

발 간 등 록 번 호

11-1543000-001603-10

# 2017 농업용수 수질개선사업 사후모니터링 보고서

2017. 12



농림축산식품부



한국농어촌공사





# 요 약 문

## I. 조사개요

### □ 목 적

- 수질개선시설의 적정 운영상태 점검 및 정화효율 검증을 통해 효율적 운영방안과 설계 개선방안 도출

### □ 대상지구

- 준공 4년차 이상 14지구

감돈지구(전남 무안, 운영 14년차)	홍동지구(충남 홍성, 운영 8년차)
개천지구(경북 의성, 운영 8년차)	가산지구(경남 밀양, 운영 7년차)
월천지구(전남 함평, 운영 6년차)	궁산지구(전북 고창, 운영 6년차)
설성지구(경기 이천, 운영 5년차)	둔전지구(전남 진도, 운영 5년차)
성암지구(충남 서산, 운영 5년차)	대승지구(경북 영천, 운영 5년차)
신휴지구(충남 아산, 운영 4년차)	승언2지구(충남 태안, 운영 4년차)
상성지구(충남 아산, 운영 4년차)	도덕지구(전남 고흥, 운영 4년차)

### □ 조사내용

- 조사방법
  - 수질조사 : 수질개선대책시설 유입수와 유출수의 농도 및 유량을 측정하여 정화효율 검증
  - 퇴적물조사 : 인공습지와 침강지 대표지점에 대한 오염정도 및 유지관리 방안 모색
- 수질조사
  - 조사지점 : 인공습지, 침강지 유입·유출부 각 1곳
  - 조사빈도 : 5회/년(강우조사 1회 이상 포함)
  - 조사항목 : 수온, pH, EC, DO, SS, COD, TOC, TN, TP, Chl-a, 유량
- 퇴적물조사
  - 조사지점 : 인공습지 및 침강지 대표지점 1곳
  - 조사빈도 : 1회/년
  - 조사항목 : T-N, T-P, 유기물, 강열감량, pH, 전기전도도, 유효인산, 입도분포
- 효율산정
  - 정화효율 산정식 :  $((\text{유입부하량} - \text{유출부하량}) / \text{유입부하량}) \times 100(\%)$

## II. 모니터링 결과

운영연차	지구명	정화효율 및 특징
14년차	감 돈	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 지표흐름습지(1호) : TOC -4.6%, T-N 43.6%, T-P 40.7%</li> <li>- 침 강 지(1호) : TOC 14.5%, T-N 33.8%, T-P 60.6%</li> </ul> ⇒ 극심한 가뭄으로 인한 유입수량 감소가 침강지 내 체류시간을 증대시켰고, 조류발생 증가 등 TOC 물질 증가에 기인
8년차	홍 동	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 지표흐름습지(1호) : TOC -40.3%, T-N 66.3%, T-P -183.1%</li> <li>- 침 강 지(3호) : TOC 39.1%, T-N 74.4%, T-P 85.1%</li> </ul> ⇒ 준공 8년차로 지표흐름습지는 유입토사 및 고사체 축적 등으로 정화효율이 낮게 나타남. '16년 수질개선시설 고도화사업(침강지와 습지 퇴적토 제거, 습지 구획화, 지하흐름습지 정비 등)과 '17년 6월 침강지 준설사업을 시행하여 추후 개선시설의 효율 향상이 기대됨
	개 천	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 지표흐름습지(1호) : TOC -18.8%, T-N 30.2%, T-P 3.1%</li> <li>- 침 강 지(1호) : TOC 1.8%, T-N 45.9%, T-P 48.0%</li> </ul> ⇒ '15년부터 이어진 가뭄 및 집중호우로 유입량 부족과 고농도 비점오염 물질 일시유입 등 수질개선시설의 정상 운영 곤란. 또한 습지내 식생의 과밀성장과 사멸에 따른 2차 오염으로 유기물의 정화효율이 낮게 나타남
7년차	가 산	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 지표흐름습지(1호) : TOC -25.3%, T-N 59.0%, T-P 59.4%</li> <li>- 침 강 지(1호) : TOC 36.7%, T-N 60.9%, T-P 84.7%</li> </ul> ⇒ 유입수 수질은 양호하지만, 유입수 부족으로 습지내 체류시간이 길어지고 내부부하량 증가, 식물체 고사 등으로 유기물의 정화효율이 낮게 나타남
6년차	월 천	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 지표흐름습지 : TOC -35.1%, T-N 65.7%, T-P 63.2%</li> <li>- 침 강 지 : TOC -5.6%, T-N -1.0%, T-P -9.5%</li> </ul> ⇒ '16년 수질개선시설(취입보)의 비정상적 운영으로 누적된 내부생산량 증가와 '17년 가뭄 및 강수량 부족 등으로 정화효율이 낮게 나타남 ⇒ 침강지의 경우 폭이 좁은 형태로 인해 유속이 빨라져서 오염물질의 침전제거 효과가 낮은 것으로 조사됨
	궁 산	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 지표흐름습지(1호) : TOC -4.8%, T-N 47.9%, T-P 74.8%</li> <li>- 침 강 지(1호) : TOC -39.6%, T-N 11.9%, T-P -25.0%</li> </ul> ⇒ '15년부터 이어진 가뭄으로 습지 유입수량 부족 및 체류시간 증가로 습지 효율 감소. 침강지 횡단면 부족으로 유속증가, 재부유 등으로 정화효율이 일부 낮게 나타남

운영연차	지구명	정화효율 및 특징
5년차	설 성	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 지표흐름습지(1호) : TOC 7.6%, T-N 44.9%, T-P 1.7%</li> <li>- 지표흐름습지(2호) : TOC -24.2%, T-N 49.2%, T-P 30.5%</li> <li>- 지표흐름습지(3호) : TOC -43.9%, T-N 75.0%, T-P 65.4%</li> </ul> <p>⇒ 과밀한 식생에 의한 습지내 정화식물 고사 등으로 유기물 정화효율은 음의 값을 나타내었으나, 총질소와 총인의 정화효과는 양호하게 나타났음</p>
	둔 전	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 지표흐름습지(1호) : TOC -17.5%, T-N 39.1%, T-P 45.8%</li> <li>- 침 강 지 : TOC -40.0%, T-N 46.2%, T-P 42.2%</li> </ul> <p>⇒ 극심한 가뭄에 따른 제한된 유입유량으로 식생 정화효율 낮게 나타남</p>
	성 압	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 지표흐름습지(1호) : TOC -28.8%, T-N 39.5%, T-P 28.3%</li> <li>- 고 효율 습 지 : TOC 2.6%, T-N 9.7%, T-P -5.3%</li> <li>- 침 강 지(1호) : TOC 7.4%, T-N -0.3%, T-P 2.8%</li> </ul> <p>⇒ 수년간 지속된 가뭄에 따른 습지내 유입수 공급량 부족으로 정화효율이 낮게 나타남. 유기물지표(TOC) 정화효율은 낮고, 부유물(SS) 및 영양염류지표(T-N, T-P) 정화효율은 상대적으로 높게 나타남</p>
	대 승	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 지표흐름습지(1호) : TOC -21.3%, T-N 62.1%, T-P 35.1%</li> <li>- 지표흐름습지(2호) : TOC 10.0%, T-N 28.1%, T-P 40.4%</li> <li>- 침 강 지(1호) : TOC 18.9%, T-N 84.4%, T-P 87.4%</li> </ul> <p>⇒ 지속된 가뭄으로 인한 습지 유입수량 불안정, 식생 밀식성장·고사 등으로 유기물의 정화효율이 낮게 나타남</p>
4년차	신 휴	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 지표흐름습지(1호) : TOC -10.6%, T-N 57.5%, T-P 37.0%</li> <li>- 침 강 지(1호) : TOC 6.8%, T-N 32.0%, T-P 54.9%</li> </ul> <p>⇒ 지속된 가뭄으로 인한 습지 유입수량 불안정, 식생 밀식성장·고사 등으로 유기물의 정화효율이 낮게 나타남 반면, 영양염류(T-N, T-P) 제거효율은 상대적으로 높게 나타남</p>
	승언2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 지표흐름습지(1호) : TOC 21.2%, T-N 75.0%, T-P 67.2%</li> <li>- 지표흐름습지(2호) : TOC -11.0%, T-N 47.6%, T-P 26.7%</li> </ul> <p>⇒ 지속된 가뭄으로 인한 습지 유입수량 불안정, 식생 밀식성장·고사 등으로 유기물의 정화효율이 낮게 나타남 반면, 영양염류(TN, TP) 제거효율은 상대적으로 높게 나타남</p>

운영연차	지구명	정화효율 및 특징
	상 성	- 지표흐름습지(1호) : TOC -63.4%, T-N 33.1%, T-P 39.6% - 지표흐름습지(2호) : TOC -75.9%, T-N 21.0%, T-P -38.6% - 침 강 지 : TOC 11.2%, T-N 52.7%, T-P 0.3% ⇒ 지속된 가뭄으로 인한 습지 유입수량 부족으로 유기물의 정화 효율이 낮게 나타난 반면, 영양염류(T-N) 제거효율은 상대적으로 높게 나타남
	도 덕	- 침 강 지 : TOC -4.7%, T-N 53.9%, T-P 44.8% ⇒ 침강지의 수질정화효율이 높게 나타났으며, 비교적 안정적으로 시설이 운영되고 있는 것으로 판단됨

### III. 결 론

- 최근 기후변화에 따른 극심한 가뭄으로 인공습지 유입수량이 부족해 정상운영이 어려운 저수지가 많았고, 수생식물이 정착된 4년 이상 경과한 시설의 경우에도 가뭄으로 인한 체류시간의 과도한 증가와 식생의 사멸로 인해 정화효율저하가 관찰됨
- 가뭄 등 외부 환경변화에 대응하기 위해서는 인공습지의 안정적 유입수량 확보가 필수적이며, 이를 위해서는 침강지 또는 저수지 본체의 물을 양수할 수 있는 펌프 시설 설치 등 취수시설 개선이 필요함
- 습지내부에 정수식물 이외의 잡풀과 마름, 연 등의 수생식물이 번식하고 이들의 사멸에 따라 정화효율이 저하되는 경우가 있어, 습지내의 수생식물 관리가 필요함
- 준공 후 지속적인 토사 유입으로 침강지내 퇴적물의 오염이 가중되고 있으며, 오랜 정체에 따른 내부생산량 증가가 저수지 수질악화의 원인이 되기도 함. 따라서 침강지 준설 계획 수립과 함께 신규 수질개선시설 설계시 침강지내 소규모 부뎀을 추가 설치하여 준설 용이성을 향상시킬 필요가 있음
- 기후변화에 따른 강우패턴 변화로 수질개선공법 선정과정에서 인공습지 및 침강지 등 기존 공법을 기본으로, 점오염원 유입패턴에 대응할 수 있는 물리화학적 처리공법에 대한 추가 반영을 검토할 필요가 있음
- 사후모니터링 결과를 피드백하여 기본조사시 설계에 반영하고 있으며, 향후에도 지속적으로 정화효율 향상 및 유지관리 방안을 제시하고자 함

# 목 차

<b>1. 서론</b> .....	<b>1</b>
1.1. 수질개선사업의 배경 및 목적 .....	3
1.2. 수질개선사업 개요 .....	4
1.3. 조사내용 및 방법 .....	5
<b>2. 감동지구</b> .....	<b>9</b>
2.1. 지구현황 .....	13
2.2. 기상 및 수질현황 .....	21
2.3. 시설별 수질개선효과 .....	26
2.4. 저수지 수질변화 및 개선효과 .....	41
2.5. 현장적용성 향상 및 유지관리 방안 .....	43
2.6. 요 약 .....	44
<b>3. 흥동지구</b> .....	<b>45</b>
3.1. 지구현황 .....	49
3.2. 기상 및 수질현황 .....	62
3.3. 시설별 수질개선효과 .....	67
3.4. 저수지 수질변화 및 개선효과 .....	86
3.5. 현장적용성 향상 및 유지관리 방안 .....	89
3.6. 요 약 .....	89
<b>4. 개천지구</b> .....	<b>91</b>
4.1. 지구현황 .....	95
4.2. 기상 및 수질현황 .....	107
4.3. 시설별 수질개선효과 .....	112
4.4. 저수지 수질변화 및 개선효과 .....	126
4.5. 현장적용성 향상 및 유지관리 방안 .....	128
4.6. 요 약 .....	129
<b>5. 가산지구</b> .....	<b>131</b>
5.1. 지구현황 .....	135
5.2. 기상 및 수질현황 .....	147
5.3. 시설별 수질개선효과 .....	151
5.4. 저수지 수질변화 및 개선효과 .....	163
5.5. 현장적용성 향상 및 유지관리 방안 .....	165
5.6. 요 약 .....	165



<b>6. 월천지구</b> .....	<b>167</b>
6.1. 지구현황 .....	171
6.2. 기상 및 수질현황 .....	180
6.3. 시설별 수질개선효과 .....	185
6.4. 저수지 수질변화 및 개선효과 .....	197
6.5. 현장적용성 향상 및 유지관리 방안 .....	200
6.6. 요 약 .....	200
<b>7. 중산지구</b> .....	<b>203</b>
7.1. 지구현황 .....	207
7.2. 기상 및 수질현황 .....	221
7.3. 시설별 수질개선효과 .....	225
7.4. 저수지 수질변화 및 개선효과 .....	242
7.5. 현장적용성 향상 및 유지관리 방안 .....	244
7.6. 요 약 .....	244
<b>8. 설성지구</b> .....	<b>247</b>
8.1. 지구현황 .....	251
8.2. 기상 및 수질현황 .....	265
8.3. 시설별 수질개선효과 .....	270
8.4. 저수지 수질변화 및 개선효과 .....	280
8.5. 현장적용성 향상 및 유지관리 방안 .....	283
8.6. 요 약 .....	286
<b>9. 둔전지구</b> .....	<b>287</b>
9.1. 지구현황 .....	291
9.2. 기상 및 수질현황 .....	299
9.3. 시설별 수질개선효과 .....	304
9.4. 저수지 수질변화 및 개선효과 .....	321
9.5. 현장적용성 향상 및 유지관리 방안 .....	323
9.6. 요 약 .....	323
<b>10. 성암지구</b> .....	<b>325</b>
10.1. 지구현황 .....	329
10.2. 기상 및 수질현황 .....	340
10.3. 시설별 수질개선효과 .....	345
10.4. 저수지 수질변화 및 개선효과 .....	363
10.5. 현장적용성 향상 및 유지관리 방안 .....	365
10.6. 요 약 .....	366

<b>11. 대승지구</b> .....	<b>367</b>
11.1. 지구현황 .....	371
11.2. 기상 및 수질현황 .....	381
11.3. 시설별 수질개선효과 .....	385
11.4. 저수지 수질변화 및 개선효과 .....	402
11.5. 현장적용성 향상 및 유지관리 방안 .....	404
11.6. 요 약 .....	404
<b>12. 신희지구</b> .....	<b>405</b>
12.1. 지구현황 .....	409
12.2. 기상 및 수질현황 .....	421
12.3. 시설별 수질개선효과 .....	426
12.4. 저수지 수질변화 및 개선효과 .....	438
12.5. 현장적용성 향상 및 유지관리 방안 .....	440
12.6. 요 약 .....	441
<b>13. 승언2지구</b> .....	<b>443</b>
13.1. 지구현황 .....	447
13.2. 기상 및 수질현황 .....	455
13.3. 시설별 수질개선효과 .....	459
13.4. 저수지 수질변화 및 개선효과 .....	468
13.5. 현장적용성 향상 및 유지관리 방안 .....	470
13.6. 요 약 .....	471
<b>14. 상성지구</b> .....	<b>473</b>
14.1. 지구현황 .....	477
14.2. 기상 및 수질현황 .....	486
14.3. 시설별 수질개선효과 .....	491
14.4. 저수지 수질변화 및 개선효과 .....	503
14.5. 현장적용성 향상 및 유지관리 방안 .....	505
14.6. 요 약 .....	505
<b>15. 도덕지구</b> .....	<b>507</b>
15.1. 지구현황 .....	511
15.2. 기상 및 수질현황 .....	516
15.3. 시설별 수질개선효과 .....	520
15.4. 저수지 수질변화 및 개선효과 .....	528
15.5. 현장적용성 향상 및 유지관리 방안 .....	530
15.6. 요 약 .....	530

---

16. 지구별 모니터링 결과 .....	531
17. 지구별 유지관리 이력카드 .....	547
참고문헌 .....	577
참여자명단 .....	579

# 표 목 차

[표 1-3-1] 수질 분석방법 .....	6
[표 1-3-2] 퇴적물 분석방법 .....	6
[표 2-1-1] 감돈저수지 경.위도상 위치 .....	13
[표 2-1-2] 감돈저수지 일반현황 .....	14
[표 2-1-3] 감돈저수지 수질개선시설 현황 .....	15
[표 2-1-4] 인공습지 설계유량 및 규모 .....	15
[표 2-1-5] 제1호 인공습지 제원 .....	15
[표 2-1-6] 침강지 특성표 .....	17
[표 2-1-7] 침강지 특성표 .....	19
[표 2-2-1] 감돈저수지 유역 사업시행 전.후 월별 기온 분포 .....	21
[표 2-2-2] 감돈저수지 유역 사업시행 전.후 월별 강수량 분포 .....	22
[표 2-2-3] 감돈저수지 목표수질 .....	22
[표 2-2-4] 감돈저수지 유역 내 인구변화 추이 .....	23
[표 2-2-5] 감돈저수지 유역 내 연도별 축산변화 .....	23
[표 2-2-6] 감돈저수지 유역 내 지목별 토지이용현황 .....	24
[표 2-2-7] 2017년 감돈저수지 유역 내 발생부하량 .....	24
[표 2-2-8] 감돈저수지 유역 내 연도별 오염물질 발생부하량 .....	25
[표 2-2-9] 감돈저수지 수질변화 .....	25
[표 2-3-1] 감돈저수지 수질 및 퇴적물 조사시기 .....	26
[표 2-3-2] 감돈저수지 인공습지 수질변화 .....	28
[표 2-3-3] 7개년 감돈지구 인공습지 정화효율 .....	28
[표 2-3-4] 감돈저수지 1호 침강지 수질변화 .....	33
[표 2-3-5] 7개년 감돈지구 침강지 수질 .....	34
[표 2-3-6] 7개년 감돈지구 침강지 정화효율 .....	35
[표 2-3-7] 감돈저수지 인공습지 및 침강지 퇴적물 조사 결과 .....	40
[표 2-3-8] 호소 퇴적물 오염평가 기준 .....	40
[표 2-4-1] 감돈저수지 월별 저수율 현황 .....	41
[표 3-1-1] 흥동저수지 경.위도상 위치 .....	49
[표 3-1-2] 흥동저수지 일반현황 .....	51
[표 3-1-3] 흥동저수지 수질개선시설 현황 .....	51
[표 3-1-4] 인공습지 계획유량 .....	52
[표 3-1-5] 1호 인공습지 제원 .....	52
[표 3-1-6] 2호 인공습지 제원 .....	54
[표 3-1-7] 3호 인공습지 제원 .....	55
[표 3-1-8] 흥동저수지 침강지 제원 .....	58
[표 3-2-1] 흥동저수지 유역 사업시행 전.후 월별 기온 분포 .....	62

[표 3-2-2] 홍동저수지 유역 사업시행 전·후 월별 강수량 분포	63
[표 3-2-3] 홍동저수지 목표수질	64
[표 3-2-4] 홍동저수지 유역 내 인구변화 추이	65
[표 3-2-5] 홍동저수지 유역 내 연도별 축산변화	65
[표 3-2-6] 홍동저수지 유역 내 지목별 토지이용현황	65
[표 3-2-7] 오염물질 발생부하량	66
[표 3-2-8] 연도별 오염물질 발생부하량	66
[표 3-2-9] 홍동저수지 수질현황	66
[표 3-3-1] 홍동저수지 수질 및 퇴적물 조사시기	67
[표 3-3-2] 홍동저수지 1호 인공습지 수질변화	69
[표 3-3-3] 7개년 홍동지구 1호 인공습지 수질	69
[표 3-3-4] 홍동저수지 1호 인공습지 정화효율	70
[표 3-3-5] 홍동저수지 1호 침강지 수질변화	74
[표 3-3-6] 홍동저수지 3호 침강지 수질변화	75
[표 3-3-7] 7개년 홍동저수지 침강지(3호) 정화효율	76
[표 3-3-8] 홍동저수지 지하흐름습지 수질변화	81
[표 3-3-9] 홍동저수지 지하흐름습지 정화효율	81
[표 3-3-10] 홍동저수지 인공습지 및 침강지 퇴적물 조사 결과	86
[표 3-3-11] 호소 퇴적물 오염평가 기준	86
[표 3-4-1] 홍동저수지 월별 저수율 현황	87
[표 4-1-1] 개천저수지 경·위도상 위치	95
[표 4-1-2] 개천저수지 일반현황	96
[표 4-1-3] 개천저수지 수질개선시설 현황	97
[표 4-1-4] 개천저수지 수질개선대책사업 보완공사 내역	97
[표 4-1-5] 인공습지 설계유량 및 규모	98
[표 4-1-6] 침강지 특성표	102
[표 4-1-7] 침강지 내용적 측량 결과	104
[표 4-2-1] 개천저수지 유역 사업시행 전·후 월별 기온 현황	107
[표 4-2-2] 사업시행 전·후 강수량 현황	108
[표 4-2-3] 개천저수지 목표수질	108
[표 4-2-4] 개천저수지 유역내 인구변화 추이	109
[표 4-2-5] 개천저수지 유역내 연도별 축산변화	109
[표 4-2-6] 개천저수지 유역내 지목별 토지이용현황	109
[표 4-2-7] 2017년 개천저수지 유역내 발생부하량	110
[표 4-2-8] 개천저수지 유역내 연도별 오염물질 발생부하량	110
[표 4-2-9] 개천저수지 수질변화	111
[표 4-3-1] 개천저수지 수질 및 퇴적물 조사시기	112
[표 4-3-2] 개천지구 1호 인공습지 수질변화	113
[표 4-3-3] 개천지구 1호 인공습지 수질	114

[표 4-3-4] 개천지구 인공습지 정확효율 .....	114
[표 4-3-5] 1호 침강지 수질변화 .....	119
[표 4-3-6] 1호 침강지 5개년 평균 수질 .....	120
[표 4-3-7] 1호 침강지 5개년 평균 정확효율 .....	121
[표 4-3-8] 개천저수지 인공습지 및 침강지 퇴적물 조사 결과 .....	125
[표 4-3-9] 호소 퇴적물 오염평가 기준 .....	126
[표 5-1-1] 가산저수지 경.위도상 위치 .....	135
[표 5-1-2] 가산저수지 일반현황 .....	136
[표 5-1-3] 가산저수지 수질개선시설 현황 .....	137
[표 5-1-4] 인공습지 설계유량 및 규모 .....	138
[표 5-1-5] 제1호 인공습지 제원 .....	138
[표 5-1-6] 제2호 인공습지 제원 .....	139
[표 5-1-7] 침강지 특성표 .....	143
[표 5-1-8] 침강지 특성표 .....	145
[표 5-2-1] 가산저수지 유역 사업시행 전.후 월별 기온 현황 .....	147
[표 5-2-2] 가산저수지 유역 사업시행 전.후 월별 강수량 현황 .....	148
[표 5-2-3] 가산저수지 목표수질 .....	148
[표 5-2-4] 가산저수지 유역 내 인구변화 추이 .....	149
[표 5-2-5] 가산저수지 유역 내 연도별 축산변화 .....	149
[표 5-2-6] 가산저수지 유역 내 지목별 토지이용현황 .....	149
[표 5-2-7] 2017년 가산저수지 유역 내 발생부하량 .....	150
[표 5-2-8] 가산저수지 유역 내 연도별 오염물질 발생부하량 .....	150
[표 5-2-9] 가산저수지 수질현황 .....	151
[표 5-3-1] 가산저수지 수질 및 퇴적물 조사 시기 .....	151
[표 5-3-2] 가산저수지 1호 인공습지 수질변화 .....	153
[표 5-3-3] 5개년 가산지구 인공습지 정확효율 .....	154
[표 5-3-4] 가산저수지 1호 침강지 수질변화 .....	157
[표 5-3-5] 5개년 가산지구 침강지 수질변화 .....	158
[표 5-3-6] 5개년 가산지구 침강지 정확효율 .....	159
[표 5-3-7] 가산저수지 인공습지 및 침강지 퇴적물 조사 결과 .....	162
[표 5-3-8] 호소 퇴적물 오염평가 기준 .....	162
[표 5-4-1] 가산저수지 월별 저수율 현황 .....	163
[표 6-1-1] 월천저수지 경.위도상 위치 .....	171
[표 6-1-2] 월천저수지 주요시설 현황 .....	173
[표 6-1-3] 월천저수지 수질개선시설 현황 .....	174
[표 6-1-4] 인공습지 계획유량 .....	174
[표 6-1-5] 인공습지 제원 .....	175
[표 6-1-6] 침강지 제원 .....	177
[표 6-1-7] 침강지 내용적 측량 결과 .....	178

[표 6-2-1] 월천저수지 유역 사업시행 전·후 월별 기온 분포 .....	180
[표 6-2-2] 월천저수지 유역 사업시행 전·후 월별 강수량 분포 .....	181
[표 6-2-3] 월천저수지 목표수질 .....	181
[표 6-2-4] 월천저수지 유역 내 인구변화 추이 .....	182
[표 6-2-5] 월천저수지 유역 내 연도별 축산변화 .....	182
[표 6-2-6] 월천저수지 유역 내 지목별 토지이용현황 .....	183
[표 6-2-7] 2017년 월천저수지 유역 내 발생부하량 .....	183
[표 6-2-8] 월천저수지 유역 내 연도별 오염물질 발생부하량 .....	184
[표 6-2-9] 월천저수지 수질현황 .....	184
[표 6-3-1] 월천저수지 수질 및 퇴적물 조사 시기 .....	185
[표 6-3-2] 월천저수지 인공습지 수질변화 .....	186
[표 6-3-3] 5개년 월천지구 인공습지 정화효율 .....	187
[표 6-3-4] 월천저수지 침강지 수질변화 .....	192
[표 6-3-5] 월천저수지 침강지 정화효율 .....	192
[표 6-3-6] 월천저수지 인공습지 및 침강지 퇴적물 조사 결과 .....	197
[표 6-3-7] 호소 퇴적물 오염평가 기준 .....	197
[표 6-4-1] 월천저수지 월별 저수율 현황 .....	198
[표 7-1-1] 공산저수지 경·위도상 위치 .....	207
[표 7-1-2] 공산저수지 일반현황 .....	209
[표 7-1-3] 공산저수지 수질개선시설 현황 .....	210
[표 7-1-4] 인공습지 계획유량 .....	211
[표 7-1-5] 인공습지 제원 .....	212
[표 7-1-6] 침강지 제원 .....	216
[표 7-1-7] 침강지 내용적 측량결과 .....	217
[표 7-1-8] 인공식물섬 제원 .....	220
[표 7-2-1] 공산저수지 유역 사업시행 전·후 월별 기온 현황 .....	221
[표 7-2-2] 공산저수지 유역 사업시행 전·후 월별 강수량 현황 .....	222
[표 7-2-3] 공산저수지 목표수질 .....	222
[표 7-2-4] 공산저수지 유역 내 인구변화 추이 .....	223
[표 7-2-5] 공산저수지 유역 내 연도별 축산변화 .....	223
[표 7-2-6] 공산저수지 유역 내 지목별 토지이용현황 .....	224
[표 7-2-7] 2017년 공산저수지 유역 내 발생부하량 .....	224
[표 7-2-8] 공산저수지 유역 내 연도별 오염물질 발생부하량 .....	224
[표 7-2-9] 공산저수지 수질현황 .....	225
[표 7-3-1] 공산저수지 수질 및 퇴적물 조사 시기 .....	226
[표 7-3-2] 공산저수지 인공습지 수질변화 .....	227
[표 7-3-3] 공산저수지 인공습지 정화효율 .....	228
[표 7-3-4] 공산저수지 침강지 수질변화 .....	234
[표 7-3-5] 공산저수지 침강지 정화효율 .....	235

[표 7-3-6] 공산저수지 인공습지 및 침강지 퇴적물 조사 결과	241
[표 7-3-7] 호소 퇴적물 오염평가 기준	241
[표 7-4-1] 공산저수지 월별 저수율 현황	242
[표 8-1-1] 설성저수지 경.위도상 위치	252
[표 8-1-2] 설성저수지 현황	252
[표 8-1-3] 설성저수지 수질개선시설 현황	253
[표 8-1-4] 인공습지 계획유량	254
[표 8-1-5] 1호 인공습지 제원	255
[표 8-1-6] 2호 인공습지 제원	256
[표 8-1-7] 3호 인공습지 제원	258
[표 8-1-8] 4호 인공습지 제원	259
[표 8-1-9] 침강지 제원	261
[표 8-1-10] 침강지 내용적 측량결과	264
[표 8-2-1] 설성저수지 유역 사업시행 전.후 월별 기온 분포	265
[표 8-2-2] 설성저수지 유역 사업시행 전.후 월별 강수량 분포	266
[표 8-2-3] 설성저수지 목표수질	267
[표 8-2-4] 설성저수지 유역 내 인구변화 추이	267
[표 8-2-5] 설성저수지 유역 내 연도별 축산변화	268
[표 8-2-6] 설성저수지 유역 내 지목별 토지이용현황	268
[표 8-2-7] 설성저수지 유역 내 발생부하량	269
[표 8-2-8] 설성저수지 유역 내 연도별 오염물질 발생부하량	269
[표 8-2-9] 설성저수지 수질현황	270
[표 8-3-1] 설성저수지 수질 조사시기	271
[표 8-3-2] 설성저수지 인공습지 수질변화	271
[표 8-3-3] 5개년 설성저수지 인공습지 정화효율	274
[표 2-3-4] 설성저수지 인공습지 및 침강지 퇴적물 조사 결과	280
[표 2-3-5] 호소 퇴적물 오염평가 기준	280
[표 8-4-1] 설성저수지 월별 저수율 현황	281
[표 9-1-1] 둔전저수지 경.위도상 위치	291
[표 9-1-2] 둔전저수지 일반현황	292
[표 9-1-3] 용장리 마을하수도 현황	292
[표 9-1-4] 둔전저수지 수질개선시설 현황	293
[표 9-1-5] 인공습지 설계유량 및 규모	294
[표 9-1-6] 1호 인공습지 제원	294
[표 9-1-7] 2호 인공습지 제원	294
[표 9-1-8] 침강지 제원	296
[표 9-1-9] 침강지 특성표	297
[표 9-2-1] 둔전저수지 유역 사업시행 전.후 월별 기온 현황	299
[표 9-2-2] 둔전저수지 유역 사업시행 전.후 월별 강수량 현황	300



[표 9-2-3] 둔전저수지 목표수질 .....	301
[표 9-2-4] 둔전저수지 유역 내 인구변화 추이 .....	302
[표 9-2-5] 둔전저수지 유역 내 연도별 축산변화 .....	302
[표 9-2-6] 둔전저수지 유역 내 지목별 토지이용현황 .....	302
[표 9-2-7] 2017년 둔전저수지 유역 내 발생부하량 .....	302
[표 9-2-8] 둔전저수지 유역 내 연도별 오염물질 발생부하량 .....	303
[표 9-2-9] 둔전저수지 수질현황 .....	303
[표 9-3-1] 둔전저수지 수질 및 퇴적물 조사 시기 .....	304
[표 9-3-2] 둔전저수지 1호 인공습지 수질변화 .....	305
[표 9-3-3] 둔전저수지 2호 인공습지 수질변화 .....	306
[표 9-3-4] 5개년 둔전지구 인공습지 정화효율 .....	307
[표 9-3-5] 둔전저수지 침강지 수질변화 .....	314
[표 9-3-6] 둔전지구 침강지 수질 .....	315
[표 9-3-7] 둔전지구 침강지 정화효율 .....	316
[표 9-3-8] 둔전저수지 인공습지 및 침강지 퇴적물 조사 결과 .....	320
[표 9-3-9] 호소 퇴적물 오염평가 기준 .....	320
[표 9-4-1] 둔전저수지 월별 저수율 현황 .....	321
[표 10-1-1] 성암저수지 경.위도상 위치 .....	329
[표 10-1-2] 성암저수지 주요시설 현황 .....	331
[표 10-1-3] 성암저수지 수질개선시설 현황 .....	331
[표 10-1-4] 인공습지 계획유량 .....	332
[표 10-1-5] 1호 인공습지 제원 .....	332
[표 10-1-6] 2호 인공습지 제원 .....	334
[표 10-1-7] 1호, 2호 침강지 제원(기본조사 및 세부설계 보고서 참조) .....	336
[표 10-2-1] 성암저수지 유역 사업시행 전.후 월별 기온 분포 .....	340
[표 10-2-2] 성암저수지 유역 사업시행 전.후 월별 강수량 분포 .....	341
[표 10-2-3] 성암저수지 목표수질 .....	342
[표 10-2-4] 성암저수지 유역 내 인구변화 추이 .....	342
[표 10-2-5] 성암저수지 유역 내 연도별 축산변화 .....	343
[표 10-2-6] 성암저수지 유역 내 지목별 토지이용현황 .....	343
[표 10-2-7] 2017년 성암저수지 유역 내 발생부하량 .....	343
[표 10-2-8] 성암저수지 유역 내 연도별 오염물질 발생부하량 .....	344
[표 10-2-9] 성암저수지 수질현황 .....	344
[표 10-3-1] 성암저수지 수질조사시기 .....	345
[표 10-3-2] 성암저수지 고효율습지 수질변화 .....	347
[표 10-3-3] 성암저수지 1호 인공습지 수질변화 .....	348
[표 10-3-4] 성암저수지 2호 인공습지 수질변화 .....	349
[표 10-3-5] 성암저수지 고효율습지 및 인공습지 정화효율 .....	350
[표 10-3-6] 성암저수지 1호 침강지 수질변화 .....	356

[표 10-3-7] 성암저수지 2호 침강지 수질변화 .....	357
[표 10-3-8] 성암저수지 침강지 정확효율 .....	358
[표 10-4-1] 성암저수지 월별 저수율 현황 .....	364
[표 11-1-1] 대승저수지 경.위도상 위치 .....	371
[표 11-1-2] 대승저수지 일반현황 .....	372
[표 11-1-3] 대승저수지 수질개선시설 현황 .....	373
[표 11-1-4] 인공습지 설계유량 및 규모 .....	374
[표 11-1-5] 침강지 특성표 .....	378
[표 11-1-6] 대승지 내용적 측량 결과 .....	379
[표 11-2-1] 대승저수지 유역 사업시행 전.후 월별 기온 현황 .....	381
[표 11-2-2] 대승저수지 유역 사업시행 전.후 월별 강수량 현황 .....	382
[표 11-2-3] 대승저수지 목표수질 .....	382
[표 11-2-4] 대승저수지 유역 내 인구변화 추이 .....	383
[표 11-2-5] 대승저수지 유역 내 연도별 축산변화 .....	383
[표 11-2-6] 대승저수지 유역 내 연도별 산업계 변화 .....	383
[표 11-2-7] 대승저수지 유역 내 지목별 토지이용현황 .....	383
[표 11-2-8] 2017년 대승저수지 유역 내 발생부하량 .....	384
[표 11-2-9] 대승저수지 유역 내 연도별 오염물질 발생부하량 .....	384
[표 11-2-10] 대승저수지 수질변화 .....	385
[표 11-3-1] 대승저수지 수질 및 퇴적물 조사 시기 .....	385
[표 11-3-2] 대승지구 1호 인공습지 수질변화 .....	387
[표 11-3-3] 대승지구 2호 인공습지 수질변화 .....	387
[표 11-3-4] 대승지구 1호 인공습지 정확효율 .....	388
[표 11-3-5] 대승지구 2호 인공습지 정확효율 .....	388
[표 11-3-6] 대승지구 1호 침강지 수질변화 .....	393
[표 11-3-7] 대승지구 2호 침강지 수질변화 .....	394
[표 11-3-8] 5개년 대승지구 침강지 수질 .....	395
[표 11-3-9] 5개년 대승지구 1호 침강지 정확효율 .....	396
[표 11-3-10] 5개년 대승지구 2호 침강지 정확효율 .....	396
[표 11-3-11] 대승저수지 인공습지 및 침강지 퇴적물 조사 결과 .....	401
[표 11-3-12] 호소 퇴적물 오염평가 기준 .....	401
[표 12-1-1] 신희저수지 경.위도상 위치 .....	410
[표 12-1-2] 신희저수지 현황 .....	410
[표 12-1-3] 신희저수지 수질개선시설 현황 .....	411
[표 12-1-4] 인공습지 계획유량 .....	412
[표 12-1-5] 1호 인공습지 제원 .....	413
[표 12-1-6] 2호 인공습지 제원 .....	414
[표 12-1-7] 침강지 제원 .....	416
[표 12-1-8] 신희저수지 1호 및 2호 침강지 내용적 측량 결과 .....	418

[표 12-2-1] 신휴저수지 유역 사업시행 전·후 월별 기온 현황	421
[표 12-2-2] 신휴저수지 유역 사업시행 전·후 월별 강수량 현황	422
[표 12-2-3] 신휴저수지 목표수질	423
[표 12-2-4] 신휴저수지 유역 내 인구변화 추이	424
[표 12-2-5] 신휴저수지 유역 내 연도별 축산변화	424
[표 12-2-6] 신휴저수지 유역 내 지목별 토지이용현황	424
[표 12-2-7] 신휴저수지 유역 내 발생부하량	425
[표 12-2-8] 신휴저수지 유역 내 연도별 오염물질 발생부하량	425
[표 12-2-9] 신휴저수지 수질현황	426
[표 12-3-1] 신휴저수지 수질 조사시기	426
[표 12-3-2] 신휴저수지 1호 인공습지 수질변화	428
[표 12-3-3] 신휴저수지 2호 인공습지 수질변화	429
[표 12-3-4] 4개년간 신휴저수지 인공습지 정화효율	430
[표 12-3-5] 신휴저수지 1호 침강지 수질변화	435
[표 12-3-6] 신휴저수지 1호 침강지 정화효율	436
[표 12-3-7] 성암저수지 인공습지 및 침강지 퇴적물 조사 결과	438
[표 12-3-8] 호소 퇴적물 오염평가 기준	438
[표 12-4-1] 신휴저수지 월별 저수율 현황	439
[표 13-1-1] 승언2저수지 경·위도상 위치	447
[표 13-1-2] 승언2호저수지 일반현황	448
[표 13-1-3] 승언2호저수지 수질개선시설 현황	449
[표 13-1-4] 인공습지 계획유량	450
[표 13-1-5] 1호 인공습지 제원	450
[표 13-1-6] 2호 인공습지 제원	451
[표 13-1-7] 3호 인공습지 제원	453
[표 13-2-1] 승언2저수지 유역 사업시행 전·후 월별 기온 분포	455
[표 13-2-2] 승언2저수지 유역 사업시행 전·후 월별 강수량 분포	456
[표 13-2-3] 승언2저수지 목표수질	457
[표 13-2-4] 승언2저수지 유역 내 인구변화 추이	457
[표 13-2-5] 승언2저수지 유역 내 연도별 축산변화	458
[표 13-2-6] 승언2저수지 유역 내 지목별 토지이용현황	458
[표 13-2-7] 승언2저수지 유역 내 발생부하량	458
[표 13-2-8] 승언2저수지 유역 내 연도별 오염물질 발생부하량	459
[표 13-2-9] 승언2저수지 수질현황	459
[표 13-3-1] 승언2저수지 수질 조사 시기	460
[표 13-3-2] 승언2저수지 1호 인공습지 수질변화	461
[표 13-3-3] 승언2저수지 2호 인공습지 수질변화	462
[표 13-3-4] 승언2저수지 인공습지 정화효율	463
[표 13-3-5] 성암저수지 인공습지 및 침강지 퇴적물 조사 결과	467

[표 13-3-6] 호소 퇴적물 오염평가 기준 .....	468
[표 13-4-1] 승언2저수지 월별 저수율 현황 .....	469
[표 14-1-1] 상성저수지 경.위도상 위치 .....	477
[표 14-1-2] 상성저수지 일반현황 .....	478
[표 14-1-3] 상성저수지 수질개선시설 현황 .....	479
[표 14-1-4] 인공습지 계획유량 .....	480
[표 14-1-5] 1호 인공습지 제원 .....	480
[표 14-1-6] 2호 인공습지 제원 .....	481
[표 14-1-7] 침강지 제원 .....	483
[표 14-1-8] 상성저수지 침강지 내용적 측량 결과 .....	483
[표 14-2-1] 상성저수지 유역 사업시행 전.후 월별 기온 분포 .....	486
[표 14-2-2] 상성저수지 유역 사업시행 전.후 월별 강수량 분포 .....	487
[표 14-2-3] 상성저수지 목표수질 .....	488
[표 14-2-4] 상성저수지 유역 내 인구변화 추이 .....	488
[표 14-2-5] 상성저수지 유역 내 연도별 축산변화 .....	489
[표 14-2-6] 상성저수지 유역 내 지목별 토지이용현황 .....	489
[표 14-2-7] 상성저수지 유역 내 발생부하량 .....	489
[표 14-2-8] 상성저수지 유역내 연도별 오염물질 발생부하량 .....	490
[표 14-2-9] 상성저수지 수질현황 .....	490
[표 14-3-1] 상성저수지 수질 조사시기 .....	491
[표 14-3-2] 상성저수지 1호 인공습지 수질변화 .....	493
[표 14-3-3] 상성저수지 2호 인공습지 수질변화 .....	494
[표 14-3-4] 4개년간 상성저수지 인공습지 정화효율 .....	495
[표 14-3-5] 상성저수지 침강지 수질변화 .....	500
[표 14-3-6] 상성저수지 침강지 정화효율 .....	501
[표 14-3-7] 상성저수지 인공습지 및 침강지 퇴적물 조사 결과 .....	502
[표 14-3-8] 호소 퇴적물 오염평가 기준 .....	503
[표 14-4-1] 상성저수지 월별 저수율 현황 .....	504
[표 15-1-1] 도덕저수지 경.위도상 위치 .....	511
[표 15-1-2] 도덕저수지 일반현황 .....	512
[표 15-1-3] 도덕저수지 수질개선시설 현황 .....	513
[표 15-1-4] 침강지 특성표 .....	514
[표 15-1-5] 침강지 내용적 측량 결과 .....	515
[표 15-2-1] 도덕저수지 유역 사업시행 전.후 월별 기온 분포 .....	516
[표 15-2-2] 도덕저수지 유역 사업시행 전.후 월별 강수량 분포 .....	517
[표 15-2-3] 도덕저수지 목표수질 .....	517
[표 15-2-4] 도덕저수지 유역 내 인구변화 추이 .....	518
[표 15-2-5] 도덕저수지 유역 내 연도별 축산변화 .....	518
[표 15-2-6] 도덕저수지 유역 내 지목별 토지이용현황 .....	518

[표 15-2-7] 2017년 도덕저수지 유역 내 발생부하량 .....	519
[표 15-2-8] 도덕저수지 유역 내 연도별 오염물질 발생부하량 .....	519
[표 15-2-9] 도덕저수지 수질변화 .....	520
[표 15-3-1] 도덕저수지 수질 및 퇴적물 조사시기 .....	520
[표 15-3-2] 도덕저수지 침강지 수질변화 .....	522
[표 15-3-3] 3개년 도덕지구 침강지 정화효율 .....	523
[표 15-3-4] 도덕저수지 침강지 퇴적물 조사 결과 .....	527
[표 15-3-5] 호소 퇴적물 오염평가 기준 .....	527
[표 15-4-1] 도덕저수지 월별 저수율 현황 .....	528

# 그 립 목 차

[그림 2-1-1] 감돈저수지 유역도 .....	13
[그림 2-1-2] 인공습지 수리계통도 .....	16
[그림 2-1-3] 인공습지 평면도 .....	16
[그림 2-1-4] 인공습지 시설현황 .....	17
[그림 2-1-5] 침강지 평면도 .....	18
[그림 2-1-6] 침강지 시설현황 .....	18
[그림 2-1-7] 내용적도 .....	19
[그림 2-1-8] 기타시설 현황 .....	19
[그림 2-3-1] 감돈지구 수질 및 퇴적물 조사 지점 .....	26
[그림 2-3-2] 감돈지구 인공습지 유입수 및 유출수 SS 변화 .....	29
[그림 2-3-3] 감돈지구 인공습지 유입수 및 유출수 COD 변화 .....	30
[그림 2-3-4] 감돈지구 인공습지 유입수 및 유출수 TOC 변화 .....	30
[그림 2-3-5] 감돈지구 인공습지 유입수 및 유출수 T-N 변화 .....	31
[그림 2-3-6] 감돈지구 인공습지 유입수 및 유출수 T-P 변화 .....	32
[그림 2-3-7] 감돈지구 침강지 유입수 및 유출수의 SS 변화 .....	36
[그림 2-3-8] 감돈지구 침강지 유입수 및 유출수의 COD 변화 .....	36
[그림 2-3-9] 감돈지구 침강지 유입수 및 유출수의 TOC 변화 .....	37
[그림 2-3-10] 감돈지구 침강지 유입수 및 유출수의 T-N 변화 .....	38
[그림 2-3-11] 감돈지구 침강지 유입수 및 유출수의 T-P 변화 .....	38
[그림 2-3-12] 감돈지구 침강지 유입수 및 유출수의 Chl-a 변화 .....	39
[그림 2-4-1] 감돈지구 유역 연도별 BOD 발생부하량 및 COD, TOC 농도 변화 .....	41
[그림 2-4-2] 감돈지구 유역 연도별 T-N 발생부하량 및 T-N 농도 변화 .....	42
[그림 2-4-3] 감돈지구 유역 연도별 T-P 발생부하량 및 T-P 농도 변화 .....	42
[그림 3-1-1] 흥동저수지 유역도 .....	50
[그림 3-1-2] 1호 인공습지 수리계통도 .....	53
[그림 3-1-3] 1호 인공습지 시설현황 .....	53
[그림 3-1-4] 2호 인공습지 수리계통도 .....	54
[그림 3-1-5] 2호 인공습지 시설현황 .....	55
[그림 3-1-6] 3호 인공습지 수리계통도 .....	56
[그림 3-1-7] 3호 인공습지 시설현황 .....	56
[그림 3-1-8] 고효율인공습지 계획평면도 .....	57
[그림 3-1-9] 고효율인공습지 수리계통도 .....	57
[그림 3-1-10] 고효율 인공습지 시설현황 .....	57
[그림 3-1-11] 1호 및 2호 침강지 시설현황 .....	58
[그림 3-1-12] 침강지 1, 2, 3호 퇴적토 제거 면적 .....	60
[그림 3-1-13] 고효율습지 보강계획 .....	60

[그림 3-1-14] 1, 2호 인공습지 보강내역 .....	61
[그림 3-2-1] 보령기상대 월별 강수량 변화 .....	63
[그림 3-3-1] 홍동지구 수질 및 퇴적물 조사 지점 .....	67
[그림 3-3-2] 홍동지구 인공습지 유입수 및 유출수 SS 변화 .....	70
[그림 3-3-3] 홍동지구 인공습지 유입수 및 유출수 COD 변화 .....	71
[그림 3-3-4] 홍동지구 인공습지 유입수 및 유출수 TOC 변화 .....	72
[그림 3-3-5] 홍동지구 인공습지 유입수 및 유출수 T-N 변화 .....	72
[그림 3-3-6] 홍동지구 인공습지 유입수 및 유출수 T-P 변화 .....	73
[그림 3-3-7] 홍동저수지 침강지 유입수 및 유출수 SS 변화 .....	77
[그림 3-3-8] 홍동지구 침강지 유입수 및 유출수 COD 변화 .....	77
[그림 3-3-9] 홍동지구 침강지 유입수 및 유출수 TOC 변화 .....	78
[그림 3-3-10] 홍동지구 침강지 유입수 및 유출수 T-N 변화 .....	79
[그림 3-3-11] 홍동지구 침강지 유입수 및 유출수 T-P 변화 .....	79
[그림 3-3-12] 홍동지구 지하흐름습지 유입수 및 유출수 SS 변화 .....	82
[그림 3-3-13] 홍동지구 지하흐름습지 유입수 및 유출수 COD 변화 .....	83
[그림 3-3-14] 홍동지구 지하흐름습지 유입수 및 유출수 TOC 변화 .....	83
[그림 3-3-15] 홍동지구 지하흐름습지 유입수 및 유출수 T-N 변화 .....	84
[그림 3-3-16] 홍동지구 지하흐름습지 유입수 및 유출수 T-P 변화 .....	85
[그림 3-4-1] 홍동지구 월별 저수율 변화 .....	87
[그림 3-4-2] 홍동지구 유역 연도별 BOD 발생부하량 및 COD, TOC 농도 변화 .....	87
[그림 3-4-3] 홍동지구 유역 연도별 T-N 발생부하량 및 T-N 농도 변화 .....	88
[그림 3-4-4] 홍동지구 유역 연도별 T-P 발생부하량 및 T-P 농도 변화 .....	88
[그림 4-1-1] 개천저수지 유역도 .....	95
[그림 4-1-2] 개천저수지 유역 구분도 .....	98
[그림 4-1-3] 1호 인공습지 수리계통도 .....	99
[그림 4-1-4] 1호 인공습지 평면도 .....	99
[그림 4-1-5] 1호 인공습지 시설현황 .....	100
[그림 4-1-6] 2호 인공습지 수리계통도 .....	100
[그림 4-1-7] 2호 인공습지 평면도 .....	101
[그림 4-1-8] 2호 인공습지 시설현황 .....	101
[그림 4-1-9] 1호 침강지 평면도 .....	102
[그림 4-1-10] 2호 침강지 평면도 .....	103
[그림 4-1-11] 침강지 시설현황 .....	103
[그림 4-1-12] 침강지 평면도 .....	104
[그림 4-1-13] 침강지 종단면도 .....	105
[그림 4-1-14] 기타 수질개선시설 현황 .....	106
[그림 4-3-1] 개천지구 수질 및 퇴적물 조사 지점 .....	112
[그림 4-3-2] 개천지구 인공습지 유입수 및 유출수 SS 변화 .....	115
[그림 4-3-3] 개천지구 인공습지 유입수 및 유출수 COD 변화 .....	116

[그림 4-3-4] 개천지구 인공습지 유입수 및 유출수 TOC 변화	117
[그림 4-3-5] 개천지구 인공습지 유입수 및 유출수 T-N 변화	117
[그림 4-3-6] 개천지구 인공습지 유입수 및 유출수 T-P 변화	118
[그림 4-3-7] 개천지구 침강지 유입수 및 유출수의 SS 변화	121
[그림 4-3-8] 개천지구 침강지 유입수 및 유출수의 COD 변화	122
[그림 4-3-9] 개천지구 침강지 유입수 및 유출수의 TOC 변화	122
[그림 4-3-10] 개천지구 침강지 유입수 및 유출수의 T-N 변화	123
[그림 4-3-11] 개천지구 침강지 유입수 및 유출수의 T-P 변화	124
[그림 4-3-12] 개천지구 침강지 유입수 및 유출수의 Chl-a 변화	124
[그림 4-4-1] 개천지구 유역 연도별 BOD 발생부하량 및 COD, TOC 농도 변화	127
[그림 4-4-2] 개천지구 유역 연도별 T-N 발생부하량 및 T-N 농도 변화	127
[그림 4-4-3] 개천지구 유역 연도별 T-P 발생부하량 및 T-P 농도 변화	128
[그림 5-1-1] 가산저수지 유역도	136
[그림 5-1-2] 1호 인공습지 수리계통도	138
[그림 5-1-3] 2호 인공습지 수리계통도	139
[그림 5-1-4] 1호 인공습지 평면도	140
[그림 5-1-5] 1호 인공습지 시설현황	141
[그림 5-1-6] 2호 인공습지 평면도	141
[그림 5-1-7] 2호 인공습지 시설현황	142
[그림 5-1-8] 침강지 평면도	144
[그림 5-1-9] 침강지 시설현황	145
[그림 5-1-10] 침강지 측량 결과도	145
[그림 5-1-11] 침강지 퇴적분포도	146
[그림 5-1-12] 기타 수질개선시설 현황	146
[그림 5-3-1] 가산지구 수질 및 퇴적물 조사 지점	152
[그림 5-3-2] 가산지구 인공습지 유입수 및 유출수 SS 변화	154
[그림 5-3-3] 가산지구 인공습지 유입수 및 유출수 COD 변화	154
[그림 5-3-4] 가산지구 인공습지 유입수 및 유출수 TOC 변화	155
[그림 5-3-5] 가산지구 인공습지 유입수 및 유출수 T-N 변화	155
[그림 5-3-6] 가산지구 인공습지 유입수 및 유출수 T-P 변화	155
[그림 5-3-7] 가산지구 침강지 유입수 및 유출수 SS 변화	159
[그림 5-3-8] 가산지구 침강지 유입수 및 유출수 COD 변화	160
[그림 5-3-9] 가산지구 침강지 유입수 및 유출수 TOC 변화	160
[그림 5-3-10] 가산지구 침강지 유입수 및 유출수 T-N 변화	160
[그림 5-3-11] 가산지구 침강지 유입수 및 유출수 T-P 변화	161
[그림 5-4-1] 가산지구 유역 연도별 BOD발생부하량 및 COD, TOC농도 변화	164
[그림 5-4-2] 가산지구 유역 연도별 T-N발생부하량 및 T-N농도 변화	164
[그림 5-4-3] 가산지구 유역 연도별 T-P발생부하량 및 T-P농도 변화	164
[그림 6-1-1] 월천저수지 유역도	172



[그림 6-1-2] 인공습지 수리계통도 .....	175
[그림 6-1-3] 인공습지 평면도 .....	175
[그림 6-1-4] 인공습지 시설현황 .....	176
[그림 6-1-5] 침강지 평면도 .....	177
[그림 6-1-6] 침강지 시설현황 .....	177
[그림 6-1-7] 침강지 내용적도 .....	178
[그림 6-1-8] 기타 시설현황 .....	179
[그림 6-3-1] 월천지구 수질 및 퇴적물 조사 지점 .....	185
[그림 6-3-2] 월천지구 인공습지 유입수 및 유출수 SS 변화 .....	188
[그림 6-3-3] 월천지구 인공습지 유입수 및 유출수 COD 변화 .....	188
[그림 6-3-4] 월천지구 인공습지 유입수 및 유출수 TOC 변화 .....	189
[그림 6-3-5] 월천지구 인공습지 유입수 및 유출수 T-N 변화 .....	189
[그림 6-3-6] 월천지구 인공습지 유입수 및 유출수 T-P 변화 .....	190
[그림 6-3-7] 월천지구 인공습지 유입수 및 유출수 Chl-a 변화 .....	191
[그림 6-3-8] 월천지구 침강지 유입수 및 유출수의 SS 변화 .....	193
[그림 6-3-9] 월천지구 침강지 유입수 및 유출수의 COD 변화 .....	194
[그림 6-3-10] 월천지구 침강지 유입수 및 유출수의 TOC 변화 .....	194
[그림 6-3-11] 월천지구 침강지 유입수 및 유출수의 T-N 변화 .....	195
[그림 6-3-12] 월천지구 침강지 유입수 및 유출수의 T-P 변화 .....	195
[그림 6-3-13] 월천지구 침강지 유입수 및 유출수의 Chl-a 변화 .....	196
[그림 6-4-1] 월천지구 유역 연도별 BOD 발생부하량 및 COD, TOC 농도 변화 .....	198
[그림 6-4-2] 월천지구 유역 연도별 T-N 발생부하량 및 T-N 농도 변화 .....	199
[그림 6-4-3] 월천지구 유역 연도별 T-P 발생부하량 및 T-P 농도 변화 .....	199
[그림 7-1-1] 공산저수지 유역도 .....	208
[그림 7-1-2] 공산저수지 유역 구분도 .....	211
[그림 7-1-3] 1호 인공습지 평면도 .....	213
[그림 7-1-4] 1호 인공습지 수리계통도 .....	213
[그림 7-1-5] 1호 인공습지 시설현황 .....	214
[그림 7-1-6] 2호 인공습지 평면도 .....	214
[그림 7-1-7] 2호 인공습지 수리계통도 .....	214
[그림 7-1-8] 2호 인공습지 시설현황 .....	215
[그림 7-1-9] 1호 침강지 평면도 .....	216
[그림 7-1-10] 1호 침강지 시설현황 .....	216
[그림 7-1-11] 2호 침강지 평면도 .....	217
[그림 7-1-12] 2호 침강지 시설현황 .....	217
[그림 7-1-13] 침강지 측량 수심 등고선도 .....	218
[그림 7-1-14] 침강지 내용적도 .....	219
[그림 7-1-15] 인공식물섬 시설현황 .....	220
[그림 7-1-16] 물순환장치 시설현황 .....	220

[그림 7-3-1] 공산지구 수질 및 퇴적물 조사 지점 .....	225
[그림 7-3-2] 공산지구 인공습지 유입수 및 유출수 SS 변화 .....	229
[그림 7-3-3] 공산지구 인공습지 유입수 및 유출수 BOD 변화 .....	230
[그림 7-3-4] 공산지구 인공습지 유입수 및 유출수 COD 변화 .....	231
[그림 7-3-5] 공산지구 인공습지 유입수 및 유출수 TOC 변화 .....	231
[그림 7-3-6] 공산지구 인공습지 유입수 및 유출수 T-N 변화 .....	232
[그림 7-3-7] 공산지구 인공습지 유입수 및 유출수 T-P 변화 .....	233
[그림 7-3-8] 공산지구 침강지 유입수 및 유출수 SS 변화 .....	237
[그림 7-3-9] 공산지구 침강지 유입수 및 유출수 BOD 변화 .....	237
[그림 7-3-10] 공산지구 침강지 유입수 및 유출수 COD 변화 .....	238
[그림 7-3-11] 공산지구 침강지 유입수 및 유출수 TOC 변화 .....	239
[그림 7-3-12] 공산지구 침강지 유입수 및 유출수 T-N 변화 .....	239
[그림 7-3-13] 공산지구 침강지 유입수 및 유출수 T-P 변화 .....	240
[그림 7-4-1] 공산지구 유역 연도별 BOD 발생부하량 및 COD, TOC 농도 변화 .....	242
[그림 7-4-2] 공산지구 유역 연도별 T-N 발생부하량 및 T-N 농도 변화 .....	243
[그림 7-4-3] 공산지구 유역 연도별 T-P 발생부하량 및 T-P 농도 변화 .....	243
[그림 8-1-1] 설성저수지 유역도 .....	251
[그림 8-1-2] 설성저수지 수질개선시설 평면도 .....	253
[그림 8-1-3] 설성저수지 유역 구분도 .....	254
[그림 8-1-4] 1호 인공습지 수리계통도 .....	255
[그림 8-1-5] 1호 인공습지 시설현황 .....	256
[그림 8-1-6] 2호 인공습지 수리계통도 .....	257
[그림 8-1-7] 2호 인공습지 시설현황 .....	257
[그림 8-1-8] 3호 인공습지 수리계통도 .....	258
[그림 8-1-9] 3호 인공습지 시설현황 .....	259
[그림 8-1-10] 4호 인공습지 수리계통도 .....	260
[그림 8-1-11] 4호 인공습지 시설현황 .....	260
[그림 8-1-12] 1호 침강지 평면도 .....	261
[그림 8-1-13] 1호 침강지 시설현황 .....	261
[그림 8-1-14] 2호 침강지 평면도 및 현황 .....	262
[그림 8-1-15] 3호 침강지 평면도 및 현황 .....	262
[그림 8-1-16] 기타 시설현황 .....	263
[그림 8-1-17] 침강지 내용적 측량 .....	264
[그림 8-2-1] 이천기상대 강수량 변화 .....	266
[그림 8-3-1] 설성저수지 수질조사 지점 .....	270
[그림 8-3-2] 설성저수지 인공습지 유입수 및 유출수 SS 변화 .....	276
[그림 8-3-3] 설성저수지 인공습지 유입수 및 유출수 COD 변화 .....	276
[그림 8-3-4] 설성저수지 인공습지 유입수 및 유출수 TOC 변화 .....	277
[그림 8-3-5] 설성저수지 인공습지 유입수 및 유출수 T-N 변화 .....	278

[그림 8-3-6] 설성저수지 인공습지 유입수 및 유출수 T-P 변화	278
[그림 8-4-1] 설성저수지 유역 연도별 BOD 발생부하량 및 COD, TOC 농도 변화	281
[그림 8-4-2] 설성저수지 저수율 변화(2017년)	281
[그림 8-4-3] 설성 유역 연도별 T-N 발생부하량 및 T-N 농도 변화	282
[그림 8-4-4] 설성 유역 연도별 T-P발생부하량 및 T-P농도 변화	282
[그림 9-1-1] 둔전저수지 유역도	292
[그림 9-1-2] 1호 인공습지 수리계통도	295
[그림 9-1-3] 1호 인공습지 시설현황	295
[그림 9-1-4] 1호 인공습지 평면도	295
[그림 9-1-5] 침강지 평면도	296
[그림 9-1-6] 침강지 시설현황	296
[그림 9-1-7] 내용적도	297
[그림 9-1-8] 물순환장치 및 인공식물섬 시설현황	298
[그림 9-3-1] 둔전지구 수질조사 지점	304
[그림 9-3-2] 둔전지구 1호 인공습지 유입수 및 유출수 SS 변화	308
[그림 9-3-3] 둔전지구 2호 인공습지 유입수 및 유출수 SS 변화	308
[그림 9-3-4] 둔전지구 1호 인공습지 유입수 및 유출수 COD 변화	309
[그림 9-3-5] 둔전지구 2호 인공습지 유입수 및 유출수 COD 변화	309
[그림 9-3-6] 둔전지구 1호 인공습지 유입수 및 유출수 TOC 변화	310
[그림 9-3-7] 둔전지구 2호 인공습지 유입수 및 유출수 TOC 변화	310
[그림 9-3-8] 둔전지구 1호 인공습지 유입수 및 유출수 T-N 변화	311
[그림 9-3-9] 둔전지구 2호 인공습지 유입수 및 유출수 T-N 변화	311
[그림 9-3-10] 둔전지구 1호 인공습지 유입수 및 유출수 T-P 변화	312
[그림 9-3-11] 둔전지구 2호 인공습지 유입수 및 유출수 T-P 변화	312
[그림 9-3-12] 둔전지구 1호 인공습지 유입수 및 유출수 Chl-a 변화	313
[그림 9-3-13] 둔전지구 2호 인공습지 유입수 및 유출수 Chl-a 변화	313
[그림 9-3-14] 둔전지구 침강지 유입수 및 유출수의 SS 변화	316
[그림 9-3-15] 둔전지구 침강지 유입수 및 유출수의 COD 변화	317
[그림 9-3-16] 둔전지구 침강지 유입수 및 유출수의 TOC 변화	317
[그림 9-3-17] 둔전지구 침강지 유입수 및 유출수의 T-N 변화	318
[그림 9-3-18] 둔전지구 침강지 유입수 및 유출수의 T-P 변화	318
[그림 9-3-19] 둔전지구 침강지 유입수 및 유출수의 Chl-a 변화	319
[그림 9-4-1] 둔전저수지 유역의 연도별 BOD 발생부하량 및 둔전저수지 COD, TOC 변화	321
[그림 9-4-2] 둔전저수지 유역의 연도별 T-N 발생부하량 및 둔전저수지 T-N 변화	322
[그림 9-4-3] 둔전저수지 유역의 연도별 T-P 발생부하량 및 둔전저수지 T-P 변화	322
[그림 10-1-1] 성암저수지 유역도	330
[그림 10-1-2] 1호 인공습지 수리계통도	333
[그림 10-1-3] 1호 인공습지 시설현황	333
[그림 10-1-4] 2호 인공습지 수리계통도	334

[그림 10-1-5] 2호 인공습지 시설현황 .....	335
[그림 10-1-6] 3호 고효율인공습지 평면도 .....	336
[그림 10-1-7] 1호 및 2호 침강지 및 인공식물섬 시설현황 .....	337
[그림 10-1-8] 1호 및 2호 침강지 평면도 .....	338
[그림 10-1-9] 하수종말처리장 전경 및 고효율습지 노랑꽃창포 현황 .....	338
[그림 10-1-10] 성암저수지 1호 및 2호 침강지 측량 수심 등고선도 .....	339
[그림 10-1-11] 성암저수지 1호 및 2호 침강지 내용적도 .....	339
[그림 10-2-1] 서산기상대 강수량 변화 .....	341
[그림 10-3-1] 성암지구 수질조사 지점 .....	345
[그림 10-3-2] 성암지구 인공습지 유입수 및 유출수 SS 변화 .....	351
[그림 10-3-3] 성암지구 인공습지 유입수 및 유출수 COD 변화 .....	352
[그림 10-3-4] 성암지구 인공습지 유입수 및 유출수 TOC 변화 .....	353
[그림 10-3-5] 성암지구 인공습지 유입수 및 유출수 T-N 변화 .....	353
[그림 10-3-6] 성암지구 인공습지 유입수 및 유출수 T-P 변화 .....	354
[그림 10-3-7] 성암지구 침강지 유입수 및 유출수 SS 변화 .....	359
[그림 10-3-8] 성암지구 침강지 유입수 및 유출수 COD 변화 .....	359
[그림 10-3-9] 성암지구 침강지 유입수 및 유출수 TOC 변화 .....	360
[그림 10-3-10] 성암지구 침강지 유입수 및 유출수 T-N 변화 .....	361
[그림 10-3-11] 성암지구 침강지 유입수 및 유출수 T-P 변화 .....	361
[그림 10-4-1] 성암지구 유역 연도별 BOD 발생부하량 및 COD, TOC 농도 변화 .....	363
[그림 10-4-2] 성암지구 유역 연도별 T-N 발생부하량 및 T-N 농도 변화 .....	364
[그림 10-4-3] 성암지구 유역 연도별 T-P 발생부하량 및 T-P 농도 변화 .....	364
[그림 11-1-1] 대승저수지 유역도 .....	371
[그림 11-1-2] 대승저수지 유역 구분도 .....	374
[그림 11-1-3] 1호 인공습지 수리계통도 .....	375
[그림 11-1-4] 1호 인공습지 평면도 .....	375
[그림 11-1-5] 1호 인공습지 시설현황 .....	376
[그림 11-1-6] 2호 인공습지 수리계통도 .....	376
[그림 11-1-7] 2호 인공습지 평면도 .....	377
[그림 11-1-8] 2호 인공습지 시설현황 .....	377
[그림 11-1-9] 침강지 평면도 .....	378
[그림 11-1-10] 침강지 시설현황 .....	379
[그림 11-1-11] 침강지 지형 현황평면도 .....	379
[그림 11-1-12] 침강지 종단면도 .....	380
[그림 11-1-13] 기타시설 현황 .....	380
[그림 11-3-1] 대승지구 수질 및 퇴적물 조사 지점 .....	386
[그림 11-3-2] 대승지구 인공습지 유입수 및 유출수 SS 변화 .....	389
[그림 11-3-3] 대승지구 인공습지 유입수 및 유출수 COD 변화 .....	390
[그림 11-3-4] 대승지구 인공습지 유입수 및 유출수 TOC 변화 .....	391

[그림 11-3-5] 대승지구 인공습지 유입수 및 유출수 T-N 변화	391
[그림 11-3-6] 대승지구 인공습지 유입수 및 유출수 T-P 변화	392
[그림 11-3-7] 대승지구 침강지 유입수 및 유출수의 SS 변화	397
[그림 11-3-8] 대승지구 침강지 유입수 및 유출수의 COD 변화	398
[그림 11-3-9] 대승지구 침강지 유입수 및 유출수의 TOC 변화	399
[그림 11-3-10] 대승지구 침강지 유입수 및 유출수의 T-N 변화	399
[그림 11-3-11] 대승지구 침강지 유입수 및 유출수의 T-P 변화	400
[그림 11-4-1] 대승지구 유역 연도별 BOD 발생부하량 및 COD, TOC 농도 변화	402
[그림 11-4-2] 대승지구 유역 연도별 T-N 발생부하량 및 T-N 농도 변화	403
[그림 11-4-3] 대승지구 유역 연도별 T-P 발생부하량 및 T-P 농도 변화	403
[그림 12-1-1] 신희저수지 유역도	409
[그림 12-1-2] 신희저수지 수질개선시설 평면도	411
[그림 12-1-3] 신희저수지 유역 구분도	412
[그림 12-1-4] 1호 인공습지 수리계통도	413
[그림 12-1-5] 1호 인공습지 시설현황	413
[그림 12-1-6] 2호 인공습지 수리계통도	414
[그림 12-1-7] 2호 인공습지 시설현황	415
[그림 12-1-8] 1호 침강지 평면도	416
[그림 12-1-9] 1호 침강지 시설현황	416
[그림 12-1-10] 2호 침강지 평면도	417
[그림 12-1-11] 2호 침강지 시설현황	417
[그림 12-1-12] 신희저수지 1호 및 2호 침강지 측량 수심 등고선도	418
[그림 12-1-13] 신희저수지 1호 및 2호 침강지 내용적도	419
[그림 12-1-14] 부유식 물순환장치 설치현황	420
[그림 12-1-15] 인공식물섬 시설현황	420
[그림 12-2-1] 천안관측소 강수량 변화	422
[그림 12-3-1] 신희저수지 수질조사 지점	427
[그림 12-3-2] 신희저수지 인공습지 유입수 및 유출수 SS 변화	431
[그림 12-3-3] 신희저수지 인공습지 유입수 및 유출수 COD 변화	431
[그림 12-3-4] 신희저수지 인공습지 유입수 및 유출수 TOC 변화	432
[그림 12-3-5] 신희저수지 인공습지 유입수 및 유출수 T-N 변화	433
[그림 12-3-6] 신희저수지 인공습지 유입수 및 유출수 T-P 변화	433
[그림 12-4-1] 신희저수지 유역 연도별 BOD 발생부하량 및 COD, TOC 농도 변화	439
[그림 12-4-2] 신희저수지 유역 연도별 T-N 발생부하량 및 T-N 농도 변화	439
[그림 12-4-3] 신희저수지 유역 연도별 T-P 발생부하량 및 T-P 농도 변화	440
[그림 13-1-1] 승언2호저수지 유역도	448
[그림 13-1-2] 승언2저수지 유역 구분도	449
[그림 13-1-3] 1호 인공습지 수리계통도	450
[그림 13-1-4] 1호 인공습지 시설현황	451

[그림 13-1-5] 2호 인공습지 수리계통도 .....	452
[그림 13-1-6] 2호 인공습지 시설현황 .....	452
[그림 13-1-7] 3호 인공습지 수리계통도 .....	453
[그림 13-1-8] 3호 인공습지 시설현황 .....	453
[그림 13-1-9] 부유식 물순환장치 설치현황 .....	454
[그림 13-2-1] 서산기상대 강수량 변화 .....	456
[그림 13-3-1] 승언2저수지 수질조사 지점 .....	460
[그림 13-3-2] 승언2저수지 인공습지 유입수 및 유출수 SS 변화 .....	464
[그림 13-3-3] 승언2저수지 인공습지 유입수 및 유출수 COD 변화 .....	465
[그림 13-3-4] 승언2저수지 인공습지 유입수 및 유출수 TOC 변화 .....	465
[그림 13-3-5] 승언2저수지 인공습지 유입수 및 유출수 T-N 변화 .....	466
[그림 13-3-6] 승언2저수지 인공습지 유입수 및 유출수 T-P 변화 .....	466
[그림 13-3-7] 승언2저수지 수생식물 제거작업 전·후 전경 .....	467
[그림 13-4-1] 승언2저수지 유역 연도별 BOD 발생부하량 및 COD, TOC 농도 변화 .....	468
[그림 13-4-2] 승언2 유역 연도별 T-N 발생부하량 및 T-N 농도 변화 .....	469
[그림 13-4-3] 승언2 유역 연도별 T-P 발생부하량 및 T-P 농도 변화 .....	470
[그림 14-1-1] 상성저수지 유역도 .....	478
[그림 14-1-2] 상성저수지 유역 구분도 .....	479
[그림 14-1-3] 1호 인공습지 수리계통도 .....	480
[그림 14-1-4] 1호 인공습지 시설현황 .....	481
[그림 14-1-5] 2호 인공습지 수리계통도 .....	482
[그림 14-1-6] 2호 인공습지 시설현황 .....	482
[그림 14-1-7] 침강지 평면도 .....	483
[그림 14-1-8] 상성저수지 침강지 내용적도 .....	484
[그림 14-1-9] 부유식 물순환장치 설치현황 .....	485
[그림 14-1-10] 인공식물섬 시설현황 .....	485
[그림 14-2-1] 천안관측소 강수량 변화 .....	487
[그림 14-3-1] 상성저수지 수질조사 지점 .....	491
[그림 14-3-2] 상성저수지 인공습지 유입수 및 유출수 SS 변화 .....	496
[그림 14-3-3] 상성저수지 인공습지 유입수 및 유출수 COD 변화 .....	496
[그림 14-3-4] 상성저수지 인공습지 유입수 및 유출수 TOC 변화 .....	497
[그림 14-3-5] 상성저수지 인공습지 유입수 및 유출수 T-N 변화 .....	498
[그림 14-3-6] 상성저수지 인공습지 유입수 및 유출수 T-P 변화 .....	498
[그림 14-4-1] 상성저수지 유역 연도별 BOD 발생부하량 및 COD, TOC 농도 변화 .....	503
[그림 14-4-2] 상성 유역 연도별 T-N 발생부하량 및 T-N 농도 변화 .....	504
[그림 14-4-3] 상성 유역 연도별 T-P 발생부하량 및 T-P 농도 변화 .....	504
[그림 15-1-1] 도덕저수지 유역도 .....	512
[그림 15-1-2] 침강지 평면도 .....	514
[그림 15-1-3] 침강지 시설현황 .....	514

[그림 15-1-4] 침강지 내용적도 .....	515
[그림 15-1-5] 기타 수질개선시설 현황 .....	516
[그림 15-3-1] 도덕지구 수질 및 퇴적물 조사 지점 .....	521
[그림 15-3-2] 도덕지구 침강지 유입수 및 유출수의 SS 변화 .....	523
[그림 15-3-3] 도덕지구 침강지 유입수 및 유출수의 COD 변화 .....	524
[그림 15-3-4] 도덕지구 침강지 유입수 및 유출수의 TOC 변화 .....	525
[그림 15-3-5] 도덕지구 침강지 유입수 및 유출수의 T-N 변화 .....	525
[그림 15-3-6] 도덕지구 침강지 유입수 및 유출수의 T-P 변화 .....	526
[그림 15-3-7] 도덕지구 침강지 유입수 및 유출수의 Chl-a 변화 .....	527
[그림 15-4-1] 도덕지구 유역 연도별 BOD 발생부하량 및 COD, TOC 농도 변화 .....	528
[그림 15-4-2] 도덕지구 유역 연도별 T-N 발생부하량 및 T-N 농도 변화 .....	529
[그림 15-4-3] 도덕지구 유역 연도별 T-P 발생부하량 및 T-P 농도 변화 .....	529





# 1. 서론

---

- 1.1 수질개선사업의 배경 및 목적
- 1.2 수질개선사업 개요
- 1.3 조사내용 및 방법





## 1.1. 수질개선사업의 배경 및 목적

우리나라는 기후 특성상 6~9월 사이에 강우가 집중되어 대부분 바다로 유출되기 때문에 이 시기에 물을 충분히 확보하지 않으면 물 사용에 어려움이 있으므로 예전부터 인공호소를 많이 조성하여 수자원을 확보하여 왔다.

우리나라 전체 물 사용량 중 47%로 가장 많은 비율을 차지하는 농업분야에 있어서도 용수 확보를 위하여 예전부터 인공호소를 많이 조성하여 왔다. 그 결과 우리나라 농업용수의 총 수혜면적 908천ha 중 농업용 저수지가 48.5%인 440천ha로써 가장 많은 비율을 차지(농업생산기반정비 통계연보, 2016년 12월)하고 있다.

그런데 이들 농업용 호소는 대부분 10m 이하의 평균 수심을 가지며, 호수의 체적에 비해 표면적이 비교적 커서 부영양화 현상이 가속화될 수 있는 가능성이 높기 때문에 수질관리에 불리한 구조를 가지고 있다. 이에 더하여 농촌지역의 생활수준의 향상, 도시화의 진행 등 다양한 요인에 의해 오염발생 부하량이 증가되고 이에 따라 농업용 저수지의 수질도 악화되고 있다. 농업용 저수지는 대부분 반폐쇄성 수역공간이라는 구조적 특성 때문에 하천에 비해 자체정화 능력이 떨어지며 영양염류의 축적이 용이하여 일단 오염이 되면 부영양화(eutrophication)로 인한 빈번한 조류 대발생 등으로 농촌지역의 수변경관을 저해하기도 한다.

반면, 지역농민과 인근 주민들의 민원과 불만 해소, 고품질 농산물의 생산을 위한 필요성 증대, 농촌 경관 개선 및 저수지의 생산적 활용 요구의 증대 등에 따라 저수지의 수질관리가 중요시되고 있다. 이에 따라, 저수지와 그 일대를 위락지와 쾌적한 주거지로 활용하기 위해서 수질개선의 필요성이 높아지고 있다. 최근에는 저수지 친수공간 활용 사례로서 도시공원형 개발 사례, 농어촌 테마공원형 개발 사례, 생태보전형 개발 사례, 농가소득 증대 및 지역경제 활성화 사례, 레저형 개발 사례 등 다양한 이용이 증대되고 있으며, 이를 위해서는 수질관리가 필수적이다.

농업용 저수지의 주요오염원을 분석한 결과 비점오염원인 토지계에 의한 오염이 49%로 가장 높고, 생활계와 축산계가 각각 27%, 23% 순이다. 농업용 저수지의 수질관리를 위해서 비점오염원의 유출특성, 강우와 비점오염유출량과의 상호관계, 비점오염물질이 수질에 미치는 기여도, 비점오염원 정화기술 등을 포함한 비점원오염의 관리 방안을 마련하여 비점오염원 정화시설이 효과적으로 설치되도록 할 필요성이 있다.

농업용수 수질오염 현상에 대한 사회적 관심이 높아짐에 따라 1999년부터 농업용수 수질개선사업을 추진하게 되었다. 농업용수 수질개선사업은 농촌지역이 가진 자연환경과 수질오염 특성이 반영된 자연의 정화기능을 이용한 생태공학적 수질개선 공법을 주요

대책공법으로 채택하였다. 수질개선사업은 오염물질 제거를 통한 농업용 저수지의 수질 개선이라는 직접적인 사업목표와 농촌지역의 자연생태복원에 따른 농촌 수변경관향상에도 중요한 역할을 할 것이다.

수질개선사업의 주요 내용은 자연정화기능을 이용한 생태공학적 수질개선공법으로 자연형 하천정비와 저수지로의 오염물질 유입을 차단하기 위한 인공습지와 침강지의 조성, 인공식물섬, 물순환장치 등이 조성된다. 그러나 지난 몇 년간 우리나라는 급격한 기후변화에 의해 강우패턴이 이전과 달라짐에 따라 저수지 유입수의 유입패턴이 달라지고 있기 때문에 인공습지 및 침강지를 위주로 한 저수지 수질개선사업의 모니터링이 필요하게 되었다.

농업용수 수질개선지구 사후모니터링은 수질개선사업에 적용된 수질개선 공법의 오염물질 제거효과를 검증하고, 저수지 수질개선 효과를 평가하며, 이를 토대로 수질개선 공법의 개선방안 및 적절한 유지관리 방안을 도출하는 것이 주목적이다. 또한 본 보고서에서는 기존에 설치된 수질개선시설의 성능을 모니터링 한 결과를 제시하고, 향후 변화되는 환경에 적용 가능하도록 수질개선시설의 구조개선 또는 적용방안을 제시하고자 한다.

## 1.2. 수질개선사업 개요

농업용수 수질개선사업은 오염된 농업용 저수지에 대한 수질개선과 하구 간척담수호의 적정한 수질관리를 위한 담수호 수질보전대책사업으로 추진되고 있다. 담수호 수질보전 대책사업은 새만금호, 화성호 등 대부분의 간척하구담수호에 대한 계획수립을 완료하고, 일부 담수호는 대책시설 설치공사를 시작하였다.

농업용 호소의 COD는 대부분 20mg/L 이하로 생활하수나, 축산폐수, 산업폐수에 비해 오염도가 매우 낮고, 점오염원에서 배출되는 오염물질이 대부분 비점오염형태로 유입되며, 강우시 비점오염물질이 일시에 많은 유량과 함께 유입되는 특성을 지니고 있다. 따라서 농업용수에 대한 수질개선은 저오염농도의 많은 유량을 처리할 수 있는 공법과 공종이 요구된다.

농업용수 수질개선사업에서의 개선공종 선정은 유량과 농도변화에도 안정적인 운영이 가능하고 시설의 유지관리 전문성이 낮으며, 관리비용 역시 적게 소요되어야 할 뿐만 아니라 생태적으로도 매우 유익하고 자연경관적으로 도움이 되는 방향으로 추진되어야 하며 인공습지, 침강지 및 부댐, 희석, 환배수로 등이 이용되고 있어 일반적인 생물학적 오폐수처리와는 다른 특징을 보이고 있다.

효율적인 농업용수 수질관리를 위해서는 관련된 기관간의 협력 및 공동대응체계 구축이 필요하며, 이를 통하여 예산의 과잉투자 방지와 관련사업의 경제성 확보, 그리고 수질관리목표의 조속한 달성을 이룰 수 있다. 이를 위해 평균 TOC 또는 T-P가 IV등급을 초과하는 저수지 87개소를 선정하여 상류유역대책과 호내대책에 대한 구체적인 실행 계획을 수립하여 추진하고 있다.

### 1.3. 조사내용 및 방법

#### ○ 수질조사

- 조사기간 : 2월 ~ 12월
- 조사빈도 : 14지구(감돈, 흥동, 개천, 가산, 월천, 궁산, 설성, 둔전, 성암, 대승, 신희, 승언2, 상성, 도덕) 각 5회/년(강우조사 1회 이상 포함)
- 조사지점 : 인공습지, 침강지 등 수질개선대책시설 유입·유출부
- 조사항목 : 수온, pH, EC, DO, SS, COD, TOC, T-N, T-P, Chl-a, 유량 등

#### ○ 퇴적물 조사

- 조사빈도 : 1회/년
- 조사지점 : 지구별 인공습지 및 침강지 대표지점
- 조사항목 : T-N, T-P, 유기물, 강열감량, pH, 전기전도도, 유효인산, 입도분포

#### ○ 조사방법

- 수질조사 항목 중 수온, pH, EC, DO는 현장에서 측정·분석하였고, COD, TOC, SS, T-N, T-P, Chl-a는 시료채취 및 현장에서 전처리를 실시하였다.
- 이후 냉장보관 상태에서 실험실로 운반하였으며, 수질오염공정시험기준에 준하여 실내분석을 실시하였다.
- 퇴적물은 인공습지내부, 침강지 등에서 시료를 채취하고 토양오염공정시험기준에 의거하여 T-N, T-P, 유기물, 강열감량, pH, 전기전도도, 유효인산, 입도분포를 분석하였다.

[표 1-3-1] 수질 분석방법

분 석 항 목	분 석 방 법
수온, pH, EC, DO	휴대용 현장수질측정기로 현장에서 직접측정
COD	산성 KMnO <sub>4</sub> 산화법으로 분석
TOC	자외선 과황산 산화방법
SS	유리섬유여지(GF/C)로 여과 후 중량법에 의해 산출
T-N	autoclave로 분해한 후 자외선 흡광광도법(Hewlett Packard 8453)에 의해 분석
T-P	과황산칼륨, Autoclave 분해한 후 흡광광도법(Hewlett Packard 8453)으로 분석
Chl-a	아세톤으로 클로로필 색소를 추출하여 흡광광도법(Hewlett Packard 8453)으로 측정

[표 1-3-2] 퇴적물 분석방법

분석항목	분석방법	분석항목	분석방법
입도	비중계법 (125 Hydrometer method)	pH	유리전극법
EC	진탕하여 거른 후 EC 측정 기기로 측정	유기물	Walkley-Black법
T-N	Kjeldahl법	T-P	분해법 : 과염소산 분해법 발색법 : 바나도 몰리브데이트법
강열감량	Furnace 질량 감량법	유효인산	추출법 : Bray No.1, 발색법 : Ascorbic acid에 의한 몰리브덴 blue법

○ 정화효율 분석방법

모니터링 결과를 통해 수질개선시설의 정화효율을 평가할 때에는 ① 부하량 합산법, ② 제거효율법, ③ 평균농도법 등을 이용할 수 있는데, 계산방법은 다음과 같다 (환경부, 2008).

① 부하량 합산법(Summation of loads : SOL)은 유입되는 부하량의 합에 대한 유출 부하량의 합의 비율에 기초한 효율로 정의된다. 즉 총유입부하량과 총유출부하량으로 제거효과를 계산하는 것이다. 수질개선시설의 효율평가방법으로 가장 적합하다.

$$SOL \text{에 의한 효율} = 1 - \frac{\sum \text{총유출부하}}{\sum \text{총유입부하}}$$

여기서 총유출·유입부하량의 합은 다음과 같이 계산된다.

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

- ② 제거효율법(Efficiency Ratio)은 일정기간동안 개별 강우사상에 대한 유입·유출 EMC를 산정하고 각 EMC를 산술평균하여 평균 EMC를 환산하여 이를 제거효율 계산에 활용하는 방법이다.

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

개별강우사상에 대한 강우유출수의 EMC는 다음의 방법으로 산정된다.

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

여기서, V : i 기간동안 유량 (volume of flow)

C : i기간과 관련된 평균농도(average concentration)

n : 강우사상동안 측정 결과의 총수

평균 EMC는 개별 강우사상의 EMC를 산술평균하는 방법으로 산정한다.

$$\text{평균}EMC = \frac{\sum_{i=1}^m EMC_i}{m}$$

여기서, m : 측정된 강우사상의 수

- ③ 평균 농도법(mean concentration)은 평균 유입수 농도와 평균 유출수 농도로 효율을 산정하는 방법이다.

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

이 방법은 오염부하와 달리 오직 농도만으로 제거효율을 평가하는 방법이며, 유량자료가 없거나 단일 시료에 대한 평가에 적용될 수 있다. 그러나 이 방법은 강우사상 전체에 대한 평가방법으로는 부적합할 수 있다.

본 보고서에서는 이상의 방법 중에서 정화효율 산정에 가장 적합한 부하량 합산법으로 정화효율을 평가하는 것을 원칙으로 하고, 지역 여건상 유량측정이 어려운 경우에는 평균 농도법으로 산정하였다.





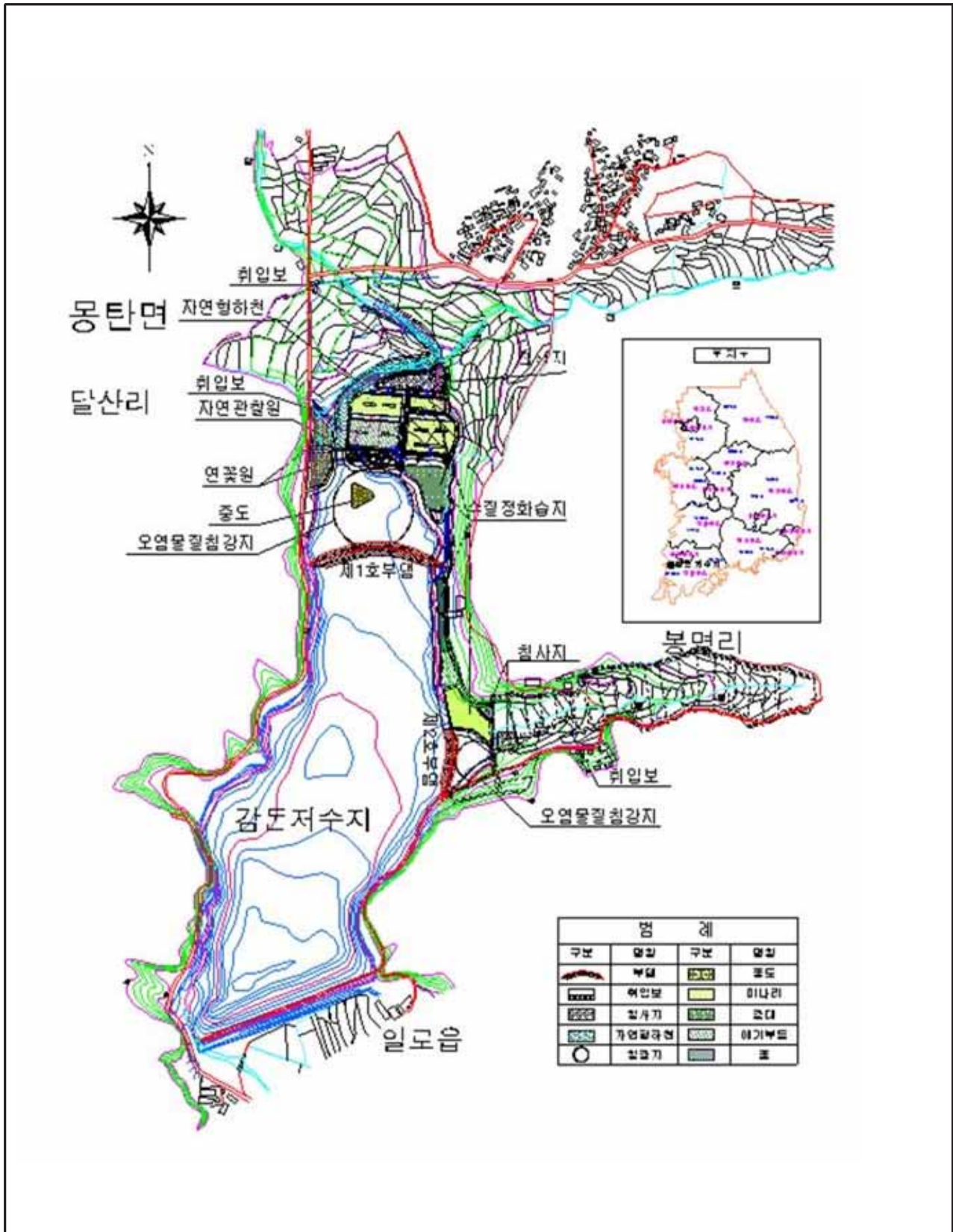
# 2. 감돈지구



- 
- 2.1 지구현황
  - 2.2 기상 및 수질현황
  - 2.3 시설별 수질개선효과
  - 2.4 저수지 수질변화 및 개선효과
  - 2.5 현장적용성 향상 및 유지관리 방안
  - 2.6 요약



## 감돈지구 수질개선사업 평면도





## 2.1. 지구현황

### 2.1.1 저수지 현황

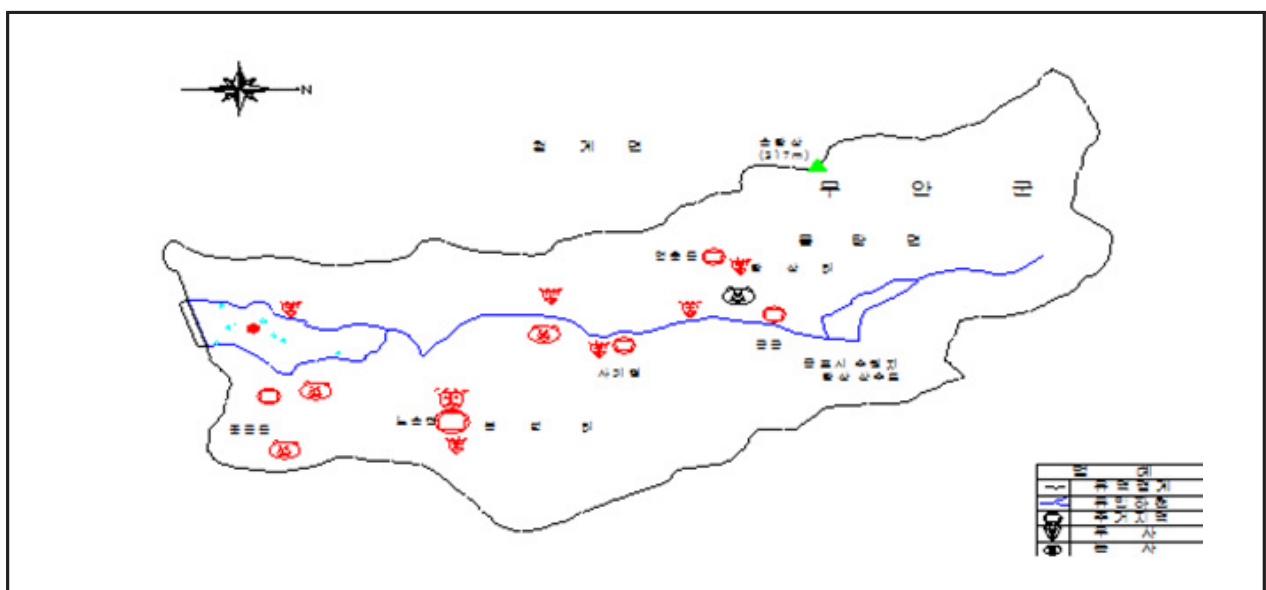
#### 1) 유역현황

- 승달산(317m)을 정점으로 전라남도 무안군 몽탄면 봉명리, 달산리 일대 1,005ha를 유역으로 포함한다. 그 중 임야가 73.5%로 가장 많고 그 다음이 전, 답, 대지의 순이며, 토양은 주로 사질 및 점토질로 구성되어 있다.

[표 2-1-1] 감돈저수지 경위도상 위치

소재지	단	경도와 위도의 극점			연장거리
		지명	극점		
			동경	북위	
무안군	동단	무안군 몽탄면 봉명리	126° 47'	34° 88'	동서간 0.6km
	서단	무안군 몽탄면 달산리	126° 46'	34° 88'	
	남단	무안군 일로읍 감돈리	126° 46'	34° 87'	남북간 1.3km
	북단	무안군 몽탄면 봉명리	126° 47'	34° 88'	

- 목포시 수원지인 달산저수지로부터 발원한 달산천은 감돈지 북쪽에 위치한 주하천으로서 유역면적은 633ha, 유로연장 2.95km, 유역의 평균폭 2.15km, 유로경사 7.20%, 형상계수 0.73, 하천밀도 0.47이다. 북동쪽에 위치한 봉명천은 유역면적은 175ha, 유로연장 1.38km, 유역의 평균폭 1.27km, 유로경사 16.09%, 형상계수 0.92, 하천밀도는 0.79이다.




[그림 2-1-1] 감돈저수지 유역도

## 2) 일반현황

- 감돈저수지는 수질개선 시범사업(2003년)의 일환으로 2개 주요 유역을 대상으로 인공습지와 침강지를 각각 2개소 설치하였다. 유역내 오염원으로는 다수의 마을과 축사가 산재하고 있으며, 발작물 중심으로 경작이 이루어지고 있다. 특히, 축사에서 오염원 발생 영향이 큰 지역이다. 2015년 KRC 수질보전대책 시범사업을 시행하였고 침강지 오염방지용 수중펌프가 설치되었다.

[표 2-1-2] 감돈저수지 일반현황

소재지	전남 무안군 몽탄면 봉명리	
설치년도	1945년	
유역면적	1,005ha	
유효저수량	1,692천m <sup>3</sup>	
수혜농지	133.1ha	
만수면적	40ha	
관리주체	한국농어촌공사(무안·신안지사)	

### 2.1.2 수질개선시설

#### 1) 주요대책

- 상류대책은 마을하수처리시설(30m<sup>3</sup>/일, A2EBC공법)이 운영 중이며, 호내대책은 인공습지가 4구역 7.2ha(관리도로 등 기반시설 포함)가 조성되었다. 순수한 인공습지 면적은 4개소 4.5ha이며(체류연못 3개소 0.4ha 포함), 침사지 2개소(0.8ha)가 조성되었다. 이 중에서 제1호 및 제2호 습지가 주처리 공종으로서 2.8ha 규모이며, 유하거리는 309m이다.
- 침강지 내에는 분수포기장치 2개소를 포함하고 있으며, 호내 수질개선 시설 및 장비의 상태는 양호하다. 이외 감돈저수지의 수질개선을 위해서는 상류유역 축사 시설 운영 전반에 관한 지속적인 점검·감독이 필요할 것으로 보인다.

[표 2-1-3] 감돈저수지 수질개선시설 현황

구분	대안	시설	규모	비고
<input type="checkbox"/> 상류대책(무안군 추진)				
1	하수처리	소규모하수도	30m <sup>3</sup> /일(A2EBC공법)	
2	관리감독	축산시설	수시 야적축분 유입 발생	
<input type="checkbox"/> 호내대책				
1	평시 유출수 처리	1호 인공습지	25,053m <sup>2</sup>	
2	평시 및 강우 유출수 처리	1호 침강지	30,330m <sup>2</sup>	
3	평시 유출수 처리	2호 인공습지	16,733m <sup>2</sup>	
4	평시 및 강우 유출수 처리	2호 침강지	7,445m <sup>2</sup>	
5	침강지 분수포기	분수포기장치	2기	
6	인불용화 장치	1식	탱크용량 5,000L	
7	침강지 수중펌프	1식	Ø100mm×5.5kw	

## 2) 인공습지

- 달산천 유역에 위치한 1호 인공습지와 봉명천 유역에 위치한 2호습지로 나눌 수 있으며 인공습지 설계유량, 제원 등은 [표 2-1-4], [표 2-1-5]와 같다.

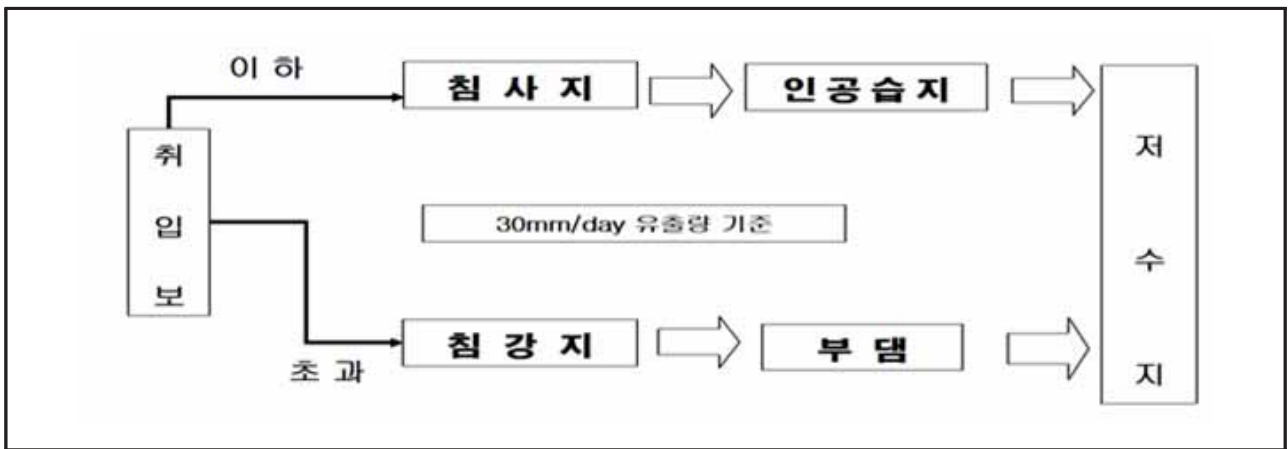
[표 2-1-4] 인공습지 설계유량 및 규모

습지명	총유출량 (ha-m)	침투홍수량 (m <sup>3</sup> /s)	설계홍수량 (m <sup>3</sup> /s)	체류시간 (hr)	면적 (m <sup>2</sup> )
제1호	1.16	2.11	1.58	4.2	25,053
제2-1호	0.09	0.11	0.08	28.8	5,796
제2-2호	0.13	0.29	0.22	18.5	10,937
계	1.38	2.51	1.88	-	41,786

[표 2-1-5] 제1호 인공습지 제원

구분	폭(W, m)	길이(L, m)	면적(A, m <sup>2</sup> )
제1-1호	99.6	41.5	4,132
제1-2호	99.6	62.8	6,530
제1-3호	71.2	34.8	2,478
제1-4호	93.6	46.7	4,373
제1-5호	93.4	102.4	7,540
제2-1호	27.6	210	5,796
제2-2호	70.1	156	10,937
평균/계	91.5	93.5	41,786

- 설계유량은 30mm/d 강우분포율에 의한 홍수유출량을 기준으로 침투홍수량의 75%를 설계홍수량으로 설정하였다.



[그림 2-1-2] 인공습지 수리계통도



[그림 2-1-3] 인공습지 평면도





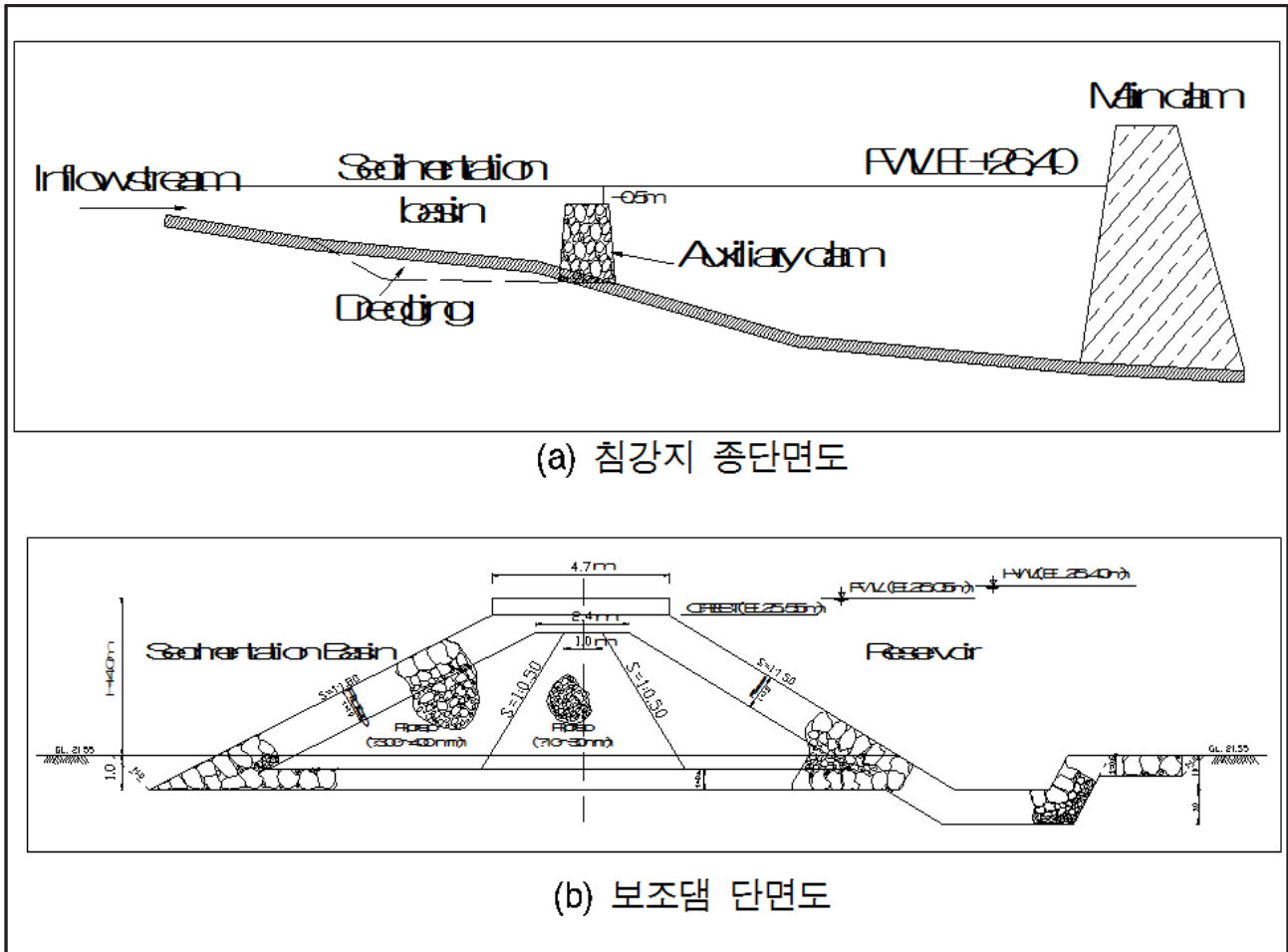
[그림 2-1-4] 인공습지 시설현황

### 3) 침강지

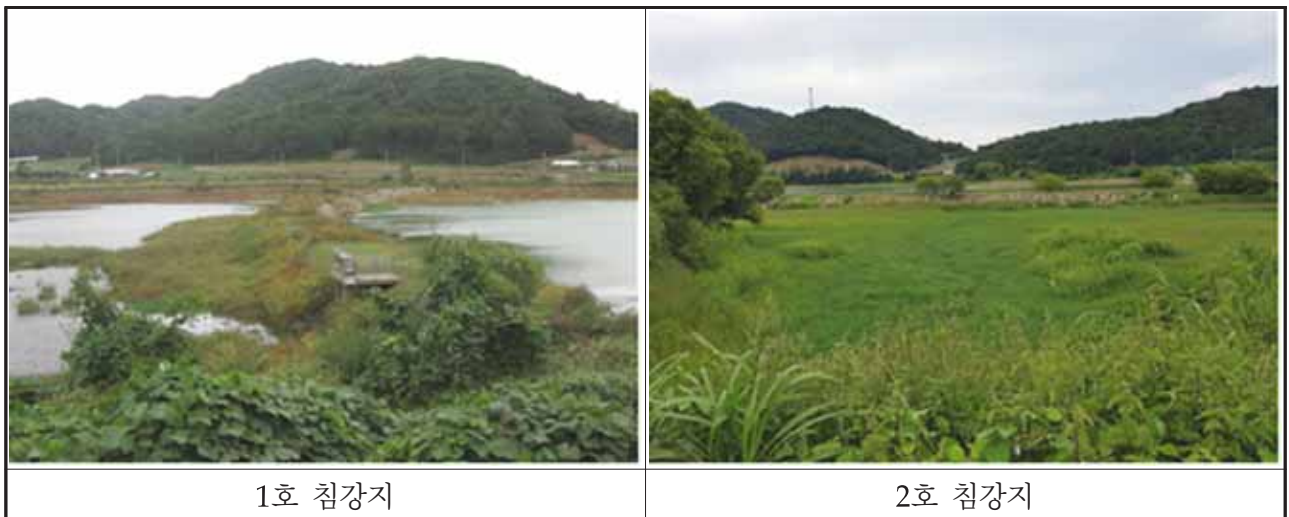
- 달산천 유역에 위치한 1호침강지와 봉명천 유역에 위치한 2호침강지로 나눌 수 있으며 침강지별 특성은 [표 2-1-6]과 같다.

[표 2-1-6] 침강지 특성표

내 용	토지이용상태 (ha)						높이 (m)	길이 (m)	만수 면적 (ha)	용량 (ha-m)	SAR (%)
	계	논	밭	임야	주거지	기타					
감돈저수지	985.7	69.3	80.0	751.6	21.4	63.4	14.2	376	40.0	191.8	13.2
제1호침강지	520.1	50.0	61.7	381.7	17.3	9.4	5.5	290	3.0	12.2	0.7
제2호침강지	66.4	5.9	9.4	42.1	8.3	0.7	4.3	136	0.7	1.1	1.0



[그림 2-1-5] 침강지 평면도

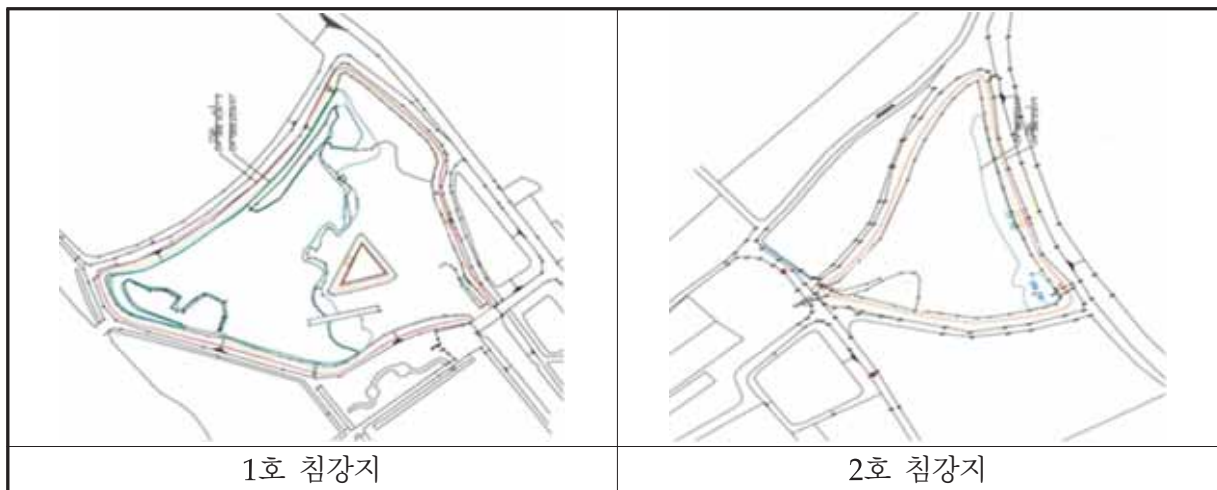


[그림 2-1-6] 침강지 시설현황

- 감돈저수지 1호, 2호 침강지의 내용적을 2017년 9월 5일부터 9월 19일까지 측량하고, 그 결과를 [표 2-1-7]에 나타내었다.
- 1호 침강지의 경우 내용적 퇴적량은 22,758m<sup>3</sup>이며 2003년 준공 후 다년간에 거친 유입 침전물이 누적되었으며, 2호 침강지 내용적 퇴적량은 -280m<sup>3</sup>인데 2015년 시행된 습지리모델링 사업 시 내부준설 등을 통해 정비된 결과인 것으로 판단된다.

[표 2-1-7] 침강지 특성표

구 분	관측전 면적(m <sup>2</sup> )	관측전 내용적(m <sup>3</sup> )	관측후 내용적(m <sup>3</sup> )	내용적 퇴적량(m <sup>3</sup> )	퇴적율(%)
1호 침강지	30,330	122,000	99,242	22,758	18.7
2호 침강지	7,445	11,000	11,280	-280	-2.5



[그림 2-1-7] 내용적도

#### 4) 기타 수질개선시설

- 기타 감돈저수지에 설치된 수질개선 시설은 침강지 내부 분수포기대 1기, 인불용화 약품투입을 위한 탱크 1식(용량 5,000L)과 침강지 수질정화용 수중펌프 1식(∅ 100mm×5.5kw)이 설치되어 있으며, 상태는 모두 양호하다.



[그림 2-1-8] 기타시설 현황

## 5) 시설보수보강 내역

- '15년 습지 리모델링 사업 개요
  - 사업비 : 135,000천원
  - 사업기간 : 2015. 11. 09. ~ 2015. 12. 28.
  - 사업내용 : 식생 및 표토제거(4,249m<sup>3</sup>), 준설(5,617m<sup>3</sup>), 노란꽃창포 식재(유용), 일체식문비 2개소 설치
- '16년 인불용화 사업 개요
  - 사업비 : 8,271천원
  - 사업기간 : 2016. 07. 25. ~ 2016. 12. 15.
  - 사업내용 : 저수지 내 인불용화 약품 탱크설치 및 살포
- '17년 인공습지 정비
  - 사업비 : 25,887천원
  - 사업기간 : 2017. 9. 26. ~ 2017. 11. 23.
  - 사업내용 : 습지 내 수생식물 절취, 수로 내 토사제거, 수변공원 예초작업 등

## 2.2. 기상 및 수질현황

### 2.2.1 기상현황

#### 1) 기온

- 감돈저수지 유역과 가장 가까운 목포 기상대에서 조사된 사업시행 전·후의 조사 시기별 평균 기온은 [표 2-2-1]과 같이 각각 1999년~2003년 평균인 13.9℃와 비교하면 2017년 14.2℃로 다소 높게 나타났다. 금년도의 경우 최고기온은 7월 27.2℃, 최저기온은 12월 2.2℃이고, 평균기온은 14.2℃이었다.

[표 2-2-1] 감돈저수지 유역 사업시행 전·후 월별 기온 분포 (단위 : °C)

구 분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균
'99~'03 (시행전)	2.1	2.8	7.0	12.7	17.4	21.6	24.7	25.5	22.2	16.3	9.7	4.2	13.9
2011년 (시행후)	-2.3	2.4	4.8	10.6	17.0	21.0	25.3	24.6	21.7	15.2	12.5	2.8	13.0
2012년 (시행후)	0.5	0.2	5.3	12.0	17.6	21.9	25.1	27.0	20.9	16.0	8.8	1.3	13.1
2013년 (시행후)	0.6	1.8	6.1	10.4	17.2	22.0	26.4	27.8	22.4	16.9	9.6	3.9	13.8
2014년 (시행후)	2.3	3.6	7.7	13.2	17.8	21.7	24.5	24.1	22.2	16.9	10.9	2.3	13.9
2015년 (시행후)	2.5	3.2	6.9	12.7	17.7	21.5	24.8	25.9	22.0	17.3	12.2	6.3	14.4
2016년 (시행후)	1.8	3.7	7.5	13.8	18.6	22.2	26.1	27.9	23.1	17.3	10.0	5.5	14.8
2017년 (시행후)	2.6	3.0	6.6	13.6	18.7	21.9	27.2	27.0	22.2	16.7	9.1	2.2	14.2
평년값	1.3	2.6	6.5	12.4	17.8	21.7	25.5	26.2	22.1	16.6	10.4	3.6	13.9

#### 2) 강수량

- 목포 기상대에서 관측된 사업시행 전·후의 연간 총 강수량은 1999~2003년 기간 동안 1,301.2mm이었고, 2012년도에는 1,577.5mm로 가장 많은 강수량, 2017년에는 701.3mm로 가장 적은 강수량을 나타내었다.

[표 2-2-2] 감돈저수지 유역 사업시행 전·후 월별 강수량 분포

[단위 : mm]

구 분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합계
'99~'03(시행전)	39.8	35.1	59.0	79.2	82.4	169.4	251.1	291.6	178.6	60.3	31.5	23.2	1,301.2
2011년(시행후)	12.2	43.9	25.6	85.3	96.9	134.6	227.6	160.0	10.1	22.0	149.9	14.0	982.1
2012년(시행후)	14.1	28.9	136.6	107.2	26.9	51.7	319.4	443.4	259.3	65.9	49.5	74.6	1,577.5
2013년(시행후)	14.2	51.0	68.9	41.6	140.7	84.4	224.9	176.8	153.6	17.4	99.2	16.5	1,089.2
2014년(시행후)	12.4	15.8	92.3	71.4	72.8	69.9	136.8	255.0	74.7	98.6	95.7	92.3	1,087.7
2015년(시행후)	41.1	25.7	34.4	159.6	77.8	117.8	159.6	86.5	79.5	84.2	106.8	68.6	1,041.6
2016년(시행후)	79.2	40.5	54.9	192.0	119.9	133.6	249.2	20.4	197.8	203.1	51.2	45.9	1,387.7
2017년(시행후)	13.9	32.3	28.5	46.5	14.0	28.5	138.2	201.8	109.4	62.7	1.4	24.1	701.3
평년값	28.4	34.2	62.5	97.9	78.9	98.7	213.4	204.4	132.9	76.8	73.2	44.9	1,146.0

## 2.2.2 수질현황

### 1) 목표수질

- 1999년 수립된 감돈저수지 농업용수 수질개선사업 기본계획에서는 감돈저수지의 목표수질을 물의 이용목적, 이용시기, 장래 주변 환경여건 변화를 고려하여 주목적인 농업용수 수질환경기준(환경정책기본법 제12조)을 달성하되, 지역주민 여가활동 공간 및 생태계 유지를 위한 관리기준을 만족해야 될 것으로 보아 [표 2-2-3]과 같이 설정하였다.

[표 2-2-3] 감돈저수지 목표수질

구 분	목표수질	기본계획 수립시 ('99년)	예측수질 ('08년)
COD(mg/L)	8.0 이하	14.4	7.8
TOC(mg/L)	6.0 이하	-	-
T-N (mg/L)	1.0 이하	3.620	1.000
T-P (mg/L)	0.1 이하	0.320	0.090
수질등급	IV등급	VI등급(COD)	IV등급(COD)

## 2) 오염원 현황

- 2017년 ‘농업용수 수질측정망 조사보고서’ 오염원 자료를 인용하였는데, 오염원 조사는 수질오염총량관리기본방침 제8조와 [별표]에 따라 생활계, 축산계, 산업계, 양식계, 토지계, 매립계 등으로 구분하여 조사하였다. 오염원은 수계오염총량기술지침에 따라 행정구역별, 배출원별로 조사하였으며, 환경기초시설도 함께 조사하였다.
- 유역내에는 양식계와 매립계는 존재하지 않았고, 생활계, 축산계, 산업계, 토지계에 대한 조사결과는 [표 2-2-4]~[표 2-2-6]에 나타내었다.
- 점오염원은 인간의 생활에 의한 오염, 공장 및 사업장으로부터의 오염, 가축에 의한 오염 등과 같이 오염원이 뚜렷하며 한곳에 집중되어 있는 것을 말한다.
- 유역에는 공장 및 사업장이 1개소 있으나 폐수배출은 없으며, 축산의 경우 특히, 돼지는 연 중 변화가 크게 나타났고 인구는 변화가 작은 것으로 나타났다.
- 사업시행 전인 기본계획수립시(1999년) 인구는 482명이었는데, 매년 인구가 감소하여 2017년도에는 299명으로 1999년 대비 약 38%가 감소되었다.

[표 2-2-4] 감돈저수지 유역 내 인구변화 추이

구 분	1999년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
인구(명)	482	358	347	335	333	331	311	299

- 축산의 경우 2016년도에는 한우와 돼지가 각각 2,175두, 5,400두였으며, 2017년도에는 한우 2,159두로 전년도에 큰 변화가 없는 반면, 돼지는 2,500두로 전년도에 비해 절반 수준으로 감소하였다.
- 기본계획 수립당시인 1999년도의 한우 862두, 돼지 3,532두에 비해 2017년도에는 한우는 2.5배 증가하였고, 돼지는 29% 감소하는 경향을 보였다.

[표 2-2-5] 감돈저수지 유역 내 연도별 축산변화

구 분	1999년	2010년	2011년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
한우(두)	862	1,758	2,055	1,925	1,734	1,883	2,175	2,159
돼지(두)	3,532	7,020	5,900	5,900	6,700	6,430	5,400	2,500

- 토지이용 현황은 총면적이 1,005ha이며, 이중 임야 745ha, 전과 답이 각각 82ha, 72ha, 기타 106ha로써 큰 변화가 없었다.

[표 2-2-6] 감돈저수지 유역 내 지목별 토지이용현황

구 분	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
계	1,005	1,005	1,005	1,005	1,005	1,005
전(ha)	82	82	82	82	82	82
답(ha)	72	72	72	72	72	72
임야(ha)	745	745	745	745	745	745
기타(ha)	106	106	106	106	106	106

### 3) 오염부하량

- 유역내 오염원별 발생부하량은 [표 2-2-7]과 같으며, 최근 연도별 발생부하량 변화는 [표 2-2-8]과 같다.

[표 2-2-7] 2017년 감돈저수지 유역 내 발생부하량

구 분		점 오염원					비점오염원					계	
		생활계 (인)	축산계(두)			산업계 (m <sup>3</sup> /일)	토지현황(ha)						
			한우	젓소	돼지		전	답	임야	기타	소계		
원수(단위)		299	2,159	-	2,500	-	82	72	745	106			
BOD	kg/d	14.7	144.7	-	80.0	-	239.4	1.3	1.7	7.5	1.1	11.6	251.0
	%	5.9	57.7	-	31.9	-	95.4	0.5	0.7	3.0	0.4	4.6	100.0
T-N	kg/d	3.9	86.4	-	37.3	-	127.6	7.7	4.7	16.4	0.1	28.9	156.5
	%	2.5	55.2	-	23.8	-	81.5	4.9	3.0	10.5	0.1	18.5	100.0
T-P	kg/d	0.4	7.6	-	8.3	-	16.3	0.197	0.439	1.043	0.032	1.7	18.0
	%	2.2	42.2	-	46.1	-	90.6	1.1	2.4	5.8	0.2	9.4	100.0

- 유역내 오염물질 발생부하량은 기본설계 당시인 1999년에 BOD 205.8 kg/d, T-N 106.1 kg/d, T-P 16.3kg/d이었는데, 2017년도는 BOD 250.8kg/d, T-N 156.5kg/d, T-P 18.0kg/d로 1999년도에 비해 크게 증가하였다. 발생부하량의 변화는 주로 유역내 축사에서의 영향이 큰 것으로 나타났다.



[표 2-2-8] 감돈저수지 유역 내 연도별 오염물질 발생부하량

구 분	연도별 발생부하량(kg/d)					
	1999년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
BOD	205.8	345.7	358.4	359.6	393.2	251.0
T-N	106.1	198.2	202.5	204.4	222.8	156.5
T-P	16.3	28.4	30.4	30.0	32.6	18.0

#### 4) 수질변화 추이

- 수질개선사업 추진을 통한 수질변화 현황은 2003년 준공 후 지속적으로 개선되었고 2011년 이후 꾸준히 농업용수 수질관리기준(TOC 기준)을 만족하였다.
- 경과년수 증가 등의 영향으로 '14년 이후 다소 증가하는 경향을 보였고, 금년 유래 없는 가뭄이 있었지만 수질관리기준(TOC 기준)을 달성하였다.

[표 2-2-9] 감돈저수지 수질변화

구 분 (mg/L)	7개년평균 (‘04~‘10)	‘01년 (착공시)	수질 변화							목표년도 (‘08년)	목표수질
			‘11	‘12	‘13	‘14	‘15	‘16	‘17		
COD	8.98	12.5	6.7	7.8	7.8	9.1	8.9	8.5	11.5	8.1	8.0이하
TOC	-	-	3.0	4.4	4.7	3.1	4.6	4.6	5.6	-	6.0이하
T-N	1.632	3.08	1.002	2.207	1.956	1.723	1.731	2.356	1.03	1.817	1.0이하
T-P	0.078	0.182	0.039	0.062	0.097	0.080	0.070	0.048	0.070	0.069	0.1이하

## 2.3. 시설별 수질개선효과

### 2.3.1 인공습지 수질개선효과

- 감돈저수지 수질개선시설의 수질정화효율을 분석하기 위하여 W-1(1호 침강지 및 인공습지 유입부), W-2(1호 인공습지 유출부), W-3(1호 침강지 유출부) 등 총 3지점에서 수질조사를 실시하였다.

[표 2-3-1] 감돈저수지 수질 및 퇴적물 조사시기

구분	조사횟수	조사일자				
		1차	2차	3차	4차	강우시 <sup>1)</sup>
수질조사	5회	3.23	5.22	9.4	10.11	7.10
퇴적물조사	1회	10.26				



[그림 2-3-1] 감돈지구 수질 및 퇴적물 조사 지점

- 습지전방에서의 하천수는 취입보를 통해 습지로 유입되며 구배를 따라 자연적으로 유하하여 습지에서 저수지로 양호하게 배출되고 있었다.
- 조사시기는 일기가 양호한 3월 23일, 5월 22일, 9월 4일, 10월 11일에 실시하였고, 7월 10일에는 강우시(0.9mm) 조사가 이루어 졌다. 이와 함께 퇴적물 조사가 인공 습지 내부 S-1과 침강지 내부 S-2에서 10월 26일 실시되었다.
- 2017년도 감돈 저수지 1호 인공습지 유입수의 평균 수온은 19.5℃였고, 유출수는 19.0℃를 나타냈다.
- 1호 인공습지 유입수의 평균 pH는 7.6이었는데, 유출수는 7.4로써 유입수와 유출수 간에 차이가 거의 없었으며, 농업용 수질관리기준인 6.0 ~ 8.5를 만족하였다.
- EC는 1호 인공습지 유입수가 평균 314.8μS/cm였는데, 유출수는 평균 284.5μS/cm를 나타내었다.
  - 국내 환경정책기본법의 농업용 수질관리기준에는 없지만 미국 캘리포니아대학교 대외협력국(UCCES)이 개발한 농업용 수질관리기준지침에는 700μS/cm 이하에서는 작물생육에 문제가 없는 것으로, 700~3,000μS/cm에서는 오염우려, 3,000μS/cm 이상에서는 작물생육에 큰 영향을 미치는 것으로 분류하고 있다.
  - 1호 인공습지 유입수 및 유출수는 700μS/cm에 비해 매우 작은 값이기 때문에 농업 용수로 이용하는데 문제가 없는 수준이다.
- DO는 유입수가 평균 6.9mg/L, 유출수는 평균 6.4mg/L로써 큰 차이 없이 일정한 수준을 유지하는 경향을 보였다.
  - 얕은습지에서는 미생물의 유기물 분해 과정에서 DO(용존산소)를 소모하게 되고, 깊은습지를 거치며 DO 농도가 회복되는 것으로 판단된다.
  - 인공습지는 DO 소모와 회복의 균형을 이루고 있는 모습을 보였다.

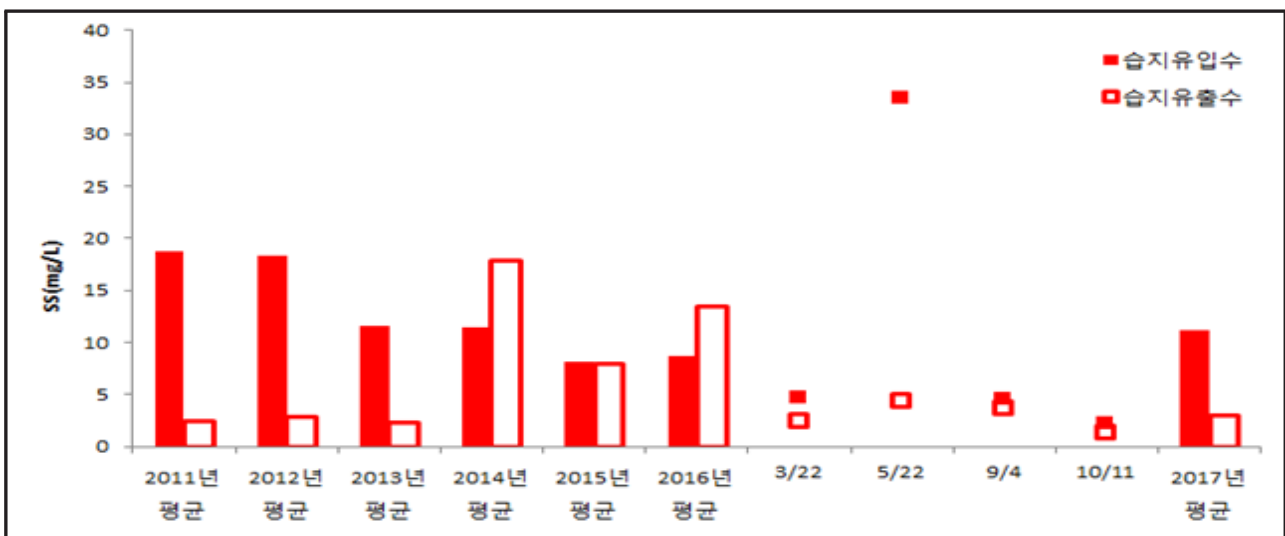
[표 2-3-2] 감돈저수지 인공습지 수질변화

구 분		'11년	'12년	'13년	'14년	'15년	'16년	'17년 평상시 및 강우시					
		평균	평균	평균	평균	평균	평균	1차 (3.23)	2차 (5.22)	3차 (9.4)	4차 (10.11)	평균	강우 (7.10)
수온 (°C)	유입수	16.9	16.8	18.8	23.7	23.9	19.0	10.4	22.9	24.5	20.2	19.5	25.4
	유출수	16.6	17.3	17.7	21.7	21.6	20.0	10.6	20.0	25.0	20.2	19.0	25.0
pH	유입수	7.8	7.4	7.7	7.9	7.5	7.5	7.6	7.6	7.8	7.5	7.6	7.2
	유출수	7.6	7.2	7.4	7.3	7.2	7.7	7.6	7.2	7.6	7.3	7.4	7.2
EC (µS/cm)	유입수	213	215	241	246	203	254	264	276	376	343	314.8	310
	유출수	217	217	217	213	170	230	252	232	323	331	284.5	230
DO (mg/L)	유입수	8.0	8.5	9.7	7.7	6.6	5.1	7.5	6.7	6.3	7.1	6.9	3.1
	유출수	5.0	5.2	5.2	3.2	3.0	5.3	8.9	5.3	5.2	6.1	6.4	3.5
SS (mg/L)	유입수	18.8	18.4	11.6	11.5	8.1	8.8	4.6	33.4	4.5	2.1	11.2	3.5
	유출수	2.5	2.9	2.3	17.9	7.9	13.5	2.4	4.3	3.7	1.3	2.9	8.7
COD (mg/L)	유입수	10.0	8.0	6.5	6.0	7.7	10.6	6.2	21.6	5.2	3.8	9.2	10.4
	유출수	7.3	5.9	6.6	6.7	7.2	12.6	6.2	8.0	5.6	5.0	6.2	10.6
TOC (mg/L)	유입수	-	-	3.6	3.7	4.0	6.2	3.7	8.4	3.3	2.5	4.5	6.7
	유출수	-	-	3.8	3.9	4.2	6.8	3.9	5.2	3.6	3.7	4.1	6.5
T-N (mg/L)	유입수	6.600	7.040	6.580	7.600	5.650	4.917	4.359	4.902	8.881	11.327	7.367	2.729
	유출수	2.850	4.110	2.630	1.700	0.820	2.830	3.006	0.712	6.566	4.143	3.607	1.515
T-P (mg/L)	유입수	0.521	0.353	0.299	0.237	0.215	0.302	0.098	0.195	0.260	0.172	0.181	0.850
	유출수	0.192	0.142	0.172	0.260	0.264	0.433	0.078	0.279	0.266	0.134	0.189	0.504
Chl-a (mg/m³)	유입수	13.6	11.0	3.3	5.3	5.0	13.7	6.7	110.1	4.3	3.5	31.2	13.8
	유출수	7.2	3.0	2.1	1.7	2.1	29.9	9.2	7.4	5.0	3.3	6.2	7.8

[표 2-3-3] 7개년 감돈지구 인공습지 정화효율

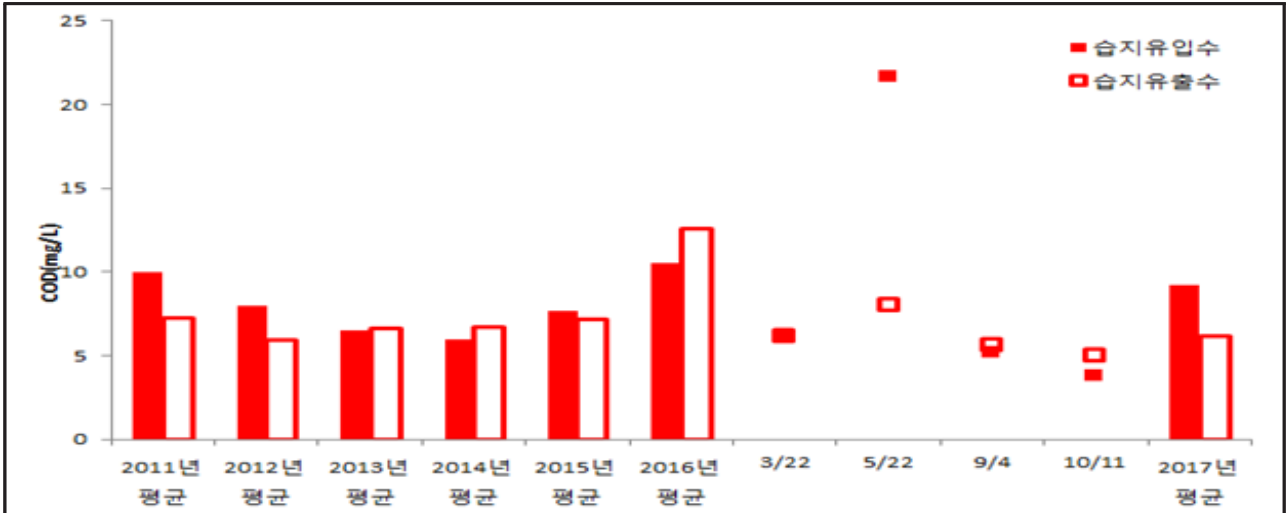
구 분		'11~17년 평균		'11~17년 평상시		'11~17년 강우시	
		부하량	정화효율 (%)	부하량	정화효율 (%)	부하량	정화효율 (%)
SS (kg/d)	유입수	128.6	46.7	18.0	49.2	400.0	46.4
	유출수	68.5		9.1		214.3	
COD (kg/d)	유입수	58.9	23.3	18.0	-8.3	159.4	32.0
	유출수	45.2		19.5		108.3	
TOC (kg/d)	유입수	28.6	-4.6	9.5	-11.3	105.2	-2.2
	유출수	30.0		10.6		107.5	
T-N (kg/d)	유입수	40.1	43.6	22.2	53.8	82.2	37.1
	유출수	22.6		10.3		51.8	
T-P (kg/d)	유입수	2.7	40.7	0.8	15.7	7.1	47.4
	유출수	1.6		0.7		3.7	
Chl-a (g/d)	유입수	69.7	61.0	19.4	44.3	188.6	65.0
	유출수	27.2		10.8		66.0	

- SS는 금년도 전반적으로 유입수에 비해 유출수에서 낮게 나타났다. 5월 조사인 2차 조사에서의 정화효율이 가장 크게 나타난 반면 강우가 부족했던 3차, 4차조사에서의 효율은 상대적으로 줄어드는 경향을 나타내었다.
- 일반적으로 인공습지에서 SS 정화효율은 높게 나타나는데 이는 인공습지를 흘러가면서 무거운 부유물질은 중력에 의해 자연적으로 침전되고, 번성하고 있는 식물 줄기와 부딪히면서 가라 앉는 등 식물들이 필터역할을 하기 때문이다.
- 최근 7개년 간 인공습지에서 SS 정화효율을 살펴보면 평균 128.6kg/d가 유입되고 68.5kg/d가 유출되어 46.7%의 정화효율을 보였다.



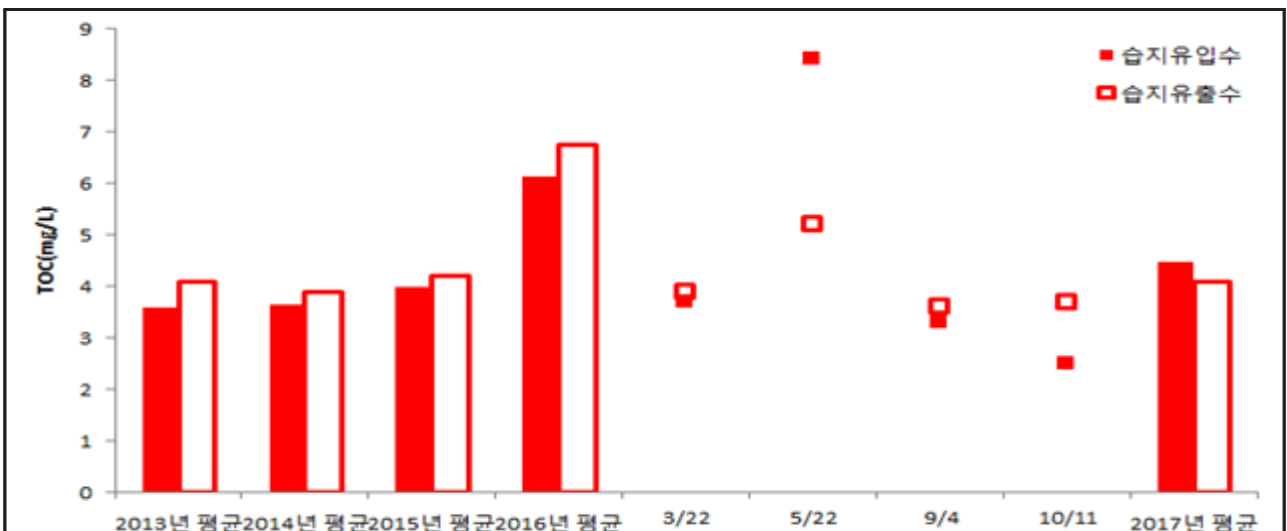
[그림 2-3-2] 감돈지구 인공습지 유입수 및 유출수 SS 변화

- COD는 1호 인공습지 유입수가 9.6mg/L인데, 유출수는 6.2mg/L로 대체로 양호한 정화효과를 나타내며 배출되었다.
- 특히 식생성장기인 5월 2차 조사에서 가장 큰 정화효율을 나타낸 반면 가뭄이 심화되는 3차와 식생이 시들어가는 4차조사에서는 유출수의 농도가 유입수와 비슷하거나 약간 높은 현상을 나타내었다.
- 최근 7개년 간 COD의 정화효율은 58.9kg/d가 유입되고 45.2kg/d가 유출되어 23.3%의 정화효율을 보였다.



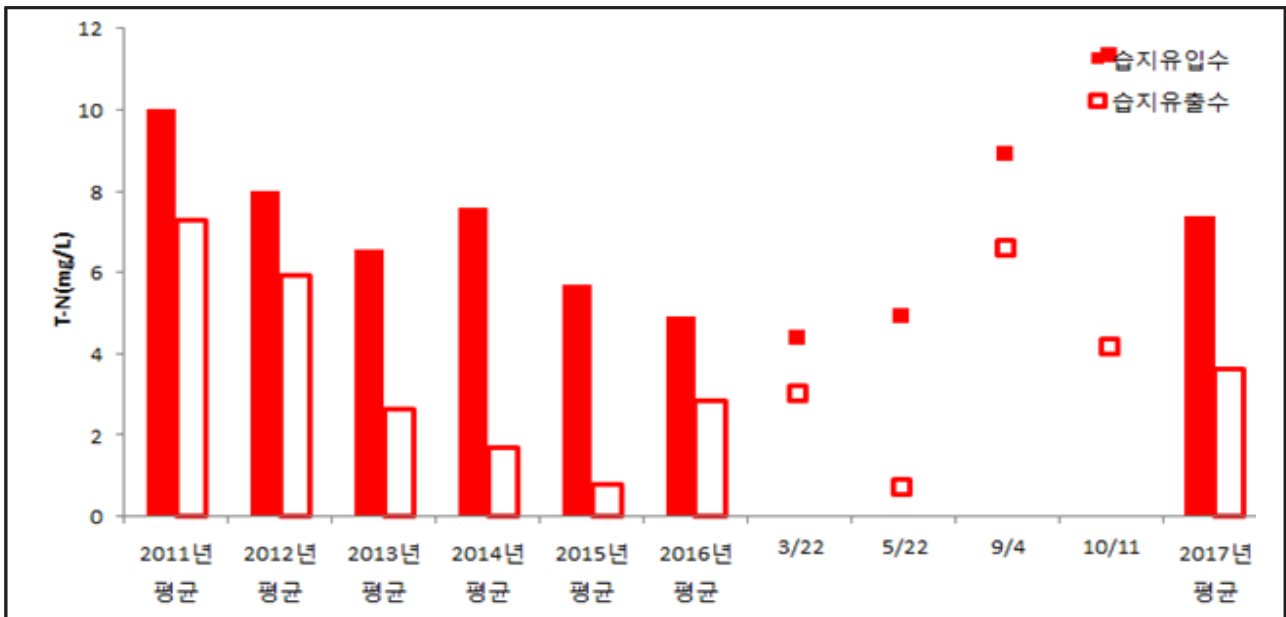
[그림 2-3-3] 감돈지구 인공습지 유입수 및 유출수 COD 변화

- TOC는 관리기준항목에 새로이 추가되어 2013년도부터 조사 분석을 실시하였다.
- 금년 인공습지에서의 조사결과 유입수는 평균 4.5mg/L이고, 유출수는 4.1mg/L로 대체적으로 양호한 정화효과를 나타내고 있었다.
- 시기별 정화효율은 COD와 비슷한 양상을 보였으며, 역시 식생성장기인 2차 조사시 가장 높은 정화효율을 나타내었고 3~4차 조사시 각각 가뭄과 식생사멸기의 영향을 받아 낮게 나타났다..
- 최근 7개년 간 TOC의 정화효율은 평균 28.6kg/d가 유입되고 30.0kg/d가 유출되어 -4.6%의 정화효율을 보였다.



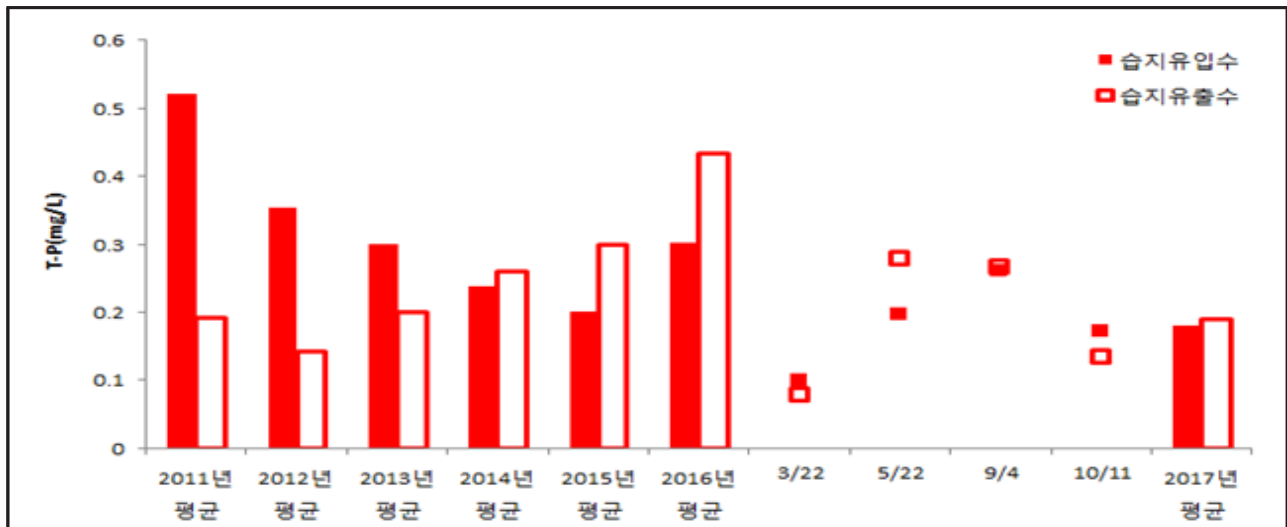
[그림 2-3-4] 감돈지구 인공습지 유입수 및 유출수 TOC 변화

- T-N의 경우 1호 인공습지 유입수는 평균 7.367mg/L이고 유출수는 평균 3.607mg/L로 낮아져 인공습지에서의 정화효과가 두드러지게 나타났다.
- 최근 7개년 간 평균적으로는 40.1kg/d가 유입되고 22.6kg/d가 유출되어 43.6%의 정화 효율을 보였다.
- 식물활착이 안정화되고 고른 분포를 이루고 있는 가운데 토양 내 식생과 미생물이 직접 이용하는 T-N 성분이 습지를 통해 전반적으로 잘 제거되는 (+)정화효율을 나타냈다.



[그림 2-3-5] 감돈지구 인공습지 유입수 및 유출수 T-N 변화

- T-P의 경우 1호 인공습지 유입수는 평균 0.181mg/L였는데, 유출수는 평균 0.189mg/L로 비슷한 수치를 나타내었으며, 최근 7개년 간 T-P의 정화효율은 평균적으로 2.7kg/d가 유입되고 1.6kg/d가 유출되어 40.7%의 정화효율을 보였다.
- 1, 3, 4차 조사의 경우 습지 유입과 유출 시 비슷하거나 개선되는 수치를 나타낸 반면, 2차 조사에서는 약간 역전되는 현상을 보였다. 습지 내에서 인 성분은 토양입자와 흡착된 형태나 미생물 및 정화식물에 의해 흡수된 상태로 존재하기 때문에, 앞서 보인 현상은 습지 내 정화효율에서의 문제보다는 일시적인 토양 및 협잡물 등 인 성분에 의한 영향일 것으로 추정된다.



[그림 2-3-6] 감돈지구 인공습지 유입수 및 유출수 T-P 변화

### 2.3.2 침강지 수질개선효과

- 2003년 준공된 감돈저수지 침강지의 물리적인 상태는 양호하게 유지되고 있으며, 유입수에서의 부유물질 침전기능을 정상적으로 수행하고 있다.
- 2017년도 1호 침강지 유입수의 수온은 평균 19.5 °C였는데, 유출수는 평균 19.8°C로 비슷한 수치를 나타내었다.
- 1호 침강지 유입수의 pH는 평균 7.6였는데, 유출수는 평균 8.0로써 유입수에 비해 유출수에서 높아지는 경향을 보였다. 특히 5월 2차시와 9월 3차 조사시 침강지 유출부 pH가 상대적으로 높아지는 경향을 보였는데, 이는 가뭄으로 인한 유입수 부족과 침강지에서의 길어진 체류시간으로 인한 조류번성의 영향일 것으로 판단된다.
- EC는 1호 침강지 유입수가 평균 314.8 $\mu$ S/cm였는데, 유출수는 평균 219.0 $\mu$ S/cm로 유출수가 다소 낮은 경향을 보였다. 1호 침강지 유입수 및 유출수는 모두 작물생장에 지장이 없는 기준인 700 $\mu$ S/cm에 비해 매우 작은 값이기 때문에 농업용수로 이용하는데 문제는 없는 것으로 판단된다.
- DO는 1호 침강지 유입수가 평균 6.9mg/L였는데, 유출수는 8.5mg/L로 약간 높은 수치를 보이고 있다. DO 농도는 대부분 호소의 농업용 수질관리기준인 2.0mg/L 이상을 만족하고 있다.



[표 2-3-4] 감돈저수지 1호 침강지 수질변화

구 분		'11년	'12년	'13년	'14년	'15년	'16년	'17년 평상시 및 강우시					
		평균	평균	평균	평균	평균	평균	1차 (3.22)	2차 (5.22)	3차 (9.4)	4차 (10.11)	평균	강우 (7.10)
수온 (°C)	유입수	16.9	16.8	18.8	23.7	23.9	19.0	10.4	22.9	24.5	20.2	19.5	25.4
	유출수	19.7	15.2	26.6	24.0	26.0	20.9	10.6	22.9	24.2	21.4	19.8	26.0
pH	유입수	7.8	7.4	7.7	7.9	7.5	7.5	7.6	7.6	7.8	7.5	7.6	7.2
	유출수	8.1	8.8	8.3	8.7	8.5	8.8	7.7	8.5	8.2	7.6	8.0	7.3
EC ( $\mu$ S/cm)	유입수	213	215	241	246	203	254	264	276	376	343	315	310
	유출수	167	178	174	167	168	222	184	188	205	297	219	290
DO (mg/L)	유입수	8.0	8.5	9.7	7.7	6.6	5.1	7.5	6.7	6.3	7.1	6.9	3.1
	유출수	8.6	8.3	10.5	7.4	8.4	7.7	9.7	6.6	10.8	6.9	8.5	3.1
SS (mg/L)	유입수	18.8	18.4	11.6	11.5	8.1	8.8	4.6	33.4	4.5	2.1	11.2	3.5
	유출수	13.6	5.6	14.4	41.8	25.3	33.8	5.4	4.7	26.4	12.2	12.2	8.4
COD (mg/L)	유입수	10.0	8.0	6.5	6.0	7.7	10.6	6.2	21.6	5.2	3.8	9.2	10.4
	유출수	9.8	6.6	12.2	19.5	9.2	16.2	6.8	8.6	21.6	10	11.8	10.6
TOC (mg/L)	유입수	-	-	5.6	3.7	4.0	6.2	3.7	8.4	3.3	2.5	4.5	6.7
	유출수	-	-	6.7	8.7	4.3	6.7	3.4	4.5	10.8	6.8	6.4	7.2
T-N (mg/L)	유입수	6.600	7.140	6.050	7.600	5.650	4.917	4.359	4.902	8.881	11.327	7.367	2.729
	유출수	2.820	2.140	4.180	2.143	3.183	1.741	1.874	0.677	1.056	2.440	1.512	5.248
T-P (mg/L)	유입수	0.521	0.500	0.462	0.237	0.215	0.300	0.098	0.195	0.260	0.172	0.181	0.850
	유출수	0.220	0.032	0.443	0.256	0.220	0.110	0.053	0.024	0.067	0.207	0.088	0.519
Chl-a (mg/m <sup>3</sup> )	유입수	16.6	11.0	3.3	5.3	5.0	18.2	6.7	110.1	4.3	3.5	31.2	13.8
	유출수	30.8	23.0	42.1	106.0	38.5	53	10.1	14.1	91.2	62.8	44.6	18.7

[표 2-3-5] 7개년 감돈지구 침강지 수질

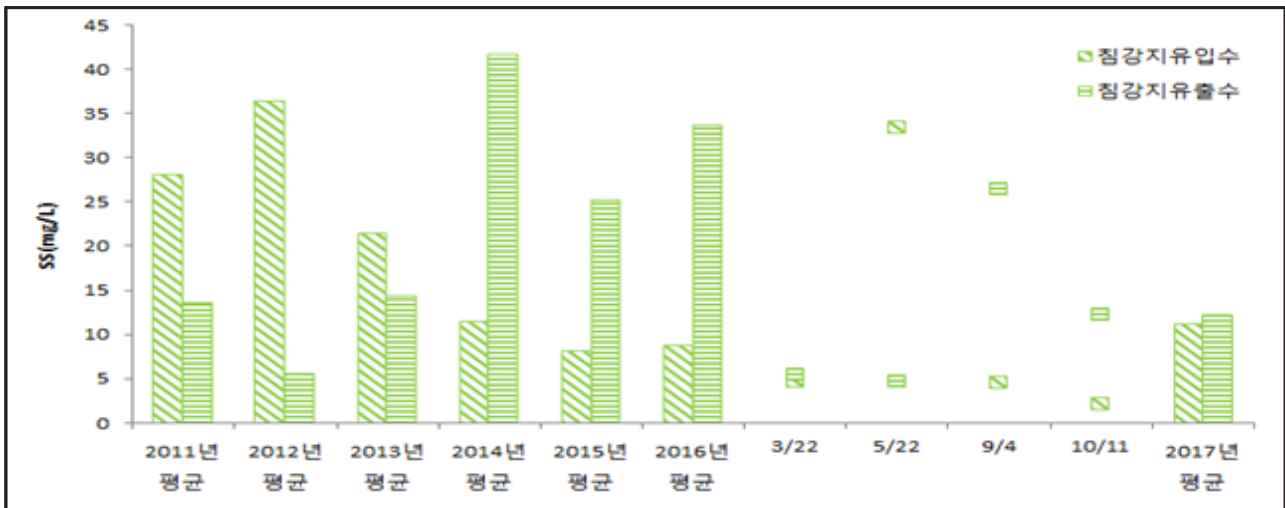
구 분		'11~'17년 평균			'11~'17년 평상시			'11~'17년 강우시		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
수온 (°C)	유입수	19.6	10.4	30.0	20.3	10.6	30.0	18.0	11.8	25.4
	유출수	21.6	10.6	30.1	22.7	14.5	30.1	20.7	14.1	26.7
pH	유입수	7.7	6.8	9.4	8.9	6.8	9.4	7.5	7.1	8.7
	유출수	8.4	6.7	10.0	8.5	7.1	10.0	8.1	6.7	9.1
EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	유입수	235.4	67.0	379.0	203.9	67.0	379.0	216.8	145.0	310.0
	유출수	189.1	95.0	297.0	203.3	127.0	240.0	184.6	95.0	290.0
DO (mg/L)	유입수	7.7	3.1	17.4	35.2	3.4	17.4	7.3	3.1	9.3
	유출수	8.5	1.2	12.6	8.5	2.3	12.6	7.7	1.2	10.7
SS (mg/L)	유입수	18.8	1.2	96.8	6.7	1.2	24.7	32.3	3.5	96.8
	유출수	20.0	2.0	76.0	22.9	4.6	73.0	17.3	2.0	76.0
COD (mg/L)	유입수	9.8	3.8	24.8	6.2	4.2	11.0	13.5	6.0	24.8
	유출수	11.9	5.2	34.5	12.8	5.4	34.5	10.1	5.2	18.0
TOC (mg/L)	유입수	4.5	2.4	10.6	3.7	2.4	7.1	6.5	3.7	10.6
	유출수	6.4	3.3	12.8	6.1	3.3	12.8	6.5	4.3	9.0
T-N (mg/L)	유입수	6.5	2.7	11.3	5.7	4.4	9.1	6.3	2.7	7.7
	유출수	2.6	0.7	5.6	3.4	1.1	5.6	3.3	1.6	5.2
T-P (mg/L)	유입수	0.4	0.1	1.5	0.2	0.1	0.5	0.7	0.2	1.5
	유출수	0.2	0.0	1.0	0.2	0.0	1.0	0.2	0.0	0.6
Chl-a (mg/m <sup>3</sup> )	유입수	14.2	0.3	110.1	5.0	0.3	14.2	17.7	2.6	42.0
	유출수	46.5	8.1	264.0	54.9	8.1	264.0	32.5	18.7	63.4

[표 2-3-6] 7개년 감돈지구 침강지 정화효율

구 분		'11~'17년 전체평균		'11~'17년 평상시		'11~'17년 강우시	
		평균	정화효율	평균	정화효율	평균	정화효율
SS (kg/d)	유입수	71.1	34.3%	11.1	-99.1%	158.4	48.0%
	유출수	46.7		22.1		82.3	
COD (kg/d)	유입수	37.3	0.5%	14.6	-89.7%	64.2	25.1%
	유출수	37.1		27.7		48.1	
TOC (kg/d)	유입수	19.6	-23.0%	7.6	-118.4%	52.5	14.5%
	유출수	24.1		16.6		44.9	
T-N (kg/d)	유입수	20.5	45.4%	15.8	60.8%	26.0	33.8%
	유출수	11.2		6.2		17.2	
T-P (kg/d)	유입수	1.8	44.4%	0.6	-33.3%	3.3	60.6%
	유출수	1.0		0.8		1.3	
Chl-a (g/d)	유입수	47.7	-167.5%	25.2	-320.6%	74.2	-106.3%
	유출수	127.6		106.0		153.1	

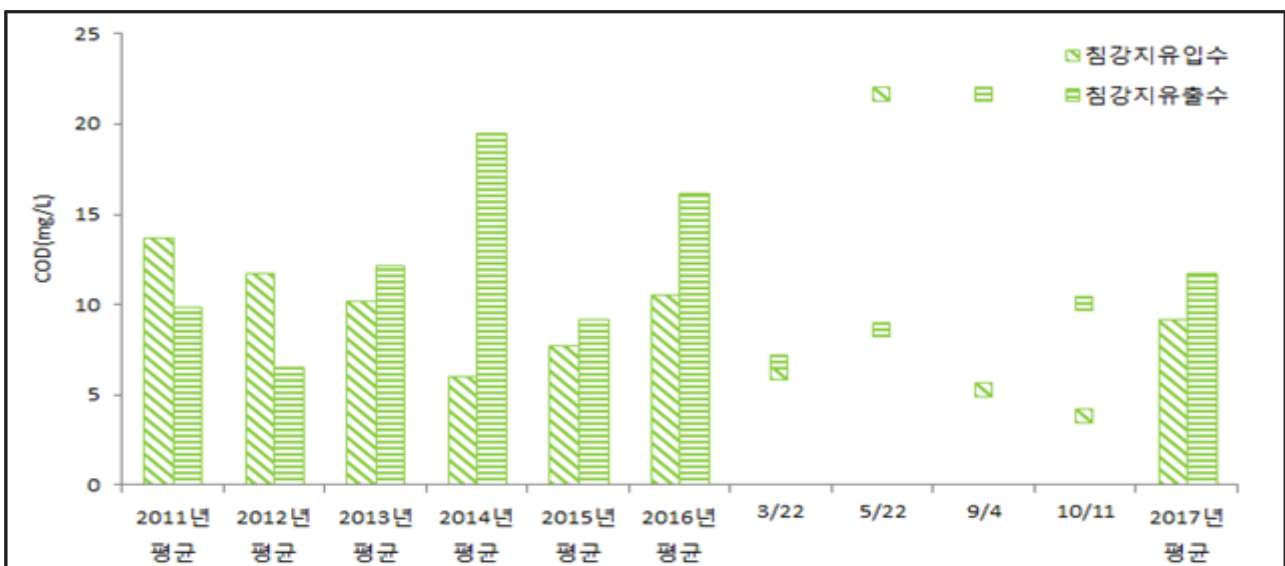
※ '16년 유입유량 미조사로 제외

- SS는 1호 침강지 유입수가 평균 11.2mg/L, 유출수는 12.2mg/L로 유입수와 유출수가 거의 같은 수치를 나타냈고, 강우시에는 유입수가 3.5mg/L, 유출수는 8.4mg/L로 강우시에 SS 물질이 더 함유되어 유출되는 모습을 나타냈다.
- 연차별로 살펴보면 2011년부터 2013년도까지는 유입수에 비해 유출수의 SS 농도가 낮았는데, 2014년, 2015년 유입수에 비해 유출수가 높은 경향을 보였다.
- 2014년과 2015년 심한 가뭄으로 유입수가 거의 없는 상황에서, 침강지 물의 장기 체류로 인한 조류발생으로 SS에 영향을 주었을 것으로 판단된다.
- 2017년도 역시 1, 2차시 조사에서 SS의 개선효과는 뚜렷했지만, 가뭄이 본격화된 3, 4차시 오히려 유출수의 수치가 상대적으로 높게 나타났다.



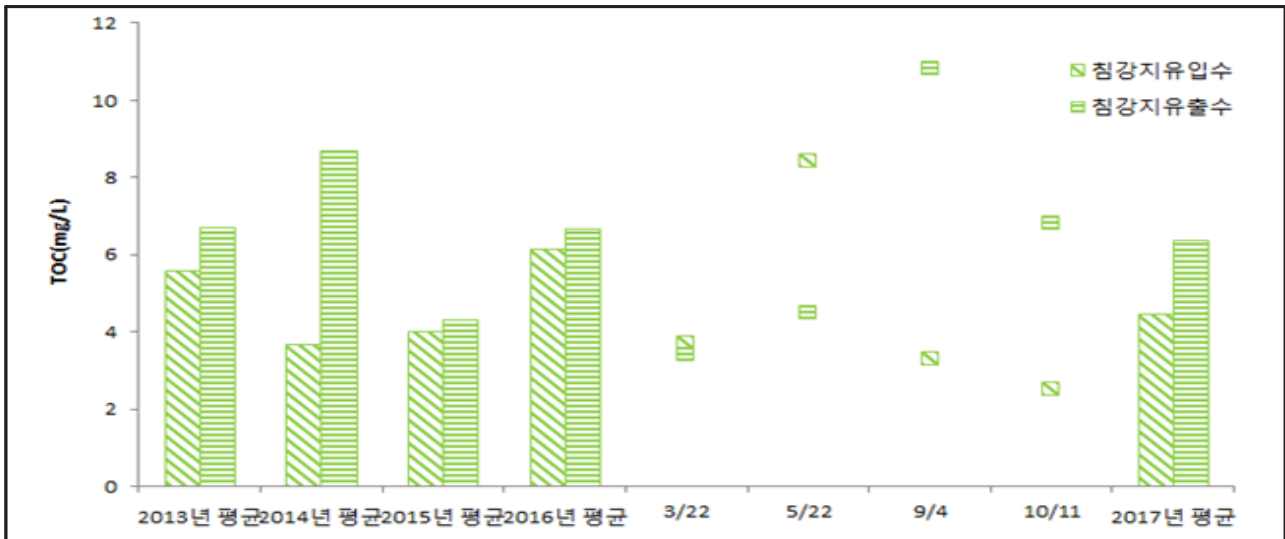
[그림 2-3-7] 감돈지구 침강지 유입수 및 유출수의 SS 변화

- COD는 침강지 유입수가 평균 9.2mg/L, 유출수는 11.8mg/L로 높아지는 경향을 보였고, 강우시에는 유입수가 10.4mg/L, 유출수는 10.6mg/L로 비슷한 수치를 나타냈다.
- 이러한 유입, 유출 COD 차이는 침강지내 오염영향인자의 존재를 의심해 볼 수 있는데, 조류성장 등 침강지 내부생산의 증가의 영향으로 판단된다.
- 연차별로는 2011년도와 2012년도에는 유입수에 비해 유출수의 농도가 낮았던 반면, 2013년도부터 금년도까지 유입수에 비해 유출수 농도가 높게 나타난 것으로 보아, 2013년 이후 조류 등 내부생산이 수질에 영향을 미치게 되었음을 판단해 볼 수 있다.



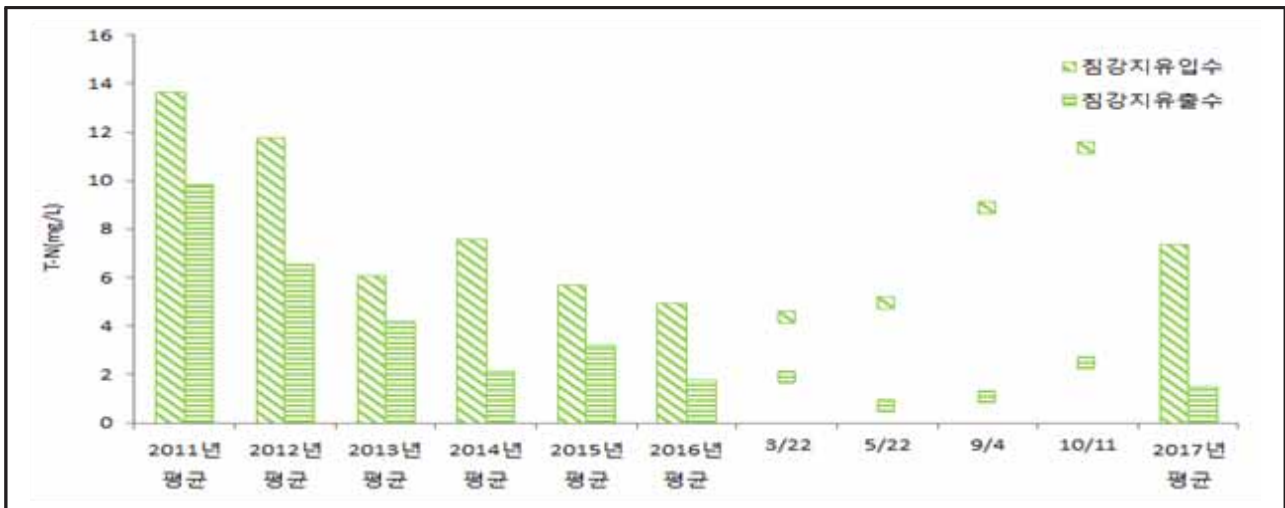
[그림 2-3-8] 감돈지구 침강지 유입수 및 유출수의 COD 변화

- TOC는 평시 유입수의 평균농도가 4.5mg/L, 유출수는 6.4mg/L로 약간 높은 수치를 나타냈고, 강우시에도 역시 유입수에서 6.7mg/L, 유출수는 7.2mg의 수치를 나타냈다.
- 연차별로는 2013년도 이후 계속적으로 유입수에 비해 유출수에서 높은 경향을 보이고 있고, COD와 비슷하게 1~2차 유출수 농도가 유입수에 비해 낮은 값을 보였으며, 가뭄이 심해졌던 3차시부터 유출수 농도가 증가하는 경향을 보였다.



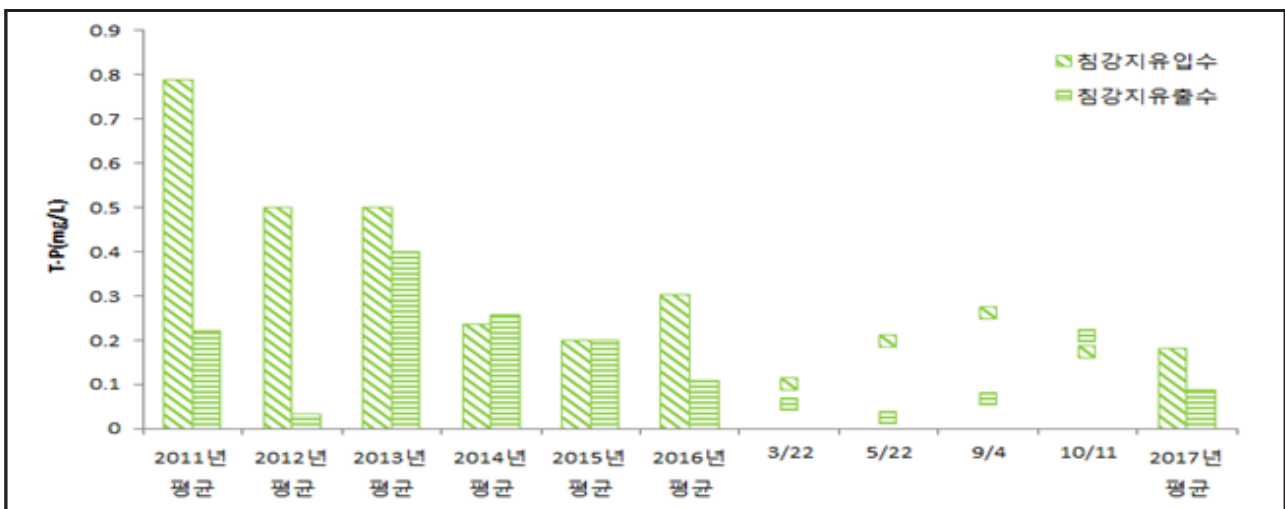
[그림 2-3-9] 감돈지구 침강지 유입수 및 유출수의 TOC 변화

- T-N의 경우 평시 침강지의 유입수는 평균 7.367mg/L, 유출수는 1.512mg/L로 낮아져 정화 효과가 있었지만, 강우시에는 유입수 2.729mg/L이지만 유출수는 5.248mg/L로 더 높아지는 경향을 나타냈다.
- 연차별로 살펴보면 2011년부터 2017년까지 모두 유입수에 비해 유출수의 T-N 농도가 낮은 경향을 보였다.
- 침강지에서 T-N이 정화된 것은 조류가 수중의 T-N을 흡수하면서 성장하기 때문이다. 조류는 T-N을 영양물질로 흡수하여 증식할 수 있지만 이로 인해 수중 Chl-a 및 유기물질의 증가로 이어질 수 있다.



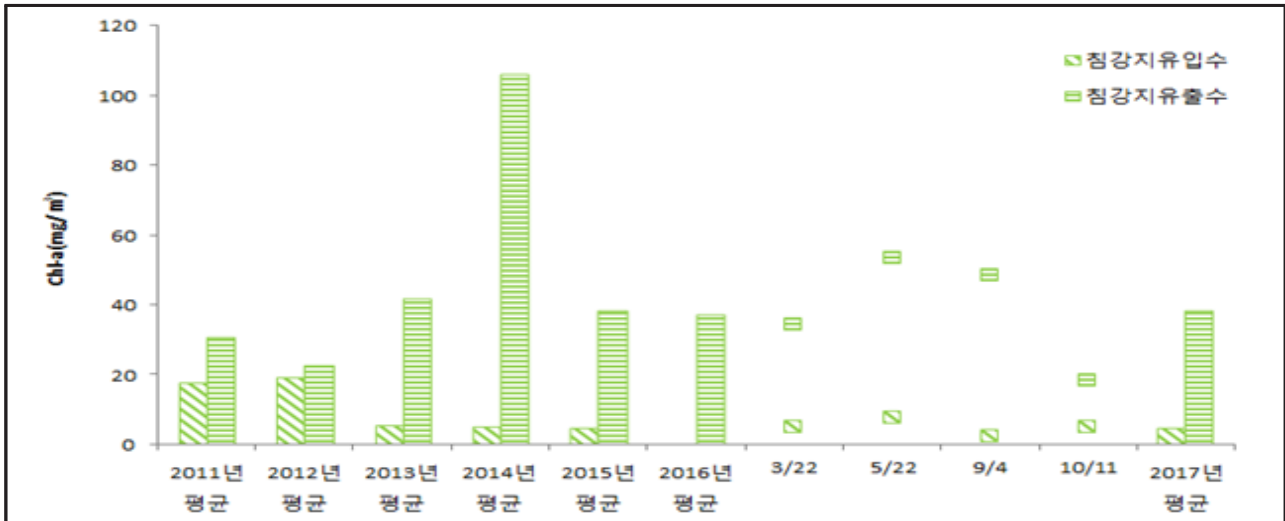
[그림 2-3-10] 감돈지구 침강지 유입수 및 유출수의 T-N 변화

- T-P의 경우 평시 1호 침강지 유입수는 평균 0.181mg/L였는데, 유출수는 평균 0.088mg/L로 낮아졌고, 강우시에도 유입수는 0.850mg/L, 유출수는 0.519mg를 나타내며 정화 효과가 있었던 것으로 나타났다.
- 유입, 유출 간 51%의 저감효과를 나타내었는데 이는 침강지의 주요 인제거 기작인 침전제거와 내부 조류에 의한 인성분의 흡수 때문인 것으로 판단된다.
- 조류물질의 지표라고 볼 수 있는 Chl-a 농도는 유입수에서 평균 31.2mg/m<sup>3</sup> 유출수에서 평균 44.6mg/m<sup>3</sup>으로 조사되었다.
- 가뭄이 심화된 3, 4차 조사시 유출수에서의 조류 증가가 두드러 졌는데, 이는 침강지 내부로 유입된 물이 장기간 체류하는 동안 내부영양물질 및 햇빛 등의 영향으로 조류가 다소간 증가하였기 때문으로 판단된다.



[그림 2-3-11] 감돈지구 침강지 유입수 및 유출수의 T-P 변화

- Chl-a의 경우 평시 1호 침강지 유입수는 평균 31.2mg/L였는데, 유출수는 평균 44.6mg/L로 높아졌고, 강우시에도 유입수 13.8mg/L에서 유출수 18.7mg/L로 약간 높아졌다.
- 이는 가뭄으로 인한 침강지의 용수 체류시간 증가와 내부영양염류 용출로 인한 조류 발생이 증가되었기 때문인 것으로 판단된다.



[그림 2-3-12] 감돈지구 침강지 유입수 및 유출수의 Chl-a 변화

### 2.3.3 퇴적물 조사 결과

- 감돈저수지의 퇴적물 조사 결과는 1호 인공습지 내 S-1에서 강열감량 3.4%, T-N 1,410.1mg/kg, T-P 222.7mg/kg이며, 1호 침강지 내 S-2에서 강열감량 3.8%, T-N 3,729.1mg/kg, T-P 569.6mg/kg이었다.
- 인공습지에서의 퇴적물 성분의 변화는 크지 않았고, 침강지에서 강열감량과 T-P의 수치가 떨어졌다. 이는 침강지 내 축적된 영양염류가 조류 등의 유기물로 재생산된 결과일 것으로 판단된다.
- 인공습지와 침강지 모두 퇴적물 오염평가 기준에 비해 양호한 수치를 나타내었다.

[표 2-3-7] 감돈저수지 인공습지 및 침강지 퇴적물 조사 결과

지 점	측정년도	토성	강열감량 (%)	T-N (mg/kg)	T-P (mg/kg)	pH	EC (dS/m)	유효인산 (mg/kg)
감돈S-1 (습지)	2016	L	3.5	1,201.9	217.3	6.4	0.390	1.68
	2017	L	3.4	1,410.1	222.7	5.4	0.041	22.80
감돈S-2 (침강지)	2016	SiL	8.4	3,434.0	1,446.2	6.1	1.950	32.03
	2017	SiL	3.8	3,729.1	569.6	5.5	0.053	70.30

[표 2-3-8] 호소 퇴적물 오염평가 기준

항 목		등 급	I	II	III	IV
유기물 및 영양염류	완전연소가능량(%)			-		13 초과
	총질소(mg/kg)			-		5,600 초과
	총인(mg/kg)			-		1,600 초과
비고 : 1. 등급별 퇴적물의 상태<유기물, 영양염류> - IV 등급 : 심각하고 명백한 오염						

\* 자료 : 국립환경과학원예규 제687호, 2015년

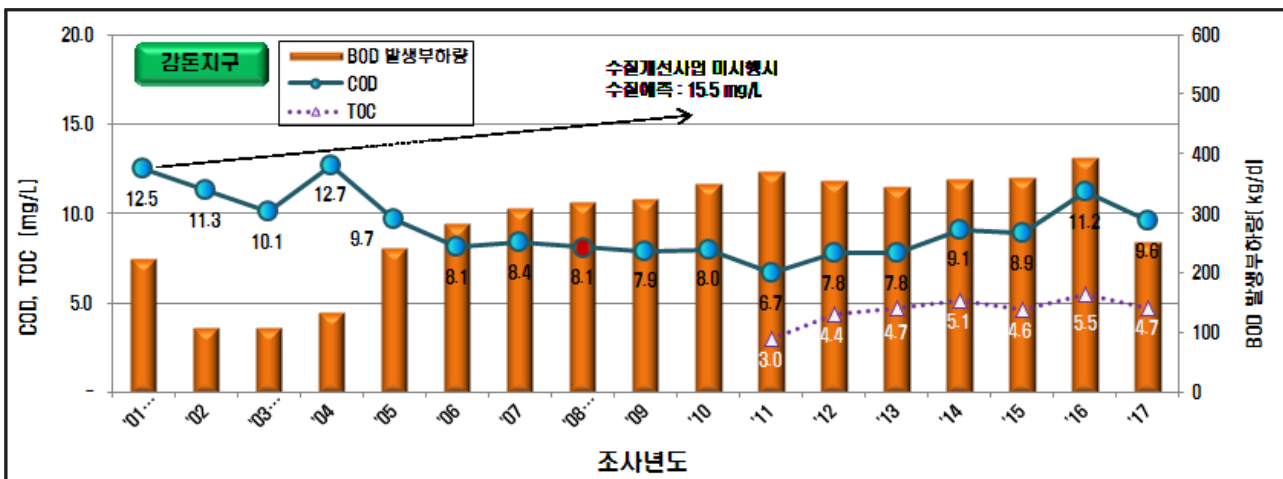


## 2.4. 저수지 수질변화 및 개선효과

- 감돈저수지의 수질변화는 수질개선대책사업 착공년도인 2001년 이후의 농업용수 수질측정망조사 분석결과를 활용하였다.
- 2001년 이후 감돈저수지 유역의 BOD 발생부하량과 감돈저수지 COD 농도의 연도별 변화는 [그림 2-4-1]과 같다.
- 2002년 이후에 BOD 발생부하량은 지속적으로 증가되었다가, 2017년 돼지사육두수의 감소로 큰 폭으로 떨어졌는데, 이에 따른 감돈저수지의 COD 및 TOC 농도는 전체적으로 감소하였다.
- 2013년도 TOC를 분석항목에 추가한 이후 지속적으로 농업용 수질관리기준 이하를 만족하였으며, 2017년도는 4.7mg/L를 나타냈다.
- 그러나 COD의 경우 TOC에 비해 변동의 폭이 크게 나타나는데, 이는 가뭄으로 인한 저수지 내부의 조류발생과 영양염류 용출에 의한 영향을 받기 때문인 것으로 판단된다.

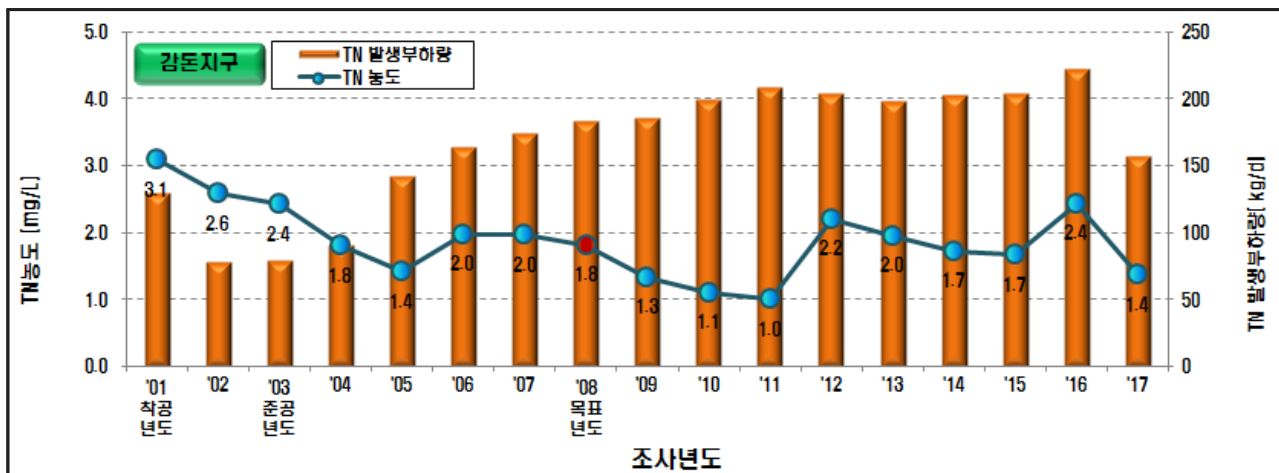
[표 2-4-1] 감돈저수지 월별 저수율 현황

구 분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
저수율(%)	99.0	98.7	98.8	98.7	88.7	43.0	30.2	23.4	31.3	37.7	41.6	42.8



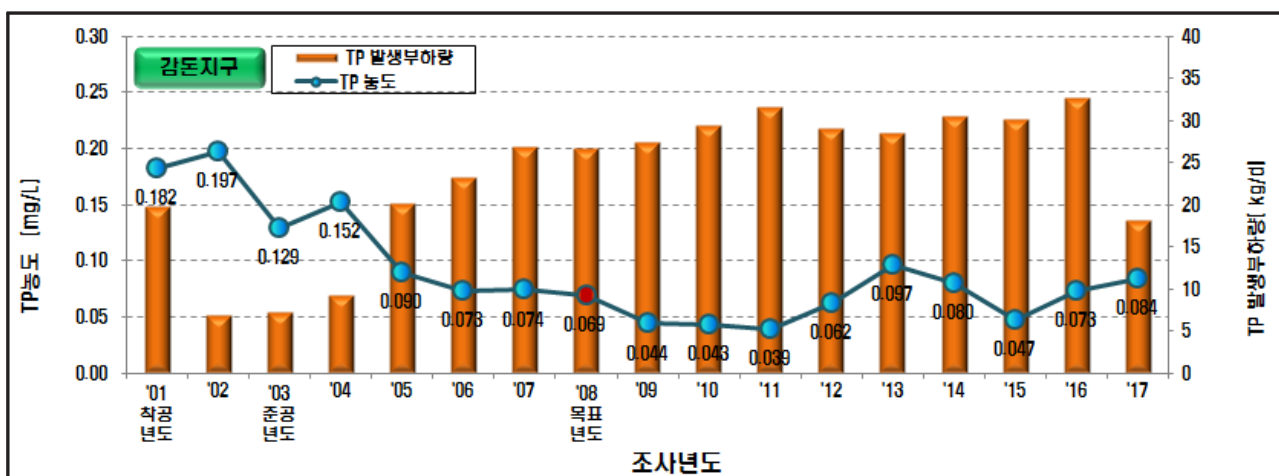
[그림 2-4-1] 감돈지구 유역 연도별 BOD 발생부하량 및 COD, TOC 농도 변화

- 반면, T-N은 준공년도인 2003년도에 2.4mg/L였는데, 그 이후 수질이 개선되어 2011년도에 1.0mg/L로 농업용 수질관리기준인 1.0mg/L 이하를 만족하였다.
- 2012년도에는 2.2mg/L를 시작으로 2014년에서 2016년도 각각 1.723mg/L, 1.667mg/L, 2.436mg/L로 꾸준히 높은 수치를 나타내다가 올해 1.370mg/L로 다시 낮아졌다. 이는 유역에서의 T-N 발생부하량이 두드러지게 낮아졌기 때문인 것으로 판단된다.



[그림 2-4-2] 감돈지구 유역 연도별 T-N 발생부하량 및 T-N 농도 변화

- T-P의 경우는 준공년도인 2003년도에 0.129mg/L로 농업용 수질관리기준인 0.1mg/L를 상회하였으나, 이후 지속적으로 낮아져 2005년도에 0.09mg/L를 시작으로 현재까지 관리기준을 만족하고 있다.
- 금년에도 농업용수 수질관리기준을 만족하였고, 큰 폭의 T-P 발생부하량 저감이 있었다. 인성분은 토양이나 식물 내부에 축적된 형태로 존재하기에 때문에 부하량에 의한 단기적 영향을 크게 받지 않는 것으로 판단된다.



[그림 2-4-3] 감돈지구 유역 연도별 T-P 발생부하량 및 T-P 농도 변화

- 감돈저수지 수질개선사업은 2003년 준공되어 목표연도인 2008년 COD기준 농업용수질관리기준(IV등급) 달성을 완수하였고, TOC 기준으로 전환된 2016년 이후 꾸준히 농업용수질관리기준을 만족하고 있다.
- 금년의 경우 유례없는 극심한 가뭄으로 수질에 악영향을 미쳤을 것으로 판단되나 유역에서의 발생부하량 감소로 인해 다소간 상충되는 효과가 있었을 것으로 판단된다.
- 가축 두수변화에 의한 부하량 감소는 일시적인 현상일 수 있으므로 상류 유역에서의 오염원 오염원관리는 지속적으로 이뤄져야 하며, 가장 큰 오염원 비중을 차지하는 축산계에서의 운영과정 전반에 관한 지도점검이 강화되어야 할 것으로 판단된다.
- 동시에 호내대책으로 인공습지의 정상적인 운영을 위해 꾸준한 식생관리 및 수로관리 등이 지속되어야 할 것으로 판단된다.

## 2.5. 현장적용성 향상 및 유지관리 방안

- 감돈저수지 인공습지는 2015년 습지정비사업 이후 안정적으로 식생이 활착한 모습을 보였다. 하지만 언제든지 생장능력이 월등한 외부식물이 유입될 수 있기에 지속적인 습지 내부 식생의 관리가 필요하다.
- 전체 습지에 대한 정비사업은 정화식물 활착·번식에 어려움을 줄 수도 있기에, 습지정비 시 습지 내 구획을 나누어 순차적으로 정비할 필요가 있다.
- 잦은 가뭄 등 감돈저수지 침강지 용수가 장기적으로 체류하는 경우가 늘고 있다. 이에 따른 침강지 내부 영양염류 용출 및 조류 발생 등이 예상되며, 선제적 방지를 위해서는 침강지 수중펌프 가동 등으로 침강지 용수를 습지로 재순환하는 방법을 검토해 볼 필요가 있다.
- 가을철 식물 절취 및 퇴적토사 정비 등의 유지관리를 정기적으로 시행하면 이듬해 정상적인 습지운영에 도움이 될 것으로 판단된다.

## 2.6. 요약

- 본 과제는 감돈지구 농업용수 수질개선 시범사업을 완료 후 지속적으로 유지관리를 실시하고 개선시설의 지속적인 모니터링을 통하여 정화효과를 파악하고 개선방안을 마련하여 향후 설계와 유지관리에 적용하여 수질개선사업의 발전에 이바지 할 수 있을 것이다.
- 감돈지구 수질개선사업은 농촌지역의 수질오염 및 자연환경 특성에 적합한 자연 정화기능을 이용한 생태공학적 수질개선공법을 적용하였으며, 주요 공법은 침강지와 인공습지이다.
- 본 사업의 유역내 오염물질 발생부하량은 2017년 BOD 250.8kg/일, T-N 156.5kg/일, T-P 18kg/일로 나타났다. 연도별 오염원 발생부하량도 점차 증가하는 경향을 나타냈으나, 2017년 돼지사육 두수의 감소로 인해 큰 폭으로 저감되었다.
- 감돈저수지의 수질개선 효과를 살펴보기 위하여 착공후부터 금년까지 평균수질을 기준으로 평가하였다. 2003년 사업 준공이후 2013년까지 수질항목 전반에서 비슷하거나 감소되는 수치를 보였으며, 농업용수 수질관리기준도(TOC) 2011년 이후 꾸준히 6.0mg/L이하를 유지하고 있다.
- 2015년 습지정비사업을 통하여 습지 내 정화식물 활착 및 수로 상태는 정상화되었지만, 가뭄, 집중호우 등 기후변화에 따른 급격한 유입유량 변동에 의한 습지 내 외부식물 도입과 수로폐색 등의 가능성은 언제든지 열려있다. 이에 따른 식생 및 수로관리의 지속적이고 세심한 주의가 필요할 것이다.
- 앞으로 추가적인 수질 개선을 위해서 상류부 오염원 관리를 위해 지자체와의 협조관계 강화가 필요하고, 습지 및 정화식물의 안정적인 활착을 위해 적정 유량관리 및 잡초 제거 등의 노력이 더불어 필요한 것으로 판단된다.

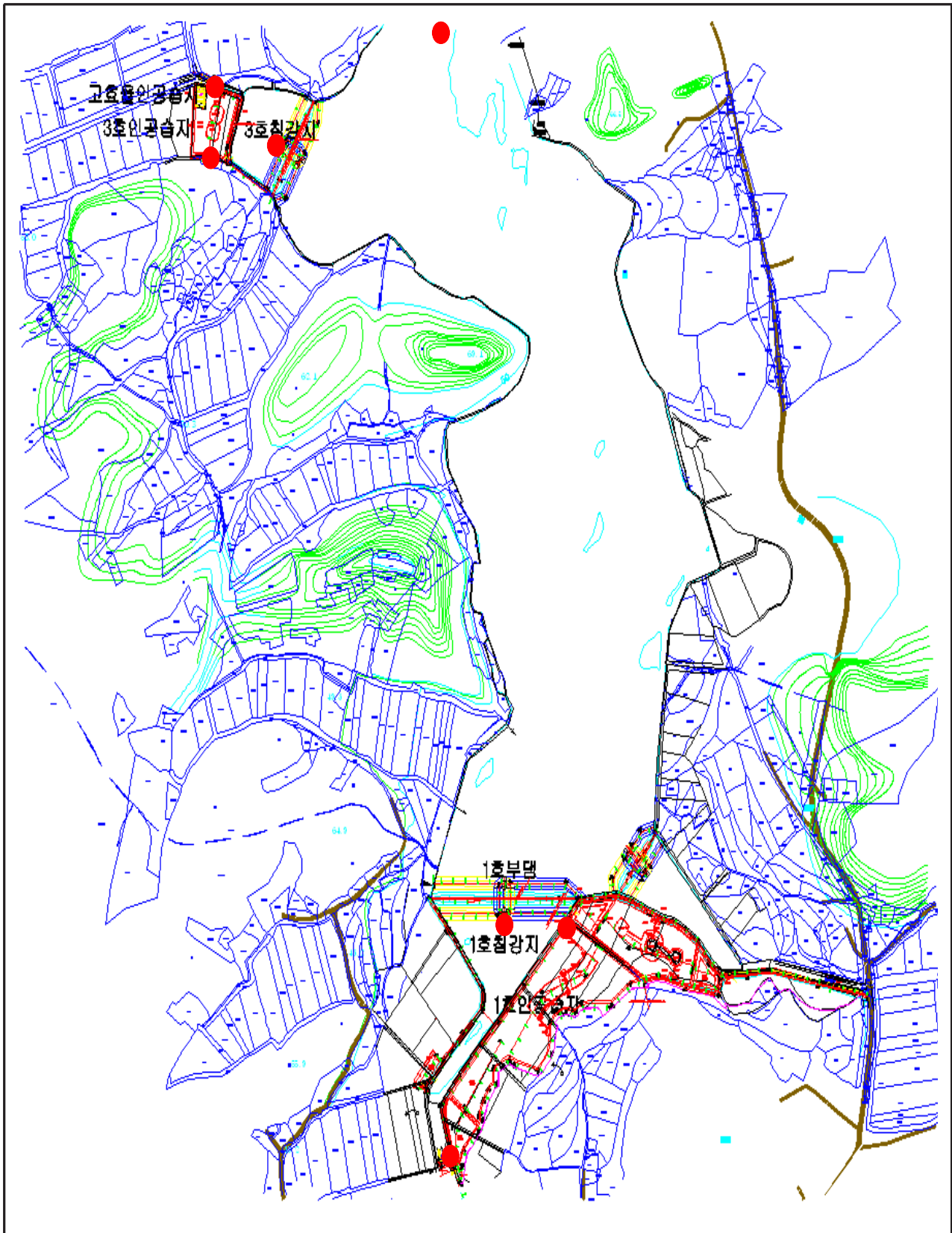
# 3. 홍동지구



- 
- 3.1. 지구현황
  - 3.2. 기상 및 수질현황
  - 3.3. 시설별 수질개선효과
  - 3.4. 저수지 수질변화 및 개선효과
  - 3.5. 현장적용성 향상 및 유지관리 방안
  - 3.6. 요약



## 흥동지구 수질개선사업 평면도







### 3.1. 지구현황

#### 3.1.1 저수지 현황

##### 1) 유역현황

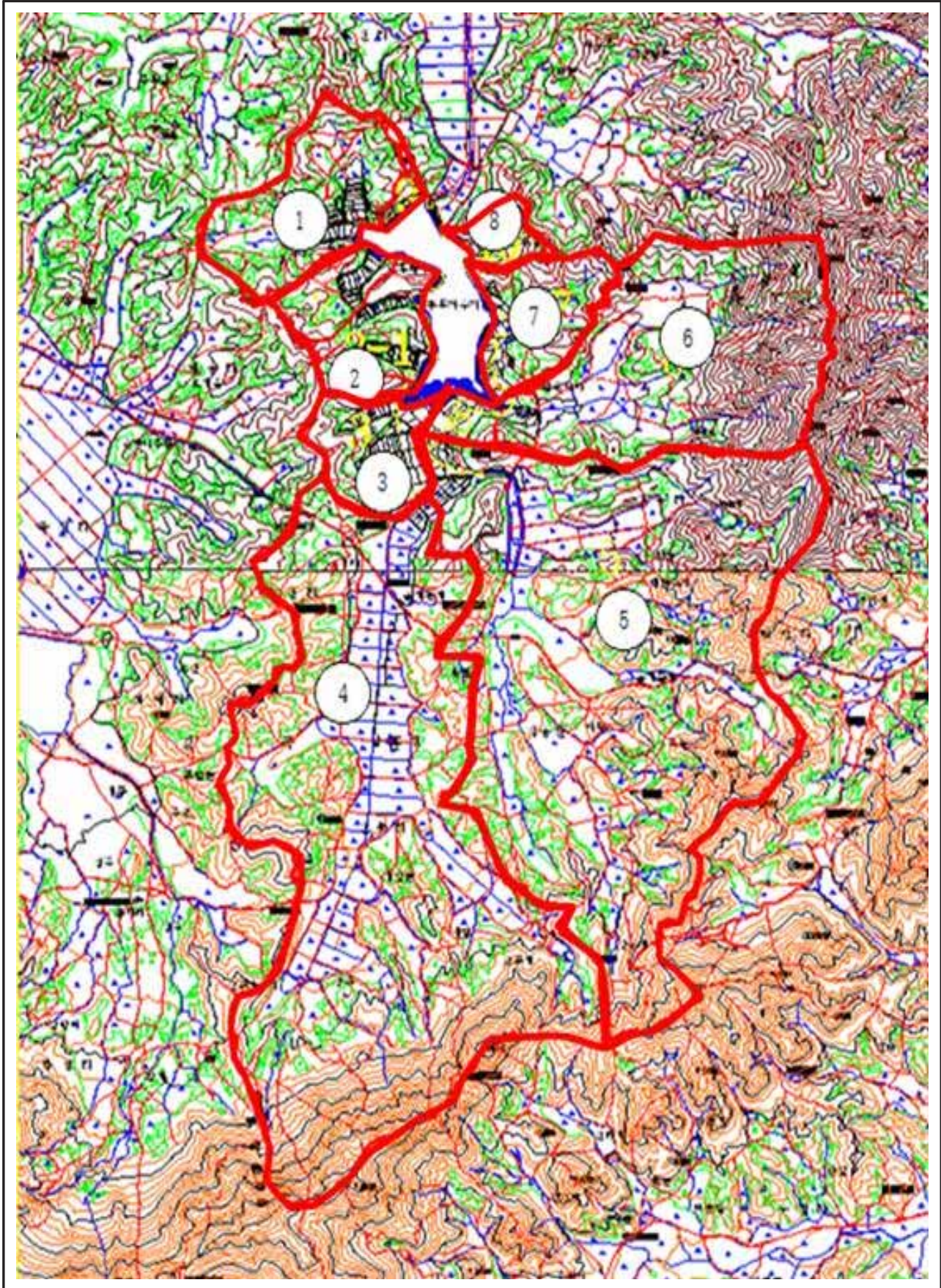
- 홍동저수지는 홍성군에 위치하여 동쪽은 예산군, 서쪽은 서산시, 그리고 남쪽에 청양군, 보령시와 접하고 있으며, 대체적으로 산악과 구릉으로 연결된 지대이지만 금마천 연변의 평지만이 군내 유일한 미곡산지가 되고 기타는 산악이 기복된 사이에 좁은 들판을 이루고 있다.
- 저수지 유역은 장곡면 신동리, 도산리, 신평리, 상송리, 지정리를 포함하며 지형은 동쪽의 솟고개, 남쪽의 기러기재 등의 낮은 산들로 형성되어 있고, 유역전체가 완만한 경사를 이루며, 소하천들 주위에 농경지가 넓게 분포하고 있다.
- 신평저수지와 상송제에서 발원한 각각의 소하천이 합류되어 저수지로 유입되며 주요염은 저수지 인근에 산재한 축산시설에서 발생하는 축산계로 총 BOD 발생 부하량의 88.3%를 차지한다.

[표 3-1-1] 홍동저수지 경위도상 위치

소재지	단	경도와 위도의 극점			연장거리
		지명	극점		
			동경	북위	
홍성군 홍동면	동단	장곡면 신동리 266	126° 42' 04"	36° 30' 57"	동서간 0.66km
	서단	장곡면 신동리 177	126° 41' 34"	36° 31' 11"	
	남단	장곡면 지정리 709	126° 41' 49"	36° 30' 39"	남북간 1.29km
	북단	장곡면 도산리 523	126° 41' 46"	36° 31' 22"	

##### 2) 일반 현황

- 저수지는 1955년에 설치되었으며, 유역면적 1,480ha, 유효저수량 1,054천m<sup>3</sup>, 수혜농지 235ha, 만수면적은 41ha로 한국농어촌공사 홍성지사가 관리하고 있다.
- 저수지 상류대책으로 시설용량 125m<sup>3</sup>/일 규모로 도산리 마을하수도 1개소가 운영되고 있으며, 호내대책으로는 수질정화습지 3개소, 침강지 3개소, 인공식물섬 1개소가 운영되고 있다.



[그림 3-1-1] 홍동저수지 유역도

[표 3-1-2] 홍동저수지 일반현황

소재지	충청남도 홍성군 장곡면 지정리	
설치년도	1955년	
유역면적	1,480ha	
유효저수량	1,054천m <sup>3</sup>	
수혜농지	235ha	
만수면적	41ha	
관리주체	한국농어촌공사 홍성지사	

### 3.1.2 수질개선시설 현황

#### 1) 주요대책

- 상류대책으로 도산리에 마을하수도 1개소(시설용량 125m<sup>3</sup>/일, 사업비 13억원)가 2007년에 준공되어 운영 중에 있다.
- 호내대책으로 운영 중인 인공습지 3개소(A = 53,043m<sup>2</sup>), 오염물질 침강지 3개소(A = 38,869m<sup>2</sup>), 인공식물섬 1개소(A = 400m<sup>2</sup>)가 운영되고 있다.

[표 3-1-3] 홍동저수지 수질개선시설 현황

구분	대안	시설	규모	비고
<input type="checkbox"/> 상류대책(홍성군 추진)				
1	하수처리	마을하수도	○ 시설수 : 1개소 ○ 시설용량 : 125m <sup>3</sup> /일	
<input type="checkbox"/> 호내대책				
1	평시 유출수 처리	1호 인공습지	○ 면적 : 32,957m <sup>2</sup> ○ 처리용량 : 12,712m <sup>3</sup> /d	
2	평시 및 강우 유출수 처리	1호 침강지	○ 면적 : 17,407m <sup>2</sup> ○ 처리용량 : 32,296m <sup>3</sup> /d	
3	평시 유출수 처리	2호 인공습지	○ 면적 : 13,285m <sup>2</sup> ○ 처리용량 : 2,390m <sup>3</sup> /d	
4	평시 및 강우 유출수 처리	2호 침강지	○ 면적 : 10,509m <sup>2</sup> ○ 처리용량 : 5,623m <sup>3</sup> /d	
5	평시 유출수 처리	3호 인공습지	○ 면적 : 6,801m <sup>2</sup> ○ 처리용량 : 1,148m <sup>3</sup> /d	
6	평시 및 강우 유출수 처리	3호 침강지	○ 면적 : 10,953m <sup>2</sup> ○ 처리용량 : 2,981m <sup>3</sup> /d	
7	침강지(1호) 녹조발생 억제	인공식물섬	○ 면적 : 400m <sup>2</sup>	

## 2) 1호 인공습지

- 유역구분 : 4, 5유역 (1,052.77ha)
- 계획유량 :  $Q_p = 4,639,988\text{m}^3/\text{yr} = 12,712\text{m}^3/\text{day} = 529.68\text{m}^3/\text{hr}$
- 체류시간 :  $HRT = 12\text{hr}$
- 계획수심 : 침사지 0.80m, 인공습지 0.40m, 연못습지 1.00m(평균수심 0.53m)
- 인공습지 필요면적 :  $A_s = (529.68 \times 12 / 0.53) / 0.75 = 15,990\text{m}^2$
- 침사지 필요면적 산출(체류시간 2.0hr 기준, 계획수심 0.8m)
  - 침사지 필요면적 :  $A_s = (529.68 \times 2.0 / 0.8) / 0.75 = 1,765\text{m}^2$

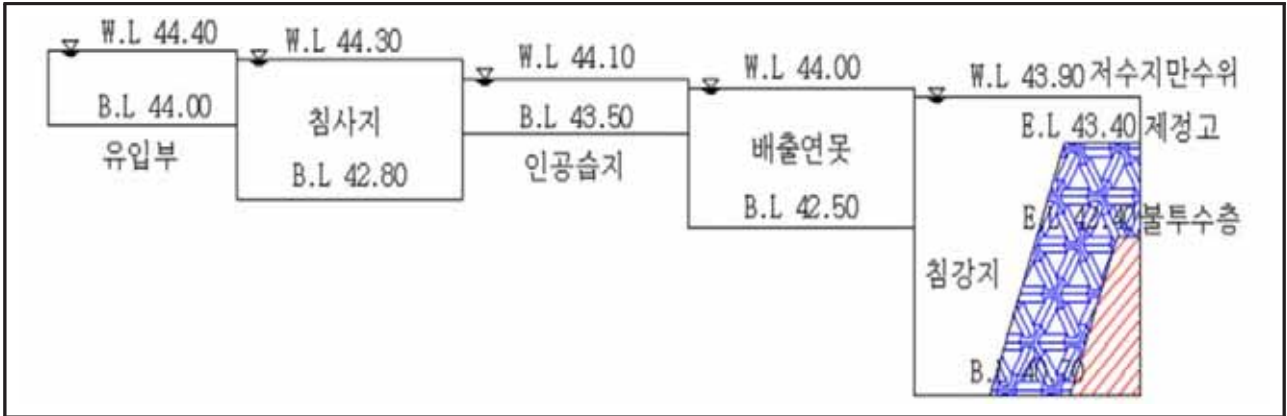
[표 3-1-4] 인공습지 계획유량

구 분	유역 구분	유역면적 (ha)	평균 유입량( $\text{m}^3/\text{일}$ )			계획수량 ( $\text{m}^3/\text{일}$ )	비고
			총유입량	일30mm 미만유입량	마을하수도 유입량		
계		1,345.79	15,895			16,250	
1호인공습지	4, 5	1,052.77	12,522	-	-	12,712	
2호인공습지	6	197.96	2,225	-	-	2,390	
3호인공습지	1, 2	95.06	1,148	-	-	1,148	

[표 3-1-5] 1호 인공습지 제원

구분	규모	계획면적 ( $\text{m}^2$ )	계획수심 (m)	내용적 ( $\text{m}^3$ )	비 고
침 사 지	1개소	2,350	0.80	1,880	
인공습지	1개소	17,810	0.40	7,124	
연 못	1개소	2,655	1.00	2,655	
배출연못	1개소	1,582	0.80	1,265	
소 계		24,397		12,924	평균수심 : 0.53m
도 로	2조 1,150m	8,560	-	-	
소 계		8,560		-	
합 계		32,957		12,924	

- 유역 4, 5의 30mm기준 강우시 유출되는 유량을 정화처리하기 위해 필요한 1호 인공습지의 계획면적은 약 2.44ha로 계획하였다.
- 유역에서 유출되는 유출량은  $529.68\text{m}^3/\text{hr}$ 이며, 습지 내용적은  $12,924\text{m}^3$ 로서 약 24시간의 저류용량을 가지고 있어 30mm 초과 강우량을 어느 정도 수용할 수 있도록 계획하였다.



[그림 3-1-2] 1호 인공습지 수리계통도



[그림 3-1-3] 1호 인공습지 시설현황

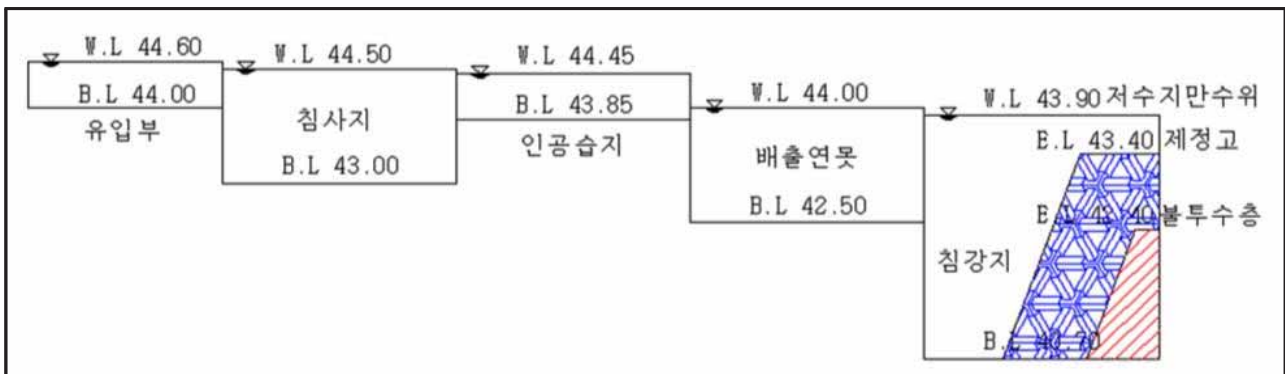
### 3) 2호 인공습지

- 유역구분 : 6유역 (197.96ha)
- 계획유량 :  $Q_p = 872,490\text{m}^3/\text{yr} = 2,390\text{m}^3/\text{day} = 99.60\text{m}^3/\text{hr}$
- 체류시간 :  $HRT = 24\text{hr}$
- 계획수심 : 침사지 0.80m, 인공습지 0.40m, 연못습지 1.00m(평균수심 0.51m)
- 인공습지 필요면적 :  $A_s = (99.60 \times 24 / 0.51) / 0.75 = 6,249\text{m}^2$
- 침사지 필요면적 산출(체류시간 2.0hr 기준, 계획수심 1.20m)
  - 침사지 필요면적 :  $A_s = (99.60 \times 2.0 / 0.80) / 0.75 = 332\text{m}^2$

[표 3-1-6] 2호 인공습지 제원

구분	규모	계획면적 ( $\text{m}^2$ )	계획수심 (m)	내용적 ( $\text{m}^3$ )	비 고
침 사 지	1개소	1,115	0.80	892	
인공습지	1개소	8,011	0.40	3,204	
연 못	1개소	1,152	1.00	1,152	
소 계		10,278		5,248	평균수심 : 0.51m
도 로	1조 293m	1,853	-	-	
인 공 섬	1개소	1,153		-	
소 계		3,007		-	
합 계		13,285		5,248	

- 유역 6의 30mm기준 강우시 유출되는 유량을 정화처리하기 위해 필요한 2호 인공 습지의 계획면적은 1.03ha로 산출되었다.
- 습지의 내용적상으로 유역에서 유출되는 유출량은  $99.60\text{m}^3/\text{hr}$ 이며, 습지의 내용적은  $5,248\text{m}^3$ 로서 약 53hr 이상의 저류용량을 가지고 있어 30mm 초과 강우량을 충분히 수용할 수 있도록 계획하였다.



[그림 3-1-4] 2호 인공습지 수리계통도



[그림 3-1-5] 2호 인공습지 시설현황

#### 4) 3호 인공습지

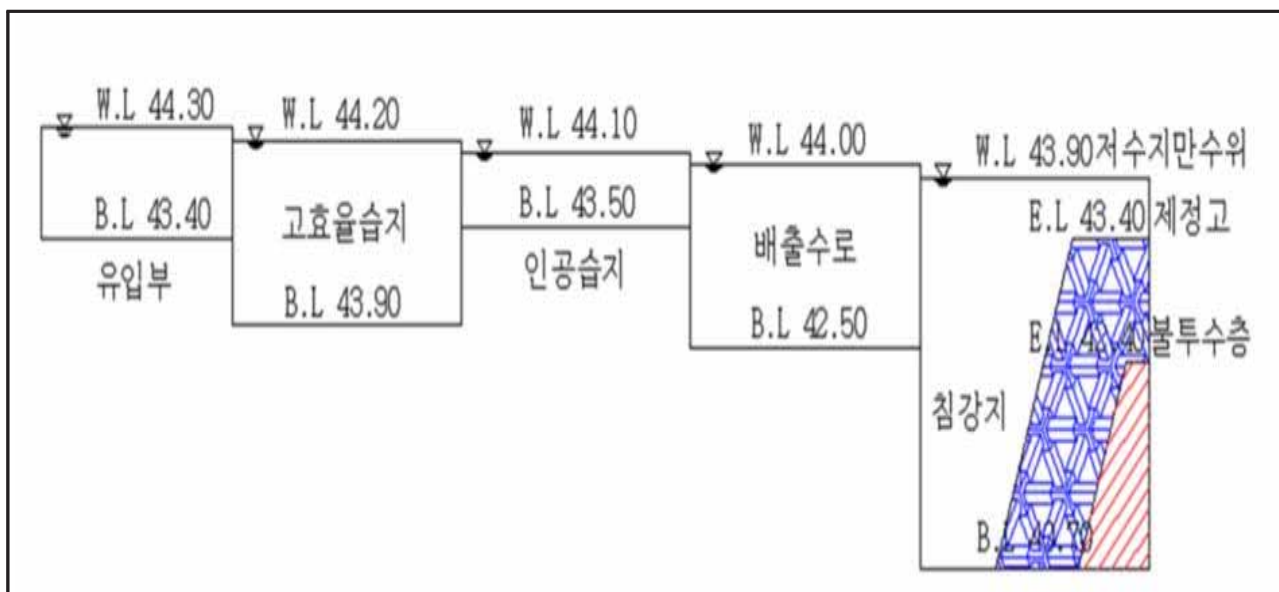
- 유역구분 : 1, 2유역 (95.06ha)
- 계획유량 :  $Q_p = 418,968 \text{ m}^3/\text{yr} = 1,148 \text{ m}^3/\text{day} = 47.83 \text{ m}^3/\text{hr}$
- 체류시간 :  $HRT = 24\text{hr}$
- 계획수심 : 인공습지 0.40m, 고효율인공습지 2.00m, 연못습지 1.00m(평균수심 0.64m)
- 인공습지 필요면적 :  $A_s = (47.83 \times 24 / 0.60) / 0.75 = 2,550 \text{ m}^2$

[표 3-1-7] 3호 인공습지 제원

구분	규모	계획면적 ( $\text{m}^2$ )	계획수심 (m)	내용적 ( $\text{m}^3$ )	비 고
고효율인공습지	1개소	505	2.00	1,010	
인공습지	1개소	4,195	0.40	1,678	
연 못	1개소	891	1.00	891	
소 계		5,591		3,579	평균수심 : 0.54m
도 로	1조 214m	1,210	-	-	
소 계		1,210		-	
합 계		6,801		3,579	

- 흥동저수지 유역1,2의 30mm기준 강우시 유출되는 유량을 정화처리하기 위해 필요한 3호 인공습지의 계획면적은 약 0.56ha로 계획하였다.
- 습지의 내용적상으로 유역에서 유출되는 유출량은  $47.83 \text{ m}^3/\text{hr}$ 이며, 습지의 내용적은 약  $3,579 \text{ m}^3$ 로서 약 75hr의 저류용량을 가지고 있어 30mm 초과 강우량을 충분히 수용할 수 있도록 계획하였다.

- 3호 인공습지 유역은 축산농가 등이 밀집해 있어 유역에서 배출되는 축산폐수를 처리하기 위해 침사지와 습지의 기능을 동시에 수행할 수 있는 고효율습지 구간을 계획하였다.
- 3호 인공습지에서의 유입수로인 기존 배수로 바닥고(G.L : 43.40m)로 부터 취입보를 통하여 수위를 0.20m 상승시켜 최초 취수 계획수위(W.L : 43.60m)를 계획하였다.
- 인공습지내 수위차를 0.10m로 계획하고 말단부 배출수로에서는 유출속도를 빠르게 하여 유수가 정체되지 않도록 0.20m의 수두차로 계획하여 유입-유출까지의 총 수두차를 0.30m가 되도록 계획하였다.



