출시설 및 처리시설 관리개선방안연구, '03.7

- 가구당 가축사육두수는 많아져 액·퇴비 공급량은 늘어나는데 반해, 액·퇴비 수요 경종농가가 적어 생산된 액·퇴비를 사용할 농경지를 확보하지 못함에 따라 축분퇴비를 야적방치하여 비점오염원이 되는 사례가 발생하기도 하고 방목장, 운동장 등에 비가림시설이 구비되지 않은 경우 표면에 방치된 분뇨가 강우 시 유출됨

### [3] 산지

- 산지는 강우유출수에 포함된 오염물질을 정화하는 기능도 하는 반면, 면적이 크고 경사가 급해 훼손되는 경우 오염부하량이 급격히 증가함
- 산림관리용으로 건설되는 임도나 절토·성토의 경사면으로부터 강우시에 빗물과 함께 토사가 유출되며, 벌목간벌에 따른 목편과 낙엽 등도 비점오염으로 작용하게 됨
  - 토사유출저감기법을 적용하지 않은 임도는 적용한 임도에 비해 최대 156%까지 토사유출이 증가하게 됨
- 또한 산불이 발생한 지역은 다시 조림을 하기까지는 강우시 나지처럼 대규모의 토양침식과 토사유출이 일어나며, 이때의 토양유실량은 조림된 산림에 비해 최고 300배가 많다.

### [4] 기타지역(골프장 등 체육시설)

- 산림지역의 체육시설 개발은 벌목 후 포장 확대 등으로 강수의 표면유출을 증가시키고 지하수 함양기능을 저하함으로써 수계에 영향을 미침
- 골프장의 경우, 잔디 조성과 시설 유지관리를 위하여 비료를 살포하고 제초제와 농약을 뿌리기 때문에 영양염류가 강우시 다량 유출됨
  - 골프장 조성과정에서 벌목 후 잔디가 식재되기 전 또는 잔디 식재 후 뿌리가 뻗기 전 예측하지 못한 강우로 인하여 토양침식 및 토사유출이 심화할 수 있음
- 스키장 등 체육시설은 급격한 유동인구의 유입으로 인해 비점오염의 우려가 높음

## 3.2 비점오염원 관리기법

### 3.3.1 최적관리기법

#### 가. 최적관리기법 개요

- 최적관리기법(BMPs ; Best Management Practices)이란 비점오염원에 의해 초래되는 오염량을 수질 목표에 상응하는 수준으로 줄이거나 억제하도록 권장된 수단으로 사전예방, 하천유입 전 차단 및 저감, 공공수역 유입 후 저감 및 처리 등 발생단계 및 실시지역별로 비점오염원 저감을 위해 선택된 최적의 대안과 그 대안의 조합임
- 최적관리기법(BMPs)은 비점오염원의 구조적 관리와 비구조적 관리방안을 포함함
- 최적관리기법은 오염물질에 효과적이어야 하고, 비용 효율적이어야 하며, 사회적 공감대를 이룰 수 있어야 하고, 재원확보가 가능한 방안이어야 함

#### 나. 최적관리기법 선정방안

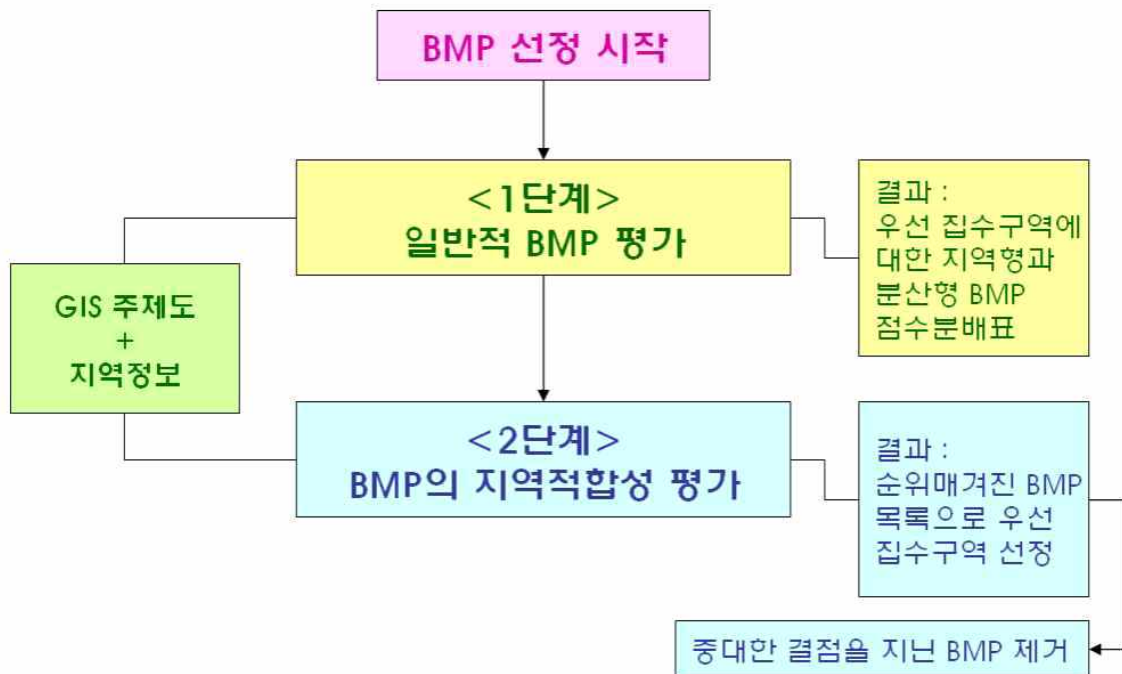
- BMP 선정과정의 목적은 집수구역 규모에서 장소, 특이적 실행 가능성 평가와 실행 계획에 대해 우선순위 BMP를 선정함
- 우선 사업대상지구 선정 후에 최적 BMP 선정을 위해서는 다음의 단계를 거치게 됨

#### [1] 일반적 BMP 평가(1단계)

- 일반적으로 비용, 효율성, 실행가능성과 기타 장점/영향을 고려한 정량적인 비교과정에 근거하여 우선관리지역에 대한 BMPs 적정성을 평가함
- 사용자가 일반적 BMP선정 카테고리들과 가중치를 검토한 후에, BMP 점수들을 각각의 집수구역에 대해 계산되어야 함

## [2] 지역특성을 고려한 BMP 평가(2단계)

- “기타 환경” 기준에 따른 지역형/분산형 BMP 유형의 비교를 포함함
- BMP 비교 매트릭스는 완성되고 특정 프로젝트 적정성은 장소 특이적 분석을 통하여 우선사업대상 집수구역을 확인함
  - 개략분석 : GIS “제한” 레이어에 따라 BMP 적정성의 스크리닝을 포함
  - 세부분석 : 이용가능한 나대지, 주차장 같은 적정성과 제한요소에 대한 최우선순위 집수구역에 대한 세부검토 작업
  - 현장확인 : 세부사항에 대한 구체적인 실행여부 검토 → 현장조사 포함



(그림3-3) 최적관리기법(Best Management Practices) 선정 흐름도

### 3.3.2 구조적 관리

- 대부분의 비점오염물질은 우수유출수에 의해 희석되어 오염원에서 보다 저농도로 이동하기 때문에 이를 효과적으로 처리하기는 매우 어렵기 때문에 발생 전에 침식억제 공법 등을 이용해 유출자체를 억제시키는 것이 가장 효과적임
- 유출된 후 수집시스템내에서의 처리법에는 침전에 의한 오염물의 제서(저류형), 침투능 증가를 통한 오염물 제거(침투형), 식생을 이용한 오염물 제거(식생형)등의 기법이 있음
- 처리효율을 높이려면 오염된 물을 다른 우수유출수와 최대한 분리하여야 하고, 이와 같은 분리를 위해 우회수로와 같은 시설이 건설되기도 함
- 일반적으로 위와 같은 방법은 공학적이 구조물이 필요하고 오염원에서의 관리방안보다 비용이 많이 소요됨
- 대부분의 비점오염원 유출은 우수유출과 동시에 일어나기 때문에 우수유출량이 저감될수록 비점오염원 저감량도 증가하므로 대부분의 비점오염원 관리시설과 우수유출 억제시설은 기본적으로 비슷한 구조를 가지고 있음

〈표3-8〉 비점오염원 관리기술의 종류

구분	비점오염원 관리기술의 종류	비고
저류형	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 하수관거, 저류연못, 이중목적저류지(우수지활용), 인공습지</li> <li>• 발생지 소규모 저류</li> </ul>	홍수방재 기능포함
침투형	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 침투지, 침투트렌치, 침투도랑, 침투집수정, 투수성포장</li> </ul>	홍수방재 기능포함
식생형	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 식생여과대, 식생수로</li> </ul>	
장치형	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 여과장치형</li> <li>• 강우여과조(Storm Filter), 모래여과조(Sand Filter)</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 관거연결형</li> <li>• 회전농축분리기, 부유침전물 분리장치(Vortex Solids Separations), 부유물 오일분리기, Stormceptor, Stormgate, Wilson시스템</li> </ul>	
처리형	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 초고속응집·침전시설, 생물학적 처리시설(접촉안정법, 폭식라군법, 살수여상법, 회전원판법)</li> </ul>	홍수방재 기능포함

자료 : 비점오염원유출저감을 위한 우수유출수 관리방안(한국환경정책·평가연구원, 2002)

### 가. 저류형 BMP

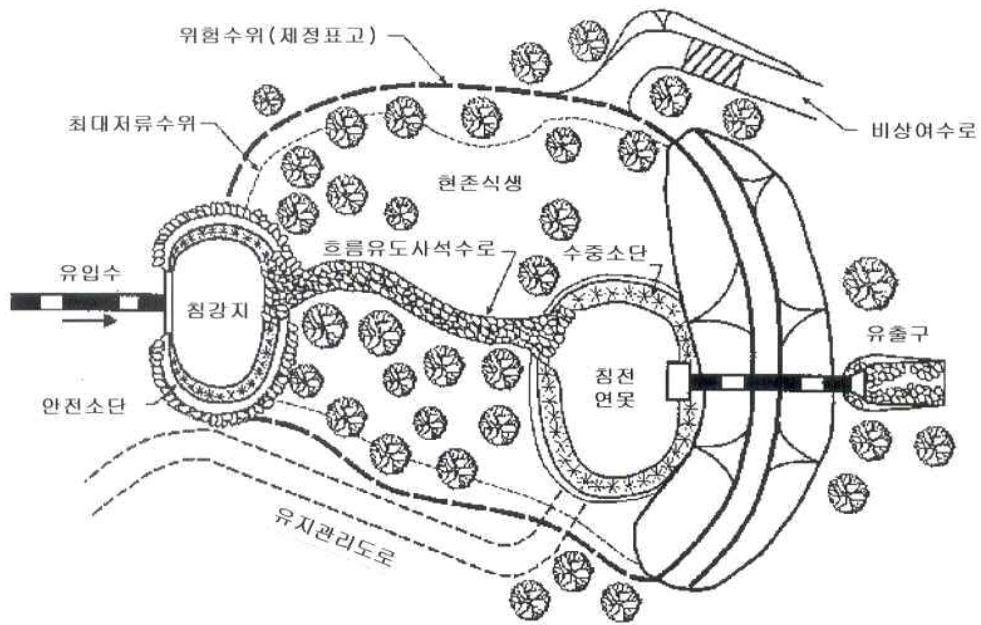
- 저류형 관리시설로서의 저류지는 본래 기능인 홍수량 조절과 오염물질을 침전처리하기 위해 체류시간을 일정시간 연장한 것으로 우수의 오염물질을 일시 저류시켜 제거하는 가장 단순한 관리방법으로서 우수저류시설은 지역외/지역내 저류시설로 분류됨
- 대부분의 저류시설은 우수유출수 저감을 위한 목적으로 시작되었으나 발생원에서 우수유출을 저감시킬 경우 비점오염유출저감이 발생하므로 비점오염원 저감을 위해서도 효과적이며, 부유물질, 질소, 인 그리고 금속류 등에 대한 제거능력은 45~100% 까지 가능 함

〈표3-9〉 지역내 저류공간

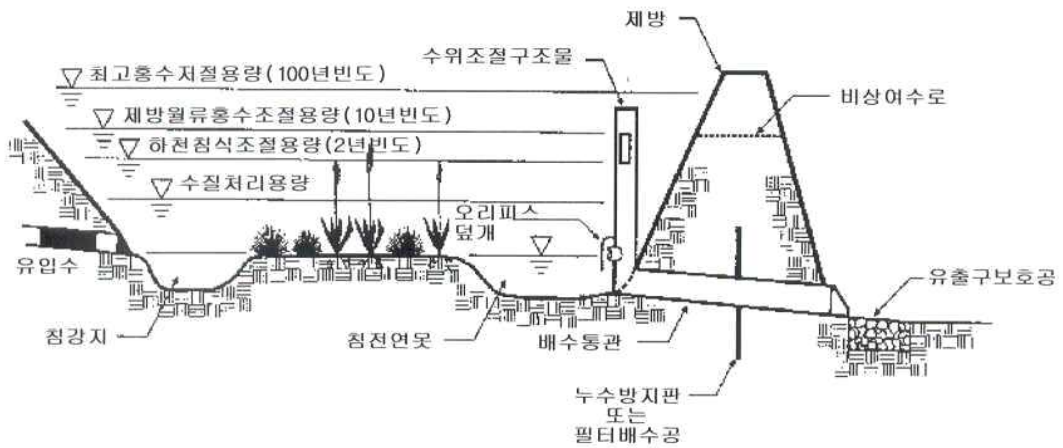
종 류	내 용
건물간 저류	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연립주택 및 건물사이 공간을 지역내 저류시설 공간으로 이용하는 것</li> <li>• 일본사례                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 보통 5층 건물의 경우 동간격을 26 m로 정하는데 여기에는 긴급차 진입시 소요폭5 m, 개인생활보호 확보공간 4 m가 각각 소요되어 실제 건물간 저류에 이용할 수 있는 폭은 13 m 정도가 됨</li> <li>- 저류수심은 과거 경험과 주거인에 대한 안전성 확보 등을 고려해서 30 cm를 표준으로 함</li> </ul> </li> </ul>
주차장 저류	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 일반적으로 주차장 저류에는 두 가지 형태                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 배수구 부분에 오목면을 만들어 빗물을 저류하는 것으로 오리피스와 같은 조절 장치에 의해 하수도로 천천히 유입시키는 방법</li> <li>- 포장면 가장자리에 수로를 만들고 토지와 모래를 깔아 침투로를 만드는 방법</li> </ul> </li> <li>• 주차장 저류를 설계시자동차의 브레이크 장치가 잠기지 않도록 하고, 강우시에도 주차장을 이용할 수 있도록 저류수심은 약 10 cm 이하로 제한하는 것이 보통</li> </ul>
지붕 (옥상) 저류	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 공동주택 등의 옥상을 지역내 저류시설로써 이용하는 경우에는 옥상 방수 및 건축물의 기본 구조도를 고려하여 저류가능용량을 산정</li> <li>• 도시형 홍수에 많은 피해를 입는 고밀도 시가화 지역에 효과적인 방법</li> <li>• 기본적인 구조는 지붕배수가 수평한 연립주택 등의 옥상에 웨어 및 우수저류장치 등을 설치하여 배수통으로의 유출량을 조정하는 것으로 저류시간은 일반적으로 24시간을 초과하지 않도록 함</li> </ul>

〈표3-10〉 지역의 저류공간

종 류	내용
지하 저류	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 우수저류시설을 지하에 설치하여 지하부분을 우수저류시설용으로 이용하고, 그 지상부분은 주차장, 공원 등으로 이용할 수 있도록 한 것으로 일반적으로 지가가 비싼 시가지에 설치</li> <li>• 건물지하 저류는 크게는 지하저류로 분류되는 방법으로 홍수다발구역인 고밀도 주택가에서 이용가능</li> </ul>
이중 목적 저류지	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 강우유출수 범람조절과 수질개선의 두 가지 목적을 위한 설치물</li> <li>• 도시내 홍수방재시설과 기반시설을 활용하여 홍수와 비점오염물질 부하를 줄이려는 시도에 적합한 시설물으로써, 앞으로의 저류지 전설은 이중기능을 수행할 수 있도록 계획하되, 지금으로서는 기존의 도시 홍수방재시설과 기반시설을 이용하여 비점오염을 줄일 수 있는 고안물을 추가 설치하는 방안을 고려해볼 수 있음</li> </ul>
인공 습지	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 인공습지를 점오염물질의 처리뿐 아니라 비점오염물질을 처리하는데 이용</li> <li>• 국내에서의 인공습지 조성은 담수로인 시화호 유입부에 인공습지(750,623 m<sup>2</sup>규모)를 조성하여 반원천과 동화천의 오염하천수를 정화하기 위해 수자원공사에서 설치 하였고, 자연습지(5,500 m<sup>2</sup>)를 활용하여 수질정화를 유도하는 시범사업을 수행</li> </ul>
연못	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 강우유출수를 체류시키므로 수질을 개선하고 홍수시 피크유출을 조절</li> <li>• 비점오염물질 제거효율은 배수구역에서 발생하는 강우유출수에 비한 저수용량의 규모에 따라 결정</li> <li>• 영구연못은 대규모 강우시 발생할 수 있는 침전물의 재부상을 방지할 수 있을 뿐만 아니라 영양물질이 조류에 의해 섭취되는 등의 생물학적 공정이 일어나 용해성 오염물질의 농도를 감소시키는 장점이 있음</li> </ul>

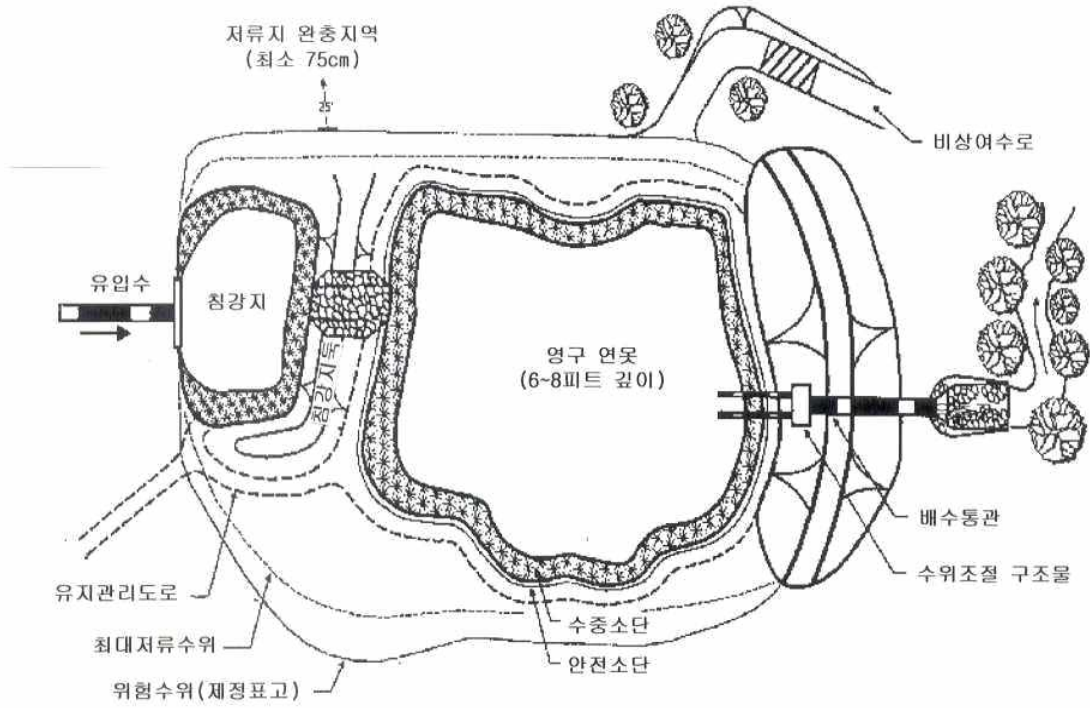


평 면 도

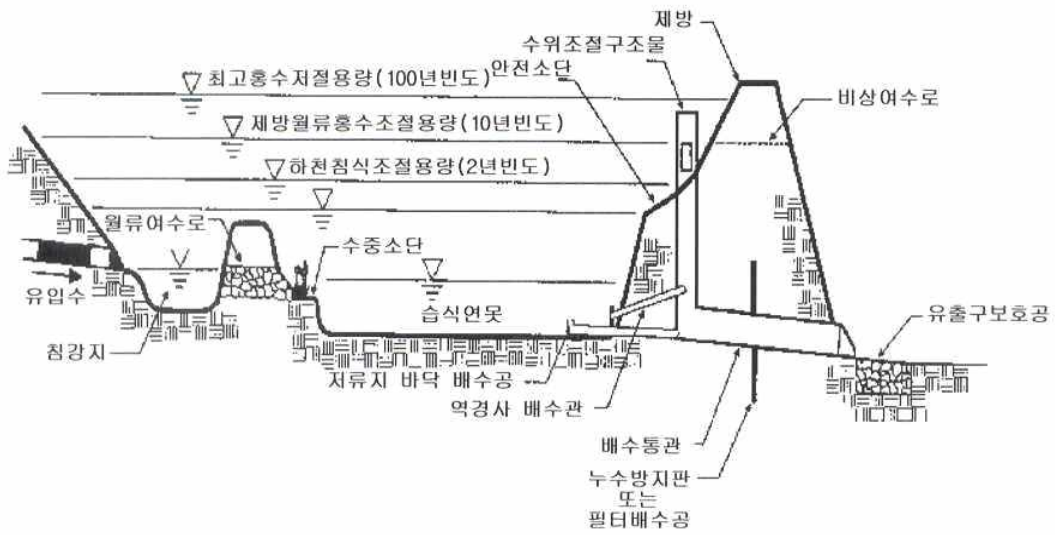


단 면 도

(그림3-4) 유출부 소규모 연못형성 이중목적 저류지

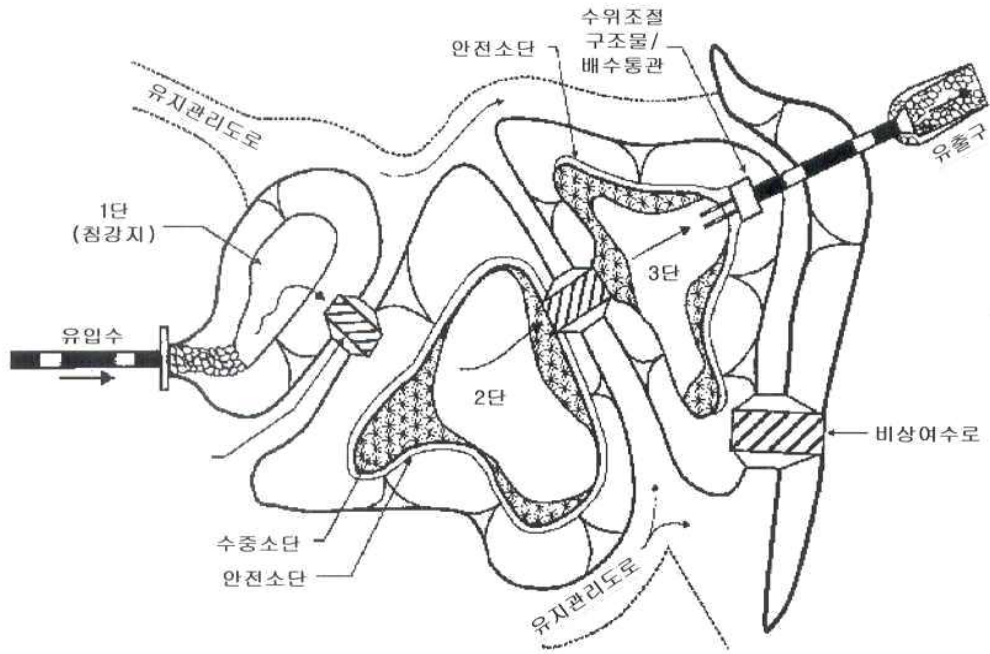


평면도

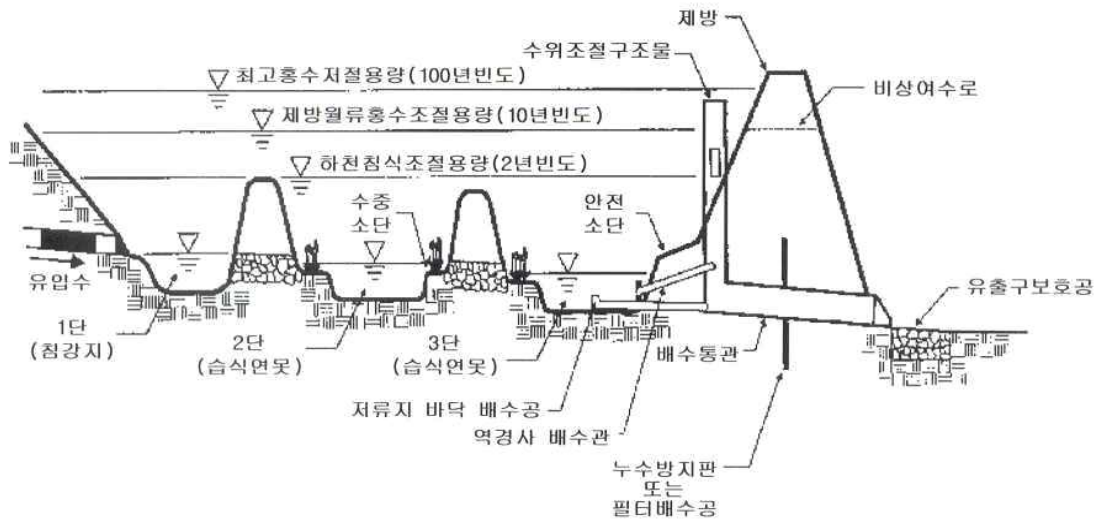


단면도

(그림3-5) 연못형 이중목적 저류지

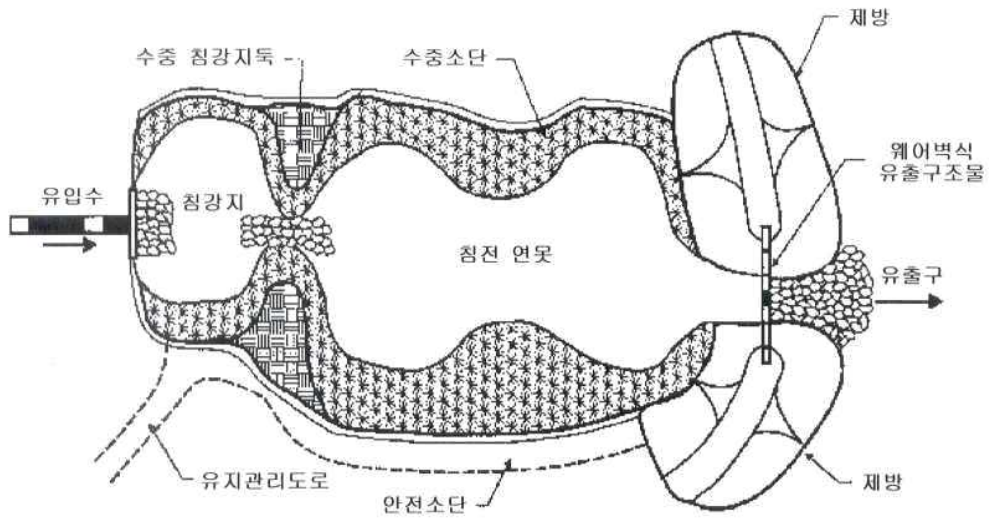


평면도

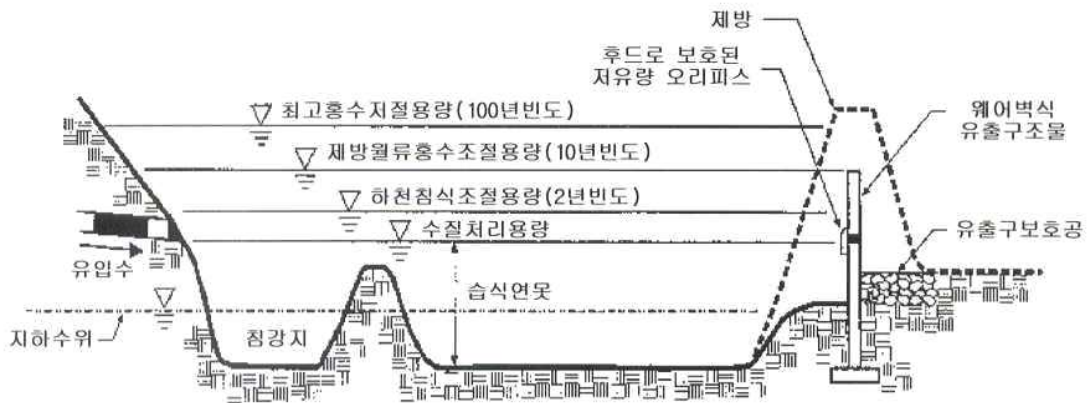


단면도

(그림3-6) 다단계 저류지

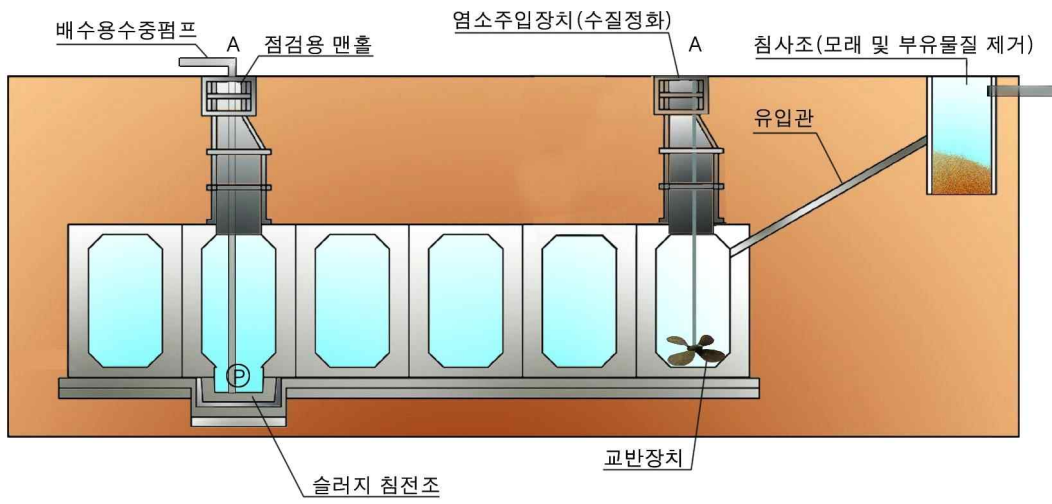
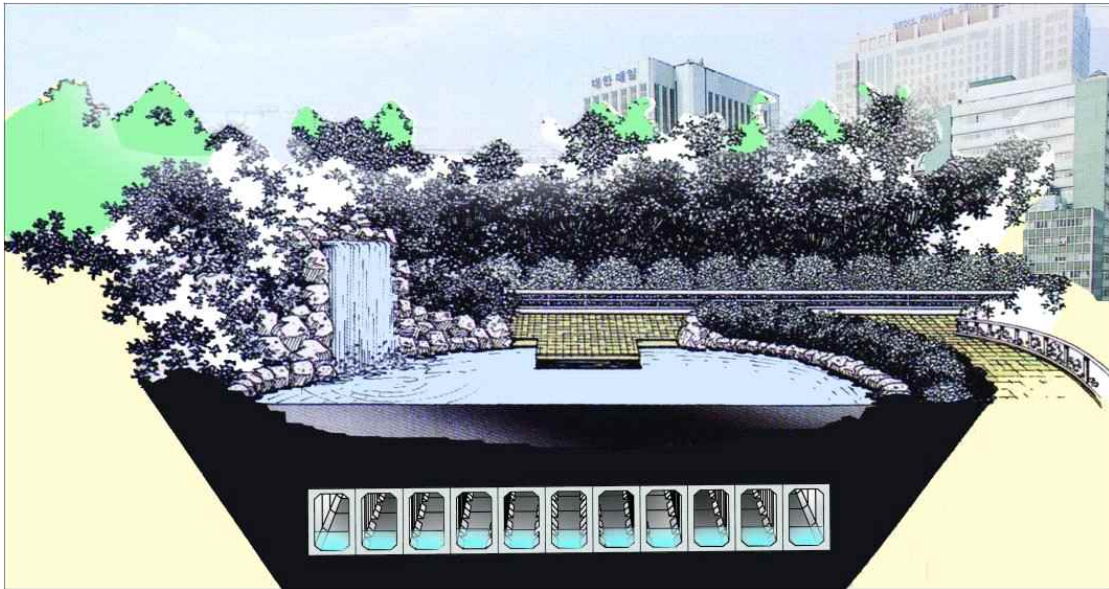


