발 간 등 록 번 호
11-1543000-003679-01

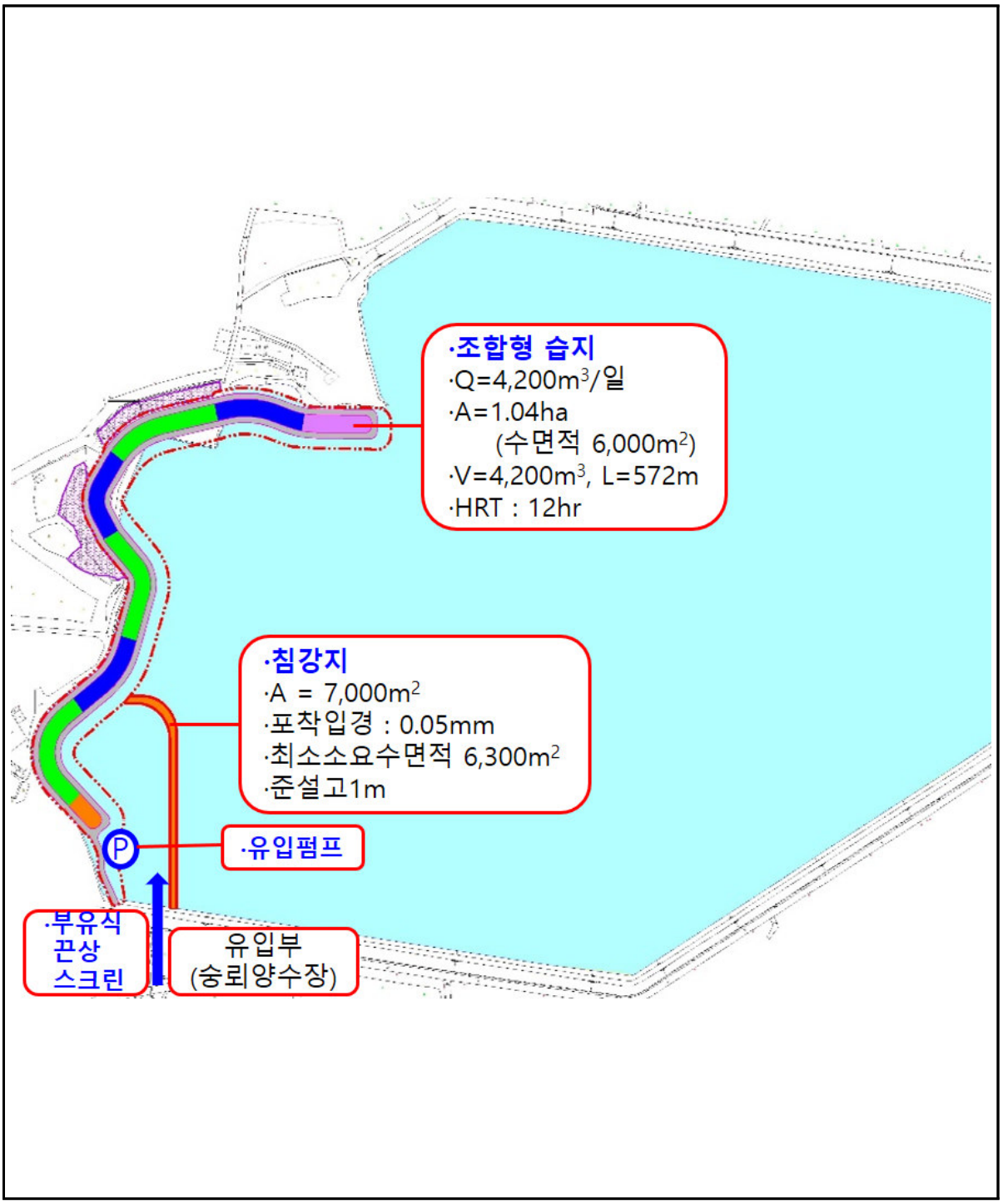
# 2020

## 대산지구 농업용수 수질개선사업

# 기본조사보고서

농림축산식품부 한국농어촌공사

# 대산지구 농업용수 수질개선사업 계획평면도



# 요 약 문

## 1. 사업명

○ 2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

## 2. 사업 배경

○ 기후변화 및 유역오염물질 유입 증가로 저수지 수질 악화

○ 농업용수 수질오염에 따른 농산물 품질 경쟁력 저하 및 농업환경 악화

○ 농산물우수관리인증제도(GAP) 시행을 위한 양질의 용수수요 증가

○ 농어촌의 용수수요 다양화 및 지역주민들의 쾌적한 친수환경 수요 증대

## 3. 사업 목적

○ 농업용수 수질관리기준을 초과한 농업용 호소의 수질을 개선하여 양질의 농업용수를 공급하고 쾌적한 농촌생활환경 조성

## 4. 추진 방향

○ 상류대책과 연계한 인공습지 등 자연친화적이고 유지관리가 용이한 호내대책 추진

○ 사업 효과를 높일 수 있도록 지구특성을 고려한 물리, 화학, 생물학적 방법을 적절히 반영

○ 깨끗한 수환경을 조성 및 사업홍보효과를 제고할 수 있도록 주변환경과 조화되는 사업계획 수립

## 5. 조사내용

### 5.1 지구 현황 조사

○ 사업지구 주변의 자연환경 및 인문.사회 환경 조사

### 5.2 오염원 조사

○ 유역내 인구, 가축, 환경기초시설 방류수 등 점오염원 및 분포현황 조사

○ 유역내 논, 밭, 임야 등 비점오염원 및 분포현황 조사

### 5.3 수질 조사

○ 유입하천, 배수로(평시, 강우시)와 저수지(상, 중, 하부) 현장조사 및 실내시험

### 5.4 퇴적물 조사

○ 저수지 내 상류 유입부, 중류, 하류 지점에서 퇴적물 시료를 채취하여 퇴적물의 토성 및 오염도 분석

### 5.5 지질 조사

○ 수질정화시설 설치예정지 지층의 성상과 각 지층의 지반공학적 특성, 지층의 조밀도 및 연경도를 확인하여 세부설계에 필요한 지반 자료를 제공

### 5.6 생태 조사

○ 저수지 및 주변지역의 동.식물 등에 대한 생태환경조사

### 5.7 매장문화재 지표조사

○ 사업 시행이 문화재 보존환경에 미치는 영향 조사.분석 및 관련대책 수립

### 5.8 수리.수문 조사

○ 유역피복 및 토지이용현황 조사

○ 유입하천 특성 및 유량조사

○ 유역의 기상자료 조사.분석

### 5.9 토목조사 및 기본설계

○ 수질개선대책시설 설치예정지, 유입하천 지형측량 및 하천 종.횡단 측량

○ 수질개선대책시설 기본설계 및 사업비 산출 등

### 5.10 기타

○ 원활한 사업시행을 위한 관련기관 업무협의 및 자료 수집

## 6. 조사결과

### 6.1 대산저수지 현황

○ 소재지 : 인천광역시 강화군 송해면 숭뢰리, 대산리 일원(1광역시 1군 3면 7리)

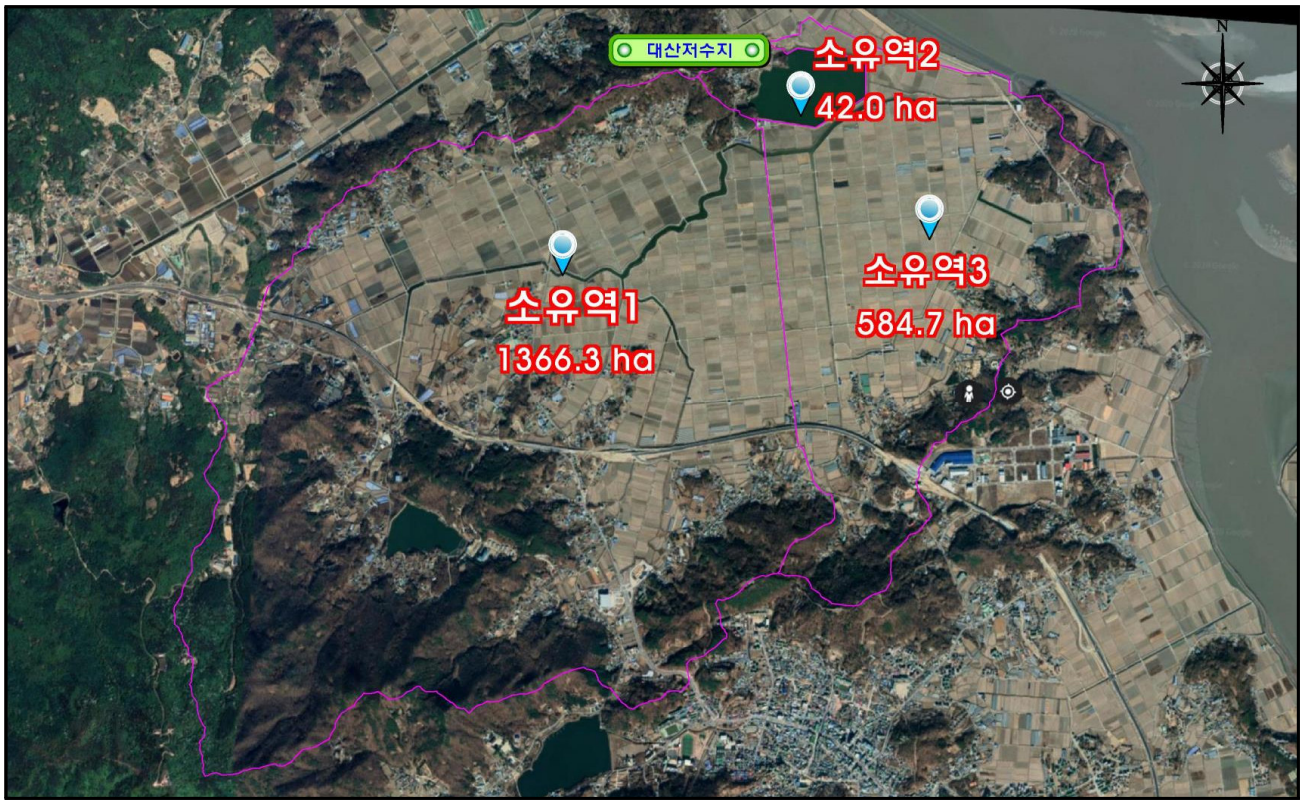
| 지구명 | 조성년도 (년) | 유역면적 (ha) | 만수면적 (ha) | 수혜면적 (ha) | 유효저수량 (총저수량) | 제당높이 (m) | 제당연장 (m) | 관리주체 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 대산 | 1980 | 1,880 | 28.9 | 288.9 | 1271천㎥ | 6m | 1,584 | 한국농어촌공사 강화옹진지사 |

○ 유역은 강화군 강화읍, 송해면 하점면 등 3개면 7개리 간접유역으로 완만한 산지와 농경지 비율이 높은 농촌지역임

○ 유역내 지방하천 승릉천 1개소가 위치하며, 관개용수로 이용된 농경배수를 다시 양수하여 재이용하고 있음

## 6.2 수리 · 수문 조사

○ 대산저수지로 유입되는 유역의 3개 소유역별로 오염원 현황 조사




| 소유역 번호 | 유역면적 (ha) | 유출율 (%) | 년평균 유입량 (천㎥/년) | 일평균 유입량 (㎥/일) | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| I | 1366.3 | 49.6 | 8,707.9 | 23,857.3 | |
| II | 42.0 | 66.9 | 361.2 | 989.6 | |
| III | 584.7 | 35.3 | 2,650.6 | 7,261.9 | |
| 계 | 1993.0 | 45.7 | 11,719.7 | 32,108.8 | |

## 6.3 오염원 및 배출부하량

○ 전형적인 농촌지역으로 유역내 3,110명이 거주하고 있으며, 인구밀도 1.61인/ha로 조사됨

○ 전체 인구 3,110명중 하수 미처리인구가 3,001명으로 96%를 차지함

○ 유역내 사육되는 가축은 한우 1,432두, 젖소 242두, 돼지 700두, 양 20마리, 가금 100,000마리이며, 축산분뇨는 개별 퇴비화 등으로 자체 처리되어 경작지에 살포되고 있음

○ 산업계, 양식계 등의 기타 오염원은 없는 것으로 조사됨

○ 대산저수지 유역은 전체 면적 1,925.7ha로 토지이용현황을 살펴보면 답이 709.3ha(36.8%)로 가장 넓게 분포하고 있음

○ 주로 농경지에서 유입되어 저수지 수질오염이 가중됨

○ 유역상류 및 하류 경작지로는 논이 대부분 차지하고 있었으며, 유역 상하류의 농경지에서 전답에 살포된 퇴비 및 화학비료의 잔재물, 농약 등이 강우에 의한 유출과 마을의 미처리 생활하수 유입 등이 저수지 수질오염을 가중시키고 있음

<축산계>

<생활계>

<토지계>

<유역의 오염원 시설>

○ 유역전체에서 BOD는 321.31kg/일, T-N은 168.947kg/일, T-P는 20.209kg/일의 오염 부하량이 배출되고 있으며, BOD 기준으로 축산계가 40.1%, 생활계가 36.8%, 토지계가 23.1%를 차지하는 것으로 조사됨

○ 주오염원은 축산계이며 비점오염원(축산계)이 수질오염에 기여하므로 비점오염저감위주의 대책 수립이 필요한 것으로 판단됨

| 소유역 | 배출부하량(㎏/일) | | |
|---|---|---|---|
| | BOD | T-N | T-P |
| 합 계 | 321.31 | 168.947 | 20.209 |
| 생활계 | 118.34 | 27.242 | 3.799 |
| 축산계 | 128.81 | 77.968 | 8.587 |
| 산업계 | 0.00 | 0.000 | 0.000 |
| 토지계 | 74.16 | 63.737 | 7.823 |
| 양식계 | 0.00 | 0.000 | 0.000 |

## 6.4 수질 조사 결과

○ 유입하천 및 배수로 3개지점

- BOD 2.5~13.3㎎/L, 하천 생활환경기준 약간좋음(Ⅱ 등급)~매우나쁨(VI등급)
- COD 6.7~29.2㎎/L, 하천 생활환경기준 보통(Ⅲ 등급)~매우나쁨(VI등급)
- TOC 2.8~18.3㎎/L, 하천 생활환경기준 좋음(Ⅰb 등급)~매우나쁨(VI등급)
- T-N 1.09~9.82㎎/L로 최소값 대비 최대값이 9.0배로 시기별로 변화가 큰 것으로 조사되었음
- T-P 0.061~0.178㎎/L, 하천 생활환경기준 약간좋음(Ⅱ 등급)~보통(Ⅲ등급)

○ 대산저수지

- 저수지 상류, 중류, 하류 3지점 COD가 9.3~14.4㎎/L로 호소 생활환경기준 나쁨(Ⅴ등급)~매우나쁨(VI등급), TOC가 5.5~8.8㎎/L로 호소 생활환경기준 약간나쁨(IV등급)~매우나쁨(VI등급)에 해당함
- T-N은 0.71~2.57㎎/L로 호소 생활환경기준 약간나쁨(IV등급)~매우나쁨(VI등급)에 해당함
- T-P는 0.033~0.068㎎/L로 호소 생활환경기준 보통(Ⅲ 등급)~나쁨(Ⅴ등급)에 해당함
- '16년~'19년 농업용수 수질측정망조사 결과 수질변화 추이를 보면, 4개년간 대산저수지의 평균 TOC 6.85㎎/L, T-N 1.048㎎/L, T-P 0.063㎎/L, COD 11.90㎎/L로 농업용수 수질기준인 IV등급을 초과하고 있음
- 목표수질(농업용수 수질기준)을 만족하기 위해서는 인공습지 등 호내대책의 수질개선 사업이 필요
- 대산저수지 '16~'19년 수질변화 추이(농업용수 수질측정망 조사결과)

## 6.5 퇴적물 조사 결과

○ 퇴적물 항목별 오염평가 기준으로 퇴적물의 유기물 및 영양염류 오염평가 등급은 IV등급 이하로 오염도가 낮음

○ 퇴적물의 금속류 오염평가 등급은 모든항목이 Ⅰ등급으로 조사됨

| 지 점 명 | 평 균 | #1 | #2 | #3 |
|---|---|---|---|---|
| 유기물(%) | 4.50 | 3.52 | 4.68 | 5.30 |
| 총질소(㎎/㎏) | 2,464 | 2324 | 2244 | 2825 |
| 총인(㎎/㎏) | 456 | 386 | 502 | 481 |

### 6.6 지질조사 결과

○ 시추조사결과 현지표로부터 1.0~2.0m까지 매립층으로 자갈섞인 실트질 모래가 분포하며 1.0~2.0m 층후로 분포하고 있음

○ 매립층 하부에 분포하는 퇴적층은 1.0~2.0m 하부에서 7.0~8.0m까지 분포하며, 퇴적층 상부는 실트질 점토로 구성되며 하부로 이어지면서 자갈섞인 실트질 모래로 구성됨

○ 풍화토(암편섞인 실트질 모래)는 BH-1번공에서 7.0m ~ 10.5m까지 3.5m의 층후로 분포하며, BH-2번 공에서는 침식의 영향으로 풍화토층이 존재하지 않고 있다. 퇴적층 및 풍화토층하부에 분포하는 풍화암(실트질 모래로 분해)은 6.5~8.6m의 층후로 분포하고 있음

○ 지층 최하부에 분포하는 연암(편마암)은 2.0m이상의 층후로 나타나고 있음

## 7. 대책수립

### 7.1 기본방향

○ 환경친화적이고 주변 지형조건을 최대한 활용한 수질개선공법의 적용

○ 시설의 안정적 운영 및 유지관리가 용이한 공법 적용

○ 저수지 홍수면 부지를 최대한 활용

○ 양수저류 저수지로서 농경배수 양수를 고려한 공법 적용

### 7.2 수질개선 목표수질 및 달성연도

○ 목표수질 : 호소 생활환경기준 Ⅳ등급

- TOC 6.0㎎/L 이하, T-N 1.0㎎/L 이하, T-P 0.10㎎/L 이하

○ 목표수질 달성연도 : 준공 후 5년(2030년 예상)

※ 수질목표 달성년도는 인공습지 등의 공사로 인한 토양교란, 정화식물이 활착하여 안정상태를 보이는 기간을 포함하여 설정

### 7.3 장래오염원 전망

○ 장래 오염원 전망 연도는 목표수질 달성연도와 동일한 2030년으로 설정

| 구 분 | | '18년 기준 | '30년 장래 |
|---|---|---|---|
| 인구(명) | | 3,110 | 3,108 |
| 축산 (두) | 한우 | 1,432 | 1,432 |
| | 젖소 | 242 | 242 |
| | 돼지 | 700 | 700 |
| | 양 | 20 | 20 |
| | 가금 | 100,000 | 100,000 |
| 토지 이용 (ha) | 전 | 208.5 | 207.4 |
| | 답 | 709.4 | 695.9 |
| | 임야 | 630.4 | 623.8 |
| | 대지 | 243.6 | 257.1 |
| | 기타 | 133.8 | 141.5 |
| | 합계 | 1,925.7 | 1,925.7 |
| 산업폐수발생량 (㎥/일) | | - | - |

○ 장래 2030년 소유역별 오염물질 배출부하량

- 소유역 Ⅰ은 생활계 및 축산계 오염원이 집중적으로 분포하고 있어 대산저수지 유역 내에서 배출부하량이 가장 크며, 다음으로 소유역Ⅲ, 소유역Ⅱ 순으로 나타남
- 배출부하량은 다음과 같음

[단위: ㎏/일]

| 소유역 | 항목 | 계 | 생활계 | 축산계 | 산업계 | 토지계 | 양식계 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 총 계 | BOD | 321.49 | 117.89 | 128.81 | 0.0 | 74.79 | 0.0 |
| | T-N | 169.503 | 27.186 | 77.968 | 0.0 | 64.349 | 0.0 |
| | T-P | 20.222 | 3.787 | 8.587 | 0.0 | 7.848 | 0.0 |
| 소유역Ⅰ | BOD | 256.36 | 83.24 | 121.40 | 0.0 | 51.72 | 0.0 |
| | T-N | 139.517 | 19.695 | 73.595 | 0.0 | 46.227 | 0.0 |
| | T-P | 16.309 | 2.714 | 8.165 | 0.0 | 5.430 | 0.0 |
| 소유역Ⅱ | BOD | 3.91 | 2.36 | 0.00 | 0.0 | 1.55 | 0.0 |
| | T-N | 1.831 | 0.538 | 0.000 | 0.0 | 1.293 | 0.0 |
| | T-P | 0.238 | 0.075 | 0.000 | 0.0 | 0.163 | 0.0 |
| 소유역Ⅲ | BOD | 61.22 | 32.29 | 7.41 | 0.0 | 21.52 | 0.0 |
| | T-N | 28.155 | 6.953 | 4.373 | 0.0 | 16.829 | 0.0 |
| | T-P | 3.675 | 0.998 | 0.422 | 0.0 | 2.255 | 0.0 |

## 7.4 수질개선대책 내용

○ 수질개선대책

| 구분 | 대 안 | 시 설 | 규 모 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|
| □ **상류대책** | | | | |
| 1 | 하수처리 | 마을하수도 신설 | - 마을하수도 설치 846㎥/일 | 강화군 제안 |
| 2 | 축산계 | 공동퇴비사 신설 | -마을공동퇴비사설치('21년 준공) | 인천강화 옹진축협 |
| | | 축분야적 관리 | - 축산분뇨 야적관리 철저 | 관리감독 |
| 3 | 토지계 | 비점저감 시설 | - 농경지 오염 유출 방지<br>・퇴비 및 화학비료 살포 방법 등 영농방법 계몽 | 관리감독 |
| □ **호내대책** | | | | |
| 4 | 호내 유입수 전처리 | 부유식끈상 스크린 (유입수로) | - 부유식끈상 스크린 설치<br>・B10m×H2.2m×4EA | 입자성물질 제거 및 미생물에 의한 유기물 분해 |
| 5 | 평시 및 강우 유출수 처리 | 침강지 | -부댐형식으로 설치<br>・면적 : 0.70ha, B2m×L165m<br>- 포착대상 입경 : 0.05mm<br>- 침강속도 : 0.0155cm/s | 비점오염 물질 처리 |
| 6 | 평시 및 강우 유출수 처리 | 조합형 인공습지 | -조합형인공습지설치(인공습지+지하흐름)<br>・면적 : 1.04ha<br>- 처리유량 : 4,200㎥/일<br>- 체류시간 : 12hr<br>※ 펌프시설(2대) 운영조건<br>・가동시간 : 평균 12hr/일<br>(1대씩 교번가동, 2대 토출량 : 5.83㎥/min) | 비점오염 물질 처리 |
| 7 | 양수시기 제한 및 저수지를 통한 용수공급 | 숭뢰양수장 운영체계 조정 (비구조적 대책) | - 초기우수 발생 시 양수제한<br>・총 강우 15mm 이하 비점오염 유입방지를 위한 24시간 내 양수제한<br>- 저수지를 통한 용수 공급<br>・유입수로 우수를 용수로로 직접공급 제한<br>・저수지를 통한 용수 공급으로 호내 물순환 | |

○ 상류 및 호내 대책 모두 적용시 TOC, T-N, T-P 기준 호소수질 Ⅳ등급을 달성할 것으로 예측됨

[단위: ㎎/L]

| 구 분 | 2015~2019년 평균[1)] | 예측수질 | | 목표수질 |
|---|---|---|---|---|
| | | '30년 장래 | 호내대책시 | |
| TOC | 7.1 | 6.5 | 5.6 | 6.0이하 |
| T-N | 0.929 | 1.624 | 0.992 | 1.0이하 |
| T-P | 0.052 | 0.142 | 0.093 | 0.1이하 |

1. 최근 완료된 수질측정망 자료와 실측치 데이터 2018~2019년 자료를 이용하여 보정(2018년) 및 검증(2019) 실시

# 8. 사업효과

## 8.1 직접효과

○ 저수지 수질개선(수질예측 결과)

- '30년 장래 TOC 6.5mg/L → 장래 TOC 5.6mg/L, 13.8% 개선
- '30년 장래 T-N 1.624mg/L → 장래 T-N 0.992mg/L, 38.9% 개선
- '30년 장래 T-P 0.142mg/L → 장래 T-P 0.093mg/L, 34.5% 개선

## 8.2 간접효과

○ 양질의 농업용수 공급을 통한 안전한 농산물생산으로 국민건강 보호

○ 환경친화적 수질개선을 통한 건전한 농촌환경 구축

○ 친수환경 조성으로 지역주민 및 관광객에게 심미적 부가가치 창출

○ 환경보존에 대한 국민홍보 및 교육공간 제공

○ 조성된 자연정화시설을 이용한 다양한 연구활동 공간 제공

# 9. 사업시행 여건

○ 우수농산물 인증 등 친환경 안전농산물 생산기반 조성 및 친환경수변 활용을 위한 지자체의 수질개선 요구가 지속적으로 있었으며 지역주민의 호응도 높음

○ 매장문화재 현황 및 생태조사 결과 사업시행에 불리한 요소 없음

# < 목 차 >


제1장 사업개요 ····· 1-3

1.1 사업명 ····· 1-3

1.2 사업배경 및 필요성 ····· 1-3

1.3 사업목적 ····· 1-3

1.4 사업범위 ····· 1-4

1.4.1 공간적 범위 ····· 1-4

1.4.2 내용적 범위 ····· 1-5

1.5 수행방법 ····· 1-5

1.5.1 기본방향 ····· 1-5

1.5.2 기본조사 및 기본계획 수립절차 ····· 1-6

1.6 기대효과 ····· 1-6

제2장 시설 및 유역개황 ····· 2-3

2.1 시설현황 ····· 2-3

2.2 수질현황 ····· 2-5

2.3 수계 및 하천현황 ····· 2-6

2.4 유역개황 ····· 2-7

2.4.1 자연환경 ····· 2-7

2.4.2 인문·사회 환경 ····· 2-16

2.4.3 환경기초시설 현황 ····· 2-17

2.4.4 농축산업 현황 ····· 2-19

2.4.5 개발 및 삭감계획 ····· 2-21

제3장 오염원 및 환경질현황 ····· 3-3

3.1 오염원 및 오염부하량 ····· 3-3

3.1.1 유역구분 ····· 3-3

3.1.2 오염원 현황 ····· 3-4

3.1.3 오염부하량 산정 ····· 3-14

3.2 수질환경 ····· 3-21
3.2.1 청천시 수질현황 ····· 3-21
3.2.2 청천시 수질현황 ····· 3-24
3.2.3 강우시 수질현황 ····· 3-38
3.3 퇴적물 환경 ····· 3-41
3.3.1 조사 및 분석방법 ····· 3-41
3.3.2 분석결과 ····· 3-43
3.4 지질 환경 ····· 3-46
3.4.1 조사개요 ····· 3-46
3.4.2 조사결과 ····· 3-48
3.5 생태 환경 ····· 50
3.5.1 조사항목 ····· 50
3.5.2 조사범위 ····· 50
3.5.3 조사방법 ····· 52
3.5.4 조사결과 ····· 59
3.5.5 영향예측 ····· 95
3.5.6 저감방안 ····· 100

제4장 대책수립 ····· 4-3
4.1 대책수립 절차 ····· 4-3
4.2 목표수질 및 목표연도 설정 ····· 4-4
4.3 유기물의 분류 ····· 4-5
4.3.1 유기물의 분류 ····· 4-5
4.3.2 수질조사 결과에 의한 유기물 분류 ····· 4-6
4.3.3 유물 구성비 ····· 4-7
4.4 수질모형 선정 및 재현성 검토 ····· 4-9
4.4.1 호소 수질 모델을 이용한 저수지 수질분석 ····· 4-9
4.5 장래수질예측 ····· 4-16
4.5.1 장래오염원 전망 ····· 4-16
4.5.2 장래 오염부하량 ····· 4-19
4.5.3 장래 수질예측 ····· 4-21
4.5.4 시나리오 구성 및 수질예측 ····· 4-21

제5장 시설계획 ····· 5-3
5.1 수질개선 대책 기본방향 ····· 5-3
5.1.1 기본방향 ····· 5-3
5.1.2 수질개선 시스템 구성 ····· 5-4
5.1.3 상류유역 대책(장기대책) ····· 5-4
5.1.4 비구조적 대책 ····· 5-6
5.1.5 조합형 습지 ····· 5-7
5.2 수질개선 종합계획 ····· 5-8
5.3 인공습지 조성계획 ····· 5-9
5.3.1 인공습지 개요 ····· 5-9
5.3.2 인공습지의 종류 ····· 5-12
5.3.3 인공습지 설계인자 ····· 5-14
5.3.4 조합형인공습지 조성계획 ····· 5-21
5.4 양수시설 계획 ····· 5-30
5.4.1 양수시설 도입 개요 ····· 5-30
5.4.2 양수시설 설계 ····· 5-30
5.5 저수지 내용적 검토 ····· 5-33
5.6 세부시설 계획 ····· 5-34
5.6.1 조합형 습지 ····· 5-34
5.6.2 지하흐름형 습지 ····· 5-35
5.6.3 침강지 ····· 5-36
5.6.4 펌프시설 ····· 5-36
5.7 농업비점오염원 저감대책 ····· 5-37
5.7.1 개 요 ····· 5-37
5.7.2 추진방향 ····· 5-37
5.7.3 농업환경보전 프로그램 ····· 5-37
5.7.4 유사사례 ····· 5-39
5.7.5 대산저수지 거버넌스 구축(안) ····· 5-40

제6장 유지관리계획 ····· 6-3
6.1 인공습지 ····· 6-3
6.1.1 인공습지 유지관리 일반 ····· 6-3
6.1.2 인공습지 유지관리 체크리스트 ····· 6-5
6.2 양수시설 ····· 6-6
6.2.1 양수시설 유지관리 일반 ····· 6-6
6.2.2 양수시설 유지관리 체크리스트 ····· 6-7
6.3 배수로 수초제거 ····· 6-8
6.4 모니터링 계획 ····· 6-8

제7장 사업시행 여건 ····· 7-3
7.1 매장문화재 현황 및 영향 ····· 7-3
7.2 주변 개발 및 오염삭감 계획 ····· 7-4
7.3 조사자 종합의견 ····· 7-7

제8장 사 업 비 ····· 8-3
8.1 사업비 수지예산서 ····· 8-3
8.1.1 수 입 ····· 8-3
8.1.2 지 출 ····· 8-3
8.2 사업비 산출내역 ····· 8-4
8.2.1 관리비 및 기타 산출내역 ····· 8-4
8.2.2 용지매수 보상비 산출내역 ····· 8-6
8.2.3 공사비 산출내역 ····· 8-

제9장 부록 ····· 9-3
9.1 참여기술자 명단 ····· 9-3
9.1.1 한국농어촌공사 ····· 9-3
9.2 환경기준(수질, 토양, 퇴적물) ····· 9-4
9.2.1 수질 ····· 9-4
9.2.2 토양 ····· 9-7
9.2.3 퇴적물 ····· 9-8

9.3 시험성적표(수질, 퇴적물, 지질) ····· 9-10
9.3.1 수질 ····· 9-10
9.3.2 퇴적물 ····· 9-16
9.3.3 지질 ····· 9-17
9.4 현황측량 기준점 성과표 ····· 9-49
9.4.1 개요 ····· 9-49
9.4.2 측량조사계획 ····· 9-52
9.4.3 측량성과부 ····· 9-54
9.5 유역도 및 면적표 ····· 9-56
9.6 연도별 월별강우량 ····· 9-57
9.7 유역별 유출량 산정 결과 ····· 9-57
9.8 저수지 내용적 ····· 9-58
9.9 수질예측모형 입력자료 ····· 9-60
9.9.1 수질모형 EFDC ····· 9-60
9.10 시설별 편입용지도 및 조서 ····· 9-87
9.11 매장문화재 지표조사 결과(요약) ····· 9-89
9.12 전략 및 소규모 환경영향평가 협의내용 및 반영결과 ····· 9-90
9.13 보고회 및 기술검토회 결과 ····· 9-101
9.13.1 착수보고회('20.05.12)결과 ····· 9-101
9.13.2 중간보고회('20.10.08)결과 ····· 9-110
9.13.3 기술자문회의('20.11.18)결과 ····· 9-117
9.13.4 최종보고('20.12.17)결과 ····· 9-169
9.14 관련기관 협의 ····· 9-217
9.14.1 오염원조사 자료요청 ····· 9-217
9.14.2 지자체 협의결과 보고 ····· 9-224
9.14.3 지자체 검토의견 요청 ····· 9-228
9.15 시설별 기본계획도 ····· 9-247

# < 표 목 차 >

<표 1.4-1> 사업지구 개요 ····· 1-4

<표 2.1-1> 대산저수지 내용적 비교 ····· 2-3
<표 2.1-2> 금회 측량성과 ····· 2-4
<표 2.4-1> 강화군 위치 ····· 2-7
<표 2.4-2> 지목별 토지이용현황 ····· 2-7
<표 2.4-3> 용도지역별 토지이용현황 ····· 2-8
<표 2.4-4> 표고분석 ····· 2-9
<표 2.4-5> 경사분석 ····· 2-9
<표 2.4-6> 연도별 기상개황 ····· 2-12
<표 2.4-7> 월별 기온분포 ····· 2-12
<표 2.4-8> 월별 강수량 분포 ····· 2-14
<표 2.4-9> 월별 평균풍속 현황 ····· 2-15
<표 2.4-10> 연도별 인구변화 추이 ····· 2-16
<표 2.4-11> 강화군 산업 대분류별 사업체 현황 ····· 2-16
<표 2.4-12> 상수도 보급현황 ····· 2-17
<표 2.4-13> 하수도 보급현황 ····· 2-17
<표 2.4-14> 강화군 처리방식에 따른 하수도 보급현황 ····· 2-18
<표 2.4-15> 분뇨 배출량 현황 ····· 2-18
<표 2.4-16> 농가현황 ····· 2-19
<표 2.4-17> 농경지 연간 시비량 ····· 2-19
<표 2.4-18> 강화군 가축사육두수 현황 ····· 2-20

<표 3.1-1> 소유역별 행정구역 및 토지이용현황 ····· 3-3
<표 3.1-2> 유역별 인구 현황 ····· 3-4
<표 3.1-3> 소유역별 가축 사육두수 현황 ····· 3-4
<표 3.1-4> 소유역별 행정구역 및 토지이용현황 ····· 3-5
<표 3.1-5> 환경기초시설 현황 ····· 3-6
<표 3.1-6> 오염원 세부현황 ····· 3-7

<표 3.1-7> 유역 내 소유역별 오·폐수 발생량 ····· 3-14
<표 3.1-8> 소유역별 생활계 발생부하량 ····· 3-14
<표 3.1-9> 소유역별 축산계 발생부하량 ····· 3-15
<표 3.1-10> 소유역별 토지계 발생부하량 ····· 3-15
<표 3.1-11> 소유역별 생활계 배출부하량 ····· 3-16
<표 3.1-12> 소유역별 축산계 배출부하량 ····· 3-16
<표 3.1-13> 소유역별 토지계 오염물질 배출부하량 ····· 3-17
<표 3.1-14> 오염원별 발생부하량 ····· 3-17
<표 3.1-15> 오염원별 배출부하량 ····· 3-18
<표 3.1-16> 오염물질별 발생·배출부하량 비교 ····· 3-18
<표 3.1-17> 소유역별 BOD 배출부하량 ····· 3-18
<표 3.1-18> 소유역별 T-N 배출부하량 ····· 3-19
<표 3.1-19> 소유역별 T-P 배출부하량 ····· 3-19
<표 3.2-1> 시료채취방법 및 조사항목 ····· 3-21
<표 3.2-2> 조사시기 기상상태 ····· 3-23
<표 3.2-3> W-0 현장측정결과 ····· 3-24
<표 3.2-4> W-0 수질조사 결과 ····· 3-24
<표 3.2-5> W-0 지점의 영양염류 조사결과 ····· 3-25
<표 3.2-6> W-1 현장측정 결과 ····· 3-26
<표 3.2-7> W-1 수질조사 결과 ····· 3-27
<표 3.2-8> W-1 지점의 영양염류 조사결과 ····· 3-27
<표 3.2-9> W-2 현장측정 결과 ····· 3-29
<표 3.2-10> W-2 수질조사 결과 ····· 3-30
<표 3.2-11> W-2 지점의 영양염류 조사결과 ····· 3-30
<표 3.2-12> W-3 현장측정 결과 ····· 3-31
<표 3.2-13> W-3 수질조사 결과 ····· 3-32
<표 3.2-14> W-3 지점의 영양염류 조사결과 ····· 3-32
<표 3.2-15> SW-1 현장조사 결과 ····· 3-33
<표 3.2-16> SW-1 수질조사 결과 ····· 3-34
<표 3.2-17> SW-2 현장조사 결과 ····· 3-35
<표 3.2-18> SW-2 수질조사 결과 ····· 3-36

<표 3.2-19> SW-3 현장조사 결과 ····· 3-37
<표 3.2-20> SW-3 수질조사 결과 ····· 3-37
<표 3.2-21> 강우조사시 기상현황 ····· 3-38
<표 3.2-22> W-1 현장조사 ····· 3-38
<표 3.2-23> W-1 현장조사 ····· 3-40
<표 3.3-1> 기상 현황 ····· 3-41
<표 3.3-2> 퇴적물 측정지점 ····· 3-41
<표 3.3-3> 퇴적물 분석방법 및 분석기기 ····· 3-42
<표 3.3-4> 입도 분석방법 및 분석기기 ····· 3-42
<표 3.3-5> 퇴적물 내 토양오염항목 분석 결과 ····· 3-43
<표 3.3-6> 호소 퇴적물 항목별 오염평가 기준 ····· 3-44
<표 3.3-7> 하천·호소 퇴적물 지점별 오염평가 기준 ····· 3-44
<표 3.3-8> 퇴적물 영양염류 용출속도 ····· 3-45
<표 3.3-9> 대산저수지 내부 및 외부 부하량 ····· 3-45
<표 3.4-1> 지질조사 위치 ····· 3-46
<표 3.4-2> 지질조사 장비 ····· 3-47
<표 3.5-1> 현지조사 범위 ····· 3-50
<표 3.5-2> 조사시기 및 항목 ····· 3-51
<표 3.5-3> 참고문헌 목록 ····· 3-52
<표 3.5-4> 참고문헌 조사항목 ····· 3-52
<표 3.5-5> 식물상 및 식생조사 방법 ····· 3-54
<표 3.5-6> 수도 및 피도 측정기준 및 피도계급 산정방법 ····· 3-54
<표 3.5-7> 식생보전등급기준 ····· 3-55
<표 3.5-8> 육상동물상 조사방법 ····· 3-56
<표 3.5-9> 육수생물상 조사방법 ····· 3-57
<표 3.5-10> 생태·자연도 ····· 3-58
<표 3.5-11> 관속식물 집계표(현지조사) ····· 3-59
<표 3.5-12> 관속식물 집계표(문헌조사 및 현지조사) ····· 3-59
<표 3.5-13> 관속식물의 생활형 비교, 분석(현지조사) ····· 3-60
<표 3.5-14> 희귀식물 목록 ····· 3-61
<표 3.5-15> 특산식물 목록 ····· 3-62

<표 3.5-16> 식물구계학적 특정식물 목록 ····· 3-63
<표 3.5-17> 도시화지수 및 귀화율 산출 ····· 3-64
<표 3.5-18> 귀화식물 및 생태계교란 생물 목록 ····· 3-65
<표 3.5-19> 식생유형별 분포현황 ····· 3-70
<표 3.5-20> 식생보전등급 분포현황 ····· 3-70
<표 3.5-21> 조사지역의 포유류 목록 ····· 3-73
<표 3.5-22> 조사지역의 출현조류의 상대풍부도 ····· 3-75
<표 3.5-23> 조사지역의 조류 목록 ····· 3-76
<표 3.5-24> 조사지역의 양서·파충류 목록 ····· 3-81
<표 3.5-25> 육상곤충류의 목(Order)별 분석 ····· 3-82
<표 3.5-26> 조사지점 현황 ····· 3-84
<표 3.5-27> 어류의 우점종 및 군집지수 ····· 3-85
<표 3.5-28> 어류 목록 ····· 3-85
<표 3.5-29> 저서성 대형 무척추동물의 분류군별 종수 및 개체수 비율(%) ····· 3-86
<표 3.5-30> 저서성 대형 무척추동물의 우점종 및 군집지수 ····· 3-87
<표 3.5-31> 저서성 대형 무척추동물의 ESB지수와 오수생물계열 및 환경질 평가 3-87
<표 3.5-32> 저서성 대형 무척추동물 목록 ····· 3-88
<표 3.5-33> 법정보호종 출현 현황 ····· 3-92
<표 3.5-34> 법정보호종 서식특성 및 영향예측 ····· 3-97
<표 3.5-35> 환삼덩굴 관리방안 ····· 3-100
<표 3.5-36> 가시박 관리방안 ····· 3-101
<표 3.5-37> 가시상추 관리방안 ····· 3-102
<표 3.5-38> 단풍잎돼지풀 관리방안 ····· 3-103
<표 3.5-39> 돼지풀 관리방안 ····· 3-104
<표 3.5-40> 미국쑥부쟁이 관리방안 ····· 3-105
<표 3.5-41> 조합형 인공습지 계획유량 ····· 3-106
<표 3.5-42> 조합형 인공습지 조성계획 ····· 3-106
<표 3.5-43> 식재식물 예시 ····· 3-108
<표 3.5-44> 인공습지의 식물에 따른 오염물질별 정화효율 비교 [단위 : %] ····· 3-108
<표 3.5-45> 침강지 조성계획 ····· 3-110
<표 3.5-46> 황소개구리 관리방안 ····· 3-112

<표 3.5-47> 배스 관리방안 ····· 3-113
<표 3.5-48> 저수지 마름 오염 사이클 ····· 3-114

<표 4.2-1> 대산저수지 목표수질(2030년) ····· 4-4
<표 4.2-2> 호소 생활환경기준 ····· 4-4
<표 4.3-1> 유기물 측정지표 ····· 4-5
<표 4.3-2> 난분해성 유기물 특성 ····· 4-6
<표 4.3-3> 유기물 구성비 ····· 4-8
<표 4.4-1> 수질예측 모델링 비교 ····· 4-9
<표 4.4-2> 농촌용수종합정보시스템(RAWRIS) 대산저수지 모니터링 결과 ····· 4-13
<표 4.4-3> 대산저수지 모니터링 결과 ····· 4-14
<표 4.4-4> 호소수질모형 보·검증에 따른 모형효율 평가 (%, Difference) ····· 4-15
<표 4.5-1> 강화군 인구 변화 추이 ····· 4-16
<표 4.5-2> 대산수지 유역 장래 가축사육 전망 ····· 4-17
<표 4.5-3> 소유역별 토지이용현황 ····· 4-17
<표 4.5-4> 장래 오염원 전망 결과 ····· 4-18
<표 4.5-5> 오염원그룹별 발생부하량 ····· 4-19
<표 4.5-6> 오염원그룹별 배출부하량 ····· 4-19
<표 4.5-7> 소유역별 장래 2030년 발생부하량 ····· 4-20
<표 4.5-8> 소유역별 장래 2030년 배출부하량 ····· 4-20
<표 4.5-9> 장래 수질예측결과 ····· 4-21
<표 4.5-10> 수질 예측 시나리오 구성 ····· 4-22
<표 4.5-11> 수질정화시설별 정화 효율 ····· 4-23
<표 4.5-12> 시나리오별 수질예측결과(연평균) ····· 4-24
<표 4.5-13> 시나리오별 수질예측결과(연최대, 연최소) ····· 4-25
<표 4.5-14> 시나리오별 수질예측결과(분기평균) ····· 4-25
<표 4.5-15> 시나리오별 수질예측결과(연평균) ····· 4-25

<표 5.2-1> 대산저수지 수질개선 시설규모 ····· 5-8
<표 5.3-1> 인공습지 장·단점 ····· 5-10
<표 5.3-2> 인공습지 수질정화 기작 ····· 5-11
<표 5.3-3> 습지에 의한 T-N의 제거율에 관한 사례 ····· 5-11

<표 5.3-4> 습지에 의한 T-P의 제거율에 관한 사례 ····· 5-11
<표 5.3-5> 조합형인공습지 정화효율 ····· 5-14
<표 5.3-6> RBS(습지용량/발생유량)에 따른 기대 처리효율(%) ····· 5-18
<표 5.3-7> 조합형인공습지 계획유량 ····· 5-21
<표 5.3-8> 조합형인공습지 조성계획 ····· 5-21
<표 5.3-9> 조합형 인공습지 토공계획 ····· 5-22
<표 5.3-10> 접촉여재 예시 ····· 5-25
<표 5.3-11> 인공습지의 식물에 따른 오염물질별 정화효율 ····· 5-27
<표 5.3-12> 표토제거 ····· 5-29
<표 5.4-1> 양수시설 설치 위치 검토 ····· 5-31
<표 5.4-2> 대산저수지 연도별 최저 저수위 ····· 5-31
<표 5.4-3> 양수시설 제원 ····· 5-32
<표 5.5-1> 사업시행 전·후 내용적 ····· 5-33

<표 6.1-1> 인공습지의 유지관리 점검 체크리스트 ····· 6-5
<표 6.2-1> 양수시설의 유지관리 점검 체크리스트 ····· 6-7
<표 6.4-1> 수질개선시설 모니터링 계획 ····· 6-8

<표 8.2-1> 대산지구 편입용지조서 ····· 8-6

# < 그 림 목 차 >

<그림 1.4-1> 대산저수지 위치도 ····· 1-4

<그림 2.1-1> 대산저수지 현황 ····· 2-3
<그림 2.1-2> 대산저수지 내용적 곡선 ····· 2-4
<그림 2.2-1> 대산저수지 수질현황(농어촌공사 수질측정망) ····· 2-5
<그림 2.3-1> 대산저수지 하천현황 ····· 2-6
<그림 2.4-1> 대산저수지 유역의 표고 및 경사 ····· 2-10
<그림 2.4-2> 월별 평균기온(2010～2019년) ····· 2-13
<그림 2.4-3> 월별 평균 강수량 분포(2010～2019년) ····· 2-14
<그림 2.4-4> 월별 평균 풍속(2010～2019년) ····· 2-15

<그림 3.1-1> 유역 구분도 ····· 3-3
<그림 3.1-2> 오염원별 위치도 ····· 3-5
<그림 3.1-3> BOD 배출부하량 기여도 ····· 3-19
<그림 3.1-4> T-N 배출부하량 기여도 ····· 3-19
<그림 3.1-5> T-P 배출부하량 기여도 ····· 3-20
<그림 3.2-1> 대산저수지 수질조사 지점도 ····· 3-21
<그림 3.2-2> W-0 지점 BOD, COD, TOC 및 SS농도 ····· 3-24
<그림 3.2-3>W-0 지점 T-N 및 T-P농도 ····· 3-25
<그림 3.2-4>W-1 지점 BOD, COD, TOC 및 SS농도 변화추이 ····· 3-27
<그림 3.2-5> W-1 지점 T-N 및 T-P농도 변화추이 ····· 3-28
<그림 3.2-6> W-2 지점 BOD, COD, TOC 및 SS농도 변화추이 ····· 3-30
<그림 3.2-7> W-2 지점 T-N 및 T-P농도 변화추이 ····· 3-31
<그림 3.2-8> W-3 지점 BOD, COD, TOC 및 SS농도 ····· 3-32
<그림 3.2-9> W-3 지점 T-N 및 T-P농도 ····· 3-33
<그림 3.2-10> SW-1 지점 수질농도 그래프 ····· 3-34
<그림 3.2-11> SW-2 지점 수질농도변화 그래프 ····· 3-36
<그림 3.2-12> SW-3 지점 수질농도 그래프 ····· 3-37

<그림 3.2-13> W-1 강우시 수질농도변화 그래프(1차) ····· 3-39
<그림 3.2-14> W-1 강우시 수질농도변화 그래프(2차) ····· 3-40
<그림 3.3-1> 퇴적물 조사지점 위치도 ····· 3-41
<그림 3.3-2> 퇴적물 채취 사진 ····· 3-42
<그림 3.3-3> 대산저수지 내부(혐기상태) 및 외부 부하량 비율 ····· 3-45
<그림 3.4-1> 지반조사 위치도 ····· 3-46
<그림 3.5-1> 조사지점・범위 및 경로도 ····· 3-51
<그림 3.5-2> 문헌조사 위치도 ····· 3-53
<그림 3.5-3> 생활형 비교 및 분석 ····· 3-60
<그림 3.5-4> 생태계교란 생물(식물) 위치도 ····· 3-67
<그림 3.5-5> 육상식물 사진 ····· 3-68
<그림 3.5-6> 한반도 식물구계도, 식생기후대 및 산림식생유형 ····· 3-69
<그림 3.5-7> 현존식생도 ····· 3-71
<그림 3.5-8> 식생보전등급도 ····· 3-72
<그림 3.5-9> 생활형 및 군집지수 ····· 3-75
<그림 3.5-10> 육상동물 사진 ····· 3-83
<그림 3.5-11> 저서성 대형 무척추동물의 목별 종수 및 개체수 현황 ····· 3-87
<그림 3.5-12> 육수생물 사진 ····· 3-91
<그림 3.5-13> 법정보호종 위치도(문헌조사) ····· 3-93
<그림 3.5-14> 생태·자연도 ····· 3-94
<그림 3.5-15> 조합형인공습지 계획평면도 ····· 3-107
<그림 3.5-16> 표준단면도 ····· 3-109
<그림 3.5-17> 육수생물 영향 저감대책 계획 ····· 3-112
<그림 3.5-18> 유수지 부지내(북서측) 경작지 현황 ····· 3-113

<그림 4.1-1> 대책수립 절차 ····· 4-3
<그림 4.3-1> 유기물 분류/ 측정 모식도 ····· 4-5
<그림 4.4-1> EFDC 모델의 구조 ····· 4-10
<그림 4.4-2> EFDC 격자구축(좌) 및 수심분포도(우) ····· 4-11
<그림 4.4-3> 호소수질모델 기상자료 입력결과(강화기상대) ····· 4-12
<그림 4.4-4>  대산저수지 수질 검·보정결과 ····· 4-15

<그림 4.5-1> 대산지구 농업용수 수질개선대책(안) ····· 4-22
<그림 4.5-2> 시나리오별 장래수질예측 연간변화 ····· 4-24

<그림 5.3-1> 지표흐름형 습지 개념도 ····· 5-12
<그림 5.3-2> 지하흐름형 습지 개념도 ····· 5-13
<그림 5.3-3> 지표-지하흐름 조합형인공습지 개념도 ····· 5-13
<그림 5.3-4> 소유역구분도 및 DIROM모형 구조도 ····· 5-17
<그림 5.3-5> 개선된 조합형인공습지 계획평면도 ····· 5-22
<그림 5.3-6> 조합형 인공습지 수리종단도 ····· 5-23
<그림 5.3-7> 식재식물 예시 ····· 5-27
<그림 5.3-8> 표준단면도 ····· 5-28
<그림 5.4-1> 고정식 양수시설 ····· 5-30
<그림 5.4-2> 이동식 양수시설 ····· 5-30
<그림 5.4-3> 양수시설 ····· 5-32

# 제1장 사 업 개 요

1.1 사 업 명

1.2 사업배경 및 필요성

1.3 사업목적

1.4 사업범위

1.5 수행방법

1.6 기대효과

# 제1장 사업개요

## 1.1 사업명

○ 2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

## 1.2 사업배경 및 필요성

○ 대산저수지는 1980년에 조성된 이후 저수지 주변 거주지로부터 미처리 하수가 지속적으로 유입되며, 평야부 경작지에 살포된 퇴비, 화학비료와 농경지 고사체의 유기물질 등의 비점오염물질이 강우시에 유입되면서 호소 수질환경이 악화되고 있는 실정임

○ 또한 관개용수로 이용된 농경배수를 다시 양수하여 재이용하고 있어 수질은 점차 악화되고 있는 실정임

○ 대산지구는 최근 5년간 연평균 수질이 TOC(7.1mg/L), T-N(0.929mg/L), T-P(0.052mg/L)으로 TOC가 Ⅳ등급을 상회함에 따라 농어촌정비법 제21조(농어촌용수 오염방지와 수질개선 등), 농업용호소수질관리지침 제8조(수질개선대책수립 등) 및 중장기수질개선대책(´16.12)에 따라 수질개선대상지로 선정됨

○ 농촌의 용수수요 다양화 및 지역주민들의 쾌적한 친수환경 수요 증대, 친환경농산물시장 확대 정책에 부응하기 위해 수질개선대책이 필요함

## 1.3 사업목적

○ 대산저수지 수질을 개선하여「환경정책기본법 시행령 별표1 환경기준」의 호소 생활환경 기준 Ⅳ등급에 적합한 수질 유지

○ 양질의 농업용수 확보로 안전한 농식품 생산기반 제공

○ 환경친화적인 수질개선사업을 통해 대산저수지 자연환경을 보전하고 건전한 호소생태계를 유지하여 지속가능한 농업·농촌환경 구축과 쾌적한 수변공간 제공

○ 대산저수지 수질개선사업 세부설계에 활용

## 1.4 사업범위

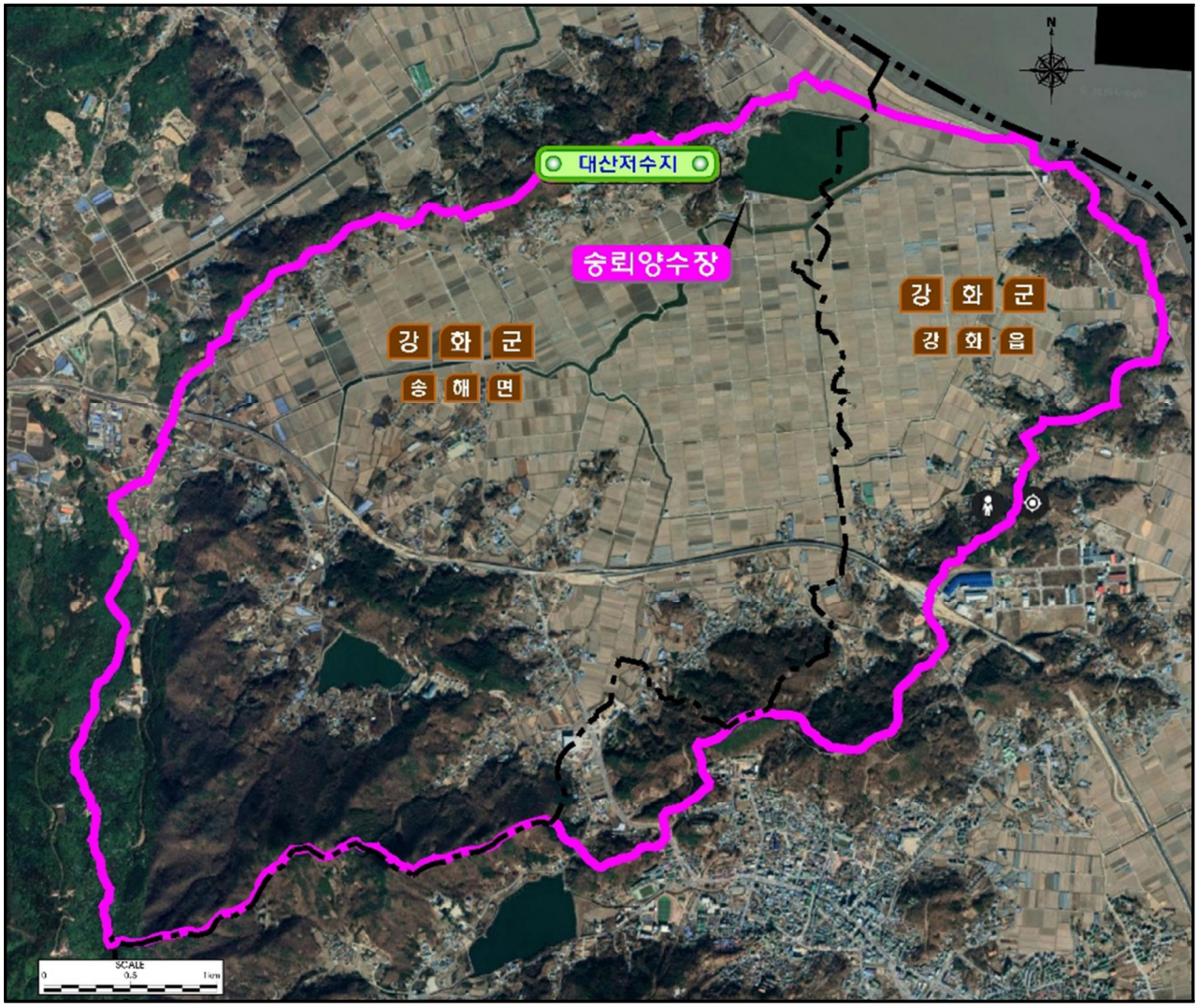
### 1.4.1 공간적 범위

○ 위 치

- 대산지구 : 인천광역시 강화군 송해면 숭뢰리, 대산리 일원(대산저수지)

<표 1.4-1> 사업지구 개요

| 지구명 | 조성년도 (년) | 유역면적 (ha) | 만수면적 (ha) | 수혜면적 (ha) | 유효저수량 (총저수량) | 제당높이 (m) | 제당연장 (m) | 관리주체 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 대산 | 1980 | 1,880 | 28.9 | 288.9 | 1271천㎥ | 6m | 1,584 | 한국농어촌공사 강화・옹진지사 |




<그림 1.4-1> 대산저수지 위치도

### 1.4.2 내용적 범위

○ 사업지구 및 주변지역의 기초 환경 조사

○ 대산저수지의 수질개선대책 수립을 위한 수질, 퇴적물, 동.식물상, 수리.수문, 오염원 등 수환경 및 유역환경 조사

○ 대산저수지 유역내 현재 오염원 및 장래 오염원 변화에 따른 오염부하량 산정

○ 대산저수지 목표수질 달성을 위한 상류 및 저수지내 수질개선대안별 수질예측

○ 수질예측 결과를 검토하여 대산저수지 수질개선 최적 대안 선정 및 기본계획(안) 수립

## 1.5 수행방법

### 1.5.1 기본방향

○ 사업은 크게 현장조사와 실내분석으로 구분되며, 현장조사는 과거 조사자료 등 이용 가능한 자료를 최대한 활용

○ 현장조사는 유입하천과 대산저수지의 수질변화와 특성을 파악할 수 있도록 지점.시기별 조사를 실시

○ 저수지별 내부 생산 정도를 파악하기 위하여 퇴적물 조사 및 저수지 주변에 서식하는 동·식물 등 환경 파악

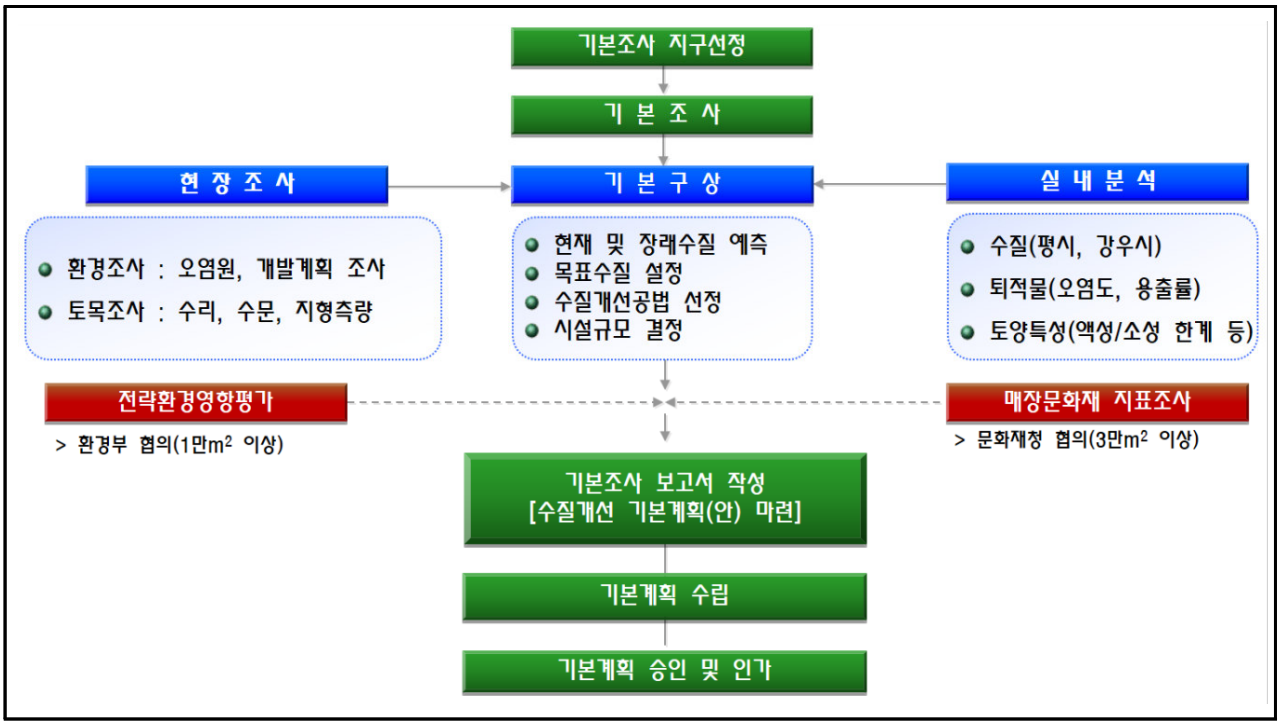
○ 현장조사 결과를 바탕으로 대산저수지의 오염상태를 진단

○ 수질예측 모형을 이용하여 장래 오염원 변화에 따른 수질변화를 예측하고 목표 수질을 달성할 수 있는 최적의 수질개선안을 선정

- 지자체 등에서 운영·추진 중인 상류 대책을 검토하여 본 기본조사에서 반영/제안
- 호내 대책은 사업효과가 높고 안정성과 유지관리가 용이한 대책을 선정하여 목표 수질을 만족할 때까지 검토

○ 선정된 수질개선방안을 바탕으로 토목 현장조사, 관계기관 의견수렴 결과를 반영하여 기본계획(안) 수립

### 1.5.2 기본조사 및 기본계획 수립절차




## 1.6 기대효과

- ○ 양질의 농업용수 공급을 통한 안전한 농산물생산으로 국민건강 보호
- ○ 환경친화적 수질개선을 통한 건전한 농촌환경 구축
- ○ 친수환경 조성으로 지역주민 및 관광객에게 심미적 부가가치 창출
- ○ 환경보존에 대한 지역주민 및 관련기관 홍보

# 제2장 시설 및 유역개황

2.1 시설현황

2.2 수질현황

2.3 수계 및 하천현황

2.4 유역개황

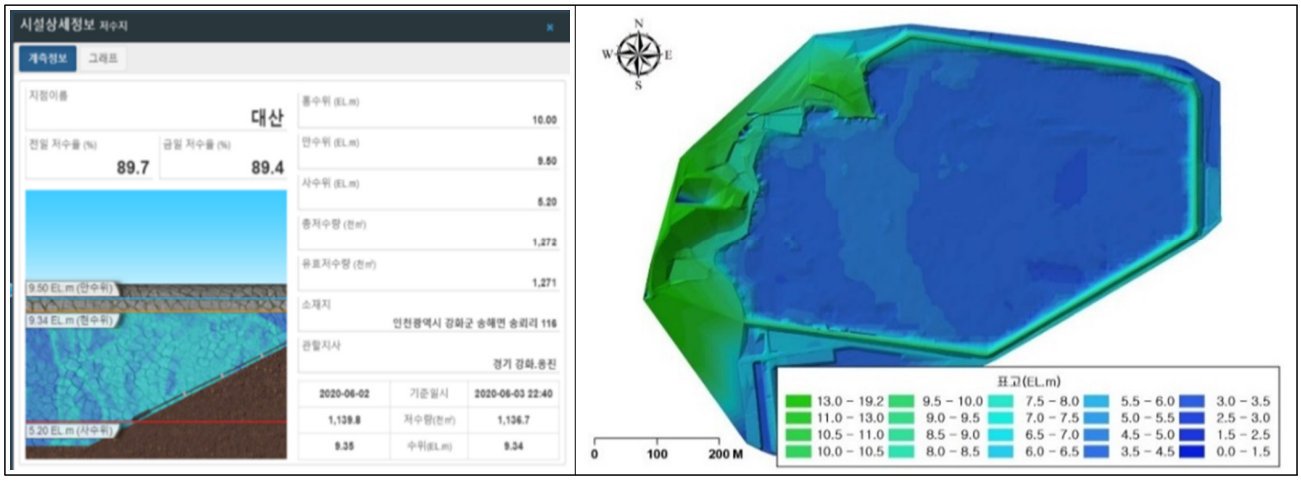
# 제2장 시설 및 유역개황

## 2.1 시설현황

○ 대산저수지는 1980년에 조성된 저수지로 인천광역시 강화군 송해면 숭뢰리에 위치하고 있으며, 본 저수지는 유역면적 1,880ha, 만수면적 28.9ha, 수혜면적 288.9ha로 한국농어촌공사 강화옹진지사에서 관리하고 있음

○ 유역은 강화군 강화읍, 송해면 하점면 등 3개면 7개리 간접유역으로 완만한 산지와 농경지 비율이 높은 농촌지역임

○ 대산저수지 내용적 검토결과 금회 현황 및 수심측량(GPS 측량) 결과를 기본조사에 적용




<그림 2.1-1> 대산저수지 현황

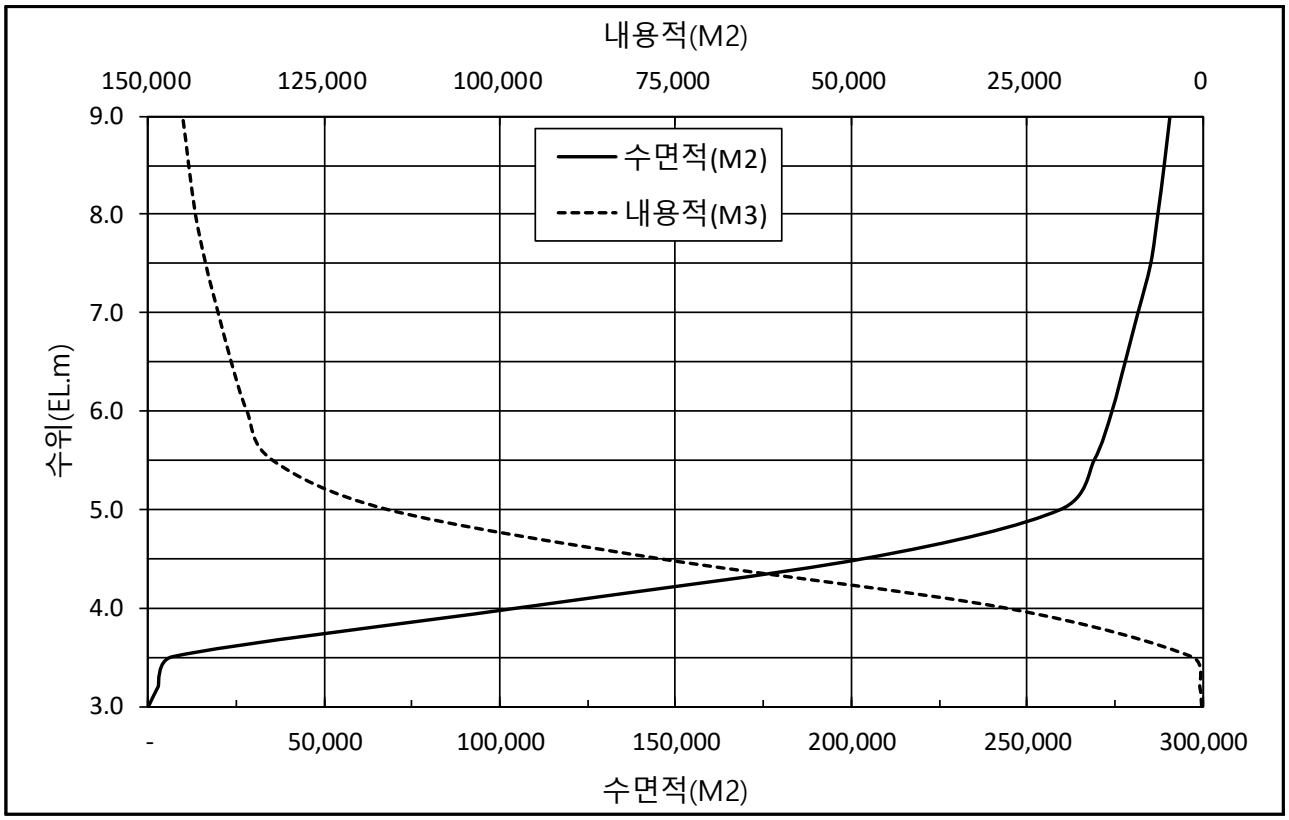
<표 2.1-1> 대산저수지 내용적 비교

| 구 분 | RIMS | RAWRIS | 내용적 조견표 | 기설계 (2003,2017) | **금회측량 (2020)** |
|---|---|---|---|---|---|
| 유효저수량(천톤) | 1,271 | 1,272 | 1,272 | 696 | **911** |
| 제체높이(m) | 6.0 | - | 5.8 | 6.0 | **6.0** |
| 만수면적(ha) | 28.9 | - | 29.0 | 27.2 | **28.6** |
| 제정고(EL.m) | - | - | 11.00 | 9.00 | **9.00** |
| 홍수위(EL.m) | - | 10.00 | 10.00 | 8.00 | **8.00** |
| 만수위(EL.m) | - | 9.50 | 9.50 | 7.00 | **7.50** |
| 사수위(EL.m) | - | 5.20 | 5.20 | 3.20 | **3.20** |

주) 기설계 : 대산 저수지 내용적 측량(2003), 대산지구 수리설 개보수 사업(2017)

<표 2.1-2> 금회 측량성과

| 표고(EL.m) | 수면적(㎡) | 저류용량(㎥) | 비 고 |
|---|---|---|---|
| 3.0 | 100 | - | |
| 3.2 | 2,787 | 289 | 사수위 |
| 3.5 | 6,868 | 1,737 | |
| 4.0 | 105,665 | 29,870 | |
| 4.5 | 203,956 | 107,276 | |
| 5.0 | 259,795 | 223,213 | |
| 5.5 | 269,330 | 355,495 | |
| 6.0 | 274,479 | 491,447 | |
| 6.5 | 278,187 | 629,613 | |
| 7.0 | 281,864 | 769,626 | |
| 7.5 | 285,466 | 911,459 | 만수위 |
| 8.0 | 287,532 | 1,054,708 | |
| 8.5 | 289,313 | 1,198,919 | |
| 9.0 | 290,995 | 1,343,996 | 제정고 |

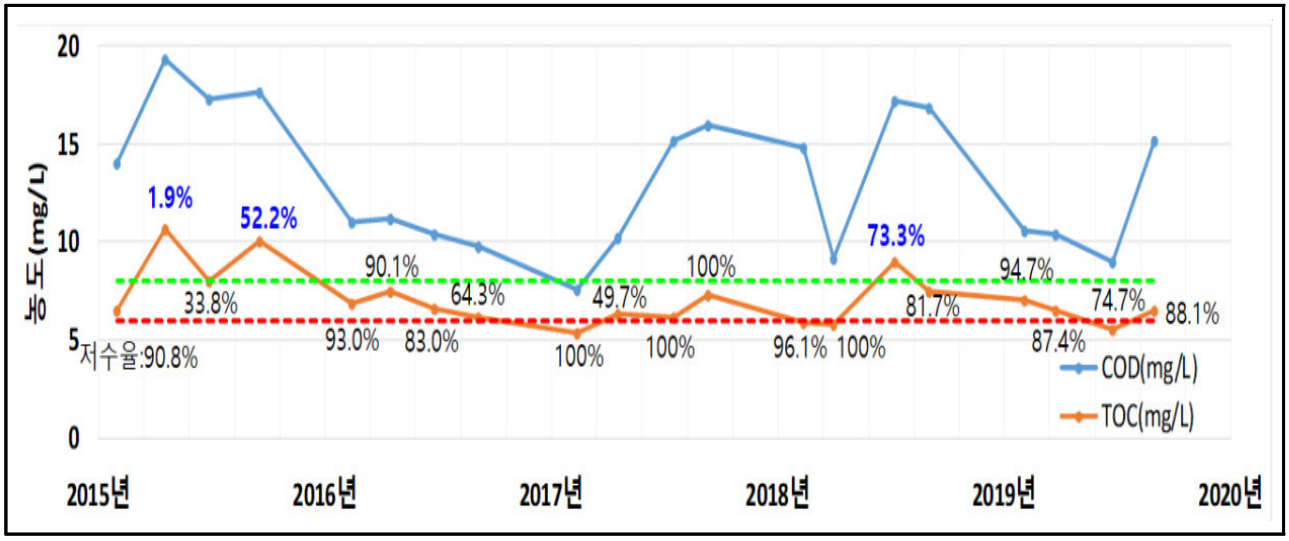



<그림 2.1-2> 대산저수지 내용적 곡선

## 2.2 수질현황

- 대산저수지의 연도별 수질변화를 살펴보기 위해 2015년부터 2019년까지 농어촌공사 수질측정망 자료를 연도별로 도시하여, 전체적인 수질변화 경향을 파악하였음
- TOC는 2015년 최대 8.8mg/L 이후 증가, 감소를 반복 하고 있으며, 연평균 7.1mg/L로 호소생활환경기준 V등급(나쁨)을 나타냄
- T-N은 2019년 최대 1.052mg/L이며, 연평균 0.929mg/L로 호소생활환경기준 IV등급(약간 나쁨)을 나타냄
- T-P는 2015년 최대 0.081mg/L이며, 연평균 0.052mg/L로 호소생활환경기준 IV등급(약간 나쁨)을 나타냄

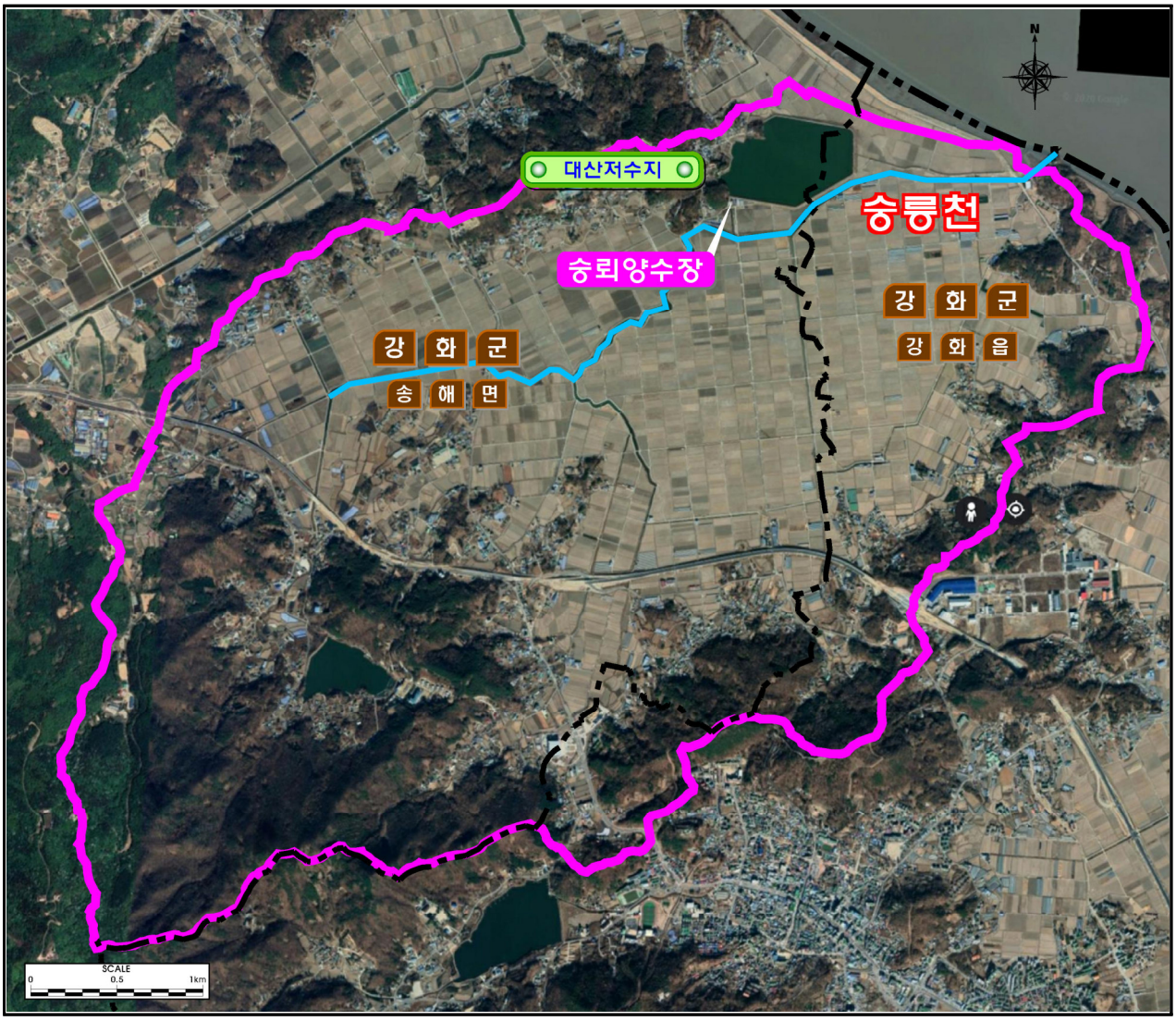
| 구 분 | 15 년 | 16 년 | 17 년 | 18 년 | 19 년 | **평 균** | 호소 생활환경 기준(4등급) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 년 강수량 (mm) | 647 | 1,100 | 809 | 1,072 | 1,079 | 941 | - |
| TOC(mg/L) | 8.8 | 6.8 | 6.3 | 7.1 | 6.4 | 7.1 | 6 이하 |
| T-P(mg/L) | 0.081 | 0.037 | 0.036 | 0.069 | 0.037 | 0.052 | 0.100 이하 |
| T-N(mg/L) | 0.992 | 0.794 | 0.887 | 0.920 | 1.052 | 0.929 | 1.00 이하 |
| COD(mg/L) | 17.1 | 10.6 | 12.3 | 14.5 | 11.3 | 13.2 | 8.0 이하 |




<그림 2.2-1> 대산저수지 수질현황(농어촌공사 수질측정망)

## 2.3 수계 및 하천현황

○ 대산저수지 남측으로 지방하천 숭릉천이 있으며 숭릉천 하류부 배수갑문을 개폐하여 유역 발생 우수를 담수하고 농경지 농경퇴수를 저류하여 유입수로 및 숭뢰양수장을 통해 대산저수지로 양수하여 관개용수로 사용하고 있음




<그림 2.3-1> 대산저수지 하천현황

## 2.4 유역개황

### 2.4.1 자연환경

#### 가. 일반현황

○ 강화군은 인천광역시 북서단부에 위치하고 있는 도서로, 동쪽으로 경기도 김포시, 서쪽으로 서해 북쪽은 북한지역, 남쪽은 인청광역시 옹진군과 인접하고 있음

○ 여러 도서로 구성되어 있는 강화군은 마니산(469m), 고구산(436m) 등 산지로 구성되며, 강화도 북쪽은 강화만이 남쪽 해안은 대규모 갯벌로 구성

<표 2.4-1> 강화군 위치

| 군청 소재지 | 단 | 경도와 위도의 극점 | | 연장거리 |
|---|---|---|---|---|
| | | 지 점 | 극 점 | |
| 인천광역시 강화군 강화읍 강화대로 394 (관청리 163번지) | 동단 | 길상면 황산도 | 북위: 37° 37`<br>동경: 126° 32` | 동서간 19㎞ |
| | 서단 | 서도면 석도 | 북위: 37° 35`<br>동경: 125° 57` | |
| | 남단 | 길상면 동검리 | 북위: 37° 34`<br>동경: 126° 30` | 남북간 27㎞ |
| | 북단 | 양사면 북성리 | 북위: 37° 49`<br>동경: 126° 25` | |

주) 자료 : 강화군 통계연보, 2019

#### 나. 토지이용현황

(1) 지목별 토지이용현황

○ 강화군은 전체 면적 411.4㎢ 중 '임야'가 177.6㎢(43.2%)로 가장 넓은 면적으로 나타났으며, '답' 122.3㎢(29.7%), '전' 38.9㎢(9.4%) 순으로 조사됨

○ 대산저수지가 위치하고 있는 송해면은 전체 면적 22.4㎢ 중 '답'이 8.1㎢(36.1%)로 차지하는 비율이 높으며, '임야' 7.5㎢(33.7%), '기타' 2.3㎢(10.5%) 순으로 나타남

<표 2.4-2> 지목별 토지이용현황 [단위 :㎢, %]

| 구 분 | | 계 | 전 | 답 | 임야 | 대지 | 도로 | 하천 | 기타 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 강화군 | 면적 | 411.4 | 38.9 | 122.3 | 177.6 | 16.1 | 16.7 | 1.8 | 38.0 |
| | 구성비 | 100.0 | 9.4 | 29.7 | 43.2 | 3.9 | 4.1 | 0.4 | 9.2 |
| 송해면 | 면적 | 22.4 | 2.2 | 8.1 | 7.5 | 1.0 | 1.1 | 0.1 | 2.3 |
| | 구성비 | 100.0 | 9.8 | 36.1 | 33.7 | 4.4 | 4.9 | 0.6 | 10.5 |

주) 기타 : 과수원, 목장용지, 광천지, 공장용지, 염전, 학교용지, 주차장, 주유소용지, 창고용지, 철도용지, 제방, 구거, 유지, 양어장, 수도용지, 공원, 체육용지, 유원지, 종교용지, ,사적지, 묘지, 잡종지
자료 : 강화군 통계연보(2019)

(2) 용도지역별 토지이용현황

○ 강화군의 용도지역별 토지이용현황 조사결과 도시지역 17.3㎢, 비도시지역 389.8㎢로 총 411.2㎢가 용도지역으로 지정되어있으며, 이중 농림지역이 241.2㎢(58.6%)로 가장 넓고 다음으로 관리지역 148.6㎢(36.1%) 순으로 나타남

<표 2.4-3> 용도지역별 토지이용현황 [단위 : ㎢, %]

| 구 분 | 합계 | 도시지역 | | | | | 비도시지역 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 주거 | 상업 | 공업 | 녹지 | 미지정 | 관리 | 농림 | 기타 |
| 면적 | 411.2 | 1.93 | 0.2 | 0.54 | 14.57 | 0.06 | 148.6 | 241.2 | 0.0 |
| 구성비 | 100.0 | 0.47 | 0.05 | 0.13 | 3.54 | 0.01 | 36.1 | 58.6 | 0.0 |

자료 : 강화군 통계연보(2019)

**다. 환경관련 지구.지역 지정현황**

○ 강화군은 환경부, 시·도지사 지정 생태·경관보전지역으로 지정된 곳은 없는 것으로 파악됨 (생태·경관보전지역 지정현황<2019.01, 환경부>)

○ 강화군은 환경부 지정의 백두대간보호지역으로 지정된 곳은 없는 것으로 파악됨 (백두대간보전지역 지정현황<2007, 환경부>)

○ 강화군은 상수원 보호구역으로 지정된 곳은 없는 것으로 파악됨(상수원 보호구역 지정현황<2014년말 기준, 환경부>)

○ 강화군에서는 습지보전법 제8조에 의한 습지보호지역 1개소가 있으며, 환경부 지정 강화군 송해면 숭뢰리 인근의 한강하구가 습지보호지역으로 지정되어 있음(습지보호지역 지정현황<2016.11, 환경부>)

○ 강화군은 화도면 사기리 1개소가 2007년 야생생물 보호구역으로 지정된 것으로 파악됨 (야생생물 보호구역 지정현황<2016, 환경부>)

○ 강화군은 국립·도립·군립공원 등 자연공원으로 지정된 곳은 없는 것으로 파악됨(자연공원 지정현황<2017.6, 환경부>)

○ 강화군의 수질오염물질 배출허용기준(폐수) 적용을 위한 지역지정 현황조사결과 강화군 전체지역이 배출허용기준 '나'지역으로 지정되어 있는 것으로 파악됨 (배출허용기준(폐수)적용 지역 지정현황<2007, 환경부>)

### 라. 지형·지질

(1) 표고 및 경사분석

○ 대산지구의 표고는 EL.0.0~300.0m로 이루어져 있는 것으로 조사되었으며, 표고차는 약 300.0m로 분석됨

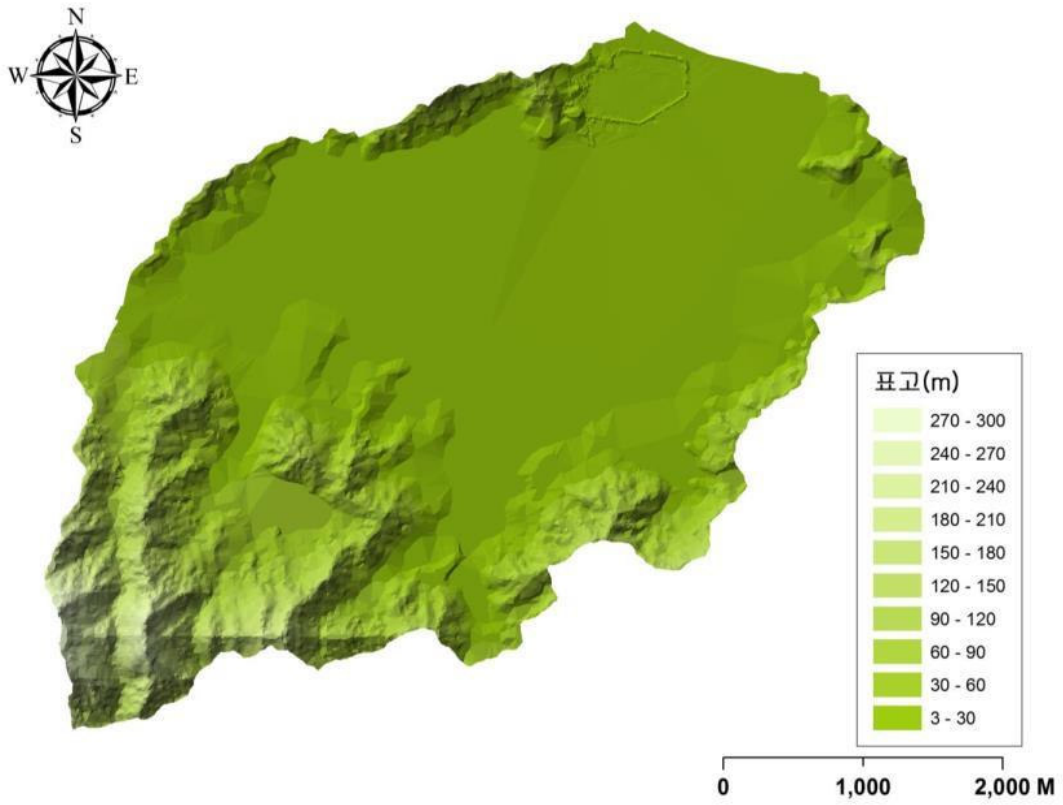
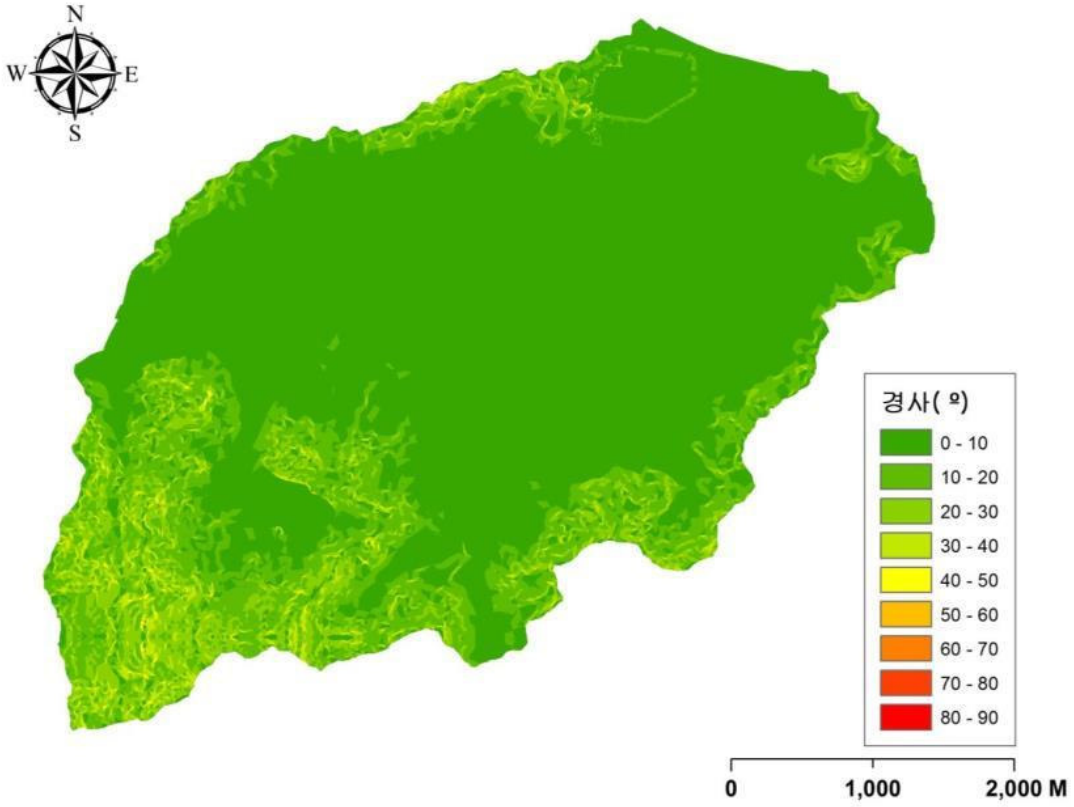
<표 2.4-4> 표고분석

| 구 분 | 표고분석(EL.m) | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 합계 | 0~30 | 30~60 | 60~90 | 90~120 | 120~150 | 150~180 | 180~210 | 210~240 | 240~270 | 270~300 |
| 면적 (ha) | 1,928.7 | 1,287.8 | 257.3 | 148.2 | 68.5 | 51.7 | 43.2 | 31.8 | 21.6 | 13.4 | 5.2 |
| 구성비 (%) | 100.0 | 66.8 | 13.3 | 7.7 | 3.6 | 2.7 | 2.2 | 1.6 | 1.1 | 0.7 | 0.3 |

○ 대산지구의 경사는 0~83°로 이루어져 있으며, 평균경사는 약 0~10°로 분석됨

<표 2.4-5> 경사분석

| 구 분 | 경사분석(°) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 합 계 | 0~10 | 10~20 | 20~30 | 30~40 | 40~50 | 50~60 | 60~70 |
| 면 적 (ha) | 1928.7 | 1367.4 | 343.3 | 176.2 | 36.9 | 4.4 | 0.5 | 0.1 |
| 구성비 (%) | 100.0 | 70.9 | 17.8 | 9.1 | 1.9 | 0.2 | 0.0 | 0.0 |

| | |
|---|---|
| 표고 |  |
| 경사 |  |

<그림 2.4-1> 대산저수지 유역의 표고 및 경사

(2) 지형 및 지질조사

• 지 형

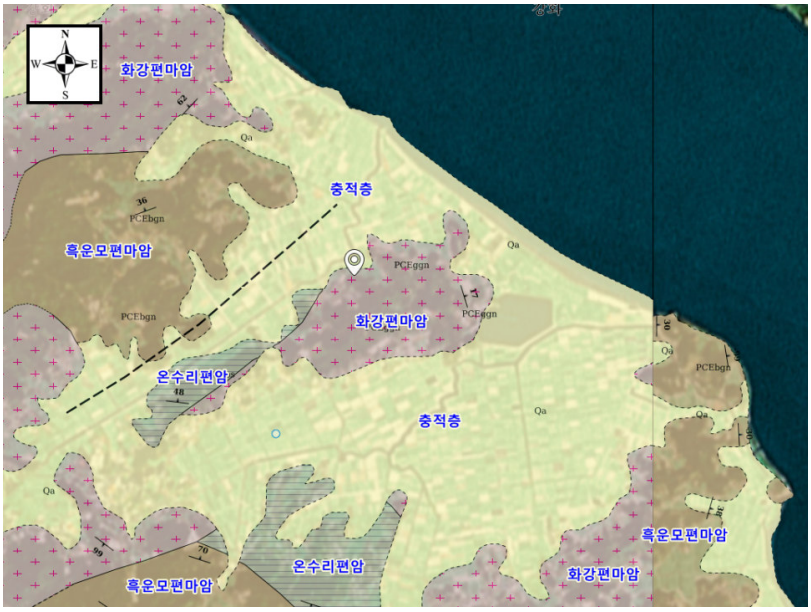
- 본 조사지구는 행정구역상 인천 강화군 송해면 숭뢰리 243번지 일원에 해당한다
- 본 조사지역은 인천광역시 강화군 송해면의 본 섬으로서 강화도의 동북쪽, 인천 본토의 서북쪽에 위치하고 있다.

• 산계 및 수계

- 산계 : 비교적 낮은 구릉들이 미약하나마 일정한 방향성을 보이는데 북부에서는 동북동-서남서의 방향성을 뚜렷하게 보이고 있다.
- 수계 : 북쪽으로 한강을 사이에 두고 북한의 연백평야와 접하며, 김포와는 폭300m 내지 1km의 염하를 사이에 두고 있다. 따라서 대부분의 하천들은 바다로 직접 유입되거나 이들 하천으로 유입되며 1, 2차 수계를 벗어나지 못한다.

• 지 질

- 과업부지는 강화도폭(한국지질도, 1:50,000)에 해당된다.
- 본 조사지역 주변의 지질은 선캠브리아기의 흑운모편마암 및 온수리편암, 화강편마암이 넓게 분포하며, 이를 제4기 충적층이 부정합으로 피복하고 있다.
- 제4기에 해당하는 충적층은 자갈, 모래, 점토 등으로 구성되어 있다.
- 본 조사에서 확인되는 기반암은 화강편마암으로 확인되었다.




<지질계통도>

| | |
|---|---|
| 제4기 | 충적층 |
| | ~부정합~ |
| 선캠브리아기 | 화강편마암 |
| | 온수리편암 |
| | 흑운모편마암 |

### 마. 기상 개황

○ 강화군은 강화도내에 기상관측소가 위치하고 있으며, 기상청에서 발간한 기상연보를 활용하여 강화군의 기상개황 분석 실시함

○ 강화군의 10년간 평균기온은 11.4℃, 평균풍속은 2.0m/s, 평균 강수량은 1,177㎜로 나타났으며, 10년 동안 강우량이 가장 높은 해는 2011년 2,064㎜로 나타냄

<표 2.4-6> 연도별 기상개황

| 구 분 | 기 온(℃) | | | 강수량 (㎜) | 평균풍속 (m/s) |
|---|---|---|---|---|---|
| | 평균기온 | 최고기온 | 최저기온 | | |
| 2010 | 10.9 | 33.7 | -19.1 | 1,759 | 2.1 |
| 2011 | 10.7 | 33.7 | -20.1 | 2,064 | 2.0 |
| 2012 | 10.7 | 35.1 | -18.1 | 1,358 | 2.1 |
| 2013 | 10.8 | 32.1 | -19.7 | 1,274 | 2.1 |
| 2014 | 11.8 | 35.8 | -12.9 | 605 | 2.0 |
| 2015 | 12.0 | 33.5 | -12.1 | 648 | 2.1 |
| 2016 | 12.1 | 33.9 | -17.4 | 1,101 | 2.0 |
| 2017 | 11.5 | 33.4 | -14.3 | 809 | 2.1 |
| 2018 | 11.3 | 35.4 | -19.0 | 1,072 | 2.0 |
| 2019 | 12.2 | 35.0 | -12.6 | 1,079 | 2.0 |
| 평 균 | 11.4 | 34.2 | -16.5 | 1,177 | 2.0 |

(1) 기 온

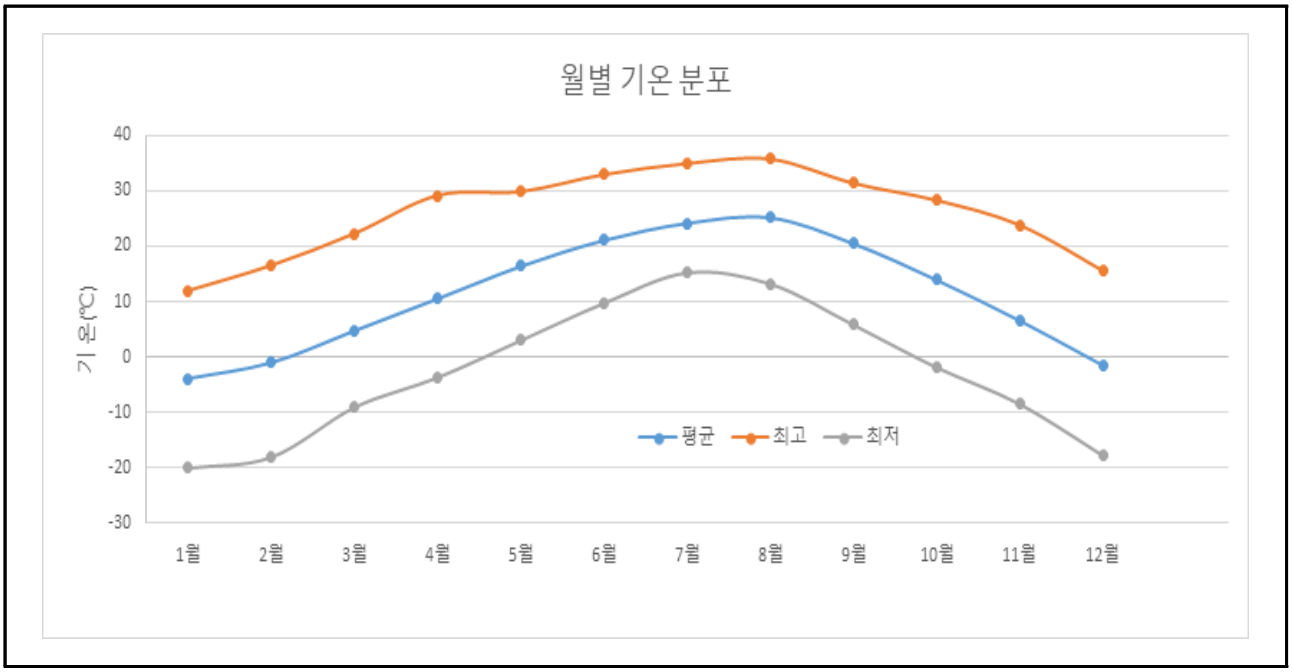
○ 강화군의 10년간 연평균기온은 11.4℃로 조사되었고, 최고기온은 35.8℃(2018년), 최저기온은 –20.1℃(2011년)로 나타남

<표 2.4-7> 월별 기온분포 [단위 : ℃]

| 구분 | | 1월 | 2월 | 3월 | 4월 | 5월 | 6월 | 7월 | 8월 | 9월 | 10월 | 11월 | 12월 | 평균 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2010 | 평균 | -5.8 | -0.1 | 3.6 | 8.2 | 15.4 | 21.5 | 24.5 | 25.5 | 20.9 | 13.1 | 5.4 | -1.8 | 10.9 |
| | 최고 | 7.9 | 16.5 | 13.7 | 19.2 | 27.2 | 31.8 | 31.9 | 33.7 | 31.4 | 24.3 | 17.3 | 15.5 | 33.7 |
| | 최저 | -19.1 | -12.5 | -5.3 | -1.8 | 3.0 | 9.9 | 19.1 | 18.2 | 5.8 | -1.9 | -7.6 | -15.3 | -19.1 |
| 2011 | 평균 | -8.2 | -0.8 | 3.1 | 9.0 | 16.2 | 19.8 | 23.6 | 24.5 | 20.4 | 12.9 | 9.8 | -1.8 | 10.7 |
| | 최고 | 2.3 | 11.8 | 13.5 | 18.6 | 29.6 | 30.6 | 33.7 | 33.5 | 31.4 | 21.6 | 23.8 | 9.5 | 33.7 |
| | 최저 | -20.1 | -12.0 | -6.5 | -3.7 | 6.8 | 11.7 | 17.5 | 16.6 | 8.7 | 0.6 | -5.4 | -12.7 | -20.1 |
| 2012 | 평균 | -4.1 | -3.4 | 3.9 | 10.6 | 17.2 | 21.9 | 23.9 | 24.1 | 19.5 | 13.9 | 4.6 | -5.4 | 10.6 |
| | 최고 | 7.9 | 11.1 | 15.3 | 29.2 | 28.1 | 33.0 | 31.1 | 35.1 | 29.0 | 24.1 | 15.0 | 8.3 | 35.1 |
| | 최저 | -14.2 | -18.1 | -6.4 | -1.9 | 7.1 | 12.0 | 18.0 | 17.0 | 10.5 | 0.4 | -5.6 | -17.8 | -18.1 |
| 2013 | 평균 | -4.9 | -2.7 | 3.2 | 8.5 | 15.3 | 21.8 | 24.1 | 26.1 | 20.3 | 14.3 | 5.1 | -1.6 | 10.8 |
| | 최고 | 11.9 | 12.2 | 20.8 | 20.7 | 27.8 | 30.8 | 29.3 | 32.1 | 29.8 | 27.1 | 19.6 | 10.4 | 32.1 |
| | 최저 | -19.7 | -16.6 | -6.9 | -0.9 | 5.4 | 13.4 | 19.0 | 18.0 | 7.8 | 1.7 | -8.0 | -13.0 | -19.7 |

<표 2.4-7> 계속

| 구분 | | 1월 | 2월 | 3월 | 4월 | 5월 | 6월 | 7월 | 8월 | 9월 | 10월 | 11월 | 12월 | 평균 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2014 | 평균 | -1.8 | 0.2 | 6.4 | 11.7 | 16.2 | 21.4 | 24.4 | 23.9 | 20.4 | 14.2 | 7.6 | -3.5 | 11.8 |
| | 최고 | 7.4 | 15.1 | 22.3 | 23.5 | 28.8 | 28.5 | 34.2 | 35.8 | 29.0 | 27.9 | 21.0 | 8.2 | 35.8 |
| | 최저 | -12.9 | -10.5 | -7.5 | -0.9 | 5.9 | 15.4 | 17.6 | 16.6 | 11.5 | 0.2 | -4.3 | -12.8 | -12.9 |
| 2015 | 평균 | -2.2 | 0.1 | 4.5 | 11.8 | 16.2 | 21.2 | 24.0 | 24.8 | 20.7 | 14.2 | 8.0 | 0.7 | 12.0 |
| | 최고 | 8.1 | 12.2 | 19.6 | 25.6 | 27.8 | 29.4 | 33.4 | 33.5 | 29.5 | 24.0 | 19.5 | 12.2 | 33.5 |
| | 최저 | -11.9 | -12.1 | -7.9 | -0.3 | 4.8 | 9.7 | 15.2 | 15.6 | 11.0 | -0.6 | -7.1 | -11.6 | -12.1 |
| 2016 | 평균 | -3.8 | -0.5 | 5.6 | 11.9 | 17.5 | 21.1 | 23.6 | 26.3 | 21.4 | 14.6 | 6.3 | 0.8 | 12.1 |
| | 최고 | 10.5 | 14.1 | 19.6 | 27.8 | 29.9 | 29.2 | 32.2 | 33.9 | 29.5 | 27.4 | 18.5 | 11.8 | 33.9 |
| | 최저 | -17.4 | -12.2 | -9.1 | 1.1 | 7.5 | 13.2 | 17.8 | 13.2 | 9.9 | -1.5 | -7.7 | -11.0 | -17.4 |
| 2017 | 평균 | -2.3 | -0.7 | 5.0 | 11.9 | 16.9 | 21.0 | 25.2 | 24.4 | 20.2 | 14.5 | 4.6 | -2.7 | 11.5 |
| | 최고 | 10.4 | 10.5 | 17.0 | 21.3 | 27.0 | 29.3 | 32.0 | 33.4 | 28.9 | 26.8 | 18.1 | 10.2 | 33.4 |
| | 최저 | -14.3 | -11.4 | -5.4 | 0.7 | 6.2 | 12.0 | 20.2 | 14.1 | 7.5 | 1.0 | -8.5 | -14.0 | -14.3 |
| 2018 | 평균 | -5.0 | -2.6 | 6.1 | 11.0 | 16.2 | 20.5 | 25.5 | 26.7 | 20.0 | 12.1 | 6.7 | -1.5 | 11.3 |
| | 최고 | 7.7 | 8.7 | 19.3 | 22.6 | 27.9 | 29.0 | 34.6 | 35.4 | 29.6 | 24.5 | 18.8 | 13.2 | 35.4 |
| | 최저 | -19.0 | -16.1 | -8.1 | -1.2 | 5.6 | 12.4 | 16.8 | 17.2 | 8.2 | -0.1 | -5.5 | -14.3 | -19.0 |
| 2019 | 평균 | -1.9 | 0.0 | 5.6 | 10.7 | 16.9 | 20.5 | 23.6 | 25.9 | 21.2 | 15.3 | 6.5 | 0.8 | 12.1 |
| | 최고 | 7.8 | 13.3 | 15.1 | 25.5 | 29.0 | 29.1 | 35.0 | 34.9 | 30.1 | 28.3 | 20.4 | 12.1 | 35.0 |
| | 최저 | -12.6 | -11.2 | -4.6 | -1.2 | 5.5 | 10.9 | 17.0 | 16.3 | 9.6 | 2.7 | -5.5 | -12.0 | -12.6 |
| 평균 | 평균 | -4.0 | -1.1 | 4.7 | 10.5 | 16.4 | 21.1 | 24.2 | 25.2 | 20.5 | 13.9 | 6.5 | -1.6 | 11.4 |
| | 최고 | 11.9 | 16.5 | 22.3 | 29.2 | 29.9 | 33.0 | 35.0 | 35.8 | 31.4 | 28.3 | 23.8 | 15.5 | 35.8 |
| | 최저 | -20.1 | -18.1 | -9.1 | -3.7 | 3.0 | 9.7 | 15.2 | 13.2 | 5.8 | -1.9 | -8.5 | -17.8 | -20.1 |



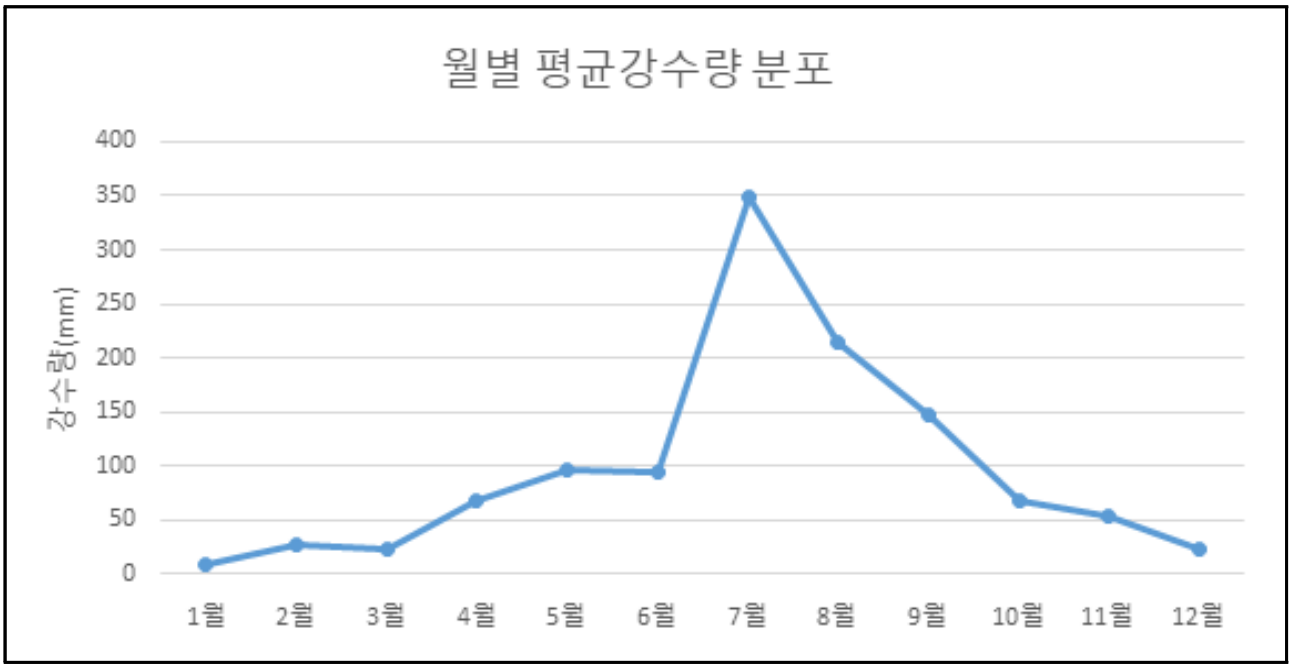

(그림 2.4-2) 월별 평균기온(2010~2019년)

(2) 강수량

○ 강화군의 연평균 강수량은 1,174㎜이며, 7월과 8월에 각각 350㎜와 215㎜로 여름철에 많은 강수량을 나타내고 있으며, 겨울철(12월~2월)기간의 평균 강수량은 19㎜로 낮은 수치를 나타냄

<표 2.4-8> 월별 강수량 분포 [단위 : ㎜]

| 구 분 | 1월 | 2월 | 3월 | 4월 | 5월 | 6월 | 7월 | 8월 | 9월 | 10월 | 11월 | 12월 | 합계 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2010 | 16 | 49 | 52 | 63 | 142 | 127 | 300 | 353 | 604 | 22 | 15 | 17 | 1,759 |
| 2011 | 10 | 34 | 7 | 91 | 114 | 426 | 947 | 306 | 30 | 28 | 68 | 3 | 2,064 |
| 2012 | 4 | 0 | 28 | 122 | 10 | 80 | 284 | 473 | 142 | 104 | 76 | 35 | 1,358 |
| 2013 | 17 | 50 | 23 | 47 | 173 | 30 | 567 | 179 | 104 | 7 | 51 | 28 | 1,275 |
| 2014 | 5 | 13 | 4 | 23 | 90 | 33 | 166 | 92 | 76 | 63 | 39 | 4 | 605 |
| 2015 | 16 | 17 | 5 | 41 | 27 | 52 | 172 | 51 | 40 | 81 | 117 | 26 | 645 |
| 2016 | 0 | 39 | 52 | 93 | 192 | 19 | 302 | 27 | 29 | 250 | 11 | 62 | 1,077 |
| 2017 | 9 | 13 | 12 | 65 | 27 | 42 | 299 | 255 | 27 | 20 | 15 | 27 | 809 |
| 2018 | 5 | 31 | 32 | 114 | 151 | 100 | 151 | 294 | 57 | 74 | 58 | 8 | 1,072 |
| 2019 | 0 | 18 | 21 | 28 | 43 | 43 | 308 | 122 | 359 | 26 | 81 | 30 | 1,079 |
| 평균 | 8 | 26 | 24 | 69 | 97 | 95 | 350 | 215 | 147 | 67 | 53 | 24 | 1,174 |




(그림 2.4-3) 월별 평균 강수량 분포(2010~2019년)

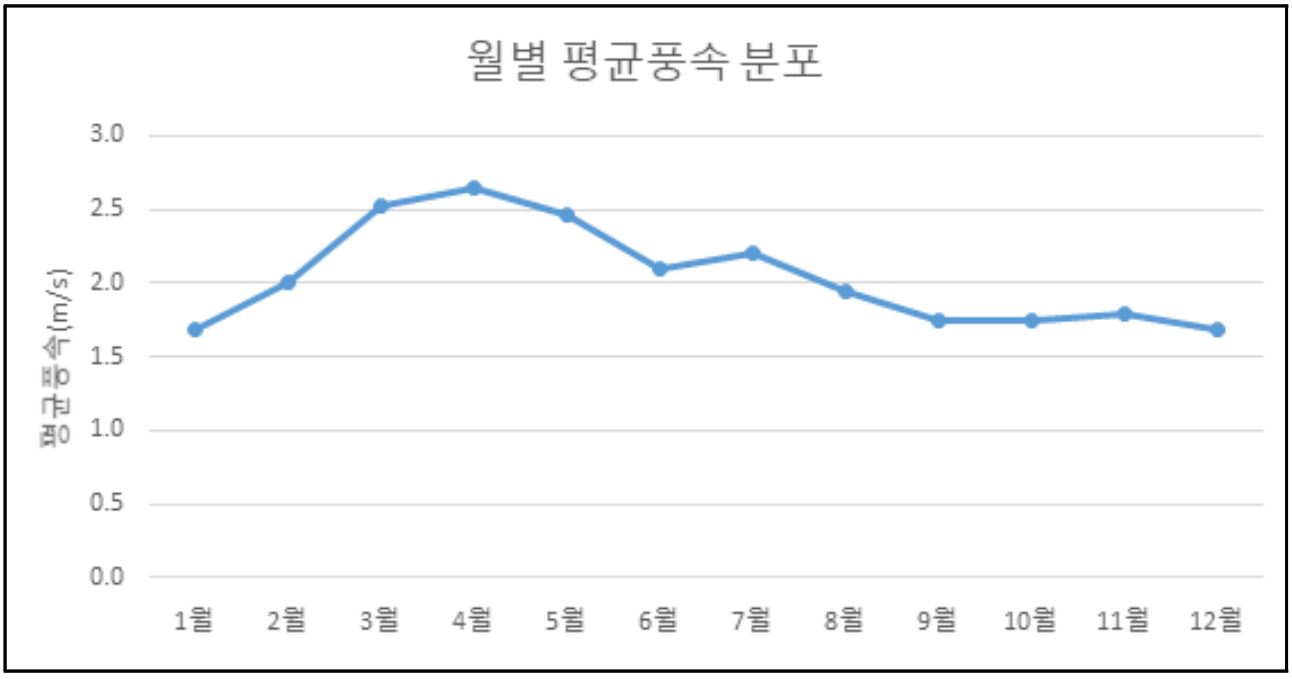
(3) 풍속

○ 강화군의 과거 10년간 평균풍속은 2.0m/s로 연도별 변화는 크지 않는 것으로 나타남

○ 10년간 평균 풍속은 2.0m/s로 풍력 계급의 제1등급인 미풍(1~3m/s)에 해당됨

<표 2.4-9> 월별 평균풍속 현황 [단위 : m/s]

| 구 분 | 1월 | 2월 | 3월 | 4월 | 5월 | 6월 | 7월 | 8월 | 9월 | 10월 | 11월 | 12월 | 평균 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2010 | 1.6 | 1.9 | 2.7 | 2.6 | 2.6 | 1.8 | 2.4 | 1.8 | 1.8 | 1.6 | 1.9 | 2.1 | 2.1 |
| 2011 | 1.8 | 1.7 | 2.7 | 2.5 | 2.4 | 2.3 | 1.8 | 1.7 | 1.8 | 1.6 | 1.9 | 1.7 | 2.0 |
| 2012 | 1.7 | 2 | 2.7 | 2.9 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 1.7 | 1.7 | 2 | 1.6 | 2.1 |
| 2013 | 1.5 | 1.8 | 2.5 | 2.9 | 2.5 | 1.9 | 3 | 2.1 | 1.6 | 1.8 | 1.9 | 1.5 | 2.1 |
| 2014 | 1.5 | 1.9 | 2.4 | 2.4 | 2.7 | 2.1 | 2.1 | 1.9 | 1.5 | 1.8 | 1.8 | 1.8 | 2.0 |
| 2015 | 1.8 | 2.2 | 2.5 | 2.7 | 2.6 | 2.2 | 2.3 | 2 | 1.9 | 1.9 | 2 | 1.6 | 2.1 |
| 2016 | 1.8 | 2.2 | 2.4 | 2.5 | 2.5 | 2.1 | 2 | 1.9 | 1.6 | 1.7 | 1.8 | 1.8 | 2.0 |
| 2017 | 1.8 | 2.2 | 2.4 | 2.7 | 2.5 | 2.3 | 1.9 | 1.9 | 1.7 | 1.8 | 1.9 | 1.6 | 2.1 |
| 2018 | 1.6 | 2.2 | 2.6 | 2.9 | 2.2 | 1.9 | 1.9 | 2.2 | 1.9 | 1.7 | 1.3 | 1.6 | 2.0 |
| 2019 | 1.8 | 1.9 | 2.4 | 2.4 | 2.5 | 2.1 | 2.4 | 1.7 | 1.9 | 1.8 | 1.4 | 1.5 | 2.0 |
| 평균 | 1.7 | 2.0 | 2.5 | 2.7 | 2.5 | 2.1 | 2.2 | 1.9 | 1.7 | 1.7 | 1.8 | 1.7 | 2.0 |




(그림 2.4-4) 월별 평균 풍속(2010~2019년)

### 2.4.2 인문·사회 환경

#### 가. 인구현황

○ 강화군의 세대수는 2018년도 기준 32,556세대, 인구는 69,726명이며, 인구밀도는 169명/㎢으로 다소 낮은 것으로 조사됨

<표 2.4-10> 연도별 인구변화 추이

| 연도별 | 세대수 | 인구(명) | | | 인구밀도 | 면적 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 합계 | 남 | 여 | (명/㎢) | (㎢) |
| 2009 | 28,506 | 67,597 | 33,750 | 33,847 | 164 | 411,300 |
| 2010 | 29,055 | 67,668 | 33,725 | 33,943 | 165 | 411,235 |
| 2011 | 29,071 | 67,339 | 33,659 | 33,680 | 164 | 411,321 |
| 2012 | 29,308 | 67,358 | 33,741 | 33,617 | 164 | 411,351 |
| 2013 | 29,713 | 67,358 | 33,875 | 33,483 | 164 | 411,331 |
| 2014 | 30,184 | 67,118 | 33,657 | 33,461 | 163 | 411,433 |
| 2015 | 30,703 | 67,667 | 33,916 | 33,751 | 160 | 411,434 |
| 2016 | 31,106 | 68,785 | 34,658 | 34,127 | 167 | 411,428 |
| 2017 | 31,869 | 69,543 | 35,016 | 34,527 | 169 | 411,446 |
| 2018 | 32,556 | 69,726 | 35,084 | 34,642 | 169 | 411,415 |

자료 : 강화군 통계연보(2019)

#### 나. 산업현황

○ 조사결과 숙박 및 음식점이 1,739개소에 종사자 3,718명으로 가장 많았으며, 도매 및 소매업, 협회 및 단체, 수리 및 기타 개인서비스업 등의 순으로 나타남

<표 2.4-11> 강화군 산업 대분류별 사업체 현황

| 구 분 | 업체수(개) | 구 분 | 업체수(개) |
|---|---|---|---|
| 농업, 임업 및 어업 | 12 | 금융 및 보험업 | 46 |
| 광업 | 2 | 부동산업 및 임대업 | 215 |
| 제조업 | 420 | 전문, 과학 및 기술 서비스업 | 60 |
| 전기, 가스, 증기 및 수도사업 | 2 | 사업시설관리 및 사업지원 서비스업 | 40 |
| 하수·폐기물 처리, 원료재생 및 환경 복원업 | 9 | 공공행정, 국방 및 사회보장 행정 | 58 |
| 건설업 | 205 | 교육 서비스업 | 173 |
| 도매 및 소매업 | 1,280 | 보건 및 사회복지사업 | 193 |
| 운수업 | 347 | 예술스포츠 및 여가관련 서비스업 | 132 |
| 숙박 및 음식점업 | 1,739 | 협회 및 단체, 수리 및 기타 개인서비스업 | 573 |
| 출판, 영상, 방송통신 및 정보서비스업 | 28 | | |

출처 : 강화군 통계연보(2019)

### 2.4.3 환경기초시설 현황

#### 가. 상수도 현황

○ 강화군의 상수도 보급현황에 대한 분석결과 보급률 기준으로 2010년 49.3%에서 2018년 75.1%로 상수도 보급률이 상승하였음

<표 2.4-12> 상수도 보급현황

| 연도 | 총인구 (명) | 급수인구 (명) | 보급률 (%) | 시설용량 (㎥/일) | 급수량 (㎥/일) | 1인당 급수량 (ℓ) | 급수전수 (개) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2010 | 67,668 | 33,348 | 49.3 | - | - | - | - |
| 2011 | 66,779 | 38,423 | 57.5 | 13,780 | 8,968 | 233 | 6,778 |
| 2012 | 67,358 | 42,641 | 63.3 | 13,780 | 10,653 | 250 | 10,748 |
| 2013 | 66,735 | 43,377 | 65.0 | 13,780 | 13,087 | 301 | 11,525 |
| 2014 | 67,251 | 45,058 | 67.0 | 13,780 | 13,478 | 299 | 13,090 |
| 2015 | 67,667 | 46,690 | 69.0 | 13,780 | 13,848 | 296 | 16,053 |
| 2016 | 68,010 | 48,661 | 70.7 | 18,132 | 14,690 | 320 | 17,334 |
| 2017 | 69,543 | 49,723 | 71.5 | 18,132 | 17,054 | 343 | 19,656 |
| 2018 | 68,896 | 51,946 | 75.1 | 18,132 | 22,653 | 341 | 21,841 |

출처 : 강화군 통계연보(2019)

#### 나. 하수도 현황

○ 강화군의 하수도 보급률은 2010년 44.6% 대비 2018년 46.3%로 증가추세이며, 이는 지속적인 하수관거 증설을 통한 보급률 상승에 기인하고 있음

<표 2.4-13> 하수도 보급현황

| 연도 | 총인구 (명) | 처리인구 | | 하수관거 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 하수처리 인구(명) | 보급률 (%) | 계획연장 (m) | 시설연장 (m) | 보급률 (%) |
| 2010 | 67,597 | 30,174 | 44.6 | - | - | - |
| 2011 | 66,779 | 29,869 | 44.7 | - | - | - |
| 2012 | 67,358 | 30,448 | 45.2 | - | - | - |
| 2013 | 66,358 | 30,448 | 45.2 | - | - | - |
| 2014 | 67,118 | 30,453 | 45.3 | - | - | - |
| 2015 | 67,667 | 30,769 | 45.5 | - | - | - |
| 2016 | 68,785 | 31,732 | 46.1 | 214,992 | 97,785 | 45.48 |
| 2017 | 69,543 | 31,923 | 45.9 | 214,992 | 97,785 | 45.48 |
| 2018 | 68,896 | 31,925 | 46.3 | 214,992 | 97,785 | 45.48 |

출처 : 강화군 통계연보(2019)

<표 2.4-14> 강화군 처리방식에 따른 하수도 보급현황

| 연도 | 합류식 | | | 분류식 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 계획면적 (㎢) | 계획연장 (m) | 시설연장 (m) | 계획면적 (㎢) | 계획연장(m) | | 시설연장(m) | |
| | | | | | 오수 | 우수 | 오수 | 우수 |
| 2016 | 3.6 | 47,151 | 47,151 | 19 | 167,841 | - | 50,634 | - |
| 2017 | 3.6 | 47,151 | 47,151 | 19 | 167,841 | - | 50,634 | - |
| 2018 | 3.6 | 47,151 | 47,151 | 19 | 167,841 | - | 50,634 | - |

출처 : 강화군 통계연보(2019)

**다. 하수처리시설 현황**

○ 대산저수지 유역에는 하수처리시설이 없는 것으로 조사되었음.

**라. 분뇨처리시설 현황**

○ 강화군의 분뇨배출량은 2017년 기준 24㎥/일이며, 처리량은 발생량과 동일한 것으로 파악됨

<표 2.4-15> 분뇨 배출량 현황

| 연도 | 발생량(㎥/일) | | | 처리량(㎥/일) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 계 | 수거식 | 수세식 | 계 | 수거분뇨 | 정화조·오니 |
| 2011 | 22 | 1 | 21 | 22 | 1 | 21 |
| 2012 | 21 | - | 21 | 21 | - | 21 |
| 2013 | 21 | - | 21 | 21 | - | 21 |
| 2014 | 23 | - | 23 | 23 | - | 23 |
| 2015 | 22 | - | 22 | 22 | - | 22 |
| 2016 | 22 | - | 22 | 22 | - | 24 |
| 2017 | 24 | - | 24 | 24 | - | 24 |

출처 : 강화군 통계연보(2018)

**마. 폐기물매립시설 및 소각시설 현황**

○ 대산저수지 유역 내에는 폐기물 매립시설이 없는 것으로 조사됨

### 2.4.4 농축산업 현황

#### 가. 농업현황

○ 강화군의 농가 수는 2010년 이후 지속적인 감소추세이며, 2018년 6,542호로 나타남

○ 농가수의 감소에 따른 농가인구 역시 지속적인 감소추세를 나타내고 있음

<표 2.4-16> 농가현황

| 연도 | 농가(호) | | | | 농가인구(인) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 합계 | 전업 | 1종겸업 | 2종겸업 | 계 | 남 | 여 |
| 2010 | 9,272 | 5,761 | 1,150 | 2,361 | 20,255 | 9,889 | 10,366 |
| 2011 | 7,963 | 4,320 | - | - | 20,330 | 10,081 | 10,249 |
| 2012 | 7,975 | 4,537 | - | - | 20,124 | 9,979 | 10,145 |
| 2013 | 8,156 | 4,285 | 3,871 | - | 20,278 | 10,195 | 10,083 |
| 2014 | 8,161 | 4,504 | 3,657 | - | 19,850 | 10,009 | 9,841 |
| 2015 | 7,539 | 4,322 | 1,314 | 1,903 | 17,496 | 8,557 | 8,939 |
| 2016 | 6,934 | 3,808 | 3,126 | - | 16,668 | 7,915 | 8,753 |
| 2017 | 6,759 | 3,434 | 3,325 | - | 16,114 | 7,619 | 8,495 |
| 2018 | 6,542 | 3,967 | 2,575 | - | 14,931 | 7,241 | 7,690 |

출처 : 강화군 통계연보(2019)

○ 강화군의 비료사용량은 지속적인 증가추세로 2015년에 가장 높았으며, 질소질 비료가 가장 많이 사용되는 것으로 나타남

<표 2.4-17> 농경지 연간 시비량 [단위 : M/T]

| 연도 | 합계 | 질소질 (Nitrogenous) | 인산질 (Phosphate) | 가리질 (Potash) | 기타 (Others) |
|---|---|---|---|---|---|
| 2009 | 2,826 | 1,512 | 518 | 796 | - |
| 2010 | 2,973 | 1,738 | 571 | 664 | - |
| 2011 | 3,309 | 1,917 | 608 | 784 | - |
| 2012 | 3,719 | 2,231 | 712 | 776 | - |
| 2013 | 3,394 | 1,972 | 671 | 751 | - |
| 2014 | 3,848 | 2,312 | 734 | 802 | - |
| 2015 | 4,090 | 2,426 | 812 | 852 | - |
| 2016 | 3,470 | 1,903 | 684 | 883 | - |
| 2017 | 3,639 | 2,021 | 753 | 865 | - |

출처 : 강화군 통계연보(2018)

#### 나. 축산업 현황

○ 강화군은 닭, 개, 돼지. 한육우 순으로 사육하고 있으며, 전반적으로 감소하는 추세를 나타냄

<표 2.4-18> 강화군 가축사육두수 현황 [단위 : 마리]

| 연도 | 한육우 | 젖소 | 돼지 | 닭 | 말 | 산양 | 면양 | 사슴 | 토끼 | 개 | 기타 가금류 | 꿀벌 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2010 | 17,365 | 2,081 | 23,436 | 1,429,991 | 17 | 457 | 2 | 489 | 136 | 16,425 | 780 | 1,521 |
| 2011 | 18,958 | 2,336 | 26,835 | 1,068,069 | 17 | 370 | - | 355 | 225 | 19,430 | 867 | 1,521 |
| 2012 | 19,799 | 2,307 | 34,563 | 1,621,405 | 33 | 614 | 5 | 586 | 326 | 36,382 | 1,245 | 3,355 |
| 2013 | 22,417 | 783 | 38,733 | 1,745,633 | 19 | 338 | 9 | 306 | 75 | 19,701 | 89 | 961 |
| 2014 | 19,448 | 2,424 | 35,489 | 1,030,636 | 28 | 128 | 16 | 80 | 61 | 16,688 | 187 | 997 |
| 2015 | 16,120 | 2,295 | 35,415 | 744,894 | 39 | 284 | 87 | 53 | 85 | 15,931 | 288 | 1,788 |
| 2016 | 18,294 | 2,306 | 29,870 | 798,844 | 33 | 387 | 151 | 65 | 67 | 14,346 | 222 | 3,808 |
| 2017 | 17,813 | 2,465 | 23,996 | 656,253 | 41 | 757 | 1 | 56 | 124 | 14,815 | 519 | 1,706 |
| 2018 | 17,736 | 2,264 | 36,822 | 609,402 | 23 | 433 | - | 55 | 61 | 11,628 | 122 | 2,679 |

출처 : 강화군 통계연보(2019)

### 2.4.5 개발 및 삭감계획

**가. 마을하수도 정비사업 : 금회 제안**

○ 금회 사업대상 유역은 하수미처리 구간으로 금회 강화군에 마을하수도 설치를 제안함(장기대책)

○ 개략 마을하수도 규모검토

**1. 마을 하수도 용량검토**

**가. 생활오수량 원단위(일평균) : 농어촌지역 하수량발생 원단위 산정연구(2006, 환경부)**

| 구분 | 평균 | 95% 신뢰수준 | | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| | | 하 한 | 상한 | |
| **농촌형 지구** | **161** | **150** | **172** | **적용** |
| 산촌형 지구 | 149 | 122 | 176 | |
| 주택단지형 지구 | 190 | 179 | 201 | |

**나. 지하수량**

지하수량 원단위는「하수도 시설기준(2011, 환경부)」및「공공하수도시설 설치사업 업무지침(2014, 환경부)」에서는 1인1일 최대오수량의 10~20% 제시

**다. 첨두부하율**

하수도정비 수립지침에는 계획1일 평균오수량은 계획1일 최대오수량의 70~80%를, 계획시간 최대오수량은 1시간당 수량의 1.3~1.8배를 표준으로 하도록 규정

| 구분 | 계획1일 평균오수량 | 계획시간 최대오수량 |
|---|---|---|
| 하수도시설기준(2011) | 계획1일 최대오수량 70~80% | 계획1일 최대오수량 1.3~1.8배 |
| 적 용 | 계획1일 최대오수량 78% | **계획1일 최대오수량 1.5배** |

**라. 생활 오수량 원단위 결정**

- 생활오수 원단위 : 161 X 1.15(지하수량) X 1.5(첨두부하율) = 277.7 L/인・일

**마. 하수처리시설 용량**

- 생활오수 원단위 X 인구수 = 277.7 L/인・일 X 3,110인 = 863,647 L/일 = **846 ㎥ /일**

**2. 하수처리시설 공사비**

**가. 산정기준 : '21년 하수도분야 보조금 편성 및 집행관리 실무요령(환경부)**

**나. 시설규모**

1) 상류유역 대책(안) : 마을 하수 처리시설 설치, 시설용량 846 ㎥/일
차집관로 설치 L = 20,000m

2) 금회 인공습지 대체시설(안) : 시설용량 4,200 ㎥/일

**다. 공사비 산정**

**1) 차집관로 설치 D300, L=10,000m : 782,541원/m X 10,000m = 7,825 백만원**

**2) 마을하수도 설치 : 500㎥/일 이상 공공하수처리시설 기준**

| 단위공정 | 시설용량(㎥/일) | | |
|---|---|---|---|
| | 500 (기준) | 846(마을하수 처리시설) | 1,000 (기준) |
| 침사 및 유입펌프장 유량조정조, 1차 침전지 농축, 탈수, 탈취, 저류조 관리시설, 부대시설 | 6,238 백만원 | 7,934 백만원 | 8,688 백만원 |
| **적용(간이시설 70%)** | **4,366 백만원** | **5,553 백만원** | **6,081 백만원** |

**3) 인공습지 대체시설(안) : 응집부상 처리시설 + 슬러지탈수시설 + 잔류수(오수) 처리시설**

| 구 분 | 공종별 공사비 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 계 | 응집부상 처리시설 | 건축비 | 슬러지탈수시설 | 잔류수 처리시설 |
| **개요/시설용량** | - | 4,200㎥/일 | 1식 | 3㎥/hr | 500㎥/일 (처리용량10~15%) |
| **공사비(백만원)** | **6,017** | 1,932 | 200 | 329 | 3,556 |

주) 잔류수 처리시설 : 소규모 공공하수처리시설 기준 적용(50~500 ㎥/일, Y= 35.616 X^0.7408)

## 3. 시설용량 및 공사비 비교

| 구 분 | 시설용량(㎥/일)에 따른 공사비(백만원) | | | 비 고 |
|---|---|---|---|---|
| | 846 (추가대책:상류대책) | 4,200 (인공습지) | | |
| | | 공사비 | 유지관리비(년) | |
| **조합형습지 (금회 적용(안))** | **강화군 제안** | **5,879 (공사비+관급자재)** | **22백만원** | **최적안** |
| **기계식 저감시설** | **7,825+5,553 =13,378** | **6,017** | **165백만원** | |

주) 상류대책인 마을하수도(846㎥/일) 설치는 생활계 저감대책으로 추가적인 별도 계획임

## 나. 공동 퇴비사 설치

- ○ 금회 사업지구 내 축산 폐수는 개별 퇴비화시설 및 오수정화조를 이용하는 것으로 조사되었음
- ○ 개별 퇴비화시설의 경우 용량부족, 부숙기간 부족 등으로 실질적으로 오염부하량이 발생하는 것으로 판단됨
- ○ 공동퇴비사 설치 시 개별 퇴비화시설 용량부족 등을 일부 해소하여 실질적인 오염부하량 저감에 도움이 될 것으로 판단됨
- ○ 금회 사업유역 내 공동퇴비사 설치가 계획되어 있음
  - **공동 퇴비사 설치 : 2020년 인천 강화·옹진 축협**

**´20년 마을형 공동퇴비사 지원 사업 사업자 선정 계획(안)**

**2020. 03. 09.**

**지 자 체 : 인천광역시, 강화군**

**사업주체 : 인천강화옹진축협**

### Ⅰ. 사업개요

가. 사업주체 현황

| 구 분 | 내 용 | 비 고 |
|---|---|---|
| 사업장 명칭 | 2020년 마을형 공동퇴비사 지원사업 | |
| 소재지 | 인천광역시 강화군 강화읍 대산리1394-1 | |
| 시설내역 | 퇴비 보관고(퇴비사) 1,000㎡(300평) | |
| | 악취저감(미생물 분사장치) | |
| | 송풍시설 | |
| | | |
| 시설 신청내역 (퇴비사, 건조장 등) | 퇴비사 | |
| 참여(계약)농가 | 19농가 | |

나. 사업 개요

○ 사업기간 : 2020년 1월 ~ 12월

○ 사업내역

| 구 분 | | 사업비(천원) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 계 | 국비 | 지방비 | 융자 | 자부담 |
| 합 계 | | 200,000 | 80,000 | 60,000 | 60,000 | |
| 마을형 공동퇴비사 | 퇴비사 | 179,000 | 71,600 | 53,700 | 53,700 | |
| | 악취저감시설 | 11,000 | 4,400 | 3,300 | 3,300 | |
| | 송풍시설 | 10,000 | 4,000 | 3,000 | 3,000 | |
| | 포크레인 | | | | | |
| | 소 계 | 200,000 | 80,000 | 60,000 | 60,000 | |

주) 국비40% , 시군비 30%, 융자(자부담) 30%

- 1 -

# 제3장 오염원 및 환경질현황

3.1 오염원 및 오염부하량

3.2 수질 환경

3.3 퇴적물 환경

3.4 지질 환경

3.5 생태 환경

# 제3장 오염원 및 환경질현황

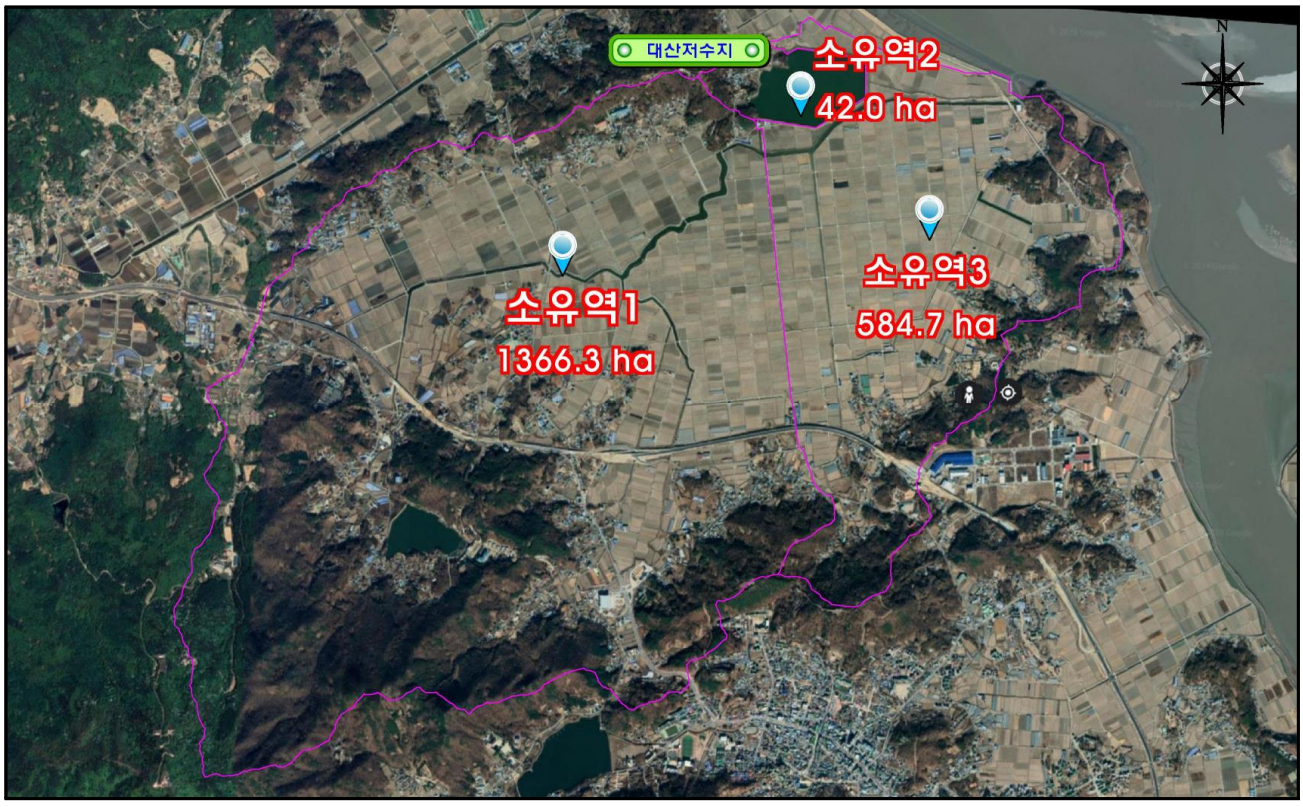
## 3.1 오염원 및 오염부하량

### 3.1.1 유역구분

○ 대산저수지 유역을 유입하천 및 배수구역에 따라 총 3개 소유역으로 구분하였으며, 소유역 구분도를 (그림 3.1-1)과 같이 제시하였음

<표 3.1-1> 소유역별 행정구역 및 토지이용현황

| 소유역 | 읍·면·동·리 | | 지목별 면적(ha) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 계 | 전 | 답 | 임야 | 대지 | 기타 |
| 총 계 | | | 1,925.7 | 208.5 | 709.4 | 630.4 | 243.6 | 133.8 |
| 소유역1 | 강화읍 | 국화리 | 1,366.2 | 158.8 | 416.4 | 535.3 | 168.1 | 87.6 |
| | 하점면 | 부근리 | | | | | | |
| | 송해면 | 상도리·솔정리·신당리·하도리·숭뢰리 | | | | | | |
| 소유역2 | 강화읍 | 대산리 | 42.1 | 3.1 | 0.8 | 5.0 | 29.4 | 3.8 |
| | 송해면 | 숭뢰리 | | | | | | |
| 소유역3 | 강화읍 | 월곳리·대산리 | 517.4 | 46.6 | 292.2 | 90.1 | 46.1 | 42.4 |
| | 송해면 | 숭뢰리·신당리 | | | | | | |




(그림 3.1-1) 유역 구분도

### 3.1.2 오염원 현황

○ 오염원 현황은 생활계, 축산계, 산업계, 양식계, 매립계 및 토지계로 구분하였으며, 조사방법 및 항목은 「수질오염총량관리기술지침(2019.5)」에 준하여 조사하였음

○ 본 검토에서는 강화군 송해면의 대산저수지로 유입되는 유역의 3개 소유역별로 오염원 현황을 조사함

#### 가. 생활계

○ 대산저수지 유역은 주로 강화군 송해면 국화리, 부근리, 상도리, 솔정리, 신당리, 하도리, 숭뢰리, 대산리, 월곳리 일부에서 오염원이 유입되므로 이들 지역에서의 오염특성을 파악하기 위해 전국오염원자료(2018년 기준)를 이용하여 조사함

○ 대산저수지 유역 내에 거주인구는 전체 3,110명이고, 소유역Ⅰ에서 2,273명으로 가장 많이 거주하고 있음

<표 3.1-2> 유역별 인구 현황 [단위 : 명]

| 소유역 | 계 | 비시가지 인구 | | | | | | | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 하수처리구역 | | | 하수미처리구역 | | | | |
| | | 소계 | 분류식 | 합류식 | 소계 | 수세식 | | 수거식 | |
| | | | | | | 오수처리 | 정화조 | | |
| 총 계 | 3,110 | 109 | 0 | 109 | 3,001 | 488 | 134 | 2,379 | - |
| 소유역 Ⅰ | 2,273 | 107 | 0 | 107 | 2,166 | 413 | 131 | 1,622 | - |
| 소유역 Ⅱ | 60 | 0 | 0 | 0 | 60 | 10 | 2 | 48 | - |
| 소유역 Ⅲ | 777 | 2 | 0 | 2 | 775 | 65 | 1 | 709 | - |

자료 : 전국오염원자료, 2018

#### 나. 축산계

○ 대산저수지 유역 내에 사육되는 가축은 한우 1,432두, 젖소 242두, 돼지 700두, 양 20마리, 가금 100,000마리로 조사됨

○ 가축분뇨는 대부분 개별퇴비화 등으로 자체 처리되어 경작지로 살포되고 있는 실정임

<표 3.1-3> 소유역별 가축 사육두수 현황 [단위 : 두, 마리]

| 소유역 | 한우 | 젖소 | 돼지 | 사슴 | 양 | 가금 | 개 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 총 계 | 1,432 | 242 | 700 | 0 | 20 | 100,000 | 0 |
| 소유역 Ⅰ | 1,276 | 242 | 700 | 0 | 20 | 100,000 | 0 |
| 소유역 Ⅱ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 소유역 Ⅲ | 156 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

자료 : 전국오염원자료, 2018

### 다. 산업계

○ 산업폐수 발생량 조사결과, 사업구역 내 폐수발생 사업체가 없는 것으로 조사됨

### 라. 토지계

○ 비점오염원의 유입경로는 주로 지표면의 오염물질이 강우에 의해 유출되는 것으로, 농경지의 잔존 비료 및 농약, 주거지역의 지표오염물질, 퇴비화로 살포된 가축분뇨 등이 있음

○ 농촌지역에 가축사육시설이 산재되어 있고 가축분뇨를 농경지에 개별퇴비화 하거나 야적 시 관리가 소홀할 경우 강우 시에 함께 유출되어 비점오염원이 될 수 있음

○ 대산저수지 유역면적은 1,925.7ha로 토지이용현황을 살펴보면 답이 709.3ha(36.8%)로 가장 넓게 분포하고 있음

<표 3.1-4> 소유역별 행정구역 및 토지이용현황

| 소유역 | 읍·면·동·리 | | 지목별 면적(ha) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 계 | 전 | 답 | 임야 | 대지 | 기타 |
| 총 계 | | | 1,925.7 (100.0) | 208.5 (10.8) | 709.4 (36.8) | 630.4 (32.7) | 243.6 (12.6) | 133.8 (7.0) |
| 소유역Ⅰ | 송해면 | 국화리·부근리·상도리 솔정리·신당리·하도리 숭뢰리·신당리 | 1,366.2 | 158.8 | 416.4 | 535.3 | 168.1 | 87.6 |
| 소유역Ⅱ | | 대산리·숭뢰리 | 42.1 | 3.1 | 0.8 | 5.0 | 29.4 | 3.8 |
| 소유역Ⅲ | | 숭뢰리·신당리· 월곳리·대산리 | 517.4 | 46.6 | 292.2 | 90.1 | 46.1 | 42.4 |

자료 : 전국오염원자료, 2018

(그림 3.1-2) 오염원별 위치도

**마. 양식계**

○ 대산저수지 유역 내 양식계 오염원이 없는 것으로 조사됨

**바. 환경기초시설**

○ 강화군 내에 환경기초시설 3개소가 있으나, 대산저수지 유역 내에 위치하지 않음

<표 3.1-5> 환경기초시설 현황

| 구 분 | 위 치 | 시설용량(㎥/일) |
|---|---|---|
| 강화하수종말처리시설 | 선원면 신정리 29 | 9,000 |
| 강화군가축분뇨공공처리시설 | 선원면 냉정리 1315-1 | 110 |
| 강화위생처리장 | 강화읍 용정리 878-8 | 30 |

**사. 오염원 현장조사**

○ 대산지구 유역내 주요 오염원에 대한 현장조사를 실시하였음

<표 3.1-6> 오염원 세부현황

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | |
| 1 | 송해면 상도리 1001 | 2 | 송해면 상도리 1005 |
| | | | |
| 3 | 송해면 상도리 1016 | 4 | 송해면 상도리 1117 |
| | | | |
| 5 | 송해면 상도리 1131 | 6 | 송해면 상도리 949-2 |

<표 3.1-6> 오염원 세부현황(계속)

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | |
| 7 | 송해면 상도리 956 | 8 | 송해면 상도리 975 |
| | | | |
| 9 | 송해면 상도리 984 | 10 | 송해면 상도리 988 |
| | | | |
| 11 | 송해면 상도리 972 | 12 | 송해면 상도리 963 |

<표 3.1-6> 오염원 세부현황(계속)

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | |
| 13 | 송해면 상도리 533-3 | 14 | 송해면 하도리 53 |
| | | | |
| 15 | 송해면 솔정리 848 | 16 | 송해면 솔정리 521 |
| | | | |
| 17 | 송해면 솔정리 323 | 18 | 송해면 솔정리 554 |

<표 3.1-6> 오염원 세부현황(계속)

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | |
| 19 | 송해면 신당리 499 | 20 | 송해면 신당리 464 |
| | | | |
| 21 | 송해면 신당리 900-5 | 22 | 강화읍 대산리 251-6(폐 쇄) |
| | | | |
| 23 | 강화읍 대산리 293 | 24 | 강화읍 대산리 1006 |

<표 3.1-6> 오염원 세부현황(계속)

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | |
| 25 | 강화읍 대산리 949 | 26 | 강화읍 대산리 1149 |
| | | | |
| 27 | 강화읍 대산리 1141-2 | 28 | 강화읍 국화리 94 |
| | | | |
| 29 | 송해면 하도리 534-1<br>(군부대오수처리시설) | 30 | 송해면 하도리 산 156(오류내낚시터) |

<표 3.1-6> 오염원 세부현황(계속)

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | |
| 31 | 송해면 상도리 179-1(군부대) | 32 | 송해면 하도리 16(폐 쇄) |
| | | | |
| 33 | 하점면 부근리 167-2 | 34 | 하점면 부근리 748-9 |
| | | | |
| 35 | 강화읍 월곳리 111 | 36 | 송해면 하도리 800(폐 쇄) |

<표 3.1-6> 오염원 세부현황(계속)

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | |
| 37 | 송해면 하도리 193(폐 쇄) | 38 | 송해면 하도리 366-4(폐 쇄) |
| | | | |
| 39 | 송해면 솔정리 900 | 40 | 송해면 숭뢰리 230(대산양수장) |

### 3.1.3 오염부하량 산정

○ 오염부하량 산정시 원단위는 지역적 특성을 반영하도록 실측자료를 사용하는 것이 바람직하나 실측자료는 측정 회수의 제한이 있으므로,「수질오염총량관리기술지침(2019.3)」의 원단위를 사용하였음

#### 가. 오·폐수 발생유량

○ 유역에서 발생되는 총 오·폐수발생량은 653.39㎥/일이며, 생활계가 607.41(93.0%)로 가장 높은 비율을 차지하였으며, 다음으로 축산계(45.98㎥/일)로 나타남

○ 소유역Ⅰ이 491.65㎥/일로 전체발생량의 75.2%를 차지하고 다음으로 소유역Ⅲ이 150.71㎥/일로 발생함

<표 3.1-7> 유역 내 소유역별 오·폐수 발생량 [단위 : ㎥/일]

| 소유역 | 계 | 생활계 | 축산계 | 산업계 | 양식계 | 매립계 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 총 계 | 653.39 | 607.41 | 45.98 | - | - | - |
| 소유역 Ⅰ | 491.65 | 447.94 | 43.70 | - | - | - |
| 소유역 Ⅱ | 11.04 | 11.04 | 0.00 | - | - | - |
| 소유역 Ⅲ | 150.71 | 148.43 | 2.28 | - | - | - |

#### 나. 발생부하량

(1) 생활계

○ 생활계 BOD 발생부하량은 총 160.40kg/일이고, T-N 발생부하량은 43.075kg/일, T-P 발생부하량은 4.775kg/일로 산정됨

○ 소유역Ⅰ의 경우 BOD 발생부하량 118.26kg/일로 전체의 73.7%를 차지하고 T-N 31.852 kg/일, T-P 3.527kg/일로 가장 발생량이 많음

<표 3.1-8> 소유역별 생활계 발생부하량 [단위 : kg/일]

| 소유역 | BOD | T-N | T-P |
|---|---|---|---|
| 총 계 | 160.40 | 43.075 | 4.775 |
| 소유역 Ⅰ | 118.26 | 31.852 | 3.527 |
| 소유역 Ⅱ | 2.96 | 0.795 | 0.088 |
| 소유역 Ⅲ | 39.18 | 10.428 | 1.160 |

(2) 축산계

○ 축산계 BOD 발생부하량은 총 1,487.15kg/일이고, T-N 발생부하량은 335.919kg/일, T-P 발생부하량은 113.975kg/일로 산정됨

○ 소유역Ⅰ의 경우 BOD 발생부하량 1,404.78kg/일로 전체의 94.5%를 차지하고 T-N은 317.698kg/일, T-P는 108.343kg/일로 가장 발생량이 많음

<표 3.1-9> 소유역별 축산계 발생부하량 [단위 : kg/일]

| 소유역 | BOD | T-N | T-P |
|---|---|---|---|
| 총 계 | 1,487.15 | 335.919 | 113.975 |
| 소유역 Ⅰ | 1,404.78 | 317.698 | 108.343 |
| 소유역 Ⅱ | 0.00 | 0.000 | 0.000 |
| 소유역 Ⅲ | 82.37 | 18.221 | 5.632 |

(3) 산업계

○ 대산저수지 유역 내 폐수발생 산업시설이 없는 것으로 조사됨

(4) 토지계

○ 토지이용에 의한 BOD발생부하량은 총 75.47kg/일이고, T-N 발생부하량은 64.548kg/일, T-P 발생부하량은 7.874kg/일로 산정됨

○ 소유역Ⅰ의 경우 BOD 발생부하량 52.08kg/일로 전체의 69.0%를 차지하고 T-N은 46.339kg/일, T-P는 5.444kg/일로 가장 발생량이 많음

<표 3.1-10> 소유역별 토지계 발생부하량 [단위 : kg/일]

| 소유역 | BOD | T-N | T-P |
|---|---|---|---|
| 총 계 | 75.47 | 64.548 | 7.874 |
| 소유역 Ⅰ | 52.08 | 46.339 | 5.445 |
| 소유역 Ⅱ | 1.54 | 1.286 | 0.162 |
| 소유역 Ⅲ | 21.85 | 16.923 | 2.267 |

### 다. 배출부하량

(1) 생활계

○ 생활계 배출부하량은 하수처리시설, 분뇨처리시설 등 환경기초시설, 오수처리시설, 단독정화조 등의 개별처리시설의 처리효율을 고려하여 삭감한 후 산정됨

○ 생활계 BOD 배출부하량은 총 118.34kg/일이고, T-N 배출부하량은 27.242kg/일, T-P 배출부하량은 3.799kg/일로 산정됨

○ 소유역Ⅰ의 경우 BOD 배출부하량 82.53kg/일로 전체의 69.7%를 차지하고 T-N 배출부하량은 19.498kg/일, T-P 배출부하량은 2.689kg/일로 산정됨

<표 3.1-11> 소유역별 생활계 배출부하량 [단위 : kg/일]

| 소유역 | BOD | T-N | T-P |
|---|---|---|---|
| 총 계 | 118.34 | 27.242 | 3.799 |
| 소유역 Ⅰ | 82.53 | 19.498 | 2.689 |
| 소유역 Ⅱ | 2.32 | 0.530 | 0.074 |
| 소유역 Ⅲ | 33.49 | 7.214 | 1.036 |

(2) 축산계

○ 축산계 배출부하량은 소유역 내 발생된 축산계 발생부하량에 배출경로별 배출계수를 곱하여 산정하였으며, BOD 배출부하량은 총 128.81kg/일이고, T-N 배출부하량은 77.968 kg/일, T-P 배출부하량은 8.587kg/일로 산정됨

○ 소유역Ⅰ의 경우 BOD 배출부하량 121.40kg/일로 전체의 94.2%를 차지하고 T-N 배출부하량은 73.595kg/일, T-P 배출부하량은 8.165kg/일로 산정됨

<표 3.1-12> 소유역별 축산계 배출부하량 [단위 : kg/일]

| 소유역 | BOD | T-N | T-P |
|---|---|---|---|
| 총 계 | 128.80 | 77.968 | 8.587 |
| 소유역 Ⅰ | 121.39 | 73.595 | 8.165 |
| 소유역 Ⅱ | 0.00 | 0.000 | 0.000 |
| 소유역 Ⅲ | 7.41 | 4.373 | 0.422 |

(3) 산업계

○ 대산저수지 유역 내 폐수발생 사업체가 없는 것으로 조사됨

(4) 토지계

○ 토지이용에 의한 BOD배출부하량은 총 74.16kg/일이고, T-N 배출부하량은 63.737kg/일, T-P 배출부하량은 7.823kg/일로 산정됨

○ 유역 면적이 가장 넓은 소유역Ⅰ의 경우 BOD 배출부하량 51.25kg/일로 전체의 69.1%를 차지하고 T-N은 45.743kg/일, T-P는 5.409kg/일로 산정됨

<표 3.1-13> 소유역별 토지계 오염물질 배출부하량 [단위 : kg/일]

| 소유역 | BOD | T-N | T-P |
|---|---|---|---|
| 총 계 | 74.16 | 63.737 | 7.823 |
| 소유역 Ⅰ | 51.25 | 45.743 | 5.409 |
| 소유역 Ⅱ | 1.54 | 1.286 | 0.162 |
| 소유역 Ⅲ | 21.37 | 16.708 | 2.252 |

**라. 총 오염부하량**

(1) 총 발생부하량

○ 유역의 BOD 발생부하량은 1,723.02kg/일, T-N은 443.542kg/일, T-P는 126.624kg/일임

○ 오염원별로 축산계가 BOD의 86.3%, T-N의 75.7%로, T-P의 90.0%로 가장 높은 비율을 차지하고, 생활계는 전체 BOD의 9.3%, T-N은 9.7%, T-P은 3.8%로 발생되며, 토지계는 전체 BOD의 4.4%, T-N은 14.6%, T-P은 6.2%를 차지함

<표 3.1-14> 오염원별 발생부하량 [단위 : kg/일]

| 오염원 | BOD | T-N | T-P |
|---|---|---|---|
| 합 계 | 1,723.02 | 443.54 | 126.624 |
| 생활계 | 160.40 | 43.075 | 4.775 |
| 축산계 | 1,487.15 | 335.920 | 113.975 |
| 산업계 | 0.00 | 0.000 | 0.000 |
| 토지계 | 75.47 | 64.548 | 7.874 |
| 양식계 | 0.00 | 0.000 | 0.000 |

(2) 총 배출부하량

○ 대산저수지 유역 전체에서 BOD는 321.31kg/일, T-N은 168.947kg/일, T-P는 20.209kg/일의 오염 부하량이 배출됨

○ 오염원별로 축산계가 BOD부하량의 40.1%, T-N의 46.1%, T-P의 42.5%로 가장 높은 비율을 차지하고, 생활계는 전체 BOD부하량 중 36.8%, T-N의 16.1%, T-P의 18.8%를 차지하며, 토지계는 전체 BOD부하량 중 23.1%, T-N의 37.7%, T-P의 38.7%를 차지함

<표 3.1-15> 오염원별 배출부하량 [단위 : kg/일]

| 소유역 | 배출부하량 | | |
|---|---|---|---|
| | BOD | T-N | T-P |
| 합 계 | 321.31 | 168.947 | 20.209 |
| 생활계 | 118.34 | 27.242 | 3.799 |
| 축산계 | 128.81 | 77.968 | 8.587 |
| 산업계 | 0.00 | 0.000 | 0.000 |
| 토지계 | 74.16 | 63.737 | 7.823 |
| 양식계 | 0.00 | 0.000 | 0.000 |

○ 대산저수지 유역 전체의 오염물질 항목별 발생 및 배출부하량 대비 삭감률을 아래와 같이 나타냄

<표 3.1-16> 오염물질별 발생.배출부하량 비교 [단위 : kg/일]

| 구 분 | 발생부하량 | 삭감부하량 | 배출부하량 | 삭감률(%) |
|---|---|---|---|---|
| BOD | 1,723.02 | 1401.71 | 321.31 | 81.4 |
| T-N | 443.542 | 274.595 | 168.947 | 61.9 |
| T-P | 126.624 | 106.415 | 20.209 | 84.0 |

<표 3.1-17> 소유역별 BOD 배출부하량 [단위 : kg/일]

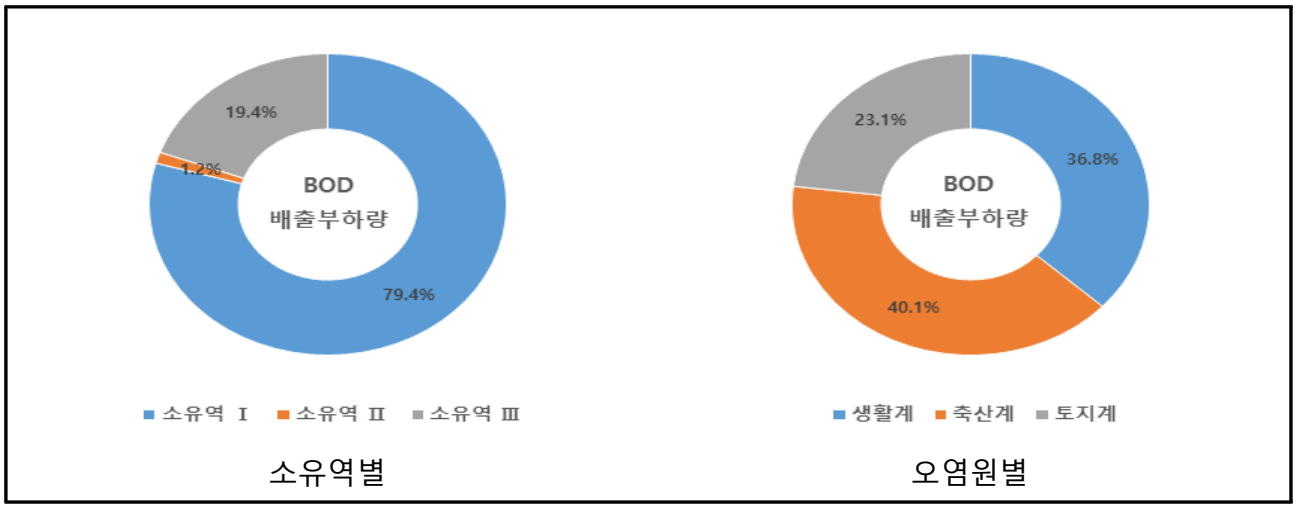
| 소유역 | 계 | 생활계 | 축산계 | 산업계 | 토지계 |
|---|---|---|---|---|---|
| 총 계 | 321.31 | 118.34 | 128.81 | 0.00 | 74.16 |
| 소유역 Ⅰ | 255.18 | 82.53 | 121.40 | 0.00 | 51.25 |
| 소유역 Ⅱ | 3.86 | 2.32 | 0.00 | 0.00 | 1.54 |
| 소유역 Ⅲ | 62.27 | 33.49 | 7.41 | 0.00 | 21.37 |

<표 3.1-18> 소유역별 T-N 배출부하량 [단위 : kg/일]

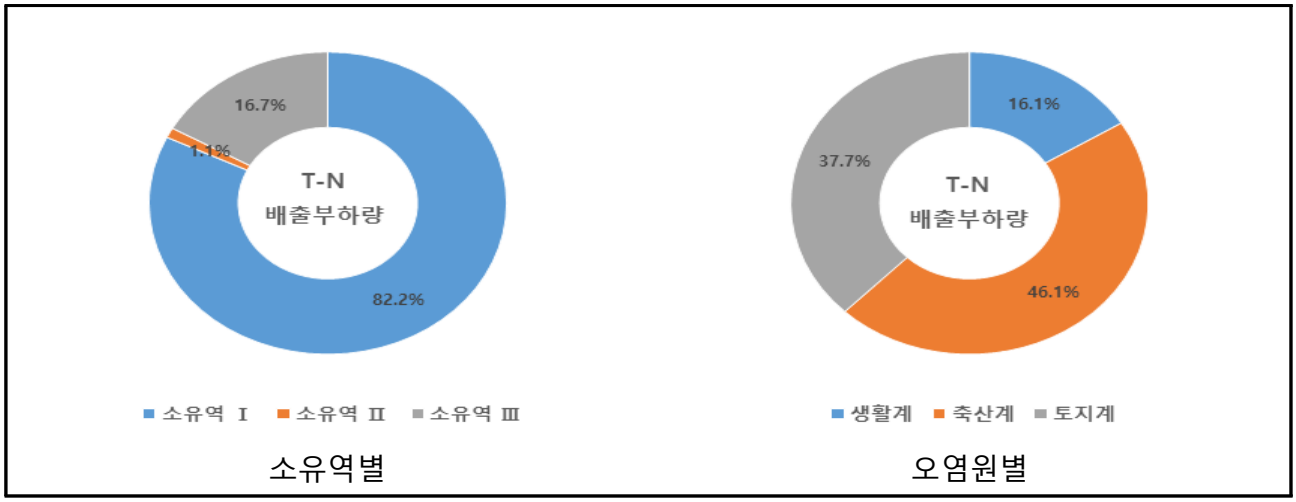
| 소유역 | 계 | 생활계 | 축산계 | 산업계 | 토지계 |
|---|---|---|---|---|---|
| 총 계 | 168.947 | 27.242 | 77.968 | 0.000 | 63.737 |
| 소유역 Ⅰ | 138.836 | 19.498 | 73.595 | 0.000 | 45.743 |
| 소유역 Ⅱ | 1.816 | 0.530 | 0.000 | 0.000 | 1.286 |
| 소유역 Ⅲ | 28.295 | 7.214 | 4.373 | 0.000 | 16.708 |

<표 3.1-19> 소유역별 T-P 배출부하량 [단위 : kg/일]

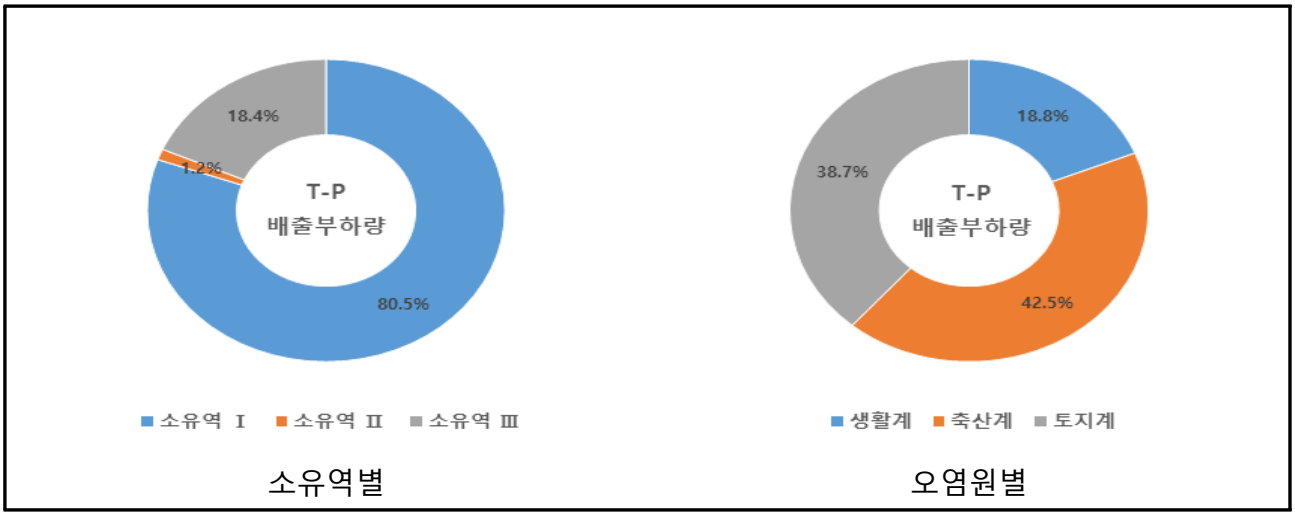
| 소유역 | 계 | 생활계 | 축산계 | 산업계 | 토지계 |
|---|---|---|---|---|---|
| 총 계 | 20.209 | 3.799 | 8.587 | 0.000 | 7.823 |
| 소유역 Ⅰ | 16.263 | 2.689 | 8.165 | 0.000 | 5.409 |
| 소유역 Ⅱ | 0.236 | 0.074 | 0.000 | 0.000 | 0.162 |
| 소유역 Ⅲ | 3.710 | 1.036 | 0.422 | 0.000 | 2.252 |




(그림 3.1-3) BOD 배출부하량 기여도




(그림 3.1-4) T-N 배출부하량 기여도



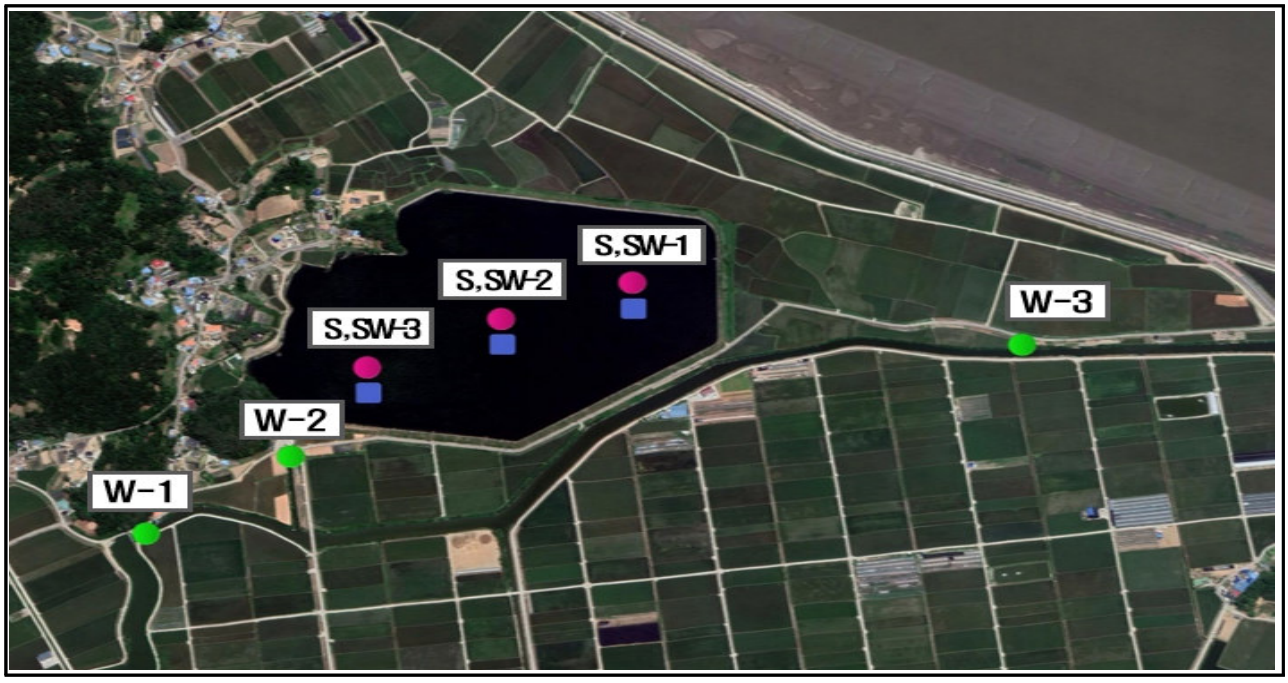

(그림 3.1-5) T-P 배출부하량 기여도

## 3.2 수질환경

### 3.2.1 청천시 수질현황

#### 가. 조사지점

○ 대산저수지 유입하천 및 저수지 수질 분석을 위해 아래와 같이 수질 및 유량 조사를 실시하였음




<그림 3.2-1> 대산저수지 수질조사 지점도

#### 나. 조사내용 및 분석방법

○ 수질분석은 수질오염공정시험방법에 준하여 실시하였으며, 항목별 분석방법명 및 분석기기, 분석방법은 다음과 같다.

