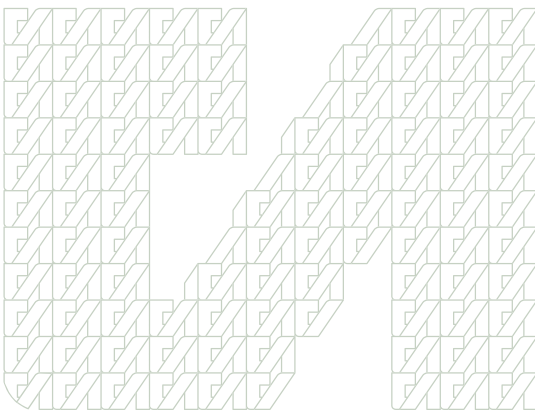


단독정화처리구역의 효율적인 오수처리 개선방안

이재근 · 정환도 · 이은재 · 문충만



정책연구 2018-46

단독정화처리구역의 효율적인 오수처리 개선방안

이재근 · 정환도 · 이은재 · 문충만

연구책임	<ul style="list-style-type: none"> • 이재근 / 도시기반연구실 책임연구위원
공동연구	<ul style="list-style-type: none"> • 정환도 / 도시기반연구실 책임연구위원 • 이은재 / 도시기반연구실 책임연구위원 • 문충만 / 도시기반연구실 연구위원
비상임연구원	<ul style="list-style-type: none"> • 최충식 / 대전충남시민환경연구소 소장

정책연구 2018-46

**단독정화처리구역의 효율적인 오수처리
개선방안**

발행인 박재욱

발행일 2018년 11월

발행처 대전세종연구원

34863 대전광역시 중구 중앙로 85(선화동)

전화: 042-530-3500 팩스: 042-530-3528

홈페이지 : <http://www.dsi.re.kr>

인쇄: 중부인쇄기획 TEL 042-253-7537 FAX 042-253-7538

이 보고서의 내용은 연구책임자의 견해로서 대전광역시와 세종특별자치시의 정책적
입장과는 다를 수 있습니다.

출처를 밝히는 한 자유로이 인용할 수 있으나 무단 전재나 복제는 금합니다.

요약 및 정책건의

■ 연구 배경 및 필요성

- 도심의 다양한 오염 배출
 - 도시화 및 물 사용량의 증가로 다양한 곳에서 급속한 오염배출이 발생하여 하천오염이 급속도로 확산됨
 - 하수도 보급의 확대, 하수처리장 방류농도의 강화, 비점오염원 감소 등으로 각종 오염원으로부터의 배출량은 상당부분 감소하게 됨
 - 반면, 생활계 일부의 오염원에서는 하수처리장과 같은 고효율의 처리를 하지 않고 배출되어 공공수역에 영향을 주고 있음
- 개별배출부하량의 오염배출비율 증가
 - 단독정화시설과 같은 개별배출시설의 개별배출부하량은 단독정화 처리 또는 개별오수 처리 후 공공수역에 배출되는 것인데, 낮은 처리효율로 비시가화지역의 지류 오염을 가중시킬 우려가 있음
 - 단독정화 방류수 수질기준은 BOD 50% 이상 제거를 기준으로 함. 이러한 낮은 처리율이 원인이 되어 대전시의 경우 대전하수처리장의 약 50%에 해당하는 부하량이 개별배출시설로부터 배출되고 있음
- 하수처리구역 확대의 어려움
 - 생활오수를 깨끗이 처리하여 방류하기 위해서는 가능한 철저한 관리가 이루어지는 대규모 하수처리시설에 연결하여 처리하여야 함
 - 반면, 하수처리율이 98%를 넘어서면서 대전시 외곽에 산재하여 있는 곳에 소규모 하수처리시설을 설치하거나 하수관거를 연결하기에는 투자대비 효율이 낮아지고 있음
 - 이에, 단독정화조 처리수를 추가적으로 처리하여 배출부하량을 감소시키는 등의 다양한 방법을 고려할 필요가 있음

■ 연구목적 및 내용

- 단독정화시설의 배출부하량 기여율 산정
 - 전체 배출부하량 중 단독정화시설이 차지하는 부하량을 산정함으로써 삭감대상량을 제시
- 자연형 저감시설의 오염배출 저감효과 검토
 - 단독정화시설 처리수를 대상으로 한 자연형 저감시설 도입에 따른 공공수역에의 저감 배출부하량 제시
- 인근 하천의 수질개선 여부 검토
 - 자연형 저감시설을 도입하여 배출부하량을 저감시킴으로써, 인근의 하천에 미칠 수 있는 영향을 제시
- 자연형 저감시설의 적용가능 입지의 검토
 - 생활오수를 하수처리시설에 연결하지 않고 자연형 저감시설을 적용할 수 있는 적정 입지를 제안

■ 자연형 저감시설 모니터링 결과

- 자연형 저감시설의 일반현황



- 자연형 저감시설을 적용한 사례는 서구 비선마을의 생태습지로, 순수 습지면적은 240 m², 총 면적은 1,080 m²으로 대전시에 적용된 인공 습지에 비하여 소규모임
- 오염물질을 제거하기 위한 목적만이라면 습지면적을 대폭 축소시킬 수 있지만 생태계의 조성, 환경교육 및 비점오염원의 수용을 위해서는 일정 수준의 면적이 필요하였음

○ 비선마을 자연형 저감시설의 운영원리

- 자연형 저감시설의 운영 : 1번습지 큰고랭이(상좌) → 2번습지 부들(상우) → 3번습지 연(하좌) → 4번습지 미나리(하우)

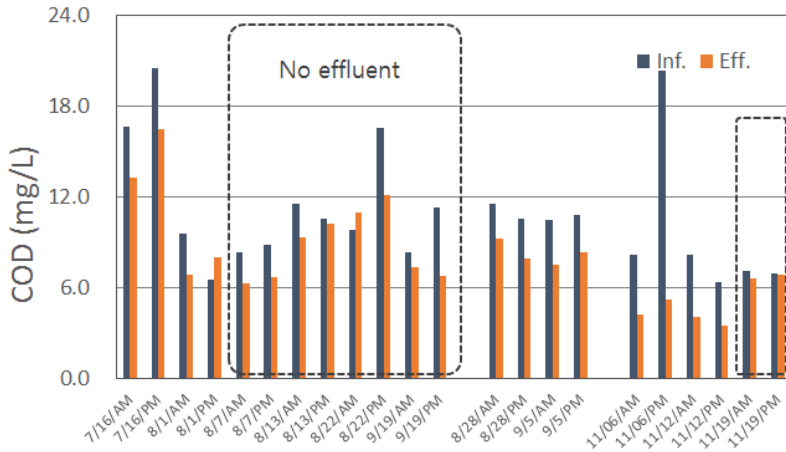


[그림] 비선마을 자연형 저감시설의 구조

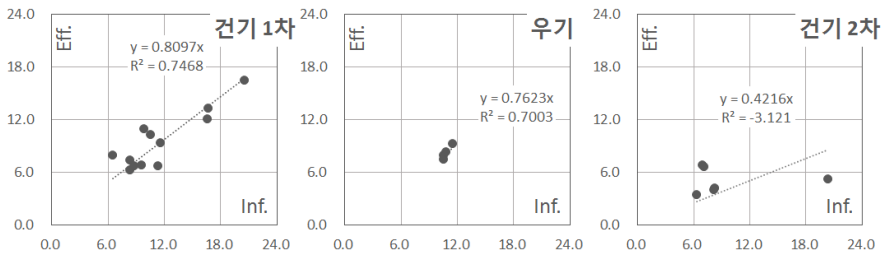
○ 모니터링 시기

- 활발한 수생식물의 활동이 있는 건기1차, 비점오염물질의 영향이 있는 우기, 수생식물의 사멸시기인 건기2차로 구분하여 모니터링 실시

○ COD 모니터링 결과 및 유입/유출 상관관계



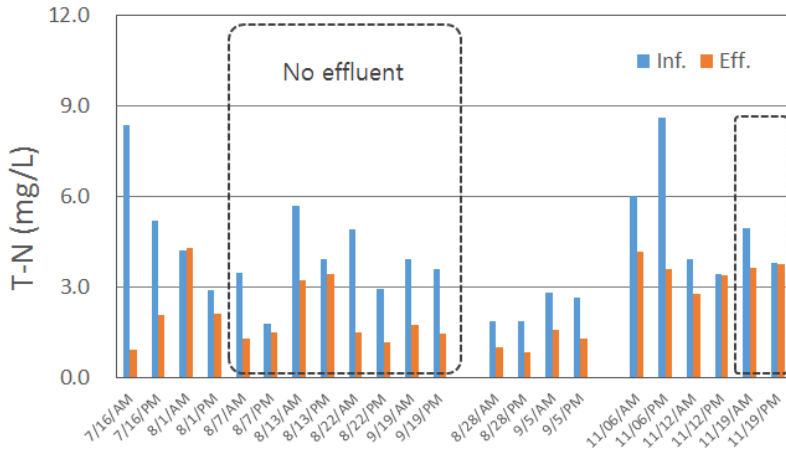
[그림] COD 유입/유출수 수질변화



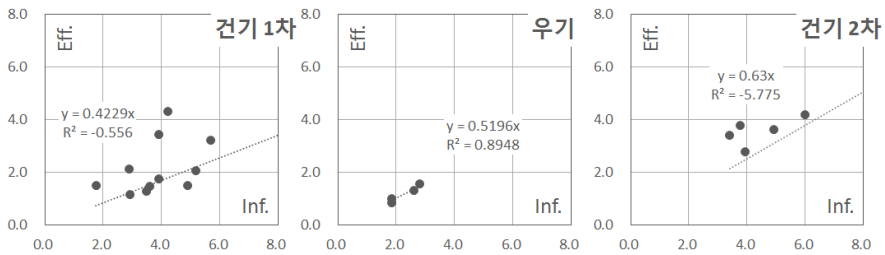
[그림] 시기별 분류에 따른 COD 유출입 상관관계 변화

- 건기1차 : 6.26~16.50(평균 9.52) mg/L, -22.77~40.25(평균 17.40)%
- 우기 : 7.49~9.23(8.24) mg/L, 19.81~28.78(평균 23.87)%
- 건기2차 : 3.43~6.85(5.006) mg/L, 0.87~74.48(평균 46.83)%
- COD 유출입 상관관계 : 유입수와 유출수의 비례관계가 다른 항목보다 높음. 건기1차보다 건기2차의 수질이 양호하여 수생식물의 성장이 유출수질을 좌우하는 주요 인자는 아니라 판단됨