평 면 도

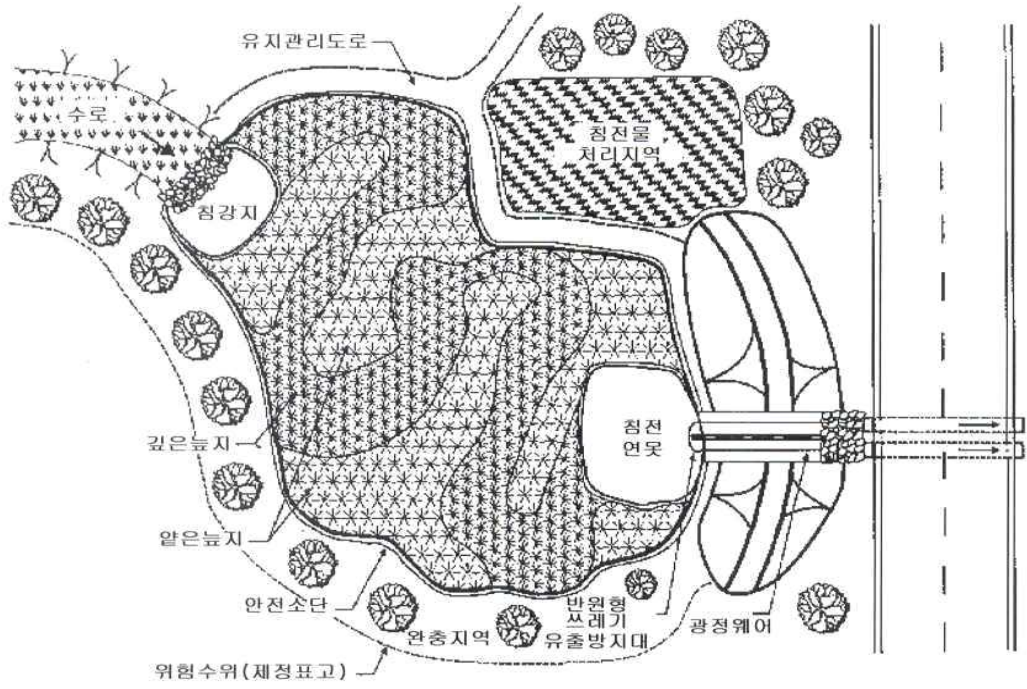


단 면 도

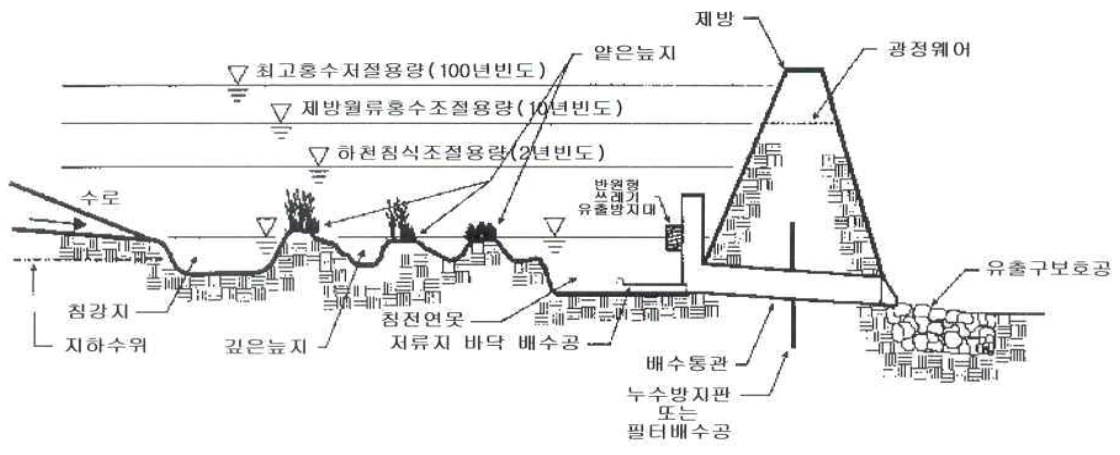
(그림3-7) 소규모 저류지



(그림3-8) 지하저류조



평면도



단면도

(그림3-9) 소규모 습지



(그림3-10) 인공습지

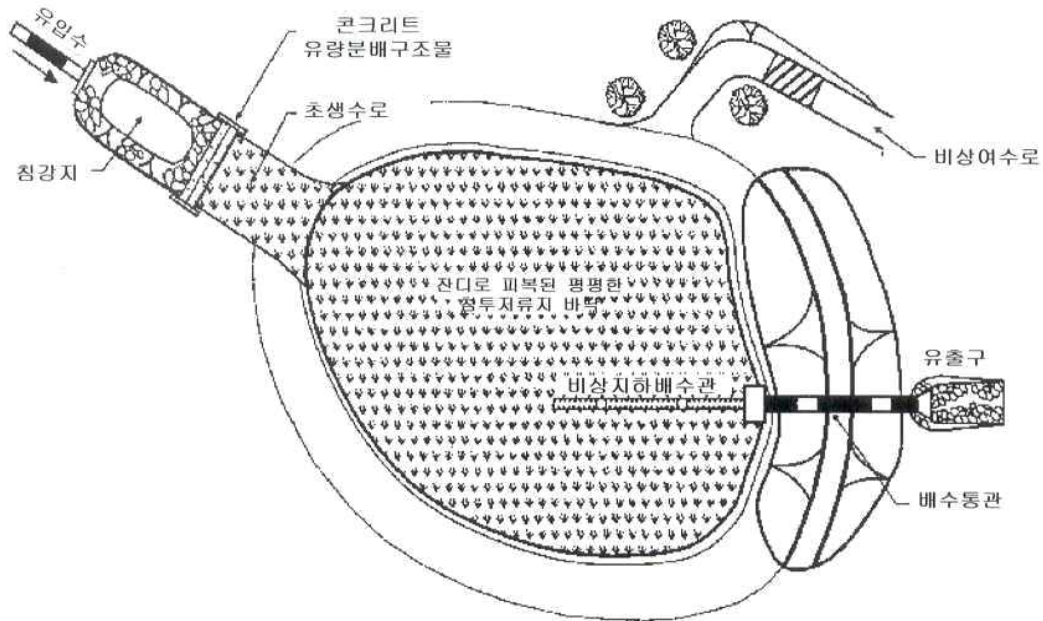
## 나. 침투형BMP

### (1) 개요

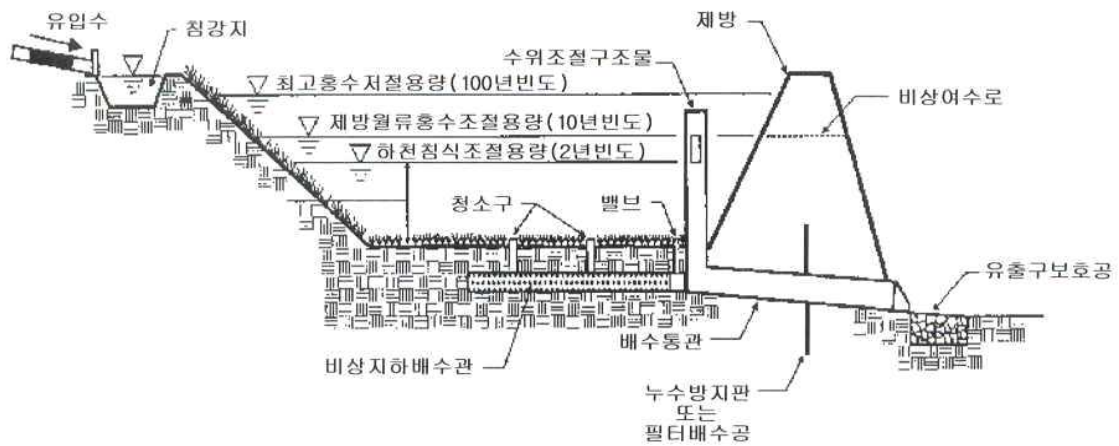
- 우수가 지하 침투되도록 유도하는 시설로 주로 지표면이나 지하의 일정공간에 쇄석 등의 다공질 매질을 충전하여 우수를 지표 혹은 지표면보다 얇은 곳에 시설된 불포화지층을 통해 분산 침투되도록 하는 시설물로서 환경적으로 가장 바람직한 기법임
- 오염물질은 토양입자에 의한 흡착, 여과 및 침전에 의해 제거되며, 강우의 토양 침투는 지하수 함양효과를 높여주므로 지하수량 확보에 도움을 줌
- 공원이나 녹지 등을 이용하여 침투율을 증가시키는 방법과 보도나 주차장 같은 불투수면을 투수성이 높은 재료를 이용하여 침투가 가능하도록 하는 방법 그리고 빗물이 수로에 흐를 때 지하로 스며들도록 유도하는 시설로 침투지, 침투도랑, 침투집수정, 지하매관법, 쇄석공극저류법, 투수포장 등이 있음

〈표3-11〉 침투형 BMP의 종류

종 류	내 용
침투 도랑	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 우수유출수 임시저장, 주변 토양으로의 지속적인 침투를 유도하여 지하수 함양을 돕고, 강우유출수의 유량과 침투배출량을 감소시킬 목적으로 소규모 지역에 이용</li> <li>• 도랑표면은 돌, 자갈, 모래 또는 풀이 식재된 지역과 지표유입부로 구성되어 여과과정에 의해 오염물질이 제거</li> <li>• 부유성 침전물과 부유쓰레기, 박테리아 등은 효과적으로 제거되나 용존성 영양물질 제거에는 큰 효과가 없어 지하수를 통해 수계로 배출될 수도 있음</li> </ul>
침투 집수정	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 침투통의 저면에 모래, 쇄석을 충전하여 채운 구조로, 침투집수정 하부저면에서 강우유출수를 불포화대 혹은 포화대를 통해서 분산 침투시키는 시설</li> <li>• 상부구조는 택지형, U형 및 도로암거형 등이 있으며 상부는 덮개를 설치</li> </ul>
지하 매관법	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 침투트렌치와 대별되는 방법으로, 지표에서 30~60 cm정도의 깊이에 관경 5~20 cm 전도의 침투관을 매설하여, 토양으로 물을 침투시키는 시설</li> <li>• 지하매관의 종류는 A, B, C타입으로 분류 <ul style="list-style-type: none"> <li>- A타입 : 매관의 아래에 트렌치를 잡는 것으로 우수는 매관으로부터 아래의 트렌치로 저류되어 주위의 모래 및 토양에 의해 먼저 위로 확산되고, 모관역 및 중력에 의해 1차 걸러진 우수는 아래 방향으로 침투</li> <li>- B타입 : 토양중에 그대로 지하매관을 설치한 것이다. 토양의 투수성이 높은 경우 상당한 침투량을 얻을 수 있으며, 가해지는 수압에 의해서도 침투량을 증가시킬 수 있음</li> <li>- C타입 : 지하매관의 주변에 투수성이 좋은 모래 또는 쇄석을 충전하여 토양내의 저류량을 증가시켜 침투량을 증가시키는 방법</li> </ul> </li> </ul>
투수성 포장	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 우수를 직접 포장체로 투수시켜 하부의 침투기능에 의해 지중으로 투수시키는 시설</li> <li>• 투수성 포장재의 사용은 우수유출수량의 감소에 의한 비점오염물질 배출량을 감소시킬 수 있으며, 상당량의 용해성, 입자성 오염물질을 제거가능</li> </ul>

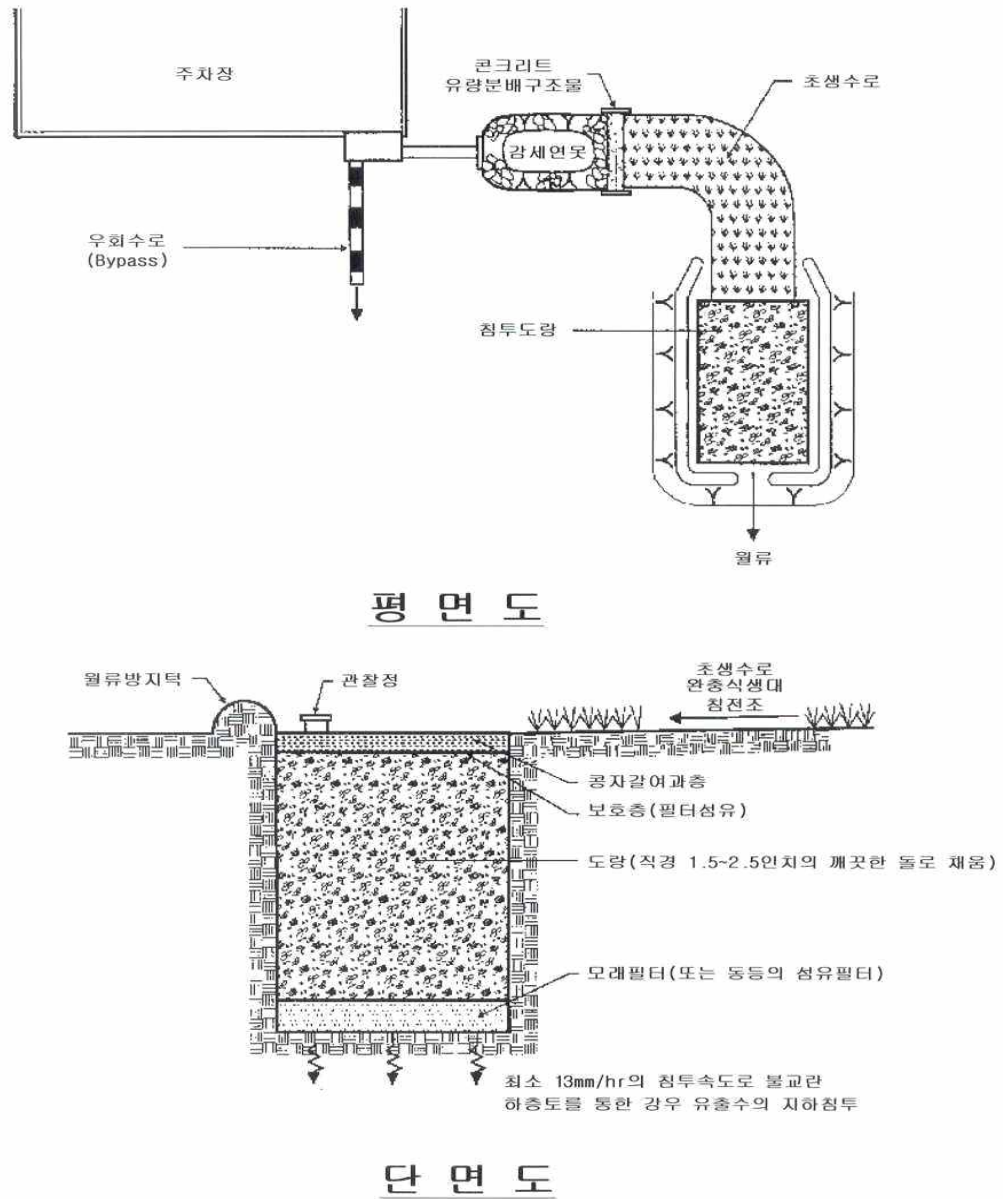


평 면 도



단 면 도

(그림3-11) 침투저류조



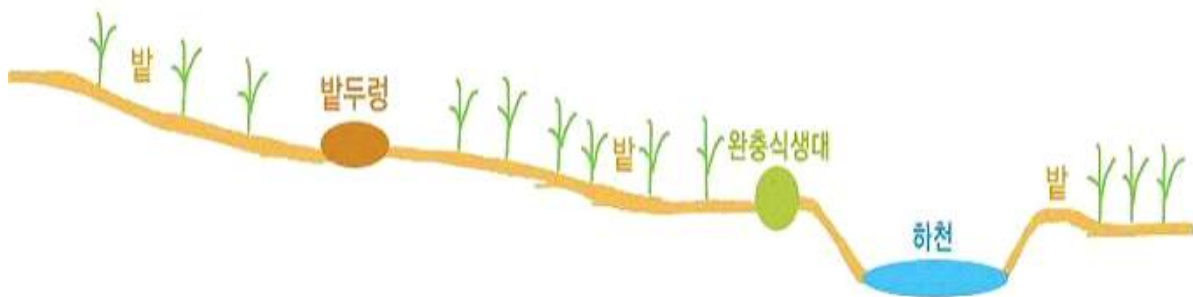
(그림3-12) 침투도랑

### 다. 식생형 BMP

- 식생형 BMP는 비점오염원 오염물질의 제거뿐만 아니라 도시지역의 동식물 서식처 확보와 개발지역의 경관 등 도시미관을 개선하는데 도움을 줌
- 도시지역의 식생은 불투성 침투지역을 감소시키고 강우유출수의 침투 및 고형물 포획 효과가 크며, 다른 물리적 방법에 의해 집중 처리되기 전에 우수유출수로부터 부유고형물을 제거하기 위한 전처리방법으로도 적합함

〈표3-12〉 식생형 BMP의 종류

종 류	내 용
식생 수로	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 강우시 토양의 침식을 줄이기 위해 수로에 식생을 도입하는 것으로서 부유고형물과 금속 같은 오염물질 제거에도 효과적이고 침투과정에 의해 박테리아도 제거되나 영양물질 같은 용존성 오염물질은 잘 제거되지 않음</li> <li>• 강우유출수에 포함된 오염물질 제거뿐만 아니라 강우유출수량 조절기능도 가짐</li> <li>• 제거효율은 경사감소, 식생밀도 증대, 소규모 조절댐의 설치 등에 의한 우수유출수의 유속감소에 의해 증가될 수 있고 하부토양의 여과율이 높을 때 제거율도 향상</li> <li>• 식생수로는 연석을 설치하고 배수시스템을 재정비해야 하기 때문에 기존의 개발지역에는 적용이 어려움</li> </ul>
식생 여과대	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지표 강우유출수내 오염물질 제거를 위해 사용되며 종종 침투조같은 다른 시설과 함께 사용</li> <li>• 유입된 유출수가 식생여과대를 통해 흐를 때 유출속도가 감소되고 침전물과 오염물질은 여과, 흡착, 중력 침전과정을 통해 오염물질이 제거</li> <li>• 부유고형물, 유기물질, 그리고 일부 미량 금속같은 오염물질 제거에 가장 효과적이거나 영양물질 같은 용존성 오염물질의 제거에는 별로 효과가 없음</li> </ul>



(그림3-13) 식생여과대



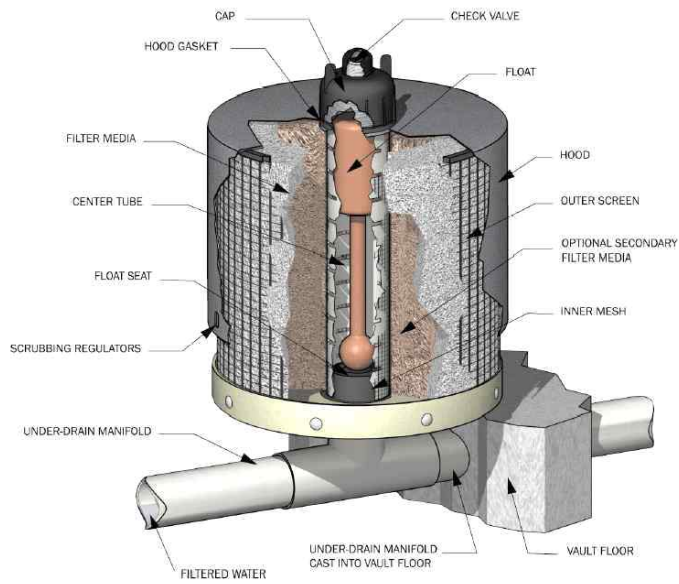
(그림3-14) 자연식생수로

## 라. 장치형 BMP

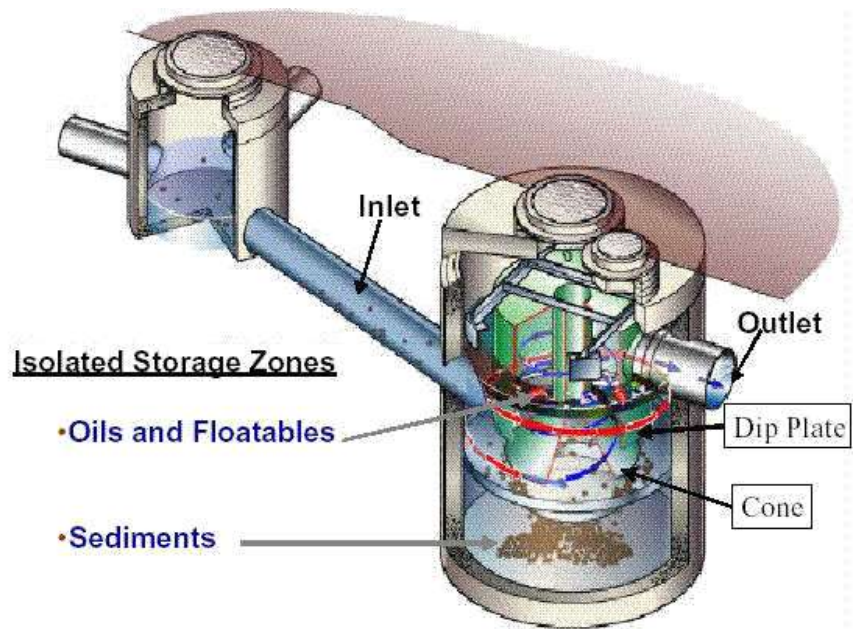
- 장치형 시설은 물리·생물학적 원리를 이용한 장치를 이용하여 비점오염물질을 처리하는 시설로서 협잡물, 총부유물질(TSS), 박테리아, 용존 유기물질 등의 제거에 효과가 있으며 다른 시설 또는 관거와 연계 설치하여 처리효율을 높일 수 있다. 여과형, 와류형, 스크린형 시설로 분류할 수 있음
- 도로, 공항, 차량정비업소, 주차장, 아파트 등 광범위한 장소에 설치 가능하며, 오염원의 직유입부나 하천·호소의 유입 말단부에 기존 관로와 연계하여 설치할 수 있음

〈표3-13〉 장치형 BMP의 종류

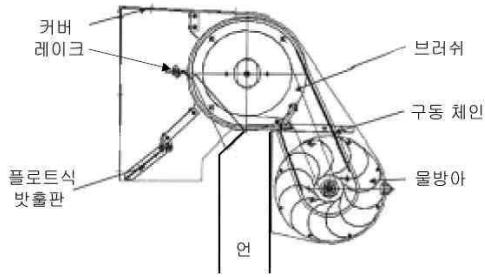
종 류	내 용
여과형 시설	• 강우유출수를 집수조 등에서 차집한 후 모래, 토양 등의 여과재를 통해 여과하여 비점오염물질을 저감하는 시설
와류형 시설	• 중앙회전로의 움직임으로 와류가 형성되어 기름·그리스 등 부유성 물질은 상부로 부상시키고, 협잡물은 하부로 침전·분리시켜 비점오염물질을 저감하는 시설
스크린형 시설	• 망의 여과·불리 작용으로 비교적 큰 부유물이나 쓰레기 등을 제거하는 시설로서 주로 전처리



(그림3-15) 여과형-Storm Filter



(그림3-16) 와류형 분리기



구조도 및 설치사례

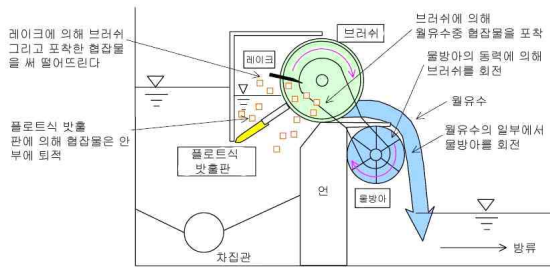


그림 2-1 빗물월류시(협잡물 포착)

우수월류시(협잡물 포착)

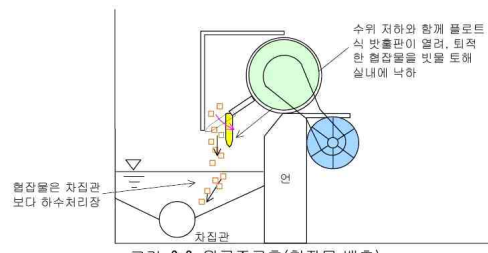


그림 2-2 월류종료후(협잡물 배출)

월류종료 후(협잡물 배출)

(그림3-17) 브러시 스크린

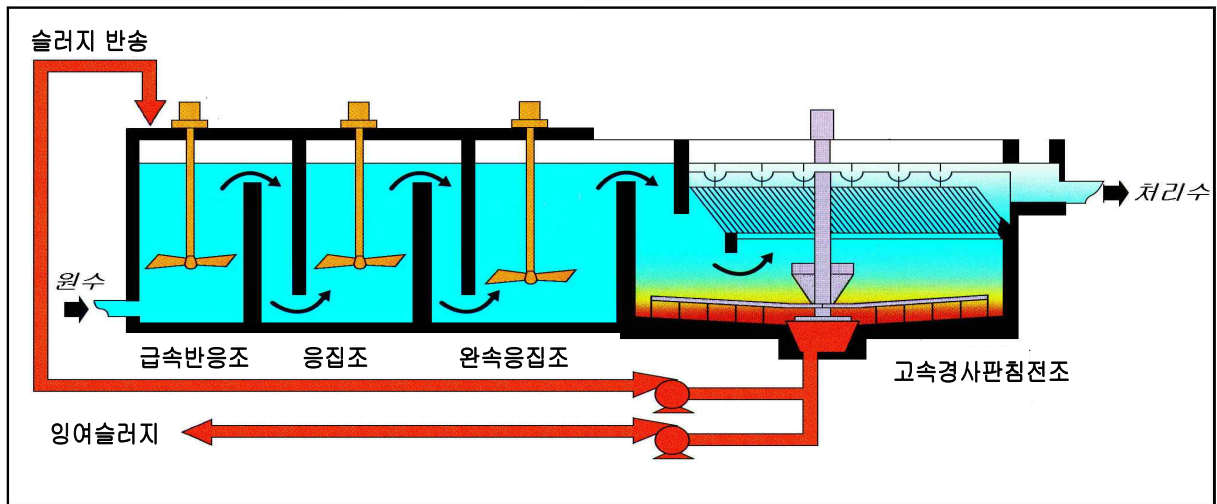
### 마. 처리형 BMP

- 물리화학 및 생물학적 하수처리시설을 이용하여 비점오염원을 처리하는 것으로서 유지관리비용이 가장 많이 소요되는 방법임
- 국내의 강우사상은 대부분 유출이 크게 일어나는 6~9월까지로 국한되어 있고, 그 양과 농도의 변동폭이 매우 심하기 때문에 이들 시설을 운전함에 있어 매우 어려움이 있음
- 시설형 저감시설은 크게 물리·화학적 원리를 이용한 응집·침전 처리형과 생물학적 처리형이 있는데 응집·침전 처리형 시설은 응집제를 사용하여 고형물을 응집한 후 침강시설에서 오염물질을 침전·분리시키는 방법으로 URC(Ultra Rapid Coagulation)공법, ACTIFLO 공법 등이 있음
- 이들 시설은 SS 제거에 탁월하나, 슬러지 발생량이 많아 이에 대한 처리계획을 제시하여야 한다. 그리고 생물학적 처리형 시설은 미생물에 의해서 콜로이드성, 용존성 유기물질을 제거하는 시설로 접촉안정군, 라군(Lagoons), 살수여상법, 회전원판법 등이 있음

- 고도처리가 가능하나 강우유출수의 수질과 수량에 대한 부하가 불규칙적이며 강우유출수에 포함된 독성물질로 미생물 시스템이 마비될 수 있으므로 이에 대한 대응계획을 제시하여야 함

〈표3-14〉 처리형 BMP의 종류

종 류	내 용
응집 침전 처리	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 도시 우수유출수의 고형물을 응집하기 위해 응집제(폴리머, 염화 제2철)를 사용하여 응집과정을 거친 후 침전으로 오염물질을 제거시키는 처리방법임</li> <li>• 침전시간을 최소화시키면서 침전효율을 극대화 시킬 수 있는 기법으로 URC 처리방법, ACTIFLO 처리방법 등이 있음</li> <li>• 다만 응집·침전법은 약품사용량이 많고 슬러지 발생량이 많아, 이에 대한 처분방법이 해결되어야 하는 문제점과 간헐적으로 운전되는 특성이 있으므로 경제적인 측면, 유지관리적인 측면을 고려하여 적용여부를 판단해야 할 것임</li> </ul>
생물학적 처리	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 양호한 처리효율을 가지지만 토지소요면적이 크고, 유지관리비가 높고 고도의 숙련된 기술자를 필요로 함. CSO저장시설로부터 이송된 우수유출수는 보통 2차처리 시설로 유입되어 처리·소독 후 방류시키게됨</li> <li>• 생물학적 처리공정은 콜로이드성, 용존성 유기물질을 제거하기 위한 공정으로서 많은 오염물질이 생흡착, 분해등의 공정에서 일어나는 다양한 미생물의 활동에 의해 제거</li> <li>• 설치여건을 기술적, 경제적, 유지관리적 측면으로 분석하여 적용여부를 판단필요</li> </ul>



(그림3-18) 응집·침전처리

### 3.2.3 비구조적 관리

- 비점오염원 관리기법 중 최선의 안은 비점오염원 발생을 근본적으로 억제하는 방안으로서 주로 비구조적 방법이 이에 속하며 대표적인 비구조적 관리기술은 다음과 같음

〈표3-15〉 비구조적 관리기술의 종류

종 류	내 용
방류수 수질규제 적용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 하수처리시설 및 폐수처리시설과 같은 방류수질 규제를 주택단지 및 산업</li> <li>• 단지의 개발계획 수립시 비점오염원 저감 설치지침 기준을 계획하도록 함</li> </ul>
토지이용 규제	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 토지이용을 효율적으로 할 수 있도록 토지개발시 주변 자연특성, 환경용량</li> <li>• 및 개발형태와 부합한 비점오염원 저감방안을 유도</li> </ul>
도시관리	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 도시환경 개선을 위하여 비점오염원이 발생할 수 있는 지역을 대상으로</li> <li>• 강우전 청소, 봄에 눈에 녹기 전에 겨울내 쌓인 오염물 청소 등을 겸한 거</li> <li>• 리청소 실시</li> </ul>
합류식 하수관거 월류수 관리(CSOs)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 합류식 하수관거에서 우기 월류수의 관리로 하천유입의 오염원을 감소</li> </ul>
선진 친환경 경작방법 홍보 및 보급	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 침식 및 유출량을 감소시키기 위한 작물 경작방법을 보급하고 윤작 등을</li> <li>• 실시</li> </ul>
환경농업의 도입	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 친환경농업의 도입으로 친환경적 비료 사용 등 비점오염유발물질을 감소</li> </ul>
기타	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 비점오염원 관리에 관한 통합규정 신설 등의 환경법령정비</li> <li>• 친환경적인 토지이용을 위한 법령 및 제도정비 추진</li> <li>• 상수원지역 친환경농업 진흥</li> </ul>

#### 가. 비구조적 관리방안의 종류

- 비구조적 관리방안의 종류는 비점오염원 원천저감방안, 공사중 오염저감방안, 수변구역 관리, 자연 완충지역 조성 그리고 시민참여 및 교육홍보 방안 등이 있음

〈표3-16〉 비점오염원 원천저감방안

종 류	비점오염원 원천저감방안
개요	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 자연계로 배출되는 오염원을 제거 또는 감소</li> <li>• 환경보호와 연계                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 친환경 제품의 사용 및 청정 생산기술 적용</li> <li>- 생산공정의 중간부산물 및 최종 배출물을 자원화하여 재활용</li> </ul> </li> <li>• 비점오염원의 발생 요인을 사전 차단</li> <li>• 자동차 연료, 농약, 페인트, 유기용매 등과 같은 유해물질의 저장, 사용, 폐기</li> <li>• 골프장, 공원, 유원지 등의 잔디 관리</li> <li>• 강우시 부유물의 인근수계로 유입 방지</li> <li>• 주차장 빗 주유소와 같은 장소에서의 상업적 활동 방지</li> <li>• 애완동물 배설물의 부적절한 배출 억제</li> <li>• 산업폐기물의 부적절한 적재 방지</li> </ul>
적용성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 다양한 분야(가정, 상가, 공장, 학교, 교통, 공공장소 등)에서 비점오염원의 발생요인을 저감함으로써 수질개선을 유도                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 오염원 저감은 중앙정부 및 지자체의 지속적 관심을 통해 교육, 참여 및 보상을 통하여 수행</li> <li>- 가정주부를 대상으로 적절한 교육 프로그램 활성화</li> <li>- 자동차 오일, 부동액 등을 효율적으로 관리할 수 있는 체계 구축</li> </ul> </li> <li>• 적절한 제초제·살충제의 사용, 비료 살포 등을 수행할 수 있는 전문가 훈련, 교육 및 인증을 위한 프로그램 개발</li> <li>• 생분해성이 용이한 친환경제품의 사용 장려</li> <li>• 지표면에서 배출 가능한 애완동물 배설물의 적절한 처리</li> <li>• 강우시 우수의 적절한 배수</li> <li>• 불투수 주차장에 대한 오염저감을 위한 설계 및 유지관리</li> <li>• 비점오염 발생원을 생산단계부터 저감하기 위한 계획수립</li> <li>• 수자원 보존</li> <li>• 재래식 화장실(septic system)개선</li> <li>• 우수처리시설 관리에 대한 교육과 관리프로그램 구축</li> <li>• 지하수 오염방지 프로그램</li> </ul>
잠재성 평가	장점 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 비점오염원의 원천 저감효과에 의해 오염원 장소 및 인근수계의 수질개선 효과</li> <li>• 구조적 비점오염저감시설 설치 개소수 절감 효과</li> </ul>
	단점 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 자발적 주민참여가 곤란</li> <li>• 지속적인 모니터링이 곤란</li> </ul>

〈표3-17〉 공사중 오염저감 방안

종 류		공사중 오염저감 방안
개요		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 공사 중 오염저감시설은 필수적임</li> <li>• 저류지 및 토사유출 방지시설이 일반적이지만 질소·인·유기용매 및 살충제와 같은 오염원 제어를 위한 설계방안 유도</li> <li>• 대부분의 비점오염저감기술은 공사중 오염 저감기술에 활용 가능</li> <li>• 공사중 오염 저감기술은 공사 지역에서 오염원 발생을 저감함으로써 수계에 오염원을 최소화할 수 있음</li> </ul>
적용성		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 침식, 토사유출, 장비의 정비 및 수선, 폐기물 수리 및 처분, 우수 유입구 정비, 분진제어, 자재보관, 세차 및 세류시설, 폭파지역, 오폐수 처리 설비 등</li> <li>• 모든 공사지역에 해당되지만 계획과 유지관리 기술은 공사규모와 관련하여 특정 사업에 국한될 수 있음</li> </ul>
잠재성 평가	장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수변구역 및 수계로 유입되는 비점오염원 저감</li> <li>• 수계의 토사 퇴적을 최소화</li> </ul>
	단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 공사장에서 수계로 유입되는 물은 유로를 전환한 경우 하천 건천화 현상 발생</li> </ul>

〈표3-18〉 수변구역 관리

종 류		수변구역 관리
개요		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수변 구역내 활동 및 개발에 관한 사항으로 강우시 효율적 관리방안을 모색코자 함</li> <li>• 인구증가율, 생활, 경제활동, 자연적 오염, 사회간접시설 등의 공동체 생활속에서 수변구역 고려를 포함</li> <li>• 수변구역을 포함한 수계에 영향을 최소화하기 위한 목표와 정책(토지활용방안 포함)을 통한 효율적 수변관리가 요구됨</li> <li>• 수변구역관리는 수계중심으로 이루어짐</li> </ul>
적용성		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수변구역 관리는 GIS 혹은 지도 중첩법을 통하여 관리계획수립</li> </ul>
잠재성 평가	장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수변구역 인접 토지 및 수계 활용 방안</li> <li>• 수변구역 관리를 통한 다양한 토지활용 방안 축적, 환경개선을 위한 모델링 구축</li> </ul>
	단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수변구역과 행정구역의 중첩에 따른 혼선 야기</li> </ul>

〈표3-19〉 자연 완충지역 조성

종 류		자연 완충지역 조성
개요		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수계를 따라 자연적으로 형성하는 초목지역</li> <li>• 습지나 고원에 인접</li> <li>• 완충지역은 다양한 생물종 및 생태계를 형성하므로 우수에 의한 오염을 저감</li> <li>• 자연 완충지역은 강우시 수원함양, 침식방지, 지표흐름 저감, 토양 및 식물접촉시간을 증가시켜 토양침투를 유방하여 오염저감</li> <li>• 완충지역은 습지나 고원에서 생물 다양성을 형성하여 급속한 기상 환경변화에 대하여 완충작용</li> <li>• 완충지역은 홍수 완화 및 해안선 안정화에 기여</li> </ul>
적용성		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 자연적 완충지역의 형성은 반드시 보존이 필요함</li> <li>• 완충지역내의 벌목 및 제초를 제한</li> <li>• 토양의 침투성을 증가시키기 위한 조치 강구</li> <li>• 자연적 완충지역은 초기우수 처리시스템의 일환으로 구조적 또는 비구조적 비점오염 저감시설과 연계하여 보존</li> <li>• 자생식물 보존</li> <li>• 토양의 압축방지</li> <li>• 경사도, 식물, 토양, 투수층, 침식되는 토사 특성, 오염원의 종류 및 특성, 연간 강우강도 등을 고려</li> <li>• 자연적 완충지역과 연계한 구조적 또는 비구조적 비점오염 저감시과의 연계</li> </ul>
잠재성 평가	장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수계와 연계한 비점오염 저감시설에 대한 오염부하량 저감</li> <li>• 일정규모 이상의 강우시 토사유출로부터 하류의 생태계 보호</li> <li>• 완충지역내 침투량으로부터 하류의 습지보호</li> <li>• 생물다양성 확보</li> <li>• 기후 온난화에 따른 영향 감소</li> </ul>
	단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기개발지역의 수변지역에는 적용하기 어려움</li> </ul>