<표 3.2-1> 시료채취방법 및 조사항목

| 구분 | | 조사내용 |
|---|---|---|
| 비강우시 (총 10개 항목) | 시료채취방법 | 강우의 영향이 없거나 최소화되었을 것으로 추정되는 시기 |
| | 수질분석항목 | pH, DO, BOD, COD, SS, T-N, T-P, 탁도, 총유기탄소, 유량 |
| 강우시 (총 10개 항목) | 시료채취방법 | 강우의 발생으로 인해 유출이 발생 시작하는 시점부터 |
| | 수질분석항목 | pH, DO, BOD, COD, SS, T-N, T-P, 탁도, 총유기탄소, 유량 |

○ pH, DO

- 분석기기 : YSI 556 MMS, Lamotte-2020
- 분석방법 : 전자기기식 기계에 의해 측정한다.

○ BOD

- 분석방법명 : Winkler Azide Modification Method
- 분석방법 : 시료를 20℃에서 5일간 저장하여 두었을 때 시료중의 호기성 미생물의 증식과 호흡작용에 의하여 소비되는 용존산소의 양으로부터 측정하는 방법이다. 시료중의 용존산소가 소비되는 산소의 양보다 적을 때에는 시료를 희석수로 적당히 희석하여 사용한다.

○ $COD_{Mn}$

- 분석방법명 : 과망간산칼륨법
- 분석방법 : 시료를 황산산성으로 하여 과망간산칼륨 일정과량을 넣고 30분간 수욕상에서 가열반응 시킨 다음 소비된 과망간산칼륨량으로부터 이에 상당하는 산소의 양을 측정하는 방법으로 염소이온이 2,000㎎/L 이하인 반응시료(100㎎)에 적용한다.

○ SS

- 분석방법명 : 유리섬유여지(GF/C)법
- 분석방법 : 미리 무게를 단 유리섬유 여지(GF/C)를 여과기에 부착하여 일정량의 시료를 여과시킨 다음 항량으로 건조하여 무게를 달아 여과전.후의 유리섬유 여지의 무게차를 산출하여 부유물질의 양을 구하는 방법이다. 정량범위는 5㎎이상이다.

○ T-N

- 분석방법명 : 자외선 흡광광도법
- 분석방법 : 시료 중 질소화합물을 알칼리성 과황산칼륨의 존재하에 120℃에서 유기물과 함께 분해하여 질산이온으로 산화시킨 다음 산성에서 자외부 흡광도를 측정하여 질소를 정량하는 방법이다. 이 방법은 비교적 분해되기 쉬운 유기물을 함유하고 있거나 자외부에서 흡광도를 나타내는 브롬이온이나 크롬을 함유하지 않는 시료에 적용된다. 정량범위는 0.005 ~ 0.05㎎N이며, 표준편차는 10 ~ 3%이다.

○ T-P

- 분석방법명 : 흡광광도법(아스코르빈산 환원법)
- 분석방법 : 시료 중의 유기물을 산화 분해하여 모든 인 화합물을 인산염(PO4) 형태로 변화시킨 다음 인산염을 아스코르빈산환원 흡광광도법으로 정량하여 총인의 농도를 구하는 방법이다. 정량범위는 0.001 ~ 0.025㎎P/㎖ 이다.

○ TOC

- 분석방법명 : 총 유기탄소-고온연소산화법
- 분석방법 : 물 속에 존재하는 총 유기탄소를 측정하기 위하여 시료 적당량을 산화성 촉매로 충전된 고온의 연소기에 넣은 후에 연소를 통해서 수중의 유기탄소를 이산화탄소 (CO2)로 산화시켜 정량하는 방법으로 이 시험기준은 지표수, 지하수, 폐수 등에 적용하며, 정량한계는 0.3 mg/L 이다.

○ 조사 시 기상상태는 아래의 표와 같음

<표 3.2-2> 조사시기 기상상태

| 항목 / 조사일시 | 기온 (℃) | 습도 (%) | 풍향 (풍) | 풍속 (㎧) |
|---|---|---|---|---|
| 05월 26일 | 14.3 | 90.8 | 서 | 5.4 |
| 06월 23일 | 23.3 | 68.1 | 서남서 | 6.8 |
| 08월 19일 | 25.2 | 89.8 | 서남서 | 5 |
| 10월 06일 | 12.9 | 60.9 | 북북서 | 5 |

### 3.2.2 청천시 수질현황

#### 가. W-0 지점

○ W-0 지점의 조사결과는 다음과 같음

<표 3.2-3> W-0 현장측정결과

| 구분 | 현장사진 | | |
|---|---|---|---|
| 08월 19일 | | | |

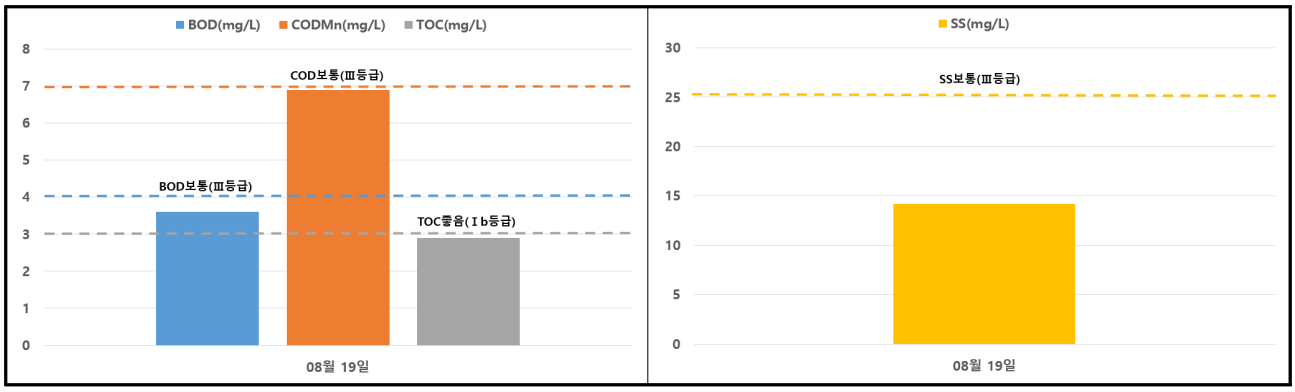
① 유기물 농도

○ 유입유기오염지표인 BOD가 3.6mg/L로 하천수질 환경기준 보통(Ⅲ등급), COD는 6.9mg/L로 하천수질 환경기준 보통(Ⅲ등급), TOC는 2.9mg/L로 하천수질 환경기준 좋음(Ⅰb등급)으로 나타났음

○ 부유물질(SS)의 경우에는 14.2mg/L로 하천수질 환경기준 보통(Ⅲ등급)을 나타내고 있음

<표 3.2-4> W-0 수질조사 결과

| 조사시기 | 항목 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | BOD(mg/L) | COD(mg/L) | TOC(mg/L) | SS(mg/L) | 유량(CMS) |
| 08월 19일 | 3.6 | 6.9 | 2.9 | 14.2 | 0.911 |




(그림 3.2–2) W-0 지점 BOD, COD, TOC 및 SS농도

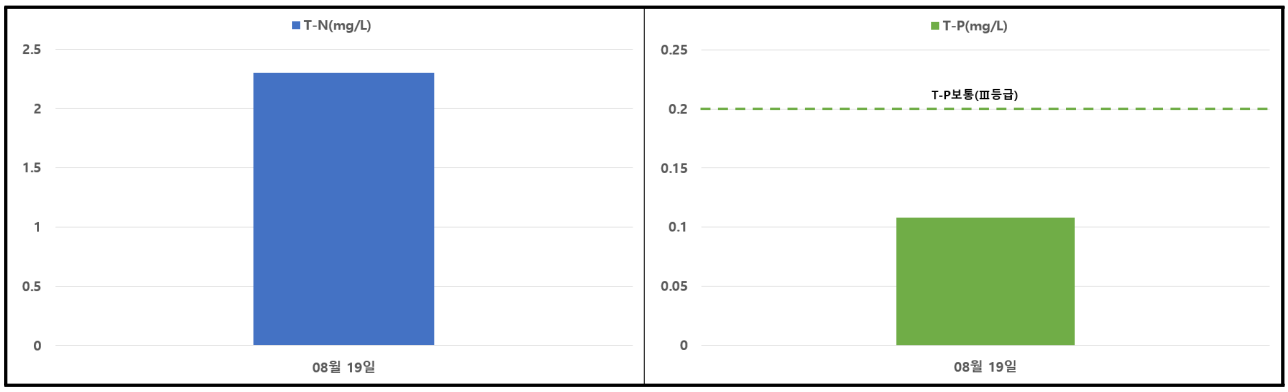
② 영양염류 농도

○ 조사지점 T-N은 2.30mg/L로 조사됨

○ T-P는 0.108mg/L로 하천수질 환경기준 보통(Ⅲ등급)으로 나타났음

<표 3.2–5> W-0 지점의 영양염류 조사결과

| 조사시기 | 항목 | |
|---|---|---|
| | T-N(mg/L) | T-P(mg/L) |
| 08월 19일 | 2.30 | 0.108 |




(그림 3.2-3) W-0 지점 T-N 및 T-P농도

③ 기타항목 농도

○ 전기전도도(EC)는 319μS/㎝로 국내 일반하천의 전기전도도 평균치인 150μS/㎝보다 높게 나타났음

○ 수소이온농도(pH)는 9.3, 용존산소농도(DO)는 6.9mg/L로 나타내고 있으며 $NH_3$-N 0.11mg/L, $NO_3$-N 1.8mg/L, $NO_2$-N 0.1mg/L, $PO_4$-P 불검출 값을 나타냄

### 나. W-1 지점

○ W-1 지점의 조사결과는 다음과 같음

<표 3.2-6> W-1 현장측정 결과

| 구분 | 현장사진 | | |
|---|---|---|---|
| 05월 26일 | | | |
| 06월 23일 | | | |
| 08월 19일 | | | |
| 10월 06일 | | | |

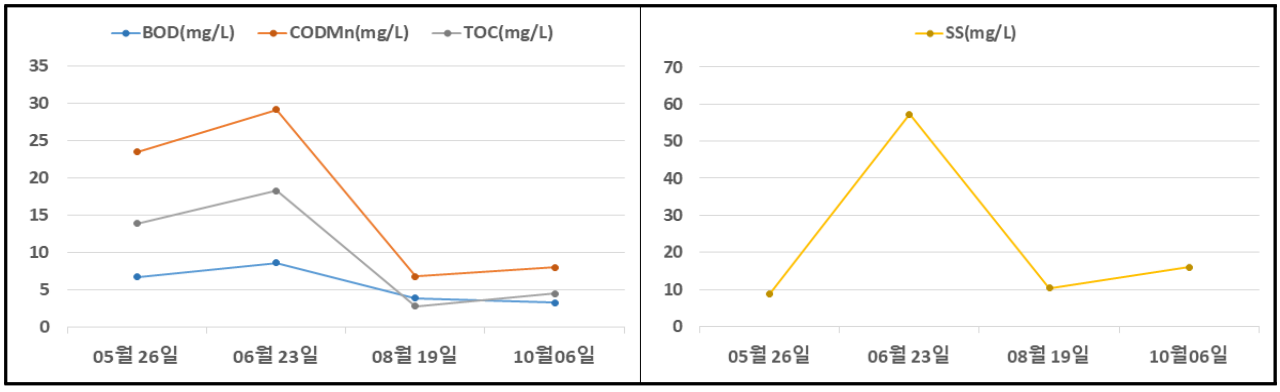
① 유기물 농도

○ 유입유기오염지표인 BOD가 3.3~8.6mg/L로 하천수질 환경기준 보통(Ⅲ등급)~나쁨(Ⅴ등급), COD는 6.8~29.2mg/L로 하천수질 환경기준 보통(Ⅲ등급)~매우나쁨(Ⅵ등급), TOC는 2.8~18.3mg/L로 하천수질 환경기준 좋음(Ⅰb등급)~매우나쁨(Ⅵ등급)으로 나타났음

○ 부유물질(SS)의 경우에는 8.8~57.2mg/L로 하천수질 환경기준 보통(Ⅲ등급)~약간나쁨(Ⅳ등급)을 나타내고 있음

<표 3.2-7> W-1 수질조사 결과

| 조사시기 | 항목 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | BOD(mg/L) | COD(mg/L) | TOC(mg/L) | SS(mg/L) | 유량(CMS) |
| 05월 26일 | 6.7 | 23.5 | 13.9 | 8.8 | 0 |
| 06월 23일 | 8.6 | 29.2 | 18.3 | 57.2 | 0.684 |
| 08월 19일 | 3.9 | 6.8 | 2.8 | 10.4 | 0.537 |
| 10월 06일 | 3.3 | 8.0 | 4.5 | 16.0 | 0 |




(그림 3.2–4) W-1 지점 BOD, COD, TOC 및 SS농도 변화추이

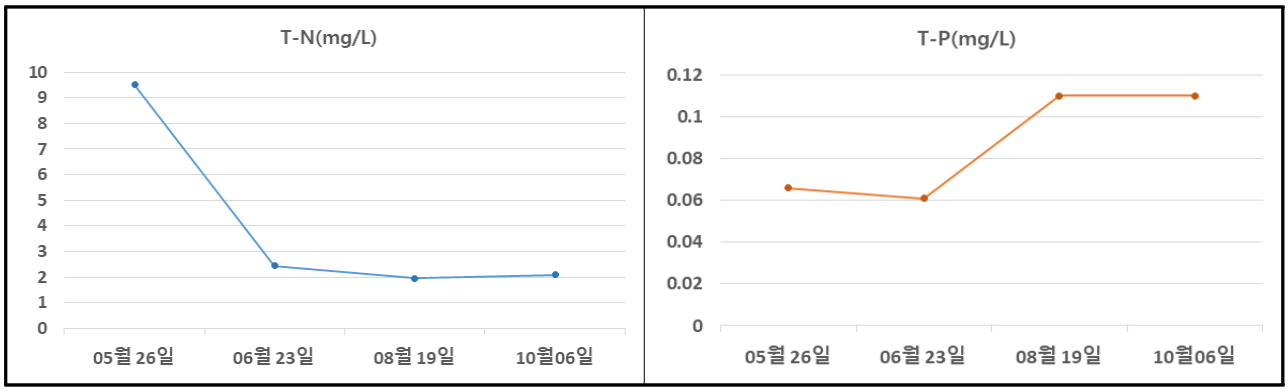
② 영양염류 농도

○ 조사지점 T-N은 1.96~9.50mg/L로 조사됨

○ T-P는 0.061~0.110mg/L로 하천수질 환경기준 약간좋음(Ⅱ등급)~보통(Ⅲ등급)으로 나타났음

<표 3.2–8> W-1 지점의 영양염류 조사결과

| 조사시기 | 항목 | |
|---|---|---|
| | T-N(mg/L) | T-P(mg/L) |
| 05월 26일 | 9.50 | 0.066 |
| 06월 23일 | 2.45 | 0.061 |
| 08월 19일 | 1.96 | 0.110 |
| 10월 06일 | 2.09 | 0.110 |




(그림 3.2-5) W-1 지점 T-N 및 T-P농도 변화추이

③ 기타항목 농도

○ 전기전도도(EC)는 189~779μS/㎝로 국내 일반하천의 전기전도도 평균치인 150μS/㎝보다 높게 나타났음

○ 수소이온농도(pH)는 7.7~9.7 용존산소농도(DO)는 6.8~9.8mg/L로 나타내고 있으며 $NH_3$-N 0.06~0.87mg/L, $NO_3$-N 불검출~1.63mg/L, $NO_2$-N 불검출~0.12mg/L, $PO_4$-P 불검출~0.014mg/L 값을 나타냄

### 다. W-2 지점

○ W-2 지점의 조사결과는 다음과 같음

<표 3.2-9> W-2 현장측정 결과

| 구분 | 현장사진 | | |
|---|---|---|---|
| 05월 26일 | | | |
| 06월 23일 | | | |
| 08월 19일 | | | |
| 10월 06일 | | | |

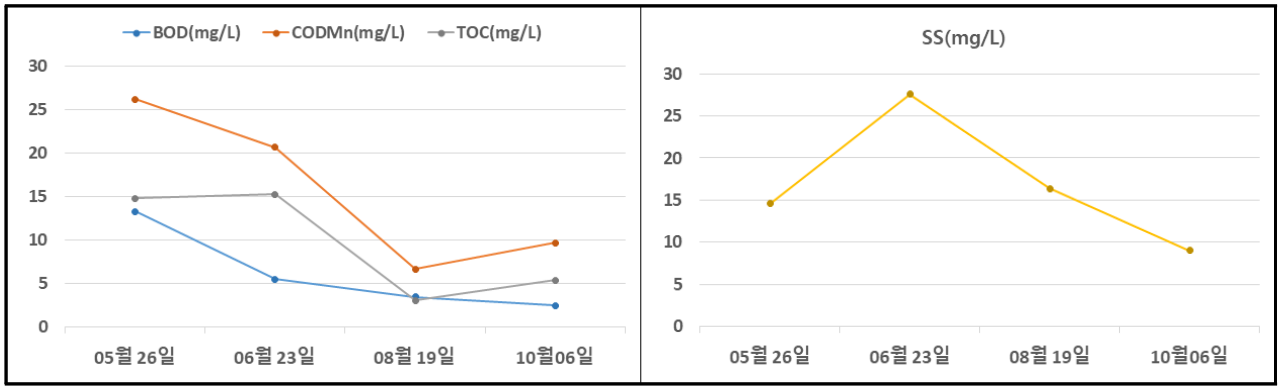
① 유기물 농도

○ 유입유기오염지표인 BOD가 2.5~13.3mg/L로 하천수질 환경기준 약간좋음(Ⅱ등급)~매우나쁨(Ⅵ등급), COD는 6.7~26.2mg/L로 하천수질 환경기준 보통(Ⅲ등급)~매우나쁨(Ⅵ등급), TOC는 3.1~15.3mg/L로 하천수질 환경기준 약간좋음(Ⅱ등급)~매우나쁨(Ⅵ등급)으로 나타났음

○ 부유물질(SS)의 경우에는 9.0~27.6mg/L로 하천수질 환경기준 보통(Ⅲ등급)~약간나쁨(Ⅳ등급)을 나타내고 있음

<표 3.2-10> W-2 수질조사 결과

| 조사시기 | 항목 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | BOD(mg/L) | COD(mg/L) | TOC(mg/L) | SS(mg/L) | 유량(CMS) |
| 05월 26일 | 13.3 | 26.2 | 14.8 | 14.6 | 0 |
| 06월 23일 | 5.5 | 20.7 | 15.3 | 27.6 | 0.362 |
| 08월 19일 | 3.5 | 6.7 | 3.1 | 16.4 | 0.277 |
| 10월 06일 | 2.5 | 9.7 | 5.4 | 9.0 | 0 |




(그림 3.2-6) W-2 지점 BOD, COD, TOC 및 SS농도 변화추이

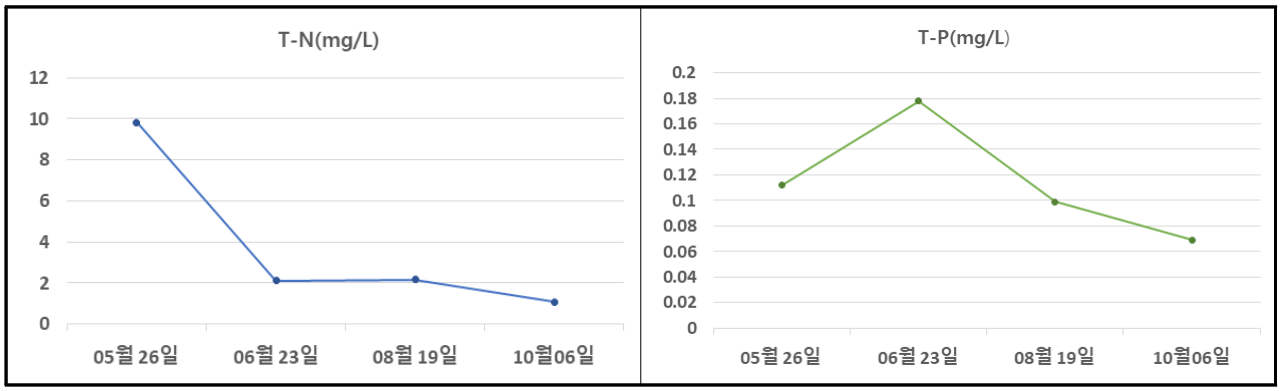
② 영양염류 농도

○ 조사지점 T-N은 1.09~9.82mg/L로 조사됨

○ T-P는 0.069~0.178mg/L로 하천수질 환경기준 약간좋음(Ⅱ등급)~보통(Ⅲ등급)으로 나타났음

<표 3.2–11> W-2 지점의 영양염류 조사결과

| 조사시기 | 항목 | |
|---|---|---|
| | T-N(mg/L) | T-P(mg/L) |
| 05월 26일 | 9.82 | 0.112 |
| 06월 23일 | 2.12 | 0.178 |
| 08월 19일 | 2.17 | 0.099 |
| 10월 06일 | 1.09 | 0.069 |




(그림 3.2-7) W-2 지점 T-N 및 T-P농도 변화추이

③ 기타항목 농도

○ 전기전도도(EC)는 201~827μS/㎝로 국내 일반하천의 전기전도도 평균치인 150μS/㎝보다 높게 나타났음

○ 수소이온농도(pH)는 7.7~9.1, 용존산소농도(DO)는 5.9~9.5mg/L로 나타내고 있으며 $NH_3$-N 0.102~0.240mg/L, $NO_3$-N 0.1~1.6mg/L, $NO_2$-N 불검출, $PO_4$-P 불검출~0.042mg/L 값을 나타냄

### 라. W-3 지점

○ W-3 지점의 조사결과는 다음과 같음

<표 3.2-12> W-3 현장측정 결과

| 구분 | 현장사진 | | |
|---|---|---|---|
| 05월 26일 | | | |

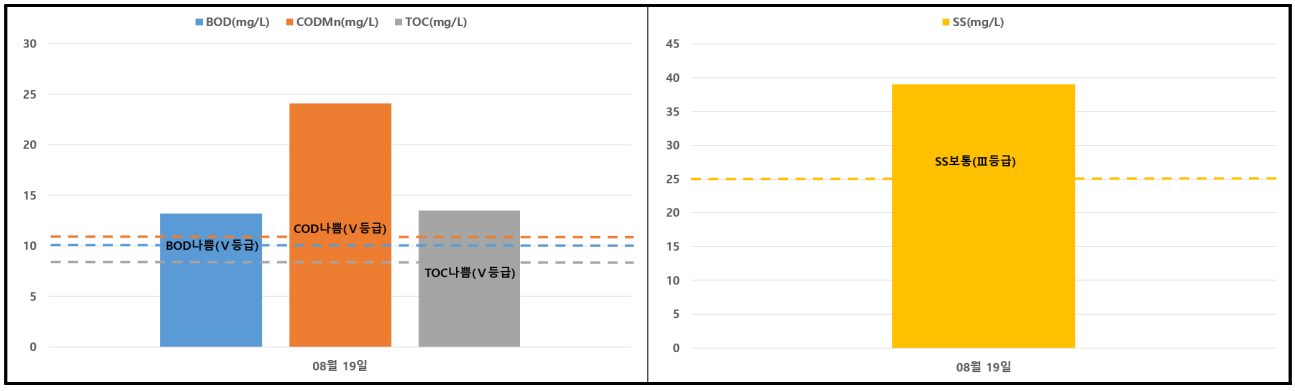
① 유기물 농도

○ 유입유기오염지표인 BOD가 13.2mg/L로 하천수질 환경기준 매우나쁨(VI등급), COD는 24.1mg/L로 하천수질 환경기준 매우나쁨(VI등급), TOC는 13.5mg/L로 하천수질 환경기준 매우나쁨(VI등급)으로 나타났음

○ 부유물질(SS)의 경우에는 39.0mg/L로 하천수질 환경기준 약간나쁨(IV등급)을 나타내고 있음

<표 3.2-13> W-3 수질조사 결과

| 조사시기 | 항목 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | BOD(mg/L) | COD(mg/L) | TOC(mg/L) | SS(mg/L) | 유량(CMS) |
| 05월 26일 | 13.2 | 24.1 | 13.5 | 39.0 | 0.531 |




(그림 3.2-8) W-3 지점 BOD, COD, TOC 및 SS농도

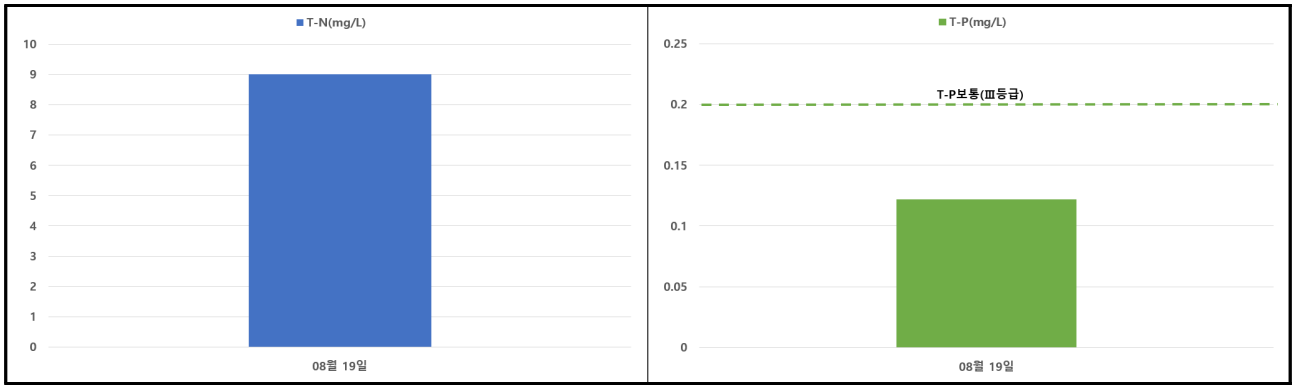
② 영양염류 농도

○ 조사지점 T-N은 9.02mg/L로 조사됨

○ T-P는 0.122mg/L로 하천수질 환경기준 보통(Ⅲ등급)으로 나타났음

<표 3.2–14> W-3 지점의 영양염류 조사결과

| 조사시기 | 항목 | |
|---|---|---|
| | T-N(mg/L) | T-P(mg/L) |
| 05월 26일 | 9.02 | 0.122 |




(그림 3.2-9) W-3 지점 T-N 및 T-P농도

③ 기타항목 농도

○ 전기전도도(EC)는 887μS/㎝로 국내 일반하천의 전기전도도 평균치인 150μS/㎝보다 높게 나타났음

○ 수소이온농도(pH)는 8.03, 용존산소농도(DO)는 7.4mg/L로 나타내고 있으며 총대장균군 900(수/100mL), ABS, $Cr^{+6}$, Cd, Pb, As, CN, Hg, 유기인, PCB 항목들에서 불검출 값을 나타냄

### 마. 저수지 SW-1 지점

○ SW-1지점의 조사결과는 다음과 같음

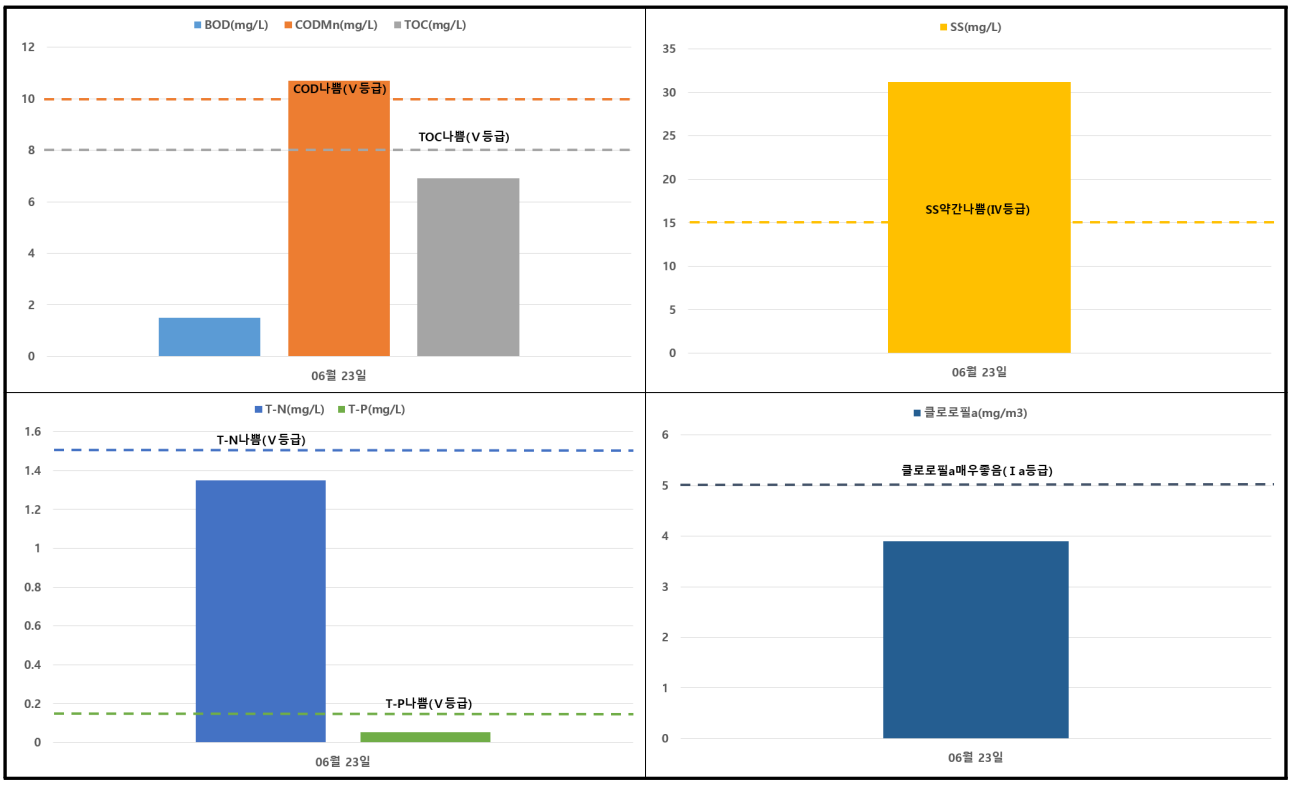
<표 3.2-15> SW-1 현장조사 결과

| 구분 | 현장사진 | |
|---|---|---|
| 06월 23일 | | |

○ 조사지점의 수질분석결과 BOD 1.5mg/L, COD 10.7mg/L, SS 31.2mg/L로 클로로필a를 제외한 항목의 호소수 수질기준 좋음(Ⅰb등급)~매우나쁨(Ⅵ등급)으로 조사되었으며 결과는 다음의 표와 같음

<표 3.2-16> SW-1 수질조사 결과

| 조사 시기 | 항목 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | BOD(mg/L) | COD(mg/L) | TOC(mg/L) | SS(mg/L) | T-N(mg/L) | T-P(mg/L) | 클로로필a (mg/㎥) |
| 06월 23일 | 1.5 | 10.7 | 6.9 | 31.2 | 1.35 | 0.051 | 3.9 |

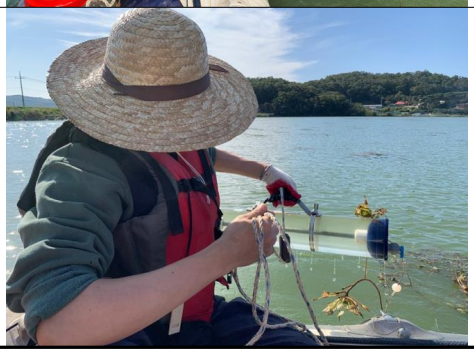



(그림 3.2-10) SW-1 지점 수질농도 그래프

### 바. 저수지 SW-2지점

○ SW-2지점의 조사결과는 다음과 같음

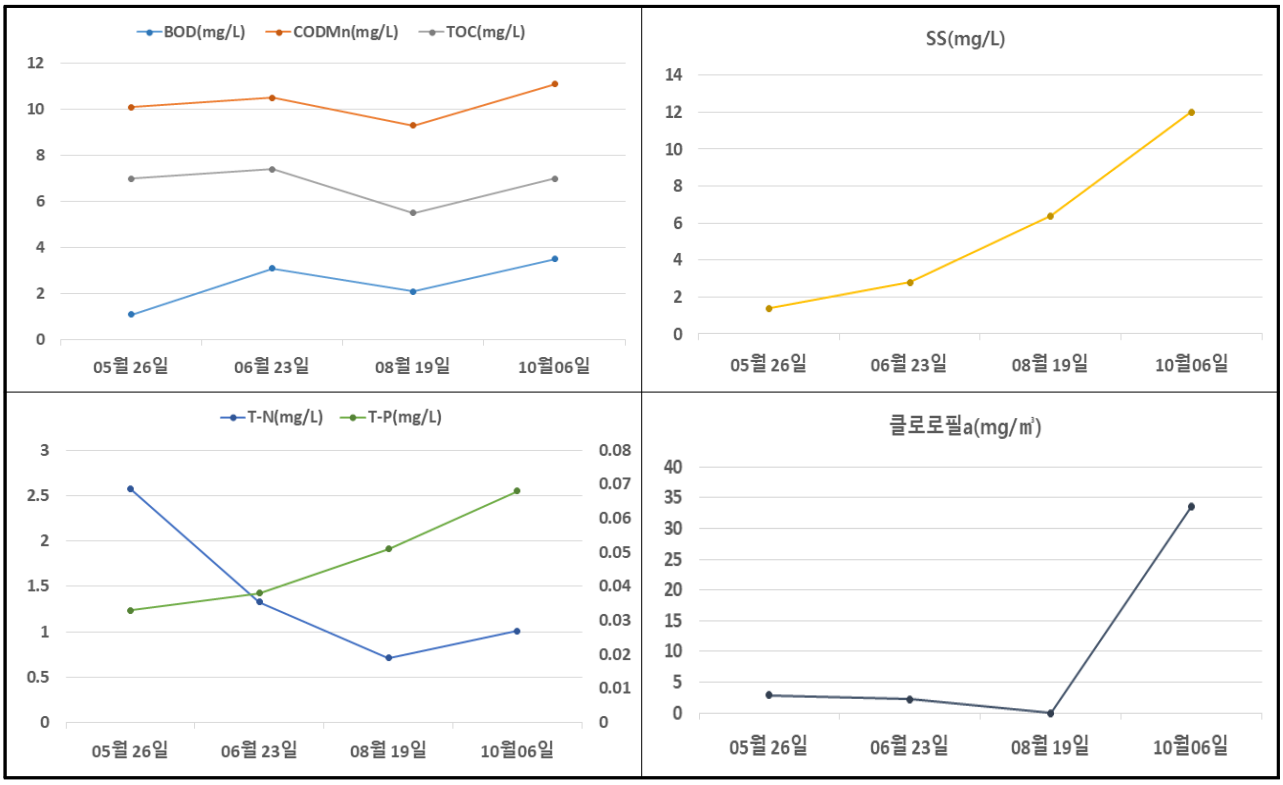
<표 3.2-17> SW-2 현장조사 결과

| 구분 | 현장사진 | |
|---|---|---|
| 05월 26일 | | |
| 06월 23일 | | |
| 08월 19일 | | |
| 10월 06일 |  | |

○ 조사지점의 수질분석결과 BOD 1.1~3.1mg/L, COD 9.3~11.1mg/L, SS 1.4~12.0mg/L로 클로로필a를 제외한 항목의 호소수 수질기준은 좋음(Ⅰb등급)~매우나쁨(Ⅵ등급)으로 조사되었으며 결과는 다음의 표와 같음

<표 3.2-18> SW-2 수질조사 결과

| 조사 시기 | 항목 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | BOD(mg/L) | COD(mg/L) | TOC(mg/L) | SS(mg/L) | T-N(mg/L) | T-P(mg/L) | 클로로필a (mg/㎥) |
| 05월 26일 | 1.1 | 10.1 | 7.0 | 1.4 | 2.57 | 0.033 | 2.9 |
| 06월 23일 | 3.1 | 10.5 | 7.4 | 2.8 | 1.33 | 0.038 | 2.2 |
| 08월 19일 | 2.1 | 9.3 | 5.5 | 6.4 | 0.71 | 0.051 | - |
| 10월 06일 | 3.5 | 11.1 | 7.0 | 12.0 | 1.01 | 0.068 | 33.5 |




(그림 3.2-11) SW-2 지점 수질농도변화 그래프

### 사. 저수지 SW-3지점

○ SW-3 지점의 조사결과는 다음과 같음

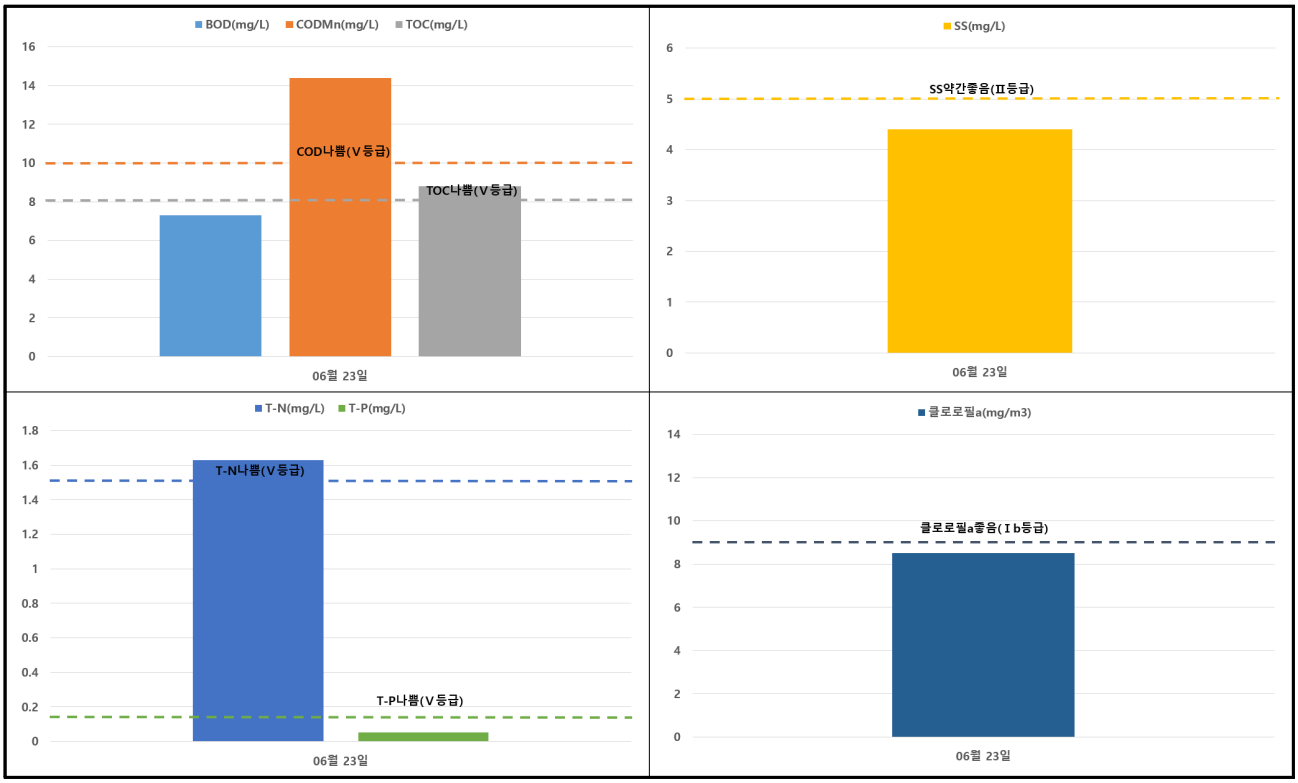
<표 3.2-19> SW-3 현장조사 결과

| 구분 | 현장사진 | |
|---|---|---|
| 06월 23일 | | |

○ 조사지점의 수질분석결과 BOD 7.3mg/L, COD 14.4mg/L, SS 4.4mg/L로 클로로필a를 제외한 항목의 호소수 수질기준은 좋음(Ib등급)~매우나쁨(VI등급)으로 조사되었으며 결과는 다음의 표와 같음

<표 3.2-20> SW-3 수질조사 결과

| 조사 시기 | 항목 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | BOD(mg/L) | COD(mg/L) | TOC(mg/L) | SS(mg/L) | T-N(mg/L) | T-P(mg/L) | 클로로필a (mg/㎥) |
| 06월 23일 | 7.3 | 14.4 | 8.8 | 4.4 | 1.63 | 0.051 | 8.5 |




(그림 3.2-12) SW-3 지점 수질농도 그래프

### 3.2.3 강우시 수질현황

○ 대산저수지 유입하천의 강우시 수질을 파악하기 위해 06월 24일, 09월 02일 현장조사를 실시하였음

<표 3.2-21> 강우조사시 기상현황

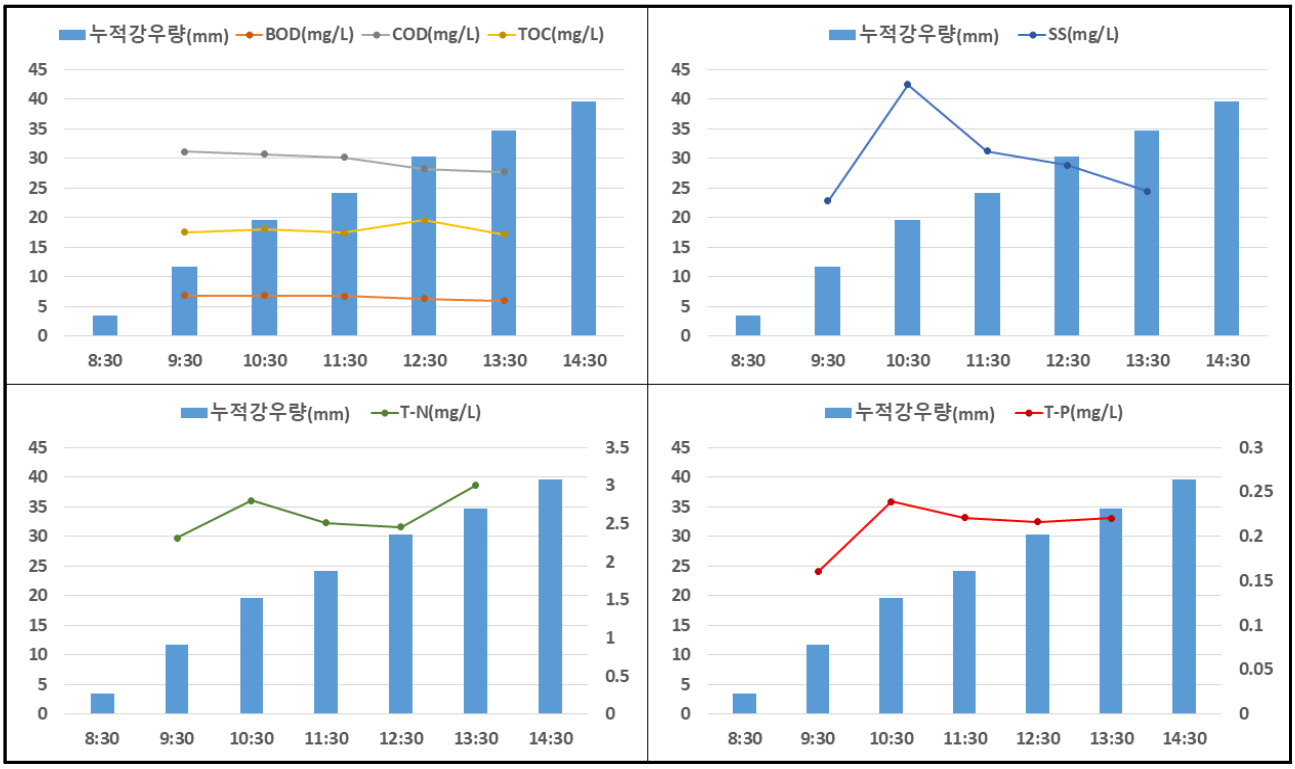
| 차수 | 조사시작일 | 누적강우량 (mm) | 지속시간 (hr) | 강우강도 (mm/hr) | 선행 건기일수 | 평균기온 (℃) | 최저기온 (℃) | 최고기온 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1차 | 20.06.24 | 78.8 | 22 | 3.58 | 3일 | 20.4 | 18.9 | 23.2 |
| 2차 | 20.09.02 | 48.0 | 23 | 2.09 | 1일 | 23.3 | 22.3 | 24.3 |

○ 대산저수지 유입하천 W-1지점 강우시 수질조사결과 BOD 평균 6.5mg/L, COD 평균 29.7mg/L, TOC 평균 17.9mg/L, SS 평균 29.9mg/L, T-N 평균 2.61mg/L, T-P 평균 0.211mg/L로 조사되었으며 결과는 다음의 표와 같음

<표 3.2-22> W-1 현장조사

| 구분 | 현장사진 | | |
|---|---|---|---|
| 06월 24일<br>W-1 지점 | | | |

| 구분 | 누적강우량 (mm) | BOD (mg/L) | COD (mg/L) | TOC (mg/L) | SS (mg/L) | T-N (mg/L) | T-P (mg/L) | 유량 (CMS) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 08:30 | 3.5 | - | - | - | - | - | - | - |
| 09:30 | 11.7 | 6.8 | 31.1 | 17.5 | 22.8 | 2.31 | 0.160 | 6.749 |
| 10:30 | 19.5 | 6.8 | 30.7 | 18.0 | 42.4 | 2.80 | 0.239 | 0.307 |
| 11:30 | 24.1 | 6.7 | 30.1 | 17.4 | 31.2 | 2.51 | 0.221 | 0.311 |
| 12:30 | 30.3 | 6.3 | 28.2 | 19.5 | 28.8 | 2.45 | 0.216 | 0.310 |
| 13:30 | 34.7 | 5.9 | 27.7 | 17.2 | 24.4 | 3.00 | 0.220 | 0.310 |
| 14:30 | 39.5 | - | - | - | - | - | - | - |
| 평균 | - | 6.5 | 29.7 | 17.9 | 29.9 | 2.61 | 0.211 | - |



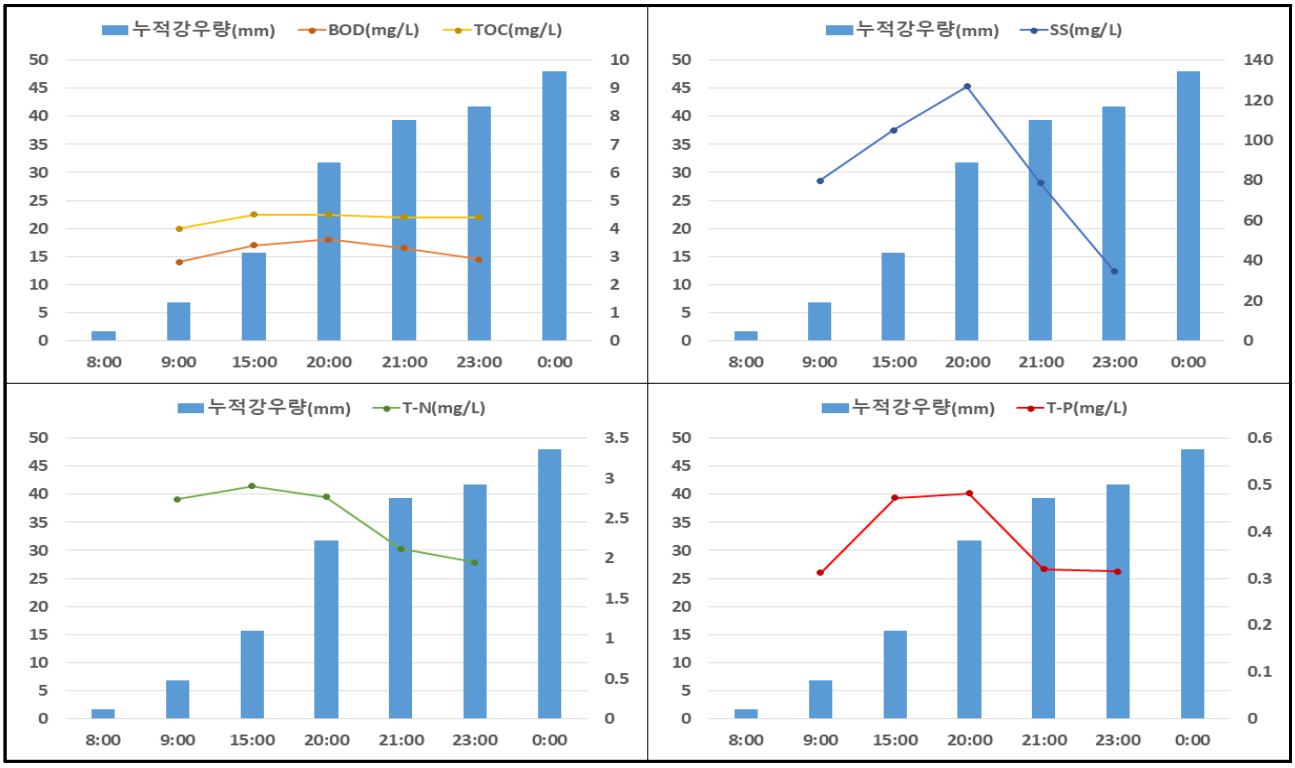

(그림 3.2-13) W-1 강우시 수질농도변화 그래프(1차)

○ 대산저수지 유입하천 W-1지점 강우시 수질조사결과 BOD 평균 3.2mg/L, TOC 평균 4.4mg/L, SS 평균 85.0mg/L, T-N 평균 2.50mg/L, T-P 평균 0.380mg/L로 조사되었으며 결과는 다음의 표와 같음

<표 3.2-23> W-1 현장조사

| 구분 | 현장사진 | | |
|---|---|---|---|
| 09월 02일<br>W-1 지점 | | | |

| 구분 | 누적강우량 (mm) | BOD (mg/L) | TOC (mg/L) | SS (mg/L) | T-N (mg/L) | T-P (mg/L) | 유량 (CMS) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 08:00 | 1.6 | - | - | - | - | - | - |
| 09:00 | 6.8 | 2.8 | 4.0 | 79.7 | 2.74 | 0.312 | 5.212 |
| 15:00 | 15.7 | 3.4 | 4.5 | 105.1 | 2.90 | 0.472 | 6.784 |
| 20:00 | 31.8 | 3.6 | 4.5 | 126.9 | 2.77 | 0.482 | 6.801 |
| 21:00 | 39.3 | 3.3 | 4.4 | 78.7 | 2.12 | 0.320 | 7.740 |
| 23:00 | 41.8 | 2.9 | 4.4 | 34.8 | 1.95 | 0.315 | 6.124 |
| 00:00 | 48 | - | - | - | - | - | - |
| 평균 | - | 3.2 | 4.4 | 85.0 | 2.50 | 0.380 | - |




(그림 3.2–14) W-1 강우시 수질농도변화 그래프(2차)

## 3.3 퇴적물 환경

### 3.3.1 조사 및 분석방법

○ 대산저수지 퇴적층의 오염도를 판단하기 위해서 3개 지점(S-1, S-2, S-3)에서 시료를 채취하였으며, 유기물, 강열감량, T-N, T-P 등을 분석하고 호소수질모델링 적용을 위한 용출실험을 실시함

<표 3.3-1> 기상 현황

| 항목 / 측정일시 | 기온 (℃) | 습도 (%) | 풍향 (풍) | 풍속 (㎧) | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| 06월 23일 | 23.3 | 68.1 | 서남서 | 6.8 | |

(그림 3.3-1) 퇴적물 조사지점 위치도

<표 3.3-2> 퇴적물 측정지점

| 구 분 | 지점번호 | 측 정 위 치 | 비 고 |
|---|---|---|---|
| 호소 저질 | S-1 | 대산저수지 제방부 | - |
| | S-2 | 대산저수지 중심부 | - |
| | S-3 | 대산저수지 유입부 | - |

○ 대산저수지 퇴적층의 오염도를 판단하기 위해서 3개 지점(S-1, S-2, S-3)에서 시료를 채취하였으며, 유기물, 강열감량, T-N, T-P 등을 분석하고 호소수질모델링 적용을 위한 용출실험을 실시함

S-1

S-2

S-3

(그림 3.3-2) 퇴적물 채취 사진

○ 퇴적물 시료는 외부 공기와의 접촉을 최대한 차단하여 분석실로 운반하였으며, 수질오염공정시험기준(토양편) 및 폐기물처리공정시험법, Methods of Soil Analysis(USDA), 토양화학분석법 등을 이용하여 실시하였음

<표 3.3-3> 퇴적물 분석방법 및 분석기기

| 항 목 | 분 석 방 법 | 측 정, 분 석 기 기 |
|---|---|---|
| 강열감량(VS) | 회화중량법 | 회화로, 건조기 |
| 유기물 | 작열손실량 측정법 | 회화로, 건조기 |
| T-N, T-P | 흡광광도법 | UV Spectrophotometer |

<표 3.3-4> 입도 분석방법 및 분석기기

| 항 목 | 분 석 방 법 | 측 정, 분 석 기 기 |
|---|---|---|
| 입 도 | 건식/습식체질법 | 표 준 체 |

### 3.3.2 분석결과

#### 가. 퇴적물 오염도

○ 대산지구의 경우 계획대상지의 대부분은 유지로 토양오염우려기준(2지역)의 초과여부로 검토함

○ 3개 조사지점에서 채취한 퇴적물내 토양 21개 항목 분석결과 구리 7.1~13.5mg/kg, 비소 2.02~4.32mg/kg, 수은 0.03~0.04mg/kg, 납 10.0~20.5mg/kg, 아연 27.2~58.2mg/kg, 니켈 6.5~13.5mg/kg, 불소 73~110mg/kg, T-PH 610~650mg/kg로 토양오염우려기준(2지역)을 만족하고, 기타 카드뮴, 6가크롬, 유기인화합물, PCBs, 시안, 페놀류, 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 크실렌, TCE, PCE, 벤조피렌은 불검출 되었음

○ 강열감량은 3.52~5.30%로 분석되었으며, T-N은 2,224~2,825mg/kg, T-P는 386~502mg/kg으로 나타남

<표 3.3-5> 퇴적물 내 토양오염항목 분석 결과

| 시험항목 | 토양오염 우려기준 (2지역) | 결 과(mg/kg) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | S-1 | S-2 | S-3 |
| 카드뮴 | 10 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 구 리 | 500 | 7.1 | 10.4 | 13.5 |
| 비 소 | 50 | 2.02 | 3.71 | 4.32 |
| 수 은 | 10 | 0.03 | 0.04 | 0.04 |
| 납 | 400 | 10.0 | 16.1 | 20.5 |
| 6가크롬 | 15 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 아 연 | 600 | 27.2 | 46.7 | 58.2 |
| 니 켈 | 200 | 6.5 | 10.8 | 13.5 |
| 불 소 | 400 | 104 | 73 | 110 |
| 유기인화합물 | 10 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| PCBs | 4 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 시 안 | 2 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 페놀류 | 4 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 벤 젠 | 1 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 톨루엔 | 20 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 에틸벤젠 | 50 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 크실렌 | 15 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| T-PH | 800 | 627 | 650 | 610 |
| TCE | 8 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| PCE | 4 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 벤조피렌 | 2 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 강열감량(%) | - | 3.52 | 4.68 | 5.30 |
| T-N | - | 2,324 | 2,244 | 2,825 |
| T-P | - | 386 | 502 | 481 |

○ 퇴적물 항목별 오염평가 기준으로 퇴적물의 유기물 및 영양염류 오염평가 등급은 IV등급 이하로 오염도가 낮으며, 퇴적물의 금속류 오염평가 등급은 모든 항목이 I등급으로 조사됨

<표 3.3-6> 호소 퇴적물 항목별 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 |
| 금속류 | 구리(mg/kg) | 60 이하 | 228 이하 | 1,890 이하 | 1,890 초과 |
| | 납(mg/kg) | 65 이하 | 154 이하 | 459 이하 | 459 초과 |
| | 니켈(mg/kg) | 53 이하 | 87.5 이하 | 330 이하 | 330 초과 |
| | 비소(mg/kg) | 29 이하 | 44.7 이하 | 92.1 이하 | 92.1 초과 |
| | 수은(mg/kg) | 0.1 이하 | 0.67 이하 | 2.14 이하 | 2.14 초과 |
| | 아연(mg/kg) | 363 이하 | 1,170 이하 | 13,000 이하 | 13,000 초과 |
| | 카드뮴(mg/kg) | 0.6 이하 | 1.87 이하 | 6.09 이하 | 6.09 초과 |
| | 크롬(mg/kg) | 112 이하 | 224 이하 | 991 이하 | 991 초과 |

비고 : 1. 등급별 퇴적물의 상태
가. 금속류
- I 등급 : 저서생물에 독성이 나타날 가능성 거의 없음
- II 등급 : 저서생물에 독성이 나타날 가능성 있음
- III 등급 : 저서생물에 독성이 나타날 가능성 비교적 높음
- IV 등급 : 저서생물에 독성이 나타날 가능성 매우 높음
나. 유기물, 영양염류
- IV 등급 : 심각하고 명백한 오염

<표 3.3-7> 하천·호소 퇴적물 지점별 오염평가 기준

| 단 계 | 조 건 |
|---|---|
| 보통 | 금속류 8 항목 모두 I등급 |
| 약간 나쁨 | 금속류 8 항목 중 II등급 또는 III등급 항목 1개 이상 |
| 나쁨 | "금속류 II등급 기준 지수"0.34 이상 |
| 매우 나쁨 | IV등급인 항목 1개 이상 |

비고 : 1. 단계별 퇴적물 지점의 상태 및 조치
가. 보통 : 지질이나 대기의 영향을 일반적인 정도로 받는 곳에서 나타나는 상태
나. 약간 나쁨 : 저서생물에 독성이 나타날 가능성 있으며, 독성시험을 통해 악영향 확인 필요
다. 나쁨 : 저서생물에 독성이 나타날 가능성 높으며, 조사 범위를 상하류로 확대하여 오염 규모 확인 필요
라. 매우 나쁨 : 심각하고 명백하게 오염되었으며, 중장기적으로 배출시설 및 공공수역 관리 필요
2. 한 지점이 여러 조건에 중복 해당될 경우 오염도 높은 단계 쪽으로 판정
3."금속류'II'등급 기준 지수"는 아래 식에 따라 계산함

$$\text{금속류 } 'II' \text{ 등급 기준 지수} = \frac{\sum_{i=1}^{8}\left(\frac{EC_i}{PEL_{K_i}}\right)}{8}$$

(ECi : 금속류 항목별 농도, PELKi : 금속류 항목별 'II' 등급 기준치)

### 나. 용출속도

○ 용출속도 측정은 호기와 혐기 두 가지 조건으로 하였으며, 호기조건은 산소발생기로 공기를 순환시켰으며, 혐기조건은 암조건에서 질소가스를 순환시켜 수행하였음

○ 대산저수지의 용출실험 결과 호기조건에 비해 혐기조건에서 더 빠른 용출속도가 측정되었으며, 이러한 경향은 퇴적물의 일반적인 경향임

○ 대산저수지의 총질소 용출속도는 혐기조건에서 25.567㎎/㎡/일, 호기조건에서는 22.781㎎/㎡/일이며, 총인 용출속도는 혐기조건에서 6.618㎎/㎡/일, 호기조건에서는 0.975㎎/㎡/일로 나타남

○ 측정한 각 항목의 용출속도는 장래수질 예측 시 사용되는 수질모형에 적용함

<표 3.3-8> 퇴적물 영양염류 용출속도 [단위 : ㎎/㎡/일]

| 구 분 | 호 기 상 태 | 혐 기 상 태 |
|---|---|---|
| COD | 14.233 | 69.666 |
| TOC | 37.968 | 34.833 |
| T-N | 22.781 | 25.567 |
| T-P | 0.975 | 6.618 |

### 다. 저수지 내부 및 외부 부하량 비교

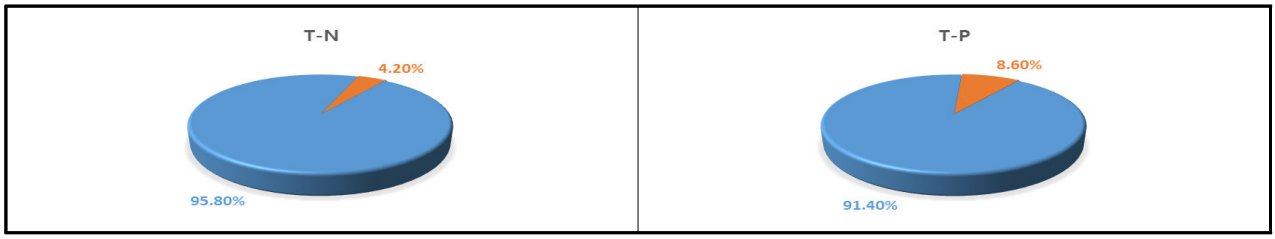
○ 실측된 용출속도를 이용하여 내부 부하량을 산정하였으며, 이를 외부 유입부하량(배출부하량)과 함께 비교하였음

○ 내부 부하량 산정은 용출속도와 저수지의 만수면적을 곱하여 산정하였음

○ 대산저수지의 내부 부하량은 악조건인 혐기상태를 적용하더라도 T-N 7.389kg/일, T-P 1.913kg/일로 전체 오염물질부하량 대비 T-N 4.2%, T-P 8.6%로 내부 오염부하량에 의한 영향은 낮을 것으로 예상됨

<표 3.3-9> 대산저수지 내부 및 외부 부하량 [단위 : kg/일]

| 구 분 | 계 | 외부 | 내부 |
|---|---|---|---|
| T-N | 176.327 | 168.938 | 7.389 |
| | 100.0% | 95.8% | 4.2% |
| T-P | 22.123 | 20.210 | 1.913 |
| | 100.0% | 91.4% | 8.6% |




(그림 3.3-3) 대산저수지 내부(혐기상태) 및 외부 부하량 비율

## 3.4 지질 환경

### 3.4.1 조사개요

○ 지층의 성상과 각 지층의 지반 공학적 특성, 기반암의 분포상태 및 풍화도 등 파악

○ 시료의 채취 및 각종 시험을 실시하여 설계에 필요한 지반자료를 제공

**가. 조사위치 및 항목**

○ 조사위치 : 저수지 양수장 및 습지의 위치를 고려하여 조사 위치 선정

○ 조사항목 : 시추조사(2공), 표준관입시험 21회, 불교란 시료채취 2회

<표 3.4-1> 지질조사 위치

| 공번 | 위치 | 기간 | 비 고 |
|---|---|---|---|
| BH-1 | 인천광역시 강화군 송해면 숭뢰리 일원 | 2020.10.19~ 10.20 | 인공습지 |
| BH-2 | 인천광역시 강화군 송해면 숭뢰리 일원 | | 인공습지 |

(그림 3.4-1) 지반조사 위치도

**나. 조사장비**

<표 3.4-2> 지질조사 장비

| 조 사 항 목 | | 조 사 장 비 명 | 수량 |
|---|---|---|---|
| 현장 조사 | 시 추 조 사 (NX) | • 시추기 POWER4000D형 1대 및 부대품 | 1대 |
| 현장 시험 | 표 준 관 입 시 험 | • KSF 2307 규정에 따른 Split-Spoon Sampler | 1조 |
| | 불교란시료채취 | • 토층의 물성과 역학시험을 위한 시료채취 | 1조 |

**다. 조사방법**

1) 시추조사

- 회전 수세식(Rotary Wash Type)시추기 사용
- 시추구경은 NX(ϕ=76mm) 규격
- 공벽붕괴 방지를 위해 풍화암까지 Casing 삽입
- 토사 시료채취는 Split Spoon Sampler, 암반 시료채취는 Q-3 Core Barrel 사용
- 채취된 암석코아는 육안관찰에 의하여 암석내에 분포된 불연속면(Discontinuities)과 충전물 등을 파악하고 절리의 분포상태, RQD(TCR등) 등의 암반특성을 평가할 수 있는 자료를 조사하여 시추주상도에 기재
- 채취된 토질 및 암석시료는 시료상자에 공번, 심도, 지층명, 색상 등을 기록하여 정리 보관

2) 표준관입시험

- 64kg의 해머를 낙하고 76cm에서 자유낙하시켜 Split Spoon Sampler를 30cm 관입시키는데 소요되는 타격회수(N)를 측정하는 것으로 15cm씩 3단계로 시행하며 1단계 15cm 관입시 소요되는 타격수는 예비타로 간주하여 고려하지 않음
- 한국산업규격(KS F 2307)에 규정된 방법에 의거 실시
- 지층이 변하는 구간 또는 매 1.5m마다 연속적으로 시행하는 것을 원칙으로 함
- 지층이 조밀 또는 견고하여 30cm 관입이 곤란할 때는 50회까지 타격하고 그 때의 관입량을 표시 50/3(50회 타격에 3cm관입)과 같이 기록
- 시험결과 및 육안관찰 결과는 부록의 시추주상도에 기재

### 3.4.2 조사결과

- 시추조사결과 현지표로부터 1.0~2.0m까지 매립층으로 자갈섞인 실트질 모래가 분포하며 1.0~2.0m 층후로 분포하고 있음
- 매립층 하부에 분포하는 퇴적층은 1.0~2.0m 하부에서 7.0~8.0m까지 분포하며, 퇴적층 상부는 실트질 점토로 구성되며 하부로 이어지면서 자갈섞인 실트질 모래로 구성됨
- 풍화토(암편섞인 실트질 모래)는 BH-1번공에서 7.0m ~ 10.5m까지 3.5m의 층후로 분포하며, BH-2번 공에서는 침식의 영향으로 풍화토층이 존재하지 않고 있다. 퇴적층 및 풍화토층 하부에 분포하는 풍화암(실트질 모래로 분해)은 6.5~8.6m의 층후로 분포하고 있음
- 지층 최하부에 분포하는 연암(편마암)은 2.0m이상의 층후로 나타나고 있음

**가. 표준관입시험**

| 공 번 | 심도(m) | N 치 (타/Cm) | 지층 | 공 번 | 심도(m) | N 치 (타/Cm) | 지층 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| BH-1 | 1.5 | 5/30 | 매립층 | BH-2 | 1.5 | 2/30 | 퇴적층 |
| | 3.0 | 3/30 | 퇴적층 | | 3.0 | 3/30 | 퇴적층 |
| | 4.5 | 2/30 | 퇴적층 | | 4.5 | 3/30 | 퇴적층 |
| | 6.0 | 7/30 | 퇴적층 | | 6.0 | 6/30 | 퇴적층 |
| | 7.5 | 12/30 | 퇴적층 | | 7.5 | 24/30 | 풍화토 |
| | 9.0 | 50/5 | 풍화암 | | 9.0 | 50/13 | 풍화토 |
| | 10.5 | 50/9 | 풍화암 | | 10.5 | 50/10 | 풍화암 |
| | 12.0 | 50/6 | 풍화암 | | 12.0 | 50/7 | 풍화암 |
| | 13.5 | 50/5 | 풍화암 | | 13.5 | 50/7 | 풍화암 |
| | | | | | 15.0 | 50/6 | 풍화암 |
| | | | | | 16.5 | 50/5 | 풍화암 |
| | | | | | 18.0 | 50/4 | 풍화암 |

| 구 분 | 지층 | 분포범위 (회/cm) | 상대밀도 | 구성성분 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|
| 시추공 | 매립층 | 5/30 | 느슨 | 자갈섞인 실트질 모래 | |
| | 퇴적층 | 2/30 ~ 3/30 | 연약 | 실트질 점토 | 상부 |
| | | 2/30 ~12/30 | 매우느슨~보통조밀 | 자갈섞인 실트질 모래 | 하부 |
| | 풍화토 | 24/30 ~ 50/13 | 보통조밀~매우조밀 | 암편섞인 실트질 모래 | |
| | 풍화암 | 50/10 ~ 50/4 | 매우조밀 | 암편섞인 실트질 모래로 분해 | |

## 나. 시추조사

| 구 분 | 공 번 | 지층별 층후(m) | | | | | | 지하수위 (GL.-m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 매립층 | 퇴적층 | 풍화토 | 풍화암 | 연암 | 계 | |
| 대산 저수지 | BH-1 | 2.0 | 6.0 | - | 6.5 | 2.0 | 16.5 | 1.0 |
| | BH-2 | 1.0 | 6.0 | 3.5 | 8.6 | 2.0 | 21.1 | 1.3 |
| 계 | 2공 | 3.0 | 12.0 | 3.5 | 15.1 | 4.0 | 37.6 | - |

1) BH-1

| 지 층 명 | 분포심도(층후) | 구 성 상 태 | U.S.C.S |
|---|---|---|---|
| 매립층 | 0.0~2.0(2.0) | • 자갈섞인 실트질 모래 | SM |
| 퇴적층 | 2.0~5.0(3.0) | • 실트질 점토 | CL |
| | 5.0~8.0(3.0) | • 자갈섞인 실트질 모래 | SM |
| 풍화암 | 8.0~14.5(6.5) | • 암편섞인 실트질 모래로 분해 | WR |
| 연 암 | 14.5~16.5(2.0) | • 편마암 TCR : 93%, RQD : 54% | SR |
| 기타사항 | • 4.5m ~ 5.3m 구간에서 불교란시료 채취 | | |

2) BH-2

| 지 층 명 | 분포심도(층후) | 구 성 상 태 | U.S.C.S |
|---|---|---|---|
| 매립층 | 0.0~1.0(1.0) | • 자갈섞인 실트질 모래 | SM |
| 퇴적층 | 1.0~4.0(3.0) | • 자갈섞인 실트질 모래 | SM |
| 풍화토 | 7.0~10.5(3.5) | • 암편섞인 실트질 모래 | SM |
| 풍화암 | 10.5~19.1(8.6) | • 암편섞인 실트질 모래로 분해 | WR |
| 연 암 | 19.1~21.0(2.0) | • 편마암 TCR : 93%, RQD : 14% | SR |
| 기타사항 | • 3.5m ~ 4.3m 구간에서 불교란시료 채취 | | |

## 3.5 생태 환경

### 3.5.1 조사항목

**가. 육상식물상**

○ 관속식물 출현 현황

○ 법정보호종(멸종위기 야생생물, 천연기념물 등) 및 특정종(희귀식물, 한반도 특산식물, 식물구계학적 특정식물, 귀화식물 및 생태계교란 생물 등)

○ 계획지구 및 조사지역의 식생현황

○ 현존식생도, 식생보전등급 산정 및 식생보전등급도 작성

**나. 육상동물상**

○ 육상동물상(포유류, 조류, 양서·파충류, 육상곤충류)의 출현 현황

○ 법정보호종(멸종위기 야생생물, 천연기념물 등) 및 특정종(생태계교란 생물 등)

**다. 육상동물상**

○ 육수생물상(어류, 저서성 대형 무척추동물)의 출현 현황

○ 법정보호종(멸종위기 야생생물, 천연기념물 등) 및 특정종(생태계교란 생물, 고유종, 외래도입종 등)

**라. 법정보호종**

○ 법정보호종(멸종위기 야생생물, 천연기념물 등) 출현 현황 및 위치도

**마. 생태·자연도**

○ 계획지구 및 주변지역에 대한 생태.자연도 등급

### 3.5.2 조사범위

**가. 공간적 범위**

<표 3.5-1> 현지조사 범위

| 구 분 | | 조사범위 및 지점 |
|---|---|---|
| 육상식물상 | 식물상 | 계획지구 경계로부터 500m |
| | 식생 | |
| 육상동물상 | 포유류 | 계획지구 경계로부터 500m |
| | 조류 | |
| | 양서·파충류 | 계획지구 경계로부터 150m |
| | 육상곤충류 | |
| 육수생물상 | 어류 | 계획지구 인근 수계 상.하류 100m 이내 |
| | 저서성 대형 무척추동물 | |

자료)「환경영향평가서등 작성 등에 관한 규정」, 2020.12.12., 환경부 고시 제2020-289호

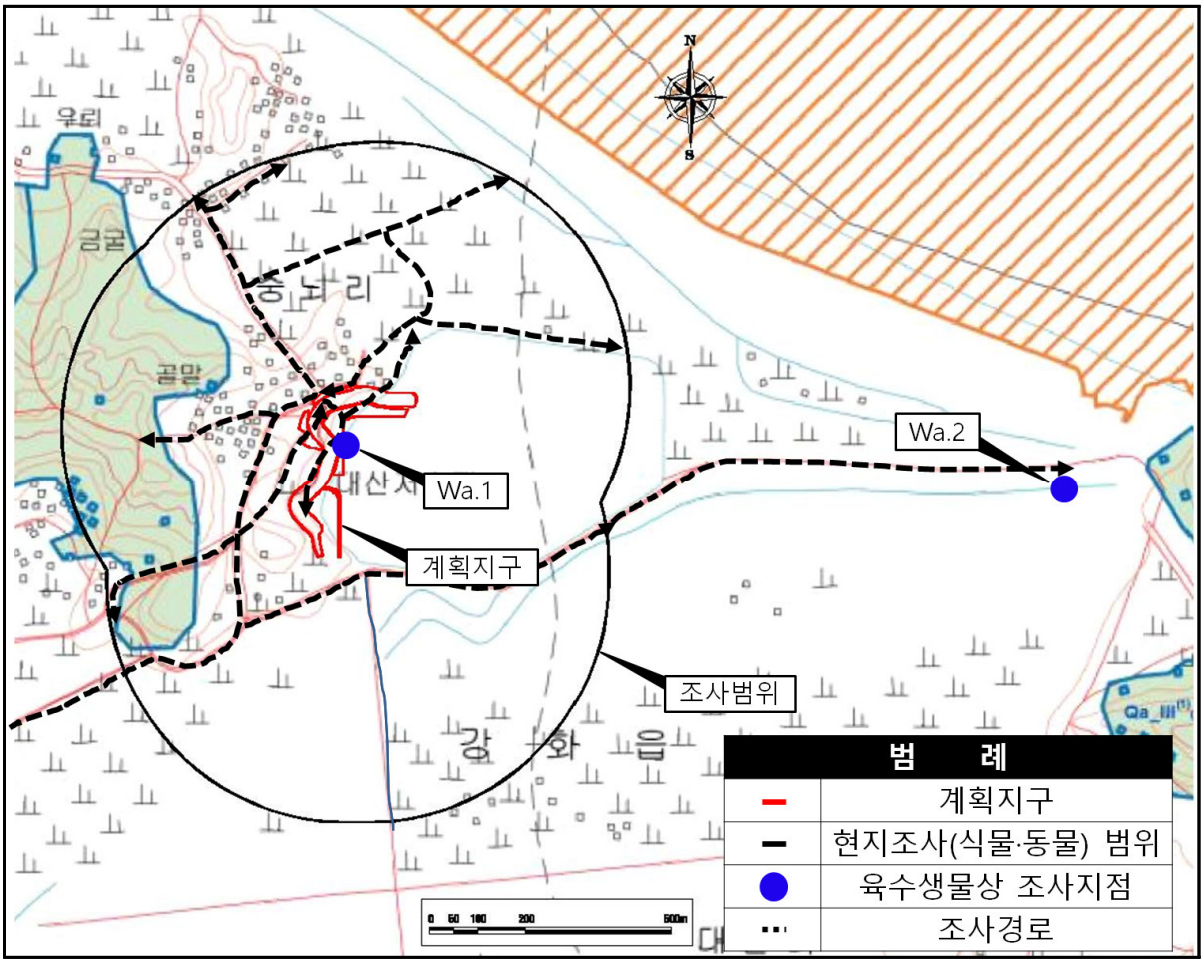
### 나. 시간적 범위

○ 2020년 08월 24일

<표 3.5-2> 조사시기 및 항목

| 구분 | | 육상식물상 | 육상동물상 | | | | 육수생물상 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 식물상 및 식생 | 포유류 | 조류 | 양서. 파충류 | 육상 곤충류 | 어류 | 저서성 대형 무척추동물 |
| 현지 조사 | 2020.08.24. | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |

### 다. 조사지점




(그림 3.5-1) 조사지점・범위 및 경로도

### 3.5.3 조사방법

#### 가. 문헌조사

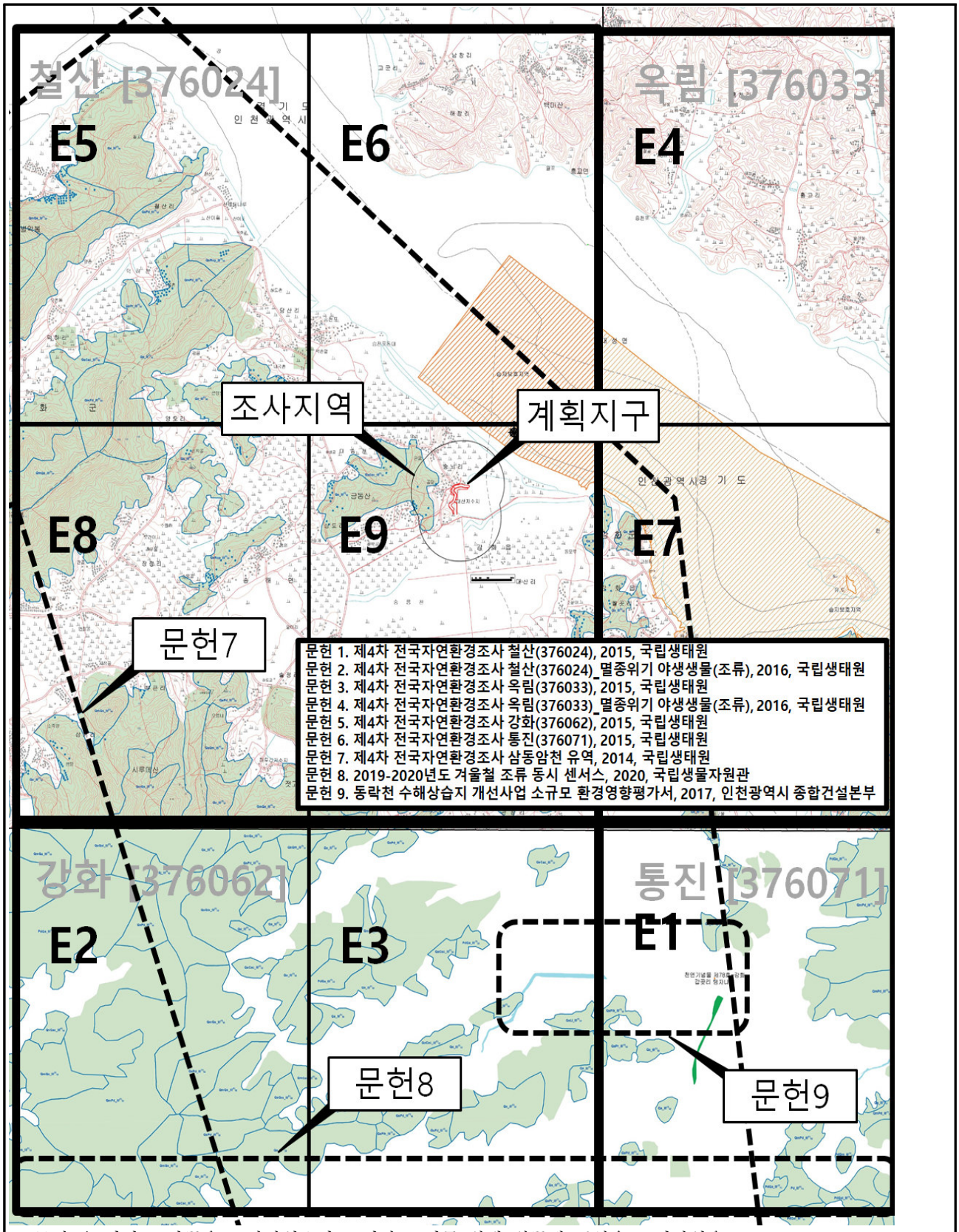
○ 문헌조사는 환경부고시『환경영향평가서 등 작성 등에 관한 규정』에 의거하여 최근 5년 이내의 자료를 활용하는 것을 원칙으로 하였으며, 자료가 없을 경우에는 그 기간을 확대하여 참고하였음.

<표 3.5-3> 참고문헌 목록

| 구분 | 참고문헌 |
|---|---|
| 문헌1 | 제4차 전국자연환경조사 철산(376024), 2015, 국립생태원 |
| 문헌2 | 제4차 전국자연환경조사 멸종위기야생생물 철산(376024), 2016, 국립생태원 |
| 문헌3 | 제4차 전국자연환경조사 옥림(376033), 2015, 국립생태원 |
| 문헌4 | 제4차 전국자연환경조사 멸종위기야생생물, 옥림(376033), 2016, 국립생태원 |
| 문헌5 | 제4차 전국자연환경조사 강화(376062), 2015, 국립생태원 |
| 문헌6 | 제4차 전국자연환경조사 통진(376071), 2015, 국립생태원 |
| 문헌7 | 제4차 전국자연환경조사 삼동암천 유역, 2014, 국립생태원 |
| 문헌8 | 2019-2020년도 겨울철 조류 동시 센서스, 2020, 국립생물자원관 |
| 문헌9 | 동락천 수해상습지 개선사업 소규모 환경영향평가서, 인천광역시 종합건설본부, 2017 |

<표 3.5-4> 참고문헌 조사항목

| 구분 | 육상식물상 | 육상동물상 | | | | 육수생물상 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 식물상 | 포유류 | 조류 | 양서. 파충류 | 육상 곤충류 | 어류 | 저서성 대형 무척추동물 |
| 문헌1 | ● | ● | | ● | ● | | |
| 문헌2 | | | ● | | | | |
| 문헌3 | | ● | | ● | ● | | |
| 문헌4 | | | ● | | | | |
| 문헌5 | | ● | ● | ● | ● | | |
| 문헌6 | | ● | ● | ● | ● | | |
| 문헌7 | | | | | | ● | ● |
| 문헌8 | | | ● | | | | |
| 문헌9 | ● | ● | ● | ● | | ● | ● |




※ 문헌8은 강화도 남쪽을 조사하였으나 도면상 표기를 위해 위쪽에 구역을 표기하였음

(그림 3.5-2) 문헌조사 위치도

## 나. 식물상 및 식생

<표 3.5-5> 식물상 및 식생조사 방법

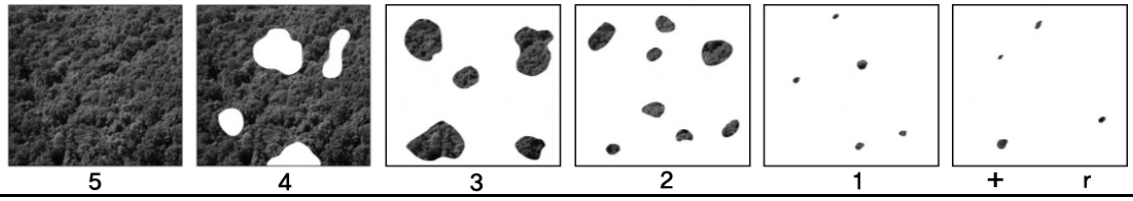
| 구 분 | 내 용 |
|---|---|
| 식물상 | ○ 문헌조사 및 현지조사를 병행하였으며, 조사지역을 도보 및 차량으로 답사하면서 식물명을 직접 기록함<br>○ 현장에서 동정이 어려운 식물은 사진촬영을 통하여 전 조사지역에 걸쳐 조사시 확인된 관속식물 중 누락되는 식물이 없도록 하였으며, 분류와 동정은 원색대한식물도감(이창복, 2003), 한국의 야생식물(고·전, 2005)을 참조함<br>○ 조사된 식물상을 이용하여 한국식물명고(이우철, 1996)에 따라 Raunkiaer의 생활형을 분류하였으며, 이를 남한의 표준 Spectrum과 비교함<br>○ 식물구계학적 특정식물은 '제5차 전국자연환경조사지침, 국립생태원, 2019'의 식물구계학적 특정식물종 목록에 준하여 기록함<br>○ 향토 문화적, 학술적 및 환경적 가치가 높은 노목, 당산목, 정자목, 조류가 서식하는 수목, 풍치경관 수목 등을 통칭하는 보호수 및 노거수 분포현황을 확인함<br>○ 본 계획지구의 도시화정도를 나타내기 위해 관속식물 가운데 출현하는 귀화식물을 근거로 도시화지수(UI) 및 귀화율을 산출함<br>- 도시화지수(UI) = 출현 귀화식물종수 / 남한의 귀화식물 총 종수 × 100<br>- 귀화율(PN) = 출현 귀화식물종수 / 출현식물의 전 종수 × 100 |
| 식 생 | ○ 조사지역의 식생조사는 수치지도(1/5,000), 위성사진 등 현지조사에 필요한 도면을 참고하여 상관(Physiognomy)에 의한 조사를 원칙으로 직접조사를 실시하였으며, 계획시행으로 인하여 식생훼손이 예상되는 지역 및 지점을 선정하여 식생중점조사를 실시함<br>○ 조사지역에 분포하는 식생형은 식물사회학적방법(Braun-Blanquet, 1964)에 따라 조사각 군락별 종조성이 비교적 균질한 지역에서 실시함<br>○ 식생보전등급은 "자연환경조사 방법 및 등급분류기준 등에 관한 규정"(제정 2009.1.15.,환경부훈령 제822호)을 따름<br>○ 식생보전등급의 면적별 비율을 계산하여 등급별 비교·분석함 |

자료 : Braun-Blanquet, J. 1964. Pflanzensoziologie. 3rd ed. Springer, Wien-New york. 631p.

<표 3.5-6> 수도 및 피도 측정기준 및 피도계급 산정방법

| 계급 | 수도(Abundance) | 피도(Cover) |
|---|---|---|
| r | 한 개 또는 수 개의 개체 | 고려하지 않음 |
| + | 다수의 개체이며 | 조사구(releve)면적의 5%미만 |
| 1 | 어떤 경우에건 조사구 면적의 5% 미만 | |
| | 많은 개체이면서 | 매우 낮은 피도, 또는 |
| | 보다 적은 개체수이면서 | 보다 높은 피도 |
| 2 | 매우 풍부하며 피도 5% 미만 또는 조사구내에서 피도 5~25% | |
| 3 | 수도를 고려하지 않으며 | 26~50% |
| 4 | 수도를 고려하지 않으며 | 51~75% |
| 5 | 수도를 고려하지 않으며 | 76~100% |

〈 우점도 〉




자료) van der Maarel, E. 1979. Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effects on community. Vegetatio 39 : 97-114.

<표 3.5-7> 식생보전등급기준

| 등급구분 | 분 류 기 준 |
|---|---|
| Ⅰ등급 | ◦ 식생천이의 종국적인 단계에 이른 극상림 또는 그와 유사한 자연림<br>- 아고산대 침엽수림(분비나무군락, 구상나무군락, 주목군락 등)<br>- 산지 계곡림(고로쇠나무군락, 층층나무군락 등), 하반림(오리나무군락, 비술나무군락 등), 너도밤나무군락 등의 낙엽활엽수림<br>◦ 삼림식생 이외의 특수한 입지에 형성된 자연성이 우수한 식생이나 특이식생 중 인위적 간섭의 영향을 거의 받지 않아 자연성이 우수한 식생<br>- 해안사구, 단애지, 자연호소, 하천습지, 습원, 염습지, 고산황원, 석회암지대, 아고산초원, 자연암벽 등에 형성된 식생. 다만, 이와 같은 식생유형은 조사자에 의해 규모가 크고 절대보전가치가 있을 경우에만 지형도에 표시하고, 보고서에 기재 사유를 상세히 기술하여야 함 |
| Ⅱ등급 | ◦ 자연식생이 교란된 후 2차 천이에 의해 다시 자연식생에 가까울 정도로 거의 회복된 상태의 삼림식생<br>- 군락의 계층구조가 안정되어 있고, 종조성의 대부분이 해당지역의 잠재 자연식생을 반영하고 있음<br>- 난·온대 상록활엽수림(동백나무군락, 신갈나무-당단풍군락, 졸참나무군락, 서어나무군락 등의 낙엽활엽수림)<br>○ 특이식생 중 인위적 간섭의 영향을 약하게 받고 있는 식생 |
| Ⅲ등급 | ◦ 자연식생이 교란된 후 2차 천이의 진행에 의하여 회복단계에 들어섰거나 인간에 의한 교란이 지속되고 있는 삼림식생<br>- 군락의 계층구조가 불안정하고, 종조성의 대부분이 해당지역의 잠재자연식생을 충분히 반영하지 못함<br>- 조림기원 식생이지만 방치되어 자연림과 구별이 어려울 정도로 회복된 경우<br>◦ 산지대에 형성된 2차 관목림이나 2차 초원<br>◦ 특이식생 중 인위적 간섭의 영향을 심하게 받고 있는 식생 |
| Ⅳ등급 | ◦ 인위적으로 조림된 식재림 |
| Ⅴ등급 | ◦ 2차적으로 형성된 키가 큰 초원식생(묵밭이나 훼손지 등의 억새군락이나 기타 잡초군락 등)<br>◦ 2차적으로 형성된 키가 낮은 초원식생(골프장, 공원묘지, 목장 등)<br>◦ 과수원이나 유실수 재배지역 및 묘포장<br>◦ 논·밭 등의 경작지<br>◦ 주거지 또는 시가지<br>◦ 강, 호수, 저수지 등에 식생이 없는 수면과 그 하안 및 호안 |

주) 식재림은 인위적으로 조림된 수종 또는 자연적(2차림)으로 형성되었다 하더라도 아까시나무 등의 조림 기원 도입종이나 개량종에 의해 식피율이 70%이상인 식물군락으로 함. 다만, 녹화목적으로 적지적수(適地適樹)가 식재된 경우에는 식재림으로 보지 않음

자료) 자연환경조사 방법 및 등급분류기준 등에 관한 규정

### 다. 육상동물상

<표 3.5-8> 육상동물상 조사방법

| 항목 | 조 사 방 법 |
|---|---|
| 포유류 | ○ 조사지역은 산지, 임연부, 골짜기, 하천 등 서식 가능지역을 예측하여 이동하면서 직접관찰, 족흔, 분변, 둥지, 굴 등을 조사하여 생태적인 습성과 서식지 환경 조사<br>○ 현지주민들을 대상으로 탐문조사를 실시<br>○ 조사지역에서의 주요종별 분포현황 조사 |
| 조 류 | ○ 조사지역을 도보로 이동하면서 선조사법(line census)을 실시<br>- 산림 : 도보로 이동하면서 직접관찰과 울음소리로 관찰 및 기재<br>- 하천, 농경지, 시가지 : 도보 및 차량으로 이동하면서 직접관찰과 울음소리로 관찰 및 기재 |
| 양서류<br>파충류 | ○ 양서류 : 계곡, 하천 내, 수변(물웅덩이, 논, 연못, 계곡 등) 지역에서 난괴와 유생, 성체를 직접관찰하거나 채집하여 기재<br>- 유수지 : 유속이 완만한 곳에서 성체, 유생, 난괴 확인 및 울음소리 청음<br>- 정수지 : 논, 수로, 웅덩이 주변에서 성체, 유생, 난괴 확인 및 울음소리 청음<br>○ 파충류 : 산림, 임연부, 농경지, 등산로, 수변, 도로 옆 수로 등에서 출현하는 종들을 관찰하여 기재<br>○ 현지주민들을 대상으로 탐문조사를 실시 |
| 육상<br>곤충류 | ○ 직접 육안관찰과 포충망을 이용한 방법(채어잡기, 쓸어잡기 등)을 실시하였으며, 육안관찰된 중 일부 곤충류는 사진을 촬영 후 동정을 실시<br>○ 현지조사시 관찰된 종은 현장에서 조사지(식초)현황, 조사방법 및 생애주기별 관찰단계(성충, 아성충, 유충 등)를 기재하였으며, 생활사의 대부분이 수서성인 곤충류는 종목록에서 제외 |
| 결과분석 | ○ 법정보호종 서식 유무 조사, 종목록 작성 및 분포현황 기술<br>○ 생물다양성[우점도 지수, 다양도 지수, 풍부도 지수, 균등도 지수] 분석결과 기술 |
| 탐문조사 | ○ 탐문조사 대상자는 지역주민, 지역생태 전문가, 교수 및 연구원, 지방행정기관 담당자, 생물교사, 민간단체 활동가 등을 대상으로 탐문 가능한 대상자 중 3인 이상<br>○ 탐문조사는 출현종, 출현시기, 출현위치, 개체수 등에 대해 조사<br>○ 탐문조사대상자의 인적사항 등 구체적인 탐문내용은 기초자료로 보관 |

### 라. 육수생물상

<표 3.5-9> 육수생물상 조사방법

<table>
<tr><th>항목</th><th>조 사 방 법</th></tr>
<tr><td>하천현황<br>조사</td><td>○ GPS, 디지털카메라 등을 이용<br>○ 조사지점에 대한 기본적인 정보를 야장에 기입하고, 사진 기록을 남김</td></tr>
<tr><td>어 류</td><td>○ 조사지점별 종목록 작성 및 분포현황 기술<br>○ 하천은 채집도구로 족대(망목 5×5㎜), 투망(망목 10×10㎜) 등을 사용하였음<br>○ 채집된 어류는 현장에서 동정 및 개체수를 확인 한 후 방류하였으며, 동정이 불가한 종은 사진촬영을 하거나 고정하여 실험실에서 동정<br>○ 종의 체계는 Fishes of the world(Nelson, 2016)에 따라 분류</td></tr>
<tr><td>저서성<br>대형<br>무척추동물</td><td>○ 정량 채집은 서버넷(30X30cm)과 드렛지(50cm) 등을 조사지역의 특성에 맞추어 이용하였고, 정성조사는 뜰채(망목 1mm) 등을 이용하여 실시하였음<br>○ 동정 및 분류에는 수서곤충검색도설(고려대, 1995), 물속생물도감(자연과생태, 2013) 등을 이용</td></tr>
<tr><td>결과분석</td><td>○ 육상동물상의 결과분석과 동일</td></tr>
<tr><td>생태지수</td><td>○ 저서성 대형 무척추동물을 이용한 ESB 지수 산출<br>$$ESB = \sum_{i=1}^{S} Qi$$<br>(S : Total number of species ; 총 종수<br>(Qi : Environmental quality score of i species (=1,2,3,4) ; i종에 대한 환경질 점수<br><br>○ EBS 구간에 따른 환경질 및 오수생물계열 평가표
<table>
<tr><th colspan="4">환경질의 평가</th><th colspan="2">오수생물계열의 평가</th></tr>
<tr><th>ESB</th><th>환경상태</th><th>지역구분</th><th>수질등급</th><th>ESB</th><th>오수생물계열</th></tr>
<tr><td>81이상</td><td>매우양호</td><td>최우선보호수역</td><td rowspan="2">Ⅰ</td><td rowspan="2">51이상</td><td rowspan="2">빈부수성</td></tr>
<tr><td>61~80</td><td>양호</td><td>우선보호수역</td></tr>
<tr><td>41~60</td><td>다소양호</td><td>보호수역</td><td rowspan="2">Ⅱ</td><td rowspan="2">21～50</td><td rowspan="2">β-중부수성</td></tr>
<tr><td>26~40</td><td>다소불량</td><td>개선수역</td></tr>
<tr><td>13~25</td><td>불량</td><td>우선개선수역</td><td>Ⅲ</td><td>9～20</td><td>α-중부수성</td></tr>
<tr><td>12이하</td><td>매우불량</td><td>최우선개선수역</td><td>Ⅳ～Ⅴ</td><td>8이하</td><td>강부수성</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

### 마. 생태·자연도

<표 3.5-10> 생태·자연도

| 등급 | 산정기준 |
|---|---|
| 1등급 권역 | ○ 다음 각 목에 해당하는 지역으로 보전·가치가 필요한 지역<br>1. 「야생생물 보호 및 관리에 관한 법률」 제2조제2호에 따른 멸종위기 야생생물(이하 "멸종위기 야생생물"이라 한다)의 주된 서식지·도래지 및 주요 생태축 또는 주요 생태통로가 되는 지역<br>2. 생태계가 특히 우수하거나 경관이 특히 수려한 지역<br>3. 생물의 지리적 분포한계에 위치하는 생태계 지역 또는 주요 식생의 유형을 대표하는 지역<br>4. 생물다양성이 특히 풍부하고 보전가치가 큰 생물자원이 존재·분포하고 있는 지역<br>5. 그 밖에 가목 내지 라목에 준하는 생태적 가치가 있는 지역으로서 대통령령이 정하는 기준에 해당하는 지역<br>- 자연원시림이나 이에 가까운 산림 또는 고산초원<br>- 자연상태나 이에 가까운 하천·호소 또는 강하구 |
| 2등급 권역 | ○ 외부지역으로서 1등급 권역의 보호를 위하여 필요한 지역 |
| 3등급 권역 | ○ 1등급 권역, 2등급 권역 및 별도관리지역으로 분류된 지역외의 지역으로서 개발 또는 이용의 대상이 되는 지역 |
| 별 도 관리지역 | ○ 다른 법률의 규정에 의하여 보전되는 지역중 역사적·문화적·경관적 가치가 있는 지역이거나 도시의 녹지보전 등을 위하여 관리되고 있는 지역으로서 대통령령이 정하는 지역<br>1. 「산림보호법」 제7조제1항에 따른 산림보호구역<br>2. 「자연공원법」 제2조제1호의 규정에 따른 자연공원<br>3. 「문화재보호법」 제25조에 따라 천연기념물로 지정된 구역(그 보호구역을 포함한다)<br>4. 「야생생물 보호 및 관리에 관한 법률」 제27조제1항에 따른 야생생물 특별보호구역 또는 같은 법 제33조제1항에 따른 야생생물 보호구역<br>5. 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제40조의 규정에 따른 수산자원보호구역(해양에 포함되는 지역은 제외한다)<br>6. 「습지보전법」 제8조제1항의 규정에 따른 습지보호지역(연안습지보호지역을 제외한다)<br>7. 「백두대간보호에 관한 법률」 제6조의 규정에 따른 백두대간보호지역<br>8. 법 제12조의 규정에 따른 생태·경관보전지역<br>9. 법 제24조의 규정에 따른 시·도 생태·경관보전지역 |

자료) 자연환경보전법 제34조

### 3.5.4 조사결과

#### 가. 육상식물상

(1) 식물상

1) 문헌조사

○ 식물상에 대한 문헌조사는 계획지구와 산림연계성이 높은 산림을 조사한 문헌1의 자료와 조사지역이 인근에 분포하고 있는 문헌9의 자료를 인용하였으며, 문헌3,5,6의 조사지역인 산림들은 본 계획지구와 한강 및 도로로 인해 단절되어 있으며, 6.0km 이상의 이격 거리를 둔 바, 해당 문헌자료들은 인용하지 않았음.

○ 문헌1에서 66과 144속 150종 2아종 14변종으로 총 166분류군이 조사되었으며, 법정보호종은 확인되지 않았음.

○ 문헌9에서 43과 82속 87종 5변종으로 총 92분류군이 조사되었으며, 법정보호종은 확인되지 않았음.

2) 현지조사

○ 현지조사 결과, 식물상은 80과 156속 174종 1아종 13변종 2품종으로 총 190분류군이 조사되었으며, 법정보호종은 확인되지 않았음.

<표 3.5-11> 관속식물 집계표(현지조사)

| 구분 \ 분류군 | 과 | 속 | 종 | 아종 | 변종 | 품종 | 합계 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 양치식물 | 3 | 3 | 3 | - | - | - | 3 |
| 나자식물 | 4 | 6 | 7 | - | 1 | - | 8 |
| 피자식물 | 73 | 147 | 164 | 1 | 12 | 2 | 179 |
| 쌍자엽식물 | 64 | 124 | 137 | 1 | 11 | 2 | 151 |
| 단자엽식물 | 9 | 23 | 27 | - | 1 | - | 28 |
| 합계 | 80 | 156 | 174 | 1 | 13 | 2 | 190 |

<표 3.5-12> 관속식물 집계표(문헌조사 및 현지조사)

| 구분 | 과 | 속 | 종 | 아종 | 변종 | 품종 | 합계 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 문헌1 | 66 | 144 | 150 | 2 | 14 | - | 166 |
| 문헌9 | 43 | 82 | 87 | - | 5 | - | 92 |
| 현지조사 | 80 | 156 | 174 | 1 | 13 | 2 | 190 |
| 종합 | 101 | 243 | 297 | 3 | 23 | 2 | 325 |

주) 관속식물의 분류는 Engler(1964)의 분류체계를 따랐으며, 분류군들의 최근 분류학적 이동을 참고하여 집계함
문헌) 1. 제4차 전국자연환경조사 철산(376024), 2015, 국립생태원
9. 동락천 수해상습지 개선사업 소규모 환경영향평가서, 2017, 인천광역시 종합건설본부

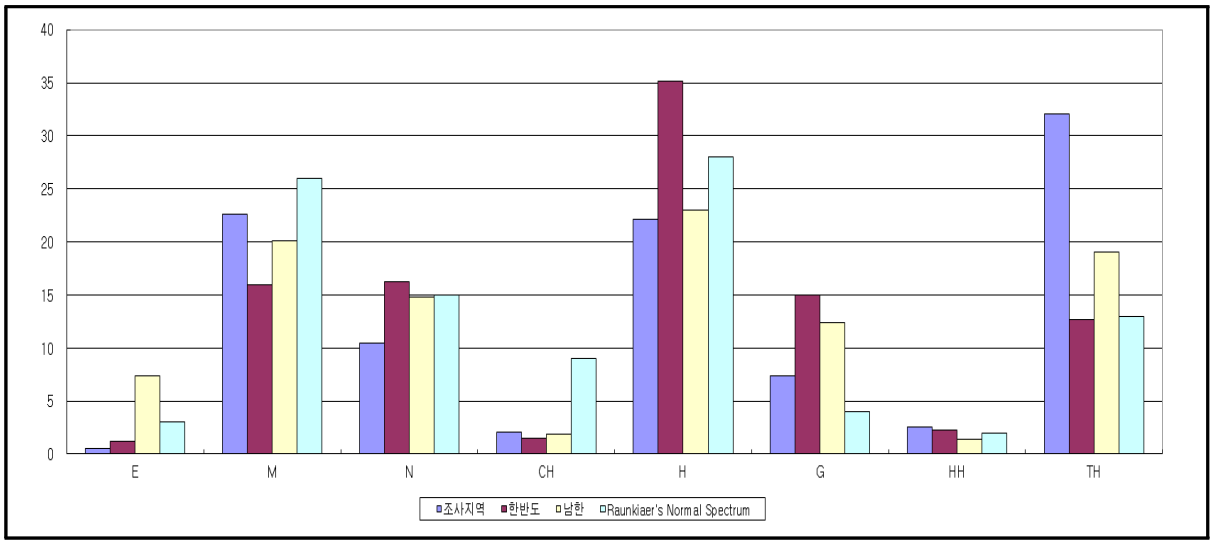
3) 관속식물의 생활형 분석(현지조사)

○ 계획지구 및 조사지역 내 출현한 식물상에 대한 Raunkiaer의 생활형(휴면형)에 따른 식물종의 분포를 살펴보면, 대형육상식물(M) 43종, 소형육상식물(N) 20종, 착생식물(E) 1종, 지표식물(Ch) 4종, 반지중식물(H) 42종, 지중식물(G) 14종, 근생수생식물(HH) 5종, 일년생식물(Th) 61종이 조사지역에서 출현한 것으로 조사되었음.

○ 본 조사지역의 생태계 구조와 입지적 환경을 파악하기 위해 식물의 생활형을 분석한 결과, 대형육상식물, 지표식물, 근생수생식물, 일년생식물은 남한의 생활형보다 높게 나타났으며, 소형육상식물, 착생식물, 반지중식물, 지중식물은 낮게 분석되었음.

<표 3.5-13> 관속식물의 생활형 비교, 분석(현지조사)

| 구 분 | 대형 육상식물 (M) | 소형 육상식물 (N) | 착생식물 (E) | 지표식물 (Ch) | 반지중 식물 (H) | 지중식물 (G) | 근생 수생식물 (HH) | 일년생 식물 (Th) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 출현종수 | 43 | 20 | 1 | 4 | 42 | 14 | 5 | 61 |
| 조사지역(%) | 22.6 | 10.5 | 0.5 | 2.1 | 22.1 | 7.4 | 2.6 | 32.2 |
| 한반도(%) | 16.0 | 16.2 | 1.2 | 1.5 | 35.1 | 15.0 | 2.3 | 12.7 |
| 남한(%) | 20.1 | 14.8 | 7.4 | 1.9 | 23.0 | 12.4 | 1.4 | 19.0 |
| RNS(%) | 26.0 | 15.0 | 3.0 | 9.0 | 28.0 | 4.0 | 2.0 | 13.0 |




(그림 3.5-3) 생활형 비교 및 분석

4) 특정종 현황

① 희귀식물

㉮ 문헌조사

○문헌1에서 산림청 지정 희귀식물은 LC(약관심종)등급의 말나리 1분류군이 확인됨

○문헌9에서 산림청 지정 희귀식물은 확인되지 않음.

㉯ 현지조사

○현지조사 결과, 계획지구 및 조사지역 내 산림청 지정 희귀식물은 VU(취약종)등급의 주목 1분류군, LC(약관심종)등급 구상나무, 측백나무 2분류군 등 총 3분류군이 확인되었으며, 모두 계획지구 외 조사지역 내에서 식재된 개체가 확인됨.

<표 3.5-14> 희귀식물 목록

| 학명 | 국명 | 문헌조사 | | 현지조사 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 9 | | |
| **Family Taxaceae** | **주목과** | | | | |
| *Taxus cuspidata* Siebold & Zucc. | 주목 | | | ○ | VU |
| **Family Pinaceae** | **소나무과** | | | | |
| *Abies koreana* E. H. Wilson | 구상나무 | | | ○ | LC |
| **Family Cupressaceae** | **측백나무과** | | | | |
| *Platycladus orientalis* (L.) Franco | 측백나무 | | | ○ | LC |
| **Family Liliaceae** | **백합과** | | | | |
| *Lilium distichum* Nakai | 말나리 | ● | | | LC |
| 종수 | | 1 | - | 3 | |

주) 희귀식물 – VU : 취약종, LC : 약관심종 등급
문헌) 1. 제4차 전국자연환경조사 철산(376024), 2015, 국립생태원
9. 동락천 수해상습지 개선사업 소규모 환경영향평가서, 2017, 인천광역시 종합건설본부

② 특산식물

㉮ 문헌조사

○문헌1에서 한반도 특산식물은 할미밀망 1분류군이 확인되었음.

○문헌9에서 한반도 특산식물은 확인되지 않음.

㉯ 현지조사

○현지조사 결과, 계획지구 및 조사지역 내 한반도 특산식물은 구상나무, 오동나무, 개나리, 은사시나무 등으로 총 4분류군이 조사되었으며, 모두 계획지구 외 조사지역 내의 시설지 및 주거지, 경작지 인근으로 식재되어 있는 것으로 확인되었음.

<표 3.5-15> 특산식물 목록

| 학명 | 국명 | 문헌조사 | | 현지조사 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 9 | | |
| **Family Pinaceae** | **소나무과** | | | | |
| *Abies koreana* E. H. Wilson | 구상나무 | | | ○ | |
| **Family Scrophulariaceae** | **현삼과** | | | | |
| *Paulownia coreana* Uyeki | 오동나무 | | | ○ | |
| **Family Oleaceae** | **물푸레나무과** | | | | |
| *Forsythia koreana* (Rehder) Nakai | 개나리 | | | ○ | |
| **Family Salicaceae** | **버드나무과** | | | | |
| *Populus × tomentiglandulosa* T. B. Lee | 은사시나무 | | | ○ | |
| **Family Ranunculaceae** | **미나리아재비과** | | | | |
| *Clematis trichotoma* Nakai | 할미밀망 | ● | | | |
| 종수 | | 1 | - | 4 | |

문헌) 1. 제4차 전국자연환경조사 철산(376024), 2015, 국립생태원
9. 동락천 수해상습지 개선사업 소규모 환경영향평가서, 2017, 인천광역시 종합건설본부

③ 식물구계학적 특정식물

㉮ 문헌조사

○문헌1에서 식물구계학적 특정식물은 Ⅲ등급 병아리꽃나무, 말나리 2분류군, Ⅱ등급 오미자, 오리나무, 붉은병꽃나무, 갯장구채 4분류군, Ⅰ등급 시무나무, 장구밥나무, 소사나무, 연복초 4분류군 등 총 10분류군이 확인되었음.

○문헌9에서 식물구계학적 특정식물은 확인되지 않음.

㉯ 현지조사

○현지조사 결과, 계획지구 및 조사지역 내 식물구계학적 특정식물은 Ⅳ등급 측백나무, 등 2분류군, Ⅲ등급 구상나무, 산벚나무, 낭아초 등 3분류군, Ⅱ등급 주목, 잣나무 2분류군, Ⅰ등급 회양목, 사철나무, 송악, 오갈피나무, 보풀 5분류군 등 총 12분류군이 조사되었음.

○현지조사시 확인된 식물구계학적 특정식물 중 송악과 보풀을 제외한 나머지 10분류군은 모두 계획지구 외 조사지역 내에서 식재된 것으로 확인되었으며, 보풀은 계획지구 인근의 경작지 내에서 소수개체가 확인되었고 송악은 인근 산림에서 출현하였음.

<표 3.5-16> 식물구계학적 특정식물 목록

| 학명 | 국명 | 문헌조사 | | 현지조사 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 9 | | |
| **Family Taxaceae** | **주목과** | | | | |
| *Taxus cuspidata* Siebold & Zucc. | 주목 | | | ○ | Ⅱ |
| **Family Pinaceae** | **소나무과** | | | | |
| *Pinus koraiensis* Siebold & Zucc. | 잣나무 | | | ○ | Ⅱ |
| *Abies koreana* E. H. Wilson | 구상나무 | | | ○ | Ⅲ |
| **Family Cupressaceae** | **측백나무과** | | | | |
| *Platycladus orientalis* (L.) Franco | 측백나무 | | | ○ | Ⅳ |
| **Family Ulmaceae** | **느릅나무과** | | | | |
| *Hemiptelea davidii* (Hance) Planch. | 시무나무 | ● | | | Ⅰ |
| **Family Rosaceae** | **장미과** | | | | |
| *Rhodotypos scandens* (Thunb.) Makino | 병아리꽃나무 | ● | | | Ⅲ |
| *Prunus sargentii* Rehder | 산벚나무 | | | ○ | Ⅲ |
| **Family Tiliaceae** | **피나무과** | | | | |
| *Grewia parviflora* Bunge | 장구밥나무 | ● | | | Ⅰ |
| **Family Schisandraceae** | **오미자과** | | | | |
| *Schisandra chinensis* (Turcz.) Baill. | 오미자 | ● | | | Ⅱ |
| **Family Betulaceae** | **자작나무과** | | | | |
| *Carpinus turczaninowii* Hance | 소사나무 | ● | | | Ⅰ |
| *Alnus japonica* (Thunb.) Steud. | 오리나무 | ● | | | Ⅱ |
| **Family Fabaceae** | **콩과** | | | | |
| *Wisteria floribunda* (Willd.) DC. | 등 | | | ○ | Ⅳ |
| *Indigofera pseudotinctoria* Matsum. | 낭아초 | | | ○ | Ⅲ |
| **Family Buxaceae** | **회양목과** | | | | |
| *Buxus microphylla* var. *koreana* Nakai ex Rehder | 회양목 | | | ○ | Ⅰ |
| **Family Diervillaceae** | **병꽃나무과** | | | | |
| *Weigela florida* (Bunge) A. DC. | 붉은병꽃나무 | ● | | | Ⅱ |
| **Family Adoxaceae** | **연복초과** | | | | |
| *Adoxa moschatellina* L. | 연복초 | ● | | | Ⅰ |
| **Family Celastraceae** | **노박덩굴과** | | | | |
| *Euonymus japonicus* Thunb. | 사철나무 | | | ○ | Ⅰ |
| **Family Caryophyllaceae** | **석죽과** | | | | |
| *Silene aprica* var. *oldhamiana* (Miq.) C. Y. Wu | 갯장구채 | ● | | | Ⅱ |
| **Family Araliaceae** | **두릅나무과** | | | | |
| *Hedera rhombea* (Miq.) Bean | 송악 | | | ○ | Ⅰ |
| *Eleutherococcus sessiliflorus* (Rupr. & Maxim.) S. Y. Hu | 오갈피나무 | | | ○ | Ⅰ |
| **Family Liliaceae** | **백합과** | | | | |
| *Lilium distichum* Nakai | 말나리 | ● | | | Ⅲ |
| **Family Alismataceae** | **택사과** | | | | |
| *Sagittaria aginashi* Makino | 보풀 | | | ○ | Ⅰ |
| 종수 | | 10 | - | 12 | |

주) Ⅰ~Ⅳ : 식물구계학적 특정식물 Ⅰ~Ⅳ등급
문헌) 1. 제4차 전국자연환경조사 철산(376024), 2015, 국립생태원
9. 동락천 수해상습지 개선사업 소규모 환경영향평가서, 2017, 인천광역시 종합건설본부

④ 귀화식물 및 생태계교란 생물

㉮ 문헌조사

○ 문헌1에서 귀화식물은 6과 12분류군이며, 생태계교란 생물은 돼지풀 1분류군이 확인되었음.

○ 문헌9에서 귀화식물은 7과 12분류군이며, 생태계교란 생물은 환삼덩굴 1분류군이 확인되었음.

㉯ 현지조사

○ 귀화식물의 분포정도에 따라 도시화의 정도를 가늠하게 하는 도시화지수는 인간의 간섭에 의한 자연의 파괴도인 도시화 정도를 표시하기 위한 지수로 남한의 귀화식물 총 종수(321종)와 비교하였음.

<표 3.5-17> 도시화지수 및 귀화율 산출

<table>
<tr><th>구 분</th><th colspan="9">내 용</th></tr>
<tr><td>도시화지수<br>(Urbarnization Index)</td><td colspan="9">UI = S/N × 100<br>(S : 해당 조사지역의 귀화식물 종수, N : 남한의 귀화식물 종수, 321종)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">귀화율<br>(Percent of Naturalized plant species)</td><td colspan="9">PN = S/N × 100<br>(S : 해당 조사지역의 귀화식물 종수, N : 해당조사지역의 관속식물 종수)</td></tr>
<tr><td colspan="9">입지별 평균귀화율%(PN)</td></tr>
<tr><td>언덕,<br>주택지</td><td>밭</td><td>시가지</td><td>평지,<br>주택지</td><td>논</td><td>냇가</td><td>계단식<br>논</td><td>풀밭</td><td>숲</td></tr>
<tr><td>48.8</td><td>32.1</td><td>27.7</td><td>18.1</td><td>14.5</td><td>13.3</td><td>7.2</td><td>4.9</td><td>4.4</td></tr>
</table>

자료) 1. 한국의 귀화식물, 2000, 김준민
2. 보호대상 식물종에 대한 환경영향평가법 개선방안 연구, 2005, 한국환경정책.평가연구원(KEI)
3. 한국의 귀화식물 현황과 고찰, 2011, 국립수목원

○ 현지조사 결과, 조사지역 내 귀화식물은 11과 38분류군이며, 생태계교란 생물은 가시박, 환삼덩굴, 가시상추, 미국쑥부쟁이, 단풍잎돼지풀, 돼지풀 6분류군이 확인되었음

○ 귀화율은 20.0%로 입지별 평균귀화율과 비교하였을 때, 평지 및 주택지(18.1%)과 가장 유사한 것으로 나타났으며, 도시화지수는 11.8%로 분석되었음.

○ 환삼덩굴은 계획지구 인근의 경작지 및 산림 임연부에서 소규모 군락, 단풍잎돼지풀은 계획지구와 인근의 경작지에서 소수개체, 가시박, 돼지풀, 미국쑥부쟁이, 가시상추는 경작지 및 대산저수지 주변에서 소수개체가 출현하였음.

<표 3.5-18> 귀화식물 및 생태계교란 생물 목록

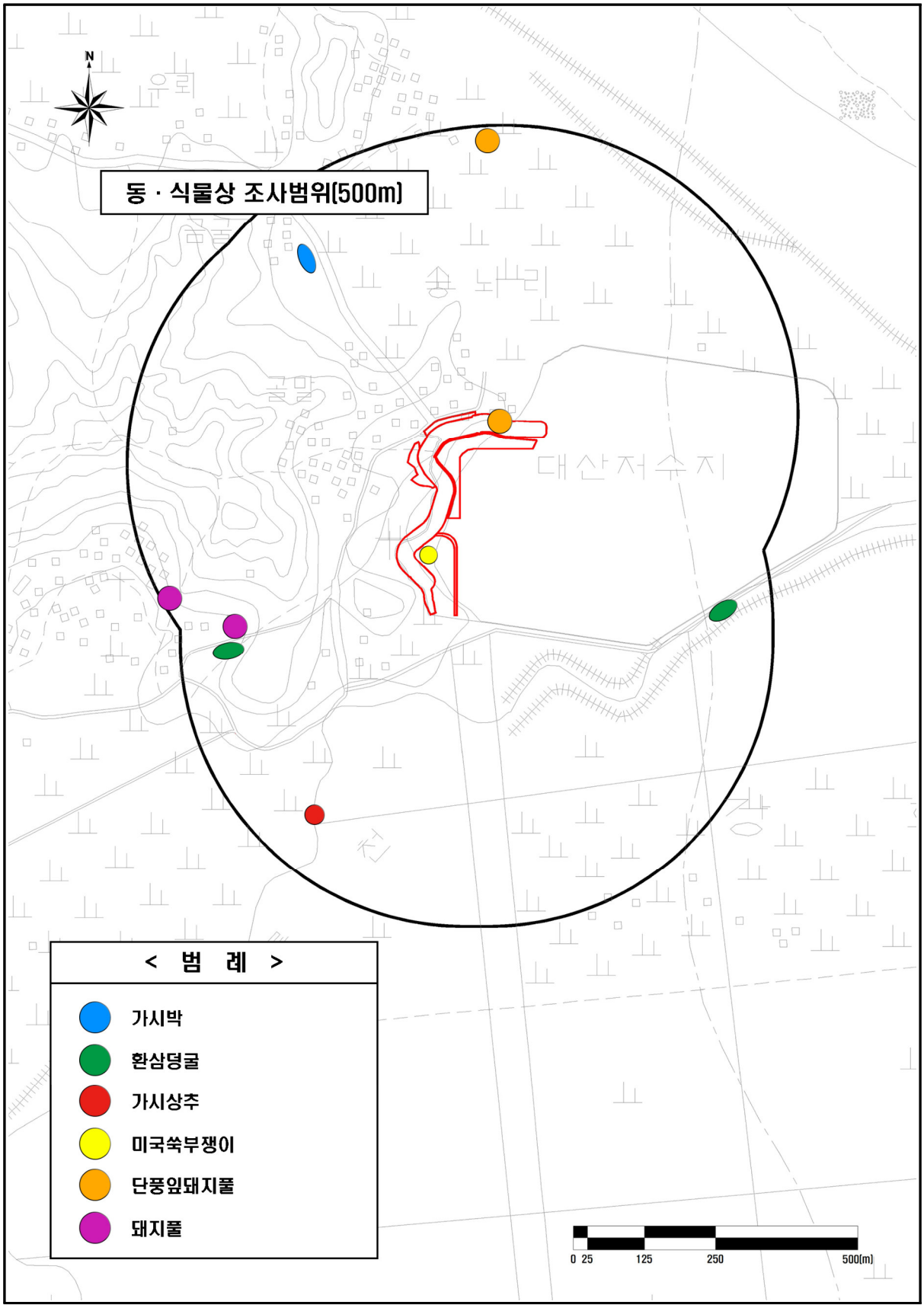
| 학명 | 국명 | 문헌조사 | | 현지조사 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 9 | | |
| **Family Cucurbitaceae** | **박과** | | | | |
| *Sicyos angulatus* L. | 가시박 | | | ○ | 귀,교 |
| **Family Cannabaceae** | **삼과** | | | | |
| *Humulus japonicus* Siebold & Zucc. | 환삼덩굴 | | ● | ○ | 교 |
| **Family Convolvulaceae** | **메꽃과** | | | | |
| *Ipomoea rubriflora* O'Donell | 둥근잎유홍초 | | | ○ | 귀 |
| *Ipomoea purpurea* (L.) Roth | 둥근잎나팔꽃 | | | ○ | 귀 |
| *Ipomoea hederacea* Jacq. | 미국나팔꽃 | | | ○ | 귀 |
| **Family Scrophulariaceae** | **현삼과** | | | | |
| *Veronica persica* Poir. | 큰개불알풀 | | ● | ○ | 귀 |
| **Family Simaroubaceae** | **소태나무과** | | | | |
| *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle | 가중나무 | | | ○ | 귀 |
| **Family Polygonaceae** | **마디풀과** | | | | |
| *Rumex nipponicus* Franch. & Sav. | 좀소리쟁이 | | | ○ | 귀 |
| *Rumex crispus* L. | 소리쟁이 | ● | ● | ○ | 귀 |
| *Fallopia dumetorum* (L.) Holub | 닭의덩굴 | ● | | ○ | 귀 |
| **Family Onagraceae** | **바늘꽃과** | | | | |
| *Oenothera biennis* L. | 달맞이꽃 | | ● | ○ | 귀 |
| **Family Fabaceae** | **콩과** | | | | |
| *Trifolium repens* L. | 토끼풀 | | ● | ○ | 귀 |
| *Trifolium pratense* L. | 붉은토끼풀 | | | ○ | 귀 |
| *Robinia pseudoacacia* L. | 아까시나무 | ● | ● | ○ | 귀 |
| *Melilotus suaveolens* Ledeb. | 전동싸리 | | | ○ | 귀 |
| *Medicago sativa* L. | 자주개자리 | | | ○ | 귀 |
| *Amorpha fruticosa* L. | 족제비싸리 | ● | | ○ | 귀 |
| **Family Euphorbiaceae** | **대극과** | | | | |
| *Euphorbia maculata* L. | 애기땅빈대 | ● | | | 귀 |
| **Family Phytolaccaceae** | **자리공과** | | | | |
| *Phytolacca americana* L. | 미국자리공 | | | ○ | 귀 |
| **Family Chenopodiaceae** | **명아주과** | | | | |
| *Chenopodium ficifolium* Sm. | 좀명아주 | ● | | | 귀 |
| **Family Amaranthaceae** | **비름과** | | | | |
| *Amaranthus lividus* L. | 개비름 | | | ○ | 귀 |
| **Family Brassicaceae** | **십자화과** | | | | |
| *Thlaspi arvense* L. | 말냉이 | | ● | | 귀 |
| *Lepidium virginicum* L. | 콩다닥냉이 | ● | | | 귀 |
| *Brassica juncea* (L.) Czern. | 갓 | | ● | | 귀 |

| 학명 | 국명 | 문헌조사 | | 현지조사 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 9 | | |
| **Family Asteraceae** | **국화과** | | | | |
| *Xanthium orientale* L. | 큰도꼬마리 | | | ○ | 귀 |
| *Verbesina alternifolia* (L.) Britton ex Kearney | 나래가막사리 | | | ○ | 귀 |
| *Taraxacum officinale* F. H. Wigg. | 서양민들레 | | ● | ○ | 귀 |
| *Sonchus oleraceus* L. | 방가지똥 | ● | ● | | 귀 |
| *Sonchus asper* (L.) Hill | 큰방가지똥 | | | ○ | 귀 |
| *Senecio vulgaris* L. | 개쑥갓 | | | ○ | 귀 |
| *Rudbeckia hirta* var. *pulcherrima* Farw. | 원추천인국 | | | ○ | 귀 |
| *Lactuca scariola* L. | 가시상추 | | | ○ | 귀,교 |
| *Helianthus tuberosus* L. | 뚱딴지 | | | ○ | 귀 |
| *Galinsoga quadriradiata* Ruiz & Pav. | 털별꽃아재비 | ● | | ○ | 귀 |
| *Erigeron annuus* (L.) Pers. | 개망초 | ● | ● | ○ | 귀 |
| *Cosmos sulphureus* Cav. | 노랑코스모스 | | | ○ | 귀 |
| *Cosmos bipinnatus* Cav. | 코스모스 | | | ○ | 귀 |
| *Coreopsis lanceolata* L. | 큰금계국 | | | ○ | 귀 |
| *Conyza canadensis* (L.) Cronquist | 망초 | ● | ● | ○ | 귀 |
| *Bidens frondosa* L. | 미국가막사리 | | | ○ | 귀 |
| *Aster pilosus* Willd. | 미국쑥부쟁이 | | | ○ | 귀,교 |
| *Ambrosia trifida* L. | 단풍잎돼지풀 | | | ○ | 귀,교 |
| *Ambrosia artemisiifolia* L. | 돼지풀 | ● | | ○ | 귀,교 |
| **Family Poaceae** | **벼과** | | | | |
| *Lolium multiflorum* Lam. | 쥐보리 | | | ○ | 귀 |
| *Avena fatua* L. | 메귀리 | | ● | ○ | 귀 |
| 귀화식물 종수 | | 12 | 12 | 38 | |
| 생태계교란 생물 종수 | | 1 | 1 | 6 | |

주) 1. 귀 : 귀화식물, 교란 : 생태계교란 생물
2. 환삼덩굴은 생태계교란 생물로 지정되었으며, 귀화식물에는 해당되지 않음
문헌) 1. 제4차 전국자연환경조사 철산(376024), 2015, 국립생태원
9. 동락천 수해상습지 개선사업 소규모 환경영향평가서, 2017, 인천광역시 종합건설본부

⑤ 보호수 및 노거수

○ 현지조사 결과, 계획지구 및 조사지역 내 보호수 및 노거수는 확인되지 않았음.




(그림 3.5-4) 생태계교란 생물(식물) 위치도

둥근잎유홍초

둥근잎나팔꽃

산사나무

누리장나무

파리풀

익모초

돌피

전동싸리

낭아초

새콩

사데풀

물달개비

보풀

환삼덩굴(생태계교란 생물)

가시상추(생태계교란 생물)

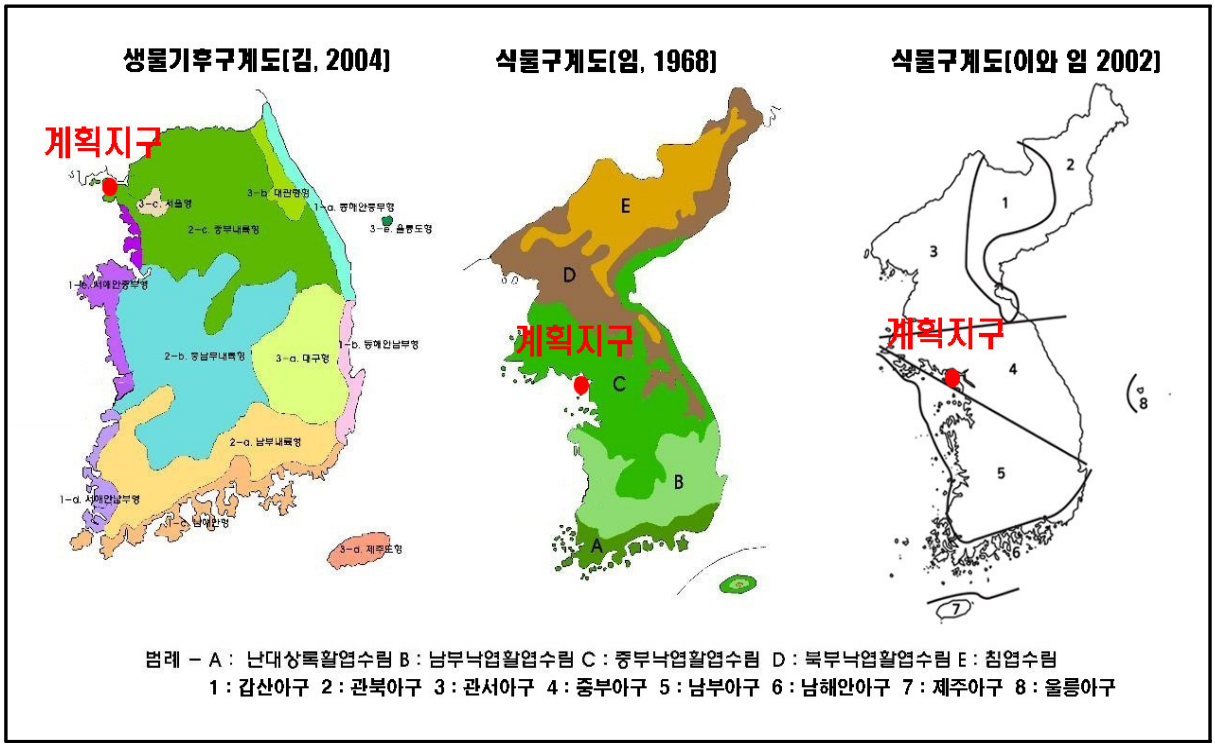
(그림 3.5-5) 육상식물 사진

(2) 식생

1) 식물구계 및 군계

○ 본 조사지역은 행정구역상 인천 강화군 일원에 위치하는 바, 식물의 분포특성을 고려한 식물구계 구분에 의하면, 한반도 중부아구에 속하였음(Lee and Yim, 1978).

○ 식생구계도상 중부낙엽활엽수림에 해당하며(Yim 1968), 생물기후구계학상 중부내륙형(김, 2004)에 해당하였음.




(그림 3.5-6) 한반도 식물구계도, 식생기후대 및 산림식생유형

2) 식생분포 및 현존식생

○ 조사지역은 인천 강화군 일원으로 계획지구를 중점조사지역으로 설정하고 경계로부터 500m 범위 내 주변지역을 조사지역에 포함하여 현지조사를 실시하였음.

○ 계획지구(27,500㎡)의 현존식생은 기타식생유형으로 수역이 71.7%로 가장 넓은 면적을 차지하였으며, 2차초지 15.0%, 경작지 13.1%, 주거지 및 도로 0.2% 등의 순으로 나타났으며, 산림식생은 분포하지 않았음.

○ 조사지역(1,318,997㎡)의 현존식생을 살펴보면, 기타식생유형으로 경작지가 44.8%로 가장 넓은 면적을 차지하였으며, 수역 24.0%, 주거지 및 도로 9.8%, 2차초지 2.5% 등의 순으로 나타났으며, 산림식생유형으로는 상수리나무군락 11.8%, 소나무군락 3.7%, 상수리나무-소나무군락 2.3%, 소나무-상수리나무군락 0.5%의 순으로 분포하였음.