○ T-N 모니터링 결과 및 유입/유출 상관관계



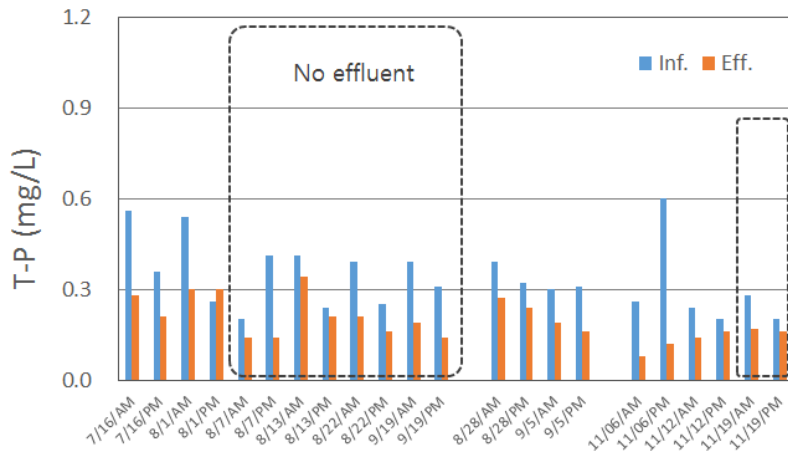
[그림] T-N 유입/유출수 수질변화



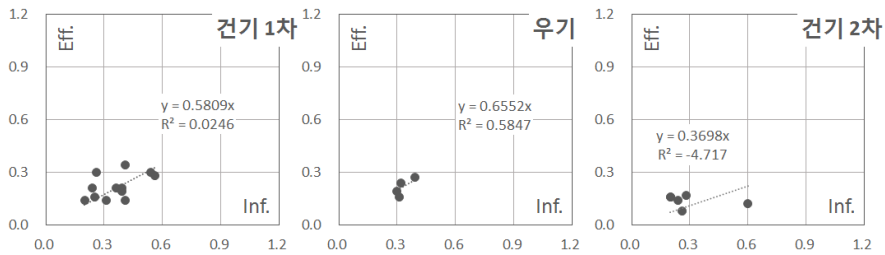
[그림] 시기별 분류에 따른 T-N 유출입 상관관계 변화

- 건기1차 : 0.84~1.56(1.18) mg/L, 44.29~54.59(평균 48.36)%
- 우기 : 0.91~4.30(평균 2.06) mg/L, -2.14~89.09(평균 51.44)
- 건기2차 : 2.77~4.17(3.55) mg/L, 0.29~58.09(평균 30.37)%
- T-N 유출입 상관관계 : 유입수와 유출수의 상관관계가 높지 않은 편임. 건기2차에는 COD와 마찬가지로 유입수질과 크게 상관없이 일정한 유출수질을 나타냄

○ T-P 모니터링 결과 및 유입/유출 상관관계



[그림] T-P 유입/유출수 수질변화



[그림] 시기별 분류에 따른 T-P 유출입 상관관계 변화

- 건기1차 : 0.14~0.34(평균 0.22) mg/L, -15.38~65.85(평균 39.35)%
- 우기 : 0.08~0.17(0.14) mg/L, 20.00~80.00(평균 53.37)%
- 건기2차 : 0.16~0.27(0.22) mg/L, 25.00~48.39(평균 34.85)%
- T-P 유출입 상관관계 : 유입수와 유출수의 상관관계가 가장 낮음. 또한 유입수질의 변동 폭보다 유출수질의 변동 폭이 타 항목과 비교하여 가장 낮음

■ 자연형 저감시설의 적정입지 분석 결과

○ 단독정화시설

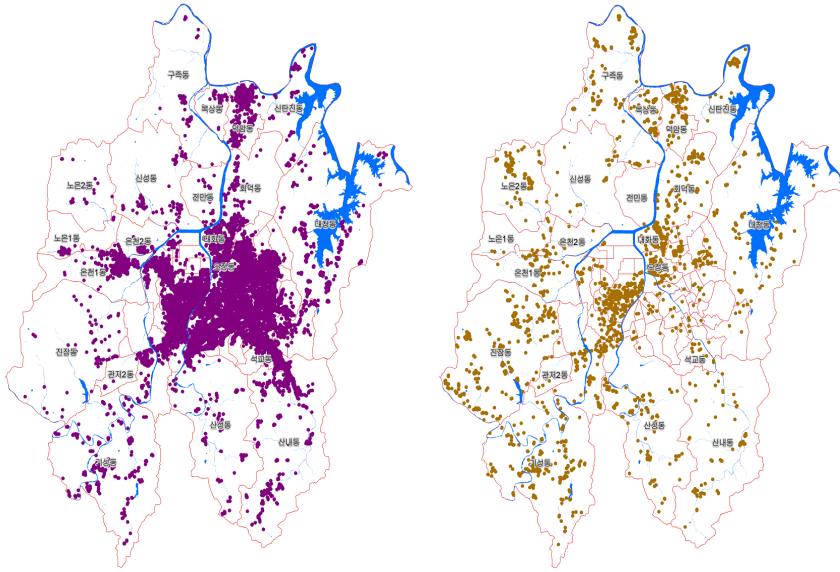
- 전체 단독정화시설은 다음의 [그림] 단독정화시설 현황과 같이 하수관거 연결이 되는 시설은 93.0%로 오정동, 중리동, 목상동, 석봉동, 도마동, 정림동 등의 밀도가 높음
- 단독정화시설 중 하수관거에 연결이 되지 않는 시설은 7.0%를 차지하며 마동, 가장동, 괴정동, 중앙동, 흥도동, 용전동 등의 밀도가 높음

○ 자연형 저감시설의 입지 조건

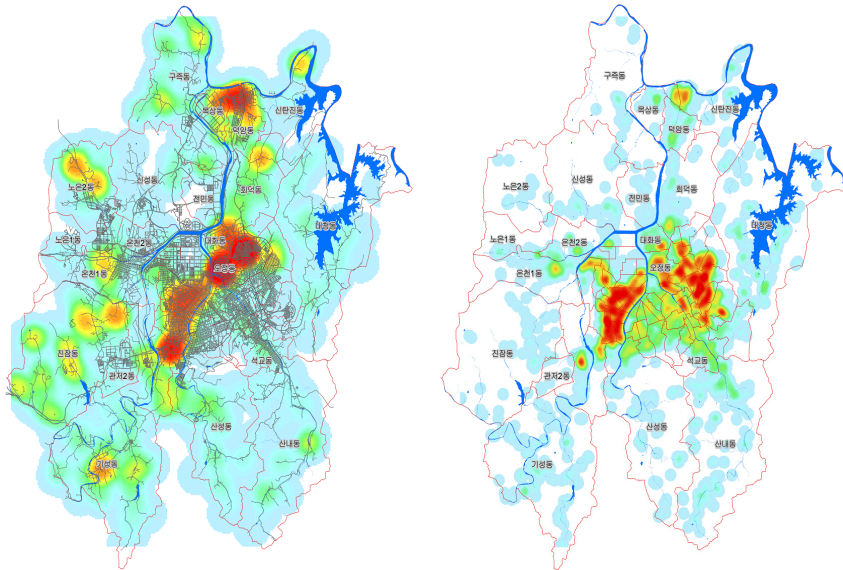
- 새골마을 및 비선마을과 같이 자연형 저감시설을 설치하기 위해서는 대상 마을 및 공공수역과 가까우며 자연유하식으로 연결할 수 있는 평탄지가 필요함

○ 자연형 저감시설의 적정입지 분석

- 적정 입지를 위해서는 다음의 [그림]과 같이 하수관계와 연결하지 않는 단독정화시설의 밀도분석과 단독정화시설의 인근에 위치한 전/답의 입지를 중첩하여 비교하는 방법을 사용할 수 있음
- [그림]의 둔산동, 오정동, 목상동 등이 하수처리구역임에도 불구하고 하수관계 연결이 없는 것으로 나타나는 곳이 있음. 이러한 도심의 하수관거 연결/미연결 현황을 보면 전국오염원조사 및 단독정화시설 조사의 재검토가 요구됨
- 자연형 저감시설의 적정입지로는 비시가화 지역의 하수관거 미연결 지역 중 밀집도가 높은 지역을 우선시하여 인근의 전/답 및 하천과 가까운 지점을 선정하여야 할 것임
- 현재의 분석으로는 산내동, 기성동, 구즉동, 진잠동과 같이 하수처리구역 외 지역으로 확인된 지역을 대상으로 자연형 저감시설의 입지를 제시할 수 있음



[그림] 대전시 단독정화시설 현황 (하수관거연결 ○(좌), ×(우))



[그림] 대전시 단독정화시설 밀도분석 (하수관거연결 ○(좌), ×(우))

■ 정책건의

○ 다양한 변수를 고려한 자연형 저감시설의 설계

- 자연형 저감시설 적용대상 마을의 규모, 유입유량, 체류시간, 유입수의 종류, 비점오염물질의 유입여부, 목표 처리수질, 침투량, 수생식물의 종류, 환경교육의 실시여부 등을 고려한 적정 설계지표를 수립하여야 할 것임
- 이는 자연형 저감시설 외에 인공습지(생태습지)의 적용을 위한 기준으로 사용될 수 있을 것임
- 또한 적용 대상지를 단독정화시설 유출수 뿐만 아니라 소규모 축산폐수 발생지까지 대상을 확대할 수 있음

○ 저감시설의 원활한 운영을 위한 관리

- 습지의 준설 : 단독정화 처리수가 유입되는 1번습지는 부유성 오염물질이 침전되어 바닥에서는 혐기성 분해가 일어나 오염원 저감의 한계에 도달하게 됨. 1회/년의 주기로 1번습지 및 2번습지의 오염물질 준설이 필요함
- 원활한 흐름의 확보 : 습지 모두는 적정 수심을 유지하여 자연유하 흐름을 가져야 하며, 설계 체류시간을 준수해야 함. 1회/년의 습지 흐름 관리를 통해 자연형 저감시설의 기능을 유지할 수 있도록 해야 함
- 농업용수 사용에의 대응 : 자연형 저감시설이 가뭄이라는 변수에 방해받지 않도록 운영하는 것이 바람직함. 농업용수 사용을 피하지 못할 상황이라면 되도록 수질이 농업용수 사용 기준에 맞는 지점에서 사용할 수 있도록 습지의 특성을 고려하여야 할 것임