〈표3-20〉 시민참여 및 교육홍보방안

종 류		시민참여 및 교육홍보 방안
개요		<ul style="list-style-type: none"> <li>정부·개인 및 건설참여자의 교육을 통해 수변구역을 관리함으로써 비점오염원에 의한 문제 해결 방안 유도</li> <li>교육 및 훈련은 가장 효율적인 비점오염 저감방안으로 대두</li> </ul>
적용성		<ul style="list-style-type: none"> <li>교육프로그램은 가정, 지방공동체, 학교, 작업장 등에 수행</li> <li>훈련 및 인증 프로그램은 정부 차원에서 수행되고 비점오염 관리와 관련된 중앙정부 및 지방자치단체 차원에서 수행됨</li> <li>미국의 경우 주정부 및 지방자치단체, 환경관련 단체, 전문가, 학교, 교회, 보이스카웃, 걸스카웃, club 등에서 교육프로그램 운영</li> </ul>
잠재성 평가	장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>강우시 수계에 미치는 긍정적, 부정적 영향을 교육</li> <li>강우가 지표면을 따라 수계에 어떻게 영향을 미치는 방법과 지하수와 지표수 차원에서 어떻게 저감할 수 있는지 교육</li> <li>현장경험을 바탕으로 생태계에 미치는 영향 파악을 위한 의사결정 참여</li> </ul>
	단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>이행평가에 대한 모니터링 곤란</li> <li>운영결과가 일정기간 경과 후 확보</li> <li>성공적인 프로그램 운영을 위해서는 많은 참여가 전제</li> <li>많은 개인적 노력이 필요하며, 지속적인 정부 지원이 요구됨</li> </ul>
비 고		<ul style="list-style-type: none"> <li>홍보계획 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 주민설명회, 홍보물 책자배포, 주민협의회 운영시 해당지역 중심으로 관련 계획 유도</li> </ul> </li> <li>지역축제 연계방안 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 사업지 주변에서 개최되는 지역축제 현황을 분석하여 축제장소 활용을 유도</li> <li>- 지역 축제기간을 활용한 다양한 홍보활동을 전개</li> </ul> </li> </ul>

### 3.3 국·내외 비점오염저감시설 적용사례

#### 3.3.1 국내 비점오염저감시설 적용 사례

##### 가. 인공습지

##### (1) 장흥호 유역

구 분	용천지구	신평지구	용문지구
면적(m <sup>2</sup> )	56,320	47,050	47,900
체류시간(일)	4.70	4.98	3.84
강우시 유입량(m <sup>3</sup> /일)	4,061	3,785	6,031




  

		
용천지구	신평지구	용문지구

##### (2) 대청호 유역

구 분	회인천 유역	안내천 유역	보청천 유역
면적(m <sup>2</sup> )	17890	22,500	2,567
체류시간(일)	19hr	4.98	4.3
강우시 유입량(m <sup>3</sup> /일)	-	3,000 ~ 30,000	350

		
회인천 유역	안내천 유역	보청천 유역

### [3] 주암호 유역


구분	신평천 유역	동북호 유역	시화호 유역(반월천)
면적(㎡)	12,360	55,750	750,623
체류시간(일)	19hr	-	-
강우시 유입량(㎡/일)	10,600	-	207,360


		
신평천 유역	동북호 유역	시화호 유역

## 나. 식생여과대


### [1] 용인시 초부리

구분	용량	부지면적	유역면적	체류시간	초기유출량
용인시 초부리	98㎡/일	3,258㎡	7ha	0.27hr	98㎡/hr
평균 저감효율	평균강우강도(mm/hr)	SS(%)	COD(%)	T-N(%)	T-P(%)
	3.4	74.2	34.2	47.4	33.4
유지관리방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 유입/유출 개수로 협작용물 및 퇴적물 관리</li> <li>• 잡초제거 등 식생유지관리</li> <li>• 유입 외래식물 생태관리</li> <li>• 조경수 관리</li> </ul>				

## [2] 용인시 해곡동


구분	용량	부지면적	유역면적	체류시간	초기유출량
용인시 해곡동	84m <sup>3</sup> /일	1,966m <sup>2</sup>	2.5ha	0.22hr	84m <sup>3</sup> /hr
평균 저감효율	평균강우강도(mm/hr)	SS(%)	COD(%)	T-N(%)	T-P(%)
	4.1	77.8	75.1	74.0	79.3
유지관리방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 유입/분배수로 협작물 및 퇴적물 관리</li> <li>• 유입수로 월류상태 점검</li> <li>• 식물생장상태 및 외래 유입식물 관리</li> <li>• 잡초제거(특히, 환삼초)</li> </ul>				

## 다. 침투저류지(용인시 초부리)


구분	용량	부지면적	유역면적	체류시간	초기유출량
용인시 초부리	645m <sup>3</sup> /일	3,463m <sup>2</sup>	9.61ha	-	-
평균 저감효율	평균강우강도(mm/hr)	SS(%)	COD(%)	T-N(%)	T-P(%)
	5.50	-	-	-	-
유지관리방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 유입수로내 협잡물 및 퇴적물 제거</li> <li>• 침강지 주변 식중식물관리</li> <li>• 조경수 관리</li> <li>• 갈수기 식생관리</li> <li>• 시설주변 쓰레기 수거</li> </ul>				

## 라. 침투도랑

## (1) 용인시 전대리


구분	용량	부지면적	유역면적	체류시간	초기유출량
용인시 전대리	94m <sup>3</sup> /일	599m <sup>2</sup>	0.8ha	0.37hr	94m <sup>3</sup> /hr
평균 저감효율	평균강우강도(mm/hr)	SS(%)	COD(%)	T-N(%)	T-P(%)
	2.19	95.1	85.8	88.8	90.2
유지관리방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 유입수로내 협잡물 및 퇴적물 제거</li> <li>• 침투도랑 및 유입수로의 식생제거 및 사면 토사 유입 방지</li> <li>• 침강지 퇴적물 점검 및 준설</li> <li>• 잔디관리 및 잡초제거</li> <li>• 시설주변 쓰레기 수거</li> </ul>				

## (2) 이천 I.C


구분	용량	부지면적	유역면적	체류시간	초기유출량
이천 IC	135m <sup>3</sup> /일	443.6m <sup>2</sup>	1.0ha	0.25hr	135m <sup>3</sup> /hr
평균 저감효율	평균강우강도(mm/hr)	SS(%)	COD(%)	T-N(%)	T-P(%)
	4.88	70.2	55.0	41.2	45.6
유지관리방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 유입수로내 협잡물 및 퇴적물 제거</li> <li>• 집수정 및 방류상태 확인</li> <li>• 조경수, 잔디관리 및 잡초 제거</li> <li>• 법면 쇄골 방지</li> </ul>				

## 마. 식생수로

### [1] 용인시 삼계리


구분	용량	부지면적	유역면적	체류시간	초기유출량
용인시 삼계리	40m <sup>3</sup> /일	346m <sup>2</sup>	0.3ha	1.3hr	40m <sup>3</sup> /hr
평균 저감효율	평균강우강도(mm/hr)	SS(%)	COD(%)	T-N(%)	T-P(%)
	2.4	87.5	82.5	88.5	77.4
유지관리방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 45번 국도 우수유입로 및 수로경사면 점검</li> <li>• 식생수로 점검 및 퇴적물 제거</li> <li>• 잔디관리 및 잡초제거</li> <li>• 과성장된 식물의 주기적 풀깎기</li> <li>• 침사지 토사 점검 및 제거</li> </ul>				

### [2] 용인시 왕산리


구분	용량	부지면적	유역면적	체류시간	초기유출량
용인시 왕산리	420m <sup>3</sup> /일	1,708m <sup>2</sup>	28ha	1.9hr	420m <sup>3</sup> /hr
평균 저감효율	평균강우강도(mm/hr)	SS(%)	COD(%)	T-N(%)	T-P(%)
	1.86	70.7	34.6	14.6	45.3
유지관리방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 인근 농경지 우수유입로 점검</li> <li>• 유입구 점검 및 측벽침식여부 점검</li> <li>• 식생수로내 점검 및 퇴적물 제거</li> <li>• 식생수로 방류흐름 점검</li> <li>• 조경수 및 잡초 제거</li> <li>• 침사지 토사 점검 및 제거</li> </ul>				

## 바. 장치형 시설





### [1] 광주 상변천리(와류형)

구분	용량	부지면적	유역면적	체류시간	초기유출량
광주 상변천리	3,005m <sup>3</sup> /일	5m <sup>2</sup>	0.6ha	-	304m <sup>3</sup> /hr
평균 저감효율	평균강우강도(mm/hr)	SS(%)	COD(%)	T-N(%)	T-P(%)
	4.3	27.0	14.3	11.2	22.6
유지관리방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고속도로 우수유입로 정비</li> <li>• 시설내 부유물질 제거</li> <li>• 퇴적물 점검 및 제거</li> <li>• 맨홀 등 구조물 점검</li> </ul>				

### [2] 광주시 추자리(여과형)

구분	용량	부지면적	유역면적	체류시간	초기유출량
광주시 추자리	2,448m <sup>3</sup> /일	15m <sup>2</sup>	0.5ha	-	102m <sup>3</sup> /hr
평균 저감효율	평균강우강도(mm/hr)	SS(%)	COD(%)	T-N(%)	T-P(%)
	4.9	29.1	23.2	22.9	23.7
유지관리방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 유입구 협잡물 제거</li> <li>• 스크리 부착 이물질 제거</li> <li>• 집수조내 퇴적물 제거</li> <li>• 시설물 주변 쓰레기 수거</li> </ul>				

### 사. 유공성포장

<p>시화호 갈대 습지 공원</p>		<p>판교 국가 기록원</p>	
<p>청주 우암 어린이 회관</p>		<p>남동 구청 서창 지구</p>	


### 3.3.2 국외 관리 사례

#### 가. 습지


##### (1) 미국 노스 캐롤라이나 Smithfield Selam

설치위치	미국 노스 캐롤라이나 Smithfield-Selma 고등학교							
시설특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 조성된 습지면적은 876㎡으로 기존의 암거 유출구에 설치</li> <li>• 상시적으로 기저유량이 발생</li> <li>• 습지조성 후 5년에 걸쳐 북아메리카 White water lily와 Pickerelweed 식생 이 성공적으로 정착</li> </ul>							
처리시설 전경								
제거효율 (%)	구 분	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	TKN	T-N	PO <sub>4</sub>	T-P	Cu
	강우기	47	12	51	26	58	41	57
	건 기	33	11	43	18	29	20	92

##### (2) 미국 노스 캐롤라이나 Bruns Avenue

설치위치	미국 노스 캐롤라이나 Bruns Avenue 초등학교							
시설특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 저류기능을 제공하지 않은 단순 강우유출수 통과형으로 설계</li> <li>• 습지에는 잉여 강우유출수의 우회 없이 유역으로부터 발생하는 우수전량을 처리하도록 계획하였으며 식생으로 Bull rush, Arrowhead, Pickerelweed, Soft rush를 식재</li> </ul>							
처리시설 전경								
제거효율 (%)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> + NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	TKN	T-N	T-P	TSS	Cu	Zn
	47	78	63	64	54	44	73	32

### 나. 건식식생수로(미국 텍사스)

설치위치	미국 텍사스, 오스틴지역의 Walnut Creek 남쪽에 위치하고 있는 MoPac 고속도로										
시설특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 본 식생여과대는 원래 강우 유출수의 처리를 목적으로 설치된 것이 아니라 중앙분리대의 기능을 수행하도록 설치됨</li> <li>• 고속도로에서 발생된 강우유출수는 면상류(Sheet flow)의 형태로 초지가형성된 경사면을 따라 유입되어 여과대의 중심을 따라 조성된 유출구로 배수되도록 설계함</li> </ul>										
처리시설 전경											
제거효율 (%)	구 분	TSS	COD	TOC	T-N	TKN	T-P	Zn	Pb	Fe	
	Walnut Creek	85	63	53	23	44	34	75	17	75	
	U.S. 183	87	61	51	50	33	44	91	41	79	

### 다. 침투저류지(미국 샌디에고)

설치위치	미국, I-605 고속도로와 SR-91 도로 교차로인 제11지구 미국, La Costa 지역의 I-5 고속도로(남) 출구램프 제11구역				
시설개요	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 유출수 수집과 임시저장</li> <li>- 지속적 침투로 인한 지하수의 함양 및 강우 유출수의 침투유량 감소기능</li> </ul>				
설치시설 전경사진					
주요오염원 현황	대상지역	토지이용	주 오염원	포장형태	불투수율(%)
	I-605/SR-91	도로	도로강우유출수	아스팔트	68
	I-5/La Costa Avenue				72
유역특징	대상지역	처리대상 면적(ha)	침투속도(mm/hr)	침투깊이(m)	
	I-605/SR-91	1.70	7	0.6 ~ 7	
	I-5/La Costa Avenue	1.30			

## 라. 침투도랑

### (1) 미국 캘리포니아주 산타모니카시 시내 도로

<p>시설개요</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 네바다의 리노에서 캘리포니아 샌프란시스코를 향하는 고속도로인 80번 고속도로의 노변 및 중앙에 설치</li> </ul>	
<p>저감시설 전경사진</p>		

### (2) 미국 미시간주 도로

<p>시설개요</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 도로로부터 유출되는 강우유출수는 침투도랑이 설치되기 전 도로의 동쪽 가장자리를 따라 이동하였으며, 설치 후에는 침투도랑으로 유입된 강우 유출수의 많은 양이 처리되어 호수로 유입됨</li> </ul>	
<p>저감시설 전경사진</p>		

### [3] 미국 펜실베이니아 공공건물 주차장 및 대학내 도로

<p>시설개요</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>주차장에 침투도랑을 설치하여 주차장내 강우유출수를 처리하기 위한 시설</li> </ul>
<p>저감시설 전경사진</p>	<p>The image consists of two parts. On the left is a photograph of a parking lot with a gravel infiltration trench installed along the edge of a paved area. On the right is a cross-sectional diagram of the infiltration system. The diagram shows a car parked on a porous pavement surface. Below the pavement is a layer of uncompact subgrade, followed by a filter fabric lining the subsurface bed, and a layer of uniformly graded aggregate. Arrows indicate water infiltration from the pavement through the aggregate and filter fabric into the subgrade. Text labels in the diagram include: 'POROUS PAVEMENT', 'UNCOMPACTED SUBGRADE IS IDEAL FOR PROPER INFILTRATION', 'FILTER FABRIC LINES THE SUBSURFACE BED', and 'UNFORMALLY GRADED AGGREGATE PROVIDES 40% VOID SPACE FOR STORMWATER STORAGE'.</p>

## 제4장

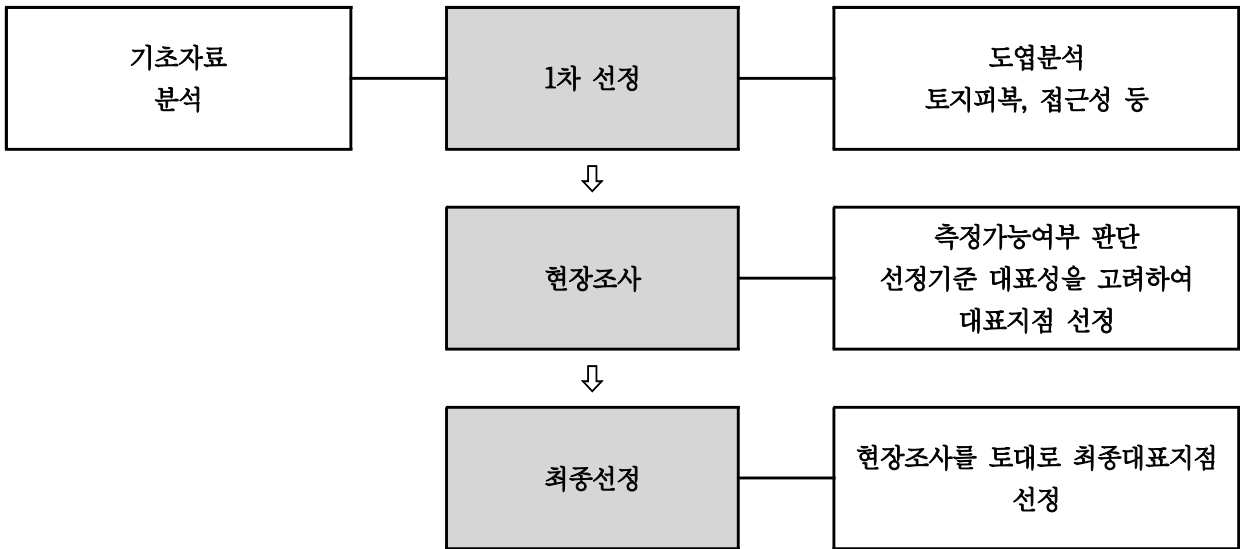
# 비점오염물질 유출특성



## | 제4장 비점오염물질 유출특성 |

### 4.1 유량 및 수질조사 지점선정

- 군산시의 강우/비강우시 유량 및 수질조사를 수행하여 비점오염원 배출부하특성을 분석하여 활용하고자 하며, 이에 대한 주요 내용은 아래와 같음
  - 기초자료 및 현황조사
  - 조사지점 선정
  - 유량조사 및 수질조사
  - 오염원 분포현황 및 오염배출부하량 분석
  - 집수구역 비점오염원 현황분석
  - 강우량/토지이용별 비점오염 유출특성 분석
- 상기와 같은 비점오염원 유출특성에 대한 결과를 도출하기 위해서는 다양한 지점에서 장기간의 조사가 필요하나, 본 과업은 한정된 지점수와 조사횟수가 전제되었으므로 사전에 충분한 검토를 통해 지점선정과 조사시기를 결정하는 것이 매우 중요하기 때문에 조사지점을 선정하기 위한 기본원칙은 다음과 같음
  - ① 토지이용특성별(관리, 농림지역, 도로및주거지역 등) 오염유출특성 파악이 용이한 지점
  - ② 유량 및 수질의 측정이 용이한 지점
  - ③ 대책수립의 기초설계 자료로 활용이 용이한 지점



(그림4-1) 수질모니터링 측정지점 선정 절차

### 4.1.1 조사지점 현황

- 과업대상 범위에 속하는 군산시 서수면 관원리의 배수구역은 농배수로를 통해 탑천으로 유입되고 있으며 토지이용 특성에 따라 강우시 비점오염원이 발생하여 하천으로 유출되어 영향을 줄 수 있는 특성을 지니고 있음
- 유량 및 수질조사지점은 대상구역의 토지이용특성을 고려하여 특징을 대표하여 나타낼 수 있는 지점을 선정하여 수행함으로써 추후 토지이용특성에 따른 유출부하량 및 삭감부하량 산정에 이용할 수 있도록 하였음

<표 4.1-1> 유량 및 수질조사지점 현황

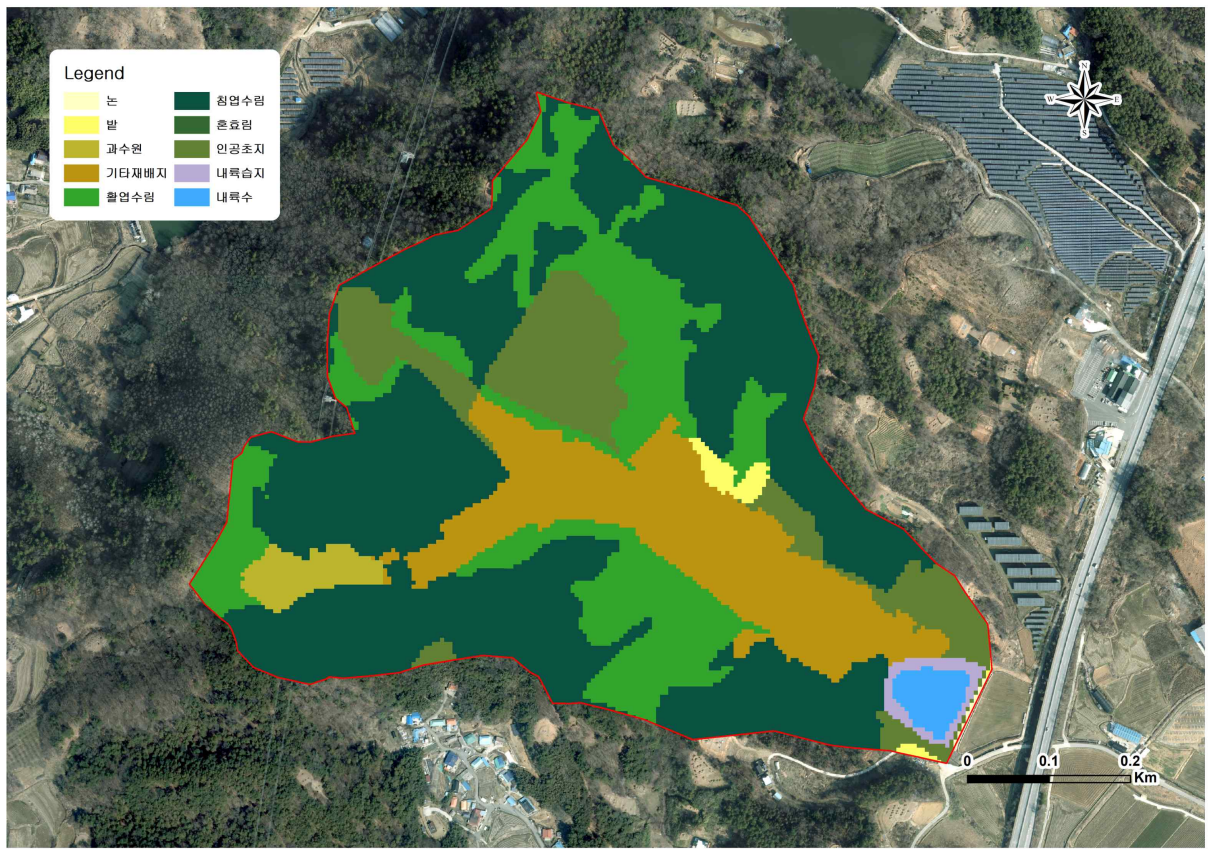
주소	하천명	유출형태	비고
군산시 서수면 관원리 192-3 일대	탑천	-	3지점



(그림4-2) 유량 및 수질조사지점 위치도

〈표4-1〉 집수유역 현황

집수유역	집수유역면적	0.45km <sup>2</sup>					
	집수유역 토지이용현황	지목별 토지이용면적(km <sup>2</sup> )					
		전	답	목장용지	임야	도로	제방, 유지, 구거, 잡종지, 기타
		0.03	0.02	0.05	0.3	0.00005	0.02
	주요오염원 현황	도로, 가축분뇨 재활용시설, 농경지 비점오염원, 축산단지 축산비점 농지 및 축산단지가 복합적으로 위치하고 있음					



## 4.2 유량 및 수질조사

- 유량 및 수질 조사는 대상배수구역을 대표할 수 있는 2지점을 선정하여 2회(1주 기:12회) 강우시 조사를 실시하였음

### 4.2.1 조사방법

- 유량 및 수질 조사 방법은 「비점오염저감 국고보조사업 추진지침(환경부 '24.)」별표 3. 강우유출수 유량·수질 조사 방법(기준)에 따라 조사함
  - 강우 시 조사는 선행건기일수 3일 이상이고 10mm 이상의 강우사상에 대한 조사를 원칙으로 함
  - 강우 시에는 강우 초기(강우유출이 일어나기 직전)부터 강우 종료 후 유출이 없어질 시점까지 10회 이상 유량 및 수질을 조사
  - 조사지점에 강우가 도달하는 시점부터 2시간까지는 15분 간격, 2시간 이후부터는 1시간 간격으로 조사하며, 강우유출시간이 6시간을 초과하는 경우 조사간격은 임의 조정

#### 가. 조사항목 및 주기

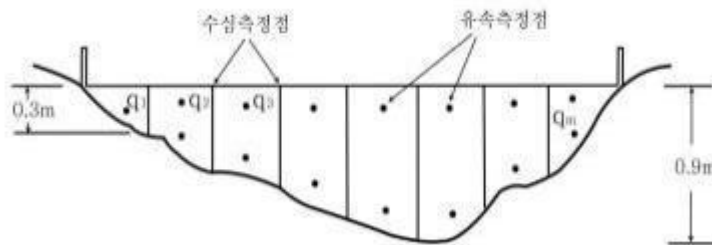
- 본 과업에서는 유량 및 수질 조사를 비강우시와 강우시로 구분하여 수행하였으며 강우시 2주기(주기당 10회 이상)를 조사함
  - 강우시 모니터링은 선행건기일수 3일 이상의 강우사상 및 강우량 10mm 이상의 강우시 수행함
  - 강우 시에는 강우 초기(강우유출이 일어나기 직전)부터 강우 종료 후 유출이 없어질 시점까지 조사 간격을 조절하여 10회 이상의 유량 및 수질을 조사함
  - 강우시 1개 시료 당 유량 및 수질 6개 항목을 조사함
  - 유량, BOD, COD, SS, T-N, T-P

〈표4-2〉 유량 및 수질조사항목 및 주기

구분	비강우시	강우시
측정 지점수	유역 특성상 비강우시 유출유량 없음	2개소
측정 횟수 및 주기		강우시 2주기(강우 1주기당 10회 이상)
측정수량		2개소 × 2주기/개소 × 10회/주기 = 40회
측정항목	유량, BOD, COD, SS, T-N, T-P	

### 나. 유량측정 및 수질분석 방법

- 유량측정은 유속-면적법에 따라 다음과 같이 조사함
- 하천을 물이 흐르는 방향과 직각이 되도록 하여 통수단면을 여러 개의 소구간으로 나누어 각 소구간별 수심 및 유속을 측정하여 평균유속과 단면적을 구하며, 소구간별 평균유속에 단면적을 곱하여 유량을 산정함



(그림4-3) 유속-면적법에 의한 유량측정 방법

- 수질조사는 시료를 밀폐하여 아이스박스에 담아 보관하였으며 시료채취 후 곧바로 실험실로 이송하여 시료채취 당일에 BOD 등 유기물의 농도변화가 예측되는 항목은 즉시 분석을 실시하였음
- 수질 항목별 수질분석 방법은 수질오염공정시험기준에 준하여 분석을 수행함

〈표 4.2-1〉 수질조사 분석항목 및 측정방법

항 목	측정방법	비고
BOD <sub>5</sub>	격막전극법(DO Meter)	
COD <sub>Mn</sub>	산성 과망간산칼륨법	
SS	유리섬유여지법(Dry oven)	
T-N	자외선/가시선 분광법(분광광도계)	
T-P	자외선/가시선 분광법(분광광도계)	
유량	유속-면적법	

자료 : 국립환경과학원고시 제2024-72호 수질오염공정시험기준, 2024

## 4.2.2 강우 모니터링 결과

- 강우시 조사는 강우가 시작되는 시점부터 강우유출 이후 기저유출량으로 현저히 줄어든 시점까지 또는 강우종료 후 유량의 변화가 없는 시점까지 세분화하여 조사하는 것을 원칙으로 수행함
- 조사시기는 강우조사가 초기강우특성(First flush 현상)을 충분히 평가할 수 있도록 강우지속시간에 따라 탄력적으로 변경하여 수행하였음
- 기상자료는 인근의 기상관측소(군산) 관측된 기상자료를 활용하였음

〈표4-3〉 대상유역 강우조사표

강우 조사표			
조사 지점	전북특별자치도 군산시 서수면 관원리		
조사일시	1차 : 2025. 05. 09	2차 : 2025. 06. 20	
강우특성	선행무강우일수(day)		
	강우지속시간(T, hr)		
	총강우량(P, mm)		
	최대강우강도(mm/hr)		
	평균강우강도(P/T, mm/hr)		

### 가. 1차 조사 결과

- 1차 조사는 2025년 5월 9일 9:00 ~ 12:00에 진행하였으며, 약 20분 간격으로 채수하였음
- 조사 기간 동안의 강수량은 9.7 mm로 조사되었음
- 유우제 좌측에서 10:00에 최대 유량으로 조사되었으며, 수질 항목들도 동시에 최대값으로 조사되었음. 이후 유량의 감소와 함께 농도도 감소하는 경향이 나타남
- 측정기간 동안의 평균유량은 0.0364m<sup>3</sup>/sec로 나타났고 평균수질은 BOD 12.0mg/L, COD 15.1mg/L, SS 69.4mg/L, T-N 9.742mg/L, T-P 0.788mg/L로 측정되었음

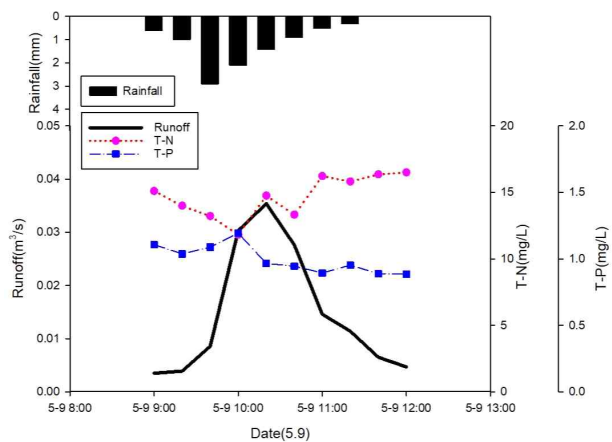
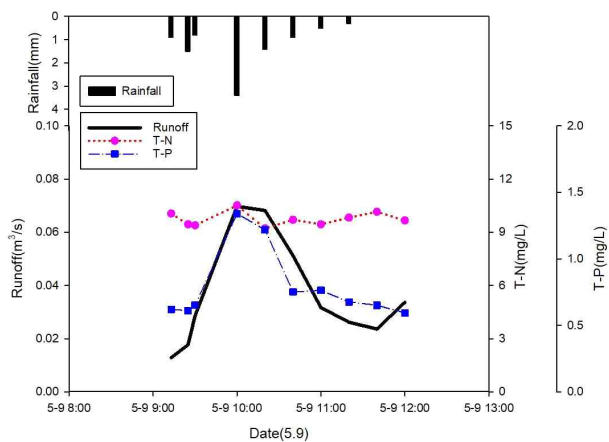
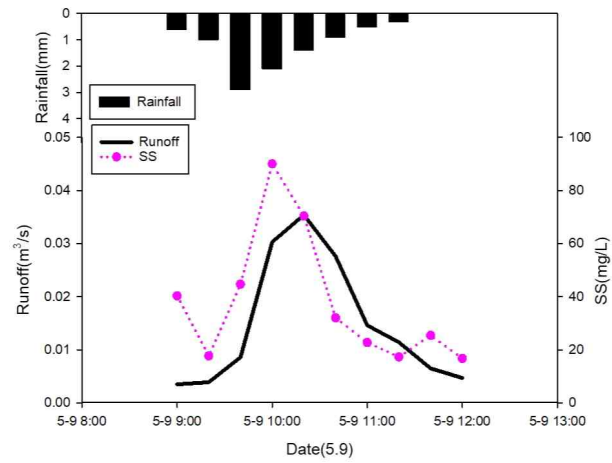
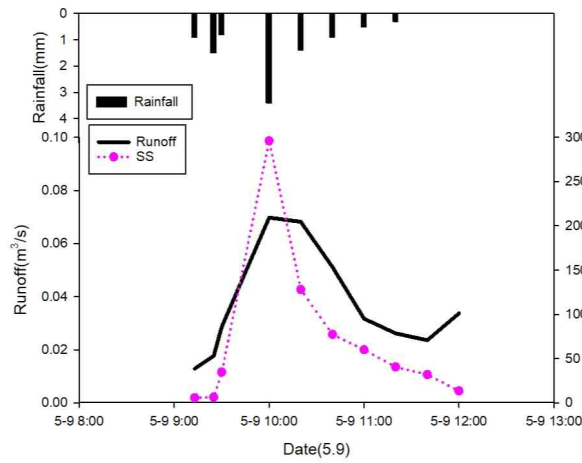
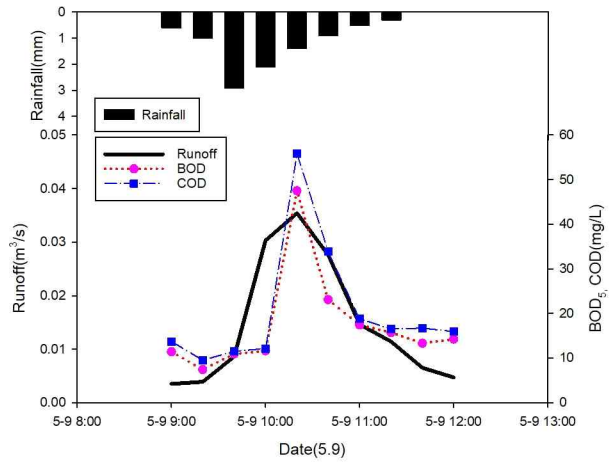
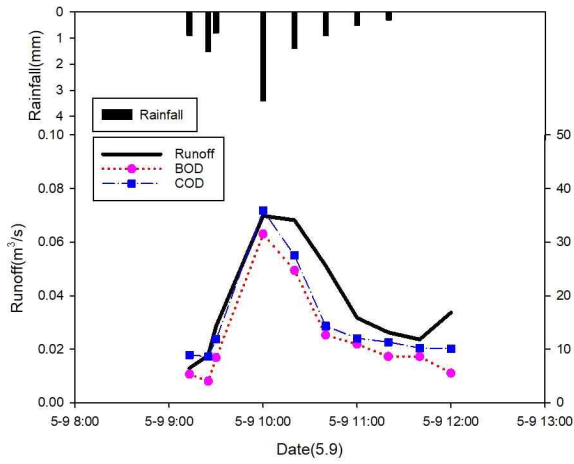
〈표4-4〉 수질 및 유량 1차 조사 결과(우유제 좌측(L-1))

지점	채수시간	강수량 (mm)	SS (mg/L)	BOD (mg/L)	T-P (mg/L)	T-N (mg/L)	COD (mg/L)	유량 (m <sup>3</sup> /s)
L-1	9:13	0.9	5.7	5.3	0.620	10.053	8.9	0.0129
L-2	9:25	1.5	6.3	4.0	0.611	9.447	8.6	0.0177
L-3	9:30	0.8	34.7	8.4	0.652	9.389	11.8	0.0286
L-4	10:00	3.4	296.0	31.5	1.340	10.520	35.9	0.0698
L-5	10:20	1.4	128.0	24.7	1.218	9.216	27.5	0.0682
L-6	10:40	0.9	77.3	12.6	0.751	9.704	14.3	0.0512
L-7	11:00	0.5	60.0	10.9	0.763	9.447	12.0	0.0317
L-8	11:20	0.3	40.5	8.6	0.676	9.822	11.3	0.0262
L-9	11:40	0	32.0	8.6	0.651	10.157	10.2	0.0236
L-10	12:00	0	13.4	5.5	0.594	9.662	10.1	0.0337
min			5.7	4.0	0.594	9.216	8.6	0.0129
max			296.0	31.5	1.340	10.520	35.9	0.0698
aver			69.4	12.0	0.788	9.742	15.1	0.0364

- 유우제 우측에서 10:20에 최대 유량으로 조사되었으며, SS와 T-P는 10:00에 첨두값이 나타났으며, BOD와 COD는 10:20에 첨두값이 나타남
- 측정기간 동안의 평균유량은 0.0146m<sup>3</sup>/sec로 나타났고 평균수질은 BOD 17.3mg/L, COD 20.4mg/L, SS 37.7mg/L, T-N 14.712mg/L, T-P 0.996mg/L로 측정되었음

〈표4-5〉 수질 및 유량 1차 조사 결과(유우제 우측(R-1))