<표 3.5-19> 식생유형별 분포현황

| VCC | 군 락 구 분 | 계획지구 | | 조사지역 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 면 적(㎡) | 비 율(%) | 면 적(㎡) | 비 율(%) |
| Ⅲ | 소나무군락 | - | - | 49,328 | 3.7 |
| | 소나무-상수리나무군락 | - | - | 6,645 | 0.5 |
| | 상수리나무군락 | - | - | 155,888 | 11.8 |
| | 상수리나무-소나무군락 | - | - | 29,687 | 2.3 |
| Ⅳ | 아까시나무식재림 | - | - | 476 | 0.1 |
| Ⅴ | 수역 | 19,690 | 71.7 | 317,246 | 24.0 |
| | 주거지 및 도로 | 66 | 0.2 | 129,037 | 9.8 |
| | 경작지 | 3,610 | 13.1 | 593,723 | 44.8 |
| | 묘지 | - | - | 4,413 | 0.5 |
| | 2차초지 | 4,134 | 15.0 | 32,554 | 2.5 |
| 합 계 | | 27,500 | 100.0 | 1,318,997 | 100.0 |

주) 1. 조사지역의 면적은 AutoCAD상에서 구적한 면적으로 실측면적과는 다소 상이할 수 있음
2. VCC : 식생보전등급, Vegetation Conservation Classification
3. 계획지구의 면적은 인공습지, 침강지, 표토제거 구간을 포함한 면적임

3) 식생보전등급

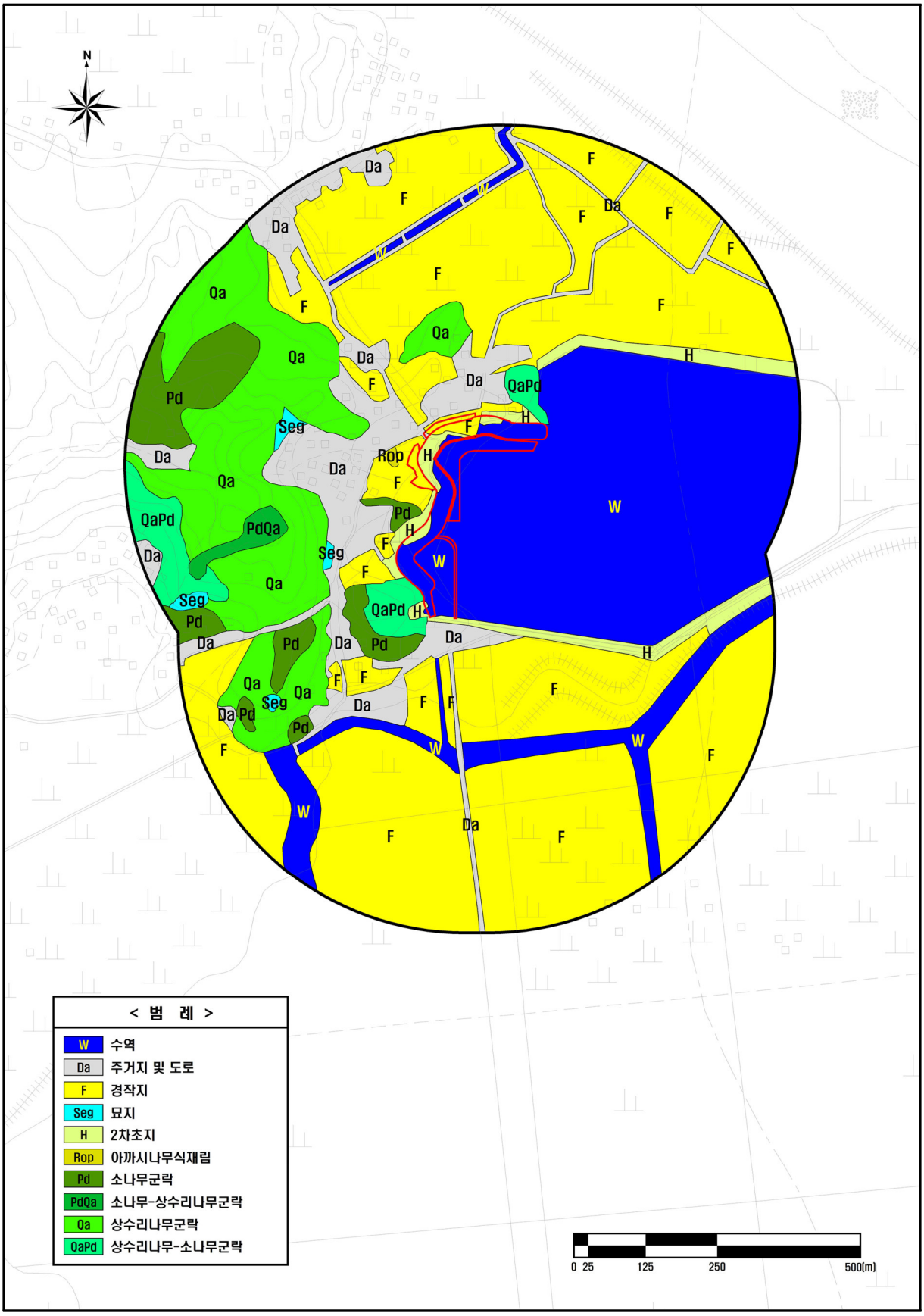
○ 현지조사 결과, 계획지구 내 식생보전등급은 모두 Ⅴ등급이 분포하는 것으로 조사되었음.

○ 조사지역 내 식생보전등급은 Ⅲ, Ⅳ, Ⅴ등급이 분포하는 것으로 조사되었으며, 등급별 구성비는 Ⅲ등급 18.3%, Ⅳ등급 0.1%, Ⅴ등급 81.6%가 분포하고 있는 것으로 확인되었음.

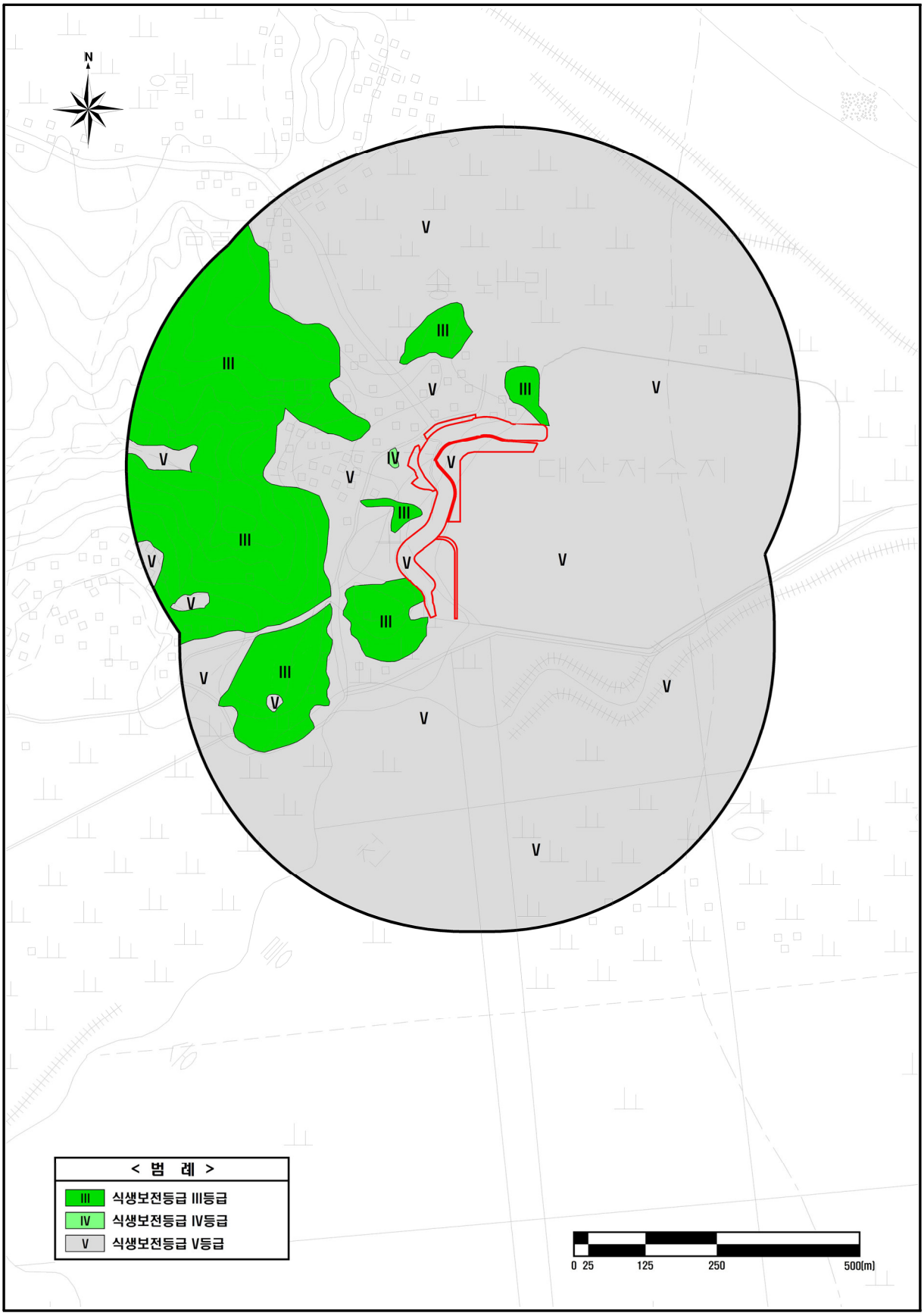
<표 3.5-20> 식생보전등급 분포현황

| 구 분 | 계획지구 | | 조사지역 | |
|---|---|---|---|---|
| | 면 적(㎡) | 비 율(%) | 면 적(㎡) | 비 율(%) |
| Ⅲ 등급 | - | - | 241,548 | 18.3 |
| Ⅳ 등급 | - | - | 476 | 0.1 |
| Ⅴ 등급 | 27,500 | 100.0 | 1,076,973 | 81.6 |
| 합 계 | 27,500 | 100.0 | 1,318,997 | 100.0 |

주) 1. 조사지역의 면적은 AutoCAD상에서 구적한 면적으로 실측면적과는 다소 상이할 수 있음
2. 계획지구의 면적은 인공습지, 침강지, 표토제거 구간을 포함한 면적임


N
< 범 례 >
W 수역
Da 주거지 및 도로
F 경작지
Seg 묘지
H 2차초지
Rop 아까시나무식재림
Pd 소나무군락
PdQa 소나무-상수리나무군락
Qa 상수리나무군락
QaPd 상수리나무-소나무군락
0 25 125 250 500(m)

(그림 3.5-7) 현존식생도




(그림 3.5-8) 식생보전등급도

## 나. 육상동물상

### (1) 포유류

#### 1) 문헌조사

○ 문헌1(E5,6,8,9)조사 결과, 6과 7종이 확인되었으며, 법정보호종은 확인되지 않음.

○ 문헌3(E4,7)조사 결과, 4과 5종이 확인되었으며, 법정보호종은 확인되지 않음.

○ 문헌5(E2,3)조사 결과, 4과 4종이 확인되었으며, 법정보호종은 확인되지 않음.

○ 문헌6(E1)조사 결과, 1과 1종이 확인되었으며, 법정보호종은 확인되지 않음.

○ 문헌9조사 결과, 3과 3종이 확인되었으며, 법정보호종은 확인되지 않음.

#### 2) 현지조사

○ 현지조사 결과, 6과 6종이 확인되었으며, 법정보호종은 확인되지 않음.

○ 청설모, 고양이를 목견하였으며, 서식흔적을 통해 두더지(터널), 너구리(족적), 고라니(족적, 배설물)의 서식을 확인하였고, 탐문조사를 통해 등줄쥐 등이 추가로 확인됨.

○ 조사지역 일대는 저수지, 논 및 수로, 구릉성 산림, 소하천, 마을, 농촌도로 등으로 이루어져 있어 다양한 생태계가 형성되어 있는 것으로 확인되나, 은신처가 부족하고 인간 간섭이 빈번하여 출현종은 제한적인 것으로 나타남.

<표 3.5-21> 조사지역의 포유류 목록

| 학명 | 국명 | 문헌조사 | | | | | 현지조사 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 3 | 5 | 6 | 9 | | |
| | | E5,6,8,9 | E4,7 | E2,3 | E1 | | | |
| **Order Soricomorpha** | **첨서목** | | | | | | | |
| **Family Talpidae** | **두더지과** | | | | | | | |
| *Mogera wogura* | 두더지 | | ● | ● | | | T,H | |
| **Order Carnivora** | **식육목** | | | | | | | |
| **Family Felidae** | **고양이과** | | | | | | | |
| *Felis catus* | 고양이 | ● | | | | ● | V,H | |
| **Family Canidae** | **개과** | | | | | | | |
| *Nyctereutes procyonoides* | 너구리 | ● | | | | | F,H | |
| **Family Mustelidae** | **족제비과** | | | | | | | |
| *Mustela sibirica* | 족제비 | ● | | ● | | ● | | |
| **Order Artiodactyla** | **우제목** | | | | | | | |
| **Family Cervidae** | **사슴과** | | | | | | | |
| *Hydropotes inermis* | 고라니 | ● | ● | ● | | ● | F,D,H | |
| **Order Rodentia** | **설치목** | | | | | | | |
| **Family Sciuridae** | **청설모과** | | | | | | | |

| 학명 | 국명 | 문헌조사 | | | | | 현지조사 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 3 | 5 | 6 | 9 | | |
| | | E5,6,8,9 | E4,7 | E2,3 | E1 | | | |
| *Sciurus vulgaris* | 청설모 | ● | ● | ● | ● | | V,H | |
| *Tamias sibiricus* | 다람쥐 | ● | | | | | | |
| **Family Muridae** | **쥐과** | | | | | | | |
| *Apodemus agrarius* | 등줄쥐 | ● | ● | | | | H | |
| *Rattus norvegicus* | 집쥐 | | ● | | | | | |
| 종 수 | | 7 | 5 | 4 | 1 | 3 | 6 | |

주) V : 직접관찰, F : 족적, D : 배설물, H : 탐문조사
문헌) 1. 제4차 전국자연환경조사 철산(376024), 2015, 국립생태원
3. 제4차 전국자연환경조사 옥림(376033), 2015, 국립생태원
5. 제4차 전국자연환경조사 강화(376062), 2015, 국립생태원
6. 제4차 전국자연환경조사 통진(376071), 2015, 국립생태원
9. 동락천 수해상습지 개선사업 소규모 환경영향평가서, 2017, 인천광역시 종합건설본부

(2) 조류

1) 문헌조사

○ 문헌2(지점1)조사 결과, 25과 41종이 확인되었으며, 법정보호종은 저어새(멸종위기 야생생물 Ⅰ급, 천연기념물 제205-1호), 황조롱이(천연기념물 제323-8호) 2종이 확인되었음.

○ 문헌4(지점1)조사 결과, 8과 19종이 확인되었으며, 법정보호종은 저어새, 개리(멸종위기 야생생물 Ⅱ급, 천연기념물 제325-1호), 큰기러기(멸종위기 야생생물 Ⅱ급) 3종이 확인되었음.

○ 문헌5(E2,3)조사 결과, 29과 54종이 확인되었으며, 법정보호종은 원앙(천연기념물 제327호), 소쩍새(천연기념물 제324-6호), 긴점박이올빼미(멸종위기 야생생물 Ⅱ급) 3종이 확인되었음.

○ 문헌6(E1)조사 결과, 27과 54종이 확인되었으며, 법정보호종은 황조롱이 1종이 확인되었음.

○ 문헌8조사 결과, 27과 61종이 확인되었으며, 법정보호종은 큰기러기, 참매(멸종위기 야생생물 Ⅱ급, 천연기념물 제323-1호), 새매(멸종위기 야생생물 Ⅱ급, 천연기념물 제323-4호), 독수리(멸종위기 야생생물 Ⅱ급, 천연기념물 제243-1호), 흰꼬리수리(멸종위기 야생생물 Ⅰ급, 천연기념물 제243-4호), 황조롱이, 두루미(멸종위기 야생생물 Ⅰ급, 천연기념물 제202호) 7종이 확인되었음.

○ 문헌9조사 결과, 15과 17종이 확인되었으며, 법정보호종은 황조롱이 1종이 확인되었음.

2) 현지조사

○ 현지조사 결과, 14과 21종 255개체가 확인되었으며, 법정보호종은 확인되지 않음.

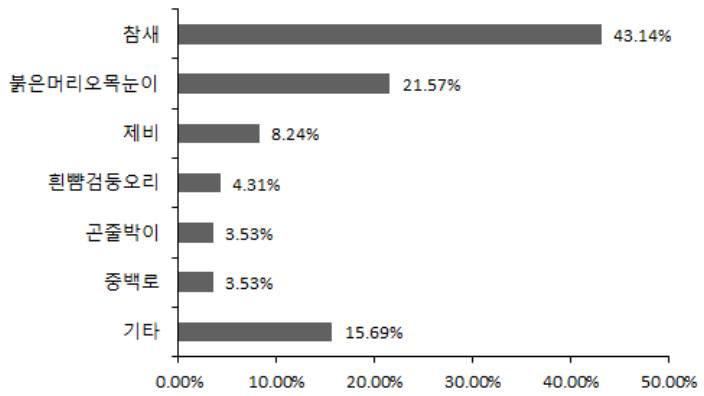
○ 저수지 및 주변 논에서 백로류, 오리류 등 수조류와 참새, 제비, 멧비둘기 등 농촌생태계에서 흔히 관찰되는 인위적 간섭에 적응한 조류의 출현이 주로 이루어지고 있는 것으로 조사되었음.

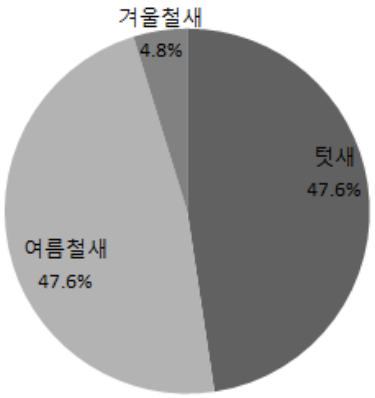
○ 우점종은 참새(110개체, 43.14%), 아우점종은 붉은머리오목눈이(55개체, 21.57%)로 나타났으며, 제비(21개체, 8.24%), 흰뺨검둥오리(11개체, 4.31%), 곤줄박이(9개체, 3.53%), 중백로(9개체, 3.53%) 등의 순으로 출현하는 것으로 분석되었음.

○ 도래유형 분석 결과, 텃새 10종(47.6%), 여름철새 10종(47.6%), 겨울철새 1종(4.8%) 순으로 나타났으며, 출현조류의 군집을 분석한 결과, 다양도지수 1.968, 풍부도지수 3.609, 균등도지수 0.646, 우점도지수 0.647로 분석되었음.

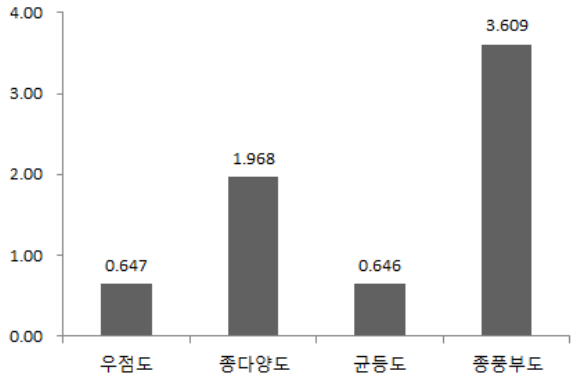
<표 3.5-22> 조사지역의 출현조류의 상대풍부도

| 종명 | 개체수 | 비율(%) |
|---|---|---|
| 참새 | 110 | 43.14 |
| 붉은머리오목눈이 | 55 | 21.57 |
| 제비 | 21 | 8.24 |
| 흰뺨검둥오리 | 11 | 4.31 |
| 곤줄박이 | 9 | 3.53 |
| 중백로 | 9 | 3.53 |
| 기타 | 40 | 15.69 |
| 계 | 255 | 100.00 |




생활형




군집지수

(그림 3.5-9) 생활형 및 군집지수

<표 3.5-23> 조사지역의 조류 목록

| 학명 | 국명 | 문헌조사 | | | | | | 현지조사 | | 생활형 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 2 | 4 | 5 | 6 | 8 | 9 | 개체수 | 비율(%) | | |
| | | 지점1 | 지점1 | E2, 3 | E1 | 강화도 | | | | | |
| **Order Podocopediformes** | **논병아리목** | | | | | | | | | | |
| **Family Podicipedidae** | **논병아리과** | | | | | | | | | | |
| *Podiceps cristatus* | 뿔논병아리 | | | | | ● | | | | WV | |
| *Podiceps ruficollis* | 논병아리 | | | | | ● | | | | Res | |
| **Order Pelecaniformes** | **사다새목** | | | | | | | | | | |
| **Family Phalacrocoracidae** | **가마우지과** | | | | | | | | | | |
| *Phalacrocorax carbo* | 민물가마우지 | | ● | ● | ● | ● | ● | | | Res | |
| **Order Ciconiformes** | **황새목** | | | | | | | | | | |
| **Family Ardeidae** | **백로과** | | | | | | | | | | |
| *Ardea cinerea* | 왜가리 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 4 | 1.57 | SV | |
| *Ardeola bacchus* | 흰날개해오라기 | | ● | | ● | | | | | PM | |
| *Bubulcus ibis* | 황로 | | ● | ● | ● | | | 3 | 1.18 | SV | |
| *Butorides striatus* | 검은댕기해오라기 | | | | ● | | | 3 | 1.18 | SV | |
| *Egretta alba modesta* | 중대백로 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 2 | 0.78 | SV | |
| *Egretta garzetta* | 쇠백로 | ● | ● | ● | ● | | | 2 | 0.78 | SV | |
| *Egretta intermedia* | 중백로 | ● | ● | ● | ● | | ● | 9 | 3.53 | SV | |
| *Nycticorax nycticorax* | 해오라기 | | | ● | | | | | | Res | |
| **Family Threskiornithidae** | **저어새과** | | | | | | | | | | |
| *Platalea minor* | 저어새 | ● | ● | | | | | | | WV | 멸Ⅰ,천205-1 |
| **Order Anseriformes** | **기러기목** | | | | | | | | | | |
| **Family Anatidae** | **오리과** | | | | | | | | | | |
| *Aix galericulata* | 원앙 | | | ● | | | | | | Res | 천327 |
| *Anas clypeata* | 넓적부리 | | | | | ● | | | | WV | |
| *Anas crecca* | 쇠오리 | | | | ● | | | | | WV | |
| *Anas falcata* | 청머리오리 | | | | | ● | | | | WV | |
| *Anas platyrhynchos* | 청둥오리 | | ● | | ● | ● | | | | WV | |
| *Anas poecilorhyncha* | 흰뺨검둥오리 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 11 | 4.31 | WV | |
| *Anser albifrons* | 쇠기러기 | | ● | | | ● | | | | WV | |
| *Anser cygnoides* | 개리 | | ● | | | | | | | WV | 멸Ⅱ,천325-1 |
| *Anser fabalis* | 큰기러기 | | ● | | | ● | | | | WV | 멸Ⅱ |
| *Aythya ferina* | 흰죽지 | | | | | ● | | | | WV | |
| *Bucephala clangula* | 흰뺨오리 | | | | | ● | | | | WV | |
| *Mergus albellus* | 흰비오리 | | | | | ● | | | | WV | |
| *Mergus merganser* | 비오리 | | | | | ● | | | | WV | |
| *Mergus serrator* | 바다비오리 | | | | | ● | | | | WV | |
| *Tadorna ferruginea* | 황오리 | | | | | ● | | | | WV | |
| *Tadorna tadorna* | 혹부리오리 | | | | | ● | | | | WV | |
| **Order Falconiformes** | **매목** | | | | | | | | | | |
| **Family Accipitridae** | **수리과** | | | | | | | | | | |
| *Accipiter gentilis* | 참매 | | | | | ● | | | | Res | 멸Ⅱ,천323-1 |

| 학명 | 국명 | 문헌조사 | | | | | | 현지조사 | | 생활형 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 2 | 4 | 5 | 6 | 8 | 9 | 개체수 | 비율(%) | | |
| | | 지점1 | 지점1 | E2, 3 | E1 | 강화도 | | | | | |
| *Accipiter nisus* | 새매 | | | | | ● | | | | WV | 멸Ⅱ,천323-4 |
| *Aegypius monachus* | 독수리 | | | | | ● | | | | WV | 멸Ⅱ,천243-1 |
| *Buteo buteo* | 말똥가리 | | | | | ● | | | | WV | |
| *Haliaeetus albicilla* | 흰꼬리수리 | | | | | ● | | | | WV | 멸Ⅰ,천243-4 |
| **Family Falconidae** | **매과** | | | | | | | | | | |
| *Falco tinnunculus* | 황조롱이 | ● | | | ● | ● | ● | | | Res | 천323-8 |
| **Order Galliformes** | **닭목** | | | | | | | | | | |
| **Family Tetraonidae** | **멧닭과** | | | | | | | | | | |
| *Bonasa bonasia* | 들꿩 | | | ● | | | | | | Res | |
| **Family Phasianidae** | **꿩과** | | | | | | | | | | |
| *Phasianus colchicus* | 꿩 | ● | | ● | ● | ● | ● | 1 | 0.39 | Res | |
| **Order Gruiformes** | **두루미목** | | | | | | | | | | |
| **Family Gruidae** | **두루미과** | | | | | | | | | | |
| *Grus japonensis* | 두루미 | | | | | ● | | | | WV | 멸Ⅰ,천202 |
| **Family Rallidae** | **뜸부기과** | | | | | | | | | | |
| *Fulica atra* | 물닭 | | | | | ● | | | | WV | |
| *Gallinula chloropus* | 쇠물닭 | | | | ● | | | | | SV | |
| **Order Charadriformes** | **도요목** | | | | | | | | | | |
| **Family Charadriidae** | **물떼새과** | | | | | | | | | | |
| *Charadrius dubius* | 꼬마물떼새 | | | | ● | | | | | SV | |
| **Family Scolopacidae** | **도요과** | | | | | | | | | | |
| *Actitis hypoleucos* | 깝작도요 | | | ● | ● | ● | | | | SV | |
| *Numenius arquata* | 마도요 | | | | | ● | | | | WV | |
| *Numenius phaeopus* | 중부리도요 | | | | | ● | | | | PM | |
| *Tringa glareola* | 알락도요 | | | | ● | | | | | PM | |
| *Tringa nebularia* | 청다리도요 | | | | ● | | | | | PM | |
| *Tringa ochropus* | 삑삑도요 | | | | ● | | | | | PM | |
| **Family Laridae** | **갈매기과** | | | | | | | | | | |
| *Larus argentatus* | 재갈매기 | | | | ● | ● | | | | WV | |
| *Larus cachinans* | 한국재갈매기 | | ● | | | ● | | | | WV | |
| *Larus crassirostris* | 괭이갈매기 | | ● | | ● | ● | ● | | | Res | |
| *Larus heuglini* | 줄무늬노랑발갈매기 | | | | | ● | | | | WV | |
| *Sterna albifrons* | 쇠제비갈매기 | | | | ● | | | | | SV | |
| **Order Columbiformes** | **비둘기목** | | | | | | | | | | |
| **Family Columbidae** | **비둘기과** | | | | | | | | | | |
| *Streptopelia orientalis* | 멧비둘기 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 6 | 2.35 | Res | |
| **Order Cuculiformes** | **두견목** | | | | | | | | | | |
| **Family Cuculidae** | **두견과** | | | | | | | | | | |
| *Cuculus canorus* | 뻐꾸기 | ● | | ● | ● | | | | | SV | |
| *Cuculus micropterus* | 검은등뻐꾸기 | ● | | ● | ● | | | | | SV | |
| *Cuculus saturatus* | 벙어리뻐꾸기 | | | ● | | | | | | SV | |

| 학명 | 국명 | 문헌조사 | | | | | | 현지조사 | | 생활형 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 2 | 4 | 5 | 6 | 8 | 9 | 개체수 | 비율(%) | | |
| | | 지점1 | 지점1 | E2, 3 | E1 | 강화도 | | | | | |
| **Order Strigiformes** | **올빼미목** | | | | | | | | | | |
| **Family Strigidae** | **올빼미과** | | | | | | | | | | |
| *Otus scops* | 소쩍새 | | | ● | | | | | | SV | 천324-6 |
| *Strix uralensis* | 긴점박이올빼미 | | | ● | | | | | | Res | 멸Ⅱ |
| **Order Coraciiformes** | **파랑새목** | | | | | | | | | | |
| **Family Alcedinidae** | **물총새과** | | | | | | | | | | |
| *Alcedo atthis* | 물총새 | | | ● | ● | | | 3 | 1.18 | SV | |
| **Family Coraciidae** | **파랑새과** | | | | | | | | | | |
| *Eurystomus orientalis* | 파랑새 | ● | | ● | ● | | | 1 | 0.39 | SV | |
| **Family Upupidae** | **후투티과** | | | | | | | | | | |
| *Upupa epops* | 후투티 | | | ● | | | | | | SV | |
| **Order Piciformes** | **딱다구리목** | | | | | | | | | | |
| **Family Picidae** | **딱다구리과** | | | | | | | | | | |
| *Dendrocopos kizuki* | 쇠딱다구리 | ● | | ● | ● | ● | | | | Res | |
| *Dendrocopos leucotos* | 큰오색딱다구리 | ● | | ● | ● | | | | | Res | |
| *Dendrocopos major* | 오색딱다구리 | ● | | ● | | ● | | | | Res | |
| *Picus canus* | 청딱다구리 | ● | | ● | ● | ● | | | | Res | |
| **Order Passeriformes** | **참새목** | | | | | | | | | | |
| **Family Alaudidae** | **종다리과** | | | | | | | | | | |
| *Alauda arvensis* | 종다리 | | | | | ● | | | | WV | |
| **Family Hirundinidae** | **제비과** | | | | | | | | | | |
| *Hirundo daurica* | 귀제비 | | ● | | | | | | | SV | |
| *Hirundo rustica* | 제비 | ● | ● | ● | ● | | | 21 | 8.24 | SV | |
| **Family Motacillidae** | **할미새과** | | | | | | | | | | |
| *Motacilla alba leucopsis* | 알락할미새 | | | ● | ● | | | | | SV | |
| *Motacilla cinerea* | 노랑할미새 | ● | | ● | ● | | | 2 | 0.78 | SV | |
| *Motacilla flava* | 긴발톱할미새 | | | | ● | | | | | PM | |
| *Motacilla grandis* | 검은등할미새 | | | | | | ● | | | Res | |
| **Family Pycnonotidae** | **직박구리과** | | | | | | | | | | |
| *Hypsipetes amaurotis* | 직박구리 | ● | | ● | ● | ● | ● | 4 | 1.57 | Res | |
| **Family Laniidae** | **때까치과** | | | | | | | | | | |
| *Lanius bucephalus* | 때까치 | | | ● | | ● | ● | | | Res | |
| **Family Troglodytidae** | **굴뚝새과** | | | | | | | | | | |
| *Troglodytes troglodytes* | 굴뚝새 | ● | | | | ● | | | | Res | |
| **Family Muscicapidae** | **딱새과** | | | | | | | | | | |
| *Erithacus cyane* | 쇠유리새 | ● | | | ● | | | | | SV | |
| *Erithacus sibilans* | 울새 | | | ● | | | | | | PM | |
| *Phoenicurus auroreus* | 딱새 | ● | | ● | ● | ● | ● | 2 | 0.78 | Res | |
| *Saxicola torquata* | 검은딱새 | | | | ● | | | | | SV | |

| 학명 | 국명 | 문헌조사 | | | | | | 현지조사 | | 생활형 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 2 지점1 | 4 지점1 | 5 E2, 3 | 6 E1 | 8 강화도 | 9 | 개체수 | 비율 (%) | | |
| **Family Turdidae** | **지빠귀과** | | | | | | | | | | |
| *Monticola solitarius* | 바다직박구리 | | | | ● | | | | | Res | |
| *Turdus dauma* | 호랑지빠귀 | ● | | ● | | | | | | SV | |
| *Turdus hortulorum* | 되지빠귀 | ● | | ● | | | | | | SV | |
| *Turdus naumanni eunomus* | 개똥지빠귀 | ● | | | | ● | | | | WV | |
| *Turdus naumanni naumanni* | 노랑지빠귀 | | | | | ● | | | | WV | |
| *Turdus pallidus* | 흰배지빠귀 | | | ● | ● | | | | | SV | |
| **Family Panubridae** | **붉은머리오목눈이과** | | | | | | | | | | |
| *Paradoxornis webbiana* | 붉은머리오목눈이 | ● | | ● | ● | ● | ● | 55 | 21.57 | Res | |
| **Family Sylviidae** | **휘파람새과** | | | | | | | | | | |
| *Cettia squameiceps* | 숲새 | | | ● | | | | | | SV | |
| *Cyanoptila cyanomelana* | 큰유리새 | ● | | ● | ● | | | | | SV | |
| *Ficedula zanthopygya* | 흰눈썹황금새 | ● | | | | | | | | SV | |
| *Muscicapa latirostris* | 쇠솔딱새 | | | ● | | | | | | PM | |
| *Phylloscopus occipitalis* | 산솔새 | | | ● | | | | | | SV | |
| **Family Aegihalidae** | **오목눈이과** | | | | | | | | | | |
| *Aegithalos caudatus* | 오목눈이 | ● | | ● | ● | ● | | | | Res | |
| **Family Paridae** | **박새과** | | | | | | | | | | |
| *Parus ater* | 진박새 | | | ● | ● | ● | | | | Res | |
| *Parus major* | 박새 | ● | | ● | ● | ● | ● | 3 | 1.18 | Res | |
| *Parus palustris* | 쇠박새 | ● | | ● | ● | ● | | | | Res | |
| *Parus varius* | 곤줄박이 | ● | | ● | ● | | | 9 | 3.53 | Res | |
| **Family Sittidae** | **동고비과** | | | | | | | | | | |
| *Sitta europaea* | 동고비 | ● | | ● | | | | | | Res | |
| **Family Emberizidae** | **멧새과** | | | | | | | | | | |
| *Emberiza elegans* | 노랑턱멧새 | ● | | ● | | ● | | | | Res | |
| *Emberiza rustica* | 쑥새 | | | | | ● | | | | WV | |
| **Family Fringillidae** | **되새과** | | | | | | | | | | |
| *Carduelis sinica ussuriensis* | 방울새 | | | ● | | ● | | | | Res | |
| *Carpodacus roseus* | 양진이 | | | | | ● | | | | WV | |
| *Pyrrhula pyrrhula* | 멋쟁이 | | | | | ● | | | | WV | |
| *Uragus sibiricus* | 긴꼬리홍양진이 | | | | | ● | | | | WV | |
| **Family Ploceidae** | **참새과** | | | | | | | | | | |
| *Passer montanus* | 참새 | ● | | ● | ● | ● | ● | 110 | 43.14 | Res | |
| **Family Sturnidae** | **찌르레기과** | | | | | | | | | | |
| *Sturnus cineraceus* | 찌르레기 | ● | | | ● | ● | | | | SV | |
| **Family Oriolidae** | **꾀꼬리과** | | | | | | | | | | |
| *Oriolus chinensis* | 꾀꼬리 | ● | | ● | ● | | | | | SV | |

| 학명 | 국명 | 문헌조사 | | | | | | 현지조사 | | 생활형 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 2 | 4 | 5 | 6 | 8 | 9 | 개체수 | 비율(%) | | |
| | | 지점1 | 지점1 | E2, 3 | E1 | 강화도 | | | | | |
| **Family Corvidae** | **까마귀과** | | | | | | | | | | |
| *Corvus macrorhynchos* | 큰부리까마귀 | ● | | ● | ● | ● | | 1 | 0.39 | Res | |
| *Cyanopica cyana* | 물까치 | ● | | ● | ● | ● | | | | Res | |
| *Garrulus glandarius* | 어치 | ● | | ● | ● | | | | | Res | |
| *Pica pica* | 까치 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 3 | 1.18 | Res | |
| 종수 | | 41 | 19 | 54 | 54 | 61 | 17 | 21 | - | - | |
| 개체수 | | - | - | - | - | - | - | 255 | - | - | |

주) 1. Res : 텃새, SV : 여름철새, WV : 겨울철새, PM : 나그네새
2. 멸Ⅰ.Ⅱ : 멸종위기 야생생물 Ⅰ.Ⅱ급, 천000 : 천연기념물 제000호

문헌) 2. 제4차 전국자연환경조사 철산(376024)_멸종위기 야생생물(조류), 2016, 국립생태원
4. 제4차 전국자연환경조사 옥림(376033)_멸종위기 야생생물(조류), 2016, 국립생태원
5. 제4차 전국자연환경조사 강화(376062), 2015, 국립생태원
6. 제4차 전국자연환경조사 통진(376071), 2015, 국립생태원
8. 2019-2020년도 겨울철 조류 동시 센서스, 2020, 국립생물자원관
9. 동락천 수해상습지 개선사업 소규모 환경영향평가서, 2017, 인천광역시 종합건설본부

(3) 양서·파충류

1) 문헌조사

○ 문헌1(E5,8,9)조사 결과, 4과 10종이 확인되었으며, 법정보호종은 수원청개구리(멸종위기 야생생물 Ⅰ급) 1종이 확인되었음.

○ 문헌3(E4,7)조사 결과, 6과 11종이 확인되었으며, 법정보호종은 수원청개구리, 표범장지뱀(멸종위기 야생생물 Ⅱ급) 2종이 확인되었음.

○ 문헌5(E2,3)조사 결과, 3과 6종이 확인되었으며, 법정보호종은 확인되지 않음.

○ 문헌6(E1)조사 결과, 3과 7종이 확인되었으며, 금개구리(멸종위기 야생생물 Ⅱ급) 1종이 확인되었음.

○ 문헌9조사 결과, 2과 2종이 확인되었으며, 법정보호종은 확인되지 않음.

2) 현지조사

○ 현지조사 결과, 4과 5종이 확인되었으며, 법정보호종은 확인되지 않음.

○ 참개구리 성체를 직접 목견하였으며, 탐문조사를 통해 두꺼비, 청개구리, 참개구리, 황소개구리, 유혈목이 등이 추가로 확인됨.

○ 조사지역은 저수지를 포함하여 저수지, 논 및 수로, 구릉성 산림, 소하천 등으로 이루어져 있어 습성환경이 발달되어 있고 부분적으로 구릉성 산림이 분포, 서식환경은 양호하나 경작, 차량 이동과 같은 인위적인 간섭이 빈번한 것으로 나타남.

<표 3.5-24> 조사지역의 양서·파충류 목록

| 학명 | 국명 | 문헌조사 | | | | | 현지조사 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 3 | 5 | 6 | 9 | | |
| | | E5,8,9 | E4,7 | E2,3 | E1 | | | |
| **Class Amphibians** | **양서강** | | | | | | | |
| **Order Salientia** | **무미목(개구리목)** | | | | | | | |
| **Family Bombinatoridae** | **무당개구리과** | | | | | | | |
| *Bombina orientalis* | 무당개구리 | ● | | | | | | |
| **Family Hylidae** | **청개구리과** | | | | | | | |
| *Hyla japonica* | 청개구리 | ● | ● | ● | ● | ● | H | |
| *Hyla suweonensis* | 수원청개구리 | ● | ● | | | | | 멸Ⅰ |
| **Family Ranidae** | **개구리과** | | | | | | | |
| *Glandirana rugosa* | 옴개구리 | ● | | ● | | | | |
| *Pelophylax chosenicus* | 금개구리 | | | | ● | | | 멸Ⅱ |
| *Pelophylax nigromaculatus* | 참개구리 | ● | ● | ● | ● | ● | A,H | |
| *Rana coreana* | 한국산개구리 | ● | ● | ● | ● | | | |
| *Rana dybowskii* | 북방산개구리 | ● | ● | ● | ● | | | |
| *Rana huanrenensis* | 계곡산개구리 | ● | | | | | | |
| *Lithobates catesbeianus* | 황소개구리 | ● | ● | | ● | | H | 교란 |
| **Family Bufonidae** | **두꺼비과** | | | | | | | |
| *Bufo gargarizans* | 두꺼비 | ● | ● | ● | ● | | H | |
| **Class Reptilies** | **파충강** | | | | | | | |
| **Order Squamata** | **유린목(뱀목)** | | | | | | | |
| **Family Colubridae** | **뱀과** | | | | | | | |
| *Dinodon rufozonatus* | 능구렁이 | | ● | | | | | |
| *Rhabdophis tigrinus* | 유혈목이 | | | | | | H | |
| **Family Viperidae** | **살모사과** | | | | | | | |
| *Gloydius brevicaudus* | 살모사 | | ● | | | | | |
| **Family Lacertidae** | **장지뱀과** | | | | | | | |
| *Eremias argus* | 표범장지뱀 | | ● | | | | | 멸Ⅱ |
| *Takydromus wolteri* | 줄장지뱀 | | ● | | | | | |
| 종 수 | | 10 | 11 | 6 | 7 | 2 | 5 | |

주) 1. A : 성체, H : 탐문조사
2. 멸Ⅰ·Ⅱ : 멸종위기 야생생물 Ⅰ·Ⅱ급, 교란 : 생태계교란 생물

문헌) 1. 제4차 전국자연환경조사 철산(376024), 2015, 국립생태원
3. 제4차 전국자연환경조사 옥림(376033), 2015, 국립생태원
5. 제4차 전국자연환경조사 강화(376062), 2015, 국립생태원
6. 제4차 전국자연환경조사 통진(376071), 2015, 국립생태원
9. 동락천 수해상습지 개선사업 소규모 환경영향평가서, 2017, 인천광역시 종합건설본부

(4) 육상곤충류

1) 문헌조사

○ 문헌1조사 결과, 육상곤충류는 10목 92과 366종이 확인되었으며, 법정보호종은 물장군(멸종위기 야생생물 Ⅱ급) 1종이 확인되었음.

○ 문헌3조사 결과, 육상곤충류는 9목 70과 299종이 확인되었으며, 법정보호종은 확인되지 않음.

○ 문헌5조사 결과, 육상곤충류는 11목 101과 379종이 확인되었으며, 법정보호종은 확인되지 않음.

○ 문헌6조사 결과, 육상곤충류는 9목 74과 299종이 확인되었으며, 법정보호종은 물방개(멸종위기 야생생물 Ⅱ급) 1종이 확인되었음.

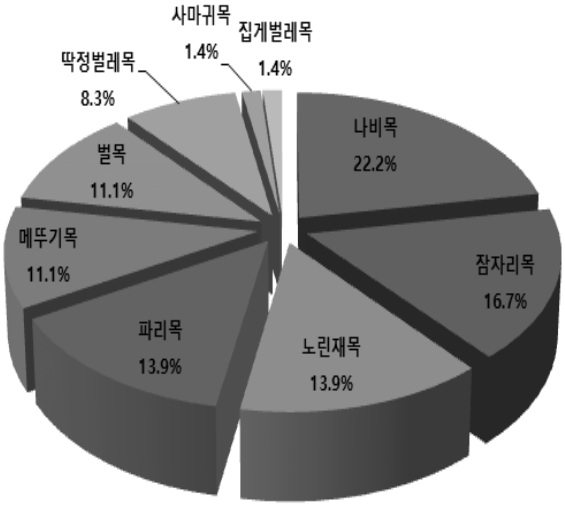
2) 현지조사

○ 현지조사 결과, 육상곤충류는 9목 29과 72종이 확인되었으며, 법정보호종은 확인되지 않음.

○ 현지조사에서 확인된 육상곤충류의 목(Order) 별 다양성을 살펴보면, 나비목이 16종(22.2%)으로 다양성이 가장 높고, 잠자리목 12종(16.7%), 노린재목, 파리목 10종(13.9%), 메뚜기목, 벌목 8종(11.1%), 딱정벌레목 6종(8.3%), 사마귀목, 집게벌레목 1종(1.4%) 순으로 조사되었음.

<표 3.5-25> 육상곤충류의 목(Order)별 분석

| 분류군 | 출현종수 | 비율(%) |
|---|---|---|
| 나비목 | 16 | 22.2 |
| 잠자리목 | 12 | 16.7 |
| 노린재목 | 10 | 13.9 |
| 파리목 | 10 | 13.9 |
| 메뚜기목 | 8 | 11.1 |
| 벌목 | 8 | 11.1 |
| 딱정벌레목 | 6 | 8.3 |
| 사마귀목 | 1 | 1.4 |
| 집게벌레목 | 1 | 1.4 |
| 합 계 | 72 | 100.0 |



(그림 3.5-10) 육상동물 사진

## 다. 육수생물상

(1) 하천 현황

<표 3.5-26> 조사지점 현황

| Wa.1 | N : 37° 47′ 09.16″, E : 126° 28′ 44.19″ | | H 9m |
|---|---|---|---|
| 하천형 | 호소 | 좌안 | 우안 |
| 하폭 | - | | |
| 유폭 | - | | |
| 수심 | 100 이상 | | |
| 유역토지이용 | 농경지, 마을 | | |
| 제방(좌/우) | 자연형 / 자연형 | | |
| 하상구조 | 자갈,큰돌,호박돌,암반 | | |
| Wa.2 | N : 37° 47′ 04.72″, E : 126° 29′ 33.06″ | | H 2m |
| 하천형 | 평지형 | 상류 | 하류 |
| 하폭 | 20 ~ 30 | | |
| 유폭 | 15 ~ 20 | | |
| 수심 | 40 ~ 100이상 | | |
| 유역토지이용 | 농경지 | | |
| 제방(좌/우) | 자연형 / 자연형 | | |
| 하상구조 | 뻘,모래,자갈,큰돌 | | |

(2) 어류

1) 문헌조사

○ 문헌7(삼동암천 유역) 결과, 3과 7종이 확인되었으며, 법정보호종은 확인되지 않았고, 외래도입종인 떡붕어, 배스 2종이 확인되었고, 생태계교란생물인 배스 1종이 확인되었음.

○ 문헌9 결과, 3과 6종이 확인되었으며, 법정보호종은 확인되지 않았음.

2) 현지조사

① 출현 현황

○ 현지조사 결과, 총 6과 13종 110개체로 조사되었으며, 법정보호종은 출현하지 않았음.

○ 고유종인 치리 1종이 출현하였고, 외래도입종이자 생태계교란생물인 배스 1종이 확인되었음.

○ 분류군별 출현 종수는 잉어과 7종으로 조사되었고, 망둑어과 2종, 미꾸리과와 종개과, 송사리과, 검정우럭과가 각 1종이 확인되었음.

○ 출현개체수는 대륙송사리 35개체로 가장 높았고, 치리 27개체, 미꾸라지 11개체, 밀어 10개체, 강준치 7개체, 참붕어 6개체, 배스 5개체 등의 순으로 출현하였음.

○ 대부분 정수역으로 유입하천 인근에 유수역이 분포하여 정수역을 선호하는 어종이 주로 출현하였음.

○ 조사지점에서 출현한 우점종은 대륙송사리이며, 아우점종은 치리로 조사되었음.

② 조사지점별 현황

○ Wa.1에서는 3과 6종으로 조사되었으며, 법정보호종은 출현하지 않았고, 고유종인 치리 1종이 확인되었으며, 외래도입종이자 생태계교란 생물인 배스 1종이 확인되었음.

○ Wa.2에서는 5과 10종이 확인되었으며, 법정보호종은 출현하지 않았고, 고유종인 치리 1종이 조사되었음.

③ 군집지수

○ 우점도 지수는 0.617(Wa.2)~0.621(Wa.1), 다양도 지수는 1.500(Wa.1)~1.697(Wa.2), 풍부도 지수는 1.485(Wa.1)~2.048(Wa.2), 균등도 지수는 0.737(wa.2)~0.837(Wa.1)로 분석되었음.

<표 3.5-27> 어류의 우점종 및 군집지수

| 지점 | 군집지수 | | | | 우점종 | 아우점종 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 우점도 | 다양도 | 풍부도 | 균등도 | | |
| Wa.1 | 0.621 | 1.500 | 1.485 | 0.837 | 치리 | 밀어 |
| Wa.2 | 0.617 | 1.697 | 2.048 | 0.737 | 대륙송사리 | 치리 |

<표 3.5-28> 어류 목록

| 학명 | 국명 | 문헌조사 | | 현지조사 | | | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 7 삼동암천 | 9 | Wa.1 | Wa.2 | 합계 | |
| **Order Cypriniformes** | **잉어목** | | | | | | |
| **Family Cyprinidae** | **잉어과** | | | | | | |
| *Aphyocypris chinensis* | 왜몰개 | ● | | | 1 | 1 | |
| *Zacco platypus* | 피라미 | ● | | | | | |
| *Carassius auratus* | 붕어 | | ● | 4 | | 4 | |
| *Carassius cuvieri* | 떡붕어 | ● | | | | | 도 |
| *Cyprinus carpio* | 잉어 | | ● | 1 | | 1 | |
| *Abbottina rivularis* | 버들매치 | | ● | | 1 | 1 | |
| *Pseudorasbora parva* | 참붕어 | ● | ● | | 6 | 6 | |
| *Culter erythropterus* | 강준치 | | | 1 | 6 | 7 | |
| *Hemiculter eigenmanni* | 치리 | | | 12 | 15 | 27 | 고 |
| *Hemiculter leucisculus* | 살치 | ● | | | | | |
| **Family Cobitidae** | **미꾸리과** | | | | | | |
| *Misgurnus mizolepis* | 미꾸라지 | | | | 11 | 11 | |
| **Family Balitoridae** | **종개과** | | | | | | |
| *Lefua costata* | 쌀미꾸리 | | | | 1 | 1 | |
| **Order Gobiiformes** | **망둑어목** | | | | | | |
| **Family Gobiidae** | **망둑어과** | | | | | | |
| *Rhinogobius brunneus* | 밀어 | | ● | 6 | 4 | 10 | |
| *Tridentiger brevispinis* | 민물검정망둑 | | | | 1 | 1 | |
| **Order Beloniformes** | **동갈치목** | | | | | | |
| **Family Adrianichthyidae** | **송사리과** | | | | | | |
| *Oryzias sinensis* | 대륙송사리 | ● | ● | | 35 | 35 | |
| **Order Perciformes** | **농어목** | | | | | | |
| **Family Centrarchidae** | **검정우럭과** | | | | | | |
| *Micropterus salmoides* | 배스 | ● | | 5 | | 5 | 도,교 |
| 종 수 | | 7 | 6 | 6 | 10 | 13 | |
| 개 체 수 | | - | - | 29 | 81 | 110 | |

주) 도 : 외래도입종, 고 : 고유종, 교 : 생태계교란 생물

문헌) 7. 제4차 전국자연환경조사 삼동암천 유역, 2014, 국립생태원

9. 동락천 수해상습지 개선사업 소규모환경영향평가서, 2017, 인천광역시 종합건설본부

(3) 저서성 대형 무척추동물

1) 문헌조사

○ 문헌7(6,7지점) 결과, 18과 22종이 확인되었으며, 법정보호종은 확인되지 않았음. 외래도입종인 왕우렁이 1종이 기록되어 있었음.

○ 문헌9 결과, 9과 9종이 확인되었으며, 법정보호종은 확인되지 않았음.

2) 현지조사

① 출현 현황

○ 현지조사 결과, 총 3문 4강 8목 15과 20종 363개체로 조사되었으며, 법정보호종은 관찰되지 않았음.

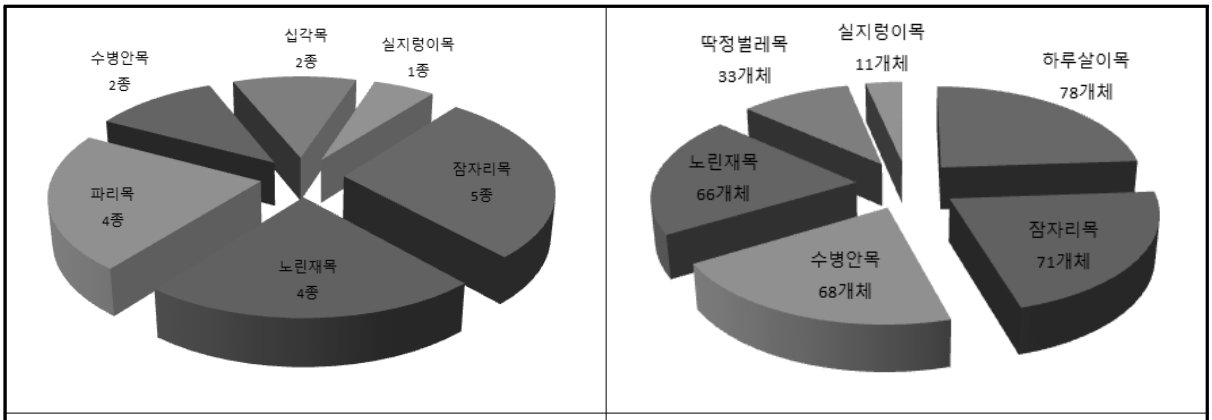
- Wa.1 : 11종 223개체, 법정보호종 미확인
- Wa.2 : 13종 140개체, 법정보호종 미확인

○ 그 중 비곤충류가 5종 86개체로 나타났음. 곤충류는 15종 277개체로 나타났으며, 하루살이목 1종 78개체, 잠자리목 5종 71개체, 노린재목 4종 66개체, 딱정벌레목 1종 33개체, 파리목 4종 29개체 등의 순으로 나타남.

○ 현지조사 지점은 대산저수지(Wa.1)와 하류수계(Wa.2)에 대한 조사를 실시하였음. 조사된 지점은 정수역을 형성하고 있었으며, 수심이 깊어 다양한 생물은 관찰되지 않았음.

<표 3.5-29> 저서성 대형 무척추동물의 분류군별 종수 및 개체수 비율(%)

| 문 | | 강 | 목 | 과 | 종 | 종비율(%) | 개체수 | 개체수 비율(%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 연체동물문 | | 복족강 | 수병안목 | 2 | 2 | 10.0 | 68 | 18.7 |
| 환형동물문 | | 환대강 | 실지렁이목 | 1 | 1 | 5.0 | 11 | 3.0 |
| 절지동물문 | | 연갑강 | 십각목 | 2 | 2 | 10.0 | 7 | 1.9 |
| | | 곤충강 | 하루살이목 | 1 | 1 | 5.0 | 78 | 21.5 |
| | | | 잠자리목 | 2 | 5 | 25.0 | 71 | 19.6 |
| | | | 노린재목 | 3 | 4 | 20.0 | 66 | 18.2 |
| | | | 딱정벌레목 | 1 | 1 | 5.0 | 33 | 9.1 |
| | | | 파리목 | 3 | 4 | 20.0 | 29 | 8.0 |
| 합계 | 23문 | 4강 | 8목 | 15과 | 20종 | 100.0 | 363개체 | 100.0 |




| 종수 구성 | 개체수 구성 |
|---|---|

(그림 3.5-11) 저서성 대형 무척추동물의 목별 종수 및 개체수 현황

② 군집지수

○ Wa.1의 우점종은 연못하루살이, 아우점종은 왼돌이물달팽이, Wa.2의 우점종은 송장헤엄치게, 아우점종은 등검은실잠자리로 확인되었음.

○ 우점도 지수는 0.479(Wa.2) ~ 0.525(Wa.1)의 범위, 다양도 지수는 2.807(Wa.1) ~ 3.070(Wa.2), 풍부도 지수는 1.849(Wa.1) ~ 2.428(Wa.2), 균등도 지수는 0.811(Wa.1) ~ 0.830(Wa.2)로 확인되었음.

<표 3.5-30> 저서성 대형 무척추동물의 우점종 및 군집지수

| 지점 | 군집지수 | | | | 우점종 | 아우점종 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 우점도 | 다양도 | 풍부도 | 균등도 | | |
| Wa.1 | 0.525 | 2.807 | 1.849 | 0.811 | 연못하루살이 | 왼돌이물달팽이 |
| Wa.2 | 0.479 | 3.070 | 2.428 | 0.830 | 송장헤엄치게 | 등검은실잠자리 |

③ 저서성 대형 무척추동물을 이용한 수질평가

○ 산출된 ESB 지수는 Wa.1에서 "22"로 산출되어 수질등급은 "Ⅲ등급", Wa.2에서 "27"로 산출되어 수질등급은 "Ⅱ등급"으로 평가되었음.

<표 3.5-31> 저서성 대형 무척추동물의 ESB지수와 오수생물계열 및 환경질 평가

| 지점 | ESB | 오수생물계열 | 환경질평가 | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 환경상태 | 지역구분 | 수질등급 |
| Wa.1 | 22 | β-중부수성 | 불량 | 우선개선수역 | III |
| Wa.2 | 27 | β-중부수성 | 다소불량 | 개선수역 | II |

<표 3.5-32> 저서성 대형 무척추동물 목록

| 학명 | 국명 | 문헌조사 | | 현지조사 | | | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 7<br>6,7지점 | 9 | Wa.1 | Wa.2 | 종합 | |
| **Phylum Mollusca** | **연체동물문** | | | | | | |
| **Class Gastropoda** | **복족강** | | | | | | |
| **Order Architaenioglossa** | **고설목** | | | | | | |
| **Family Viviparidae** | **논우렁이과** | | | | | | |
| *Cipangopaludina chinensis malleata* | 논우렁이 | ● | | | | | |
| **Family Ampullariidae** | **사과우렁이과** | | | | | | |
| *Pomacea canaliculata* | 왕우렁이 | ● | | | | | 외 |
| **Order Systellommatophora** | **수병안목** | | | | | | |
| **Family Lymnaeidae** | **물달팽이과** | | | | | | |
| *Fossaria truncatula* | 긴애기물달팽이 | ● | | | | | |
| *Lymnaea auricularia* | 물달팽이 | ● | | 7 | | 7 | |
| **Family Physidae** | **왼돌이물달팽이과** | | | | | | |
| *Physa acuta* | 왼돌이물달팽이 | | | 54 | 7 | 61 | |
| **Family Planorbidae** | **또아리물달팽이과** | | | | | | |
| *Hippeutis cantori* | 수정또아리물달팽이 | ● | | | | | |
| **Order Littorinimorpha** | **총알고둥목** | | | | | | |
| **Family Bithyniidae** | **쇠우렁이과** | | | | | | |
| *Parafossarulus manchouricus* | 쇠우렁이 | ● | | | | | |
| **Phylum Annelida** | **환형동물문** | | | | | | |
| **Class Clitellata** | **환대강** | | | | | | |
| **Order Tubificida** | **실지렁이목** | | | | | | |
| **Family Tubificidae** | **실지렁이과** | | | | | | |
| *Limnodrilus gotoi* | 실지렁이 | | | | 11 | 11 | |
| *Limnodrilus* sp. | 실지렁이류 | | ● | | | | |
| **Order Arhynchobdellidae** | **턱거머리목** | | | | | | |
| **Family Hirudinidae** | **거머리과** | | | | | | |
| *Whitmania edentula* | 녹색말거머리 | ● | | | | | |
| **Family Erpobdellidae** | **돌거머리과** | | | | | | |
| *Erpobdella lineata* | 돌거머리 | ● | | | | | |
| **Phylum Arthropoda** | **절지동물문** | | | | | | |
| **Class Malacostraca** | **연갑강** | | | | | | |
| **Order Isopoda** | **등각목** | | | | | | |
| **Family Asellidae** | **물벌레과** | | | | | | |

| 학명 | 국명 | 문헌조사 | | 현지조사 | | | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 7<br>6,7지점 | 9 | Wa.1 | Wa.2 | 종합 | |
| *Asellus* sp. | 물벌레류 | | ● | | | | |
| **Order Decapoda** | **십각목** | | | | | | |
| **Family Atyidae** | **새뱅이과** | | | | | | |
| *Neocaridina denticulata denticulata* | 새뱅이 | | | 1 | | 1 | |
| **Family Palaemonidae** | **징거미새우과** | | | | | | |
| *Palaemon paucidens* | 줄새우 | ● | | 6 | | 6 | |
| **Class Insecta** | **곤충강** | | | | | | |
| **Order Ephemeroptera** | **하루살이목** | | | | | | |
| **Family Potamanthidae** | **강하루살이과** | | | | | | |
| *Potamanthus formosus* | 작은강하루살이 | | ● | | | | |
| **Family Heptageniidae** | **납작하루살이과** | | | | | | |
| *Ecdyonurus levis* | 네점하루살이 | | ● | | | | |
| **Family Baetidae** | **꼬마하루살이과** | | | | | | |
| *Baetis fuscatus* | 개똥하루살이 | | ● | | | | |
| *Cloeon dipterum* | 연못하루살이 | | | 63 | 15 | 78 | |
| **Order Odonata** | **잠자리목** | | | | | | |
| **Family Coenagrionoidae** | **실잠자리과** | | | | | | |
| *Ischnura asiatica* | 아시아실잠자리 | ● | ● | 13 | 13 | 26 | |
| *Paracercion clamorum* | 등검은실잠자리 | ● | | | 32 | 32 | |
| **Family Libellulidae** | **잠자리과** | | | | | | |
| *Deielia phaon* | 밀잠자리붙이 | | | 4 | 2 | 6 | |
| *Pantala flavescens* | 된장잠자리 | | | | 2 | 2 | |
| *Sympetrum eroticum* | 두점박이좀잠자리 | | | | 5 | 5 | |
| **Order Hemiptera** | **노린재목** | | | | | | |
| **Family Corixidae** | **물벌레과** | | | | | | |
| *Micronecta (Basileonecta) sedula* | 꼬마물벌레 | | | 24 | | 24 | |
| *Sigara (Tropocorixa) substriata* | 방물벌레 | ● | | | 6 | 6 | |
| **Family Notonectidae** | **송장헤엄치게과** | | | | | | |
| *Notonecta (Paranecta) triguttata* | 송장헤엄치게 | | | | 35 | 35 | |
| **Family Nepidae** | **장구애비과** | | | | | | |
| *Ranatra chinensis* | 게아재비 | | | | 1 | 1 | |
| *Ranatra unicolor* | 방게아재비 | ● | | | | | |
| **Family Gerridae** | **소금쟁이과** | | | | | | |

| 학명 | 국명 | 문헌조사 | | 현지조사 | | | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 7<br>6,7지점 | 9 | Wa.1 | Wa.2 | 종합 | |
| *Aquaris paludum paludum* | 소금쟁이 | ● | | | | | |
| **Order Coleoptera** | **딱정벌레목** | | | | | | |
| **Family Dytiscidae** | **물방개과** | | | | | | |
| *Rhantus (Rhantus) suturalis* | 애기물방개 | ● | | | | | |
| **Family Haliplidae** | **물진드기과** | | | | | | |
| *Haliplus (Liaphlus) eximius* | 큰물진드기 | ● | | | | | |
| **Family Hydrophilidae** | **물땡땡이과** | | | | | | |
| *Enochrus (Holcophilydrus) simulans* | 애넓적물땡땡이 | ● | | | | | |
| *Helochares (Hydrobaticus) nipponicus* | 좀물땡땡이 | ● | | | | | |
| *Sternolophus (Sternologphus) rufipes* | 애물땡땡이 | ● | | | | | |
| **Family Chrysomelidae** | **잎벌레과** | | | | | | |
| *Galerucella (Galerucella) nipponensis* | 일본잎벌레 | | | 33 | | 33 | |
| **Order Diptera** | **파리목** | | | | | | |
| **Family Tipulidae** | **각다귀과** | | | | | | |
| *Tipula* KUa | 각다귀 KUa | ● | | | | | |
| **Family Chironomidae** | **깔따구과** | | | | | | |
| Chironomidae sp.(W) | 깔따구류(비적색형) | | | | 10 | 10 | |
| Chironomidae sp.(R) | 깔따구류(적색형) | | | 6 | | 6 | |
| Chironomidae sp. | 깔따구류 | ● | | | | | |
| Chironomidae sp.1 | 깔따구류1 | | ● | | | | |
| **Family Stratiomyiidae** | **동애등에과** | | | | | | |
| *Odontomyia garatas* | 범동애등에 | ● | | | | | |
| *Stratiomyia* KUa | 줄동애등에 KUa | | | | 1 | 1 | |
| **Family Culicidae** | **모기과** | | | | | | |
| Culicidae sp. | 모기류 | | | 12 | | 12 | |
| **Order Trichoptera** | **날도래목** | | | | | | |
| **Family Hydropsychidae** | **줄날도래과** | | | | | | |
| *Cheumatopsyche brevilineata* | 꼬마줄날도래 | | ● | | | | |
| **Family Lepidostomatidae** | **네모집날도래과** | | | | | | |
| *Lepidostoma* KUa | 네모집날도래 KUa | | ● | | | | |
| 종 수 | | 22 | 9 | 11 | 13 | 20 | |
| 개 체 수 | | - | - | 223 | 140 | 363 | |

주) 외 : 외래도입종
문헌) 7. 제4차 전국자연환경조사 삼동암천 유역, 2014, 국립생태원
9. 동락천 수해상습지 개선사업 소규모 환경영향평가서, 인천광역시 종합건설본부, 2017

(그림 3.5-12) 육수생물 사진

### 라. 법정보호종

<표 3.5-33> 법정보호종 출현 현황

| 구분 | 종명 (국명) | 멸종위기 야생생물 | | 천연기념물 | 문헌조사 | | | | | | | | | 현지 조사 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Ⅰ급 | Ⅱ급 | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| 조류 | 저어새 | ✓ | - | 제205-1호 | | ● | | ● | | | | | - | |
| | 황조롱이 | - | - | 제323-8호 | | ● | | | | ● | | ● | ● | |
| | 개리 | - | ✓ | 제325-1호 | | | | ● | | | | | | |
| | 큰기러기 | - | ✓ | - | | | | ● | | | | ● | | |
| | 원앙 | - | - | 제327호 | | | | | ● | | | | | |
| | 소쩍새 | - | - | 제324-6호 | | | | | ● | | | | | |
| | 긴점박이올빼미 | - | ✓ | - | | | | | ● | | | | | |
| | 참매 | - | ✓ | 제323-1호 | | | | | | | | ● | | |
| | 새매 | - | ✓ | 제323-4호 | | | | | | | | ● | | |
| | 독수리 | - | ✓ | 제243-1호 | | | | | | | | ● | | |
| | 흰꼬리수리 | ✓ | - | 제243-4호 | | | | | | | | ● | | |
| | 두루미 | ✓ | - | 제202호 | | | | | | | | ● | | |
| 양서. 파충류 | 수원청개구리 | ✓ | - | - | ● | | ● | | | | | | | |
| | 표범장지뱀 | - | ✓ | - | | | ● | | | | | | | |
| | 금개구리 | - | ✓ | - | | | | | | ● | | | | |
| 육상 곤충류 | 물방개 | - | ✓ | - | | | | | | ● | | | | |
| | 물장군 | - | ✓ | - | ● | | | | | | | | | |
| 종합 | 17종 | 4 | 10 | 10 | 2종 | 2종 | 2종 | 3종 | 3종 | 3종 | - | 7종 | 1종 | - |

문헌) 1. 제4차 전국자연환경조사 철산(376024), 2015, 국립생태원
2. 제4차 전국자연환경조사 철산(376024)_멸종위기 야생생물(조류), 2016, 국립생태원
3. 제4차 전국자연환경조사 옥림(376033), 2015, 국립생태원
4. 제4차 전국자연환경조사 옥림(376033)_멸종위기 야생생물(조류), 2016, 국립생태원
5. 제4차 전국자연환경조사 강화(376062), 2015, 국립생태원
6. 제4차 전국자연환경조사 통진(376071), 2015, 국립생태원
7. 제4차 전국자연환경조사 삼동암천 유역, 2014, 국립생태원
8. 2019-2020년도 겨울철 조류 동시 센서스, 2020, 국립생물자원관
9. 동락천 수해상습지 개선사업 소규모 환경영향평가서, 2017, 인천광역시 종합건설본부

1) 문헌조사

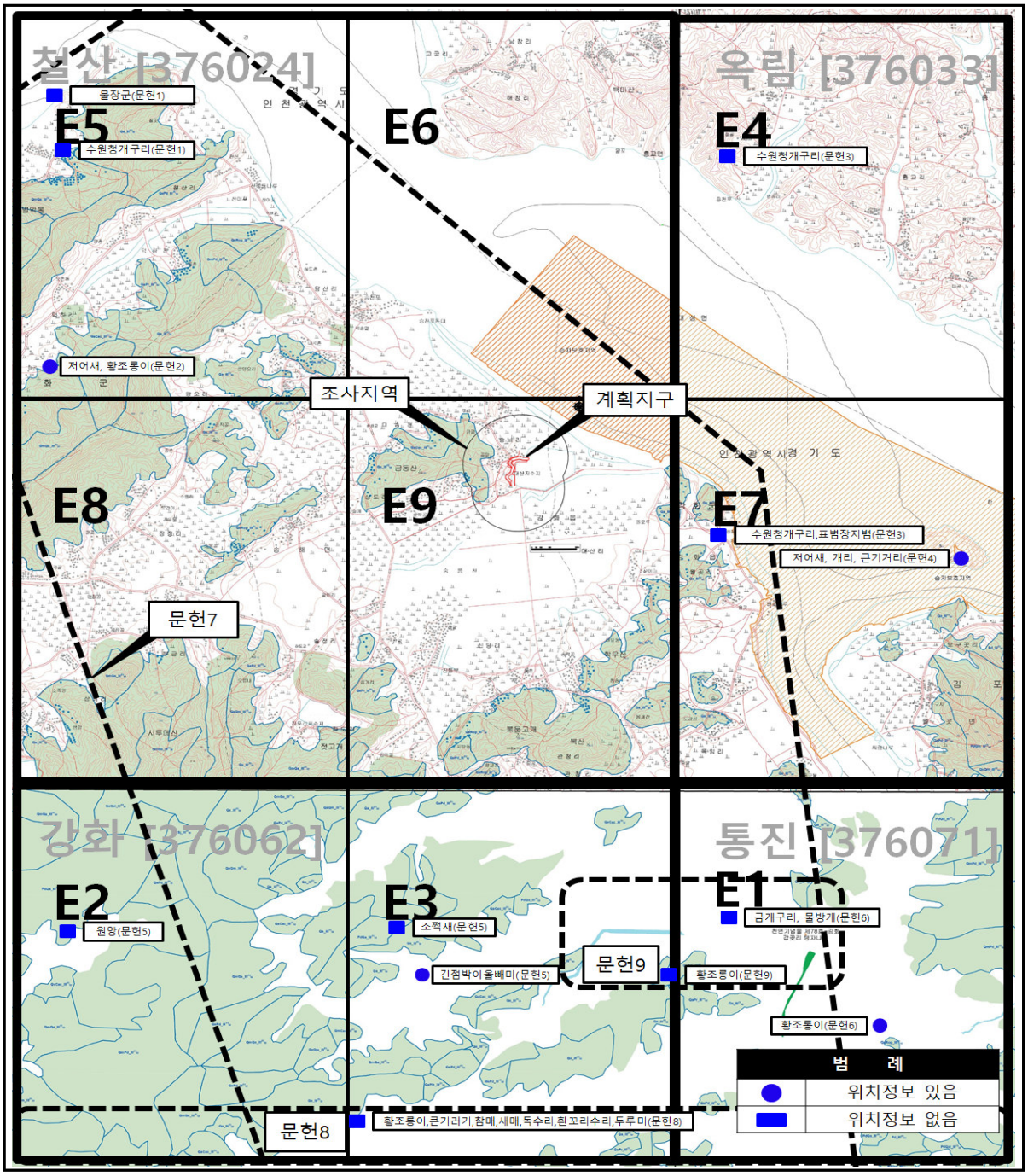
○ 문헌조사 결과, 법정보호종은 조류 분류군은 저어새(멸종위기 야생생물 Ⅰ급, 천연기념물 제205-1호), 황조롱이(천연기념물 제323-8호), 개리(멸종위기 야생생물 Ⅱ급, 천연기념물 제325-1호), 큰기러기(멸종위기 야생생물 Ⅱ급), 원앙(천연기념물 제327호), 소쩍새(천연기념물 제324-6호), 긴점박이올빼미(멸종위기 야생생물 Ⅱ급), 참매(멸종위기 야생생물 Ⅱ급, 천연기념물 제323-1호), 새매(멸종위기 야생생물 Ⅱ급, 천연기념물 제323-4호), 독수리(멸종위기 야생생물 Ⅱ급, 천연기념물 제243-1호), 흰꼬리수리(멸종위기 야생생물 Ⅰ급, 천연기념물 제243-4호), 두루미(멸종위기 야생생물 Ⅰ급, 천연기념물 제202호) 등 12종이 확인되었음.

○ 양서.파충류 분류군은 수원청개구리(멸종위기 야생생물 Ⅰ급), 표범장지뱀(멸종위기 야생생물 Ⅱ급), 금개구리(멸종위기 야생생물 Ⅱ급) 등 3종이 확인되었음.

○ 육상곤충류는 물방개(멸종위기 야생생물 Ⅱ급), 물장군(멸종위기 야생생물 Ⅱ급) 등 2종이 확인되었음.

2) 현지조사

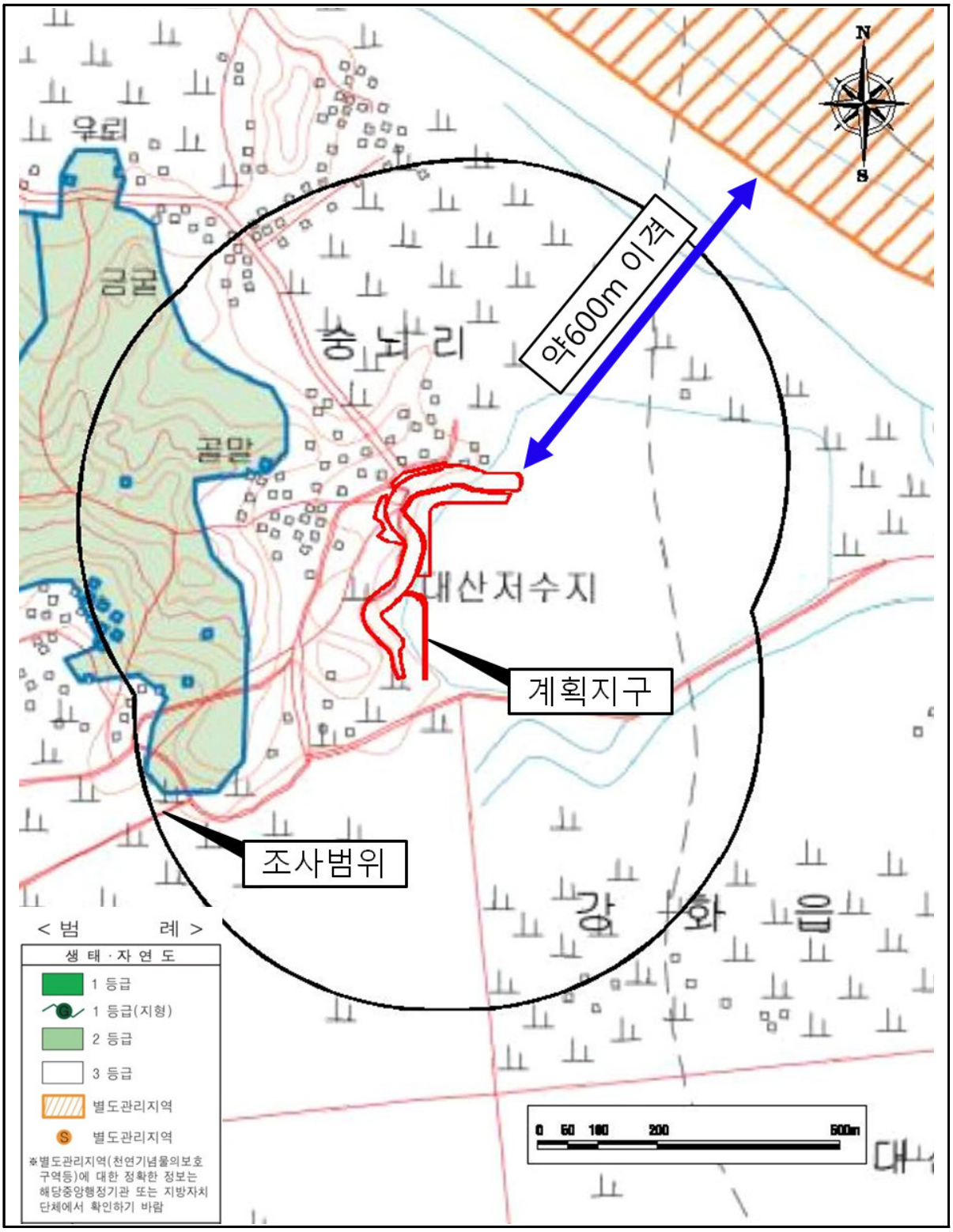
○ 현지조사 결과, 법정보호종은 확인되지 않았음.




(그림 3.5-13) 법정보호종 위치도(문헌조사)

### 마. 생태·자연도

○ 생태·자연도 검토결과, 계획지구 및 주변지역은 대부분 3등급 권역으로 확인되었으며, 계획지구의 북동쪽으로 약 600m 이격된 거리에 한강하구습지보호지역이 분포하고 있었음.




(그림 3.5-14) 생태·자연도

### 3.5.5 영향예측

(1) 예측항목

○ 육상식물상 : 계획시행으로 인한 영향

○ 육상동물상 : 계획시행으로 인한 영향

○ 육수생물상 : 계획시행으로 인한 영향

(2) 예측범위

○ 계획지구 및 주변지역 내 주요 영향예상지역

(3) 예측방법

○ 문헌 및 현장조사 자료를 근거로 하여 계획시행에 따른 영향정도를 예측

(4) 예측결과

**가. 육상식물상**

(1) 식물상 및 식생

○ 공사시 계획지구 내 분포하는 초본류와 관목류의 훼손은 불가피할 것으로 예상되나, 계획시행 후 인근으로 분포하는 관속식물의 유입이 예상됨.

○ 계획시행시 토공작업, 공사차량 운행 등에 따라 발생하는 비산먼지, 매연 및 각종 대기오염물질은 계획지구와 인접하여 분포하는 관속식물들의 생육에 영향을 미칠 것으로 예상되나, 이는 일시적으로 추후 안정화될 것으로 사료됨.

1) 멸종위기 야생생물

○ 현지조사 결과, 본 계획지구 및 조사지역 내 멸종위기 야생생물은 분포하지 않는 것으로 확인되어 계획시행으로 인한 영향은 없을 것으로 예상됨

2) 희귀식물

○ 현지조사 결과, 계획지구 및 조사지역 내 산림청 지정 희귀식물은 VU(취약종)등급의 주목 1분류군, LC(약관심종)등급 구상나무, 측백나무 2분류군 등 총 3분류군이 확인되었으며, 모두 계획지구 외 조사지역 내에서 식재된 개체가 확인된 바, 계획시행으로 인한 영향은 미미할 것으로 예상됨.

3) 특산식물

○ 현지조사 결과, 계획지구 및 조사지역 내 한반도 특산식물은 구상나무, 오동나무, 개나리, 은사시나무 등으로 총 4분류군이 조사되었으며, 모두 계획지구 외 조사지역 내의 시설지 및 주거지, 경작지 인근으로 식재되어 있는 것으로 확인된 바, 계획시행으로 인한 영향은 없을 것으로 예상됨.

4) 식물구계학적 특정식물

○ 현지조사 결과, 계획지구 및 조사지역 내 식물구계학적 특정식물은 Ⅳ등급 측백나무, 등 2분류군, Ⅲ등급 구상나무, 산벚나무, 낭아초 등 3분류군, Ⅱ등급 주목, 잣나무 2분류군, Ⅰ등급 회양목, 사철나무, 송악, 오갈피나무, 보풀 5분류군 등 총 12분류군이 조사되었음.

○ 현지조사시 확인된 식물구계학적 특정식물 중 송악과 보풀을 제외한 나머지 10분류군은 모두 계획지구 외 조사지역 내에서 식재된 것으로 확인되었으며, 보풀은 계획지구 인근의 경작지 내에서 소수개체가 확인되었고 송악은 인근 산림에서 출현한 바, 계획시행으로 인한 영향은 미미할 것으로 예상됨.

5) 생태계교란 생물

○ 현지조사 결과, 본 계획지구 및 조사지역에서 확인된 가시박, 환삼덩굴, 가시상추, 미국쑥부쟁이, 단풍잎돼지풀, 돼지풀은 도로변 및 하천변, 수변부 등 양지바른 곳이면 어느 곳에서나 왕성하게 자라 무리를 이루는 것이 특징이며, 시간경과에 따라 분포지역이 점차 확산되고 다른 식물의 생장에 악영향을 미칠 수 있을 것으로 예상됨.

(2) 식생의 변화

1) 식생보전등급의 변화

○ 사업시행 전.후 식생보전등급은 Ⅴ등급을 유지할 것으로 판단됨.

**나. 육상동물상**

(1) 포유류

○ 계획시행에 발생되는 소음 및 진동 등의 교란요인 증가에 따른 간접적인 영향이 예상되나, 저수지 주변에 산림 및 초지가 다수 분포하고 활동반경이 넓은 포유류의 특성상 간섭요인 발생시 주변지역으로 회피하여 서식할 것으로 판단되어 공사로 인한 직접적인 영향은 미미할 것으로 예상됨.

(2) 조류

○ 계획시행시 소음 및 진동 등의 발생시 계획지구 주변에 서식하는 산림성 조류의 경우 주변 산림으로 회피할 것으로 예상되며, 수조류의 경우 주변 수계, 농수로, 논 등으로 회피할 것으로 예상되어 계획시행에 따른 직접적인 영향은 미미할 것으로 예상됨.

(3) 양서·파충류

○ 양서.파충류의 경우, 타분류군에 비해 이동성이 낮아 활동범위가 제한적이므로 계획시행으로 인한 직접적인 영향을 받을 것으로 예상됨.

○ 특히, 양서류의 경우 계획지구 내 습성환경이 분포함에 따라 개체수 감소 등의 직접적인 영향을 받을 것으로 예상되며, 이에 따른 저감방안이 필요할 것으로 판단됨.

(4) 육상곤충류

○ 계획시행과 더불어 토목공정 등의 공사시, 장비 및 공사차량에 의해 발생하는 비산먼지는 곤충의 주먹이원이 되는 식물의 잎을 덮고 이는 먹이원 감소를 초래하여 개체군의 일시적 감소가 예상됨.

**다. 육수생물상**

○ 저수지 내.외부에 호내경작지제거, 조합형습지, 표토제거, 침강지 등의 공사가 예정되어 있어 사업 시행으로 인한 직간접적인 영향이 있을 것으로 판단됨.

○ 조사지역에서 확인된 육수동물은 오염에 대한 내성의 범위가 넓은 종으로 공사로 인한 토사의 유입, 하상교란, 수변식물 훼손 등의 물리적인 교란으로 인해 종수 및 개체수의 감소가 예상되나, 우리나라에서 보편적으로 서식하는 종으로 일시적 소실이 발생하더라도 공사가 완료되면 빠르게 회복될 것으로 예상됨.

○ 공사시 토사 등의 유입, 또는 공사중 발생되는 오폐수의 유입, 폐유·쓰레기 등의 수계 유입에 의한 교란이 발생될 수 있는 바 이에 대한 저감방안이 수립되어야함.

○ 계획시행시 공사기간 동안 강우가 내릴 경우 절.성토 지역과 나지의 노면에 내린 우수가 지표를 따라 대산저수지 내로의 토사유출이 발생할 것으로 예상됨.

**라. 법정보호종**

<표 3.5-34> 법정보호종 서식특성 및 영향예측

| 국명 | 서식특성 | 영향예측 | 비고 |
|---|---|---|---|
| 저어새<br>(멸종위기 야생생물 Ⅰ급, 천연기념물 제205-1호) | ·여름철새이자 텃새로 3월부터 11월까지 해안지역을 중심으로 서식함<br>·봄철 물을 가둔 논, 강 하구, 얕은 해안이나 바닷물이 드나드는 갯벌, 작은 물웅덩이 등을 선호함<br>·작은 물고기, 개구리, 올챙이, 갑각류(새우, 게)를 주로 잡아먹음 | ·계획지구로부터 북측, 동측 한강하구 등 갯벌지역을 기반으로 서식할 것으로 판단, 계획지구 일원 출현가능성이 낮은바, 계획시행으로 인한 영향은 없을 것으로 예측됨 | 문헌2<br>문헌4 |
| 원앙<br>(천연기념물 제327호) | ·텃새이자 겨울철새임<br>·텃새는 전국의 호소, 하천 등 서식, 번식은 참나무가 울창한 숲과 마을의 고목에서 번식함<br>·4~7월에 번식, 7~12개의 알을 낳음 | ·서식지를 훼손하는 공사가 없음에 따라 직접적인 영향은 없을 것으로 예상, 간섭 발생시 계획지구 일대를 회피할 것으로 예측됨 | 문헌5 |

| 국명 | 서식특성 | 영향예측 | 비고 |
|---|---|---|---|
| 개리<br>(멸종위기<br>야생생물 Ⅱ급,<br>천연기념물<br>제325-1호) | ·겨울철새이자 나그네새로 주로 갯벌, 강 하구 등에서 관찰됨<br>·수생식물의 잎이나 줄기 및 뿌리, 풀, 벼, 보리, 밀 등을 먹으며, 강이나 하천 등지의 땅 위 움푹 파인 곳에 마른 풀줄기를 깔아 둥우리를 만듬 | ·계획지구로부터 북측, 동측 한강하구 등 갯벌지역을 기반으로 도래할 것으로 판단, 계획지구 일원 출현가능성이 낮은바, 계획시행으로 인한 영향은 없을 것으로 예측됨 | 문헌4 |
| 큰기러기<br>(멸종위기<br>야생생물 Ⅱ급) | ·겨울철새로 넓은 농경지가 있는 평야지대, 강 하구, 대규모 간척지 등에 도래함<br>·주로 논에 떨어진 벼 이삭이나 물풀과 풀뿌리 등을 먹음 | ·계획지구 남측 한강하구 인근 넓은 농경지를 기반으로 도래할 것으로 판단됨에 따라 계획시행으로 인한 영향은 없을 것으로 예측됨 | 문헌4<br>문헌8 |
| 참매<br>(멸종위기<br>야생생물 Ⅱ급,<br>천연기념물<br>제323-1호) | ·텃새이자 겨울철새로 산림, 야산 인근 농경지 및 하천변 등에서 주로 관찰되며, 번식기에는 비교적 깊은 산림에서 서식함<br>·소형포유류 및 날아다니는 조류를 추적해 잡아먹으며, 산란기는 5~6월경임 | ·계획지구 일원 구릉성 산림에 서식하며, 하천 및 경작지를 먹이터로 이용할 것으로 판단됨<br>·소규모 습지, 침강지를 조성하는 사업특성상 직접적인 영향은 미미할 것으로 판단되며, 간섭 발생시 계획지구 일대를 회피할 것으로 예측됨 | 문헌8 |
| 새매<br>(멸종위기<br>야생생물 Ⅱ급,<br>천연기념물<br>제323-4호) | ·겨울철새이자 텃새로 농경지, 하천, 도서 등에서 주로 관찰되며, 번식기에는 약간 높은 산지나 숲속에서 서식하는 맹금류임<br>·소형조류 및 작은 곤충, 설치류 등을 잡아먹으며, 산란기는 5~6월임 | ·계획지구 일원 구릉성 산림에 도래, 하천 및 경작지를 먹이터로 이용할 것으로 판단됨<br>·소규모 습지, 침강지를 조성하는 사업특성상 직접적인 영향은 미미할 것으로 판단되며, 간섭 발생시 계획지구 일대를 회피할 것으로 예측됨 | 문헌8 |
| 독수리<br>(멸종위기<br>야생생물 Ⅱ급,<br>천연기념물<br>제243-1호) | ·겨울철새로 하천, 하구, 농경지 등 개활지에서 월동하며, 비무장 지대 인근을 중심으로 많은 개체가 도래함<br>·동물의 사체 등을 먹으며, 알은 2~3월 사이에 1~2개를 낳음 | ·계획지구 남측 한강하구 인근 넓은 농경지를 기반으로 도래할 것으로 판단됨에 따라 계획시행으로 인한 영향은 없을 것으로 예측됨 | 문헌8 |
| 흰꼬리수리<br>(멸종위기<br>야생생물 Ⅰ급,<br>천연기념물<br>제243-4호) | ·겨울철새로 해안, 소택지, 호수, 하구 등 넓은 수면을 낀 지역을 중심으로 단독 생활함<br>·작은 동물, 조류, 어류, 양서류, 파충류, 곤충류 등을 먹으며, 어류 중 연어와 송어를 선호하는 것으로 알려짐 | ·계획지구 북측, 동측 넓은 수면을 끼고 있는 한강하구 인근을 기반으로 도래할 것으로 판단됨에 따라 계획시행으로 인한 영향은 없을 것으로 예측됨 | 문헌8 |
| 황조롱이<br>(천연기념물<br>제323-8호) | ·도시 건물에서도 번식하는 텃새로서, 우리나라 전역에서 흔히 볼 수 있는 맹금류임<br>·산지에서 번식한 무리가 겨울에는 평지로 내려와 흔히 눈에 띄며, 번식기는 4월~7월임 | ·인위적 교란에 어느 정도 적응되어 있고 활동반경이 넓어 출현 가능성이 있으나, 적응탄력성이 높은 종으로 계획시행으로 인한 직접적인 영향은 미미할 것으로 예측됨 | 문헌2<br>문헌6<br>문헌8<br>문헌9 |
| 두루미<br>(멸종위기<br>야생생물 Ⅰ급,<br>천연기념물<br>제202호) | ·겨울철새로 주로 DMZ일대의 논, 율무밭, 옥수수밭 등에서 먹이활동을 하고, 결빙된 저수지, 강의 모래톱 등을 잠자리로 이용함<br>·주로 가족단위로 생활하며 겨울에는 큰 무리를 형성하기도 함 | ·계획지구 남측 한강하구 인근 넓은 농경지를 기반으로 도래할 것으로 판단됨에 따라 계획시행으로 인한 영향은 없을 것으로 예측됨 | 문헌8 |

| 국명 | 서식특성 | 영향예측 | 비고 |
|---|---|---|---|
| 소쩍새<br>(천연기념물<br>제324-6호) | ·여름철새로 야행성이며 상위포식자임<br>·주로 곤충을 잡아먹지만 작은 조류나 쥐도 잡아먹음<br>·번식기는 5월~6월, 나무 구멍에 산란함 | ·계획지구 일원으로 도래 가능한 산림의 분포가 미약한 바, 계획시행으로 인한 직접적인 영향은 없을 것으로 예측됨 | 문헌5 |
| 긴점박이올빼미<br>(멸종위기<br>야생생물 Ⅱ급) | ·텃새로 야행성이며 상위포식자임<br>·주로 고산지대의 침엽수림에 서식하며 말똥가리나 참매의 낡은 둥지를 이용, 번식함<br>·설치류, 식충류, 작은 조류, 곤충류 등을 잡아먹음 | ·계획지구 일원으로 서식 가능한 산림의 분포가 미약한 바, 계획시행으로 인한 직접적인 영향은 없을 것으로 예측됨 | 문헌5 |
| 수원청개구리<br>(멸종위기<br>야생생물 Ⅰ급) | ·주로 논과 주변의 농수로에서 생활함<br>·4월부터 활동을 시작하여 5월부터 7월까지 번식함 | ·계획시행으로 인해 서식기반환경인 논 및 자연형 농수로의 훼손이 없는 바, 계획시행으로 인한 영향은 없을 것으로 예측됨 | 문헌1<br>문헌3 |
| 금개구리<br>(멸종위기<br>야생생물 Ⅱ급) | ·저지대의 논, 농수로, 배수로 등 수초가 무성한 곳에서 주로 서식함<br>·4월 동면에서 깨어나 5월~7월 서식했던 장소에서 그대로 번식하며 10월경 동면함 | ·계획시행으로 인해 서식기반환경인 논 및 자연형 농수로의 훼손이 없는 바, 계획시행으로 인한 영향은 없을 것으로 예측됨 | 문헌6 |
| 표범장지뱀<br>(멸종위기<br>야생생물 Ⅱ급) | ·주로 서.남해의 해안과 섬에 발달한 사구의 초지에서 서식함<br>·주로 오전과 오후에 나와 육상에서 움직이는 거미류와 곤충류를 잡아먹음<br>·6월~7월 땅속에 3~6개의 알을 산란함 | ·계획지구 주변으로 표범장지뱀이 선호할 만한 서식환경이 분포하지 않는 바, 출현가능성이 낮아 계획시행으로 인한 직접적인 영향은 없을 것으로 예측됨 | 문헌3 |
| 물방개 | ·성충은 연중 볼 수 있고, 밤에는 불빛에 날아옴<br>·평지의 하천, 연못, 늪지 등 수초가 많은 곳에서 생활함<br>·성충과 유충 모두 육식을 하며 올챙이, 물고기, 작은 수서생물 및 죽은 동물을 먹고 삶 | ·계획지구 내 저수지의 경우 수초 발달이 미약한 바, 서식가능성이 낮아 계획시행으로 인한 직접적인 영향은 없을 것으로 예측됨 | 문헌6 |
| 물장군 | ·연못, 논, 웅덩이, 농수로 등 습지에 서식함<br>·6월말 교미 후 알을 한 덩어리로 부들 등의 정수식물에 부착함<br>·성충은 여름부터 가을까지 작은 물고기나 올챙이 등 다양한 수서생물을 포식하며 생활함 | ·계획지구 내 저수지의 경우 정수식물 등 수생식물의 군락 형성이 미약한 바, 서식가능성이 낮아 계획시행으로 인한 직접적인 영향은 없을 것으로 예측됨 | 문헌1 |

**마. 생태·자연도**

○ 현지조사시 계획지구 및 주변지역은 대부분 3등급 권역으로 확인되었으며, 계획지구의 북쪽으로 약 600m 이격된 거리에 한강하구습지보호지역이 위치하고 있으나, 계획시행으로 인한 영향은 없을 것으로 예상됨.

### 3.5.6 저감방안

#### 가. 육상식물상

(1) 식물상 및 식생

○공사시 발생하는 비산먼지는 주변지역의 초본류에 집착되어 증산작용과 광합성을 막아 생장을 저해하는 요인이 되므로 공사시 살수 및 세륜.측면살수시설을 통해 살수를 주기적으로 실시하여 비산먼지의 발생을 최소화 하도록 할 계획임.

○공사차량의 이동속도를 10~20km/h로 제한할 경우 비산먼지의 저감효과는 80% 이상을 기대할 수 있으므로 공사장 내 차량운행속도를 제한하고 가능한 공사기간을 짧게 하여 주변지역에 미치는 영향을 최소화 할 계획임.

○공사관계자 및 현장근로자 등에 대한 자연환경보호 및 보존교육을 실시함으로써 무분별한 관속식물의 채집 및 벌목을 방지할 계획임.

1) 특정종

○현지조사시 계획지구 및 조사지역 내 보호가치가 있는 멸종위기 야생생물, 희귀식물, 특산식물, 식물구계학적 특정식물은 확인되지 않았으며, 대부분 식재종이거나 계획지구 외 조사지역에서 출현한 바, 이에 대한 별도의 저감방안은 수립하지 않음.

2) 생태계교란 생물

○현지조사시 조사지역 내 출현한 가시박, 환삼덩굴, 가시상추, 미국쑥부쟁이, 단풍잎돼지풀, 돼지풀 등 6종은 추후 계획시행시 운반차량 및 장비에 의해 유입될 가능성을 배제 할 수 없으므로 다음과 같은 구체적인 관리방안을 표로 제시하였음.

<표 3.5-35> 환삼덩굴 관리방안

| 구분 | 내용 |
|---|---|
| 서식분포양상 | ◦주변 식물을 감아 올라 급속도로 번식하며, 전국의 하천과 나지 등으로 확산되어 있는 종 |
| 위해성 | ◦줄기는 잔가시가 많이 피부에 닿으면 금방 부어오르고 가려움<br>◦꽃가루는 알레르기를 유발하고, 환삼덩굴로 뒤덮인 곳은 식물 종다양성이 크게 감소함 |
| 관리방안 | ◦잎과 줄기에 가시 같은 털이 있어 낫이나 예초기 사용에 어려움이 있으므로 유묘단계에서 뿌리째 뽑는 방법으로 관리<br>◦꽃가루는 알레르기를 유발하기 때문에 꽃이 피기 전 제거 및 관리하는 것이 효과적<br>◦비농경지에 대한 제초제 처리 및 피복물에 의한 방제가 이루어지고 있으나 자연상태에서 제초제 처리에는 주의를 요함 |

<표 3.5-36> 가시박 관리방안

| 관리방안 |
|---|
| - 혼입방지 : 성장이 빠르고 종자를 널리 산포하므로 확산에 주의, 사료 또는 흙을 통한 전파를 경계하며 관리<br>- 하천변 : 상류를 먼저 관리하거나 전 구간을 동시 관리, 관련기관 간 유기적 통합관리 실시<br>- 어린 순 뿌리째 뽑기, 줄기 자르기를 반복적으로 실행<br>- 지면에 내려온 가시박은 종자까지 제거<br>- 열매를 맺기 이전 제거하는 것이 효과적임<br>- 5~6월에는 나무 밑 어린 개체를 집중 제거히고, 8월까지 새로 생육하는 개체 제거 |

가시박(꽃)

가시박(종자)

| 월 | 식물의 생활사 | | | | 관리방법 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 싹 | 영양생장 | 꽃 | 열매 | | |
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | 뿌리째 뽑기 | |
| 4 | | | | | 뿌리째 뽑기, 줄기 자르기 | 집중제거 |
| 5 | | | | | 〃 | 〃 |
| 6 | | | | | 〃 | 〃 |
| 7 | | | | | 〃 | 〃 |
| 8 | | | | | 〃 | 〃 |
| 9 | | | | | 뿌리째 뽑기, 종자 제거 | 추가제거 |
| 10 | | | | | 〃 | 〃 |
| 11 | | | | | | |
| 12 | | | | | | |

자료)「생태계교란 생물 현장관리 핸드북, 2016, 환경부.국립생태원」

<표 3.5-37> 가시상추 관리방안

| 관리방안 |
|---|
| - 개화 이후 열매를 산포하는 개체군을 중심으로 바람길과 하천을 따라 확산 여부 확인 필요<br>- 종자 생산량이 많으므로 종자 생산 이전 제거하는 것이 관리에 있어 매우 중요<br>- 개화시기 이전 유묘일 때 뿌리 및 지상부를 제거하거나 봄부터 꽃이 피기 전 뿌리째 뽑기를 반복적으로 수행<br>- 경사지 관리시 개화기 이전 지상부 줄기 제거(예초기, 잣 등 이용)<br>- 매토종자 제거를 위해 최소 5년간 제거<br>- 종자 생산 이전 제거, 5~6월 집중 제거 |

가시상추(잎)

가시상추(뿌리)

| 월 | 식물의 생활사 | | | | 관리방법 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 싹 | 영양생장 | 꽃 | 열매 | | |
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | 뿌리째 뽑기 | |
| 4 | | | | | 뿌리째 뽑기, 줄기 자르기 | 집중제거 |
| 5 | | | | | 〃 | 〃 |
| 6 | | | | | 〃 | 〃 |
| 7 | | | | | 뿌리째 뽑기, 10~20cm 이하로 자르기 | 추가제거 |
| 8 | | | | | 〃 | 〃 |
| 9 | | | | | 〃 | 〃 |
| 10 | | | | | 〃 | 〃 |
| 11 | | | | | | |
| 12 | | | | | | |

자료)「생태계교란 생물 현장관리 핸드북, 2016, 환경부·국립생태원」

<표 3.5-38> 단풍잎돼지풀 관리방안

| 관리방안 |
|---|
| - 분포 면적과 다른 생물종에 미치는 영향을 고려하여 제거를 결정<br>- 종자의 토양 탈락으로 계속적인 발생이 가능하므로 개체 제거 후 대체식물 식재 방안 검토<br>- 대체 식물은 자생종을 활용, 조경 수종의 확보가 가능한 지역에서는 활용 가능<br>- 한번 발생된 장소는 주기적으로 관찰하고 재발생 확인시 즉시 제거<br>- 5년간 지속적인 관찰과 제거를 병행하면 효과적인 관리 가능<br>- 발생지역을 중심으로 100m 이내 지역은 중점 제거<br>- 낫이나 예초기로 지상부 제거하고 식물체, 흙 이동시 혼입 방지<br>- 7~9월 개화기 이전 지상부 제거, 7~10월 집중 제거지에서 새로 생육한 식물체 제거 |

단풍잎돼지풀(수꽃)

단풍잎돼지풀(군락)

| 월 | 식물의 생활사 | | | | 관리방법 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 싹 | 영양생장 | 꽃 | 열매 | | |
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | 뿌리째 뽑기 | |
| 4 | | | | | 뿌리째 뽑기, 줄기 자르기 | 집중제거 |
| 5 | | | | | " | " |
| 6 | | | | | " | " |
| 7 | | | | | 뿌리째 뽑기, 10~20cm 이하로 자르기 | 추가제거 |
| 8 | | | | | " | " |
| 9 | | | | | " | " |
| 10 | | | | | " | " |
| 11 | | | | | | |
| 12 | | | | | | |

자료)「생태계교란 생물 현장관리 핸드북, 2016, 환경부.국립생태원」

<표 3.5-39> 돼지풀 관리방안

| 관리방안 |
|---|
| - 분포 면적이 넓거나 다른 생태계에 미치는 영향이 있는 지역을 대상으로 발생을 관찰하고 제거<br>- 발생 장소 주변을 주기적으로 관찰하고 제거 실시<br>- 5년간 지속적인 제거와 관찰을 병행하면 제거 효과 상승<br>- 발생 지역 인근 100m 이내 중점 제거<br>- 봄부터 꽃이 피기 전 뿌리째 뽑기(반복제거)<br>- 식물체, 흙 이동시 혼입을 방지<br>- 수년에 걸쳐 집중 제거<br>- 종자생산 이전 제거, 5~6월 집중제거 |

돼지풀(꽃)

돼지풀(개체)

| 월 | 식물의 생활사 | | | | 관리방법 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 싹 | 영양생장 | 꽃 | 열매 | | |
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | 뿌리째 뽑기 | |
| 4 | | | | | 뿌리째 뽑기, 줄기 자르기 | 집중제거 |
| 5 | | | | | " | " |
| 6 | | | | | " | " |
| 7 | | | | | 뿌리째 뽑기, 10~20cm 이하로 자르기 | 추가제거 |
| 8 | | | | | " | " |
| 9 | | | | | " | " |
| 10 | | | | | " | " |
| 11 | | | | | | |
| 12 | | | | | | |

자료)「생태계교란 생물 현장관리 핸드북, 2016, 환경부.국립생태원」

<표 3.5-40> 미국쑥부쟁이 관리방안

| 관리방안 |
|---|
| - 줄기를 자르면 새싹이 돋아나므로 생육 초기 뿌리째 뽑아 제거하는 것이 효과적<br>- 예초보다는 뽑기가 제거에 효과적이며, 봄부터 꽃이 피기 전 뿌리째 뽑아 제거<br>- 개체 제거 후 반경 50㎝ 이내 뿌리 잔여 여부를 확인하고 발견 시 들어내어 제거<br>- 제거 과정에서 종자가 확산되지 않도록 유의하며, 목질화 된 줄기의 제거를 위해 장갑 착용<br>- 개화기 이전 식별이 가능한 5~8월에 지상부 집중제거<br>- 겨울철 로제트형(짧은 줄기의 끝에서부터 땅에 붙어 사방으로 자라는 잎, 가을에 이루어져 겨울 추위에 견디며 생활)으로 월동하므로 뿌리째 뽑는 것이 가장 효과적 |

미국쑥부쟁이(꽃)

미국쑥부쟁이

| 월 | 식물의 생활사 | | | | 관리방법 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 싹 | 영양생장 | 꽃 | 열매 | | |
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | 뿌리째 뽑기 | |
| 4 | | | | | 뿌리째 뽑기, 줄기 자르기 | 집중제거 |
| 5 | | | | | 〃 | 〃 |
| 6 | | | | | 〃 | 〃 |
| 7 | | | | | 〃 | 〃 |
| 8 | | | | | 〃 | 〃 |
| 9 | | | | | 〃 | 추가제거 |
| 10 | | | | | 〃 | 〃 |
| 11 | | | | | 〃 | 〃 |
| 12 | | | | | | |

자료)「생태계교란 생물 현장관리 핸드북, 2016, 환경부.국립생태원」

## 나. 조합형 인공습지

(1) 조성계획

○ 조합형인공습지(지표-지하흐름형)는 저수지 북서측 경작지 절토 및 호내 성토를 통하여 조성하며, 인공습지의 효율을 안정적으로 유지하고, 저수지의 물 순환 촉진을 위해 저수지로부터 연중 일정한 유량을 양수하여 공급하는 것으로 계획하였음.

○ 계획유량은 호소수질모형을 활용한 시행착오법(trial&error method)을 통해 목표수질을 만족할 수 있는 취수량으로 4,200㎥/d를 습지 제방부근에서 공급하도록 계획하였음.

<표 3.5-41> 조합형 인공습지 계획유량

| 구 분 | 양수기간 | 공급유량 | 비 고 |
|---|---|---|---|
| 조합형인공습지 | 2~11월 | 4,200㎥/d | 호내 양수 |

○ 조합형인공습지 계획면적은 관리도로 등을 포함하여 10,400㎡로 계획하였음.

○ 침사지는 펌프시 양수되는 호내의 모래 등의 침전 및 유량조절 기능을 수행하도록 하고 가능한 범위에서 최소 면적으로 계획하여 사업비 절감을 고려하였음.

○ 침사지 및 관리도로를 제외한 순수 습지는 얕은습지 3개소, 깊은연못 3개소, 지하흐름습지 1개소로 총 6,000㎡로 계획하였고, 내용적상으로는 4,200㎥로서 계획유량 5.83㎥/min이 습지에서 약 12시간 체류하도록 계획하였음.

<표 3.5-42> 조합형 인공습지 조성계획

| 구 분 | 규 모 | 계획면적(㎡) | 면적비(%) | 계획수심(m) | 내용적(㎥) |
|---|---|---|---|---|---|
| 얕은습지 | 3개소 | 2,736 | 26.3 | 0.4 | 1,010 |
| 깊은연못 | 3개소 | 2,052 | 19.7 | 1.5 | 2,220 |
| 지하흐름습지 | 1개소 | 912 | 8.8 | 1.0 | 740 |
| 침사지 | 1개소 | 300 | 2.9 | 1.0 | 230 |
| **소 계** | | **6,000** | **57.7** | **-** | **4,200** |
| 관리도로 | - | 4,400 | 42.3 | - | - |
| **소 계** | | **4,400** | **42.3** | **-** | **-** |
| **합 계** | | **10,400** | **100.0** | **-** | **4,200** |

(그림 3.5-15) 조합형인공습지 계획평면도

(2) 수생식물 선정 및 식재계획

○ 인공습지에 식재한 식물종 선택은 목표수질, 평균/최저·최고 수심, 기후, 유지 필요조건 등과 같은 변수가 고려되어야 하며, 식물 선택에 고려할 사항은 다음과 같음.

- 습지조성 예정지 주변에 서식하는 종 선택(자생식물)
- 습지의 형태, 운영 방법에 따라 식물 선택
- 오염물질의 흡수 및 제거기능이 높은 식물 선택
- 수질이 나쁜 곳에서 잘 자라는 식물 선택
- 다년생 식물 및 성장이 빠른 식물 선택
- 자연경관이 우수한 식물 선택
- 생물서식처로 활용도가 높은 식물 선택

○ 인공습지 식물 중 경관적 가치가 높은 정수식물은 수생곤충의 서식처를 제공하는 등 생태계 유지에 중요한 역할을 하며, 저수지로 유입되는 오염물질에 대하여 수질 정화능력이 우수한 종으로 노랑꽃창포, 창포, 물억새 등을 선정하여 식재하는 것으로 계획함.

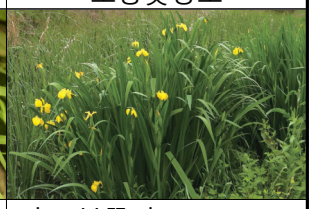
○ 특히, 저수지 주변에서 잘 적응하여 자라고 있는 지역 자생종인 갈대와 물억새는 수질정화기능을 발휘할 수 있도록 습지부 대부분에 식재하도록 계획하였으며, 관리도로 주변부 및 주변부에는 경관 향상을 위하여 노랑꽃창포 등의 식재를 계획함.

○ 인공습지 조성 초기에 식재식물의 성장이 미진한 이유는 너무 어린 포트묘의 사용으로 식물체의 일부만이 수면위에 분포하여 적절한 광합성 및 호흡활동을 하지 못하였기 때문임.

○ 따라서 식물 성장 및 착근에 유리하도록 수심의 깊이(0.05~0.1m)를 조절하여 4분얼의 성장묘를 사용할 계획임(포트식 식재).

○ 지하흐름습지에는 식물의 원활한 활착을 위하여 식생완성형매트를 30%로 적용하였음.

<표 3.5-43> 식재식물 예시

| 갈대 | 물억새 | 창포 | 노랑꽃창포 |
|---|---|---|---|
| | | |  |
| ·과 : 벼과<br>·특징<br>-습지, 연못, 물가에 자생하고 뿌리에 미생물군에 의해 오염물질 흡수 및 흡착 | ·과 : 벼과<br>·특징<br>-환경적응 능력이 높아 번식능력이 높고 수질정화 능력이 큼 | ·과 : 천남성과<br>·특징<br>-수위변동에 강하며, 오염도가 높은 수질에 적응력이 뛰어남 | ·과 : 붓꽃과<br>·특징<br>-저온기(봄,가을)의 성장이 활발, 동절기의 흡착 능력이 좋음 |

<표 3.5-44> 인공습지의 식물에 따른 오염물질별 정화효율 비교 [단위 : %]

| 구 분 | BOD | COD | SS | Chl-a | T-N | T-P |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 미나리 | 28.4 | 7.3 | 66.5 | 51.1 | 36.4 | 30.1 |
| 줄 | 31.4 | 5.4 | 64.9 | 6.7 | 35.6 | 27.9 |
| 창 포 | 29.9 | 7.7 | 62.9 | 58.3 | 36.2 | 36.1 |
| 갈 대 | 39.9 | 5.5 | 60.6 | 62.1 | 36.1 | 28.0 |
| 평 균 | 32.2 | 7.3 | 63.9 | 46.7 | 36.0 | 30.3 |

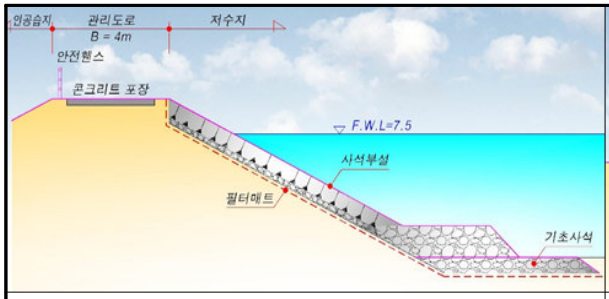
자료 : 배요섭 외, '농업용수 수질개선 실용화연구(최종)',2006,한국농어촌공사 농어촌연구원,p37

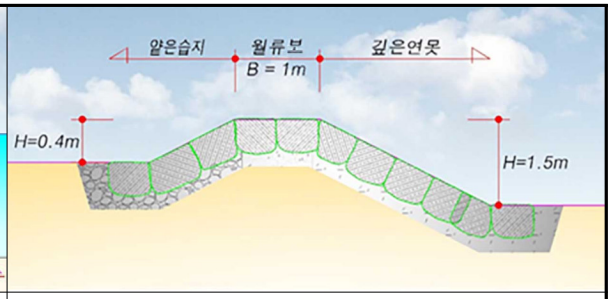
(3) 사면보호공 계획

○ 습지사면은 수위변동과 침식작용의 방지를 위해 인공구조물을 지양하고, 친환경적인 소재로 보호공을 적용할 계획임.

○ 조합형습지 내부 사면은 발생 유속 및 소류력이 작고 수생식물과의 조화 및 친환경성을 고려하여 식생매트를 적용하고 관리도로는 습지의 유지관리시 주행안정성 및 포장의 지속적인 유지를 위하여 콘크리트포장으로 계획하였으며, 습지외측으로는 안전을 위한 휀스를 설치할 계획임.

○ 또한, 인공습지 내측 사면 및 하상에 차수매트를 설치하여 물이 지면으로 침투하는 것을 막아 제방의 누수를 방지할 계획임.




| 제외지 호안공 | 월류보 |
|---|---|

(그림 3.5-16) 표준단면도

(4) 인공습지 유지관리

○ 인공습지는 정기적으로 1년에 최소 2회 이상 그리고 호우 뒤에 반드시 점검 할 계획임.

○ 초기에는 설계원안에 맞게 작동하는지 여부를 평가하고, 제방의 침식이나 과도한 토사의 퇴적여부를 점검하며, 식물이 기대한 만큼 성장하는지 확인 할 계획임.

○ 유출.입구 폐쇄여부, 습지내 및 출구 부근의 침식발생 등을 확인하고, 이와 같은 점검사항을 바탕으로 보수할 부분에 대해 조치 할 계획임.

1) 침사지

○ 식생 도입 방지, 퇴적물 50㎝ 이상 쌓인 경우 준설실시. 최대 5~10년 주기 제거를 원칙으로 하며, 상황에 따라 매년 점검.관리

○ 퇴적물 제거는 침전지내 저류수를 완전 배제 후 실시

2) 얕은습지

○ 식물이 잘 자라도록 관리하고, 일년에 1~2회 식물 절취 실시

○ 보강식재 : 식재 후 2년 경과시 식생면적이 얕은습지 면적의 50%가 되지 않을 경우

○ 식물절취 : 최대성장기(6～7월)나 고사시기(11～12월) 등 연 1～2회 이상 절취 권장. 절취시에는 생장점 보호를 위해 지면 10㎝ 상부를 절취

○ 습지 퇴적물 관리 : 토양관리와 연계하여 경운 후 일정 토량을 제거하거나, 표층 퇴적물을 제거한 후 경운하는 방법으로 관리

○ 수위관리 : 습지 내에서 계획 체류시간을 확보할 수 있도록 적정 수위 관리

○ 적정수심(계획수심) : 식재초기 또는 경운.절취 후에는 식물 활착을 위해 식물이 물에 잠기지 않도록 낮은 수위로 관리하고, 정상적으로 식물이 성장한 후에는 설계수심을 적정하게 유지할 수 있도록 관리

○ 유량관리 : 갈수기 침강지 또는 저수지 물을 양수하여 습지 내 용수 지속 유지 관리

○ 유량분배 : 유입수가 전단면을 고르게 흐르도록 분배수로 및 습지표면 관리

3) 깊은연못

○ 장기간 운영으로 퇴적물 증가, 식물침투, 사면유실, 붕괴 등 정상운영이 곤란할 수 있으므로 정기적인 시설관리 필요

○ 식생 침투 방지 위해 1.0m 이상 수심유지, 개방수역 확보, 수심 확보 및 기능 유지를 위해 5년 주기로 퇴적물 제거, 사면 보호 유지 관리 실시

4) 배출연못

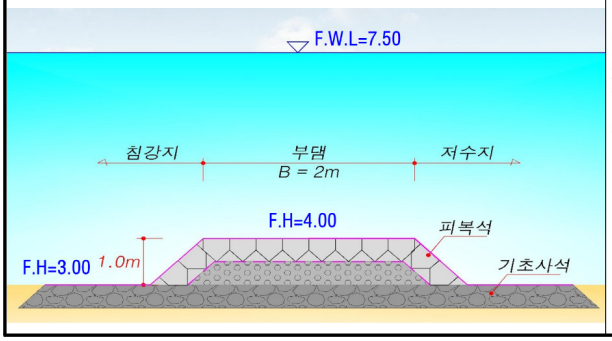
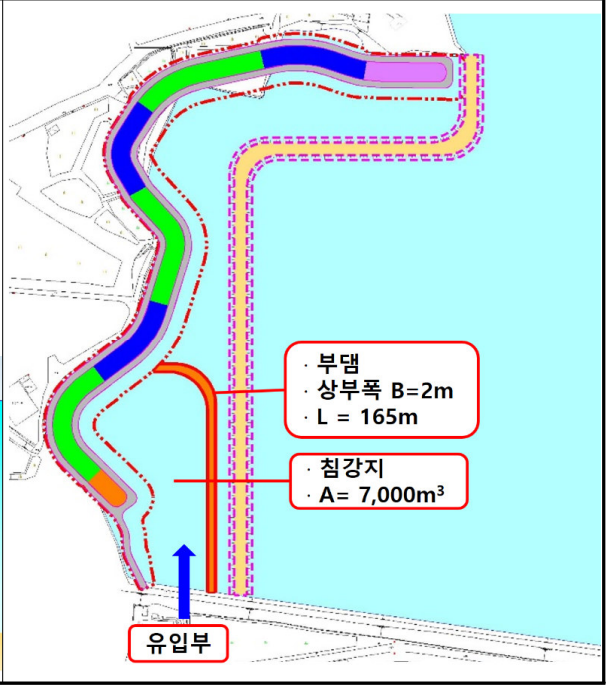
○ 습지 처리수가 저수지로 유출되는 구간으로 월류부에서 이물질이 호내로 유입되지 않도록 하여야 하며, 그 외 일반적인 시설관리는 깊은연못과 동일

## 다. 침강지

(1) 조성계획

○ 침강지는 총 2개소를 조성하는 것으로 계획하였으며, 침강지의 형식은 저수지내에 부댐을 설치하는 on-line 방식으로 계획하여 저수지 외부의 별도 부지 확보는 필요하지 않음.

<표 3.5-45> 침강지 조성계획

| 시설규모 | 평면계획도 |
|---|---|
| • 설계용량<br>- 포착대상 입경 : 0.05mm<br>- 침강속도 : 0.0155cm/s<br>- 최소소요수면적 :<br>A = 1.2 X Q / V<br>= 1.2 X 0.81㎥/s / 0.0155cm/s<br>= 6,270 ㎡<br>- 설계 수면적 : 7,000㎡<br>• 단면계획<br>  <br> |  <br> |

(2) 육상동물상

○ 공사시 작업인부들에 대한 야생동물의 남획 및 포획하지 않도록 주기적으로 교육 및 감독을 실시하고, 야생동물의 번식기 및 주 활동 시간인 야간에는 작업을 지양할 계획임.

1) 포유류

○ 계획지구 주변에 산림 및 초지가 분포하며 이동성이 높은 포유류의 특성상 공사로 인한 직접적인 피해는 없을 것으로 예상되나, 공사시 저소음·저진동의 공정을 실시하여 계획지구 인근에 서식하는 포유류에게 미치는 스트레스를 최소화 할 계획임.

○ 환경변화로 인해 미치는 영향을 최소화하기 위하여 토공작업의 단기간 집중투입을 지양하고, 단계별 공정계획을 수립하여 포유류가 비교적 안정된 주변 서식지로 이동할 수 있도록 유도할 계획임.

2) 조류

○ 계획지구 주변에 산림 및 수계 등이 분포하며 이동성이 높은 조류의 특성상 공사로 인한 직접적인 피해는 없을 것으로 예상되나, 공사시 저소음·저진동 등의 공정을 실시하여 계획지구 인근에 서식하거나 먹이 활동하는 조류에게 미치는 스트레스를 저감할 계획임.

○ 환경변화로 인하여 미치는 영향을 최소화하기 위하여 토공작업의 단기간 집중 투입을 지양하고, 불필요한 토공사를 지양함에 따라 조류의 먹이원인 육상곤충류나 열매, 생태적 지위가 낮은 동물들을 최대한 보호할 계획임.

3) 양서·파충류

○ 타 분류군에 비해 이동성이 느린 본 분류군의 특성을 고려하여 한쪽방향에서 단계별로 서서히 작업을 실시하여 주변지역으로 이동이 원활하도록 할 계획임.

○ 또한, 양서·파충류의 난괴 및 성체가 확인될 경우 공사인부를 동원하여 서식환경이 유사한 인근 지역으로 옮긴 후 공사를 실시·진행할 계획이며, 계획지구로의 토사유출을 최소화하는 등 저감대책을 적극 시행할 계획임.

4) 육상곤충류

○ 식물을 섭식하는 곤충류를 위해 공사시 비산먼지 발생을 최소화하기 위해 주기적인 살수시행 등을 이행할 계획이며, 야간작업으로 인한 등화에 유인되는 곤충류의 피해를 줄이기 위하여 야간공사는 지양할 계획임.

○ 또한, 습지사면은 친환경적인 소재로 보호공을 계획하여, 초본식물이 활착되면 육상곤충류의 은신처 및 서식처로 활용할 계획임.

5) 생태계교란 생물

○ 문헌조사 및 현지조사시 확인된 황소개구리 1종에 대한 관리방안을 다음과 같이 수립함.

<표 3.5-46> 황소개구리 관리방안

| 종명 | 생태적 특성 및 관리시기 | | | | | | | | | | | | | 관리방법 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 황소 개구리 | 구분 | 월 | | | | | | | | | | | | 산란기 알 제거, 유생포획 및 성체 포획 |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |
| | 산란기 알제거 | | | | | 뜰채 | | | | | | | | |
| | 유생(올챙이)포획 | | | | 통발, 투망 ,족대 | | | | | | | | | |
| | 성체포획 | | | | 낚시, 그물, 통발 | | | | | | | | | |

(3) 육수생물상

1) 일반적인 저감방안

○ 계획시행시 하천내로 유입될 수 있는 탁수를 최대한 감소시켜 육수생물상에 미치는 영향을 최소화하기 위해 침사지 및 가배수로, 오탁방지막 등을 설치하여 운영할 계획이며, 저수지 내 공사물량이 많은 곳에 대하여는 2중오탁방지막 설치를 강구하겠음.

○ 가급적 장마시기는 공사를 지양하고, 갈수기에 공사를 실시하여 나지상태의 노면에 내리는 우수의 영향을 저감하고, 공사장비 등은 하천으로부터 이격하여 관리할 계획임.

○ 호안을 구성하는 수변부 및 호안 식생은 어류의 치어 및 저서성대형무척추동물의 중요한 은신처 등으로 이용되는 바, 가급적 보전하는 방안을 강구하겠음.

침사지 설치

가배수로 설치

오탁방지막 설치

(그림 3.5-17) 육수생물 영향 저감대책 계획

2) 생태계교란 생물

○ 현지조사시 배스 1종이 대산저수지 내에서 확인되었음.

○ 배스는 자원조성을 목적으로 도입 및 방류된 어종으로 국내의 자연상태에 잘 적응하여 분포역과 개체군이 급격히 증가하였음.

○ 본 종의 개체군이 증가하면 국내에 서식하는 대부분의 토착어종이 경쟁 상태에 있으며, 일부 육식성을 제외하고는 경쟁에서 우위를 차지하므로 대부분의 어종이 희소종으로 전락하거나, 소멸하여 생물다양성이 급격히 감소할 우려가 높으므로 관리가 필요함.

<표 3.5-47> 배스 관리방안

| 종명 및 학명 | 지정시기 | 관리방안 |
|---|---|---|
| 배스<br>*Micropterus salmoides* | 1998.2.19 | ·배스의 관리방안으로는 그물과 낚시 등을 이용한 방법이 있었으나, 그 효과가 매우 미흡하여 근래에는 배스의 생태특성에 맞는 인공산란장을 조성하여 주요 산란시기인 4월~6월에 약 1개월간 주 2회 정기적으로 수정란을 포획·제거하여 배스의 수정란 부화율을 감소시켜 개체수를 감소시키는 방법이 있음 |

(4) 법정보호종

○ 법정보호종의 경우, 생태특성 등을 고려할 때 공사로 인한 영향은 거의 없을 것으로 예상되어 별도의 저감대책은 수립하지 않았음.

○ 한편, 공사과정에서 법정보호종 개체가 발견될 경우 즉각 공사를 중단하고 "개발사업 생태계훼손사고 대응 매뉴얼 구축, 2010, 한국환경정책평가.연구원"에 따라 위험등급을 판정하고 조치계획 및 절차에 따라 적절한 보호대책을 수립한 후 공사를 실시토록 할 계획임.

(5) 수질개선대책

1) 계획지구 현황

○ 계획지구가 위치한 대산저수지 유수지 부지내 경작지 및 수생식물 군락지가 위치하고 있는 것으로 확인됨.

① 호내경작지 제거

○ 대산저수지 유수지 부지내 경작활동 제한을 통해 오염원 제거를 실시할 계획임.

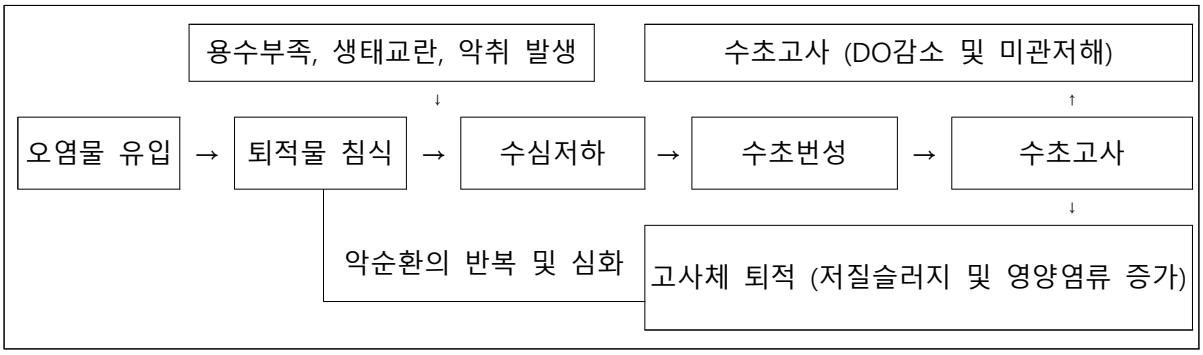
(그림 3.5-18) 유수지 부지내(북서측) 경작지 현황

② 표토제거

○ 마름은 일부 수질 정화효과는 있으나, 겨울철 사멸 후 부패에 의한 저수지 수질오염 및 영양염류 재용출로 부영양화를 초래함.

○ 따라서, 계획지구 내 분포하는 보전가치보다 수질악화의 영향이 더 클 것으로 예상되는 마름군락은 제거하기 위하여 마름의 종자 제거를 위해 표토제거(1.0m) 방식을 적용함.

<표 3.5-48> 저수지 마름 오염 사이클




③ 제거시기

○ 어류의 주요 산란기(4~6월) 및 관개기(7~8월)를 피하여 작업을 실시할 계획임.

# 제4장 대책수립

4.1 대책수립 절차

4.2 목표수질 및 목표연도 설정

4.3 유기물의 분류

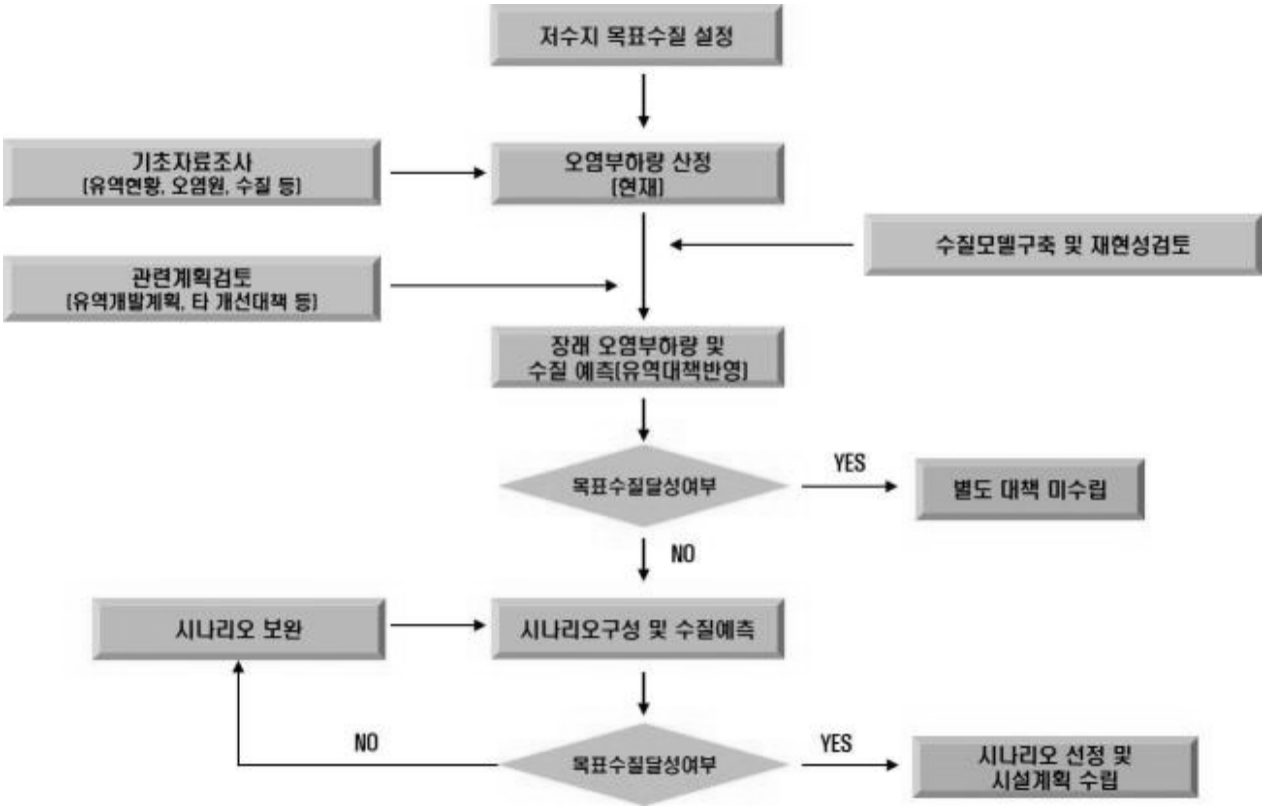
4.4 수질모형 선정 및 재현성 검토

4.5 장래수질예측

# 제4장 대책수립

## 4.1 대책수립 절차

- 수질개선 목표는 농업용 수질관리기준인 4등급을 목표로 하며, 지구여건 및 관련법령이나 계획 등에 따라 목표를 조정할 수 있음
- 유역현황, 오염원, 수질 조사를 통하여 현재의 오염부하량을 산정하고 수질예측을 위한 수질모델구축 및 재현성을 검토함
- 계획대상 지역 수질개선 관련계획 등을 검토하여 목표연도의 오염원과 오염부하량을 산정함
- 목표수질 달성을 위해 해당 유역에 적용 가능한 수질개선 공법을 선정하여 시나리오를 구축함
- 각각의 시나리오별로 목표수질 달성 여부를 검토 후 최적의 시나리오를 바탕으로 시설계획을 수립




<그림 4.1-1> 대책수립 절차

## 4.2 목표수질 및 목표연도 설정

○ 목표수질은 농업용수 수질관리기준인 호소의 생활환경기준 IV등급으로 설정함

○ 목표수질을 만족하기 위한 목표연도는 개선시설(식생, 미생물 등)의 안정화 기간을 고려하여 준공 후 5년 시점(2030년)으로 설정하고 관련계획 검토 등도 2030년까지로 함

<표 4.2-1> 대산저수지 목표수질(2030년)

| 목표등급 | TOC(mg/L) | T-N(mg/L) | T-P(mg/L) | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| IV | 6이하 | 1.0이하 | 0.10이하 | |

<표 4.2-2> 호소 생활환경기준

| 구 분 | 매우좋음 | 좋음 | 약간좋음 | 보통 | 약간나쁨 | 나쁨 | 매우나쁨 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ⅰa | Ⅰb | Ⅱ | Ⅲ | Ⅳ | Ⅴ | Ⅵ |
| 이용목적 | 생활용수 | 생활용수 | 생활용수<br>수영용수 | 생활용수<br>공업용수 | 농업용수<br>공업용수 | 공업용수 | - |
| COD<br>(mg/L) | 2이하 | 3이하 | 4이하 | 5이하 | 8이하 | 10이하 | 10초과 |
| TOC<br>(mg/L) | 2이하 | 3이하 | 4이하 | 5이하 | 6이하 | 8이하 | 8초과 |
| T-N<br>(mg/L) | 0.2이하 | 0.3이하 | 0.4이하 | 0.6이하 | 1.0이하 | 1.5이하 | 1.5초과 |
| T-P<br>(mg/L) | 0.01이하 | 0.02이하 | 0.03이하 | 0.05이하 | 0.10이하 | 0.15이하 | 0.15초과 |
| 건강<br>보호<br>항목 | 사람의 건강보호항목의 기준치를 넘지 않을 것<br>Cd, As, CN, Hg, 유기인, PCB, Pb, Cr6+, ABS, 사염화탄소, 1,2-디클로로에탄, PCE, 디클로로메탄, 벤젠, 클로로포름, DEHP, 안티몬, 1,4-다이옥세인, 포름알데히드, 헥사클로로벤젠 | | | | | | |

주) 1. 총인, 총질소의 경우 총인에 대한 총질소의 농도비율이 7미만일 경우에는 총인의 기준을 적용하지 않으며, 그 비율이 16 이상일 경우에는 총질소의 기준을 적용하지 않는다.
2. 화학적 산소요구량(COD) 기준은 2015년 12월 31일까지 적용한다.