○ 다양한 운영방법으로의 개선방안 시범운영

- 다양한 필터 및 여재의 도입 : 일반적인 인공습지에 적용되는 토양, 모래, 쇄석 등의 식재기반 재료에서 탈피. 미생물 부착생장 공간제공, 미세한 연속공극을 이용한 여과기능 제공, 순간적인 수분흡수 및 수분유지 기능 제공, 오염물질 흡착기능 제공으로 자연형 저감시설의 처리

효율 증대해야 함

- 자연형 흐름이 아닌 상하흐름형 습지의 도입 : 자연유하식이 아닌 상하흐름을 가지는 습지는 생태적으로 기능이 떨어지지만 처리효율 및 설치면적 감소의 장점이 있음. 특히 계절과 상관없는 처리효율의 장점은 소규모 처리시설을 자연형 저감시설로 대체하는 조건으로 가능성이 높음

○ 자연형 저감시설의 시범운영

- 위의 관리방안 및 개선방안 등의 내용은 자연형 저감시설의 운영 현황보다 효율적인 방안을 제시한 것임
- 이를 위해 다양한 변수를 고려한 여러 결과를 예측하여 대전시에 적합한 방안으로 시범운영할 필요할 있음
- 보다 깨끗한 환경에서 다양한 생태계와 살아가기 위한 요구가 증대되고 있는 상황에서, 자연형 저감시설의 적용은 다른 대안들보다 훨씬 효율적인 방안이 될 것으로 보임

○ 전국오염원조사의 세분화된 조사 실시

- 단독정화 처리시설은 합류식 관거에서 분뇨와 같은 고농도 오염물질이 우수토실을 통해 유실되지 않도록 하기 위함임
- 하수도정비기본계획의 경우 단독정화 처리시설의 하수관거와 연결은 합류식 관거의 경우 정상이지만 분류식 관거의 경우 잘못된 조사로 판단할 수 있음
- 전국오염원조사의 경우 단독정화 처리시설의 하수관거 연결은 합류식, 분류식 모두에서 잘못된 조사임
- 이러한 오류를 수정하기 위해 개별 배출되는 단독정화 처리시설을 하수관거 연결여부, 개별배출 여부와 같이 세부내용을 추가하여 조사할 필요가 있음

차 례

1장 서론	3
1절. 연구배경 및 필요성	3
1. 연구 배경	3
2. 연구의 필요성	6
2절. 연구의 목적 및 방법	8
1. 연구의 목적	8
2. 연구방법	9
2장 자연형 저감시설의 필요성 및 관련 현황	13
1절. 대전시 단독정화 처리시설 현황 및 배출부하량	13
1. 전국오염원조사에 의한 하수처리 현황	13
2. 단독정화 유역 배출부하량 산정	15
3. 단독정화 유역의 오염배출 특성	17
2절. 대전시의 자연정화 사례	20
3절. 자연정화를 이용한 오염저감 연구 사례	25
3장 자연형 저감시설 모니터링	35
1절. 자연형 저감시설의 모니터링	35
2절. 모니터링 결과 및 검토	42
1. 모니터링 지점의 현황 및 운영특성	42
2. 모니터링 결과	44
3. 모니터링 결과의 검토	50
4. 자연형 저감시설의 문제점 및 특성	58

4장 자연형 저감시설의 적용방안	63
1절. 자연형 저감시설의 관리	63
1. 자연형 저감시설 검토	63
2. 자연형 저감시설 운영방법 제안	67
2절. 자연형 저감시설의 적정입지	72
1. 단독정화 처리시설의 위치 및 밀도 분석	72
2. 자연형 저감시설 입지 대상지의 검토	75
5장 결론 및 정책제언	79
1절. 결론	79
2절. 정책제언	83
참고문헌	85

표 차례

[표 2-1] 대전시 처리구역별 시가화지역 인구 (2017)	14
[표 2-2] 대전시 처리구역별 비시가화 지역 인구 (2017)	14
[표 2-3] 대전시 처리구역별 생활오수 처리 배출부하량, BOD (2017) ·	15
[표 2-4] 대전시 처리구역별 배출부하량, T-N (2017)	16
[표 2-5] 대전시 처리구역별 배출부하량, T-P (2017)	16
[표 2-6] 대전시 단독정화의 개소수 및 하수관거 연결 여부 (2017)	17
[표 3-1] 2018년도 일별 강우량 (mm)	39
[표 3-2] 자연형 저감시설(생태습지) 모니터링 일정	40
[표 3-3] 건기 1차 모니터링 수질분석 결과	45
[표 3-4] 우기 모니터링 수질분석 결과	46
[표 3-5] 건기 2차 모니터링 수질분석 결과	48
[표 3-6] 매봉천 모니터링 결과	49
[표 3-7] 자연형 저감시설 적용에 따른 매봉천 수질 변화 (COD)	56
[표 3-8] 자연형 저감시설 적용에 따른 매봉천 수질 변화 (T-N)	57
[표 3-9] 자연형 저감시설 적용에 따른 매봉천 수질 변화 (T-P)	57

그림 차례

[그림 2-1] 대전시 단독정화 처리시설 위치 (하수관거 연결 없음)	18
[그림 2-2] 대전시 단독정화 처리시설 위치 (하수관거 연결 있음)	19
[그림 2-3] 새골마을 사업 전 마을오수 유입에 의한 하천오염 현황	20
[그림 2-4] 새골마을 수질개선 정화활동 및 수생식물 식재 1	21
[그림 2-5] 새골마을 수질개선 정화활동 및 수생식물 식재 2	21
[그림 2-6] 새골마을 수질개선 정화활동 및 수생식물 식재 3	22
[그림 2-7] 새골마을 현판식 및 관시상황	22
[그림 2-8] 비선마을 도랑 정화활동 및 수생식물 식재	23
[그림 2-9] 비선마을 도랑 정화활동 및 홍보 현수막	23
[그림 2-10] 비선마을 생태습지조성 전후의 전경	24
[그림 2-11] 비선마을 수생식물 식재 및 관찰데크 설치	24
[그림 2-12] 상하흐름형 인공습지 공정 특징 및 장점	26
[그림 2-13] 소형 하수처리장치의 개념도	27
[그림 2-14] 소형 축산폐수처리장치의 개념도	32
[그림 3-1] 서구 새골마을(상) 및 비선마을(하)의 접근성 및 관리표지판	35
[그림 3-2] 서구 새골마을의 적은 유입수 및 유출수 소멸	36
[그림 3-3] 서구 비선마을의 원활한 유입수 및 유출수 순환	36
[그림 3-4] 수질분석에 이용된 흡광도분석기	41
[그림 3-5] 비선마을 생태습지의 현황	42
[그림 3-6] 비선마을 자연형 저감시설의 구조	43
[그림 3-7] COD 수질 변화	50
[그림 3-8] 시기별 분류에 따른 COD 유출입 상관관계 변화	51
[그림 3-9] T-N 수질 변화	52

[그림 3-10] 시기별 분류에 따른 T-N 유출입 상관관계 변화	53
[그림 3-11] T-P 수질 변화	54
[그림 3-12] 시기별 분류에 따른 T-P 유출입 상관관계 변화	55
[그림 3-13] 비선마을 자연형 저감시설 첫 번째 습지의 퇴적	58
[그림 3-14] 유입수의 농업용수 사용 및 4번 습지의 수심 감소	60
[그림 4-1] 대전시 단독정화시설 밀도 (하수관거 연결 없음)	73
[그림 4-2] 대전시 단독정화시설 밀도 (하수관거 연결 있음)	74
[그림 4-3] 대전시 단독정화시설 및 전담 (하수관거 연결 없음)	76

서론

1절. 연구배경 및 필요성

2절. 연구의 목적 및 방법

1장

1장 서론

1절. 연구배경 및 필요성

1. 연구배경

1) 공공수역 관리의 어려움

(1) 다양한 오염 배출원

○ 도심에서의 다양한 배출오염원

- 전국오염원조사, 수질오염총량제 등에서는 오염배출을 크게 생활계, 산업계, 토지계, 축산계, 매립계, 양식계의 6개로 구분하고 있음¹⁾
- 도시화 및 물 사용량의 증가로 다양한 곳에서 급속한 오염배출이 발생하여 하천의 오염이 급속도로 확산됨
- 그 이후, 하수관거 및 하수처리장 보급의 확대로 공공수역 관리가 본격적으로 시작되었으며, 그 이후 하수도 보급률의 확대, 하수처리장 방류농도의 강화, 비점오염원 감소를 위한 저류조 등의 설치 등으로 오염배출원의 배출량은 상당부분 감소하게 됨
- 반면, 생활계 일부의 오염원에서는 하수처리장과 같은 고효율의 처리를 하지 않고 배출되어 공공수역의 오염에 영향을 주고 있음

○ 생활계 배출의 구분

- 점 배출로 개별배출부하량, 관거누수부하량, 처리장배출부하량으로 분류할 수 있음
- 비점 배출로 관거월류부하량으로 분류할 수 있음
- 위의 생활계 배출 중에서 처리장배출부하량은 공공하수처리장의 수질

1) 국립환경과학원 (2014), 수질오염총량관리기술지침, NIER-GP2014-057

강화로 많은 하천수질 개선에 큰 진전이 있었음

- 관거누수부하량은 그 양이 크지 않고, 토양으로 침투하여 공공수역에 미치는 영향은 크지 않았음
- 관거월류부하량은 강우시 빗물과 혼합된 미처리 오수가 배출되는 것으로, 하천에 유입된 후 빠른 시간에 갑천수계를 벗어나기 때문에 갑천의 수질에 미치는 영향은 크지 않은 편임
- 개별배출부하량은 단독정화처리 또는 개별오수처리 후 공공수역에 배출되는 것임