지점	채수시간	강우량 (mm)	SS (mg/L)	BOD (mg/L)	T-P (mg/L)	T-N (mg/L)	COD (mg/L)	유량 (m <sup>3</sup> /s)
R-1	9:00	0.6	40.3	11.4	1.107	15.109	13.7	0.0035
R-2	9:20	1.0	17.7	7.4	1.037	13.993	9.5	0.0039
R-3	9:40	2.9	44.7	10.9	1.088	13.211	11.5	0.0086
R-4	10:00	2.1	90.0	11.6	1.193	11.818	12.1	0.0303
R-5	10:20	1.4	70.4	47.5	0.965	14.757	55.8	0.0354
R-6	10:40	0.9	32.0	23.1	0.945	13.317	33.9	0.0276
R-7	11:00	0.5	22.7	17.4	0.894	16.226	18.8	0.0146
R-8	11:20	0.3	17.3	15.7	0.953	15.818	16.5	0.0114
R-9	11:40	0	25.4	13.3	0.888	16.360	16.7	0.0065
R-10	12:00	0	16.7	14.2	0.886	16.511	15.9	0.0047
min			16.7	7.4	0.886	11.818	9.5	0.0035
max			90.0	47.5	1.193	16.511	55.8	0.0354
aver			37.7	17.3	0.996	14.712	20.4	0.0146



(a) 우유제 좌측(L) 수질 분석 결과

(b) 우유제 우측(R) 수질 분석 결과

(그림4-4) 강우시 수질 및 유량 1차 조사 결과



(그림4-5) 1차 우유제 수질 및 유량 조사 지점

### 나. 2차 조사 결과

- 2차 조사는 2025년 6월 20일 10:00 ~ 15:30에 진행하였으며, 약 30분 간격으로 채수하였음
- 조사 기간 동안의 강수량은 18.1 mm로 조사되었음
- 유우제 좌측1에서 14:00에 최대 유량으로 조사되었으며, 수질 항목들은 유량의 변화 패턴에 따라 증가하는 경향이 나타남
- 측정기간 동안의 평균유량은 0.0332m<sup>3</sup>/sec로 나타났고 평균수질은 BOD 14.6mg/L, COD 17.5mg/L, SS 69.5mg/L T-N 10.190mg/L, T-P 0.965mg/L로 측정되었음

〈표4-6〉 수질 및 유량 2차 조사 결과(우우제 좌측(L-1))

지점	채수시간	강수량 (mm)	SS (mg/L)	BOD (mg/L)	T-P (mg/L)	T-N (mg/L)	COD (mg/L)	유량 (m <sup>3</sup> /s)
L2-1	10:00	0.7	7.4	4.9	0.480	2.147	12.3	0.0166
L2-2	10:30	0.6	8.0	5.5	0.568	7.666	12.0	0.0184
L2-3	11:00	0.6	17.2	8.0	0.692	9.286	11.9	0.0190
L2-4	11:30	1.6	32.0	11.6	0.797	10.561	12.3	0.0233
L2-5	12:00	0.8	109.5	25.0	1.339	12.351	26.3	0.0424
L2-6	12:30	0.2	47.0	19.6	1.150	12.680	21.1	0.0409
L2-7	13:00	1.4	20.3	15.1	0.997	13.764	20.6	0.0242
L2-8	13:30	7.2	202.0	21.9	1.427	10.748	23.7	0.0420
L2-9	14:00	0.7	205.0	26.7	1.446	10.748	28.1	0.0510
L2-10	14:30	1.2	112.7	14.8	1.043	11.363	15.1	0.0510
L2-11	15:00	1.7	40.3	10.3	0.839	10.411	14.0	0.0378
L2-12	15:30	1.4	32.0	11.8	0.806	10.553	12.0	0.0319
min			7.4	4.9	0.480	2.147	11.9	0.0166
max			205.0	26.7	1.446	13.764	28.1	0.0510
aver			69.5	14.6	0.965	10.190	17.5	0.0332

- 유우제 좌측2에서 14:00에 최대 유량으로 조사되었으며, SS, T-P는 최대유량 지점에서 최대값으로 조사되었으며, BOD, T-N, COD는 12:00에 유량이 증가하는 시점에서 최대값으로 조사되었음
- 측정기간 동안의 평균유량은 0.0241m<sup>3</sup>/sec로 나타났고 평균수질은 BOD 15.0mg/L, COD 16.3mg/L, SS 71.4mg/L, T-N 10.660mg/L, T-P 0.945mg/L로 측정되었음

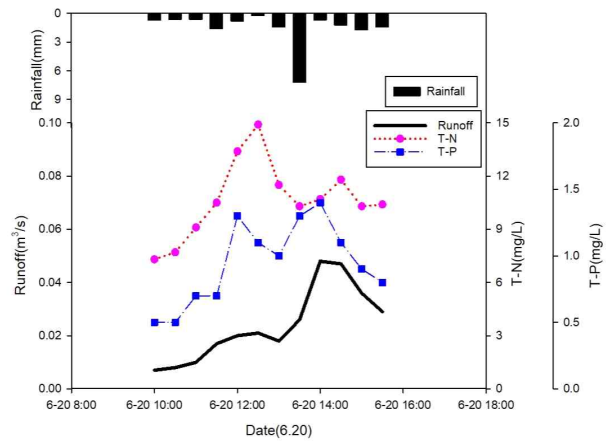
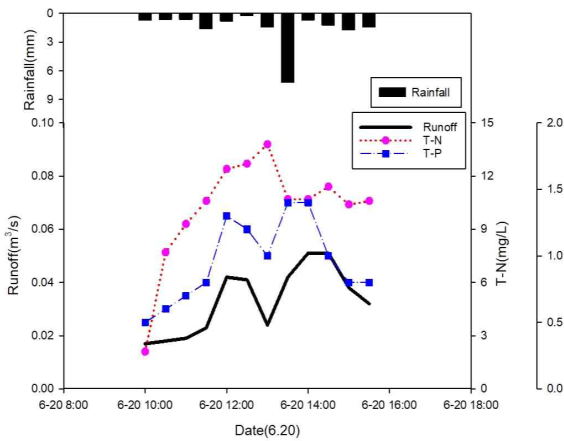
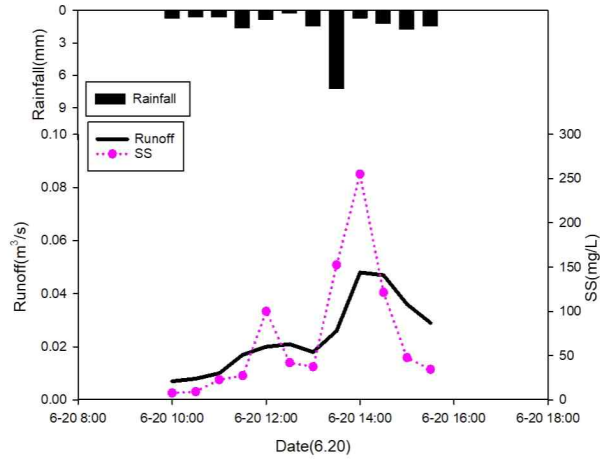
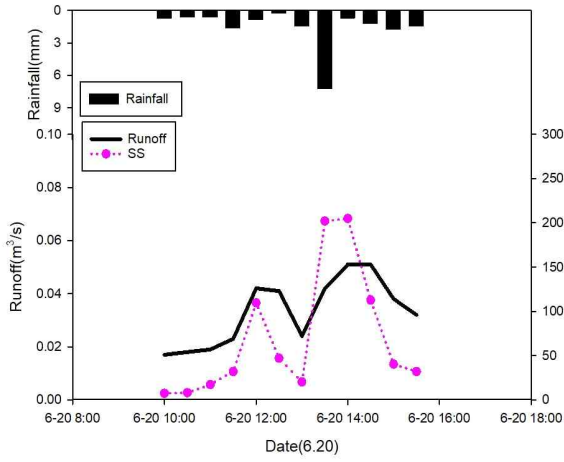
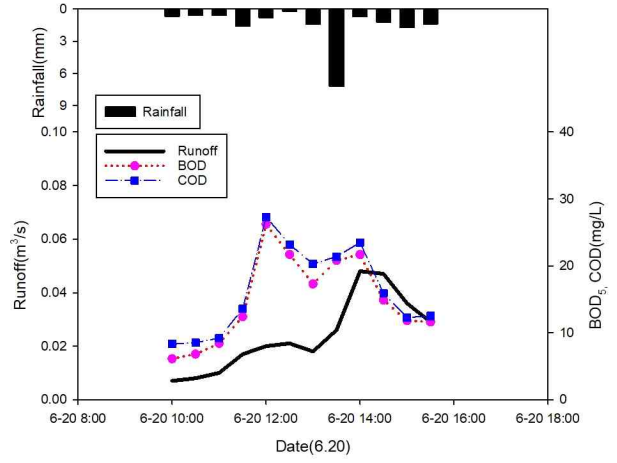
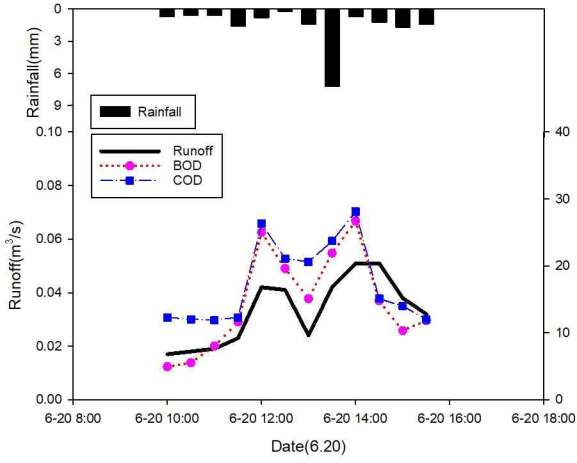
〈표4-7〉 수질 및 유량 2차 조사 결과(우유제 좌측(L-2))

지점	채수시간	강우량 (mm)	SS (mg/L)	BOD (mg/L)	T-P (mg/L)	T-N (mg/L)	COD (mg/L)	유량 (m <sup>3</sup> /s)
L2-1	10:00	0.7	7.8	6.1	0.543	7.303	8.3	0.0069
L2-2	10:30	0.6	9.2	6.8	0.528	7.719	8.5	0.0080
L2-3	11:00	0.6	22.7	8.4	0.662	9.101	9.2	0.0104
L2-4	11:30	1.6	27.3	12.4	0.741	10.517	13.6	0.0175
L2-5	12:00	0.8	100.0	26.2	1.266	13.401	27.3	0.0199
L2-6	12:30	0.2	42.0	21.7	1.115	14.942	23.2	0.0210
L2-7	13:00	1.4	37.3	17.3	1.028	11.463	20.3	0.0179
L2-8	13:30	7.2	152.5	20.8	1.253	10.341	21.4	0.0261
L2-9	14:00	0.7	255.0	21.7	1.408	10.656	23.5	0.0482
L210	14:30	1.2	121.3	14.9	1.072	11.793	15.9	0.0472
L2-11	15:00	1.7	47.6	11.8	0.887	10.316	12.3	0.0363
L2-12	15:30	1.4	34.4	11.6	0.833	10.374	12.5	0.0293
min			7.8	6.1	0.528	7.303	8.3	0.0069
max			255.0	26.2	1.408	14.942	27.3	0.0482
aver			71.4	15.0	0.945	10.660	16.3	0.0241

- 유우제 우측에서 14:00에 최대 유량으로 조사되었으며, T-N을 제외한 모든 항목에서 유량증가 패턴에 따라 농도가 증가하는 경향을 나타냈으며, T-N은 유량 변화패턴의 영향 없이 일정하게 높은 농도를 유지하는 것으로 나타남
- 측정기간 동안의 평균유량은 0.0242m<sup>3</sup>/sec로 나타났고 평균수질은 BOD 13.1mg/L, COD 14.7mg/L, SS 40.2mg/L, T-N 14.312mg/L, T-P 1.244mg/L로 측정되었음

〈표4-8〉 수질 및 유량 2차 조사 결과(우유제 우측(R-1))

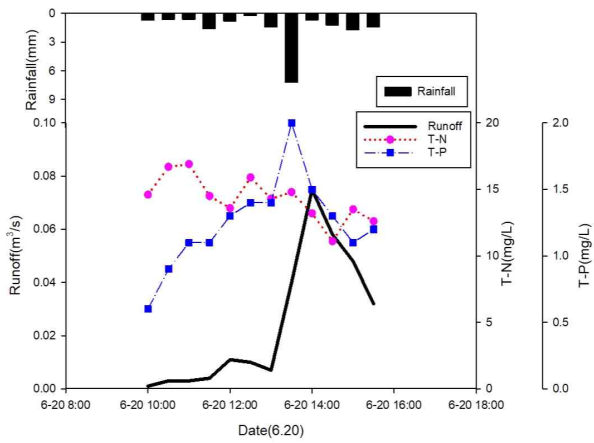
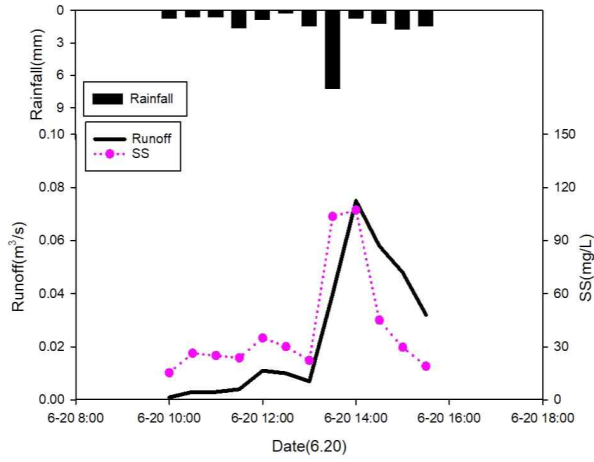
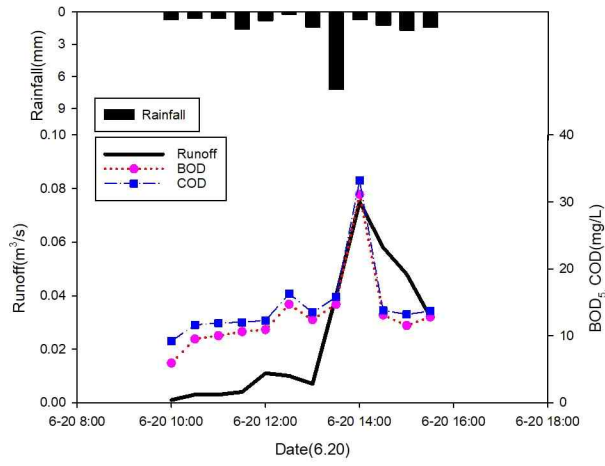
지점	채수시간	강우량 (mm)	SS (mg/L)	BOD (mg/L)	T-P (mg/L)	T-N (mg/L)	COD (mg/L)	유량 (m <sup>3</sup> /s)
R-1	10:00	0.7	15.3	5.9	0.615	14.584	9.2	0.0014
R-2	10:30	0.6	26.3	9.5	0.909	16.701	11.6	0.0025
R-3	11:00	0.6	25.0	10.0	1.094	16.913	11.9	0.0030
R-4	11:30	1.6	23.7	10.6	1.086	14.450	12.0	0.0043
R-5	12:00	0.8	35.0	10.9	1.316	13.551	12.3	0.0105
R-6	12:30	0.2	30.0	14.7	1.429	15.947	16.3	0.0095
R-7	13:00	1.4	22.3	12.4	1.435	14.305	13.5	0.0066
R-8	13:30	7.2	103.6	14.7	1.980	14.819	15.8	0.0396
R-9	14:00	0.7	107.2	31.1	1.486	13.244	33.2	0.0747
R-10	14:30	1.2	45.0	13.1	1.253	11.145	13.8	0.0577
R-11	15:00	1.7	29.7	11.5	1.136	13.468	13.2	0.0483
R-12	15:30	1.4	19.0	12.8	1.194	12.619	13.7	0.0325
min			15.3	5.9	0.615	11.145	9.2	0.0014
max			107.2	31.1	1.980	16.913	33.2	0.0747
aver			40.2	13.1	1.244	14.312	14.7	0.0242



(b) 우유제 좌측(L1) 수질 분석 결과

(a) 우유제 좌측(L2) 수질 분석 결과

(그림4-6) 강우시 수질 및 유량 2차 조사 결과



(a) 우유제 우측(R) 수질 분석 결과

(그림4-5) 강우시 수질 및 유량 2차 조사 결과(계속)



(그림4-7) 2차 우유제 수질 및 유량 조사 지점

## 다. 강우시 EMC 농도 및 부하량 산정

- 각 대상 유역별 강우모니터링 측정결과를 바탕으로 강우시 EMC(Event Mean Concentration)를 산정하여 분석하였음
- 각 강우이벤트별 EMC는 현장조사를 통해 분석된 유량 및 수질 자료를 이용하여 다음과 같은 식으로 산정하였음

$$EMC(mg/L) = \frac{\int_0^n Q(i) \times C(i) di}{\int_0^n Q(i) di}$$

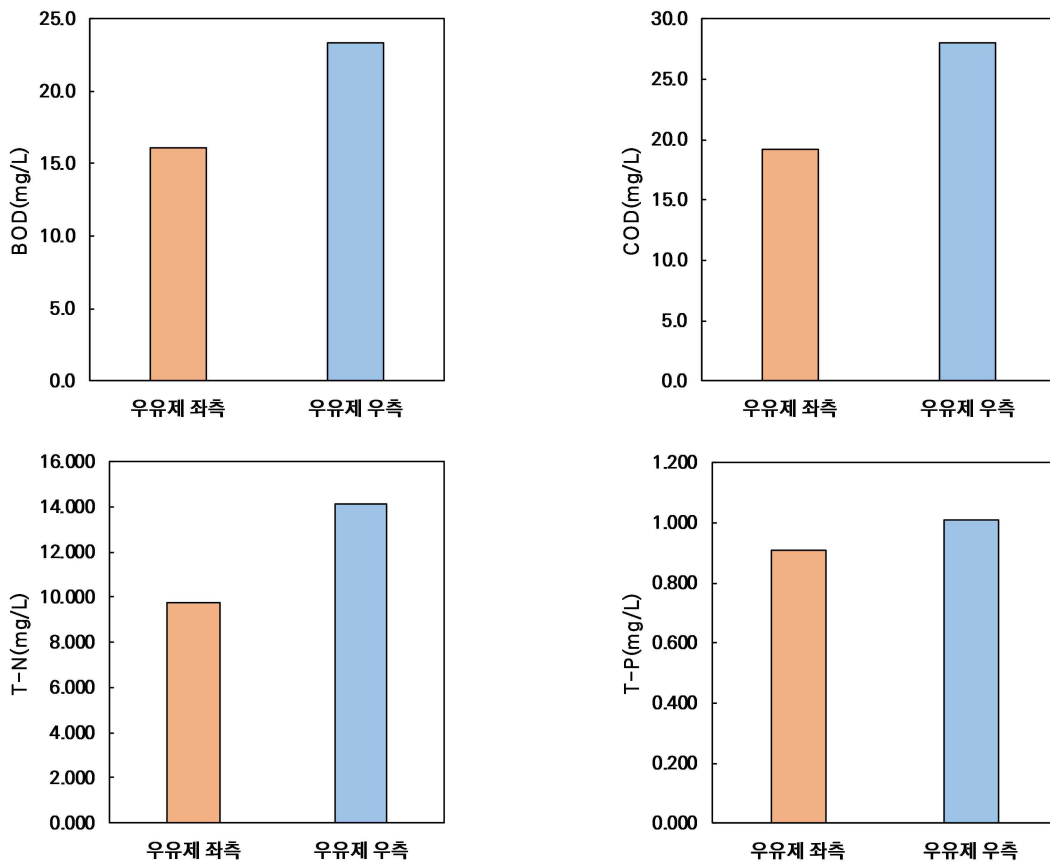
- 여기에서  $Q(i)$ 는  $i$ 번째의 유량( $m^3/s$ ),  $C(i)$ 는  $i$ 번째의 수질농도( $mg/L$ ),  $n$ 은 분석된 시료의 개수임

### [1] EMC 농도 산정

- 1차 조사시 EMC 농도는 좌측 지점에서 BOD 16.1 mg/L, COD 19.2 mg/L, T-N 9.756 mg/L, T-P 0.907 mg/L로 나타났으며, 우측 지점에서 BOD 23.3 mg/L, COD 28.0 mg/L, T-N 14.131 mg/L, T-P 1.007 mg/L로 나타남
- 2차 조사시 EMC 농도는 좌측1 지점에서 BOD 16.4 mg/L, COD 17.7 mg/L, T-N 11.067 mg/L, T-P 1.048 mg/L로 나타났으며, 좌측2 지점에서 BOD 16.7 mg/L, COD 18.9 mg/L, T-N 10.750 mg/L, T-P 1.060 mg/L로 나타났으며, 우측 지점에서 BOD 17.5 mg/L, COD 18.9 mg/L, T-N 13.226 mg/L, T-P 1.388 mg/L로 나타남

〈표4-9〉 강우시 수질항목별 EMC농도 산정결과(1차)

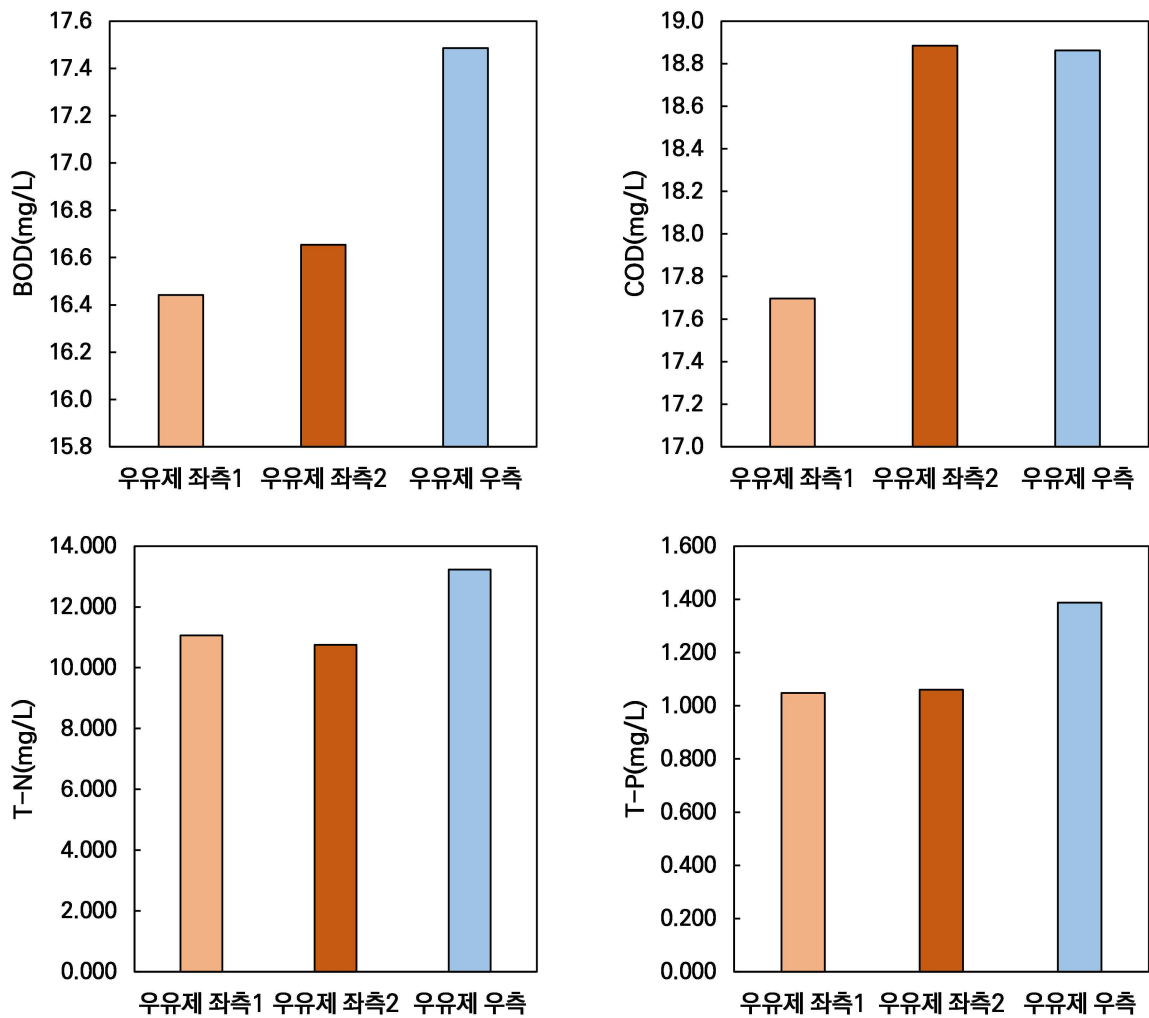
구분	강우량 (mm)	EMC (mg/L)				
		SS	COD	BOD	T-N	T-P
우유제 좌측	9.7	106.4	19.2	16.1	9.756	0.907
우유제 우측		51.0	28.0	23.3	14.131	1.007



(그림4-8) 강우시 EMC 1차 조사 결과

〈표4-10〉 강우시 수질항목별 EMC농도 산정결과(2차)

구분	강우량 (mm)	EMC (mg/L)				
		SS	COD	BOD	T-N	T-P
우유제 좌측1	18.1	100.8	17.7	16.4	11.067	1.048
우유제 좌측2		89.4	18.9	16.7	10.750	1.060
우유제 우측		61.3	18.9	17.5	13.226	1.388



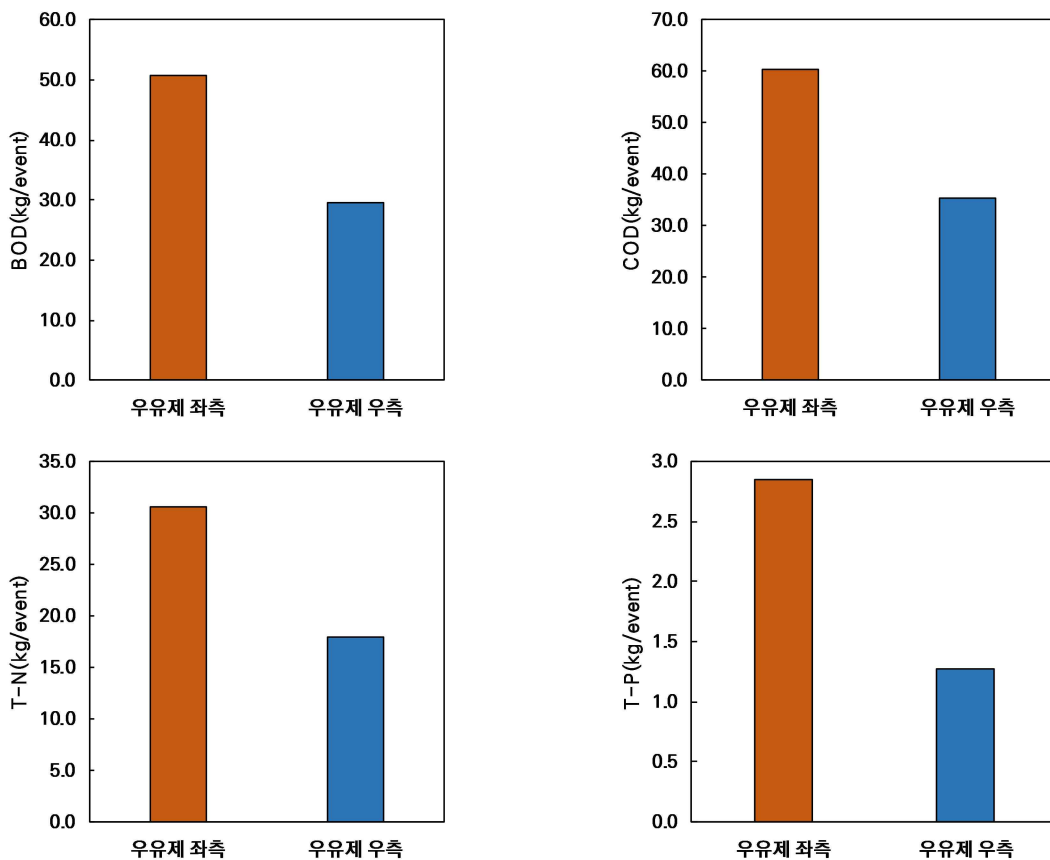
(그림4-9) 강우시 EMC 2차 조사 결과

## [2] Event 부하량 산정

- 1차 조사결과에 대한 Event 부하량은 좌측 지점에서 BOD 50.7 kg/event, COD 60.3 kg/event, T-N 30.7 kg/event, T-P 2.9 kg/event로 나타났으며, 우측 지점에서 BOD 29.5 kg/event, COD 35.5 kg/event, T-N 17.9 kg/event, T-P 1.3 kg/event로 나타남

〈표4-11〉 수질항목별 Event 부하량 산정결과(1차)

구분	강우량 (mm)	부하량 (kg/event)				
		SS	COD	BOD	T-N	T-P
우유제 좌측	9.7	334.4	60.3	50.7	30.7	2.9
우유제 우측		64.5	35.5	29.5	17.9	1.3

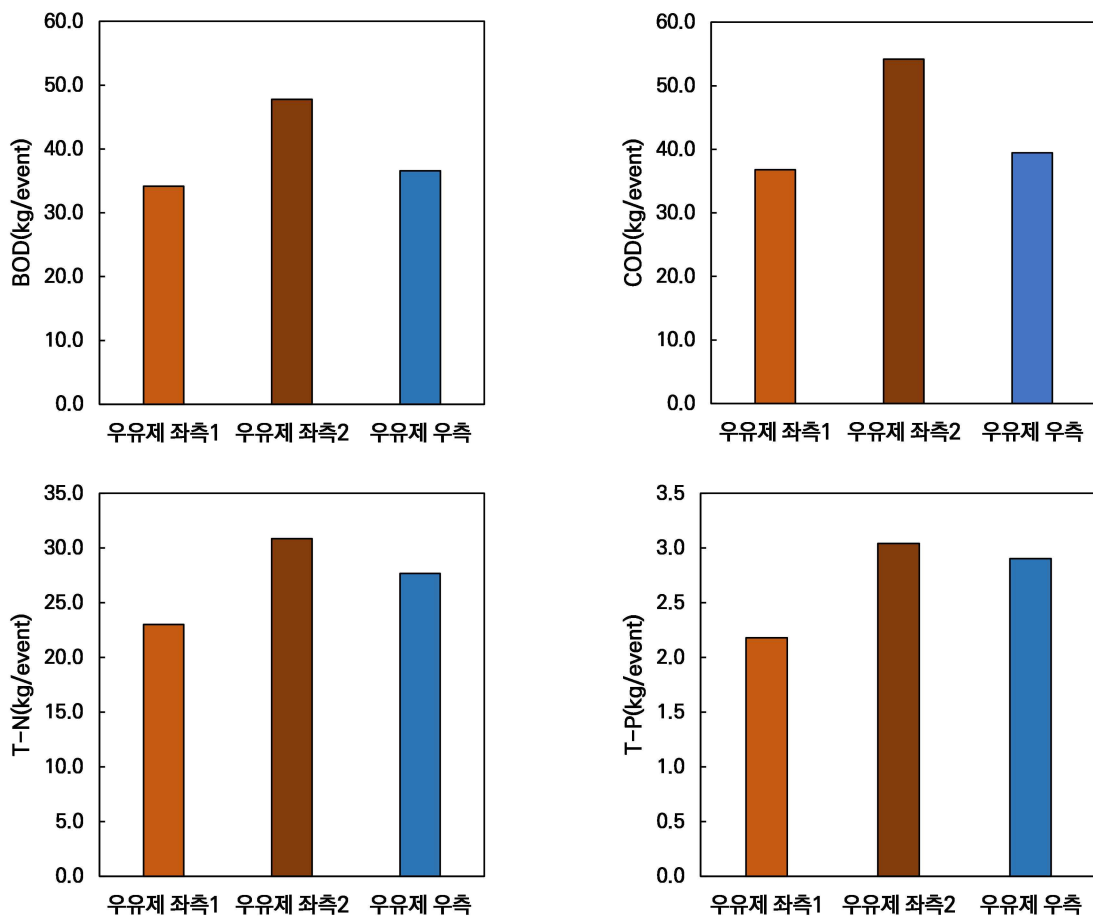


(그림4-10) 강우시 Event 부하량 현황(1차 조사 결과)

- 2차 조사결과에 대한 Event부하량은 좌측1 지점에서 BOD 34.2 kg/event, COD 36.8 kg/event, T-N 23.0 kg/event, T-P 2.2 kg/event로 나타났으며, 좌측2 지점에서 BOD 47.8 kg/event, COD 54.2 kg/event, T-N 30.8 kg/event, T-P 3.0 kg/event로 나타났으며, 우측 지점에서 BOD 36.6 kg/event, COD 39.5 kg/event, T-N 27.7 kg/event, T-P 2.9 kg/event로 나타남

〈표4-12〉 수질항목별 Event 부하량 산정결과(1차)

구분	강우량 (mm)	부하량 (kg/event)				
		SS	COD	BOD	T-N	T-P
우유제 좌측1	18.1	256.5	54.2	47.8	30.8	3.0
우유제 좌측2		209.7	36.8	34.2	23.0	2.2
우유제 우측		128.3	39.5	36.6	27.7	2.9



(그림4-11) 강우시 Event 부하량 현황(1차 조사 결과)

제5장

비점오염원  
최적관리방안 수립



# | 제5장 비점오염원 최적관리방안 수립 |

## 5.1 비점오염저감사업 타당성 검토

### 5.1.1 지점선정시 고려사항 및 선정기준

- 비점오염저감시설 계획시 다음 사항을 종합적으로 고려하여 적합한 위치에 적합한 시설 계획을 하여야 하며, 고려사항에 대한 세부 내용은 다음과 같음

#### 가. 토지이용특성

- 비점오염저감시설은 다음의 토지이용 특성에 따른 고려사항을 반영하여 선정하여야 함

##### [1] 도로

- 간선 도로 및 고속도로 등 차량 흐름이 많은 지역은 여유부지 확보가 어렵고 차량사고 안전성 확보가 곤란한 대규모 습지·저류지 외에는 대부분의 시설이 적용될 수 있음

##### [2] 도심지역

- 주거지역은 침투도랑 및 침투저류조와 같은 침투형시설이 적합하나 부지확보가 관건으로 신규개발 지역에서는 계획단계에서부터 비점오염저감시설 설치 부지를 확보하는 것이 바람직함

##### [3] 농촌지역

- 농촌지역이나 저밀도로 개발된 지역에서는 저류지와 습지, 수로가 비점오염저감시설로 적정하며 농촌지역의 특성상 토사입자성 물질 발생량이 많음

**[4] 유해물질 배출지역**

- 유독물질 등을 처리하는 공장, 유해한 오염물질 과다 배출지역에서는 비점오염물질 특성에 맞는 저감시설 설치가 바람직하며, 토양오염의 가능성이 있는 경우 오염물질이 지하로 침투되지 못하게 시설 바닥에 차수층을 설치하여야 함

〈표5-1〉 토지이용 특성에 따른 저감시설 타당성 평가표

시설 구분	강우유출수 처리기법 설계방법	농촌지역	주거지역	도로 및 고속도로	상업/고밀토	특별오염 유발지역	초도시화 지역
저류지	유출부 소규모 연못형성 이중목적 저류지	○	○	○	●	①	●
	연못형 저류지	○	○	○	●	①	●
	연못형 이중목적 저류지	○	○	○	●	①	●
	다단계 저류지	○	○	●	●	①	●
	소규모 저류지	○	●	○	●	●	●
습지	얕은 습지	○	○	●	●	①	●
	이중목적 습지	○	○	●	●	①	●
	연못/습지	○	○	●	●	①	●
	소규모 습지	○	●	○	●	●	●
침투시설	침투도랑	●	●	○	○	●	●
	침투저류지	●	●	●	●	●	●
여과시설	표면 모래여과	●	●	○	○	②	○
	지하 모래여과	●	●	●	○	○	○
	측면 모래여과	●	●	●	○	○	○
	유기물 모래여과	●	●	○	○	②	○
	소규모 모래여과	●	●	○	○	②	○
	식생체류	●	●	○	○	②	○
개수로	침투저류형 수로	○	●	○	●	②	●
	식생저류형 수로	○	●	○	●	●	●
	초생수로	○	●	○	●	●	●