[그림 3-1-6] 3호 인공습지 수리계통도

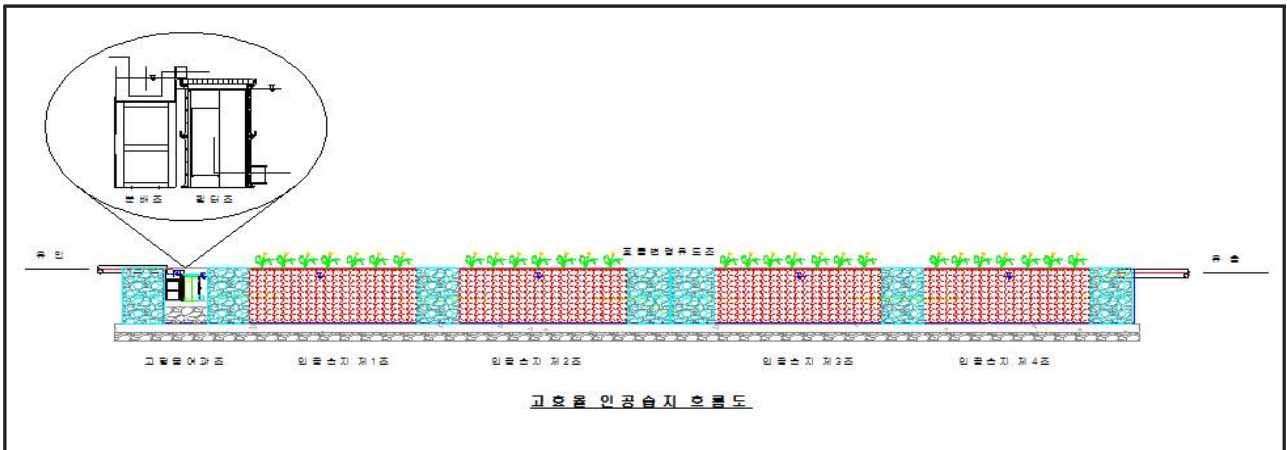


[그림 3-1-7] 3호 인공습지 시설현황

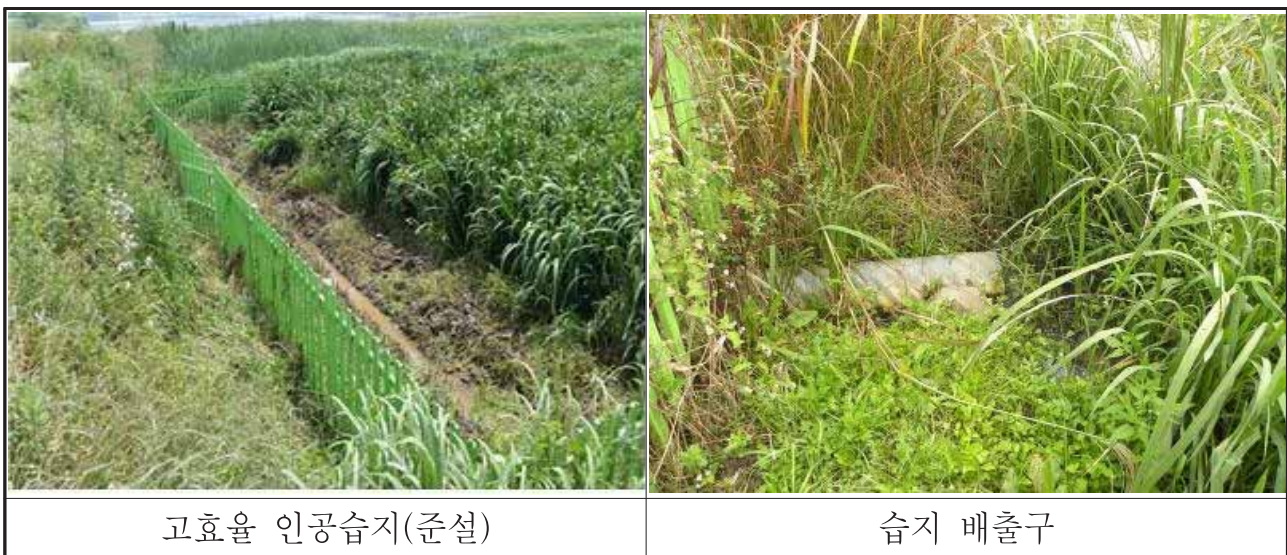




[그림 3-1-8] 고효율인공습지 계획평면도



[그림 3-1-9] 고효율인공습지 수리계통도



[그림 3-1-10] 고효율 인공습지 시설현황

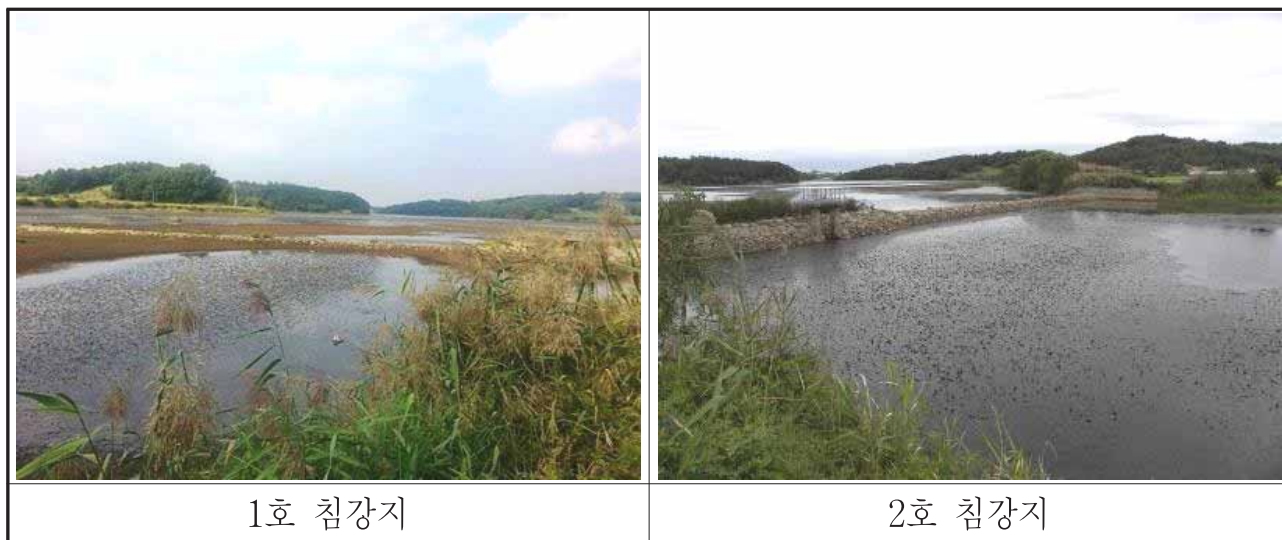
## 5) 침강지

- 오염물질 유입이 가장 많은 유역 4, 5, 6의 삼교천지류 유역 및 유역 1, 2의 신동리 유역에 계획하였다.
- 수질개선 효율은 유사 포착효율에 의해서 결정되며, 침강지에서 침강되는 유사에는 다량의 인이 흡착되어 있다. 침강지의 포착효율은 유역의 연평균 유출량과 침강지 용량에 의해 결정된다.

[표 3-1-8] 홍동저수지 침강지 제원

구 분	유 역		연평균 유입량		계획 수심 (m)	수표 면적 (m <sup>2</sup> )	계획 내용적 (m <sup>3</sup> )	비 고
	유역 구분	면적 (ha)	유입량 (m <sup>3</sup> /일)	체류 시간 (hr)				
1호 침강지	4, 5	1,030	32,296	0.79	1.5	17,407	25,512	
2호 침강지	6	179	5,623	2.34	1.3	10,509	13,184	
3호 침강지	1, 2	95	2,981	4.47	1.2	10,953	13,323	

- 강우시 유출되는 오염물질의 대부분은 강우 초기에 유출되며, 유출된 오염물질이 저수지로 직접 유입되지 않도록 침강에 필요한 시간 이상으로 체류시킬 수 있는 규모로 계획하였다.
- 연평균 유출량을 기준으로 홍수시에도 유입 오염물질이 충분히 침강할 수 있는 규모(체류시간 2시간 이상)로 계획하였다.



[그림 3-1-11] 1호 및 2호 침강지 시설현황

## 6) 홍동지구 수질개선 고도화사업

### 가) 목 적

- 과거 준공된 수질개선시설을 현재 기후 및 주변여건 변화에 적합하도록 고도화하여 수질개선효율 향상 및 유지관리 용이성 등을 확보하는데 있다.

### 나) 주요 사업내용

- 침강지 내 퇴적토 제거(침강지 3개소, 면적 : 25,000m<sup>2</sup>)
  - 침강지 내 퇴적된 토사를 제거하여 내용적 확보 및 수질개선효과 증대
- 습지 내 효율적 관리방안 적용
  - 습지 내 진입도로(5개소) 및 배출구 설치(3개소)
    - 식생제거를 위한 장비 진입도로 및 강제 배수시설 설치
  - 습지 구획화 및 작업공간 확보(1개소)
    - 유입유량 변동에 탄력적으로 적용할 수 있는 습지 구획화 적용
    - 순차적 식생제거를 위한 구역 설정, 깊은연못 확대 및 유지관리 작업공간 확보 등으로 기존 시설의 효율 향상 및 관리 용이성 확보
    - 기본계획 대비 계획유량 37% 감소, 체류시간 24hr → 38hr 증가
  - 고효율습지 구조 고도화(1개소)
    - 유입부 침사지를 확대하고 정기적 준설이 가능한 구조로 변경
  - 기타 부대시설(현황판 등) 교체

### 다) 총사업비

- 사 업 비 : 380백만원
  - 침강지내 퇴적토 제거 : 200백만원
  - 습지 내 구획화 및 구조 고도화 등 : 180백만원
  - 사업기간 : 2016년 10월 ~ 2016년 12월

### 라) 침강지 퇴적토 제거방안 확보

- 침강지 내 퇴적된 토사를 제거하여 내용적 확보 및 수질개선효과 증대  
- 1호 침강지 : 13,400m<sup>2</sup>, 2호 침강지 : 5,500m<sup>2</sup>, 3호 침강지 : 6,100m<sup>2</sup>



[그림 3-1-12] 침강지 1, 2, 3호 퇴적토 제거 면적

### 마) 고효율습지 시설보강

- 유입부 침사지를 확대하고 정기적 준설이 가능한 구조로 시설보강



[그림 3-1-13] 고효율습지 보강계획

바) 습지 구획화 및 구조변경을 통하여 효율적 시설운영

- 실제 유입량을 고려한 습지 구획화와 깊은연못 확대
- 장비진입 시설 및 강제배수를 위한 배출구 설치
  - 습지 내 장비진입을 위한 경사로 설치 및 식생제거 용이성 확보를 위한 배수시설 설치(비상 배출구)



[그림 3-1-14] 1, 2호 인공습지 보강내역

## 3.2. 기상 및 수질환경

### 3.2.1 기상현황

#### 1) 기온

- 인근 보령기상대에서 조사된 기온을 살펴보면, 수질개선 시설 운영 전인 2009년의 평균기온은 12.9℃, 준공 후인 2011년 12.1℃로 다소 낮아졌으나 큰 차이는 없었다.
- 금년도에는 평균기온이 12.8℃로써 운영 전인 2009년 및 평년값인 12.4℃와도 큰 차이가 없었다.

[표 3-2-1] 흥동저수지 유역 사업시행 전후 월별 기온 분포 [단위 : °C]

구 분		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균
시행중	2009년	-0.1	3.3	6.0	10.7	16.9	21.1	23.7	25.1	21.1	16.4	8.9	1.7	12.9
	2010년	-0.8	2.8	5.9	9.5	16.3	21.6	25.5	27.3	22.7	15.0	8.2	1.8	13.0
시행후	2011년	-4.5	1.2	3.5	9.5	16.7	20.5	25.0	25.3	21.1	14.0	11.9	1.1	12.1
	2012년	-1.3	-0.8	4.6	11.3	17.0	22.0	25.0	26.8	20.5	15.0	7.2	-1.4	12.2
	2013년	-1.5	0.1	4.5	8.8	16.0	21.8	25.6	27.0	21.2	15.7	7.8	2.1	12.4
	2014년	0.7	2.7	6.9	12.1	16.6	21.7	24.5	23.8	21.2	15.6	9.3	-0.1	12.9
	2015년	0.8	2.0	5.5	12.3	16.5	21.3	24.1	25.3	21.4	15.6	10.7	4.1	13.3
	2016년	-0.4	1.9	6.3	12.5	17.8	21.7	25.6	26.7	22.2	16.3	8.6	3.7	13.6
	2017년	0.4	1.0	5.3	12.2	17.2	20.9	26.0	25.6	20.9	15.5	7.2	0.8	12.8
	평년값	-0.8	0.8	5.1	11.0	16.4	20.9	24.5	25.5	20.9	14.7	8.1	2.0	12.4

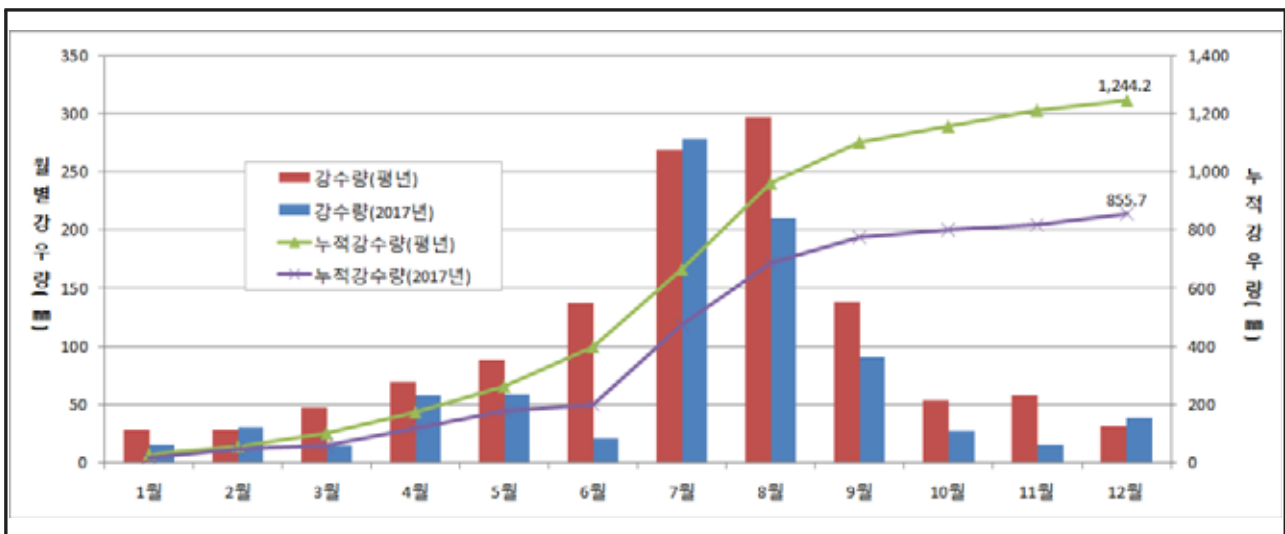
#### 2) 강수량

- 보령기상대에서 관측한 강수량 자료에 따르면, 수질개선 시설 운영 전인 2009년도에는 1,081.4mm의 강우가 내려 평년값인 1,244.2mm에 비해 적은 값을 기록했다.
- 그러나 이후 강수량이 증가하여 2011년도에는 가장 많은 강수량인 1,743.0mm를 기록하였다가 감소하여 금년에는 855.7mm로 평년값 보다 적었다.
- 특히 2015년 이후 3년간 계속하여 가뭄으로 강수량이 782.5~855.7mm로 평년대비 62.9~68.8%로 매우 적어 저수지에서 녹조가 발생하는 등 수질이 악화될 수 있는 환경이었다.

[표 3-2-2] 홍동저수지 유역 사업시행 전·후 월별 강수량 분포

(단위 : mm)

구 분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합계	
시행중	2009년	18.5	23.3	55.1	41.5	154.5	115.1	320.9	176.6	25.5	39.5	52.9	58.0	1,081.4
시행후	2010년	30.1	73.5	75.9	58.5	122.8	60.8	396.5	402.7	213.1	19.2	16.3	32.9	1,502.3
	2011년	11.1	37.5	18.0	72.1	115.3	318.0	723.1	289.4	70.8	13.9	61.3	12.5	1,743.0
	2012년	24.2	9.2	45.0	68.9	14.6	76.8	231.1	450.2	207.7	65.0	61.1	65.2	1,319.0
	2013년	28.4	40.7	53.4	68.2	116.6	159.9	267.5	214.6	320.0	11.0	84.1	26.4	1,390.8
	2014년	3.4	20.5	56.3	70.0	47.1	125.8	104.0	168.5	152.0	156.0	39.9	67.1	1,010.6
	2015년	29.9	23.4	30.9	129.7	38.8	83.9	94.7	30.2	13.3	90.0	153.1	64.6	782.5
	2016년	7.8	54.2	18.7	105.1	146.5	23.7	200.2	5.1	73.4	108.0	5.6	44.5	792.8
	2017년	14.8	30.2	14.4	57.6	58.9	21.1	278.1	210.0	90.0	26.6	15.4	38.6	855.7
평년값	28.1	28.5	46.9	68.9	88.2	137.5	268.7	297.1	138.4	53.4	57.2	31.3	1,244.2	



[그림 3-2-1] 보령기상대 월별 강수량 변화

## 3.2.2 수질현황

### 1) 목표수질 설정

- 홍동저수지의 목표수질은 농업용수 권장기준인 IV등급 이하로 COD 8.0 mg/L, T-N 1.0 mg/L, T-P 0.1 mg/L이다.
- 2009년 기본계획 수립시 수질현황은 COD 10.3 mg/L, T-N 2.196 mg/L, T-P 0.090 mg/L를 각각 나타냈으며 사업이 완료되고 5년 후의 2014년 예측수질은 COD 7.2 mg/L, T-N 1.1 mg/L, T-P 0.1 mg/L로 농업용수 수질기준(IV등급)을 만족하였다.

[표 3-2-3] 홍동저수지 목표수질

구 분	목표수질	기본계획 수립시 ('09년)	예측수질 ('14년)	비 고
COD(mg/L)	8.0 이하	10.3	7.2	
TOC(mg/L)	6.0 이하	-	-	
T-N (mg/L)	1.0 이하	2.196	1.1	
T-P (mg/L)	0.1 이하	0.090	0.1	
수질등급	IV등급	VI등급	IV등급	

### 2) 오염원 현황

- 홍동저수지 유역에는 산업계인 공장과 사업장이 없으며, 축산의 경우 특히, 돼지는 연중 변화가 크게 나타났고 인구는 변화가 비교적 적은 것으로 나타났다.
- 시설 운영 전인 2009년 인구는 1,071명에서 2014년 1,349명 최고로 많았다가 다시 감소하여 2017년 현재 인구가 1,008명의 인구를 유지하고 있다.
- 축산의 경우 한우는 2009년에 1,024두에서 2012년 569두로 감소하였다가 다시 증가하여 2017년 현재 1,389두로 증가하였으며, 돼지의 경우는 2009년에 10,671두에서 2016년 가장 많은 27,855두가 되었다가 금년에 다시 감소하여 13,425두가 되었다.
- 홍동저수지 유역은 농촌지역으로 특별한 개발계획이 없기 때문에 토지계의 큰 변동이 없다. 비점오염원인 토지 이용현황은 임야가 893 ha로써 60.3%의 가장 많은 비율을 차지하고, 다음으로 논이 306 ha로써 20.7%, 기타(대지, 도로, 구거 등)가 169 ha로 11.4%, 밭이 112 ha로 7.6%를 차지하고 있어 임야가 토지계의 대부분을 차지하고 있다.



[표 3-2-4] 홍동저수지 유역 내 인구변화 추이

구분	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
인구(명)	1,071	1,143	1,132	1,123	918	1,349	1,012	1,041	1,008

[표 3-2-5] 홍동저수지 유역 내 연도별 축산변화

구분	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
한우(두)	1,024	636	624	569	1,704	1,876	1,825	2,003	1,389
돼지(두)	10,671	11,295	11,125	12,945	17,937	28,633	18,912	27,855	13,425

[표 3-2-6] 홍동저수지 유역 내 지목별 토지이용현황

구분	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
계	1,480	1,480	1,480	1,480	1,480	1,480	1,480	1,480	1,480
전(ha)	112	112	112	112	112	112	112	112	112
답(ha)	306	306	306	306	306	306	306	306	306
임야(ha)	893	893	893	893	893	893	893	893	893
기타(ha)	169	169	169	169	169	169	169	169	169

### 3) 오염부하량

- 홍동저수지의 오염물질 발생부하량을 산정한 결과 주요오염원은 축산계이다.
  - 점오염원 : 생활계, 축산계(한우, 돼지)
  - 비점오염원 : 토지현황(전, 답, 임야, 기타)
- 저수지 유역 내 오염물질 발생부하량중 BOD 발생부하량은 총 591.5kg/일로 이중 점오염원이 572.1kg/일로 96.7%를 차지하고 있다. 또한 점오염원 중 대부분은 축산계로 88.3%, 생활계 8.4%가 그 뒤를 잇고 있다. 비점오염원의 BOD 발생부하량은 19.4 kg/일로 전체 부하량의 3.3%이며 이중 임야가 1.5%로 가장 많이 차지한다.
- 연도별 오염물질 발생량은 시설 운영 전인 2009년도 BOD 482.0kg/일, T-N 265.0 kg/일, T-P 44.0kg/일, 2014년도 BOD 1,127.5kg/일, T-N 569.9kg/일, T-P 106.5kg/일로 최고값을 보였으며, 2017년도에 BOD 591.5kg/일, T-N 319.3kg/일, T-P 54.3kg/일로 감소하였다. 이는 유역 내 가축사육두수(한우, 돼지) 증감에 따른 것으로 판단된다.

[표 3-2-7] 오염물질 발생부하량

구 분	점 오염원						비점오염원					계	
	생활계 (인)	축산계(두)			산업계 (m <sup>3</sup> /일)	소계	토지현황(ha)						
		한우	젓소	돼지			전	답	임야	기타	소계		
원 수	1,008	1,389	0	13,425	0		112	306	893	169			
BOD	kg/d	49.4	93.1	0.0	429.6	0.0	572.1	1.8	7.0	8.9	1.7	19.4	591.5
	%	8.4%	15.7%	0.0%	72.6%	0.0%	96.7%	0.3%	1.2%	1.5%	0.3%	3.3%	100%
T-N	kg/d	13.3	55.6	0.0	200.0	0.0	268.9	10.6	20.1	19.6	0.1	50.4	319.3
	%	4.2%	17.4%	0.0%	62.6%	0.0%	84.2%	3.3%	6.3%	6.1%	0.0%	15.8%	100%
T-P	kg/d	1.5	4.9	0.0	44.3	0.0	50.7	0.3	1.9	1.3	0.1	3.6	54.3
	%	2.8%	9.0%	0.0%	81.6%	0.0%	93.4%	0.6%	3.5%	2.4%	0.2%	6.6%	100%

[표 3-2-8] 연도별 오염물질 발생부하량

구 분	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
BOD(kg/d)	482.0	479.4	472.7	526.8	752.6	1,127.5	796.5	1,096.0	591.5
T-N(kg/d)	265.0	259.2	256.1	280.9	397.9	569.9	418.5	559.3	319.3
T-P(kg/d)	44.0	44.8	44.2	49.8	70.0	106.5	73.8	104.1	54.3

#### 4) 수질변화 추이

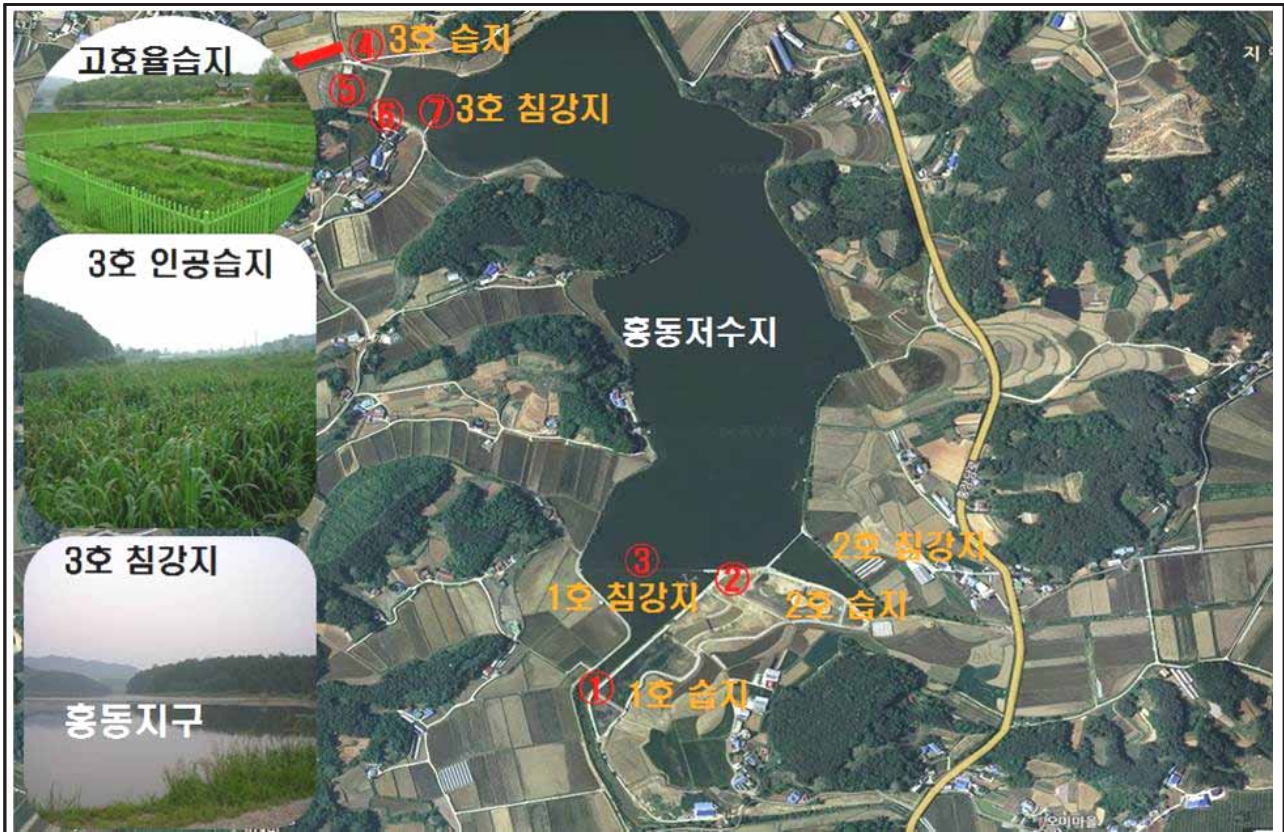
- 수질현황은 준공년도인 2009년도 COD 13.0mg/L, T-N 1.358mg/L, T-P 0.066mg/L이었다. 준공 후부터 2013년까지는 인공습지가 안정화되면서 차츰 수질성적이 개선되어 2013년도에는 COD 6.1mg/L, TOC 3.2mg/L, T-N 3.161mg/L, T-P 0.088mg/L로 목표수질을 만족하고 있다.
- 그러나 2017년에는 COD 9.0mg/L, TOC 4.6mg/L, T-N 1.116mg/L, T-P 0.047mg/L로 다소 상승하였다. 이는 2015년 이후 강수량 860mm 이하의 3년간 계속된 가뭄으로 인해 수질이 전년도보다 다소 악화된 것으로 판단된다.

[표 3-2-9] 흥동저수지 수질현황

구 분 (mg/L)	착공전 평균 (('02~'06))	착공중 평균 (('07~'09))	준공후 평균 (('10~'17))	최근 수질변화								목표 수질
				'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	
COD	11.3	10.8	8.1	10.3	8.4	7.6	6.1	7.8	7.8	7.6	9.0	8.0이하
TOC	-	-	3.9	3.0	4.0	4.1	3.2	4.4	4.2	4.0	4.6	6.0이하
T-N	3.196	2.201	1.791	1.954	1.935	2.328	3.161	1.735	1.126	0.974	1.116	1.0이하
T-P	0.108	0.094	0.078	0.097	0.081	0.105	0.088	0.080	0.041	0.086	0.047	0.1이하

### 3.3. 시설별 수질개선효과

- 홍동저수지 수질개선시설의 수질개선효과를 분석하기 위하여 수질조사 지점은 총 7지점으로 1호 인공습지 유입부(①), 1호 인공습지 유출부(②), 1호 침강지 유출부(③), 3호 인공습지 유입부(④), 고효율인공습지 유출부(⑤), 3호 인공습지 유출부(⑥) 및 침강지 유출부(⑦) 이다. 또한, 퇴적물 조사 지점은 총 2지점으로 1호 인공습지 유출부(②), 1호 침강지 유출부(③)에서 조사를 시행하였다.



[그림 3-3-1] 홍동지구 수질 및 퇴적물 조사 지점

- 2017년 조사는 총 5차에 걸쳐 1차 4월 28일, 2차 9월 12일, 3차 10월 16일 및 4차 11월 16일에 실시하였고, 강우시 조사는 7월 19일에 실시하였다.

[표 3-3-1] 홍동저수지 수질 및 퇴적물 조사시기

구 분	조사횟수	조사일자				
		1차	2차	3차	4차	강우시 <sup>1)</sup>
수질조사	5회	2017.04.28	2017.09.12	2017.10.16	2017.11.16	2017.07.19
퇴적물조사	1회	-	-	2017.10.16	-	-

1) 강우시 : 13.6mm

### 3.3.1 인공습지 수질개선효과

- 1차(4월 28일) 수질조사에 저수량은 98.4%이었으나 이어 극심한 가뭄으로 인한 저수율 저하로 수질조사를 시행하고 못하고 있다가 7월 중순 가뭄이 해갈되면서 강우시 및 다음 조사를 실시할 수 있었다. 따라서 2차(9월 12일) 및 3차(10월 16일) 조사시 저수량이 100%이었다가 4차(11월 16일) 조사에는 다시 78.7%로 낮아졌다. 또한, 강우시 조사를 실시한 7월 19일은 저수량이 97.8%이었는데 조사 1일전 13.6mm, 2일전 13.8mm, 4일전 50.6mm의 강우가 있었다.
- 1호 인공습지는 1호 및 2호 취입보를 이용하여 일강우량 30mm/일의 유출량을 기준으로 하여 그 이하일 때는 인공습지를 통하여 오염도를 저감시킨 후 저수지로 유입 되도록 운영하고 있다.
- 평상시 수온은 1호 인공습지 유입수가 17.8 °C인데, 유출수는 16.1 °C로 다소 낮아졌다. 유입수의 경우 취입보의 낮은 수심과 수량으로 쉽게 수온이 상승하여 높아진 반면, 유출수의 경우 배출연못의 깊은 수심과 많은 수량으로 인해 수온이 낮아진 것으로 보인다.
- pH는 평상시 유입수와 유출수가 9.7과 8.5이다. 이는 조사시기 주간에 조류가 번성하여 광합성에 의해 수중의 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)를 흡수하기 때문으로 판단된다. 인공습지 유출수의 pH는 8.5로 농업용수 관리기준인 6.0~8.5를 만족하였다.
- EC는 평상시 유입수 272.3 μS/cm, 유출수 237.0 μS/cm로 작물생육에 지장이 없는 기준인 700 μS/cm 이하를 나타냈다(캘리포니아대학교 대외 협력국(UCCES) 농업용수 관리기준지침).
- DO는 평상시 유입수가 13.5 mg/L였는데, 유출수는 2.8 mg/L로 인공습지를 거치면서 용존산소는 크게 감소하는 것으로 나타났다. 그러나, 유입수와 유출수 모두 농업용수 권장기준 2.0 mg/L 이상을 만족하였다.

[표 3-3-2] 홍동저수지 1호 인공습지 수질변화

구 분		'11년	'12년	'13년	'14년	'15년	'16년	'17년 평상시 및 강우시					
		평균	평균	평균	평균	평균	평균	1차 (04.28)	2차 (09.12)	3차 (10.16)	4차 (11.16)	평균	강우 (07.19)
수온 (°C)	유입수	15.9	18.2	19.7	22.6	20.5	23.3	19.7	23.1	18.9	9.5	17.8	27.0
	유출수	18.4	19.2	20.2	21.5	20.6	24.0	19.5	20.6	15.8	8.3	16.1	26.1
pH	유입수	7.9	7.7	6.6	8.4	8.0	7.6	9.1	9.7	10.2	9.6	9.7	7.1
	유출수	7.4	7.6	5.7	8.3	7.7	6.8	8.6	8.0	8.7	8.7	8.5	6.7
EC (μS/cm)	유입수	198.0	241.7	204.2	266.8	319.1	295.8	306.0	216.0	271.0	296.0	272.3	206.0
	유출수	208.0	184.4	199.5	274.0	286.6	243.0	271.0	186.0	226.0	265.0	237.0	225.0
DO (mg/L)	유입수	8.0	7.9	7.9	7.0	7.0	7.2	12.9	12.5	17.9	10.5	13.5	5.9
	유출수	4.3	5.1	5.0	3.0	6.5	6.8	10.3	1.1	1.4	2.8	3.9	1.0
SS (mg/L)	유입수	32.9	86.5	28.5	16.9	23.1	8.7	3.4	24.7	22.2	20.9	17.8	11.0
	유출수	17.4	8.0	5.9	7.5	9.3	5.7	26.7	2.5	2.8	1.9	8.5	6.0
COD (mg/L)	유입수	9.1	8.0	6.2	6.8	13.2	13.9	5.2	10.4	11.4	7.8	8.7	9.2
	유출수	8.2	8.7	8.6	10.6	9.4	9.1	8.6	7.4	6.6	6.8	7.4	11.2
TOC (mg/L)	유입수	-	-	3.3	4.4	6.3	7.9	3.4	6.2	7.5	4.0	5.3	5.0
	유출수	-	-	5.0	6.6	6.4	5.0	4.8	5.4	4.5	4.2	4.7	7.3
T-N (mg/L)	유입수	3.350	1.755	2.665	2.882	2.261	1.819	1.467	1.373	1.126	1.003	1.242	1.211
	유출수	1.222	0.620	0.663	0.856	0.802	0.754	0.540	0.495	0.391	0.347	0.443	0.620
T-P (mg/L)	유입수	0.381	0.368	0.141	0.212	0.211	0.136	0.051	0.181	0.094	0.047	0.093	0.180
	유출수	0.184	0.954	0.069	0.183	0.081	0.102	0.088	0.035	0.028	0.017	0.042	0.072

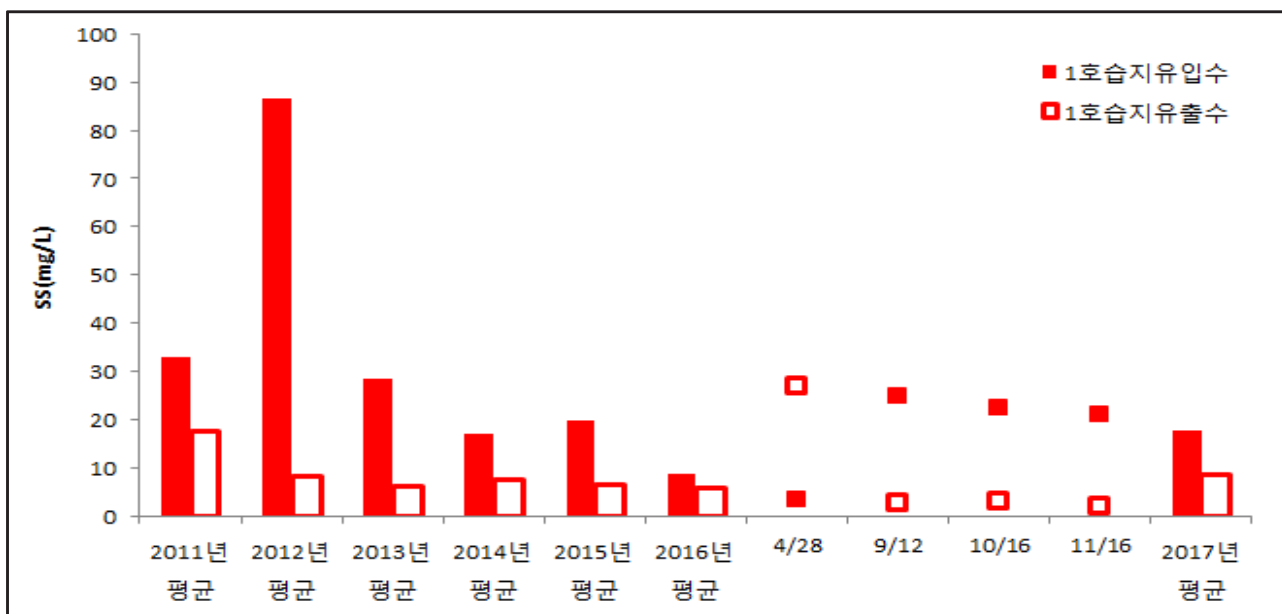
[표 3-3-3] 7개년 홍동지구 1호 인공습지 수질

구 분		'11~'17년 평균			'11~'17년 평상시			'11~'17년 강우시		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
수온 (°C)	유입수	19.9	6.9	27.7	18.7	6.9	27.1	21.7	9.6	27.7
	유출수	20.2	8.3	29.0	18.6	8.3	29.0	22.4	13.1	26.7
pH	유입수	7.9	3.3	10.1	7.9	3.3	10.2	7.9	7.1	8.7
	유출수	7.4	1.2	9.6	7.3	1.2	9.6	7.5	6.7	8.1
EC (μS/cm)	유입수	256.2	143.0	485.7	265.8	172.0	485.7	241.8	143.0	341.0
	유출수	232.0	95.0	354.0	222.8	102.0	319.4	245.3	95.0	354.0
DO (mg/L)	유입수	8.1	3.7	17.9	8.7	3.7	17.9	7.0	4.8	9.8
	유출수	4.9	1.0	10.7	5.4	1.0	10.3	4.3	1.0	7.9
SS (mg/L)	유입수	32.8	1.6	440.0	13.0	1.6	63.2	62.6	5.0	440.0
	유출수	8.8	1.2	63.0	5.3	1.2	26.7	13.8	2.0	63.0
COD (mg/L)	유입수	9.5	2.0	23.3	7.9	2.0	23.3	11.8	6.8	21.3
	유출수	9.0	3.0	18.5	7.5	3.0	14.0	11.1	5.0	18.5
TOC (mg/L)	유입수	5.4	0.8	11.5	5.2	0.8	11.0	5.9	3.9	6.4
	유출수	5.7	1.5	10.0	4.8	1.5	8.6	7.2	4.0	10.0
T-N (mg/L)	유입수	2.264	0.029	4.891	1.962	0.029	4.891	2.716	1.211	4.577
	유출수	0.762	0.013	2.557	0.561	0.013	1.862	1.052	0.620	2.557
T-P (mg/L)	유입수	0.227	0.015	1.300	0.190	0.026	1.300	0.284	0.015	0.775
	유출수	0.260	0.017	4.000	0.334	0.017	4.000	0.153	0.029	0.544

[표 3-3-4] 흥동저수지 1호 인공습지 정화효율

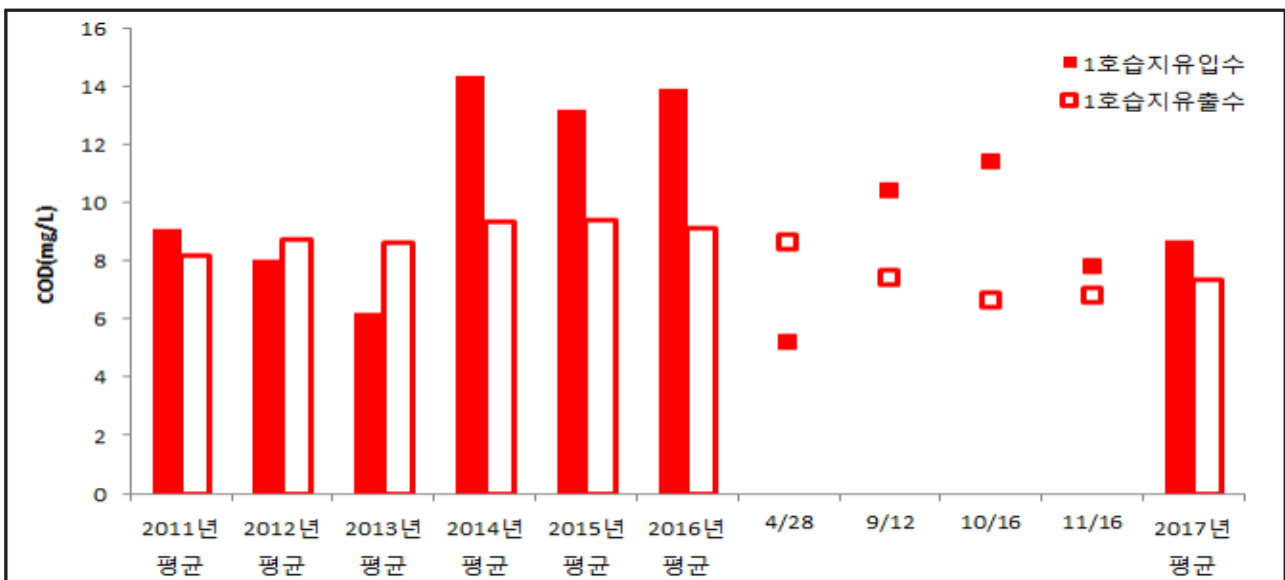
구 분		'11~'17년 평균		'11~'17년 평상시		'11~'17년 강우시	
		부하량	정화효율 (%)	부하량	정화효율 (%)	부하량	정화효율 (%)
SS (kg/d)	1호습지 유입	95.0	79.2	29.2	77.2	239.9	79.7
	1호습지 유출	19.8		6.7		48.6	
COD (kg/d)	1호습지 유입	17.1	-29.3	8.9	-19.3	35.3	-34.8
	1호습지 유출	22.2		10.6		47.6	
TOC (kg/d)	1호습지 유입	8.9	-40.3	4.6	2.9	20.2	-65.3
	1호습지 유출	12.6		4.4		33.5	
T-N (kg/d)	1호습지 유입	4.6	66.3	2.2	71.2	9.9	63.9
	1호습지 유출	1.6		0.6		3.6	
T-P (kg/d)	1호습지 유입	0.8	-183.1	0.9	-272.3	0.8	40.2
	1호습지 유출	2.3		3.2		0.5	

○ SS 분석결과 평상시 1호 인공습지 유입수는 17.8mg/L이고 유출수는 8.5mg/L로 낮아졌다. 또한, 강우시의 유입수는 11.0mg/L이고 유출수는 6.0mg/L로서 낮아졌다. 인공습지는 침사지에서 침전, 인공습지에서 여과작용 및 접촉, 침전 등에 의해 SS 성분이 잘 제거되고 있다. 1호 인공습지에서 SS 정화효율은 유입부하량이 95.0kg/d 이고, 유출부하량은 19.8kg/d로 낮아져 79.2%의 매우 높은 정화효율을 보였다. 연차별로 살펴보면 평균적으로 2011년부터 2017년까지 모두 유입수에 비해 유출수에서 농도가 낮아지는 경향을 보였다.



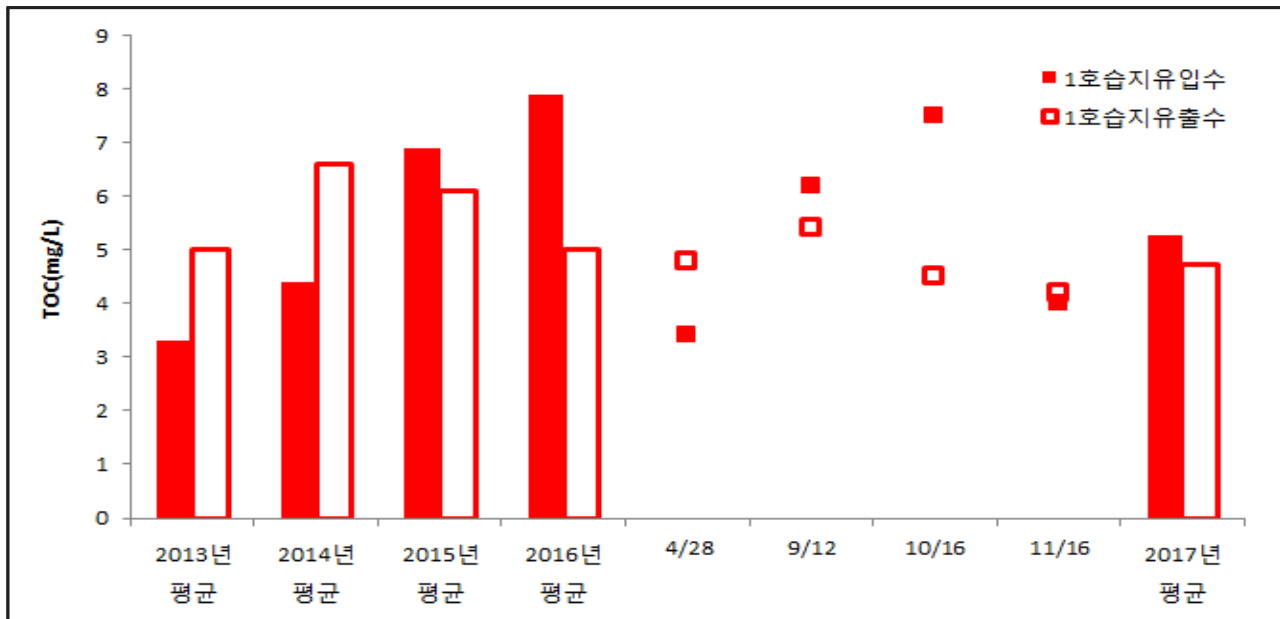
[그림 3-3-2] 흥동지구 인공습지 유입수 및 유출수 SS 변화

- COD 분석결과 평상시 유입수가 8.7mg/L인데, 유출수는 7.4mg/L로 유출수에서 낮아졌다. 또한 강우시의 유입수는 9.2mg/L인데 비하여, 유출수는 11.2mg/L로 높아졌다. 연차별로 살펴보면 2012~2013년에는 유입수에 비하여 유출수의 농도가 높아졌지만 나머지는 반대로 유입수에 비해서 유출수의 농도가 낮았다.
- 특히, 2012년~2013년에 유출수의 농도가 높았던 것은 가뭄 등으로 인하여 유입수가 없어 습지 바닥이 말라있는 기간이 길었고, 바닥이 말라 있는 상태에서 물이 유입되면 퇴적물이 일시에 부유되어 유출되기 때문에 유출수의 농도가 높아질 수 있다.
- COD 정화효율을 살펴보면 유입부하량이 17.1kg/d이고, 유출부하량이 22.2kg/d로 유출부하량이 높은 것으로 나타나 -29.3%의 정화효율을 보였다. 이는 지속적인 가뭄 등으로 저수지 상류부 하천에서 유입수 공급이 원활하지 않았고 금년도가 운영 8년 차로 갈대 등의 식생 고사체가 인공습지 바닥에 퇴적되어 분해된 것도 하나의 원인으로 판단된다.



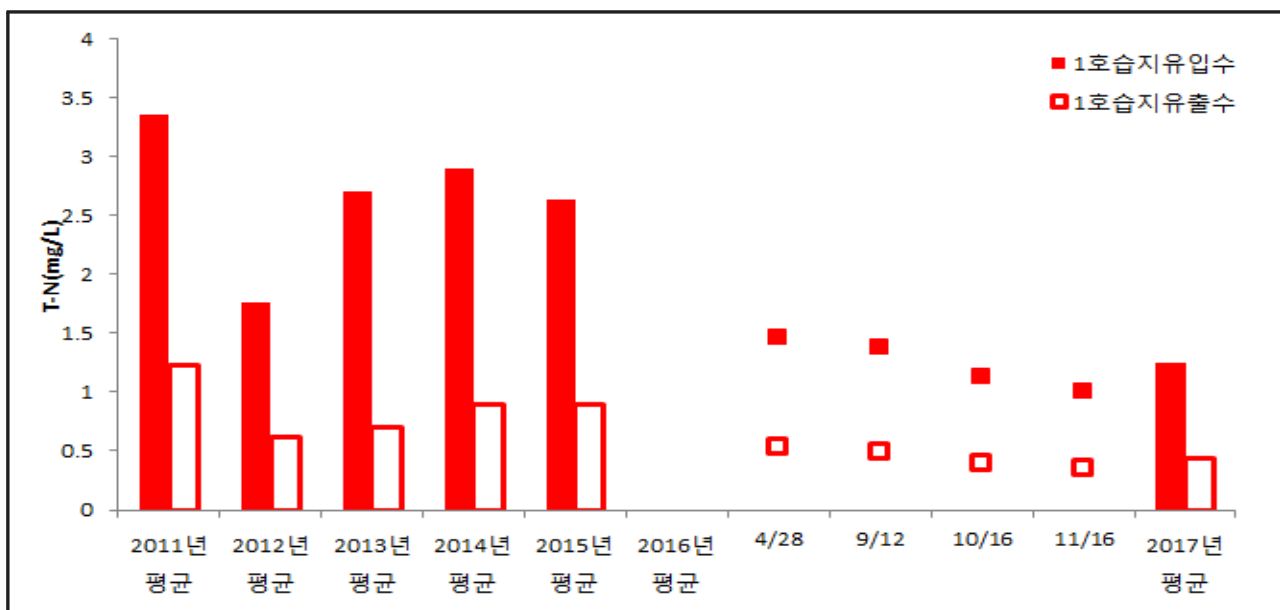
[그림 3-3-3] 홍동지구 인공습지 유입수 및 유출수 COD 변화

- TOC 분석결과 평상시 유입수가 5.3mg/L이었는데, 유출수는 4.7mg/L로 낮아졌다. 강우시 1호 인공습지 유입수는 5.0mg/L였는데, 유출수는 7.3mg/L로 높아졌다. COD와 같이 평상시에는 유입수보다 유출수의 농도가 낮았는데 강우시에는 그 반대로 나타났다.
- 연차별로 살펴보면 COD 항목과 마찬가지로 2013년~2014년도에는 유입수에 비해 유출수의 농도가 높았지만 2015년 이후에는 유입수에 비해 유출수의 농도가 낮게 나타났다. TOC 정화효율은 유입부하량이 8.9kg/d이고, 유출부하량이 12.6kg/d로 -40.3%의 정화효율을 보였다.



[그림 3-3-4] 홍동지구 인공습지 유입수 및 유출수 TOC 변화

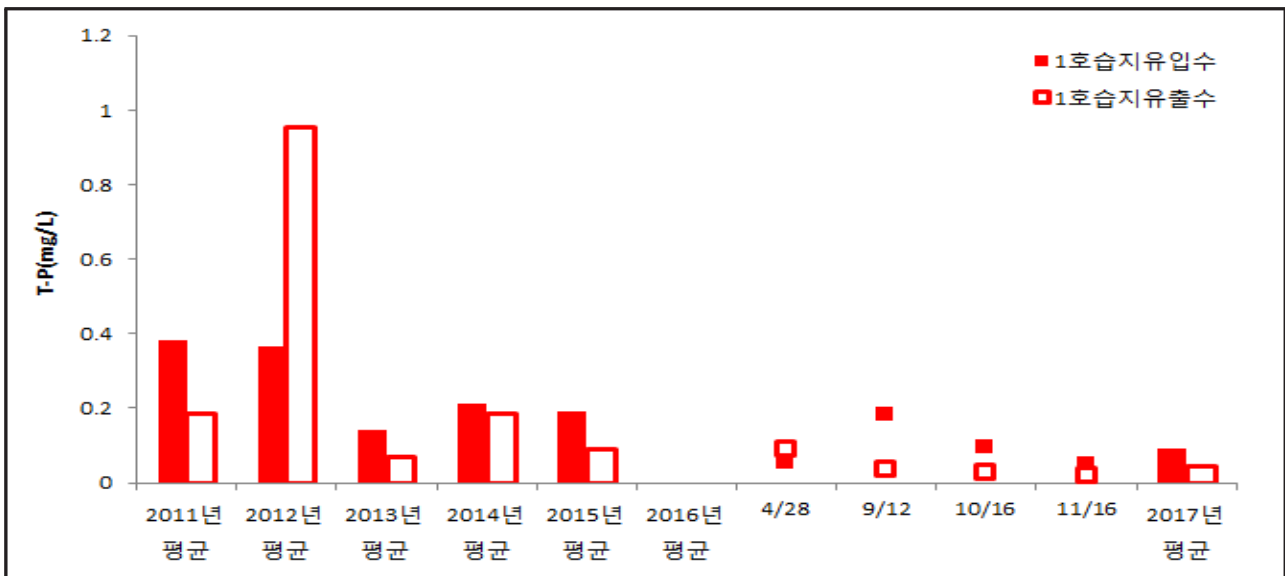
- T-N 분석결과 평상시 유입수는 1.242mg/L이었는데, 유출수는 0.443mg/L로 낮아졌다. 강우시 유입수는 1.211mg/L였는데, 유출수는 0.620mg/L로 낮아졌다.
- 연차별로는 2011년도부터 2017년도까지 연차에 상관없이 유입수에 비해 유출수의 농도가 낮아져 인공습지에서 T-N이 정화되고 있는 것으로 나타났다. 이는 인공습지 식물의 세포합성 및 탈질작용 등으로 T-N이 소비되어 안정화가 진행되는 경향을 보였다. T-N 정화효율은 유입부하량이 4.6kg/d였는데, 유출부하량은 1.6kg/d로 낮아져 66.3%의 정화효율을 보였다.



[그림 3-3-5] 홍동지구 인공습지 유입수 및 유출수 T-N 변화



- T-P 분석결과 평상시 인공습지 유입수가 0.093mg/L인데, 유출수는 0.042mg/L로 낮아졌다. 강우시 유입수는 0.180mg/L였는데, 유출수는 0.072mg/L로 평상시와 같이 낮아졌다. T-P 정화효율은 유입부하량이 0.8kg/d였는데, 유출부하량은 2.3kg/d로 높아져 -183.1%의 정화효율을 보였다.
- 연차별로는 2012년에는 가뭄 등 유입수 부족으로 인공습지의 건조된 퇴적물에 흡착되어 있던 인성분이 유출되었기 때문에 유출수에서 오히려 T-P 농도가 높아진 것으로 판단되며 금년은 평상시와 강우시 모두 유입수보다 유출수의 T-P 농도가 낮아졌다.



[그림 3-3-6] 홍동지구 인공습지 유입수 및 유출수 T-P 변화

- 이상과 같이 전체적으로 보면 홍동지구 인공습지에서 유기물 정화효율은 매우 낮은 것으로 나타났는데, 이는 2014년부터 이어진 가뭄으로 오염물질이 습지 내 침적되었고, 유입유량이 매우 부족한 상태로 유지되었으며, 또한 습지 내에서 식생고사 및 오염퇴적물의 유출에 따른 것으로 판단된다.
- 사업시행 후 전체적으로 습지에 원활한 물의 흐름으로 SS정화효율은 높게 나타나고 있으나, COD 및 TOC 정화효율은 낮게 나타나고 있다. 이는 최근 3개년 가뭄으로 인해 유입수가 없어 인공습지 바닥이 말라있는 상태에서 강우 시 일시적으로 유입수가 많이 유입되어 말라있던 퇴적물이 부유하여 유출되었기 때문으로 판단된다. 따라서 가뭄 시에도 적절한 식생관리를 위해 습지로의 충분한 물을 공급할 필요가 있다. 이와 같이 인공습지의 역할은 유입되는 오염물질 중 무거운 부유물질은 중력에 의해 자연 침전되고, 변성하고 있는 식물들이 필터역할을 함과 동시에 초기 강우 유출수 및 오염 하천수 등 비점오염물질의 질소, 인 등을 낮은 수준으로 처리하기 위해 활용된다.

### 3.3.2 침강지 수질개선효과

- 침강지의 수질조사는 인공습지와 마찬가지로 4월부터 11월까지 총 5회(평시 4회, 강우시 1회)에 걸쳐 1호 및 3호 침강지에서 이루어졌다. 침강지는 일강우량 30mm/day을 초과하는 하천수가 침강지로 유입되어 오염물질을 처리하도록 설계되어 있다.
- 홍동저수지 평상시 1호 및 3호 침강지 유입수의 수온은 각각 17.8℃, 18.2℃, 유출수는 각각 18.4℃, 18.0℃로써 침강지를 거치면서 1호 침강지는 수온이 상승한 반면 3호 침강지는 수온이 낮아지는 경향을 보였다. 침강지는 식물이 없어 수표면이 개방되어 있기 때문에 햇빛을 받아 침강지를 흐르면서 수온이 상승하는 것이 일반적인 현상이나 조사당일 기상의 영향을 많이 받는다.

[표 3-3-5] 홍동저수지 1호 침강지 수질변화

구 분		'11년	'12년	'13년	'14년	'15년	'16년	'17년 평상시 및 강우시					
		평균	평균	평균	평균	평균	평균	1차 (04.28)	2차 (09.12)	3차 (10.16)	4차 (11.16)	평균	강우 (07.19)
수온 (℃)	1호 유입수	15.9	18.2	19.7	22.6	20.5	23.3	19.7	23.1	18.9	9.5	17.8	27.0
	1호 유출수	17.9	19.9	18.7	27.1	22.2	26.0	19.3	23.2	20.4	10.8	18.4	28.0
pH	1호 유입수	7.9	7.7	6.6	8.4	8.0	7.6	9.1	9.7	10.2	9.6	9.7	7.1
	1호 유출수	7.9	8.1	7.8	8.2	8.1	7.8	8.7	8.6	9.4	9.6	9.1	8.1
EC (μS/cm)	1호 유입수	198.0	241.7	204.2	266.8	319.1	295.8	306.0	216.0	271.0	296.0	272.3	206.0
	1호 유출수	206.4	198.7	230.8	232.8	306.2	261.6	269.0	188.0	221.0	251.0	237.0	225.0
DO (mg/L)	1호 유입수	8.0	7.9	7.9	7.0	7.0	7.2	12.9	12.5	17.9	10.5	13.5	5.9
	1호 유출수	7.9	8.8	9.7	7.1	7.9	10.1	10.4	7.7	13.2	12.9	11.1	9.6
SS (mg/L)	1호 유입수	32.9	86.5	28.5	16.9	23.1	8.7	3.4	24.7	22.2	20.9	17.8	11.0
	1호 유출수	77.7	119.3	23.3	14.1	24.2	8.7	33	9.3	6.6	22.4	17.8	9.8
COD (mg/L)	1호 유입수	9.1	8.0	6.2	6.8	13.2	13.9	5.2	10.4	11.4	7.8	8.7	9.2
	1호 유출수	10.6	11.3	8.2	11.7	13.0	13.9	9.0	8.6	8.8	14.0	10.1	9.4
TOC (mg/L)	1호 유입수	-	-	3.3	4.4	6.3	7.9	3.4	6.2	7.5	4.0	5.3	5.0
	1호 유출수	-	-	4.3	7.1	6.3	7.9	4.9	5.5	5.1	7.7	5.8	5.6
T-N (mg/L)	1호 유입수	3.350	1.755	2.802	2.882	2.261	1.819	1.467	1.373	1.126	1.003	1.242	1.211
	1호 유출수	2.553	2.023	2.754	1.319	1.148	1.273	0.494	0.679	0.512	0.643	0.582	1.192
T-P (mg/L)	1호 유입수	0.381	0.368	0.164	0.212	0.211	0.136	0.051	0.181	0.094	0.047	0.093	0.180
	1호 유출수	0.411	4.667	0.132	0.125	0.145	0.163	0.087	0.062	0.060	0.049	0.065	0.096

[표 3-3-6] 홍동저수지 3호 침강지 수질변화

구 분		'11년	'12년	'13년	'14년	'15년	'16년	'17년 평상시 및 강우시					
		평균	평균	평균	평균	평균	평균	1차 (04.28)	2차 (09.12)	3차 (10.16)	4차 (11.16)	평균	강우 (07.19)
수온 (°C)	3호 유입수	16.6	20.2	23.2	24.4	21.5	23.3	21.0	21.8	17.7	12.4	18.2	30.7
	3호 유출수	19.2	20.5	20.7	26.7	21.4	23.6	17.5	23.7	20.5	10.4	18.0	29.0
pH	3호 유입수	8.2	8.2	7.2	8.5	7.9	7.1	9.0	8.0	8.3	7.8	8.3	8.1
	3호 유출수	8.8	8.6	8.1	8.1	8.0	8.4	8.1	8.2	8.8	9.2	8.6	8.0
EC ( $\mu$ S/cm)	3호 유입수	507.7	410.4	393.8	360.0	375.6	439.8	527.0	281.0	491.0	10,696	2,999.8	444.0
	3호 유출수	279.8	253.7	262.3	234.0	284.2	288.0	270.0	165.0	186.0	272.0	223.3	208.0
DO (mg/L)	3호 유입수	9.7	7.2	8.0	7.2	6.4	4.6	8.6	7.5	7.1	8.8	8.0	7.4
	3호 유출수	9.5	8.8	9.5	6.9	6.8	14.8	7.7	8.3	8.3	11.3	8.9	9.3
SS (mg/L)	3호 유입수	47.8	86.7	65.3	30.0	52.9	6.6	2.0	26.2	111.1	4.3	35.9	3.9
	3호 유출수	19.3	50.7	34.7	12.2	49.3	11.0	29.7	16.4	11.2	27.0	21.1	18.0
COD (mg/L)	3호 유입수	14.3	13.2	20.7	8.7	17.5	13.8	10.4	9.8	7.4	4.5	8.0	10.8
	3호 유출수	10.3	18.4	13.1	12.6	18.7	12.0	8.6	10.4	10.4	10.8	10.1	11.4
TOC (mg/L)	3호 유입수	-	-	7.8	5.4	8.5	7.7	7.9	6.1	3.7	1.7	4.9	7.9
	3호 유출수	-	-	6.9	7.4	9.7	6.1	4.3	6.1	5.7	5.0	5.3	6.5
T-N (mg/L)	3호 유입수	13.437	17.916	13.899	9.008	10.596	12.211	17.936	9.651	25.790	20.255	18.408	9.557
	3호 유출수	4.751	2.614	4.562	1.375	3.541	2.305	0.479	0.870	0.533	0.772	0.664	1.284
T-P (mg/L)	3호 유입수	1.040	0.680	2.031	0.379	0.729	0.784	0.444	0.570	0.498	0.338	0.463	0.593
	3호 유출수	0.263	0.326	0.338	0.205	0.465	0.410	0.097	0.123	0.074	0.056	0.088	0.150

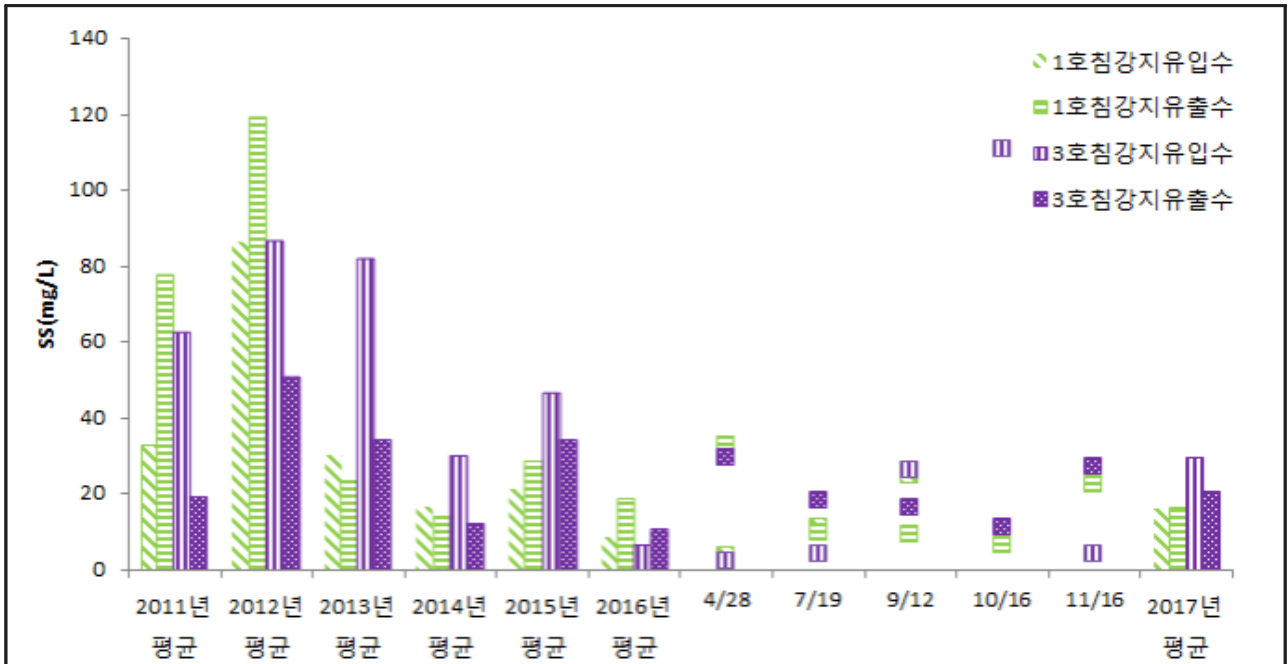
- 홍동저수지 평상시 1호 침강지 유입수의 pH는 9.7, 유출수는 9.1을 나타내고, 3호 침강지는 유입수가 8.3, 유출수는 8.6를 나타냈다. 이와 같이 침강지를 거치면서 pH가 다소 높아지는 경향을 보였으며, 이는 침강지를 거치면서 활발한 내부생산(광합성)에 의해 조류가 발생하고 이의 영향으로 침강지를 거치면서 pH가 높아지는 것으로 판단된다. 다만 1호 침강지의 경우 침강지 내에 번성한 마름 및 탁도로 인해 조류 성장이 억제되어 pH가 낮아진 것으로 판단된다.
- 평상시 EC는 1호 침강지 유입수는 272.3 $\mu$ S/cm, 유출수는 237.0 $\mu$ S/cm로 낮아졌고, 3호 침강지의 경우도 유입수가 2,999.8 $\mu$ S/cm, 유출수는 223.3 $\mu$ S/cm로 낮아져 침강지를 통과하면서 모두 작물생육에 지장이 없는 권장기준인 700 $\mu$ S/cm 이하를 만족하였다(캘리포니아대학교 대외 협력국(UCCES) 농업용수 관리기준지침). 특히 3호 침강지 유입수의 4차 조사(2017.11.16.)시 EC가 10,696 $\mu$ S/cm로 매우 높았는데 이는 상류 유역에서 미처리된 축산분뇨 및 생활하수의 유입 때문인 것으로 판단된다.

- 평상시 DO는 1호 침강지 유입수는 13.5mg/L이고, 유출수는 11.1mg/L로 낮아졌고 3호 침강지 유입수는 8.0mg/L였는데, 유출수는 8.9mg/L로 높아졌다. 이와 같이 침강지에서는 유출수가 모두 호소의 농업용수 권장기준인 2.0mg/L 이상을 만족하였다. 침강지를 통과하면서 DO농도가 변화되는 것은 pH에서 언급한 바와 같이 침강지에서 조류의 광합성에 의해 용존산소 공급이 변화하기 때문이다.
- 홍동저수지 침강지의 정화효율 산정을 위해서 유량을 측정해야 하는데 1호 침강지의 경우 2개의 하천이 합류되어 유입되는 부분이 저수지 바로 위에 있어 저수지 수질에 영향을 받기 때문에 유속을 측정할 수 있는 지점이 없어 1호 침강지의 정화효율 분석을 제외하고 3호 침강지 정화효율만 분석하였다.

[표 3-3-7] 7개년 홍동저수지 침강지(3호) 정화효율

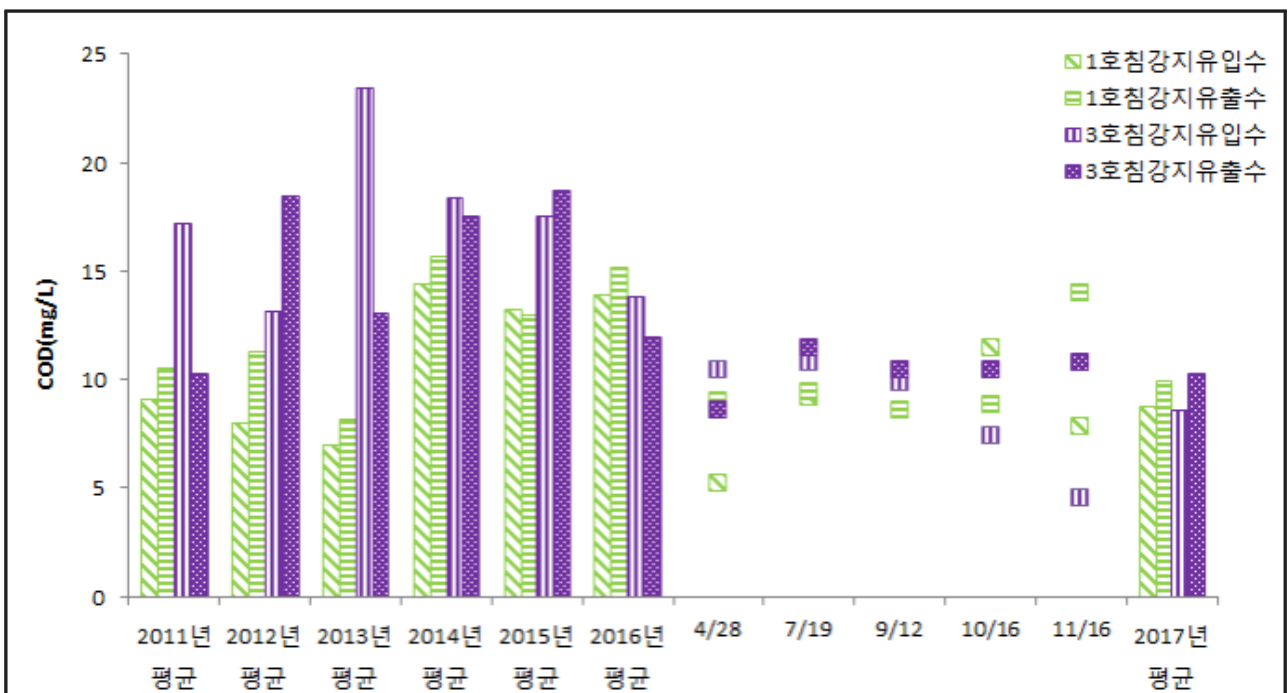
구 분		'11~'17년 평균		'11~'17년 평상시		'11~'17년 강우시	
		평균	정화효율	평균	정화효율	평균	정화효율
SS (kg/d)	유입수	134.0	67.2	6.7	36.4	319.1	68.2
	유출수	43.9		4.2		101.6	
COD (kg/d)	유입수	39.5	61.7	7.0	39.4	86.8	64.4
	유출수	15.1		4.2		30.9	
TOC (kg/d)	유입수	13.3	37.6	3.5	29.3	27.3	39.1
	유출수	8.3		2.5		16.6	
T-N (kg/d)	유입수	13.1	75.2	5.9	77.2	23.6	74.4
	유출수	3.3		1.4		6.0	
T-P (kg/d)	유입수	3.2	83.3	0.3	56.4	7.4	85.1
	유출수	0.5		0.1		1.1	

- 평상시 SS는 1호 침강지의 경우 유입수와 유출수가 17.8mg/L로 같았으며, 3호 침강지의 경우는 유입수는 35.9mg/L, 유출수는 21.1mg/L로 낮아졌다. 연차별로 살펴보면 1호 침강지의 경우 2011년~2012년도 및 2015년~2016년도에는 유입수에 비해 유출수의 농도가 높아졌으나, 2013년도와 2014년도에는 유입수에 비해 유출수에서 낮아져 일정한 경향을 보이지 않았다. 반면 3호 침강지의 경우는 2016년을 제외하고 모두 유입수에 비해 유출수에서 농도가 낮아져 정화효과가 있는 것으로 나타났다.
- 또한, 강우 시 1호 침강지의 SS는 유입수가 11.0mg/L에서 유출수는 9.8mg/L로 낮아졌지만, 3호 침강지의 경우 유입수가 3.9mg/L에서 유출수의 18.0mg/L로 높아졌다. SS 정화효율을 살펴보면 유입부하량이 134.4kg/d이고, 유출부하량이 43.9kg/d로 유출부하량이 낮은 것으로 나타나 67.2%의 정화효율을 보였다.



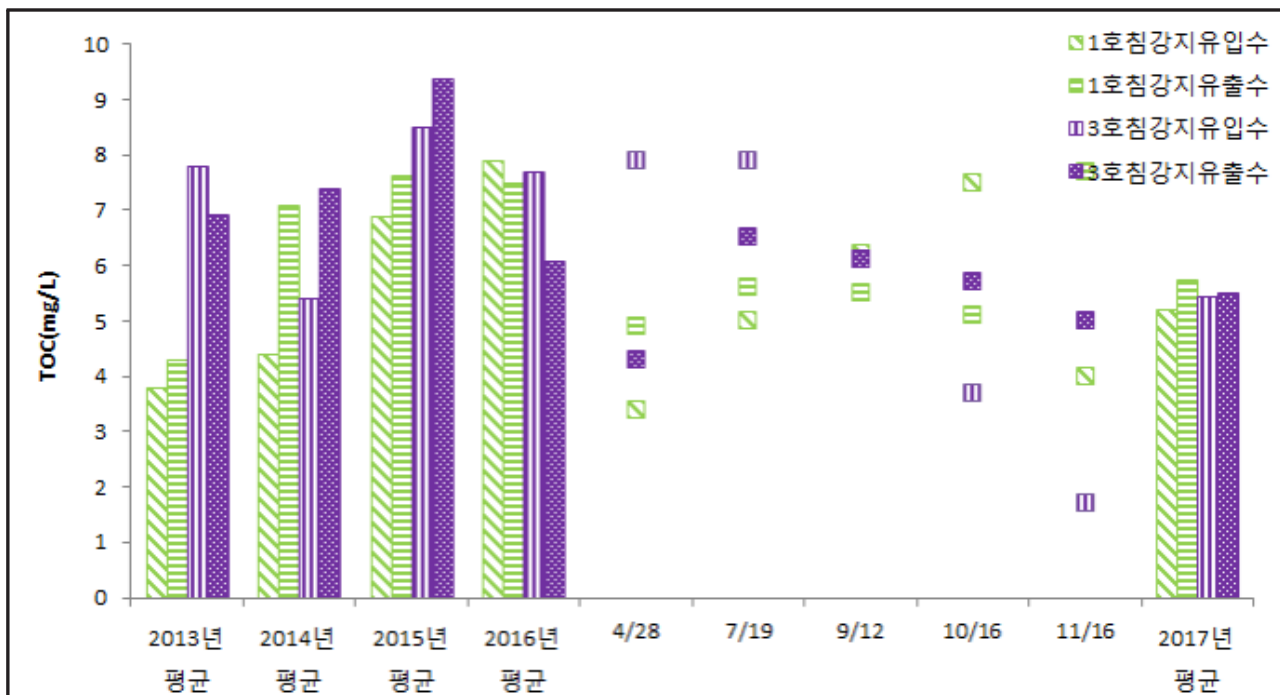
[그림 3-3-7] 흥동저수지 침강지 유입수 및 유출수 SS 변화

- COD는 평상시 1호 침강지 유입수 10.1mg/L, 유출수 5.3mg/L로 낮아진 반면, 3호 침강지의 경우 유입수가 8.0mg/L, 유출수는 10.1mg/L로 높아졌다. 이와 같이 COD의 경우 1호 침강지에서 수질이 개선되고, 3호 침강지에서는 수질이 악화되어 일정한 경향을 보이지 않았다. COD 정화효율은 유입부하량이 39.5kg/d이고, 유출부하량이 15.1kg/d로써 유출부하량이 낮은 것으로 나타나 61.7%의 정화효율을 보였다.



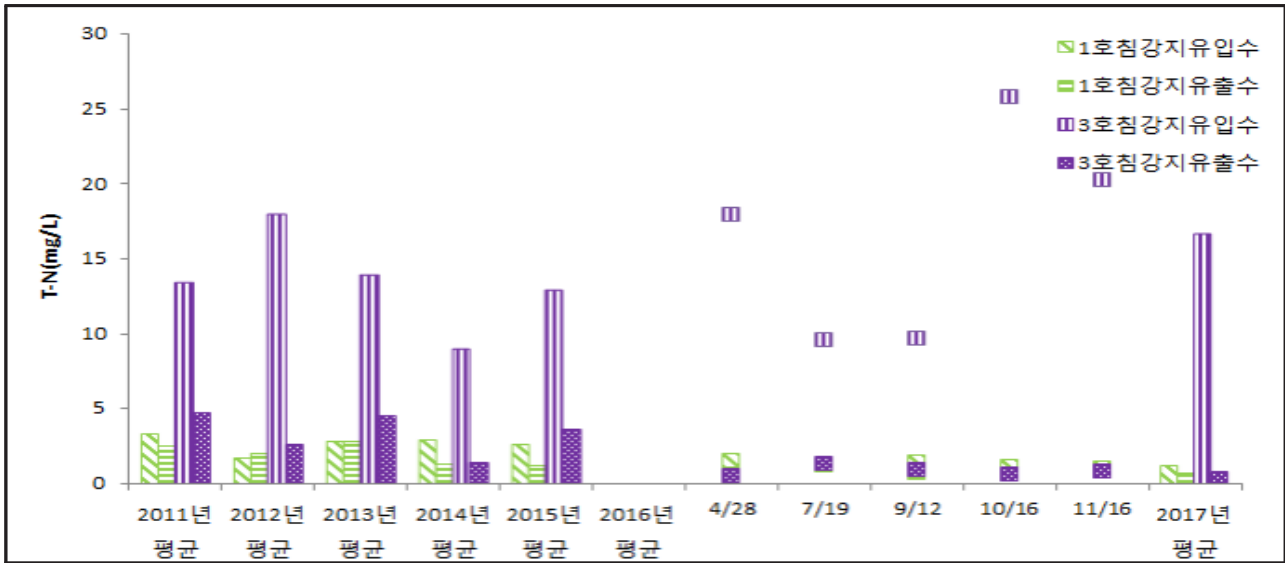
[그림 3-3-8] 흥동지구 침강지 유입수 및 유출수 COD 변화

- 평상시 TOC는 1호 침강지에 5.3mg/L의 농도로 유입되었으나, 유출수는 5.8mg/L로 유출되어 오히려 높아지는 경향을 보였다. 3호 침강지의 경우도 유입수가 4.9mg/L 였는데, 유출수는 5.3mg/L로 높아졌다. 연차별로도 일정한 경향을 보이지 않았다. TOC 정화효율을 살펴보면 유입부하량이 13.3kg/d이고, 유출부하량이 8.3kg/d로 37.6%의 정화효율을 보였다. 이는 COD와 마찬가지로 침강지의 유기물정화 효율이 높아 유입수에 비해 유출수의 농도가 낮게 나타났다.



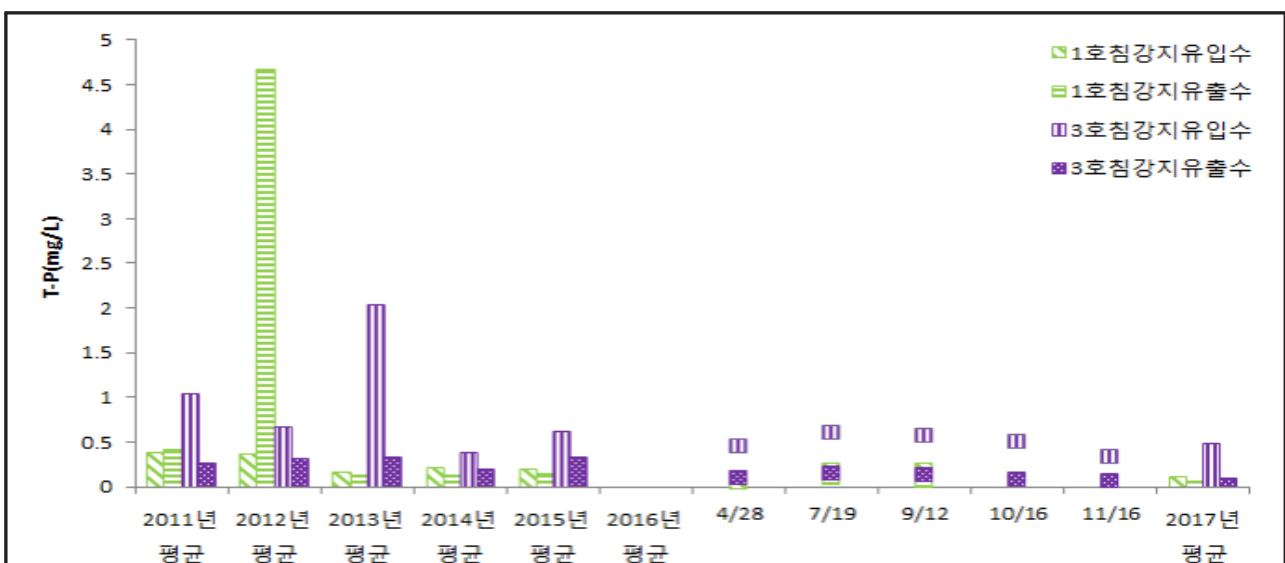
[그림 3-3-9] 홍동지구 침강지 유입수 및 유출수 TOC 변화

- T-N 항목 분석결과, 평상시 1호 침강지 유입수가 1.242mg/L이고, 유출수는 0.582mg/L로 감소했고, 3호 침강지 유입수는 18.408mg/L이고, 유출수는 0.664mg/L로 1호 침강지 보다 크게 감소했다. 연차별로도 2011년~2017년까지 대부분 유입수에 비해 유출수의 T-N농도가 낮아지는 경향을 보였다. 특히 1호 침강지에 비하여 3호 침강지에서 크게 나타났다. 이와 같이 침강지에서는 활발한 내부생산에 의해 조류가 발생하는 반면, 조류가 물속의 질소와 인을 흡수하여 성장하기 때문에 질소와 인은 감소하는 것이 일반적인 현상이다. T-N의 정화효율은 유입부하량이 평균 13.1kg/d이고, 유출부하량이 3.3kg/d로 낮아져 75.2%의 정화효율을 보였다.



[그림 3-3-10] 홍동지구 침강지 유입수 및 유출수 T-N 변화

- T-P 항목 분석결과, 1호 침강지의 경우 유입수가 0.093mg/L, 유출수는 0.065mg/L로 낮아졌다. 3호 침강지도 유입수는 0.463mg/L, 유출수는 0.088mg/L로 낮아졌다.
- 연차별로 살펴보면 1호 침강지는 2011년과 2012년을 제외하고 모두 유입수에 비해 유출수가 낮은 경향을 보였고, 3호 침강지는 모두 유입수에 비해 유출수에서 농도가 낮아지는 경향을 보였다. T-P의 정화효율은 유입부하량이 3.2kg/d이고, 유출부하량이 0.5kg/d로 낮아져 83.3%의 매우 높은 정화효율을 보였다.
- 수심이 낮고 햇빛을 많이 받는 침강지에서는 내부생산에 의해 조류가 많이 생장하는데, 이 때 조류가 영양물질로 질소(T-N)와 인(T-P)을 흡수한다. 따라서 저수지 본체로 유입되는 질소와 인을 제거하여 저수지 본체의 녹조 발생을 줄일 수 있다.



[그림 3-3-11] 홍동지구 침강지 유입수 및 유출수 T-P 변화

- 이상과 같이 전체적으로 보면 홍동지구 침강지에서 입자상물질과 T-N, T-P의 제거 효율이 높은 것으로 나타났으며, 장기간 퇴적된 오염물질의 주기적인 제거를 통해서 침강지의 기능이 유지될 수 있게 관리해야 한다.

### 3.3.3 지하흐름습지 수질개선효과

- 홍동저수지 수질개선시설 중 3호 인공습지 유입수는 유역의 마을하수, 축산폐수가 정화되지 않고 유입되기 때문에 다른 유입하천에 비해 농도가 높아 지하흐름형 인공습지인 고효율습지를 앞단에 설치하고 후단에 지표흐름형 인공습지를 조합한 고효율습지 + 지표흐름형 인공습지로 구성된 조합형 인공습지이다.
- 조합형 인공습지의 평상시 유입수의 평균 수온은 18.2℃이며, 고효율습지 유출수는 16.6℃로써 고효율습지에서 낮아지는 경향을 보였는데, 이는 고효율습지가 지하흐름형이기 때문에 물이 지하부를 흐르며 수온이 다소 낮아진 것이다.
- 조합형 인공습지의 평상시 유입수의 pH는 8.3인데, 고효율습지 유출수의 pH는 8.1로써 고효율습지에서 낮아지는 경향을 보였다. 이는 지하흐름습지를 거치면서 광합성이 어려워 조류생성이 억제된 것으로 판단된다. 농업용수 권장기준인 6.0~8.5를 만족하였다.
- 조합형 인공습지의 평상시 EC는 유입수가 2,999 $\mu$ S/cm인데, 고효율습지 유출수는 1,012 $\mu$ S/cm로 낮아졌다. 이는 4차 조사(2017.11.16.) 유입수의 EC 농도가 10,696 $\mu$ S/cm로 매우 높았기 때문으로 이 당시 생활하수 및 축산폐수가 정화되지 않고 유입되었기 때문으로 판단된다. 강우 시 유입수와 유출수의 EC는 모두 444 $\mu$ S/cm로 조사되었다. 조합형 인공습지의 유출수는 제3호 인공습지로 연결되어 정화된 후 저수지로 유입(유입농도 223.3 $\mu$ S/cm)되므로 작물 생육에 지장이 없는 기준인 700 $\mu$ S/cm 이하로 농업용수로 이용하는데 EC에 대해서는 문제가 없을 것으로 판단된다(캘리포니아대학교 대외 협력국(UCCES) 농업용수 관리기준지침).
- DO는 고효율습지에서는 4.7mg/L로 유입되고, 최종적으로는 4.7mg/L로 변화되어 지하부를 흐르는 고효율습지에서는 유입수에 비해 다소 낮아지나, 개방구간이 있는 지표흐름형 습지를 거치면서 DO가 다시 높아지는 경향을 보였다. 그리고 대부분 농업용수 권장기준인 2.0 mg/L 이상을 만족하였다.



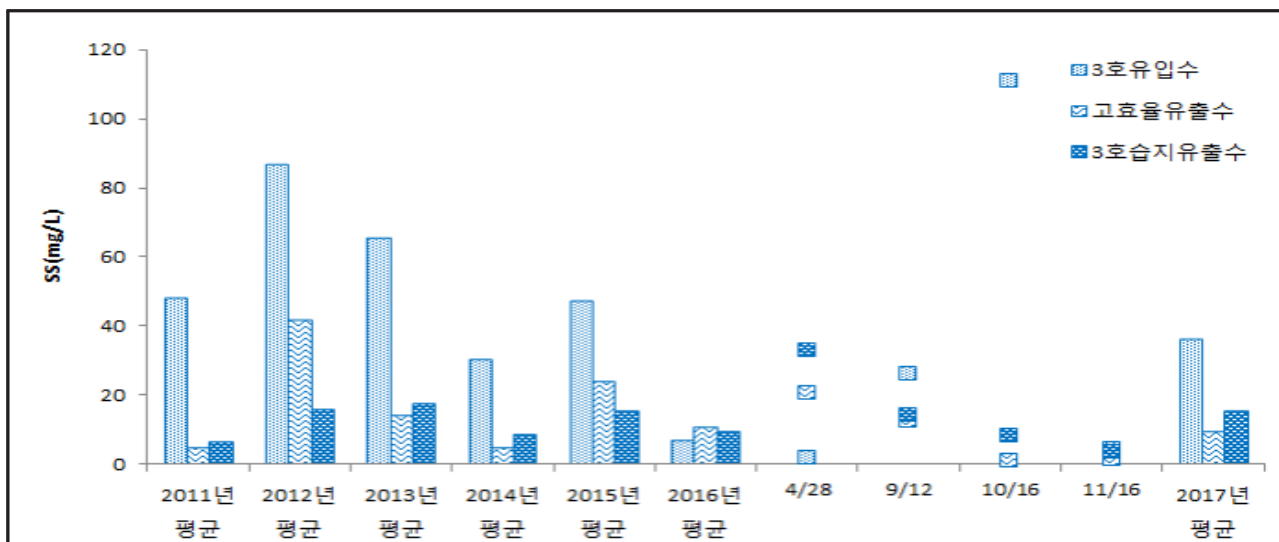
[표 3-3-8] 흥동저수지 지하흐름습지 수질변화

구 분		'11년	'12년	'13년	'14년	'15년	'16년	'17년 평상시 및 강우시					
		평균	평균	평균	평균	평균	평균	1차 (04.28)	2차 (09.12)	3차 (10.16)	4차 (11.16)	평균	강우 (07.19)
수온 (°C)	유입수	16.6	20.2	23.2	24.4	21.5	23.3	21.0	21.8	17.7	12.4	18.2	30.7
	유출수	15.7	18.8	22.4	21.9	20.3	22.0	17.7	22.7	16.0	9.8	16.6	30.8
pH	유입수	8.2	8.2	7.2	8.5	7.9	7.1	9.0	8.0	8.3	7.8	8.3	8.1
	유출수	7.5	7.7	4.6	8.3	7.7	6.8	8.0	7.7	8.1	8.4	8.1	8.2
EC (µS/cm)	유입수	507.7	410.4	393.8	360.0	375.6	439.8	527.0	281.0	491.0	10,696	2,999	444.0
	유출수	431.4	395.8	387.8	391.3	368.8	497.8	281.0	175.0	436.0	3,154	1,012	444.0
DO (mg/L)	유입수	9.7	7.2	8.0	7.2	6.4	4.6	8.6	7.5	7.1	8.8	8.0	7.4
	유출수	4.2	3.2	4.8	3.5	5.8	2.6	10.7	5.3	0.3	2.6	4.7	7.2
SS (mg/L)	유입수	47.8	86.7	65.3	30.0	52.9	6.6	2.0	26.2	111.1	4.3	35.9	3.9
	유출수	4.3	41.6	13.8	4.5	31.4	10.2	20.5	12.5	1.0	1.6	8.9	4.2
COD (mg/L)	유입수	14.3	13.2	20.7	8.7	17.5	13.8	10.4	9.8	7.4	4.5	8.0	10.8
	유출수	6.5	8.1	9.5	6.9	12.8	14.7	9.0	15.2	3.0	3.2	7.6	10.6
TOC (mg/L)	유입수	-	-	7.8	5.4	8.5	7.7	7.9	6.1	3.7	1.7	4.9	7.9
	유출수	-	-	5.8	4.6	7.1	8.8	5.5	7.0	1.8	1.9	4.1	8.1
T-N (mg/L)	유입수	13.023	17.916	13.944	9.008	10.596	12.211	17.936	9.651	25.790	20.255	18.408	9.557
	유출수	10.287	16.488	8.220	8.488	7.283	13.488	2.220	1.309	19.574	17.583	10.172	9.910
T-P (mg/L)	유입수	0.843	0.680	1.741	0.379	0.729	0.784	0.444	0.570	0.498	0.338	0.463	0.593
	유출수	0.370	0.566	0.571	0.418	0.703	1.245	0.149	0.210	0.242	0.157	0.190	0.605

[표 3-3-9] 흥동저수지 지하흐름습지 정화효율

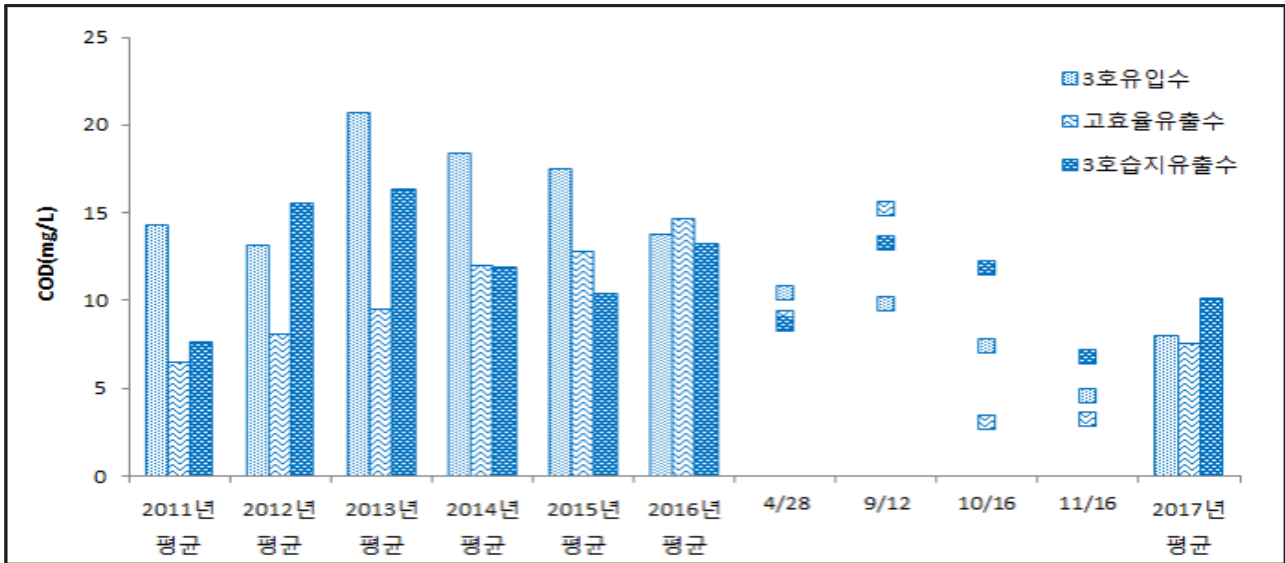
구 분		'11~'17년 전체		'11~'17년 평상시		'11~'17년 강우시	
		부하량	정화효율 (%)	부하량	정화효율 (%)	부하량	정화효율 (%)
SS (kg/d)	지하흐름 유입	12.0	54.0	4.2	59.9	31.3	52.1
	지하흐름 유출	5.5		1.7		15.0	
COD (kg/d)	지하흐름 유입	4.5	25.2	2.8	17.7	8.7	28.2
	지하흐름 유출	3.4		2.3		6.2	
TOC (kg/d)	지하흐름 유입	2.7	3.5	1.8	5.3	4.7	-5.3
	지하흐름 유출	2.6		1.7		4.9	
T-N (kg/d)	지하흐름 유입	3.7	17.6	3.7	21.8	3.6	6.0
	지하흐름 유출	3.0		2.9		3.4	
T-P (kg/d)	지하흐름 유입	0.3	28.9	0.13	16.5	0.5	33.1
	지하흐름 유출	0.2		0.11		0.4	

- SS는 평상시 유입수가 35.9mg/L, 고효율습지 유출수는 8.9mg/L로 낮아졌고 호소의 농업용수 권장기준인 15mg/L 이하를 만족하였다. 고효율 습지의 경우 습지 바닥에 포설되어 있는 자갈 사이를 지나면서 SS성분이 접촉 침전되기 때문에 SS 정화효율이 높다. 또한 후단의 지표흐름 인공습지에서도 용량이 커지기 때문에 유속이 느려져 SS 성분이 가라 앉으므로 SS 제거효과가 높다. 연차별로도 2016년을 제외한 모든 유입수에 비해 유출수에서 SS농도가 낮아짐으로서 정화효과가 지속되고 있음을 알 수 있다 2016년도는 고효율습지의 최종유출구가 막힘현상과 수초가 번성하여 흐름이 불량하여 다소 높았다. 지하흐름습지의 SS 정화효율은 유입부하량이 12.0kg/d이며, 유출부하량은 5.5kg/d로 낮아져 54.0%의 높은 정화효율을 보였다. 이상과 같이 인공습지는 접촉침전, 여과 등의 기능이 있기 때문에 부유물질 정화효율을 높이기 위한 고도화 사업이 2016년 12월에 완료되었다. 그 결과 2017년도에 SS의 정화효율이 높게 나타난 것으로 판단된다.



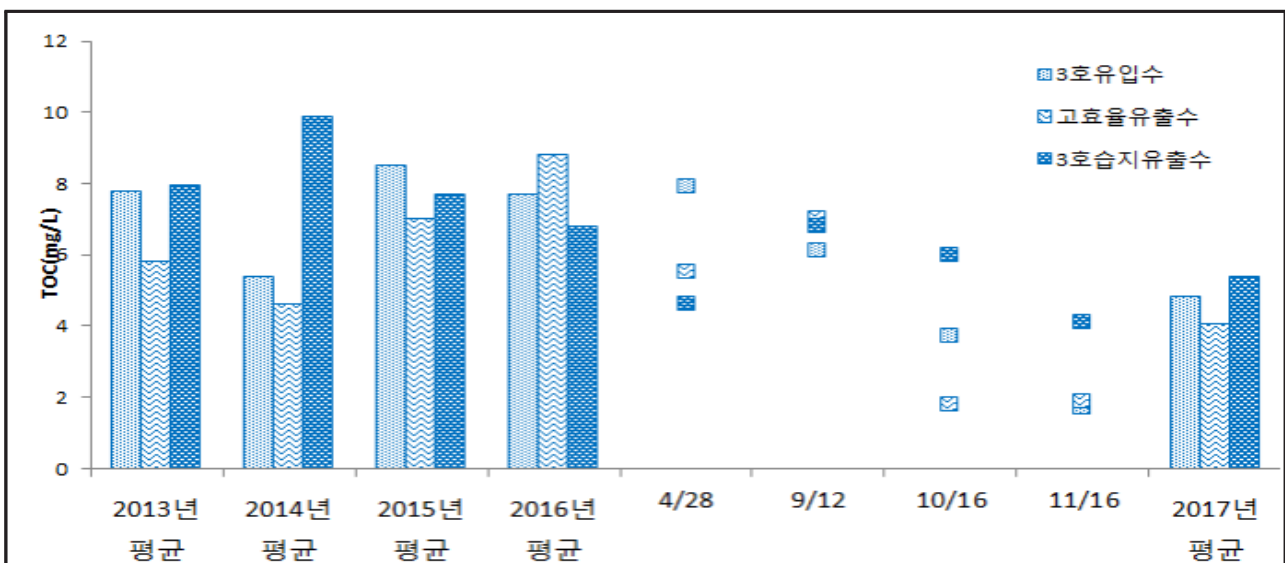
[그림 3-3-12] 홍동지구 지하흐름습지 유입수 및 유출수 SS 변화

- COD는 평상시 유입수의 농도가 8.0mg/L인 반면에 고효율습지 유출수는 7.6mg/L로 유입수에 비해 농도가 약간 낮아졌다. 연차별로 보면 2016년 고효율습지가 유출구 막힘 현상이 발생한 때를 제외하고 모두 유입수에 비하여 유출수의 농도가 낮아져 수질개선 효과가 있음을 나타내고 있다. 그러나 이후 3호 지표흐름형 인공습지를 거쳐서 저수지로 유입되는 COD 정화효과가 뚜렷하게 나타나지 않았다. 이는 앞에서 언급한 바와 같이 지표흐름형 인공습지에서 식물이 자랐다가 고사하기 때문인 것으로 판단된다. 지하흐름습지의 COD 정화효율은 유입부하량이 4.5kg/d이며, 유출부하량은 3.4kg/d로 낮아져 25.2%의 정화효율을 보였다.



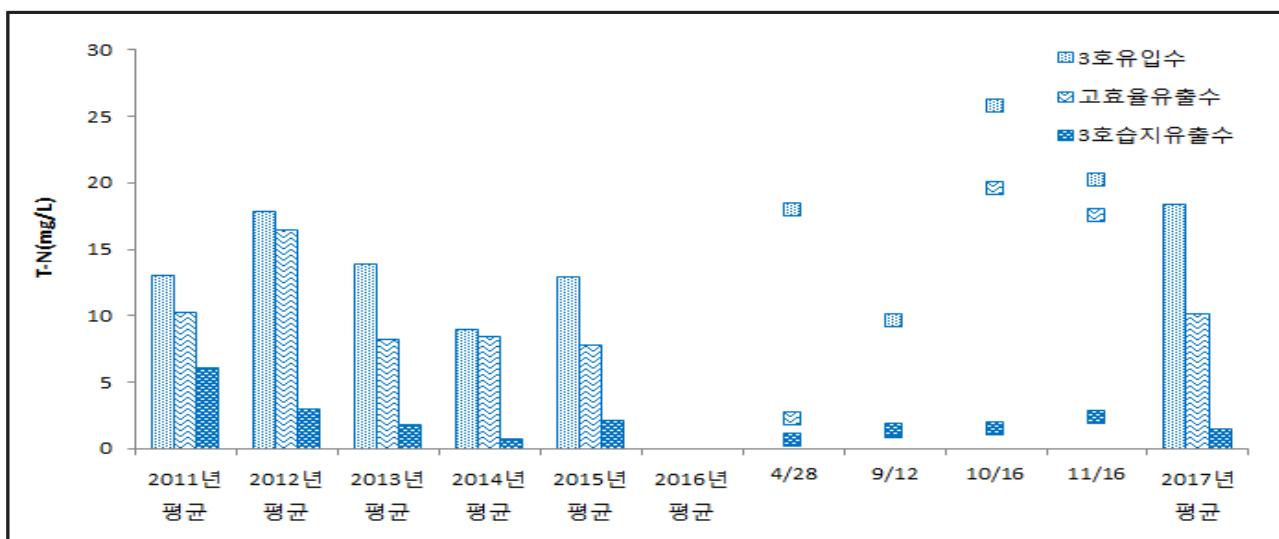
[그림 3-3-13] 홍동지구 지하흐름습지 유입수 및 유출수 COD 변화

- TOC도 평상시 유입수 농도가 4.9mg/L였는데, 고효율습지 유출수는 4.1mg/L로 약간 낮아졌다. 연차별로 살펴보면 TOC의 경우도 앞의 COD와 유사하게 고효율습지에서는 TOC가 정화되나 후단의 지표흐름형 인공습지에서 다시 높아지는 경향을 보였다. 이는 지하흐름형 고효율습지에서 저감된 오염물질이 지표습지를 거치면서 건조된 퇴적물이 재부유하여 유출되었기 때문으로 판단된다. 특히, 2016년도에는 고효율습지 유출수가 유입수에 비하여 더 높은 농도를 나타내어 고도화사업으로 리모델링을 실시하여 2017년도에는 유입수보다 유출수의 농도가 낮아 개선된 효과를 보였다. 지하흐름습지의 TOC 정화효율은 유입부하량이 2.7kg/d이며, 유출부하량은 2.6kg/d로 낮아져 3.5%의 정화효율을 보였다.



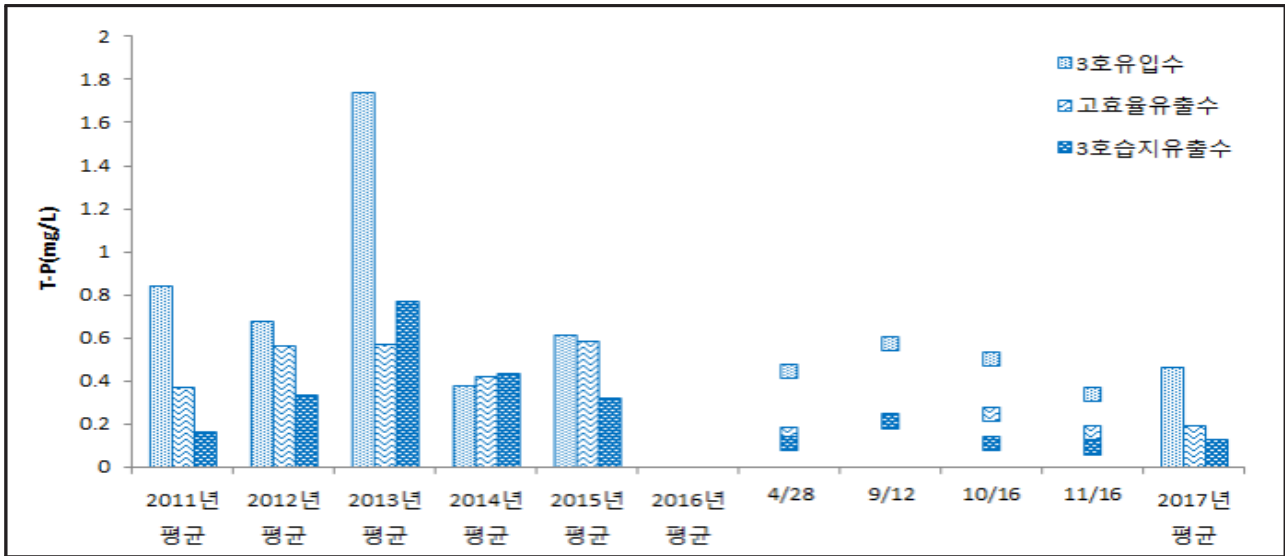
[그림 3-3-14] 홍동지구 지하흐름습지 유입수 및 유출수 TOC 변화

- T-N 경우 평상시 유입수의 농도가 18.408mg/L였는데, 고효율습지 유출수는 10.172 mg/L로 낮아졌다. 연차별로는 고효율습지 유출부의 막힘 현상이 발생한 2016년을 제외하고 모두 유입수에 비해 유출수의 T-N 농도가 낮아지는 경향을 보였으며 후단의 지표흐름 인공습지를 거치면서 더욱 낮아졌다.
- 고효율습지는 물이 위쪽으로 흐를 때에는 대기로부터의 접촉폭기로 산소가 공급 되기 때문에 호기성 상태가 되어 질산화가 일어난다. 또한 아래쪽을 흐를 때에는 산소가 공급되지 못하여 혐기성 상태가 되어 탈질이 일어나 고효율습지를 지나면서 질산화와 탈질이 반복적으로 이루어지기 때문에 질소가 정화된다. 또한 고효율습지 후단의 일반형 지표흐름 인공습지에서도 식물이 자라는 구간을 지날 때에는 식물에 의해 밀폐되어 산소가 충분히 공급되지 못하여 탈질이 일어나고, 중간에 식물이 없는 개방구간을 지날 때에는 대기로부터의 재폭기에 의해 산소가 공급되어 질산화가 이루어지기 때문에 질소가 제거된다.
- 지하흐름습지의 T-N 정화효율은 유입부하량이 3.7kg/d이며, 유출부하량은 3.0kg/d로 낮아져 17.6%의 정화효율을 보였다.



[그림 3-3-15] 홍동지구 지하흐름습지 유입수 및 유출수 T-N 변화

- T-P는 평상시 유입수의 농도가 0.463mg/L였는데, 고효율습지 유출수는 0.190mg/L로 낮아졌다. 연차별로는 고효율습지에서는 2011년부터 2013년도 사이에는 유입수에 비해 유출수에서 농도가 낮아졌으나, 2014년과 2015년도는 큰 차이를 보이지 않았지만, 금년도에는 다시 유출수의 농도가 유입수에 비해 낮아졌다. 2016년도 실시한 고도화사업시 추진한 여재세척 등의 효과로 생각된다.
- 지하흐름습지 T-P의 정화효율은 유입부하량이 0.3kg/d이며, 유출부하량은 0.2kg/d로 낮아져 28.9%의 정화효율을 보였다.



[그림 3-3-16] 홍동지구 지하하름습지 유입수 및 유출수 T-P 변화

### 3.3.4 퇴적물 조사결과

- 시료는 1호 인공습지와 1호 침강지에서 각각 1지점씩 채취(제3차(17.10.16) 조사) 하였으며, 농어촌연구원에서 분석하였다.
- 분석결과 1호 인공습지에서 채취한 퇴적물의 입도는 모래 43.9%, 실트 41.1% 및 점토 15.0%로 양토(L)이고, 1호 침강지의 퇴적물은 모래 56.5%, 실트 26.5% 및 점토 17.0%로 사양토(SL)로 분류되었다.
- 인공습지와 침강지의 pH는 각각 6.4, 6.5이고, EC는 0.093dS/m, 0.155dS/m로 식물 성장 매체로 적합한 4.0dS/m 이하로 조사되었다.
- 유기물은 인공습지 0.61%, 침강지 2.59%이고, 유효인산은 각각 8.72mg/kg, 12.78 mg/kg로 조사되었다.
- 인공습지의 강열감량 3.7%, T-N 598.0mg/kg, T-P 394.1mg/kg이며, 침강지의 강열감량 7.4%, T-N 3,318.9mg/kg, T-P 867.3mg/kg로 조사되어 두 퇴적물 모두 국립 환경과학원의 호소퇴적물 오염평가기준 IV등급 미만으로 양호한 상태로 조사되었다.
- 인공습지 내 퇴적물 분석결과 2016년 양토(L)에서 모래성분이 증가한 사양토(SL)로 변했으며 전년도와 비교해 유기물과 T-P 항목은 감소하고 나머지는 증가했다.
- 침강지 내 퇴적물 분석결과 2016년 미사질식양토(SiCL)에서 실트 함량이 증가한 양토(L)로 변했으며 전년도에 비교해서 pH, EC, T-N은 증가한 반면에 나머지는 감소했다.

[표 3-3-10] 홍동저수지 인공습지 및 침강지 퇴적물 조사 결과

지 점	조사 년도	pH	EC (dS/m)	토성	OM (%)	강열감량 (%)	유효인산 (mg/kg)	T-N (mg/kg)	T-P (mg/kg)
홍동S-1 (인공 습지)	2016	6.0	0.062	L	0.82	6.2	0.92	436.9	893.1
	2017	6.4	0.093	SL	0.61	3.7	8.72	598.0	394.1
홍동S-2 (침강지)	2016	6.3	0.142	SiCL	3.33	10.1	13.51	2,401.8	1,134
	2017	6.5	0.155	L	2.59	7.4	12.78	3,318.9	867.3

[표 3-3-11] 호소 퇴적물 오염평가 기준

항 목		등 급	I	II	III	IV
		유기물 및 영양염류	완전연소가능량(%)			-
총질소(mg/kg)				-		5,600 초과
총인(mg/kg)						1,600 초과

비고 : 1. 등급별 퇴적물의 상태<유기물, 영양염류>  
- IV 등급 : 심각하고 명백한 오염

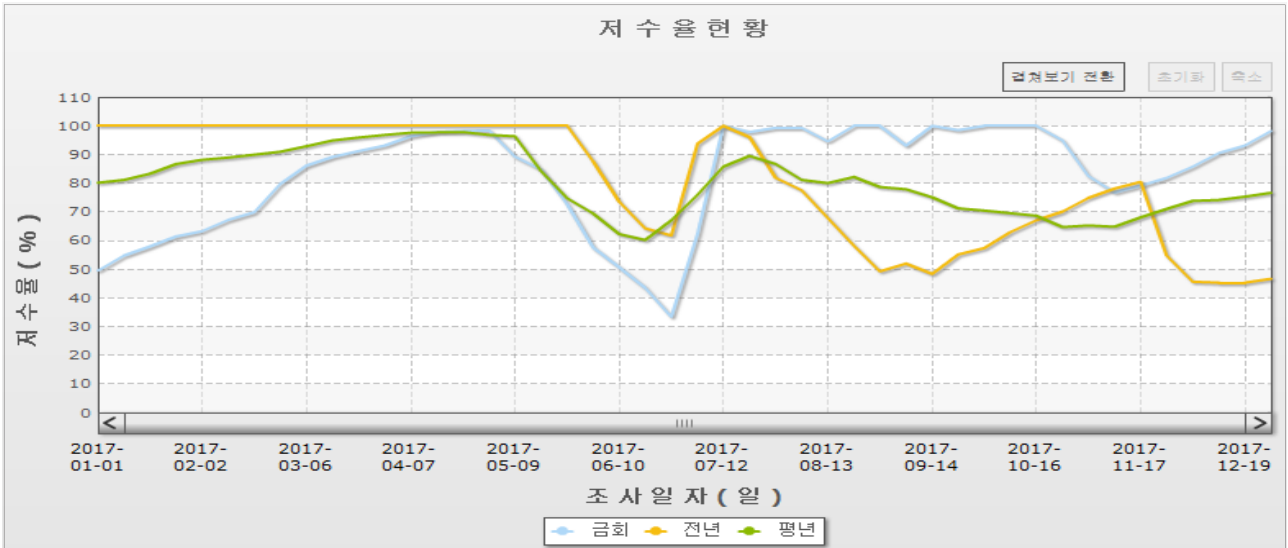
\* 자료 : 국립환경과학원예규 제687호, 2015년

### 3.4. 저수지 수질변화 및 개선효과

- 홍동지구 수질정화시설은 운영 8년차로서, BOD 발생부하량이 준공년도인 2009년 482.0kg/d에 비해 2014년도 1,127.5kg/d으로 가장 크게 증가하였다가 금년에는 591.5kg/d으로 감소하였으나 준공년도보다는 높게 나타났다.
- 홍동저수지의 수질개선 목표는 농업용수 권장기준인 IV등급 이하로 '14년 COD 8.0 mg/L(TOC 6.0mg/L)를 목표로 하였다. 수질개선사업 시행 후 COD는 9.0mg/L로 목표달성을 하지는 못했지만 TOC의 경우 4.6mg/L로 목표달성을 하였다. 특히, 2015년 이후 3년간 계속하여 가뭄으로 강수량이 782.5~855.7mm로 평년대비 62.9~68.8%로 매우 적어 유입수량 부족, 장기간 정체 등이 수질악화에 영향을 미친 것으로 판단된다.
- 연평균 저수율은 수질개선사업 준공 후인 2010년 74.0%, 2011년에 가장 낮은 57.9%, 2012년 71.1%을 보였다. 2013년 준공 후 가장 높은 87.1%였으며 2014년 86.3%, 2015년 83.0%, 2016년 80.0%이고 2017년 82.9%로 나타났다. 그러나 2017년 상반기에는 극심한 가뭄으로 현장조사를 할 수 없을 정도로 침강지 및 인공습지에 물이 말라 있었다.

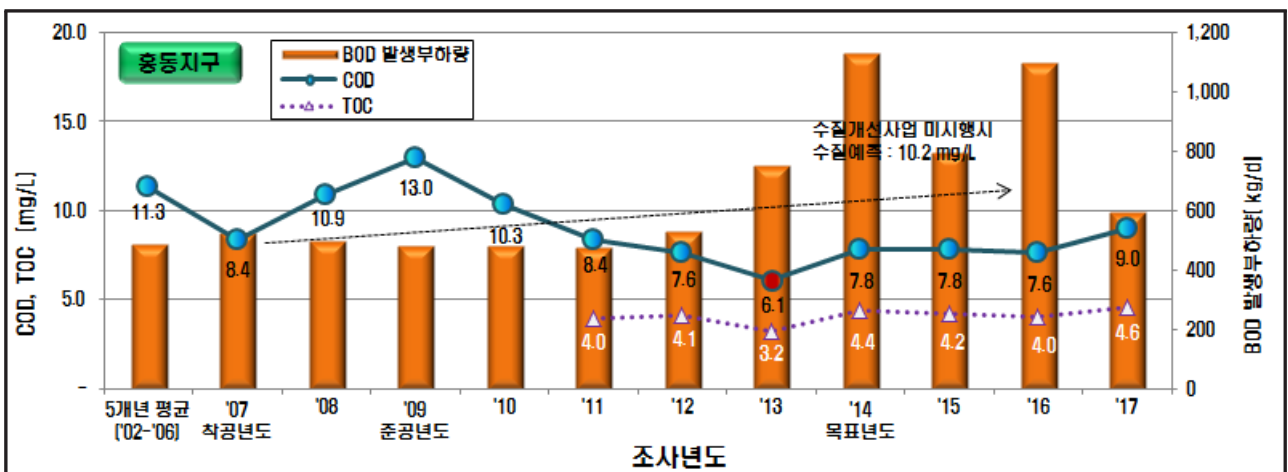
[표 3-4-1] 홍동저수지 월별 저수율 현황

구 분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
저수율(%)	100	100	100	100	98.5	69.9	91.2	64.0	52.7	66.5	71.5	45.4



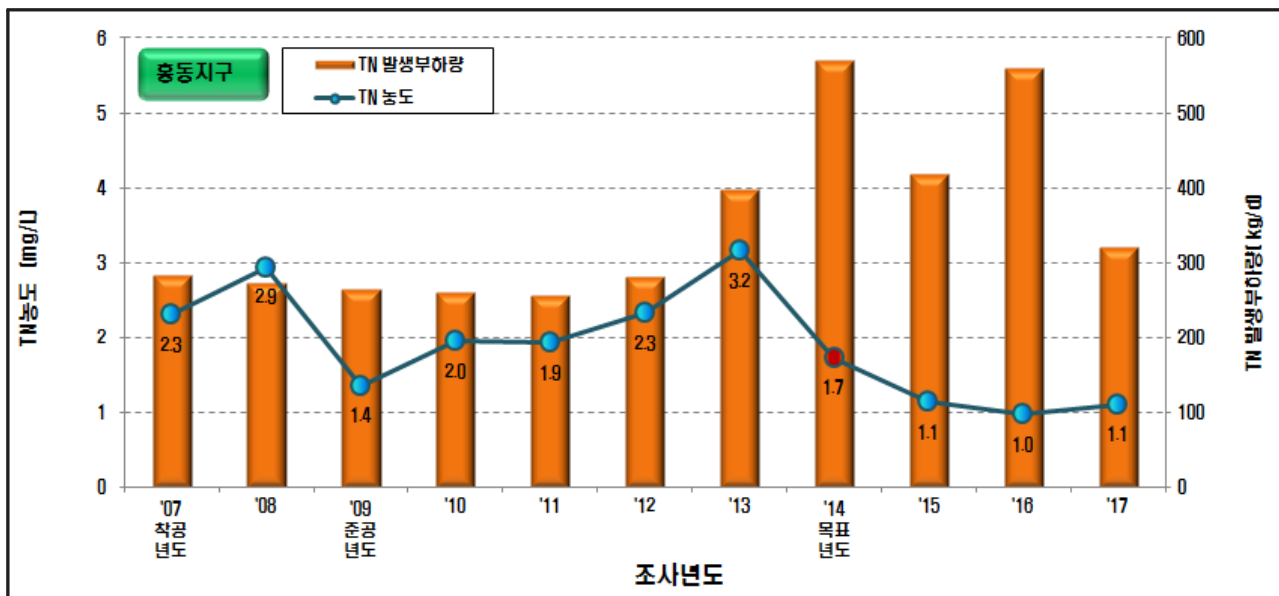
[그림 3-4-1] 홍동지구 월별 저수율 변화

- 홍동저수지 수질변화를 살펴보면 준공 이후 COD농도가 악화되어 2010년도에 10.3 mg/L로 가장 악화되었다. 그러나 2011년도 이후부터 낮아지기 시작하여 2013년도에 6.1mg/L로 최저값을 나타내었고 이후 7.6~7.8mg/L의 안정된 값을 보인다 금년에는 계속된 가뭄으로 인하여 9.0mg/L로 다시 증가하였다.
- TOC 경우는 2010년에는 3.0mg/L에서 차츰 증가하여 2014년 4.4mg/L로 높아졌다가 2016년 4.0mg/L로 감소하였다. 그러나, 금년에는 다시 증가하여 4.6mg/L를 나타내는 등 다소 등락은 있었지만 농업용수 관리기준인 6.0mg/L 이하를 만족하고 있다.



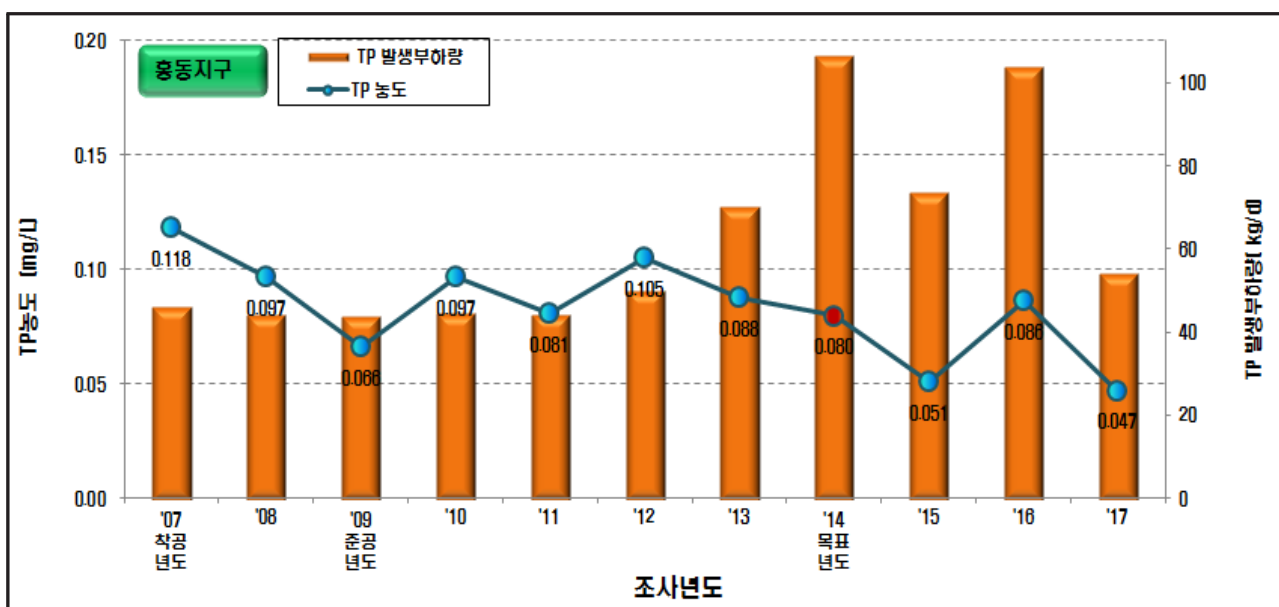
[그림 3-4-2] 홍동지구 유역 연도별 BOD 발생부하량 및 COD, TOC 농도 변화

- T-N의 경우 준공년도인 2009년부터 2013년까지 지속적으로 증가하였다. 그러나 목표 연도인 2014년부터는 발생부하량이 증가하였지만, T-N 농도는 감소세를 보이고 있다. 그러나 2017년에 다시 약간 증가하여 1.1mg/L로 나타났지만 T-N/T-P 비가 24로 T-N의 권장기준은 적용하지 않는다.



[그림 3-4-3] 홍동지구 유역 연도별 T-N 발생부하량 및 T-N 농도 변화

- T-P의 경우 2012년 이후에는 지속적으로 낮아지는 경향을 보이고 있다. 특히, 2017년 T-P는 0.047mg/L로 준공 이후 가장 낮은 농도를 보였다.
- T-P 발생부하량은 준공당시와 비교해서 매우 크게 증가하였으나, T-P 농도는 농업용수 관리기준을 지속적으로 만족하고 있다.



[그림 3-4-4] 홍동지구 유역 연도별 T-P 발생부하량 및 T-P 농도 변화



### 3.5. 현장적용성 향상 및 유지관리 방안

- 수질개선사업지구는 인공습지 내 식생에 대한 주기적 제거가 필요하며, 부유물질의 퇴적, 총인 침적 등을 감안하면 습지 내 퇴적물에 대한 주기적 제거도 필요하다. 따라서 인공습지의 식생에 의한 처리효율이 급격히 감소하는 11월 이후부터 다음해 1분기까지의 기간에 식생 및 퇴적물 제거 등의 정비·관리를 시행하는 것이 효과적일 것으로 판단된다. 또한 호소 내 수생식물이 과하게 증식하고 있는 만큼 적절한 시기에 수생식물의 제거도 필요하다.
- 홍동지구 인공습지의 경우 유출부의 벽이 높고 수위조절 장치가 없어 유량이 적은 경우 체류시간이 크게 증가하고, 심한 경우 유출이 되지 않고 장기간 정체되어 오히려 수질이 악화되는 경우가 있으므로 각낙판 등을 이용한 수위조절로 습지 내 체류시간을 조절할 필요가 있다.
- 또한 3호 인공습지 유입부 상류하천에서 토사유입이 많아 이를 제거하기 위한 1회/월 이상 토사제거가 필요한 것으로 판단된다.
- 홍동지구 수질개선 고도화사업('16.12월)으로 고효율(지하흐름) 습지의 여재를 세척하고 상부 식생을 제거하였다. 그 결과 대부분의 수질항목(SS, COD, TOC, T-N, T-P)에서 전년도 보다 정화효율이 개선된 것으로 나타났다.
- 개선시설 모니터링 결과를 기초로 수질이 악화되는 경우 여재 세척 등 정화효율 향상을 위한 보수·보강이 필요하다.

### 3.6. 요약

- 운영 8년차인 홍동저수지는 3년차(2012년) 이후부터 인공습지, 침강지 및 고효율 습지가 제기능을 발휘하여 수질이 하향 안정화되어 목표수질을 달성하고 있다.
- 2017년 수질개선 효과는 기본계획 대비 현재 COD 12.6%, T-N 49.2%, T-P 24.3%의 개선효과를 나타내고 있다.
- 2016년 KRC 수질보전대책 고도화 사업으로 수질개선시설이 정상 기능을 유지할 수 있도록 1호 침강지 준설 및 인공습지 식생절취 등이 추진되었으며, 수질에 긍정적인 영향을 준 것으로 판단된다. 운영 8년차인 홍동저수지 수질관리를 위하여 고도화 사업이 확대되고 지속적으로 추진되어야 할 것이다.
- 2017년도 강우량은 855.7mm로 평년값인 1,244.2mm 보다 매우 적었으며, 특히 2015년 이후 3년간 평년대비 62.9~68.8%인 782.5~855.7mm의 계속된 가뭄으로 수질이 매우 악화될 수 있는 외부 환경으로 지속적인 수질관리 노력이 필요하다.



# 4. 개천지구

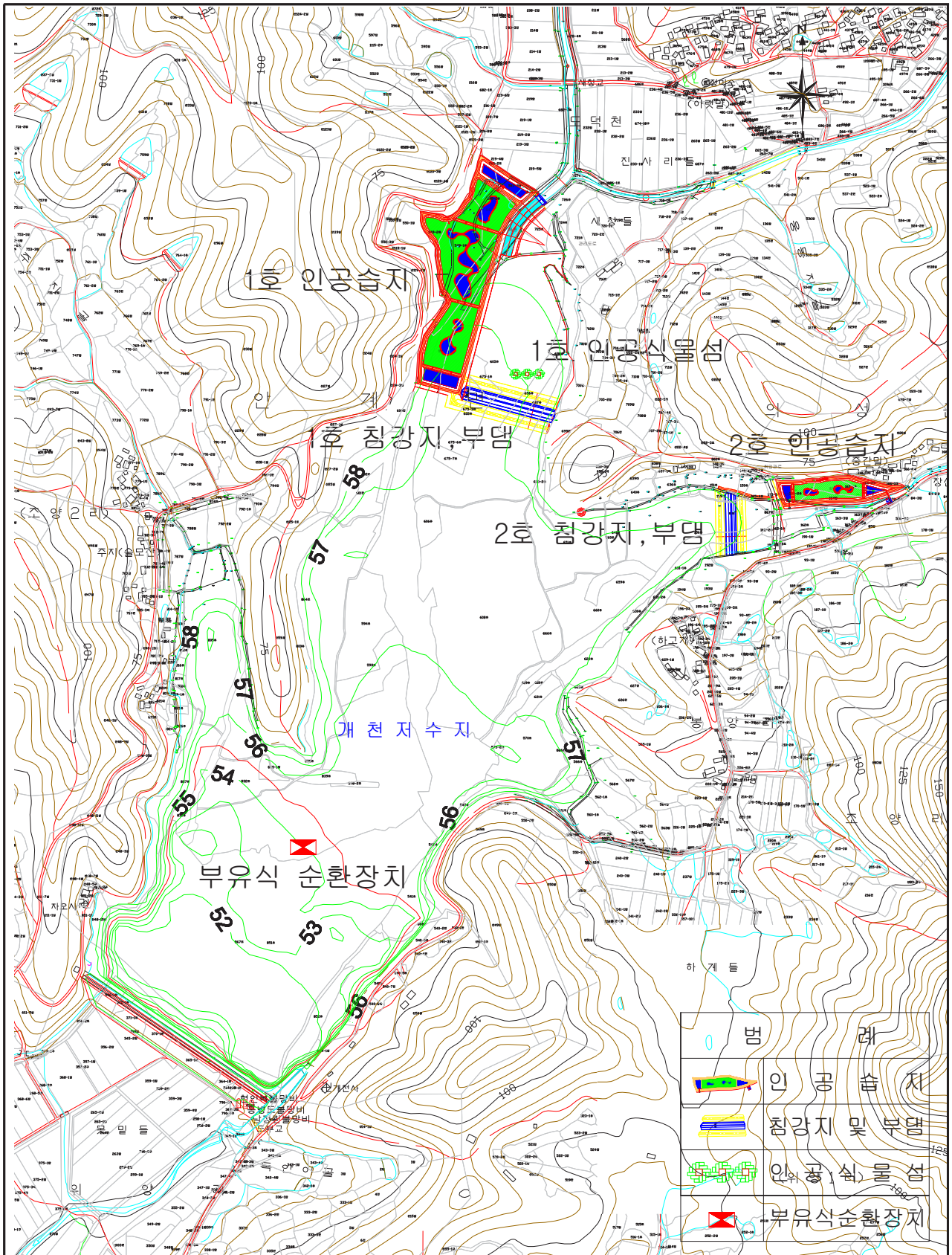
---



- 4.1. 지구현황
- 4.2. 기상 및 수질현황
- 4.3. 시설별 수질개선효과
- 4.4. 저수지 수질변화 및 개선효과
- 4.5. 현장적용성 향상 및 유지관리 방안
- 4.6. 요약



## 개천지구 수질개선사업 평면도





## 4.1. 지구현황

### 4.1.1 저수지 현황

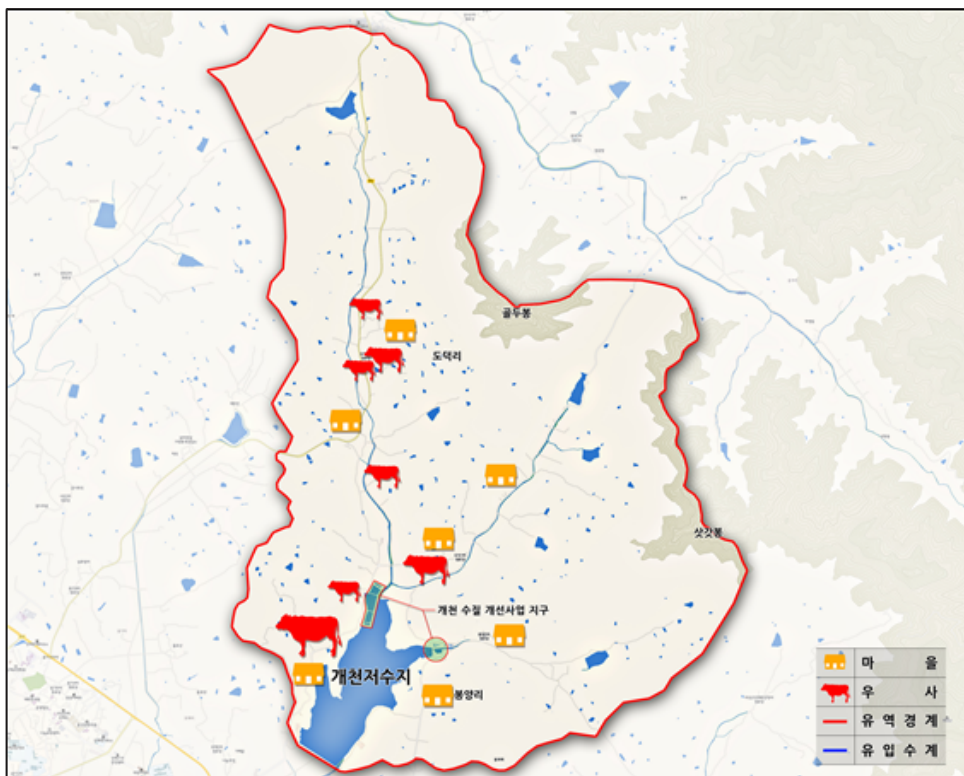
#### 1) 유역현황

- 유역은 행정구역상 안계면 도덕리와 봉양2리 일대를 포함하고 있으며, 해발 313m의 골두봉을 정점으로 북고남저의 완만한 능선으로 둘러싸인 형상이다.

[표 4-1-1] 개천저수지 경위도상 위치

소재지	단	경도와 위도의 극점			연장거리
		지명	극점		
			동경	북위	
경북 의성군 안계면 봉양리	동 단	의성군 안계면 봉양리	128° 28' 05"	36° 23' 22"	동서 1.1km 남북 1.4km
	서 단	의성군 안계면 봉양리	128° 27' 21"	36° 23' 03"	
	남 단	의성군 안계면 위양리	128° 27' 33"	36° 22' 54"	
	북 단	의성군 안계면 봉양리	128° 27' 50"	36° 23' 38"	

- 유입하천은 돌고개, 골두봉, 해망산, 봉화재에서 발원한 도덕천 등의 소하천이 저수지 좌·우로 유입되는 단순한 수계이다.



[그림 4-1-1] 개천저수지 유역도

## 2) 일반현황

- 주요염원은 축산계로 유역내 산재하여 축산농가(9가구, 한우 369두)가 분포하고 있으며, 미처리된 생활하수도 유입으로 저수지 수질에 영향을 미치고 있다.
- 유역 내 논농사의 비중이 높으며 경작으로 인한 비점오염물질이 유입되고 있다.
- 유입하천 상류에는 지자체에서 설치한 양수시설이 있다. 영농시기에는 유입하천에서 직접 양수공급하고 있어, 하류의 인공습지 유지에 필요한 용수가 부족한 상황이다.
- 호 내에는 수상태양광발전을 위한 설치 공사가 진행되고 있다.
  - 임대면적 및 계약기간: 26,500㎡, 2017.01.03.~2027.01.02
  - 계약자: (주)의성수상태양광
- 저수지는 '07년에 착공하여 '09년에 준공하였으며, 현재 운영 중에 있다.(준공 8년차)

[표 4-1-2] 개천저수지 일반현황

소재지	경상북도 의성군 안계면 봉양리	
설치년도	1952년	
유역면적	1,295ha	
유효저수량	1,259천㎥	
수혜농지	794.5ha	
만수면적	53ha	
관리주체	경북지역본부 의성군위지사	

### 4.1.2 수질개선시설 현황

#### 1) 주요대책

- 상류대책 : 축산분뇨 처리를 위한 가축분뇨처리시설 운영중
  - 의성 가축분뇨처리시설 : 70ton/day, 액상부식법
- 호내대책 : 수질개선사업('07~'09) 준공, 현재 운영중
  - 인공습지 2개소, 침강지 2개소, 인공식물섬 2개소, 물순환장치 1기



[표 4-1-3] 개천저수지 수질개선시설 현황

구분	대안	시설	규모	비고
<input type="checkbox"/> 상류대책(의성군 추진)				
1	하수처리	하수관거정비	-	
2	관리감독	가축분뇨처리	70ton/day	
<input type="checkbox"/> 호내대책				
1	평시 유출수 처리	1호 인공습지	33,359 m <sup>2</sup>	
		2호 인공습지	6,139 m <sup>2</sup>	
2	평시 및 강우 유출수 처리	1호 침강지	25,400 m <sup>2</sup>	
		2호 침강지	4,532 m <sup>2</sup>	
3	녹조발생억제 및 경관개선	1호 인공식물섬	500 m <sup>2</sup>	
		2호 인공식물섬	192 m <sup>2</sup>	
4	녹조방지를 위한 물순환	부유식 물순환장치	순환량 : 5,400m <sup>3</sup> /일	
5	갈수기 물순환	양수시설	9.9m <sup>3</sup> /min 1기, 2.7m <sup>3</sup> /min 3기	

- 개천지구 수질개선시설의 효율 극대화를 위한 보완공사('14. 10~'15. 5)를 실시하였으며 침사지 용량증가, 가동보, 펌프시설 설치를 통해 갈수기에도 침강지 물을 이용해서 습지가 유지될 수 있도록 하였다.

[표 4-1-4] 개천저수지 수질개선대책사업 보완공사 내역

구분	세부내용	비고
인공습지	○ 침사지내 효율증가를 위한 시설보완(1양수장) -집수정 설치(H4.1×B3.0×L3.0m) 1식 -수중펌프 재설치(위치이동) 250mm, 15kw 1대 -취입보 유입관로 교체 300→1,000mm -집수정 철거 및 침사지 용량확대	1호 인공습지
	○ 갈수시 습지운영을 위한 펌프신설(2양수장) -집수정 설치(H4.1×B4.0×L3.0m) 1식 -수중펌프 신설 150mm, 11kw 3대 -토출관로 등	1호 침강지
취입보	○ 취입보 홍수시 수위조절 및 누수발생 보완 -가동보 신설(H1.0×B8.0m) 1식	1호 인공습지

- 2017년 의성군위지사과 의성군은 중점관리저수지(가음, 개천, 금봉, 점곡, 효천) 수질개선을 위한 상호업무협약을 체결하여 협업체계를 구축하였다.

## 2) 인공습지

- 인공습지 규모는 일 30mm 이하 평균유출량을 기준으로 결정하였다.
- 인공습지는 2개소로 면적은 3.9ha이고 침사지(2개소)와 깊은 연못(4개소) 등이 조성되었다. 용존산소 공급과 수심을 1m 정도 유지시켜서 겨울철에도 수서곤충, 양서류 등 수생태계를 유지할 수 있도록 하였다.
- 인공습지는 유역이 가장 크고, 마을과 기존농경지 등 오염원이 많이 위치하는 3, 4, 5유역을 대상으로 습지를 조성하였다.

[표 4-1-5] 인공습지 설계유량 및 규모

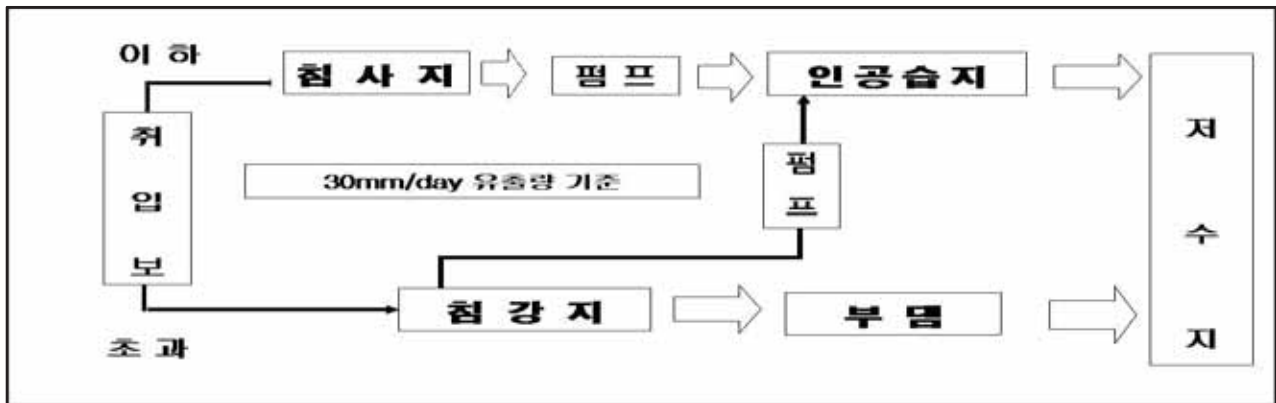
습지명	총유출량 (m <sup>3</sup> /d)	침투홍수량 (m <sup>3</sup> /s)	설계홍수량 (m <sup>3</sup> /d)	체류시간 (hr)	면적 (m <sup>2</sup> )
제1호	14,626	89.9	14,286	13.4	33,359
제2호	3,328	20.5	3,226	12.3	6,139
계	17,954	110.4	17,513	-	39,498



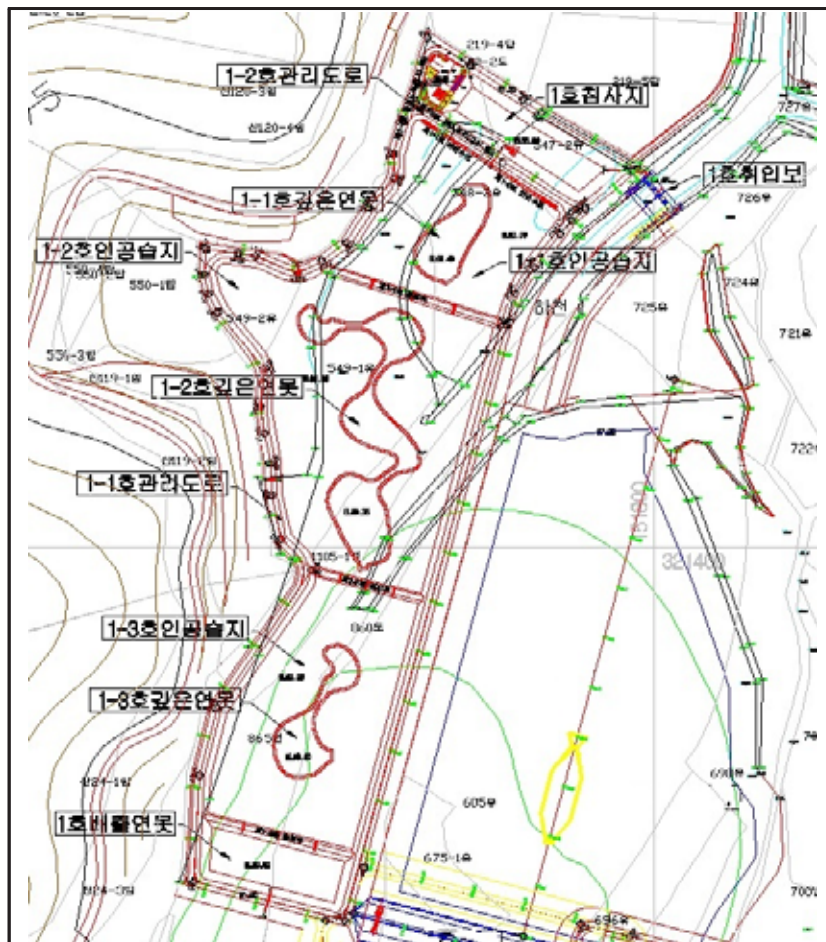
[그림 4-1-2] 개천저수지 유역 구분도

○ 1호 인공습지

- 유역 3, 4의 일 30mm 이하의 유량을 정화·처리하기 위해 필요한 1호 인공습지 면적은 관리도로 등을 포함하여 33,359㎡로 계획하였다. 이중 습지의 면적은 15,483㎡로 계획하였고, 내용적상으로는 7,983㎡로 유역에서 유출되는 유출량 595.3 m<sup>3</sup>/hr이 습지에서 평균 13.4시간 체류하도록 계획하였다.



[그림 4-1-3] 1호 인공습지 수리계통도



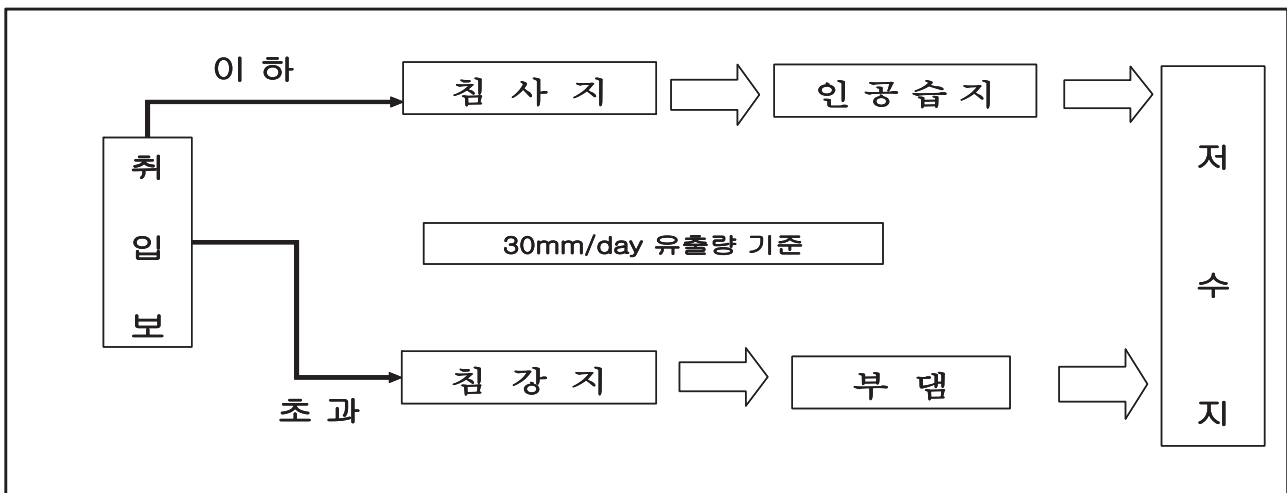
[그림 4-1-4] 1호 인공습지 평면도



[그림 4-1-5] 1호 인공습지 시설현황

○ 2호 인공습지

- 유역 5의 일 30mm 이하의 유량을 정화·처리하기 위해 필요한 2호 인공습지 면적은 관리도로 등을 포함하여 6,139m<sup>2</sup>으로 계획하였다. 이중 습지의 면적은 2,434m<sup>2</sup>로 계획하였고, 내용적은 1,649m<sup>3</sup>로 유역에서 유출되는 유출량 134.4m<sup>3</sup>/hr이 습지에서 평균 12.3시간 체류하도록 계획하였다.



[그림 4-1-6] 2호 인공습지 수리계통도



[그림 4-1-7] 2호 인공습지 평면도



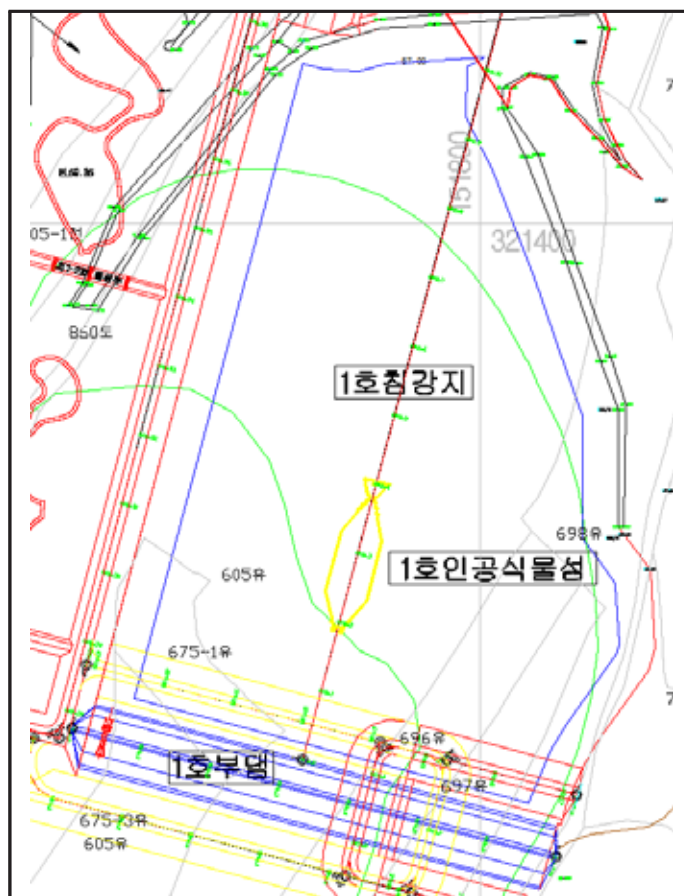
[그림 4-1-8] 2호 인공습지 시설현황

### 3) 침강지

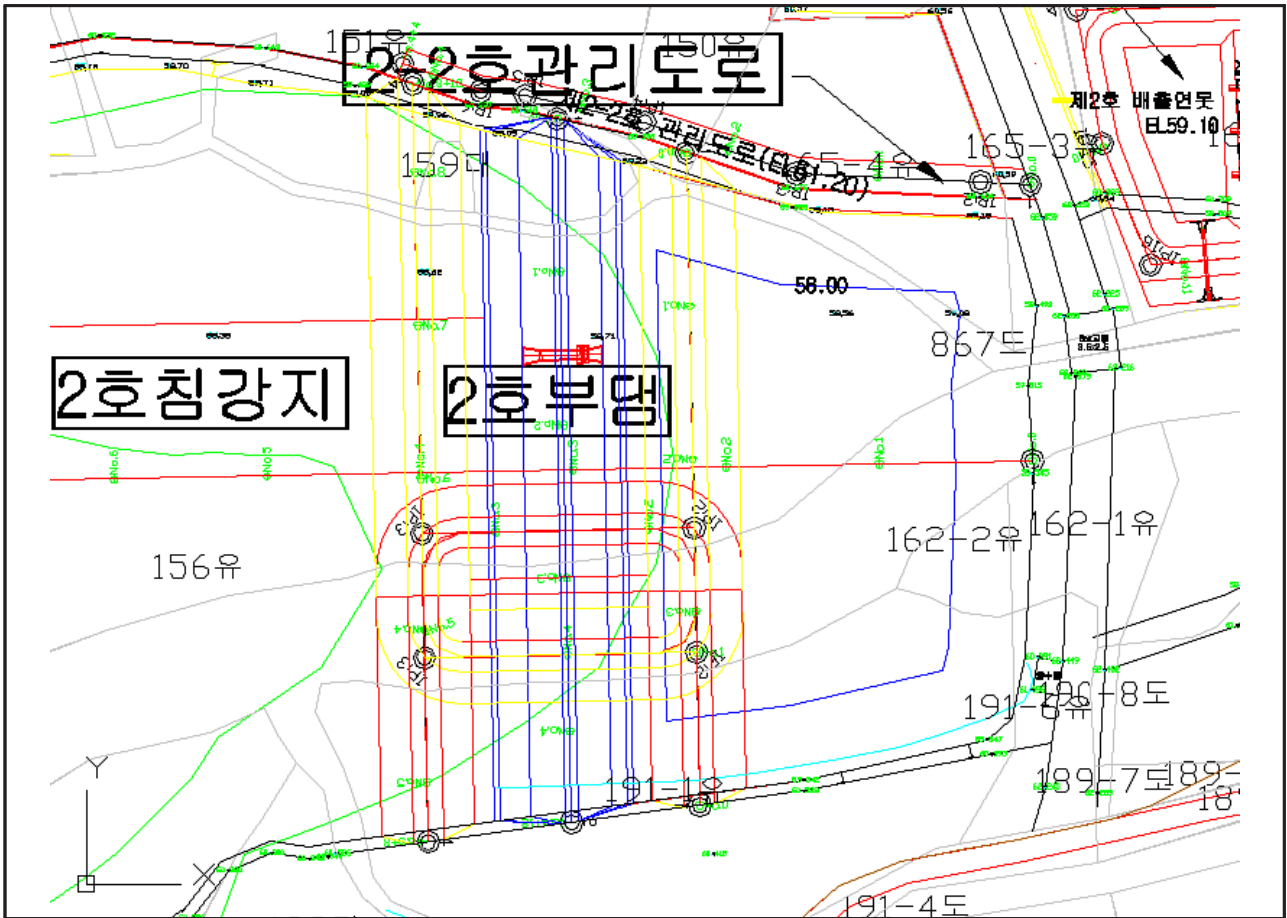
- 직접유역 중 오염물질 유입이 가장 많은 3, 4, 5유역의 하천 말단부 저수지내에 계획하였다.
- 제약요인 및 지형여건 등을 감안하여 1호 침강지의 경우 체류시간을 18.9시간, 2호 침강지 체류시간을 15.4시간으로 계획하였다.
- 부댐의 높이는 침강지의 홍수와 연간 수위변동 등을 고려하여 저수지 만수위 (H.W.L)보다 0.5~1.0m정도 낮게 계획하였다.

[표 4-1-6] 침강지 특성표

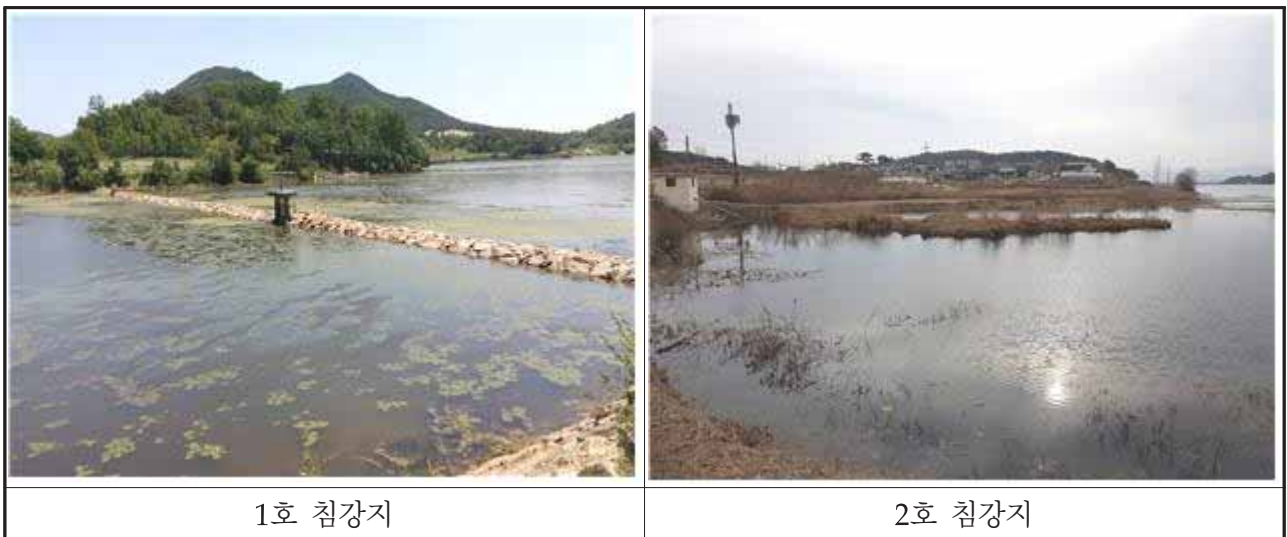
내 용	토지이용상태 (ha)						평균 높이 (m)	길이 (m)	시설 면적 (ha)	용량 (m <sup>3</sup> )	SAR (%)
	계	논	밭	임야	대지	기타					
계	1,139.0	192.4	31.8	847.9	22.4	44.5	1.5	232.0	2.95	82,313	0.26
1호 침강지	935.5	173.0	31.0	682.2	18.9	30.4	1.5	140.0	2.5	69,850	0.27
2호 침강지	203.5	19.4	0.8	165.7	3.5	14.1	1.5	92.0	0.45	12,463	0.22



[그림 4-1-9] 1호 침강지 평면도



[그림 4-1-10] 2호 침강지 평면도

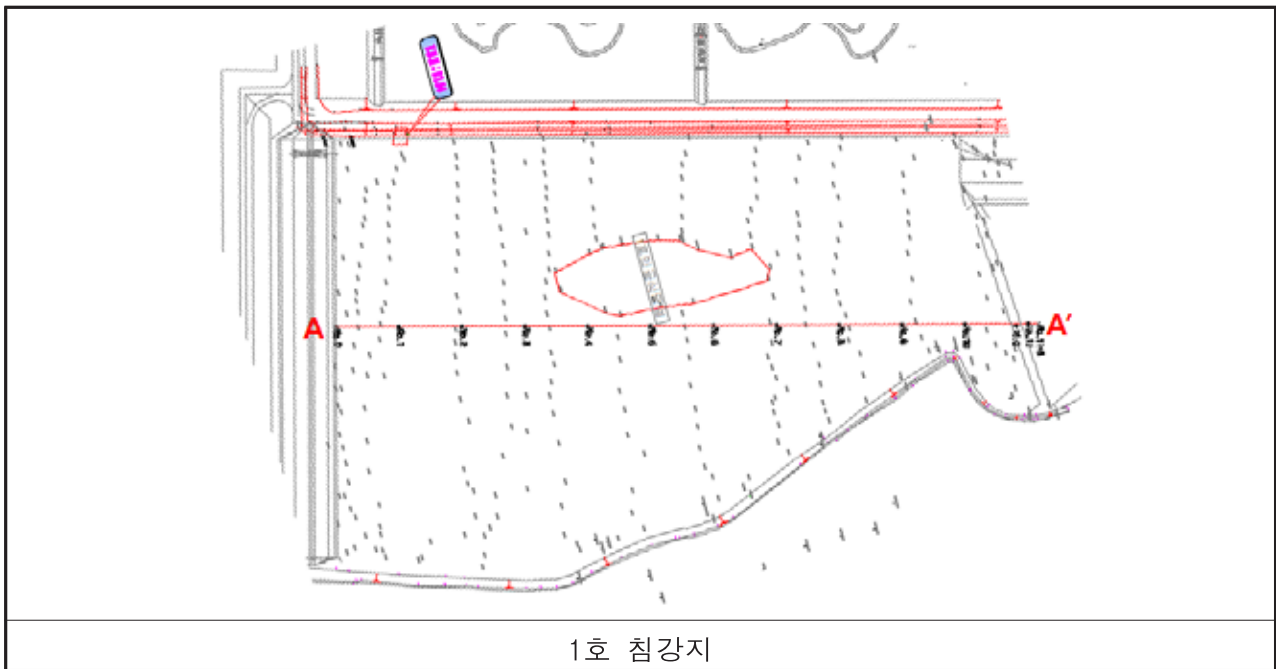


[그림 4-1-11] 침강지 시설현황

○ 1호, 2호 침강지의 내용적을 2017년 8월 30일부터 9월 8일까지 측량하고, 그 결과를 [표 4-1-7]과 [그림 4-1-12], [그림 4-1-13]에 나타냈다.

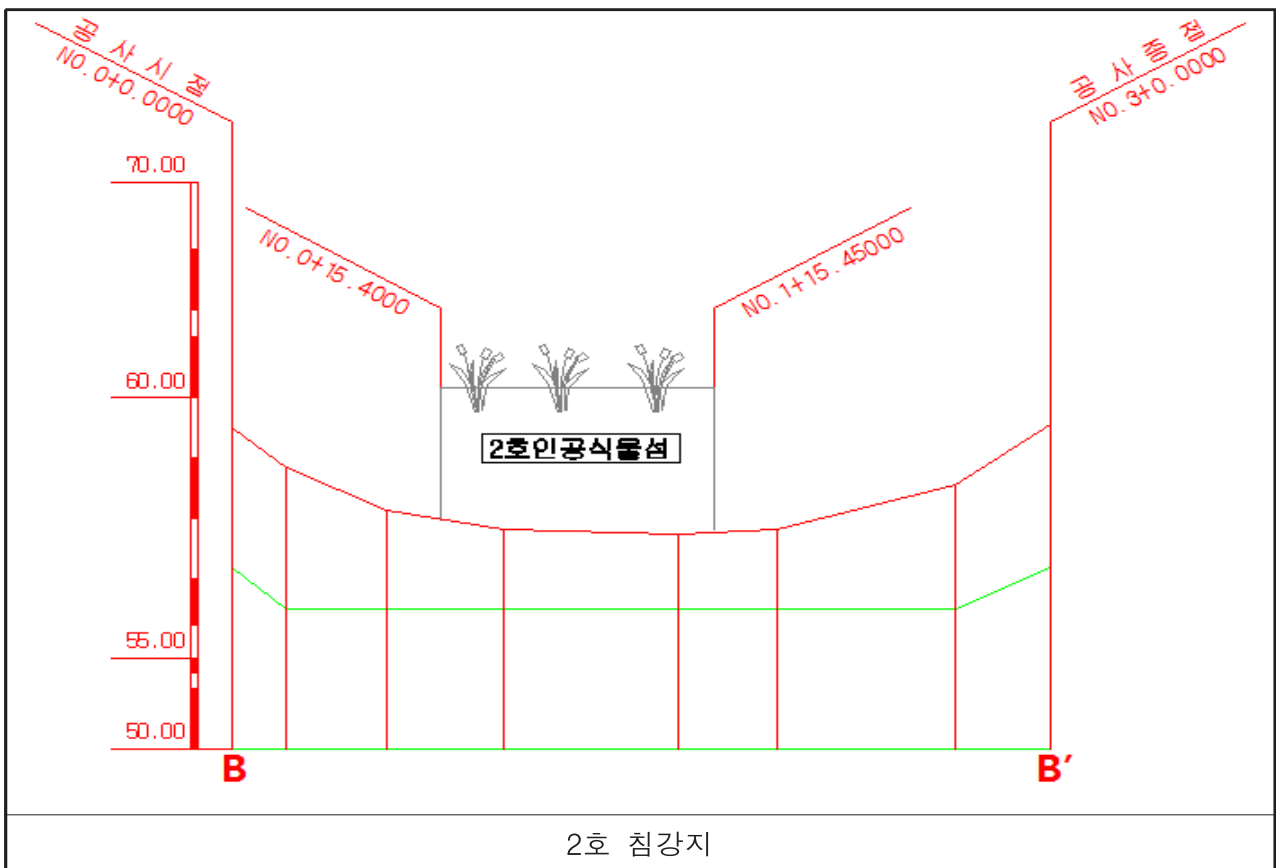
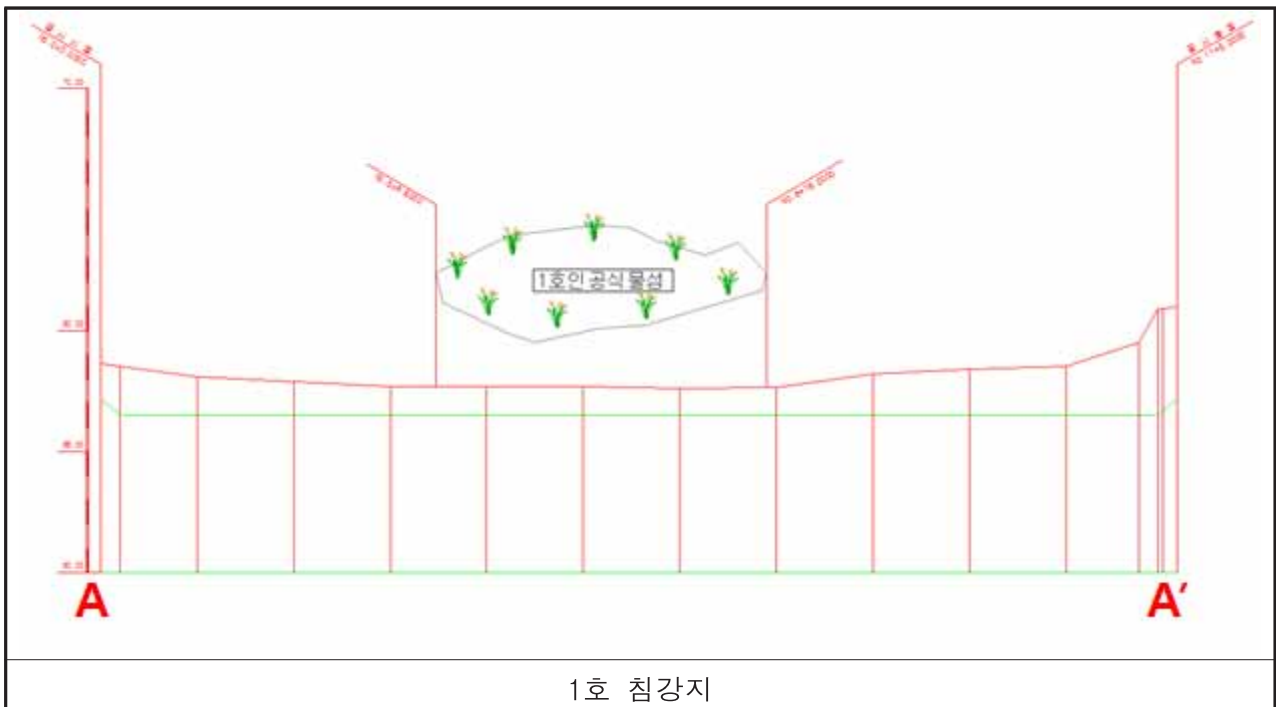
[표 4-1-기] 침강지 내용적 측량 결과

구 분	관측전 면적(m <sup>2</sup> )	관측전 내용적(m <sup>3</sup> ) (A)	관측후 내용적(m <sup>3</sup> ) (B)	내용적 퇴적량(m <sup>3</sup> ) (C=A-B)	퇴적율(% (C/A*100)
1호 침강지	25,400	69,850	32,463	37,387	53.5
2호 침강지	4,532	12,463	6,962	5,501	44.1



[그림 4-1-12] 침강지 평면도





[그림 4-1-13] 침강지 종단면도

#### 4) 기타 수질개선시설

- 물순환장치(1개소) : 호내 설치
  - 1기 일일순환량 54,000㎥, 제조사 (주)솔라비
- 인공식물섬(2개소) : 침강지내 각 1개소 설치
  - 규격 1호 500㎥, 2호 192㎥, 제조사 (주)아썸
- 양수시설

구 분	설치위치	대 수	펌프 (mm)	유 량 (㎥/min)	비 고
1호 양수장	1호 습지 침사지	1	250	9.9	
2호 양수장	1호 침강지	3	150	2.7	



[그림 4-1-14] 기타 수질개선시설 현황

## 4.2. 기상 및 수질현황

### 4.2.1 기상현황

#### 1) 기온

- 저수지와 최근거리의 의성관측소에서 측정된 기온 현황은 [표 4-2-1]과 같으며, 평균 기온 분석결과 금년 평균 기온이 12.0℃로 작년 12.7℃ 보다 다소 낮아졌다. 그러나 의성지역의 평년값 11.2℃보다 높게 나타났다.

[표 4-2-1] 개천저수지 유역 사업시행 전후 월별 기온 현황 (단위 : °C)

구 분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균	
시행전	2007년	-1.2	2.7	6.3	11.4	17.5	21.9	23.8	26.2	21.4	14.3	4.9	0.4	12.5
시행중	2008년	-1.8	-2.6	6.0	12.5	17.4	20.4	26.9	24.2	20.7	13.8	5.4	-1.1	11.8
	2009년	-4.1	2.7	6.4	12.5	18.0	22.2	24.1	24.1	20.4	13.2	6.1	-0.9	12.1
시행후	2010년	-4.4	0.9	4.7	9.4	16.9	22.5	25.7	27.4	21.2	13.2	4.2	-1.8	11.7
	2011년	-7.0	0.1	3.6	10.9	17.0	22.4	25.6	25.1	20.5	12.2	9.1	-1.7	11.5
	2012년	-3.4	-2.5	5.1	12.4	17.7	22.0	25.9	26.5	19.6	11.9	4.4	-4.4	11.3
	2013년	-4.9	-0.6	5.8	9.7	17.9	23.0	26.5	27.1	20.6	13.8	4.6	-0.7	11.9
	2014년	-2.6	0.9	6.5	13.0	17.8	21.5	25.6	23.2	19.5	12.1	5.9	-3.2	11.7
	2015년	-2.0	0.2	5.3	11.8	18.1	21.4	24.4	24.8	19.0	12.7	8.7	1.2	12.1
	2016년	-3.3	0.1	6.3	13.4	18.3	22.7	25.8	26.6	21.1	15.0	6.0	0.9	12.7
2017년	-2.2	0.1	5.4	13.2	18.2	22.1	26.1	25.0	19.2	14.0	4.4	-1.4	12.0	
평년값		-3.5	-0.8	4.7	11.5	16.8	21.2	24.5	24.8	19.4	12.3	5.0	-1.2	11.2

#### 2) 강수량

- 의성관측소에서 관측된 월별 강수량은 다음 [표 4-2-2]와 같다. 가뭄이 극심했던 '15년 강수량은 596.5mm로 사업시행 후 가장 적었다. 금년 강수량은 682.1mm로 사업 준공 후 두 번째로 낮은 강수량(평년 강우량의 66%)을 보였다.
- 평년 대비 높은 기온과 강수량 극감에 따른 유입량 부족으로 저수지에서 녹조가 발생하는 등 수질이 악화될 수 있는 환경이었다.

[표 4-2-2] 사업시행 전후 강수량 현황

(단위 : mm)

구 분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합계	
시행전	2007년	0.3	36.0	91.5	20.0	90.0	163.5	172.5	278.0	403.5	33.5	-	35.5	1,324.3
시행중	2008년	29.0	1.2	28.3	38.5	66.1	132.7	159.2	252.9	33.9	32.0	9.2	3.2	786.2
	2009년	3.5	24.0	21.4	23.4	117.4	63.6	288.9	88.8	69.9	9.4	31.4	26.9	768.6
시행후	2010년	11.0	52.0	45.5	40.1	83.4	32.2	154.9	389.5	190.3	28.7	15.3	19.2	1,062.1
	2011년	0.3	55.6	13.2	81.2	124.8	138.0	270.3	243.6	50.1	84.2	58.4	10.8	1,130.5
	2012년	5.7	0.3	56.8	69.3	48.4	87.7	247.9	207.7	188.8	31.2	26.6	37.5	1,007.9
	2013년	17.6	26.6	45.5	82.0	100.9	139.1	142.1	90.7	114.1	49.4	37.2	6.7	851.9
	2014년	0.7	6.2	74.6	53.6	23.2	46.6	38.9	372.6	103.1	84.2	55.6	10.2	869.5
	2015년	20.0	13.5	40.7	61.2	22.5	87.7	75.0	92.5	41.0	42.9	82.7	16.8	596.5
	2016년	5.3	17.3	52.6	147.1	63.0	42.8	232.8	83.0	230.5	98.1	12.6	32.0	1,017.1
	2017년	2.1	23.5	21.1	78.2	40.3	28.2	242.8	121.2	74.7	49.0	0.5	0.5	682.1
평년값	18.0	24.8	41.5	65.9	78.3	132.0	231.2	230.0	131.7	31.7	31.5	15.2	1,031.8	

## 4.2.2 수질현황

### 1) 목표수질

- 2007년 수립된 개천지구 수질개선사업 기본계획에 따라 농업용수 관리기준인 호소 수질등급 IV 등급을 목표수질로 설정하였다. 2009년 수질개선사업 준공 후 5년 경과시의 COD는 7.1mg/L로 호소수질 IV 등급을 만족하는 것으로 예측되었다.

[표 4-2-3] 개천저수지 목표수질

구 분	목표수질	기본계획 수립시 ('07년)	예측수질 ('14년)	비 고
COD(mg/L)	8.0 이하	10.6	7.1	
TOC(mg/L)	6.0 이하	-	-	
T-N (mg/L)	1.0 이하	0.701	1.00	
T-P (mg/L)	0.1 이하	0.043	0.10	
수질등급	IV등급	VI등급	IV등급	

## 2) 오염원 현황

- 저수지 유역에는 산업계인 공장 및 사업장이 없으며, 한우는 연중 변화가 크게 나타났고 인구는 변화가 적은 것으로 나타났다.
- 사업 준공 전 인구는 2009년에 336명 이었으며 매년 증가와 감소가 반복되다 금년에는 327명으로 사업 시행 전·후의 인구변화는 크지 않은 것으로 조사되었다.
- 유역 내에서 사육되고 있는 한우는 2009년 387두에서, 2011년 589두로 가장 크게 증가하였고 이후로 감소추세를 보였다. 금년조사에서는 369두로 작년보다 감소하였다.
- 저수지 유역은 농촌지역으로서 특별한 개발계획이 없으며, 토지계의 큰 변동이 없을 것으로 예상된다. [표 4-2-6]에서 보듯이 유역내의 2017년 토지이용현황은 총 1,295ha 중 논 174ha(13.4%), 밭 59ha(4.6%), 임야 924ha(71.4%), 기타 138ha(10.7%)로 임야가 유역의 대부분을 차지하는 것으로 나타났다.

[표 4-2-4] 개천저수지 유역내 인구변화 추이

구 분	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
인구(명)	336	342	318	345	339	345	345	324	327

[표 4-2-5] 개천저수지 유역내 연도별 축산변화

구 분	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
한우(두)	387	536	589	545	538	411	411	426	369

[표 4-2-6] 개천저수지 유역내 지목별 토지이용현황

구 분	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
계	1,283	1,295	1,295	1,295	1,295	1,295	1,295	1,295	1,295
전(ha)	63	84	84	84	84	84	59	59	59
답(ha)	166	314	314	314	314	314	174	174	174
임야(ha)	977	811	811	811	811	811	924	924	924
기타(ha)	77	86	86	86	86	86	138	138	138

### 3) 오염부하량

- 개천지의 오염물질 발생부하량을 산정한 결과 주요염계는 축산계이다.
  - 점오염원 : 생활계, 축산계(한우)
  - 비점오염원 : 토지현황(전, 답, 임야, 기타)
- 개천저수지 유역 내 오염물질 발생부하량은 사업 준공전인 2009년에 BOD가 57.8kg/d, T-N 58.3kg/d, T-P 4.4kg/d이었는데, 사업 준공후인 2011년도에는 BOD 72.6kg/d, T-N 74.2kg/d, T-P 5.8kg/d로 증가하였다.
- 이후 오염부하량은 지속적으로 감소하여 2017년도에는 BOD 56.3kg/d, T-N 56.5kg/d, T-P 4.3kg/d로 전년에 비해 낮아졌다.
- 2017년 개천저수지 유역내 오염물질 발생부하량은 [표 4-2-7]과 같으며, 연도별 오염물질 발생부하량 변화는 [표 4-2-8]와 같다.

[표 4-2-7] 2017년 개천저수지 유역내 발생부하량

구 분	점 오염원						비점오염원					계	
	생활계 (인)	축산계(두)			산업계 (m <sup>3</sup> /일)	소계	토지현황(ha)				소계		
		한우	젓소	돼지			전	답	임야	기타			
원수	327	369	-	-	-		59	174	924	138			
BOD	kg/d	16.0	24.7	-	-	-	40.7	0.9	4.0	9.2	1.4	15.6	56.3
	%	28.5	43.9	-	-	-	72.4	1.7	7.1	16.4	2.5	27.6	100.0
T-N	kg/d	4.3	14.8	-	-	-	19.1	5.6	11.4	20.3	0.1	37.4	56.5
	%	7.6	26.1	-	-	-	33.8	9.9	20.2	36.0	0.1	66.2	100.0
T-P	kg/d	0.5	1.3	-	-	-	1.8	0.1	1.1	1.3	0.0	2.5	4.3
	%	11.4	29.9	-	-	-	41.3	3.3	24.6	29.9	1.0	58.7	100.0

[표 4-2-8] 개천저수지 유역내 연도별 오염물질 발생부하량

구 분	연도별 발생부하량(kg/d)								
	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
BOD	57.8	70.2	72.6	71.0	70.2	62.0	60.0	60.0	56.3
T-N	58.3	72.4	74.2	72.8	72.4	67.4	58.4	58.7	56.5
T-P	4.4	5.7	5.8	5.7	5.7	5.2	4.5	4.5	4.3

#### 4) 수질변화 추이

- 개천저수지의 연도별 수질현황은 [표 4-2-9]와 같다.
- '17년 농업용수 수질측정망조사 결과, TOC 농도는 2013년 7.4mg/L에서 2014년에 5.7mg/L로 낮아지다 금년에는 8.6mg/L로 수질이 악화된 것으로 나타났다.
- COD 농도는 착공 전 11.4mg/L에서 착공 중 12.7mg/L로 높아졌으며 준공 후 11.8mg/L로 나타나 착공년도인 2007년에 비해 수질이 다소 악화된 것으로 나타났다.
- 개천저수지의 수질은 수질개선사업 준공 후 5년간의 안정화 기간을 거친 후 수질 개선의 효과가 나타났으나 2013년부터 이어진 가뭄과 고온현상, 매년 반복되는 수생 식물의 고사(枯死) 등이 수질악화에 영향을 미치고 있다.

[표 4-2-9] 개천저수지 수질변화

(단위 : mg/L)

구 분	착공전 평균 (‘03~‘07)	착공중 평균 (‘08~‘09)	준공후 평균 (‘10~‘17)	최근 수질변화					목표 수질
				‘13	‘14	‘15	‘16	‘17	
COD	11.4	12.7	11.8	11.3	9.2	8.7	9.9	12.8	8.0이하
TOC	-	-	6.4	7.4	5.7	6.3	6.4	8.6	6.0이하
T-N	0.696	0.579	0.938	1.038	1.326	0.876	1.053	0.860	1.0이하
T-P	0.038	0.100	0.050	0.041	0.040	0.035	0.050	0.037	0.1이하

### 4.3. 시설별 수질개선효과

#### 4.3.1 인공습지 수질개선효과

- 개천지구는 인공습지 2개소, 침강지 2개가 조성·운영 중이며, 금년 조사에서는 1호 습지와 1호 침강지를 대상으로 조사를 실시하였다.
- 개천저수지 수질개선시설의 수질개선효과를 분석하기 위하여 ① 1호 침강지 및 인공습지 유입부와 ② 1호 인공습지 유출부, ③ 1호 침강지 유출부를 선정하였으며 퇴적물 분석을 위하여 ④ 습지 깊은연못, ⑤ 침강지 대표지점을 선정하였다.
- 2017년 조사는 총 5차에 걸쳐 현장조사를 실시하였고, 강우시 조사는 8월 17일에 실시하였다.

[표 4-3-1] 개천저수지 수질 및 퇴적물 조사시기

구 분	조사횟수	조사일자				
		1차	2차	강우시 (5.0mm)	3차	4차
수질조사	5회	03.17	05.17	08.17	09.19	10.26
퇴적물조사	1회	-	-	-	09.19	-



[그림 4-3-1] 개천지구 수질 및 퇴적물 조사 지점



- 인공습지의 수온은 유입수가 평균 16.6°C였는데, 유출수는 평균 17.1°C로 수온이 상승하였다. 이는 체류시간이 길고 배출연못 등에서 햇빛에 노출되어 수온이 상승된 것으로 판단된다.
- pH 조사결과, 유입수가 평균 7.3이고, 유출수가 유사하게 7.2로 나타나 농업용수 관리기준인 6.0 ~ 8.5를 만족하였다.
- EC 조사결과, 유입수 223.8  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , 유출수 208.8  $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로 유출수에서 낮아지는 경향을 보였다. 유입수와 유출수 모두 작물 생장에 지장이 없는 700  $\mu\text{S}/\text{cm}$  이하로 조사되었다(캘리포니아대학교 대외 협력국(UCCES) 농업용수 관리기준 지침).
- DO 조사결과, 유입수 8.4mg/L, 유출수 5.9mg/L로 낮아졌다. 하지만 모든 시기에 유입수와 유출수 모두 농업용수 관리기준인 2.0mg/L 이상을 만족하고 있다.

[표 4-3-2] 개천지구 1호 인공습지 수질변화

구 분		'13년	'14년	'15년	'16년	'17년 평상시 및 강우시					
		평균	평균	평균	평균	1차 (3.17)	2차 (5.17)	3차 (9.19)	4차 (10.26)	평균	강우 (8.17)
수온 (°C)	유입수	18.9	21.3	21.6	19.7	9.9	21.0	20.5	15.1	16.6	23.2
	유출수	24.9	21.2	19.3	20.2	12.0	21.5	20.3	14.7	17.1	23.2
pH	유입수	7.5	6.9	7.5	7.2	7.8	7.1	7.0	7.2	7.3	6.7
	유출수	7.1	6.7	7.1	6.8	8.1	6.7	6.7	7.2	7.2	7.0
EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	유입수	219.8	208.0	264.3	193.0	218.0	226.0	225.0	226.0	223.8	125.0
	유출수	176.7	161.0	158.3	165.3	208.0	207.0	210.0	210.0	208.8	131.0
DO (mg/L)	유입수	10.2	6.1	8.2	9.8	11.7	9.3	5.1	7.6	8.4	9.3
	유출수	4.8	3.7	7.4	6.6	13.6	2.0	1.3	6.6	5.9	7.2
SS (mg/L)	유입수	250.8	8.6	106.6	29.3	26.3	10.2	2.5	12.9	13.0	12.0
	유출수	6.6	9.0	10.8	8.5	1.1	2.3	1.5	1.8	1.7	3.8
COD (mg/L)	유입수	19.7	14.8	17.8	17.3	11.8	15.6	14.4	15.6	14.4	20.4
	유출수	14.9	22.2	28.8	18.3	14.8	21.6	15.2	14.4	16.5	19.2
TOC (mg/L)	유입수	10.8	9.1	10.2	11.3	9.0	10.2	11.1	9.3	9.9	13.2
	유출수	9.5	12.6	14.3	12.5	10.8	12.9	11.2	9.5	11.1	12.4
T-N (mg/L)	유입수	2.400	1.038	1.576	1.374	1.072	0.902	0.662	0.810	0.862	1.432
	유출수	1.103	0.979	1.281	0.837	0.630	1.035	0.587	0.639	0.723	0.814
T-P (mg/L)	유입수	0.654	0.146	0.260	0.120	0.067	0.040	0.083	0.063	0.063	0.170
	유출수	0.112	0.348	0.327	0.114	0.028	0.059	0.071	0.048	0.052	0.122
Chl-a (mg/m <sup>3</sup> )	유입수	13.7	4.1	11.8	15.5	12.2	12.7	6.6	14.1	11.4	8.7
	유출수	6.0	11.2	5.0	6.1	1.5	2.2	3.0	10.1	4.2	3.3

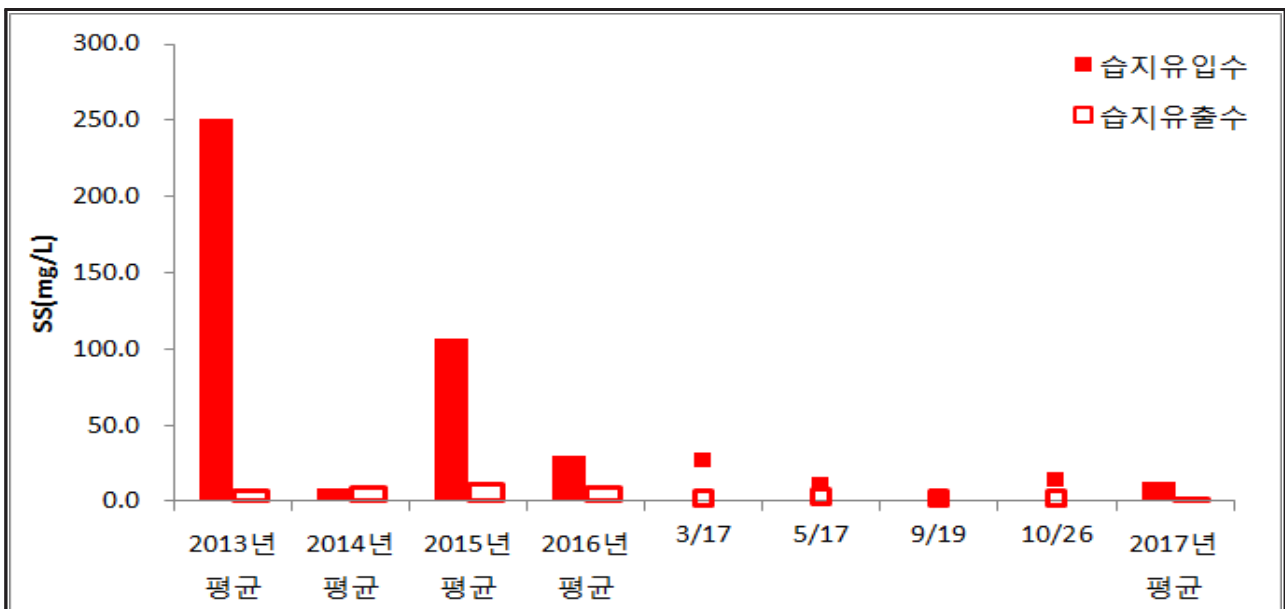
[표 4-3-3] 개천지구 1호 인공습지 수질

구 분		'13~'17년 평균			'13~'17년 평상시			'13~'17년 강우시		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
수온 (°C)	유입수	20.3	5.8	29.7	19.4	5.8	27.0	23.5	18.1	29.7
	유출수	20.8	12.0	26.5	20.3	12.0	25.5	22.6	18.1	26.5
pH	유입수	7.2	6.5	8.0	7.3	6.5	8.0	7.1	6.7	7.6
	유출수	7.0	6.3	8.1	7.0	6.3	8.1	7.0	6.4	7.5
EC (μS/cm)	유입수	211.3	101.0	331.0	220.2	101.0	331.0	179.4	125.0	276.0
	유출수	172.3	97.0	241.0	175.5	97.0	241.0	161.4	118.0	232.0
DO (mg/L)	유입수	8.5	4.6	13.1	8.7	4.6	13.1	7.6	6.7	9.3
	유출수	5.5	1.3	13.6	5.7	1.3	13.6	4.7	3.1	7.2
SS (mg/L)	유입수	68.8	2.5	694.0	74.5	2.5	694.0	49.3	8.0	133.0
	유출수	7.5	0.8	24.0	7.0	1.1	21.3	9.1	0.8	24.0
COD (mg/L)	유입수	16.8	11.0	25.7	16.7	11.6	25.7	17.3	11.0	20.5
	유출수	19.3	10.8	40.1	19.8	13.6	40.1	17.4	10.8	22.5
TOC (mg/L)	유입수	10.4	7.6	13.9	10.3	7.6	13.9	10.6	8.1	13.2
	유출수	11.7	7.8	19.8	12.0	7.8	19.8	10.5	8.1	12.4
T-N (mg/L)	유입수	1.548	0.662	3.499	1.411	0.662	3.320	2.014	1.158	3.499
	유출수	0.996	0.561	1.758	0.960	0.587	1.645	1.117	0.561	1.758
T-P (mg/L)	유입수	0.250	0.040	1.541	0.230	0.040	1.541	0.315	0.170	0.568
	유출수	0.172	0.028	0.605	0.178	0.028	0.605	0.151	0.054	0.246
Chl-a (mg/m³)	유입수	11.1	2.5	44.4	11.5	3.6	44.4	9.5	2.5	25.8
	유출수	7.4	1.2	42.1	6.3	1.5	17.5	11.0	1.2	42.1

[표 4-3-4] 개천지구 인공습지 정화효율

구 분		'13~'17년 평균		'13~'17년 평상시		'13~'17년 강우시	
		부하량	정화효율 (%)	부하량	정화효율 (%)	부하량	정화효율 (%)
SS (kg/d)	유입수	432.3	84.1	468.6	84.4	308.9	82.4
	유출수	68.7		73.0		54.3	
COD (kg/d)	유입수	141.0	-24.7	141.5	-32.3	139.5	1.4
	유출수	175.9		187.2		137.5	
TOC (kg/d)	유입수	87.3	-18.8	87.4	-24.5	87.3	0.5
	유출수	103.8		108.8		86.8	
T-N (kg/d)	유입수	12.3	30.2	11.4	25.1	15.4	43.1
	유출수	8.6		8.5		8.8	
T-P (kg/d)	유입수	1.8	3.1	1.6	-20.6	2.5	54.6
	유출수	1.7		1.9		1.1	
Chl-a (g/d)	유입수	92.1	43.4	93.9	42.5	85.9	46.8
	유출수	52.1		54.0		45.7	

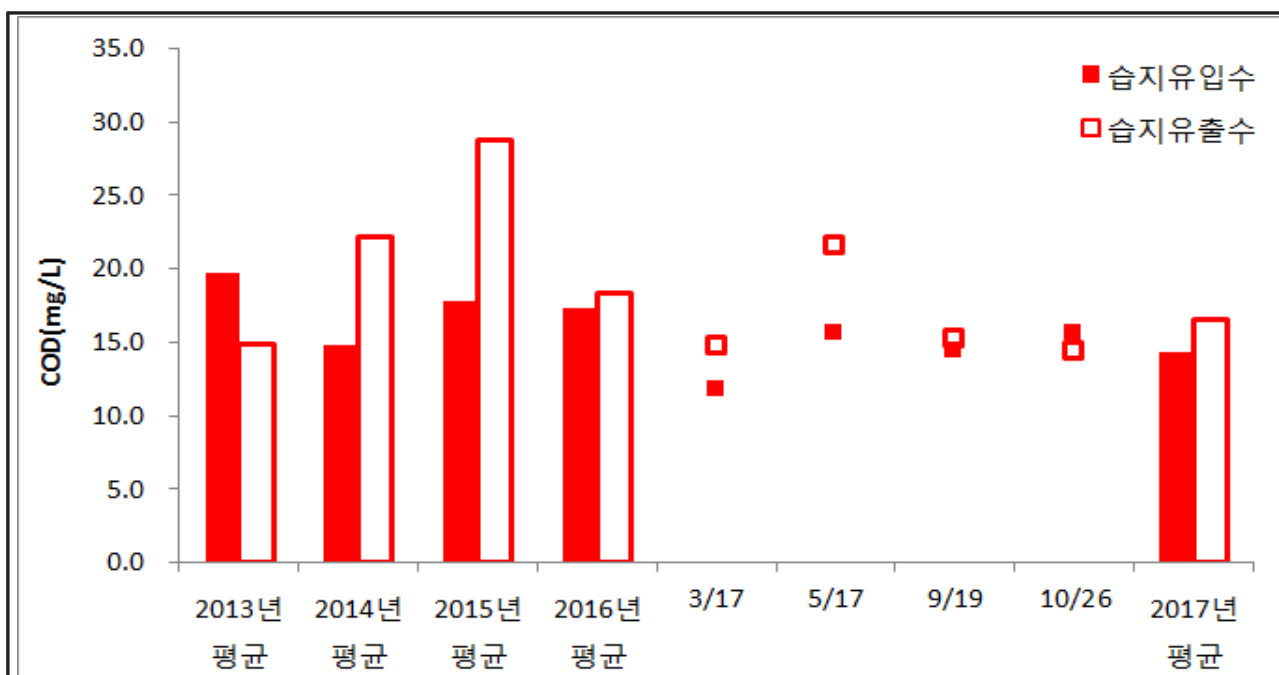
- SS 분석결과 평상시 1호 인공습지 유입수 13.0mg/L, 유출수 1.7mg/L로 낮아졌다. 강우 시는 1호 인공습지 유입수 12.0mg/L, 유출수 3.8mg/L로 낮아졌다. 2017년 9월 19일 유입수의 SS가 2.5mg/L 낮은 농도를 나타내고 있는데 이는 높은 저수율(90%)의 영향으로 판단된다. 전반적으로 부유물질 항목은 매우 높은 정화효율을 보였다.
- 1호 인공습지에서 SS 정화효율은 [표 4-3-4]와 같이 유입부하량 432.3kg/d, 유출부하량 68.7kg/d로 84.1%의 매우 높은 정화효율을 보였다.
- 이와 같이 인공습지는 침전, 여과 등에 의해 SS 성분이 잘 제거되고 있다. 연차별로 살펴보면 2013년부터 2017년까지 모두 유입수에 비해 유출수 농도가 낮아지는 경향을 보였다. 2013년 유입수의 SS가 높은 것은 도로공사로 인하여 강우시 토사가 유입되었기 때문이고, 2014년 유입수 농도가 낮은 것은 가뭄으로 인한 상류 유역의 유출량 감소 때문으로 판단된다.



[그림 4-3-2] 개천지구 인공습지 유입수 및 유출수 SS 변화

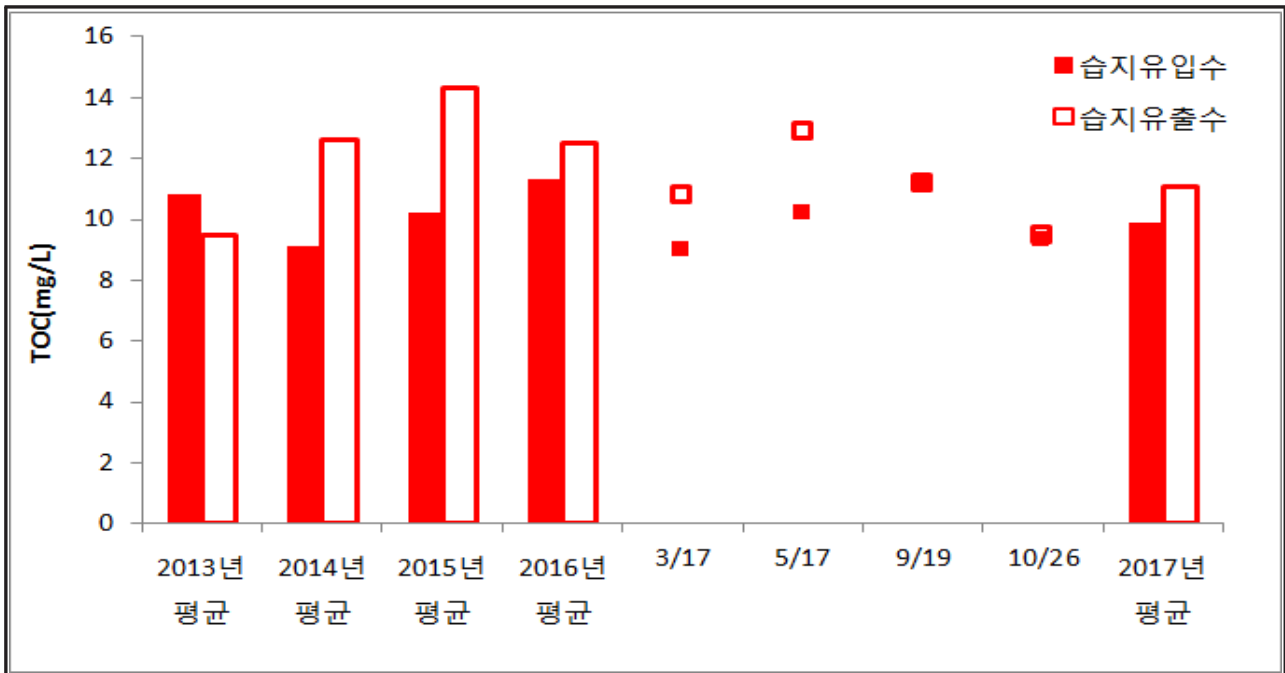
- COD 분석결과 평상시 유입수 14.4mg/L, 유출수 16.5mg/L로 유출수에서 높아졌다. 강우 시는 1호 인공습지 유입수 20.4mg/L, 유출수 19.2mg/L로 다소 낮아졌다. 연차별로 살펴보면 2013년도에는 유입수에 비해서 유출수의 농도가 낮았지만 2014년~2017년도에는 유입수에 비해 유출수의 농도가 높게 나타났다. 특히, 2014년~2017년도에 유출수의 농도가 높았던 것은 가뭄 등으로 유입수가 없어 습지 바닥이 말라 있는 기간이 길었고, 바닥이 말라 있는 상태에서 물이 유입되면 퇴적물이 일시에 부유되었기 때문으로 판단된다.

- COD 정화효율을 살펴보면 [표 4-3-4]과 같이 유입부하량 141.0kg/d, 유출부하량 175.9kg/d로 유출부하량이 높은 것으로 나타나 -24.7%의 정화효율을 보였다.
- 갈수기에는 침강지에 설치된 펌프시설을 이용하여 인공습지 내로 용수를 공급하고 있으나 가뭄, 저수지 상류부 하천에서 이루어지는 주민들의 용수이용 등으로 침강지 내 용수가 부족한 기간에는 유입수 공급이 불가능 하였다.
- 또한 금년도가 운영 8년차로 갈대 등 식생 고사체가 인공습지 바닥에 퇴적·분해된 것도 인공습지 정화효율 하락의 원인으로 판단된다.



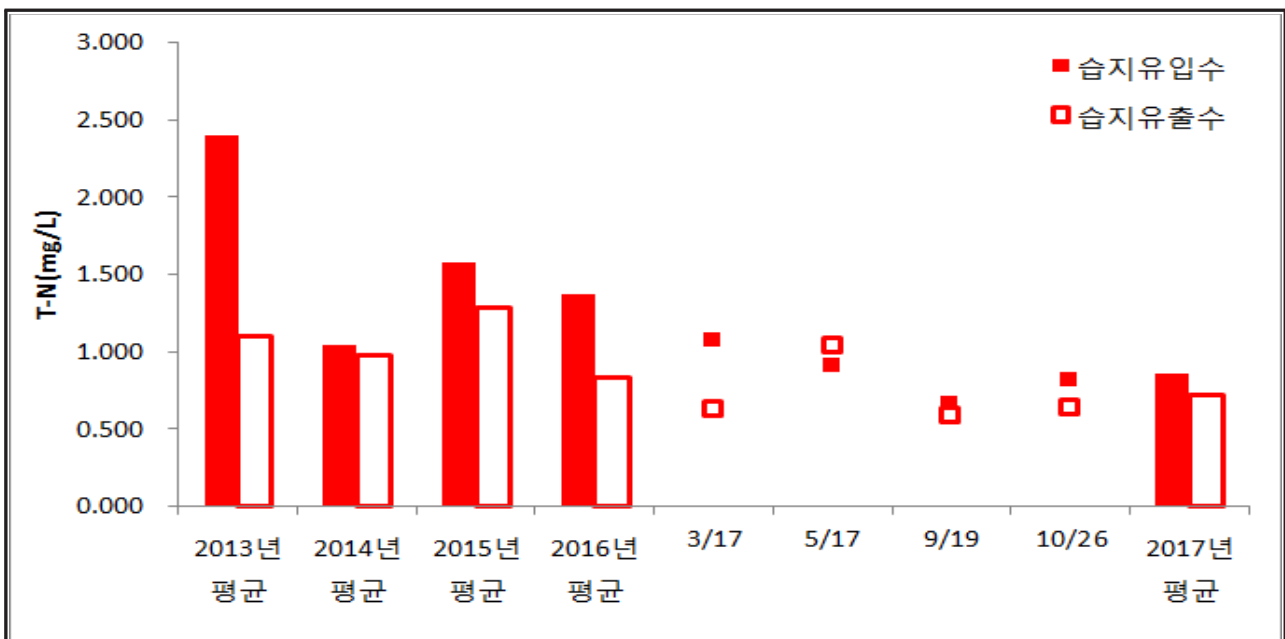
[그림 4-3-3] 개천지구 인공습지 유입수 및 유출수 COD 변화

- TOC 분석결과 유입수가 9.9mg/L이었는데, 유출수는 11.1mg/L로 높아졌다. 강우시는 1호 인공습지 유입수는 13.2mg/L였는데, 유출수는 12.4mg/L로 낮아졌다. 연차별로 살펴보면 COD 항목과 마찬가지로 2013년도에는 유입수에 비해서 유출수의 농도가 낮았지만 2014년~2017년에는 유입수에 비해 유출수의 농도가 높게 나타났다.
- TOC 정화효율은 [표 4-3-4]과 같이 유입부하량이 87.3kg/d이고, 유출부하량이 103.8kg/d로 -18.8%의 정화효율을 나타냈으며 COD와 마찬가지로 습지의 유기물정화효율이 낮게 나타났다.



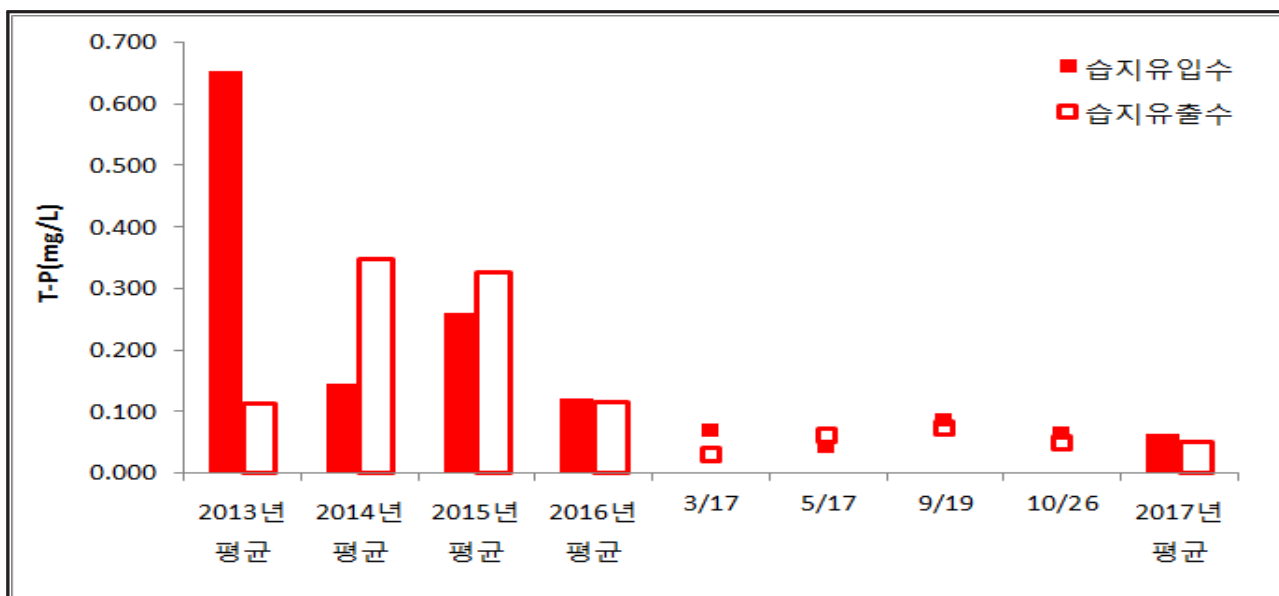
[그림 4-3-4] 개천지구 인공습지 유입수 및 유출수 TOC 변화

- T-N 분석결과 유입수는 0.862mg/L이었는데, 유출수는 0.723mg/L로 낮아졌다. 강우 시에는 1호 인공습지 유입수는 1.432mg/L였는데, 유출수는 0.814mg/L로 낮아졌다.
- 연차별로는 2013년부터 2017년까지 연차에 상관없이 유입수에 비해 유출수의 농도가 낮아져 인공습지에서 T-N이 정화되고 있는 것으로 나타났다.
- T-N 정화효율은 [표 4-3-4]와 같이 유입부하량이 12.3kg/d였는데, 유출부하량은 8.6kg/d로 낮아져 30.2%의 정화효율을 보였다.



[그림 4-3-5] 개천지구 인공습지 유입수 및 유출수 T-N 변화

- T-P 분석결과 1호 인공습지 유입수가 0.063mg/L인데, 유출수는 0.052mg/L로 낮아졌다. 강우시 1호 인공습지 유입수는 0.170mg/L였는데, 유출수는 0.122mg/L로 평상시와 같이 낮아졌다.
- T-P 정화효율은 [표 4-3-4]에서와 같이 유입부하량이 1.8kg/d였는데, 유출부하량은 1.7kg/d로 낮아져 3.1%의 정화효율을 보였다.
- 2013년에는 도로공사로 인하여 토사에 흡착된 인 성분의 강우시 유입으로 T-P 농도가 가장 높았다. 반면, 2014~2017년에는 가뭄 등 유입수 부족으로 인공습지의 건조된 퇴적물에 흡착되어 있던 인성분이 유출되었기 때문에 유출수에서 오히려 T-P 농도가 높아진 것으로 판단되며 금년은 평상시와 강우시 모두 유입수보다 유출수의 T-P 농도가 낮아졌다.



[그림 4-3-6] 개천지구 인공습지 유입수 및 유출수 T-P 변화

- 전체적으로 보면 개천지구 인공습지는 유기물 정화효율이 매우 낮은 것으로 나타났는데, 이는 2014년부터 이어진 가뭄으로 오염물질이 습지 내 침적되었고, 습지 내 식생고사 및 오염 퇴적물의 유출에 따른 것으로 판단된다.
- 반면, 입자성 물질과 영양염류의 제거효율은 높은 것으로 조사되었다.

### 4.3.2 침강지 수질개선효과

- 수질조사는 1호 침강지를 대상으로 3월부터 10월까지 총 5회(평시 4회, 강우시 1회)에 걸쳐 1호 침강지에서 이루어졌다.
- 평균 일강수량 30mm를 초과하는 하천수는 침강지로 들어가 오염물질이 처리되고 있다.
- 수온은 유입수 16.6 °C, 유출수 18.5°C로 다소 상승하였다. 이는 수표면에 식물이 없어 햇빛에 장기간 노출되었기 때문으로 판단된다.
- pH 조사결과 유입수가 평균 7.3이고, 유출수는 7.2를 나타내 유입수와 유출수가 대부분 농업용수 관리기준인 6.0 ~ 8.5를 만족하였다.
- EC 조사결과 유입수 223.8  $\mu$ S/cm, 유출수 208.5  $\mu$ S/cm로 낮아지는 경향을 보였고, 유입수와 유출수 모두 작물 생장에 지장이 없는 700  $\mu$ S/cm 이하를 나타냈다(캘리포니아대학교 대외 협력국(UCCES) 농업용수 관리기준 지침).
- DO 조사결과 1호 침강지 유입수 8.4mg/L, 유출수 9.2mg/L로 높아졌다. 또한, 모든 시기에 유입수와 유출수 모두 농업용수 관리기준인 2.0mg/L 이상을 만족하고 있다.

[표 4-3-5] 1호 침강지 수질변화

구 분		'13년	'14년	'15년	'16년	'17년 평상시 및 강우시					
		평균	평균	평균	평균	1차 (3.17)	2차 (5.17)	3차 (9.19)	4차 (10.26)	평균	강우 (8.17)
수온 (°C)	유입수	18.9	21.3	21.6	19.7	9.9	21.0	20.5	15.1	16.6	23.2
	유출수	22.7	24.1	20.8	21.7	11.5	21.5	25.8	15.3	18.5	25.7
pH	유입수	7.5	6.9	7.5	7.2	7.8	7.1	7.0	7.2	7.3	6.7
	유출수	7.2	6.8	8.5	7.0	7.8	7.0	6.8	7.2	7.2	7.7
EC ( $\mu$ S/cm)	유입수	219.8	208.0	264.3	193.0	218.0	226.0	225.0	226.0	223.8	125.0
	유출수	179.0	149.7	219.3	173.5	215.0	227.0	172.0	220.0	208.5	143.0
DO (mg/L)	유입수	10.2	6.1	8.2	9.8	11.7	9.3	5.1	7.6	8.4	9.3
	유출수	4.3	5.5	12.7	9.7	11.4	9.4	8.6	7.3	9.2	9.3
SS (mg/L)	유입수	243.7	8.6	106.6	29.3	26.3	10.2	2.5	12.9	13.0	12.0
	유출수	22.5	8.2	24.2	9.6	6.2	7.5	6.8	9.7	7.6	4.2

[표 4-3-5] 1호 침강지 수질변화(계속)

구 분		'13년	'14년	'15년	'16년	'17년 평상시 및 강우시					
		평균	평균	평균	평균	1차 (3.17)	2차 (5.17)	3차 (9.19)	4차 (10.26)	평균	강우 (8.17)
COD (mg/L)	유입수	17.2	14.8	17.8	17.3	11.8	15.6	14.4	15.6	14.4	20.4
	유출수	14.8	19.7	15.8	16.9	11.4	15.6	22.4	15.6	16.3	18.8
TOC (mg/L)	유입수	10.5	9.1	10.2	11.3	9.0	10.2	11.1	9.3	9.9	13.2
	유출수	9.8	10.8	9.5	10.9	8.8	10.4	13.3	9.5	10.5	12.2
T-N (mg/L)	유입수	1.825	1.038	1.576	1.374	1.072	0.902	0.662	0.810	0.862	1.432
	유출수	1.150	0.940	0.930	1.093	0.940	0.673	0.654	0.660	0.732	0.743
T-P (mg/L)	유입수	0.625	0.146	0.260	0.120	0.067	0.040	0.083	0.063	0.063	0.170
	유출수	0.155	0.178	0.154	0.130	0.032	0.062	0.101	0.066	0.065	0.101
Chl-a (mg/m <sup>3</sup> )	유입수	12.8	4.1	11.8	15.0	12.2	12.7	6.6	14.1	11.4	8.7
	유출수	9.8	11.5	17.1	16.8	5.5	9.6	12.2	20.9	12.1	14.3

[표 4-3-6] 1호 침강지 5개년 평균 수질

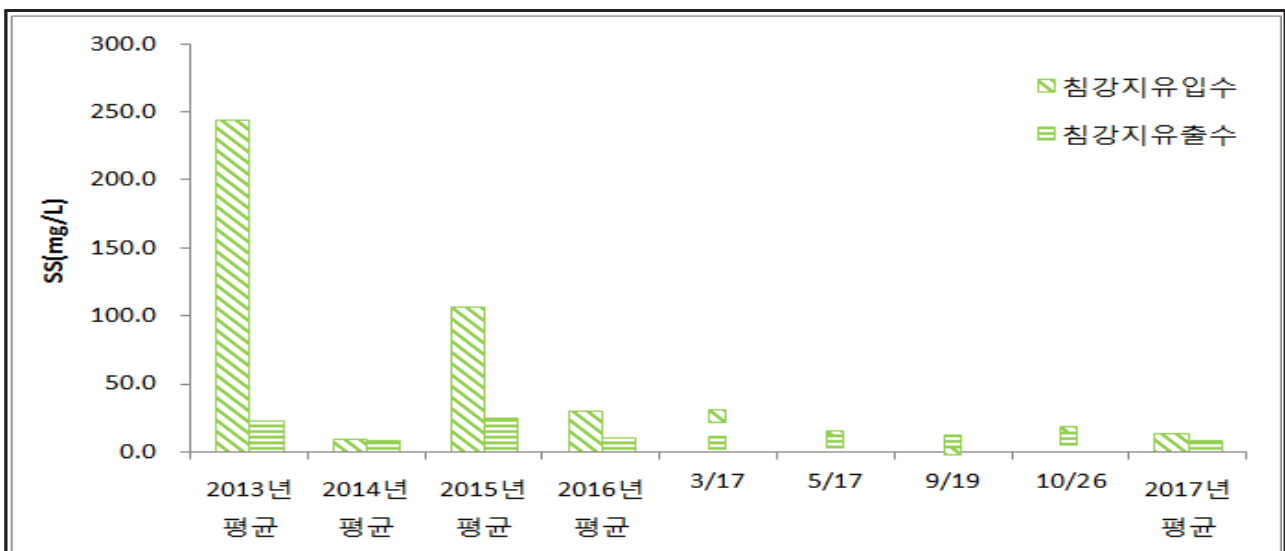
구 분		'13~'17년 평균			'13~'17년 평상시			'13~'17년 강우시		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
수온 (°C)	유입수	20.3	5.8	29.7	19.4	5.8	27.0	23.5	18.1	29.7
	유출수	22.1	11.5	29.4	21.4	11.5	26.7	24.5	19.6	29.4
pH	유입수	7.2	6.5	8.0	7.3	6.5	8.0	7.1	6.7	7.6
	유출수	7.3	6.3	9.8	7.3	6.3	9.8	7.3	6.6	7.7
EC (μS/cm)	유입수	211.3	101.0	331.0	220.2	101.0	331.0	179.4	125.0	276.0
	유출수	185.8	129.0	287.0	186.6	136.0	248.0	183.2	129.0	287.0
DO (mg/L)	유입수	8.5	4.6	13.1	8.7	4.6	13.1	7.6	6.7	9.3
	유출수	8.2	3.3	19.4	8.4	3.3	19.4	7.3	5.2	9.3
SS (mg/L)	유입수	67.8	2.5	694.0	73.3	2.5	694.0	49.3	8.0	133.0
	유출수	14.9	4.0	45.0	13.7	4.0	44.5	19.1	4.2	45.0
COD (mg/L)	유입수	16.5	10.6	25.7	16.2	10.6	25.7	17.3	11.0	20.5
	유출수	17.1	11.2	22.4	16.7	11.4	22.4	18.5	11.2	22.1
TOC (mg/L)	유입수	10.3	7.1	13.9	10.3	7.1	13.9	10.6	8.1	13.2
	유출수	10.5	8.5	13.7	10.4	8.5	13.3	11.2	8.5	13.7
T-N (mg/L)	유입수	1.469	0.662	3.499	1.309	0.662	2.255	2.014	1.158	3.499
	유출수	0.985	0.623	1.673	0.962	0.654	1.421	1.061	0.623	1.673
T-P (mg/L)	유입수	0.246	0.040	1.541	0.225	0.040	1.541	0.315	0.170	0.568
	유출수	0.139	0.032	0.215	0.132	0.032	0.197	0.161	0.080	0.215
Chl-a (mg/m <sup>3</sup> )	유입수	10.9	2.5	44.4	11.4	3.6	44.4	9.5	2.5	25.8
	유출수	13.5	2.8	28.7	13.6	4.6	24.1	13.3	2.8	28.7



[표 4-3-7] 1호 침강지 5개년 평균 정화효율

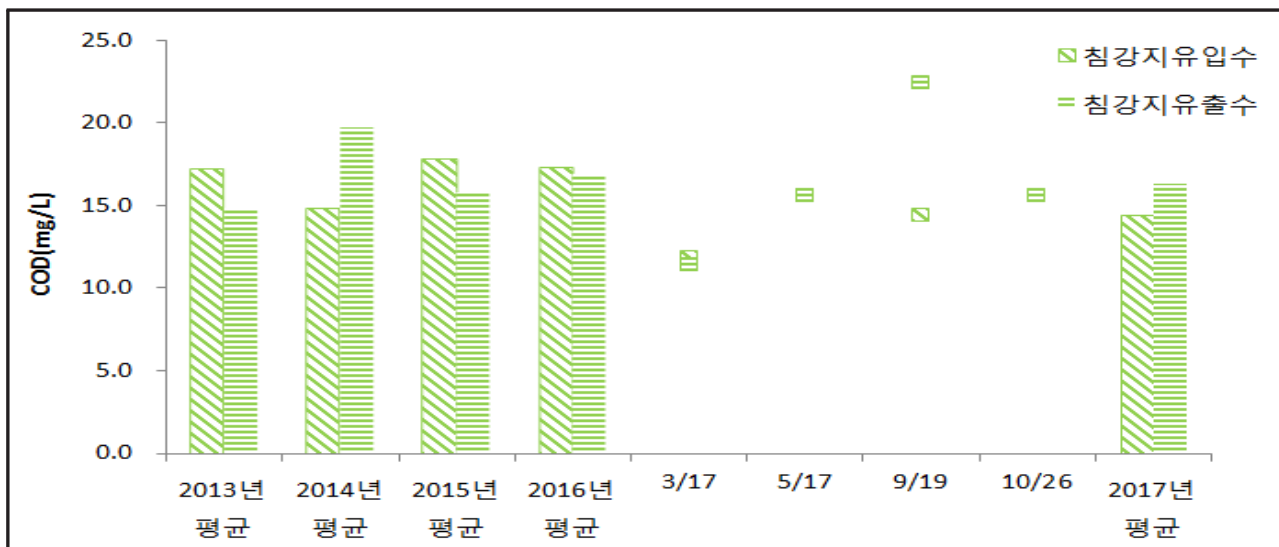
구 분		'13~'17년 평균		'13~'17년 평상시		'13~'17년 강우시	
		평균	정화효율	평균	정화효율	평균	정화효율
SS (kg/d)	유입수	1,213.0	70.6	846.7	82.9	2,458.7	56.2
	유출수	356.4		144.8		1,075.8	
COD (kg/d)	유입수	276.2	-1.0	161.5	1.8	666.2	-3.3
	유출수	279.1		158.7		688.4	
TOC (kg/d)	유입수	164.7	1.7	99.8	1.6	385.4	1.8
	유출수	161.9		98.2		378.5	
T-N (kg/d)	유입수	30.6	40.3	13.1	28.8	90.1	45.9
	유출수	18.3		9.3		48.7	
T-P (kg/d)	유입수	4.9	47.2	2.5	45.9	13.0	48.0
	유출수	2.6		1.4		6.8	
Chl-a (g/d)	유입수	131.5	-77.6	104.5	-26.3	223.1	-159.5
	유출수	233.5		132.0		578.8	

- SS 항목 분석결과 1호 침강지 유입수가 13.0mg/L에서 유출수는 7.6mg/L로 낮아졌다. 강우시 1호 침강지 유입수는 12.0mg/L였는데, 유출수는 4.2mg/L로 크게 낮아졌다.
- 연차별로 살펴보면 2013년도에 제거효율이 가장 높은 것으로 나타났으며 전체적으로 유입수에 비해 유출수에서 SS농도가 낮아지는 경향을 보였다. 이는 강우시 유입되는 오염물질을 1차적으로 가라앉히는 침강지의 기능이 잘 이루어지고 있다고 판단된다.
- SS의 정화효율은 유입수의 부하량이 평균 1,213.0kg/d 였는데, 유출수 부하량은 356.4kg/d로 나타나 70.6%의 정화효율을 보였다.