(2) 관리가 어려운 오염배출의 존재

○ 발생원에 비하여 배출부하량의 비율이 높은 배출원

- 배출되는 원인을 알 수 있고 지점을 유추할 수 있지만 완전한 처리가 되지 않는 오염원은 ①생활계 관거월류부하량, 개별배출부하량 ② 토지계 개별배출부하량 ③산업계 관거월류부하량, 개별배출부하량 ④축산계 개별배출부하량
- 위와 같은 오염배출 중 월류부하량은 월류웨어 인근에 대규모 저류시설을 설치하여 발생시에 저장한 후, 건기시에 공공처리시설로 이송하여 배출을 감소시킬 수 있음
- 반면에 개별배출부하량은 점배출로 항시 배출되어 상시적으로 공공수역의 수질에 영향을 미치고, 배출지점이 다수여서 관리에 어려움이 따르고 있음

○ 개별배출부하량의 수질개선 어려움

- 생활계 개별배출부하량에 대한 비롯한 전국적 동향은 발생량을 기준으로 공공하수처리장 배출 수질기준보다 매우 높게 방류되며, 대전시의 경우 대전하수처리장의 약 50%가 되는 부하량이 곳곳에서 배출되고 있음

2) 높은 농도의 오수처리, 단독정화 방류기준

(1) 공공하수처리시설과 오수처리시설, 단독정화시설의 방류기준

- 수질오염총량제에서의 대전하수처리장 방류수수질기준
 - BOD 5 mg/L 이하, T-P 0.3 mg/L 이하²⁾
- 오수처리 및 단독정화의 방류수수질기준 (하수도법 시행규칙 [별표 3] 개인하수처리시설의 방류수수질기준)
 - 오수처리시설 50 m³/일 미만 : BOD 20 mg/L 이하, SS 20 mg/L 이하
 - 오수처리시설 50 m³/일 미만 : BOD 10 mg/L 이하, SS 10 mg/L 이하, T-N 20 mg/L 이하, T-P 2 mg/L 이하
 - 단독정화시설 11인용 이상 : BOD 제거율 50% 이상

(2) 생활오수 방류기준의 차이

- 하수처리구역 외 지역의 미흡한 처리율
 - 하수처리구역 외 지역은 대규모 처리시설과 같지 않게 시설, 관리방법, 인력 등의 체계적인 시스템이 갖추어지지 않아 원만한 생활오수 처리가 어려움
 - 대전하수처리장과 같은 공공하수처리시설과 소규모 처리시설을 비교하였을 경우, 시 외곽에 산재하여 있는 오수처리시설 및 단독정화시설의 방류수수질기준이 높아 갑천 지류의 수질을 악화시키는 주요 원인이 될 수 있음

2) 대전광역시 (2015), 수질오염총량관리 제3단계 기본계획

2. 연구의 필요성

(1) 도심하천의 환경질 개선

- 갑천A 지점의 목표수질 만족
 - 대전시 갑천의 말단인 갑천A 지점은 2020년까지 BOD 3 mg/L, T-P 0.2 mg/L를 만족해야 함
- 도심하천의 수질 개선
 - 갑천A 지점의 경우, 수질에 영향을 주는 오염배출 인자가 다양하지만, 매봉천과 같은 지류는 인근의 오염배출 인자에 민감하게 반응함
 - 이에, 하천에 유입되는 경로를 확인할 수 있으며 추가적인 삭감이 가능한 오염원의 관리로 도심하천의 수질을 개선할 필요가 있음
- 다양한 생태계의 구성
 - 갑천 중하류와 같은 곳은 수질이 II~III등급으로 깨끗한 물에서 활동하는 생태계를 조성하기 어려움
 - 다양한 생태계를 구성하기 위하여 지류를 중심으로 깨끗한 수질을 유지할 수 있는 노력이 필요함

(2) 하수처리구역 확대의 대안

- 하수처리구역 확대의 어려움
 - 생활오수를 깨끗이 처리하여 방류하기 위해서는 가능한 철저한 관리가 이루어지는 대규모 하수처리시설에 연결하여 처리하여야 함
 - 대규모 하수처리시설에 연결이 어려우면 흑석하수처리장과 같은 소규모 하수처리시설을 건설하여 연결처리를 함
 - 반면, 하수처리율이 98%를 넘어서면서 시 외곽에 산재하여 있는 곳에 소규모 하수처리시설을 설치하거나 하수관거를 연결하는데 있어 투자 대비 효율이 낮아지고 있음

- 이에, 단독정화조 처리수를 추가적으로 처리하여 배출부하량을 감소시키는 등의 다양한 방법을 고려할 필요가 있음

(3) 건전한 물순환의 참여

- 생활오수 처리수의 간접 방류
 - 하수처리장과 같이 처리시설을 거친 생활오수는 공공수역에 직접 방류되고 있음
 - 하천의 유지유량을 높이기 위해서는 생활오수의 현장처리 방류 및 지하수로의 함양이 중요함
 - 생활오수 처리방법의 다양화로 건전한 물순환이 이루어지도록 할 필요가 있음

(4) 수질오염총량제 할당부하량

- 갑천A 유역의 할당부하량
 - 대전시 대부분을 차지하는 갑천A의 할당부하량은 T-P 기준으로 점 217.375 kg/일, 비점 399.772 kg/일임
 - 이를 만족하기 위하여 69.313 kg/일의 삭감계획이 수립되어 있으나, 삭감계획 및 개발사업의 변화에 대응하기 위하여 추가 삭감계획을 수립할 필요가 있음

2절. 연구의 목적 및 방법

1. 연구의 목적

- 자연형 저감시설의 적용 확대를 위한 연구는 다음과 같은 내용을 제시하기 위한 목적을 가짐

- 단독정화시설의 배출부하량 기여율
 - 전체 배출부하량 중 단독정화시설이 차지하는 부하량을 산정함으로써 삭감대상량을 제시

- 자연형 저감시설의 오염배출 저감효과 감소량
 - 단독정화시설 처리수를 대상으로 한 자연형 저감시설 도입에 따른 공공수역에의 저감 배출부하량 제시

- 인근 하천의 수질개선 여부
 - 자연형 저감시설을 도입하여 배출부하량을 저감시킴으로써, 인근의 하천에 미칠 수 있는 영향을 제시

- 자연형 저감시설의 적용가능 입지
 - 생활오수를 하수처리시설에 연결하지 않고 자연형 저감시설을 적용할 수 있는 적정 입지를 제시

2. 연구방법

(1) 일반현황 조사

- 단독정화시설의 일반현황
 - 단독정화시설 개수, 위치, 밀도, 하수관거와의 연결 여부 등
- 유역현황
 - 하천 입지, 하천 목표수질 등
- 각종 배출부하량 산정
 - 대전시 총 배출부하량, 생활계 배출부하량, 단독정화 배출부하량, 할당부하량 등

(2) 자연형 저감시설의 수질개선 모니터링

- 사례 검토
 - 자연형 저감시설의 정의, 자연형 저감시설 및 인공습지 등의 조성사례, 저감방법 등
- 대상지 내 자연정화 사례의 답사 및 모니터링
 - 대전시 자연형 저감시설의 사례 파악, 답사에 의한 특성 검토, 유입수/유출수 및 유량 모니터링 등

(3) 자연형 저감시설 배출부하량 산정 및 수질개선 예측

- 자연형 저감시설 배출부하량
 - 유입/유출유량 및 유입/유출수질에 따른 자연형 저감시설 배출부하량 산정
- 인근 하천에의 영향 예측
 - 자연형 저감시설 입지에 따른 인근 하천수질에 미치는 영향 검토

(4) 단독정화 처리시설 밀도분석 및 자연형 저감시설 입지 분석

○ 밀도분석

- 전국오염원조사 지번에 따른 단독정화시설 위치 및 밀도의 그래픽화
- 하수관거 연결 유/무로 분류하여 단독정화시설의 위치 그래픽화

○ 자연형 저감시설 입지 분석

- 하수관거와 연결되지 않는 단독정화 처리시설 처리수의 추가처리를 위한 입지 검토

자연형 저감시설의 필요성 및 관련 현황

- 1절. 대전시 단독정화 처리시설 현황 및 배출
부하량
- 2절. 대전시의 자연정화 사례
- 3절. 자연정화를 이용한 오염저감 연구 사례

2장

2장 자연형 저감시설의 필요성 및 관련 현황

1절. 대전시 단독정화 처리시설 현황 및 배출부하량

1. 전국오염원조사에 의한 하수처리 현황

1) 대전시 처리구역별 하수처리 현황 및 특성

- 대전시 하수처리 인구
 - 2017년 기준으로 대전시 총 하수처리 인구는 1,519,658인
 - 서구, 유성구에서 전체의 55.62%의 인구가 존재
 - 시가화지역에서 84.89%, 비시가화지역에서 나머지 15.11%를 차지함
- 대전시 오수처리 인구
 - 2017년 기준으로 대전시 총 하수처리 인구는 6,783인
 - 유성구에서 4,684인으로 대부분을 차지함
 - 시가화지역에서 4,285인, 비시가화지역에서 나머지 2,498인을 차지함
- 대전시 단독정화처리 인구
 - 2017년 기준으로 대전시 총 하수처리 인구는 8,931인
 - 서구, 유성구에서 6,088인으로 대부분을 차지함
 - 시가화지역에서 5,359인, 비시가화지역에서 나머지 3,572인을 차지함
- 대전시 하수처리 특성
 - 합류식 및 분류식과 같이 공공하수처리장에 연결되는 인구는 98.89%이며, 오수처리는 0.45%, 단독정화는 0.59%임

[표 2-1] 대전시 처리구역별 시가화지역 인구 (2017)

구 분		시가화 지역				
		분류식	합류식	오수처리	단독정화	수거식
동구	인구	25,619	182,346	0	291	0
	비율	1.69	12.00	0.00	0.02	0.00
중구	인구	23,064	216,922	52	318	0
	비율	1.52	14.27	0.00	0.02	0.00
서구	인구	272,321	162,321	151	1,641	0
	비율	17.92	10.68	0.01	0.11	0.00
유성구	인구	230,118	15,812	3,202	2,184	943
	비율	15.14	1.04	0.21	0.14	0.06
대덕구	인구	79,816	71,058	880	925	89
	비율	5.25	4.68	0.06	0.06	0.01
합계	인구	630,938	648,459	4,285	5,359	1,032
	비율	41.52	42.67	0.28	0.35	0.07

[표 2-2] 대전시 처리구역별 비시가화 지역 인구 (2017)