- : 적당
- : 유동적. 일부 조건하에서는 적합, 혹은 대상지역의 일부분을 처리하는데 사용 가능
- : 부적당
- ① : 적용가능. 단, 지하수 오염을 방지하기 위해 라이닝 필요
- ② : 적용가능. 단, 필터하부의 토양에 추가적으로 여과(exfilter)가 일어나지 않도록 설계된 경우

자료 : 비점오염관리를 위한 강우유출수 관리 매뉴얼(2003. 10, 환경부·환경관리공단)

〈표5-2〉 세부 입지별 설치 가능한 저감시설

입지조건	설치가능 저감시설	적용성
유수지 (홍수조절지)	저류형 시설 (저류지,인공습지)	<ul style="list-style-type: none"> <li>기존 시가지에 홍수시 침수예방을 위해 설치된 유수지를 비점오염원 관리시설로 활용하되, 침수제어 효과와 오염삭감효과를 면밀히 검토·비교하여 설치계획 수립</li> </ul>
합류식 하수관거	장치형 시설 시설형 시설	<ul style="list-style-type: none"> <li>합류식배제 시스템을 갖춘 시가지의 하수관거 월류수(CSOs)는 다량의 오염물질을 함유하고 있으므로 장치형이나 하수처리형 시설을 이용하여 처리한 후 하천에 방류</li> </ul>
개별사업장 등의 소규모 단지	저류형 시설 침투형 시설 장치형 시설	<ul style="list-style-type: none"> <li>개별사업장마다 생산을 위해 사용되는 장비나 생산잔재물등이 강우에 노출되어 다량의 오염물질이 배출되고 있으므로 소규모 지역에서 적용 가능한 소규모 저류형시설, 침투형시설, 장치형시설을 설치</li> </ul>
주차장, 터미널	침투형 시설 장치형 시설	<ul style="list-style-type: none"> <li>주차장·터미널 등에서는 기름, 그리스 등과 부유물이 유출 되므로 침투형시설이나 장치형시설 설치</li> </ul>
도시지역과 인접한 오염된 소하천	저류형 시설 식생형 시설 장치형 시설	<ul style="list-style-type: none"> <li>부유식생을 도입한 습지를 조정하거나 장치형시설을 설치하여 하천수량을 보전하면서 수질을 개선시키되, 홍수시 훼손우려가 있으므로 신속한 복원이 이루어져야 하고 하천의 치수·이수기능에 저해되지 않도록 관리</li> </ul>
도로우수배제 시스템 (맨홀, 집수 받이, 측구)	장치형 시설 식생형 시설	<ul style="list-style-type: none"> <li>도로점유율이 높고 불투수층이 많은 도시지역의 노면배수는 배제시설인 맨홀, 집수받이, U형 측구 등을 통해 하천으로 이송되어 오염을 유발하므로 장치형시설이나 식생수로 등 식생형시설을 설치하되, 물바짐에 지장이 없도록 주변여건을 종합적으로 고려</li> </ul>
상수원 하천횡단 교량	배수 집수관 저류형 시설 장치형 시설	<ul style="list-style-type: none"> <li>교량의 강우유출수는 하천으로 직유입되는 경우 상수원수에 치명적이므로 교량에서 배출되는 강우유출수나 기름 등을 이송할 수 있는 관을 설치하고 교량 인근부지에 저류지, 습지 등을 설치하여 연계처리하거나 장치형시설 설치</li> </ul>
공사 현장	저류형 시설 식생형 시설	<ul style="list-style-type: none"> <li>공사시 강우유출수에 포함된 토사류, 광물류 등 오염물질을 처리하기 위하여 공사기간동안 토양교란의 정도와 기간을 최소화하도록 공정을 설계하고 표면덮개나 식생대를 조성함으로써 노출된 토양의 표면을 최대한 보호</li> <li>저류형시설을 설치하여 침전물을 포획함으로써 가급적 공사 현장에서 오염물질을 저류처리하고 하천으로의 유출을 억제</li> </ul>
공원이나 학교 운동장, 테니스 코트, 주차장 등의 지하	저 류 조	<ul style="list-style-type: none"> <li>부지가 협소하고 땅값이 비싼 시가지의 지하에 저류조를 설치함으로써 오염물질이 다량 함유된 초기 강우유출수를 일정기간 저류한 후 하천 방류</li> <li>주차장의 경우는 장치형 시설과 연계하여 설치함으로써 처리효율을 높일 수 있음</li> </ul>

## 나. 물리적 타당성

- 최적의 비점오염저감시설을 선정하기 위하여 개발 예정부지의 토양, 경사, 자연유하 가능성 등 물리적 조건을 종합적으로 고려하여야 함

### [1] 토양특성

- 오염된 빗물을 처리하는 과정에서 토양 및 지하수 오염을 유발할 가능성이 있으므로 저감시설 설치 예정지의 토양 특성을 평가하여야 함
- 저류지와 습지는 처리대상 오염물질의 종류와 양, 토양특성에 따라 바닥에 차수처리를 하도록 함

### [2] 지하수위

- 지하수위는 비점오염저감시설의 운영에 영향을 미치며 지하수위가 높을 경우 침투가 어렵기 때문에 침투형 시설의 설치가 곤란하여, 저류지 등의 설치에 있어 지반의 압밀이 어려워 제방 등의 설치가 어려움
- 저감시설의 바닥높이는 지하수위선에서 최소 1m는 떨어져 있어야 하고, 특히 침투 시설은 1.5m 이상 떨어지는 것이 바람직하며 오염물질의 종류와 양, 토양 특성 등을 종합적으로 고려하여 이격 거리를 조정하여야 함

### [3] 경사도

- 빗물을 유입시켜 처리하기 위하여 비점오염저감시설의 주변부지는 적절한 경사도를 주어 강우유출수가 자연적으로 수집되도록 설계하여야 함
- 경사가 급한 지역의 토양이 포화될 경우 경사면 붕괴, 구조물 붕괴 등의 위험이 있으므로, 이를 고려하여야 함

#### [4] 자연유하 가능성

- 비점오염저감시설 유입부와 유출부 높이에 차이를 두어 자연유하로 배제될 수 있도록 시설을 설계하여야 하며, 저감시설이 방류하천과 인접하여 설치되는 경우 저감시설 유출수가 방류하천으로 자유롭게 유출될 수 있어야 함
- 방류하천의 수위증가는 배수효과를 일으켜 저감시설 유출수가 원활하게 배출되지 않아 침수피해가 발생하고 저감시설 성능평가를 위한 모니터링이 불가능한 경우가 있음

#### [5] 배수면적

- 각 시설마다 최적의 배수면적이 있고 또한 처리할 수 있는 최소 혹은 최대의 배수면적이 존재하며 부지 배수면적이 각 시설에 대한 최대 허용 배수면적보다 조금 더 크더라도 기법에 따라 약간의 여유는 인정됨
- 저류형 또는 습지형 저감시설에 대해 제시된 집수면적에 관한 요건은 융통성 있게 대응해야 하며 시설로 유입되는 가용한 기저유량과 유출부 폐쇄를 방지하는데 동원되는 기계적인 방법과 상시적으로 물이 차있어야 하는 저수공간을 유지하는데 사용된 설계방안(예를 들어 습지바닥의 라이닝 처리)에 따라 증감할 수 있음

〈표5-3〉 물리적 타당성에 따른 강우유출수 처리기법 선정표

비점오염저감시설 설계방법	토질	지하수위	배수면적	부지경사	수두
유출부 소규모 연못형성 이중목적 저류지	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A군 토양은 라이닝이 필요</li> <li>• B군 토양은 토질 시험 필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지하수 오염유발 지역이나 대수층인 경우 1.2m 이격</li> </ul>	최대 0.04km <sup>2</sup>	-	1.8~2.4 m
연못형 저류지			최대 0.1km <sup>2</sup>		
연못형 이중목적 저류지					
다단계 저류지					
소규모 저류지	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 제한사항 없음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지하수위 이하</li> </ul>	최대 0.02km <sup>2</sup>		1.2m

비점오염저감시설 설계방법	토질	지하수위	배수면적	부지경사	수두
얕은 습지	• A군 토양은 라이닝이 필요	• 지하수 오염유발 지역이나 대수층인 경우 1.2m 이격	최대 0.01km <sup>2</sup>	-	0.9~1.5 m
이중목적 습지					
연못/습지					
소규모 습지	• 제한사항 없음	• 지하수위 이하	최대 0.02km <sup>2</sup>	-	0.6~0.9 m
침투도랑	토양의 투수성 > 1.3cm/hr	1.2m	최대 0.02km <sup>2</sup>	15%이하	0.3m
침투저류지			최대 0.04km <sup>2</sup>		0.9m
표면 모래여과	• 제한사항 없음	0.6m	최대 0.04km <sup>2</sup>	-	1.5m
지하 모래여과			최대 0.01km <sup>2</sup>		1.5~2.1 m
측면 모래여과			최대 0.01km <sup>2</sup>		0.6~0.9 m
유기물 모래여과			최대 0.02km <sup>2</sup>		0.6~1.2 m
소규모 모래여과			최대 0.02km <sup>2</sup>		0.6~1.5 m
식생체류	제조 토양		최대 0.02km <sup>2</sup>		1.5m
건식 식생수로	제조 토양	0.6m	최대 0.02km <sup>2</sup>	4% 이하	0.9~1.5 m
습식 식생수로	• 제한사항 없음	• 지하수위 이하	최대 0.02km <sup>2</sup>		0.3m

자료 : 비점오염저감시설의 설치 및 관리·운영 매뉴얼(2020. 10, 환경부)

## 다. 기후 및 지역적 요소

- 다음과 같은 지형, 지리, 기후 등의 조건은 부지에 가장 적합한 시설 및 설계 특성에 영향을 끼침

### [1] 낮은 고저차 지형

- 낮은 고저차 지형, 특히 해안지역에서는 최소의 수두와 지하수위까지 이격 깊이를 필요로 하는 기법이 더 바람직하며, 평탄지역에 저감시설을 설치하고자 할 경우 증력흐름을 담보할 수두차의 확보여부를 검토함

### [2] 추운 기후

- 추운 기후에서는 겨울철 응설 및 결빙과 같은 문제를 다루는 특성을 포함시킬 필요가 있음

### [3] 석회암지형

- 석회암지형에서는 잠재적인 지하수 오염 및 함몰지 형성 등의 문제를 고려하여야 함
- 특히 석회암지형에서는 강우유출수가 지하수로 직접 유입되는 경우도 있으므로 지질학적 조사를 세밀하게 하여야 함
- 이러한 지역에서는 오염물질이 쉽게 침투하여 지하수 오염을 초래하므로 이러한 문제를 야기할 수 있는 저감시설의 설치를 금해야 하며, 이러한 지역에서 습지나 저류지 형태를 갖는 저감시설은 상시적으로 물이 차있어야 하는 저수공간의 유지가 불가능함

#### [4] 강 우

- 강우가 많이 내리는 지역, 특히 빈번하게 태풍이 지나가는 지역에서는 강우에 피해를 입거나 침수에 안전하지 못한 시설은 적용하지 않는 것이 좋음

#### [5] 경사지

- 경사가 급한 지역에는 토사의 침전제거나 유출속도의 경감을 목표로 설치되는 저감 시설의 설치가 곤란하며, 경사가 급한 지역은 제방의 높이에 영향을 주므로 일부 저감시설의 적용이 부적절할 수 있음

#### [6] 하천고수부지와 저수지 홍수부지

- 하천고수부지는 부지확보의 용이성 때문에 후보지로서 선호되고 있으나, 여름철 장마 기 하천 범람으로 저감시설의 유지관리에 큰 어려움이 있어 가급적 고수부지는 저감 시설 입지후보지로 선정하지 않는 것이 좋음
- 다만, 고수부지를 설치부지로 선정할 경우에는 시설의 필요성과 침수 등에 의한 유지 관리 등의 어려움을 모두 고려하여 시설의 필요성이 우선할 경우에만 부지로 선정하는 것이 타당함

〈표5-4〉 기후 및 지역적인 요소에 관한 선정표

시설구분	낮은고저 (해안지역)	추운기후	석회암지형	많은 강우
저류지	<ul style="list-style-type: none"> <li>저류지에서 배수가 원활하지 않을 수 있음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>겨울의 성능향상을 위한 설계 필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>석회암지대의 함몰 지형성 방지</li> <li>지하수 오염우려지역의 유출수의 침투 등을 방지하기 위해 점토 라이닝의 사용 유도</li> <li>석회암지대에 함몰지가 형성되지 않는 것을 확인하기 위해 토질시험 실시</li> <li>함몰지가 형성 시험을 감소시키기 위해 1.2m 이하의 저류수심 유지</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>제한사항 없음</li> </ul>
습지	<ul style="list-style-type: none"> <li>제한사항 없음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>추위에 강한 식생 사용 유도</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>함몰지가 형성될 수 있는 석회암 지형에서는 사용 제한</li> <li>다른 석회암지형에서는 엄격한 전처리 필요</li> </ul>	
침투시설	<ul style="list-style-type: none"> <li>지하수위 확인</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>결빙 위험을 최소화 할 수 있는 설계 필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>함몰지가 형성될 수 있는 석회암 지형에서는 사용 제한</li> <li>다른 석회암지형에서는 엄격한 전처리 필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>습윤토양에서는 유기물 형성이 증가되므로 더 빈번한 유지관리 필요</li> </ul>
여과시설	<ul style="list-style-type: none"> <li>측면 모래 여과 적합</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>개선할 설계특성 포함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>제한사항 없음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>제한사항 없음</li> </ul>
식생수로	<ul style="list-style-type: none"> <li>최소 경사 유지</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>추위에 강한 식생 사용 유도</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>함몰지 형성이 염려될 때 침투에 대해 주의깊게 분석</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>수로의 붕괴 위험을 감소시키기 위해 밀식된 식생피복 유도</li> </ul>

자료 : 비점오염저감시설의 설치 및 관리·운영 매뉴얼(2020. 10, 환경부)

## 라. 유역요소

- 비점오염저감시설의 설계는 기본적으로 강우유출수가 유입되는 하류 수체의 특성에 의해 영향을 받고 있어 적절한 시설을 선정하기 위하여 인근 하천 및 하류지역의 하천 수질 등 기타 하천의 특성을 고려하여야 함

- 또한 구조적 저감시설의 설계는 기본적으로 방류하천, 즉 하류하천 수계의 본질적인 특성에 의해 영향을 받음
- 어떤 경우에는 유역과 수계 내 생물자원을 보호하고 인간의 건강과 안전을 보호해야 하므로 보다 높은 효율의 오염물질 제거성능이 필요하며, 식수원으로 이용되는 지하수나 하천, 저수지를 보호할 필요가 있느냐는 점임
- 설계에 반드시 반영해야 할 사항은 특별관리지역 강우유출수의 침투를 방지함으로써 혹시 발생할지 모르는 지하수 오염을 방지해야 하며, 오염되지 않은 강우유출수에 의해 건기시에도 하천유량과 지하수량이 유지될 수 있도록 해야 함
- 유역으로부터 지표면 유출을 통하여 강우유출수가 상수도 전용 저수지로 유입되는 경우에는 특별한 관심이 필요함
- 처리과정에서 이용 가능한 처리공법에 의해 결정될 문제이지만 관심대상 오염물질 즉 병원성 미생물, 영양물질, 토사, 중금속을 훨씬 높은 수준에서 제거할 필요가 있음
- 저수지 수질관리와 관련해서 특별관리구역 강우유출수의 적절한 처리를 통하여 상수원이 오염되지 않도록 해야 하며, 저감시설 종류별로 다음과 같은 사항을 고려함

## [1] 저류시설

- 체류시간을 확보 할 수 있는 충분한 공간이 필요하며 저류된 초기우수를 연계처리하거나 자체적으로 처리할 수 있는 방안을 마련하며, 홍수가 우려되는 지역은 홍수조절 방안을 마련함

## [2] 인공습지

- 수생태계 보호 차원에서 저온을 유지해야 하는 하천구역에서는 사용이 제한될 수 있으며, 홍수가 우려되는 지역의 경우 홍수조절 방안을 마련함

**[3] 침투시설**

- 지질의 투수성이 높은 지역에 설치하며 지하수위가 낮은 지역에 적정하며, 필요에 따라 유입수 전처리가 필요할 수 있음

**[4] 여과시설**

- 홍수조절을 위해 저류시설과 조합하는 것이 바람직하며, 유해물질배출지역에서의 배출수는 전처리가 필요함

**[5] 식생수로**

- 홍수조절을 위해 저류시설과 조합하는 것이 바람직함

〈표5-5〉 유역 요소

시설구분	Sensitive stream	Impacted stream	Non-supporting stream	Restorable stream
저류지	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수로보호를 고려</li> <li>• 하천내 시설 제한</li> <li>• 저온을 유지해야 하는 하천은 영구연못 면적의 최소화 및 하천변 식생 조성으로 그늘 유도</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수로보호 고려</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 홍수가 우려되는 지역인 경우 홍수조절에 중점</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수로보호를 고려</li> <li>• 가능하면 유역 개선 우선사항( r e t r o f i t p r i o r i t y ) 과 통합설계</li> </ul>
습지	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수로보호를 고려</li> <li>• 하천내 시설 제한</li> <li>• 저온을 유지해야 하는 하천은 사용 제한</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수로보호 고려</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 홍수가 우려되는 지역인 경우 홍수조절에 중점</li> <li>• 박테리아 제어를 위해 긴 체류시간 확보</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수로보호를 고려</li> <li>• 가능하면 유역 개선을 위한 우선사항( r e t r o f i t p r i o r i t y ) 과 통합설계</li> <li>• 서식지 회복 목표를 지원하기 위해 하천내 습지시설 설계</li> </ul>

시설구분	Sensitive stream	Impacted stream	Non-supporting stream	Restorable stream
여과시설	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수로보호를 위해 저류시설과 조합</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수로보호를 위해 저류시설과 조합</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 가능하면 홍수조절을 위해 저류시설과 조합</li> <li>• 지하수 염우려지역 유출수에 대해 침투 시설 이전 단계에서 전처리 필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수로보호를 위해 저류시설과 조합</li> </ul>
침투시설	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지하수 재충전을 위한 사용으로는 적극 권장</li> <li>• 수로보호를 위해 저류시설과 조합</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수로보호를 위해 저류시설과 조합</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 가능하면 홍수조절을 위해 저류시설과 조합</li> <li>• 지하수 염우려지역 유출수의 직접적인 침투 방지</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수로보호를 위해 저류시설과 조합</li> </ul>
식생수로	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수로보호를 위해 저류시설과 조합</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수로보호를 위해 저류시설과 조합</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 가능하면 홍수조절을 위해 저류시설과 조합</li> <li>• 공간의 제한으로 인해 종종 사용 제한</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수로보호를 위해 저류시설과 조합</li> <li>• 공간의 제한으로 종종 사용 제한</li> </ul>
저류지	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 투수성 토양은 라이닝이 필요</li> <li>• 지하수 오염우려지역은 유출수 전처리 필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 인 제거율을 향상시키기 위해 큰 영구연못 사용 권장</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 인 제거율을 향상시키기 위해 큰 영구연못 사용 권장</li> <li>• 박테리아 제거율을 향상시키기 위해 긴 체류시간 권장</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 박테리아 제거율을 향상시키기 위해 긴 체류시간 장려</li> <li>• 높은 질소 제거율 필요</li> </ul>
습지	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지하수위와 일정 이격거리 유지</li> </ul>			

※ 하천의 구분은 하천의 훼손정도(유역의 불투수면적 비율 등), 수질오염도 등을 고려한 것으로 Sensitive → Impacted → Non-supporting → Restorable Streams의 순으로 훼손정도가 심함

시설구분	대수층	도시 호수	저수지	하구호(Estuary/Shellfish beds)
침투시설	<ul style="list-style-type: none"> <li>관정으로부터 30m 수평 이격거리 및 지하수위로부터 1.2m의 수직 이격거리 유지</li> <li>지하수 오염우려지역은 유출수가 전처리되지 않는다면 유입 금지</li> <li>모든 유출수에 대한 전처리 필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>제한사항없음</li> <li>높은 인 제거율 필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기반암 및 지하수위로부터 이격거리 유지</li> <li>침투시설 이전단계에 유출수 전처리 필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>제한사항없음</li> <li>단, 계절적으로 높은 지하수위로부터 이격거리 필요</li> </ul>
여과시설	<ul style="list-style-type: none"> <li></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>제한사항없음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>보통 ~ 높은 수준의 대장균 제거율</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>보통~높은 대장균 제거율</li> </ul>
식생수로	<ul style="list-style-type: none"> <li>제한사항없음</li> <li>지하수오염 우려지역 유출수는 적정하게 전처리 되어야 함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>제한사항없음</li> <li>높은 인 제거율 필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>습식 식생수로의 경우 대장균 제거율이 나쁨</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>습식 식생수로의 경우 대장균 제거율이 나쁨</li> </ul>

자료 : 비점오염저감시설의 설치 및 관리·운영 매뉴얼(2020. 10, 환경부)

### 마. 강우유출수 관리능력

- 비점오염저감시설은 지역별, 유역별로 수질개선 이외에 지하수 함양, 수로보호, 홍수 예방 등 추가적인 사항도 고려하여 설치하며 식생수로 등의 식생형 시설이나 침투형 시설 등은 지하수 함양이 가능하며, 지하수 함양이 필요한 지역에는 지하수 함양을 고려하여 비점오염저감시설을 선정함
- 또한 수로보호 및 홍수예방 등이 필요한 지역에서는 비점오염저감시설의 선정시 이를 고려하여 선정하며, 1개의 시설로 이러한 기능을 충족하지 못할 경우, 여러 시설을 연결하여 이를 충족시키도록 함
- 예를 들어, 식생수로만으로 홍수예방 기능을 충족하지 못할 경우 식생수로의 하부에 저류조 등을 설치하여 홍수예방 기능을 보충하도록 하며 비점오염저감시설은 수질 및 수량 측면에서 고려되는 것이 바람직함
- 특히 저류시설은 수질 뿐만 아니라 수량 측면에서도 홍수예방, 수로보호 등의 부가적인 효과를 지니고 있음

〈표5-6〉 처리목적별 비점오염저감시설의 적합성 평가표

비점오염저감시설	지하수함량	수로보호	홍수예방	소요부지면적
유출부 소규모 연못형성 이중목적 저류지	낮음	높음	높음	작음
연못형 저류지	낮음	높음	높음	다양
연못형 이중목적 저류지	낮음	높음	높음	작음
다단계 저류지	낮음	높음	높음	큼
소규모 저류지	낮음	높음	높음	작음
얕은 습지	다양	높음	높음	큼
이중목적 습지	다양	높음	높음	다양
연못/습지	다양	높음	높음	큼
소규모 습지	낮음	다양	다양	다양
침투도랑	높음	다양	다양	작음
침투저류지	높음	다양	다양	다양
표면 모래여과	다양	다양	다양	작음

비점오염저감시설	지하수함량	수로보호	홍수예방	소요부지면적
지하 모래여과	낮음	낮음	낮음	작음
측면 모래여과	낮음	낮음	낮음	작음
유기물 여과	다양	다양	다양	작음
소규모 모래여과	다양	다양	다양	작음
식생 체류	높음	다양	다양	다양
진식 식생수로	높음	낮음	낮음	다양
습식 식생수로	낮음	낮음	낮음	다양

자료 : 비점오염저감시설의 설치 및 관리·운영 매뉴얼(2020. 10, 환경부)

## 바. 오염물질 제거

- 비점오염저감시설은 강우유출수내 다음 오염물질을 제거하는 능력을 검토하여 선정함
  - ① 총부유물질(TSS) ② 총인(T-P) ③ 총질소(T-N) ④ BOD ⑤ 중금속
- 유역의 토지이용특성 등에 따라 발생·배출되는 오염물질의 종류가 다르므로 최적의 비점오염저감시설을 선정하기 위해서는 지역의 오염물질 종류와 특성을 파악하여야 함
- 비점오염저감시설은 TSS의 연간 제거효율 80%이상을 목표로 하여 설계하는 것이 바람직하며, 단위시설의 연간 TSS 제거효율이 80%에 미치지 못할 경우 여러 시설을 조합하여 TSS 연간 제거효율이 80%이상 되도록 구성하는 것이 좋음
- 비점오염저감시설의 시설별 저감효율은 국내외 자료들을 참고로 고려되어야 하며, 정기적인 모니터링을 통해 수질자료 및 저감효율을 파악함

## 사. 지역사회와 환경요소

- 비점오염저감시설의 종류 선정 및 입지 선정시 지역사회의 의견을 적극적으로 수렴·반영하고 불쾌감, 선호도 등을 고려하는 것이 바람직하며 비점오염저감시설이 지역

생태계의 서식처로서 활용될 수 있도록 함

### [1] 지역사회 적응성

- 지역사회의 적응성은 다음의 3가지 요소를 측정하여 평가함
  - 시장조사 및 선호도 조사
  - 지역주민의 민원발생
  - 경관적 쾌적성
- 평가 결과가 좋지 않을 경우 조경계획을 개선하여 지역사회의 적응성을 높일 수 있음
- 비점오염물질 처리 후 시설 내 남은 잔류유량이 장기간 체류시 부패로 인한 2차오염 또는 해충발생으로 민원 발생이 우려되므로 시설설계시 비점오염저감시설내 잔류유량이 최소화 되도록 고려하여야 함

### [2] 서식지

- 비점오염저감시설이 적절하게 조경이 된다면, 야생 동식물의 서식지를 제공할 수 있어 비점오염저감시설의 크기, 물의 특성, 습지 특성, 식생피복과 완충지역을 포함하여 서식지 등을 평가함

〈표5-7〉 지역사회와 환경 요소

비점오염저감시설	지역사회 적응성	서식지
유출부 소규모 연못형성 이중목적 저류지	중 간	중 간
연못형 저류지	높 음	높 음
연못형 이중목적 저류지	높 음	높 음
다단계 저류지	높 음	높 음
소규모 저류지	중 간	낮 음
얕은 습지	높 음	높 음
이중목적 습지	중 간	높 음

비점오염저감시설	지역사회 적용성	서식지
연못/습지	높 음	높 음
소규모 습지	낮 음	중 간
침투도랑	높 음	낮 음
침투저류지	낮 음	낮 음
표면 모래여과	중 간	낮 음
지하 모래여과	높 음	낮 음
측면 모래여과	높 음	낮 음
유기물 여과	높 음	낮 음
소규모 모래여과	중 간	낮 음
식생 체류	중 간	중 간
건식 식생수로	높 음	낮 음
습식 식생수로	중 간	중 간

자료 : 비점오염저감시설의 설치 및 관리·운영 매뉴얼(2020. 10, 환경부)

### 아. 비용의 적정성

- 비점오염저감시설은 건설비 및 유지관리 비용 등을 종합적으로 고려하여 선정하여야 하며 비점오염저감시설 선정시 불투수층 처리면적당 상대적인 건설비용을 비교하여 최적의 저감방안을 마련함

〈표5-8〉 비점오염저감시설의 설치비용

비점오염저감시설	건설 비용
유출부 소규모 연못형성 이중목적 저류지	낮 음
연못형 저류지	낮 음
연못형 이중목적 저류지	낮 음
다단계 저류지	중 간
소규모 저류지	낮 음
얕은 습지	중 간

비점오염저감시설	건설 비용
이중목적 습지	중 간
연못/습지	중 간
소규모 습지	낮 음
침투도랑	중 간
침투저류지	중 간
표면 모래여과	높 음
지하 모래여과	높 음
측면 모래여과	높 음
유기물 여과	높 음
소규모 모래여과	중 간
식생 체류	중 간
건식 식생수로	중 간
습식 식생수로	낮 음

자료 : 비점오염저감시설의 설치 및 관리·운영 매뉴얼(2020. 10, 환경부)

### 자. 유지관리의 용이성

- 비점오염저감시설의 선정시 시설의 유지관리가 용이한지 여부를 반드시 고려하여야 하며, 유지관리계획을 수립하여 시설별 정기점검 및 수시점검이 이루어지도록 함
- 비점오염저감시설은 1) 유지관리 빈도, 2) 막힘현상과 같은 장기적인 유지관리문제, 3) 기능상실을 고려하여 상대적인 유지관리 용이성을 평가하여 선정함

〈표5-9〉 비점오염저감시설의 유지관리 용이성

비점오염저감시설	유지 관리
유출부 소규모 연못형성 이중목적 저류지	중 간
연못형 저류지	쉬 음
연못형 이중목적 저류지	쉬 음

비점오염저감시설	유지 관리
다단계 저류지	쉬움
소규모 저류지	어려움
얕은 습지	중간
이중목적 습지	중간
연못/습지	어려움
소규모 습지	중간
침투도랑	어려움
침투저류지	중간
표면 모래여과	중간
지하 모래여과	어려움
측면 모래여과	어려움
유기물 여과	중간
소규모 모래여과	중간
식생 체류	중간
건식 식생수로	쉬움
습식 식생수로	쉬움

자료 : 비점오염저감시설의 설치 및 관리·운영 매뉴얼(2020. 10, 환경부)

## 차. 안전성

- 비점오염저감시설은 안전상 위험이 발생하지 않도록 설치 및 관리되어야 하며 비점오염저감시설의 선정시 설치되는 지역 특성 등을 고려하여 시설별 상대적인 안전성을 고려하여야 함
- 특히 주거지역내에 설치하는 경우 책임과 안전이 매우 중요한 관심사항이므로 이를 특별히 고려하여야 함

〈표5-10〉 비점오염저감시설별 안전성

비점오염저감시설	안정성
유출부 소규모 연못형성 이중목적 저류지	중 간
연못형 저류지	낮 음
연못형 이중목적 저류지	낮 음
다단계 저류지	낮 음
소규모 저류지	중 간
얕은 습지	높 음
이중목적 습지	중 간
연못/습지	낮 음
소규모 습지	높 음
침투도랑	높 음
침투저류지	높 음
표면 모래여과	높 음
지하 모래여과	중 간
측면 모래여과	높 음
유기물 여과	높 음
소규모 모래여과	높 음
식생 체류	높 음
건식 식생수로	높 음
습식 식생수로	높 음

자료 : 비점오염저감시설의 설치 및 관리·운영 매뉴얼(2020. 10, 환경부)

### 카. 기타 고려사항

- 비점오염저감시설은 오염원에서 멀어질수록 처리대상지역이 급증하고 시설로 유입되는 수량은 많아져 시설규모가 커지고 또한 오염물질 농도는 낮아지며, 고액분리가 용이하지 않아 처리효과는 반감되는 등 비효과적이므로 발생지역에서 가까운 곳에서 처리하는 것이 효율적이고 오염물질은 발생원에 근접하여 처리하는 것이 관거의 설치·유지관리 측면에서도 바람직함

- 토지형질을 변경시키는 계획을 수립하는 단계에서부터 공사 및 시설의 운영과정에서 발생하는 비점오염 발생 정도를 예측하고 처리하는 대책을 강구하여야 함
- 입지와 인허가 관련하여 지자체나 중앙정부에서 규제하고 있는 저감시설 입지 규정을 검토하여야 함

### 5.1.2 비점오염저감시설 설치 계획

- 비점오염저감시설 설치계획을 수립하기 위해 상기에 제시된 방안을 종합적으로 검토한 결과, 자연형 인공습지방식이 본 과업에 타당할 것으로 판단됨

〈표5-11〉 비점오염저감시설별 안전성

관리방안	장 점	단 점	토지이용특성
저류형	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 강우유출수의 수질과 수량 모두 조절</li> <li>• 침전물과 침전물에 흡착된 오염물질의 제거에 효과</li> <li>• 지하매설시 상부토지 이용가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 비교적 대규모의 토지필요</li> <li>• 용존성 오염물질 제거효율 저조</li> <li>• 침전물 미제거시 대규모 강우후 침전물 재부상 우려</li> <li>• 침전물 제거에 비교적 높은 비용소요</li> </ul>	농촌지역, 주거지역
인공습지	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고형물질외에 용존성 오염물질 제거가능</li> <li>• 미관적으로 쾌적한 경관제공</li> <li>• 지역의 자산적, 효용적 가치증가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 비교적 대규모의 토지필요</li> <li>• 침전물 제거등 준설필요</li> <li>• 풀깎기, 식종, 잡쓰레기 제거등의 관리필요</li> </ul>	농촌지역, 주거지역
침투형	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 자연적 배수시스템 이용 가능</li> <li>• 관리빈도가 비교적 적은편임</li> <li>• 공간의 제한된 지역에서 사용가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 토질조사등 기초현황조사 부족시, 설계 부적절시 저감효과 미흡</li> <li>• 고농도 및 침전물이 많은 강우유출수 처리 부적절</li> </ul>	도로, 상업지역
식생형	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 강우에너지로부터 토양을 보호함으로써 토양침식 감소</li> <li>• 유수속도 감소, 침투증가에 의해 강우 유출수량 감소</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 저장과 침투가 충분하지 못할 경우 수질개선 효과미흡</li> <li>• 오염물질 제거에 필요한 이상적인 환경이 유지되는 것을 조건</li> </ul>	도로, 농촌지역

관리방안	장 점	단 점	토지이용특성
여과형	<ul style="list-style-type: none"> <li>부유성 고형물과 고형물에 부착된 오염물질 제거가능</li> <li>중금속 및 유분성분 제거가능</li> <li>모래뿐만 아니라 다양한 여재적용 가능</li> <li>지하매설형으로 부지확보면에서 유리</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>정기적 여재 교체가 필요</li> <li>불투수성 지역에서 적용</li> </ul>	<p>상업, 초도시화지역</p>
와류형	<ul style="list-style-type: none"> <li>대규모 유량처리 가능</li> <li>침전물과 부유물의 분리처리 가능</li> <li>지하매설형으로 부지확보면에서 유리</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>비중이 작은 입자상 물질 제거 비효율</li> <li>협잡물, 고형물등으로 처리가능 오염항목 제한되어 다른 시설과 조합 사용 필요</li> </ul>	<p>상업, 초도시화지역</p>
스크린형	<ul style="list-style-type: none"> <li>소용량 및 대용량 적용가능</li> <li>유지관리 용이</li> <li>SS제거 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>용존성 물질 제거 곤란</li> <li>수처리효과 미흡</li> <li>처리항목 제한적</li> </ul>	<p>상업, 초도시화지역</p>
하수처리형	<ul style="list-style-type: none"> <li>BOD, SS, T-P에 대해서는 신속한 처리 효과를 얻을수 있음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>유지관리비 확보 및 상시관리필요</li> <li>약품비, 동력비, 슬러지처리 등 운전비에 높은 비용소요</li> </ul>	<p>상업, 초도시화지역</p>