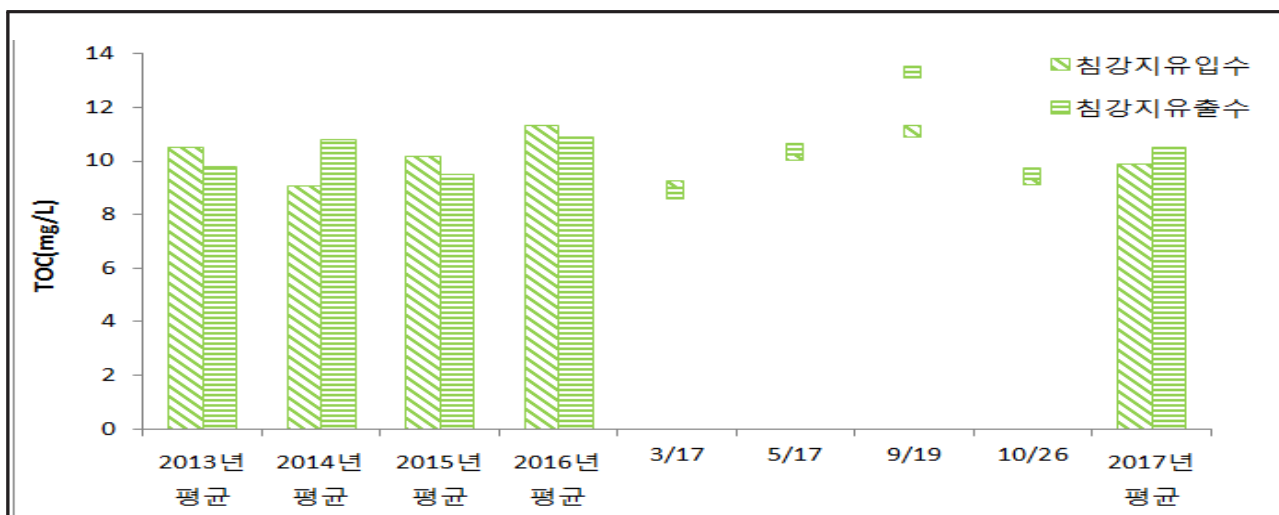
[그림 4-3-7] 개천지구 침강지 유입수 및 유출수의 SS 변화

- COD 항목 분석결과 1호 침강지 유입수는 14.4mg/L, 유출수는 16.3mg/L로 높아졌다. 강우시 1호 침강지 유입수는 20.4mg/L였는데, 유출수는 18.8mg/L로 다소 낮아졌다.
- COD의 정화효율은 유입부하량이 276.2kg/d이고, 유출부하량이 279.1kg/d로 유출부하량이 낮아져 -1.0%의 정화효율을 보였다.
- 침강지에서 유입수가 장기간 체류될 경우, 조류발생에 따른 내부생산량 증가로 유기물 지표인 COD와 TOC 농도가 높아질 수 있다.



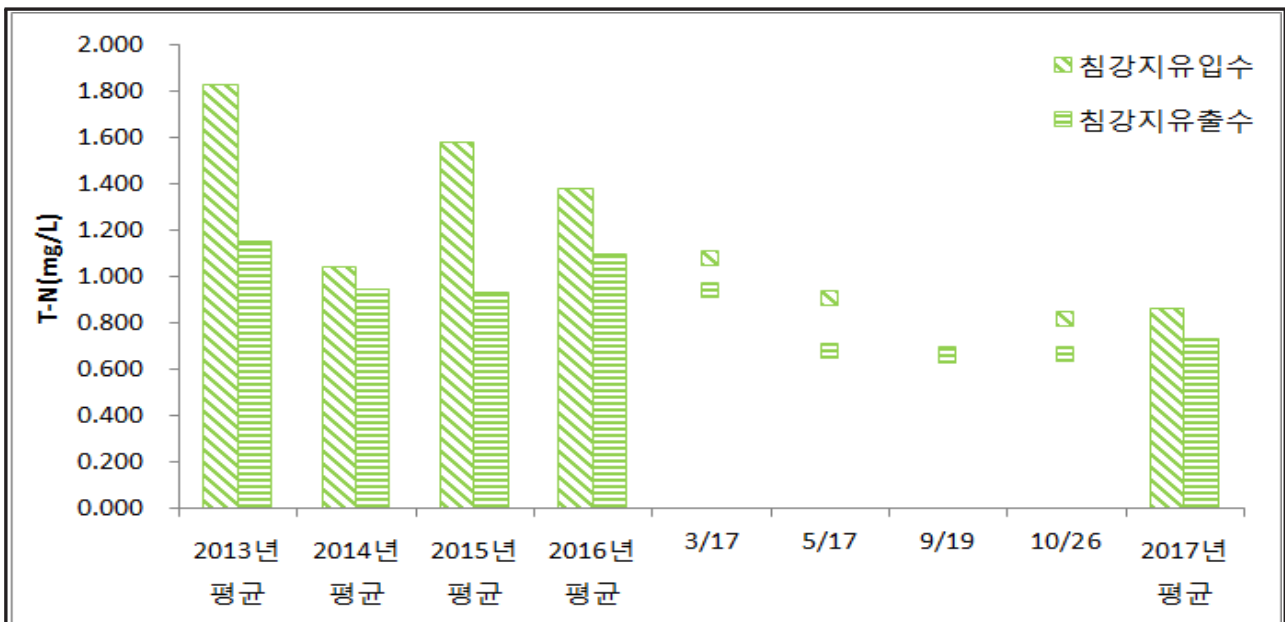
[그림 4-3-8] 개천지구 침강지 유입수 및 유출수의 COD 변화

- TOC 항목 분석결과 1호 침강지 유입수가 9.9mg/L, 유출수는 10.5mg/L로 증가했고, 강우시 1호 침강지 유입수는 13.2mg/L였는데, 유출수는 12.2mg/L로 감소했다.
- TOC의 정화효율은 유입부하량이 평균 164.7kg/d이고, 유출부하량이 161.9kg/d로 낮아져 1.7%의 정화효율을 보였다



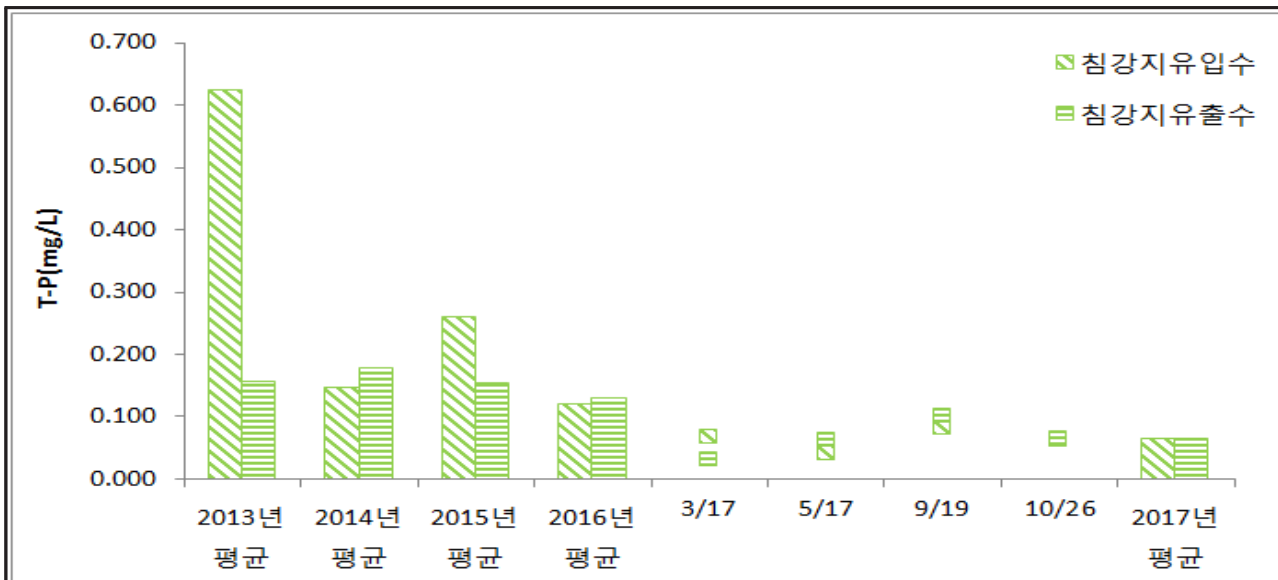
[그림 4-3-9] 개천지구 침강지 유입수 및 유출수의 TOC 변화

- T-N 항목 분석결과 1호 침강지 유입수가 0.862mg/L이고, 유출수는 0.732mg/L로 감소했고, 강우시 1호 침강지 유입수는 1.432mg/L였는데, 유출수는 0.743mg/L로 평상시와 같이 감소했다.
- 2013~2017년까지 모두 유입수에 비해 유출수의 T-N 농도가 낮아지는 경향을 보였다. 이와 같이 침강지에서는 활발한 내부생산에 의해 조류가 발생하는 반면, 조류가 물속의 질소와 인을 흡수하여 성장하기 때문에 질소와 인은 감소하는 것이 일반적인 현상이다.
- T-N의 정화효율은 유입부하량이 평균 30.6kg/d이고, 유출부하량이 18.3kg/d로 낮아져 40.3%의 정화효율을 보였다.



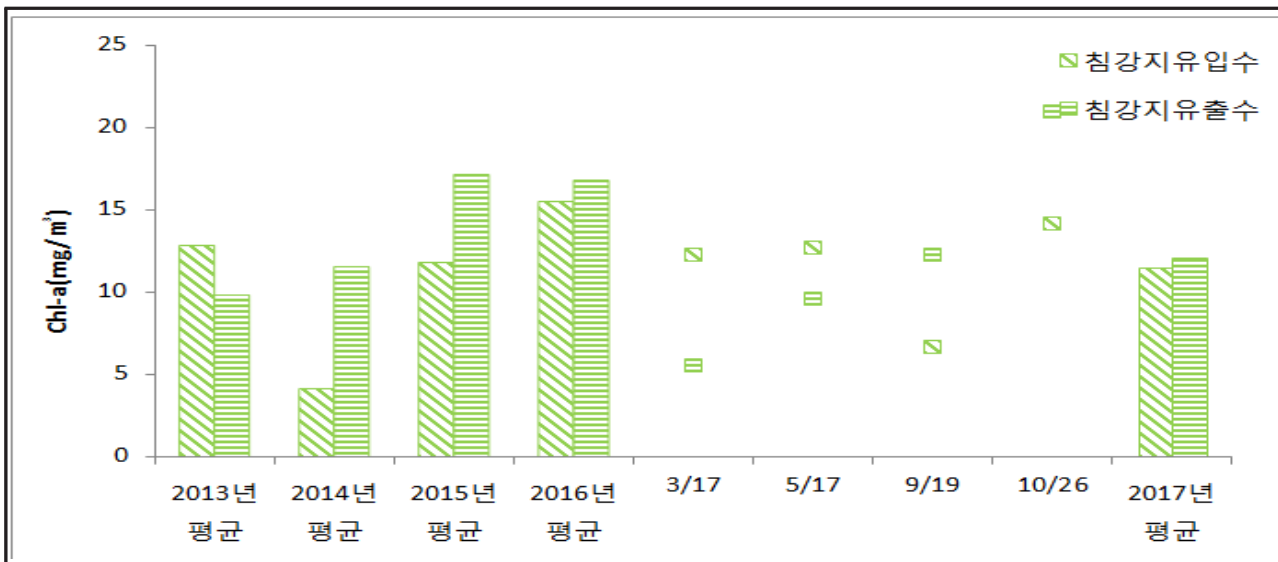
[그림 4-3-10] 개천지구 침강지 유입수 및 유출수의 T-N 변화

- T-P 항목 분석결과 유입수가 0.063mg/L였는데, 유출수는 0.065mg/L로 다소 높아졌다. 강우시 1호 침강지 유입수는 0.170mg/L였는데, 유출수는 0.101mg/L로 감소했다.
- T-P의 정화효율은 유입부하량이 평균 4.9kg/d이고, 유출부하량이 2.6kg/d로 낮아져 47.2%의 정화효율을 보였다
- 수심이 낮고 햇빛을 많이 받는 침강지에서는 조류가 많이 성장하는데, 이 때 조류는 질소와 인 등의 영양물질을 흡수한다. 따라서 저수지 본체로 들어가는 질소와 인을 제거함으로써 저수지 본체의 녹조발생을 줄일 수 있다.



[그림 4-3-11] 개천지구 침강지 유입수 및 유출수의 T-P 변화

- Chl-a 항목 분설결과 유입수가 11.4mg/L였는데, 유출수는 12.1mg/L로 다소 높아졌다. 강우시 1호 침강지 유입수는 8.7mg/L였는데, 유출수는 14.3mg/L로 평상시와 같이 높아졌다.
- Chl-a의 정화효율은 유입부하량이 평균 131.5kg/d이고, 유출부하량이 233.5kg/d로 높아져 -77.6%의 정화효율을 보였다.



[그림 4-3-12] 개천지구 침강지 유입수 및 유출수의 Chl-a 변화

- 이상과 같이 전체적으로 보면 개천지구 침강지에서는 입자상 물질과 T-N, T-P의 제거효율은 높은 것으로 나타났으며 장기간 퇴적된 오염물질의 주기적인 제거를 통해서 침강지의 기능이 유지될 수 있게 관리해야 한다.

### 4.3.3 퇴적물 조사 결과

- 퇴적물 분석결과 1호 인공습지에서 채취한 퇴적물의 입도는 모래 59.0%, 실트 27.0%, 점토 14.0%로 사질양토(SL)이고, 1호 침강지의 퇴적물은 모래 55.1%, 실트 30.9%, 점토 14.0%로 사질양토(SL)로 분류되었다.
- 1호 인공습지와 침강지의 pH는 각각 6.1, 5.7로 조사되었다.
- EC는 인공습지 0.062dS/m, 침강지 0.227dS/m로써 식물성장 매체로 적합한 4.0dS/m 이하로 조사되었다.
- 유기물은 인공습지 1.67%, 침강지 2.79%이고 유효인산은 인공습지 50.61mg/kg, 침강지 52.44 mg/kg로 조사되었다.
- 인공습지의 강열감량은 3.0%, T-N은 1,480.2mg/kg, T-P는 184.8mg/kg으로 국립환경과학원의 호소 퇴적물 오염평가 기준보다 낮게 조사되었다.
- 침강지의 강열감량은 4.2%, T-N은 2,894.2mg/kg로 T-P는 415.9mg/kg조사되어 인공습지와 마찬가지로 국립환경과학원의 호소 퇴적물 오염평가 기준 IV등급 미만으로 양호한 상태로 조사되었다.
- 인공습지 내 퇴적물 분석결과 2016년의 실트질식양토(SiCL)에서 2017년에는 모래 성분이 증가한 사질양토(SL)로 변했으며 유효인산을 제외하고는 대부분 항목의 농도가 전년에 비해서 감소했다.
- 침강지내 퇴적물 분석결과 2016년의 양토(L)에서 2017년에는 모래성분이 증가해 인공습지와 마찬가지로 사질양토(SL)로 변했으며 유기물(OM), 유효인산, T-N 항목이 전년에 비해서 증가하였고 EC, 강열감량, T-P 성분은 감소한 것으로 나타났다.

[표 4-3-8] 개천저수지 인공습지 및 침강지 퇴적물 조사 결과

지 점	조사 년도	pH	EC (dS/m)	토성	OM (%)	강열감량 (%)	유효인산 (mg/kg)	T-N (mg/kg)	T-P (mg/kg)
개천S-1 (습지)	2016	5.6	0.254	SiCL	7.32	12.2	15.69	4,855.8	601.2
	2017	6.1	0.062	SL	1.67	3.0	50.61	1,480.2	184.8
개천S-2 (침강지)	2016	5.8	0.629	L	2.59	5.5	14.21	1,957.8	455.3
	2017	5.7	0.227	SL	2.79	4.2	52.44	2,894.2	415.9

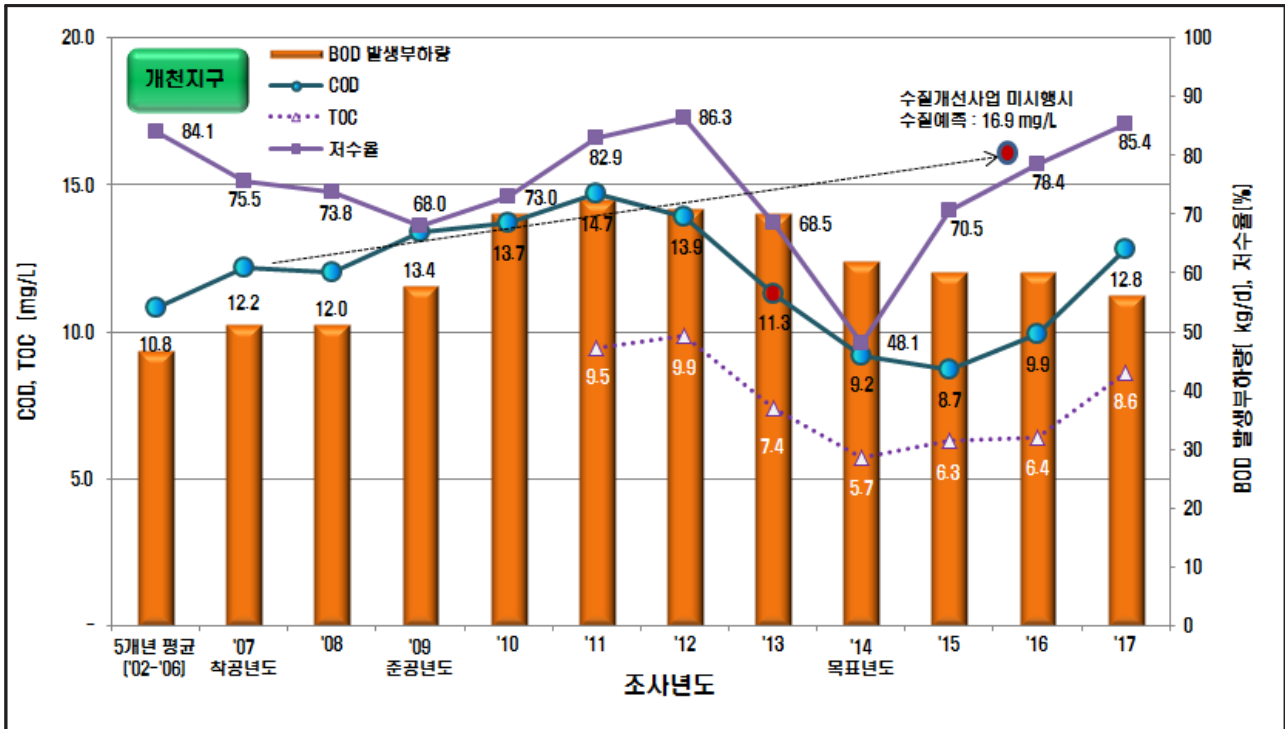
[표 4-3-9] 호소 퇴적물 오염평가 기준

항 목		등 급	I	II	III	IV
유기물 및 영양염류	완전연소가능량(%)			-		13 초과
	총질소(mg/kg)			-		5,600 초과
	총인(mg/kg)			-		1,600 초과
비고 : 1. 등급별 퇴적물의 상태<유기물, 영양염류> - IV 등급 : 심각하고 명백한 오염						

\* 자료 : 국립환경과학원예규 제687호, 2015년

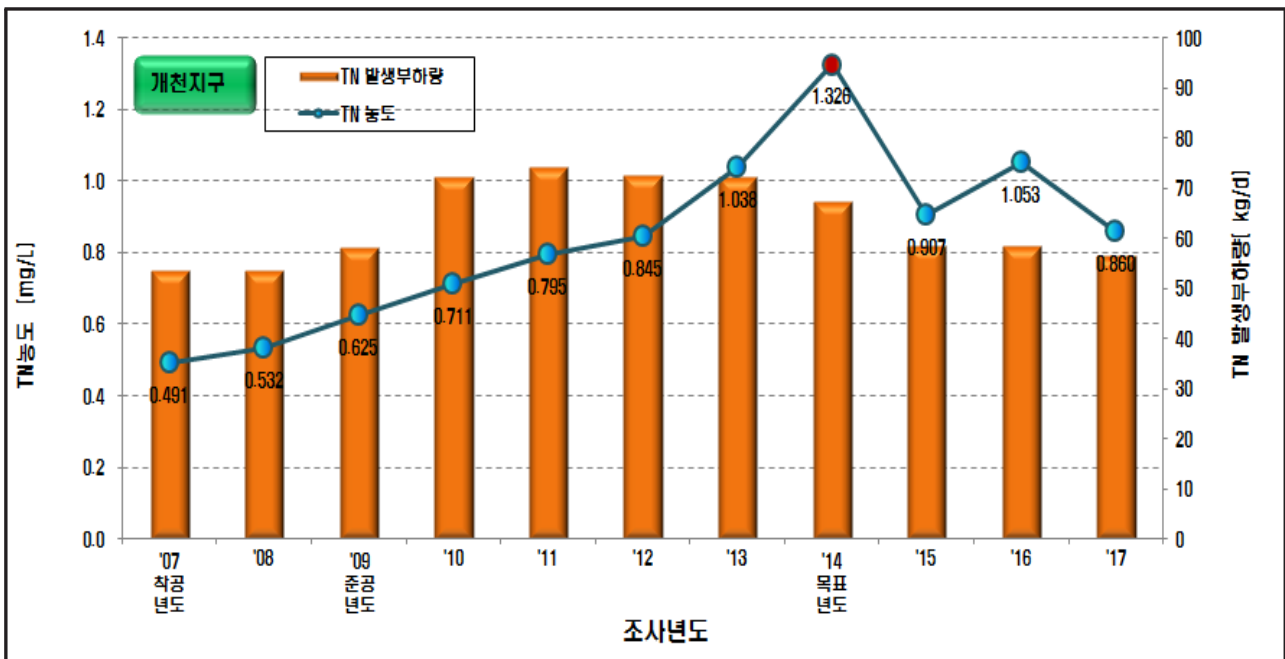
#### 4.4. 저수지 수질변화 및 개선효과

- 개천지구 수질정화시설은 운영 8년차로서, BOD 발생부하량이 준공년도인 2009년 57.8kg/d에 비해 2011년도 72.6kg/d으로 가장 크게 증가하였으며 금년에는 56.3kg/d으로 다소 감소하였다.
- 개천저수지의 수질개선 목표는 '14년 COD 8.0mg/L(TOC 6.0mg/L)을 목표로 하였지만 수질개선사업 시행 후 오염원의 증가, 가뭄 및 고온현상 등 외부환경 변화로 목표 수질을 달성하지 못하고 있다.
- 개천저수지의 수질변화를 살펴보면 [그림 4-4-1]과 같이 준공 이후 COD 농도가 악화되어 2011년도에 14.7mg/L로 가장 악화되었다. 그러나 2012년도 이후부터는 낮아지기 시작하여 2012년도에 13.9mg/L, 2013년도에는 11.3mg/L, 2014년도에는 9.2mg/L, 2015년도에는 8.7mg/L로 지속적으로 낮아지다 2016년부터 다시 증가하였다. 최근 장기 가뭄에 따른 유입수량 부족이 수질악화에 영향을 미친 것으로 판단된다.
- TOC의 경우는 2012년에는 9.9mg/L로 다소 높아졌으나, 2013년 및 2014년에는 낮아지다가 2015년에는 6.3mg/L, 금년에는 8.6mg/L로 증가하여 농업용수 관리기준인 6.0 mg/L를 초과하고 있다.
- 개천저수지의 저수율은 2014년도 48.1%로 가장 낮았으며 이후 낙동강 상주보에서 도수로를 이용해 양수저류를 시행하였다. 금년에는 85.4%의 저수율을 나타내었다. 사업 착공후 두번째로 낮은 강수량(682.1mm)이었음에도 비교적 높은 저수량을 유지한 것은 농업용수 확보차원에서 물을 방류를 하지 않고 오랫동안 저류하였기 때문이며, 이로 인하여 수질에는 악영향을 미친 것으로 판단된다.
- 개천저수지는 갈수 시 침강지의 물을 양수하여 인공습지로 공급하고 있으나 침강지가 말라있는 기간에는 습지를 가동하지 못하였다. 또한, 호내 수생식물의 번성, 고사(枯死)가 매년 반복되어 수질악화에 영향을 주고 있다.



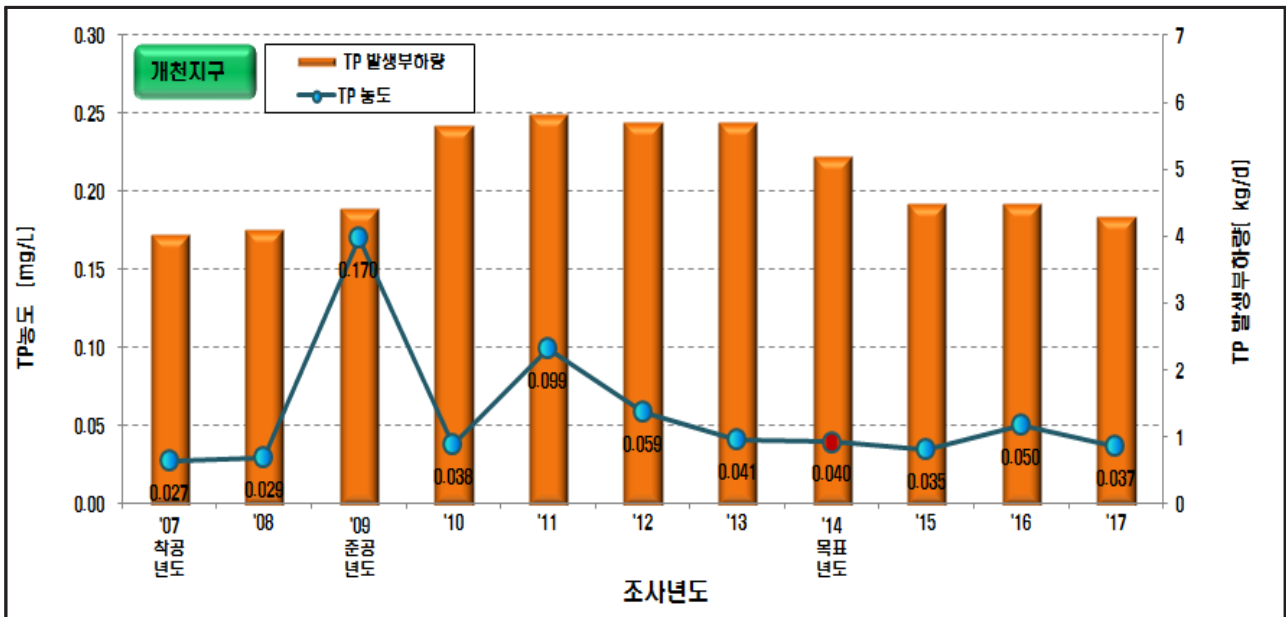
[그림 4-4-1] 개천지구 유역 연도별 BOD 발생부하량 및 COD, TOC 농도 변화

○ T-N 항목의 경우 준공 이후 지속적으로 높아지는 경향을 보여 2014년에는 1.326 mg/L까지 증가하였지만 이후로 감소세를 나타내다 2017년에는 0.860mg/L로 조사되었다.



[그림 4-4-2] 개천지구 유역 연도별 T-N 발생부하량 및 T-N 농도 변화

- T-P 항목의 경우는 준공년도인 2009년을 정점으로 지속적으로 낮아져 안정화 단계에 있으며 2010년부터 현재까지 농업용수 관리기준(0.1mg/L 이하)을 만족하고 있다.



[그림 4-4-3] 개천지구 유역 연도별 T-P 발생부하량 및 T-P 농도 변화

#### 4.5. 현장적용성 향상 및 유지관리 방안

- 개천지구는 수질개선사업 초기에 설치된 시설로써 운영상의 경험부족, 지속된 가뭄으로 인한 유입수 부족 및 수생식물 고사에 따른 수질악화 등 당초 계획과는 다른 요소들로 인하여 수질개선에 어려움을 겪고 있다.
- 주기적인 식생절취를 통해 오염물질 정화효율을 높이는 작업을 시행하고 절취된 식생을 습지 밖으로 이동 처리해 고사된 식생이 습지내에서 오염원으로 작용하지 않도록 관리해야 할 것이다.
- 갈수기 및 농업용수 부족시에는 낙동강 물을 호내로 바로 양수저류하고 있어 낙동강 취수시 수질모니터링을 통한 선택적 취수가 이루어져야 한다.
- 호내 내부오염물질 생산에 대한 대책이 부족한 상태로 인불용화시설 설치, 수생식물 제거 등을 통한 오염물질 저감사업이 필요하다.
- 준공 8년차인 시설로 침강지에 퇴적물이 많이 쌓여있는 상태이며, 기능유지를 위해서는 준설이 필요하다.
- 지자체와의 협업체계 구축으로 상류 오염원에 대한 합동감시 및 환경기초시설 설치 요청 등 지속적인 상류 오염원 저감을 위한 노력이 필요하다.



## 4.6. 요약

- 운영 8년차인 개천지구의 5개년간('13~'17년) 인공습지 수질정화효율은 SS 84.1%, COD -24.7%, TOC -18.8%, T-N 30.2%, T-P 3.1%로 유기물 지표 보다는 입자성 물질인 SS와 영양염류 지표인 T-N, T-P에서 높은 정화효율을 보이고 있다.
- 금년도는 수질개선사업 준공이후 연간 강수량이 2015년(596.5mm) 이후 두 번째로 적은 682.1mm로 나타나 저수지 수질관리 및 수질개선시설 운영에 어려움이 있었다.
- 가뭄으로 축적된 상류 오염물질은 7월~9월 집중된 호우로 인해 대량으로 저수지로 유입되어 하반기 수질을 악화시키는 요인으로 작용하였다.
- 갈수기에는 인공습지 운영에 필요한 유입수가 부족하며, 상류 유입하천에서부터 이루어지는 주민들의 용수이용이 유입수 부족을 더욱 심화시키고 있다.
- 또한, 호 내의 식생제거 등 내부오염물질 저감을 위하여 추가 대책이 필요하다.
- 인공습지 내 주기적인 식생 절취와 함께 절취 후 식생의 습지 밖 이동·처리로 습지 내에서 식생 부패로 인한 2차 오염현상이 일어나지 않게 관리해야 한다.
- 금년도에 실시한 침강지 내용적 측량 결과 1호 침강지의 퇴적율이 53.5%, 2호 침강지의 퇴적율이 44.1%로 조사되었으며 조성당시와 비교하여 현재의 저류공간은 1호 침강지 46.5%, 2호 침강지 55.9%로 나타났다. 저류공간이 70% 이내로 남을 경우 퇴적물 제거를 실시해야한다는 기준(농업용수 수질개선시설 유지관리 매뉴얼, 2016. 03.)에 따라 향후 준설작업이 필요하다.
- 또한, 수질개선 협업체계 구축을 통해 지자체의 축사설립 제한조치, 낚시금지구역 설정, 가축분뇨처리 등과 같은 상류 오염원의 감축 노력도 병행되어야 수질이 개선 될 수 있다고 판단된다.



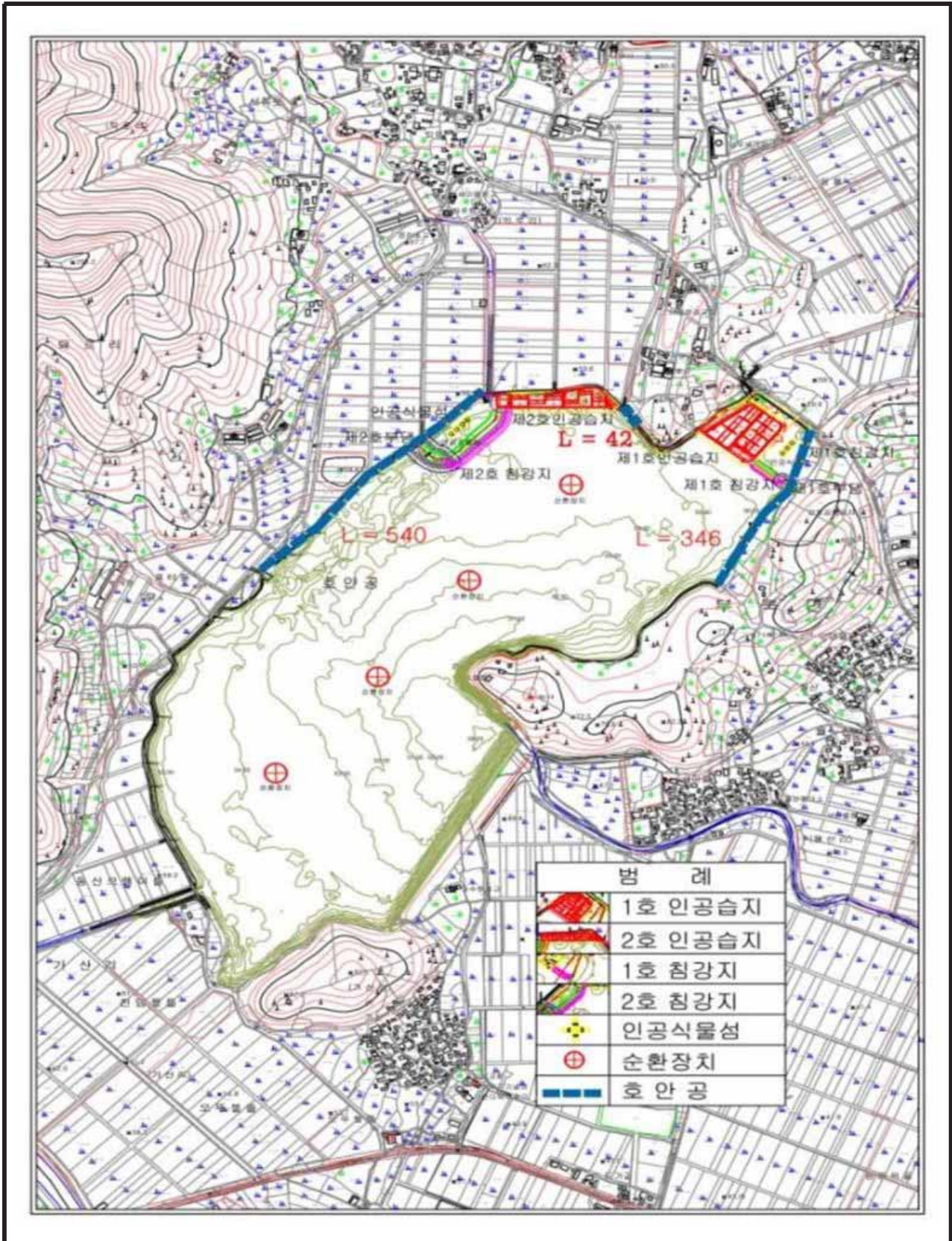
# 5. 가산지구



- 
- 5.1. 지구현황
  - 5.2. 기상 및 수질현황
  - 5.3. 시설별 수질개선효과
  - 5.4. 저수지 수질변화 및 개선효과
  - 5.5. 현장적용성 향상 및 유지관리 방안
  - 5.6. 요약



## 가산지구 수질개선사업 평면도





## 5.1. 지구현황

### 5.1.1 저수지 현황

#### 1) 유역현황

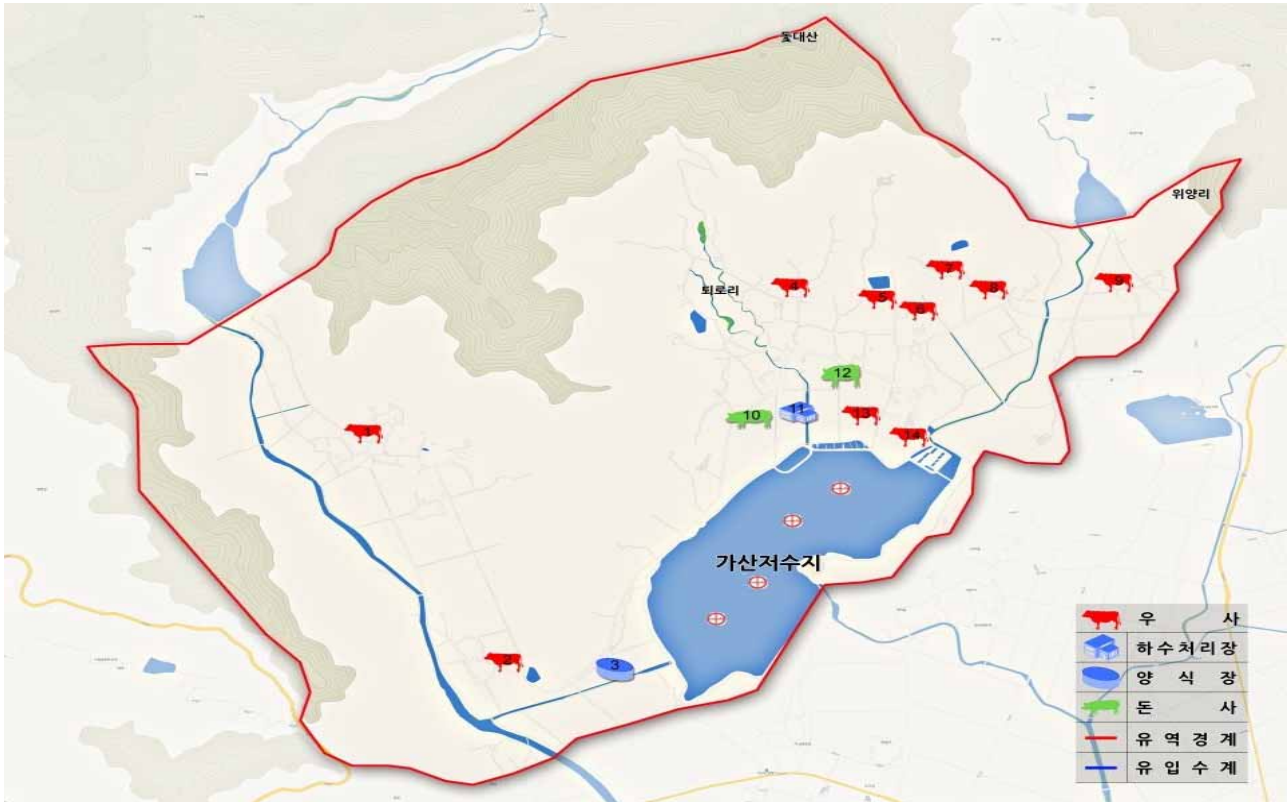
- 가산저수지는 북위 35도 20분 ~35도 38분, 동경 128도 34분 ~ 129도 01분 사이에 자리 잡고 있으며, 행정구역상 경상남도 밀양시 부북면에 속한다. 밀양시의 동쪽은 양산시, 서쪽은 창녕군, 남쪽은 창원시, 김해시, 북쪽은 경북 청도군과 접하고 있다. 밀양시의 동·서간 거리는 약 38km, 남·북간 거리는 약 24.5km에 달하며 경남의 중앙부에 위치하고 있다.

[표 5-1-1] 가산저수지 경위도상 위치

소재지	단	경도와 위도의 극점			연장거리
		지명	극점		
			동경	북위	
경남 밀양시 부북면	동단	부북면 퇴로리	128° 42' 16.14"	35° 32' 27.48"	동서간 1.3km
	서단	부북면 퇴로리	128° 41' 48.72"	35° 32' 29.86"	
	남단	부북면 퇴로리	128° 41' 49.74"	35° 32' 06.27"	남북간 0.8km
	북단	부북면 퇴로리	128° 42' 24.23"	35° 32' 43.65"	

\* 자료 : 통계연보, 2015, 밀양시

- 가산저수지는 밀양시의 서북부에 위치하고 있으며, 밀양의 주산인 화악산이 면의 북쪽에 위치하여 경북 청도군과 경계를 이루고 그 능선을 따라 남동쪽으로 상동면과 북서쪽으로 청도면이 있으며, 남으로는 종남산 봉우리를 경계로 하여 상남면과 남서쪽으로는 초동면과 접하고 남동쪽으로는 내이동과 교동이 인접하고 있다.
- 가산저수지 유역은 경북 청도군의 경계능선을 기점으로 북서쪽은 형제봉, 동쪽은 말치고개를 잇는 능선으로 둘러싸여 있으며, 지형은 경사가 급한 산악지형으로 북고남저형의 지세이다.
- 대항리 산간지역에서 발원한 제대천은 평상시에는 가산저수지 호소내로 유입되지 않고 가산리 하류부로 직접 배제되고 있으며, 호소내 저수량 부족시에는 대항교에서 제수문의 조작에 의해 수원을 보충 받고 있다. 수혜구역은 하류 월산리, 청운리의 평야지대이다.
- 저수지 상류에 분포한 축사 및 농경지에서 많은 오염물질들이 유입되고 있다.



[그림 5-1-1] 가산저수지 유역도

## 2) 일반현황

- 가산저수지는 경남 밀양시 부북면 퇴로리에 위치하며 유역면적 1,570ha, 유효저수량 3,393.8천 $m^3$ , 수혜농지 682.3ha이며 밀양지사에서 관리하고 있다.
- 유역 내에 퇴로리 마을하수처리장(60 $m^3$ /일)이 있고, 축사와 농경지가 저수지와 근접하여 위치하고 있다.
- 가산저수지 유역은 논보다 밭의 비중이 높아 강우시 밭토양에서 유출된 고농도의 비점오염물질이 저수지로 유입될 수 있다.

[표 5-1-2] 가산저수지 일반현황

소재지	경남 밀양시 부북면 퇴로리 417	
설치년도	1931년	
유역면적	1,570ha	
유효저수량	3,393.8천 $m^3$	
수혜농지	682.3ha	
만수면적	61.6ha	
관리주체	밀양지사	



## 5.1.2 수질개선시설 현황

### 1) 주요대책

- 상류대책으로 밀양시에서 하수관거 정비(4,499m, 154가구)를 통해 생활하수를 처리하고 있으며 2007년 5월 퇴로리 마을하수처리장을 준공하여 운영 중으로 연속주입 간헐폭기식 하수처리 공법으로 처리용량 60m<sup>3</sup>/일로 생활하수를 처리 중에 있다.
- 호내대책으로 인공습지 2개소(총 20,193m<sup>2</sup>)가 운영 중이며 평시 유출수에 대한 처리 및 유기 오염물질과 질소, 인 제거의 기능을 담당하고 있다.
- 침강지는 2개소로 1호 침강지는 면적 5,954m<sup>2</sup>, 길이 74m의 부뎀으로 이루어져 있으며 2호 침강지는 면적 7,640m<sup>2</sup>, 길이 192m의 부뎀으로 이루어져 있다. 침강지는 30mm/일 초과 강우시 유입되는 침강성 오염물질을 처리하는 기능을 가지고 있다. 1호, 2호 침강지 내에는 245m<sup>2</sup>의 인공식물섬(7식)을 함께 운영하여 침강지 녹조발생 억제 기능을 하고 있다.

[표 5-1-3] 가산저수지 수질개선시설 현황

구분	대안	시설	규모	비고
<input type="checkbox"/> 상류대책(밀양시 추진)				
1	하수처리	하수관거정비	4,499m(154가구)	
2	환경기초시설	마을하수처리시설	60m <sup>3</sup> /일(연속주입 간헐폭기식)	
3	관리감독	축분야적시설	1,096m <sup>3</sup> (5시설)	
<input type="checkbox"/> 호내대책				
1	평시 유출수 처리	1호 인공습지	11,392m <sup>2</sup>	
2	평시 및 강우 유출수 처리	1호 침강지	5,954m <sup>2</sup>	
3	평시 유출수 처리	2호 인공습지	8,801m <sup>2</sup>	
4	평시 및 강우 유출수 처리	2호 침강지	7,640m <sup>2</sup>	
5	침강지 녹조발생 억제	인공식물섬	245m <sup>2</sup> (7식) (1식 : 5.92×5.92m/1set)	
6	저수지 녹조발생 억제	물순환장치	4기	
7	수질개선시설보강(2015)	1호습지 가동보설치 2호습지 펌프시설 2호습지 우회수로	1개소(L=4.0m, H=0.7m) 1개소(D=100mm, 3대) L=36.0m (0.6×0.6)	

## 2) 인공습지

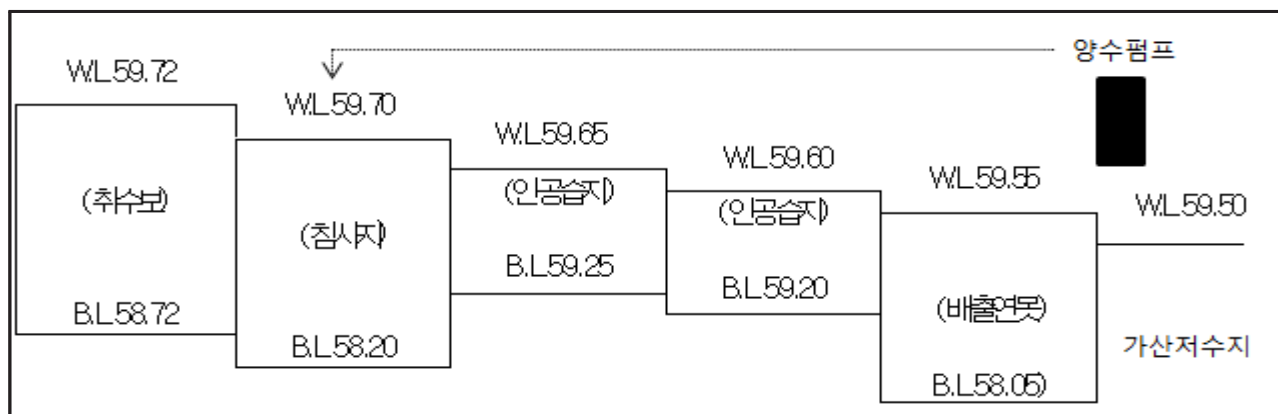
- 인공습지는 1, 2호 2개소로 총 면적 20,193㎡로 조성되었으며, 습지 내에 침사지 각 1개소를 조성하였다.
- 1호 인공습지 계획수량은 6,268.61㎡/일로 하고, 얇은 습지 2개소, 깊은 연못 2개소, 침사지 1개소, 배출연못 1개소를 조성하였다.
- 2호 인공습지의 경우 계획수량은 4,527.27㎡/일로 설계하고, 얇은 습지 2개소, 깊은 연못 2개소, 침사지 1개소, 배출연못 1개소, 총 계획면적 8,801㎡으로 조성하였다.
- 1호와 2호 인공습지의 체류시간은 농업용수 수질개선 시험연구 결과에서 도출된 체류시간에 따른 수질정화효율 등을 참고하여 12시간을 기준으로 적용하였다.

[표 5-1-4] 인공습지 설계유량 및 규모

습지명	총유출량 (ha-m)	침투홍수량 (m³/s)	설계홍수량 (m³/s)	체류시간 (hr)	면적 (m²)
제1호	0.02	15.9	0.07	12.7	11,392
제2호	0.06	52.1	0.05	13.3	8,801
계	0.08	68.0	0.12	-	20,193

[표 5-1-5] 제1호 인공습지 제원

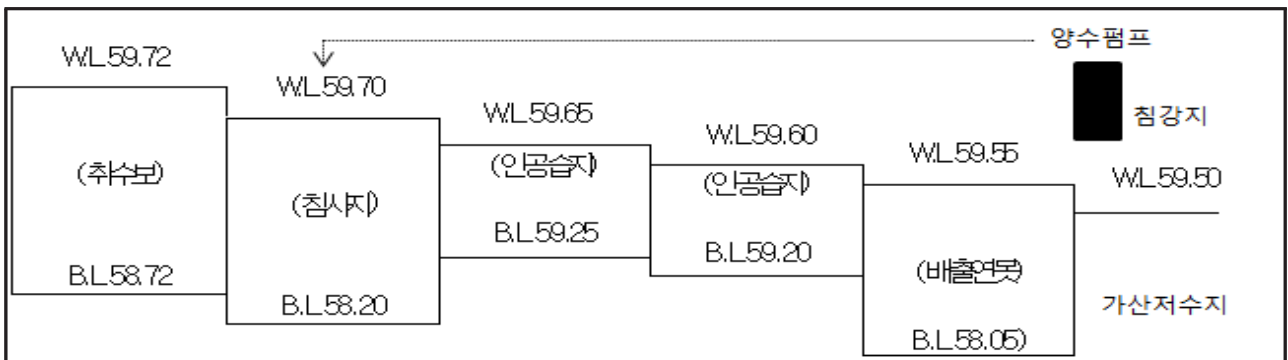
구 분	규모	계획면적 (m²)	계획수심 (m)	내용적 (m³)	비 고	
인공 습지	얇은습지	2개소	4,537	0.40	1,815	
	깊은연못	2개소	1,116	1.00	1,116	
	소계	4개소	5,653		2,931	
	침사지	1개소	665	1.50	997	
	배출연못	1개소	295	1.50	443	
	관리도로 및 기타		4,779			
합 계		11,392		4,370		



[그림 5-1-2] 1호 인공습지 수리계통도

[표 5-1-6] 제2호 인공습지 제원

구 분	규모	계획면적 (m <sup>2</sup> )	계획수심 (m)	내용적 (m <sup>3</sup> )	비 고	
인공 습지	얕은습지	2개소	3,610	0.40	1,444	
	깊은연못	2개소	657	1.00	657	
	소계	4개소	4,267		2,101	
	침사지	1개소	271	1.50	406	
	배출연못	1개소	81	1.50	122	
	관리도로 및 기타		4,182			
합 계		8,801		2,629		



[그림 5-1-3] 2호 인공습지 수리계통도



[그림 5-1-4] 1호 인공습지 평면도



[그림 5-1-5] 1호 인공습지 시설현황



[그림 5-1-6] 2호 인공습지 평면도



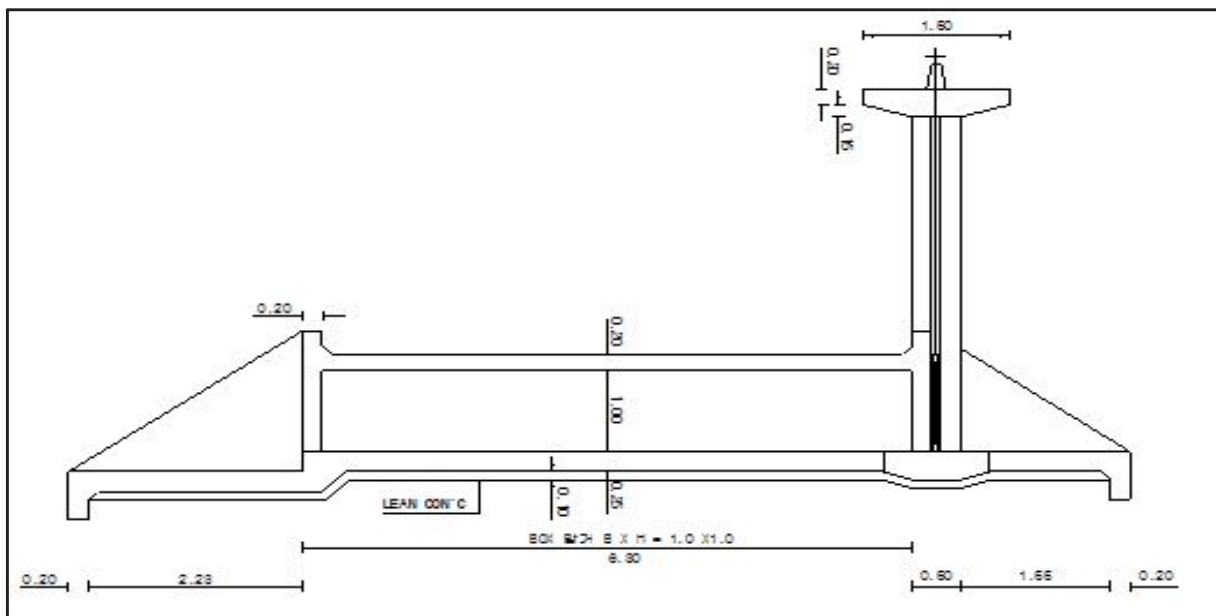
[그림 5-1-7] 2호 인공습지 시설현황

### 3) 침강지

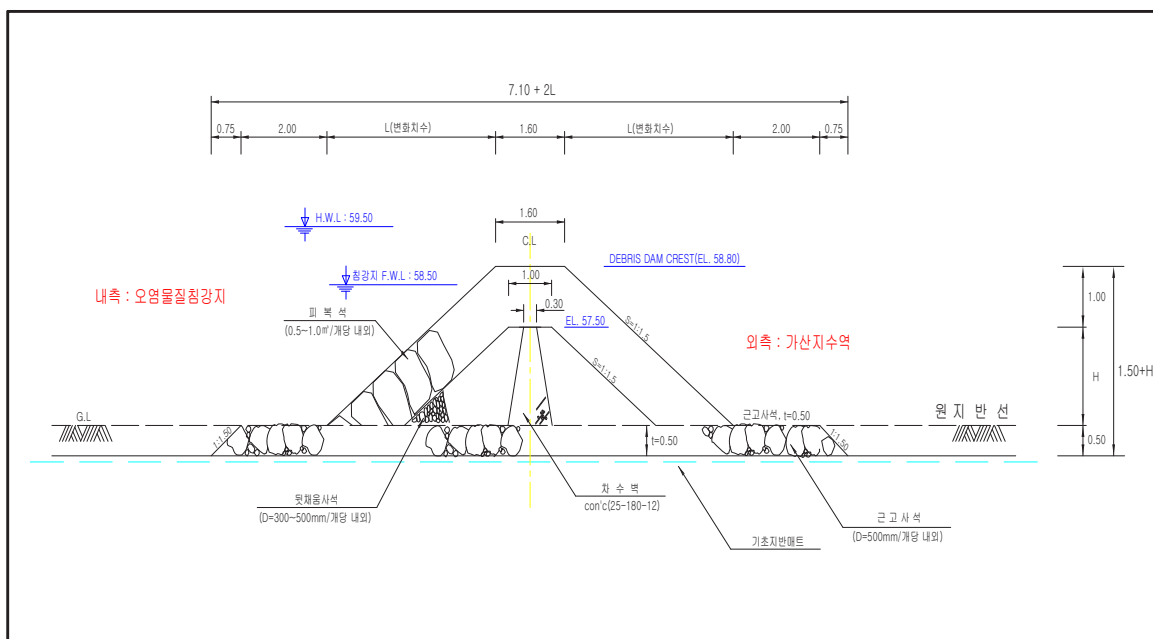
- 침강지는 전체 직접유역 유입량의 82%를 차지하는 오염물질의 유입이 가장 많은 하천 말단부 저수지 본체 내에 계획하였다.
- 1호 침강지의 경우 높이 2m, 길이 74m로 시설면적 0.6ha로 구성되어 있으며, 30mm/일 초과유입량은 9,883.45m<sup>3</sup>/일이다.
- 2호 침강지의 경우 높이 2.5m, 길이 192m로 시설면적 0.8ha로 구성되어 있으며, 30mm/일 초과유입량은 28,734.88m<sup>3</sup>/일로 강우시 유입되는 침강성 오염물질을 처리하는 기능을 가지고 있다.
- 침강지 수심이 2.0 ~ 2.5m로 조성하였으며, 유역유출량 및 홍수조절 등을 감안하여 침강지 내에서의 체류시간은 12시간 이상으로 계획하였다.

[표 5-1-7] 침강지 특성표

내 용	토지이용상태 (ha)						높이 (m)	길이 (m)	시설 면적 (ha)	SAR (%)
	계	논	밭	임야	주거지	기타				
가산저수지	1,570	55	196	1,208	16	95	12.3	422	61.6	3.9
제1호침강지	78.7	8.9	25.8	35.8	3.1	5.1	2.0	74	0.6	0.8
제2호침강지	257.7	16.6	59.0	164.4	4.6	13.1	2.5	192	0.8	0.3



침강지 종단면도



보조댐 단면도

[그림 5-1-8] 침강지 평면도





1호 침강지

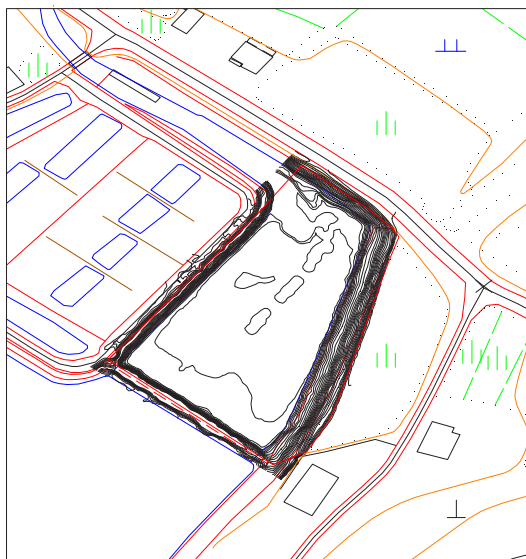
2호 침강지

[그림 5-1-9] 침강지 시설현황

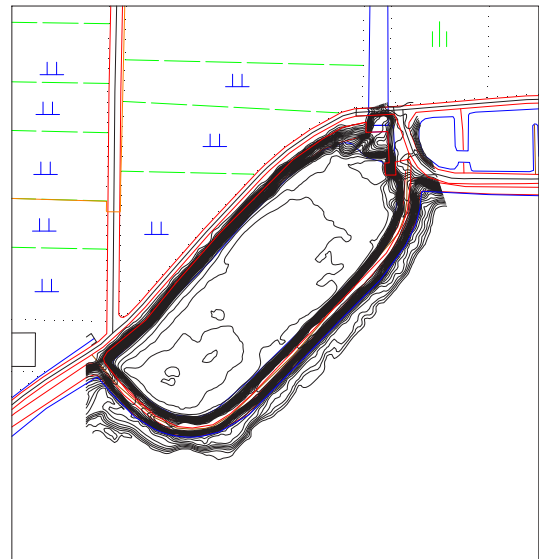
○ 가산저수지 1호, 2호 침강지의 내용적을 2017년 8월 23일 측량하고, 그 결과를 [표 5-1-8]과 [그림 5-1-10], [그림 5-1-11]에 나타내었다.

[표 5-1-8] 침강지 특성표

구 분	관측전 면적(m <sup>2</sup> )	관측전 내용적(m <sup>3</sup> )	관측후 내용적(m <sup>3</sup> )	내용적 퇴적량(m <sup>3</sup> )	퇴적율 (%)
1호 침강지	5,954	12,344	8,826	3,518	28.5
2호 침강지	7,640	20,980	10,078	10,902	52.0

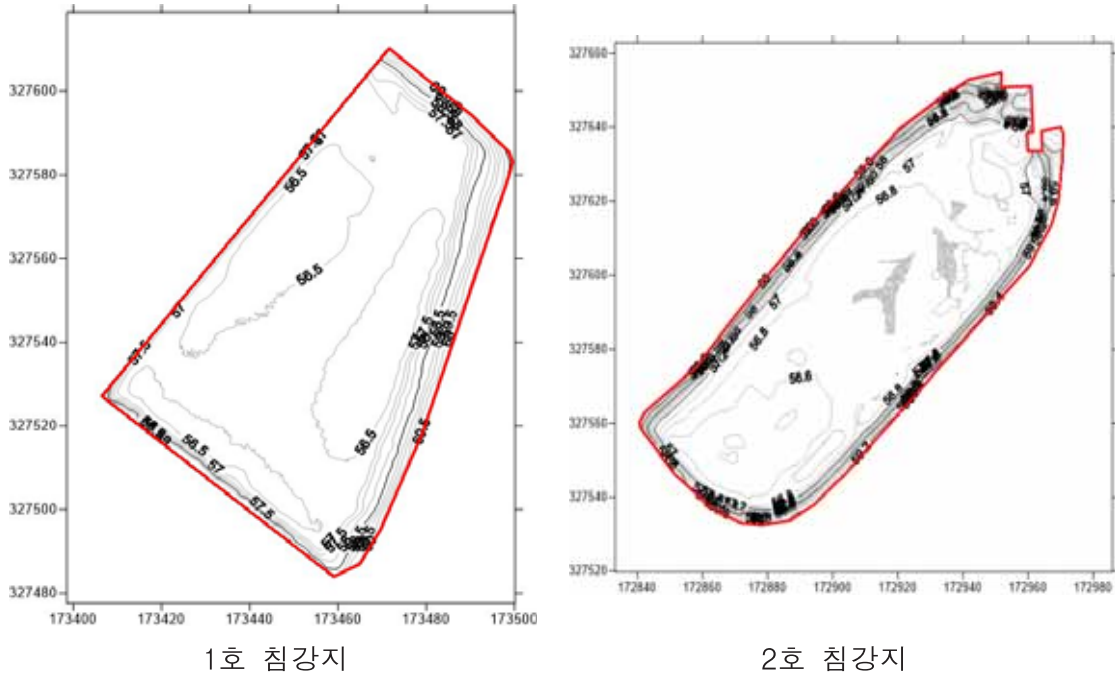


1호 침강지



2호 침강지

[그림 5-1-10] 침강지 측량 결과도



[그림 5-1-11] 침강지 퇴적분포도

#### 4) 기타 수질개선시설

- 녹조 발생 억제를 위해 저수지 내에 물순환 장치 4개소를 설치하였다.
- 기타 수질개선시설로 인공식물섬 7석을 1호(3석) 및 2호(4석) 침강지 수면에 설치하여 침강지 녹조발생 억제 및 생물 서식처를 제공하고 있다.



[그림 5-1-12] 기타 수질개선시설 현황

## 5.2. 기상 및 수질환경

### 5.2.1 기상현황

#### 1) 기온

- 가산저수지 유역과 가장 가까운 밀양기상대에서 조사된 기온을 살펴보면 수질개선 시설 운영 전인 2009년도의 평균기온은 14.5℃, 준공 후인 2011년도 13.5℃를 보였다. 금년도에는 평균기온이 14.2℃로써 운영전인 2009년 및 평년값과 비슷한 경향을 보였다.

[표 5-2-1] 가산저수지 유역 사업시행 전·후 월별 기온 현황 [단위 : °C]

구 분		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균
시행전	2009년	0.0	6.6	8.8	14.4	19.8	23.3	26.0	26.5	22.2	15.7	8.5	1.9	14.5
	2011년	-3.2	3.1	5.9	12.5	17.9	23.3	26.4	25.9	22.4	14.8	11.4	1.5	13.5
시행후	2012년	0.3	0.5	7.1	13.8	19.2	22.6	27.0	27.4	21.1	14.6	7.2	-0.1	13.4
	2013년	-0.6	2.2	8.7	11.7	19.1	23.7	27.5	28.2	22.4	16.8	7.5	2.1	14.1
	2014년	1.1	4.5	9.0	14.2	19.5	22.7	25.8	24.5	21.5	15.4	9.0	0.5	14.0
	2015년	1.3	2.8	7.9	13.4	19.6	22.3	25.0	25.8	20.8	15.0	11.	5.0	14.2
	2016년	0.3	3.5	8.9	14.8	19.6	23.4	26.9	27.5	22.3	16.8	8.6	3.9	14.7
	2017년	1.0	3.3	7.5	14.8	19.8	23.2	28.2	27.0	21.3	16.6	7.6	-0.3	14.2
평년값		0.0	3.3	8.0	13.7	19.3	23.1	26.6	26.6	21.8	15.7	8.9	1.8	14.1

#### 2) 강수량

- 수질개선 시설 운영 전인 2009년에는 1,130.8mm의 강우가 내려 평년 강수량 1,168.4mm와 거의 비슷한 강수량을 나타냈지만 2015년과 2017년 각각 951.3mm, 546.0mm로 강수량이 급격히 낮아졌다.
- 특히 2017년에는 평년 강수량의 50%에도 미치지 못하는 극심한 가뭄을 기록했다.

[표 5-2-2] 가산저수지 유역 사업시행 전·후 월별 강수량 현황

(단위 : mm)

구 분		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합계
시행전	2009년	7.5	45.0	37.5	39.6	125.9	189.2	479.7	78.5	22.4	49.5	37.7	18.3	1,130.8
시행후	2011년	0.0	60.3	17.0	125.5	142.5	185.7	512.5	258.2	31.0	74.6	116.5	6.0	1,529.8
	2012년	2.4	7.2	99.7	160.5	46.3	56.0	244.2	287.5	315.5	39.0	56.6	55.5	1,370.4
	2013년	10.6	51.5	69.4	72.4	134.4	89.6	249.1	170.0	64.1	62.4	60.2	4.5	1,088.2
	2014년	6.0	15.2	115.9	75.0	57.8	71.8	138.3	528.7	58.7	87.0	42.5	15.7	1,212.6
	2015년	23.9	19.6	55.1	125.0	72.9	45.1	221.0	134.5	95.0	45.2	78.1	35.9	951.3
	2016년	33.5	33.7	93.3	174.6	109.5	103.0	231.4	46.8	497.3	136.9	17.2	90.7	1,567.9
	2017년	3.2	30.5	31.9	89.4	37.1	53.4	51.7	120.3	69.8	58.4	0.0	0.3	546.0
평년값		10.9	32.9	65.0	107.8	90.8	99.2	266.0	203.1	144.2	69.1	51.1	28.4	1,168.4

## 5.2.2 수질현황

### 1) 목표수질 설정

- 목표수질은 농업용수 수질관리기준인 IV등급 이하로 COD 8.0mg/L, TOC 6.0 mg/L, T-N 1.0mg/L, T-P 0.1mg/L이다. 2015년도 예측수질은 COD 7.5mg/L, T-N 0.834mg/L, T-P 0.029mg/L이었다.

[표 5-2-3] 가산저수지 목표수질

구 분	목표수질	기본계획(당시) (‘07년)	장래 예측수질 (‘15년)
COD(mg/L)	8.0	9.1	7.5
TOC(mg/L)	6.0	-	-
T-N (mg/L)	1.0	1.177	0.834
T-P (mg/L)	0.1	0.047	0.029
수질등급	IV등급	V등급	IV등급

## 2) 오염원 현황

- 인구는 사업 시행 전인 2009년 715명에서, 2012년도 들어서면서 요양원 등 신규 건물들이 입주함에 따라 인구가 883명으로 증가되었으며 이후 유사한 수준의 인구수를 유지하고 있다가 2017년도에 903명으로 다소 증가하고 있는 추세에 있다.
- 축산의 경우 한우는 2009년 220두이었으나 그 이후 2012년도에 신규 축사가 들어서면서 796두로 증가되었다. 그러나 이후부터는 차츰 감소하는 있는 추세이다. 돼지의 경우 2009년 이후 점차 감소되었다가 2015년도에는 유역내 사육농가 없는 것으로 나타났다. 2016년도에는 신규 돼지 축사가 들어서면서 1,050두로 증가되었다.
- 비점오염원인 토지이용 현황은 임야가 1,208ha(76.9%)로 가장 높은 비율을 차지하고, 전이 197ha(12.5%), 기타가 110ha(7.1%), 답이 55ha(3.5%)를 차지하고 있어 임야가 토지계의 대부분을 차지하고 있다.

[표 5-2-4] 가산저수지 유역 내 인구변화 추이

구 분	2009년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
인구(명)	715	883	895	897	887	935	903

[표 5-2-5] 가산저수지 유역 내 연도별 축산변화

구 분	2009년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
한우	220	796	736	638	613	424	507
돼지	2,800	1,400	1,500	650	-	1,050	1,050
기타	-	-	-	-	-	-	-

[표 5-2-6] 가산저수지 유역 내 지목별 토지이용현황

구 분	2009년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
계	1,570	1,570	1,570	1,570	1,570	1,570	1,570
전(ha)	197	197	197	197	197	197	197
답(ha)	55	55	55	55	55	55	55
임야(ha)	1,208	1,208	1,208	1,208	1,208	1,208	1,208
기타(ha)	110	110	110	110	110	110	110

### 3) 오염부하량

- 가산저수지의 유역 내 오염물질 발생부하량은 대부분이 점오염원으로 BOD 발생부하량 기준 86.4%를 차지하고 있다.
- 점오염원 중 대부분은 축산계 60.5%, 생활계 39.5%로 점차 증가되는 추세이다. 비점오염원은 대부분 임야로 68.8%를 차지하며, 그 뒤로 전, 답 순이다.

[표 5-2-7] 2017년 가산저수지 유역 내 발생부하량

[단위:kg/d]

구 분	점오염원						비점오염원					계	
	생활계 (인)	축산계(두)			산업계 (m <sup>3</sup> /일)	소계	토지현황(ha)				소계		
		한우	젓소	돼지			전	답	임야	기타			
원 수	903	507	-	1,050	-		197	55	1,208	110			
발 생 부 하 량	BOD	44.2	34.0	-	33.6	-	111.8	3.1	1.3	12.1	1.1	17.6	129.4
		34.2%	26.3%	-	26.0%	-	86.4%	2.4%	1.0%	9.4%	0.9%	13.6%	100%
	T-N	11.9	20.3	-	15.6	-	47.8	18.5	3.6	26.6	0.1	48.8	96.6
		12.3%	21.1%	-	16.1%		49.5%	19.1%	3.7%	27.5%	0.1%	50.5%	100%
	T-P	1.4	1.8	-	3.5	-	6.6	0.5	0.3	1.7	0	2.5	9.1
		15.3%	19.7%	-	38.5%	-	72.5%	5.5%	3.3%	18.7%	0%	27.5%	100%

- 연도별 오염물질 발생량은 사업 시행 전인 2009년 BOD 157.0kg/일, T-N 108.8kg/일, T-P 13.6kg/일, 2014년 BOD 125.1kg/일, T-N 95.9kg/일, T-P 8.3kg/일, 2015년 BOD 102.1kg/일, T-N 85.0kg/일, T-P 6.0kg/일로 점차 감소하다가 2017년 BOD 129.4kg/일, T-N 96.7kg/일, T-P 9.1kg/일로 다소 증가하였다.
- 이는 유역 내 축산 및 인구 증가에 따른 발생부하량 증가로 판단된다.

[표 5-2-8] 가산저수지 유역 내 연도별 오염물질 발생부하량

구 분	발생부하량(kg/d)							
	2009년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
BOD	157.0	128.0	159.0	158.8	125.1	102.1	125.4	129.4
T-N	108.8	95.1	113.2	112.4	95.9	85.0	93.8	96.7
T-P	13.6	10.8	11.3	11.4	8.3	6.0	8.9	9.1

#### 4) 수질현황

- 준공년도인 2010년 COD 7.4mg/L, T-N 0.947mg/L, T-P 0.020mg/L이었다. 2011년 ~ 2013년까지 착공년도와 비교하여 COD, TOC, T-N, T-P가 다소 낮아지는 경향을 나타냈으나, 2014년 이후는 증가하는 경향을 보이고 있다.
- 2015년도 이후 COD, TOC, T-N, T-P가 다시 감소하는 경향을 보이며 금년도에는 COD 6.6mg/L, TOC 3.8mg/L, T-N 0.902mg/L, T-P 0.023mg/L 으로 목표수질을 모두 만족하고 있다.

[표 5-2-9] 가산저수지 수질현황

구 분	착공전 평균 (‘03~‘07)	착공중 평균 (‘08~‘10)	준공후 평균 (‘11~‘17)	수질 변화					목표수질
				‘13	‘14	‘15	‘16	‘17	
COD	8.2	8.8	6.7	5.7	7.0	6.3	7.4	6.6	8.0이하
TOC	-	-	3.4	3.4	4.3	3.1	4.1	3.8	6.0이하
T-N	1.093	0.853	1.316	0.507	2.074	1.216	0.796	0.902	1.0이하
T-P	0.038	0.038	0.103	0.020	0.069	0.038	0.023	0.023	0.1이하

### 5.3. 시설별 수질개선효과

- 수질조사 지점은 1호 침강지 및 인공습지 유입부(①), 1호 인공습지 유출부(②), 1호 침강지 유출부(③) 등 총 3지점이며, 퇴적물 조사 지점은 1호 인공습지 유출부(②), 1호 침강지 유출부(③) 등 총 2지점에 대한 조사를 시행하였다.

[표 5-3-1] 가산저수지 수질 및 퇴적물 조사 시기

구 분	조사횟수	조사일자				
		1차	2차	3차	4차	강우시 <sup>1)</sup>
수질조사	5회	04.13	07.06	09.21	10.25	08.24
퇴적물조사	1회	-	-	09.21	-	-

1) 조사시 강수량 : 16.6mm



[그림 5-3-1] 가산지구 수질 및 퇴적물 조사 지점

### 5.3.1 인공습지 수질개선효과

- 1차 수질조사 시 저수율은 100%였으나, 2차 수질조사 시 저수율은 48.4%로 급격히 낮아졌다. 3차 수질조사에는 35.3%로 더 낮은 저수율을 보였다. 4차 수질조사 시에는 저수율 26.5%로 평년대비 50%이하의 낮은 강수량과 3년 동안 이어진 극심한 가뭄으로 인한 용수 부족으로 펌프시설의 정상적인 가동이 불가능하였고, 그 결과 인공습지의 운영 또한 어려웠다(강우 조사시 저수율 37.6%).
- 수질개선시설인 취입보를 이용하여 일강우량 30mm의 유출량을 기준으로, 그 이하일 때는 인공습지의 정화를 통하여 저수지로 유입되도록 하고, 갈수기에는 설치된 양수 펌프를 이용하여 인공습지로 물을 공급하고 있다.
- 수질조사결과 1호 인공습지 유입수의 수온은 21.8℃에서, 유출수 24.9℃로 다소 높아졌다. 원인으로는 2017년 연일 지속된 폭염으로 인하여 습지 내 유입수량이 충분치 않은 반면 증발량은 많아 습지 내 물 순환이 원활치 않고 정체된 상태에서 수온이 상승한 것으로 보인다.
- pH는 유입수 7.9, 유출수 8.0로 큰 차이가 없었고, 농업용수 관리기준을 만족하였다.



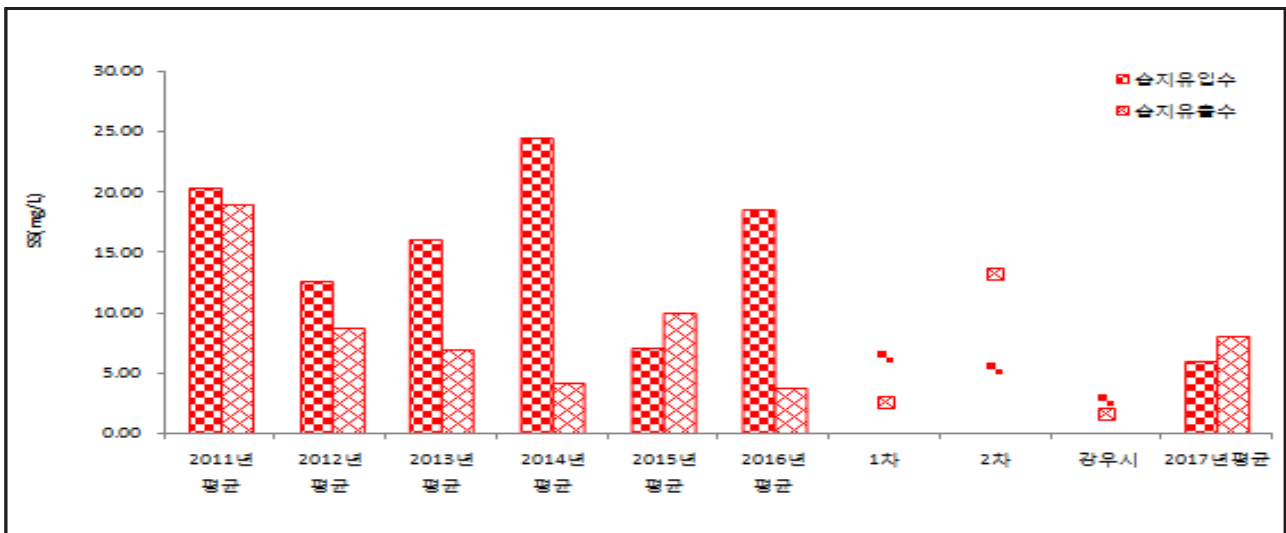
- EC는 유입수 166 $\mu$ S/cm, 유출수 188 $\mu$ S/cm로 다소 증가하였으나 작물생육에 지장이 없는 기준인 700 $\mu$ S/cm에 비해 크게 낮은 경향을 나타냈다.
- DO는 유입수 8.3mg/L, 유출수 9.2mg/L로 인공습지를 거치면서 용존산소가 다소 증가하는 것으로 나타났다. 유입수와 유출수 모두 농업용수 관리기준인 2.0mg/L 이상을 만족하였다.
- SS는 유입수 5.9mg/L, 유출수 8.0mg/L로 오히려 크게 증가하는 경향을 보였는데 이는 1차 조사를 제외하고는 적은 강수량으로 인해 물의 증발량이 많아 수체 내 부유 물질이 집적된 것으로 판단된다.
- COD는 유입수 6.2mg/L, 유출수 5.9mg/L으로 다소 개선되는 경향을 나타냈다.
- TOC는 유입수는 3.8mg/L이고 유출수는 3.7mg/L로 큰 변화가 없는 것으로 나타났다
- T-N의 경우는 유입수 1.359mg/L, 유출수 0.739mg/L로 낮아지고 크게 안정화되는 경향을 보여 인공습지가 질소 정화 효과가 큰 것으로 나타났다.
- T-P의 경우 또한, 유입수 0.046mg/L에서 유출수 0.040mg/L로 다소 낮아지는 경향을 나타내며 인공습지에서 인이 정화되고 있는 것을 알 수 있었다.

[표 5-3-2] 가산저수지 1호 인공습지 수질변화

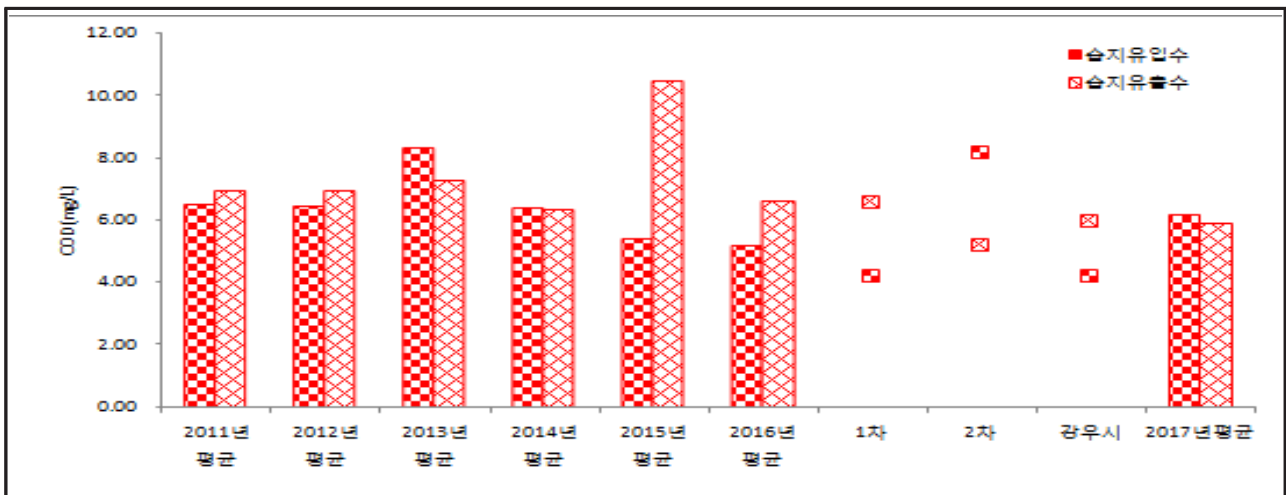
구 분		'13년	'14년	'15년	'16년	'17년 평상시 및 강우시					
		평균	평균	평균	평균	1차	2차	3차	4차	평균	강우
수온 ( $^{\circ}$ C)	유입수	21.4	24.1	19.8	22.5	18.6	24.9	-	-	21.8	24.5
	유출수	26.2	24.0	18.2	25.6	17.9	31.9	-	-	24.9	28.7
pH	유입수	7.8	7.2	7.3	7.4	8.2	7.6	-	-	7.9	7.4
	유출수	7.9	7.1	7.1	7.7	7.6	8.4	-	-	8.0	7.8
EC ( $\mu$ S/cm)	유입수	165	181	113	139	127	204	-	-	166	187
	유출수	121	156	142	148	144	231	-	-	188	147
DO (mg/L)	유입수	7.4	7.2	2.3	7.3	10.3	6.3	-	-	8.3	4.5
	유출수	6.9	6.4	3.5	9.0	8.6	9.7	-	-	9.2	6.4
SS (mg/L)	유입수	16.0	24.4	7.1	18.5	6.4	5.4	-	-	5.9	2.8
	유출수	6.8	4.1	9.9	3.7	2.7	13.3	-	-	8.0	1.6
COD (mg/L)	유입수	8.3	6.4	5.4	5.2	4.2	8.2	-	-	6.2	4.2
	유출수	7.3	6.4	10.5	6.6	6.6	5.2	-	-	5.9	6.0
TOC (mg/L)	유입수	6.0	3.6	2.7	2.9	2.1	5.5	-	-	3.8	2.3
	유출수	4.8	3.8	5.8	3.9	4.1	3.2	-	-	3.7	3.4
T-N (mg/L)	유입수	1.539	2.355	0.516	1.205	2.087	0.630	-	-	1.359	0.849
	유출수	0.516	1.080	0.879	0.427	0.424	1.053	-	-	0.739	0.284
T-P (mg/L)	유입수	0.108	0.217	0.055	0.068	0.050	0.041	-	-	0.046	0.028
	유출수	0.039	0.052	0.114	0.038	0.028	0.051	-	-	0.040	0.020

[표 5-3-3] 5개년 가산지구 인공습지 정화효율

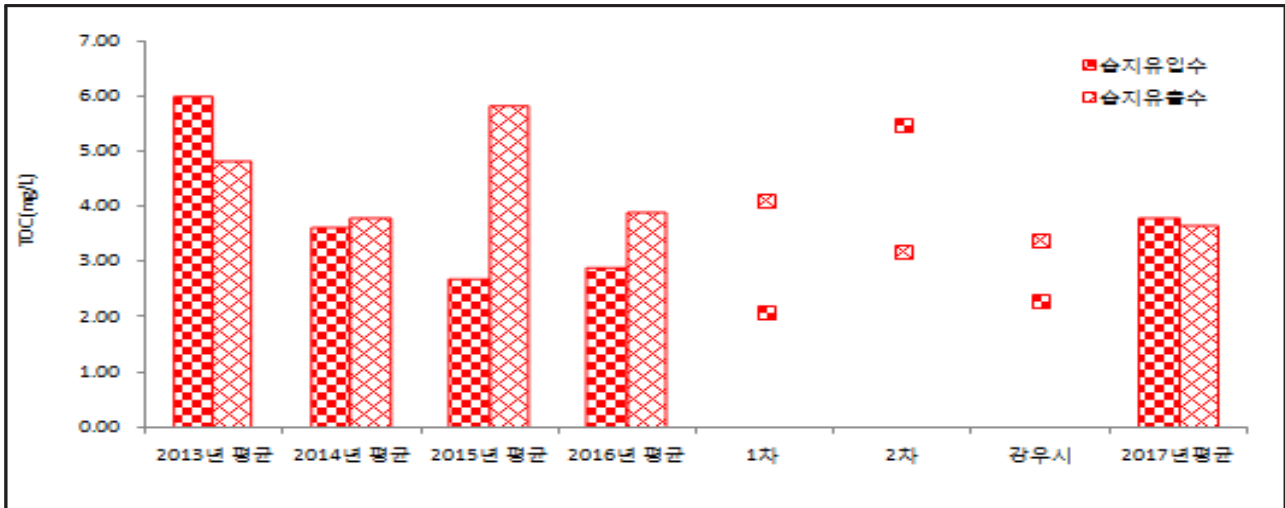
구 분		'13~'17년 전체		'13~'17년 평상시		'13~'17년 강우시	
		부하량	정화효율 (%)	부하량	정화효율 (%)	부하량	정화효율 (%)
SS (kg/d)	습지유입	58.8	65.4	45.9	54.2	71.7	73.0
	습지유출	20.4		21.0		19.4	
COD (kg/d)	습지유입	21.3	-30.6	22.9	-43.5	19.6	-2.7
	습지유출	27.8		32.9		20.1	
TOC (kg/d)	습지유입	14.0	-25.3	16.8	-24.7	11.2	-11.2
	습지유출	17.5		20.9		12.5	
T-N (kg/d)	습지유입	5.351	59.0	5.883	56.9	4.819	65.0
	습지유출	2.196		2.536		1.686	
T-P (kg/d)	습지유입	0.412	59.4	0.229	15.8	0.595	78.5
	습지유출	0.167		0.193		0.128	



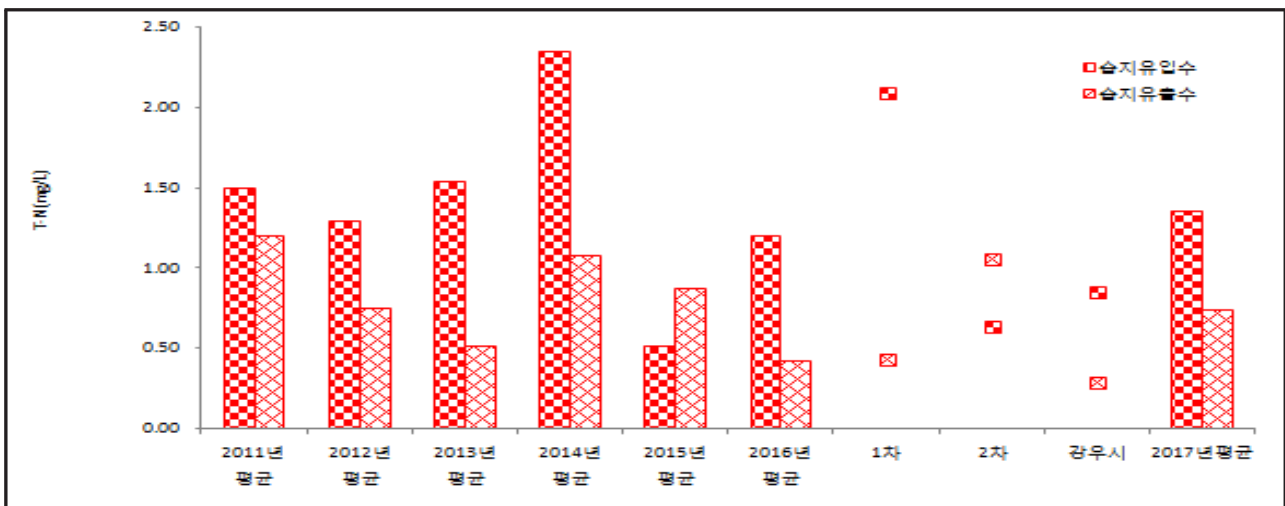
[그림 5-3-2] 가산지구 인공습지 유입수 및 유출수 SS 변화



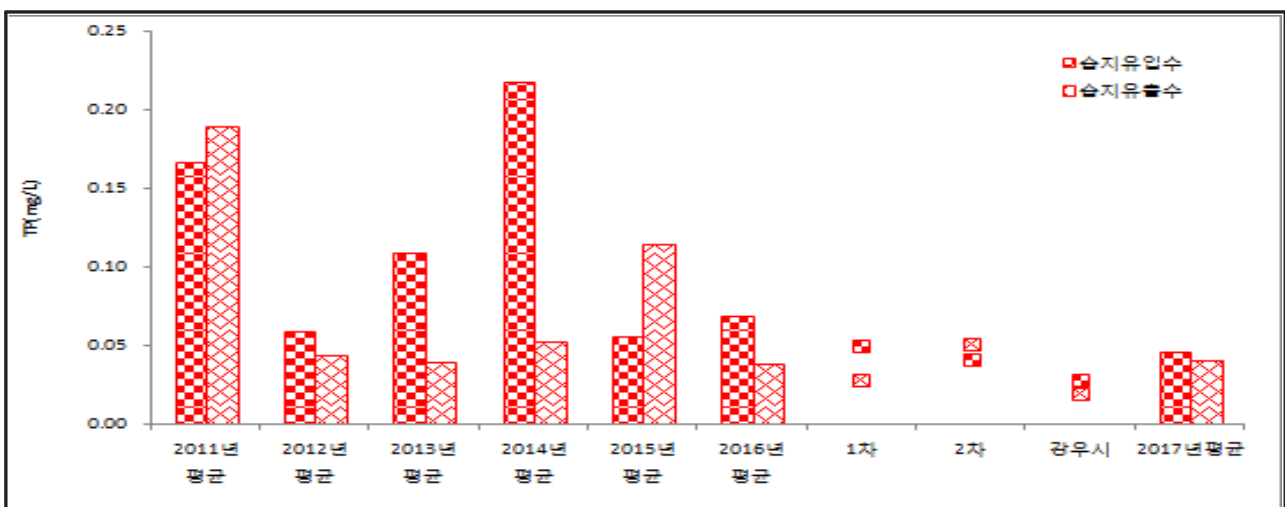
[그림 5-3-3] 가산지구 인공습지 유입수 및 유출수 COD 변화



[그림 5-3-4] 가산지구 인공습지 유입수 및 유출수 TOC 변화



[그림 5-3-5] 가산지구 인공습지 유입수 및 유출수 T-N 변화



[그림 5-3-6] 가산지구 인공습지 유입수 및 유출수 T-P 변화

### 5.3.2 침강지 수질개선효과

- 가산저수지는 일강우량 30mm/일의 유출량을 기준으로, 초과된 양은 침강지로 유입되어 유기물질 저감한 후 저수지로 유입하도록 하였다.
- '17년 조사에서는 가뭄과 강우발생 빈도수가 적어 유입하천에서 침강지로 유입되는 수량이 적었으며 강우 시 조차 유입 후 증발 및 흡수로 침강지 조사가 불가능하였다.
- 강우조사시 밀양지역 강우량은 16.6mm로 확인되었다.
- 2017년 침강지 사후모니터링 조사는 극심한 가뭄으로 인하여 1차 조사만 이루어져 전반적인 수질개선효과의 파악이 어려웠으며, 부득이하게 1차 조사결과 만으로 그 효과를 분석하였다.
- 침강지의 수온은 유입수 18.6℃에서 유출수 17.0℃로 다소 낮아졌다.
- pH는 유입수와 유출수 모두 pH 8.2, 7.7로 큰 차이가 없었으며 대부분 농업용수 관리기준인 pH 6.0~8.5를 만족하였다.
- EC는 유입수 127 $\mu$ S/cm에서 유출수 105 $\mu$ S/cm로 다소 낮아지는 경향을 보였으며 작물 생육에 지장이 없는 기준인 700 $\mu$ S/cm에 비해 크게 낮은 경향을 보였다.
- DO는 유입수 10.3mg/L, 유출수 10.1mg/L로 큰 변화없이 유입수와 유출수 모두 농업용수 관리기준인 2.0mg/L 이상을 만족하고 있다.
- SS는 유입수는 6.4mg/L, 유출수 3.5mg/L로 SS가 크게 감소되는 경향을 나타내고 있다.
- COD는 유입수 4.2mg/L에서 유출수 6.0mg/L로 다소 증가되는 양상을 나타내었으나 농업용수 기준을 만족하고 있다.
- TOC는 유입수 2.1mg/L에서 유출수 3.4mg/L로 높아지는 경향을 보였다.
- 유기물 지표인 COD와 TOC 농도는 유입수에 비해 유출수에서 증가하는 경향을 보였는데, 이는 침강지에서 물이 정체되면서 식물성 플랑크톤 성장에 따른 내부생산량 증가가 주요 원인으로 판단된다.
- T-N의 경우 유입수는 2.087mg/L, 유출수는 0.902mg/L로 낮아지고 안정화되는 경향을 보여 침강지가 질소 정화 효과가 있는 것으로 나타났다.
- T-P 또한 유입수가 0.050mg/L, 유출수는 0.023mg/L로 낮아지는 경향을 보여 침강지에서 인이 정화되고 있었다.

[표 5-3-4] 가산저수지 1호 침강지 수질변화

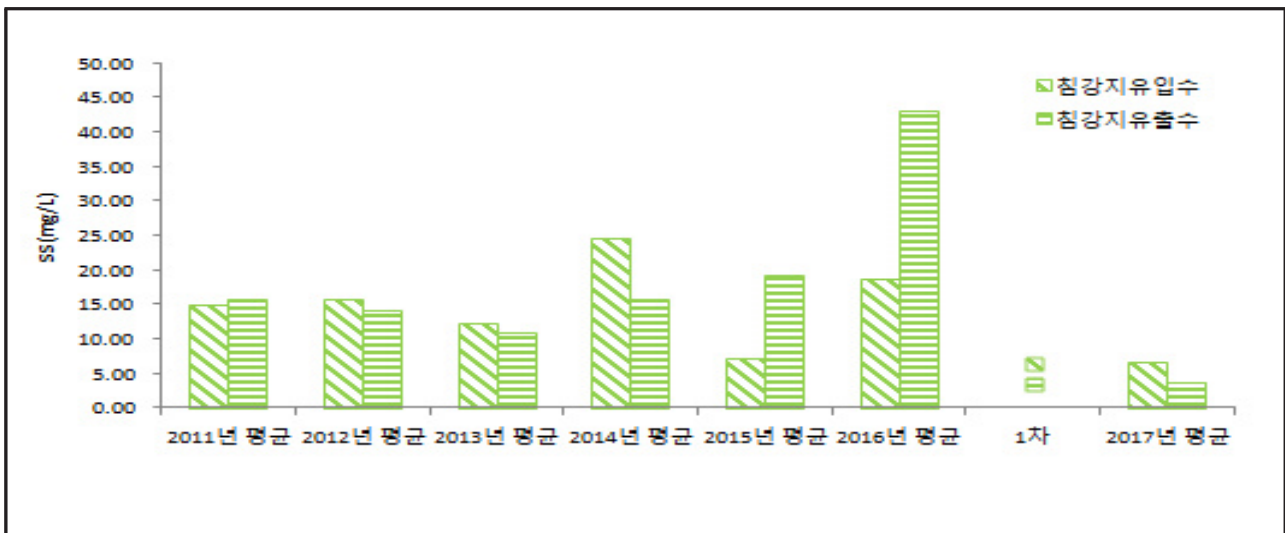
구 분		'13년	'14년	'15년	'16년	'17년 평상시 및 강우시					
		평균	평균	평균	평균	1차	2차	3차	4차	평균	강우
수온 (°C)	유입수	21.4	24.1	19.8	22.5	18.6	-	-	-	18.6	-
	유출수	22.2	23.4	19.1	24.2	17.0	-	-	-	17.0	-
pH	유입수	7.8	7.2	7.3	7.4	8.2	-	-	-	8.2	-
	유출수	7.6	7.2	7.6	7.7	7.7	-	-	-	7.7	-
EC (µS/cm)	유입수	165	181	158	139	127	-	-	-	127	-
	유출수	188	200	157	136	105	-	-	-	105	-
DO (mg/L)	유입수	7.4	7.2	3.4	7.3	10.3	-	-	-	10.3	-
	유출수	6.0	8.3	7.7	8.6	10.1	-	-	-	10.1	-
SS (mg/L)	유입수	16.0	24.4	7.1	18.5	6.4	-	-	-	6.4	-
	유출수	10.7	15.6	19.0	43.0	3.5	-	-	-	3.5	-
COD (mg/L)	유입수	8.3	6.4	5.4	5.2	4.2	-	-	-	4.2	-
	유출수	6.6	5.5	6.0	7.6	6.0	-	-	-	6.0	-
TOC (mg/L)	유입수	6.0	3.6	2.7	2.9	2.1	-	-	-	2.1	-
	유출수	3.9	3.1	3.0	3.8	3.4	-	-	-	3.4	-
T-N (mg/L)	유입수	1.539	2.355	0.516	1.205	2.087	-	-	-	2.087	-
	유출수	1.055	2.208	0.832	0.879	0.902	-	-	-	0.902	-
T-P (mg/L)	유입수	0.108	0.217	0.055	0.068	0.050	-	-	-	0.050	-
	유출수	0.063	0.079	0.082	0.063	0.023	-	-	-	0.023	-

[표 5-3-5] 5개년 가산지구 침강지 수질변화

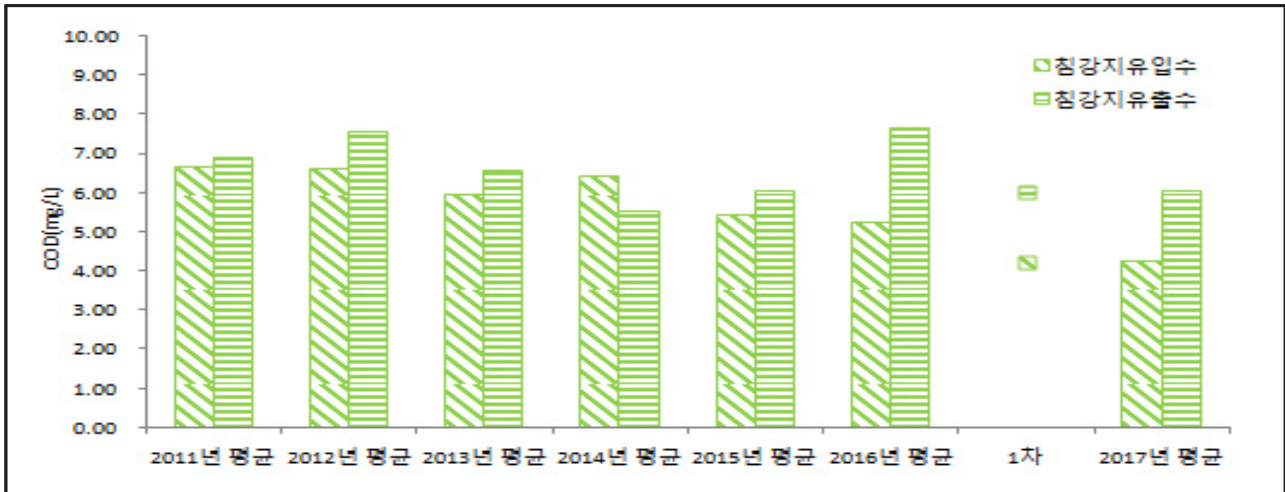
구 분		'13~'17년 평균			'13~'17년 평상시			'13~'17년 강우시		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
수온 (°C)	유입수	21.7	16.9	29.9	22.1	16.9	29.9	21.2	18.6	25.5
	유출수	21.5	16.8	31.1	22.4	16.9	31.1	20.6	16.8	27.0
pH	유입수	7.4	6.2	8.4	7.5	6.2	8.4	7.4	7.1	8.4
	유출수	7.5	6.8	8.7	7.6	6.8	8.7	7.5	7.0	8.5
EC (µS/cm)	유입수	161	86	221	169	90	221	152	86	187
	유출수	163	87	277	177	87	277	150	100	190
DO (mg/L)	유입수	6.0	2.3	10.9	7.2	3.0	10.9	4.7	2.3	9.2
	유출수	7.8	3.4	12.3	8.4	3.4	12.3	7.2	5.4	8.9
SS (mg/L)	유입수	13.4	2.4	71.3	8.7	2.4	25.8	17.7	2.8	71.3
	유출수	21.6	2.7	152.0	15.4	2.7	34.7	27.8	6.3	152.0
COD (mg/L)	유입수	5.9	3.4	11.4	5.3	3.4	8.2	6.6	4.2	11.4
	유출수	6.4	3.4	10.8	6.3	3.4	10.8	6.4	4.2	9.5
TOC (mg/L)	유입수	3.4	2.0	6.9	3.3	2.0	6.9	3.5	2.3	6.5
	유출수	3.4	2.0	5.7	3.4	2.1	5.1	3.4	2.0	5.7
T-N (mg/L)	유입수	1.207	0.431	3.341	1.315	.431	2.453	1.108	0.440	3.341
	유출수	1.137	0.389	3.410	1.297	0.389	3.410	0.977	0.606	1.750
T-P (mg/L)	유입수	0.091	0.028	0.668	0.056	0.037	0.087	0.123	0.028	0.668
	유출수	0.071	0.023	0.111	0.064	0.023	0.111	0.078	0.051	0.101
Chl-a (mg/m <sup>3</sup> )	유입수	5.1	0.7	19.7	6.0	0.7	19.7	4.3	1.2	14.0
	유출수	6.3	1.1	25.2	6.3	1.2	17.7	6.3	1.1	25.2

[표 5-3-6] 5개년 가산지구 침강지 정화효율

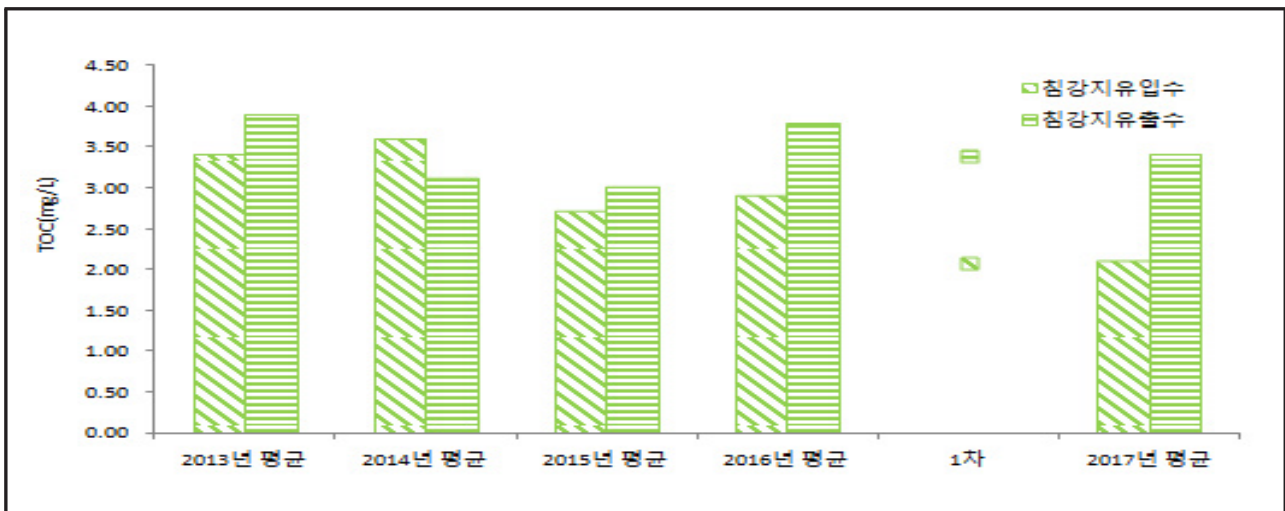
구 분		'13~'17년 평균		'13~'17년 평상시		'13~'17년 강우시	
		평균	정화효율	평균	정화효율	평균	정화효율
SS (kg/d)	유입수	516.8	69.6	1.5	-167.8	610.5	69.7
	유출수	157.4		4.0		185.3	
BOD (kg/d)	유입수	27.2	40.3	0.2	-251.4	33.2	40.8
	유출수	16.2		0.8		19.7	
COD (kg/d)	유입수	99.7	37.9	0.9	-114.8	117.7	38.1
	유출수	61.9		2.0		72.8	
TOC (kg/d)	유입수	52.6	36.5	0.4	-160.7	62.1	36.7
	유출수	33.4		1.0		39.3	
T-N (kg/d)	유입수	26.900	60.8	0.563	43.4	31.688	60.9
	유출수	10.534		0.319		12.391	
T-P (kg/d)	유입수	4.588	84.7	0.020	2.6	5.419	84.7
	유출수	0.703		0.019		0.828	
Chl-a (g/d)	유입수	46.3	76.2	0.6	-209.1	54.6	-75.9
	유출수	81.6		1.7		96.1	



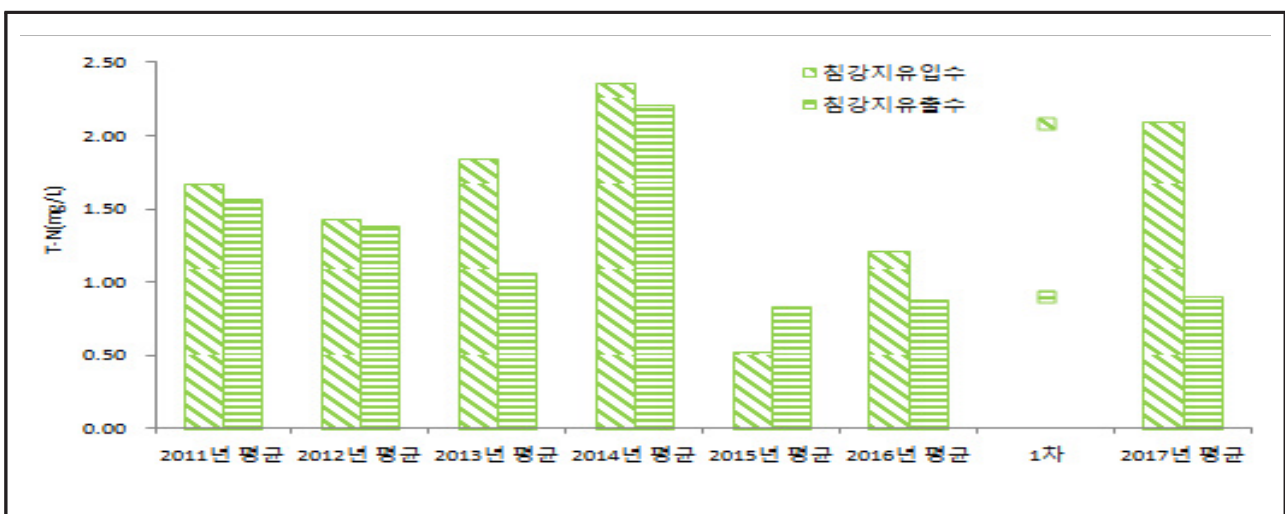
[그림 5-3-7] 가산지구 침강지 유입수 및 유출수 SS 변화



[그림 5-3-8] 가산지구 침강지 유입수 및 유출수 COD 변화

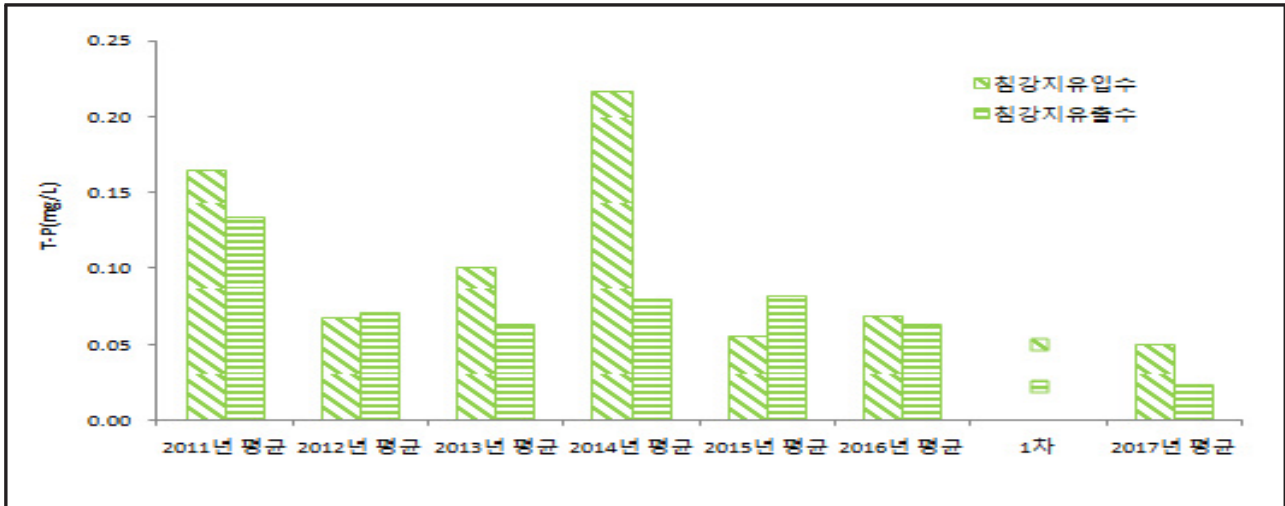


[그림 5-3-9] 가산지구 침강지 유입수 및 유출수 TOC 변화



[그림 5-3-10] 가산지구 침강지 유입수 및 유출수 T-N 변화





[그림 5-3-11] 가산지구 침강지 유입수 및 유출수 T-P 변화

### 5.3.3 퇴적물 조사결과

- 퇴적물 분석결과 1호 인공습지에서 채취한 퇴적물의 입도는 모래 18.9%, 미사 49.1%, 점토 32.0%로써 SiCL(미사질식양토)이고, 1호 침강지의 퇴적물은 모래 15.0%, 미사 63.0%, 점토 22.0%로써 SiL(미사질양토)로 분류 되었다.
- 1호 인공습지와 침강지의 pH는 각각 5.1, 6.8로써 습지 여재로서 이용하기 좋은 6.5~8.5의 범위를 크게 벗어나 있지는 않았다.
- EC는 인공습지 0.249dS/m, 침강지 0.059dS/m로 식물성장 매체로 적합한 4.0 dS/m 이하를 만족하고 있었다.
- 유기물은 인공습지 4.389%, 침강지 1.395%이고 유효인산은 인공습지 7.46mg/kg, 침강지 4.74mg/kg로 조사되었다.
- 인공습지의 강열감량은 6.1%, T-N은 1,480.2mg/kg, T-P는 492.3mg/kg으로 국립환경과학원의 호소 퇴적물 오염평가 기준보다 낮게 조사되었다.
- 침강지의 강열감량은 9.1%, T-N은 3,496.1mg/kg, T-P는 801.0mg/kg조사되어 인공습지와 마찬가지로 국립환경과학원의 호소퇴적물 오염평가 기준 IV등급 미만으로 양호한 상태로 조사되었다.

[표 5-3-7] 가산저수지 인공습지 및 침강지 퇴적물 조사 결과

지 점	토성	pH	EC (dS/m)	OM (유기물,%)	강열감량 (%)	유효인산 (mg/kg)	총질소 (mg/kg)	총인 (mg/kg)
인공습지	SiCL(미사질식양토)	5.1	0.249	4.389	6.1	7.46	1,480.2	492.3
침강지	SiL(미사질양토)	6.8	0.059	1.395	9.1	4.74	3,496.1	801.0

[표 5-3-8] 호소 퇴적물 오염평가 기준

항 목		등 급	I	II	III	IV
유기물 및 영양염류	완전연소가능량(%)					13 초과
	총질소(mg/kg)					5,600 초과
	총인(mg/kg)					1,600 초과
비고 : 1. 등급별 퇴적물의 상태<유기물, 영양염류> - IV 등급 : 심각하고 명백한 오염						

\* 자료 : 국립환경과학원예규 제687호, 2015년

## 5.4. 저수지 수질변화 및 개선효과

- 가산저수지의 COD 농도는 준공년도인 2010년 이후 2013년까지 지속적으로 감소하여 2015년에는 6.3mg/L, 금년도에는 6.6mg/L으로 다소 증가하였다. 2015년에 BOD 발생부하량은 102.1kg/d이었고 2016년에는 129.4kg/d로 증가한 것은 상류유역 내 축산변화(돼지사육 증가)로 인한 것으로 보인다.
- 하지만 2010년 준공 이후 지속적으로 농업용수 관리기준인 8.0mg/L 이하를 만족하고 있고, TOC의 경우도 지속적으로 농업용수 관리기준인 6.0mg/L 이하를 만족하고 있다.
- T-N의 경우 발생부하량은 준공년도인 2010년도의 103.4kg/d에 비해 2012년도와 2013년도 각각 113.2kg/d, 112.4kg/d로 높아졌음에도 불구하고 T-N농도는 0.618mg/L, 0.507mg/L로 낮아졌고, 2015년과 2016년에는 각각 1.216mg/L, 0.796mg/L로 극심한 가뭄으로 인해 조금 높아졌지만 금년도에는 0.902mg/L로 농업용수 수질관리기준인 1.0mg/L을 만족하고 하고 있다.
- T-P의 경우 오염부하 발생부하량이 준공년도인 2010년도에 12.5kg/d에서 2012년도에 11.3kg/d, 2013년도에 11.4kg/d로 낮아졌다. T-P농도는 2010년도 준공 이후 2011년도에 0.102mg/L로 높아졌으나, 이후로는 낮아져 2012년에 0.030mg/L, 2013년도에는 0.020mg/L로 낮아졌다. 그러나 2014년도에는 극심한 가뭄으로 전체적으로 저수지의 수질이 악화되어 T-P 농도도 0.069mg/L로 높아졌지만 금년도에는 다시 0.023mg/L로 수질을 회복하여 2012년도 이후 지속적으로 농업용수 수질관리기준인 0.1mg/L 이하를 만족하고 있다.
- 가산저수지의 수질개선을 위해서는 상류대책으로 점오염원 중 60.5%를 차지하는 축산계 오염원을 저감하는 대책이 필요할 것으로 보인다. 축산폐수가 호 내로 유입되는 것을 방지하도록 노력한다면 향후 지속적인 수질개선이 가능할 것으로 판단된다.

[표 5-4-1] 가산저수지 월별 저수율 현황

구 분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
저수율(%)	97.0	99.9	99.8	99.8	95.6	58.3	45.4	34.8	35.5	26.6	30.9	37.7



[그림 5-4-1] 가산지구 유역 연도별 BOD발생부하량 및 COD, TOC농도 변화



[그림 5-4-2] 가산지구 유역 연도별 T-N발생부하량 및 T-N농도 변화



[그림 5-4-3] 가산지구 유역 연도별 T-P발생부하량 및 T-P농도 변화

## 5.5. 현장적용성 향상 및 유지관리 방안

- 2015년까지 평상시 1, 2호 수질정화시설 유입수의 양이 적어 인공습지로 물이 유입되지 못하는 기간이 길어져 식물이 잘 자라지 못하였다. 하지만 '15년 수질개선시설 보강사업을 통해 펌프시설 및 취입보 보강을 하였으며 그 결과 습지내로 지속적인 용수공급이 가능해졌다.
- 가산저수지에는 인공습지로 물을 양수할 수 있는 양수장이 설치되어 있으므로 갈수기에는 펌프시설을 가동하여 지속적으로 물을 공급할 필요가 있다. 저수지의 물을 인공습지로 순환시키면서 저수지의 물을 다시 한 번 정화하는 효과도 있으므로 물을 지속적으로 순환시키는 적절한 유지관리가 필요하다.
- '15년 가산저수지 수질개선시설 보강사업으로 1호 습지 가동보 1개소(L=4.0m, H=0.7m), 2호 습지 펌프시설 1개소(D=100mm, 3대), 2호 습지 우회수로 L=36.0m (0.6×0.6) 설치 등 주요시설물에 대한 보강을 실시하였다. 특히, 가산지 수질개선사업 시행 당시 각낙관으로 되어 있던 취입보의 수위조절 장치를 가동보로 변경 설치하면서 수위 조절 및 강우 시 긴급 대응이 가능해져 상류지역 침수에 대한 문제점 또한 해결할 수 있었다.
- 습지 내 유량공급을 위한 펌프시설과 취입보 개보수로 식재된 갈대 등 식생의 성장이 눈에 띄게 향상되는 결과를 나타냈다.
- 2016년 2호 습지 내 배수로 누수가 발생하여 하자보수 조치하였으며, 2호 습지 농로 옆 침사지 구간은 안전펜스를 설치하여 미연에 사고예방 조치를 하였다.
- 가산지의 경우 침강지내 퇴적토가 많이 침전되어 퇴적토 준설이 필요하며, 습지 내 식재된 갈대 제거(11월) 및 외부 반출 등의 지속적인 유지관리가 필요하다.

## 5.6. 요약

- 2017년 가산저수지 사후모니터링 조사는 평년대비 50%이하의 강수량과 3년 동안 이어진 극심한 가뭄으로 인하여 펌프시설을 가동하였음에도 불구하고 정상적인 인공습지의 운영이 어려웠다.
- 유입수는 있으나 유입된 후 인공습지와 침강지내에서 흡수 및 증발로 인하여 유출수가 발생하지 않아 유입수와 유출수의 수질을 비교할 수 없는 상황이 지속되었다.

- 인공습지내에서는 1, 2차 조사만 시행되었으며 침강지는 1차 조사만 시행하여 전체적인 모니터링 경향 조사로 보기에는 다소 어려움이 있다.
- 운영 6년차인 가산저수지의 '13년부터 '17년까지 인공습지의 수질성적을 비교하면 가뭄이 심했던 '14년을 제외하고는 SS 65.4%, T-N 59%, T-P 59.4%의 평균적인 정화효율을 나타내며 점차 개선되는 것을 관찰할 수 있었다.
- 침강지의 경우에도 '13년부터 '17년까지의 정화효율을 살펴보면 SS 69.6%, T-N 60.8%, T-P 84.7%의 정화효율을 나타내며 점차 개선되고 있으며, 준공이후 지속적으로 목표수질을 만족하고 있다.
- 펌프시설을 활용한 습지내 유입수량 조절과 식생관리가 수반된다면 향후 기본계획시의 목표수질을 지속적으로 달성할 것으로 판단된다.
- '17년 수질개선 효과는 시공 전('07년) 대비 현재 COD 27.5%, T-N 23.4%, T-P 51.1%의 개선효과를 나타내고 있다.

# 6. 월천지구

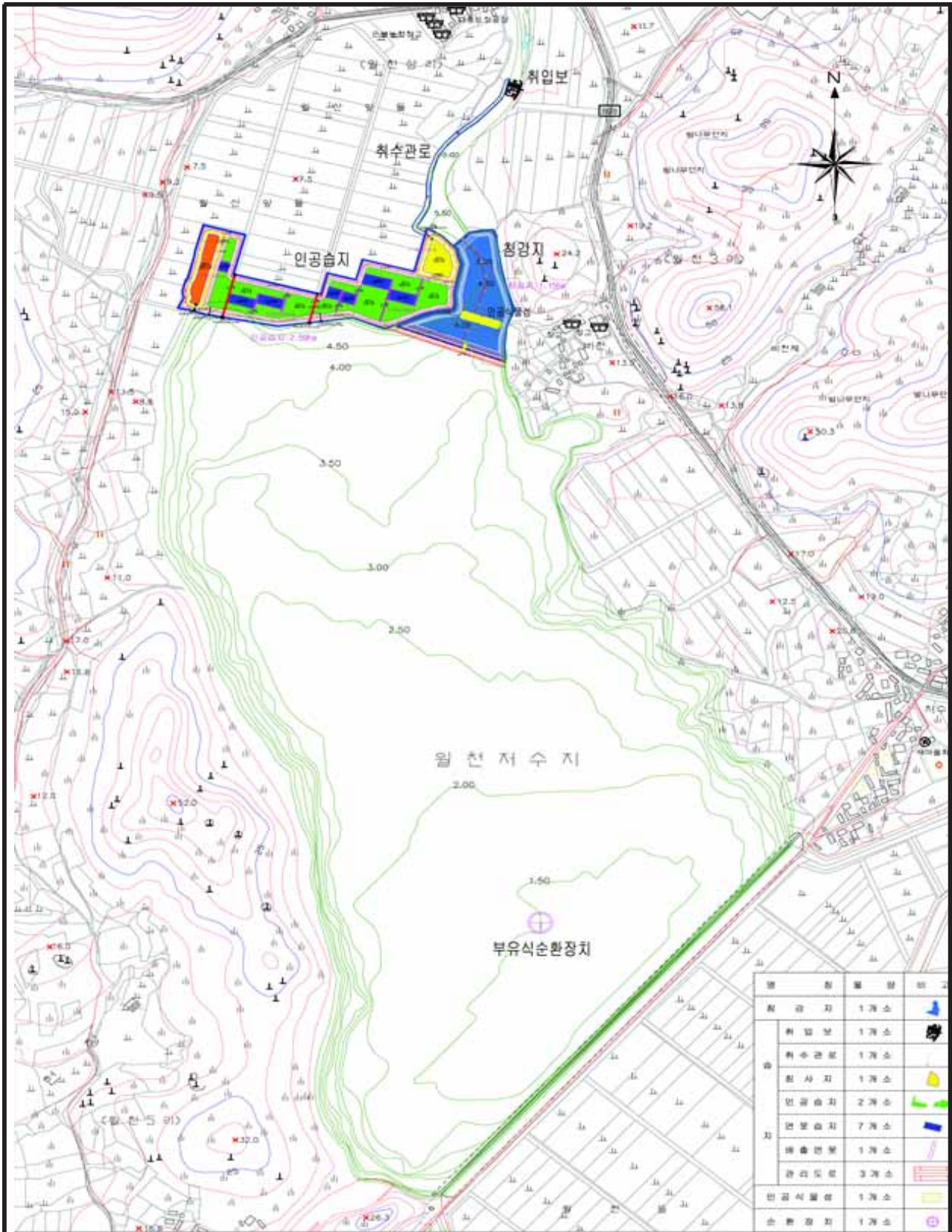


- 
- 6.1. 지구현황
  - 6.2. 기상 및 수질현황
  - 6.3. 시설별 수질개선효과
  - 6.4. 저수지 수질변화 및 개선효과
  - 6.5. 현장적용성 향상 및 유지관리 방안
  - 6.6. 요약





## 월천지구 수질개선사업 평면도





## 6.1. 지구현황

### 6.1.1 저수지 현황

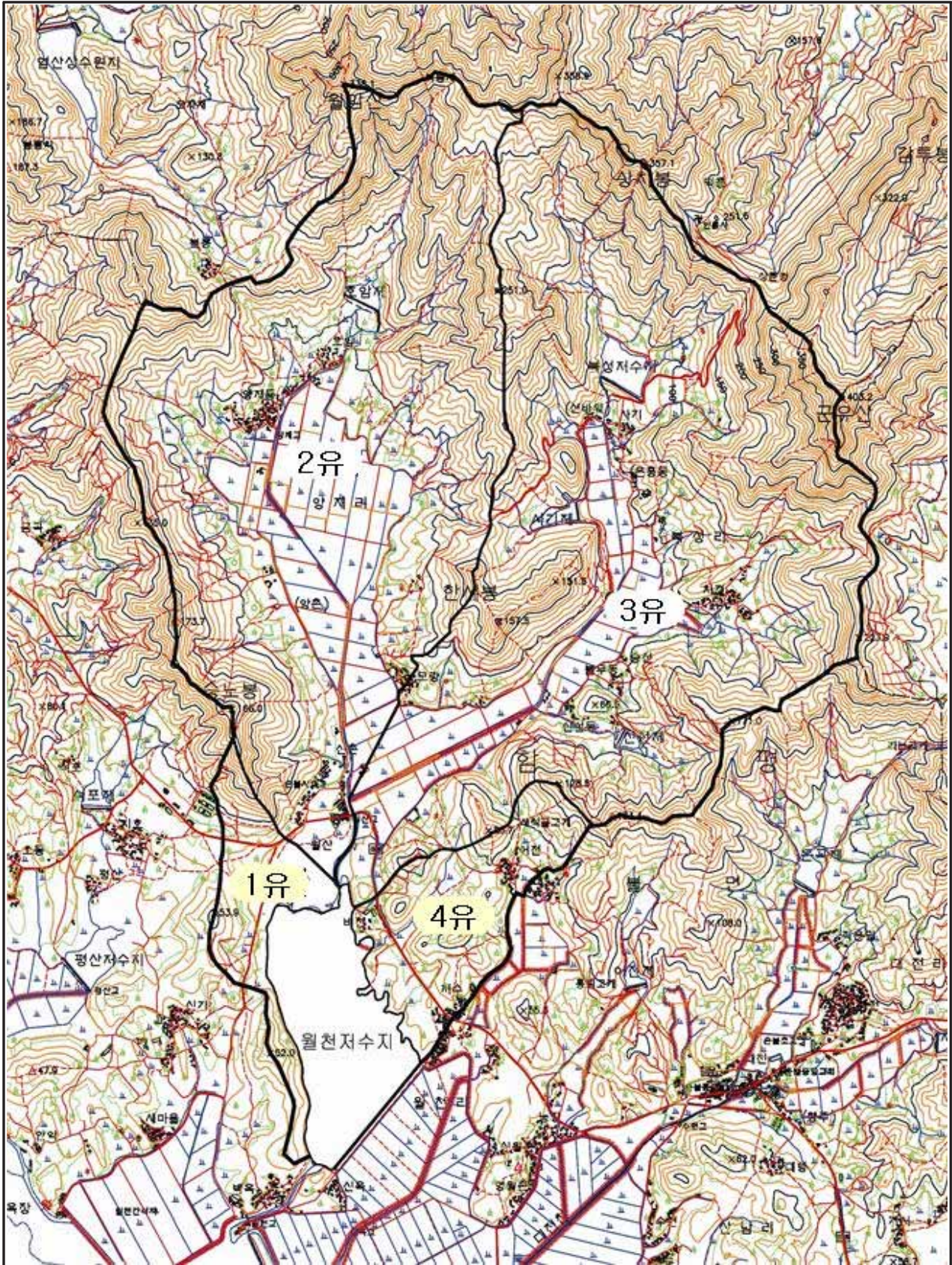
#### 1) 유역현황

- 월천저수지는 행정구역상 전라남도 함평군 손불면에 속한다. 함평군의 북쪽은 영광군, 장성군, 남쪽은 무안군, 영암군, 동쪽은 광주광역시, 나주시, 서쪽은 서해와 접하고 있다. 월천저수지의 동·서간 거리는 약 0.7km, 남·북간 거리는 1.3km에 달하며 전남의 북서쪽에 위치하고 있다.

[표 6-1-1] 월천저수지 경위도상 위치

소재지	단	경도와 위도의 극점			연장거리
		지명	극점		
			동경	북위	
함평군 손불면	동단	손불면 월천리	126° 41' 21"	35° 14' 43"	동서간 0.7km
	서단	손불면 월천리	126° 40' 37"	35° 14' 80"	
	남단	손불면 월천리	126° 40' 74"	35° 13' 97"	남북간 1.3km
	북단	손불면 월천리	126° 40' 45"	35° 15' 10"	

- 월천저수지가 위치한 손불면은 서해안에 접한 함평군 북서쪽에 위치하여 영광군과 경계를 이루는 곳에 있다. 손불면은 크게 북동부의 산지와 남서부의 평야지대로 구분되며, 평야지대는 과거 간척을 통해 조성된 농경지가 주를 이룬다. 면내 하천은 북성소류지에서 발원하여 소하천과 합류 후 월천저수지를 거쳐 서해로 흘러가는 북성천이 있다.
- 월천저수지 유역은 손불면 북서부에 위치하고, 유역 동쪽의 균유산(404m)을 정점으로 북쪽의 월암산(337m)과 150m ~ 200m의 준령으로 둘러싸여 있으며, 북고남저형의 유역형상을 이루고 있다. 유역 내에는 북성, 호암 등 소규모 소류지 4개소가 있으며, 방류수는 모두 북성천과 소하천을 거쳐 월천저수지로 유입된다.



[그림 6-1-1] 월천저수지 구역도

## 2) 일반 현황

- 월천저수지의 설치연도는 1926년이고, 유역면적은 1,308ha, 수혜농지는 356.3ha, 만수면적은 50.7ha으로 손불면의 중요한 농업용수원이다.

[표 6-1-2] 월천저수지 주요시설 현황

소재지	전남 함평군 손불면 월천리	
설치년도	1926년	
유역면적	1,308ha	
유효저수량	2,203.8천m <sup>3</sup>	
수혜농지	356.3ha	
만수면적	50.7ha	
관리주체	함평지사	

### 6.1.2 수질개선시설 현황

#### 1) 주요대책

- 월천저수지의 수질개선시설은 2009년에 시공하여 2011년에 준공하였으며, 현재 운영 6년차이다.
- 월천저수지의 수질개선 대책은 유기물질에 대한 제거효과와 유량변동에 대한 대처 능력이 높고, 자연정화기능을 이용하는 생태공학적인 수질개선공법의 일종인 인공습지와 침강지 등이 주요 수질개선공법으로 선정되었다.
- 수질개선공법의 적용방법은 일강우량 30mm의 유출량을 기준으로 그 이하일 때는 인공습지를 통하여 저감되고, 초과된 양은 침강지를 거쳐 저수지로 유입되도록 하였다.
- 인공습지의 설치면적은 23,777m<sup>2</sup>, 연못 7개소, 수심 0.8m이며, 침강지는 11,479m<sup>2</sup>, 부딪은 L=144m이다.
- 호 내 내부생산성 제어와 이상 녹조발생을 방지하기 위해 물순환장치 1기를 설치 하였으나, 현재는 보수를 위해 회수처리 되었고, 침강지 내 인공식물섬 500m<sup>2</sup>가 설치되어있다.

[표 6-1-3] 월천저수지 수질개선시설 현황

구분	대안	시설	규모	비고
<input type="checkbox"/> 상류대책				
1	하수처리	마을하수도	50m <sup>3</sup> /일	
<input type="checkbox"/> 호내대책				
1	평시 유출수 처리	인공습지	23,777m <sup>2</sup>	
2	평시 및 강우 유출수 처리	침강지	11,479m <sup>2</sup>	
3	침강지 녹조발생 억제	인공식물섬	500m <sup>2</sup>	
4	저수지내 물순환	부유식 순환장치	1일 물순환량 : 54,000m <sup>3</sup>	

※ 물순환장치는 2015년 고장, 회수 상태임

## 2) 인공습지

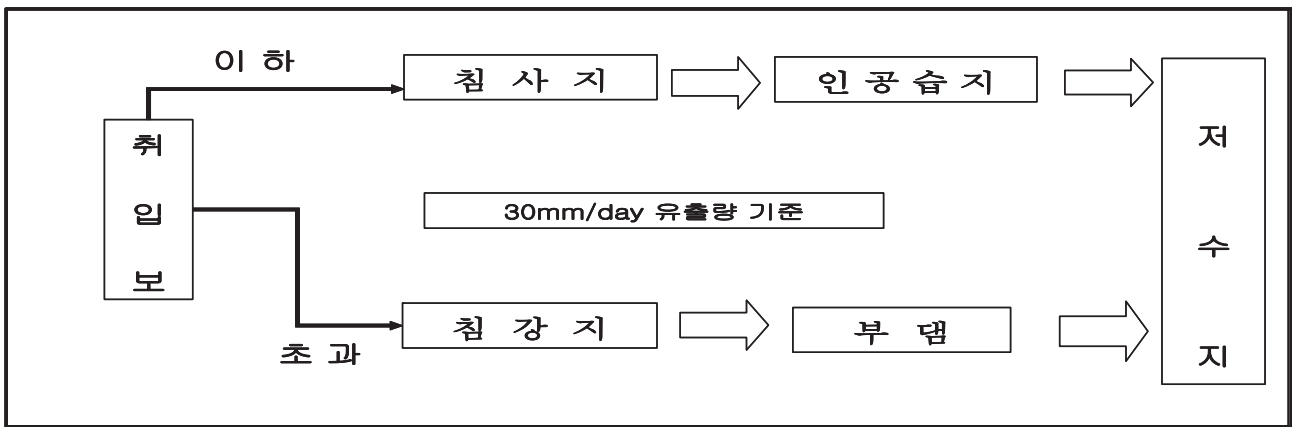
- 일 30mm 초과 유량은 침강지로 유입처리 하는 것으로 계획하고, 일 30mm 이하 유입량을 인공습지 설계유량으로 적용하였다. 30mm 이하 유출시의 평균유량은 20,876.76m<sup>3</sup>/일을 설계유량으로 하였다. 인공습지에서의 체류시간은 농업용수 수질개선 시험연구 결과 나타난 체류시간에 따른 수질정화효율 등을 참고하여 12시간으로 적용하였다.
- 계획수심은 수생식물의 식생종을 단순화하고 연못 등 개방구간을 가급적 많이 두어 수질정화 효과와 함께 저수지 상류지역 주민에게 경관효과를 창출, 저수지에 대한 애착을 고취시키도록 습지의 수심을 0.3m~0.6m 내외로 계획하였다. 이를 바탕으로 인공습지는 1개소, 면적은 2.4ha로 하고, 습지 내에 침사지 1개소, 배출연못 1개소를 조성하였다.

[표 6-1-4] 인공습지 계획유량

구분	유역구분	유역면적 (ha)	평균 유입량(m <sup>3</sup> /일)			계획수량 (m <sup>3</sup> /일)	비고
			총유입량	일30mm 미만유입량	일30mm 초과유입량		
계		1,308.00	24,118.78	23,355.90	81,897.16	20,876.76	
인공습지	1	49.11	844.79	796.34	5,200.46		
	2	1,130.34	21,371.04	20,876.76	53,062.81		
	3	77.85	1,902.95	1,682.80	23,633.89		

[표 6-1-5] 인공습지 제원

구 분	규모	계획면적 (m <sup>2</sup> )	계획수심 (m)	내용적 (m <sup>3</sup> )	비 고	
인공 습지	인공습지	1개소	9,978	0.40	3,991	-
	연못습지	7개소	2,622	1.20	3,146	-
	침사지	1개소	1,325	1.50	1,988	-
	배출연못	1개소	1,374	1.20	1,649	-
	소계	-	15,299	-	10,774	-
	관리도로	-	8,478	-	-	-
합 계	-	23,777	-	10,774	-	



[그림 6-1-2] 인공습지 수리계통도



[그림 6-1-3] 인공습지 평면도



[그림 6-1-4] 인공습지 시설현황

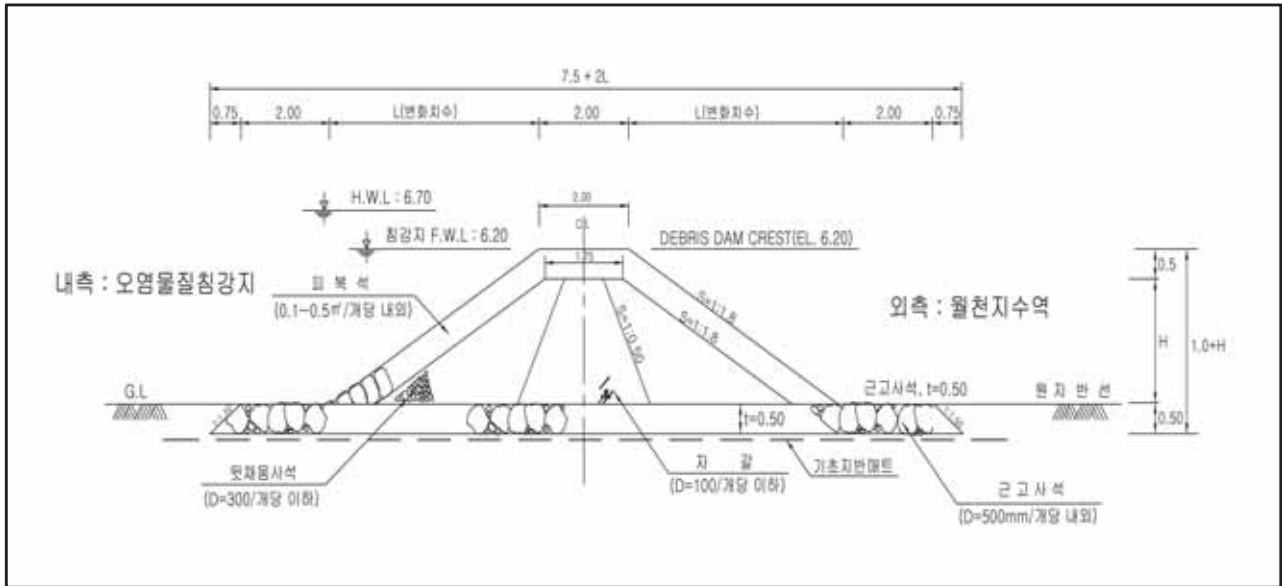
### 3) 침강지

- 침강지 위치는 직접유역 중 오염물질 유입이 가장 많은 월천저수지 유입부인 하천 말단부 저수지내에 계획하였다. “농업용수 수질개선사업 조사·설계 매뉴얼”(2006년 한국농촌공사 농어촌연구원)에 의하면 침강지내에서의 체류시간은 6시간 정도만 되어도 높은 정화효과를 기대할 수 있으며, 12시간 정도로 증가시키는 것이 수질 정화 및 홍수조절에 유리한 것으로 되어 있다.
- 본 지구의 침강지 규모는 유역의 유출량(일평균 30mm 초과 유출시 침강지 유입량)에 대하여 체류시간을 약 12시간 이상 확보할 수 있도록 계획하였다. 이를 바탕으로 침강지 면적은 11,479m<sup>2</sup>로 계획하였다.



[표 6-1-6] 침강지 제원

구 분	유역		일30mm 초과유입량 (m <sup>3</sup> /일)	계획 수심 (m)	수표 면적 (m <sup>2</sup> )	계획 내용적 (m <sup>3</sup> )	체류 시간 (hr)	비 고
	유역 구분	면적 (ha)						
침강지	2	1,130.34	24,118.75	3.0	11,479	28,779	13.02	



[그림 6-1-5] 침강지 평면도



침강지 내측면

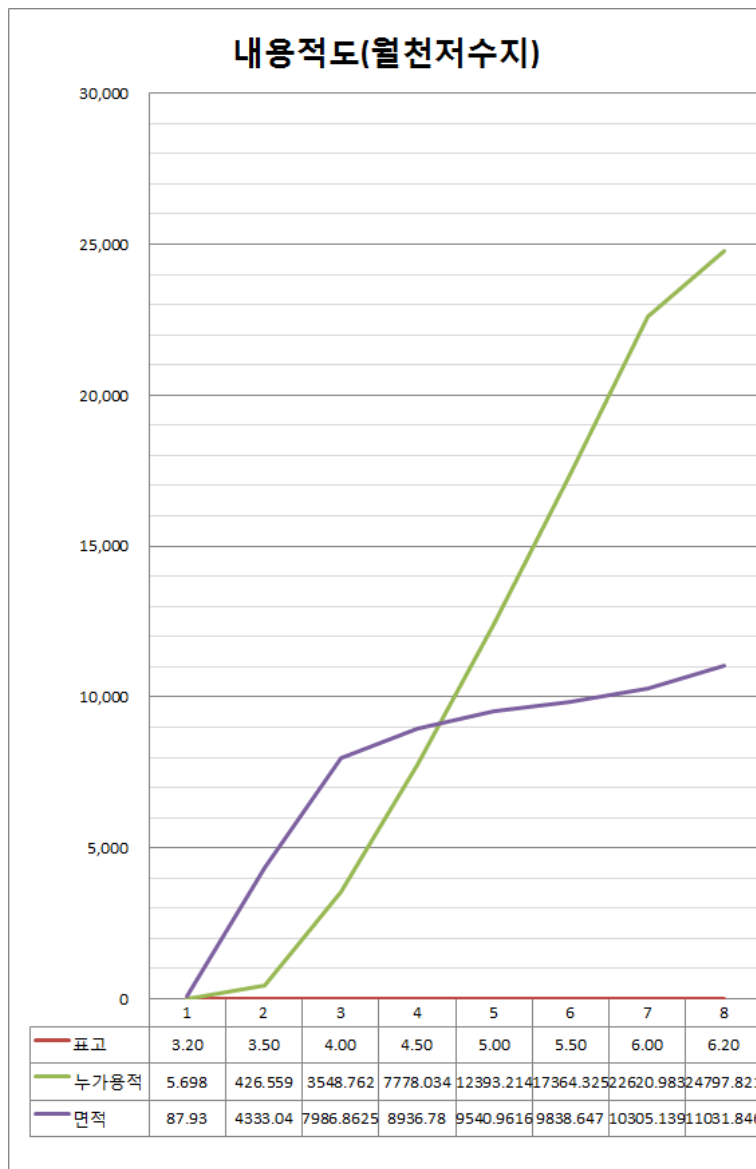
침강지 외측면

[그림 6-1-6] 침강지 시설현황

○ 월천저수지 침강지의 내용적을 2017년 8월 30일부터 9월 8일까지 측량하였고, 그 결과를 [표 6-1-7]과 [그림 6-1-7]에 나타내었다.

[표 6-1-7] 침강지 내용적 측량 결과

구 분	관측전 면적(m <sup>2</sup> )	관측전 내용적(m <sup>3</sup> )	관측후 내용적(m <sup>3</sup> )	내용적 퇴적량(m <sup>3</sup> )	퇴적율 (%)
침강지	11,479	28,779	24,798	3,981	13.8



[그림 6-1-7] 침강지 내용적도

#### 4) 기타 수질개선시설

- 호 내 내부생산 제어와 이상 녹조발생을 방지하기 위해 물순환장치 1기를 설치하였다. 2015년 2월 내구력 약화로 인한 고장으로 회수된 상태이며, 향후 예산 검토 후 재설치 여부를 결정 할 예정이다.
- 침강지 녹조발생 억제를 위해 인공식물섬(500m<sup>2</sup>)을 설치하였고 현재까지 양호한 상태로 운영되고 있다.



[그림 6-1-8] 기타 시설현황

#### 5) 수질개선시설 보수·보강 현황

- '15년 인공습지 정화식물 보식사업
  - 사업비 : 69,339천원
  - 사업기간 : 2015. 10. 09. ~ 2015. 12. 17.
  - 사업내용 : 전도보 수리, 습지 내 파형강관 매설, 표토제거 및 갈대보식 등
- '17년 수질개선사업 준공지구 보수보강
  - 사업비 : 17,705천원
  - 사업기간 : 2017. 11. 10. ~ 2017. 12. 15.
  - 사업내용 : 인공식물섬 제초·보강, 습지 내 수생식물 절취 및 침강지 내용적 측량 등

## 6.2. 기상 및 수질환경

### 6.2.1 기상현황

#### 1) 기온

- 월천저수지 유역과 가장 가까운 목포기상대에서 조사된 최근의 조사시기별 기온은 [표 6-2-1]와 같다. 시행 전인 2009년 평균기온은 13.8℃로 평년기온 13.9℃와 유사하였고, 운영 첫해인 2012년의 경우 평균기온은 13.5℃로 평년기온 보다 낮은 편이었다. 그 후 2013년에서 2016년까지 13.8~15.2℃로 지속적으로 높아져 평년기온을 상회하다가, 2017년에는 14.3℃로 평년보다는 높지만 최근 상승세가 주춤하는 경향을 보였다.

[표 6-2-1] 월천저수지 유역 사업시행 전·후 월별 기온 분포

[단위 : °C]

구 분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균	
시행전	2009년	1.6	4.9	7.0	12.0	17.6	21.4	23.6	24.9	21.9	17.2	9.9	3.5	13.8
시행중	2010년	1.1	3.7	6.4	10.0	16.5	21.4	24.8	27.1	23.0	15.6	9.0	3.5	13.5
	2011년	-2.3	2.4	4.8	10.6	17.0	21.0	25.3	24.6	21.7	15.2	12.5	2.8	13.0
시행후	2012년	0.5	0.2	5.3	12.0	17.6	21.9	25.1	27.0	20.9	16.0	8.8	1.3	13.1
	2013년	0.6	1.8	6.1	10.4	17.2	22.0	26.4	27.8	22.4	16.9	9.6	3.9	13.8
	2014년	2.3	3.6	7.7	13.2	17.8	21.7	24.5	24.1	22.2	16.9	10.9	2.3	13.9
	2015년	2.5	3.2	6.9	12.7	17.7	21.5	24.8	25.9	22.0	17.3	12.2	6.3	14.4
	2016년	0.9	3.3	8.4	15.5	19.8	23.0	26.9	27.8	23.0	17.2	11.5	5.5	15.2
	2017년	2.6	3.0	6.6	13.6	18.7	21.9	27.2	27.0	22.2	16.7	9.1	2.9	14.3
평년		0.6	2.5	7.0	13.2	18.3	22.4	25.6	26.2	21.9	15.8	9.1	3.6	13.9

#### 2) 강수량

- 목포기상대에서 관측된 최근 강수량은 시행 전인 2009년에는 1,088.4mm이었으나, 운영 첫해인 2012년 1,335.7mm로 시행 전보다 강수량이 많았다. 그 후, 2013년에서 2015년까지 강수량이 감소하다가 2016년에 1,473.5mm로 크게 증가하였다. 하지만, 2017년에는 평년 강수량 1,151.8mm보다 현저히 부족한 690.8mm로 급감하였다.

[표 6-2-2] 월천저수지 유역 사업시행 전·후 월별 강수량 분포

[단위 : mm]

구 분	01월	02월	03월	04월	05월	06월	07월	08월	09월	10월	11월	12월	합계
2009년	29.0	41.6	43.1	47.5	97.2	122.8	465.8	74.0	46.1	54.0	32.1	35.2	1,088.4
2010년	27.6	98.2	88.7	140.5	99.5	52.9	264.4	344.2	126.7	39.2	10.0	43.8	1,335.7
2011년	12.2	43.9	25.6	85.3	96.9	134.6	227.6	160.0	10.1	22.0	149.9	14.0	982.1
2012년	14.1	28.9	136.6	107.2	26.9	51.7	319.4	443.4	259.3	65.9	49.5	74.6	1,577.5
2013년	14.2	51.0	68.9	41.6	140.7	84.4	224.9	176.8	153.6	17.4	99.2	16.5	1,089.2
2014년	12.4	15.8	92.3	71.4	72.8	69.9	136.8	255.0	74.7	98.6	95.7	92.3	1,087.7
2015년	41.1	25.7	34.4	159.6	77.8	117.8	159.6	86.5	79.5	84.2	106.8	68.6	1,041.6
2016년	49.7	45.2	55.2	185.0	104.5	116.1	301.3	81.0	251.2	216.7	21.7	45.9	1,473.5
2017년	13.9	32.3	28.5	46.5	14.0	28.5	138.2	201.8	109.4	62.7	1.4	13.6	690.8
평균	37.1	47.9	60.8	80.7	96.6	181.5	308.9	297.8	150.5	46.8	48.8	44.9	1,151.8

## 6.2.2 수질현황

### 1) 목표수질 설정

- 월천저수지의 목표수질은 농업용수 관리기준(IV등급) COD 8.0mg/L, T-N 1.0mg/L, T-P 0.1mg/L로 설정되었다. 인공습지와 침강지의 설계조건과 처리효율을 적용하여 목표연도인 2016년의 저수지의 수질을 예측한 결과 COD가 7.7mg/L, T-N 0.819mg/L, T-P 0.048mg/L이었다.

[표 6-2-3] 월천저수지 목표수질

구 분	목표수질	기본계획 수립시 ('09년)	예측수질 ('16년)
COD(mg/L)	8.0 이하	8.6	7.7
TOC(mg/L)	6.0 이하	-	-
T-N (mg/L)	1.0 이하	1.471	0.819
T-P (mg/L)	0.1 이하	0.080	0.048
수질등급	IV 등급	V 등급	IV등급

## 2) 오염원 현황

- 오염원자료는 “농업용수 수질측정망조사 보고서”를 이용하였고, 오염원 조사는 수질 오염총량관리기본방침 제8조와 [별표]에 따라 생활계, 축산계, 산업계, 양식계, 토지계, 매립계 등으로 구분하여 조사하였다. 오염원은 수계오염총량기술지침에 따라 행정구역별과 배출원별로 조사하였으며, 환경기초시설도 함께 조사하였다. 월천저수지 유역내에는 양식계와 매립계는 없으며, 생활계, 축산계, 토지계에 대한 조사결과는 [표 6-2-4]와 [표 6-2-5]에 나타내었다.
- 점오염원 중 인구는 사업시행 전(2009년) 418명이었으나, 이후 지속적으로 감소하여 운영 첫해인 2012년에는 409명으로 줄어들었다. 2013년에는 406명으로 전년과 비슷했고, 2014년에는 430명으로 사업시행전인 2009년에 비해 증가하였으나, 2015년도 389명으로 다시 감소하였다. 2016년에는 401명으로 소폭 증가하였고, 2017년에는 동일하였다.

[표 6-2-4] 월천저수지 유역 내 인구변화 추이

구분	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
인구(명)	409	406	430	389	401	401

- 축산의 경우 한우는 2009년에 1,109두, 준공연도인 2011년에는 1,338두로 증가되었고, 운영 첫해인 2012년에는 1,345두로 증가되었으나, 2013년에는 1,299두로 다소 감소되었다. 그러나 2014년에는 다시 증가되어 1,415두가 되었고, 그 후 지속적으로 감소하여 2017년에는 1,190두까지 감소하였다. 돼지의 경우는 2009년에 450두, 2010년에는 500두로 증가되어 2012년까지 500두를 유지하였으나, 2013년에는 480두로 다소 줄어들었고, 2014년부터 2017년까지는 사육두수가 없었다.

[표 6-2-5] 월천저수지 유역 내 연도별 축산변화

구분	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
한우(두)	1,345	1,299	1,415	1,283	1,239	1,190
돼지(두)	500	480	-	-	-	-

- 비점오염원인 토지 이용현황은 임야가 610ha로 46.6%로 가장 많은 비율을 차지하고, 다음으로 대지 등 기타가 242ha로 18.5%, 답이 236ha로 18.0%, 전이 220ha로 16.8%를 차지하고 있어 임야가 토지계의 대부분을 차지하고 있다. 월천저수지 유역은 논과 밭이 비슷한 특징을 가지고 있으며, 학교 및 관공서 등이 있어 대지 등 기타의 비율이 높은 것도 하나의 특징이다.

[표 6-2-6] 월천저수지 유역 내 지목별 토지이용현황

구 분	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
계	1,308	1,308	1,308	1,308	1,308	1,308
전(ha)	220	220	220	220	220	220
답(ha)	236	236	236	236	236	236
임야(ha)	610	610	610	610	610	610
기타(ha)	242	242	242	242	242	242

### 3) 오염부하량

- 월천저수지 유역 내 오염물질 발생부하량은 오염원별 발생부하량은 [표 6-2-7]와 같으며, 연도별 발생부하량 변화는 [표 6-2-8]와 같다. 사업시행 전인 2009년에 BOD가 126.7kg/일, T-N 106.4kg/일, T-P 8.9kg/일이었으나, 2011년에는 BOD가 143.1kg/일, T-N 116.2kg/일, T-P 9.8kg/일로 증가되고, 2012년에는 2011년과 차이가 없었다. 이후에는 다소 감소하여 2015년에는 BOD 122.5kg/일, T-N 106.3kg/일, T-P 7.97kg/일, 2016년에는 BOD 120.1kg/일, T-N 104.87kg/일, T-P 7.8kg/일로 시행 전인 2009년도 수준으로 감소하였다. 2017년에도 BOD 119.6kg/일, T-N 103.9kg/일, T-P 7.9kg/일로 감소하는 추세였다.

[표 6-2-7] 2017년 월천저수지 유역 내 발생부하량

구 분	점 오염 원						비 점 오염 원					계	
	생활계 (인)	축산계(두)			산업계 (m <sup>3</sup> /일)	소계	토지현황(ha)				소계		
		한우	젓소	돼지			전	답	임야	기타			
원수	401	1,239	-	-	-		220	236	610	242			
BOD	kg/d	19.6	83.0	0	0	0	102.6	4	5	6	2	17.0	119.6
	%	16.4	69.4	0	0	0	85.8	3.3	4.2	5.0	1.7	14.2	100
T-N	kg/d	5.3	49.6	0	0	0	54.9	21	15	13	0	49.0	103.9
	%	5.1	47.7	0	0	0	52.8	20.2	14.4	12.5	0	47.2	100
T-P	kg/d	0.6	4.3	0	0	0	4.9	1	1	1	0	3.0	7.9
	%	7.6	54.4	0	0	0	62.0	12.7	12.7	12.7	0	38.0	100

[표 6-2-8] 월천저수지 유역 내 연도별 오염물질 발생부하량

구 분	연도별 발생부하량(kg/d)						
	2009년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
BOD	126.7	143.6	139.8	133.3	122.5	120.1	119.6
T-N	106.4	116.5	114.3	112.1	106.3	104.7	103.9
T-P	8.9	9.9	9.6	8.5	7.97	7.8	7.9

#### 4) 수질변화 추이

- 월천저수지의 수질현황을 살펴보면 COD가 준공 이후인 2012년에 9.9mg/L이었으며, 2013년에서 2015년까지 8.1mg/L~8.3mg/L로 개선되는 양상을 보이다가 극심한 가뭄 등 기상이변과 2015년부터의 습지 리모델링으로 2016년에는 13.3mg/L로 급격히 높아졌다. 그러다 2017년에도 심각한 가뭄이 발생했으나 비교적 습지 운행이 원활하여 9.5mg/L로 다소 낮아지는 양상을 보였다.
- TOC는 2012년에 6.0mg/L이었으며, 2013년에서 2015년까지 4.5mg/L~5.0mg/L로 다소 개선되는 양상을 보이다가 2016년에 7.5mg/L로 일시적으로 높아졌고, 2017년에는 5.8mg/L로 다소 낮아졌다.
- T-N은 2012년에 1.229mg/L이었으며, 2013년에서 2015년까지 0.689mg/L~1.077mg/L로 개선되는 양상을 보이다가 2016년에는 1.994mg/L로 높아졌고, 2017년에는 1.374mg/L로 다소 낮아졌다.
- T-P은 2012년에는 1.088mg/L이었으며, 2013년에서 2015년까지 0.068mg/L~0.078mg/L로 개선되는 양상을 보이다가 2016년에는 0.152mg/L로 높아졌고, 2017년에는 0.093mg/L로 다소 낮아졌다.
- 시설보수와 갈대 식재가 완료됨에 따라 식재가 안정화되고 습지가 정상적으로 운영되면서 수질이 개선된 것으로 판단된다.

[표 6-2-9] 월천저수지 수질현황

구 분 (mg/L)	착공전 평균 ('04~'08)	착공중 평균 ( '09~'11)	준공후 평균 ( '12~'17)	최근 수질변화					목표 수질
				'13	'14	'15	'16	'17	
COD	9.2	8.0	9.6	8.1	8.3	8.3	13.3	9.5	8.0이하
TOC	-	-	5.6	4.7	5.0	4.5	7.5	5.8	6.0이하
T-N	-	1.594	1.234	1.077	1.041	0.689	1.994	1.374	1.0이하
T-P	-	0.076	0.091	0.068	0.068	0.078	0.152	0.093	0.1이하



### 6.3. 시설별 수질개선효과

- 월천저수지 수질개선시설의 수질정화효율을 분석하기 위하여 [그림 6-3-1]과 같이 침강지 및 인공습지 유입부(①), 인공습지 유출부(②), 침강지 유출부(③) 등 총 3 지점이며, 퇴적물 조사 지점은 습지내부(S-1), 침강지 유출부(S-2) 등 총 2지점에 대한 조사를 시행하였다.
- 월천저수지 수질개선시설은 정화시설 유입부의 전동식 취수보를 올리면 수위가 상승하여 강우 시 상류지역이 침수하는 민원이 발생하여 2012년에는 침수 방지벽을, 2013년에는 우회수로를 설치하여 강우 시 수위 상승에 따른 상류 침수 문제를 해결하여 2013년 하반기부터 수질정화 시설이 정상 가동되기 시작하였다. 하지만, 2015년에 다시 취수부의 고장과 인공습지 내 보식 등의 문제로 인해 2016년까지 인공습지에 물이 정상적으로 공급되지 못하였다.
- 2017년에는 인공습지가 정상적으로 운영되고 있으며, 2016년에 보식 이후 활착이 원활하지 못한 일부 구역에 추가 보식을 시행하였다.

[표 6-3-1] 월천저수지 수질 및 퇴적물 조사 시기

구 분	조사횟수	조사일자				
		1차	2차	3차	4차	5차(강우시)
수질조사	5회	2017.03.22	2017.05.29	2017.09.18	2017.10.16	2017.07.07
퇴적물조사	1회	2017.09.13	-	-	-	-

※강우 조사 시 일강수량: 5.0mm



[그림 6-3-1] 월천지구 수질 및 퇴적물 조사 지점

### 6.3.1 인공습지 수질개선효과

- 인공습지의 수질조사 기간은 1차 조사 3월 22일, 2차 조사 5월 29일, 3차 조사 9월 18일, 4차 조사 10월 16일 및 강우시 조사를 7월 7일에 실시하였다. 인공습지에서 유입수, 유출수를 5회에 걸쳐 모두 채수하였고 퇴적물 조사는 9월 13일에 1회 실시하였다.
- 수온은 유입수 평균이 20.5℃, 최종 유출수는 19.9℃였고, pH는 유입수 평균이 7.3℃, 최종 유출수가 7.3 ℃로 유사하였다.
- EC는 유입수 평균이 474μS/cm, 최종 유출수가 293μS/cm이었다. 모든 지점에서 작물 생육에 지장이 없는 기준인 700μS/cm에 비해 크게 낮은 경향을 보였다.
- DO는 유입수 평균이 7.6mg/L, 최종 유출수가 7.2mg/L로 농업용 수질관리기준인 2.0mg/L 이상을 만족하였다.

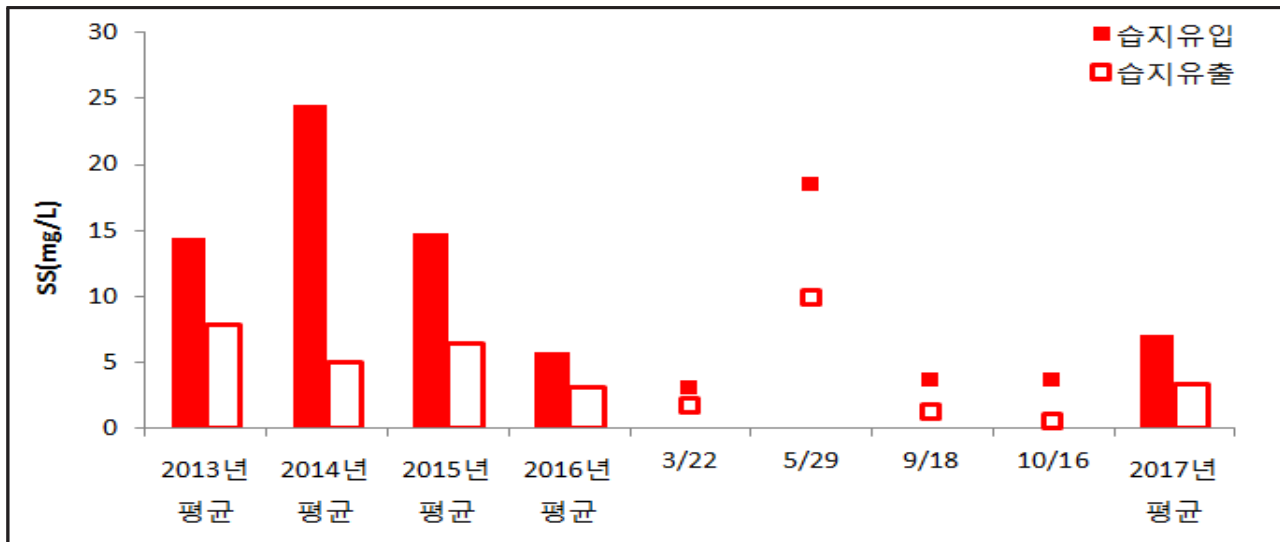
[표 6-3-2] 월천저수지 인공습지 수질변화

구 분		'13년	'14년	'15년	'16년	'17년 평상시 및 강우시					
		평균	평균	평균	평균	1차 (3.22)	2차 (5.29)	3차 (9.18)	4차 (10.16)	평균	강우 (7.7)
수온 (℃)	유입수	22.1	23.9	25.4	23.1	10.4	28.5	25.6	17.4	20.5	27.1
	유출수	21.8	26.2	27.6	18.1	9.7	26.9	26.2	16.6	19.9	26.0
pH	유입수	7.5	7.6	7.3	7.8	7.8	7.4	6.9	7.1	7.3	7.0
	유출수	7.8	7.4	7.2	7.8	8.0	7.6	6.2	7.2	7.3	7.3
EC (μS/cm)	유입수	285	241	361	454	320	895	323	356	474	512
	유출수	223	240	207	291	330	269	258	313	293	394
DO (mg/L)	유입수	8.9	9.5	6.0	6.7	11.5	5.8	6.9	6.2	7.6	2.6
	유출수	8.3	6.8	3.8	8.1	13.7	5.7	6.2	3.2	7.2	5.1
SS (mg/L)	유입수	14.4	24.5	14.8	5.7	3.0	18.4	3.5	3.5	7.1	6.3
	유출수	7.8	5.0	6.4	3.1	1.6	9.8	1.2	0.5	3.3	3.4
COD (mg/L)	유입수	5.9	6.8	9.7	7.3	6.4	18.8	5.2	3.8	8.6	20.8
	유출수	8.6	10.7	16.3	6.2	10.2	10.8	5.4	4.2	7.7	9.4
TOC (mg/L)	유입수	3.1	3.9	4.5	4.4	3.8	9.0	3.3	2.6	4.7	14.0
	유출수	5.6	6.2	8.1	3.7	7.5	5.5	3.6	2.7	4.8	6.5
T-N (mg/L)	유입수	4.791	5.364	20.718	14.700	12.731	1.298	11.057	10.415	8.875	1.320
	유출수	1.705	0.937	1.986	5.670	6.338	0.893	4.260	4.018	3.877	13.379
T-P (mg/L)	유입수	0.415	0.520	4.386	2.850	2.519	0.367	1.554	1.927	1.592	3.037
	유출수	0.105	0.155	1.797	1.055	0.728	0.184	0.907	0.962	0.695	3.018
Chl-a (mg/L)	유입수	4.5	6.9	2.8	4.2	3.6	18.6	2.7	2.6	7.1	13.6
	유출수	18.8	8.0	26.2	9.4	4.9	18.4	5.1	3.8	8.1	83.8

[표 6-3-3] 5개년 월천지구 인공습지 정화효율

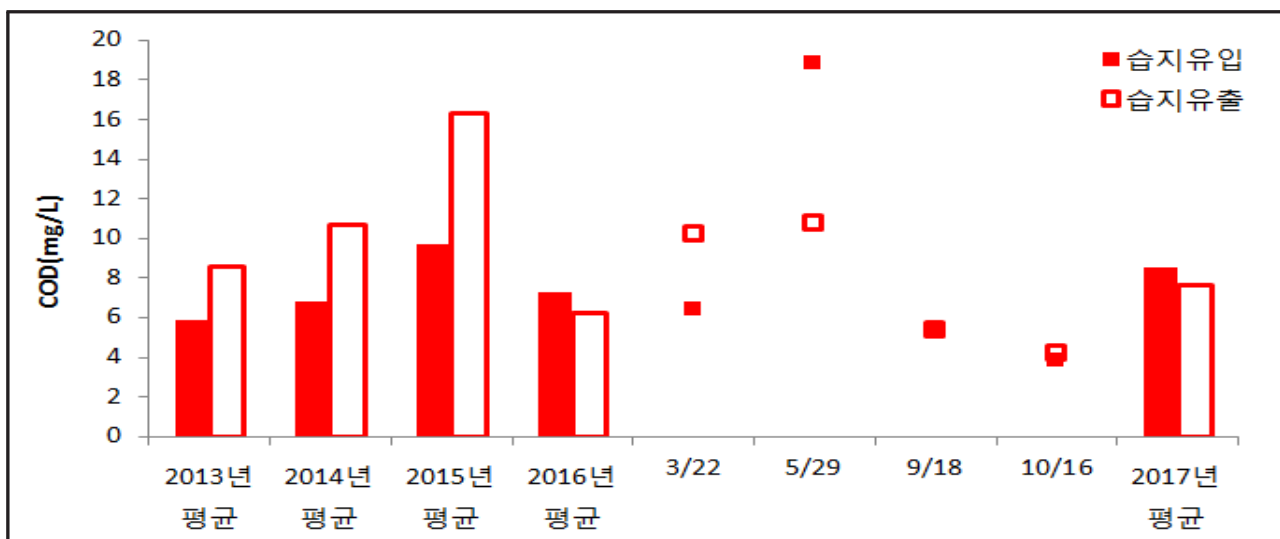
구 분		'13~'17년 평균		'13~'17년 평상시		'13~'17년 강우시	
		부하량	정화효율 (%)	부하량	정화효율 (%)	부하량	정화효율 (%)
SS (kg/d)	습지 유입수	58.3	50.0	17.8	-9.5	281.5	70.7
	습지 유출수	29.1		19.4		82.5	
COD (kg/d)	습지 유입수	25.1	-27.7	13.8	-88.6	87.3	25.5
	습지 유출수	32.1		26.1		65.0	
TOC (kg/d)	습지 유입수	12.7	-35.1	7.7	-112.8	40.4	-3.5
	습지 유출수	20.3		16.4		41.8	
T-N (kg/d)	습지 유입수	19.0	65.7	14.3	78.2	44.6	43.7
	습지 유출수	6.5		3.1		25.1	
T-P (kg/d)	습지 유입수	2.2	63.2	1.9	69.9	3.9	45.3
	습지 유출수	0.8		0.6		2.1	
Chl-a (kg/d)	습지 유입수	16.7	-373.5	5.9	-809.1	75.9	-186.3
	습지 유출수	79.0		53.9		217.2	

- SS는 유입수 평균이 7.1mg/L, 최종 유출수는 3.3mg/L이었으며, 최근 5개년 간 SS의 정화효율을 살펴보면 평균 58.3kg/d가 유입되고 29.1kg/d가 유출되어 50.0%의 정화효율을 보였다.
- 연차별로 살펴보면 2013년부터 2017년까지 모든 년도에서 유출수가 유입수보다 SS농도가 낮아지는 경향을 보였다. 이는 인공습지를 흘러가면서 부유물질이 접촉 침전되기 때문이며, 향후 식물이 번성하면 SS 정화효율은 더욱 상승할 것으로 기대된다.



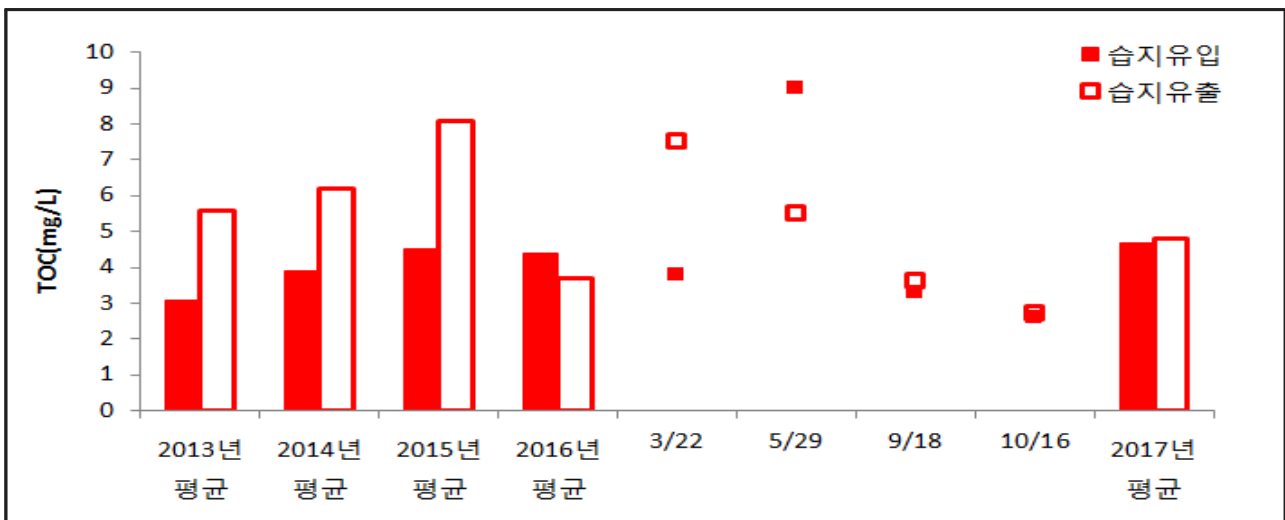
[그림 6-3-2] 월천지구 인공습지 유입수 및 유출수 SS 변화

- COD는 유입수 평균이 8.6mg/L이고, 최종 유출수에서는 7.7mg/L로 낮아졌다.
- 연차별로 살펴보면 유입수에 비해 유출수에서 모두 높은 경향을 보였으나 2017년에는 낮은 수치를 보이고 있어, 일부 정화효과가 나타난 것으로 판단된다.
- 최근 5개년 COD의 정화효율은 25.1kg/d가 유입되고 32.1kg/d가 유출되어 -27.7%을 나타냈다. 이와 같이 COD가 정화되지 않는 것은 2016년 이전까지 취입보 문제 등으로 유입수가 정상적으로 공급되지 못하여 갈대, 줄 등의 정수식물이 성장하지 못했고, 잡풀이 성장 및 고사하면서 유기물이 축적된 것이 반영된 것으로 판단된다.



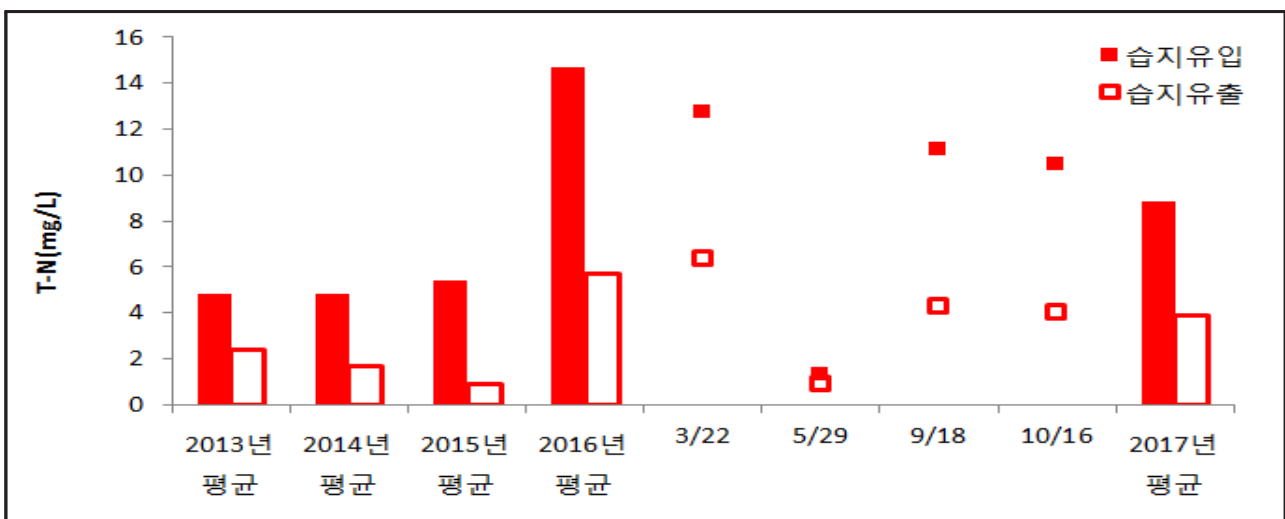
[그림 6-3-3] 월천지구 인공습지 유입수 및 유출수 COD 변화

- TOC의 경우도 유입수 평균이 4.7mg/L, 최종 유출부에서는 4.8mg/L로 조금 높아졌다.
- 연차별로는 2015년까지는 유입수에 비해 유출수가 높은 경향을 보이다가 2016년에는 잠시 낮아졌는데 2017년에 다시 높아지는 경향을 보였다. 최근 5개년 간 TOC 정화 효율은 평균 12.7kg/d가 유입되고 20.3kg/d가 유출되어 -35.1%을 나타냈다. 이는 COD 결과와 같은 원인으로 판단된다.



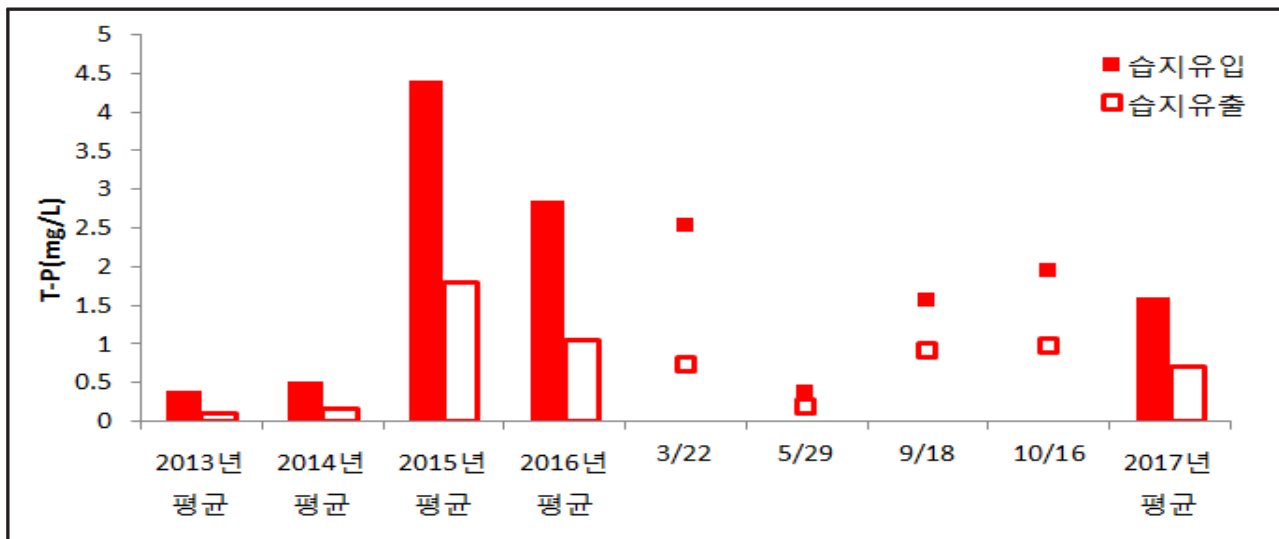
[그림 6-3-4] 월천지구 인공습지 유입수 및 유출수 TOC 변화

- T-N의 경우는 유입수 평균이 8.9mg/L이며, 최종 유출수는 3.9mg/L로 많이 낮아졌다. 연차별로도 2013년도부터 2017년도까지 모두 유입수에 비해 유출수의 T-N 농도가 낮아져 질소가 정화되고 있는 양상을 보였다.
- 최근 5개년간 T-N 정화효율도 평균적으로 19.0kg/d가 유입되고 6.5kg/d가 유출되어 65.7%의 높은 제거 효율을 보였다.



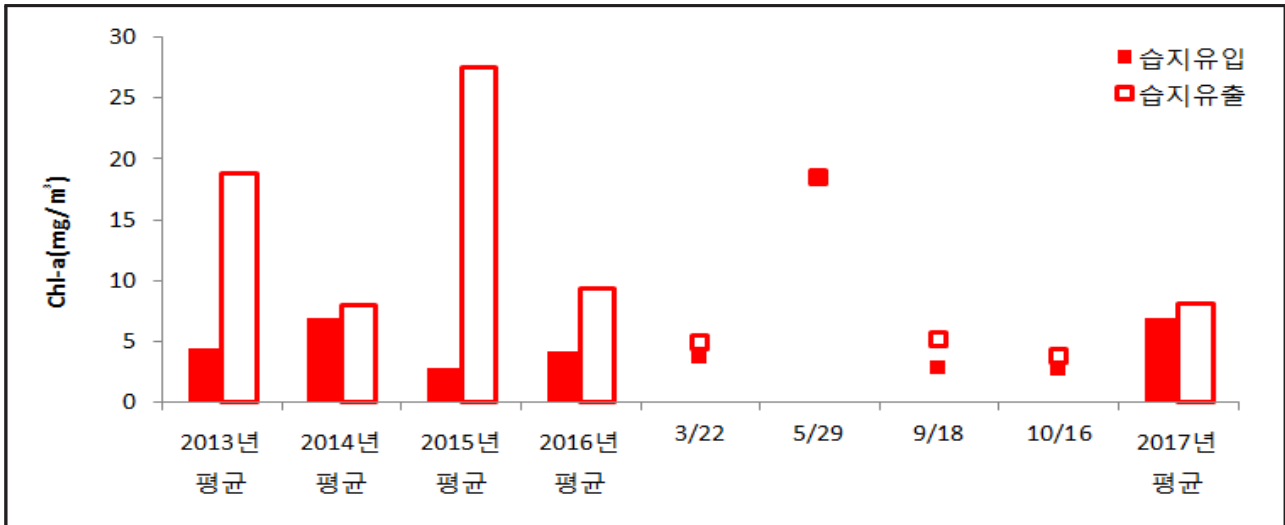
[그림 6-3-5] 월천지구 인공습지 유입수 및 유출수 T-N 변화

- T-P는 유입수 평균이 1.592mg/L이었으며, 최종 유출수는 0.695mg/L로 유입수에 비해 많이 낮아졌다. 연차별로도 2013년에서 2016년 까지 모두 유입수의 T-P농도에 비해 유출수의 T-P농도가 낮았는데, 2017년에도 농도가 크게 낮아져 인공습지에서 인이 정화되고 있는 것으로 판단된다.
- 최근 5개년 간 T-P의 정화효율도 평균적으로 2.2kg/d가 유입되고 0.80kg/d가 유출되어 63.2%의 높은 제거 효율을 보였다.



[그림 6-3-6] 월천지구 인공습지 유입수 및 유출수 T-P 변화

- Chl-a의 경우 유입수 평균이 6.9mg/m<sup>3</sup>, 최종 유출수는 8.1mg/m<sup>3</sup>로 더욱 높아졌다.
- 연차별로도 2012년에서 2017년도까지 모두 유입수에 비해 유출수에서 높아진 것으로 나타났다.
- 이와 같이 습지를 지나면서 Chl-a가 높아진 것은 올해 가뭄으로 인해 유입수의 공급이 원활하지 못하여 물이 오랫동안 습지에 머물고, 식물이 자라지 않아 햇빛이 침투하여 광합성이 활발히 이루어져 조류가 성장하였기 때문으로 판단된다. 또한 배출연못에서도 물이 정체되고 광합성이 활발히 이루어져 녹조가 발생하였기 때문이다.
- 최근 5개년 Chl-a의 정화효율도 평균 유입부하량은 16.7kg/d이고 유출부하량은 79.0kg/d로써 -373.5%가 나타나 낮은 효율을 보였다.



[그림 6-3-7] 월천지구 인공습지 유입수 및 유출수 Chl-a 변화

### 6.3.2 침강지 수질개선효과

- 침강지의 수질조사 기간은 1차 조사 3월 22일, 2차 조사 5월 29일, 3차 조사 9월 18일, 4차 조사 10월 16일 및 강우시 조사를 7월 7일에 실시하였다. 침강지에서 유입수, 유출수를 5회에 걸쳐 모두 채수하였고 퇴적물 조사는 8월 16일에 1회 실시하였다.
- 수온은 유입 평균이 20.5℃이고, 유출수 평균은 20.0℃로 유사한 경향을 보였다.
- pH는 유입수 평균이 7.3이고, 유출수 평균은 8.4으로 다소 높아졌으나, 농업용 수질관리 기준인 6.0~8.5를 만족하였다.
- EC는 유입수 평균이 474μS/cm, 유출수 평균은 416μS/cm로 비교적 낮아지는 경향을 보였고, 유입수와 유출수 모두 식물생장에 지장이 없는 700μS/cm에 비해 크게 낮은 값을 보였다.
- DO는 유입수 평균이 7.6mg/L이고, 유출수 평균은 9.3mg/L로 다소 높은 경향을 보였다. 또한 DO는 유입수와 유출수 모두 호소의 농업용 수질관리기준인 2.0mg/L 이상을 만족하였다.

[표 6-3-4] 월천저수지 침강지 수질변화

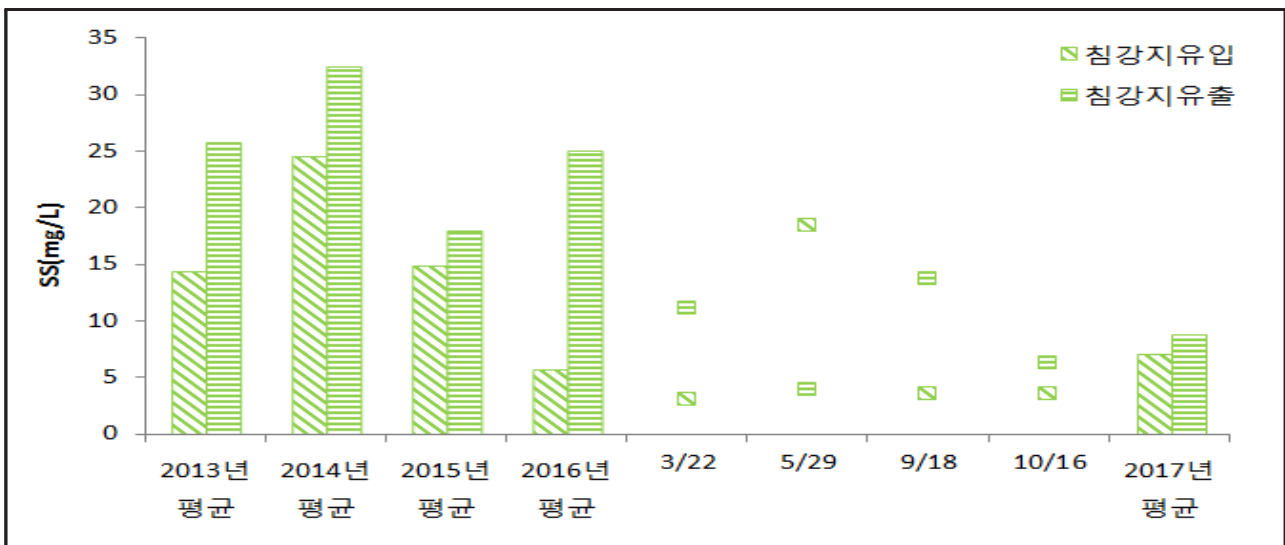
구 분		'13년	'14년	'15년	'16년	'17년 평상시 및 강우시					
		평균	평균	평균	평균	1차 (3.22)	2차 (5.29)	3차 (9.18)	4차 (10.16)	평균	강우 (7.7)
수온 (°C)	유입수	22.1	23.9	25.4	23.1	10.4	28.5	25.6	17.4	20.5	27.1
	유출수	26.4	25.8	23.6	24.7	10.1	27.3	24.8	17.6	20.0	27.8
pH	유입수	7.5	7.6	7.3	7.8	7.8	7.4	6.9	7.1	7.3	7.0
	유출수	7.92	8.84	8.09	8.2	7.6	9.8	8.7	7.3	8.4	7.3
EC (µS/cm)	유입수	285	241	361	427	320	895	323	356	474	512
	유출수	200	200	242	390	315	445	343	559	416	562
DO (mg/L)	유입수	8.9	9.5	6.0	6.7	11.5	5.8	6.9	6.2	7.6	2.6
	유출수	9.0	12.7	7.3	9.9	13.9	9.0	8.7	5.6	9.3	11.7
SS (mg/L)	유입수	14.4	24.5	14.8	5.7	3.0	18.4	3.5	3.5	7.1	6.3
	유출수	25.8	32.4	17.9	25.0	11.1	3.9	13.7	6.3	8.8	50.0
COD (mg/L)	유입수	5.9	6.8	9.7	7.3	6.4	18.8	5.2	3.8	8.6	20.8
	유출수	8.6	9.1	8.4	15.2	10.6	10.8	14.4	10.2	11.5	19.6
TOC (mg/L)	유입수	3.7	3.9	4.5	4.4	3.8	9.0	3.3	2.6	4.7	14.0
	유출수	4.7	5.1	4.0	7.8	6.6	5.2	7.3	5.9	6.3	7.7
T-N (mg/L)	유입수	6.42	5.36	20.72	14.36	12.73	1.3	11.06	10.42	8.9	1.32
	유출수	3.73	3.12	6.99	8.78	11.79	36.83	14.88	34.72	24.56	14.64
T-P (mg/L)	유입수	0.651	0.520	4.386	2.850	2.519	0.367	1.554	1.927	1.592	3.037
	유출수	0.210	0.240	1.238	1.690	2.391	8.124	2.216	6.222	4.738	3.309
Chl-a (mg/m <sup>3</sup> )	유입수	6.4	6.9	2.8	4.2	3.6	18.6	2.7	2.6	6.9	13.6
	유출수	40.7	64.3	31.3	55.0	34.7	16.5	80.3	16.6	37.0	10.4

[표 6-3-5] 월천저수지 침강지 정화효율

구 분		'13~'17년 전체		'13~'17년 평상시		'13~'17년 강우시	
		부하량	정화효율 (%)	부하량	정화효율 (%)	부하량	정화효율 (%)
SS (kg/d)	침강지 유입	151.7	-18.8	14.7	-216.7	866.0	-8.7
	침강지 유출	180.2		46.5		941.7	
COD (kg/d)	침강지 유입	54.1	-47.7	26.4	-178.2	245.6	-5.7
	침강지 유출	80.0		73.4		259.6	
TOC (kg/d)	침강지 유입	26.5	-38.9	15.0	-150.1	113.7	-5.6
	침강지 유출	36.8		37.6		120.1	
T-N (kg/d)	침강지 유입	41.1	-39.3	46.8	-68.3	106.5	-1.0
	침강지 유출	57.3		78.7		107.6	
T-P (kg/d)	침강지 유입	4.4	-58.9	6.7	-73.9	6.2	-9.5
	침강지 유출	7.0		11.7		6.8	
Chl-a (g/d)	침강지 유입	44.4	-467.9	13.3	-827.3	226.2	-116.2
	침강지 유출	251.8		123.4		488.9	



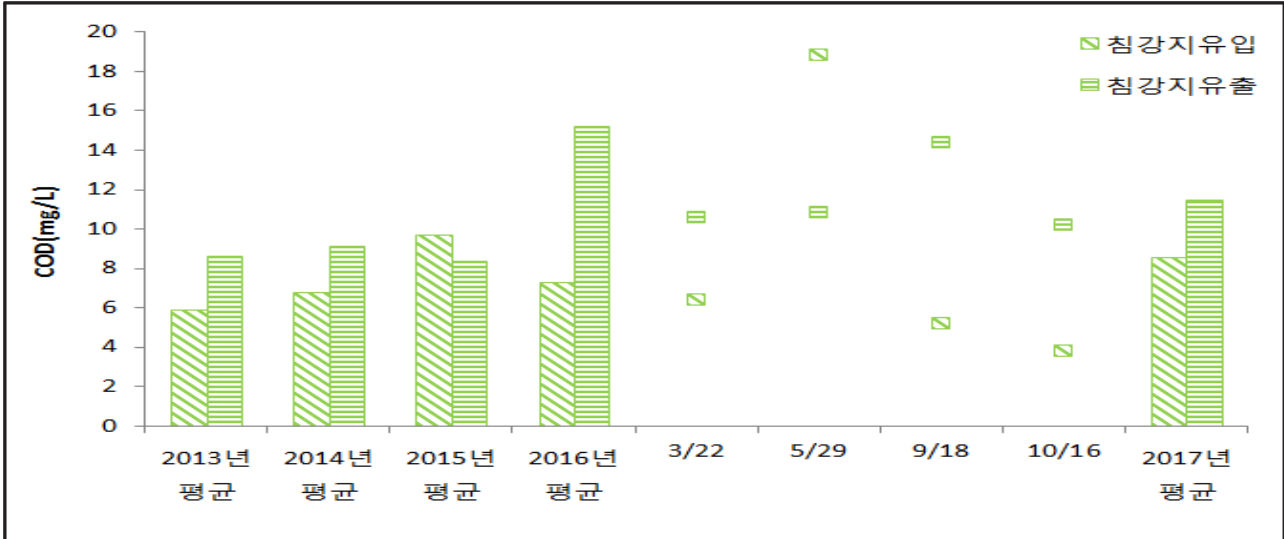
- SS는 유입수 평균이 7.1mg/L이고, 유출수 8.8mg/L로 유입수에 비해 다소 높은 경향을 보였다.
- 연차별로도 모든 연도의 유입수에 비해 유출수가 높은 경향을 보였다.
- 침강지는 개방된 구간이기 때문에 햇빛을 받아 조류가 활발히 성장하여 이 같은 영향으로 SS 농도가 높아지는 것으로 판단된다. 또한 침강지는 수면적이 크게 넓어지는 저수지 유입부에 조성하여 유속을 급속히 감소시켜 부유물질이 침강되도록 조성하는 것이 일반적이다.
- 반면 월천지구의 경우 침강지가 하천형으로 조성되어 있어 수면적이 크게 넓어지지 않아 부유물질의 침강효율이 적은 것도 침강지의 효율이 낮은 원인 중 하나이다.
- 평상시에는 모두 인공습지로 유입되어야 하지만, 2016년 이전까지 취입보가 제대로 가동하지 못해 침강지로 바로 유입되어 조류가 많이 발생하여 SS가 높아졌고, 2017년에는 이런 부분이 일부 개선된 것으로 보이나 누적된 원인을 해결하기는 어려웠던 것으로 판단된다.



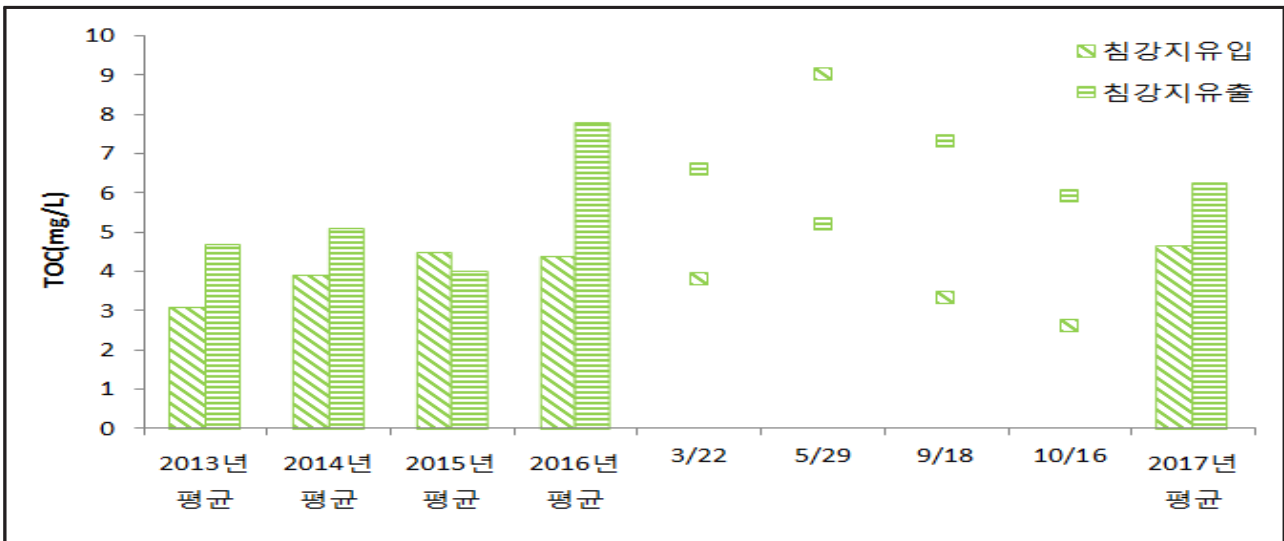
[그림 6-3-8] 월천지구 침강지 유입수 및 유출수의 SS 변화

- 유기물 지표인 COD, TOC의 경우도 같이 COD의 유입수 평균은 8.6mg/L에서 유출수 평균은 11.5mg/L로 높아졌다. TOC의 경우도 평균 유입수가 4.7mg/L이었으며, 최종 유출수는 6.3mg/L로 높아졌다.
- 침강지에서 유기물 농도가 높아진 것은 Chl-a 농도가 높아진 것으로 보아 침강지에서 내부생산에 의해 유기물이 많이 생성되었기 때문인 것으로 보인다.

- 최근 극심한 가뭄으로 유입수가 거의 없었고, 올해 여름 강우량이 부족한 상황에서 침강지 물의 장기체류와 퇴적물에서의 영양물질 용출 등으로 조류가 증식하면서 유기물 농도가 높아진 것으로 판단된다.

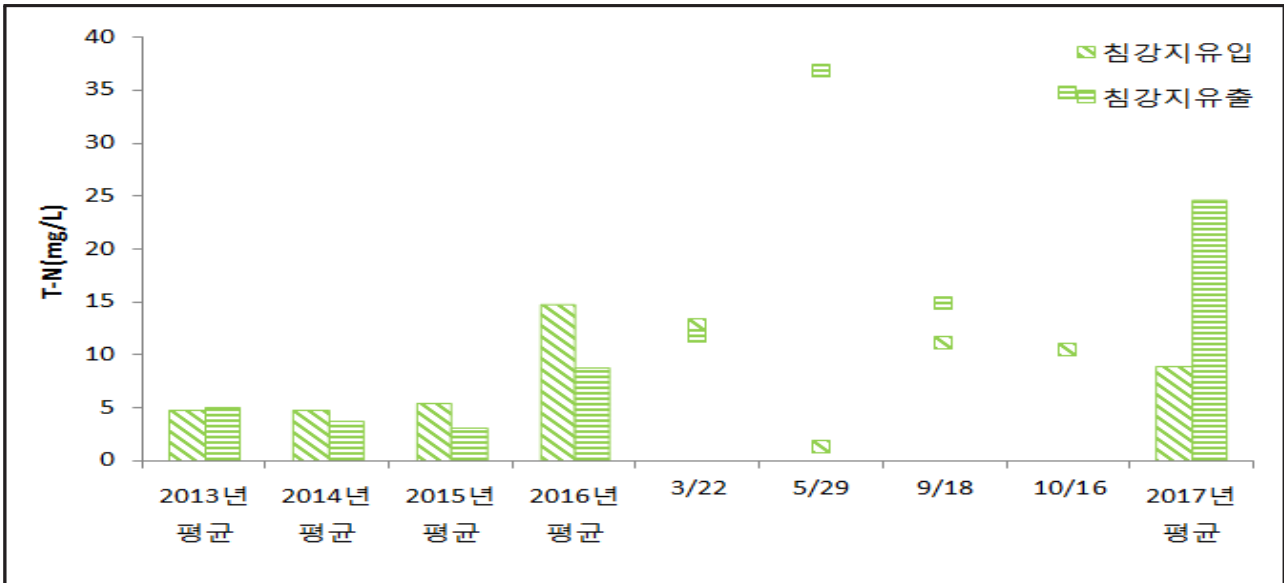


[그림 6-3-9] 월천지구 침강지 유입수 및 유출수의 COD 변화



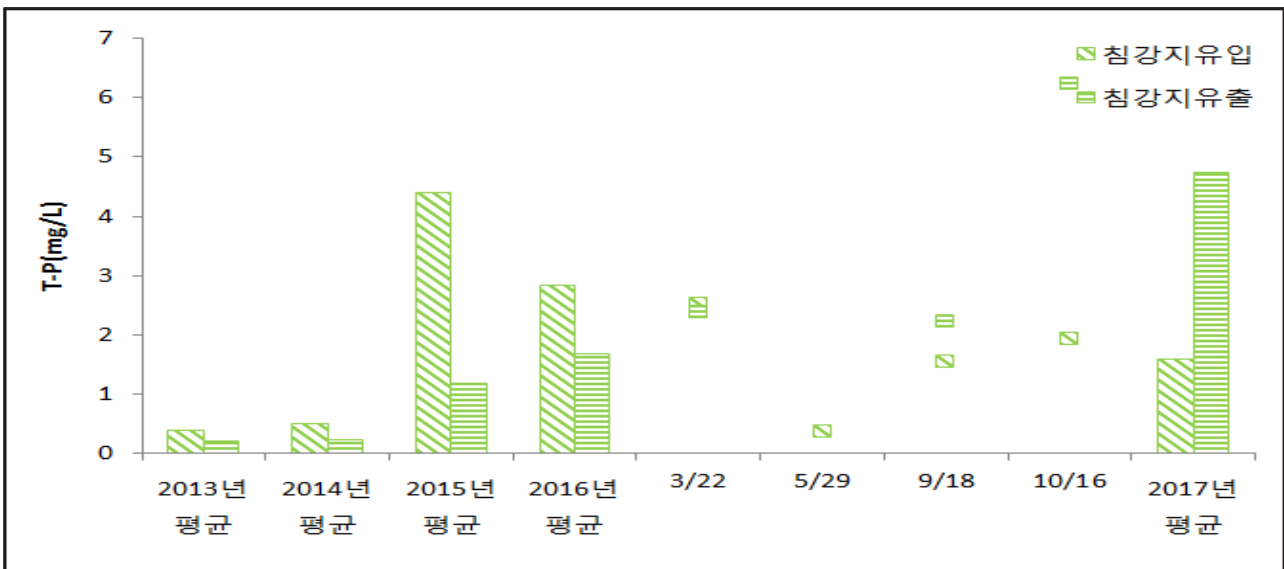
[그림 6-3-10] 월천지구 침강지 유입수 및 유출수의 TOC 변화

- T-N의 경우 유입수 평균이 8.9 mg/L이었으며, 최종 유출수는 24.6 mg/L로 높아졌다.
- 연차별로 2012년부터 2016년까지 유입수에 비해 유출수의 T-N 농도가 낮아져 침강지에서 질소 농도가 저감되고 있는 것으로 판단되었으나, 2017년은 2분기부터 강우가 거의 없는 상태에서 영양물질의 축적은 조류의 T-N 흡수만으로는 한계가 있는 것으로 보인다.



[그림 6-3-11] 월천지구 침강지 유입수 및 유출수의 T-N 변화

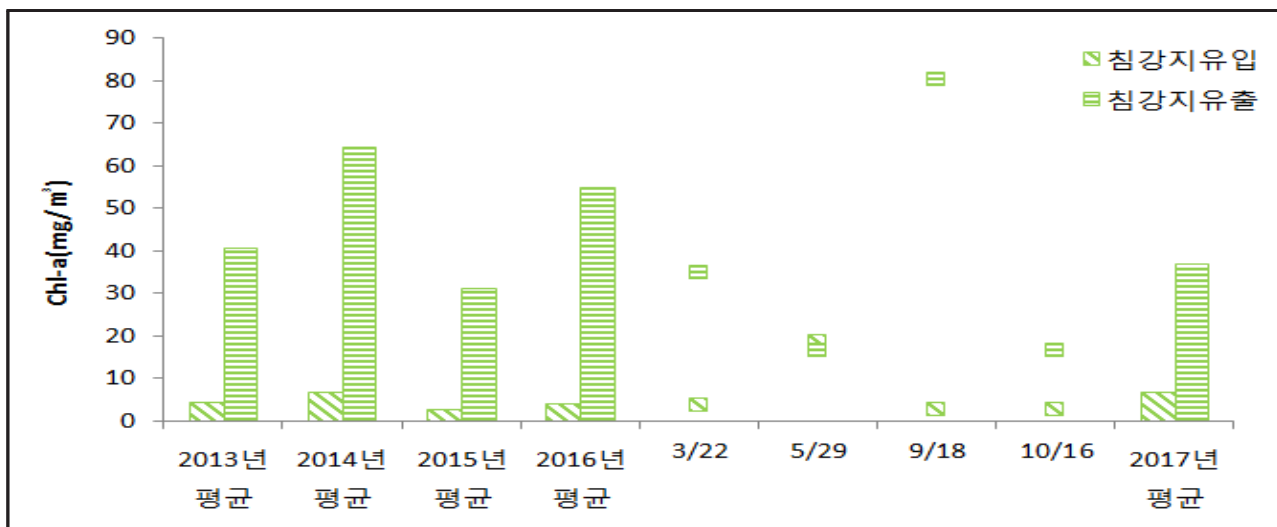
- T-P의 경우도 평균 유입수의 농도가 평균 1.592mg/L, 최종 유출수는 평균 4.738mg/L로 높아졌고, 2016년까지 유출수에서는 모두 낮아지는 경향을 보였다가 2017년에 급격히 높아졌다. 이는 T-N과 마찬가지로 2017년은 2분기부터 강우가 거의 없는 상태에서 영양물질의 축적은 불가피한 것으로 보인다.



[그림 6-3-12] 월천지구 침강지 유입수 및 유출수의 T-P 변화

- Chl-a의 경우 유입수가 평균 6.9mg/L였으나, 유출수는 평균 37.0mg/L로 유출수에서 높아졌다. 연차별로도 모두 유입수에 비해 유출수에서 높아지는 경향을 보였다.

- 침강지를 거치면서 Chl-a 농도가 높아지는 것은 월천지구의 경우 2016년까지 취입보 운영상의 문제로 평상시에도 침강지로 질소, 인이 지속적으로 공급되어 조류가 많이 성장하고, 강우시에는 침강지가 하천형이기 때문에 유속이 감소되지 못하고 있기 때문으로 판단된다.
- 이런 상황에서 2017년 극심한 가뭄과 편중된 강우는 이런 현상을 더욱 가중시켰으며, 그 결과로 침강지의 Chl-a 정화효과가 거의 나타나지 않았다.



[그림 6-3-13] 월천지구 침강지 유입수 및 유출수의 Chl-a 변화

### 6.3.3 퇴적물 조사 결과

- 인공습지 및 침강지의 퇴적물 조사결과 인공습지의 토성은 양질사토(LS)였으며, 강열감량 결과 1.5%, 총질소 1,458.4mg/kg, 총인은 183.3mg/kg이었다. 2016년과 비교하여 총질소 수치가 크게 증가하였지만 오염평가 기준을 초과하지는 않았다.
- 침강지의 토성은 양토(L)로써 강열감량 결과 3.9%였으며, 총질소는 939.2mg/kg, 총인은 300.2mg/kg로 2016년도 조사 결과와 비교하여 오염도가 감소된 것으로 나타났다. 2016년 총인 농도가 1,609mg/kg로 오염평가 기준을 초과할 정도로 높게 나왔던 결과와 비교했을 때 원인 분석이 필요한 것으로 보인다.
- 결과적으로, 월천지구의 침강지는 하천형으로 설계되어 퇴적물 조사 위치상의 편차가 심한 것으로 판단되고 내년 조사 시 중복조사를 하여 재고할 필요가 있다.

[표 6-3-6] 월천저수지 인공습지 및 침강지 퇴적물 조사 결과

지점	조사 년도	토성	강열감량 (%)	총질소 (mg/kg)	총인 (mg/kg)	pH	EC (ds/m)	유효인산 (mg/kg)
월천 인공습지	2016	SL	2.6	166.0	160.2	7.5	0.039	0.86
	2017	LS	1.5	1,458.4	183.3	6.8	0.058	64.59
월천 침강지	2016	SiL	8.8	2,811.7	1,609.2	6.5	0.240	76.98
	2017	L	3.9	939.2	300.2	7.0	0.050	12.96

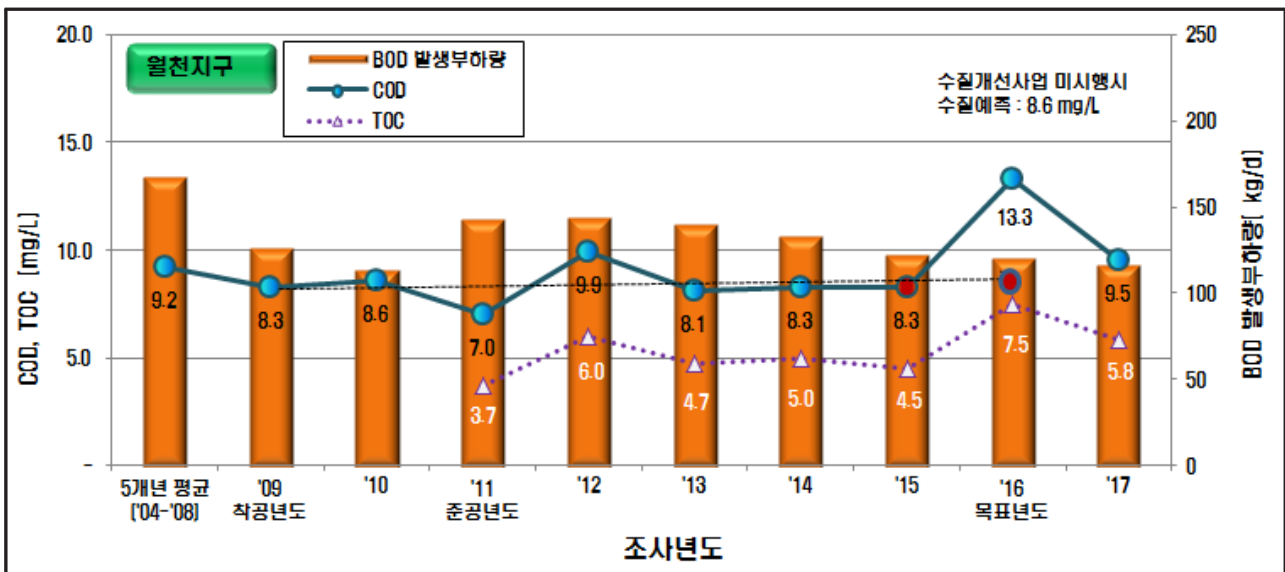
[표 6-3-7] 호소 퇴적물 오염평가 기준

항 목		등 급	I	II	III	IV
유기물 및 영양염류	완전연소가능량(%)			-		13 초과
	총질소(mg/kg)			-		5,600 초과
	총인(mg/kg)			-		1,600 초과
비고 : 1. 등급별 퇴적물의 상태<유기물, 영양염류> - IV 등급 : 심각하고 명백한 오염						

\* 자료 : 국립환경과학원예규 제687호, 2015년

## 6.4. 저수지 수질변화 및 개선효과

- 월천지구 수질정화시설은 운영 6년차로서 BOD 발생부하량이 준공년도인 2011년의 143.1kg/d에 비해 2012년에는 143.6kg/d, 2013년에는 139.8kg/d, 2014년에는 133.3 kg/d, 2015년에는 122.5kg/d, 2016년에는 120.1kg/d로 점점 낮아지는 양상을 보였다. 2017년에도 역시 116.8kg/d로 낮은 수치를 보였다.
- 저수지의 COD 및 TOC 농도는 준공년도인 2011년도의 7.0mg/L 및 3.7mg/L에서 2012년도에 9.9mg/L 및 6.0mg/L로 높아졌으나, 2013년, 2014년도 및 2015년도에는 COD가 각각 8.1mg/L, 8.3mg/L 및 8.3mg/L로 농업용 수질관리기준에 근접하였다. 2016년에는 13.3mg/L로 다소 높아졌다가 2017년에는 9.5mg/L로 다시 낮아졌다.
- TOC는 2013년부터 2015년까지 4.7mg/L, 5.0mg/L, 4.5mg/L로 관리기준을 만족하였으나, 2016년에는 7.5mg/L로 다소 높아졌다가 2017년에 5.8mg/L로 다시 낮아졌다.