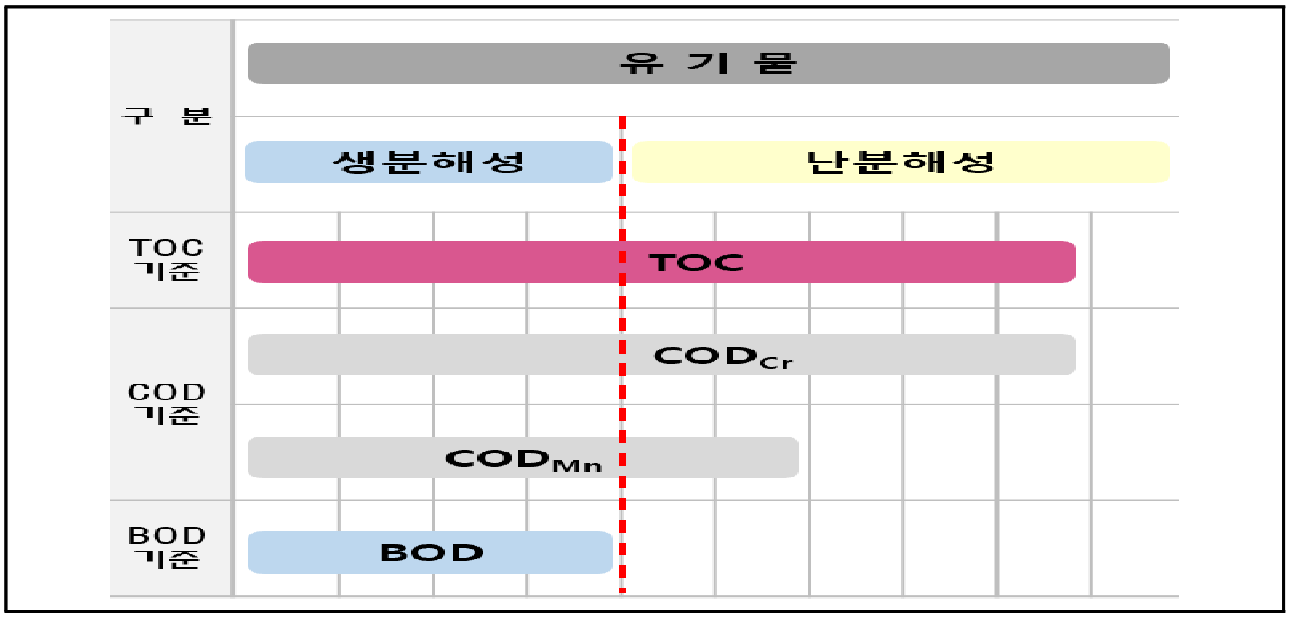
## 4.3 유기물의 분류

### 4.3.1 유기물의 분류

#### 가. 유기물의 측정지표

<표 4.3-1> 유기물 측정지표

| 구분 | | BOD | CODMn | TOC |
|---|---|---|---|---|
| 측정원리 | | 미생물이 유기물질을 분해 시 소비되는 산소량 측정 | 유기물질 산화 시 소비된 산화제량 (산소량) 측정 | 유기물질 내 탄소량 직접 측정 ※ C를 CO2로 전환하여 측정 |
| 분석 | 산화제 | 호기성 미생물 (20℃, 5일 배양) | 과망간산칼륨 (끓는 물 중탕) | 고온연소산화 (550℃), 습식산화방식 등 |
| | 결과값 | 산소량(mg/L) | | 탄소량(mg/L) |
| 측정 | 대상 | 저분자 유기물질 (포도당, 지방 등) | 저분자 및 고분자 유기물질 (합성수지, 섬유소 등 분자량이 1만 이상으로 용해가 잘 안되고 결합이 강한 물질) | |
| | 범위(경험적) | 20-40% | 30-60% | 90%이상 |
| | | 예) 전분(C6H12O6) 분석 결과(일본 논문) BOD : 460mg/L, CODMn : 653mg/L 이론적 산소요구량 : 1,070mg/L | | |
| | 방해물질 | 고분자 유기물질 등 | 염소(Cl-) 등 | 무기물질 등 |
| 특징 | | 생분해성 유기물질 측정 | 우리나라·일본 통용 | 신속·다량·자동화 |




<그림 4.3-1> 유기물 분류

### 다. 난분해성 유기물 특성

<표 4.3-2> 난분해성 유기물 특성

| 구분 | 생분해성 물질 | 난분해성 물질 | 고 난분해성 물질 |
|---|---|---|---|
| 특성 | - 미생물이 쉽게 분해 가능한 저분자 화합물 | - 미생물의 분해가 쉽지 않고 오래 걸리는 고분자 화합물<br>·미생물이 분해하고 남은 식물의 섬유조직 (셀룰로오스, 리그닌 등) | |
| 주요 배출원 | - 생활하수, 축산분뇨<br>- 조류 발생·성장 및 사멸 등<br>- 음·식료품폐수 등 유기성폐수 | - 산업폐수(섬유, 제지, 피혁, 제약, 석유화학, 금속)<br>- 산림, 농경지, 도시지역 등의 비점오염원<br>- 생물학적 하·폐수처리 후 남은 유기물질 | |
| 수질 영향 | - 산소고갈, 어류폐사<br>- 부패성 악취 발생<br>- 수돗물 염소소독 부산물 THM 생성 | - 잠재적 산소 고갈<br>- 수돗물 냄새 및 맛 유발<br>- 부식질은 저분자 생분해성 물질(BOD)보다 THM 2~3배 생성 | |
| 비고 | - 관련인자 : BOD<br>- 유기물의 20~40% 측정<br>·세제, 농약 등 유기물 측정 불가 | - 관련인자 : CODMn<br>- 유기물의 30~60% 정도 측정<br>- BOD보다 0.5~2배 높음 | - 관련인자 : CODCr, TOC<br>- 유기물의 90% 이상 측정 |

## 4.3.2 수질조사 결과에 의한 유기물 분류

### 가. TOD(Total Oxygen Demand)에 의한 분류

○ TOD= TOC X 2*16/12

- 분자식 : 유기탄소(C) + O2 → CO2
- 분자량 : 12 : 16*2 → 44

  1 : X (1mg/L당 필요산소량)

○ 생분해성 유기물 = BOD

○ 난분해성 유기물 = TOD - CODMn : 산화제로 분해되지 않는 유기물

○ 중간분해성 유기물(가칭) = CODMn - BOD : 생분해성 유기물을 제외한 상태에서 산화제에 의해 추가로 분해되는 유기물

**나. COD(Chemical Oxygen Demand)에 의한 분류**

○ 관련자료 : 상수원 호소 내의 난분해성 유기물 증가원인 및 특성(2007, 김성원)

○ BODu (생분해성) = BOD x 1.72

○ CODcr = CODMn x 2.2

○ 난분해성 COD = CODcr - BODu (생분해성)

**다. TOD(Total Oxygen Demand)에 의한 분류(보완)**

○ TOD = TOC x 2*16 / 12

○ 생분해성 유기물 = BODu (생분해성) = BOD x 1.72

○ 난분해성 유기물 = TOD - CODMn

○ 중간분해성 유기물(가칭) = CODMn - BODu

**라. COD(Chemical Oxygen Demand)에 의한 분류(보완)**

○ 관련자료 : 상수원 호소 내의 난분해성 유기물 증가원인 및 특성(2007, 김성원)

○ BODu (생분해성) = BOD20 = BOD x 1.72

○ CODcr = CODMn x 2.30(금회 수질조사 3차, 4차 조사결과 적용)

○ 난분해성 COD = CODcr - BODu (생분해성)

### 4.3.3 유물 구성비

○ 유기물질내 난분해성 유기물 비율 : 생분해성 유기물 비율 36.8%

(일반적인 생분해성 유기물 비율 20~40%)

- 설계적용 유기물 구성비 : 호소내 BOD 측정결과의 제한요인을(조류의 생성,성장,사멸 등) 고려하여 산정방법별 하천 유기물 구성비의 평균 적용

<표 4.3-3> 유기물 구성비

| 구분 | | | 농어촌공사 (최근4개년) | 1차 | | | | 2차 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 하천 | | | 저수지 | 하천 | | 저수지 | | |
| | | | | W-1 | W-2 | W-3 | SW-2 | W-1 | W-2 | SW-1 | SW-2 | SW-3 |
| 조사 결과 | BOD | | - | 6.7 | 13.3 | 13.2 | 1.1 | 8.6 | 5.5 | 1.5 | 3.1 | 7.3 |
| | COD | | 12.2 | 23.5 | 26.2 | 24.1 | 10.1 | 29.2 | 20.7 | 10.7 | 10.5 | 14.4 |
| | TOC | | 6.7 | 13.9 | 14.8 | 13.5 | 7.0 | 18.3 | 15.3 | 6.9 | 7.4 | 8.8 |
| | TOD(계산) | | 17.9 | 37.1 | 39.5 | 36.0 | 18.7 | 48.9 | 40.9 | 18.4 | 19.8 | 23.5 |
| 유기물 구성비 (%) | TOD기준 | 생분해 | - | 18.1 | 33.7 | 36.6 | 5.9 | 17.6 | 13.5 | 8.1 | 15.7 | 31.1 |
| | | 중간분해 | - | 45.3 | 32.6 | 30.2 | 48.2 | 42.2 | 37.2 | 49.9 | 37.5 | 30.2 |
| | | 난분해 | - | 36.7 | 33.7 | 33.1 | 46.0 | 40.2 | 49.3 | 41.9 | 46.9 | 38.7 |
| | TOD기준 (보완) | 생분해 | - | 31.1 | 57.9 | 63.0 | 10.1 | 30.3 | 23.2 | 14.0 | 27.0 | 53.4 |
| | | 중간분해 | - | 32.3 | 8.4 | 3.9 | 43.9 | 29.5 | 27.5 | 44.1 | 26.2 | 7.8 |
| | | 난분해 | - | 36.7 | 33.7 | 33.1 | 46.0 | 40.2 | 49.3 | 41.9 | 46.9 | 38.7 |
| | COD기준 | 생분해 | - | 22.3 | 39.7 | 42.8 | 8.5 | 23.0 | 20.8 | 11.0 | 23.1 | 39.6 |
| | | 난분해 | - | 77.7 | 60.3 | 57.2 | 91.5 | 77.0 | 79.2 | 89.0 | 76.9 | 60.4 |
| | COD기준 (보완) | 생분해 | - | 21.3 | 38.0 | 41.0 | 8.1 | 22.0 | 19.9 | 10.5 | 22.1 | 37.9 |
| | | 난분해 | - | 78.7 | 62.0 | 59.0 | 91.9 | 78.0 | 80.1 | 89.5 | 77.9 | 62.1 |

| 구분 | | | 3차 | | | | 4차 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 하천 | | | 저수지 | 하천 | | 저수지 |
| | | | W-1 | W-2 | W-3 | SW-2 | W-1 | W-2 | SW-2 |
| 조사 결과 | BOD | | 3.6 | 3.9 | 3.5 | 2.1 | 3.3 | 2.5 | 3.5 |
| | COD | | 6.9 | 6.8 | 6.7 | 9.3 | 8.0 | 9.7 | 11.1 |
| | TOC | | 2.9 | 2.8 | 3.1 | 5.5 | 4.5 | 5.4 | 7.0 |
| | TOD(계산) | | 7.7 | 7.5 | 8.3 | 14.7 | 12.0 | 14.4 | 18.7 |
| 유기물 구성비 (%) | TOD기준 | 생분해 | 46.5 | 52.2 | 42.3 | 14.3 | 27.5 | 17.3 | 18.7 |
| | | 중간분해 | 42.6 | 38.8 | 38.7 | 49.0 | 39.1 | 49.9 | 40.7 |
| | | 난분해 | 10.9 | 9.0 | 19.1 | 36.7 | 33.4 | 32.7 | 40.6 |
| | TOD기준 (보완) =BODx 1.72 | 생분해 | 80.0 | 89.7 | 72.7 | 24.6 | 47.2 | 29.8 | 32.2 |
| | | 중간분해 | 9.1 | 1.2 | 8.2 | 38.7 | 19.3 | 37.5 | 27.2 |
| | | 난분해 | 10.9 | 9.0 | 19.1 | 36.7 | 33.4 | 32.7 | 40.6 |
| | COD기준 | 생분해 | 40.8 | 44.8 | 40.8 | 17.7 | 32.3 | 20.1 | 24.7 |
| | | 난분해 | 59.2 | 55.2 | 59.2 | 82.3 | 67.8 | 79.9 | 75.3 |
| | COD기준 (보완) | 생분해 | 39.0 | 42.9 | 39.1 | 16.9 | 30.8 | 19.3 | 23.6 |
| | | 난분해 | 61.0 | 57.1 | 60.9 | 83.1 | 69.2 | 80.7 | 76.4 |

## 4.4 수질모형 선정 및 재현성 검토

### 4.4.1 호소 수질 모델을 이용한 저수지 수질분석

#### 가. 호소수질모델 선정

○ 저수지 수체 내 오염물질의 시·공간적 농도 변화를 예측하기 위하여 EFDC (Environmental Fluid Dynamics Computer Code) 모델을 적용하였음

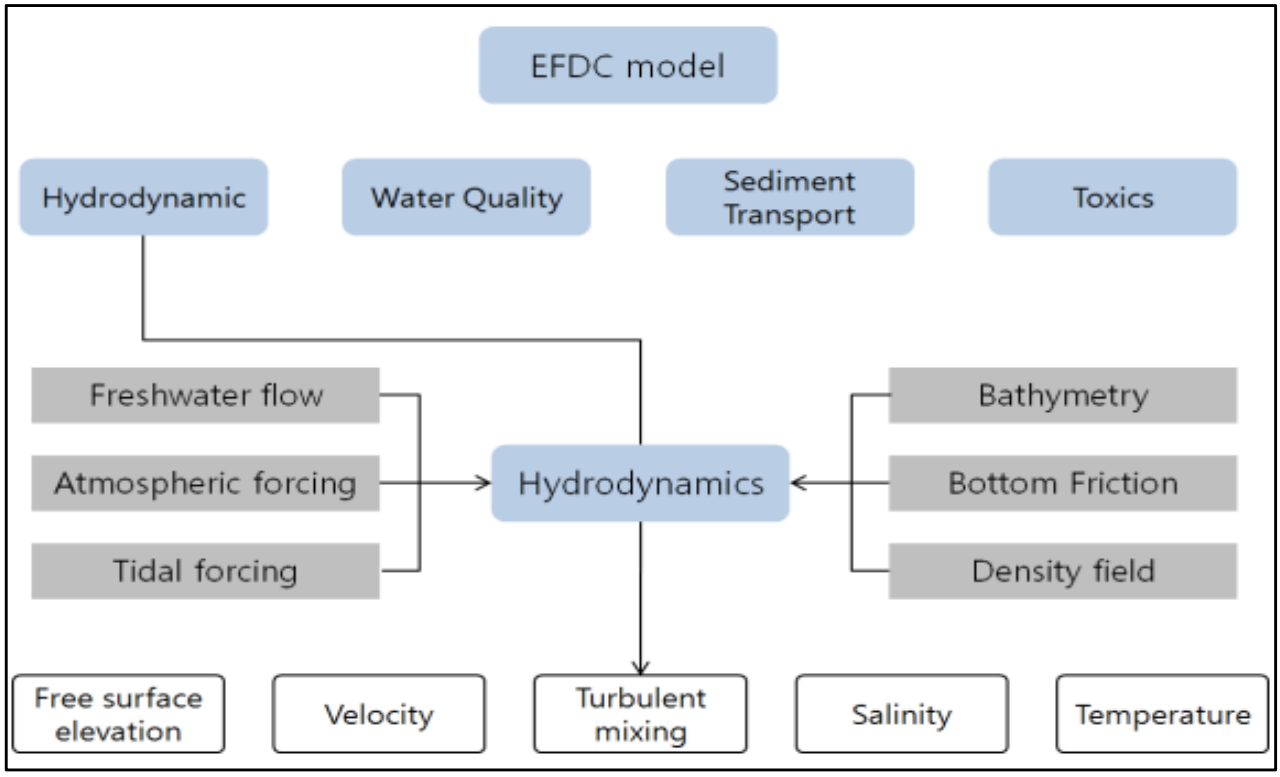
○ EFDC 모형은 환경부 산하 국립환경과학원에서 2012년부터 시행중인 4대강 수계 수질예보제에 사용되고 있는 모델로서, 최근 들어 다양한 수체에 3차원 수리-수질 동시 해석을 위하여 적용하는 사례가 증가하고 있음

<표 4.4-1> 수질예측 모델링 비교

| 모델명 | 개발 기관 | 적용가능 지역 | 특성 | 적용 여부 |
|---|---|---|---|---|
| WASP | USEPA | 하천, 호수, 하구 등 | - 다차원 하천, 저수지, 하구수질 모의<br>- 3개의 Submodel (DYNHYN, EUTRO,TOXI)로 구성<br>- $NH_3$-N,$NO_3$-N,$PO_4$-P,Chl-a, CBOD,DO,Organic-N,Organic-P와 보존성 물질과 독성물질 등 | |
| EFDC | USEPA | 하천, 호수, 하구 등 | - 3차원 수리, 수질 모의<br>- EFDC Full Version과 EFDC Hydro Version으로 구성<br>- 일반수질항목, SS, 수온, 염분 등을 모의 가능<br>- 비교적 간단한 수질인자에 대해서는 자체모의 가능 (하천 혹은 호소의 탁도모의)<br>- WASP과 연계를 통하여 보다 다양한 수질인자 모의가능 | ◉ |
| WQRRS | HEC | 호수 | - 길이가 짧고, 연직방향의 고려가 주된 호소일 때 적용<br>- 어류, 동물성 플랑크톤, 식물성 플랑크톤, 유기성 퇴적물질, COD, N-series, pH 등에 대해 예측 가능한 연직 1차원 모델<br>- 정상 상태시 적용이 용이함 | |
| SMS (RMA-4) | USACE | 하천, 호수, 하구 등 | - 3차원 수리, 수질(탁수) 모의<br>- 모의 대상 구간격자 구성을 위한 GFGEN모듈<br>- 동수역학 모의를 위한 RMA-2 모듈<br>- 오염물질의 확산을 모의하기 위한 RMA-4 모듈로 구성 | |

**나. 적용모델 개요**

- EFDC는 연안, 하구, 호소, 습지, 저수지 등의 유동 및 물질수송을 3차원으로 모의하는 수치모델로서 미국 VIMS (Virginia Institute of Marine Science)에서 개발하였으며, 미국 환경청(EPA)의 공인 모델로 지정되어 있으며, 미국의 연구소 및 대학 등에서 광범위하게 사용되고 있음
- EFDC 모델의 구조는 크게 4가지 모듈로 구분할 수 있으며, 유체역학모의모듈은 다시 6개의 유동모듈로 구성
- Dynamics 모듈의 모델링 결과인 수심, 유속, 혼합 등의 자료들은 수질(Water Quality), 부유사이동(Sediment Transport), 독성물질(Toxics) 모의를 위한 입력 자료로 사용됨




<그림 4.4-1> EFDC 모델의 구조

### 다. EFDC 구축

(1) 격자 구축

○ CAD 지형자료 활용 : 저수지 경계선, 저수지 바닥 표고값

○ 저수지 바닥 표고값 : 좌표 및 z값을 수치화

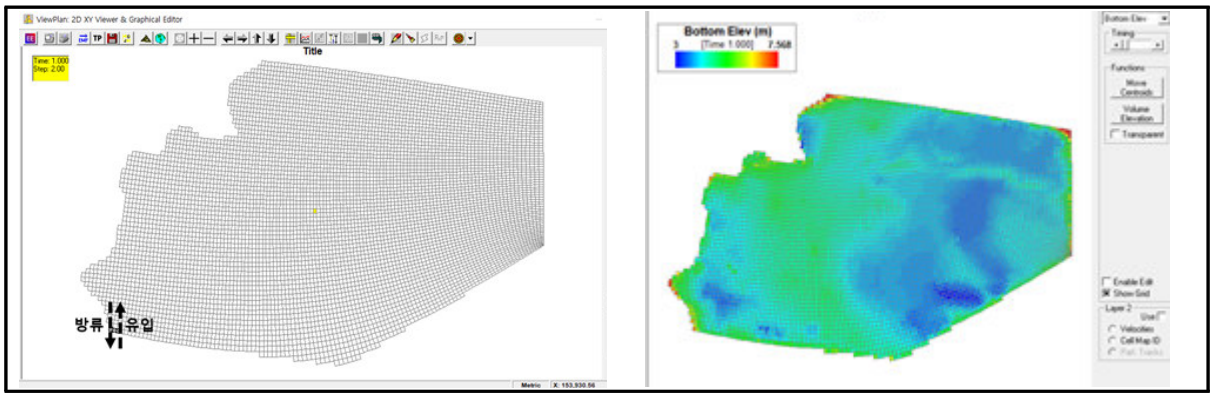
○ 사각형 격자망 구성 : 7,175개의 격자로 구성

○ 모형의 수직격자를 5m × 5m 간격으로 구성

○ 저수지 바닥표고값를 이용하여, 각 격자 중심점의 고도로부터 하상고도를 추출하고 모형의 기초자료로 입력

○ 저수지 수심측량자료를 이용하여, 각 격자 중심점의 수심과 만수위 선의 고도로부터 하상고도를 추출하고 모형의 기초자료로 입력

○ 기상자료, 유입하천 유량, 구도 및 방류량, 취수량, 수질관측자료, 수위 등의 시계열 자료 수집 및 모델에서 요구하는 시간간격으로 입력자료 구성

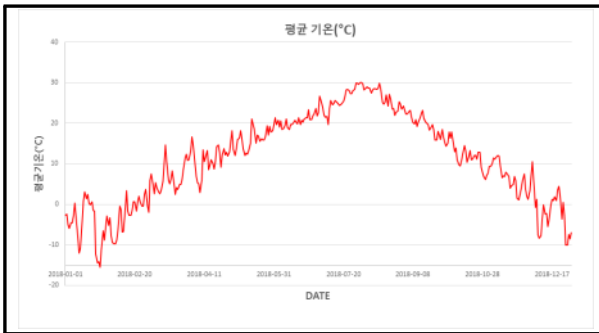



<그림 4.4-2> EFDC 격자구축(좌) 및 수심분포도(우)

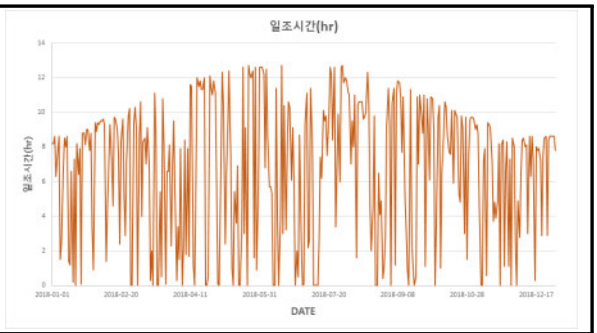
(2) 기상자료

○ EFDC 수질 모의를 위한 기상자료는 기온, 습도, 강수량, 전운량, 일사량, 기압, 풍향/풍속 등이 입력됨

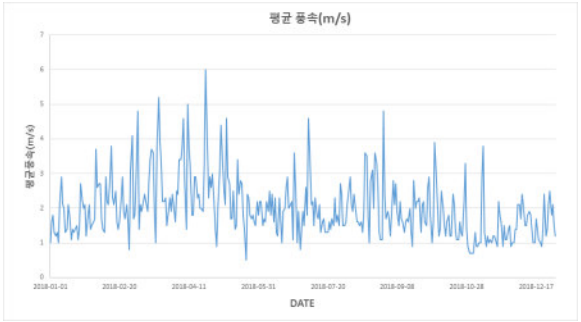
○ 이들 기상자료는 기상청에서 관리하는 강화기상관측소 자료를 사용하였음



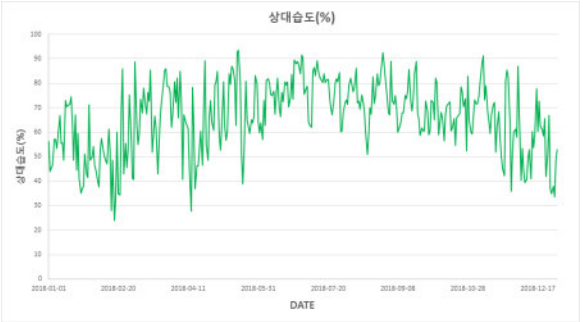

(a) 기온(℃)




(b) 일사량(Langleys)




(c) 풍속(m/s)




(d) 상대습도

<그림 4.4-3> 호소수질모델 기상자료 입력결과(강화기상대)

**라. 호소수질모델의 보정 및 검증**

○ 유역모델의 유량결과를 EFDC 입력자료로 활용하여 대산저수지의 수리수문변화를 예측 후, EFDC 유량예측 결과와 유역모델의 수질결과를 바탕으로 수질모듈에 적합한 입력자료를 구성하여, 실측된 수질자료와 비교 검토하여 반응계수를 보정하고 모형의 예측력을 검증함

○ 최근 완료된 수질측정망 자료와 실측치 데이터 2018~2019년을 자료를 이용하여 보정(2018년) 및 검증(2019년)을 실시하였음

<표 4.4-2> 농촌용수종합정보시스템(RAWRIS) 대산저수지 모니터링 결과

| 조사년월 | TOC (mg/L) | COD (mg/L) | DO (mg/L) | TN (mg/L) | TP (mg/L) |
|---|---|---|---|---|---|
| 2016/03 | 6.9 | 11.0 | 11.1 | 1.135 | 0.017 |
| 2016/05 | 7.5 | 11.2 | 8.9 | 0.498 | 0.017 |
| 2016/08 | 6.6 | 10.4 | 4.7 | 0.802 | 0.051 |
| 2016/10 | 6.2 | 9.8 | 6.3 | 0.741 | 0.063 |
| 2017/03 | 5.4 | 7.6 | 13.7 | 0.839 | 0.022 |
| 2017/06 | 6.3 | 10.2 | 4.6 | 1.352 | 0.021 |
| 2017/08 | 6.2 | 15.2 | 5.7 | 0.647 | 0.067 |
| 2017/10 | 7.3 | 16.0 | 8.1 | 0.710 | 0.033 |
| 2018/03 | 5.9 | 14.8 | 10.5 | 0.807 | 0.034 |
| 2018/05 | 5.8 | 9.2 | 7.4 | 0.628 | 0.021 |
| 2018/08 | 9.0 | 17.2 | 4.0 | 1.067 | 0.154 |
| 2018/10 | 7.5 | 16.8 | 4.3 | 1.178 | 0.065 |
| 2019/03 | 7.0 | 10.6 | 12.2 | 0.902 | 0.042 |

수질측정지점 위치도

<표 4.4-3> 대산저수지 모니터링 결과

| 구분 | 지점 | 수온 (℃) | DO (mg/L) | CODmn (mg/L) | TOC (mg/L) | T-N (mg/L) | T-P (mg/L) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2019/05 | SW-2 | 22.6 | 7.8 | 10.1 | 7.0 | 2.57 | 0.333 |
| 2019/06 | SW-1 | 27.3 | 7.8 | 10.7 | 6.9 | 1.35 | 0.051 |
| | SW-2 | 27.5 | 7.4 | 10.5 | 7.4 | 1.33 | 0.038 |
| 2019/08 | SW-3 | 26.8 | 7.1 | 14.4 | 8.8 | 1.63 | 0.051 |
| 2019/10 | SW-2 | 28.9 | 6.6 | 9.3 | 5.5 | 0.71 | 0.051 |
| | SW-2 | 23.7 | 8.3 | 11.1 | 7.0 | 1.01 | 0.068 |

○ 호소수질모형의 보정 및 검증 기간은 2018~2019년으로 선정하였고, 모형효율은 %difference를 이용하되, 이에 대해 US EPA (2000)가 제시한 모형효율의 범위와 신뢰구간에 따라 평가함

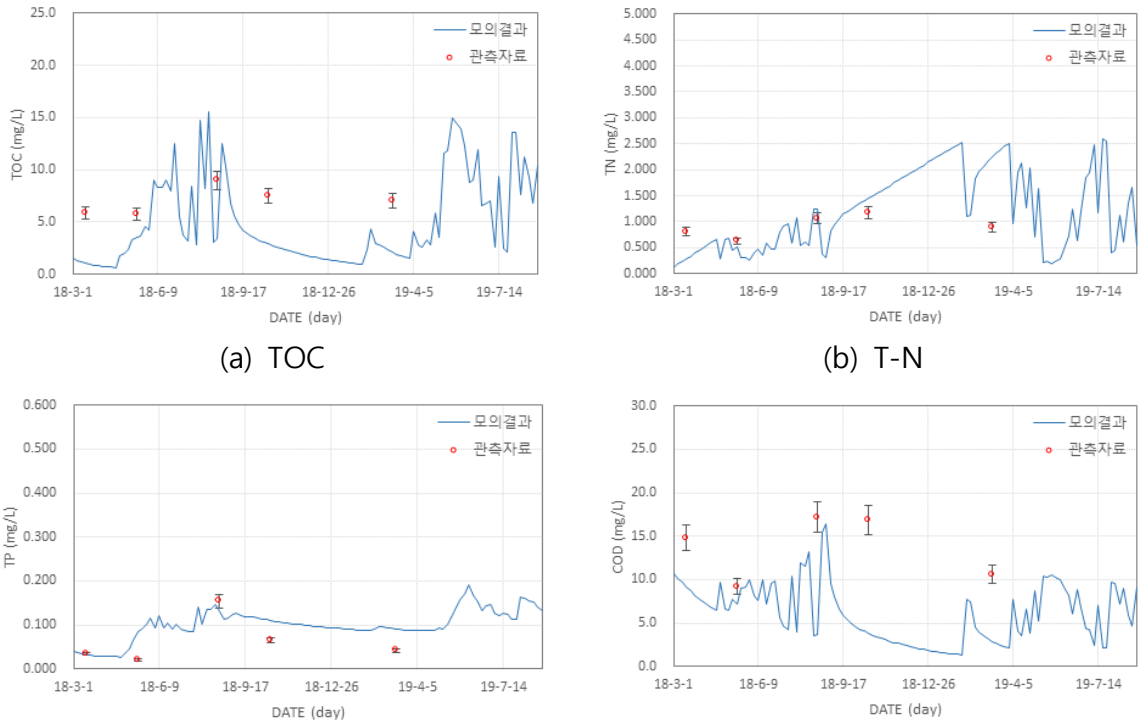
$$\%\,diff = \frac{(\sum_{i=1}^{n} O_i - \sum_{i=1}^{n} S_i)}{\sum_{i=1}^{n} O_i} \times 100$$

여기서, *%diff* : 모형효율 (%), *Oi* : i일의 실측값, *Si* : i일의 모의 값

○ 호소수질모델의 재현성 검토 결과 T-P는 Very Good, TOC 및 T-N은 Good 으로 평가되었으며, 실측값의 횟수와 변동범위를 고려할 때 구축된 모형은 시계열 변동을 적절히 재현하고 있기 때문에 이를 통해 예측 한 장래수질의 신뢰도는 높을 것으로 판단됨

<표 4.4-4> 호소수질모형 보·검증에 따른 모형효율 평가 (%, Difference)

| 구분 | TOC | T-N | T-P |
|---|---|---|---|
| 결정계수 | 25.00 | 19.09 | 14.93 |
| 평가결과 | Good | Good | Very Good |




(a) TOC (b) T-N

(c) T-P (d) COD

<그림 4.4-4> 대산저수지 수질 검·보정결과

## 4.5 장래수질예측

### 4.5.1 장래오염원 전망

○ 유역 내 오염원인 인구, 축산분뇨 등의 점오염원과 토지이용에 따른 비점오염원에 의한 장래 오염부하량을 예측하기 위해 먼저 장래 오염원을 전망하였음

○ 장래 오염원 전망은 "수질오염총량관리기술지침, 2019. 03"에서 제시한 방법을 따랐으며, 이에 강화군의 관련계획 등을 검토하였음

**가. 인구**

○ 장래 인구 추정은 수학적 추정방법에 의한 자연적 증가와 택지(재)개발에 따른 유입인구에 의한 사회적 증가를 적용하여 산정하였으며, 유역내 인구의 장래변화는 목표연도인 2030년 인구를 추정하였음

○ "2020도시기본계획" 등 개발에 따른 추가 유입인구는 없는 것으로 조사되었으며, 과거 추세를 반영한 수학적 방법의 추정치와 관련 상위계획의 추정치를 비교.검토하여 계획인구를 결정함

○ 강화군 인구추이는 2006년부터 2015년까지 증가추세이고, 가구당 2.3명 정도가 거주하는 것으로 통계가 분석됨

<표 4.5-1> 강화군 인구 변화 추이

| 연도별 | 인구 | 비 고 |
|---|---|---|
| 2018 | 3,110 | |
| 2019 | 3,102 | |
| 2020 | 3,096 | |
| 2021 | 3,098 | |
| 2022 | 3,100 | |
| 2023 | 3,102 | |
| 2024 | 3,104 | |
| 2025 | 3,104 | |
| 2026 | 3,106 | |
| 2027 | 3,106 | |
| 2028 | 3,107 | |
| 2029 | 3,108 | |
| 2030 | 3,108 | |

○ 장래인구의 자연증감에 의한 전망은 자연증감 및 개발계획에 따른 인구 증감을 구분하였으며, 동·리별로 과거 5년의 인구추세에 근거하여 지수회귀식을 적용하여 전망하였음

### 나. 축산

○ 대산저수지 유역 내에 사육되는 가축에 대해서 전국오염원자료(2018년 기준)를 이용하여 사육두수 현황을 조사하였음

○ 환경부 전국오염원조사 자료를 토대로 현장방문을 통해 축사 위치를 조사하였음

<표 4.5-2> 대산수지 유역 장래 가축사육 전망 [단위 : 마리]

| 가축 | 2018년 | 2030년 |
|---|---|---|
| 한우 | 1,432 | 1,432 |
| 젖소 | 242 | 242 |
| 돼지 | 700 | 700 |
| 양 | 20 | 20 |
| 가금 | 100,000 | 100,000 |

주) 행정구역의 유역내 실측조사

### 다. 산 업

○ 대산저수지 유역내에 폐수를 배출하는 산업계 오염원이 없는 것으로 조사됨

### 라. 토지이용

○ 도시개발계획 및 용도지역 변경 계획 등은 없는 것으로 조사되었으며, 비점오염원인 토지이용은 현재와 동일한 것으로 전망하였음

<표 4.5-3> 소유역별 토지이용현황

| 구 분 | 읍·면·동·리 | | 지목별 면적(ha) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 계 | 전 | 답 | 임야 | 대지 | 기타 |
| 총 계 | | | 1,925.7 | 208.5 | 709.4 | 630.4 | 243.6 | 133.8 |
| 소유역 Ⅰ | 강화읍 | 국화리 | 1,366.2 | 158.8 | 416.4 | 535.3 | 168.1 | 87.6 |
| | 하점면 | 부근리 | | | | | | |
| | 송해면 | 상도리·솔정리·신당리 하도리··숭뢰리 | | | | | | |
| 소유역 Ⅱ | 강화읍 | 대산리 | 42.1 | 3.1 | 0.8 | 5.0 | 29.4 | 3.8 |
| | 송해면 | 숭뢰리 | | | | | | |
| 소유역 Ⅲ | 강화읍 | 월곳리·대산리 | 517.4 | 46.6 | 292.2 | 90.1 | 46.1 | 42.4 |
| | 송해면 | 숭뢰리·신당리 | | | | | | |

<표 4.5-4> 장래 오염원 전망 결과

| 구 분 | | '18년 기준 | '30년 장래 |
|---|---|---|---|
| 인구(명) | | 3,110 | 3,108 |
| 축산 (두) | 한우 | 1,432 | 1,432 |
| | 젖소 | 242 | 242 |
| | 돼지 | 700 | 700 |
| | 양 | 20 | 20 |
| | 가금 | 100,000 | 100,000 |
| 토지 이용 (ha) | 전 | 208.5 | 207.4 |
| | 답 | 709.4 | 695.9 |
| | 임야 | 630.4 | 623.8 |
| | 대지 | 243.6 | 257.1 |
| | 기타 | 133.8 | 141.5 |
| | 합계 | 1,925.7 | 1,925.7 |
| 산업폐수발생량(㎥/일) | | - | - |

### 4.5.2 장래 오염부하량

#### 가. 발생부하량

○ 유역 내 2030년 발생부하량은 BOD 1,723.46kg/일 T-N 444.133kg/일, T-P 126.644kg/일로 예측되었으며, 생활계가 각각 9.3%, 9.7%, 3.8%로 발생되고, 축산계가 각각 86.3%, 75.6%, 90.0% 발생되고, 토지계가 각각 4.4%, 14.7%, 6.2%의 비율을 차지함

<표 4.5-5> 오염원그룹별 발생부하량 [단위: kg/일]

| 구 분 | BOD | T-N | T-P | 비 고 |
|---|---|---|---|---|
| 합 계 | 1,723.46 | 444.133 | 126.644 | - |
| 생활계 | 160.19 | 43.019 | 4.769 | - |
| 축산계 | 1,487.15 | 335.919 | 113.975 | - |
| 산업계 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | - |
| 토지계 | 76.12 | 65.195 | 7.900 | - |
| 양식계 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | - |

#### 나. 배출부하량

○ 장래 2030년에 대산저수지 유역에서 배출되는 배출부하량은 BOD 321.49kg/일, T-N 169.503kg/일, T-P 20.222kg/일로 예측되었으며, 축산계가 각각 40.1%, 46.0%, 42.5%로 가장 큰 비율을 차지함

<표 4.5-6> 오염원그룹별 배출부하량 [단위: kg/일]

| 구 분 | BOD | T-N | T-P | 비 고 |
|---|---|---|---|---|
| 합 계 | 321.49 | 169.503 | 20.222 | - |
| 생활계 | 117.89 | 27.186 | 3.787 | - |
| 축산계 | 128.81 | 77.968 | 8.587 | - |
| 산업계 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | - |
| 토지계 | 74.79 | 64.349 | 7.848 | - |
| 양식계 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | - |

○ 소유역 Ⅰ은 생활계 및 축산계 오염원이 집중적으로 분포하고 있어 대산저수지 유역 내에서 배출부하량이 가장 크며, 다음으로 소유역Ⅲ, 소유역Ⅱ 순으로 나타남

<표 4.5-7> 소유역별 장래 2030년 발생부하량 [단위: kg/일]

| 구 분 | 항목 | 계 | 생활계 | 축산계 | 산업계 | 토지계 | 양식계 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 총 계 | BOD | 1,723.46 | 160.19 | 1,487.15 | 0.0 | 76.12 | 0.0 |
| | T-N | 444.133 | 43.019 | 335.919 | 0.0 | 65.195 | 0.0 |
| | T-P | 126.644 | 4.769 | 113.975 | 0.0 | 7.900 | 0.0 |
| 소유역Ⅰ | BOD | 1,576.72 | 119.37 | 1,404.78 | 0.0 | 52.57 | 0.0 |
| | T-N | 396.703 | 32.153 | 317.698 | 0.0 | 46.852 | 0.0 |
| | T-P | 117.370 | 3.560 | 108.343 | 0.0 | 5.467 | 0.0 |
| 소유역Ⅱ | BOD | 4.56 | 3.01 | 0.00 | 0.0 | 1.55 | 0.0 |
| | T-N | 2.101 | 0.808 | 0.000 | 0.0 | 1.293 | 0.0 |
| | T-P | 0.253 | 0.090 | 0.000 | 0.0 | 0.163 | 0.0 |
| 소유역Ⅲ | BOD | 142.18 | 37.81 | 82.37 | 0.0 | 22.00 | 0.0 |
| | T-N | 45.329 | 10.058 | 18.221 | 0.0 | 17.050 | 0.0 |
| | T-P | 9.021 | 1.119 | 5.632 | 0.0 | 2.270 | 0.0 |

<표 4.5-8> 소유역별 장래 2030년 배출부하량 [단위: kg/일]

| 구 분 | 항목 | 계 | 생활계 | 축산계 | 산업계 | 토지계 | 양식계 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 총 계 | BOD | 321.49 | 117.89 | 128.81 | 0.0 | 74.79 | 0.0 |
| | T-N | 169.503 | 27.186 | 77.968 | 0.0 | 64.349 | 0.0 |
| | T-P | 20.222 | 3.787 | 8.587 | 0.0 | 7.848 | 0.0 |
| 소유역Ⅰ | BOD | 256.36 | 83.24 | 121.40 | 0.0 | 51.72 | 0.0 |
| | T-N | 139.517 | 19.695 | 73.595 | 0.0 | 46.227 | 0.0 |
| | T-P | 16.309 | 2.714 | 8.165 | 0.0 | 5.430 | 0.0 |
| 소유역Ⅱ | BOD | 3.91 | 2.36 | 0.00 | 0.0 | 1.55 | 0.0 |
| | T-N | 1.831 | 0.538 | 0.000 | 0.0 | 1.293 | 0.0 |
| | T-P | 0.238 | 0.075 | 0.000 | 0.0 | 0.163 | 0.0 |
| 소유역Ⅲ | BOD | 61.22 | 32.29 | 7.41 | 0.0 | 21.52 | 0.0 |
| | T-N | 28.155 | 6.953 | 4.373 | 0.0 | 16.829 | 0.0 |
| | T-P | 3.675 | 0.998 | 0.422 | 0.0 | 2.255 | 0.0 |

### 4.5.3 장래 수질예측

○ 2030년 오염원 변화에 따른 수질을 예측한 결과 TOC 6.5mg/L, T-N 1.624mg/L, T-P 0.142mg/L로 TOC는 목표수질 Ⅳ등급을 초과하는 것으로 나타남

○ 대산저수지 수질개선을 위해 TOC를 저감할 수 있는 공법 적용이 필요함

<표 4.5-9> 장래 수질예측결과

| 구분 | | 수질예측결과(mg/L) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | TOC | T-N | T-P |
| 연평균 | | 6.5 | 1.624 | 0.142 |
| 최대 | | 16.6 | 2.851 | 0.368 |
| 최소 | | 0.8 | 0.122 | 0.028 |
| 분기 | 1 | 6.5 | 1.569 | 0.145 |
| | 2 | 6.9 | 1.420 | 0.155 |
| | 3 | 4.2 | 1.222 | 0.143 |
| | 4 | 2.7 | 2.004 | 0.113 |

### 4.5.4 시나리오 구성 및 수질예측

#### 가. 시나리오 구성

○ 대산저수지 유역의 장래 수질을 예측하기 위하여 장래부하량 변화 및 수질개선 대책에 따른 수질예측 시나리오를 설정하였음

○ 시나리오 1은 2030년 기준 무대책에 대한 유역 내 오염부하량의 변화만을 반영하여 적용하였음

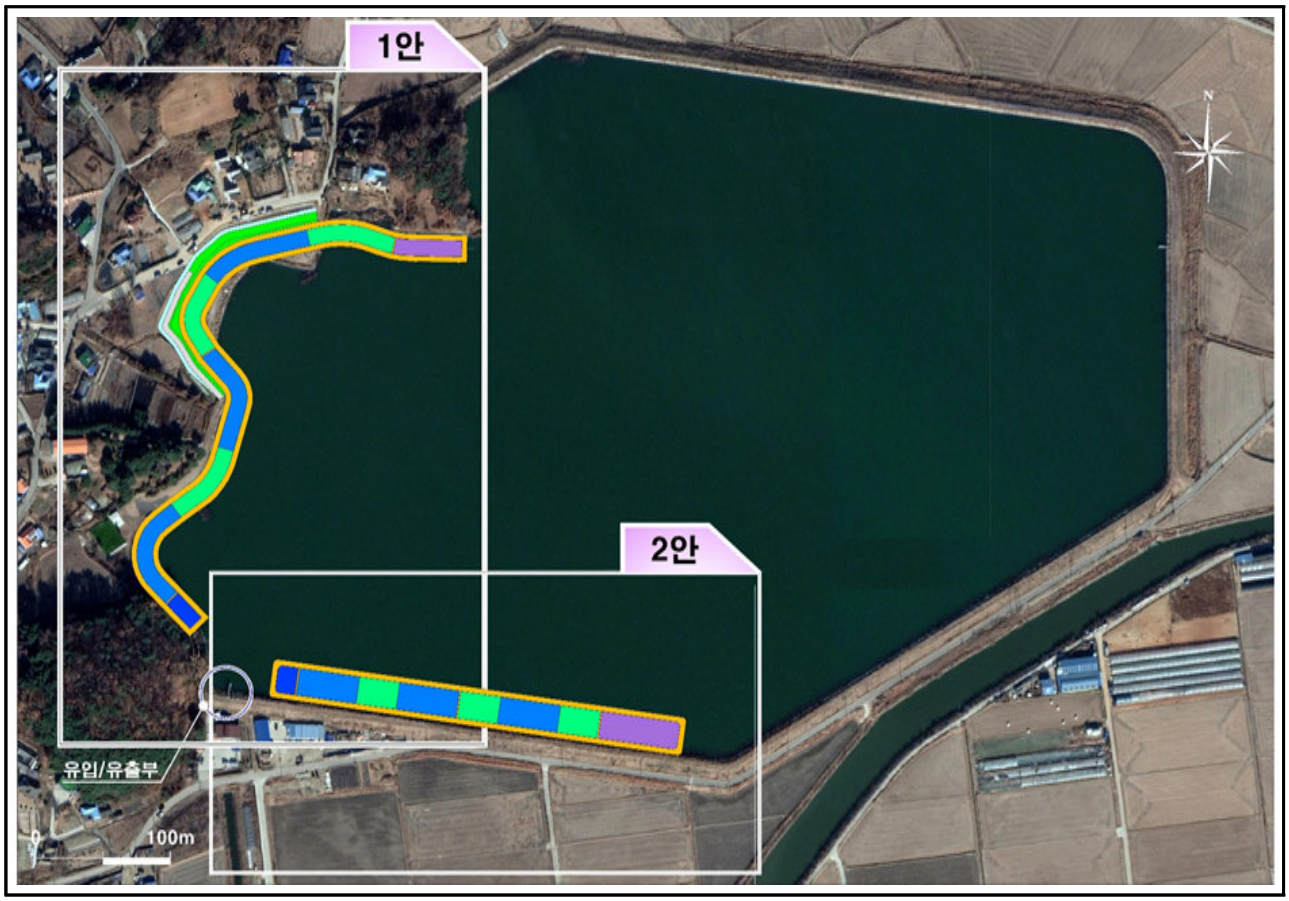
○ 시나리오 2는 강우시 양수장 양수 및 방류를 통해 순환을 시켜 수질 저감을 계획하였음

○ 시나리오 3은 호내 양수후 조합형 습지 유입(4,200㎥/일)과 배수로 양수(기존 숭뢰펌프장, 69,898㎥/일)를 조합하여 계획하였음

○ 시나리오 4는 배수로 우수를(스크린형 저감시설) 양수하여 조합형 습지로 유입 호내 양수후 조합형 습지 유입(4,300㎥/일)과 배수로 양수(기존 숭뢰펌프장, 69,898㎥/일)를 조합하여 계획하였음

<표 4.5-10> 수질 예측 시나리오 구성

| 구 분 | 세부내용 | 비 고 |
|---|---|---|
| 시나리오 1 | 무대책 시 | |
| 시나리오 2 | 강우시 순환(양수장 양수+방류) | |
| 시나리오 3 | 북서측 조합형 습지(1안) 설치<br>(보조대책: 끈상스크린, 침강지) | |
| 시나리오 4 | 남측 조합형 습지(2안) 설치<br>(보조대책: 끈상스크린, 침강지) | |




<그림 4.5-1> 대산지구 농업용수 수질개선대책(안)

○ 호소수질모델에 적용한 수질정화시설별 정화 효율은 다음과 같음

<표 4.5-11> 수질정화시설별 정화 효율 [단위 : %]

| 구 분 | 저감시설 | 저감효율(%) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | BOD | T-N | T-P | TOC(계산) | 산정근거 |
| 유입수로 | 여과형 시설 | 50 | 46 | 54 | 17.5 | 비점오염저감시설의 설치 및 관리.운영 매뉴얼(2016,환경부) |
| | 스크린 시설 | 15 | 9 | 19 | 5.2 | |
| | 끈상 여과공법 | 7 | 11 | 22 | 6 | 공법사 제시효율 |
| 호내 대책 | 침강지(부댐형) | - | 32 | 23 | - | 농업용수 수질개선사업 설계매뉴얼 (2017, 농어촌공사) |
| | 조합형 습지 | 89 | 54 | 72 | 31.1 | |

주) TOC 저감효율은 BOD(생분해성) 비율 35% 적용시로 제시 : 35% x 89% = 31.1%

**나. 수질 예측 결과**

○ 시나리오 1의 대산저수지 수질은 TOC 6.5mg/L, 총질소 1.624mg/L, 총인 0.142mg/L로 예측되어 TOC 항목에서 목표수질 IV등급을 초과하는 것으로 예측됨

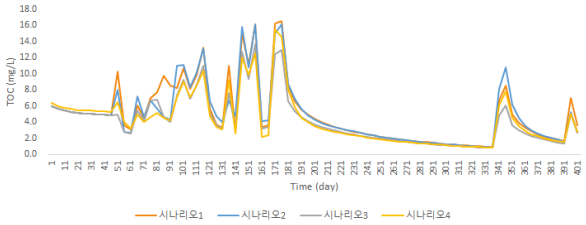
○ 시나리오 2의 대산저수지 수질은 TOC 6.2mg/L, 총질소 1.440mg/L, 총인 0.128mg/L로 예측되어 TOC 항목에서 목표수질 IV등급을 초과하는 것으로 예측됨

○ 시나리오 3의 대산저수지 수질은 TOC 5.6mg/L, 총질소 0.992mg/L, 총인 0.093mg/L로 예측되어 모든 항목에서 목표수질 IV등급을 만족할 것으로 예측됨

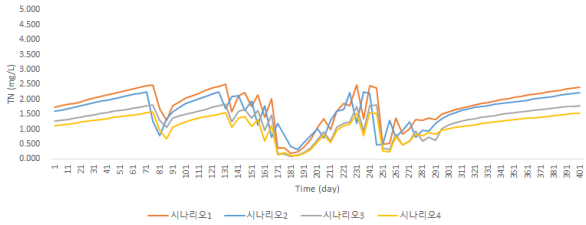
○ 시나리오 4의 대산저수지 수질은 TOC 5.5mg/L, 총질소 0.989mg/L, 총인 0.090mg/L로 예측되어 모든 항목에서 목표수질 IV등급을 만족할 것으로 예측됨

<표 4.5-12> 시나리오별 수질예측결과(연평균)

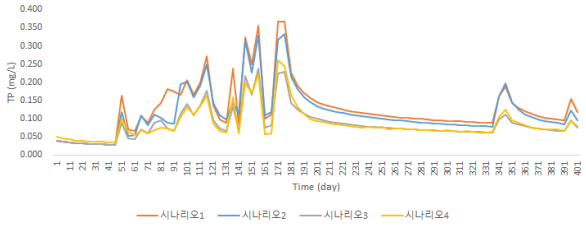
| 구분 | 수질예측결과(mg/L) | | |
|---|---|---|---|
| | TOC | T-N | T-P |
| 시나리오 1 | 6.5 | 1.624 | 0.142 |
| 시나리오 2 | 6.2 | 1.440 | 0.128 |
| 시나리오 3 | 5.6 | 0.992 | 0.093 |
| 시나리오 4 | 5.5 | 0.989 | 0.090 |




(a) TOC




(b) T-N




(c) T-P

<그림 4.5-2> 시나리오별 장래수질예측 연간변화

<표 4.5-13> 시나리오별 수질예측결과(연최대, 연최소)

| 구분 | 수질예측결과(mg/L), year max | | | 수질예측결과(mg/L), year min | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | TOC | T-N | T-P | TOC | T-N | T-P |
| 시나리오 1 | 16.6 | 2.851 | 0.368 | 0.8 | 0.122 | 0.028 |
| 시나리오 2 | 16.2 | 0.368 | 0.332 | 0.8 | 0.122 | 0.028 |
| 시나리오 3 | 13.7 | 2.104 | 0.237 | 0.7 | 0.001 | 0.028 |
| 시나리오 4 | 14.5 | 1.811 | 0.220 | 0.7 | 0.001 | 0.029 |

<표 4.5-14> 시나리오별 수질예측결과(분기평균)

| 구분 | | 수질예측결과(mg/L), quarter ave | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 항목 | TOC | | | | T-N | | | | T-P | | | |
| | 분기 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 시나리오 1 | | 6.5 | 6.9 | 4.2 | 2.7 | 1.569 | 1.420 | 1.222 | 2.004 | 0.145 | 0.155 | 0.143 | 0.113 |
| 시나리오 2 | | 5.5 | 7.1 | 4.2 | 3.1 | 1.467 | 1.223 | 1.125 | 1.853 | 0.123 | 0.143 | 0.132 | 0.107 |
| 시나리오 3 | | 5.4 | 6.2 | 3.5 | 2.1 | 1.142 | 0.936 | 0.876 | 1.482 | 0.092 | 0.104 | 0.096 | 0.075 |
| 시나리오 4 | | 5.2 | 5.3 | 3.2 | 2.3 | 0.945 | 0.855 | 0.774 | 1.245 | 0.074 | 0.079 | 0.077 | 0.064 |

**다. 시나리오**

○ TOC, T-N, T-P 목표수질을 모두 만족하는 시나리오 3(북서측 조합형습지)를 최적 시나리오로 채택함

<표 4.5-15> 시나리오별 수질예측결과(연평균)

| 구분 | 수질예측결과(mg/L) | | |
|---|---|---|---|
| | TOC | T-N | T-P |
| 개선된 조합형인공습지 (지표흐름+지하흐름) | 5.6 | 0.992 | 0.093 |

### 라. 상류대책을 포함한 추가 시나리오 검토

○ 마을하수도, 기계식 저감시설 등 상류대책을 포함한 추가 시나리오를 검토하였으며, 마을하수도 등 시설이 추가시 최적의 오염물질 저감효과를 나타내는 것으로 검토되었으며, 금회 수질오염 저감대책이 중·단기 대책임을 고려하여 금회 수질오염 저감대책으로는 기 검토된 북서측 조합형 습지를 채택하였다.

○ 상류대책을 포함한 시나리오 추가 시나리오 검토

- 상류 및 호내대책

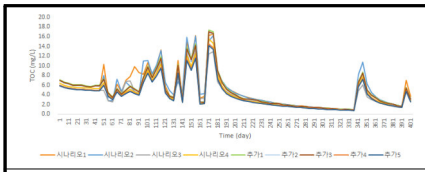
| 구 분 | 상류대책 | 호내대책 | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 대 책 | 마을하수도 | 북측 인공습지(조합) | 남측 인공습지(조합) | 침강지 등 | 기타 (강우시 순환) |
| 규 모 | 846톤/일 | A = 10,400㎡<br>Q = 4,200㎥/일 | A = 8,672㎡<br>Q = 4,300㎥/일 | A = 7,000㎡<br>Q = 4,200㎥/일<br>끈상스크린 1식 | - |
| 사업비 | 13,400백만원 | 5,943백만원 | 6,100백만원 | 841백만원 | - |

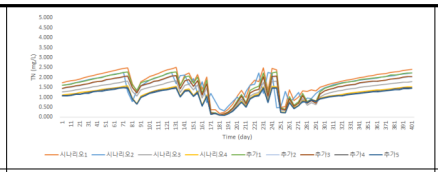
주) 마을하수도 규모 : 생활오수원단위 X 인구수 = 277.7 L/인·일 X 3,110인 = 863,647 L/일 = 846㎥ /일

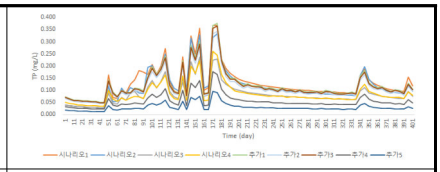
- 시나리오별 수질예측 결과

| 구 분 | 수질개선 시스템 | 사업비 (억원) | 수질예측결과(mg/L) | | | 목표수질(IV등급) 달성여부 | | | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | TOC | T-N | T-P | TOC | T-N | T-P | |
| 시나리오1 | 무대책 시 | - | 6.5 | 1.624 | 0.142 | X | X | X | |
| 시나리오2 | 강우시 순환(양수장 운영) | - | 6.2 | 1.440 | 0.128 | X | X | X | |
| **시나리오3** | **북측 인공습지(조합), 침강지 등** | **68** | **5.6** | **0.992** | **0.093** | **O** | **O** | **O** | **채택** |
| 시나리오4 | 남측 인공습지(조합), 침강지 등 | 70 | 5.5 | 0.989 | 0.090 | O | O | O | |
| 보완대책1 | 마을하수도(상류대책) | 134 | 6.1 | 1.446 | 0.126 | X | X | X | |
| 보완대책2 | 마을하수도(상류)+시나리오2 | 134 | 5.9 | 1.300 | 0.116 | O | X | X | |
| 보완대책3 | 마을하수도(상류)+침강지 | 138 | 6.0 | 1.321 | 0.122 | O | X | X | |
| 보완대책4 | 마을하수도(상류)+북측 인공습지 | 189 | 5.2 | 0.952 | 0.058 | O | O | O | |
| 보완대책5 | 마을하수도(상류)+시나리오3 | 193 | 5.0 | 0.929 | 0.031 | O | O | O | 달성 |

- 보완대책별 장래수질예측 연간변화


TOC


T-N


T-P

# 제5장 시설계획

5.1 수질개선 대책 기본방향

5.2 수질개선 종합계획

5.3 인공습지 조성계획

5.4 양수시설 계획

5.5 저수지 내용적 검토

5.6 세부시설 계획

5.7 농업비점오염원 저감대책

# 제5장 시설계획

## 5.1 수질개선 대책 기본방향

### 5.1.1 기본방향

○ 수질개선 대책 기본방향은 유수흐름 및 대상시설에 따라 기본방향을 설정하였음

**가. 목표수질 기준**

○ 「환경정책기본법 시행령 별표1 환경기준」호소 생활환경기준 Ⅳ(4등급) 약간나쁨

| 구 분 | 수 질 농 도 (mg/L) | | |
|---|---|---|---|
| | TOC | T-N | T-P |
| 목표수질 | 6.0 이하 | 1.0 이하 | 0.1 이하 |

**나. 목표년도**

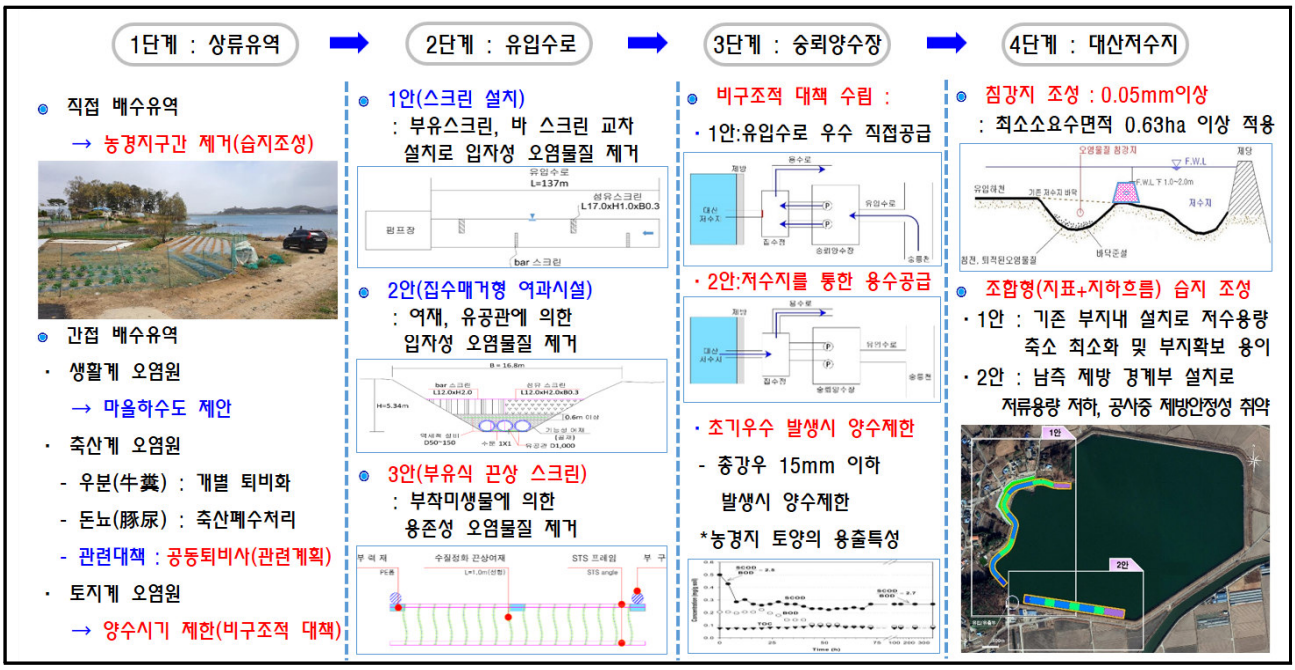
○ 2030년 (장래 오염원 전망년도와 동일한 2030년 적용)

**다. 기본방향**

| 유수흐름 | 대상시설 | 기본방향 | 저감대책 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|
| 1단계 | 간접유역 | 생활계, 축산계 배출부하량 저감 | 마을하수도 제안, 공동퇴비사(관련계획) 설치 | 장기대책 |
| 2단계 | 유입수로 | 유지관리가 용이한 최소 시설 구축 | 용존성 오염물질 제거 가능한 시설계획 | 단기대책 |
| 3단계 | 숭뢰양수장 | 운영시스템 조정을 통한 물순환 시스템구축 | 저수지를 통한 용수공급, 초기우수 양수제한 | 비구조적 대책 |
| 4단계 | 대산저수지 | 오염물질 저감효율이 높은 시설 구축 | 조합형 습지조성 | 단기대책 |

### 5.1.2 수질개선 시스템 구성

○ 유수흐름, 시설별 단계적 수질개선 시스템을 구성하였음




### 5.1.3 상류유역 대책(장기대책)

○ 금회 대산저수지 수질개선을 위해 상류유역에 대한 오염저감 계획이 필요한 것으로 판단되며 생활계, 축산계, 토지계에 대한 저감계획을 제안 및 제시하였음

**가. 생활계**

○ 현재 대산저수지 유역은 비하수처리 구역으로 마을하수도 등 하수처리계획 없음

○ 마을하수도 설치에 따른 배출부하량 저감이 필요하며 이에 강화군에 마을하수도 설치 제안

**나. 토지계 (금회 직접유역, 단기대책)**

○ 대산저수지 유수지 부지내 농경지에 대한 습지조성

- 경작활동 제한에 따른 직접유역내 오염원 제거

유수지 부지내(북서측) 경작지 현황

### 다. 축산계

- ○ 금회 사업지구 내 축산 폐수는 개별 퇴비화시설 및 오수정화조를 이용하는 것으로 조사되었음
- ○ 개별 퇴비화시설의 경우 용량부족, 부숙기간 부족 등으로 실질적으로 오염부하량이 발생하는 것으로 판단됨
- ○ 공동퇴비사 설치 시 개별 퇴비화시설 용량부족 등을 일부 해소하여 실질적인 오염부하량 저감에 도움이 될 것으로 판단됨
- ○ 공동 퇴비사 설치 : 2020년 인천 강화·옹진 축협

**´20년 마을형 공동퇴비사 지원 사업 사업자 선정 계획(안)**

**2020. 03. 09.**

**지 자 체 : 인천광역시, 강화군**

**사업주체 : 인천강화옹진축협**

Ⅰ. 사업개요

가. 사업주체 현황

| 구 분 | 내 용 | 비 고 |
|---|---|---|
| 사업장 명칭 | 2020년 마을형 공동퇴비사 지원사업 | |
| 소재지 | 인천광역시 강화군 강화읍 대산리1394-1 | |
| 시설내역 | 퇴비 보관고(퇴비사) 1,000㎡(300평) | |
| | 악취저감(미생물 분사장치) | |
| | 송풍시설 | |
| | | |
| 시설 신청내역 (퇴비사, 건조장 등) | 퇴비사 | |
| 참여(계약)농가 | 19농가 | |

나. 사업 개요

○ 사업기간 : 2020년 1월 ~ 12월

○ 사업내역

| 구 분 | | 사업비(천원) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 계 | 국비 | 지방비 | 융자 | 자부담 |
| 합 계 | | 200,000 | 80,000 | 60,000 | 60,000 | |
| 마을형 공동퇴비사 | 퇴비사 | 179,000 | 71,600 | 53,700 | 53,700 | |
| | 악취저감시설 | 11,000 | 4,400 | 3,300 | 3,300 | |
| | 송풍시설 | 10,000 | 4,000 | 3,000 | 3,000 | |
| | 포크레인 | | | | | |
| | 소 계 | 200,000 | 80,000 | 60,000 | 60,000 | |

주) 국비40% , 시군비 30%, 융자(자부담) 30%

- 1 -

### 5.1.4 비구조적 대책

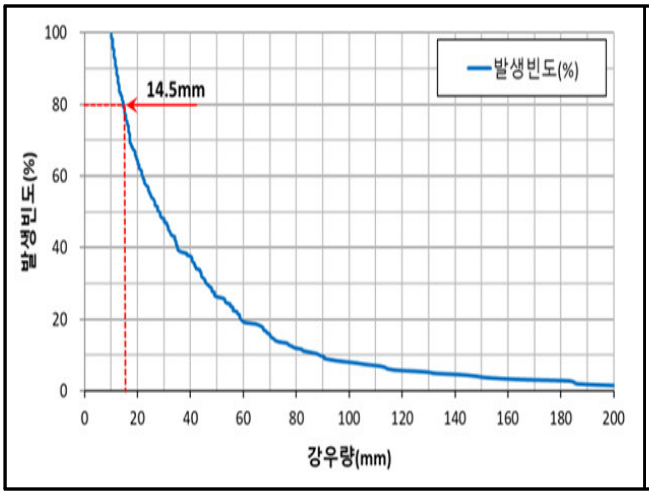
○ 초기 강우 시 펌프장 운영제한 등 숭뢰양수장 운영계획 변경 시 오염수 유입을 최소화 하여 저감효과가 있는 것으로 판단됨

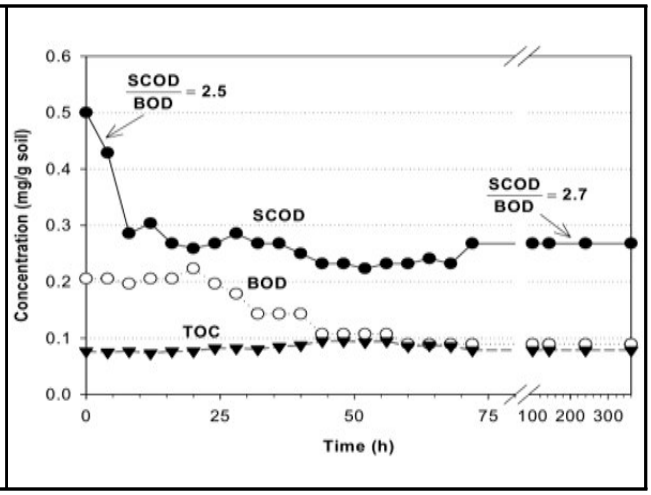
**가. 숭뢰양수장 운영계획 조정**

○ 초기 강우 시 펌프장 운영제한

○ 누적강우 80% 수준 : 총강우 15mm

○ 초기 강우 발생시 24시간내 운영제한 : 농경지 용출특성 고려




**나. 용수공급체계 적정성**

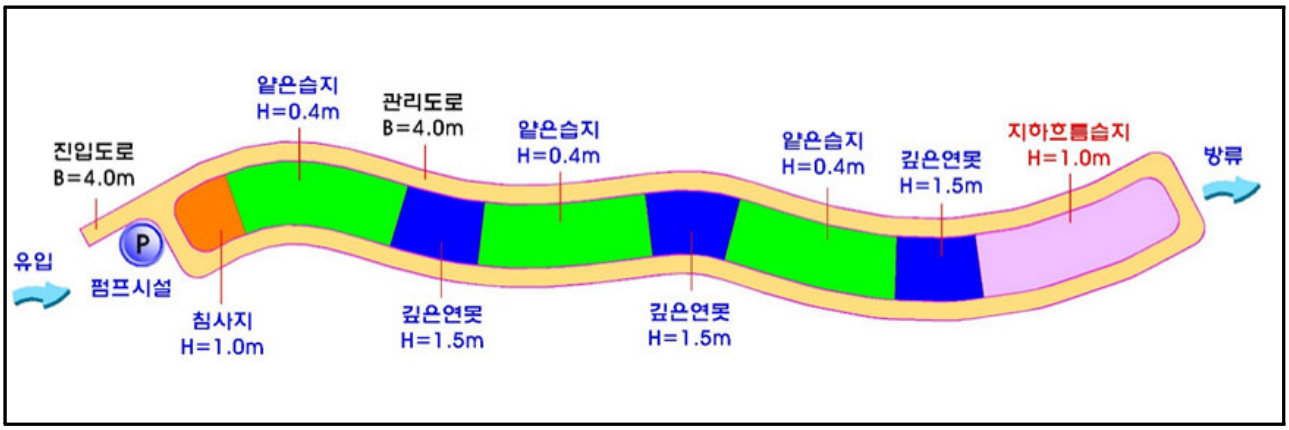
• 숭뢰양수장 펌핑가능량이 용수수요량(관개수량) 보다 크게 산정되어 용수공급체계 적정

| 구 분 | 연 평균 강우량 (mm) | 유역 유입량 (㎥/년) | 용수이용 가능량 (㎥/년) | 관개 필요수량 (㎥/년) | 판 정 |
|---|---|---|---|---|---|
| 산정방법 | 강화관측소 강우분석 | DIROM 모형 ① | 유역 발생량 X 50% ②=①X50% | HOMWRS 프로그램 ③ | 용수량>관개수량 ② > ③ |
| 유수흐름 | - | 저수지 유역 | 숭릉천 (펌핑가능량) | 농경지 이용량 | |
| 검토결과 | 1,285 | 11,719,000 | 5,859,000 | 4,858,000 | **적 정** |

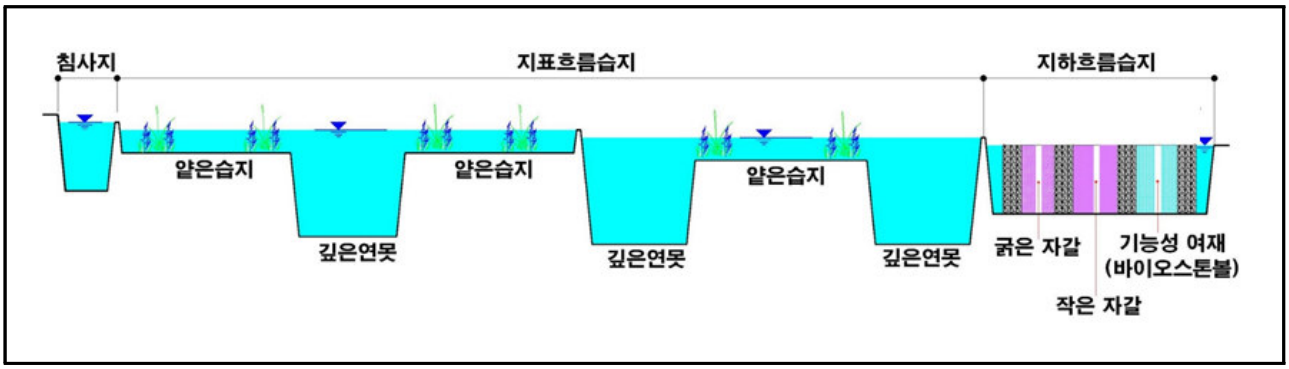
### 5.1.5 조합형 습지

○ 금회 인공습지 계획은 저감효율이 뛰어난 지표흐름+지하흐름의 조합형 습지로 계획하였음

○ 평면구성 : 시설용량 Q = 4,200 ㎥/일




○ 단면구성 : 침사지 → 지표흐름(얕은습지, 깊은연못) → 지하흐름 → 방류

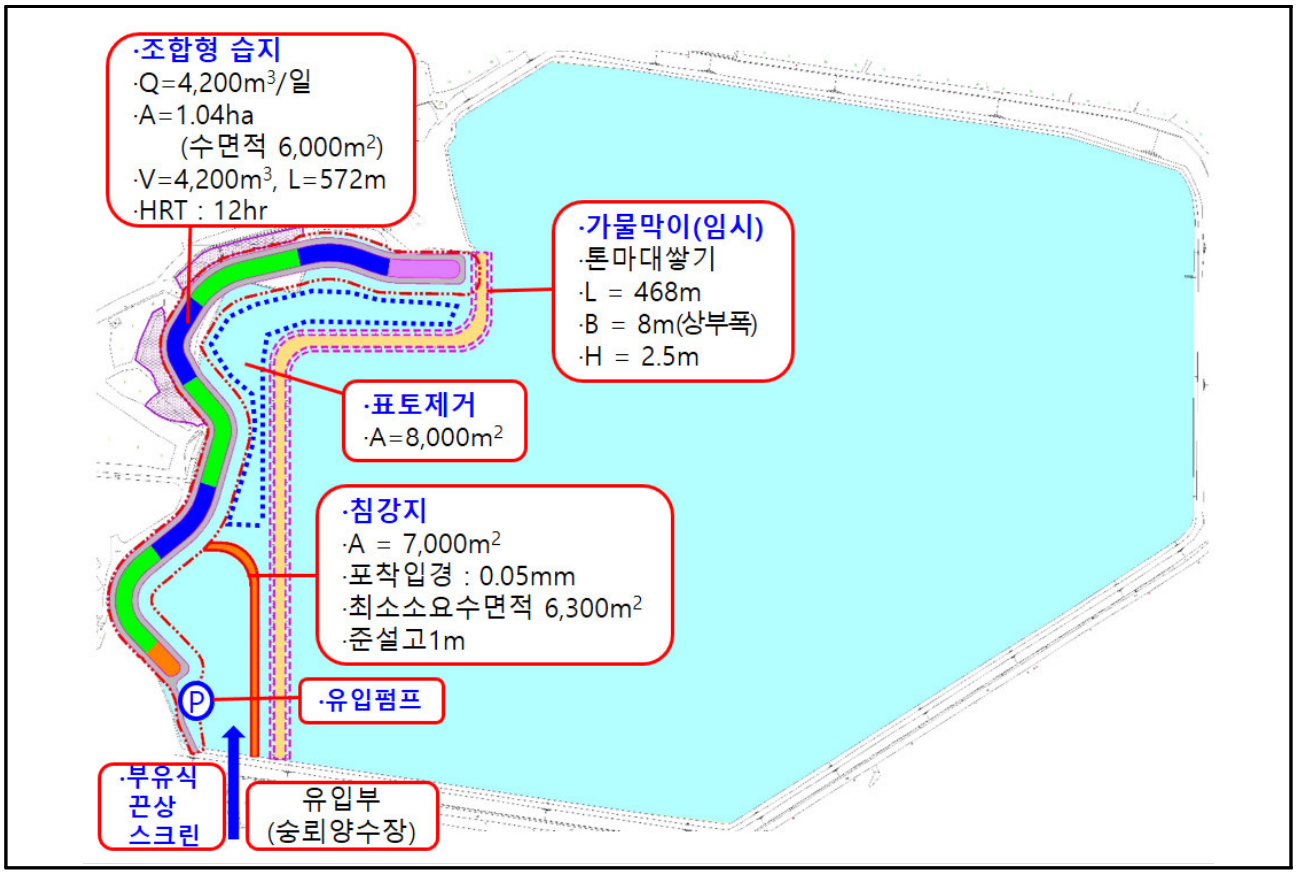


## 5.2 수질개선 종합계획

- 대산저수지 호내 수질개선시설은 조합형습지로 계획하였음
- 대산저수지는 양수형 저수지로 지방하천 숭릉천 우수를 담수하여 유입수로 및 숭뢰양수장을 통해 저수지로 양수하고 있으며, 공급된 농경배수를 재 양수하여 저류지에 공급하고 있음
- 금회 조합형 습지는 호내 1개소를 계획하여, 호내 유입된 유입수를 양수시설(4,200㎥/d)을 두어 인공습지로 양수를 계획함
- 또한, 호 서~북서측 산지 및 농경지에 수로형식으로 개선된 인공습지를 설치하여 기설 양수장 유출부 수체를 양수하고 배출부를 상류로 함으로써 호 전체 물순환을 도모하여 습지정화효율을 높일 수 있도록 계획하였음

<표 5.2-1> 대산저수지 수질개선 시설규모

| 대 상 | 시설명 | 시설면적 (㎡) | 수면적 (㎡) | 용량 (㎥) | 일처리유량 (㎥/d) | 체류시간 (hr) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 호내수 처리 | 조합형습지 | 10,400 | 6,000 | 4,200 | 4,200 | 12 |




<그림 5.2-1> 대산저수지 수질개선시설 도입계획

## 5.3 인공습지 조성계획

### 5.3.1 인공습지 개요

#### 가. 인공습지의 정의

○ 인공습지(constructed wetland)는 인간의 요구와 필요성에 의해 자연습지의 형태 및 기능을 모방하여 설계, 시공, 운영되는 인위적 습지로서 자연습지가 가지고 있는 정화능력을 향상시켜 수질정화 목적으로 이용하는 습지를 말함

○ 인공습지는 인위적으로 바닥의 기질과 경사를 조정하고 수리학적 현상을 제어할 수 있고 수생식물과 다른 요소들을 관리할 수 있기 때문에 동일한 면적의 자연습지에 비하여 훨씬 효과적으로 정화기능을 수행할 수 있음

○ 인공습지는 다양한 오염부하에 대한 적응능력이 높고, 에너지의 필요성이 낮아 유지관리가 용이하여 경제적이라는 측면 외에 경관과 친수공간의 가치를 가질 수 있어 자연친화적이라는 측면에서 관심을 받고 있음

#### 나. 인공습지의 특징

(1) 구성요소

① 식물

○ 인공습지는 미나리, 줄, 부들류, 갈대, 창포, 고랭이류나 사초류 등을 이용할 수 있으며 수질정화 기능 향상과 유지관리 등을 고려하여 다양한 식물종으로 구성된 혼합식재 형태보다는 단일종 형태로 도입하는 것이 좋음

② 토양

○ 토양은 큰 잔재물이 없는 것이 좋으며, 식물성장에 적합한 pH, EC, T-N, T-P, 유기물함량을 갖춘 사양토가 적당함

③ 수문

○ 습지 설계에 관련된 수문학적 요소 중 가장 중요한 것은 설계유량 결정을 위한 유역 유출량 산정으로 유출에 영향을 미치는 모든 요소들을 고려하여 습지의 수문거동을 파악하고, 습지의 설계용량과 체류시간, 수심, 면적 등의 산정에 활용함

(2) 특징

○ 수면이 기질의 상부에 있으므로 외형은 자연적인 습지와 비슷한 형태를 보여 동·식물의 천연 서식지를 제공해 줄 수 있으며, 수질개선 외에 미관향상을 가져올 수 있음

○ 인공습지의 지표와 근접한 수면은 호기 상태이며, 하부의 수층과 기질은 혐기상태에 있어 유기물질과 영양염류를 처리함

<표 5.3-1> 인공습지 장.단점

| 구분 | 장 점 | 단 점 |
|---|---|---|
| 지표 흐름형 | · 건설비 및 유지관리비용이 적음<br>· 중금속, 병원성 미생물의 저감<br>· 영양염류의 제거효과가 높음<br>· 홍수 경감 효과<br>· 생태계 다양성 향상 및 야생 동식물 서식처 제공<br>· 경관향상 및 녹지 공간 확충<br>· 오염부하 변동에 적응성 높음 | · 가을철/동절기 오염물질 재용출 우려<br>· 다양한 유량조건에서 식생유지 곤란<br>· 다른 저감시설과 비교하여 부지요구도가 큼<br>· 장기간 운영시 기능 저하 우려<br>· 모기 등 해충발생 우려 |
| 지하 흐름형 | · 유입수가 전부 하부층으로 흘러들어 표면에는 흐름을 볼 수 없는 시스템으로 습지위로 사람의 접근이 가능하며, 모기 등 병해충 피해가 적음 | · 지표습지보다 필요면적이 적으나 여재를 조달하고, 소정의 장소에 설치하기 위한 비용이 비교적 비싸기 때문에 지하습지의 장점이 상쇄되는 경우도 있음 |
| 조합형 | · 지표흐름과 지하흐름 습지의 장점을 조합하여 수처리효율을 높일 수 있도록 설계 | · 지하흐름습지에서는 여재의 막힘현상이 발생할 수 있으므로 침사지 및 역세척장치가 있으면 좋음 |

**라. 수질정화 원리**

○ 인공습지의 수질정화 효과로는 SS 침전, BOD, 질소와 인 제거, 중금속 제거 등이 규명되어 왔으며, SS는 주로 침전에 의해, BOD는 미생물과 유기물의 생물학적 대사에 의해, 질소는 대부분 질산화(Nitrification)와 탈질(Denitrification)현상에 의해 제거됨

○ 질산화는 수중의 호기성 미생물에 의해서 일어나는데 질산화물(Nitrate)은 습지바닥의 침전물이나 토양으로 확산되어 혐기성 상태에서 탈질소화가 발생함. 호기성 미생물의 작용으로 유기물이 분해되면서 나오는 질소와 인은 조류(Algae)가 성장하면서 섭취하여 제거되고 성장한 조류는 일정기간이 지나면 죽어서 습지바닥으로 침전됨

○ 또한, 습지에서 중금속은 침전되어 식물과 토양에 의한 흡수에 의해 제거됨

<표 5.3-2> 인공습지 수질정화 기작

| 구 분 | 오 염 물 | 제 거 기 작 |
|---|---|---|
| 항 목 | SS | 침전 |
| | BOD | 침전, 생물화학적 반응, 분해, 여과 |
| | N | 암모니화, 질산화, 탈질화, 휘발 |
| | P | 침강, 흡착 |
| | 중금속 | 흡착 |
| | 병원균 | 소멸 |

<표 5.3-3> 습지에 의한 T-N의 제거율에 관한 사례

| 유입수 (㎎/L) | 유출수 (㎎/L) | 수리부하율 (㎝/일) | 제거율 (%) | 체류기간(일) (수심 0.6m시) |
|---|---|---|---|---|
| 2.72 | 1.68 | 8.14 | 38.2 | 7 |
| 2.71 | 1.21 | 1.44 | 55.4 | 42 |
| 2.71 | 1.53 | 1.53 | 43.5 | 39 |

자료 : North American Treatment Wetland Database(1USEPA, 1993) 사례지구-The Des Plains River Wetland Project, Illinois, USA

<표 5.3-4> 습지에 의한 T-P의 제거율에 관한 사례

| Site | 수리부하율 (㎝/일) | 운영기간 (years) | 유입수농도 (㎎/L) | 유출수농도 (㎎/L) | 제거율 (%) | 체류기간(일) (수심 0.6m시) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Des Plains, IL | 4.77 | 6 | 0.10 | 0.02 | 80.0 | 12 |
| Tarrant County, TX | 9.44 | 2 | 0.29 | 0.16 | 44.8 | 6 |
| Iron Bridge, FL | 2.69 | 7 | 0.43 | 0.10 | 76.7 | 22 |
| Listowel, Ontario | 2.41 | 4 | 1.91 | 0.72 | 62.3 | 25 |

자료 : Robert K. Kadlec and Robert L. Knight, 1996, Treatment Wetlands

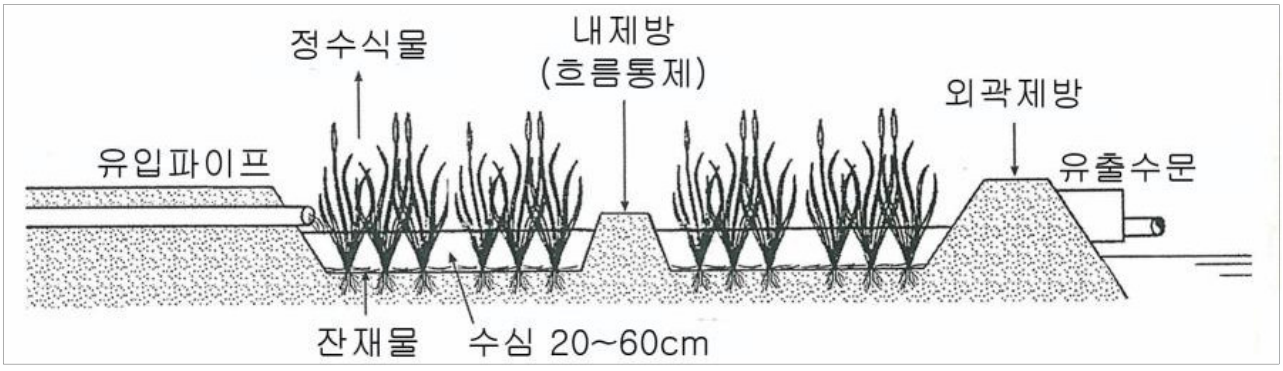
### 5.3.2 인공습지의 종류

○ 수질정화 인공습지는 지표흐름형(surface flow system)과 지하흐름형(subsurface flow system), 지표-지하흐름 조합형인공습지(Surface-Subsurface Flow System)으로 크게 분류하며 오염물 부하량에 따라 2~3개 습지를 직렬 또는 병렬로 구성함

**가. 지표흐름형 인공습지(Free Water surface flow System, FWS)**

○ 지표흐름형(Free water surface flow system, FWS)은 유입수의 대부분을 토양 표층 위로 흐르게 하여 물리.화학.생물학적 처리를 유도하는 방식이며, 정수식물이 자라는 수심 0.4m 정도의 식재구간(Closed Water)과 수심이 다소 깊어 정수식물이 자라지 않는 수심 1.8m 정도의 개방구간(Open Water)으로 설계함

○ 지표흐름형 습지는 수면이 기질의 상부에 있으므로 외형은 자연적인 습지와 비슷한 형태로 천연서식지를 제공해 줄 수 있으며, 수질개선 외에 미관 향상을 가져올 수 있음. 지표와 근접한 수면은 호기상태이며, 하부의 수층과 기질은 혐기상태에 있어 유기물질과 영양염류를 처리함

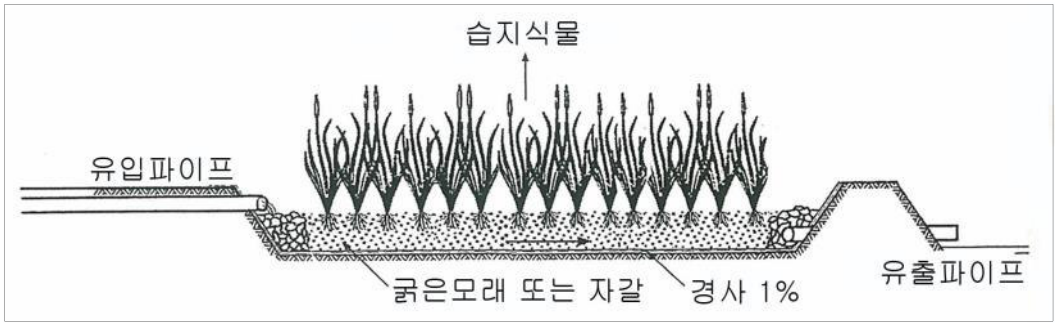



<그림 5.3-1> 지표흐름형 습지 개념도

**나. 지하흐름형 인공습지(Subsurface Flow System, SFS)**

○ 지하흐름형(Subsurface flow system, SFS) 습지는 원지반을 굴착하고 입자가 큰 토양 또는 자갈 등의 여재를 채운 습지를 말함. 수위는 여재층 상단보다 낮게 유지하며, 식물은 여재 사이로 뿌리를 뻗으며 자라는 형태가 됨. 이론적으로는 유입수가 전부 하부층으로 흘러들어 표면에는 흐름을 볼 수 없는 시스템으로 습지위로 사람의 접근이 가능하며, 모기 등 병해충 피해가 적으며 여재의 두께는 보통 0.3~0.6m임

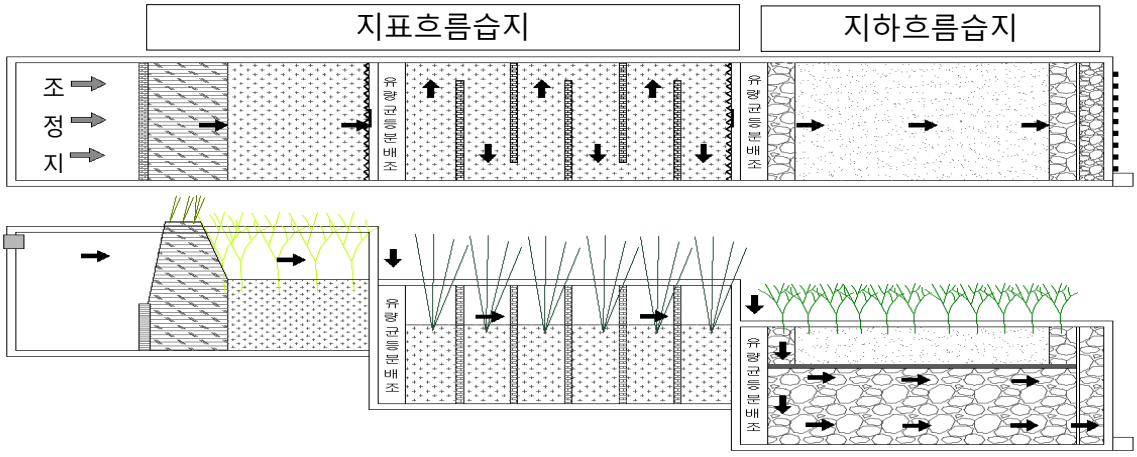
○ 하부층은 여러 가지 크기의 자갈, 쇄석, 또는 입자가 큰 토양으로 이루어지며, 식물 식재층에는 모래를 적용함




<그림 5.3-2> 지하흐름형 습지 개념도

**다. 지표-지하흐름 조합형 인공습지**

○ 지표-지하흐름 조합형인공습지는 지표흐름습지와 지하흐름습지를 직렬로 배치하고 침사지를 전처리시설로 도입하며, 침사지는 유량의 균등분배와 유입수 중의 입자상 고형물을 1차 제거하기 위해 설치함. 또한, 지표흐름습지를 통해 식물체에 흡수와 호기성 산화가 이루어지고 지하흐름습지를 통해 탈질화를 유도하도록 설계되어짐




<그림 5.3-3> 지표-지하흐름 조합형인공습지 개념도

○ 지표-지하흐름 조합형인공습지는 지표흐름형인공습지와 지하흐름형인공습지의 장점을 보완한 것으로 지표흐름습지를 통해 식물체에 의한 영양물질 흡수와 호기성 산화가 이루어지고 지하흐름습지를 통해 탈질화를 유도하여 유기물, T-N, T-P 항목의 제거효율도 높아짐

○ 본 지구에서는 설치할 홍수면 부지가 많지 않은 지역특성을 감안하여 수로형식의 개선된 조합형 인공습지를 적용하였음

○ 수로형식의 개선된 조합형 인공습지는 폭이 작아 호내설치가 용이하고 연장이 길어 물순환율이 좋은 특징이 있음

○ 또한 블록화 설계로 구간별 수질정화기능 부여가 가능하고 추후 최신기술 적용이 용이함

<표 5.3-5> 조합형인공습지 정화효율

| 구 분 | BOD | T-N | T-P | TOC(금회계산) |
|---|---|---|---|---|
| 조합형인공습지 | 89% | 54% | 72% | 30% |

자료 : 농업용수 수질개선사업 설계매뉴얼(2017, 한국농어촌공사)

TOC 저감효율 = BOD(생분해성) 비율 35% × 89% = 31.1% ≒ 30% 적용

### 5.3.3 인공습지 설계인자

○ 인공습지의 설계는 기초자료 수집 및 분석, 설계조건의 설정 등의 순서에 따라 이루어지며, 본 절에서는 설계순서에 따라 주요 기본사항을 기술하였음

#### 가. 지형 및 입지특성 조사

(1) 지형여건

○ 지형적 특성은 강우시 토사유입, 유달시간 등 강우유출특성에 영향을 줌으로 인공습지 대상지역과 인공습지와 관련되는 소유역을 대상으로 조사함

- 유역의 크기, 유역의 형상과 형태 등을 조사

(2) 입지특성

○ 인공습지는 건설비용이 적게 들고, 유지관리가 용이하고, 홍수 및 갈수기 피해가 적고, 생태계에 미치는 영향이 적은 위치를 선정

- 처리대상 수원과 가까운 지역
- 용지매수 비용을 최소화할 수 있는 하천부지, 유휴지, 홍수부지 등 활용
- 용지매수가 필요한 경우 습지의 형태변경 등을 통해 면적 최소화 방안 강구
- 자연유하가 가능한 위치를 선정하고 양수가 필요한 경우 전기료 및 펌프관리 등 유지관리비용 최소화 방안 강구
- 수질정화와 수생식물에 적합한 토양조건을 가지고 있는 지역
- 갈수기 수량 확보의 어려움이 없고 홍수 피해가 적은 지역
- 건설 및 사후 유지관리를 위한 장비접근 가능 지역(각종 차량의 접근 가능)
- 천연기념물 및 멸종위기종이 서식하지 않고 역사적인 유물이 없는 지역
- 인공습지 운영에 필요한 적정 체류시간을 충족시킬 수 있는 면적과 향후 다목적이용을 위한 여유 공간을 확보할 수 있는 곳

**나. 기상 조사 및 강우량 산정**

(1) 기상 조사

○ 기상은 수리수문학적 거동과 함께 동식물의 분포와 식물의 발달, 천이 등에 영향을 미칠 뿐만 아니라 도입될 시설물, 이용하는 인간의 행태에도 큰 영향을 미치는 인자임

○ 기상조사를 통해 수리·수문분석을 위한 자료와 인공습지 식물선정에 필요한 자료로 활용함

(2) 강우량 산정

○ 인공습지 설계유량을 결정하기 위해서는 유역으로부터의 유출량을 계산해야 하며, 강우는 일반적으로 적게는 10㎜미만부터 많게는 100㎜이상까지 다양하기 때문에 지역의 여건, 경제성 등을 고려해 종합적으로 결정해야 함

○ 인공습지 설계시 강우량은 대상지역에 인접하여 위치한 기상관측소를 대상으로 10년 이상의 강우자료를 이용하여 산정하며 장기유출모형을 이용하여 설계유량을 결정하게 됨

○ 본 지구에서는 2010~2019년(10개년) 동안의 강화관측소 자료를 이용하여 산정함.

**다. 설계유량 산정**

○ 하천이나 유역의 수자원을 보다 합리적으로 이용하고 관리하기 위해서는 시간적, 공간적으로 유출량을 정확히 추정할 수 있어야 하며, 유역의 유입량은 총 강수량 중에서 유역 내에서 차단, 저류되어 증발산 되거나 침투량 등의 손실을 제외한 유출량임. 유역의 유출량 산정은 실측에 의한 자료를 이용하는 것이 이상적이나 농어촌의 소규모 유역은 실측자료가 거의 없고, 개발계획의 한시성으로 분석에 충분한 실측자료를 얻는 것이 곤란함

○ 인공습지 설계유량은 인접한 기상관측소의 강우량 30㎜ 미만 평균유출량을 기준으로 산정하여 결정됨. 다만, 목표하는 수질을 만족하지 못하는 경우에는 수질모델링을 통하여 목표수질이 가능한 유입유량을 산정하여 이를 설계유량으로 결정할 수 있음

○ 본 대산저수지는 양수형저수지로 저수지 현황을 반영하여 설계유량은 수질모형을 활용하여 목표수질을 만족하기 위해 인공습지에서 처리해야 할 양을 시행착오법을 통해 설정함

○ 설계유량 산정방법은 90% 강우사상법, 13㎜ 강우법, DIROM 모형에 의한 평균유출량 산정법 등이 사용되며 각각의 특징은 다음과 같음

(1) 90% 강우사상법

○ 연평균 강우유출량의 90%를 차집하기 위해 필요한 저장 공간을 확보하는 방법으로, 외국의 하수처리 방류수 처리를 위한 인공습지 규모결정에 사용하고 있음. 또한, 유입유량이 일정한 경우에 적용되고 있으나 유입유량 변동이 많은 하천수를 처리하는 경우 및 국내 적용사례는 없음

(2) 13㎜ 강우법

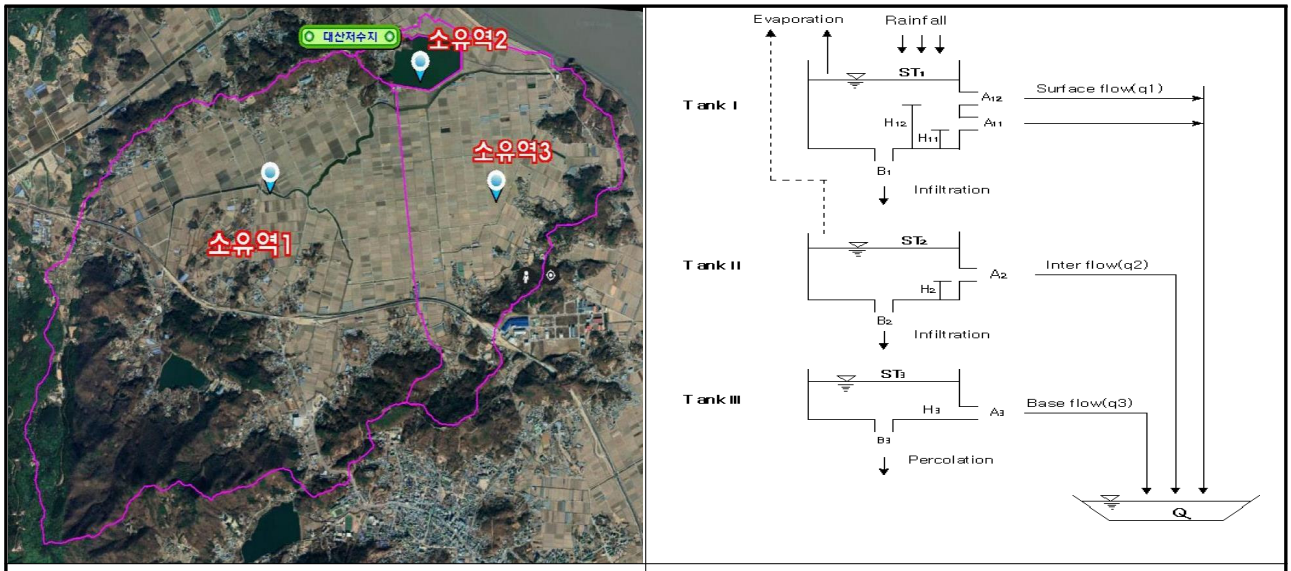
○ 강우에 의해 이동되는 오염물질 대부분은 초기유출(first flush)에 의해 이동한다고 보는 것으로 유역의 형상, 투수성 등 특성이 고려되어 있지 않아 지역별 편차가 있음

(3) DIROM 모형에 의한 평균유출량

○ 우리나라 유역별 강우 시 장기유출량 추정에 주로 이용되며, 유역의 특성이 고려되어 있고 강우량 30㎜ 미만의 평균 유출량은 90% 강우사상법에 의한 값과 비슷한 결과를 보이고 있음

○ DIROM 모형은 장기유출량을 산정하는 대표적인 모형으로 3개 탱크를 직렬로 연결하여 1단 탱크의 유출공수는 2~3개, 나머지 탱크의 유출공 및 침투공의 수는 각각 한 개씩으로 구성한 모형임. 또한, 강우량으로부터 일별 유출량을 얻을 수 있고 입력 자료수가 적어 사용이 쉬운 장점이 있음

○ 다음 그림은 DIROM 모형의 개념도로서 1단 탱크는 유출성분 중 지표유출을 개념화한 것이고 2단 및 3단은 각각 중간유출 및 기저유출을 개념화한 것임. 1단 탱크의 유출공수를 2개로 한 것은 홍수유출시 오차를 1개일 때보다 감소시키기 위한 것이며, 3단 탱크의 유출공 높이를 "0"으로 한 것은 강우가 없을 경우의 초기 기저유출량을 표현하기 위한 것임. 또한, 저류수심 ST가 항상 유출공의 높이보다는 커야하기 때문에 대유역에서 4개의 탱크를 사용할 때 보다 매개변수의 수는 통상 19개에서 13개로 감소하게 됨




| 대산저수지 소유역 구분도 | DIROM모형의 Tank 구조도 |
|---|---|

<그림 5.3-4> 소유역구분도 및 DIROM모형 구조도

### 라. 체류시간 결정

- 인공습지에서 체류시간은 오염물질이 침전, 분해, 흡착할 수 있는 반응시간의 개념으로 체류시간이 길어질수록 오염물질과 접촉기회가 증가하여 정화효율이 높아지게 됨.
- 그러나 동일한 유입량에 대하여 체류시간이 길어지면 습지의 용적이 증가하여야 하므로 건설비용이 많이 소요되거나 식물 선정에 제한을 받게 됨
- 하천수나 담수호 유입수와 같이 처리해야 할 유량이 많은 경우, 체류시간을 가능한 짧게 설정하여 높은 수리부하율로 운영하는 것이 유리함. 이것은 체류시간을 며칠 이상 늘려 정화효율을 10~30% 증가시키기 보다는 단위면적당 제거되어지는 물질제거량에 초점을 맞추어 오염물질 제거량을 증가시키려는 시도임
- 인공습지에서의 유출수 농도는 더 이상 떨어지지 않는 한계농도를 가지고 있으며, 그 이하로 떨어뜨리기 위해서는 추가적인 후처리시설이 요구되어 보다 많은 비용과 노력이 필요하게 됨
- 체류시간은 저농도 고유량의 하천수 또는 저수지 물을 대상으로 하는 경우에는 24~48시간 정도로 하는 것이 안정적인 정화효과를 기대할 수 있으며, 부지확보의 어려움이 있는 경우에도 최소한 6~12시간 정도의 체류시간을 확보하는 것이 바람직함

**마. 계획수심 결정**

○ 조합형인공습지의 수심은 수질정화효율을 고려하여 얕은습지는 0.4m전후, 개방수역인 깊은연못은 0.6~1.8m 수준이 일반적으로 적용되고 있음

○ 동일한 습지 내에서도 다양한 수심을 갖도록 조성하는 것이 유리하며 깊은 연못 수심은 1.2~1.8m정도의 구역으로서 정수식물(emergent plant)은 거의 자라지 않고 침수식물(submergent plant)과 부유식물(floating plant)이 주종을 이루며 습지내 산소 재폭기 구간이 되도록 함

○ 얕은습지의 수심은 처리효율, 수생식물의 생장, 용존산소농도 등을 고려할 때 평균 0.3m 정도가 유리함

**바. 습지규모 산정**

○ 적정습지 규모를 결정하기 위한 방법에는 RBS에 의한 방법, 수리학적 체류시간에 의한 방법, 유역면적비법, 모델을 이용한 1차반응식에 의한 방법 등이 있으며, 본 지구에서는 비교적 적용성이 높은 수리학적 체류시간을 이용한 방법으로 습지규모를 산정하였음

(1) RBS(습지용량/발생유량)에 따른 기대 처리효율(%)

○ 상류유역에서 발생한 유량(VR)에 대한 습지용량(VB)비에 의해 산출하는 방법이며, 주로 북미 하수처리용 습지 및 강우가 빈번한 지역에 적용되고 있음. 그러나 유출이 불규칙한 하천수를 대상으로 하는 경우는 적용에 제한성이 있음

<표 5.3-6> RBS(습지용량/발생유량)에 따른 기대 처리효율(%)

| 구 분 | VB/VR(습지용량/발생유량) | | | | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2.5 | 5 | 7.5 | |
| BOD, COD | 25 ~ 30 | 35 ~ 40 | 40 ~ 45 | 45 ~ 50 | |
| T-N, T-P | 30 ~ 40 | 40 ~ 50 | 50 ~ 60 | 60 ~ 70 | |

(2) 수리학적 체류시간에 의한 방법

○ 계획유량을 목표시간동안 체류시킬 수 있는 내용적을 확보하는 방법으로 체류시간을 고정하면 면적 및 수위에 제한을 받을 수 있음

$$As = (Q \times HRT/d) / n$$

여기서, As : 인공습지의 면적(m)

Q : 유입유량(㎥/hr)

HRT : 체류시간(hr)

d : 인공습지의 수심(m)

n : 시스템의 공극율(공극의 부피/총 부피, 보통 0.75적용)

(3) 유역면적비에 의한 방법

○ 습지의 면적을 유역면적의 일정비율로 조성하는 방법으로, 일반적으로 유역면적의 1~3%를 제안하고 있으나 각 유역의 유출특성과 유입수질에 대한 고려가 되어 있지 않음(자료 : 농업용수 수질개선을 위한 인공습지 설계.관리 요령(농림부, 농업기반공사 2004. 12))

**사. 수생식물 선정**

○ 식물종의 선정, 식재, 식생제거 일정의 수립 등은 습지설계의 중요한 과정 중의 하나이며, 식생의 정착은 시간에 따른 자연적인 식생유도, 인공적으로 어린 식물체를 직접 식재하는 방법, 식물의 씨앗 파종과 같은 3가지 방법에 의해 가능함

○ 식물종을 선정할 때 우선적으로 과거에 인공습지에서 성공적인 적용이 이루어져 검증되었는지 여부를 확인해야 함

○ 또한, 주기적인 식생제거를 통하여 습지 내에 축적된 영양소와 잉여로 존재하는 유기물질을 제거하여 습지의 수명을 연장하기 위한 노력을 해야 함

○ 다양한 종류의 식재식물 가운데 대상지의 기후 및 토양조건과 목적에 적합한 식물이 우선적으로 선정되어야 하며, 현장조사 결과 인근지역에 분포하는 토착종을 최대한 반영하여 식재종을 선정함

**아. 설계시 고려사항**

(1) 운영 개시 시점

○ 공사가 완료된 후 빠른 시간 안에 정수식물이나 사면의 식생이 정착되어야 함

○ 비점오염 저감시설로서의 습지의 이용은 모든 공사가 완료된 후 현장이 안정 상태에 도달한 후에 이루어져야 함

(2) 다른 저감시설과 연계

○ 습지에 의해 처리하고자 하는 강우유출수의 수질에 따라서 전처리가 필요한 경우가 있으며, 이러한 경우 습지는 처리계열 중 최종단계의 시설이 되어야 함

(3) 법적검토

○ 지역내에 공사 중 훼손될 가능성이 있는 멸종위협이나 보호종 동·식물이 있는지를 조사해야 함

(4) 안전사고

○ 안전사고에 대비하여 인공습지 주위에 안전펜스 설치를 검토할 수 있음

(5) 위생해충 문제

○ 인공습지 조성으로 인하여 모기와 같은 위생해충이 발생되기 쉬우므로 모기유충이 성장하지 못하도록 인공습지 내부에 정체수역이 없도록 설계함

### 5.3.4 조합형인공습지 조성계획

#### 가. 조합형인공습지 계획유량 산정

○ 조합형인공습지(지표-지하흐름형)는 저수지 북서측 경작지 절토 및 호내 성토를 통하여 조성하며, 인공습지의 효율을 안정적으로 유지하고, 저수지의 물순환 촉진을 위해 저수지로부터 연중 일정한 유량을 양수하여 공급하는 것으로 계획하였음

○ 계획유량은 호소수질모형을 활용한 시행착오법(trial&error method)을 통해 목표수질을 만족할 수 있는 취수량으로 4,200㎥/d를 습지 제방부근에서 공급하도록 계획하였음

<표 5.3-7> 조합형인공습지 계획유량

| 구 분 | 양수기간 | 공급유량 | 비 고 |
|---|---|---|---|
| 조합형인공습지 | 2~11월 | 4,200㎥/d | 호내 양수 |

#### 나. 조합형인공습지

(1) 인공습지 규모

○ 조합형인공습지 계획면적은 관리도로 등을 포함하여 10,400㎡로 계획하였음

○ 침사지는 펌프시 양수되는 호내의 모래 등의 침전 및 유량조절 기능을 수행하도록 하고 가능한 범위에서 최소 면적으로 계획하여 사업비 절감을 고려하였음

○ 침사지 및 관리도로를 제외한 순수 습지는 얕은습지 3개소, 깊은연못 3개소, 지하흐름습지 1개소로 총 6,000㎡로 계획하였고, 내용적상으로는 4,200㎥로서 계획유량 5.83㎥/min 이 습지에서 약 12시간 체류하도록 계획하였음

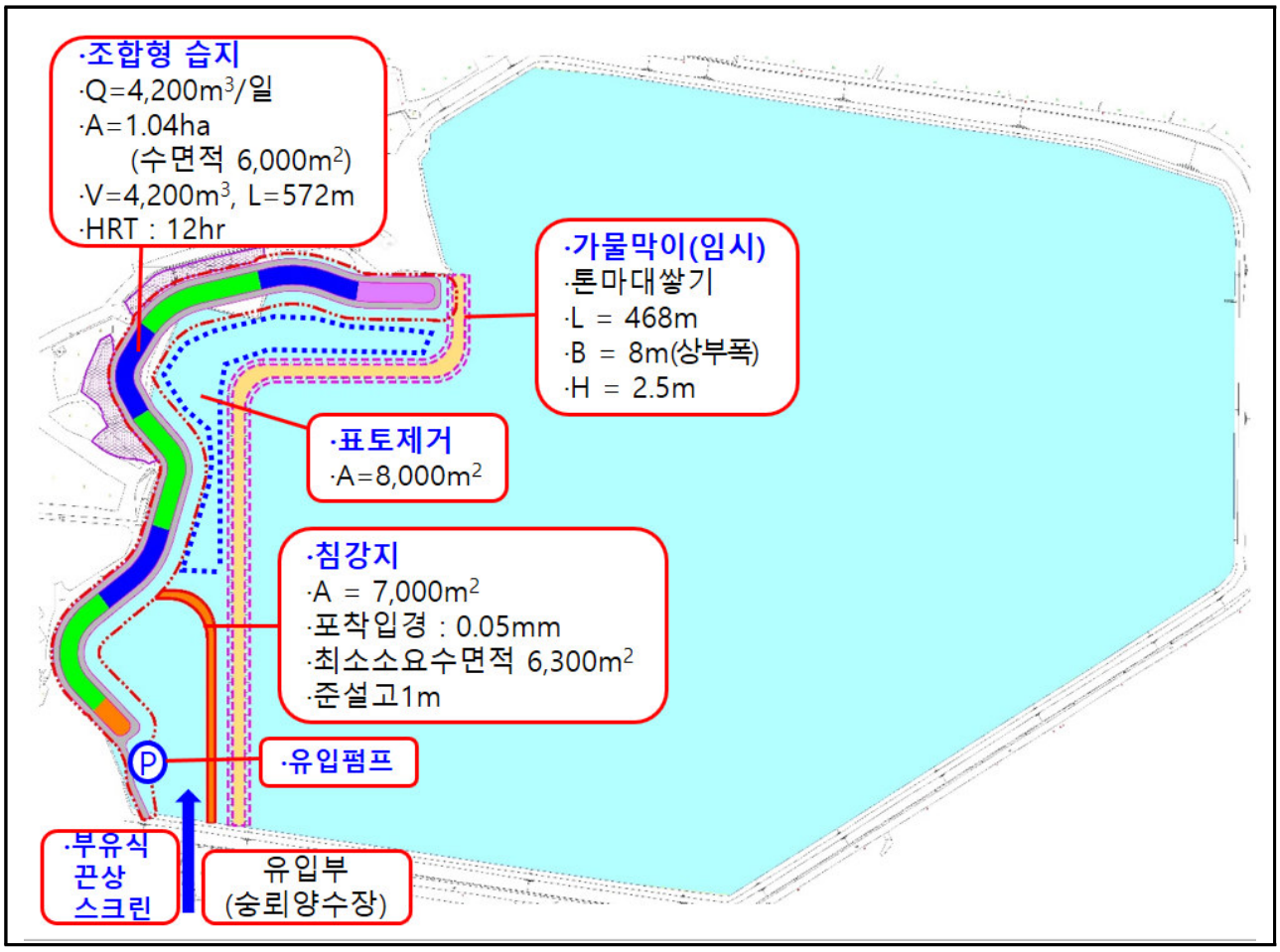
<표 5.3-8> 조합형인공습지 조성계획

| 구 분 | 규 모 | 계획면적(㎡) | 면적비 | 계획수심(m) | 내용적(㎥) |
|---|---|---|---|---|---|
| 얕은습지 | 3개소 | 2,736 | 46% | 0.4 | 1,010 |
| 깊은연못 | 3개소 | 2,052 | 34% | 1.5 | 2,220 |
| 지하흐름습지 | 1개소 | 912 | 15% | 1.0 | 740 |
| 침사지 | 1개소 | 300 | 5% | 1.0 | 230 |
| **소 계** | **-** | **6,000** | **-** | **-** | **4,200** |
| 관리도로 | - | 4,400 | - | - | |
| **합 계** | **-** | **10,400** | **-** | **-** | |

○ 조합형 인공습지를 조성하기 위하여 토공계획을 수립하였으며, 공사중 가물막이의 경우 초기 순성토량을 50% 유용하였으며, 저수지 내용적을 축소 방지 및 호내 퇴적토 제거를 위해 표토제거를 계획하였음

<표 5.3-9> 조합형 인공습지 토공계획

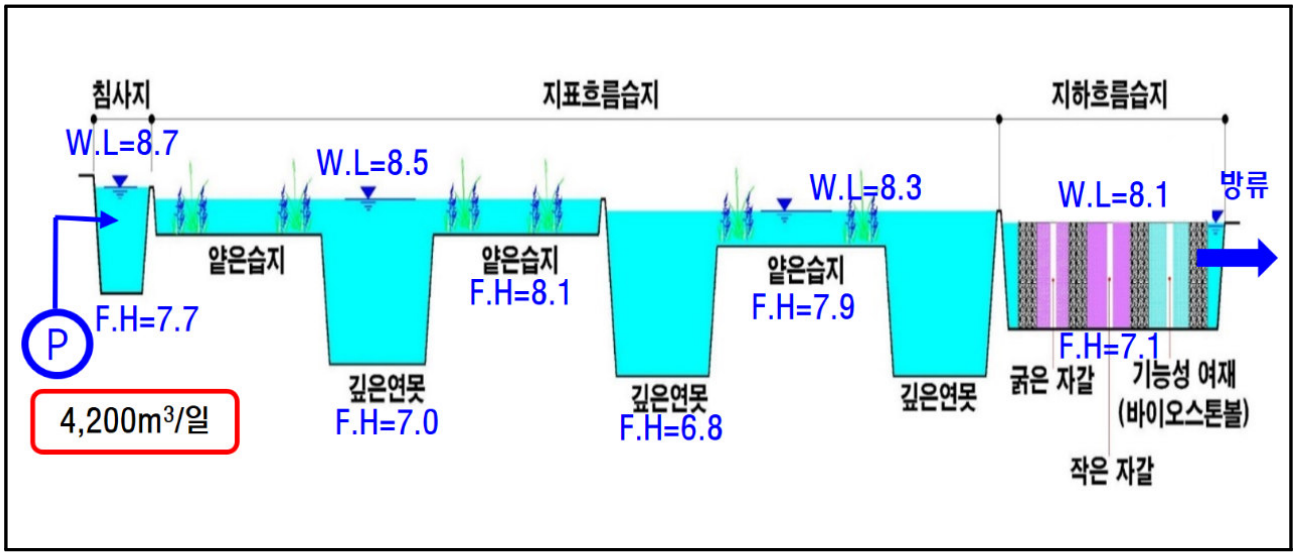
| 공 종 | 단 위 | 수 량 | 토량환산 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|
| 성 토 | ㎥ | 18,298 | 20,912 | |
| 절 토 | ㎥ | 11,664 | 11,664 | |
| 터파기 | ㎥ | 1,326 | 1,326 | |
| 되메우기 | ㎥ | 232 | 265 | |
| 가물막이 | ㎥ | 10,824 | 6,185 | 50% 유용 |
| 표토제거 | ㎥ | 8,000 | 8,000 | |
| 계 | ㎥ | | 5,998 | 사토수량 |




<그림 5.3-5> 개선된 조합형인공습지 계획평면도

(2) 인공습지 수리계통

- 인공습지 전단부에 양수시설을 설치하며 펌프를 이용하여 침사지(WL=8.7m)로 수체를 유입시키고 인공습지 내에서 수두차에 의하여 자연유하 되도록 계획 하였으며, 최종 지하흐름습지 후단부에서(WL=8.1m)에서 방류구를 통하여 저수지(만수위 EL.7.5m)로 방류되도록 계획함
- 인공습지에서의 유량 및 수질을 측정하기 위하여 습지 하단 방류구에 유량계를 설치하고, 시설의 유지관리 및 점검을 위하여 CCTV를 계획함
- 조합형 인공습지는 침사지→얕은습지→깊은연못→얕은습지→깊은연못→얕은습지→깊은연못→지하흐름습지로 유하하며 지하흐름습지 여재에 의한 수류지체현상 방지를 위해 여재의 선택 및 배치시 공극율을 30%이상 유지하는 것으로 계획함
- 또한 지하흐름습지의 막힘을 최소화하기 위해 투수면적을 최대화하기 위하여 투수면적이 넓은 측면에서 유입할 수 있도록 계획하였으며, 굵은여재→작은여재→기능성여재를 배열하여 통수 및 수처리효율을 높이도록 하고 여재 교체에 대비해 개비온 격벽을 계획함
- 지하흐름습지의 여과재는 다양한 크기의 쇄석자갈층과 기능성여재로 구성하였으며, 상부 수생식물은 유지관리를 위해 제외하였음
- 지하흐름습지에는 개비온 격벽을 조성하여 수체흐름에 방해를 주지 않으면서 여재 교환 시 폐색된 부분만 선택적으로 교체할 수 있도록 계획하였음
- 수리종단도 : 최저수면고 WL.8.1m = 만수위 7.5m + 여유고 0.6m




<그림 5.3-6> 조합형 인공습지 수리종단도

(3) 지하흐름습지 통수능력 검토

○ 지하흐름습지를 종방향 설치 시 단면 통수능력 부족으로 횡방향 시설로 계획

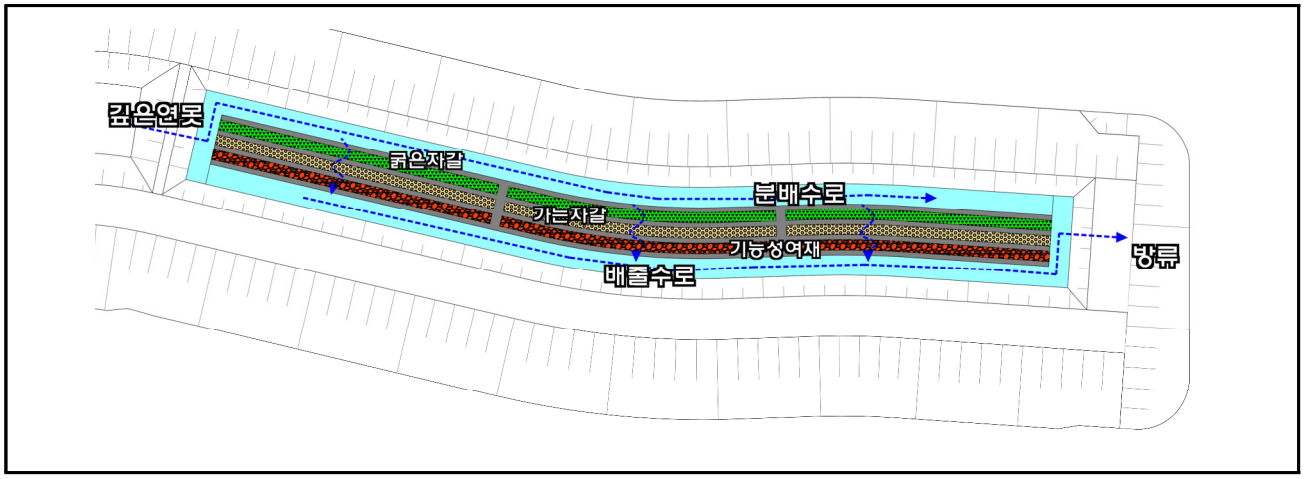
- 통수능력 검토 : 종방향 설치

| 구 분 | 발생홍수량(Qf) 4,200㎥/일 (12시간가동) | | 조합형습지내유속검토 | | | | | | | | | 통수능력 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 통수단면적 | | 지하수흐름 | | | 이론유속 | | 실제유속 | | 설계유량 | 판정 |
| | ㎥/s | ㎥/min | 단면적(㎡) | 공극률(%) | K (m/d) | K (m/s) | I (동수경사) | m/s | m/min | m/s | m/min | ㎥/s | |
| 지하흐름습지 (작은자갈D16, 공극률35~38%) | 0.10 | 5.83 | 10.00 | 36% | 5,000 | 0.06 | 0.004 | 0.00023 | 0.014 | 0.00064 | 0.04 | 0.006 | N.G |
| 지하흐름습지 (중간자갈D32, 공극률36~40%) | 0.10 | 5.83 | 10.00 | 38% | 30,000 | 0.35 | 0.004 | 0.00139 | 0.083 | 0.00365 | 0.22 | 0.037 | N.G |
| 지하흐름습지 (바이오스톤볼D100, 공극률60~70%) | 0.10 | 5.83 | 10.00 | 65% | 50,000 | 0.58 | 0.004 | 0.00231 | 0.139 | 0.00356 | 0.21 | 0.036 | N.G |

- 통수능력 검토 : 횡방향 설치

| 구 분 | 발생홍수량(Qf) 4,200㎥/일 (12시간가동) | | 조합형습지내유속검토 | | | | | | | | | 통수능력 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 통수단면적 | | 지하수흐름 | | | 이론유속 | | 실제유속 | | 설계유량 | 판정 |
| | ㎥/s | ㎥/min | 단면적(㎡) | 공극률(%) | K (m/d) | K (m/s) | I (동수경사) | m/s | m/min | m/s | m/min | ㎥/s | |
| 지하흐름습지 (작은자갈D16, 공극률35~38%) | 0.10 | 5.83 | 48.00 | 36% | 5,000 | 0.06 | 0.017 | 0.00096 | 0.058 | 0.00268 | 0.16 | 0.129 | O.K |
| 지하흐름습지 (중간자갈D32, 공극률36~40%) | 0.10 | 5.83 | 48.00 | 38% | 30,000 | 0.35 | 0.017 | 0.00579 | 0.347 | 0.01523 | 0.91 | 0.731 | O.K |
| 지하흐름습지 (바이오스톤볼D100, 공극률60~70%) | 0.10 | 5.83 | 48.00 | 65% | 50,000 | 0.58 | 0.017 | 0.00231 | 0.139 | 0.00356 | 0.21 | 0.171 | O.K |

- 지하흐름습지 평면계획도



<표 5.3-10> 접촉여재 예시

| 구 분 | 여과사, 여과자갈 | 기능성여재<br>(안트라사이트) | 기능성여재<br>(다공성 팽창 세라믹) | 기능성여재<br>(다공성 자갈 구상 담체) |
|---|---|---|---|---|
| 개 요 도 | | | | |
| 개 요 | • 원수의 수질, 여과 후의 수질 등을 고려하여 수요 시설 및 여과 설비에 적절한 규격을 선정하여 포설하도록 함 | • 석탄을 원료로 한 탁도 제거용 여과재로서 석탄중 탄화도가 높은 탄종으로 고정 탄소가 많이 함유되어있고 회분(ASH)-일종의 불순물이 적음 | • 황토, 점토 등의 천연 광물과 유기물을 균일하게 배합하여 1,150~1,200℃의 고온에서 소성시켜 팽창 발포시킨 다공성 여재 | • 2~3cm의 천연자갈 또는 쇄석을 친환경 수지로 접합한 후, 천연셀룰로스에 함침된 수질정화용 복합유용미생물을 담체 내외부 표면에 코팅 및 건조시킨, 직경 10cm의 자갈 구상 담체 |
| 물리적 특성 | • 여과사 : 유효경 0.3~0.7㎜<br>• 여과자갈 : 유효경 10~30㎜ | • 여과재 : 무연탄(coal)<br>•유효경 : 1mm~25mm | • 직경 : Φ1~25mm<br>• 압축강도 : 약 2~3 MPa<br>• 공극률 : 여재 30~35%, 충진조 약 40% | • 직경 : Φ100mm<br>• 압축강도 : 약 4 MPa 이상<br>•공극률 : 여재 30~50%, 충진조 70%이상 |
| 장단점 | • 자연소재로 구하기 쉬움<br>• 가격이 저렴함 | • 많은 운영 경험이 있음<br>• 약품에 대한 높은 저항성등으로 반영구적 사용 가능 | • 충분한 체류시간 적용시 수처리효율 높음<br>• 다양한 적용 사례가 많음 | • 폐색이 적고 반영구적임<br>• 짧은 시간에 처리효율 높음<br>• 비용이 상대적으로 높음 |

**다. 식 재**

○ 인공습지에 식재한 식물종 선택은 목표수질, 평균/최저/최고수심, 기후, 유지관리 조건 등과 같은 변수가 고려되어야 하며, 식물 선택에 고려할 사항은 다음과 같음

- 습지조성 예정지 주변에 서식하는 종 선택(자생식물)
- 습지의 형태, 운영 방법에 따라 식물 선택
- 오염물질의 흡수 및 제거기능이 높은 식물 선택
- 수질이 나쁜 곳에서 잘 자라는 식물 선택
- 다년생 식물 및 성장이 빠른 식물 선택
- 자연경관이 우수한 식물 선택
- 생물서식처로 활용도가 높은 식물 선택
- 공급, 유지.관리가 용이한 식물 선택

○ 식물 초기식재밀도는 식물 피도와 식재비용에 크게 영향을 주고, 식재 간격이 넓으면 높은 피도를 형성하는데 시간이 많이 걸리고 원하지 않은 식물이 이입되고 설계된 방향으로 식생 형성이 어려울 수 있음. 반면에 식재 간격이 좁으면 높은 피도를 형성하는데 시간이 짧게 소요되지만 경제성의 문제가 있음

○ 인공습지 식물 중 경관적 가치가 높은 정수식물은 수생곤충의 서식처를 제공하는 등 생태계 유지에 중요한 역할을 하며 대산저수지로 유입되는 오염물질에 대하여 수질정화능력이 우수한 종으로 갈대, 물억새, 창포, 노랑꽃창포 등이 있음

○ 특히 대상지 주변에서 잘 적응하여 자라고 있는 지역 자생종인 갈대는 수질정화 기능을 발휘할 수 있도록 습지부 대부분에 식재하도록 계획하였으며, 추후, 세부설계 시 경관 향상, 주민의견 반영 등을 고려하여 최종 선정하여야 함

| 갈대 | 물억새 | 창포 | 노랑꽃창포 |
|---|---|---|---|
| | | | |
| 과 : 벼과<br>특징<br>습지, 연못, 물가에 자생하고 뿌리에 미생물군에 의해 오염물질 흡수 및 흡착 | 과 : 벼과<br>특징<br>환경적응 능력이 높아 번식능력이 높고 수질정화 능력이 큼 | 과 : 천남성과<br>특징<br>수위변동에 강하며, 오염도가 높은 수질에 적응력이 뛰어남 | 과 : 붓꽃과<br>특징<br>저온기(봄,가을)의 성장이 활발, 동절기의 흡착능력이 좋음 |

<그림 5.3-7> 식재식물 예시

<표 5.3-11> 인공습지의 식물에 따른 오염물질별 정화효율 비교 [단위 : %]

| 구 분 | BOD | COD | SS | Chl-a | T-N | T-P |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 미나리 | 28.4 | 7.3 | 66.5 | 51.1 | 36.4 | 30.1 |
| 줄 | 31.4 | 5.4 | 64.9 | 6.7 | 35.6 | 27.9 |
| 창 포 | 29.9 | 7.7 | 62.9 | 58.3 | 36.2 | 36.1 |
| 갈 대 | 39.9 | 5.5 | 60.6 | 62.1 | 36.1 | 28.0 |
| 평 균 | 32.2 | 7.3 | 63.9 | 46.7 | 36.0 | 30.3 |

자료 : 배요섭 외, '농업용수 수질개선 실용화연구(최종)',2006,한국농어촌공사 농어촌연구원,p37

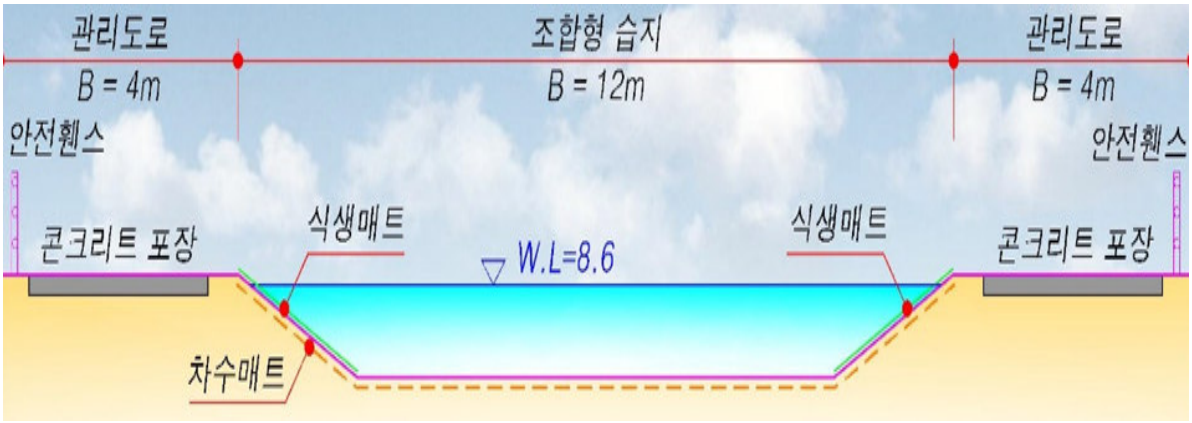
**라. 사면보호공**

- 습지사면은 수위변동과 침식작용의 방지를 위해 인공구조물을 지양하고, 친환경적인 소재로 보호공을 계획함
- 조합형습지 내부 사면은 발생 유속 및 소류력이 작고 수생식물과의 조화 및 친환경성을 고려하여 식생매트를 적용하였음
- 관리도로는 습지의 유지관리 시 주행안정성 및 포장의 지속적인 유지를 위하여 콘크리트포장으로 계획하였으며, 습지외측으로는 안전을 위한 펜스를 설치하였음
- 인공습지 내측 사면 및 하상에 차수매트를 설치하여 물이 지면으로 침투하는 것을 막아 제방의 누수를 방지토록 하였음
- 이러한 기본계획의 내용은 세부설계 시 사면안정 등에 대하여 현장여건을 반영하여 변경할 수 있음

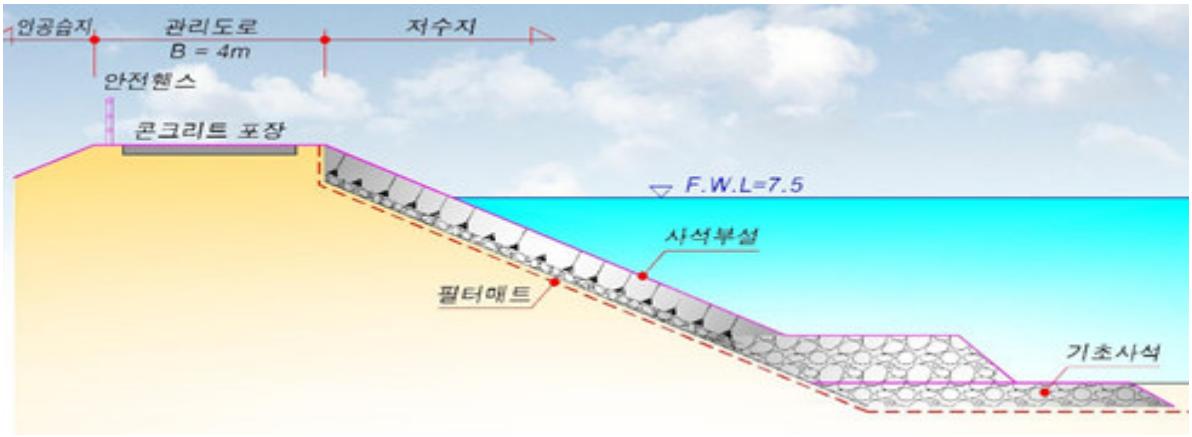
**마. 월류보**

○ 깊은연못 및 얕은습지의 수체 흐름을 제어하는 월류보는 사석을 이용하여 계획하였음

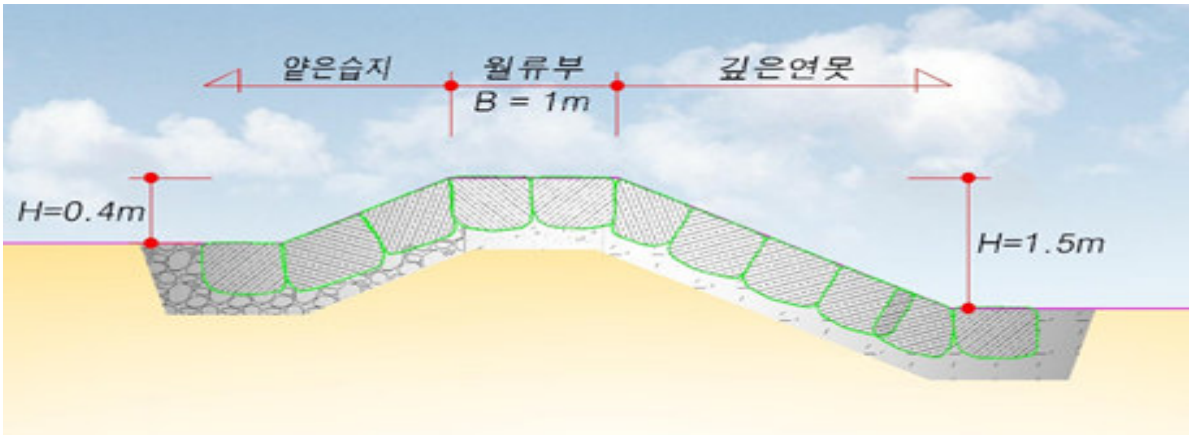
**바. 표준단면도**




조합형 습지




제외지 호안공




월류보

(그림 5.3-8) 표준단면도

**사. 인공습지 조성 시 유의 사항**

○ 인공습지는 수생식물의 흡수, 토양미생물에 의한 분해, 줄기 또는 뿌리에 형성된 미생물막에 의한 흡착.분해에 의해서 수질정화능력을 발휘함. 따라서 우리나라와 같은 온대권에서 기온이 떨어지는 동계에는 미생물의 활동이 줄어 질소, 인, BOD 제거율이 감소하고, 습지식물의 잎이나 줄기가 말라죽은 잔재물이 습지바닥에 유기쇄설물(Detrius)의 형태로 쌓여 최종 처리수와 함께 배출될 우려가 있음

○ 이에 고사한 식물사체에 의한 오염물질 재용출을 방지하기 위해서 유역 외로 제거하는 것이 효과적이며 이에 따른 유지관리비가 소요됨

○ 그 밖의 유의점으로는

- 인공습지의 취수시설로 펌프를 설치 시 홍수 때 침수되지 않도록 배치하여야 함
- 지반의 형태에 따라 조성공법에 큰 영향을 미치므로 사전에 충분한 지반조사를 실시하여야 하며 구조물은 태풍이나 호우 등에 의한 파손에 견딜 수 있는 구조로 함
- 지역여건에 맞고 겨울철에도 수질개선효과가 뛰어난 수생식물을 검토하여 선정함
- 갈대의 경우 갈대본체의 제거로 회귀용출을 방지하여 처리효율을 증진시키는 방안으로 1년에 1회 이상 고사체 수거 및 제거가 필요함

**아. 표토제거**

○ 대산저수지는 양수형 저수지로서 관개용수가 부족한 지역임

○ 습지조성으로 인한 저수지 내용적 감소로 민원발생이 예상되므로 내용적 확보, 습지 및 가체절의 성토재 사용, 제외측 호안계획고 조성 등을 목적으로 퇴적구간에 대한 표토 제거량은 약 8,000㎥으로 산정됨

<표 5.3-12> 표토제거

| 공 종 | 면적 (㎡) | 바닥고(EL.m) | | 준설량 (㎥) | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 준설 전 | 준설 후 | | |
| 표토제거 | 8,000 | 3 ~ 4 | 3.0 | 8,000 | |

## 5.4 양수시설 계획

### 5.4.1 양수시설 도입 개요

○ 본 지구는 직접유역이 42ha로서 전체 유역 면적(1,925ha)의 2% 정도로 작은 전형적인 양수형 저수지임

○ 따라서, 본 기본조사에서는 지역현황을 고려하여 양수시설을 설치하여 저수지에서 호소수를 정량취수하여 정화 후 호내로 재방류하여 수질정화와 더불어 호소의 물순환을 유도할 수 있도록 계획함

### 5.4.2 양수시설 설계

#### 가. 양수시설 위치 선정

○ 호 전체적인 물순환과 정화를 위해서는 호심에 위치한 물을 양수할 수 있는 시설이 요구됨

○ 부유식 혹은 수중식 양수시설은 심층부 양수에 유리하나 대용량의 경우 도입사례가 거의 없으며, 이는 설치 시 시공의 어려움과 운영 시 유지관리의 어려움에 기인함

○ 육상 설치식은 일반적인 설치방식이나 통상 양수시설 직하부에서 취입하므로 저수지 물순환을 유도하기에는 한계가 있으며 저수율 하락 시 취수가 불가능할 우려가 있음

○ 본 지구에서는 취수 시 육상설치식의 단점을 보완토록 양수시설을 설치하여 저수율 하락시에도 취수가 가능하도록 계획함

○ 또한, 밸브실 바닥고는 홍수위 보다 높게 계획하여 홍수시에도 침수되지 않도록 계획하였음

<그림 5.4-1> 고정식 양수시설

<그림 5.4-2> 이동식 양수시설

<표 5.4-1> 양수시설 설치 위치 검토

| 구 분 | ①안(육상부) | ②안(수면 혹은 수중부) |
|---|---|---|
| 부지 선정 | • 지상 및 지중 모두 고려 가능 | • 별도의 기반 구조물 또는 부상 시설 필요 |
| 시공성 | • 전기시설 설치 시 배전 등이 용이 | • 전기시설 및 배관 설치 시 감전, 누전 방지 등의 안전시공이 필요, 배전 어려움 |
| 경제성 | • 수상부에 비해 상대적으로 저렴 | • 저수지의 배수 또는 선박 이용으로 상대적으로 고비용 |
| 유지 관리 | • 접근 및 유지관리가 용이하고, 경제적 | • 선박이용, 안전사고 위험 등으로 유지관리 불리, 고비용 |
| 효율성 | • 저수지 심층부 흡입 불리 | • 부유 혹은 침수식으로 심층부 흡입 유리 |

**나. 양수용량 및 형식 설정**

○ 양수용량은 수질모형을 활용하여 목표수질을 만족하기 위해 인공습지에서 처리해야 할 양을 시행오차법을 통해 계획유량 4,200㎥/일로 설정함

○ 양수시설은 2대의 수중펌프를 배치하여 1일 12시간 가동(2시간씩 교번 가동) 하도록 계획하였음

○ 펌프장 최소 흡입수위는 대산저수지의 지난 5년간(2016년~2020년) 저수율, 유입/유출관로 관저고, 호내 퇴적 등을 고려하여 EL.3.5m로 계획하였음

○ 양수장 유입수조 유입부에 문비를 설치하여 유지관리 시 유입수를 차단할 수 있도록 하였고, 유입부에는 스크린을 설치하여 쓰레기나 이물질이 유입수조로 유입되지 않도록 계획함

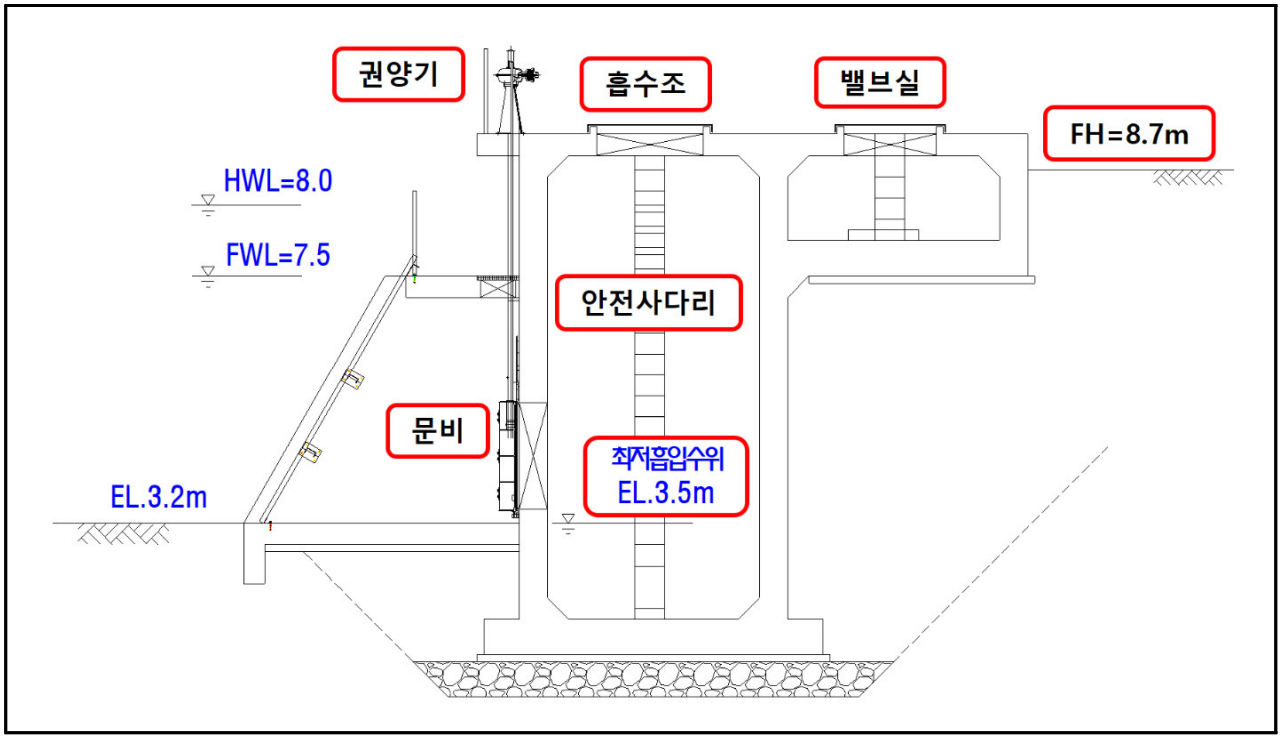
○ 부대시설로 펌프 운영 및 유지관리시 필요한 판넬과 호이스트를 설치하도록 반영

<표 5.4-2> 대산저수지 연도별 최저 저수위

| 구 분 | 2016년 | 2017년 | 2018년 | 2019년 | 2020년 | 평 균 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 최저수위(EL.m) | 5.67 | 5.29 | 6.36 | 5.07 | 4.58 | 5.39 |

<표 5.4-3> 양수시설 제원

| 구 분 | 흡입정 바닥고 (EL.m) | 밸브실 바닥고 (EL.m) | 유량 (㎥/min) | 펌프 형식 | 전기동력 (kW) | 구경(㎜) | 대수 | 운영시간 (hr) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 대 산 | 2.20 | 7.70 | 5.83 | 수중펌프 | 15kw | 250 | 2 | 12 |




<그림 5.4-3> 양수시설

**다. 펌프규격 검토**

- 펌프대수 : 교번운행 및 예비기기를 고려 2대 적용

| 구 분 | 계획유량 | 가동시간 | 펌프 용량(1대 기준) | 설치 대수 |
|---|---|---|---|---|
| 인공습지 | 4,200 ㎥/일 | 12 hr | 5.83 ㎥/분 | 2대(교번운행 및 예비포함) |

- 펌프규격 : 펌프내 유속 2.0~3.5m/s 고려하여 250mm 적용

$$D = 146\sqrt{Q/V} \quad (V = 2.0 \sim 3.5\ m/s)$$

$$= 188mm \sim 250mm$$

따라서 **펌프 구경은 250㎜**로 한다. **(적용유속 2.0m/s)**

## 5.5 저수지 내용적 검토

○ 수질개선 계획에 따른 시행 전.후 내용적의 변화를 살펴보면 준설에 따른 내용적은 증가하고 인공습지 조성에 따른 내용적은 감소함

○ 다음 표와 같이 대산저수지의 수질개선사업 시행 전.후 내용적 변화는 911,459㎥(총저수량)에서 903,509㎥으로 내용적 7,950㎥ 이 감소하는 것으로 조사되어 표토제거에 의한 내용적 확보계획을 수립하였음

<표 5.5-1> 사업시행 전.후 내용적

| 저수지 유효 내용적 (㎥) | | | 비 고 |
|---|---|---|---|
| 사업시행 전 | 사업시행 후 | 증감(㎥) | |
| 911,459 | 903,509 | (-) 7,950 | 표토제거 8,000㎥ |

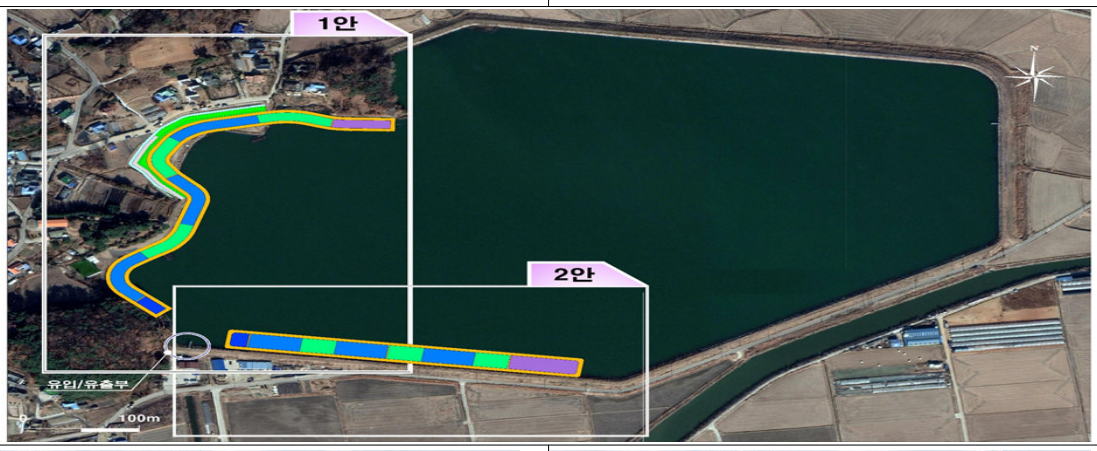
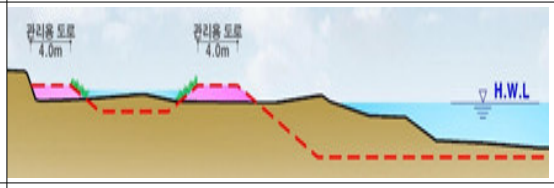
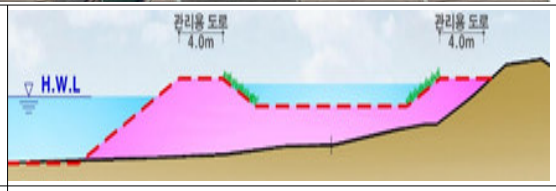
| 표고 (EL.m) | 사업시행전 | | 사업시행후 | | 증.감 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 수면적 (㎡) | 저류용량 (㎥) | 수면적 (㎡) | 저류용량 (㎥) | | |
| 3.0 | 100 | - | 100 | - | - | |
| 3.2 | 2,787 | 289 | 2,787 | 289 | - | 사수위 |
| 3.5 | 6,868 | 1,737 | 6,868 | 1,737 | - | |
| 4.0 | 105,665 | 29,870 | 105,665 | 29,870 | - | |
| 4.5 | 203,956 | 107,276 | 203,260 | 107,102 | 174 | |
| 5.0 | 259,795 | 223,213 | 258,713 | 222,595 | 618 | |
| 5.5 | 269,330 | 355,495 | 267,475 | 354,142 | 1,353 | |
| 6.0 | 274,479 | 491,447 | 271,268 | 488,828 | 2,619 | |
| 6.5 | 278,187 | 629,613 | 274,474 | 625,263 | 4,350 | |
| 7.0 | 281,864 | 769,626 | 278,341 | 763,467 | 6,159 | |
| 7.5 | 285,466 | 911,459 | 281,826 | 903,509 | 7,950 | 만수위 |
| 8.0 | 287,532 | 1,054,708 | 283,707 | 1,044,892 | 9,816 | |
| 8.5 | 289,313 | 1,198,919 | 285,423 | 1,187,175 | 11,744 | |
| 9.0 | 290,995 | 1,343,996 | 287,105 | 1,330,307 | 13,689 | 제정고 |

## 5.6 세부시설 계획

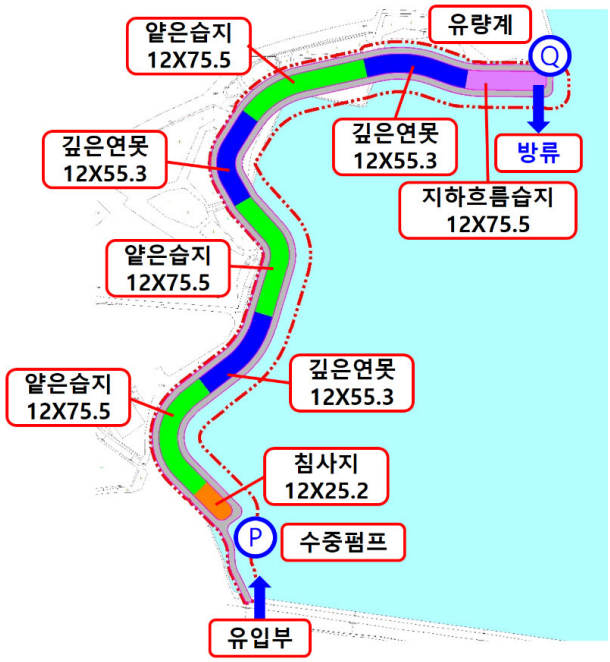
### 5.6.1 조합형 습지

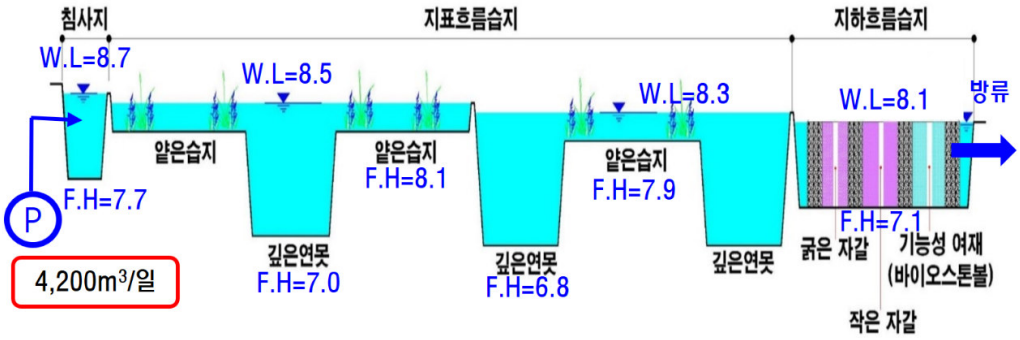
#### 가. 조합형 습지 안별 비교

○ 습지 안별 검토결과 호내 내용적 변화가 최소화 되고 전체적인 물순환이 가능한 1안(북서측)을 채택하였음

| 구 분 | 1안(북서측 설치) | 2안(남측설치) |
|---|---|---|
| 개 요 | 대산저수지 부지 내 설치, 유선형 구조<br>(북서측 농경지 구간, 호내) | 대산저수지 호내 설치, 정형 구조<br>(남동측 경계부, 호내) |
| 평면도 |  | |
| 횡단면도 |  |  |
| 시설 규모 | • A = 10,400 ㎡, V = 4,200 ㎥<br>• 수면적 : B12m X L500m | • A = 8,672 ㎡, V = 4,300 ㎥<br>• 수면적 : B20m X L300m |
| 장점 | • 육상 부지내 설치로 시공성 확보<br>• 호내 오염도가 높은 지역의 우수를 양수하여 저감효율 최대화<br>• 설치연장을 최대화 하여 호내 전체적인 물순환 가능 | • 승뢰양수장 인근에 위치하여 제방을 통한 유지관리 양호 |
| 단점 | • 펌프설치위치 반경 110m 인근에 주거지가 위치하여 일부 소음 민원 발생예상 | • 호내 설치되어 내용적(유효용량) 감소<br>• 호내 설치로 진입로 개설 등 시공성, 경제성 저하<br>• 호내 수면과 접하여 설치되어 공사중, 운영초기 제방안정화 필요 |
| 채택 | ◎ | |

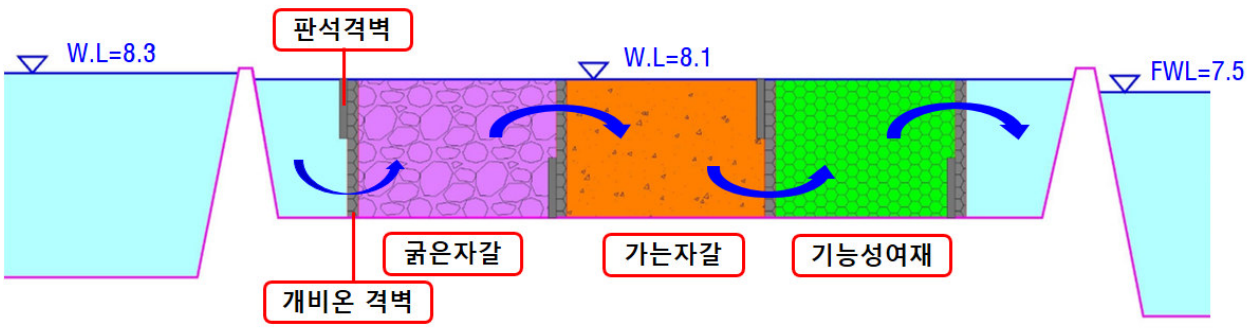
### 나. 시설배치 및 수리종단

| 시설규모 | 평면계획도 |
|---|---|
| • 설계용량<br>- 처리용량 : Q = 4,200 ㎥/일<br>- 시설규모 : A = 10,400 ㎡<br>(수면적 6,000 ㎡)<br>- 시설용량 : V = 4,200 ㎥<br>- 체류시간 : 12hr<br>• 수처리기전<br>- 저수지 우수를 일정하게 취수하여 호 전체적인 순환과 정화처리<br>• 수리종단<br>- 최저수면고 WL.8.1m<br>= 만수위 7.5m + 여유고 0.6m |  |



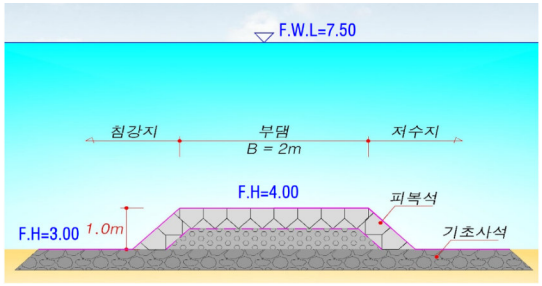
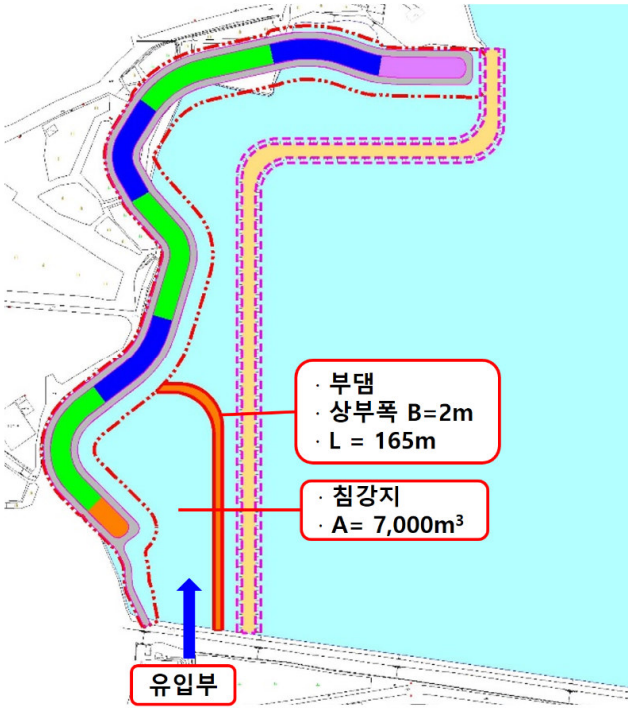

### 5.6.2 지하흐름형 습지

○ 지하흐름형 습지는 굵은여재→작은여재→기능성여재를 배열하여 통수 및 수처리효율을 높이도록 하고 여재 교체에 대비해 개비온 격벽을 계획함

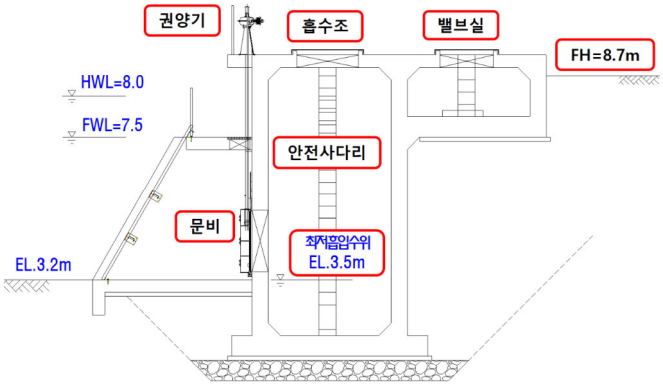


### 5.6.3 침강지

○ 침강지는 부댐형으로 계획하였음

| 시설규모 | 평면계획도 |
|---|---|
| • 설계용량<br>- 포착대상 입경 : 0.05mm<br>- 침강속도 : 0.0155 cm/s<br>- 최소소요수면적 :<br>A = 1.2 X Q / V<br>= 1.2 X 0.81㎥/s / 0.0155cm/s<br>= 6,270 ㎡<br>- 설계 수면적 : 7,000 ㎡<br>• 단면계획<br>  <br> |  <br> |

### 5.6.4 펌프시설

| 시설규모 | 일 반 도 |
|---|---|
| • 펌프운영<br>- 수중펌프 2대로 1일 12시간 가동<br>- 2시간씩 교번 운행<br>- 유입/유출관로 관저고 EL.3.2m 고려하여 최저흡입수위는 EL.3.5m설정<br>- 관저고로 설정시 흡입유량 부족시 모터 손상 예상 |  <br> |

| 구 분 | 흡입정 바닥고 (EL.m) | 밸브실 바닥고 (EL.m) | 유량 (㎥/min) | 펌프 형식 | 전기동력 (kW) | 구경(㎜) | 대수 | 운영시간 (hr) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 대 산 | 2.20 | 7.70 | 5.83 | 수중펌프 | 15kw | 250 | 2 | 12 |

## 5.7 농업비점오염원 저감대책

### 5.7.1 개 요

○ 비점오염원 관리 가능 면적 중 전·답의 비율 및 단위면적당 발생부하량 증가로 인하여 농업·농촌 비점오염원 대책의 중요성이 증가하고 있음

○ 최근 관련분야에 대한 연구가 진행되었거나 진행 중에 있으며 연구를 통해 농업비점오염원을 저감할 수 있는 저감기법이 다양하게 개발되고 있음

○ 이에 따라 그동안 추진해 온 인공습지, 침강지 등 호 내 대책 위주의 수질개선사업에 비점오염발생 및 유출저감을 위한 유역대책에 대해 본 보고서에서는 타 지구에서 시범 적용한 최적관리기법(BMP)을 소개하며 추후 시행청, 행정기관, 지역주민의 협의체 구성을 통한 향후 구체적 계획 수립이 필요함

○ 주민역량강화: 농업 비점오염 저감과 관련된 이해관계자들의 협조체계를 구축하여 의사조정·결정을 합리적화 하기위한 비구조적 캠페인 활동, 역량강화 프로그램 운영 및 거버넌스 구축지원

○ 최적관리기법(BMP)보급: 물꼬조정, 완효성 비료사용, 장치형시설 및 지표피복을 위한 식생형 시설계획(초생수로 침투도랑 등) BMP기법을 보급

○ 기존사례: 2017 금정지구 농업용수 수질개선사업

### 5.7.2 추진방향

○ 주민들의 비점오염원에 대한 인식 확산 및 논, 밭 비점오염원 관리법 이해로 비점오염원 저감 활동 동참을 위한 동기부여

○ 농촌지역 마을주민의 생활오염 관리와 생활오염원 저감을 위한 자발적 주민 실천활동 계획 수립을 통해 거버넌스 구축

○ 주민들이 바라는 마을의 미래상에 대한 의견을 수렴하여 비전과 방향 설정하고 자주적인 오염원 및 수질관리 유도

| 구 분 | 조성년도 | 유역면적 | 만수면적 | 수혜면적 | 유효저수량 |
|---|---|---|---|---|---|
| 대산지구 | 1980년 | 1,880ha | 28.9ha | 288.9ha | 1,271 천㎥ |

### 5.7.3 농업환경보전 프로그램

○ 농업환경보전 프로그램과 연계를 통해 상류유역에 대한 관리방안은 다음과 같음

**가. 농업환경보전 프로그램 범위**

1) 활동방식

- 개인활동 : 사업 참여 농업인.주민들이 자신의 농경지 등에서 개별적으로 수행하는 농업환경보전 활동
- 공동활동 : 사업 참여 농업인.주민들이 사업대상 마을 권역 내 공동공간 등에서 함께 수행하는 농업환경보전 활동

**나. 활동분야 : 농업비점, 생태계, 농촌경관, 농업유산 중 농업비점을 중심으로 제시**

1) 농업비점 : 농업비점오염원과 농촌비점오염원을 포괄하는 광의의 개념

* 농업비점오염원 : 논, 밭 등 농경지에서 배출되는 영양물질 등을 말하며, 주로 비료, 퇴비 및 농약 등에서 기인됨

* 농촌비점오염원 : 농촌에서 생활쓰레기, 영농폐기물 및 각종 폐기물.농업 부산물 소각에 의한 잔여물이 빗물과 함께 하천으로 유입되는 것

**다. 농업비점 관리 기법**

1) 농경지에서 강우 유출수량과 토양 침식량을 감소 또는 조절하기 위한 작물경작 방법
2) 기존의 경작법 보다 작물이 요구하는 영양조건과 수분조건은 충족 시키면서 농업비점의 유출과 토양침식의 잠재성은 감소시키는 방안
3) 주요 농업비점 관리 기법

- 시비관리 기법 : 토양검정시비, 완효성 비료 사용, 비료사용 처방전 등
- 논 비점관리 기법 : 배수물꼬 관리, 물 관리 개선(절수관계, 써레질기 낙수억제 등)
  경운방식 개선(무경운 또는 최소경운 등)
- 밭 비점관리 기법 : 볏짚 등 작물잔재물 지표피복
  밭 경사면 하부 및 밭 테두리에 초생대 조성
  밭 하류 유출부에 작은 웅덩이(침사구) 조성
  재배법 개선(등고선 경작 줄 뿌림 재배 등)
  경운방식 개선(무경운 또는 최소경운 등)

### 5.7.4 유사사례

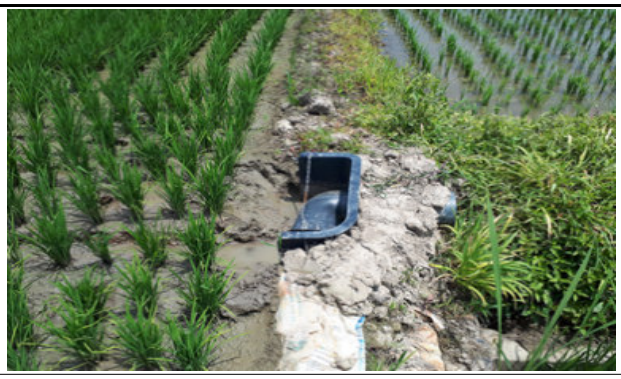
○ (국외) 일본 비와호(琵琶湖) 마더레이크 포럼(Mother Lake Forum)

- 주민, NPO(비영리단체), 농림종사자, 사업가, 전문가, 행정 등 비와호 이해관계자 모임결성.운영

○ (국내) 새만금 상류 농어비점오염관리 거버넌스 구축연구('16)

- 농촌지역 비점오염원 관리 최적관리기법 적용.확산 시범연구('18, 환경부)

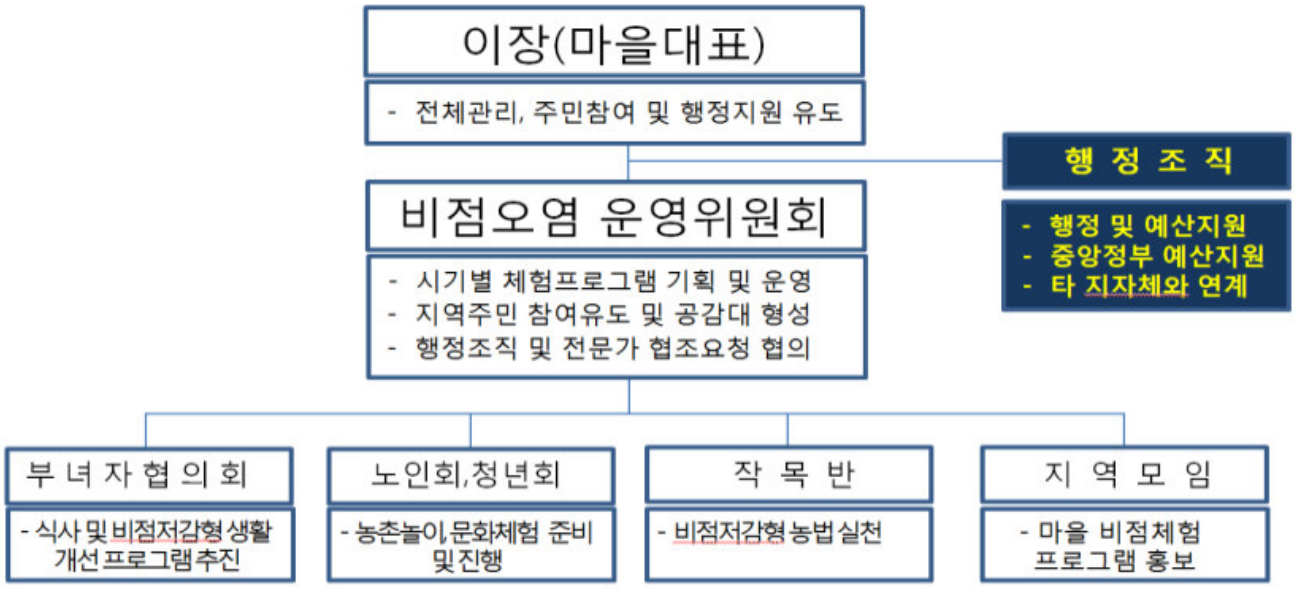
* 평야부 논(경기 이천), 유역 관리(새만금 유역), 밭 비점(홍천 고랭지 경작지) 컨소시엄

| | |
|---|---|
| |  |
| 주민역량강화 교육 | 논 비점관리 |
| | |
| 밭 비점관리 | 마을환경개선 활동 |

### 5.7.5 대산저수지 거버넌스 구축(안)

○ 대산저수지 거버넌스는 지역주민, 지원조직(농어촌공사 등), 협업조직(지역 NGO단체 등)과 행정조직(강화군, 농업기술센터, 인천광역시)으로 구성할 계획이며, 각 기관의 특성에 맞는 지원 및 협업이 가능한 "작은 조직"으로 구축.운영 제안

○ 지역 주민들을 주축으로 하는 마을 조직체 구성.운영




<대산저수지 주민자치 조직체 구성(안)>

# 제6장 유지관리계획

6.1 인공습지

6.2 양수시설

6.3 배수로 수초제거

6.4 모니터링 계획

# 제6장 유지관리계획

○ 본 기본조사에서는 수질정화시설에 대해 다음과 같이 유지관리를 계획하였으며, 이는 세부설계 및 유지관리단계에서 현장상황에 따라 적정하게 수정변경 적용되어야 함

## 6.1 인공습지

○ 본 사업지구의 인공습지는 양수시설로부터 유입수를 공급받아 습지식물과 미생물에 의해 오염물질을 차단, 침전, 흡착, 산화분해 등의 기작으로 오염수를 정화시키며, 일부구간을 지하흐름습지로 계획하여 시설의 효율을 증대하였음

○ 식물과 미생물 활동을 이용하므로 습지식물의 활착 및 성장촉진, 고사식물과 슬러지의 제거 등과 같은 주기적인 유지관리가 수반되어야 하며, 지하흐름습지의 여재를 주기적으로 점검·교체하여 흐름의 정체나 여재의 폐색에 대비하여야 함

### 6.1.1 인공습지 유지관리 일반

○ 습지가 정상적으로 잘 운영되기 위해서는 지속적인 관리를 요하며, 다음과 같은 사항에 초점을 맞추어야 함

- 유입수가 미생물, 식물, 토양 등과 충분한 접촉을 갖도록 해야 함
- 유입수의 흐름이 습지 전 지역을 골고루 통과해야 함
- 미생물이 건강한 활동을 할 수 있는 환경을 조성해야 함
- 식물들이 왕성히 성장하도록 유지시켜야 함

○ 처리용량과 규모, 처리원수, 습지형태 등에 따라 퇴적물 제거 시기는 다를 수 있음. 인공습지의 경우 퇴적물에 의한 기능의 저하를 발견하였을 경우, 다른 오수처리방식에 비해 회복속도가 느리다는 단점이 있으므로 최선의 방법은 조기 발견으로 적절한 대처방안을 구상하는 것임

○ 시험연구 결과("농업용수 수질개선 시험연구, 마산저수지")에서는 연간 퇴적물의 축적속도가 연간 약 1~2cm 이하로 조사되어 10~20년 후에 처리를 위한 필요 수심을 확보하기 어렵다고 판단될 경우 기능유지 차원에서 제거를 해야 할 필요가 있으며, 퇴적물 관리를 위한 점검내용은 아래와 같음

- 월류보에서 처리수 월류 상황(이물질의 부착 유무 및 수평흐름의 유지)
- 퇴적물 퇴적 깊이
- 퇴적물에서 악취 발생

- 식재 직후에는 식물의 성장에 따라 수위를 조금씩 증가시켜야 하며, 의도하는 식물종 조성을 유도하고 잡초를 제거하기 위해 정확한 수위조절이 필요함. 또한, 습지의 유지관리를 위해서 물을 완전히 배제해야 하는 경우도 있어 수위조절 구조물의 설치가 필요함
- 식재 후 약 1년간의 수위 관리는 식물생존에 가장 중요한 요소로 작용함. 초기 성장기간 동안 2~5㎝ 크기의 작은 식물의 최적 생존과 성장을 위해서는 기질이 침수되지 않고 단지 포화만 되어 있어야 하며 이후 한두 달 동안은 많은 물이나 농도가 낮은 수체를 유입시켜야 하고, 그 다음 6개월간은 계속 농도를 약간씩 증가시키고 유량도 증가시킴
- 봄철 성장 초기단계에서는 의도적 식물종의 유도, 잡초의 제어를 위해 수위조절이 필요함. 정상적인 운영상태의 수심은 처리하고자 하는 유입수의 특성에 따라 다르겠지만 하수를 처리하기 위한 수심은 10~20㎝, 저수지 수질개선을 위해 대규모 유량을 처리해야 할 경우 10~40㎝, 깊은 습지구간, 또는 연못의 경우 70~180㎝ 정도임. 적절한 수심의 유지는 식물생장에 매우 중요함. 작고 새로운 식물은 잎에서 뿌리로 산소를 공급해주는 통기조직이 잘 발달되어 있지 않아 수심이 깊으면 심각한 문제를 일으킬 수 있으며, 특히 산소가 부족한 물의 경우는 더 심해짐
- 따라서 운영단계에서 각 요소들의 수위는 필요시 검사하고 조절되어야 하며, 유량조절시설의 균열이나 누수를 육안으로 점검해야 함. 일상적인 검사는 유입 및 유출구조물에서 유량의 정상적인 흐름, 습지 각 부분의 수위, 제방의 세굴이나 파손 등 점검함
- 퇴적물은 처리수 및 식물사체, 조류 사멸 등 시스템의 내부적인 기원에 의해 발생가능하며 이에 대한 적절한 관리방안이 수립되어야 시스템의 안정성과 기능 저하 방지에 기여할 수 있음. 축적된 퇴적물의 경우 5~15년마다 제거되어야 하며 현장관찰자의 판단에 따라 퇴적물 제거를 통해 적정 수심을 확보하고 균형적인 공간분포를 유지해야 함
- 바닥잔재물(debris and litter)은 유출부의 폐쇄현상을 막기 위해 정기적으로 제거되어져야 하며, 이를 통해 습지는 심미적으로 안정적으로 보일 수 있음
- 수위의 연중 변화는 처리효율 뿐 만 아니라 식물과 동물의 군집에 영향을 주므로 중요한 관리항목임. 항상 일정한 수위를 유지하기 보다는 식물의 성장주기에 맞추어 수위를 조절할 필요가 있으며 홍수기 또는 처리수량이 증가한 경우를 제외하고 설계수위를 유지할 수 있도록 관리함

### 6.1.2 인공습지 유지관리 체크리스트

○ 시설관리자가 일상적으로 점검해야 할 사항에 대한 체크리스트를 다음과 같이 제시함 (월1회 이상 점검 실시)

<표 6.1-1> 인공습지의 유지관리 점검 체크리스트

| 조합형인공습지 점검사항 | 점검결과 | 조치계획 |
|---|---|---|
| **침사지** | | |
| • 양수시설로부터 계획유량이 유입되고 있는가? | | |
| • 침전물이 재부유하여 월류하지 않는가? | | |
| • 침사지내 이물질이나 녹조, 악취 등이 발생하고 있지 않은가? | | |
| • 후단시설로 유출은 원활히 이루어지는가? | | |
| **얕은습지, 깊은 못** | | |
| • 습지측벽이나 바닥의 쇄굴, 포락이 발생하지 않았는가? | | |
| • 습지 내외 식생(수생식물, 잔디 등)은 고르게 성장하고 있는가? | | |
| • 습지 내 식생은 주기적으로 제거 및 적정 처리되고 있는가? | | |
| • 처리수의 유입 및 습지 내 물흐름은 원활한가? | | |
| • 월류부(체크댐)에 쓰레기, 협잡물, 식물잔재 등이 고여 있지 않은가? | | |
| • 월류부는 전면을 거쳐 고르게 월류되고 있는가? | | |
| • 수위조절 장치는 적정 기능을 유지하고 있는가? | | |
| **지하흐름습지** | | |
| • 처리수의 유입 및 지하흐름습지 내 물흐름은 원활한가? | | |
| • 지하흐름습지는 쇄굴, 포락 등으로부터 안전한가? | | |
| **기타** | | |
| • 최종배출부 주변으로 배출수로 인한 쇄굴, 포락 등이 발생하지 않는가? | | |
| • 안전사고 예방시설(난간, 표지판 등)은 적절히 유지되고 있는가? | | |
| • 각 구성요소별 처리효율은 주기적으로 파악하고 있는가? | | |
| • 비상배출구는 막힘없이 상시가동상태를 유지하는가? | | |
| • 민원유발사항이나 우려요소가 있는가? | | |

## 6.2 양수시설

○ 양수시설은 유량을 안정적으로 공급하여 수질정화시설의 정화효율을 안정적으로 발휘 또는 유지시키기 위해 도입하였으며, 이 외에도 저수지 본체(하부)로부터 양수하여 정화시설을 거쳐 재배출시킴으로써 저수지 물순환의 부수적인 효과도 기대할 수 있음

○ 조합형인공습지 1곳에 대하여 2기의 양수시설을 설치할 계획이며, 유지보수 등의 시기를 제외하면 연중 운영을 원칙으로 함

○ 본 사업지구의 주요 정화시설인 조합형인공습지는 취입수를 자연유하방식이 아닌 펌프에 의한 양수에 전적으로 의존하므로 양수시설에 대한 주기적인 유지관리를 통해 안정적으로 운영될 수 있도록 해야 함

### 6.2.1 양수시설 유지관리 일반

○ 양수시설의 운영 및 관리는 시설관리자로 하며, 해당 양수장마다 시설관리담당자를 지정하여 운영 및 관리하여야 함

○ 펌프장 건물은 펌프설비를 보호하고 악천후의 조건에서도 확실한 조작이 가능하도록 유지관리 해야 하며 특히 비가 새거나 환기가 나쁘면 펌프와 전기설비를 고장시키기도 하고 내구성에 악영향을 미치기 때문에 유의할 필요가 있음

○ 민원발생 등에 대비해 방음구조가 되어 있는 경우는 방음구조의 점검을 하고 그 효과가 확실하게 발휘되고 있는 지를 확인해야 하며 빗물펌프장 건물의 외장은 주변의 경관과 조화도 배려해야 함

○ 펌프장 본체로부터 내수가 침출하지 않도록 수밀성을 확보하여야 하며, 부등침하와 지진 등으로 침하.변형과 콘크리트의 갈라짐과 열화 발생을 점검하고 펌프기능과 수밀성에 지장이 우려될 경우에는 원인을 규명하고 즉시 적절한 대책을 강구해야 함

○ 계획양수를 원칙으로 하며 정기, 비정기, 긴급점검 등을 실시하여 상시 기능을 유지해야 함

○ 시설관리 담당자는 기기의 점검결과 정비가 필요한 경우 신속하게 정비하여 기능이 유지되도록 조치하고, 정비가 불가능한 경우 수리, 변경 및 이설이나 사용 일시정지나 제한 등의 조치를 해야 함

○ 기기의 운전 및 개폐시 안전수칙을 준수하여 재해가 발생하지 않도록 함

○ 운전 중 심한 낙뢰가 칠 때나 운전 종료로 전기를 사용하지 않을 때는 전원을 차단하여 안전사고가 발생하지 않도록 해야 함

○ 양수시설 건축물 주변 배수로를 정비하여 진입도로 및 지반이 유실 혹은 붕괴되지 않도록 관리해야 함

○ 안전난간, 맨홀덮개 등 안전사고 위험이 있는 곳은 사전에 정비하여 안전사고가 발생하지 않도록 관리해야 함

○ 사고 및 이상이 발생한 경우에는 응급조치 후 신속히 시설관리자에게 보고하고 사고의 경중에 따라 적절한 조치를 취해야 함

### 6.2.2 양수시설 유지관리 체크리스트

○ 시설관리자가 일상적으로 점검해야 할 사항에 대한 체크리스트를 다음과 같이 제시함 (점검내용에 따라 수시 및 월1회 이상 점검 실시)

<표 6.2-1> 양수시설의 유지관리 점검 체크리스트

| 양수시설 점검사항 | 점검결과 | 조치계획 |
|---|---|---|
| **시설일반(월1회이상)** | | |
| • 양수장에 대한 전담관리자가 지정되어 정기적으로 점검이 이루어지고 있는가? | | |
| • 양수장 진입로에 대한 안전성은 적절히 확보되었는가? (진입로, 주차장 등의 침하, 균열 여부) | | |
| • 양수장은 주변의 배수로 넘침이나 비탈면 사면붕괴에 대해 적절히 보호되고 있는가? | | |
| • 낙뢰방지 시설은 적절히 유지되고 있는가? | | |
| • 양수장 외부로부터 빗물유입방지나 환기등이 적절히 관리되고 있는가? | | |
| • 양수장 바닥은 부등침하가 발생하지 않았는가? | | |
| • 시설외관은 항상 청결하게 유지되고 있는가? | | |
| • 안전사고 예방시설(난간, 표지판 등)은 적절히 유지되고 있는가? | | |
| **시설가동시(수시)** | | |
| • 가동전 흡입수위가 적정한가? | | |
| • 펌프는 규정 토출압력을 유지하고 누수 등이 발생하지 않는가? | | |
| • 유량계는 정상적으로 작동하는가? | | |
| • 소음, 진동은 적절한가? | | |
| • 예비펌프는 정상적으로 작동하는가? | | |

## 6.3 배수로 수초제거

- 토공수로인 배수로에서는 수초로 인한 원활한 배수가 저해하며 특히 동절기 식물고사에 의한 오염물질 재용출을 방지하기 위하여 연간 1~2회 정도 식물을 절취할 필요가 있음
- 절취시에는 식물 생장점을 보호하고, 잔재물이 최대한 남는 것을 최대한 줄이기 위하여 지면에서 10cm 상부 밑동을 절취하는 것이 좋음
- 고사체를 태우는 경우는 인의 유출농도가 증가하고, 화재 위험이 있어 권장하지 않음
- 수초 제거 후 유역외로 반출하여 오염물질이 재유입되는 것을 방지 할것

## 6.4 모니터링 계획

- 농업용수 수질관리를 위하여 매월1회 시설관리자에 의한 시설 점검과 연4회 수질측정망에 의한 저수지 수질조사 및 시설 준공 후 4년 시점부터는 별도의 효과검증을 위한 사후모니터링을 실시할 계획임

<표 6.4-1> 수질개선시설 모니터링 계획

| 구 분 | 시설점검 | 수질측정 | 사후모니터링 |
|---|---|---|---|
| 내 용 | 인공습지, 침강지, 양수시설 운영상태 점검<br>식생성장 상태, 쓰레기 유입·막힘 등 점검<br>잡초제거 및 보식 등 실시 | 저수지에 대한 TOC, T-N, T-P, 중금속 등 19항목 조사 | 인공습지 유출입부, 침강지 유출입부 수질 및 퇴적물 조사를 통한 효율 점검 및 개선방안 도출 |
| 주 기 | 월 1회 이상 | 연 4회 이상 | 준공 후 4년 시점부터 |

# 제7장 사업시행 여건

7.1 매장문화재 현황 및 영향

7.2 주변 개발 및 오염삭감 계획

7.3 조사자 종합의견

# 제7장 사업시행 여건

○ 대산지구 수질개선사업 기본조사를 수행함에 있어 매장문화재 현황 및 주변 개발계획 등을 종합하여 사업시행여건을 종합 검토함

## 7.1 매장문화재 현황 및 영향

○ 지표조사 결과 유구·유물 등이 확인되지 않은 것으로 보고되었으므로 별도의 보존대책은 필요하지 않으며 사업시행으로 인한 영향은 없을 것으로 예상됨

"참 만남 참 문화유산" 문화유산 방문캠페인

문화재청

**문 화 재 청**

수신 수신자 참조
(경유)
제목 인천 숭뢰리(68번지 일원) 강화 대산지구 수질개선사업부지 내 문화재보존대책 통보

1. 인천광역시 강화군 송해면 숭뢰리 68번지 일원 강화 대산지구 수질개선사업부지 내 문화재 지표조사 관련입니다.
2. 「매장문화재 보호 및 조사에 관한 법률」 제9조(문화재 보존 조치의 지시 등)에 따라 사업부지 및 주변의 문화재 보존을 위한 조치사항을 다음과 같이 통보하오니, 사업추진에 반영(검토)하시기 바랍니다.
   가. 지표조사 결과, 유구 · 유물이 확인되지 않은 것으로 보고되었으므로 별도의 보존대책은 필요하지 않음.
   나. 그러나 공사 중 문화재로 의심되는 유구 · 유물 등이 발견되면 「매장문화재 보호 및 조사에 관한 법률」 제5조(개발사업 계획 · 시행자의 책무) 및 제17조(발견신고 등)에 따라 즉시 공사를 중지하여 그 현상을 변경하지 말고 우리 청에 신고하여야 함.
   다. 동 사업으로 인하여 사업부지 및 인접 지역의 문화재와 그 주변경관 등이 훼손되지 않도록 하여야 함.
3. 아울러, 해당 지방자치단체는 이 건과 관련한 문화재 지표조사보고서, 발굴조사 결과 및 조치사항 등을 문화유적분포지도에 반드시 반영하여 매장문화재의 사전보호 및 사업시행자의 편익을 증진할 수 있는 자료로 적극 활용하시기 바랍니다. 끝.