구 분		비시가화 지역				
		분류식	합류식	오수처리	단독정화	수거식
동구	인구	4,716	21,238	0	514	2
	비율	0.31	1.40	0.00	0.03	0.00
중구	인구	4,329	4,749	256	726	17
	비율	0.28	0.31	0.02	0.05	0.00
서구	인구	34,923	17,212	697	1,509	0
	비율	2.30	1.13	0.05	0.10	0.00
유성구	인구	76,251	23,677	1,482	754	96
	비율	5.02	1.56	0.10	0.05	0.01
대덕구	인구	19,218	17,087	63	69	0
	비율	1.26	1.12	0.00	0.00	0.00
합계	인구	139,437	83,963	2,498	3,572	115
	비율	9.18	5.53	0.16	0.24	0.01

2. 단독정화 유역 배출부하량 산정

1) 대전시 총 배출부하량

- 수질오염총량제 제3단계 기본계획의 기준배출부하량(2015년)
 - BOD 기준으로 총 20,915 kg/일

2) 생활오수 처리방법별 배출부하량

- 생활오수 처리방법
 - 처리장처리, 오수처리, 단독정화처리, 수거식처리의 4가지로 구분할 수 있음. 그 외에 처리되지 않고 배출되는 월류, 누수 배제부하량이 있음
 - BOD 기준으로 3,926 kg/일이 배출되어 전체 배출의 약 18.8%를 차지하지만, 유달율이 100%인 직접유출로 공공수역에의 영향이 큼

[표 2-3] 대전시 처리구역별 생활오수 처리 배출부하량, BOD kg/일 (2017)

구 분		처리장배출	오수처리	단독정화	수거식
동구	배출부하량	0.00	0.48	47.36	0.09
	비율	0.00	0.01	1.21	0.00
중구	배출부하량	0.00	2.33	57.57	0.76
	비율	0.00	0.06	1.47	0.02
서구	배출부하량	1.56	6.60	240.40	0.00
	비율	0.04	0.17	6.12	0.00
유성구	배출부하량	2,577.14	36.36	489.11	48.34
	비율	65.64	0.93	12.46	1.23
대덕구	배출부하량	162.65	4.89	246.26	4.16
	비율	4.14	0.12	6.27	0.11
합계	배출부하량	2,741.35	50.67	1,080.70	53.35
	비율	69.82	1.29	27.53	1.36

- BOD에 비해 T-N 및 T-P는 처리장배출 비율이 높음

[표 2-4] 대전시 처리구역별 배출부하량, T-N kg/일 (2017)

구 분		처리장배출	오수처리	단독정화	수거식
동구	배출부하량	0.00	0.96	14.56	0.02
	비율	0.00	0.01	0.20	0.00
중구	배출부하량	0.00	4.67	17.71	0.18
	비율	0.00	0.06	0.24	0.00
서구	배출부하량	2.98	13.20	74.86	0.00
	비율	0.04	0.18	1.01	0.00
유성구	배출부하량	6,465.61	72.72	160.81	9.36
	비율	86.86	0.98	2.16	0.13
대덕구	배출부하량	513.39	9.79	82.19	0.79
	비율	6.90	0.13	1.10	0.01
합계	배출부하량	6,981.98	101.34	350.14	10.35
	비율	93.80	1.36	4.70	0.14

[표 2-5] 대전시 처리구역별 배출부하량, T-P kg/일 (2017)

구 분		처리장배출	오수처리	단독정화	수거식
동구	배출부하량	0.00	0.10	1.56	0.00
	비율	0.00	0.04	0.71	0.00
중구	배출부하량	0.00	0.47	1.91	0.02
	비율	0.00	0.21	0.87	0.01
서구	배출부하량	0.10	1.32	7.90	0.00
	비율	0.04	0.60	3.58	0.00
유성구	배출부하량	164.81	7.27	16.40	1.22
	비율	74.67	3.30	7.43	0.55
대덕구	배출부하량	8.23	0.98	8.31	0.10
	비율	3.73	0.44	3.76	0.05
합계	배출부하량	173.13	10.13	36.08	1.35
	비율	78.45	4.59	16.35	0.61

3. 단독정화 구역의 오염배출 특성

1) 대전시 단독정화 처리시설의 구분

(1) 전국오염원조사

○ 단독정화 처리시설의 개소수

- 대전시에 총 58,401개소가 있으며, 이 중 하수관거에 연결되어 있는 시설은 54,305개소, 연결이 되어있지 않은 시설은 4,096개소임

[표 2-6] 대전시 단독정화의 개소수 및 하수관거 연결 여부 (2017)

구분	총 개소수	관거연결 있음	관거연결 없음	비고
동 구	18,114	17,882	232	
중 구	7,342	7,158	184	
서 구	19,939	18,694	1,245	
유성구	2,302	1,350	952	
대덕구	10,704	9,221	1,483	
합 계	58,401	54,305	4,096	

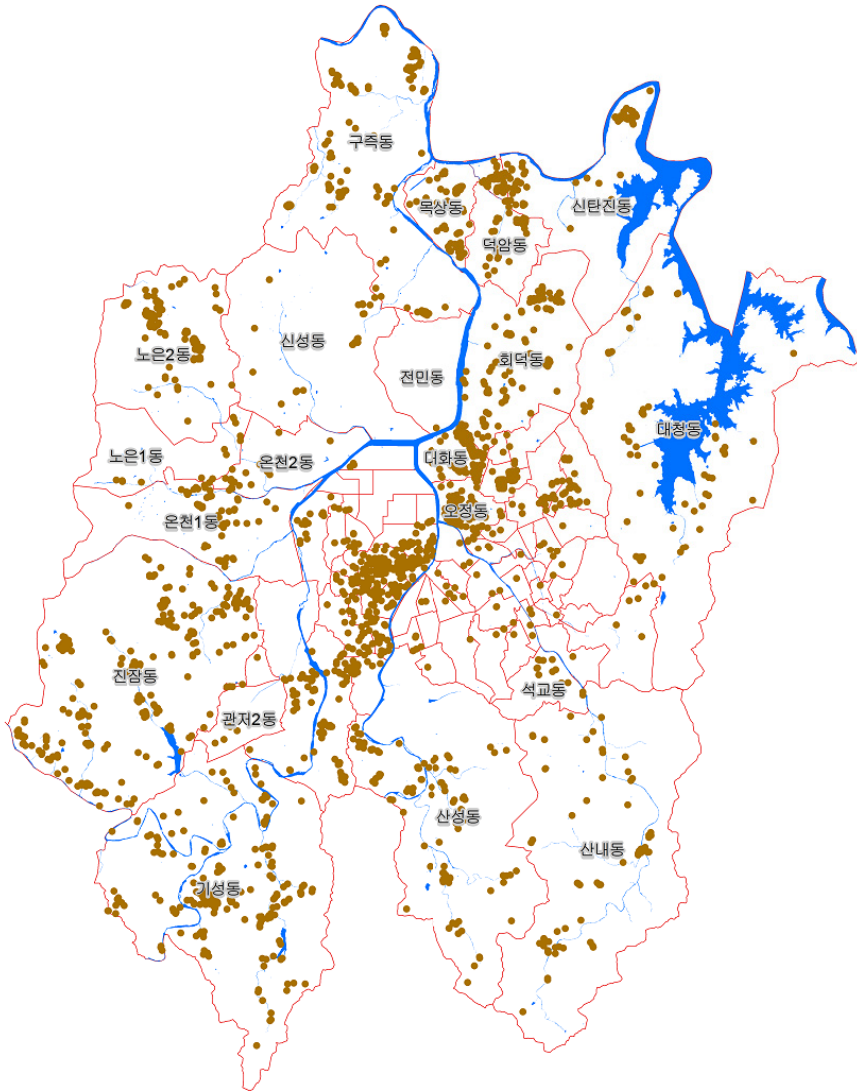
(2) 하수도정비기본계획과 수질오염총량제에서의 단독정화시설

- 하수도정비기본계획에서는 하수처리구역 내 단독정화 처리시설 및 하수처리구역 외 지역의 단독정화 처리시설 모두를 단독정화로 봄
- 수질오염총량제에서는 하수관거에 연결되지 않고 개별배출 되는 단독정화 처리시설을 의미함

2) 단독정화 처리시설의 입지

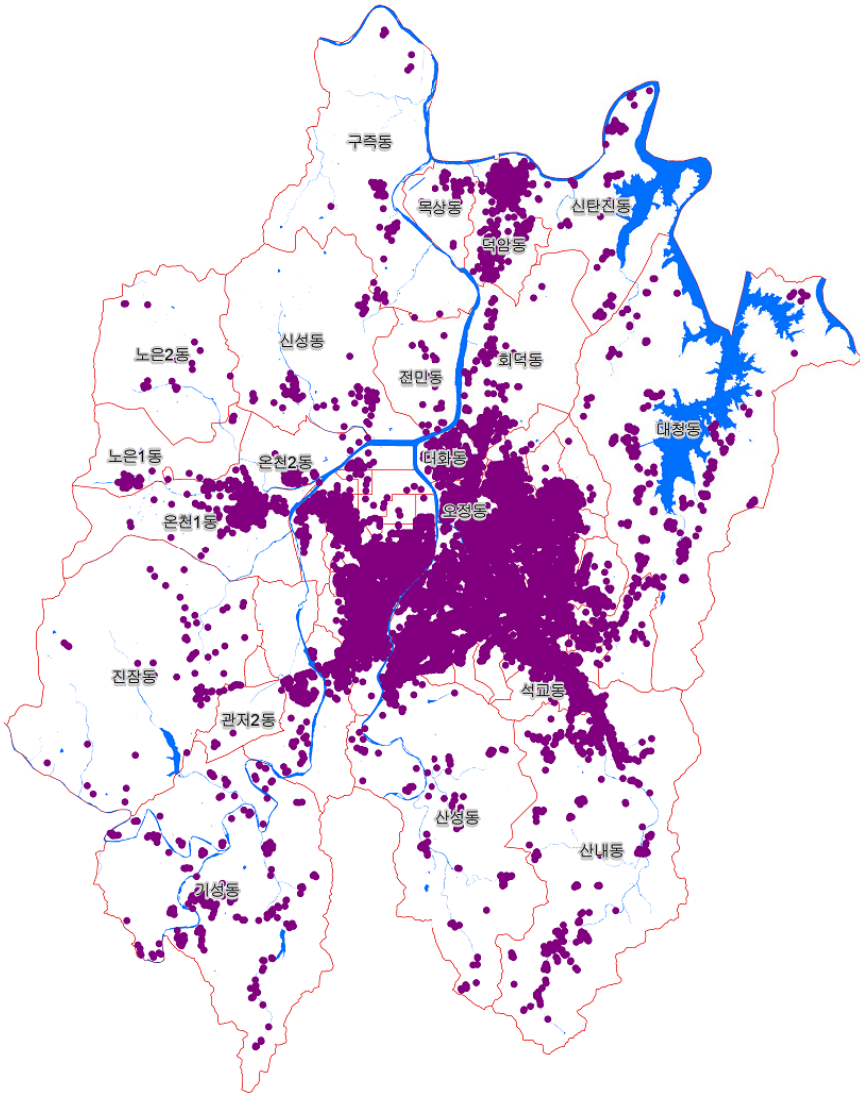
- 다음의 [그림 2-1]과 [그림 2-2]에 하수관계 연결 유무를 구분한 단독정