<표 5.1-1> 비점오염저감시설 공법검토

구분	여과침투시설	인공습지	식생수로	장치형 시설	침투저류조																														
설치 기준 <sup>1)</sup>	-비점오염저감시설의 규모 및 용량결정 비점오염저감시설의 설계규모 및 용량은 다음의 기준에 따라 초기우수를 충분히 처리할 수 있도록 설계하여야 한다. ① 해당지역의 강우빈도 및 유출수량, 오염도 분석 등을 통하여 설계규모 및 용량을 결정하여야 한다. ② 해당지역의 강우량을 누적유출고로 환산하여 최소5mm 이상의 강우량을 처리할 수 있도록 하여야 한다. ③ 처리대상 면적은 주요 비점오염물질이 배출되는 토지이용면적 등을 대상으로 한다. 다만, 비점오염저감계획에 비점오염저감시설 외의 비점오염저감대책이 포함되어있는 경우에는 그에상응하는 규모나 용량은 제외할 수 있다.																																		
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>자연적 배수시스템 이용 가능</li> <li>관리빈도가 비교적 적은편임</li> <li>공간의 제한된 지역에서 사용가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>고형물질외에 용존성 오염물질 제거가능</li> <li>미관적으로 쾌적한 경관제공</li> <li>지역의 자산적, 효용적 가치증가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>강우에너지로부터 토양을 보호함으로써 토양침식 감소</li> <li>유수속도 감소, 침투증가에 의해 강우유출수량 감소</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>부유성 고형물과 고형물에 부착된 오염물질 제거가능</li> <li>중금속 및 유분성분 제거가능</li> <li>모래뿐만 아니라 다양한 여재 적용가능</li> <li>지하매설형으로 부지확보면에서 유리</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>강우유출수의 수질과 수량 모두 조절</li> <li>침전물과 침전물에 흡착된 오염물질의 제거에 효과</li> <li>지하매설시 상부토지 이용가능</li> </ul>																														
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>토질조사등 기초현황조사 부족시, 설계부 적절시 저감효과 미흡</li> <li>고농도 및 침전물이 많은 강우유출수 처리 부적절</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>비교적 대규모의 토지필요</li> <li>침전물 제거등 준설필요</li> <li>풀깎기, 식종, 잡쓰레기 제거 등의 관리필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>저장과 침투가 충분하지 못할 경우 수질개선 효과미흡</li> <li>오염물질 제거에 필요한 이상적인 환경이 유지되는 것을 조건</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>정기적 여재 교체가 필요</li> <li>불투수성 지역에서 적용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>비교적 대규모의 토지필요</li> <li>용존성 오염물질 제거효율 저조</li> <li>침전물 미제거시 대규모 강우 후 침전물 재부상 우려</li> <li>침전물 제거에 비교적 높은 비용소요</li> </ul>																														
처리효율 <sup>2)</sup>	<table border="1"> <tr><td>BOD</td><td>T-N</td><td>T-P</td></tr> <tr><td>53</td><td>72</td><td>46</td></tr> </table>	BOD	T-N	T-P	53	72	46	<table border="1"> <tr><td>BOD</td><td>T-N</td><td>T-P</td></tr> <tr><td>53</td><td>37</td><td>60</td></tr> </table>	BOD	T-N	T-P	53	37	60	<table border="1"> <tr><td>BOD</td><td>T-N</td><td>T-P</td></tr> <tr><td>34</td><td>45</td><td>51</td></tr> </table>	BOD	T-N	T-P	34	45	51	<table border="1"> <tr><td>BOD</td><td>T-N</td><td>T-P</td></tr> <tr><td>50</td><td>46</td><td>54</td></tr> </table>	BOD	T-N	T-P	50	46	54	<table border="1"> <tr><td>BOD</td><td>T-N</td><td>T-P</td></tr> <tr><td>69</td><td>58</td><td>69</td></tr> </table>	BOD	T-N	T-P	69	58	69
BOD	T-N	T-P																																	
53	72	46																																	
BOD	T-N	T-P																																	
53	37	60																																	
BOD	T-N	T-P																																	
34	45	51																																	
BOD	T-N	T-P																																	
50	46	54																																	
BOD	T-N	T-P																																	
69	58	69																																	
유지관리	<ul style="list-style-type: none"> <li>유입침강지 침사물 제거</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>협잡물/침사물 제거, 사면 보강, 풀베기, 수로 확보</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>협잡물/쓰레기 제거, 침전물 제거(자갈층 세척 후 재 충전)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>퇴적물 준설</li> <li>여재 교체</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>슬러지 준설 차량 및 인력에 의해 일괄 인발 처리</li> </ul>																														
검토결과																																			

주) 1) 비점오염저감시설의 설치 및 관리·운영 매뉴얼(2020. 10, 환경부)

2) 수질오염총량관리기술지침(2019. 03, 국립환경과학원)



## 5.2 비점오염저감시설 용량 및 규모결정

### 5.2.1 시설의 용량 및 규모 산정 방법

#### 가. 설계기준 검토

- 비점오염저감시설의 용량 및 규모를 결정하기 위하여 법적 설치기준을 검토하고 이를 기준으로 최적의 저감시설의 용량 및 규모를 산정
- 비점오염저감시설의 설치기준은 「물환경보전법 시행규칙」 별표17에 명시하고 있으며, 비점오염저감시설의 설계규모 및 용량은 주요 비점오염물질이 배출되는 토지 이용 면적(처리 대상 면적)을 대상으로 함
- 저류시설, 인공습지 등 강우유출수를 초기에 저류하여 처리하는 시설은 수질처리용량(WQv, m<sup>3</sup>)을 활용하여 시설의 용량 및 규모를 결정할 수 있으나 강우유출수를 연속하여 처리하는 시설인 장치형 시설과 자연형 시설 중 식생여과대 및 식생수로 등은 수질처리용량(WQF, m<sup>3</sup>/h)으로 설계가 이루어지므로 시설별 특성에 부합하는 용량 설계기준을 적용하여 설계함

〈표5-12〉 비점오염저감시설별 적용 규모 설계기준

비점오염저감시설 구분		설계기준	비고
저류시설	저류지, 지하저류지	WQv	
인공습지	인공습지	WQv	
침투시설	유공포장(투수성포장), 침투저류지, 침투도랑	WQv	
식생형 시설	식생여과대, 식생수로	WQF	
	식생체류지, 식물재배화분, 나무여과상자	WQv	
장치형 시설	여과형 시설, 와류형 시설, 스크린형 시설	WQF	
	모래여과시설	WQv	
	응집·침전 처리형 시설	-	

자료 : 비점오염저감시설의 설치 및 관리·운영 매뉴얼(2020. 10, 환경부)

### 나. 설계용량 산정 방법

- 해당 지역의 강우빈도, 유출수량 및 오염도 분석에 따른 비용 효과적인 삭감목표량 및 기타 정책적인 삭감목표량, 관련 규정 등에 따라 설계 강우량을 설정할 수 있음
- 저류형 저감시설의 용량산정은 해당 지역의 80% 강우사상 확률에 해당하는 강우량으로 누적유출고로 환산하여 최소 5mm이상 처리토록 하여야 한다고 「비점오염저감시설의 설치 및 관리·운영 매뉴얼 (2020. 10, 환경부)」에서 규정하고 있음
- 해당지역의 80% 강우사상 확률에 해당하는 강우량과 유출계수로부터 산정한 누가유출고가 5mm 이상일 경우 해당 유출량을 적용하고, 누가유출고가 5mm 미만인 지역은 누가유출고 5mm를 적용하여 처리대상 유출량 산정하였음

$$WQV = (P1) \times (A) \times 10^{-3}$$

WQV : 수질처리용량(m<sup>3</sup>)

P1 : 누적유출고로 환산한 설계강우량(mm)

A: 배수면적

### 다. 소요 부지면적 산정 방법

- 처리용량에 따른 저감시설별 소요 부지면적은 다음을 고려하여 산정할 수 있으며, 전 처리시설 및 기타 부대시설 등에 따라 증감할 수 있음

〈표5-13〉 처리용량에 따른 저감시설별 소요부지 면적 산정방법

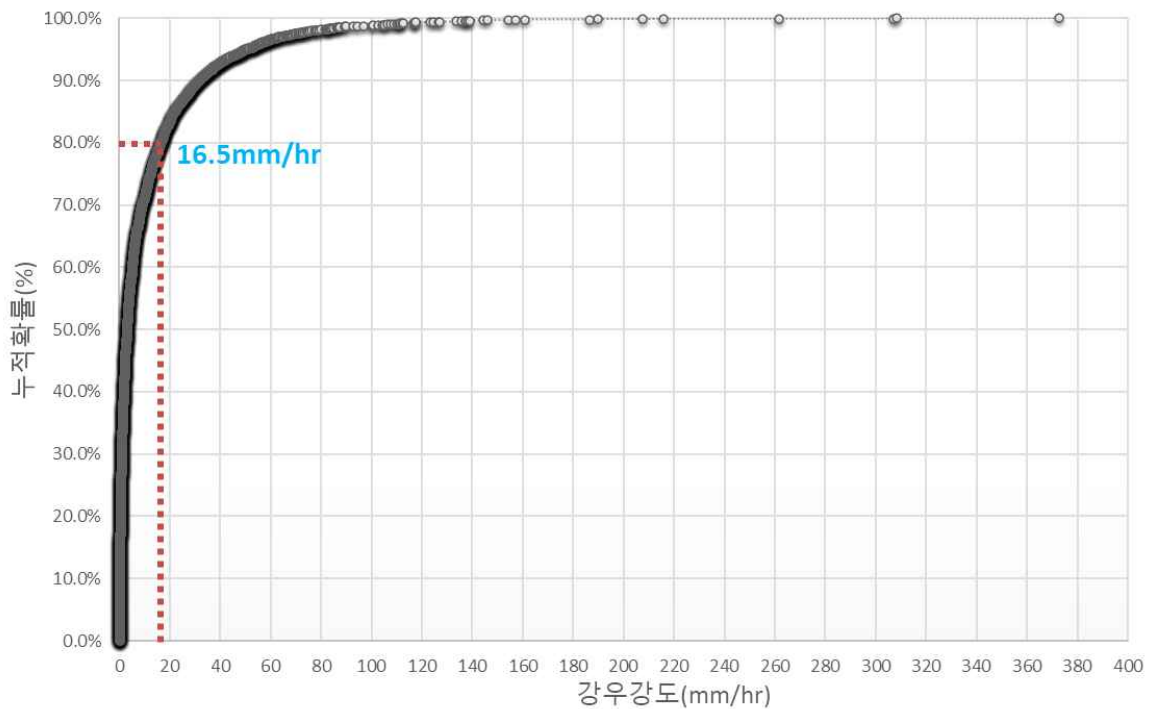
구분	인공습지 (㎡ 당)	여과시설 (㎡/hr 당)	저류시설 (㎡ 당)	침사지 (㎡ 당)	고효율 인공습지 <sup>1)</sup> (㎡ 당)
부지 소요면적	1.5 ~ 2㎡	0.1 ~ 0.2㎡	0.2 ~ 0.3㎡	1.0 ~ 1.2㎡	5 ~ 9㎡

주 : 1) 고효율 인공습지의 경우 농도에 따라 소요부지 증감 발생

자료 : 비점오염저감시설의 설치 및 관리·운영 매뉴얼(2020. 10, 환경부)

## 라. 설계강우량 산정

- 비점오염저감시설의 규모를 결정하기 위한 누적유출고 산정을 위하여 군산시의 80% 강우사상 확률에 해당하는 강우량을 산정하였음
- 군산시의 80% 강우사상 확률빈도를 분석하기 위하여 군산시에 위치한 군산 기상관측소의 1995년 ~ 2024년 일자료를 활용하여 강우자료를 분석한 결과, 군산시 80% 확률빈도 강우량은 16.5mm 인 것으로 나타남



(그림5-1) 강우사상 히스토그램(1995~2024, 군산기상관측소)

- 비점오염저감시설 결정을 위한 누가유출고를 산정한 결과 해당 유출고를 적용할 경우, 비점오염저감시설의 용량이 과다하게 계획될 수 있어 본 타당성조사에서는 최소치인 누가유출고 5mm를 적용하였음

## 5.2.2 비점오염저감시설 용량 및 시설부지면적 산정결과

- 상기의 방법을 통해 산정한 비점오염저감시설의 시설용량은 <표 5-12>과 같으며 용량산정결과, 사업대상지역 배수면적 45.1ha로 시설용량 2,255㎥, 소요부지면적은 5,400㎡가 필요한 것으로 나타남

<표5-14> 비점오염저감시설 설계용량 및 시설부지 면적 산정결과

배수면적 (A)	80% 강우사상		최소처리강우		시설용량 (㎥)	소요부지면적 (㎡)
	누가유출고 (mm)	우수유출량 (㎥)	누가유출고 (mm)	우수유출량 (㎥)		
451,012	16.5	7,442	5	2,255	2,255	5,400

## 5.2.3 소요사업비 산정

### 가. 소요 사업비 산정기준

- 사업비는 크게 시설설치를 위한 직접공사비와 용지매수비로 구분되며, 직접공사비는 시설설치를 위해 소요되는 자재비, 장비이용료 인건비, 직접경비, 제경비등을 합산한 비용으로서 비점오염저감시설의 유형, 시설용량, 구조 형태, 재질, 현장 조건에 따라 매우 다양하므로 구체적인 설계를 하기 전에는 직접공사비를 산출할 수는 없음
- 총사업비는 「총사업비관리지침」에 따라 공사비, 보상비(부지매입비 등 보상비 및 시설부대경비(설계 및 감리비)로 구분하여 산정하며, 저감시설 종류 및 용량, 부지매입 여부, 전처리시설 등 다양한 요인을 고려하여 산정

### (1) 공사비(개략사업비) 산정기준

- 시설의 종류 및 용량에 따른 개략사업비는 국고보조지침 상의 시설종류 및 용량에 따른 사업비 단가를 적용하며, 여과형 시설의 개략사업비는 다음 식에 따라 산정

〈표5-15〉 시설종류 및 용량에 따른 개략사업비

구분	인공습지 (부지면적 ㎡당)	저류시설 (㎡당)	침사지 (부지면적 ㎡당)	고효율 인공습지 (부지면적 ㎡당)
금액	20만원	162만원	15만원	24만원

※ 상기 개략사업비에는 부지 매입비, 각종 인허가비(소규모환경영향평가 등)는 제외됨  
 자료 : 환경부(2024) 비점오염저감 국고보조사업 추진지침

$$Y = (657.18 \times \ln(X) - 4,054.8) \times 1.21$$

Y : 사업비(백만원)

X : 부지면적(㎡)

부지면적 (㎡)	단가 (천원)	사업비 (백만원)
1,000	587	587
3,000	487	1,460
5,000	373	1,866
10,000	242	2,418
20,000	148	2,969
30,000	110	3,291
40,000	88	3,520

자료 : 환경부(2024) 비점오염저감 국고보조사업 추진지침

(그림7-1) 인공습지 시설용량에 따른 개략사업비 산정 방법(예시)

## [2] 보상비 산정기준

- 보상비는 「공익사업을 위한 토지 등의 취득 및 보상에 관한 법률 및 같은 법 시행령, 기타 보상 관계법령의 규정에 의한 토지 등의 부지매입비 및 보상비를 포함하여 산정함
- 부지매입비는 매입의 현실성을 감안하여 대상부지 개별공시지가(원/㎡)의 2.5배를 적용하여 산정

## [3] 시설부대경비 산정기준

- 시설부대경비는 기본 및 시설설계비와 감리비는 엔지니어링사업대가의 기준에 따라 다음과 같은 방법으로 산정

〈표5-16〉 기본 및 실시설계, 감리비 산정기준

구분	근거	비고
기본설계비	공사비 × 기본설계 요율(%)	엔지니어링사업대가의 기준 (산업통상자원부고시 제2024-217호, 2024.12.31.) 별표 1. 건설부문의 요율
실시설계비	공사비 × 실시설계 요율(%)	
감리비	공사비 × 감리비 요율(%)	

### 나. 소요 사업비 산정결과

- 서수면 관원리 비점오염저감시설을 설치에 따른 총 사업비는 1,209백만원이 소요되는 것으로 산정

〈표5-17〉 시설규모

구분	단위	수량	비고
인공습지	소요부지면적	m <sup>2</sup>	5,400
	습지용량	m <sup>3</sup>	2,255

〈표5-18〉 소요사업비

구분	사업비	비고	
사업비 (백만원)	공사비	1,080	
	비점저감시설 직접공사비	1,080	
	보상비	0	국유지로 보상비용 없음
	시설부대경비	129	
	기본설계비	33	
	실시설계비	79	
	감리비	17	
	총사업비	1,209	

## 다. 준설비용 산정

- 비점저감시설 설치로 예정된 사업부지는 용도폐지 저수지로 사업부지로의 전환을 위하여 준설이 필요한 실정임
- 현행 비점오염저감 국고보조사업 추진지침의 시설설치에 대한 개략사업비는 부지매입비용, 각종 인허가 비용 및 준설비용 등은 제외된 사업비로 용도폐지 저수지 활용에 따른 준설비용은 별도 사업비용으로 산정되어야 함
- 준설비용은 대상 저수지의 기초조사에 따른 준설물량의 계획에 따라서 변동이 커 개략적인 사업비용을 산정하기에는 큰 어려움이 있음
- 따라서 현재 준설사업을 계획하고 있는 저수지의 사업물량을 참고하여 개략적인 사업비를 산정함

〈표5-19〉 ○○저수지 준설사업 개요

구 분	계획저수량	준설량	총사업비
○○ 저수지	217천톤	14,283m <sup>3</sup>	336 백만원

〈표5-20〉 사업대상지 개략준설비용 산정

구 분	계획저수량	준설량	총사업비
우유제	31천톤	2,040m <sup>3</sup>	48 백만원

주 : 준설토의 처리비용은 제외한 금액임

## 5.3 배수구역 특성 및 설치위치 검토

### 5.3.1 배수구역 특성

- 본 사업대상구역이 속하는 군산시 서수면 관원일 일대는 농림 및 축사 밀집지역으로 축사 및 농촌지역에서 발생한 오염물질이 혼합된 비점오염물질이 배출되는 지역으로 나타남



(그림5-2) 비점오염저감시설 설치지점 위치도

### 5.3.2 설치위치 검토

- 부지매입비용 대비 수질개선효과, 유지관리 용이성, 민원발생 및 해소 가능 여부, 주변 경관과의 조화 등을 종합적으로 검토하여 설치위치를 검토하였음

- 본 사업대상구역은 군산시 서수면 관원리 일대에 용도폐지 저수지를 활용한 인공습지를 설치하는 것으로 계획 함

〈표5-21〉 부지평가항목 및 검토사항

분야	구분	평가항목	검토내용
시설부지의 확보가능성	공통	시설부지의 확보가능성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (국공유지) : 해당부지 소유기관과의 협의 및 점용 등 인허가 사항 검토</li> <li>• (사유지) : 토지소유주의 매매의사, 매입비, 보상비 등 고려</li> </ul>
시설입지의 적정성	공통	배수구역 강우유출수 수질현황	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사업대상지역을 포함하는 중권역 목표기준과 비교하여 계획된 사업대상지역의 강우유출수 수질이 더 좋지 않아 비점오염원 관리의 필요성이 있는지 여부</li> <li>• BOD, SS 등의 수질현황을 제시하고, 자료가 없는 경우 강우시 현장사진을 제출</li> </ul>
		시설입지의 침수피해 발생여부	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (제내지) : 하천 범람, 역류에 의한 침수 위험 검토</li> <li>• (제외지) : 홍수위선, 만수위선보다 높은지 여부를 검토. 단 여과형시설과 지하저류조는 하천부지에 적용될 수 있으며, 이때 부지의 쇄굴, 퇴적 등이 발생하는지 여부 검토</li> </ul>
		공사 및 유지관리 용이성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 공사 시 시설설비, 운영관리를 위한 접근 용이성 검토</li> </ul>
	장치형 시설	공사설치에 따른 민원발생 가능성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 공사 중 및 공사 후 민원 발생 여부 검토</li> </ul>
		배수구역의 토지이용현황 중 대지의 비율	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사업부지 토지이용별 비율(%) 중 대지비율 검토</li> </ul>
	자연형 시설	초기우수 유입 원활성 여부	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (자연유하) : 사업부지와 하천의 수위고저차를 통한 자연유하여부 검토</li> <li>• (차집의용이성) : 자연유하가 어려울 경우 시설 이용에 따른 차집 용이성 여부 검토</li> </ul>
상시 유지용수 확보 가능성		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 비점오염저감시설 운영을 위한 유지용수 확보 여부 검토</li> </ul>	
기타사항	공통	공공안정성 정도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시설설치로 인한 공공의 안정성 저해 우려 여부 검토</li> </ul>
		법적인 제한여부 확인	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사업추진을 위한 인허가사항 및 추진 여부 검토</li> </ul>

〈표5-22〉 설치위치 검토

<p>부지현황</p>	
<p>부지면적</p>	<p>12,361m<sup>2</sup></p>
<p>검토</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 본 사업대상구역은 용도폐기 저수지 활용을 고려할 때 비점오염저감시설로 자연형 인공습지를 설치하는 것이 타당하다고 판단됨.</li> </ul>

## 5.4 비점오염원 관리방안 선정

### 5.4.1 구조적 관리방안

- 비점오염원 관리를 위한 대표적인 구조적 관리방안으로서 대상유역내 내 비점오염저감시설 설치 타당성 검토를 통해 도출된 최적의 비점오염저감시설 설치 방안을 제시함

#### 가. 비점오염저감시설 설치

- 본 사업대상구역의 구조적 관리방안은 대상지역에 위치한 용도폐지 저수지의 입지 등 현황을 고려하여 인공습지로 변경 설치하여 관리하는 것으로 선정하였음

〈표5-23〉 비점오염원 구조적 관리방안

위 치	• 전북특별자치도 군산시 서수면 관원리	
부지현황	• 지목 : 저수지 • 대상부지 현황 : 서수면 관원리 우유제 유역내 위치한 서수양돈단지와 농촌지역에서 발생하는 비점오염원이 우유제 및 농수로를 통하여 탐천으로 유입	
주요오염원	• 양돈단지 및 농지에서 발생하는 비점오염원 유입	
개 요	구 분	탐천
	시설면적(㎡)	5,400
	시설용량(㎥)	2,255
	저감방식	인공습지

## 나. 인공습지 조성방안

### (1) 인공습지 조성 방향

- 강우시 배수구역 비점오염원으로부터 유출된 강우유출수를 처리하는 목적으로 인공습지를 설치하는 것으로 계획
- 인공습지는 「물환경보전법 시행규칙」별표 17. 비점오염저감시설의 설치기준과 ‘비점오염저감시설의 설치 및 관리·운영 매뉴얼(환경부, 2020)’의 설치기준을 준용하여 조성함

#### 〈표5-24〉 인공습지의 법적 설치 기준

---

※ 물환경보전법 시행규칙 별표17. 비점오염저감시설의 설치기준(제76조제1항 관련)

- 가) 인공습지의 유입구에서 유출구까지의 유로는 최대한 길게 하고, 길이 대 폭의 비율은 2 : 1 이상으로 한다.
  - 나) 다양한 생태환경을 조성하기 위하여 인공습지 전체 면적 중 50퍼센트는 얇은 습지(0~0.3미터), 30 퍼센트는 깊은 습지(0.3~1.0미터), 20퍼센트는 깊은 못(1~2미터)으로 구성한다.
  - 다) 유입부에서 유출부까지의 경사는 0.5퍼센트 이상 1.0퍼센트 이하의 범위를 초과하지 아니하도록 한다.
  - 라) 물이 습지의 표면 전체에 분포할 수 있도록 적당한 수심을 유지하고, 물 이동이 원활하도록 습지의 형상을 설계하며, 유량과 수위를 정기적으로 점검한다.
  - 마) 습지는 생태계의 상호작용 및 먹이사슬로 수질정화가 촉진되도록 정수식물, 침수식물, 부엽식물 등의 수생식물과 조류, 박테리아 등의 미생물, 소형 어패류 등의 수중생태계를 조성하여야 한다.
  - 바) 습지에는 물이 연중 항상 있을 수 있도록 유량공급대책을 마련하여야 한다.
  - 사) 생물의 서식 공간을 창출하기 위하여 5종부터 7종까지의 다양한 식물을 심어 생물다양성을 증가 시킨다.
  - 아) 부유성 물질이 습지에서 최종 방류되기 전에 하류수역으로 유출되지 아니하도록 출구 부분에 자갈채석, 여과망 등을 설치한다.
- 

- 인공습지는 조성목적에 따라 요구되는 기능을 향상하는 설계방안 마련이 필요함
  - 생태서식처 제공의 목적으로 설계되는 경우는 특정생물의 보호 및 보존을 위해 동물의 이동통로 설치 및 생태성을 높이는 설계방안 필요
  - 레크레이션 및 교육이 목적인 경우에는 생태 환경학습장, 친수공간 등 지역의 휴식 및 문화가 있는 공간인 하도, 천변습지 등으로 조성
  - 수질정화의 경우 유입수의 수질농도를 고려하여 다목적 인공습지로 설계 필요

## [2] 세부 조성방안

### ① 유입 및 유출부

- 인공습지의 기능을 유지하기 위해 지속적인 생태용수 유입/유출이 발생할 수 있도록 유입/유출부를 설계
  - 안정적 수위 유지는 생태계 형성에 영향을 주기에 지속적인 수위 확보 방안 마련
- 인공습지의 체계적인 유지관리를 위해 ICT를 이용한 지능형 모니터링시스템을 도입



자료 : <http://www.korbi.com>

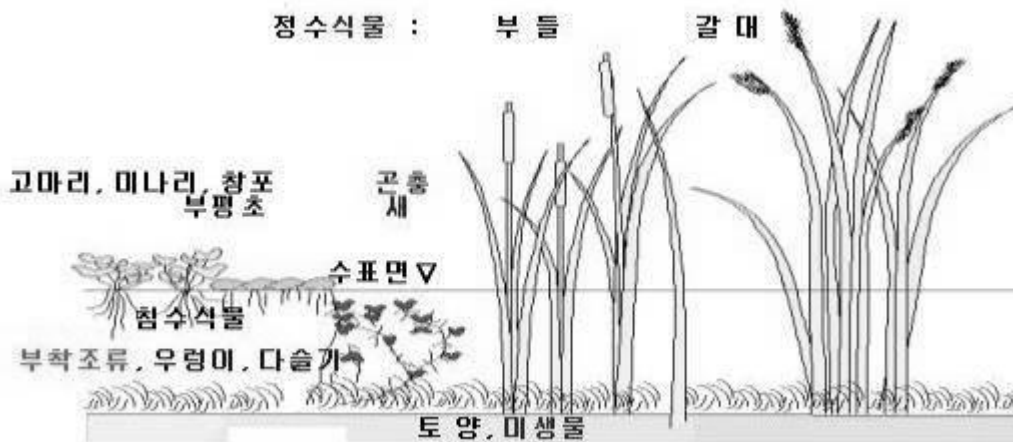
(그림5-3) 비점오염저감시설 원격 제어 및 모니터링 시스템 사례

### ② 식물 및 수목 조성

#### □ 수종 선정

- 지조성에 도입할 수종의 선정기준은 다음과 같음
  - 수질정화능력이 탁월한 수종, 월동이 가능한 수종
  - 소재구입 및 유지관리가 용이한 수종
  - 환경조건에 잘 적응하며 생장력이 강한 수종
  - 설치목적에 적합하고 전체적인 분위기에 조화되는 수종

- 수생식물 자체적으로 정화능력을 보유하고 있는 수종
- 수생식물의 증산량과 오염물질의 제거율이 높은 수종
- 식재할 지역의 주변식생현황을 토대로 하여 과거부터 현재까지 생태적으로 안정화된 수종과 시설목적에 맞는 수종을 함께 고려하여 선정
- 도입하는 수종은 상기와 같은 선정기준을 만족시키고 근계를 통해 유기물, 영양염류 등을 흡수할 수 있는 정수식물 중에서 오염물질 정화능력이 크고 구입이 용이하며 내한성, 수집능력 등이 좋은 식물을 우선적으로 고려함
- 비점오염원의 정화능력 뿐만 아니라 습지의 수온 저감, 각종 동·식물의 안전한 서식처로서의 기능을 도모하고 종 다양성을 유지할 수 있는 식재 고려



(그림5-4) 인공습지의 수생식물과 생물구성 모식도

〈표5-25〉 습지 수심에 따른 식재 계획

생육형	적절생육수심	주요수종	비고
관목 및 교목	0cm 이상	• 버드나무류(다년생 초본군락및 저목 버드나무류)	• 수고 2m 내외
정수식물	0cm ~ 약 30cm 이상	• 갈대, 애기부들, 줄, 큰고랭이, 물옥잠, 미나리, 고마리, 달뿌리풀, 애기부들 등	• 수심 0~1.5m에서 식물체 경엽부가 물 위로 나오는 식물, 목본식물도 포함
부엽식물	30cm ~ 약 60cm 이상	• 마름, 어리연꽃, 노랑어리연꽃, 가래 등	• 수심 0.25~3.5m에서 출현하고 잎이 수면에 뜨는 식물
침수식물	45cm ~ 190cm 이상	• 붕어마름, 검정말, 나사말 등	• 투명도가 높은 물에서 수심 10~11m까지 모든 수심대에서 경엽부가 물 속에 잠겨 있는 식물
부유식물	약 200cm 이상	• 잠개구리밥, 생이가래	• 정체되거나 유속이 느린 수역에서 식물체 전체가 수표면에 떠 있는 식물

#### □ 식물 피복도

- 식물 피복도는 수질정화 능력, 녹조 발생, 생물서식처 제공, 우수흐름 등에 영향을 주기에 최소 40% 이상으로 조성함

#### □ 식물식재 순서

- 수질정화를 목적으로 조성된 인공습지의 유입부에는 입자상 물질을 차단할 수 있는 식물을 식재하고, 습지 중간부에는 미립자를 제거할 수 있는 식물을 식재하도록 함
- 또한 유출부로 갈수록 용존성 오염물질 제거에 탁월한 식물을 식재하여 오염물질 정화효율을 높일 수 있도록 함

#### □ 생태계 조화

- 생태계 조화가 잘 이루어진 습지는 다양한 습지식물군(침수식물, 부유식물, 부엽식물 및 정수식물)으로 구성되어 있으며, 어류 및 양서파충류 및 조류(bird) 등의 서식처 공간을 제공함

- 건전한 생태계를 제공하기 위해 인공적 구조물을 최대한 배제하고 습지관목과 습지 식물을 적정하게 배치하여 생태성을 높이도록 함

### ③ 시설물 설치

#### □ 관찰 데크 및 탐방(산책)로 설치

- 일반적으로 관찰 데크 및 탐방로는 환경교육 및 주민들의 여가 공간 활용목적으로 조성되고 있으며, 투수성 소재로 친환경적으로 조성 함
- 생물서식공간과 떨어져 인공습지의 다양한 생태계를 조망할 수 있도록 최대한 습지 생태계가 영향을 받지 않는 지점에 설치하도록 함



(그림5-5) 인공습지 관찰데크(좌) 및 투수성 탐방(산책)로(우) 예시

#### □ 동물 이동통로

- 동물들의 이동통로를 확보하여 습지와 녹지를 연결할 수 있도록 함

#### □ 관리차량 진입로 및 주차장

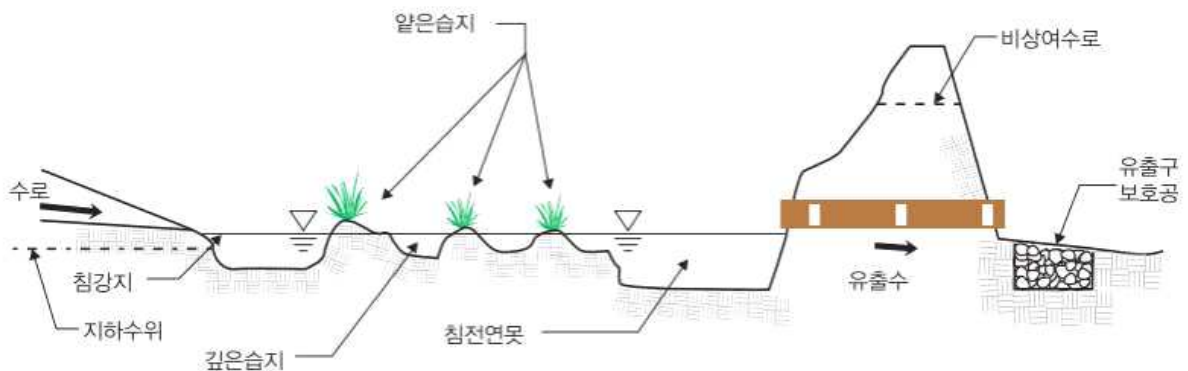
- 인공습지의 유지관리를 수행할 수 있도록 차량 진입로를 확보해야 하며, 주차장은 불투수면 포장보다는 식생 등을 이용한 투수성으로 포장하여 물순환과 생태적온 환경을 조성할 수 있도록 함

□ 안전 및 기타 시설

- 인공습지를 이용하는 주민들의 공공안전과 생물들의 서식처를 보전하기 위한 안전시설(울타리)을 조성함
- 습지 사면은 식물, 동물 또는 어류 등의 생물서식처 공간이지만 이용 주민들의 안전을 확보하고 사면으로부터 발생하는 토사유출을 저감하도록 함
- 기타 도입시설물은 자연소재(목재, 석재 등)를 사용함

④ 습지 구조 형태

- 일반적으로 인공습지는 습지 유입 전처리를 위해 침강지를 설치하며, 인공습지는 얇은 습지, 깊은 습지 등으로 조성하며, 유출 전 퇴적물 재부유를 막기 위한 침전 연못(깊은 못)을 조성함
- 다양한 형태(FWS, HSSF, VF 등)의 습지를 지역 특성에 맞게 조성하여 습지의 기능 향상과 더불어 다양성을 높이도록 설계하며, 설치부지 형태 및 유입수 특성에 맞도록 설계함



자료 : 환경부(2020) 비점오염저감시설의 설치 및 관리·운영 매뉴얼

(그림5-6) 인공습지의 단면 구조도

#### □ 자유수면 흐름형 습지

- 자유수면 흐름형(Free water surface flow, FWS) 인공습지는 가장 자연습지와 유사한 형태로 유입이 지속적으로 발생하고 유입수의 용량이 큰 경우 적용되기에 습지 조성 시 소요되는 면적이 큼
- 동식물의 서식처 및 수변공간 제공과 같은 긍정적 효과가 있는 반면에 지속적인 오염물질의 유입으로 악취, 해충 및 조류발생 등의 문제를 가지고 있음

#### □ 지하수평 흐름형 습지

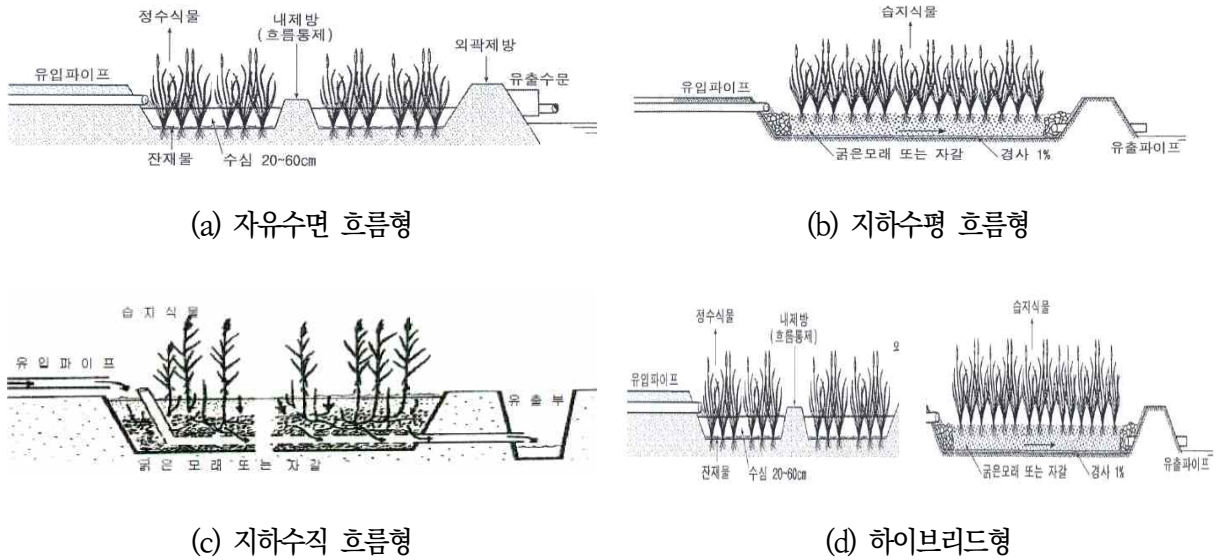
- 지하수평 흐름형(Horizontal sub surface flow, HSSF) 인공습지는 지하에서 수평으로 물이 흐르는 구조이기에 표면에 물이 고이지 않으며, 여재를 사용하기에 오염물질 중 유기물 및 입자상 물질 저감에 효과적임
- 냄새나 해충발생이 적은 장점이 있는 반면에 지속적으로 오염물질이 유입될 경우 충전된 여재내 공극 폐색현상이 나타날 수 있기에 간헐적 유입이 존재하는 도시지역에 소규모 형태로 적용되는 것이 바람직함