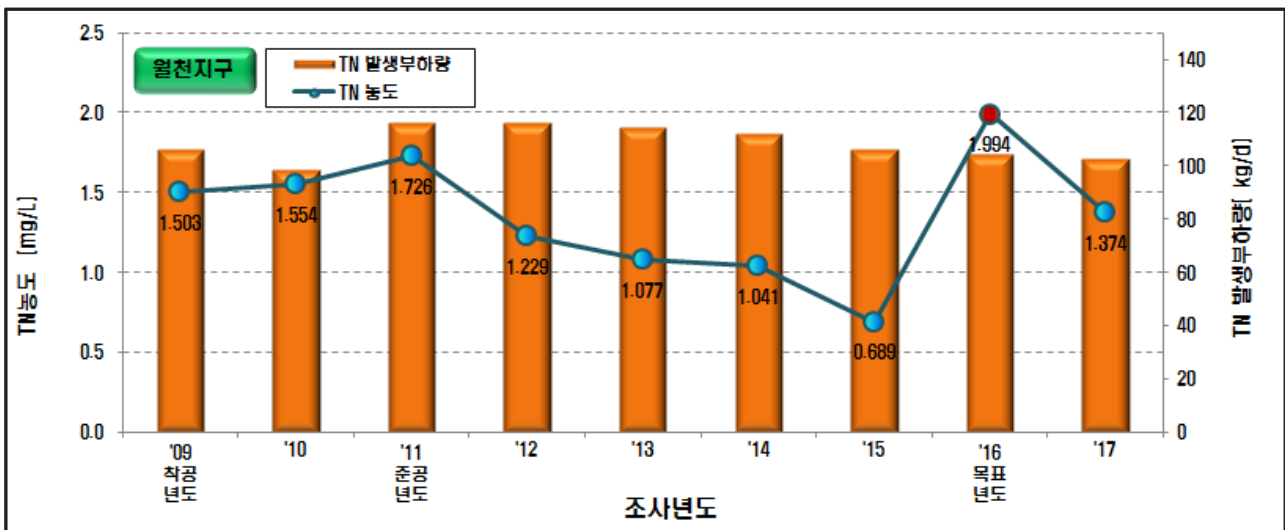
[그림 6-4-1] 월천지구 유역 연도별 BOD 발생부하량 및 COD, TOC 농도 변화

- 월별 저수율 현황과 비교해 볼 때 조사시기인 1차~2차 시기인 3월, 5월에는 95.8%, 98.4%로 높은 저수율을 기록했으나, 영농기를 거쳐 여름철인 6월~8월까지 최악의 가뭄상황을 거치면서 저수율이 36.4~46.4%까지 급격히 낮아졌으며, 그로 인해 오염부하를 가중시키는 결과를 초래했다.

[표 6-4-1] 월천저수지 월별 저수율 현황

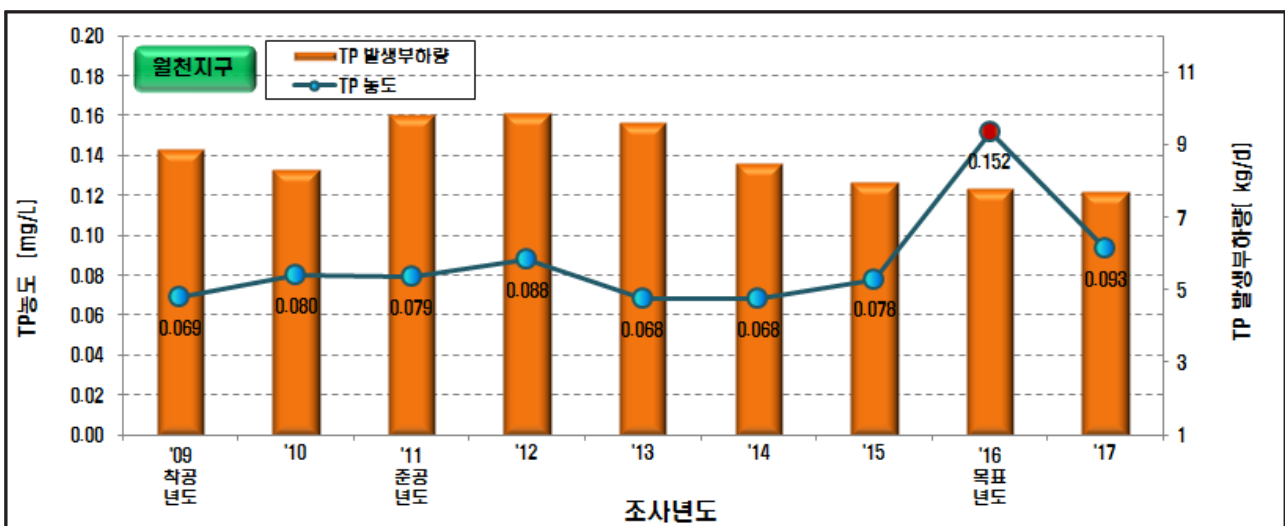
구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
저수율(%)	91.2	94.8	98.4	99.9	95.8	46.4	36.4	42.6	59.5	71.2	72.9	74.3

- 월천저수지 유역의 T-N 발생부하량은 준공년도인 2012년에는 116.5kg/d, 2013년에는 114.3kg/d, 2014년에는 112.1kg/d, 2015년에는 106.3kg/d, 2016년에는 104.7kg/d로 점점 낮아졌다. 2017년에도 역시 102.7kg/d로 낮은 수치를 보였다.
- 월천저수지의 T-N 농도는 준공 이후인 2012년 1.229mg/L에서 지속적으로 낮아져 2015년에는 0.7mg/L로 관리기준을 만족하였으나, 2016년에는 1.994mg/L로 급격히 높아졌다가 2017년에는 1.374mg/L로 조금 낮아지는 양상이 나타났다.



[그림 6-4-2] 월천지구 유역 연도별 T-N 발생부하량 및 T-N 농도 변화

- T-P의 경우도 T-P 발생부하량은 준공년도인 2011년도에 9.8kg/d이고, 2012년도에 9.9kg/d로 비슷하였으나, 2013년, 2014년 및 2015년에는 각각 9.6kg/d, 8.5kg/d, 8.0kg/d로 점차 낮아지는 양상을 보였다. 2016년 및 2017년에도 7.8kg/d, 7.7kg/d로 다소 감소하였다.
- 월천저수지의 T-P 농도는 준공 이후 2014년까지 0.068mg/L로 지속적으로 낮아지는 양상을 보였지만, 그 후 높아져서 2016년에는 0.152mg/L로 급격히 높아졌다. 2017년에는 0.093mg/L로 조금 낮아졌다.



[그림 6-4-3] 월천지구 유역 연도별 T-P 발생부하량 및 T-P 농도 변화

## 6.5. 현장적용성 향상 및 유지관리 방안

- 인공습지 취입구 전방부 하천은 하절기 폭우로 인해 사질토 및 협잡물이 용이하게 모이는 위치로서 인공습지로의 하천수 유입을 위해서는 정기적인 점검 및 제거 작업이 필요하다.
- 현장점검을 통해 취입구 스크린 설치, 취입보 방수기능 정상화, 습지식물 보식 등을 실시하였으며 2016년에 추가 보식을 하였다. 부분적으로 식생 활착이 안정화되지 않은 부분이 존재하여 2017년에도 일부 추가 보식이 이루어졌기 때문에 습지 내 정화식물 성장관리에 주의가 필요하다.
- 침강지는 일반적으로 수면적이 크게 넓어져 유속을 급속히 감소시켜 부유물질이 침강되도록 조성하나 월천지구의 침강지는 하천형으로 조성되어 그 효과가 미미한 것으로 나타나, 침강지 구조변경과 일부 준설을 통해 정화효율을 높일 필요가 있을 것으로 판단된다.
- 취입부 인근에 양만장이 신축되어 2018년부터 운영 예정임으로 강우 시 오염수가 유입되지 않도록 상시 모니터링이 필요하며, 인공습지 상부 연접 농경지의 경작인 들은 갈수기 때 인공습지 내부의 물을 취수하고 있어 지속적인 관리가 필요하다.

## 6.6. 요약

- 운영 6년차인 월천저수지는 준공이후 2013년에서 2017년까지 정화효율을 살펴보면 인공습지가 COD -27.7%, T-N 65.7%, T-P 63.2%, 침강지가 COD -47.7%, T-N -39.3%, T-P -58.9%였다. 인공습지의 정화효율은 수질정화시설이 일정부분 수질개선에 기여하는 것으로 보였으나, 침강지의 정화효율은 그에 비해 좀 더 관리가 필요할 것으로 보인다.
- 2017년 월천저수지의 정화효율을 살펴보면, COD -10.5%, T-N 6.6%, T-P -16.3%로 나타났다. 월천저수지는 올해 극심한 가뭄으로 저수량이 36.4%까지 감소되어 수질 관리가 원활하지 못하였고 수질개선시설 역시, 유입수의 공급이 원활하지 못해 자체 내부생산이 누적되었다. 또한, 편중된 강우로 오염원이 일시적으로 들어와 유기물의 제거 효과가 크지 않았기 때문에 이와 같은 결과가 나타난 것으로 보인다. 하지만 2016년 이전까지 취입보등의 문제로 효율이 극심히 낮았는데 비해 2017년에는 일부 개선된 것으로 판단된다.



- 월천저수지의 수질은 COD가 2012년도의 9.9mg/L에서 2013년에서 2015년까지 8.1mg/L, 8.3mg/L, 8.3mg/L로 개선되는 양상을 보이다가 2015년도부터 비정상적인 운행으로 2016년에는 13.3mg/L로 높아졌다. 2017년에는 9.5mg/L로 다소 낮아졌다. 인공습지가 준공된 이후 2012년부터 2015년까지 수질개선효율이 지속적으로 높았다가 2016년의 수질 정화효율이 낮았고, 2017년에는 다소 회복이 된 것으로 판단된다.
- 2016년에 시설 보수와 갈대 식재가 완료됨에 따라 식생이 안정화되고 습지가 정상적으로 운영될 수 있었음에도 유입수의 불규칙적인 급수는 2017년의 정화효율에 부정적인 영향을 야기했다.
- 수질개선시설 자체의 문제점을 차치하고도, 준공 이후인 2012년 연평균 기온이 14.1℃에서 2017년 15.8℃로 2℃ 가까이 상승 한 것은 수질개선에 악영향을 미친다는 현실을 간과할 수 없다. 또한, 2017년도 강수량도 2016년의 절반에 못 미친다는 사실은 수질개선시설의 운영의 어려움을 여실히 나타내는 지표가 될 것으로 판단된다.
- 종합적으로 월천지구는 상승된 기온 및 낮은 강수량 등 외부적인 문제로 인해 수질정화효율이 낮게 나타났으며, 향후 정화효율을 높이기 위해 인공습지로 유입수를 최대한 안정적으로 공급하고 원활한 흐름이 이루어 질 수 있도록 세심하게 유지 관리를 할 필요가 있다.



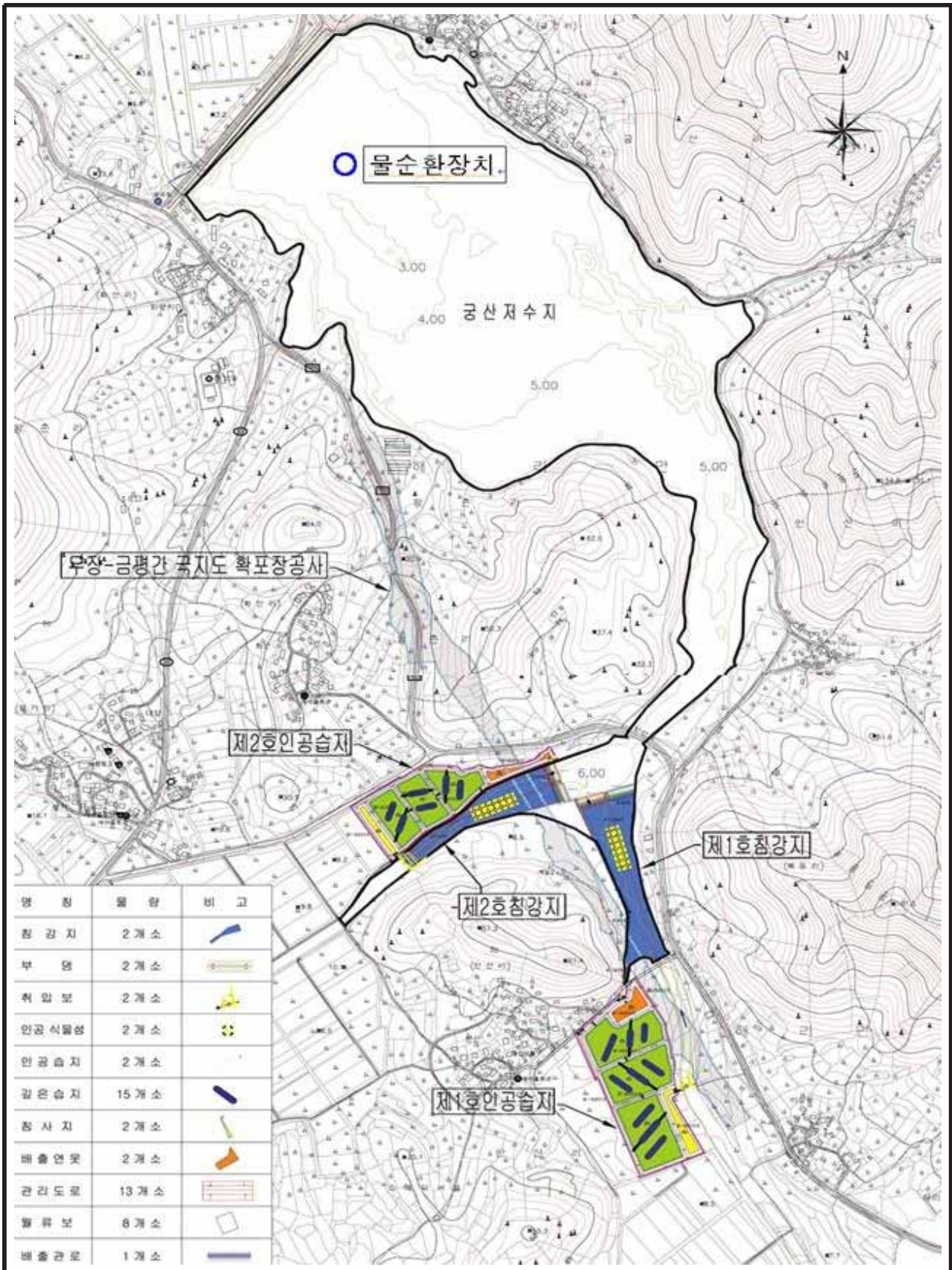
# 7. 궁산지구



- 
- 7.1 지구현황
  - 7.2 기상 및 수질현황
  - 7.3 시설별 수질개선효과
  - 7.4 저수지 수질변화 및 개선효과
  - 7.5 현장적용성 향상 및 유지관리 방안
  - 7.6 요약



## 공산지구 수질개선사업 평면도





## 7.1. 지구현황

### 7.1.1 저수지 현황

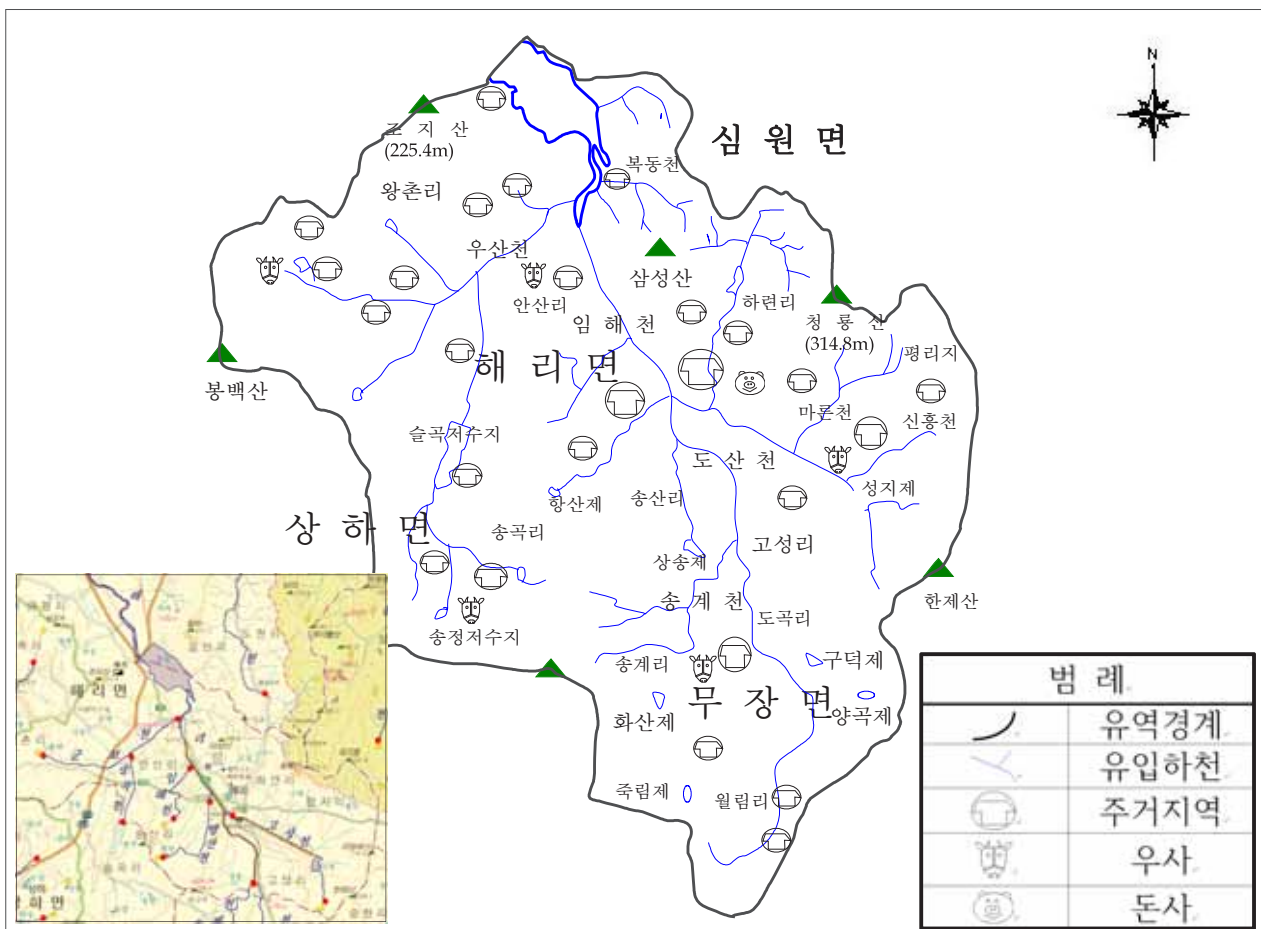
#### 1) 유역현황

- 공산저수지는 전라북도의 서남단인 북위 35도 28분 ~ 35도 29분, 동경 126도 31분 사이에 자리 잡고 있으며, 행정구역상 전라북도 고창군 해리면에 속한다. 고창군의 동북쪽은 정읍시, 부안군, 동남쪽은 전남 장성군, 영광군에 인접하고 서북부 일대는 서해에 임하고 있다. 고창군의 동·서간 거리는 약 31km, 남·북간 거리는 약 31.5km에 달하며 면적은 약 60만km<sup>2</sup>이다.
- 고창군은 전라북도의 서남단에 위치하며 반등산(742m), 벽오봉(640m), 문수산(620m), 고산(537m) 등 명산이 위치하고 있다.
- 선운사 뒤로 흐르는 장연강의 본류는 모두 노령산맥의 서쪽 비탈에서 발원하여 고창군의 중앙을 관류, 서해에 유입하는 관계로 지세는 자연히 동남부가 높고 서북부가 낮으며 남동부에 구릉지대를 형성하고 서북부에 평야지대를 이루어 31.4km의 고수천, 고창천, 주진천, 인천강, 자연강으로 불리우는 하천 유역은 예로부터 비옥한 농경지로서 농경에 적합한 지역이었을 뿐만 아니라 바다를 통하는 문화교류도 활발하였다.
- 기후는 해양성기후의 특색을 나타내며 일조율이 58%로 맑은 날이 많고 겨울철에도 눈이 많고 온난한 편이다.
- 공산저수지가 위치한 심원 등 4개면은 전라북도 고창군내 14개 읍·면 중 4개면으로서 해리 등 4개면의 행정구성은 법정리 47개, 행정리 147개, 358개반으로 구성되었으며, 공산저수지 유역은 4개면 11개리가 포함되어 있다.

[표 7-1-1] 공산저수지 경위도상 위치

소재지	단	경도와 위도의 극점			연장거리
		지명	극점		
			동경	북위	
전북 고창군	동단	해리면 안산리	126° 31' 52.83"	35° 28' 40.91"	동서간 1.2km
	서단	해리면 금평리	126° 31' 09.79"	35° 29' 03.10"	
	남단	해리면 왕촌리	126° 31' 43.87"	35° 28' 27.58"	남북간 1.4km
	북단	심원면 공산리	126° 31' 22.98"	35° 29' 15.22"	

- 공산저수지의 주요 유입하천은 해리천과 군보천으로 고성천, 행산천, 임해천이 유입되고, 유역내 송곡제, 하연제, 성지제 등 16개의 소류지가 보조수원 역할을 하고 있다.
- 무장면에서 발원하여 공산저수지를 거쳐 서해로 연결되는 해리천은 유역이 넓고 인구가 집중되어 있어 강우 시 농경배수의 유입 등 비점오염원에 취약한 특성을 보이고 하류에서 해리면의 생활계 오염원이 유입되고 있으며, 2008년 10월부터 해리하수처리장이 운영되고 있다.
- 군보천은 유역 상류에 송곡저수지에서 일정량의 하천수를 공급받고 있으며, 해리천에 비해 마을이 분산되어 있으나, 축산계 오염원이 유입되고 있다.
- 공산저수지로 유입되는 주요 수계인 해리천은 유역면적이 하천 중 가장 넓고 유량이 많으며 하천정비가 잘 이루어져 있고, 강우 시 오염원 유출에 저항성이 없어 수계를 중심으로 형성된 농가의 소규모 축산에 의한 분뇨와 생활하수가 유입되고 있다.
- 군보천은 하천폭이 비교적 좁은 편이고 유량이 적으며, 하천 주변은 수풀이 넓게 자리잡고 있어 자연형에 가까운 하천형태를 이루고 있다.




[그림 7-1-1] 공산저수지 유역도



## 2) 일반현황

- 공산저수지는 전라북도 고창군 심원면 공산리에 위치하고 있으며, 1945년에 설치되었고 저수지 상류 유역면적은 3,025ha로 상당히 넓어 강우 시 유입되는 토사량이 많아 침강지에 퇴적량이 많은 지구이다.
- 유효저수량은 2,210천m<sup>3</sup>이고, 수혜면적은 260ha이며, 만수면적은 81ha를 차지하고 있다. 수계는 영산강으로 중권역은 주진천이며, 관할관측소는 고창이다.
- 저수지 유역 내 비점오염원은 전 459ha(15%), 답 715ha(24%), 임야 1,387ha(46%), 기타 464ha(15%)으로 전체유역 중 임야가 46%를 차지하고 있으며, 논이 밭보다 더 많은 비중을 차지하고 있다.
- 공산저수지 상류유역에서 오염된 토사, 오니 등이 유입되어 저수지에 퇴적되면서 수심이 낮아지고 수생식물의 대변식-사멸-오염원 용출 등의 악순환을 거치면서 저니토가 오염되어 저수지 수질에 악영향을 미친다.
- 오염된 저니토를 저수지 밖으로 제거하여 저수지의 수질을 개선할 필요성이 요구되어 2009년 국고 1,600백만원 사업비를 투입하여 퇴적물처리 시범사업을 시행하여 오염 저니토 12,537m<sup>3</sup>를 처리하였다.

[표 7-1-2] 공산저수지 일반현황

소재지	전라북도 고창군 심원면 공산리	
설치년도	1945년	
유역면적	3,025ha	
유효저수량	2,210천m <sup>3</sup>	
수혜농지	260ha	
만수면적	81ha	
관리주체	한국농어촌공사 고창지사	

## 7.1.2 수질개선시설 현황

### 1) 주요대책

- 저수지 상류유역내 해리면의 생활계 오염원을 처리하기 위해 해리 하수처리장이 운영되고 있으며, 공사기간은 2005년 12월 23일 ~ 2008년 10월 22일으로 처리용량은 240톤/일이며, SMMIAR공법으로 처리하고 있다.
- 유역 내 산재된 축사에서 발생하는 축산폐수처리를 위한 고창가축분뇨처리장이 운영 중이나 처리장으로 이송·처리하는 양은 미미한 것으로 조사되었다.
- 호내대책으로 평시(연평균 유출량 30mm/day 미만) 유입하천 정화처리를 위해 인공 습지 2개소 74,115m<sup>2</sup>, 평시 및 강우시(연평균 유출량 30mm/day 이상) 유입된 토사에 흡착된 비점오염물질의 침강을 촉진시키기 위해 침강지 2개소 39,393m<sup>2</sup>, 침강지에 설치하여 영양물질의 제거 및 조류의 이상 증식 방지를 위해 인공식물섬 2개소 (1,000m<sup>2</sup>), 수체(水體)를 효율적으로 순환시키고 공기를 혼합시켜 부영양화로 인한 오염 물질 내부생산 저감을 위한 부유식 물순환장치 1개소(54,000m<sup>3</sup>/day)를 설치하여 운영 중이다.
- 상류유역내 소규모 축사가 산재되어 있어 축산폐수에 의해 오염이 우려되므로 개별 축산폐수처리시설 적정운영 및 고창가축분뇨처리장으로 이송처리를 위한 지속적인 기술보급, 시설보완, 교육 및 홍보 등과 함께 관할지자체의 적극적 관리·감독이 요구된다.

[표 7-1-3] 공산저수지 수질개선시설 현황

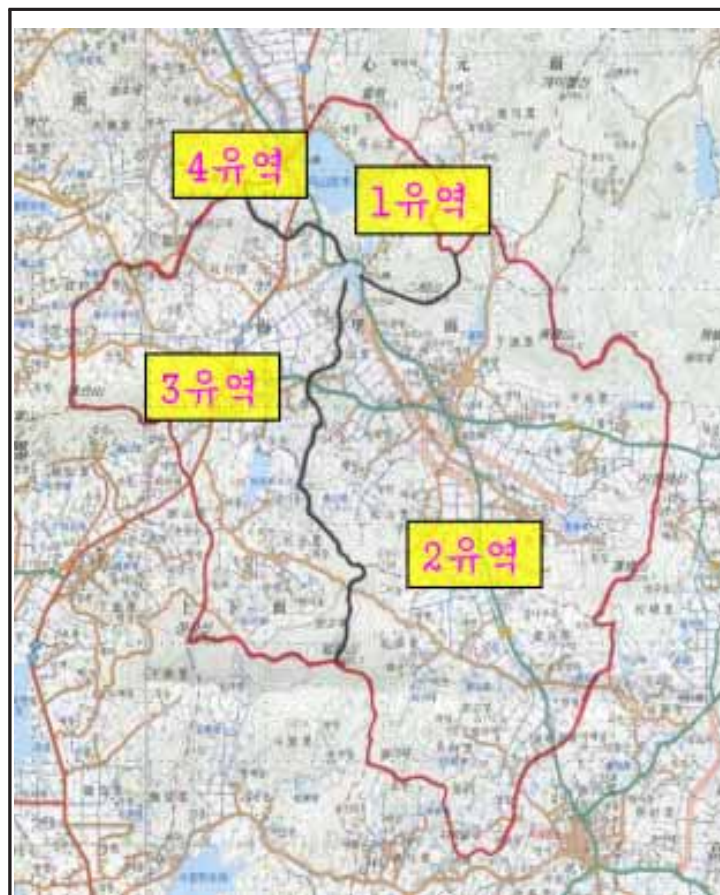
구분	대안	시설	규모	비고
<input type="checkbox"/> 상류대책(고창군 추진)				
1	하수처리	해리하수처리장	처리용량 : 240톤/일	'08년 준공
2	축산폐수처리	가축분뇨처리장	처리용량 : 95톤/일	'13년 준공
<input type="checkbox"/> 호내대책				
1	평시 유출수 처리	1호 인공습지	43,306m <sup>2</sup>	해리천
2	평시 유출수 처리	2호 인공습지	30,809m <sup>2</sup>	군보천
3	평시 및 강우 유출수 처리	1호 침강지	22,016m <sup>2</sup>	
4	평시 및 강우 유출수 처리	2호 침강지	17,377m <sup>2</sup>	
5	침강지 녹조발생 억제	1호 인공식물섬	500m <sup>2</sup>	
6	침강지 녹조발생 억제	2호 인공식물섬	500m <sup>2</sup>	
7	저수지 녹조방지	부유식 물순환장치	1일 물순환량 : 54,000m <sup>3</sup>	

## 2) 인공습지

- 인공습지가 처리하는 2, 3구역 유역면적은 2,706.3ha으로 일 30mm 이하 유입시 유하하는 유입유량 50,435m<sup>3</sup>/일을 정화하기 위해 얕은습지 6개소 35,438m<sup>2</sup>, 깊은연못 15개소 13,442m<sup>2</sup>, 침사지 2개소 5,267m<sup>2</sup>, 배출연못 2개소 4,626m<sup>2</sup>를 설치하여 운영 중이다.
- 내용적상으로는 42,457m<sup>3</sup>으로서 유역에서 유입되는 유입량 2,101.46m<sup>3</sup>/hr이 습지에서 평균적으로 20.2시간 체류하는 것으로 조사되었다.

[표 7-1-4] 인공습지 계획유량

구 분	유역 구분	유역면적 (ha)	평균 유입량(m <sup>3</sup> /일)			계획수량 (m <sup>3</sup> /일)	비고 (체류 시간)
			총유입량	일30mm 미만유입량	마을하수도 유입량		
계		2,706.30	50,435	50,435	-	50,435	20.2
1호 인공습지	2유역	1,770.32	33,108	33,108	-	33,108	18.2
2호 인공습지	3유역	935.98	17,327	17,327	-	17,327	23.9

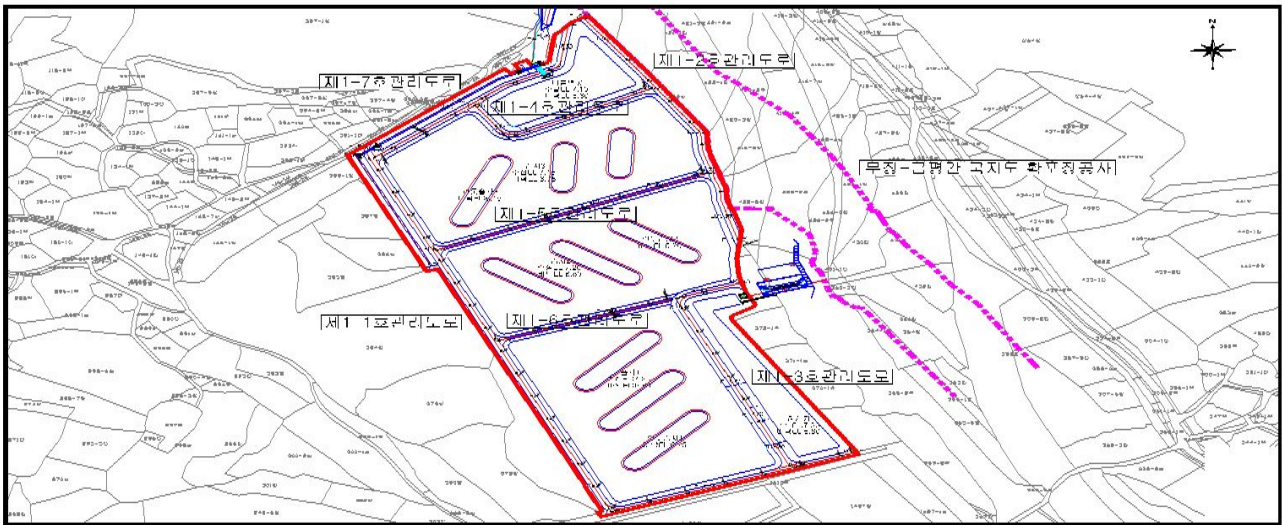


[그림 7-1-2] 공산저수지 유역 구분도

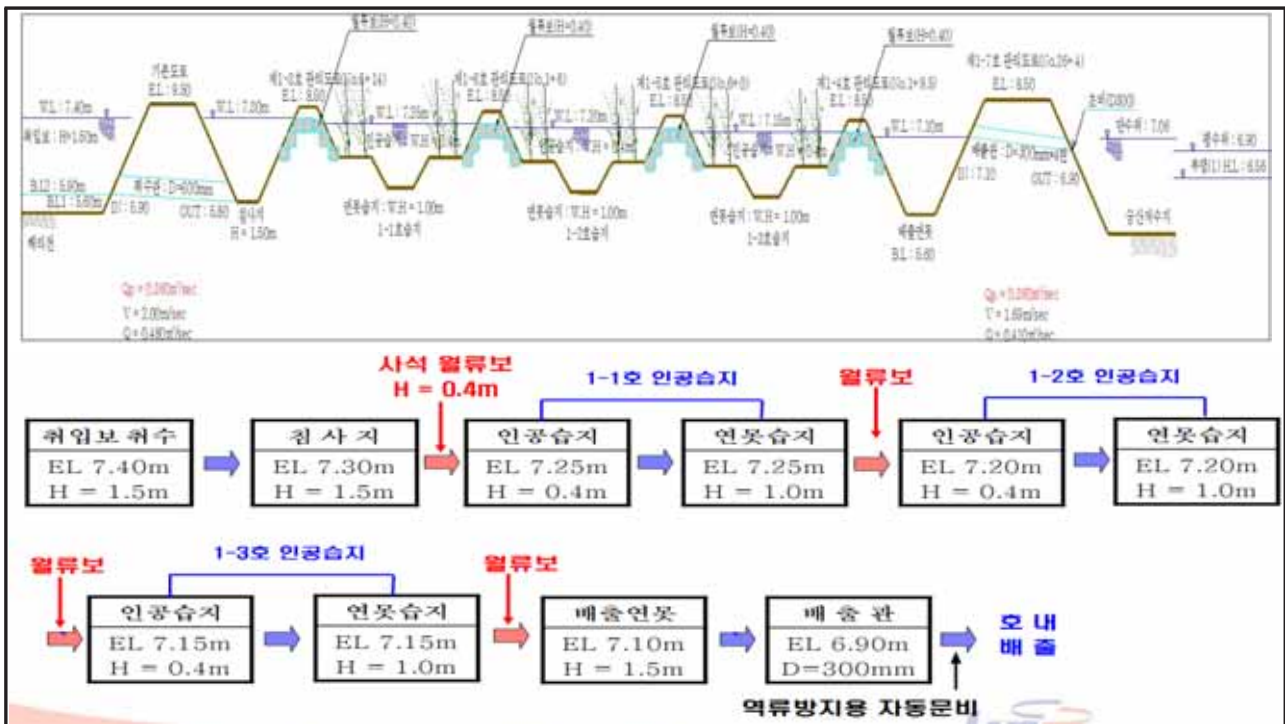
- 1호 인공습지가 처리하는 2유역 유역면적은 1,770.32ha으로 일 30mm미만 유입시 유하하는 유입유량 33,108m<sup>3</sup>/일을 정화하기 위해 취입보(고무보, H=1.5, L=22.7)를 통해 얇은습지 3개소 21,362m<sup>2</sup>, 깊은연못 9개소 8,065m<sup>2</sup>, 침사지 1개소 3,401m<sup>2</sup>, 배출연못 1개소 2,284m<sup>2</sup>를 설치하여 운영 중이다.
- 1호 인공습지는 내용적상으로는 25,138m<sup>3</sup>으로서 유역에서 유입되는 유입량 1379.5 m<sup>3</sup>/hr이 습지에서 평균적으로 18.2시간 체류하는 것으로 계획하였다.
- 2호 인공습지가 처리하는 3유역 유역면적은 935.98ha으로 일 30mm미만 유입시 유하하는 유입유량 17,327m<sup>3</sup>/일을 정화하기 위해 취입보(고무보, H=1.2, L=34.6)를 통해 얇은습지 3개소 14,076m<sup>2</sup>, 깊은연못 6개소 5,377m<sup>2</sup>, 침사지 1개소 1,866m<sup>2</sup>, 배출연못 1개소 2,342m<sup>2</sup>를 설치하여 운영 중이다.
- 2호 인공습지는 내용적상으로는 17,319m<sup>3</sup>으로서 유역에서 유입되는 유입량 721.96 m<sup>3</sup>/hr이 습지에서 평균적으로 23.9시간정도 체류하는 것으로 계획하였다.

[표 7-1-5] 인공습지 제원

구 분		규모	계획면적 (m <sup>2</sup> )	계획수심 (m)	내용적 (m <sup>3</sup> )	비 고
총계	얇은습지	6개소	35,438	0.4	14,175	
	깊은연못	15개소	13,442	1.0	13,442	
	소 계		48,880		27,617	
	침사지	2개소	5,267	1.5	7,901	
	배출연못	2개소	4,626	1.5	6,939	
	관리도로 및 기타		15,342			
	합 계		74,115		42,457	
1호 인공 습지	얇은습지	3개소	21,362	0.4	8,545	
	깊은연못	9개소	8,065	1.0	8,065	
	소 계		29,427		16,610	
	침사지	1개소	3,401	1.5	5,102	
	배출연못	1개소	2,284	1.5	3,426	
	관리도로 및 기타		8,194			
	합 계		43,306		25,138	
2호 인공 습지	얇은습지	3개소	14,076	0.4	5,630	
	깊은연못	6개소	5,377	1.0	5,377	
	소 계		19,453		11,007	
	침사지	1개소	1,866	1.5	2,799	
	배출연못	1개소	2,342	1.5	3,513	
	관리도로 및 기타		7,148			
	합 계		30,809		17,319	



[그림 7-1-3] 1호 인공습지 평면도



[그림 7-1-4] 1호 인공습지 수리계통도



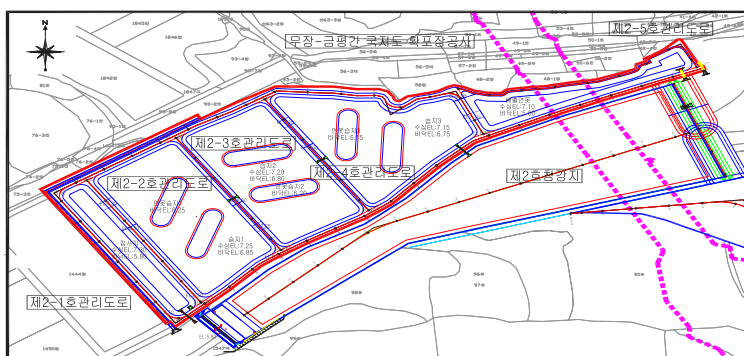
취입보



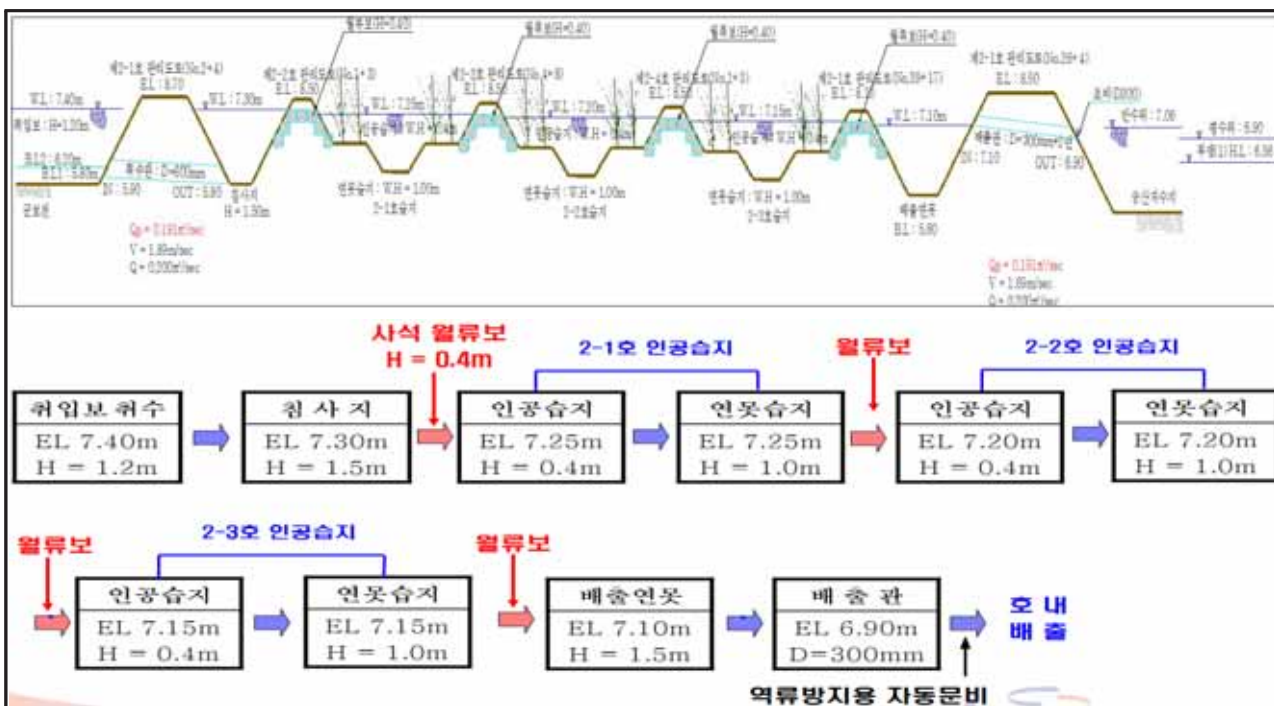
침사지



[그림 7-1-5] 1호 인공습지 시설현황



[그림 7-1-6] 2호 인공습지 평면도



[그림 7-1-7] 2호 인공습지 수리계통도



[그림 7-1-8] 2호 인공습지 시설현황

### 3) 침강지

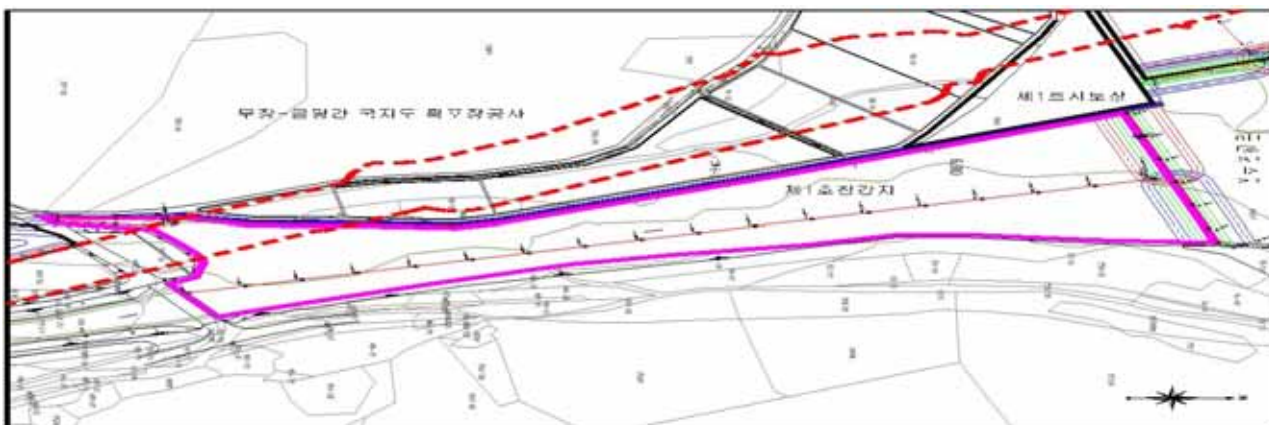
- 강우시 유입된 토사에 흡착된 비점오염물질의 침강을 촉진시켜 저수지 수질개선을 위해 설치된 침강지의 유역면적은 2,706.3ha으로 일 30mm초과 유입시 유하하는 유입유량 285,005m<sup>3</sup>/일을 처리하기 위해 침강지 2개소 39,393m<sup>2</sup>를 설치하여 운영 중이며, 내용적상으로는 79,988m<sup>3</sup>으로서 유역에서 유입되는 유입량 11,875.2m<sup>3</sup>/hr이 침강지에서 평균적으로 6.7시간 체류하는 것으로 조사되었다.
- 1호 침강지가 처리하는 2유역 유역면적은 1,770.32ha으로 일 30mm초과 유입시 유하하는 유입유량 174,264m<sup>3</sup>/일을 처리하기 위해 침강지 1개소 22,016m<sup>2</sup>를 설치하여 운영 중이며, 내용적상으로는 49,405m<sup>3</sup>으로서 유역에서 유입되는 유입량 7,261.0m<sup>3</sup>/hr이 침강지에서 평균적으로 6.8시간 체류하는 것으로 조사되었다.

- 2호 침강지가 처리하는 3구역 유역면적은 935.98ha으로 일 30mm초과 유입시 유하하는 유입유량 110,741m<sup>3</sup>/일을 처리하기 위해 침강지 1개소 17,377m<sup>2</sup>를 설치하여 운영 중이며, 내용적상으로는 30,583m<sup>3</sup>으로서 유역에서 유입되는 유입량 4,614.2m<sup>3</sup>/hr 이 침강지에서 평균적으로 6.6시간 체류하는 것으로 조사되었다.

[표 7-1-6] 침강지 제원

구 분	유역		일30mm 초과유입량 (m <sup>3</sup> /일)	계획 수심 (m)	수표 면적 (m <sup>2</sup> )	계획 내용적 (m <sup>3</sup> )	체류 시간 (hr)	비 고
	유역 구분	면적 (ha)						
계		2,706.30	285,005		39,393	79,988		
1호 침강지	2구역	1,770.32	174,264	2.5	22,016	49,405	6.8	
2호 침강지	3구역	935.98	110,741	2.0	17,377	30,583	6.6	

- 침강지별 평면도 및 시설현황



[그림 7-1-9] 1호 침강지 평면도



[그림 7-1-10] 1호 침강지 시설현황





[그림 7-1-11] 2호 침강지 평면도

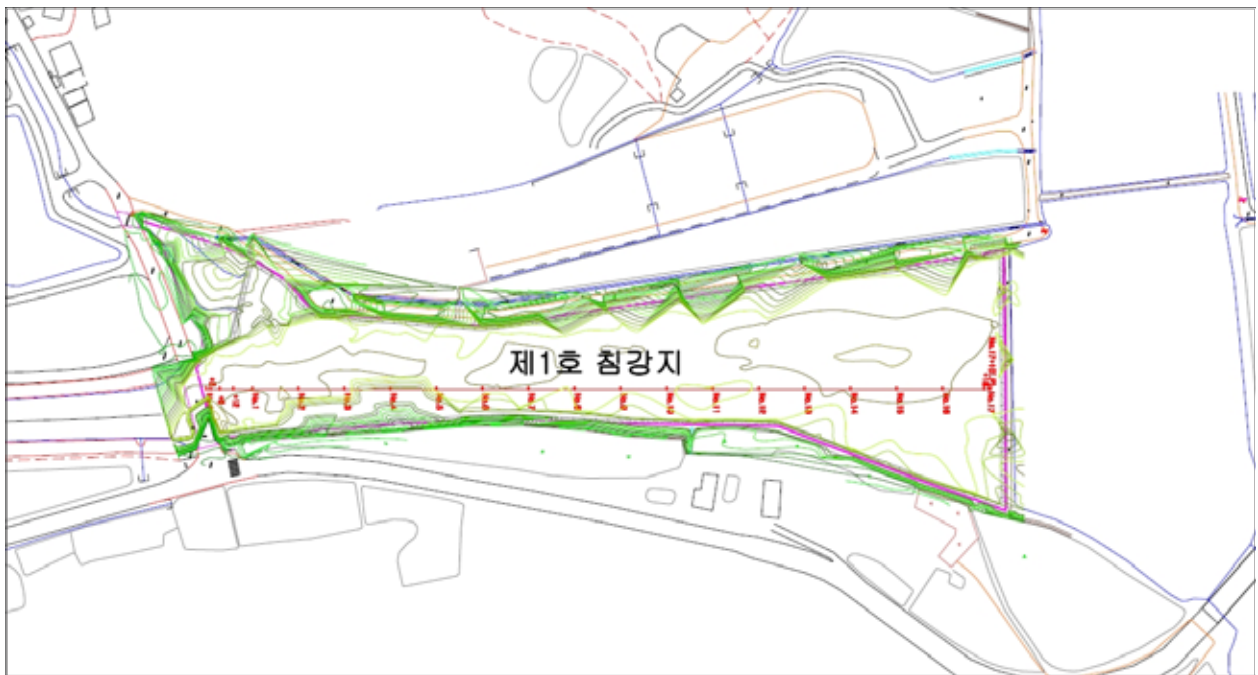


[그림 7-1-12] 2호 침강지 시설현황

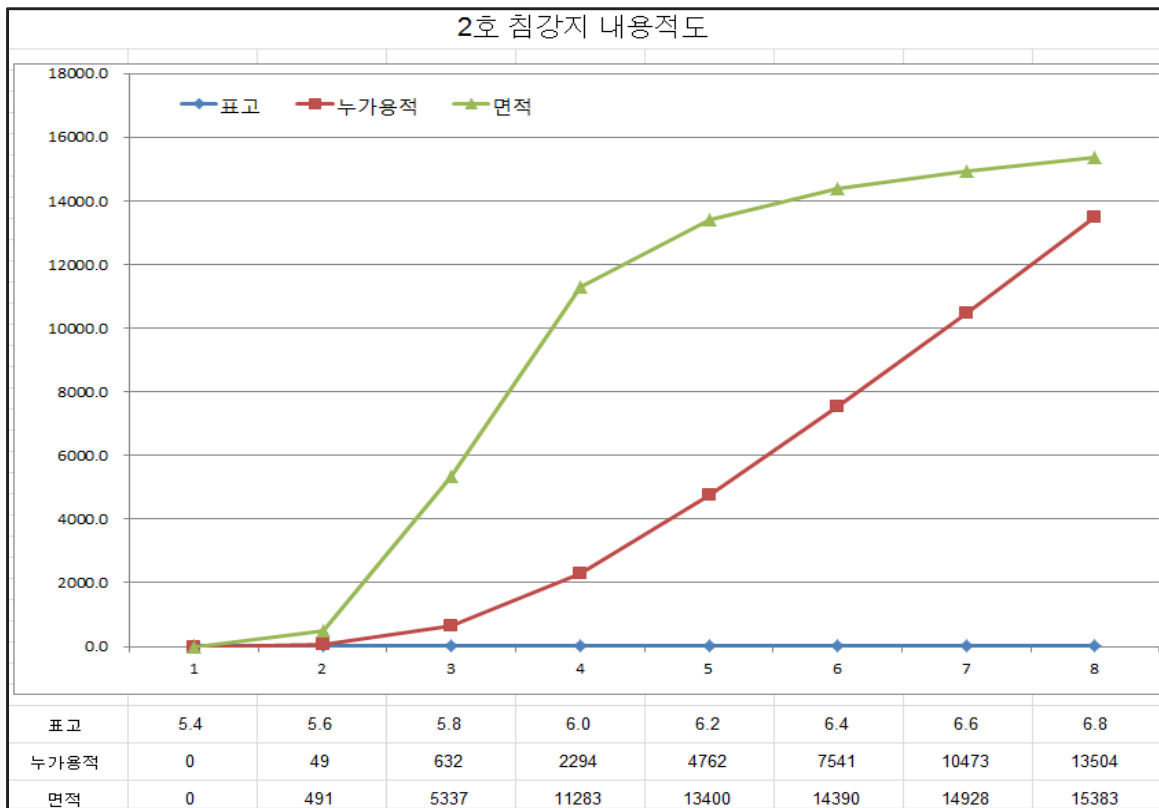
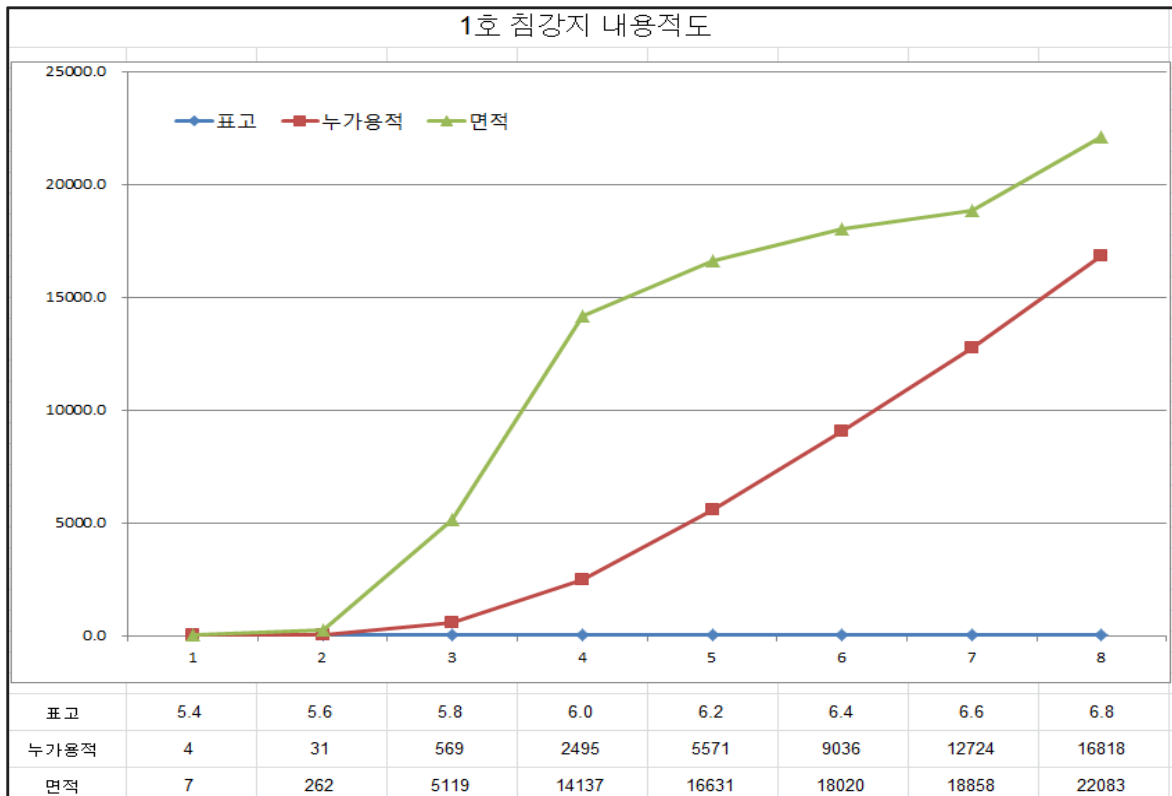
○ 공산저수지 1호, 2호 침강지의 내용적을 2017년 9월 26일부터 9월 29일까지 측량하였고, 그 결과를 [표 7-1-7]과 [그림 7-1-13], [그림 7-1-14]에 나타내었다.

[표 7-1-7] 침강지 내용적 측량결과

구 분	관 측 면적(m <sup>2</sup> )	관측전 내용적(m <sup>3</sup> )	관측후 내용적(m <sup>3</sup> )	내용적 퇴적량(m <sup>3</sup> )	퇴적율 (%)
1호 침강지	22,016	49,405	16,818	32,587	66.0
2호 침강지	17,377	30,583	13,504	17,079	55.8



[그림 7-1-13] 침강지 측량 수심 등고선도



[그림 7-1-14] 침강지 내용적도

#### 4) 인공식물섬

- 저류수가 장기간 체류되고 유속이 감소되어 오염물질의 침전 가능성이 있는 1, 2호 침강지에 각 1set씩 총 2set를 설치하여 영양물질의 제거 및 조류의 이상증식을 방지하고 있다.

[표 7-1-8] 인공식물섬 제원

구 분	설치위치	규모(m <sup>2</sup> )	규격	비 고
계		1,000		
1호 인공식물섬	1호 침강지	500	부유식(1set) 5.92×5.92m/set	부유식
2호 인공식물섬	2호 침강지	500	부유식(1set) 5.92×5.92m/set	부유식



[그림 7-1-15] 인공식물섬 시설현황

#### 5) 물순환장치

- 저수지내 물순환에 의해 심층수의 혐기화에 의한 영양염류의 용출과 조류발생 등을 억제하여 수질을 보전하기 위해 태양열을 이용한 물순환장치 1기를 제방 쪽 수심이 깊은 곳에 설치하여 매일 54,000m<sup>3</sup>을 순환시키고 있다.



[그림 7-1-16] 물순환장치 시설현황

## 7.2. 기상 및 수질환경

### 7.2.1 기상현황

#### 1) 기온

- 공산저수지 유역과 가장 가까운 고창기상대에서 조사된 사업시행 전·후의 조사 시기별 평균 기온은 [표 7-2-1]과 같이 2009년(사업시행 전) 평균인 13.5℃에 비하여 사업시행 후인 2012년에 13.1℃로 약간 낮아졌으나, 이후 2017년 현재까지 평년에 비해 약간 높은 경향을 보였다.

[표 7-2-1] 공산저수지 유역 사업시행 전·후 월별 기온 현황 (단위 : °C)

구 분		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균
시행전	2009년	0.2	4.1	6.7	11.9	18.3	22.4	24.6	25.5	21.5	16.3	9.0	1.8	13.5
	2012년	-0.6	-0.3	5.8	13.1	18.8	23.3	26.3	27.7	21.0	15.2	7.8	-0.4	13.1
시행후	2013년	-0.8	1.3	6.3	10.2	17.7	22.8	26.9	28.2	22.1	16.1	8.6	2.8	13.5
	2014년	1.7	3.6	8.3	13.3	18.3	22.9	25.6	24.4	21.9	16.1	9.8	1.2	13.9
	2015년	1.5	2.9	6.9	13.5	18.4	21.8	24.9	25.3	20.8	15.6	11.0	4.5	13.9
	2016년	0.0	2.7	7.3	14.0	18.7	22.5	26.5	27.3	22.8	16.8	11.1	4.3	14.5
	2017년	1.2	2.3	6.1	13.7	18.6	22.1	27.7	26.4	21.2	15.0	6.9	-0.1	13.4
평년값		-0.4	1.1	5.4	11.4	16.8	21.2	24.9	25.7	21.3	15.2	8.4	2.5	12.8

#### 2) 강수량

- 고창기상대에서 관측된 사업시행 전 연간 총강수량은 1,303.2mm이었고, 운영 첫 해인 2012년에는 1,535.0mm로 사업시행 후 가장 많은 강우를 기록하였다. 반면 올해를 포함해서 2012년 이후는 2014년을 제외하고는 평년에 비해 강수량이 적었다.
- 2017년 6월에는 25.9mm로 평년보다 크게 적은 양의 비가 내렸고 전체적으로 강우 패턴의 심한 편차를 보였다.

[표 7-2-2] 공산저수지 유역 사업시행 전·후 월별 강수량 현황

(단위 : mm)

구 분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합계	
시행전	2009년	34.0	37.2	47.7	55.0	116.3	175.7	475.9	207.7	59.5	29.3	17.5	47.4	1,303.2
시행후	2012년	26.2	19.9	81.5	89.9	41.8	49.8	317.1	507.9	210.8	59.1	57.0	74.0	1,535.0
	2013년	18.0	36.1	83.2	62.8	94.4	54.3	289.0	293.9	25.6	12.1	78.6	31.8	1,079.0
	2014년	12.6	4.6	89.2	80.0	43.3	73.0	250.5	477.1	68.0	96.7	76.3	59.9	1,331.2
	2015년	50.7	17.8	26.9	125.6	36.6	88.6	205.5	99.6	33.1	106.3	103.6	72.0	966.3
	2016년	54.0	28.7	21.6	194.9	115.8	71.0	203.2	56.5	160.0	153.5	30.0	36.6	1,125.8
	2017년	21.3	37.5	25.8	54.2	60.0	25.9	305.5	336.7	115.5	40.6	1.8	14.5	1,039.3
평년값		32.5	32.7	45.6	78.2	81.8	154.8	241.2	263.1	127.3	54.2	58.5	32.1	1,202.0

## 7.2.2 수질현황

### 1) 목표수질 설정

- 공산저수지의 이용목적은 농업용 저수지이지만, 인근 지역주민 여가선용의 장소로도 이용될 수 있다. 따라서 장래 농촌지역 수환경개선 및 주민들의 친수환경에 대한 관심을 고려할 때 공산저수지의 목표수질은 주 이수목적인 농업용수 수질기준은 반드시 만족해야 하므로 [표 7-2-3]과 같이 설정하였다. 사업시행 5년 후(2016년) COD는 7.5mg/L, T-N 1.542mg/L, T-P 0.096mg/L로 호소수질 IV등급으로 개선될 것으로 예측되었다.

[표 7-2-3] 공산저수지 목표수질

구 분	목표수질	기본계획 (‘01~’07년 평균) (A)	예측수질 (‘16년)	비고
COD(mg/L)	8.0	9.4	7.5	
TOC(mg/L)	6.0	-	-	
T-N (mg/L)	1.0	2.285	1.542	
T-P (mg/L)	0.1	0.137	0.096	
수질등급	IV등급	V 등급	IV등급	

## 2) 오염원 현황

- 오염원 현황은 “농업용수 수질측정망 조사보고서”자료를 인용하였는데, 오염원 조사는 수질오염총량관리기본방침 제8조와 [별표]에 따라 생활계, 축산계, 산업계, 양식계, 토지계, 매립계 등으로 구분하여 조사하였다.
- 오염원은 수계오염총량기술지침에 따라 행정구역별과 배출원별로 조사하였으며, 공산저수지 호내로 유입되는 환경기초시설도 함께 조사하였다. 유역내에는 양식계와 매립계는 존재하지 않았고, 생활계, 축산계, 산업계, 토지계에 대한 조사결과와 전망은 [표 7-2-4]~[표 7-2-6]에 나타내었다.
- 인간의 생활에 의한 오염, 공장 및 사업장으로부터의 오염, 가축에 의한 오염 등과 같이 오염 원인이 뚜렷한 점오염원은 88.7%를 차지하여 공산저수지의 주요오염원이 되고 있다.
- 인구는 사업시행 전인 2009년에 2,411명이었으나, 2016년까지 지속적으로 감소하다가 2017년에는 약간 증가하였으며, 2009년 대비 현재 2,185명으로 10%정도 감소하였다.
- 축산의 경우 한우는 2009년에 1,006두였으며, 2014년에는 1,793두로서 매년 다소 증가되었지만, 2015년에는 1,247두, 2016년에는 550두, 2017년에는 710두로 감소하여 폐축사가 증가하는 경향을 보이고 있다. 젖소는 2009년도에 44두였는데 이후 약간의 변화를 보이다가 2016년에는 젖소 사육농가가 없어졌다.
- 돼지는 고창 무장면 송계리에 위치한 ‘행복한 농장(종돈장) 운영되어 5,500두로 크게 증가하였다.
- 비점오염원인 토지이용현황은 임야가 1,387ha로써 45.9%로 가장 많은 비율을 차지하고 있으며 전체적인 토지이용현황은 변화가 거의 없는 것으로 나타났다.

[표 7-2-4] 공산저수지 유역 내 인구변화 추이

구 분	2009년 (착공)	2011년 (준공)	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년 (목표년도)	2017년
인구(명)	2,411	2,238	2,205	2,149	2,091	2,183	2,176	2,185

[표 7-2-5] 공산저수지 유역 내 연도별 축산변화

구 분	2009년 (착공)	2011년 (준공)	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년 (목표년도)	2017년
한우(두)	1,006	1,529	1,576	1,756	1,793	1,247	550	710
돼지(두)	44	44	12	63	69	45	0	5,500
기타	1,662	1,695	1,700	1,680	1,670	1,580	1,500	1,490

[표 7-2-6] 공산저수지 유역 내 지목별 토지이용현황

구 분	2009년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
계	3,025	3,025	3,025	3,025	3,025	3,025	3,025	3,025
전(ha)	459	459	459	459	459	459	459	459
답(ha)	715	715	715	715	715	715	715	715
임야(ha)	1,387	1,387	1,387	1,387	1,387	1,387	1,387	1,387
기타(ha)	464	464	464	464	464	464	464	464

### 3) 오염부하량

- 공산저수지 유역내 오염원별 발생부하량은 생활계가 28.7%, 축산계 60.0%, 토지계 11.3%로 축산계가 주요 오염원으로 작용하고 있다.

[표 7-2-7] 2017년 공산저수지 유역 내 발생부하량

(단위 : kg/일)

구 분	점 오염원						비점오염원					계	
	생활계 (인)	축산계(두)			산업계 (m <sup>3</sup> /일)	소계	토지현황(ha)						
		한우	젓소	돼지			전	답	임야	기타	소계		
원수	2,185	710	0	5,500	0		459	715	1,387	464			
발생부하량	BOD	107.1	47.6	0.0	176.0	0	330.7	7.3	16.4	13.9	4.6	42.2	372.9
		28.7%	12.8%	0.0%	47.2%	0.0%	88.7%	2.0%	4.4%	3.7%	1.2%	11.3%	100%
	T-N	28.8	28.4	0.0	82.0	0	139.2	43.3	46.9	30.5	0.3	121.0	260.2
	11.1%	10.9%	0.0%	31.5%	0.0%	53.5%	16.6%	18.0%	11.7%	0.1%	46.5%	100%	
T-P	3.3	2.5	0.0	18.2	0	24.0	1.1	4.4	1.9	0.1	7.5	31.5	
	10.5%	7.9%	0.0%	57.8%	0.0%	76.2%	3.5%	14.0%	6.0%	0.3%	23.8%	100%	

- 공산저수지 유역내 오염부하량은 사업시행전인 2009년에 BOD가 286.2kg/d, T-N 220.9kg/d, T-P 20.7kg/d에서 점차적으로 증가되는 경향을 보이다가 2015년과 2016년에는 감소하였는데 이는 인구감소와 소규모 축산농가의 폐업의 영향으로 판단된다.
- 2017년 현재 BOD가 372.9kg/d, T-N 260.2kg/d, T-P 31.5kg/d로 사업시행 전에 비해 BOD가 30.3%, T-N 17.8%, T-P 52.2% 증가하였는데 이는 '행복한 농장'(중돈장)이 2017년부터 운영되어 축산계 오염원이 증가하였기 때문이다.

[표 7-2-8] 공산저수지 유역 내 연도별 오염물질 발생부하량

구 분	연도별 발생부하량(kg/d)							
	2009년 (착공)	2011년 (준공)	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년 (목표년도)	2017년
BOD	286.2	313.8	311.8	326.4	326.4	288.6	233.7	372.9
T-N	220.9	240.0	239.5	248.6	249.6	226.1	194.1	260.2
T-P	20.7	22.3	22.1	23.0	23.2	20.9	17.6	31.5



#### 4) 수질현황

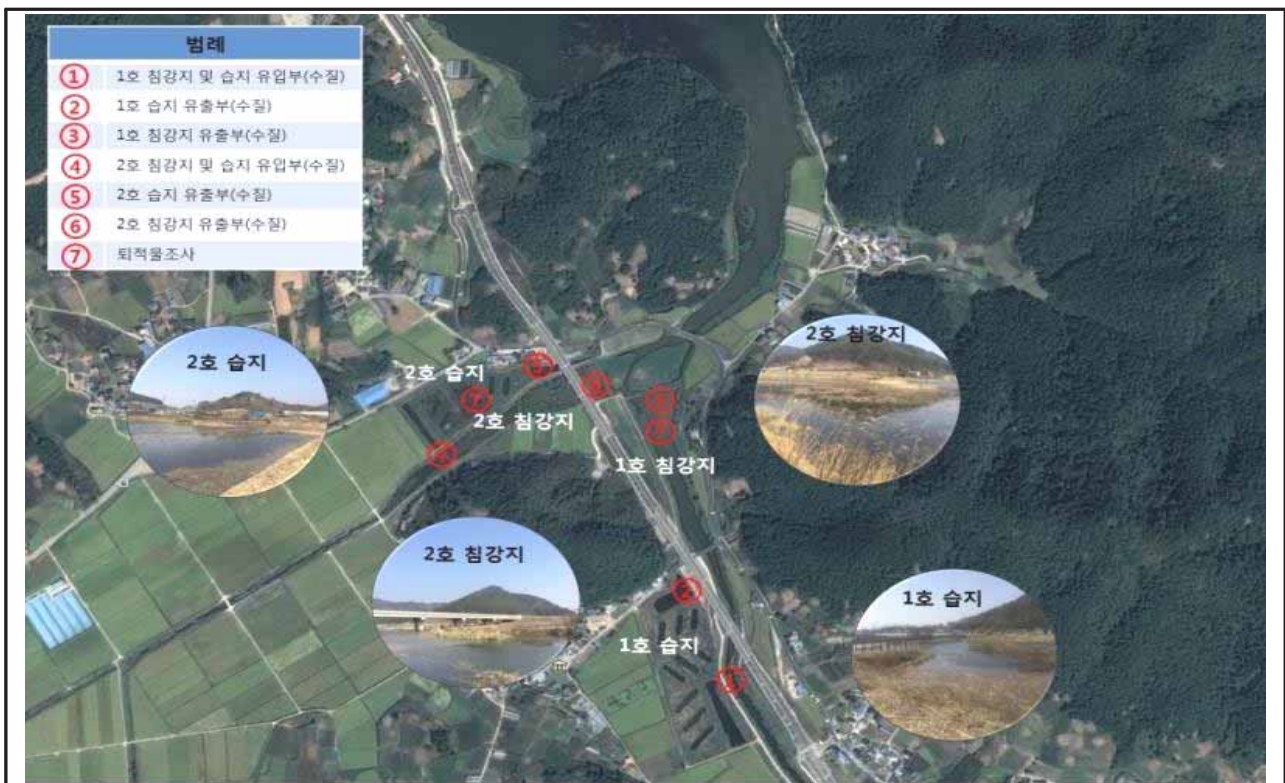
- 공산저수지의 COD 농도는 준공년도인 2011년에는 10.3mg/L였지만 이후 지속적인 수질정화시설 유지관리 및 개보수를 통해 전체적으로 감소하여 목표연도 이전인 2015년에 7.7mg/L로 수질이 개선되어 농업용수 수질관리기준인 목표수질(IV등급)에 만족하였다.

[표 7-2-9] 공산저수지 수질현황

구 분 (mg/L)	5개년평균 (‘04~‘08)	‘09년 (착공시)	수질 변화							목표년도 (‘16년)	목표 수질
			‘11	‘12	‘13	‘14	‘15	‘16	‘17		
COD	9.7	8.3	10.3	9.2	10.0	8.7	7.7	7.6	7.9	7.5	8.0이하
TOC	-	-	3.9	5.4	5.1	5.0	4.5	4.5	4.6	-	6.0이하
T-N	2.413	1.678	1.417	1.461	1.704	1.261	1.217	1.357	0.860	1.542	1.0이하
T-P	0.131	0.091	0.092	0.088	0.123	0.091	0.052	0.043	0.061	0.096	0.1이하

### 7.3. 시설별 수질개선효과

- 공산저수지 수질개선시설 조사지점은 1, 2호 침강지 및 습지 유입부, 1, 2호 인공습지 유출부, 1, 2호 침강지 유출부 등 총 6지점에서 조사를 실시하였고, 퇴적물조사는 각각 1호 침강지와 2호 인공습지 등 2지점에서 채취하였다.



[그림 7-3-1] 공산지구 수질 및 퇴적물 조사 지점

### 7.3.1 인공습지 수질개선효과

- 공산저수지 인공습지의 수질정화효율을 분석하기 위하여 4월부터 10월까지 총 5회 (평시 4회, 강우시 1회)에 걸쳐 인공습지와 침강지에서 이루어졌다.
- 습지로의 유입수는 취입보를 통해 습지로 유입되며 구배를 따라 자연 유하하여 습지에서 저수지로 양호하게 배출되고 있었다.
- 2017년 조사는 총 5차에 걸쳐 4월 4일, 6월 23일, 8월 31일, 10월 31일에 실시하였고, 7월 31일 강우시 조사(1회, 강우량 30mm), 6월 23일 퇴적물 조사가 이루어졌다.
- 2차조사시(6월 23일) 2호 인공습지 및 2호 침강지는 유입·유출량 부족으로 인하여 조사를 할 수 없었다.

[표 7-3-1] 공산저수지 수질 및 퇴적물 조사 시기

구 분	조사횟수	조사일자				
		1차	2차	3차 (강우조사)	4차	5차
수질조사	5회	2017.04.04	2017.06.23	2017.07.31. (강우량 30mm)	2017.08.31	2017.10.31
퇴적물조사	1회	-	2017.06.23	-	-	-

- 2017년도 인공습지 유입수의 평균 수온은 15.9~17.5℃의 분포를 보였고, 유출수는 16.4~19.7℃의 분포를 보였다.
- 인공습지 유입수의 평균 pH는 7.5이었는데, 유출수는 7.1~7.5로써 유입수와 유출수 간에 차이가 거의 없었으며, 농업용수 수질관리기준인 6.0~8.5를 만족하였다.
- EC의 경우 우리나라 환경정책기본법의 농업용수 수질관리기준에는 없지만 미국 캘리포니아 대학교 대외 협력국(UCCES)이 개발한 농업용수 관리기준지침에는 700 $\mu$ S/cm 이하에서는 작물생육에 문제가 없는 것으로, 700 $\mu$ S/cm~3,000 $\mu$ S/cm에서는 오염우려, 3,000 $\mu$ S/cm 이상에서는 작물생육에 큰 영향을 미치는 것으로 분류하고 있다.
- 인공습지 유입수가 196~274 $\mu$ S/cm였는데, 유출수는 193~268 $\mu$ S/cm로써 서로 비슷한 값을 나타냈으며 작물생육에 지장이 없는 기준이 700 $\mu$ S/cm을 만족시키고 있어 농업용수 이용에 적절한 수준이다.
- DO는 평균 유입수가 7.5~8.7mg/L였는데, 유출수는 7.5~8.2mg/L로써 큰 차이 없이 모두 농업용수 수질관리기준인 2.0mg/L이상을 만족하였다. 이는 깊은연못에서 재폭기가 충분히 진행되는 등 인공습지의 정상적 운영에 따른 영향이라고 판단된다.
- SS는 평균 유입수가 20.0~81.0mg/L이었는데 유출수는 2.6~4.0mg/L로써 유출수에서 낮아지는 경향을 나타내었다.

- '12~'17년 전체 인공습지 SS 정화효율은 유입부하량이 85.9~166.8kg/d였는데, 유출 부하량은 33.4~33.9 kg/d로 낮아져 61.1~79.7%의 매우 높은 정화효율을 보였다.
- 사업시행 후 전체적으로도 습지의 원활한 물의 흐름으로 높은 SS정화효율을 나타내고 있으나, 2015년에는 유입수에 비해 유출수가 두 배 이상 높은 농도를 보였다
- 이는 가뭄으로 유입수가 없어 인공습지 바닥이 말라있는 상태에서 강우에 의해 유입수가 일시에 많이 유입되어 말라있던 퇴적물이 부유하여 유출되었기 때문으로 판단된다. 따라서 양수펌프시설 등을 설치하여 가뭄시에도 적절한 식생관리와 정화 효율 유지를 위해 습지로의 충분한 물을 공급할 필요가 있다.

[표 7-3-2] 공산저수지 인공습지 수질변화

구 분 (1호습지)		'12년	'13년	'14년	'15년	'16년	'17년 평상시 및 강우시					
		평균	평균	평균	평균	평균	1차 (4.4)	2차 (6.23)	3차 (8.31)	4차 (10.31)	평균	강우 (7.31)
수온 (°C)	유입수	18.0	21.9	24.4	21.9	23.7	11.9	22.4	22.8	12.9	17.5	26.0
	유출수	18.6	22.2	23.1	22.6	25.3	15.4	27.1	21.6	14.6	19.7	27.4
pH	유입수	7.5	7.5	8.2	7.4	7.1	7.2	7.4	7.4	8.0	7.5	7.1
	유출수	7.6	7.6	7.6	7.0	7.1	7.3	7.6	6.9	8.1	7.5	7.1
EC (µS/cm)	유입수	230	246	232	215	292	292	280	236	287	274	152
	유출수	268	240	191	202	266	290	288	214	280	268	223
DO (mg/L)	유입수	8.4	8.9	11.0	6.2	8.0	9.4	4.3	5.1	11.0	7.5	4.8
	유출수	8.6	6.5	6.3	1.8	7.5	9.8	5.2	5.6	12.1	8.2	2.0
SS (mg/L)	유입수	76.4	35.8	24.5	10.7	10.0	62.8	5.8	122.6	132.7	81.0	93.4
	유출수	19.8	6.0	7.0	27.0	4.8	1.7	3.2	3.6	1.9	2.6	7.5
BOD (mg/L)	유입수	2.8	5.7	7.7	2.9	4.4	3.5	3.3	3.7	2.8	3.3	4.2
	유출수	3.7	2.6	2.1	3.5	3.9	3.1	4.1	3.2	2.1	3.1	4.4
COD (mg/L)	유입수	7.6	10.2	8.3	6.9	10.4	10.2	9.6	10.6	6.4	9.2	11.6
	유출수	8.7	9.3	6.6	14.2	8.8	5.2	14.4	6.8	3.4	7.5	10.4
TOC (mg/L)	유입수	-	5.4	4.8	4.3	6.0	4.1	5.2	4.5	3.2	4.3	5.7
	유출수	-	5.3	4.4	6.1	5.8	3.4	7.2	4.7	2.3	4.4	7.4
T-N (mg/L)	유입수	3.038	3.311	3.814	2.538	2.709	2.753	1.049	3.124	2.403	2.332	2.381
	유출수	1.939	1.227	0.623	0.955	1.436	1.338	1.083	0.691	2.240	1.338	0.827
T-P (mg/L)	유입수	0.309	0.169	0.140	0.106	0.157	0.200	0.093	0.299	0.126	0.180	0.445
	유출수	0.072	0.046	0.036	0.139	0.043	0.022	0.056	0.043	0.055	0.044	0.089

[표 7-3-2] 공산저수지 인공습지 수질변화(계속)

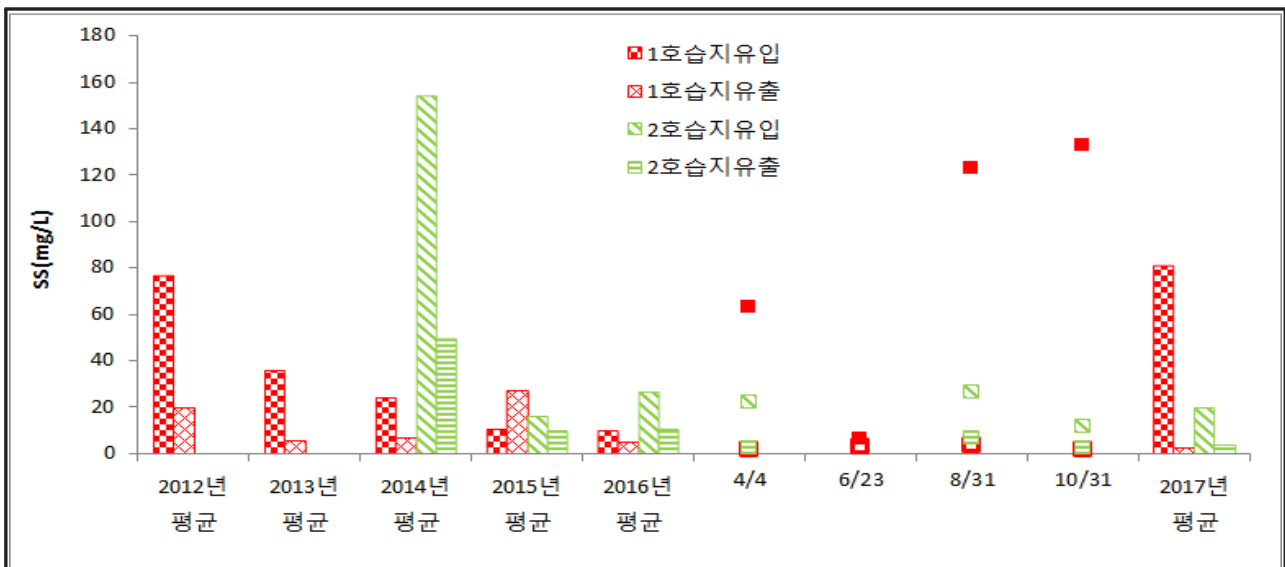
구 분 (2호습지)		'14년	'15년	'16년	'17년 평상시 및 강우시					
		평균	평균	평균	1차 (4.4)	2차 (6.23)	3차 (8.31)	4차 (10.31)	평균	강우 (7.31)
수온 (°C)	유입수	23.0	22.1	25.3	13.8	-	21.4	12.4	15.9	26.2
	유출수	21.5	21.0	25.0	15.9	-	22.1	11.2	16.4	27.2
pH	유입수	7.6	7.3	7.1	7.5	-	7.3	7.7	7.5	7.3
	유출수	7.4	7.1	7.0	7.3	-	6.9	7.2	7.1	7.0
EC (µS/cm)	유입수	220	199	252	209	-	166	212	196	154
	유출수	184	228	240	215	-	159	206	193	222
DO (mg/L)	유입수	9.5	4.7	8.6	12.0	-	5.0	9.2	8.7	4.4
	유출수	4.5	2.5	7.5	9.4	-	2.3	10.9	7.5	2.5
SS (mg/L)	유입수	153.9	16.0	26.5	22.2	-	26.3	11.4	20.0	147.4
	유출수	49.7	10.3	10.9	2.4	-	7.0	2.5	4.0	7.5
BOD (mg/L)	유입수	4.1	2.8	4.4	3.5	-	3.1	2.8	3.1	4.5
	유출수	4.0	3.4	3.6	3.1	-	3.4	2.5	3.0	4.4
COD (mg/L)	유입수	10.1	8.3	12.0	10.8	-	8.4	4.6	7.9	11.4
	유출수	15.8	9.7	10.3	6.4	-	9.2	4.0	6.5	10.4
TOC (mg/L)	유입수	5.1	4.5	6.8	3.8	-	4.7	3.0	3.8	5.5
	유출수	7.7	6.5	6.1	4.1	-	5.9	2.5	4.2	7.6
T-N (mg/L)	유입수	2.224	1.764	2.100	2.017	-	1.093	1.568	1.559	2.749
	유출수	1.018	0.981	0.953	0.943	-	0.427	1.951	1.107	0.790
T-P (mg/L)	유입수	0.365	0.081	0.158	0.154	-	0.122	0.074	0.117	0.592
	유출수	0.219	0.129	0.099	0.035	-	0.083	0.037	0.052	0.092

[표 7-3-3] 공산저수지 인공습지 정화효율

구 분			'12~'17년 전체		'12~'17년 평상시		'12~'17년 강우시	
			부하량 (kg/d)	정화효율 (%)	부하량 (kg/d)	정화효율 (%)	부하량 (kg/d)	정화효율 (%)
1호 습지	SS	유입	166.6	79.7	75.2	68.6	466.9	85.5
		유출	33.9		23.6		67.7	
	BOD	유입	14.4	28.3	14.1	39.1	15.6	-2.2
		유출	10.4		8.6		16.0	
	COD	유입	29.6	5.0	25.0	13.3	44.4	-10.4
		유출	28.1		21.7		49.1	
	TOC	유입	12.7	-4.8	11.2	7.2	19.2	-35.3
		유출	13.3		10.4		26.0	
	T-N	유입	10.097	47.9	9.690	45.5	11.435	54.6
		유출	5.263		5.284		5.195	
	T-P	유입	0.749	74.8	0.442	66.2	1.758	82.0
		유출	0.188		0.149		0.316	

[표 7-3-3] 공산저수지 인공습지 정화효율(계속)

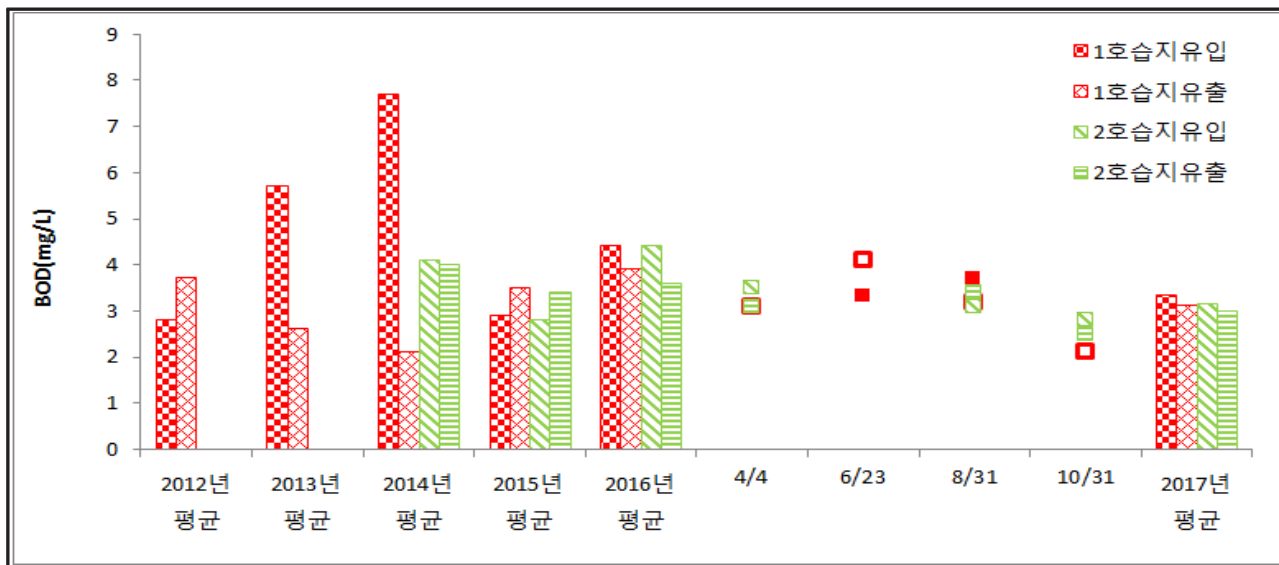
구 분			'14~'17년 전체		'14~'17년 평상시		'14~'17년 강우시	
			부하량 (kg/d)	정화효율 (%)	부하량 (kg/d)	정화효율 (%)	부하량 (kg/d)	정화효율 (%)
2호 습지	SS	유입	85.9	61.1	34.1	24.4	293.0	78.2
		유출	33.4		25.8		63.8	
	BOD	유입	8.3	2.1	6.6	9.3	15.0	-10.4
		유출	8.1		6.0		16.6	
	COD	유입	23.1	-5.0	18.9	12.7	40.0	-38.5
		유출	24.3		16.5		55.4	
	TOC	유입	11.8	-24.0	10.1	0.3	18.7	-76.2
		유출	14.6		10.0		33.0	
	T-N	유입	4.691	51.3	3.968	52.6	7.582	48.7
		유출	2.282		1.881		3.887	
	T-P	유입	0.416	30.1	0.208	27.8	1.250	31.7
		유출	0.291		0.150		0.855	



[그림 7-3-2] 공산지구 인공습지 유입수 및 유출수 SS 변화

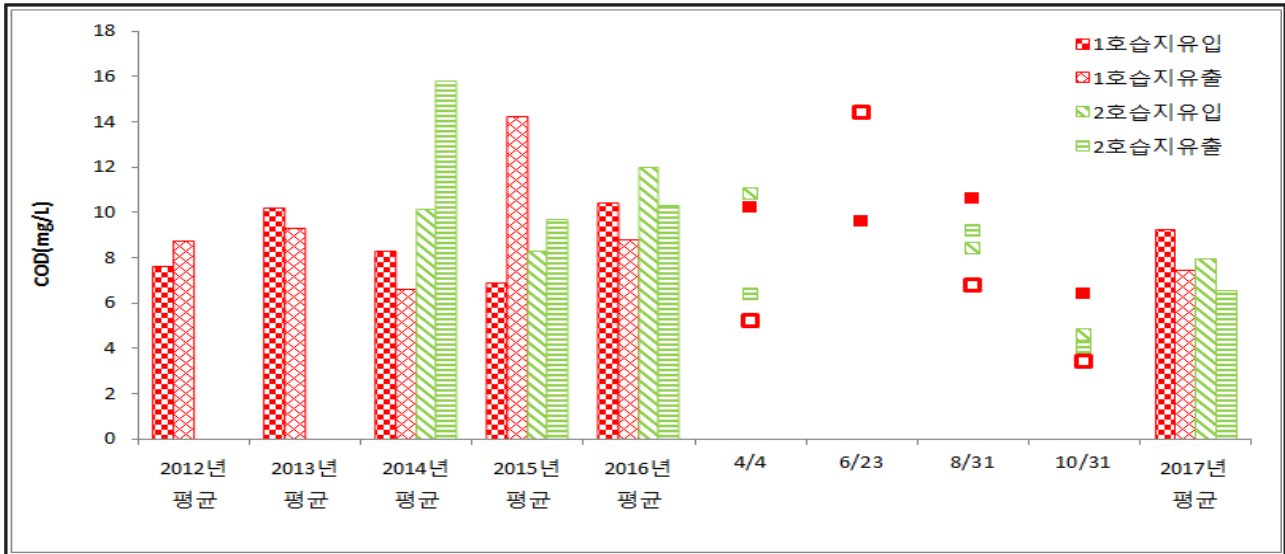
○ 금년 BOD는 1호 인공습지 유입수가 2.8~3.7mg/L(평균 3.3mg/L)이었는데, 유출수가 2.1~4.1mg/L(평균 3.1mg/L)이었으며, 2호 인공습지에서는 유입수가 2.8~3.5mg/L(평균 3.1mg/L), 유출수는 2.5~3.4mg/L(평균 3.0mg/L)로 약간 낮아지는 안정된 경향을 보였다. 사업시행후인 2015년은 유출수의 농도가 높게 나타났는데 이는 가뭄으로 인한 습지로의 충분한 물 공급이 이루어지지 않아 말라있던 퇴적물에 부착되어 있던 오염물이 강우에 의해 유입수가 일시에 많이 유입되어 유출되었기 때문인 것으로 판단된다.

- '12~'17년 전체 BOD 정화효율은 1호 인공습지가 유입부하량이 14.4kg/d였는데, 유출부하량은 10.4kg/d로 낮아져 28.3%의 정화효율을 보였고, '14~'17년 2호 인공습지는 유입부하량이 8.3kg/d였는데, 유출부하량은 8.1kg/d로 낮아져 2.1%의 정화효율을 보였다.
- 금년을 비롯해서 2013년, 2014년, 2016년은 유입수에 비해 유출수의 농도가 낮아 인공습지가 안정된 걸 볼 수 있다.



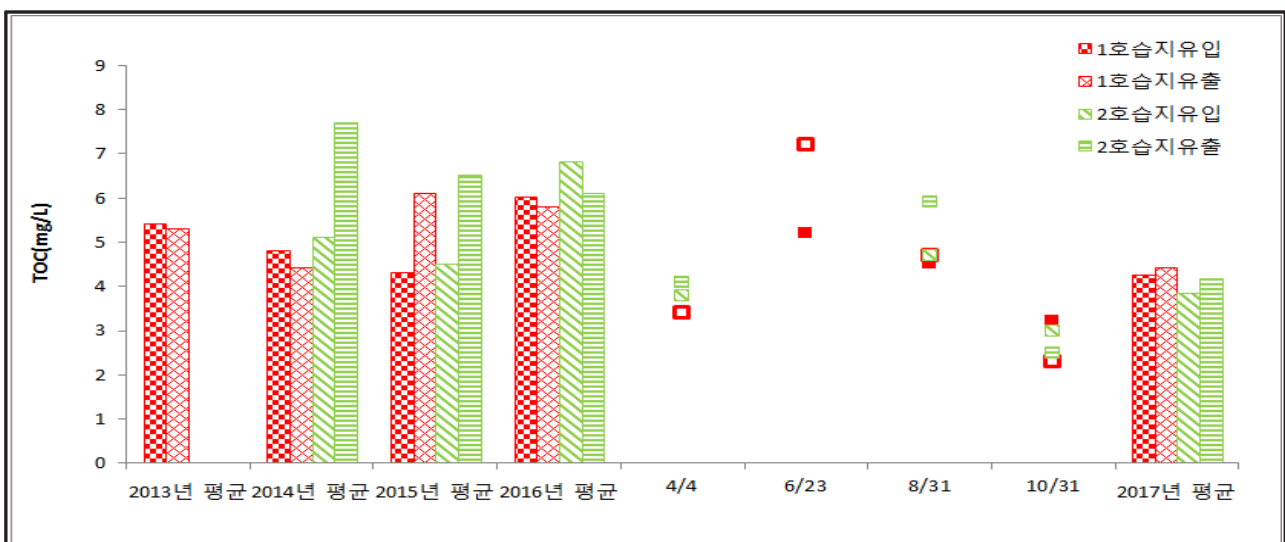
[그림 7-3-3] 공산지구 인공습지 유입수 및 유출수 BOD 변화

- 금년 COD는 1호 인공습지 유입수가 6.4~10.6mg/L(평균 9.2mg/L)이었는데, 유출수가 3.4~14.4mg/L(평균 7.5mg/L)이었으며, 2호 인공습지에서는 유입수가 4.6~10.8mg/L(평균 7.9mg/L), 유출수는 4.0~9.2mg/L(평균 6.5mg/L)로 낮아지고 있어 유입수에 비해 유출수의 농도가 낮아 안정된 정화효율을 보였다. 연차별 정화효율을 살펴보면 2012년과 2015년에는 유입수에 비해 유출수의 농도가 높은 경향을 보였다.
- 2015년은 심한 가뭄으로 인해 인공습지가 건조된 기간이 많아 퇴적물이 부유되어 유출된 경우가 많았기 때문인 것으로 판단되며, 2012년은 7월~9월 집중강우시 초기 우수에 의한 오염물의 유입과 그 외 시기에는 강우량과 유입량 부족으로 인한 습지의 정화효율이 떨어졌기 때문인 것으로 보여진다.
- '12~'17년 전체 COD 정화효율을 살펴보면 1호 인공습지가 유입부하량이 29.6kg/d였는데, 유출부하량은 28.1kg/d로 낮아져 5.0%의 정화효율을 보였고, '14~'17년 2호 인공습지는 유입부하량이 23.1kg/d였는데 유출부하량은 24.3kg/d로서 유출부하량이 높은 것으로 나타나 -5.0%의 정화효율을 보였다.



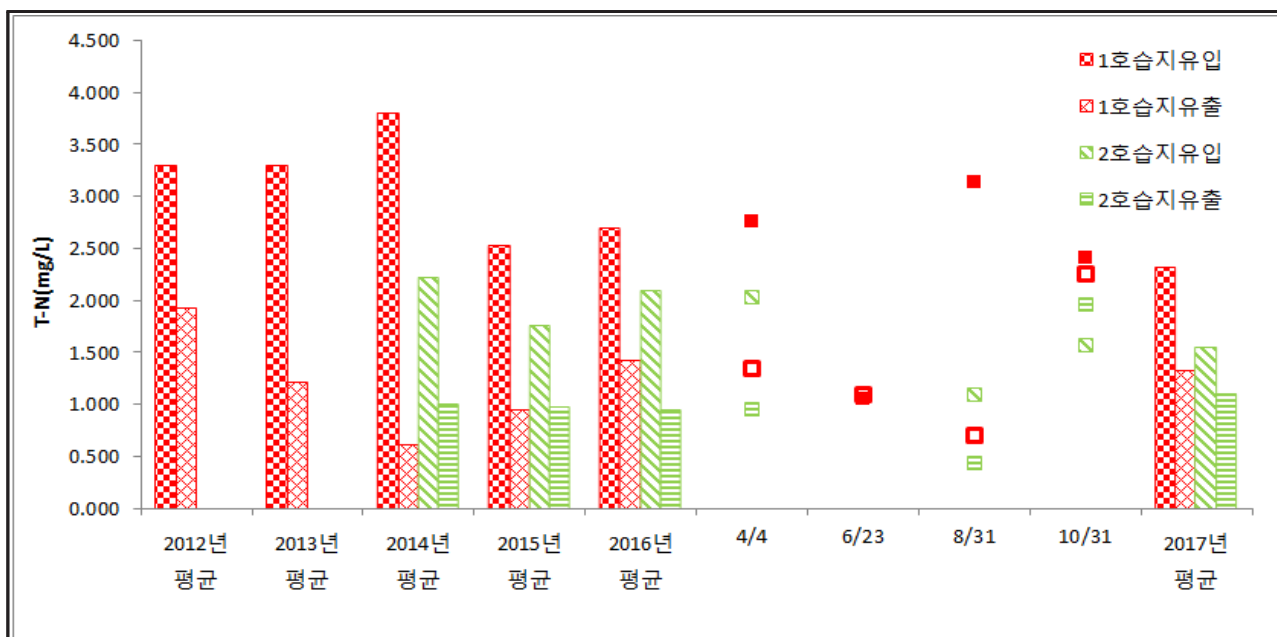
[그림 7-3-4] 궁산지구 인공습지 유입수 및 유출수 COD 변화

- 금년 TOC는 1호 인공습지 유입수가 3.2~5.2mg/L(평균 4.3mg/L)이었는데, 유출수가 2.3~7.2mg/L(평균 4.4mg/L)이었으며, 2호 인공습지에서는 유입수가 3.0~4.7mg/L(평균 3.8mg/L), 유출수는 2.5~5.9mg/L(평균 4.2mg/L)로 약간 높아지는 경향을 보였다.
- '12~'17년 전체 TOC 정화효율은 1호 인공습지가 유입부하량이 12.7kg/d였는데, 유출부하량은 13.3kg/d이고, '14~'17년 2호 인공습지는 유입부하량이 11.8kg/d였는데 유출부하량은 14.6kg/d로 습지의 유기물정화 효율이 낮아 유입수에 비해 유출수의 농도가 높게 나타났다.



[그림 7-3-5] 궁산지구 인공습지 유입수 및 유출수 TOC 변화

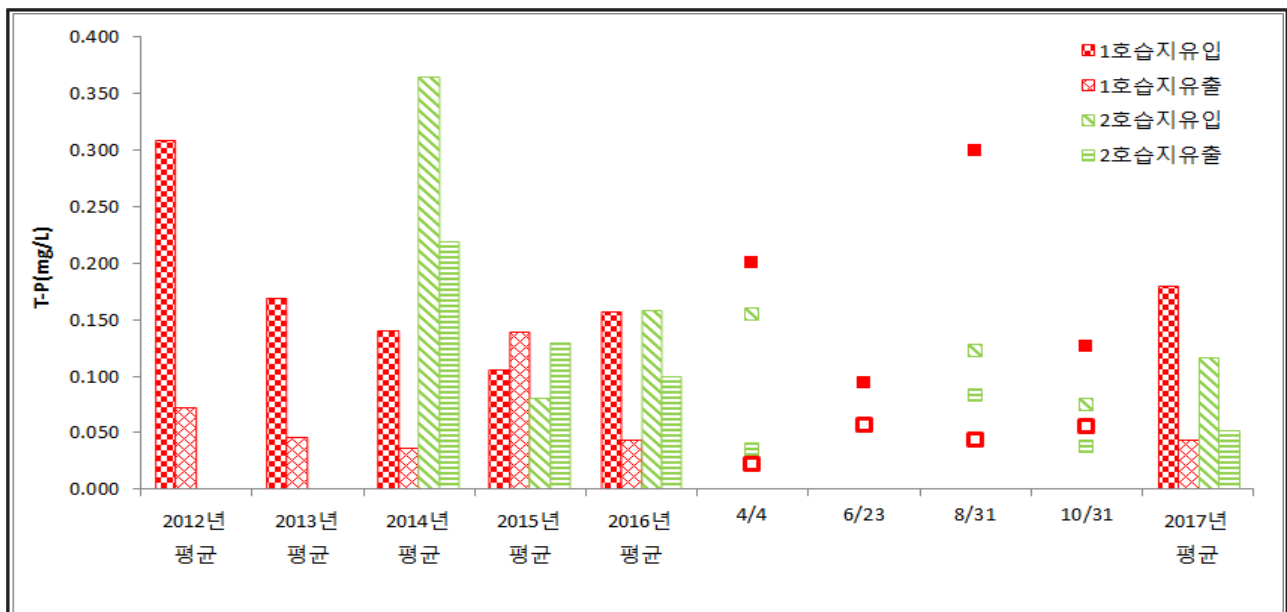
- 금년 T-N은 1호 인공습지 유입수가 1.049~3.124mg/L(평균 2.332mg/L)이었는데, 유출수가 0.691~2.240mg/L(평균 1.338mg/L)이었으며, 2호 인공습지에서는 유입수가 1.093~2.017mg/L(평균 1.559mg/L), 유출수는 0.427~1.951mg/L(평균 1.107mg/L)로 인공습지에서의 높은 질소 정화효과가 있는 것으로 나타났다.
- 연차별로 살펴보면 2011년도 이후 유출수의 농도가 지속적으로 낮아지는 경향을 보이고 있어 T-N 정화효율이 지속적이고 안정되는 경향을 보이고 있다.
- 강우시에는 유출수의 농도가 유입수에 비해 두 배 이상의 정화효율을 보이고 있으므로 전체적인 수질정화효과도 상승할 것으로 판단된다.
- '12~'17년 전체 T-N 정화효율은 1호 인공습지가 유입부하량이 10.097kg/d였는데, 유출부하량은 5.263kg/d로 낮아져 47.9%의 정화효율을 보였고, '14~'17년 2호 인공습지는 유입부하량이 4.691kg/d였는데, 유출부하량은 2.282kg/d로 낮아져 51.3%의 높은 정화효율을 보였다.



[그림 7-3-6] 공산지구 인공습지 유입수 및 유출수 T-N 변화



- 금년 T-P은 1호 인공습지 유입수가 0.093~0.299mg/L(평균 0.180mg/L)이었는데, 유출수가 0.022~0.056mg/L(평균 0.044mg/L)이었으며, 2호 인공습지에서는 유입수가 0.074~0.154mg/L(평균 0.117mg/L), 유출수는 0.035~0.083mg/L(평균 0.052mg/L)로 낮아져 인공습지에서 T-P의 정화효과가 높은걸 알 수 있다.
- 연차별로 살펴보면 사업시행후인 2011년부터 2014년도까지는 유입수에 비해 유출수의 T-P농도가 낮은 경향을 보인 반면, 2015년에는 유출수에서 다소 높아지는 경향을 보였다. 이는 앞의 COD, TOC부분에서도 설명한 바와 같이 2015년에는 극심한 가뭄으로 인해 인공습지 바닥이 노출되어 있는 기간이 길고, 일시적인 강우에 의해 많은 물이 유입되면서 퇴적되어 있던 오염물이 부유되어 유출되기 때문인 것으로 보여진다.
- '12~'17년 전체 T-P 정화효율은 1호 인공습지가 유입부하량이 0.749kg/d였는데, 유출부하량은 0.188kg/d로 낮아져 74.8%의 정화효율을 보였고, 2호 인공습지는 유입부하량이 0.416kg/d였는데, 유출부하량은 0.291kg/d로 낮아져 30.1%의 매우 높은 정화효율을 보였다.



[그림 7-3-7] 공산지구 인공습지 유입수 및 유출수 T-P 변화

### 7.3.2 침강지 수질개선효과

- 2017년도 침강지 수온은 유입수의 평균 수온은 15.9~17.5℃의 분포를 보였고, 유출수는 15.6~19.2℃로 유출수의 수온이 다소 높은 경향을 보였다. 이는 침강지에는 식물이 없기 때문에 햇빛을 직접 받아 수온이 올라가는 침강지의 일반적인 경향과 같았다.
- 침강지 유입수의 평균 pH는 유입수가 7.5이고 유출수가 7.1~7.5로써 유입수와 유출수 간에 차이가 거의 없었으며, 농업용수 관리기준인 6.0~8.5를 만족하였다.
- EC는 침강지 평균 유입수가 196~274 $\mu$ S/cm였는데, 유출수는 211~267 $\mu$ S/cm로써 침강지 유입수 및 유출수는 모두 작물생장에 지장이 없는 기준인 700 $\mu$ S/cm에 비해 낮은 값으로 농업용수로 이용하는데 문제는 없는 것으로 판단된다.
- DO는 침강지 평균 유입수가 7.5~8.7mg/L였는데, 유출수는 7.6~8.4mg/L로써 큰 차이를 보이지 않고 있다. 수중의 용존산소농도는 대부분 호소의 농업용수 수질관리기준인 2.0mg/L 이상을 만족하고 있었다.

[표 7-3-4] 공산저수지 침강지 수질변화

구 분 (1호 침강지)		'12년	'13년	'14년	'15년	'16년	'17년 평상시 및 강우시					
		평균	평균	평균	평균	평균	1차 (4.4)	2차 (6.23)	3차 (8.31)	4차 (10.31)	평균	강우 (7.31)
수온 (℃)	유입수	18.0	21.9	24.4	21.9	23.7	11.9	22.4	22.8	12.9	17.5	26.0
	유출수	19.2	24.6	24.5	22.2	26.1	13.8	26.6	21.8	14.5	19.2	27.6
pH	유입수	7.5	7.5	8.2	7.4	7.1	7.2	7.4	7.4	8.0	7.5	7.1
	유출수	7.9	7.6	7.8	7.2	7.4	7.2	7.7	6.9	8.1	7.5	7.1
EC ( $\mu$ S/cm)	유입수	230	246	232	215	292	292	280	236	287	274	152
	유출수	191	223	198	201	218	266	309	213	281	267	234
DO (mg/L)	유입수	8.4	8.9	11.0	6.2	8.0	9.4	4.3	5.1	11.0	7.5	4.8
	유출수	10.2	8.8	8.1	3.8	8.0	9.2	10.0	2.5	12.0	8.4	3.2
SS (mg/L)	유입수	78.1	47.2	24.5	10.7	10.0	62.8	5.8	122.6	132.7	81.0	93.4
	유출수	32.5	41.8	34.2	11.4	9.2	1.8	14.0	3.9	4.2	6.0	13.7
BOD (mg/L)	유입수	3.4	6.2	7.7	2.9	4.2	3.5	3.3	3.7	2.8	3.3	4.2
	유출수	4.4	4.5	6.1	2.4	4.0	3.1	3.8	3.5	2.3	3.2	4.1
COD (mg/L)	유입수	8.3	10.5	8.3	6.9	10.4	10.2	9.6	10.6	6.4	9.2	11.6
	유출수	8.6	9.5	9.2	8.0	10.8	5.6	11.6	7.0	3.6	7.0	11.0
TOC (mg/L)	유입수	-	6.0	4.8	4.3	6.0	4.1	5.2	4.5	3.2	4.3	5.7
	유출수	-	5.1	5.2	4.9	6.1	3.7	6.9	4.7	2.4	4.4	7.7
T-N (mg/L)	유입수	3.239	2.723	3.814	2.538	2.709	2.753	1.049	3.124	2.403	2.332	2.381
	유출수	2.491	2.788	1.596	1.273	1.302	0.909	1.080	0.595	1.777	1.090	0.850
T-P (mg/L)	유입수	0.354	0.196	0.140	0.106	0.157	0.200	0.093	0.299	0.126	0.180	0.445
	유출수	0.166	0.170	0.211	0.079	0.086	0.027	0.124	0.050	0.049	0.063	0.095

[표 7-3-4] 공산저수지 침강지 수질변화(계속)

구 분 (2호 침강지)		'14년	'15년	'15년	'17년 평상시 및 강우시					
		평균	평균	평균	1차 (4.4)	2차 (6.23)	3차 (8.31)	4차 (10.31)	평균	강우 (7.31)
수온 (°C)	유입수	23.0	22.1	25.3	13.8	-	21.4	12.4	15.9	26.2
	유출수	25.3	21.7	26.2	13.8	-	21.8	11.3	15.6	27.8
pH	유입수	7.6	7.3	7.1	7.5	-	7.3	7.7	7.5	7.3
	유출수	7.9	7.4	7.4	7.2	-	6.9	7.3	7.1	7.2
EC (µS/cm)	유입수	220	199	252	209	-	166	212	196	154
	유출수	191	196	237	266	-	161	207	211	234
DO (mg/L)	유입수	9.5	4.7	8.6	12.0	-	5.0	9.2	8.7	4.4
	유출수	9.9	4.8	8.0	9.2	-	2.7	10.8	7.6	2.9
SS (mg/L)	유입수	153.9	16.0	26.5	22.2	-	26.3	11.4	20.0	147.4
	유출수	36.3	11.4	8.0	2.4	-	5.2	2.3	3.3	16.4
BOD (mg/L)	유입수	4.1	2.8	4.3	3.5	-	3.1	2.8	3.1	4.5
	유출수	5.5	3.6	3.9	3.1	-	3.2	2.5	2.9	4.6
COD (mg/L)	유입수	10.1	8.3	12.0	10.8	-	8.4	4.6	7.9	11.4
	유출수	9.0	8.1	10.7	6.4	-	7.2	3.8	5.8	9.8
TOC (mg/L)	유입수	5.1	4.5	6.8	3.8	-	4.7	3.0	3.8	5.5
	유출수	5.3	5.1	6.5	4.0	-	4.7	2.6	3.8	6.2
T-N (mg/L)	유입수	2.224	1.764	2.100	2.017	-	1.093	1.568	1.559	2.749
	유출수	1.505	1.187	1.248	0.977	-	0.552	1.971	1.167	0.822
T-P (mg/L)	유입수	0.365	0.081	0.158	0.154	-	0.122	0.074	0.117	0.592
	유출수	0.207	0.087	0.082	0.040	-	0.047	0.044	0.044	0.035

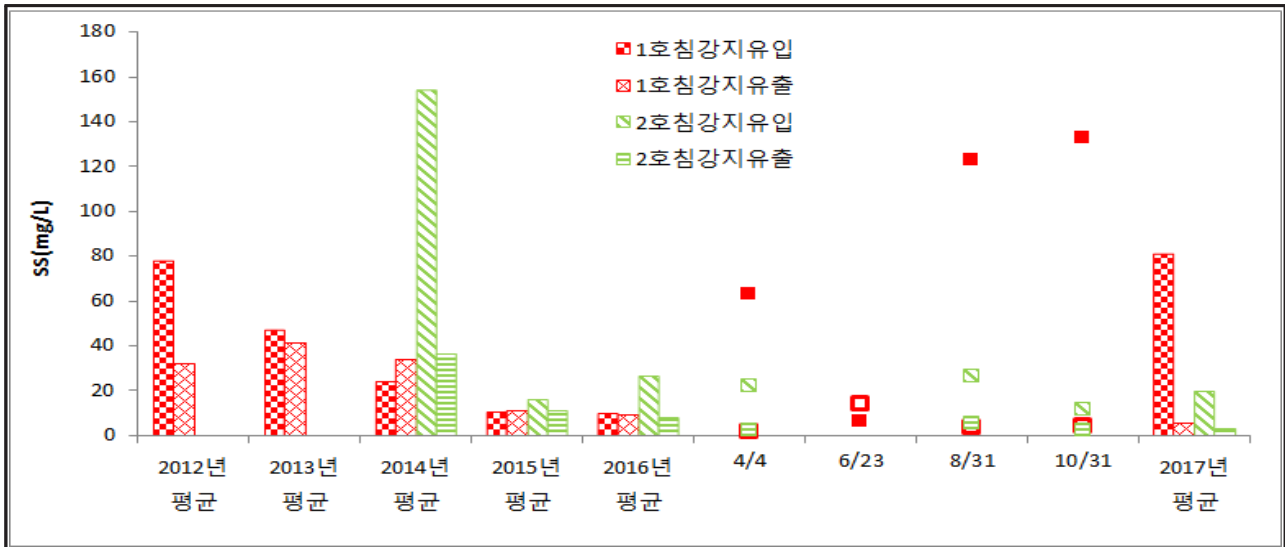
[표 7-3-5] 공산저수지 침강지 정화효율

구 분			'12~'17년 전체		'12~'17년 평상시		'12~'17년 강우시	
			부하량 (kg/d)	정화효율 (%)	부하량 (kg/d)	정화효율 (%)	부하량 (kg/d)	정화효율 (%)
1호 침강지	SS	유입	1629.8	14.3	75.0	31.3	6100.1	13.7
		유출	1397.1		51.5		5265.7	
	BOD	유입	65.6	5.4	14.0	10.8	207.5	4.4
		유출	62.1		12.5		198.5	
	COD	유입	161.3	-15.7	25.5	-4.8	551.7	-17.1
		유출	186.6		26.8		646.0	
	TOC	유입	86.7	-36.3	12.4	-10.5	365.7	-39.6
		유출	118.2		13.7		510.4	
	T-N	유입	46.374	14.6	8.538	31.2	155.153	11.9
		유출	39.620		5.876		136.637	
	T-P	유입	5.852	-21.4	0.507	31.3	21.219	-25.0
		유출	7.103		0.348		26.525	

[표 7-3-5] 공산저수지 침강지 정화효율(계속)

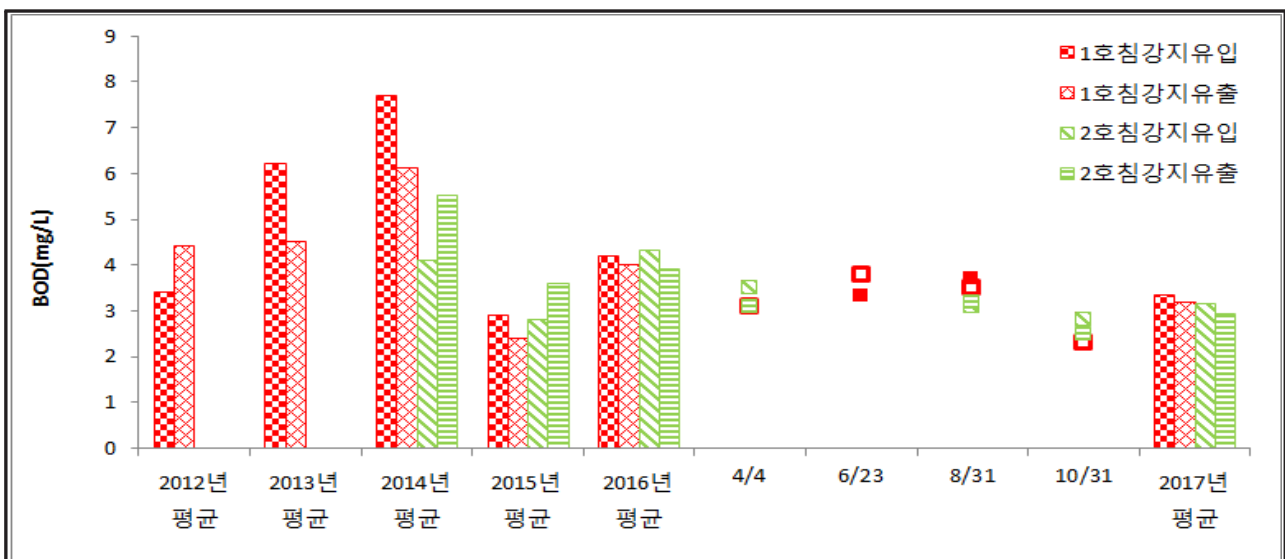
구 분			'14~'17년 전체		'14~'17년 평상시		'14~'17년 강우시	
			부하량 (kg/d)	정화효율 (%)	부하량 (kg/d)	정화효율 (%)	부하량 (kg/d)	정화효율 (%)
2호 침강지	SS	유입	6782.5	82.2	144.7	49.8	30014.8	82.7
		유출	1209.1		72.6		5186.9	
	BOD	유입	81.8	38.8	20.4	20.6	296.8	43.2
		유출	50.1		16.2		168.7	
	COD	유입	246.7	36.1	76.7	35.0	841.6	36.4
		유출	157.7		49.8		535.2	
	TOC	유입	96.2	6.1	39.2	20.4	295.6	-0.5
		유출	90.3		31.3		297.0	
	T-N	유입	42.022	33.5	16.686	47.2	130.698	27.4
		유출	27.948		8.809		94.935	
	T-P	유입	15.146	58.5	0.683	39.6	65.769	59.2
		유출	6.291		0.413		26.865	

- 금년 SS는 1호 침강지 유입수가 5.8~132.7mg/L(평균 81.0mg/L)였는데, 유출수는 3.9~14.0 mg/L(평균 6.0mg/L)이었으며, 2호 인공습지에서는 유입수가 11.4~26.3mg/L(평균 20.0mg/L), 유출수는 23~5.2mg/L(평균 3.3mg/L)로 보아 침강지에서 SS정화가 제대로 이루어지는 것으로 보이나 연차별로 살펴보면 2014년부터 2015년도 1호 침강지에서는 유입수에 비해 유출수의 SS농도가 높은 경향을 보였는데 이는 가뭄으로 유입수가 거의 없어 침강지에서 물이 오랫동안 체류하고, 수온으로 인한 조류의 발생증가도 원인으로 볼 수 있다.
- 반면, 2014년과 2015년도를 1호 침강지를 제외하고는 대부분 유입수에 비해 유출수에서 낮은 값을 나타내 전체적으로는 침강지에서 SS가 정화되는 것을 알 수 있다.
- '12~'17년 전체 SS 정화효율은 1호 침강지가 유입부하량이 1,629.8kg/d였는데, 유출부하량은 1,397.1kg/d로 낮아져 14.3%의 정화효율을 보였고, '14~'17년 2호 침강지는 유입부하량이 6,782.5kg/d였는데, 유출부하량은 1,209.1kg/d로 낮아져 82.2%의 매우 높은 정화효율을 보였다.



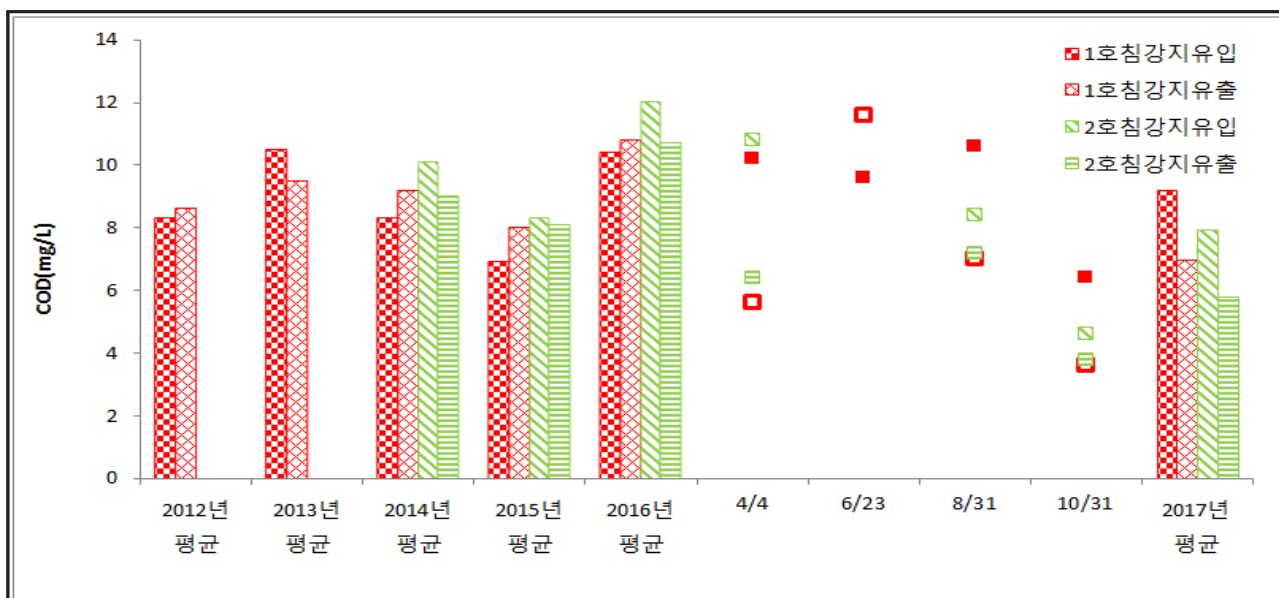
[그림 7-3-8] 공산지구 침강지 유입수 및 유출수 SS 변화

- 금년 유기물 지표인 BOD는 1호 침강지 유입수가 2.8~3.7mg/L(평균 3.3mg/L)이었는데, 유출수가 2.3~3.8mg/L(평균 3.2mg/L)이었으며, 2호 침강지에서는 유입수가 2.8~3.5mg/L(평균 3.1mg/L), 유출수는 2.5~3.2mg/L(평균 2.9mg/L)로 약간 낮아지는 안정된 경향을 보였다.
- 연차별로는 2012년 1호 침강지, 2014년과 2015년 2차 침강지에서 유입수에 비해 유출수의 농도가 높아지는 경향을 보였다.
- '12~'17년 전체 BOD 정화효율은 1호 침강지가 유입부하량이 65.6kg/d였는데, 유출부하량은 62.1kg/d로 낮아져 5.4%의 정화효율을 보였고, '14~'17년 2호 침강지는 유입부하량이 81.8kg/d였는데, 유출부하량은 50.1kg/d로 낮아져 38.8%의 정화효율을 보였다.



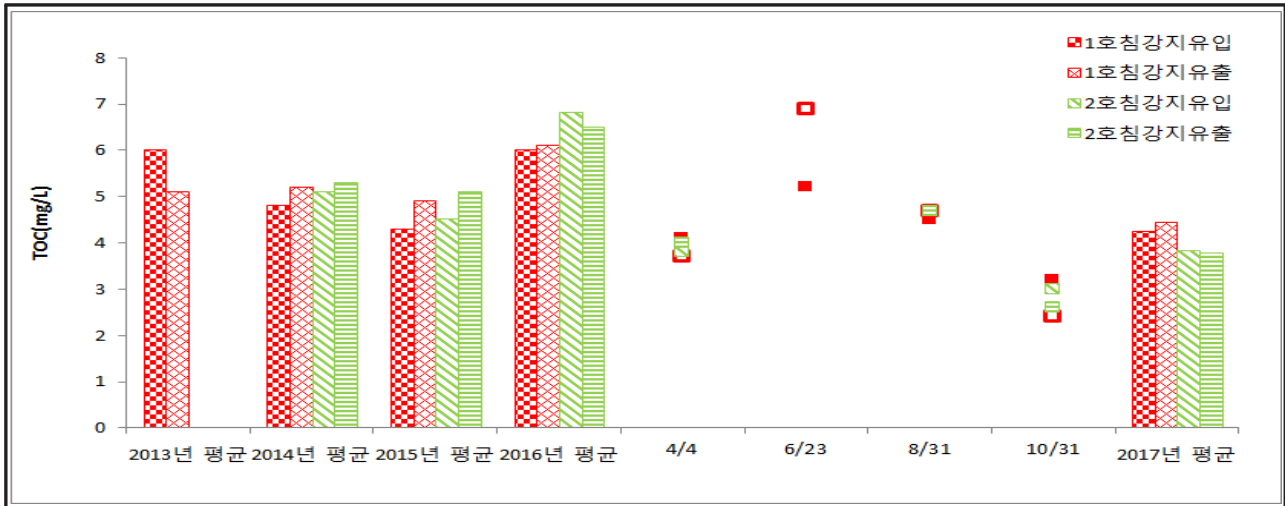
[그림 7-3-9] 공산지구 침강지 유입수 및 유출수 BOD 변화

- 금년 COD는 1호 침강지 유입수가 6.4~10.6mg/L(평균 9.2mg/L)이었는데, 유출수가 3.6~11.6mg/L(평균 7.0mg/L)이었으며, 2호 침강지에서는 유입수가 4.6~10.8mg/L(평균 7.9mg/L), 유출수는 3.8~7.2mg/L(평균 5.8mg/L)로 낮아지고 있어 유입수에 비해 유출수의 농도가 낮아 안정된 정화효율을 보였다.
- 연차별로는 2012년, 2014년, 2015년 1호 침강지에서 유입수에 비해 유출수의 농도가 높은 경향을 보였다. 유입수에 비해 유출수의 농도가 높았던 것은 강우시의 일시적인 유입과 가뭄시 정체되는 상황에서 조류의 번식이 원인인 것으로 판단된다.
- '12~'17년 전체 COD 정화효율을 살펴보면 1호 침강지가 유입부하량이 161.3kg/d 였는데, 유출부하량은 186.6kg/d로 높아져 -15.7%의 정화효율을 보였고, '14~'17년 2호 침강지는 유입부하량이 246.7kg/d였는데 유출부하량은 157.7kg/d로서 유출 부하량이 낮은 것으로 나타나 36.1%의 정화효율을 보였다.



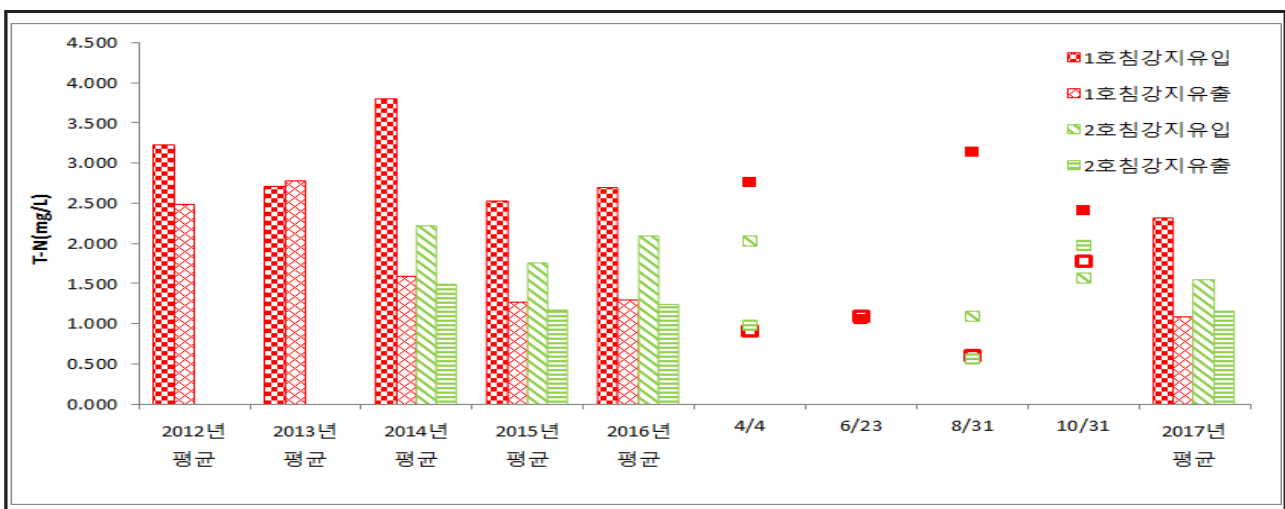
[그림 7-3-10] 공산지구 침강지 유입수 및 유출수 COD 변화

- 금년 TOC는 1호 침강지 유입수가 3.2~5.2mg/L(평균 4.3mg/L)이었는데, 유출수가 2.4~6.9mg/L(평균 4.4mg/L)이었으며, 2호 침강지에서는 유입수가 3.0~4.7mg/L(평균 3.8mg/L), 유출수는 2.6~4.7mg/L(평균 3.8mg/L)로 거의 변화가 없는 경향을 보였다.
- 연차별로도 2014년도와 2015년도 모두 유입수에 비해 유출수에서 높은 경향을 보였는데 이는 COD와 마찬가지로 조류의 발생에 기인한 것으로 볼 수 있다.
- '12~'17년 전체 TOC 정화효율을 살펴보면 1호 침강지가 유입부하량이 86.7kg/d 였는데, 유출부하량은 118.2kg/d으로 유기물정화 효율이 낮았고, '14~'17년 2호 침강지는 유입부하량이 96.2kg/d였는데 유출부하량은 90.3kg/d로 침강지의 유기물 정화 효율이 약간 나타났다.



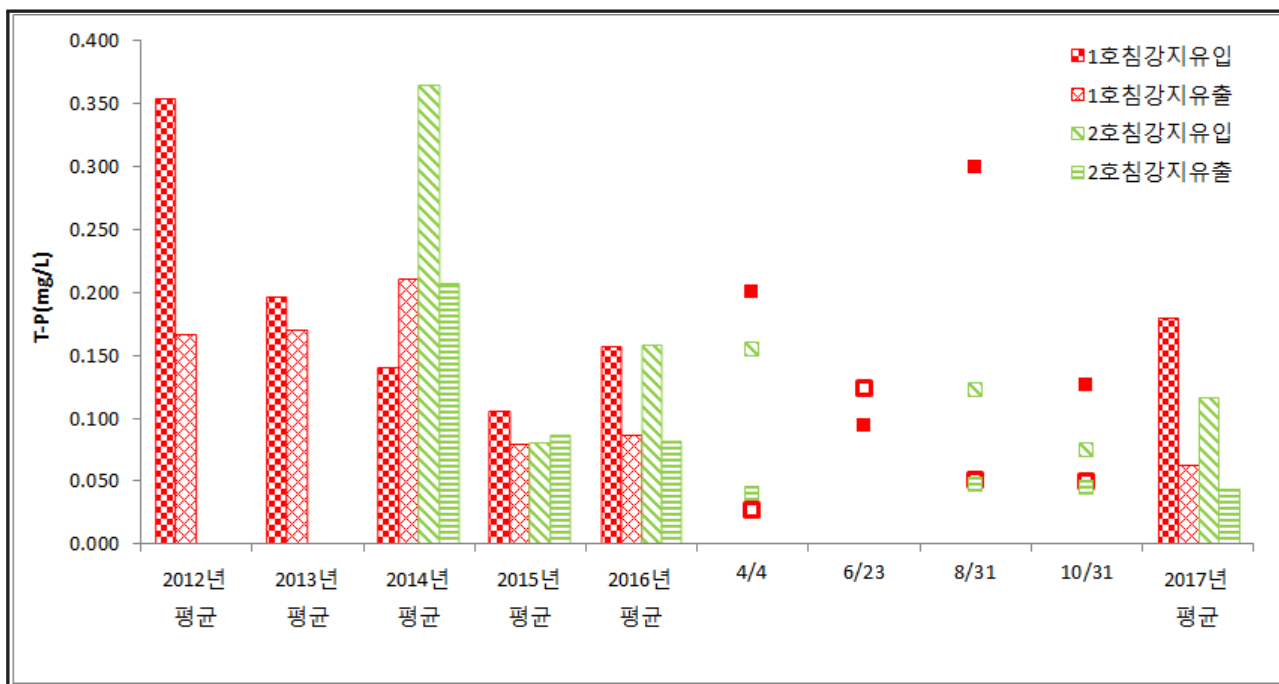
[그림 7-3-11] 공산지구 침강지 유입수 및 유출수 TOC 변화

- 금년 T-N은 1호 침강지 유입수가 1.049~3.124mg/L(평균 2.332mg/L)이었는데, 유출수가 0.595~1.777mg/L(평균 1.090mg/L)이었으며, 2호 침강지에서는 유입수가 1.093~2.017mg/L(평균 1.559mg/L), 유출수는 0.552~1.971mg/L(평균 1.167mg/L)로 침강지에서의 높은 질소 정화효과가 있는 것으로 나타났다.
- 연차별로 살펴보면 2013년 1호 침강지에서 약간 증가한 것을 제외하고는 유입수에 비해 유출수의 T-N농도가 낮은 경향을 보였다. 이는 침강지로 질소가 유입되면 이것을 내부생산에 의해 발생한 조류가 영양물질로 흡수하여 수중의 질소 성분이 줄어들기 때문으로 볼 수 있다.
- '12~'17년 전체 T-N 정화효율은 1호 침강지가 유입부하량이 46.374kg/d였는데, 유출부하량은 39.620kg/d로 낮아져 14.6%의 정화효율을 보였고, '14~'17년 2호 침강지는 유입부하량이 42.022kg/d였는데, 유출부하량은 27.948kg/d로 낮아져 33.5%의 높은 정화효율을 보였다.



[그림 7-3-12] 공산지구 침강지 유입수 및 유출수 T-N 변화

- 금년 T-P은 1호 침강지 유입수가 0.093~0.299mg/L(평균 0.180mg/L)이었는데, 유출수가 0.027~0.124mg/L(평균 0.063mg/L)이었으며, 2호 침강지에서는 유입수가 0.074~0.154mg/L(평균 0.117mg/L), 유출수는 0.040~0.047mg/L(평균 0.044mg/L)로 낮아져 침강지에서 T-P의 정화효과가 높은걸 알 수 있다.
- 연차별로 살펴보면 2014년을 제외하고는 유입수에 비해 유출수의 농도가 낮은 경향을 보였다. 이는 침강지내에서 정제되는 동안 인 성분의 침전으로 인한 것으로 볼 수 있다.
- '12~'17년 전체 T-P 정화효율은 1호 침강지가 유입부하량이 5.852kg/d였는데, 유출부하량은 7.103kg/d로 높아져 -21.4%의 정화효율을 보였고, '14~'17년 2호 침강지는 유입부하량이 15.146kg/d였는데, 유출부하량은 6.291kg/d로 낮아져 58.5%의 매우 높은 정화효율을 보였다.



[그림 7-3-13] 공산지구 침강지 유입수 및 유출수 T-P 변화



### 7.3.3 퇴적물 조사결과

- 퇴적물 분석결과 2호 인공습지에서 채취한 퇴적물의 입도는 모래 42.2%, 실트 40.8%, 점토 17.0%로써 L(양토)이고, 1호 침강지의 퇴적물은 모래 46.5%, 실트 36.5%, 점토 17.0%로써 L(양토)로 분류 되었으며, 토성은 '16년과 별다른 변화가 없다.
- 2호 인공습지와 1호 침강지의 pH는 각각 5.4, 5.6로써 습지 여재로서 이용하기 좋은 6.0~8.5의 범위를 다소 벗어나 있으며 '16년보다 다소 낮아졌다.('16년 6.0, 6.2)
- EC는 2호 인공습지 0.327dS/m, 1호 침강지 0.141dS/m로써 식물성장 매체로 적합한 4.0dS/m 이하이기 때문에 문제가 없는 것으로 조사되었다.('16년 0.044dS/m, 0.038dS/m)
- 유기물은 2호 인공습지 3.062%, 1호 침강지 0.817%으로서 '16년보다 높아졌는데 이는 상류에서 유기물의 퇴적이 이루어진 것으로 파악된다.('16년 0.2%, 0.24%)
- 유효인산은 2호 인공습지 28.43mg/kg, 1호 침강지 33.13mg/kg으로서 '16년보다 높아진 것으로 조사되었다.('16년 11.63mg/kg, 14.79mg/kg)
- 2호 인공습지의 강열감량은 6.1%, T-N은 2,904.8mg/kg, T-P는 851.1mg/kg으로 조사되어 '16년에 보다 높아졌지만 국립환경과학원 호소 퇴적물 오염평가 기준보다 낮게 조사되었고 침강지보다 조금 더 오염된 것으로 나타났다.
- 1호 침강지의 강열감량은 4.2%, T-N은 1,358.6mg/kg로 T-P는 485.6mg/kg로 조사 되어 '16년에 보다 높아졌지만 국립환경과학원 호소 퇴적물 오염평가 기준 IV등급 미만으로 양호한 상태로 조사되었다.

[표 7-3-6] 공산저수지 인공습지 및 침강지 퇴적물 조사 결과

구 분	토성	pH	EC (dS/m)	유기물 (%)	강열감량 (%)	유효인산 (mg/kg)	T-N (mg/kg)	T-P (mg/kg)
1호 침강지	'16년 양토(L)	6.2	0.038	0.240	4.0	14.79	1,100.7	291.7
	'17년 양토(L)	5.6	0.141	0.817	4.2	33.13	1,358.6	485.6
2호 인공습지	'16년 양토(L)	6.0	0.044	0.200	3.7	11.63	1,039.0	265.2
	'17년 양토(L)	5.4	0.327	3.062	6.1	28.43	2,904.8	851.1

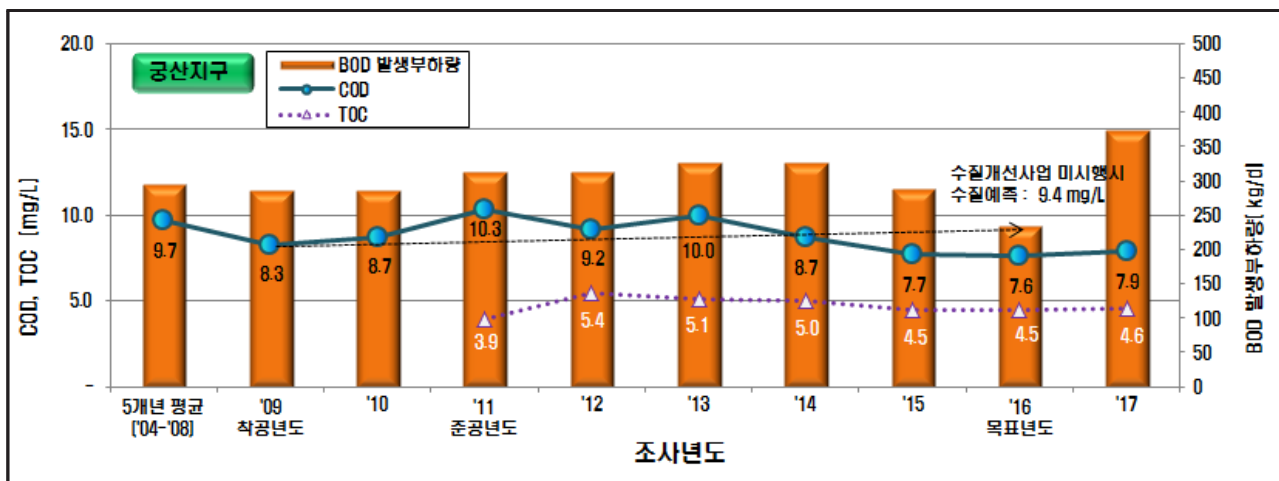
[표 7-3-7] 호소 퇴적물 오염평가 기준

항 목		등 급	I	II	III	IV
유기물 및 영양염류	완전연소가능량(%)			-		13 초과
	총질소(mg/kg)			-		5,600 초과
	총인(mg/kg)			-		1,600 초과
비고 : 1. 등급별 퇴적물의 상태<유기물, 영양염류> - IV 등급 : 심각하고 명백한 오염						

\* 자료 : 국립환경과학원예규 제687호, 2015년

## 7.4. 저수지 수질변화 및 개선효과

- 공산저수지 수질개선시설은 운영 6년차로써, BOD발생 부하량이 준공년도인 2011년도에 313.8kg/d에서 2014년도에는 326.4kg/d까지 증가하다가 2015년 이후로 감소하여 2016년에는 233.7kg/d까지 감소하였다. 금년에는 상류유역에 ‘행복한 농장’(종돈장)이 운영되어 돼지 사육두수가 5,500두로 증가하였기 때문에 372.9kg/d으로 증가하였다. 이에 따라 공산저수지의 COD는 준공년도인 2011년에 10.3mg/L였다가 2016년에는 7.6mg/L까지 감소하였다가 금년에는 7.9mg/L로 증가하였으나 목표수질을 달성하였다.
- TOC는 2011년도에 3.9mg/L에서 2012년도에는 5.4mg/L로 높아졌다가 2013년 이후 지속적으로 낮아졌으며 준공이후 모두 호소의 농업용수 수질관리기준인 6.0mg/L 이하를 지속적으로 만족하고 있다.
- 2016년까지 공산저수지 유역내 오염부하량 감소는 인구감소와 소규모 축산농가의 폐업으로 오염부하량 감소에 영향을 끼친 것으로 보여지며, 2017년의 증가는 ‘행복한 농장’(종돈장)이 운영되어 돼지 사육두수가 5,500두로 증가하였기 때문이다.
- 공산저수지 COD, TOC 등 유기물의 농도가 준공년도부터 개선되고 있는 것은 유역내 오염부하량의 점차적인 감소와 인공습지에 수질정화식물이 안정적으로 정착되고 수질개선시설의 적극적인 유지관리를 통한 결과로 판단된다.

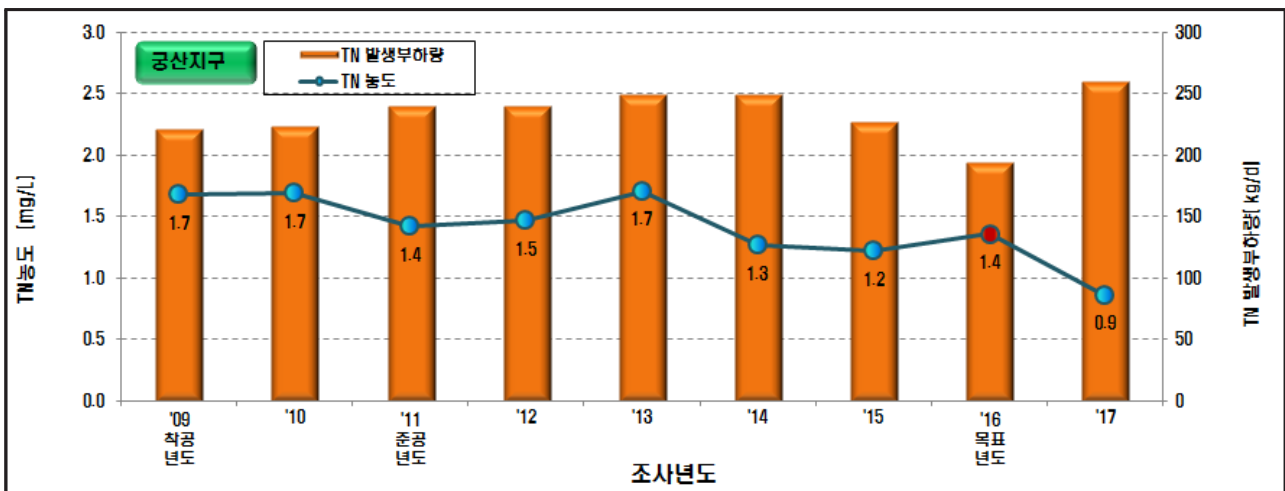


[그림 7-4-1] 공산지구 유역 연도별 BOD 발생부하량 및 COD, TOC 농도 변화

[표 7-4-1] 공산저수지 월별 저수율 현황

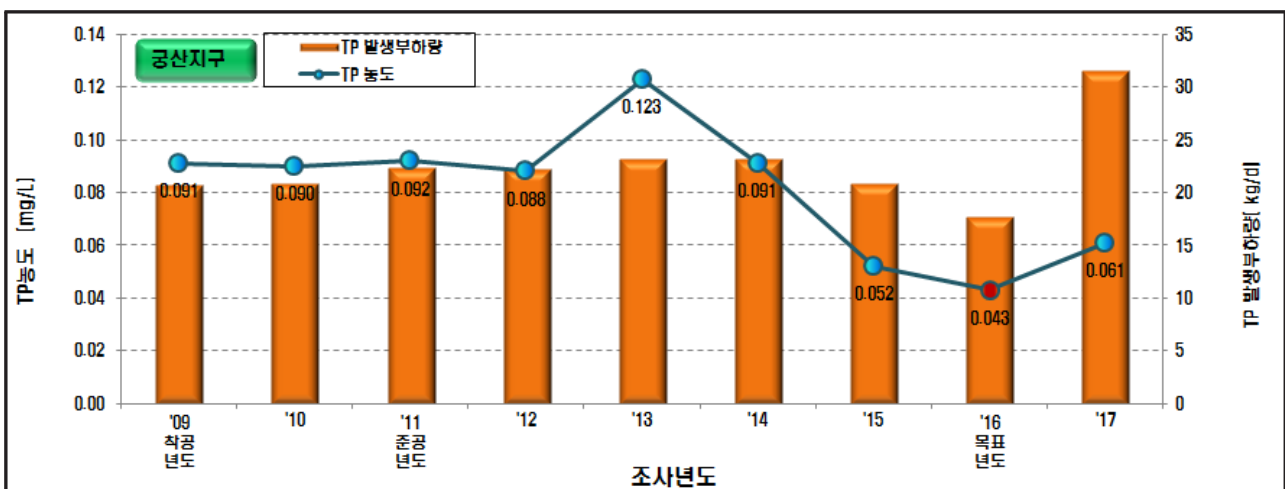
구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
저수율 (%)	76.0	86.3	88.9	86.0	66.3	37.3	64.8	77.6	68.0	68.5	72.1	79.1

- T-N은 준공년도인 2011년도에 발생부하량이 240.0kg/d에서 2014년도에 249.6kg/d 까지 다소 증가하다가 2015년 이후 감소하다가 올해는 260.2kg/d으로 증가하였다.
- T-N 농도는 준공년도인 2011년도에 1.417mg/L였다가 2013년까지 1.704mg/L로 증가하다가 이후 점차 낮아져 2017년에는 0.860mg/L의 농도를 나타내어 농업용수 수질 관리기준을 만족하였다.



[그림 7-4-2] 공산지구 유역 연도별 T-N 발생부하량 및 T-N 농도 변화

- T-P는 준공년도인 2011년도에 발생부하량이 22.3kg/d에서 2014년도에 23.2kg/d까지 다소 증가하다가 2015년 이후 감소하다가 올해는 31.5kg/d 까지 증가하였다.
- T-P농도는 준공년도인 2011년도에 0.092mg/L였는데 2013년을 제외하곤 2016년까지 차츰 감소하다가 2017년에는 0.061mg/L으로 약간 증가하였으나, 농업용수 수질관리 기준 0.1mg/L이하를 만족하고 있다.



[그림 7-4-3] 공산지구 유역 연도별 T-P 발생부하량 및 T-P 농도 변화

## 7.5. 현장적용성 향상 및 유지관리 방안

- 공산지구의 1·2호 취입보 관리에 주의를 기울여 강우시 상류 농경지의 침수 민원이 발생하지 않도록 함과 동시에 저수지의 수질개선을 위해서 오염물질의 농도가 높은 초기 강우가 습지로 유입되도록 취입보를 지속적으로 세심하게 관리를 할 필요가 있다.
- 올해 2호 습지는 가뭄으로 인해 습지로 물이 정상적으로 공급되지 못하는 기간이 발생하였으나 식재된 식물들이 고사하는 상태는 발생되지 않았다. 고사식물이 발생할 시 부패와 혐기성분해로 이어져 습지의 정화효율을 현저히 떨어뜨릴 수 있기 때문에 습지내 고사된 식생 제거 및 과밀성장한 수질정화식물에 대한 절취 등의 지속적인 유지관리가 필요하다.
- 공산저수지는 하천형 침강지로서 퇴적되는 토사와 오염물질 및 녹조현상으로 수질이 악화되므로 침강지를 준설하거나 조류를 제거하여 저수지로 유입되는 수질을 개선시킬 필요가 있다.
- 가뭄이나 급수시기 습지로의 유입수가 부족할 경우 습지 내 물이 정체되고 체류시간 연장으로 식물의 고사와 수질악화의 우려가 있으므로 식물절취와 함께 습지 내 물의 흐름이 원활이 이루어 질 수 있도록 해야 한다.
- 2016년, 2017년에는 1, 2호 인공습지 내 고사되거나 과밀성장한 수질정화식물 갈대를 절취하여 외부반출을 실시하였고 취입부에 스크린을 설치하여 쓰레기 등 오염물질 유입을 차단하였다. 향후에도 주기적인 식생절취, 절취된 식생의 습지 밖 이동처리 등을 통해 습지가 최대한의 효율을 낼 수 있도록 관리해야 할 것이다.
- 올해에는 침강지 준설을 위한 침강지 내용적 측량을 실시하였으며 향후 침강지 내 오염 퇴적토를 준설, 수초제거 등의 사업도 병행될 필요가 있다.
- 양질의 농업용수 공급을 위한 수질개선사업은 농업발전의 중요한 요소이며 수질 개선시설의 설치보다 중요한 것이 운영과 유지관리라고 판단된다. 따라서 현장에서의 유지관리 노력과 관심이 더욱 필요하다.

## 7.6. 요약

- 준공 6년차인 공산저수지는 수혜면적 260ha의 중규모 농업용수원으로서 고창군 해리 등에 양질의 농업용수를 공급하는 중요한 농업용수원로서의 역할을 수행해 오고 있다.

- 공산지구 수질개선사업은 유역이 크고 마을과 기존 농경지 등 오염원이 많아 오염 물질을 호 내 유입전 자연환경 특성에 적합한 자연정화기법을 응용한 처리방식에 의한 수질개선 공법을 적용하였으며, 주요 공법은 침강지와 인공습지이다. 본 지구의 인공습지의 체류시간은 수질정화효율이 가장 높은 12시간을 기준으로 적용하였다.
- 유역 내 오염물질 부하량은 사업시행후인 2012년 BOD 311.8kg/일, T-N 239.5kg/일, T-P 22.1kg/일로 나타났으며 이후 점차적으로 감소하다가 올해에는 372.9kg/일로 증가하였다. 이는 상류유역에 '행복한 농장'(중돈장)이 새로 운영되어 돼지 사육두수가 5,500두로 증가하였기 때문이다.
- 공산지구는 사업 준공 이전보다 현재 시점에서 전체 수질항목이 개선되는 경향으로 준공 6년차인 '17년 수질개선 효과는 기본계획 대비 현재 COD 16.0%, T-N 62.4%, T-P 55.5%의 개선효과를 나타내고 있다.
- 이는 공산저수지 유역 내 생활계 오염원인 인구와 소규모 축산농가 폐업으로 사육 두수 감소, 해리 하수처리장의 정상 운영으로 오염 부하량과 수질농도 향상에 영향을 미친 것으로 판단된다.
- 또한, 전답에 뿌려지는 각종 비료와 야적퇴비, 액비살포 등의 경험적 영농행위는 정부의 축산농가에 대한 규제와 공사에서 시행하고 있는 저수지 상류 오염원 감시 및 야적퇴비 등의 방치 계도 등의 활동으로 점차 줄어들고 있으며, 준공 4년차인 2015년부터 목표수질을 달성하여 관리되고 있다.
- 앞으로 저습지로 유입되도록 취입보를 지속적으로 세심하게 관리 하고, 침강지 퇴적 토와 오염수지의 안정적인 수질개선을 위해서 오염물질의 농도가 높은 초기 강우가 물질을 제거를 수반한다면 지속적인 수질개선을 이룰 수 있을 것으로 판단된다.



# 8. 설성지구

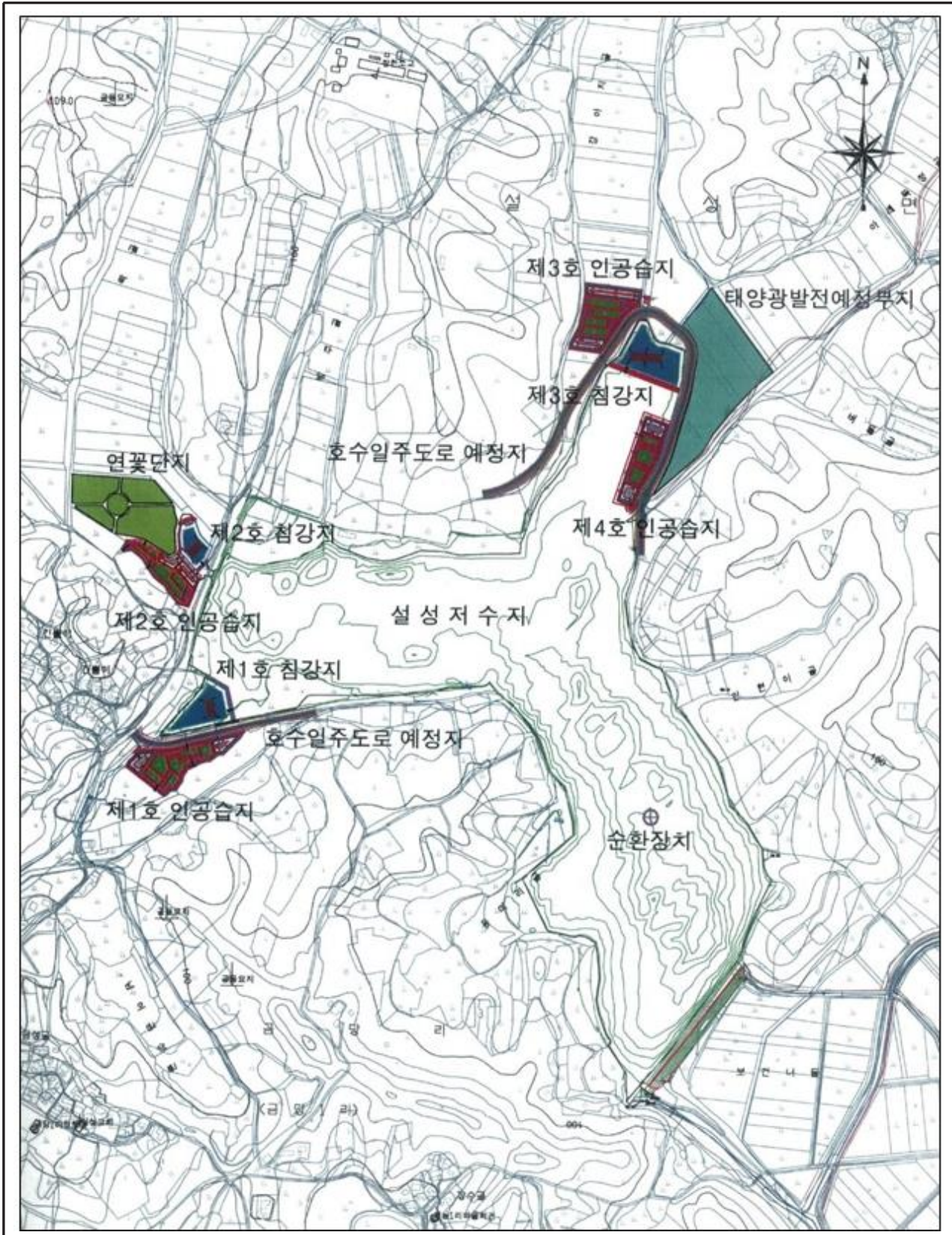


- 
- 8.1. 지구현황
  - 8.2. 기상 및 수질현황
  - 8.3. 시설별 수질개선효과
  - 8.4. 저수지 수질변화 및 개선효과
  - 8.5. 현장적용성 향상 및 유지관리 방안
  - 8.6. 요약





## 설성지구 수질개선사업 평면도



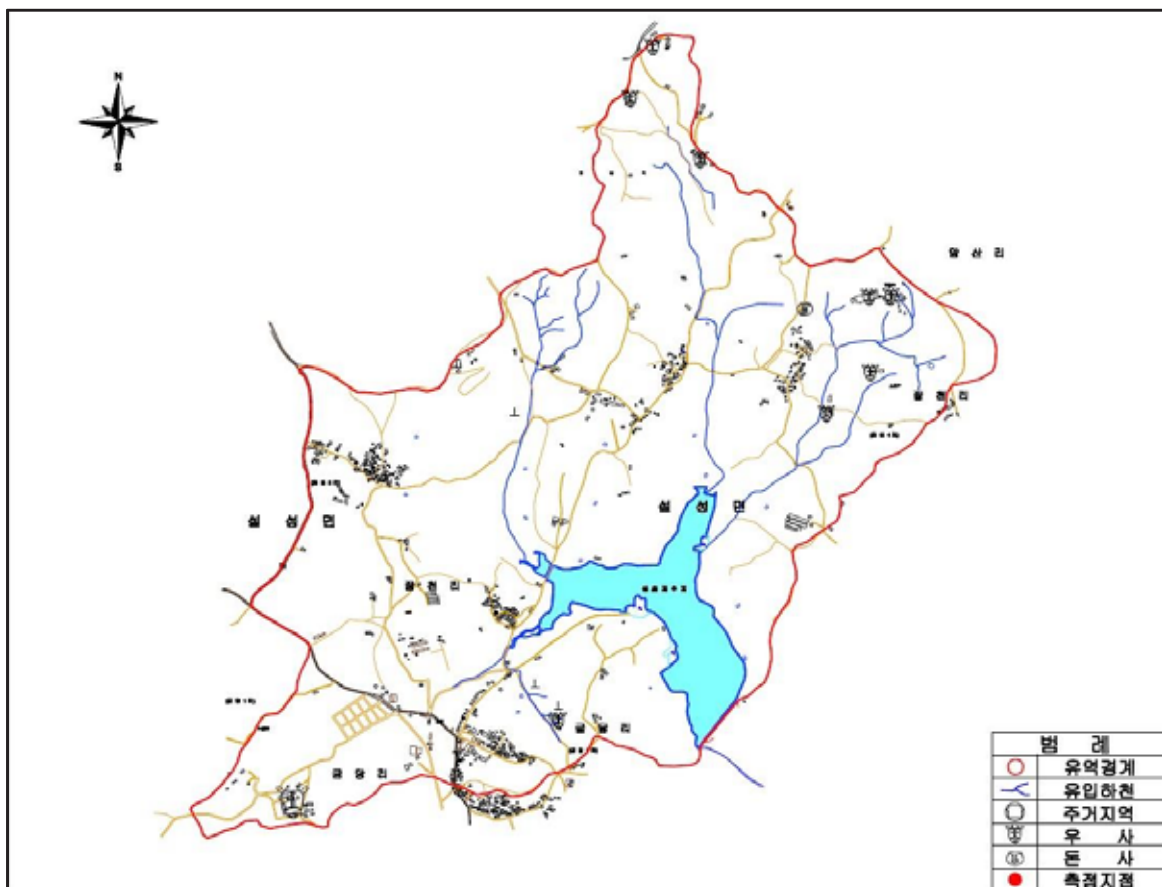


## 8.1. 지구현황

### 8.1.1 저수지 현황

#### 1) 유역현황

- 유역은 이천시 설성면 장천리와 금당리, 장능리(일부)에 해당한다.
- 유역 대부분이 100m 이하의 저구릉지로 둘러싸여 있으며, 농경지가 유역의 50% 이상을 차지하고 있는 평야지대이다.
- 유역 내에 큰 하천은 없으며, 소폭(3~4m)의 농경배수로가 발달되었다.
- 주요염원은 축산폐수와 생활하수이며, 저수지 수면은 유료납시터로 운영 중이다.
- 금당리의 생활하수를 처리하는 설성마을하수도(300m<sup>3</sup>/일, '97년 완공)가 저수지 좌안에 위치하고 있으며 우안의 장천리에는 장천마을하수도(60m<sup>3</sup>/일, '11년 완공)가 가동 중이다.
- 퇴적물처리사업이 완료('09년) 및 수질개선사업이 준공('12년)되어 인공습지 4개소가 운영 중이며, 2호 인공습지에 접하여 이천시에서 연꽃단지를 조성하였다.



[그림 8-1-1] 설성저수지 유역도

[표 8-1-1] 설성저수지 경위도상 위치

소재지	단	경도와 위도의 극점			연장거리
		지명	극점		
			동경	북위	
경기도 이천시 설성면	동단	설성면 신필리	127° 32' 06.04"	37° 08' 06.65"	1.3km
	서단	설성면 장천리	127° 30' 27.98"	37° 08' 12.20"	
	남단	설성면 장능리	127° 31' 57.85"	37° 07' 54.56"	1.2km
	북단	설성면 장천리	127° 31' 58.56"	37° 08' 32.53"	

## 2) 저수지 현황

- 설성저수지는 1958년 준공, 경기도 이천시 설성면 장천리에 위치하며 유효저수량 858.0천<sup>3</sup>m, 유역면적 616.0ha, 수혜면적 339.8ha이다.

[표 8-1-2] 설성저수지 현황

소재지	경기도 이천시 설성면 장천리	
설치년도	1958년	
유역면적	616.0ha	
유효저수량	858.0천 <sup>3</sup> m	
수혜농지	339.8ha	
만수면적	34.7ha	
관리주체	한국농어촌공사 여주·이천지사	

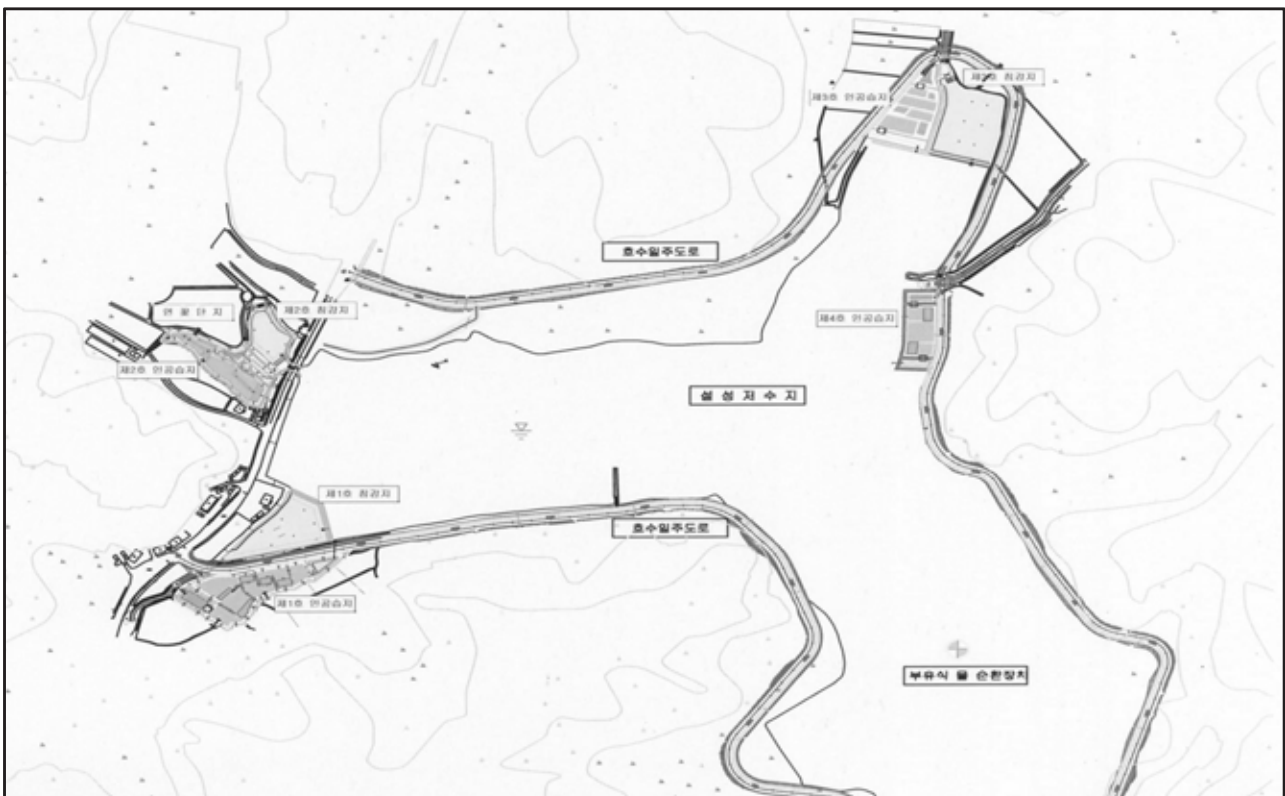
## 8.1.2 수질개선시설 현황

### 1) 주요대책

- 상류대책으로 이천시에서 마을하수도 2개소를 설치·운영 중이다.
- 호내대책으로 농업용수 수질개선사업(2012년 준공)을 통한 인공습지 4개소, 침강지 3개소, 물순환장치 1기, 인공식물섬 3개소를 설치·운영 중이다.

[표 8-1-3] 설성저수지 수질개선시설 현황

구분	대안	시설	규모
□ 상류대책(이천시)			
1	하수처리	설성마을하수도	- 300m <sup>3</sup> /일 (1997년)
2	하수처리	장천마을하수도	- 60m <sup>3</sup> /일 (2011년)
□ 호내대책(한국농어촌공사)			
1	평시 유출수 처리	1~4호 인공습지 (4개소)	- 유량 및 면적 : 7,977m <sup>3</sup> /d(A=21,899m <sup>2</sup> ) - 인공습지 : 17지, 7,042m <sup>2</sup> - 연못습지 : 13지, 1,745m <sup>2</sup> - 침사지 : 4지, 806m <sup>2</sup> - 배출연못 : 4지, 523m <sup>2</sup> - 관리도로 및 사면 : 4개소, 11,783m <sup>2</sup>
2	평시 및 강우 유출수 처리	1~3호 침강지 (3개소)	- 1호 : A=4,224m <sup>2</sup> - 2호 : A=2,061m <sup>2</sup> - 3호 : A=5,877m <sup>2</sup>
3	침강지 녹조발생 억제	인공식물섬 (3개소)	- A=1,100m <sup>2</sup>
4	저수지 녹조방지를 위한 물순환	물순환장치	- 1기, 순환량 54,000m <sup>3</sup> /일



[그림 8-1-2] 설성저수지 수질개선시설 평면도

## 2) 인공습지

- 인공습지는 유역이 가장 크고, 마을과 기존농경지 등 오염원이 많이 위치하는 2, 3, 5, 6유역을 대상으로 조성하였다.



[그림 8-1-3] 설성저수지 유역 구분도

[표 8-1-4] 인공습지 계획유량

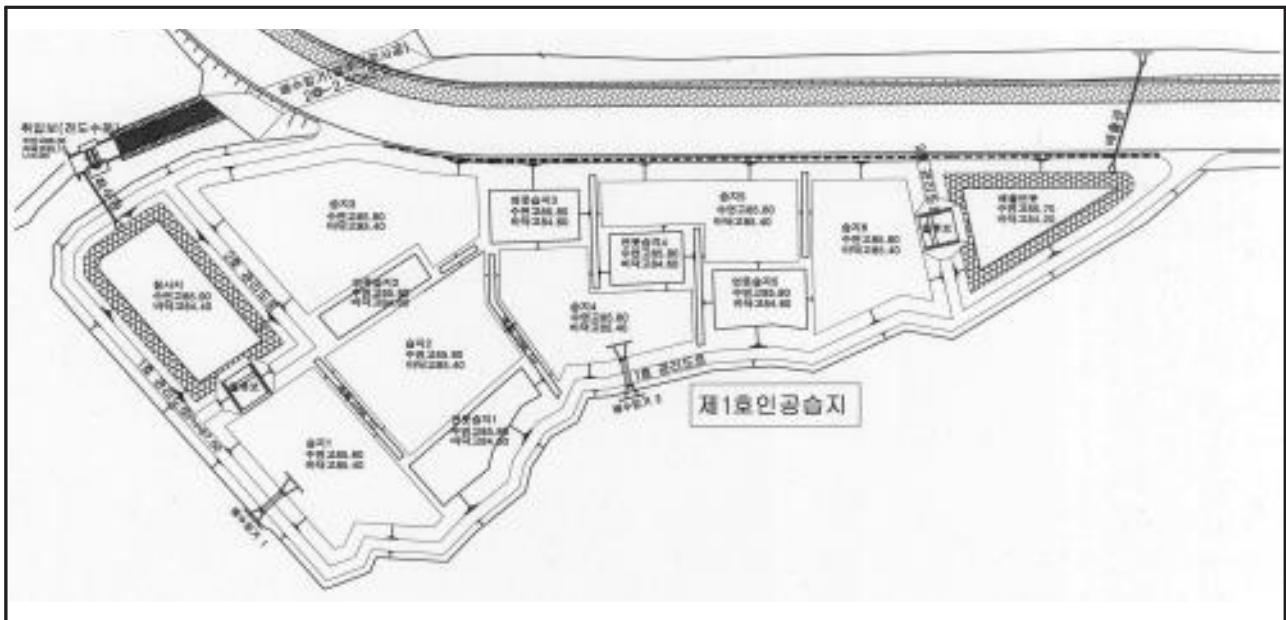
구분	유역구분	유역면적 (ha)	평균 유입량(m³/일)			계획수량 (m³/일)	비고
			총유입량	일30mm 미만유입량	마을하수도 유입량		
계		511.78	10,444	10,084	360	10,084	
1호 인공습지	6유역	161.84	3,499	3,199	300	3,199	
2호 인공습지	5유역	145.28	2,868	2,868		2,868	
3호 인공습지	3유역	114.04	2,303	2,243	60	2,243	
4호 인공습지	2유역	90.62	1,774	1,774		1,774	

○ 1호 인공습지

- 6번 유역의 일 30mm미만 강우 시 유하하는 유입유량을 정화처리하기 위해 필요한 1호 인공습지 계획면적은 관리도로 등을 포함하여 7,422㎡으로 계획하였다. 이중 습지의 면적은 3,940㎡으로 계획하였고, 내용적상으로는 1,879㎥(인공+연못습지)으로서 유역에서 유출되는 유출량 133.30㎥/hr이 습지에서 평균적으로 약 14.1시간 정도 체류하도록 계획하였다.

[표 8-1-5] 1호 인공습지 제원

구 분		규 모	계획면적(A) (㎡)	계획수심(d) (m)	내용적(V) (㎥)	비 고
습지	인공습지	6개소	2,818	0.40	1,127	
	연못습지	5개소	627	1.20	752	
	침 사 지	1개소	323	1.50	485	
	배출연못	1개소	172	1.50	258	
	소 계		3,940		2,622	
기타	관리도로 및 사면		3,482			
	소 계		3,482			
합 계			7,422		2,622	



[그림 8-1-4] 1호 인공습지 수리계통도



[그림 8-1-5] 1호 인공습지 시설현황

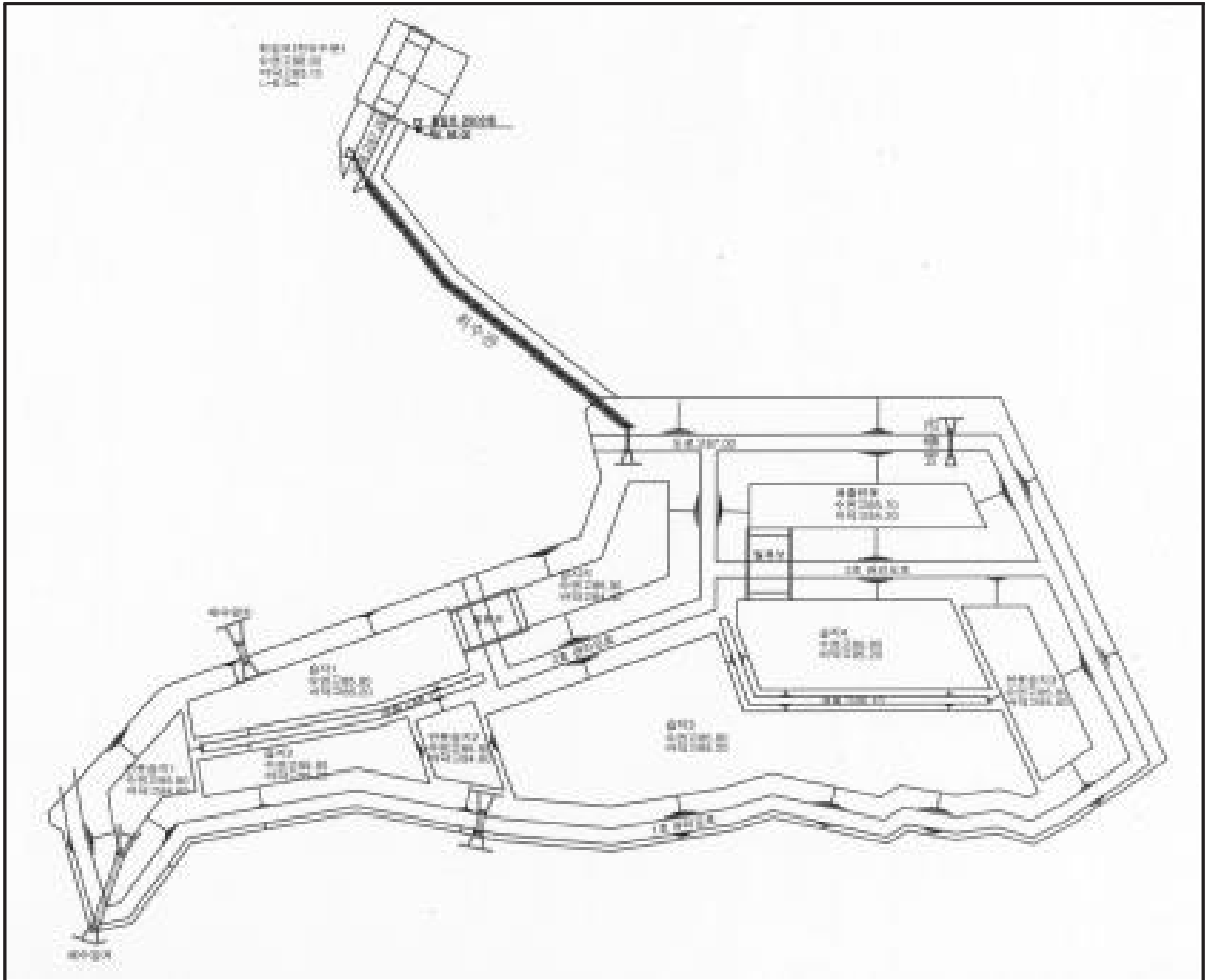
○ 2호 인공습지

- 5번 유역의 일30mm미만 강우 시 유하하는 유입유량을 정화처리하기 위해 필요한 2호 인공습지 계획면적은 관리도로 등을 포함하여 5,167㎡으로 계획하였다. 이중 습지의 면적은 2,342㎡으로, 내용적상으로는 1,528㎥(인공+연못습지)으로서 유역에서 유출되는 유출량 119.5㎥/hr이 습지에서 평균적으로 약 12.8시간 정도 체류하도록 계획하였다.

[표 8-1-6] 2호 인공습지 제원

구 분		규 모	계획면적(A) (㎡)	계획수심(d) (m)	내용적(V) (㎥)	비 고
습지	인공습지	4개소	1,524	0.60	914	
	연못습지	3개소	512	1.20	614	
	침 사 지	1개소	150	1.50	225	
	배출연못	1개소	156	1.50	234	
	소 계		2,342		1,987	
기타	관리도로 및 사면		2,825			
	소 계		2,825			
합 계			5,167		1,987	





[그림 8-1-6] 2호 인공습지 수리계통도



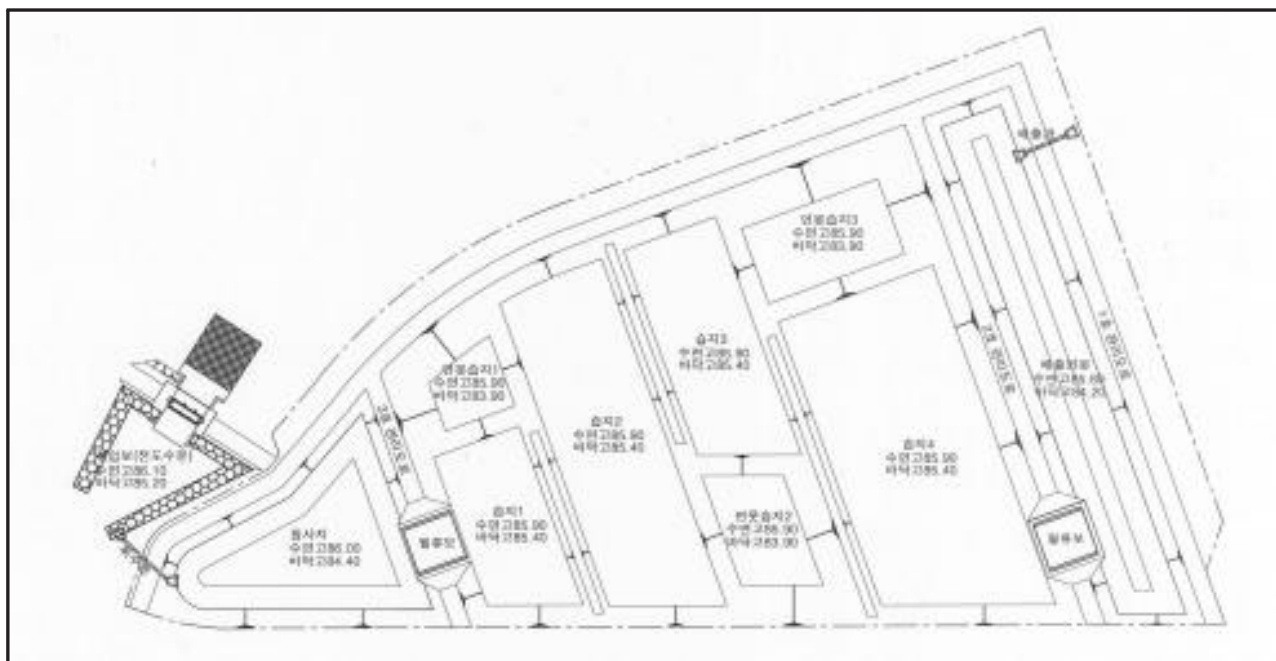
[그림 8-1-7] 2호 인공습지 시설현황

○ 3호 인공습지

- 3번 유역의 일30mm미만 강우 시 유하하는 유입유량을 정화처리하기 위해 필요한 3호 인공습지 계획면적은 관리도로 등을 포함하여 5,092m<sup>2</sup>으로 계획하였다. 이중 습지의 면적은 2,156m<sup>2</sup>으로 계획하였고, 내용적상으로는 1,412m<sup>3</sup>(인공+연못습지)으로서 유역에서 유출되는 유출량 93.5m<sup>3</sup>/hr이 습지에서 평균적으로 약 15.1시간 정도 체류하도록 하였다.

[표 8-1-7] 3호 인공습지 제원

구분		규모	계획면적(A) (m <sup>2</sup> )	계획수심(d) (m)	내용적(V) (m <sup>3</sup> )	비고
습지	인공습지	4개소	1,600	0.50	800	
	연못습지	3개소	306	2.00	612	
	침사지	1개소	150	1.60	240	
	배출연못	1개소	100	1.60	160	
	소계		2,156		1,812	
기타	관리도로 및 사면		2,936			
	소계		2,936			
합계			5,092		1,812	



[그림 8-1-8] 3호 인공습지 수리계통도



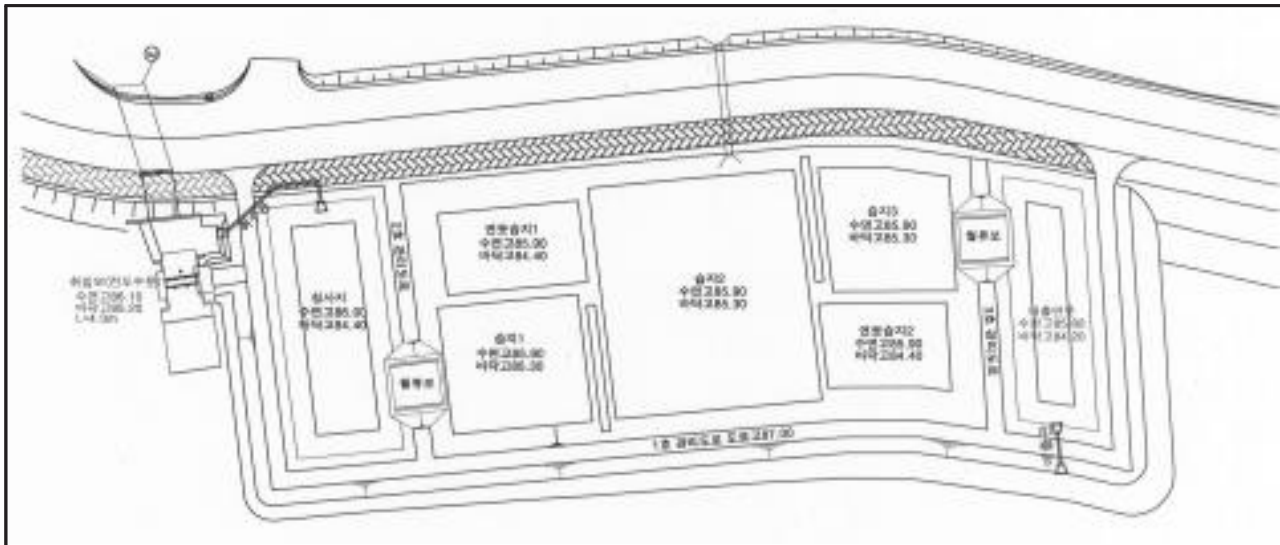
[그림 8-1-9] 3호 인공습지 시설현황

○ 4호 인공습지

- 2번 유역의 일30mm미만 강우 시 유하하는 유입유량을 정화처리하기 위해 필요한 4호 인공습지 계획면적은 관리도로 등을 포함하여 4,218m<sup>2</sup>으로 계획하였다. 이중 습지의 면적은 1,678m<sup>2</sup>으로 계획하였고, 내용적상으로는 1,110m<sup>3</sup>(인공+연못습지)으로서 유역에서 유출되는 유출량 73.9m<sup>3</sup>/hr이 습지에서 평균적으로 약 15.0시간 정도 체류하도록 계획하였다.

[표 8-1-8] 4호 인공습지 제원

구 분		규 모	계획면적(A) (m <sup>2</sup> )	계획수심(d) (m)	내용적(V) (m <sup>3</sup> )	비 고
습지	인공습지	3개소	1,100	0.60	660	
	연못습지	2개소	300	1.50	450	
	침 사 지	1개소	183	1.60	293	
	배출연못	1개소	95	1.60	152	
	소계		1,678		1,555	
기타	관리도로 및 사면		2,540			
	소계		2,540			
계			4,218		1,555	



[그림 8-1-10] 4호 인공습지 수리계통도



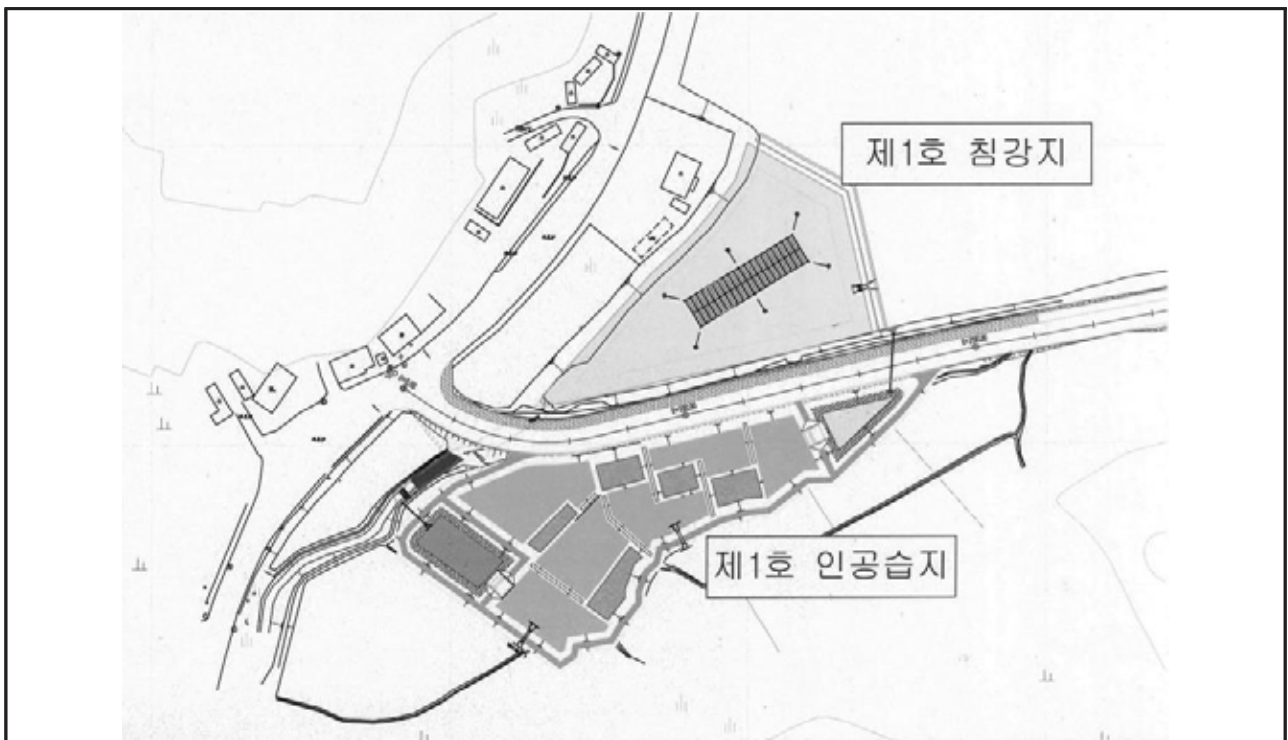
[그림 8-1-11] 4호 인공습지 시설현황

### 3) 침강지

- 침강지는 직접유역 중 오염물질 유입이 가장 많은 설성저수지 3유역, 5유역, 6유역 (전체 직접유역 유입량의 71.8%)의 하천 말단부 저수지내에 계획하였다.
- 제약요인 및 지형여건 등을 감안하여 1호, 2호 침강지의 경우 침강지 체류시간을 6시간, 제3호침강지 체류시간을 12시간으로 하였다.
- 부댐의 높이는 침강지의 홍수와 연간 수위변동 등을 고려하여 저수지 만수위 (H.W.L)보다 0.5~1.0m정도 낮게 계획하였고, 제정보다 0.5m 아래에 차수벽을 두어 본 저수지와 분리되는 구조로 하고, 부댐의 연장은 1호 L=85.0m H=0.15m, 2호 L=23.0m H=0.15m, 3호 L=59.0m H=0.66m로 계획하였다.

[표 8-1-9] 침강지 제원

구 분	유 역		일30mm 초과유입량 (m <sup>3</sup> /일)	계획 수심 (m)	수표 면적 (m <sup>2</sup> )	계획 내용적 (m <sup>3</sup> )	체류 시간 (hr)	비 고
	유역 구분	면적 (ha)						
1호 침강지	6유역	161.84	26,443	2.0	3,305	6,611	6	
2호 침강지	5유역	145.28	23,328	3.5	1,666	5,832	6	
3호 침강지	3유역	114.04	18,898	2.0	4,725	9,449	12	



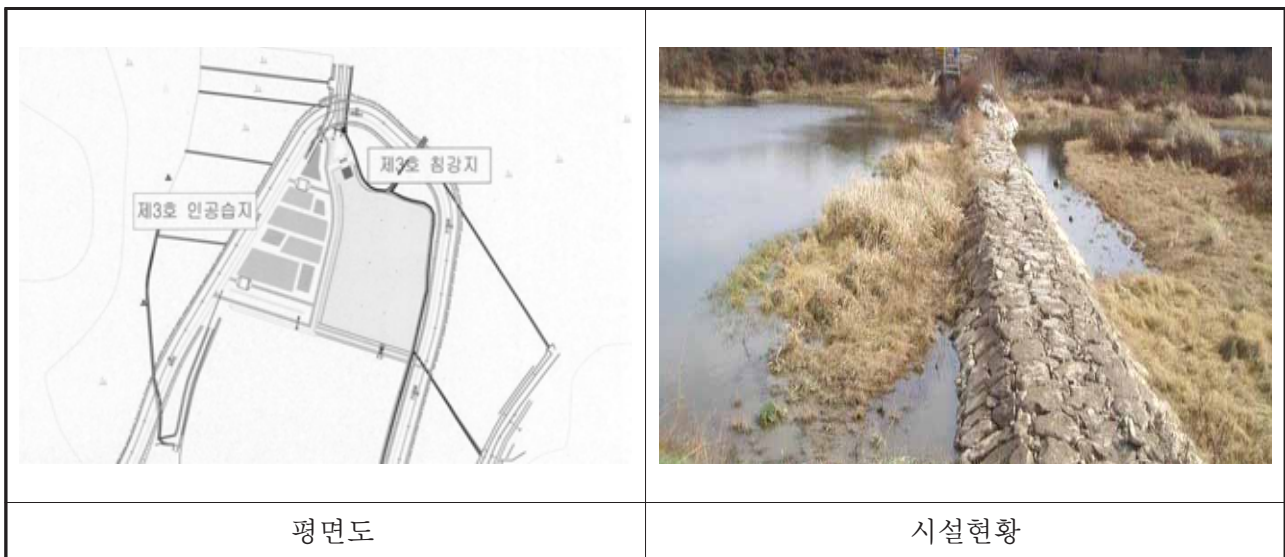
[그림 8-1-12] 1호 침강지 평면도



[그림 8-1-13] 1호 침강지 시설현황



[그림 8-1-14] 2호 침강지 평면도 및 현황



[그림 8-1-15] 3호 침강지 평면도 및 현황

#### 4) 기타 수질개선시설

- 물순환장치 : 호소 내(SB10,000 : 1기)
- 인공식물섬
  - 인공식물섬은 1, 2, 3호 침강지 가장자리에 배치함
  - 시설의 설치방식 : 부유식, 2×4m/1set
  - 설치규모 : 1호 400m<sup>2</sup>, 2호 200m<sup>2</sup>, 3호 500m<sup>2</sup>



[그림 8-1-16] 기타 시설현황

#### 5) 침강지 내용적 측정결과

- 설성저수지 침강지의 퇴적량 산정을 위한 내용적 측량 목적
- 측량일시 : 2017년 10월 14일 ~ 10월 29일
- 측량대상 : 성호저수지 1, 2, 3호 침강지





[그림 8-1-17] 침강지 내용적 측량

[표 8-1-10] 침강지 내용적 측량결과

구 분	계획 수심 (m)	수표면적 (㎡)	계획 내용적(㎥)	측량 내용적(㎥)	퇴적량(㎥)	비고 (퇴적율)
1호 침강지	2.0	3,305	6,611	4,556	2,055	31%
2호 침강지	3.5	1,666	5,832	4,552	1,280	22%
3호 침강지	2.0	4,725	9,449	4,840	4,609	49%
합계		9,696	21,892	13,948	7,944	



## 8.2. 기상 및 수질환경

### 8.2.1 기상현황

#### 1) 기 온

- 설성저수지 유역과 가장 가까운 이천기상대에서 측정된 최근 평균기온과 최근 30년간 평년 기온을 [표 8-2-1]로 나타냈다.
- 설성지구의 사업 시행 전인 2009년도에 12월까지 평균기온은 11.5℃였는데, 준공년도인 2012년은 12월까지 평균 11.1℃로 2009년도 및 평년값과 비슷하였다.
- 운영 첫해인 2013년에는 12월까지 평균기온이 11.4℃로 평년과 비슷하였으나, 2014년도 이후 12월까지 각각 평균 11.9℃(2014년)와 12.0℃(2015년), 12.8℃(2016년), 11.8℃(2017년)로 사업 시행 전이나 평년기온과 유사한 경향을 보였다.

[표 8-2-1] 설성저수지 유역 사업시행 전후 월별 기온 분포 (단위 : °C)

구 분		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균
시행전	2009년	-4.1	1.6	5.5	11.7	18	21.7	23.5	24.4	19.6	13.4	5.5	-2.3	11.54
	2010년	-6.0	0.3	3.7	9.2	17.3	22.7	25.5	26.1	20.5	12.5	4.5	-2.6	11.14
시행중	2011년	-8.5	-0.1	3.4	10.2	17.4	21.8	24.5	25.0	19.6	11.5	9.3	-1.8	11.03
	2012년	-3.7	-2.7	4.6	11.9	18.5	23.2	25.3	26.1	19.3	12.6	4.0	-5.4	11.14
시행후	2013년	-5.0	-1.6	4.7	9.5	17.9	23.3	25.3	26.0	19.9	13.7	4.5	-1.7	11.38
	2014년	-2.2	0.9	7.0	13.2	17.9	22.1	25.0	23.6	20.1	12.9	6.8	-4.1	11.93
	2015년	-1.9	0.2	5.6	12.2	18.3	22.5	24.7	25.1	20.2	13.5	7.8	-3.9	12.03
	2016년	-3.5	-0.3	6.3	13.8	18.7	23.2	25.5	26.8	21.5	14.4	6.5	1.7	12.88
	2017년	-2.6	-0.4	5.6	13.1	18.5	22.2	25.5	24.2	19.6	14.1	4.5	-3.2	11.76
평년값		-3.1	-0.2	5.2	11.9	17.4	21.7	24.4	24.8	19.8	13.0	5.4	-2.59	12.75

#### 2) 강수량

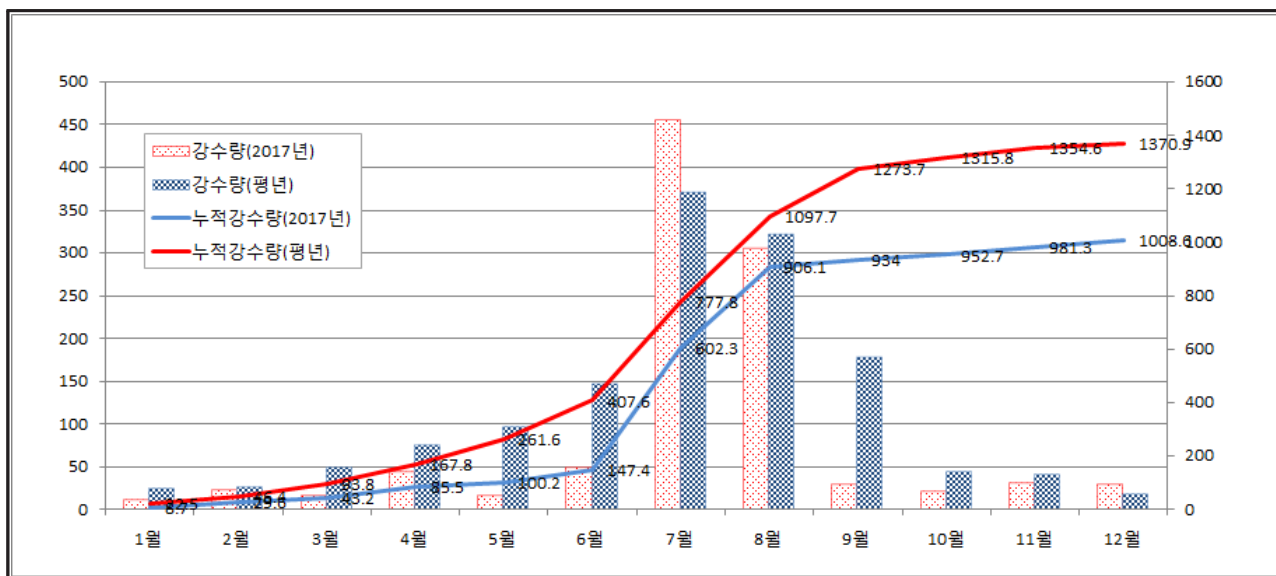
- 강수량은 시행 전인 2009년도에는 12월까지 1,401.5mm의 비가 내려 11월까지의 평년 강수량인 1,370.9mm와 비슷하였다.
- 준공년도인 2012년도에는 12월까지 1,559.0mm가 내려 평년보다 많았으나, 2013년에는 1,367.0mm로 적어졌다.
- 2014년도 이후 강수량이 792.0mm('14년), 842.0mm('15년), 810.7mm('16년), 1008.6mm('17년)로 평년에 비해 매우 적어졌다.

- 금년도에는 1005.6mm로 2016년보다 증가하였지만 평년에 비해서는 72% 정도의 강우량을 기록하였다.
- 2017년은 작년과 마찬가지로 기온은 다소 높고, 강수량은 적어 저수지에서 녹조발생 등 수질관리가 어려운 환경이었다.

[표 8-2-2] 설성저수지 유역 사업시행 전후 월별 강수량 분포

(단위 : mm)

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	총 강수량	
시행전	2009년	6.5	25.1	50.8	57.7	118.9	105.0	644.9	195.7	45.5	53.0	76.3	22.1	1,401.5
시행중	2010년	36.3	57.2	99.9	70.0	101.0	96.5	185.1	263.2	447.3	32.5	18.8	21.8	1,429.6
	2011년	7.8	58.8	34.3	158.8	94.7	340.7	861.0	288.9	92.9	37.4	58.5	11.2	2,045.0
	2012년	10.7	0.5	56.9	160.5	34.7	84.4	484.6	352.1	213.6	63.5	57.5	40.2	1,559.2
시행후	2013년	26.2	52.0	39.6	61.0	130.7	115.1	528.1	140.6	183.3	12.2	51.0	27.1	1,366.9
	2014년	14.1	30.6	19.4	54.6	60.5	65.7	108.1	176.6	102.8	107.2	32.2	19.7	791.5
	2015년	22.6	27.1	23.5	109.3	32.1	100.0	205.5	62.0	16.3	56.3	147.7	40.1	842.5
	2016년	3.6	52.2	58.2	86.7	97.9	18.9	284.0	59.9	41.1	90.8	17.4	17.4	810.7
	2017년	8.7	20.9	13.6	42.3	14.7	47.2	454.9	303.8	27.9	18.7	28.6	27.3	1,008.6
평년값	22.5	23.9	47.4	74.0	93.8	146.0	370.2	319.9	176	42.1	38.8	16.3	1,370.9	



[그림 8-2-1] 이천기상대 강수량 변화

## 8.2.2 수질현황

### 1) 목표수질 설정

- 설성저수지의 목표수질은 환경정책 기본법 호소의 생활환경기준 중 농업용수 수질 기준(IV등급)을 만족해야 하며 중금속 등의 유해물질에 대해서 사람의 건강보호 기준을 초과하지 않도록 설정하였다.
- 설성지구 수질개선대책에 따른 사업 후 저수지 수질예측결과 COD는 7.2mg/L로 호소수질등급 IV등급 이내로 목표수질을 설정하였다.

[표 8-2-3] 설성저수지 목표수질

구 분	목표수질	기본계획 (‘08년)(A)	예측수질 (‘17년)	비 고
COD(mg/L)	8.0 이하	13.2	7.2	
TOC(mg/L)	6.0 이하	-	-	
T-N (mg/L)	1.0 이하	1.970	1.627	
T-P (mg/L)	0.1 이하	0.131	0.089	
수질등급(COD)	IV등급	VI등급	IV등급	

### 2) 오염원 현황

- 저수지 유역 내 최근 5년 동안의 연도별 인구 및 축산 현황과 유역 토지이용현황을 정리하였다.
- 유역 내 인구수는 2009년 1,398명이었으며, 2012년에 다소 증가하여 1,411명으로 조사되었고, 2014년도에는 1,213명, 2015년 1,177명, 2016년 1,169명, 2017년에는 1,156명으로 다소 감소하는 것으로 조사되었다.

[표 8-2-4] 설성저수지 유역 내 인구변화 추이

구 분	2009년	2012년(준공)	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
인구(명)	1,398	1,411	1,561	1,213	1,177	1,169	1,156

- 축산두수는 한우가 2009년 93두에서 2011년도에 75두로 다소 감소하다가 2012년에는 90두, 2013년 137두, 2014년 152두, 2015년 100두, 2016년 162두, 2017년 31두로 증감을 유지하였고, 젓소는 2009년 982두에서 2015년 485두, 2016년 578두, 2017년에는 634두로 감소경향을 보이며, 돼지는 2009년의 900두에서 2017년 800두로 다소 감소하는 경향을 보이고 있다.

[표 8-2-5] 설성저수지 유역 내 연도별 축산변화

구 분	2009년	2012년(준공)	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
한 우	93	90	137	152	100	162	31
젓 소	982	933	651	840	485	578	634
돼 지	900	-	900	960	960	900	800

- 설성저수지의 유역면적은 616ha로 그 중 논과 밭, 임야가 각각 26.5%, 18.8%, 29.4%를 차지하고 있었으며, 기타가 25.3%를 차지하였다.

[표 8-2-6] 설성저수지 유역 내 지목별 토지이용현황

구 분	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2016년	2017년
계	616	616	616	616	616	616	616
전(ha)	108	108	108	108	163	163	163
답(ha)	110	110	110	110	116	116	116
임야(ha)	149	149	149	149	181	181	181
기타(ha)	249	249	249	249	156	156	156

### 3) 오염부하량

- 유역 내 오염물질 발생부하량은 시행 전인 2009년도에 BOD가 226.7kg/일, T-N 118.8kg/일, T-P 17.0 kg/일이었는데, 준공연도인 2012년에는 BOD가 192.6kg/일, T-N 102.3kg/일, T-P 13.5kg/로 감소하였으며, 2017년에는 BOD가 65.6kg/일, T-N 54.3kg/일, T-P 6.4kg/일로 준공연도인 2012년보다 감소하였다.

[표 8-2-7] 설성저수지 유역 내 발생부하량

구 분	점 오염원						비점오염원					계	
	생활계 (인)	축산계(두)			산업계 (m <sup>3</sup> /일)	소계	토지현황(ha)						
		한우	젓소	돼지			전	답	임야	기타	소계		
원 수	1,156	31	634	800	8		163	116	181	156	616		
BOD	부하량 (kg/일)	10.9	13	31.8	0.9	0	56.6	3	3	2	2	9	65.6
T-N	부하량 (kg/일)	5.9	7.1	14.3	0	0	27.3	15	8	4	0	27	54.3
T-P	부하량 (kg/일)	1.0	1.1	3.3	0	0	5.4	0	1	0	0	1	6.4

[표 8-2-8] 설성저수지 유역 내 연도별 오염물질 발생부하량

구 분	연도별 발생부하량(kg/d)							
	2009년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
BOD	226.7	223.9	192.6	198.9	206.9	164.2	173.7	65.6
T-N	118.8	115.3	102.3	101.7	110.6	86.0	99.3	54.3
T-P	17.0	16.9	13.5	13.9	15.6	11.7	13	6.4

#### 4) 수질현황

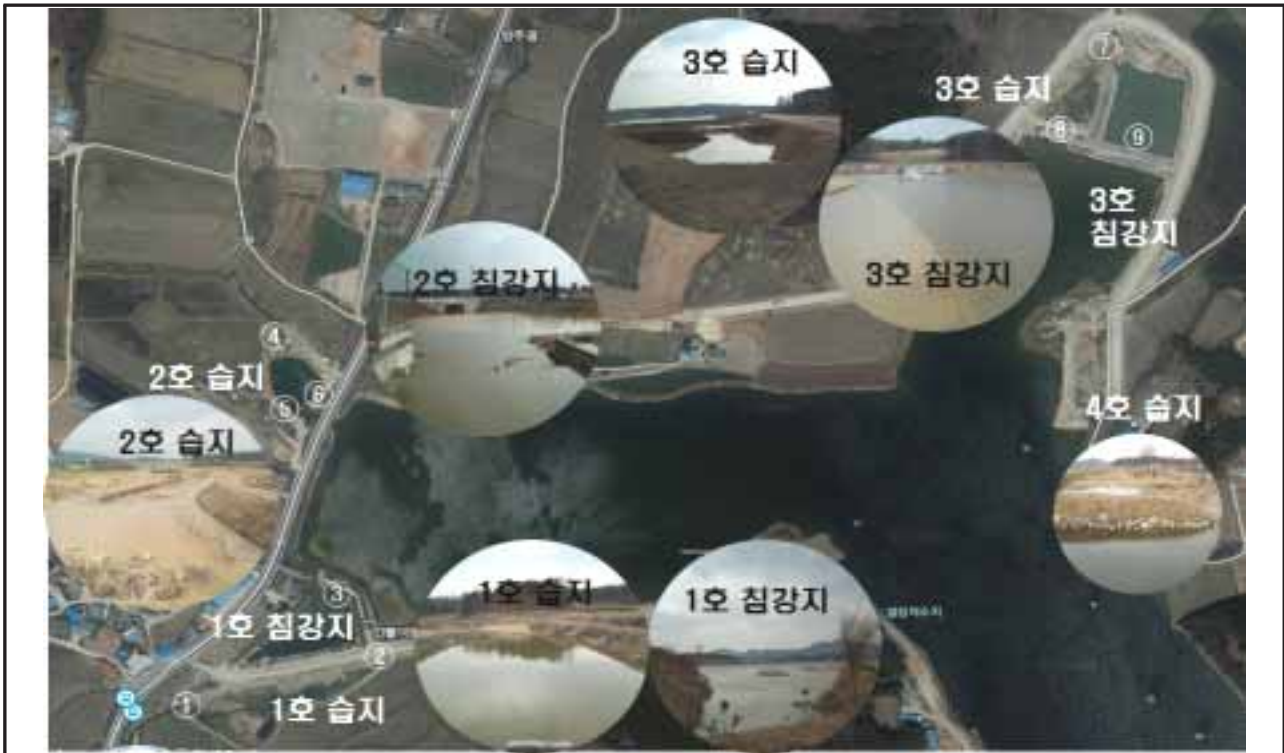
- 농업용수 수질측정망조사에 의하면 COD는 2012년도 12.2mg/L에서 2013년도와 2014년도에는 각각 13.2mg/L와 14.4mg/L로 높아졌고, 2015년에는 15.1mg/L로 수질이 매우 악화된 것으로 나타났다.
- 2017년에는 COD가 11.7mg/L로 준공년도에 비해 다소 낮아졌으나, 2014년 이후 극심한 가뭄으로 유입수량이 적고, 수온이 증가하는 등의 기상악화와 오염물질의 호내 축적 및 내부생산으로 인하여 목표수질을 달성하지 못한 것으로 판단된다.

[표 8-2-9] 설성저수지 수질현황

구 분 (mg/L)	5개년 평균 (’05~’09)	’10년 (착공시)	수질 변화						예측수질 (’17년)	목표수질
			’12	’13	’14	’15	’16	’17		
COD	12.3	11.3	12.2	13.2	14.4	15.1	14.8	11.7	7.2	8.0이하
TOC	-	-	7.2	7.0	7.6	8.0	8.4	6.7	-	6.0이하
T-N	2.266	2.412	3.994	2.959	2.263	2.080	2.083	1.548	1.627	1.0이하
T-P	0.101	0.076	0.114	0.103	0.099	0.173	0.177	0.111	0.089	0.1이하

### 8.3. 시설별 수질개선효과

- 설성지구는 인공습지와 침강지가 각각 4개와 3개가 조성되었으며, 침강지가 없는 4호 시설은 수질개선효과 분석에서 제외하였다.
- 설성저수지 수질개선시설의 수질개선효과를 분석하기 위하여 ① 1호 침강지 및 인공습지 유입부와 ② 1호 인공습지 유출부, ③ 1호 침강지 유출부, ④ 2호 침강지 및 인공습지 유입부, ⑤ 2호 인공습지 유출부, ⑥ 2호 침강지 유출부, ⑦ 3호 침강지 및 인공습지 유입부와 ⑧ 3호 인공습지 유출부, ⑨ 3호 침강지 유출부 등 총 9지 점을 선정하였다.



[그림 8-3-1] 설성저수지 수질조사 지점

- 2017년 조사는 총 4차에 걸쳐, 1차 3월 29일, 2차 6월 8일, 3차 8월 28일, 4차 11월 14일에 현장조사를 실시하였고, 2호, 3호 인공습지는 2차조사시 유입·유출량 부족으로 인하여 조사를 할 수 없었다.
- 침강지는 강수량 부족으로 유입·유출량이 없어 조사가 불가능하였다.
  - 강수량 30 mm이상 일수 : 7일 (3월 1회, 7월 4회, 9월 1회, 10월 1회)

[표 8-3-1] 설성저수지 수질 조사시기

구 분	조사횟수	조사일자				
		1차	2차	3차	4차	강우시
수질조사	4회	2017.03.29	2017.06.08	2017.08.28	2017.11.14	-

### 8.3.1 인공습지 수질개선효과

- 취입보 수위는 유역 내 최저답고 등을 감안하고 인공습지에 자연유하로 취수시킬 수 있는 시설로 가동형 취입보와 유입공을 계획하였다.
- 취입보의 높이는 0.9m, 폭은 유입하천의 단면을 고려하여 결정하였다.
- 조사시기별 저수율은 1차 79.8%, 2차 74.6%, 3차 40.9%, 4차 39.4%으로 강수량 부족에 따른 저수량 감소가 뚜렷하게 나타났다.