- 화 시설의 위치를 표현함
- 하수관거에 연결이 없는 단독정화 처리시설
 - 시가화지역/비시가화지역과 상관없이 모든 지역에 고르게 분포함



[그림 2-1] 대전시 단독정화 처리시설 위치 (하수관거 연결 없음)

- 하수관거에 연결이 되는 단독정화 처리시설
 - 비시가화지역보다는 시가화지역에 집중적으로 분포함. 이는 전국오염원 조사 자료의 출처가 하수도정비기본계획을 수립하는 부서이기 때문임



[그림 2-2] 대전시 단독정화 처리시설 위치 (하수관거 연결 있음)

2절. 대전시의 자연정화 사례

1) 대전시 서구 우명동 새골마을 생태습지

(1) 도랑살리기 1차 현장조사

- 2013년 3월 19일, 새골마을 도랑 일원 (50여 세대 80인 거주)
 - 참여 : 우명동 주민대표, 서구청, 환경단체 등 4인
 - 새골마을 도랑살리기 사업 전 도랑의 일반현황 및 주요 오염원 파악
 - 도랑살리기 사업의 계획 수립과 방법(향) 논의를 위한 현장 방문
 - 지역주민 대표자 면접
 - 도랑살리기 사업 계획 확정 및 내용 확정



[그림 2-3] 새골마을 사업 전 마을오수 유입에 의한 하천오염 현황

(2) 도랑살리기 2차 현장조사

- 2013년 6월 7일, 새골마을 도랑 일원
 - 참여 : 우명동 주민대표, 환경단체 등 3인
 - 새골마을 인공습지 조성 사업의 계획 수립과 방법(향) 논의
 - 지역주민 대표자 면접
 - 도랑살리기 사업 계획 확정 및 내용 확정

(3) 도랑살리기 1차 실천활동

○ 2013년 6월 21일, 새골마을회관 및 도랑 일원

- 참여 : 지역주민, 서구청, (사)물포럼코리아, 금강유역환경청, 건양대학교병원, 롯데백화점, 삼창산업사, (주)한화타임월드, 해피빈 등 60인
- 각종 오염물질 제거를 위한 정화활동 / 인공습지 수생식물 식재
- 주민교육(친환경비누만들기 교육 및 보급 / 도랑살리기 결의다짐



[그림 2-4] 새골마을 수질개선 정화활동 및 수생식물 식재 1

(4) 도랑살리기 2차 실천활동

○ 2013년 8월 27일, 새골마을회관 및 도랑 일원

- 참여 : 지역주민, 서구청, (사)물포럼코리아, 금강유역환경청
- 각종 오염물질 제거를 위한 정화활동
- 인공습지 수생식물 식재



[그림 2-5] 새골마을 수질개선 정화활동 및 수생식물 식재 2

(5) 인공습지(생태습지) 조성 공사

- 2013년 6월 20일~7월 11일, 새골마을 도랑 일원
 - 참여 : 지역주민, 서구청, (사)물포럼코리아, 금강유역환경청
 - 마을오수 정화를 위한 인공습지 조성 / 인공습지 관찰로 설치
 - 경작지 논을 임대하여 인공습지 조성. 도랑으로 유입하는 마을오수를 인공습지에 식재된 토종수생식물을 통해 정화시킨 후 도랑으로 배출
 - 마을 인근 학교나 도시 어린이 견학장소로 활용
 - 인공습지를 통한 도랑 주변 조류, 양서파충류 서식처 제공



[그림 2-6] 새골마을 수질개선 정화활동 및 수생식물 식재 3

(6) 새골마을 생태습지

- 현지주민에 의한 생태습지의 관리
 - 해당 지번의 소유주에게의 임대료 지급 및 관리 진행



[그림 2-7] 새골마을 현판식 및 관리상황

2) 대전시 서구 산직동 비선마을 생태습지

(1) 도랑살리기 1차 정화활동

- 비선마을 도랑 일원 (15가구 20인 거주), 2015년 5월 12일
- 각종 오염의 정화 및 수생식물 식재



[그림 2-8] 비선마을 도랑 정화활동 및 수생식물 식재

(2) 도랑살리기 2차 정화활동

- 비선마을 도랑 일원, 2015년 9월 1일
- 수생식물의 식재 및 도랑지키기의 홍보



[그림 2-9] 비선마을 도랑 정화활동 및 홍보 현수막

(3) 인공습지(생태습지) 조성 공사

○ 2015년, 비선마을 도랑 일원

- 마을오수 정화를 위한 인공습지 조성 / 인공습지 관찰로 설치
- 경작하고 있는 논을 임대하여 인공습지(생태습지)를 조성. 도랑으로 유입하는 마을의 단독정화 처리 오수를 인공습지에 식재된 수생식물을 통해 정화시킨 후 도랑으로 배출
- 인근 학교나 환경교육을 위한 견학장소로 활용
- 인공습지를 통하여 조류, 양서파충류 등의 서식처 제공



[그림 2-10] 비선마을 생태습지조성 전후의 전경



[그림 2-11] 비선마을 수생식물 식재 및 관찰데크 설치

3절. 자연정화를 이용한 오염저감 연구 사례

1) 인공습지를 이용한 농촌마을 및 분산지역의 친환경적 하수고도처리³⁾

(1) 연구의 근거 및 목적

- 하천의 부영양화 및 수질오염문제
 - 농어촌마을, 소규모 공동주택, 전원주택단지 등 분산지역의 생활하수가 문제점으로 대두됨
 - 하수관거 설치의 타당성이 떨어져 하수처리시설에 전적으로 의존할 수 없는 실정임
- 마을하수도의 문제점
 - 유지관리 담당 담당공무원들도 처리기술에 대한 전문적인 지식이 없는 경우가 많고, 잦은 인사이동으로 유지·관리에 어려움이 있음. 항목별 수질기준 초과 마을하수처리장이 다수 존재함
 - 마을하수도 설치지원 부서 및 운영부서의 이원화에 따른 관리효율성과 전문성이 부족

(2) 관련 인공습지의 특성 및 연구 주요내용

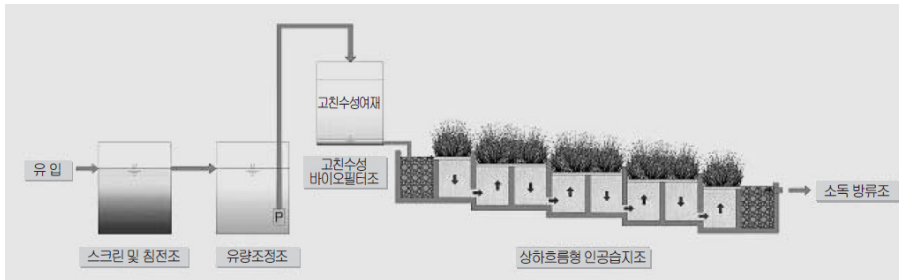
- 수질정화를 위한 인공습지 기술
 - 1954년 독일 Max Plank 연구소의 식물에 의한 자정능력을 평가하고 인공습지를 수질개선에 이용하면서 시작됨
- 소규모 하수처리를 위한 인공습지
 - 개별적인 가구나 소규모에 하수관거를 설치하지 않아도 됨
 - 스스로 설치하거나 값싼 재료들로 초기투자 비용을 낮출 수 있음

3) 권태영 (2006), 인공습지를 이용한 농촌마을 및 분산지역의 친환경적 하수고도처리, 지반환경 7(1), pp.11-21

- 보건상 안전성이 확보되며 경관과 친수공간의 가치를 가질 수 있어 자연친화적 측면에서 관심을 받음
- 심미적으로 좋은 처리시스템으로 처리수의 재이용이 가능함
- 낮은 비용과 적은 유지관리로도 하수처리가 가능하여 개발도상국과 도시계획이 제대로 이루어지기 힘든 지역의 하수처리를 위한 해결책이 될 수 있음

(3) 결과 및 결론

- 농촌마을과 같은 분산지역의 하수처리를 위한 인공습지의 해결과제
 - 동절기 처리효율이 떨어지며, 기계적 공법에 비해 많은 부지가 필요함
 - 식물에 대한 의존도가 높으며 식물제거 등의 유지관리가 요구됨
 - 가을 이후에는 경관성이 떨어짐
 - 정화식물의 다양한 적용이 이루어지지 못하여 식물적용이 단순함
 - 식재기반으로 주로 모래, 자갈 등을 사용하여 효율성이 떨어짐
 - 고농도의 폐수나 대규모의 유량처리에는 부적합함
 - 장기적인 운전에 따른 공급폐색현상 발생이 우려됨
 - 모기발생이 있을 수 있어 주민들의 보건위생 문제가 나타날 수 있음
- 인공습지의 문제를 해결하기 위한 대안