#### □ 지하수직 흐름형 습지

- 지하수직 흐름형(Vertical sub surface flow, VF) 습지는 여재를 사용하는 측면에서 지하수평흐름과 비슷하나 상부에서 유입수를 뿌리는 구조로 추가 동력이 요구됨
- 또한 인공습지의 처리용량은 수표면적에 비례하기에 이러한 인공습지는 대용량 처리에는 적정하지 않음

#### □ 하이브리드형 습지

- 하이브리드형(Hybrid) 인공습지는 여러 가지 형태의 인공습지들을 연계하여 조성하는 습지로서 단일 인공습지보다 수질정화에 효과적임
- 또한 악취와 모기서식 등의 문제를 어느 정도 해결할 수 있는 형태이기에 선진국에서 많이 적용하는 것으로 알려져 있음



(a) 자유수면 흐름형

(b) 지하수평 흐름형

(c) 지하수직 흐름형

(d) 하이브리드형

(그림5-7) 인공습지 형태별 개념도

## 5.4.2 비구조적 관리방안

- 비점오염관리기법 중 최선의 안은 비점오염원 발생을 근본적으로 억제하는 방안으로 주로 비구조적인 방법이 이에 속하며 대표적인 비구조적 관리기술은 다음과 같음

### □ 방류수 수질규제 적용

- 하수처리시설 및 폐수처리시설과 같은 방류수질 규제를 주택단지 및 산업단지 개발 계획 수립 시 비점오염원 저감시설 설치지침과 규제기준을 계획

### □ 토지이용규제

- 토지이용을 효율적으로 할 수 있도록 토지개발 시 주변 자연특성, 생태환경 및 개발 형태와 부합한 비점오염원 저감방안을 유도

### □ 도로 및 거리 청소

- 도시환경개선을 위하여 비점오염원이 발생할 수 있는 지역을 대상으로 강우 전 청소, 봄에 눈이 녹기 전에 겨울 내 쌓인 오염물 청소 등을 겸한 거리청소를 실시

□ **합류식 하수관거 월류수 관리(CSOs)**

- 합류식 하수관거에서 우기 월류수의 관리로 하천유입 오염원 감소

□ **선진 친환경 경작방법 홍보 및 보급**

- 침식 및 유출량을 감소시키기 위한 작물경작방법을 보급 및 윤작 등을 실시

□ **친환경농업의 도입**

- 우렁이농법, 오리농법, 스테비아농법, 참깨농법 등을 실시하여 화학비료 및 농약사용 최소화  
최소화로 비점오염물질 배출을 최소화

□ **양분관리제 도입**

- 지자체별 토양의 영양물질 적정량을 설정하여 관리

□ **기타**

- 비점오염원 관리에 관한 통합규정 신설 등의 환경법령 정비
- 친환경적인 토지이용을 위한 법령 및 제도정비 추진
- 주민의 실천의식 제고를 위한 홍보강화

**가. 비점오염원 관리 거버넌스 구축 및 운영**

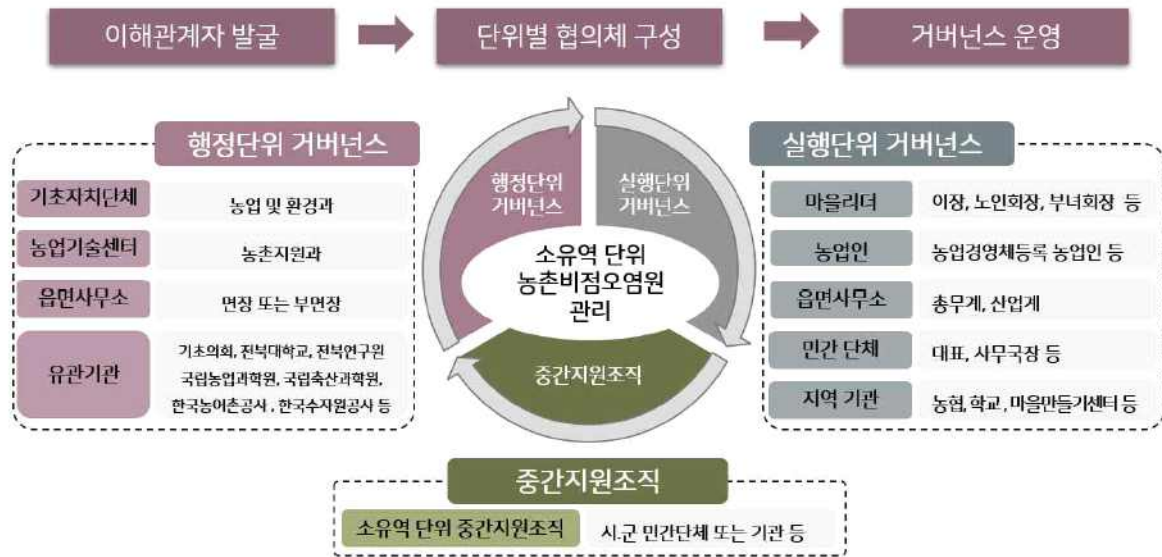
**(1) 비점오염원 관리 거버넌스 구축**

- 비점오염원은 발생 특성상 불특정 장소에서 다양한 형태로 불확실하게 발생하기 때문에 발생원에서 배출 자체를 줄이는 예방적인 방법이 가장 효과적임
- 따라서 다양한 형태의 비점오염원을 체계적으로 발생원 관리를 위해서는 주민, 지자체, 관계기관으로 구성된 하천 수질개선을 위한 거버넌스 구축이 우선적으로 필요함
- 군산시, 지자체, 환경단체, 농업 관련 기관, 지역주민으로 구성하며, 지역 주민이 주

- 체가 되어 참여와 실천이 가능할 수 있는 계획수립 및 활동을 포함한 거버넌스 구축
- 군산시 거버넌스 운영 총괄 역할로 교육, 홍보를 위한 행정, 재정지원, 토론회 및 포럼 개최 등의 업무를 수행함
  - 지자체에서는 하천관리, 비점오염원, 물순환 관련 홍보물 제작, 배포, 환경정화 활동 등 실천 활동의 운영, 지원 등의 역할을 수행함
  - 환경단체는 비점오염원 관련 홍보물 제작, 교육, 실천활동 운영·지원 역할을 수행함

## [2] 비점오염원 관리 거버넌스 운영

- 비점오염원 관리에 대한 홍보, 교육, 인식개선 등의 활동이 지속적이고 적극적으로 이루어질 수 있도록 비점오염원 관리 거버넌스 운영을 통해 관계자 및 주민이 참여할 수 있도록 주민활동 프로그램 개발 및 지원 추진이 필요함
- 농업비점오염원 관리 거버넌스 구축 및 운영 시범사업 추진
  - 대상 유역이 포함된 서수면 일대는 농경지와 축사가 분포하고 있음
  - 해당 지역을 중심으로 참여마을을 선정하여 거버넌스를 구축하고 농업비점오염원 관리 프로그램 개발 및 운영이 필요
  - 농경지 토양유실 방지, 적정시비 및 농약살포, 물꼬보급 및 적정조절 등 농업 최적 관리기법(BMPs) 도입을 통해 주민 참여를 통한 비점오염원 발생을 저감
  - 가축분뇨의 적정 보관 및 이동, 처리방법 지도·점검을 통해 축산비점을 감소
- 농업비점관리 거버넌스 구축 전략계획은 다음과 같음
  - 유역거버넌스 만들기 : 시·읍·동·리 단위에서의 농업비점포럼 및 소유역거버넌스 구축
  - 중간지원조직 만들기 : 시단위 중앙 중간지원조직, 시·읍·동 네트워크 중간지원
  - 참여마을 만들기 : 시·읍·동·리 단위에서의 농업비점관리 참여마을 육성 및 지원



자료 : 유역단위 통합 비점오염저감 사업계획 및 구축방안 마련, 환경부 전북지방환경청, 2023

(그림5-8) 농업 비점오염관리 거버넌스 만들기 구성 요소

#### 나. 농업 최적관리기법(BMPs) 보급·적용

- 거버넌스 구축 및 운영 시 영농과정에서 발생하는 농업비점을 실질적으로 관리할 수 있는 기법인 농업최적관리기법(BMPs)을 농촌현장에 보급·적용 필요
- 대상지역을 포함한 서수면 일대 농업비점관리 거버넌스 구축 시 참여마을에 교육과 함께 장비를 보급하고 설치 및 운영에 관한 교육 지원
- 농업최적관리기법(BMPs) 보급 및 운영방안
  - 영농과정 및 영농현황을 바탕으로 마을 현장에 맞는 농업최적관리기법(BMPs) 적용 계획을 수립
  - 농민을 대상으로 농업최적관리기법(BMPs)의 소개와 필요성 공감을 통해 참여를 유도



(a) 개랑물꼬



(b) 완효성비료



(c) 멀칭비닐



(d) 침사구

(그림5-9) 농업최적관리기법(BMPs) 예시

#### 다. 환경오염물질 지도 및 점검 강화

- 환경오염물질 배출시설에서 발생할 수 있는 오염물질이 소량 유입되어도 갈수기 수 생태계에 치명적인 영향을 줄 수 있고 또한 여름철 장마, 집중호우 시 폐수 및 폐기 물을 무단 방류하는 행위 근절이 필요함
- 환경오염물질 배출 가능성이 있는 사업장을 대상으로 환경오염 불법행위 근절을 위해 지도·점검을 실시. 환경오염물질 관련 민원이나 오염물질 배출 의심 사업장에 대해서는 즉시 현장점검을 실시하고, 오염방지조치 이행 여부를 집중점검 실시
- 점검반을 편성하여 지도·점검을 실시하며 사업장 인근 주민들의 감시활동이 중요하기 때문에 인근 주민과의 합동점검도 실시
- 수질 및 대기오염물질 배출시설, 방지시설 정상 가동 여부, 시설 노후화에 따른 오염물질 누출 여부, 운영일지 작성 및 자가측정 실시 여부, 폐기물 부적정 처리 여부 등

을 점검

## 5.5 비점오염저감시설 설치효과 분석

### 5.5.1 비점오염저감시설 오염물질 삭감량 산정

#### 가. 오염물질 삭감량 산정방법

- 비점오염저감시설의 오염물질 삭감량 산정방법은 시설별 처리효율을 적용하는 방법, 삭감을 산정 경험식을 이용하는 방법 및 비점오염 모형으로부터 모의하는 방법으로 구분할 수 있음
- 이들 중 삭감을 산정 경험식과 비점오염 모형을 이용하는 방법은 우리나라에서 아직 정형화 되어 있지 않은 상태임
- 따라서 본 과업에서는 비점오염저감시설별 처리효율을 적용하여 시설 설치 후 비점오염부하 삭감량을 산정하였음

#### 나. 비점오염저감시설별 처리효율

- 본 사업의 비점오염저감시설인 저류형 저감시설 운영시 처리기법에 따른 처리효율 검토를 위하여 국내외 비점오염원 관련 문헌, 상위계획 및 업무편람 등의 처리효율을 검토하였음

##### [1] 국내 문헌상의 처리효율

- 비점오염저감시설별 처리효율에 대한 국내 자료를 조사한 결과, 도시지역 비점오염원 관리방안연구(1997, 한국환경·정책평가연구원), 팔당상수원 비점오염원 최적관리사업 기본계획 및 타당성조사 수립보고서(2000.6, 환경부), 비점오염원관리 업무편람(2005.3, 환경부) 및 수질오염총량관리 기술지침(2019.03, 국립환경과학원)에서는 다음과 같이 저감시설별 처리효율 제시

〈표5-26〉 주요저류시설의 제거효율

저감시설		제거효율(%)						인자
		TSS	T-P	T-N	COD	Pb	Zn	
연못	평균	60	45	35	40	75	60	연못용량 연못형태
	보고된 범위	30~91	10~85	5~85	5~90	10~95	10~95	
	적정범위	40~60	10~40	40~60	~25	~12	20~95	
	고려횟수	18	18	9	7	13	13	
인공습지	평균	65	25	20	50	65	35	저장용량 체류시간 습지상태 계절변동
	보고된 범위	20~100	100~120	15~40	20~80	30~95	30~80	
	적정범위	50~90	5~80	0~40	-	30~95	-	
	고려횟수	23	24	8	2	10	8	
이중목적 저류지	평균	45	25	30	20	50	20	저장용량 저류시간 연못형태
	보고된 범위	5~90	10~55	20~60	0~40	25~65	40~65	
	적정범위	70~90	10~60	20~60	30~40	20~60	40~60	
	고려횟수	6	6	4	5	4	5	

자료 : 도시지역 비점오염원 관리방안연구(1997, 한국환경·정책평가연구원)

〈표5-27〉 도시 및 농촌지역 적용대상 비점오염물질저감시설 및 효율

적용지역	시설명		처리원리	처리효율(%)			
				BOD	SS	T-N	T-P
도시지역	저류형	저류조	침전	30~40	70~90	20~60	10~60
		인공습지	침전·여과	20~80	50~90	~40	~80
	침투형	침투조	토양침투	50~80	50~80	50~80	50~80
		침투도랑	토양침투	50~90	50~90	50~90	50~90
	장치형	여과장치	여과	40~70	60~90	20~40	~80
		와류형 장치	고액분리	5~10	10~25	5~10	5~10
		침전분리장치	고액분리	-	~80	~51	~36
하수처리형	화학처리시설	응집·침전	50~70	86~95	15~30	90~95	
농촌지역	저류형	저류지	침전	30~40	70~90	20~60	10~60
		인공습지	침전·여과	20~80	50~90	~40	~80
	식생형	식생여과대	여과	~80	40~90	20~60	30~80
		식생수로	여과	~25	20~40	10~30	20~40

자료 : 팔당상수원 비점오염원 최적관리사업 기본계획 및 타당성조사(2000.6, 환경부)

〈표5-28〉 저감시설의 처리효율

저감시설		처리효율(%)					비 고
		BOD	COD	SS	T-N	T-P	
저류형	저류조	30	30	70~90	20~60	10~60	10 ~ 12시간체류
	인공습지 (고도처리가능)	64~86	20~80	73~93	15~40	47~80	4~14일 체류
	인공습지 (산화지가능)	40~60	10~40	40~60	~25	~12	24~48시간 체류
	연못	10~70	10~70	50~70	10~70	20~70	SS 처리용 2일 이상 체류 T-N·T-P처리용 14일 이상체류
침투형	유공포장	60~90	60~90	60~90	60~90	60~90	배수시간 6~7hr
	침투조	50~80	50~80	50~80	50~80	50~80	깊이는 1~3.5m
	침투도랑	50~90	50~90	50~90	50~90	50~90	
장치형	스크린류	20	20	60	10	20	
	필터형류	60	40~70	60~90	20~40	~80	
	와류형류	-	5~10	10~25	5~10	5~10	기름그리스, 협잡물 제거율 높음

자료 : 비점오염원관리 업무편람(2005.3, 환경부)

〈표5-29〉 비점오염저감시설별 저감효율

저감시설		처리효율(%)		
		BOD	T-N	T-P
저류형	저 류 지	34	28	36
	지하저류조	25	24	20
	인공습지	53	37	60
침투형	투수성포장	75	83	65
	침투저류지	69	58	69
	침투도랑	77	62	73
	침투통 침투관 침투측구	53	72	46

저감시설		처리효율(%)		
		BOD	T-N	T-P
여과형	식생여과대	44	42	42
	식생수로	34	45	51
	모래여과시설 제조여과시스템	50	46	54
생태저류형	침투화분	75	73	72
	빗물정원 통로화분 수목여과박스	54	49	65
와류형시설		16	11	22
스크린형시설		15	9	19
시설형(초고속응집·침전법)		80	20	85

자료 : 「수질오염총량관리기술지침 (국립환경과학원), 2019.03」

## [2] 국외 문헌상의 처리효율

- 북미지역에 설치된 여러 형태의 인공습지(생활하수, 농경지 유출수, 축산폐수처리를 위한 목적으로 하는 인공습지)를 대상으로 BOD, TSS, TN, TP 등의 처리효율 조사

〈표5-30〉 Performance data for a northern-climate CW treating septic tank effluent

Season	BOD(mg/L)		TSS(mg/L)		TP(mg/L)		TN(mg/L)	
	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out
Winter	251	34	40	9	12	9	86	64
Spring	252	33	39	8	12	9	80	66
Summer	176	14	33	9	11	4	71	26
Autumn	288	17	41	6	12	5	81	35
Annual	242	25	38	8	12	7	80	48

자료 : Unpublished results from Northeastern Regional Corrections Center near Duluth, MN, USA.  
Abbreviations : CW, Constructed Wetland

〈표5-31〉 Summary of North American treatment wetland database operational performance

Parameter	type	Average Concentration(mg/L)			
		In	Out	Eff(%)	Count(n)
BOD <sub>5</sub>	SF	30.3	8.0	74	182
	SSF	27.5	8.6	69	34
	All	29.8	8.1	73	216
TSS	SF	45.6	13.5	70	198
	SSF	48.2	10.3	79	34
	All	46.0	13.0	72	232
TN	SF	9.03	4.27	53	175
	SSF	18.92	8.41	56	12
	All	9.67	4.53	53	187
TP	SF	3.78	1.62	57	191
	SSF	4.41	2.97	32	8
	All	3.80	1.68	56	199

자료 : SF, Surface Flow; SSF, Subsurface Flow; EFF(%), efficiency of concentration reduction; Modified from Kadlec & Knight(1996)

〈표5-32〉 Average treatment wetland performance for removal of BOD<sub>5</sub>, TSS, NH<sub>4</sub>-N, TN in the Livestock Wastewater Treatment Wetland Database

Parameter	type	Average Concentration(mg/L)			
		Inflow	Outflow	Reduction(%)	Count(n)
BOD <sub>5</sub>	Cattle Feeding	137	24	83	14
	Dairy	442	141	68	374
	Poultry	153	115	25	80
	Swine	104	44	58	183
TSS	Cattle Feeding	291	55	81	12
	Dairy	1111	592	47	361
	Swine	128	62	52	180
NH <sub>4</sub> -N	Cattle Feeding	5.1	2.2	57	12
	Dairy	105	42	60	351
	Poultry	74	59	20	80
	Swine	366	221	40	183
TN	Dairy	103	51	51	32
	Poultry	89	70	22	80
	Swine	407	248	29	164

자료 : CH2M HILL & Payne Engineering(1997)

〈표5-33〉 Watland Water Quality, West Jacson Co., Ms

Data	BOD <sub>5</sub> (mg/L)		TSS(mg/L)		NH <sub>4</sub> -N(mg/L)	
	In	Out	In	Out	In	Out
1996(Ave.)	32	10	42	9	7	4
1997(Ave.)	33	8	20	4	9	5

자료 : Constructed Wetlands Treatment of Municipal Wastewaters(USEPA. 2000)

〈표5-34〉 BOD &amp; TSS Removal for Ouray, CO

Data	BOD <sub>5</sub> (mg/L)		TSS(mg/L)	
	In	Out	In	Out
1995(Ave.)	127	10	180	6
1996(Ave.)	106	6	162	5

자료 : Constructed Wetlands Treatment of Municipal Wastewaters(USEPA. 2000)

## 5.5.2 삭감부하량 산정

- 비점오염원 관리에 따른 삭감부하량 산정은 구조적 관리와 비구조적 관리에 대하여 검토하였으나, 비구조적관리에 대한 삭감율이 명확하지 않아 본 과업의 총삭감부하량에는 포함하지 않음

### 가. 구조적관리에 따른 삭감부하량

- 비점오염저감시설에 의한 삭감부하량 산정은 「수질오염총량관리기술지침, 국립환경과학원, 2019.03」에 제시된 방법에 따라 산정하였음

$$\begin{aligned} \text{비점오염저감시설 삭감부하량} &= \text{삭감부하량} \times \text{저감효율} \\ \text{삭감대상부하량} &= \text{발생부하량}^{1)} \times \text{삭감대상부하비}^{2)} \end{aligned}$$

- 1) 발생부하량 = 처리대상구역 면적에 대한 지목별 토지계 발생부하량
- 2) 삭감대상부하비 = 발생부하량 대비 처리대상강우에 포함된 부하량의 비

#### [1] 삭감대상부하량

- 삭감대상부하량은 발생부하량과 삭감대상부하비의 관계에서 구할 수 있는데 여기서의 삭감대상부하비는 발생부하량 대비 처리대상강우에 포함된 부하량의 비를 말하고, 발생부하량에 적용하여 삭감대상부하량 산정시 사용되며, 강우처리비 산정식 및 삭감대상부하비 산정식에 따라 산정
- 즉, 본 과업에서 산정된 비점오염저감시설의 설계기준 강우량(mm)과 설계기준 강우강도(mm/hr)를 적용하여 아래와 같이 강우처리비를 산정하고, 이에 해당하는 삭감대상부하비를 산정하였음

$$\begin{aligned} \text{강우처리비} &= a \cdot \ln(\text{설계기준강우}) + b \\ \text{삭감대상부하비} &= e^{[a \cdot \ln(\text{강우처리비})^2 + b \cdot \ln(\text{강우처리비})]} \end{aligned}$$

〈표5-35〉 설계기준에 따른 강우처리비 산정시 적용계수

설계기준에 따른 강우처리비			강우처리비에 따른 삭감대상부하비			
구분	a	b	구분	BOD	T-N	T-P
강우량(mm) 기준 설계시설	0.2716	-0.2425	a	-0.0184	-0.0030	-0.0018
강우강도(mm/hr) 기준 설계시설	0.2445	0.3174	b	0.6922	0.7509	0.7931

자료 : 「수질오염총량관리기술지침 (국립환경과학원), 2019.03」

## [2] 저감효율 산정

- 「수질오염총량관리기술지침 (국립환경과학원), 2019.03」에 의하면 강우시 가동되는 비점오염저감시설이 신규시설이거나 삭감부하량 산정을 위한 실측자료가 없을 경우에는 기술지침에서 제시하고 있는 저감효율을 적용하도록 되어 있으며, 비점오염저감 시설별 BOD, T-N, T-P의 저감효율은 〈표 5-30〉와 같음

〈표5-36〉 비점오염저감시설별 저감효율

저감시설		처리효율(%)		
		BOD	T-N	T-P
저류형	저류지	34	28	36
	지하저류조	25	24	20
	인공습지	53	37	60
침투형	투수성포장	75	83	65
	침투저류지	69	58	69
	침투도랑	77	62	73
	침투통 침투관 침투측구	53	72	46
여과형	식생여과대	44	42	42
	식생수로	34	45	51
	모래여과시설 제조여과시스템	50	46	54

저감시설		처리효율(%)		
		BOD	T-N	T-P
생태저류형	침투화분	75	73	72
	빗물정원 통로화분 수목여과박스	54	49	65
와류형시설		16	11	22
스크린형시설		15	9	19
시설형(초고속응집·침전법)		80	20	85

자료 : 「수질오염총량관리기술지침 (국립환경과학원), 2019.03」

## 나. 비점오염저감시설(안) 발생부하량 및 삭감부하량 산정

### (1) 비점오염저감시설(안) 발생부하량 산정

- 사업대상지의 배수구역의 토지계 비점오염원 발생부하량 산정결과 BOD 0.92kg/일  
T-P 0.085kg/일로 산정되었음

〈표5-37〉 비점오염저감시설 대상구역 토지계 발생부하량

토지피복	원단위(kg/km <sup>2</sup> .일)		면적(m <sup>2</sup> )	발생부하량(kg/일)	
	BOD	T-P		BOD	T-P
전	4.38	1.4	29,420	0.13	0.041
답	4.24	0.467	21,675	0.09	0.010
목장용지	3.71	0.295	51,992	0.19	0.015
임야	1.49	0.056	323,065	0.48	0.018
제방, 유지, 구거, 잡종지, 기타	0.96	0.027	24,813	0.02	0.001
도로	12.42	0.391	47	0.00	0.000
총합계	-	-	451,012	0.92	0.085

## [2] 비점오염저감시설(안) 저감 효율 및 삭감부하량

- 비점오염저감시설의 저감효율은 실측자료를 사용하는 것을 원칙으로 하며, 최소 3회 이상의 대표강우사상에 대한 유량 및 수질 연속측정자료를 이용하여 평균저감효율을 산정함
- 비점오염저감시설이 신규시설이거나 저감효율 산정을 위한 실측자료가 없는 시설의 경우에는 『수질오염총량관리기술지침』(2019.03)에 제시된 저감효율을 적용하여 산정하였음
- 산정결과 대상지역에 설치예정인 인공습지에 의한 총 삭감부하량은 BOD 0.38 kg / 일, T-P 0.039kg /일로 검토되었음

<표 5-173> 비점오염 저감시설 삭감부하량 산정

구 분		처리효율 (%)		삭감부하량 (kg/일)		비고
		BOD	T-P	BOD	T-P	
저류형	인공습지	53	60	0.38	0.039	





제6장

유지관리 및 모니터링  
계획



# | 제6장 유지관리 및 모니터링 계획 |

## 6.1 비점오염저감시설 유지관리 방안

### 6.1.1 기본방향

- 비점오염저감시설은 강우시 유입되는 비점오염 물질의 처리 및 저감을 위한 것으로 적절한 기능유지를 위해서는 필수적으로 유지관리를 시행해야 하며, 이에 따른 유지관리방안을 마련해야 함
- 개별 비점오염원 관리를 위한 시설물은 강우시 유입되는 비점오염물질을 처리 및 저감을 위한 것으로 효율적이면서 지속적인 유지관리에 의해 그 효율이 검증되므로 유지관리가 지속적으로 수행되어야 하며 특히, 비점오염원 관리 시설물이 혐오시설이 아닌 친환경적이면서 주민친화적인 시설임을 입증하기 위하여 관리가 되어야 할 사항으로 다음의 내용에 기준으로 유지관리계획을 수립하여 수행하여야 함

#### 가. 비점오염부하의 적절한 처리기능 확보

- 유입수 또는 유출수의 수량 및 수질이 계절, 시간, 기상, 토지이용 실태 등에 따라 변동이 심한 경우가 비점오염원의 일반적인 특성이므로 각 관리시설의 체류시간 및 부하의 상태도 함께 급격히 변화되는 것을 피할 수 없게 됨
- 따라서 각 관리시설의 감시, 신속한 조치 등 상세한 관리가 필요함 특히 식생에 의한 정화방법은 사고 발생시 다시 정상적인 처리기능을 확보할 때까지 상당한 시간이 소요되므로 이에 대한 적절한 대응을 할 수 있도록 해야 함

## 나. 점검 및 보수

- 비점오염저감시설의 주요 설비, 시설, 기기 등에 대한 적절한 점검이 필요하며, 유입수의 유량, 수질 부하 변동 시에도 기능이 충실히 유지될 수 있어야 함

## 다. 정확한 유지관리 업무수행

- 비점오염저감시설은 그 형식이 다양하므로 유지관리 업무도 다양한 작업으로 되어 있으므로 업무를 정확히 집행하고 경제적으로 관리하기 위한 적절한 유지관리체계가 정비되어있어야 함
- 또한, 유지관리 종사자가 관리시설의 원리, 기능, 구조 등을 충분히 이해하여 적절한 영관리, 수질관리가 이루어지는 등 각 관리시설이 유기적이고 효과적인 운영이 되도록 함

## 라. 지역 환경과의 조화

- 비점오염저감시설에 대한 민원 발생의 원인이 되는 것은 악취, 소음진동, 경관, 해충의 발생, 수재 등이므로 이에 대처하기 위해 주위의 상황을 판단하고 미리 예방하도록 하여야 함
- 이를 위해서는 비점오염저감시설에 대한 이해와 중요성을 인식할 수 있도록 환경교육이 필요함
- 또한, 비점오염저감시설의 기능을 유지하기 위해서는 잦은 유지관리가 요구되므로 지역주민의 적극적인 참여가 필요함

## 6.1.2 비점오염저감시설 관리·운영 기준

- 비점오염저감시설의 관리·운영기준은 「물환경보전법」에 근거를 두며 시행규칙 제76조 제2항에서는 다음과 같이 규정하고 있음

〈표6-1〉 비점오염저감시설의 관리·운영기준

### 제76조 비점오염저감시설의 관리·운영기준 제76조제2항【별표 18】

#### 1. 공통사항

가. 설치한 저감시설의 보존상태와 주변부의 여건, 상황 등을 파악하여 시설물의 기능을 유지하기 어렵거나 어렵게 될 우려가 있는 부분을 보수하여야 한다.

나. 슬러지 및 협잡물 제거

1) 저감시설의 기능이 정상상태로 유지될 수 있도록 침전부 및 여과시설의 슬러지 및 협잡물을 제거하여야 한다.

2) 유입 및 유출 수로의 협잡물, 쓰레기 등을 수시로 제거하여야 한다.

3) 준설한 슬러지는 「폐기물관리법」에 따른 기준에 맞도록 처리한 후 최종 처분하여야 한다.

다. 정기적으로 시설을 점검하되, 장마 등 큰 유출이 있는 경우에는 시설을 전반적으로 점검하여야 한다.

라. 주기적으로 수질오염물질의 유입량, 유출량 및 제거율을 조사하여야 한다.

마. 시설의 유지관리계획을 적절히 수립하여 주기적으로 점검하여야 한다.

바. 사업자는 제75조제1항에 따라 비점오염저감시설을 설치한 경우에는 지체 없이 그 설치내용, 운영내용 및 유지관리계획 등을 유역환경청장 또는 지방환경청장에게 서면으로 알려야 한다.

#### 2. 시설유형별 기준

##### 가. 자연형 시설

1) 저류시설

저류지의 침전물은 주기적으로 제거하여야 한다.

2) 인공습지

가) 동절기(11월부터 다음 해 3월까지를 말한다)에는 인공습지에서 말라 죽은 식생(植生)을 제거·처리하여야 한다.

나) 인공습지의 퇴적물은 주기적으로 제거하여야 한다.

다) 인공습지의 식생대가 50퍼센트 이상 고사하는 경우에는 추가로 수생식물을 심어야 한다.

라) 인공습지에서 식생대의 과도한 성장을 억제하고 유로(流路)가 편중되지 아니하도록 수생식물을 잘라내는 등 수생식물을 관리하여야 한다.

마) 인공습지 침사지의 매몰 정도를 주기적으로 점검하여야 하고, 50퍼센트 이상 매몰될 경우에는 토사를 제거하여야 한다.

3) 침투시설

가) 토양의 틈새가 막히지 아니하도록 시설 내의 침전물을 주기적으로 제거하여야 한다.

나) 침투시설은 침투단면의 투수계수 또는 투수용량 등을 주기적으로 조사하고 막힘 현상이 발생하지 아니하도록 조치하여야 한다.

4) 식생형 시설

가) 식생이 안정화되는 기간에는 강우유출수를 우회시켜야 한다.

나) 식생수로 바닥의 퇴적물이 처리용량의 25퍼센트를 초과하는 경우에는 침전된 토사를 제거하여야 한다.

다) 침전물질이 식생을 덮거나 생물학적 여과시설의 용량을 감소시키기 시작하면 침전물을 제거하여야 한다.

라) 동절기(11월부터 다음 해 3월까지를 말한다)에 말라 죽은 식생을 제거·처리한다.

**나. 장치형 시설**

1) 여과형 시설

가) 전(前) 처리를 위한 침사지(沈砂池)는 저장능력을 고려하여 주기적으로 협잡물과 침전물을 제거하여야 한다.

나) 시설의 성능을 유지하기 위하여 필요하면 여과재를 교체하거나 침전물을 제거하여야 한다.

2) 소용돌이형 시설

침전물의 저장능력을 고려하여 주기적으로 침전물을 제거하여야 한다.

3) 스크린형 시설

망이 막히지 아니하도록 망 사이의 협잡물 등을 주기적으로 제거하여야 한다.

4) 응집·침전 처리형 시설

가) 다량의 슬러지(sludge) 발생에 대한 처리계획을 세우고 발생한 슬러지는 「폐기물관리법」에 따라서 처리하여야 한다.

나) 자 테스트(Jar-test)를 실시하거나 자 테스트를 통하여 작성된 일람표 등을 이용하여 유입수의 농도 변화에 따라 적정량의 응집제를 투입하여야 한다.

다) 주기적으로 부대시설에 대한 점검을 실시하여야 한다.

5) 생물학적 처리형 시설

가) 강우유출수에 포함된 독성물질이 미생물의 활성에 영향을 미치지 아니하도록 관리한다.

나) 오염물질 부하량의 변화가 심한 강우유출수의 적정한 처리를 위하여 미생물의 활성(活性)을 유지하도록 한다.