[표 8-3-2] 설성저수지 인공습지 수질변화

구 분			'14년	'15년	'16년	'17년 평시				
			평균	평균	평균	1차	2차	3차	4차	평균
1호 인공 습지	수온 (°C)	유입수	20.1	23.7	22.1	12.1	13.5	20.3	6.2	13.0
		유출수	20.9	24.1	21.9	13.0	13.7	21.0	5.3	13.3
	pH	유입수	8.6	7.2	7.3	8.0	8.6	7.4	8.3	8.1
		유출수	8.4	7.1	7.2	7.9	8.3	7.1	8.3	7.9
	EC (μS/cm)	유입수	491	483	463	531	633	559	518	560
		유출수	417	482	466	516	328	516	580	485
	DO (mg/L)	유입수	6.8	6.1	6.3	6.5	10.6	9.4	10.6	9.3
		유출수	6.6	5.6	4.9	12.6	10.7	11.5	10.7	11.4
	SS (mg/L)	유입수	6.4	16.1	8.1	6.9	3.6	4.5	6.5	5.4
		유출수	24.7	6.0	7.5	9.2	7.6	7.0	12.8	9.2

COD (mg/L)	유입수	8.6	12.7	12.5	9.4	14.8	10.0	14.0	12.1
	유출수	11.9	12.3	10.4	8.8	15.6	7.6	14.8	11.7
TOC (mg/L)	유입수	5.2	7.6	8.3	6.7	7.7	7.7	6.0	7.0
	유출수	7.4	7.9	7.0	6.3	7.6	5.9	7.0	6.7
T-N (mg/L)	유입수	8.738	7.609	5.776	7.962	6.656	9.529	8.521	8.167
	유출수	3.742	5.159	2.148	3.998	4.051	5.342	6.663	5.014
T-P (mg/L)	유입수	0.66	1.119	1.001	1.727	0.86	0.577	0.457	0.905
	유출수	0.461	1.018	1.153	1.36	0.998	0.226	0.428	0.753
Chl-a (mg/m <sup>3</sup> )	유입수	3.3	7.1	9	9.9	2.4	11	0.9	6.1
	유출수	27.7	5.7	7.7	12.1	7.6	16	7.6	10.8

[표 8-3-2] 설성저수지 인공습지 수질변화(계속)

구 분			'14년	'15년	'16년	'17년 평시				
			평균	평균	평균	1차	2차	3차	4차	평균
2호 인공 습지	수온 (°C)	유입수	17.7	26.7	23	11.6	-	20.2	8.5	13.4
		유출수	18.7	25.7	23.9	14.5	-	21.6	7.3	14.5
	pH	유입수	8.6	7.3	7.3	7.9	-	8.7	7.7	8.1
		유출수	8.6	7.4	7.3	8.2	-	8.1	7.9	8.1
	EC (μS/cm)	유입수	227	282	289	281	-	332	330	314
		유출수	201	278	269	238	-	294	312	281
	DO (mg/L)	유입수	6.9	7.7	7.6	12.8	-	8.6	14	11.8
		유출수	6.3	7.1	6.4	13.1	-	10.2	6.2	9.8
	SS (mg/L)	유입수	11.0	43.0	29.4	4.0	-	30.9	2.7	12.5
		유출수	8.3	25.2	9.1	2.9	-	6.7	6.0	5.2
	COD (mg/L)	유입수	7.0	12.8	10.4	6.6	-	7.0	5.6	6.4
		유출수	7.9	13.1	12.1	5.6	-	7.0	4.4	5.7
	TOC (mg/L)	유입수	3.4	7.0	5.6	4.2	-	4.7	3.4	4.1
		유출수	4.5	7.9	8.3	3.6	-	5.0	3.0	3.9



	T-N (mg/L)	유입수	5.128	3.884	2.987	5.146	-	5.954	6.752	5.951
		유출수	2.764	2.454	0.896	2.959	-	3.999	6.475	4.478
	T-P (mg/L)	유입수	0.161	0.309	0.181	0.146	-	0.196	0.122	0.155
		유출수	0.143	0.234	0.201	0.036	-	0.111	0.05	0.066
	Chl-a (mg/m <sup>3</sup> )	유입수	3.0	7.2	38.9	7.8	-	0.6	4.2	4.2
		유출수	8.2	16.6	28.9	3.1	-	0.8	3.3	2.4

[표 8-3-2] 설성저수지 인공습지 수질변화(계속)

구 분			'14년	'15년	'16년	'17년 평시				
			평균	평균	평균	1차	2차	3차	4차	평균
3호 인공 습지	수온 (°C)	유입수	18.0	25.0	22.8	10.4	-	19.0	8.3	12.6
		유출수	18.5	26.4	23.8	13.6	-	19.2	8.6	13.8
	pH	유입수	8.7	7.4	7.2	9.0	-	7.5	7.6	8.0
		유출수	8.5	7.5	7.2	9.1	-	6.9	6.9	7.6
	EC (μS/cm)	유입수	248	294	314	314	-	383	419	372
		유출수	220	261	288	300	-	378	403	360
	DO (mg/L)	유입수	7.5	6.0	8.9	15.8	-	15.0	15.7	15.5
		유출수	6.7	6.5	8.7	14.8	-	9.6	15.4	13.3
	SS (mg/L)	유입수	3.2	41.9	10.3	2.0	-	3.9	1.4	2.4
		유출수	3.4	12.1	6.0	4.6	-	4.0	5.7	4.8
	COD (mg/L)	유입수	6.2	15.1	8.6	5.0	-	5.2	6.2	5.5
		유출수	8.3	16.1	13.2	8.4	-	6.0	6.2	6.9
	TOC (mg/L)	유입수	2.9	9.2	5.8	3.3	-	3.7	4.3	3.8
		유출수	4.3	9.3	9.2	5.5	-	4.2	4.1	4.6
	T-N (mg/L)	유입수	8.562	5.268	5.685	8.988	-	15.669	11.656	12.104
		유출수	5.384	1.559	1.836	3.631	-	13.543	10.308	9.161

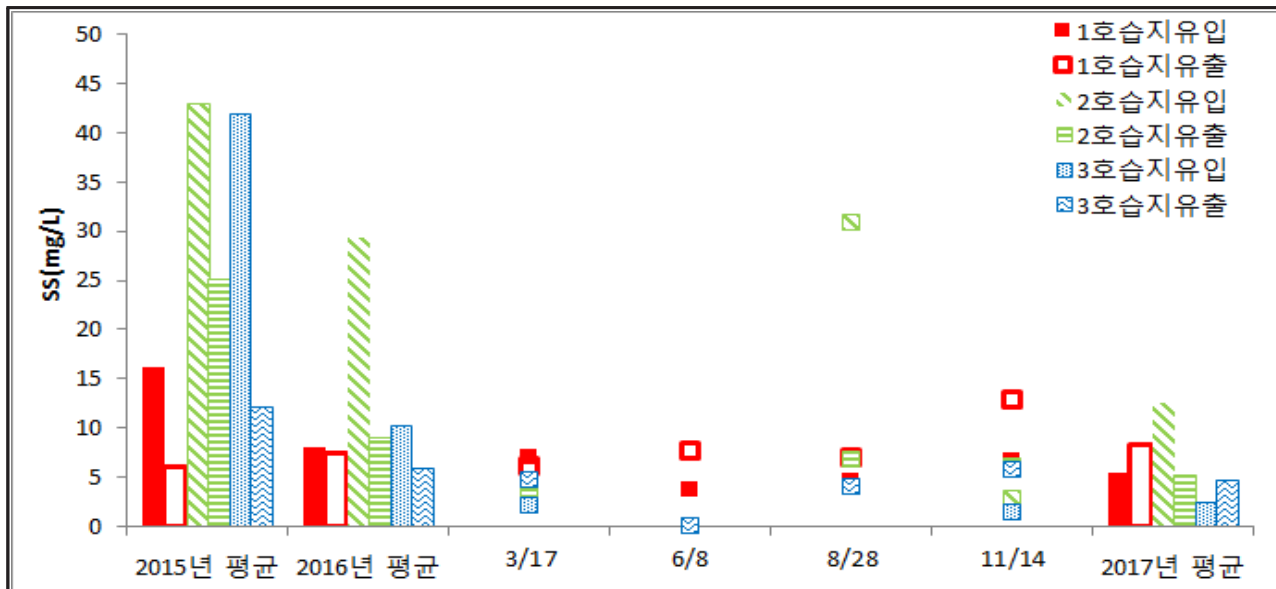
	T-P (mg/L)	유입수	0.208	0.677	0.398	0.457	-	0.212	0.378	0.349
		유출수	0.184	0.375	0.228	0.143	-	0.189	0.258	0.197
	Chl-a (mg/ m <sup>3</sup> )	유입수	2.5	21.4	8.7	5.5	-	4.0	0.8	3.4
		유출수	7.1	18.1	26.9	9.1	-	9.0	8.7	8.9

[표 8-3-3] 5개년 설성저수지 인공습지 정화효율

구 분			2014년평상시		2015년평상시		2016년평상시		2017년평상시		'14~'17년평균		
			부하량 (kg/d)	정화 효율 (%)	부하량 (kg/d)	정화 효율 (%)	부하량 (kg/d)	정화 효율 (%)	부하량 (kg/d)	정화 효율 (%)	부하량 (kg/d)	정화 효율 (%)	
1 호 인 공 습 지	SS	유입수	2.80	-551.6	27.61	63.8	13.87	27.8	5.4	-70.2	12.41	4.5	
		유출수	18.25		10.00		10.00		9.2		11.85		
	COD	유입수	4.12	-36.4	22.54	6.3	20.99	28.0	12.1	2.9	14.93	10.3	
		유출수	5.62		21.13		15.12		11.7		13.39		
	TOC	유입수	2.39	-29.0	13.35	-2.8	13.62	25.9	7.0	4.6	9.10	7.6	
		유출수	3.08		13.73		10.10		6.7		8.40		
	T-N	유입수	4.973	58.0	13.654	32.0	8.622	63.6	8.167	38.6	8.854	44.9	
		유출수	2.090		9.281		3.134		5.013		4.880		
	T-P	유입수	0.354	32.1	1.923	11.0	1.512	-26.4	0.905	16.8	1.174	1.7	
		유출수	0.240		1.711		1.911		0.753		1.154		
	Chl-a	유입수	1.07	-1,582	12.95	25.0	14.11	18.3	6.1	-78.9	8.6	-104	
		유출수	17.75		9.71		11.54		10.8		12.5		
	2 호 인 공 습 지	SS	유입수	3.73	34.3	138.49	75.4	18.35	67.0	12.5	58.5	43.28	72.4
			유출수	2.45		34.00		6.05		5.2		11.93	
COD		유입수	2.52	-7.6	25.05	-18.1	5.38	-0.3	6.4	11.5	9.84	-10.2	
		유출수	2.71		29.58		5.40		5.7		10.84		
TOC		유입수	1.33	-21.1	13.47	-31.3	2.64	-35.9	4.1	5.7	5.39	-24.2	
		유출수	1.61		17.69		3.59		3.9		6.69		
T-N		유입수	1.92	43.2	9.69	64.2	1.01	59.8	5.951	24.8	4.643	49.2	
		유출수	1.09		3.47		0.40		4.478		2.359		

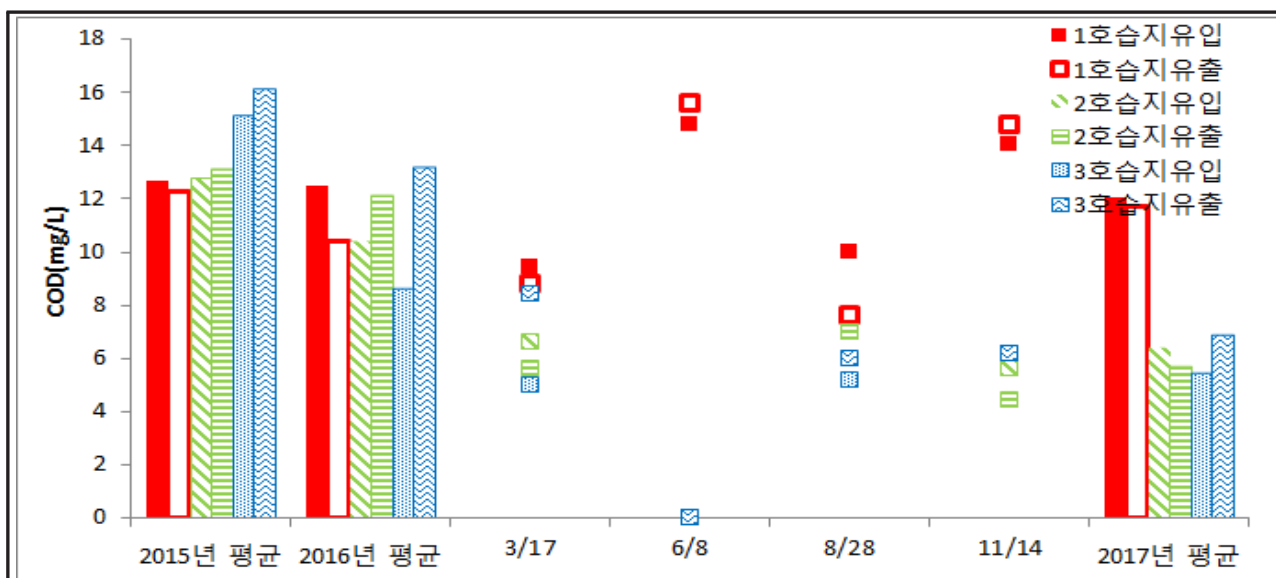
	T-P	유입수	0.05	11.5	0.84	32.1	0.10	-13.3	0.155	57.5	0.286	30.5
		유출수	0.05		0.57		0.11		0.066		0.199	
	Chl-a	유입수	1.03	-125.5	21.71	-61.9	24.10	33.1	4.2	42.9	12.76	-9.8
		유출수	2.33		35.16		16.13		2.4		14.01	
3 호 인 공 습 지	SS	유입수	1.58	-5.4	212.96	72.0	9.35	39.7	10.30	-100	58.55	68.8
		유출수	1.67		59.69		5.64		6.0		18.25	
	COD	유입수	2.67	-28.9	34.54	-27.5	6.53	-22.5	8.60	-25.5	13.09	-31.2
		유출수	3.44		44.04		8.00		13.20		17.17	
	TOC	유입수	1.41	-33.5	17.10	-41.4	4.49	-37.4	5.80	-21.1	7.2	-43.9
		유출수	1.88		24.18		6.17		9.20		10.36	
	T-N	유입수	3.64	37.9	41.23	80.5	2.27	52.3	5.685	67.7	13.206	75.0
		유출수	2.26		8.05		1.08		1.836		3.307	
	T-P	유입수	0.07	-5.0	2.94	71.1	0.20	52.2	0.398	42.7	0.902	65.4
		유출수	0.07		0.85		0.10		0.228		0.312	
	Chl-a	유입수	0.79	-165.8	130.79	28.7	3.41	-84.3	8.7	-209	35.92	10.5
		유출수	2.10		93.30		6.29		26.90		32.15	

- SS는 1호 습지 유입수가 3.6 ~ 6.9mg/L(평균 5.4mg/L)이었는데, 유출수가 6.0 ~ 12.8mg/L(평균 9.2mg/L)이었으며, 2호 습지에서는 유입수가 4.0 ~ 30.9mg/L(평균 12.5mg/L), 유출수가 2.9 ~ 6.7mg/L(평균 5.2mg/L)이었으며, 3호 유입수가 1.4 ~ 3.9 mg/L(평균 2.4mg/L), 유출수가 4.0 ~ 5.7mg/L(평균 4.8mg/L)로 습지의 형태와 조사 시기에 따라 저감효과가 다르게 나타났다.



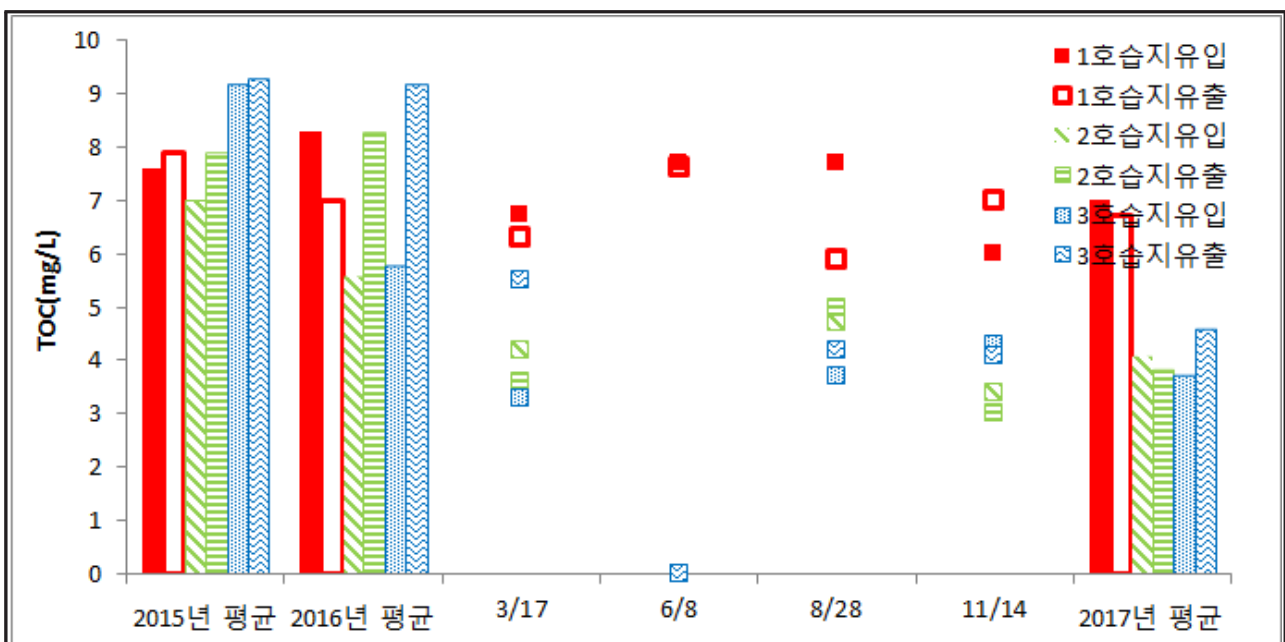
[그림 8-3-2] 설성저수지 인공습지 유입수 및 유출수 SS 변화

○ COD는 1호 습지 유입수가 9.4~14.8mg/L(평균 12.1mg/L)이었는데, 유출수가 7.6 ~ 15.6mg/L(평균 11.7mg/L)이었으며, 2호 습지에서는 유입수가 5.6~7.0mg/L(평균 6.4mg/L), 유출수가 4.4~7.0mg/L(평균 5.7mg/L)이었으며, 3호 습지 유입수가 5.0~6.2mg/L(평균 5.5mg/L), 유출수가 6.0~8.4mg/L(평균 6.9mg/L)로 1호와 2호 습지에서 유입수보다 유출수에서 COD가 저감되는 효과를 보였으나, 3호 습지에서는 유입수보다 유출수에서 COD가 더 높게 나타나는 현상이 나타났다. 또한 조사시기에 따라 저감되는 효율이 다르게 나타나, 식생의 성장기와 사멸기에 따른 유기물질이 분해효율이 다른 것으로 추정할 수 있었다.



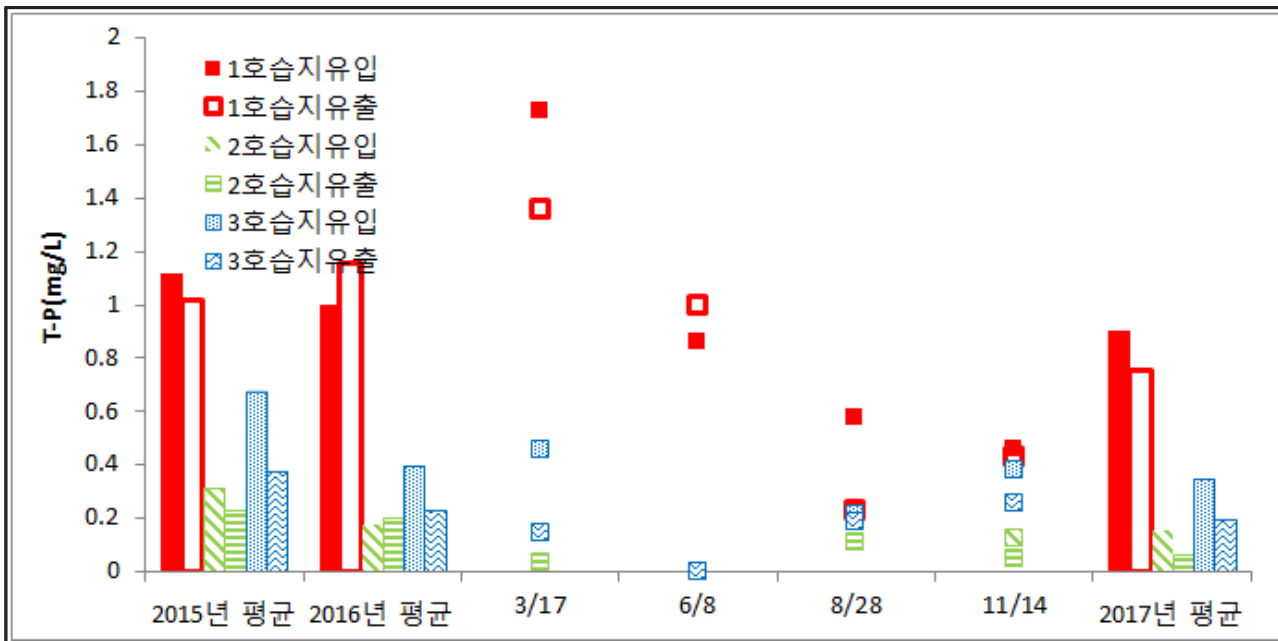
[그림 8-3-3] 설성저수지 인공습지 유입수 및 유출수 COD 변화

- TOC는 1호 습지 유입수가 6.0~7.7mg/L(평균 7.0mg/L)이었는데, 유출수가 5.9~7.6mg/L(평균 6.7mg/L)이었으며, 2호 습지에서는 유입수가 3.4~4.7mg/L (평균 4.1mg/L), 유출수가 3.0~5.0mg/L(평균 3.9mg/L)이었으며, 3호 유입수가 3.3~4.3mg/L(평균 3.8mg/L), 유출수가 4.1~5.5mg/L(평균 4.6mg/L)로 1호와 2호 습지에서 유입수보다 유출수에서 TOC가 저감되는 효과를 보였으나, 3호 습지에서는 유입수보다 유출수에서 TOC가 더 높게 나타나는 현상이 나타났다. 또한 조사 시기에 따라 저감되는 효율이 다르게 나타나, 식생의 성장기와 사멸기에 따른 유기물질이 분해효율이 다른 것으로 추정할 수 있었다.



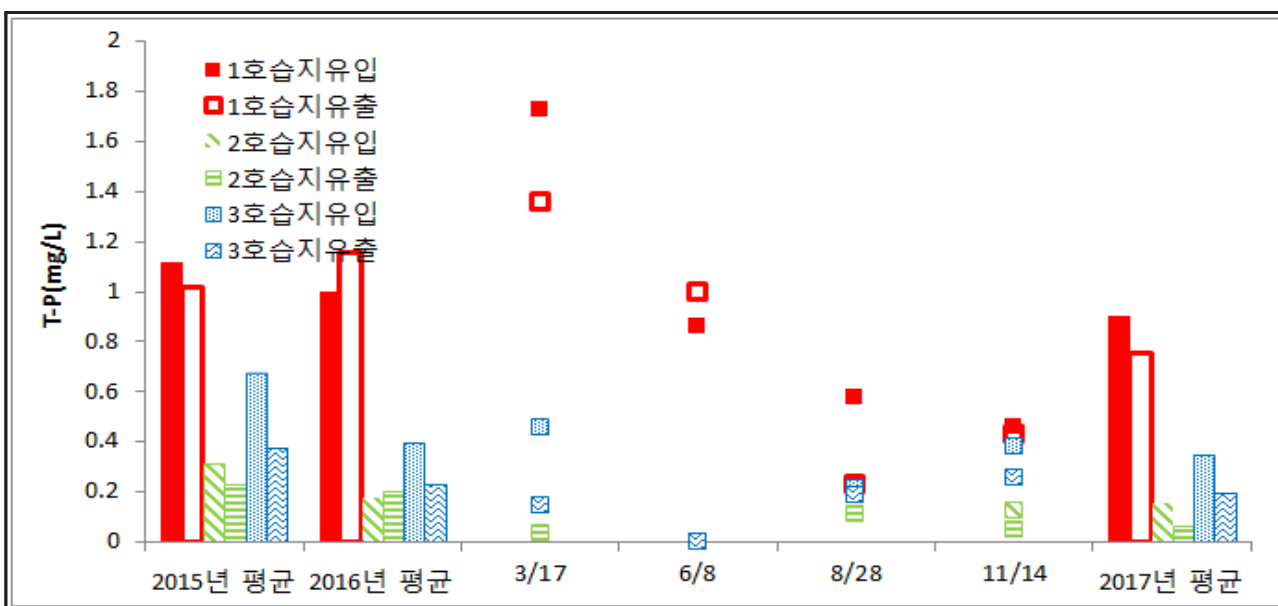
[그림 8-3-4] 설성저수지 인공습지 유입수 및 유출수 TOC 변화

- T-N은 1호 습지 유입수가 6.656~9.529 mg/L(평균 8.167mg/L)이었는데, 유출수가 3.998~6.663mg/L(평균 5.014mg/L)이었으며, 2호 습지에서는 유입수가 5.146~6.752mg/L(평균 5.951mg/L), 유출수가 2.959~6.475mg/L(평균 4.478mg/L)이었으며, 3호 유입수가 8.988~15.669mg/L(평균 12.104mg/L), 유출수가 3.631~13.543mg/L(평균 9.161mg/L)로 나타났다. 1,2,3호 습지 모두에서 유입수에 비하여 유출수의 T-N 농도가 낮아졌으며, 저감효과는 유입수의 T-N 농도가 중간정도인 1호 습지에서 가장 높게 나타났다.



[그림 8-3-5] 설성저수지 인공습지 유입수 및 유출수 T-N 변화

- T-P는 1호 습지 유입수가 0.457~1.727mg/L(평균 0.905mg/L)이었는데, 유출수가 0.226~1.360mg/L(평균 0.753mg/L)이었으며, 2호 습지에서는 유입수가 0.122~0.196mg/L(평균 0.155mg/L), 유출수가 0.036~0.111mg/L(평균 0.066mg/L)이었으며, 3호 유입수가 0.212~0.457mg/L(평균 0.349mg/L), 유출수가 0.143~0.258mg/L(평균 0.197mg/L)로 나타났다. 1,2,3호 습지 모두에서 유입수에 비하여 유출수의 T-P 농도가 낮아졌으며, 저감효과는 유입수의 T-P 농도가 높은 3호 습지에서 가장 높게 나타났다.



[그림 8-3-6] 설성저수지 인공습지 유입수 및 유출수 T-P 변화

- 이상과 같이 전체적으로 보면 설정저수지 인공습지에서 유기물 지표인 COD와 TOC의 정화에 대해서는 조사시기 및 습지식생의 생육기에 따라 다른 저감양상을 보였으나, T-N과 T-P에 대해서는 전반적으로 우수한 저감효과를 나타내었다.
- 2017년 총강수량이 2014~2016년에 비하여 상대적으로 많았으며, 성호저수지 호내 수질이 개선된 것으로 나타났다.
- 2017년 11월에는 준공이후 습지 내 번성, 사멸된 식생 절취하였으며, 2018년 습지 식생의 생육에 의한 유기물질 저감효과 개선을 기대해 볼 만하다.
- 남은 과제는 침강지내의 퇴적토 제거를 실시하여, 홍수시 침강지의 수질개선 효과 제고를 위한 노력이 필요한 것으로 판단된다.

### 8.3.2 침강지 수질개선효과

- 2017년 강수량 부족 및 저수율 부족으로 유입·유출량이 없어 조사가 불가능하여 침강지의 수질개선효과 검증을 할 수 없었다.
- 강수량 30 mm이상 일수 : 7일 (3월 1회, 7월 4회, 9월 1회, 10월 1회)

### 8.3.3 퇴적물 조사 결과

- 설성저수지의 퇴적물 조사 결과는 1호 인공습지 내 S-1에서 강열감량 3.7%, T-N 7751.9mg/kg, T-P 1277.9mg/kg이며, 1호 침강지 내 S-2에서 강열감량 8.7%, T-N 2618.6mg/kg, T-P 919.4mg/kg이었다.
- 인공습지 및 침강지 퇴적물 성분 중 영양염류의 농도는 2017년 조사대상 13개 지구 평균에 높은 편이며, 총질소의 경우 평균 2,395mg/kg 에 비하여 5,185mg/kg 으로 2배 이상이며, 총인의 경우 평균 674mg/kg에 비하여 1,099mg/kg 으로 163% 수준으로 나타났다. 이는 1호 인공습지의 총질소와 총인의 정화율이 높게 나타난 것과 관계가 깊으며, 침강지 내로 유기물질의 퇴적이 지속적으로 일어난 결과일 것으로 판단 된다.
- 1호 인공습지의 퇴적물은 총질소 함량이 호소 오염평가 기준인 5,600mg/kg을 초과하여 매우 나쁨 수준으로 나타났다.

[표 2-3-4] 설성저수지 인공습지 및 침강지 퇴적물 조사 결과

지 점	입도분석				pH (1:5)	EC (1:5) dS/m	유기물 (%)	강열 감량 (%)	T-N (mg/kg)	T-P (mg/kg)	유효인산 (mg/kg)
	Sand	Silt	Clay	토성							
설성 1 (습지)	89.9	3.1	7.0	S	6.4	0.402	2.65	3.7	7,751.9	1,277.9	199.8
설성 2 (침강지)	55.8	32.2	12.0	SL	6.5	0.395	3.27	8.7	2,618.6	919.4	274.2

[표 2-3-5] 호소 퇴적물 오염평가 기준

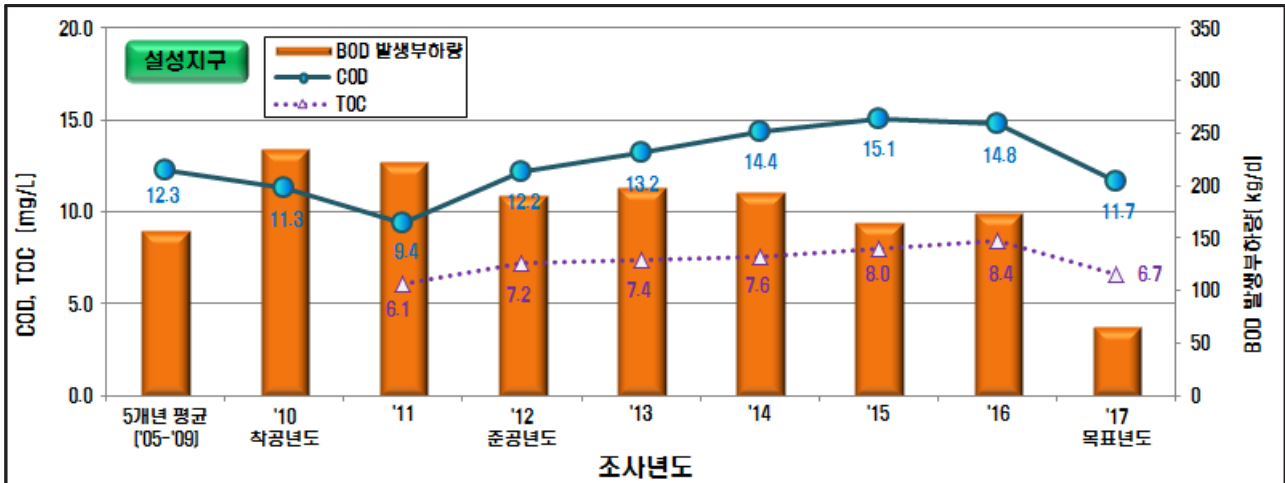
항 목		등 급	I	II	III	IV
유기물 및 영양염류	완전연소가능량(%)			-		13 초과
	총질소(mg/kg)			-		5,600 초과
	총인(mg/kg)			-		1,600 초과
비고 : 1. 등급별 퇴적물의 상태<유기물, 영양염류> - IV 등급 : 심각하고 명백한 오염						

\* 자료 : 국립환경과학원예규 제687호, 2015년

## 8.4. 저수지 수질변화 및 개선효과

- 설성저수지 수질개선시설은 운영 5년차로, 준공년도인 2012년도 BOD 발생부하량은 192.6kg/d, 2013년도, 2014년에는 각각 198.9kg/d, 206.9kg/d로 증가되다가 2015년 164.2kg/d, 2016년 173.7kg/d에서 2017년은 65.6kg/d로 감소하였다.
- 그러나 설성저수지의 COD농도는 2012년도 12.2mg/L에서 2013년 13.2mg/L, 2014년 14.4mg/L, 2015년 15.1mg/L로 높아지는 경향을 나타냈으며, 2016년 14.8mg/L, 2017년은 11.7mg/L로 2012년에 비해 다소 낮아진 것으로 조사되었다.
- TOC농도는 2011년 6.1mg/L, 2012년 7.2mg/L, 2013년 7.4mg/L, 2014년 7.6mg/L, 2015년 8.0mg/L, 2016년 8.4mg/L, 2017년 6.7mg/L로 2012년에 비하여 다소 낮아진 것으로 나타났다.



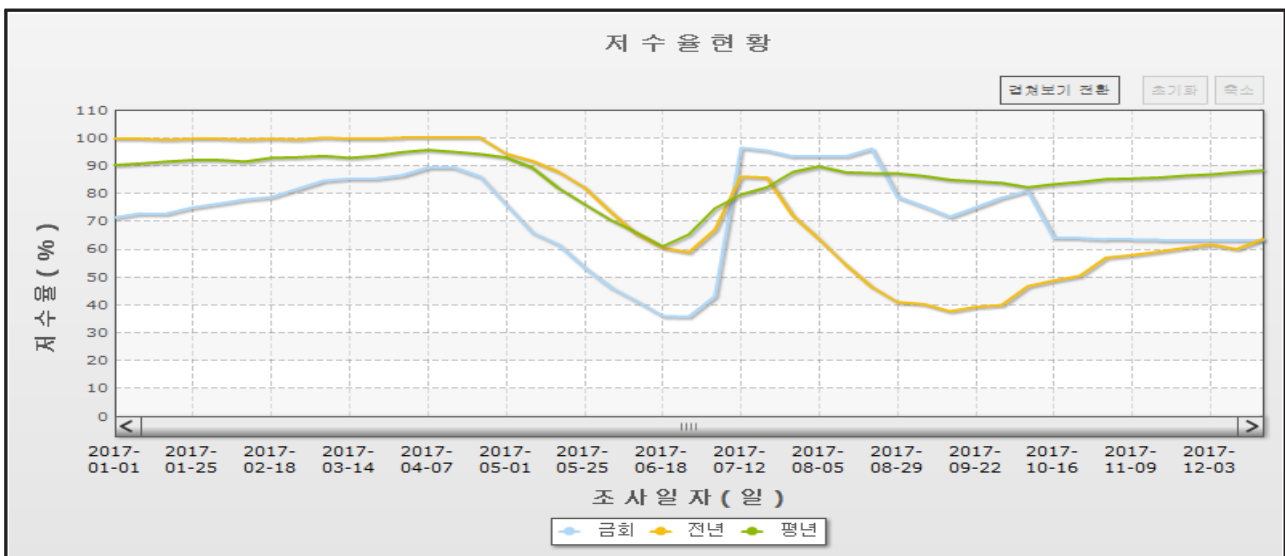


[그림 8-4-1] 설성저수지 유역 연도별 BOD 발생부하량 및 COD, TOC 농도 변화

- 이와 같이 오염부하량 감소에도 불구하고 호내 오염도가 극적으로 감소되지 않는 것은, 수년간 지속되고 있는 가뭄으로 인한 유입수량 급감과 평년보다 높은 기온 등 이상기후가 다른 수질악화 요인보다 크게 영향을 끼친 것으로 나타났다.
- 유입수량의 급감은 저수지 물교환을 감소, 이에 따른 오염물질의 축적 및 정체와 퇴적물로부터의 영양염류 용출, 내부생산물질의 증가를 촉진시켰을 뿐만 아니라 인공습지 등 수질개선시설의 기능저하에도 영향을 준 것으로 판단된다.

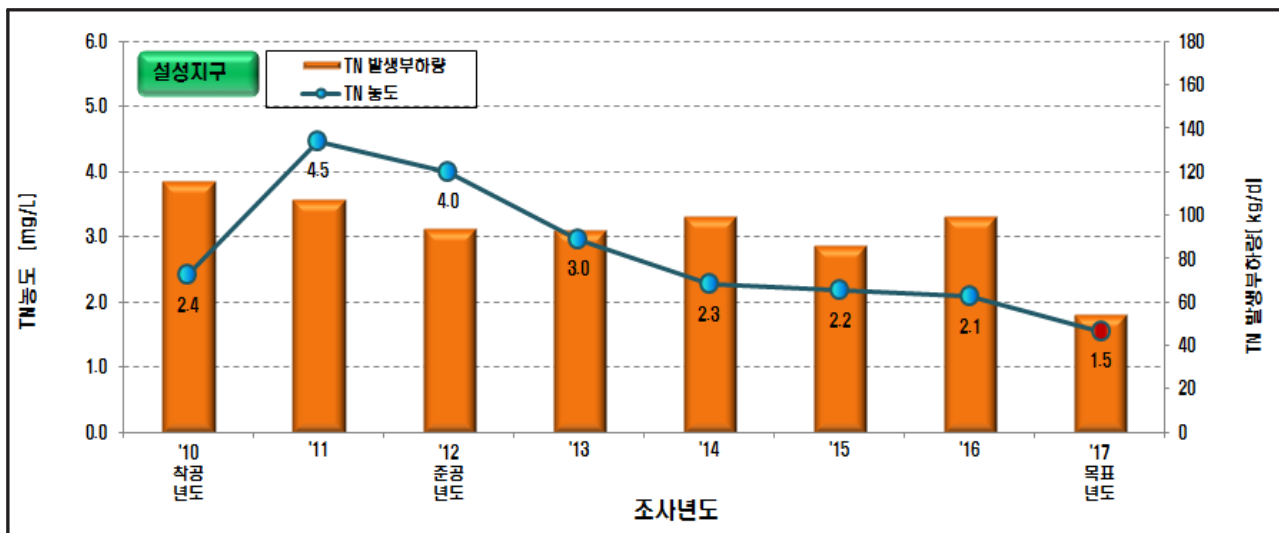
[표 8-4-1] 설성저수지 월별 저수율 현황

구 분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
월평균(%)	73.0	78.4	84.9	87.2	61.2	36.1	77.3	85.2	74.9	66.4	63.3	63.3
현장조사(%)	-	-	85.3	-	-	42.5	-	69.6	-	-	63.3	-



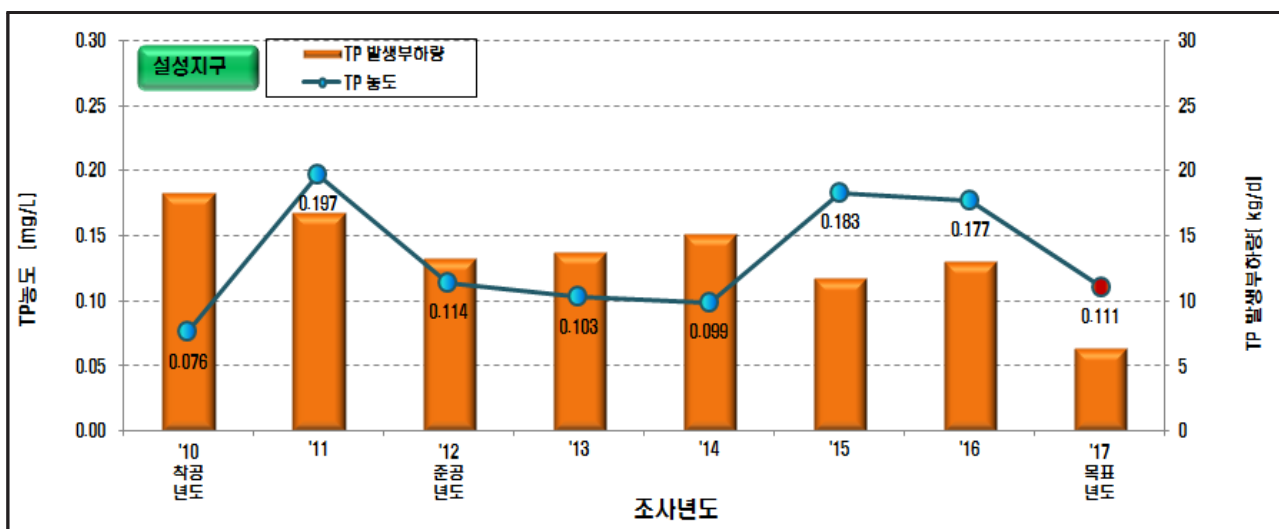
[그림 8-4-2] 설성저수지 저수율 변화(2017년)

- 설성저수지 유역의 T-N 발생부하량은 준공년도인 2012년도의 102.3kg/d에 비해 2016년 99.3kg/d, 2017년에는 54.3kg/d로 낮아졌다. 또한 저수지의 T-N농도는 2012년에 3.994mg/L에서 2016년 2.083mg/L, 2017년 1.548mg/L로 개선되는 등 인공습지에서 총질소의 처리효율이 영향을 미친 것으로 판단된다.



[그림 8-4-3] 설성 유역 연도별 T-N 발생부하량 및 T-N 농도 변화

- T-P의 경우 오염부하 발생부하량이 준공년도인 2012년도에 13.5kg/d에 비해 2016년 12.9kg/d, 2017년 6.4kg/d로 낮아졌으며, 저수지의 T-P농도는 2012년의 0.114 mg/L에서 2015년 0.173, 2016년 0.177mg/L, 2017년에는 0.089mg/L로 낮아지는 경향을 보이고 있다. 이는 발생부하량의 감소에 따라 점차 총인의 농도가 낮아지고 있는 것으로 보이며, 인공습지의 총인 처리효율이 수질개선효과를 나타내고 있는 것으로 판단된다.



[그림 8-4-4] 설성 유역 연도별 T-P발생부하량 및 T-P농도 변화

## 8.5. 현장적용성 향상 및 유지관리 방안

- 유지관리상 인공습지 내 유기물질발생원인인 식생제거가 주기적으로 필요하며, 또한 부유물질의 퇴적, 총인 침적 등을 고려하여 습지내 퇴적물제거도 주기적으로 필요하다. 따라서 인공습지의 식생에 의한 처리효율이 급격히 감소하는 11월 이후 다음해 1분기까지의 기간에 식생 및 퇴적물 제거 등의 정비·관리를 시행하는 것이 효과적일 것으로 판단된다.
- 설성저수지는 하천 유사량이 많은 지역으로 자동전도식의 취입보와 침강지내의 퇴적토사에 대한 관리를 보다 적극적으로 해야 하며, 퇴적토 준설과 침강지내 정체된 물의 재순환처리 등의 대책이 추가되어야 할 것으로 판단된다.
- 2017년 현장 조사결과, 2호 인공습지는 이천시에서 조성한 연꽃단지의 식생에 영향을 받아, 침사지 및 습지 내에 연꽃의 식생이 확인되었으며, 이에 대하여 시설관리자는 이천시에 연꽃식생제거를 요청하여, 12월 현재 식생제거를 완료하였다. 또한 침강지 및 취입보의 효율적인 유지관리를 위하여 퇴적현황에 따라 지속적으로 준설을 시행하고 있으며, '17년 12월중 인공습지 내 식생제거 후 외부 반출 처리를 완료하였다.

### 8.5.1 수질개선사업 효율증대를 위한 현장토론회

#### 1) 회의 개요

- 일시/장소 : 2017. 09. 06(수) 13:00 ~ 15:00 / 성호저수지, 설성면사무소
- 목 적 : 성호저수지 수질개선사업 효과개선을 위한 방안 검토
- 참석자 : 본사 환경사업처(4) 안중식 처장, 노경환, 황준철, 김대원  
경기본부 수자원관리부(4) 문세동 부장 외 3명, 박종수, 정영미  
여주이천지사(7) 전창운 지사장 외 6명



< 성호지 수질 개선 검토회의 >



< 성호지 현장점검 >

## 2) 주요내용

### ① 성호지 수질변화 추이

- 농업용수 수질개선사업 준공지구의 수질개선 효과 미비
  - 준공지구의 목표연도 도달시 목표수질 미달성 우려
  - 수질개선시설물의 보완 및 운영상의 미흡사항 발생
  - 상류유역의 토사 유입으로 저수지 수심 저하 및 수질 악화 유발, 경사지의 침식 방지대책이 선행되어야 함

⇒ 목표수질 미달성 원인 분석 및 추가적 해결방안 검토필요

### ② 설성지구 수질개선 관련 문제점 및 해결방안

- (시설가동) 기후변화에 따른 계획연도 대비 최근 강수량 감소로 2~4호 인공습지 미가동 일수 증가

\* '09년 기본조사시 연평균강수량 1,401.5mm, \* '16년 강수량 870.2mm(62%)

⇒ 기본계획 수립시 침강지 내 양수시설 설치 등 가동일수 증가방안

- (오염원) 최근 기후변화에 따른 강우패턴(강도↑, 빈도↓) 변화에 따른 비점오염원 유입 증가

⇒ 기후변화 대응 수질개선공법 및 개선 프로세스 고도화

- (지역특성) 기본계획 수립시 하천으로 유사 유입량이 많은 지역특성 미고려로 취입보 가동 곤란 및 침강지 용량 부족

⇒ 기본 및 세부설계시 지사담당자 협의를 통한 지역특성 반영

⇒ 전도 수문 앞에 사방댐 역할을 할 수 있는 시설 검토

- (품셈추가) 인공습지 수초관리를 위한 수질개선사업 맞춤형 표준품셈 제공 필요

⇒ 설계 품셈 부서와 협의하여 표준품셈 반영 추진

- (인공식물섬) 적은 면적의 침강지 내 인공식물섬 조성으로 가뭄시 바닥에 붙어서 침강지 내용적 감소 및 미부상

⇒ 향후, 침강지 내 인공식물섬 설치 지양

- (시설관리) 시설관리예산 부족 및 침강지 등 상시 준설 필요

⇒ 탄력적 시설관리 예산 배정 및 상시 유지관리 인력 배치 필요

⇒ 침강지 내 정기적 준설 및 가뭄대응 준설시 우선 반영

- (물순환장치) 설치 목적에 맞지 않은 배치 및 복잡한 장치 구성
  - 해당장치의 다양한 부품(전남, 일본 등 부품) 조합으로 수리시 비용 과다 소요 및 소규모 업체의 폐업 등 유지관리 곤란
  - ⇒ 물순환장치 반영시 업체별 부품 특성을 고려한 세부설계 반영
- (설계효율) 계절별 특성 미반영 등 인공습지 정화효율 과다 계상
  - ⇒ 기본계획 수립시 정화효율 보수적 적용
  - ⇒ 인공습지 정화효율이 높지 않은 곳은 추가 대책 검토 필요
- (시설안전) 유입수문 등 협잡물 제거시 안전을 위한 시설 미반영
  - ⇒ 기본계획 및 세부설계시 시설과 도로 연결시설 등 계획
- (시설개선) 취입수문 앞 스크린 협잡물 걸림 등 인공습지 유입유량 감소 및 유지관리 인력 증가
  - ⇒ 기본계획 및 세부설계시 협잡물 걸림 방지 스크린 디자인
- (역량강화) 지사 수질개선시설 관리담당 인력의 잦은 교체 및 수질개선관련 기본적인 역량 부족
  - ⇒ 지사 인사발령 후 매년 수질개선담당자 역량강화 교육 실시

## 8.6. 결론

- 운영 5년차인 설성저수지의 모니터링 결과, 2014년~2016년은 극심한 가뭄으로 인공 습지 유입수량이 절대 부족해 정상운영이 어려운 시기가 많았고, 수생식물이 충분히 정착된 시설의 경우도 가뭄에 따른 체류시간의 과도한 증가와 인공습지내 식생의 사멸, 총인의 침적 등으로 수질개선시설의 정화효율을 적정 유지하지 못하여 저수지 수질개선에 기여하지 못하고 있는 상황이다.
- 저수지의 수질개선 효과는 2012년 설계당시 예측수질목표 대비 현재 COD - 63%, T-N 4.9%, T-P - 24%로 목표를 달성하지 못한 것으로 나타났으나, 착공년도인 2012년 대비하여 COD 11.4%, T-N 21.4%, T-P 15.5% 개선된 효과를 나타내고 있다.
- 수질개선시설에 의한 개선효과는 설치된 인공습지 등의 시설이 정상적으로 운영 되어야 설계된 처리효율을 발휘하고, 또한 저수지의 수질도 개선될 것이라 판단된다. 2014년부터 2016년까지의 평년대비 55~58%의 강수량을 나타낸 것에 비하여, 2017년은 평년대비 70%의 강수량을 나타내었다. 이로 인하여 2014년~2016년의 수질개선사업에서는 정화효율이 매우 낮았으나, 2017년에는 총질소와 총인 항목에서 대체적으로 양호한 수질개선 효과를 나타내었다(총질소 41~47%, 총인 8~40%).
- 저수지 수질개선을 위해서는 인공습지의 안정적인 운영과 저수지내 정체현상 저감 등의 대처방안이 필요하다. 이에 인공습지의 일정한 유입수량 확보와 물순환율을 높이기 위해서는 펌프시설 설치 등의 방안이 마련되어야 하며, 습지내 주기적 식생 제거, 침강지의 퇴적토사 제거를 통해 오염물질의 재용출을 최소화하여야 한다.

# 9. 둔전지구

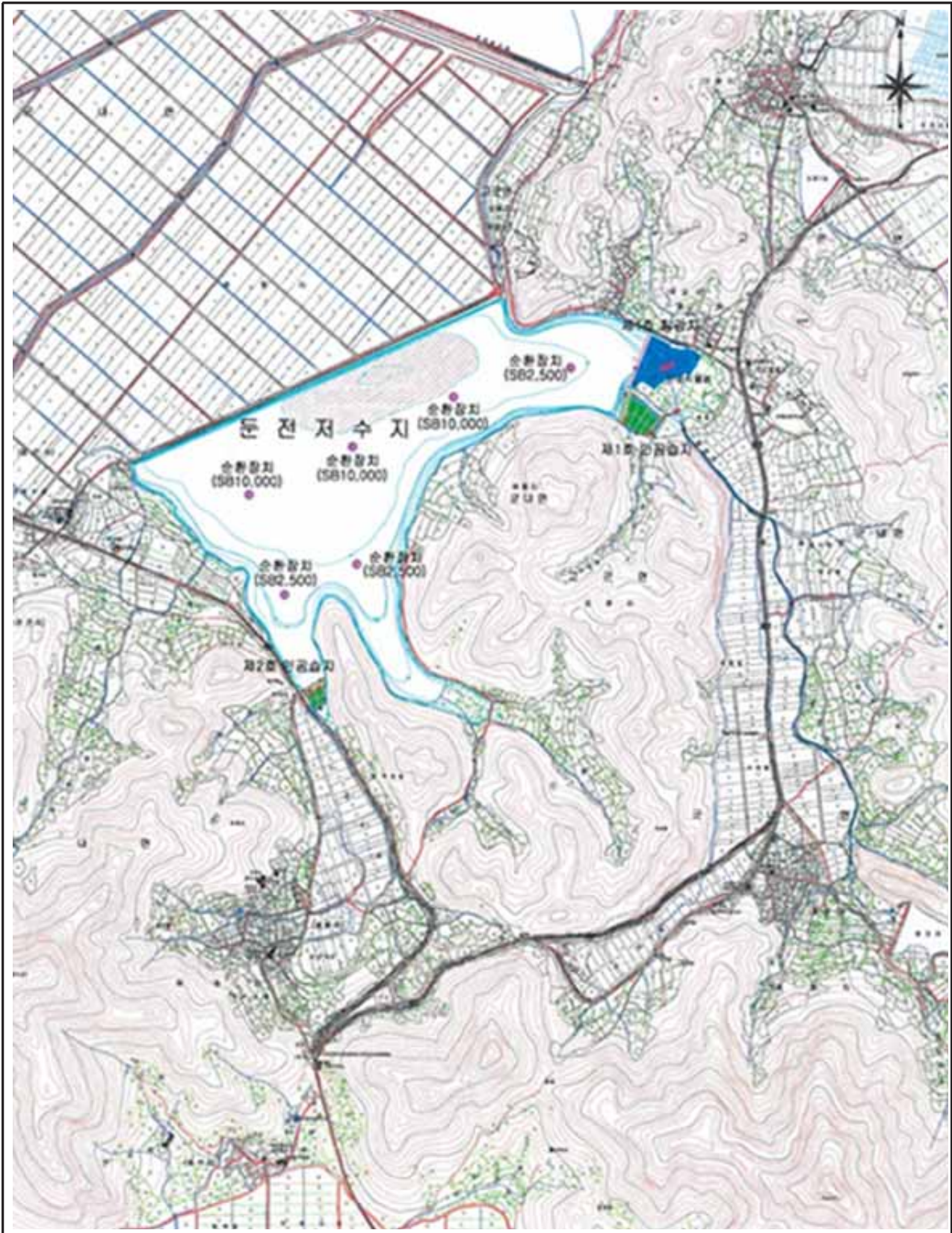


- 
- 9.1. 지구현황
  - 9.2. 기상 및 수질현황
  - 9.3. 시설별 수질개선효과
  - 9.4. 저수지 수질변화 및 개선효과
  - 9.5. 현장적용성 향상 및 유지관리 방안
  - 9.6. 요약





## 둔전지구 수질개선사업 평면도





## 9.1. 지구현황

### 9.1.1 저수지 현황

#### 1) 유역현황

- 둔전저수지가 위치한 진도군은 전남 서남부에 위치하고 있는 도시로 북위 34° 08' 29" ~ 34° 35' 20", 동경 125° 53' 05" ~ 126° 23' 30" 사이에 자리 잡고 있다.
- 극동은 고군면 와도, 극서는 조도면 죽도, 극남은 조도면 병풍도, 극북은 군내면 나리이다. 행정구역상 북으로는 신안군, 동으로는 해남군, 남동쪽으로는 완도군과 각각 접하고 있다.

[표 9-1-1] 둔전저수지 경위도상 위치

소재지	단	경도와 위도의 극점			연장거리
		지명	극점		
			동경	북위	
진도군	동단	진도군 고군면 와도	126° 23' 30"	34° 28' 49"	동서간 1.1km
	서단	진도군 조도면 죽도	125° 53' 05"	34° 12' 40"	
	남단	진도군 조도면 병풍도	125° 56' 38"	34° 08' 29"	남북간 1.1km
	북단	진도군 군내면 나리	126° 15' 01"	34° 35' 20"	

※ 자료 : 통계연보, 2015, 진도군

- 사업지구는 진도군의 동북쪽에 위치하며 낮은 구릉성 산지와 상대적으로 넓은 평야 지대를 형성하고 있어 농지가 많이 자리잡고 있다. 주요하천으로는 침찰산에서 발원한 월가천, 군내천, 용장천 등이 있다.
- 둔전지구의 유역은 낮은 구릉성 산지로 이루어져 있어 산림의 임연부와 저지대를 중심으로 논, 밭 등의 경작지가 넓게 분포하여 지역민에 의한 경작활동 등의 경제 활동이 활발한 지역이다. 경작지는 주로 벼작물이 재배되고 있으며, 일부 밭지역에서는 파, 마늘 등의 작물이 재배되고 있다.



[그림 9-1-1] 둔전저수지 유역도

## 2) 일반현황

- 둔전저수지는 전남 진도군 고군면 오류리 일원에 위치하며 설치년도는 1958년이고, 유역면적은 725ha, 수혜농지는 227.9ha, 만수면적은 79.7ha이다.

[표 9-1-2] 둔전저수지 일반현황

소재지	전남 진도군 고군면 오류리	
설치년도	1958년	
유역면적	725ha	
유효저수량	1,316천m <sup>3</sup>	
수혜농지	227.9ha	
만수면적	79.7ha	
관리주체	진도지사	

## 3) 유역 내 주요시설 현황

- 상류 유역 용장마을에 소규모 오수처리시설 1개소(60m<sup>3</sup>/일)가 설치·운영 중에 있다.

[표 9-1-3] 용장리 마을하수도 현황

시설명	소재지	시설용량 (m <sup>3</sup> /일)	처리방법	가동개시 일자
용장마을 오수처리시설	전남 진도군 군내면 용장리	60	분뇨 및 고농도 유기오폐수 고도처리	1999.8.2

## 9.1.2 수질개선시설

### 1) 주요대책

- 상류대책
  - 세동리 마을에서 나오는 하수처리를 위하여 처리용량 68m<sup>3</sup>/일 규모의 마을하수도 처리시설을 계획 중에 있다.
- 호내대책
  - 인공습지 : 1호와 2호 습지의 설치면적은 각각 13,389m<sup>2</sup>, 6,084m<sup>2</sup>로 체류시간은 12시간 이상, 수심은 평균 0.4m로 운영 중에 있다.
  - 침강지 : 직접유역 중 오염물질 유입이 가장 많은 소유역 말단부에 20,118m<sup>2</sup>의 면적으로 설치되어 있다. 부댐의 길이는 L=172m이며, 만수위(H.W.L)보다 0.5m~1.0m 낮게 계획되었다. 또, 제정 0.5m 아래에 필터층을 두어 통수됨으로 본 저수지와 같은 수위를 유지하는 구조로 설치되었다.
  - 물순환장치 : 호내 내부생산성 제어와 녹조발생 억제를 위해 총 6기 설치하였으나, 이 중 3대가 노후화 및 마름으로 인한 폐색으로 고장이 빈번하다. 이에 진도지사는 장비 정비('15.12) 후 수질개선이 필요한 송정저수지로 이동·배치하였다.
  - 인공식물섬 : 침강지 내 인공식물섬 500m<sup>2</sup> 설치

[표 9-1-4] 둔전저수지 수질개선시설 현황

구분	대안	시설	규모	비고
<input type="checkbox"/> 상류대책(진도군 추진)				
1	생활하수처리	소규모 하수도	68m <sup>3</sup> /일	
<input type="checkbox"/> 호내대책				
1	평시 유출수 처리	1호 인공습지	13,389m <sup>2</sup>	
2	평시 유출수 처리	2호 인공습지	6,084m <sup>2</sup>	
3	평시 및 강우 유출수 처리	침강지	면적 : 20,118m <sup>2</sup> 부댐 : 172m	
4	저수지 녹조방지를 위한 물순환	부유식 순환장치	3기	3기 이동 (송정저수지)
5	녹조발생 억제 및 경관개선	인공식물섬	설치면적 : 500m <sup>2</sup>	

## 2) 인공습지

○ 인공습지별 계획유량 및 설치제원

[표 9-1-5] 인공습지 설계유량 및 규모

구 분	유역 구분	유역면적 (ha)	평균 유입량(m <sup>3</sup> /일)			계획수량 (m <sup>3</sup> /일)	비고
			총유입량	일30mm 이하유입량	마을하수도 유입량		
계		425.9	9,278.1	8,534.7	-	8,534.7	
1호인공습지	2유역	319.0	7,323.2	6,740.0	-	6,740.0	
2호인공습지	4유역	106.9	1,954.9	1,794.7	-	1,794.7	

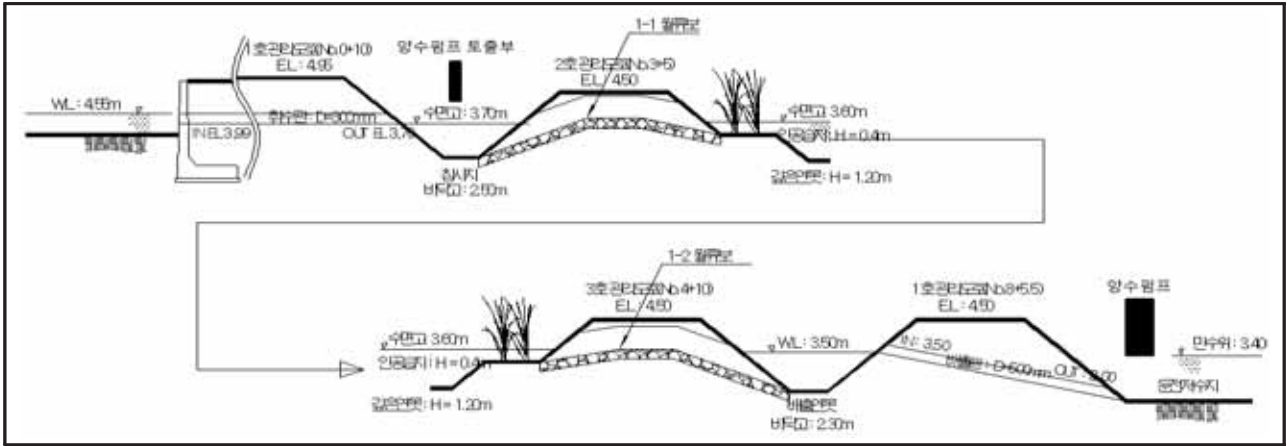
○ 1호 인공습지는 둔전저수지 유역 2의 일 30mm 이하 유출시 유하하는 유입유량을 정확 처리하기 위해 13,389m<sup>3</sup>으로 계획하였고 이중 얕은습지의 면적은 7,449m<sup>2</sup>으로 계획 하였다. 내용적은 습지 전체 6,939m<sup>3</sup>이며 이중 얕은습지를 2,980m<sup>3</sup>로 계획하였다.

[표 9-1-6] 1호 인공습지 제원

구 분	규모	계획면적 (m <sup>2</sup> )	계획수심 (m)	내용적 (m <sup>3</sup> )	비 고	
인공 습지	얕은습지	8개소	7,449	0.40	2,980	-
	깊은연못	7개소	2,355	1.20	2,826	-
	소계	-	9,804	-	5,806	-
	침사지	1개소	489	1.20	586	-
	배출연못	1개소	456	1.20	547	-
	관리도로 및 기타	-	2,640	-	-	-
합 계	-	13,389	-	6,939	-	

[표 9-1-7] 2호 인공습지 제원

구 분	규모	계획면적 (m <sup>2</sup> )	계획수심 (m)	내용적 (m <sup>3</sup> )	비 고	
인공 습지	얕은습지	4개소	2,643	0.40	1,057	
	깊은연못	3개소	1,229	1.20	1,475	
	소 계		3,872		2,532	
	침사지	1개소	97	1.50	145	
	배출연못	1개소	114	1.20	136	
	관리도로 및 기타		2,002			
합 계		6,085		2,813		



[그림 9-1-2] 1호 인공습지 수리계통도



1호 습지 취입보

1호 습지 깊은연못

1호 습지 전경

[그림 9-1-3] 1호 인공습지 시설현황



[그림 9-1-4] 1호 인공습지 평면도

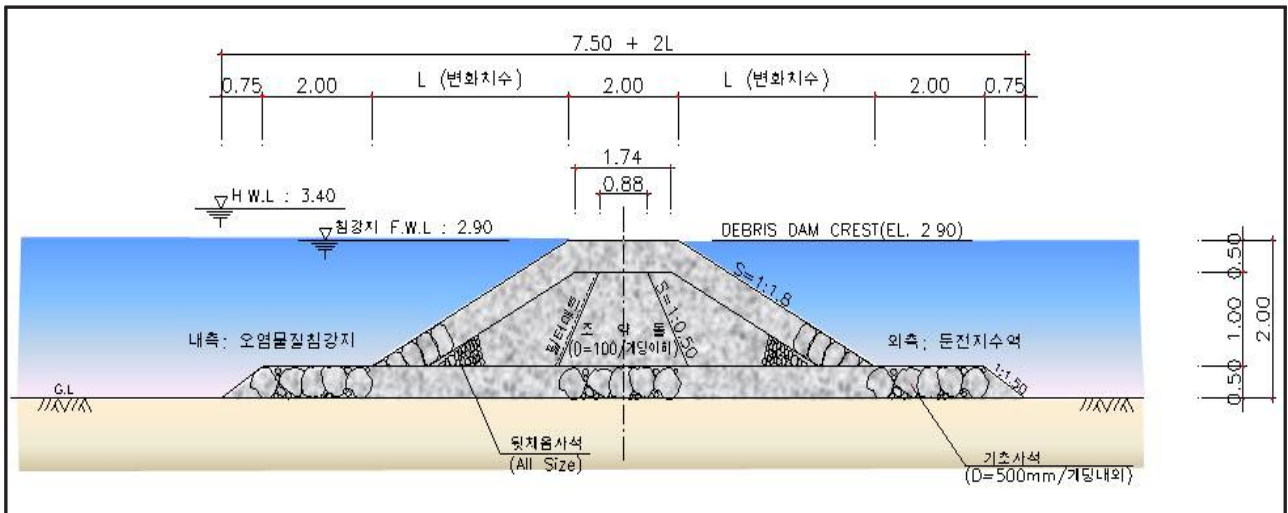
### 3) 침강지

○ 침강지 계획유량 및 설치제원

[표 9-1-8] 침강지 제원

구 분	유역		일30mm 초과유입량 (m <sup>3</sup> /일)	계획 수심 (m)	수표 면적 (m <sup>2</sup> )	계획 내용적 (m <sup>3</sup> )	체류 시간 (hr)	비 고
	유역 구분	면적 (ha)						
침강지	2	319.0	56,014.7	2.9	20,188	40,376	14.4	

※부담 제정고 기준



[그림 9-1-5] 침강지 평면도



침강지

침강지 내부전경

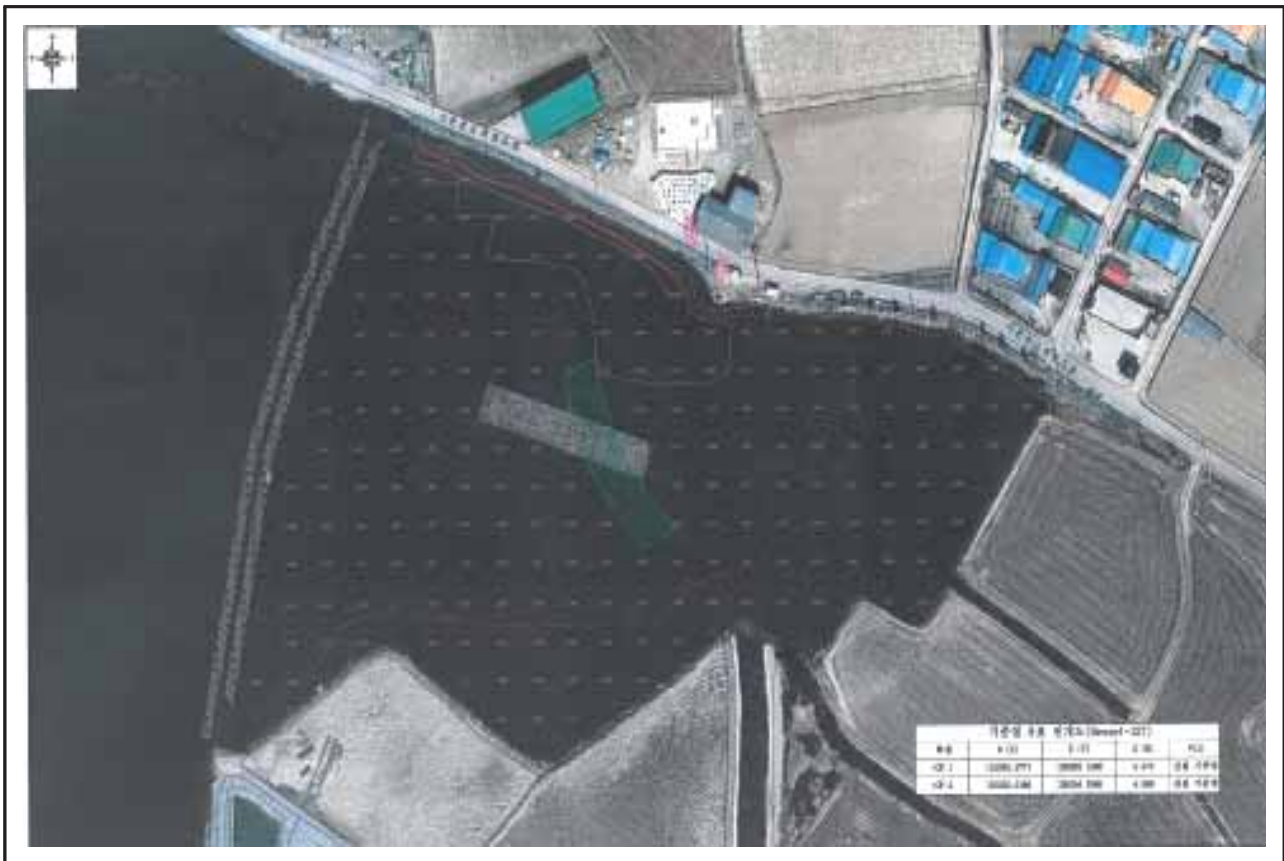
[그림 9-1-6] 침강지 시설현황



- 둔전저수지 1호, 2호 침강지의 내용적을 2017년 11월 6일부터 11월 19일까지 측량하고, 그 결과를 [표 9-1-9]에 나타내었다.
- 1호 침강지의 경우 내용적 퇴적량은 956m<sup>3</sup>이며 2012년 준공이후 5년이 경과되었지만, 2016년 한발대비 저수지 준설로 퇴적율이 낮은 수치를 나타내었다.

[표 9-1-9] 침강지 특성표

구 분	관측전 면적(m <sup>2</sup> )	관측전 내용적(m <sup>3</sup> )	관측후 내용적(m <sup>3</sup> )	내용적 퇴적량(m <sup>3</sup> )	퇴적율 (%)
침강지	20,188	40,376	39,420	956	2.4



[그림 9-1-7] 내용적도

#### 4) 기타 수질개선시설

- 기타 수질개선장치로서는 둔전저수지 내부에 물순환장치 3기와 침강지 내부에 500m<sup>2</sup>의 인공식물섬 1기가 설치되어 있다.



[그림 9-1-8] 물순환장치 및 인공식물섬 시설현황

#### 5) 시설보수보강 내역

- 2015년 둔전지구 수질개선사업 시설보강사업
  - 사업비 : 195,000천원
  - 사업기간 : 2015. 10. 19 ~ 2016. 12. 28
  - 사업내용 : 습지 양수시설 설치, 습지 바닥정비, 정화식물 보식 등
- 2016년 한발대비 둔전지구 준설공사 실시
  - 사업비 : 62,090천원
  - 사업기간 : 2016. 11. 21 ~ 2016. 12. 28
  - 사업량 : 침강지 포함 저수지 8,350m<sup>3</sup> 준설
- 2017년 인공습지 식생제거
  - 사업비 : 6,944천원
  - 사업기간 : 2017. 12. 11 ~ 2017. 12. 21

## 9.2. 기상 및 수질현황

### 9.2.1 기상현황

#### 1) 기온

- 둔전저수지 유역과 가장 가까운 진도기상대에서 측정된 최근의 평균, 최고, 최저 기온과 평균 기온을 [표 9-2-1]로 나타내었다.
- 둔전지구의 최근 10년 평균기온은 11.9℃를 보이고 있으며, 2017년은 평년에 비해 높은 기온을 나타내었다.

[표 9-2-1] 둔전저수지 유역 사업시행 전·후 월별 기온 현황 [단위 : °C]

구 분		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균
시행전	2009년	-0.6	3.0	4.6	11.1	16.0	19.1	21.6	22.4	19.4	15.3	7.6	1.3	11.7
	2010년	-0.8	2.1	4.0	8.0	14.9	19.6	22.6	24.8	20.9	13.7	7.7	1.7	11.6
시행중	2011년	-5.0	1.5	3.0	9.6	15.4	19.4	23.3	22.4	20.1	13.8	11.0	0.6	11.3
	2012년	-1.4	-1.8	3.7	10.5	16.9	19.4	22.9	24.2	18.9	14.7	6.6	-0.4	11.2
시행후	2013년	-1.1	0.2	5.2	8.2	15.8	19.5	23.3	25.1	19.8	14.7	7.2	1.8	11.6
	2014년	1.0	1.4	5.9	11.7	15.9	18.8	21.7	21.5	19.5	15.0	9.2	0.1	11.8
	2015년	0.3	0.5	5.9	10.6	15.7	17.8	21.3	22.1	18.6	14.7	9.3	3.3	11.7
	2016년	-1.1	0.8	5.5	12.5	15.8	19.0	23.0	24.6	20.6	15.3	8.4	3.8	12.4
	2017년	3.2	3.2	6.3	13.3	17.4	21.0	26.8	26.5	21.6	16.6	9.1	2.6	14.0
평년값		-0.6	1.2	4.9	10.6	16.0	19.3	22.9	23.7	19.9	14.9	8.5	1.6	11.9

## 2) 강수량

- 최근의 월별 강수량은 다음 [표 9-2-2]와 같다. 시행 전인 2009년도에 강수량은 총 1,481.0mm로 평년 강수량인 1,441.2mm에 비슷한 수준이었다.
- 준공년도인 2012년에는 2,198.3mm로 매우 높았으며, 운영 첫해인 2013년에는 1,254.3 mm로 평년에 비해 낮은 수치를 나타내었다. 그러나 2017년에는 728.8mm로 평년(1441.2 mm)의 50% 수준에 해당하는 극심한 가뭄을 겪었다.

[표 9-2-2] 둔전저수지 유역 사업시행 전후 월별 강수량 현황 (단위 : mm)

구 분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합계	
시행전	2009년	22.9	65.9	83.8	109.5	145.2	101.9	566.6	147.5	90.3	94.5	20.1	32.8	1,481.0
	2010년	59.9	127.5	144.7	201.0	186.6	146.1	243.0	318.5	71.1	67.5	7.2	35.5	1,608.6
시행중	2011년	13.5	64.1	35.7	149.1	112.6	173.1	177.2	265.6	40.5	37.2	167.7	27.6	1,263.9
	2012년	18.7	63.1	148.4	242.5	59.5	71.8	330.3	568.3	466.6	56.0	83.3	89.8	2,198.3
시행후	2013년	23.6	80.8	101.0	63.7	235.2	98.0	175.7	177.1	159.0	25.2	89.9	25.1	1,254.3
	2014년	21.3	36.0	126.9	181.5	134.6	104.5	166.9	388.9	83.8	124.3	99.2	77.6	1,545.5
	2015년	44.6	53.2	42.2	311.1	137.3	127.8	174	198.7	104.9	67.1	126.8	61.3	1,449.0
	2016년	18.4	56	97.2	205.2	136.6	167.9	259.1	33.2	194.1	154.3	61.8	57.8	1,441.6
	2017년	16.4	27.3	24.5	48.0	14.5	28.2	94.7	261.6	107.3	104.5	2.0	19.8	728.8
평년값	26.6	63.8	89.4	168.0	129.1	113.3	243.1	262.2	146.4	81.2	73.1	47.5	1,441.2	

## 9.2.2 수질현황

### 1) 목표수질

- 둔전저수지의 목표수질은 농업용 수질관리기준(IV등급)을 만족하는 COD 8.0mg/L, T-N 1.0mg/L, T-P 0.1mg/L이었으며, 인공습지와 침강지의 설계조건과 처리효율을 적용하여 저수지의 수질을 예측한 결과 COD가 8.0mg/L, T-N 1.508mg/L, T-P 0.097mg/L이었다.

[표 9-2-3] 둔전저수지 목표수질

구 분	목표수질	기본계획 수립시 (‘10년)	예측수질 (‘17년)
COD(mg/L)	8.0 이하	12.4	8.0
TOC(mg/L)	6.0 이하	-	-
T-N (mg/L)	1.0 이하	1.896	1.508
T-P (mg/L)	0.1 이하	0.129	0.097
수질등급	IV등급	VI등급	IV등급

## 2) 오염원 현황

- 둔전저수지 유역 내 최근 7년 동안의 연도별 인구수와 축산두수 변화를 [표 9-2-4], [표 9-2-5]에 나타내었으며, 2017년의 유역 토지이용현황은 [표 9-2-6]에 정리하였다.
- 둔전저수지 유역 내 인구수는 시행전인 2009년에 482명, 준공년도인 2012년도에는 481명으로 비슷하였다. 이후 2013년도와 2014년도에는 484명으로 차이가 없었지만, 2015년, 2016년 각각 408명, 405명 그리고 2017년 383명으로 점차 줄어드는 추세를 보였다.
- 축산두수는 한우가 2013년 3두, 돼지가 2015년에 30두를 끝으로 이후로는 사육이 없는 것으로 조사되었다.
- 둔전저수지의 유역면적은 725ha이며 지목별 토지이용은 임야가 66.5%로 가장 큰 부분을 차지하고 있다. 논과 밭은 전체 유역면적의 25.6%이며 각각 11.4%, 14.2%의 비율로 구성되어 있다.

[표 9-2-4] 둔전저수지 유역 내 인구변화 추이

구 분	2009년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
인구(명)	482	481	484	484	408	405	383

[표 9-2-5] 둔전저수지 유역 내 연도별 축산변화

구 분	2009년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
한우(두)	-	3	3	-	-	-	-
돼지(두)	70	58	30	43	30	-	-

[표 9-2-6] 둔전저수지 유역 내 지목별 토지이용현황

구 분	2009년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
계	725 (100%)	725 (100%)	725 (100%)	725 (100%)	725 (100%)	725 (100%)	725 (100%)
전(ha)	103 (14.2%)	103 (14.2%)	103 (14.2%)	103 (14.2%)	103 (14.2%)	103 (14.2%)	103 (14.2%)
답(ha)	83 (11.4%)	83 (11.4%)	83 (11.4%)	83 (11.4%)	83 (11.4%)	83 (11.4%)	83 (11.4%)
임야(ha)	482 (66.5%)	482 (66.5%)	482 (66.5%)	482 (66.5%)	482 (66.5%)	482 (66.5%)	482 (66.5%)
기타(ha)	57 (7.9%)	57 (7.9%)	57 (7.9%)	57 (7.9%)	57 (7.9%)	57 (7.9%)	57 (7.9%)

### 3) 오염부하량

- 둔전저수지의 유역내 오염원별 발생부하량은 [표 9-2-7]와 같으며, 최근 연도별 발생 부하량 변화는 [표 9-2-8]와 같다. 2017년도 부하량은 BOD는 생활계가 가장 높고, T-N과 T-P는 토지계가 높은 비율을 차지하고 있었다.

[표 9-2-7] 2017년 둔전저수지 유역 내 발생부하량

구 분	점 오염원						비점오염원					계
	생활계 (인)	축산계(두)			산업계 (m <sup>3</sup> /일)	소계	토지현황(ha)				소계	
		한우	젓소	돼지			전	답	임야	기타		
원수(단위)	383	-	-	-	-		103	83	482	57		
BOD	kg/d	18.8	-	-	-	18.8	1.6	1.9	4.8	0.6	8.9	27.7
	%	67.9	-	-	-	67.9	5.8	6.9	17.3	2.2	32.1	100.0
T-N	kg/d	5.1	-	-	-	5.1	9.7	5.4	10.6	0.0	25.8	30.9
	%	16.5	-	-	-	16.5	31.4	17.5	34.3	0.0	83.5	100.0
T-P	kg/d	0.6	-	-	-	0.6	0.247	0.506	0.675	0.017	1.4	2.0
	%	30.0	-	-	-	30.0	12.4	25.3	33.8	0.9	70.0	100.0

- 사업시행 전인 2009년도 둔전저수지 유역 내 오염물질 발생부하량은 BOD가 34.8kg/일, T-N 33.2kg/일, T-P 2.4kg/일이었다. BOD는 2014년까지 34.0kg/일의 비슷한 수치를 보이다 이후 점차 줄어들어 2017년 28.7kg/일을 나타내었으며 T-N과 T-P는 큰 폭의 변화 없이 비슷한 양상을 나타내고 있다.

[표 9-2-8] 둔전저수지 유역 내 연도별 오염물질 발생부하량

구 분	연도별 발생부하량(kg/d)							
	2009년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
BOD	34.8	37.3	34.6	33.8	34.0	29.9	28.7	28.7
T-N	33.2	34.3	33.1	32.8	32.8	31.6	31.1	31.1
T-P	2.4	2.6	2.4	2.3	2.3	2.2	2.1	2.1

#### 4) 수질변화 추이

- 수질개선사업 추진을 통한 수질변화 현황은 COD의 경우 2010년 착공 후 지속적으로 낮아지는 경향을 보이다가 가뭄으로 인한 수위저하 및 내부영양염류 용출 등의 사유로 2016년에 높아졌으나, 이후 TOC, T-N, T-P의 항목은 목표수질을 만족하고 있다.

[표 9-2-9] 둔전저수지 수질현황

구 분	5개년 평균 (‘05~‘09)	‘10년 (착공시)	수질 변화						목표년도 (‘17년)	목표수질
			‘12	‘13	‘14	‘15	‘16	‘17		
COD	11.6	9.9	10.0	10.1	8.0	8.7	11.9	11.5	8.0	8.0이하
TOC	-	-	6.3	6.2	5.4	4.8	6.8	5.9	-	6.0이하
T-N	-	0.910	1.432	1.142	1.465	2.383	0.817	0.693	1.508	1.0이하
T-P	-	0.058	0.097	0.071	0.070	0.064	0.044	0.116	0.097	0.1이하

### 9.3. 시설별 수질개선효과

- 둔전저수지 수질개선시설의 수질정화효율을 분석하기 위하여 ① 1호 침강지 및 인공습지 유입부, ② 1호 인공습지 유출부, ③ 1호 침강지 유출부, ④ 2호 인공습지 유입부와 ⑤ 유출부 등 총 5지점에서 조사를 실시하였고, 퇴적물 조사는 S-1(1호 인공습지), S-2(침강지) 등 총 2지점에서 조사를 실시하였다.
- 둔전지구는 2013년부터 운영된 지구로 수질조사는 7월 28일, 8월 25일, 9월 20일, 10월 7일 조사를 실시하였고, 강우시 조사는 4월 27일(0.5mm) 1회 실시하였다. 또한, 퇴적물 조사는 10월 30일 실시하였다.

[표 9-3-1] 둔전저수지 수질 및 퇴적물 조사 시기

구분	조사횟수	조사일자				
		1차	2차	3차	4차	5차(강우시)
수질조사	5회	7.28	8.25	9.20	10.07	4.27
퇴적물조사	1회	10.30				



[그림 9-3-1] 둔전지구 수질조사 지점



### 9.3.1 인공습지 수질개선효과

- 평균 수온은 1호 인공습지 유입수 18.7℃, 유출수 19.8℃로 유입수보다 유출수가 다소 높았고, 2호 인공습지도 유입수 20.1℃, 유출수 19.0℃로 유출수가 낮았다.
- pH는 1호 인공습지 유입수 7.1~7.9, 유출수 7.2~8.0이며, 2호 인공습지 유입수 7.5~8.0, 유출수 6.9~8.1으로 모두 농업용 수질관리기준인 6.0~8.5를 만족하였다.
- EC는 1호 인공습지 유입수가 204.0~370.0μS/cm이고 유출수가 120.0~290.0μS/cm, 2호 인공습지 유입수는 210.0~366.0μS/cm이고 유출수가 149.0~365.0μS/cm로 유입수보다 유출수의 EC가 낮아지는 경향을 보였다. 또한 전체적으로 작물생육에 지장이 없는 수준을 나타내고 있다.
- DO는 1호 인공습지 유입수가 5.8~13.7mg/L, 유출수는 5.9~12.5mg/L이며, 2호 인공습지 유입수는 5.4~12.2mg/L, 유출수는 6.1~12.9mg/L이다. DO는 모두 농업용 수질 관리기준인 2.0mg/L 이상을 만족하였다.

[표 9-3-2] 둔전저수지 1호 인공습지 수질변화

구 분		'13년	'14년	'15년	'16년	'17년 평상시 및 강우시					
		평균	평균	평균	평균	1차 (3.30)	2차 (5.15)	3차 (9.12)	4차 (10.12)	평균	강우 (7.18)
수온 (℃)	1호 유입수	23.9	22.9	25.2	23.9	11.3	22.9	24.2	16.3	18.7	24.2
	1호 유출수	25.8	25.3	25.6	25.9	16.6	20.3	25.2	17.2	19.8	24.2
pH	1호 유입수	7.7	7.4	7.8	7.3	7.1	7.8	7.8	7.9	7.7	7.7
	1호 유출수	7.6	7.2	7.4	6.9	7.2	7.7	8.0	7.8	7.7	7.7
EC (μS/cm)	1호 유입수	223	193	193	165	204	370	216	218	252	270
	1호 유출수	143	135	273	130	175	232	120	290	204	196
DO (mg/L)	1호 유입수	8.5	6.5	7.4	7.6	11.6	13.7	5.8	8.4	9.9	5.1
	1호 유출수	6.3	3.7	6.1	5.5	12.5	9.3	5.9	7.1	8.7	4.6
SS (mg/L)	1호 유입수	6.3	3.2	3.5	1.1	12.0	32.5	6.2	2.5	13.3	27.0
	1호 유출수	7.5	9.2	21.4	7.9	5.0	20.4	3.8	1.1	7.6	43.7
COD (mg/L)	1호 유입수	4.3	3.7	3.9	3.5	10.4	22.8	4.4	3.0	10.2	10.6
	1호 유출수	11.5	9.4	20.9	9.9	9.4	17.6	6.4	5.2	9.7	17.2
TOC (mg/L)	1호 유입수	2.0	2.3	2.3	2.2	6.7	10.8	2.7	2.2	5.6	6.8
	1호 유출수	6.8	5.8	10.2	5.9	6.4	11.8	3.6	3.5	6.3	9.5
T-N (mg/L)	1호 유입수	3.890	2.930	3.226	4.480	1.488	1.417	5.709	5.345	3.490	5.753
	1호 유출수	0.808	0.597	1.969	2.770	2.225	1.688	2.447	2.584	2.236	6.711
T-P (mg/L)	1호 유입수	0.105	0.087	0.083	0.100	0.493	0.376	0.106	0.110	0.271	0.404
	1호 유출수	0.083	0.055	0.231	0.310	0.163	0.451	0.087	0.077	0.195	0.279
Chl-a (mg/m <sup>3</sup> )	1호 유입수	2.2	4.5	12.1	4.15	24.6	105.3	4.4	2.0	34.1	12.4
	1호 유출수	13.9	10.6	33.7	12.20	13.9	11.4	4.0	3.6	8.2	7.9

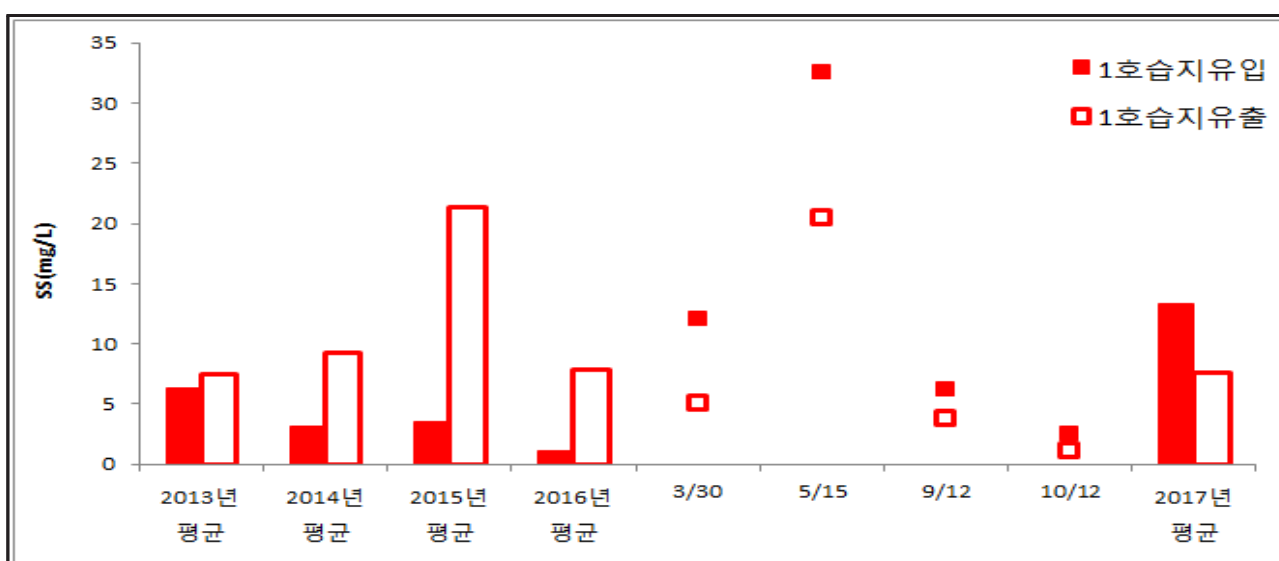
[표 9-3-3] 둔전저수지 2호 인공습지 수질변화

구 분		'13년	'14년	'15년	'16년	'17년 평상시 및 강우시					
		평균	평균	평균	평균	1차 (3.30)	2차 (5.15)	3차 (9.12)	4차 (10.12)	평균	강우 (7.18)
수온 (°C)	2호 유입수	18.3	25.0	24.0	24.5	15.3	21.1	26.5	17.5	20.1	24.5
	2호 유출수	19.4	25.8	25.5	24.7	11.7	21.7	25.4	17.0	19.0	25.0
pH	2호 유입수	7.7	7.6	7.2	7.1	7.8	7.5	7.7	8.0	7.8	7.5
	2호 유출수	7.8	7.3	7.2	6.9	6.9	7.8	8.1	8.1	7.7	7.6
EC ( $\mu$ S/cm)	2호 유입수	295	251	206	282	366	356	269	210	300	356
	2호 유출수	249	223	21.8	244	318	365	248	149	270	248
DO (mg/L)	2호 유입수	7.5	4.9	5.8	3.4	12.2	9.0	5.4	7.6	8.6	4.9
	2호 유출수	8.4	3.6	4.4	3.2	12.9	9.1	6.1	7.3	8.9	5.1
SS (mg/L)	2호 유입수	5.8	27.2	10.0	4.6	28.0	28.7	14.4	2.3	18.4	20.9
	2호 유출수	20.5	27.0	14.2	3.7	1.2	5.1	5.7	10.2	5.6	13.5
COD (mg/L)	2호 유입수	6.8	8.3	7.0	7.4	11.4	21.2	10.6	4.6	12.0	11.4
	2호 유출수	11.6	13.6	9.7	7.9	5.2	2.2	5.4	5.8	4.7	10.8
TOC (mg/L)	2호 유입수	4.2	5.1	4.2	5	7.1	10.0	7.3	2.9	6.8	6.9
	2호 유출수	7.4	8.0	5.3	5.6	3.8	1.3	3.6	4.7	3.4	6.8
T-N (mg/L)	2호 유입수	4.131	3.463	3.203	3.53	1.627	1.342	0.806	8.224	3.000	23.548
	2호 유출수	1.342	1.247	1.255	2.36	4.497	1.270	7.408	2.384	3.890	15.618
T-P (mg/L)	2호 유입수	0.314	0.290	0.253	0.23	0.408	0.224	0.379	0.335	0.337	0.622
	2호 유출수	0.110	0.198	0.207	0.16	0.385	0.067	0.155	0.086	0.173	0.197
Chl-a (mg/m <sup>3</sup> )	2호 유입수	4.0	36.7	7.9	5.9	60.4	83.9	4.4	5.5	38.6	10.7
	2호 유출수	45.9	46.6	23.9	6.83	7.1	4.9	2.7	2.8	4.4	8.6

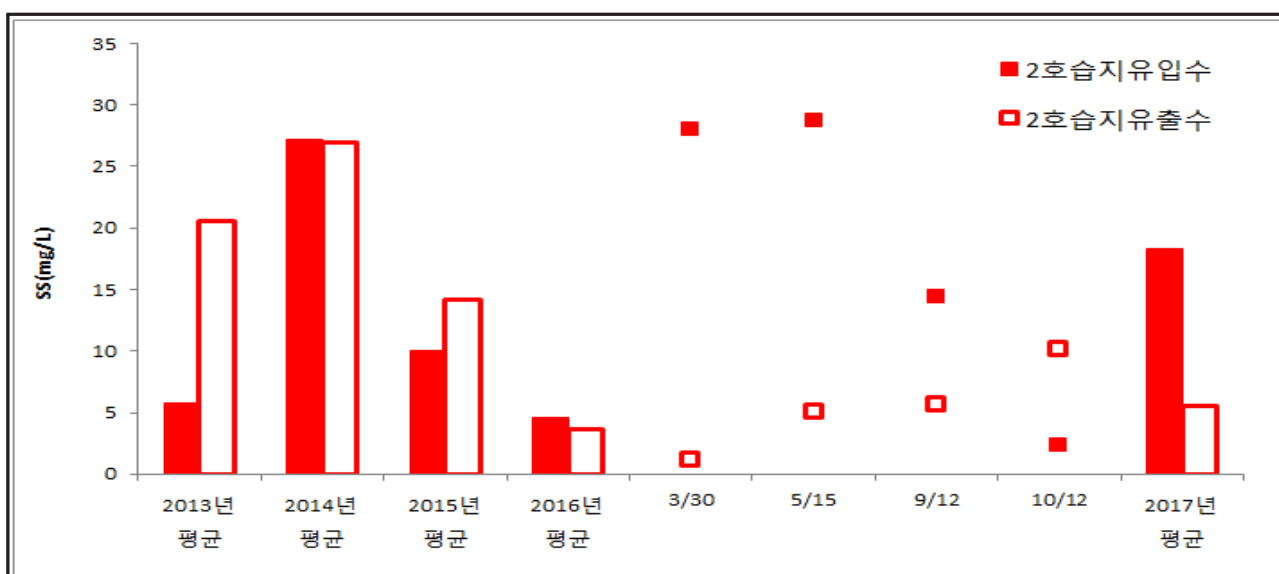
[표 9-3-4] 5개년 둔전지구 인공습지 정화효율

구 분		'13~'17년 평균		'13~'17년 평상시		'13~'17년 평상시	
		부하량	정화효율 (%)	부하량	정화효율 (%)	부하량	정화효율 (%)
SS (kg/d)	1호 습지 유입수	19.3	17.0	4.2	4.8	77.0	19.3
	1호 습지 유출수	16.0		4.0		62.1	
	2호 습지 유입수	17.9	-12.6	4.9	49.9	65.8	-40.0
	2호 습지 유출수	20.2		2.4		92.0	
COD (kg/d)	1호 습지 유입수	8.9	-10.9	4.0	-50.8	28.5	8.5
	1호 습지 유출수	9.9		6.0		26.1	
	2호 습지 유입수	8.0	-28.8	4.0	-11.3	28.2	-38.2
	2호 습지 유출수	10.3		4.5		39.0	
TOC (kg/d)	1호 습지 유입수	5.0	-17.5	2.3	-66.1	15.7	7.6
	1호 습지 유출수	5.9		3.9		14.6	
	2호 습지 유입수	4.9	-22.1	2.4	-12.5	16.8	-30.8
	2호 습지 유출수	5.9		2.7		22.0	
T-N (kg/d)	1호 습지 유입수	4.8	39.1	2.8	46.5	13.3	33.8
	1호 습지 유출수	2.9		1.5		8.8	
	2호 습지 유입수	3.9	34.7	2.3	-31.7	14.2	57.4
	2호 습지 유출수	2.6		3.0		6.1	
T-P (kg/d)	1호 습지 유입수	0.3	45.8	0.1	15.8	0.9	59.0
	1호 습지 유출수	0.2		0.1		0.4	
	2호 습지 유입수	0.2	14.8	0.1	3.2	0.8	9.2
	2호 습지 유출수	0.2		0.1		0.7	
Chl-a (kg/d)	1호 습지 유입수	10.4	-78.6	8.1	30.3	21.0	-226.2
	1호 습지 유출수	18.6		5.7		68.5	
	2호 습지 유입수	32.0	16.7	9.8	-57.7	157.5	54.4
	2호 습지 유출수	26.7		15.4		71.9	

- SS는 1호 인공습지 유입수가 2.5~32.5mg/L이며 유출수는 1.1~20.4mg/L로 대체적으로 유출수에서 낮아졌다. 2호 인공습지도 유입수가 2.3~28.7mg/L, 유출수는 1.2~10.2mg/L로 유출수에서 수치가 낮아졌다. 5개년 간의 SS 정화효율을 살펴보면 1호 습지와 2호 습지가 평균 19.3kg/d, 17.9kg/d가 유입되고 각각 16.0, 20.2kg/d가 유출되어 각각 17.0%, -12.6%의 정화효율을 보였다.
- 습지 내의 식물의 생장이 안정적으로 이루어짐에 따라 유속이 느려지고, SS 물질의 흡착·제거가 잘 이루어 졌다. 대체적으로 식물생장 기간 제거 효과가 크고 가을 사멸기가 가까워짐에 따라 효율 저하가 나타냈다.

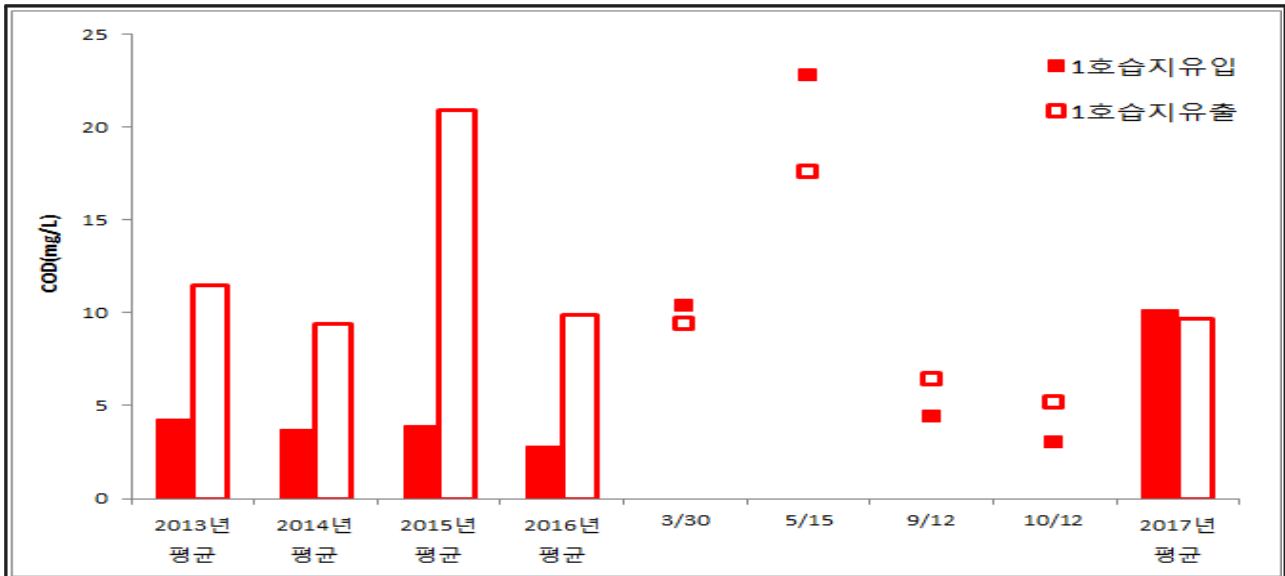


[그림 9-3-2] 둔전지구 1호 인공습지 유입수 및 유출수 SS 변화

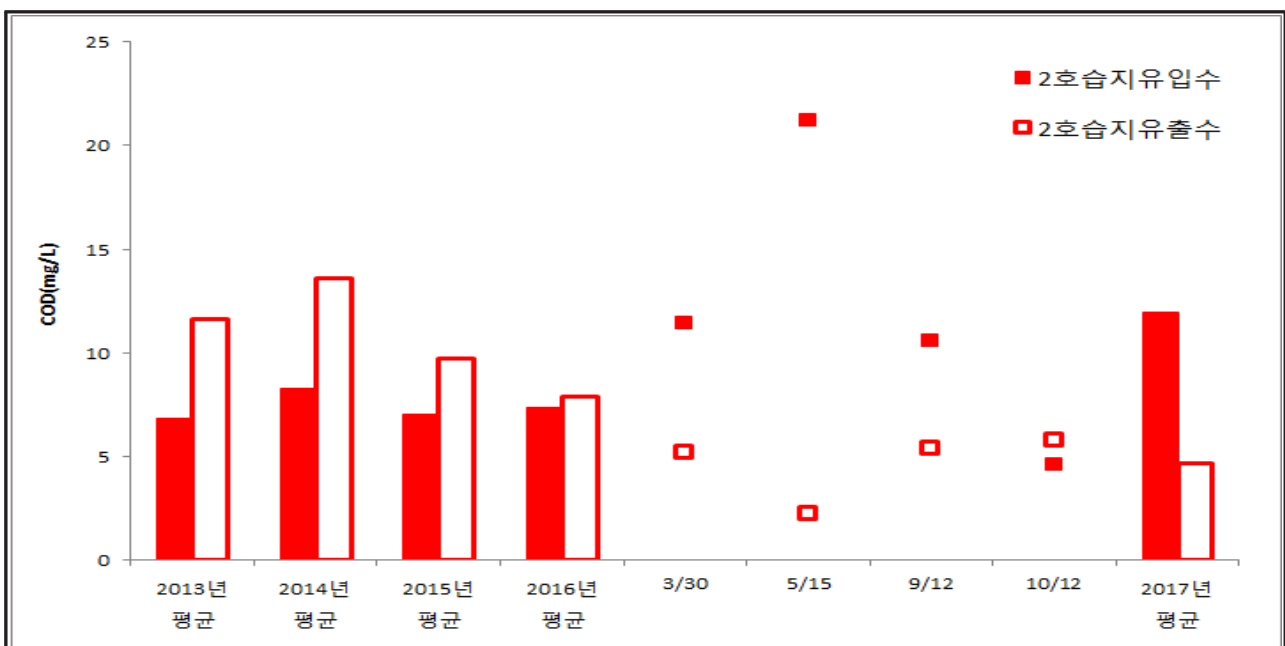


[그림 9-3-3] 둔전지구 2호 인공습지 유입수 및 유출수 SS 변화

- COD는 1호 습지가 평균 유입수 10.2(3.0~22.8)mg/L, 유출수 9.7(5.2~17.6)mg/L이며, 2호 습지의 평균 유입수는 12.0(4.6~4.7)mg/L, 유출수가 4.7(2.2~5.8)mg/L의 범위를 나타내었으며, 대체적으로 유입수에 비해 유출수의 수치가 낮아졌다.



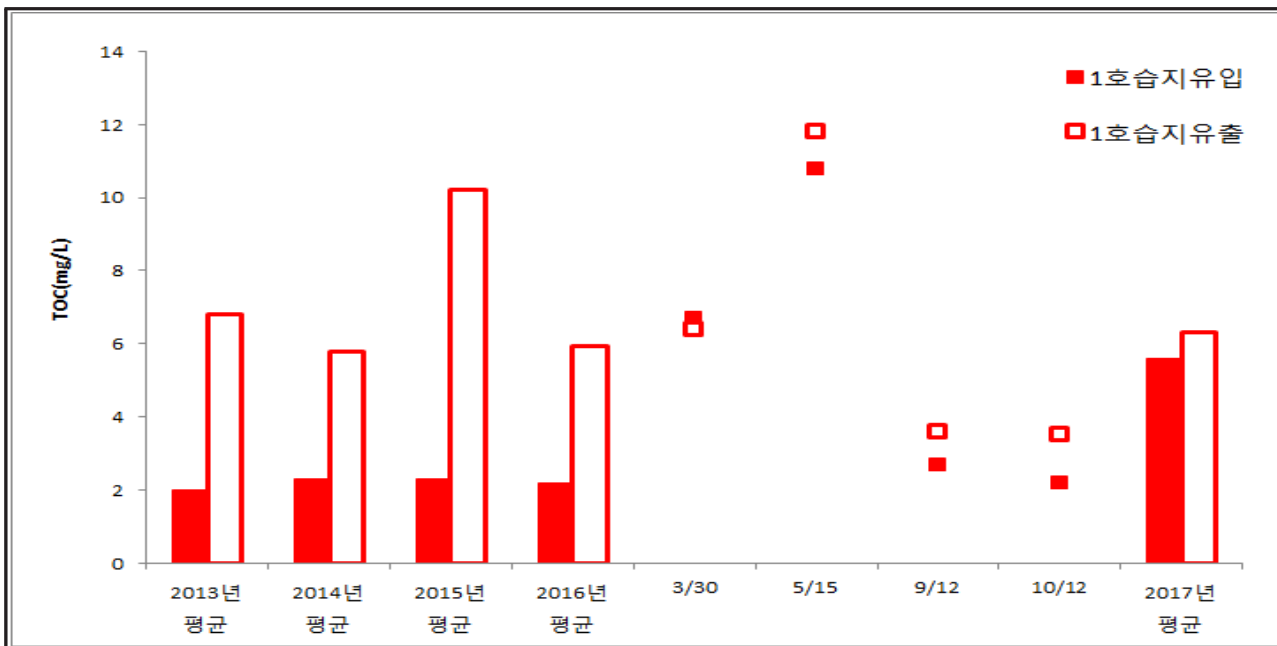
[그림 9-3-4] 둔전지구 1호 인공습지 유입수 및 유출수 COD 변화



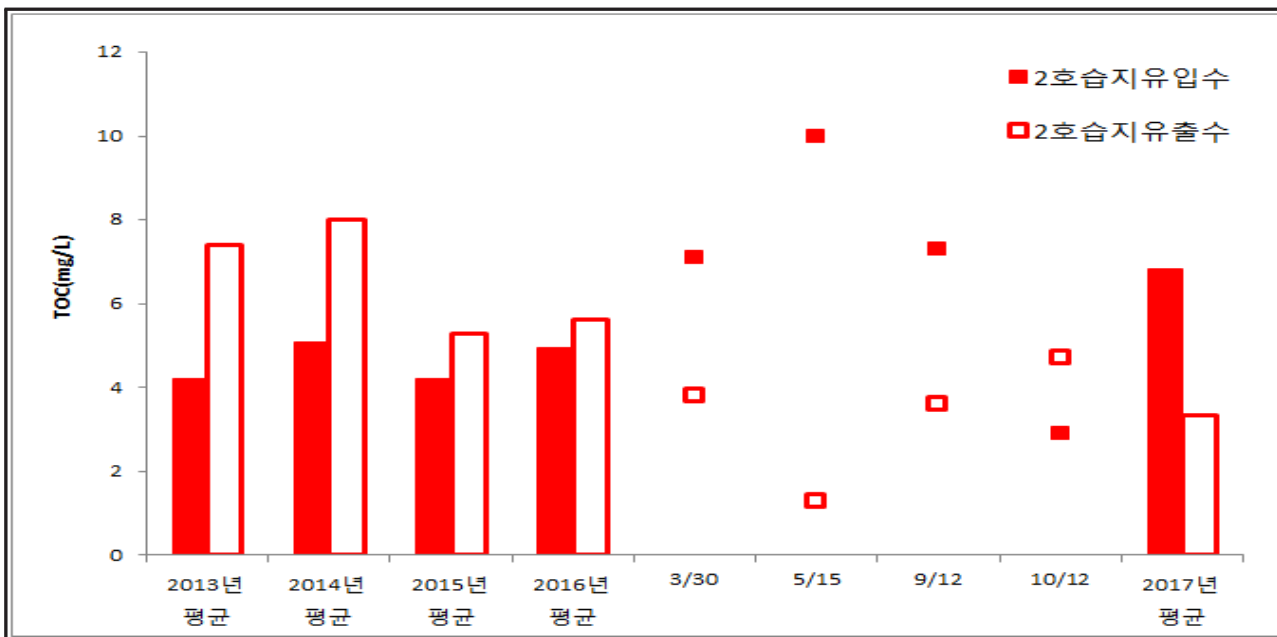
[그림 9-3-5] 둔전지구 2호 인공습지 유입수 및 유출수 COD 변화

- TOC는 1호 습지가 평균 유입수 5.6(2.2~10.8)mg/L, 유출수 6.3(3.5~11.8)mg/L이며, 2호 습지의 평균 유입수는 6.8(2.9~10.0)mg/L, 유출수가 3.4(1.3~4.7)mg/L의 범위를 나타내었으며, 식생이 성장하는 여름철 정화효과가 크게 나타나고 가을 이후 줄어드는 경향을 나타냈다.

- 5개년 간 COD의 정화효율을 살펴보면 1호, 2호 습지는 8.9, 8.0kg/d가 유입되고, 각각 9.9, 10.3kg/d가 유출되어 각 -10.9%, -28.8%의 정화효율을 보였으며, TOC의 정화효율을 살펴보면 1호, 2호 습지는 5.0, 4.9kg/d가 유입되고, 5.9, 5.9kg/d가 유출되어 각 -17.5%, -22.1%의 정화효율을 보였다. 이는 습지 운영 초기 식생 미확립 및 취입보 등 유입시설 운전 미숙 등으로 인한 영향으로 판단된다.

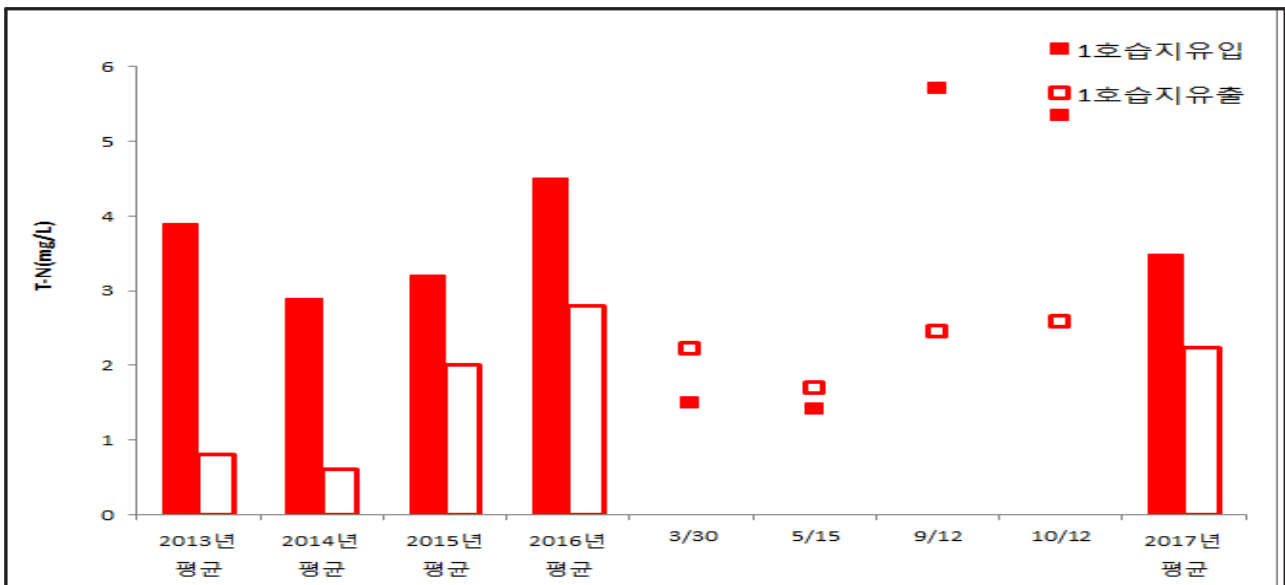


[그림 9-3-6] 둔전지구 1호 인공습지 유입수 및 유출수 TOC 변화

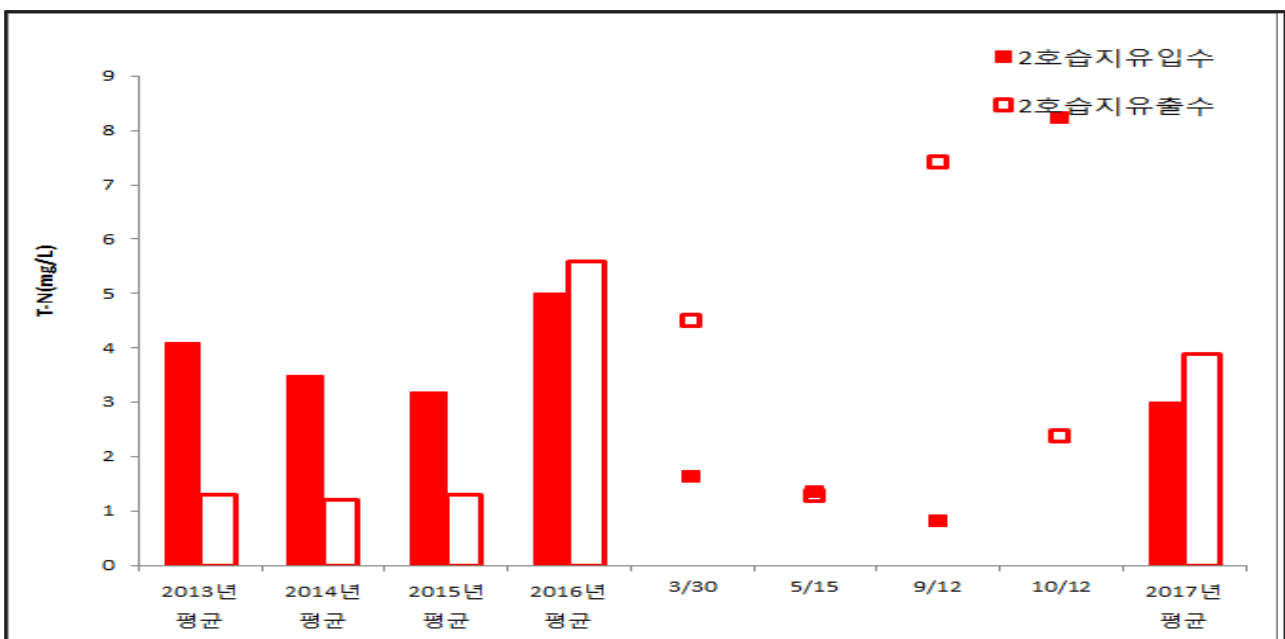


[그림 9-3-7] 둔전지구 2호 인공습지 유입수 및 유출수 TOC 변화

- 1호 인공습지 평균 유입수 T-N은 3.490(1.488~5.709)mg/L였으나 유출수는 2.236(1.688~2.584)mg/L로 낮아졌으며, 2호 습지 유입수는 3.000(0.806~8.224)mg/L였으나 유출수는 3.890(1.270~7.408)mg/L로 약간 높아졌다.
- 5개년 간 T-N의 정화효율을 살펴보면 평균적으로 1호, 2호 인공습지에 각 4.8, 3.9kg/d가 유입되고 2.9, 2.6kg/d가 유출되어 각 75.2%, 50.2%의 정화효율을 보였다. 2013년 이후 유출수의 농도가 지속적으로 낮아지는 경향을 보이고 있으며, 습지 내 정화식물 생장이 T-N 정화효율에 영향을 미치는 것으로 판단된다.

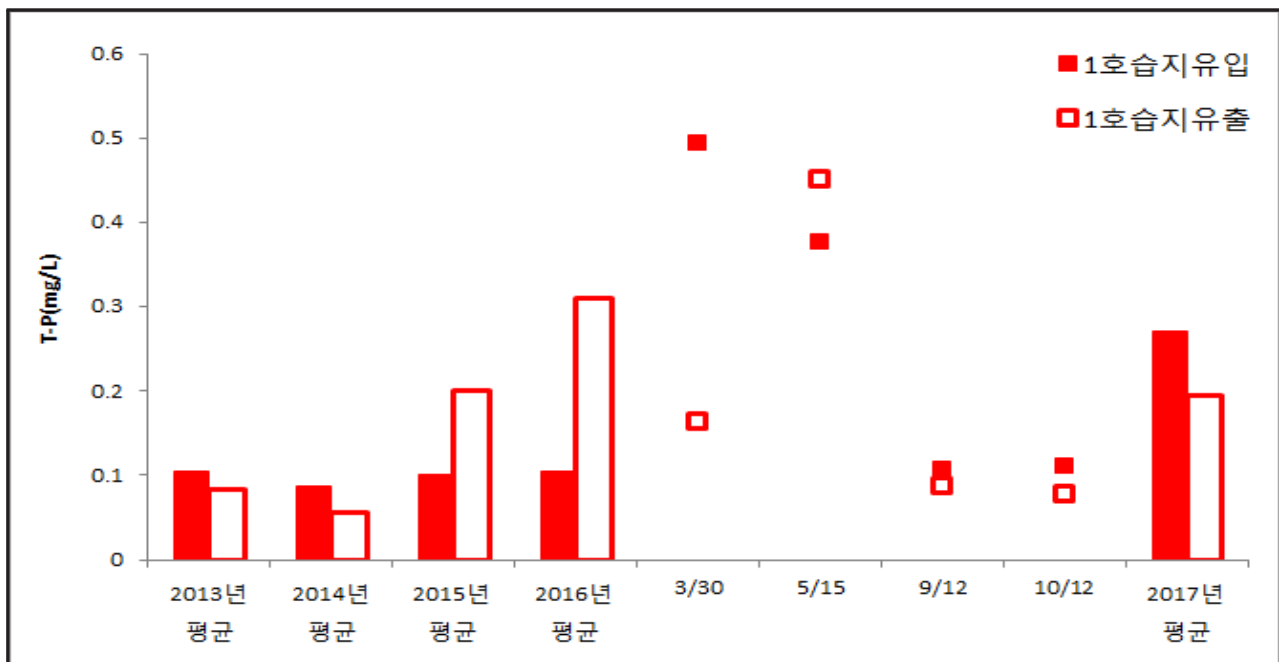


[그림 9-3-8] 둔전지구 1호 인공습지 유입수 및 유출수 T-N 변화

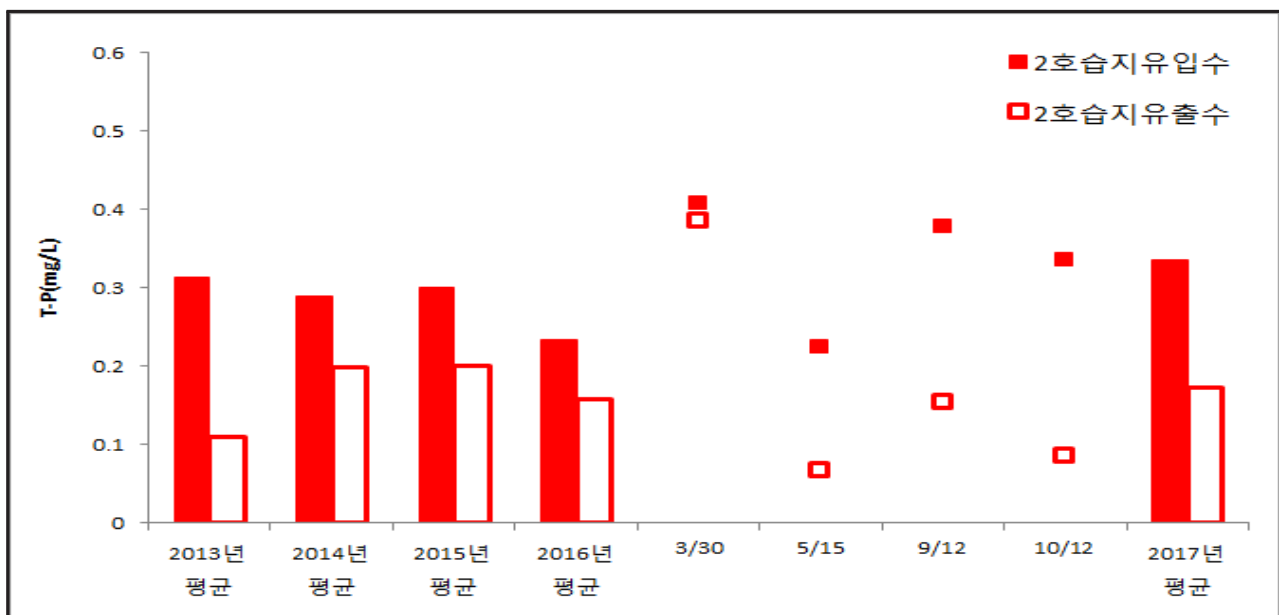


[그림 9-3-9] 둔전지구 2호 인공습지 유입수 및 유출수 T-N 변화

- T-P는 1호 습지의 평균 유입수가 0.271(0.106~0.493)mg/L이었고, 유출수는 0.195 (0.077~0.451)mg/L로 낮아졌고, 2호 습지도 유입수 0.337(0.224~0.408)mg/L에서 유출수 0.173(0.067~0.385)mg/L로 유입수보다 낮아졌다. 5개년 간 T-P의 정화효율을 살펴보면 평균적으로 1호 습지에서 0.28kg/d가 유입되고 0.15kg/d가 유출되어 각 45.8%의 정화 효율을 보였고, 2호 습지에서 0.25kg/d가 유입되고 0.21kg/d가 유출되어 각 14.8%의 양호한 정화효율을 나타내었다.



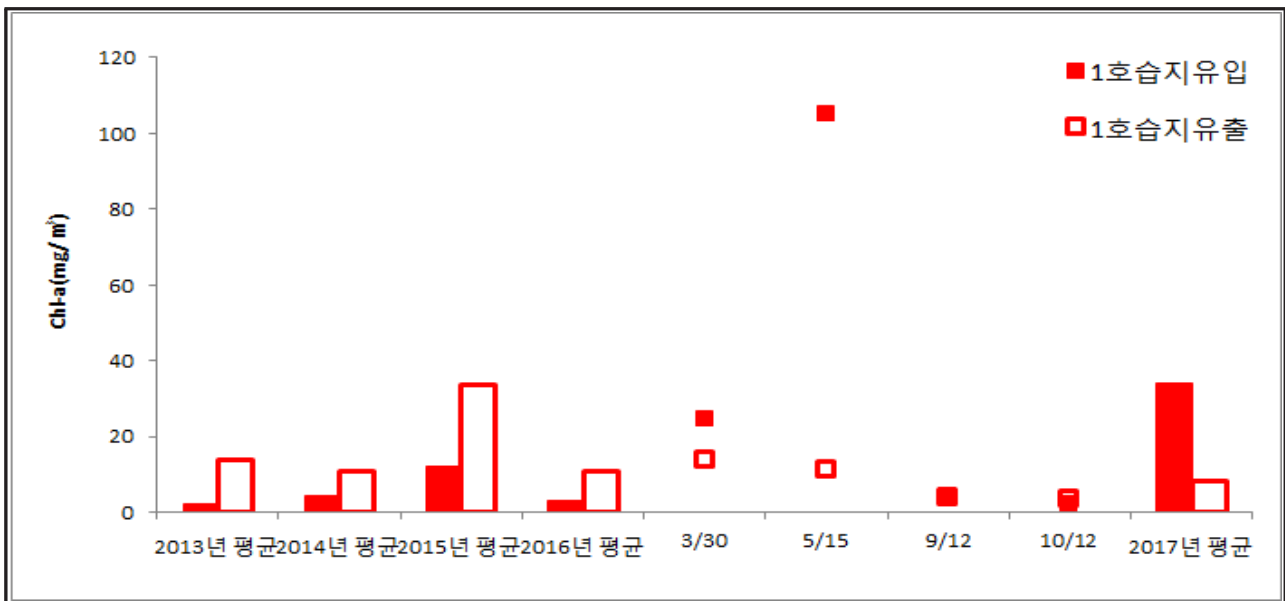
[그림 9-3-10] 둔전지구 1호 인공습지 유입수 및 유출수 T-P 변화



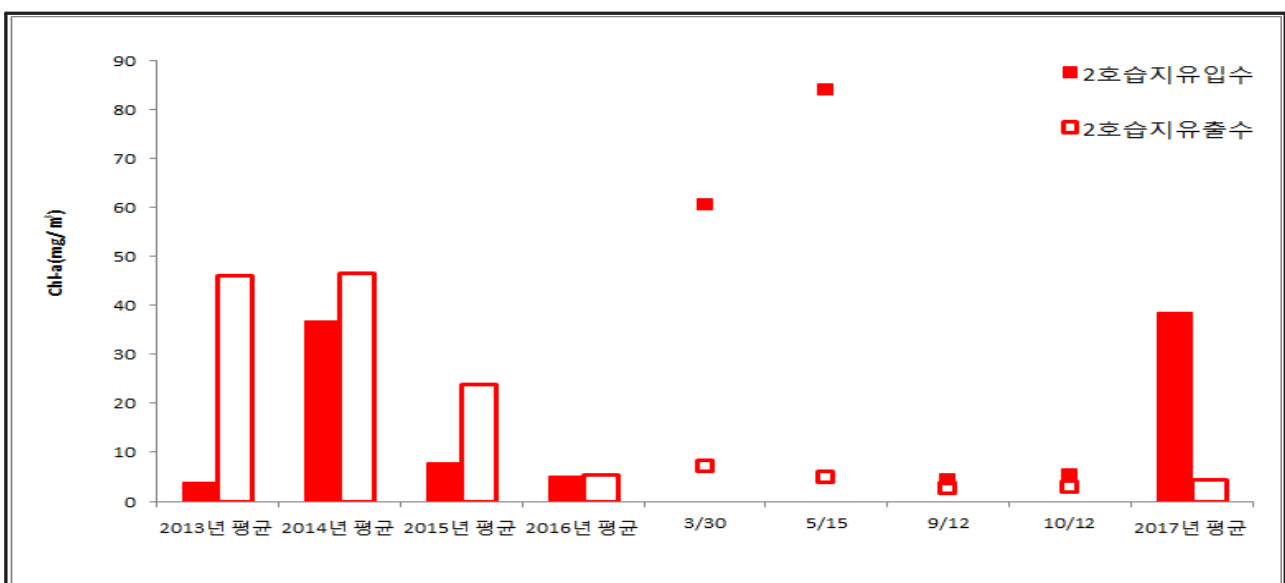
[그림 9-3-11] 둔전지구 2호 인공습지 유입수 및 유출수 T-P 변화



- Chl-a는 평균적으로 1호 습지에서 유입수가 34.1(2.0~105.3)mg/m<sup>3</sup>, 유출수가 8.2 (3.6~13.9)mg/m<sup>3</sup>로 유출수에서 낮아졌으며, 2호 습지에서도 유입수 38.6(4.4~83.9)mg/m<sup>3</sup>, 유출수가 4.4(2.7~7.1)mg/m<sup>3</sup>로 낮아졌다.
- 5개년 간 T-P의 정화효율을 살펴보면 평균적으로 1호, 2호 습지에서 10.4, 32.0g/d가 유입되고 18.6, 26.7g/d가 유출되어 -78.6%, 16.7%의 정화효율을 보였다. 1호 습지의 경우 기상여건으로 인한 유입량 감소와 상대적으로 규모가 큰 습지임에 따라 체류시간이 증가 및 조류의 발생이 나타난 것으로 판단된다.



[그림 9-3-12] 둔전지구 1호 인공습지 유입수 및 유출수 Chl-a 변화



[그림 9-3-13] 둔전지구 2호 인공습지 유입수 및 유출수 Chl-a 변화

### 9.3.2 침강지 수질개선효과

- 수온은 유입수가 11.3~24.2℃이고 유출수가 16.2~25.7℃로 유출수의 수온이 다소 높은 일반적인 경향을 보였다.
- pH는 유입수와 유출수가 각각 7.1~7.9, 7.3~8.0으로 유입과 유출 비슷한 수준을 나타내었으며, 농업용 수질관리기준인 6.0~8.5를 만족하였다.
- EC 역시 유입수가 204~370µS/cm, 유출수가 210~370µS/cm로 비슷한 수준을 나타내었으며, 작물생육에 지장이 없는 기준인 700µS/cm 이하를 만족하였다.
- DO는 유입수가 5.8~13.7mg/L, 유출수가 3.7~10.6mg/L로 유출수에서 다소 낮아졌으나, 농업용 수질관리기준인 2.0mg/L 이상을 만족하였다.

[표 9-3-5] 둔전저수지 침강지 수질변화

구 분		'13년	'14년	'15년	'16년	'17년 평상시 및 강우시					
		평균	평균	평균	평균	1차	2차	3차	4차	평균	강우
수온 (℃)	침강지 유입수	23.9	22.9	25.2	23.9	11.3	22.9	24.2	16.3	18.7	24.2
	침강지 유출수	27.2	25.6	25.5	25.4	16.2	21.9	25.7	18.2	20.5	24.7
pH	침강지 유입수	-	7.4	7.5	7.3	7.1	7.80	7.70	7.90	7.6	7.70
	침강지 유출수	7.2	7.5	7.3	6.9	7.3	7.40	7.80	8.00	7.6	7.50
EC (µS/cm)	침강지 유입수	-	193	173	220	204	370	246	218	260	270
	침강지 유출수	195	211	191	206	312	370	216	210	277	430
DO (mg/L)	침강지 유입수	-	6.5	7.3	7.6	11.6	13.70	5.80	8.40	9.9	5.1
	침강지 유출수	5.9	5.1	4.0	5.4	10.6	8.50	3.70	7.40	7.6	4.9
SS (mg/L)	침강지 유입수	-	3.2	3.5	1.1	12.0	32.5	6.2	2.5	13.3	27.0
	침강지 유출수	16.9	16.3	16.1	6.6	7.7	9.1	2.7	1.2	5.2	25.5
COD (mg/L)	침강지 유입수	4.3	3.7	3.9	3.5	10.4	22.8	4.4	3.0	10.2	10.6
	침강지 유출수	8.7	7.4	12.3	10.3	7.4	15.6	7.0	7.2	9.3	7.0
TOC (mg/L)	침강지 유입수	2.2	2.3	2.8	2.2	6.7	10.8	2.7	2.2	5.6	6.8
	침강지 유출수	5.3	4.7	6.0	6.4	4.8	9.4	4.3	3.7	5.6	3.3
T-N (mg/L)	침강지 유입수	3.658	2.930	3.226	4.48	1.488	1.417	5.709	5.345	3.490	5.753
	침강지 유출수	3.008	1.714	1.538	1.48	3.284	0.979	6.329	9.216	4.952	1.644
T-P (mg/L)	침강지 유입수	0.116	0.087	0.083	0.1	0.493	0.376	0.106	0.110	0.271	0.404
	침강지 유출수	0.116	0.093	0.220	0.1	0.497	0.319	0.160	0.105	0.270	0.152
Chl-a (mg/m <sup>3</sup> )	침강지 유입수	2.8	4.5	2.2	3	24.6	105.3	4.4	2.0	34.1	12.4
	침강지 유출수	20.6	14.2	11.3	22.5	25.8	30.1	13.6	49.6	29.8	24.5

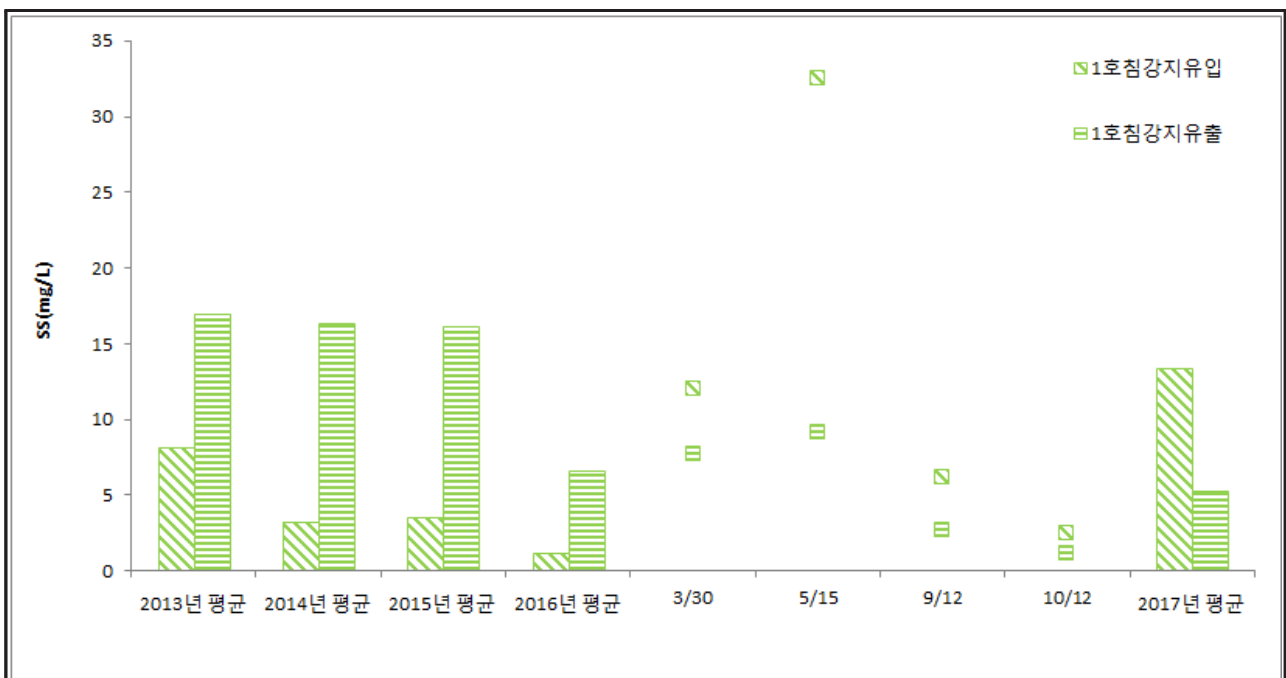
[표 9-3-6] 둔전지구 침강지 수질

구 분		'13~'17년 평균			'13~'17년 평상시			'13~'17년 강우시		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
수온 (°C)	침강지 유입수	22.8	11.3	27.9	23.0	11.3	27.9	22.3	15.2	25.3
	침강지 유출수	24.4	16.1	29.2	24.7	16.2	29.2	23.5	16.1	26.9
pH	침강지 유입수	7.6	6.8	9.5	7.6	6.8	9.5	7.6	7.4	7.9
	침강지 유출수	7.3	6.5	8.1	7.3	6.5	8.1	7.4	7.1	7.9
EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	침강지 유입수	216.5	115.0	370.0	226.4	139.0	370.0	176.8	115.0	270.0
	침강지 유출수	221.5	78.0	430.0	221.8	78.0	370.0	220.6	129.0	430.0
DO (mg/L)	침강지 유입수	8.0	5.1	13.7	8.2	5.6	13.7	6.9	5.1	10.4
	침강지 유출수	5.7	1.1	10.6	5.6	1.1	10.6	5.9	3.6	10.3
SS (mg/L)	침강지 유입수	8.2	0.6	32.5	5.7	0.6	32.5	16.3	3.3	28.7
	침강지 유출수	13.8	1.2	46.0	10.6	1.2	40.3	25.4	5.6	46.0
COD (mg/L)	침강지 유입수	5.6	2.4	22.8	5.2	2.4	22.8	7.0	3.2	10.6
	침강지 유출수	9.3	5.0	16.4	9.2	5.0	16.0	9.6	6.2	16.4
TOC (mg/L)	침강지 유입수	3.4	1.3	10.8	3.3	1.4	10.8	4.0	1.3	6.8
	침강지 유출수	5.3	3.1	9.6	5.5	3.1	9.6	4.7	3.3	7.1
T-N (mg/L)	침강지 유입수	3.403	0.000	7.038	3.158	0.000	7.038	4.286	2.811	5.753
	침강지 유출수	2.588	0.371	9.216	2.538	0.371	9.216	2.770	1.544	4.928
T-P (mg/L)	침강지 유입수	0.151	0.052	0.493	0.130	0.052	0.493	0.223	0.101	0.404
	침강지 유출수	0.170	0.042	0.497	0.153	0.042	0.497	0.231	0.081	0.406
Chl-a (mg/m <sup>3</sup> )	침강지 유입수	11.0	0.5	105.3	10.6	0.5	105.3	12.6	2.7	39.4
	침강지 유출수	19.2	3.8	64.3	19.4	3.8	64.3	18.8	8.0	34.6

[표 9-3-7] 둔전지구 침강지 정화효율

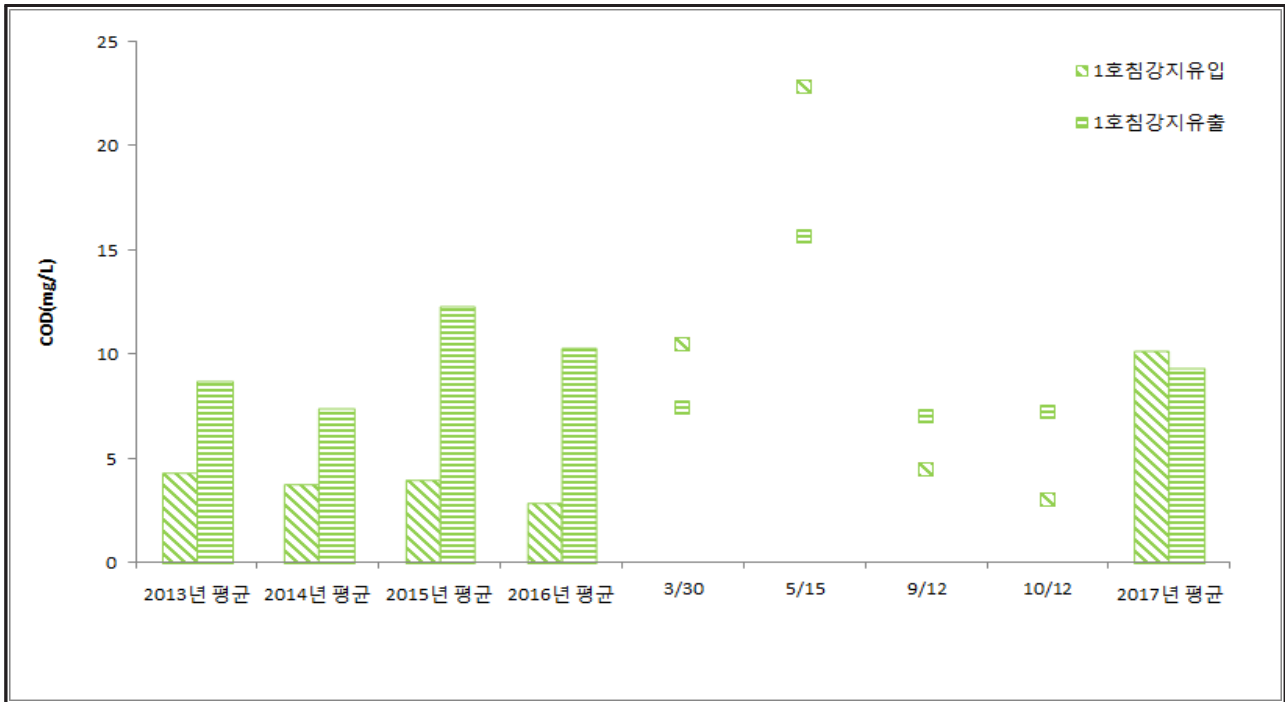
구 분		'13~'17년 평균		'13~'17년 평상시		'13~'17년 강우시	
		부하량	정화효율 (%)	부하량	정화효율 (%)	부하량	정화효율 (%)
SS (kg/d)	침강지 유입수	36.9	-4.9	9.5	44.2	144.0	-4.7
	침강지 유출수	38.7		5.3		150.8	
COD (kg/d)	침강지 유입수	16.3	-8.2	6.9	23.8	56.5	-13.7
	침강지 유출수	17.6		5.2		64.2	
TOC (kg/d)	침강지 유입수	7.8	-30.4	3.8	9.9	25.8	-40.0
	침강지 유출수	10.2		3.4		36.1	
T-N (kg/d)	침강지 유입수	14.1	40.9	3.1	-2.5	55.0	46.2
	침강지 유출수	8.3		3.2		29.6	
T-P (kg/d)	침강지 유입수	0.4	39.9	0.2	36.9	1.5	42.2
	침강지 유출수	0.2		0.2		0.9	
Chl-a (g/d)	침강지 유입수	16.6	-163.8	16.6	70.8	36.3	-389.1
	침강지 유출수	43.8		4.8		177.4	

○ 침강지의 평균 SS는 유입수가 13.3(2.5~32.5)mg/L, 유출수가 5.2(1.2~9.1)mg/L로 유출수에서 낮게 나타났다. 이는 침강지 및 부담에 의한 SS물질의 차단·침전의 효과의 결과로 판단된다.

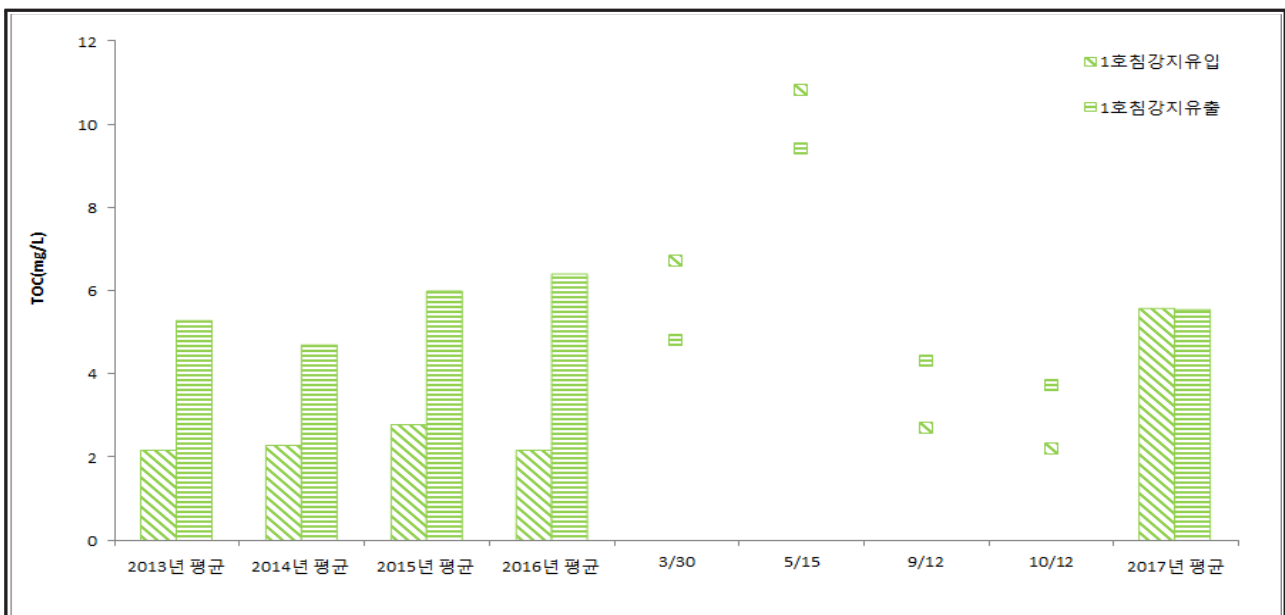


[그림 9-3-14] 둔전지구 침강지 유입수 및 유출수의 SS 변화

- COD도 유입수가 3.0~22.8mg/L, 유출수가 7.0~15.6mg/L이고, TOC의 경우도 유입수가 2.2~10.8mg/L, 유출수가 3.7~9.4mg/L로 수질개선효과가 하반기 이후 떨어지는 경향을 나타내었다. 이는 가뭄으로 인한 유입수의 유량감소와 장기정체현상으로 식물플랑크톤이 성장하여 유기물의 농도를 증가시킨 결과인 것으로 판단된다.

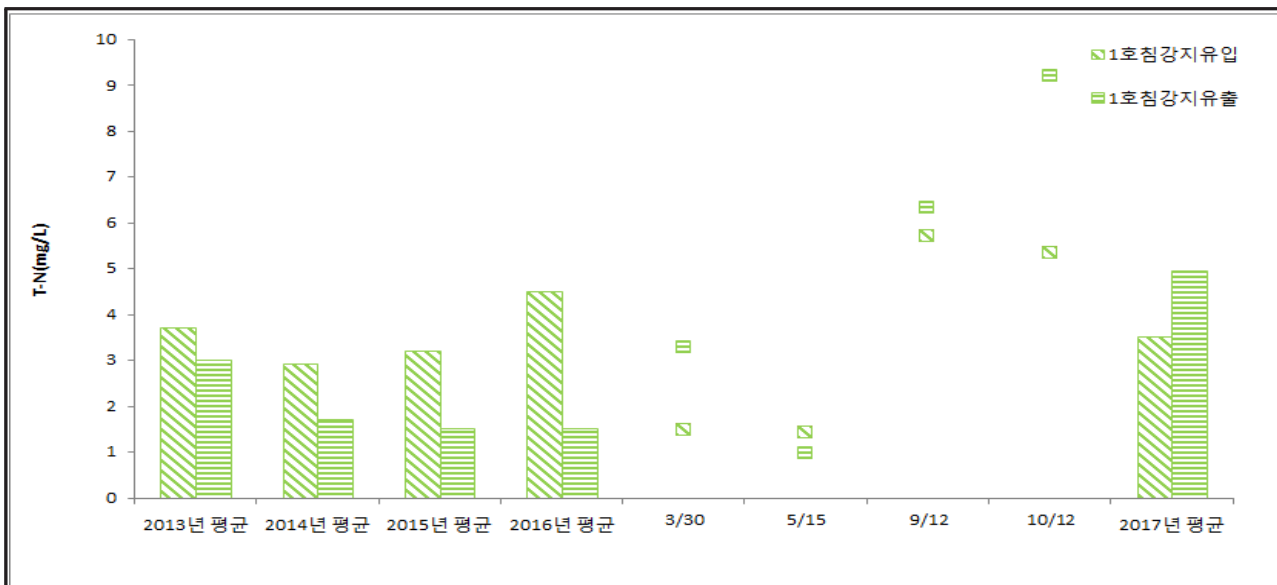


[그림 9-3-15] 둔전지구 침강지 유입수 및 유출수의 COD 변화



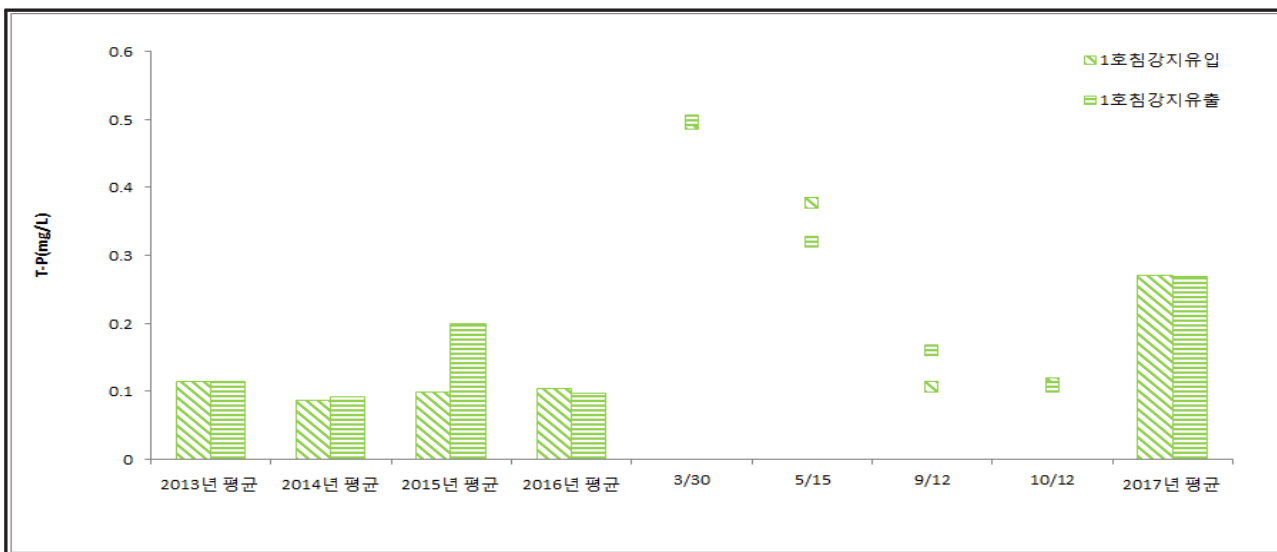
[그림 9-3-16] 둔전지구 침강지 유입수 및 유출수의 TOC 변화

- T-N의 경우 침강지 유입수는 평균 3.490(1.417~5.709)mg/L였으나 유출수는 4.952(0.979~9.216)mg/L로 약간 높아지는 경향을 나타내었다. 역시 가뭄으로 인한 침강지 내 유입수 유량감소와 장기적인 정체현상의 영향으로 수체 내 질산화 과정이 원활하지 않은 결과로 판단된다. 연차별로는 2017년을 제외하고 2013년~2016년도 모두 유입수에 비해 유출수에서 농도가 낮아졌다.



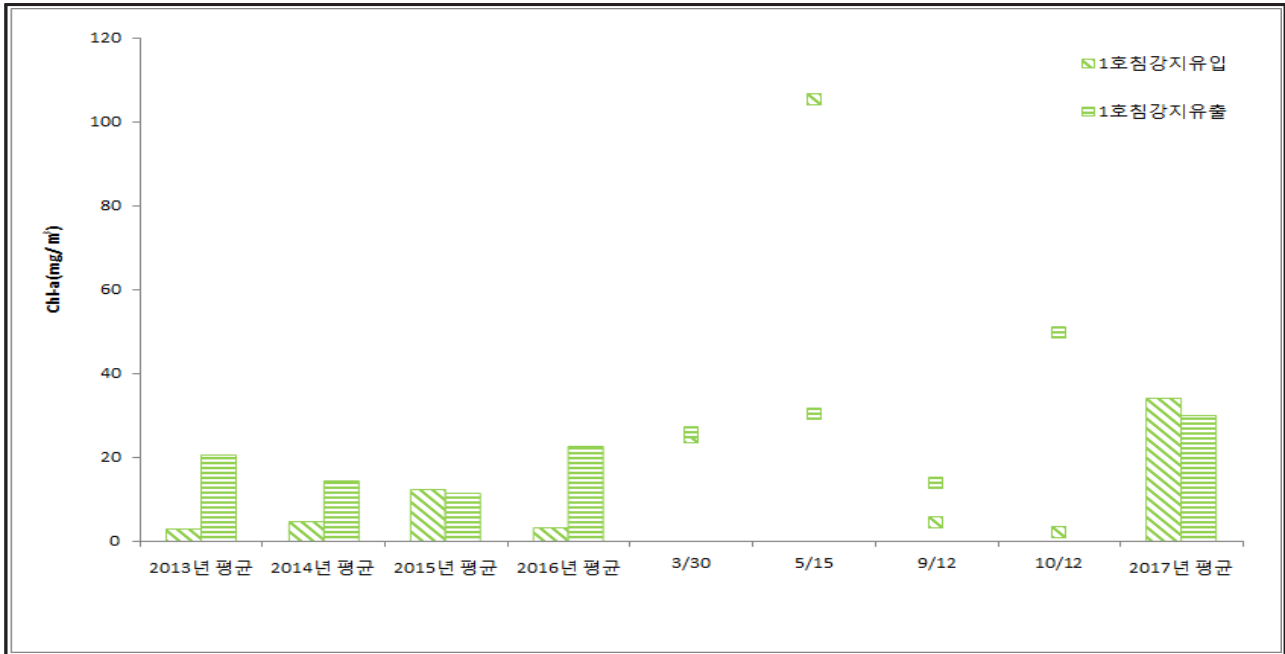
[그림 9-3-17] 둔전지구 침강지 유입수 및 유출수의 T-N 변화

- T-P의 평균 유입수는 0.271(0.074~0.271)mg/L, 유출수는 0.270(0.060~0.306)mg/L로 유입수와 유출수의 농도가 비슷하였다. 이는 습지에서의 정화된 물이 침강지로 들어왔지만, 가뭄으로 인한 침강지 내 유량감소와 장기적인 체류시간의 영향으로 저층부 영양염류가 침출된 결과로 판단되어 진다.



[그림 9-3-18] 둔전지구 침강지 유입수 및 유출수의 T-P 변화

- 침강지의 Chl-a 평균은 유입수가 34.1(2.0~105.3)mg/m<sup>3</sup>, 유출수가 29.8(13.6~49.6)mg/m<sup>3</sup>이며, 정체가 심했던 5월을 제외하고는 침강지에서 Chl-a 수치가 증가하는 경향을 보였다.



[그림 9-3-19] 둔전지구 침강지 유입수 및 유출수의 Chl-a 변화

### 9.3.3 퇴적물 조사 결과

- 둔전저수지의 퇴적물 조사 결과는 1호 인공습지 내 S-1에서 강열감량 4.9%, T-N 822.1mg/kg, T-P 327.2mg/kg이며, 1호 침강지 내 S-2에서 강열감량 5.4%, T-N 1836.8mg/kg, T-P 590.9mg/kg이었다.
- 인공습지와 침강지 모두 퇴적물 오염평가 기준을 만족하는 양호한 수치를 나타내고 있다.

[표 9-3-8] 둔전저수지 인공습지 및 침강지 퇴적물 조사 결과

지 점	토성	강열감량 (%)	T-N (mg/kg)	T-P (mg/kg)	pH	EC (dS/m)	유효인산 (mg/kg)
둔전S-1(습지)	SiCL	4.9	822.1	327.2	5.4	0.114	40.97
둔전S-2(침강지)	L	5.4	1836.8	590.9	5.2	0.154	20.06

[표 9-3-9] 호소 퇴적물 오염평가 기준

항 목		등 급	I	II	III	IV
유기물 및 영양염류	완전연소가능량(%)			-		13 초과
	총질소(mg/kg)			-		5,600 초과
	총인(mg/kg)			-		1,600 초과
비고 : 1. 등급별 퇴적물의 상태<유기물, 영양염류> - IV 등급 : 심각하고 명백한 오염						

\* 자료 : 국립환경과학원예규 제687호, 2015년

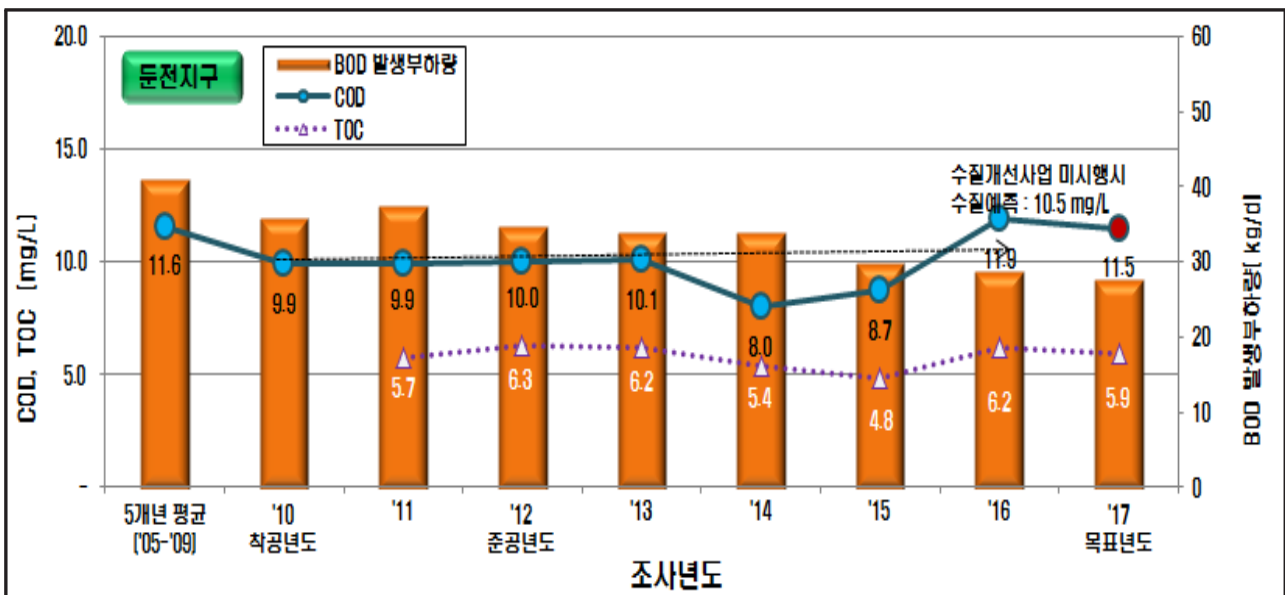


## 9.4. 저수지 수질변화 및 개선효과

- 둔전지구 수질정화시설은 운영 5년차이며, BOD발생 부하량이 준공년도인 2012년도에 34.6kg/d에서 2013년도에는 33.8kg/d, 2014년도에는 34.0kg/d, 2015년에는 29.9kg/d, 2016년에는 28.7kg/d의 수치를 나타내었고, 2017년에도 27.7kg/d로 점차 감소하는 경향을 나타내었다. 이에 따라 둔전저수지의 COD는 2014년도에는 8.0mg/L로 낮아졌으나 2017년 평년의 50% 강우에 이르는 극심한 가뭄으로 11.5mg/L를 나타내었다.
- TOC의 경우 준공년도 이후인 2012년부터 2016년까지 4.8~6.3mg/L의 범위를 보이고 있으며, 목표연도인 2017년에도 관리기준을 만족하는 5.9mg/L를 나타내었다.
- 2017년 1월에서 12월까지 둔전저수지의 평균 저수율은 28.4%로 매우 낮은 저수율을 나타냈다. 이는 극심한 가뭄으로 인한 영향으로 저수지 수질 악화에도 영향을 주는 요인이었을 것으로 판단된다.

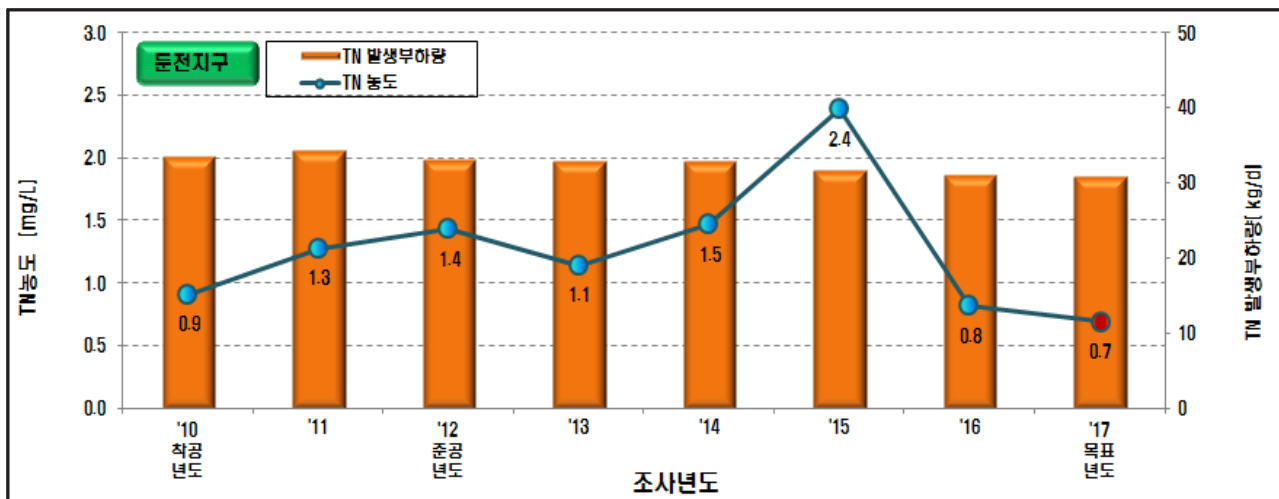
[표 9-4-1] 둔전저수지 월별 저수율 현황

구 분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
저수율(%)	12.9	14.2	15.2	27.5	14.9	0	0	11.8	44	63.9	69	67



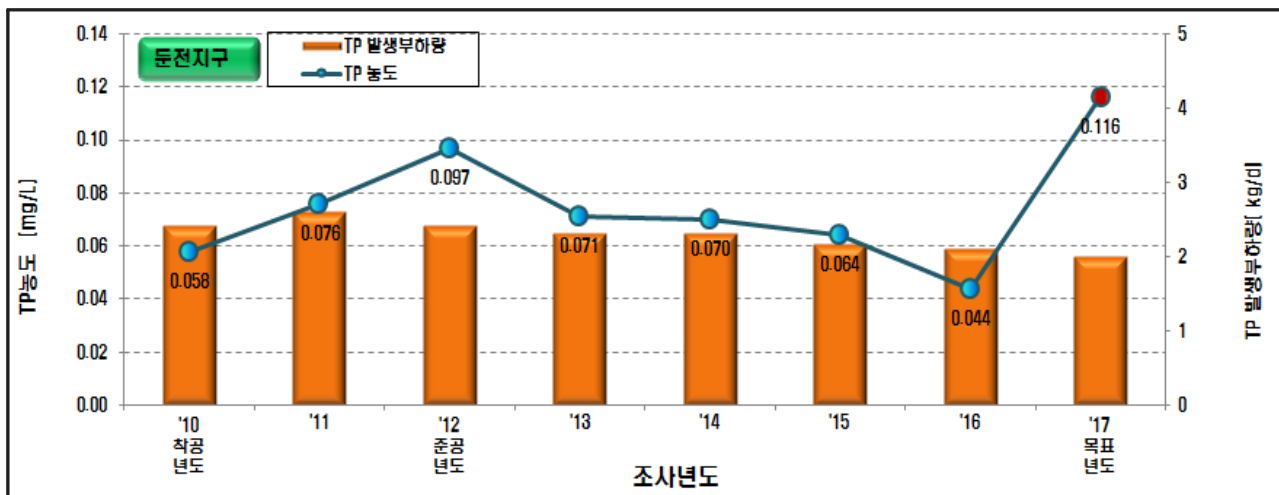
[그림 9-4-1] 둔전저수지 지역의 연도별 BOD 발생부하량 및 둔전저수지 COD, TOC 변화

- 둔전저수지 유역의 T-N 발생부하량은 준공년도인 2012년도의 33.1kg/d에 비해 2013년도와 2014년도에는 32.8kg/d, 2017년도에는 30.9kg/d로 약간 낮아졌으나, 저수지의 T-N농도는 2012년도에 1.4mg/L, 2013년도에는 1.1mg/L, 2014년도에는 1.5mg/L, 2015년도에는 2.4mg/L, 2016년도, 2017년도 0.8mg/L, 0.7mg/L로 개선되었다.



[그림 9-4-2] 둔전저수지 유역의 연도별 T-N 발생부하량 및 둔전저수지 T-N 변화

- T-P 발생부하량은 준공년도인 2012년도의 2.4kg/d이고 2014년도 2.3kg/d 2017년 2.0kg/d로 비슷한 수치를 나타냈으며, 저수지의 T-P농도는 준공년도인 2012년 0.097mg/L, 2014년 0.070mg/L, 2017년 0.116mg/L로 약간 높아진 수치를 나타냈다.



[그림 9-4-3] 둔전저수지 유역의 연도별 T-P 발생부하량 및 둔전저수지 T-P 변화

## 9.5. 현장적용성 향상 및 유지관리 방안

- 시설 유지관리시 고려할 사항으로는 강우시 둔전저수지의 1호 취입보를 세워놓는 경우 주변 농경지 침수에 따른 민원 발생 여지가 있으므로 취입보 가동시 침수방지를 위해 세심한 주의가 필요하며, 올해 극심한 가뭄으로 인해 습지내부 목적식물(갈대)이 완전히 정착하지 못하고 있으므로 추후 지속적인 관리가 필요할 것으로 판단된다.
- 상류대책으로 진도군 의신면 세등리에 계획 중인 소규모 하수처리시설이 조속히 설치될 수 있도록 진도군과 전라남도 등에 적극 요청해야 한다. 이 시설이 설치된다면 둔전저수지 수질개선에 도움이 될 것으로 예상된다.
- 호내대책으로 수생식물(마름)의 적극적인 제어가 필요하다. 마름이 대번성하는 시기(5월~8월) 등 예산 가능범위 내에서 마름제거사업을 실시하는 것도 방법이 될 것이다.
- 가뭄으로 인한 유입수가 부족할 경우를 대비해 1호 인공습지 전방부에 양수펌프 시설(2015년 시설보강사업)이 설치되어 있다. 가뭄 시 적절한 운전을 통한 습지내 유지용수가 지속적으로 공급되어야 할 것이다.

## 9.6. 요약

- 본 과제는 둔전지구 농업용수 수질개선사업을 완료 후 지속적으로 유지관리를 실시하고 개선시설의 지속적인 모니터링을 통하여 정화효과를 파악하고 개선방안을 마련하고, 향후 설계와 유지관리에 적용하여 수질개선사업의 발전에 이바지 할 수 있을 것이다.
- 둔전지구 수질개선사업은 농촌지역의 수질오염 및 자연환경 특성에 적합한 자연정화기능을 이용한 생태공학적 수질개선공법을 적용하였으며, 주요 공법은 침강지와 인공습지이다. 본 사업의 유역내 오염물질 발생부하량은 2011년 사업시행 후 축산감소 등으로 지속적으로 부하량 감소 추세에 있다. 하지만 2017년 강우량이 평년의 50%에 이르는 극심한 가뭄이 나타남에 따라 수질환경에 악영향을 미치는 것으로 판단된다.
- 준공 후 시설의 정비·운영이 미숙할 시점에서 T-N과 T-P항목을 제외한 대부분의 분석항목에서 유출수의 수치가 높게 나타나는 경향을 보였다. 하지만 2017년에는 2호 습지 T-N항목을 제외하고, 1호, 2호 모든 습지에서 유출수의 수질개선이 이루어지고 있는 것으로 나타났다. 시기적으로 가뭄이 본격화된 5월 이후 유지유량이 부족한

1호 습지에서 COD, TOC 등 항목 개선효과가 저하되는 현상을 나타내었다. 이에 따라 평시 습지운영을 위한 유입수 확보 방안이 마련되어야 하며, 가뭄에 따른 습지 내 육지식물 도입을 방지하기 위한 수초제거 등의 노력이 지속적으로 필요할 것으로 판단된다.

- 인공습지에서 가뭄의 영향을 받게 되면 육지식물 등 잡풀의 우점을 통해 정수식물이 성장하지 못하게 되고, 1년생 육지식물일 경우 고사와 분해로 인한 수질오염의 영향이 상대적으로 크게 작용하기 때문에, 절치, 보식 등 정수식물이 정상적으로 자랄 수 있도록 유도할 필요가 있다.

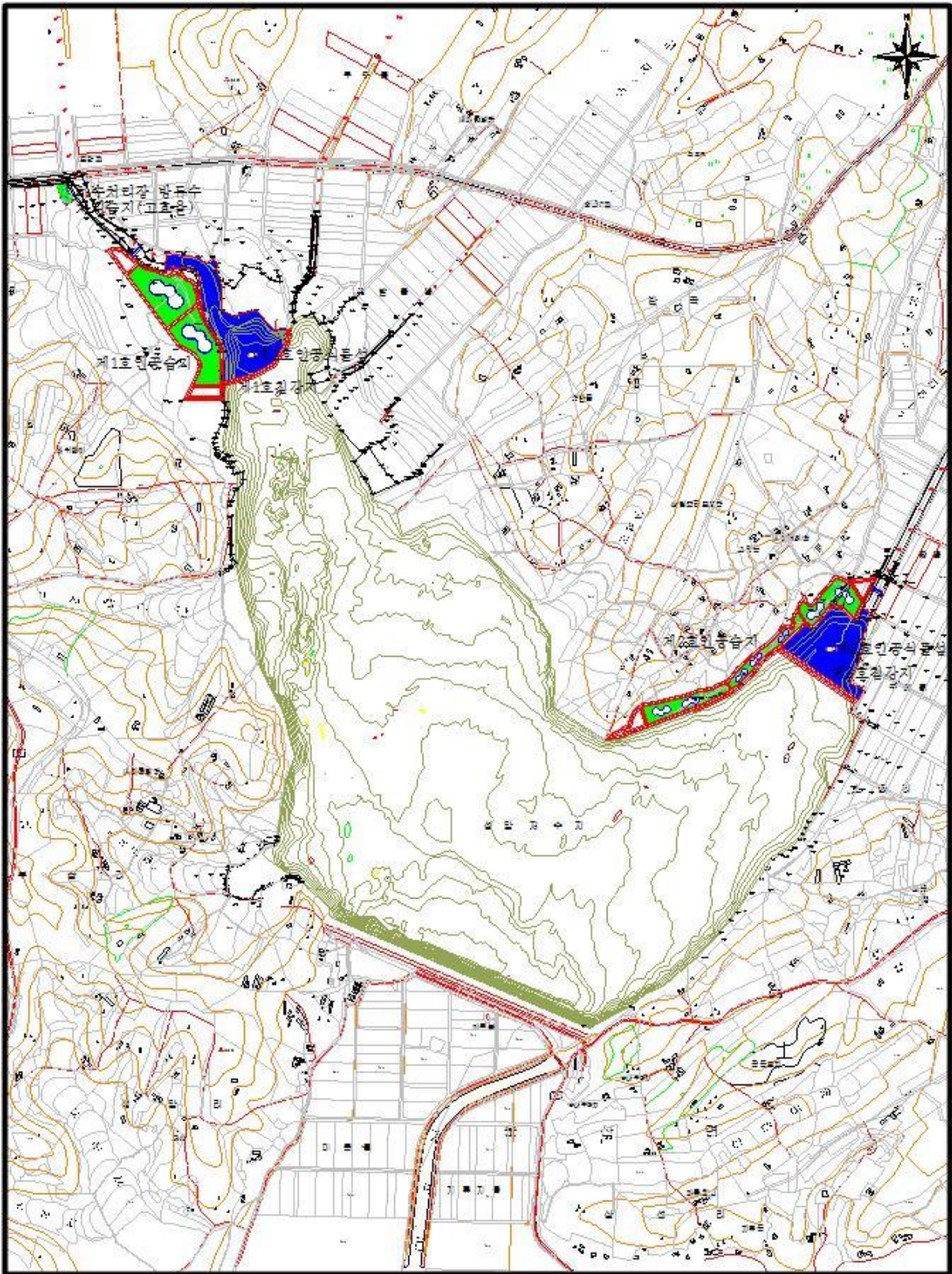
# 10. 성암지구



- 
- 10.1. 지구현황
  - 10.2. 기상 및 수질현황
  - 10.3. 시설별 수질개선효과
  - 10.4. 저수지 수질변화 및 개선효과
  - 10.5. 현장적용성 향상 및 유지관리 방안
  - 10.6. 요약



성암지구 농업용수 수질개선사업 평면도







## 10.1. 지구현황

### 10.1.1 저수지 현황

#### 1) 유역현황

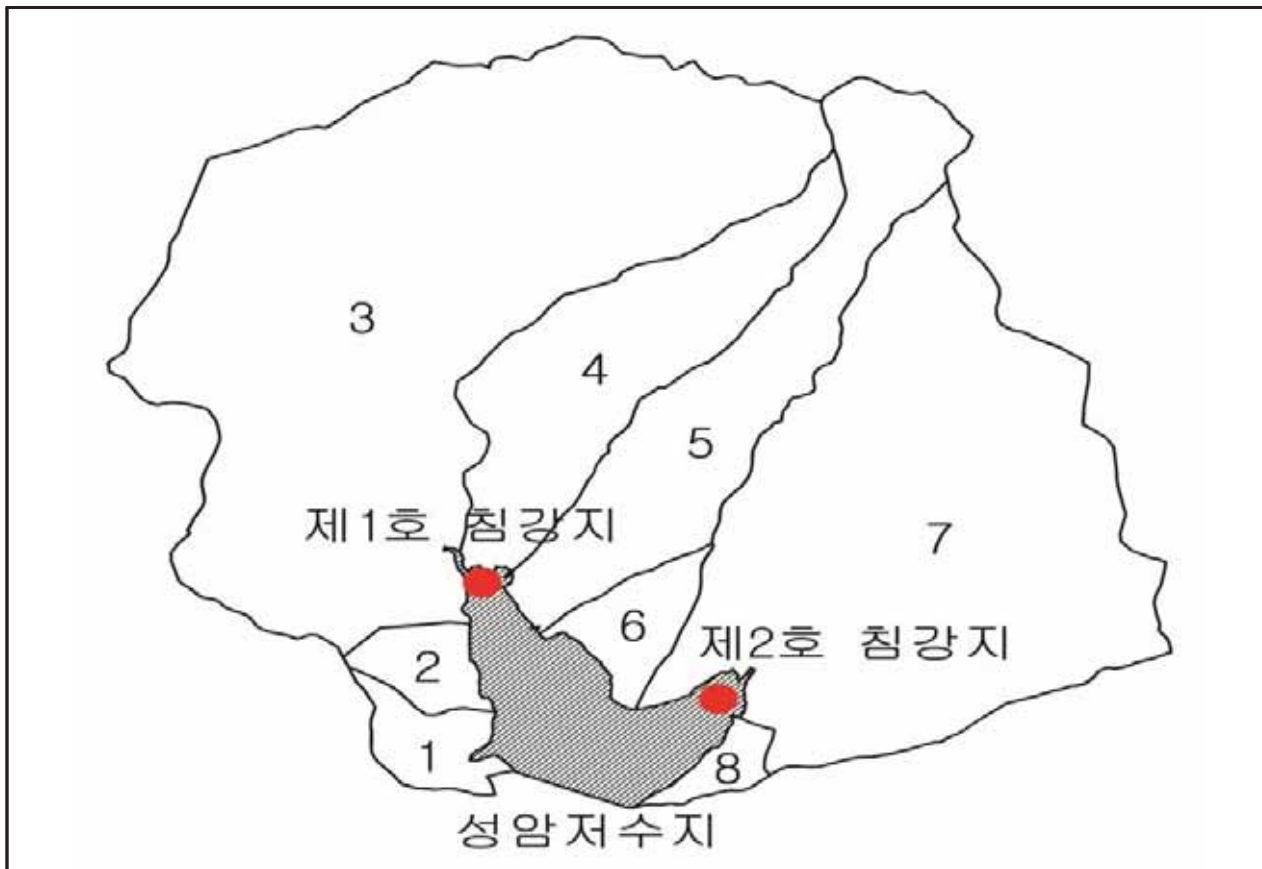
- 성암저수지는 서산시에 위치하며 북쪽은 당진군, 동쪽은 예산군, 남쪽은 홍성군, 서쪽은 태안군과 경계를 이루며 행정구역상 서산시 음암면 탑곡리와 운산면 가좌리에 속한다.
- 본 지구는 지형적으로 북쪽으로 양대산(175m), 북동쪽으로 은봉산(283m) 및 동쪽으로 동암산(175m) 등 해발 150~300m의 비교적 낮은 산지들로 둘러싸여 있으며, 행정구역상 음암면 도당리, 탑곡리, 운산면 가좌리를 포함하고 있다.
- 성암저수지 유역은 북서쪽 외곽지역은 경사가 급격한 산악지형을 이루고 있으나 그 외 대부분의 유역이 경사도가 완만한 구릉성 산지로 이루어져 있고 4개의 수계가 발달되어 저수지로 유입되고 있으며, 수계를 중심으로 농경지가 발달되어 있다. 성암저수지 유역내 농경지의 수혜수는 자체 강우외에 대호호에서 용수로를 통해 일부 공급받고 있다.
- 주요 유입하천중 주수계인 도당천(4.6km, 지방2급하천)은 양대산, 은봉산에서 발원하여 도당2리의 비교적 큰 마을과 음암면 소재지를 경유하여 저수지로 유입된다. 중곡천은 은봉산에서 발원, 탑곡리를 경유하여 저수지에 유입되며, 유하길이 2.8km의 농경배수로 형태를 갖추고 있고, 탑곡리 일원의 농경배수가 그대로 유입되고 있다. 가좌천은 은봉산과 동암산에서 발원하여 가좌리를 경유하는 하천길이 3.6km의 소하천으로 가좌리 일대의 농경배수 및 생활하수가 유입되고 있다.

[표 10-1-1] 성암저수지 경위도상 위치

소재지	단	경도와 위도의 극점			연장거리
		지명	극점		
			위도	경도	
서산시 운산면	동단	운산면 소중리 58-1	36° 47' 21"	126° 32' 39"	동서1.44km 남북1.42km
	서단	음암면 도당리 540	36° 47' 34"	126° 31' 47"	
	남단	운산면 상성리 387-14	36° 46' 57"	126° 32' 18"	
	북단	음암면 도당리 1598	36° 47' 39"	126° 31' 54"	

## 2) 저수지 현황

- 성암수지는 1966년에 설치되었으며, 유역면적 1,936ha, 유효저수량 3,074천m<sup>3</sup>, 수혜농지 624ha, 만수면적 104ha이며, 한국농어촌공사 서산·태안지사가 관리하고 있다.
- 성암저수지 행정리 유역구분은 서산시 음암면 도당리, 탑곡리, 갈산리와 운산면 가좌리, 소중리로 분류되며, 수리수문 분석을 위한 유달울을 고려한 유역구분은 1~7개로 구분하였다.
- 도당천, 가좌천, 중곡천은 일부구간을 제외한 대부분이 자연상태의 하천형태를 유지하고 있으며, 특히 하천의 저수지 유입부에는 줄 및 갈대식생대가 아주 잘 발달되어 수질개선에 효과적인 특성을 가지고 있다.
- 저수지 상류대책으로는 시설용량 125m<sup>3</sup>/일 규모의 도산리 마을하수도가 운영되고 있으며, 호내 대책으로는 수질정화습지 3개소, 침강지 3개소, 인공식물섬 1개소가 운영되고 있다.
- 주요오염원은 생활계로 총 BOD발생 부하량의 63.6%을 차지하며, 2016년 축산계 오염원인 한우 1,275두가 증가 및 돼지 170두가 증가되었다.



[그림 10-1-1] 성암저수지 유역도

[표 10-1-2] 성암저수지 주요시설 현황

소재지	충청남도 서산시 음암면 성암리	
설치년도	1966년	
유역면적	1,936ha	
유효저수량	3,074천m <sup>3</sup>	
수혜농지	624ha	
만수면적	104ha	
관리주체	한국농어촌공사 서산태안지사	

## 10.1.2 수질개선시설 현황

### 1) 주요대책

- 상류대책으로는 음암면 생활하수를 처리하는 음암하수종말처리장(도당리 소재)이 운영되고 있으며, 처리장 방류수가 도당천 하류를 통해 저수지로 유입되고 있다.
- 호내대책으로는 인공습지 3개소(A = 59,756m<sup>2</sup>), 오염물질 침강지 2개소(A = 45,567m<sup>2</sup>), 인공식물섬 2개소(A = 1,000m<sup>2</sup>)가 운영되고 있다.

[표 10-1-3] 성암저수지 수질개선시설 현황

구분	대안	시설	규모	비고
<input type="checkbox"/> 상류대책(서산시 추진)				
1	○하수처리장 방류수 처리 ○부영양화 물질 질소 및 인의 처리	하수처리장	1개소, 시설용량 600m <sup>3</sup> /일	
<input type="checkbox"/> 호내대책				
1	○하수처리장 방류수 처리 ○부영양화 물질 질소 및 인의 처리	여과형 고효율습지	○처리용량 : 600m <sup>3</sup> /일 ○습지면적 : 1,141m <sup>2</sup>	
2	○강우유출수 및 농경배수처리 ○유기오염물질 및 질소, 인 제거	1호 인공습지	○습지면적 : 30,423m <sup>2</sup>	
3	○강우유출수 및 농경배수처리 ○유기오염물질 및 질소, 인 제거	2호 인공습지	○습지면적 : 28,192m <sup>2</sup>	
4	○홍수시 유입되는 침강성 오염 물질 처리	1호 침강지	○면적 : 25,401m <sup>2</sup>	
5	○홍수시 유입되는 침강성 오염 물질 처리	2호 침강지	○면적 : 20,166m <sup>2</sup>	
6	○침강지녹조발생억제 ○생물서식처 제공 및 경관개선	인공식물섬	○면적 : 1,000m <sup>2</sup>	

## 2) 1호 인공습지

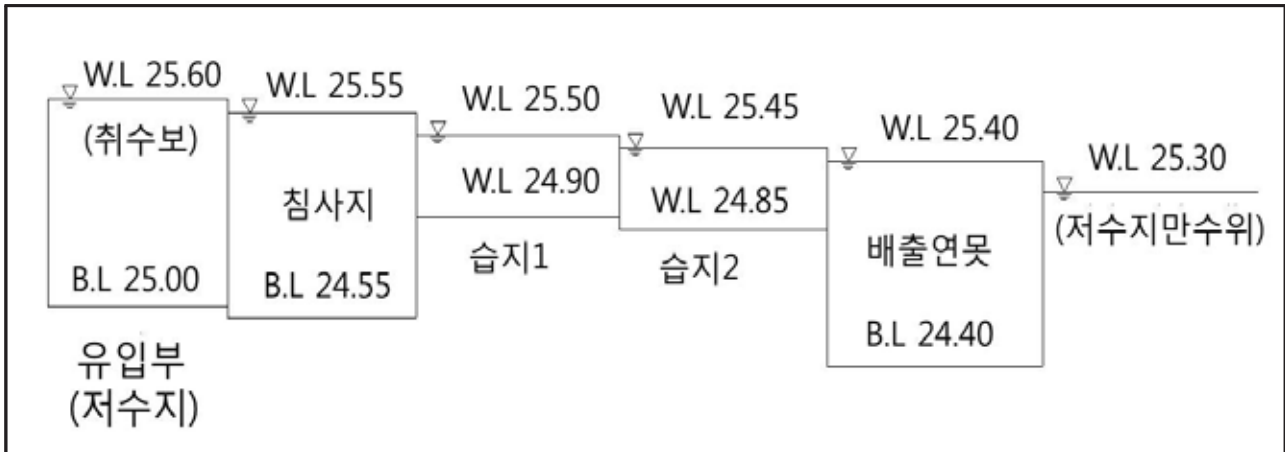
- 유역구분 : 3유역 (CA = 78.68ha)
- 계획유량 :  $Q_p = 11,923\text{m}^3/\text{day} = 496\text{m}^3/\text{hr}$
- 체류시간 : HRT = 24hr 내외 기준
- 인공습지 계획수심 :  $d = 0.60\text{m}$
- 인공습지 필요면적 :  $A_s = (496 \times 24 / 0.60) = 19,840\text{m}^2$
- 성암저수지 유역 3의 일30mm 이하 유출시 유하하는 유입유량을 정화처리하기 위해 필요한 1호 인공습지 계획면적은 관리도로 등을 포함하여  $30,423\text{m}^2$ 으로 계획하였다.
- 이중 습지의 면적은  $22,410\text{m}^2$ 으로 계획하였고, 내용적상으로는  $17,104\text{m}^3$ 으로서 유역에서 유출되는 유출량  $496.0\text{m}^3/\text{hr}$ 이 습지에서 평균적으로 약 34.5시간( $17,104\text{m}^3 / 496.0\text{m}^3/\text{hr}$ ) 정도 체류하도록 계획하였다.

[표 10-1-4] 인공습지 계획유량

구 분	유역 구분	유역면적 (ha)	평균 유입량( $\text{m}^3/\text{일}$ )			계획수량 ( $\text{m}^3/\text{일}$ )	비고
			총유입량	일30mm 이하 유입량	마을하수도 유입량		
계		1,313.42	22,848	20,862		20,861	
1호 인공습지	3	750.21	13,044	11,924	-	11,923	
2호 인공습지	7	563.21	9,804	8,938	-	8,938	

[표 10-1-5] 1호 인공습지 제원

구 분	규모	계획면적 ( $\text{m}^2$ )	계획수심 (m)	내용적 ( $\text{m}^3$ )	비 고	
1호 인공 습지	침사지	1개소	1,012	1.00	1,012	
	인공습지	2개소	15,577	0.60	9,346	
	연못습지	2개소	4,625	0.60	5,550	
	배출연못	1개소	1,196	1.00	1,196	
	관리도로 및 기타		8,013	-	-	
합 계		30,423		17,104		



[그림 10-1-2] 1호 인공습지 수리계통도



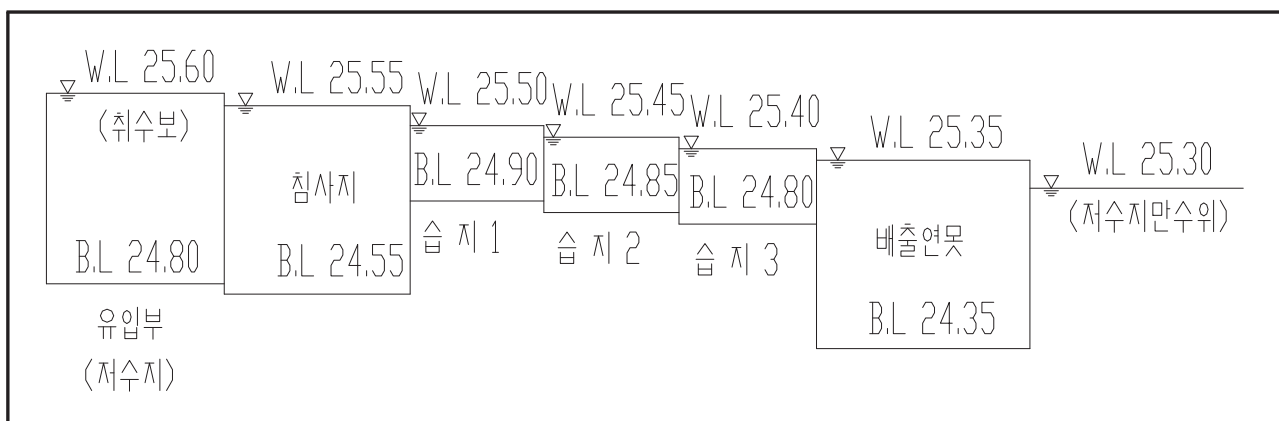
[그림 10-1-3] 1호 인공습지 시설현황

### 3) 2호 인공습지

- 유역구분 : 7유역 (CA=563.21ha)
- 계획유량 :  $Q_p = 8,938\text{m}^3/\text{day} = 372\text{m}^3/\text{hr}$
- 체류시간 : HRT = 24hr 내외 기준
- 인공습지 계획수심 :  $d = 0.60\text{m}$
- 인공습지 필요면적 :  $A_s = (372.0 \times 24 / 0.60) = 14,880\text{m}^2$
- 성암저수지 유역 7의 일30mm 이하 유출시 유하하는 유입유량을 정화처리하기 위해 필요한 2호 인공습지 계획면적은 관리도로 등을 포함하여  $28,192\text{m}^2$ 으로 계획하였다.
- 이중 습지의 면적은  $16,514\text{m}^2$ 으로 계획하였고, 내용적상으로는  $12,324\text{m}^3$ 으로서 유역에서 유출되는 유출량  $372.0\text{m}^3/\text{hr}$ 이 습지에서 평균적으로 약 33.1시간( $12,324\text{m}^3 / 372.0\text{m}^3/\text{hr}$ ) 정도 체류하도록 계획하였다.

[표 10-1-6] 2호 인공습지 제원

구 분	규모	계획면적 ( $\text{m}^2$ )	계획수심 (m)	내용적 ( $\text{m}^3$ )	비 고	
2호 인공 습지	침사지	1개소	746	1.00	746	
	인공습지	3개소	11,975	0.60	7,185	
	연못습지	3개소	3,002	1.20	3,602	
	배출연못	1개소	791	1.00	796	
	관리도로 및 기타		11,678	-	-	
합 계		28,192		12,324		



[그림 10-1-4] 2호 인공습지 수리계통도



[그림 10-1-5] 2호 인공습지 시설현황

#### 4) 고효율습지

- 본 사업지역에 적용된 NPS 여재는 무수히 많은 공극이 존재하여 비표면적이 많고 적당한 양이온 치환능력(CEC)을 보유하여 식물생육을 더욱 촉진시킨다.
- 그리고 30%에 불과한 모래의 공극율과 비교할 때 본 여재는 55%~60%의 공극율을 지니고 있어서 좁은 면적에서 많은 유량을 처리할 수 있다.
- 자유흐름형 인공습지와 고효율형 인공습지의 장점을 동시에 만족할 수 있도록 호기 조건과 혐기조건을 동시에 가지고 있는 상하향류 흐름을 지니고 있다. 원활한 상하류간 흐름 유도 및 수두손실 최소화를 위해 계단형으로 설계하였다. 이를 통해 최대한의 유량을 처리할 수 있으며 유량증가에 따른 월류를 방지 할 수 있다.



[그림 10-1-6] 3호 고효율인공습지 평면도

## 5) 침강지

- 침강지 위치는 유역 중 오염물질 유입이 가장 많은 성암저수지 3, 7유역(전체 직접 유역 유입량의 68.0%)의 하천 말단부 저수지내에 계획하였다.

[표 10-1-7] 1호, 2호 침강지 제원(기본조사 및 세부설계 보고서 참조)

구 분		저수지 전체	1호 침강지	2호 침강지	비 고
수표면적(m <sup>2</sup> )	계획면적	1,041,600	25,401	20,166	
	필요면적	-	20,572	15,895	
시행 후 내용적(m <sup>3</sup> )		3,189,055	102,859	45,486	저수지 : EL.25.30m 침강지 : EL.24.30m
연평균 유입량(m <sup>3</sup> /년)		11,773,450	4,760,960	3,578,300	



- 침강지의 계획 시 가장 중요한 체류시간, 부유물질의 침강속도 등을 살펴보면 강우시 유입하천수의 퇴적속도 실험결과 2시간 이내에 대부분의 입자성 물질이 침강되는 것으로 나타났으며, 문헌(환경공학, George Tchobanogious & Edward. D. Schroeder 공저, 1985년)에 의하면 강우유출수에 포함된 입자성물질이  $d=0.02\text{mm}$  정도의 clay질로 볼 때, 침전속도는  $8.72 \times 10^{-5} \text{m/sec}$ 로 보고 있다.
- 침강지의 평균수심을 2.5m로 볼 때, 필요한 침강속도는 약 8시간 정도 필요한 것으로 나타났다.
- 따라서 본 지구의 침강지 규모는 유역의 유출량(일평균 30mm 초과 유출시 침강지 유입량)에 대하여 체류시간을 약 12시간 이상 확보할 수 있도록 계획하였다.



[그림 10-1-7] 1호 및 2호 침강지 및 인공식물섬 시설현황

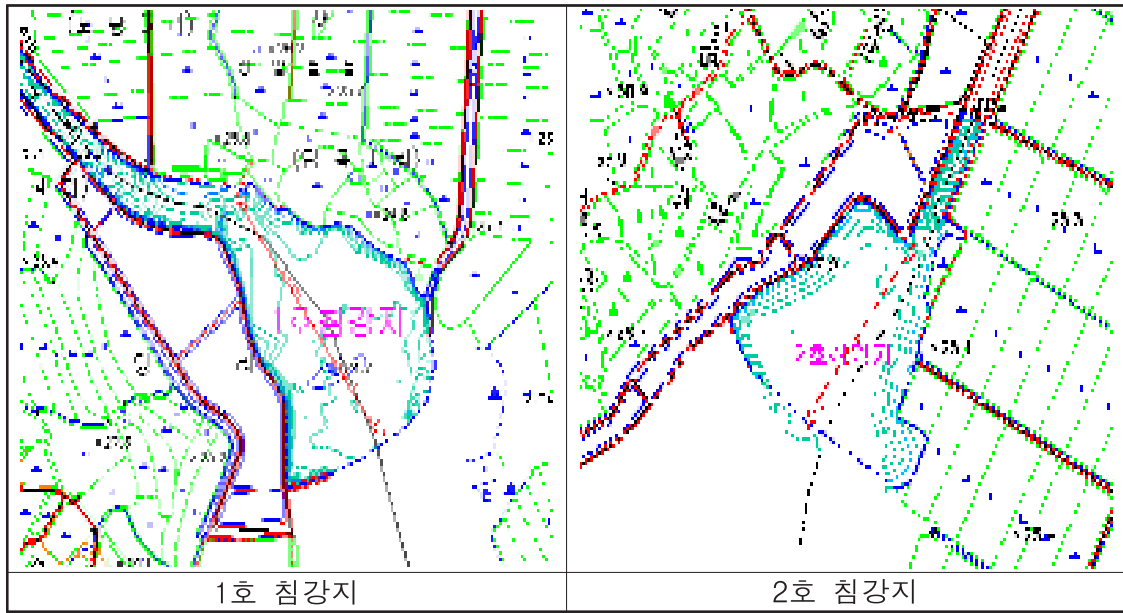


[그림 10-1-8] 1호 및 2호 침강지 평면도

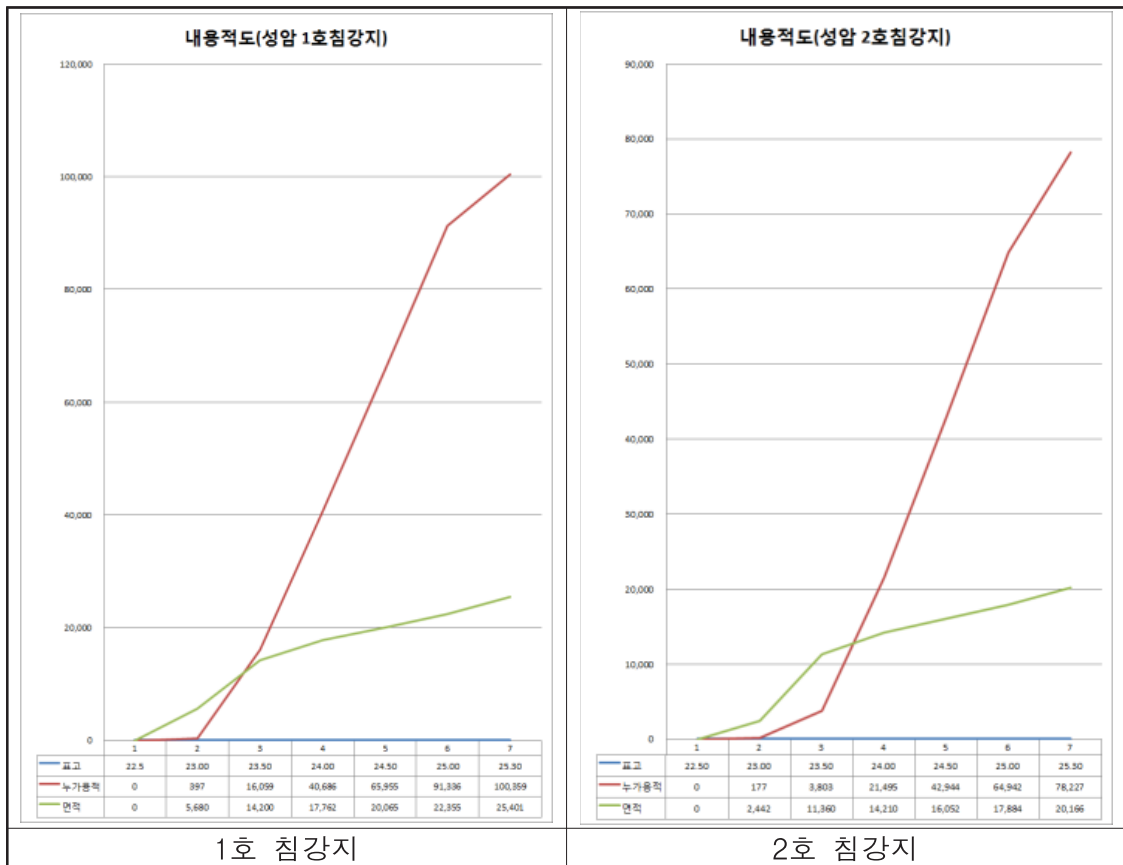


[그림 10-1-9] 하수종말처리장 전경 및 고효율습지 노랑꽃창포 현황

- 성암저수지 침강지의 퇴적량을 산정하기 위하여 2017년 8월 30일부터 9월 8일까지 1호 및 2호 침강지의 내용적 측량을 수행하였다.
- 성암저수지 침강지의 내용적 측량 결과, 1호 침강지는 관측 전 내용적이 102,859 $m^3$ 이었으나 관측 후 내용적은 100,359 $m^3$ 으로 2,500 $m^3$ 이 퇴적된 것으로 나타났다. 2호 침강지는 관측 전 79,477 $m^3$ 에서 관측 후 78,227 $m^3$ 로 1,250 $m^3$ 가 퇴적된 것으로 조사되었다.



[그림 10-1-10] 성암저수지 1호 및 2호 침강지 측량 수심 등고선도



[그림 10-1-11] 성암저수지 1호 및 2호 침강지 내용적도

[표 10-1-8] 성암저수지 1호 및 2호 침강지 내용적 측량 결과

구 분	관측전 면적(m <sup>2</sup> )	관측전 내용적(m <sup>3</sup> )	관측후 내용적(m <sup>3</sup> )	내용적 퇴적량(m <sup>3</sup> )	퇴적율 (%)
1호 침강지	25,401	102,859	100,359	2,500	2.4
2호 침강지	20,166	79,477	78,227	1,250	1.6

## 10.2. 기상 및 수질환경

### 10.2.1 기상현황

#### 1) 기온

- 성암저수지 유역과 가장 가까운 서산기상대에서 측정된 최근의 평균 기온과 최근 30년간 월평균 기온을 표로 나타내었다. 사업시행 전인 2009년 평균기온은 12.3℃이며 평년 평균인 11.9℃보다 다소 높았다.
- 준공연도 이후 2014년에는 기온이 계속 높아져 평균 12.3℃로 나타났으며, 이후 최근 까지 극심한 가뭄 등으로 평년 기온보다 다소 높은 값을 보였다.

[표 10-2-1] 성암저수지 유역 사업시행 전후 월별 기온 분포 [단위 : °C]

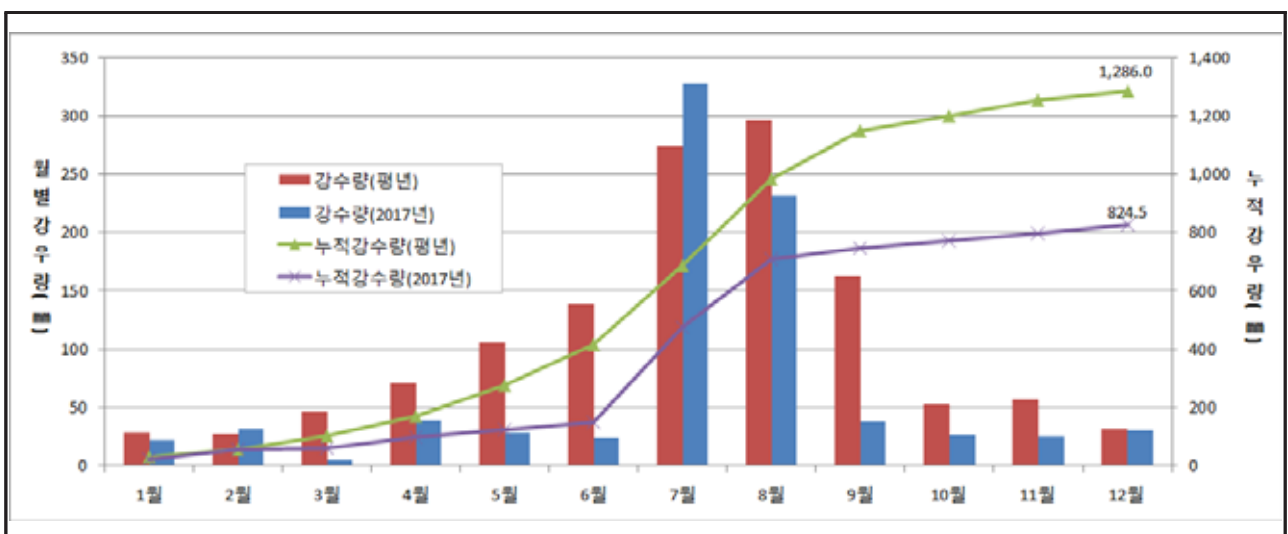
구 분		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균
시행전	2009년	-1.5	2.6	5.6	10.9	17.3	20.9	23.2	24.6	20.5	15.1	7.9	0.6	12.3
	2010년	-2.7	1.1	4.3	8.4	15.2	21.0	24.4	25.7	21.3	13.7	7.0	0.8	11.7
시행중	2011년	-5.2	0.8	3.5	9.5	16.5	20.3	24.1	24.5	20.4	13.0	11.2	0.7	11.6
	2012년	-2.4	-2.0	3.7	10.3	17.8	22.5	24.9	26.2	19.8	13.9	6.0	-2.7	11.5
시행후	2013년	-2.8	-0.9	3.8	8.6	16.3	22.2	25.1	26.6	20.7	14.8	6.3	0.5	11.8
	2014년	-0.8	1.5	6.4	12.2	16.9	21.9	24.5	23.6	20.6	14.4	8.2	-1.4	12.3
	2015년	-0.4	1.0	4.9	11.9	16.8	21.3	24.1	24.9	20.7	14.8	9.5	2.8	12.7
	2016년	-1.7	0.6	5.9	12.5	17.9	21.9	25.2	26.4	21.7	15.3	7.2	2.2	12.9
	2017년	-1.2	-0.4	4.5	12.0	17.4	21.2	25.8	25.2	20.6	15.0	6.2	-0.6	12.1
평년값 (1981~2010)		-2.0	-0.2	4.6	10.9	16.4	21.1	24.3	25.1	20.4	14.0	7.0	0.9	11.9

## 2) 강수량

○ 서산기상대의 평년 12월까지 강수량은 1,286.0mm인데, 사업시행 전인 2009년에는 1,074.3mm로 평년도보다 적었다. 준공년도인 2012년에는 1,642.6mm로 평년 및 2009년보다 강수량이 많았다. 그러나 2013년부터는 급격하게 감소하여 2013년에 1,022.6mm이고, 2014년 1000.1mm, 2015년도 815.1mm, 2016년 922.1mm, 2017년 824.5mm로 최근까지 가뭃이 이어졌다. 이와 같이 성암지구는 최근 5년 동안 지속적으로 평년대비 적은 강수량을 보였다. 따라서 기온은 높고, 강수량은 적어 저수지 수질악화가 가중될 수 있는 환경이었다.

[표 10-2-2] 성암저수지 유역 사업시행 전후 월별 강수량 분포 (단위 : mm)

구분		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합계
시행전	2009년	15.2	26.5	67.0	43.0	117.9	74.9	364.9	196.3	16.0	49.2	59.1	44.3	1,074.3
	2010년	55.5	58.4	79.2	52.2	168.0	94.9	447.1	707.0	402.0	29.1	12.0	36.4	2,141.8
시행중	2011년	8.8	55.8	34.5	96.2	107.9	462.6	656.5	151.2	50.3	18.1	48.9	13.6	1,704.4
	2012년	15.1	2.4	41.6	113.5	14.5	91.1	266.8	647.9	201.5	100.7	82.1	65.4	1,642.6
시행후	2013년	36.8	65.7	60.8	61.8	114.9	94.4	213.8	120.6	147.4	7.7	65.9	32.8	1,022.6
	2014년	7.0	17.0	31.2	85.6	52.7	69.3	151.7	242.3	106.7	117.2	37.8	81.6	1,000.1
	2015년	20.7	23.1	20.6	116.8	40.6	64.1	158.5	63.1	15.1	74.2	154.7	63.6	815.1
	2016년	21.9	61.7	24.3	87.0	153.7	36.8	295.6	34.0	53.1	73.8	17.5	62.7	922.1
	2017년	21.3	31.4	4.8	38.9	27.9	23.3	327.8	231.3	37.6	25.5	24.7	30	824.5
평년값		28.2	26.6	46.3	70.2	105.2	138.4	273.4	295.9	162.4	52.2	56.5	30.7	1,286.0



[그림 10-2-1] 서산기상대 강수량 변화

## 10.2.2 수질현황

### 1) 목표수질 설정

- 성암저수지의 목표수질은 농업용수 관리기준인 IV등급 이하로 COD 8.0mg/L, T-N 1.0 mg/L, T-P 0.1mg/L이다. 2017년도 예측수질은 COD 8.0mg/L, T-N 0.660mg/L, T-P 0.059mg/L이었다.

[표 10-2-3] 성암저수지 목표수질

구 분	목표수질	기본계획(당시) (’07년)	장래 예측수질 (’17)
COD(mg/L)	8.0	9.0	8.0
TOC(mg/L)	6.0	-	-
T-N (mg/L)	1.0	1.641	0.660
T-P (mg/L)	0.1	0.059	0.059
수질등급	IV등급	VI등급	IV등급

### 2) 오염원 현황

- 유역 내 인구수는 사업시행 전인 2009년 2,969명이었으며, 그 이후 2015년까지 2,000명 수준으로 큰 변화를 보이지 않다가 2016부터 증가하기 시작하여 2017년에 2,473명이었다.

[표 10-2-4] 성암저수지 유역 내 인구변화 추이

구 분	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
인구(명)	2,969	2,129	2,075	2,121	2,001	2,007	1,949	2,621	2,473

- 축산두수는 한우가 2009년 436두였으나 2011년에 1,305두가 되었고, 준공년도인 2012년에는 1,092두로 늘어났다. 그러나 그 이후 감소되어 2013년도에는 978두, 2014년에는 875두로 감소되었으나, 2016년부터 다시 증가되어 2017년 1,157두로 사업시행 전에 비해 증가되었다. 젓소의 경우는 2009년에 68두, 그 이후 증감을 반복하다가 2017년에는 60두로 사업시행 전과 비슷한 수준이었다. 돼지의 경우는 2009년에 775두였으며 이후 점차로 줄어들어 2014년, 2015년의 경우 돈사는 없어졌으나, 2016년부터 다시 돈사 시설이 들어서기 시작하여 2017년에는 2,170두로 크게 증가하였다.

[표 10-2-5] 성암저수지 유역 내 연도별 축산변화

구분	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
한우(두)	436	1,138	1,305	1,092	978	875	902	1,275	1,157
젖소(두)	68	60	47	53	66	3	61	60	60
돼지(두)	775	27	42	43	38	-	-	170	2,170

- 총 유역면적은 1,936ha로 논과 밭이 각각 35.3%, 27.4%를 차지하고 있으며, 임야(18.1%)와 기타(19.2%)에 비해 더 많은 부분을 차지하고 있었다. 논과 밭의 면적의 합은 전체 유역 면적의 62.7%를 차지하고 있어 강우 시 경작지로부터 높은 농도의 비점오염물질이 저수지로 유입될 수 있다.

[표 10-2-6] 성암저수지 유역 내 지목별 토지이용현황

구분	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
계	1,936	1,936	1,936	1,936	1,936	1,936	1,936	1,936	1,936
전(ha)	530	530	530	530	530	530	530	530	530
답(ha)	684	684	684	684	684	684	684	684	684
임야(ha)	351	351	351	351	351	351	351	351	351
기타(ha)	371	371	371	371	371	371	371	371	371

### 3) 오염부하량

- 저수지의 유역 내 오염물질 발생부하량은 대부분이 점오염원으로 BOD 발생부하량 기준 89.8%를 차지하고 있다.

[표 10-2-7] 2017년 성암저수지 유역 내 발생부하량

구분		점오염원					비점오염원					계	
		생활계 (인)	축산계(두)			산업계 (m <sup>3</sup> /일)	토지현황(ha)				소계		
			한우	젖소	돼지		전	답	임야	기타			
원수		2,473	1,157	60	2,170	0	530	684	351	371			
BOD	부하량 (kg/일)	121.2	77.5	7.0	69.4	0.0	275.1	8.5	15.7	3.5	3.7	31.4	306.5
T-N	부하량 (kg/일)	32.6	46.3	3.8	32.3	0.0	115.0	50	44.9	7.7	0.2	102.8	217.8
T-P	부하량 (kg/일)	3.7	4.0	0.6	7.2	0.0	15.5	1.3	4.2	0.5	0.1	6.1	21.6

- 점오염원 중 축산계가 50.2%로 가장 많았고, 생활계 39.5%였으며, 비점오염원은 대부분 담(5.1%), 전(2.8%)이 차지하였다.
- 연도별 오염물질 발생량은 시설 운영 전인 2009년 BOD 238.9kg/일, T-N 175.2kg/일, T-P 15.4kg/일이었고, 이후 큰 변화를 보이지 않다가 2014년 BOD 188.7kg/일, T-N 164.5kg/일, T-P 12.2kg/일로 최저값을 보였다.
- 2016년부터 다시 증가하기 시작하여 2017년에 BOD 306.5kg/일, T-N 217.8kg/일, T-P 21.6kg/일로 높은 발생부하량을 나타내고 있다. 이는 유역 내 축산증가에 따른 것으로 판단되며, 2017년에는 특히 돼지 사육두수가 크게 증가되었다.

[표 10-2-8] 성암저수지 유역 내 연도별 오염물질 발생부하량

구 분	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
BOD(kg/d)	238.9	219.8	227.3	216.1	203.8	188.7	194.4	257.6	306.5
T-N(kg/d)	175.2	180.6	186.0	178.5	173.1	164.5	168.5	194.7	217.8
T-P(kg/d)	15.4	14.0	14.4	13.8	13.3	12.2	12.8	15.7	21.6

#### 4) 수질현황

- 성암저수지 수질현황은 준공년도인 2012년에 COD 6.4mg/L, T-N 2.230mg/L, T-P 0.061mg/L을 나타내었고, 2014년에 항목별로 가장 높은 값을 보였으며, 이후 최근 까지 충남관내 지속적인 가뭄 및 유입수량 부족으로 인공습지 및 침강지의 수질 개선효율이 반감되었다. 2017년에는 COD 8.6mg/L, TOC 4.8mg/L, T-N 1.327mg/L, T-P 0.071mg/L로 목표수질을 상회하고 있다.

[표 10-2-9] 성암저수지 수질현황

구 분 (mg/L)	5개년 평균	'09년 (착공시)	수질 변화							목표수질
			'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	
COD	8.3	9.0	5.7	6.4	7.6	9.8	8.6	8.9	8.6	8.0이하
TOC	4.5	-	2.9	3.6	4.5	5.3	4.3	4.7	4.8	6.0이하
T-N	1.815	1.641	2.446	2.230	2.225	1.505	1.337	1.778	1.327	1.0이하
T-P	0.074	0.059	0.083	0.061	0.085	0.103	0.064	0.058	0.071	0.1이하



### 10.3. 시설별 수질개선효과

- 수질조사 지점은 고효율형 습지인 고효율습지의 유입부(①)와 유출부(②), 지표 흐름형 습지 유입부 및 1호 침강지(③), 1호 인공습지 유출부(④), 1호 침강지 유출부(⑤), 2호 침강지 및 인공습지 유입부(⑥), 2호 인공습지 유출부(⑦) 및 2호 침강지 유출부(⑧) 등 총 8지점에서 조사하였다.

[표 10-3-1] 성암저수지 수질조사시기

구분	조사횟수	조사일자				
		1차	2차	3차	4차	강우시 <sup>1)</sup>
수질조사	5회	2017.04.18	2017.09.06	2017.10.17	2017.11.13	2017.07.25
퇴적물조사	1회	-	-	2017.10.17	-	-

1) 강우시 강우량 : 25.9mm



[그림 10-3-1] 성암지구 수질조사 지점

### 10.3.1 인공습지 수질개선효과

- 수질조사 시 각 조사차수별 저수율은 1차 79.6%, 2차 86.1%, 3차 88.7%, 4차 91.7%, 그리고 강우시 89.7%이었다.
- 평균 수온 변화는 고효율습지의 유입수가 19.6℃인 반면, 유출수는 17.4℃로 큰 차이가 없었고, 1호 지표흐름 인공습지(이하 1호 습지) 유입수는 14.1℃인 반면, 유출수는 13.4℃, 2호 지표흐름 인공습지(이하 2호 습지)는 유입수가 14.4℃, 유출수는 12.9℃로 나타났다.
- 평균 pH는 고효율습지 유입수가 7.5, 유출수가 8.0으로 큰 차이가 없고, 1호 습지 유입수는 7.9, 유출수는 8.0, 2호 습지는 유입수가 8.3이고 유출수는 8.0으로 큰 차이가 없었으며, 모든 구간에서 농업용수 관리기준(6.0~8.5)을 만족하였다.
- 평균 EC는 고효율습지 유입수가 543 $\mu$ S/cm, 유출수가 501 $\mu$ S/cm로 유사하였다. 1호 습지는 유입수가 609 $\mu$ S/cm이고 유출수가 574 $\mu$ S/cm, 2호 습지 유입수는 262 $\mu$ S/cm이고 유출수가 256 $\mu$ S/cm이었다. 고효율습지는 인근 하수처리장의 방류수 정화를 위해 조성된 습지로서 조사기간 동안 유·출입수 모두 대체적으로 500 $\mu$ S/cm 내외의 일정한 값을 유지하였으며, 1호 습지에서도 유·출입수 모두 연중 큰 변동 없이 일정한 값을 나타내었다. 2호 습지에서는 연중 300 $\mu$ S/cm이하로 고효율습지나 1호 습지에 비해 상대적으로 낮은 값을 보였다. 성암지구 유·출입수 모두 작물 생장에 지장이 없는 수준이었다(기준 700 $\mu$ S/cm이하, 캘리포니아대학교 대외 협력국(UCCES) 농업용수 관리 기준지침).
- 평균 DO는 고효율습지 유입수가 5.1mg/L, 유출수는 7.4mg/L이었고, 1호 습지에서는 유입수가 6.2mg/L, 유출수는 3.0mg/L으로 나타났고, 2호 습지의 유입수는 9.0mg/L, 유출수는 2.1 mg/L이다. 이처럼 고효율습지를 제외하면 대체적으로 유입수에 비해 유출수의 DO 농도가 더 낮아지는 경향을 보였는데, 이는 유입수가 습지를 통과하는 동안 미생물이 오염물질을 분해하면서 DO를 소비하기 때문인 것으로 판단된다. 그러나 유출수 모두 농업용수 권장기준인 2.0mg/L 이상을 유지하고 있었다.
- 평균 SS는 고효율습지 유입수가 8.5mg/L이며, 유출수가 4.6mg/L로 나타났다. 고효율습지에서는 조사시기와 관계없이 대체적으로 일정한 양의 하수처리 방류수가 유입되고 있으며, 여과처리를 거친 후 방류되는 하수처리수 특성상 고농도의 부유물질 유입은 없는 것으로 판단된다. 그러나 하수처리장에서 고효율습지 유입부까지 개거식 수로로 연결되어 있기 때문에 부유쓰레기 등 비점오염원의 유입에 의해 일시적으로 농도가 증가할 수 있다. 1호 습지는 유입수가 4.5mg/L, 유출수는 5.8mg/L이었고, 2호 습지는 유입수가 2.1mg/L, 유출수가 5.8mg/L을 나타내었다.