[그림 2-12] 상하흐름형 인공습지 공정 특징 및 장점

(4) 검토

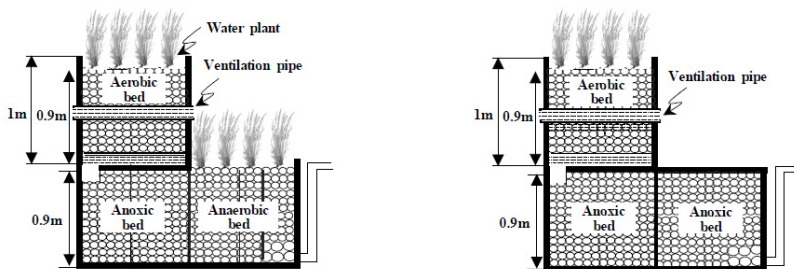
- 소규모 오수를 대상으로 한 인공습지의 도입
 - 소규모 마을의 오수배출을 감소시켜야 하는 상황에서 마을하수도의 높은 관리수질 기준 및 많은 비용의 문제점을 감안하면, 인공습지와 같은 자연형 처리시설의 도입 및 확대가 필요할 것으로 판단됨

2) 자연정화공법에 의한 농촌 전원 독립가구 하수처리장치⁴⁾

(1) 연구의 근거 및 목적

- 하천수질의 보전대책
 - 단독정화조, 합병정화조의 관리비용 과다소요, 전문인력의 필요, 악취발생, 슬러지처리 등의 문제로 농촌 전원 독립가구에 적용하기에 어려움
 - 처리효율이 높고, 유지관리비와 에너지 소비가 낮으며, 운전이 용이한 자연정화공법인 인공습지의 적용이 필요

(2) 연구 주요내용



[그림 2-13] 소형 하수처리장치의 개념도

4) 서동철 등 (2006), 자연정화공법에 의한 농촌 전원 독립가구 하수처리장치 개발, 한국환경농학회지, 25(3), pp.202-210

○ 자연정화공법

- 자연정화공법에 의한 농촌 전원 독립가구 하수처리공법을 개발하기 위해 호기성조와 혐기성조가 분리된 소형 하수처리장치를 도입

(3) 결과 및 결론

○ 농촌 전원 독립가구 하수처리공법

- 소형 하수처리장치에서 간헐적으로 배출되는 하수에 대한 대응성을 조사하였음
- 자연정화공법은 독립된 가구의 생활오수 처리에 있어 안정적인 유출 수질을 얻음

(4) 검토

○ 자연형 흐름을 갖는 하수처리장치

- 인공습지와 같은 완전 자연형 처리는 아니지만, 안정적 처리를 위해 소규모 처리시설을 적용시킴
- 이는, 자연정화공법의 단점을 보완할 수 있는 농촌 독립가구에 적용할 수 있는 방법으로 판단됨

3) 자연정화방법을 이용한 수질개선시설의 식물도입⁵⁾

(1) 연구의 근거 및 목적

○ 인공습지의 자연정화

- 저농도 고유량의 비저오염물질 정화에 기계적 방법을 적용하는데 한계가 있어 인공습지 등과 같은 자연정화방법이 이용됨

5) 김형중 (2009), 자연정화방법을 이용한 수질개선시설의 식물도입 방안, 한국잡초학회지, 29(2), pp.89-95

- 식물 자체가 오염물질 흡수 비율은 높지 않지만 식물 인근에 미생물들이 생존할 수 있는 환경을 조성하고, 잎이나 줄기에 부착성 미생물의 서식장소를 제공하며, 접촉침전 등의 수질정화작용을 하는 등 많은 역할에 관여함
- 자연정화방법에서 수질정화기작의 중요 요소인 식물의 역할과 적용방안에 대하여 고찰함

(2) 수생식물의 역할 및 연구 주요내용

○ 수질정화 수생식물의 역할

- ①입자형 영양물질의 침전·흡착 및 불활성화 작용, ②바닥 퇴적물 중에 식생하는 탈질균에 의한 질산성 질소, 아질산성 질소의 탈질작용, ③유수, 저질표면, 수생식물의 표면 등에 식생하는 종속영양미생물에 의한 유기물의 분해

○ 습지에 번성하는 수생식물의 부수적 능력

- ①바람의 감쇄로 퇴적물의 부상을 억제, ②일조를 막아 플랑크톤의 발생을 억제, ③물의 흐름을 일정하게 함, ④부착성 미생물의 생식장소를 제공

(3) 결과 및 결론

○ 수질정화를 위한 식물종의 선정

- ①습지의 형태, 운영방법에 따른 식물 선택, ②습지조성 예정지 주변에 서식하는 종 선택(지역의 자생식물), ③오염도가 높은 물속에서 잘 자라는 식물, ④오염물질의 흡수 및 제거능이 높은 식물, ⑤다년생 식물, ⑥성장이 빠른 식물, ⑦자연경관 형성, ⑧생물 서식처로 활용도가 높은 식물, ⑨공급, 유지관리가 용이한 식물

(4) 검토

- 인공습지에 있어 수생식물의 선정은 매우 중요함
- 인공습지 설계에 있어서 유입오염원 및 지역의 특성, 목적 등을 검토하여 진행하여야 할 것임

4) 하천자연정화공법 부지선정⁶⁾

(1) 연구의 근거 및 목적

- 팔당호 내의 하천수질 개선
 - 하천주변의 자연재료를 최대한 이용하여 수질을 개선하여 하천의 자정능력 향상, 상수원의 수질확보, 친수공간 조성 등을 위한 하천자연정화공법을 적용하는 사례를 소개

(2) 연구 방법

- 설계조건
 - 수질, 유량, 고수부지 면적, 수리적 안정성에 하천자연정화공법이 부응하는지를 검토
 - 대상후보지의 측량, 지질조사, 수리분석의 실시로 기초지반조건 등을 파악함

(3) 결과 및 결론

- 유역의 수질 파악
 - DO, BOD, COD, SS, T-N, T-P

6) 나원중 등 (1999), 하천자연정화공법 및 부지 선정사례 소개, 대한환경공학회 1999추계학술연구발표회, pp.5-6

- 적정부지 선정기준
 - 하천유량, 하천수질, 수리특성, 공간정보,
- 입지평가 세부기준
 - 고려사항의 중요성 등을 상대적으로 배점하여 평가
- 자연정화시설 적정부지 선정
 - 후보지가 선정되면 현황측량, 종횡단측량, 지질조사 등을 실시한 후 국유지 및 사유지 등의 관계를 확인하여 최적부지를 선정
- 공법사례
 - 물리적, 화학적, 생물학적으로 구분하여 처리효율 및 장단점을 비교
 - 유량, 수질, 수리특성, 공간에 대한 정보를 고려한 사례로 특성별 적용 가능한 공법을 선정

(4) 검토

- 하수처리장과 마찬가지로 인공습지 및 자연형 저감시설 또한 현장의 특성 및 다양한 조건을 고려하여 최적지를 선정하고 관리하여야 할 것임

5) 자연정화공법을 이용한 소형 축산폐수처리장치⁷⁾

(1) 연구의 근거 및 목적

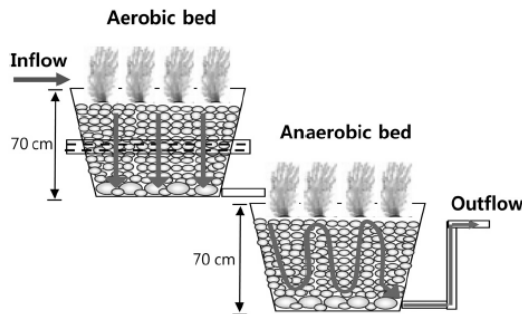
- 축산분뇨에 따른 환경에의 영향
 - 지역분산 축산폐수 관리가 쉽지 않으며, 현재 주로 적용되고 있는 공법에의 문제점들은 자연정화기능을 활용한 방식의 적용을 제시하게 됨

7) 김아름 등 (2011), 자연정화공법을 이용한 소형 축산폐수처리장치의 최적예재 선정, 한국토양비료학회지, 44(2), pp.285-292

(2) 적용방법 및 연구 주요내용

○ 축산폐수처리장치

- 호기/혐기 조합형 소형 축산폐수처리장치를 적용
- 호기성조 및 혐기성조에 왕사, 쇠석, 방해석 및 제올라이트를 충전
- 호기성조에는 통기관을 각 조의 밑바닥에 두어 자연통풍이 되게 함



[그림 2-14] 소형 축산폐수처리장치의 개념도

(3) 결과 및 결론

○ 소형 축산폐수처리장치의 효율

- 대규모 처리시설이 아니지만 COD, SS, T-N, T-P의 제거효율이 87, 94, 50, 91%로 높게 나타남

(4) 검토

- 일부 축산폐수의 처리에 자연형 인공습지를 설치하는 경우도 있는데, 오염물질의 특성에 따라 적용되는 시설을 다양화하여야 할 것임

자연형 저감시설 모니터링

- 1절. 자연형 저감시설의 모니터링
- 2절. 모니터링 결과 및 검토

3장

3장 자연형 저감시설 모니터링

1절. 자연형 저감시설의 모니터링

1. 모니터링 계획

1) 모니터링을 위한 자연형 저감시설의 선정

○ 접근성 및 적절한 관리 여부

- 새골마을 및 비선마을 생태습지 모두 접근성 및 관리가 양호함



[그림 3-1] 서구 새골마을(상) 및 비선마을(하)의 접근성 및 관리표지판

○ 유입수 및 유출수의 안정적인 흐름

- 새골마을의 경우 거주민에 비하여 유입되는 유량이 미미하며, 생태습지의 침투작용으로 유출수는 거의 없는 경우가 많음



[그림 3-2] 서구 새골마을의 적은 유입수 및 유출수 소멸

- 비선마을은 거주민은 새골마을에 비하여 적지만, 지속적으로 일정한 단독정화 처리수가 유입되며 침투작용 후의 유출수도 존재함



[그림 3-3] 서구 비선마을의 원활한 유입수 및 유출수 순환

○ 모니터링 지점의 결정

- 상기 조건을 고려하여, 본 연구에서는 비선마을 생태습지에서 모니터링을 실시함

2) 모니터링 항목 및 방법

(1) 수질분석 항목의 선택

- 수질분석은 과업의 범위 내에서 가능한 항목을 대상으로 선택
 - COD : 유기물질을 측정하는 대표 항목임. 유기물질은 용존산소를 소비하여 건전한 수생태계 형성을 방해함. 하천 등에 많이 축적되면 혐기성 상태를 만들어 독성물질을 생성하기도 함. BOD보다 난분해성물질 표현이 우수하고 짧은 시간에 실험을 완료할 수 있음
 - T-N : 영양염류로써 식물의 성장에 필수적이지만, 하천 및 호소 등에서 부영양화를 일으키는 원인 중의 하나로 작용함. 일반적으로 유기물질 외에 함유량이 높은 항목임
 - T-P : 영양염류로써 식물의 성장에 필수적인 요소로써 T-N보다 유출 부하량의 비율은 낮은 편임. 반면, 부영양화를 일으키는 인자로 T-N보다 기여도가 더 높다고 제시되고 있음