---

## 6.2 유지관리 계획

- ‘비점오염저감시설의 설치 및 관리·운영 매뉴얼(환경부, 2020.10)’와 ‘비점오염저감 국고보조사업 추진지침(환경부, 2024.2)’의 별표 6. 비점오염저감시설 유지·관리 계획서 작성 방법 등을 참고하여 유지관리계획을 수립하였으며, 비점오염저감사업 대상 시설 종류별 유지관리계획은 ‘수질오염총량관리를 위한 비점오염저감시설 유지관리실적대장 작성지침(국립환경과학원, 2022)’을 참고함
- 비점오염저감시설은 유지관리로 인해 시설의 효율성이 결정될 수 있는 사항으로 시설이 제 기능을 발휘할 수 있도록 초기부터 유지관리를 위한 예산확보와 유지관리 주체를 결정하는 것이 필수적임

### 6.2.1 유지관리 목적 및 구분

- 유지관리는 시설의 적절한 기능 유지, 고장방지를 위한 예산 절감, 갑작스러운 변화를 대처하기 위해 시행하며, 기본적으로 검사, 정기적 유지관리, 비정기적 유지관리, 기타 유지관리방안 등을 파악해야 함

#### 가. 검사

- 비점오염원 저감시설이 설계된 대로 작동하고 있는지 여부 확인
- 유입구와 유출구에서의 침전물의 축적여부 점검
- 사면점검 : 침식, 침전, 사면의 붕괴 또는 차량에 의한 손상여부 점검
- 식생지역 점검 : 수위가 식생의 성장에 적당한지, 허용생존율이 유지되고 있는지, 식생이 허용한계 내에 있는지 확인

#### 나. 정기적 유지관리

- 예방차원의 정기적인 유지관리는 비점오염원 저감시설을 정상적인 작동상태로 유지하기 위하여 정기적으로 수행되는 절차

- 막힘 현상을 방지하기 위하여 유량제어장치 주변의 쓰레기 조각의 제거, 마사토, 침전물질 및 식생의 제거 등
- 건강한 식생의 유지관리를 포함하여, 죽은 잔디 또는 건강하지 못한 식생지역을 발견하게 되면 재식재 해야 함

#### **다. 비정기적 유지관리**

- 복원차원의 비정기적인 유지관리는 시설의 정상가동을 위해 실시되는 모든 비정기적인 복원 활동
- 유량제어장치의 교체 또는 수중식물의 재식재 및 제거
- 침식관리, 시설의 수리 및 침전물의 제거 및 처분

#### **라. 기타**

- 측면 경사지, 제방, 긴급 유출로 및 기타 우수관리시설에서 풀이 난 지역은 수목의 성장을 막고 잡초를 제어하기 위하여 정기적으로 풀을 베어야 함
- 쓰레기는 대부분의 경우 우수관리시설의 유입구 및 유출구 근처에 쌓이게 되며, 정기적인 풀베기 작업동안에 제거할 필요가 있음
- 불법투기로 발생하는 쓰레기는 정기적으로 청소되어야만 하며, 제거된 물질 및 개선 사항에 대한 정확한 일지를 유지하여야 함 (쓰레기 투기금지 간판 설치)
- 악취 발생 및 모기 등의 유해곤충의 산란으로부터 근처 주민들의 생활 보호
- 저류연못의 연안 지역 내 모기의 자연적인 억제작용을 하는 조류, 육식곤충, 어류의 서식지 제공

## 6.2.2 유지관리 방법

### 가. 주요 관리 항목 및 주기

- 비점오염저감시설 종류에 따른 시설 요소를 파악하여 유지관리 방법 및 주기 결정을 통해 유지관리계획을 수립하며, 계획에 따라 정기적으로 시설을 점검하되 장마 등 큰 유출이 있는 경우에는 시설을 전반적으로 점검하여야 함
- 비점오염저감을 위한 주요 유지관리 항목별 관리 주기는 다음과 같음

〈표6-2〉 비점오염저감시설의 주요 유지관리 항목

구 분	시설	퇴적물 관리		폐기물 관리	식생 관리	여재 관리	시설 관리	
		전처리 시설	침강지				표면 관리	구조물 관리
침투시설	침투도랑	●		●		●	●	
	침투저류지	●		●				
식생시설	식생수로	●		●	●		●	
	식생여과대	●		●	●		●	
	식생체류지	●		●	●	●	●	●
	나무여과상자	●		●	●	●	●	●
	식물재배화분	●		●	●		●	●
저류시설	저류지		●	●				
인공습지	인공습지		●	●	●		●	
장치형시설	여과형시설	●		●		●	●	
	와류형	●		●				●
	스크린형	●		●				●

자료 : 국토교통부·환경부(2015), 도로 비점오염저감시설 설치 및 관리 지침

〈표6-3〉 주요 유지관리 항목별 관리주기

구분		관리사항	관리주기
퇴적물관리	전처리시설	• 협잡물 제거 및 쓰레기 청소	1회/1월
	침강지	• 퇴적물 오염도 검사	1회/5~7년
	공통	• 퇴적물 제거	3~4회/1년 (시설의 저장용량 고려)
폐기물관리		• 슬러지 발생량 모니터링에 따른 운영계획 수립	1회/1년
		• 「폐기물관리법」에 따라서 처리	필요 시
식생관리		• 풀베기 작업	3~4회/1년
		• 침입종, 생태계 교란종 등 식생 제거	2회/1년
		• 식생 교체 및 보강	1회/1년
여재관리		• 여재의 역세척	강우유출수 처리 후
		• 여재의 교체	여재 교체주기에 따라
시설관리	표면관리	• 쓰레기 및 폐기물 축적 여부	1회/1월
	구조물관리	• 시설의 작동 이상 여부 점검	유지관리 시
		• 시설의 보수	문제 발생 시

자료 : 비점오염 저감시설의 설치 및 관리·운영 매뉴얼(환경부, 2020),

## 나. 관리 인력

- 비점오염저감시설의 경우 일반적으로 운영인력이 상주하면서 관리되지 않으며, 인공 습지와 같은 자연형 시설은 전기 계측에 의해 동력으로 자동 운영하는 형태가 아니므로 유지·관리 계획에 따른 주기적 관리를 필요
- 유지관리 용이성 및 안전사고 대응을 위해 유지관리 시 최소 2인 이상 인력을 운영
- 유지관리 난이도가 낮으며, 관리빈도가 높은 사항은 지역주민 참여방안 고려

## 6.2.3 시설별 유지관리 방안

### 가. 자연형 최적관리기법

- 자연형 관리시설의 유지관리는 침강지와 저류시설의 퇴적물 처리계획 등 시설과 완충지역의 유지관리계획의 충실성과 이행가능성을 평가함

〈표6-4〉 자연형 관리시설 유지관리사항

구 분	유지관리사항
유지관리계획	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 청소계획</li> <li>• 사면, 제방 등의 구조성 및 안정성 조사계획</li> <li>• 퇴적물 관리계획</li> <li>• 관리비 및 유지보수비 등의 비용집행</li> </ul>
수 문 관 리	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 유량분배계획</li> <li>• 취입 및 수위관리</li> </ul>
시 설 관 리	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사면보호방안</li> <li>• 시설보수</li> <li>• 안전관리</li> </ul>
식 생 관 리	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 식물체의 밀도/현존량 모니터링 기법</li> <li>• 식물종의 유지./침입종의 관리/보강식재</li> <li>• 식물체의 수확관리</li> <li>• 서식처 기능향상방안 수립</li> <li>• 침식징후 파악</li> </ul>
위생해충관리 및 기타	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 모기방재 및 악취</li> <li>• 미관/경관</li> <li>• 수확식물체와 퇴적물 처리/처분계획</li> </ul>

〈표6-5〉 자연형 관리시설 유지관리방안

구 분	유지관리사항
퇴적물 유지관리	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5~7년 주기로 실시</li> <li>• 50% 용량 감소시 실시</li> <li>• 퇴적물은 관련기관의 계획에 따라 처리</li> </ul>
홍수시 저류지 관리	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 범람빈도 : 0.5회/년 · 개소</li> <li>• 관리장비 : 고압살수차, 진공흡입준설차, 기물운반차, 관리차량</li> </ul>
안 전 시 설	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수영금지, 스케이팅 금지 표시</li> <li>• 안전난간 설치 : 추락방지</li> </ul>

## 나. 인공습지

- 침전, 여과, 흡착, 미생물 분해, 식생 식물에 의한 정화 등 자연상태의 습지가 보유하고 있는 정화 능력을 인위적으로 향상시켜 비점오염물질을 줄이는 시설을 말한다.

〈표6-6〉 인공습지 유지관리활동 및 주기

점검 및 유지관리활동	주 기
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 유입 및 유출수로의 협잡물, 쓰레기 제거</li> </ul>	월 1회
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 측면경사의 식생 점검 및 필요시 풀베기</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 식생피복상태 점검(습지면적 50% 이상 식생피복) 및 필요시 식물의 보강식재</li> </ul>	6개월 간격
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 침입종, 병든 식물 등의 제거작업 실시</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 습지 내 식생밀도 점검 및 필요시 수확작업 실시(하절기)</li> </ul>	연 1회
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 죽은 식생 제거(동절기: 11월부터 다음해 3월까지)</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 제방 및 유출입부 구조물의 손상/파손여부 점검, 필요시 보수</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 침사지 및 습지 내 침전량 점검</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 침사지 침전물 제거(초기용량의 50% 이상 매몰시)</li> </ul>	필요시
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 습지 내 침전물 제거(습지용량이 상당 수준 감소하여 식물의 서식 여건이 나빠진 경우 또는 습지가 부영양화된 경우)</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 침식지역 복구</li> </ul>	

- 인공습지에 식재된 식물이 지속적으로 성장하여 활착될 수 있도록 관리가 필요하며, 식생대의 과도한 성장을 억제하고 유로가 편중되지 아니하도록 수생식물을 잘라내는 등 수생식물을 관리하여야 함
- 식물은 습지 수면에 그늘을 제공하여 수온을 떨어뜨리는 효과가 있어 여름철에 조류 발생을 최소화하는데 기여할 뿐만 아니라 수중의 질소나 인의 제거하는 등 수질정화에 기여함. 따라서 식물의 밀도는 인공습지의 기능을 유지하기 위한 필수조건 이기에 적절한 밀도를 유지할 수 있도록 함

- 일반적으로 인공습지의 식생이 50% 이상 고사할 때는 추가 식재를 하는 것이 바람직하며, 수질정화를 위한 부착미생물의 공간 및 생물 서식처로도 활용되기에 일정부분을 남기고 제거하도록 함
- 하절기에는 인공습지에 식재된 수생식물이 과도하게 성장하여 습지 내 수리학적 흐름을 방해, 정체구역이 발생하거나 단회로 현상을 유발시킬 수 있으므로 적절한 시기에 풀베기가 필요함
- 겨울철 발생하는 식물의 고사체는 장기적으로 내부 오염물질(유기물 및 영양염류 등)의 생성을 야기하며, 유체의 흐름을 방해하거나 변형시킬 수 있으므로 죽은 식생을 제거해야 함
- 수질 정화를 목적으로 조성되는 대부분의 인공습지는 입자상 물질 및 협잡물을 처리하기 위해 침전지 등 전처리시설을 설치하게 되는데 습지의 적정한 저류용량을 유지하고 수질정화 기능 유지를 위해 침전된 퇴적물 및 협잡물을 제거해야 함
- 협잡물 및 침전물에 대한 주기적인 점검을 시행하여 연간 1회 정도의 퇴적물 제거작업이 필요하며, 제거된 퇴적물은 오염물질의 농도 분석 후 처리하도록 함
- 침사지 용량의 50% 이상 매몰될 경우 침전물을 제거하여야 하며, 침전량이 습지 총체적기준으로 10%를 초과하지 않도록 해야 함
- 인공습지 사면은 생물의 이동 경로면서 서식처이기에 식생피복 상태를 유지할 수 있도록 관리가 필요하며, 강우 시 마찰력으로 인해 사면이 붕괴되거나 급경사가 발생할 가능성이 있기에 지속적인 관리가 필요함
- 인공습지의 지속적인 유지관리를 위해 체크리스트를 활용하여 기록을 작성하고 활용할 필요가 있음

〈표6-7〉 인공습지 유지관리 체크리스트

- 시설명 :
- 관리인 성명/주소/전화번호 :
- 점검일자/시간/현장특이사항 :

점검사항	특이사항/ 작업내용
제방/비상여수로	
식생과 식재면 덮기의 적절성	
제방침식	
인정되지 않은 식생	
제체의 갈라짐, 팽창, 무너짐	
습지, 제체선단, 수위조절 구조물의 청소 및 기능유지	
하류부에서의 침윤/누수	
사면 또는 사석파괴	
제방상단부의 수직적/수평적 형상	
비상여수로의 장애물과 오물의 제거 여부	
기타사항	
수직배수관과 주요여수로	
저유량 쓰레기 방지대책	
웨어 쓰레기 방지대책	
과도한 퇴적물	
콘크리트/벽돌의 상태	
금속파이프 상태	
조절밸브	
연못 배수밸브	
유출수로 기능	
기타사항	
연못	
인정되지 않은 식생	
부유물쓰레기 제거	
눈에 띄는 오염	
수면경계선(shoreline) 상태	
기타사항	

점검사항	특이사항/ 작업내용
침강지	
퇴적상황	
설계수심의 70% 이하 시 퇴적물 제거	
습지 내부의 평상 시 물이 없는 지역	
식생 적정성	
인정되지 않는 식물의 성장	
저유량 수로에서 장애물 제거	
정체되어 있는 물	
토사와 쓰레기의 축적	
기타사항	
습지쪽의 유입구 상태	
사석의 손상	
사면침식	
강우유출수 배수관	
골벽/전면벽	
기타사항	
기타사항	
습지나 유지관리시설의 침식	
주거지로부터 민원	
미적인 요소	
다른 공공적인 위험요소	
조성된 습지지역	
식물의 성장 양호도	
유해종의 침입 여부	
습지지역의 과도한 퇴적여부	
<b>보수활동계획</b>	<b>예정일</b>

■ 점검자 서명 :

■ 점검자 성명 :

자료 : 비점오염 저감시설의 설치 및 관리·운영 매뉴얼(환경부, 2020),

## 6.2.4 유지관리비 산출

- 유지관리비는 비점오염저감시설의 종류와 사업면적, 수질처리용량을 고려하여 유지관리에 필요한 인건비, 경비, 폐기물처리비 등을 산출함

### 가. 인건비

- 비점오염저감시설의 인건비는 시설의 유지, 관리보수 등에 드는 인력의 노임 단가를 적용하여 산출함
- 1회당 2인 1조로 관리인력을 운용하는 것으로 하였으며, 현장관리에 필요한 일용인원은 사업면적 1,500㎡당 1인, 연간 12회(일) 유지관리하는 것으로 인건비를 산출함

### 나. 경비

- 유지관리에 필요한 경비는 일반적으로 소모품, 여비, 공과금 등으로 인건비의 5%를 적용하여 산출함

### 다. 폐기물처리비

- 폐기물처리비는 비점오염저감시설 운영에 따라 발생하는 퇴적물의 준설 및 폐기물의 처리비용을 합하여 산정함
- 퇴적물 준설에 필요한 비용은 진공흡입차, 백호우 등 장비 임대료를 포함하며, 폐기물 처리비용으로 '방치폐기물 처리 이행보증금산출을 위한 폐기물의 종류별 처리단가(환경부고시 제2021-259호)'에 따른 매립 비용(146,000원/㎥) 고려

〈표6-8〉 비점오염저감시설 유지관리비용

구분	면적	유지관리비(백만원)			
		합계	인건비	경비	폐기물처리비
인공습지	5,400	8	7	0	1

## 6.3 모니터링 계획

### 6.3.1 모니터링 목적

- 비점오염저감시설의 모니터링은 저감시설을 설치한 후 저감시설 상류나 하류지점 등을 선정하여 시설의 처리효과를 확인하고 수질오염물질의 유입량 및 유출량, 제거율 등을 조사하기 위하여 유량 및 수질조사 등을 수행하는 것을 말함(비점오염저감시설의 설치 및 관리·운영 매뉴얼, 2020.2, 환경부)
- 비점오염저감시설은 주로 강우 시 비점오염 저감기능을 수행하는 특성을 가지며, 강우 시마다 서로 다른 유량과 오염정도를 가진 유입수를 처리함에 따라 비점오염저감시설의 처리효율을 확인하기 위해서 지속적인 모니터링을 수행하는 것이 바람직함

### 6.3.2 모니터링 및 평가방법

#### 가. 목적에 따른 모니터링 계획 수립

- 비점오염저감시설에 대한 모니터링계획은 그 목적에 따라 달라질 수 있음
  - ① 비점오염원 설치신고에 따른 모니터링
  - ② 오염총량관리계획 이행평가를 위한 모니터링
  - ③ 연구목적을 위한 모니터링

#### 나. 모니터링 방법 결정

- 모니터링 방법은 육안검사방법(Visual Examination)과 분석에 의한 방법(Analytical Monitoring) 등이 있음
  - ① 육안검사방법은 강우유출수질 및 시설의 관리상태 등을 대략적으로 평가할 수 있는 간단한 모니터링 방법

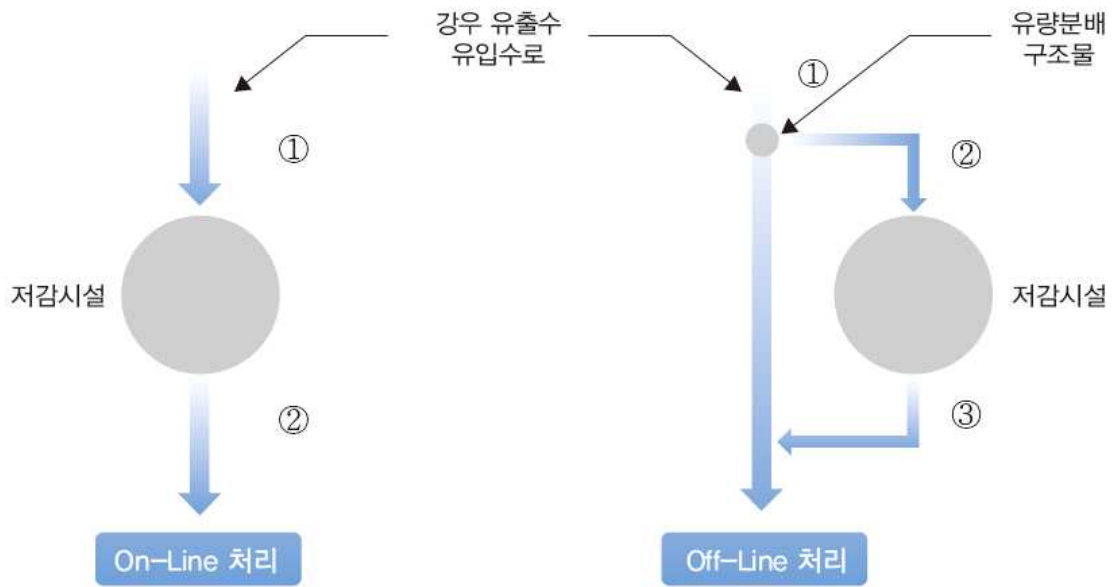
- ② 분석에 의한 방법은 모니터링 위치, 모니터링 주기, 시료채취방법, 조사항목 등을 결정하고 시료를 채취하여 수질농도를 측정하는 방법

구분	방법
육안검사방법 (Visual Examination)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 간단한 방법 : 강우유출수 수질 및 시설의 관리상태 등 대략적으로 평가               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 강우유출수 발생 후 대략 30분 이내에 시료를 채취하여, 밝은 장소에서 시료의 색도, 냄새, 탁도, 고형물, 거품, 기름띠 등의 시료 오염도를 관찰 기록하는 것</li> <li>- 다만, 강우지속시간이 길어질수록 오염물의 유출이 증가하거나 배수구역이 지나치게 클 경우에는 30분보다 증가된 시간내에서 시료를 채취할 수 있음</li> </ul> </li> </ul>
분석에 의한 방법 (Analytical Monitoring)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 모니터링 위치, 주기, 시료채취방법, 조사항목 등을 결정하고 시료를 채취하여 수질농도를 측정하는 방법               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 수질오염정도에 대해 직접적인 평가가 가능한 방법, 오염부하량 및 비점오염저감 시설의 처리효과 등을 평가하기 위해서 적용되어지는 방법</li> <li>- 이 경우 모니터링의 위치, 주기, 시료채취방법, 조사항목 등을 결정하고 이에 따라 모니터링을 실시하는 것이 좋음</li> </ul> </li> </ul>

#### 다. 모니터링 위치선정

- 모니터링 위치는 모니터링에 제한된 자원(시간, 인력, 비용 등)과 지점수에 따라 달라질 수 있으며 일반적으로 비점오염저감시설의 유입량, 유출량, 저류량 등의 수질상태를 대표하는 수질 자료를 획득 할 수 있으며 유량 및 수질 측정이 용이한 곳을 선정하는 것이 바람직함
- ① 상류지점선정
  - ② 하류지점선정
  - ③ 중간지점선정
  - ④ 강우측정지점선정

지 점	선 정 방 법
상류지점 선정	<ul style="list-style-type: none"> <li>유량이 비점오염저감시설을 통과하기 전에 오염물의 부하량 혹은 유입농도를 나타내는 결과를 산출할 수 있는 곳에 선정</li> <li>시설을 거치지 않고 우회되는 흐름(By-Pass)이 있는 경우에는 정확한 유량측정이 매우 중요해지므로 비점오염저감시설로 유입되는 유량과 우회되는 유량 및 수질을 모니터링 하는 것이 좋음</li> <li>채수 시료는 비점오염저감시설부터 충분히 떨어진 곳에 위치해야 함</li> <li>비점오염저감시설과 인접하게 되면 유출시 발생하게 되는 역류, 경사, 식재 등에 의해 영향을 받을 수 있음</li> </ul>
하류지점 선정	<ul style="list-style-type: none"> <li>하류에 선정되는 모니터링 지점은 비점오염저감시설에 의해 처리된 유량과 수질을 정확히 측정할 수 있는 곳으로 하는 것이 좋음</li> <li>채수 시료가 다른 인자에 의해 교란되기 전인 비점오염저감시설 유출구와 인접한 곳으로 선정하는 것이 좋음</li> </ul>
중간지점 선정	<ul style="list-style-type: none"> <li>비점오염저감시설이 여러 시설로 조합되었거나 다단으로 연계 처리되는 경우 각 단위 비점오염저감시설의 효율산정이나 전체 비점오염저감시설들의 효율을 파악하기 위해 중간지점을 선정하여 조사할 수 있음</li> </ul>
강우측정지점 선정	<ul style="list-style-type: none"> <li>강우측정기는 모니터링 측정지점과 가능한 한 가까운 곳에 설치하는 것이 좋고 침수나 다른 영향에 의해 영향을 받지 않는 곳에 설치하여야 함</li> </ul>



## 라. 모니터링 주기 및 시료채취방법

- 모니터링 주기는 그 목적에 따라 달라질 수 있음
  - 비점오염저감시설의 규모 및 종류, 예산 및 인력이 한계 등에 따라 모니터링을 하는 강우사상의 수, 위치, 분석항목 등을 결정
  - 계절적인 변화에 따라 강우특성이 크게 다르기 때문에 봄 4~5월, 여름 8~9월, 가을 10~11월에 강우특성별 시료채취를 실시하는 것이 좋음
  - 그 주기의 결정은 모니터링의 목적에 따라 선정하는 것이 바람직함
- 시료채취방법에는 임의시료채취 및 혼합시료채취 등이 있음
- 임의시료채취(Grab Sampling)
  - 유입 또는 유출에 대해 단순 시료채취하는 것으로 한 지점에서 해당 강우사상에 대하여 시간에 따른 강우 수질을 파악할 수 있게 해줌
  - 특히 기름, 윤활유, TPH(Total Petroleum Hydrocarbon : 총석유계탄화수소), 박테리아와 같이 신속하게 변하거나 측정용기에 흡착되는 오염물질에 대해서는 반드시 임의 시료채취방법을 선택할 필요가 있음
  - 시간대별 임의시료채취방법은 초기강우의 오염물질변화 거동을 파악할 수 있게 해줌에 따라 배수구역의 특성을 파악하는 데 매우 효과적임
  - 시간대별 임의시료채취의 횟수 등은 불투수지역과 투수지역에 따라 달라질 수 있는데, 불투수 및 투수지역에서의 시료채취횟수의 예는 다음과 같음
- 혼합시료채취(Composite Sampling)
  - 몇 개의 임의시료채취 시료를 섞어 하나의 시료를 만든 것으로 일반적으로 강우사상 중 시간 또는 흐름의 특정 간격으로 시료를 채취 후 실험실에서 혼합하는 것으로 유량가중 평균농도(EMC) 및 오염부하량을 추정하는데 효과적임

〈표6-9〉 시료채취 조건 및 주기

구분	항목	내용
불투수지역	선행건기 일수	• 3일 이상
	시료채취 횟수	• 강우사상 당 10~12회 • 강우초기(1시간) : 유출직전, 5분, 10분, 15분, 30분, 60분(6회) • 강우종기(종료시까지) : 적정시간간격(4~6회)
투수지역	선행건기 일수	• 3일 이상
	시료채취 횟수	• 강우사상 당 15회 이상 • 수문곡선 변화에 따라 시료채취시간의 조절

### 마. 조사항목의 결정

- 모니터링 시 조사항목은 예산과 모니터링 목적, 시설 및 지역특성 등을 고려하여 측정항목을 선정함
- 비점오염원 설치신고에 따른 모니터링
  - 총부유물질(TSS)과 BOD를 포함하여 비점오염원 설치신고서에 제시된 주요 발생오염물질을 추가하는 것이 바람직함
- 오염총량관리계획 이행평가를 위한 모니터링
  - BOD, COD, TN, TP, SS로 하며 필요시 측정항목을 추가할 수 있음
- 연구를 위한 모니터링
  - 투수지역과 불투수지역을 구분하여 항목을 선정하는 것이 바람직함

〈표6-10〉 도시지역과 농촌지역에서의 조사항목

구분	도시지역(불투수지역)	농촌지역(투수지역)
공통항목	• TSS, BOD, T-N, T-P, pH, Turbidity, TOC	
선택항목	• Conductivity, Oil, Grease, COD, • 중금속(Cd, Pb, Zn)	• TKN, NO <sub>2</sub> -N, NO <sub>3</sub> -N, NH <sub>4</sub> -N, PO <sub>4</sub> -P, COD

## 바. 강우사상의 선정

- 모니터링 대상이 되는 강우사상은 최소 3일(72시간)의 선행건기일수를 만족하고 강우량이 10mm 이상의 강우사상을 대상으로 하는 것이 좋음
- 모니터링 시 선행건기일수는 강우유출수의 오염농도에 영향을 미치는 인자 중의 하나이며, 선행건기일수가 짧을수록 강우유출수의 오염농도는 낮아질 가능성이 높아짐
- 또 배수구역의 투수특성에 따라 달라지지만, 강우량이 적을 경우에는 실제 유출이 발생하지 않을 가능성이 있음
- 따라서 최소 72시간 이상의 선행건기일수를 확보할 수 있는 강우사상을 대상으로 10mm이상의 강우량을 가지는 강우를 모니터링 대상으로 선정하는 것이 바람직함

## 사. 모니터링 결과의 평가

- 모니터링 결과를 통해 비점오염저감시설의 삭감효과를 평가할 때에는 부하량 합산법, 제거효율법, 평균농도법이 대표적이며, 저감 효율 산정 방법은 ‘비점오염저감시설의 설치 및 관리·운영 매뉴얼(환경부, 2020.10)’을 참고함

### (1) 부하량 합산법

- 유입되는 부하량의 합에 대한 유출 부하량의 합의 비에 기초한 효율로 정의됨. 즉, 유입총부하와 유출총부하로 제거효과 계산
- 비점오염저감시설의 효율평가 방법으로 가장 적합

$$SOL\text{에 의한 효율} = \frac{\sum \text{총유출부하}}{\sum \text{총유입부하}}$$

- 총 유출부하 및 유입부하량의 합은 다음과 같이 계산

$$\text{총유출} \cdot \text{유입부하} = \sum_{j=1}^m \left( \sum_{i=1}^n C_i V_i \right) = \sum_{j=1}^m EMC_j \cdot V_j$$

## [2] 제거효율법(Efficiency Ratio)

- 일정기간동안 개별 강우사상에 대한 유입 · 유출 EMC를 산정하고 각 EMC를 산술 평균하여 평균 EMC를 환산하여 이를 제거효율계산에 활용하는 방법

$$ER = 1 - \frac{\text{평균유출}EMC}{\text{평균유입}EMC} = \frac{\text{평균유입}EMC - \text{평균유출}EMC}{\text{평균유입}EMC}$$

- 개별강우사상에 대한 강우유출수의 EMC는 다음의 방법으로 산정

$$EMC = \frac{\sum_{i=1}^n V_i C_i}{\sum_{i=1}^n V_i}$$

여기서,  $V_i$  :  $i$  기간동안 유량  
 $C_i$  :  $i$  기간과 관련된 평균농도  
 $n$  : 강우사상동안 측정 결과의 총수

- 평균 EMC는 개별 강우사상의 EMC를 산술평균하는 방법으로 산정

$$\text{평균}EMC = \frac{\sum_{j=1}^m EMC_j}{m}$$

여기서,  $m$  : 측정된 강우사상의 수

## [3] 평균농도법(Mean Concentration)

- 평균유입수 농도와 평균유출수 농도로 효율을 산정하는 방법
- 오직 농도만으로 제거효율을 평가하는 방법으로 유량자료가 없거나 단일 시료에 대한 평가에 적용 가능하며, 강우사상 전체를 평가하는 방법으로는 부적합할 수 있음

$$\text{평균농도에 의한 효율} = 1 - \frac{\text{평균유출농도}}{\text{평균유입농도}}$$

### 6.3.3 모니터링 계획 및 비용

#### 가. 모니터링 계획

- 「오염총량관리시행계획 이행평가기준(환경부고시 제2022-228호)」에서는 유량 및 수질조사의 대상 및 조사주기를 다음과 같이 규정하고 있음
- 이행평가를 위한 수질검사항목은 생물화학적산소요구량(BOD), 화학적산소요구량(COD), 부유물질(SS), 총인(T-P), 총질소(T-N) 등 5개 항목이며, 강우시 가동되는 비점오염저감시설의 유량 및 수질측정을 위한 채수간격은 유입(출)이 시작시점부터 1시간까지는 15분 간격, 이후 유입(출)이 중단되는 시점까지는 1~4시간 간격으로 규정

〈표6-11〉 수질·유량의 조사대상 및 주기

조사 대상		조사 주기
비점오염저감시설	강우시 가동되는 시설	누적처리용량 10,000m <sup>3</sup> 이상 또는 시간당 처리용량 1,500m <sup>3</sup> 이상
	강우시 가동되는 시설	누적처리용량 10,000m <sup>3</sup> 미만 또는 시간당 처리용량 1,500m <sup>3</sup> 미만

자료 : 오염총량관리시행계획 이행평가 기준(환경부고시 제2022-228호)

- 강우시 가동되는 비점오염저감시설 중 누적처리용량 3,500세제곱미터 또는 시간당 처리용량 500세제곱미터 미만인 시설로 국립환경과학원장이 정하는 비점오염저감시설 유지관리실적대장 작성지침에 따른 유지관리실적대장을 제출하는 경우 기본삭감량을 인정할 수 있다. 다만, 다음 각목 중 어느 하나에 해당하는 경우에는 제외
  - (1) 개별사업장에서 여러 개의 저감시설을 동시에 운영하여 사업장 내 시설의 전체 누적처리용량이 3,500세제곱미터 이상 또는 시간당 500세제곱미터 이상인 경우
  - (2) 수생태보전법 제53조에서 정하는 바에 따라 이행명령 등을 받은 시설

- 군산시 비점오염저감시설의 모니터링 계획은 「오염총량관리시행계획 이행평가기준(환경부고시 제2022-228호)」을 참고하여 수질·유량의 조사대상 및 주기를 정함

〈표6-12〉 수질·유량의 조사대상 및 주기

모니터링 지점 및 방법	• 비점오염저감시설의 유입지점과 유출지점을 대상으로 모니터링을 통해 시료를 채취 하여 수질농도를 측정하는 분석에 의한 방법 선정
모니터링 주기	• 연간 3회 또는 6회 강우사상을 모니터링하며, 모니터링 주기는 강우사상 당 12회
모니터링 대상 강우량	• 모니터링 대상이 되는 강우사상은 최소 3일(72시간)의 선행건기일수를 만족하고, 강우량이 10mm 이상
모니터링 항목	• 유량, BOD, COD, TOC, SS, T-N, T-P

#### 나. 모니터링 비용 산출

- 모니터링 계획에서의 모니터링 지점 및 주기, 측정항목을 토대로 ‘환측협 수수료공표 제2015-1호’ 측정대행업의 측정수수료를 참고하여 연간 모니터링비 산출
- 비점오염저감시설 누적처리용량 및 시간당 처리용량별 각각 연간 약 14백만원, 약27백만원의 모니터링비 소요

〈표6-13〉 지점당 연간 수질분석 비용

구분	지점수	조사횟수	조사주기	조사항목	단가(원)	비용(원)
누적처리용량 10,000m <sup>3</sup> 이상 또는 시간당 처리용량 1,500m <sup>3</sup> 이상	2	6	12	유량, BOD, COD, TOC, SS, T-N, T-P	190,300	13,701,600
누적처리용량 10,000m <sup>3</sup> 미만 또는 시간당 처리용량 1,500m <sup>3</sup> 미만		3				2,7403,200

주) 환측협 수수료공표 2015-1호 측정수수료, 한국환경측정대행업협회



제7장

재정계획



# | 제7장 재정 계획 |

## 7.1 사업비 총괄

### 7.1.1 비점오염저감시설 설치 사업비 총괄

- 비점오염저감시설 설치사업의 사업비는 공사비, 시설부대경비, 유지관리비, 준설비용, 모니터링비 등으로 구분하여 사업비 산정기준에 따라 산정하였음
  - 사업비 세부 산정기준은 앞서 '5.2.3 소요 사업비 산정'과 '6.2.4 유지관리비 산출', '6.3.3 모니터링 계획 및 비용'에서 제시
- 사업비 산정기준을 토대로 비점오염저감시설 설치사업에 대한 사업비를 산정한 결과, 총 1,209백만원이 소요되는 것으로 산정됨
  - 사업시행전 준설비용은 48백만원
  - 비점오염저감시설 설치 후, 유지관리 및 수질모니터링에 드는 비용은 연간 22백만원

〈표7-1〉 비점오염저감시설 설치사업 소요 사업비

(단위:백만원)

구분	사업비			준설비	유지관리비 (연간)	모니터링비 (연간)
	계	공사비	시설부대경비			
비점오염저감사업	1,209	1,080	129	48	8	14

### 7.1.1 비점오염 저감시설 설치에 따른 경제성 분석

- 경제성은 이익분석(B)과 비용분석(C)를 고려하여 검토를 실시하며, B/C가 높을수록 경제적으로 유리한 사업으로 판단됨
- 비용분석 시에는 설치비, 시공비뿐만 아니라 유지관리비용을 포함하여 산정하였음
- 비용분석은 비점오염저감시설 설치 사업비를 반영하였으며, 이익분석은 비점오염 저감효율을 반영함

〈표7-2〉 비점오염저감시설 설치 경제성 분석

경제성 분석	
이익분석 (Benefits)	- 목표 비점오염 저감효율 산정 : BOD, SS, N-P 등 목표 비점오염 저감효율 산정이 필요
비용분석 (Cost)	- 규모별 재료비 및 설치비용 산정 : 유지관리비용도 고려해야함
경제성 검토	- B/C 고려하여 경제성이 가장 우수한 공법을 우선적으로 선정하여야하나, 현장조건에 의하여 불가능한 공법이 있을수 있으므로, 현장조건 고려도 병행되어야 함 (설치예정 시설에 대한 경제성 분석)

- 경제성 분석결과 B/C 0.24로 다소 낮은 수치를 보이고 있으나 비점저감시설 설치에 따른 수질개선 효과 및 오염사고 발생에 따른 경제적 이익을 포함한다면 경제성 분석은 증가할 것으로 판단됨

〈표7-3〉 비점오염저감시설 설치에 따른 경제성 분석 결과

구분	단위	수량	총사업비 (천원)	단위공사비 C(천원)	저감효율 B(%)	경제성 (B/C)
비점오염저감사업 (인공습지설치)	㎡	5,400	1,279,000	237	53~60	0.24

## 7.2 재원조달방안

- 군산시 비점오염원 관리를 위한 저감시설의 설치에 필요한 총 사업비는 1,209백만원으로 산정되었다.
- 비점오염저감사업은 다음 법령에 근거하여 국고보조금 사업으로 2024년도 국고보조율이 비점오염원 관리지역 70%, 일반지역 50%로 제시되어 있음
  - 군산시는 일반지역에 해당되어 국고 50%, 지방비 50%의 비율로 분담
- 「국가 재정법」, 「보조금 관리에 관한 법률」
- 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」제3조, 제57조, 제69조

〈표7-4〉 2024년도 국고보조사업 사업비 비율

구 분	국고	지방비
비점오염원 관리지역	70%	30%
일반지역	50%	50%
군산시(일반지역)	50%	50%

- 군산시 비점오염관리에 필요한 전체 사업비는 국비(50%)는 604.5백만원이며, 지방비(50%) 604.5백만원이 소요되는 것으로 나타남

〈표7-5〉 군산시 비점오염관리에 따른 재원조달방안

(단위 : 백만원)

구 분	총사업비	국비(50%)	지방비(50%)
비점오염저감사업	1,209	604.5	604.5