**문 화 재 청 장**

문화재청장인

수신자 인천광역시장(문화유산과장), 인천광역시 강화군수(문화관광과장), 한국농어촌공사사장

주무관 황지윤 행정사무관 대결 2020. 12. 11. 최재묵 발굴제도과장 전결
협조자
시행 발굴제도과-15055 (2020. 12. 11.) 접수
우 35208 대전광역시 서구 청사로 189 / www.cha.go.kr
전화번호 042-481-4948 팩스번호 042-481-4959 / hcyim@korea.kr / 대국민 공개

함께 지키는 문화재, 함께 나누는 일자리

## 7.2 주변 개발 및 오염삭감 계획

○ 대산저수지는 양수형 저수지로 전형적인 농촌형 유역으로 토지계가 오염원의 주를 이루며 비점오염원 처리를 위해 농업환경보전사업 등 농업비점 프로그램 활동과 연계가 필요함

**가. 농업비점 프로그램**

**1. 농·축산 비점오염 관리 프로그램**

**가. 농촌지역 농업환경보전사업과 연계 추진**

**1) 관련기관 : 농어촌공사, 강화군청, 주민협의회(숭뢰리, 대산리 이장 협의회)**

2) 주민협의회, 전담조직, 지지체가 함께 참여하여 추진하는 농업환경보전 프로그램사업과 연계하여 마을단위 비점오염 관리 추진

3) 농업비점 활동분야를 강화하여 침식 토사, 비료·농약, 가축분뇨의 적정관리 및 처리 유도

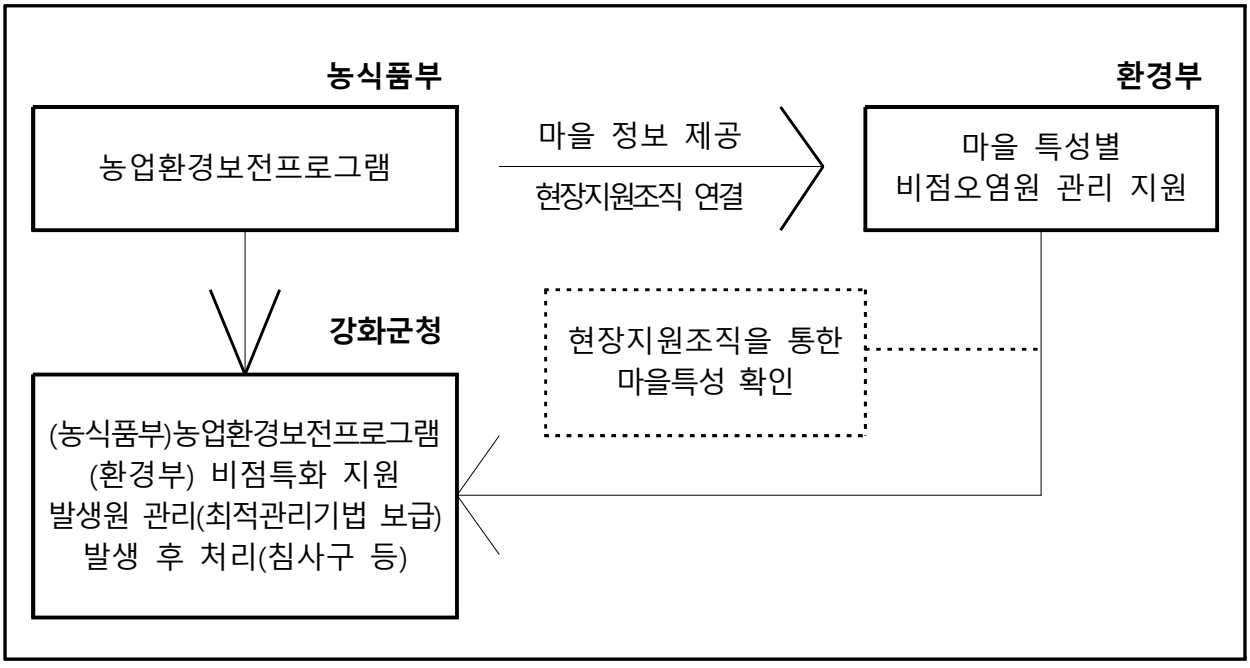
**나. 마을 맞춤형 발생원 관리 및 발생 후 처리 지원**

**1) 관련기관 : 농식품부, 환경부**

2) 농업환경보전프로그램사업 참여마을 중 지정학적으로 저수지나 하천 상류에 위치하고, 사업 참여자(주민·농업인)들의 농업비점 오염 저감 수요가 있는 마을 정보 공유

3) 농업환경보전프로그램 참여 마을 정보 공유로 환경부에서 해당 마을 특성에 맞는 발생원 관리(최적관리기법 보급) 또는 발생 후 처리(소규모 인공습지, 침사구 등) 지원

- 마을 맞춤형 발생원 관리체계 모식도



**2. 농업환경보전 프로그램**

**가. 농업환경보전 프로그램 범위**

1) 활동방식

- 개인활동 : 사업 참여 농업인.주민들이 자신의 농경지 등에서 개별적으로 수행하는 농업환경보전 활동
- 공동활동 : 사업 참여 농업인.주민들이 사업대상 마을 권역 내 공동공간 등에서 함께 수행하는 농업환경보전 활동

**나. 활동분야 : 농업비점, 생태계, 농촌경관, 농업유산 중 농업비점을 중심으로 제시**

1) 농업비점 : 농업비점오염원과 농촌비점오염원을 포괄하는 광의의 개념

* 농업비점오염원 : 논, 밭 등 농경지에서 배출되는 영양물질 등을 말하며 주로 비료, 퇴비 및 농약 등에서 기인됨

* 농촌비점오염원 : 농촌에서 생활쓰레기, 영농폐기물 및 각종 폐기물.농업 부산물 소각에 의한 잔여물이 빗물과 함께 하천으로 유입되는 것

**다. 농업비점 관리 기법**

1) 농경지에서 강우 유출수량과 토양 침식량을 감소 또는 조절하기 위한 작물경작 방법

2) 기존의 경작법 보다 작물이 요구하는 영양조건과 수분조건은 충족 시키면서 농업비점의 유출과 토양침식의 잠재성은 감소시키는 방안

3) 주요 농업비점 관리 기법

- 시비관리 기법 : 토양검정시비, 완효성 비료 사용, 비료사용 처방전 등
- 논 비점관리 기법 : 배수물꼬 관리, 물 관리 개선(절수관계, 써레질기 낙수억제 등)
  경운방식 개선(무경운 또는 최소경운 등)
- 밭 비점관리 기법 : 볏짚 등 작물잔재물 지표피복
  밭 경사면 하부 및 밭 테두리에 초생대 조성
  밭 하류 유출부에 작은 웅덩이(침사구) 조성
  재배법 개선(등고선 경작 줄 뿌림 재배 등)
  경운방식 개선(무경운 또는 최소경운 등)

## 나. 공동 퇴비사 설치

- ○ 금회 사업지구내 축산 폐수는 개별 퇴비화시설 및 오수정화조를 이용하는 것으로 조사되었음
- ○ 개별 퇴비화시설의 경우 용량부족, 부숙기간 부족 등으로 실질적으로 오염부하량이 발생하는 것으로 판단됨
- ○ 공동퇴비사 설치시 개별 퇴비화시설 용량부족 등을 일부 해소하여 실질적인 오염부하량 저감에 도움이 될 것으로 판단됨
- ○ 금회 사업유역내 공동퇴비사 설치가 계획되어 있음

**- 공동 퇴비사 설치 : 2020년 인천 강화·옹진 축협**

**´20년 마을형 공동퇴비사 지원 사업 사업자 선정 계획(안)**

**2020. 03. 09.**

**지 자 체 : 인천광역시, 강화군**

**사업주체 : 인천강화옹진축협**

Ⅰ. 사업개요

가. 사업주체 현황

| 구 분 | 내 용 | 비 고 |
|---|---|---|
| 사업장 명칭 | 2020년 마을형 공동퇴비사 지원사업 | |
| 소재지 | 인천광역시 강화군 강화읍 대산리1394-1 | |
| 시설내역 | 퇴비 보관고(퇴비사) 1,000㎡(300평) | |
| | 악취저감(미생물 분사장치) | |
| | 송풍시설 | |
| | | |
| 시설 신청내역 (퇴비사, 건조장 등) | 퇴비사 | |
| 참여(계약)농가 | 19농가 | |

나. 사업 개요

○ 사업기간 : 2020년 1월 ~ 12월

○ 사업내역

| 구 분 | | 사업비(천원) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 계 | 국비 | 지방비 | 융자 | 자부담 |
| 합 계 | | 200,000 | 80,000 | 60,000 | 60,000 | |
| 마을형 공동퇴비사 | 퇴비사 | 179,000 | 71,600 | 53,700 | 53,700 | |
| | 악취저감시설 | 11,000 | 4,400 | 3,300 | 3,300 | |
| | 송풍시설 | 10,000 | 4,000 | 3,000 | 3,000 | |
| | 포크레인 | | | | | |
| | 소 계 | 200,000 | 80,000 | 60,000 | 60,000 | |

주) 국비40% , 시군비 30%, 융자(자부담) 30%

- 1 -

## 7.3 조사자 종합의견

○ 대산저수지는 1980년에 조성된 이후 저수지 주변 거주지로부터 미처리 하수가 지속적으로 유입되며, 평야부 경작지에 살포된 퇴비, 화학비료와 농경지 고사체의 유기물질 등의 비점오염물질이 강우시에 유입되면서 호소 수질환경이 악화되고 있는 실정임

○ 본 사업시행으로 자연환경여건은 공사시 일시적으로 영향을 받을 수 있으나 운영단계에서는 생태다양성과 건전성이 오히려 증가할 것으로 예상되며, 매장문화재영향 요인이 없고, 현재 유역내 「마을내 공동퇴비사 지원사업」과 연계시 실직적인 수질개선효과를 배가 시킬 수 있을 것으로 예상됨

○ 본 사업시행으로 상류대책과 연계한 효과적인 저수지 수질개선이 가능하고 주변환경에 긍정적인 영향이 예상되어 사업시행여건이 매우 우수하며, 안전농산물 생산과 농산물 품질경쟁력 강화, 지역균형발전 및 쾌적한 지역환경조성 등에 기여할 수 있을 것으로 판단됨

# 제8장 사 업 비

8.1 사업비 수지예산서

8.2 사업비 산출내역

# 제8장 사 업 비

## 8.1 사업비 수지예산서

### 8.1.1 수 입

(금액 : 원)

| 구 분 | 연 도 별 계 획 | | | 비 고 |
|---|---|---|---|---|
| | 계 | 국 고 | 지 방 비 | |
| 대산지구 수질개선사업 | **6,784,000,000** | **6,784,000,000** | - | 농어촌공사 직접교부액 |

### 8.1.2 지 출

(단위 : 원)

| 공 종 | 세부공정 | 사 업 비 | 비 고 |
|---|---|---|---|
| **총사업비** | | **6,784,000,000** | |
| 순공사비 | 소 계 | **4,608,000,000** | |
| | 1) 조합형습지 | 2,946,000,000 | |
| | 2) 침강지 | 376,000,000 | |
| | 3) 양수시설 | 526,000,000 | |
| | 4) 가물막이 | 295,000,000 | |
| | 5) 기타시설 | 465,000,000 | 가설사무실, 유량계, 세륜세차시설 |
| 관급자재대 | | **1,271,000,000** | 기능성여재, 유입수로 등 |
| 관리비 및 기타 | 소 계 | **858,000,000** | |
| | 1) 기본조사비 | 170,000,000 | 문화재지표조사, 전략환경영향평가 포함 |
| | 2) 세부설계비 | 175,000,000 | |
| | 3) 생태보전협력기금 | 36,000,000 | |
| | 4) 공사감리비 | 402,000,000 | |
| | 5) 사업관리비 | 75,000,000 | |
| 용지보상비 | | **47,000,000** | |

## 8.2 사업비 산출내역

### 8.2.1 관리비 및 기타 산출내역

#### 가. 세부설계비 산출내역

(1) 세부설계비

(단위 : 천원)

| 구 분 | 대 상 액 | | | 요율 (%) | 금액 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 공사비 | 자재대 | 계 | | | |
| 세부설계비 | 4,189,090 | 1,155,454 | 5,344,544 | 3.28 | 175,449 | 농어촌정비법 요율 |
| | | | | | | |
| **계** | | | | **-** | **175,000** | **단수조정** |

(2) 세부설계비 요율 결정

| 구 분 | 하한기준 요율 | 직선보간법 요율 | 상한기준 요율 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|
| 대상액(천원) | 5,000,000 | 5,344,544 | 10,000,000 | (상한기준)-(하한기준)대상액: 5,000,000 |
| 설계요율(%) | 3.30 | 3.28 | 3.05 | (대상액)-(하한기준금액): 344,544 |
| | | | | (상한기준)-(하한기준)요율: -0.25 |

#### 나. 생태보전협력기금 산출내역

| 구 분 | 대 상 액 | | | 용도지역 | 할증 계수 | 금액 (원) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 개발면적 | 면적단가(원) | 금액(원) | | | |
| 조합형습지 | 39,932 | 300 | 11,979,600 | 농림지역 | 3 | 36,000,000 |
| | | | | | | |
| **계** | 39,932 | | | | | **36,000,000** |

### 다. 공사감리비 산출내역

(1) 공사감리비

(단위 : 천원)

| 구 분 | 대 상 액 | | | 요율 (%) | 금액 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 공사비 | 자재대 | 계 | | | |
| 공사감리비 | 4,189,090 | 1,155,454 | 5,344,544 | 7.54 | 402,998 | 농어촌정비법 요율 |
| | | | | | - | |
| **계** | | | | | **402,000** | **단수조정** |

(2) 공사감리비 요율 결정

| 구 분 | 하한기준 요율 | 직선보간법 요율 | 상한기준 요율 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|
| 대상액(천원) | 5,000,000 | 5,344,544 | 10,000,000 | (상한기준)-(하한기준)대상액: 5,000,000 |
| 설계요율(%) | 7.57 | 7.54 | 7.14 | (대상액)-(하한기준금액): 344,544 |
| | | | | (상한기준)-(하한기준)요율: -0.43 |

### 라. 사업관리비 산출내역

(1) 사업관리비

(단위 : 천원)

| 구 분 | 대 상 액 | | | 요율 (%) | 금액 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 공사비 | 자재대 | 계 | | | |
| 사업관리비 | 4,189,090 | 1,155,454 | 5,344,544 | 1.41 | 75,524 | 농어촌정비법 요율 |
| | | | | | | |
| **계** | | | | | **75,000** | 단수조정 |

(2) 사업관리비 요율 결정

| 구 분 | 하한기준 요율 | 직선보간법 요율 | 상한기준 요율 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|
| 대상액(천원) | 5,000,000 | 5,344,544 | 10,000,000 | (상한기준)-(하한기준)대상액: 5,000,000 |
| 설계요율(%) | 1.42 | 1.41 | 1.32 | (대상액)-(하한기준금액): 344,544 |
| | | | | (상한기준)-(하한기준)요율: -0.10 |

### 8.2.2 용지매수 보상비 산출내역

◦ 대산지구 수질개선시설 도입에 따른 편입용지조서는 다음 표와 같다.

**<표 8.2-1> 대산지구 편입용지조서**

| 번호 | 토지소재지 | 지번 | 지목 | 지적면적 (㎡) | 편입면적 (㎡) | 보상단가 (원) | 보상비 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **경작지 제거** | | **소계** | | | **2,107** | | |
| 1 | 송해면 숭뢰리 | 286-1 | 유 | 3,257 | 603 | | |
| 2 | 송해면 숭뢰리 | 286-2 | 유 | 406 | 51 | | |
| 3 | 송해면 숭뢰리 | 958-1 | 도 | 8,782 | 32 | | |
| 4 | 송해면 숭뢰리 | 243 | 유 | 5,060 | 120 | | |
| 5 | 송해면 숭뢰리 | 248 | 유 | 1,649 | 1,297 | | |
| 6 | 송해면 숭뢰리 | 967 | 구 | 1,290 | 4 | | |
| **침강지** | | **소계** | | | **7,211** | | **33,913,000** |
| 7 | 송해면 숭뢰리 | 184 | 유 | 4,086 | 2,917 | 11,625 | 33,913,000 |
| 8 | 송해면 숭뢰리 | 967 | 구 | 1,290 | 3 | | |
| 9 | 송해면 숭뢰리 | 181 | 유 | 7,147 | 2,089 | | |
| 10 | 송해면 숭뢰리 | 232-1 | 유 | 8,983 | 1,496 | | |
| 11 | 송해면 숭뢰리 | 179 | 제 | 2,887 | 445 | | |
| 12 | 송해면 숭뢰리 | 231 | 제 | 612 | 26 | | |
| 13 | 송해면 숭뢰리 | 970 | 도 | 2,142 | 235 | | |
| **표토제거** | | **소계** | | | **12,526** | | **4,081,000** |
| 14 | 송해면 숭뢰리 | 68 | 유 | 21,333 | 4,514 | | |
| 15 | 송해면 숭뢰리 | 243 | 유 | 5,060 | 2,165 | | |
| 16 | 송해면 숭뢰리 | 244-1 | 도 | 175 | 50 | 72,000 | 3,593,000 |
| 17 | 송해면 숭뢰리 | 116 | 유 | 127,371 | 1,703 | | |
| 18 | 송해면 숭뢰리 | 184 | 유 | 4,086 | 42 | 11,625 | 488,000 |
| 19 | 송해면 숭뢰리 | 126 | 유 | 4,693 | 3 | | |
| 20 | 송해면 숭뢰리 | 967 | 구 | 1,290 | 73 | | |
| 21 | 송해면 숭뢰리 | 286-2 | 유 | 406 | 2 | | |
| 22 | 송해면 숭뢰리 | 958-1 | 도 | 8,782 | 294 | | |

<표 8.2-1> 대산지구 편입용지조서(계속)

| 번호 | 토지소재지 | 지번 | 지목 | 지적면적 (㎡) | 편입면적 (㎡) | 보상단가 (원) | 보상비 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 인공습지 | | 소계 | | | 16,112 | | 8,884,000 |
| 23 | 송해면 숭뢰리 | 68 | 유 | 21,333 | 3,873 | | |
| 24 | 송해면 숭뢰리 | 81-2 | 도 | 7 | 7 | 72,000 | 504,000 |
| 25 | 송해면 숭뢰리 | 286-1 | 유 | 3,257 | 1,030 | | |
| 26 | 송해면 숭뢰리 | 244-1 | 도 | 175 | 110 | 72,000 | 7,929,000 |
| 27 | 송해면 숭뢰리 | 243 | 유 | 5,060 | 2,661 | | |
| 28 | 송해면 숭뢰리 | 248 | 유 | 1,649 | 202 | | |
| 29 | 송해면 숭뢰리 | 116 | 유 | 127,371 | 2,185 | | |
| 30 | 송해면 숭뢰리 | 232-1 | 유 | 8,983 | 4,527 | | |
| 31 | 송해면 숭뢰리 | 184 | 유 | 4,086 | 39 | 11,625 | 451,000 |
| 32 | 송해면 숭뢰리 | 286-2 | 유 | 406 | 206 | | |
| 33 | 송해면 숭뢰리 | 967 | 구 | 1,290 | 368 | | |
| 34 | 송해면 숭뢰리 | 970 | 도 | 2,142 | 72 | | |
| 35 | 송해면 숭뢰리 | 181 | 유 | 7,147 | 31 | | |
| 36 | 송해면 숭뢰리 | 231 | 제 | 612 | 158 | | |
| 37 | 송해면 숭뢰리 | 969 | 도 | 350 | 8 | | |
| 38 | 송해면 숭뢰리 | 958-1 | 도 | 8,782 | 632 | | |
| 39 | 송해면 숭뢰리 | 242 | 유 | 684 | 2 | | |
| 시설지 총계 | | | | | 12,526 | | 47,000,000 |

### 8.2.3 공사비 산출내역

#### 가. 시설공사비

##### 1) 조합형 습지

| 공 종 | 규 격 | 수 량 | 단 위 | 단 가(원) | 금 액(원) | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **총 계** | | **1** | **식** | | **2,946,000,000** | |
| **1. 토 공** | | | | | **273,827,833** | |
| 1) 성토 | | 18,298 | M3 | 1,739 | 31,820,222 | |
| 2) 절토 | | 11,664 | M3 | 1,337 | 15,594,768 | |
| 3) 터파기 | | 1,376 | M3 | 4,877 | 6,708,899 | |
| 4) 되메우기 | | 232 | M3 | 5,744 | 1,329,966 | |
| 5) 표토제거 | | 16,656 | M2 | 400 | 6,662,400 | |
| 6) 표토제거 | | 31,794 | M2 | 228 | 7,249,032 | |
| 7) 성토면고르기 | | 5,143 | M2 | 681 | 3,502,383 | |
| 8) 절토면고르기 | | 1,181 | M2 | 1,827 | 2,157,687 | |
| 9) 도자운반 | | 9,167 | M3 | 708 | 6,490,236 | |
| 10) 덤프운반 | | 2,924 | M3 | 7,342 | 21,468,008 | |
| 10) 순성토 | | 10,824 | M3 | 10,156 | 109,928,544 | |
| 11) 사토처리 | | 5,998 | M3 | 10,156 | 60,915,688 | |
| | | | | | | |
| **2.호안공(습지)** | | | | **-** | **233,620,504** | |
| 1) 식생매트부설 | | 2,628 | M2 | 5,779 | 15,185,709 | |
| 2) 차수매트부설 | | 5,963 | M2 | 5,779 | 34,459,368 | |
| 3) 식재부설 | | 23,851 | 주 | 379 | 9,039,696 | |
| 4) 자재대 | | | | - | | |
| 가. 식생매트 | | 3,022 | M3 | 12,900 | 38,982,523 | |
| 나. 차수매트 | | 6,857 | M3 | 16,000 | 109,716,624 | |
| 다. 식재 | | 26,237 | 주 | 1,000 | 26,236,584 | |
| | | | | - | | |
| **3.호안공(제외지)** | | | | **-** | **872,796,586** | |
| 1) 전석쌓기 | | 7,790 | M2 | 62,643 | 487,988,970 | |
| 2) 기존호안헐기 | | 7,790 | M2 | 31,322 | 243,994,485 | |
| 3) 뒷채움잡석부설/다짐 | | 1,558 | M3 | 10,566 | 16,461,828 | |
| 4) 필터매트부설 | | 7,790 | M2 | 5,779 | 45,018,410 | |
| 5) 자재대 | | | | - | | |
| 가. 뒷채움잡석 | | 1,863 | M3 | 33,200 | 61,863,818 | |
| 나. 필터매트 | | 8,959 | M2 | 1,950 | 17,469,075 | |

| 공 종 | 규 격 | 수 량 | 단 위 | 단 가(원) | 금 액(원) | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **4. 포장공** | | | | **-** | **47,670,085** | |
| 1) 콘크리트포장 | | 772 | M3 | 12,146 | 9,381,570 | |
| 2) 보조기층포설/다짐 | | 803 | M3 | 11,242 | 9,030,654 | |
| 3) 합판거푸집 | | 393 | M3 | 33,208 | 13,037,461 | |
| 4) 자재대 | | | | - | | |
| 가. 혼합골재 | | 772 | M3 | 21,000 | 16,220,400 | |
| | | | | - | | |
| **5. 월류보** | | | | **-** | **24,065,510** | |
| 1) 전석쌓기 | | 244 | M2 | 62,643 | 15,269,231 | |
| 2) 기초잡석포설/다짐 | | 129 | M3 | 10,566 | 1,363,965 | |
| 3) 필터매트부설 | | 371 | M2 | 5,779 | 2,143,373 | |
| 4) 자재대 | | | | - | | |
| 가. 기초잡석 | | 134 | M3 | 33,200 | 4,457,220 | |
| 나. 필터매트 | | 427 | M2 | 1,950 | 831,721 | |
| | | | | | | |
| **6. 표토제거** | | | | **-** | **98,992,000** | |
| 1) 하상준설 | | 8,000 | M3 | 12,146 | 97,168,000 | |
| 2) 표토제거 | | 8,000 | M2 | 228 | 1,824,000 | |
| | | | | | | |
| **7. 소계** | | | | | **1,550,972,518** | |
| | | | | - | | |
| **8. 부대공** | | **10%** | | **-** | **155,097,252** | |
| | | | | - | | |
| **9. 노임할증** | **노무비의 20%** | **20%** | | **-** | **194,685,762** | |
| | | | | - | | |
| **10. 제경비** | | **55%** | | **-** | **1,045,415,542** | |
| | | | | **-** | | |
| **11. 계** | **7+8+9+10** | | | **-** | **2,946,171,074** | |
| | | | | | | |
| **12. 계(적용)** | **단수조정** | | | | **2,946,000,000** | |

### 2) 침강지

| 공 종 | 규 격 | 수 량 | 단 위 | 단 가(원) | 금 액(원) | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **총 계** | | **1** | **식** | | **376,000,000** | |
| **1. 침강지** | | | | **-** | **197,689,584** | |
| 1) 하상준설 | | 7,000 | M3 | 12,146 | 85,022,000 | |
| 2) 표토제거 | | 7,000 | M2 | 228 | 1,596,000 | |
| 3) 부댐설치 | | | | - | | |
| 가. 전석쌓기 | | 1,125 | M2 | 62,643 | 70,473,375 | |
| 나. 기초잡석포설/다짐 | | 596 | M3 | 10,566 | 6,295,223 | |
| 다. 필터매트부설 | | 1,712 | M2 | 5,779 | 9,892,492 | |
| 라. 자재대 | | | | - | | |
| a. 기초잡석 | | 620 | M3 | 33,200 | 20,571,782 | 자재 |
| b. 필터매트 | | 1,969 | M2 | 1,950 | 3,838,712 | 자재 |
| | | | | | | |
| **2. 소계** | | | | | **197,689,584** | |
| | | | | - | | |
| **3. 부대공** | | **10%** | | **-** | **19,768,958** | |
| | | | | - | | |
| **4. 노임할증** | **노무비의 20%** | **20%** | | **-** | **24,814,977** | |
| | | | | - | | |
| **5. 제경비** | | **55%** | | **-** | **133,250,436** | |
| | | | | **-** | | |
| **6. 계** | **2+3+4+5** | | | **-** | **375,523,955** | |
| | | | | | | |
| **7. 계(적용)** | **단수조정** | | | | **376,000,000** | |
| | | | | | | |

### 3) 양수시설

| 공 종 | 규 격 | 수 량 | 단 위 | 단 가(원) | 금 액(원) | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **총 계** | | **1** | **식** | | **526,000,000** | |
| **1. 양수시설** | **4,200톤/일** | **1** | **식** | | **276,700,000** | |
| | | | | - | | |
| **2. 부대공** | | **10%** | | **-** | **27,670,000** | |
| | | | | - | | |
| **3. 노임할증** | **노무비의20%** | **20%** | | **-** | **34,732,756** | |
| | | | | - | | |
| **4. 제경비** | | **55%** | | **-** | **186,506,516** | |
| | | | | **-** | | |
| **5. 계** | **1+2+3+4** | | | **-** | **525,609,272** | |
| | | | | | | |
| **6. 계(적용)** | **단수조정** | | | | **526,000,000** | |
| | | | | | | |

### 4) 가물막이

| 공 종 | 규 격 | 수 량 | 단 위 | 단 가(원) | 금 액(원) | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **총 계** | | **1** | **식** | | **295,000,000** | |
| **1. 가물막이** | | | | **-** | **155,038,272** | |
| 1) 성토 | | 10,824 | M3 | 1,739 | 18,822,936 | |
| 2) 절토 | | 10,824 | M3 | 1,337 | 14,471,688 | |
| 3) 톤마대쌓기/헐기 | | 2,808 | EA | 43,356 | 121,743,648 | |
| | | | | | | |
| **2. 부대공** | | **10%** | | **-** | **15,503,827** | |
| | | | | | | |
| **3. 노임할증** | **노무비의20%** | **20%** | | **-** | **19,461,173** | |
| | | | | - | | |
| **4. 제경비** | | **55%** | | **-** | **104,501,800** | |
| | | | | **-** | | |
| **5. 계** | **1+2+3+4** | | | **-** | **294,505,072** | |
| | | | | | | |
| **6. 계(적용)** | **단수조정** | | | | **295,000,000** | |
| | | | | | | |

### 나. 기타시설

| 공종 | 규격 | 수량 | 단위 | 공사비(원) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 단가 | 공사비 |
| **총 계** | | **1** | **식** | | **465,000,000** |
| **1. 기타 시설** | | **1** | **식** | | **450,000,000** |
| | | | | | |
| 유량계 및 CCTV | 양수장 | 2 | SET | 50,000,000 | 100,000,000 |
| 유출량관리시설 | 유량계등 | 1 | 식 | 100,000,000 | 100,000,000 |
| 조립식가설사무실 | 36개월 | 330 | ㎡ | 115,187 | 38,011,710 |
| 조립식가설창고 | 36개월 | 80 | ㎡ | 88,392 | 7,071,360 |
| 비산먼지방지시설 | 비산먼지 가림막 등 | 1 | 식 | 30,000,000 | 30,000,000 |
| 세륜세차시설 | 세륜세차시설 | 1 | 식 | 20,516,000 | 20,516,000 |
| | | | | | |
| **제경비** | | **0.55** | **식** | | **162,579,489** |
| | | | | | |
| **소 계** | | | | | **458,178,559** |
| | | | | | |
| **소 계(적용)** | **단수조정** | | | | **450,000,000** |
| | | | | | |
| **2. 기타 공사비** | | **1** | **식** | | **15,000,000** |
| | | | | | |
| 한전납입금 | | 1 | 식 | 15,000,000 | 15,000,000 |
| | | | | | |
| **3. 계** | **1 + 2** | | | | **465,000,000** |

### 라. 관급자재대

| 공종 | 규격 | 수량 | 단위 | 공사비(원) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 단가 | 공사비 |
| **관급자재대** | | **1** | **식** | | **1,271,000,000** |
| | | | | | |
| 1. 전석 | | | | | 120,208,594 |
| 1) 호안공(제외지) | | 4,090 | TON | 25,000 | 102,243,750 |
| 2) 월류보 | | 128 | TON | 25,000 | 3,199,219 |
| 3) 침강지(부댐) | | 591 | TON | 25,000 | 14,765,625 |
| 2. 레미콘 | | | | | 51,210,120 |
| 1) 포장공 | | 788 | ㎥ | 65,000 | 51,210,120 |
| 3. 지하흐름습지 | 바이오스톤볼 | 1 | 식 | | 1,000,000,000 |
| 4. 유입수로 | 부유식끈상 스크린 | 1 | 식 | | 100,000,000 |

# 제9장 부록

9.1 참여기술자 명단
9.2 환경기준(수질, 토양, 퇴적물)
9.3 시험성적표(수질, 퇴적물, 지질)
9.4 현황측량 기준점 성과표
9.5 유역도 및 면적표
9.6 연도별 월별 강우량
9.7 유역별 유출량 산정 결과
9.8 저수지 내용적(사업시행 전후)
9.9 수질예측모형 입력자료
9.10 시설별 편입용지도 및 조서
9.11 매장문화재 지표조사 결과
9.12 전략 및 소규모환경영향평가 협의내용 및 반영결과
9.13 보고회 및 기술검토회 검토결과
9.14 관련기관 협의자료
9.15 시설별 기본계획도

# 제9장 부록

## 9.1 참여기술자 명단

### 9.1.1 한국농어촌공사

**가. 경기지역본부**

| 직 책 | 성 명 | 직 종 | 참 여 분 야 |
|---|---|---|---|
| 경기지역본부장 | 이 승 재 | 관 리 | 업무지도 |
| 수자원관리부장 | 이 영 복 | 토 목 | 기본계획수립 총괄 |
| 차 장 | 김 홍 건 | 환 경 | 수질개선대책 수립 |
| 차 장 | 김 상 진 | 환 경 | 수질개선대책 수립 |
| 차 장 | 최 철 관 | 환 경 | 수질개선대책 수립 |
| 차 장 | 이 민 재 | 토 목 | 토목설계 지도 |

**나. 환경사업처**

| 직 책 | 성 명 | 직 종 | 참 여 분 야 |
|---|---|---|---|
| 환경지질처장 | 김 완 중 | 환 경 | 업무지도 |
| 수질환경부장 | 김 이 부 | 환 경 | 기본계획수립 총괄 |
| 차 장 | 김 영 득 | 환 경 | 수질조사 및 대책 지도 |
| 과 장 | 함 종 화 | 환 경 | 수질예측 및 대책 지도 |
| 차 장 | 장 인 호 | 토 목 | 토목설계 지도 |

**다. 서영엔지니어링**

| 직 책 | 성 명 | 직 종 | 참 여 분 야 |
|---|---|---|---|
| 사업 책임기술자 | 한 상 수 | 수 자 원 | 사업총괄 |
| 참여기술자 | 김 선 후 | 수 자 원 | 기본설계 |
| 참여기술자 | 김 남 석 | 수 자 원 | 기본설계 |
| 참여기술자 | 소 민 수 | 수 자 원 | 기본설계 |
| 참여기술자 | 이 칠 우 | 수 자 원 | 기본설계 |
| 참여기술자 | 서 벽 렬 | 기 계 | 기본설계 |
| 참여기술자 | 김 태 영 | 수질관리 | 기본설계 |
| 참여기술자 | 계 태 순 | 토 목 | 기본설계 |

## 9.2 환경기준(수질, 토양, 퇴적물)

### 9.2.1 수질

가. 하천

1) 사람의 건강보호 기준

| 항목 | 기준값(mg/L) |
|---|---|
| 카드뮴(Cd) | 0.005 이하 |
| 비소(As) | 0.05 이하 |
| 시안(CN) | 검출되어서는 안 됨(검출한계 0.01) |
| 수은(Hg) | 검출되어서는 안 됨(검출한계 0.001) |
| 유기인 | 검출되어서는 안 됨(검출한계 0.0005) |
| 폴리클로리네이티드비페닐(PCB) | 검출되어서는 안 됨(검출한계 0.0005) |
| 납(Pb) | 0.05 이하 |
| 6가 크롬(Cr6+) | 0.05 이하 |
| 음이온 계면활성제(ABS) | 0.5 이하 |
| 사염화탄소 | 0.004 이하 |
| 1,2-디클로로에탄 | 0.03 이하 |
| 테트라클로로에틸렌(PCE) | 0.04 이하 |
| 디클로로메탄 | 0.02 이하 |
| 벤젠 | 0.01 이하 |
| 클로로포름 | 0.08 이하 |
| 디에틸헥실프탈레이트(DEHP) | 0.008 이하 |
| 안티몬 | 0.02 이하 |
| 1,4-다이옥세인 | 0.05 이하 |
| 포름알데히드 | 0.5 이하 |
| 헥사클로로벤젠 | 0.00004 이하 |

## 2) 생활환경 기준

| 등급 | | 상태 (캐릭터) | 기 준 | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 수소 이온 농도 (pH) | 생물 화학적 산소 요구량 (BOD) (㎎/L) | 화학적산소 요구량 (COD) (㎎/L) | 총유기 탄소량 (TOC) (㎎/L) | 부유 물질량 (SS) (㎎/L) | 용존 산소량 (DO) (㎎/L) | 총인 (T-P) (㎎/L) | 대장균군 (군수/100mL) | |
| | | | | | | | | | | 총 대장균군 | 분원성 대장균군 |
| 매우 좋음 | Ia | | 6.5~8.5 | 1 이하 | 2 이하 | 2 이하 | 25 이하 | 7.5 이상 | 0.02 이하 | 50 이하 | 10 이하 |
| 좋음 | Ib | | 6.5~8.5 | 2 이하 | 4 이하 | 3 이하 | 25 이하 | 5.0 이상 | 0.04 이하 | 500 이하 | 100 이하 |
| 약간 좋음 | II | | 6.5~8.5 | 3 이하 | 5 이하 | 4 이하 | 25 이하 | 5.0 이상 | 0.1 이하 | 1,000 이하 | 200 이하 |
| 보통 | III | | 6.5~8.5 | 5 이하 | 7 이하 | 5 이하 | 25 이하 | 5.0 이상 | 0.2 이하 | 5,000 이하 | 1,000 이하 |
| 약간 나쁨 | IV | | 6.0~8.5 | 8 이하 | 9 이하 | 6 이하 | 100 이하 | 2.0 이상 | 0.3 이하 | | |
| 나쁨 | V | | 6.0~8.5 | 10 이하 | 11 이하 | 8 이하 | 쓰레기 등이 떠 있지 않을 것 | 2.0 이상 | 0.5 이하 | | |
| 매우 나쁨 | VI | | | 10 초과 | 11 초과 | 8 초과 | | 2.0 미만 | 0.5 초과 | | |

비고

1. 등급별 수질 및 수생태계 상태
   가. 매우 좋음: 용존산소(溶存酸素)가 풍부하고 오염물질이 없는 청정상태의 생태계로 여과·살균 등 간단한 정수처리 후 생활용수로 사용할 수 있음.
   나. 좋음: 용존산소가 많은 편이고 오염물질이 거의 없는 청정상태에 근접한 생태계로 여과·침전·살균 등 일반적인 정수처리 후 생활용수로 사용할 수 있음.
   다. 약간 좋음: 약간의 오염물질은 있으나 용존산소가 많은 상태의 다소 좋은 생태계로 여과·침전·살균 등 일반적인 정수처리 후 생활용수 또는 수영용수로 사용할 수 있음.
   라. 보통: 보통의 오염물질로 인하여 용존산소가 소모되는 일반 생태계로 여과, 침전, 활성탄 투입, 살균 등 고도의 정수처리 후 생활용수로 이용하거나 일반적 정수처리 후 공업용수로 사용할 수 있음.
   마. 약간 나쁨: 상당량의 오염물질로 인하여 용존산소가 소모되는 생태계로 농업용수로 사용하거나 여과, 침전, 활성탄 투입, 살균 등 고도의 정수처리 후 공업용수로 사용할 수 있음.
   바. 나쁨: 다량의 오염물질로 인하여 용존산소가 소모되는 생태계로 산책 등 국민의 일상생활에 불쾌감을 주지 않으며, 활성탄 투입, 역삼투압 공법 등 특수한 정수처리 후 공업용수로 사용할 수 있음.
   사. 매우 나쁨: 용존산소가 거의 없는 오염된 물로 물고기가 살기 어려움.
   아. 용수는 해당 등급보다 낮은 등급의 용도로 사용할 수 있음.
   자. 수소이온농도(pH) 등 각 기준항목에 대한 오염도 현황, 용수처리방법 등을 종합적으로 검토하여 그에 맞는 처리방법에 따라 용수를 처리하는 경우에는 해당 등급보다 높은 등급의 용도로도 사용할 수 있음.
2. 화학적 산소요구량(COD) 기준은 2015년 12월 31일까지 적용한다.

나. 호소

1) 사람의 건강보호 기준: 가목1)과 같다.

2) 생활환경 기준

| 등급 | | 상태 (캐릭터) | 기준 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 수소이온농도 (pH) | 화학적 산소 요구량 (COD) (㎎/L) | 총유기탄소량 (TOC) (㎎/L) | 부유물질량 (SS) (㎎/L) | 용존 산소량 (DO) (㎎/L) | 총인 (T-P) (㎎/L) | 총질소 (T-N) (㎎/L) | 클로로필-a (Chl-a) (㎎/㎥) | 대장균군 (군수/100mL) | |
| | | | | | | | | | | | 총 대장균군 | 분원성 대장균군 |
| 매우 좋음 | Ia | | 6.5~8.5 | 2 이하 | 2 이하 | 1 이하 | 7.5 이상 | 0.01 이하 | 0.2 이하 | 5 이하 | 50 이하 | 10 이하 |
| 좋음 | Ib | | 6.5~8.5 | 3 이하 | 3 이하 | 5 이하 | 5.0 이상 | 0.02 이하 | 0.3 이하 | 9 이하 | 500 이하 | 100 이하 |
| 약간 좋음 | II | | 6.5~8.5 | 4 이하 | 4 이하 | 5 이하 | 5.0 이상 | 0.03 이하 | 0.4 이하 | 14 이하 | 1,000 이하 | 200 이하 |
| 보통 | III | | 6.5~8.5 | 5 이하 | 5 이하 | 15 이하 | 5.0 이상 | 0.05 이하 | 0.6 이하 | 20 이하 | 5,000 이하 | 1,000 이하 |
| 약간 나쁨 | IV | | 6.0~8.5 | 8 이하 | 6 이하 | 15 이하 | 2.0 이상 | 0.10 이하 | 1.0 이하 | 35 이하 | | |
| 나쁨 | V | | 6.0~8.5 | 10 이하 | 8 이하 | 쓰레기 등이 떠 있지 않을 것 | 2.0 이상 | 0.15 이하 | 1.5 이하 | 70 이하 | | |
| 매우 나쁨 | VI | | | 10 초과 | 8 초과 | | 2.0 미만 | 0.15 초과 | 1.5 초과 | 70 초과 | | |

비고

1. 총인, 총질소의 경우 총인에 대한 총질소의 농도비율이 7 미만일 경우에는 총인의 기준을 적용하지 않으며, 그 비율이 16 이상일 경우에는 총질소의 기준을 적용하지 않는다.
2. 등급별 수질 및 수생태계 상태는 가목2) 비고 제1호와 같다.
3. 상태(캐릭터) 도안 모형 및 도안 요령은 가목2) 비고 제2호와 같다.
4. 화학적 산소요구량(COD) 기준은 2015년 12월 31일까지 적용한다.

### 9.2.2 토양

[별표 3]

토양오염우려기준(제1조의5 관련)

(단위: mg/kg)

| 물질 | 1지역 | 2지역 | 3지역 |
|---|---|---|---|
| 카드뮴 | 4 | 10 | 60 |
| 구리 | 150 | 500 | 2,000 |
| 비소 | 25 | 50 | 200 |
| 수은 | 4 | 10 | 20 |
| 납 | 200 | 400 | 700 |
| 6가크롬 | 5 | 15 | 40 |
| 아연 | 300 | 600 | 2,000 |
| 니켈 | 100 | 200 | 500 |
| 불소 | 400 | 400 | 800 |
| 유기인화합물 | 10 | 10 | 30 |
| 폴리클로리네이티드비페닐 | 1 | 4 | 12 |
| 시안 | 2 | 2 | 120 |
| 페놀 | 4 | 4 | 20 |
| 벤젠 | 1 | 1 | 3 |
| 톨루엔 | 20 | 20 | 60 |
| 에틸벤젠 | 50 | 50 | 340 |
| 크실렌 | 15 | 15 | 45 |
| 석유계총탄화수소(TPH) | 500 | 800 | 2,000 |
| 트리클로로에틸렌(TCE) | 8 | 8 | 40 |
| 테트라클로로에틸렌(PCE) | 4 | 4 | 25 |
| 벤조(a)피렌 | 0.7 | 2 | 7 |

※ 비고

1. 1지역:「지적법」에 따른 지목이 전·답·과수원·목장용지·광천지·대(「지적법 시행령」 제5조제8호가목 중 주거의 용도로 사용되는 부지만 해당한다)·학교용지·구거(溝渠)·양어장·공원·사적지·묘지인 지역과 「어린이놀이시설안전관리법」 제2조제2호에 따른 어린이 놀이시설(실외에 설치된 경우에만 적용한다) 부지
2. 2지역:「지적법」에 따른 지목이 임야·염전·대(1지역에 해당하는 부지 외의 모든 대를 말한다)·창고용지·하천·유지·수도용지·체육용지·유원지·종교용지 및 잡종지(「지적법 시행령」 제5조제28호가목 또는 다목에 해당하는 부지만 해당한다)인 지역
3. 3지역:「지적법」에 따른 지목이 공장용지·주차장·주유소용지·도로·철도용지·제방·잡종지(2지역에 해당하는 부지 외의 모든 잡종지를 말한다)인 지역과 「국방·군사시설 사업에 관한 법률」 제2조제1항제1호부터 제5호까지에서 규정한 국방·군사시설 부지
4. 「공익사업을 위한 토지 등의 취득 및 보상에 관한 법률」 제48조에 따라 취득한 토지를 반환하거나 「주한미군 공여구역 주변지역 등 지원 특별법」 제12조에 따라 반환공여구역의 토양 오염 등을 제거하는 경우에는 해당 토지의 반환 후 용도에 따른 지역 기준을 적용한다.
5. 벤조(a)피렌 항목은 유독물의 제조 및 저장시설과 폐침목을 사용한 지역(예: 철도용지, 공원, 공장용지 및 하천 등)에만 적용한다.

[별표 7]

토양오염대책기준(제20조 관련)

(단위: mg/kg)

| 물질 | 1지역 | 2지역 | 3지역 |
|---|---|---|---|
| 카드뮴 | 12 | 30 | 180 |
| 구리 | 450 | 1,500 | 6,000 |
| 비소 | 75 | 150 | 600 |
| 수은 | 12 | 30 | 60 |
| 납 | 600 | 1,200 | 2,100 |
| 6가크롬 | 15 | 45 | 120 |
| 아연 | 900 | 1,800 | 5,000 |
| 니켈 | 300 | 600 | 1,500 |
| 불소 | 800 | 800 | 2,000 |
| 유기인화합물 | - | - | - |
| 폴리클로리네이티드비페닐 | 3 | 12 | 36 |
| 시안 | 5 | 5 | 300 |
| 페놀 | 10 | 10 | 50 |
| 벤젠 | 3 | 3 | 9 |
| 톨루엔 | 60 | 60 | 180 |
| 에틸벤젠 | 150 | 150 | 1,020 |
| 크실렌 | 45 | 45 | 135 |
| 석유계총탄화수소(TPH) | 2,000 | 2,400 | 6,000 |
| 트리클로로에틸렌(TCE) | 24 | 24 | 120 |
| 테트라클로로에틸렌(PCE) | 12 | 12 | 75 |
| 벤조(a)피렌 | 2 | 6 | 21 |

※ 비고

1. 1지역: 「지적법」에 따른 지목이 전·답·과수원·목장용지·광천지·대(「지적법 시행령」 제5조제8호가목 중 주거의 용도로 사용되는 부지만 해당한다)·학교용지·구거(溝渠)·양어장·공원·사적지·묘지인 지역과 「어린이놀이시설 안전관리법」 제2조제2호에 따른 어린이 놀이시설(실외에 설치된 경우에만 적용한다) 부지
2. 2지역: 「지적법」에 따른 지목이 임야·염전·대(1지역에 해당하는 부지 외의 모든 대를 말한다)·창고용지·하천·유지·수도용지·체육용지·유원지·종교용지 및 잡종지(「지적법 시행령」 제5조제28호가목 또는 다목에 해당하는 부지만 해당한다)인 지역
3. 3지역: 「지적법」에 따른 지목이 공장용지·주차장·주유소용지·도로·철도용지·제방·잡종지(2지역에 해당하는 부지 외의 모든 잡종지를 말한다)인 지역과 「국방·군사시설 사업에 관한 법률」 제2조제1항제1호부터 제5호까지에서 규정한 국방·군사시설 부지
4. 벤조(a)피렌 항목은 유독물의 제조 및 저장시설과 폐침목을 사용한 지역(예: 철도용지, 공원, 공장용지 및 하천 등)에만 적용한다.

### 9.2.3 퇴적물

#### 가. 호소 퇴적물 항목별 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 |
| 금속류 | 구리(mg/kg) | 60 이하 | 228 이하 | 1,890 이하 | 1,890 초과 |
| | 납(mg/kg) | 65 이하 | 154 이하 | 459 이하 | 459 초과 |
| | 니켈(mg/kg) | 53 이하 | 87.5 이하 | 330 이하 | 330 초과 |
| | 비소(mg/kg) | 29 이하 | 44.7 이하 | 92.1 이하 | 92.1 초과 |
| | 수은(mg/kg) | 0.1 이하 | 0.67 이하 | 2.14 이하 | 2.14 초과 |
| | 아연(mg/kg) | 363 이하 | 1,170 이하 | 13,000 이하 | 13,000 초과 |
| | 카드뮴(mg/kg) | 0.6 이하 | 1.87 이하 | 6.09 이하 | 6.09 초과 |
| | 크롬(mg/kg) | 112 이하 | 224 이하 | 991 이하 | 991 초과 |

주) 1. 등급별 퇴적물의 상태
가. 금속류
- I 등급 : 저서생물에 독성이 나타날 가능성 거의 없음
- II 등급 : 저서생물에 독성이 나타날 가능성 있음
- III 등급 : 저서생물에 독성이 나타날 가능성 비교적 높음
- IV 등급 : 저서생물에 독성이 나타날 가능성 매우 높음
나. 유기물, 영양염류
- IV 등급 : 심각하고 명백한 오염

#### 나. 하천·호소 퇴적물 지점별 오염평가 기준

| 단 계 | 조 건 |
|---|---|
| 보통 | 금속류 8 항목 모두 Ⅰ등급 |
| 약간 나쁨 | 금속류 8 항목 중 Ⅱ등급 또는 Ⅲ등급 항목 1개 이상 |
| 나쁨 | "금속류 Ⅱ등급 기준 지수"0.34 이상 |
| 매우 나쁨 | Ⅳ등급인 항목 1개 이상 |

주) 1. 단계별 퇴적물 지점의 상태 및 조치
가. 보통 : 지질이나 대기의 영향을 일반적인 정도로 받는 곳에서 나타나는 상태
나. 약간 나쁨 : 저서생물에 독성이 나타날 가능성 있으며, 독성시험을 통해 악영향 확인 필요
다. 나쁨 : 저서생물에 독성이 나타날 가능성 높으며, 조사 범위를 상하류로 확대하여 오염 규모 확인 필요
라. 매우 나쁨 : 심각하고 명백하게 오염되었으며, 중장기적으로 배출시설 및 공공수역 관리 필요
2. 한 지점이 여러 조건에 중복 해당될 경우 오염도 높은 단계 쪽으로 판정
3."금속류'II'등급 기준 지수"는 아래 식에 따라 계산함

$$\text{금속류 } 'II' \text{ 등급 기준 지수} = \frac{\sum_{i=1}^{8}\left(\frac{EC_i}{PEL_{K_i}}\right)}{8}$$

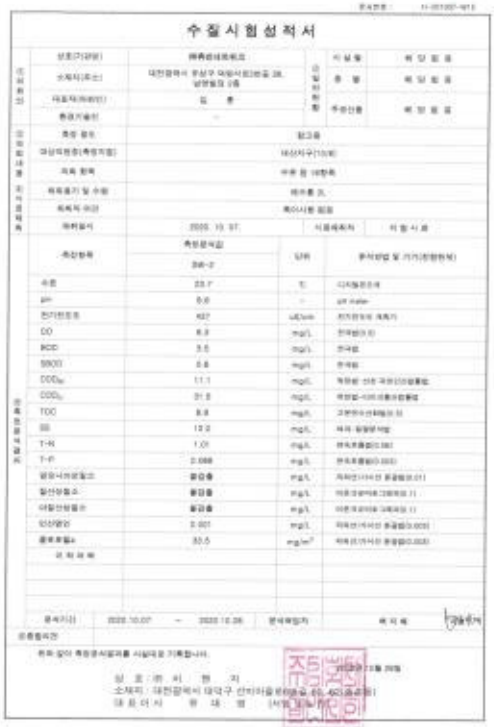
(ECi : 금속류 항목별 농도, PELKi : 금속류 항목별 'II' 등급 기준치)

## 9.3 시험성적표(수질, 퇴적물, 지질)

### 9.3.1 수질

대산 저수지 수질성적서(평시)

대산 저수지 수질성적서(평시)



수 질 시 험 성 적 서

| | | | |
|---|---|---|---|
| 성호(기관명) | [illegible] | 시 설 명 | [illegible] |
| 소재지(주소) | 대전광역시 유성구 대덕사로[illegible] 28, 남면빌딩 2층 | 종 별 | [illegible] |
| 대표자(성명) | 김 [illegible] | 주관단체 | [illegible] |
| 환경기술인 | - | | |
| 측정 장소 | 원고용 | | |
| 대상지점명(측정지점) | 대산저수지(1지점) | | |
| 의뢰 항목 | 아래 참 (8항목) | | |
| 의뢰용기 및 수량 | 아크릴 2L | | |
| 의뢰자 의견 | 특이사항 없음 | | |
| 의뢰일시 | 2020. 10. 07. | 시료채취자 | 이 [illegible] 사 |

| 측정항목 | 측정분석값 (채수-2) | 단위 | 분석방법 및 기기(장비명칭) |
|---|---|---|---|
| 수온 | 23.7 | ℃ | 디지털온도계 |
| pH | 8.8 | - | pH meter |
| 전기전도도 | 437 | uS/cm | 전기전도도 계측기 |
| DO | 8.3 | mg/L | 전극법(3.1) |
| BOD | 3.5 | mg/L | 전극법 |
| SBOD | 3.8 | mg/L | 전극법 |
| $COD_{Mn}$ | 11.1 | mg/L | 적정법 산성 과망간산칼륨법 |
| $COD_{Cr}$ | 21.3 | mg/L | 적정법-시아노화수소칼륨법 |
| TOC | 8.8 | mg/L | 고온연소산화법(5.1) |
| SS | 13.2 | mg/L | 여과 유리섬유여지 |
| T-N | 1.01 | mg/L | 환원증류법(5.0b) |
| T-P | 0.088 | mg/L | 환원증류법(5.0b) |
| 염화이온(Cl-) | 불검출 | mg/L | 자외선/가시선 분광법(5.21) |
| 질산성질소 | 불검출 | mg/L | 이온크로마토그래프법 (1) |
| 아질산성질소 | 불검출 | mg/L | 이온크로마토그래프법 (1) |
| 인산염인 | 0.001 | mg/L | 자외선/가시선 분광법(5.0b) |
| 클로로필-a | 30.5 | $mg/m^3$ | 자외선/가시선 분광법(5.0b) |
| 이 하 여 백 | | | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 분석기간 | 2020.10.07 | ~ | 2020.10.28 | 분석책임자 |

유효월자전

위와 같이 측정분석결과를 시험하고 기록합니다.

2020년 10월 28일

상 호 : 한 [illegible] 지

소재지 : 대전광역시 대덕구 선비마을로[illegible]

대 표 이 사 : 유 [illegible] 영 (서명 또는 인)

대산 저수지 수질성적서(평시)

수 질 시 험 성 적 서

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 의뢰인 | 상호(기관명) | [illegible] | | 의뢰인 | 시 설 명 | 해 당 없 음 | | |
| | 소재지(주소) | 대전광역시 유성구 [illegible] 38, 남명빌딩 2층 | | | 종 별 | 해 당 없 음 | | |
| | 대표자(의뢰인) | 김 홍 | | | 주생산품 | 해 당 없 음 | | |
| | 환경기술인 | - | | | | | | |
| 의뢰내용 및 시료채취 | 측정 종도 | 정기검 | | | | | | |
| | 대상지점명(측정지점) | 대산저수 | | | | | | |
| | 의뢰 항목 | 수질 등 14항목 | | | | | | |
| | 채취용기 및 수량 | 채수통 2L | | | | | | |
| | 채취자 이름 | 특이사항 없음 | | | | | | |
| | 채취일시 | 2020. 06. 25. | | | 시료접수자 | 지 원 식 | | |
| 측정분석결과 | 측정항목 | 측정분석결과(강우시) | | | | 단위 | 분석방법 및 기기(장비명칭) | |
| | | 상류저점 W-1-1 | 상류저점 W-1-2 | 상류저점 W-1-3 | | | | |
| | 수온 | 28.3 | 28.2 | 27.5 | | ℃ | 디지털온도계 | |
| | pH | 7.2 | 7.3 | 7.2 | | - | pH meter | |
| | 전기전도도 | 809 | 732 | 714 | | uS/cm | 전기전도도 계측기 | |
| | DO | 8.3 | 8.7 | 8.2 | | mg/L | 전극법(D.O) | |
| | BOD | 6.8 | 6.6 | 6.7 | | mg/L | 희석법 | |
| | COD | 31.1 | 30.7 | 30.1 | | mg/L | 적정법-산성 과망간산칼륨법 | |
| | TOC | 17.5 | 18.0 | 17.4 | | mg/L | 고온연소산화법(D.O) | |
| | SS | 22.8 | 40.4 | 21.2 | | mg/L | 여과-중량분석법 | |
| | T-N | 2.31 | 2.80 | 2.51 | | mg/L | 연속흐름법(UV) | |
| | T-P | 0.198 | 0.339 | 0.221 | | mg/L | 연속흐름법(0.005) | |
| | 이 하 여 백 | | | | | | | |
| 분석기간 | 2020.06.25. ~ 2020.07.15. | | | 분석책임자 | | 인 홍 석 | 국장(~) | |
| 유출입처리 | | | | | | | | |

위와 같이 측정분석결과를 사실대로 기록합니다.

2020년 7월 16일

상 호 : (주 비 영 지

소재지 : 대전광역시 대덕구 [illegible]

대 표 이 사 홍 대 원

수 질 시 험 성 적 서

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 의뢰인 | 상호(기관명) | [illegible] | | 의뢰인 | 시 설 명 | 해 당 없 음 | | |
| | 소재지(주소) | 대전광역시 유성구 [illegible] 38, 남명빌딩 2층 | | | 종 별 | 해 당 없 음 | | |
| | 대표자(의뢰인) | 김 홍 | | | 주생산품 | 해 당 없 음 | | |
| | 환경기술인 | - | | | | | | |
| 의뢰내용 및 시료채취 | 측정 종도 | 정기검 | | | | | | |
| | 대상지점명(측정지점) | 대산저수 | | | | | | |
| | 의뢰 항목 | 수질 등 14항목 | | | | | | |
| | 채취용기 및 수량 | 채수통 2L | | | | | | |
| | 채취자 이름 | 특이사항 없음 | | | | | | |
| | 채취일시 | 2020. 06. 25. | | | 시료접수자 | 지 원 식 | | |
| 측정분석결과 | 측정항목 | 측정분석결과(강우시) | | | | 단위 | 분석방법 및 기기(장비명칭) | |
| | | 상류저점 W-1-4 | 상류저점 W-1-5 | | | | | |
| | 수온 | 28.3 | 27.5 | | | ℃ | 디지털온도계 | |
| | pH | 7.2 | 7.3 | | | - | pH meter | |
| | 전기전도도 | 880 | 883 | | | uS/cm | 전기전도도 계측기 | |
| | DO | 8.3 | 8.4 | | | mg/L | 전극법(D.O) | |
| | BOD | 6.3 | 6.8 | | | mg/L | 희석법 | |
| | COD | 28.3 | 27.7 | | | mg/L | 적정법-산성 과망간산칼륨법 | |
| | TOC | 18.8 | 17.3 | | | mg/L | 고온연소산화법(D.O) | |
| | SS | 28.8 | 24.4 | | | mg/L | 여과-중량분석법 | |
| | T-N | 2.48 | 2.00 | | | mg/L | 연속흐름법(UV) | |
| | T-P | 0.218 | 0.223 | | | mg/L | 연속흐름법(0.005) | |
| | 이 하 여 백 | | | | | | | |
| 분석기간 | 2020.06.25. ~ 2020.07.15. | | | 분석책임자 | | 인 홍 석 | 국장(~) | |
| 유출입처리 | | | | | | | | |

위와 같이 측정분석결과를 사실대로 기록합니다.

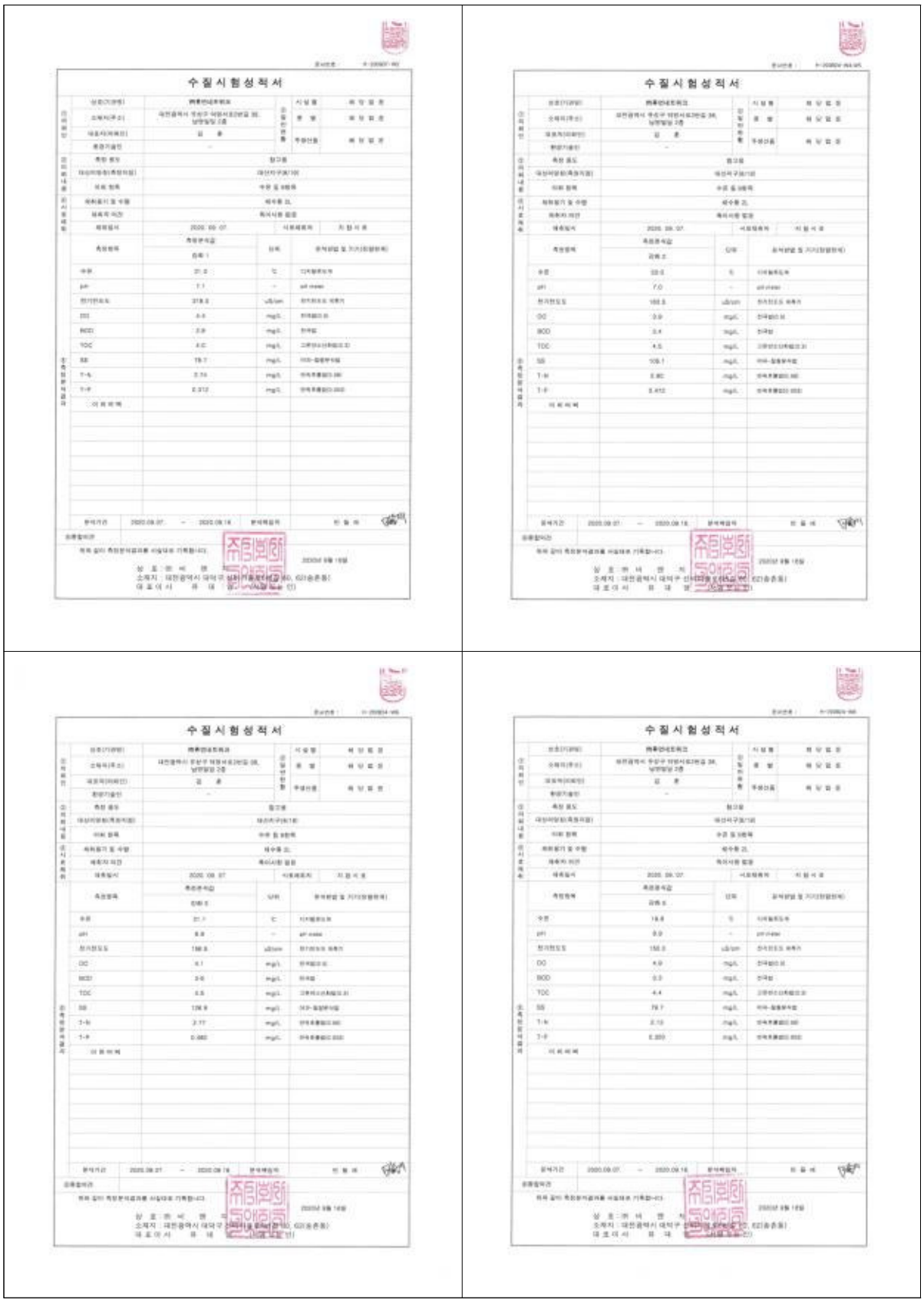
2020년 7월 16일

상 호 : (주 비 영 지

소재지 : 대전광역시 대덕구 [illegible]

대 표 이 사 홍 대 원

대산 저수지 수질성적서(강우1차)



수질시험성적서

수질시험성적서

수질시험성적서

수질시험성적서

대산 저수지 수질성적서(강우2차)

수 질 시 험 성 적 서

| | | | |
|---|---|---|---|
| 상호(기관명) | [illegible] | 시 설 명 | [illegible] |
| 소재지(주소) | [illegible] | 종 명 | [illegible] |
| 대표자(지원장) | [illegible] | 주원인원 | [illegible] |
| 확정기술인 | - | | |
| 측정 용도 | [illegible] | | |
| 대상지역(측정지점) | [illegible] | | |
| 이해 정책 | [illegible] | | |
| 계획용기 및 수량 | [illegible] | | |
| 대표자 서명 | [illegible] | | |
| 채취일시 | 2020. 09. 07. | 시설채취자 | [illegible] |

| 측정항목 | 측정분석값 감해 7 | 단위 | 분석방법 및 기기(장합한계) |
|---|---|---|---|
| 수온 | 20.0 | ℃ | [illegible] |
| pH | 6.8 | - | pH meter |
| 전기전도도 | 165.0 | uS/cm | [illegible] |
| DO | 5.2 | mg/L | [illegible] |
| BOD | 2.9 | mg/L | [illegible] |
| TOC | 4.4 | mg/L | [illegible] |
| SS | 84.8 | mg/L | [illegible] |
| T-N | 1.98 | mg/L | [illegible] |
| T-P | 0.018 | mg/L | [illegible] |
| 비 화 계 목 | | | |

분석기간 2020.09.07. - 2020.09.18. 분석책임자 [illegible]

[illegible]

[illegible]

2020년 9월 18일

상 호 : [illegible]

소재지 : 대전광역시 대덕구 [illegible]

대 표 이 사 우 대 명 [illegible]

대산 저수지 수질성적서(강우2차)

## 9.3.2 퇴적물

# TEST REPORT

의 뢰 자 : (주)휴먼네트워크
주 소 : 대전광역시 유성구 덕명서로 2 번길 38 (덕명동)
품 명 : 토양
의뢰자제시시료명 : 2020 대산지구 수질개선사업
#1 S-1, #2 S-2, #3 S-3

접 수 번 호 : M281-20-00316
발 급 일 자 : 2020-07-23
용 도 : 자체관리용
쪽 번 호 : 1/4

2020-06-25 일자로 의뢰하신 시료에 대한 시험결과는 아래와 같습니다.

■ 시 험 결 과 ■

** 시험결과 뒷장 참조 **

** 다음페이지 계속 **

FITI 시험연구원장

※ 문서 확인 번호 : C7CO-8367-OYWC ※

e-DOCUMENT SERVICE

---

접수번호 : M281-20-00316
쪽 번 호 : 2/4

01. 체가름시험 ( KS F 2302 : 2017 ) : 통과율 (%)

| 호칭치수(mm) | #1 | #2 | #3 |
|---|---|---|---|
| 75.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| 53 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| 37.5 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| 26.5 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| 19.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| 9.5 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| 4.75 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| 2.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| 0.850 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| 0.425 | 99.9 | 99.9 | 99.9 |
| 0.250 | 99.7 | 99.8 | 99.8 |
| 0.105 | 99.3 | 99.6 | 99.7 |
| 0.075 | 98.6 | 99.2 | 99.5 |
| 0.038 | 87.0 | 88.6 | 94.0 |
| 0.031 | 67.5 | 84.2 | 81.4 |
| 0.023 | 40.7 | 47.7 | 35.1 |
| 0.015 | 14.0 | 19.6 | 8.4 |
| 0.011 | 8.4 | 7.0 | 5.6 |
| 0.008 | 4.2 | 5.6 | 4.2 |

주) 의뢰자 제시시료로 시험하였음

e-DOCUMENT SERVICE

---

접수번호 : M281-20-00316
쪽 번 호 : 3/4

02. 토양오염도 (토양오염공정시험기준 [국립환경과학원고시 제 2018-53 호(2018.12.07)] : mg/kg

| | 정량한계 | #1 | #2 | #3 |
|---|---|---|---|---|
| 비소 | 1.50 | 2.02 | 3.71 | 4.32 |
| 카드뮴 | 0.10 | 0.34 | 0.57 | 0.71 |
| 구리 | 1.0 | 7.1 | 10.4 | 13.5 |
| 납 | 1.5 | 10.0 | 16.1 | 20.5 |
| 아연 | 1.0 | 27.2 | 46.7 | 58.2 |
| 니켈 | 0.4 | 6.5 | 10.8 | 13.5 |
| 수은 | 0.01 | 0.03 | 0.04 | 0.04 |
| 6가크롬 | 0.5 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 불소 | 10 | 104 | 73 | 110 |
| 시안 | 0.2 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 석유계총탄화수소 | 50 | 627 | 650 | 610 |
| 벤젠 | 0.1 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 톨루엔 | 0.1 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 에틸벤젠 | 0.1 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 크실렌 | 0.1 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 트리클로로에틸렌 | 0.1 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 테트라클로로에틸렌 | 0.1 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 1,2-디클로로에탄 | 0.1 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 유기인화합물 | 0.05 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 페놀류 | 0.02 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 폴리클로리네이티드비페닐 | 0.05 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 벤조(a)피렌 | 0.005 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |

주) 불검출 = 정량한계 미만
의뢰자 제시시료로 시험하였음

e-DOCUMENT SERVICE

---

접수번호 : M281-20-00316
쪽 번 호 : 4/4

03. pH ( 토양화학분석법 [ 농촌진흥청 11-1390802-000282-01 (2010.12.31) ] )

| | #1 | #2 | #3 |
|---|---|---|---|
| | 5.9 | 5.6 | 5.6 |

주) 의뢰자 제시시료로 시험하였음

04. 전기전도도 ( 토양화학분석법 [ 농촌진흥청 11-1390802-000282-01 (2010.12.31) ] ) : dS/m

| | #1 | #2 | #3 |
|---|---|---|---|
| | 1.2 | 1.6 | 0.4 |

주) 의뢰자 제시시료로 시험하였음

05. 함수율 ( 수질오염공정시험기준[국립환경과학원고시 제 2019-63 호(2019.12.24)] ) : %

| | #1 | #2 | #3 |
|---|---|---|---|
| | 53.4 | 60.3 | 64.8 |

주) 의뢰자 제시시료로 시험하였음

06. 완전연소가능량 ( 수질오염공정시험기준[국립환경과학원고시 제 2019-63 호(2019.12.24)] ) : %

| | #1 | #2 | #3 |
|---|---|---|---|
| | 3.52 | 4.68 | 5.30 |

주) 의뢰자 제시시료로 시험하였음

07. 총질소(T-N) ( 수질오염공정시험기준[국립환경과학원고시 제 2019-63 호(2019.12.24)] ) : mg/L

| | #1 | #2 | #3 |
|---|---|---|---|
| | 2 324 | 2 244 | 2 825 |

주) 정량한계 = 380 mg/kg
의뢰자 제시시료로 시험하였음

08. 총인(T-P) ( 수질오염공정시험기준[국립환경과학원고시 제 2019-63 호(2019.12.24)] ) : mg/L

| | #1 | #2 | #3 |
|---|---|---|---|
| | 386 | 502 | 481 |

주) 정량한계 = 48 mg/kg
의뢰자 제시시료로 시험하였음

** 시험 결과 기록 완료 **

e-DOCUMENT SERVICE

### 9.3.3 지질

대산지구 수질개선사업 기본조사를 위한 지질조사용역

# 지 질 조 사 보 고 서

2020. 11

한국농어촌공사
경기지역본부

# 목 차

1. 조 사 개 요 ····· 1
1.1 조사명 ····· 1
1.2 조사목적 ····· 1
1.3 조사지역현황 ····· 1
1.4 조사자 및 조사기간 ····· 2
1.5 조사장비 ····· 2
1.6 조사실적 ····· 2

2. 지형 및 지질 ····· 3
2.1 지형 ····· 3
2.2 지질 ····· 3

3. 시추조사 및 현장시험 ····· 4
3.1 시추조사 ····· 4
3.2 표준관입시험 ····· 5
3.3 조사결과 ····· 7

4. 종합의견 ····· 9

붙임 : 1. 조사위치도
2. 시추주상도
3. 지층단면도
4. 실내시험결과
5. 현장사진

# 제 1 장 조 사 개 요

## 1.1 조 사 명

- 대산지구 수질개선사업 기본조사를 위한 지질조사

## 1.2 조사 목적

- 대산지구 수질정화시설 및 펌프시설 설치예정지에 대하여 지질조사 및 제시험을 실시하여 토목설계에 필요한 제반자료를 취득

## 1.3 조사지역 현황

| 구 분 | 내 용 |
|---|---|
| 위 치 | • 인천광역시 강화군 송해면 승뢰리 일원 |

위 치 도

- 1 -

## 1.4 조사자 및 조사기간

| 조 사 내 용 | 조 사 자 | 기 간 |
|---|---|---|
| o 시추조사 : 2공<br>o 표준관입시험 : 21회<br>o 불교란시료채취 : 2회 | 현장대리인: (주)녹산엔지니어링 박 경 화 | 2019.10.19. ~ 10.20. |

## 1.5 조사장비

| 조 사 항 목 | | 조 사 장 비 명 | 수량 |
|---|---|---|---|
| 현장조사 | 시 추 조 사 (NX) | • 시추기 POWER4000D형 1대 및 부대품 | 1대 |
| 현장시험 | 표 준 관 입 시 험 | • KSF 2307 규정에 따른 Split-Spoon Sampler | 1조 |
| | 불교란시료채취 | • 토층의 물성과 역학시험을 위한 시료채취 | 1조 |

## 1.6 조사실적

| 위 치 | 조사 항목 | | | 비 고 |
|---|---|---|---|---|
| | 시추조사 | 현장시험 | | |
| 대산저수지 | • BH-1 | • 표준관입시험 : 9회 | • 불교란시료채취 : 1회 | |
| | • BH-2 | • 표준관입시험 : 12회 | • 불교란시료채취 : 1회 | |
| 합 계 | 2공 | 21회 | 2회 | |

# 제 2 장 지형 및 지질

## 2.1 지 형

### 개 요

- 본 조사지구는 행정구역상 인천 강화군 송해면 숭뢰리 243번지 일원에 해당한다
- 본 조사지역은 인천광역시 강화군 송해면의 본 섬으로서 강화도의 동북쪽, 인천 본토의 서북쪽에 위치하고 있다.

### 산계 및 수계

- 산계 : 비교적 낮은 구릉들이 미약하나마 일정한 방향성을 보이는데 북부에서는 동북동-서남서의 방향성을 뚜렷하게 보이고 있다.
- 수계 : 북쪽으로 한강을 사이에두고 북한의 연백평야와 접하며, 김포와는 폭300m 내지 1km의 염하를 사이에 두고 있다. 따라서 대부분의 하천들은 바다로 직접 유입되거나 이들 하천으로 유입되며 1, 2차 수계를 벗어나지 못한다.

## 2.2 지 질

### 지질개요

- 과업부지는 강화도폭(한국지질도, 1:50,000)에 해당된다.
- 본 조사지역 주변의 지질은 선캠브리아기의 흑운모편마암 및 온수리편암, 화강편마암이 넓게 분포하며, 이를 제4기 충적층이 부정합으로 피복하고 있다.
- 제4기에 해당하는 충적층은 자갈, 모래, 점토 등으로 구성되어 있다.
- 본 조사에서 확인되는 기반암은 화강편마암으로 확인되었다.

### 지질도 및 지질계통도

<지질계통도>

| | |
|---|---|
| 제4기 | 충적층 |
| | ~부정합~ |
| | 화강편마암 |
| 선캠브리아기 | 온수리편암 |
| | 흑운모편마암 |

# 제 3 장 시추조사 및 현장시험

## 3.1 시추조사

### 1 개 요

- 지층의 성상과 각 지층의 지반공학적 특성, 기반암의 분포상태 및 풍화도 등 파악
- 시료의 채취 및 각종 시험을 실시하여 설계에 필요한 지반자료를 제공

### 2 원리 및 조사방법

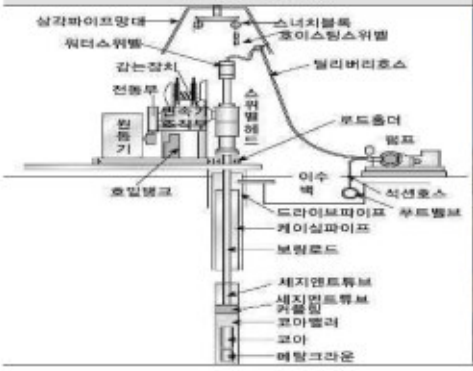
- 회전 수세식(Rotary Wash Type)시추기 사용
- 시추구경은 NX(ϕ=76mm) 규격
- 공벽붕괴 방지를 위해 풍화암까지 Casing 삽입
- 토사 시료채취는 Split Spoon Sampler, 암반 시료채취는 Q-3 Core Barrel 사용
- 채취된 암석코아는 육안관찰에 의하여 암석내에 분포된 불연속면(Discontinuities)과 충전물 등을 파악하고 절리의 분포상태, RQD(TCR등) 등의 암반특성을 평가할 수 있는 자료를 조사하여 시추주상도에 기재
- 채취된 토질 및 암석시료는 시료상자에 공번, 심도, 지층명, 색상 등을 기록하여 정리 보관

### 3 시추조사 현황

| 조사대상 | 조사공 배정기준 | 수 량 |
|---|---|---|
| 대산저수지 | 저수지 인접부 | 2공 |

### 4 성 과 정 리

- 작업상태 자세히 기록한 야장과 주상도 작성
- 지층 분포상태 파악, 암반분류 및 시료채취
- 각종 시추공 이용한 현장시험 실시
- 추정지질 종단면도 작성

| 시추조사 모식도 | 시추조사 전경 |
|---|---|
|  | |

## 3.2 표준관입시험

### 1 개 요

- N치로부터 지층의 조밀도 및 연경도 확인
- 지반의 강도특성을 파악하고 교란시료를 채취하여 육안판별 및 물성시험 시료로 이용

### 2 원리 및 조사방법

- 64kg의 해머를 낙하고 76cm에서 자유낙하시켜 Split Spoon Sampler를 30cm 관입시키는데 소요되는 타격회수(N)를 측정하는 것으로 15cm씩 3단계로 시행하며 1단계 15cm 관입시 소요되는 타격수는 예비타로 간주하여 고려하지 않음
- 한국산업규격(KS F 2307)에 규정된 방법에 의거 실시
- 지층이 변하는 구간 또는 매 1.5m마다 연속적으로 시행하는 것을 원칙으로 함
- 지층이 조밀 또는 견고하여 30cm 관입이 곤란할 때는 50회까지 타격하고 그 때의 관입량을 표시 50/3(50회 타격에 3cm관입)과 같이 기록
- 시험결과 및 육안관찰 결과는 부록의 시추주상도에 기재

**점성토의 연경도 및 일축압축강도와 N치의 관계**

| N 치 | 연 경 도 | | 일축압축강도(kg/㎠) |
|---|---|---|---|
| 0 ~ 2 | 대단히 연약 | Very soft | < 0.25 |
| 2 ~ 4 | 연 약 | soft | 0.25 ~ 0.5 |
| 4 ~ 8 | 보 통 | Medium | 0.5 ~ 1.0 |
| 8 ~ 15 | 견 고 | stiff | 1.0 ~ 2.0 |
| 15 ~ 30 | 매 우 견 고 | Very stiff | 2.0 ~ 4.0 |
| N > 30 | 고 결 | Hard | 4.0 < |

**사질토의 상대밀도, 내부마찰각과 N치의 관계**

| N 치 | 상대밀도 $Dr = \frac{e_{MAX} - e}{e_{MIN} - e_{MAX}} \times 100$ | | 내부마찰각 ($\phi$) | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Peck | Meyerhof |
| N < 4 | 매우느슨 (Very Loose) | 0.0 ~ 0.2 | < 28.5 | < 30 |
| 4 ~ 10 | 느슨 (Loose) | 0.2 ~ 0.4 | 28.5 ~ 30.0 | 30 ~ 35 |
| 10 ~ 30 | 보통 (Medium) | 0.4 ~ 0.6 | 30.0 ~ 36.0 | 35 ~ 40 |
| 30 ~ 50 | 조밀 (Dense) | 0.6 ~ 0.8 | 36.0 ~ 41.0 | 40 ~ 45 |
| N > 50 | 매우조밀 (Very Dense) | 0.8 ~ 1.0 | 41.0 < | 45 < |

■ 표준관입시험 전경

| 표준관입시험 전경 | 시 료 채 취 |
|---|---|
| | |

## 3 시험결과

| 공 번 | 심도(m) | N 치 (타/Cm) | 지층 | 공 번 | 심도(m) | N 치 (타/Cm) | 지층 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| BH-1 | 1.5 | 5/30 | 매립층 | BH-2 | 1.5 | 2/30 | 퇴적층 |
| | 3.0 | 3/30 | 퇴적층 | | 3.0 | 3/30 | 퇴적층 |
| | 4.5 | 2/30 | 퇴적층 | | 4.5 | 3/30 | 퇴적층 |
| | 6.0 | 7/30 | 퇴적층 | | 6.0 | 6/30 | 퇴적층 |
| | 7.5 | 12/30 | 퇴적층 | | 7.5 | 24/30 | 풍화토 |
| | 9.0 | 50/5 | 풍화암 | | 9.0 | 50/13 | 풍화토 |
| | 10.5 | 50/9 | 풍화암 | | 10.5 | 50/10 | 풍화암 |
| | 12.0 | 50/6 | 풍화암 | | 12.0 | 50/7 | 풍화암 |
| | 13.5 | 50/5 | 풍화암 | | 13.5 | 50/7 | 풍화암 |
| | | | | | 15.0 | 50/6 | 풍화암 |
| | | | | | 16.5 | 50/5 | 풍화암 |
| | | | | | 18.0 | 50/4 | 풍화암 |

■ 지층별 표준관입시험 N값 결과

| 구 분 | 지층 | 분포범위 (회/cm) | 상대밀도 | 구성성분 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 매립층 | 5/30 | 느슨 | 자갈섞인 실트질 모래 | |
| | 퇴적층 | 2/30 – 3/30 | 연약 | 실트질 점토 | 상부 |
| | | 2/30 ~12/30 | 매우느슨~보통조밀 | 자갈섞인 실트질 모래 | 하부 |
| | 풍화토 | 24/30 ~ 50/13 | 보통조밀~매우조밀 | 암편섞인 실트질 모래 | |
| | 풍화암 | 50/10 ~ 50/4 | 매우조밀 | 암편섞인 실트질 모래로 분해 | |

## 3.3 조사결과

### 1 조사결과

| 구 분 | 공 번 | 지층별 층후(m) | | | | | | 지하수위 (GL.-m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 매립층 | 퇴적층 | 풍화토 | 풍화암 | 연암 | 계 | |
| 대산저수지 | BH-1 | 2.0 | 6.0 | - | 6.5 | 2.0 | 16.5 | 1.0 |
| | BH-2 | 1.0 | 6.0 | 3.5 | 8.6 | 2.0 | 21.1 | 1.3 |
| 계 | 2공 | 3.0 | 12.0 | 3.5 | 15.1 | 4.0 | 37.6 | - |

■ BH-1호공

| 지 층 명 | 분포심도(층후) | 구 성 상 태 | U.S.C.S |
|---|---|---|---|
| 매립층 | 0.0~2.0(2.0) | • 자갈섞인 실트질 모래 | SM |
| 퇴적층 | 2.0~5.0(3.0) | • 실트질 점토 | CL |
| | 5.0~8.0(3.0) | • 자갈섞인 실트질 모래 | SM |
| 풍화암 | 8.0~14.5(6.5) | • 암편섞인 실트질 모래로 분해 | WR |
| 연 암 | 14.5~16.5(2.0) | • 편마암 TCR : 93%, RQD : 54% | SR |
| 기 타 사 항 | • 4.5m ~ 5.3m 구간에서 불교란시료 채취 | | |

■ BH-2호공

| 지 층 명 | 분포심도(층후) | 구 성 상 태 | U.S.C.S |
|---|---|---|---|
| 매립층 | 0.0~1.0(1.0) | • 자갈섞인 실트질 모래 | SM |
| 퇴적층 | 1.0~4.0(3.0) | • 자갈섞인 실트질 모래 | SM |
| 풍화토 | 7.0~10.5(3.5) | • 암편섞인 실트질 모래 | SM |
| 풍화암 | 10.5~19.1(8.6) | • 암편섞인 실트질 모래로 분해 | WR |
| 연 암 | 19.1~21.0(2.0) | • 편마암 TCR : 93%, RQD : 14% | SR |
| 기 타 사 항 | • 3.5m ~ 4.3m 구간에서 불교란시료 채취 | | |

■ 시추조사결과

- 시추조사결과 현지표로부터 1.0~2.0m까지 매립층으로 자갈섞인 실트질 모래가 분포하며 1.0-2.0m 층후로 분포하고 있다.
- 매립층 하부에 분포하는 퇴적층은 1.0~2.0m 하부에서 7.0~8.0m까지 분포하며, 퇴적층 상부는 실트질 점토로 구성되며 하부로 이어지면서 자갈섞인 실트질 모래로 구성된다..
- 풍화토(암편섞인 실트질 모래)는 BH-1번공에서 7.0m - 10.5m까지 3.5m의 층후로 분포하며, BH-2번 공에서는 침식의 영향으로 풍화토층이 존재하지 않고 있다. 퇴적층 및 풍화토층 하부에 분포하는 풍화암(실트질 모래로 분해)은 6.5~8.6m의 층후로 분포하고 있다.
- 지층 최하부에 분포하는 연암(편마암)은 2.0m이상의 층후로 나타나고 있다.

# 제 4 장 종합의견

## 1. 지 형

- 본 조사지구는 행정구역상 인천 강화군 성해면 송뢰리 243번지 일원에 해당한다
- 본 조사지역은 인천광역시 강화군 송해면의 본 섬으로서 강화도의 동북쪽, 인천 본토의 서북쪽에 위치하고 있다.

## 2. 지 질

- 과업부지는 강화도폭(한국지질도, 1:50,000)에 해당된다.
- 본 조사지역 주변의 지질은 선캠브리아기의 흑운모편마암 및 온수리편암, 화강편마암이 넓게 분포하며, 이를 제4기 충적층이 부정합으로 피복하고 있다.
- 제4기에 해당하는 충적층은 자갈, 모래, 점토 등으로 구성되어 있다.
- 본 조사에서 확인되는 기반암은 화강편마암으로 확인되었다.

## 3. 시추조사

- 시추조사결과 현지표로부터 1.0~2.0m까지 매립층으로 자갈섞인 실트질 모래가 분포하며 1.0~2.0m 층후로 분포하고 있다.
- 매립층 하부에 분포하는 퇴적층은 1.0~2.0m 하부에서 7.0~8.0m까지 분포하며, 퇴적층 상부는 실트질 점토로 구성되며 하부로 이어지면서 자갈섞인 실트질 모래로 구성된다..
- 풍화토(암편섞인 실트질 모래)는 BH-1번공에서 7.0m ~ 10.5m까지 3.5m의 층후로 분포하며, BH-2번 공에서는 침식의 영향으로 풍화토층이 존재하지 않고 있다. 퇴적층 및 풍화토층 하부에 분포하는 풍화암(실트질 모래로 분해)은 6.5~8.6m의 층후로 분포하고 있다.
- 지층 최하부에 분포하는 연암(편마암)은 2.0m이상의 층후로 나타나고 있다.
- 표준관입시험 결과 매립층의 실측 N치는 5/30(회/cm)으로 느슨한 상대밀도를 보이고 퇴적층(점성토)의 실측 N치는 2/30-3/30(회/cm)으로 연약한 연경도를 보이고, 퇴적층(사질토)의 실측 N치는 2/30~12/30(회/cm)으로 매우느슨~보통조밀한 상대밀도를 보이고 있다. 풍화토의 실측 N치는 24/30-50/13(회/cm)으로 보통~매우조밀한 상대밀도를 보이고 풍화암의 실측 N치는 50/10-50/4(회/cm)으로 매우조밀한 상대밀도로 조사되었다.

# 1. 조 사 위 치 도

조사위치도

# 2. 시 추 주 상 도

# 시 추 주 상 도

## DRILL LOG

페이지 : 1 중 1 페이지

| | | | |
|---|---|---|---|
| 공 사 명 PROJECT | 대산지구 수질개선사업 기본조사를 위한 지질조사 용역 | 공번 HOLE No. | BH-1 |
| 위 치 LOCATION | 강화도 송해면 송해리 74-1번지(정화시설) | 지반표고 ELEVATION | 현지반고 M |
| 날짜 DATE | 2020.10.21 ~ 2020.10.21 | 지하수위 GROUND WATER | (GL-) 1.00 M |
| | | 감독자 INSPECTOR | |

(주) 시료채취방법의 기호 REMARKS
- ○ 자연시료 U.D.SAMPLE
- ◎ 표준관입시험에 의한 시료 S.P.T. SAMPLE
- ● 코어시료 CORE SAMPLE
- ⊗ 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE

| 표고 Elev. M | Scale M | 심도 Depth M | 층후 Thickness M | 주상도 Columnar Section | 지층명 | 지 층 설 명 Description | 통일분류 USCS | 시료번호 | 채취방법 | 채취심도 | 표준관입시험 N치 (회/cm) | N blow 10 20 30 40 50 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| -2.00 | | 2.00 | 2.00 | | 매립층 | *매립층<br>-자갈섞인 실트질 모래<br>-암갈색 내지 암회색<br>-습윤<br>-느슨 | SM | S-1 | ○ | 1.5 | 5/30 | |
| -5.00 | | 5.00 | 3.00 | | 퇴적층 | *퇴적층<br>-실트질 점토<br>-암갈색 내지 암회색<br>-연약 내지 포화<br>-연약<br>*자연시료채취 : 4.5~5.3m | CL | S-2<br>S-3 | ○<br>○ | 3.0<br>4.5 | 3/30<br>2/30 | |
| -8.00 | | 8.00 | 3.00 | | 퇴적층 | *퇴적층<br>-자갈섞인 실트질 모래<br>-암회색<br>-습윤 내지 포화<br>-느슨~보통조밀 | SM | S-4<br>S-5 | ○<br>○ | 6.0<br>7.5 | 7/30<br>12/30 | |
| -14.50 | | 14.50 | 6.50 | | 풍화암 | *풍화암<br>-암편섞인 실트질 모래로 분해<br>-암갈색<br>-습윤<br>-매우조밀 | WR | S-6<br>S-7<br>S-8<br>S-9 | ○<br>○<br>○<br>○ | 9.0<br>10.5<br>12.0<br>13.5 | 50/5<br>50/9<br>50/6<br>50/5 | |
| -16.50 | | 16.50 | 2.00 | | 연암층 | *연암층<br>-화강편마암<br>-암회색<br>-보통단열~약간균열<br>-보통풍화<br>-보통강함~강함<br>-TCR(%)/RQD(%) : 93/54<br>* 심도 16.50 M 에서 시추종료 | SR | | | | | |

# 시 추 주 상 도

## DRILL LOG

페이지 : 2 중 1 페이지

| | | | |
|---|---|---|---|
| 공 사 명 PROJECT | 대산지구 수질개선사업 기본조사를 위한 지질조사 용역 | 공번 HOLE No. | BH-2 |
| 위 치 LOCATION | 강화도 송해면 송해리 75-7번지(펌프시설) | 지반표고 ELEVATION | 현지반고 M |
| 날짜 DATE | 2020.10.21 ~ 2020.10.21 | 지하수위 GROUND WATER | (GL-) 1.30 M |
| | | 감독자 INSPECTOR | |

(주) 시료채취방법의 기호 REMARKS
- ○ 자연시료 U.D.SAMPLE
- ◎ 표준관입시험에 의한 시료 S.P.T. SAMPLE
- ● 코어시료 CORE SAMPLE
- ⊗ 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE

| 표고 Elev. M | Scale M | 심도 Depth M | 층후 Thickness M | 주상도 Columnar Section | 지층명 | 지 층 설 명 Description | 통일분류 USCS | 시료 Sample 시료번호 | 채취방법 | 채취심도 | 표준관입시험 Standard Penetration Test N치 (회/cm) | N blow 10 20 30 40 50 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| -1.00 | | 1.00 | 1.00 | | 매립층 | *매립층<br>-자갈섞인 실트질 모래<br>-암갈색 내지 암회색<br>-습윤 | SM | | | | | |
| -7.00 | | 7.00 | 6.00 | | 퇴적층 | *퇴적층<br>-자갈섞인 실트질 모래<br>-암회색 내지 담갈색<br>-젖음 내지 포화<br>-매우느슨-느슨<br>*자연시료채취 : 3.5~4.3m | SM | S-1<br>S-2<br>S-3<br>S-4 | ○<br>○<br>○<br>○ | 1.5<br>3.0<br>4.5<br>6.0 | 2/30<br>3/30<br>3/30<br>6/30 | |
| -10.50 | | 10.50 | 3.50 | | 풍화토 | *풍화토<br>-암편섞인 실트질 모래<br>-담갈색<br>-습윤<br>-매우조밀 | WR | S-5<br>S-6<br>S-7 | ○<br>○<br>○ | 7.5<br>9.0<br>10.5 | 24/30<br>50/13<br>50/10 | |
| -19.10 | | 19.10 | 8.60 | | 풍화암 | *풍화암<br>-암편섞인 실트질 모래로 분해<br>-담갈색<br>-습윤<br>-매우조밀 | WR | S-8<br>S-9<br>S-10<br>S-11<br>S-12 | ○<br>○<br>○<br>○<br>○ | 12.0<br>13.5<br>15.0<br>16.5<br>18.0 | 50/7<br>50/7<br>50/6<br>50/5<br>50/4 | |
| | | | | | 연암층 | *연암층 | SR | | | | | |

# 시 추 주 상 도

## DRILL LOG

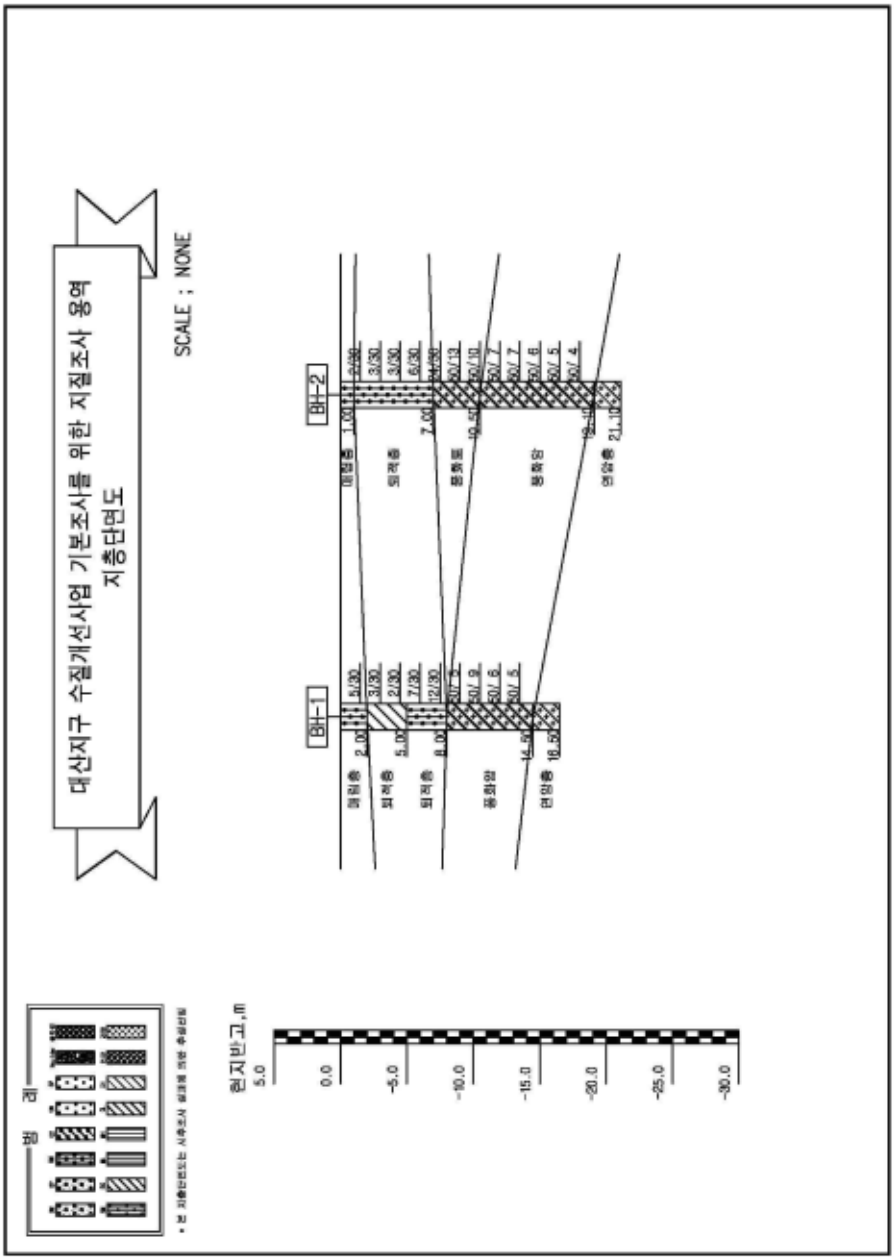
페이지 : 2 중 2 페이지

| | | | |
|---|---|---|---|
| 공 사 명 PROJECT | 대산지구 수질개선사업 기본조사를 위한 지질조사 용역 | 공번 HOLE No. | BH-2 |
| 위 치 LOCATION | 강화도 송해면 송뢰리 75-7번지(펌프시설) | 지반표고 ELEVATION | 현지반고 M |
| 날짜 DATE | 2020.10.21 ~ 2020.10.21 | 지하수위 GROUND WATER | (GL-) 1.30 M |
| | | 감독자 INSPECTOR | |

(주) 시료채취방법의 기호 REMARKS
- ○ 자연시료 U.D.SAMPLE
- ◎ 표준관입시험에 의한 시료 S.P.T. SAMPLE
- ● 코어시료 CORE SAMPLE
- ⊗ 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE

| 표고 Elev. M | Scale M | 심도 Depth M | 층후 Thickness M | 주상도 Columnar Section | 지층명 | 지 층 설 명 Description | 통일분류 USCS | 시료 Sample 시료번호 | 채취방법 | 채취심도 | 표준관입시험 Standard Penetration Test N치 (회/cm) | N blow 10 20 30 40 50 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| -21.10 | | 21.10 | 2.00 | | 연암층 | -화강편마암<br>-망회색<br>-심한균열-보통균열<br>-심한풍화-보통풍화<br>-약함-보통강함<br>-TCR(%)/RQD(%) : 93/14<br>* 심도 21.10 M 에서 시추종료 | SR | | | | | |

# 3. 지 층 단 면 도


대산지구 수질개선사업 기본조사를 위한 지질조사 용역
지층단면도
SCALE ; NONE
BH-1
BH-2
매립층
퇴적층
풍화암
연암층
현지반고,m
5.0
0.0
-5.0
-10.0
-15.0
-20.0
-25.0
-30.0
범 례

# 4. 실내시험결과

# SOIL TEST SUMMARY TABLE

PROJECT : 대산지구 수질개선사업 기본조사를 위한 지질조사용역 DATE : 2020. 10.

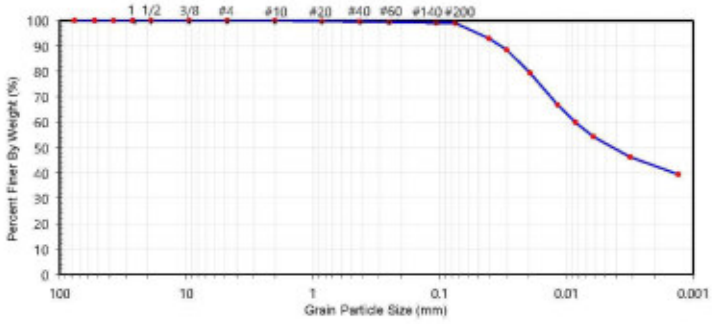
| Sample No. | Depth m | W % | $\rho_s$ g/㎤ | Atterberg Limits % | | Unconfined Comp. Test | Triaxial Compression Test | | | | Consolidation Test | | | Grain Size Distribution %, Finer than | | | | | | U.S.C.S |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | UU | | $\overline{CU}$ | | | | | | | | | | | |
| | | | | LL | PI | $q_u$ kPa | C kPa | $\phi$ deg. | C kPa / C' kPa | $\phi$ deg. / $\phi'$ deg. | $P_c$ kN/㎡ | $C_c$ | $e_0$ | 4.75 mm | 2.0 mm | 0.425 mm | 0.075 mm | 0.005 mm | 0.002 mm | |
| BH-1 | 4.5~5.3 | 42.9 | 2.711 | 65.1 | 43.0 | 55.5 | 31.8 | 0.0 | | | | | | | 100.0 | 99.5 | 99.0 | 51.9 | 42.8 | CH |
| BH-2 | 3.5~4.3 | 29.3 | 2.684 | 33.9 | 14.8 | 71.8 | 35.7 | 0.0 | | | | | | 99.1 | 95.5 | 86.6 | 82.6 | 39.7 | 30.8 | CL |

# GRAIN SIZE ANALYSIS TEST

| | | | |
|---|---|---|---|
| Project | 대산지구 수질개선사업 기본조사을 위한 지질조사용역 | | |
| Test Method | KS F 2302 | Test Date | 2020. 10. |
| Sample No. | BH-1 | Sampling Depth (m) | 4.5~5.3 |

| $W_n$ (%) | $\rho_s$ (g/㎤) | LL (%) | PL (%) | PI | U.S.C.S | Description |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 42.9 | 2.711 | 65.1 | 22.1 | 43.0 | CH | Fat clay |

| Grain Size Distribution (%) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 3/8 inch | 9.50 ㎜ | 100.0 | Gravel | 4.75~75.0 ㎜ | 0.0 |
| No. 4 | 4.75 ㎜ | 100.0 | Sand | 0.075~4.75 ㎜ | 1.0 |
| No. 10 | 2.00 ㎜ | 100.0 | Silt | 0.005~0.075 ㎜ | 47.2 |
| No. 20 | 0.850 ㎜ | 99.7 | Clay | 0.005 ㎜ Less than | 51.9 |
| No. 40 | 0.425 ㎜ | 99.5 | Particle Size (㎜) | | |
| No. 60 | 0.250 ㎜ | 99.4 | $D_{10}$ | 10 % | - |
| No. 140 | 0.106 ㎜ | 99.1 | $D_{30}$ | 30 % | - |
| No. 200 | 0.075 ㎜ | 99.0 | $D_{60}$ | 60 % | 0.008 |
| - | 0.005 ㎜ | 51.9 | Coefficient uniformity ($C_u$) | | - |
| - | 0.002 ㎜ | 42.8 | Coefficient curvature ($C_c$) | | - |



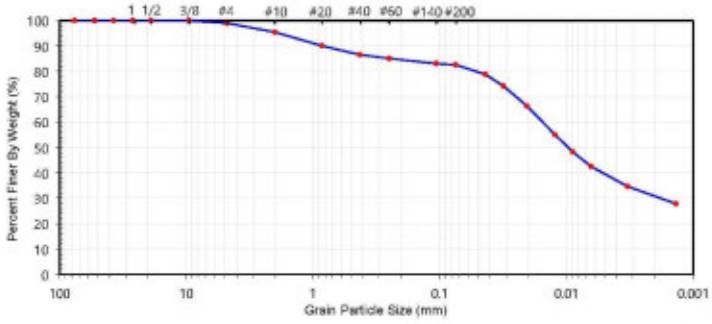

| | | | |
|---|---|---|---|
| Remarks | | | |
| Technician | | Approved | |

# GRAIN SIZE ANALYSIS TEST

| | | | |
|---|---|---|---|
| Project | 대산지구 수질개선사업 기본조사을 위한 지질조사용역 | | |
| Test Method | KS F 2302 | Test Date | 2020. 10. |
| Sample No. | BH-2 | Sampling Depth (m) | 3.5~4.3 |

| $W_n$ (%) | $\rho_s$ (g/㎤) | LL (%) | PL (%) | PI | U.S.C.S | Description |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 29.3 | 2.684 | 33.9 | 19.1 | 14.8 | CL | Lean clay with sand |

| Grain Size Distribution (%) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 3/8 inch | 9.50 ㎜ | 100.0 | Gravel | 4.75~75.0 ㎜ | 0.9 |
| No. 4 | 4.75 ㎜ | 99.1 | Sand | 0.075~4.75 ㎜ | 16.4 |
| No. 10 | 2.00 ㎜ | 95.5 | Silt | 0.005~0.075 ㎜ | 43.0 |
| No. 20 | 0.850 ㎜ | 90.1 | Clay | 0.005 ㎜ Less than | 39.7 |
| No. 40 | 0.425 ㎜ | 86.6 | Particle Size (㎜) | | |
| No. 60 | 0.250 ㎜ | 85.1 | $D_{10}$ | 10 % | - |
| No. 140 | 0.106 ㎜ | 83.1 | $D_{30}$ | 30 % | 0.002 |
| No. 200 | 0.075 ㎜ | 82.6 | $D_{60}$ | 60 % | 0.016 |
| - | 0.005 ㎜ | 39.7 | Coefficient uniformity ($C_u$) | | - |
| - | 0.002 ㎜ | 30.8 | Coefficient curvature ($C_c$) | | - |




| | | | |
|---|---|---|---|
| Remarks | | | |
| Technician | | Approved | |

# Unconfined Compression Test Result

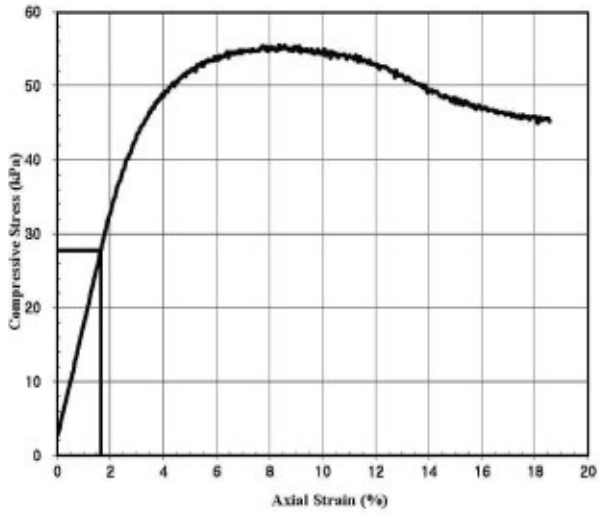
일축 압축 시험

| | | | |
|---|---|---|---|
| Project | 대산지구 수질개선사업 기본조사를 위한 지질조사용역 | | |
| Test Method | KS F 2314 | Test Date | 2020. 10. |
| Sample No. | BH-1 | Sampling Depth (m) | 4.5~5.3 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Classification, USCS | CH | Liquid limit, LL | 65.1 % |
| Plastic limit, PI | 43.0 % | Specific Gravity, Gs | 2.711 |
| Sample Diameter, D | 35.0 mm | Sample Height, H | 70.0 mm |
| Void Ratio, e | 1.226 | Water Content, ω | 43.1 % |
| Natural Unit Weight, $\gamma_t$ | 17.43 $kN/m^3$ | Saturation, S | 95.3 % |

* Deformation rate : 1.0 %/min, Strain Control Tes

| | | | |
|---|---|---|---|
| Unconfined Strength, $q_u$ | 55.5 kPa | Strain at failure, $\varepsilon_{failure}$ | 8.36 % |
| | | Strain at $1/2q_u$, $\varepsilon_{50}$ | 1.64 % |
| Half of Unconfined Strength, $1/2q_u$ | 27.8 kPa | Deformation Modulus, $E_{50}$ | 1694.5 kPa |




Failure Sketch

| | | | |
|---|---|---|---|
| Remarks | | | |
| Operator | | Approved | |

# Unconfined Compression Test Result

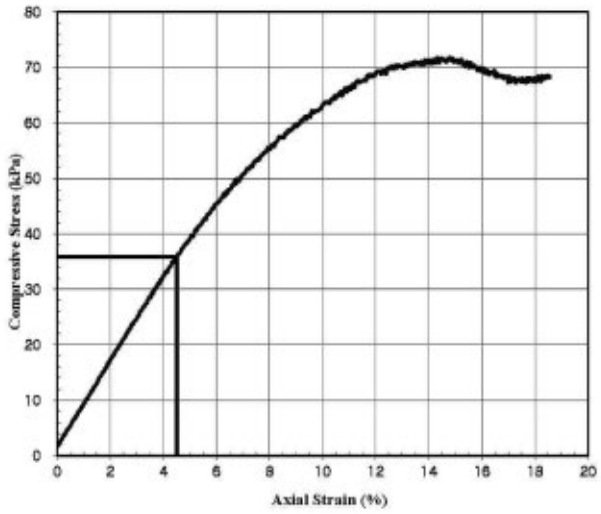
일축 압축 시험

| | | | |
|---|---|---|---|
| Project | 대산지구 수질개선사업 기본조사를 위한 지질조사용역 | | |
| Test Method | KS F 2314 | Test Date | 2020. 10. |
| Sample No. | BH-2 | Sampling Depth (m) | 3.5~4.3 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Classification, USCS | CL | Liquid limit, LL | 33.9 % |
| Plastic limit, PI | 14.8 % | Specific Gravity, Gs | 2.684 |
| Sample Diameter, D | 35.0 mm | Sample Height, H | 70.0 mm |
| Void Ratio, e | 0.838 | Water Content, ω | 28.9 % |
| Natural Unit Weight, $\gamma_t$ | 18.82 $kN/m^3$ | Saturation, S | 92.5 % |

* Deformation rate : 1.0 %/min, Strain Control Tes

| | | | |
|---|---|---|---|
| Unconfined Strength, $q_u$ | 71.8 kPa | Strain at failure, $\varepsilon_{failure}$ | 14.80 % |
| | | Strain at $1/2q_u$, $\varepsilon_{50}$ | 4.50 % |
| Half of Unconfined Strength, $1/2q_u$ | 35.9 kPa | Deformation Modulus, $E_{50}$ | 796.8 kPa |




Failure Sketch

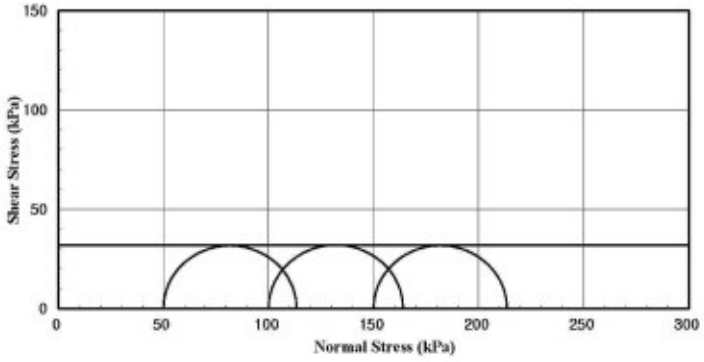
| | | | |
|---|---|---|---|
| Remarks | | | |
| Operator | | Approved | |

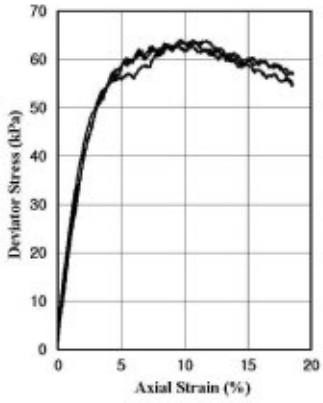
# Triaxial Compression Test

삼축 압축 시험 결과

| | | | |
|---|---|---|---|
| Project | 대산지구 수질개선사업 기본조사를 위한 지질조사용역 | | |
| Test Method | KS F 2346 | Test Date | 2020. 10. |
| Sample No. | BH-1 | Sampling Depth | 4.5~5.3 |

Cohesion, $C_u$ = 31.8 kPa




| Specimen No. | | 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|---|
| Water Content (%) | $w_n$ | 43.1 | 43.3 | 43.5 |
| Dry Density (kN/m³) | $\gamma_{dn}$ | 12.05 | 12.07 | 12.09 |
| Saturation (%) | $S_o$ | 93.5 | 94.2 | 94.8 |
| Void Ratio | $e_o$ | 1.250 | 1.246 | 1.242 |
| Water Content (%) | $w_c$ | | | |
| Dry Density (kN/m³) | $\gamma_{dc}$ | | | |
| Saturation (%) | $S_c$ | | | |
| Void Ratio | $e_c$ | | | |
| Final Pore Pressure (kPa) | | | | |
| Confining Stress $\sigma_3$ (kPa) | | 50.0 | 100.0 | 150.0 |
| $(\sigma_1 - \sigma_3)_{max}$ (kPa) | | 63.3 | 64.0 | 63.5 |
| Time to $(\sigma_1-\sigma_3)_{max}$ (min) | | | | |
| $(\sigma_1 - \sigma_3)_{ult}$ (kPa) | | | | |
| Initial Diameter (cm) | | 3.50 | 3.50 | 3.50 |
| Intial Height (cm) | | 7.00 | 7.00 | 7.00 |

Strain ~~Stress~~ Controlled Test

Type of Specimen : U/D, Type of Test : UU

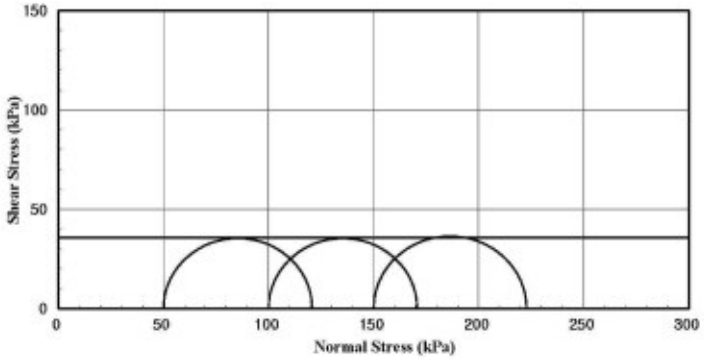
| | | | |
|---|---|---|---|
| LL: 65.1 | PI: 43.0 | USCS: CH | Gs: 2.711 |

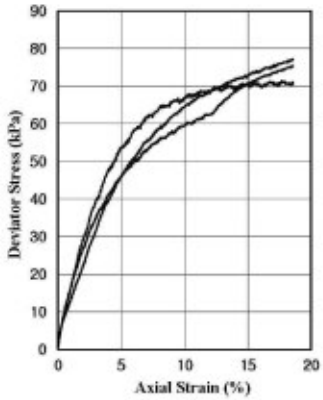
| | | | |
|---|---|---|---|
| Remarks | | | |
| Operator | | Approved | |

# Triaxial Compression Test
## 삼축 압축 시험 결과

| | | | |
|---|---|---|---|
| Project | 대산지구 수질개선사업 기본조사를 위한 지질조사용역 | | |
| Test Method | KS F 2346 | Test Date | 2020. 10. |
| Sample No. | BH-2 | Sampling Depth | 3.5~4.3 |

Cohesion, $C_u$ = 35.7 kPa




| Specimen No. | | 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|---|
| Water Content (%) | $w_n$ | 30.0 | 30.0 | 29.9 |
| Dry Density (kN/m³) | $\gamma_{dn}$ | 14.31 | 14.30 | 14.30 |
| Saturation (%) | $S_r$ | 92.1 | 91.9 | 91.5 |
| Void Ratio | $e_n$ | 0.875 | 0.876 | 0.877 |
| Water Content (%) | $w_c$ | | | |
| Dry Density (kN/m³) | $\gamma_{dc}$ | | | |
| Saturation (%) | $S_c$ | | | |
| Void Ratio | $e_c$ | | | |
| Final Pore Pressure (kPa) | | | | |
| Confining Stress $\sigma_3$ (kPa) | | 50.0 | 100.0 | 150.0 |
| $(\sigma_1 - \sigma_3)_{max}$ (kPa) | | 70.8 | 70.7 | 72.8 |
| Time to $(\sigma_1-\sigma_3)_{max}$ (min) | | | | |
| $(\sigma_1 - \sigma_3)_{ult}$ (kPa) | | | | |
| Initial Diameter (cm) | | 3.50 | 3.50 | 3.50 |
| Intial Height (cm) | | 7.00 | 7.00 | 7.00 |

~~Strain~~ ~~Stress~~ Controlled Test

Type of Specimen : U/D, Type of Test : UU

| | | | |
|---|---|---|---|
| LL: 33.9 | PI: 14.8 | USCS: CL | Gs: 2.684 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Remarks | | | |
| Operator | | Approved | |

# 5. 현 장 사 진

# 시 추 조 사 사 진

BH-1(작업원경)

BH-1(작업근경)

BH-1(표준관입시험)

BH-1(표준관입시험 시료채취)

BH-1(자연시료채취)

BH-1(암석코아채취)

# 시 추 조 사 사 진

BH-2(작업원경)

BH-2(작업근경)

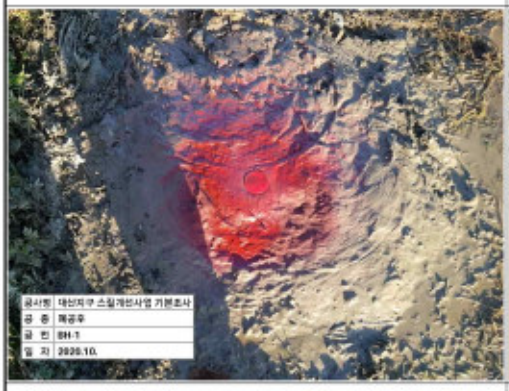
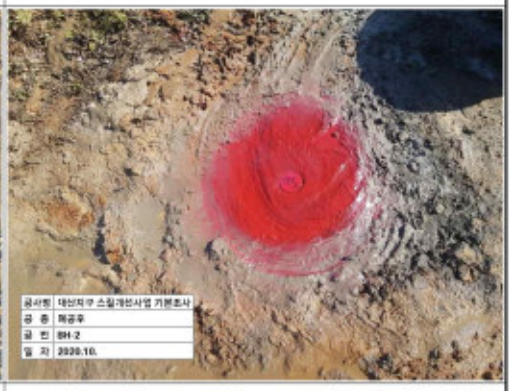
BH-2(표준관입시험)

BH-2(표준관입시험 시료채취)

BH-2(자연시료채취)

BH-2(암석코아채취)

# 폐 공 사 진

| BH-1 | BH-2 |
|---|---|
| | |
| 폐공전 | 폐공전 |
| | |
| 폐공중 | 폐공중 |
|  |  |
| 폐공후 | 폐공후 |

시 료 상 자(BH-1)

시 료 상 자(BH-2)

## 9.4 현황측량 기준점 성과표

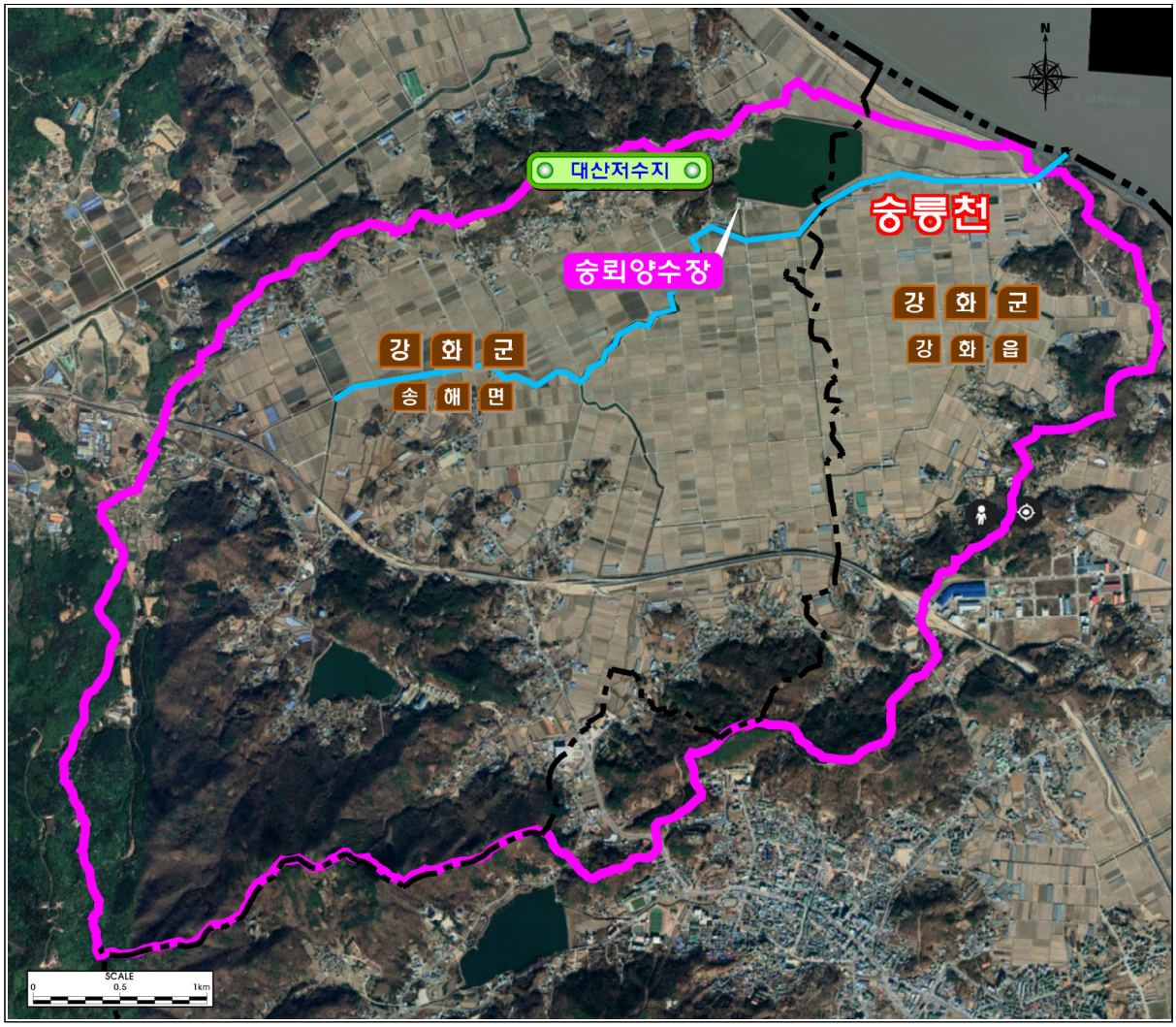
### 9.4.1 개요

#### 가. 측량목적

본 조사는 "2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사용역"에 대한 측량조사로서 계획지역에 대한 측량계획을 실시하여 본 과업이 합리적이고 경제적인 설계가 될 수 있도록 하는데 그 목적이 있다

#### 나. 측량위치

인천광역시 강화군 송해면 숭뢰리 대산저수지 일원



### 다. 측량장비

1) Network RTK-GPS 개요

- 『Network RTK(VRS) 측량에 대한 공공측량 성과심사 관련규정 제165조 , 제166조』준용
- 국가기준점 중 위성기준점을 이용하여 국토지리정보원에서 운영하고 있는 실시간 정밀GNSS측량 방법으로 공공기준점 및 각종 현황을 측량하는 작업임.
- 1 epoch는 GNSS 반송파 위상신호를 고정점과 이동점에서 동시에 관측되는 1회의 신호를 말함.
- 세션은 네트워크 RTK 수신기가 한점의 좌표값을 결정하기 위해 수행하는 관측 단위를 말함.

2) 사용장비

본 사업에 사용된 측량 장비는 TRIMBLE 모델로 Network RTK-GPS 측량이 가능하며 측량 S/W 로는 TRIMBLE 사의 GNSS pro 프로그램을 이용하여 관측하였음.

| 종 류 | 수 량 | 안 테 나 | 성 능 |
|---|---|---|---|
| TRIMBLE R6 | 2대 | 일체형모델 | L1/L2 2주파 |
| | | | H:3mm+0.5ppm<br>V:10mm+1ppm |

3) 관측 및 계산방법

(1) 관측

- 관측은 선점도를 기초로 이동점에 GNSS 수신기를 정확히 설치하고 GNSS 위성으로부터 반송파 위상신호를 수신함과 동시에 네트워크 RTK 서버로부터 수신한 가상기준점의 보정정보를 이용하여 기선해석을 실시함으로써 이동점의 좌표를 결정하고 기록하였음.
- 네트워크 RTK 측량에 사용하는 GNSS 수신기는 1급 GNSS 수신기로서 다음의 성능 이상의 것으로 한다.

| 구 분 | 수 신 주 파 수 | 성 능 |
|---|---|---|
| GNSS 기준점 측량 | L1, L2(2주파) | ±(5mm+1PPM×D)<br>D=거리(Km) |

(2) 계산

- 계산은 새로운 점의 좌표와 관련한 제반 요소의 계산을 실시하여 성과표 등을 작성하는 작업이며
- 세션의 수가 1회 이상인 경우 장비에서 제공하는 정밀도를 이용하여 가중평균한 결과를 최종 성과로 제출한다. 단, 공공측량시행자가 지시 또는 승인한 경우에는 산술평균을 적용할 수 있다.
- 새로운 측점의 좌표는 mm 단위까지 기록한다.
- 측지좌표: 위도, 경도, 타원체고 , 투영 평면좌표: X(N), Y(E)
- 관측 종료 후에는 신속하게 정해진 점검을 실시한다.
- 점검계산에서 정해진 허용범위를 초과한 경우에는 재측 또는 측량시행자의 지시에 따른 적절한 조치를 취한다.
- 네트워크 RTK 관측의 세션간 교차 및 허용 정밀도는 다음과 같다.

| 구 분 | 정 밀 도 | 비 고 |
|---|---|---|
| 수 평 | 세션간 교차 및 표준편차(1σ): 5cm | |
| 수 직 | 타원체고, 세션간 교차 및 표준편차(1σ): 10cm | |

### 9.4.2 측량조사계획

#### 가. 과업수행계획

1) 개요

- 본 과업지구의 효율적인 설계 관련 자료를 제공할 수 있도록 체계적인 측량계획을 수립하며
- 부지내외의 평면 형상 및 고저관계를 나타내는 지형측량과 부지내외의 건물 및 지하매설물의 현황측량을 실시하여 보다 정확하고 정밀한 데이터를 제공할 수 있도록 한다.

2) 측량범위

- 대산저수지 지형현황측량 및 수심측량

| 구 분 | 위 치 | 범 위 | 비 고 |
|---|---|---|---|
| 지형측량 | 강화군 송해면 숭뢰리 일원 | 약 9 ha | |
| 수심측량 | 강화군 송해면 숭뢰리 일원 | 약 29 ha | 25m pitch |

3) 측량방법

- 국토지리정보원 기준점확인 : GPS(VRS)직접측량을 실시하여 고시된 통합기준점의 좌표를 확인하고 오차를 검토함.
- 현장 보조기준점 측량 : GPS(VRS) 직접측량을 실시하여 통합기준점과의 오차를 보정하여 좌표를 확정함.
- 현황측량 : GPS측량을 실시하여 지형 및 주변 구조물의 위치를 직접 관측하였음.
- 수심측량 : 대산저수지는 비교적 수심이 낮고 파고의 영향이 없으므로 표척에 의한 직접 측량을 실시하였음.

### 나. 인원투입계획

| 참여 분야 | 성 명 | 비 고 |
|---|---|---|
| 조사 및 계획 | 현 종 훈, 조 규 진 | 측량및지형공간정보기사<br>측량및지형공간정보기사 |
| 조사 및 측량 | 현 종 훈, 조 규 진 | 측량및지형공간정보기사<br>측량및지형공간정보기사 |
| 측 량 | 현 종 훈, 조 규 진 | 측량및지형공간정보기사<br>측량및지형공간정보기사 |

### 다. 예정공정표

| 공 종 | 6월 | | | | | | 7월 | | | | | | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 31 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 31 | |
| 측량준비 및 계획수립 | | | | | | | | | | | | | |
| 측량작업 및 외업 | | | | | | | | | | | | | |
| 내업 및 성과표작성 | | | | | | | | | | | | | |
| 기 타 | | | | | | | | | | | | | |

※ 휴일 및 공휴일 제외

### 9.4.3 측량성과부

#### 가. 상시기준점성과(국토지리정보원)

건설교통부 국토지리정보원 통합기준점 중 교동 U0060의 성과를 이용하여 측량을 실시하였음.

| 측 점 명 | X | Y | Z | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| U0060 | 574559.143 | 152532.794 | 7.741 | 중부원점 |

#### 나. 보조점성과

본 과업 대상지역의 효율적인 자료를 제공 할 수 있도록 보조점(화강석표석)을 2점 설치하고 측정하였다. 지형측량과 수심측량을 위한 측량선의 위치결정을 위하여 기설 통합기준점 4점, 보조기준점 2점에 대하여 기준망을 구성하고 성과를 구하였다. 보조기준점의 성과는 아래와 같다.

- 현장매설 보조기준점(화강석표석)의 성과

| 측 점 명 | X | Y | Z | 비 고 |
|---|---|---|---|---|
| CP1 | 576444.764 | 154124.361 | 9.597 | 동판 |
| CP2 | 576039.794 | 154087.333 | 5.375 | 표석 |
| CP3 | 576039.703 | 154480.733 | 6.683 | 동판 |

#### 다. 수준점성과

과업구간의 수준측량은 국토지리정보원 통합기준점에서 Network RTK 측량을 통한 타원체 고를 산출하여 보조기준점의 지오이드고를 산정하였다. 성과는 보조점 성과의 Z값과 같다.