[표 10-3-2] 성암저수지 고효율습지 수질변화

구 분		'13년	'14년	'15년	'16년	'17년 평상시 및 강우시					
		평균	평균	평균	평균	1차 (04.18)	2차 (09.06)	3차 (10.17)	4차 (11.13)	평균	강우 (07.25)
수온 (°C)	유입수	22.6	22.7	22.9	24.6	17.5	25.3	18.6	16.8	19.6	26.7
	유출수	22.0	22.1	22.3	23.3	14.6	23.2	17.6	14.1	17.4	29.2
pH	유입수	7.1	7.7	7.5	6.1	7.2	7.4	7.6	7.7	7.5	6.3
	유출수	7.5	7.5	7.3	6.3	7.8	7.7	8.1	8.2	8.0	6.9
EC (μS/cm)	유입수	517	461	422	539	502	516	561	591	543	569
	유출수	504	435	392	548	436	508	511	548	501	569
DO (mg/L)	유입수	6.5	6.3	6.9	6.0	5.7	4.1	5.3	5.3	5.1	4.5
	유출수	6.5	4.2	4.8	3.8	11.1	5.2	7.0	6.1	7.4	6.8
SS (mg/L)	유입수	6.2	13.3	17.7	4.4	5.8	8.5	13.3	6.4	8.5	9.5
	유출수	9.3	5.3	6.4	12.6	3.2	4.2	7.7	3.3	4.6	3.8
COD (mg/L)	유입수	11.3	10.3	10.7	10.3	12.4	9.2	11.0	10.0	10.7	10.0
	유출수	9.6	8.5	8.9	10.2	10.8	7.6	8.2	7.0	8.4	8.6
TOC (mg/L)	유입수	5.7	5.7	5.8	5.7	6.1	5.4	5.8	6.0	5.8	5.9
	유출수	5.2	5.2	5.5	5.5	6.8	4.8	5.1	4.8	5.4	5.6
T-N (mg/L)	유입수	12.1	6.9	6.9	7.261	9.032	8.959	10.596	8.567	9.289	7.559
	유출수	9.3	4.6	4.7	6.705	8.824	7.724	8.569	7.800	8.229	6.503
T-P (mg/L)	유입수	2.0	1.8	1.7	1.994	0.262	0.813	0.699	0.869	0.661	0.447
	유출수	1.6	1.6	1.8	1.854	0.318	0.751	0.844	0.702	0.654	0.538

[표 10-3-3] 성암저수지 1호 인공습지 수질변화

구 분		'13년	'14년	'15년	'16년	'17년 평상시 및 강우시					
		평균	평균	평균	평균	1차 (04.18)	2차 (09.06)	3차 (10.17)	4차 (11.13)	평균	강우 (07.25)
수온 (°C)	1호 유입수	20.7	22.2	22.8	22.4	14.4	16.9	16.4	8.8	14.1	26.8
	1호 유출수	22.0	22.1	22.3	21.8	15.3	20.9	8.3	9.2	13.4	27.8
pH	1호 유입수	7.6	7.6	7.3	6.7	7.8	7.5	8.1	8.1	7.9	6.7
	1호 유출수	7.6	7.6	7.4	6.6	7.8	7.8	7.9	8.5	8.0	6.8
EC (μS/cm)	1호 유입수	728	869	898	1570	584	643	621	587	609	850
	1호 유출수	706	1,061	1,157	1507	486	631	661	519	574	542
DO (mg/L)	1호 유입수	7.1	6.3	6.2	5.2	6.3	4.4	5.9	8.3	6.2	3.3
	1호 유출수	7.0	5.1	5.8	2.5	2.7	1.6	0.1	7.5	3.0	0.1
SS (mg/L)	1호 유입수	25.9	17.7	19.7	8.9	11.4	2.7	2.0	1.8	4.5	6.6
	1호 유출수	14.2	10.1	7.4	8.3	4.5	1.4	6.7	10.4	5.8	6.7
COD (mg/L)	1호 유입수	7.5	8.5	9.6	9.4	8.2	4.2	2.8	2.8	4.5	7.6
	1호 유출수	6.6	11.5	11.5	10.0	9.6	5.4	7.6	8.6	7.8	7.2
TOC (mg/L)	1호 유입수	3.5	4.2	4.4	4.5	4.7	2.4	1.7	1.7	2.6	4.8
	1호 유출수	3.4	6.6	6.4	4.9	5.6	3.1	4.1	5.1	4.5	4.9
T-N (mg/L)	1호 유입수	3.3	2.6	2.3	4.503	1.765	2.225	2.616	2.154	2.190	2.088
	1호 유출수	2.3	1.8	1.7	2.815	0.594	0.361	0.516	1.109	0.645	2.105
T-P (mg/L)	1호 유입수	0.1	0.5	0.3	0.496	0.090	0.061	0.048	0.036	0.059	0.111
	1호 유출수	0.1	0.3	0.1	0.538	0.087	0.024	0.110	0.049	0.068	0.109

[표 10-3-4] 성암저수지 2호 인공습지 수질변화

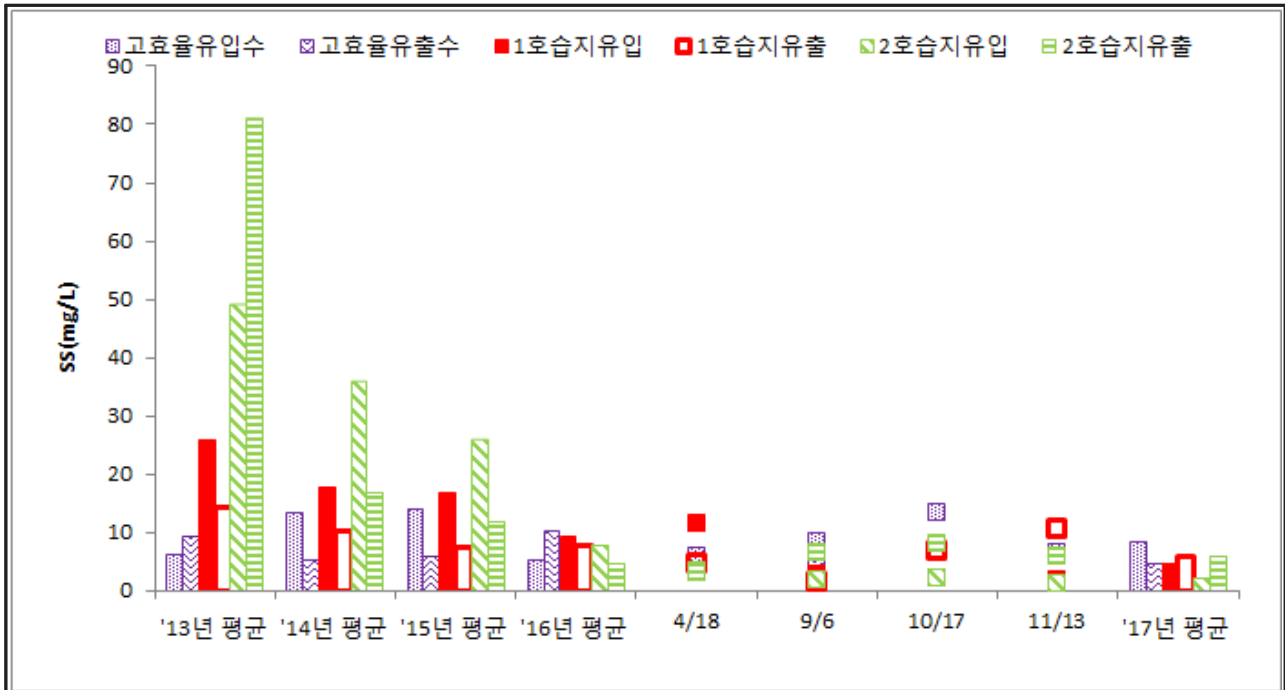
구 분		'13년	'14년	'15년	'16년	'17년 평상시 및 강우시					
		평균	평균	평균	평균	1차 (05.23)	2차 (08.25)	3차 (09.27)	4차 (10.19)	평균	강우 (07.12)
수온 (°C)	2호 유입수	20.7	21.5	22.1	21.1	13.3	20.4	15.7	8.4	14.4	26.2
	2호 유출수	22.9	22.5	22.7	21.8	14.3	16.5	14.7	6.1	12.9	25.1
pH	2호 유입수	7.3	7.9	7.7	7.0	8.1	8.1	8.5	8.6	8.3	6.8
	2호 유출수	7.7	7.8	7.5	6.3	8.0	7.6	8.2	8.3	8.0	7.0
EC ( $\mu$ S/cm)	2호 유입수	165	240	250	205	285	271	246	247	262	298
	2호 유출수	181	208	221	170	248	196	255	323	256	282
DO (mg/L)	2호 유입수	8.4	6.8	6.6	6.3	9.5	6.4	10.6	9.4	9.0	4.6
	2호 유출수	7.8	4.9	4.5	3.1	6.0	0.1	1.8	0.4	2.1	4.6
SS (mg/L)	2호 유입수	49.0	36.0	38.7	8.9	3.3	1.8	2.0	1.2	2.1	1.9
	2호 유출수	80.7	16.7	13.0	4.5	2.9	6.5	7.9	6.0	5.8	40.0
COD (mg/L)	2호 유입수	6.7	8.8	10.4	5.9	6.0	3.2	2.2	2.4	3.5	4.8
	2호 유출수	8.9	7.1	8.0	5.8	7.6	9.6	8.2	9.2	8.7	6.2
TOC (mg/L)	2호 유입수	3.5	4.7	5.3	3.0	4.2	1.8	1.3	1.4	2.2	2.7
	2호 유출수	4.2	4.5	5.1	3.4	4.1	6.3	5.1	5.4	5.2	3.0
T-N (mg/L)	2호 유입수	4.4	4.4	3.4	3.735	4.166	7.526	5.745	5.359	5.699	6.215
	2호 유출수	3.7	1.7	1.2	0.905	0.452	0.585	0.584	0.811	0.608	5.990
T-P (mg/L)	2호 유입수	0.2	1.2	0.8	0.087	0.046	0.073	0.045	0.032	0.049	0.139
	2호 유출수	0.2	0.4	0.4	0.045	0.035	0.109	0.111	0.035	0.073	0.176

[표 10-3-5] 성암저수지 고효율습지 및 인공습지 정화효율

구 분		'13~'17년 전체		'13~'17년 평상시		'13~'17년 강우시	
		부하량	정화효율 (%)	부하량	정화효율 (%)	부하량	정화효율 (%)
SS (kg/d)	고효율 유입	23.8	41.9	18.1	25.5	41.6	64.4
	고효율 유출	13.8		13.5		14.8	
	1호 습지 유입	175.5	56.3	62.6	25.1	514.3	67.8
	1호 습지 유출	76.6		46.9		165.8	
	2호 습지 유입	131.9	8.6	15.4	-167.0	481.4	25.4
	2호 습지 유출	120.5		41.1		359.0	
COD (kg/d)	고효율 유입	33.7	14.4	30.8	14.6	42.8	13.8
	고효율 유출	28.9		26.3		36.9	
	1호 습지 유입	73.9	-12.4	58.5	-5.8	120.1	-22.1
	1호 습지 유출	83.1		61.9		146.6	
	2호 습지 유입	26.0	4.6	7.7	-15.5	80.7	10.3
	2호 습지 유출	24.8		8.9		72.4	
TOC (kg/d)	고효율 유입	18.6	2.6	16.6	1.6	25.2	4.8
	고효율 유출	18.2		16.3		24.0	
	1호 습지 유입	35.7	-28.8	27.6	-11.8	60.1	-52.2
	1호 습지 유출	46.0		30.9		91.5	
	2호 습지 유입	13.8	-4.9	4.0	-18.8	43.0	-1.1
	2호 습지 유출	14.4		4.8		43.4	
T-N (kg/d)	고효율 유입	26.5	9.7	24.0	8.3	34.4	12.8
	고효율 유출	23.9		22.0		30.0	
	1호 습지 유입	25.1	39.5	21.5	40.1	35.8	38.3
	1호 습지 유출	15.2		12.9		22.1	
	2호 습지 유입	18.0	67.8	4.1	47.4	59.7	72.0
	2호 습지 유출	5.8		2.2		16.7	
T-P (kg/d)	고효율 유입	2.3	-5.3	2.2	-1.4	2.8	-14.9
	고효율 유출	2.5		2.2		3.2	
	1호 습지 유입	2.8	28.3	1.2	29.9	7.7	27.6
	1호 습지 유출	2.0		0.8		5.6	
	2호 습지 유입	10.3	78.9	0.3	28.8	40.2	80.0
	2호 습지 유출	2.2		0.2		8.1	

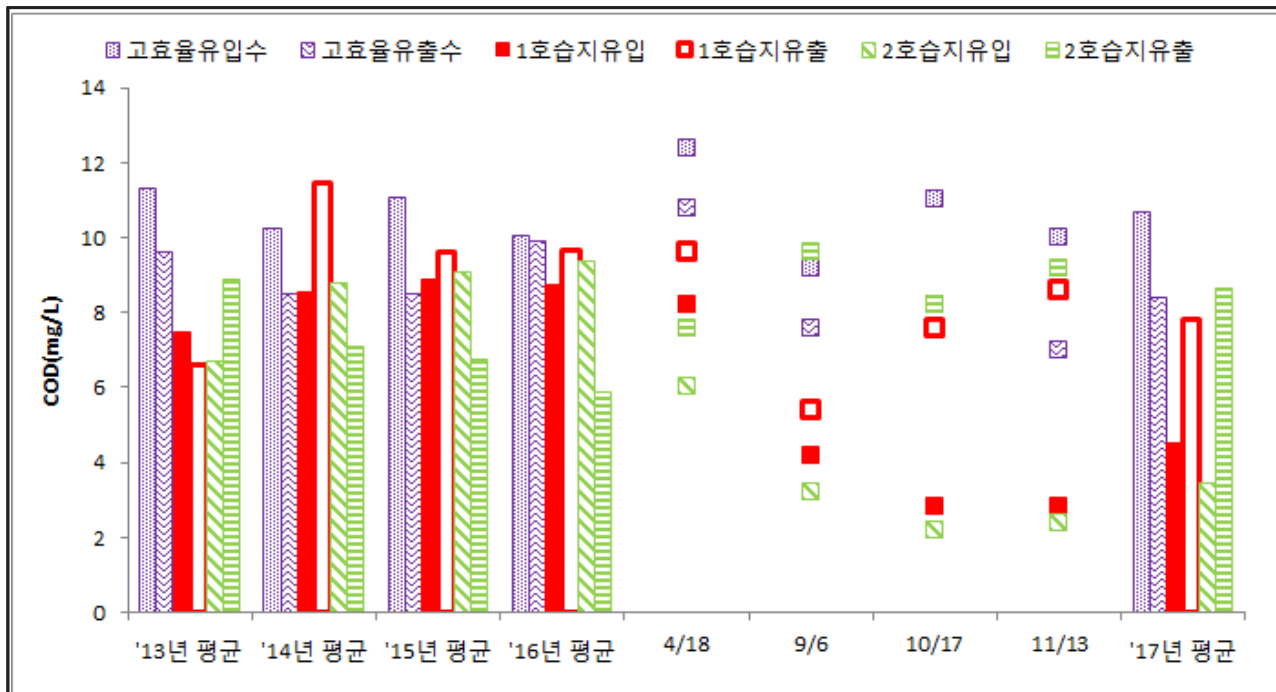
○ '13년~'17년(강우시 포함)까지 고효율습지에서 SS 유입부하량은 23.8kg/d이고, 유출 부하량은 13.8kg/d로 낮아져 41.9%의 정화효율을 보였다. 1호 습지 SS 유입부하량은 175.5kg/d, 유출부하량은 76.6kg/d로 낮아져 56.3%의 정화효율을 보였다. 또한 2호 습지의 경우 SS 유입부하량 131.9kg/d이고, 유출부하량 120.5kg/d로 8.6%의 정화효율을 보였다. 그러나 성암지구 인공습지는 개방구간 사이를 흡수수로 연결한

형식이기 때문에 수로의 퇴적물이 재부유 되어 유입될 수 있고, 유출수의 SS 농도가 상대적으로 더 증가할 수 있다. 유출구의 수위를 높여 유입수가 연결수로로만 흐르지 않고 인공습지 전단면을 통하여 고르게 흐르도록 관리해야 할 것으로 보인다.



[그림 10-3-2] 성암지구 인공습지 유입수 및 유출수 SS 변화

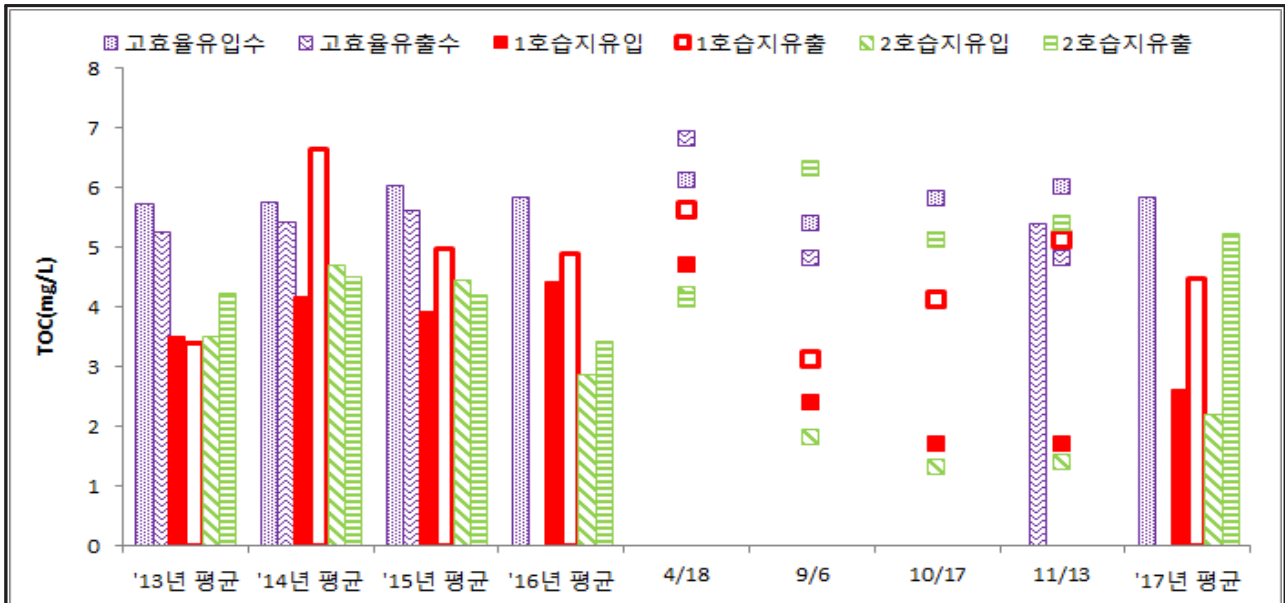
- 평균 COD는 고효율습지 유입수가 10.7mg/L, 유출수는 8.4mg/L로 감소하였다. 1호 습지는 유입수가 4.5mg/L, 유출수가 7.8mg/L, 2호 습지는 유입수가 3.5mg/L, 유출수가 8.7mg/L로 조사되었다.
- '13년~'17년(강우시 포함)까지 고효율습지의 COD 유입부하량은 33.7kg/d이고, 유출부하량은 28.9kg/d로 낮아져 14.4%의 정화효율을 보였다. 1호 습지 COD 유입부하량은 73.9kg/d이고, 유출부하량은 83.1kg/d로 -12.4%의 정화효율을 보였다. 또한 2호 습지 COD 유입부하량 26.0kg/d이고, 유출부하량 24.8kg/d로 4.6%의 정화효율을 보였다. 이와 같이 1, 2호 인공습지에서 정화효율이 낮은 것은 SS에서 언급한 바와 같이 흙수로인 연결수로로 물이 흐르기 때문에 유량이 많아 유속이 빨라지면 퇴적물이 재부유하여 유출되기 때문인 것으로 판단된다.
- 특히 최근 지속된 가뭄 등으로 인하여 습지 및 수로의 수량이 부족하고, 오염물질이 많이 집적된 상태에서 강우에 의해 일시적으로 수량이 증가하면 퇴적물 재부유에 의한 수질오염은 더욱 가중될 수 있을 것으로 판단된다.



[그림 10-3-3] 성암지구 인공습지 유입수 및 유출수 COD 변화

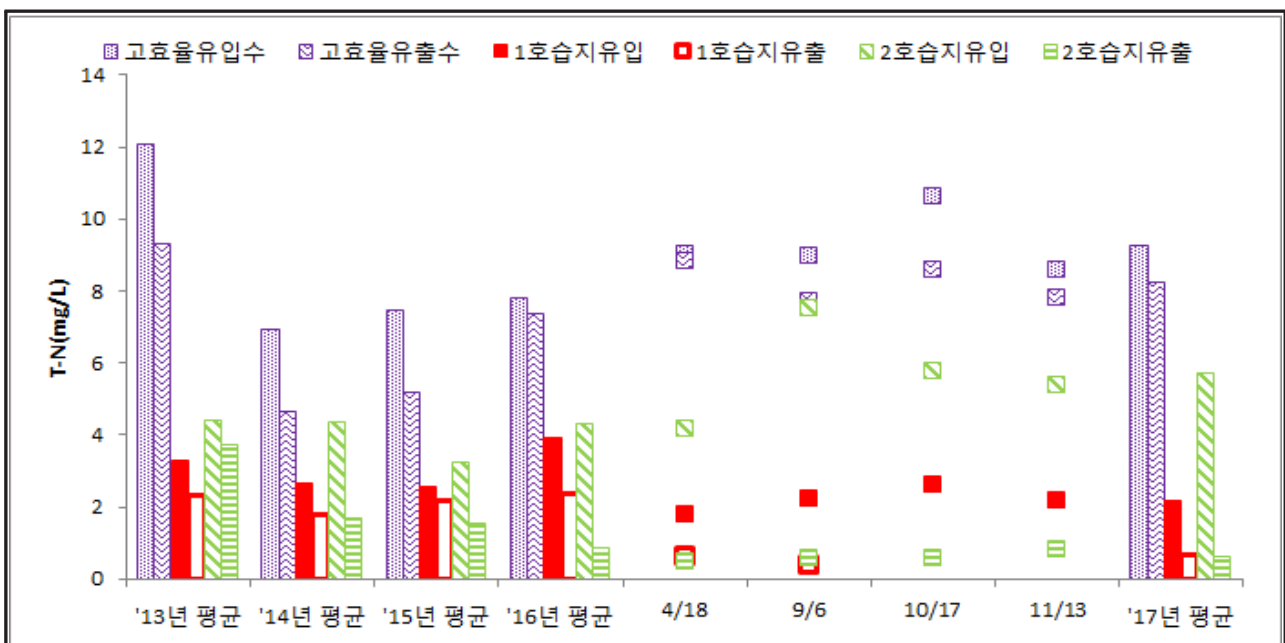
- 평균 TOC는 고효율습지 유입수가 5.8mg/L이고, 유출수가 5.4mg/L로써 큰 차이를 보이지 않았고, 1호 습지는 유입수가 2.6mg/L, 유출수가 4.5mg/L로 다소 높아졌으며, 2호 습지 또한 유입수가 2.2mg/L, 유출수가 5.2mg/L로 유출수에서 더 높은 농도를 나타내었다.
- '13년~'17년(강우시 포함)까지 고효율습지 TOC 유입부하량은 18.6kg/d이고, 유출부하량은 18.2kg/d로 2.6%의 정화효율을 보였다. 1호 습지 TOC 유입부하량은 35.7kg/d이고, 유출부하량은 46.0kg/d로 -28.8%의 정화효율을 보였다. 또한 2호 습지 TOC 유입부하량은 13.8kg/d이고, 유출부하량은 14.4kg/d -4.9%의 정화효율을 보였다.
- 1, 2호 습지 유출부에서 TOC가 상대적으로 더 높아지는 경향을 보였는데, 이것은 SS와 COD에서 기술한바와 같이 흙으로 된 연결수로와 지속된 가뭄 및 일시적 강우 등의 영향으로 수질개선시설의 개선효과가 반감되었기 때문인 것으로 보인다.
- 이와 같이 인공습지를 이용한 수질개선 효과는 날씨, 특히 강우에 의해 크게 좌우될 수밖에 없기 때문에 연중 일정한 수량의 유입수가 인공습지를 통과할 수 있도록 유지·관리하는 것이 중요할 것으로 생각된다.





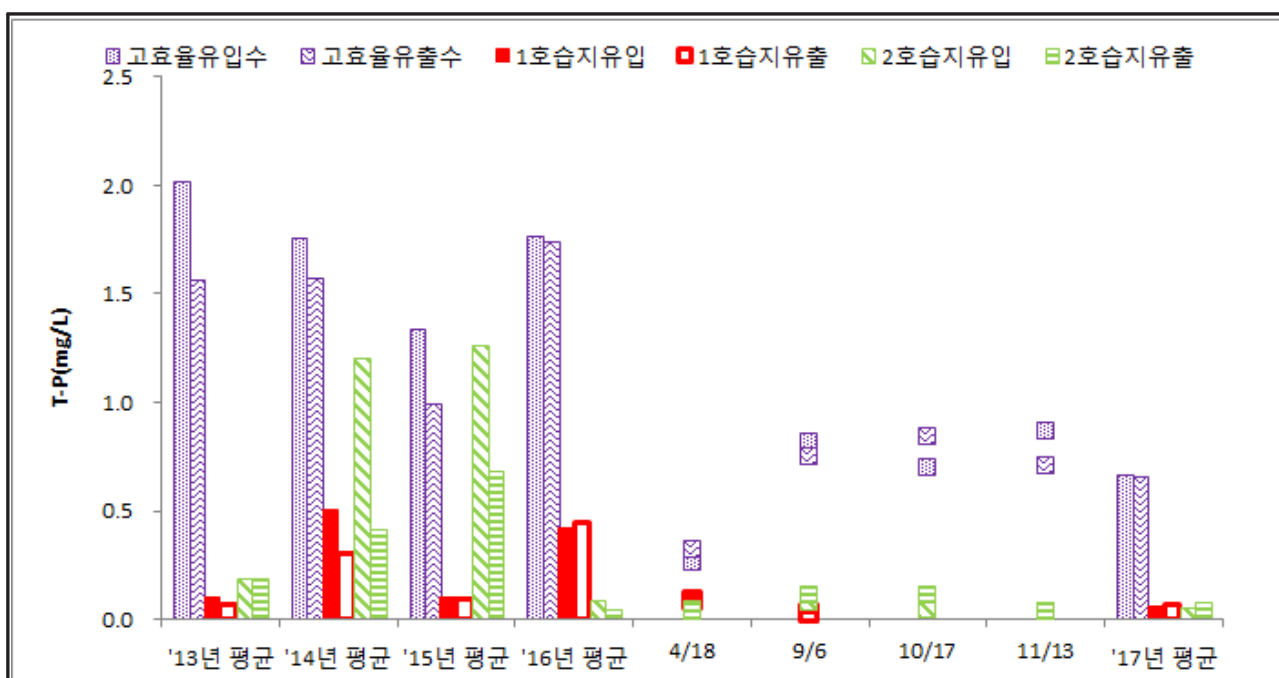
[그림 10-3-4] 성암지구 인공습지 유입수 및 유출수 TOC 변화

- 평균 T-N은 고효율습지 유입수가 9.289mg/L, 유출수가 8.229mg/L로 유출수에서 낮아졌고, 1호 습지는 유입수가 2.190mg/L, 유출수가 0.645mg/L, 2호 습지는 유입수가 5.699mg/L, 유출수가 0.608mg/L로써 모두 유출수에서 낮아지는 경향을 보였다.
- '13년~'17년(강우시 포함)까지 습지별 유입·유출 부하량을 비교하면, 고효율습지 9.7%, 1호 습지 39.5%, 2호 습지 67.8%의 비교적 높은 정화효율을 보였다.
- 이상의 결과로부터 인공습지를 통과하면서 유입수의 총질소는 효과적으로 제거되고 있는 것으로 볼 수 있다.



[그림 10-3-5] 성암지구 인공습지 유입수 및 유출수 T-N 변화

- 평균 T-P는 고효율습지의 유입수가 0.661mg/L였는데, 유출수는 0.654mg/L로 유사하였다. 1호 습지 또한 유입수는 0.059mg/L, 유출수는 0.068mg/L로 큰 변화가 없었다. 2호 습지의 유입수는 0.049mg/L, 유출수 0.073mg/L로 나타났다.
- '13년~'17년(강우시 포함)까지 고효율습지의 T-P 유입부하량이 2.3kg/d이고, 유출부하량은 2.5kg/d로 -5.3%의 정화효율을 보였다. 1호 습지 T-P 유입부하량은 2.8kg/d이고, 유출부하량은 2.0kg/d로 낮아져 28.3%의 정화효율을 보였다. 또한 2호 습지 T-P 유입부하량은 10.3kg/d이고, 유출부하량은 2.2kg/d로 낮아져 78.9%의 높은 정화효율을 보였다. 연차별로도 2013년도 이후부터 2017년 현재까지 대체적으로 유입수에 비해 유출수의 T-P 농도가 낮아졌다.



[그림 10-3-6] 성암지구 인공습지 유입수 및 유출수 T-P 변화

- 이상의 결과들을 전체적으로 살펴보면 성암지구 인공습지의 유기물 정화효율은 다소 낮은 것으로 나타났는데, 이는 2014년부터 최근까지 지속된 심각한 가뭄의 영향으로 오염물질이 상류 유역에 수년간 집적 되었고, 유입유량이 매우 부족한 상태로 유지 되었으며, 또한 매년 비교적 짧은 기간(7~9월) 집중되는 강우의 반복으로 상류 유역에 집적된 오염물질이 유입되어 호 내 수질오염물질의 농도가 상대적으로 증가한 데 기인하고 있는 것으로 판단된다.
- 반면, 습지 내 식생과 체류시간 증가 따른 입자성 부유물질(SS) 및 영양염류(T-N, T-P)의 제거효율은 높게 나타나고 있는 것으로 확인되었다.

### 10.3.2 침강지 수질개선효과

- 일 강수량 30mm를 초과하는 하천수는 침강지로 유입되어 오염물질이 처리되고 있으며, 이러한 성암지구 침강지의 수질개선효과 파악을 위한 수질조사는 인공습지와 마찬가지로 1년간 총 5회(평시 4회, 강우시 1회)에 걸쳐 1, 2호 침강지에서 수행되었다.
- 평균 수온은 1호 침강지 유입수가 14.1℃이고 유출수가 17.5℃였다. 2호 침강지에서는 유입수가 14.4℃이고 유출수가 17.5℃로 유입수보다 유출수의 수온이 상대적으로 높았는데, 이는 침강지로 유입된 물은 유속이 감소하면서 체류시간이 길어질 뿐만 아니라, 침강지 구조적 특성상 수표면이 햇빛에 그대로 노출되기 때문에 침강지내로 유입되어 오랜 시간 정체하면서 수온이 상승하는 일반적인 현상이다.
- 평균 pH는 1호 침강지 유입수가 7.9이고 유출수가 9.0, 2호는 침강지 유입수가 8.3이고 유출수가 8.6으로 큰 차이가 없었고, 대부분 호소의 농업용수 권장기준(6.0~8.5)을 만족하였다.
- 평균 EC는 1호 침강지 유입수가 609 $\mu$ S/cm인데, 유출수가 430 $\mu$ S/cm, 2호 침강지는 유입수가 262 $\mu$ S/cm인데, 유출수가 378 $\mu$ S/cm로 나타났고, 유·출입수 모두 식물생장에 지장이 없는 권장기준(700 $\mu$ S/cm)을 만족하는 값을 보였다
- 평균 DO는 1호 침강지에서 유입수가 6.2mg/L이고 유출수가 10.0mg/L, 2호 침강지에서 유입수가 9.0mg/L이고 유출수가 8.7mg/L로 일정한 경향을 보이지 않았지만, 조사기간 동안 모두 농업용수 권장기준인 2.0 mg/L 이상을 만족하고 있었다.
- 평균 SS는 1호 침강지에서 유입수 4.5mg/L, 유출수 12.8mg/L, 2호 침강지에서 유입수 2.1mg/L, 유출수가 21.3mg/L로 1호, 2호 침강지에서 높아졌다. 침강지 유출수에서 SS농도가 높아진 것은 최근까지 지속된 가뭄의 영향으로 유입수량이 부족하여 침강지에서 얇은 수심을 유지하게 되고, 퇴적물의 재부유, 조류의 증식 등에 의해 상대적으로 부유물 농도가 증가하기 때문인 것으로 판단된다. 그러나 금년 조사당시 1호, 2호 침강지 유출수의 유속은 0.01~0.05m/sec 범위로 거의 정체상태였으며, 이는 침강지 유출부의 SS농도는 더 높지만 낮은 유속으로 인해 저수지 내부로의 SS 부하량은 크게 높지 않음을 의미한다. 즉, 강우시 설계유량을 초과하는 비점오염물질을 처리하는 목적으로 설치한 침강지의 기능은 잘 유지되고 있는 것으로 판단할 수 있다.
- '13년~'17년(강우시 포함)까지 1호 침강지 SS 유입부하량은 1,011.7kg/d이고, 유출부하량은 527.5kg/d로 낮아져 47.9%의 정화효율을 보였고, 2호 침강지 SS 유입부하량은 1,527.7kg/d, 유출부하량은 764.6kg/d로 50.0%의 높은 정화효율을 보였다.

[표 10-3-6] 성암저수지 1호 침강지 수질변화

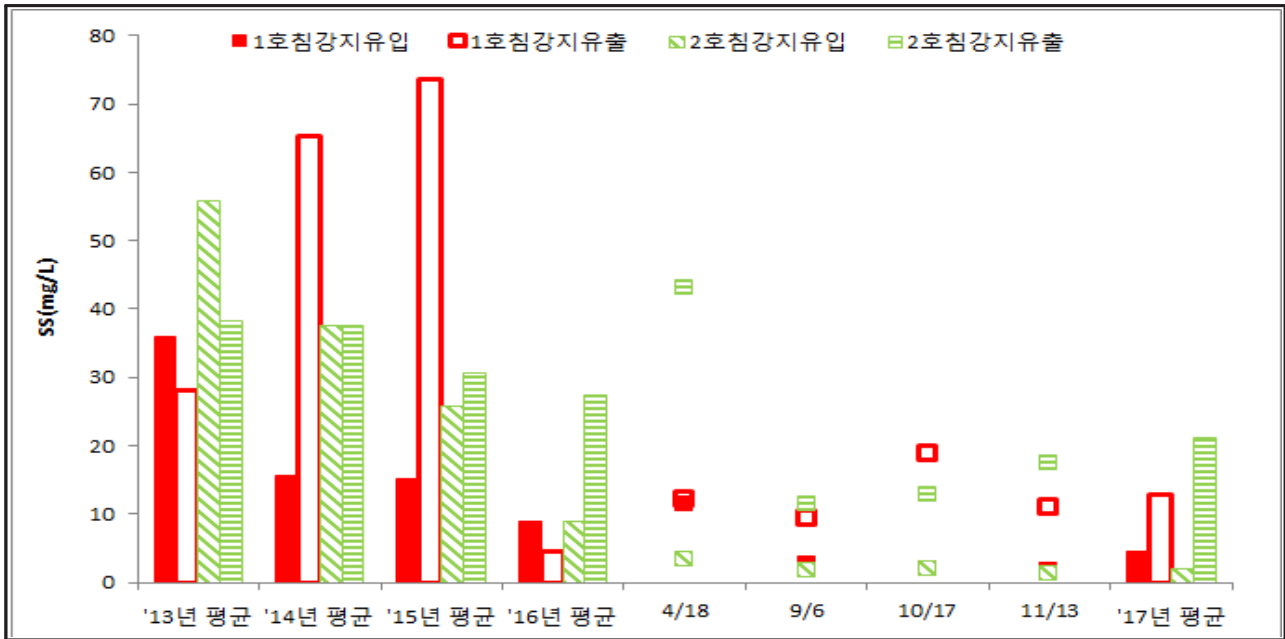
구 분		'13년	'14년	'15년	'16년	'17년 평상시 및 강우시					
		평균	평균	평균	평균	1차 (04.18)	2차 (09.06)	3차 (10.17)	4차 (11.13)	평균	강우 (07.25)
수온 (°C)	1호 유입수	20.7	22.2	22.8	22.4	14.4	16.9	16.4	8.8	14.1	26.8
	1호 유출수	25.0	22.8	23.1	24.0	15.5	24.1	19.0	11.2	17.5	35.5
pH	1호 유입수	7.6	7.6	7.3	6.7	7.8	7.5	8.1	8.1	7.9	6.7
	1호 유출수	8.1	7.9	7.4	7.1	8.1	9.9	9.0	8.8	9.0	8.2
EC ( $\mu$ S/cm)	1호 유입수	728	869	898	1570	584	643	621	587	609	850
	1호 유출수	498	801	949	1261	499	356	444	419	430	502
DO (mg/L)	1호 유입수	7.1	6.3	6.2	5.2	6.3	4.4	5.9	8.3	6.2	3.3
	1호 유출수	7.5	6.9	6.4	6.9	7.7	10.1	10.2	12.0	10.0	9.7
SS (mg/L)	1호 유입수	25.9	17.7	19.7	8.9	11.4	2.7	2.0	1.8	4.5	6.6
	1호 유출수	28.1	63.9	77.0	16.6	12.2	9.3	18.9	10.9	12.8	21.3
COD (mg/L)	1호 유입수	7.5	8.5	9.6	9.4	8.2	4.2	2.8	2.8	4.5	7.6
	1호 유출수	10.8	9.4	10.1	8.3	8.2	18.8	11.8	8.8	11.9	11.4
TOC (mg/L)	1호 유입수	3.5	4.2	4.4	4.5	4.7	2.4	1.7	1.7	2.6	4.8
	1호 유출수	5.9	4.9	5.0	4.4	5.0	7.8	7.2	5.0	6.3	5.9
T-N (mg/L)	1호 유입수	3.3	2.6	2.3	4.503	1.765	2.225	2.616	2.154	2.190	2.088
	1호 유출수	2.7	2.5	2.4	1.758	0.700	0.716	1.032	10.23	0.868	2.625
T-P (mg/L)	1호 유입수	0.1	0.5	0.3	0.496	0.090	0.061	0.048	0.036	0.059	0.111
	1호 유출수	0.1	0.6	0.3	0.087	0.060	0.053	0.077	0.042	0.058	0.142

[표 10-3-기] 성암저수지 2호 침강지 수질변화

구 분		'13년	'14년	'15년	'16년	'17년 평상시 및 강우시					
		평균	평균	평균	평균	1차 (04.18)	2차 (09.06)	3차 (10.17)	4차 (11.13)	평균	강우 (07.25)
수온 (°C)	2호 유입수	20.7	21.5	22.1	21.1	13.3	20.4	15.7	8.4	14.4	26.2
	2호 유출수	21.8	22.9	23.5	24.1	15.5	22.9	20.1	11.7	17.5	33.0
pH	2호 유입수	7.3	7.9	7.7	7.0	8.1	8.1	8.5	8.6	8.3	6.8
	2호 유출수	7.5	8.0	7.6	7.4	8.1	8.4	9.0	8.9	8.6	8.1
EC (µS/cm)	2호 유입수	165	240	250	205	285	271	246	247	262	298
	2호 유출수	195	239	246	207	497	337	316	360	378	376
DO (mg/L)	2호 유입수	8.4	6.8	6.6	6.3	9.5	6.4	10.6	9.4	9.0	4.6
	2호 유출수	8.6	6.2	5.1	9.8	8.7	4.3	11.0	10.7	8.7	10.7
SS (mg/L)	2호 유입수	49.0	36.0	38.7	8.9	3.3	1.8	2.0	1.2	2.1	1.9
	2호 유출수	38.4	36.8	37.8	27.4	43.2	11.5	12.9	17.5	21.3	21.4
COD (mg/L)	2호 유입수	6.7	8.8	10.4	5.9	6.0	3.2	2.2	2.4	3.5	4.8
	2호 유출수	8.7	9.4	10.5	6.5	9.6	13.6	7.8	10.8	10.5	10.6
TOC (mg/L)	2호 유입수	3.5	4.7	5.3	3.0	4.2	1.8	1.3	1.4	2.2	2.7
	2호 유출수	4.7	5.2	5.8	3.2	4.7	6.6	4.3	5.6	5.3	5.4
T-N (mg/L)	2호 유입수	4.4	4.4	3.4	3.735	4.166	7.526	5.745	5.359	5.699	6.215
	2호 유출수	3.1	2.7	1.8	1.837	0.546	1.343	1.982	1.011	1.221	3.928
T-P (mg/L)	2호 유입수	0.2	1.2	0.8	0.087	0.046	0.073	0.045	0.032	0.049	0.139
	2호 유출수	0.2	0.7	0.2	0.086	0.048	0.059	0.062	0.051	0.055	0.131

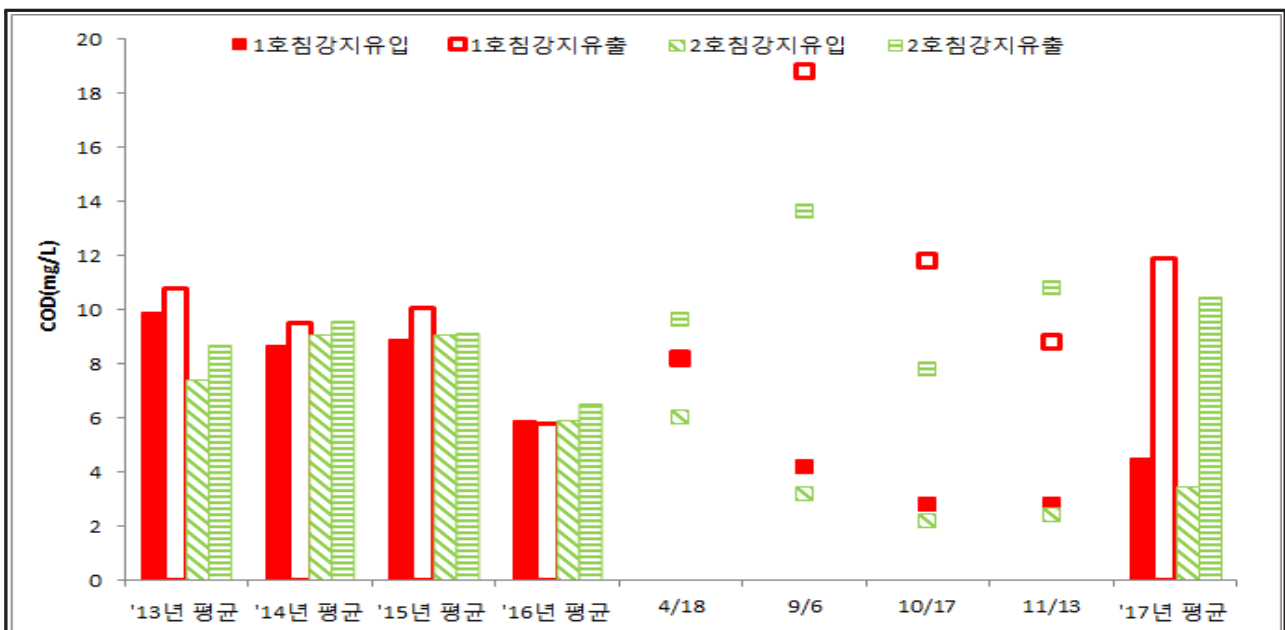
[표 10-3-8] 성암저수지 침강지 정화효율

구 분		'13~'17년 전체		'13~'17년 평상시		'13~'17년 강우시	
		부하량	정화효율 (%)	부하량	정화효율 (%)	부하량	정화효율 (%)
SS (kg/d)	1호 침강지 유입	1011.7	47.9	34.9	-163.4	3,453.5	53.2
	1호 침강지 유출	527.5		92.0		1,616.1	
	2호 침강지 유입	1527.7	50.0	178.9	-57.0	5,349.4	60.1
	2호 침강지 유출	764.6		280.8		2,135.3	
COD (kg/d)	1호 침강지 유입	168.6	6.4	25.8	-54.0	525.5	13.9
	1호 침강지 유출	157.7		39.7		452.7	
	2호 침강지 유입	173.6	4.6	54.0	-18.3	512.6	11.4
	2호 침강지 유출	165.7		63.9		454.3	
TOC (kg/d)	1호 침강지 유입	75.6	-1.5	12.8	-66.3	232.6	7.4
	1호 침강지 유출	76.8		21.3		215.4	
	2호 침강지 유입	90.1	0.2	30.1	-32.1	259.9	10.8
	2호 침강지 유출	89.9		39.8		231.9	
T-N (kg/d)	1호 침강지 유입	41.7	4.0	9.7	25.8	121.7	-0.3
	1호 침강지 유출	40.0		7.2		122.1	
	2호 침강지 유입	79.3	9.2	27.2	7.0	227.1	9.9
	2호 침강지 유출	72.0		25.3		204.6	
T-P (kg/d)	1호 침강지 유입	4.2	2.0	0.3	-13.4	13.8	2.8
	1호 침강지 유출	4.1		0.4		13.4	
	2호 침강지 유입	15.4	19.7	1.0	-23.7	56.0	21.9
	2호 침강지 유출	12.3		1.2		43.8	



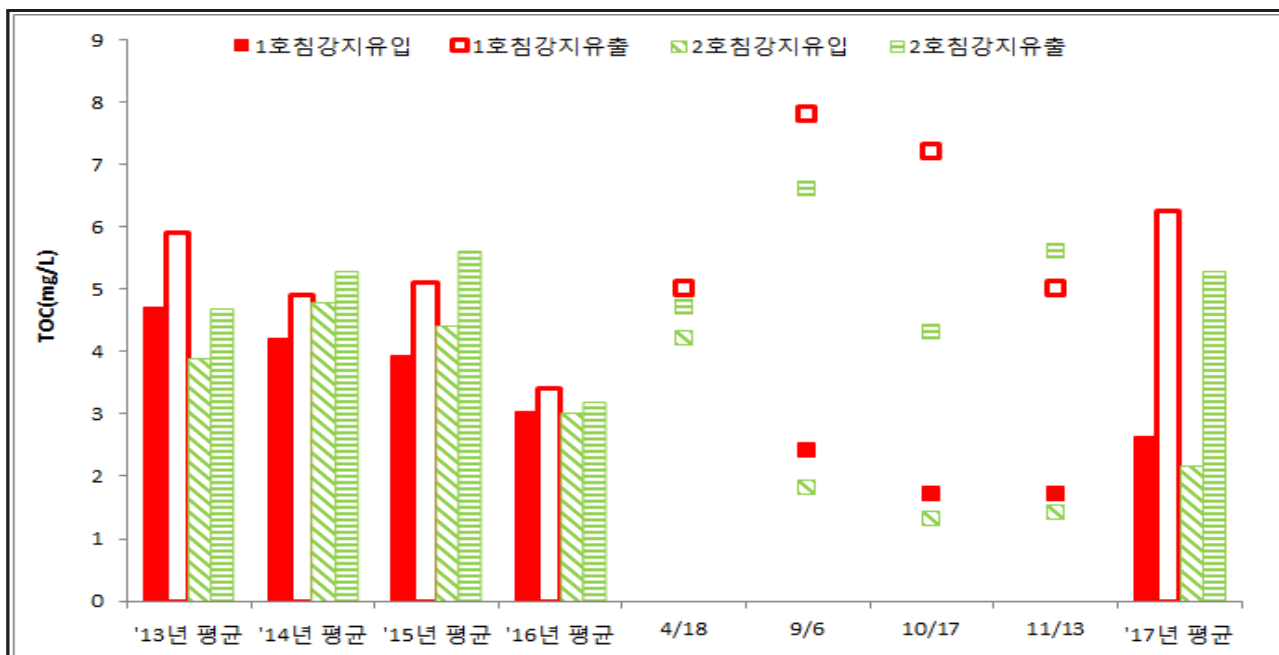
[그림 10-3-7] 성암지구 침강지 유입수 및 유출수 SS 변화

- 평균 COD는 1호 침강지에서 유입수가 4.5mg/L, 유출수가 11.9mg/L로 나타났고, 2호 침강지에서는 유입수가 3.5mg/L, 유출수가 10.5mg/L로 높아졌다.
- '13년~'17년(강우시 포함)까지 유입·출부하량을 비교해 보면 1호 침강지 6.4%, 2호 침강지 4.6%의 정화효율을 보였다.
- 침강지의 경우는 강우시 유입된 오염물질을 1차적으로 가라앉히는 역할을 하게 되며, 이때 유입수의 장기간 체류로 인한 내부생산량 증가와 조류발생 등에 의해 유기물의 농도는 오히려 증가할 수 있다.



[그림 10-3-8] 성암지구 침강지 유입수 및 유출수 COD 변화

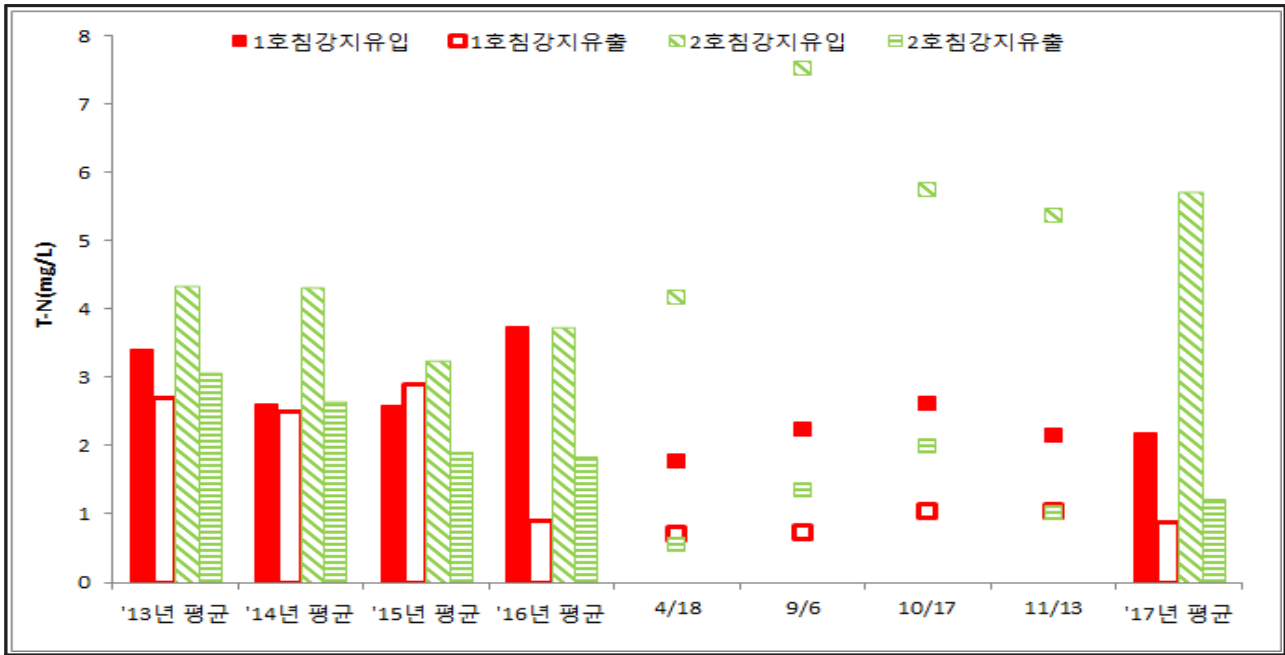
- 평균 TOC의 경우도 COD와 마찬가지로 1호 침강지에서 유입수가 2.6mg/L, 유출수가 6.3mg/L였으며, 2호 침강지에서 유입수가 2.2mg/L, 유출수가 5.3mg/L로 높아지는 것으로 나타났다.
- '13년~'17년(강우시 포함)까지 1호 침강지 TOC 유입부하량은 75.6kg/d이고, 유출부하량은 76.8kg/d로 -1.5%의 정화효율을 보였다. 또한 2호 침강지 TOC 유입부하량은 90.1kg/d이고, 유출부하량은 89.9kg/d로 0.2%의 정화효율을 보였다.



[그림 10-3-9] 성암지구 침강지 유입수 및 유출수 TOC 변화

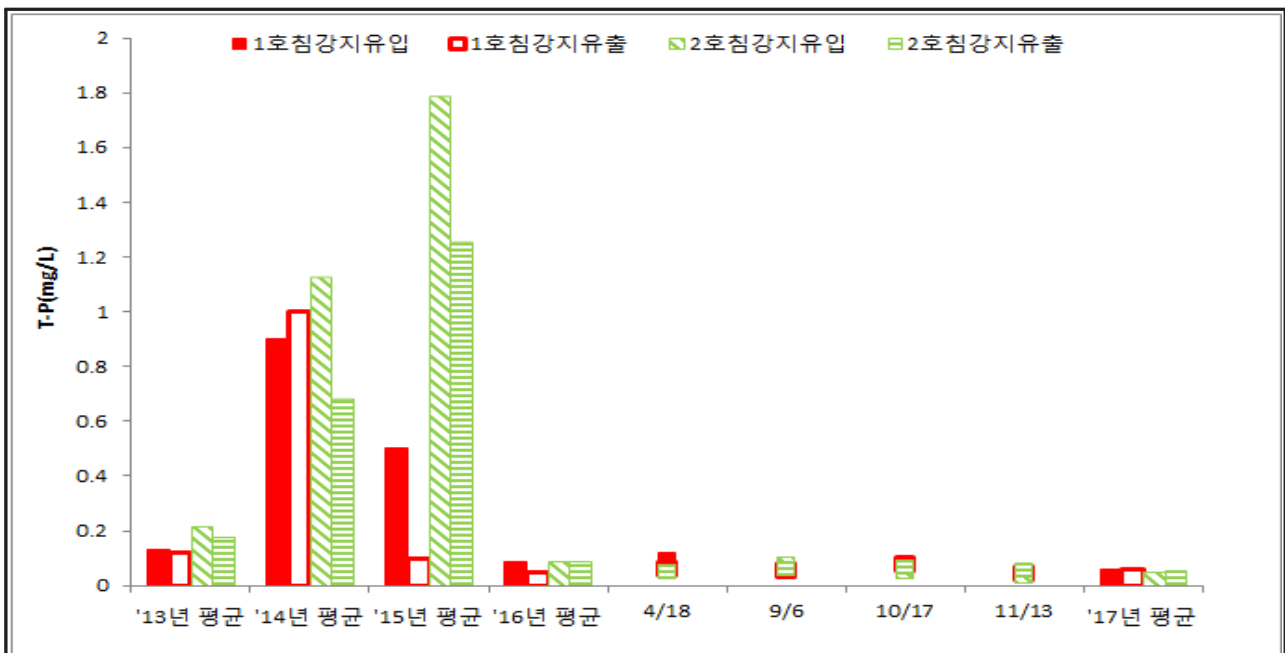
- 평균 T-N의 경우 1호 침강지 유입수는 2.190mg/L였으나 유출수는 0.868mg/L로 낮아졌다. 2호 침강지도 유입수는 5.699mg/L이고, 유출수는 1.221mg/L로 낮아졌다. 연차별로도 '13년~'17년 대부분 유입수에 비해 유출수의 T-N이 낮아져 정화되는 경향을 보였다.
- '13년~'17년(강우시 포함)까지 1호 침강지 T-N 유입부하량은 41.7kg/d이고, 유출부하량은 40.0kg/d로 낮아져 4.0%의 정화효율을 보였다. 또한 2호 침강지 T-N 유입부하량은 79.3kg/d이고, 유출부하량은 72.0kg/d로 낮아져 9.2%의 정화효율을 보였다.





[그림 10-3-10] 성암지구 침강지 유입수 및 유출수 T-N 변화

- 평균 T-P는 1호 침강지 유입수가 0.059mg/L이고, 유출수는 0.058mg/L이었고, 2호 침강지에서는 유입수가 0.049mg/L, 유출수가 0.055mg/L로 변화가 없었다.
- '13년~'17년(강우시 포함)까지 1호 침강지 T-P 유입부하량은 4.2kg/d이고, 유출부하량은 4.1kg/d로 낮아져 2.0%의 정화효율을 보였다. 또한 2호 침강지 T-P 유입부하량은 15.4kg/d이고, 유출부하량은 12.3kg/d로 낮아져 19.7%의 정화효율을 보였다.



[그림 10-3-11] 성암지구 침강지 유입수 및 유출수 T-P 변화

### 10.3.3 퇴적물 조사결과

- 1호 인공습지에서 채취한 퇴적물의 입도는 모래 72.4%, 미사 18.6%, 점토 9.0%로 SL(사질양토)이고, 1호 침강지의 퇴적물은 모래 11.4%, 미사 65.6%, 점토 23.0%로 SiL(미사질양토)로 분류 되었다.
- 1호 인공습지와 침강지의 pH는 각각 5.2, 5.7로써 습지 여재로서 이용하기 좋은 6.5~8.5의 범위를 조금 벗어난 약산성을 나타내었다.
- EC는 인공습지 0.219dS/m, 침강지 0.533dS/m로써 식물성장 매체로 적합한 4.0 dS/m 이하를 만족하고 있었다.
- 유기물은 인공습지 0.987%, 침강지 2.654%이고 유효인산은 인공습지 8.85mg/kg, 침강지 20.52mg/kg로 조사되었다.
- 인공습지의 강열감량은 2.2%, T-N은 752.0mg/kg, T-P는 165.4mg/kg으로 국립환경과학원의 호소 퇴적물 오염평가 기준보다 낮게 조사되었다.
- 침강지의 강열감량은 7.4%, T-N은 2,232.4.1mg/kg, T-P는 741.6mg/kg으로 조사되어 인공습지와 마찬가지로 국립환경과학원의 호소퇴적물 오염평가 기준 IV등급 미만으로 양호한 상태로 조사되었다.

[표 10-3-9] 성암저수지 인공습지 및 침강지 퇴적물 조사 결과

지 점	토성	pH	EC (dS/m)	OM (유기물,%)	강열감량 (%)	유효인산 (mg/kg)	총질소 (mg/kg)	총인 (mg/kg)
인공습지	SL(사질양토)	5.2	0.219	0.987	2.2	8.85	752.0	165.4
침강지	SiL(미사질양토)	5.7	0.533	2.654	7.4	20.52	2,232.4	741.6

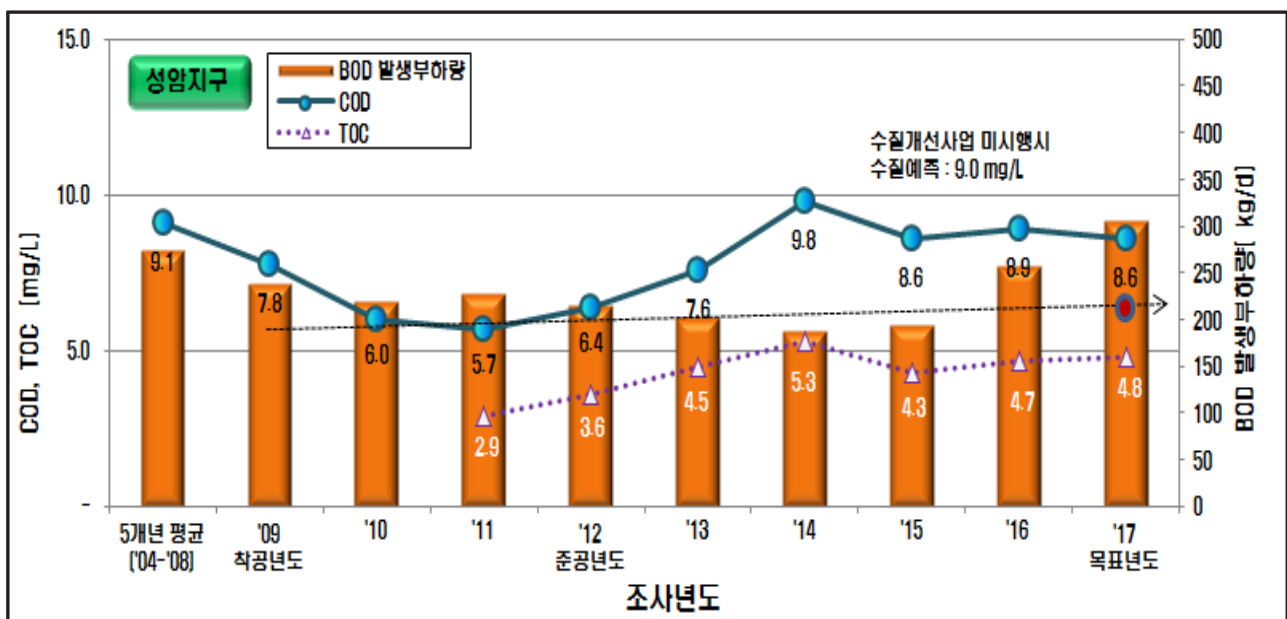
[표 10-3-10] 호소 퇴적물 오염평가 기준

항 목		등 급	I	II	III	IV
유기물 및 영양염류	완전연소가능량(%)			-		13 초과
	총질소(mg/kg)			-		5,600 초과
	총인(mg/kg)			-		1,600 초과
비고 : 1. 등급별 퇴적물의 상태<유기물, 영양염류> - IV 등급 : 심각하고 명백한 오염						

\* 자료 : 국립환경과학원예규 제687호, 2015년

## 10.4. 저수지 수질변화 및 개선효과

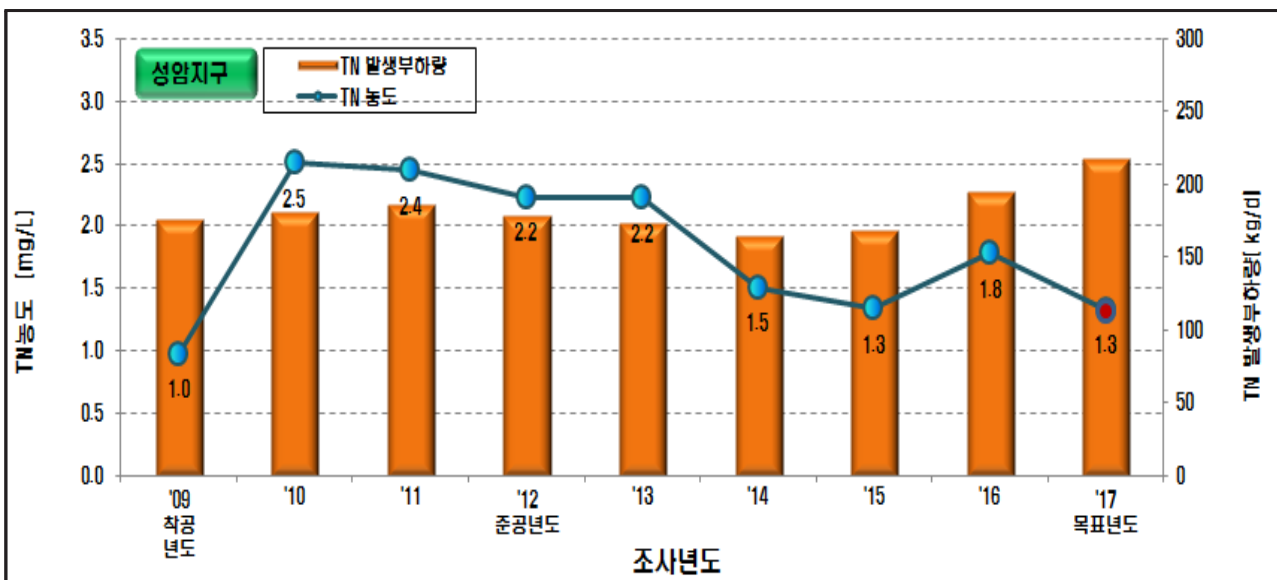
- 성암지구 수질정화시설은 운영 5년차인데, 준공년도인 2012년도부터 2015년까지는 큰 변화를 보이지 않다가 2016년에 257.6kg/d로 증가되었고, 2017년에 다시 306.5kg/d로 증가되었는데, 이것은 돈사가 크게 증가한데 기인하고 있다.
- 성암저수지의 COD 농도는 2012년 6.4mg/L에서 2013년에는 7.6mg/L로, 2014년에는 9.8mg/L로 높아졌고, 2015년 8.6mg/L, 2016년 8.9mg/L, 2017년 8.6mg/L로 농업용수 권장기준을 상회하였다. TOC농도는 2012년의 3.6mg/L에서 2013년에는 4.5mg/L, 2014년에 5.3mg/L로 높아졌으나, 2015년에는 4.3mg/L, 2016년에는 4.7mg/L로, 2017년에 4.8mg/L로 농업용수 권장기준인 6.0mg/L 이하 목표수질을 만족하고 있다.
- 저수지 유역의 T-N 발생부하량 역시 BOD 발생부하량과 마찬가지로 준공년도인 2012년도부터 2015년까지는 큰 변화를 보이지 않다가 2016년에 194.7kg/d로 증가되었고 2017년에는 217.8kg/d로 더 증가하였다. 그러나 저수지의 T-N 농도는 준공년도인 2012년 이후부터 전반적으로 감소하는 경향을 보이고 있다.
- T-P의 경우도 오염부하 발생부하량이 준공년도인 2012년에 13.8kg/d이고, 2015년까지 큰 변화를 보이지 않다가 이후 증가하는 경향을 나타내었다. 저수지의 T-P 농도는 2012년의 0.061mg/L에서 2013년에 0.085mg/L로, 2014년에는 0.103mg/L로 높아지다가 2015년 이후 다시 감소하는 경향을 나타내고 있으며, 2017년에는 0.071mg/L로 낮아져 농업용수 관리기준을 만족하였다.



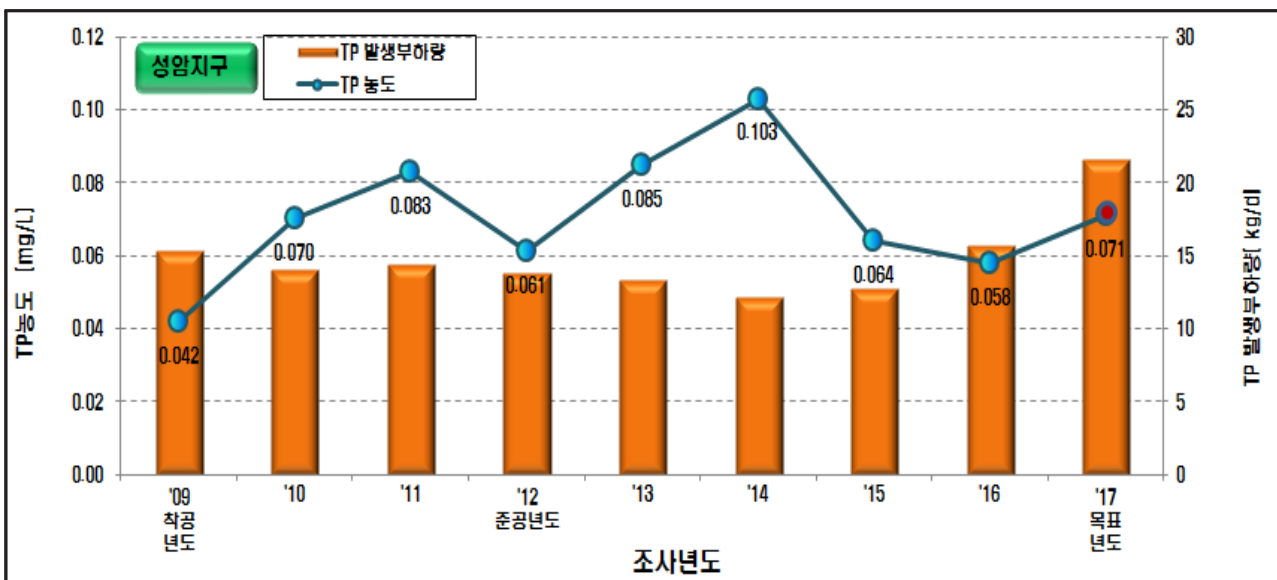
[그림 10-4-1] 성암지구 유역 연도별 BOD 발생부하량 및 COD, TOC 농도 변화

[표 10-4-1] 성암저수지 월별 저수율 현황

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
저수율 (%)	63.7	69.8	75.0	78.8	39.9	6.4	65.5	99.4	86.7	87.3	92.0	96.9



[그림 10-4-2] 성암지구 유역 연도별 T-N 발생부하량 및 T-N 농도 변화



[그림 10-4-3] 성암지구 유역 연도별 T-P 발생부하량 및 T-P 농도 변화

## 10.5. 현장적용성 향상 및 유지관리 방안

- 성암지구의 경우 취수를 위한 1호 취입보 전도게이트의 고장이 잦고, 강우시 상류 농지침수 민원이 빈번하여 호우예보가 있을시 미리 전도시킴으로서 1호 습지 유입량이 부족해지는 문제가 발생하게 되며, 이로 인해 비점오염물질 정화효율이 반감되고 있는 것으로 파악된다.
- 시설관리자인 서산태안지사에서는 예비부품 등을 미리 구비하여 신속히 복구될 수 있도록 대처하고, 가동보 전도게이트를 미리 전도시키지 않도록 하여 습지로 유입수가 일정하게 유입될 수 있도록 유지하여야 할 것이며, 민원을 최소화하는 범위내에서 재난대비 유지관리에 선제적 대응을 할 수 있도록 독려하여야 할 것이다.
- 또한 오염도가 높은 초기강우 유출수를 최대한 습지로 유입시키는 등 수질개선시설의 정화효율을 극대화하기 위하여 지사 유지관리 담당직원의 수질개선사업에 대한 이해도를 높일 필요가 있다(수질개선사업에 대한 지속적 교육 등).
- 아울러 인공습지 유·출입부 막힘 등 수질개선시설의 기능을 저해하는 요인을 적시에 제거하고 관리하는 등 수질개선시설의 기능을 유지관리 할 수 있도록 수시점검활동을 지속적으로 수행하는 것이 중요할 것이다.
- 그리고 수질개선을 위한 지자체와 협업체계를 구축·유지하여 저수지 상류 유역 오염원 감축을 위한 노력이 지속되어야 할 것이다.

## 10.6. 요약

- 운영 5년차인 성암지구의 최근 5년간('13~'17년, 전체) 수질개선시설의 시설별 수질 정화효율은 다음과 같다.
  - 고효율습지 : SS 41.9%, COD 14.4%, TOC 2.6%, T-N 9.7%, T-P - 5.3%
  - 1호 인공습지 : SS 56.3%, COD - 12.4%, TOC - 28.8%, T-N 39.5%, T-P 28.3%
  - 2호 인공습지 : SS 8.6%, COD 4.6%, TOC - 4.9%, T-N 67.8%, T-P 78.9%
  - 1호 침강지 : SS 53.2%, COD 13.9%, TOC 7.4%, T-N - 0.3%, T-P 2.8%
  - 2호 침강지 : SS 60.1%, COD 11.4%, TOC 10.8%, T-N 9.9%, T-P 21.9%
- ※ 침강지는 '13~'17년(강우시) 결과임
- 수질개선사업 준공이후 계속된 가뭄으로 연간 강수량이 지속적으로 감소해왔으며, 금년에도 824.5mm로 평년(1,286.0mm) 대비 64%에 불과하였고, 이와 같은 강수량 부족이 수질오염을 가중시키는데 큰 영향을 미친 것으로 판단된다.
- 가뭄의 영향으로 수년간 상류 유역에 집적된 오염물질이 비교적 짧은 기간(7~9월)에 집중되는 강우의 반복으로 인해 대량으로 유입되어 결과적으로 호내 수질오염물질 농도를 상대적으로 증가시키는 요인이 된 것으로 판단된다.
- 유기물지표인 COD, TOC의 정화효율은 다소 낮게 나타나고 있는 반면, 입자성 부유 물질인 SS와 영양염류 지표인 T-N, T-P에서 상대적으로 높은 정화효율을 보이고 있는 것으로 확인되었다.
- 퇴적물은 1호 인공습지와 1호 침강지에서 대표적으로 실시하였으며, 조사결과 모든 항목에서 국립환경과학원의 호소 퇴적물 오염평가 기준 IV등급을 만족하는 양호한 상태로 조사되었다.
- '17년 성암저수지 수질현황을 보면, TOC 4.8mg/L, T-P 0.071mg/L로 농업용수 관리 기준을 만족하고 있는 것으로 나타났다.

# 11. 대승지구

---

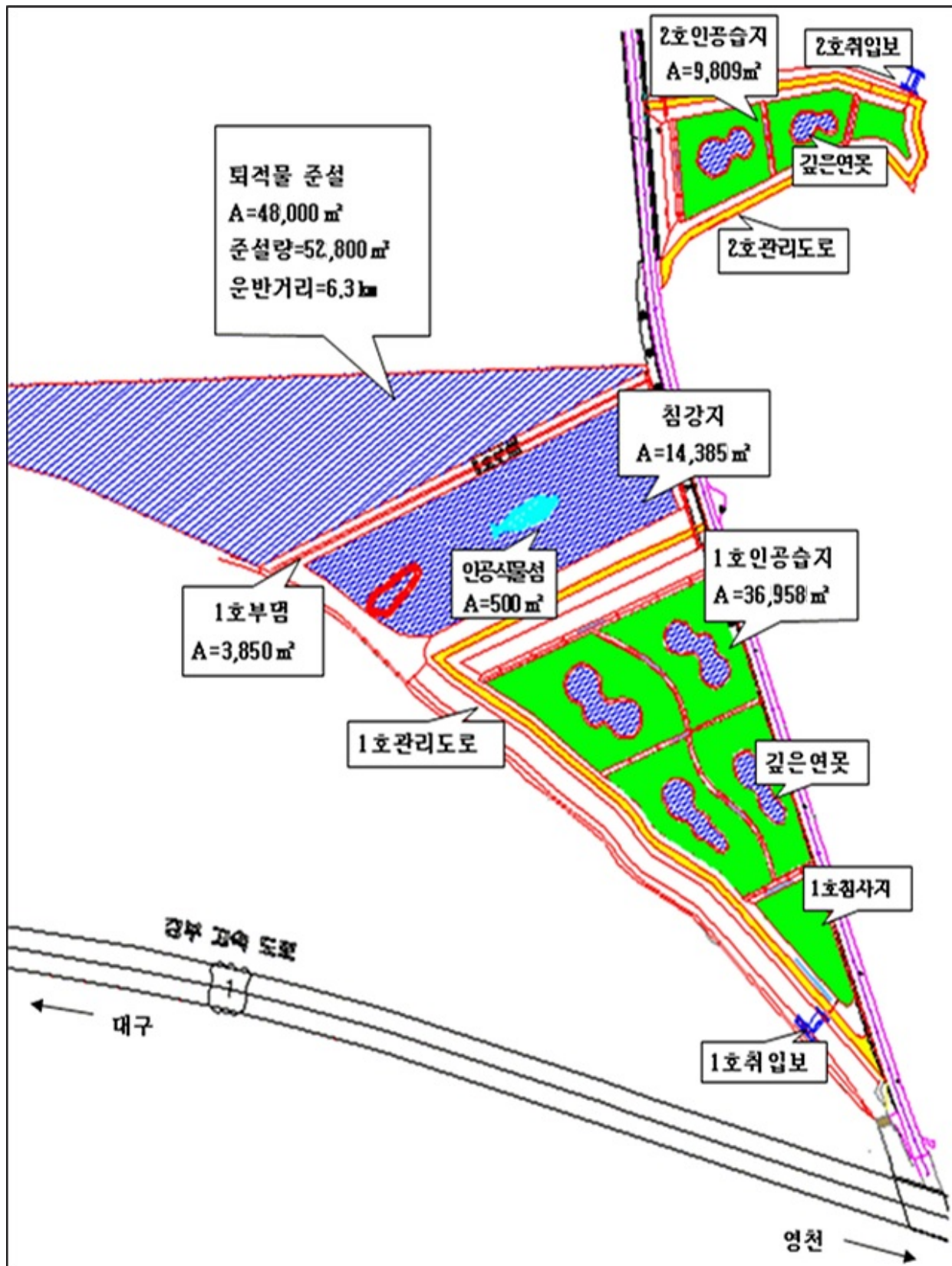


- 11.1. 지구현황
- 11.2. 기상 및 수질현황
- 11.3. 시설별 수질개선효과
- 11.4. 저수지 수질변화 및 개선효과
- 11.5. 현장적용성 향상 및 유지관리 방안
- 11.6. 요약





## 대승지구 수질개선사업 평면도





## 11.1. 지구현황

### 11.1.1 저수지 현황

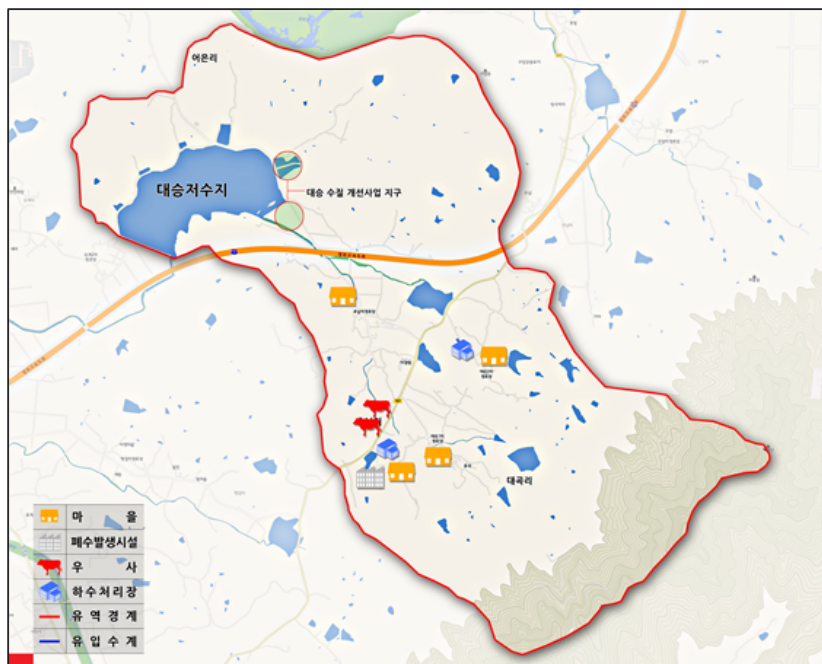
#### 1) 유역현황

- 남쪽의 채악산(498m)자락 등 120 ~ 450m의 산들로 둘러싸인 장화 형상의 유역으로 하단은 저구릉지 형태로 대부분의 농경지가 위치하며, 행정구역상 금호읍 호남리, 대곡리 등 5개리가 해당된다.

[표 11-1-1] 대승저수지 경위도상 위치

소재지	단	경도와 위도의 극점			연장거리
		지명	극점		
			동경	북위	
경북 영천시 금호읍 오계리	동단	영천시 금호읍 어은리	128° 54' 38"	35° 54' 28"	동서 1.2km 남북 0.69km
	서단	영천시 금호읍 오계리	128° 53' 53"	35° 54' 17"	
	남단	영천시 금호읍 호남리	128° 54' 07"	35° 54' 09"	
	북단	영천시 금호읍 어은리	128° 54' 20"	35° 54' 36"	

- 대승저수지 유입 수계는 남쪽의 채악산에서 발원한 3개의 소하천이 북거제 등 소류지를 거쳐 대곡천, 염정천을 통해 대승저수지로 유입하며, 그 외는 유하거리가 짧은 소하천이 단거리로 유입하고 있다.




[그림 11-1-1] 대승저수지 유역도

## 2) 일반현황

- 주요염원은 생활계로 대부분의 마을이 유역 중앙에 위치하고 있어 발생된 생활하수는 짧은 유하거리를 거친 후 저수지로 유입되고 있다.
- 대승저수지 유역 내에 마을하수도 2개소가 운영되고 있으며, 방류수가 저수지로 유입되며, 최상류에는 금호대곡공단이 위치한다.
- 유역 내 밭과 사과 및 포도 과수원의 비율이 높고 퇴비 시용이 많으며, 강우 시 발생하는 영양염류의 유입이 예상되며, 일부 규제 대상 축사에서도 축분야적 등 관리가 필요한 상태이다.
- 경지 이용에 따른 영양염류 유입 등 비점오염원 유입과 호 내 마름 군락이 저수지의 1/2 이상을 차지할 정도로 번성하여 고사기 내부 부하량도 저수지 수질에 영향을 미친다.
- '16년에는 저수지 수리시설 개보수 공사를 위해 낮은 저수량을 유지하였다.
- 유역 내 1개의 산업단지(금호대곡공단)가 위치하나, 폐수발생이 없는 업체로 조사되었다.
- 대승저수지 수질개선사업은 '10년 착공하여 '12년 준공하였으며, 현재 준공 5년차 지구이다.

[표 11-1-2] 대승저수지 일반현황

소재지	경상북도 영천시 금호읍 오계리	
설치년도	1992년	
유역면적	715ha	
유효저수량	1,619천m <sup>3</sup>	
수혜농지	189.7ha	
만수면적	55.8ha	
관리주체	한국농어촌공사 영천지사	

### 11.1.2 수질개선시설 현황

#### 1) 주요대책

- 상류대책 : 유역 내 마을하수도 2개소 운영
  - 대곡지구 마을하수도처리시설 : 50m<sup>3</sup>/d, 고효율 접촉폭기법
  - 대곡2지구 마을하수도처리시설 : 48m<sup>3</sup>/d, 접촉폭기법
- 호내대책 : 수질개선사업('10~'12) 진행
  - 인공습지 2개소, 침강지 1개소, 인공식물섬 1개소, 물순환장치 1기

[표 11-1-3] 대승저수지 수질개선시설 현황

구분	대안	시설	규모	비고
<input type="checkbox"/> 상류대책(영천시 추진)				
1	하수처리시설	대곡마을하수도	50m <sup>3</sup> /d, 고효율 집축폭기법	
2	하수처리시설	대곡2마을하수도	48m <sup>3</sup> /d, 집축폭기법	
3	관리감독	축분야적시설		
<input type="checkbox"/> 호내대책				
1	평시 유출수 처리	1호 인공습지	36,958m <sup>2</sup>	
2	평시 유출수 처리	2호 인공습지	9,809m <sup>2</sup>	
3	평시 및 강우 유출수 처리	침강지	1개소, 14,385m <sup>3</sup>	
4	부유식 순환장치	태양광 물순환장치	1개소, 물순환량 54,000m <sup>3</sup> /d	
5	퇴적물제거	호 내	48,000m <sup>2</sup> (제거량 : 52,800m <sup>3</sup> )	
6	내부생산 저감	인공식물섬	1개소, 500m <sup>2</sup>	

- 호 내 마름군락이 번성하고 있어 내부 부하량을 감소시키기 위해서는 수생식물 고사기 이전 식생제거가 필요하다.
- 저수지 만수 시 습지 및 침강지가 침수되어 기능이 저하되기 때문에 대승저수지 유지관리 규정을 준수하는 범위 내에서 저수율 적정관리를 통한 주요 대책 시설의 효율을 증대하는 방안이 필요하다.

## 2) 인공습지

- 인공습지의 설계 유량은 30mm/d, 24시간 강우분포율에 의한 홍수유출량을 수질정화 용량(체류시간 12시간, 수심 60cm)으로 결정하였다.
- 인공습지는 2개소로 면적은 4.7ha이고, 습지 내 침사지 2개소와 깊은 연못 6개소가 조성되어 용존산소 공급과 수심을 1m 정도 유지시켜서 겨울철에도 수서 곤충, 양서류 등 수생태계를 유지할 수 있도록 하였다.
- 인공습지는 유역이 가장 크고, 마을과 기존농경지 등 오염원이 많이 위치하는 3, 4유역을 대상으로 습지를 조성하였다.

[표 11-1-4] 인공습지 설계유량 및 규모

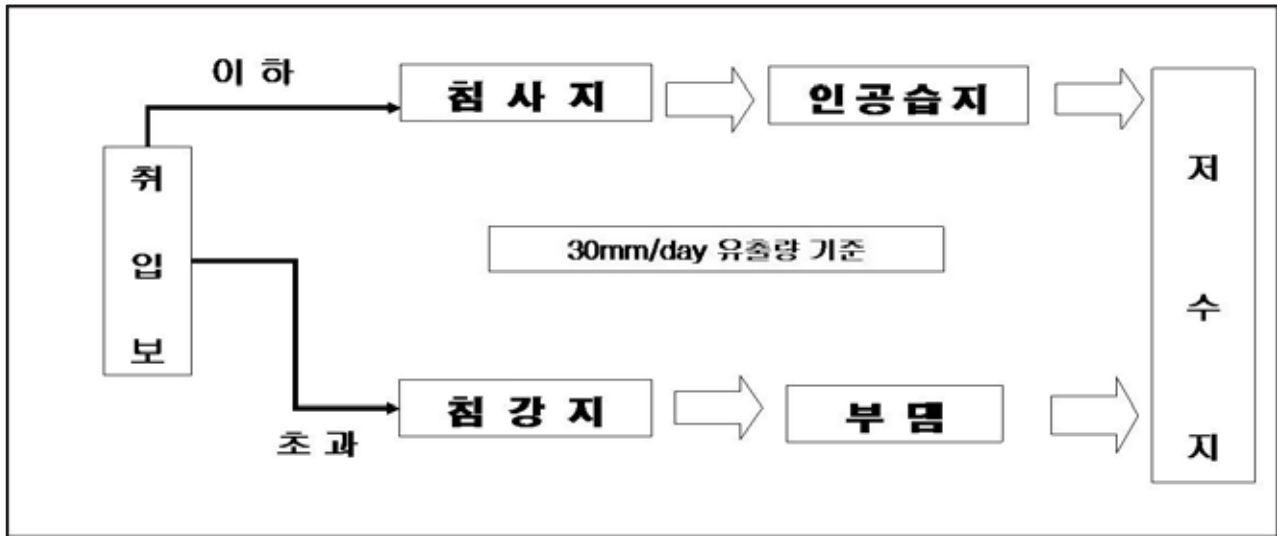
구분	총 유출량 (m <sup>3</sup> /d)	첨두홍수량 (m <sup>3</sup> /s)	설계홍수량 (m <sup>3</sup> /d)	체류시간 (hr)	면적 (m <sup>2</sup> )
계	10,267.5	77.6	9,697.8	35.1	46,767
1호(4구역)	8,122.3	54.5	7,687.3	35.6	36,958
2호(3구역)	2,145.2	23.1	2,010.5	34.5	9,809



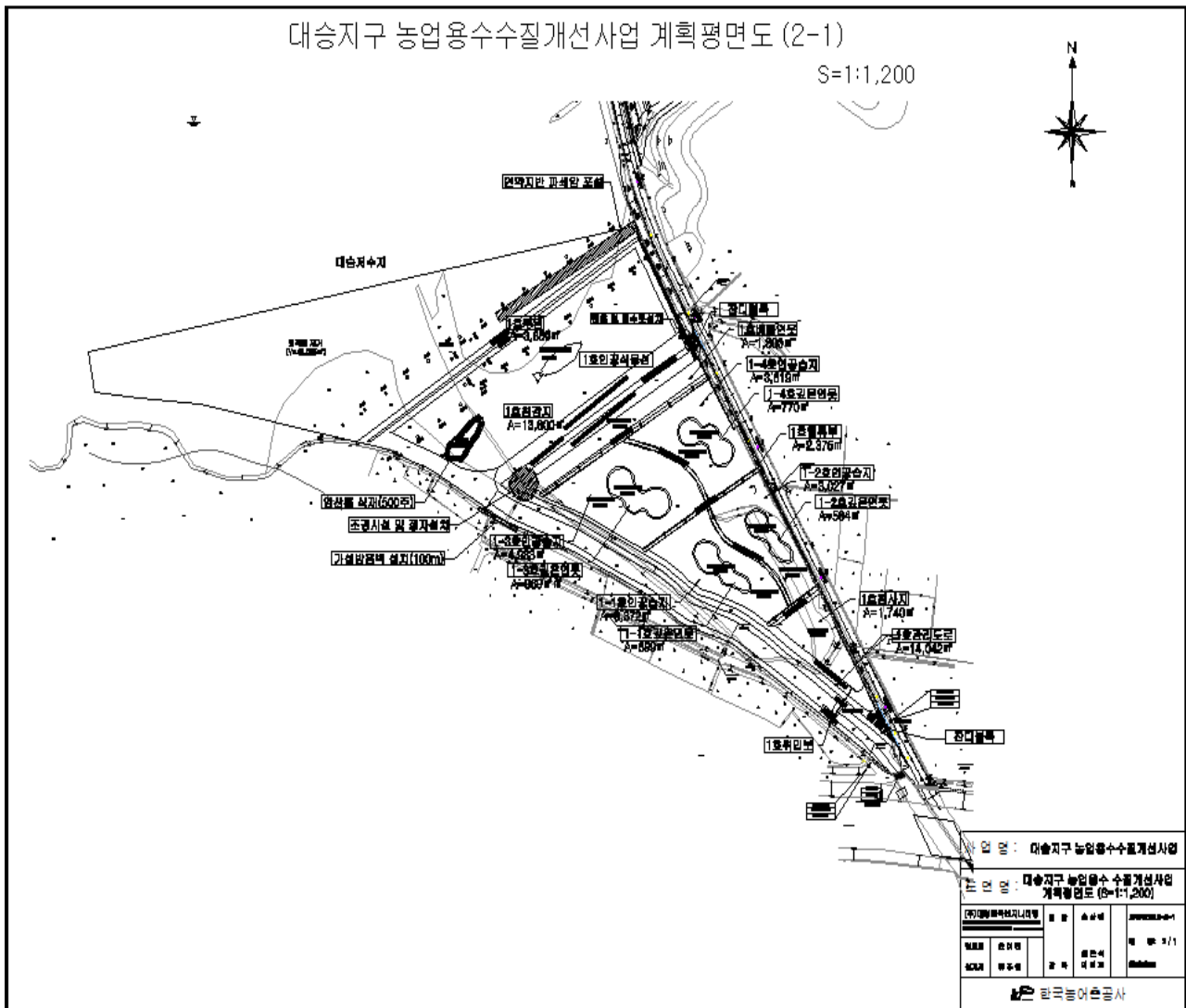
[그림 11-1-2] 대승저수지 구역 구분도

○ 1호 인공습지

- 구역 4의 30mm/일 이하 강우 시 유출되는 유량을 정화 처리하기 위해 필요한 1호 인공습지 계획 면적은 관리도로 등을 포함하여 36,958m<sup>2</sup>으로 계획하였다.
- 습지의 면적은 21,802m<sup>2</sup>으로 계획하였고, 내용적상으로는 11,377m<sup>3</sup>으로서 구역에서 유출되는 유출량 320.0m<sup>3</sup>/hr이 습지에서 평균적으로 약 35시간 정도 체류하도록 계획하였다.



[그림 11-1-3] 1호 인공습지 수리계통도



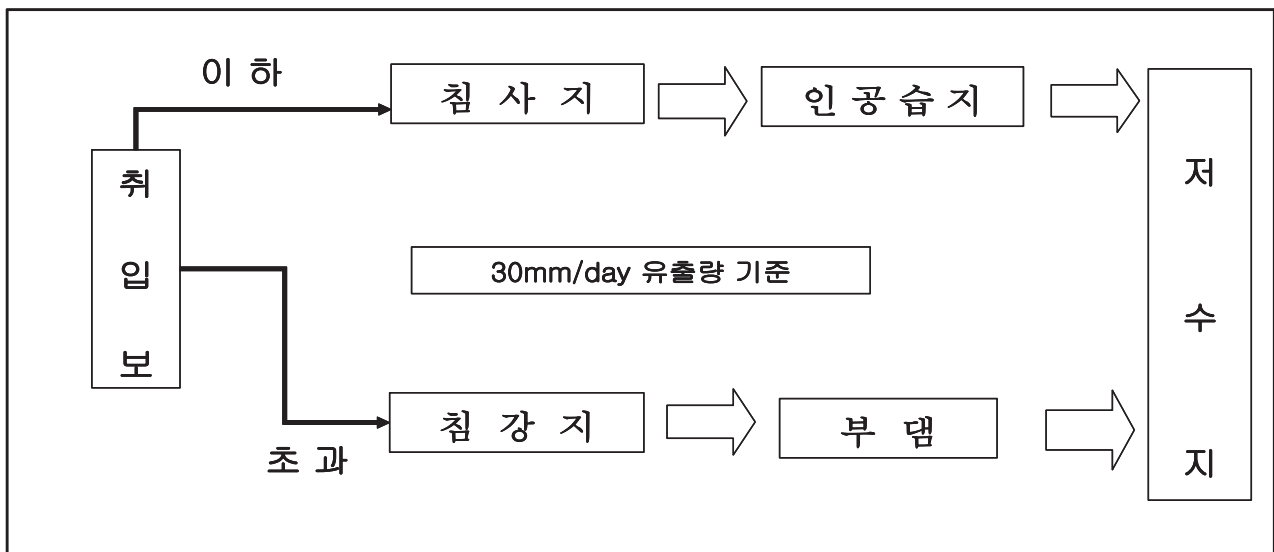
[그림 11-1-4] 1호 인공습지 평면도



[그림 11-1-5] 1호 인공습지 시설현황

○ 2호 인공습지

- 유역 3, 4의 일 30mm 이하 강우 시 유출되는 유입유량을 정화 처리하기 위해 필요한 인공습지 계획면적은 관리도로 등을 포함하여 9,809㎡으로 계획하였다.
- 습지의 면적은 5,436㎡으로 계획하였고, 내용적상으로는 2,900㎡으로서 유역에서 유출되는 유출량 84㎡/hr이 습지에서 평균적으로 약 34시간 정도 체류하도록 계획하였다.



[그림 11-1-6] 2호 인공습지 수리계통도





[그림 11-1-7] 2호 인공습지 평면도



[그림 11-1-8] 2호 인공습지 시설현황

### 3) 침강지

- 호내대책으로 침강지 1개소를 설치하였으며, 2호 인공습지 말단에는 지방도로에 의해 자연적으로 분획된 2호 침강지가 운영되고 있다.
- 1호 침강지 : 26,533㎡(14,385㎡)
- 1호 침강지의 체류시간은 홍수조절 등을 감안하여 약 12시간 이상으로 계획하였다.
- 1호 침강지의 부딪 높이는 침강지의 홍수와 연간 수위변동 등을 고려하여 저수지 만수위(H.W.L)보다 0.5~1.0m정도 낮게, 부딪의 연장은 280.0m로 계획하였다.
- 1호 침강지의 특성 및 평면도는 [표 11-1-5], [그림 11-1-9]과 같다.

[표 11-1-5] 침강지 특성표

내 용	토지이용상태(ha)					높이 (m)	길이 (m)	시설 면적 (ha)	용량 (ha-m)	SAR (%)
	계	논	밭	임야	기타					
1호(4유역)	446.3	83.9	76.2	256.9	29.3	2	280	1.4	26.5	0.31



[그림 11-1-9] 침강지 평면도

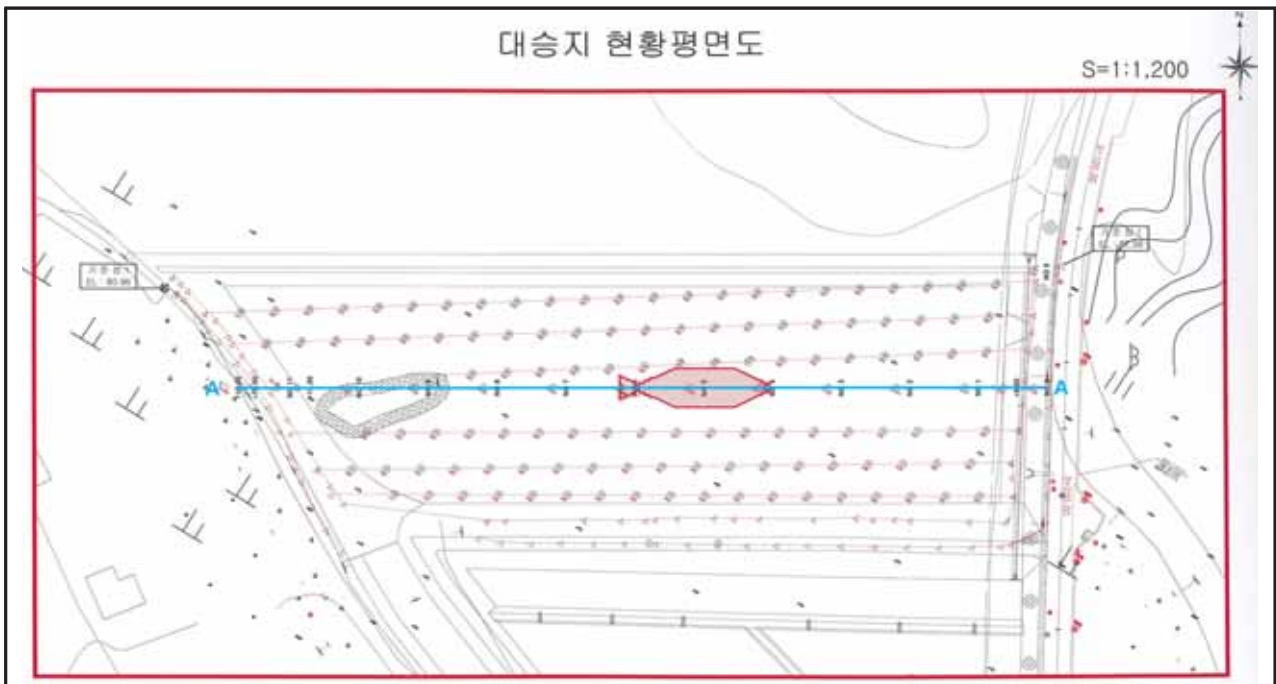


[그림 11-1-10] 침강지 시설현황

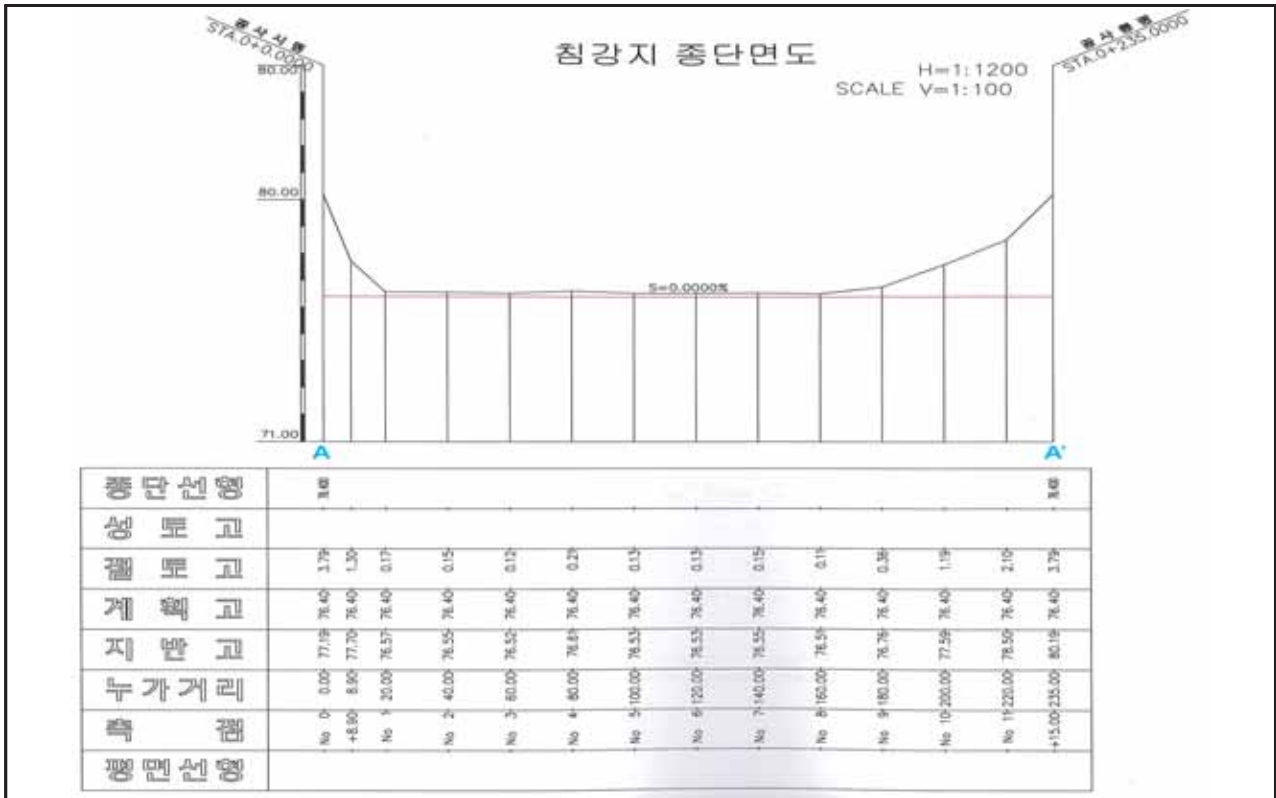
○ 대승저수지 침강지의 내용적을 2017년 8월 30일부터 9월 8일까지 측량하였고, 그 결과를 [표 11-1-7]과 [그림 11-1-9], [그림 11-1-10]에 나타내었다.

[표 11-1-6] 대승지 내용적 측량 결과

구 분	관측 전 면적(m <sup>2</sup> )	관측 전 내용적(m <sup>3</sup> ) (A)	관측 후 내용적(m <sup>3</sup> ) (B)	내용적 퇴적량(m <sup>3</sup> ) (C=A-B)	퇴적율(% (C/A*100)
1호 침강지	14,385	26,533	23,858	2,675	10.1



[그림 11-1-11] 침강지 지형 현황평면도



[그림 11-1-12] 침강지 종단면도

#### 4) 기타 수질개선시설

- 물순환장치 : 호 내 1개소 설치 및 운영
  - 순환량 54,000m<sup>3</sup>/d, 제조사 슬라비
- 인공식물섬 : 1호 침강지내 설치 운영
  - 면적 500m<sup>2</sup>, 제조사 (주)아쌈



[그림 11-1-13] 기타시설 현황

## 11.2. 기상 및 수질현황

### 11.2.1 기상현황

#### 1) 기온

- 대승저수지와 최근거리의 대구기상대에서 측정된 연도별 월별 기온 현황은 [표 11-2-1]과 같으며, 평균 기온 분석결과 금년 평균 기온이 15.6℃로 사업 준공 후 가장 높은 기온을 나타내었다.

[표 11-2-1] 대승저수지 유역 사업시행 전·후 월별 기온 현황 [단위 : °C]

구 분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균	
시행전	'99~'10	1.2	3.7	8.4	14.5	19.5	23.4	25.9	26.4	22.1	16.3	9.3	3.0	14.5
시행중	2011년	-2.5	4.2	7.0	13.7	18.8	24.3	26.8	26.2	23.0	15.7	11.9	2.3	14.3
	2012년	0.8	1.1	7.7	15.1	20.1	23.2	27.5	27.9	21.7	15.8	8.2	1.1	14.2
시행후	2013년	-0.1	2.6	9.8	12.3	20.3	24.3	28.7	29.0	23.0	17.2	8.9	3.5	15.0
	2014년	1.7	3.5	8.8	14.5	20.2	22.4	26.1	23.8	21.4	15.4	9.4	0.5	14.0
	2015년	2.3	3.8	9.2	14.6	21.7	22.9	25.0	26.0	20.6	15.8	11.0	4.5	14.8
	2016년	-0.2	3.1	8.8	14.9	20.0	23.4	26.4	27.6	21.9	16.6	8.8	4.0	14.6
	2017년	1.1	3.2	7.9	15.7	20.8	23.3	27.8	26.4	21.5	16.2	7.8	1.6	15.6
평년값	0.6	2.9	7.8	14.3	19.1	22.8	25.8	26.4	21.7	15.9	9.0	2.9	14.1	

#### 2) 강수량

- 대승저수지와 최근거리의 대구기상대에서 측정된 연도별 월별 강수량 현황은 [표 11-2-2]과 같으며, 사업 시행 전 2009년은 799mm로 최근 30년 평년값 1,064.4mm에 비해 적은 강우량을 보였고, 사업 시행중인 2011~2012년의 경우 1,139.1~1,420mm로 많은 강우량을 보였다.
- 사업 준공 후(2013~2017년)의 경우 652.7~1,227.1mm로 연도별 편차가 심하였고, 금년 강우량은 652.7mm로 2009년 이후 가장 적은 것으로 나타났다.

[표 11-2-2] 대승저수지 유역 사업시행 전후 월별 강수량 현황

[단위 : mm]

구 분		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합계
시행전	'99~'10	17.3	26.8	39.2	56.8	95.8	140.0	240.3	260.0	168.5	29.3	21.7	16.4	1,112.1
시행중	2011년	1.0	64.4	16.5	104.5	156.8	173.0	427.7	253.6	38.5	115.0	69.8	9.6	1,430.4
	2012년	8.1	7.1	82.1	74.4	50.6	85.1	202.5	327.1	241.5	28.1	32.5	50.7	1,189.8
시행후	2013년	17.7	27.3	55.1	60.5	70.5	63.1	249.3	203.0	96.7	107.5	40.0	5.9	1,138.4
	2014년	1.7	7.0	110.5	105	24.4	28.2	142.6	402.8	110.5	88.6	45.3	6.8	1,023.0
	2015년	24.1	14.6	50.5	82.7	34.7	62.1	157.5	269.5	70.3	38.1	70.9	33.5	908.5
	2016년	23.8	15.5	67.5	151.0	65.0	45.7	307.3	81.2	306.5	111.5	11.1	41.0	1,227.1
	2017년	2.5	25.7	38.4	53.0	33.1	71.5	105.3	171.3	97.5	54.3	0.1	0	652.7
평년값		20.6	28.2	47.1	62.9	80.0	142.6	224.0	235.9	143.5	33.8	30.5	15.3	1,064.4

## 11.2.2 수질현황

### 1) 목표수질

- 대승저수지의 수질개선사업을 통한 목표수질, 예측수질은 [표 11-2-3]와 같다.
- 대승저수지의 목표 수질은 농업용수 수질환경기준을 만족하는 것으로 설정하였다.
- 오염원 증감이 없는 조건으로 장래수질을 예측한 결과, 저수지 수질이 COD 7.2mg/L로 수질 관리기준 IV등급 이내로 개선되는 것으로 예측되었다.

[표 11-2-3] 대승저수지 목표수질

구 분	목표수질	기본계획 수립시 ('07년)	예측수질 ('15년)	비 고
COD(mg/L)	8.0 이하	9.2	7.2	
TOC(mg/L)	6.0 이하	-	-	
T-N (mg/L)	1.0 이하	1.080	0.782	
T-P (mg/L)	0.1 이하	0.061	0.055	
수질등급	IV	V	IV	

## 2) 오염원 현황

- 인공습지 설치 전에 비하여 2014년을 기점으로 인구 및 축산의 변화가 나타났으며, 산업계 등 점오염원 증가에 따른 발생부하량도 증가하여 저수지 수질에 영향을 주고 있다.
- 사업 시행 초기 인구 200여명 대비 사업시행 후 390명으로 증가하였고 한우 사육 두수도 증가하였다. 또한 상류지역에 금호대곡공단이 조성되어 이에 따른 토지 이용 변화가 나타났다.
- [표 11-2-7]에서 보듯이 유역내의 2017년 토지이용현황은 총 715ha 중 논이 16.1%(115ha), 밭이 14.7%(105ha), 임야가 56.2%(402ha), 기타 13.0%(93ha)로 유역 토지이용의 절반이상이 임야로 나타났다.

[표 11-2-4] 대승저수지 유역 내 인구변화 추이

구 분	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
인구(명)	209	206	205	217	202	395	395	395	390

[표 11-2-5] 대승저수지 유역 내 연도별 축산변화

구 분	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
한우(두)	35	35	49	69	176	210	210	210	210

[표 11-2-6] 대승저수지 유역 내 연도별 산업계 변화

구 분	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
발생량 (m <sup>3</sup> /d)	0	0	0	0	30	48	48	48	48

[표 11-2-7] 대승저수지 유역 내 지목별 토지이용현황

구 분	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
계	685	685	715	715	715	715	715	715	715
전(ha)	13	13	13	105	105	105	105	105	105
답(ha)	113	113	113	115	115	115	115	115	115
임야(ha)	480	480	480	402	402	402	402	402	402
기타(ha)	79	79	109	93	93	93	93	93	93

### 3) 오염부하량

- 2017년 대승저수지 유역내 오염물질 발생부하량은 [표 11-2-8]과 같으며, 연도별 오염물질 발생부하량 변화는 [표 11-2-9]와 같다.
- 2017년 오염물질 발생부하량에 따른 주요오염원을 살펴보면, BOD 오염물질 발생 부하량은 생활계가 41.3%, T-N, T-P 발생부하량은 토지계가 각 60.5%, 44.1%로 가장 높아 유기물질은 생활계가, 영양염류는 토지계가 주요 오염원인 것을 알 수 있다.

[표 11-2-8] 2017년 대승저수지 유역 내 발생부하량

구 분	점 오염원						비점오염원					계	
	생활계 (인)	축산계(두)			산업계 (m <sup>3</sup> /일)	소계	토지현황(ha)				소계		
		한우	젓소	돼지			전	답	임야	기타			
원수	390	210	-	-	48		105	115	402	93			
BOD	kg/d	19.1	14.1	-	-	3.8	37.0	1.7	2.6	4.0	0.9	9.3	46.3
	%	41.3	30.4	-	-	8.2	79.9	3.6	5.7	8.7	2.0	20.1	100.0
T-N	kg/d	5.1	8.4	-	-	3.6	17.2	9.9	7.5	8.8	0.1	26.4	43.6
	%	11.8	19.3	-	-	8.4	39.5	22.8	17.3	20.3	0.1	60.5	100.0
T-P	kg/d	0.6	0.7	-	-	0.6	2.0	0.3	0.7	0.6	0.0	1.5	3.5
	%	16.7	21.0	-	-	18.2	55.9	7.2	20.0	16.1	0.8	44.1	100.0

[표 11-2-9] 대승저수지 유역 내 연도별 오염물질 발생부하량

구 분	연도별 발생부하량(kg/d)								
	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
BOD	21.0	20.8	22.0	24.0	31.6	59.2	59.7	59.7	59.7
T-N	23.4	23.4	23.9	24.9	31.0	36.5	41.9	41.9	41.9
T-P	1.9	1.8	1.9	2.0	2.4	3.4	3.5	3.5	3.5

### 4) 수질변화 추이

- 대승저수지의 연도별 수질현황은 [표 11-2-10]과 같다.
- 2017년 대승저수지의 수질은 평균 TOC가 5.6mg/L로 IV등급, T-N은 1.079 mg/L, T-P는 0.057 mg/L로 나타났으며, 농업용수 수질관리기준을 만족하고 있다.
- 착공년도인 2010년에 비해 오염도가 약간 감소하였으나, 전년 완공된 수리시설 개보수 공사 및 가뭄에 따른 저수량 저하, 고온현상 등이 수질에 영향을 미치고 있다.



[표 11-2-10] 대승저수지 수질변화

구 분 (mg/L)	착공전 평균 (‘05~‘09)	착공중 평균 (‘10~‘12)	준공후 평균 (‘13~‘17)	최근 수질변화					목표 수질
				‘13	‘14	‘15	‘16	‘17	
COD	9.5	11.7	10.0	9.2	9.5	9.5	12.4	9.6	8.0이하
TOC	-	7.6	6.5	6.2	6.5	6.8	7.5	5.6	6.0이하
T-N	0.611	1.616	1.119	1.151	0.980	1.211	1.175	1.079	1.0이하
T-P	0.027	0.073	0.048	0.054	0.042	0.050	0.039	0.057	0.1이하

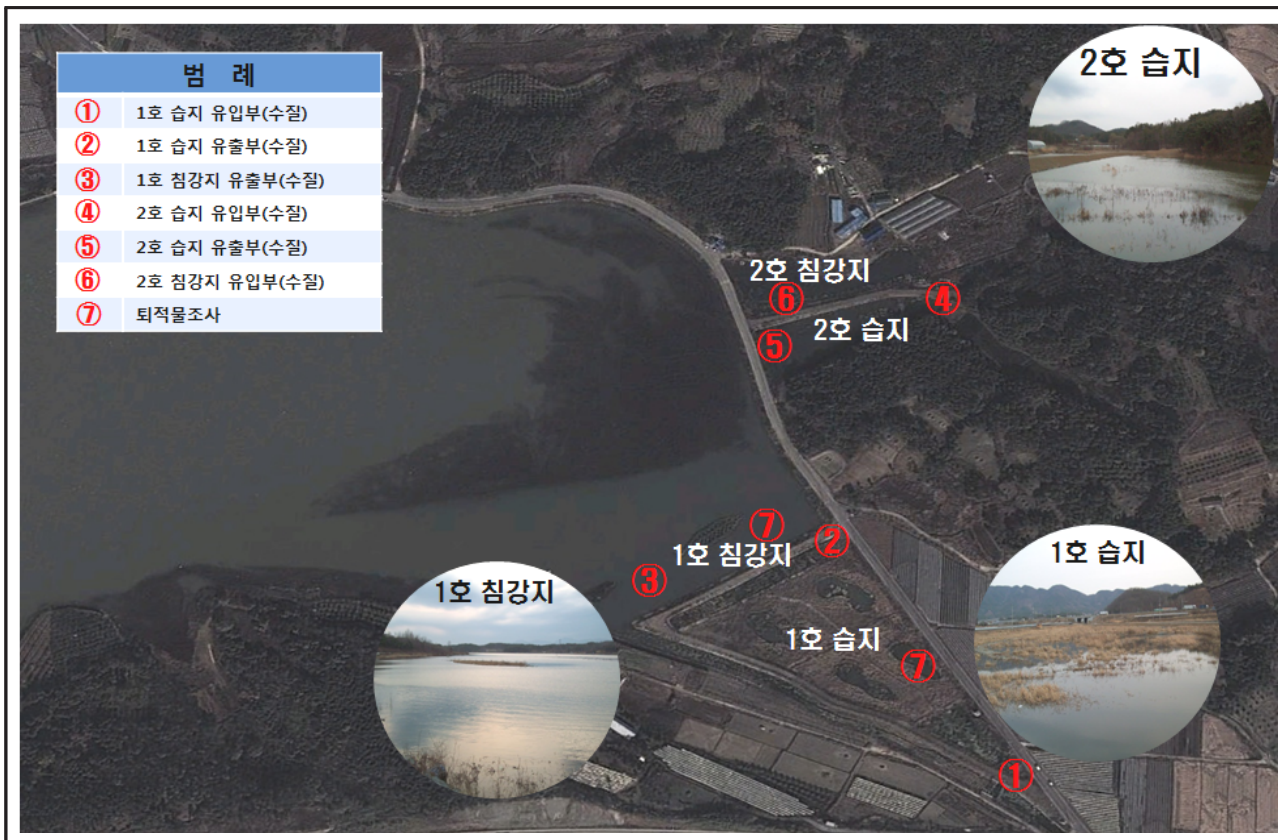
### 11.3. 시설별 수질개선효과

#### 11.3.1 인공습지 수질개선효과

- 대승지구는 인공습지 2개소, 침강지 1개가 조성되었으며 2호 침강지는 지방도로 등에 의해 자연적으로 분획된 소하천이 침강지 역할을 하고 있다.
- 대승저수지 수질개선시설의 수질개선효과를 분석하기 위하여 ① 1호 침강지 및 인공습지 유입부와 ② 1호 인공습지 유출부, ③ 1호 침강지 유출부를 선정하였으며 ④ 2호 침강지 및 인공습지 유입부와, ⑤ 2호 인공습지 유출부, ⑥ 2호 침강지 유출부 등 총 6지점을 선정하였다.
- 2017년 수질조사는 1차 3월 22일, 2차 5월 22일, 3차 7월 27일, 4차 10월 30일, 강우 8월 16일 등 5차에 걸쳐 실시하였고, 퇴적물조사는 3차 수질조사와 병행하였다.
- 그 중 2호 인공습지의 경우, 3차 조사의 경우는 가뭄에 따른 유입량이 없어 유입 및 유출수 모두 수질조사가 이루어지 않았고, 4차 조사에서도 습지로의 유입량이 매우 적어, 유출수가 없어 습지 유출부에 대한 조사가 실시되지 않았다.

[표 11-3-1] 대승저수지 수질 및 퇴적물 조사 시기

구분	조사횟수	조사일자				
		1차	2차	3차	강우시 (10.0mm)	4차
수질조사	5회	3/22	5/22	7/27	8/16	10/30
퇴적물조사	1회	-	-	7/27	-	-



[그림 11-3-1] 대승지구 수질 및 퇴적물 조사 지점

- 인공습지 수온은 유입수가 평균 17.9℃였는데, 유출수는 평균 18.3℃로 수온이 상승하였다. 이는 체류시간이 길고 배출연못 등에서 햇빛에 노출되기 때문에 수온이 상승된 것으로 판단된다.
- pH 조사결과 유입수가 평균 7.1이고, 유출수는 6.8로 나타나 농업용수 관리기준인 6.0 ~ 8.5를 만족하였다.
- EC 조사결과 유입수가 495  $\mu\text{S}/\text{cm}$ 였는데, 유출수는 480  $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로써 유출수에서 낮아지는 경향을 보였고, 유입수와 유출수 모두 작물 생장에 지장이 없는 값인 700  $\mu\text{S}/\text{cm}$  이하를 나타냈다(캘리포니아대학교 대외 협력국(UCCES) 농업용수 관리기준 지침).
- DO 조사결과 유입수는 7.5mg/L였는데, 유출수는 5.2mg/L로 낮아졌다. 하지만 모든 시기에 유입수와 유출수 모두 농업용수 관리기준인 2.0mg/L 이상을 만족하고 있다.

[표 11-3-2] 대승지구 1호 인공습지 수질변화

구 분		'13년	'14년	'15년	'16년	'17년 평상시 및 강우시					
		평균	평균	평균	평균	1차 (3.22)	2차 (5.22)	3차 (7.27)	4차 (10.30)	평균	강우 (8.16)
수온 (°C)	유입수	19.8	23.5	20.2	23.6	7.7	21.2	24.6	11.9	17.9	24.0
	유출수	21.2	22.9	19.2	21.6	9.0	23.2	23.8	11.7	18.3	23.8
pH	유입수	7.7	7.8	7.9	7.1	7.7	7.3	6.7	6.9	7.1	7.1
	유출수	7.7	7.4	7.2	6.9	7.4	6.5	6.3	6.6	6.8	7.0
EC (µS/cm)	유입수	348	382	378	303	467	439	495	536	495	537
	유출수	373	404	365	289	541	411	440	542	480	467
DO (mg/L)	유입수	8.8	7.8	8.5	8.8	8.9	8.8	4.7	8.4	7.5	6.7
	유출수	7.7	5.5	3.7	6.0	7.4	5.2	2.5	6.1	5.2	4.6
SS (mg/L)	유입수	60.1	15.9	27.9	6.6	5.2	2.7	4.9	8.4	5.6	6.8
	유출수	11.0	4.7	10.1	4.4	5.6	9.4	8.7	7.9	6.6	1.2
COD (mg/L)	유입수	11.8	9.3	10.6	7.1	6.2	8.2	6.0	3.8	6.3	7.4
	유출수	13.0	9.3	13.9	13.5	16.0	13.6	18.8	9.0	13.4	9.4
TOC (mg/L)	유입수	6.6	5.6	6.5	5.0	7.1	5.8	4.2	2.3	4.8	4.4
	유출수	7.9	6.2	9.1	8.1	10.8	6.9	11.4	5.0	8.1	6.3
T-N (mg/L)	유입수	4.717	6.208	5.843	5.788	5.768	1.250	3.803	5.899	6.264	14.601
	유출수	2.466	2.584	1.606	1.319	0.917	0.883	1.560	0.572	2.496	8.547
T-P (mg/L)	유입수	0.402	0.294	0.238	0.174	0.149	0.320	0.163	0.164	0.200	0.205
	유출수	0.124	0.127	0.208	0.325	0.110	0.069	0.624	0.127	0.203	0.087

[표 11-3-3] 대승지구 2호 인공습지 수질변화

구 분		'13년	'14년	'15년	'16년	'17년 평상시 및 강우시					
		평균	평균	평균	평균	1차 (3.22)	2차 (5.22)	3차 (7.27)	4차 (10.30)	평균	강우 (8.16)
수온 (°C)	유입수	22.5	23.3	19.4	23.1	11.2	24.5	-	10.4	17.6	24.3
	유출수	26.2	24.8	20.0	23.3	13.4	24.0	-	-	20.9	25.2
pH	유입수	7.3	7.5	7.6	7.4	7.7	6.9	-	7.1	7.2	7.0
	유출수	7.5	7.5	7.7	6.9	8.5	7.3	-	-	7.6	7.0
EC (µS/cm)	유입수	226	278	284	283	413	505	-	501	429	298
	유출수	246	254	278	255	299	282	-	-	287	280
DO (mg/L)	유입수	6.2	6.5	6.0	7.1	10.5	11.0	-	5.6	8.4	6.3
	유출수	8.2	6.6	7.0	5.9	12.4	9.6	-	-	9.0	5.1
SS (mg/L)	유입수	87.7	20.7	8.2	10.3	1.7	39.0	-	12.7	14.0	2.4
	유출수	44.2	16.4	10.6	3.5	4.7	5.7	-	-	4.6	3.3
COD (mg/L)	유입수	21.8	13.0	13.9	10.9	6.3	13.2	-	6.0	9.1	11.0
	유출수	15.4	12.1	13.4	14.7	11.6	13.2	-	-	12.8	13.6

[표 11-3-3] 대승지구 2호 인공습지 수질변화(계속)

구 분		'13년	'14년	'15년	'16년	'17년 평상시 및 강우시					
		평균	평균	평균	평균	1차 (3.22)	2차 (5.22)	3차 (7.27)	4차 (10.30)	평균	강우 (8.16)
TOC (mg/L)	유입수	12.1	7.6	9.1	7.3	4.1	6.1	-	3.5	5.5	8.4
	유출수	9.1	7.5	8.7	9.5	8.2	6.6	-	-	8.2	9.7
T-N (mg/L)	유입수	4.149	3.459	4.038	2.584	4.457	1.086	-	3.586	3.557	5.097
	유출수	2.430	2.249	2.094	1.861	0.946	0.492	-	-	2.270	5.372
T-P (mg/L)	유입수	0.409	0.261	0.312	0.196	0.245	0.370	-	0.289	0.266	0.161
	유출수	0.167	0.120	0.120	0.110	0.054	0.170	-	-	0.115	0.122

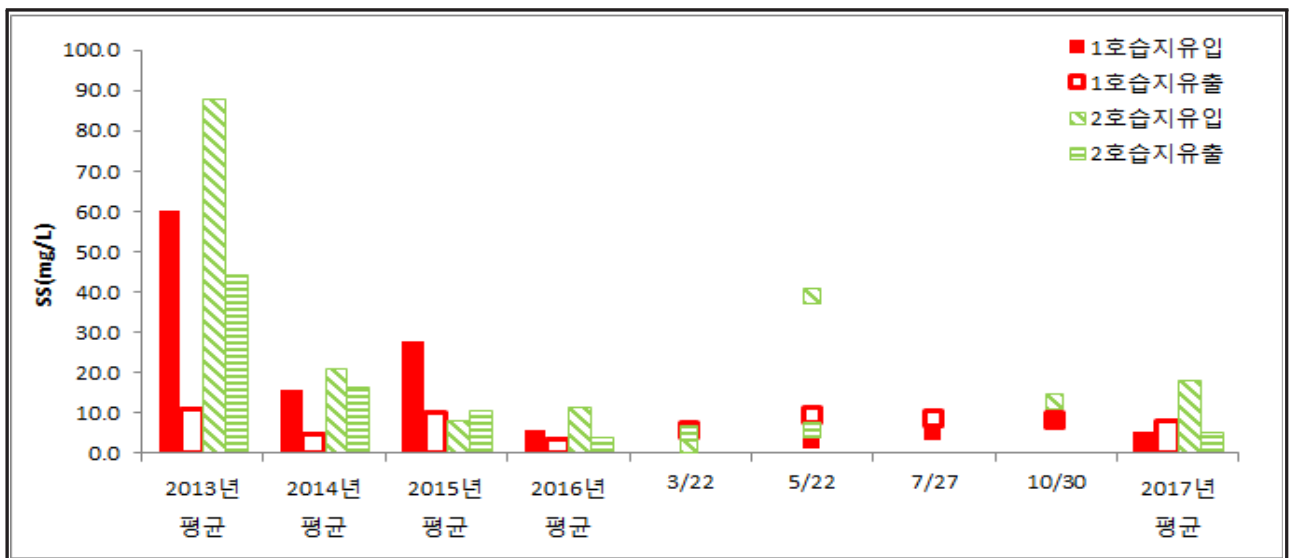
[표 11-3-4] 대승지구 1호 인공습지 정화효율

구 분		'13~'17년 평균		'13~'17년 평상시		'13~'17년 강우시	
		부하량	정화효율 (%)	부하량	정화효율 (%)	부하량	정화효율 (%)
SS (kg/d)	유입수	105.1	80.0	20.7	56.5	316.1	83.8
	유출수	21.0		9.0		51.1	
COD (kg/d)	유입수	24.1	-16.8	15.0	-32.4	47.0	-4.3
	유출수	28.2		19.8		49.0	
TOC (kg/d)	유입수	14.4	-21.3	10.5	-14.8	24.2	-20.1
	유출수	17.5		12.1		29.0	
T-N (kg/d)	유입수	13.0	62.1	9.9	57.4	22.0	63.1
	유출수	4.9		4.2		8.1	
T-P (kg/d)	유입수	0.8	35.1	0.4	37.6	1.8	35.1
	유출수	0.5		0.3		1.2	
Chl-a (g/d)	유입수	21.3	51.9	20.5	67.1	30.4	47.8
	유출수	10.2		6.8		15.9	

[표 11-3-5] 대승지구 2호 인공습지 정화효율

구 분		'13~'17년 평균		'13~'17년 평상시		'13~'17년 강우시	
		부하량	정화효율 (%)	부하량	정화효율 (%)	부하량	정화효율 (%)
SS (kg/d)	유입수	84.0	39.8	5.3	-14.5	230.2	44.9
	유출수	50.6		6.1		126.9	
COD (kg/d)	유입수	21.2	14.1	6.3	-23.6	48.9	26.2
	유출수	18.2		7.8		36.1	
TOC (kg/d)	유입수	12.0	10.0	5.1	-8.5	26.9	21.4
	유출수	10.8		5.6		21.2	
T-N (kg/d)	유입수	4.6	28.1	2.1	19.8	10.2	34.5
	유출수	3.3		1.7		6.7	
T-P (kg/d)	유입수	0.4	40.4	0.1	42.3	0.8	43.2
	유출수	0.2		0.1		0.5	
Chl-a (g/d)	유입수	6.4	-230.8	4.2	-110.5	11.7	-279.5
	유출수	21.1		8.9		44.3	

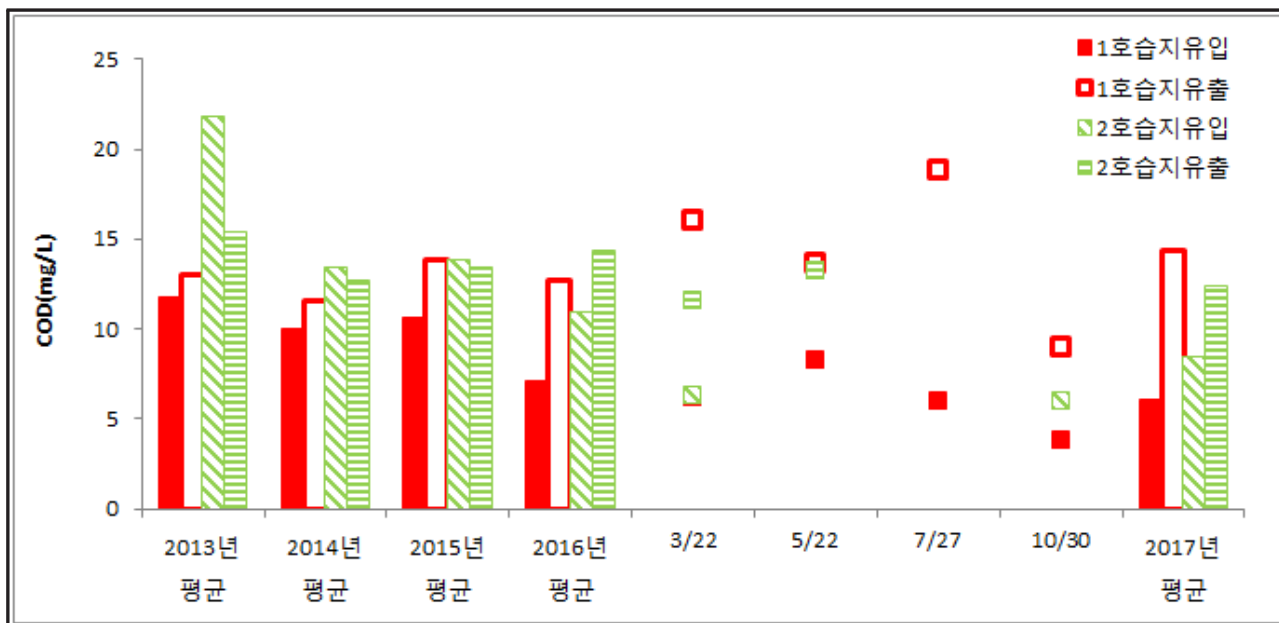
- SS 항목 분석결과 1호 습지의 유입수 평균이 5.6mg/L이며 유출수는 6.6mg/L로, 2호 습지의 유입수 평균이 14.0mg/L에서 유출수는 4.6mg/L로 감소하였다. 연차별로도 2013년부터 2017년까지 대부분 유입수에 비해 유출수의 SS 농도가 낮은 경향을 보였으나, 금년 1호 습지의 평균 유출수 농도가 유입수 농도에 비해 다소 증가하였다.
- 강우시 조사결과 1호 습지의 유입수는 6.8mg/L이며 유출수는 1.2mg/L로 감소하였으나, 2호 습지의 유입수는 2.4mg/L에서 유출수는 3.3mg/L로 약간 증가하였다.
- 지난 5개년간 SS 정화효율은 [표 11-3-3],[표 11-3-4]에서와 같다.  
1호 습지의 유입부하량이 105.1kg/d였는데, 유출부하량은 21.0kg/d로 낮아져 80.0%의 매우 높은 정화효율을 보였으며, 2호 습지의 유입부하량이 84.0 kg/d, 유출부하량은 50.6kg/d로 평균 39.8%의 정화효율을 나타내었다.
- 이와 같이 인공습지는 침전지에서의 침전, 인공습지에서의 여과작용 및 접촉 침전 등에 의해 SS 성분이 잘 제거되고 있는 것으로 나타났다.



[그림 11-3-2] 대승지구 인공습지 유입수 및 유출수 SS 변화

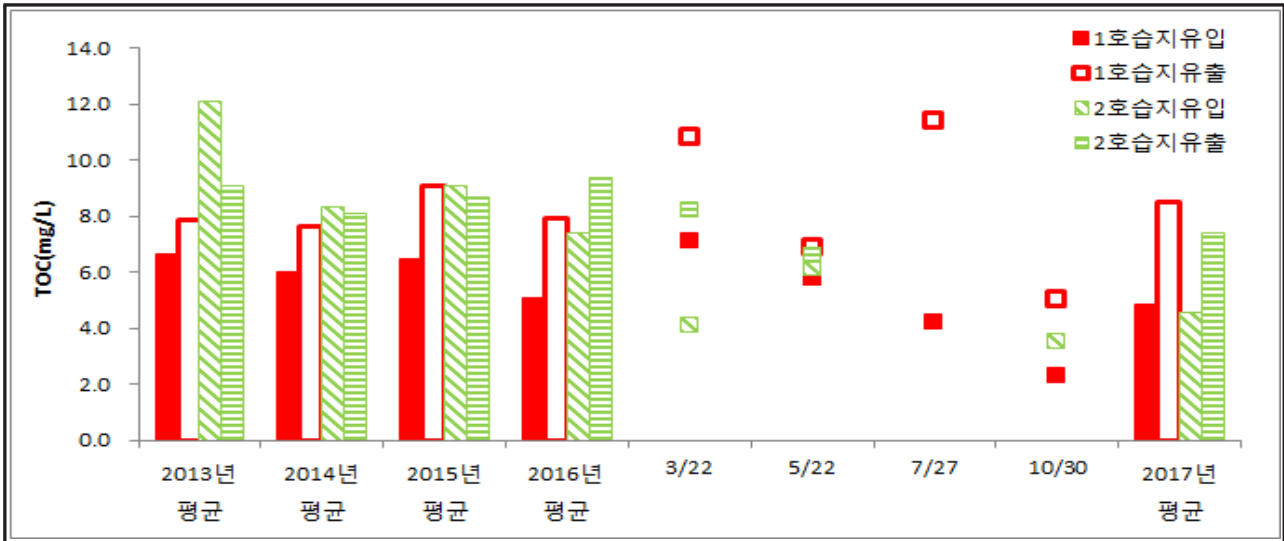
- COD 항목 분석결과 1호 습지의 유입수 평균이 6.3mg/L이며 유출수는 13.4mg/L로 증가하였으며, 2호 습지도 유입수 평균이 9.1mg/L에서 유출수는 12.8mg/L로 증가하였다.
- 강우시 조사결과 1호 습지의 유입수는 7.4mg/L이며 유출수는 9.4mg/L로 증가하였으며, 2호 습지의 유입수는 11.0mg/L에서 유출수는 13.6mg/L로 증가하였다.
- 지난 5개년간 COD 정화효율을 살펴보면 [표 11-3-4]과 같으며, 1호 습지의 유입부하량이 24.1kg/d이고, 유출부하량이 28.2kg/d로 5개년 평균 유출부하량이 높아 -16.8%의 정화효율을 보였으나, 2호 습지의 유입부하량은 21.2kg/d이고, 5개년 평균 유출부하량이 18.2kg/d로 낮게 나타나 14.1%의 정화효율을 나타내었다.

- 대승저수지 인공습지에서 COD 정화효율이 낮은 것은 저수지 만수 시 물이 원활히 흐르지 못하고 정체되어 체류시간이 길어짐에 따라 식물고사체 등의 영향으로 인공습지의 수질농도가 높아지는 경우가 있다. 따라서 대승저수지의 수질개선을 위해서는 저수지와 인공습지의 수위관리를 통하여 적정한 체류시간이 확보 될 수 있도록 지속적인 노력이 필요하다.
- 또한, 인공습지 내 갈대 등 식생의 고사체가 인공습지 바닥에 퇴적 또는 식생절취 후 외부 반출이 되지 않아 분해된 것도 하나의 원인인 것으로 판단된다.



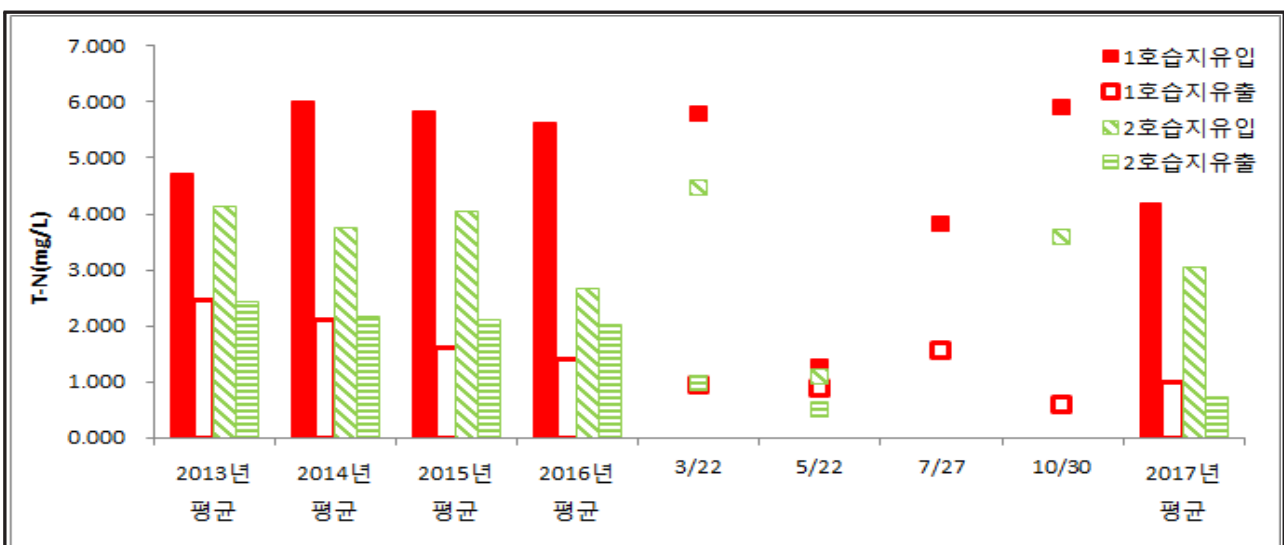
[그림 11-3-3] 대승지구 인공습지 유입수 및 유출수 COD 변화

- TOC 항목 분석결과 1호 습지의 유입수 평균이 4.8mg/L이며 유출수는 8.1mg/L로 증가하였으며, 2호 습지도 유입수 평균이 5.5mg/L에서 유출수는 8.2mg/L로 증가하였다.
- 강우시 조사결과 1호 습지의 유입수는 4.4mg/L이며 유출수는 6.3mg/L로 증가하였으며, 2호 습지의 유입수는 8.4mg/L에서 유출수는 9.7mg/L로 증가하였다.
- 지난 5개년 동안 TOC 정화효율은 [표 11-3-3], [표 11-3-4]와 같으며, 1호 습지는 유입부하량이 14.4kg/d이고, 유출부하량이 17.5kg/d로써 -21.3%의 정화효율을 보였으며, 2호 습지는 유입부하량이 12.0kg/d이고, 유출부하량이 10.8kg/d로써 10.0%의 정화효율을 나타내었다.
- COD와 마찬가지로 1호 습지에서는 강우시나 평상시 모두 음(-)의 정화효율을 보였다. 2호 습지에서는 유기물 개선효과가 나타났지만, 강우시의 효과이며 평상시에는 음(-)의 정화효율을 나타내고 있다.



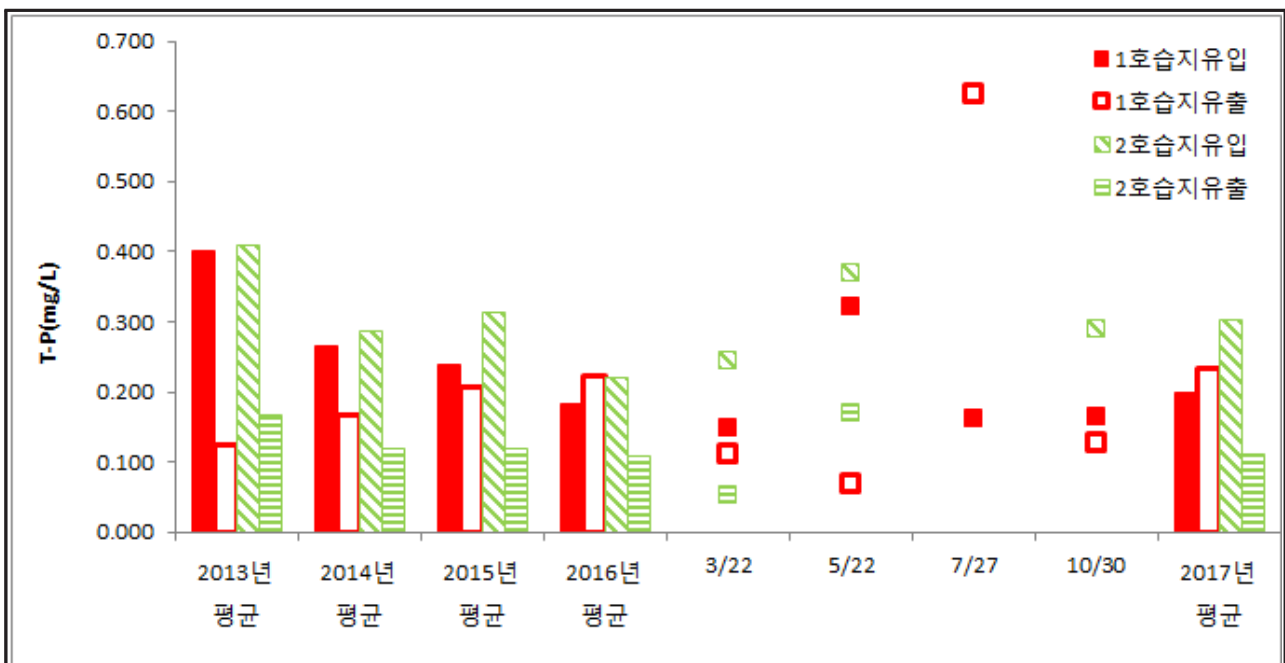
[그림 11-3-4] 대승지구 인공습지 유입수 및 유출수 TOC 변화

- 금년 T-N 항목 분석결과, 1호 습지의 유입수 평균이 6.264mg/L이며 유출수는 2.496mg/L, 2호 습지의 유입수 평균이 3.557mg/L에서 유출수는 2.270mg/L로 두 시설 모두 습지를 거치면서 T-N농도가 감소하는 것으로 나타났다.
- 강우시 조사결과, 1호 습지의 유입수는 14.601mg/L이며, 유출수는 8.547mg/L로 감소한 반면, 2호 습지의 유입수는 5.097mg/L에서 유출수는 5.372mg/L로 증가하였다.
- 지난 5개년 간 T-N 정화효율은 [표 11-3-3], [표 11-3-4]에서와 같이 1호 습지 유입 부하량이 13.0kg/d였는데 유출부하량은 4.9kg/d로 낮아져 62.1%의 높은 정화효율을 보였으며, 2호 습지 유입부하량은 4.6kg/d, 유출부하량은 3.3kg/d로 낮아져 28.1%의 정화효율을 나타내었다.



[그림 11-3-5] 대승지구 인공습지 유입수 및 유출수 T-N 변화

- 금년 T-P 항목 분석결과, 1호 습지의 경우 유입수 평균이 0.200mg/L이고 유출수는 0.203mg/L로 비슷하였으나, 2호 습지의 경우에는 유입수 평균이 0.266mg/L에서 유출수는 0.115mg/L로 감소하는 것으로 나타났다.
- 강우시 조사결과 1호 습지의 유입수는 0.205mg/L이며 유출수는 0.087mg/L로 매우 감소하였고, 2호 습지의 유입수는 0.161mg/L에서 유출수는 0.122mg/L로 역시 감소하였다.
- 지난 5개년 간 T-P 정화효율은 [표 11-3-3], [표 11-3-4]에서와 같으며, 1호 습지 유입부하량이 0.8kg/d였는데, 유출부하량은 0.5kg/d로 낮아져 35.1%의 정화효율을 보였으며, 2호 습지 유입부하량은 0.4kg/d였는데, 유출부하량이 0.2kg/d로 낮아져 40.4%의 정화효율을 보였다.



[그림 11-3-6] 대승지구 인공습지 유입수 및 유출수 T-P 변화

- 이상과 같이 전체적으로 보면 대승지구 인공습지에서 유기물 정화효율은 매우 낮은 것으로 나타났다. 하지만 유입된 SS 성분의 침강과 T-N, T-P와 같은 영양염류는 식생의 흡수로 인해 제거됨으로 수질정화 효과가 있는 것으로 나타났다.



### 11.3.2 침강지 수질개선효과

- 대승저수지는 30mm/일 초과 강우 사상이 발생할 경우 유입하천에서 저수지로 직접 유입되는 수량을 계획 유량으로 하며, 강우가 없는 평시는 습지의 배출수가 침강지로 유입된다.
- 대승저수지에 설치된 침강지별 수질조사 결과는 [표 11-3-6] [표 11-3-7]과 같다.
- 수온 조사결과 1호 침강지의 유입수 평균이 17.9℃인데 유출수는 22.0℃로 증가, 2호 침강지의 경우 유입수 평균이 17.6℃인데 유출수는 18.2℃로 약간 증가했다.
- pH 조사결과 1호 침강지의 유입수 평균이 7.1인데 유출수는 7.6로 증가하였으나, 2호 침강지의 유입수 평균이 7.2인데 유출수도 7.2로 비슷하였고 유입, 유출수 모두 농업용수 관리기준을 만족하고 있다.
- EC 조사결과 1호 침강지의 유입수 평균이 495  $\mu\text{S}/\text{cm}$ 인데 유출수는 320  $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로 감소하였으며, 2호 침강지의 유입수 평균이 429  $\mu\text{S}/\text{cm}$ 인데 유출수는 349  $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로 감소하였다. 평시나 강우 시 두 시설 모두 작물생육에 지장이 없는 700  $\mu\text{S}/\text{cm}$ 이하 수준이었다(캘리포니아대학교 대외 협력국(UCCES) 농업용수 관리기준지침).
- DO 조사결과 1호 침강지의 유입수 평균이 7.5mg/L이며 유출수는 9.7mg/L로 증가하였으며, 2호 침강지의 유입수 평균이 8.4mg/L에서 유출수는 5.5mg/L로 감소하였으나 모두 농업용수 관리기준인 2.0mg/L 이상을 유지하고 있었다.

[표 11-3-6] 대승지구 1호 침강지 수질변화

구 분		'13년	'14년	'15년	'16년	'17년 평상시 및 강우시					
		평균	평균	평균	평균	1차 (4.28)	2차 (6.24)	3차 (8.29)	4차 (9.7)	평균	강우 (9.28)
수온 (℃)	유입수	19.8	23.5	20.2	23.6	7.7	21.2	24.6	11.9	17.9	24.0
	유출수	27.0	25.5	21.6	25.1	13.5	24.8	30.8	17.6	22.0	23.5
pH	유입수	7.7	7.8	7.9	7.1	7.7	7.3	6.7	6.9	7.1	7.1
	유출수	7.3	8.4	8.2	7.2	8.0	7.7	7.8	7.7	7.6	6.6
EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	유입수	348	382	378	303	467	439	495	536	495	537
	유출수	282	289	321	293	271	286	244	347	320	452
DO (mg/L)	유입수	8.8	7.8	8.5	8.8	8.9	8.8	4.7	8.4	7.5	6.7
	유출수	7.0	8.5	9.5	8.2	9.6	10.8	15.5	9.8	9.7	2.6
SS (mg/L)	유입수	133.9	15.9	27.9	6.6	5.2	2.7	4.9	8.4	5.6	6.8
	유출수	12.8	8.7	11.8	12.7	9.3	9.2	17.4	18.4	11.0	0.6

[표 11-3-6] 대승지구 1호 침강지 수질변화(계속)

구 분		'13년	'14년	'15년	'16년	'17년 평상시 및 강우시					
		평균	평균	평균	평균	1차 (4.28)	2차 (6.24)	3차 (8.29)	4차 (9.7)	평균	강우 (9.28)
COD (mg/L)	유입수	17.6	9.3	10.6	7.1	6.2	8.2	6.0	3.8	6.3	7.4
	유출수	11.9	11.6	13.5	15.1	8.8	10.4	16.4	17.2	12.4	9.2
TOC (mg/L)	유입수	9.0	5.6	6.5	5.0	7.1	5.8	4.2	2.3	4.8	4.4
	유출수	7.7	7.0	7.7	7.3	6.3	6.7	7.3	6.7	6.7	6.3
T-N (mg/L)	유입수	6.467	6.208	5.843	5.788	5.768	1.250	3.803	5.899	6.264	14.601
	유출수	1.030	0.898	3.518	2.242	1.155	0.726	0.818	0.993	2.383	8.222
T-P (mg/L)	유입수	0.800	0.294	0.238	0.174	0.149	0.320	0.163	0.164	0.200	0.205
	유출수	0.092	0.080	0.206	0.132	0.053	0.037	0.072	0.053	0.058	0.076
Chl-a (mg/m <sup>3</sup> )	유입수	11.0	6.8	20.1	3.3	3.7	5.0	4.8	5.5	4.3	2.7
	유출수	44.5	45.7	14.6	54.8	6.0	15.0	77.8	70.1	34.1	1.6

[표 11-3-7] 대승지구 2호 침강지 수질변화

구 분		'13년	'14년	'15년	'16년	'17년 평상시 및 강우시					
		평균	평균	평균	평균	1차 (4.28)	2차 (6.24)	3차 (8.29)	4차 (9.7)	평균	강우 (9.28)
수온 (°C)	유입수	22.5	23.3	19.4	23.1	11.2	24.5	-	10.4	17.6	24.3
	유출수	23.6	24.7	21.1	23.0	10.7	23.5	-	13.2	18.2	25.2
pH	유입수	7.3	7.5	7.6	7.4	7.7	6.9	-	7.1	7.2	7.0
	유출수	7.2	7.5	7.8	7.2	7.5	7.5	-	7.3	7.2	6.5
EC (µS/cm)	유입수	226	278	284	283.2	413	505	-	501	429	298
	유출수	137	324	328	278.8	313	298	-	436	349	349
DO (mg/L)	유입수	6.2	6.5	6.0	7.1	10.5	11.0	-	5.6	8.4	6.3
	유출수	5.0	7.8	6.7	5.7	7.4	9.1	-	2.8	5.5	2.8
SS (mg/L)	유입수	124.3	20.7	8.2	10.3	1.7	39.0	-	12.7	14.0	2.4
	유출수	65.7	29.8	14.5	7.4	8.8	10.4	-	9.0	7.6	2.3
COD (mg/L)	유입수	24.1	13.0	13.9	10.9	6.3	13.2	-	6.0	9.1	11.0
	유출수	19.9	13.6	12.4	12.6	9.6	11.6	-	8.2	10.3	11.6
TOC (mg/L)	유입수	13.2	7.6	9.1	7.3	4.1	6.1	-	3.5	5.5	8.4
	유출수	11.8	7.6	7.9	8.0	6.4	5.0	-	5.2	6.4	8.8
T-N (mg/L)	유입수	4.568	3.459	4.038	2.584	4.457	1.086	-	3.586	3.557	5.097
	유출수	4.150	2.832	2.204	1.915	1.134	1.026	-	0.547	2.015	5.353
T-P (mg/L)	유입수	0.394	0.261	0.312	0.196	0.245	0.370	-	0.289	0.266	0.161
	유출수	0.263	0.142	0.127	0.092	0.045	0.010	-	0.065	0.046	0.065
Chl-a (mg/m <sup>3</sup> )	유입수	5.3	9.9	4.6	5.1	11.4	51.7	-	5.0	17.8	2.9
	유출수	5.1	12.8	13.4	15.0	8.8	11.2	-	6.5	7.3	2.7

[표 11-3-8] 5개년 대승지구 침강지 수질

구 분		'13~'17년 평균			'13~'17년 평상시			'13~'17년 강우시		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
수온 (°C)	유입수	21.2	10.4	26.5	21.1	10.4	26.5	21.4	18.7	24.3
	유출수	22.0	10.7	28.4	22.0	10.7	28.4	22.1	19.0	25.2
pH	유입수	7.4	6.2	8.6	7.5	6.6	8.6	7.2	6.2	7.7
	유출수	7.4	6.3	8.8	7.6	6.8	8.8	7.0	6.3	7.6
EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	유입수	303	119	505	344	177	505	226	119	421
	유출수	298	125	477	335	200	477	218	125	389
DO (mg/L)	유입수	6.9	4.0	11.0	7.1	4.0	11.0	6.5	5.0	7.9
	유출수	6.2	2.2	13.1	6.8	2.8	13.1	4.9	2.2	7.6
SS (mg/L)	유입수	24.8	1.7	131.5	11.5	1.7	39.0	53.6	2.4	131.5
	유출수	19.8	2.3	111.3	13.5	3.0	44.3	33.4	2.3	111.3
COD (mg/L)	유입수	13.0	6.0	26.5	11.4	6.0	15.6	16.3	10.8	26.5
	유출수	13.0	7.2	21.7	12.2	8.2	17.3	14.9	7.2	21.7
TOC (mg/L)	유입수	8.0	3.5	15.0	7.3	3.5	10.1	9.6	7.0	15.0
	유출수	8.0	5.0	12.0	7.5	5.0	10.0	9.1	5.4	12.0
T-N (mg/L)	유입수	3.488	0.983	5.199	3.227	0.983	4.894	4.054	2.293	5.199
	유출수	2.425	0.487	5.353	2.043	0.487	4.799	3.253	0.523	5.353
T-P (mg/L)	유입수	0.270	0.104	0.469	0.254	0.142	0.415	0.304	0.104	0.469
	유출수	0.118	0.010	0.386	0.089	0.010	0.162	0.181	0.065	0.386
Chl-a (mg/m <sup>3</sup> )	유입수	8.7	1.3	51.7	10.6	2.4	51.7	4.6	1.3	10.2
	유출수	11.5	1.1	54.3	14.8	3.3	54.3	4.4	1.1	7.8

○ 지난 5개년 간 침강지별 정화 효율은 [표 11-3-9] [표 11-3-10]와 같다.

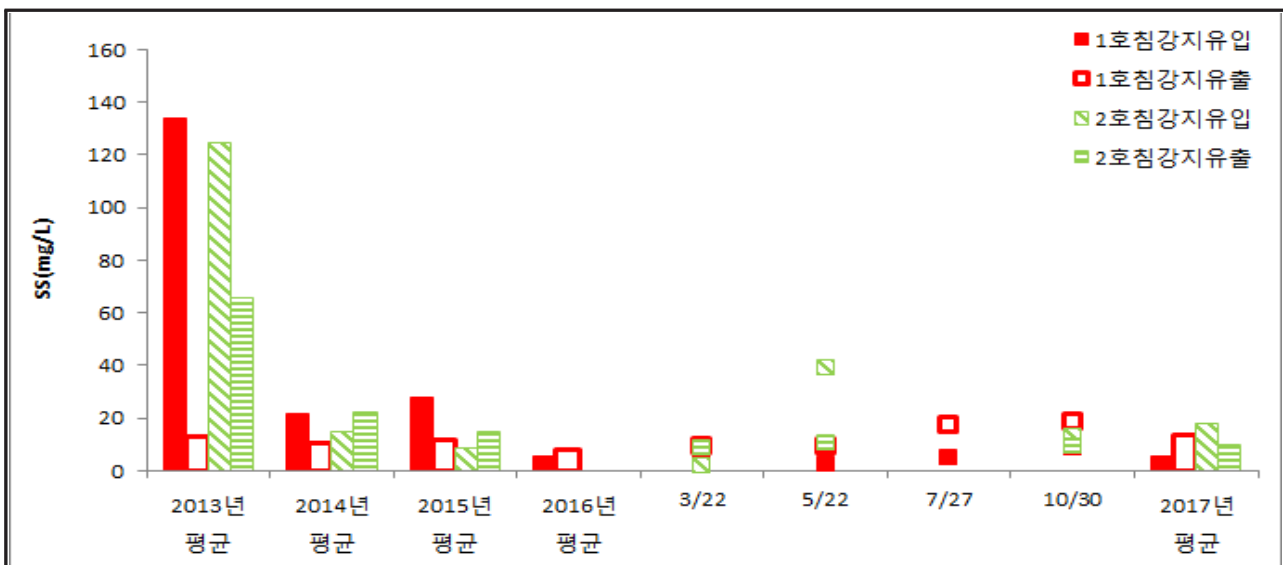
[표 11-3-9] 5개년 대승지구 1호 침강지 정화효율

구 분		'13~'17년 강우시	
		평균	정화효율
SS (kg/d)	유입수	13,793.3	91.9
	유출수	1117.8	
COD (kg/d)	유입수	1,380.0	40.9
	유출수	815.1	
TOC (kg/d)	유입수	629.0	18.9
	유출수	510.2	
T-N (kg/d)	유입수	511.4	84.4
	유출수	80.0	
T-P (kg/d)	유입수	60.2	87.4
	유출수	7.6	
Chl-a (g/d)	유입수	740.6	-243.3
	유출수	2,542.2	

[표 11-3-10] 5개년 대승지구 2호 침강지 정화효율

구 분		'13~'17년 강우시	
		평균	정화효율
SS (kg/d)	유입수	2,121.5	12.2
	유출수	1,861.8	
COD (kg/d)	유입수	439.9	0.8
	유출수	431.3	
TOC (kg/d)	유입수	231.8	-0.032
	유출수	231.9	
T-N (kg/d)	유입수	92.5	-1.0
	유출수	93.4	
T-P (kg/d)	유입수	7.6	3.0
	유출수	7.4	
Chl-a (g/d)	유입수	62.3	-39.3
	유출수	86.9	

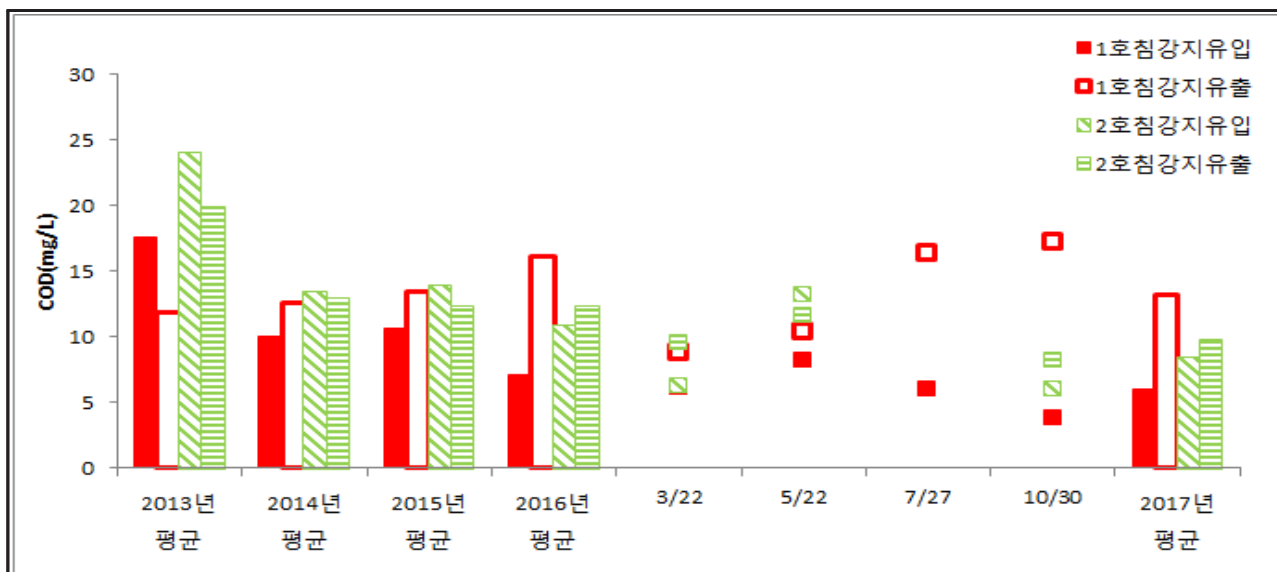
- SS 항목 분석결과 1호 침강지의 유입수 평균이 5.6mg/L이며 유출수는 11.0mg/L로 증가하였으나, 2호 침강지의 경우 유입수 평균이 14.0mg/L에서 유출수는 7.6mg/L로 감소하였다.
- 강우시 조사결과 1호 침강지의 유입수가 6.8mg/L이었고, 유출수는 0.6mg/L로 크게 감소하였으나, 2호 침강지의 경우 유입수가 2.4mg/L에서 유출수는 2.3mg/L로 약간 감소하였다.
- 강우시 1호 침강지의 SS 정화효율은 유입부하량이 13,793.3kg/d였는데, 유출량부하량은 1117.8 kg/d로 낮아져 91.9%가 감소하였으며, 2호 침강지에서는 유입량이 2,121.5kg/d에서 유출량이 1,861.8kg/d로 낮아져 12.2%의 정화효율을 나타내었다.
- 그러나, 오염물질의 침전을 위해 인공적으로 만들어진 1호 침강지와 지방도로 등에 의해 자연적으로 분획, 형성되어 침강지의 역할을 하고 있는 2호 침강지의 SS 정화효율은 일정한 경향성을 나타내지 못하고 있다.



[그림 11-3-기] 대승지구 침강지 유입수 및 유출수의 SS 변화

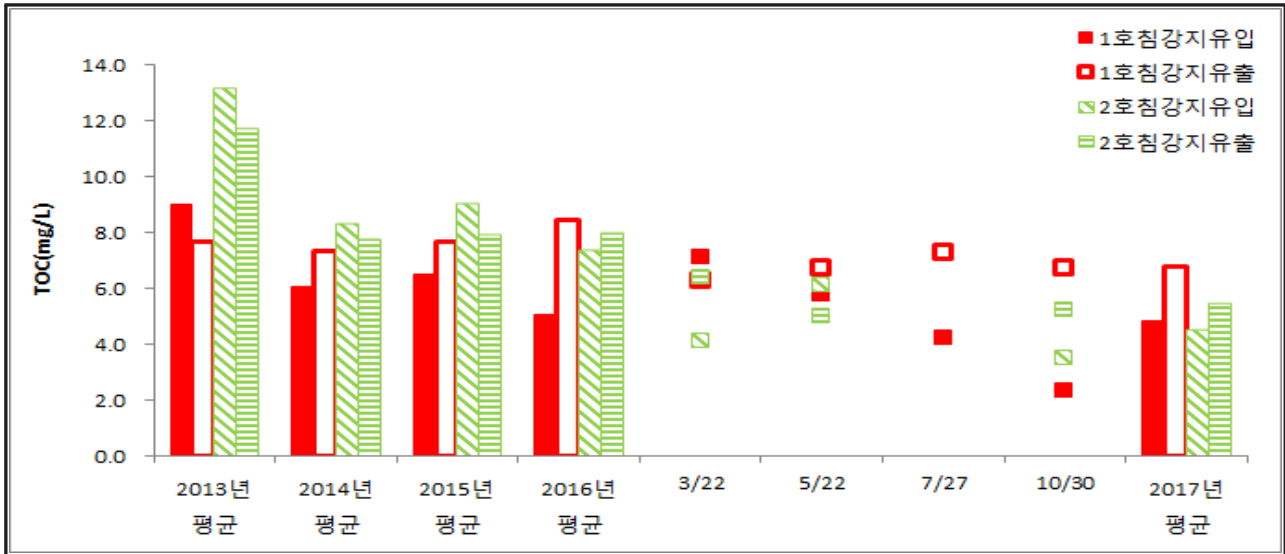
- COD 항목 분석결과 1호 침강지의 유입수 평균이 6.3mg/L이며 유출수는 12.4mg/L로 증가하였고, 2호 침강지도 유입수 평균이 9.1mg/L에서 유출수는 10.3mg/L로 증가하였다.
- 강우시 조사결과 1호 침강지의 유입수 평균이 7.4mg/L이며 유출수는 9.2mg/L로 증가하였고, 2호 침강지의 유입수 평균이 11.0mg/L에서 유출수는 11.6mg/L로 증가하였다.

- 강우시 1호 침강지의 COD 정화효율은 유입부하량이 1,380.0kg/d였는데, 유출량부하량은 815.1kg/d로 낮아져 40.9%가 감소하였으며, 2호 침강지에서는 유입량이 439.9kg/d에서 유출량이 431.3kg/d로 낮아져 0.8%의 정화효율을 나타내었다.
- 침강지의 COD 정화효율이 낮은 것은 유입수량 부족으로 침강지에 장기간 체류한 유입수가 내부생산량 증가 등의 이유로 유출수의 COD 농도가 높아진 것으로 판단된다.



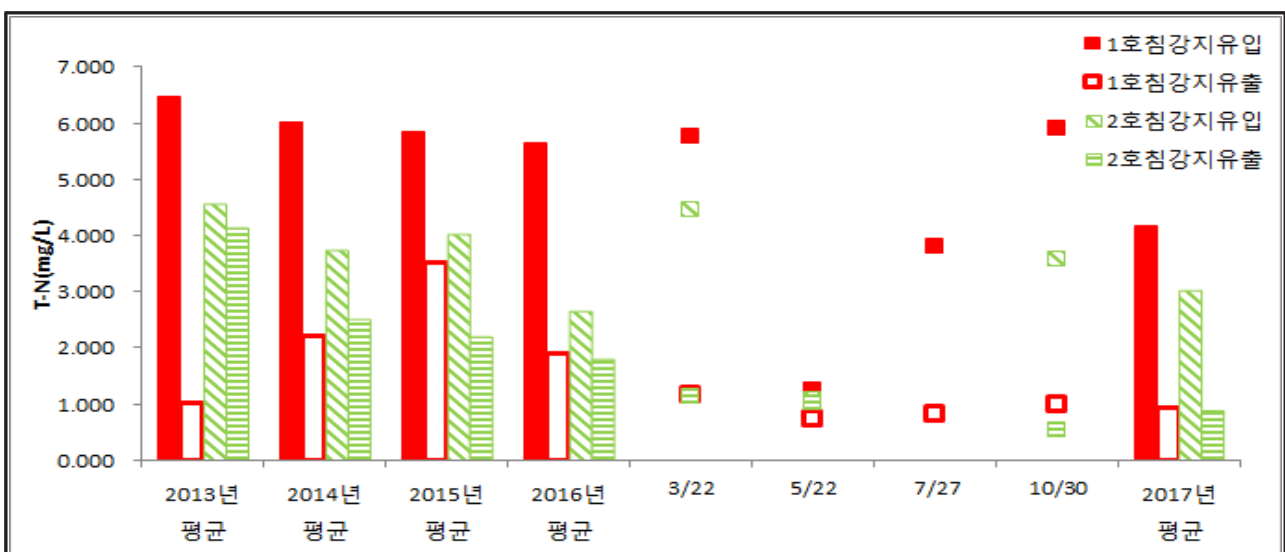
[그림 11-3-8] 대승지구 침강지 유입수 및 유출수의 COD 변화

- TOC 항목 분석결과 1호 침강지의 유입수 평균이 4.8mg/L이며 유출수는 6.7mg/L로 증가하였으며, 2호 침강지 역시 유입수 평균이 5.5mg/L에서 유출수는 6.4mg/L로 증가하였다.
- 강우시 조사결과 1호 침강지의 유입수 평균이 4.4mg/L이며 유출수는 6.3mg/L로 증가하였고, 2호 침강지의 유입수 평균이 8.4mg/L에서 유출수는 8.8mg/L로 증가하였다.
- 강우시 1호 침강지의 TOC 정화효율은 유입부하량이 629.0kg/d였는데, 유출부하량은 510.2kg/d로 낮아져 18.9%가 감소하였으며, 2호 침강지에서는 유입량과 유출량이 각각 231.8kg/d, 231.9kg/d로 차이가 없었다.
- 유기물 성분의 침강지 내 정화효율이 낮은 것은 장기간 체류한 유입수가 내부생산량 증가로 수질농도가 증가하였기 때문으로 판단된다.



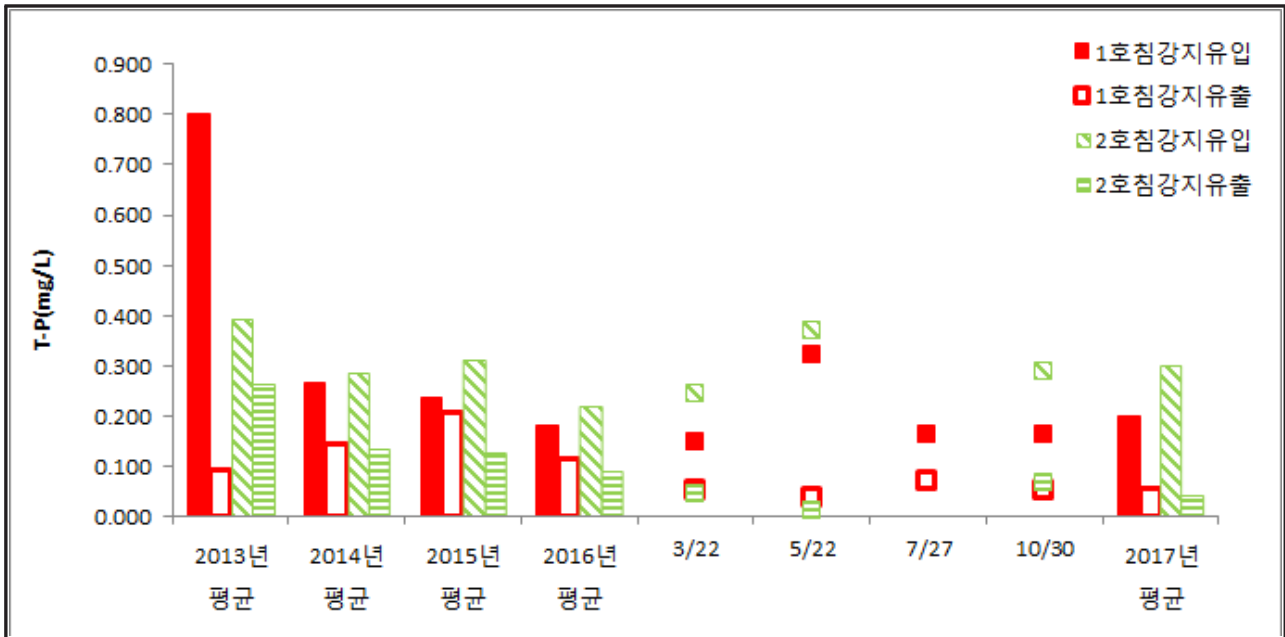
[그림 11-3-9] 대승지구 침강지 유입수 및 유출수의 TOC 변화

- T-N 항목 분석결과 1호 침강지의 유입수 평균이 6.264mg/L이며 유출수는 2.383mg/L로 감소하였으며, 2호 침강지의 유입수 평균이 3.557mg/L에서 유출수는 2.015mg/L로 감소하였다.
- 강우시 조사결과 1호 침강지의 유입수 평균이 14.601mg/L이며 유출수는 8.222mg/L로 크게 감소하였고, 2호 침강지의 유입수 평균이 5.097mg/L에서 유출수는 5.353mg/L로 조금 증가하였다. 그러나, 매년 침강지에서의 T-N 항목 정화 효과가 나타나고 있는 것으로 조사되었다.
- 강우시 1호 침강지의 T-N 정화효율은 유입부하량이 511.4kg/d였는데, 유출부하량은 80.0kg/d로 낮아져 84.4%가 감소하였으며, 2호 침강지에서는 유입량이 92.5kg/d에서 유출량이 93.4 kg/d로 다소 높아졌지만 큰 차이가 없었다.



[그림 11-3-10] 대승지구 침강지 유입수 및 유출수의 T-N 변화

- T-P 항목 분석결과 1호 침강지의 유입수 평균이 0.200mg/L이며 유출수는 0.058mg/L로 감소하였으며, 2호 침강지의 유입수 평균이 0.266mg/L에서 유출수는 0.046mg/L로 감소하였다.
- 강우시 조사결과 T-P농도가 1호 침강지의 유입수 0.205mg/L이며 유출수는 0.076mg/L로 증가하였으며, 2호 침강지의 유입수가 0.161mg/L에서 유출수는 0.065mg/L로 감소하였다.
- 강우시 1호 침강지의 T-P 정화효율은 유입부하량이 60.2kg/d였는데, 유출부하량은 7.6kg/d로 낮아져 87.4%가 감소하였으며, 2호 침강지에서는 유입량이 7.6kg/d에서 유출량이 7.4kg/d로 낮아져 3.0%의 정화효율을 나타내었다.
- 금년 강우시 유출수에서 일시적인 T-P 증가현상을 보였지만 매년 침강지에서의 T-P 항목 정화 효과가 나타나는 것으로 조사되었다.



[그림 11-3-11] 대승지구 침강지 유입수 및 유출수의 T-P 변화

- 이상과 같이 전체적으로 보면 대승지구 침강지에서는 입자상 물질과 T-N, T-P의 제거효율은 높은 것으로 나타났으며 장기간 퇴적된 오염물질의 주기적인 제거를 통해서 침강지의 기능이 유지될 수 있게 관리해야 한다.



### 11.3.3 퇴적물 조사 결과

- 퇴적물 분석결과 1호 인공습지에서 채취한 퇴적물의 입도는 모래 39.2%, 실트 42.8%, 점토 18.0%로써 L(양토)이고, 1호 침강지의 퇴적물은 모래 73.7%, 실트 15.3%, 점토 11.0%로써 SL(사질양토)로 분류되었다.
- 1호 인공습지와 침강지의 pH는 각각 7.5, 6.9로 조사되었다.
- EC는 인공습지 0.881dS/m, 침강지 0.108dS/m로 식물성장 매체로 적합한 4.0dS/m 이하이기 때문에 문제가 없다.
- 유기물은 인공습지 5.00%, 침강지 1.02%이고 유효인산은 인공습지 43.76mg/kg, 침강지 9.33mg/kg로 조사되었다.
- 인공습지의 강열감량은 6.9%, T-N은 3,130.0 g/kg, T-P는 906.2mg/kg으로 국립환경과학원의 호소퇴적물 오염평가 기준보다 낮게 조사되었다.
- 침강지의 강열감량은 3.9%, T-N은 1,346.1mg/kg로 T-P는 835.6mg/kg으로 조사되어 인공습지와 마찬가지로 국립환경과학원의 호소퇴적물 오염평가 기준보다 낮게 조사되었다.

[표 11-3-11] 대승저수지 인공습지 및 침강지 퇴적물 조사 결과

지 점	pH	EC (dS/m)	토성	OM (%)	강열감량 (%)	유효인산 (mg/kg)	T-N (mg/kg)	T-P (mg/kg)
대승 S-1(습지)	7.5	0.881	L	5.002	6.9	43.76	3,130.0	906.2
대승 S-2(침강지)	6.9	0.108	SL	1.021	3.9	9.33	1,346.1	835.6

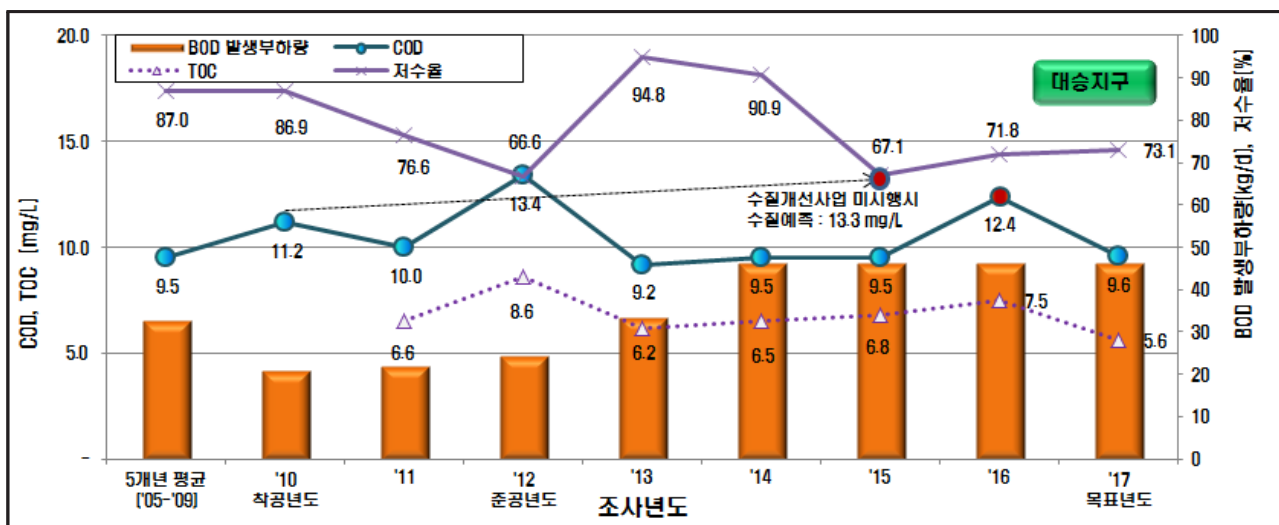
[표 11-3-12] 호소 퇴적물 오염평가 기준

항 목		등 급	I	II	III	IV
유기물 및 영양염류	완전연소가능량(%)			-		13 초과
	총질소(mg/kg)			-		5,600 초과
	총인(mg/kg)			-		1,600 초과
비고 : 1. 등급별 퇴적물의 상태<유기물, 영양염류> - IV 등급 : 심각하고 명백한 오염						

\* 자료 : 국립환경과학원예규 제687호, 2015년

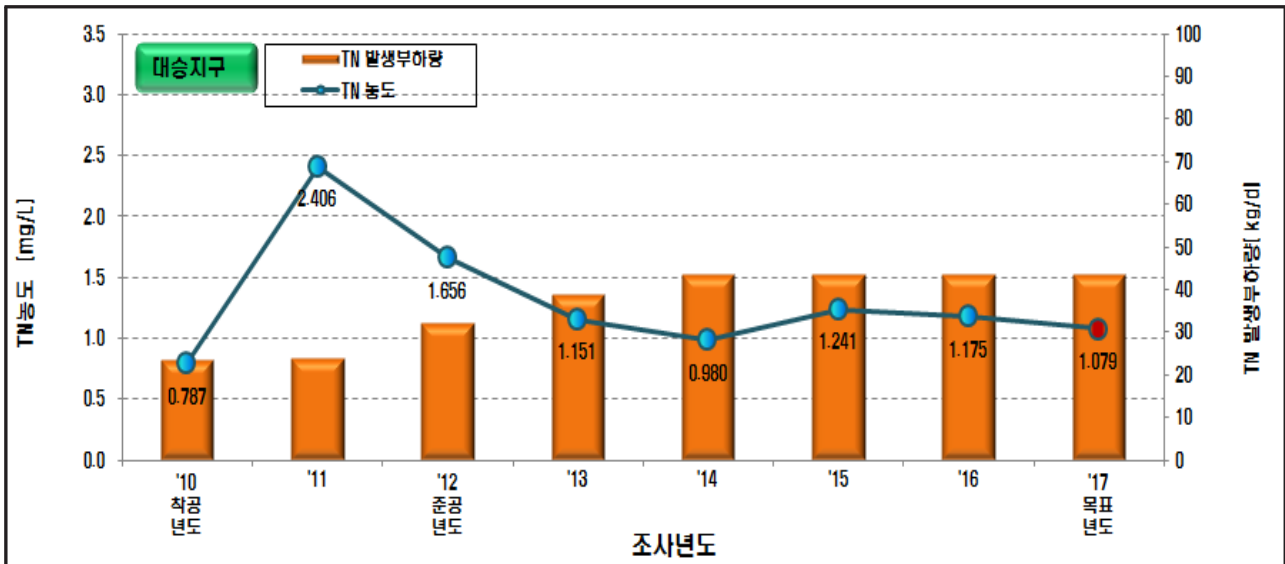
## 11.4. 저수지 수질변화 및 개선효과

- 현재 대승저수지 수질개선사업 운영 5년차로 준공년도인 2012년 BOD 발생부하량 24.0kg/일에서 2017년 46.6kg/일로 크게 증가하였다.
- 대승저수지의 수질변화를 살펴보면 [그림 11-4-1]과 같이 COD 농도는 2012년 13.4mg/L, 2013년 9.2mg/L, 2014년 9.5mg/L, 2015년 9.5mg/L로 점차 개선되는 경향을 보였다, 2015년부터 이어진 가뭄과 개보수공사로 인한 저수율 감소로 2016년 COD 농도가 12.4mg/L로 다소 높았다가 2017년도 역시 가뭄에도 불구하고 9.6mg/L로 전년 대비 개선된 경향을 보였다.
- TOC 농도 또한 준공년도인 2012년에 8.6mg/L, 2013년 6.2mg/L, 2014년 6.5mg/L, 2015년 6.8mg/L로 개선되는 경향을 보였으나, 2016년 7.5mg/L로 다소 높게 나타났고, 2017년에는 5.6mg/L로 개선되어 농업용수 관리기준을 만족하고 있다.
- 대승저수지의 수질개선 목표는 '17년 COD 8.0mg/L(TOC 6.0mg/L)을 목표로 하였지만 수질개선사업 시행 후 오염원의 증가, 가뭄, 고온현상 등의 이상기온으로 인해 수질 악화가 지속되고 있다. 향후 지자체와의 협력을 통한 상류대책 마련, 수질개선시설 적정 운영 등 다양한 노력이 필요하다.
- 대승저수지의 저수율은 2012년도 66.6%로 가장 낮았으며 금년에는 73.1%를 나타내었다. 사업 착공 후 가장 낮은 강수량(652.7mm)이었음에도 비교적 높은 저수율을 유지한 것은 농업용수 확보차원에서 물을 방류하지 않고 오랫동안 저류하였기 때문이며, 수질에는 악영향을 미친 것으로 판단된다.
- 또한, 호내 수생식물의 번성, 고사(枯死)가 매년 반복되어 수질악화에 영향을 주고 있다.



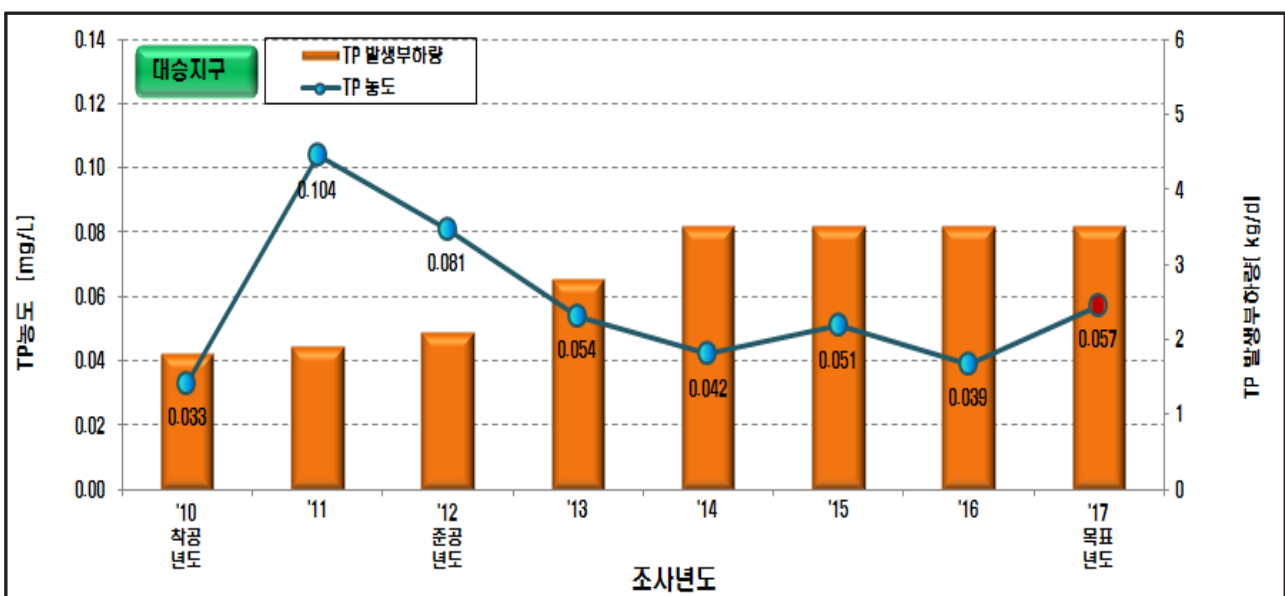
[그림 11-4-1] 대승지구 유역 연도별 BOD 발생부하량 및 COD, TOC 농도 변화

- 대승저수지의 준공년도인 2012년 T-N 발생부하량 24.9kg/일에서 2015년 이후 87.5kg/일로 크게 증가하였음에도 불구하고, 대승저수지의 T-N 농도가 2012년 1.656mg/L, 2013년 1.151mg/L, 2014년 0.980mg/L, 2015년 1.241mg/L, 2016년 1.175mg/L, 2017년 1.079mg/L로 점차 안정화되는 경향을 나타내고 있다.



[그림 11-4-2] 대승지구 유역 연도별 T-N 발생부하량 및 T-N 농도 변화

- 대승저수지의 준공년도인 2012년 T-P 발생부하량 2.0kg/일에서 2016년 5.9kg/일로 크게 증가하였음에도 불구하고 대승저수지의 T-P농도가 2012년 0.081mg/L, 2013년 0.054mg/L, 2014년 0.042mg/L, 2015년 0.051mg/L, 2016년 0.039mg/L, 2017년 0.057mg/L로 점차 안정화되어 가는 경향을 보였다.



[그림 11-4-3] 대승지구 유역 연도별 T-P 발생부하량 및 T-P 농도 변화

## 11.5. 현장적용성 향상 및 유지관리 방안

- 대승지의 모니터링 결과, 1호 인공습지 및 2호 인공습지 내 식생의 과도한 밀집과 고사로 유출수에 대한 악영향을 미친것으로 판단되어 정기적인 식생제거가 필요한 것으로 판단된다.
- 1호 습지 유입부 각낙판의 잦은 망실 또는 고의적인 제거로 적정 유입 수량 유지하기 어려웠으며, 고정 시설물로 교체가 필요하다.
- 수질개선사업지구 점검 시 지적사항으로 침사지 준설, 습지의 식생관리 문제가 대두된바 식생의 주기적인 절취와 절취된 식생의 습지 밖 이동, 침사지와 배출연못에 대한 준설 등이 필요하며, 금년도 배출연못의 퇴적토 준설과 식생절취는 12월에 시행하였다.
- 저수지 만수시 제1호 및 2호 인공습지의 유량 흐름이 없었으므로, 저수지 유지관리 규정을 참고하여 관개에 영향이 없을 정도로 저수지의 저수율을 관리하여 항상 물이 흐를 수 있도록 유지관리 노력이 필요하다.

## 11.6 요 약

- 운영 5년차인 대승지구 1호 인공습지 수질정화효율은 SS 80.0%, COD -16.8%, TOC -21.3%, T-N 62.1%, T-P 35.1%을 나타냈으며, 2호 인공습지는 SS 39.8%, COD 14.1%, TOC 10.0%, T-N 28.1%, T-P 40.4%를 나타냈다. 이상에서 유기물 지표보다는 입자성 물질인 SS와 영양염류 지표인 T-N, T-P에서 높은 정화효율을 보였고, 제2호 습지에서는 전체 항목에서 고른 정화 효율을 나타내었다.
- 전년('16년) 대승지구 수리시설개보수사업으로 인한 낮은 저수율 관리로 수질오염도가 높아졌지만 '17년 TOC는 작년대비 개선되어 농업용수 수질관리기준을 만족하고 있다.
- 저수지 만수시 1호 습지 일부와 2호 습지가 계획수위 이상으로 상승하여 물의 흐름이 원활하지 못해 정화효율이 낮아 질수 있으므로 세심한 수위관리가 필요하다.
- 습지의 식생절취는 주기적으로 이루어져야 하고, 절취된 식생을 습지 밖 이동처리하여 관리해야할 것이다.
- 또한, 수질개선 협업체계 구축을 통한 지자체와의 상류 오염원의 감축, 환경기초 시설 설치 노력 등이 병행되어야 저수지 수질이 개선될 것으로 판단된다.

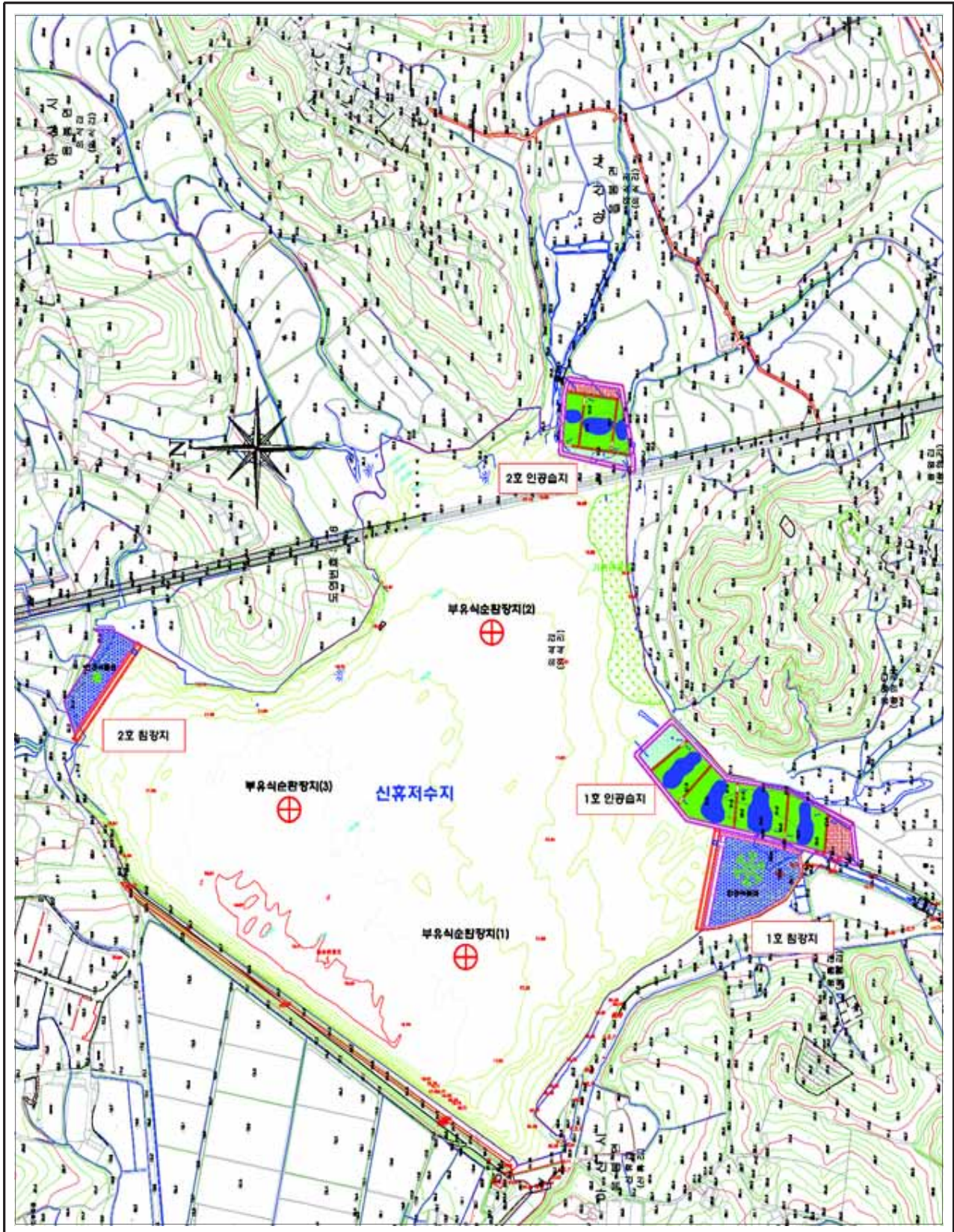
# 12. 신휴지구



- 
- 12.1. 지구현황
  - 12.2. 기상 및 수질현황
  - 12.3. 시설별 수질개선효과
  - 12.4. 저수지 수질변화 및 개선효과
  - 12.5. 현장적용성 향상 및 유지관리 방안
  - 12.6. 요약



## 신희지구 수질개선사업 평면도







## 12.1. 지구현황

### 12.1.1 저수지 현황

#### 1) 유역현황

- 신희저수지는 충남 아산시 음봉면에 위치하며 북위 36° 53′ 12″ ~ 36° 53′ 45″ 에서 동경 127° 04′ 15″ ~ 126° 04′ 48″ 사이에 해당한다. 아산시의 북쪽은 평택시, 남쪽은 공주시, 서쪽은 예산군, 동쪽은 천안시가 있다. 음봉면은 아산시 20개면 중 1개면으로 음봉면은 16개의 법정리와 152반으로 구성되어 있다.
- 태백산맥 중의 오치산 부근에서 분기하여 서남방향으로 달리고 있는 차령산맥이 아산시 남쪽을 지나며 비교적 높은 산지를 형성하고 있고, 북쪽은 차령산맥의 여맥에 속하는 낮은 구릉성 산지를 이루고 있다. 남쪽의 산지에서 발원하는 곡교천이 서류하여 그 유역이 평야를 형성하며, 삽교천에서 통합하여 아산만에 유입한다. 아산시는 남쪽에 광덕산과 북쪽에는 영인산으로 둘러싸여 있는 남고북저의 지형으로 중앙이 낮고 평평한 평야가 전개되고 있다.
- 동쪽으로는 천안시와 남쪽으로는 공주시, 서쪽으로는 예산군, 북쪽으로는 경기도 평택시와 접하고 있다. 서해안고속도로, 경부고속도로, 장항선 등으로 서해안 내륙 지방의 수송기능이 강화되었고, 경부고속철도는 서부지방으로의 수송이 유리하다. 또한 관광자원을 보유한 지역으로 개발 잠재력이 풍부하여 지목받고 있다.
- 저수지 유역은 음봉면 쌍용리, 쌍암리, 의식리의 농촌지역이며, 300m 이내의 낮은 구릉지와 농경지로 구성되었으며 유입수계는 쌍암리와 쌍용리에서 여러 개의 소하천이 있다.



[그림 12-1-1] 신희저수지 유역도

[표 12-1-1] 신희저수지 경위도상 위치

소재지	단	경도와 위도의 극점			연장거리
		지명	극점		
			위도	경도	
아산시 음봉면	동단	배방면 휴대리	36° 53′ 27″	127° 04′ 48″	동서 0.82km
	서단	선장면 신덕리	36° 53′ 27″	127° 04′ 15″	
	남단	송악면 거산리	36° 53′ 12″	127° 04′ 29″	남북 1.02km
	북단	둔포면 운용리	36° 53′ 45″	127° 04′ 37″	

## 2) 저수지 현황

- 저수지는 1954년에 설치되었으며, 유역면적 842ha, 유효저수량 1,090.4천m<sup>3</sup>, 수혜농지 220.4ha, 만수면적은 53ha를 한국농어촌공사 아산천안지사가 관리하고 있다.

[표 12-1-2] 신희저수지 현황

소재지	충남 아산시 음봉면 신희리	
설치년도	1954년	
유역면적	842ha	
유효저수량	1,090.4천m <sup>3</sup>	
수혜농지	220.4ha	
만수면적	53ha	
관리주체	한국농어촌공사 아산천안지사	

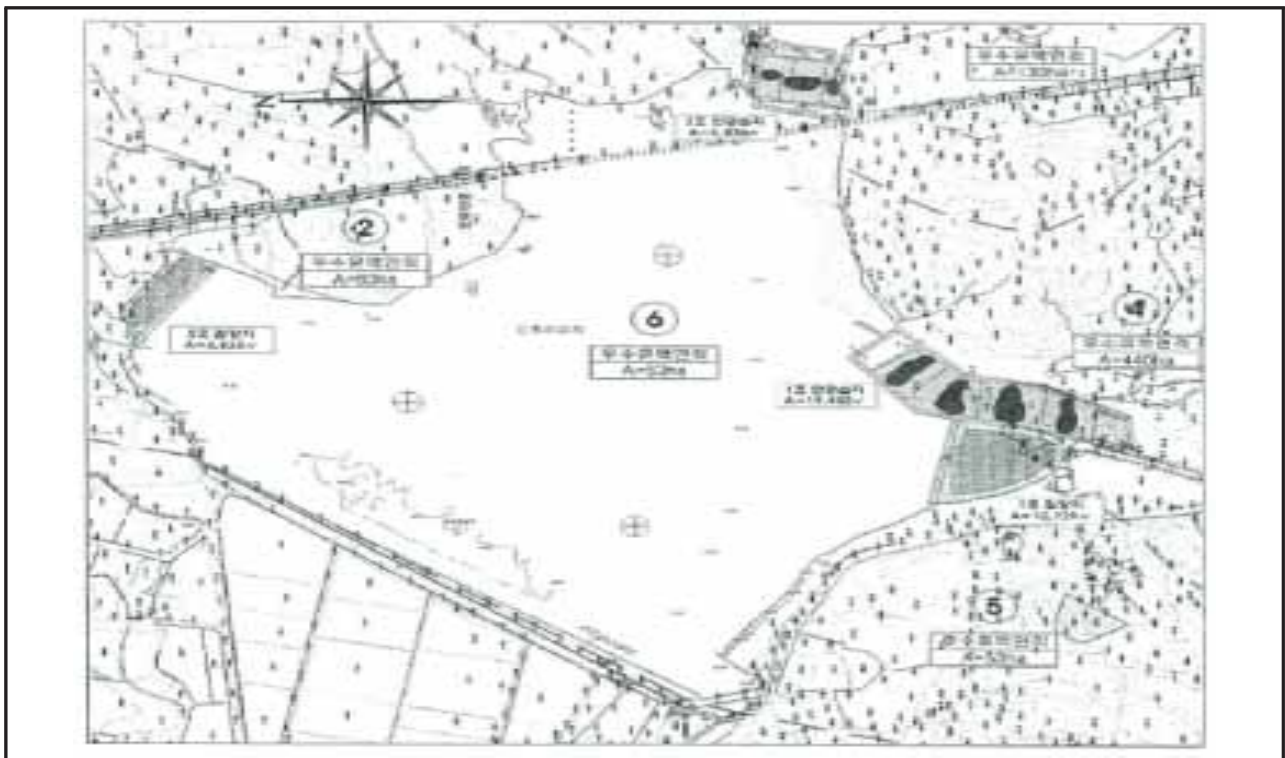
## 12.1.2 수질개선시설 현황

### 1) 주요대책

- 상류대책으로 아산시에서 마을하수도 2개소(쌍룡, 쌍룡2)를 설치·운영 중이다.
- 호내대책으로 농업용수 수질개선사업(2013년 준공)을 통한 인공습지 2개소, 침강지 2개소, 인공식물섬 2개소 및 물순환장치 3기를 운영 중이다.

[표 12-1-3] 신희저수지 수질개선시설 현황

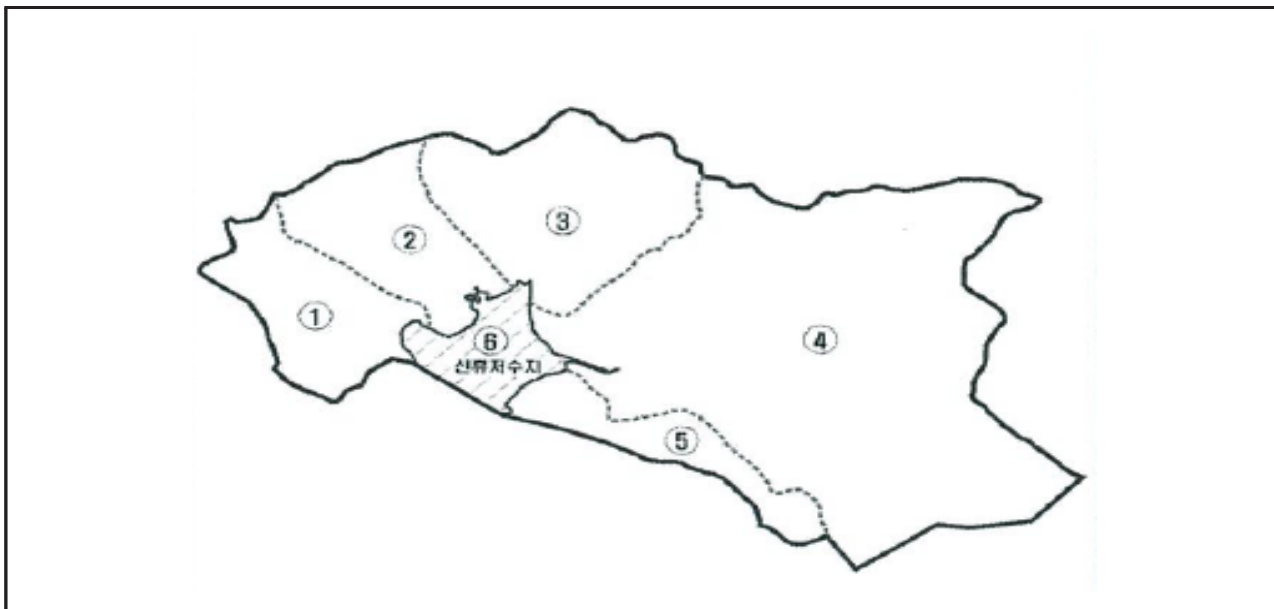
구분	대안	시설	규모	비고
□ 상류대책(아산시 추진)				
1	하수처리(쌍용)	마을하수도	70m <sup>3</sup> /일(HBR-Ⅱ 공법)	2007년
2	하수처리(쌍용2)	“	60m <sup>3</sup> /일(KNR 공법)	2010년
□ 호내대책				
1	평시 유출수 처리	1호 인공습지	21,580m <sup>2</sup>	
2	강우 유출수 처리	1호 침강지	7,471m <sup>2</sup>	
3	평시 유출수 처리	2호 인공습지	7,632m <sup>2</sup>	
4	강우 유출수 처리	2호 침강지	1,356m <sup>2</sup>	
5	침강지 녹조발생 억제	인공식물섬	2개소(758m <sup>2</sup> )	
6	호내 물순환 촉진	물순환장치	3기(216m <sup>3</sup> /일)	



[그림 12-1-2] 신희저수지 수질개선시설 평면도

## 2) 인공습지

- 인공습지는 유역이 가장 크고, 마을과 기존농경지 등 오염원이 많이 위치하는 3, 4 유역을 대상으로 인공습지를 조성하였다.



[그림 12-1-3] 신희저수지 유역 구분도

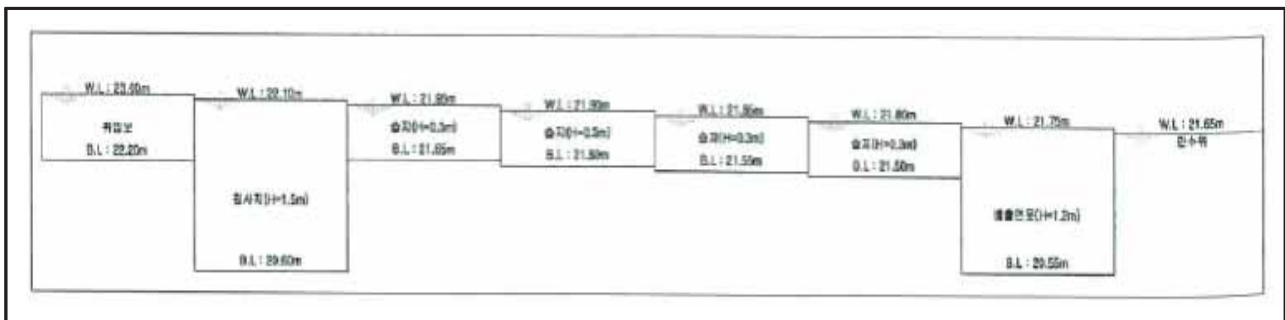
[표 12-1-4] 인공습지 계획유량

구 분	유역 구분	유역면적 (ha)	평균 유입량(m <sup>3</sup> /일)			계획수량 (m <sup>3</sup> /일)	비고
			총유입량	일30mm 이하유입량	마을하수도 유입량		
계		573	8,837.7	8,837.7	0	8,837.7	
1호 인공습지	4유역	440	6,915.5	6,915.5	0	6,915.5	
2호 인공습지	3유역	133	1,922.2	1,922.2	0	1,922.2	

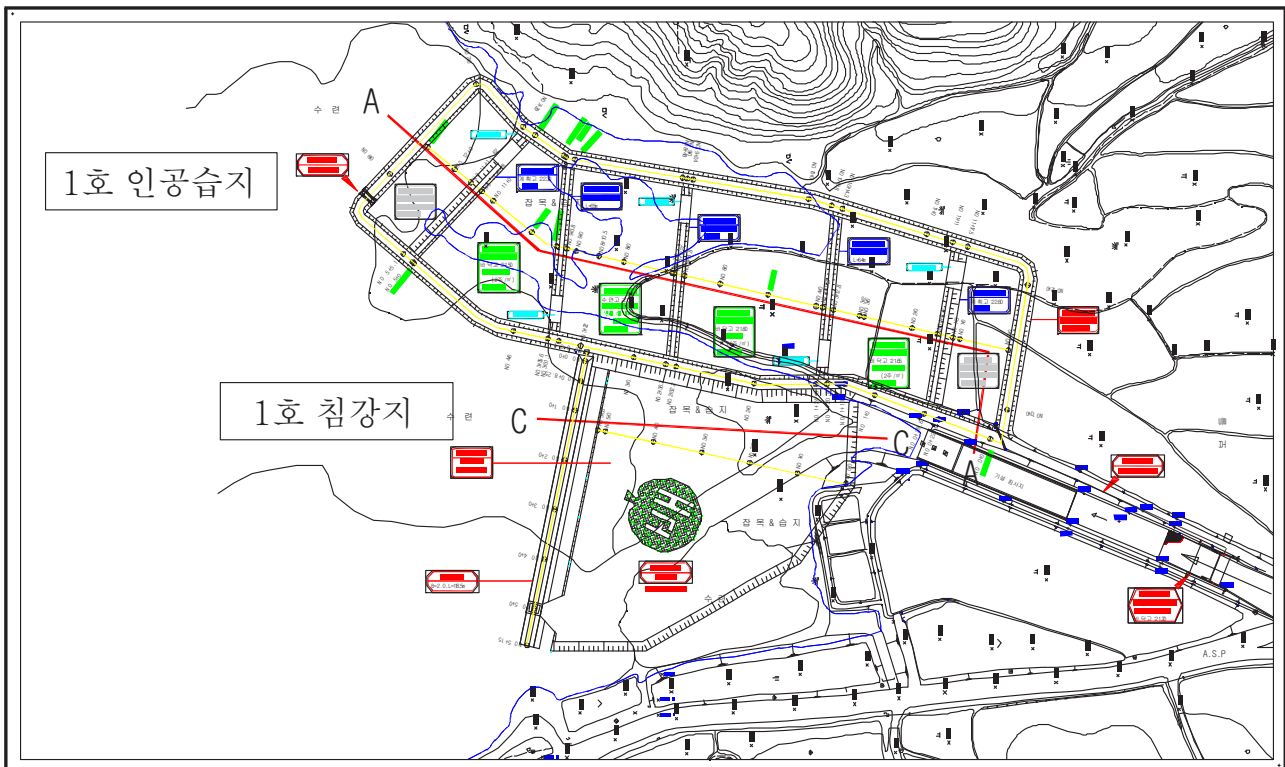
- 1호 인공습지
  - 4번 유역의 일 30mm이하 강우 시 유하하는 유입유량을 정화처리하기 위해 필요한 1호 인공습지 계획면적은 관리도로 등을 포함하여 21,580m<sup>2</sup>으로 계획하였다. 이중 습지의 면적은 16,812m<sup>2</sup>으로 계획하였다.

[표 12-1-5] 1호 인공습지 제원

구 분		규 모	계획면적(A) (m <sup>2</sup> )	계획수심(d) (m)	내용적(V) (m <sup>3</sup> )	비 고
습지	식생습지	4개소	13,170	0.3	3,951.3	
	침사지	1개소	1,771	1.5	2,656.5	
	배출연못	1개소	1,870	1.2	2,244.0	
	소 계		16,812		8,851.8	
기타	관리도로 및 사면		4,768			
	소 계		4,768			
합 계			21,580		8,851.8	체류시간 30.7hr



[그림 12-1-4] 1호 인공습지 수리계통도



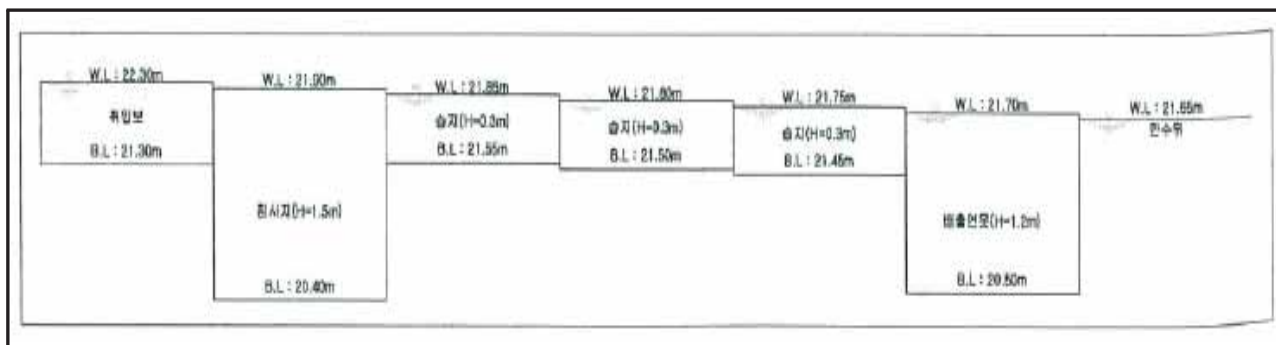
[그림 12-1-5] 1호 인공습지 시설현황

○ 2호 인공습지

- 3번 유역의 일30mm 이하 강우시 유하하는 유입유량을 정화처리하기 위해 필요한 2호 인공습지 계획면적은 관리도로 등을 포함하여 7,632m<sup>2</sup>으로 계획하였다.

[표 12-1-6] 2호 인공습지 제원

구 분		규 모	계획면적(A) (m <sup>2</sup> )	계획수심(d) (m)	내용적(V) (m <sup>3</sup> )	비 고
습지	식생습지	3개소	3,507	0.3	1,052.1	
	침 사 지	1개소	904	1.5	1,356.0	
	배출연못	1개소	873	1.2	1,047.6	
	소 계		5,284		3,455.7	
기타	관리도로 및 사면		2,348			
	소 계		2,348			
합 계			7,632		3,455.7	체류시간 : 43.1hr



[그림 12-1-6] 2호 인공습지 수리계통도



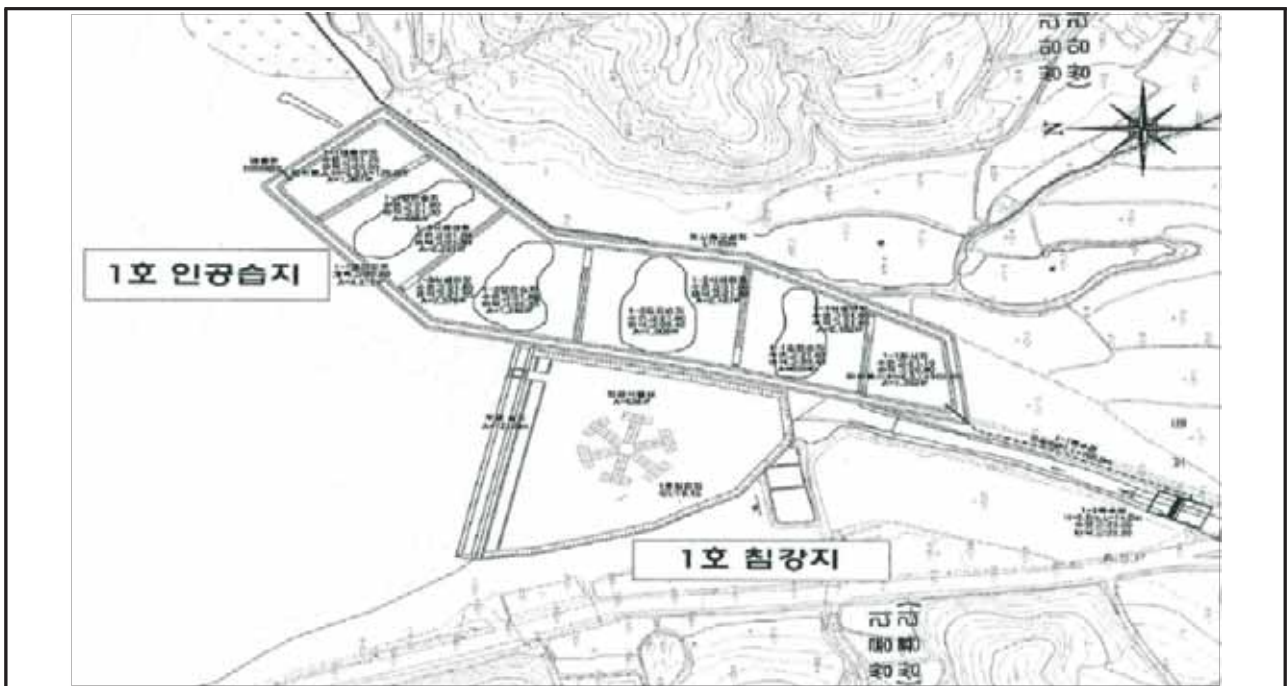
[그림 12-1-7] 2호 인공습지 시설현황

### 3) 침강지

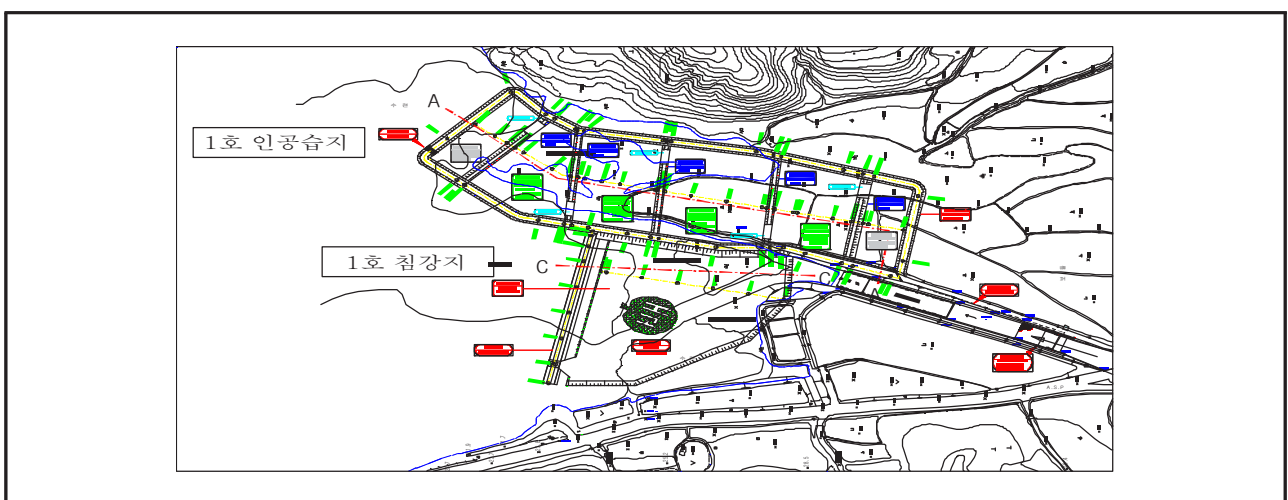
- 직접유역 중 오염물질 유입이 가장 많은 신희저수지 4유역과 1유역(전체 직접유역 유입량의 61.8%)의 하천 말단부 저수지내에 계획하였다.
- 제약요인 및 지형여건 등을 감안하여 1호, 2호 침강지의 경우 침강지 체류시간을 6시간으로 하였다.
- 부댐의 높이는 침강지의 홍수와 연간 수위변동 등을 고려하여 저수지 만수위 (H.W.L)보다 0.5~1.0m정도 낮게 계획하였고, 제정보다 0.5m 아래에 차수벽을 두어 본 저수지와 분리되는 구조로 계획하였다.