라. 계산부

# 네트워크 RTK 관측기록부

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 작업명 | 대산지구 수질개선사업 | | | | |
| 관측일자 | 2020년 6월 22일 | GNSS 수신기 제조사/모델 | TRIMBLE R6 | | |
| 관측자 | gurr1739 | GNSS 수신기 일련번호 | | 펌웨어Ver. | 3.4p2 |
| 관측지점명 | 인천광역시 강화군 송해면 숭뢰리 116번지 일원 | 안테나 제조사/모델 | 일체형 모델 | | |
| 작업시작시간 | 2020년06월22일11시30분23초 | 안테나 일련번호 | 일체형 모델 | | |
| 작업종료시간 | 2020년06월22일13시11분13초 | 안테나고 | ▣ 수직 □ 사거리 ( 2.000 m) | | |
| 비고 | | | | | |

1 페이지

| 관측 ID | 세션번호 | 관측 시작 | 관측 종료 | PDOP | Epoch 수 | 위성수 | 정밀도(cm) E/X | 정밀도(cm) H/Z | 관측값(m) ENh/BLh/dXYZ | | | 세션평균(m) ENh/BLh/dXYZ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CP1 | CP1-1 | 2020년06월22일11시30분23초 | 2020년06월22일11시31분23초 | 1.4 | 12 | 15 | 1.220 | 1.024 | 576444.764 | 154124.361 | 9.596 | 576444.764 | 154124.361 | 9.597 |
| | CP1-2 | 2020년06월22일11시31분32초 | 2020년06월22일11시33분32초 | 1.4 | 12 | 15 | 1.236 | 1.045 | 576444.766 | 154124.358 | 9.600 | | | |
| | CP1-3 | 2020년06월22일11시33분40초 | 2020년06월22일11시34분30초 | 1.4 | 13 | 15 | 1.237 | 1.048 | 576444.763 | 154124.363 | 9.595 | | | |
| CP2 | CP2-1 | 2020년06월22일12시23분11초 | 2020년06월22일12시24분11초 | 1.5 | 12 | 15 | 1.145 | 0.974 | 576039.796 | 154087.335 | 5.377 | 576039.794 | 154087.333 | 5.375 |
| | CP2-2 | 2020년06월22일12시24분20초 | 2020년06월22일12시25분20초 | 1.5 | 12 | 15 | 1.111 | 0.942 | 576039.793 | 154087.332 | 5.374 | | | |
| | CP2-3 | 2020년06월22일12시25분32초 | 2020년06월22일12시26분32초 | 1.4 | 12 | 15 | 1.221 | 1.028 | 576039.793 | 154087.333 | 5.375 | | | |
| CP3 | CP3-1 | 2020년06월22일13시05분34초 | 2020년06월22일13시06분34초 | 1.6 | 12 | 15 | 1.276 | 1.104 | 576039.705 | 154480.731 | 6.682 | 576039.703 | 154480.733 | 6.683 |
| | CP3-2 | 2020년06월22일13시08분49초 | 2020년06월22일13시09분49초 | 1.5 | 12 | 15 | 1.231 | 1.063 | 576039.702 | 154480.735 | 6.684 | | | |
| | CP3-3 | 2020년06월22일13시10분13초 | 2020년06월22일13시11분13초 | 1.5 | 12 | 15 | 1.226 | 1.046 | 576039.703 | 154480.734 | 6.684 | | | |

## 9.5 유역도 및 면적표

| 소유역 번호 | 유역면적 (ha) | 유출율 (%) | 년평균 유입량 (천㎥/년) | 일평균 유입량 (㎥/일) | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| I | 1366.3 | 49.6 | 8,707.9 | 23,857.3 | |
| II | 42.0 | 66.9 | 361.2 | 989.6 | |
| III | 584.7 | 35.3 | 2,650.6 | 7,261.9 | |
| 계 | 1993.0 | 45.7 | 11,719.7 | 32,108.8 | |

## 9.6 연도별 월별강우량

[단위 : ㎜]

| 구 분 | 1월 | 2월 | 3월 | 4월 | 5월 | 6월 | 7월 | 8월 | 9월 | 10월 | 11월 | 12월 | 합계 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2010 | 16 | 49 | 52 | 63 | 142 | 127 | 300 | 353 | 604 | 22 | 15 | 17 | 1,759 |
| 2011 | 10 | 34 | 7 | 91 | 114 | 426 | 947 | 306 | 30 | 28 | 68 | 3 | 2,064 |
| 2012 | 4 | 0 | 28 | 122 | 10 | 80 | 284 | 473 | 142 | 104 | 76 | 35 | 1,358 |
| 2013 | 17 | 50 | 23 | 47 | 173 | 30 | 567 | 179 | 104 | 7 | 51 | 28 | 1,275 |
| 2014 | 5 | 13 | 4 | 23 | 90 | 33 | 166 | 92 | 76 | 63 | 39 | 4 | 605 |
| 2015 | 16 | 17 | 5 | 41 | 27 | 52 | 172 | 51 | 40 | 81 | 117 | 26 | 645 |
| 2016 | 0 | 39 | 52 | 93 | 192 | 19 | 302 | 27 | 29 | 250 | 11 | 62 | 1,077 |
| 2017 | 9 | 13 | 12 | 65 | 27 | 42 | 299 | 255 | 27 | 20 | 15 | 27 | 809 |
| 2018 | 5 | 31 | 32 | 114 | 151 | 100 | 151 | 294 | 57 | 74 | 58 | 8 | 1,072 |
| 2019 | 0 | 18 | 21 | 28 | 43 | 43 | 308 | 122 | 359 | 26 | 81 | 30 | 1,079 |
| 평균 | 8 | 26 | 24 | 69 | 97 | 95 | 350 | 215 | 147 | 67 | 53 | 24 | 1,174 |

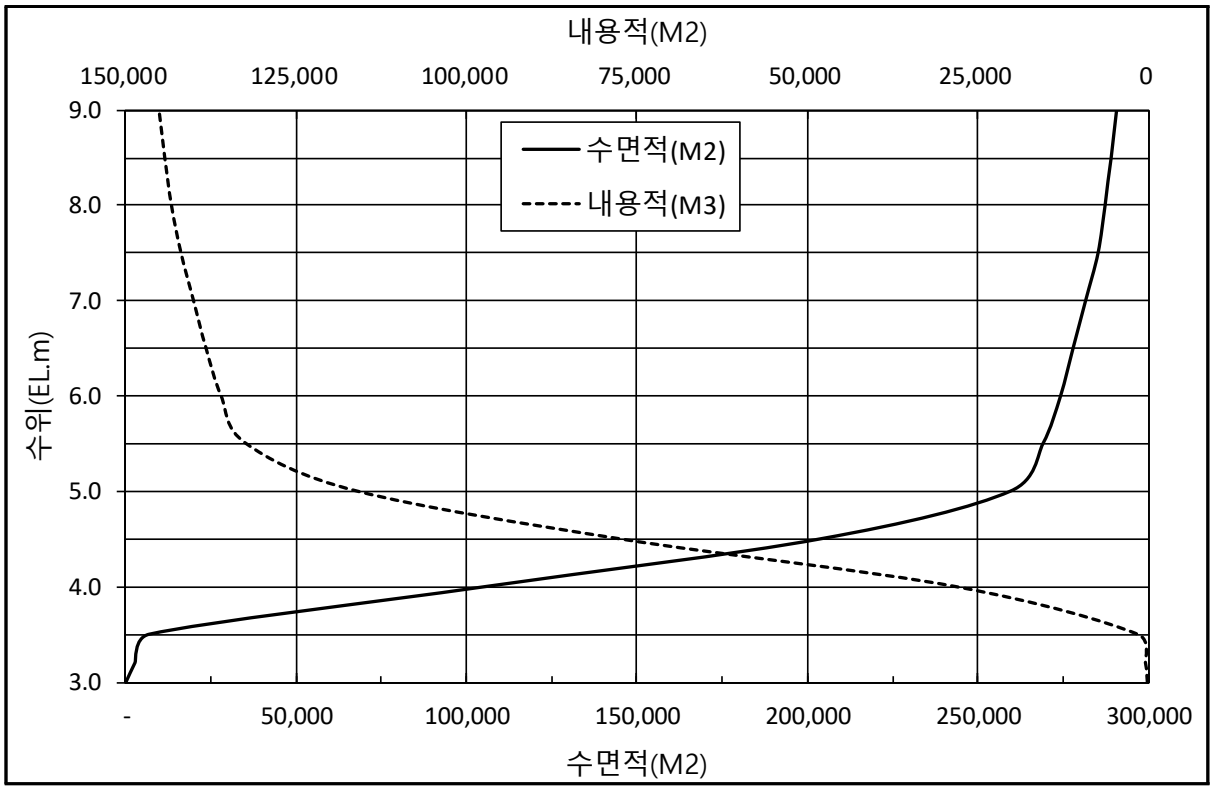
## 9.7 유역별 유출량 산정 결과

| 소유역 번호 | 유역면적 (ha) | 유출율 (%) | 년평균 유입량 (천㎥/년) | 일평균 유입량 (㎥/일) | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| I | 1366.3 | 49.6 | 8,707.9 | 23,857.3 | |
| II | 42.0 | 66.9 | 361.2 | 989.6 | |
| III | 584.7 | 35.3 | 2,650.6 | 7,261.9 | |
| 계 | 1993.0 | 45.7 | 11,719.7 | 32,108.8 | |

## 9.8 저수지 내용적

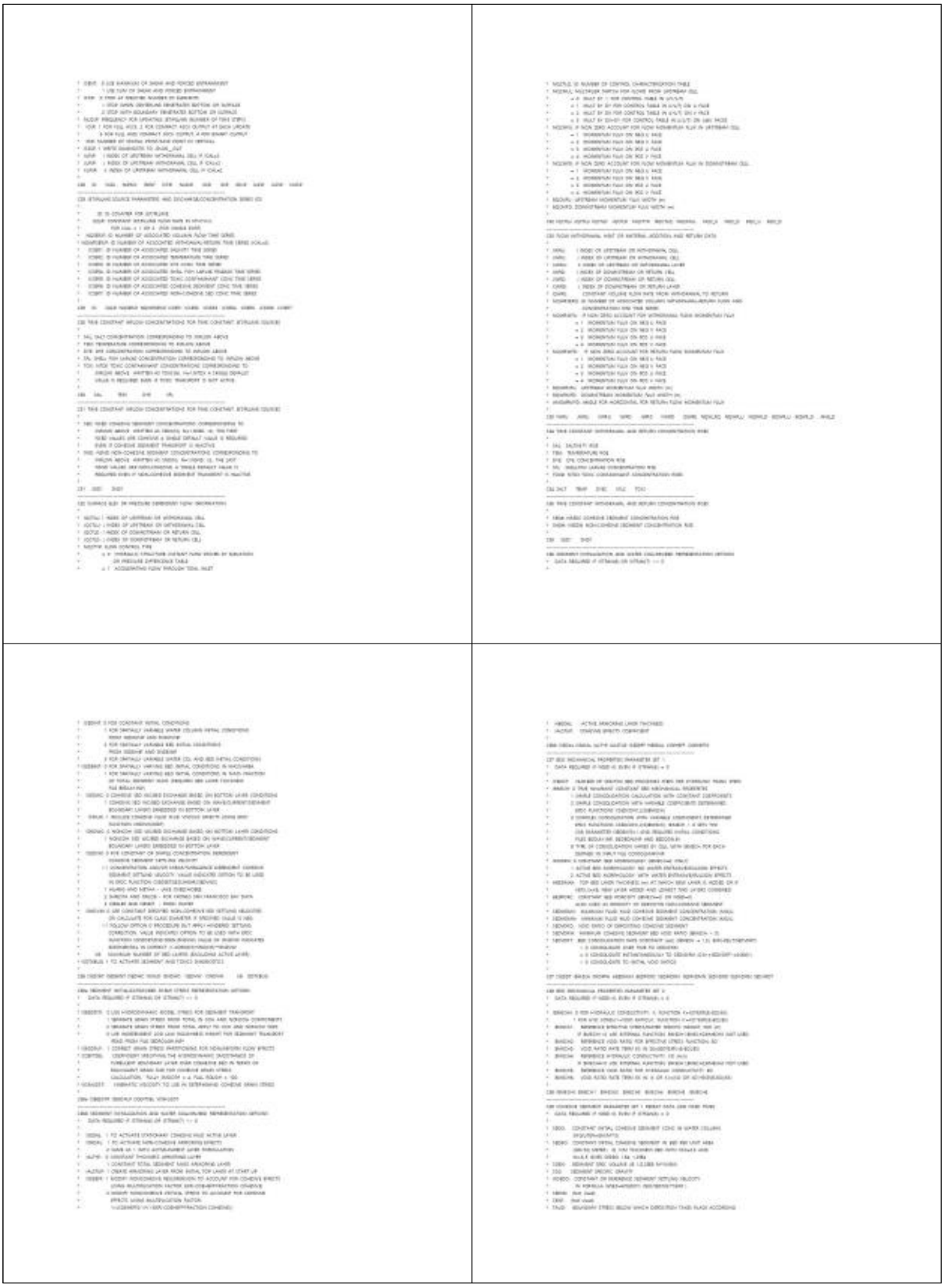
| 구 분 | RIMS | RAWRIS | 내용적 조견표 | 기설계 (2003,2017) | **금회측량 (2020)** |
|---|---|---|---|---|---|
| 유효저수량(천톤) | 1,271 | 1,272 | 1,272 | 696 | **911** |
| 제체높이(m) | 6.0 | - | 5.8 | 6.0 | **6.0** |
| 만수면적(ha) | 28.9 | - | 29.0 | 27.2 | **28.6** |
| 제정고(EL.m) | - | - | 11.00 | 9.00 | **9.00** |
| 홍수위(EL.m) | - | 10.00 | 10.00 | 8.00 | **8.00** |
| 만수위(EL.m) | - | 9.50 | 9.50 | 7.00 | **7.50** |
| 사수위(EL.m) | - | 5.20 | 5.20 | 3.20 | **3.20** |

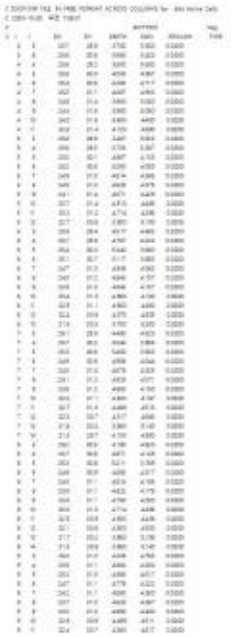
| 표고(EL.m) | 수면적(㎡) | 저류용량(㎥) | 비 고 |
|---|---|---|---|
| 3.0 | 100 | - | |
| 3.2 | 2,787 | 289 | 사수위 |
| 3.5 | 6,868 | 1,737 | |
| 4.0 | 105,665 | 29,870 | |
| 4.5 | 203,956 | 107,276 | |
| 5.0 | 259,795 | 223,213 | |
| 5.5 | 269,330 | 355,495 | |
| 6.0 | 274,479 | 491,447 | |
| 6.5 | 278,187 | 629,613 | |
| 7.0 | 281,864 | 769,626 | |
| 7.5 | 285,466 | 911,459 | 만수위 |
| 8.0 | 287,532 | 1,054,708 | |
| 8.5 | 289,313 | 1,198,919 | |
| 9.0 | 290,995 | 1,343,996 | 제정고 |

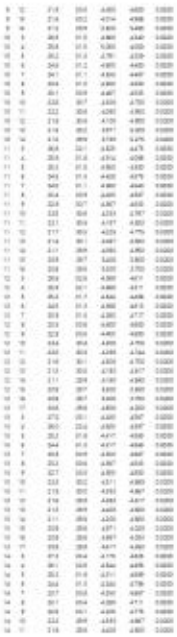

내용적(M2)
150,000
125,000
100,000
75,000
50,000
25,000
0
9.0
8.0
7.0
6.0
5.0
4.0
3.0
수위(EL.m)
수면적(M2)
내용적(M3)
-
50,000
100,000
150,000
200,000
250,000
300,000
수면적(M2)

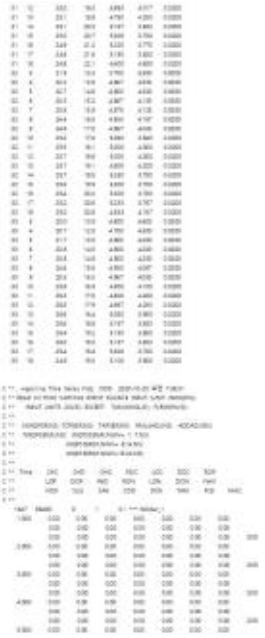
## 9.9 수질예측모형 입력자료

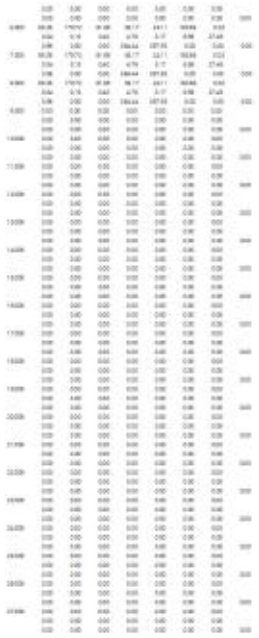
### 9.9.1 수질모형 EFDC

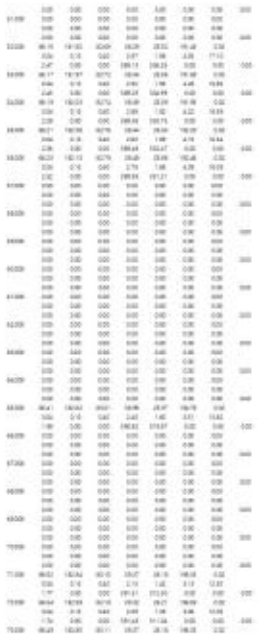


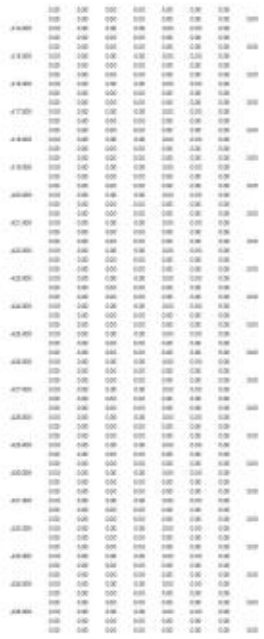


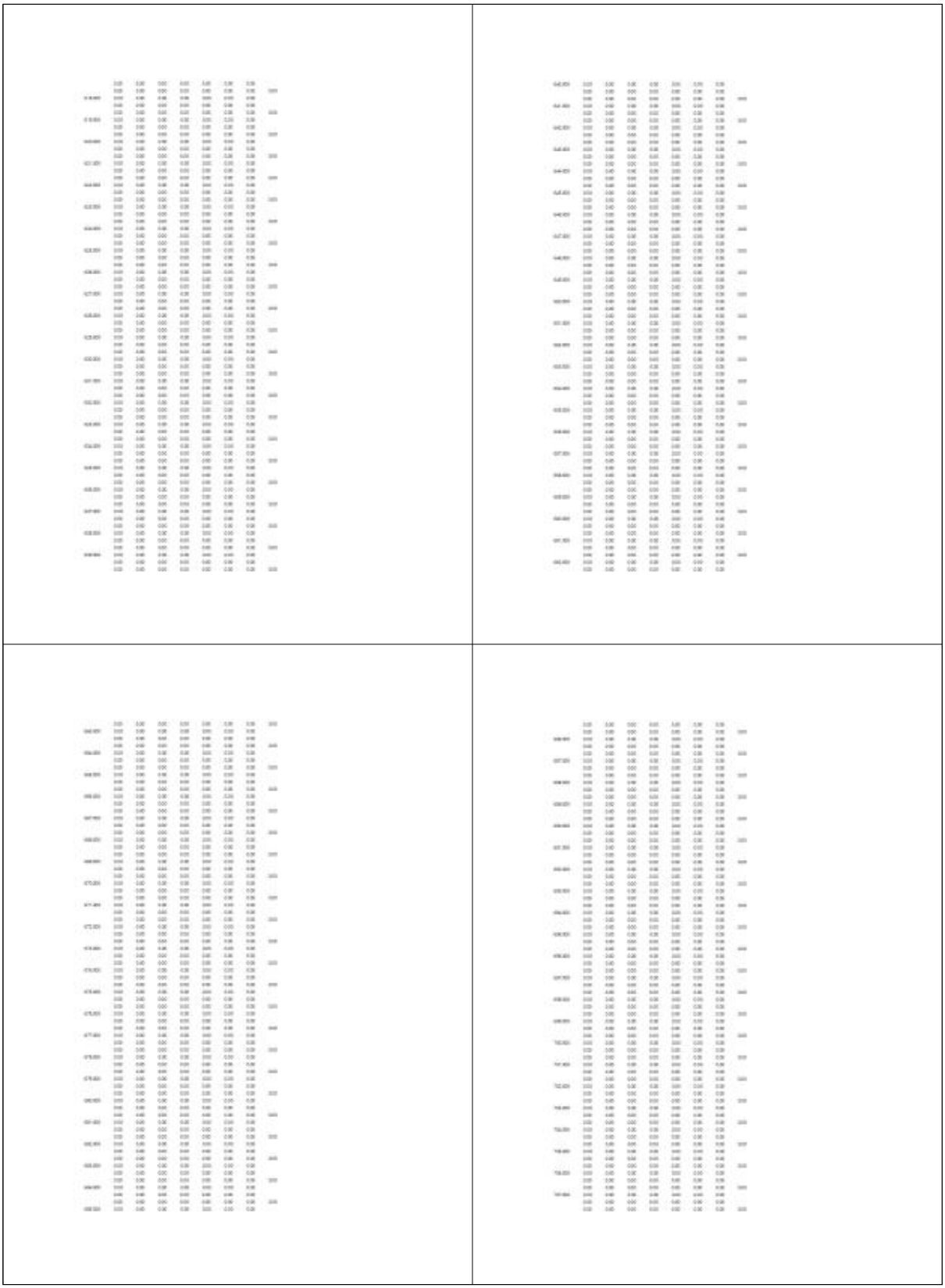


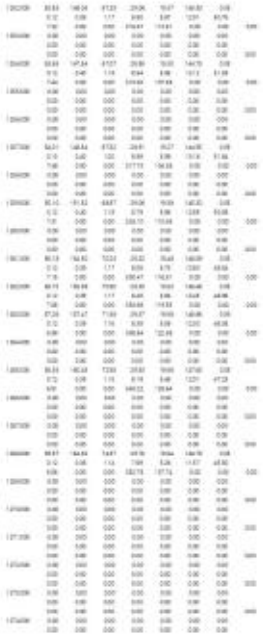


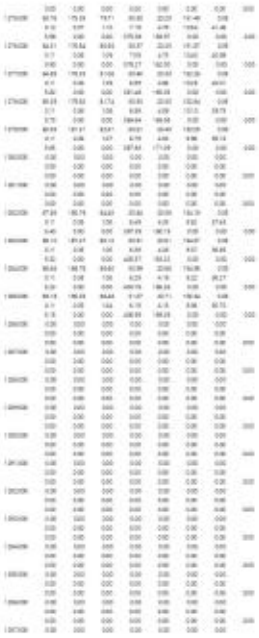


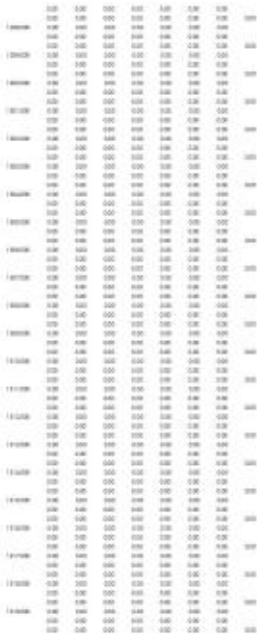


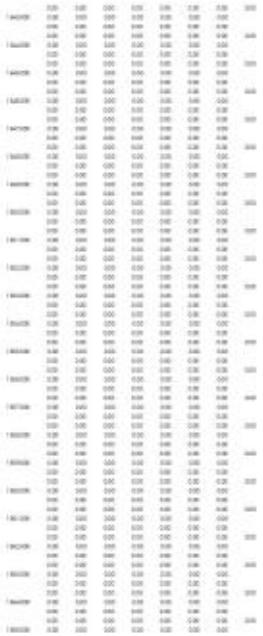


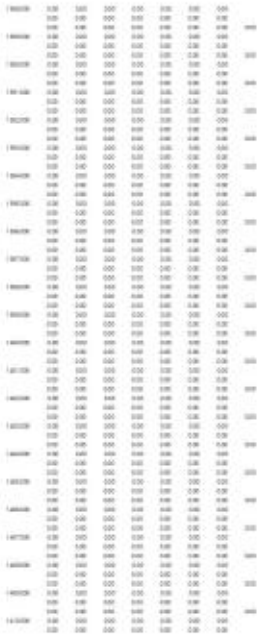












| | |
|---|---|
| | |

## 9.10 시설별 편입용지도 및 조서

◦ 대산지구 수질개선시설 도입에 따른 편입용지조서는 다음 표와 같다.

| 번호 | 토지소재지 | 지번 | 지목 | 지적면적 (㎡) | 편입면적 (㎡) | 보상단가 (원) | 보상비 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **경작지 제거** | | **소계** | | | **2,107** | | |
| 1 | 송해면 숭뢰리 | 286-1 | 유 | 3,257 | 603 | | |
| 2 | 송해면 숭뢰리 | 286-2 | 유 | 406 | 51 | | |
| 3 | 송해면 숭뢰리 | 958-1 | 도 | 8,782 | 32 | | |
| 4 | 송해면 숭뢰리 | 243 | 유 | 5,060 | 120 | | |
| 5 | 송해면 숭뢰리 | 248 | 유 | 1,649 | 1,297 | | |
| 6 | 송해면 숭뢰리 | 967 | 구 | 1,290 | 4 | | |
| **침강지** | | **소계** | | | **7,211** | | **33,913,000** |
| 7 | 송해면 숭뢰리 | 184 | 유 | 4,086 | 2,917 | 11,625 | 33,913,000 |
| 8 | 송해면 숭뢰리 | 967 | 구 | 1,290 | 3 | | |
| 9 | 송해면 숭뢰리 | 181 | 유 | 7,147 | 2,089 | | |
| 10 | 송해면 숭뢰리 | 232-1 | 유 | 8,983 | 1,496 | | |
| 11 | 송해면 숭뢰리 | 179 | 제 | 2,887 | 445 | | |
| 12 | 송해면 숭뢰리 | 231 | 제 | 612 | 26 | | |
| 13 | 송해면 숭뢰리 | 970 | 도 | 2,142 | 235 | | |
| **표토제거** | | **소계** | | | **12,526** | | **4,081,000** |
| 14 | 송해면 숭뢰리 | 68 | 유 | 21,333 | 4,514 | | |
| 15 | 송해면 숭뢰리 | 243 | 유 | 5,060 | 2,165 | | |
| 16 | 송해면 숭뢰리 | 244-1 | 도 | 175 | 50 | 72,000 | 3,593,000 |
| 17 | 송해면 숭뢰리 | 116 | 유 | 127,371 | 1,703 | | |
| 18 | 송해면 숭뢰리 | 184 | 유 | 4,086 | 42 | 11,625 | 488,000 |
| 19 | 송해면 숭뢰리 | 126 | 유 | 4,693 | 3 | | |
| 20 | 송해면 숭뢰리 | 967 | 구 | 1,290 | 73 | | |
| 21 | 송해면 숭뢰리 | 286-2 | 유 | 406 | 2 | | |
| 22 | 송해면 숭뢰리 | 958-1 | 도 | 8,782 | 294 | | |

| 번호 | 토지소재지 | 지번 | 지목 | 지적면적 (㎡) | 편입면적 (㎡) | 보상단가 (원) | 보상비 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **인공습지** | | **소계** | | | **16,112** | | **8,884,000** |
| 23 | 송해면 숭뢰리 | 68 | 유 | 21,333 | 3,873 | | |
| 24 | 송해면 숭뢰리 | 81-2 | 도 | 7 | 7 | 72,000 | 504,000 |
| 25 | 송해면 숭뢰리 | 286-1 | 유 | 3,257 | 1,030 | | |
| 26 | 송해면 숭뢰리 | 244-1 | 도 | 175 | 110 | 72,000 | 7,929,000 |
| 27 | 송해면 숭뢰리 | 243 | 유 | 5,060 | 2,661 | | |
| 28 | 송해면 숭뢰리 | 248 | 유 | 1,649 | 202 | | |
| 29 | 송해면 숭뢰리 | 116 | 유 | 127,371 | 2,185 | | |
| 30 | 송해면 숭뢰리 | 232-1 | 유 | 8,983 | 4,527 | | |
| 31 | 송해면 숭뢰리 | 184 | 유 | 4,086 | 39 | 11,625 | 451,000 |
| 32 | 송해면 숭뢰리 | 286-2 | 유 | 406 | 206 | | |
| 33 | 송해면 숭뢰리 | 967 | 구 | 1,290 | 368 | | |
| 34 | 송해면 숭뢰리 | 970 | 도 | 2,142 | 72 | | |
| 35 | 송해면 숭뢰리 | 181 | 유 | 7,147 | 31 | | |
| 36 | 송해면 숭뢰리 | 231 | 제 | 612 | 158 | | |
| 37 | 송해면 숭뢰리 | 969 | 도 | 350 | 8 | | |
| 38 | 송해면 숭뢰리 | 958-1 | 도 | 8,782 | 632 | | |
| 39 | 송해면 숭뢰리 | 242 | 유 | 684 | 2 | | |
| **시설지 총계** | | | | | **12,526** | | **47,000,000** |

## 9.11 매장문화재 지표조사 결과(요약)

"참 만남 참 문화유산" 문화유산 방문캠페인

문화재청

# 문 화 재 청

수신 수신자 참조
(경유)
제목 인천 숭뢰리(68번지 일원) 강화 대산지구 수질개선사업부지 내 문화재보존대책 통보

1. 인천광역시 강화군 송해면 숭뢰리 68번지 일원 강화 대산지구 수질개선사업부지 내 문화재 지표조사 관련입니다.
2. 「매장문화재 보호 및 조사에 관한 법률」 제9조(문화재 보존 조치의 지시 등)에 따라 사업부지 및 주변의 문화재 보존을 위한 조치사항을 다음과 같이 통보하오니, 사업추진에 반영(검토)하시기 바랍니다.
   가. 지표조사 결과, 유구 · 유물이 확인되지 않은 것으로 보고되었으므로 별도의 보존대책은 필요하지 않음.
   나. 그러나 공사 중 문화재로 의심되는 유구 · 유물 등이 발견되면 「매장문화재 보호 및 조사에 관한 법률」 제5조(개발사업 계획 · 시행자의 책무) 및 제17조(발견신고 등)에 따라 즉시 공사를 중지하여 그 현상을 변경하지 말고 우리 청에 신고하여야 함.
   다. 동 사업으로 인하여 사업부지 및 인접 지역의 문화재와 그 주변경관 등이 훼손되지 않도록 하여야 함.
3. 아울러, 해당 지방자치단체는 이 건과 관련한 문화재 지표조사보고서, 발굴조사 결과 및 조치사항 등을 문화유적분포지도에 반드시 반영하여 매장문화재의 사전보호 및 사업시행자의 편익을 증진할 수 있는 자료로 적극 활용하시기 바랍니다. 끝.

문화재청장인

**문 화 재 청 장**

수신자 인천광역시장(문화유산과장), 인천광역시 강화군수(문화관광과장), 한국농어촌공사사장

주무관 황지윤 행정사무관 대결 2020.12.11. 최재묵 발굴제도과장 전결
협조자
시행 발굴제도과-15055 (2020. 12. 11.) 접수
우 35208 대전광역시 서구 청사로 189 / www.cha.go.kr
전화번호 042-481-4948 팩스번호 042-481-4959 / hcyim@korea.kr / 대국민 공개

함께 지키는 문화재, 함께 나누는 일자리

## 9.12 전략 및 소규모 환경영향평가 협의내용 및 반영결과

# 전략환경영향평가 협의내용

< 농업용수 수질개선사업(대산지구, 전대지구) >

## Ⅰ. 사업개요

○ (계 획 명) 농업용수 수질개선사업(대산지구, 전대지구)

○ (계획수립/사업시행) 농림축산식품부/한국농어촌공사

○ (협의근거) 「농어촌정비법」 제8조에 따른 농업생산기반 정비사업 기본계획

○ (계획내용)

| 구 분 | 위 치 | 면 적 | 시 설 계 획 |
|---|---|---|---|
| 대산지구 | 인천광역시 강화군 송해면 숭뢰리 일원 | 27,500㎡ | 조합형 인공습지 1개소(10,400㎡), 침강지 ㎥개소(7,000㎡), 표토제거, 호내 경작지 제거 |
| 전대지구 | 충남 당진시 송악읍 금곡리 일원 | 27,318㎡ | 조합형 인공습지 1개소(15,119㎡), 침강지 2개소(12,199㎡), 마름제거 2개소 |

## Ⅱ. 협의내용

### 1. 총 괄

○ 본 사업은 농업용수의 수질개선을 위하여 저수지에 인공습지, 침강지 등을 설치하는 것으로, 평가서 및 협의내용을 반영하여 환경에 미치는 부정적 영향을 최소화하여야 함

○ 사업 효과의 지속성 유지를 위하여 중·장기적 관점에서 근본적 오염원을 차단·제거·관리하기 위한 상류유역 수질개선방안이 마련·이행될 수 있도록 지자체 등 관계기관과 지속적으로 협력방안을 강구하여야 함

○ 환경영향평가법 시행령 제59조 「별표 4」에 따른 소규모 환경영향평가 대상사업에 해당되므로, 사업의 승인(실시계획 확정) 전에 협의기관(유역(지방)환경청)과 협의절차를 이행하여야 함

※ 소규모 환경영향평가서 작성 및 협의 요청 절차를 생략하고자 하는 경우 환경영향평가법 시행령 제61조제3항에 따라 협의기관에 별도 요청 필요

- 1 -

## 2. 세부 협의내용

### 가. 생물다양성·서식지 보전

○ 사업지구 인근에 다수의 법정보호종이 확인되었으므로, 생태현황 조사결과와 생태특성을 토대로 사업시행에 따른 영향을 예측하여 저감방안을 수립하여야 함

○ 인공습지는 수질정화뿐만 아니라 다양한 생물의 서식처 역할을 할 수 있도록 수생식물 식재, 습지사면 식생 조성 등 생태계 유지를 위한 환경으로 조성하여야 함

### 나. 수환경의 보전

○ 공사시 토사유출로 인한 영향을 최소화하기 위하여 침사지, 오탁방지막 설치 등 토사유출 저감방안을 마련·이행하여야 함

○ 인공습지의 수질개선 효과를 유지하기 위하여 환경조건 변화에 대응·관리가 가능하도록 유지관리 방안을 마련하여야 함

- 유입수량, 체류시간, 식재 식물종, 식재 밀도, 수심 등을 포함한 유지관리 매뉴얼 작성

○ 사업시행 후 주기적으로 수질 모니터링을 실시하고, 목표수질(호소 생활환경기준 Ⅳ등급)을 초과할 경우 추가적인 수질개선대책을 수립하여야 함

### 다. 환경기준 부합성

○ 사업지구 인근 정온시설에 비산먼지 및 소음·진동 등으로 인한 영향이 최소화되도록 저감방안을 마련하여야 함

- 대기질 영향 저감을 위해 주기적인 살수, 세륜·세차시설 설치, 공사차량 덮개 사용, 운행속도 제한 등 실시

- 소음예측결과 환경목표기준을 초과하는 정온시설은 공사시 소음 모니터링을 실시하고 주민 협의 등을 통해 가설방음판넬 등 설치. 끝.

환경부

# 환 경 부

대한민국 대전환 한국판뉴딜

수신 농림축산식품부장관(농업기반과장)
(경유)
제목 전략환경영향평가서 협의내용 알림(대산, 전대지구 농업용수 수질개선사업)

1. 농림축산식품부 농업기반과-3546(2021.7.26.)호와 관련입니다.

2. "대산, 전대지구 농업용수 수질개선사업" 전략환경영향평가서에 대한 협의내용을 [붙임 1]과 같이 알려드리니, 「환경영향평가법」 제19조에 따라 협의내용이 사업계획에 반영되도록 조치하여 주시기 바라며,

3. 같은 법 시행령 제26조에 따라 협의내용에 대한 조치를 한 날 또는 조치계획을 확정한 날부터 30일 이내에 그 조치결과 또는 조치계획을 [붙임 2] 서식에 따라 작성하여 우리부로 통보하여 주시기 바랍니다.

붙임 1. 협의내용 1부.
2. 협의내용 반영결과 통보서(서식) 1부. 끝.

환 경 부 장 관

주무관 미승아 행정사무관 이종선 과장 전결2021.8.24. 박찬용
협조자
시행 환경영향평가과-870 (2021. 8. 24.) 접수
우 30103 세종특별자치시 도움6로 11 / http://me.go.kr
전화번호 044-201-7291 팩스번호 044-201-7304 / msa0406@me.go.kr / 비공개(5)

농업용수 수질개선사업 (대산지구, 전대지구)

# 전 략 환 경 영 향 평 가

# (협의내용 반영결과 통보서)

2021. 08.

농림축산식품부

# 협의내용 반영결과[조치결과 · 조치계획] 통보서

## 1. 사업개요

가. 사업명 : 농업용수 수질개선사업(대산지구, 전대지구)

나. 사업장 위치

- 대산지구 : 인천광역시 강화군 송해면 숭뢰리 일원
- 전대지구 : 충청남도 당진시 송악읍 금곡리 일원

다. 사업시행자(전화번호)

- 대산지구 : 한국농어촌공사 강화·옹진지사(032-930-2500)
- 전대지구 : 한국농어촌공사 당진지사(041-351-9114)

라. 착공예정일(준공예정일) : 2021년(2024년)

마. 기본계획 수립기관 : 농림축산식품부

## 2. 사업계획등 [승인]내용

<table>
<tr><th>구 분</th><th>협의내용</th><th>사업계획(승인) 내용</th><th>협의내용 반영서류</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>Ⅰ. 사업개요</td><td colspan="4">❍ (계획명) 농업용수 수질개선사업(대산지구, 전대지구)<br>❍ (계획수립/사업시행) 농림축산식품부/한국농어촌공사<br>❍ (협의근거)「농어촌정비법」 제8조에 따른 농업생산기반 정비사업 기본계획<br>❍ (계획내용)
<table>
<tr><th>구 분</th><th>위 치</th><th>면 적</th><th>시 설 계 획</th></tr>
<tr><td>대산 지구</td><td>인천광역시 강화군 송해면 숭뢰리 일원</td><td>27,500㎡</td><td>조합형 인공습지 1개소(10,400㎡), 침강지 1개소(7,000㎡), 표토제거, 호내 경작지 제거</td></tr>
<tr><td>전대 지구</td><td>충남 당진시 송악읍 금곡리 일원</td><td>27,318㎡</td><td>조합형 인공습지 1개소(15,119㎡), 침강지 2개소(12,199㎡), 마름제거 2개소</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td rowspan="2">Ⅱ. 협의내용<br>1. 총 괄</td><td>❍ 본 사업은 농업용수의 수질개선을 위하여 저수지에 인공습지, 침강지 등을 설치하는 것으로, 평가서 및 협의내용을 반영하여 환경에 미치는 부정적 영향을 최소화 하여야 함</td><td>❍ 사업계획에 평가서내 제시된 저감방안 및 협의내용을 반영하여 사업시행에 따른 환경 영향을 최소화하겠음.</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td>❍ 사업 효과의 지속성 유지를 위하여 중·장기적 관점에서 근본적 오염원을 차단·제거·관리하기 위한 상류유역 수질개선 방안이 마련·이행될 수 있도록 지자체 등 관계기관과 지속적으로 협력방안을 강구하여야 함</td><td>❍ 근본적 오염원을 관리하기 위해 관련기관 등이 포함된 거버넌스 구축을 통해 지속적인 수질개선 활동을 이행하겠음.</td><td>-</td><td>-</td></tr>
</table>

| 구 분 | 협의내용 | 사업계획(승인) 내용 | 협의내용 반영서류 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| Ⅱ. 협의내용<br>1. 총 괄 | ❍ 환경영향평가법 시행령 제59조 「별표 4」에 따른 소규모 환경영향평가 대상사업에 해당되므로, 사업의 승인(실시계획 확정) 전에 협의기관(유역(지방)환경청)과 협의 절차를 이행하여야 함<br>※소규모 환경영향평가서 작성 및 협의 요청 절차를 생략하고자 하는 경우 환경영향평가법 시행령 제61조제3항에 따라 협의기관에 별도 요청 필요 | ❍ 사업의 승인(시행계획 승인) 전에 협의기관(유역(지방)환경청)과 소규모 환경영향평가 절차 생략여부를 협의하겠음. | - | - |
| 2. 세부 협의 내용<br>가. 생물다양성·서식지 보전 | ❍ 사업지구 인근에 다수의 법정보호종이 확인되었으므로, 생태현황 조사결과와 생태특성을 토대로 사업시행에 따른 영향을 예측하여 저감방안을 수립하여야 함 | ❍ 법정보호종 출현 여부에 대하여 관찰을 통해 피해가 예상될 경우 공사를 즉각 중단하고 보호 대책을 강구하여 이행하겠음.<br>- 번식기 및 야간공사 지양, 저소음 장비 사용 등을 통해 공사로 인한 영향을 최소화하겠음. | - | - |
| | ❍ 인공습지는 수질정화뿐만 아니라 다양한 생물의 서식처 역할을 할 수 있도록 수생식물 식재, 습지사면 식생 조성 등 생태계 유지를 위한 환경으로 조성하여야 함 | ❍ 수생식물은 자연경관, 수질정화 능력, 생물의 서식처 등을 고려하여 지역자생종인 갈대, 창포 등을 식재하겠음.<br>❍ 또한, 습지사면은 초본식물의 활착공간으로 수질정화 능력을 겸비한 식생블록으로 조성하겠음. | 붙임 1 | - |
| 나. 수환경의 보전 | ❍ 공사시 토사유출로 인한 영향을 최소화하기 위하여 침사지, 오탁방지막 설치 등 토사유출 저감방안을 마련·이행하여야 함 | ❍ 공사시행 전 침사지, 오탁방지막 등을 선 설치하여 토사유출로 인한 수계영향을 최소화하겠음. | - | - |
| | ❍ 인공습지의 수질개선 효과를 유지하기 위하여 환경조건 변화에 대응·관리가 가능하도록 유지관리 방안을 마련하여야 함<br>- 유입수량, 체류시간, 식재 식물종, 식재 밀도, 수심 등을 포함한 유지관리 매뉴얼 작성 | ❍ 인공습지는 유지관리 체크리스트에 따라 월 1회 이상 점검을 실시 후 보수 등을 시행 할 계획임.<br>- 체크리스트에는 유입수량, 체류시간, 식재 식물종, 식재 밀도, 수심 등을 포함하여 관리하겠음. | 붙임 2 | - |
| | ❍ 사업시행 후 주기적으로 수질 모니터링을 실시하고, 목표수질(호소 생활환경기준 Ⅳ등급)을 초과할 경우 추가적인 수질개선 대책을 수립·시행하여야 함 | ❍ 저수지에 대하여 연4회 이상 수질모니터링을 실시하여, 목표기준 초과 시 원인을 파악하여 필요시 추가적인 저감대책을 마련하겠음 | 붙임 3 | - |

| 구 분 | 협의내용 | 사업계획(승인) 내용 | 협의내용 반영서류 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| 다. 환경기준 부합성 | ❍ 사업지구 인근 정온시설에 비산먼지 및 소음·진동 등으로 인한 영향이 최소화되도록 저감방안을 마련하여야 함<br>- 대기질 영향 저감을 위해 주기적인 살수, 세륜·세차시설 설치, 공사차량 덮개 사용, 운행속도 제한 등 실시<br>- 소음예측결과 환경목표기준을 초과하는 정온시설은 공사시 소음모니터링을 실시하고 주민 협의 등을 통해 가설방음판넬 등 설치 | ❍ 평가서에 제시된 대기질 및 소음진동 저감방안을 충실히 이행하여 주변 정온시설에 미치는 영향을 최소화하겠음.<br>- 공사장비 진·출입부에 세륜·세차시설, 차량 덮개, 운행속도 제한 등을 철저히 이행하겠음.<br>- 환경목표기준을 초과하는 정온시설은 공사 전 주민과 협의 후 가설방음판넬, 작업시간 제한 등의 저감방안을 이행하겠음. | - | - |

## 3. 참고사항

❍ 본 계획의 사업면적은 3만㎡ 미만으로「자연환경보전법」 제46조제2항1호 및 4호에 의거하여 생태계보전협력금 부과대상에 해당되지 않음.

- 대산지구 : (면적) 27,500㎡
- 전대지구 : (면적) 27,318㎡

자연환경보전법

제46조(생태계보전협력금)

① 환경부장관은 자연환경을 체계적으로 보전하고 자연자산을 관리·활용하기 위하여 자연환경 또는 생태계에 미치는 영향이 현저하거나 생물다양성의 감소를 초래하는 사업을 하는 사업자에 대하여 생태계보전협력금을 부과·징수한다.

② 제1항에 따른 생태계보전협력금의 부과대상이 되는 사업은 다음 각 호와 같다. 다만, 제50조제1항 본문에 따른 자연환경보전사업 및 「해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률」 제49조제2항에 따른 해양생태계보전협력금의 부과대상이 되는 사업은 제외한다.

1. 「환경영향평가법」 제9조에 따른 <u>전략환경영향평가 대상계획 중 개발면적 3만제곱미터 이상</u>인 개발사업으로서 대통령령으로 정하는 사업
2. 「환경영향평가법」 제22조 및 제42조에 따른 환경영향평가대상사업
3. 「광업법」 제3조제2호에 따른 광업중 대통령령으로 정하는 규모 이상의 노천탐사·채굴사업
4. 「환경영향평가법」 제43조에 따른 <u>소규모 환경영향평가 대상 개발사업으로 개발면적이 3만제곱미터 이상</u>인 사업

# [붙임 1] 수생식물 선정 및 식재계획

## 대산지구



**다. 식 재**

- 인공습지에 식재한 식물종 선택은 목표수질, 평균/최저/최고수심, 기후, 유지관리 조건 등과 같은 변수가 고려되어야 하며, 식물 선택에 고려할 사항은 다음과 같음
  - 습지조성 예정지 주변에 서식하는 종 선택(자생식물)
  - 습지의 형태, 운영 방법에 따라 식물 선택
  - 오염물질의 흡수 및 제거기능이 높은 식물 선택
  - 수질이 나쁜 곳에서 잘 자라는 식물 선택
  - 다년생 식물 및 성장이 빠른 식물 선택
  - 자연경관이 우수한 식물 선택
  - 생물서식처로 활용도가 높은 식물 선택
  - 공급, 유지.관리가 용이한 식물 선택
- 식물 초기식재밀도는 식물 피도와 식재비용에 크게 영향을 주고, 식재 간격이 넓으면 높은 피도를 형성하는데 시간이 많이 걸리고 원하지 않은 식물이 이입되고 설계된 방향으로 식생 형성이 어려울 수 있음. 반면에 식재 간격이 좁으면 높은 피도를 형성하는데 시간이 짧게 소요되지만 경제성의 문제가 있음
- 인공습지 식물 중 경관적 가치가 높은 정수식물은 수생곤충의 서식처를 제공하는 등 생태계 유지에 중요한 역할을 하며 대산저수지로 유입되는 오염물질에 대하여 수질정화능력이 우수한 종으로 갈대, 물억새, 창포, 노랑꽃창포 등이 있음
- 특히 대상지 주변에서 잘 적응하여 자라고 있는 지역 자생종인 갈대는 수질정화 기능을 발휘할 수 있도록 습지부 대부분에 식재하도록 계획하였으며, 추후, 세부 설계시 경관 향상, 주민의견 반영 등을 고려하여 최종 선정하여야 함

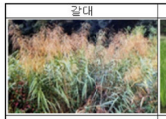
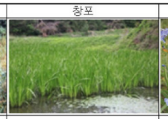


## 전대지구



**다. 수생식물 선정 및 식재계획**

- 인공습지에 식재한 식물종 선택은 목표수질, 평균/최저/최고수심, 기후, 유지관리 조건 등과 같은 변수가 고려되어야 하며, 식물 선택에 고려할 사항은 다음과 같음
  - 습지조성 예정지 주변에 서식하는 종 선택(자생식물)
  - 습지의 형태, 운영 방법에 따라 식물 선택
  - 오염물질의 흡수 및 제거기능이 높은 식물 선택
  - 수질이 나쁜 곳에서 잘 자라는 식물 선택
  - 다년생 식물 및 성장이 빠른 식물 선택
  - 자연경관이 우수한 식물 선택
  - 생물서식처로 활용도가 높은 식물 선택
  - 공급, 유지·관리가 용이한 식물 선택
- 식물 초기식재밀도는 식물 피도와 식재비용에 크게 영향을 주고, 식재 간격이 넓으면 높은 피도를 형성하는데 시간이 많이 걸리고 원하지 않은 식물이 이입되고 설계된 방향으로 식생 형성이 어려울 수 있음. 반면에 식재 간격이 좁으면 높은 피도를 형성하는데 시간이 짧게 소요되지만 경제성의 문제가 있음
- 인공습지 식물 중 경관적 가치가 높은 정수식물은 수생곤충의 서식처를 제공하는 등 생태계 유지에 중요한 역할을 하며 전대저수지로 유입되는 오염물질에 대하여 수질정화능력이 우수한 종으로 갈대, 창포, 부채붓꽃을 선정하여 식재하는 것로 계획함
- 갈대는 수질정화 기능을 발휘할 수 있도록 습지부 대부분에 식재하도록 계획하였으며, 민원이 발생하는 부들과 외래종 수련, 수크령, 노랑꽃창포는 배제하였음

| 갈대 | 창포 | 부채붓꽃 |
|---|---|---|
|  |  | |
| • 과 : 벼과<br>• 특징<br>습지, 연못, 물가에 자생하고 뿌리에 미생물군에 의해 오염물질 흡수 및 흡착 | • 과 : 천남성과<br>• 특징<br>수위변동에 강하며, 오염도가 높은 수질에 적응력이 뛰어남 | • 과 : 붓꽃과<br>• 특징<br>습지에서 자생하고 수질 정화능력이 뛰어남 |

(그림 5.2-17) 식재식물 예시





- 인공습지 조성 초기에 식재식물의 성장이 미진한 이유는 너무 어린 포트묘의 사용으로 식물체의 일부만이 수면위에 분포하여 적절한 광합성 및 호흡활동을 하지 못하였기 때문임. 따라서 식물 성장 및 착근에 유리하도록 수심의 깊이(0.05~0.1m)를 조절하여 4분절의 성장묘를 사용할 계획임(포트식 식재)
- 지하흐름습지에는 식물의 원활한 활착을 위하여 식생환상형매트를 30%적용하였음

<표 5.2-10> 인공습지의 식물에 따른 오염물질별 정화율을 비교 [단위 : %]

| 구 분 | BOD | COD | SS | Chl-a | T-N | T-P |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 미나리 | 28.4 | 7.3 | 66.5 | 51.1 | 36.4 | 30.1 |
| 줄 | 31.4 | 5.4 | 64.9 | 6.7 | 35.6 | 27.9 |
| 창 포 | 29.9 | 7.7 | 62.9 | 58.3 | 36.2 | 36.1 |
| 갈 대 | 39.9 | 5.5 | 60.6 | 62.1 | 36.1 | 28.0 |
| 평 균 | 32.2 | 7.3 | 63.9 | 46.7 | 36.0 | 30.3 |

자료 : 배요섭 외, '농업용수 수질개선 실증화연구(초종)',2006,한국농어촌공사 농어촌연구원,p37

**라. 사면보호공 계획**

- 습지사면은 수위변동과 침식작용을 방지를 위해 사석으로 피복하여 수위 변동에 안정적으로 계획하였으며, 습지 내부의 사면은 관리수위까지 식생블록으로 조성하였음
- 친환경적으로 조성된 수변은 야생생물의 서식처를 제공하고 추천식물의 활착공간이 되며 보호공의 형식을 다음과 같은 유형 중 각 구간별로 적절한 타입을 선택하여 조성함
- 특히 최근에는 사면부에 식재가 가능한 식생공간부와 유용미생물(EM) 배양액을 사용하여 자연친화적 효과, 내구성 및 수질정화 성능을 겸비한 호안용 블록이 상용화 되어 있으므로 이를 활용할 수 있음
- 관리도로는 습지의 유지관리시 주행안정성 및 포장의 지속적인 유지를 위하여 콘크리트포장으로 계획하였으며, 안전을 위해 습지측은 안전휀스, 저수지측은 목재난간을 계획하였음
- 이러한 기본계획의 내용은 세부설계 시 사면안정 등에 대하여 현장여건을 반영하여 변경 할 수 있음

# [붙임 2] 인공습지 유지관리계획

가. 대산지구



## 제6장 유지관리계획

○ 본 기본조사에서는 수질정화시설에 대해 다음과 같이 유지관리를 계획하였으며, 이는 세부설계 및 유지관리단계에서 현장상황에 따라 적정하게 수정변경 적용되어야 함

### 6.1 인공습지

○ 본 사업지구의 인공습지는 양수시설로부터 유입수를 공급받아 습지식물과 미생물에 의해 오염물질을 차단, 침전, 흡착, 산화분해 등의 기작으로 오염수를 정화시키며, 일부 구간을 지하흐름습지로 계획하여 시설의 효율을 증대하였음

○ 식물과 미생물 활동을 이용하므로 습지식물의 활착 및 성장촉진, 고사식물과 슬러지의 제거 등과 같은 주기적인 유지관리가 수반되어야 하며, 지하흐름습지의 여재를 주기적으로 점검·교체하여 흐름의 정체나 여재의 폐색에 대비하여야 함

#### 6.1.1 인공습지 유지관리 일반

○ 습지가 정상적으로 잘 운영되기 위해서는 지속적인 관리를 요하며, 다음과 같은 사항에 초점을 맞추어야 함

- 유입수가 미생물, 식물, 토양 등과 충분한 접촉을 갖도록 해야 함
- 유입수의 흐름이 습지 전 지역을 골고루 통과해야 함
- 미생물이 건강한 활동을 할 수 있는 환경을 조성해야 함
- 식물들이 왕성히 성장하도록 유지시켜야 함

○ 처리용량과 규모, 처리원수, 습지형태 등에 따라 퇴적물 제거 시기는 다를 수 있음. 인공습지의 경우 퇴적물에 의한 기능의 저하를 발견하였을 경우, 다른 오수처리방식에 비해 회복속도가 느리다는 단점이 있으므로 최선의 방법은 조기 발견으로 적절한 대처방안을 구상하는 것임

○ 시험연구 결과("농업용수 수질개선 시험연구, 마산저수지")에서는 연간 퇴적물의 축적속도가 연간 약 1~2cm 이하로 조사되어 10~20년 후에 처리를 위한 필요 수심을 확보하기 어렵다고 판단될 경우 기능유지 차원에서 제거를 해야 할 필요가 있으며, 퇴적물 관리를 위한 점검내용은 아래와 같음





- 월류보에서 처리수 월류 상황(이물질의 부착 유무 및 수평흐름의 유지)
- 퇴적물 퇴적 깊이
- 퇴적물에서 악취 발생

○ 식재 직후에는 식물의 성장에 따라 수위를 조금씩 증가시켜야 하며, 의도하는 식물종 조성을 유도하고 잡초를 제거하기 위해 정확한 수위조절이 필요함. 또한, 습지의 유지관리를 위해서 물을 완전히 배제해야 하는 경우도 있어 수위조절 구조물의 설치가 필요함

○ 식재 후 약 1년간의 수위 관리는 식물생존에 가장 중요한 요소로 작용함. 초기 성장기간 동안 2~5㎝ 크기의 작은 식물의 최적 생존과 성장을 위해서는 기질이 침수되지 않고 단지 포화만 되어 있어야 하며 이후 한두 달 동안은 많은 물이나 농도가 낮은 수체를 유입시켜야 하고, 그 다음 6개월간은 계속 농도를 약간씩 증가시키고 유량도 증가시킴

○ 봄철 성장 초기단계에서는 의도적 식물종의 유도, 잡초의 제어를 위해 수위조절이 필요함. 정상적인 운영상태의 수심은 처리하고자 하는 유입수의 특성에 따라 다르겠지만 하수를 처리하기 위한 수심은 10~20㎝, 저수지 수질개선을 위해 대규모 유량을 처리해야 할 경우 10~40㎝, 깊은 습지구간, 또는 연못의 경우 70~180㎝ 정도임. 적절한 수심의 유지는 식물성장에 매우 중요함. 작고 새로운 식물은 잎에서 뿌리로 산소를 공급해주는 통기조직이 잘 발달되어 있지 않아 수심이 깊으면 심각한 문제를 일으킬 수 있으며, 특히 산소가 부족한 물의 경우는 더 심해짐

○ 따라서 운영단계에서 각 요소들의 수위는 필요시 검사하고 조절되어야 하며, 유량조절 시설의 균열이나 누수를 육안으로 점검해야 함. 일상적인 검사는 유입 및 유출구조물에서 유량의 정상적인 흐름, 습지 각 부분의 수위, 제방의 세굴이나 파손 등 점검함

○ 퇴적물은 처리수 및 식물사체, 조류 사멸 등 시스템의 내부적인 기원에 의해 발생가능하며 이에 대한 적절한 관리방안이 수립되어야 시스템의 안정성과 기능 저하 방지에 기여할 수 있음. 축적된 퇴적물의 경우 5~15년마다 제거되어야 하며 현장관찰자의 판단에 따라 퇴적물 제거를 통해 적정 수심을 확보하고 균형적인 공간분포를 유지해야 함

○ 바닥잔재물(debris and litter)은 유출부의 폐쇄현상을 막기 위해 정기적으로 제거되어져야 하며, 이를 통해 습지는 심미적으로 안정적으로 보일 수 있음

○ 수위의 연중 변화는 처리효율 뿐 만 아니라 식물과 동물의 군집에 영향을 주므로 중요한 관리항목임. 항상 일정한 수위를 유지하기 보다는 식물의 성장주기에 맞추어 수위를 조절할 필요가 있으며 홍수기 또는 처리수량이 증가한 경우를 제외하고 설계수위를 유지할 수 있도록 관리함





#### 6.1.2 인공습지 유지관리 체크리스트

○ 시설관리자가 일상적으로 점검해야 할 사항에 대한 체크리스트를 다음과 같이 제시함 (월1회 이상 점검 실시)

<표 6.1-1> 인공습지의 유지관리 점검 체크리스트

| 조합형인공습지 점검사항 | 점검결과 | 조치계획 |
|---|---|---|
| **침사지** | | |
| • 양수시설로부터 계획유량이 유입되고 있는가? | | |
| • 침전물이 재부유하여 월류하지 않는가? | | |
| • 침사지내 이물질이나 녹조, 악취 등이 발생하고 있지 않은가? | | |
| • 후단시설로 유출은 원활히 이루어지는가? | | |
| **얕은습지, 깊은 못** | | |
| • 습지측벽이나 바닥의 쇄굴, 포락이 발생하지 않았는가? | | |
| • 습지 내외 식생(수생식물, 잔디 등)은 고르게 성장하고 있는가? | | |
| • 습지 내 식생은 주기적으로 제거 및 적정 처리되고 있는가? | | |
| • 처리수의 유입 및 습지 내 물흐름은 원활한가? | | |
| • 월류부(체크댐)에 쓰레기, 협잡물, 식물잔재 등이 고여있지 않은가? | | |
| • 월류부는 전면을 거쳐 고르게 월류되고 있는가? | | |
| • 수위조절 장치는 적정 기능을 유지하고 있는가? | | |
| **지하흐름습지** | | |
| • 처리수의 유입 및 지하흐름습지 내 물흐름은 원활한가? | | |
| • 지하흐름습지는 쇄굴, 포락 등으로부터 안전한가? | | |
| **기타** | | |
| • 최종배출부 주변으로 배출수로 인한 쇄굴, 포락 등이 발생하지 않는가? | | |
| • 안전사고 예방시설(난간, 표지판 등)은 적절히 유지되고 있는가? | | |
| • 각 구성요소별 처리효율은 주기적으로 파악하고 있는가? | | |
| • 비상배출구는 막힘없이 상시가동상태를 유지하는가? | | |
| • 민원유발사항이나 우려요소가 있는가? | | |

## 나. 전대지구



### 6.3 인공습지

- 본 사업지구의 인공습지는 양수시설로부터 유입수를 공급받아 습지식물과 미생물에 의해 오염물질을 차단, 침전, 흡착, 산화분해 등의 기작으로 오염수를 정화시키며, 일부구간을 지하흐름습지로 계획하여 시설의 효율을 증대하였음
- 식물과 미생물 활동을 이용하므로 습지식물의 활착 및 성장촉진, 고사식물과 슬러지의 제거 등과 같은 주기적인 유지관리가 수반되어야 하며, 지하흐름습지의 여재를 주기적으로 점검·교체하여 흐름의 정체나 여재의 폐색에 대비하여야 함

#### 6.3.1 인공습지 유지관리 일반

- 습지가 정상적으로 잘 운영되기 위해서는 지속적인 관리를 요하며, 다음과 같은 사항에 초점을 맞추어야 함
  - 유입수가 미생물, 식물, 토양 등과 충분한 접촉을 갖도록 해야 함
  - 유입수의 흐름이 습지 전 지역을 골고루 통과해야 함
  - 미생물이 건강한 활동을 할 수 있는 환경을 조성해야 함
  - 식물들이 왕성히 성장하도록 유지시켜야 함
- 처리용량과 규모, 처리원수, 습지형태 등에 따라 퇴적물 제거 시기는 다를 수 있음. 인공습지의 경우 퇴적물에 의한 기능의 저하를 발견하였을 경우, 다른 오수처리방식에 비해 회복속도가 느리다는 단점이 있으므로 최선의 방법은 조기 발견으로 적절한 대처방안을 구상하는 것임
- 시험연구 결과("농업용수 수질개선 시험연구, 마산저수지")에서는 연간 퇴적물의 축적속도가 연간 약 1~2cm 이하로 조사되어 10~20년 후에 처리를 위한 필요 수심을 확보하기 어렵다고 판단될 경우 기능유지 차원에서 제거를 해야 할 필요가 있으며, 퇴적물 관리를 위한 점검내용은 아래와 같음
  - 월류보에서 처리수 월류 상황(이물질의 부착 유무 및 수평흐름의 유지)
  - 퇴적물 퇴적 깊이
  - 퇴적물에서 악취 발생
- 식재 직후에는 식물의 성장에 따라 수위를 조금씩 증가시켜야 하며, 의도하는 식물종 조성을 유도하고 잡초를 제거하기 위해 정확한 수위조절이 필요함. 또한, 습지의 유지관리를 위해서 물을 완전히 배제해야 하는 경우도 있어 수위조절 구조물의 설치가 필요함





- 식재 후 약 1년간의 수위 관리는 식물생존에 가장 중요한 요소로 작용함. 초기 성장기간 동안 2~5㎝ 크기의 작은 식물의 최적 생존과 성장을 위해서는 기질이 침수되지 않고 단지 포화만 되어 있어야 하며 이후 한두 달 동안은 많은 물이나 높으거나 낮은 수체를 유입시켜야 하고, 그 다음 6개월간은 제초 능도를 약간씩 증가시키고 유량도 증가시킴
- 몸철 성장 초기단계에서는 의도적 식물종의 유도, 잡초의 제어를 위해 수위조절이 필요함. 정상적인 운영상태의 수심은 처리하고자 하는 유입수의 특성에 따라 다르겠지만 하수를 처리하기 위한 수심은 10~20㎝, 저수지 수질개선을 위해 대규모 유량을 처리해야 할 경우 10~40㎝, 깊은 습지구간, 또는 연못의 경우 70~180㎝ 정도임. 적절한 수심의 유지는 식물생장에 매우 중요함. 작고 새로운 스펀은 잎에서 뿌리로 산소를 공급해주는 통기조직이 잘 발달되어 있지 않아 수심이 깊으면 심각한 문제를 일으킬 수 있으며, 특히 산소가 부족한 물의 경우는 더 심해짐
- 따라서 운영단계에서 각 요소들의 수위는 필요시 검사하고 조절되어야 하며, 유량조절시설의 균열이나 누수를 육안으로 점검해야 함. 일상적인 검사는 유입 및 유출구조물에서 유량의 정상적인 흐름, 습지 각 부분의 수위, 제방의 세굴이나 파손 등 점검함
- 퇴적물은 처리수 및 식물사체, 조류 사멸 등 시스템의 내부적인 기원에 의해 발생 가능하며 이에 대한 적절한 관리방안이 수립되어야 시스템의 안정성과 기능 저하 방지에 기여할 수 있음. 축적된 퇴적물의 경우 5~15년마다 제거되어야 하며 현장 관찰자의 판단에 따라 퇴적물 제거를 통해 적정 수심을 확보하고 균형적인 공간분포를 유지해야 함
- 바닥잔재물(debris and litter)은 유출부의 폐쇄현상을 막기 위해 정기적으로 제거되어져야 하며, 이를 통해 습지는 심미적으로 안정적으로 보일 수 있음
- 수위의 연중 변화는 처리효율 뿐 만 아니라 식물과 동물의 군집에 영향을 주므로 중요한 관리항목임. 항상 일정한 수위를 유지하기 보다는 식물의 성장주기에 맞추어 수위를 조절할 필요가 있으며 홍수기 또는 처리수량이 증가된 경우를 제외하고 설계 수위를 유지할 수 있도록 관리함





#### 6.3.2 인공습지 유지관리 체크리스트

- 시설관리자가 일상적으로 점검해야 할 사항에 대한 체크리스트를 다음과 같이 제시함 (월 1회 이상 점검 실시)

<표 6.3-1> 인공습지의 유지관리 점검 체크리스트

| 조합형인공습지 점검사항 | 점검결과 | 조치계획 |
|---|---|---|
| **유량조절조** | | |
| • 양수시설로부터 계획유량이 유입되고 있는가? | | |
| • 침전물이 새루유하여 월류하지 않는가? | | |
| • 유량조절조나 이물질이나 녹조, 악취 등이 발생하고 있지 않은가? | | |
| • 부산시설로 유출은 원활히 이루어지는가? | | |
| • 응집침전장치의 약품저장상태, 저장량은 적정한가? | | |
| • 응집침전장치로부터 약품이 정량 투입되고 있는가? | | |
| **얕은습지, 깊은 못** | | |
| • 습지흙벽이나 바닥의 세굴, 포락이 발생하지 않있는가? | | |
| • 습지 내의 식생(수생식물, 잡다 등)은 고르게 성장하고 있는가? | | |
| • 습지 내 식생은 주기적으로 제거 및 적정 처리되고 있는가? | | |
| • 처리수의 유입 및 습지 내 물흐름은 원활한가? | | |
| • 월류부(체크댐)에 쓰레기, 협잡물, 식물잔재 등이 고여있지 않은가? | | |
| • 월류부는 전면을 거쳐 고르게 월류되고 있는가? | | |
| • 수개수조 장치는 적정 기능을 유지하고 있는가? | | |
| **지하흐름습지** | | |
| • 처리수의 유입 및 지하흐름습지 내 물흐름은 원활한가? | | |
| • 지하흐름습지는 세굴, 포락 등으로부터 안전한가? | | |
| **기타** | | |
| • 최종배출부 주변으로 배출수로 인한 세굴, 포락 등이 발생하지 않는가? | | |
| • 안전사고 예방시설(난간, 표지판 등)은 적절히 유지되고 있는가? | | |
| • 각 구성요소별 처리효율은 주기적으로 파악하고 있는가? | | |
| • 비상배출구는 막힘없이 상시가동상태를 유지하는가? | | |
| • 민원유발사항이나 우려요소가 있는가? | | |

# [붙임 3] 수질 모니터링 계획

## 대산지구



### 6.3 배수로 수초제거

- 토공수로인 배수로에서는 수초로 인한 원활한 배수가 저해하며 특히 동절기 식물고사에 의한 오염물질 재용출 방지하기 위하여 연간 1~2회 정도 식물을 절취할 필요가 있음
- 절취시에는 식물 생장점을 보호하고, 잔재물이 최대한 남는 것을 최대한 줄이기 위하여 지면에서 10cm 상부 밑동을 절취하는 것이 좋음
- 고사체를 태우는 경우는 인의 유출농도가 증가하고, 화재 위험이 있어 권장하지 않음
- 수초 제거 후 유역외로 반출하여 오염물질이 재유입되는 것을 방지 할것

### 6.4 모니터링 계획

- 농업용수 수질관리를 위하여 매월1회 시설관리자에 의한 시설 점검과 연4회 수질측정망에 의한 저수지 수질조사 및 시설 준공 후 4년 시점부터는 별도의 효과검증을 위한 사후모니터링을 실시할 계획임

<표 6.4-1> 수질개선시설 모니터링 계획

| 구 분 | 시설점검 | 수질측정 | 사후모니터링 |
|---|---|---|---|
| 내 용 | 인공습지, 침강지, 양수시설 운영상태 점검<br>식생성장 상태, 쓰레기 유입·막힘 등 점검<br>잡초제거 및 보식 등 실시 | 저수지에 대한 TOC, T-N, T-P, 중금속 등 19항목 조사 | 인공습지 유출입부, 침강지 유출입부 수질 및 퇴적물 조사를 통한 효율 점검 및 개선방안 도출 |
| 주 기 | 월 1회 이상 | 연 4회 이상 | 준공 후 4년 시점부터 |



## 전대지구



### 6.4 모니터링 계획

- 농업용수 수질관리를 위하여 매월1회 시설관리자에 의한 시설 점검과 연4회 수질측정망에 의한 저수지 수질조사 및 시설 준공 후 4년 시점부터는 별도의 효과검증을 위한 사후모니터링을 실시할 계획임

<표 6.4-1> 수질개선시설 모니터링 계획

| 구 분 | 시설점검 | 수질측정 | 사후모니터링 |
|---|---|---|---|
| 내 용 | 인공습지, 침강지, 양수시설 운영상태 점검<br>식생성장 상태, 쓰레기 유입·막힘 등 점검<br>잡초제거 및 보식 등 실시 | 저수지에 대한 TOC, T-N, T-P, 중금속 등 19항목 조사 | 인공습지 유출입부, 침강지 유출입부 수질 및 퇴적물 조사를 통한 효율 점검 및 개선방안 도출 |
| 주 기 | 월 1회 이상 | 연 4회 이상 | 준공 후 4년 시점부터 |

## 9.13 보고회 및 기술검토회 결과

### 9.13.1 착수보고회('20.05.12)결과

"농어민과 함께 농어촌을 위해!"

한국농어촌공사

수신자 내부결재
(경유)
(참조)
제 목 2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사 착수보고회 결과보고

1. 관 련 : 경기수자원-1316(2020.04.29.)호[착수보고회 실시]
2. 대산지구 수질개선사업 기본조사 착수보고회를 개최하고 그 결과를 다음과 같이 보고합니다.
   가. 목 적 : 수질개선사업 기본조사 추진방향 설정 및 본사·본부·지사 의견수렴 등
   나. 일시 및 장소 : 2020.05.12.(화) 14:00~16:00, 경기본부 3층 산정호수
   다. 참석자 : 수자원관리부장 등 9인
   라. 주요 검토내용
      ○ 정확한 현장조사(오염원조사, 측량 등) 결과를 바탕으로 기본계획 수립 필요
      ○ 상류 오염원 및 유역관련대책과 연계하여 고효율 수질저감공법 선정
        - 양수형 저수지 및 간접유역 오염특성을 고려한 공법 선정
        - 주요 시설물 및 공법별 비교검토를 통한 합리적 공법 선정
      ○ 수질조사 및 현황측량 등 현장조사시 안전교육 철저 시행 등
   마. 처리계획 : 검토결과 용역사 통보 → 기본조사 반영
   바. 향후계획 : 중간보고 8월 12일 예정

붙 임 : 대산지구 수질개선사업 기본조사 착수보고회 결과보고 1부. 끝.

담당자 차장 수자원관리부장 경기지역본부장

협조자

시행 경기수자원-1427 ( 2020.05.14. ) 접수 ( )
우 16346 수원시 장안구 정자동 571-1 / http://www.ekr.or.kr
전화 031-250-3078 /전송 031-250-3634 / ironpipe@ekr.or.kr / 비공개(5)

"같이가요. 함께해요. 행복 농어촌!"

# '20년 대산지구 수질개선사업 기본조사 착수보고회 결과보고

(수자원관리부, '20.05.14.)

## ❑ 개최현황

○ 목 적 : 기본조사 추진방향 설정 및 본사·본부·지사 의견수렴

○ 일시 및 장소 : '20. 5. 12.(화), 14:00~ , 본부 3층 회의실(산정호수)

○ 검토위원 : 수자원관리부장 등 9인

※ 위원구성 : 수자원관리부 4, 사업계획부 1, 강화·옹진지사 1, 환경사업처 3

## ❑ 주요 검토결과

○ 정확한 현장조사(오염원, 측량 등) 결과를 바탕으로 기본계획 수립 필요

○ 상류 오염원 및 유역관련대책을 연계하여 수질저감공법 선정 필요

- 오염도가 비교적 높은 배수로 유입수를 정화 후 저수지 유입할 수 있는 방안 검토
- 양수형 저수지 및 간접유역 오염특성을 고려하여 공법 선정
- 주요 시설물 및 공법별 비교검토를 통한 합리적인 공법 선정

○ 전략환경영향평가 및 문화재지표조사 등 원활한 추진을 위해 일정엄수 필요

○ 수질조사 및 현황측량 등 현장조사시 실무자 안전교육 철저

## ❑ 향후계획

○ 중간보고 : 8월 12일 예정

○ 용역준공 : 11월 30일 예정

※ 기본조사 용역현황

◦ **설계사** : ㈜서영엔지니어링

◦ **용역금액/용역기간** : 53,696천원/2020.04.21.~11.30.(224일)

◦ **주요사업내용**

- 지구명 : 대산지구(강화군 송해면 숭뢰리 소재)
- 오염원조사, 수질조사 및 모델링, 토목측량 및 설계, 보고서 작성 등

- 1 -

## 참고 1 참석자 명단

### 대산지구 수질개선사업 기본조사 착수보고회 참석자 명단

- ▢ 안 건 : 대산지구 수질개선사업 기본조사 착수보고
- ▢ 일시·장소 : 2020. 5. 12(화) 14:00~, 본부 3층 산정호수
- ▢ 참석자 명단

| 구 분 | 소 속 | 직급 | 성 명 | 서 명 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|
| 경기지역 본부 | 수자원관리부 | 2급 | 이영복 | 이영복 | 위원장 |
| | 〃 | 3급 | 유병수 | 유병수 | 위원 |
| | 〃 | 3급 | 김홍건 | 김홍건 | 위원 |
| | 〃 | 3급 | 김상진 | 김상진 | 위원 |
| | 〃 | 4급 | 이충제 | 이충제 | 위원 |
| | 〃 | 4급 | 최철관 | 최철관 | 간사 |
| | 사업계획부 | 4급 | 박주혁 | 박주혁 | 위원 |
| | 강화·옹진지사 | 5급 | 이성원 | 이성원 | 위원 |
| 본 사 | 환경사업처 | 3급 | 장인호 | 장인호 | 위원 |
| | 환경사업처 | 4급 | 최준혁 | 최준혁 | 위원 |
| | 환경사업처 | 4급 | 함종화 | 함종화 | 위원 |
| 서영엔지니어링 | 수자원부 | 상무 | 박용수 | 박용수 | 용역사 |
| | 〃 | 부장 | 한상수 | 한상수 | 용역사 |
| | 〃 | 부장 | 김창섭 | 김창섭 | 용역사 |

※ 본사, 지사는 업무담당자 참석

- 2 -

## 붙임 2 착수보고 회의 사진

착수보고회 전경

착수보고회 전경

- 3 -

## 붙임 3 자문의견

1. 수자원관리부

| 구분 | 자문의견 | 답변 및 조치계획 | 비고 |
|---|---|---|---|
| 1 | • 양수형 저수지 형식을 고려하여 양수된 하천수를 인공습지 등 저감시설로 직접 유입시켜 오염농도가 저감된 하천수를 저수지로 유입될 수 있는 방안을 검토하기 바람 | • 양수된 하천수를 직접 저감시설로 유입시키는 방안을 우선적으로 검토하겠음 | |
| 2 | • 강화지사에서 시행중인 다목적 농촌용수 사업과 금회 사업과의 연계성 검토요망 | • 강화지사와 업무협조를 통해 다목적 농촌용수 사업 등 관련계획과의 연계성을 검토하겠음 | |
| 3 | • 장치형 시설 적용시 저감효율 등 저감효과를 실측결과를 기준으로 제시하여 반영여부를 검토하기 바람 | • 저감시설에 대한 저감효과를 실측결과 등 정량적인 근거를 제시하여 적용 가능여부를 판단하겠음 | |
| 4 | • 전략환경영향평가 및 소규모환경영향평가가 동시에 시행 예정이므로 조속한 기본구상(안) 제시 필요<br>- 계획평면도, 일반도 등 우선적 작성요망 | • 본사 수질개선 사업일정을 반영하여 금회 기본조사 공정계획을 수립하겠음 | |
| 5 | • 전략환경영향평가 등 관련계획에서 주민설명회 시행시 참석요망(필요시 사업내용 설명) | • 관련계획에서 시행하는 주민설명회 등에 적극적으로 참여하겠음 | |
| 6 | • 관련근거 및 기준에 맞는 정확한 용어사용<br>- 농업용수기준 → 농업용수 관리기준 또는 "환경정책기본법 시행령 별표1"에 따른 호소 수질기준 | • 보고서 및 보고자료 작성시 관련근거 및 기준에서 사용하는 정확한 용어를 사용하겠음 | |
| 7 | • 농어촌공사 수질측정망 측정결과와 금회 수질조사 결과에 대한 비교검토 필요<br>- 동일지점 및 측정시기가 비슷할 경우 측정결과가 크게 차이나는 경우 원인분석 및 필요시 추가조사 시행 | • 농어촌공사 수질측정망 측정값과 금회 수질조사 결과를 비교검토 하여 수질조사 결과에 대한 신뢰도를 제고하겠음 | |
| 8 | • 호내 수질조사 시행시 조사지점을 최소화 하고 조사횟수를 증가시키는 것이 합리적으로 판단되며, 양수형 저수지 형식을 고려하여 실제 양수시(평시) 수질조사 필요 | • 수질조사 위치, 조사횟수 등을 발주처와 협의하여 시행하겠음 | |

- 4 -

| 구분 | 자문의견 | 답변 및 조치계획 | 비고 |
|---|---|---|---|
| 9 | • 과업기간 준수요망 | • 과업기간을 준수하겠음 | |
| 10 | • 식생계획 수립시 지역에서 자생하는 식재반영 | • 현지 자생가능한 식재를 중심으로 식재계획을 수립하겠음 | |

## 2. 환경사업처

| 구분 | 자문의견 | 조치계획 | 비고 |
|---|---|---|---|
| 1 | • 호내 수질오염저감대책 수립시 상류지역과 연계한 종합대책 수립 필요<br>- 강화군 등 관계기관과 연계하여 상류지역 오염원에 대한 저감대책 검토 | • 강화군 등 관련기관 자료조사 및 업무협조를 통해 마을하수도 정비사업 등 유역내 오염저감 대책을 조사 및 제안하겠음 | |
| 2 | • 수질오염 저감대책 적용시 시설규모, 저감효율 등 관련근거를 보고서에 수록 | • 수질오염 저감시설에 대한 저감효과를 정량적 근거에 의해 보고서에 제시하겠음 | |
| 3 | • 기본계획 수립시 유지관리가 중요하며 실제 시설물을 운영하는 지사의 의견 반영 필요<br>- 강화·옹진 지사와 저감대책 공법, 시설물 등 협의 필요 | • 과업수행시 강화·옹진지사 및 시설물 운영을 담당하는 강서지소와 협의하여 저감대책을 수립하겠음 | |
| 4 | • 인공습지 조성시 유수흐름을 원활히 할 수 있도록 측량조사 철저 및 인공습지 조성시 사면부 불투수성 설계반영 필요 | • 금회 정량적인 측량성과를 토대로 저감대책을 수립하겠으며, 인공습지 사면부 불투수 설계를 반영하여 유량손실을 최소화 하겠음 | |
| 5 | • 수질조사 및 측량시 기존 자료 활용 요망 | • 농어촌공사 수질측정망 조사결과 및 수심측량 자료를 비교자료로 활용하겠음 | |
| 6 | • 금회 기본조사 용역 수행시 본사 수질개선사업 전체 일정과 연계한 공정 및 일정계획 수립 | • 본사 수질개선 사업 전체 일정을 고려하여 금회 공정계획을 수립하겠음 | |

| 구분 | 자문의견 | 조치계획 | 비고 |
|---|---|---|---|
| 7 | • 수질오염원인 파악 후 원인에 따른 저감대책 수립 필요 | • 수질오염원에 대한 정확한 조사를 토대로 원인별 저감대책을 수립하겠음 | |
| 8 | • 양수형 저수지는 실제 양수되는 용수의 유량 및 오염농도 조사가 필요하므로 오염원 유입시기인 양수기에 맞춰 수질조사 시행 | • 저수지 양수시기를 고려하여 수질조사를 시행하겠음 | |

## 3. 강화·옹진 지사

| 구분 | 자문의견 | 답변 및 조치계획 | 비고 |
|---|---|---|---|
| 1 | • 승뢰양수장 구조를 고려한 저감대책 수립필요<br>- 수문3개소 및 양수펌프 규모 및 가동규모 등 | • 양수장 구조 및 실제 운영 현황을 고려하여 저감대책을 수립하겠음 | |
| 2 | • 대산저수지 실제운영은 강서지소에서 담당하므로 해당지소와 협의필요 | • 해당 지소와 업무협의를 통해 저감대책을 수립하겠음 | |

## 4. 기타의견

| 구분 | 자문의견 | 답변 및 조치계획 | 비고 |
|---|---|---|---|
| 1 | • 장래 수질오염부하량 산정시 마을하수도 계획을 반영하여 검토필요<br>- 현재 사업대상 유역내 마을하수처리장 공사가 시행중에 있음 | • 관련계획 조사를 통해 오염저감시설 규모 및 사업일정 등을 반영하여 장래 수질오염부하량 산정시 기초자료로 활용하겠음 | |
| 2 | • 취입시설에 대해 원격제어, CCTV 등 자동화 시설 반영 요망(자동 유량 측정장치 조사필요) | • 수질오염 저감시설에 대한 자동화 운영계획을 반영하겠음 | |
| 3 | • 누락공정이 없도록 사업비 산정 철저<br>- 관리용 도로 조성시 외부 순성토 필요<br>- 가체절 비용 반영<br>- 인공습지 조성시 준설토 사용 가능여부 판단 필요 → 오니토 판정시 폐기물 처리 | • 발주처(본사, 본부 등)와 Feed-Back 과정을 통해 사업이 누락을 방지하겠음 | |
| 4 | • 호내 인공습지 계획시 저수지 내용적 변화가 없도록 성토, 준설 등 토공밸런스 최소화 | • 저수지 내용적 변화가 없도록 토공계획을 수립하겠음 | |

- 6 -

## 참 고 4 기본조사 세부업무내용

○ 유역현황 및 환경조사

- 지구현황조사 : 사업지구 주변의 자연환경 및 인문·사회환경 등 조사
- 수리.수문조사 : 유입하천 특성 및 강수량 등 기상자료 조사·분석
- 오염원조사 : 유역내 축사, 산업시설 등 주요 오염원 현장조사
- 수질조사 : 유입하천과 저수지의 수질현황을 파악하기 위한 현장조사
- 퇴적물조사 : 저수지 퇴적물의 토성 및 오염도 분석

○ 토목조사, 수질예측 및 기본설계

- 수질개선대책시설 설치예정지, 유입하천 지형 및 하천 종·횡단 측량
- 수질모형 구축 및 검·보정, 장래 오염원 및 수질예측
- 수질개선대책시설 기본설계 및 개략사업비 산출 등

○ 시설물 위치 지층성상 및 지반공학적 특성 파악을 위한 지질조사 **(별도 발주)**

○ 매장문화재 지표조사 **(별도 발주)**

- 대책시설 설치예정부지 매장문화재 조사

○ 수질개선대책 기본구상(안) 수립

- 환경조사 및 개선대책 대안별 검토 결과를 바탕으로 기본구상(안) 수립

○ 기술검토회 개최

- 수질개선공법 및 사업추진방향 등에 대한 대내·외 관계전문가 자문 실시, 전문가 의견을 반영하여 기본계획(안) 확정

○ 기타

- 원활한 사업시행을 위한 관련기관 업무협의 추진, 필요한 자료 수집 등

**[참고 : 기본조사 시행순서]**

예정지조사(1~2월, 본부) → 기본조사 지구 선정(3월, 농식품부) → 총괄시행계획 수립(본사, 3월) → 본부별 시행계획 수립 및 기본조사 시행(3~11월, 본부) → 전략환경영향평가시행(6~11월, 본사) → 매장문화재지표조사시행, 기술검토회 실시(9~10월, 본부) → 기본계획(안) 수립 및 보고서 제출(11~12월, 본부·본사) → 사업비 정산(11~12월, 본부·본사)

- 7 -

<덧붙임> 지구별 기본조사 조사계획도

<대산저수지 수질개선사업 조사계획도>

- 8 -

### 9.13.2 중간보고회('20.10.08)결과

*"농어민과 함께 농어촌을 위해!"*

# 한국농어촌공사

수신자 내부결재
(경유)
(참조)
제 목 **대산지구 수질개선사업 기본조사 중간보고회 결과보고**

1. 관 련 : 관 련 : 경기수자원-2593(2020.09.14.)호[중간보고회 실시]
2. 대산지구 수질개선사업 기본조사 외주용역에 대한 중간보고회(서면검토)를 실시하고 그 결과를 다음과 같이 보고합니다.
   가. 목 적 : 기본조사 설계(안) 적정성 검토 및 본사·본부·지사 의견수렴 등
   나. 일시 및 검토방법 : 2020.09.17.(수)~09.21(월), 서면검토
   다. 검토자 : 수자원관리부장 등 9인(본사 2, 본부 6, 지사 1)
   라. 주요 검토내용
      ○ 대산지구 현장여건을 고련한 시설계획 수립(양수형 저수지 특성 반영)
      ○ 인공습지 누수방지를 위한 차수공법 적용(사면보호공, 순성토 반영)
      ○ 대산저수지 내용적 적용시 시설관리자와 협의를 통한 시설제원 결정
      ○ 수질조사 결과와 오염원인 및 저감대책에 대한 상관관계 검토(모델링 포함)
   마. 처리계획 : 검토결과 용역사 통보 → 기본조사 반영
   바. 향후계획 : 지자체 협의(10월 중순), 본사 사전검토 및 협의(10월 말)

붙 임 : 대산지구 수질개선사업 기본조사 착수보고회 결과보고 1부. 끝.

담당자 수자원관리부장 경기지역본부장

협조자

시행 경기수자원-2836 ( 2020.10.08. ) 접수 ( )
우 16346 수원시 장안구 정자동 571-1 / http://www.ekr.or.kr
전화 031-250-3078 /전송 031-250-3634 / ironpipe@ekr.or.kr / 비공개(5)

*"같이가요. 함께해요. 행복 농어촌!"*

# 대산지구 수질개선사업 기본조사 중간보고회 결과보고

('20.10.08, 수자원관리부)

## ❑ 개최현황

❍ 목 적 : 기본조사 설계(안) 적정성 검토 및 본사·본부·지사 의견수렴

❍ 일시/방법 : '20.09.14 ~ 09.21 / 서면자문

❍ 자문위원 : 수자원관리부 등 9인(본사 2, 본부 6, 지사 1)

## ❑ 검토결과

❍ 주요사항

1) 대산지구 현장여건을 고려한 시설계획 수립

2) 양수장 운영계획 조정으로 저수지를 통한 농업용수 공급

3) 인공습지 누수방지를 위한 사면보호공, 순성토 반영 등 차수공법 적용

4) 대산저수지 내용적 적용시 시설관리자와 협의를 통한 시설제원 결정

5) 기존 양수장 펌프를 이용한 계획 습지내 용수공급 방안 검토

6) 수질조사 결과와 오염원인 및 저감대책에 대한 상관관계 검토

7) 수질모델링(EFDC) 시 입·출력 자료 보완 및 재검토

8) 시나리오별 시설계획 제시

❍ 검토결과 통보서 : 덧붙임 1

## ❑ 향후계획

❍ 검토내용 설계사 통보 → 기본조사 반영

❍ 지자체 업무협의 : 강화군(10.07), 인천광역시(10.14)

❍ 본사 사전검토 및 협의 : 10월 말(예정)

덧붙임 1. 검토결과 통보서 1부.
2. 자문위원 명단 1부.
3. 참고자료(기본조사 요약). 끝.

- 1 -

## 덧붙임 1 검토결과 통보서

| 위 원 | 자문위원 검토의견 | 중간보고 검토결과 | 반영여부 |
|---|---|---|---|
| 김홍건 | · 시간경과에 따른 수질변화 침전효과에 대한 수질조사 성과 제시 | · 시간경과에 따른 침전효과는 시각적인 참고자료로 침전 전·후 수질조사 결과 미반영(원수에 대한 시험성과는 보고서 수록) | · 미반영 |
| | · 유역내 토양성분중 유기탄소 함유량 제시 적정 : 유기탄소 비율 2.13% | - | - |
| 김상진 | · 대산저수지 관측수위가 높게 나타남 | · 금회 측량성과를 기준으로 관측수위를 보정하여 제시하겠음<br>(만수위 : 기존 EL.9.5m→금회 EL.7.5m) | · 반영 |
| | · 유역 표기 수정<br>(배수유역→유역, 직접 배수유역→직접유역) | · 유역 표기 용어를 수정하겠음 | · 반영 |
| | · 목표수질 달성도가 높은 시나리오4 (남측 제방내 설치) 적용 사유 | · 습지 계획을 남측 제방과 접하여 설치시 유효 저수용량 축소 및 공사중 제체 층따기 공정에 의한 제체안정성 저하 등으로 북서측 설치안(시나리오3) 적용 | - |
| | · 오존처리공법 적용시 동방저수지 실증 시험 결과를 참고하여 적용 | · 현재 조합형 습지계획 등을 통해 목표 수질을 만족하는 것으로 검토되어 추가적인 난분해성 유기물 저감시설 반영여부를 재검토하겠음 | · 재검토 |
| 유병수 | · 양수장 운영시 유입수로내 우수를 전량 호내 유입후 농업용수로 공급하는 방안 명시 | · 비구조적 대책으로 유입수로 → 저수지 → 용수로의 물순환 체계를 제시하겠음<br>(세부사항은 지사와 협의 후 반영) | · 반영 |
| | · 인공습지 형식 검토 필요<br>- 지하흐름습지는 유지관리가 어려워 단순한 지표흐름습지 설치방안 검토 | · 지표흐름습지 만으로 호소 수질기준 4등급 (TOC 기준 6mg/L 이하) 목표달성이 제한적으로 저감효율이 높은 조합형 습지를 적용하였음 | · 미반영 |
| | · 침강지 설치 불필요<br>- 양수형 저수지로 하천이 침강지 역할 | · 침강지 설치로 호내 오염물 확산 방지 및 오염도가 높은 침강지내 호소수를 양수하여 습지의 오염물질 저감효율을 증가할 수 있도록 계획하였으나 설치 여부는 재검토하겠음 | · 재검토 |
| 이성원 | · 친수공간을 제외하여 인공습지로 조성 | · 친수공간으로 인공습지 선형을 조정하여 저수지 유효용량 감소를 최소화 하겠음 | · 반영 |
| | · 현장여건에 맞는 유입수로내 저감시설 계획 반영요망 | · 저감시설 계획시 지사와 협의하여 현장여건을 반영한 계획을 수립하겠음 | · 반영 |

- 2 -

| 위 원 | 자문위원 검토의견 | 중간보고 검토결과 | 반영여부 |
|---|---|---|---|
| 장인호 | · 저감시설 계획시 유지관리가 용이하고 유입수로내 저감시설 확정전, 수질개선 사업 준공후 지사와 사전협의 필요 | · 저감시설 계획시 지사와 협의하여 최종 시설물 계획을 수립하겠음 | · 반영 |
| | · 인공습지 누수방지를 위한 사면보호공 및 순성토 토공계획 반영 | · 습지내 누수방지를 위해 사면보호공 (식생매트) 및 차수매트 반영<br>순성토 토공계획은 사업비를 고려하여 적용여부를 결정하겠음 | · 반영 |
| | · 침강지 부댐 계획시 유지관리를 위해 상부폭 확보 | · 침강지 부댐 상부폭을 유지관리가 용이하도록 확폭하여 반영하겠음 | · 반영 |
| | · 대산저수지 내용적 등은 시설관리자와 협의하여 기본조사에 반영 요망 | · 수심측량 등 금회 측량성과를 준용하여 지사와 협의하여 기본조사에 반영하겠음 | · 반영 |
| 함종화 | · 기존 양수장 펌프를 이용한 습지내 계획유량 공급방안 및 유입수로내 취수방안 검토 | · 인공습지 수위는 EL.8.7m로 조성되어 양수장 집수정 수위 EL.7.72m (대산저수지 계획홍수위 EL.7.5m) 고려시 자연유하 불가능<br>→ 별도 펌프설치 필요하며 습지내 용수 공급시 기존 양수장 펌프 추가 가동 필요<br>· 유입수로 수위는 약 EL.1.0m로 인공습지로 직접 유입시 양정고가 높고 배송거리가 길어져 경제성, 유지관리성 저하 | · 미반영 |
| | · 대산저수지 오염원인 및 적정 저감대책 반영여부 제시 | · 유역내 토양의 유기탄소 비율이 크지 않은 것으로 검토되었으나, 하천 및 저수지 특성상 하도내 수문 및 양수형 저수지로 인해 정체수역이 발생하여 오염물질의 축적으로 오염농도가 증가하는 것으로 판단됨<br>· 이는 3차 수질조사시 선행강우 발생으로 인하여 승룡천 하류 수문이 개방되었고 이로 인해 1~2차 수질조사 결과보다 수질오염 농도가 전반적으로 낮아지는 조사결과를 보임<br>→3차 수질조사 결과 승룡천 수문개방으로 저수지 보다 상대적으로 하천의 오염농도가 크게 감소하였음<br>· 이에, 비구조적 대책으로 저수지를 통한 농업용수 공급방안 제시(물순환 계획)<br>→저수지의 경우 농업용수 확보를 위해 물순환이 제한적으로 인공습지를 계획 | · 반영 |
| | · 금회 수질조사 결과를(3회) 기준으로 수질모델링 분석시 모의결과의 신뢰성 하락<br>- 유역모델을 이용한 입력자료 구축 제안 | · 간접유역으로 조성된 양수형 저수지 특성 및 하천내 기설치 수문으로 인하여 유역모델 적용은 제한적으로 판단됨<br>· 최근 5개년 양수장 펌핑자료 및 물수지 분석에 의한 용수공급 자료를 이용하여 일 단위 유입, 유출량 등 매개변수 적용<br>· 수질모델링 검보정을 통해 성과보완 예정 | · 반영 |
| | · 시나리오별 저감시설계획 제시 요망 | · 시나리오별 저감시설 종류 및 규모를 제시하겠음 | · 반영 |

- 3 -

## 덧붙임 2 자문위원 명단

| 구 분 | 소 속 | 직급 | 성 명 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| 경기지역 본부 | 수자원관리부 | 2급 | 이영복 | 위원장 |
| | 〃 | 3급 | 유병수 | 위원 |
| | 〃 | 3급 | 김홍건 | 위원 |
| | 〃 | 3급 | 김상진 | 위원 |
| | 〃 | 4급 | 최철관 | 용역감독 |
| | 사업계획부 | 3급 | 이민재 | 용역감독 |
| | 강화·옹진지사 | 4급 | 이성원 | 위원 |
| 본 사 | 환경사업처 | 3급 | 장인호 | 위원 |
| | 환경사업처 | 4급 | 함종화 | 위원 |

- 4 -

## 덧붙임 3 대산지구 수질개선사업 기본조사 설계(안) 요약자료

❑ 목 적 : 양질의 농업용수 공급, 친수환경 제공, 생태계 보전 등

❑ 대 상 : 인천광역시 강화군 송해면 숭뢰리 대산저수지

❑ 시설제원

| 구분 | 시설제원 | 위치도 | 전경사진 |
|---|---|---|---|
| 소 재 지 | 송해면 숭뢰리 | | |
| 설치년도 | 1980년 | | |
| 유역면적 | 1,880 ha | | |
| 유효저수량 | 1,271천$m^3$ | | |
| 수혜면적 | 289 ha | | |
| 만수면적 | 29 ha | | |
| 관리주체 | 강화옹진지사 | | |

❑ 유역특성 및 수질현황

○ 유역특성 : 양수형 저수지로 농경배수 재이용 및 호내 우수 유출정체가 주오염원

○ 수질현황

| 구 분 | 15 년 | 16 년 | 17 년 | 18 년 | 19 년 | 평 균 | 호소 생활환경 기준(4등급) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 년 강수량(mm) | 647 | 1,100 | 809 | 1,072 | 1,079 | 941 | - |
| TOC(mg/L) | 8.8 | 6.8 | 6.3 | 7.1 | 6.4 | 7.1 | 6 이하 |
| T-P(mg/L) | 0.081 | 0.037 | 0.036 | 0.069 | 0.037 | 0.053 | 0.100 이하 |
| T-N(mg/L) | 0.992 | 0.794 | 0.887 | 0.92 | 1.052 | 0.93 | 1.00 이하 |

○ 수질오염원인 : 주오염원 - 축산계, 토지계(농경지, 임야)(난분해성 물질)

· 수질분석 결과 : TOC 항목을 제외한 총인, 총질소는 Ⅳ등급 유지

· TOC분석 결과 : 유입수로 14.8 ~ 15.3 mg/L > 저수지 7.0 ~ 7.4 mg/L

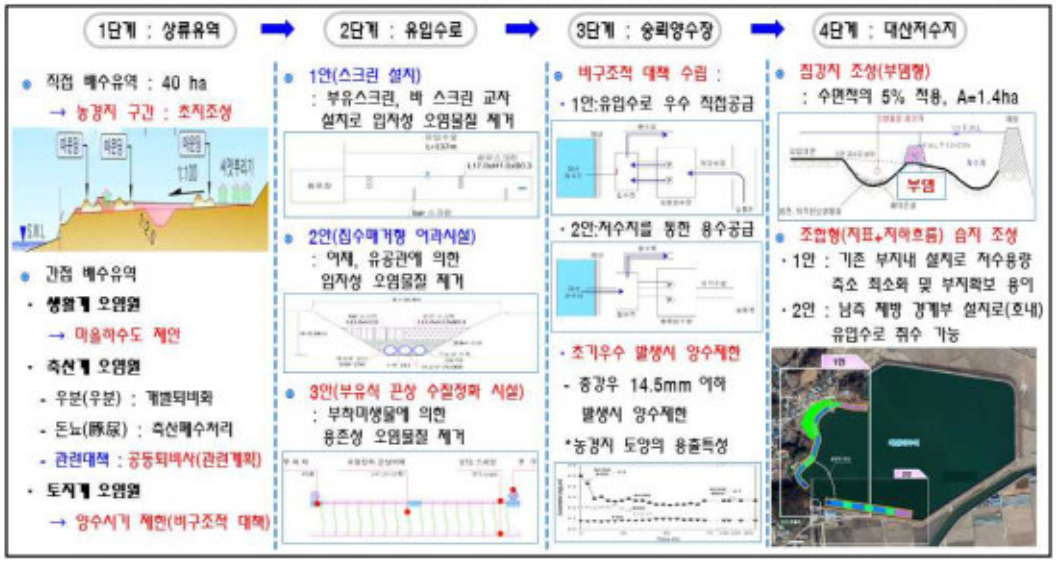
⇒ 양수형 저수지 특성 및 호내 오염물질 침전, 광분해 등의 자정작용에 의해 오염물 농도 감소

- 5 -

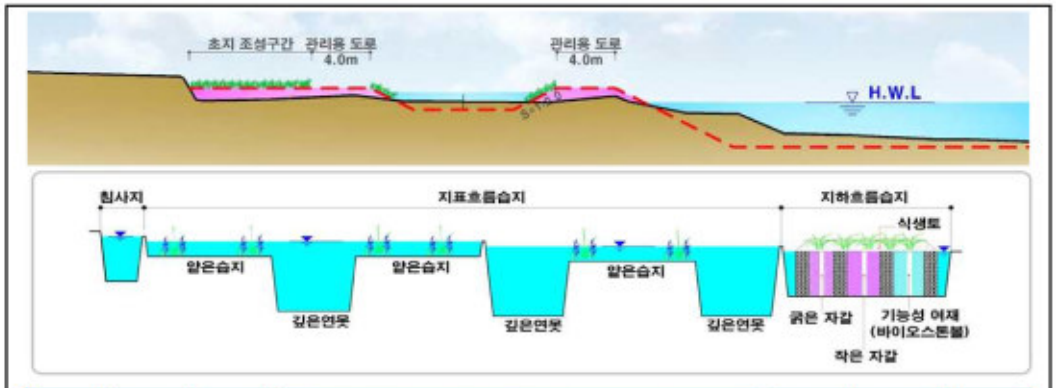
## ❑ 기본조사 구상(안)

### ○ 수질개선 시스템 구성

- 유입수로 저감시설(부유식 끈상 공법) 설치, 침강지(부댐형) 1.4ha, 조합형습지 4,200㎥/일




### ○ 조합형 습지 구성




| 구분 | 계 | 침사지 | 지표흐름습지 | | | | | | 지하흐름습지 | 유하거리 | 장폭비 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 얕은습지 | 깊은연못 | 얕은습지 | 깊은연못 | 얕은습지 | 깊은연못 | | | |
| 수면적 | 6,000㎡ (100%) | 300㎡ (5%) | 900㎡ (15%) | 600㎡ (10%) | 900㎡ (15%) | 600㎡ (10%) | 900㎡ (15%) | 600㎡ (10%) | 1,200㎡ (20%) | 1안:462m 2안:300m | 1안-36:1 2안-15:1 |
| 수 심 | - | 1.0m | 0.4m | 1.5m | 0.4m | 1.5m | 0.4m | 1.5m | 1.0m | | |
| 체류시간 | 24hr | 1hr | 2hr | 3.5hr | 2hr | 3.5hr | 2hr | 3.5hr | 5.5hr | | |

## ❑ 향후계획 : 최종보고 11월 예정

- 6 -

### 9.13.3 기술자문회의('20.11.18)결과

*"농어민과 함께 농어촌을 위해!"*

# 한국농어촌공사

수신자 수자원관리부장
(경유)
(참조)
제 목 2020년 「대산지구 수질개선사업 기본조사」 기술검토위원회 결과 알림

1. 관련: 경기사업-1173(2020.11.27.)호.
2. '20년 신규지구로 추진하고 있는 「대산지구 수질개선사업 기본조사」에 대한 기술적 타당성 검토를 위해 기술검토위원회를 개최하고, 그 결과를 붙임과 같이 알려드리니 관련업무에 참고하시기 바랍니다.

가. 검토대상 : 대산지구 수질개선사업 기본조사(안)

| 구분 | 시간 | 지구명 | 관할지사 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| 11. 18(수) | 13:00 | 대산 | 강화옹진지사 | |

나. 회의장소 : 오운 세미나실(오송역 인근)

다. 검토위원 : 붙임 참고

라. 검토결과 : 붙임 참고

붙임 관련문서 1부. 끝 .

## 사업계획부장

담당자 사업계획부장

협조자

시행 경기사업-1190 ( 2020.12.02. ) 접수 경기수자원-3435 ( 2020.12.03. )
우 16346 경기도 수원시 장안구 장안로 347번길 / http://www.ekr.or.kr
전화 031-250-3660 /전송 031-250-3630 / joohyuk@ekr.or.kr / 비공개(5)

*"같이가요. 함께해요. 행복 농어촌!"*

# 대산지구 기술검토위원회 결과보고

1. 검토안건 : 대산지구 농업용수 수질개선사업 기본조사(안)
2. 목　　적 : 기본조사(안) 적정성 검토 및 전문가 의견수렴
3. 일시/장소 : 2020. 11. 18.(수) / 오운(오송역) 세미나실
4. 검토위원 : 위원장 외 7인
5. 제안요지
   - ❍ 대산지구 수질개선사업 기본조사(안)에 대한 기술적 타당성과 합리성을 검토하여 기본조사(안)을 확정・의결하고자 함
6. 의결사항
   - ❍ 원안대로 의결하되 다음사항은 검토하여 보완하기 바람
     1) 저수지 유입수를 직접 정화하는 기계식 대책 검토
     2) 수질정화 및 용수공급체계가 유기적 운영될 수 있는 방안 검토
     3) 상류오염원 대책 구체적 제시 및 수질예측 등 시나리오 추가
     4) 사업 준공 후 유지관리 매뉴얼 작성 필요
     5) 유지관리를 위한 관리도로 진입위치 및 방법 검토
7. 향후계획
   - ❍ 검토내용 추가 검토 후 기본조사 반영
   - ❍ 용역준공 : 12월

덧붙임 : 1. 기술검토 결과 및 처리계획 1부.
2. 참석자명단 1부.
3. 회의사진 1부.
4. 회의록 1부.
5. 위원별 자문의견서 1부.

- 1 -

# 덧붙임 1 자문의견 조치계획

## 2.3.1 강창엽 위원 (농림축산식품부)

| 구분 | 자문의견 | 조치계획 | 비고 |
|---|---|---|---|
| 1 | • 저수지 유입수를 직접 정화하는 기계식 대책 검토 | • 소규모 폐수처리시설 등 기계식 대책을 검토하겠음 | 반영 |
| 2 | • 정화체계, 용수공급 체계가 유기적으로 운영될 수 있는 방안 제시 | • 수질오염 저감체계와 용수공급 체계를 검토하여 유기적인 운영방안을 제시하겠음 | 반영 |
| 3 | • 상류 오염원 대책을 보다 구체적으로 제시하고(농약 사용줄이기 캠패인 등) 관계부처 명시 | • 농업환경보전 프로그램 등 유역대책을 제시하겠음 | 반영 |
| 4 | • 상류 오염원 대책 추진 시 수질예측, 대책(안) 등 시나리오 추가 검토 | • 금회 제안한 마을하수도 설치 등 상류 오염원 대책을 시나리오에 반영하여 추가적인 검토를 수행하겠음 | 반영 |

## 2.3.2 김이부 위원 (수질환경부)

| 구분 | 자문의견 | 조치계획 | 비고 |
|---|---|---|---|
| 1 | • 사업 준공 후 유지관리메뉴얼 작성하여 관리자가 바뀌더라도 양수시기, 강우시 하천수(숭릉천) 공급 시기 등에 대한 상세 메뉴얼 작성이 필요함 | • 추후, 세부설계 등 시설계획 수립시 숭릉양수장 및 조합형습지 운영계획 등 상세 매뉴얼을 포함한 유지관리 계획을 수립하겠음 | 반영 |
| 2 | • 유역 농경지 비점오염 역량 강화 검토필요 | • 사료작물 재배지 권고 시비량, 비료사용 처방 등 농경지 비점오염 저감대책을 보고서에 제시하겠음 | 반영 |
| 3 | • 용수공급체계 명확하게 표시<br>• 수질개선체계 명확하게 표시 | • 용수공급 및 수질개선 체계를 시설 관리자와 협의하여 명확하게 제시 하겠음 | 반영 |

- 1 -

### 2.3.3 박구성 위원 (농어촌연구원)

| 구분 | 자문의견 | 조치계획 | 비고 |
|---|---|---|---|
| 1 | • 인공습지 말단부에 유량계 설치<br>- 습지내부 현황 및 흐름파악에 유입부보다 말단부설치가 이로울 것 같음 | • 인공습지내 유량계를 하류단으로 조정하여 계획하겠음 | 반영 |
| 2 | • 습지내 수로 등 접근 관리도로 필요<br>- 유지 및 조사 등을 위해 필요함 | • 습지 경계부에 관리용 도로를 계획하였으며 습지 내부로 진입할 수 있는 진입시설(계단 블록 등)을 반영하겠음 | 반영 |

### 2.3.4 김경진 위원 (성균관대학교)

| 구분 | 자문의견 | 조치계획 | 비고 |
|---|---|---|---|
| 1 | • 유입 오염부하량 검토<br>- 생활계 유입 오염부하량이 크지 않고 인근 하천에서 유량공급이 가능하므로 처리 가능할 것으로 판단 | - | |
| 2 | • TOC 수질검토<br>- TOC의 경우 NOM(Natural Organic Matters) 유입 영향도 크므로 수질검토시 단독보다는 COD, BOD의 추세와 비교하여 검토하는 것이 적합 | • TOC 검토시 COD, BOD 추세와 함께 검토하겠음 | 반영 |
| 3 | • 저감시설 계획<br>- 부유성 끈상스크린 설치 선정 타당성 사유 적음<br>- 실질적인 용존물질 제거효율이 미약하다고 판단<br>- 주 target 제거물질이 screening 인지 또는 용존물질 제거 대상인지 불명확<br>- 수로에 설치시 일부 효과 기대 | • 부유식 끈상 스크린은 미생물 부착 끈상접촉여과공법의 간이형 시설로 고정형 스크린 공법을 대체한 시설임<br>• 일반적인 스크린의 경우 단순 세목 스크린 형태로 조성되어 유송잡물 제거 외 수질오염저감 효과가 크지 않은 것으로 판단되어 금회 유입수로내 미생물 접촉에 의한 부유식 끈상 스크린 공법을 적용하였음 | 반영 |
| 4 | • 수질개선사업<br>- 전반적으로 타당하며 오염부하가 크지 않아 타당성 있는 것으로 판단 | - | |

### 2.3.5 정기수 위원 (인천광역시 농축산유통과)

| 구분 | 자문의견 | 조치계획 | 비고 |
|---|---|---|---|
| 1 | • 기초자료 조사<br>- 19년 아프리카 돼지 열병 발생으로 강화군내 돼지 전 두수 살처분 하였음<br>- 축사내 재입식 지연으로 폐업농가가 발생하고 있으니, 과업 종료전 재조사가 필요하다고 생각됨 | • 유역내 축산현황은 사업지구가 위치한 강화군 송해면에서 제공받은 축산업 허가(등록) 현황(2020.04.30기준)임<br>• 금회 사업의 저감목표는 2030년으로 기존 축산현황은 향후 변경이 없는 것으로 가정하였음<br>• 추후, 세부설계 등 세부과업 진행시 추가적으로 축산현황을 재조사하겠음 | 반 영 |

### 2.3.6 이성원 위원 (강화·옹진 지사)

| 구분 | 자문의견 | 조치계획 | 비고 |
|---|---|---|---|
| 1 | • 관리도로 관련<br>- 사업진행 및 준공이후 조합형습지와 양수장 유지관리에 유용하도록 관리도로 진입위치나 방법 검토 | • 금회 습지 관리용도로는 현재 제방에서 진입할 수 있도록 계획하였으며 세부적인 사항은 추후, 세부설계시 시설관리자(강화.옹진 지사)와 별도 협의하겠음 | 반영 |

### 2.3.7 서동규 위원 (평택 지사)

| 구분 | 자문의견 | 조치계획 | 비고 |
|---|---|---|---|
| 1 | • 직접유역에서 유출되는 생활하수도 인공습지에서 수질정화 필요 | • 금회 인공습지 조성시 직접유역 생활하수를 유입도록 계획하였음 | 반영 |
| 2 | • 인공습지 일처리량을 고려하여 펌프구경 검토 필요 | • 일처리량을 고려하여 펌프구경을 결정하고 교번운전 등을 고려하여 예비로 1대를 계획하겠음 | 반영 |
| 3 | • 침강지 설치시 유지관리를 위해 침강지내 관리도로(폭 4미터 콘크리트 포장) 설치 검토 | • 침강지내 관리도로는 사용빈도가 매우 낮아 미설치. 다만 인공습지의 유지관리를 위해 관리도로 설치 | 미반영 |

## 덧붙임 2 참석자 명단

### 대산지구 기술검토회 위원 명단

| 구 분 | 소 속 | 직 위 | 성 명 | 서 명 |
|---|---|---|---|---|
| 위 원 장 | 사업계획부 | 부 장 | 김 국 현 | 김국현 |
| 위 원 | 농림축산식품부 (농업기반과) | 사무관 | 강 창 엽 | 강창엽 |
| 위 원 | 성균관대학교 (건설환경연구소) | 교 수 | 김 경 진 | 김경진 |
| 위 원 | 인천광역시청 (농축산유통과) | 주무관 | 정 기 수 | 정기수 |
| 위 원 | 강화군청 (농정과) | 주무관 | 이 근 우 | 불참 |
| 위 원 | 환경사업처 (수질환경부) | 부 장 | 김 이 부 | 김이부 |
| 위 원 | 강화·옹진지사 (수자원관리부) | 대 리 | 이 성 원 | 이성원 |
| 위 원 | 평택지사 (지역개발부) | 차 장 | 서 동 규 | 서동규 |
| 위 원 | 농어촌연구원 | 과 장 | 박 구 성 | 박구성 |
| 간 사 | 사업계획부 | 차 장 | 김 창 환 | 김창환 |

- 4 -

## 덧붙임 3 회의사진

| 사진내용 | 검토회 전경 |
|---|---|

| 사진내용 | 검토회 전경 |
|---|---|

# 덧붙임 4 회의록

Ⅰ. 일시 : 2020년 11월 18일(수) 13:00 ~ 14:30

Ⅱ. 장소 : 오운(오송역) 세미나실

Ⅲ. 검토위원

- 검토위원 : 위원장 외 7인

Ⅳ. 회의록

| 순번 | 내 용 |
|---|---|
| 1 | □ 김이부 위원<br>○ 양수시기 등 물 운용이 중요하므로 시설물 유지관리 매뉴얼 작성 필요<br>→ 추후, 세부시설 설계시 해당 시설에 대한 유지관리 매뉴얼 작성하겠음<br>○ 습지 내 자연유하 가능하도록 계획 필요<br>→ 현재 인공습지 각 셀당 표고차이를 0.2m 간격으로 조성하여 자연유하 가능<br>○ 마을하수도 설치 등 상류대책이 중요하므로 상류유역에 대한 저감대책을 지속적으로 제안/제시 요망 |
| 2 | □ 서동규 위원<br>○ 유입수로내 우수를 직접 양수하여 저수지로 공급방안 검토 필요<br>→ 양수장 집수정 토출수위는 WL=7.72m로 인공습지 계획수위 WL=8.70m 고려시 추가적인 펌프설치가 필요하며 배송거리, 기존 제방 상월 등 제한요소로 인하여 호내 우수를 취수하는 방식을 적용하였음 |
| 3 | □ 박구성 위원<br>○ 유량계 설치위치 조정필요 : 유입부 → 유출부<br>→ 저수지내 우수흐름 모니터링을 위해 유량계 계획위치를 조정하겠음 |
| 4 | □ 김경진 위원<br>○ 최근 학계에서는 자연계에 존재하는 NOM(자연유기물질, 낙엽 등)의 경우 자연계 유기물질로 인한 탄소(카본) 증가가 오염물질이라고 단정할 수 없다는 의견이 있음<br>○ 단순한 TOC 농도보다는 BOD, COD 와 연계하여 수질오염 정도를 판단 필요<br>○ 부유성 끈상 스크린에 대한 적용사유가 모호함<br>→ 일반적인 단순 세목 스크린의 경우 유송잡물 제거 외 수질오염 저감효과가 크지 않은 것으로 판단되어 끈상접촉여과공법의 간이시설로 끈상 스크린을 적용하였으며 경제성, 유지관리성이 뛰어난 것으로 판단됨<br>○ 호내 수질오염 농도가 높아질 경우 하천수 유입 등 수순환에 의한 오염농도 저감 가능 |

- 6 -

| 순번 | 내 용 |
|---|---|
| 5 | □ 정기수 위원<br>○ 최근 강화지역에 2019년 아프리카 돼지 열병으로 살처분 시행되었으며 축사내 재입식 지연으로 폐업농가가 발생하고 있음. 이에 과업 종료 전 재조사가 필요함<br>→ 유역내 축산현황은 강화군 송해면에서 제공받은 축산업 허가(등록) 현황(2020.04.30. 기준)으로 세부설계 등 과업진행시 추가적으로 축산현황을 재조사 하겠음<br>→ 금회 사업의 저감 목표연도는 2030년으로 최근 축산현황을 기준으로 검토하였음 |
| 6 | □ 이성원 위원<br>○ 인공습지내 차수매트 + 식생매트로 계획되었으며 일부 중복된 것으로 판단됨<br>→ 차수매트는 인공습지내 차수를 목적으로 설치되었으며, 식생매트는 사면보호공 형태로 금회 표준단면에서 제시한 공법이 적정한 것으로 판단됨 |
| 7 | □ 강창엽 위원<br>○ 상류유역 대책으로 농경지 비료사용량 저감, 지자체 홍보활동 등 대책 확인필요<br>→ 농경지 비점관련 계획 등 상류유역에 대한 관련계획을 조사하고 적극적으로 상류유역 대책을 제안, 홍보하겠음<br>○ 기계식 대책을 포함한 상류 오염원 저감대책을 시나리오에 포함하여 저감효과 검토필요<br>→ 상류유역 저감대책을 시나리오에 추가하여 검토후 지자체에 지속적으로 대책 제안 하겠음 |
| 8 | □ 이민재 위원<br>○ 사업비 검토결과 용지보상비가 공시지가의 2배로 적용되어 있으며 원활한 사업추진을 위해 단가 상향 필요<br>→ 용지보상비 산정시 현실적인 단가상향 등을 반영하겠음 |
| 9 | □ 기타의견<br>○ 용수공급 및 수질개선 체계에 대한 유기적인 검토 요망<br>→ 물수지 분석 및 저감대책에 대한 유기적인 검토 시행하겠음 |

## 덧붙임 5 자문의견서

### 검토위원 기술검토서

○ 안건명 : 대산지구 농업용수 수질개선사업 기본조사(안)

| 검토항목 | 기술검토 내용 |
|---|---|
| | 저수지 유입수론 직접 정화하는 기계식 대책도 검토 |
| | 정화체계, 용수공급 체계가 유기적으로 운영될 수 있는 방안 제시 |
| | 상류 오염원 대책을 보나 구체적으로 제시하고(농약 사용제이기 한계부처 명시, 한계부처 명시) |
| | 상류 오염원 대책 추진 시 수질예측, 대책(안)등 시나리오 추가 검토 |
| | |

2020년 11월 18일

검토위원 강창엽 강(창)엽.

기술검토회 위원장 귀하

- 8 -

# 검토위원 기술검토서

○ **안건명 :** 대산지구 농업용수 수질개선사업 기본조사(안)

| 검토항목 | 기술검토 내용 |
|---|---|
| | 사업 준공 후 유지관리 메뉴얼 작성하여 관리자가 바뀌더라도 양수 시기, 강수시 하천수를 (송증천) 밖으로 배워야 되는 시기 등에 대한 상세 메뉴얼 작성이 필요함. |
| | 유역 농업지 버림으면 역량강화 pg 필요. |
| | 용수공급체계 명확하게 표시하기<br>수질개선체계 〃 |
| | |

2020년 11월 18일

검토위원 김이박 [illegible]

기술검토회 위원장 귀하

- 9 -

# 검토위원 기술검토서

○ **안건명 :** 대산지구 농업용수 수질개선사업 기본조사(안)

| 검토항목 | 기술검토 내용 |
|---|---|
| | 인공습지 말단부에 위장제 설치.<br>습지내부 현호소 및 크릴 파악에 위임부보다<br>말단부 설치가 이로울 것 같음.. |
| | 습지내 수로 등 접근 관리도로 필요.<br>위치 및 크기 등 필요함. |
| | |
| | |
| | |

2020년 11월 18일

검토위원 박구성

**기술검토회 위원장** 귀하

- 10 -

# 검토위원 기술검토서

○ **안건명 :** 대산지구 농업용수 수질개선사업 기본조사(안)

| 검토항목 | 기술검토 내용 |
|---|---|
| 유입 오염부하량 검토. | · 생활계 유입 오염 부하량이 크지 않고 인근하천에서 유량 공급이 가능하므로 처리 가능 할것으로 판단 |
| TOC 수질검토. | TOC의 경우 NOM (Natural Organic Matters) 유입에 영향도 크므로 ~~오염부하~~ 수질검토시 단독보다는 COD. BOD의 추세와 비교하여 검토하는것이 적합 |
| 저감시설 계획 | 부유성 근상 스크린 설치 선정 타당성 사유 적응 실질적인 용존물질 제거효율이 미약하다고 판단. 주 target 제거물질이 screening 인지 or 용존물질 제거 대상인지 불명확, 수로에 설치시 일부효과 기대 |
| 수질개선사업 | 전반적으로 타당하여 오염부하가 크지 않아 타당성 있는것으로 판단 |
| | |

2020년 11월 18일

검토위원 김 경진 (인)

**기술검토회 위원장** 귀하

- 11 -

# 검토위원 기술검토서

○ 안건명 : 대산지구 농업용수 수질개선사업 기본조사(안)

| 검토항목 | 기술검토 내용 |
|---|---|
| 기초자료 조사 | · '19년 아프리카 돼지 열병 발생으로 강화군내 돼지 전두수 살처분하였음<br>축사내 재임식 지연으로 파업농가가 발생하고 있음. |
| | 과업 종료 전 재조사가 필요하다고 생각됨 |
| | |
| | |
| | |

2020년 11월 18일

검토위원 정 기수 (인)

기술검토회 위원장 귀하

- 12 -

# 검토위원 기술검토서

○ **안건명 :** 대산지구 농업용수 수질개선사업 기본조사(안)

| 검토항목 | 기술검토 내용 |
|---|---|
| - 관리도로 관련 | - 사업 진행 및 준공이후 조합형습지와 양수장 유지관리에 용이하도록 관리도로 진입위치나 방법에 대해 고려부탁드립니다. |
| | |
| | |
| | |
| | |

2020년 11월 18일

검토위원 이성원 (인)

**기술검토회 위원장** 귀하

- 13 -

# 검토위원 기술검토서

○ 안건명 : 대산지구 농업용수 수질개선사업 기본조사(안)

| 검토항목 | 기술검토 내용 |
|---|---|
| 인공습지 | · 직접유역에서 유출되는 생활하수도 인공습지에서 수질정화 처리가 가능하도록 검토 필요 |
| 수중펌프 용량검토 | ·(기술검토의 지표 pbo) 인공습지 일 처리용량 4,000 ㎥/일 을 고려하여 ; 펌핑장 펌프 구경 검토 필요 — Q (1.83 ㎥/s) × 86400s = 158,112 ㎥ |
| 침강지 | · 침강지 설치시 유지관리를 위해 침강지 내 관리도로(폭 4.0 콘크리트 포장) 설치검토 |
| | |
| | |

2020년 11월 18일

검토위원 서 동 [illegible]

기술검토회 위원장 귀하

- 14 -

## 2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

# 기 술 검 토 회

2020.11

한국농어촌공사
경기지역본부

## 목 차

01 과업개요
02 기초자료 조사
03 수질 및 퇴적물 조사
04 수질오염 원인 검토
05 수질개선 대책(안)
06 수질모델링
07 시설 및 사업계획

# 01 과 업 개 요

## 1. 과 업 개 요

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 과 업 명

- 2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 과 업 목 적

- 유역내 오염원 현황 및 호소 수질 조사 시행
- 조사 결과를 토대로 수질오염 저감시설 위치, 규모 및 사업비 산정 등 기본조사 수행

### 과업 위치 및 내용

- 과업위치 : 인천광역시 강화군 송해면 숭뢰리 일원
- 과업내용 : 오염원 및 수질조사, 수질예측(모델링), 토목설계

### 과 업 기 간

- 2020년 4월 21일 ~ 2020년 11월 30일 (224일)

### 과 업 수 행 사

- ㈜서영엔지니어링

### 과 업 범 위

한국농어촌공사

4

## 1. 과 업 개 요

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 주요지점 현황

▶ 대산저수지 전경

▶ 승뢰양수장 전경

▶ 승룡천(하류하천) 현황

한국농어촌공사 5

## 1. 과 업 개 요

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 주요지점 현황

▶ 승뢰양수장 유입수로(하류방향)

▶ 양수장 유입수문

▶ 양수장 용수로 유출부

▶ 저수지 북서측 비점오염원(경작지, 직접배수유역)

한국농어촌공사 6

1. 과 업 개 요
2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사
기본조사 수립절차
기본조사 지구선정
기 본 조 사
현 장 조 사
기 본 구 상
실 내 분 석
환경조사 : 오염원, 개발계획 조사
토목조사 : 수리, 수문, 지형측량
현재 및 장래수질 예측
목표수질 설정
수질개선공법 선정
시설규모 결정
수질(평시, 강우시)
퇴적물(오염도, 용출률)
토양특성(액성/소성 한계 등)
전략환경영향평가
> 환경부 협의(1만m2 이상)
매장문화재 지표조사
> 문화재청 협의(3만m2 이상)
기본조사 보고서 작성
[수질개선 기본계획(안) 마련]
기본계획 수립
기본계획 승인 및 인가
한국농어촌공사
7

# 02 기초자료 조사

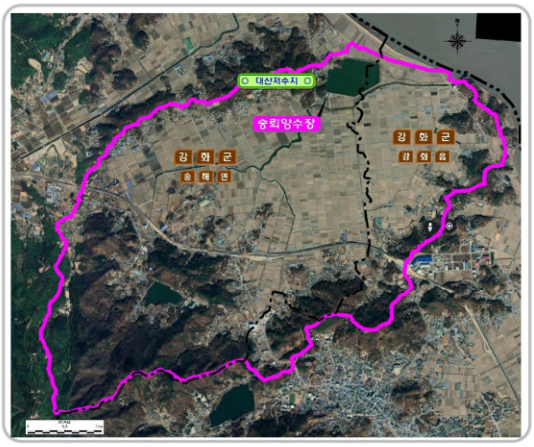
## 2. 기초자료 조사

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 유역현황

- 위치 : 인천광역시 강화군 송해면 승뢰리 일원
- 대산저수지 현황

| | | | |
|---|---|---|---|
| 유역면적 (간접유역) | 1,880 ha | 만수면적 | 28.9 ha |
| 수혜면적 | 288.9 ha | 유효저수량 | 1,271 천톤 |
| 설치년도 | 1980년 | 수계현황 | 한강서해 |



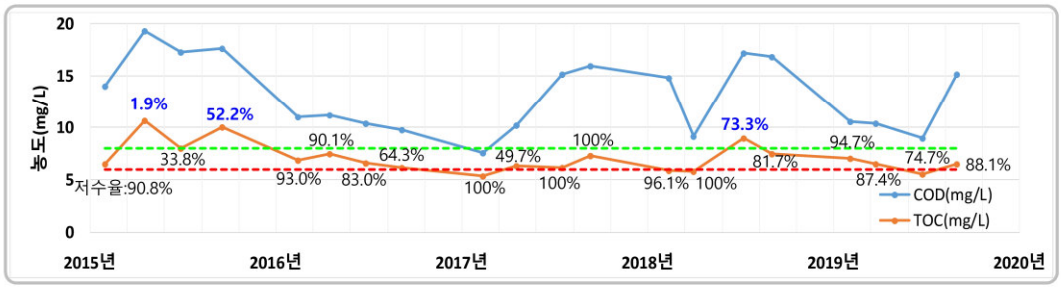

- 유역특성
  - 전형적인 농경지 유역
  - 대산저수지 저수량확보를 위해 농경배수를 양수・재이용
  - 직・간접유역에서 발생한 미처리 생활하수 지속 유입
  - 강화군 강화읍, 송해면, 하점면등 3개면 7개리 간접 유역
  - 삼면이 제방으로 둘러싸임, 금동산(114m) 아래로 작은 직접 유역
  - 송해면 일원의 생활하수, 축산폐수 및 수문에 의한 유출정체 등이 주오염원

한국농어촌공사 9

## 2. 기초자료 조사

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 수질현황(농어촌공사 수질측정망)




- 대산저수지 수질현황 (5개년) : TOC, COD 등 호소 생활환경기준 4등급 초과 (15년 제외 시 TOC 평균 6.65 mg/L)

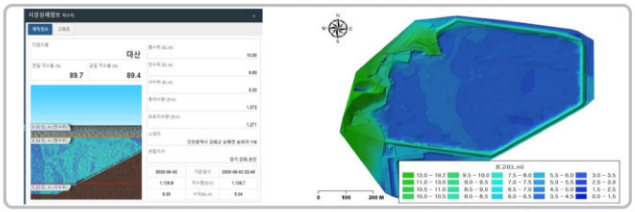
| 구 분 | 15 년 | 16 년 | 17 년 | 18 년 | 19 년 | 평 균 | 호소 생활환경 기준(4등급) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 년 강수량(mm) | 647 | 1,100 | 809 | 1,072 | 1,079 | 941 | - |
| TOC(mg/L) | 8.8 | 6.8 | 6.3 | 7.1 | 6.4 | 7.1 | 6 이하 |
| T-P(mg/L) | 0.081 | 0.037 | 0.036 | 0.069 | 0.037 | 0.053 | 0.100 이하 |
| T-N(mg/L) | 0.992 | 0.794 | 0.887 | 0.920 | 1.052 | 0.930 | 1.00 이하 |
| COD(mg/L) | 17.1 | 10.6 | 12.3 | 14.5 | 11.3 | 13.1 | 8.0 이하 |

한국농어촌공사 10

## 2. 기초자료 조사

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 대산저수지 내용적



| 구 분 | RIMS | RAWRIS | 내용적 조견표 | 기설계 (2003,2017) | 금회측량 (2020) |
|---|---|---|---|---|---|
| 유효저수량(천톤) | 1,271 | 1,272 | 1,272 | 696 | 911 |
| 제체높이(m) | 6.0 | - | 5.8 | 6.0 | 6.0 |
| 만수면적(ha) | 28.9 | - | 29.0 | 27.2 | 28.6 |
| 제정고(EL.m) | - | - | 11.00 | 9.00 | 9.00 |
| 홍수위(EL.m) | - | 10.00 | 10.00 | 8.00 | 8.00 |
| 만수위(EL.m) | - | 9.50 | 9.50 | 7.00 | 7.50 |
| 사수위(EL.m) | - | 5.20 | 5.20 | 3.20 | 3.20 |

주)기설계 : 대산 저수지 내용적 측량(2003), 대산지구 수리시설개보수 사업(2017)

| 표고 | 수면적(ha) | 구간체적($m^3$) | 누가체적($m^3$) | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| 3.0 | 0.01 | - | - | |
| 3.2 | 0.28 | 289 | 289 | 사수위 |
| 4.0 | 10.57 | 28,133 | 29,870 | |
| 5.0 | 25.98 | 115,938 | 223,213 | |
| 6.0 | 27.45 | 135,952 | 491,447 | |
| 7.0 | 28.19 | 140,013 | 769,626 | |
| 7.5 | 28.55 | 141,833 | 911,459 | 만수위 |
| 8.0 | 28.75 | 143,250 | 1,054,708 | 홍수위 |
| 9.0 | 29.10 | 145,077 | 1,343,996 | 제정고 |

▶ 검토결과

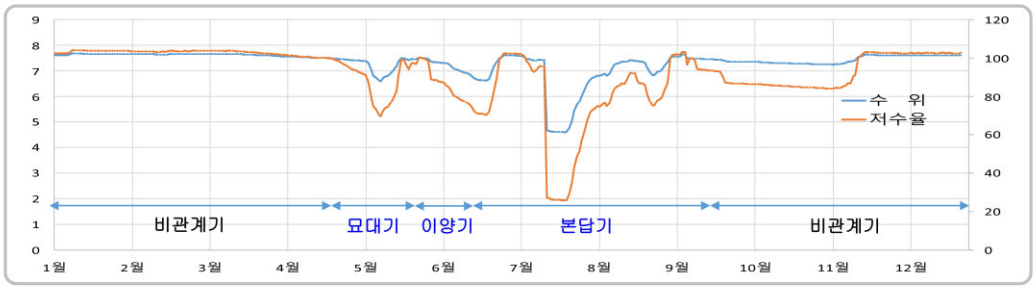
- 금회 측량성과(GPS, 수심측량)를 이용한 시설규모 재산정 및 기본조사 적용
- 기본조사 적용 저수지 규모 : 유효저수용량 911천톤, 만수위 EL.7.5m, 제정고 EL.9.0m

한국농어촌공사 11

## 2. 기초자료 조사

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 대산저수지 저수율




| 구 분 | | 비관계기 | 묘대기 | 이양기 | 본답기 | 비관계기 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 기 간 | | 1/1~4/16 | 4/17~5/31 | 5/21~6/10 | 6/11~9/11 | 9/12~12/31 |
| 저수위 (EL.m) | 평균 | 7.64 | 7.31 | 7.39 | 6.82 | 7.46 |
| | 최대 | 7.69 | 7.52 | 7.52 | 7.65 | 7.64 |
| | 최소 | 7.52 | 6.60 | 7.09 | 4.58 | 7.25 |
| 저수율 (%) | 평균 | 103.25 | 91.53 | 92.54 | 77.40 | 93.59 |
| | 최대 | 104.30 | 100.40 | 100.40 | 103.30 | 103.20 |
| | 최소 | 100.40 | 69.50 | 80.60 | 25.60 | 84.30 |

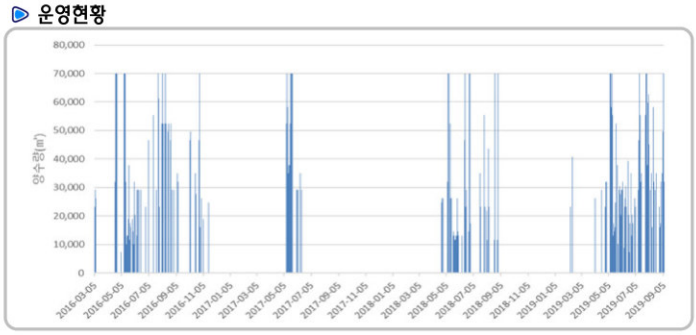
한국농어촌공사 12

## 2. 기초자료 조사

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 승뢰양수장

▶ 운영현황




▶ 펌프가동현황 : 시설능력 69,898m³/일

| 구 분 | 16 년 | 17 년 | 18 년 | 19 년 | 평 균 |
|---|---|---|---|---|---|
| 연강수량(mm) | 1,100 | 809 | 1,072 | 1,079 | 1,015 |
| 가동일수(일) | 74 | 20 | 48 | 83 | 56 |
| 총 펌핑량(㎥) | 2,752,218 | 961,092 | 1,451,831 | 2,924,050 | 2,022,298 |
| 가동시간(평균) | 14 | 17 | 12 | 13 | 14 |

▶ 시설제원

| | | |
|---|---|---|
| 명 칭 | | 대산양수장 |
| 수혜면적 | | 291 ha |
| 양수량 | | 48.4(m³/min) |
| 펌프 | 펌프형식 | 수중 |
| | 펌프규격 | 450mm |
| | 수량 | 2대 |
| | 대당유량 | 24.2m³/min |
| | 전양정 | 5.7m |

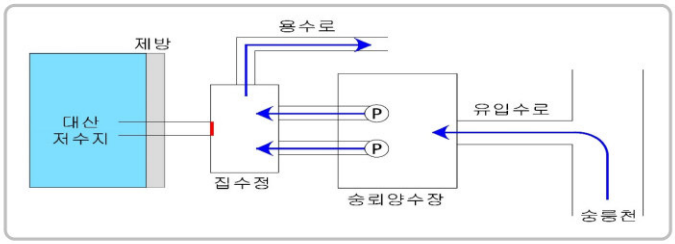
한국농어촌공사 13

## 2. 기초자료 조사

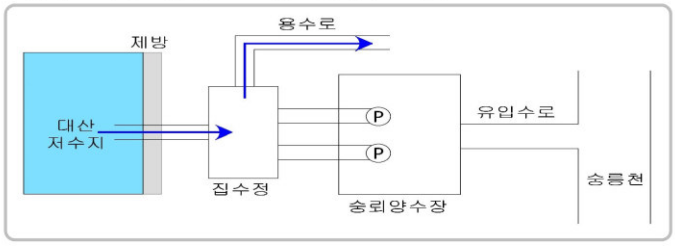
2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 승뢰양수장 운영시스템

▶ 유입수로 만수시 : 유입수로 우수를 농업용수로 직접공급




▶ 유입수로 수위 하강시 : 호소수를 농업용수로 공급



한국농어촌공사 14

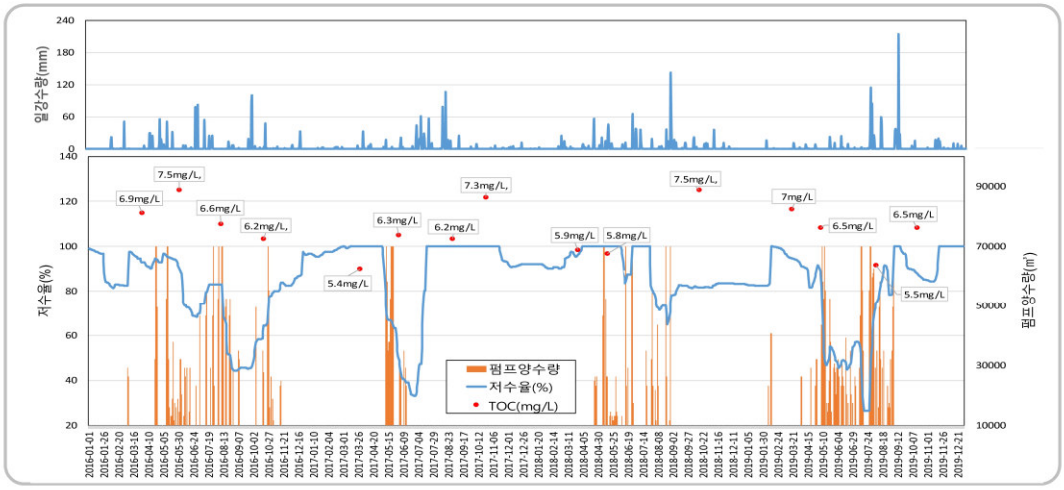
## 2. 기초자료 조사

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 승뢰양수장 운영시스템

▶ 펌프가동, 저수율 변화, 강수량에 따른 TOC 변화

- 펌프가동 후 저수지내 우수 공급시 오염농도 증가(오염도 높은 우수유입)
- 저수지내 수위변화 없을 경우(정체수역 발생시) 오염농도 증가




한국농어촌공사 15

## 2. 기초자료 조사

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 유역내 오염원 현황

▶ 환경기초시설: 대산저수지 배수유역내 환경기초시설 없음

| 구 분 | 위 치 | 시설용량 | 고도처리(3차) 공법 |
|---|---|---|---|
| 강화위생처리장 | 강화읍 용정리 878-8 | 30 $m^3$/일 | 오존산화분리 |
| 강화하수종말처리장 | 선원면 신정리 29 | 9,000 $m^3$/일 | 산화구 |
| 강화군 가축분뇨 처리시설 | 선원면 냉정리 1315-1 | 110 $m^3$/일 | 오존산화분리 |

▶ 점오염원 현황 : 유역면적비, 조사자료 이용(강화군, 농어촌공사, 현장조사, GIS분석)

| 생활계 | 축산계 | | | | | 산업계 | 양식계 | 매립계 | 기타수질오염물 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 생활인구(인) | 한우 | 젖소 | 돼지 | 가금 | 기타 | - | - | - | - |
| 3,110 | 1,432 | 242 | 700 | 100,000 | 20 | | | | |

▶ 비점오염원 현황 : 지목별 구성비 이용(연속지적도, GIS분석)

| 구 분 | 계 | 전 | 답 | 임야 | 대지 | 기타 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| BOD원단위(kg/일) | - | 4.38 | 4.24 | 1.49 | 10.28 | 0.96 ~ 33.10 |
| 면적(ha) | 1,993.40 | 201.9 | 648.8 | 719.6 | 86.8 | 336.2 |
| 면적 비율 | 100% | 10.1% | 32.5% | 36.1% | 4.4% | 16.9% |

한국농어촌공사 16

## 2. 기초자료 조사

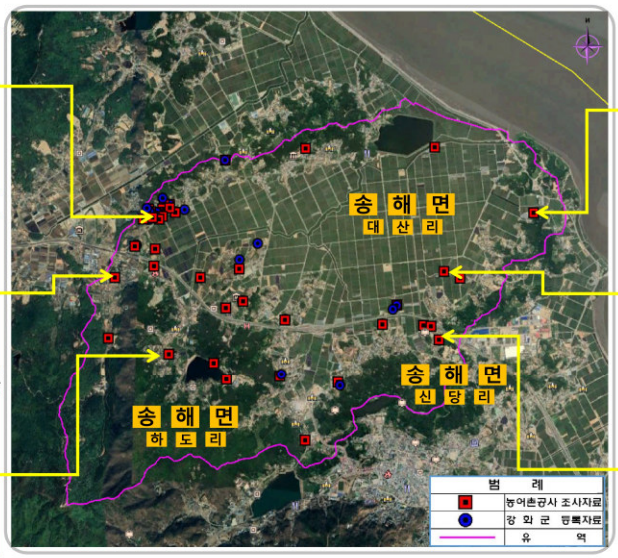
2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 점오염원 현황

- 상도리 1014-3, 한우 70두

- 부근리 167-2, 젖소 73두

- 부근리 748-9, 양계 95,000두




- 월곳리 111, 돼지 1,000두

- 대산리 293, 한우 25두

- 대산리 1164-6, 한우 9두

한국농어촌공사 17

## 2. 기초자료 조사

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 유역내 오염원 관리현황

| 구 분 | | 오염원 현황 | 검토내용 | 관리현황 / 저감대책 | 난분해성 유기물 비율 상 | 난분해성 유기물 비율 중 | 난분해성 유기물 비율 하 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 생활계 | | - 인구 3,110 인 | - 농촌지역 특성으로 인구밀도 낮음<br>- 비 하수처리구역 | - 대책 : 마을하수도 설치 제안 (장기대책) | | ⊙ | |
| 축산계 | | - 한우/젖소 1,674두<br>- 돼지 700두<br>- 가금 100,000마리 | - 농촌지역특성으로 축산계 비율 높음<br>- 고형분 개별퇴비화, 액체분 축산폐수처리 (정화조) 시설로 배출부하량 감소 | - 우분(牛糞) : 개별퇴비화<br>- 돈뇨(豚尿) : 축산폐수처리<br>- 대책 : 공동 퇴비장 신설 | | ⊙ | |
| 산업계 | | 유역내 산업계 없음 | | - | - | - | - |
| 환경기초시설 | | 유역내 환경기초시설 없음 | | - | - | - | - |
| 토지계 (비점오염원) | 농경지 | 850.7ha (42.7%) | | - 대책 : 오염도가 높은 초기우수 발생시 양수 제한 | ⊙ | | |
| | 임 야 | 719.6ha (36.1%) | | | ⊙ | | |
| | 대 지 | 86.8ha (4.4%) | | | | ⊙ | |
| | 기 타 | 336.2ha (16.9%) | | | | | ⊙ |
| 직접 배수유역 | | 42.0ha | | - 대책 : 저수지 부지내 농경지 제거 | | ⊙ | |

한국농어촌공사 18

# 03 수질 및 퇴적물 조사

## 3. 수질 및 퇴적물 조사

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 수질조사

▶ 조사위치 : 인천광역시 강화군 송해면 숭뢰리 일원

▶ 조사수량 : 착수보고 자문의견에 따라 호내 조사지점 축소 및 조사추가

- W-0(3차) 추가, CODcr(3, 4차), SBOD(4차) 항목 추가

| 대상 | 조사수량 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 구분 | 지구 | 대상수역 | 조사지점 | 조사횟수 | 변경횟수 |
| 수질 | 강우시 (30mm이상 강우사상) | 대산 | 하천 상류부 | 1 | 2회 (회당5번) | 2회 (회당5번) |
| | | 계 | - | - | 10 | 10 |
| | 평 시 | 대산 | 하천 상류부 | 1 | 4 | 5 |
| | | | 하천 하류부 | 1 | 1 | 1 |
| | | | 배 수 로 | 1 | 4 | 4 |
| | | | 호 소 | 3 | 4 | 9 |
| | | 계 | - | - | 21 | 19 |
| 퇴적물 | 오염도 | 대산 | 호 소 | 3 | 1 | 3 |
| | | 계 | - | - | 3 | 3 |
| | 용출률 | 대산 | 호 소 | 1 | 10회 | 10회 |
| | | 계 | - | | 10 | 10 |

한국농어촌공사 20

## 3. 수질 및 퇴적물 조사

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 수질조사

▶ 사진대지

| 하천 수질조사 | 저수지 수질조사 | 강우시 조사 |
|---|---|---|

한국농어촌공사 21

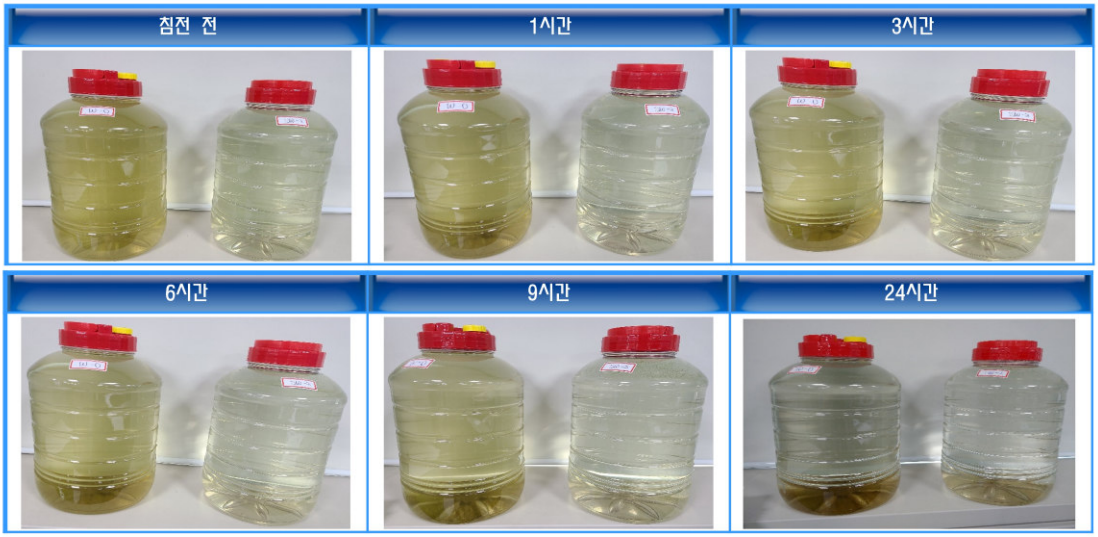
## 3. 수질 및 퇴적물 조사

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 수질조사

▶ 시간경과에 따른 침전효과(평시 3차 채수시) : 입자성 물질 제거필요(상층수 취수) 좌측 : 상류하천 W-0, 우측 : 저수지 SW-2

| 침전 전 | 1시간 | 3시간 |
|---|---|---|
| 6시간 | 9시간 | 24시간 |



한국농어촌공사 22

# 3. 수질 및 퇴적물 조사

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

## 수질조사 결과(평시)

### 기상현황

| 구 분 | 날 짜 | 기 온(℃) | 습 도(%) | 풍 향 | 풍 속 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1차 | 2020/05/26 | 14.3 | 90.8 | 서 | 5.4 | |
| 2차 | 2020/06/23 | 23.3 | 68.1 | 서남서 | 6.8 | |
| 3차 | 2020/08/19 | 25.2 | 89.8 | 서남서 | 5.0 | 8월9일 133.6mm 강우발생 |
| 4차 | 2020/10/06 | 15.1 | 57.3 | 동 | 5.4 | |

### 조사결과 : 1~2차 채수 시 정체수역에 따른 오염농도 증가, 3차 채수 시 선행강우 및 하천 수문개방에 의한 오염농도 저하

| 구 분 | 1차 | | | | 2차 | | | | | 3차 | | | | 4차 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 하 천 | | | 저수지 | 하 천 | | 저수지 | | | 하 천 | | | 저수지 | 하 천 | | 저수지 |
| | W-1 | W-2 | W-3 | SW-2 | W-1 | W-2 | SW-1 | SW-2 | SW-3 | W-0 | W-1 | W-2 | SW-2 | W-1 | W-2 | SW-2 |
| BOD(mg/L) | 6.7 | 13.3 | 13.2 | 1.1 | 8.6 | 5.5 | 1.5 | 3.1 | 7.3 | 3.6 | 3.9 | 3.5 | 2.1 | 3.3 | 2.5 | 3.5 |
| COD(mg/L) | 23.5 | 26.2 | 24.1 | 10.1 | 29.2 | 20.7 | 10.7 | 10.5 | 14.4 | 6.9 | 6.8 | 6.7 | 9.3 | 8.0 | 9.7 | 11.1 |
| TOC(mg/L) | 13.9 | 14.8 | 13.5 | 7.0 | 18.3 | 15.3 | 6.9 | 7.4 | 8.8 | 2.9 | 2.8 | 3.1 | 5.5 | 4.5 | 5.4 | 7.0 |
| T-N(mg/L) | 9.50 | 9.82 | 9.02 | 2.57 | 2.45 | 2.12 | 1.35 | 1.33 | 1.63 | 2.30 | 1.96 | 2.17 | 0.71 | 2.09 | 1.09 | 1.01 |
| T-P(mg/L) | 0.066 | 0.112 | 0.122 | 0.033 | 0.061 | 0.178 | 0.051 | 0.038 | 0.051 | 0.108 | 0.110 | 0.099 | 0.051 | 0.110 | 0.069 | 0.068 |

한국농어촌공사 23

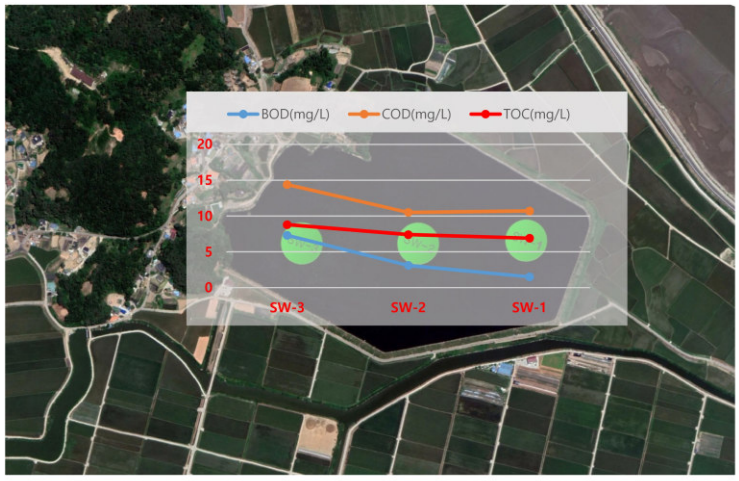
# 3. 수질 및 퇴적물 조사

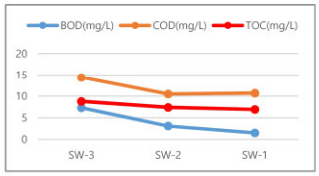
2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

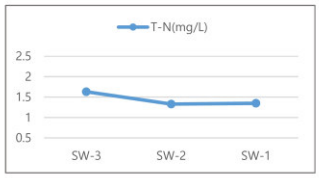
## 수질현황

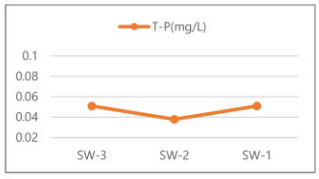
### 저수지 수질조사 2차 결과(평시) – 1,3,4차 조사는 SW-2지점 1지점만 조사

- 저수지 유입/유출부 인근의 수질오염 농도 높음(오염농도 : 유입,유출부 > 중심부)




한국농어촌공사 24

# 3. 수질 및 퇴적물 조사

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

## 수질조사 결과(강우시)

### 기상현황

| 구분 | 날짜 | 기온(℃) | 습도 | 풍향 | 풍속 | 강수량 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1차 | 2020/06/24 | 20.4 | 95.5 | 동북동 | 5.4 | 78.8 |
| 2차 | 2020/09/02 | 23.3 | 96.5 | 북동 | 7.6 | 48.0 |

조사결과 : 강우시(1차) 오염농도가 높은 초기우수 등에 의해 청천시 조사결과(1,2차 TOC 13.5~18.3mg/L) 보다 오염농도 증가

| 구분 | 1차 | | | | | | 2차 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1hr | 2hr | 3hr | 4hr | 5hr | EMC | 1hr | 2hr | 3hr | 4hr | 5hr | EMC |
| BOD(mg/L) | 6.8 | 6.8 | 6.7 | 6.3 | 5.9 | 6.7 | 2.8 | 3.4 | 3.6 | 3.3 | 2.9 | 3.3 |
| TOC(mg/L) | 17.5 | 18.0 | 17.4 | 19.5 | 17.2 | 17.8 | 4.0 | 4.5 | 4.5 | 4.4 | 4.4 | 4.4 |
| T-N(mg/L) | 2.310 | 2.800 | 2.510 | 2.450 | 3.000 | 2.570 | 2.74 | 2.90 | 2.77 | 2.12 | 1.95 | 2.680 |
| T-P(mg/L) | 0.160 | 0.239 | 0.221 | 0.216 | 0.220 | 0.204 | 0.312 | 0.472 | 0.482 | 0.320 | 0.314 | 0.413 |
| 유량(㎥/s) | 6.749 | 0.307 | 0.311 | 0.310 | 0.310 | - | 5.212 | 6.784 | 6.801 | 7.740 | 6.124 | - |

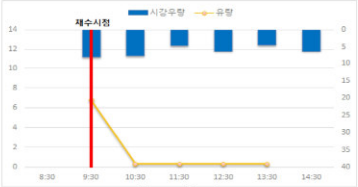
한국농어촌공사 25

# 3. 수질 및 퇴적물 조사

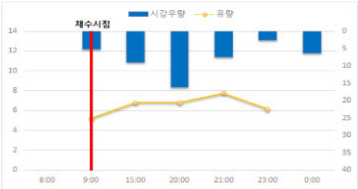
2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

## 수질조사 결과(강우시)

### 유량조사




<1차 조사 시>




<2차 조사 시>

- 수문 전·후 수위가 같아지는 시점에 유속이 없거나 감소함
- 채수시점 대비 오전 10:30분 평균수위가 26cm 상승하면서 유입하천과 수위가 같아짐과 동시에 유입유량이 감소
- 2차 조사결과 08시 측정한 유량은 강우직전 2.941㎥/s로 조사되었으며, 첨두유량은 21시에 7.740㎥/s로 측정

한국농어촌공사 26

## 3. 수질 및 퇴적물 조사

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 퇴적물 조사(호내)

- 퇴적물의 유기물 및 영양염류 오염평가 등급은 Ⅳ등급 이하로 오염도가 낮음
- 퇴적물의 금속류 오염평가 등급은 모든항목이 Ⅰ등급(저서생물에 독성이 나타날 가능성 거의 없음)으로 조사됨

| 구 분 | S-1 | S-2 | S-3 | 하천.호소 퇴적물 오염평가 기준 |
|---|---|---|---|---|
| T-N (mg/kg) | 2,324 | 2,244 | 2,825 | 5,600초과(Ⅳ 등급) |
| T-P (mg/kg) | 386 | 502 | 481 | 1,600초과(Ⅳ 등급) |
| 강열감량 (%) | 3.52 | 4.68 | 5.30 | 13초과(Ⅳ 등급) |
| 구리 (mg/kg) | 7.1 | 10.4 | 13.5 | 60 이하 |
| 납 (mg/kg) | 10.0 | 16.1 | 20.5 | 65 이하 |
| 니켈 (mg/kg) | 6.5 | 10.8 | 13.5 | 53 이하 |
| 비소 (mg/kg) | 2.02 | 3.71 | 4.32 | 29 이하 |
| 수은 (mg/kg) | 0.03 | 0.04 | 0.04 | 0.1 이하 |
| 아연 (mg/kg) | 27.2 | 46.7 | 58.2 | 363 이하 |
| 카드뮴 (mg/kg) | 0.34 | 0.57 | 0.71 | 0.6 이하 |
| 크롬 (mg/kg) | 불검출 | 불검출 | 불검출 | 112 이하 |

한국농어촌공사 27

## 3. 수질 및 퇴적물 조사

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 퇴적물 조사(호내)

- 퇴적물내 토양 21개 항목 분석결과 토양오염우려기준(2지역)을 만족

| 구분 | S-1 | S-2 | S-3 | 토양오염 우려기준(토양환경보전법) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 1지역 | 2지역 | 3지역 |
| 비소(As) | 2.02 | 3.71 | 4.32 | 25 | 50 | 200 |
| 구리(Cu) | 7.1 | 10.4 | 13.5 | 150 | 500 | 2000 |
| 니켈(Ni) | 6.5 | 10.8 | 13.5 | 100 | 200 | 500 |
| 납(Pb) | 10.0 | 16.1 | 20.5 | 200 | 400 | 700 |
| 아연(Zn) | 27.2 | 46.7 | 58.2 | 300 | 600 | 2000 |
| 불소(F) | 104 | 73 | 110 | 400 | 400 | 800 |
| 석유계총탄화수소(TPH) | 627 | 650 | 610 | 500 | 800 | 2,000 |
| 수은 | 0.03 | 0.04 | 0.04 | 4 | 10 | 20 |
| 비고 | As(비소), Cu(구리) 등 7개 항목 토양오염 우려기준 1지역 이하, TPH는 2지역기준 이하로 분석<br>Cd(카드뮴), 6가크롬, 유기인, PCBs, CN, 페놀류, 벤젠, 톨루엔,<br>에틸벤젠, 크실렌, TCE, PCE, 벤조(a)피렌 14개 항목 – 불검출 | | | | | |

한국농어촌공사 28

# 3. 수질 및 퇴적물 조사

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

## 용출시험

### 용출시험 결과

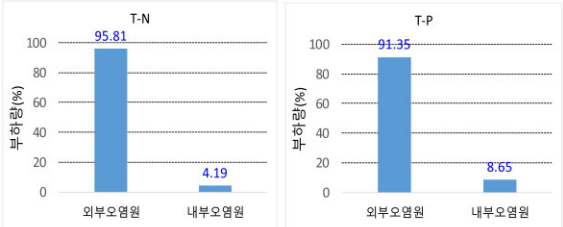
| 구 분 | 용출속도(㎎/㎡/d) | |
|---|---|---|
| | 호 기 | 혐 기 |
| COD | 14.233 | 69.666 |
| TOC | 37.968 | 34.833 |
| T-N | 22.781 | 25.567 |
| T-P | 0.975 | 6.618 |

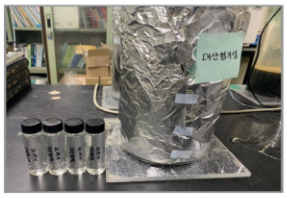
### 유역내 배출부하량 기준 내부오염 비율

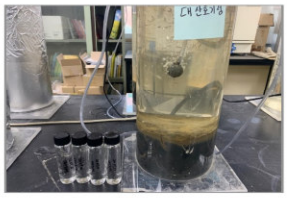
| 구 분 | 오염 부하량(kg/d) | | |
|---|---|---|---|
| | 계 | 외부오염원 | 내부오염원 |
| T-N | 176.327 | 168.938 | 7.389 |
| | 100.0% | 95.81% | 4.19% |
| T-P | 22.123 | 20.210 | 1.913 |
| | 100.0% | 91.35% | 8.65% |

실험방법 : 퇴적물 용출실험 - 반응조에 퇴적물과 채수한 물을 채운후 호기성 또는 혐기성 조건으로 유지하면서 용출된 유기물과 영양염류의 양을 측정, 실내온도 20℃ 유지

* 오염부하량 검토(외부 VS 내부)





한국농어촌공사

29

# 04 수질오염 원인 검토

## 4. 수질오염 원인 검토

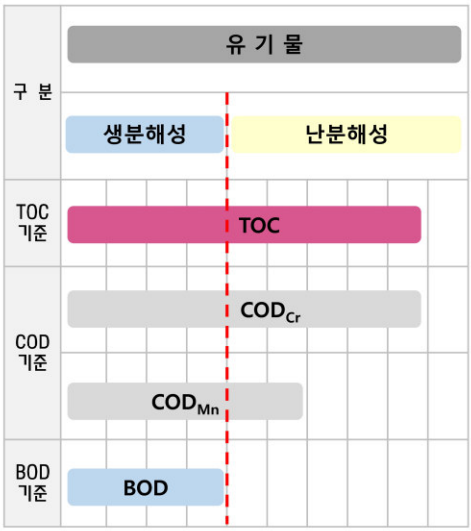
2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 유기물의 분류

▶ 유기물 측정지표

| 구분 | | BOD | $COD_{Mn}$ | TOC |
|---|---|---|---|---|
| 측정원리 | | 미생물이 유기물질을 분해 시 소비되는 산소량 측정 | 유기물질 산화 시 소비된 산화제량 (산소량) 측정 | 유기물질 내 탄소량 직접 측정 ※ C를 $CO_2$로 전환하여 측정 |
| 분석 | 산화제 | 호기성 미생물 (20℃, 5일 배양) | 과망간산칼륨 (끓는 물 중탕) | 고온연소산화 (550℃), 습식산화방식 등 |
| | 결과값 | 산소량(mg/L) | | 탄소량(mg/L) |
| 측정 | 대상 | 저분자 유기물질 (포도당, 지방 등) | 저분자 및 고분자 유기물질 (합성수지, 섬유소 등 분자량이 1만 이상으로 용해가 잘 안되고 결합이 강한 물질) | |
| | 범위 (경험적) | 20-40% | 30-60% | 90% 이상 |
| | | 예) 전분($C_6H_{12}O_6$) 분석 결과(일본 논문) BOD : 460mg/L, $COD_{Mn}$ : 653mg/L 이론적 산소요구량 : 1,070mg/L | | |
| | 방해물질 | 고분자 유기물질 등 | 염소(Cl-) 등 | 무기물질 등 |
| 특징 | | 생분해성 유기물질 측정 | 우리나라 · 일본 통용 | 신속 · 다량 · 자동화 |

▶ 유기물 분류/측정 모식도




한국농어촌공사 31

## 4. 수질오염 원인 검토

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 난분해성 유기물 특성

▶ 호소의 수계내 완충 기능에 대한 사례연구(2011, 원주지방환경청)

- 유기물의 특성

| 구 분 | 생분해성 물질 | 난분해성 물질 | 고 난분해성 물질 |
|---|---|---|---|
| 특 성 | - 미생물이 쉽게 분해 가능한 저분자 화합물 | - 미생물의 분해가 쉽지 않고 오래 걸리는 고분자 화합물<br>· 미생물이 분해하고 남은 식물의 섬유조직 (셀룰로오스, 리그닌 등) | |
| 주요 배출원 | - 생활하수, 축산분뇨<br>- 조류 발생 · 성장 및 사멸 등<br>- 음 · 식료품폐수 등 유기성폐수 | - 산업폐수(섬유, 제지, 피혁, 제약, 석유화학, 금속)<br>- 산림, 농경지, 도시지역 등의 비점오염원<br>- 생물학적 하 · 폐수처리 후 남은 유기물질 | |
| 수 질 영 향 | - 산소고갈, 어류폐사<br>- 부패성 악취 발생<br>- 수돗물 염소소독 부산물 THM 생성 | - 잠재적 산소 고갈<br>- 수돗물 냄새 및 맛 유발<br>- 부식질은 저분자 생분해성 물질(BOD)보다 THM 2~3배 생성 | |
| 비 고 | - 관련인자 : BOD<br>- 유기물의 20~40% 측정<br>· 세제, 농약 등 유기물 측정 불가 | - 관련인자 : $COD_{Mn}$<br>- 유기물의 30~60% 정도 측정<br>- BOD보다 0.5~2배 높음 | - 관련인자 : $COD_{Cr}$ , TOC<br>- 유기물의 90% 이상 측정 |

한국농어촌공사 32

# 4. 수질오염 원인 검토

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

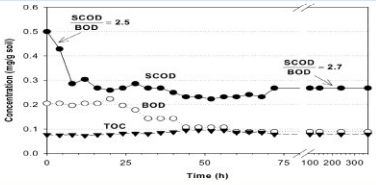
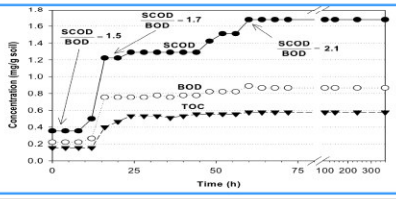
## 난분해성 유기물 특성

▶ 상수원 호소 내의 난분해성 유기물 증가 원인 및 특성(2007, 김성원)

- 자연유기물의 근원

| 구 분 | 외 부 유 입 | 내 부 생 성 |
|---|---|---|
| 주 요 원 인 | - 점오염원, 비점오염원(도시,농경지,산림에서 난분해성 유기물 함량 높음)<br>- 하수처리장 방류수 | - 조류의 생성과 사멸<br>- 퇴적물의 용출 |
| 특 징 | - 난분해성 유기물 배출량의 상당부분이 비점오염원에 의해 기여<br>- 하수처리장 방류수의 경우 난분해성 물질 多 | - 조류의 생성, 사멸시 발생되는 유기물은 대부분 분해 가능한 유기물 |

- 난분해성 유기물의 배출원 및 특징(비점오염원) : 초기우수에서 난분해성 유기물 多

| 구 분 | 농 경 지 | 산 림 |
|---|---|---|
| 용 출 특 성 | - 초기용출에서 난분해성 물질 용출률 높음<br>- 초기용출 이후 용출률 감소후 평형상태 | - 초기용출률은 논, 밭보다 작으나, 시간경과에 따라 높은 농도로 용출(낙엽 등 부식질 함량 多, 토양내 유기물 부패) |
| 실 험 결 과 |  |  |



한국농어촌공사 33

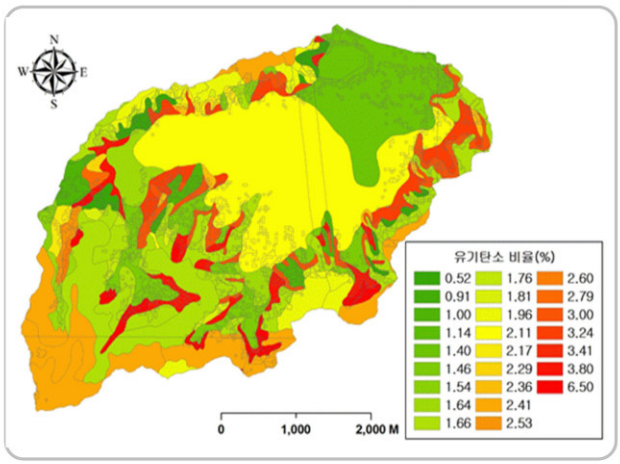
# 4. 수질오염 원인 검토

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

## 유기탄소 비율

▶ 유역내 유기탄소 비율

- 산정근거 : 국립농업과학원 토양통 분류에 의한 유기탄소 비율
- 배수유역내 토양성분중 유기탄소 비율 : 2.13% (일반적으로 5% 이내)




▶ 토지이용별 유기탄소 비율

- 임야 > 농경지(답, 전) 순으로 토양내 유기탄소 비율 높음

| 유기탄소 비율 (%) | 토지이용별 면적분포(ha) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 계 | 전 | 답 | 임 | 대 | 기타 |
| 계 | 1,993.4 | 201.9 | 648.8 | 719.6 | 86.8 | 336.2 |
| 1 이하 | 95.2 | 31.6 | 6.2 | 19.7 | 11.7 | 26.0 |
| 1.0 - 1.5 | 336.1 | 22.8 | 180.3 | 28.1 | 13.4 | 91.6 |
| 1.5 - 2.0 | 560.4 | 53.4 | 53.9 | 349.6 | 30.1 | 73.4 |
| 2.0 - 2.5 | 715.6 | 30.7 | 357.1 | 223.9 | 12.3 | 91.5 |
| 2.5 - 3.0 | 105.1 | 26.1 | 12.6 | 37.9 | 9.6 | 18.9 |
| 3.0 - 3.5 | 78.9 | 20.9 | 28.2 | 7.7 | 5.0 | 17.2 |
| 3.5 - 4.0 | 62.4 | 11.2 | 8.9 | 24.2 | 3.2 | 14.9 |
| 4.0 - 6.5 | 39.7 | 5.3 | 1.6 | 28.5 | 1.5 | 2.8 |

한국농어촌공사 34

# 4. 수질오염 원인 검토



## 수질조사 결과에 의한 유기물 분류

### TOD(Total Oxygen Demand)에 의한 분류

- TOD = TOC x 2*16 / 12
  - · 분자식 : 유기탄소(C) + $O_2$ → $CO_2$
  - · 분자량 : 12 : 16*2 → 44
  - 1 : X (1mg/L당 필요산소량)
- 생분해성 유기물 = BOD
- 난분해성 유기물 = TOD - $COD_{Mn}$ : 산화제로 분해되지 않는 유기물
- 중간분해성 유기물(가칭) = $COD_{Mn}$ - BOD : 생분해성 유기물을 제외한 상태에서 산화제에 의해 주기로 분해되는 유기물

### COD(Chemical Oxygen Demand)에 의한 분류

- 관련자료 : 상수원 호소 내의 난분해성 유기물 증가원인 및 특성(2007, 김성원)
- $BOD_u$ (생분해성) = BOD x 1.72
- $COD_{cr}$ = $COD_{Mn}$ x 2.2
- 난분해성 COD = $COD_{cr}$ - $BOD_u$ (생분해성)

### TOD(Total Oxygen Demand)에 의한 분류(보완)

- TOD = TOC x 2*16 / 12
- 생분해성 유기물 = $BOD_u$ (생분해성) = BOD x 1.72
- 난분해성 유기물 = TOD - $COD_{Mn}$
- 중간분해성 유기물(가칭) = $COD_{Mn}$ - $BOD_u$

### COD(Chemical Oxygen Demand)에 의한 분류(보완)

- 관련자료 : 상수원 호소 내의 난분해성 유기물 증가원인 및 특성(2007, 김성원)
- $BOD_u$ (생분해성) = $BOD_{20}$ = BOD x 1.72
- $COD_{cr}$ = $COD_{Mn}$ x 2.30(금회 수질조사 3차, 4차 조사결과 적용)
- 난분해성 COD = $COD_{cr}$ - $BOD_u$ (생분해성)



# 4. 수질오염 원인 검토



## 유기물 구성비

- 유기물질내 난분해성 유기물 비율 : 생분해성 유기물 비율 36.8% (일반적인 생분해성 유기물 비율 20~40%)
  - 설계적용 유기물 구성비 : 호소내 BOD 측정결과의 제한요인을(조류의 생성,성장,사멸 등) 고려하여 산정방법별 하천 유기물 구성비의 평균 적용

| 구 분 | | | 조사결과(mg/L) | | | | 유기물 구성비(%) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | TOD기준 | | | TOD기준(보완):생분해 =BODx1.72 | | | COD기준 | | COD기준(보완) | |
| | | | BOD | COD | TOC | TOD(계산) | 생분해 | 중간분해 | 난분해 | 생분해 | 중간분해 | 난분해 | 생분해 | 난분해 | 생분해 | 난분해 |
| 농어촌공사(최근4개년) | | | - | 12.2 | 6.7 | 17.9 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 1차 | 하천 | W-1 | 6.7 | 23.5 | 13.9 | 37.1 | 18.1 | 45.3 | 36.7 | 31.1 | 32.3 | 36.7 | 22.3 | 77.7 | 21.3 | 78.7 |
| | | W-2 | 13.3 | 26.2 | 14.8 | 39.5 | 33.7 | 32.6 | 33.7 | 57.9 | 8.4 | 33.7 | 39.7 | 60.3 | 38.0 | 62.0 |
| | | W-3 | 13.2 | 24.1 | 13.5 | 36.0 | 36.6 | 30.2 | 33.1 | 63.0 | 3.9 | 33.1 | 42.8 | 57.2 | 41.0 | 59.0 |
| | 저수지 | SW-2 | 1.1 | 10.1 | 7.0 | 18.7 | 5.9 | 48.2 | 46.0 | 10.1 | 43.9 | 46.0 | 8.5 | 91.5 | 8.1 | 91.9 |
| 2차 | 하천 | W-1 | 8.6 | 29.2 | 18.3 | 48.9 | 17.6 | 42.2 | 40.2 | 30.3 | 29.5 | 40.2 | 23.0 | 77.0 | 22.0 | 78.0 |
| | | W-2 | 5.5 | 20.7 | 15.3 | 40.9 | 13.5 | 37.2 | 49.3 | 23.2 | 27.5 | 49.3 | 20.8 | 79.2 | 19.9 | 80.1 |
| | 저수지 | SW-1 | 1.5 | 10.7 | 6.9 | 18.4 | 8.1 | 49.9 | 41.9 | 14.0 | 44.1 | 41.9 | 11.0 | 89.0 | 10.5 | 89.5 |
| | | SW-2 | 3.1 | 10.5 | 7.4 | 19.8 | 15.7 | 37.5 | 46.9 | 27.0 | 26.2 | 46.9 | 23.1 | 76.9 | 22.1 | 77.9 |
| | | SW-3 | 7.3 | 14.4 | 8.8 | 23.5 | 31.1 | 30.2 | 38.7 | 53.4 | 7.8 | 38.7 | 39.6 | 60.4 | 37.9 | 62.1 |
| 3차 | 하천 | W-0 | 3.6 | 6.9 | 2.9 | 7.7 | 46.5 | 42.6 | 10.9 | 80.0 | 9.1 | 10.9 | 40.8 | 59.2 | 39.0 | 61.0 |
| | | W-1 | 3.9 | 6.8 | 2.8 | 7.5 | 52.2 | 38.8 | 9.0 | 89.7 | 1.2 | 9.0 | 44.8 | 55.2 | 42.9 | 57.1 |
| | | W-2 | 3.5 | 6.7 | 3.1 | 8.3 | 42.3 | 38.7 | 19.1 | 72.7 | 8.2 | 19.1 | 40.8 | 59.2 | 39.1 | 60.9 |
| | 저수지 | SW-2 | 2.1 | 9.3 | 5.5 | 14.7 | 14.3 | 49.0 | 36.7 | 24.6 | 38.7 | 36.7 | 17.7 | 82.3 | 16.9 | 83.1 |
| 4차 | 하천 | W-1 | 3.3 | 8.0 | 4.5 | 12.0 | 27.5 | 39.1 | 33.4 | 47.2 | 19.3 | 33.4 | 32.3 | 67.8 | 30.8 | 69.2 |
| | | W-2 | 2.5 | 9.7 | 5.4 | 14.4 | 17.3 | 49.9 | 32.7 | 29.8 | 37.5 | 32.7 | 20.1 | 79.9 | 19.3 | 80.7 |
| | 저수지 | SW-2 | 3.5 | 11.1 | 7.0 | 18.7 | 18.7 | 40.7 | 40.6 | 32.2 | 27.2 | 40.6 | 24.7 | 75.3 | 23.6 | 76.4 |

# 05 수질개선 대책(안)

## 5. 수질개선 대책(안)

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 수질개선 대책 기본방향

▶ 목표수질 기준

- "환경정책기본법 시행령 별표1 환경기준" 호소 생활환경기준 Ⅳ(4등급) 약간나쁨

| 구 분 | 수 질 농 도 (mg/L) | | |
|---|---|---|---|
| | TOC | T-N | T-P |
| 목표수질 | 6.0 이하 | 1.0 이하 | 0.1 이하 |

▶ 목표년도

- 2030년 (장래 오염원 전망년도와 동일한 2030년 적용)

▶ 기본방향

| 유수흐름 | 대상시설 | 기본방향 | 저감대책 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|
| 1단계 | 간접유역 | 생활계, 축산계 배출부하량 저감 | 마을하수도 제안, 공동퇴비사(관련계획) 설치 | 장기대책 |
| 2단계 | 유입수로 | 유지관리가 용이한 최소 시설 구축 | 용존성 오염물질 제거 가능한 시설계획 | 단기대책 |
| 3단계 | 승리양수장 | 운영시스템 조정을 통한 물순환 시스템구축 | 저수지를 통한 용수공급, 초기우수 양수제한 | 비구조적 대책 |
| 4단계 | 대산저수지 | 오염물질 저감효율이 높은 시설 구축 | 조합형 습지조성 | 단기대책 |

한국농어촌공사 38

## 5. 수질개선 대책(안)

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 수질개선 시스템 구성

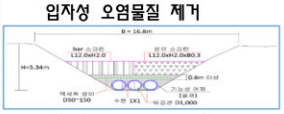
1단계 : 상류유역 → 2단계 : 유입수로 → 3단계 : 승뢰양수장 → 4단계 : 대산저수지

- 직접 배수유역
  - → 농경지구간 제거(습지조성)

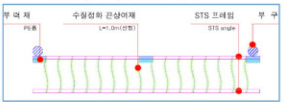
- 간접 배수유역
  - 생활계 오염원
    - → 마을하수도 제안
  - 축산계 오염원
    - 우분(牛糞) : 개별 퇴비화
    - 돈뇨(豚尿) : 축산폐수처리
    - 관련대책 : 공동퇴비사(관련계획)
  - 토지계 오염원
    - → 양수시기 제한(비구조적 대책)

- 1안(스크린 설치)
  : 부유스크린, 바 스크린 교차 설치로 입자성 오염물질 제거

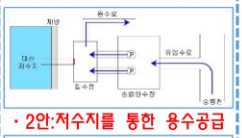
- 2안(집수매거형 여과시설)
  : 여재, 유공관에 의한 입자성 오염물질 제거



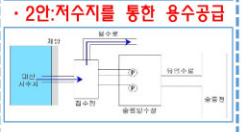
- 3안(부유식 끈장 스크린)
  : 부착미생물에 의한 용존성 오염물질 제거



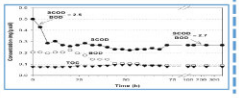
- 비구조적 대책 수립 :
  - 1안:유입수로 우수 직접공급



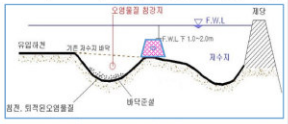
  - 2안:저수지를 통한 용수공급



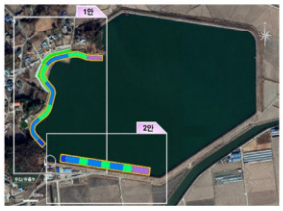
  - 초기우수 발생시 양수제한
    - 종강우 15mm 이하 발생시 양수제한
    - *농경지 토양의 용출특성



- 침강지 조성 : 0.05mm이상
  : 최소소요수면적 0.63ha 이상 적용



- 조합형(지표+지하흐름) 습지 조성
  - 1안 : 기존 부지내 설치로 저수용량 축소 최소화 및 부지확보 용이
  - 2안 : 남측 제방 경계부 설치로 저류용량 저하, 공사중 제방안정성 취약




한국농어촌공사 39

## 5. 수질개선 대책(안)

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

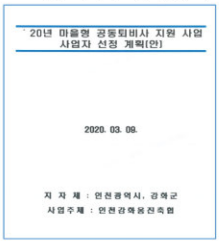
### 상류유역 대책(장기대책)

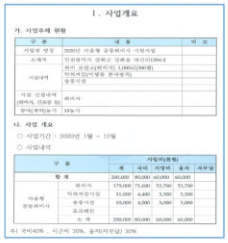
▶ 생활계 저감대책

- 송해면 승뢰리 마을하수도 제안
  - 마을하수도 설치에 따른 배출부하량 저감 필요

▶ 축산계 저감대책

- 공동 퇴비사 설치(2020년 인천강화옹진축협)
  - 개별 퇴비화 시설용량 부족에 따른 축산폐수 유출 최소화



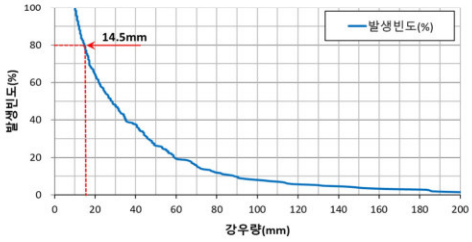
▶ 토지계 저감대책(금회 직접유역, 단기대책)

- 유수지 부지내 농경지에 대한 습지조성
  - 경작활동 제한에 따른 직접유역내 오염원 제거

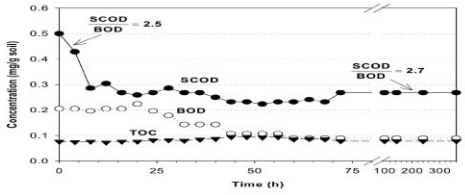
### 비구조적 대책

▶ 승뢰양수장 운영계획 변경

- 초기 강우시 펌프장 운영제한
- 누적강우 80% 수준 : 종강우 15mm




- 초기 강우 발생시 24시간내 운영제한 : 농경지 용출특성 고려

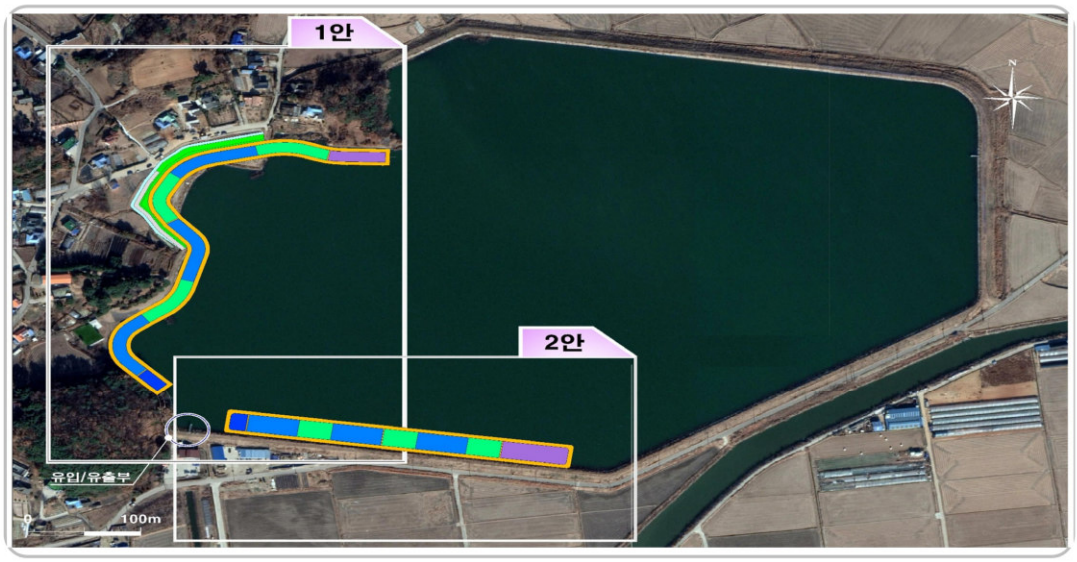



한국농어촌공사 40

## 5. 수질개선 대책(안)

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 조합형 습지 계획



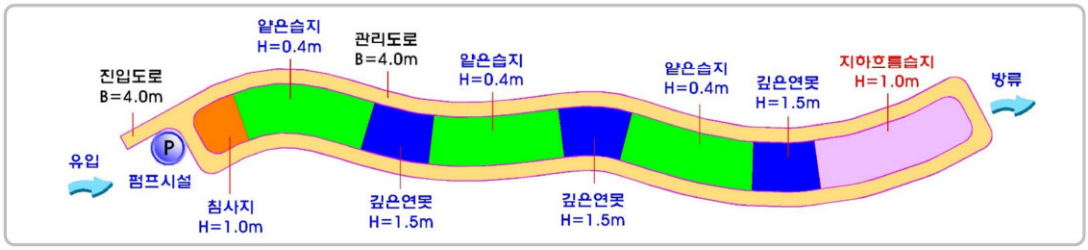

한국농어촌공사 41

## 5. 수질개선 대책(안)

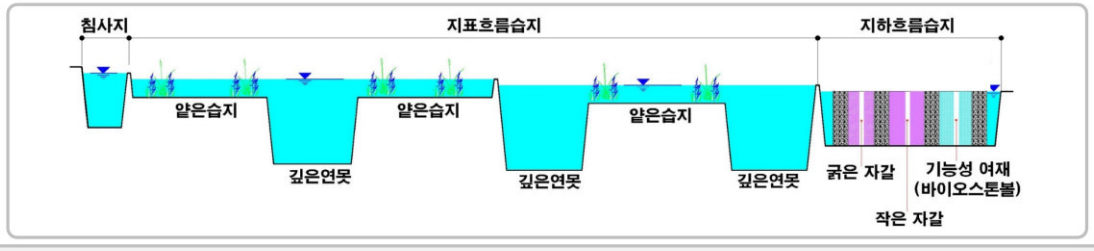
2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 조합형 습지 개념도

▶ 평면구성 : 시설용량 Q = 4,200 m³/일




▶ 단면구성




한국농어촌공사 42

# 06 수질모델링

## 6. 수질모델링



### 장래 오염부하량 산정

| 오염원 변화 | | '20년 | '30년 | 내 용 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| 인구 (명) | | 3,110 | 3,097 | 자연증감 (수학적방법) + 개발인구(관련계획): 현 수준 유지 | |
| 축산 (두) | 한우 | 123 | 123 | 축산단지조성 계획 등 관련계획 없음 : 현 수준 유지 | |
| | 젖소 | 242 | 242 | | |
| | 돼지 | 700 | 700 | | |
| | 양 | 20 | 20 | | |
| | 가금 | 100,000 | 100,000 | | |
| 토지이용 (ha) | 전 | 208.5 | 207.2 | 관련계획 없음 | |
| | 답 | 709.3 | 708.1 | | |
| | 임야 | 630.4 | 629.8 | | |
| | 대지 | 243.6 | 244.2 | | |
| | 기타 | 133.8 | 136.3 | | |
| | 합계 | 1,925.6 | 1,925.6 | | |
| 산업폐수발생량 (㎥/일) | | - | - | 관련계획 없음 | |

## 6. 수질모델링

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 오염 및 배출부하량

▶ 발생부하량

| 오염원별 | 발생부하량 (kg/일) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 현재 (2020) | | | 장래 (2030) | | |
| | BOD | T-N | T-P | BOD | T-N | T-P |
| 계 | 1,723 | 444 | 127 | 1,722 | 443 | 127 |
| 생활계 | 160(9%) | 43(10%) | 5(4%) | 159(9%) | 43(10%) | 5(4%) |
| 축산계 | 1,487(86%) | 336(76%) | 114(90%) | 1,487(86%) | 336(76%) | 114(90%) |
| 산업계 | - | - | - | - | - | - |
| 토지계 (비점오염) | 75(4%) | 65(15%) | 8(6%) | 76(4%) | 65(15%) | 8(6%) |

▶ 배출부하량

| 오염원별 | 배출부하량 (kg/일) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 현재 (2020) | | | 장래 (2030) | | |
| | BOD | T-N | T-P | BOD | T-N | T-P |
| 계 | 321 | 169 | 20 | 305 | 170 | 20 |
| 생활계 | 118(37%) | 27(16%) | 4(19%) | 101(33%) | 28(17%) | 4(18%) |
| 축산계 | 129(40%) | 78(46%) | 9(42%) | 129(42%) | 78(46%) | 9(43%) |
| 산업계 | - | - | - | - | - | - |
| 토지계 (비점오염) | 74(23%) | 64(38%) | 8(39%) | 75(24%) | 64(38%) | 8(39%) |

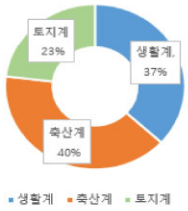
한국농어촌공사 45

## 6. 수질모델링

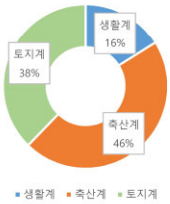
2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 오염 및 배출부하량

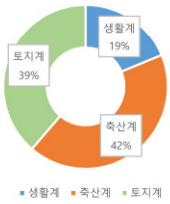
현재(2020)



BOD배출부하량

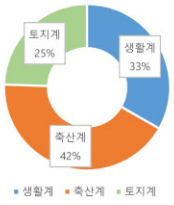


T-N배출부하량

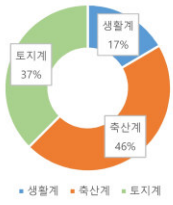


T-P배출부하량

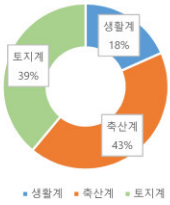
장래(2030)



BOD배출부하량



T-N배출부하량



T-P배출부하량

한국농어촌공사 46

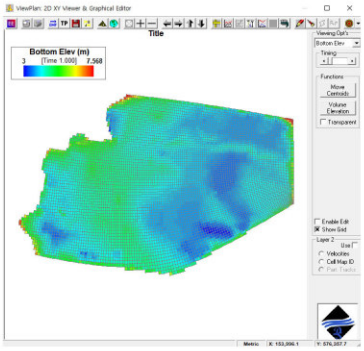
## 6. 수질모델링

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

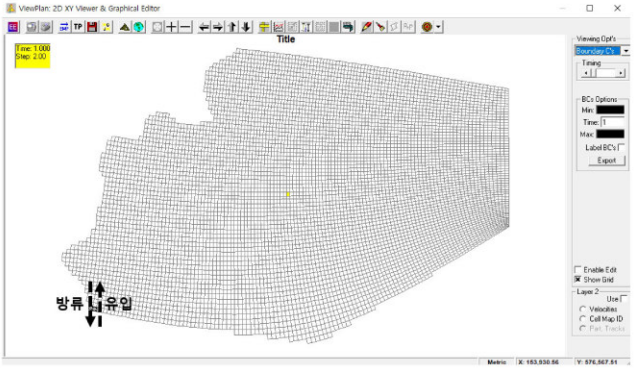
### 수질모델링(EFDC)

| 항 목 | 모 의 내 용 |
|---|---|
| 사용모델 | EFDC (Environmental Fluid Dynamics Code) |
| 격자체계 | 수직격자 체계, Active Cell : 7,175개, sigma 층 : 1개 |
| 모의항목 | TOC, T-N, T-P |

- EFDC 지형구축자료




- EFDC Boundary Condition Cell




한국농어촌공사 47

## 6. 수질모델링

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 수질모델링(EFDC)

- 농촌용수종합정보시스템(RAWRIS) 수질조사 자료 입력 : 2016.03 ~ 2020.08
- TOC, COD, DO, TN, TP 자료를 활용하여 항목별 데이터 입력

| 구 분 | TOC (mg/L) | COD (mg/L) | DO (mg/L) | TN (mg/L) | TP (mg/L) | 구 분 | TOC (mg/L) | COD (mg/L) | DO (mg/L) | TN (mg/L) | TP (mg/L) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2016/03 | 6.9 | 11.0 | 11.1 | 1.135 | 0.017 | 2018/08 | 9.0 | 17.2 | 4.0 | 1.067 | 0.154 |
| 2016/05 | 7.5 | 11.2 | 8.9 | 0.498 | 0.017 | 2018/10 | 7.5 | 16.8 | 4.3 | 1.178 | 0.065 |
| 2016/08 | 6.6 | 10.4 | 4.7 | 0.802 | 0.051 | 2019/03 | 7.0 | 10.6 | 12.2 | 0.902 | 0.042 |
| 2016/10 | 6.2 | 9.8 | 6.3 | 0.741 | 0.063 | 2019/05 | 6.5 | 10.4 | 11.1 | 0.592 | 0.021 |
| 2017/03 | 5.4 | 7.6 | 13.7 | 0.839 | 0.022 | 2019/08 | 5.5 | 9.0 | 2.9 | 2.167 | 0.051 |
| 2017/06 | 6.3 | 10.2 | 4.6 | 1.352 | 0.021 | 2019/10 | 6.5 | 15.2 | 8.8 | 0.546 | 0.035 |
| 2017/08 | 6.2 | 15.2 | 5.7 | 0.647 | 0.067 | 2020/03 | 5.6 | 7.4 | 10.4 | 1.020 | 0.028 |
| 2017/10 | 7.3 | 16.0 | 8.1 | 0.710 | 0.033 | 2020/05 | 7.0 | 10.1 | 12.2 | 2.570 | 0.033 |
| 2018/03 | 5.9 | 14.8 | 10.5 | 0.807 | 0.034 | 2020/06 | 7.4 | 10.5 | 12.2 | 1.330 | 0.038 |
| 2018/05 | 5.8 | 9.2 | 7.4 | 0.628 | 0.021 | 2020/08 | 5.5 | 9.3 | 12.2 | 0.710 | 0.051 |

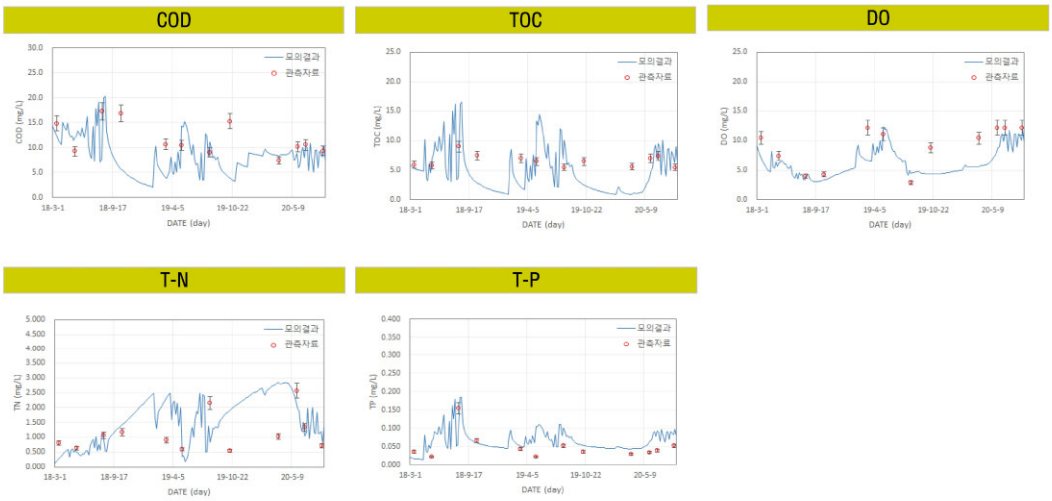
한국농어촌공사 48

## 6. 수질모델링

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 수질모델링(EFDC)

▶ 호소수질 모형(EFDC) 보정




한국농어촌공사 49

## 6. 수질모델링

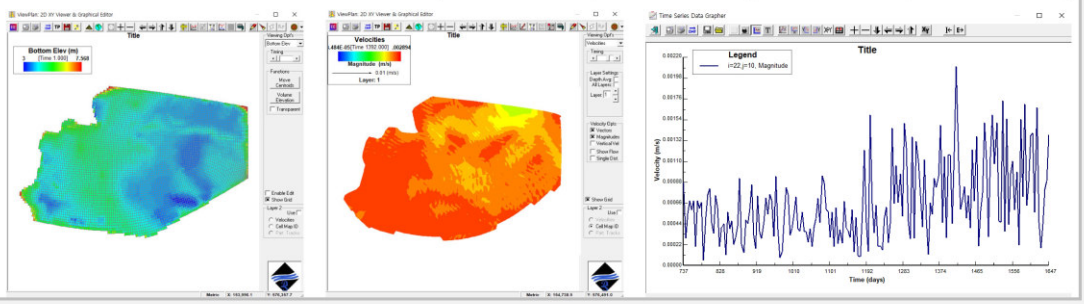
2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 수질모델링(EFDC)

▶ 수질 보정 평가

- 보정자료 : RAWRIS 모니터링자료(분기별 1회)
- 보정기간 : 2016년 3월 ~ 2019년 3월

| 보정 | TOC | T-N | T-P |
|---|---|---|---|
| Observed | 7.04 | 0.92 | 0.07 |
| Simulated | 6.28 | 1.09 | 0.08 |
| O/S | 1.12 | 0.84 | 0.87 |
| %Differ | 25.00 | 19.09 | 14.93 |
| | Good | Good | Very Good |




한국농어촌공사 50

## 6. 수질모델링



### 시설별 오염물질 저감효율

▶ 유기물 수질지표로서 TOC 환경기준 설정에 관한 연구(2011, 최지용), TOC 제거 관련기술

| 대상물질 | | 제 어 방 안 |
|---|---|---|
| 난분해성 유기물질 | 화학적 방법 | - 응집침전, 전자빔, 광촉매, 초음파, UV, 오존, $H_2O_2$ 등을 이용하는 고급산화공정<br>- 응집침전법은 유기물과 함께 인의 동시 제거 가능 |
| | 기타 | - 혐·호기성 생물학적처리, 활성탄 흡착, 역삼투, 펜톤산화 등이 소규모 산업폐수처리에 활용<br>- SS(탁도)를 제거하기 위한 침전, 흡착, 여과방법에 의해 제거 |
| 비점오염원 | | - 저류형, 장치형, 하수처리형, 침투 식생 등 제거효율(The National Academies, 2009)은 공법에 따라 TOC 23~82% 제거 가능 |

▶ 시설별 저감효율

| 구 분 | 저감시설 | 저감효율(%) | | | | | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | BOD | T-N | T-P | TOC(계산) | 산정근거 | |
| 유입 수로 | 여과형 시설 | 50 | 46 | 54 | 17.5 | 비점오염저감시설의 설치 및 관리.운영 매뉴얼(2016,환경부) | |
| | 스크린 시설 | 15 | 9 | 19 | 5.2 | | |
| | 끈상 여과공법 | 7 | 11 | 22 | 6 | 공법사 제시효율 | |
| 호내 대책 | 침강지(부댐형) | - | 32 | 23 | - | 농업용수 수질개선사업 설계매뉴얼 (2017, 농어촌공사) | |
| | 조합형 습지 | 89 | 54 | 72 | 31.1 | | |

주) TOC 저감효율은 BOD(생분해성) 비율 35% 적용시로 제시 : 35% x 89% = 31.1%



## 6. 수질모델링



### 수질모델링(EFDC)

▶ 수질모델링 시나리오 구성

| 구 분 | | 세 부 내 용 | 적 용 시 설 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|
| 호내 대책 | 시나리오1 | 무대책 | | |
| | 시나리오2 | 강우시 순환(양수장 양수 + 방류) | 양수시 전량 저수지 공급<br>용수공급시 저수지내 우수 공급 | |
| | 시나리오3 | 북서측 조합형습지(1안) 설치 | 조합형습지 Q = 4,200 $m^3$/일 | 끈상스크린, 침강지, 조합형습지 |
| | 시나리오4 | 남측 조합형습지(2안) 설치 | 조합형습지 Q = 4,300 $m^3$/일 | 끈상스크린, 침강지, 조합형습지 |

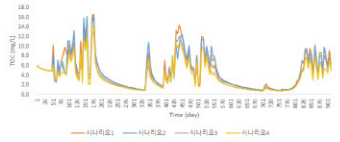
## 6. 수질모델링

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

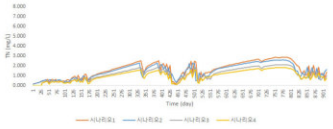
### 수질모델링(EFDC)

▶ 수질예측 검토

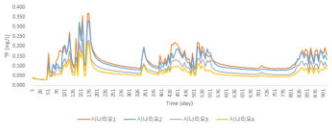
TOC



T-N



T-P



| 구 분 | 수질예측결과 (mg/L) | | | 목표수질 검토 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | TOC | T-N | T-P | TOC | T-N | T-P |
| 시나리오 1 | 6.5 | 1.624 | 0.142 | X | X | X |
| 시나리오 2 | 6.2 | 1.440 | 0.128 | X | X | X |
| 시나리오 3 | 5.6 | 0.992 | 0.093 | O | O | O |
| 시나리오 4 | 5.5 | 0.989 | 0.090 | O | O | O |

- 시나리오 3, 4 : TOC, T-N, T-P 목표수질 (호소수질기준 Ⅳ등급) 만족 (TOC 6mg/L, T-N 1.0mg/L, T-P 0.1mg/L 이하)

※ 수질환경기준(호소) 비고1: 총인 총질소의 경우 총인에 대한 총질소 농도비율이 7 미만일 경우 총인 기준을 적용하지 아니하며, 그 비율이 16이상일 경우 총질소의 기준을 적용하지 아니한다.

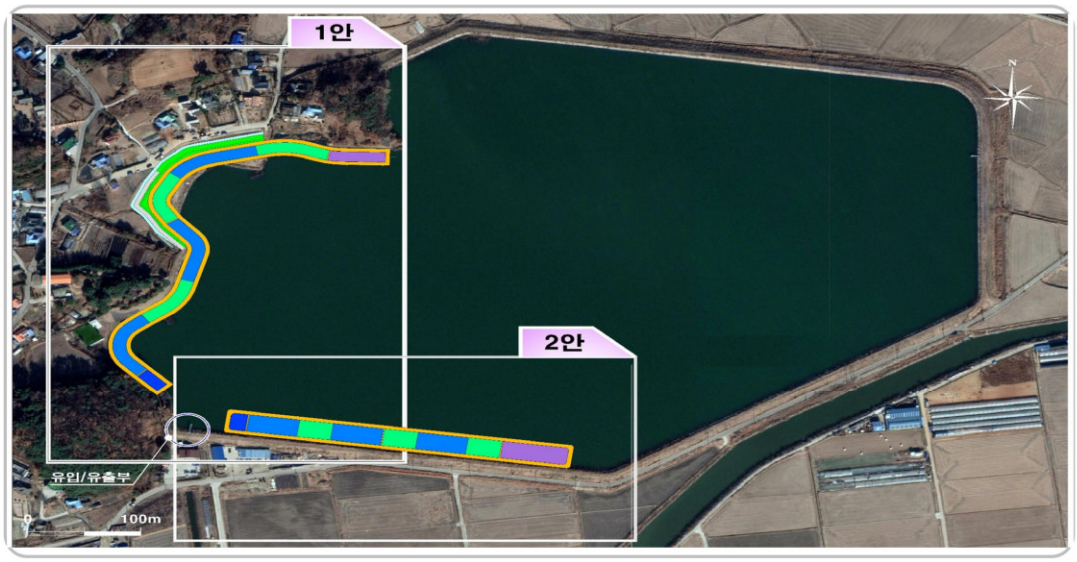
한국농어촌공사 53

# 07 시설 및 사업계획

## 7. 시설 및 사업계획

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 조합형 습지 안별 위치도

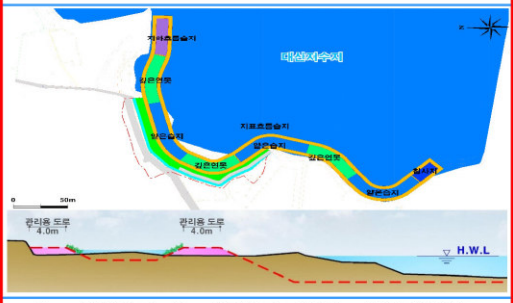
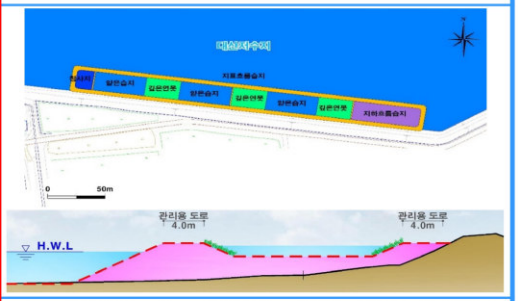



한국농어촌공사 55

## 7. 시설 및 사업계획

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 조합형 습지

| 구 분 | 1안 | 2안 |
|---|---|---|
| 개 요 | 대산저수지 부지내 설치 (북서측 농경지 구간, 호내), 유선형 구조 | 대산저수지 호내 설치 (남동측 경계부, 호내), 정형 구조 |
| 평 면 계 획 |  |  |
| 시설규모 | A = 10,400m², V = 4,200m³, 수면적 : B12mXL500m | A = 8,672m², V = 4,300m³, 수면적 : B20m X L300m |
| 장점 | - 육상 부지내 설치로 시공성 확보<br>- 호내 오염도가 높은 지역의 우수를 양수하여 저감효율 최대화<br>- 설치연장을 최대화 하여 호내 전체적인 물순환 가능 | - 유입수로 인근에 위치하여 유입원수, 호내우수 선택취수 가능<br>- 승뢰양수장 양수가능 분담 가능 |
| 단점 | - 펌프설치위치 반경 110m 인근에 주거지가 위치하여 일부 소음 민원 발생예상 | - 호내 설치되어 내용적(유효용량) 감소<br>- 호내 설치로 진입로 개설 등 시공성, 경제성 저하<br>- 호내 수면과 접하여 설치되어 공사중, 운영초기 제방안정화 필요 |

한국농어촌공사 56

# 7. 시설 및 사업계획

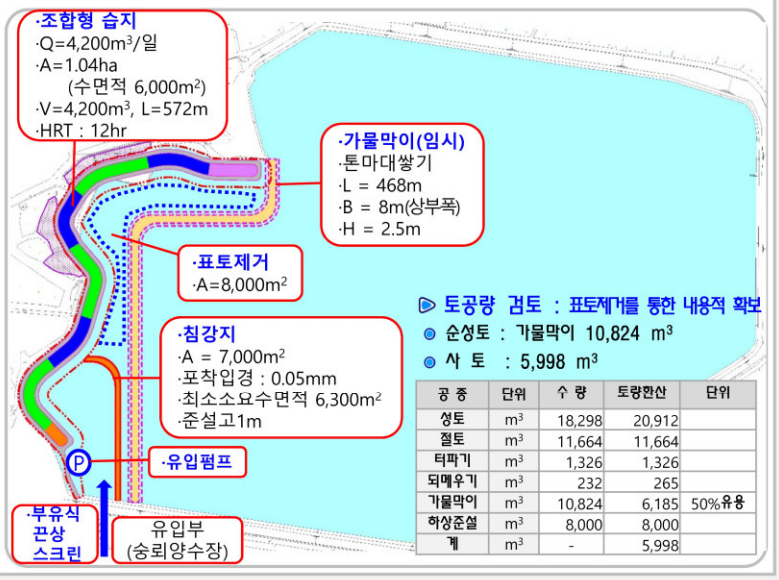
2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

## 종합계획도

▶ 주요시설
- 부유식끈상 스크린 : 유입수로
- 조합형 습지
  - · 지표흐름 습지 + 지하흐름 습지
  - · 시설용량 : Q = 4,200m³/일
  - · 수중펌프 적용 : 소음 최소화
- 침강지
  - · 입자성 물질 침강
  - · 시설규모 : A = 7,000m²

▶ 관리시설
- 관리용 도로(진입도로 포함)
  - · B=4m, L=1,050m
- 안전휀스 : 메쉬형, 관리도로 외측 설치
  - · H=1.2m, L=1,150m(진입도로 포함)
- 유량계 : 습지 유입부 유량계 1개소

▶ 임시시설
- 공사용 가물막이
  - · 가물막이 설치/해체용 상부폭 8m 조성
  - · 순성토 반입 후 습지상부 성토시 활용




▶ 토공량 검토 : 표토제거를 통한 내용적 확보
- 순성토 : 가물막이 10,824 m³
- 사 토 : 5,998 m³

| 공 종 | 단위 | 수 량 | 토량환산 | 단위 |
|---|---|---|---|---|
| 성토 | m³ | 18,298 | 20,912 | |
| 절토 | m³ | 11,664 | 11,664 | |
| 터파기 | m³ | 1,326 | 1,326 | |
| 되메우기 | m³ | 232 | 265 | |
| 가물막이 | m³ | 10,824 | 6,185 | 50%유용 |
| 하상준설 | m³ | 8,000 | 8,000 | |
| 계 | m³ | - | 5,998 | |

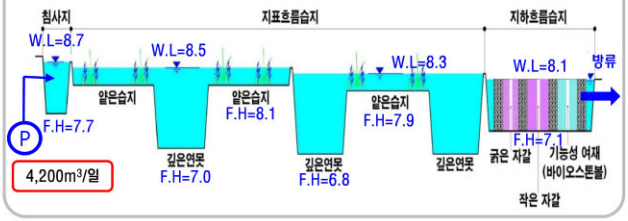
한국농어촌공사 57

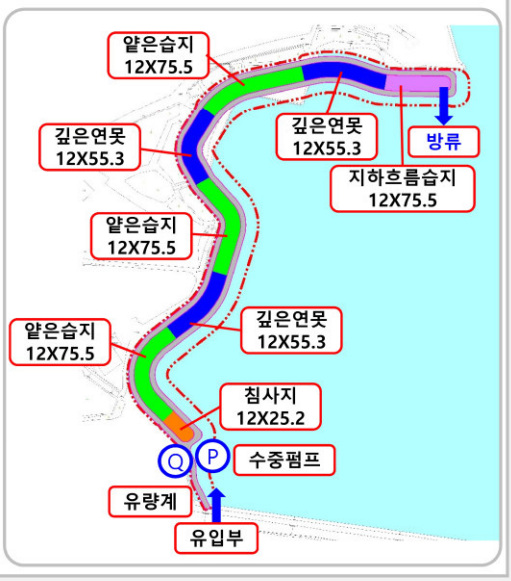
# 7. 시설 및 사업계획

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

## 세부시설 계획(조합형습지)

▶ 조합형 습지
- 설계용량
  - · 처리용량 : Q = 4,200m³/일
  - · 시설규모 : A = 10,400m²
    (수면적 6,000m²)
  - · 시설용량 : V = 4,200m³
  - · 체류시간 : 12hr
- 수처리기전
  - · 저수지 우수를 일정하게 취수하여 호 전체적인 순환과 정화처리
- 수리종단 : 최저수면고 WL.8.1m = 만수위 7.5m + 여유고 0.6m



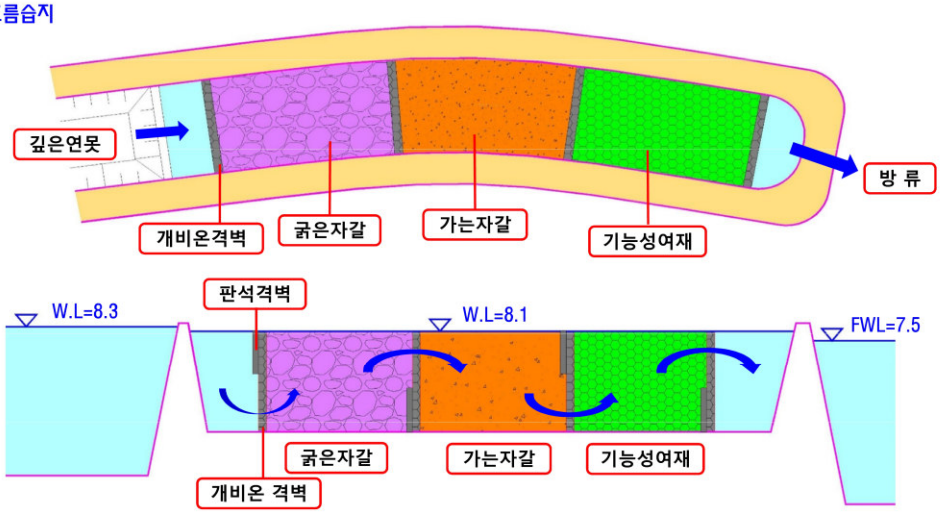

한국농어촌공사 58

## 7. 시설 및 사업계획

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 세부시설 계획(지하흐름습지)

▶ 지하흐름습지




한국농어촌공사 59

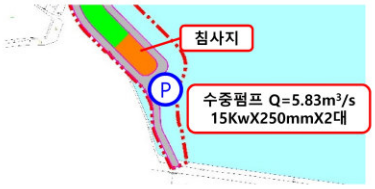
## 7. 시설 및 사업계획

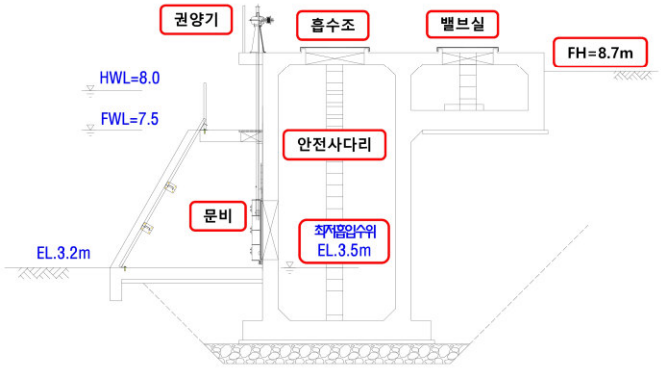
2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 세부시설 계획(펌프시설)

▶ 펌프운영

- 수중펌프 2대로 1일 12시간 가동
- 2시간씩 교번 운행
- 유입/유출관로 관저고 EL.3.2m 고려하여 최저흡입수위는 EL.3.5m 설정 (관저고로 설정시 흡입유량 부족시 모터 손상)




| 구분 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 평균 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 최저수위 (EL.m) | 5.67 | 5.29 | 6.36 | 5.07 | 4.58 | 5.39 |

| 구 분 | 흡입정 바닥고 (EL.m) | 밸브실 바닥고 (EL.m) | 유량 (㎥/min) | 펌프형식 | 전기 동력 (kW) | 구경 (㎜) | 대수 | 운영 시간 (hr) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 펌프시설 | 2.20 | 7.70 | 5.83 | 수중펌프 | 15kw | 250 | 2 | 12 |

한국농어촌공사 60

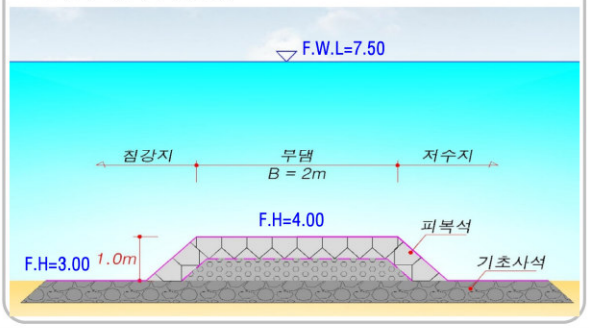
## 7. 시설 및 사업계획

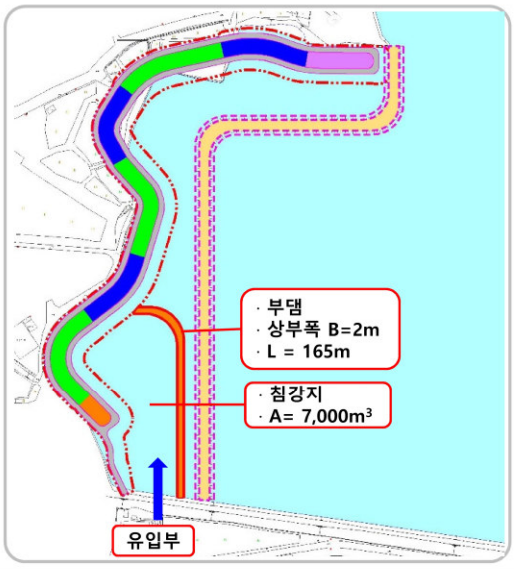
2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 세부시설 계획(침강지)

**침강지**

- 포착대상 입경 : 0.05mm
- 침강속도 : 0.0155 cm/s
- 최소소요수면적 : A = 1.2 X Q / V
  = 1.2 X 0.81m³/s / 0.0155cm/s = 6,270m²
- 설계 수면적 : 7,000m²



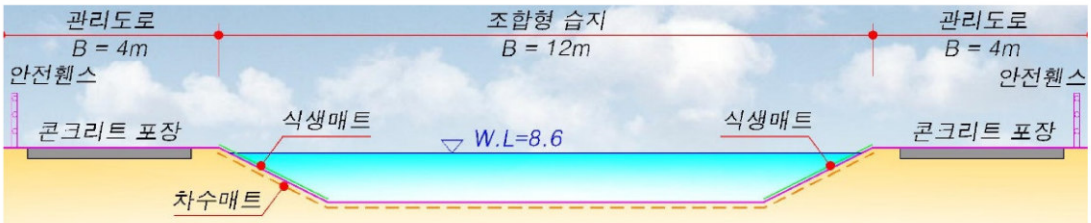

한국농어촌공사 61

## 7. 시설 및 사업계획

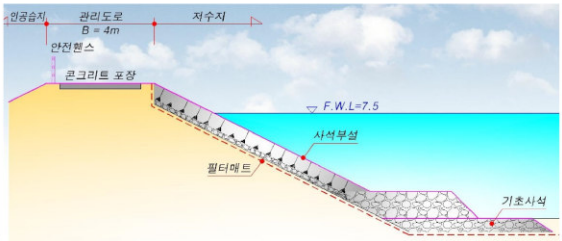
2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 표준단면도

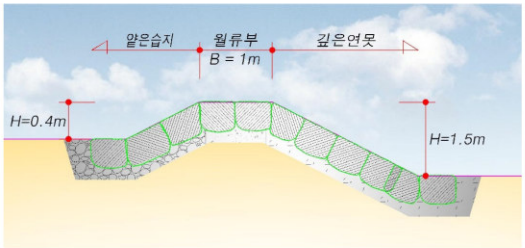
**조합형 습지 : 식생매트 적용**




**제외측 호안공 : 사석부설 적용**




**월류보 : 전석쌓기 적용**

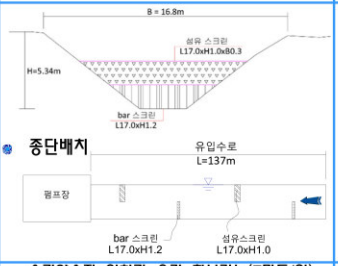
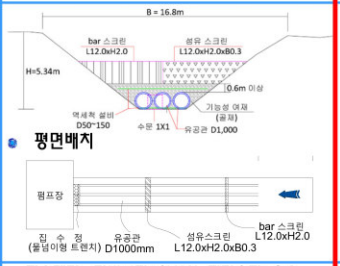
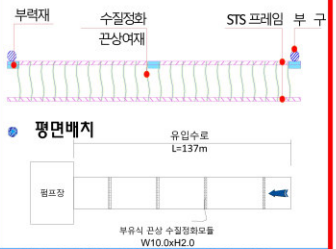



한국농어촌공사 62

## 7. 시설 및 사업계획

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 유입수로내 저감시설

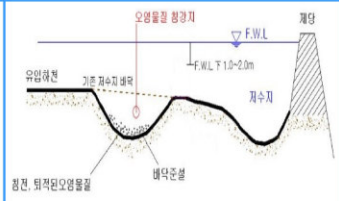
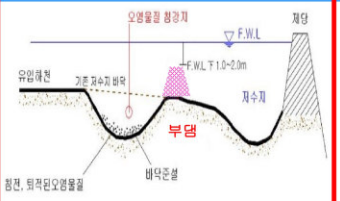
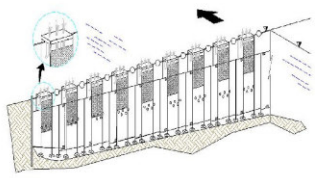
| 구 분 | 스크린형 여과시설 | 집수매거형 여과시설 | 부유식 끈상 스크린 |
|---|---|---|---|
| 공법개요 | 섬유(부유식) 및 바 스크린 교차설치에 의한 입자성 오염물질 제거 | 스크린, 여재, 유공관을 이용한 집수매거형 여과시설로 입자성 오염물질 제거 | 끈상접촉여재(미생물)에 의한 용존성 오염물질 제거 |
| 모식도 |   |   |   |
| 장점 | - 중력양수장 일처리 유량 확보가능(7만톤/일)<br>- 경제성 및 유지관리 뛰어남 | - 집수매거, 강변여과 형식의 저감효과 우수<br>- 역세척 설비로 유지관리 비용 저감 | - 미생물 접촉에 의한 용존성 물질 제거<br>- 설치에 따른 경관저하 없음 |
| 단점 | - 용존성 오염물질 저감효과 제한<br>- 저감효과 낮음 | - 여재막힘 발생시 양수장 일처리 유량 제한<br>- 역세척 설비 운영시 동력 사용 | - 끈상접촉여과 시설의 간이형으로 동절기 저감효율 저하 |
| 공사비 | 100 백만원 | 565 백만원 | 100 백만원 |
| 저감효율 | - 비점오염저감시설 설치및관리.운영 매뉴얼<br>· BOD : 15% T-N : 9% T-P : 19% | - 비점오염저감시설 설치및관리.운영 매뉴얼<br>· BOD : 50% T-N : 46% T-P : 54% | - 공법사 오염물질 저감보증 효율<br>· BOD : 7% T-N : 11% T-P : 22%<br>TOC : 6%(용존성 물질 포함) |

한국농어촌공사 63

## 7. 시설 및 사업계획

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 침 강 지

| 구 분 | 준 설 형 | 부 댐 형 | 차수막형 |
|---|---|---|---|
| 개 요 | 하상 준설을 통한 입자성 물질 포착 | 준설 및 부댐 설치를 통한 입자성 물질 포착 | 차수막 설치를 통한 부유성 물질 차단 |
| 모식도 |   |   |  |
| 장 점 | - 부댐 없이 굴착하여 침강지 조성가능<br>- 시공성, 경제성 上 | - 부댐 설치로 입자성 물질 저감효과 우수<br>- 부댐 높이에 따라 시설면적 최소화 가능<br>- 사고수 유입시 1차 방어 가능 | - 포착률이 낮은 미세 부유성 물질 저감가능<br>- 수면 위 노출되어 유지관리 용이 |
| 단 점 | - 상대적으로 넓은 시설(굴착) 면적 필요<br>- 타 공법에 비해 오염물 저감효율 낮음<br>- 토사퇴적에 의한 시설용량 및 기능 감소 | - 부댐 높이에 따라 유효 저수용량 감소<br>- 호내 부댐 설치로 시공성, 경제성 中 | - 부유 시설로 설치위치 제한적<br>- 포착률이 큰 입자성 물질 차단 제한<br>- 수면 위 노출되어 경관성 저하 |
| 저 감 효 율 | - 농업용수 수질개선사업 설계 메뉴얼<br>· COD : 5% T-N : 13% T-P : 20%<br>· SS : 15% | - 농업용수 수질개선사업 설계 메뉴얼<br>· COD : 5% T-N : 32% T-P : 23%<br>· SS : 47% | - 농업용수 수질개선사업 설계 메뉴얼<br>· COD : 5% T-N : 25% T-P : 20%<br>SS : 30% |

한국농어촌공사 64

## 7. 시설 및 사업계획

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 소요사업비

| 구 분 | | 사 업 비 | 비 고 |
|---|---|---|---|
| ■ 총 사 업 비 | | 6,784,000,000 | |
| 공사비 | 계 | 4,608,000,000 | |
| | 1) 조합형습지 | 2,946,000,000 | |
| | 2) 침강지 | 376,000,000 | |
| | 3) 양수시설 | 526,000,000 | |
| | 4) 가물막이 | 295,000,000 | |
| | 5) 기타시설 | 465,000,000 | 가설사무실, 유량계, 세륜세차시설 등 |
| 관급자재대 | | 1,271,000,000 | 기능성여재, 유입수로 |
| 관리비 및 기 타 | 계 | 858,000,000 | |
| | 1) 기본조사비 | 170,000,000 | 문화재지표조사, 전략환경 포함 |
| | 2) 세부설계비 | 175,000,000 | |
| | 3) 생태보전협력금 | 36,000,000 | |
| | 4) 공사감리비 | 402,000,000 | |
| | 5) 사업관리비 | 75,000,000 | |
| 용지보상비 | | 47,000,000 | |

한국농어촌공사 65

## #. 주요조치결과

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 착수보고회

| 구 분 | 검 토 의 견 | 조 치 결 과 | 비고 |
|---|---|---|---|
| 1 | • 호내 수질오염저감대책 수립시 상류지역과 연계한 종합대책 수립 필요<br>- 강화군 등 관계기관과 연계하여 상류지역 오염원에 대한 저감대책 검토 | • 강화군 등 관련기관 자료조사 및 업무협조를 통해 마을하수도 정비사업 등 유역내 오염저감 대책을 조사 및 제안하였음 | 반영 |
| 2 | • 수질오염 저감대책 적용시 시설규모, 저감효율 등 관련근거 제시 | • 수질오염 저감시설 규모, 저감효율 등 정량적 해석 근거를 제시하였음 | 반영 |
| 3 | • 기본계획 수립시 유지관리가 중요하며 실제 시설물을 운영하는 지사의 의견 반영 필요<br>-강화·옹진 지사와 저감대책 공법, 시설물 등 협의 필요 | • 과업수행시 강화·옹진지사와 협의하여 저감대책을 수립하였음 | 반영 |
| 4 | • 인공습지 조성시 유수흐름을 원활히 할 수 있도록 측량조사 철저 및 인공습지 조성시 사면부 불투수성 설계반영 필요 | • 금회 지형현황측량 및 수심측량을 수행하였음<br>• 조합형 습지 사면부 및 하상에 차수매트를 계획하였음 | 반영 |
| 5 | • 수질조사 및 측량시 기존 자료 활용 요망 | • 농어촌공사 수질측정망 조사결과 및 수심측량 자료를 비교자료로 활용하였음 | 반영 |
| 6 | • 금회 기본조사 용역 수행시 본사 수질개선사업 전체 일정과 연계한 공정 및 일정계획 수립 | • 본사 수질개선 사업 전체 일정을 고려하여 금회 공정계획을 수립하겠음 | 반영 |
| 7 | • 수질오염원인 파악 후 원인에 따른 저감대책 수립 필요 | • 수질오염원에 대한 정확한 조사를 토대로 원인별 저감대책을 수립하였음 | 반영 |

한국농어촌공사 66

# #. 주요조치결과

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

## 착수보고회

| 구 분 | 검 토 의 견 | 조 치 결 과 | 비고 |
|---|---|---|---|
| 8 | • 숭뢰양수장 구조를 고려한 저감대책 수립필요<br>- 수문, 양수펌프 및 가동규모 등 | • 양수장 구조 및 실제 운영현황을 고려하여 저감대책을 수립하였음 | 반영 |
| 9 | • 전략환경영향평가 및 소규모환경영향평가가 동시에 시행 예정이므로 조속한 기본구상(안) 제시 필요<br>- 계획평면도, 일반도 등 우선적 작성요망 | • 본사 수질개선 사업일정을 반영하여 금회 기본조사 공정계획을 수립하겠음 | 반영 |
| 10 | • 전략환경영향평가 등 관련계획에서 주민설명회 시행시 참석요망 (필요시 사업내용 설명) | • 관련계획에서 시행하는 주민설명회 등에 적극적으로 참여 하겠음 | 반영 |
| 11 | • 관련근거 및 기준에 맞는 정확한 용어사용<br>- 농업용수기준 → 농업용수 관리기준 또는 "환경정책기본법 시행령 별표1"에 따른 호소수질기준<br>- 수질오염공정시험법 → 수질오염공정시험기준 | • 보고서 및 보고자료 작성시 관련근거 및 기준에서 사용하는 정확한 용어를 사용하겠음 | 반영 |
| 12 | • 농어촌공사 수질측정망 측정결과와 금회 수질조사 결과에 대한 비교검토 필요<br>- 동일지점 및 측정시기가 비슷할 경우측정결과가 크게 차이나는 경우 원인분석 및 필요시 추가조사 시행 | • 농어촌공사 수질측정망 측정값과 금회 수질조사 결과를 비교검토 하여 수질조사 결과에 대한 신뢰도를 제고하겠음 | 반영 |
| 13 | • 호내 수질조사 시행시 조사지점을 최소하 하고 조사횟수를 증가시키는 것이 합리적으로 판단되며, 양수형 저수지 형식을 고려하여 실제 양수시(평시) 수질조사 필요 | • 수질조사 위치, 조사횟수 등을 발주처와 협의하여 조정 시행하였음 | 반영 |
| 14 | • 과업기간 준수요망 | • 과업기간을 준수하겠음 | 반영 |

한국농어촌공사 67

# #. 주요조치결과

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

## 착수보고회

| 구 분 | 검 토 의 견 | 조 치 결 과 | 비고 |
|---|---|---|---|
| 15 | • 식생계획 수립시 지역에서 자생하는 식재반영 | • 현지 자생가능한 식재를 중심으로 식재계획을 수립하겠음 | 반영 |
| 16 | • 양수형 저수지 형식을 고려하여 양수된 하천수를 인공습지 등 저감시설로 직접 유입시켜 오염농도가 저감된 하천수를 저수지로 유입될 수 있는 방안을 검토하기 바람 | • 양수된 하천수를 직접저감시설로 유입시키는 방안을 검토하였으며, 양정고, 배송거리, 자연방류 가능성 등을 고려하여 호내우수 취수를 적용하였음 | 반영 |
| 17 | • 장치형 시설 적용시 저감효율 등 저감효과를 실측결과를 기준으로 제시하여 반영여부를 검토하기 바람 | • 금회 적용된 저감시설은 조합형습지, 침강지 등으로 일반적인 저감시설이며, 이에 대한 저감효율은 실제 모니터링 결과를 고려하여 제시된 "농업용수 수질개선사업 설계매뉴얼(한국농어촌공사)"의 저감효율을 적용하였음 | 반영 |
| 18 | • 장래 수질오염부하량 산정시 마을하수도 계획을 반영하여 검토필요<br>- 현재 사업대상 유역내 마을하수처리장 공사가 시행중에 있음 | • 현재 사업대상 유역에 마을하수도 계획은 미수립되었으며, 장기대책으로 마을하수도 설치를 제안하였음 | 반영 |
| 19 | • 취입시설에 대해 원격제어, CCTV 등 자동화 시설 반영 요망(자동 유량 측정장치 조사필요) | • 유량계, CCTV 등 관리시설 계획을 반영하였음 | 반영 |
| 20 | • 누락공정이 없도록 사업비 산정 철저<br>- 관리용 도로 조성시 외부 순성토 필요<br>- 가체절 비용 반영<br>- 인공습지 조성시 준설토 사용 가능여부 판단 필요 → 오니토 판정시 폐기물 처리 | • 발주처(본사, 본부 등)와 Feed-Back 과정을 통해 사업이 누락을 방지하겠음<br>- 관리용 도로 및 가물막이 설치시 외부 순성토 적용 등 | 반영 |
| 21 | • 호내 인공습지 계획시 저수지 내용적 변화가 없도록 성토, 준설 등 토공 밸런스 최소화 | • 저수지 내용적 변화가 없도록 하상준설 등을 통해 토공계획을 수립하였음 | 반영 |

한국농어촌공사 68

# #. 주요조치결과

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

## 중간보고회

| 구 분 | 검 토 의 견 | 조 치 결 과 | 비고 |
|---|---|---|---|
| 1 | • 시간경과에 따른 수질변화 침전효과에 대한 수질조사 성과 제시 | • 시간경과에 따른 침전효과는 시각적인 참고자료로 침전 전. 후 수질조사 결과 미반영(원수에 대한 시험성과는 보고서 수록) | 부분반영 |
| 2 | • 유역내 토양성분중 유기탄소 함유량 제시 적정 : 유기탄소 비율 2.13% | - | - |
| 3 | • 대산저수지 관측수위가 높게 나타남 | • 금회 측량성과를 기준으로 관측수위를 보정하여 제시하겠음 (만수위 : 기존 EL.9.5m→금회 EL.7.5m) | 반영 |
| 4 | • 유역 표기 수정 (배수유역→유역, 직접 배수유역→직접유역) | • 유역 표기 용어를 수정하겠음 | 반영 |
| 5 | • 목표수질 달성도가 높은 시나리오4(남측 제방내 설치) 적용 사유 | • 습지 계획을 남측 제방과 접하여 설치시 유효 저수용량 축소 및 공사중 제체 층따기 공정에 의한 제체안정성 저하 등으로 북서측 설치안(시나리오3) 적용 | 반영 |
| 6 | • 오존처리공법 적용시 동방저수지 실증시험 결과를 참고하여 적용 | • 현재 조합형 습지계획 등을 통해 목표수질을 만족하는 것으로 검토되어 오존처리 공법은 제외하였음 | 반영 |
| 7 | • 양수장 운영시 유입수로내 우수를 전량 호내 유입후 농업용수로 공급하는 방안 명시 | • 비구조적 대책으로 유입수로→저수지→용수로의 물순환 체계를 제시하겠음 (세부사항은 지사와 협의 후 반영) | 반영 |
| 8 | • 인공습지 형식 검토 필요<br>- 지하흐름습지는 유지관리가 어려워단순한 지표흐름습지 설치방안 검토 | • 지표흐름습지 만으로 호소 수질기준 4등급(TOC 기준 6mg/L 이하) 목표 달성이 제한적으로 저감효율이 높은 조합형 습지를 적용하였음 | 반영 |
| 9 | • 침강지 설치 불필요<br>- 양수형 저수지로 하천이 침강지 역할 | • 침강지 설치로 호내 오염물 확산 방지 및 오염도가 높은 침강지내 호소수를 양수하여 습지의 오염물질 저감효율을 증가할 수 있도록 계획하였음 | 미반영 |
| 10 | • 친수공간을 제외하여 인공습지로 조성 | • 친수공간으로 인공습지 선형을 조정하여 저수지 유효용량 감소를 최소화 하였음 | 반영 |
| 11 | • 현장여건에 맞는 유입수로내 저감시설 계획 반영요망 | • 저감시설 계획시 지사와 협의하여 유지관리가 용이한 공법을 적용하겠음 | 반영 |
| 12 | • 저감시설 계획시 유지관리가 용이하고 유입수로내 저감시설 확정전, 수질개선 사업 준공후 지사와 사전협의 필요 | • 저감시설 계획시 지사와 협의하여최종 시설물 계획을 수립하겠음 | 반영 |

한국농어촌공사 69

# #. 주요조치결과

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

## 중간보고회

| 구 분 | 검 토 의 견 | 조 치 결 과 | 비고 |
|---|---|---|---|
| 13 | • 인공습지 누수방지를 위한 사면보호공 및 순성토 토공계획 반영 | • 습지내 누수방지를 위해 사면보호공(식생매트) 및 차수매트 반영 순성토 토공계획은 가물막이(순성토)를 유용하겠음 | 반영 |
| 14 | • 침강지 부댐 계획시 유지관리를 위해 상부폭 확보 | • 침강지 부댐 상부폭을 유지관리가 용이하도록 확폭하여 반영하겠음 | 반영 |
| 15 | • 대산저수지 내용적 등은 시설관리자와 협의하여 기본조사에 반영 요망 | • 수심측량 등 금회 측량성과를 준용하여 지사와 협의하여 기본조사에 반영 하겠음 | 반영 |
| 16 | • 기존 양수장 펌프를 이용한 습지내계획유량 공급방안 및 유입수로내 취수방안 검토 | • 인공습지 수위는 EL.8.7m로 조성되어 양수장 집수정 수위 EL.7.72m (대산저수지 계획홍수위 EL.7.5m) 고려시 자연유하 불가능<br>→ 별도 펌프설치 필요하며 습지내 용수 공급시 기존 양수장 펌프 추가 가동 필요<br>• 유입수로 수위는 약 EL.1.0m로 인공습지로 직접 유입시 양정고가 높고 배송거리가 길어져 경제성, 유지관리성 저하 | 반영 |
| 17 | • 대산저수지 오염원인 및 적정 저감대책 반영여부 제시 | • 유역내 토양의 유기탄소 비율이 크지 않은 것으로 검토되었으나, 하천 및 저수지 특성상 하도내 수문 및 양수형 저수지로 인해 정체수역이 발생하여 오염물질의 축적으로 오염농도가 증가하는 것으로 판단됨<br>• 3차 수질조사시 선행강우 발생 으로 인하여 숭룡천 하류 수문이 개방 되었고 이로 인해 1~2차 수질조사 결과보다 수질오염 농도가 전반적으로 낮아지는 조사결과를 보임<br>→3차 수질조사 결과 숭룡천 수문개방으로 저수지 보다 상대적으로 하천의 오염농도가 크게 감소하였음<br>• 비구조적 대책으로 저수지를 통한 농업용수 공급방안 제시(물순환 계획)<br>→저수지의 경우 농업용수 확보로 물순환이 제한적 인공습지를 계획 | 반영 |
| 18 | • 금회 수질조사 결과를(3회) 기준으로 수질모델링 분석시 모의결과의 신뢰성 하락<br>-유역모델을 이용한 입력자료 구축 제안 | • 간접유역으로 조성된 양수형 저수지 특성 및 하천내 기설치 수문으로 인하여 유역모델 적용은 제한적으로 판단됨<br>• 최근 5개년 양수장 펌핑자료 및 물수지 분석에 의한 용수공급 자료를 이용하여 일 단위 유입, 유출량 등 매개변수 적용<br>• 수질모델링 검. 보정을 통해 성과보완 예정 | 부분반영 |
| 19 | • 시나리오별 저감시설계획 제시 요망 | • 시나리오별 저감시설 종류 및 규모를 제시하겠음 | 반영 |

한국농어촌공사 70

# #. 주요조치결과

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

## 관계기관 협의

| 구 분 | 검 토 의 견 | 조 치 결 과 | 비 고 |
|---|---|---|---|
| 인천광역시 농축산유통과 | • 수질개선사업 시행시 우선적으로 상류오염원에 대한 검토가 필요함 → 마을하수도시설, 축사퇴비화 시설 설치 필요 | • 강화군 하수도정비기본계획 수립시 우선적으로 대산지구 유역이 포함될 수 있도록 건의 | 건의 |
| | • 유역에서 직접 유입되는 생활하수를 인공습지에서 처리될 수 있는 방안 검토 필요 | • 유역에 직접 유입되는 생활하수를 인공습지로 유도하여 처리하겠음 | 반영 |
| 강화군 농정과 | • 수질정화공법 선정시 자연친화적인 재료를 이용하고 지속가능한 공법 선정필요 | • 자연친화적 호안공법 및 정화효율을 고려하여 공법선정 | 반영 |
| | • 수질개선사업으로 안정적인 수질을 확보하고 깨끗한 농업용수 공급이 될 수 있는 계획 수립 필요 | • 수질등급 Ⅳ등급 이하의 깨끗한 농업용수 공급을 위한 계획수립 하겠음 | 반영 |
| 마을이장 | •공사시 인근 주민들의 민원이 최소화 될 수 있도록 기본계획 수립 필요 | • 필요시 소음방지시설, 비산방지시설을 고려하여 공사시 주민들의 민원발생을 최소화 하겠음 | 반영 |

한국농어촌공사 71

### 9.13.4 최종보고('20.12.17)결과

*"농어민과 함께 농어촌을 위해!"*

# 한국농어촌공사

수신자 내부결재
(경유)
(참조)
제 목 **대산지구 수질개선사업 기본조사 최종보고회 결과보고**

1. 관 련 : 경기수자원-3443(2020.12.07.)호[최종보고회 실시]
2. 대산지구 수질개선사업 기본조사 외주용역에 대한 최종보고회(서면검토)를 실시하고 그 결과를 다음과 같이 보고합니다.
   가. 목 적 : 기본조사 설계(안) 적정성 및 시설규모 등 기술적 타당성 검토
   나. 일시 및 검토방법 : 2020.12.09.(수)~12.10(목), 서면검토
   다. 검토자 : 수자원관리부장 등 7인(수자원관리부 4, 사업계획부 2, 강화옹진지사 1)
   라. 주요 검토내용
      ○ 인공습지 조성을 위한 기존도로 단절구간 이설계획 수립(반영)
      ○ 유지관리를 위한 안전펜스 및 외부차량 진입 차단시설 설치(반영)
      ○ 깊은연못내 배출수문 설치(반영)
      ○ 가체절 유용, 토공운반 등 토공계획 수립(반영)
   마. 처리계획 : 검토결과 용역사 통보 → 기본조사 반영

붙 임 : 대산지구 수질개선사업 기본조사 최종보고회 결과보고 1부. 끝.

담당자 수자원관리부장 경기지역본부장

협조자

시행 경기수자원-3597 ( 2020.12.17. ) 접수 ( )

우 16346 수원시 장안구 정자동 571-1 / http://www.ekr.or.kr
전화 031-250-3078 /전송 031-250-3634 / ironpipe@ekr.or.kr / 비공개(5)

*"같이가요. 함께해요. 행복 농어촌!"*

# 대산지구 수질개선사업 기본조사 최종보고회 결과보고

('20.12.17, 수자원관리부)

## ❑ 개최현황

❍ 목　　적 : 기본조사 설계(안) 적정성 검토 및 시설규모 등 기술적 타당성 검토

❍ 일시/방법 : '20.12.09 ~ 12.10 / 서면자문

❍ 자문위원 : 수자원관리부 등 7인(수자원관리부4, 사업계획부2, 지사1)

## ❑ 검토결과

❍ 주요사항

1) 인공습지 조성을 위한 기존 도로 단절구간 이설계획 수립

2) 유지관리를 위한 안전휀스 설치 및 외부차량 진입 차단시설 반영

3) 깊은연못내 배출수문 반영

4) 가체절 유용, 토공운반(사토, 순성토) 등 토공계획 재검토

❍ 검토결과 통보서 : 덧붙임 1

## ❑ 향후계획

❍ 검토내용 설계사 통보 → 기본조사 반영

덧붙임　1. 검토결과 통보서 1부.

2. 자문위원 명단 1부.

3. 참고자료(기본조사 요약). 끝.

- 1 -

## 덧붙임 1 검토결과 통보서

| 위 원 | 자문위원 검토의견 | 최종보고 검토결과 | 반영여부 |
|---|---|---|---|
| 유병수 | · 관리도로<br>-신설 인공습지 조성에 따른 기존 진입도로의 이설설치가 필요하며, 현재 도로폭 이상으로 설치하고 필요시 안전시설을 추가 검토하기 바람 | · 금회 수질개선사업으로 인해 단절되는 기존 진입도로에 대한 이설계획을 추가 반영하였음 | 반 영 |
| 김홍건 | · 수질항목<br>- 대산저수지 5개년 TOC 평균수질을 제시하였으나 15년 제외한 평균값 제시는 무의미한 표현 삭제 필요<br>- 호소생활환경기준(4등급) → 호소생활환경기준(Ⅳ등급) 수정필요 | · 2015년을 제외한 TOC 평균수질 표현을 삭제하였음<br>· 수질기준 용어를 수정하였음<br>- 당초 : 호소생활환경기준(4 등급)<br>- 변경 : 호소생활환경기준(Ⅳ등급) | 반 영 |
| 김상진 | · 관리도로<br>- 인공습지 중 깊은연못은 수심 1.5m 정도로 조성되므로 안전시설(펜스 등)을 설치하고 향후 유지관리를 위해 외부차량 진입방지를 위한 시설 설치가 필요함 | · 인공습지 관리용 도로 외측으로 안전펜스를 기 반영하였으며, 향후 유지관리를 위한 외부차량 진입방지 시설(볼라드)을 추가하였음 | 반 영 |
| 박주혁 | · 유지관리<br>- 향후 유지관리를 위해 조합형 인공습지 내 깊은 연못에 대한 배출수문 반영 필요 | · 인공습지 내 깊은 연못에 대한 배출수문을 추가로 반영하였음 | 반 영 |
| 이성원 | · 외부 순성토 및 가체절 유용 여부 등 토공량에 대한 재검토 요청 | · 외부 순성토는 사업초기 가물막이 성토재 확보를 위해 적용하였으며, 가체절 유용시 50%는 성토재 이용, 잔량 50%는 호내 무대사토로 계획하였으나, 저수지 유효용량 확보를 위해 잔량 50%를 사토처리로 변경하였음 | 반 영 |

- 2 -

# 최종보고 검토의견

○ **안건명 :** 대산지구 농업용수 수질개선사업 기본조사(안)

| 검토항목 | 기술검토 내용 |
|---|---|
| 한리도로 | ◦ 신설 인공습지 조성에 따른 기본 진입도로의 시설설치가 필요하며, 현재 도로폭 기상으로 설치하고 필요시 선정사업을 추가 검토하기 바람. |
| | |
| | |
| | |
| | |

2020년 12월 10일

검토위원 유병수 (인)

- 3 -

# 최종보고 검토의견

○ 안건명 : 대산지구 농업용수 수질개선사업 기본조사(안)

| 검토항목 | 기술검토 내용 |
|---|---|
| 수질항목<br>(p10) | - 대산저수지 5개년 TOC 평균수질을 제시하였으나 15년 제외한 평균값 제시는 무의미한 표현 삭제 필요<br>- 호소생활환경기준(4등급) ---> 호소생활환경기준(IV등급) 수정필요 |
| | 이하여백 |
| | |
| | |
| | |

2020년 12월 10일

검토위원 김 홍건 (인)

- 4 -

# 최종보고 검토의견

○ **안건명 :** 대산지구 농업용수 수질개선사업 기본조사(안)

| 검토항목 | 기술검토 내용 |
|---|---|
| 관내소로 부분 | 인공습지 중 깊은연못은 수심 1.5m 정도로 조성되므로 안전시설(펜스 등)을 설치하고 향후 유지관리를 통해 외부차량 진입방지를 위한 시설 설치가 필요함. |
| | |
| | |
| | |
| | |

2020년 12월 10일

검토위원 김상선 (인)

- 5 -

# 최종보고 검토의견

○ **안건명 :** 대산지구 농업용수 수질개선사업 기본조사(안)

| 검토항목 | 기술검토 내용 |
|---|---|
| 유지관리 | - 향후 유지관리를 위해 조합형 인공습지 내 깊은 연못에 대한 배출수문 반영 필요 |
| | |
| | |
| | |
| | |

2020년 12월 10일

검토위원 박 주 혁

- 6 -

# 최종보고 검토의견

○ **안건명 :** 대산지구 농업용수 수질개선사업 기본조사(안)

| 검토항목 | 기술검토 내용 |
|---|---|
| 1. | 외부순환도 및 가처분 유출 여부 등 도공량에 대한 재검토 요청 |
| | |
| | |
| | |
| | |

2020년 12월 10일

검토위원 이성원 (인)

- 7 -

## 덧붙임 2 자문위원 명단

| 구 분 | 소 속 | 직급 | 성 명 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| 경기지역 본부 | 수자원관리부 | 2급 | 이영복 | 위원장 |
| | 〃 | 3급 | 유병수 | 위원 |
| | 〃 | 3급 | 김홍건 | 위원 |
| | 〃 | 3급 | 김상진 | 위원 |
| | 〃 | 4급 | 최철관 | 용역감독 |
| | 사업계획부 | 3급 | 이민재 | 용역감독 |
| | 〃 | 4급 | 박주혁 | 위원 |
| | 강화·옹진지사 | 4급 | 이성원 | 위원 |

## 덧붙임 3 대산지구 수질개선사업 기본조사 설계(안) 요약자료

❑ 목 적 : 양질의 농업용수 공급, 친수환경 제공, 생태계 보전 등

❑ 대 상 : 인천광역시 강화군 송해면 숭뢰리 대산저수지

❑ 시설제원

| 구분 | 시설제원 | 위치도 | 전경사진 |
|---|---|---|---|
| 소 재 지 | 송해면 숭뢰리 | | |
| 설치년도 | 1980년 | | |
| 유역면적 | 1,880 ha | | |
| 유효저수량 | 1,271천$m^3$ | | |
| 수혜면적 | 289 ha | | |
| 만수면적 | 29 ha | | |
| 관리주체 | 강화옹진지사 | | |

❑ 유역특성 및 수질현황

○ 유역특성 : 양수형 저수지로 농경배수 재이용 및 호내 우수 유출정체가 주오염원

○ 수질현황

| 구 분 | 15 년 | 16 년 | 17 년 | 18 년 | 19 년 | 평 균 | 호소 생활환경 기준(Ⅳ등급) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 년 강수량(mm) | 647 | 1,100 | 809 | 1,072 | 1,079 | 941 | - |
| TOC(mg/L) | 8.8 | 6.8 | 6.3 | 7.1 | 6.4 | 7.1 | 6 이하 |
| T-P(mg/L) | 0.081 | 0.037 | 0.036 | 0.069 | 0.037 | 0.053 | 0.100 이하 |
| T-N(mg/L) | 0.992 | 0.794 | 0.887 | 0.92 | 1.052 | 0.93 | 1.00 이하 |

○ 수질오염원인 : 주오염원 - 축산계, 토지계(농경지, 임야)(난분해성 물질)

· 수질분석 결과 : TOC 항목을 제외한 총인, 총질소는 Ⅳ등급 유지

· TOC분석 결과 : 유입수로 14.8 ~ 15.3 mg/L > 저수지 7.0 ~ 7.4 mg/L

⇒ 양수형 저수지 특성 및 호내 오염물질 침전, 광분해 등의 자정작용에 의해 오염물 농도 감소

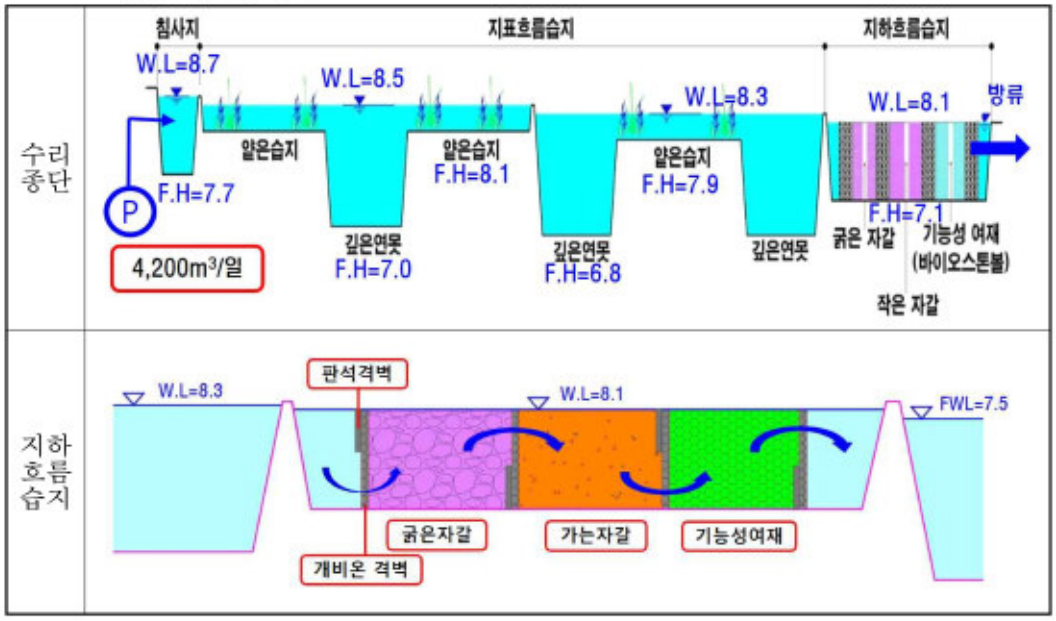
- 9 -

## ❑ 기본조사 구상(안)

### ○ 수질개선 시스템 구성

- 유입수로 저감시설(부유식 끈상 스크린), 침강지(부댐형) 0.7ha, 조합형습지 4,200㎥/일

### ○ 조합형 습지 구성



# 2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

# 최 종 보 고 회

2020.12

한국농어촌공사
경기지역본부

## 목 차

01 과업개요
02 기초자료 조사
03 수질 및 퇴적물 조사
04 수질오염 원인 검토
05 수질개선 대책(안)
06 수질모델링
07 시설 및 사업계획

# 01 과 업 개 요

## 1. 과 업 개 요

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 과 업 명

- 2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 과 업 목 적

- 유역내 오염원 현황 및 호소 수질 조사 시행
- 조사 결과를 토대로 수질오염 저감시설 위치, 규모 및 사업비 산정 등 기본조사 수행

### 과업 위치 및 내용

- 과업위치 : 인천광역시 강화군 송해면 숭뢰리 일원
- 과업내용 : 오염원 및 수질조사, 수질예측(모델링), 토목설계

### 과 업 기 간

- 2020년 4월 21일 ~ 2020년 11월 30일 (224일)

### 과 업 수 행 사

- ㈜서영엔지니어링

과 업 범 위

한국농어촌공사 4

## 1. 과 업 개 요

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 주요지점 현황

▶ 대산저수지 전경

▶ 승뢰양수장 전경

▶ 승룡천(하류하천) 현황

한국농어촌공사 5

## 1. 과 업 개 요

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 주요지점 현황

▶ 승뢰양수장 유입수로(하류방향)

▶ 양수장 유입수문

▶ 양수장 용수로 유출부

▶ 저수지 북서측 비점오염원(경작지, 직접배수유역)

한국농어촌공사 6

1. 과 업 개 요
2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사
기본조사 수립절차
기본조사 지구선정
기 본 조 사
현 장 조 사
기 본 구 상
실 내 분 석
환경조사 : 오염원, 개발계획 조사
토목조사 : 수리, 수문, 지형측량
현재 및 장래수질 예측
목표수질 설정
수질개선공법 선정
시설규모 결정
수질(평시, 강우시)
퇴적물(오염도, 용출률)
토양특성(액성/소성 한계 등)
전략환경영향평가
> 환경부 협의(1만m2 이상)
매장문화재 지표조사
> 문화재청 협의(3만m2 이상)
기본조사 보고서 작성
[수질개선 기본계획(안) 마련]
기본계획 수립
기본계획 승인 및 인가
한국농어촌공사
7

# 02 기초자료 조사

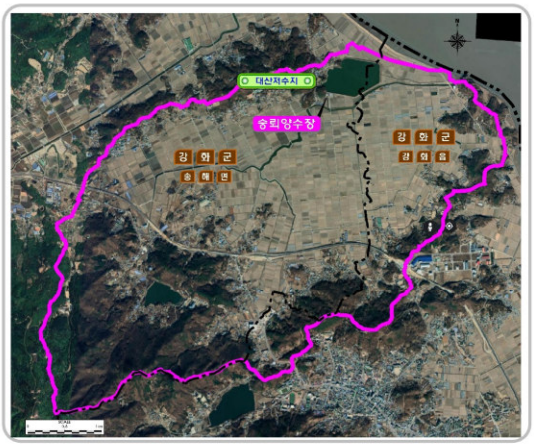
## 2. 기초자료 조사

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 유역현황

- 위치 : 인천광역시 강화군 송해면 승뢰리 일원
- 대산저수지 현황

| | | | |
|---|---|---|---|
| 유역면적 (간접유역) | 1,880 ha | 만수면적 | 28.9 ha |
| 수혜면적 | 288.9 ha | 유효저수량 | 1,271 천톤 |
| 설치년도 | 1980년 | 수계현황 | 한강서해 |



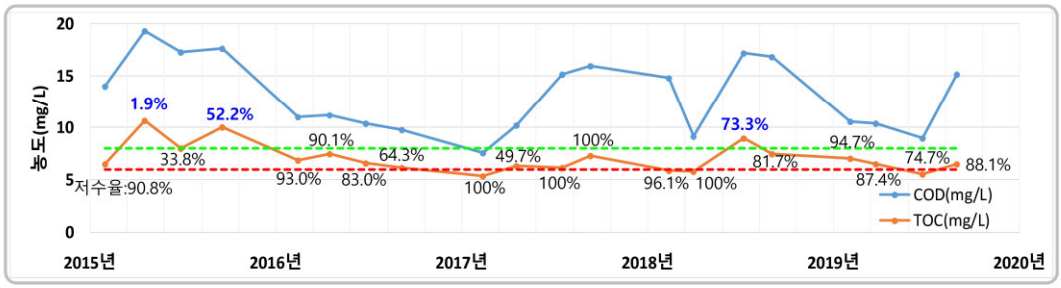

- 유역특성
  - 전형적인 농경지 유역
  - 대산저수지 저수량확보를 위해 농경배수를 양수·재이용
  - 직·간접유역에서 발생한 미처리 생활하수 지속 유입
  - 강화군 강화읍, 송해면, 하점면등 3개면 7개리 간접 유역
  - 삼면이 제방으로 둘러싸임, 금동산(114m) 아래로 작은 직접 유역
  - 송해면 일원의 생활하수, 축산폐수 및 수문에 의한 유출정체 등이 주오염원

한국농어촌공사 9

## 2. 기초자료 조사

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 수질현황(농어촌공사 수질측정망)




- 대산저수지 수질현황 (5개년) : TOC, COD 등 호소 생활환경기준 4등급 초과 (15년 제외 시 TOC 평균 6.65 mg/L)

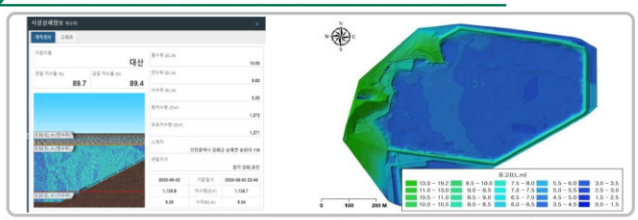
| 구 분 | 15 년 | 16 년 | 17 년 | 18 년 | 19 년 | 평 균 | 호소 생활환경 기준(4등급) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 년 강수량(mm) | 647 | 1,100 | 809 | 1,072 | 1,079 | 941 | - |
| TOC(mg/L) | 8.8 | 6.8 | 6.3 | 7.1 | 6.4 | 7.1 | 6 이하 |
| T-P(mg/L) | 0.081 | 0.037 | 0.036 | 0.069 | 0.037 | 0.053 | 0.100 이하 |
| T-N(mg/L) | 0.992 | 0.794 | 0.887 | 0.920 | 1.052 | 0.930 | 1.00 이하 |
| COD(mg/L) | 17.1 | 10.6 | 12.3 | 14.5 | 11.3 | 13.1 | 8.0 이하 |

한국농어촌공사 10

## 2. 기초자료 조사

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 대산저수지 내용적



| 구 분 | RIMS | RAWRIS | 내용적 조견표 | 기설계 (2003,2017) | 금회측량 (2020) |
|---|---|---|---|---|---|
| 유효저수량(천톤) | 1,271 | 1,272 | 1,272 | 696 | 911 |
| 제체높이(m) | 6.0 | - | 5.8 | 6.0 | 6.0 |
| 만수면적(ha) | 28.9 | - | 29.0 | 27.2 | 28.6 |
| 제정고(EL.m) | - | - | 11.00 | 9.00 | 9.00 |
| 홍수위(EL.m) | - | 10.00 | 10.00 | 8.00 | 8.00 |
| 만수위(EL.m) | - | 9.50 | 9.50 | 7.00 | 7.50 |
| 사수위(EL.m) | - | 5.20 | 5.20 | 3.20 | 3.20 |

주)기설계 : 대산 저수지 내용적 측량(2003), 대산지구 수리시설개보수 사업(2017)

| 표고 | 수면적(ha) | 구간체적($m^3$) | 누가체적($m^3$) | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| 3.0 | 0.01 | - | - | |
| 3.2 | 0.28 | 289 | 289 | 사수위 |
| 4.0 | 10.57 | 28,133 | 29,870 | |
| 5.0 | 25.98 | 115,938 | 223,213 | |
| 6.0 | 27.45 | 135,952 | 491,447 | |
| 7.0 | 28.19 | 140,013 | 769,626 | |
| 7.5 | 28.55 | 141,833 | 911,459 | 만수위 |
| 8.0 | 28.75 | 143,250 | 1,054,708 | 홍수위 |
| 9.0 | 29.10 | 145,077 | 1,343,996 | 제정고 |

▶ 검토결과

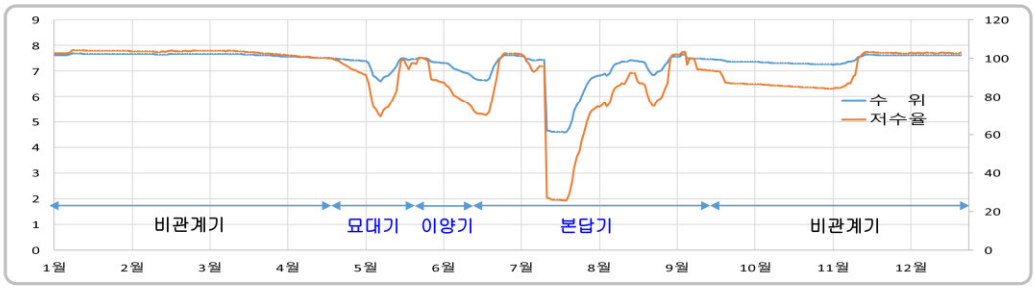
- 금회 측량성과(GPS, 수심측량)를 이용한 시설규모 재산정 및 기본조사 적용
- 기본조사 적용 저수지 규모 : 유효저수용량 911천톤, 만수위 EL.7.5m, 제정고 EL.9.0m

한국농어촌공사 11

## 2. 기초자료 조사

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 대산저수지 저수율




| 구 분 | | 비관계기 | 묘대기 | 이양기 | 본답기 | 비관계기 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 기 간 | | 1/1~4/16 | 4/17~5/31 | 5/21~6/10 | 6/11~9/11 | 9/12~12/31 |
| 저수위 (EL.m) | 평균 | 7.64 | 7.31 | 7.39 | 6.82 | 7.46 |
| | 최대 | 7.69 | 7.52 | 7.52 | 7.65 | 7.64 |
| | 최소 | 7.52 | 6.60 | 7.09 | 4.58 | 7.25 |
| 저수율 (%) | 평균 | 103.25 | 91.53 | 92.54 | 77.40 | 93.59 |
| | 최대 | 104.30 | 100.40 | 100.40 | 103.30 | 103.20 |
| | 최소 | 100.40 | 69.50 | 80.60 | 25.60 | 84.30 |

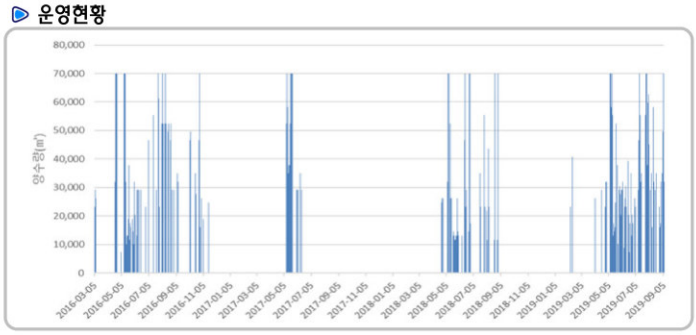
한국농어촌공사 12

## 2. 기초자료 조사

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 승뢰양수장

▶ 운영현황




▶ 펌프가동현황 : 시설능력 69,898m³/일

| 구 분 | 16 년 | 17 년 | 18 년 | 19 년 | 평 균 |
|---|---|---|---|---|---|
| 연강수량(mm) | 1,100 | 809 | 1,072 | 1,079 | 1,015 |
| 가동일수(일) | 74 | 20 | 48 | 83 | 56 |
| 총 펌핑량(㎥) | 2,752,218 | 961,092 | 1,451,831 | 2,924,050 | 2,022,298 |
| 가동시간(평균) | 14 | 17 | 12 | 13 | 14 |

▶ 시설제원

| | | |
|---|---|---|
| 명 칭 | | 대산양수장 |
| 수혜면적 | | 291 ha |
| 양수량 | | 48.4(m³/min) |
| 펌프 | 펌프형식 | 수중 |
| | 펌프규격 | 450mm |
| | 수량 | 2대 |
| | 대당유량 | 24.2m³/min |
| | 전양정 | 5.7m |

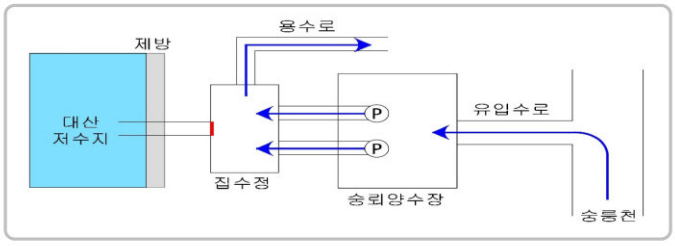
한국농어촌공사 13

## 2. 기초자료 조사

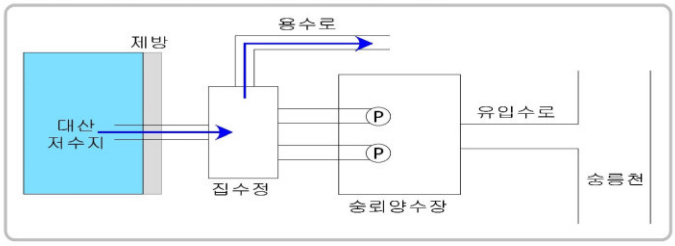
2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 승뢰양수장 운영시스템

▶ 유입수로 만수시 : 유입수로 우수를 농업용수로 직접공급




▶ 유입수로 수위 하강시 : 호소수를 농업용수로 공급



한국농어촌공사 14

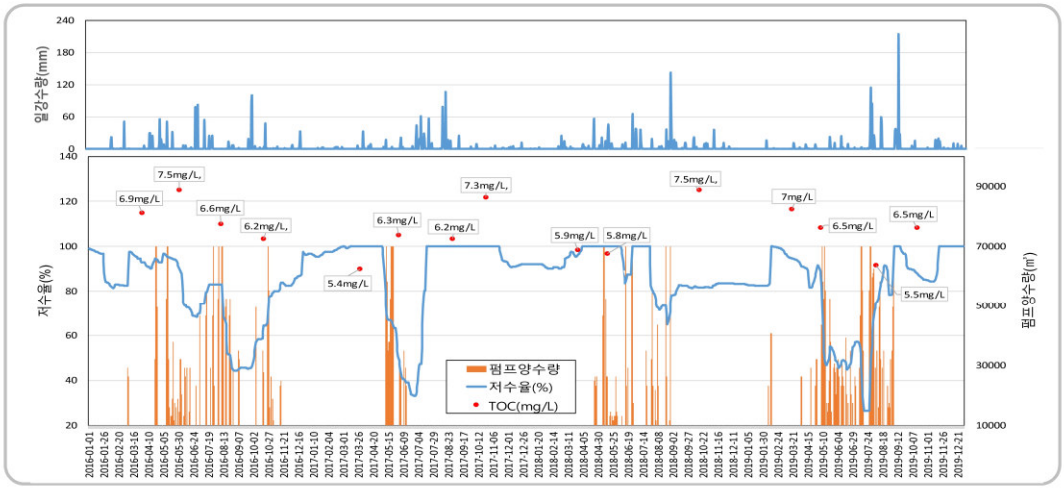
## 2. 기초자료 조사

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 승뢰양수장 운영시스템

▶ 펌프가동, 저수율 변화, 강수량에 따른 TOC 변화

- 펌프가동 후 저수지내 우수 공급시 오염농도 증가(오염도 높은 우수유입)
- 저수지내 수위변화 없을 경우(정체수역 발생시) 오염농도 증가




한국농어촌공사 15

## 2. 기초자료 조사

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 유역내 오염원 현황

▶ 환경기초시설: 대산저수지 배수유역내 환경기초시설 없음

| 구 분 | 위 치 | 시설용량 | 고도처리(3차) 공법 |
|---|---|---|---|
| 강화위생처리장 | 강화읍 용정리 878-8 | 30 $m^3$/일 | 오존산화분리 |
| 강화하수종말처리장 | 선원면 신정리 29 | 9,000 $m^3$/일 | 산화구 |
| 강화군 가축분뇨 처리시설 | 선원면 냉정리 1315-1 | 110 $m^3$/일 | 오존산화분리 |

▶ 점오염원 현황 : 유역면적비, 조사자료 이용(강화군, 농어촌공사, 현장조사, GIS분석)

| 생활계 | 축산계 | | | | | 산업계 | 양식계 | 매립계 | 기타수질오염물 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 생활인구(인) | 한우 | 젖소 | 돼지 | 가금 | 기타 | - | - | - | - |
| 3,110 | 1,432 | 242 | 700 | 100,000 | 20 | | | | |

▶ 비점오염원 현황 : 지목별 구성비 이용(연속지적도, GIS분석)

| 구 분 | 계 | 전 | 답 | 임야 | 대지 | 기타 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| BOD원단위(kg/일) | - | 4.38 | 4.24 | 1.49 | 10.28 | 0.96 ~ 33.10 |
| 면적(ha) | 1,993.40 | 201.9 | 648.8 | 719.6 | 86.8 | 336.2 |
| 면적 비율 | 100% | 10.1% | 32.5% | 36.1% | 4.4% | 16.9% |

한국농어촌공사 16

## 2. 기초자료 조사

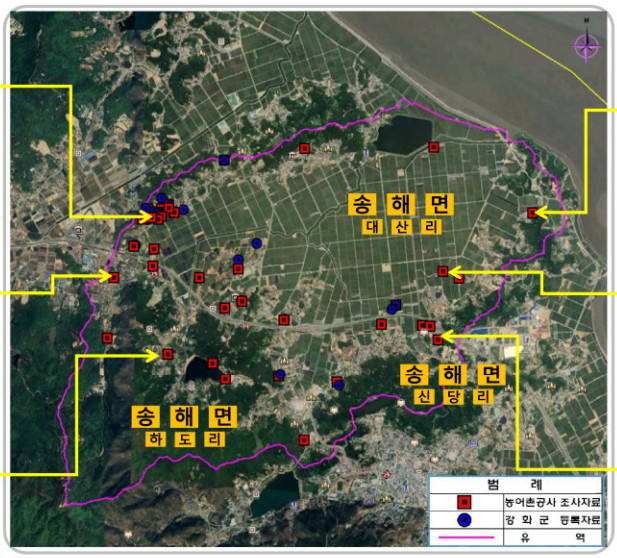
2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 점오염원 현황

- 상도리 1014-3, 한우 70두

- 부근리 167-2, 젖소 73두

- 부근리 748-9, 양계 95,000두




- 월곳리 111, 돼지 1,000두

- 대산리 293, 한우 25두

- 대산리 1164-6, 한우 9두

한국농어촌공사 17

## 2. 기초자료 조사

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 유역내 오염원 관리현황

| 구 분 | | 오염원 현황 | 검토내용 | 관리현황 / 저감대책 | 난분해성 유기물 비율 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 상 | 중 | 하 |
| 생활계 | | - 인구 3,110 인 | - 농촌지역 특성으로 인구밀도 낮음<br>- 비 하수처리구역 | - 대책 : 마을하수도 설치 제안 (장기대책) | | ⊙ | |
| 축산계 | | - 한우/젖소 1,674두<br>- 돼지 700두<br>- 가금 100,000마리 | - 농촌지역특성으로 축산계 비율 높음<br>- 고형분 개별퇴비화, 액체분 축산폐수처리 (정화조) 시설로 배출부하량 감소 | - 우분(牛糞) : 개별퇴비화<br>- 돈뇨(豚尿) : 축산폐수처리<br>- 대책 : 공동 퇴비장 신설 | | ⊙ | |
| 산업계 | | 유역내 산업계 없음 | | - | - | - | - |
| 환경기초시설 | | 유역내 환경기초시설 없음 | | - | - | - | - |
| 토지계 (비점오염원) | 농경지 | 850.7ha (42.7%) | | - 대책 : 오염도가 높은 초기우수 발생시 양수 제한 | ⊙ | | |
| | 임 야 | 719.6ha (36.1%) | | | ⊙ | | |
| | 대 지 | 86.8ha (4.4%) | | | | ⊙ | |
| | 기 타 | 336.2ha (16.9%) | | | | | ⊙ |
| 직접 배수유역 | | 42.0ha | | - 대책 : 저수지 부지내 농경지 제거 | | ⊙ | |

한국농어촌공사 18

# 03 수질 및 퇴적물 조사

## 3. 수질 및 퇴적물 조사

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 수질조사

▶ 조사위치 : 인천광역시 강화군 송해면 숭뢰리 일원

▶ 조사수량 : 착수보고 자문의견에 따라 호내 조사지점 축소 및 조사추가

- W-0(3차) 추가, CODcr(3, 4차), SBOD(4차) 항목 추가

| 대상 | 조사수량 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 구분 | 지구 | 대상수역 | 조사지점 | 조사횟수 | 변경횟수 |
| 수질 | 강우시 (30mm이상 강우사상) | 대산 | 하천 상류부 | 1 | 2회 (회당5번) | 2회 (회당5번) |
| | | 계 | - | - | 10 | 10 |
| | 평 시 | 대산 | 하천 상류부 | 1 | 4 | 5 |
| | | | 하천 하류부 | 1 | 1 | 1 |
| | | | 배 수 로 | 1 | 4 | 4 |
| | | | 호 소 | 3 | 4 | 9 |
| | | 계 | - | - | 21 | 19 |
| 퇴적물 | 오염도 | 대산 | 호 소 | 3 | 1 | 3 |
| | | 계 | - | - | 3 | 3 |
| | 용출률 | 대산 | 호 소 | 1 | 10회 | 10회 |
| | | 계 | - | | 10 | 10 |

한국농어촌공사 20

## 3. 수질 및 퇴적물 조사

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 수질조사

▶ 사진대지

| 하천 수질조사 | 저수지 수질조사 | 강우시 조사 |
|---|---|---|

한국농어촌공사 21

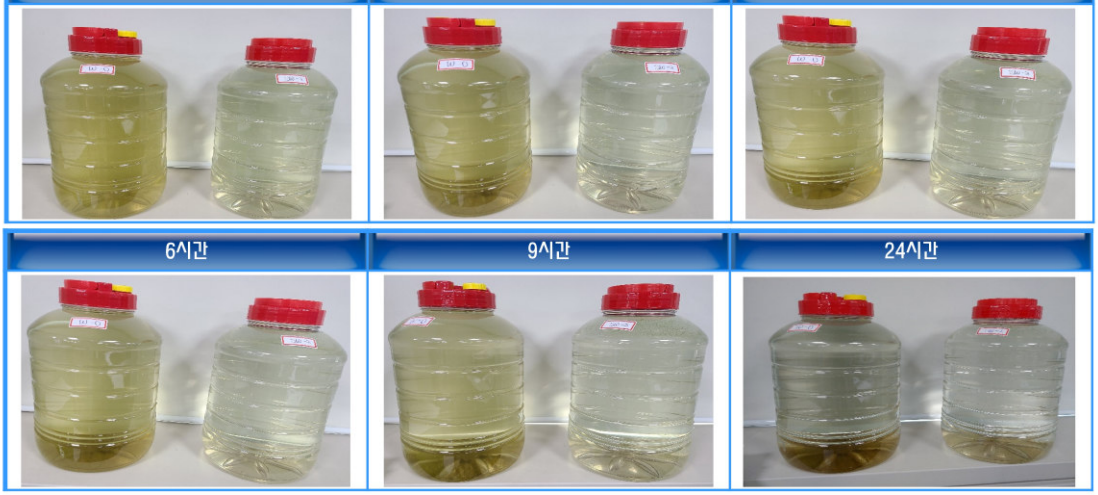
## 3. 수질 및 퇴적물 조사

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 수질조사

▶ 시간경과에 따른 침전효과(평시 3차 채수시) : 입자성 물질 제거필요(상층수 취수) 좌측 : 상류하천 W-0, 우측 : 저수지 SW-2

| 침전 전 | 1시간 | 3시간 |
|---|---|---|
| 6시간 | 9시간 | 24시간 |



한국농어촌공사 22

# 3. 수질 및 퇴적물 조사

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

## 수질조사 결과(평시)

### 기상현황

| 구 분 | 날 짜 | 기 온(℃) | 습 도(%) | 풍 향 | 풍 속 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1차 | 2020/05/26 | 14.3 | 90.8 | 서 | 5.4 | |
| 2차 | 2020/06/23 | 23.3 | 68.1 | 서남서 | 6.8 | |
| 3차 | 2020/08/19 | 25.2 | 89.8 | 서남서 | 5.0 | 8월9일 133.6mm 강우발생 |
| 4차 | 2020/10/06 | 15.1 | 57.3 | 동 | 5.4 | |

▶ 조사결과 : 1~2차 채수 시 정체수역에 따른 오염농도 증가, 3차 채수 시 선행강우 및 하천 수문개방에 의한 오염농도 저하

| 구 분 | 1차 | | | | 2차 | | | | | 3차 | | | | 4차 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 하 천 | | | 저수지 | 하 천 | | 저수지 | | | 하 천 | | | 저수지 | 하 천 | | 저수지 |
| | W-1 | W-2 | W-3 | SW-2 | W-1 | W-2 | SW-1 | SW-2 | SW-3 | W-0 | W-1 | W-2 | SW-2 | W-1 | W-2 | SW-2 |
| BOD(mg/L) | 6.7 | 13.3 | 13.2 | 1.1 | 8.6 | 5.5 | 1.5 | 3.1 | 7.3 | 3.6 | 3.9 | 3.5 | 2.1 | 3.3 | 2.5 | 3.5 |
| COD(mg/L) | 23.5 | 26.2 | 24.1 | 10.1 | 29.2 | 20.7 | 10.7 | 10.5 | 14.4 | 6.9 | 6.8 | 6.7 | 9.3 | 8.0 | 9.7 | 11.1 |
| TOC(mg/L) | 13.9 | 14.8 | 13.5 | 7.0 | 18.3 | 15.3 | 6.9 | 7.4 | 8.8 | 2.9 | 2.8 | 3.1 | 5.5 | 4.5 | 5.4 | 7.0 |
| T-N(mg/L) | 9.50 | 9.82 | 9.02 | 2.57 | 2.45 | 2.12 | 1.35 | 1.33 | 1.63 | 2.30 | 1.96 | 2.17 | 0.71 | 2.09 | 1.09 | 1.01 |
| T-P(mg/L) | 0.066 | 0.112 | 0.122 | 0.033 | 0.061 | 0.178 | 0.051 | 0.038 | 0.051 | 0.108 | 0.110 | 0.099 | 0.051 | 0.110 | 0.069 | 0.068 |

한국농어촌공사 23

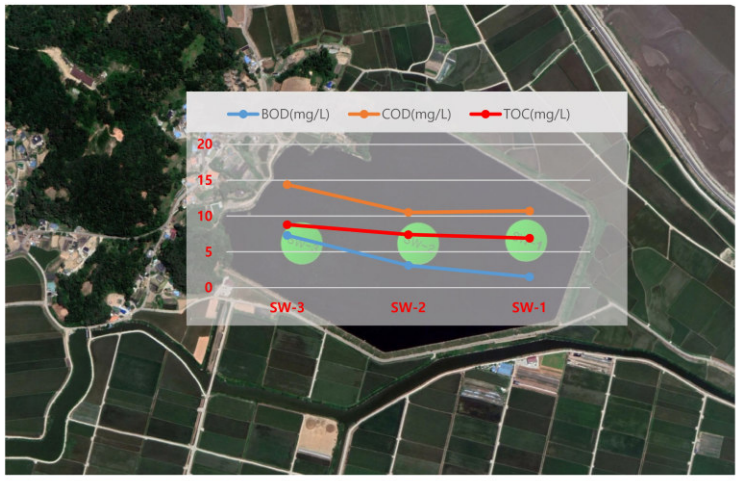
# 3. 수질 및 퇴적물 조사

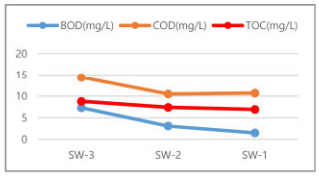
2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

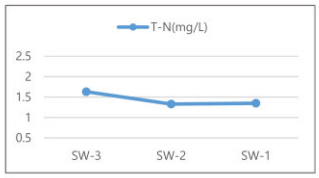
## 수질현황

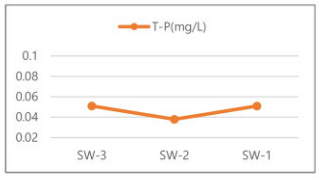
▶ 저수지 수질조사 2차 결과(평시) – 1,3,4차 조사는 SW-2지점 1지점만 조사

- 저수지 유입/유출부 인근의 수질오염 농도 높음(오염농도 : 유입,유출부 > 중심부)




한국농어촌공사 24

# 3. 수질 및 퇴적물 조사

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

## 수질조사 결과(강우시)

### 기상현황

| 구분 | 날짜 | 기온(℃) | 습도 | 풍향 | 풍속 | 강수량 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1차 | 2020/06/24 | 20.4 | 95.5 | 동북동 | 5.4 | 78.8 |
| 2차 | 2020/09/02 | 23.3 | 96.5 | 북동 | 7.6 | 48.0 |

▶ 조사결과 : 강우시(1차) 오염농도가 높은 초기우수 등에 의해 청천시 조사결과(1,2차 TOC 13.5~18.3mg/L) 보다 오염농도 증가

| 구분 | 1차 | | | | | | 2차 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1hr | 2hr | 3hr | 4hr | 5hr | EMC | 1hr | 2hr | 3hr | 4hr | 5hr | EMC |
| BOD(mg/L) | 6.8 | 6.8 | 6.7 | 6.3 | 5.9 | 6.7 | 2.8 | 3.4 | 3.6 | 3.3 | 2.9 | 3.3 |
| TOC(mg/L) | 17.5 | 18.0 | 17.4 | 19.5 | 17.2 | 17.8 | 4.0 | 4.5 | 4.5 | 4.4 | 4.4 | 4.4 |
| T-N(mg/L) | 2.310 | 2.800 | 2.510 | 2.450 | 3.000 | 2.570 | 2.74 | 2.90 | 2.77 | 2.12 | 1.95 | 2.680 |
| T-P(mg/L) | 0.160 | 0.239 | 0.221 | 0.216 | 0.220 | 0.204 | 0.312 | 0.472 | 0.482 | 0.320 | 0.314 | 0.413 |
| 유량(㎥/s) | 6.749 | 0.307 | 0.311 | 0.310 | 0.310 | - | 5.212 | 6.784 | 6.801 | 7.740 | 6.124 | - |

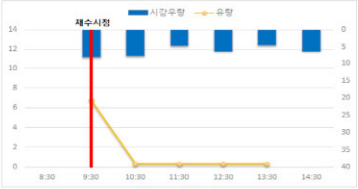
한국농어촌공사 25

# 3. 수질 및 퇴적물 조사

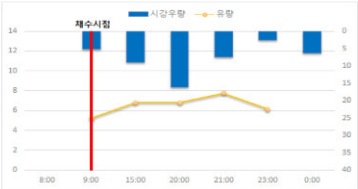
2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

## 수질조사 결과(강우시)

### 유량조사




<1차 조사 시>




<2차 조사 시>

- 수문 전·후 수위가 같아지는 시점에 유속이 없거나 감소함
- 채수시점 대비 오전 10:30분 평균수위가 26cm 상승하면서 유입하천과 수위가 같아짐과 동시에 유입유량이 감소
- 2차 조사결과 08시 측정한 유량은 강우직전 2.941㎥/s로 조사되었으며, 첨두유량은 21시에 7.740㎥/s로 측정

한국농어촌공사 26

## 3. 수질 및 퇴적물 조사

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 퇴적물 조사(호내)

- 퇴적물의 유기물 및 영양염류 오염평가 등급은 Ⅳ등급 이하로 오염도가 낮음
- 퇴적물의 금속류 오염평가 등급은 모든항목이 Ⅰ등급(저서생물에 독성이 나타날 가능성 거의 없음)으로 조사됨

| 구 분 | S-1 | S-2 | S-3 | 하천.호소 퇴적물 오염평가 기준 |
|---|---|---|---|---|
| T-N (mg/kg) | 2,324 | 2,244 | 2,825 | 5,600초과(Ⅳ 등급) |
| T-P (mg/kg) | 386 | 502 | 481 | 1,600초과(Ⅳ 등급) |
| 강열감량 (%) | 3.52 | 4.68 | 5.30 | 13초과(Ⅳ 등급) |
| 구리 (mg/kg) | 7.1 | 10.4 | 13.5 | 60 이하 |
| 납 (mg/kg) | 10.0 | 16.1 | 20.5 | 65 이하 |
| 니켈 (mg/kg) | 6.5 | 10.8 | 13.5 | 53 이하 |
| 비소 (mg/kg) | 2.02 | 3.71 | 4.32 | 29 이하 |
| 수은 (mg/kg) | 0.03 | 0.04 | 0.04 | 0.1 이하 |
| 아연 (mg/kg) | 27.2 | 46.7 | 58.2 | 363 이하 |
| 카드뮴 (mg/kg) | 0.34 | 0.57 | 0.71 | 0.6 이하 |
| 크롬 (mg/kg) | 불검출 | 불검출 | 불검출 | 112 이하 |

한국농어촌공사 27

## 3. 수질 및 퇴적물 조사

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 퇴적물 조사(호내)

- 퇴적물내 토양 21개 항목 분석결과 토양오염우려기준(2지역)을 만족

| 구분 | S-1 | S-2 | S-3 | 토양오염 우려기준(토양환경보전법) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 1지역 | 2지역 | 3지역 |
| 비소(As) | 2.02 | 3.71 | 4.32 | 25 | 50 | 200 |
| 구리(Cu) | 7.1 | 10.4 | 13.5 | 150 | 500 | 2000 |
| 니켈(Ni) | 6.5 | 10.8 | 13.5 | 100 | 200 | 500 |
| 납(Pb) | 10.0 | 16.1 | 20.5 | 200 | 400 | 700 |
| 아연(Zn) | 27.2 | 46.7 | 58.2 | 300 | 600 | 2000 |
| 불소(F) | 104 | 73 | 110 | 400 | 400 | 800 |
| 석유계총탄화수소(TPH) | 627 | 650 | 610 | 500 | 800 | 2,000 |
| 수은 | 0.03 | 0.04 | 0.04 | 4 | 10 | 20 |
| 비고 | As(비소), Cu(구리) 등 7개 항목 토양오염 우려기준 1지역 이하, TPH는 2지역기준 이하로 분석<br>Cd(카드뮴), 6가크롬, 유기인, PCBs, CN, 페놀류, 벤젠, 톨루엔,<br>에틸벤젠, 크실렌, TCE, PCE, 벤조(a)피렌 14개 항목 – 불검출 | | | | | |

한국농어촌공사 28

## 3. 수질 및 퇴적물 조사

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 용출시험

**용출시험 결과**

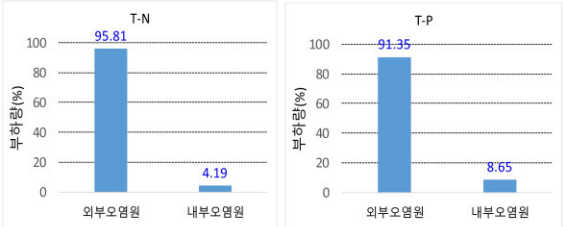
| 구 분 | 용출속도(㎎/㎡/d) | |
|---|---|---|
| | 호 기 | 혐 기 |
| COD | 14.233 | 69.666 |
| TOC | 37.968 | 34.833 |
| T-N | 22.781 | 25.567 |
| T-P | 0.975 | 6.618 |

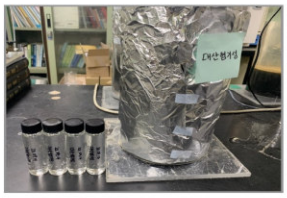
**유역내 배출부하량 기준 내부오염 비율**

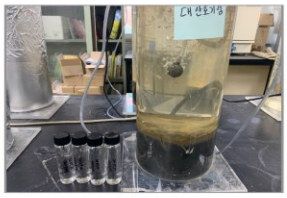
| 구 분 | 오염 부하량(kg/d) | | |
|---|---|---|---|
| | 계 | 외부오염원 | 내부오염원 |
| T-N | 176.327 | 168.938 | 7.389 |
| | 100.0% | 95.81% | 4.19% |
| T-P | 22.123 | 20.210 | 1.913 |
| | 100.0% | 91.35% | 8.65% |

실험방법 : 퇴적물 용출실험 - 반응조에 퇴적물과 채수한 물을 채운후 호기성 또는 혐기성 조건으로 유지하면서 용출된 유기물과 영양염류의 양을 측정, 실내온도 20℃ 유지

* 오염부하량 검토(외부 vs 내부)





한국농어촌공사

29

# 04 수질오염 원인 검토

## 4. 수질오염 원인 검토

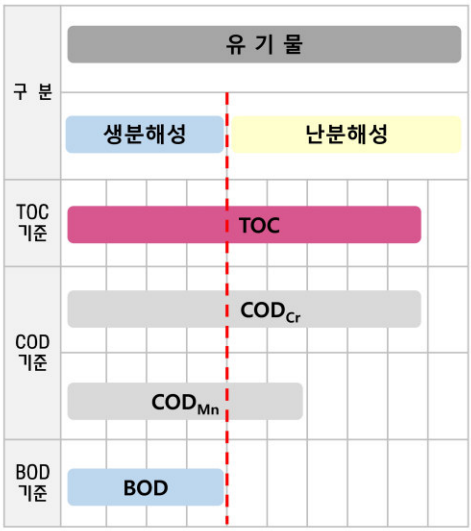
2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 유기물의 분류

▶ 유기물 측정지표

| 구분 | | BOD | $COD_{Mn}$ | TOC |
|---|---|---|---|---|
| 측정원리 | | 미생물이 유기물질을 분해 시 소비되는 산소량 측정 | 유기물질 산화 시 소비된 산화제량 (산소량) 측정 | 유기물질 내 탄소량 직접 측정 ※ C를 $CO_2$로 전환하여 측정 |
| 분석 | 산화제 | 호기성 미생물 (20℃, 5일 배양) | 과망간산칼륨 (끓는 물 중탕) | 고온연소산화 (550℃), 습식산화방식 등 |
| | 결과값 | 산소량(mg/L) | | 탄소량(mg/L) |
| 측정 | 대상 | 저분자 유기물질 (포도당, 지방 등) | 저분자 및 고분자 유기물질 (합성수지, 섬유소 등 분자량이 1만 이상으로 용해가 잘 안되고 결합이 강한 물질) | |
| | 범위 (경험적) | 20-40% | 30-60% | 90% 이상 |
| | | 예) 전분($C_6H_{12}O_6$) 분석 결과(일본 논문) BOD : 460mg/L, $COD_{Mn}$ : 653mg/L 이론적 산소요구량 : 1,070mg/L | | |
| | 방해물질 | 고분자 유기물질 등 | 염소(Cl-) 등 | 무기물질 등 |
| 특징 | | 생분해성 유기물질 측정 | 우리나라 · 일본 통용 | 신속 · 다량 · 자동화 |

▶ 유기물 분류/측정 모식도




한국농어촌공사 31

## 4. 수질오염 원인 검토

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 난분해성 유기물 특성

▶ 호소의 수계내 완충 기능에 대한 사례연구(2011, 원주지방환경청)

- 유기물의 특성

| 구 분 | 생분해성 물질 | 난분해성 물질 | 고 난분해성 물질 |
|---|---|---|---|
| 특 성 | - 미생물이 쉽게 분해 가능한 저분자 화합물 | - 미생물의 분해가 쉽지 않고 오래 걸리는 고분자 화합물<br>· 미생물이 분해하고 남은 식물의 섬유조직 (셀룰로오스, 리그닌 등) | |
| 주요 배출원 | - 생활하수, 축산분뇨<br>- 조류 발생 · 성장 및 사멸 등<br>- 음 · 식료품폐수 등 유기성폐수 | - 산업폐수(섬유, 제지, 피혁, 제약, 석유화학, 금속)<br>- 산림, 농경지, 도시지역 등의 비점오염원<br>- 생물학적 하 · 폐수처리 후 남은 유기물질 | |
| 수 질 영 향 | - 산소고갈, 어류폐사<br>- 부패성 악취 발생<br>- 수돗물 염소소독 부산물 THM 생성 | - 잠재적 산소 고갈<br>- 수돗물 냄새 및 맛 유발<br>- 부식질은 저분자 생분해성 물질(BOD)보다 THM 2~3배 생성 | |
| 비 고 | - 관련인자 : BOD<br>- 유기물의 20~40% 측정<br>· 세제, 농약 등 유기물 측정 불가 | - 관련인자 : $COD_{Mn}$<br>- 유기물의 30~60% 정도 측정<br>- BOD보다 0.5~2배 높음 | - 관련인자 : $COD_{Cr}$ , TOC<br>- 유기물의 90% 이상 측정 |

한국농어촌공사 32

# 4. 수질오염 원인 검토

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

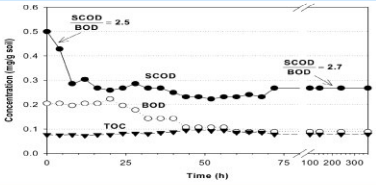
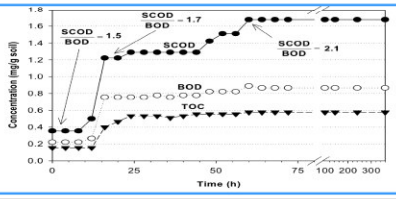
## 난분해성 유기물 특성

▶ 상수원 호소 내의 난분해성 유기물 증가 원인 및 특성(2007, 김성원)

- 자연유기물의 근원

| 구 분 | 외 부 유 입 | 내 부 생 성 |
|---|---|---|
| 주 요 원 인 | - 점오염원, 비점오염원(도시,농경지,산림에서 난분해성 유기물 함량 높음)<br>- 하수처리장 방류수 | - 조류의 생성과 사멸<br>- 퇴적물의 용출 |
| 특 징 | - 난분해성 유기물 배출량의 상당부분이 비점오염원에 의해 기여<br>- 하수처리장 방류수의 경우 난분해성 물질 多 | - 조류의 생성, 사멸시 발생되는 유기물은 대부분 분해 가능한 유기물 |

- 난분해성 유기물의 배출원 및 특징(비점오염원) : 초기우수에서 난분해성 유기물 多

| 구 분 | 농 경 지 | 산 림 |
|---|---|---|
| 용 출 특 성 | - 초기용출에서 난분해성 물질 용출률 높음<br>- 초기용출 이후 용출률 감소후 평형상태 | - 초기용출률은 논, 밭보다 작으나, 시간경과에 따라 높은 농도로 용출(낙엽 등 부식질 함량 多, 토양내 유기물 부패) |
| 실 험 결 과 |  |  |





한국농어촌공사 33

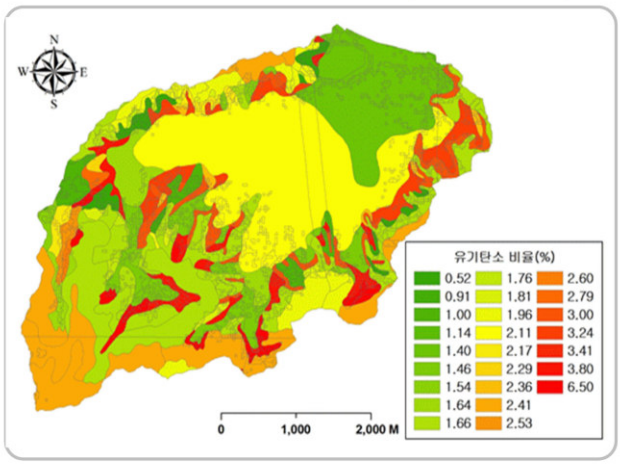
# 4. 수질오염 원인 검토

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

## 유기탄소 비율

▶ 유역내 유기탄소 비율

- 산정근거 : 국립농업과학원 토양통 분류에 의한 유기탄소 비율
- 배수유역내 토양성분중 유기탄소 비율 : 2.13% (일반적으로 5% 이내)




▶ 토지이용별 유기탄소 비율

- 임야 > 농경지(답, 전) 순으로 토양내 유기탄소 비율 높음

| 유기탄소 비율 (%) | 토지이용별 면적분포(ha) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 계 | 전 | 답 | 임 | 대 | 기타 |
| 계 | 1,993.4 | 201.9 | 648.8 | 719.6 | 86.8 | 336.2 |
| 1 이하 | 95.2 | 31.6 | 6.2 | 19.7 | 11.7 | 26.0 |
| 1.0 - 1.5 | 336.1 | 22.8 | 180.3 | 28.1 | 13.4 | 91.6 |
| 1.5 - 2.0 | 560.4 | 53.4 | 53.9 | 349.6 | 30.1 | 73.4 |
| 2.0 - 2.5 | 715.6 | 30.7 | 357.1 | 223.9 | 12.3 | 91.5 |
| 2.5 - 3.0 | 105.1 | 26.1 | 12.6 | 37.9 | 9.6 | 18.9 |
| 3.0 - 3.5 | 78.9 | 20.9 | 28.2 | 7.7 | 5.0 | 17.2 |
| 3.5 - 4.0 | 62.4 | 11.2 | 8.9 | 24.2 | 3.2 | 14.9 |
| 4.0 - 6.5 | 39.7 | 5.3 | 1.6 | 28.5 | 1.5 | 2.8 |

한국농어촌공사 34

# 4. 수질오염 원인 검토

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

## 수질조사 결과에 의한 유기물 분류

### TOD(Total Oxygen Demand)에 의한 분류

- TOD = TOC x 2*16 / 12
  - · 분자식 : 유기탄소(C) + $O_2$ → $CO_2$
  - · 분자량 : 12 : 16*2 → 44
  - 1 : X (1mg/L당 필요산소량)
- 생분해성 유기물 = BOD
- 난분해성 유기물 = TOD - $COD_{Mn}$ : 산화제로 분해되지 않는 유기물
- 중간분해성 유기물(가칭) = $COD_{Mn}$ - BOD : 생분해성 유기물을 제외한 상태에서 산화제에 의해 주가로 분해되는 유기물

### COD(Chemical Oxygen Demand)에 의한 분류

- 관련자료 : 상수원 호소 내의 난분해성 유기물 증가원인 및 특성(2007, 김성원)
- $BOD_u$ (생분해성) = BOD x 1.72
- $COD_{cr}$ = $COD_{Mn}$ x 2.2
- 난분해성 COD = $COD_{cr}$ - $BOD_u$ (생분해성)

### TOD(Total Oxygen Demand)에 의한 분류(보완)

- TOD = TOC x 2*16 / 12
- 생분해성 유기물 = $BOD_u$ (생분해성) = BOD x 1.72
- 난분해성 유기물 = TOD - $COD_{Mn}$
- 중간분해성 유기물(가칭) = $COD_{Mn}$ - $BOD_u$

### COD(Chemical Oxygen Demand)에 의한 분류(보완)

- 관련자료 : 상수원 호소 내의 난분해성 유기물 증가원인 및 특성(2007, 김성원)
- $BOD_u$ (생분해성) = $BOD_{20}$ = BOD x 1.72
- $COD_{cr}$ = $COD_{Mn}$ x 2.30(금회 수질조사 3차, 4차 조사결과 적용)
- 난분해성 COD = $COD_{cr}$ - $BOD_u$ (생분해성)

한국농어촌공사 35

# 4. 수질오염 원인 검토

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

## 유기물 구성비

- 유기물질내 난분해성 유기물 비율 : 생분해성 유기물 비율 36.8% (일반적인 생분해성 유기물 비율 20~40%)
- 설계적용 유기물 구성비 : 호소내 BOD 측정결과의 제한요인을(조류의 생성,성장,사멸 등) 고려하여 산정방법별 하천 유기물 구성비의 평균 적용

| 구 분 | | | 조사결과(mg/L) | | | | 유기물 구성비(%) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | TOD기준 | | | TOD기준(보완):생분해 =BODx1.72 | | | COD기준 | | COD기준(보완) | |
| | | | BOD | COD | TOC | TOD(계산) | 생분해 | 중간분해 | 난분해 | 생분해 | 중간분해 | 난분해 | 생분해 | 난분해 | 생분해 | 난분해 |
| 농어촌공사(최근4개년) | | | - | 12.2 | 6.7 | 17.9 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 1차 | 하천 | W-1 | 6.7 | 23.5 | 13.9 | 37.1 | 18.1 | 45.3 | 36.7 | 31.1 | 32.3 | 36.7 | 22.3 | 77.7 | 21.3 | 78.7 |
| | | W-2 | 13.3 | 26.2 | 14.8 | 39.5 | 33.7 | 32.6 | 33.7 | 57.9 | 8.4 | 33.7 | 39.7 | 60.3 | 38.0 | 62.0 |
| | | W-3 | 13.2 | 24.1 | 13.5 | 36.0 | 36.6 | 30.2 | 33.1 | 63.0 | 3.9 | 33.1 | 42.8 | 57.2 | 41.0 | 59.0 |
| | 저수지 | SW-2 | 1.1 | 10.1 | 7.0 | 18.7 | 5.9 | 48.2 | 46.0 | 10.1 | 43.9 | 46.0 | 8.5 | 91.5 | 8.1 | 91.9 |
| 2차 | 하천 | W-1 | 8.6 | 29.2 | 18.3 | 48.9 | 17.6 | 42.2 | 40.2 | 30.3 | 29.5 | 40.2 | 23.0 | 77.0 | 22.0 | 78.0 |
| | | W-2 | 5.5 | 20.7 | 15.3 | 40.9 | 13.5 | 37.2 | 49.3 | 23.2 | 27.5 | 49.3 | 20.8 | 79.2 | 19.9 | 80.1 |
| | 저수지 | SW-1 | 1.5 | 10.7 | 6.9 | 18.4 | 8.1 | 49.9 | 41.9 | 14.0 | 44.1 | 41.9 | 11.0 | 89.0 | 10.5 | 89.5 |
| | | SW-2 | 3.1 | 10.5 | 7.4 | 19.8 | 15.7 | 37.5 | 46.9 | 27.0 | 26.2 | 46.9 | 23.1 | 76.9 | 22.1 | 77.9 |
| | | SW-3 | 7.3 | 14.4 | 8.8 | 23.5 | 31.1 | 30.2 | 38.7 | 53.4 | 7.8 | 38.7 | 39.6 | 60.4 | 37.9 | 62.1 |
| 3차 | 하천 | W-0 | 3.6 | 6.9 | 2.9 | 7.7 | 46.5 | 42.6 | 10.9 | 80.0 | 9.1 | 10.9 | 40.8 | 59.2 | 39.0 | 61.0 |
| | | W-1 | 3.9 | 6.8 | 2.8 | 7.5 | 52.2 | 38.8 | 9.0 | 89.7 | 1.2 | 9.0 | 44.8 | 55.2 | 42.9 | 57.1 |
| | | W-2 | 3.5 | 6.7 | 3.1 | 8.3 | 42.3 | 38.7 | 19.1 | 72.7 | 8.2 | 19.1 | 40.8 | 59.2 | 39.1 | 60.9 |
| | 저수지 | SW-2 | 2.1 | 9.3 | 5.5 | 14.7 | 14.3 | 49.0 | 36.7 | 24.6 | 38.7 | 36.7 | 17.7 | 82.3 | 16.9 | 83.1 |
| 4차 | 하천 | W-1 | 3.3 | 8.0 | 4.5 | 12.0 | 27.5 | 39.1 | 33.4 | 47.2 | 19.3 | 33.4 | 32.3 | 67.8 | 30.8 | 69.2 |
| | | W-2 | 2.5 | 9.7 | 5.4 | 14.4 | 17.3 | 49.9 | 32.7 | 29.8 | 37.5 | 32.7 | 20.1 | 79.9 | 19.3 | 80.7 |
| | 저수지 | SW-2 | 3.5 | 11.1 | 7.0 | 18.7 | 18.7 | 40.7 | 40.6 | 32.2 | 27.2 | 40.6 | 24.7 | 75.3 | 23.6 | 76.4 |

한국농어촌공사 36

# 05 수질개선 대책(안)

## 5. 수질개선 대책(안)



### 수질개선 대책 기본방향

▶ 목표수질 기준

- "환경정책기본법 시행령 별표1 환경기준" 호소 생활환경기준 Ⅳ(4등급) 약간나쁨

| 구 분 | 수 질 농 도 (mg/L) | | |
|---|---|---|---|
| | TOC | T-N | T-P |
| 목표수질 | 6.0 이하 | 1.0 이하 | 0.1 이하 |

▶ 목표년도

- 2030년 (장래 오염원 전망년도와 동일한 2030년 적용)

▶ 기본방향

| 유수흐름 | 대상시설 | 기본방향 | 저감대책 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|
| 1단계 | 간접유역 | 생활계, 축산계 배출부하량 저감 | 마을하수도 제안, 공동퇴비사(관련계획) 설치 | 장기대책 |
| 2단계 | 유입수로 | 유지관리가 용이한 최소 시설 구축 | 용존성 오염물질 제거 가능한 시설계획 | 단기대책 |
| 3단계 | 승리양수장 | 운영시스템 조정을 통한 물순환 시스템구축 | 저수지를 통한 용수공급, 초기우수 양수제한 | 비구조적 대책 |
| 4단계 | 대산저수지 | 오염물질 저감효율이 높은 시설 구축 | 조합형 습지조성 | 단기대책 |

## 5. 수질개선 대책(안)

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 수질개선 시스템 구성

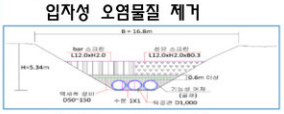
1단계 : 상류유역 → 2단계 : 유입수로 → 3단계 : 승뢰양수장 → 4단계 : 대산저수지

- 직접 배수유역
  → 농경지구간 제거(습지조성)

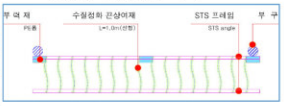
- 간접 배수유역
  - 생활계 오염원
    → 마을하수도 제안
  - 축산계 오염원
    - 우분(牛糞) : 개별 퇴비화
    - 돈뇨(豚尿) : 축산폐수처리
    - 관련대책 : 공동퇴비사(관련계획)
  - 토지계 오염원
    → 양수시기 제한(비구조적 대책)

- 1안(스크린 설치)
  : 부유스크린, 바 스크린 교차 설치로 입자성 오염물질 제거

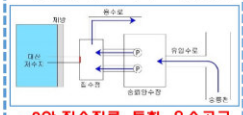
- 2안(집수매거형 여과시설)
  : 여재, 유공관에 의한 입자성 오염물질 제거



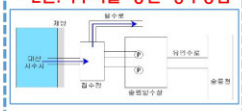
- 3안(부유식 끈장 스크린)
  : 부착미생물에 의한 용존성 오염물질 제거



- 비구조적 대책 수립 :
  - 1안:유입수로 우수 직접공급

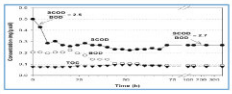


  - 2안:저수지를 통한 용수공급

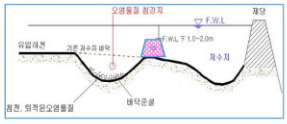


  - 초기우수 발생시 양수제한
    - 종강우 15mm 이하 발생시 양수제한

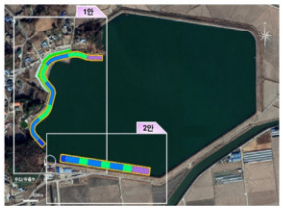
*농경지 토양의 용출특성



- 침강지 조성 : 0.05mm이상
  : 최소소요수면적 0.63ha 이상 적용



- 조합형(지표+지하흐름) 습지 조성
  - 1안 : 기존 부지내 설치로 저수용량 축소 최소화 및 부지확보 용이
  - 2안 : 남측 제방 경계부 설치로 저류용량 저하, 공사중 제방안정성 취약




한국농어촌공사 39

## 5. 수질개선 대책(안)

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

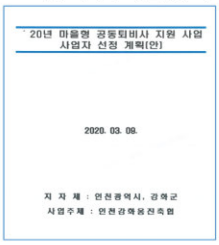
### 상류유역 대책(장기대책)

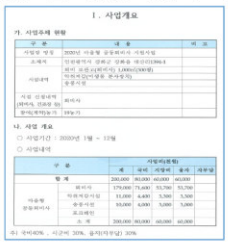
▶ 생활계 저감대책

- 송해면 승뢰리 마을하수도 제안
  - 마을하수도 설치에 따른 배출부하량 저감 필요

▶ 축산계 저감대책

- 공동 퇴비사 설치(2020년 인천강화옹진축협)
  - 개별 퇴비화 시설용량 부족에 따른 축산폐수 유출 최소화



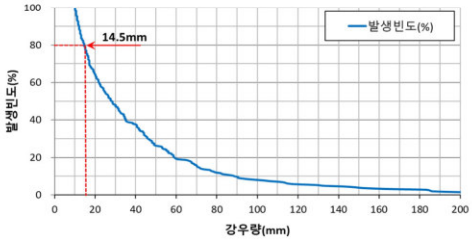
▶ 토지계 저감대책(금회 직접유역, 단기대책)