[표 12-1-7] 침강지 제원

구 분	유역		일30mm 초과유입량 (m <sup>3</sup> /일)	계획 수심 (m)	수표 면적 (m <sup>2</sup> )	계획 내용적 (m <sup>3</sup> )	체류 시간 (hr)	비 고
	유역 구분	면적 (ha)						
1호 침강지	4유역	440	59,764.8	2.0	7,470.6	19,625	6	
2호 침강지	1유역	80	10,609.3	2.0	1,355.6	5,184	6	

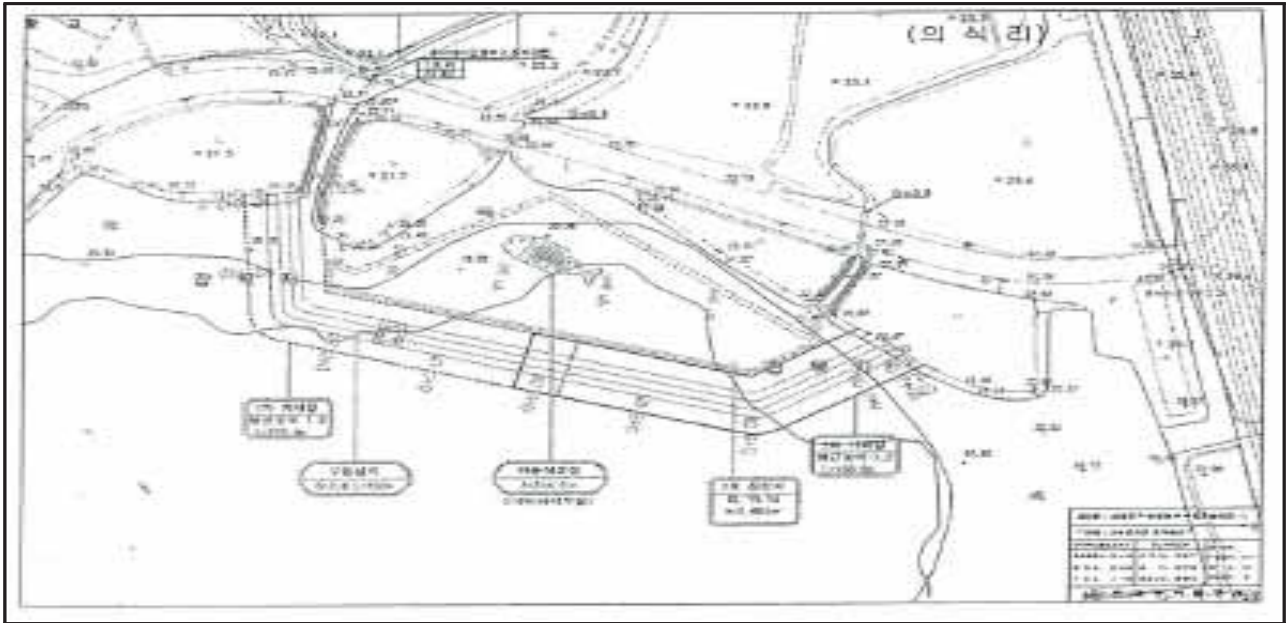


[그림 12-1-8] 1호 침강지 평면도

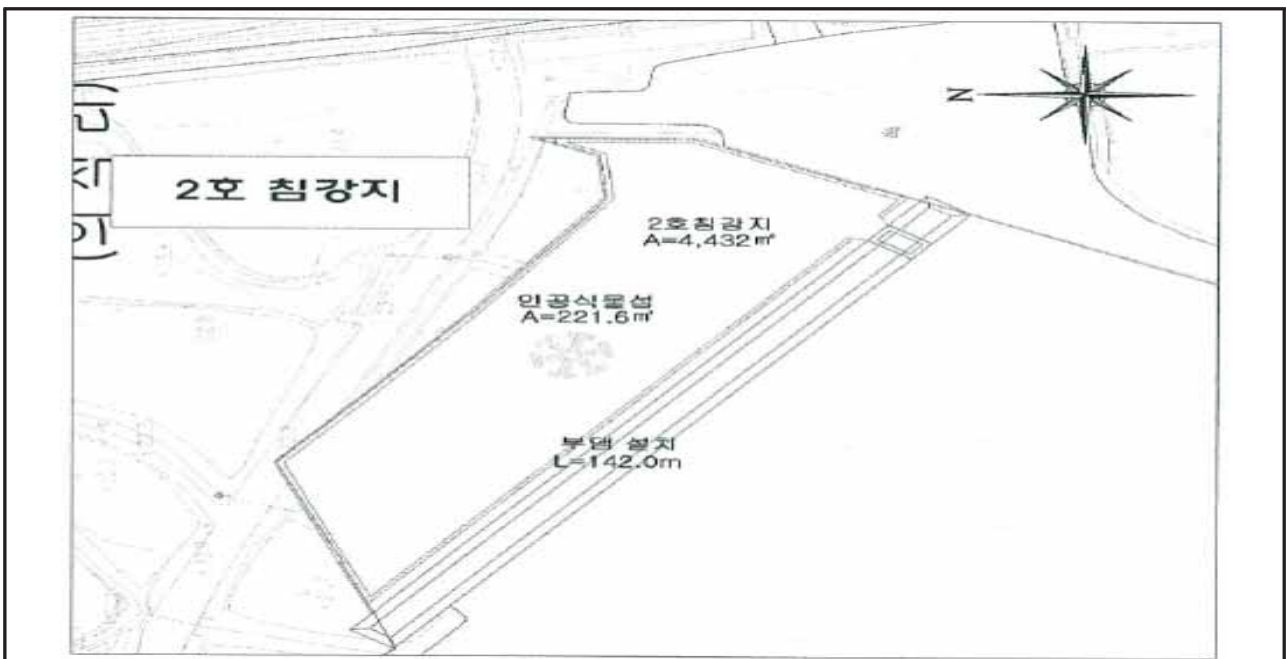


[그림 12-1-9] 1호 침강지 시설현황





[그림 12-1-10] 2호 침강지 평면도



[그림 12-1-11] 2호 침강지 시설현황

- 침강지의 퇴적량을 산정하기 위하여 2017년 8월 29일부터 9월 6일까지 1호 및 2호 침강지의 내용적 측량을 수행하였다.
- 내용적 측량 결과, 1호 침강지는 관측 전 내용적이 19,625m<sup>3</sup>이었으나 관측 후 내용적은 19,279m<sup>3</sup>으로 346m<sup>3</sup>의 퇴적물이 퇴적된 것으로 나타났다. 2호 침강지는 관측 전 5,184m<sup>3</sup>에서 관측 후 4,049m<sup>3</sup>로 1,135m<sup>3</sup>가 퇴적된 것으로 조사되었다.



1호 침강지

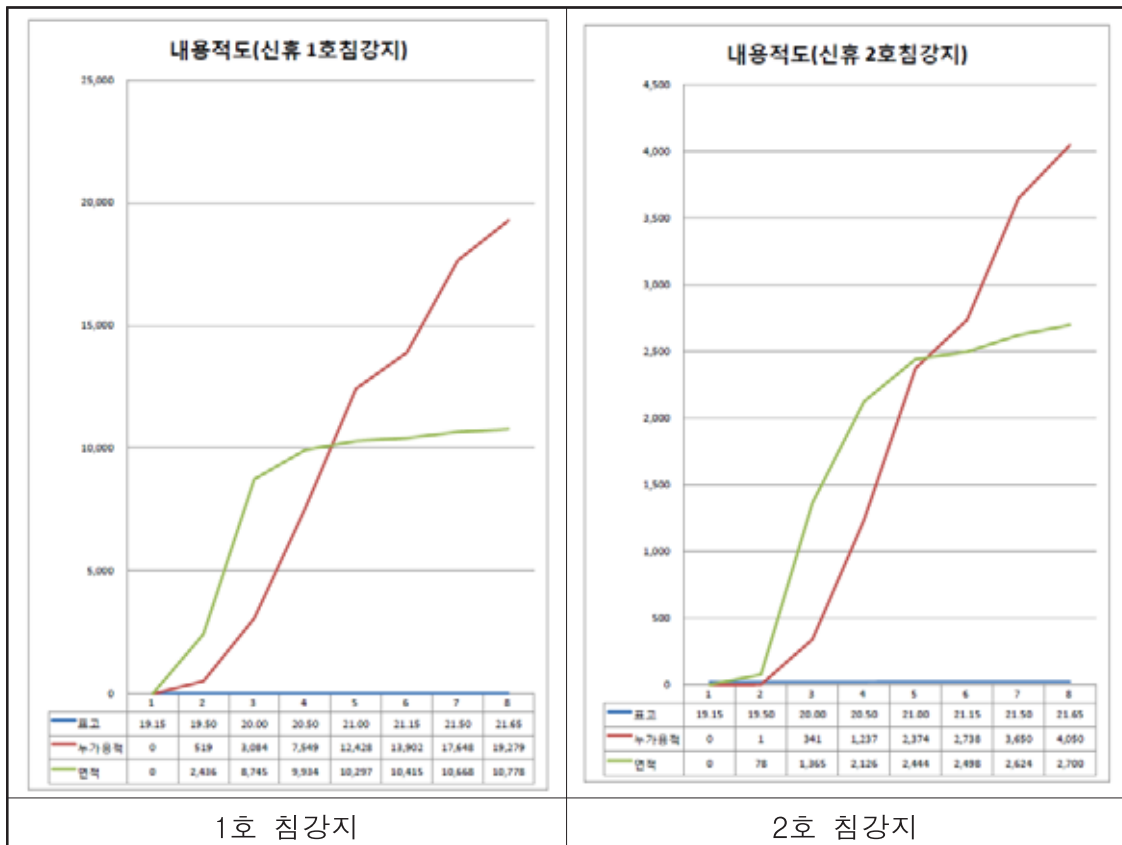


2호 침강지

[그림 12-1-12] 신희저수지 1호 및 2호 침강지 측량 수심 등고선도

[표 12-1-8] 신희저수지 1호 및 2호 침강지 내용적 측량 결과

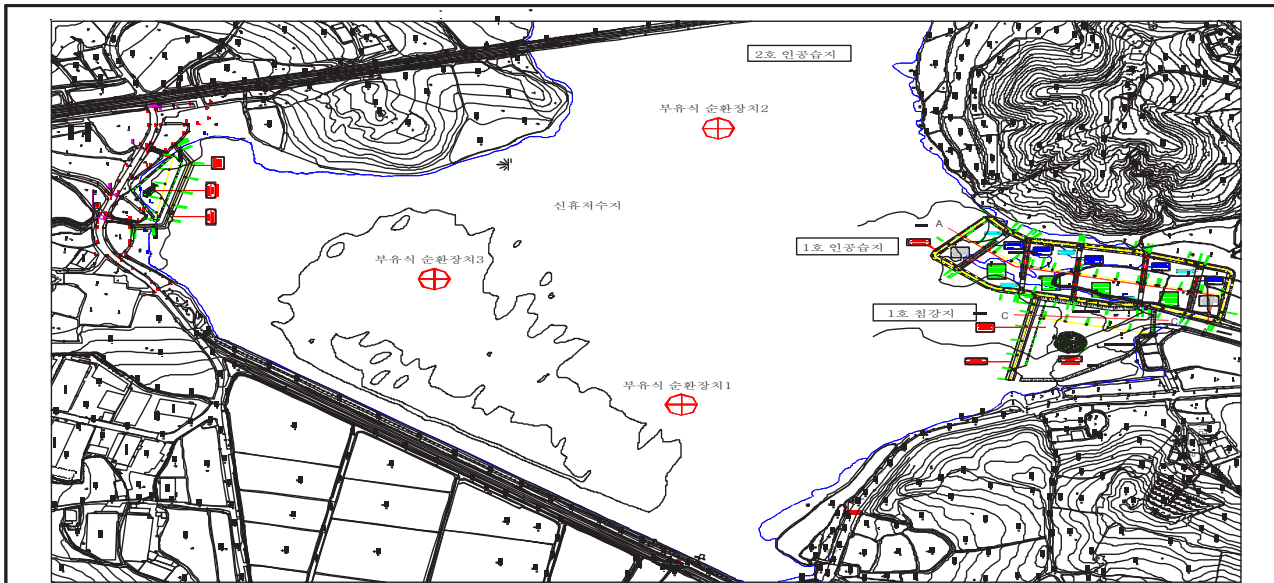
구 분	관측전 면적(m <sup>2</sup> )	관측전 내용적(m <sup>3</sup> )	관측후 내용적(m <sup>3</sup> )	내용적 퇴적량(m <sup>3</sup> )	퇴적율 (%)
1호 침강지	10,778	19,625	19,279	346	1.8
2호 침강지	3,238	5,184	4,049	1,135	21.9



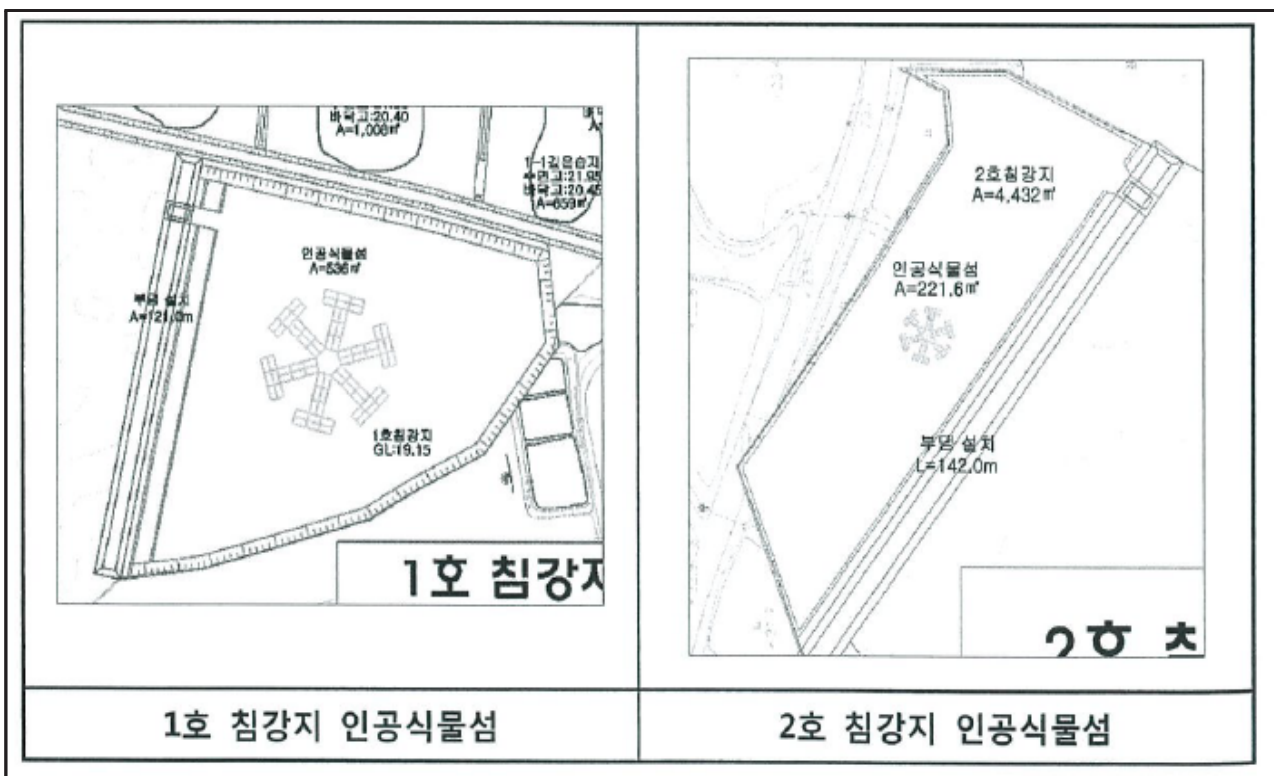
[그림 12-1-13] 신희저수지 1호 및 2호 침강지 내용적도

#### 4) 기타 수질개선시설

- 물순환장치 : 저수지내 넓은 수체를 효율적으로 순환시키고 공기를 접촉 혼합시킴으로써 부영양화가 진행되는 호수의 수질을 자연친화적으로 개선하고 수질악화를 사전에 방지
  - 순환수량 : 최대 55,000m<sup>3</sup>/일
  - 용존산소 공급율 : 최대 5,200kg O<sub>2</sub>/1일/1unit
  - 설치위치/대수 : 저수지내 3기
- 인공식물섬 : 저수지내 침강지 등 저류수가 장기간 체류되고 유속이 감소되어 오염물질이 침전될 가능성이 있는 곳에 설치하여 침강지 내의 영양물질을 제거하여 조류의 이상증식 방지
  - 설치방식 : 부유식(최소 수심 1.0m 이상)
  - 시설단위 : 2×4m/1set
  - 설치위치 : 침강지내
  - 설치규모 : 1호 침강지 536m<sup>2</sup>, 2호 침강지 222m<sup>2</sup>(침강지 면적의 5%)



[그림 12-1-14] 부유식 물순환장치 설치현황



[그림 12-1-15] 인공식물섬 시설현황

## 12.2. 기상 및 수질환경

### 12.2.1 기상현황

#### 1) 기 온

- 신희저수지 유역과 가장 가까운 천안관측소에서 측정된 최근 평균기온과 최근 30년간 평년 기온을 [표 12-2-1]로 나타냈다.
- 신희지구의 사업 시행 전인 2009년 연평균기온은 12.3℃이었고, 이후 조금씩 낮아져서 2012년은 연평균 11.9℃까지 감소하였다.
- 준공년도인 2013년부터 조금씩 증가하여 2015년에 13.0℃로 최대값을 보였고 이후 다시 감소하여 2017년에는 11.8℃로 평년과 비슷한 기온을 나타내었다.

[표 12-2-1] 신희저수지 유역 사업시행 전후 월별 기온 현황 (단위 : °C)

구 분		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균
시행전	2009년	-3.0	2.5	6.1	11.7	18.4	22.3	24.0	24.8	20.4	14.6	6.9	-0.6	12.3
	2010년	-3.9	1.6	5.0	9.6	17.6	23.1	26.0	26.9	21.6	13.2	6.1	-0.3	12.2
시행중	2011년	-6.9	0.9	3.6	10.6	18.1	22.4	25.6	25.5	20.6	12.7	10.7	-0.4	12.0
	2012년	-2.7	-2.0	4.9	12.3	19.2	23.3	25.8	26.7	20.0	13.7	5.5	-3.9	11.9
	2013년	-3.6	-0.9	5.1	9.8	18.0	23.5	26.6	27.1	20.9	14.8	6.1	0.1	12.3
시행후	2014년	-0.8	1.8	7.4	13.4	18.8	22.8	25.4	24.0	20.8	14.0	7.7	-2.1	12.8
	2015년	-0.8	1.1	5.7	12.7	18.4	22.6	24.9	25.3	20.5	14.5	9.3	2.3	13.0
	2016년	-2.3	0.7	6.4	13.6	18.2	22.3	25.0	26.0	21.0	14.5	5.9	1.1	12.7
	2017년	-1.9	-0.1	5.6	13.1	17.7	21.5	25.5	24.4	19.4	13.6	4.7	-0.8	11.8
평년값		-2.9	-0.4	4.8	11.5	17.2	21.5	24.7	25.1	20.0	13.3	6.2	-0.1	11.7

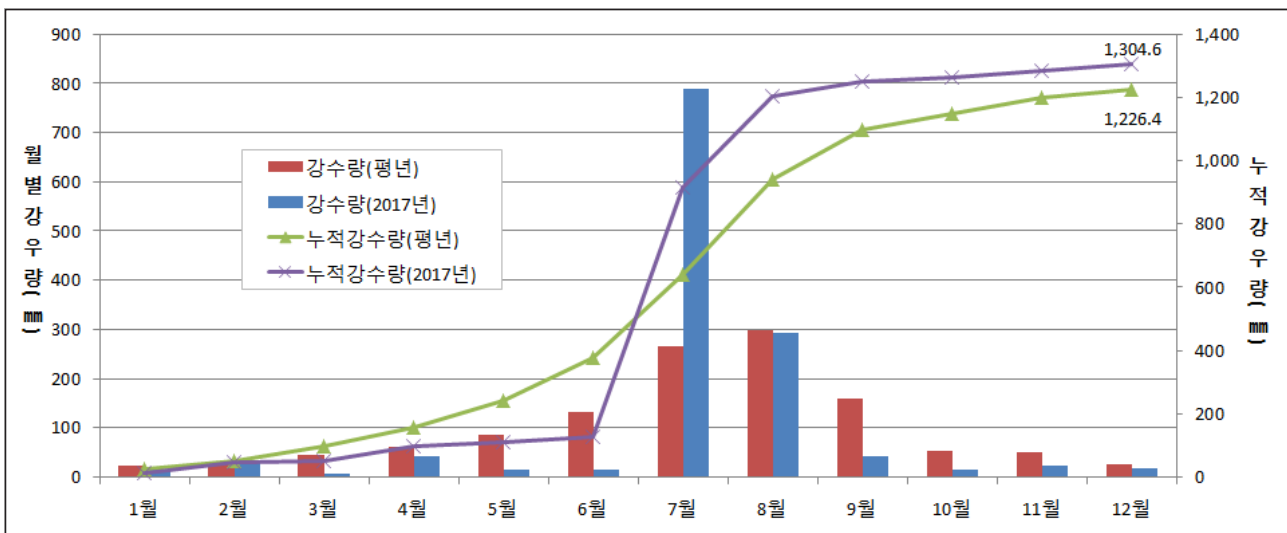
#### 2) 강수량

- 강수량은 시행전인 2009년에는 누적 강수량 999.9mm이었고, 2010년에 1,378.3mm, 2011년에 1,845.8mm로 평년에 비해 많은 비가 내렸다.
- 그러나 2012년부터 시작된 가뭄으로 강수량이 줄었고, 2015년에는 728mm로 가장 적은 강수량을 기록하였다.
- 2015년 극심한 가뭄 이후 강수량이 조금씩 증가하여, 2016년 1,004.8mm, 2017년 1,304.6mm로 평년과 유사한 양의 비가 내렸다.
- 2017년은 오랜 가뭄이후 비교적 단기간(7~8월) 동안 집중된 강우에 의해 상류에 집적된 오염물질이 저수지로 대량 유입될 수 있는 환경이었다.

[표 12-2-2] 신휴저수지 유역 사업시행 전후 월별 강수량 현황

(단위 : mm)

구 분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합계	
시행전	2009년	13.3	16.0	51.6	30.6	112.6	55.6	335.8	212.3	30.8	61.1	39.7	40.5	999.9
	2010년	40.7	50.4	73.8	61.0	84.0	37.0	171.0	486.1	316.9	19.4	13.5	24.5	1,378.3
시행중	2011년	7.9	31.0	26.5	133.2	103.3	374.6	645.1	268.2	153.2	26.5	65.8	10.5	1,845.8
	2012년	14.5	2.3	44.9	81.6	16.8	75.1	252.5	483.7	190.1	66.6	52.6	56.0	1,336.7
	2013년	28.5	35.2	40.0	56.3	123.5	102.1	308.2	173.6	117.5	13.8	58.5	40.3	1,097.5
시행후	2014년	4.9	15.1	40.9	62.1	34.6	73.9	239.0	218.7	144.0	119.5	28.9	38.9	1,020.5
	2015년	12.7	21.5	23.3	87.6	27.5	86.0	136.8	64.2	29.0	69.0	128.6	41.8	728.0
	2016년	8.0	43.6	16.5	118.3	107.2	36.2	364.3	82.0	55.0	95.9	33.5	44.3	1,004.8
	2017년	13.9	32.2	6.5	42.9	14.3	15.6	788.1	291.5	43.3	14.1	23.4	18.8	1,304.6
평년값	23.4	26.4	45.9	61.4	85.7	133.1	264.7	298.3	158.4	53.1	49.2	26.8	1,226.4	



[그림 12-2-1] 천안관측소 강수량 변화

## 12.2.2 수질현황

### 1) 목표수질 설정

- 신희저수지의 목표수질은 환경정책 기본법 호소의 생활환경기준 중 농업용수 수질 관리 기준(IV등급)을 만족할 수 있도록 설정하였다.
- 신희지구 수질개선대책에 따른 사업 후 저수지 수질예측결과 COD는 8.0mg/L로 호소수질등급 IV등급 이내로 목표수질을 설정하였다.

[표 12-2-3] 신희저수지 목표수질

구 분	목표수질	기본계획 (‘09년)	예측수질 (‘18년)
COD(mg/L)	8.0 이하	10.4	8.0
TOC(mg/L)	6.0 이하	-	-
T-N (mg/L)	1.0 이하	3.846	2.807
T-P (mg/L)	0.1 이하	0.135	0.100
수질등급(COD)	IV등급	VI등급	IV등급

### 2) 오염원 현황

- 저수지 유역 내 최근 5년 동안의 연도별 인구 및 축산 현황과 유역 토지이용 현황을 정리하였다.
- 유역 내 인구수는 2009년 1,152명, 2010년 954명, 2011년 1,121명으로 다소 변동을 보이다가, 이후 최근까지는 900명 조금 못 미치는 수준에서 일정한 경향을 나타내었다.
- 축산두수는 한우가 2009년 301두에서 이후 감소하는 경향을 보여 2015년에 120두까지 감소하였다가 2016년에 390두로 다시 증가하였고 2017년에도 210두로 다소 높은 값을 보였다. 반면, 젓소는 2009년부터 2015년까지 300~400두 내외의 범위에서 증감을 반복하며 큰 차이를 보이지 않다가 2016년에 172두로 감소하였고, 2017년에 230두로 나타났다. 그리고 돼지는 2009년 6,281두에서 지속적으로 증가하는 경향을 보였으며 2016년에 16,210두까지 증가하였다가 2017년에는 9,850두로 다소 감소한 것으로 나타났다.

[표 12-2-4] 신희저수지 유역 내 인구변화 추이

구 분	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
인구(명)	1,152	954	1,121	921	905	882	875	887	866

[표 12-2-5] 신희저수지 유역 내 연도별 축산변화

구 분	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
한우(두)	301	130	280	116	110	136	120	390	210
젖소(두)	281	384	288	415	295	423	305	172	230
돼지(두)	6,281	10,450	8,540	10,760	10,100	15,200	16,210	16,210	9,850

- 신희저수지의 유역면적은 842ha로 그 중 논과 밭, 임야가 각각 17.0%, 13.1%, 56.1%를 차지하고 있었으며, 기타가 13.8%를 차지하였다.

[표 12-2-6] 신희저수지 유역 내 지목별 토지이용현황

구 분	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
계	842	842	842	842	842	842	842	842	842
전(ha)	110	110	110	110	110	110	110	110	110
답(ha)	143	143	143	143	143	143	143	143	143
임야(ha)	472	472	472	472	472	472	472	472	472
기타(ha)	117	117	117	117	117	117	117	117	117

### 3) 오염부하량

- 유역 내 오염물질 발생부하량은 사업 시행 전인 2009년에 BOD 321.0kg/일, T-N 168.0kg/일, T-P 29.0kg/일이었고, 준공연도인 2013년에는 BOD가 420.4kg/일, T-N 215.8kg/일, T-P 40.1kg/로 증가하였으며, 2016년에는 BOD가 619.4kg/일, T-N 310.0kg/일, T-P 59.9kg/일까지 증가하였다.
- 이상에서와 같이 유역 내 오염물질 발생부하량은 최근 2016년까지 지속적으로 증가하는 경향을 보였으며, 2017년에는 BOD가 409.6kg/일, T-N 211.5kg/일, T-P 38.8kg/일로 다소 감소한 것으로 나타났다.



[표 12-2-7] 신희저수지 유역 내 발생부하량

구 분	점 오 염 원						비점오염원					계	
	생활계 (인)	축산계(두)			산업계 (m <sup>3</sup> /일)	소계	토지현황(ha)				소계		
		한우	젖소	돼지			전	답	임야	기타			
원수	866	210	230	9,850	185		110	143	472	117			
BOD	부하량 (kg/일)	42.4	14.1	26.9	315.2	0.0	398.6	1.8	3.3	4.7	1.2	11.0	409.6
T-N	부하량 (kg/일)	11.4	8.4	14.6	146.8	0.0	181.2	10.4	9.4	10.4	0.1	30.3	211.5
T-P	부하량 (kg/일)	1.3	0.7	2.4	32.5	0.0	36.9	0.3	0.9	0.7	0.0	1.9	38.8

[표 12-2-8] 신희저수지 유역 내 연도별 오염물질 발생부하량

구 분	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
BOD(kg/d)	321.0	445.7	391.7	456.8	420.4	599.2	616.3	619.4	409.6
T-N(kg/d)	168.0	228.2	201.8	233.8	215.8	300.7	307.6	310.0	211.5
T-P(kg/d)	29.0	42.4	35.9	43.6	40.1	58.4	60.3	59.9	38.8

#### 4) 수질현황

- 농업용수 수질측정망조사 결과 COD는 2012년 16.4mg/L에서 2013년과 2014년도에는 각각 18.7mg/L과 18.2mg/L로 높아졌고, 2015년에는 17.7mg/L, 2016년에는 18.1mg/L로 수질오염물질의 농도가 비교적 높은 상태를 유지하고 있는 것으로 나타났다.
- 2017년에는 COD가 14.7mg/L로 2016년에 비해 다소 낮아진 것으로 나타났다. 이것은 2016년에 비해 오염물질 발생부하량이 다소 감소하였고, 강수량 또한 평년과 유사한 수준으로 회복되었으며, 수질개선시설(인공습지, 침강지 등) 기능을 통해 유입수에 포함된 오염물질이 일정부분 제거되고 있기 때문인 것으로 판단된다.
- 그러나 2014년 이후 극심한 가뭄으로 유입수량이 적고, 수온이 증가하는 등 기상이변과 오염물질의 호내 축적 및 내부생산으로 인하여 여전히 높은 수질오염농도를 나타내고 있는 것으로 볼 수 있다.

[표 12-2-9] 신휴저수지 수질현황

구분 (mg/L)	5개년 평균 (‘06~‘10)	‘11년 (착공시)	수질 변화						목표수질
			‘12	‘13 (준공)	‘14	‘15	‘16	‘17	
COD	19.4	12.4	16.4	18.7	18.2	17.7	18.1	14.7	8.0이하
TOC	-	6.2	9.9	10.1	10.3	8.3	9.4	8.8	6.0이하
T-N	3.370	2.194	2.804	2.098	2.392	1.971	2.077	1.693	1.0이하
T-P	0.299	0.274	0.277	0.236	0.228	0.170	0.108	0.216	0.1이하

### 12.3. 시설별 수질개선효과

- 인공습지와 침강지가 각각 2개씩 구성되어 있는 신휴지구의 수질개선시설 효과를 분석하기 위하여 ① 1호 침강지 및 인공습지 유입부와 ② 1호 인공습지 유출부, ③ 1호 침강지 유출부, ④ 2호 인공습지 유입부, ⑤ 2호 인공습지 유출부 등 총 5 지점을 선정하였다.

[표 12-3-1] 신휴저수지 수질 조사시기

구분	조사 횟수	조사일자				
		1차	2차	3차	4차	강우시 <sup>1)</sup>
수질조사	5회	2017.04.18	2017.08.29	2017.11.03	2017.11.20	2017.07.20
퇴적물조사	1회	-	-	2017.11.03	-	-

1) 강우시 강우량 : 232.7mm(2017.07.16.)

일시	2017.07.16	2017.07.17	2017.07.18	2017.07.19	2017.07.20
강우량(mm)	232.7	2.7	2.0	-	-



[그림 12-3-1] 신희저수지 수질조사 지점

### 12.3.1 인공습지 수질개선효과

- 취입보 수위는 유역 내 최저답고 등을 감안하고 인공습지에 자연유하로 취수시킬 수 있는 시설로 가동형 취입보와 유입공을 계획하였다.
- 취입보의 높이는 0.9m, 폭은 유입하천의 단면을 고려하여 결정하였다.
- 평균 수온 변화는 1호 습지의 유입수가 13.7℃, 유출수는 14.0℃로 큰 차이가 없었고, 2호 습지 또한 유입수 14.1℃, 유출수는 14.6℃로 비슷한 값을 나타내었다.
- 평균 pH는 1호 습지 유입수가 7.9, 유출수는 7.4, 2호 습지는 유입수가 8.0이고 유출수는 7.6으로 큰 차이가 없었으며, 모든 구간에서 농업용수 관리기준(6.0~8.5)을 만족하였다.
- 평균 EC는 1호 습지 유입수가 505 $\mu$ S/cm이고 유출수가 415 $\mu$ S/cm, 2호 습지 유입수는 440 $\mu$ S/cm이고 유출수가 550 $\mu$ S/cm로 나타났고, 이는 작물 생장에 지장이 없는 수준이었다(기준 700 $\mu$ S/cm이하, 캘리포니아대학교 대외 협력국(UCCES) 농업용수 관리 기준지침).
- 평균 DO는 1호 습지에서는 유입수가 9.7mg/L, 유출수는 5.4mg/L으로 나타났고, 2호 습지의 유입수는 13.0mg/L, 유출수는 13.1mg/L로 나타났으며, 1, 2호 습지의 유입·유출수 모두 농업용수 권장기준인 2.0mg/L 이상을 유지하고 있었다.

[표 12-3-2] 신휴저수지 1호 인공습지 수질변화

구 분		'14년	'15년	'17년 평상시 및 강우시					
		평균	평균	1차	2차	3차	4차	평균	강우
수온 (°C)	유입수	22.2	24.9	16.1	19.4	13.6	5.8	13.7	27.1
	유출수	23.8	25.8	16.3	21.0	13.9	4.6	14.0	27.4
pH	유입수	8.8	7.9	8.60	7.40	7.80	7.60	7.9	7.20
	유출수	8.8	7.6	7.10	6.70	8.00	7.60	7.4	7.10
EC (µS/cm)	유입수	371	404	414	309	601	697	505	404
	유출수	409	347	505	221	302	632	415	346
DO (mg/L)	유입수	10.0	4.9	12.02	6.75	9.14	10.90	9.7	4.12
	유출수	1.8	3.8	3.37	0.18	6.70	11.50	5.4	0.21
SS (mg/L)	유입수	110.9	65.3	17.4	3.9	4.3	4.0	7.4	2.7
	유출수	46.0	41.4	4.5	9.5	6.6	3.2	6.0	5.9
COD (mg/L)	유입수	11.5	14.0	18.8	6.4	10.0	11.8	11.8	9.4
	유출수	19.7	18.6	18.4	17.2	8.6	11.4	13.9	15.6
TOC (mg/L)	유입수	6.3	8.0	9.4	4.6	6.1	6.7	6.7	6.4
	유출수	13.5	9.6	9.0	9.6	6.1	7.1	8.0	9.3
T-N (mg/L)	유입수	4.877	2.902	4.798	6.015	6.668	8.921	6.601	7.998
	유출수	1.980	1.543	1.581	1.217	0.665	4.345	1.952	5.968
T-P (mg/L)	유입수	0.790	1.081	1.513	0.453	1.311	2.648	1.481	0.738
	유출수	0.447	0.576	3.688	0.851	0.160	1.451	1.538	1.028

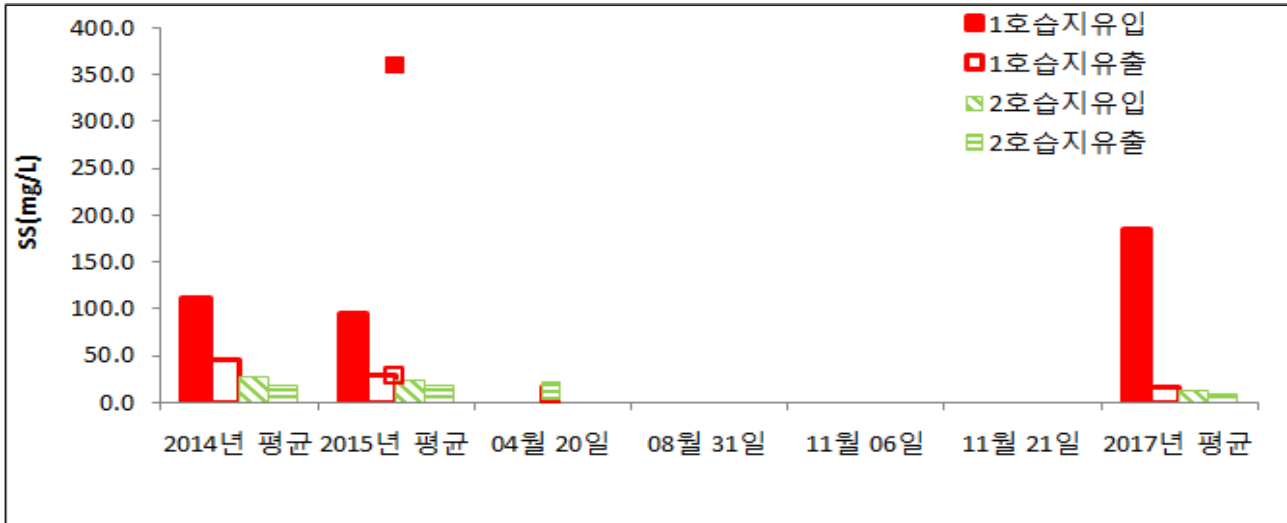
[표 12-3-3] 신희저수지 2호 인공습지 수질변화

구 분		'14년	'15년	'17년 평상시 및 강우시					
		평균	평균	1차	2차	3차	4차	평균	강우
수온 (°C)	유입수	23.0	26.7	15.3	22.9	13.2	5.1	14.1	28.2
	유출수	22.1	27.0	15.4	24.2	13.2	5.5	14.6	28.3
pH	유입수	9.2	7.6	7.6	7.3	9.4	7.8	8.0	7.6
	유출수	8.8	7.1	7.4	7.4	7.8	7.6	7.6	7.5
EC (µS/cm)	유입수	331	530	498	363	474	425	440	415
	유출수	348	471	656	364	484	697	550	462
DO (mg/L)	유입수	9.4	4.5	9.5	7.0	20.4	15.0	13.0	6.1
	유출수	8.2	3.0	3.1	8.5	20.1	20.9	13.1	7.4
SS (mg/L)	유입수	28.1	27.5	15.8	31.8	29.0	11.6	22.1	12.0
	유출수	19.6	18.9	9.5	13.5	15.5	4.0	10.6	9.0
COD (mg/L)	유입수	15.8	25.6	20.8	15.2	17.2	15.6	17.2	19.6
	유출수	15.5	22.9	28.1	15.6	11.0	11.8	16.6	18.0
TOC (mg/L)	유입수	8.9	14.2	9.4	9.4	9.2	8.7	9.2	11.4
	유출수	8.9	11.9	12.0	9.9	6.8	6.7	8.9	11.2
T-N (mg/L)	유입수	4.642	2.629	3.663	10.983	1.805	0.906	4.339	4.949
	유출수	4.866	1.617	1.540	9.018	1.480	8.921	5.240	6.826
T-P (mg/L)	유입수	0.465	0.252	0.322	0.913	0.100	0.093	0.357	0.745
	유출수	0.348	0.215	0.119	0.791	0.256	2.648	0.954	0.649

[표 12-3-4] 4개년간 신희저수지 인공습지 정화효율

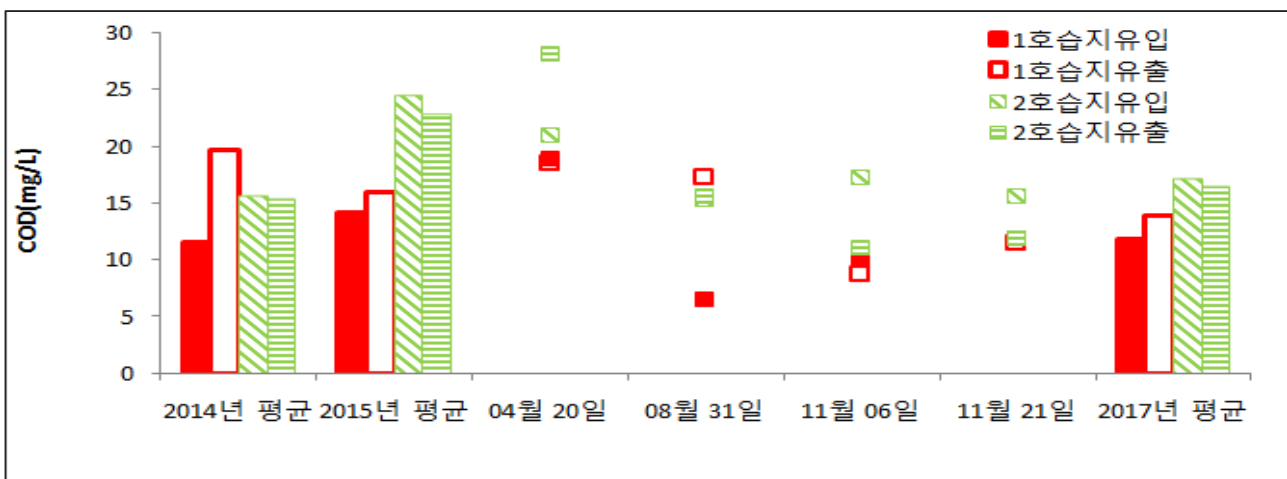
구 분		'14~'17년 전체		'14~'17년 평상시		'14~'17년 강우시	
		부하량	정화효율 (%)	부하량	정화효율 (%)	부하량	정화효율 (%)
SS (kg/d)	1호 습지 유입	355.7	73.7	377.7	74.5	25.6	-118.5
	1호 습지 유출	93.7		96.4		56.0	
	2호 습지 유입	19.9	34.8	16.5	28.6	36.9	48.6
	2호 습지 유출	13.0		11.8		19.0	
COD (kg/d)	1호 습지 유입	59.2	-12.2	57.2	-5.9	89.2	-66.0
	1호 습지 유출	66.4		60.5		148.1	
	2호 습지 유입	11.9	4.4	10.2	7.5	20.2	-3.3
	2호 습지 유출	11.3		9.4		20.9	
TOC (kg/d)	1호 습지 유입	33.9	-10.6	32.1	-5.5	60.8	-45.3
	1호 습지 유출	37.5		33.9		88.3	
	2호 습지 유입	6.6	1.1	5.5	5.5	11.7	-9.4
	2호 습지 유출	6.5		5.2		12.8	
TN (kg/d)	1호 습지 유입	23.0	57.5	19.5	67.0	75.9	25.4
	1호 습지 유출	9.8		6.4		56.7	
	2호 습지 유입	4.2	-3.4	3.5	-13.3	7.3	20.5
	2호 습지 유출	4.3		4.0		5.8	
TP (kg/d)	1호 습지 유입	4.8	37.0	4.6	45.4	7.0	-39.3
	1호 습지 유출	3.0		2.5		9.8	
	2호 습지 유입	0.4	15.1	0.3	0.0	1.0	46.3
	2호 습지 유출	0.3		0.3		0.5	

- 평균 SS는 1호 습지 유입수가 7.4mg/L, 유출수가 6.0mg/L이었고, 2호 습지 유입수는 22.1mg/L, 유출수는 10.6mg/L로 유입수에 비해 유출수에서 낮아지는 경향을 보였다. 즉, 모든 유출수에서 농업용수 권장기준인 15.0mg/L 이하를 만족하고 있는 것으로 나타났다.
- '14~'17년(강우시 포함)까지 1호 습지에서 SS 유입부하량은 355.7kg/d이었고, 유출부하량은 93.7kg/d로 낮아져 73.7%의 정화효율을 보였다. 2호 습지 SS 유입부하량은 19.9kg/d로 비교적 적은 양의 SS가 유입되고 있었으며, 유출부하량은 13.0kg/d로 낮아져 34.8%의 정화효율을 나타내었다. 이상의 결과로부터 인공습지를 통과하면서 SS가 효과적으로 제거되고 있음을 알 수 있다.



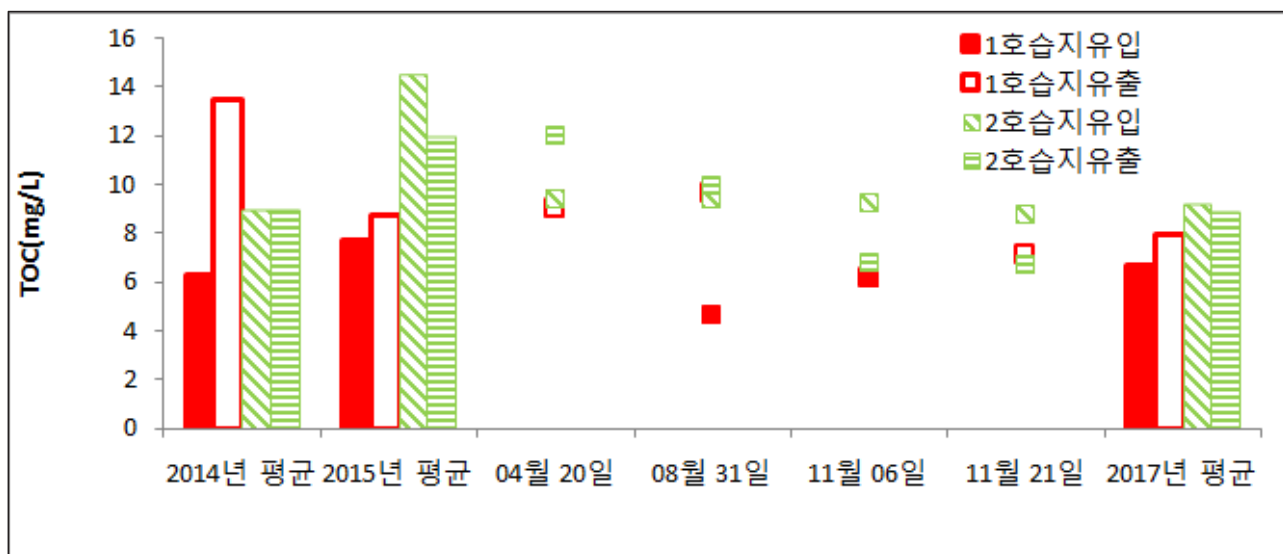
[그림 12-3-2] 신희저수지 인공습지 유입수 및 유출수 SS 변화

- 평균 COD는 1호 습지 유입수가 11.8mg/L이었고, 유출수가 13.9mg/L이었으며, 2호 습지에서는 유입수가 17.2mg/L, 유출수가 16.6mg/L으로 나타났다.
- '14년~'17년(강우시 포함)까지 1호 습지의 COD 유입부하량은 59.2kg/d이고, 유출부하량은 66.4kg/d로 -12.2%의 정화효율을 보였다. 또한 2호 습지 COD 유입부하량 11.9kg/d이고, 유출부하량 11.3kg/d로 4.4%의 정화효율을 보였다. 이와 같이 1, 2호 인공습지에서 정화효과가 미미한 것은 최근 지속된 가뭄 등 기상의 영향이 큰 것으로 생각된다. 즉, 최근까지 가뭄에 따른 강수량 부족으로 습지 및 수로의 수량이 부족하고, 오염물질이 많이 집적된 상태에서 여름철 집중되는 강우에 의해 일시적으로 수량이 증가하면 수질오염물질이 대량으로 유입될 수 있기 때문이다.



[그림 12-3-3] 신희저수지 인공습지 유입수 및 유출수 COD 변화

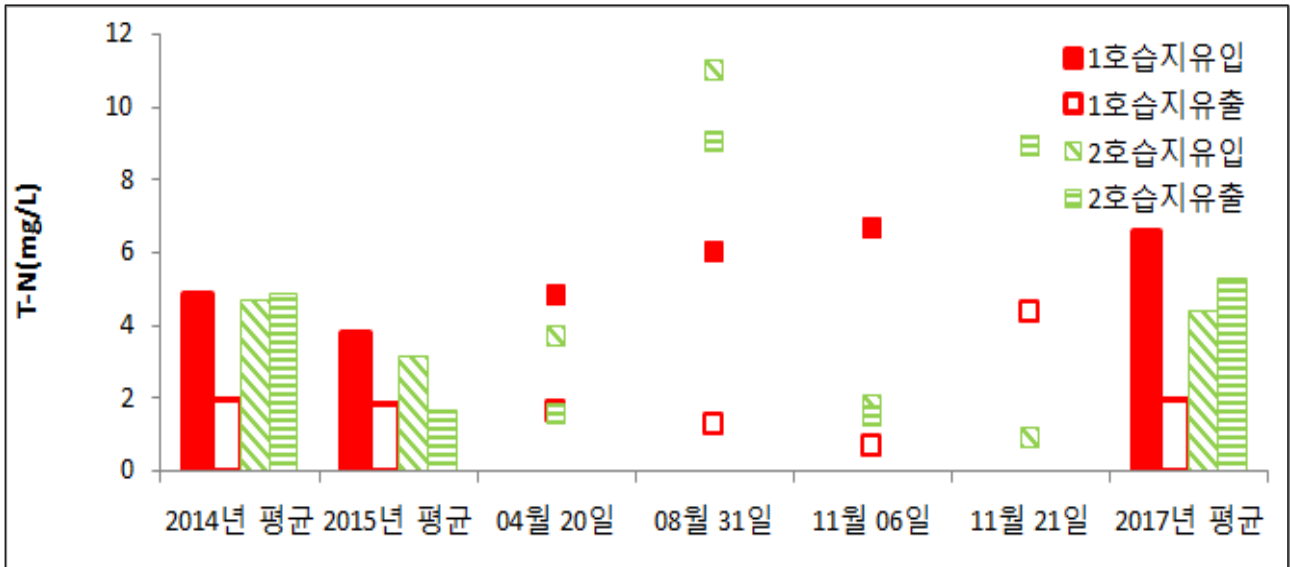
- 평균 TOC는 1호 습지 유입수가 6.7mg/L, 유출수가 8.0mg/L이었으며, 2호 습지에서는 유입수가 9.2mg/L, 유출수가 8.9mg/L로 유출수에서 큰 변화가 없거나 오히려 더 높아지는 경향을 나타내었다.
- '14년~'17년(강우시 포함)까지 1호 습지의 TOC 유입부하량은 33.9kg/d이고, 유출부하량은 37.5kg/d로 -10.6%의 정화효율을 보였다. 2호 습지 TOC 유입부하량은 6.6kg/d이고, 유출부하량은 6.5kg/d로 1.1%의 정화효율을 보였다. COD와 마찬가지로 습지 유출부에서 TOC가 상대적으로 더 높아지는 경향을 보였는데, 이것은 지속된 가뭄 및 일시적 강우 등의 영향으로 수질개선시설의 개선효과가 반감되었기 때문인 것으로 보인다.
- 이와 같이 인공습지를 이용한 수질개선 효과는 날씨, 특히 강우에 의해 크게 좌우될 수밖에 없기 때문에 연중 일정한 수량의 유입수가 인공습지를 통과할 수 있도록 유지·관리하는 것이 중요할 것으로 생각된다.



[그림 12-3-4] 신희저수지 인공습지 유입수 및 유출수 TOC 변화

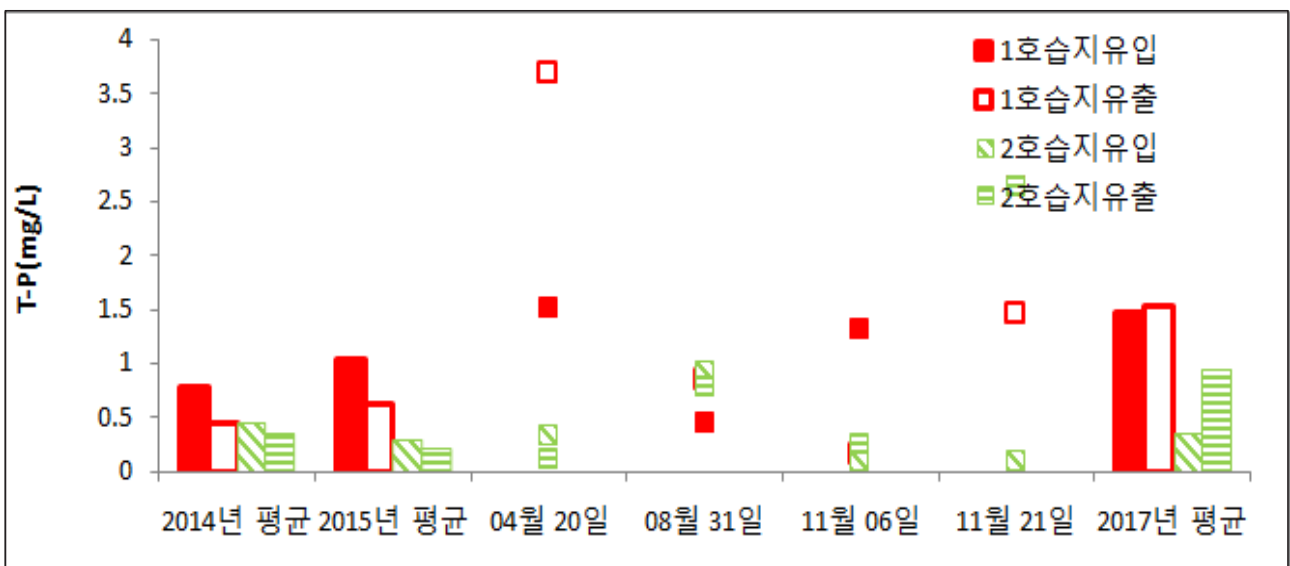
- 평균 T-N은 1호 습지 유입수가 6.601mg/L이었으며, 유출수는 1.952mg/L로 나타났다. 2호 습지에서는 유입수가 4.339mg/L, 유출수가 5.240mg/L로 조사되었다.
- '14년~'17년(강우시 포함)까지 1호 습지의 T-N 유입부하량은 23.0kg/d이고, 유출부하량은 9.8kg/d로 낮아져 57.5%의 정화효율을 보였다. 2호 습지 T-N 유입부하량은 4.2kg/d이고, 유출부하량은 4.3kg/d로 -3.4%의 정화효율을 보였다.





[그림 12-3-5] 신휴저수지 인공습지 유입수 및 유출수 T-N 변화

- 평균 T-P는 1호 습지 유입수가 1.481mg/L, 유출수가 1.538mg/L로 나타났고, 2호 습지에서는 유입수가 0.357mg/L, 유출수가 0.954mg/L로 조사되었다.
- '14년~'17년(강우시 포함)까지 1호 습지 T-P 유입부하량이 4.8kg/d이고, 유출부하량은 3.0kg/d로 37.0%의 정화효율을 보였다. 2호 습지 T-P 유입부하량은 0.4kg/d이고, 유출부하량은 0.3kg/d로 낮아져 15.1%의 정화효율을 보였다.



[그림 12-3-6] 신휴저수지 인공습지 유입수 및 유출수 T-P 변화

- 이상의 결과를 전체적으로 살펴보면, 신휴저수지 인공습지에서 유기물의 정화효율은 비교적 미미한 것으로 나타났는데, 이는 2014년부터 지속된 가뭄의 영향이 큰 것으로 판단된다.

- 특히 2015년에는 연강수량이 728mm에 불과할 정도로 가뭄이 극심하였고, 이후에도 2016년까지 가뭄이 지속되었을 뿐만 아니라, 2017년에도 연강수량(1,304.6mm)의 82.8%(1,079.6mm)가 7~8월에 집중되어 사실상 가뭄이 지속되었다.
- 이렇게 가뭄이 지속된 이후 짧은 기간에 집중적인 호우가 반복되면, 갈수기에 습지 내에 침적된 오염물질이 집중호우시 대량으로 유입되어 수질오염이 더욱 가중될 수 있다.

### 12.3.2 침강지 수질개선효과

- 일강우량 30mm/day를 초과하는 하천수는 침강지로 유입되어 오염물질이 처리되고 있으며, 이러한 침강지의 수질개선 효과를 파악하기 위하여 인공습지와 마찬가지로 1년간 총 5회(평시 4회, 강우시 1회)에 걸쳐 1호 침강지에서 수질조사를 수행하였다.
- 평균 수온은 1호 침강지 유입수가 13.7°C이었고, 유출수가 16.1°C로 유입수에 비해 유출수의 수온이 상대적으로 더 높게 나타났다. 이는 침강지의 구조적 특성 때문인데, 즉 침강지는 인공습지와는 달리 수표면이 햇빛에 그대로 노출되어 있고, 침강지로 유입된 유입수는 대체적으로 오랜 시간 정체하면서 수온이 상승하는 것이 일반적인 현상이라고 할 수 있다.
- 평균 pH는 1호 침강지 유입수가 7.9, 유출수가 8.8을 나타내었다.
- 평균 EC는 1호 침강지 유입수가 505 $\mu$ S/cm, 유출수가 467 $\mu$ S/cm를 나타내었으며, 유·출입수 모두 식물생장에 지장이 없는 권장기준(700 $\mu$ S/cm이하)을 만족하는 값을 보였다.
- 평균 DO는 1호 침강지 유입수가 9.7mg/L이었고, 유출수로 9.3mg/L로 큰 차이를 보이지 않았다. 강우시에는 유입·유출수에서 각각 4.1mg/L, 2.4mg/L로 비교적 낮은 값을 보이긴 하였으나, 조사기간 동안 모두 농업용수 권장기준인 2.0mg/L 이상을 만족하고 있는 것으로 조사되었다.
- 평균 SS는 1호 침강지 유입수에서 7.4mg/L, 유출수에서 18.5mg/L로 유출수가 상대적으로 더 높은 값을 보였는데, 이것은 최근까지 지속된 가뭄의 영향에 의해 유입수량이 부족하여 침강지에서 얇은 수심을 유지하게 되고, 퇴적물의 재부유, 조류의 증식 등 복합적인 영향에 의해 상대적으로 부유물 농도가 증가하기 때문인 것으로 판단된다.
- '14년~'17년(강우시 포함)까지 1호 침강지 SS 유입부하량은 10,927.5kg/d이고, 유출부하량은 4,329.5kg/d로 낮아져 60.4%의 정화효율을 보였다. 그러나 '14년~'17년

(정상시) SS 유입부하량은 266.8kg/d, 유출부하량은 248.2kg/d로 낮아져 정화효율이 7.0%에 불과한 반면, '14년~'17년(강우시) SS 유입부하량은 85,552.5kg/d, 유출부하량은 32,898.4kg/d로 61.5%의 높은 정화효율을 보였다.

- 이상에서와 같이 1호 침강지는 본래의 목적인 일강우량 30mm를 초과하는 하천수의 오염물질 처리 기능이 효과적으로 잘 유지되고 있다고 할 수 있다.

[표 12-3-5] 신휴저수지 1호 침강지 수질변화

구 분		'14년	'15년	'17년 평상시 및 강우시					
		평균	평균	1차	2차	3차	4차	평균	강우시
수온 (°C)	유입수	22.2	23.7	16.1	19.4	13.6	5.8	13.7	27.1
	유출수	21.9	25.1	17.5	27.0	12.9	6.9	16.1	27.6
pH	유입수	8.8	7.8	8.6	7.4	7.8	8.1	7.9	7.2
	유출수	9.5	7.7	7.6	8.9	9.3	9.2	8.8	7.3
EC (µS/cm)	유입수	371	413.3	414	309	601	699	505	404
	유출수	305	367.6	506	269	546	548	467	289
DO (mg/L)	유입수	10.0	4.4	12.0	6.8	9.1	10.9	9.7	4.1
	유출수	12.5	5.0	7.5	13.9	5.1	10.9	9.3	2.4
SS (mg/L)	유입수	119.9	71.4	17.4	3.9	4.3	18.3	7.4	2.7
	유출수	60.0	55.5	24.4	13.8	14.5	21.4	18.5	13.7
COD (mg/L)	유입수	10.6	13.7	18.8	6.4	10.0	11.6	11.8	9.4
	유출수	12.5	16.4	16.8	14.4	9.0	13.2	13.4	20.0
TOC (mg/L)	유입수	5.3	7.7	9.4	4.6	6.1	6.6	6.7	6.4
	유출수	6.7	8.4	7.3	8.2	5.6	7.7	7.2	9.6
T-N (mg/L)	유입수	5.086	3.196	4.798	6.015	6.668	3.015	6.601	7.998
	유출수	3.737	2.290	1.161	2.832	8.100	0.646	3.185	2.706
T-P (mg/L)	유입수	0.816	1.143	1.513	0.453	1.311	0.108	1.481	0.738
	유출수	0.431	0.538	0.151	0.416	0.099	0.077	0.186	0.525

[표 12-3-6] 신휴저수지 1호 침강지 정화효율

구 분		'14~'17년 전체		'14~'17년 평상시		'14~'17년 강우시	
		부하량	정화효율 (%)	부하량	정화효율 (%)	부하량	정화효율 (%)
SS (kg/d)	유입수	10,927.5	60.4	266.8	7.0	85,552.5	61.5
	유출수	4,329.5		248.2		32,898.4	
COD (kg/d)	유입수	506.4	30.1	91.0	-51.3	3,414.4	45.3
	유출수	353.8		137.7		1,866.2	
TOC (kg/d)	유입수	194.9	-1.4	54.9	-26.6	1,175.2	6.8
	유출수	197.7		69.5		1,095.4	
T-N (kg/d)	유입수	144.1	32.0	31.4	32.0	932.7	32.0
	유출수	98.0		21.4		634.6	
T-P (kg/d)	유입수	45.0	55.7	7.2	60.2	309.3	54.9
	유출수	19.9		2.9		139.3	

- 평균 COD는 1호 침강지 유입수에서 11.8mg/L, 유출수에서 13.4mg/L로 유출수가 상대적으로 더 높은 값을 보였다.
- '14년~'17년(강우시 포함)까지 1호 침강지 COD 유입부하량은 506.4kg/d이고, 유출부하량은 353.8kg/d로 낮아져 30.1%의 정화효율을 보였다. 그러나 '14년~'17년(평상시) COD 유입부하량은 91.0kg/d, 유출부하량은 137.7kg/d로 -51.3%의 정화효율을 보였다.
- 침강지는 강우시 유입된 오염물질을 1차적으로 가라앉히는 역할을 하게 되며, 이때 유입수의 체류시간 증가로 인해 내부생산량이 함께 증가하고, 조류발생 등에 의해 유기물의 농도가 오히려 증가할 수 있는 환경이 조성된다. 그러나 비가 내리지 않는 평상시에는 하천수가 인공습지로 유입되어 유기물이 효과적으로 제거되는 것이기 때문에 SS에서 언급한 바와 같이 강우시 침강지의 기능은 효과적으로 잘 작동하고 있는 것으로 판단할 수 있다.
- 평균 TOC는 1호 침강지 유입수에서 6.7mg/L, 유출수에서 7.2mg/L로 유출수가 상대적으로 더 높은 값을 보였다.
- '14년~'17년(강우시 포함)까지 1호 침강지 TOC 유입부하량은 194.9kg/d이고, 유출부하량은 197.7kg/d로 -1.4%의 정화효율을 보였다. 그리고 '14년~'17년(평상시) COD 유입부하량은 54.9kg/d, 유출부하량은 69.5kg/d로 -26.6%의 정화효율을 보였다.

- 평균 T-N은 6.601mg/L, 유출수에서 3.185mg/L로 유출수에서 크게 감소하는 경향을 보였다.
- '14년~'17년(강우시 포함)까지 1호 침강지 T-N 유입부하량은 144.1kg/d이고, 유출부하량은 98.0kg/d로 낮아져 32.0%의 정화효율을 보였다.
- 평균 T-P는 1.481mg/L, 유출수에서 0.186mg/L로 유출수에서 감소하였다.
- '14년~'17년(강우시 포함)까지 1호 침강지 T-P 유입부하량은 45.0kg/d이고, 유출부하량은 19.9kg/d로 낮아져 55.7%의 정화효율을 보였다.
- 이상의 결과들을 전체적으로 살펴보면, 신희지구 침강지의 유기물 정화효율은 비교적 미미한 것으로 나타나고 있지만, 이는 침강지의 설치목적이 유기물 정화에 있지 않을 뿐만 아니라, 침강지의 구조적 특성상(체류시간 증가, 일조량 증가, 수온 상승 등) 조류가 대량으로 증식하기 좋은 조건이 형성될 수 있기 때문이다. 그러나 침강지내 체류시간 증가에 따른 입자성 부유물질(SS) 및 영양염류(T-N, T-P)의 제거효율은 상대적으로 높게 나타나고 있는 것으로 확인되고 있는 만큼, 침강지는 그 기능을 잘 유지하고 있는 것으로 판단할 수 있다.

### 12.3.3 퇴적물 조사 결과

- 퇴적물 분석결과 1호 인공습지에서 채취한 퇴적물의 입도는 모래 74.8%, 미사 15.2%, 점토 10.0%로써 SL(사질양토)이고, 1호 침강지의 퇴적물은 모래 23.8%, 미사 60.2%, 점토 16.0%로써 SiL(미사질양토)로 분류 되었다.
- 1호 인공습지와 침강지의 pH는 각각 5.2, 7.0으로써 1호 습지의 퇴적물은 습지 여재로서 이용하기 좋은 6.5~8.5의 범위를 조금 벗어난 약산성을 나타내었다.
- EC는 인공습지 0.451dS/m, 침강지 0.349dS/m로 식물성장 매체로 적합한 4.0dS/m 이하를 만족하고 있었다.
- 유기물은 인공습지 1.667%, 침강지 5.648%이고 유효인산은 인공습지 192.0mg/kg, 침강지 198.0mg/kg로 조사되었다.
- 인공습지의 강열감량은 4.4%, T-N은 2,782.1mg/kg, T-P는 1,215.5mg/kg으로 국립환경과학원의 호소퇴적물 오염평가 기준을 모두 만족하는 것으로 나타났다.
- 침강지의 강열감량은 10.0%, T-N은 3,608.1mg/kg, T-P는 1,434.9mg/kg으로 조사되어 인공습지와 마찬가지로 국립환경과학원의 호소퇴적물 오염평가 기준 IV등급 미만으로 양호한 상태로 조사되었다.

[표 12-3-7] 성암저수지 인공습지 및 침강지 퇴적물 조사 결과

지 점	토성	pH	EC (dS/m)	OM (유기물,%)	강열감량 (%)	유효인산 (mg/kg)	총질소 (mg/kg)	총인 (mg/kg)
인공습지	SL(사질양토)	5.2	0.451	1.667	4.4	192.0	2,782.1	1,215.5
침강지	SiL(미사질양토)	7.0	0.349	5.648	10.0	198.0	3,608.1	1,434.9

[표 12-3-8] 호소 퇴적물 오염평가 기준

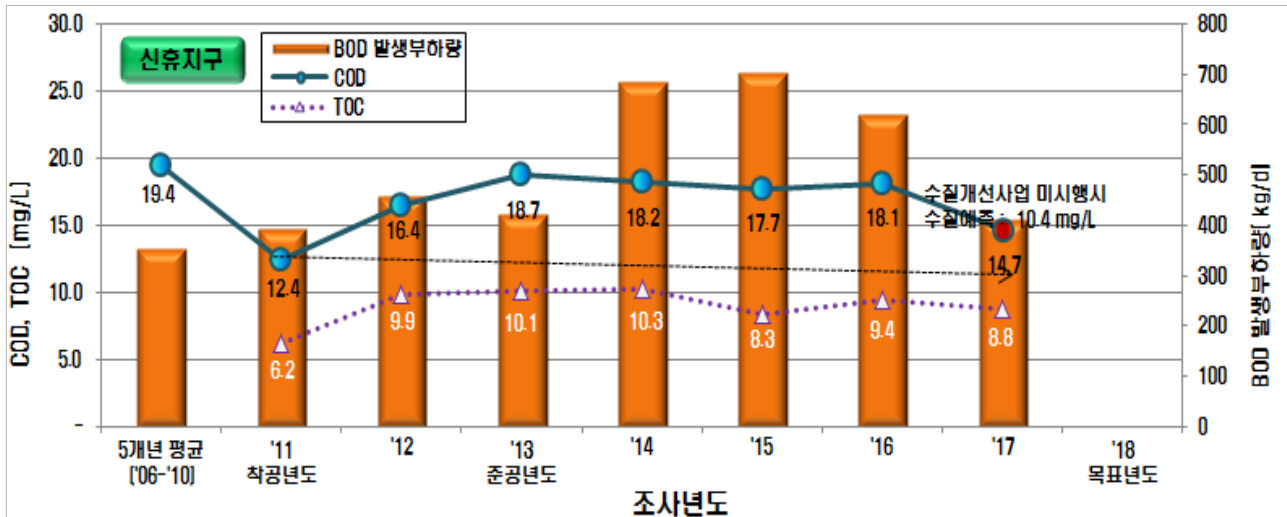
항 목		등 급	I	II	III	IV
유기물 및 영양염류	완전연소가능량(%)			-		13 초과
	총질소(mg/kg)			-		5,600 초과
	총인(mg/kg)			-		1,600 초과
비고 : 1. 등급별 퇴적물의 상태<유기물, 영양염류> - IV 등급 : 심각하고 명백한 오염						

\* 자료 : 국립환경과학원예규 제687호, 2015년

## 12.4. 저수지 수질변화 및 개선효과

- 신희저수지 수질개선시설은 운영 4년차로, 준공년도인 2013년도 BOD 발생부하량은 420.4kg/d, 2014년, 2015년에는 각각 599.2kg/d, 616.3kg/d로 크게 증가되었다가 2016년에 619.4kg/d, 2017년에 409.6kg/d로 감소하였다.
- 신희저수지의 COD 농도는 2011년 착공 이후 2013년 준공시까지 12.4mg/L에서 18.7mg/L까지 증가하는 경향을 나타내었다. 그러나 준공 이후 2014년부터 2016년까지는 18.0mg/L 내외의 비교적 일정한 농도를 보이다가, 2017년에는 14.7mg/L로 다소 감소하였다.
- TOC 농도 변화 양상도 COD와 유사하였다. 즉, 착공이후부터 준공시까지는 증가하는 경향을 보이다가, 이후부터 조금씩 낮아져서 2017년에는 8.8mg/L의 농도를 나타내었다.
- 오염부하량이 감소하였음에도 불구하고 호내 오염도가 크게 감소되지 않는 것은 수년간 지속되고 있는 가뭄으로 인한 유입량 급감을 가장 큰 영향요인으로 볼 수 있다. 왜냐하면 가뭄에 의한 유입량의 급감은 저수지 물 교환율 감소, 이에 따른 오염물질의 축적 및 정체, 퇴적물로부터의 영양염류 용출, 내부생산물질의 증가를 촉진시켰을 뿐만 아니라 인공습지 등 수질개선시설의 기능저하에도 영향을 미치게 된다.

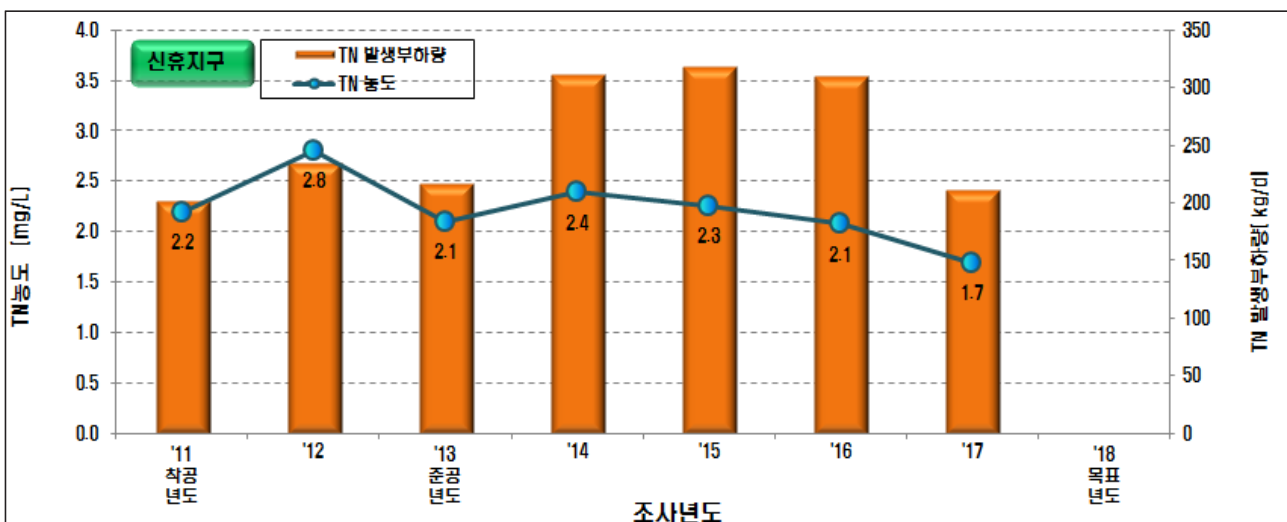
뿐만 아니라, 최근까지 지속되고 있는 가뭄 동안에도 매년 반복적으로 비교적 짧은 기간에 호우가 집중되고, 이로 인한 오염물질의 대량 유입 등에 의해 수질개선 효과가 반감되고 있기 때문으로 판단된다.



[그림 12-4-1] 신유저수지 유역 연도별 BOD 발생부하량 및 COD, TOC 농도 변화

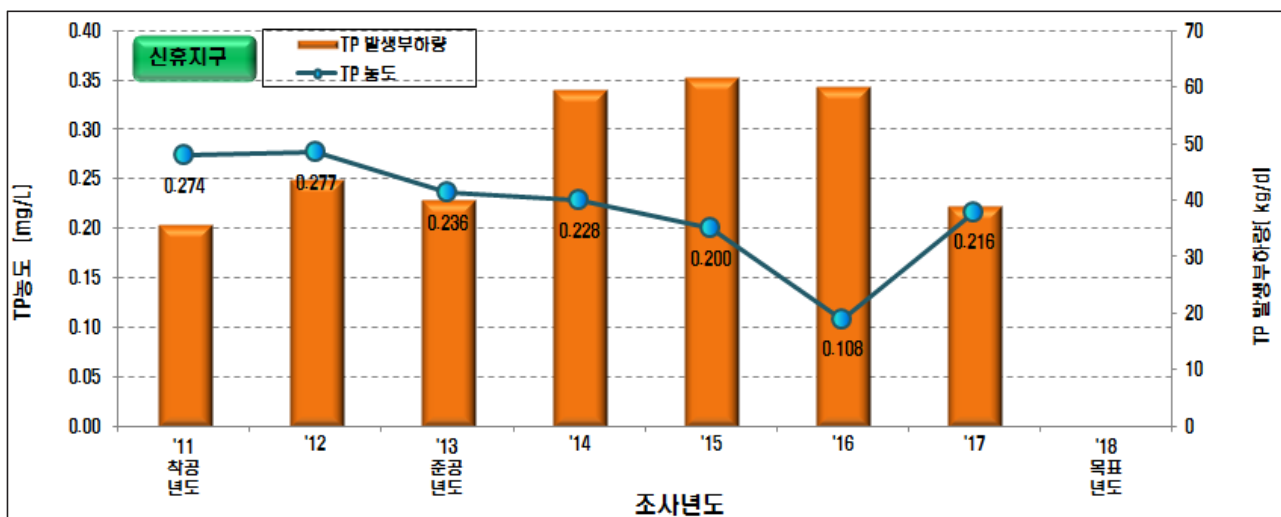
[표 12-4-1] 신유저수지 월별 저수율 현황

구 분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
월평균(%)	99.5	99.5	99.5	99.8	86.7	63.6	80.6	51.8	39.0	48.8	58.6	93.7
현장조사(%)	-	-	-	-	79.8	-	74.6	40.9	39.4	-	-	-



[그림 12-4-2] 신유저수지 유역 연도별 T-N 발생부하량 및 T-N 농도 변화

- 신휴저수지의 T-N 농도는 준공년도인 2013년에 2.098mg/L를 나타내었고, 2014년에는 2.392mg/L로 증가되었는데, 이는 T-N 발생부하량 증가에 기인하고 있는 것으로 판단된다. 이후 수질개선시설이 운영되면서 T-N 농도는 지속적으로 감소하는 경향을 보였고, 2017년에는 1.693mg/L까지 감소된 것으로 나타났다.
- 신휴저수지 유역의 T-P 발생부하량은 T-N 발생부하량과 유사한 경향을 보였다. 즉, 준공년도인 2013년에 40.1kg/d이었으나, 2014년에 58.4kg/d로 증가되었고, 2016년까지 59.9kg/d로 일정한 값을 유지하다가 2017년에는 38.8kg/d로 감소하였다.
- 신휴저수지의 T-P 농도는 준공년도인 2013년에 0.236mg/L를 나타내었고, 이후 수질개선시설이 운영되면서 지속적으로 감소하는 경향을 보여 2016년에는 0.108mg/L까지 감소하였다. 그러나 2017년에는 다시 0.216mg/L까지 증가한 것으로 나타났다.



[그림 12-4-3] 신휴저수지 유역 연도별 T-P 발생부하량 및 T-P 농도 변화

## 12.5. 현장적용성 향상 및 유지관리 방안

- 신휴저수지 2호 인공습지는 유입수를 양수하여 공급하고 있는데, 최근까지 지속된 가뭄의 영향으로 유입하천의 수량이 절대적으로 부족하였기 때문에 인공습지로 유입수가 충분히 공급되지 못한 실정이다.
- 또한 강우 시 상류유역의 과수원이나 농지가 침수된다는 민원이 빈번하기 때문에 강우예보가 있을 시 취입보를 사전에 개방하게 되는 경우가 있는데, 이렇게 되면 상대적으로 오염도가 높은 초기강우가 인공습지를 통과하지 못하고 그대로 저수지로 유입될 수밖에 없다.
- 그러므로 일유량 30mm/day 이하의 강우시에는 오염도가 높은 초기강우 유출수를 최대한 인공습지로 유입될 수 있도록 취입보를 관리하여야 할 것이다.



- 뿐만 아니라, 2호 습지의 경우 침강지가 별도로 설치되어 있지 않기 때문에 30mm/day 초과인 강우 시에도 유입 하천수가 최대한 인공습지로 양수될 수 있도록 유지·관리가 필요하다.

## 12.6. 요약

- 운영 4년차인 신희지구의 최근 4년간('14~'17년, 전체) 수질개선시설의 시설별 수질 정화효율은 다음과 같다.
  - 1호 인공습지 : SS 73.7%, COD - 12.2%, TOC - 10.6%, T-N 57.5%, T-P 37.0%
  - 2호 인공습지 : SS 34.8%, COD 4.4%, TOC 1.1%, T-N - 3.4%, T-P 15.1%
  - 1호 침강지 : SS 61.5%, COD 45.3%, TOC 6.8%, T-N 32.0%, T-P 54.9%

※ 침강지는 '14~'17년(강우시) 결과임
- 신희저수지 인공습지의 유기물 정화효율은 비교적 미미한 것으로 나타났는데, 이는 2014년부터 지속된 가뭄의 영향이 큰 것으로 판단된다. 2015년에는 연강수량이 728mm에 불과하였고, 2017년에도 연강수량(1,304.6mm)의 82.8%(1,079.6mm)가 7~8월의 짧은 기간에 집중되어 사실상 가뭄이 지속되었다.
- 신희저수지 침강지내 입자성 부유물질(SS) 및 영양염류(T-N, T-P)의 제거효율은 상대적으로 높게 나타나고 있는 것으로 확인되어 침강지 기능을 잘 유지하고 있는 것으로 판단된다.
- 인공습지 및 침강지의 퇴적물 조사 결과, 모든 분석항목에서 국립환경과학원의 호소 퇴적물 오염평가 기준 IV등급 미만의 양호한 상태로 나타났다.
- 신희저수지 유역의 BOD 발생부하량은 2013년 420.4kg/d, 2014년, 2015년에는 각각 684.5kg/d, 701.6kg/d로 크게 증가되었다가 2016년에 619.4kg/d, 2017년에 409.6kg/d로 감소하였다.
- 신희저수지의 COD, TOC 농도는 2016년에 각각 18.1mg/L, 9.4mg/L이었고, 17년에 각각 14.7mg/L, 8.8mg/L로 다소 감소하였지만, 여전히 높은 값을 나타내었다.
- 오염부하량의 감소에도 불구하고 호내 오염도가 크게 감소되지 않는 것은 지속된 가뭄에 의한 유입량 감소로 저수지 물교환을 감소, 이에 따른 오염물질의 축적 및 정체, 퇴적물로부터의 영양염류 용출, 내부생산물질의 증가 촉진, 수질개선시설의 기능저하 등의 요인이 복합적으로 작용한 것으로 판단할 수 있다.
- 즉, 2014년 이후 최근까지 극심한 가뭄으로 인공습지 유입량이 절대적으로 부족하여 정상적인 운영이 어려운 경우가 많았고, 수생식물이 충분히 정착된 시설의 경우도

가뭄에 따른 체류시간의 과도한 증가와 인공습지내 식생의 사멸, T-P의 침적 등으로 수질개선시설의 정화효율이 걱정하게 유지되지 못하여 저수지 수질개선 효과가 반감되고 있는 것으로 판단된다.

- 수질개선시설에 의한 개선효과는 설치된 인공습지 등의 시설이 정상적으로 운영되어야 설계된 처리효율을 발휘하고, 또한 저수지의 수질도 개선될 것이라고 기대할 수 있다. 금년 모니터링 결과, 시설별 처리효율은 어느 정도 유지하고 있으나 당초 설계와는 다른 매우 낮은 유입유량과 유입농도의 변화 등으로 인해 최적의 처리효과를 기대하기 어려운 것으로 판단된다.
- 그러므로 강우시 유입수를 최대한 인공습지로 유도하고, 식생을 적정시기에 제거하는 등 수질개선시설에 대한 세심한 유지관리가 필요하다고 할 수 있다.

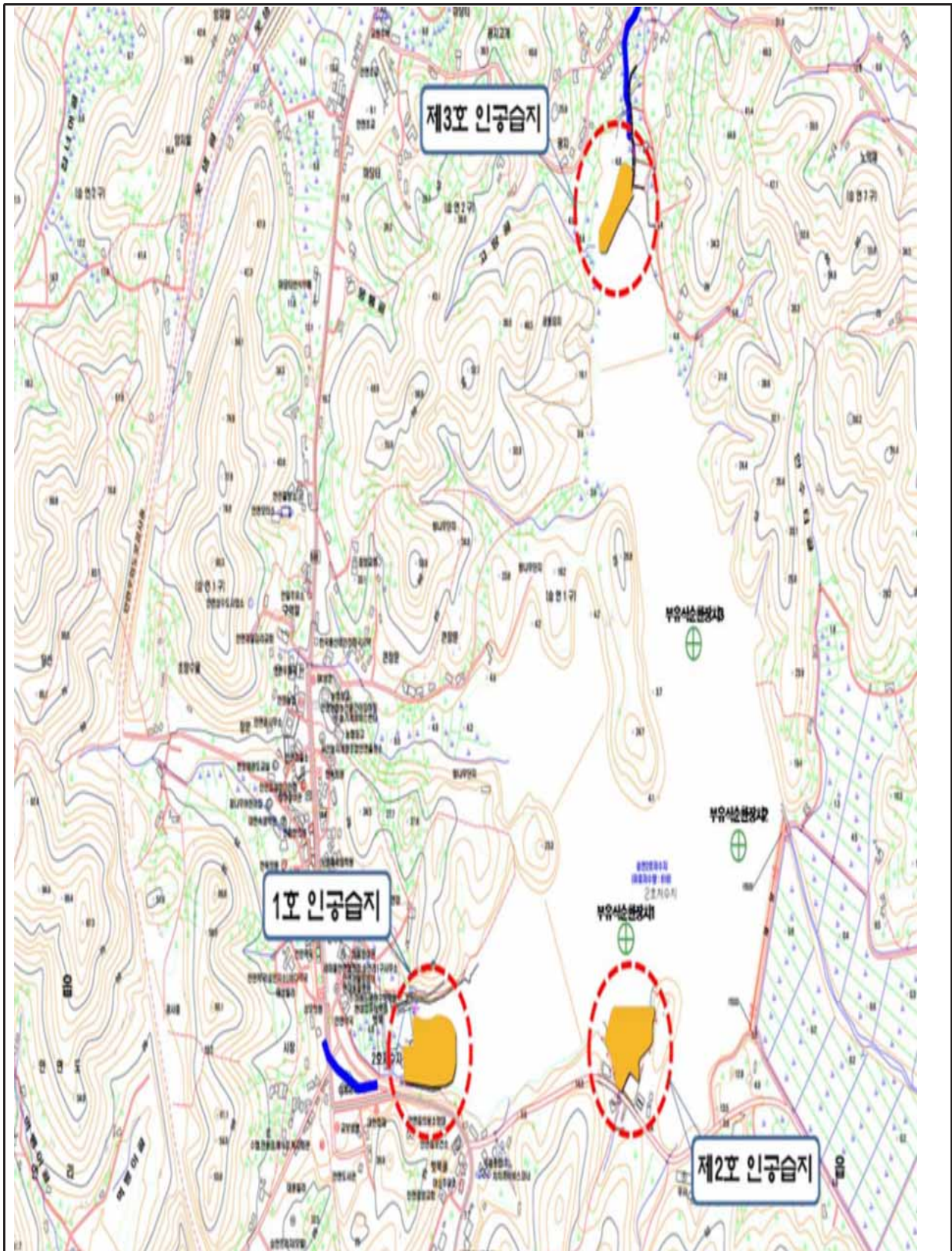
# 13. 승언2지구



- 
- 13.1. 지구현황
  - 13.2. 기상 및 수질현황
  - 13.3. 시설별 수질개선효과
  - 13.4. 저수지 수질변화 및 개선효과
  - 13.5. 현장적용성 향상 및 유지관리 방안
  - 13.6. 요약



## 승연2지구 수질개선사업 평면도





## 13.1. 지구현황

### 13.1.1 저수지 현황

#### 1) 유역현황

- 승언2저수지가 위치한 충남 태안군은 동쪽으로는 서산시와 연접하고 있고 천수만과 이어져 있으며 서쪽으로는 서해와, 남쪽으로는 보령시의 원산도와 마주하고 북쪽으로는 경기도의 덕적군도를 바라보고 있다. 본 사업지구인 승언2저수지는 행정구역상 충청남도 태안군 안면읍에 속한다.
- 태안군은 충청남도의 서북부에 위치하고 있으며 동시에 최서단에 해당되는 지역으로 저산성 구릉지대로 서해에 접하는 리아스식 해안으로서 간척 및 수산자원 개발에 천혜의 조건이 구비되어 있는 무한한 자원의 보고이며, 전국에서도 손꼽히는 자연경관을 유지함은 물론 전국 최고의 수려한 소나무 숲으로 유명한 안면도에서는 '02년 국제 꽃 박람회와 '09년 꽃 축제를 개최하였다.
- 지리적인 위치는 동쪽으로는 서산시와 연접하고 있고 천수만과 이어져 있으며 서쪽으로는 서해와 남쪽으로는 보령시의 원산도와 마주하고 북쪽으로는 경기도의 덕적군도를 바라보고 있다.
- 저수지 유역은 50m~100m내외의 낮은 산지로 둘러싸여 있으며, 안면읍 소재지가 농촌도시로 발달하였으며 양호한 하천발달은 없으나 저수지 좌안의 광지마을 쪽 하천수와 농경지의 농경배수, 우안의 승언읍 마을하수처리장 방류수가 저수지로 유입되고 있다.

[표 13-1-1] 승언2저수지 경위도상 위치

소재지	단	경도와 위도의 극점			연장거리
		지명	극점		
			위도	경도	
태안군 안면읍	동단	안면읍 승언리	36° 31' 10"	126° 21' 33"	1.1km
	서단	안면읍 승언리	36° 30' 59"	126° 20' 50"	
	남단	안면읍 승언리	36° 30' 55"	126° 21' 21"	1.2km
	북단	안면읍 승언리	36° 31' 36"	126° 21' 17"	



[그림 13-1-1] 승연2호저수지 유역도

## 2) 일반현황

- 승연2호저수지는 1959년에 설치되었으며, 유역면적 283ha, 유효저수량 618천m<sup>3</sup>, 수혜 농지 98ha, 만수면적은 49ha를 한국농어촌공사 서산태안지사가 관리하고 있다.

[표 13-1-2] 승연2호저수지 일반현황

소재지	충남 태안군 안면읍 승연리	
설치년도	1959년	
유역면적	283ha	
유효저수량	618천m <sup>3</sup>	
수혜농지	98ha	
만수면적	49ha	
관리주체	한국농어촌공사(서산태안지사)	

## 13.1.2 수질개선시설 현황

### 1) 주요대책

- 상류대책으로 태안군에서 공공하수처리시설 1개를 설치·운영 중이다.
- 호내대책으로는 농업용수 수질개선사업(2013년 준공)을 통해 인공습지 3개소 및 물순환장치 3기를 운영 중이다.



[표 13-1-3] 승연2호저수지 수질개선시설 현황

구분	대안	시설	규모	비고
<input type="checkbox"/> 상류대책(태안군 추진)				
1	하수처리	공공하수처리시설	1,600m <sup>3</sup> /일(HDF 고도처리)	2002년
<input type="checkbox"/> 호내대책				
1	평시 유출수 처리	1호 인공습지	10,407m <sup>2</sup>	
2	평시 유출수 처리	2호 인공습지	9,060m <sup>2</sup>	
3	평시 유출수 처리	3호 인공습지	4,382m <sup>2</sup>	
7	저수지 녹조방지	물순환장치	3기(물순환량 165천m <sup>3</sup> /일)	

## 2) 인공습지

- 인공습지는 유역이 가장 크고, 마을과 기존농경지 등 오염원이 많이 위치하는 1, 5, 4유역을 대상으로 인공습지를 조성하였다.



[그림 13-1-2] 승연2저수지 유역 구분도

[표 13-1-4] 인공습지 계획유량

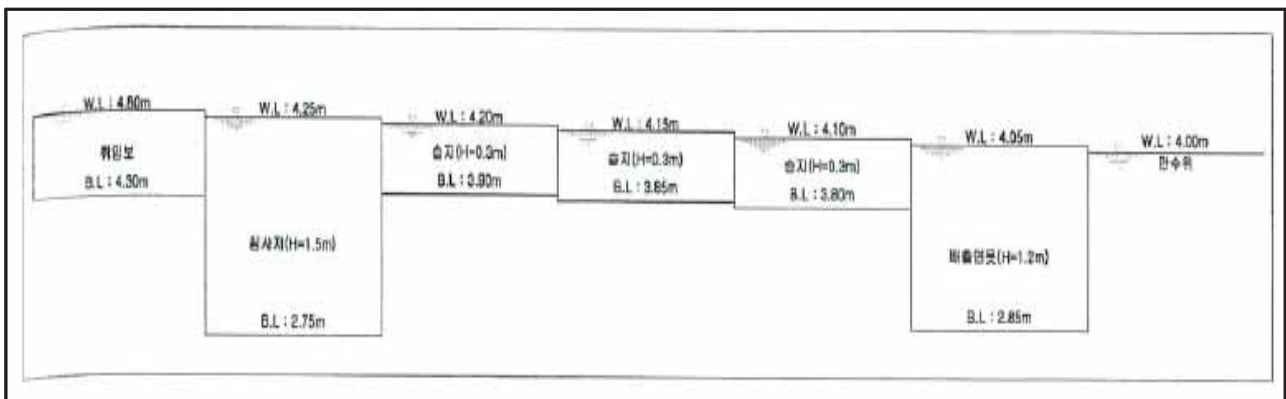
구 분	유역 구분	유역면적 (ha)	평균 유입량(m <sup>3</sup> /일)			계획수량 (m <sup>3</sup> /일)	비고
			총유입량	일30mm 이하유입량	마을하수도 유입량		
계		175	4,206.5	4,206.5	0	4,768.3	
1호 인공습지	5유역	63	1,323.6	1,323.6	0	1,323.6	
2호 인공습지	4유역	46	1,417.1	1,417.1	0	1,978.9	
3호 인공습지	1유역	66	1,465.8	1,465.8	0	1,465.8	

○ 1호 인공습지

- 5번 유역의 일 30mm 이하 강우시 유하하는 유입유량을 정화처리하기 위해 필요한 1호 인공습지 계획면적은 관리도로 등을 포함하여 10,407m<sup>2</sup>으로 계획하였다. 이중 습지의 면적은 8,047m<sup>2</sup>으로 계획하였다.

[표 13-1-5] 1호 인공습지 제원

구 분		규 모	계획면적(A) (m <sup>2</sup> )	계획수심(d) (m)	내용적(V) (m <sup>3</sup> )	비 고
습지	식생습지	4개소	5,473	0.3	1,641.9	
	침사지	1개소	1,730	1.5	2,595.0	
	배출연못	1개소	844	1.2	1,012.8	
	소 계		8,047		5,249.7	
기타	관리도로 및 사면		2,360			
	소 계		2,360			
합 계			10,407		5,249.7	



[그림 13-1-3] 1호 인공습지 수리계통도



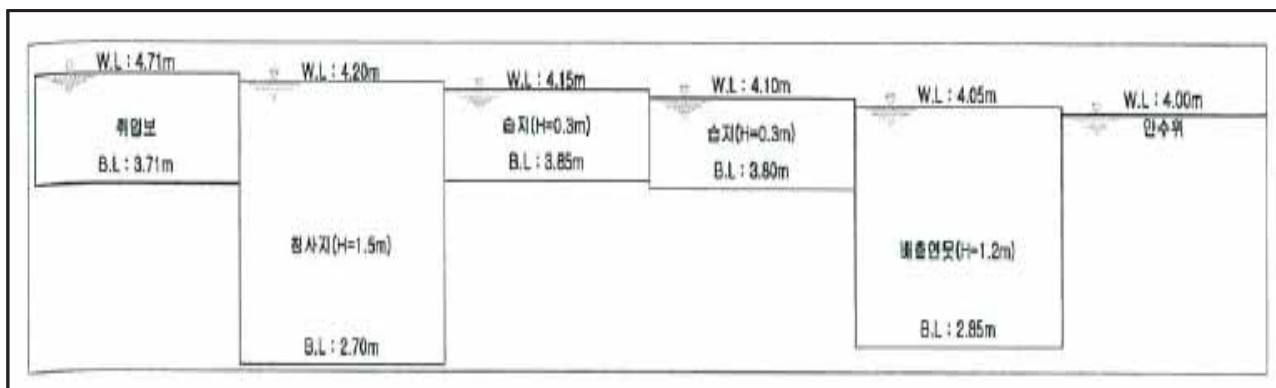
[그림 13-1-4] 1호 인공습지 시설현황

○ 2호 인공습지

- 4번 유역의 일30mm 이하 강우시 유하하는 유입유량을 정화처리하기 위해 필요한 2호 인공습지 계획면적은 관리도로 등을 포함하여 9,060m<sup>2</sup>으로 계획하였다.

[표 13-1-6] 2호 인공습지 제원

구 분		규 모	계획면적(A) (m <sup>2</sup> )	계획수심(d) (m)	내용적(V) (m <sup>3</sup> )	비 고
습지	식생습지	2개소	4,418	0.3	1,325.4	
	침 사 지	1개소	1,200	1.5	1,800.0	
	배출연못	1개소	1,657	1.2	1,988.4	
	소 계		7,275		5,113.8	
기타	관리도로 및 사면		1,785			
	소 계		1,785			
합 계			9,060		5,113.8	



[그림 13-1-5] 2호 인공습지 수리계통도



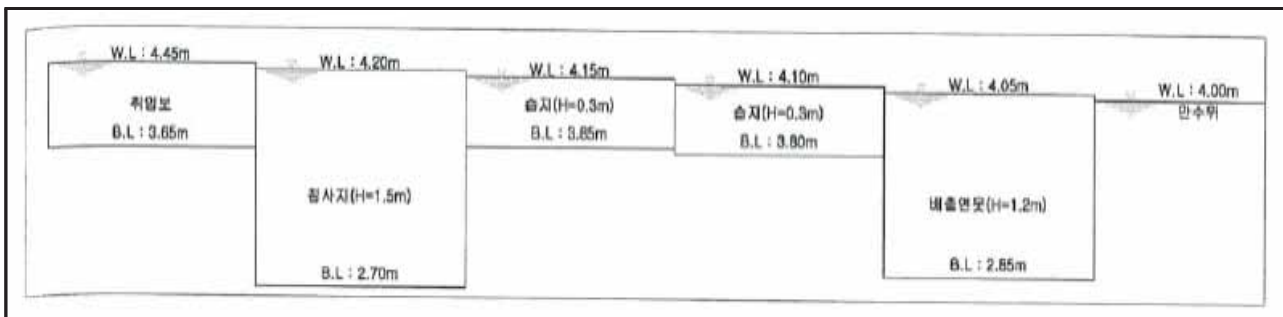
[그림 13-1-6] 2호 인공습지 시설현황

○ 3호 인공습지

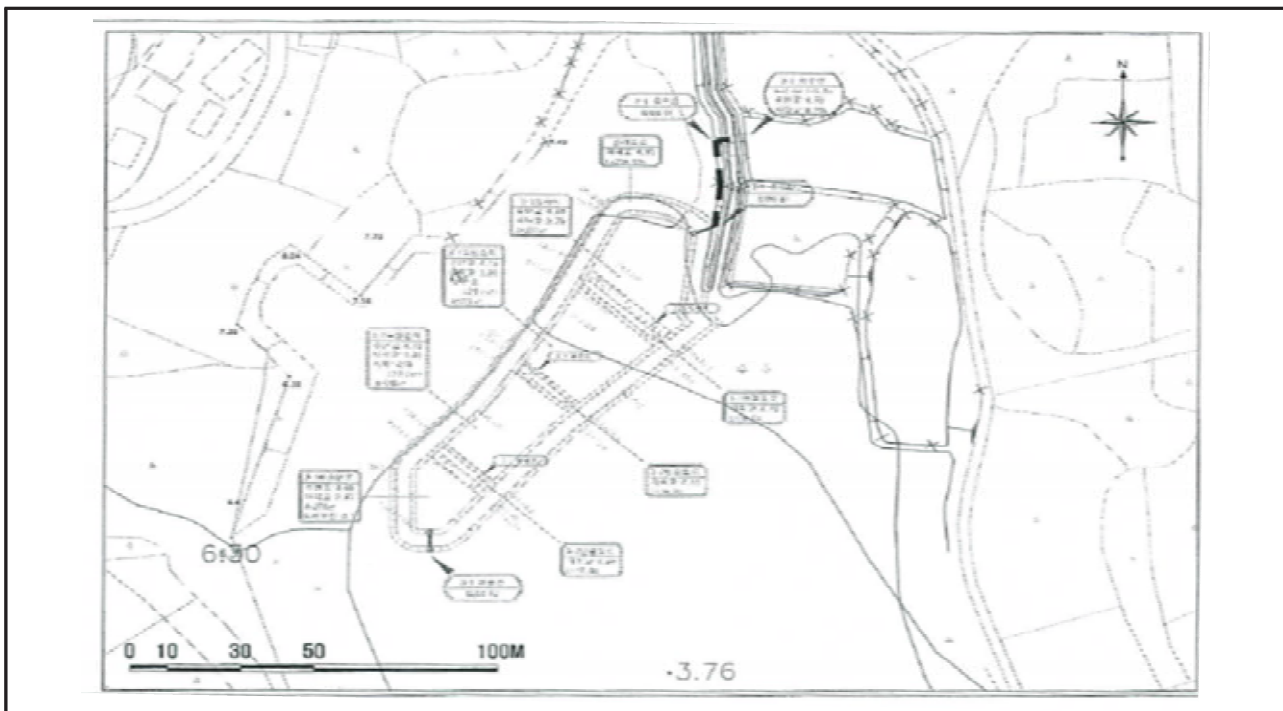
- 1번 유역의 일30mm미만 강우시 유하하는 유입유량을 정화처리하기 위해 필요한 2호 인공습지 계획면적은 관리도로 등을 포함하여 4,382㎡로 계획하였다.

[표 13-1-7] 3호 인공습지 제원

구 분		규 모	계획면적(A) (m <sup>2</sup> )	계획수심(d) (m)	내용적(V) (m <sup>3</sup> )	비 고
습지	식생습지	2개소	1,423	0.3	426.9	
	침 사 지	1개소	827	1.5	1,240.5	
	배출연못	1개소	374	1.2	448.8	
	소 계		2,625		2,116.2	
기타	관리도로 및 사면		1,785			
	소 계		1,785			
합 계			4,382		2,116.2	



[그림 13-1-7] 3호 인공습지 수리계통도

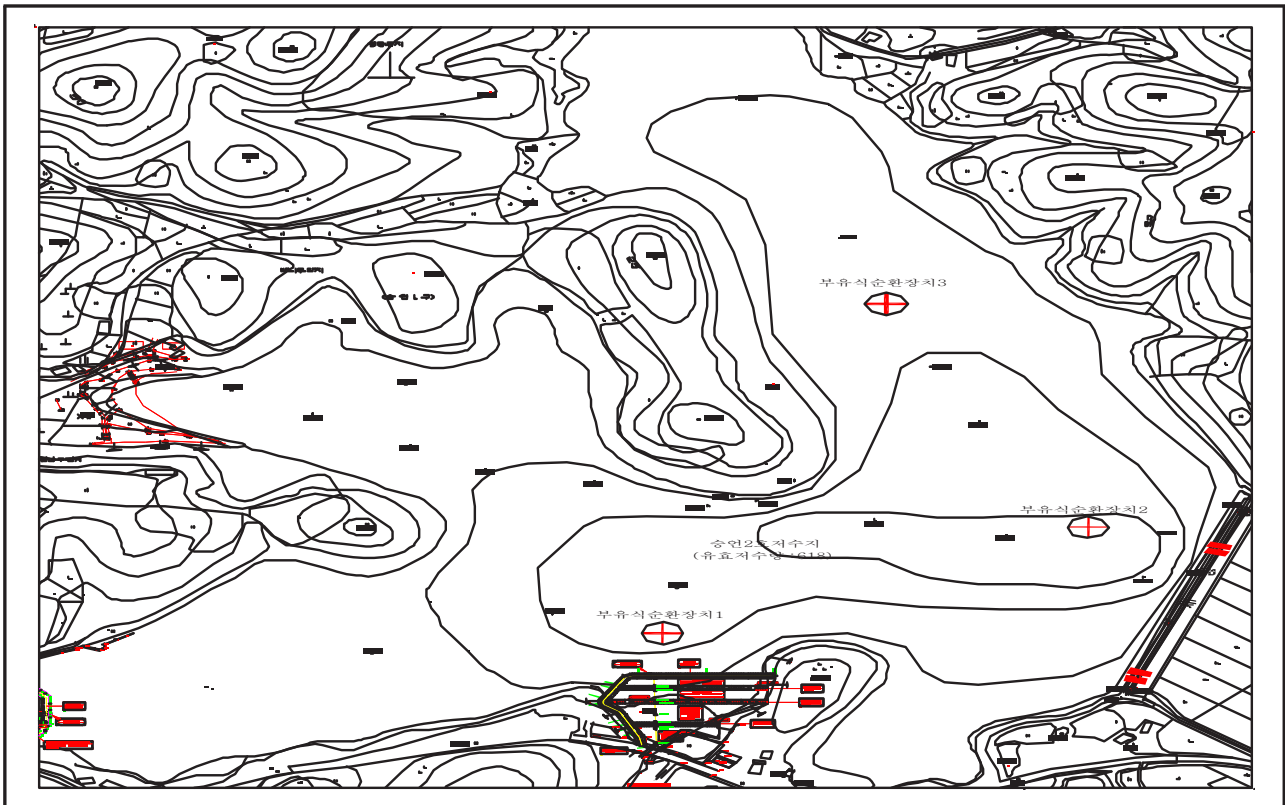


[그림 13-1-8] 3호 인공습지 시설현황

### 3) 기타 수질개선시설

#### ○ 물순환장치

- 설치목적 : 저수지내 넓은 수체를 효율적으로 순환시키고 공기를 접촉 혼합시켜 저수지 수질을 자연친화적으로 개선하고 수질악화를 사전에 방지
- 순환수량 : 최대 55,000m<sup>3</sup>/일
- 용존산소 공급율 : 최대 5,200kg O<sub>2</sub>/1일/1unit
- 설치위치 : 저수지 내
- 설치대수 : 3기



[그림 13-1-9] 부유식 물순환장치 설치현황

## 13.2. 기상 및 수질환경

### 13.2.1 기상현황

#### 1) 기 온

- 승언2저수지 유역과 가장 가까운 서산기상대에서 측정된 최근의 평균 기온과 최근 30년간 월 평균 기온을 표로 나타내었다. 승언2지구의 사업시행 전인 2010년 연평균 기온은 11.7℃로써 평년 평균인 11.9℃와 유사하였다.
- 운영 첫해인 2014년에는 평균기온이 12.3℃였고, 12.7℃(2015년), 12.9℃(2016년)로 사업 시행 전이나 평년기온에 비해 다소 높은 경향을 보였으며, 2017년에는 12.1℃로 낮은 값을 보였다.

[표 13-2-1] 승언2저수지 유역 사업시행 전·후 월별 기온 분포 [단위 : °C]

구 분		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균
시행전	2009년	-1.5	2.6	5.6	10.9	17.3	20.9	23.2	24.6	20.5	15.1	7.9	0.6	12.3
	2010년	-2.7	1.1	4.3	8.4	15.2	21.0	24.4	25.7	21.3	13.7	7.0	0.8	11.7
시행중	2011년	-5.2	0.8	3.5	9.5	16.5	20.3	24.1	24.5	20.4	13.0	11.2	0.7	11.6
	2012년	-2.4	-2.0	3.7	10.3	17.8	22.5	24.9	26.2	19.8	13.9	6.0	-2.7	11.5
	2013년	-2.8	-0.9	3.8	8.6	16.3	22.2	25.1	26.6	20.7	14.8	6.3	0.5	11.8
시행후	2014년	-0.8	1.5	6.4	12.2	16.9	21.9	24.5	23.6	20.6	14.4	8.2	-1.4	12.3
	2015년	-0.4	1.0	4.9	11.9	16.8	21.3	24.1	24.9	20.7	14.8	9.5	2.8	12.7
	2016년	-1.7	0.6	5.9	12.5	17.9	21.9	25.2	26.4	21.7	15.3	7.2	2.2	12.9
	2017년	-1.2	-0.4	4.5	12.0	17.4	21.2	25.8	25.2	20.6	15.0	6.2	-0.6	12.1
평년값 (1981~2010)		-2.0	-0.2	4.6	10.9	16.4	21.1	24.3	25.1	20.4	14.0	7.0	0.9	11.9

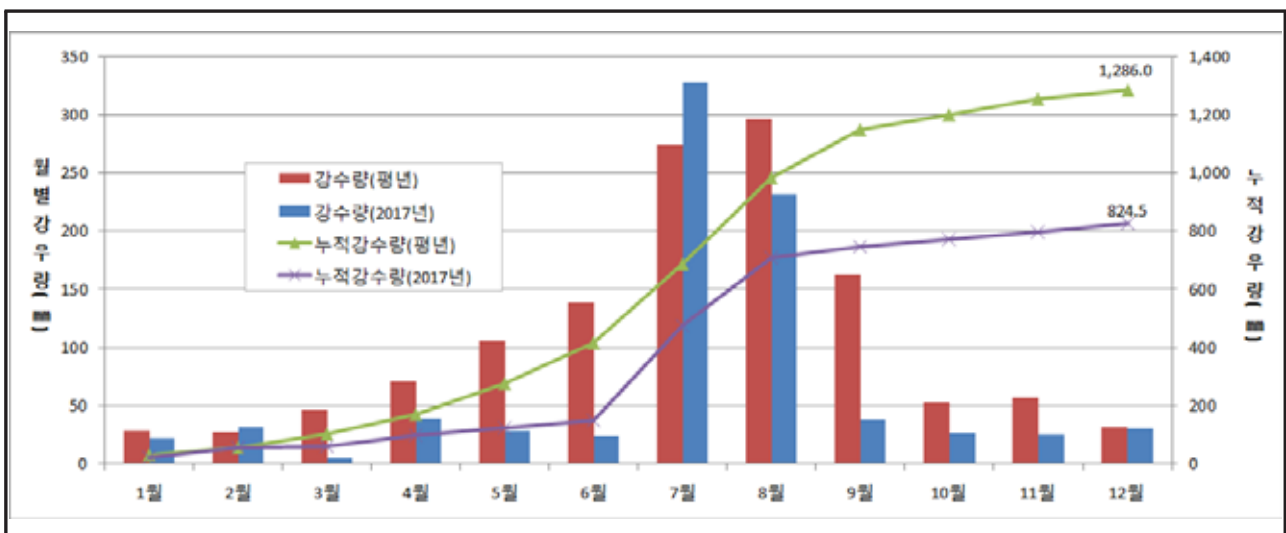
#### 2) 강수량

- 강수량은 시행전인 2010년에는 2,141.8mm로 평년 강수량인 1,286.0mm에 비해 많은 양의 비가 내렸다.
- 2011년에 1,704.4mm, 2012년에는 1,642.6mm로 감소하였고, 준공년도인 2013년에는 1,022.6mm로 평년(1,286.0mm)보다 적은 양의 비가 내렸다.
- 2014년도 이후에도 강수량은 1,000.1mm(2014년), 815.1mm(2015년), 922.1mm(2016년)로 평년에 비해 매우 적었다.

- 2017년에는 824.5mm로 여전히 평년보다 낮은 강우량을 기록하였다. 즉 최근까지 지속되는 가뭄 등의 영향으로 승언2저수지의 수질오염도가 상승할 수 있는 환경이었다.

[표 13-2-2] 승언2저수지 유역 사업시행 전후 월별 강수량 분포 (단위 : mm)

구 분		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합계
시행전	2009년	15.2	26.5	67.0	43.0	117.9	74.9	364.9	196.3	16.0	49.2	59.1	44.3	1,074.3
	2010년	55.5	58.4	79.2	52.2	168.0	94.9	447.1	707.0	402.0	29.1	12.0	36.4	2,141.8
시행중	2011년	8.8	55.8	34.5	96.2	107.9	462.6	656.5	151.2	50.3	18.1	48.9	13.6	1,704.4
	2012년	15.1	2.4	41.6	113.5	14.5	91.1	266.8	647.9	201.5	100.7	82.1	65.4	1,642.6
	2013년	36.8	65.7	60.8	61.8	114.9	94.4	213.8	120.6	147.4	7.7	65.9	32.8	1,022.6
시행후	2014년	7.0	17.0	31.2	85.6	52.7	69.3	151.7	242.3	106.7	117.2	37.8	81.6	1,000.1
	2015년	20.7	23.1	20.6	116.8	40.6	64.1	158.5	63.1	15.1	74.2	154.7	63.6	815.1
	2016년	21.9	61.7	24.3	87.0	153.7	36.8	295.6	34.0	53.1	73.8	17.5	62.7	922.1
	2017년	21.3	31.4	4.8	38.9	27.9	23.3	327.8	231.3	37.6	25.5	24.7	30	824.5
평년값		28.2	26.6	46.3	70.2	105.2	138.4	273.4	295.9	162.4	52.2	56.5	30.7	1,286.0



[그림 13-2-1] 서산기상대 강수량 변화



## 13.2.2 수질현황

### 1) 목표수질 설정

- 승언2저수지 수질개선대책에 따른 사업 후 저수지 수질예측결과 COD는 8.0mg/L로 호소수질관기기준 IV등급 이내로 목표수질을 설정하였다.

[표 13-2-3] 승언2저수지 목표수질

구 분	목표수질	기본계획(당시) (‘09년)	장래 예측수질 (‘17)
COD(mg/L)	8.0	8.7	8.0
TOC(mg/L)	6.0	-	-
T-N (mg/L)	1.0	1.542	1.201
T-P (mg/L)	0.1	0.118	0.094
수질등급	IV등급	VI등급	IV등급

### 2) 오염원 현황

- 저수지 유역 내 최근 9년 동안의 연도별 인구 및 축산 현황과 유역 토지이용현황을 정리하였다.
- 유역 내 인구수는 2009년 1,431명이었으며, 2010년에 다소 증가하여 2,400명으로 조사되었고, 2013년까지 2,474명으로 일정하게 유지되었다. 그러나 이후 소폭 감소하는 경향을 나타내었으며, 2017년에는 1,708명으로 조사되었다.
- 축산두수는 한우가 2009년 11두에서 2013년도에 최대 60두까지 증가하였다가 이후 2016년 10두로 감소하였다. 그러나 2017년에는 다시 41두로 증가한 것으로 확인되었다. 젓소는 최근 9년간 사육두수가 전무한 것으로 나타났고, 돼지는 2009년 295두 이후 전혀 없는 것으로 조사되었다.

[표 13-2-4] 승언2저수지 유역 내 인구변화 추이

구 분	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
인구(명)	1,431	2,400	2,356	2,420	2,474	1,052	1,710	2,218	1,708

[표 13-2-5] 승언2저수지 유역 내 연도별 축산변화

구분	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
한우(두)	11	30	28	50	60	39	46	10	41
젖소(두)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
돼지(두)	295	-	-	-	-	-	-	-	-

- 승언2저수지의 유역면적은 283ha로 그 중 논과 밭, 임야가 각각 5.3%, 1.8%, 51.2%를 차지하고 있었으며, 기타가 41.7%를 차지하였다.

[표 13-2-6] 승언2저수지 유역 내 지목별 토지이용현황

구분	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
계	283	283	283	283	283	283	283	283	283
전(ha)	15	15	15	15	15	15	15	15	15
답(ha)	5	5	5	5	5	5	5	5	5
임야(ha)	145	145	145	145	145	145	145	145	145
기타(ha)	118	118	118	118	118	118	118	118	118

### 3) 오염부하량

- 유역 내 오염물질 발생부하량은 2009년에 BOD 82.0kg/일, T-N 27.0kg/일, T-P 3.0kg/일, 2010년에 BOD가 122.6kg/일, T-N 37.9kg/일, T-P 3.9kg/일로 증가하였고, 2013년 까지 일정하게 유지되었다. 그러나 2014년부터 주요오염원인 인구수가 다소 감소하면서 2017년에는 BOD가 89.4kg/일, T-N 29.1kg/일, T-P 2.9kg/일로 나타났다.
- 저수지 유역 내 주요오염원은 생활계(BOD 발생부하량 96.6%)인 만큼 오염물질 발생 부하량 또한 유역 내 인구변화에 의해 좌우되는 경향을 보이고 있다.

[표 13-2-7] 승언2저수지 유역 내 발생부하량

구분	원수	점오염원					비점오염원					계	
		생활계 (인)	축산계(두)			산업계 (m <sup>3</sup> /일)	소계	토지현황(ha)					소계
			한우	젖소	돼지			전	답	임야	기타		
		1,708	41	0	0	0		15	5	145	118		
BOD	부하량 (kg/일)	83.7	2.7	0.0	0.0	0.0	86.4	0.2	0.1	1.5	1.2	3.0	89.4
T-N	부하량 (kg/일)	22.5	1.6	0.0	0.0	0.0	24.1	1.4	0.3	3.2	0.1	5.0	29.1
T-P	부하량 (kg/일)	2.6	0.1	0.0	0.0	0.0	2.7	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2	2.9

[표 13-2-8] 승언2저수지 유역 내 연도별 오염물질 발생부하량

구 분	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
BOD(kg/d)	82.0	122.6	120.3	125.0	128.2	57.1	89.9	112.4	89.4
T-N(kg/d)	27.0	37.9	37.2	38.9	40.1	20.5	29.4	34.7	29.1
T-P(kg/d)	3.0	3.9	3.8	4.0	4.1	1.9	3.0	3.5	2.9

#### 4) 수질현황

- 농업용수 수질측정망 조사에 의하면 TOC는 2012년도 6.1mg/L에서 2013년도와 2014년도에는 각각 7.3mg/L와 8.0mg/L로 높아졌고, 2015년에는 6.4mg/L로 낮아졌다.
- 2016년에는 TOC가 6.2mg/L로 작년에 비해 다소 낮아졌으나 여전히 IV등급을 초과하는 수질을 보이고 있으며, 이것은 2014년 이후 극심한 가뭄으로 유입수량이 적고, 수온이 증가하는 등의 기상악화와 오염물질의 호내 축적 및 내부생산으로 인하여 수질 악화가 가중되고 있기 때문인 것으로 판단된다.

[표 13-2-9] 승언2저수지 수질현황

구 분 (mg/L)	5개년 평균 (’06~’10)	’11년 (착공시)	수질 변화						목표수질
			’12	’13 (준공)	’14	’15	’16	’17	
COD	13.1	11.4	10.8	14.0	15.5	13.3	11.5	11.2	8.0이하
TOC	-	5.7	6.1	7.3	8.0	6.4	6.2	5.5	6.0이하
T-N	1.659	1.350	0.932	1.549	1.057	1.052	0.740	0.761	1.0이하
T-P	0.110	0.105	0.062	0.110	0.104	0.095	0.074	0.138	0.1이하

### 13.3. 시설별 수질개선효과

- 승언2지구는 인공습지 3개소만 조성되어 운영되고 있다. 인공습지의 수질개선효과를 분석하기 위하여 ① 1호 인공습지 유입부와 ② 1호 인공습지 유출부, ③ 2호 인공습지 유입부, ④ 2호 인공습지 유출부 등 총 4지점을 선정하였다.



[그림 13-3-1] 승연2저수지 수질조사 지점

- 2017년 수질개선시설 사후모니터링 조사는 강우시를 포함하여 총 5회에 걸쳐 현장 조사를 실시하였다(1차 4.19, 2차 9.8, 3차 10.18, 4차 11.20, 강우시 7.25).

[표 13-3-1] 승연2저수지 수질 조사 시기

구 분	조사횟수	조사일자				
		1차	2차	3차	4차	강우시 <sup>1)</sup>
수질조사	5회	2017.04.19	2017.09.08	2017.10.18	2017.11.20	2017.07.25
퇴적물조사	1회	-	-	2017.10.18	-	-

1) 강우시 강우량 : 25.9mm

### 13.3.1 인공습지 수질개선효과

- 취입보 수위는 유역내 최저답고 등을 감안하고 인공습지에 자연유하로 취수시킬 수 있는 시설로 가동형 취입보와 유입공을 계획하였다.
- 취입보의 높이는 0.9m, 폭은 유입하천의 단면을 고려하여 결정하였다.

[표 13-3-2] 승연2저수지 1호 인공습지 수질변화

구 분		'14년	'15년	'17년 평상시 및 강우시					
		평균	평균	1차 (4.19)	2차 (9.8)	3차 (10.18)	4차 (11.20)	평균	강우 (7.25)
수온 (°C)	유입수	16.7	23.0	17.9	23.2	18.7	10.4	19.5	27.2
	유출수	17.2	23.9	15.9	21.5	14.5	7.6	18.2	31.5
pH	유입수	9.0	7.2	7.9	7.4	8.2	8.2	7.7	7.0
	유출수	9.3	7.3	7.8	7.8	7.8	8.4	7.8	7.0
EC (µS/cm)	유입수	370	575	535	881	739	907	722	550
	유출수	445	457	913	491	856	658	690	533
DO (mg/L)	유입수	5.2	4.1	6.9	0.0	0.0	3.1	2.0	0.2
	유출수	6.7	4.0	7.8	0.2	0.3	5.3	2.9	0.8
SS (mg/L)	유입수	11.7	29.3	9.4	7.1	5.7	5.9	9.5	19.4
	유출수	8.4	9.6	22.0	5.5	9.8	1.1	10.4	13.5
COD (mg/L)	유입수	7.0	20.4	10.8	27.3	22.4	10.8	10.8	11.8
	유출수	7.3	10.2	20.4	9.0	13.2	9.6	9.0	13.2
TOC (mg/L)	유입수	3.9	11.2	5.20	15.50	12.60	6.00	5.2	7.30
	유출수	4.1	6.2	10.30	6.10	5.70	6.10	5.7	8.30
T-N (mg/L)	유입수	6.095	9.683	1.150	14.470	17.592	21.925	1.150	11.279
	유출수	1.541	3.913	1.050	4.083	0.741	1.306	0.741	1.556
T-P (mg/L)	유입수	0.421	1.246	0.056	1.650	2.127	1.803	0.056	0.401
	유출수	0.104	0.435	0.101	0.564	0.174	0.077	0.077	0.398

[표 13-3-3] 승연2저수지 2호 인공습지 수질변화

구 분		'14년 평균	'15년 평균	'17년 평상시 및 강우시					
				1차 (4.19)	2차 (9.8)	3차 (10.18)	4차 (11.20)	평균	강우 (7.25)
수온 (°C)	유입수	19.2	22.7	15.4	25.3	20.2	15.3	20.5	26.1
	유출수	17.4	23.3	18.4	23.7	16.8	9.2	18.6	25.2
pH	유입수	9.3	7.1	7.9	8.3	8.5	8.5	8.0	6.9
	유출수	9.1	7.0	8.1	7.8	8.1	8.5	7.9	7.1
EC ( $\mu$ S/cm)	유입수	693	979	1,894	2,111	1,382	1,460	1,944	2,872
	유출수	701	1,039	1,023	886	1,385	935	1,304	2,290
DO (mg/L)	유입수	8.9	4.7	9.8	7.5	8.1	8.6	8.2	7.2
	유출수	6.8	3.0	8.9	3.7	1.6	2.7	3.8	2.1
SS (mg/L)	유입수	6.2	12.5	1.0	0.9	1.6	2.4	1.5	1.7
	유출수	12.6	2.3	0.6	3.6	1.3	0.5	1.9	3.5
COD (mg/L)	유입수	4.5	8.6	5.6	5.0	6.0	6.2	5.6	5.2
	유출수	5.6	6.0	7.0	8.0	6.8	5.8	7.0	7.6
TOC (mg/L)	유입수	2.2	3.8	3.5	3.1	3.1	3.2	3.0	2.3
	유출수	2.8	3.3	4.4	4.2	3.3	3.4	3.9	4.4
T-N (mg/L)	유입수	5.346	7.666	6.995	8.167	6.672	11.355	8.189	7.758
	유출수	3.247	3.344	3.146	1.189	1.228	5.930	2.590	1.455
T-P (mg/L)	유입수	0.807	1.335	0.162	0.770	0.984	0.205	0.639	1.073
	유출수	0.577	0.607	0.163	1.417	0.337	0.447	0.738	1.324

- 평균 수온 변화는 1호 습지의 유입수가 19.5°C, 유출수는 18.2°C로 조금 낮았고, 2호 습지 또한 유입수 20.5°C, 유출수는 18.6°C로 약간 낮은 값을 나타내었다.
- 평균 pH는 1호 습지 유입수가 7.7, 유출수는 7.8, 2호 습지는 유입수가 8.0이고 유출수는 7.9으로 큰 차이가 없었으며, 모든 구간에서 농업용수 관리기준(6.0~8.5)을 만족하였다.
- 평균 EC는 1호 습지 유입수가 722 $\mu$ S/cm이고 유출수가 690 $\mu$ S/cm, 2호 습지 유입수는 1,944 $\mu$ S/cm이고 유출수가 1,304 $\mu$ S/cm로 나타났다. 1호 습지 유입수의 경우 700 $\mu$ S/cm을 조금 상회하지만 유출수에서는 작물생장 기준을 만족하고 있었다(기준 700 $\mu$ S/cm이하, 캘리포니아대학교 대외 협력국(UCCES) 농업용수 관리 기준지침). 그러나 2호 습지의 경우 유·출입수 모두 비교적 높은 값을 보였다. 이는 상류부에 태안

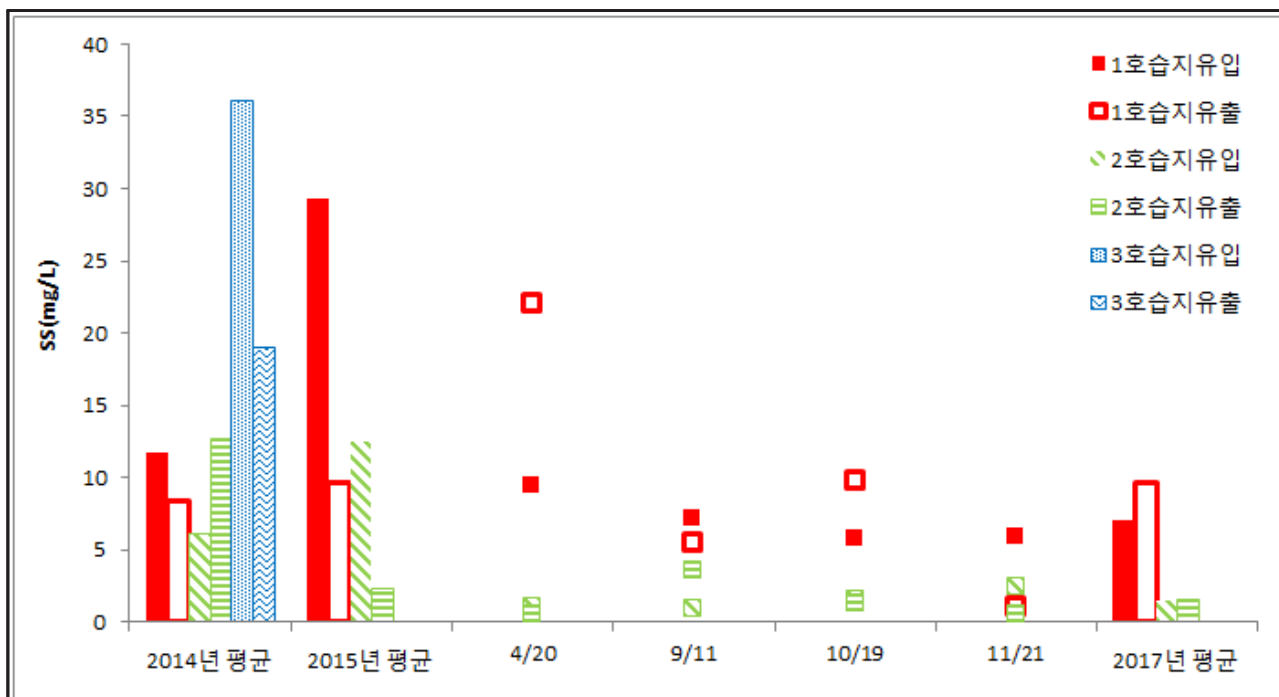
군에서 운영하는 안면읍 하수처리장의 방류수가 2호 습지로 유입되고 있기 때문인 것으로 판단되며, 방류수 농도 저감을 위해 지속적인 협의가 필요하다.

- 평균 DO는 1호 습지에서는 유입수가 2.0mg/L, 유출수는 2.9mg/L으로 나타났고, 2호 습지의 유입수는 8.2mg/L, 유출수는 3.8mg/L로 나타났으며, 1, 2호 습지의 유입·유출수 모두 농업용수 권장기준인 2.0mg/L 이상을 유지하고 있었다.

[표 13-3-4] 승연2저수지 인공습지 정화효율

구 분		'14~'17년 전체		'14~'17년 평상시		'14~'17년 강우시	
		부하량	정화효율 (%)	부하량	정화효율 (%)	부하량	정화효율 (%)
SS (kg/d)	1호습지 유입	9.0	59.6	3.5	64.8	20.2	57.8
	1호습지 유출	3.7		1.2		8.5	
	2호습지 유입	6.6	-34.0	2.7	-158.5	24.2	27.8
	2호습지 유출	8.8		6.9		17.5	
COD (kg/d)	1호습지 유입	5.6	29.6	3.0	47.2	10.8	19.7
	1호습지 유출	3.9		1.6		8.6	
	2호습지 유입	6.6	-5.9	5.8	-18.0	10.2	25.0
	2호습지 유출	7.0		6.8		7.6	
TOC (kg/d)	1호습지 유입	2.9	21.2	1.5	33.6	5.7	14.5
	1호습지 유출	2.3		1.0		4.9	
	2호습지 유입	3.4	-11.0	3.0	-26.4	5.2	28.4
	2호습지 유출	3.7		3.7		3.7	
T-N (kg/d)	1호습지 유입	4.2	75.0	2.0	62.9	8.6	80.6
	1호습지 유출	1.0		0.7		1.7	
	2호습지 유입	7.9	47.6	8.5	53.4	5.2	4.4
	2호습지 유출	4.1		4.0		4.9	
T-P (kg/d)	1호습지 유입	0.3	67.2	0.2	58.4	0.5	74.0
	1호습지 유출	0.1		0.1		0.1	
	2호습지 유입	0.7	26.7	0.8	34.9	0.6	-18.7
	2호습지 유출	0.5		0.5		0.7	

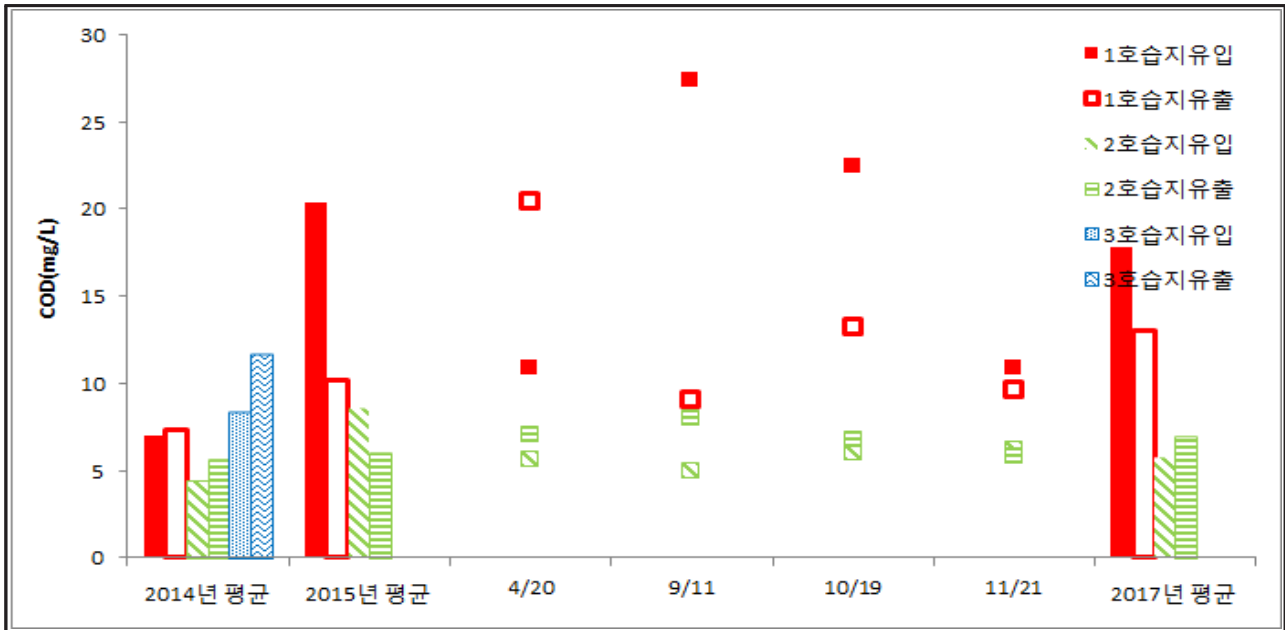
- 평균 SS는 1호 습지 유입수가 9.5mg/L이었는데, 유출수가 10.4mg/L이었으며, 2호 습지에서는 유입수가 1.5mg/L, 유출수가 1.9mg/L로 나타났다.
- '14~'17년(강우시 포함)까지 1호 습지에서 SS 유입부하량은 9.0kg/d이었고, 유출부하량은 3.7kg/d로 낮아져 59.6%의 정화효율을 보였다. 2호 습지 SS 유입부하량은 6.6kg/d, 유출부하량은 8.8kg/d로 타나났다. 2호 습지의 경우 유출수에서 SS 부하량이 오히려 증가하는 것은 상류에 운영 중인 안면읍 하수처리장의 방류수가 유입되기 때문인 것으로 판단된다.



[그림 13-3-2] 승연2저수지 인공습지 유입수 및 유출수 SS 변화

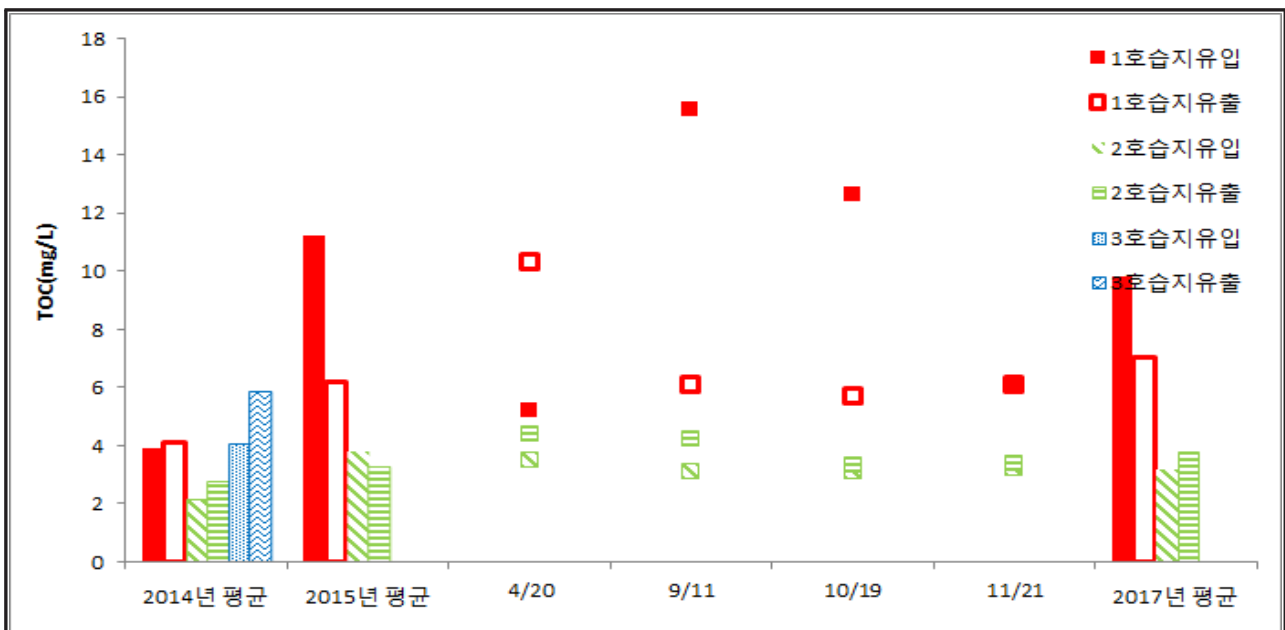
- 평균 COD는 1호 습지 유입수가 10.8mg/L, 유출수는 9.0mg/L로 감소하였다. 2호 습지는 유입수가 5.6mg/L, 유출수가 7.0mg/L로 조사되었다.
- '14년~'17년(강우시 포함)까지 1호 습지의 COD 유입부하량은 5.6kg/d이고, 유출부하량은 3.9kg/d로 29.6%의 정화효율을 보였다. 또한 2호 습지 COD 유입부하량 6.6kg/d이고, 유출부하량 7.0kg/d로 -5.9%의 정화효율을 보였다. 2호 습지에서 정화효율이 낮은 이유는 하수처리장에서 1차적으로 정화된 방류수가 유입되고 있기 때문에 유입수의 오염부하량이 상대적으로 낮기 때문인 것으로 판단된다.





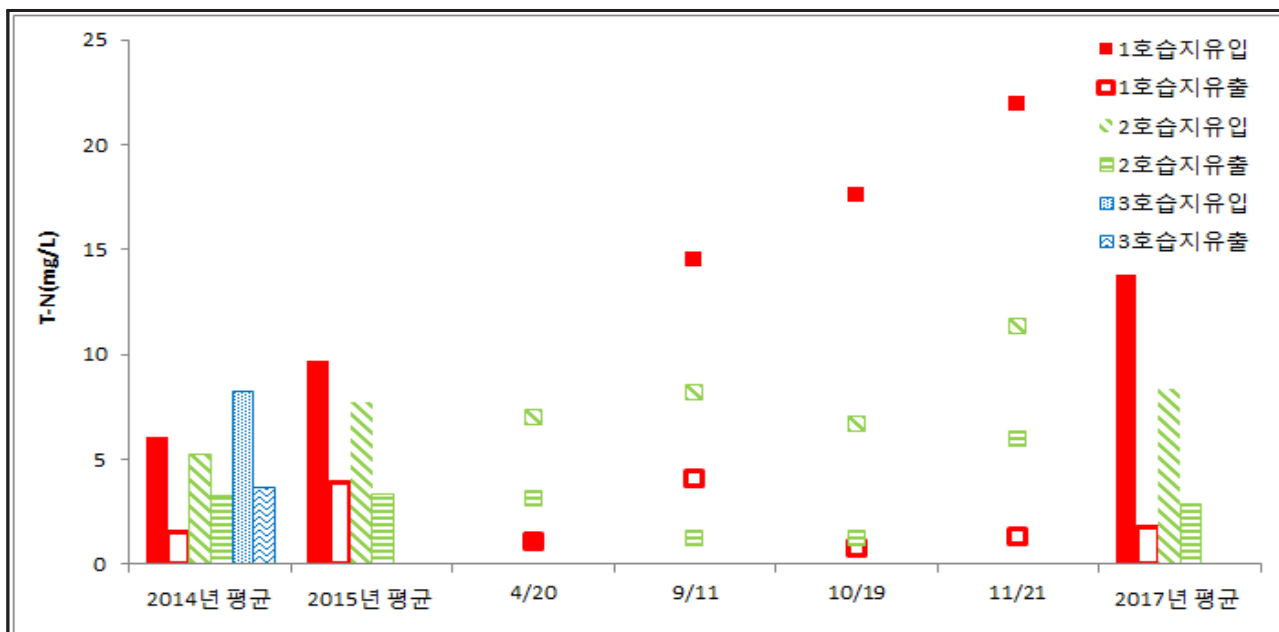
[그림 13-3-3] 승연2저수지 인공습지 유입수 및 유출수 COD 변화

- 평균 TOC는 1호 습지 유입수가 5.2mg/L, 유출수가 5.7mg/L이었으며, 2호 습지에서는 유입수가 3.0mg/L, 유출수가 3.9mg/L로 유출수에서 상대적으로 더 높아지는 경향을 나타내었다.
- '14년~'17년(강우시 포함)까지 1호 습지의 TOC 유입부하량은 2.9kg/d이고, 유출부하량은 2.3kg/d로 21.2%의 정화효율을 보였다. 2호 습지 TOC 유입부하량은 3.4kg/d이고, 유출부하량은 3.7kg/d로 -11.0%의 정화효율을 보였다.

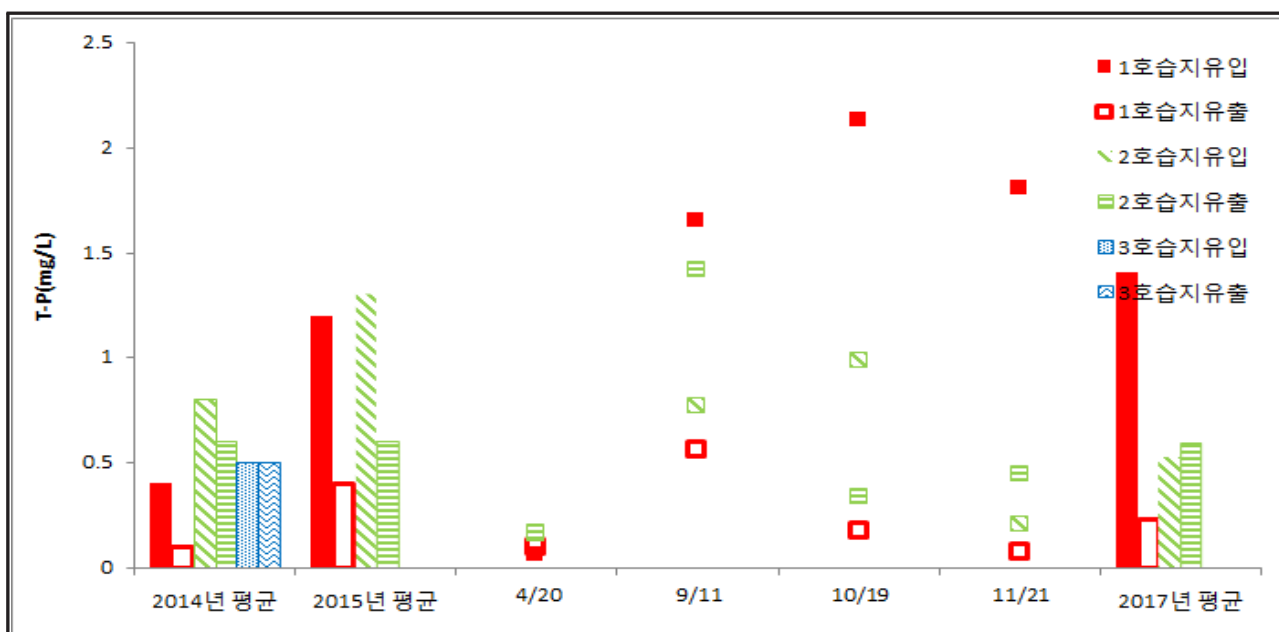


[그림 13-3-4] 승연2저수지 인공습지 유입수 및 유출수 TOC 변화

- 평균 T-N은 1호 습지 유입수가 1.150mg/L이었으며, 유출수는 0.741mg/L로 나타났다. 2호 습지에서는 유입수가 8.189mg/L, 유출수가 2.590mg/L로 조사되었다.
- '14년~'17년(강우시 포함)까지 1호 습지의 T-N 정화효율은 75.0%, 2호 습지는 47.6%의 정화효율을 보였다.
- '14년~'17년(강우시 포함)까지 1호 습지 T-P 정화효율은 67.2%, 2호 습지는 26.7%의 정화효율을 보였다.



[그림 13-3-5] 승연2저수지 인공습지 유입수 및 유출수 T-N 변화



[그림 13-3-6] 승연2저수지 인공습지 유입수 및 유출수 T-P 변화

- 이상과 같이 전체적으로 보면 승언2호저수지 인공습지의 유기물 정화효율은 다소 미미한 것으로 나타났는데, 이는 2014년부터 최근까지 지속된 가뭄의 영향이 큰 것으로 판단된다. 뿐만 아니라, 저수지 수면의 70%가량을 뒤덮고 있는 수생식물(연; 蓮)에 의해 호내 물순환이 더욱 악화되고 있기 때문인 것으로 볼 수 있다.
- 수생식물을 제거하여 수질악화를 방지하기 위하여 KRC 수질보전대책사업의 일환으로 수생식물 제거작업을 수행하였다. 제거작업은 2017년 11월 7일~12월 15일까지 수행하였으며, 절취한 수생식물은 모두 수거하여 육상에서 건조·폐기처리 하였다. '18년 이후부터는 호내 수질개선에 긍정적 효과가 있을 것으로 기대된다.



[그림 13-3-기 승언2저수지 수생식물 제거작업 전후 전경

### 13.3.2 퇴적물 조사 결과

- 퇴적물 분석결과 1호 인공습지에서 채취한 퇴적물의 입도는 모래 30.3%, 미사 48.7%, 점토 21.0%로써 L(양토)로 분류되었다.
- 1호 인공습지의 pH는 6.1로써 우리나라 토양의 일반적인 pH 범위를 나타내었다.
- 1호 인공습지의 EC는 0.790dS/m으로 식물성장 매체로 적합한 4.0dS/m 이하를 만족하고 있었고, 유기물은 2.450%, 유효인산은 21.24mg/kg로 조사되었다.
- 1호 인공습지의 강열감량은 6.5%, T-N은 2,404.0mg/kg, T-P는 965.2mg/kg으로 국립환경과학원의 호소 퇴적물 오염평가 기준을 모두 만족하는 것으로 나타났다.

[표 13-3-5] 성암저수지 인공습지 및 침강지 퇴적물 조사 결과

지 점	토성	pH	EC (dS/m)	OM (유기물,%)	강열감량 (%)	유효인산 (mg/kg)	총질소 (mg/kg)	총인 (mg/kg)
인공습지	L(양토)	6.1	0.790	2.450	6.5	21.24	2,404.0	965.2

[표 13-3-6] 호소 퇴적물 오염평가 기준

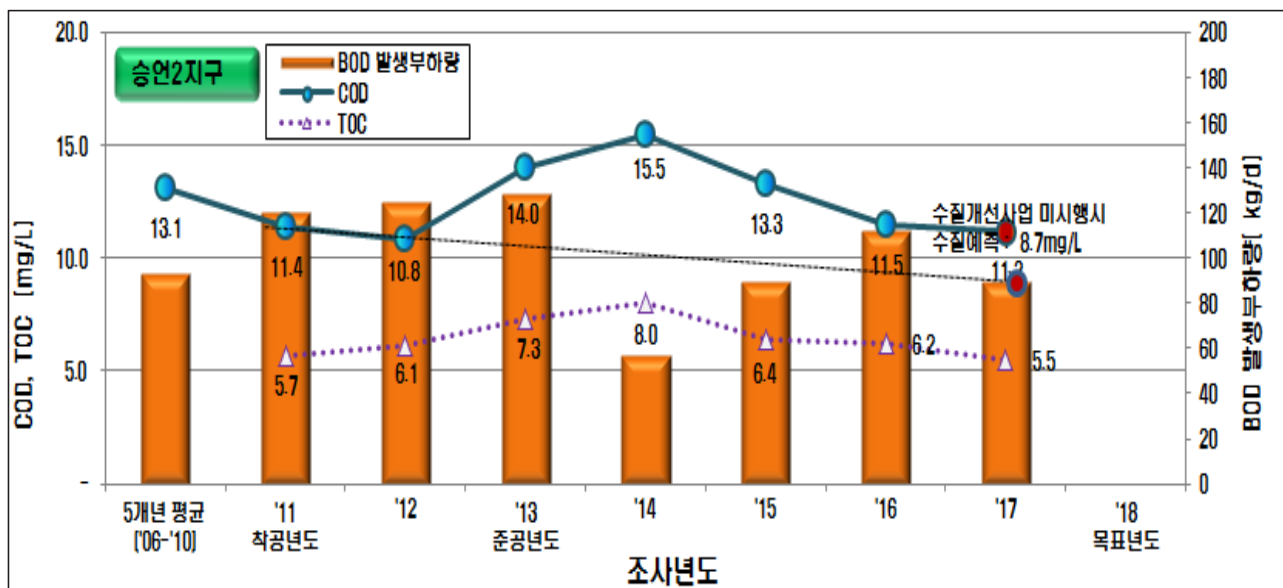
항 목		등 급	I	II	III	IV
유기물 및 영양염류	완전연소가능량(%)			-		13 초과
	총질소(mg/kg)			-		5,600 초과
	총인(mg/kg)			-		1,600 초과

비고 : 1. 등급별 퇴적물의 상태<유기물, 영양염류> - IV 등급 : 심각하고 명백한 오염

\* 자료 : 국립환경과학원예규 제687호, 2015년

### 13.4. 저수지 수질변화 및 개선효과

- 승연2저수지 수질개선시설은 운영 4년차로, 준공년도인 2013년 BOD 발생부하량은 128.2kg/d, 2014년, 2015년에는 각각 57.1kg/d, 89.9kg/d로 감소하였다. 이후 다시 증가하는 경향을 보여 2016년에 112.4kg/d, 2017년에는 89.4kg/d로 조사되었다.
- 승연2저수지의 COD 농도는 2012년 10.8mg/L에서 2013년 14.0mg/L, 2014년 15.5mg/L로 증가하는 경향을 나타내었으나, 2015년부터 다시 조금씩 감소하는 것으로 나타나 2017년에는 11.2mg/L를 나타내었다.
- TOC 농도 또한 2012년 이후 증가하는 경향을 보여 2014년에 8.0mg/L까지 증가하였다가 이후 다시 감소하는 것으로 나타나 2017년에는 5.5mg/L로 농업용수 권장 기준을 만족하고 있는 것으로 나타났다.



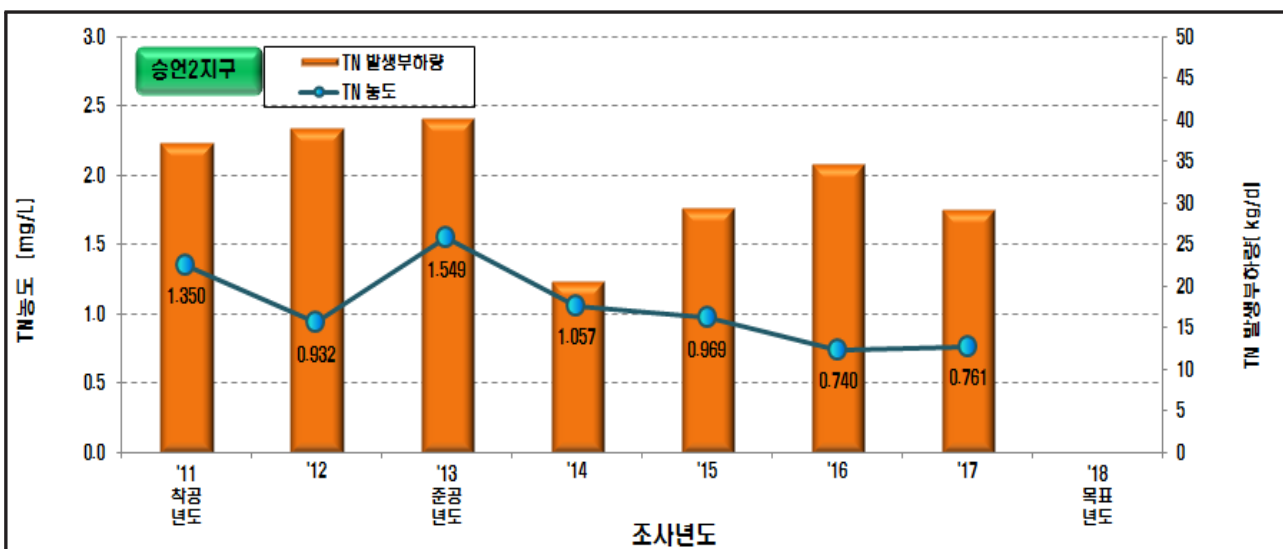
[그림 13-4-1] 승연2저수지 유역 연도별 BOD 발생부하량 및 COD, TOC 농도 변화

- 이상의 결과에서와 같이 오염부하량이 감소하거나 또는 크게 증가하지 않고 있음에도 불구하고 호내 오염도가 지속적으로 상승하는 것은, 수년간 지속되고 있는 가뭄으로 인한 유입수량 급감과 평년보다 높은 기온 등 이상변화의 영향을 크게 받는 것으로 판단된다.
- 유입량의 급감은 저수지 물교환을 감소, 이에 따른 오염물질의 축적 및 정체, 퇴적물로부터의 영양염류 용출, 내부생산물질의 증가를 촉진시켰을 뿐만 아니라 인공습지 등 수질개선시설의 기능저하에도 영향을 준 것으로 판단된다.
- 또한 저수지 수면을 과밀하게 뒤덮는 수생식물에 의해 호내 오염이 가중되고 있는 것으로 판단되며, 이와 같은 호내 수질오염 가중인자를 저감하기 위하여 수생식물 제거작업을 실시한 만큼, 호내 수질오염도가 다소 낮아질 것으로 기대된다.

[표 13-4-1] 승언2저수지 월별 저수율 현황

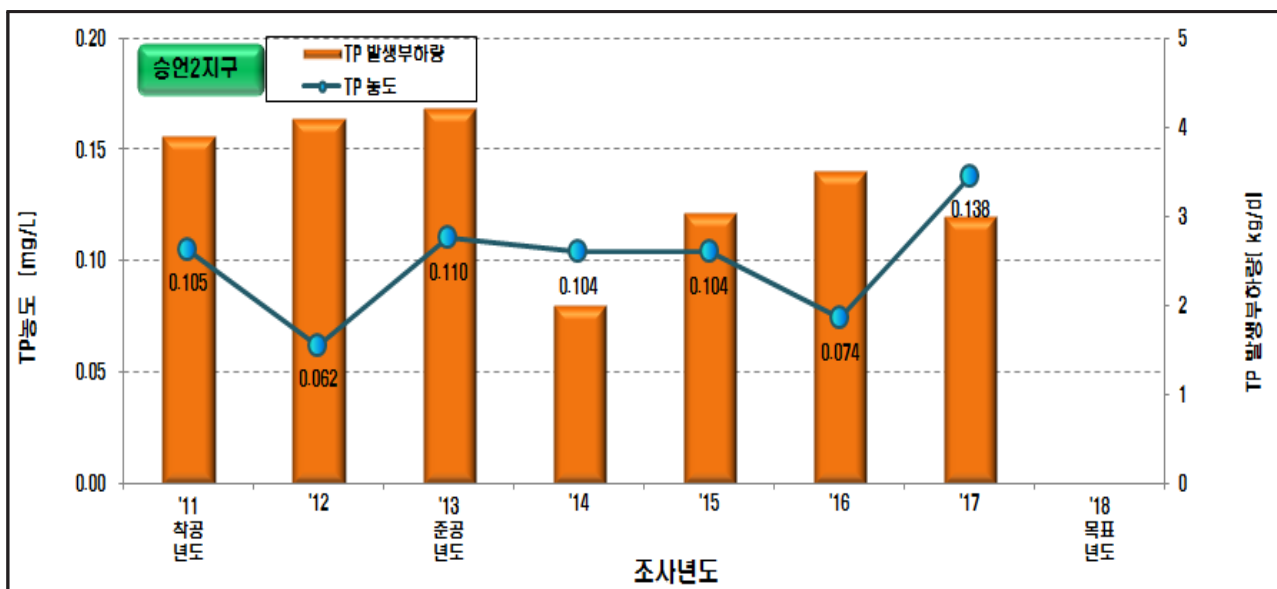
구 분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
월평균(%)	99.5	99.5	99.5	99.8	86.7	63.6	80.6	51.8	39.0	48.8	58.6	88.9

- 승언2저수지 유역의 T-N 발생부하량은 준공년도인 2013년 40.1kg/d에 비해 2014년에는 20.5kg/d로 낮아졌다. 그러나 이후 다시 증가하여 2017년에는 29.2kg/d으로 높아졌다.
- 저수지의 T-N 농도는 2013년에 1.549mg/L에서 시간이 지남에 따라 점차적으로 감소하는 경향을 보였고, 2017년에는 0.761mg/L로 개선되는 등 인공습지에서 총질소의 처리효율은 대체적으로 높게 나타나고 있다.



[그림 13-4-2] 승언2 유역 연도별 T-N 발생부하량 및 T-N 농도 변화

- T-P의 경우 발생부하량이 준공년도인 2013년에 4.1kg/d에 비해 2014년에는 1.9kg/d로 낮아졌으나, 이후 다시 증가하는 경향을 보여 2017년에는 2.9kg/d를 나타내었다.
- 저수지의 T-P 농도는 2013년 0.110mg/L를 나타내었고 이후 2015년까지 큰 변화를 보이지 않았다. 2016년에 0.074mg/L로 다소 감소하였으나, 2017년에는 0.138mg/L로 다시 증가하는 것으로 나타났다.



[그림 13-4-3] 승연2 유역 연도별 T-P 발생부하량 및 T-P 농도 변화

### 13.5. 현장적용성 향상 및 유지관리 방안

- 유지관리상 인공습지 내 유기물질 발생원인인 식생제거가 주기적으로 필요하며, 또한 부유물질의 퇴적, 총인 침적 등을 고려하여 습지 내 퇴적물제거도 주기적으로 필요하다. 따라서 인공습지의 식생에 의한 처리효율이 급격히 감소하는 11월 이후부터 다음해 1분기까지의 기간에 식생 및 퇴적물 제거 등의 정비·관리를 시행하는 것이 효과적일 것으로 판단된다. 또한 호 내 수생식물이 과다하게 증식하고 있는 만큼 적절한 시기에 수생식물의 제거도 필요하다.
- 1호 습지의 경우는 상류로부터 부유 쓰레기 등이 대량으로 유입되고 있으며, 이에 대한 관리 인력이 절대적으로 부족한 실정이다. 그러므로 지자체와 연계한 지속적인 상류오염원 저감 노력이 필요할 것이다.

## 13.6. 요약

- 운영 4년차인 승언2저수지의 최근 4년간('14~'17년, 전체) 수질개선시설의 시설별 수질 정화효율은 다음과 같다.
  - 1호 인공습지: SS 59.6%, COD 29.6%, TOC 21.2%, T-N 75.0%, T-P 67.2%
  - 2호 인공습지: SS - 34.0%, COD - 5.9%, TOC - 11.0%, T-N 47.6%, T-P 26.7%
- 승언2저수지 인공습지의 유기물 정화효율은 다소 미미한 것으로 나타났는데, 이는 2014년부터 지속된 가뭄의 영향이 큰 것으로 판단된다. 뿐만 아니라, 저수지 수면의 70%가량을 뒤덮고 있는 수생식물에 의해 호내 물순환이 더욱 악화되고 있기 때문인 것으로 볼 수 있다. 금년 11월 7일~12월 15일까지 수생식물 제거작업을 수행하였고, 절취한 수생식물은 모두 수거하여 육상에서 건조·폐기처리 하였다.
- 인공습지의 퇴적물 조사 결과, 모든 분석항목에서 국립환경과학원의 호소퇴적물 오염평가 기준 IV등급 미만의 양호한 상태로 나타났다.
- 승언2호저수지의 COD, TOC 농도는 2015년 이후부터 조금씩 감소하는 경향을 보여 2017년에 각각 11.2mg/L, 5.5mg/L로 나타났다.
- 오염부하량이 감소하거나 또는 크게 증가하지 않고 있음에도 불구하고 호내 오염도가 크게 개선되지 않고 있는 것은, 수년간 지속되고 있는 가뭄으로 인한 유입수량 급감과 평년보다 높은 기온 등 이상기후가 다른 수질악화 요인보다 크게 영향을 끼친 것으로 판단된다.
- 유입수량의 급감은 저수지 물교환율 감소, 이에 따른 오염물질의 축적 및 정체와 퇴적물로부터의 영양염류 용출, 내부생산물질의 증가를 촉진시켰을 뿐만 아니라 인공습지 등 수질개선시설의 기능저하에도 영향을 준 것으로 판단된다.
- 수질개선시설에 의한 개선효과는 설치된 인공습지 등의 시설이 정상적으로 운영되어야 설계된 처리효율을 잘 발휘할 수 있고, 또한 저수지의 수질도 개선될 것으로 기대할 수 있다. 그러나 1호 습지의 경우 상류로부터 부유 쓰레기 등이 대량으로 유입되고 있으며, 이에 대한 관리인력이 절대적으로 부족하여 유지·관리에 어려움이 있다. 수질개선시설이 본래의 기능을 잘 유지될 수 있도록 지자체와 연계한 지속적인 상류오염원 저감노력이 필요할 것이다.





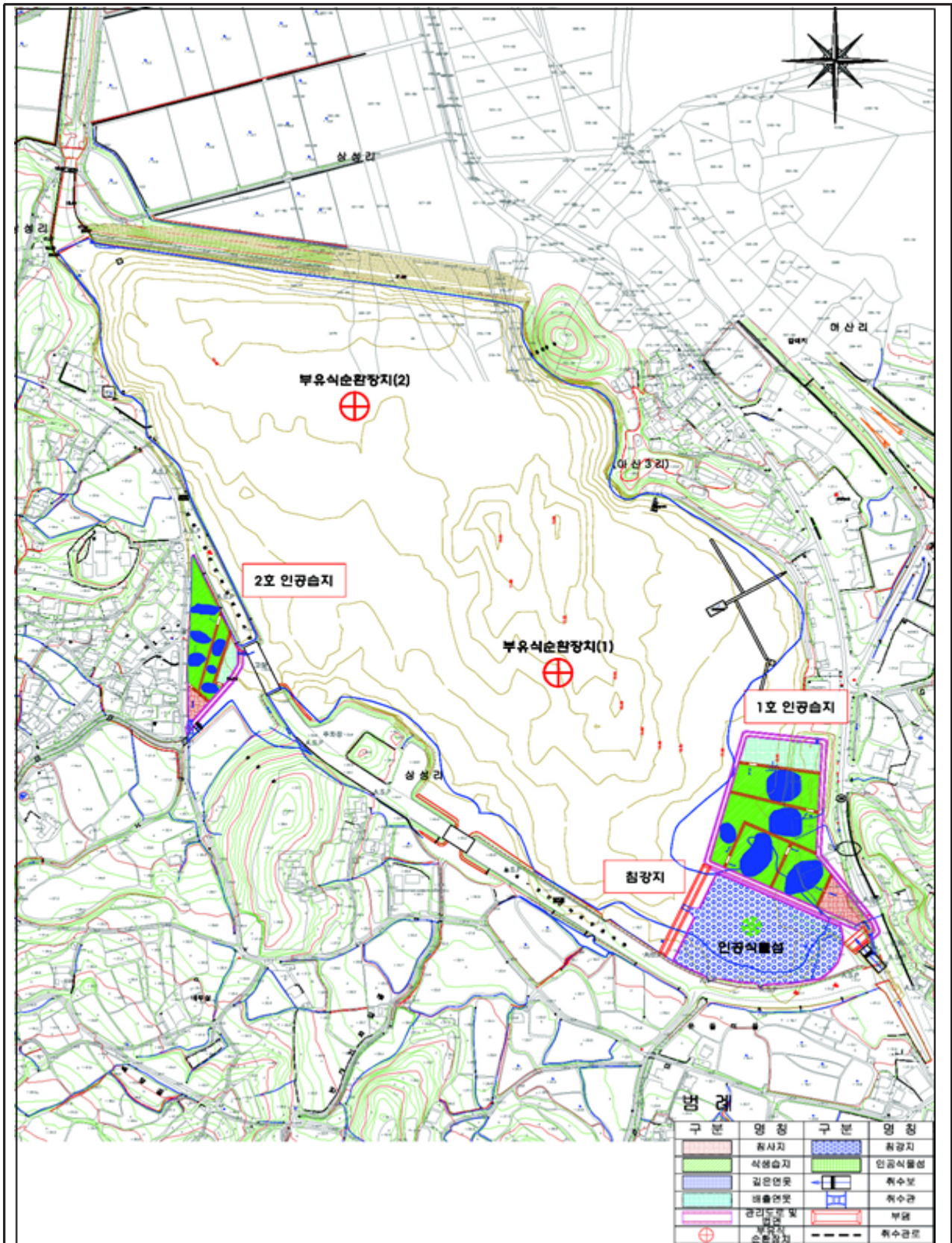
# 14. 상성지구



- 
- 14.1. 지구현황
  - 14.2. 기상 및 수질현황
  - 14.3. 시설별 수질개선효과
  - 14.4. 저수지 수질변화 및 개선효과
  - 14.5. 현장적용성 향상 및 유지관리 방안
  - 14.6. 요약



## 상성지구 수질개선사업 평면도





## 14.1. 지구현황

### 14.1.1 저수지 현황

#### 1) 유역현황

- 상성저수지가 위치한 충남 아산시는 북위 36° 39′ 53″~북위 36° 55′ 46″ 동경 127° 06′ 32″~ 동경 126° 50′ 34″ 에 위치하며, 북쪽은 평택시, 남쪽은 공주시, 서쪽은 예산군, 동쪽은 천안시가 있다. 본 사업지구인 상성저수지는 행정구역상 충청남도 아산시 영인면에 속한다.
- 태백산맥의 오치산 부근에서 분기하여 서남방향으로 달리고 있는 차령산맥이 아산시 남쪽을 지나며 비교적 높은 산지를 형성하고 있고, 북쪽은 차령산맥의 여맥에 속하는 낮은 구릉성 산지를 이루고 있다. 남쪽의 산지에서 발원하는 곡교천이 서류하여 그 유역이 평야를 형성하며, 삽교천에서 통합하여 아산만에 유입한다. 남쪽에 광덕산과 북쪽에는 남쪽에 광덕산과 북쪽에는 영인산으로 둘러싸고 있으며, 남고북저의 지형인 아산시는 중앙이 낮고 평평한 평야가 전개되고 있다. 서해안고속도로, 경부고속도로, 장항선 등으로 서해안 내륙지방의 수송기능이 강화되었고, 경부고속철도는 서부지방으로의 수송을 유리하게 하여 관광자원을 보유한 지역을 개발 잠재력이 풍부한 곳으로 지목받게 하고 있다.
- 상성저수지의 유역은 영인면 상성리, 아산리를 포함하며, 남고북저형으로 저수지 우측의 영인산(363.9m)과 좌측의 해발 290m의 산으로 둘러 싸여 있으며 소하천이 영인면 소재지를 거쳐 유입되고, 영인산 자락에서 여러 개의 소하천이 동쪽으로 유입되고 있다.

[표 14-1-1] 상성저수지 경위도상 위치

소재지	단	경도와 위도의 극점			연장거리
		지명	극점		
			위도	경도	
아산시 영인면	동단	영인면 아산리	36° 51′ 43″	126° 57′ 01″	0.5km
	서단	영인면 상성리	36° 51′ 42″	126° 56′ 37″	
	남단	영인면 아산리	36° 51′ 30″	126° 57′ 05″	1.1km
	북단	영인면 상성리	36° 51′ 54″	126° 56′ 32″	



[그림 14-1-1] 상성저수지 유역도

## 2) 일반현황

- 상성저수지는 1958년에 설치되었으며 유역면적 481ha, 유효저수량 1,107천m<sup>3</sup>, 수해농지 253ha, 만수면적 35ha로 한국농어촌공사 아산천안지사에서 관리하고 있다.

[표 14-1-2] 상성저수지 일반현황

소재지	충남 아산시 영인면 상성리	
설치년도	1958년	
유역면적	481ha	
유효저수량	1,107천m <sup>3</sup>	
수해농지	253ha	
만수면적	35ha	
관리주체	한국농어촌공사 아산천안지사	

## 14.1.2 수질개선시설 현황

### 1) 주요대책

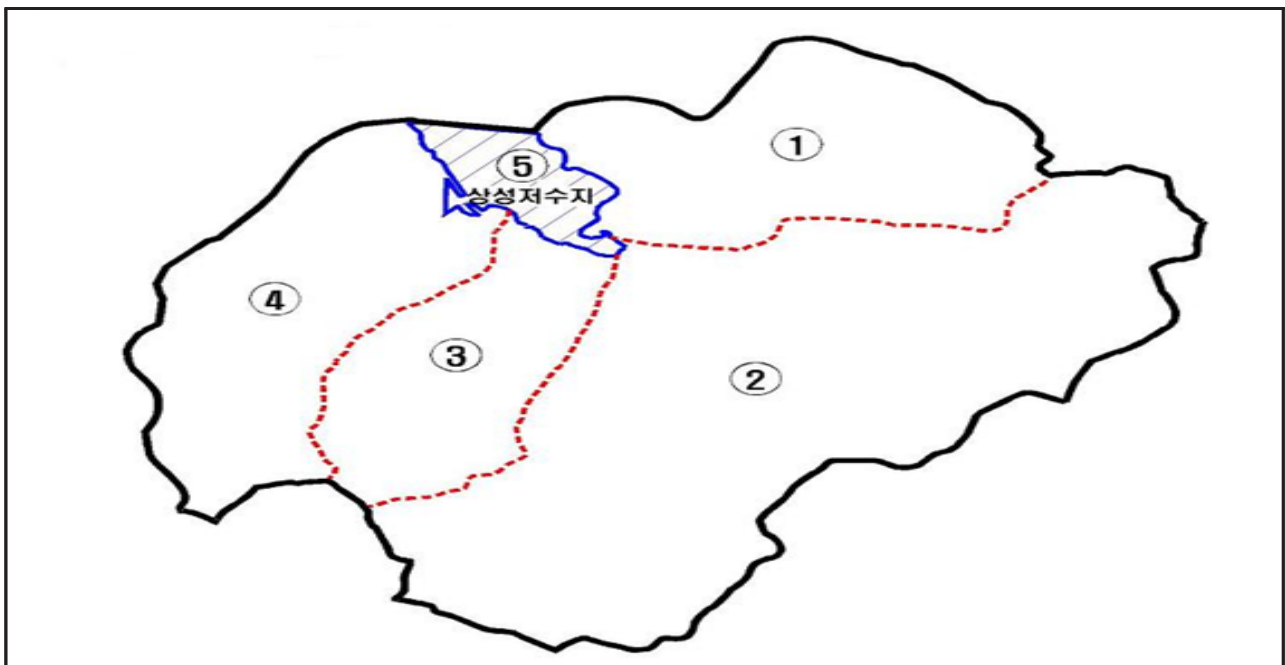
- 상류대책은 아산시에서 공공하수처리시설(신운) 1개를 설치·운영 중이다.
- 호내대책은 농업용수 수질개선사업(2013년 준공)을 통해 인공습지 2개소, 침강지 1개소, 인공식물섬 1개소 및 물순환장치 2기를 운영 중이다.

[표 14-1-3] 상성저수지 수질개선시설 현황

구분	대안	시설	규모	비고
□ 상류대책(아산시 추진)				
1	하수처리	공공하수처리시설	430m <sup>3</sup> /일(SMMIAR 공법)	2009년
□ 호내대책				
1	평시 유출수 처리	1호 인공습지	19,687m <sup>2</sup>	
2	강우 유출수 처리	침강지	13,606m <sup>2</sup>	
2	평시 유출수 처리	2호 인공습지	5,102m <sup>2</sup>	
3	침강지 수질개선	인공식물섬	1개소(668m <sup>2</sup> )	
7	저수지 녹조방지	물순환장치	2기(물순환량 110천m <sup>3</sup> /일)	

## 2) 인공습지

- 인공습지는 유역이 가장 크고, 마을과 기존농경지 등 오염원이 많이 위치하는 2, 4 유역을 대상으로 인공습지를 조성하였다.



[그림 14-1-2] 상성저수지 유역 구분도

[표 14-1-4] 인공습지 계획유량

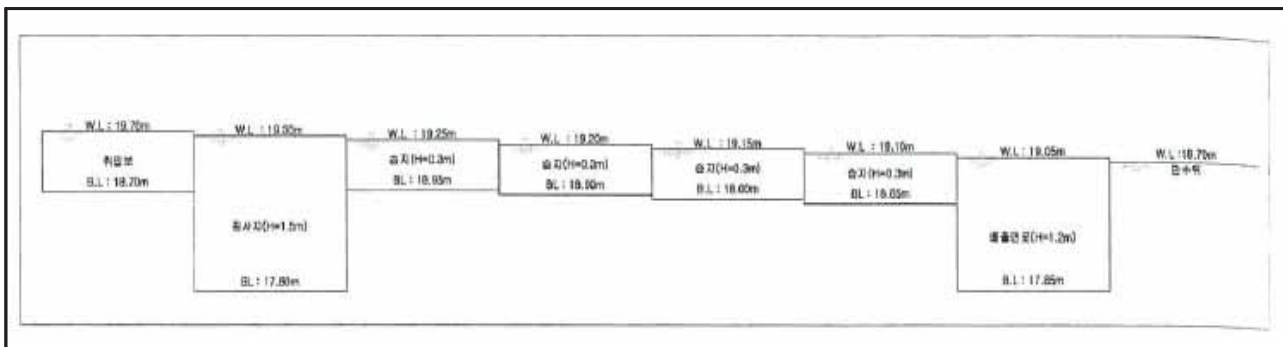
구 분	유역 구분	유역면적 (ha)	평균 유입량(m <sup>3</sup> /일)			계획수량 (m <sup>3</sup> /일)	비고
			총유입량	일30mm 이하유입량	마을하수도 유입량		
계		527	8,626.4	14,418.6	0	10,784.7	
1호 인공습지	2유역	370	7,209.3	7,209.3	0	7,656.0	
2호 인공습지	4유역	157	1,417.1	7,209.3	0	3,128.7	

○ 1호 인공습지

- 2번 유역의 일 30mm 이하 강우시 유하하는 유입유량을 정화처리하기 위해 필요한 1호 인공습지 계획면적은 관리도로 등을 포함하여 97,407m<sup>2</sup>으로 계획하였다. 습지 면적은 91,147m<sup>2</sup>으로 계획하였다.

[표 14-1-5] 1호 인공습지 제원

구 분		규 모	계획면적(A) (m <sup>2</sup> )	계획수심(d) (m)	내용적(V) (m <sup>3</sup> )	비 고
습지	식생습지	4개소	86,355	0.3	2,590.5	
	깊은연못	4개소	1,830	0.3	549.0	
	침 사 지	1개소	1,269	1.5	1,903.5	
	배출연못	1개소	1,693	1.2	2,031.6	
	소 계		91,147		7,074.6	
기타	관리도로 및 사면		6,260			
	소 계		6,260			
합 계			97,407		7,074.6	체류시간 12.0hr



[그림 14-1-3] 1호 인공습지 수리계통도





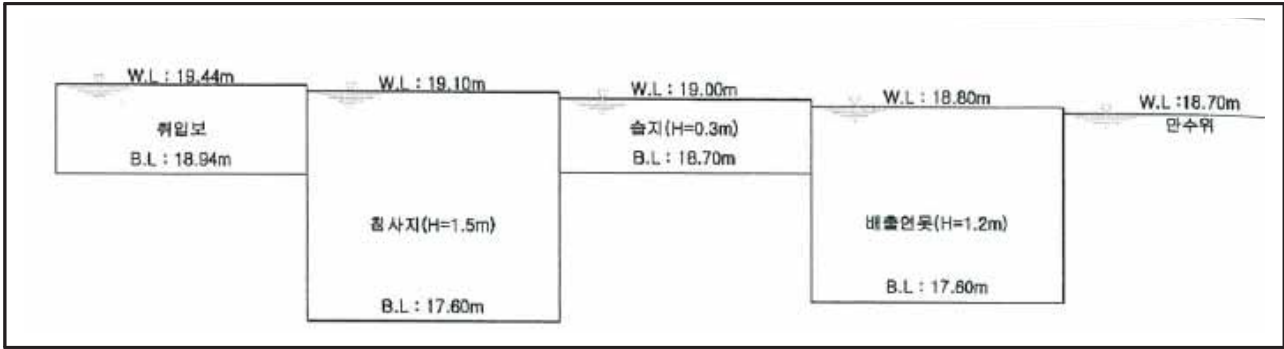
[그림 14-1-4] 1호 인공습지 시설현황

○ 2호 인공습지

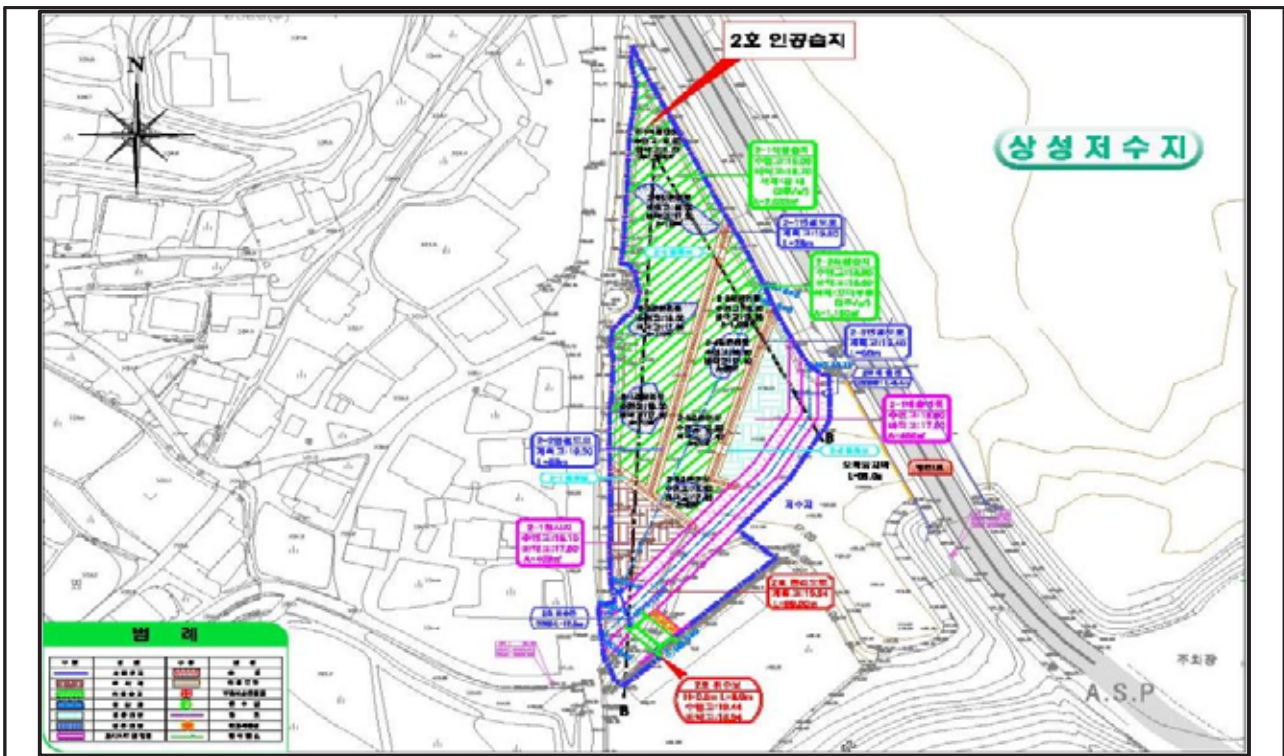
- 4번 유역의 일30mm 이하 강우시 유하하는 유입유량을 정화처리하기 위해 필요한 2호 인공습지 계획면적은 관리도로 등을 포함하여 9,303m<sup>2</sup>으로 계획하였다.

[표 14-1-6] 2호 인공습지 제원

구 분		규 모	계획면적(A) (m <sup>2</sup> )	계획수심(d) (m)	내용적(V) (m <sup>3</sup> )	비 고
습지	식생연못	2개소	2,712	0.3	816.3	
	깊은연못	2개소	511	0.3	153.3	
	침 사 지	1개소	403	1.5	604.5	
	배출연못	1개소	4,667	1.2	559.2	
	소 계		8,293		2,133.3	
기타	관리도로 및 사면		1,010			
	소 계		1,010			
합 계			9,303		2,133.3	체류시간 : 12.0hr



[그림 14-1-5] 2호 인공습지 수리계통도



[그림 14-1-6] 2호 인공습지 시설현황

### 3) 침강지

- 침강지는 직접유역 중 오염물질 유입이 가장 많은 상성저수지 2유역(전체 직접유역 유입량의 46.0%)의 하천 말단부 저수지내에 계획하였다.
- 제약요인 및 지형여건 등을 감안하여 침강지의 경우 침강지 체류시간을 6시간으로 하였다.
- 부댐의 높이는 침강지의 홍수와 연간 수위변동 등을 고려하여 저수지 만수위 (H.W.L.)보다 0.5~1.0m정도 낮게 계획하였고, 제정보다 0.5m 아래에 차수벽을 두어 본 저수지와 분리되는 구조로 계획하였다.

[표 14-1-7] 침강지 제원

구 분	유 역		일30mm 초과유입량 (m <sup>3</sup> /일)	계획 수심 (m)	수표 면적 (m <sup>2</sup> )	계획 내용적 (m <sup>3</sup> )	체류 시간 (hr)	비 고
	유역 구분	면적 (ha)						
침강지	2유역	370	65,216.2	2.0	13,606	33,090	6.4	

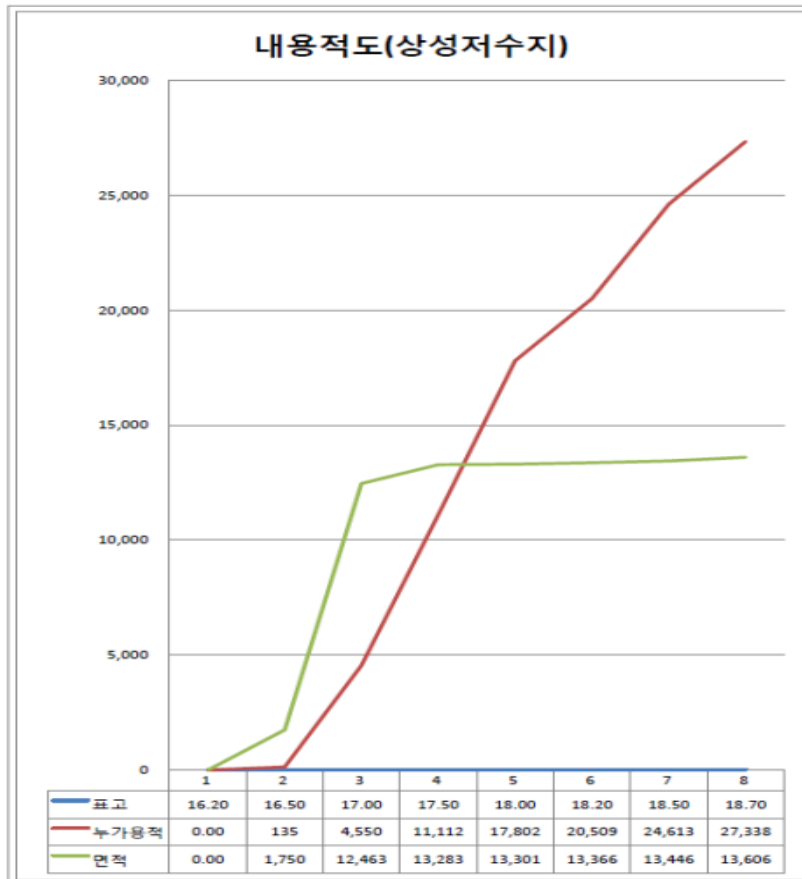


[그림 14-1-7] 침강지 평면도

- 상성저수지 침강지의 퇴적량을 산정하기 위하여 2017년 8월 29일부터 9월 6일까지 침강지의 내용적 측량을 수행하였다.
- 상성저수지 침강지의 내용적 측량 결과, 관측 전 내용적이 33,090m<sup>3</sup>이었으나 관측 후 내용적은 27,338m<sup>3</sup>으로 5,752m<sup>3</sup>의 퇴적물이 퇴적된 것으로 나타났다.

[표 14-1-8] 상성저수지 침강지 내용적 측량 결과

구 분	관측전 면적(m <sup>2</sup> )	관측전 내용적(m <sup>3</sup> )	관측후 내용적(m <sup>3</sup> )	내용적 퇴적량(m <sup>3</sup> )	퇴적율 (%)	비고
침강지	13,606	33,090	27,338	5,752	17.4	



[그림 14-1-8] 상성저수지 침강지 내용적도

#### 4) 기타 수질개선시설

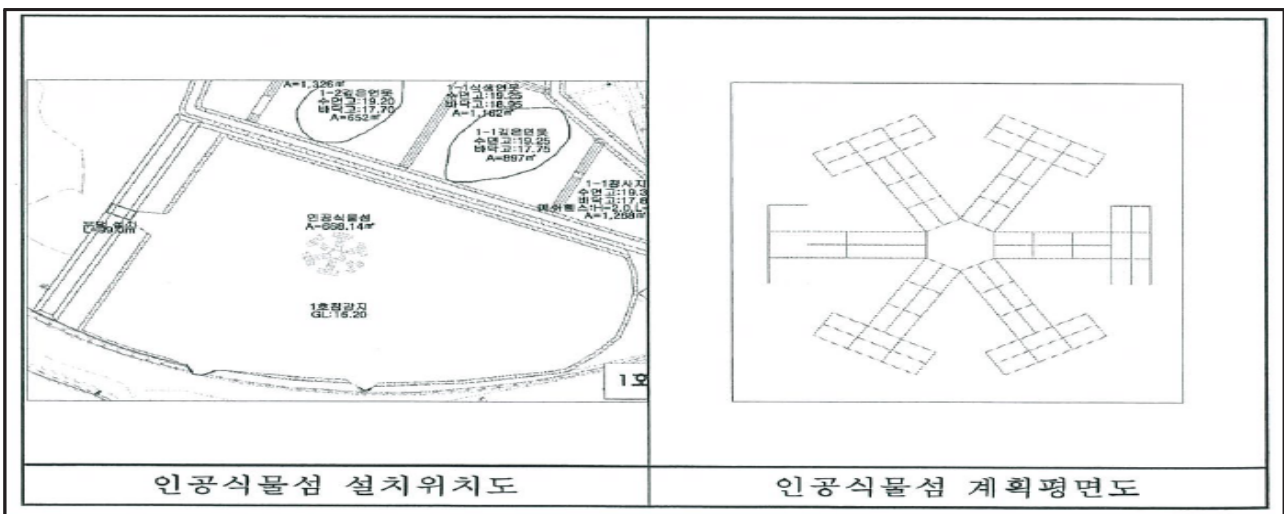
##### ○ 물순환장치

- 설치목적 : 저수지내 넓은 수체를 효율적으로 순환시키고 공기를 접촉 혼합시켜 호수의 수질을 자연친화적으로 개선하고 수질악화를 사전에 방지
- 순환수량 : 최대 55,000m<sup>3</sup>/일
- 용존산소 공급율 : 최대 5,200kg O<sub>2</sub>/1일/1unit
- 설치위치 : 저수지 내
- 설치대수 : 2기



[그림 14-1-9] 부유식 물순환장치 설치현황

- 인공식물섬 : 저수지내 침강지 등 저류수가 장기간 체류되고 유속이 감소되어 오염 물질이 침전 될 가능성이 있는 곳에 인공식물섬을 설치하여 침강지 내의 영양물질 제거로 조류의 이상증식 방지
  - 설치방식 : 부유식(최소 수심 1.0m 이상)
  - 시설단위 : 2×4m/1set
  - 설치위치 : 침강지내
  - 설치규모 : 668m<sup>2</sup>(침강지 면적의 5%)



[그림 14-1-10] 인공식물섬 시설현황

## 14.2. 기상 및 수질환경

### 14.2.1 기상현황

#### 1) 기 온

- 상성저수지 유역과 가장 가까운 천안관측소에서 측정된 최근 평균기온과 최근 30년간 평년 기온을 아래 표로 나타내었다.
- 상성지구의 사업 시행 전인 2010년 연평균기온은 12.2℃이었고, 이후 조금씩 낮아져서 2012년은 연평균 11.9℃까지 감소하였다.
- 준공년도인 2013년부터 조금씩 증가하여 2015년에 13.0℃로 최대값을 보였고 이후 다시 감소하여 2017년에는 11.8℃로 평년과 비슷한 기온을 나타내었다.

#### 2) 강수량

- 강수량은 시행 전인 2009년에는 누적강수량 999.9mm이었고, 2010년에 1,378.3mm, 2011년에 1,845.8mm로 평년에 비해 많은 비가 내렸다.
- 그러나 2012년부터 시작된 가뭄으로 강수량이 낮아졌고, 2015년에는 728mm로 가장 낮은 강수량을 기록하였다.
- 2015년 극심한 가뭄 이후 강수량이 조금씩 증가하여, 2016년 1,004.8mm, 2017년 1,304.6mm로 평년과 유사한 강수량을 보였다.
- 2017년은 오랜 가뭄이후 비교적 단기간(7~8월)동안 집중된 강우에 의해 상류에 집적된 오염물질이 저수지로 대량 유입될 수 있는 환경이었다.

[표 14-2-1] 상성저수지 유역 사업시행 전후 월별 기온 분포

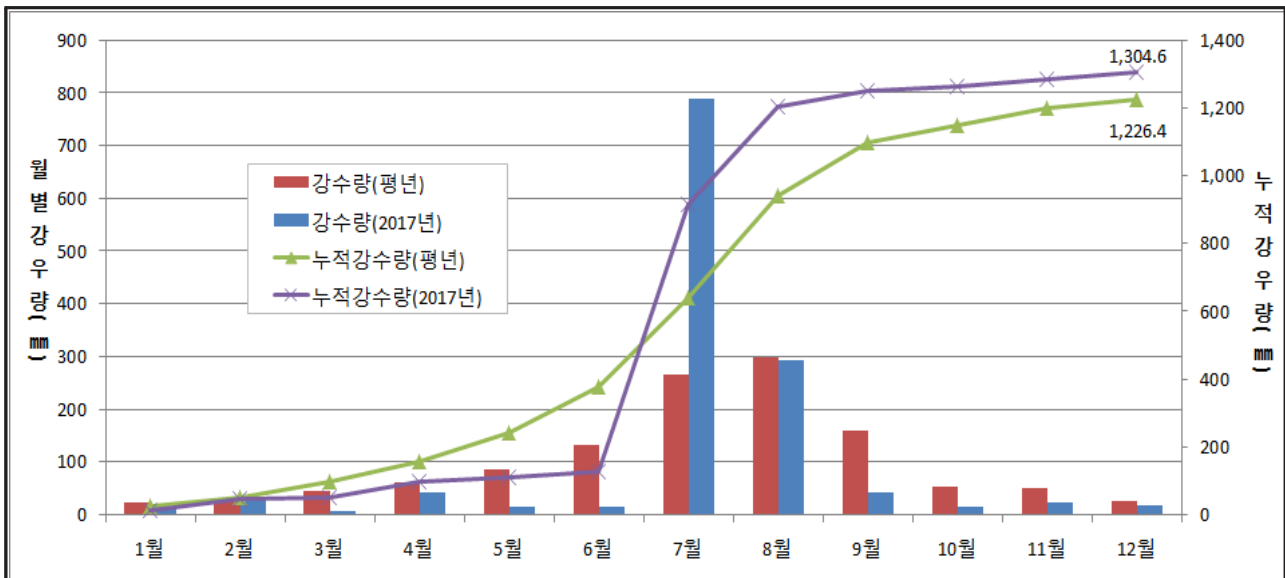
(단위 : °C)

구 분		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균
시행전	2009년	-3.0	2.5	6.1	11.7	18.4	22.3	24.0	24.8	20.4	14.6	6.9	-0.6	12.3
	2010년	-3.9	1.6	5.0	9.6	17.6	23.1	26.0	26.9	21.6	13.2	6.1	-0.3	12.2
시행중	2011년	-6.9	0.9	3.6	10.6	18.1	22.4	25.6	25.5	20.6	12.7	10.7	-0.4	12.0
	2012년	-2.7	-2.0	4.9	12.3	19.2	23.3	25.8	26.7	20.0	13.7	5.5	-3.9	11.9
	2013년	-3.6	-0.9	5.1	9.8	18.0	23.5	26.6	27.1	20.9	14.8	6.1	0.1	12.3
시행후	2014년	-0.8	1.8	7.4	13.4	18.8	22.8	25.4	24.0	20.8	14.0	7.7	-2.1	12.8
	2015년	-0.8	1.1	5.7	12.7	18.4	22.6	24.9	25.3	20.5	14.5	9.3	2.3	13.0
	2016년	-2.3	0.7	6.4	13.6	18.2	22.3	25.0	26.0	21.0	14.5	5.9	1.1	12.7
	2017년	-1.9	-0.1	5.6	13.1	17.7	21.5	25.5	24.4	19.4	13.6	4.7	-0.8	11.8
평년값		-2.9	-0.4	4.8	11.5	17.2	21.5	24.7	25.1	20.0	13.3	6.2	-0.1	11.7

[표 14-2-2] 상성저수지 유역 사업시행 전후 월별 강수량 분포

(단위 : mm)

구 분		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합계
시행전	2009년	13.3	16.0	51.6	30.6	112.6	55.6	335.8	212.3	30.8	61.1	39.7	40.5	999.9
	2010년	40.7	50.4	73.8	61.0	84.0	37.0	171.0	486.1	316.9	19.4	13.5	24.5	1,378.3
시행중	2011년	7.9	31.0	26.5	133.2	103.3	374.6	645.1	268.2	153.2	26.5	65.8	10.5	1,845.8
	2012년	14.5	2.3	44.9	81.6	16.8	75.1	252.5	483.7	190.1	66.6	52.6	56.0	1,336.7
	2013년	28.5	35.2	40.0	56.3	123.5	102.1	308.2	173.6	117.5	13.8	58.5	40.3	1,097.5
시행후	2014년	4.9	15.1	40.9	62.1	34.6	73.9	239.0	218.7	144.0	119.5	28.9	38.9	1,020.5
	2015년	12.7	21.5	23.3	87.6	27.5	86.0	136.8	64.2	29.0	69.0	128.6	41.8	728.0
	2016년	8.0	43.6	16.5	118.3	107.2	36.2	364.3	82.0	55.0	95.9	33.5	44.3	1,004.8
	2017년	13.9	32.2	6.5	42.9	14.3	15.6	788.1	291.5	43.3	14.1	23.4	18.8	1,304.6
평년값		23.4	26.4	45.9	61.4	85.7	133.1	264.7	298.3	158.4	53.1	49.2	26.8	1,226.4



[그림 14-2-1] 천안관측소 강수량 변화

## 14.2.2 수질현황

### 1) 목표수질 설정

- 상성저수지의 목표수질은 환경정책 기본법 호소의 생활환경기준 중 농업용수 수질 기준(IV등급)을 만족해야 할 수 있도록 설정하였다.
- 상성지구 수질개선대책에 따른 사업 후 저수지 수질예측결과 COD는 7.8mg/L로 호소수질 등급 IV등급 이내로 목표수질을 설정하였다.

[표 14-2-3] 상성저수지 목표수질

구 분	목표수질	기본계획 (‘09년)	예측수질 (‘18년)
COD(mg/L)	8.0 이하	9.8	7.8
TOC(mg/L)	6.0 이하	-	-
T-N (mg/L)	1.0 이하	2.294	1.792
T-P (mg/L)	0.1 이하	0.125	0.098
수질등급(COD)	IV등급	VI등급	IV등급

### 2) 오염원 현황

- 유역 내 인구수는 2009년 1,635명이었으며, 2011년에 1,721명으로 최대를 보였고, 이후 지속적으로 감소하는 경향을 나타내어 2017년에는 1,569명으로 조사되었다.
- 축산두수는 한우가 2009년 50두이었고, 2013년 43두로 큰 변화를 보이지 않았다. 그러나 2015년, 2016년에 각각 95두, 98두로 증가하였다가 2017년에는 사육두수가 전혀 없는 것으로 조사되었다. 젓소는 2010년에 116두에서 2012년에 169두로 최대를 보였고, 2013년 이후부터 감소하는 경향을 보여 2017년에는 35두로 조사되었다. 돼지는 2009년에만 300두가 조사되었고, 2010년 이후부터 2017년까지 사육두수는 전혀 없는 것으로 확인되었다.
- 상성저수지의 유역면적은 481ha로 그 중 논과 밭, 임야가 각각 5.2%, 6.0%, 64.4%를 차지하고 있었으며, 기타가 24.3%를 차지하였다.

[표 14-2-4] 상성저수지 유역 내 인구변화 추이

구 분	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
인구(명)	1,635	1,608	1,721	1,657	1,655	1,624	1,591	1,598	1,569



[표 14-2-5] 상성저수지 유역 내 연도별 축산변화

구 분	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
한우(두)	50	47	36	43	43	-	95	98	-
젖소(두)	-	116	110	169	144	45	46	45	35
돼지(두)	300	-	-	-	-	-	-	-	-

[표 14-2-6] 상성저수지 유역 내 지목별 토지이용현황

구 분	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
계	481	481	481	481	481	481	481	481	481
전(ha)	25	25	25	25	25	25	25	25	25
답(ha)	29	29	29	29	29	29	29	29	29
임야(ha)	310	310	310	310	310	310	310	310	310
기타(ha)	117	117	117	117	117	117	117	117	117

### 3) 오염부하량

- 유역 내 오염물질 발생부하량은 시행 전인 2010년도에 BOD가 100.9kg/일, T-N 41.7kg/일, T-P 4.5kg/일이었고, 공사 중인 2012년에는 BOD가 109.3kg/일, T-N 45.5kg/일, T-P 5.2kg/일로 소폭 증가하였다가 준공연도인 2013년에는 다시 감소하여 BOD가 101.1kg/일, T-N 41.5kg/일, T-P 4.2kg/로 시행 전과 비슷하였다.
- 2017년에는 BOD가 86.4kg/일, T-N 34.1kg/일, T-P 3.5kg/일로 준공연도인 2013년 보다 감소하였다.

[표 14-2-7] 상성저수지 유역 내 발생부하량

구 분		점 오염원					비점오염원					계	
		생활계 (인)	축산계(두)			산업계 (m <sup>3</sup> /일)	토지현황(ha)				소계		
			한우	젖소	돼지		전	답	임야	기타			
월 수		1,569	0	35	0	0	25	29	310	117	소계		
BOD	부하량 (kg/일)	76.9	0.0	4.1	0.0	0.0	81.0	0.4	0.7	3.1	1.2	5.4	86.4
T-N	부하량 (kg/일)	20.7	0.0	2.2	0.0	0.0	22.9	2.4	1.9	6.8	0.1	11.2	34.1
T-P	부하량 (kg/일)	2.4	0.0	0.4	0.0	0.0	2.8	0.1	0.2	0.4	0.0	0.7	3.5

[표 14-2-8] 상성저수지 유역내 연도별 오염물질 발생부하량

구 분	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
BOD(kg/d)	98.0	100.9	105.0	109.3	101.1	90.3	95.2	95.6	86.4
T-N(kg/d)	39.0	41.7	42.3	45.5	41.5	35.5	38.9	39.1	34.1
T-P(kg/d)	3.0	4.5	4.6	5.2	4.2	3.6	3.9	3.9	3.5

#### 4) 수질현황

- 농업용수 수질측정망조사 결과 COD는 2011년 9.2mg/L에서 2016년 12.2mg/L까지 지속적으로 증가하는 경향을 보였으며, 2017년에는 10.4mg/L로 다소 낮아진 값을 나타내었다. TOC는 2011년 4.2mg/L에서 2014년 6.4mg/L까지 증가하였고, 이후 2017년까지 큰 변화를 보이지 않았다.
- T-N의 경우는 2011년 1.961mg/L, 2013년 1.712mg/L로 높은 값을 보이다가 2014년 이후부터 점차 감소하는 경향을 나타내었고, 2017년에는 1.492mg/L를 나타내었다. T-P의 경우도 유사하였는데, 즉 2011년 착공시에는 0.129mg/L로 높은 농도를 보였으나, 이후 지속적으로 감소하는 경향을 나타내었고 2017년에는 0.092mg/L로 조사되었다.
- 이상과 같이 T-N, T-P는 미미하게 감소되는 경향을 보였고, COD도 2017년에는 10.4mg/L로 2016년에 비해 다소 낮아졌으나, 2014년 이후 극심한 가뭄으로 유입수량이 적고, 수온이 증가하는 등의 기상악화와 오염물질의 호내 축적 및 내부생산으로 인하여 수질오염이 가중되고 있는 것으로 판단된다.

[표 14-2-9] 상성저수지 수질현황

구 분 (mg/L)	5개년 평균 ('06~'10)	'11년 (착공시)	수질 변화						목표년도 ('18년)	목표수질
			'12	'13 (준공)	'14	'15	'16	'17		
COD	12.9	9.2	9.3	10.0	11.4	12.2	12.2	10.4	-	8.0이하
TOC	-	4.2	5.8	5.6	6.4	6.0	6.2	6.1	-	6.0이하
T-N	2.159	1.961	1.534	1.712	1.524	1.381	1.471	1.492	-	1.0이하
T-P	0.118	0.129	0.114	0.107	0.085	0.085	0.082	0.092	-	0.1이하

### 14.3. 시설별 수질개선효과

- 상성지구는 인공습지 2개소와 침강지 1개소에 대해 수질개선효과 분석을 위한 사후 모니터링조사를 실시하였다.
- 상성저수지 수질개선시설의 수질개선효과를 분석하기 위하여 ① 1호 인공습지 및 침강지 유입부와 ② 1호 인공습지 유출부, ③ 1호 침강지 유출부, ④ 2호 인공습지 유입부, ⑤ 2호 인공습지 유출부 등 총 5지점을 선정하였다.



[그림 14-3-1] 상성저수지 수질조사 지점

- 2017년 조사는 총 5차에 걸쳐, 1차 4월 20일, 2차 8월 30일, 3차 10월 31일, 4차 11월 14일, 그리고 강우시 7월 24일에 현장조사를 실시하였고, 3차조사시 인공습지 및 침강지 퇴적물 조사를 병행하였다.

[표 14-3-1] 상성저수지 수질 조사시기

구분	조사 횟수	조사일자				
		1차	2차	3차	4차	강우시 <sup>1)</sup>
수질조사	5회	2017.04.20	2017.08.30	2017.10.31	2017.11.14	2017.07.24
퇴적물조사	1회	-	-	2017.10.31	-	-

1) 강우시 강우량 : 66.4mm

### 14.3.1 인공습지 수질개선효과

- 취입보 수위는 유역 내 최저답고 등을 감안하고 인공습지에 자연유하로 취수시킬 수 있는 시설로 가동형 취입보와 유입공을 계획하였다.
- 취입보의 높이는 0.9m, 폭은 유입하천의 단면을 고려하여 결정하였다.
- 조사시기별 저수율은 1차 82.0%, 2차 100.0%, 3차 100.0%, 4차 100.0%, 그리고 강우시 100.0%이었다.
- '17년 평균 수온 변화는 1호 습지의 유입수가 13.2℃, 유출수는 14.2℃로 나타났고, 2호 습지는 유입수 14.7℃, 유출수는 14.3℃로 비슷한 값을 나타내었다.
- '17년 평균 pH는 1호 및 2호 습지 유입·유출수 모든 구간에서 7.6으로 변화가 없었 으며, 모든 구간에서 농업용수 관리기준(6.0~8.5)을 만족하였다.
- '17년 평균 EC는 1호 습지 유입수가 467 $\mu$ S/cm이고 유출수가 443 $\mu$ S/cm, 2호 습지 유입 수는 391 $\mu$ S/cm이고 유출수가 365 $\mu$ S/cm로 나타났고, 이는 작물 생장에 지장이 없는 수준이었다(기준 700 $\mu$ S/cm이하, 캘리포니아대학교 대외 협력국(UCCES) 농업용수 관리 기준지침).
- '17년 평균 DO는 1호 습지에서 유입수 4.3mg/L, 유출수 6.8mg/L, 2호 습지에서 유입수 10.6mg/L, 유출수 4.5mg/L로, 1, 2호 습지의 유입·유출수 모두 농업용수 권장 기준인 2.0mg/L 이상을 유지하고 있었다.
- '17년 평균 SS는 1호 습지 유입수가 4.9mg/L, 유출수가 7.6mg/L이었고, 2호 습지 유입수는 6.1mg/L, 유출수는 4.8mg/L로, 모든 유입·유출수에서 농업용수 권장기 준인 15.0mg/L 이하를 만족하고 있는 것으로 나타났다.

[표 14-3-2] 상성저수지 1호 인공습지 수질변화

구 분		'14년	'15년	'17년 평상시 및 강우시					
		평균	평균	1차	2차	3차	4차	평균	강우
수온 (°C)	유입수	19.8	23.0	12.8	18.9	12.1	8.8	13.2	24.7
	유출수	미조사	23.1	15.0	20.1	12.8	8.9	14.2	26.5
pH	유입수	9.5	7.8	7.3	7.5	7.6	7.8	7.6	7.4
	유출수	미조사	7.3	7.7	7.1	7.7	7.9	7.6	7.7
EC ( $\mu$ S/cm)	유입수	249	274	363	274	568	662	467	398
	유출수	미조사	282	479	240	493	560	443	353
DO (mg/L)	유입수	9.5	4.1	3.6	8.8	3.3	1.5	4.3	6.2
	유출수	미조사	3.8	8.2	4.7	7.3	6.8	6.8	6.6
SS (mg/L)	유입수	11.1	73.9	3.0	4.8	7.0	4.9	4.9	1.4
	유출수	미조사	20.1	11.0	5.4	7.5	6.6	7.6	2.2
COD (mg/L)	유입수	12.3	12.6	9.4	5.0	7.2	10.0	7.9	6.8
	유출수	미조사	12.8	15.6	8.0	9.2	9.0	10.5	8.6
TOC (mg/L)	유입수	6.6	6.0	6.20	3.60	4.30	6.80	5.2	4.60
	유출수	미조사	7.5	7.60	5.30	4.70	5.00	5.7	5.10
T-N (mg/L)	유입수	4.088	2.577	2.988	6.297	2.887	2.665	3.709	8.419
	유출수	미조사	1.146	0.705	3.012	0.578	0.742	1.259	7.144
T-P (mg/L)	유입수	0.310	0.499	0.342	0.279	0.430	0.554	0.401	0.367
	유출수	미조사	0.214	0.101	0.215	0.092	0.089	0.124	0.229

[표 14-3-3] 상성저수지 2호 인공습지 수질변화

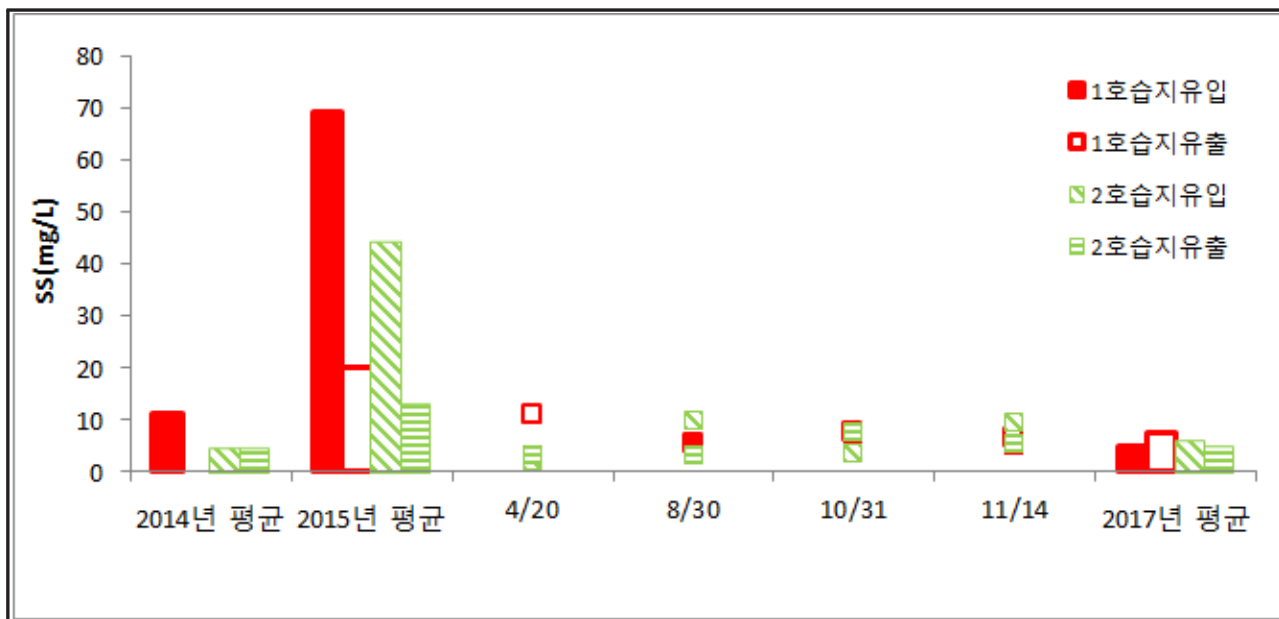
구 분		'14년	'15년	'17년 평상시 및 강우시					
		평균	평균	1차	2차	3차	4차	평균	강우
수온 (°C)	유입수	17.4	22.8	19.1	19.3	11.9	8.6	14.7	27.3
	유출수	17.1	25.6	16.4	21.1	11.6	8.1	14.3	29.1
pH	유입수	9.2	8.0	8.2	7.2	7.2	7.9	7.6	7.5
	유출수	8.1	7.5	7.7	6.7	8.2	7.7	7.6	7.3
EC ( $\mu$ S/cm)	유입수	224	392	476	236	337	514	391	356
	유출수	244	272	524	254	241	439	365	171
DO (mg/L)	유입수	9.1	4.6	12.6	9.1	9.5	11.1	10.6	7.7
	유출수	5.6	4.4	8.1	0.9	2.5	6.4	4.5	0.9
SS (mg/L)	유입수	4.5	56.1	1.9	9.6	3.5	9.3	6.1	17.7
	유출수	4.3	16.4	3.0	3.2	7.4	5.4	4.8	5.0
COD (mg/L)	유입수	3.7	10.6	6.4	4.4	4.8	6.0	5.4	6.6
	유출수	5.8	11.4	9.2	7.0	16.0	10.4	10.7	16.0
TOC (mg/L)	유입수	2.8	4.6	4.30	2.80	3.30	3.30	3.4	3.20
	유출수	3.8	6.2	5.90	4.80	8.00	6.30	6.3	9.20
T-N (mg/L)	유입수	5.671	4.611	5.641	5.225	4.873	5.918	5.414	9.927
	유출수	3.536	2.014	3.146	3.857	0.969	3.406	2.845	1.045
T-P (mg/L)	유입수	0.201	0.705	0.371	0.181	0.249	0.279	0.270	0.233
	유출수	0.183	0.299	0.406	0.362	0.496	0.541	0.451	0.707

[표 14-3-4] 4개년간 상성저수지 인공습지 정화효율

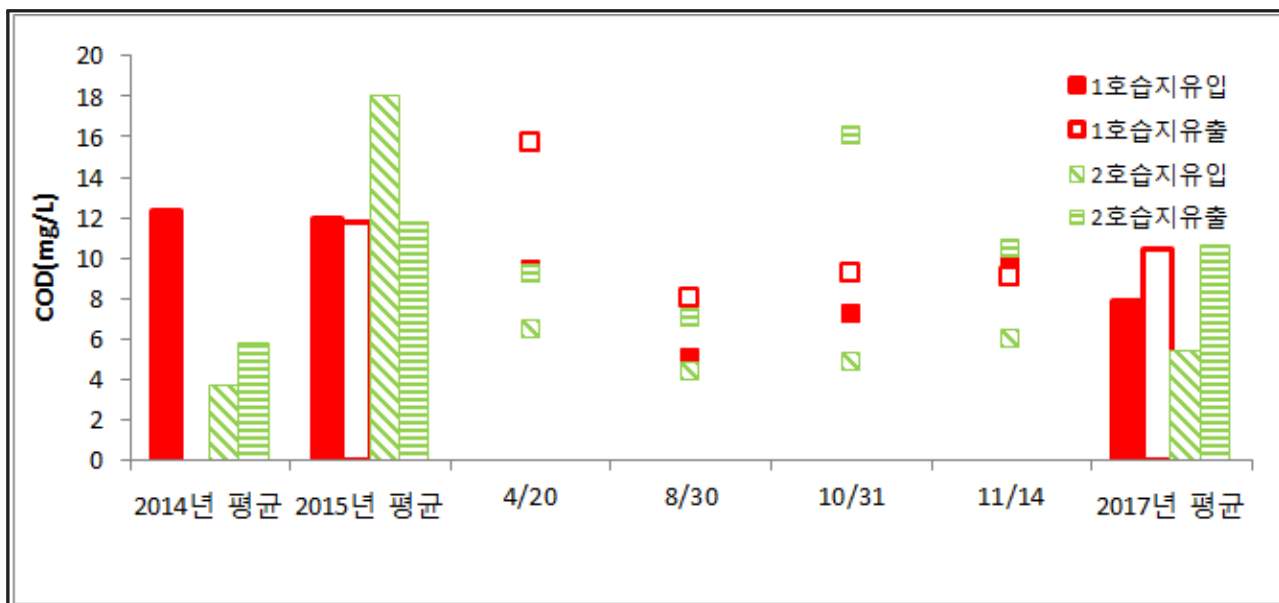
구 분		'14~'17년 전체		'14~'17년 평상시		'14~'17년 강우시	
		부하량	정화효율 (%)	부하량	정화효율 (%)	부하량	정화효율 (%)
SS (kg/d)	1호 습지 유입	150.2	51.8	134.2	66.9	164.0	21.7
	1호 습지 유출	72.4		44.4		124.4	
	2호 습지 유입	16.3	59.6	6.8	28.6	34.0	58.7
	2호 습지 유출	6.6		4.9		14.0	
COD (kg/d)	1호 습지 유입	56.7	-54.3	58.3	44.0	55.4	-138.1
	1호 습지 유출	87.5		65.3		132.0	
	2호 습지 유입	6.8	-65.6	5.0	-85.5	10.3	-127.4
	2호 습지 유출	11.3		8.5		23.3	
TOC (kg/d)	1호 습지 유입	34.3	-63.4	37.4	-12.1	31.6	-151.1
	1호 습지 유출	56.0		44.3		79.5	
	2호 습지 유입	4.1	-75.9	3.5	-71.6	5.3	-173.2
	2호 습지 유출	7.3		5.6		14.6	
TN (kg/d)	1호 습지 유입	25.6	33.1	30.8	-18.5	21.2	-39.2
	1호 습지 유출	17.1		11.0		29.4	
	2호 습지 유입	7.4	21.0	6.6	-60.3	8.9	-29.3
	2호 습지 유출	5.8		4.5		11.5	
TP (kg/d)	1호 습지 유입	2.5	39.6	2.7	64.3	2.4	7.0
	1호 습지 유출	1.5		1.2		2.2	
	2호 습지 유입	0.4	-38.6	0.2	31.2	0.6	-65.5
	2호 습지 유출	0.5		0.4		0.9	

- '14~'17년(강우시 포함)까지 1호 습지에서 SS 유입부하량은 150.2kg/d이었고, 유출 부하량은 72.4kg/d로 낮아져 51.8%의 정화효율을 보였다. 2호 습지 SS 유입부하량은 16.3kg/d로 비교적 적은 양의 SS가 유입되고 있었으며, 유출부하량은 6.6kg/d로 낮아져 59.6%의 정화효율을 나타내었다. 이상의 결과로부터 유입부하량의 많고 적음에 관계없이 인공습지를 통과하면서 SS가 효과적으로 제거되고 있음을 알 수 있다.
- '17년 평균 COD는 1호 습지 유입수가 7.9mg/L이었고, 유출수가 10.5mg/L이었으며, 2호 습지에서는 유입수가 5.4mg/L, 유출수가 10.7mg/L으로 나타났다.
- '14년~'17년(강우시 포함)까지 1호 습지의 COD 유입부하량은 56.7kg/d이고, 유출 부하량은 87.5kg/d로 -54.3%의 정화효율을 보였다. 또한 2호 습지 COD 유입부하량 6.8kg/d이고, 유출부하량 11.3kg/d로 -65.6%의 정화효율을 보였다. 이와 같이 1, 2호 인공습지에서 COD 농도가 오히려 증가하는 것은 1차적으로 최근 지속된

가뭄 등 기상의 영향이 큰 것으로 생각된다. 즉, 최근까지 가뭄에 따른 강수량 부족으로 습지 운영이 어려웠고, 오염물질이 많이 집적된 상태에서 여름철 집중되는 강우에 의해 일시적으로 수량이 증가하면 수질오염물질이 대량으로 유입될 수 있기 때문이다.