- 유수지 부지내 농경지에 대한 습지조성
  - 경작활동 제한에 따른 직접유역내 오염원 제거

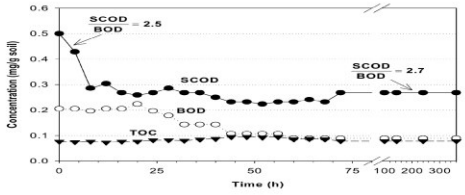
### 비구조적 대책

▶ 승뢰양수장 운영계획 변경

- 초기 강우시 펌프장 운영제한
- 누적강우 80% 수준 : 종강우 15mm




- 초기 강우 발생시 24시간내 운영제한 : 농경지 용출특성 고려

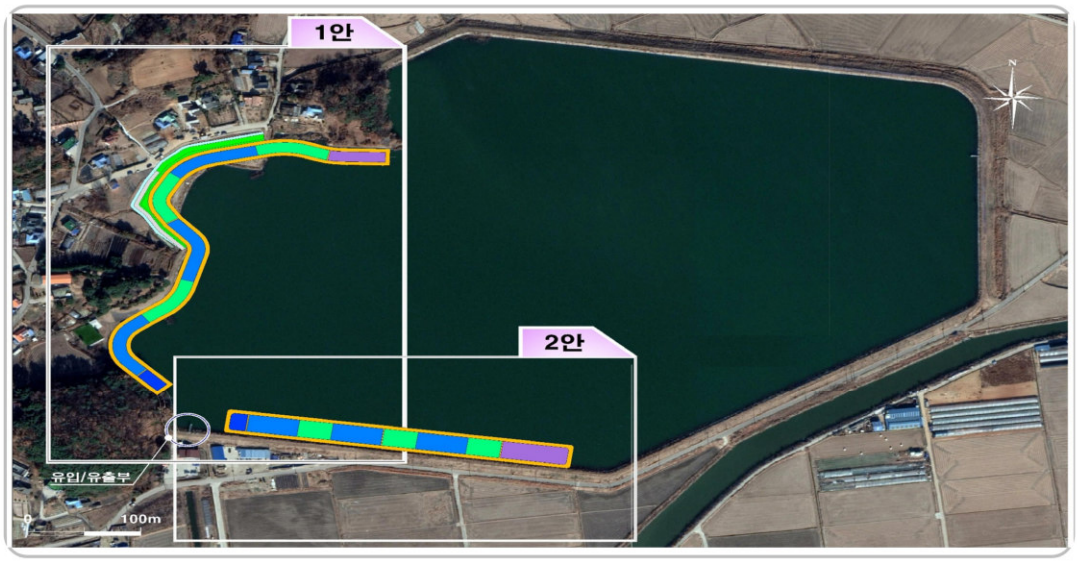



한국농어촌공사 40

## 5. 수질개선 대책(안)

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 조합형 습지 계획



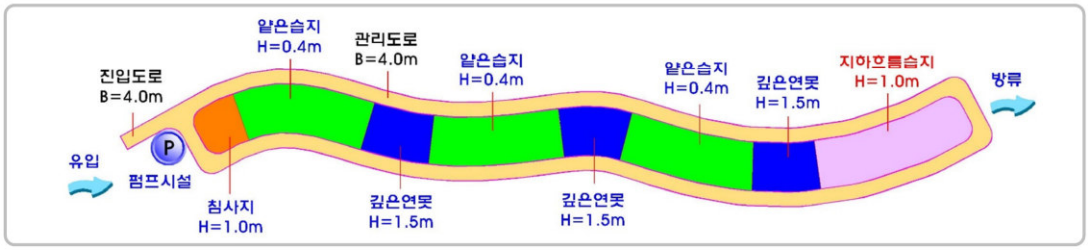

한국농어촌공사 41

## 5. 수질개선 대책(안)

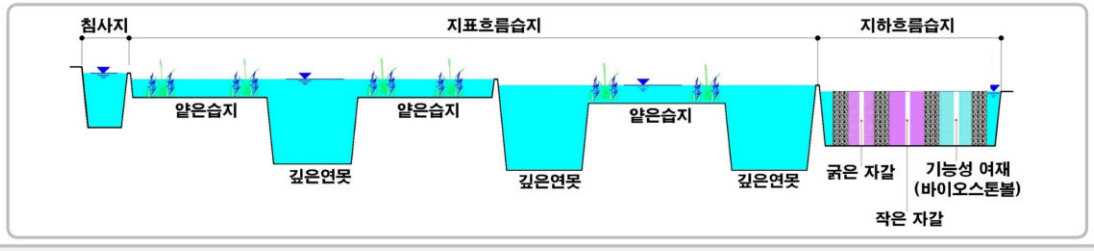
2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 조합형 습지 개념도

▶ 평면구성 : 시설용량 Q = 4,200 m³/일




▶ 단면구성




한국농어촌공사 42

# 06 수질모델링

## 6. 수질모델링

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 장래 오염부하량 산정

| 오염원 변화 | | '20년 | '30년 | 내 용 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| 인구 (명) | | 3,110 | 3,097 | 자연증감 (수학적방법) + 개발인구(관련계획): 현 수준 유지 | |
| 축산 (두) | 한우 | 123 | 123 | 축산단지조성 계획 등 관련계획 없음 : 현 수준 유지 | |
| | 젖소 | 242 | 242 | | |
| | 돼지 | 700 | 700 | | |
| | 양 | 20 | 20 | | |
| | 가금 | 100,000 | 100,000 | | |
| 토지이용 (ha) | 전 | 208.5 | 207.2 | 관련계획 없음 | |
| | 답 | 709.3 | 708.1 | | |
| | 임야 | 630.4 | 629.8 | | |
| | 대지 | 243.6 | 244.2 | | |
| | 기타 | 133.8 | 136.3 | | |
| | 합계 | 1,925.6 | 1,925.6 | | |
| 산업폐수발생량 (㎥/일) | | - | - | 관련계획 없음 | |

한국농어촌공사

44

## 6. 수질모델링

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 오염 및 배출부하량

▶ 발생부하량

| 오염원별 | 발생부하량 (kg/일) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 현재 (2020) | | | 장래 (2030) | | |
| | BOD | T-N | T-P | BOD | T-N | T-P |
| 계 | 1,723 | 444 | 127 | 1,722 | 443 | 127 |
| 생활계 | 160(9%) | 43(10%) | 5(4%) | 159(9%) | 43(10%) | 5(4%) |
| 축산계 | 1,487(86%) | 336(76%) | 114(90%) | 1,487(86%) | 336(76%) | 114(90%) |
| 산업계 | - | - | - | - | - | - |
| 토지계 (비점오염) | 75(4%) | 65(15%) | 8(6%) | 76(4%) | 65(15%) | 8(6%) |

▶ 배출부하량

| 오염원별 | 배출부하량 (kg/일) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 현재 (2020) | | | 장래 (2030) | | |
| | BOD | T-N | T-P | BOD | T-N | T-P |
| 계 | 321 | 169 | 20 | 305 | 170 | 20 |
| 생활계 | 118(37%) | 27(16%) | 4(19%) | 101(33%) | 28(17%) | 4(18%) |
| 축산계 | 129(40%) | 78(46%) | 9(42%) | 129(42%) | 78(46%) | 9(43%) |
| 산업계 | - | - | - | - | - | - |
| 토지계 (비점오염) | 74(23%) | 64(38%) | 8(39%) | 75(24%) | 64(38%) | 8(39%) |

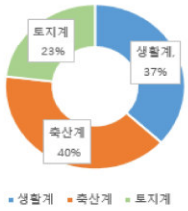
한국농어촌공사 45

## 6. 수질모델링

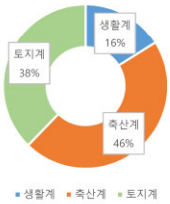
2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 오염 및 배출부하량

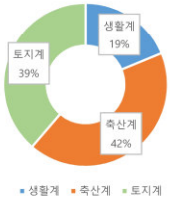
현재(2020)



BOD배출부하량

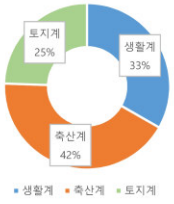


T-N배출부하량

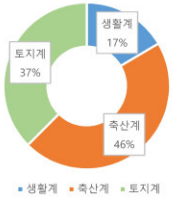


T-P배출부하량

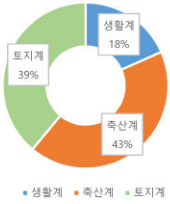
장래(2030)



BOD배출부하량



T-N배출부하량



T-P배출부하량

한국농어촌공사 46

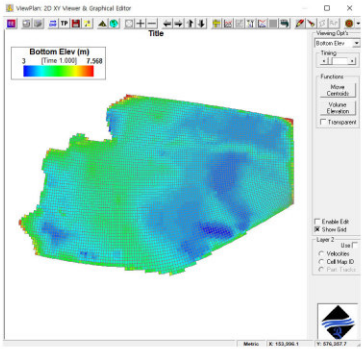
## 6. 수질모델링

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

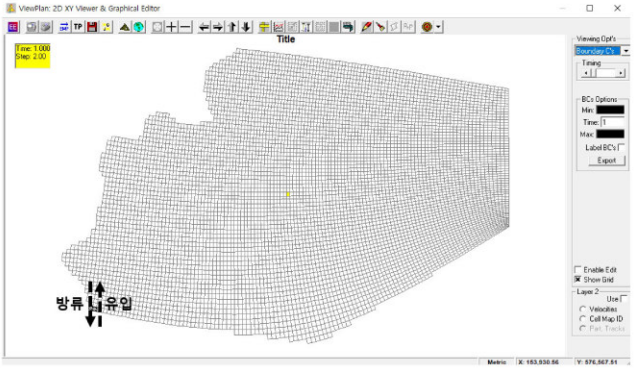
### 수질모델링(EFDC)

| 항 목 | 모 의 내 용 |
|---|---|
| 사용모델 | EFDC (Environmental Fluid Dynamics Code) |
| 격자체계 | 수직격자 체계, Active Cell : 7,175개, sigma 층 : 1개 |
| 모의항목 | TOC, T-N, T-P |

- EFDC 지형구축자료




- EFDC Boundary Condition Cell




한국농어촌공사 47

## 6. 수질모델링

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 수질모델링(EFDC)

- 농촌용수종합정보시스템(RAWRIS) 수질조사 자료 입력 : 2016.03 ~ 2020.08
- TOC, COD, DO, TN, TP 자료를 활용하여 항목별 데이터 입력

| 구 분 | TOC (mg/L) | COD (mg/L) | DO (mg/L) | TN (mg/L) | TP (mg/L) | 구 분 | TOC (mg/L) | COD (mg/L) | DO (mg/L) | TN (mg/L) | TP (mg/L) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2016/03 | 6.9 | 11.0 | 11.1 | 1.135 | 0.017 | 2018/08 | 9.0 | 17.2 | 4.0 | 1.067 | 0.154 |
| 2016/05 | 7.5 | 11.2 | 8.9 | 0.498 | 0.017 | 2018/10 | 7.5 | 16.8 | 4.3 | 1.178 | 0.065 |
| 2016/08 | 6.6 | 10.4 | 4.7 | 0.802 | 0.051 | 2019/03 | 7.0 | 10.6 | 12.2 | 0.902 | 0.042 |
| 2016/10 | 6.2 | 9.8 | 6.3 | 0.741 | 0.063 | 2019/05 | 6.5 | 10.4 | 11.1 | 0.592 | 0.021 |
| 2017/03 | 5.4 | 7.6 | 13.7 | 0.839 | 0.022 | 2019/08 | 5.5 | 9.0 | 2.9 | 2.167 | 0.051 |
| 2017/06 | 6.3 | 10.2 | 4.6 | 1.352 | 0.021 | 2019/10 | 6.5 | 15.2 | 8.8 | 0.546 | 0.035 |
| 2017/08 | 6.2 | 15.2 | 5.7 | 0.647 | 0.067 | 2020/03 | 5.6 | 7.4 | 10.4 | 1.020 | 0.028 |
| 2017/10 | 7.3 | 16.0 | 8.1 | 0.710 | 0.033 | 2020/05 | 7.0 | 10.1 | 12.2 | 2.570 | 0.033 |
| 2018/03 | 5.9 | 14.8 | 10.5 | 0.807 | 0.034 | 2020/06 | 7.4 | 10.5 | 12.2 | 1.330 | 0.038 |
| 2018/05 | 5.8 | 9.2 | 7.4 | 0.628 | 0.021 | 2020/08 | 5.5 | 9.3 | 12.2 | 0.710 | 0.051 |

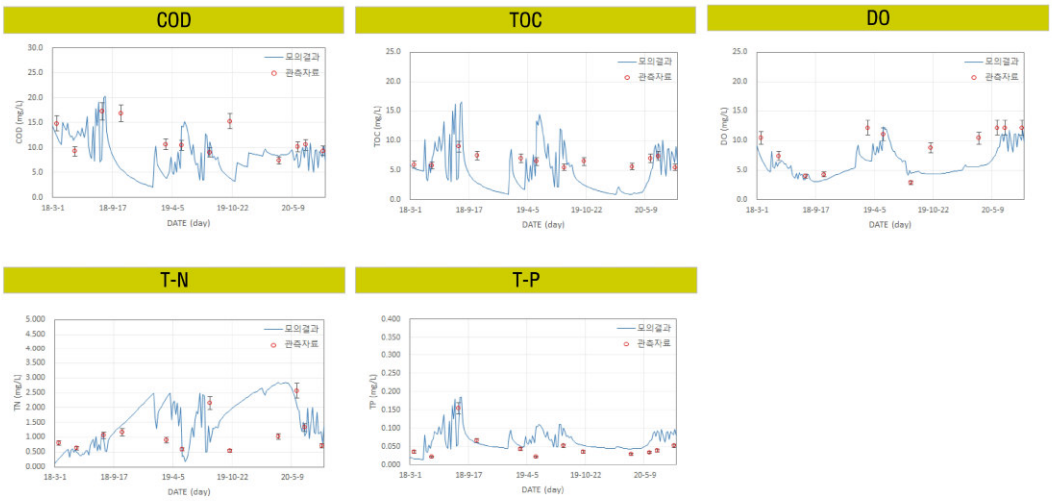
한국농어촌공사 48

## 6. 수질모델링

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 수질모델링(EFDC)

▶ 호소수질 모형(EFDC) 보정




한국농어촌공사 49

## 6. 수질모델링

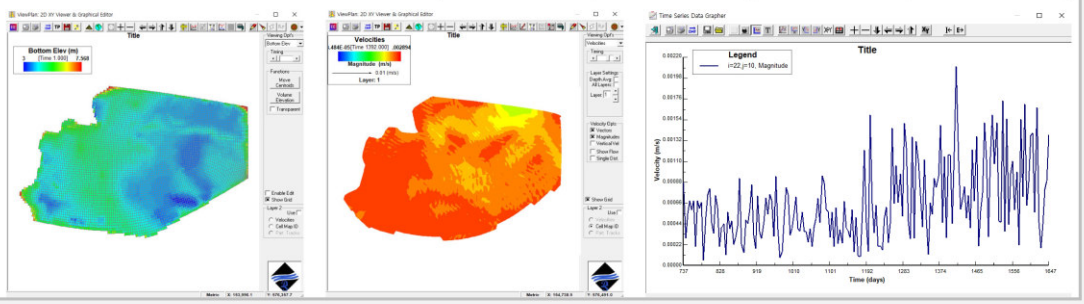
2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 수질모델링(EFDC)

▶ 수질 보정 평가

- 보정자료 : RAWRIS 모니터링자료(분기별 1회)
- 보정기간 : 2016년 3월 ~ 2019년 3월

| 보정 | TOC | T-N | T-P |
|---|---|---|---|
| Observed | 7.04 | 0.92 | 0.07 |
| Simulated | 6.28 | 1.09 | 0.08 |
| O/S | 1.12 | 0.84 | 0.87 |
| %Differ | 25.00 | 19.09 | 14.93 |
| | Good | Good | Very Good |




한국농어촌공사 50

## 6. 수질모델링

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 시설별 오염물질 저감효율

▶ 유기물 수질지표로서 TOC 환경기준 설정에 관한 연구(2011, 최지용), TOC 제거 관련기술

| 대상물질 | | 제 어 방 안 |
|---|---|---|
| 난분해성 유기물질 | 화학적 방법 | - 응집침전, 전자빔, 광촉매, 초음파, UV, 오존, $H_2O_2$ 등을 이용하는 고급산화공정<br>- 응집침전법은 유기물과 함께 인의 동시 제거 가능 |
| | 기타 | - 혐·호기성 생물학적처리, 활성탄 흡착, 역삼투, 펜톤산화 등이 소규모 산업폐수처리에 활용<br>- SS(탁도)를 제거하기 위한 침전, 흡착, 여과방법에 의해 제거 |
| 비점오염원 | | - 저류형, 장치형, 하수처리형, 침투 식생 등 제거효율(The National Academies, 2009)은 공법에 따라 TOC 23~82% 제거 가능 |

▶ 시설별 저감효율

| 구 분 | 저감시설 | 저감효율(%) | | | | | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | BOD | T-N | T-P | TOC(계산) | 산정근거 | |
| 유입 수로 | 여과형 시설 | 50 | 46 | 54 | 17.5 | 비점오염저감시설의 설치 및 관리.운영 매뉴얼(2016,환경부) | |
| | 스크린 시설 | 15 | 9 | 19 | 5.2 | | |
| | 끈상 여과공법 | 7 | 11 | 22 | 6 | 공법사 제시효율 | |
| 호내 대책 | 침강지(부댐형) | - | 32 | 23 | - | 농업용수 수질개선사업 설계매뉴얼 (2017, 농어촌공사) | |
| | 조합형 습지 | 89 | 54 | 72 | 31.1 | | |

주) TOC 저감효율은 BOD(생분해성) 비율 35% 적용시로 제시 : 35% x 89% = 31.1%

한국농어촌공사 51

## 6. 수질모델링

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 수질모델링(EFDC)

▶ 수질모델링 시나리오 구성

| 구 분 | | 세 부 내 용 | 적 용 시 설 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|
| 호내 대책 | 시나리오1 | 무대책 | | |
| | 시나리오2 | 강우시 순환(양수장 양수 + 방류) | 양수시 전량 저수지 공급<br>용수공급시 저수지내 우수 공급 | |
| | 시나리오3 | 북서측 조합형습지(1안) 설치 | 조합형습지 Q = 4,200 $m^3$/일 | 끈상스크린, 침강지, 조합형습지 |
| | 시나리오4 | 남측 조합형습지(2안) 설치 | 조합형습지 Q = 4,300 $m^3$/일 | 끈상스크린, 침강지, 조합형습지 |
| | 추가1 | 마을하수도(상류대책) | 마을하수도 설치 | |
| | 추가2 | 마을하수도(상류대책) + 시나리오3(북서측 조합형 습지(1안)) | 마을하수도 + 조합형습지 Q=4,200 $m^3$/일 | |

한국농어촌공사 52

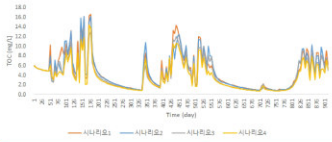
## 6. 수질모델링

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

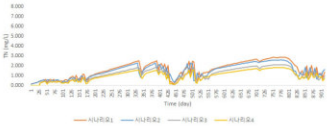
### 수질모델링(EFDC)

▶ 수질예측 검토 : 최적 시나리오는 추가2(안)이나, 마을하수도 설치는 강화군 관할 사업으로 금회 수질개선 대책으로 시나리오3적용

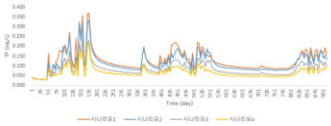
TOC



T-N



T-P



| 구 분 | 수질예측결과 (mg/L) | | | 목표수질 검토 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | TOC | T-N | T-P | TOC | T-N | T-P |
| 시나리오 1 | 6.5 | 1.624 | 0.142 | X | X | X |
| 시나리오 2 | 6.2 | 1.440 | 0.128 | X | X | X |
| 시나리오 3 | 5.6 | 0.992 | 0.093 | O | O | O |
| 시나리오 4 | 5.5 | 0.989 | 0.090 | O | O | O |
| 추가 1 | 6.1 | 1.446 | 0.126 | X | X | X |
| 추가 2 | 5.0 | 0.929 | 0.031 | O | O | O |

- 시나리오 3,4,추가2 : TOC, T-N, T-P 목표수질 (호소수질기준 Ⅳ등급) 만족 (TOC 6mg/L, T-N 1.0mg/L, T-P 0.1mg/L 이하)

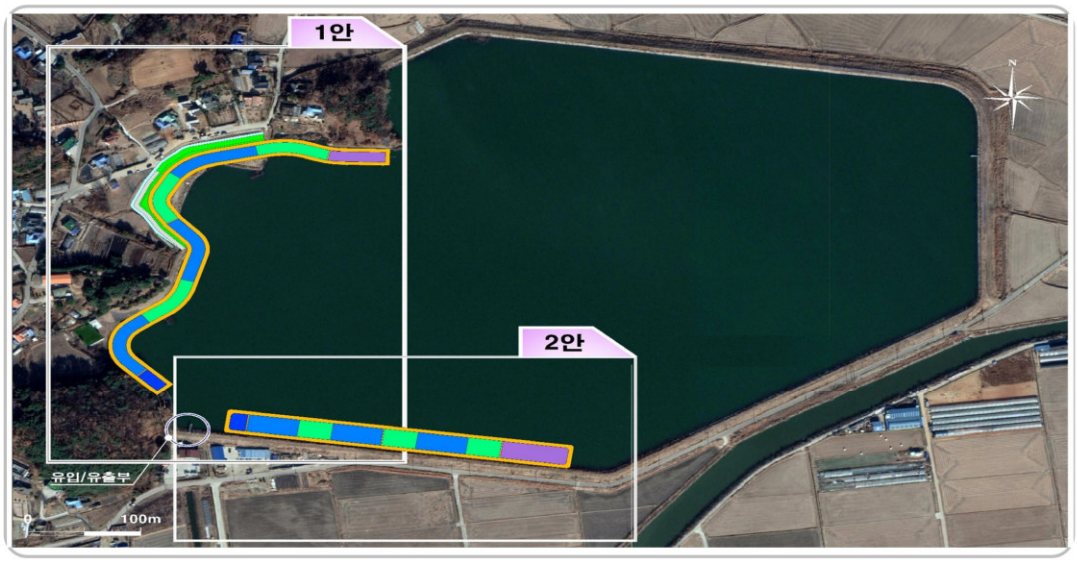
한국농어촌공사 53

# 07 시설 및 사업계획

## 7. 시설 및 사업계획

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 조합형 습지 안별 위치도

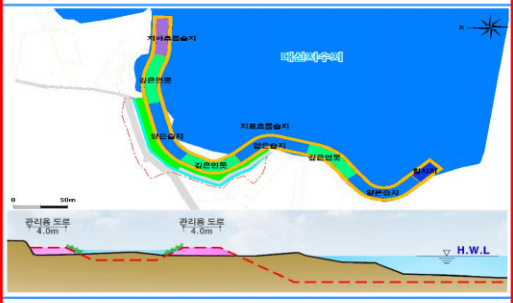
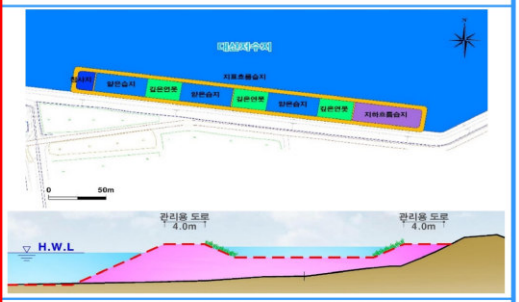



한국농어촌공사 55

## 7. 시설 및 사업계획

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 조합형 습지

| 구 분 | 1안 | 2안 |
|---|---|---|
| 개 요 | 대산저수지 부지내 설치 (북서측 농경지 구간, 호내), 유선형 구조 | 대산저수지 호내 설치 (남동측 경계부, 호내), 정형 구조 |
| 평 면 계 획 |  |  |
| 시설규모 | A = 10,400m², V = 4,200m³, 수면적 : B12mXL500m | A = 8,672m², V = 4,300m³, 수면적 : B20m X L300m |
| 장점 | - 육상 부지내 설치로 시공성 확보<br>- 호내 오염도가 높은 지역의 우수를 양수하여 저감효율 최대화<br>- 설치연장을 최대화 하여 호내 전체적인 물순환 가능 | - 승뢰양수장 인근에 위치하여 제방을 통한 유지관리 양호 |
| 단점 | - 펌프설치위치 반경 110m 인근에 주거지가 위치하여 일부 소음 민원 발생예상 | - 호내 설치되어 내용적(유효용량) 감소<br>- 호내 설치로 진입로 개설 등 시공성, 경제성 저하<br>- 호내 수면과 접하여 설치되어 공사중, 운영초기 제방안정화 필요 |

한국농어촌공사 56

# 7. 시설 및 사업계획

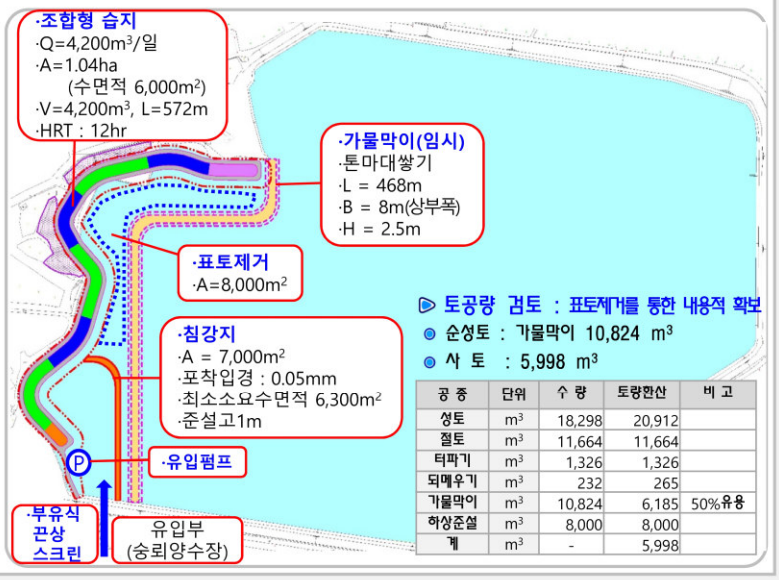
2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

## 종합계획도

▶ 주요시설
- 부유식끈상 스크린 : 유입수로
- 조합형 습지
  - · 지표흐름 습지 + 지하흐름 습지
  - · 시설용량 : Q = 4,200m³/일
  - · 수중펌프 적용 : 소음 최소화
- 침강지
  - · 입자성 물질 침강
  - · 시설규모 : A = 7,000m²

▶ 관리시설
- 관리용 도로(진입도로 포함)
  - · B=4m, L=1,050m
- 안전휀스 : 메쉬형, 관리도로 외측 설치
  - · H=1.2m, L=1,150m(진입도로 포함)
- 유량계 : 습지 유입부 유량계 1개소

▶ 임시시설
- 공사용 가물막이
  - · 가물막이 설치/해체용 상부폭 8m 조성
  - · 순성토 반입 후 습지상부 성토시 활용




▶ 토공량 검토 : 표토제거를 통한 내용적 확보
- 순성토 : 가물막이 10,824 m³
- 사 토 : 5,998 m³

| 공 종 | 단위 | 수 량 | 토량환산 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|
| 성토 | m³ | 18,298 | 20,912 | |
| 절토 | m³ | 11,664 | 11,664 | |
| 터파기 | m³ | 1,326 | 1,326 | |
| 되메우기 | m³ | 232 | 265 | |
| 가물막이 | m³ | 10,824 | 6,185 | 50%유용 |
| 하상준설 | m³ | 8,000 | 8,000 | |
| 계 | m³ | - | 5,998 | |

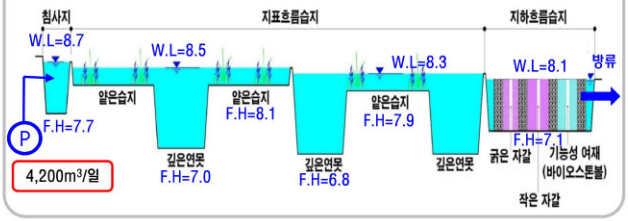
한국농어촌공사 57

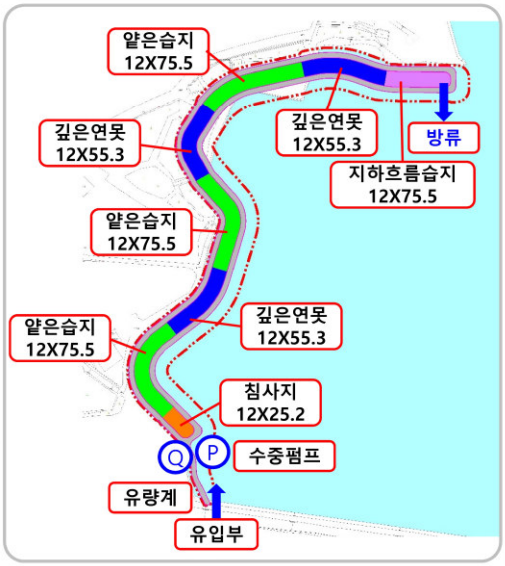
# 7. 시설 및 사업계획

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

## 세부시설 계획(조합형습지)

▶ 조합형 습지
- 설계용량
  - · 처리용량 : Q = 4,200m³/일
  - · 시설규모 : A = 10,400m²
    (수면적 6,000m²)
  - · 시설용량 : V = 4,200m³
  - · 체류시간 : 12hr
- 수처리기전
  - · 저수지 우수를 일정하게 취수하여 호 전체적인 순환과 정화처리
- 수리종단 : 최저수면고 WL.8.1m = 만수위 7.5m + 여유고 0.6m



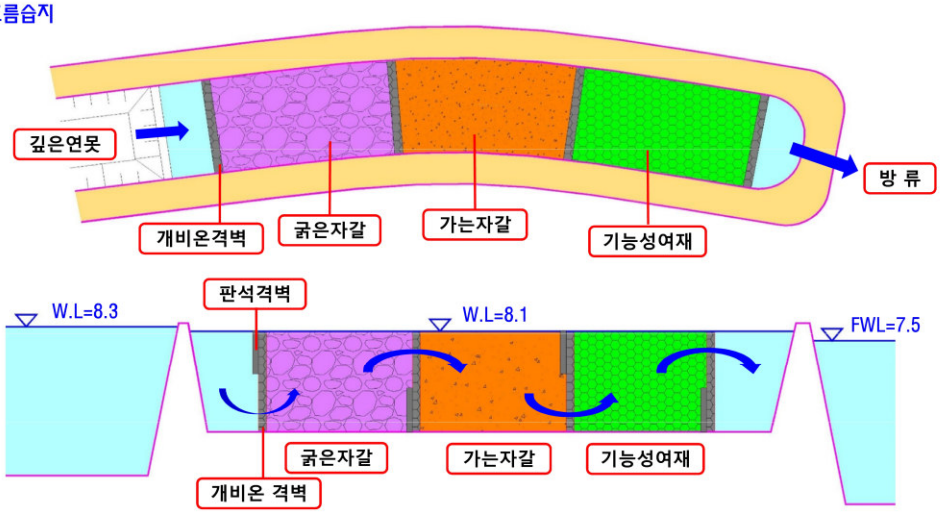

한국농어촌공사 58

## 7. 시설 및 사업계획

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 세부시설 계획(지하흐름습지)

▶ 지하흐름습지




한국농어촌공사 59

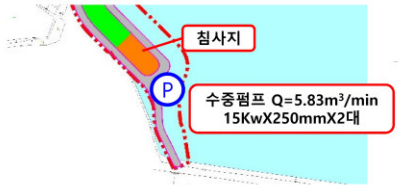
## 7. 시설 및 사업계획

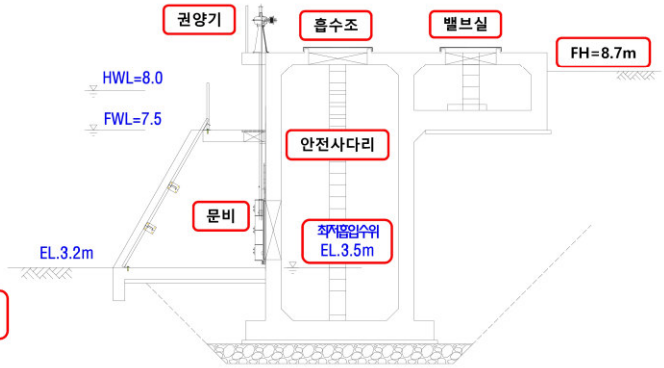
2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 세부시설 계획(펌프시설)

▶ 펌프운영

- 수중펌프 2대로 1일 12시간 가동
- 2시간씩 교번 운행
- 유입/유출관로 관저고 EL.3.2m 고려하여 최저흡입수위는 EL.3.5m 설정 (관저고로 설정시 흡입유량 부족시 모터 손상)




| 구분 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 평균 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 최저수위 (EL.m) | 5.67 | 5.29 | 6.36 | 5.07 | 4.58 | 5.39 |

| 구 분 | 흡입정 바닥고 (EL.m) | 밸브실 바닥고 (EL.m) | 유량 (㎥/min) | 펌프형식 | 전기 동력 (kW) | 구경 (㎜) | 대수 | 운영 시간 (hr) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 펌프시설 | 2.20 | 7.70 | 5.83 | 수중펌프 | 15kw | 250 | 2 | 12 |

한국농어촌공사 60

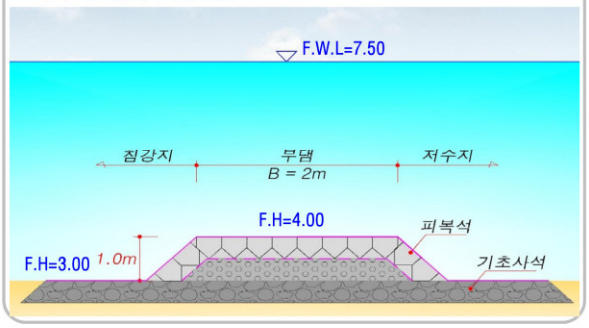
## 7. 시설 및 사업계획

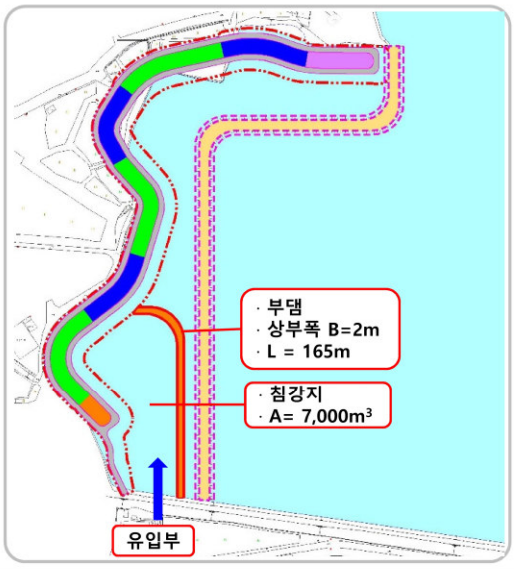
2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 세부시설 계획(침강지)

**침강지**

- 포착대상 입경 : 0.05mm
- 침강속도 : 0.0155 cm/s
- 최소소요수면적 : A = 1.2 X Q / V
  = 1.2 X 0.81m³/s / 0.0155cm/s = 6,270m²
- 설계 수면적 : 7,000m²



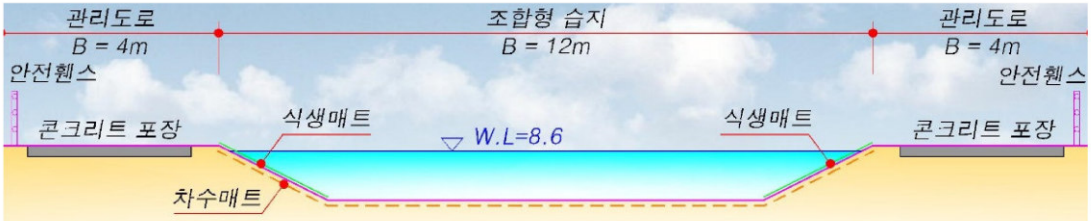

한국농어촌공사 61

## 7. 시설 및 사업계획

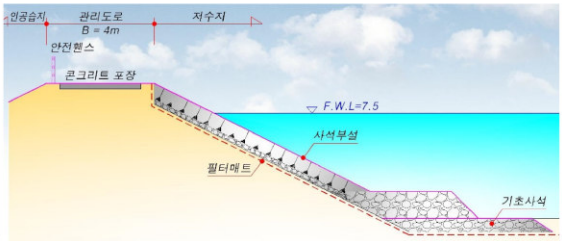
2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 표준단면도

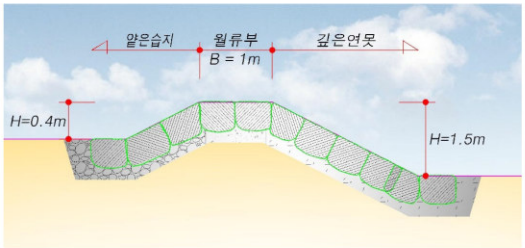
**조합형 습지 : 식생매트 적용**




**제외측 호안공 : 사석부설 적용**




**월류보 : 전석쌓기 적용**

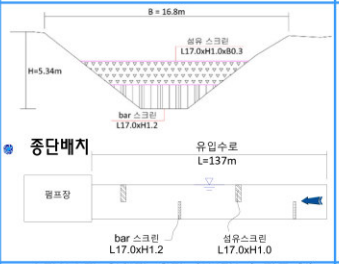
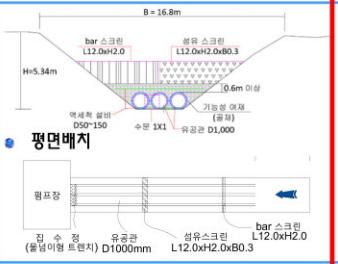



한국농어촌공사 62

## 7. 시설 및 사업계획

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 유입수로내 저감시설

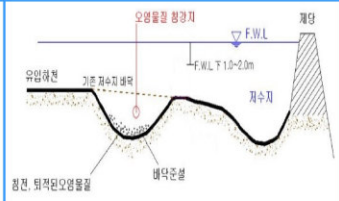
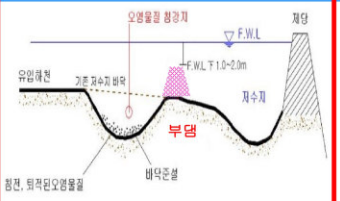
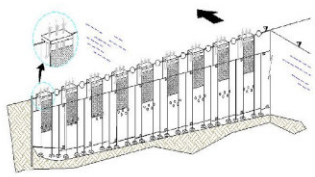
| 구 분 | 스크린형 여과시설 | 집수매거형 여과시설 | 부유식 끈상 스크린 |
|---|---|---|---|
| 공법개요 | 섬유(부유식) 및 바 스크린 교차설치에 의한 입자성 오염물질 제거 | 스크린, 여재, 유공관을 이용한 집수매거형 여과시설로 입자성 오염물질 제거 | 끈상접촉여재(미생물)에 의한 용존성 오염물질 제거 |
| 모식도 |   |   | |
| 장점 | - 중력양수장 일처리 유량 확보가능(7만톤/일)<br>- 경제성 및 유지관리 뛰어남 | - 집수매거, 강변여과 형식의 저감효과 우수<br>- 역세척 설비로 유지관리 비용 저감 | - 미생물 접촉에 의한 용존성 물질 제거<br>- 설치에 따른 경관저하 없음 |
| 단점 | - 용존성 오염물질 저감효과 제한<br>- 저감효과 낮음 | - 여재막힘 발생시 양수장 일처리 유량 제한<br>- 역세척 설비 운영시 동력 사용 | - 끈상접촉여과 시설의 간이형으로 동절기 저감효율 저하 |
| 공사비 | 100 백만원 | 565 백만원 | 100 백만원 |
| 저감효율 | - 비점오염저감시설 설치및관리.운영 매뉴얼<br>· BOD : 15% T-N : 9% T-P : 19% | - 비점오염저감시설 설치및관리.운영 매뉴얼<br>· BOD : 50% T-N : 46% T-P : 54% | - 공법사 오염물질 저감보증 효율<br>· BOD : 7% T-N : 11% T-P : 22%<br>TOC : 6%(용존성 물질 포함) |

한국농어촌공사 63

## 7. 시설 및 사업계획

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 침 강 지

| 구 분 | 준 설 형 | 부 댐 형 | 차수막형 |
|---|---|---|---|
| 개 요 | 하상 준설을 통한 입자성 물질 포착 | 준설 및 부댐 설치를 통한 입자성 물질 포착 | 차수막 설치를 통한 부유성 물질 차단 |
| 모식도 |   |   |  |
| 장 점 | - 부댐 없이 굴착하여 침강지 조성가능<br>- 시공성, 경제성 上 | - 부댐 설치로 입자성 물질 저감효과 우수<br>- 부댐 높이에 따라 시설면적 최소화 가능<br>- 사고수 유입시 1차 방어 가능 | - 포착률이 낮은 미세 부유성 물질 저감가능<br>- 수면 위 노출되어 유지관리 용이 |
| 단 점 | - 상대적으로 넓은 시설(굴착) 면적 필요<br>- 타 공법에 비해 오염물 저감효율 낮음<br>- 토사퇴적에 의한 시설용량 및 기능 감소 | - 부댐 높이에 따라 유효 저수용량 감소<br>- 호내 부댐 설치로 시공성, 경제성 中 | - 부유 시설로 설치위치 제한적<br>- 포착률이 큰 입자성 물질 차단 제한<br>- 수면 위 노출되어 경관성 저하 |
| 저 감 효 율 | - 농업용수 수질개선사업 설계 메뉴얼<br>· COD : 5% T-N : 13% T-P : 20%<br>· SS : 15% | - 농업용수 수질개선사업 설계 메뉴얼<br>· COD : 5% T-N : 32% T-P : 23%<br>· SS : 47% | - 농업용수 수질개선사업 설계 메뉴얼<br>· COD : 5% T-N : 25% T-P : 20%<br>SS : 30% |

한국농어촌공사 64

## 7. 시설 및 사업계획

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 소요사업비

| 구 분 | | 사 업 비 | 비 고 |
|---|---|---|---|
| ■ 총 사 업 비 | | 6,784,000,000 | |
| 공사비 | 계 | 4,608,000,000 | |
| | 1) 조합형습지 | 2,946,000,000 | |
| | 2) 침강지 | 376,000,000 | |
| | 3) 양수시설 | 526,000,000 | |
| | 4) 가물막이 | 295,000,000 | |
| | 5) 기타시설 | 465,000,000 | 가설사무실, 유량계, 세륜세차시설 등 |
| 관급자재대 | | 1,271,000,000 | 기능성여재, 유입수로 |
| 관리비 및 기 타 | 계 | 858,000,000 | |
| | 1) 기본조사비 | 170,000,000 | 문화재지표조사, 전략환경 포함 |
| | 2) 세부설계비 | 175,000,000 | |
| | 3) 생태보전협력금 | 36,000,000 | |
| | 4) 공사감리비 | 402,000,000 | |
| | 5) 사업관리비 | 75,000,000 | |
| 용지보상비 | | 47,000,000 | |

한국농어촌공사 65

## #. 주요조치결과

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

### 착수보고회

| 구 분 | 검 토 의 견 | 조 치 결 과 | 비고 |
|---|---|---|---|
| 1 | • 호내 수질오염저감대책 수립시 상류지역과 연계한 종합대책 수립 필요<br>- 강화군 등 관계기관과 연계하여 상류지역 오염원에 대한 저감대책 검토 | • 강화군 등 관련기관 자료조사 및 업무협조를 통해 마을하수도 정비사업 등 유역내 오염저감 대책을 조사 및 제안하였음 | 반영 |
| 2 | • 수질오염 저감대책 적용시 시설규모, 저감효율 등 관련근거 제시 | • 수질오염 저감시설 규모, 저감효율 등 정량적 해석 근거를 제시하였음 | 반영 |
| 3 | • 기본계획 수립시 유지관리가 중요하며 실제 시설물을 운영하는 지사의 의견 반영 필요<br>-강화·옹진 지사와 저감대책 공법, 시설물 등 협의 필요 | • 과업수행시 강화·옹진지사와 협의하여 저감대책을 수립하였음 | 반영 |
| 4 | • 인공습지 조성시 유수흐름을 원활히 할 수 있도록 측량조사 철저 및 인공습지 조성시 사면부 불투수성 설계반영 필요 | • 금회 지형현황측량 및 수심측량을 수행하였음<br>• 조합형 습지 사면부 및 하상에 차수매트를 계획하였음 | 반영 |
| 5 | • 수질조사 및 측량시 기존 자료 활용 요망 | • 농어촌공사 수질측정망 조사결과 및 수심측량 자료를 비교자료로 활용하였음 | 반영 |
| 6 | • 금회 기본조사 용역 수행시 본사 수질개선사업 전체 일정과 연계한 공정 및 일정계획 수립 | • 본사 수질개선 사업 전체 일정을 고려하여 금회 공정계획을 수립하겠음 | 반영 |
| 7 | • 수질오염원인 파악 후 원인에 따른 저감대책 수립 필요 | • 수질오염원에 대한 정확한 조사를 토대로 원인별 저감대책을 수립하였음 | 반영 |

한국농어촌공사 66

# #. 주요조치결과

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

## 착수보고회

| 구 분 | 검 토 의 견 | 조 치 결 과 | 비고 |
|---|---|---|---|
| 8 | • 승뢰양수장 구조를 고려한 저감대책 수립필요<br>- 수문, 양수펌프 및 가동규모 등 | • 양수장 구조 및 실제 운영현황을 고려하여 저감대책을 수립하였음 | 반영 |
| 9 | • 전략환경영향평가 및 소규모환경영향평가가 동시에 시행 예정이므로 조속한 기본구상(안) 제시 필요<br>- 계획평면도, 일반도 등 우선적 작성요망 | • 본사 수질개선 사업일정을 반영하여 금회 기본조사 공정계획을 수립하겠음 | 반영 |
| 10 | • 전략환경영향평가 등 관련계획에서 주민설명회 시행시 참석요망 (필요시 사업내용 설명) | • 관련계획에서 시행하는 주민설명회 등에 적극적으로 참여 하겠음 | 반영 |
| 11 | • 관련근거 및 기준에 맞는 정확한 용어사용<br>- 농업용수기준 → 농업용수 관리기준 또는 "환경정책기본법 시행령 별표1"에 따른 호소수질기준<br>- 수질오염공정시험법 → 수질오염공정시험기준 | • 보고서 및 보고자료 작성시 관련근거 및 기준에서 사용하는 정확한 용어를 사용하겠음 | 반영 |
| 12 | • 농어촌공사 수질측정망 측정결과와 금회 수질조사 결과에 대한 비교검토 필요<br>- 동일지점 및 측정시기가 비슷할 경우측정결과가 크게 차이나는 경우 원인분석 및 필요시 추가조사 시행 | • 농어촌공사 수질측정망 측정값과 금회 수질조사 결과를 비교검토 하여 수질조사 결과에 대한 신뢰도를 제고하겠음 | 반영 |
| 13 | • 호내 수질조사 시행시 조사지점을 최소하 하고 조사횟수를 증가시키는 것이 합리적으로 판단되며, 양수형 저수지 형식을 고려하여 실제 양수시(평시) 수질조사 필요 | • 수질조사 위치, 조사횟수 등을 발주처와 협의하여 조정 시행하였음 | 반영 |
| 14 | • 과업기간 준수요망 | • 과업기간을 준수하겠음 | 반영 |

한국농어촌공사 67

# #. 주요조치결과

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

## 착수보고회

| 구 분 | 검 토 의 견 | 조 치 결 과 | 비고 |
|---|---|---|---|
| 15 | • 식생계획 수립시 지역에서 자생하는 식재반영 | • 현지 자생가능한 식재를 중심으로 식재계획을 수립하겠음 | 반영 |
| 16 | • 양수형 저수지 형식을 고려하여 양수된 하천수를 인공습지 등 저감시설로 직접 유입시켜 오염농도가 저감된 하천수를 저수지로 유입될 수 있는 방안을 검토하기 바람 | • 양수된 하천수를 직접저감시설로 유입시키는 방안을 검토하였으며, 양정고, 배송거리, 자연방류 가능성 등을 고려하여 호내우수 취수를 적용하였음 | 반영 |
| 17 | • 장치형 시설 적용시 저감효율 등 저감효과를 실측결과를 기준으로 제시하여 반영여부를 검토하기 바람 | • 금회 적용된 저감시설은 조합형습지, 침강지 등으로 일반적인 저감시설이며, 이에 대한 저감효율은 실제 모니터링 결과를 고려하여 제시된 "농업용수 수질개선사업 설계매뉴얼(한국농어촌공사)"의 저감효율을 적용하였음 | 반영 |
| 18 | • 장래 수질오염부하량 산정시 마을하수도 계획을 반영하여 검토필요<br>- 현재 사업대상 유역내 마을하수처리장 공사가 시행중에 있음 | • 현재 사업대상 유역에 마을하수도 계획은 미수립되었으며, 장기대책으로 마을하수도 설치를 제안하였음 | 반영 |
| 19 | • 취입시설에 대해 원격제어, CCTV 등 자동화 시설 반영 요망(자동 유량 측정장치 조사필요) | • 유량계, CCTV 등 관리시설 계획을 반영하였음 | 반영 |
| 20 | • 누락공정이 없도록 사업비 산정 철저<br>- 관리용 도로 조성시 외부 순성토 필요<br>- 가체절 비용 반영<br>- 인공습지 조성시 준설토 사용 가능여부 판단 필요 → 오니토 판정시 폐기물 처리 | • 발주처(본사, 본부 등)와 Feed-Back 과정을 통해 사업이 누락을 방지하겠음<br>- 관리용 도로 및 가물막이 설치시 외부 순성토 적용 등 | 반영 |
| 21 | • 호내 인공습지 계획시 저수지 내용적 변화가 없도록 성토, 준설 등 토공 밸런스 최소화 | • 저수지 내용적 변화가 없도록 하상준설 등을 통해 토공계획을 수립하였음 | 반영 |

한국농어촌공사 68

# #. 주요조치결과

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

## 중간보고회

| 구 분 | 검 토 의 견 | 조 치 결 과 | 비고 |
|---|---|---|---|
| 1 | • 시간경과에 따른 수질변화 침전효과에 대한 수질조사 성과 제시 | • 시간경과에 따른 침전효과는 시각적인 참고자료로 침전 전. 후 수질조사 결과 미반영(원수에 대한 시험성과는 보고서 수록) | 부분반영 |
| 2 | • 유역내 토양성분중 유기탄소 함유량 제시 적정 : 유기탄소 비율 2.13% | - | - |
| 3 | • 대산저수지 관측수위가 높게 나타남 | • 금회 측량성과를 기준으로 관측수위를 보정하여 제시하겠음 (만수위 : 기존 EL.9.5m→금회 EL.7.5m) | 반영 |
| 4 | • 유역 표기 수정 (배수유역→유역, 직접 배수유역→직접유역) | • 유역 표기 용어를 수정하겠음 | 반영 |
| 5 | • 목표수질 달성도가 높은 시나리오4(남측 제방내 설치) 적용 사유 | • 습지 계획을 남측 제방과 접하여 설치시 유효 저수용량 축소 및 공사중 제체 층따기 공정에 의한 제체안정성 저하 등으로 북서측 설치안(시나리오3) 적용 | 반영 |
| 6 | • 오존처리공법 적용시 동방저수지 실증시험 결과를 참고하여 적용 | • 현재 조합형 습지계획 등을 통해 목표수질을 만족하는 것으로 검토되어 오존처리 공법은 제외하였음 | 반영 |
| 7 | • 양수장 운영시 유입수로내 우수를 전량 호내 유입후 농업용수로 공급하는 방안 명시 | • 비구조적 대책으로 유입수로→저수지→용수로의 물순환 체계를 제시하겠음 (세부사항은 지사와 협의 후 반영) | 반영 |
| 8 | • 인공습지 형식 검토 필요<br>- 지하흐름습지는 유지관리가 어려워단순한 지표흐름습지 설치방안 검토 | • 지표흐름습지 만으로 호소 수질기준 4등급(TOC 기준 6mg/L 이하) 목표 달성이 제한적으로 저감효율이 높은 조합형 습지를 적용하였음 | 반영 |
| 9 | • 침강지 설치 불필요<br>- 양수형 저수지로 하천이 침강지 역할 | • 침강지 설치로 호내 오염물 확산 방지 및 오염도가 높은 침강지내 호소수를 양수하여 습지의 오염물질 저감효율을 증가할 수 있도록 계획하였음 | 미반영 |
| 10 | • 친수공간을 제외하여 인공습지로 조성 | • 친수공간으로 인공습지 선형을 조정하여 저수지 유효용량 감소를 최소화 하였음 | 반영 |
| 11 | • 현장여건에 맞는 유입수로내 저감시설 계획 반영요망 | • 저감시설 계획시 지사와 협의하여 유지관리가 용이한 공법을 적용하겠음 | 반영 |
| 12 | • 저감시설 계획시 유지관리가 용이하고 유입수로내 저감시설 확정전, 수질개선 사업 준공후 지사와 사전협의 필요 | • 저감시설 계획시 지사와 협의하여최종 시설물 계획을 수립하겠음 | 반영 |

한국농어촌공사 69

# #. 주요조치결과

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

## 중간보고회

| 구 분 | 검 토 의 견 | 조 치 결 과 | 비고 |
|---|---|---|---|
| 13 | • 인공습지 누수방지를 위한 사면보호공 및 순성토 토공계획 반영 | • 습지내 누수방지를 위해 사면보호공(식생매트) 및 차수매트 반영 순성토 토공계획은 가물막이(순성토)를 유용하겠음 | 반영 |
| 14 | • 침강지 부댐 계획시 유지관리를 위해 상부폭 확보 | • 침강지 부댐 상부폭을 유지관리가 용이하도록 확폭하여 반영하겠음 | 반영 |
| 15 | • 대산저수지 내용적 등은 시설관리자와 협의하여 기본조사에 반영 요망 | • 수심측량 등 금회 측량성과를 준용하여 지사와 협의하여 기본조사에 반영 하겠음 | 반영 |
| 16 | • 기존 양수장 펌프를 이용한 습지내계획유량 공급방안 및 유입수로내 취수방안 검토 | • 인공습지 수위는 EL.8.7m로 조성되어 양수장 집수정 수위 EL.7.72m (대산저수지 계획홍수위 EL.7.5m) 고려시 자연유하 불가능<br>→ 별도 펌프설치 필요하며 습지내 용수 공급시 기존 양수장 펌프 추가 가동 필요<br>• 유입수로 수위는 약 EL.1.0m로 인공습지로 직접 유입시 양정고가 높고 배송거리가 길어져 경제성, 유지관리성 저하 | 반영 |
| 17 | • 대산저수지 오염원인 및 적정 저감대책 반영여부 제시 | • 유역내 토양의 유기탄소 비율이 크지 않은 것으로 검토되었으나, 하천 및 저수지 특성상 하도내 수문 및 양수형 저수지로 인해 정체수역이 발생하여 오염물질의 축적으로 오염농도가 증가하는 것으로 판단됨<br>• 3차 수질조사시 선행강우 발생 으로 인하여 숭룡천 하류 수문이 개방 되었고 이로 인해 1~2차 수질조사 결과보다 수질오염 농도가 전반적으로 낮아지는 조사결과를 보임<br>→3차 수질조사 결과 숭룡천 수문개방으로 저수지 보다 상대적으로 하천의 오염농도가 크게 감소하였음<br>• 비구조적 대책으로 저수지를 통한 농업용수 공급방안 제시(물순환 계획)<br>→저수지의 경우 농업용수 확보로 물순환이 제한적 인공습지를 계획 | 반영 |
| 18 | • 금회 수질조사 결과를(3회) 기준으로 수질모델링 분석시 모의결과의 신뢰성 하락<br>-유역모델을 이용한 입력자료 구축 제안 | • 간접유역으로 조성된 양수형 저수지 특성 및 하천내 기설치 수문으로 인하여 유역모델 적용은 제한적으로 판단됨<br>• 최근 5개년 양수장 펌핑자료 및 물수지 분석에 의한 용수공급 자료를 이용하여 일 단위 유입, 유출량 등 매개변수 적용<br>• 수질모델링 검. 보정을 통해 성과보완 예정 | 부분반영 |
| 19 | • 시나리오별 저감시설계획 제시 요망 | • 시나리오별 저감시설 종류 및 규모를 제시하겠음 | 반영 |

한국농어촌공사 70

# #. 주요조치결과

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

## 관계기관 협의

| 구 분 | 검 토 의 견 | 조 치 결 과 | 비 고 |
|---|---|---|---|
| 인천광역시 농축산유통과 | • 수질개선사업 시행시 우선적으로 상류오염원에 대한 검토가 필요함 → 마을하수도시설, 축사퇴비화 시설 설치 필요 | • 강화군 하수도정비기본계획 수립시 우선적으로 대산지구 유역이 포함될 수 있도록 건의 | 건의 |
| | • 유역에서 직접 유입되는 생활하수를 인공습지에서 처리될 수 있는 방안 검토 필요 | • 유역에 직접 유입되는 생활하수를 인공습지로 유도하여 처리하겠음 | 반영 |
| 강화군 농정과 | • 수질정화공법 선정시 자연친화적인 재료를 이용하고 지속가능한 공법 선정필요 | • 자연친화적 호안공법 및 정화효율을 고려하여 공법선정 | 반영 |
| | • 수질개선사업으로 안정적인 수질을 확보하고 깨끗한 농업용수 공급이 될 수 있는 계획 수립 필요 | • 수질등급 Ⅳ등급 이하의 깨끗한 농업용수 공급을 위한 계획수립 하겠음 | 반영 |
| 마을이장 | •공사시 인근 주민들의 민원이 최소화 될 수 있도록 기본계획 수립 필요 | • 필요시 소음방지시설, 비산방지시설을 고려하여 공사시 주민들의 민원발생을 최소화 하겠음 | 반영 |

한국농어촌공사 71

# #. 주요조치결과

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

## 기술검토회

| 구 분 | 검 토 의 견 | 조 치 결 과 | 비고 |
|---|---|---|---|
| 1 | • 저수지 유입수를 직접 정화하는 기계식 대책 검토 및 수질예측, 대책(안) 등 시나리오 추가 검토 | • 기계식 대책을 검토하여 시나리오에 추가하여 제시하였음 | 반영 |
| 2 | • 용수공급 체계의 적정성 검토 | • 대산저수지 유역의 물수지 분석결과 용수공급이 가능한 것으로 검토되었음 | 반영 |
| 3 | • 농업비점 역량 강화 등 상류유역 농업환경보전 프로그램 제시 | • 농·축산 비점오염 관리 프로그램 등 상류유역 대책을 관계기관을 포함하여 제시하였음 | 반영 |
| 4 | • 펌프 규격 검토 내용 추가 | • 펌프 규격 산정내용을 제시하였음 | 반영 |
| 5 | • 2019년 아프리카 돼지열병으로 돼지 살처분을 시행하였으며 축산농가에 재입식이 지연되고 있음. 추후, 사업시행시 가축사육 두 수 재조사 필요 | • 가축사육 현황은 강화군 축산업 허가(등록) 현황으로 20년 4월 30일 기준임<br>• 금회 사업의 목표년도는 2030년으로 기존 축산현황 변화는 없는 것으로 가정하였으며, 추후, 사업시행시 재조사를 시행하겠음 | 반영 |

한국농어촌공사 72

# #. 주요조치결과

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

## 기술검토회 조치계획 첨부자료

▶ 수질예측 검토 : 최적 시나리오는 추가2(안)이나, 마을하수도 설치는 강화군 관할 사업으로 금회 수질개선 대책으로 시나리오3 적용

| 구 분 | | 세 부 내 용 | 적 용 시 설 |
|---|---|---|---|
| 호내 대책 | 시나리오1 | 무대책 | |
| | 시나리오2 | 강우시 순환(양수장 양수 + 방류) | 양수시 전량 저수지 공급+용수공급시 저수지내 우수 공급 |
| | 시나리오3 | 북서측 조합형습지(1안) 설치 | 조합형습지 Q = 4,200 m³/일 |
| | 시나리오4 | 남측 조합형습지(2안) 설치 | 조합형습지 Q = 4,300 m³/일 |
| | 추가1 | 마을하수도(상류대책) | 마을하수도 설치 |
| | 추가2 | 마을하수도(상류대책) + 시나리오3(북서측 조합형 습지(1안)) | 마을하수도+조합형습지 Q=4,200 m³/일 |

| 구 분 | 수질예측결과 (mg/L) | | | 목표수질 검토 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | TOC | T-N | T-P | TOC | T-N | T-P |
| 시나리오 1 | 6.5 | 1.624 | 0.142 | X | X | X |
| 시나리오 2 | 6.2 | 1.440 | 0.128 | X | X | X |
| 시나리오 3 | 5.6 | 0.992 | 0.093 | O | O | O |
| 시나리오 4 | 5.5 | 0.989 | 0.090 | O | O | O |
| 추가 1 | 6.1 | 1.446 | 0.126 | X | X | X |
| 추가 2 | 5.0 | 0.929 | 0.031 | O | O | O |

한국농어촌공사 73

# #. 주요조치결과

2020년 대산지구 수질개선사업 기본조사

## 기술검토회 조치계획 첨부자료

▶ 용수공급체계 검토

| 유수흐름 | 산정방법 | 검토결과 |
|---|---|---|
| 강우량 | 연평균 강우량 | 1,285mm |
| 간접유역 유출총량 | DIROM모형 ① | 11,719천m³ |
| 용수 이용 가능량 | 유역발생량X50% ②=①x50% | 5,859천m³ |
| 승뢰양수장, 대산저수지 | | |
| 관개수량 | HOMWRS 프로그램 | 4,858천m³ |
| 검토결과 | ②용수량>③관개수량 : 적정 | |

▶ 농업환경보전프로그램

농림축산식품부: 농업환경보전프로그램 → 마을 정보 제공 / 현장지원조직연결 → 환경부: 마을 특성별 비점오염원 관리 지원

↓ 강화군청: (농식품부) 농업환경보전프로그램 (환경부) 비점특화 지원 발생원 관리(최적관리기법 보급) 발생 후 처리(침사구 등)

현장지원조직을 통한 마을특성확인

주민역량강화교육 | 논 비점관리 | 밭 비점관리 | 마을환경개선 활동

▶ 펌프규격 : 펌프내 유속 2.0~3.5m/s 고려하여 250mm 적용

$D = 146\sqrt{Q/V}$ ( V = 2.0 ~ 3.5 m/s )

= 188mm ~ 250mm

따라서 펌프 구경은 250㎜로 한다. (적용유속 2.0m/s)

한국농어촌공사 74

## 9.14 관련기관 협의

### 9.14.1 오염원조사 자료요청

*"농어민과 함께 농어촌을 위해!"*

# 한국농어촌공사 경기지역본부

수신자 수신자참조
(경유)
(참조)
제 목 **대산지구 수질개선사업 기본조사 오염원 및 개발계획 등 자료요청**

1. 관 련 : 농림축산식품부 농업기반과-6779(2019.12.24.)호
2. 귀 군의 무궁한 발전을 기원하며, 농어촌정비법 제21조(농어촌용수 오염방지와 수질개선 등)에 따른 농업용수 수질개선사업 기본조사에 필요한 자료를 요청드리니 협조하여 주시기 바랍니다.
   가. 대상지구 : 강화 대산저수지(유역 : 강화읍, 송해면)
   나. 요청자료 : 유역내 오염원 및 개발계획 등(요청내역 붙임 2 참조)
   다. 회신요청일 : **2020.05.15.(금)까지** ※ 한국농어촌공사 담당자 : 최철관(031-250-3078)
3. 또한, 요청자료에 대한 추가조사 및 행정·통계자료 방문조사가 원할히 이루어질 수 있도록 협조 부탁드립니다.
   가. 방문시기 : 2020년 5월~8월경
   나. 방문기관 : 군청 각 실과 및 강화읍, 송해면사무소

붙 임 1. 관련공문 사본 1부.
2. 대산지구 유역내 오염원 및 개발계획 요청내역 1부.
3. 대산지구 수질개선사업 개요 1부. 끝.

## 한국농어촌공사 경기지역본부장

수신자 인천광역시 강화군수(환경위생과장), 인천광역시 강화군수(농정과장), 인천광역시 강화군수(축산과장), 인천광역시 강화군수(건설과장), 인천광역시 강화군수(도시개발과장)

| 담당자 | 차장 | 수자원관리부장 | 경기지역본부장 |
|---|---|---|---|
| | | | |

협조자

시행 경기수자원-1186 ( 2020.04.17. ) 접수 ( )
우 16346 수원시 장안구 정자동 571-1 / http://www.ekr.or.kr
전화 031-250-3078 /전송 031-250-3634 / ironpipe@ekr.or.kr / 비공개(5)

*"같이가요. 함께해요. 행복 농어촌!"*

## 대산저수지 유역내 오염원 및 개발계획 등 요청내역

### 1. 목 적

□ 저수지 유역내 오염원 및 개발계획 등의 파악하여 대산저수지 수질에 미치는 현재 및 장래 오염부하량 등 산정

### 2. 유역 세부내역

□ 유역 : **강화군 강화읍(대산리), 송해면(숭뢰리, 솔정리, 하도리, 상도리, 신당리), 하점면(부근리) 등 3개 면 7개리에 해당**

※ 유역 : 대산저수지로 물이 유입되는 구역 및 간접유역

### 3. 요청자료

| |
|---|
| 해당 7개리 전체에 대한 자료를 제공받아 공사 업무담당자가 현장조사, 강화군 담당과, 송해면사무소 등 방문을 통해 유역개발·수질개선사업의 세부 추진현황 및 오염원 유역내 위치 여·부 등을 파악할 계획임 |

1) 대산저수지 유역내 오염원 현황(☞ 관련부서 : 강화군 환경위생과)

○ 2019년 12월말 기준 "전국오염원조사(환경부)" 자료

- 생활계, 축산계, 토지계, 산업계, 양식계, 매립계, 환경기초시설, 기타수질오염원

○ 서 식 : 환경부 오염원자료 입력 후 다운받는 Excel 양식

2) 유역내 택지개발 등 도시개발 및 산업·농공단지 조성, 도로확·포장 건설 등 계획(공사중 포함)

☞ 관련부서 : 강화군 농정과, 건설과, 도시개발과 등

○ 최근 도시기본계획(변경 포함) 반영

○ 서 식

| 구분① | 주소② | 면적③ | 세부내역④ |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |

<기재방법>

① : 계획된 개발사항 기재

② : 위치 기재(번지 포함)

③ : 개발면적(㎡)을 기재

④ : 세부내용(도시개발 : 사업기간, 인구, 오수처리계획 등, 산업·농공단지 : 사업기간, 유치업종, 오폐수처리방법 등, 도로건설 : 사업기간, 폭, 길이 등, 수변개발사업 : 사업면적, 사업기간 등)

3) 강화군이 추진 중인 강화읍, 송해면 수질개선관련 사업현황(공사중 및 계획)

☞ 관련부서 : 강화군 환경위생과, 건설과, 축산과 등

○ 최근 하수도정비 기본계획(변경 포함) 반영

○ 서 식

| 구분① | 위치② | 규모③ | 세부내역④ |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |

<기재방법>

① : 현황 또는 계획된 사업명칭을 기재(예 : 공공하수처리시설, 가축분뇨공공처리시설, 하수관거정비, 마을하수도, 자연형하천사업, 비점오염저감시설, 위생매립장, 소각시설, 기타 시설 등)

② : 위치 기재(번지 포함)

③ : 사업규모를 기재

④ : 수질개선관련 사업에 대한 사업개요 및 계획

4) 수질오염총량관리지역 포함 여부 :

☞ 관련부서 : 강화군 환경위생과

※ 총량관리지역 포함할 경우 작성

○ 단위유역(하천명) :

○ 목표수질 : BOD mg/L, T-P mg/L

○ 목표연도 :

[덧붙임] 유역경계도

<그림 1> 대산저수지 유역개황도

# 2020년 농업용수 수질개선사업 기본조사 시행계획(요약)

(경기지역본부 수자원관리부, '20.04.17.)

## Ⅰ. 사업개요

❑ 조사목적 : 수질기준을 초과한 농업용 호소의 수질 개선(수질기준 Ⅳ등급)

❑ 조사대상 : 강화군 대산저수지 ※강화군 간접유역 계획과 연계하여 기본조사 수립

| 구 분 | 조성년도 | 유역면적 | 만수면적 | 수혜면적 | 유효저수량 | 관리주체 | 수질성적 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 대산지구 | 1980년 | 1,880.0 ha | 28.9 ha | 288.9 ha | 1,271.0 천톤 | 강화용진지사 | 7.1(Ⅴ등급) |

❑ 사업내용 : 환경조사 및 기본설계, 문화재지표조사, 지질조사, 지자체 협의 등

○ (소요예산) 기본조사 100백만원

○ (주요공법) 인공습지, 접촉산화수로, 펌프시설 등 현장여건에 맞는 공법 적용

○ (사업기간) 2020.04.21.~2020.11.31.

## Ⅱ. 세부사업내용

○ 환경조사 및 기본설계, 문화재지표조사, 지질조사, 보고서 작성 등

※시행계획 수립, 본사·지자체·농식품부 업무협의, 기술검토회(농식품부) 포함

○ 환경조사 및 기본설계, 문화재, 지질조사

※시설물 위치 및 지층성상파악을 위한 지질조사는 추후 필요시 시행

○ 전략환경영향평가, 환경사업기술지원 등

## Ⅲ. 향후계획

○ 2020.04 : 기본조사 시행계획 수립 및 용역계약 의뢰

○ 2020.05~11 : 용역업체 선정, 착수보고, 중간보고, 최종보고

○ 2020.11 : 농식품부 기술검토회, 보고서 작성, 정산 → 기본조사 완료

- 1 -

## 참고 1 기본조사 세부업무내용

○ 유역현황 및 환경조사

- 지구현황조사 : 사업지구 주변의 자연환경 및 인문·사회환경 등 조사
- 수리.수문조사 : 유입하천 특성 및 강수량 등 기상자료 조사·분석
- 오염원조사 : 유역내 축사, 산업시설 등 주요 오염원 현장조사
- 수질조사 : 유입하천과 저수지의 수질현황을 파악하기 위한 현장조사
- 퇴적물조사 : 저수지 퇴적물의 토성 및 오염도 분석

○ 토목조사, 수질예측 및 기본설계

- 수질개선대책시설 설치예정지, 유입하천 지형 및 하천 종·횡단 측량
- 수질모형 구축 및 검·보정, 장래 오염원 및 수질예측
- 수질개선대책시설 기본설계 및 개략사업비 산출 등

○ 시설물 위치 지층성상 및 지반공학적 특성 파악을 위한 지질조사

○ 매장문화재 지표조사

- 대책시설 설치예정부지 매장문화재 조사

○ 수질개선대책 기본구상(안) 수립

- 환경조사 및 개선대책 대안별 검토 결과를 바탕으로 기본구상(안) 수립

○ 기술검토회 개최

- 수질개선공법 및 사업추진방향 등에 대한 대내·외 관계전문가 자문 실시, 전문가 의견을 반영하여 기본계획(안) 확정

○ 기타

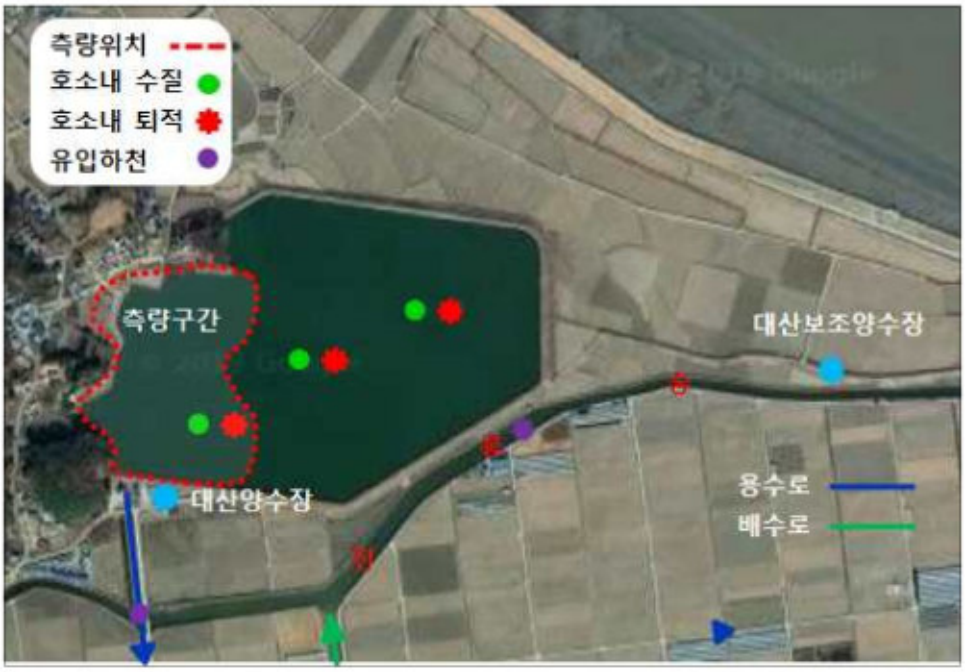
- 원활한 사업시행을 위한 관련기관 업무협의 추진, 필요한 자료 수집 등

**[참고 : 기본조사 시행순서]**

예정지조사(1~2월, 본부) → 기본조사 지구 선정(3월, 농식품부) → 총괄시행계획 수립(본사, 3월) → 본부별 시행계획 수립 및 기본조사 시행(3~11월, 본부) → 전략환경영향평가시행(6~11월, 본사) → 매장문화재지표조사시행, 기술검토회 실시(9~10월, 본부) → 기본계획(안) 수립 및 보고서 제출(11~12월, 본부·본사) → 사업비 정산(11~12월, 본부·본사)

- 2 -

<덧붙임> 지구별 기본조사 조사계획도




<대산저수지 수질개선사업 조사계획도>

- 3 -

### 9.14.2 지자체 협의결과 보고

*"농어민과 함께 농어촌을 위해!"*

# 한국농어촌공사

수신자 내부결재
(경유)
(참조)
제 목 **대산지구 수질개선사업 기본조사 지자체 협의 결과보고**

1. 관 련 : 경기수자원-2836(2020.10.08.)호
2. 대산지구 수질개선사업 기본조사 설계(안)에 대한 지자체 협의를 실시하고 그 결과를 다음과 같이 보고합니다.
   가. 목 적 : 대산지구 수질개선사업 기본조사 설계(안) 설명 및 의견수렴
   나. 협의자 : 인천광역시 농축산유통과(10.14), 강화군 농정과(10.07), 마을이장(10.07)
   다. 주요 검토내용
      ○ 수질개선사업시 우선적으로 상류오염원에 대한 검토가 필요함
      ○ 유역에서 직접 유입되는 생활하수를 인공습지에서 처리할 수 있는 방안 필요
      ○ 수질정화공법 선정시 자연친화적인 재료를 이용하고 지속가능한 공법 선정 필요
      ○ 공사시 인근 주민들의 민원이 최소화 될 수 있는 방안 검토 필요
   라. 처리계획 : 지자체 검토결과는 기본조사에 반영

붙 임 : 대산지구 수질개선사업 기본조사 지자체 협의 결과보고 1부. 끝.

담당자 수자원관리부장 경기지역본부장

협조자

시행 경기수자원-2967 ( 2020.10.23. ) 접수 ( )

우 16346 수원시 장안구 정자동 571-1 / http://www.ekr.or.kr
전화 031-250-3078 /전송 031-250-3634 / ironpipe@ekr.or.kr / 비공개(5)

*"같이가요. 함께해요. 행복 농어촌!"*

# 대산지구 수질개선사업 기본조사 지자체 협의 결과보고

(수자원관리부, '20.10.21.)

## ❑ 개 요

❍ 목 적 : 대산지구 기본조사 설계(안) 지자체 설명 및 의견수렴

❍ 협 의 자 : 인천광역시 농축산유통과(10.14.), 강화군 농정과(10.07.) 등

## ❑ 협의내용 및 결과

| 구 분 | 협의내용 | 검토결과 | 비고 |
|---|---|---|---|
| 인천광역시 농축산유통과 | · 수질개선사업 시행시 우선적으로 상류오염원에 대한 검토가 필요함 → 마을하수도시설, 축사퇴비화 시설 설치 필요 | · 강화군 하수도정비기본계획 수립시 우선적으로 대산지구 유역이 포함될 수 있도록 건의 | · 건의 |
| | · 유역에서 직접 유입되는 생활하수를 인공습지에서 처리될 수 있는 방안 검토 필요 | · 유역에 직적 유입되는 생활하수를 인공습지로 유도하여 처리하겠음 | · 반영 |
| 강화군 농정과 | · 수질정화공법 선정시 자연친화적인 재료를 이용하고 지속가능한 공법 선정필요 | · 자연친화적 호안공법 및 정화효율을 고려하여 공법선정 | · 반영 |
| | · 수질개선사업으로 안정적인 수질을 확보하고 깨끗한 농업용수 공급이 될 수 있는 계획 수립 필요 | · 수질등급 Ⅳ등급 이하의 깨끗한 농업용수 공급을 위한 계획수립하겠음 | · 반영 |
| 마을이장 | · 공사시 인근 주민들의 민원이 최소화 될 수 있도록 기본계획 수립 필요 | · 필요시 소음방지시설, 비산방지시설을 고려하여 공사시 주민들의 민원발생을 최소화 하겠음 | · 반영 |

❍ 관련사진

인천광역시 농축산유통과

강화군 농정과

마을이장

## ❑ 향후계획

❍ 지자체 검토내용은 기본조사에 반영하여 설계

- 1 -

## 참고 1 대산지구 수질개선사업 기본조사 설계(안) 요약자료

❑ 목 적 : 양질의 농업용수 공급, 친수환경 제공, 생태계 보전 등

❑ 대 상 : 인천광역시 강화군 송해면 숭뢰리 대산저수지

❑ 시설제원

| 구분 | 시설제원 | 위치도 | 전경사진 |
|---|---|---|---|
| 소 재 지 | 송해면 숭뢰리 | | |
| 설치년도 | 1980년 | | |
| 유역면적 | 1,880 ha | | |
| 유효저수량 | 1,271천$m^3$ | | |
| 수혜면적 | 289 ha | | |
| 만수면적 | 29 ha | | |
| 관리주체 | 강화옹진지사 | | |



❑ 유역특성 및 수질현황

○ 유역특성 : 양수형 저수지로 농경배수 재이용 및 호내 우수 유출정체가 주오염원

○ 수질현황

| 구 분 | 15 년 | 16 년 | 17 년 | 18 년 | 19 년 | 평 균 | 호소 생활환경 기준(4등급) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 년 강수량(mm) | 647 | 1,100 | 809 | 1,072 | 1,079 | 941 | - |
| TOC(mg/L) | 8.8 | 6.8 | 6.3 | 7.1 | 6.4 | 7.1 | 6 이하 |
| T-P(mg/L) | 0.081 | 0.037 | 0.036 | 0.069 | 0.037 | 0.053 | 0.100 이하 |
| T-N(mg/L) | 0.992 | 0.794 | 0.887 | 0.92 | 1.052 | 0.93 | 1.00 이하 |

○ 수질오염원인 : 주오염원 - 축산계, 토지계(농경지, 임야)(난분해성 물질)

· 수질분석 결과 : TOC 항목을 제외한 총인, 총질소는 Ⅳ등급 유지

· TOC분석 결과 : 유입수로 14.8 ~ 15.3 mg/L > 저수지 7.0 ~ 7.4 mg/L

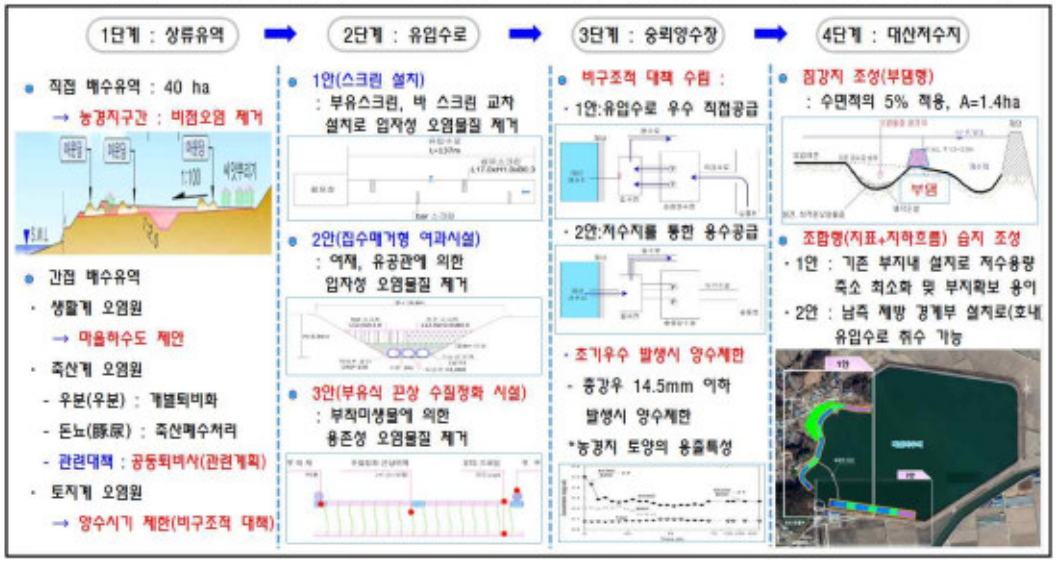
⇒ 양수형 저수지 특성 및 호내 오염물질 침전, 광분해 등의 자정작용에 의해 오염물 농도 감소

- 2 -

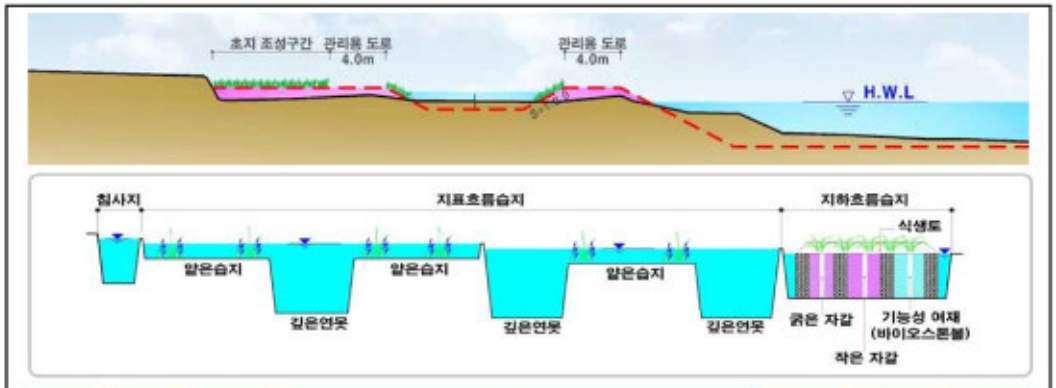
## ❑ 기본조사 구상(안)

### ○ 수질개선 시스템 구성

- 유입수로 저감시설(부유식 끈상 공법) 설치, 침강지(부댐형) 1.4ha, 조합형습지 4,200㎥/일




### ○ 조합형 습지 구성




| 구분 | 계 | 침사지 | 지표흐름습지 | | | | | | 지하흐름습지 | 유하거리 | 장폭비 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 얕은습지 | 깊은연못 | 얕은습지 | 깊은연못 | 얕은습지 | 깊은연못 | | | |
| 수면적 | 6,000m² (100%) | 300m² (5%) | 900m² (15%) | 600m² (10%) | 900m² (15%) | 600m² (10%) | 900m² (15%) | 600m² (10%) | 1,200m² (20%) | 1안:462m 2안:300m | 1안-36:1 2안-15:1 |
| 수 심 | - | 1.0m | 0.4m | 1.5m | 0.4m | 1.5m | 0.4m | 1.5m | 1.0m | | |
| 체류시간 | 24hr | 1hr | 2hr | 3.5hr | 2hr | 3.5hr | 2hr | 3.5hr | 5.5hr | | |

- 3 -

### 9.14.3 지자체 검토의견 요청

*"농어민과 함께 농어촌을 위해!"*

# 한국농어촌공사 경기지역본부

수신자 수신자참조
(경유)
(참조)
제 목 **대산지구 수질개선사업 기본조사(안) 검토의견 요청**

1. 관 련 : 농림축산식품부 농업기반과-1334(2020.03.09.)호
2. 귀 기관의 무궁한 발전을 기원하며, 대산지구 농업용수 수질개선사업 기본조사(안)와 관련하여 다음과 같이 검토의견을 요청하오니 회신하여 주시기 바랍니다.
   가. 사업명 : 대산지구 농업용수 수질개선사업 기본조사(안)
   나. 위 치 : 인천광역시 강화군 송해면 일원
   다. 주요내용

| 지구명 | 주요사업 | 사업예산(천원) |
|---|---|---|
| 대산지구 | 인공습지 1개소(1.04ha), 침강지 1개소(0.7ha), 기타시설 등 | 6,784,000 |

   라. 회신요청일 : **2021년 1월15일(금)까지** ※한국농어촌공사 경기본부 담당자 : 최철관

붙 임 1. 대산지구 수질개선사업 기본조사(안) 요약 1부.
2. 대산지구 수질개선사업 기본조사(안) 의견서 양식 1부. 끝.

## 한국농어촌공사 경기지역본부장

수신자 인천광역시장(농축산유통과장), 인천광역시 강화군수(농정과장)

담당자 수자원관리부장 경기지역본부장

협조자

시행 경기수자원-3695 ( 2020.12.30. ) 접수 ( )
우 16346 수원시 장안구 정자동 571-1 / http://www.ekr.or.kr
전화 031-250-3078 /전송 031-250-3634 / ironpipe@ekr.or.kr / 비공개(5)

*"같이가요. 함께해요. 행복 농어촌!"*

■ 붙임1

# ’20년 농업용수 수질개선사업 기본조사 결과(요약)

[대산지구]

농림축산식품부

한국농어촌공사 경기지역본부

## 1. 사업의 배경

○급속한 사회환경변화에 따른 오염물질 유입량의 증가로 저수지 수질 악화
○오염된 용수공급으로 농산품 경쟁력 약화 및 농업환경 악화
○농산물우수관리(GAP) 인증제도 시행에 따라 기준에 적합한 용수수요 증대
○농어촌의 용수수요 다양화 및 지역주민들 친수환경 수요 증가

## 2. 사업의 목적

○오염된 농업용수원의 수질을 개선하여 환경정책기본법 호소 생활환경 기준(Ⅳ등급)에 적합한 수질 유지
○양질의 농업용수 공급을 통해 안정적 농산물생산 기반구축
○환경친화적 수질개선을 통한 건전한 농업농촌환경 구축
○안전한 농식품 공급으로 국민건강 보호 및 건전하고 지속가능한 농업기반 조성

## 3. 사업시행 근거

○농어촌정비법 제21조(농어촌용수 오염방지와 수질개선 등)

## 4. 사업추진 경위 및 향후 계획

○'08.06 : 농식품부·환경부 공동 수질개선사업 대상지구 선정(1단계 53, 2단계 16)
○'12.03 : 농업용수 수질개선사업 예정지조사 시행
○'16.12 : 농업용수 수질개선 중장기 대책 수립(농림축산식품부)
○'20.03.10 : 2020년 농업용수 수질개선사업 기본조사지구 선정 통보
○'20.03.16 : 농업용수 수질개선사업 기본조사 시행계획 수립
○'20.11.18 : 농업용수 수질개선사업 기본계획(안) 기술검토회
○'20.10.12~11.30 : 대산지구 매장문화재 지표조사 시행
○'20.09~'21.02 : 전략환경영향평가 시행, 환경부 협의 완료 예정

## 5. 기본조사 총괄

○현지여건 및 저수지 특성 등을 고려, 수질개선대책 기본계획 수립

| 구 분 | | | 대산지구 |
|---|---|---|---|
| 위 치 | | | 인천광역시 강화군 송해면 숭뢰리 |
| 수혜면적 (ha) | | | 288.9 |
| 만수면적 (ha) | | | 28.9 |
| 수질 및 주오염원 현황 | | | TOC : V등급(나쁨)<br>BOD: 축산계(40%) > 생활계(37%) > 토지계(23%) |
| 상류대책 (지자체 추진) | | | ▪ 마을하수도 계획 없음<br>▪ 공동 퇴비사 설치(인천강화옹진축협) |
| 호내대책 | 조합형 인공습지 | | 1개소 (1.04ha) |
| | 침 강 지 | | 1개소 (0.70ha) |
| | 표토제거 | | 1개소 (0.80ha) |
| | 스크린(유입수로) | | 5개소 |
| | 양수시설 | | 1개소 |
| | **사업비(천원)** | | **6,784,000** |
| 수질예측 결과 (개선효과) (mg/L) | | TOC | 6.5 ('30년 장래) → 5.6(대책시) |
| | | T-N | 1.624 ('30년 장래) → 0.992(대책시) |
| | | T-P | 0.142 ('30년 장래) → 0.093(대책시) |
| 사업시행 여건 | | | ▪ 지역주민의 호응도 높음<br>▪ 강화군의 마을하수도 등 상류대책 없으나 호내대책 사업추진 시 수질개선 효과 기대 |

○ 기본계획 수립과정

기본조사 지구선정
기 본 조 사
현 장 조 사
기 본 구 상
실 내 분 석
환경조사 : 오염원, 개발계획
토목조사 : 수리/수문, 지형측량
현재 및 장래수질 예측
목표수질 설정
수질개선공법 선정
시설규모 결정
수질(평시, 강우시)
퇴적물(오염도, 용출률)
토양특성(액성/소성 한계 등)
전략환경영향평가
> 환경부 협의(1만m2 이상)
매장문화재 지표조사
> 문화재청 협의(3만m2 이상)
기본조사 보고서 작성
[수질개선 기본계획(안) 마련]
기본계획 수립
기본계획 승인 및 인가

# 6. 지구별 세부내용

## 6.1 대산지구

### 6.1.1 대산저수지 현황

• 소재지 : 인천광역시 강화군 송해면 숭뢰리 일원

| 조성년도 | 유역면적 | 만수면적 | 수혜면적 | 총저수량 |
|---|---|---|---|---|
| 1980년 | 1,880 ha | 28.9 ha | 288.9 ha | 1,271 천톤 |

• 유역은 강화군 송해면 숭뢰리, 상도리, 솔정리, 하도리, 신당리, 강화읍 대산리, 국화리가 포함되며, 토지계의 대부분은 임야(36.1%), 답(32.5%), 전(10.1%)으로 구성되어 있음

• 전형적인 양수형 저수지로 직접 유역이 매우 작고 간접 유역은 100% 지방하천 숭릉천 유역으로 구성되어 있음

### 6.1.2 수리·수문조사 결과

• 전형적인 양수형 저수지로 유입량은 전량 숭뢰양수장 양수 펌핑으로 공급되며, 별도 여수로 없이 유입관거(BOX 1.0×1.0)를 통해 방류됨 (시설능력 69,898㎥/일)

| 구 분 | 16년 | 17년 | 18년 | 19년 | 평균 |
|---|---|---|---|---|---|
| 연강수량(mm) | 1,100 | 809 | 1,072 | 1,079 | 1,015 |
| 가동일수(일) | 74 | 20 | 48 | 83 | 56 |
| 연간 펌핑량(㎥) | 2,752,218 | 961,092 | 1,451,831 | 2,924,050 | 2,022,298 |
| 가동시간(평균) | 14 | 17 | 12 | 13 | 14 |

### 6.1.3 오염원 및 배출부하량

• 전형적인 농촌지역으로 유역내 3,110명이 거주하고 있으며, 인구밀도 1.65인/ha로 조사됨

• 유역내 하수관거 정비가 이뤄지지 않아 모든 가정이 하수미처리구역으로 조사됨

• 유역내 사육되는 축산농가는 약 40가구로 조사되었으며 한우 1,674두, 돼지 700두, 가금 100,000 마리 개별 퇴비화 등으로 자체 처리되어 경작지에 살포되고 있음

- 저수지 수면적 28.9ha를 포함한 유역의 총 면적은 1,880ha이며, 토지이용 형태별로 전 10.1%, 답 32.5%, 임야 36.1%, 대지 4.4%, 기타 16.9%로 구성
- 산업계, 양식계 등의 기타 오염원은 없는 것으로 조사되었음
- 유역내 택지개발(도시개발, 산업·농공단지 조성, 도로 확포장 등) 및 수질개선 관련 개발계획은 없는 것으로 조사됨
- 유역상류 경작지로는 대부분 벼농사 지역이 분포하고 있었으며 전답에 살포된 퇴비 및 화학비료의 잔재물과 임야에서 낙엽 등이 강우에 의한 유출로 저수지 수질오염을 가중시키고 있음

< 강우시 경작지 및 임야로부터 오염물질 유출 >

- 유역전체에서 BOD 321㎏/일, T-N 169㎏/일, T-P 20㎏/일의 오염부하를 배출하고 있으며, BOD 기준으로 축산계가 40%, 생활계가 37%, 토지계가 23%를 차지하는 것으로 조사됨
- 주오염원은 축산계이나, 생활계와 토지계도 수질오염에 기여하여 모든 오염원에 대한 종합적인 대책 수립이 필요한 것으로 판단됨

| 구 분 | | 배출부하량(kg/day) | | | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | BOD | T-N | T-P | |
| 합 계 | | 321 | 169 | 20 | - |
| 생활계 | 인구 | 118 | 27 | 4 | - |
| 축산계 | 가축 | 129 | 78 | 9 | 주오염원 |
| 토지계 | 비점오염 | 74 | 64 | 8 | - |

### 6.1.4 수질조사 결과

• 유입하천 및 배수로 3개 지점

- BOD 3.5~13.3㎎/L, 하천 생활환경기준 보통(Ⅲ 등급)~매우나쁨(Ⅵ등급)
- COD 6.7~29.2㎎/L, 하천 생활환경기준 보통(Ⅲ 등급)~매우나쁨(Ⅵ등급)
- TOC 2.8~18.3㎎/L, 하천 생활환경기준 좋음(Ⅰb등급)~매우나쁨(Ⅵ등급)
- T-N 1.96~9.82㎎/L로 최소값 대비 최대값이 5배로 시기별로 변화가 큰 것으로 조사되었음
- T-P 0.061~0.178㎎/L, 하천 생활환경기준 약간좋음(Ⅱ등급)~보통(Ⅲ등급)

• 대산저수지

- 저수지 상류, 중류, 하류 3지점 TOC가 5.5~8.8㎎/L로 호소 생활환경기준 약간나쁨(Ⅳ등급)~매우나쁨(Ⅵ등급)에 해당함
- T-N은 0.71~2.57㎎/L로 호소 생활환경기준 약간나쁨(Ⅳ등급)~매우나쁨(Ⅵ등급) 에 해당함
- T-P는 0.033~0.051㎎/L로 호소 생활환경기준 보통(Ⅲ등급)~약간나쁨(Ⅳ등급)에 해당함
- '15년~'19년 농업용수 수질측정망조사 결과 수질변화 추이를 보면, 5개년간 대산저수지의 평균 TOC 7.1㎎/L, T-N 0.930㎎/L, T-P 0.053㎎/L로 TOC 만 농업용수 수질기준인 Ⅳ등급을 초과하고 있음
- 목표수질(농업용수 수질기준)을 만족하기 위해서는 조합형 인공습지, 침강지 설치등의 호내 대책의 수질개선사업이 필요
- 대산저수지 '15~'19년 수질변화 추이(농업용수 수질측정망 조사결과)

| 년 도 | '15 | '16 | '17 | '18 | '19 | 평균 | 수질등급 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TOC(㎎/L) | 8.8 | 6.8 | 6.3 | 7.1 | 6.4 | 7.1 | Ⅴ등급 |
| T-N(㎎/L) | 0.992 | 0.794 | 0.887 | 0.920 | 1.052 | 0.930 | Ⅳ등급 |
| T-P(㎎/L) | 0.081 | 0.037 | 0.036 | 0.069 | 0.037 | 0.053 | Ⅳ등급 |

※ 수질기준(Ⅳ등급) : TOC 6.0㎎/L, T-N 1.0㎎/L, T-P 0.1㎎/L이하

### 6.1.5 퇴적물환경

- 퇴적물 항목별 오염평가 기준으로 퇴적물의 유기물 및 영양염류인 총질소, 총인, 강열감량 항목에서 Ⅳ등급 이하로 조사됨
- 퇴적물의 금속류 오염평가 등급은 전 항목에서 Ⅰ등급으로 오염평가 기준은 보통(금속류 8항목 모두 "Ⅰ"등급)으로 조사되어 저서생물에 독성이 나타날 가능성 거의 없음 판단됨

| 지 점 명 | 평 균 | 저수지 상류 | 저수지 중류 | 저수지 하류 |
|---|---|---|---|---|
| 강열감량(%) | 4.50 | 3.52 | 4.68 | 5.30 |
| 총질소(mg/kg) | 2,464 | 2,324 | 2,244 | 2,825 |
| 총인(mg/kg) | 456 | 386 | 502 | 481 |

### 6.1.6 기본계획

□ 기본구상

- 환경친화적 수질개선 공법의 도입
- 주변의 지형조건을 최대한 활용한 수질개선공법의 적용
- 안전성 및 유지관리가 용이한 자연정화공법 적용
- 저수지 홍수면 부지를 최대한 활용

□ 수질개선 목표수질 및 달성년도

- 수질개선 목표수질 : 호소 생활환경기준 Ⅳ등급(농업용수)
  - TOC 6.0mg/L 이하, T-N 1.0mg/L 이하, T-P 0.1mg/L 이하
- 수질목표 달성년도 : 준공 후 5년
  - 장래 오염원 전망 연도는 2030년

※ 수질목표 달성년도는 침강지, 조합형인공습지 등의 공사로 인한 토양교란, 정화식물이 활착하여 안정상태를 보이는 기간을 포함하여 설정

□ 장래 오염원 전망

- 관련계획 : 없음

• 장래 오염원 분포

| 구 분 | | '20년 기준 | '30년 장래 | 장래 오염원 전망 예측방법 및 결과 |
|---|---|---|---|---|
| 인 구 (명) | | 3,110 | 3,097 | 자연증감(수학적방법) + 사회적증감(관련계획) : 감소추세 |
| 축 산 (두) | | 한우 123<br>젖소 242<br>돼지 700 | 한우 123<br>젖소 242<br>돼지 700 | 축산단지조성 계획 등 관련계획 등 없음 : 현수준 유지 |
| 토지이용 (ha) | 전 | 208.5 | 207.2 | 도시개발 및 용도지역 변경, 도로공사 등 관련계획 없음 : 현수준 유지 |
| | 답 | 709.3 | 708.1 | |
| | 임야 | 630.4 | 629.8 | |
| | 대지 | 243.6 | 244.2 | |
| | 기타 | 133.8 | 136.3 | |
| | 합계 | 1,925.6 | 1,925.6 | |
| 마을하수도 | | - | - | 강화군 송해면 마을하수도 계획 없음 |

※ 장래 오염원 전망 예측방법 : 오염총량관리기술지침, 2019, 국립환경과학원

• 장래(2030년) 소유역별 오염물질 배출부하량

- 2030년 장래에 대산저수지 유역에서 배출되는 오염배출부하량은 BOD 305㎏/일, T-N 170㎏/일, T-P 20㎏/일로 예측되었으며, 축산계가 BOD 42%, T-N 46%, T-P 43%로 가장 높은 비율을 차지함
- 대산저수지는 직접 유역이 매우적은 양수형 저수지로 간접유역인 지방하천 숭릉천 유역을 기준으로 배출부하량이 조사되었으며 BOD, T-N, T-P 전 항목에서 축산계 비중이 가장 큰 것으로 조사됨

(단위 : kg/d)

| 간접유역 | 항목 | 계 | 생활계 | 축산계 | 토지계 |
|---|---|---|---|---|---|
| 지방하천 숭릉천 | BOD | 305 | 101 | 129 | 75 |
| | T-N | 170 | 28 | 78 | 64 |
| | T-P | 20 | 4 | 9 | 7 |

□ 수질개선사업 기본계획(안)

| 구분 | 대 안 | 시 설 | 규 모 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|
| □ 상류대책 | | | | |
| 1 | 하수처리 | 마을 하수도 | - 관련계획 없음 | 금회 제안 |
| 2 | 축산계 | 공통 퇴비사 신설 | - 마을형 공동퇴비사 지원 사업 (인천강화옹진축협) | 축산폐수 유출 최소화 |
| 3 | 토지계 | 비점저감 시설 | - 유역내 전, 답<br>▪ 퇴비 및 화학비료 등 살포 | 관리감독 |
| □ 호내대책 | | | | |
| 1 | 유입수로내 입자성물질 저감 | 스크린 설치 | - 부유식 끈상 스크린 설치<br>▪ 설치개소 : 5개소 | 비점오염 물질 처리 |
| 2 | 평시 및 강우 유출수 처리 | 조합형 인공습지 | - 조합형인공습지 설치<br>▪ 면적 : 1.04ha<br>※ 펌프시설(2대) 운영조건<br>· 시설용량 : 4,200 ㎥/일<br>· 가동시간 : 평균 12hr/일(펌프량 : 5.83㎥/min) | 비점오염 물질 처리 |
| 3 | 강우유출수 처리 | 침강지 | - 침강지 설치<br>▪ 면적 : 0.70ha | 비점오염 물질 처리 |

※ 의성군 하수도정비 기본계획(변경) 검토

• 호내대책이 모두 완료시 목표수질 만족

(단위 : ㎎/L)

| 구 분 | 5개년 평균 | 예측수질 | | 목표수질 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ' 30년 장래 | 호내대책시 | | |
| TOC | 6.65 | 6.5 | 5.6 | 6.0이하 | - |
| T-N | 0.913 | 1.624 | 0.992 | 1.0이하 | - |
| T-P | 0.045 | 0.142 | 0.093 | 0.1이하 | - |

※ 5개년 평균수질( '15～' 19)은 농업용수 수질측정망 조사결과임
( '15년 측정자료는 저수율 1.9%(공사중) 시 측정자료가 포함되어 계상 제외)
(30년 장래 무대책은 금회 수질조사(2020년) 결과를 토대로 준용)

□ 사업비(호내대책)

• 지출

(단위 : 천원)

| 공 종 | 세부공정 | 사 업 비 | 비 고 |
|---|---|---|---|
| 총사업비 | 계 | **6,784,000** | |
| 순공사비 | 소 계 | **4,608,000** | |
| | 1) 조합형습지 | 2,946,000 | |
| | 2) 침강지 | 376,000 | |
| | 3) 양수시설 | 526,000 | |
| | 4) 가물막이 | 295,000 | |
| | 5) 기타공사비 | 465,000 | |
| 자 재 대 | 1) 관급자재 | **1,271,000** | |
| 관리비 및 기타 | 소 계 | **885,000** | |
| | 1) 기본조사비 | 170,000 | |
| | 2) 세부설계비 | 175,000 | |
| | 3) 생태보전협력기금 | 36,000 | |
| | 4) 공사감리비 | 402,000 | |
| | 5) 사업관리비 | 75,000 | |
| 용지매입비 | 1) 용지매수비 | **47,000** | |

□ 재원조달 방안(호내대책)

• 농업용수 수질개선사업비(국고 100%)로 추진하는 것이 타당함

### 6.1.7 사업효과

□ 직접효과

• 저수지 수질개선(수질예측 결과)

- '30년 장래 무대책시 TOC 6.5㎎/L → 저감후 TOC 5.6㎎/L, 13.8% 개선
- '30년 장래 무대책시 T-N 1.624㎎/L → 저감후 T-N 0.992㎎/L, 38.9% 개선
- '30년 장래 무대책시 T-P 0.142㎎/L → 저감후 T-P 0.093㎎/L, 34.5% 개선

□ 간접효과

• 양질의 농업용수 공급을 통한 안전한 농산물생산으로 국민건강 보호

• 환경친화적 수질개선을 통한 건전한 농촌환경 구축

• 친수환경 조성으로 지역주민 및 관광객에게 심미적 부가가치 창출

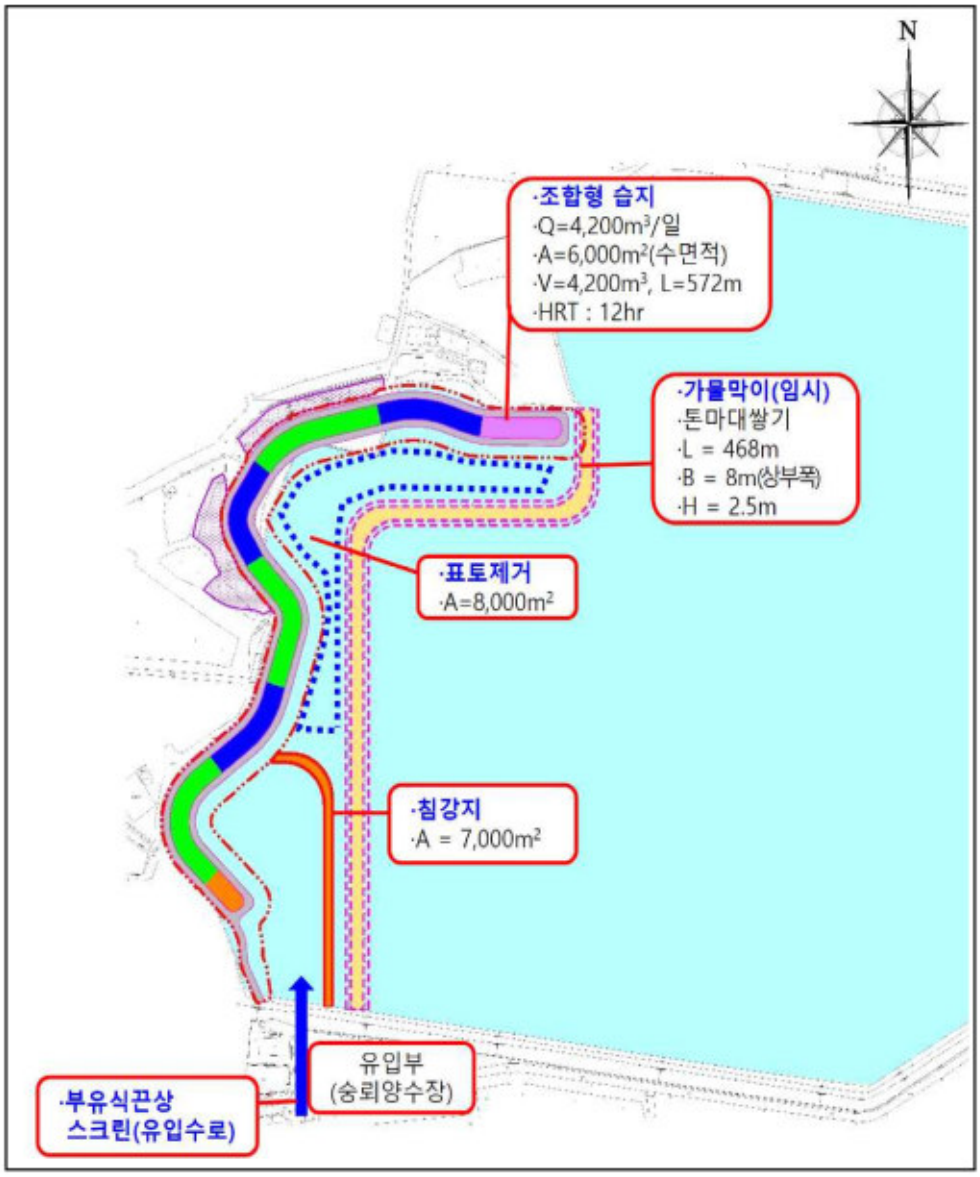
• 환경보존에 대한 국민홍보 및 교육공간 제공

• 조성된 자연정화시설을 이용한 다양한 연구활동 공간 제공

### 6.1.8 사업시행 여건

• 친환경수변 활용을 위한 지역민의 수질개선의 지속적 요구가 있었으며, 지역주민의 호응도 높음

# 대산지구 농업용수 수질개선사업 계획평면도




- 12 -

## ■ 붙임2

| 대산지구 농업용수 수질개선사업 기본조사 의견서 | |
|---|---|
| 지자체명 | |
| 담당부서 | |
| 검토 항목 | 검 토 의 견 |
| 상류대책 | ※ 본 기본계획에서 제시된 상류대책의 시설용량 등 변경 내역<br>※ 신규로 추가할 상류대책 추진계획 유·무(세부내역 포함) 등 |
| 기 타 | |

## ■ 인천광역시 회신공문

'살고 싶은 도시, 함께 만드는 인천'

# 인 천 광 역 시

생활 속 거리두기
새로운 일상

수신 한국농어촌공사사장
(경유) 경기지역본부장
제목 대산지구 수질 개선사업 기본조사(안) 관련 검토의견 회신

1. 한국농어촌공사 경기수자원-3695(2020. 12. 30.)호와 관련됩니다.
2. 대산지구 농업용수 수질 개선사업 기본조사(안)과 관련하여 붙임과 같이 의견서를 회신하오니, 업무에 참고하여 주시기 바랍니다.

붙임 1. 대산지구 수질개선사업 기본조사(안) 의견서 1부. 끝.

인 천 광 역 시 장

인천광역시장의인

주무관 정기수 농촌개발담당 신정수 농축산유통과장 전결 2020. 12. 31. 이동기
협조자
시행 농축산유통과-32128 (2020. 12. 31.) 접수

우 21999 인천광역시 연수구 갯벌로 12, 미추홀타워 1806호 (송도동) / http://www.incheon.go.kr
전화번호 032-440-4382 팩스번호 032-440-8663 / gogumi98@korea.kr / 대국민 공개

인천시가 과잉대응하면 시민은 더 안전합니다

| 대산지구 농업용수 수질 개선사업 기본조사 의견서 | |
|---|---|
| 지자체명 | 인천광역시 |
| 담당부서 | 농축산유통과 |
| 검토 항목 | 검 토 의 견 |
| 상류대책 | ※ 본 기본계획에서 제시된 상류대책의 시설용량 등 변경 내역<br>※ 신규로 추가할 상류대책 추진계획 유·무(세부내역 포함) 등<br>○ 기본계획에서 제시된 상류대책의 시설용량 등 변경내역 검토 결과 별다른 의견 없음<br>○ 신규로 추가할 상류대책의 추진계획 없음 |
| 기 타 | ○ 농림사업 시행지침서(농업용수 수질 개선사업) 준수<br>- 기 수립 된 기본조사에 준하여 세부설계를 실시하여야 함<br>* 기본계획 대비 주요 변동사항(형식 및 공법 변경 등)에 대하여 사전협의 요망 |

## ■ 강화군 회신공문

함께 만들어요! 풍요로운 강화!

# 강화군

함께 만들어요! 풍요로운 강화!

수 신 한국농어촌공사 경기지역본부
(경유)
제 목 대산지구 농업용수 수질개선사업 기본조사(안) 사전의견 회신

1. 한국농어촌공사 경기수자원-3695(2020. 12. 30)호와 관련입니다.
2. 대산지구 수질개선사업 기본조사(안)에 대한 의견서를 붙임과 같이 회신합니다.

붙임 대산지구 수질개선사업 기본조사(안) 의견서. 끝.

## 강화군수

주무관 농촌개발담당 농정과장

협조자

시행 농정과-265 ( 2021.01.06. ) 접수 경기수자원-26 ( 2021.01.06. )

우 23031 인천광역시 강화군 강화읍 강화대로 394 / www.ganghwa.go.kr

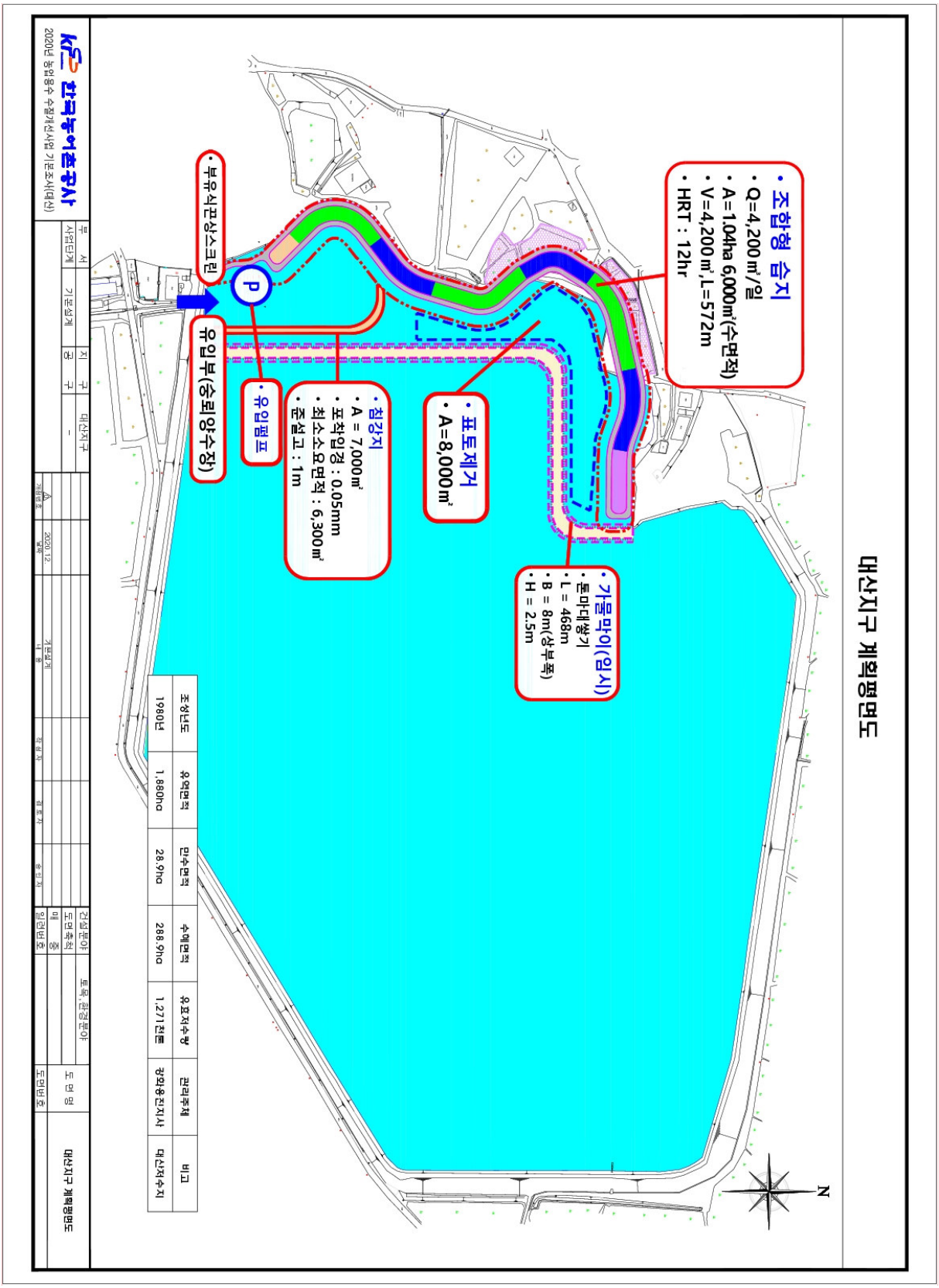
전화 032-930-3444 /전송 032-930-3114 / 123@naver.com / 부분공개

「역사·문화가 살아 숨쉬는 감성의 도시」

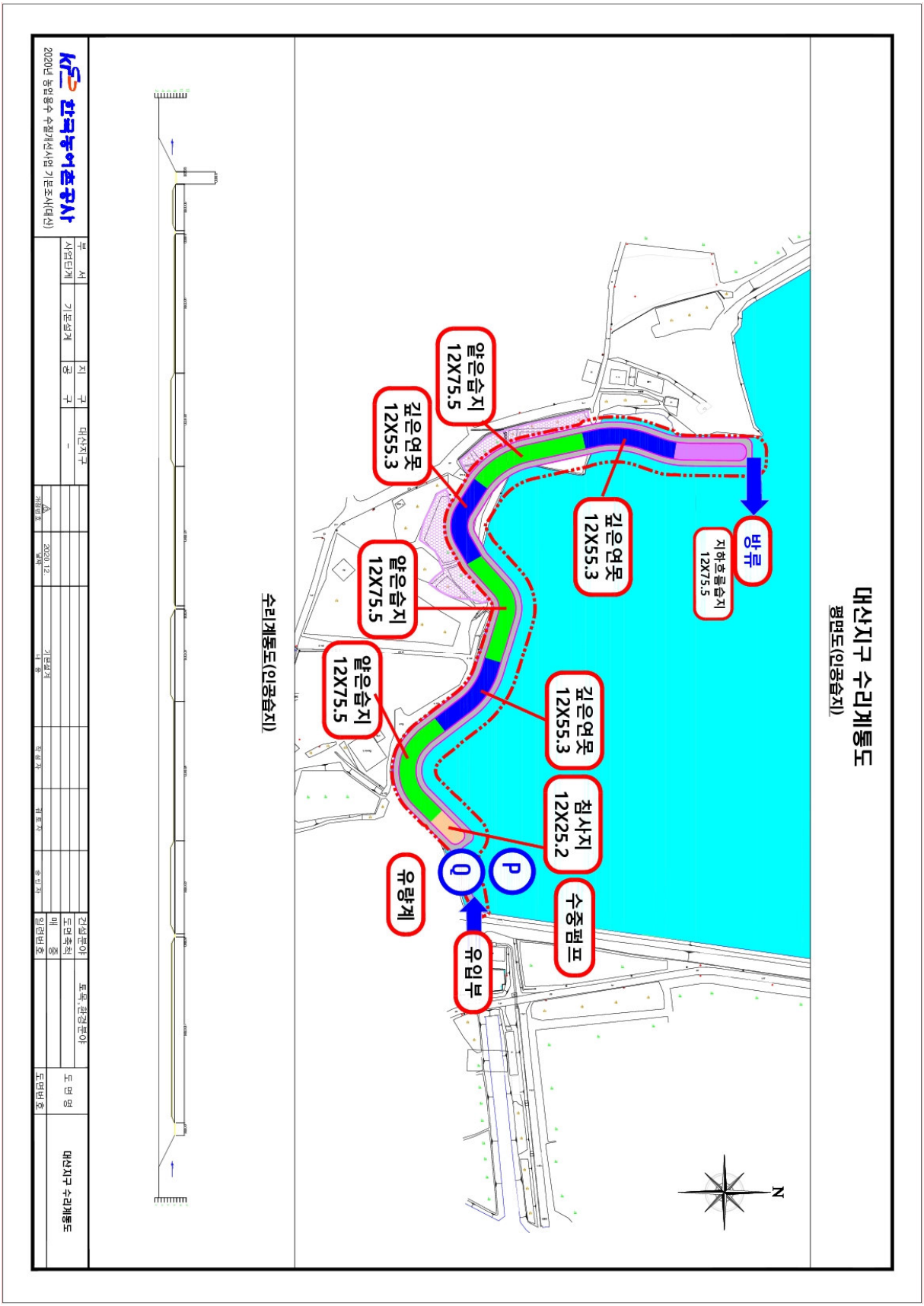
| 대산지구 농업용수 수질개선사업 기본조사 의견서 | |
|---|---|
| 지자체명 | 강화군 |
| 담당부서 | 농정과 농촌개발팀 |
| 검토 항목 | 검 토 의 견 |
| 상류대책 | ※ 본 기본계획에서 제시된 상류대책의 시설용량 등 변경 내역<br>※ 신규로 추가할 상류대책 추진계획 유·무(세부내역 포함) 등<br><br>- 환경기초시설(마을하수도) 및 축산시설 등 유역 수질대책과 호내 수질대책이 상호 연계 운영되어 수질개선사업이 효율적으로 추진될 수 있도록 기본조사 등에 철저를 해주시기 바랍니다.<br><br>- 주요시설물(인공습지, 펌프시설)에 대한 안정적 운영과 최대 효율을 확보할 수 있도록 하고, 시설물 설치 및 운영으로 인해 주변 지역주민들의 민원이 발생하지 않도록 바랍니다.<br><br>- 식재 수생식물 선정 시 주변 농경지에 피해가 없고 수질정화능력 뿐만 아니라 강화군 지역특성 및 경관 등을 고려하여 주시기 바랍니다. |
| 기 타 | |

## 9.15 시설별 기본계획도

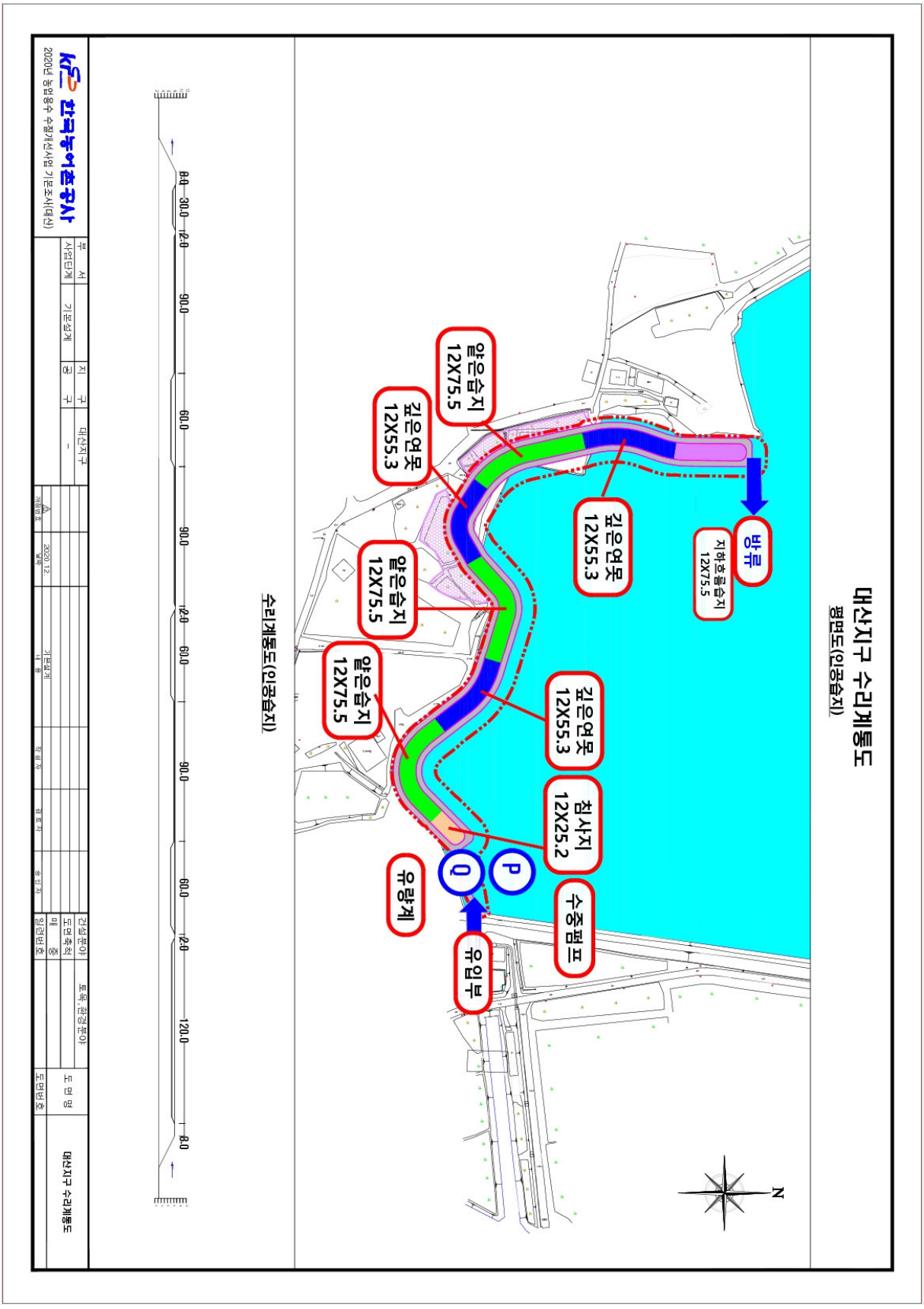
- 사업계획 평면도



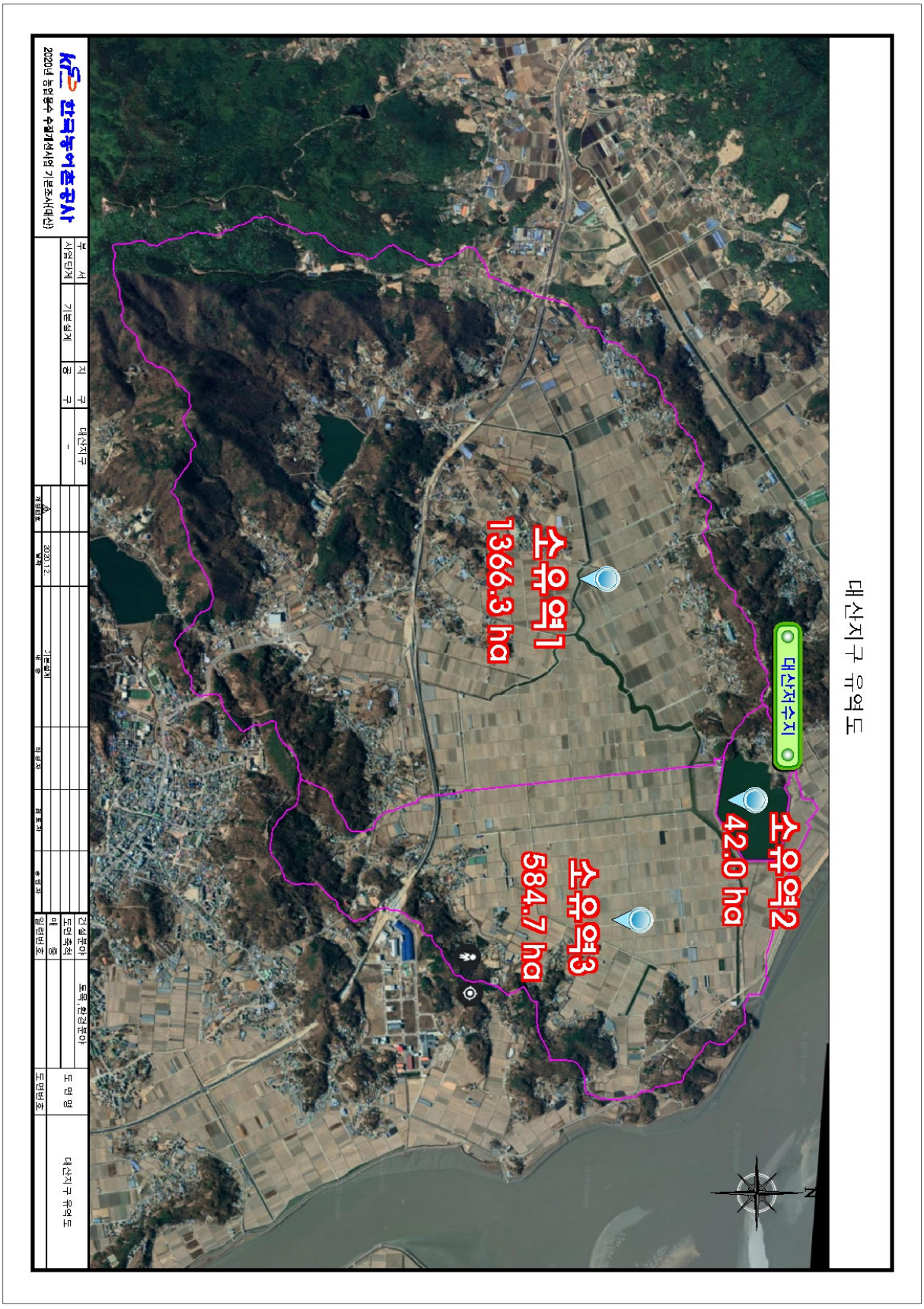
- 인공습지 계획평면도


대산지구 수리계통도
평면도(인공습지)
방류
지하흐름습지
12X75.5
깊은연못
12X55.3
얕은습지
12X75.5
깊은연못
12X55.3
얕은습지
12X75.5
깊은연못
12X55.3
침사지
12X25.2
수중펌프
P
Q
유입부
유량계
얕은습지
12X75.5
N
수리계통도(인공습지)
한국농어촌공사
2020년 농업용수 수질개선사업 기본조사(대산)
대산지구 수리계통도

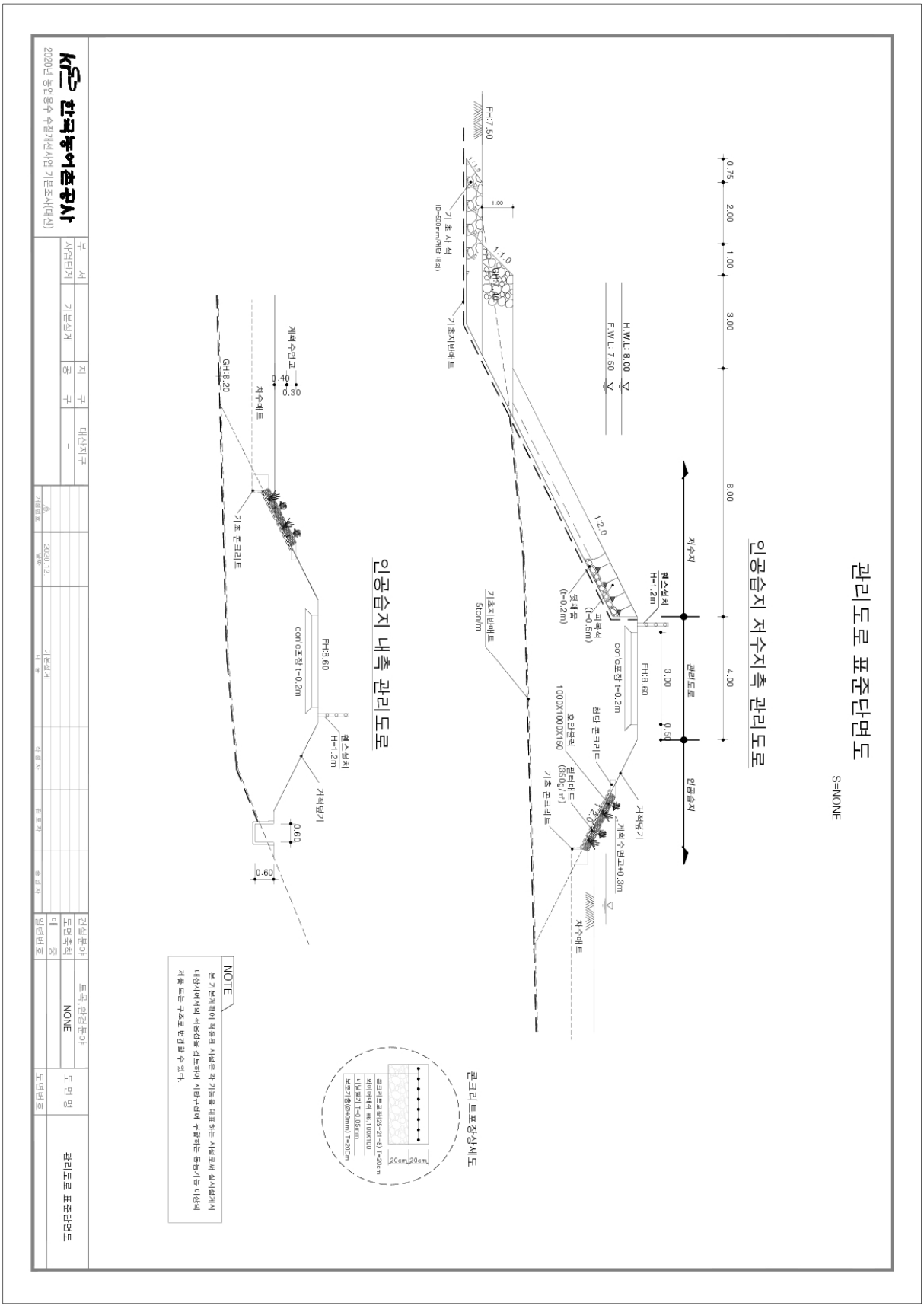
- 수리계통도


대산지구 수리계통도
평면도(인공습지)
수리계통도(인공습지)
방류
지하흐름습지
12X75.5
깊은연못
12X55.3
얕은습지
12X75.5
깊은연못
12X55.3
얕은습지
12X75.5
침사지
12X25.2
수중펌프
유입부
유량계
P
Q
N
8.0
30.0
2.0
90.0
60.0
90.0
2.0
60.0
90.0
60.0
2.0
120.0
8.0
한국농어촌공사
2020년 농업용수 수질개선사업 기본조사(대산)
부 서
사업단계
기본설계
지 구
공 구
대산지구
-
2020.12.
기본설계
건설분야
토목,환경분야
도면축척
매 중
일련번호
도면명
도면번호
대산지구 수리계통도

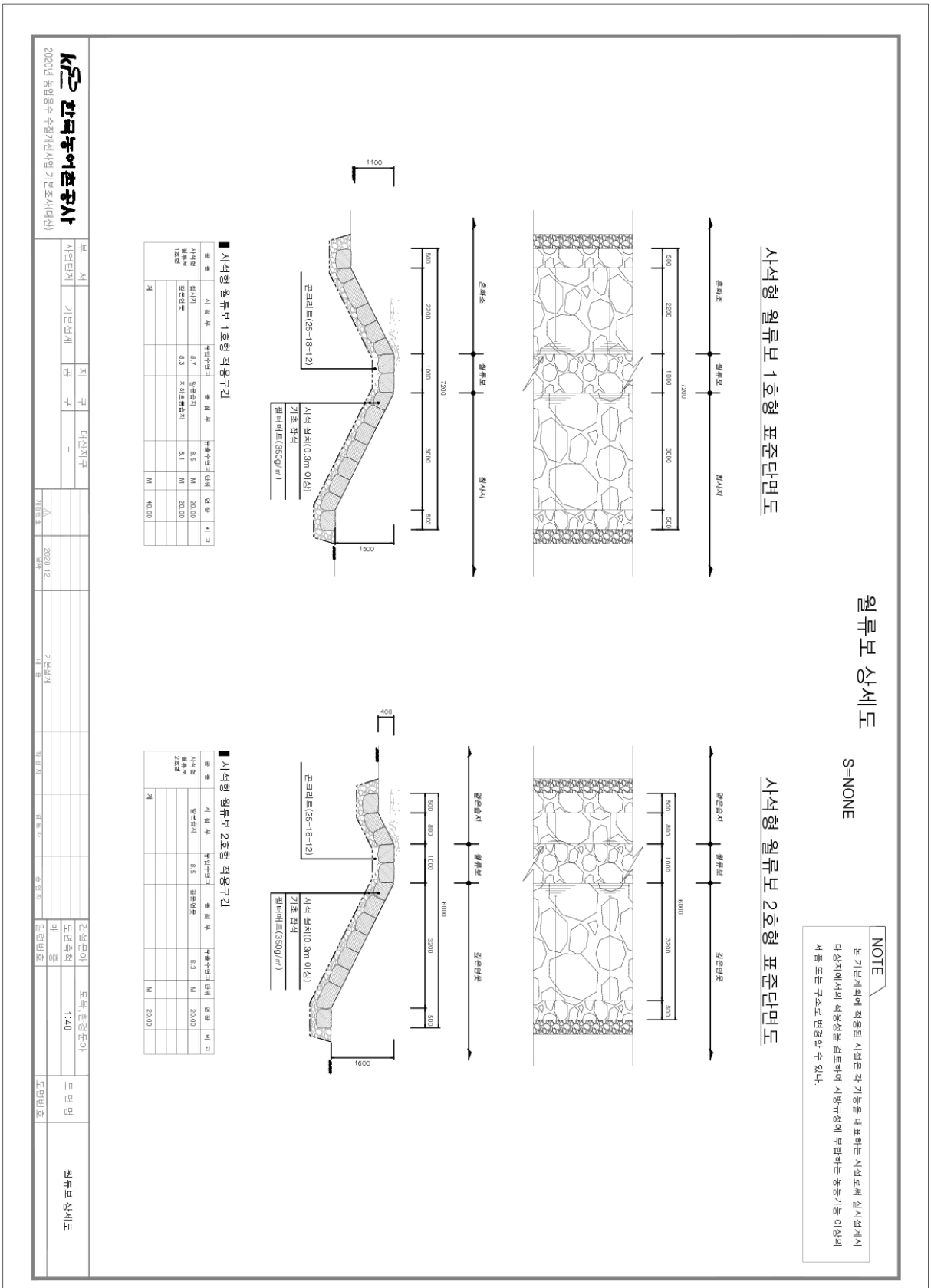
- 유역도


대산지구 유역도
대산저수지
소유역1
1366.3 ha
소유역2
42.0 ha
소유역3
584.7 ha
한국농어촌공사
2020년 농업용수 수질개선사업 기본조사(대산)
부 서
사업단계
기본설계
지 구
공 구
대산지구
-
2020.12.
기본설계
내 용
파형표
최초표
송원지
인력번호
도면번호
도 면 명
대산지구 유역도

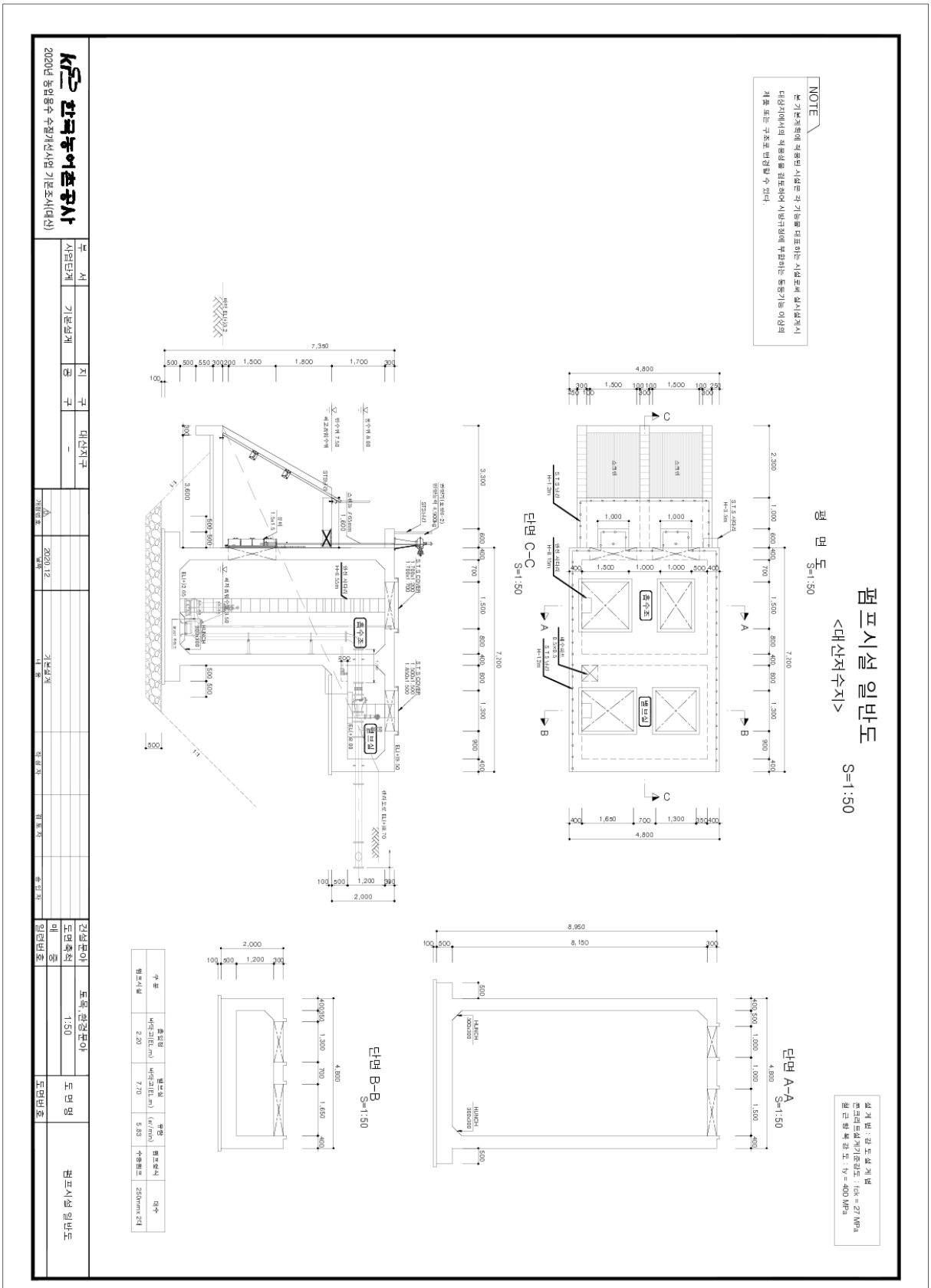
- 관리도로 표준단면도


관리도로 표준단면도
S=NONE
인공습지 저수지측 관리도로
인공습지 내측 관리도로
콘크리트포장상세도
H.W.L: 8.00
F.W.L: 7.50
FH:7.50
FH:8.60
FH:3.60
GH:8.20
기초 시 석
기초지반매트
기초지반매트 5ton/m
기초 콘크리트
저수매트
저수지
관리도로
인공습지
연소설치 H=1.2m
피복석 (t=0.5m)
토체중 (t=0.2m)
con'c포장 t=0.2m
천단 콘크리트
호안블럭 1000X1000X150
필터매트 (350g/㎡)
거적덮기
계획 수면고+0.3m
계획 수면고
NOTE
본 기본계획에 적용된 시설은 각 기능을 대표하는 시설로써 실시설계시 대상지에서의 적용성을 검토하여 시방규정에 부합하는 동등기능 이상의 제품 또는 구조로 변경할 수 있다.
한국농어촌공사
2020년 농업용수 수질개선사업 기본조사(대산)
부 서
사업단계
기본설계
지 구
공 구
대산지구
2020.12
기본설계
건설분야
도면축척
매 층
일련번호
도목, 환경분야
NONE
도면명
도면번호
관리도로 표준단면도

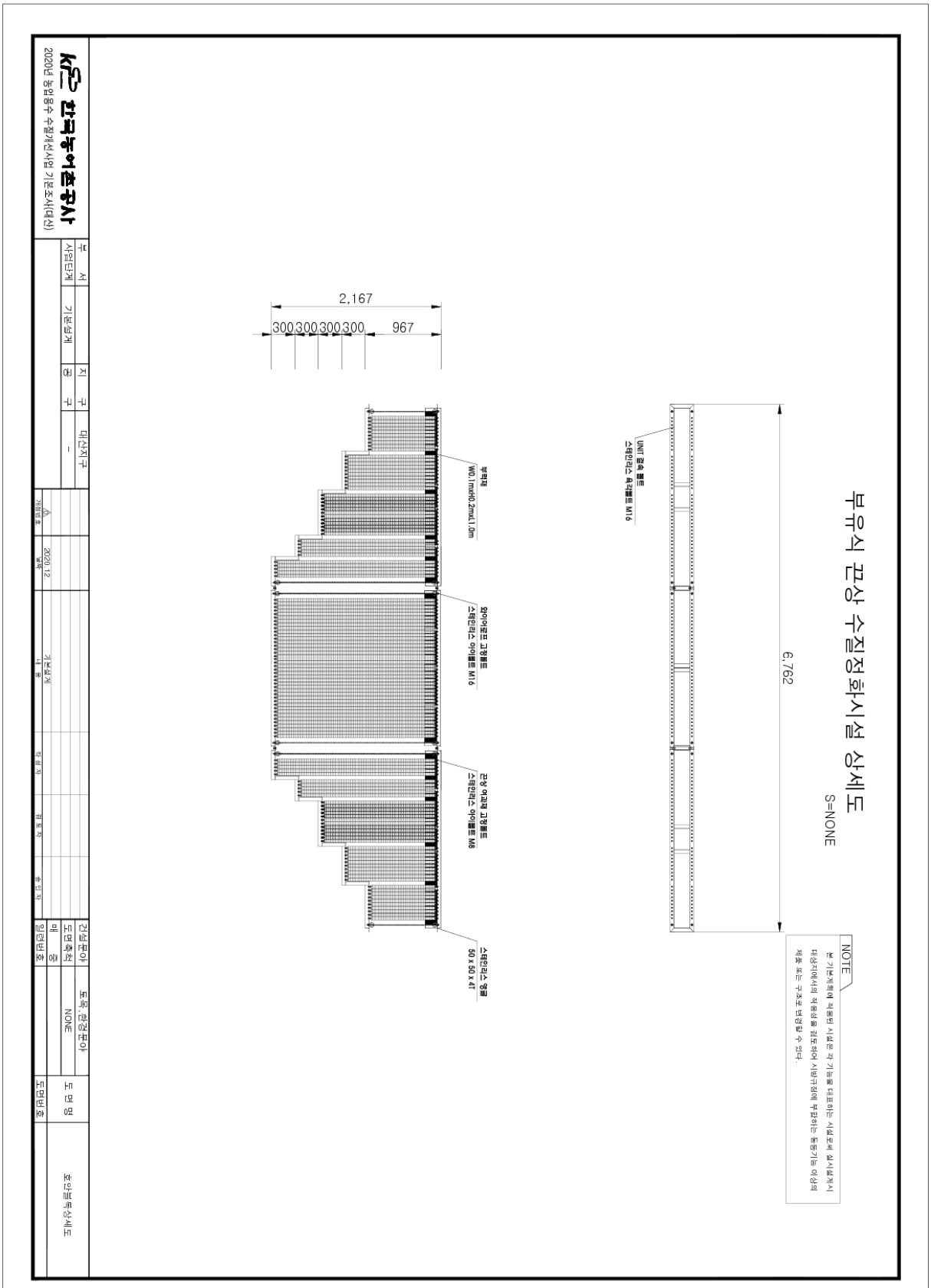
- 월류보 상세도


월류보 상세도
S=NONE
NOTE
본 기본계획에 적용된 시설은 각 기능을 대표하는 시설로써 실시설계시 대상지에서의 적용성을 검토하여 시방규정에 부합하는 동등기능 이상의 제품 또는 구조로 변경할 수 있다.
사석형 월류보 1호형 표준단면도
사석형 월류보 2호형 표준단면도
콘크리트(25-18-12)
사석 설치(0.3m 이상)
기초 접석
필터매트(350g/㎡)
사석형 월류보 1호형 적용구간
사석형 월류보 2호형 적용구간
한국농어촌공사
2020년 농업용수 수질개선사업 기본조사(대산)
대산지구
기본설계
2020.12
1:40
월류보 상세도

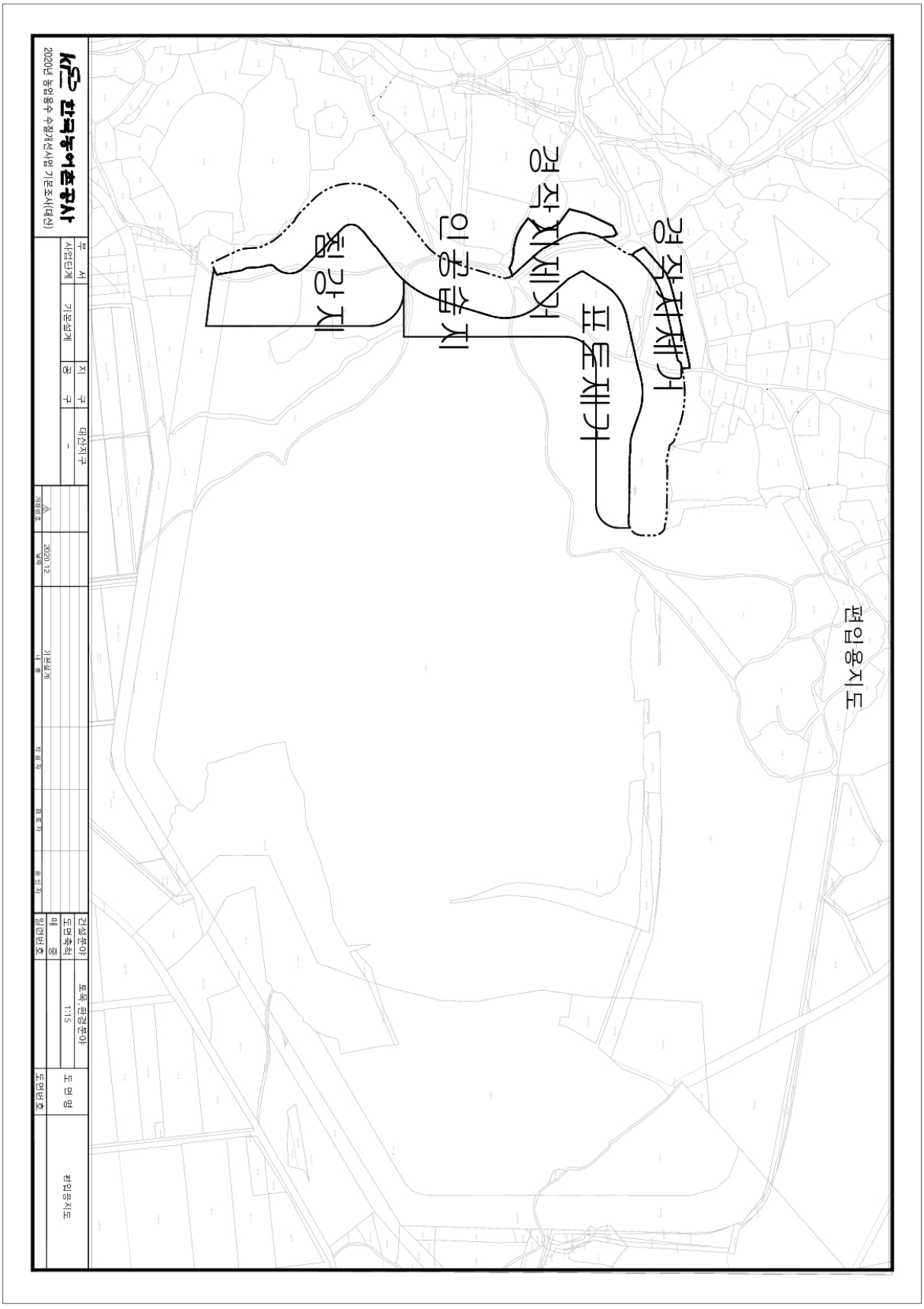
- 펌프시설 일반도


펌프시설 일반도
<대산저수지>
S=1:50
평 면 도
S=1:50
단면 C-C
S=1:50
단면 A-A
S=1:50
단면 B-B
S=1:50
NOTE
한국농어촌공사
2020년 농업용수 수질개선사업 기본조사(대산)
펌프시설 일반도

- 부유식 끈상 수질정화시설



- 편입용지도


경작지제거
표토제거
경작지제거
인공습지
침강지
편입용지도
한국농어촌공사
2020년 농업용수 수질개선사업 기본조사(대산)
부 서
사업단계
기본설계
지 구
공 구
대산지구
-
2020.12
기본설계
건설분야
토목,환경분야
도면축척
1:15
도면명
도면번호
편입용지도