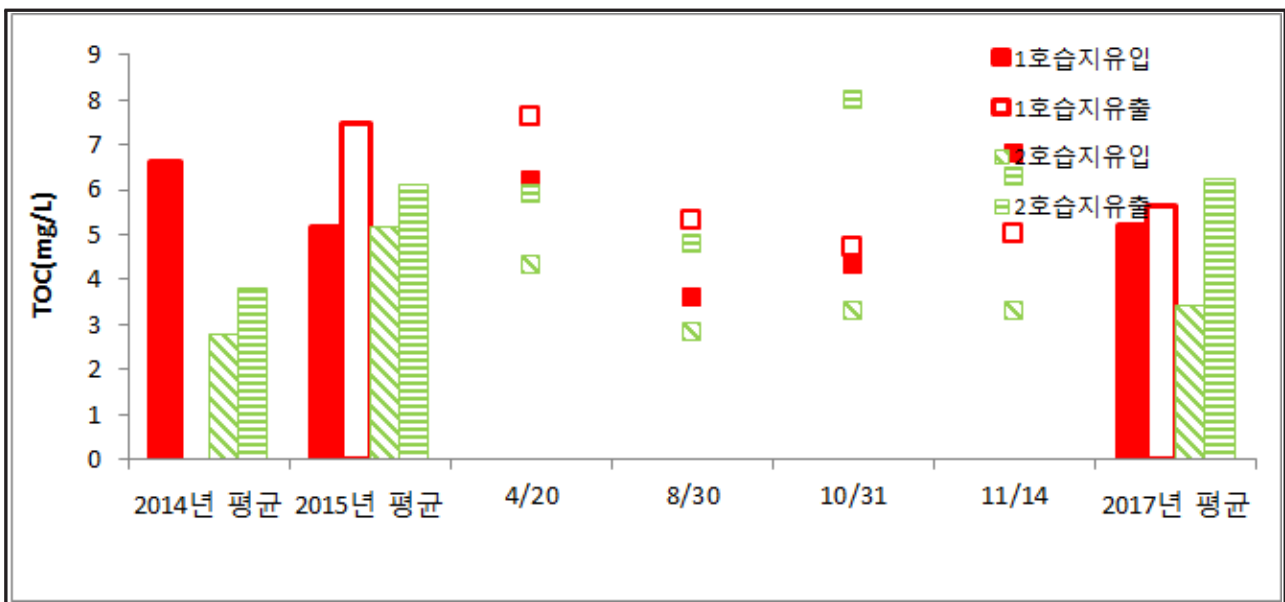
[그림 14-3-2] 상성저수지 인공습지 유입수 및 유출수 SS 변화



[그림 14-3-3] 상성저수지 인공습지 유입수 및 유출수 COD 변화

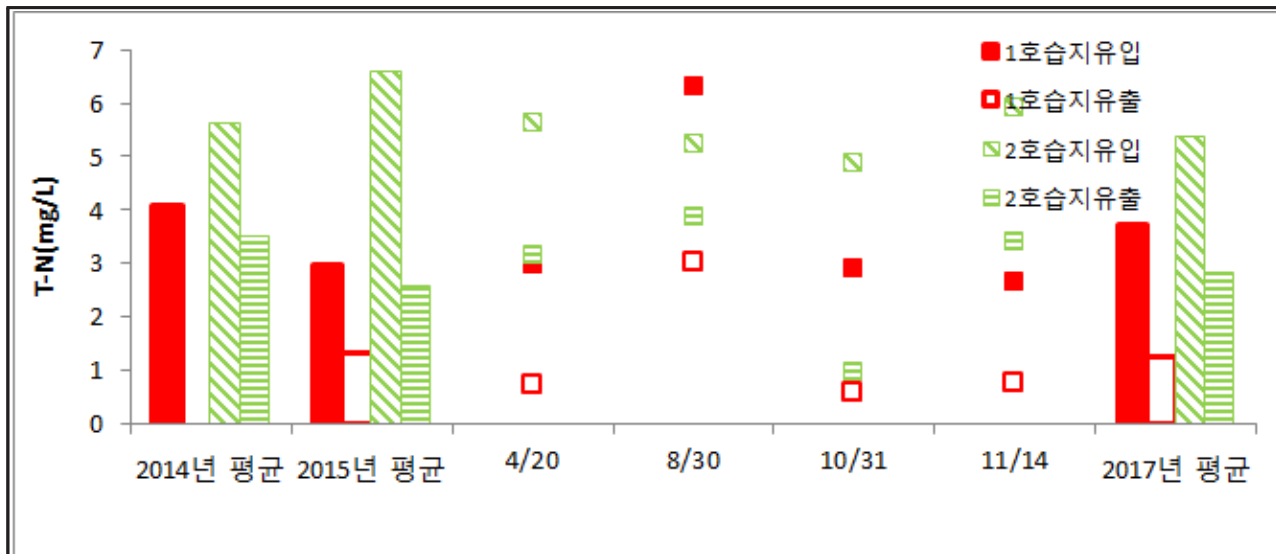


- '17년 평균 TOC는 1호 습지 유입수가 5.2mg/L, 유출수가 5.7mg/L이었으며, 2호 습지에서는 유입수가 3.4mg/L, 유출수가 6.3mg/L로 유출수에서 상대적으로 더 높아지는 경향을 나타내었다.
- '14년~'17년(강우시 포함)까지 1호 습지의 TOC 유입부하량은 34.3kg/d이고, 유출부하량은 56.0kg/d로 -63.4%의 정화효율을 보였다. 2호 습지 TOC 유입부하량은 4.1kg/d이고, 유출부하량은 7.3kg/d로 -75.9%의 정화효율을 보였다. COD에서 기술한 바와 같이, 지속된 가뭄 및 일시적 강우 등의 영향으로 수질개선시설의 기능이 저하되어 가시적인 수질개선효과가 나타나지 않기 때문인 것으로 판단할 수 있다. 이와 같이 인공습지를 이용한 수질개선 효과는 날씨, 특히 강우에 의해 크게 좌우될 수밖에 없기 때문에 연중 일정한 수량의 유입수가 인공습지를 통과하면서 정화될 수 있도록 유지·관리하는 것이 중요할 것으로 생각된다.



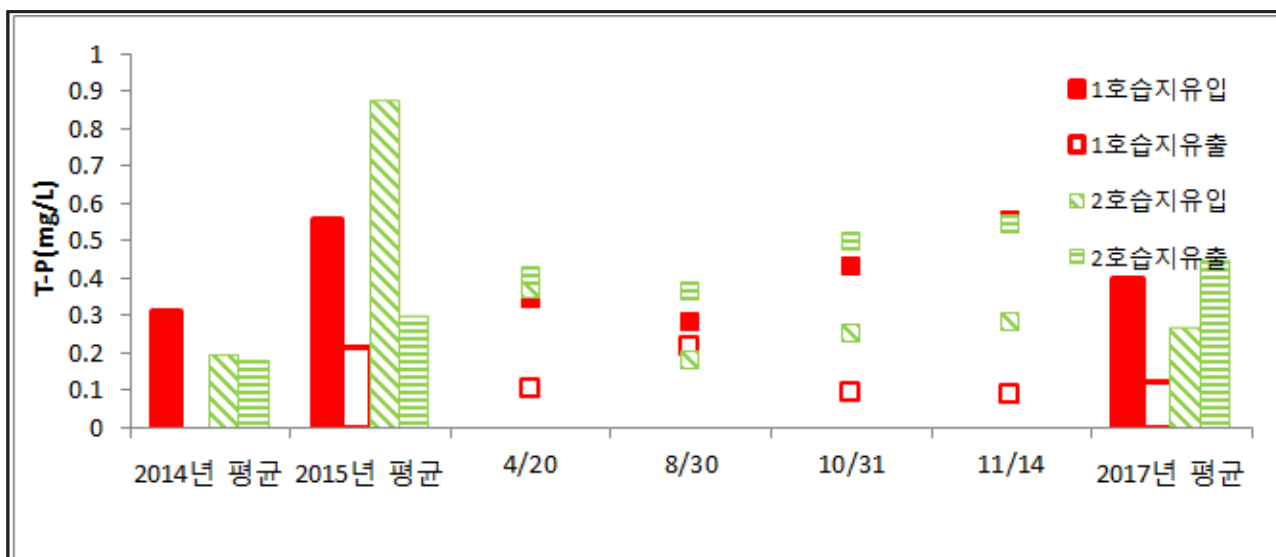
[그림 14-3-4] 상성저수지 인공습지 유입수 및 유출수 TOC 변화

- '17년 평균 T-N은 1호 습지 유입수가 3.709mg/L이었으며, 유출수는 1.259mg/L로 나타났다. 2호 습지에서는 유입수가 5.414mg/L, 유출수가 2.845mg/L로 조사되었다.
- '14년~'17년(강우시 포함)까지 1호 습지의 T-N 유입부하량은 25.6kg/d이고, 유출부하량은 17.1kg/d로 낮아져 33.1%의 정화효율을 보였다. 2호 습지 T-N 유입부하량은 7.4kg/d이고, 유출부하량은 5.8kg/d로 21.0%의 정화효율을 보였다.



[그림 14-3-5] 상성저수지 인공습지 유입수 및 유출수 T-N 변화

- 평균 T-P는 1호 습지 유입수가 0.401mg/L, 유출수가 0.124mg/L로 나타났고, 2호 습지에서는 유입수가 0.270mg/L, 유출수가 0.451mg/L로 조사되었다.
- '14년~'17년(강우시 포함)까지 1호 습지 T-P 유입부하량이 2.5kg/d이고, 유출부하량은 1.5kg/d로 39.6%의 정화효율을 보였다. 2호 습지 T-P 유입부하량은 0.4kg/d 이고, 유출부하량은 0.5kg/d로 -38.6%의 정화효율을 보였다.



[그림 14-3-6] 상성저수지 인공습지 유입수 및 유출수 T-P 변화

- 이상의 결과를 전체적으로 살펴보면, 상성저수지 인공습지에서 유기물의 정화효과는 미미한 것으로 나타났는데, 이는 2014년부터 지속된 가뭄의 영향이 가장 큰 것으로 판단된다. 특히 2015년에는 연강수량이 728mm에 불과할 정도로 가뭄이 극심하였고,

이후에도 2016년까지 가뭄이 지속되었을 뿐만 아니라, 2017년에도 연강수량(1,304.6mm)의 82.8%(1,079.6mm)가 7~8월에 집중되어 사실상 가뭄이 지속되었던 것으로 볼 수 있다. 이렇게 가뭄이 지속된 이후 짧은 기간에 집중적인 호우가 반복 되면, 갈수기 동안 습지 내에 침적된 오염물질이 집중 호우시 대량으로 유입되어 수질 오염이 더욱 가중될 수 있다.

### 14.3.2 침강지 수질개선효과

- 강우량 30mm/day를 초과하는 하천수는 침강지로 유입되어 오염물질이 처리되고 있으며, 이러한 상성지구 침강지의 수질개선 효과를 파악하기 위하여 인공습지와 마찬가지로 1년간 총 5회(평시 4회, 강우시 1회)에 걸쳐 1호 침강지에서 수질조사를 수행하였다.
- '17년 평균 수온은 침강지 유입수가 13.2℃이었고, 유출수가 15.6℃로 유입수에 비해 유출수의 수온이 상대적으로 더 높게 나타났다. 이는 침강지의 구조적 특성 때문인데, 즉 침강지는 인공습지와는 달리 수표면이 햇빛에 그대로 노출되어 있고, 침강지로 유입된 유입수는 대체적으로 오랜 시간 정체하면서 수온이 상승하는 것이 일반적인 현상이라고 할 수 있다.
- '17년 평균 pH는 침강지 유입수가 7.6, 유출수가 7.8을 나타내었다.
- '17년 평균 EC는 침강지 유입수가 467 $\mu$ S/cm, 유출수가 328 $\mu$ S/cm를 나타내었으며, 유·출입수 모두 식물생장에 지장이 없는 권장기준(700 $\mu$ S/cm이하)을 만족하였다.
- '17년 평균 DO는 침강지 유입수가 4.3mg/L이었고, 유출수로 8.9mg/L로 나타났으며, 모두 농업용수 권장기준인 2.0mg/L 이상을 만족하고 있는 것으로 조사되었다.
- '17년 평균 SS는 침강지 유입수에서 4.9mg/L, 유출수에서 22.3mg/L로 유출수가 상대적으로 더 높은 값을 보였는데, 이것은 최근까지 지속된 가뭄의 영향에 의해 유입수량이 부족하여 침강지에서 얇은 수심을 유지하게 되고, 퇴적물의 재부유, 조류의 증식 등 복합적인 영향에 의해 상대적으로 부유물 농도가 증가하기 때문인 것으로 판단된다.
- '14년~'17년(강우시 포함)까지 침강지 SS 유입부하량은 276.2kg/d이고, 유출부하량은 199.3kg/d로 낮아져 27.9%의 정화효율을 보였다. 그러나 '14년~'17년(강우시) SS 유입 부하량은 1,068.7kg/d, 유출부하량은 390.7kg/d로 63.4%의 정화효율을 보였다. 이상과 같이 침강지는 본래의 목적인 일강우량 30mm를 초과하는 하천수의 오염 물질 처리 기능이 효과적으로 잘 유지되고 있다고 할 수 있다.

[표 14-3-5] 상성저수지 침강지 수질변화

구 분		'14년	'15년	'17년 평상시 및 강우시					
		평균	평균	1차	2차	3차	4차	평균	강우시
수온 (°C)	유입수	19.8	22.8	12.8	18.9	12.1	8.8	13.2	24.7
	유출수	21.1	23.8	15.0	20.7	15.8	10.8	15.6	31.2
pH	유입수	9.5	7.5	7.3	7.5	7.6	7.8	7.6	7.4
	유출수	9.9	7.2	7.7	7.3	8.1	8.2	7.8	9.7
EC ( $\mu$ S/cm)	유입수	249	208	363	274	568	662	467	398
	유출수	220	253	426	226	401	260	328	255
DO (mg/L)	유입수	9.5	4.3	3.6	8.8	3.3	1.5	4.3	6.2
	유출수	10.4	3.4	7.5	6.5	10.2	11.2	8.9	15.7
SS (mg/L)	유입수	11.1	174.7	3.0	4.8	7.0	4.9	4.9	1.4
	유출수	11.9	22.2	21.7	20.3	34.9	12.3	22.3	11.4
COD (mg/L)	유입수	12.3	13.0	9.4	5.0	7.2	10.0	7.9	6.8
	유출수	10.3	8.6	14.4	14.0	12.8	9.4	12.7	19.2
TOC (mg/L)	유입수	6.6	4.9	6.20	3.60	4.30	6.80	5.2	4.60
	유출수	5.7	5.0	7.60	6.90	5.00	5.10	6.2	7.60
T-N (mg/L)	유입수	4.088	3.046	2.988	6.297	2.887	2.665	3.709	8.419
	유출수	1.543	1.136	1.477	2.548	1.278	1.246	1.637	2.393
T-P (mg/L)	유입수	0.310	0.698	0.342	0.279	0.430	0.554	0.401	0.367
	유출수	0.127	0.352	0.232	0.142	0.098	0.058	0.133	0.158

[표 14-3-6] 상성저수지 침강지 정화효율

구 분		'14~'17년 전체		'14~'17년 평상시		'14~'17년 강우시	
		부하량	정화효율 (%)	부하량	정화효율 (%)	부하량	정화효율 (%)
SS (kg/d)	유입수	276.2	27.9	78.1	-93.9	1,068.7	63.4
	유출수	199.3		151.4		390.7	
COD (kg/d)	유입수	38.1	-217.1	11.6	-920.4	144.0	10.0
	유출수	120.8		118.6		129.7	
TOC (kg/d)	유입수	24.2	-184.0	8.3	-703.6	88.0	11.2
	유출수	68.8		66.5		78.2	
TN (kg/d)	유입수	23.9	14.1	13.1	-35.4	66.9	52.7
	유출수	20.5		17.7		31.6	
TP (kg/d)	유입수	1.8	-34.7	0.6	-128.4	6.7	0.3
	유출수	2.5		1.4		67	

- 평균 COD는 침강지 유입수에서 7.9mg/L, 유출수에서 12.7mg/L로 유출수가 상대적으로 더 높은 값을 보였다.
- '14년~'17년(강우시 포함)까지 침강지 COD 유입부하량은 38.1kg/d이고, 유출부하량은 120.8kg/d로 -217.1%의 정화효율을 보였다. 침강지는 강우시 유입된 입자성 오염물질을 1차적으로 가라앉히는 역할을 하게 되며, 이때 유입수의 체류시간 증가로 인해 내부생산량이 함께 증가하고, 조류발생 등에 의해 유기물의 농도가 오히려 증가할 수 있는 환경이 조성된다. 그러나 비가 내리지 않는 평상시에는 하천수가 인공습지로 유입되어 유기물이 효과적으로 제거되는 것이고, 이는 SS 결과에서 확인할 수 있었다.
- '17년 평균 TOC는 침강지 유입수에서 5.2mg/L, 유출수에서 6.2mg/L로 유출수가 상대적으로 더 높은 값을 보였다.
- '14년~'17년(강우시 포함)까지 침강지 TOC 유입부하량은 24.2kg/d이고, 유출부하량은 68.8kg/d로 -184.0%의 정화효율을 보였다.
- '17년 평균 T-N은 3.709mg/L, 유출수에서 1.637mg/L로 유출수에서 크게 감소하는 경향을 보였다.

- '14년~'17년(강우시 포함)까지 1호 침강지 T-N 유입부하량은 23.9kg/d이고, 유출부하량은 20.5kg/d로 낮아져 14.1%의 정화효율을 보였다.
- '17년 평균 T-P는 0.401mg/L, 유출수에서 0.133mg/L로 유출수에서 감소하였다.
- '14년~'17년(강우시 포함)까지 1호 침강지 T-P 유입부하량은 1.8kg/d이고, 유출부하량은 2.5kg/d로 낮아졌다.
- 이상의 결과들을 전체적으로 살펴보면, 상성지구 침강지의 유기물 정화효율은 거의 없거나 비교적 미미한 것으로 나타나고 있지만, 이는 침강지의 설치목적이 유기물 정화에 있지 않을 뿐만 아니라, 침강지의 구조적 특성상(체류시간 증가, 일조량 증가, 수온 상승 등) 조류가 대량으로 증식하기 좋은 조건이 형성될 수 있기 때문이다. 그러나 침강지내 체류시간 증가에 따른 입자성 부유물질(SS) 및 영양염류(T-N, T-P)의 제거효율은 상대적으로 높게 나타나고 있는 것으로 확인되었다.

### 14.3.3 퇴적물 조사 결과

- 퇴적물 분석결과 1호 인공습지에서 채취한 퇴적물의 입도는 모래 83.2%, 미사 10.8%, 점토 6.0%로써 LS(양질사토)이고, 침강지의 퇴적물은 모래 35.5%, 미사 53.5%, 점토 11.0%로써 SiL(미사질양토)로 분류 되었다.
- 1호 인공습지와 침강지의 pH는 각각 6.3, 9.0으로 나타났다.
- EC는 인공습지 0.064dS/m, 침강지 0.680dS/m로써 식물성장 매체로 적합한 4.0 dS/m 이하를 만족하고 있었다.
- 유기물은 인공습지 1.429%, 침강지 6.771%이고 유효인산은 인공습지 67.04mg/kg, 침강지 136.89mg/kg로 조사되었다.
- 인공습지의 강열감량은 2.6%, T-N은 1,199.9mg/kg, T-P는 357.3mg/kg으로 국립환경과학원의 호소퇴적물 오염평가기준을 모두 만족하는 것으로 나타났다.
- 침강지의 강열감량은 11.7%, T-N은 4,238.0mg/kg, T-P는 1,443.8mg/kg으로 조사되어 인공습지와 마찬가지로 국립환경과학원의 호소퇴적물 오염평가 기준 IV등급 미만으로 양호한 상태로 조사되었다.

[표 14-3-기] 상성저수지 인공습지 및 침강지 퇴적물 조사 결과

지 점	토성	pH	EC (dS/m)	OM (유기물,%)	강열감량 (%)	유효인산 (mg/kg)	총질소 (mg/kg)	총인 (mg/kg)
인공습지	LS(양질사토)	6.3	0.064	1.429	2.6	67.04	1,199.9	357.3
침강지	SiL(미사질양토)	9.0	0.680	6.771	11.7	136.89	4,238.0	1,443.8

[표 14-3-8] 호소 퇴적물 오염평가 기준

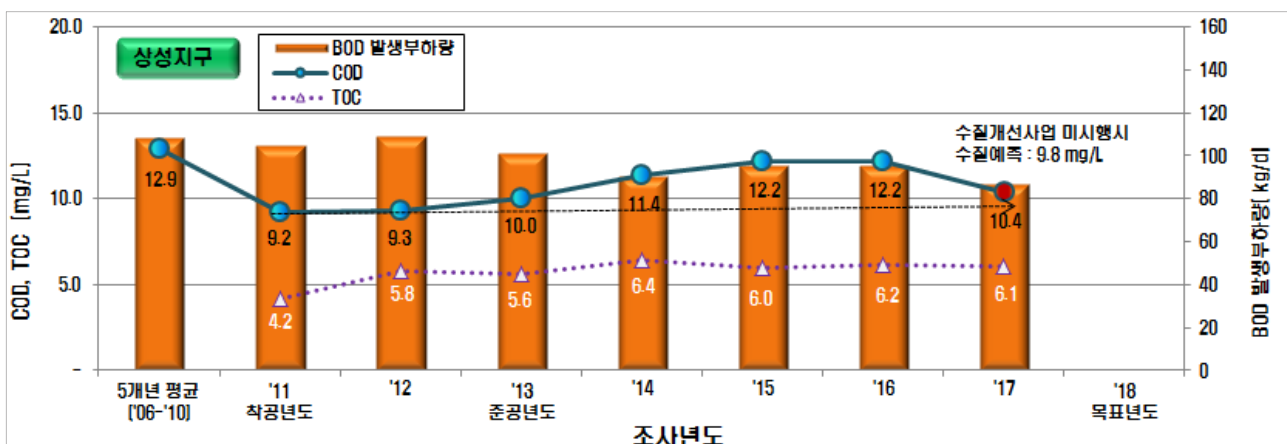
항 목		등 급	I	II	III	IV
유기물 및 영양염류	완전연소가능량(%)			-		13 초과
	총질소(mg/kg)			-		5,600 초과
	총인(mg/kg)			-		1,600 초과

비고 : 1. 등급별 퇴적물의 상태<유기물, 영양염류> - IV 등급 : 심각하고 명백한 오염

\* 자료 : 국립환경과학원예규 제687호, 2015년

### 14.4. 저수지 수질변화 및 개선효과

- 상성저수지 수질개선시설은 운영 4년차로, 준공년도인 2013년도 BOD 발생부하량은 101.1kg/d로 나타났으나, 2014년에 90.3kg/d으로 감소하였고, 2017년에 다시 86.4 kg/d로 감소되었다.
- 그러나 상성저수지의 COD 농도는 2013년 10.0mg/L에서 2014년 11.4mg/L, 2015년 12.2mg/L, 2016년 12.2mg/L로 꾸준히 높아지는 경향을 나타냈으며, 2017년에는 10.4mg/L로 작년에 비해 다소 낮아진 것으로 조사되었다.
- TOC 농도는 2013년 5.6mg/L에서 2017년 6.1mg/L로 큰 변화없이 일정한 경향을 보였다.
- 이와 같이 오염부하량 감소에도 불구하고 호내 오염도가 지속적으로 상승하는 것은, 수년간 지속되고 있는 가뭄으로 인한 유입수량 급감과 평년보다 높은 기온 등 이상 기후가 다른 수질악화 요인보다 크게 영향을 끼친 것으로 나타났다.

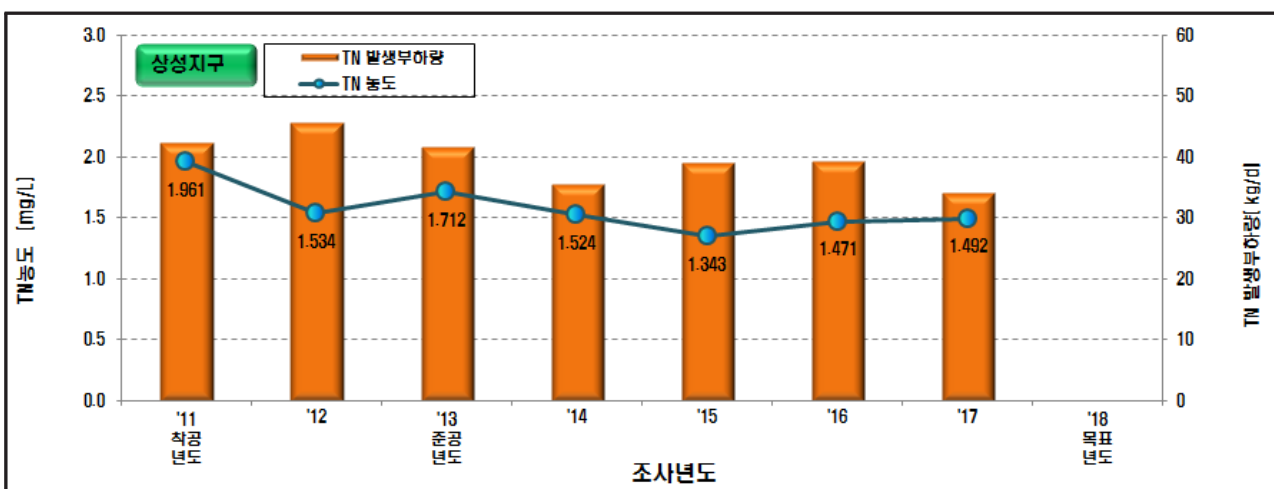


[그림 14-4-1] 상성저수지 유역 연도별 BOD 발생부하량 및 COD, TOC 농도 변화

[표 14-4-1] 상성저수지 월별 저수율 현황

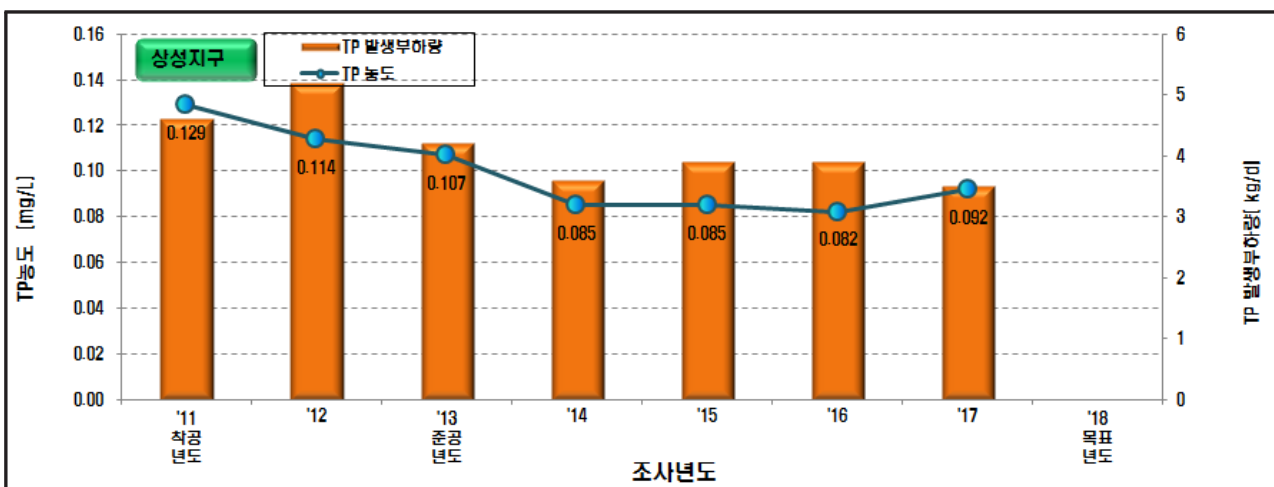
구 분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
월평균(%)	99.5	99.5	99.5	99.8	86.7	63.6	80.6	51.8	39.0	48.8	58.6	99.9

- 상성저수지 유역의 T-N 발생부하량은 준공년도인 2013년의 41.5kg/d에 비해 2017년에는 34.1kg/d로 낮아졌다. 또한 저수지의 T-N 농도는 2013년에 1.712mg/L에서 2017년에는 1.492mg/L로 개선되는 등 인공습지 및 침강지에서 총질소의 처리효율이 나타나고 있는 것으로 판단된다.



[그림 14-4-2] 상성 유역 연도별 T-N 발생부하량 및 T-N 농도 변화

- T-P의 경우 오염부하 발생부하량이 준공년도인 2013년에 4.2kg/d에 비해 2017년도에는 3.5kg/d로 낮아졌고, 저수지의 T-P 농도 역시 준공이후 지속적으로 감소하는 경향을 보였다.



[그림 14-4-3] 상성 유역 연도별 T-P 발생부하량 및 T-P 농도 변화



## 14.5. 현장적용성 향상 및 유지관리 방안

- 수질개선사업지구는 공통적으로 유지관리상 인공습지 내 유기물질 발생원인인 식생 제거가 주기적으로 필요하다. 특히 상성지구 2호 습지의 경우 마름, 연 등이 대량 증식하였다가 가을, 겨울철에 고사하면서 부식되어 수질악화가 가중되는 양상을 보인다.
- 또한 상성지구는 하천 유사량이 많은 지역으로 자동전도식의 취입보와 침강지내의 퇴적 토사에 대한 관리를 보다 적극적으로 해야 하며, 퇴적토 준설과 침강지내 정체된 물의 재순환처리 등의 대책이 추가되어야 할 것으로 판단된다.
- 강우 시 상류 침수에 따른 민원이 빈번하게 발생하고 있으며, 이에 따라 인공습지 취입보의 세심한 관리가 필요하다.

## 14.6. 요약

- 운영 4년차인 상성지구의 최근 4년간('14~'17년, 전체) 수질개선시설의 시설별 수질 정화효율은 다음과 같다.
  - 1호 인공습지: SS 51.8%, COD - 54.3%, TOC - 63.4%, T-N 33.1%, T-P 39.6%
  - 2호 인공습지: SS 59.6%, COD - 65.6%, TOC - 75.9%, T-N 21.0%, T-P - 38.6%
  - 1호 침강지: SS 63.4%, COD 10.0%, TOC 11.2%, T-N 52.7%, T-P 0.3%

※ 침강지는 '14~'17년(강우시) 결과임
- 상성저수지 인공습지의 유기물 정화효율은 비교적 미미한 것으로 나타났는데, 이는 2014년부터 지속된 가뭄의 영향이 큰 것으로 판단된다. 2015년에는 연강수량이 728mm에 불과하였고, 2017년에도 연강수량(1,304.6mm)의 82.8%(1,079.6mm)가 7~8월의 짧은 기간에 집중되어 사실상 가뭄이 지속되었다.
- 상성저수지 침강지내 입자성 부유물질(SS) 및 영양염류(T-N, T-P)의 제거효율은 상대적으로 높게 나타나고 있는 것으로 확인되어 침강지 기능을 잘 유지하고 있는 것으로 판단된다.
- 인공습지 및 침강지의 퇴적물 조사 결과, 모든 분석항목에서 국립환경과학원의 호소 퇴적물 오염평가 기준 IV등급 미만의 양호한 상태로 나타났다.
- 상성저수지의 COD, TOC 농도는 2016년에 각각 12.2mg/L, 6.2mg/L이었고, 17년에 각각 10.4mg/L, 6.1mg/L로 다소 감소하였지만, 여전히 높은 값을 나타내었다.

- 오염부하량이 감소하는 경향을 보이고 있지만 호내 오염도는 크게 감소되지 않고 있는데, 이것은 최근까지 지속된 가뭄으로 유량이 감소하였고, 그에 따른 저수지 물교환율 감소, 오염물질의 축적 및 정체, 퇴적물로부터의 영양염류 용출, 내부생산 물질의 증가 축적, 수질개선시설의 기능저하 등의 요인이 복합적으로 작용한 것으로 판단할 수 있다.
- 즉, 2014년 이후 최근까지 극심한 가뭄으로 인공습지 유입수량이 절대적으로 부족하여 수질개선시설의 정상적인 운영이 어려운 경우가 많았고, 수생식물이 충분히 정착된 시설의 경우도 가뭄에 따른 체류시간의 과도한 증가, T-P의 침적 등으로 수질개선시설의 정화효율이 적정하게 유지되지 못하여 가시적인 수질개선 효과가 나타나지 않고 있는 것으로 판단된다.
- 수질개선시설에 의한 개선효과는 설치된 인공습지 등의 시설이 정상적으로 운영되어야 설계된 처리효율을 발휘하고, 그로부터 저수지의 수질도 점차 개선될 것이라고 기대할 수 있는데, 최근 4년간 모니터링 결과를 살펴보면, 시설별 처리효율은 어느 정도 유지하고 있으나 당초 설계와는 다른 매우 낮은 유입유량과 유입농도의 변화 등으로 인해 최적의 처리효과를 기대하기 어려운 것으로 판단된다.
- 따라서 강우 시 유입수를 최대한 인공습지로 유도하고, 식생을 적정시기에 제거하는 등 수질개선시설에 대한 세심한 유지관리가 필요하다고 할 수 있다.

# 15. 도덕지구

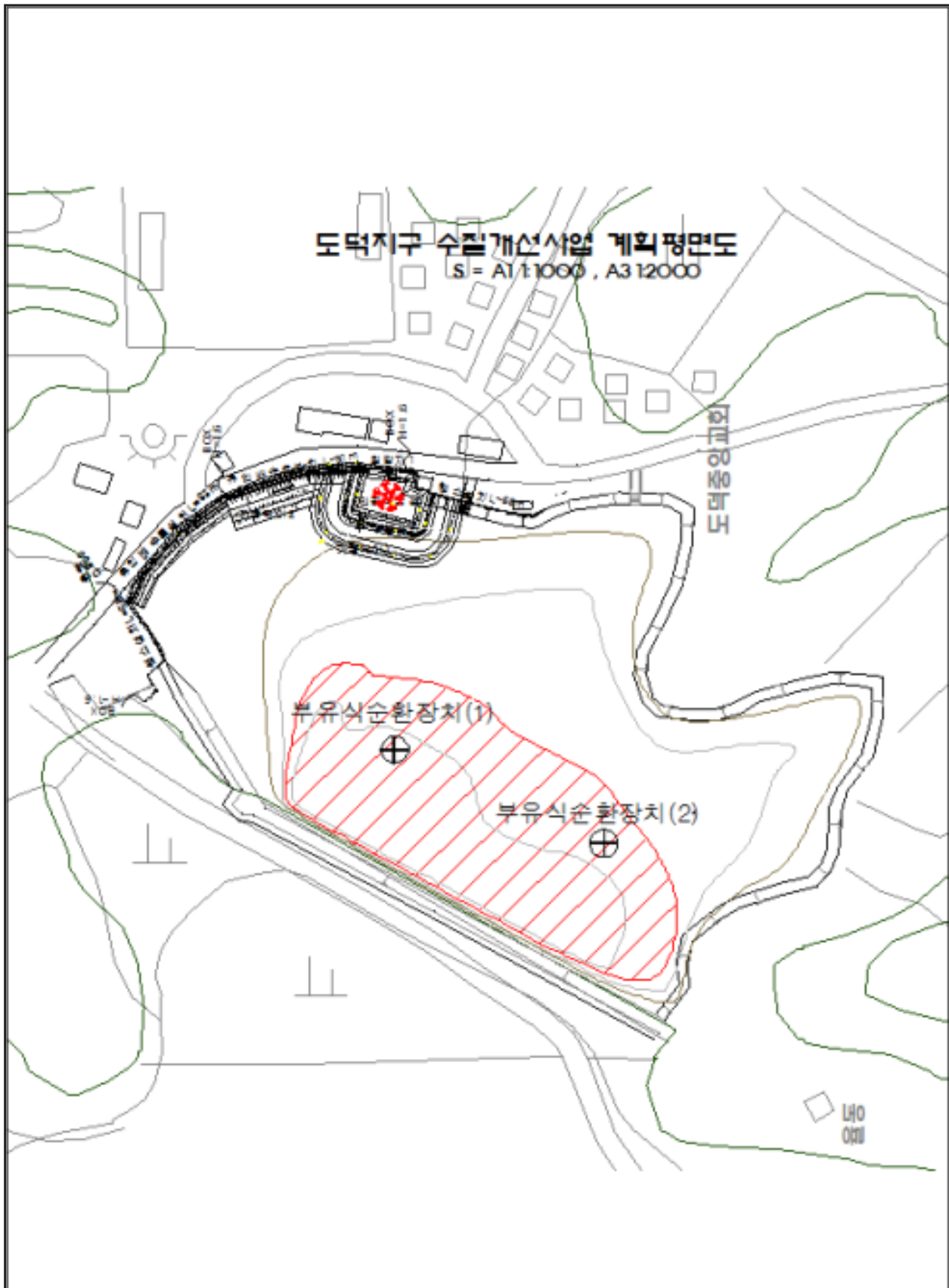
---



- 15.1. 지구현황
- 15.2. 기상 및 수질현황
- 15.3. 시설별 수질개선효과
- 15.4. 저수지 수질변화 및 개선효과
- 15.5. 현장적용성 향상 및 유지관리 방안
- 15.6. 요약



## 도덕지구 수질개선사업 평면도





## 15.1. 지구현황

### 15.1.1 저수지 현황

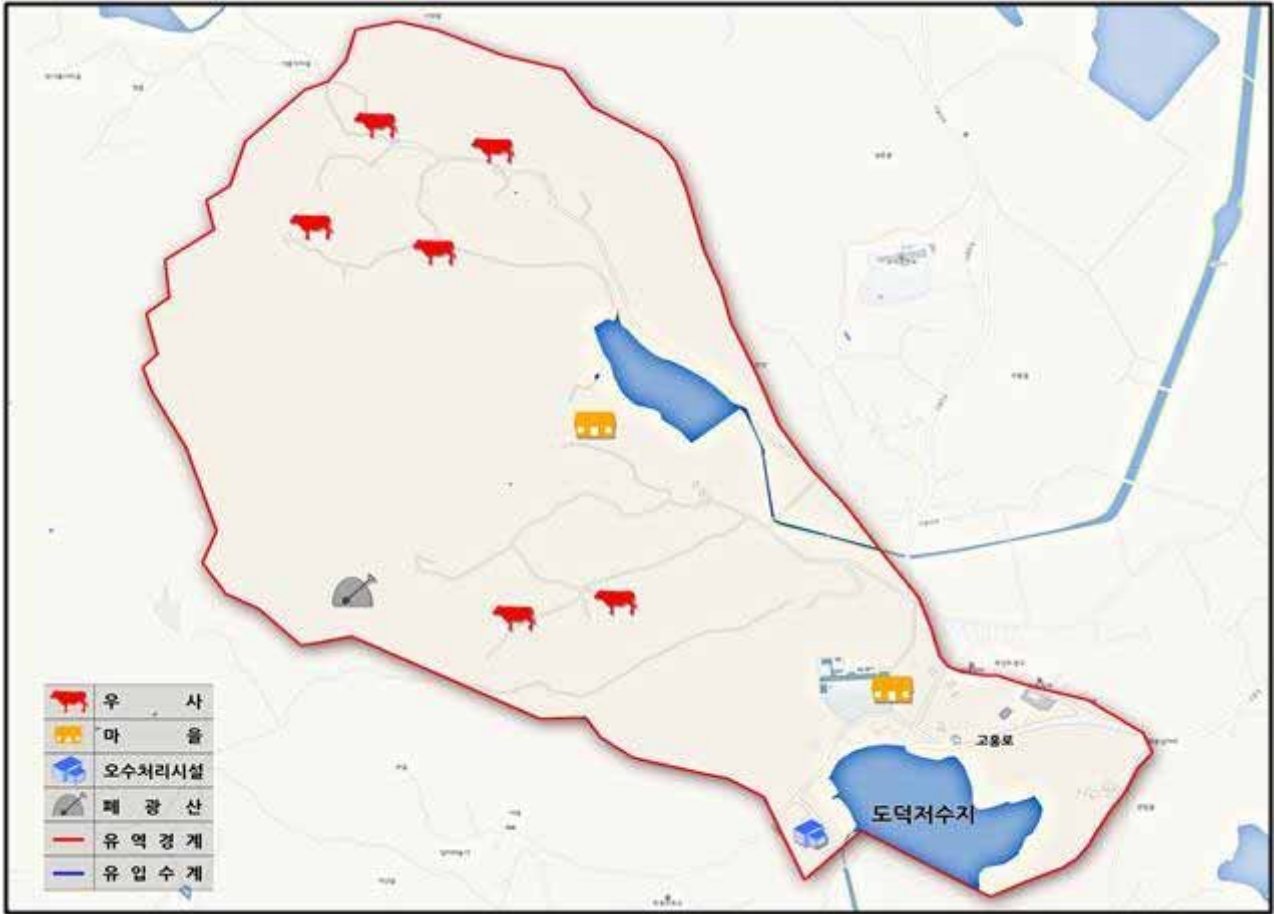
#### 1) 유역현황

- 도덕저수지는 전라남도 고흥군 도덕면 도덕리에 위치하며, 고흥군의 동쪽은 순천만과 여자만을 사이에 두고 여수시와 인접해 있으며, 서쪽은 장흥군 관산읍 및 완도군과 인접해 있으며, 남쪽은 여수시 삼산면 손죽열도와 인접해 있으며 북부와 북서부는 득량만을 사이에 두고 보성군과 접경하고 있다.

[표 15-1-1] 도덕저수지 경위도상 위치

소재지	단	경도와 위도의 극점			연장거리
		지명	극점		
			동경	북위	
고흥군 도덕면	동단	도덕면 도덕리	127° 17' 35''	34° 56' 52''	동서간 0.42km
	서단	도덕면 도덕리	127° 17' 80''	34° 56' 45''	
	남단	도덕면 도덕리	127° 17' 66''	34° 56' 30''	남북간 0.31km
	북단	도덕면 도덕리	127° 17' 46''	34° 56' 58''	

- 도덕저수지는 행정구역상 유역은 도덕면 도덕리의 3개 자연부락(장동, 학동, 회룡마을)을 포함하고 있으며, 평야부에 위치하여 직접 유역이 협소하여 북서쪽 회룡제로부터 도수로를 통해 공급 받은 용수를 주수원으로 이용하고 있다. 유역 대부분이 해발 100 ~ 200m의 완경사지이며, 대부분은 농경지로 이용되고 있어 수계의 발달이 미약한 실정이다.



[그림 15-1-1] 도덕저수지 유역도

## 2) 일반현황

- 도덕저수지는 전남 고흥군 도덕면 도덕리 일원에 위치하며 설치년도는 1959년이고, 유역면적은 256ha, 수혜농지는 94.1ha, 만수면적은 7.3ha이다. 본 사업지구인 도덕저수지는 하류 농경지 256ha에 관개하는 도덕면의 중요한 농업용수원이다.

[표 15-1-2] 도덕저수지 일반현황

소재지	전라남도 고흥군 도덕면 도덕리	
설치년도	1959년	
유역면적	256 ha	
유효저수량	316 천m <sup>3</sup>	
수혜농지	94.1 ha	
만수면적	7.3 ha	
관리주체	한국농어촌공사 고흥지사	



## 15.1.2 수질개선시설 현황

### 1) 주요대책

- 도덕저수지의 수질개선 대책은 유기물질에 대한 제거효과와 유량변동에 대한 대처 능력이 높고, 자연정화기능을 이용하는 생태공학적 수질개선공법의 일종인 침강지 설치에 수질개선공법으로 선정되었다.

침강지의 설치면적은 1,147㎡, 부딪은 L=87m 로 운영 중이며, 호내 내부생산성 제어와 이상 녹조발생을 방지하기 위해 물순환장치 2기를 설치하였으며, 침강지 내 인공 식물섬 181㎡가 설치되어 있다.

[표 15-1-3] 도덕저수지 수질개선시설 현황

구분	대안	시설	규모	비고
<input type="checkbox"/> 상류대책				
1	하수처리	소규모하수도	30m <sup>3</sup> /일	
<input type="checkbox"/> 호내대책				
1	평시 및 강우 유출수 처리	침강지	면적 : 1,147 m <sup>2</sup> 부딪 : 87 m	
2	침강지 녹조발생 억제	인공식물섬	면적 : 181 m <sup>2</sup>	
3	저수지내 물순환	부유식 순환장치	1일 물순환량 : 55,000m <sup>3</sup>	2개소
4	저수지내 오염물질 제거	퇴적토 제거	처리량 : 8,552m <sup>3</sup>	

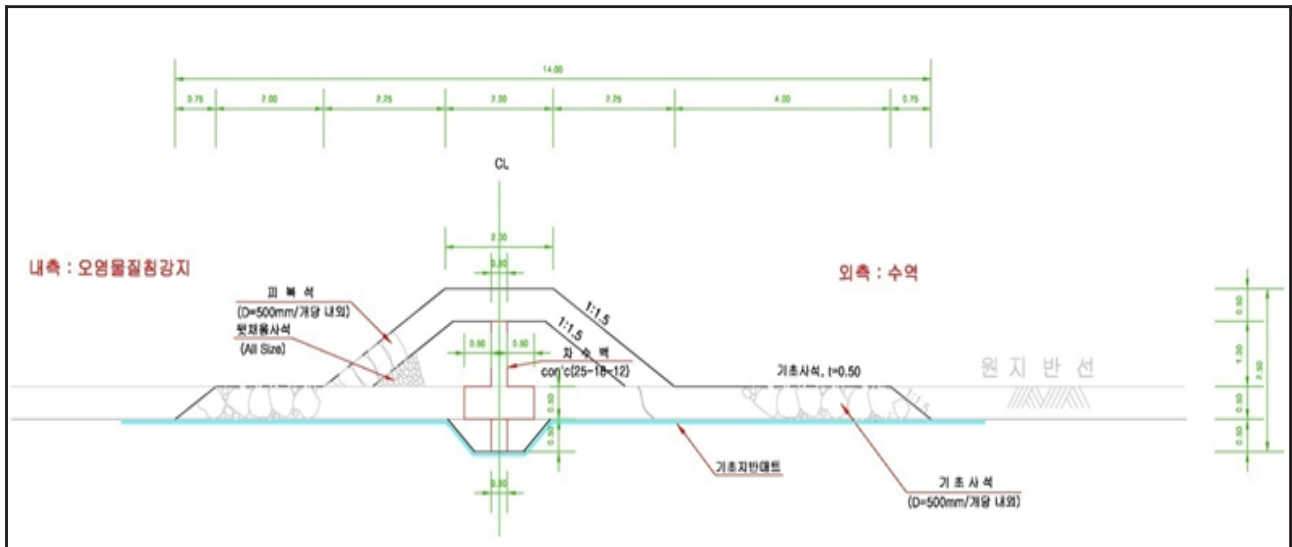
### 2) 침강지

- 침강지 위치는 직접유역 중 오염물질 유입이 가장 많은 도덕저수지 유입부인 하천 말단부 저수지내에 계획하였다.

“농업용수 수질개선사업 조사·설계 메뉴얼” (2006년 한국농촌공사 농어촌연구원)에 의하면 침강지내에서의 체류시간은 6시간 정도만 되어도 높은 정화효과를 기대할 수 있으며, 12시간 정도로 증가시키는 것이 수질정화 및 홍수조절에 유리한 것으로 되어 있다. 본 지구의 침강지 규모는 유역의 유출량(일평균 30mm 초과 유출시 침강지 유입량)에 대하여 체류시간을 약 6시간 이상 확보할 수 있도록 계획하였다. 이를 바탕으로 침강지면적은 1,147㎡로 계획하였다.

[표 15-1-4] 침강지 특성표

구 분	유 역		일30mm 초과유입량 (m <sup>3</sup> /일)	계획 수심 (m)	수표 면적 (m <sup>2</sup> )	계획 내용적 (m <sup>3</sup> )	체류 시간 (hr)	비 고
	유역 구분	면적 (ha)						
침강지	1	18	3,886.6	2.0	1,147.0	2,832.8	6.0	



[그림 15-1-2] 침강지 평면도

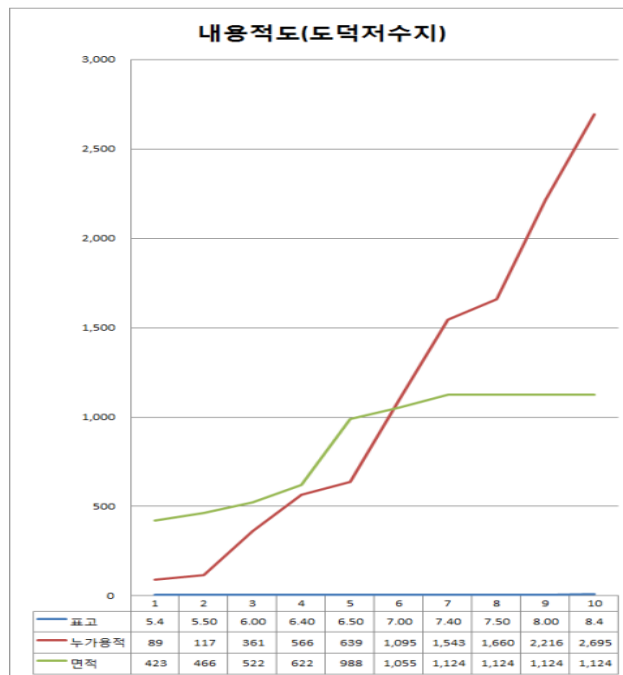


[그림 15-1-3] 침강지 시설현황

- 도덕저수지 침강지의 내용적을 2017년 9월 11일부터 9월 28일까지 측량하고, 그 결과를 [표 15-1-5]과 [그림 15-1-4]에 나타내었다.

[표 15-1-5] 침강지 내용적 측량 결과

구 분	관측전 면적(m <sup>2</sup> )	관측전 내용적(m <sup>3</sup> )	관측후 내용적(m <sup>3</sup> )	내용적 퇴적량(m <sup>3</sup> )	퇴적율 (%)
침강지	1,147.0	2,832.8	2,695.3	137.5	4.9



[그림 15-1-4] 침강지 내용적도

### 3) 기타 수질개선시설 및 보수현황

- 호내 내부생산성 제어와 이상 녹조발생을 방지하기 위해 물순환장치 2기를 설치하였고, 침강지 녹조발생 억제를 위해 181m<sup>2</sup> 인공식물섬을 설치하였고 현재까지 정상적으로 운영되고 있다.
- '16년 물순환장치 보수 개요
  - 사업비 : 9,810천원
  - 사업기간 : 2016. 12. 02. ~ 2016. 12. 21.
  - 사업내용 : 노후된 태양광설비를 상용전기 전원공급 장치로 교체



[그림 15-1-5] 기타 수질개선시설 현황

## 15.2. 기상 및 수질현황

### 15.2.1 기상현황

#### 1) 기온

- 고흥기상대에서 조사된 최근의 조사시기별 기온은 [표 15-2-1]와 같다. 시행 전인 2010년 평균기온은 13.7℃로 평년기온 13.6℃와 유사하였고, 운영 첫해인 2013년의 경우 평균기온은 14.0℃로 평년기온보다 높은 편이었다. 그 후 2014년에서 2016년까지 14.0~14.2℃로 유사하게 평년기온을 상회하다가, 2017년에는 14.8℃로 평년보다 크게 상승하는 경향을 보였다.

[표 15-2-1] 도덕저수지 유역 사업시행 전·후 월별 기온 분포

[단위 : °C]

구 분		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균
시행전	2010년	1.1	4.4	7.2	10.6	17.1	21.7	25.2	27.1	23.1	16.0	8.2	3.1	13.7
	2011년	-1.7	3.6	5.9	12.2	17.7	21.9	25.9	25.5	22.4	15.3	12.8	2.8	13.7
시행중	2012년	1.3	1.2	7.2	13.0	18.6	21.8	25.4	27.0	21.1	15.5	8.5	1.6	13.5
	2013년	0.7	2.9	8.0	11.3	17.8	22.0	26.5	27.4	22.2	16.9	8.8	3.9	14.0
시행후	2014년	2.2	4.6	8.8	13.8	18.1	21.5	24.3	24.3	21.7	16.2	10.3	2.6	14.0
	2015년	2.9	3.8	8.0	13.3	18.4	20.9	24.0	24.8	20.8	15.7	11.5	5.4	14.1
	2016년	1.3	3.3	7.8	13.8	18.0	21.5	25.3	26.6	22.1	16.9	9.2	4.7	14.2
	2017년	2.0	3.0	6.7	14.1	18.2	21.0	26.4	26.3	21.4	16.3	7.9	1.1	14.8
평년값		1.3	3.0	7.2	12.7	17.3	21.1	24.7	25.7	21.6	15.7	9.2	3.5	13.6

## 2) 강수량

- 총 강수량은 시행 전인 2010년에는 총1,533.2mm이었으나, 운영 첫해인 2013년에는 1,183.0mm로 시행 전보다 강수량이 크게 감소했다. 그 후, 2014년에서 2016년까지 1,354.2~1,851.2mm로 강수량이 평년과 비슷하거나 크게 증가했다. 하지만, 2017년에는 평년 강수량 1,453.6mm보다 현저히 부족한 1,104.3mm로 강우량이 급감하였다.

[표 15-2-2] 도덕저수지 유역 사업시행 전·후 월별 강수량 분포 (단위 : mm)

구 분		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합계
시행전	2010년	25.0	102.0	127.8	173.5	170.7	85.7	271.2	324.3	184.2	33.5	7.0	28.3	1,533.2
시행중	2011년	0.0	85.5	40.0	109.8	158.9	226.5	424.6	409.7	25.2	45.2	182.1	8.6	1,716.1
	2012년	9.5	36.7	170.0	255.0	51.6	51.0	276.9	438.1	315.1	48.0	51.0	89.0	1,791.9
	2013년	17.7	74.5	81.1	86.2	217.9	72.5	195.9	224.5	91.4	48.5	68.8	4.0	1,183.0
시행후	2014년	13.6	37.4	111.2	95.5	123.1	185.5	302.2	655.7	121.3	111.5	85.1	9.1	1,851.2
	2015년	30.5	50.5	77.9	297.1	153.5	113.6	227.0	166.0	82.8	62.0	70.1	23.2	1,354.2
	2016년	57.5	56.2	84.2	264.7	128.2	117.5	173.3	47.4	302.2	193.7	107.2	109.8	1,641.9
	2017년	13.1	38.8	26.5	74.2	30.1	274.7	269.5	109.8	126.6	139.6	1.4	3.5	1,104.3
평년값		27.7	48.9	80.6	120.1	140.2	216.0	266.7	268.7	175.1	43.6	46.7	19.3	1,453.6

## 15.2.2 수질현황

### 1) 목표수질

- 도덕저수지의 목표수질은 농업용수 관리기준(IV등급) COD 8.0mg/L, T-N 1.0mg/L, T-P 0.1mg/L으로 설정되었다. 인공습지와 침강지의 설계조건과 처리효율을 적용하여 목표연도인 2017년의 저수지의 수질을 예측한 결과 COD가 6.9mg/L, T-N 1.645mg/L, T-P 0.091mg/L이었다.

[표 15-2-3] 도덕저수지 목표수질

구 분	목표수질	기본계획 수립시 ('09년)	예측수질 ('17년)
COD(mg/L)	8.0 이하	8.4	6.9
TOC(mg/L)	6.0 이하	-	-
T-N (mg/L)	1.0 이하	2.217	1.645
T-P (mg/L)	0.1 이하	0.124	0.091
수질등급	IV등급	V등급	IV등급

## 2) 오염원 현황

- 도덕저수지 유역내에는 양식계와 매립계는 없으며, 생활계, 축산계, 토지계에 대한 조사결과는 [표 15-2-4]와 [표 15-2-5]에 나타내었다.
- 점오염원 중 인구는 사업시행 전인 2010년에는 490명이었으나, 준공년도인 2013년에는 509명까지 증가했다가 그 이후 지속적으로 감소하여 2017년에는 479명까지 줄었다.

[표 15-2-4] 도덕저수지 유역 내 인구변화 추이

구 분	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
인구(명)	531	509	506	490	485	479

- 축산의 경우 한우만 있는데 2010년에 196두였고, 이후로 계속 증가하여 준공년도인 2013년에는 494두, 2014년에는 499두까지 증가하였다. 그 후 감소하는 경향을 보이다가 2017년에는 소폭 증가하였다.

[표 15-2-5] 도덕저수지 유역 내 연도별 축산변화

구 분	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
한우(두)	494	494	499	343	162	214

- 비점오염원인 토지 이용현황은 임야가 184ha로 71.9%로 가장 많은 비율을 차지하고, 다음으로 대지 등 기타가 44ha로 17.2%, 답이 28ha로 10.9% 순으로 나타났고, 전은 없었다. 도덕저수지 유역은 임야가 토지계의 대부분을 차지하고 있었다.

[표 15-2-6] 도덕저수지 유역 내 지목별 토지이용현황

구 분	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
계	256	256	256	256	256	256
전(ha)	-	-	-	-	-	-
답(ha)	28	28	28	28	28	28
임야(ha)	184	184	184	184	184	184
기타(ha)	44	44	44	44	44	44

### 3) 오염부하량

- 도덕저수지 유역내 오염물질 발생부하량은 오염원별 발생부하량은 [표 15-2-7]와 같으며, 연도별 발생부하량 변화는 2014년 이후 감소하는 경향을 보이고 있다. 사업시행 전인 2010년에 BOD가 40.1kg/일, T-N 20.2kg/일, T-P 1.9kg/일이었으나, 이후 지속적으로 증가하여 2014년에는 BOD가 61.2kg/일, T-N 32.6kg/일, T-P 2.9kg/일까지 증가하였다. 이후에는 감소하여 2016년에는 BOD 37.5kg/일, T-N 18.8kg/일, T-P 1.7kg/일까지 줄었다가 2017년에는 다소 증가하여 BOD 40.7kg/일, T-N 20.8kg/일, T-P 1.9kg/일이였다.

[표 15-2-7] 2017년 도덕저수지 유역 내 발생부하량

구 분	점 오염 원						비 점 오염 원					계	
	생활계 (인)	축산계(두)			산업계 (m <sup>3</sup> /일)	소계	토지현황(ha)				소계		
		한우	젓소	돼지			전	답	임야	기타			
원수	479	214					-	28	184	44			
BOD	kg/d	23.5	14.3	0	0	0	37.8	0	0.6	1.8	0.4	2.4	40.7
	%	57.7%	35.1%	0.0%	0.0%	0.0%	92.8%	0.0%	1.5%	4.4%	1.3%	7.2%	100%
T-N	kg/d	6.3	8.6	0	0	0	14.9	0	1.8	4.0	0	5.8	20.8
	%	30.3%	41.3%	0.0%	0.0%	0.0%	71.6%	0.0%	8.7%	19.2%	0.0%	27.9%	100%
T-P	kg/d	0.7	0.7	0	0	0	1.4	0	0.2	0.3	0	1	1.9
	%	36.8%	36.8%	0.0%	0.0%	0.0%	73.6%	0.0%	10.5%	15.8%	0.0%	26.3%	100%

[표 15-2-8] 도덕저수지 유역 내 연도별 오염물질 발생부하량

구 분	연도별 발생부하량(kg/d)						
	2010년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
BOD	40.1	62.0	61.0	61.2	49.9	37.5	40.7
T-N	20.2	32.7	32.4	32.6	26.1	18.8	20.8
T-P	1.9	3.0	2.9	2.9	2.4	1.7	1.9

### 4) 수질변화 추이

- 도덕저수지의 수질현황을 살펴보면 COD가 운영 첫해인 2013년에 11.0mg/L이었으며, 그 후 2014년, 2015년까지 8.4mg/L, 6.5mg/L로 개선되는 양상을 보이다가 극심한 가뭄 등 기상 이변 등으로 2016년에는 9.3mg/L로 급격히 높아졌다. 2017년에도 심한 가뭄이 발생했으나 8.7mg/L로 다소 낮아지는 양상을 보였다.
- TOC는 2013년에 5.9mg/L이었으며, 2014년에 2.0mg/L까지 현저히 낮아졌다가 그 후 2015년에 3.4mg/L, 2016년에 5.3mg/L로 점차 증가되는 양상을 보였다. 2017년에는 4.7mg/L로 다소 낮아졌다.

- T-N는 2013년에 2.219mg/L이었으며, 2014년에서 2016년까지 0.997mg/L~1.513mg/L로 지속적으로 증가되는 양상을 보였고, 2017년에도 1.835mg/L로 다소 증가하였다.
- T-P는 2013년에 0.066mg/L이었으며, 2014년에서 2016년까지 0.040mg/L~0.073mg/L로 감소와 증가를 반복하다가 2017년에는 0.061mg/L로 다소 높아졌지만, 수질기준(IV 등급)을 만족하였다.

[표 15-2-9] 도덕저수지 수질변화

구 분 (mg/L)	착공전 평균 (‘09~‘10)	착공중 평균 (‘11~‘13)	준공후 평균 (‘14~‘17)	최근 수질변화					목표 수질
				‘13	‘14	‘15	‘16	‘17	
COD	12.4	11.6	8.4	11.0	8.4	6.5	9.3	8.7	8.0이하
TOC	-	5.7	3.8	5.9	2.0	3.4	5.3	4.7	6.0이하
T-N	3.647	1.884	1.450	2.219	0.997	1.454	1.513	1.835	1.0이하
T-P	0.083	0.089	0.055	0.066	0.047	0.073	0.040	0.061	0.1이하

### 15.3. 시설별 수질개선효과

- 도덕저수지 수질개선시설은 침강지 1개소로만 구성되어 있는데, 수질정화효율을 분석하기 위하여 [그림 15-3-1]과 같이 침강지 유입부(①), 침강지 유출부(②)로 총 2지점과, 퇴적물 조사 지점은 침강지(D) 1지점의 조사를 시행하였다.
- 도덕저수지 수질개선시설은 침강지 조성만으로 이루어져 있기 때문에 관리가 비교적 용이하다. 하지만, 침강지 내에 있는 인공식물섬 식재 보식 등의 관리가 주기적으로 이루어져야 한다. 또한 기존에 설치되어있던 물순환장치 2기의 태양광 설비 발전의 저하 등으로 고장이 빈번했기 때문에 그 효과가 미비했을 것으로 보이나, 2016년에 물순환장치가 전기시설설비로 보수가 완료되고 정상적으로 운영되었기 때문에 긍정적인 효과가 작용되었을 것이라 판단된다.

[표 15-3-1] 도덕저수지 수질 및 퇴적물 조사시기

구분	조사횟수	조사일자				
		1차	2차	3차	4차	5차(강우시)
수질조사	5회	2017.03.21	2017.05.17	2017.07.07	2017.11.09	2017.09.05
퇴적물조사	1회	2017.11.09	-	-	-	-





[그림 15-3-1] 도덕지구 수질 및 퇴적물 조사 지점

### 15.3.1 침강지 수질개선효과

- 침강지의 수질조사 기간은 1차 조사 3월 21일, 2차 조사 5월 17일, 3차 조사 7월 7일, 4차 조사 11월 9일 및 강우시 조사를 9월 5일에 실시하였다. 침강지에서 유입수, 유출수를 5회에 걸쳐 모두 채수하였고 퇴적물 조사는 11월 9일에 1회 실시하였다.
- 수온은 유입 평균이 19.4℃이고, 유출수 평균은 19.2℃로 유사한 경향을 보였다.
- pH는 유입수 평균이 9.1이고, 유출수 평균도 9.1로 동일하였고, 농업용수 관리기준인 6.0 ~ 8.5를 다소 초과하였다.
- EC는 유입수 평균이 190.3 $\mu$ S/cm, 유출수 평균은 187.8 $\mu$ S/cm로써 유사한 경향을 보였고, 유입수와 유출수 모두 식물생장에 지장이 없는 기준인 700 $\mu$ S/cm에 비해 크게 낮은 값을 보였다.
- DO는 유입수 평균이 8.6mg/L이고, 유출수 평균은 9.8mg/L로 다소 높아지는 경향을 보였다. 또한 DO는 유입수와 유출수 모두 호소의 농업용수 관리기준인 2.0mg/L 이상을 만족하고 있었다.

[표 15-3-2] 도덕저수지 침강지 수질변화

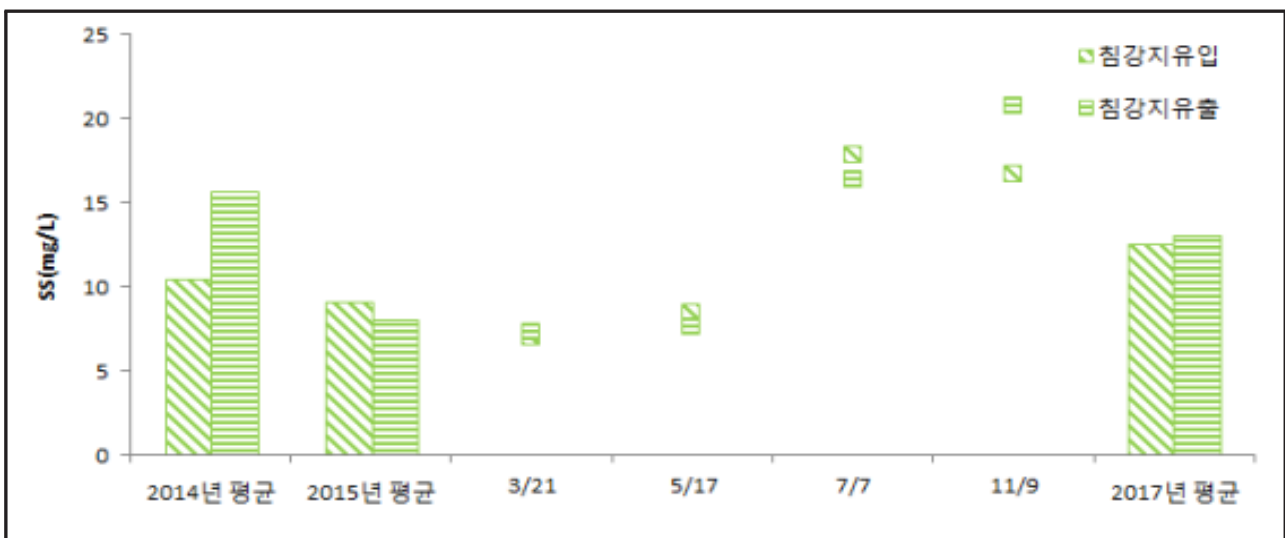
구 분		'14년 평균	'15년 평균	'17년 평상시 및 강우시					
				1차 (3.21)	2차 (5.17)	3차 (7.7)	4차 (11.9)	평균	강우 (9.5)
수온 (°C)	유입수	22.4	24.2	11.2	23.5	26.0	17.0	19.4	25.9
	유출수	24.3	24.7	11.1	21.7	27.3	16.7	19.2	24.6
pH	유입수	8.9	8.2	7.9	9.7	9.3	9.3	9.1	7.7
	유출수	8.9	8.2	8.5	9.3	9.3	9.3	9.1	7.7
EC ( $\mu$ S/cm)	유입수	166.3	241.0	202	195	172	192	190.3	167
	유출수	162.2	208.8	188	193	182	188	187.8	264
DO (mg/L)	유입수	7.0	6.8	10.6	8.5	6.3	9.1	8.6	6.5
	유출수	6.8	7.4	13.1	9.7	6.1	10.1	9.8	3.0
SS (mg/L)	유입수	13.5	8.8	7.0	8.4	17.8	16.7	12.5	6.4
	유출수	16.3	9.0	7.3	7.6	16.3	20.7	13.0	12.4
COD (mg/L)	유입수	8.3	9.0	8.6	9.4	10.6	16.4	11.3	7.4
	유출수	8.3	8.4	9.0	9.2	9.2	16.8	11.1	10.6
TOC (mg/L)	유입수	4.8	4.7	5.3	5.2	4.7	8.80	6.0	4.9
	유출수	5.2	4.7	5.0	5.2	4.5	7.90	5.7	5.8
T-N (mg/L)	유입수	3.017	1.204	2.964	1.663	0.808	1.287	1.681	1.939
	유출수	2.020	1.170	2.441	1.564	0.858	1.370	1.558	1.065
T-P (mg/L)	유입수	0.218	0.076	0.051	0.046	0.063	0.045	0.051	0.059
	유출수	0.167	0.080	0.025	0.033	0.055	0.038	0.038	0.044
Chl-a (mg/m <sup>3</sup> )	유입수	22.4	20.2	15.3	22.6	36.3	45.4	29.9	50.0
	유출수	29.9	22.2	15.5	17.7	19.7	36.6	22.4	45.6

※ 2016년 사후모니터링 미조사로 제외

[표 15-3-3] 3개년 도덕지구 침강지 정화효율

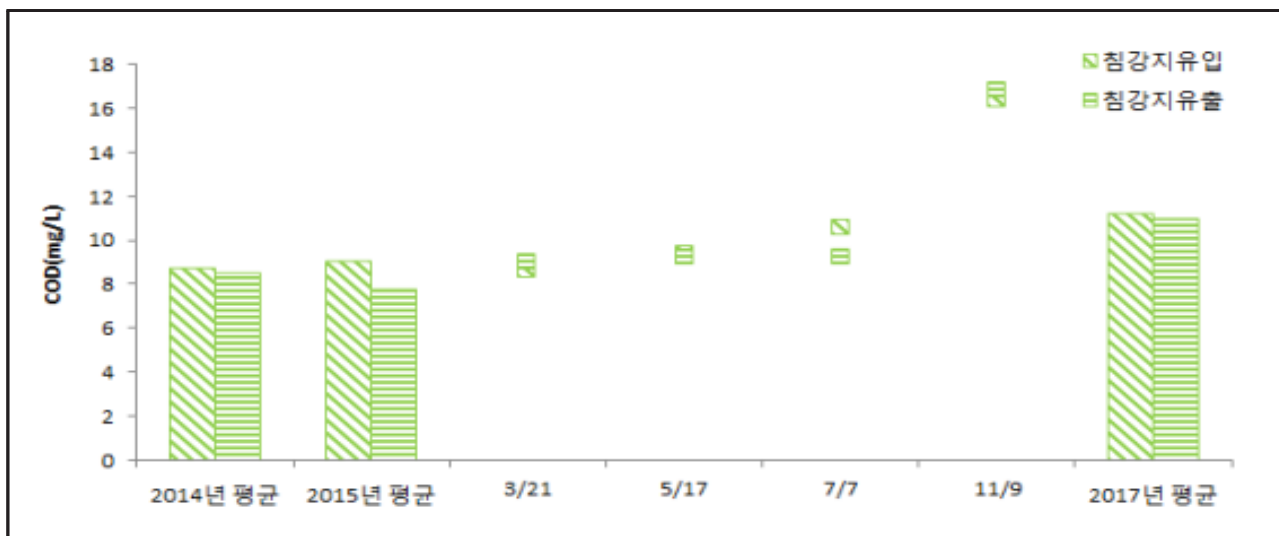
구 분		'14, '15, '17년 평균		'14, '15, '17년 평상시		'14, '15, '17년 강우시	
		평균	정화효율	평균	정화효율	평균	정화효율
SS (kg/d)	유입수	185.3	15.6	235.9	16.7	58.9	5.0
	유출수	156.4		196.6		56.0	
COD (kg/d)	유입수	156.7	11.4	210.3	12.1	22.9	-6.6
	유출수	138.9		184.7		24.4	
TOC (kg/d)	유입수	89.4	11.4	120.3	12.0	12.1	-4.7
	유출수	79.2		105.8		12.6	
T-N (kg/d)	유입수	15.7	34.3	16.1	27.2	14.5	53.9
	유출수	10.3		11.7		6.7	
T-P (kg/d)	유입수	1.2	37.7	1.1	33.7	1.6	44.8
	유출수	0.8		0.7		0.9	
Chl-a (g/d)	유입수	571.7	-6.7	784.2	-4.2	40.3	-127.1
	유출수	609.7		817.0		91.4	

- SS는 유입수 평균이 12.5mg/L, 최종 유출수는 13.0mg/L이었으며, 최근 3개년 간 SS의 정화효율을 살펴보면 평균 185.3kg/d가 유입되고 156.4kg/d가 유출되어 15.6%의 정화효율을 보였다.
- 연차별로 살펴보면 2014년부터 2017년까지 모든 년도에서 유출수가 유입수보다 SS농도가 다소 높아지는 경향을 보였다.



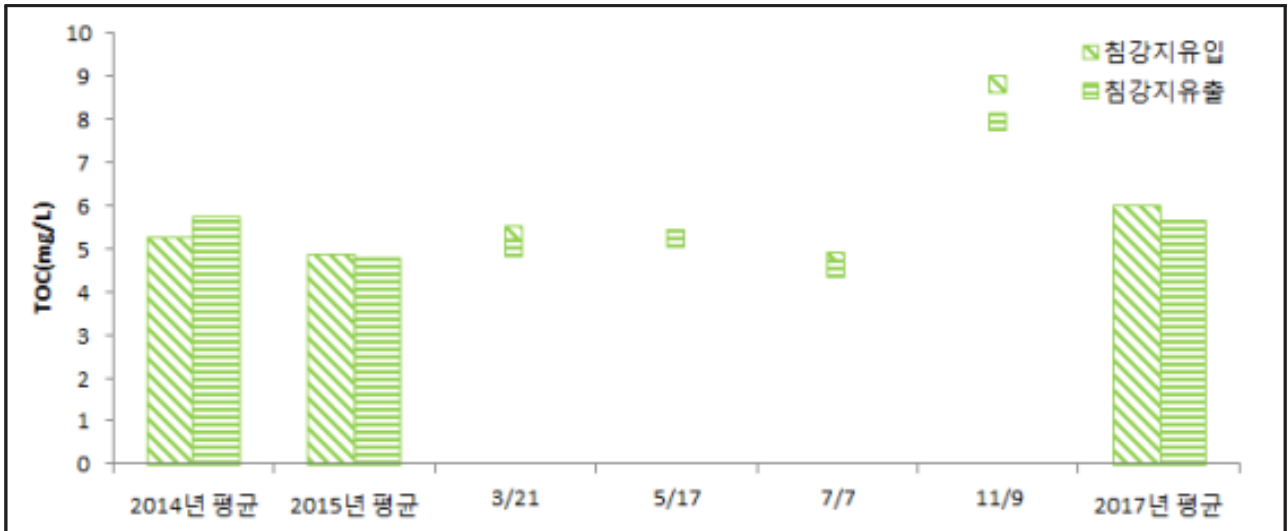
[그림 15-3-2] 도덕지구 침강지 유입수 및 유출수의 SS 변화

- COD는 유입수 평균이 11.3mg/L이고, 최종 유출수에서는 11.1mg/L로 다소 낮아졌다. 연차별로 살펴보면 2014년에 유입수에서 8.3mg/L, 유출수에서 8.3mg/L로 동일하였고, 2015년에는 유입수에서 9.0mg/L, 유출수에서 8.4mg/L로 감소하는 경향을 보였다.
- 최근 3개년 COD의 정화효율은 오염부하량이 유입수가 156.7kg/d, 유출수가 138.9kg/d로 11.4%를 나타냈다. 이와 같은 결과는 도덕저수지의 침강지가 유기물 정화에 비교적 효과가 있었던 걸로 판단된다.



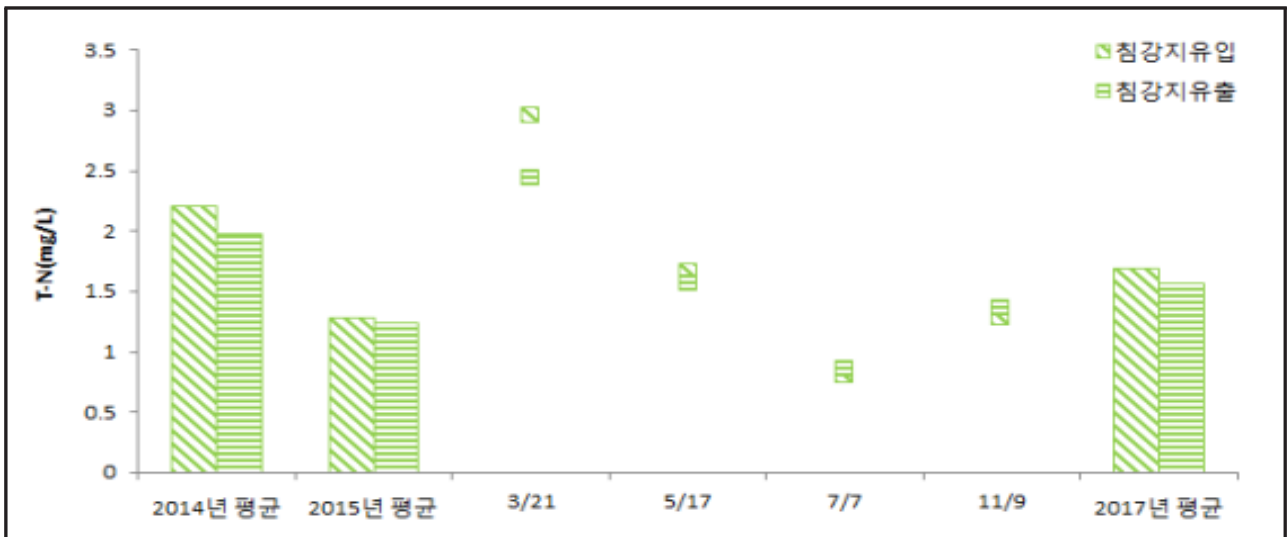
[그림 15-3-3] 도덕지구 침강지 유입수 및 유출수의 COD 변화

- TOC의 경우도 유입수 평균이 6.0mg/L, 최종 유출부에서는 5.7mg/L로 조금 낮아졌다.
- 연차별로는 2014년까지는 유입수에서 4.8mg/L, 유출수에서 5.2mg/L로 2015년에는 유입수, 유출수가 4.7mg/L로 동일하였고, 2017년에는 6.0mg/L에서 5.7mg/L로 다시 낮아지는 경향을 보였다.
- 최근 5개년 간 TOC 정화효율은 오염부하량이 평균 89.4kg/d가 유입되고 79.2kg/d가 유출되어 11.4%를 나타냈다. 대부분의 침강지에서는 조류가 잘 발생하기 때문에 유기물이 오히려 증가하는 것이 일반적인데, 도덕지구 침강지에서는 유기물이 낮아지는 경향을 보였다. 이는 침강지에 넓은 면적의 인공식물섬을 설치하였기 때문에 햇빛이 차단되어 조류가 성장하는데 제한을 받은 것으로 판단된다.



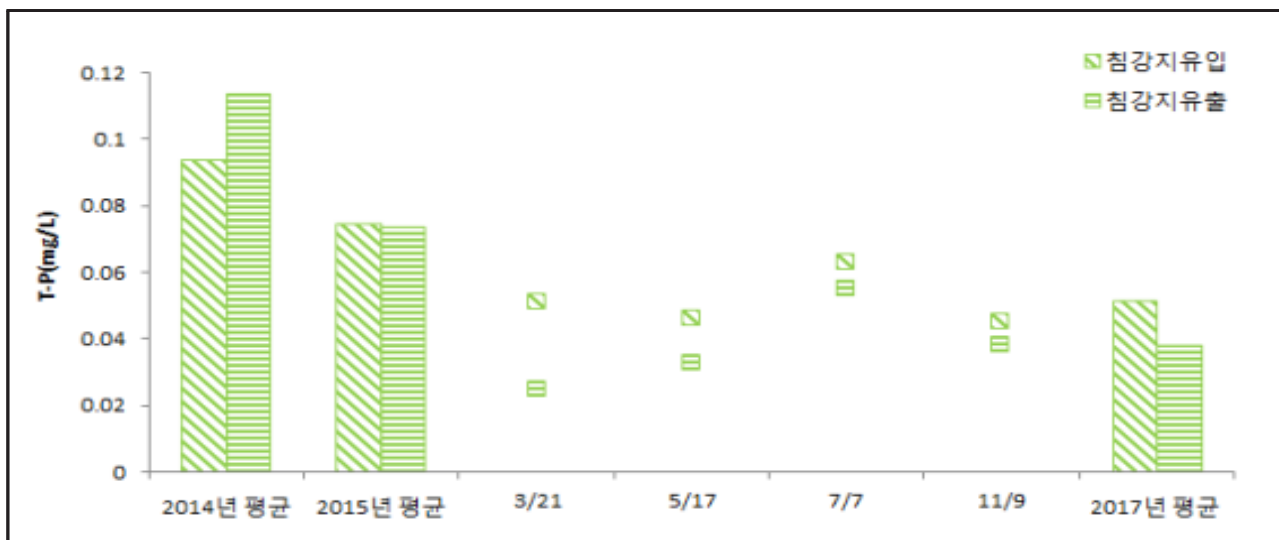
[그림 15-3-4] 도덕지구 침강지 유입수 및 유출수의 TOC 변화

- T-N의 경우는 유입수 평균이 1.7mg/L이며, 최종 유출수는 1.6mg/L로 다소 낮아졌다. 연차별로도 2014년에는 3.017mg/L에서 2.020mg/L로 낮아졌고, 2015년에도 1.204mg/L에서 1.170mg/L로 모든 연차에서 유입수에 비해 유출수의 T-N농도가 낮아져 질소가 정화되고 있는 양상을 보였다.
- 최근 3개년간 T-N 정화효율도 평균적으로 15.7kg/d가 유입되고 10.3kg/d가 유출되어 34.3%의 높은 제거 효율을 보였다.



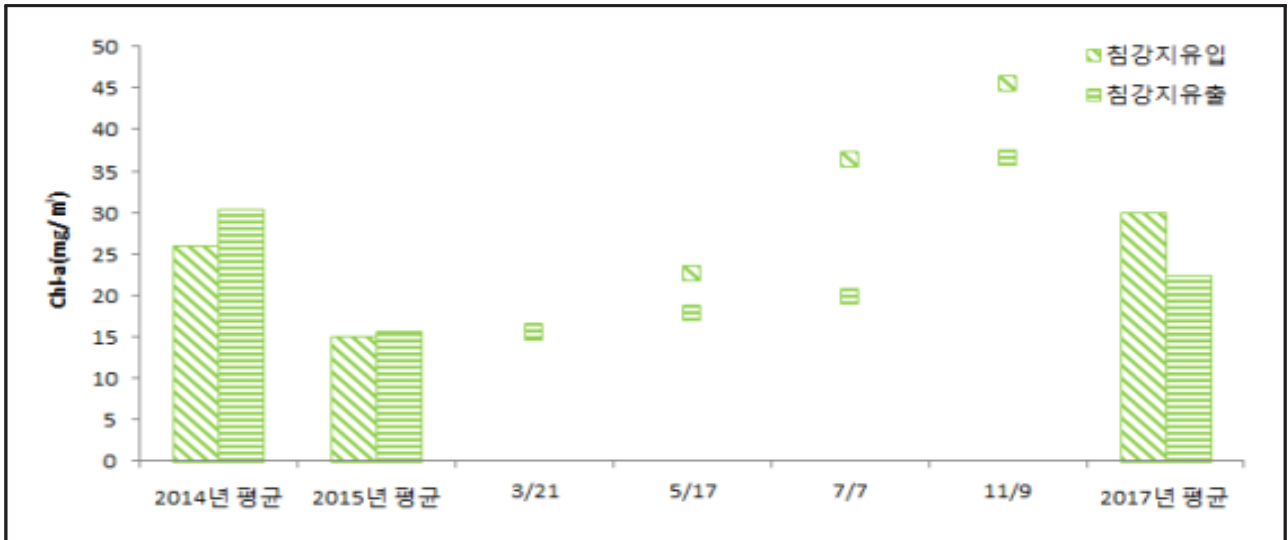
[그림 15-3-5] 도덕지구 침강지 유입수 및 유출수의 T-N 변화

- T-P는 유입수 평균이 0.051mg/L이었으며, 유출수는 0.038mg/L로 유입수에 비해 다소 낮아졌다. 연차별로도 2014년에는 0.218mg/L에서 0.167mg/L로 낮아졌고, 2015년에도 0.076mg/L에서 0.080mg/L로 모든 연차에서 유입수에 비해 유출수의 T-P농도가 낮아져 침강지에서 인이 정화되고 있는 것으로 판단된다.
- 최근 5개년간 T-P의 정화효율도 평균적으로 1.23kg/d가 유입되고 0.77kg/d가 유출되어 37.7%의 다소 높은 제거 효율을 보였다.



[그림 15-3-6] 도덕지구 침강지 유입수 및 유출수의 T-P 변화

- Chl-a의 경우 유입수 평균이 29.9mg/m<sup>3</sup>, 유출수는 22.4mg/m<sup>3</sup>로 다소 낮아졌다.
- 연차별로는 2014년에 22.4mg/m<sup>3</sup>에서 29.9mg/m<sup>3</sup>, 2015년에 20.2mg/m<sup>3</sup>에서 22.2mg/m<sup>3</sup>로 유입수에 비해 유출수에서 조금 높은 농도를 보였다.
- 침강지에서는 조류가 잘 성장하기 때문에 Chl-a가 높아지는 것이 일반적이나 도덕지구의 경우 상대적으로 넓은 인공식물섬이 설치되어 있기 때문에 조류의 성장이 일부 제한을 받아 다른 지구에 비해 발생농도가 비교적 높지 않다.
- 최근 3개년 Chl-a의 정화효율도 평균 유입부하량은 571.7kg/d이고, 유출부하량은 609.7kg/d로써 -6.7%의 낮은 효율을 보이거나 다른 지구의 침강지 효율과 비교하면 크게 낮은 수치는 아니라서 비교적 도덕지구의 침강지가 안정적으로 운영되고 있는 것으로 판단된다.



[그림 15-3-7] 도덕지구 침강지 유입수 및 유출수의 Chl-a 변화

### 15.3.3 퇴적물 조사 결과

- 침강지의 퇴적물 조사결과, 토성은 양토(L)였으며, 강열감량 결과 6.4%, 총질소 2,488.1mg/kg, 총인은 573.3mg/kg로 침강지 내부 퇴적물의 농도는 오염평가 기준을 초과하지 않아 준설을 고려할 필요는 없을 것으로 판단된다.

[표 15-3-4] 도덕저수지 침강지 퇴적물 조사 결과

지 점	토성	강열감량 (%)	T-N (mg/kg)	T-P (mg/kg)	pH	EC (ds/m)	유효인산 (mg/kg)
침강지	L	6.4	2,488.1	573.3	5.6	0.089	9.40

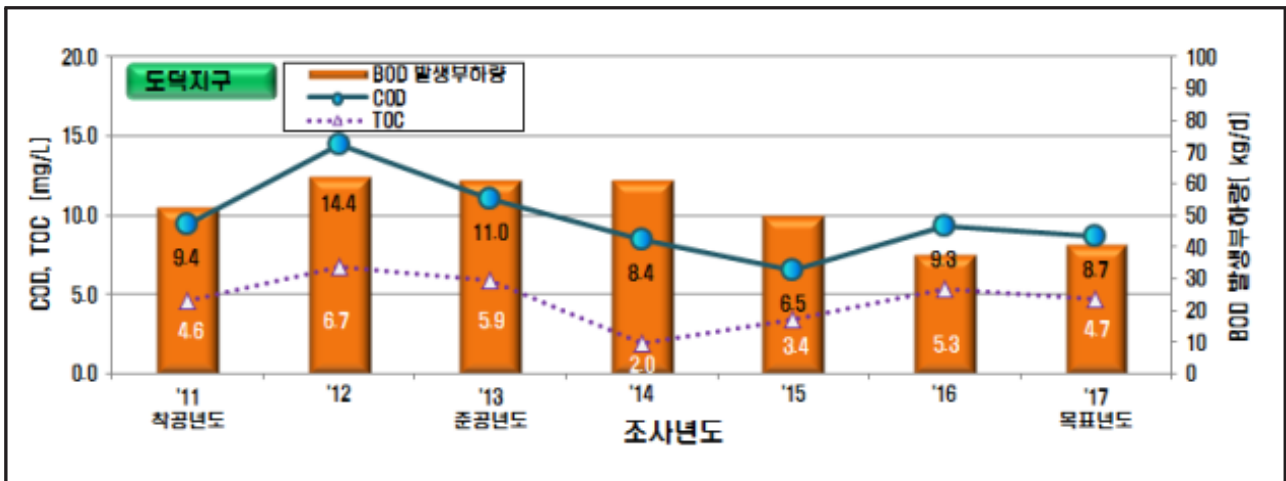
[표 15-3-5] 호소 퇴적물 오염평가 기준

항 목		등 급	I	II	III	IV
유기물 및 영양염류	완전연소가능량(%)			-		13 초과
	총질소(mg/kg)			-		5,600 초과
	총인(mg/kg)			-		1,600 초과
비고 : 1. 등급별 퇴적물의 상태<유기물, 영양염류> - IV 등급 : 심각하고 명백한 오염						

\* 자료 : 국립환경과학원예규 제687호, 2015년

## 15.4. 저수지 수질변화 및 개선효과

- 도덕지구 수질정화시설은 운영 5년차로서 BOD 발생부하량이 준공년도인 2013년에는 61.0kg/d, 2014년에 61.2kg/d로 유사하였다가 2015년에 49.9kg/d, 2016년에 37.5kg/d로 급속히 낮아졌다. 2017년에는 40.7kg/d로 다소 높아졌다.
- 저수지의 COD 및 TOC 농도는 준공년도인 2013년에 11.0mg/L 및 5.9mg/L에서 2014년에 8.4mg/L 및 2.0mg/L로 급격히 낮아졌고, 2015년에 COD는 6.5mg/L로 낮아졌으나 TOC는 3.4mg/L로 다소 높아졌다. 2016년에는 COD, TOC 둘 다 9.3mg/L, 5.3mg/L로 다소 높아졌다가 2017년에는 8.7mg/L, 4.7mg/L로 다시 낮아졌다.



[그림 15-4-1] 도덕지구 유역 연도별 BOD 발생부하량 및 COD, TOC 농도 변화

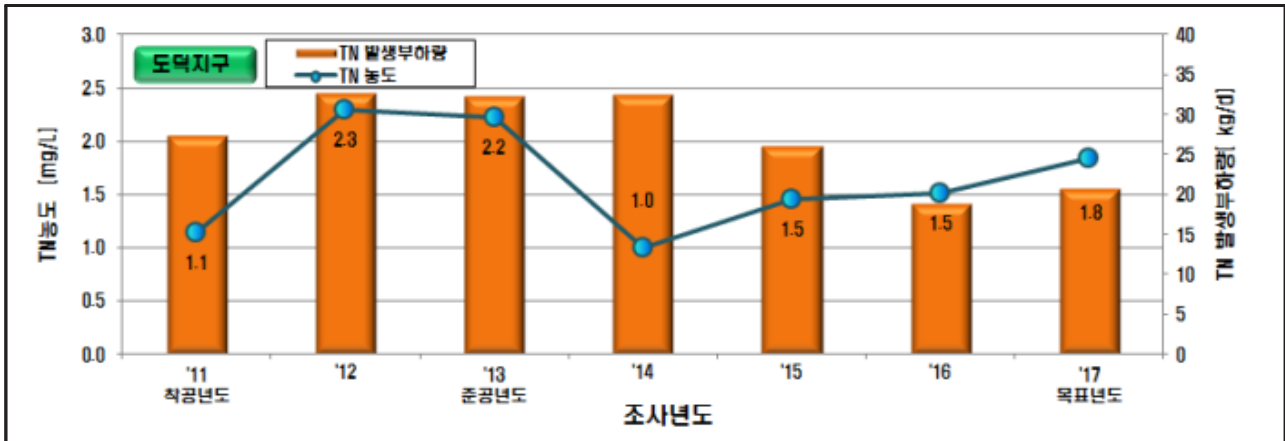
- 월별 저수율 현황과 비교해 볼 때 조사시기인 1차~2차 시기인 3월, 5월에는 100%, 90.2%로 높은 저수율을 기록했으나, 영농기를 거쳐 여름철인 6월~9월까지 가뭄이 극심하여 저수율이 61.9~72.8%까지 낮아졌으며, 그로 인해 오염부하량이 누적되었다.

[표 15-4-1] 도덕저수지 월별 저수율 현황

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
저수율(%)	98	99.4	100	99.9	90.2	61.9	72.8	62.5	64.9	76.6	85.0	83.9

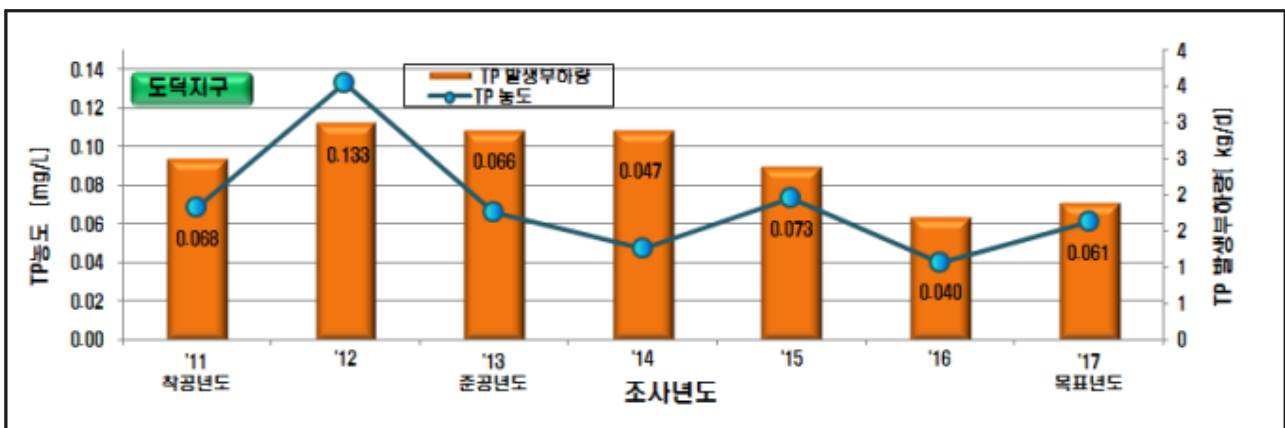


- 도덕저수지 유역의 T-N 발생부하량은 준공년도인 2013년에 32.2kg/d이고, 2014년에 32.6kg/d로 유사하다가, 2015년에 26.1kg/d, 2016년에 18.8kg/d로 급격히 감소하였다. 2017년에는 역시 20.8kg/d로 다소 증가하였다.
- 도덕저수지의 T-N 농도는 2013년에 2.219mg/L에서 2014년에 0.997mg/L로 급격히 감소했다가 그 후 증가 추세이다. 2015년에는 1.454mg/L, 2016년에 1.513mg/L, 2017년에 1.835mg/L로 증가하였다.



[그림 15-4-2] 도덕지구 유역 연도별 T-N 발생부하량 및 T-N 농도 변화

- T-P의 발생부하량은 준공년도인 2013년과 2014년에는 2.9kg/d였고, 2015년에는 2.4kg/d, 2016년에는 1.7kg/d로 감소 추세였다. 2017년에는 1.9kg/d로 다소 증가하였다.
- 도덕저수지의 T-P 농도는 준공년도인 2013년에 0.066mg/L, 2014년에 0.047mg/L로 낮아지는 양상을 보였지만, 2015년에는 0.073mg/L로 다소 높아졌다. 2016년에는 0.040mg/L으로 다시 낮아졌다가 2017년에는 0.061mg/L로 조금 높아졌지만 기준이내에서 관리되고 있다.



[그림 15-4-3] 도덕지구 유역 연도별 T-P 발생부하량 및 T-P 농도 변화

## 15.5. 현장적용성 향상 및 유지관리 방안

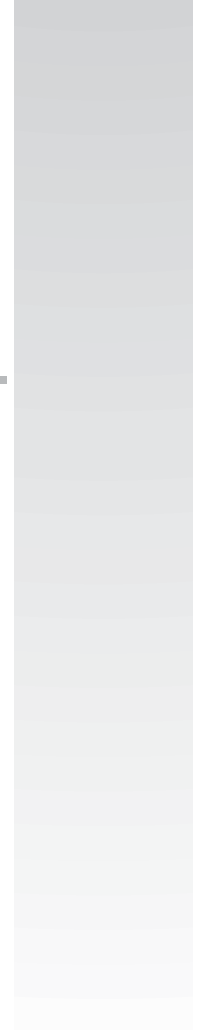
- 도덕저수지의 수질개선시설은 침강지만 구성되어있는데, 이는 여유부지가 없고 지형특성상 표고가 낮아 저수지의 수위가 만수위에 이르면 완전히 침수하여 정화 효과가 감소할 수 있으므로 저수지 수위관리가 필요하다.
- 침강지 내에 비교적 넓은 규모로 설치되어있는 인공식물섬은 식생이 고사하면서 오염물질이 유출되었을 때 직접적으로 영향을 받으므로 식생관리에도 주의가 필요하다.

## 15.6. 요약

- 운영 5년차인 도덕저수지는 준공이후 2014년에서 2015년, 2017년까지 정화효율을 살펴보면 침강지가 COD 11.4%, T-N 34.3%, T-P 37.3%이었다. 이와 같은 결과는 침강지가 수질개선에 크게 기여한 것으로 판단된다.
- 2017년 도덕저수지의 정화효율을 살펴보면, COD -3.6%, T-N 17.2%, T-P 26.6%로, COD 항목을 제외하고 효과가 있었던 것으로 보인다.
- 종합적으로 도덕지구는 올해 운영 5년차로 비교적 수질정화효율이 높게 나타났으며, 현재까지 비교적 안정적으로 운영되고 있는 것으로 판단된다.

# 16. 지구별 모니터링 결과

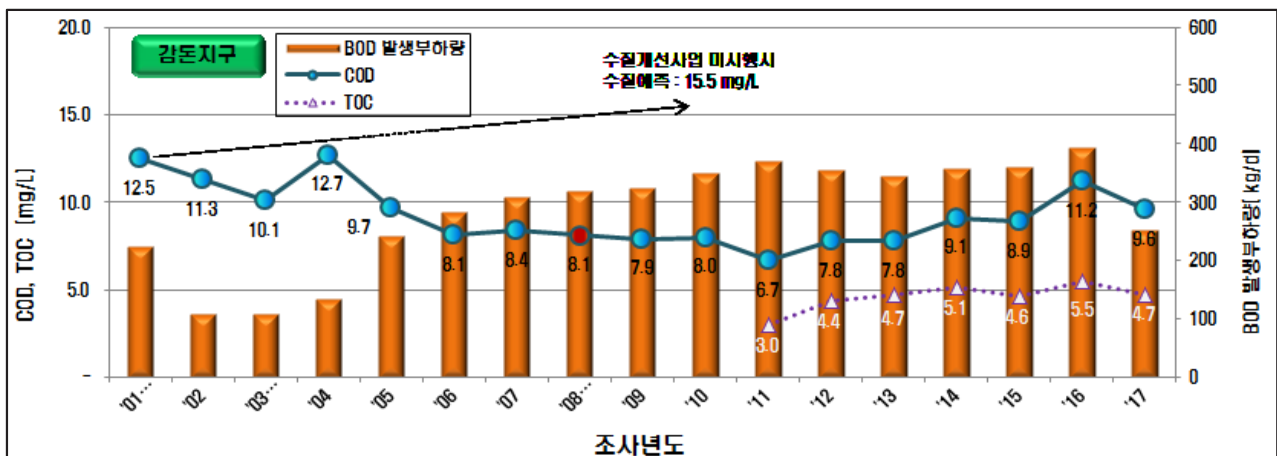
---





## 감 돈 지 구

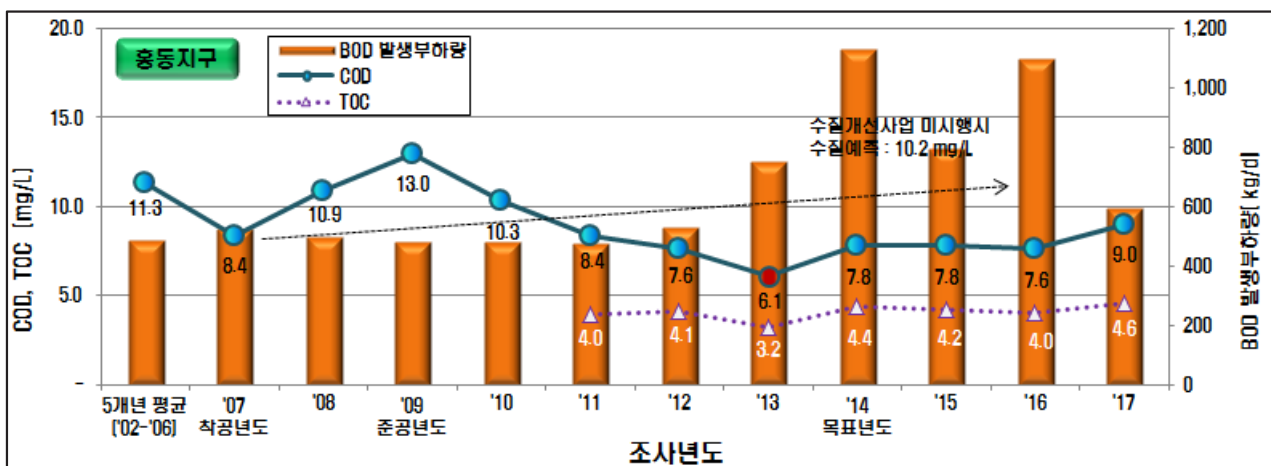
- 위치 : 전라남도 무안군 몽탄면(저수량 1,667천m<sup>3</sup>, 수혜면적 384ha)
- 정화시설 : 지표흐름습지 2개소(4.2ha), 침강지 2개소(3.7ha), 폭기분수 1식
- 준공년도 : 2003년(목표연도 2008년)
- 수질정화시설 정화효율(7년 평균)
  - 지표흐름습지(1호) : TOC -4.6%, T-N 43.6%, T-P 40.7%
  - 침 강 지(1호) : TOC 14.5%, T-N 33.8%, T-P 60.6%
 ⇒ 극심한 가뭄으로 인한 유입수량 감소가 침강지 내 체류시간을 증대시켰고, 조류발생 증가 등 TOC물질 증가에 기인
- 저수지 수질변화 : 가뭄에 따른 유입수 감소 등 외부 환경변화에도 불구하고, 오염원 부하량의 감소의 영향으로 농업용수 수질관리기준 IV등급(TOC 6mg/L 이하) 이내의 안정적 수질상태를 보이고 있음



- 유지관리 개선방안
  - 활착된 정화식물 성장 유지를 위해 적정 수위 및 수로 관리 지속 필요
  - 습지내 안정적 용수공급을 위한 양수시설 및 침강지 녹조발생 억제를 위한 인 저감시설 및 퇴적물 준설 등의 적정 운영 필요

## 홍 동 지 구

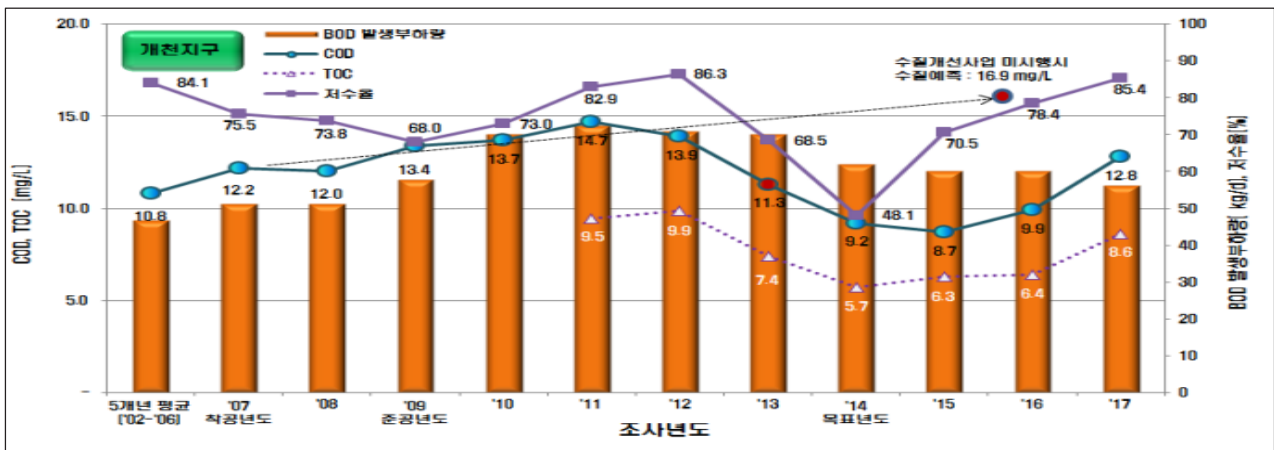
- 위치 : 충청남도 홍성군 장곡면(저수량 1,054천m<sup>3</sup>, 수혜면적 235ha)
- 정화시설 : 지표흐름습지 3개소(5.3ha), 침강지 3개소(3.9ha), 인공식물섬 1개소(400m<sup>2</sup>)
  - ※ 정화시설 중 1개소는 지하흐름습지가 포함된 조합형 습지
- 준공년도 : 2009년(목표연도 2014년)
- 수질정화시설 정화효율(7년 평균)
  - 지표흐름습지(1호) : TOC -40.3%, T-N 66.3%, T-P -183.1%
  - 침 강 지(3호) : TOC 39.1%, T-N 74.4%, T-P 85.1%
- ⇒ 준공 8년차로 지표흐름습지는 유입토사 및 고사체 축적 등으로 정화효율이 낮게 나타남. '16년 11~12월 수질개선시설 고도화사업\*을 시행하였으며, '17년 6월 침강지 준설을 시행하여 추후 개선시설의 효율 향상이 기대됨
- \* 퇴적토 제거(습지, 침강지)와 습지 구획화, 지하흐름습지 정비 등
- 저수지 수질변화 : 가뭄지속 및 상류 오염부하량 증가 등 외부 환경 변화에도 목표수질(TOC 기준)은 만족하고 있음



- 유지관리 개선방안
  - 식생 안정화 및 3호 습지 유입부 토사의 주기적 처리 등 습지의 정상 운영을 위한 지속적인 유지관리 필요
  - 상류 오염원 유입 저감을 위한 인 저감시설의 지속 운영 필요

## 개 천 지 구

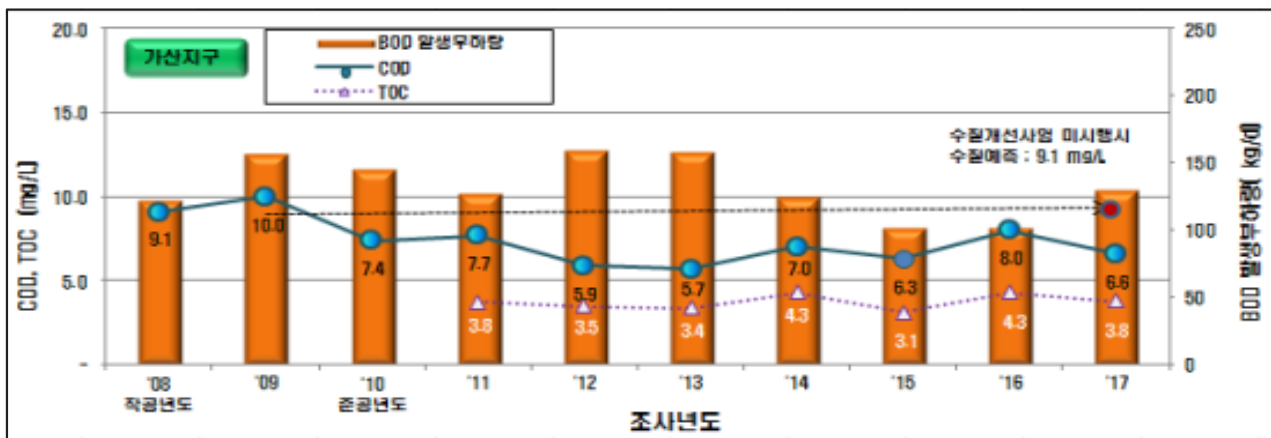
- 위치 : 경상북도 의성군 안계면(저수량 1,187천㎥, 수혜면적 795ha)
- 정화시설 : 지표흐름습지 2개소(3.9ha), 침강지 2개소(3.0ha), 인공식물섬 2개소(692㎡), 물순환장치 1식
- ※ 수질정화습지 중 1개소는 유입하천의 물을 양수하여 습지에 유입시킴
- 준공년도 : 2009년(목표연도 2014년)
- 수질정화시설 정화효율(5년 평균)
  - 지표흐름습지(1호) : TOC -18.8%, T-N 30.2%, T-P 3.1%
  - 침 강 지(1호) : TOC 1.8%, T-N 45.9%, T-P 48.0%
- ⇒ '15년부터 이어진 가뭄 및 집중호우로 유입량 부족과 고농도 비점 오염물질 일시유입 등 수질개선시설의 정상 운영 곤란. 또한 습지내 식생의 과밀성장과 사멸에 따른 2차 오염으로 유기물의 정화효율이 낮게 나타남
- 저수지 수질변화 : TOC 기준 '12년 이후 지속적인 수질 개선 추세를 보이고 있으나, 농업용수 수질관리기준 IV등급(6mg/L 이하)을 다소 초과하고 있음



- 유지관리 개선방안
  - 저수지 본체 양수 등 지표흐름습지의 원활한 운영을 위한 유입수 확보 대책 수립 필요
  - 식생의 주기적 절취로 고사 등에 따른 2차 수질오염 사전 방지 필요

## 가 산 지 구

- 위치 : 경상남도 밀양시 부북면(저수량 3,394천m<sup>3</sup>, 수혜면적 682ha)
- 정화시설 : 지표흐름습지 2개소(2.0ha), 침강지 2개소(1.3ha), 인공식물섬 2개소(245m<sup>2</sup>), 물순환장치 4식
- 준공년도 : 2010년(목표연도 2015년)
- 수질정화시설 정화효율(5년 평균)
  - 지표흐름습지(1호) : TOC -25.3%, T-N 59.0%, T-P 59.4%
  - 침 강 지(1호) : TOC 36.7%, T-N 60.9%, T-P 84.7%
- ⇒ 유입수 수질은 양호하지만, 유입수 부족으로 습지내 체류시간이 길어지고 내부부하량 증가, 식물체 고사 등으로 유기물의 정화효율이 낮게 나타남
- 저수지 수질변화 : 준공 이후 지속적으로 목표수질 만족

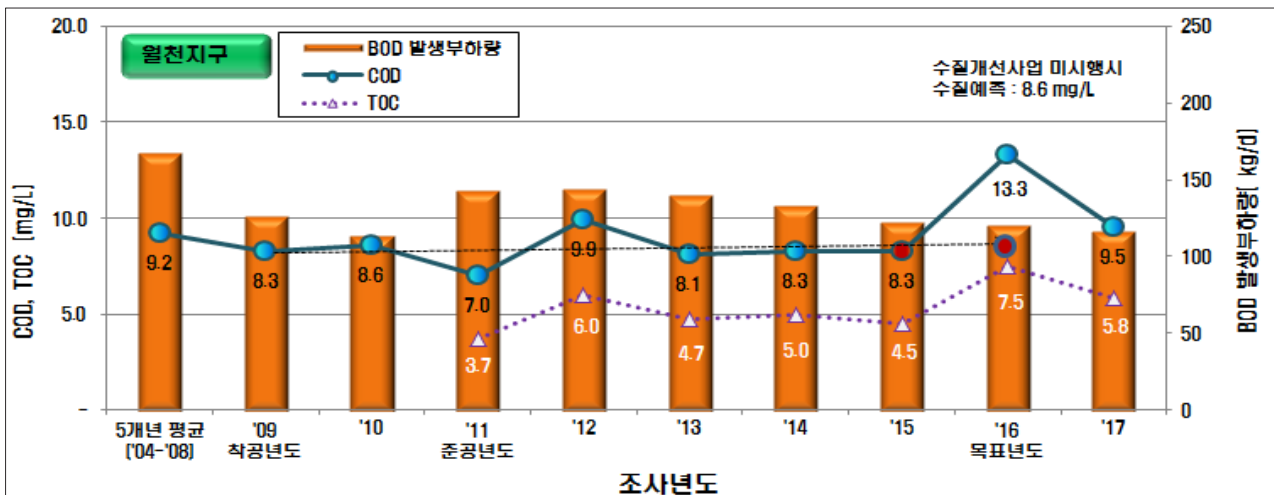


- 유지관리 개선방안
  - 1호 습지의 안정적 유량 공급을 위해 양수시설 추가 설치 등 갈수기 용수 공급 방안 마련 필요
  - 습지내 식생에 대한 주기적 관리(절취 및 반출) 계획 마련 필요
  - 낚시객들로 인한 오염 및 안전사고 등이 지속적으로 발생되고 있는 실정으로 낚시금지구역 지정이 필요



## 월 천 지구

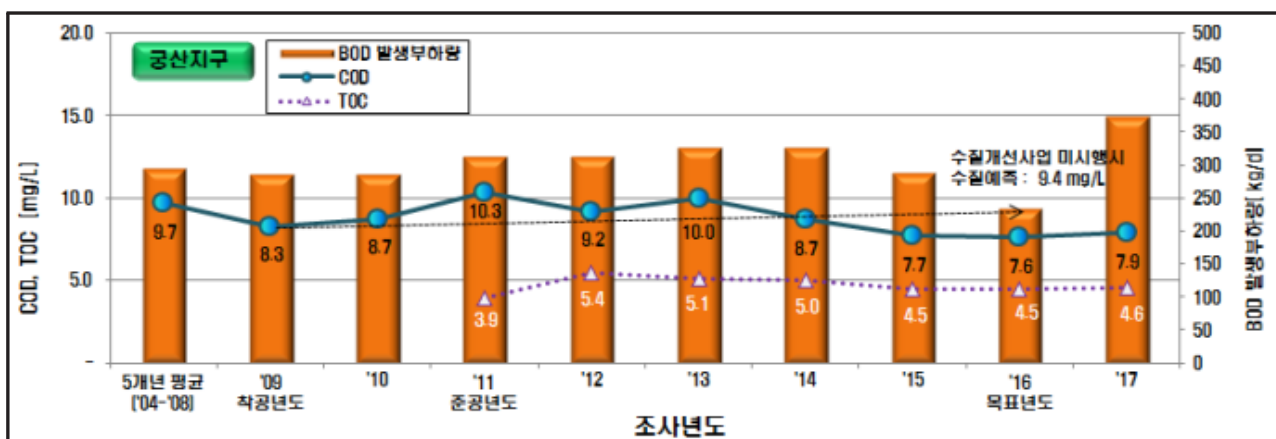
- 위치 : 전라남도 함평군 손불면(저수량 2,204천m<sup>3</sup>, 수해면적 356ha)
- 정화시설 : 지표흐름습지 1개소(2.4ha), 침강지 1개소(1.1ha), 인공식물섬 1개소(500m<sup>2</sup>), 물순환장치 1식
- 준공년도 : 2011년(목표연도 2016년)
- 수질정화시설 정화효율(5년 평균)
  - 지표흐름습지 : TOC -35.1%, T-N 65.7%, T-P 63.2%
  - 침 강 지 : TOC -5.6%, T-N -1.0%, T-P -9.5%
- ⇒ '16년 수질개선시설(취입보)의 비정상적 운영으로 누적된 내부생산량 증가와 '17년 가뭄 및 강수량 부족 등으로 정화효율이 낮게 나타남
- ⇒ 침강지 퇴적량 과다로 오염물질의 용출 가능성이 크므로 준설이 필요함
- 저수지 수질변화 : 준공 이후 수질관리기준 IV등급(TOC 6mg/L 이하) 이내의 수질상태를 유지하였으나 '16년 목표수질을 초과하였다가 '17년 다소 개선됨



- 유지관리 개선방안
  - '17년 추가 식재한 정화식물의 적정 성장을 위해 지속적인 관리 필요
  - 인공습지 취입부는 하절기 폭우로 사질토 및 협잡물이 다량 유입되고 있어 정기적인 점검 및 제거작업 필요
  - 침강지내 유속감소 방지 및 체류시간 증가를 위한 준설 검토 필요

## 공 산 지 구

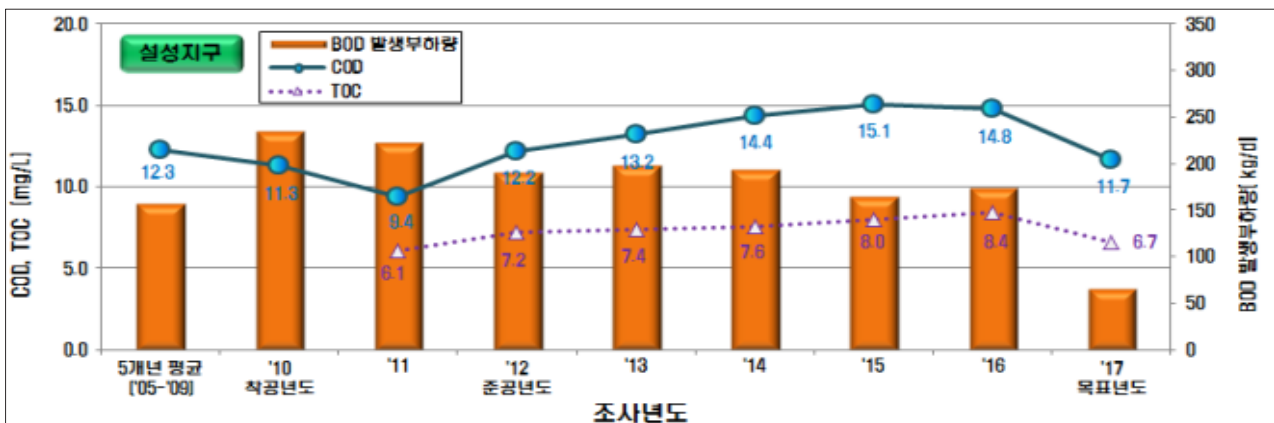
- 위치 : 전라북도 고창군 심원면(저수량 2,210천m<sup>3</sup>, 수혜면적 260ha)
- 정화시설 : 지표흐름습지 2개소(7.4ha), 침강지 2개소(3.9ha), 인공식물섬 2개소(1,000m<sup>2</sup>)
- 준공년도 : 2011년(목표연도 2016년)
- 수질정화시설 정화효율(6년 평균)
  - 지표흐름습지(1호) : TOC -4.8%, T-N 47.9%, T-P 74.8%
  - 침 강 지(1호) : TOC -39.6%, T-N 11.9%, T-P -25.0%
- ⇒ '15년부터 이어진 가뭄으로 습지 유입수량 부족 및 체류시간 증가로 습지 효율 감소. 침강지 횡단면 부족으로 유속증가, 재부유 등으로 정화효율이 일부 낮게 나타남
- 저수지 수질변화 : 수질개선시설 준공 이후 지속적으로 개선되고 있으며, 목표연도('16년)이후 농업용수 수질관리기준 IV등급을 만족하고 있음



- 유지관리 개선방안
  - 습지내 쓰레기 유입 차단 및 과밀성장 식생의 주기적 제거 필요
  - \* 취입구 스크린 설치 및 식생 절취 완료('16년 말, '17년 말)
  - 상류부 침수 민원이 발생하지 않도록 세심한 취입보 운영 필요

## 설 성 지 구

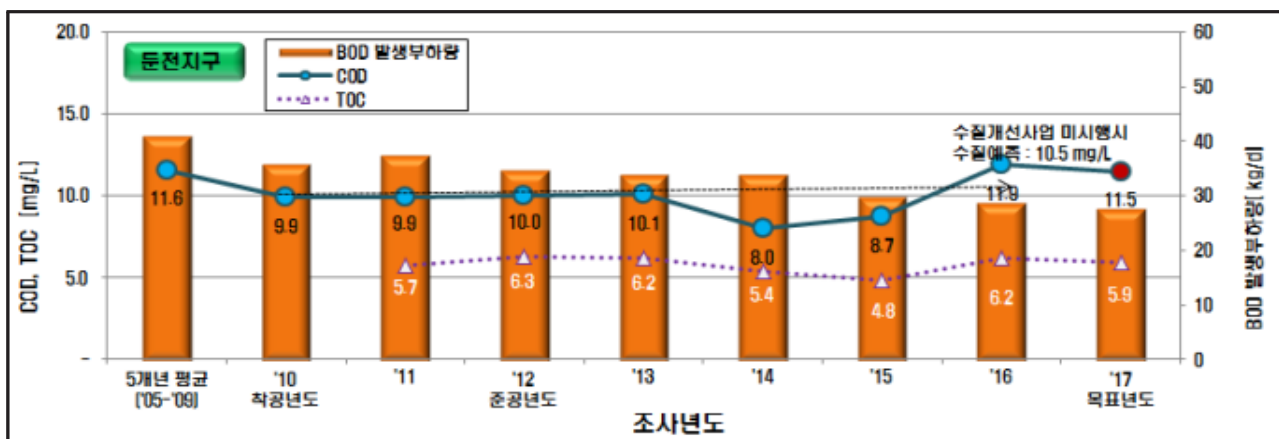
- 위치 : 경기도 이천시 설성면 장천리(저수량 858천<sup>m</sup>, 수혜면적 340ha)
- 정화시설 : 지표흐름습지 4개소(2.2ha), 침강지 3개소(1.2ha), 인공식물섬 3개소(1,100<sup>m</sup>)
- 준공년도 : 2012년(목표연도 2017년)
- 수질정화시설 정화효율(5년 평균)
  - 지표흐름습지(1호) : TOC 7.6%, T-N 44.9%, T-P 1.7%
  - 지표흐름습지(2호) : TOC -24.2%, T-N 49.2%, T-P 30.5%
  - 지표흐름습지(3호) : TOC -43.9%, T-N 75.0%, T-P 65.4%
- ⇒ 과밀한 식생에 의한 습지내 정화식물 고사 등으로 유기물 정화효율은 음의 값을 나타내었으나, 총질소와 총인의 정화효과는 양호하게 나타났음
- 저수지 수질변화 : 수년간 지속되고 있는 가뭄으로 유입량 감소와 내부 생산량 증가 등으로 농업용수 수질관리기준 IV등급을 초과하고 있음



- 유지관리 개선방안
  - 인공습지의 안정적 운영 및 효율 개선을 위해서는 취입보의 정상적 운영 및 갈수기 유량 공급을 위한 보조적 양수시설 설치 필요
  - 관리도로 및 습지내 식생에 대한 주기적 제거 계획 수립 및 시행, 침사지 및 침강지에 대한 주기적 퇴적토 제거계획 수립 및 시행 필요

## 둔 전 지 구

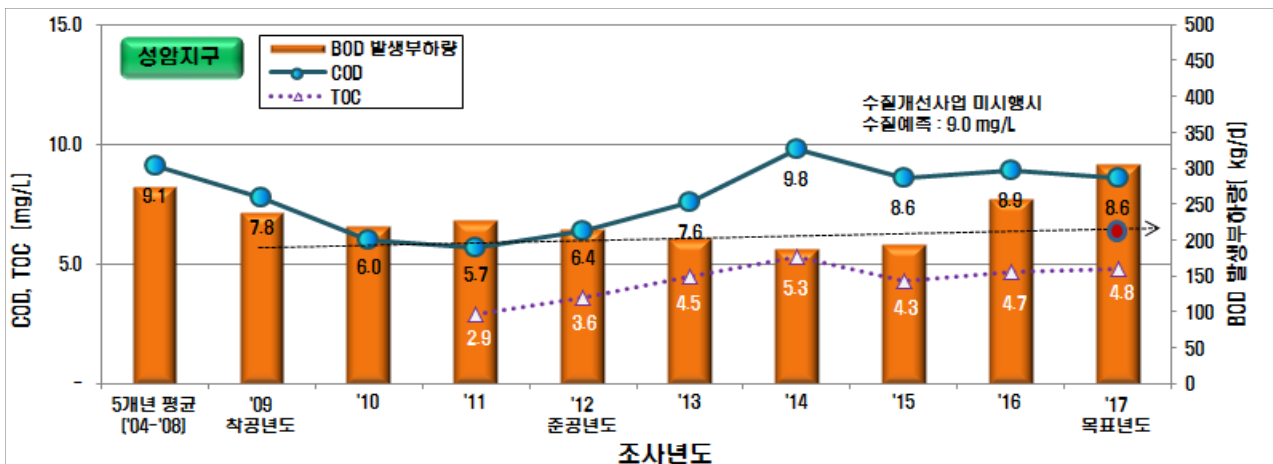
- 위치 : 전라남도 진도군 고군면 오류리(저수량 1,316천㎥, 수혜면적 228ha)
- 정화시설 : 지표흐름습지 2개소(1.9ha), 침강지 1개소(2.0ha), 인공식물섬 1개소(500㎡), 물순환장치 6기
- 준공년도 : 2012년(목표연도 2017년)
- 수질정화시설 정화효율(5년 평균)
  - 지표흐름습지(1호) : TOC -17.5%, T-N 39.1%, T-P 45.8%
  - 침 강 지 : TOC -40.0%, T-N 46.2%, T-P 42.2%
- ⇒ 극심한 가뭄에 따른 제한된 유입유량 등으로 유기물의 정화효율이 낮게 나타남
- 저수지 수질변화
  - 연도별 BOD 발생부하량은 약간 감소하는 추세를 나타냄
  - 2017년 평년의 50% 수준 강우의 영향으로 한때 저수율이 0%를 나타내는 등 2, 3분기 수질관리에 어려움이 있었으나, 이후 양수공급 및 기상조건 개선 등으로 저수지 수질 개선됨



- 유지관리 개선방안
  - 1호 습지내 정화식물 활착을 위해 적정 용수공급 및 수위관리 필요
  - 호내 수생식물(마름) 번성(수면적의 95% 이상)으로 고사시 수질에 악영향을 주므로 마름 제거 대책 추진 필요

## 성 암 지 구

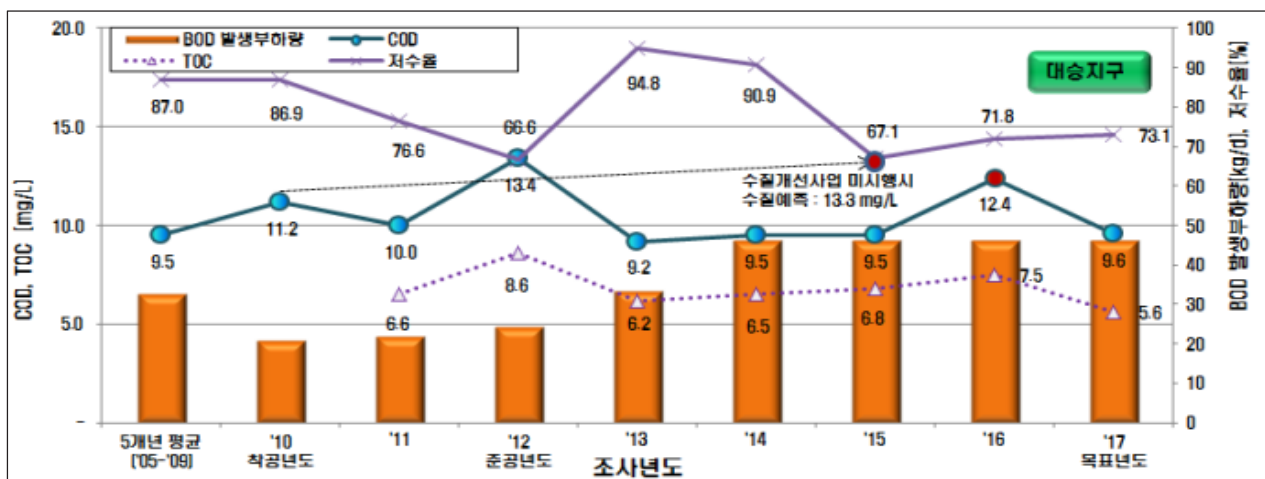
- 위치 : 충남 서산시 음암면 성암리(저수량 3,074천m<sup>3</sup>, 수혜면적 624ha)
- 정화시설 : 지표흐름습지 2개소(5.9ha), 고효율습지 1개소(1,141m<sup>2</sup>),  
침강지 2개소(4.6ha), 인공식물섬 2개소(1,000m<sup>2</sup>)  
\* 마을하수 방류수 정화용 고효율 습지 설치
- 준공년도 : 2012년(목표연도 2017년)
- 수질정화시설 정화효율(5년 평균)
  - 지표흐름습지(1호) : TOC -28.8%, T-N 39.5%, T-P 28.3%
  - 고효율습지 : TOC 2.6%, T-N 9.7%, T-P -5.3%
  - 침강지(1호) : TOC 7.4%, T-N -0.3%, T-P 2.8%
- ⇒ 수년간 지속된 충남지역 가뭄에 따른 습지내 유입수 공급량 부족  
으로 정화효율이 낮게 나타남. 유기물 지표(TOC) 정화효율은 낮고, 영양  
염류 지표(T-N, T-P) 정화효율은 상대적으로 높게 나타남
- 저수지 수질변화 : 농업용수 수질관리 기준은 만족하나(TOC) 지속된  
가뭄으로 인한 물순환을 감소로 수질악화 경향 지속



- 유지관리 개선방안
  - 민원 최소화 범위내에서 재난대비 유지관리에 선제적 대응, 취입보  
전도게이트 유지관리 철저 필요
  - 인공습지 정화효율 안정화를 위해 갈수기 침강지 혹은 호내수를 양수  
하여 습지에서 재처리하는 방안 강구 필요

## 대 승 지 구

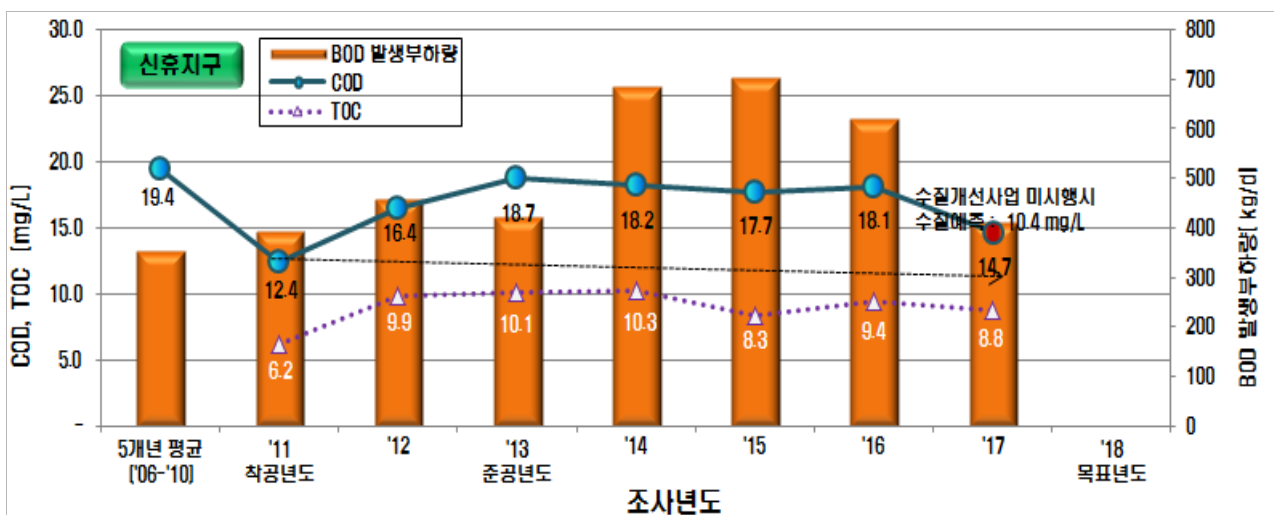
- 위치 : 경상북도 영천시 금호읍 오계리(저수량 1,704천m<sup>3</sup>, 수혜면적 190ha)
- 정화시설 : 지표흐름습지 2개소(4.7ha), 침강지 1개소(1.4ha),  
                  인공식물섬 1개소(500m<sup>2</sup>)
- 준공년도 : 2012년(목표연도 2017년)
- 수질정화시설 정화효율(5년 평균)
  - 지표흐름습지(1호) : TOC -21.3%, T-N 62.1%, T-P 35.1%
  - 지표흐름습지(2호) : TOC 10.0%, T-N 28.1%, T-P 40.4%
  - 침강지(1호) : TOC 18.9%, T-N 84.4%, T-P 87.4%
- ⇒ 지속된 가뭄으로 인한 습지 유입수량 불안정, 식생 밀식성장·고사 등으로 유기물의 정화효율이 낮게 나타남
- 저수지 수질변화 : '16년 대승지구 수리시설개보수사업으로 인한 낮은 저수율 관리로 수질오염도가 높아졌지만 '17년 TOC는 작년 대비 개선되어 농업용수 수질관리기준을 만족하고 있음



- 유지관리 개선방안
  - 저수지 만수위시 2호 습지가 계획수위 이상으로 상승하여 습지내 물 흐름이 원활하지 못하므로 세심한 수위관리 필요
  - 각낙관 유실 방지를 위해 고정시설물 설치, 과밀 식생에 대한 절취 및 침사지·배출연못 준설 등 체계적 관리 필요

## 신 휴 지 구

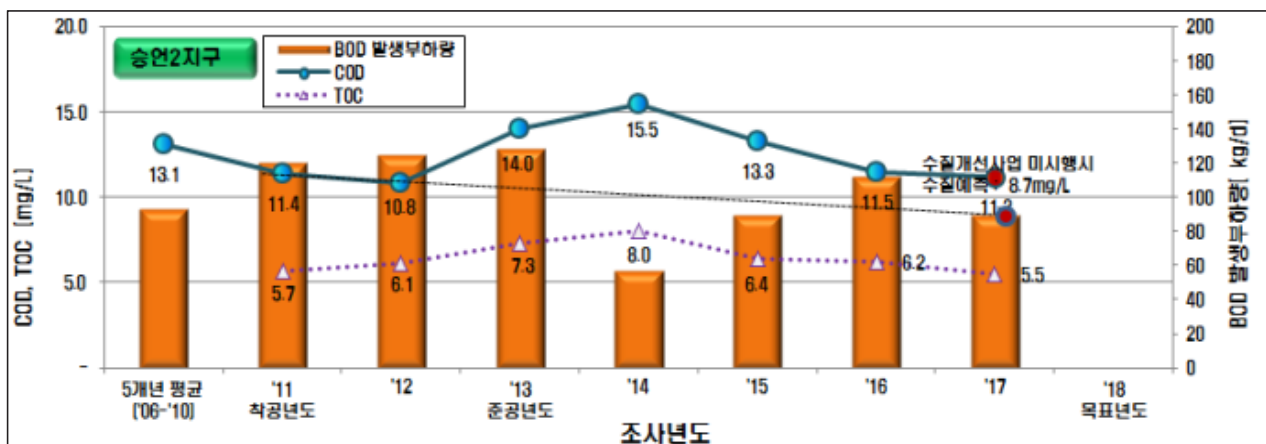
- 위치 : 충청남도 아산시 음봉면 신휴리(저수량 1,090천㎥, 수혜면적 220ha)
- 정화시설 : 인공습지 2개소(2.9ha), 침강지 2개소(0.9ha),  
인공식물섬 2개소(758㎡)
- 준공년도 : 2013년(목표연도 2018년)
- 수질정화시설 정화효율(4년 평균)
  - 지표흐름습지(1호) : TOC -10.6%, T-N 57.5%, T-P 37.0%
  - 침 강 지(1호) : TOC 6.8%, T-N 32.0%, T-P 54.9%
- ⇒ 지속된 가뭄으로 인한 습지 유입수량 불안정, 식생 밀식성장·고사 등으로 유기물의 정화효율이 낮게 나타난 반면, 영양염류(T-N, T-P) 제거효율은 상대적으로 높게 나타남
- 저수지 수질변화 : 지속적인 가뭄으로 물순환율이 저하와 정체현상에 따른 내부생산성 증대가 수질악화에 영향을 미친것으로 판단됨



- 유지관리 개선방안
  - 강우시 상류 과수원 민원 최소화 범위내에서 초기강우 유출수를 최대한 인공습지로 유입될 수 있도록 취입보 관리 필요
  - 2호 습지는 침강지가 별도로 없기 때문에 강우시 유입하천수가 인공습지로 양수될 수 있도록 유지·관리 필요

## 승언2지구

- 위치 : 충청남도 태안군 안면읍 승언리(저수량 618천 $m^3$ , 수혜면적 98ha)
- 정화시설 : 인공습지 3개소(2.4ha), 물순환장치 3기(165천 $m^3$ /일)
- 준공년도 : 2013년(목표연도 2018년)
- 수질정화시설 정화효율(4년 평균)
  - 지표흐름습지(1호) : TOC 21.2%, T-N 75.0%, T-P 67.2%
  - 지표흐름습지(2호) : TOC -11.0%, T-N 47.6%, T-P 26.7%
- ⇒ 지속된 가뭄으로 인한 습지 유입수량 불안정, 식생 밀식성장고사 등으로 유기물의 정화효율이 비교적 낮게 나타난 반면, 영양염류(T-N, T-P) 제거효율은 높게 나타남
- 저수지 수질변화 : 농업용수 수질관리 기준 만족(TOC), '15년 이후 수질오염농도 감소 경향 유지

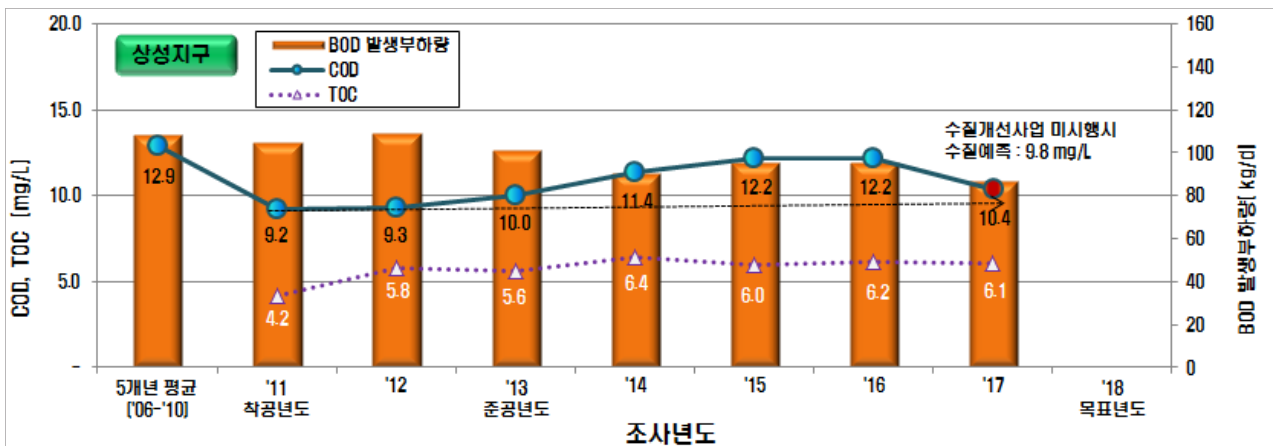


- 유지관리 개선방안
  - 인공습지내 유기물질 발생원인인 식생제거가 주기적으로 필요함 뿐만 아니라, 호내 수생식물이 과하게 증식하고 있는 만큼 적절한 시기에 수생식물의 제거도 필요하다고 보여짐
  - 1호 습지의 경우 상류로부터 부유 쓰레기 등이 대량으로 유입되고 있으며, 이에 대해 지속적인 저감노력이 필요함



## 상 성 지 구

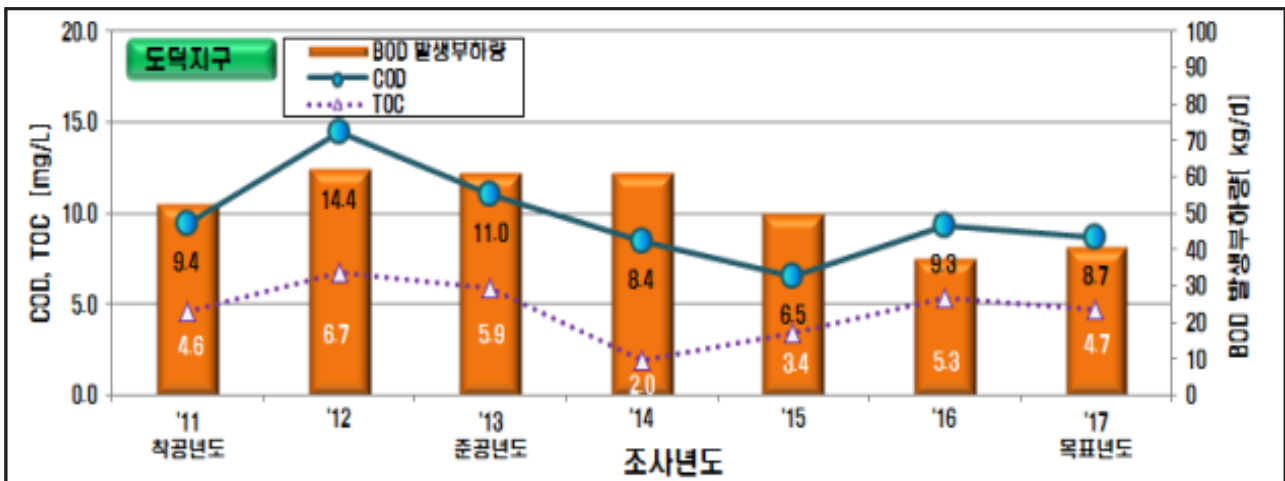
- 위치 : 충청남도 아산시 영인면 상성리(저수량 1,107천 $m^3$ , 수혜면적 253ha)
- 정화시설 : 인공습지 2개소(2.5ha), 침강지 1개소(1.4ha),  
인공식물섬 1개소(1,388 $m^2$ ), 물순환장치 2기(108천 $m^3$ /일)
- 준공년도 : 2013년(목표연도 2018년)
- 수질정화시설 정화효율(4년 평균)
  - 지표흐름습지(1호) : TOC -63.4%, T-N 33.1%, T-P 39.6%
  - 지표흐름습지(2호) : TOC -75.9%, T-N 21.0%, T-P -38.6%
  - 침강지 : TOC 11.2%, T-N 52.7%, T-P 0.3%
- ⇒ 지속된 가뭄으로 인한 습지 유입수량 부족으로 유기물의 정화 효율이 낮게 나타난 반면, 영양염류(T-N) 제거효율은 상대적으로 높게 나타남
- 저수지 수질변화 : 지속적인 가뭄으로 물순환을 저하와 정체현상에 따른 내부생산성 증대가 수질악화에 영향을 미친것으로 판단됨



- 유지관리 개선방안
  - 습지내 마름, 연 등이 대량 증식하고 있어 주기적인 식생제거가 필요함
  - 강우시 상류 침수에 따른 민원 최소화 범위내에서 습지 취입보의 세심한 유지관리가 필요함

## 도 덕 지 구

- 위치 : 전라남도 고흥군 도덕면(저수량 316천<sup>m</sup>, 수혜면적 94.1ha)
- 정화시설 : 침강지 1개소(0.1ha), 인공식물섬 1개소(181<sup>m</sup>), 물순환장치 2식
- 준공년도 : 2013년(목표연도 2018년)
- 수질정화시설 정화효율(3년 평균)
  - 침 강 지 : TOC -4.7%, T-N 53.9%, T-P 44.8%
  - ⇒ 침강지의 수질정화효율이 높게 나타났으며, 비교적 안정적으로 시설이 운영되고 있는 것으로 판단됨
- 저수지 수질변화 : 준공 이후 수질관리기준 IV등급(TOC 6mg/L 이하) 이내의 수질상태를 유지함

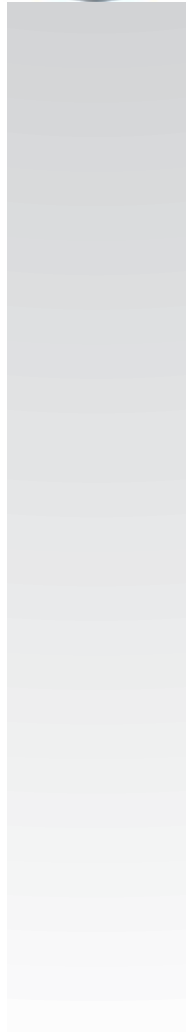


- 유지관리 개선방안
  - 도덕지구는 침강지만 조성되어 있으므로 관리에 더욱 유의해야하고, 지형적인 특성상 저수지 수위 관리가 필요
  - 침강지내 넓은 규모로 설치되어 있는 인공식물섬의 식생관리에 특히 주의가 필요함

# 17. 지구별

# 유지관리 이력카드

---





# 감 돈 지 구

수질개선사업 준공지구 유지관리 이력카드					
<공사개요>			최종수정일: 2017년 12월 31일		
공사명	감돈저수지 수질개선사업	위 치	전남 무안군 몽탄면 봉명리		
공사개요 (사업준공기준)	<input type="checkbox"/> 인공습지 2개소: 41,000m <sup>2</sup>	공사 기간	착 공 일	2001년 08월 01일	
	<input type="checkbox"/> 침강지 1개소: 14,000m <sup>2</sup>		준 공 일	2003년 12월 31일	
			하자담보책임 만료일	2006년 12월 31일	
			발 주 처	한국농어촌공사 무안지사	
	총사업비(기본계획비포함)		3,963,000,000원	담당자명	6급 김영운

<시설물현황-구조물>

구분	인 공 습 지										습지 미가동 주요 원인
	호	면적 (ha)	유형	취입보	양수장	유입 유출부	비상 배출구	식생	연꽃,마름 유무	만수위시 습지이용	
규모	1	2.8	지표	고정	×	15*08	×	창포+갈대	×	○	유입수 부족
	2	1.7	지표	고정	×	0.6*0.6/ 1.0*1.0	×	부들+갈대	×	○	유입수 부족
구분	침 강 지					비 고					
	호	면적(ha)	유형	비상수문	비상수문 규격						
규모	1	3.00	사석	○	1.8×1.8 1련						
	2	0.70	사석	○	1.5×1.5 1련						
구분	양 수 장										비 고
	호	유입부 위 치	유출부 위 치	유량 (m <sup>3</sup> /min)	전기 동력 (kw)	구경 (mm)	대수	일평균가동 시간(hr)	일평균 소비전력 (kw)	일평균 전기료 (천원)	
규모	해 당 없 음										

<시설물현황-유동시설물>

구분	인 공 식 물 점									비 고		
	호	면적 (m <sup>2</sup> )	설치 회사	설치 장소	설치 년도	하자 기간	자산 등록번호	운영 상태	문제점			
규모	해 당 없 음											
구분	물 순 환 장 치											비 고
	호	유형	설치 회사	가동 상태	일평균 가동 시간(hr)	일평균 소비전력 (kw)	일평균 전기료 (천원)	에너지 원별	설치 년도	하자 기간	설치사업	
규모	해 당 없 음											

<유지관리 이력>

년도별		사업비 (천원)	공사기간	예산과목	주요내용
2015	계	135,000			
	1차	135,000	11.09~12.28	유지부대(수질)	습지 표토제거, 식재 등
2016	계	8,271			
	1차	8,271	7.25~12.25	유지부대(수질)	인불용화 약품 탱크설치 및 살포
2017	계	25,887			
	1차	25,887	9.26~11.23	유지부대(수질)	수생식물 절취 및 침강지 준설

# 홍 동 지 구

## 수질개선사업 준공지구 유지관리 이력카드

<공사개요>		최종수정일: 2017년 12월 31일			
공사명	홍동저수지 수질개선사업		위 치	충남 홍성군 장곡면 지정리 일원	
공사개요 (사업준공기준)	<input type="checkbox"/> 인공습지 3개소: 53,043m <sup>2</sup>	공사 기간	착 공 일	2009년 06월 11일	
	<input type="checkbox"/> 침강지 3개소: 38,509m <sup>2</sup>		준 공 일	2009년 12월 30일	
	<input type="checkbox"/> 인공식물섬 1개소: 400m <sup>2</sup>	하자담보책임 만료일		2012년 12월 30일	
	<input type="checkbox"/> 수초저류지 1개소: 2,826m <sup>2</sup>	발 주 처		한국농어촌공사 홍성지사	
	총사업비(기본계획비포함)		4,054,000,000원	담당자명	5급 전상완

<시설물현황-구조물>

구분	인 공 습 지										습지 미가동 주요 원인
	호	면적 (ha)	유형	취입보	양수장	유입/ 유출부	비상 배출구	식생	연꽃머름 유무	만수위시 습지이용	
규모	1	3.3	지표	개폐	×	D800/ D800	○	갈대, 부들	×	×	1. 유입수 부족
	2	1.3	지표	개폐	×	D800/ D800	○	부들, 갈대	×	×	2. 보가동 어려움
	3	0.7	조합	각락 관	×		×	갈대, 부들	○	×	3. 월류보의 표고이상

구분	침 강 지					비 고
	호	면적(ha)	유형	비상수문	비상수문 규격	
규모	1	1.7	사석	○	D1000	
	2	1.7	사석	○	D1000	
	3	1.1	사석	○	D1000	

구분	양 수 장										비 고	
	호	유입부 위 치	유출부 위 치	유량 (m <sup>3</sup> /min)	전기 동력 (kw)	구 경 (mm)	대 수	일평균가동 시간(hr)	월평균 소비전력 (kw)	월평균 전기료 (천원)		에너지원별
규모			해		당		없			음		

<시설물현황-유동시설물>

구분	인 공 식 물 섬									비 고
	호	면적 (m <sup>2</sup> )	설치 회사	설치 장소	설치 년도	하자 기간	자산 등록번호	운영 상태	문 제 점	
규모	1	400	-	1호 침강지내	2008	2011	×	운영중		

구분	물 순 환 장 치												비 고
	호	유형	설치 회사	가동 상태	일평균 가동 시간(hr)	월평균 소비전 력(kw)	월평균 전기료 (천원)	에너 지원 별	설치 년도	하자 기간	설치 사업	자산 등록번호	
규모		해		당		없		음					

<유지관리 이력>

년도별		사업비 (천원)	공사 기간	예산과목	주요내용
2011	계	450			
	1차	450		유지부대(수질)	연산홍 식재
2012	계	2,074			
	1차	1,275		유지부대(수질)	제초작업 실시
	2차	154		유지부대(수질)	쓰레기 방치 안내판 설치
	3차	645		유지부대(수질)	지구내 정비 장비사용료
2013	계	16,248			
	1차	1,385		유지부대(수질)	제초작업 실시
	2차	742		유지부대(수질)	지구내 정비 장비사용료
	3차	4,386		유지부대(수질)	제초작업 실시
	4차	2,145		유지부대(수질)	지구내 조감도 교체
	5차	7,590		유지부대(수질)	지구내 준설
2014	계	16,771			
	1차	3,850		유지부대(수질)	배출연못 및 3호 취입보 준설(320m <sup>3</sup> )
	2차	550		유지부대(수질)	현수막 설치
	3차	440		유지부대(수질)	채수기 구입
	4차	7,146		유지부대(수질)	침사지 및 배출연못 제초작업
	5차	714		유지부대(수질)	수질 방재장비 구입
	6차	770		유지부대(수질)	저수지 주변 제초작업
	7차	550		유지부대(수질)	현수막 설치
	8차	495		유지부대(수질)	저수지 지구내 정비(준설)
9차	2,156		유지부대(수질)	안내판 교체	
2015	계	14,159			
	1차	3,960		유지부대(수질)	1,2호 습지 및 깊은연못 준설(1,470m <sup>3</sup> )
	2차	264		유지부대(수질)	안내판 보수
	3차	90		유지부대(수질)	고효율습지 준설
	4차	550		유지부대(수질)	현수막 설치
	5차	880		유지부대(수질)	제초작업(5,865m <sup>2</sup> )
	6차	8,415		유지부대(수질)	침사지 및 연못 준설(860m <sup>3</sup> )
2016	계	394,314			
	1차	2,280		유지부대(수질)	인불용화시설 수처리제 구입(7,600kg)
	2차	9,640		유지부대(수질)	수처리제 주입 및 수질측정, 유지관리 용역
	3차	1,470		유지부대(수질)	배출연못 수문 설치
	4차	495		유지부대(수질)	취입보 4개소 준설
	5차	429		유지부대(수질)	안내판 보수
	6차	380,000		유지부대(수질)	수질보전대책 고도화 시범사업
2017	계	4,200			
	1차	1,951	6.22	유지부대(수질)	침사지 준설 및 잡목제거
	2차	214	6.19	유지부대(수질)	수질검사 채수병 및 환경정화행사 물품 구입
	3차	165	10.17	유지부대(수질)	현수막 설치
	4차	1,870	10.17	유지부대(수질)	진입방지시설 설치



# 개 천 지 구

## 수질개선사업 준공지구 유지관리 이력카드

<공사개요>

최종수정일: 2017년 12월 31일

공사명	개천저수지 수질개선사업	위 치	경북 의성군 안계면 도덕리 일원		
공사개요 (사업준공기준)	<input type="checkbox"/> 인공습지 2개소: 36,652m <sup>2</sup>	공사 기간	착 공 일	2007년 12월 01일	
	<input type="checkbox"/> 침강지 2개소: 29,932m <sup>2</sup>		준 공 일	2009년 12월 30일	
	<input type="checkbox"/> 인공식물섬 2개소: 692m <sup>2</sup>	하자담보책임 만료일		2011년 12월 30일	
	<input type="checkbox"/> 물순환장치 1개소: 54,000m <sup>3</sup> /일	발 주 처		한국농어촌공사 의성군위지사	
	총사업비(기본계획비포함)	2,359,000,000원	담당자명	6급 박진우	

<시설물현황-구조물>

구분	인 공 습 지										습지 미가동 주요 원인
	호	면적 (ha)	유형	취입보	양수장	유입 유출부	비상 배출구	식생	연꽃,마름 유무	만수위시 습지운용	
규모	1	3.1	지표	전도	○	D800/ D600	○	갈대	○	○	유입수 부족
	2	0.6	지표	고정	×	D800/ D600	×	부들, 갈대	×	×	유입수 부족, 만수시 배수불량

구분	침 강 지					비 고
	호	면적(ha)	유형	비상수문	비상수문 규격	
규모	1	2.5	사석	○	-	
	2	4.5	사석	○	-	

구분	양 수 장										비 고
	호	유입부 위 치	유출부 위 치	유량 (m <sup>3</sup> /min)	전기 동력 (kw)	구 경 (mm)	대 수	일평균가동 시간(hr)	일평균 소비전력 (kw)	일평균 전기료 (천원)	
규모	1	참사지	인공 습지	99	15	250	1	5	-	-	산업용 전력(갑) I
	2	참강지	인공 습지	27	11	150	3	12	-	-	산업용 전력(갑) II

<시설물현황-유동시설물>

구분	인 공 식 물 섬									비 고
	호	면적 (m <sup>2</sup> )	설 치 회 사	설 치 장 소	설 치 년 도	하 자 기 간	자 산 등 록 번 호	운 영 상 태	문 제 점	
규모	1	500	(주)아썸	1호 침강자내	2012	만료	×	운 영 중	없음	
	2	192	(주)아썸	2호 침강자내	2012	만료	×	운 영 중	없음	

구분	물 순환 장치												비고
	호	유형	설치 회사	가동 상태	일평균 가동 시간(hr)	월평균 소비전력 (kw)	월평균 전기료 (천원)	에너지 원별	설치 년도	하차 기간	설치사업	자산 등록번호	
규모	1	태양광	솔라비	가동중	24	-	-	-	2011	만료	수질개선 사업	x	

<유지관리 이력>

년도별	사업비 (천원)	공사 기간	예산과목	주요내용
2014	계	8,365		
	1차	1,750	유지부대(수질)	인공습지 주변 제초작업
	2차	4,840	유지부대(수질)	인공식물섬 제초작업
	3차	1,775	유지부대(수질)	펌프시설 전기요금
2015	계	310,736		
	1차	3,020	유지부대(수질)	인공습지 식생절취
	2차	5,320	유지부대(수질)	인공식물섬 제초작업
	2차	2,396	유지부대(수질)	펌프시설 전기요금
4차	300,000	유지부대(수질)	수질개선 보강사업(가동보, 펌프시설 설치 등)	
2016	계	17,304		
	1차	8,799	유지부대(수질)	인공습지 주변 제초작업
	2차	3,485	유지부대(수질)	펌프시설 전기요금
	3차	1,320	유지부대(수질)	문비(각낙판) 보수
4차	3,700	유지부대(수질)	수질개선제 구입(클린라이트 구입)	
2017	계	26,267		
	1차	5,070	유지부대(수질)	침강지 내용적측량
	2차	2,475	유지부대(수질)	각낙판, 현황판 제작·설치
	3차	5,000	유지부대(수질)	인공식물섬 정비
	4차	10,802	유지부대(수질)	시설보완
5차	2,920	유지부대(수질)	식생절취 및 잡목제거	

# 가 산 지 구

수질개선사업 준공지구 유지관리 이력카드												
<공사개요>										최종수정일: 2017년 12월 21일		
공사명	가산저수지 수질개선사업				위 치	경남 밀양시 부북면 퇴로리 일원						
공사개요 (사업준공 기준)	<input type="checkbox"/> 인공습지 2개소: 20,193㎡		공사 기간		착 공 일	2008년 11월 05일						
	<input type="checkbox"/> 침강지 2개소: 10,895㎡				준 공 일	2010년 12월 20일						
	<input type="checkbox"/> 인공식물섬 2개소		하자담보책임 만료일		2013년 12월 16일							
	<input type="checkbox"/> 물순환장치 4기		발 주 처		한국농어촌공사 밀양지사							
	총사업비(기본계획비포함)		2,745,000,000원		담당자명							
<시설물현황-구조물>												
인 공 습 지												
구분	호	면적 (ha)	유형	취입보	양수장	유입 유출부	비상배 출구	식생	연꽃,미름 유무	만수위시 습지이용	습지 미가동 주요 원인	
규모	1	1.13	지표	전도	○	D250/ D250	×	갈대	×	×	유입수 부족	
	2	8.80	지표	×	○	D100/ D250	×	갈대	×	×	보기동의 어려움, 침수, 배수불량	
침 강 지												
구분	호	면적(ha)	유형	비상수문		비상수문 규격					비 고	
규모	1	0.49	사석	○		B=1.2, H=1.2						
	2	0.59	사석	○		B=1.2, H=1.2						
양 수 장												
구분	호	유입부 위 치	유출부 위 치	유량 (m <sup>3</sup> /min)	전기 동력 (kw)	구 경 (mm)	대 수	일평균 가동 시간(hr)	일평균 소비전력 (kw)	일평균 전기료 (천원)	에너지 원별	비 고
규모	1	저수 지내	인공 습지 (1호)	4.86	15	200	2	0	0	8,270	농사용	
	2	침강지 (2호)	인공 습지 (2호)	1.04	7.5	100	3	12	252	19,389	농사용	
<시설물현황-유동시설물>												
인 공 식 물 섬												
구분	호	면적 (m <sup>2</sup> )	설치 회사	설치 장소	설치 년도	하자 기간	자산 등록번호	운영 상태	문 제 점		비 고	
규모	1	18.0	새미래 건설 (주)	1호 침강지	2010	만료	×	운영중	식생부족 및 고정장치 불량		정비 (2017년 11월말) 예정	
	2	24.0	새미래 건설 (주)	2호 침강지	2009, 2010	만료	×	운영중	식생부족 및 고정장치 불량		정비 (2017년 11월말) 예정	

구분	물 순환 장치											비 고	
	호	유형	설치 회사	가동 상태	일평균 가동 시간(hr)	일평균 소비전력 (kw)	일평균 전기료 (천원)	에너지 원별	설치 년도	하자 기간	설치사업		자산 등록번호
규모	1	태양광	새미래건설(주)	가동중	24	-	-	-	2009	만료	수질개선사업	x	
	2	태양광	새미래건설(주)	가동중	24	-	-	-	2009	만료	수질개선사업	x	
	3	태양광	새미래건설(주)	가동중	24	-	-	-	2011	만료	수질개선사업	x	
	4	태양광	새미래건설(주)	가동중	24	-	-	-	2011	만료	수질개선사업	x	
<유지관리 이력>													
년도별		사업비 (천원)	공사기간	예산과목	주요내용								
2014	계	10,108											
	1차	1,608	'14.03	유지부대(수질)	유입수로 준설								
	2차	7,700	'14.05~06	유지부대(수질)	태양광물순환장치 유비보수 (태양전지모듈 외)								
	3차	800	'14.08	유지부대(수질)	인공습지 갈대제거								
2015	계	222,050											
	1차	203,613	'15.10~12	유지부대(수질)	수질개선사업 보강공사 1식								
	2차	4,000	'15.12	유지부대(수질)	인공습지 갈대제거								
	3차	440	'15.12	유지부대(수질)	태양광물순환장치 이동 및 고정(1대)								
	4차	1,300	'15.07	유지부대(수질)	인공습지 및 침강지 예초작업								
	5차	5,800	'15.06~07	유지부대(수질)	태양광물순환장치 유비보수 (디지털 콘트롤러 외)								
2016	6차	6,897	'15.06	유지부대(수질)	유입수로 준설								
	계	42,014											
	1차	6,470	'16.06	유지부대(수질)	태양광물순환장치 유비보수 (태양전지모듈 외)								
	2차	5,580	'16.12	유지부대(수질)	인공식물섬 분갈이 및 유지보수 (분갈이 및 조명등, 바람날개 등)								
	3차	9,480	'16.05~06	유지부대(수질)	수질정화 펌프장 스크린 제작, 설치								
	4차	6,170	'16.06~07	유지부대(수질)	수질정화시설내 안전시설 설치(메쉬웬스)								
	5차	6,323	'16.12	유지부대(수질)	수질정화시설내 가로등 설치								
	6차	946	'16.06	유지부대(수질)	인공식물섬 고정 및 유입부 준설								
7차	473	'16.08	유지부대(수질)	침강지 유입부 준설									
8차	6,572	'16.12	유지부대(수질)	인공습지 갈대제거									

## 월 천 지 구

### 수질개선사업 준공지구 유지관리 이력카드

<공사개요>

최종수정일: 2017년 12월 31일

공사명	월천저수지 수질개선사업	위 치	전남 함평군 손불면 월천리	
공사개요 (사업준공기준)	<input type="checkbox"/> 인공습지 1개소: 23,777m <sup>2</sup>	공사 기간	착 공 일	2009년 07월 31일
	<input type="checkbox"/> 침강지 1개소: 11,479m <sup>2</sup>		준 공 일	2011년 12월 27일
	<input type="checkbox"/> 인공식물섬 1개소: 500m <sup>2</sup>	하자담보책임 만료일		2013년 12월 30일
	<input type="checkbox"/> 물순환장치 1개소 회수	발 주 처		한국농어촌공사 함평지부
	총사업비(기본계획비포함)	1,194,145,000원	담당자명	7급 이후석

<시설물 현황-구조물>

구분	인 공 습 지										습지 미가동 주요 원인
	호	면적 (ha)	유형	취입보	양수장	유입 유출부	비상배 출구	식생	연꽃,마름 유무	만수위시 습지운용	
규모	1	2.35	혼합	고정	×	D800/ D800	○	부들 갈대	×	○	
구분	침 강 지					비 고					
	호	면적(ha)	유형	비상수문	비상수문 규격						
규모	1	1.15	사석	○	B=1.0, H=1.0						
구분	양 수 장										비 고
	호	유입부 위 치	유출부 위 치	유량 (m <sup>3</sup> /min)	전기 동력 (kw)	구 경 (mm)	대수	일평균가동 시간(hr)	일평균 소비전력 (kw)	일평균 전기료 (천원)	
규모	해 당 없 음										

<시설물 현황-유동시설물>

구분	인 공 식 물 섬									비 고		
	호	면적 (m <sup>2</sup> )	설치 회사	설치 장소	설치 년도	하자 기간	자산 등록번호	운영 상태	문 제 점			
규모	1	500.0	아쌘	침강지내	2011	만료	×	운영중	없음			
구분	물 순 환 장 치											비 고
	호	유형	설치 회사	가동 상태	일평균 가동 시간(hr)	일평균 소비전력 (kw)	일평균 전기료 (천원)	에너지 원별	설치 년도	하자 기간	설치사업	
규모	1	태양광	(주) 솔라비	가동 중지	-	-	-	-	2011	만료	수질개선 사업	-

<유지관리 이력>

년도별	사업비 (천원)	공사 기간	예산과목	주요내용
2012	계	16,164		
	1차	3,771	11.1~ 11.14	유지부대(수질) 유말공 설치
	2차	550	11.22~ 12.03	유지부대(수질) 안내도 보수 작업
	3차	11,843	12.04~ 12.23	유지부대(수질) 경관조성공사
2013	계	14,700		
	1차	14,700	07.19~ 08.02	유지부대(수질) 전도수문 배수로 공사
2014	계			해당없음
2015	계	76,048		
	1차	869	5.20	유지부대(수질) 안내 현황판 정비
	2차	7,244	10.15~ 11.07	유지부대(수질) 전도수문 보수 공사
	3차	17,594	12.03~ 12.17	유지부대(수질) 인공습지 정화식물 보식
	4차	15,946	10.19~ 11.17	유지부대(수질) 과형강관 보수 공사
	5차	31,185	11.02~ 12.01	유지부대(수질) 인공습지 부분준설
	6차	3,210	11.10~ 11.19	유지부대(수질) 인공식물섬 잡초제거 및 보식작업
2016	계	12,656		
	1차	946	6.20	유지부대(수질) 오물 유입 차단시설 설치
	2차	5,600	09.07~ 09.13	유지부대(수질) 인공습지 복토 사업
	3차	6,110	09.23~ 10.21	유지부대(수질) 정화식물 보식 사업
2017	계	19,659		
	1차	1,954	06.12~ 06.13	유지부대(수질) 물넘이 컷팅 작업
	2차	4,400	10.19~ 11.03	유지부대(수질) 침강지 내용적 측량
	3차	4,180	11.10~ 11.24	유지부대(수질) 인공식물섬 제초 및 보수
	4차	9,125	12.05~ 12.14	유지부대(수질) 인공습지 수생식물절취

# 공 산 지 구

## 수질개선사업 준공지구 유지관리 이력카드

<공사개요>

최종수정일: 2018년 2월 21일

공사명	공산저수지 수질개선사업	위 치	전북 고창군 심원면 공산리		
공사개요 (사업준공기준)	<input type="checkbox"/> 인공습지 2개소: 74,115m <sup>2</sup>	공사 기간	착 공 일	2009년 08월 01일	
	<input type="checkbox"/> 침강지 2개소: 39,393m <sup>2</sup>		준 공 일	2011년 12월 30일	
	<input type="checkbox"/> 인공식물섬 2개소: 1,000m <sup>2</sup>	하자담보책임 만료일		2014년 12월 30일	
	<input type="checkbox"/> 물순환장치 1개소: 54,000m <sup>2</sup>	발 주 처		한국농어촌공사 고창지사	
	총사업비(기본계획비포함)		3,484,000,000원	담당자명	6급 황의규

<시설물현황-구조물>

구분	인 공 습 지										습지 미가동 주요 원인
	호	면적 (ha)	유형	취입보	양수장	유입, 유출부	비상 배출구	식생	연꽃,미름 유무	만수위시 습지이용	
규모	1	4.33	지표	교무보	×	D500/ D300	×	부들+ 갈대	×	○	없음
	2	3.08	지표	교무보	×	D500/ D300	○	부들+ 갈대	×	○	유입수 부족

구분	침 강 지					비 고
	호	면적(ha)	유형	비상수문	비상수문 규격	
규모	1	1.15	사석	×	×	
	2	2.30	사석	×	×	

구분	양 수 장										비 고
	호	유입부 위 치	유출부 위 치	유량 (m <sup>3</sup> /min)	전기 동력 (kw)	구경 (mm)	대수	일평균가동 시간(hr)	일평균 소비전력 (kw)	일평균 전기로 (천원)	
규모	해 당 없 음										

<시설물현황-유동시설물>

구분	인 공 식 물 섬									비 고
	호	면적 (m <sup>2</sup> )	설치 회사	설치 장소	설치 년도	하자 기간	자산 등록번호	운영 상태	문 제 점	
규모	1	500	(주)아쌘	침강지내	2011	만료	×	운영중	활착	
	2	500	(주)아쌘	침강지내	2011	만료	×	운영중	활착	

구분	물 순 환 장 치												비 고
	호	유형	설치 회사	가동 상태	일평균 가동 시간(hr)	일평균 소비전력 (kw)	일평균 전기로 (천원)	에너 지원 별	설치 년도	하자 기간	설치사업	자산 등록번호	
규모	1	태양광	(주)에코 코	가동 중	10	×	×	×	2011	만료	수질개선 사업	×	

<유지관리 이력>

년도별	사업비 (천원)	공사기간	주요내용
2012	20,268		
	1,938	9.23~9.28	<input type="checkbox"/> 1,2호 인공습지내 관리도로 등 잡초 제거
	3,310	10.19~10.30	<input type="checkbox"/> 고무보 조작실 수해복구공사(전기)
	15,020	12.18~12.21	<input type="checkbox"/> 유지관리공사(터파기, 사리부설, 안전웬스)
2013	11,416		
	1,176	9.13~10.15	<input type="checkbox"/> 1,2호 인공습지내 관리도로 등 잡초 제거
	5,600	9.26~10.15	<input type="checkbox"/> 수질정화로 설치된 인공식물섬 보수공사
	4,640	11.21~12.06	<input type="checkbox"/> 인공식물섬 관리도로 유지관리공사
2014	11,840		
	900	7.14~7.18	<input type="checkbox"/> 1,2호 인공습지내 관리도로 등 잡초 제거
	6,950	9.25~10.22	<input type="checkbox"/> 목재 정자 및 데크 방청작업
	3,990	11.26~12.08	<input type="checkbox"/> 입간판 제작 설치 실사교체 작업
2015	14,648		
	12,830	03.16~04.16	<input type="checkbox"/> 태양광 물순환장치 긴급복구공사
	1,323	09.04~09.15	<input type="checkbox"/> 1,2호 인공습지내 관리도로 등 잡초 제거
	495	11.17	<input type="checkbox"/> 수질개선사업 사후관리(수초제거)
2016	29,739		
	7,143	05.30~06.13	<input type="checkbox"/> 인공습지 취입수문 스크린 및 진입로 차단시설 설치
	990	06.30~07.01	<input type="checkbox"/> 인공습지 물넘이 수초제거
	3,982	12.15~12.20	<input type="checkbox"/> 태양광 물순환장치 철거공사
	10,900	12.19~12.26	<input type="checkbox"/> 태양광 물순환장치 긴급보수공사
	6,724	12.19~12.22	<input type="checkbox"/> 1, 2호 인공습지 식생절취 및 제초작업
2017	25,829		
	30	03.22~03.24	<input type="checkbox"/> 노후화된 안전안내판 교체
	495	08.10	<input type="checkbox"/> 인공습지 물넘이 수초제거
	5,300	09.26~09.29	<input type="checkbox"/> 1, 2호 침강지 내용적 측량용역
	20,004	12.11~12.31	<input type="checkbox"/> 1, 2호 인공습지 식생절취 및 제초작업



# 설 성 지 구

수질개선사업 준공지구 유지관리 이력카드					
<공사개요>			최종수정일: 2017년 12월 31일		
공사명	성호저수지 수질개선사업	위 치	경기 이천시 설성면 장천리 일원		
공사개요 (사업준공기준)	<input type="checkbox"/> 인공습지 4개소: 21,899m <sup>2</sup>	공사 기간	착 공 일	2010년 10월 28일	
	<input type="checkbox"/> 침강지 3개소: 12,162m <sup>2</sup>		준 공 일	2012년 12월 17일	
	<input type="checkbox"/> 인공식물섬 1개소: 500m <sup>2</sup>	하자담보책임 만료일		2013년 12월 30일	
	<input type="checkbox"/> 물순환장치 1개소 8,500m <sup>3</sup> /일	발 주 처		한국농어촌공사 여주이천지사	
	총사업비(기본계획비포함)		2,454,000,000원	담당자명	7급 이현정

<시설물 현황-구조물>

구분	인 공 습 지										습지 미가동 주요 원인
	호	면적 (m <sup>2</sup> )	유형	취입보	양수장	유입 유출부	비상배 출구	식생	연꽃,마름 유무	만수위시 습지이용	
규모	1	7,422	지표	전도	×	D800/ D600	○	부들 갈대	○	○	유입수 부족, 유입부막힘
	2	5,167	지표	전도	×	D800/ D600	○	부들 갈대	○	○	유입수 부족
	3	5,092	지표	전도	×	D800/ D600	×	부들 갈대	○	○	유입수 부족
	4	4,218	지표	전도	×	D800/ D600	×	갈대, 줄	×	○	유입수 부족
구분	침 강 지					비 고					
	호	면적(m <sup>2</sup> )	유형	비상수문	비상수문 규격						
규모	1	4,224	사석	○	D=0.6m, L=14m						
	2	2,061	사석	○	D=0.6m, L=14m						
	3	5,877	사석	○	D=0.6m, L=14m						
구분	양 수 장										비 고
	호	유입부 위 치	유출부 위 치	유량 (m <sup>3</sup> /min)	전기 동력 (kw)	구 경 (mm)	대 수	일평균가동 시간(hr)	일평균 소비전력 (kw)	일평균 전기로 (천원)	
규모	해 당 없 음										

<시설물현황-유동시설물>

구분	인공식물섬										비고		
	호	면적 (m <sup>2</sup> )	설치 회사	설치 장소	설치 년도	하차 기간	자산 등록번호	운영 상태	문제점				
규모	1	400.0	고정보	침강지내	2012	만료	×	운영중	지면고착				
	2	200.0	고정보	침강지내	2012	만료	×	운영중	지면고착				
	3	500.0	고정보	침강지내	2012	만료	×	운영중	지면고착				
구분	물순환장치												비고
	호	유형	설치 회사	가동 상태	일평균 가동 시간(hr)	일평균 소비전력 (kw)	일평균 전기료 (천원)	에너지 원별	설치 년도	하차 기간	설치사업	자산 등록번호	
규모	1	태양광	(주)에코코	만료	해당	없음	-	산업용(갑)	2012	만료	수질개선사업	×	

<유지관리 이력>

년도별	사업비 (천원)	공사 기간	예산과목	주요내용
2014	계	16,979		
	1차	6,105	5.29~6.12	유지부대(수질) 성호지 습지 유입수로 준설(1~4호)
	2차	1,346	6.17	유지부대(수질) 인공습지 식생절취(1~4호)
	3차	673	8.22~25	유지부대(수질) 인공습지 식생절취(1~4호)
	4차	6,050	6.17~6.28	유지부대(수질) 인공습지 준설
	5차	2,805	12.30~1.05	유지부대(수질) 2호 습지 및 유입배수로 준설
2015	계	5,720		
	1차	4,070	9.14~24	유지부대(수질) 침강지 준설 및 인공식물섬 제초
	2차	1,650	9.14	유지부대(수질) 1호 습지 배출관 준설
2016	계	33,760		
	1차	1,430	6.03~6.07	유지부대(수질) 1~4호 전도수문 권양지 보수
	2차	4,500	6.22~7.01	유지부대(수질) 인공습지 취수문 부유물 차단막 설치
	3차	6,270	8.14~8.19	유지부대(수질) 인공습지 침사지 준설
4차	21,560	11.10~11.23	유지부대(수질) 인공습지 식생절취(습지 및 관리도로)	
2017	계	36,545		
	1차	5,170	10.13~29	유지부대(수질) 침강지 내용적측량
	2차	7,751	11.03~10	유지부대(수질) 물순환장치 보수
3차	23,624	11.27~12.12	유지부대(수질) 인공습지 수생식물 절취(1~4호)	

# 둔 전 지 구

## 수질개선사업 준공지구 유지관리 이력카드

<공사개요>

최종수정일: 2017년 12월 31일

공사명	둔전저수지 수질개선사업	위 치	전남 진도군 고군면 둔전리		
공사개요 (사업준공기준)	<input type="checkbox"/> 인공습지 2개소: 19,474m <sup>2</sup>	공사 기간	착 공 일	2010년 12월 31일	
	<input type="checkbox"/> 침강지 1개소: 20,1880m <sup>2</sup>		준 공 일	2012년 12월 31일	
	<input type="checkbox"/> 인공식물섬 1개소: 500m <sup>2</sup>	하자담보책임 만료일		2016년 1월 13일	
	<input type="checkbox"/> 물순환장치 3기: 17,280m <sup>3</sup> /일	발 주 처		한국농어촌공사 진도지사	
	총사업비(기본계획비포함)	2,481,000,000원		담당자명	7급 김종철

<시설물현황-구조물>

구분	인 공 습 지										습지 미가동 주요 원인
	호	면적 (ha)	유형	취입보	양수장	유입 유출부	비상배 출구	식생	연꽃,마 름 유무	만수위시 습지이용	
규모	1	1.33	지표	전도	○	D500/ D500	×	부들+ 갈대	×	○	유입수 부족
	2	0.60	지표	전도	×	D500/ D500	×	창포+ 갈대	×	×	유입수 부족

구분	침 강 지					비 고
	호	면적(ha)	유형	비상수문	비상수문 규격	
규모	1	2.00	사석	○	1.5×0.8 1련	

구분	양 수 장										비 고
	호	유입부 위 치	유출부 위 치	유량 (m <sup>3</sup> /mi n)	전기 동력 (kw)	구 경 (mm)	대 수	일평균가동 시간(hr)	일평균 소비전력 (kw)	일평균 전기료 (천원)	
규모	1	부담	1호습지	5.62	15	250	1	1	45	2	농사용

<시설물현황-유동시설물>

구분	인 공 식 물 섬									비 고
	호	면적 (m <sup>2</sup> )	설 치 회사	설 치 장소	설 치 년도	하자 기간	자산 등록번호	운영 상태	문 제 점	
규모	1	500.0	아섬	호소내	2012	만료	×	양호	없음	

구분	물 순 환 장 치											비 고
	호	유형	설 치 회사	가동 상태	일평균 가동 시간(hr)	일평균 소비전력 (kw)	일평균 전기료 (천원)	에너지 원별	설 치 년도	하자 기간	설치사업	
규모	1	태양광	코스맥	가동중	24	-	-	-	2012	만료	수질개선	×
	2	태양광	코스맥	수리중	24	-	-	-	2012	만료	수질개선	×
	3	태양광	코스맥	수리중	24	-	-	-	2012	만료	수질개선	×

<유지관리 이력>

년도별		사업비 (천원)	공사기간	예산과목	주요내용
2014	계	2,420			
	1차	2,420	10.14~10.15	유비부대(수질)	2호습지 임시 양수시설설치 유입수로 준설
2015	계	170,000			
	1차	170,000	7.11~7.16	유비부대(수질)	양수장, 보호펜스 설치, 식생제거 등
2016	계	10,960			
	1차	10,960	11.16~11.30	유비부대(수질)	2호습지 침사지 준설, 수초제거 등
2017	계	12,000			
	1차	12,000	12.1~12.21	유비부대(수질)	인공습지 식생제거

## 성 암 지 구

수질개선사업 준공지구 유지관리 이력카드					
<공사개요>			최종수정일: 2017년 12월 31일		
공사명	성암저수지 수질개선사업		위 치	충남 서산시 음암면 성암리 일원	
공사개요 (사업준공기준)	<input type="checkbox"/> 인공습지 3개소: 59,756m <sup>2</sup>	공사 기간	착 공 일	2009년 10월 12일	
	<input type="checkbox"/> 침강지 2개소: 45,567m <sup>2</sup>		준 공 일	2012년 11월 30일	
	<input type="checkbox"/> 인공식물섬 2개소: 1,000m <sup>2</sup>	하자담보책임 만료일		2014년 11월 30일	
	<input type="checkbox"/> 물순환장치: 해당없음	발 주 처		한국농어촌공사 서산태안지사	
	총사업비(기본계획비포함)		6,050,000,000		담당자명

<시설물현황-구조물>

구분	인 공 습 지										습지 미가동 주요 원인
	호	면적 (ha)	유형	취입보	양수장	유입 유출부	비상배 출구	식생	연꽃,마름 유무	만수위시 습지이용	
규모	고효 율	0.1	지하	고정	×	D800/ D800	×	갈대, 노랑꽃 창포	×	○	해당없음
	1	3.04	지표	고정	×	D800/ D800	×	갈대	×	×	유입수 부족
	2	2.82	지표	고정	×	D800/ D800	×	갈대	×	×	유입수 부족
구분	침 강 지					비 고					
	호	면적(ha)	유형	비상수문	비상수문 규격						
규모	1	2.54	사석	○	D1000						
	2	2.02	사석	○	D1000						
구분	양 수 장										비 고
	호	유입부 위 치	유출부 위 치	유량 (m <sup>3</sup> /min)	전기 동력 (kw)	구경 (mm)	대수	일평균가동 시간(hr)	일평균 소비전력 (kw)	일평균 전기료 (천원)	
규모	해 당 없 음										

<시설물현황-유동시설물>

구분	인 공 식 물 섬									비 고		
	호	면적 (m <sup>2</sup> )	설치 회사	설치 장소	설치 년도	하자 기간	자산 등록번호	운영 상태	문제점			
규모	1, 2	1,000		침강지내	2012	만료	×	운영중	없음			
구분	물 순 환 장 치											비 고
	호	유형	설치 회사	가동 상태	일평균 가동 시간(hr)	일평균 소비전력 (kw)	일평균 전기료 (천원)	에너지 원별	설치 년도	하자 기간	설치사업	
규모	해 당 없 음											

<유지관리 이력>

년도별	사업비 (천원)	공사 기간	예산과목	주요내용
2014	계	13,250		
	1차	5,000	유지부대(수질)	물순환장치 보수공사
	2차	2,000	유지부대(수질)	인공습지 식생제거
	3차	6,000	유지부대(수질)	2호습지 취수용 펌프 및 시설물 설치
	4차	250	유지부대(수질)	취입보, 펌프 운영 전기료
2015	계	7,310		
	1차	2,000	유지부대(수질)	인공습지 식생제거
	2차	3,000	유지부대(수질)	인공습지 진출입로 사석 포설
	3차	2,010	유지부대(수질)	인공습지 안전펜스 및 출입문 설치
	4차	300	유지부대(수질)	취입보 운영 전기료
2016	계	8,840		
	1차	50	유지부대(수질)	취입관 막힘방지용 스크린 제작설치
	2차	8,600	유지부대(수질)	인공습지 식생제거 및 잡초 처리
	3차	190	유지부대(수질)	취입보 및 양수펌프 운영 전기료
2017	계	33,525		
	1차	27,625	유지부대(수질)	인공습지 수생식물 절취(승언2지구 포함)
	2차	5,900	유지부대(수질)	침강지 내용적 측량

# 대 승 지 구

## 수질개선사업 준공지구 유지관리 이력카드

<공사개요>		최종수정일: 2017년 12월 31일			
공사명	대승저수지 수질개선사업	위 치	경북 영천시 금호읍 오계리 일원		
공사개요 (사업준공기준)	<input type="checkbox"/> 인공습지 2개소: 41,000m <sup>2</sup>	공사 기간	착 공 일	2010년 08월 01일	
	<input type="checkbox"/> 침강지 1개소: 14,000m <sup>2</sup>		준 공 일	2012년 12월 30일	
	<input type="checkbox"/> 인공식물섬 1개소: 500m <sup>2</sup>	하자담보책임 만료일		2014년 12월 30일	
	<input type="checkbox"/> 물순환장치 1개소 8,500m <sup>3</sup> /일	발 주 처		한국농어촌공사 영천지사	
	총사업비(기본계획비포함)		2,481,000,000원		담당자명

<시설물현황-구조물>

구분	인 공 습 지										습지 미가동 주요 원인
	호	면적 (ha)	유형	취입보	양수장	유입 유출부	비상배 출구	식생	연꽃,마름 유무	만수위시 습지이용	
규모	1	1.15	지표	고정	×	D800/ D800	×	갈대	×	○	유입수 부족
	2	2.30	지표	고정	×	D800/ D800	×	갈대	×	×	유입수 부족, 만수시 배수불량
구분	침 강 지					비 고					
	호	면적(ha)	유형	비상수문	비상수문 규격						
규모	1	1.40	사석	○	D1000						
구분	양 수 장										비 고
	호	유입부 위 치	유출부 위 치	유량 (m <sup>3</sup> /min)	전기 동력 (kw)	구 경 (mm)	대 수	일평균가동 시간(hr)	일평균 소비전력 (kw)	일평균 전기로 (천원)	
규모	해 당 없 음										

<시설물현황-유동시설물>

구분	인 공 식 물 섬									비 고			
	호	면적 (m <sup>2</sup> )	설치 회사	설치 장소	설치 년도	하자 기간	자산 등록번호	운영 상태	문 제 점				
규모	1	500.0	고정보	침강지내	2011	만료	×	운영중	없음				
구분	물 순 환 장 치											비 고	
	호	유형	설치 회사	가동 상태	일평균 가동 시간(hr)	일평균 소비전력 (kw)	일평균 전기로 (천원)	에너지 원별	설치 년도	하자 기간	설치사업		자산 등록번호
규모	1	태양광	(주)동 화기연	가동중	24	-	-	-	2011	만료	수질개선 사업	×	

<유지관리 이력>

년도별	사업비 (천원)	공사 기간	예산과목	주요내용
2014	계	7,106		
	1차	252	유비부대(수질)	대승지 환경정화
	2차	6,854	유비부대(수질)	인공습지 식생절취
2015	계	14,974		
	1차	1,485	유비부대(수질)	인공습지 배수로 준설
	2차	11,000	유비부대(수질)	인공습지 식생절취
	3차	2,489	유비부대(수질)	대승지 환경정화
2016	계	18,917		
	1차	9,217	유비부대(수질)	침사지 퇴적토 제거
	2차	9,700	유비부대(수질)	인공습지 식생절취
2017	계	23,004		
	1차	4,414	유비부대(수질)	침강지 내용적측량
	2차	9,625	유비부대(수질)	식생절취 및 잡목제거
	3차	8,965	유비부대(수질)	배출연못 퇴적토 제거



# 신 휴 지 구

## 수질개선사업 준공지구 유지관리 이력카드

<공사개요>		최종수정일: 2017년 12월 31일			
공사명	신휴저수지 수질개선사업	위 치	충남 서산시 음암면 성암리 일원		
공사개요 (사업준공기준)	<input type="checkbox"/> 인공습지 2개소: 29,212m <sup>2</sup>	공사 기간	착 공 일	2011년 10월 01일	
	<input type="checkbox"/> 침강지 2개소: 8,827m <sup>2</sup>		준 공 일	2013년 12월 30일	
	<input type="checkbox"/> 인공식물섬 2개소: 758m <sup>2</sup>	하자담보책임 만료일		2015년 12월 30일	
	<input type="checkbox"/> 물순환장치 3기: 216천m <sup>3</sup> /일	발 주 처		한국농어촌공사 아산천안지사	
	총사업비(기본계획비포함)		2,389,000,000		담당자명

<시설물현황-구조물>

구분	인 공 습 지										습지 미가동 주요 원인
	호	면적 (ha)	유형	취입보	양수장	유입 유출부	비상 배출구	식생	연꽃마름 유무	만수위시 습지이용	
규모	1	2.15	지표	전도	×	D400/ D800	×	갈대 부들 줄 창포	마름	○	유입수 부족
	2	0.76	지표	전도	×	D800/ D200	×	갈대 부들 줄 창포	×	○	유입수 부족

구분	침 강 지				비 고
	호	면적(ha)	유형	비상수문	
규모	1	0.75	사석	○	D800
	2	0.13	사석	○	D600

구분	양 수 장										비 고
	호	유입부 위 치	유출부 위 치	유량 (m <sup>3</sup> /min)	전기 동력 (kw)	구 경 (mm)	대 수	일평균가동 시간(hr)	일평균 소비전력 (kw)	일평균 전기로 (천원)	
규모	1	2호습지 취입보	2호습지 취사지	1.33	3.7	100	1			16	농사용 (갑)

<시설물현황-유동시설물>

구분	인 공 식 물 섬									비 고
	호	면적 (m <sup>2</sup> )	설치 회사	설치 장소	설치 년도	하자 기간	자산 등록번호	운영 상태	문 제 점	
규모	1	536	아쌘	1호침강 지	2013	만료	×	운영중	없음	
	2	222	아쌘	호내	2011	만료	×	운영중	없음	

구분	물 순 환 장 치											비 고
	호	유형	설치 회사	가동 상태	일평균 가동 시간(hr)	일평균 소비전력 (kw)	일평균 전기로 (천원)	에너지 원별	설치 년도	하자 기간	설치사업	
규모	1	부유식	동화기연	정상	24			태양광	2013	만료	수질개선	×
	2	부유식	동화기연	정상	24			태양광	2013	만료	수질개선	×
	3	부유식	동화기연	정상	24			태양광	2013	만료	수질개선	×

<유지관리 이력>

년도별	사업비 (천원)	공사 기간	예산과목	주요내용
2014	계	15,623		
	1차	6,054	유지부대(수질)	물순환장치(풍력) 보수공사
	2차	2,850	유지부대(수질)	인공습지 제초 작업
	3차	6,490	유지부대(수질)	2호 습지 취수용 펌프 및 시설물 설치
	4차	229	유지부대(수질)	취입보, 양수펌프 운영 전기료
2015	계	8,252		
	1차	1,610	유지부대(수질)	인공습지 제초 작업
	2차	3,800	유지부대(수질)	1호 습지 진출입로 정비(사석 포설)
	3차	2,610	유지부대(수질)	인공습지 안전펜스 및 출입문 설치
	4차	232	유지부대(수질)	취입보, 양수펌프 운영 전기료
2016	계	10,708		
	1차	60	유지부대(수질)	취입관 막힘 방지용 스크린 설치
	2차	2,667	유지부대(수질)	인공습지 제초 작업
	3차	4,425	유지부대(수질)	인공습지 제초 작업
	4차	2,500	유지부대(수질)	인공습지 제초 작업
	5차	855	유지부대(수질)	인공습지 제초 후 수초·잡초 처리 작업
	6차	201	유지부대(수질)	취입보, 양수펌프 운영 전기료
2017	계	18,279		
	1차	13,879	유지부대(수질)	인공습지 제초 작업
	2차	4,400	유지부대(수질)	침강지 내용적 측량

## 승 언 2 지 구

### 수질개선사업 준공지구 유지관리 이력카드

<공사개요>		최종수정일: 2017년 12월 31일			
공사명	상성저수지 수질개선사업	위 치	충남 아산시 영인면 일원		
공사개요 (사업준공기준)	<input type="checkbox"/> 인공습지 2개소: 24,789㎡	공사 기간	착 공 일	2011년 12월 01일	
	<input type="checkbox"/> 침강지 1개소: 13,606㎡		준 공 일	2013년 12월 30일	
	<input type="checkbox"/> 인공식물섬 1개소: 1,388㎡	하자담보책임 만료일		2015년 12월 30일	
	<input type="checkbox"/> 물순환장치 2기: 108천㎡/일	발 주 처		한국농어촌공사 아산천안지사	
	총사업비(기본계획비포함)		1,824,000,000		담당자명

<시설물현황-구조물>

구분	인 공 습 지										습지 미가동 주요 원인
	호	면적 (ha)	유형	취입보	양수장	유입 유출부	비상 배출구	식생	연꽃,마름 유무	만수위시 습지이용	
규모	1	1.96	지표	전도	×	D400/ D800	×	갈대 부들 줄 창포	마름	○	유입수 부족
	2	0.51	지표	전도	×	D400/ D800	×	갈대 부들	연	○	유입수 부족
구분	침 강 지					비 고					
	호	면적(ha)	유형	비상수문	비상수문 규격						
규모	1	1.36	사석	○	D600						
구분	양 수 장										비 고
	호	유입부 위 치	유출부 위 치	유량 (m <sup>3</sup> /min)	진기 동력 (kw)	구 경 (mm)	대수	일평균가동 시간(hr)	월평균 소비전력 (kw)	월평균 전기료 (천원)	
규모			해		당		없		음		

<시설물현황-유동시설물>

구분	인 공 식 물 섬									비 고		
	호	면적 (m <sup>2</sup> )	설 치 회사	설 치 장소	설 치 년도	하자 기간	자산 등록번호	운영 상태	문 제 점			
규모	1	668	-	침강지	2013	만료	×	운영중	'17년 호우시 파손			
구분	물 순 환 장 치											비 고
	호	유형	설 치 회사	가동 상태	일평균 가동 시간(hr)	월평균 소비전력 (kw)	월평균 전기료 (천원)	에너지 원별	설 치 년도	하자 기간	설 치 사업	
규모	1	부유식	우식건설	정상	24			태양광	2013	만료	수질개선	×
	2	부유식	상술글로벌	정상	24			풍력	2013	만료	수질개선	×

<유지관리 이력>

년도별		사업비 (천원)	공사 기간	예산과목	주요내용
2014	계	2,880			
	1차	2,850		유지부대(수질)	인공습지 제초 작업
	2차	30		유지부대(수질)	취입보 운영 전기료
2015	계	12,762			
	1차	1,610		유지부대(수질)	인공습지 제초 작업
	2차	11,136		유지부대(수질)	유입부 오탁방지막 설치(침사지 역할)
	3차	16		유지부대(수질)	취입보 운영 전기료
2016	계	11,068			
	1차	110		유지부대(수질)	취입관 막힘 방지용 스크린 제작설치
	2차	495		유지부대(수질)	인공습지 식물이식 및 시설보수
	3차	2,667		유지부대(수질)	인공습지 제초 작업
	4차	4,425		유지부대(수질)	인공습지 제초 작업
	5차	2,500		유지부대(수질)	인공습지 식생제거 작업
	6차	855		유지부대(수질)	인공습지 수초 및 잡초 처리 작업
	7차	16		유지부대(수질)	취입보 운영 전기료
2017	계	18,189			
	1차	13,789		유지부대(수질)	인공습지 식생제거 작업
	2차	4,400		유지부대(수질)	침강지 내용적 측량

# 상 성 지 구

## 수질개선사업 준공지구 유지관리 이력카드

<공사개요>

최종수정일: 2017년 12월 31일

공사명	상성저수지 수질개선사업	위 치	충남 아산시 영인면 일원		
공사개요 (사업준공기준)	<input type="checkbox"/> 인공습지 2개소: 24,789m <sup>2</sup>	공사 기간	착 공 일	2011년 12월 01일	
	<input type="checkbox"/> 침강지 1개소: 13,606m <sup>2</sup>		준 공 일	2013년 12월 30일	
	<input type="checkbox"/> 인공식물섬 1개소: 1,388m <sup>2</sup>	하자담보책임 만료일		2015년 12월 30일	
	<input type="checkbox"/> 물순환장치 2기: 108천m <sup>3</sup> /일	발 주 처		한국농어촌공사 아산천안지사	
	총사업비(기본계획비포함)	1,824,000,000		담당자명	4급 민수홍

<시설물현황-구조물>

구분	인 공 습 지										습지 미가동 주요 원인
	호	면적 (ha)	유형	취입보	양수장	유입 유출부	비상 배출구	식생	연꽃,마름 유무	만수위시 습지이용	
규모	1	1.96	지표	전도	×	D400/D800	×	갈대,부들, 줄,창포	마름	○	유입수 부족
	2	0.51	지표	전도	×	D400/D800	×	갈대, 부들	연	○	유입수 부족
구분	침 강 지					비 고					
	호	면적(ha)	유형	비상수문	비상수문 규격						
규모	1	1.36	사석	○	D600						
구분	양 수 장										비 고
	호	유입부 위 치	유출부 위 치	유량 (m <sup>3</sup> /min)	전기 동력 (kw)	구 경 (mm)	대수	일평균가동 시간(hr)	일평균 소비전력 (kw)	일평균 전기료 (천원)	
규모			해		당		없		음		

<시설물현황-유동시설물>

구분	인 공 식 물 섬										비 고	
	호	면적 (m <sup>2</sup> )	설치 회사	설치 장소	설치 년도	하자 기간	자산 등록번호	운영 상태	문제점			
규모	1	668	-	침강지	2013	만료	×	운영중	'17년 호우시 파손			
구분	물 순 환 장 치										비 고	
	호	유형	설치 회사	가동 상태	일평균가동 시간(hr)	일평균 소비전 력(kw)	일평균 전기료 (천원)	에너지 원별	설치 년도	하자 기간		설치사업
규모	1	부유식	우석건설	정상	24			태양광	2013	만료	수질개선	×
	2	부유식	상승글로벌	정상	24			풍력	2013	만료	수질개선	×

<유지관리 이력>

년도별		사업비 (천원)	공사 기간	예산과목	주요내용
2014	계	2,880			
	1차	2,850		유지부대(수질)	인공습지 제초 작업
	2차	30		유지부대(수질)	취입보 운영 전기료
2015	계	12,762			
	1차	1,610		유지부대(수질)	인공습지 제초 작업
	2차	11,136		유지부대(수질)	유입부 오탁방지막 설치(침사지 역할)
	3차	16		유지부대(수질)	취입보 운영 전기료
2016	계	11,068			
	1차	110		유지부대(수질)	취입관 막힘 방지용 스크린 제작설치
	2차	495		유지부대(수질)	인공습지 식물이식 및 시설보수
	3차	2,667		유지부대(수질)	인공습지 제초 작업
	4차	4,425		유지부대(수질)	인공습지 제초 작업
	5차	2,500		유지부대(수질)	인공습지 식생제거 작업
	6차	855		유지부대(수질)	인공습지 수초 및 잡초 처리 작업
	7차	16		유지부대(수질)	취입보 운영 전기료
2017	계	18,189			
	1차	13,789		유지부대(수질)	인공습지 식생제거 작업
	2차	4,400		유지부대(수질)	침강지 내용적 측량

# 도 덕 지 구

## 수질개선사업 준공지구 유지관리 이력카드

<공사개요>

최종수정일: 2017년 12월 31일

공사명	도덕저수지 수질개선사업	위 치	전남 고흥군 도덕면 도덕리	
공사개요 (사업준공기준)	<input type="checkbox"/> 침강지 1개소: 1,147m <sup>2</sup>	공사 기간	착 공 일	2012년 01월 13일
	<input type="checkbox"/> 인공식물섬 1개소: 181m <sup>2</sup>		준 공 일	2013년 12월 19일
	<input type="checkbox"/> 물순환장치 2개소 55,000m <sup>3</sup> /일	하자담보책임 만료일		2016년 12월 19일
		발 주 처		한국농어촌공사 고흥지사
	총사업비(기본계획비포함)		1,330,000,000원	담당자명

<시설물현황-구조물>

구분	인 공 습 지										습지 미가동 주요 원인
	호	면적 (ha)	유형	취입보	양수장	유입 유출부	비상배 출구	식생	연꽃미름 유무	만수위시 습지이용	
규모	해 당 없 음										
구분	침 강 지						비 상 수 문			비 고	
	호	면적(ha)	유형	비상수문		비상수문 규격					
규모	1	1.15	보조댐	×		H=1.5, L=87					
구분	양 수 장										비 고
	호	유입부 위 치	유출부 위 치	유량 (m <sup>3</sup> /min)	전기 동력 (kw)	구경 (mm)	대수	일평균가동 시간(hr)	일평균 소비전력 (kw)	일평균 전기료 (천원)	
규모	해 당 없 음										

<시설물현황-유동시설물>

구분	인 공 식 물 섬									비 고			
	호	면적 (m <sup>2</sup> )	설치 회사	설치 장소	설치 년도	하자 기간	자산 등록번호	운영 상태	문 제 점				
규모	1	181	칭 호 환 경 개 발	침강지내	2012	만료	×	운영중	없음				
구분	물 순 환 장 치												비 고
	호	유형	설치 회사	가동 상태	일평균 가동 시간(hr)	일평균 소비전력 (kw)	일평균 전기료 (천원)	에너지 원별	설치 년도	하자 기간	설치사업	자산 등록번호	
규모	1	상용	(주) 엑코코	가동 중	24	100	10	주택용	2016	2018	유지관리	-	
규모	2	상용	(주) 엑코코	가동 중	24	100	10	주택용	2016	2018	유지관리	-	

<유지관리 이력>

년도별		사업비 (천원)	공사 기간	예산과목	주요내용
2014	계				해당없음
2015	계				해당없음
	계	16,232			
2016	1차	4,200	12.01~ 12.20	유지부대(수질)	1,2호 태양광 물순환장치 상용전원 공급공사
	2차	242	-	유지부대(수질)	1,2호 태양광 물순환장치 상용전원 공급에 따른 한전 납입
	3차	9,810	12.02~ 12.21	유지부대(수질)	태양광 물순환장치 보수공사 - 배터리 점검 및 교체작업
	4차	1,980	12.05~ 12.06	유지부대(수질)	인공식물섬 수초제거 및 보수작업
2017	계	4,400			
	1차	4,400	09.11~ 09.28	유지부대(수질)	침강지 내용적 측량



## ▣ 참고문헌

1. 김형중, 2010, 농업용수 수질개선을 위한 인공습지공법, 농어촌과 환경, 109호
2. 농림부, 2004a, 농업용수 수질개선을 위한 인공습지 설계·관리 요령
3. 농림부, 2004b, 농업용수 수질개선 시험연구(최종)
4. 농림부, 2007a, 가산지구 농업용수 수질개선사업 기본조사보고서
5. 농림부, 2007b, 개천지구 농업용수 수질개선사업 기본조사보고서
6. 농림부, 2005, 흥동지구 농업용수 수지개선사업 기본계획
7. 한국농촌공사, 2007, 농업용수 수질개선 조사·설계 매뉴얼
8. 환경부, 2008, 비점오염저감시설의 설치 및 관리·운영 매뉴얼
9. 농림수산식품부, 2010a, 감돈지구 농업용수 수질개선 시범사업 사후조사 보고서
10. 농림수산식품부, 2010b, 담수호 수질개선시험조사 및 실용화 보고서
11. 농림수산식품부, 2010c, 흥동지구 농업용수수질개선사업 사후모니터링조사 보고서
12. 농림수산식품부, 2010d, 개천지구 농업용수 수질개선사업 사후모니터링조사보고서
13. 농림수산식품부, 2012, 농업용수 수질개선지구 사후모니터링 보고서
14. 농림축산식품부, 2013, 농업용수 수질개선지구 사후모니터링 보고서
15. 농림축산식품부, 2014, 농업용수 수질개선지구 사후모니터링 보고서
16. 농림축산식품부, 2015, 농업용수 수질개선지구 사후모니터링 보고서
17. 농림축산식품부, 2016, 농업용수 수질개선지구 사후모니터링 보고서
18. 박우하, 2009, 인공습지 갈대관리, <http://blog.naver.com/sihwawetland/20066157407>
19. 박유미, 이의행, 이상재, 안광국, 2009, 탑정저수지의 부영양화 특성 및 주요 변수 간의 상호관계, 한국하천호수학회지 42(3): 382-393
20. 변명섭, 박혜경, 정동일, 2006, 대형수생식물이 팔당호의 물질 수지에 미치는 영향, 한국하천호수학회지 39(1), 85-92.
21. 양형재, 김병익, 2006, 주암호의 수질변화 및 COD 및 Chl-a 농도의 상관관계 분석, 대한환경공학회지 28(12): 1331-1336.
22. 장정렬, 최선화, 남귀숙, 권순국, 2005, 농업용 저수지내 침강지의 설치유형에 따른 수질정화효율 평가, 한국수자원학회 논문집, 38(8): 665-674.
23. 전라남도, 2002, 주암호 인공습지시설 기본계획 및 실시설계보고서
24. 전지홍, 윤춘경, 함종화, 김호일, 황순진, 2002, 농업용 저수지의 수질항목간의 상관

- 관계 조사, 한국농공학회지 44(3): 136-145
25. Andersson, J. L., Bastviken, S. K., and Tonderski, K. S., 2005, Free water surface wetlands for wastewater treatment in Sweden: nitrogen and phosphorus removal. *Wat, Sci. Tech.* 51(9), pp.39-46
26. IWA Specialist Group on Use of Macrophytes in Water Pollution Control, 2000, *Constructed Wetlands for Pollution Control-Processes, Performance, Design and Operation-*, Scientific and Technical Report, 156 : p.2000
27. George Tchobanogious, Edward. D. Schroeder, 1985, *환경공학*
28. 荻野 激, 遠藤 祐司, 高橋 良, 2008, *人工濕地を用いた重金属含有酸性廢水の處理について*, 日本 北海道立地質研究所

## ■ 참여자 명단

소 속	직 위	성 명	담당업무
한국농어촌공사 환경사업처	처 장	안중식	업무총괄
	부 장	노경환	지도·점검
	차 장	김상현	지도·점검
	과 장	강의태	지도·점검
	사 원	김대원	지도·점검
농어촌연구원	과장	정경은	수질분석
	과장	이진경	수질분석
한국농어촌공사 경기지역본부	차 장	이복자	현장조사 및 결과분석
한국농어촌공사 충남지역본부	차 장	이문용	현장조사 및 결과분석
한국농어촌공사 전북지역본부	과 장	윤상현	현장조사 및 결과분석
한국농어촌공사 전남지역본부	과 장	김태훈	현장조사 및 결과분석
한국농어촌공사 경북지역본부	과 장	이동건	현장조사 및 결과분석
한국농어촌공사 경남지역본부	과 장	김미숙	현장조사 및 결과분석



## 2017년 농업용수 수질개선사업 사후모니터링 보고서

---

발 행 일 : 2017년 12월

발 행 처 : **한국농어촌공사**  
www.ekr.or.kr  
전라남도 나주시 그린로 20

편 집 : 한국농어촌공사 환경사업처

인 쇄 처 : 현디자인  
전라남도 나주시 금천면 금영로 852-10  
T. 061-334-4561 F. 061-334-4564

---

본서의 무단전재 및 복제행위를 금합니다.