(2) 시료채취 방법

- 수질오염공정시험기준을 고려한 시료의 채취
 - 자연형 저감시설의 운영효과를 정확히 파악할 수 있도록 시료의 정상, 유량, 유속 등의 시간에 따른 변화를 고려해야 함
 - 자연형 저감시설은 지금까지 구축된 모니터링 횟수가 매우 적으며, 유입수 및 유출수의 수질도 시기에 따라 다양한 값을 보일 가능성이 큼. 이에 객관적인 데이터를 얻기 위하여 최대한 많은 횟수의 모니터링이 필요함
 - 하지만, 본 과제에서 수립할 수 있는 모니터링 횟수에 제한이 있는 관계로, 시기를 구분하여 20회/년 이상 채취하여 그 값이 대표성을 갖도록 하였음

(3) 유량측정 방법

○ 수질오염공정시험기준

- 하천유량은 대부분 하천단면적 및 유속을 측정하여 산정하는 유속면적법을 적용하고 있음
- 측정장비로 유속계, 초음파유속계, 도섭봉, 청음장치 등이 있지만, 본 연구의 대상인 자연형 저감시설은 유입부가 물속에 잠겨있고 유출부는 낮은 수심이 유지가 되어 유속계를 적용하기 어려우며, 적은 유량으로 단면적을 측정하기에도 어려운 상황임

○ 용기에 의한 유량측정

- 최대 유량 1m³/분 미만인 경우 유수를 용기에 받아서 측정함
- 유량에 따라 적당한 용량의 용기를 사용하며, 유수가 용기를 채우는 데에 요하는 시간을 스톱워치로 측정함
- 용기에 물을 받아 넣는 시간이 20초 이상이 되도록 용기를 결정함
- 계산식 : $Q = 60 \times (V/t)$
 - Q : 유량, m³/min
 - V : 용기의 용량, m³
 - t : 용량 V를 채우는데 걸린 시간, sec
- 이에, 본 과제에서는 현정의 특성상 용기에 의한 유량측정을 선택함

(4) 모니터링 일정

○ 선행무강우일수 및 강우량의 고려

- 인공습지보다 영향이 적지만 건기/우기 특성을 구분하기 위하여 [표 3-1]를 기준으로 선행무강우일수 및 강우량을 고려하여 모니터링을 실시할 필요가 있음

[표 3-1] 2018년도 일별 강우량 (mm)

	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1				119.9			1.7	
2			7.0		43.9				
3							89.8		
4	11.5	21.1					18.9		
5	18.6	18.6		0.1	19.4			36.5	
6		18.8	20.5		6.8			55.5	
7	4.0		4.0				0.9		2.0
8	12.5								64.0
9				0.7	35.5				1.0
10		0.3						7.0	
11		14.6			0.2				
12			23.4	0.1		0.1			
13			2.3				0.1		
14		36.7					6.4		
15	16.6						0.2		
16	0.1								
17			0.2						
18	8.0		9.9						
19	22.0			2.3					
20							0.2		
21	13.5						32.9		
22	0.6	2.7	6.2						
23		38.9	22.4			1.1		5.0	
24		3.6				20.3			
25									
26				30.3		78.2		11.0	
27				50.4		53.0			
28				0.3	1.2	140.0		5.5	
29				9.2					
30				22.4		73.3			
31						42.6			
합계	49.5	130.3	222.0	171.5	185.6	202.6	68.5	120.5	67.0

○ 모니터링 시기의 구분

- 자연형 저감시설의 주요 인자인 수생식물은 발아-성장-사멸의 과정을 거치는데, 이로 인해 외부 환경과의 물질교환이 일어나게 됨. 이러한 시기적 조건을 고려하여 [표 3-?]와 같이 모니터링 일정을 수립함
- 성장시기 : 수생식물이 성장하면서 외부 환경로부터 유기물질, 영양염류 등을 흡수하게 됨. 자연형 저감시설 기준으로는 수생식물이 뿌리를 통하여 가정에서 완전히 처리하지 못한 오염물질을 흡수하여 추가적으로 정화시키는 것이라 할 수 있음
- 사멸시기 : 성장시기와는 반대로 공공수역의 오염물질을 흡수시키는 능력이 없어지게 되며, 식물체가 사멸하여 분해가 되면 오히려 공공수역에 오염물질로 작용하게 됨
- 우기 : 단독정화조 처리수와 더불어 빗물이 추가적으로 유입되어 유입수질의 변화가 발생함. 또한 증가하는 유량으로 자연형 저감시설의 체류시간에도 변화가 생김
- 자연형 저감시설(생태습지) : 여러 공간으로 구분되어 생물학적, 물리적 처리가 발생하며, 사멸 수생식물의 축적장소가 될 수 있음

[표 3-2] 자연형 저감시설(생태습지) 모니터링 일정

	구분	대상	시기	조건	횟수
1	건기 1차	비선마을 생태습지	수생식물 성장시기	- 선행 무강우 일수 7일 이상 - 유입, 유출수 및 경우에 따라 습지 내	4일(8회) 이상
2	우기	비선마을 생태습지	우기	- 강우 후 2일 이내 - 유입, 유출 및 습지 내 - 강수량 20 mm 이상	3일(6회) 이상
3	건기 건기2 차	비선마을 생태습지	수생식물 사멸시기.	- 선행 무강우 일수 7일 이상 - 유입, 유출수 및 경우에 따라 습지 내	4일(8회) 이상

(4) 수질 및 유량 분석방법

- HS-3300 UV/Visible Spectrophotometer
 - 우리나라 수질측정의 기준인 수질오염공정시험기준에서 제시하는 총질소-자외선/가시선 분광법-산화법의 원리를 이용
- 적용 유입/유출수질에 상응하는 수질분석키트의 선택
 - COD : 0.6~20.0 mg/L 범위 (Reactor Digestion 방법)
 - T-N : 0.2~5.0 mg/L 범위 (Cadmium Reduction 방법)
 - T-P : 0.01~3.0 mg/L 범위 (Ascorbic acid 방법)



[그림 3-4] 수질분석에 이용된 흡광도분석기

2절. 모니터링 결과 및 검토

1. 모니터링 지점의 현황 및 운영특성

1) 비선마을 자연형 저감시설(생태습지)의 일반 현황

- 대전시 하수처리구역 외 지역의 단독정화 후 처리수를 대상으로 생태습지의 개념으로 자연형 저감시설을 설치
- 인근에는 산재하여 입지한 마을, 논, 밭, 임야가 있어 전형적인 농촌마을의 특성을 보임
- 자연형 저감시설에는 약 20인으로부터 약 4,000 m³/일의 단독정화 후 처리수가 유입될 것으로 판단됨
- 단독정화 후 처리수 외에 계곡수 및 빗물이 일부 포함되어 유입되는 것을 확인함



[그림 3-5] 비선마을 생태습지의 현황

2) 자연형 저감시설의 운영 원리

- 자연형 저감시설의 수생식물에 의한 오염물질 저감을 위하여 아래의 [그림 3-3]과 같이 다양한 종류로 식재를 함
- 자연형 저감시설의 운영 : 1번습지 큰고랭이 → 2번습지 부들 → 3번 습지 연 → 4번습지 미나리



[그림 3-6] 비선마을 자연형 저감시설의 구조 (상좌:1번습지, 상우:2번습지, 중좌:3번습지, 중우:4번습지, 하좌:저감시설 전경, 하우:주기적인 관리)

2. 모니터링 결과

1) 건기 1차 모니터링 (수생식물 성장시기)

(1) 모니터링 시기

- 활발한 수생식물의 활동
 - 유입 오염원을 저감하는 수생식물 성장이 활발하고 선행무강우일수가 긴 시기를 선택하여 결정
 - 자연형 저감시설의 운영효율을 분석하기 위해 유입수, 유출수를 채취

(2) 수질 및 유량 분석 결과

- 유입수 수질분석 결과 (최소~최대(평균))
 - COD : 6.50~20.50(11.53) mg/L
 - T-N : 1.76~8.34(4.23) mg/L
 - T-P : 0.20~0.56(0.36) mg/L
 - 유량 : 4,000 m³/일
- 유출수 수질분석 결과 (최소~최대(평균))
 - COD : 6.26~16.50(9.52) mg/L
 - T-N : 0.91~4.30(2.06) mg/L
 - T-P : 0.14~0.34(0.22) mg/L
 - 유량 : 2,666~3,663(3,119) L/d
- 모니터링 특성
 - 유입수 유량은 적절한 측정 장소가 없어 원단위를 이용해 산정함
 - 대전하수처리장과 비교하여 BOD, T-N, T-P의 평균 유입수질은 10% 수준임. 유출수질은 COD, T-P는 비슷하고 T-N은 약 20%로 질소 제거에 효과적이었음

[표 3-3] 건기 1차 모니터링 수질분석 결과

		유입수				유출수			
		유량 (L/d)	COD (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	유량 (L/d)	COD (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
7월 16일	오전	4,000	16.63	8.34	0.56	3,280	13.29	0.91	0.28
	오후	4,000	20.50	5.17	0.36	3,663	16.50	2.06	0.21
8월 1일	오전	4,000	9.56	4.21	0.54	2,868	6.86	4.30	0.30
	오후	4,000	6.50	2.90	0.26	2,666	7.98	2.12	0.30
8월 7일	오전	4,000	8.29	3.48	0.20	0	6.26	1.29	0.14
	오후	4,000	8.78	1.76	0.41	0	6.70	1.49	0.14
8월 13일	오전	4,000	11.56	5.69	0.41	0	9.32	3.21	0.34
	오후	4,000	10.50	3.91	0.24	0	10.25	3.42	0.21
8월 22일	오전	4,000	9.84	4.89	0.39	0	10.97	1.50	0.21
	오후	4,000	16.58	2.92	0.25	0	12.08	1.16	0.16
9월 19일	오전	4,000	8.34	3.91	0.39	0	7.34	1.74	0.19
	오후	4,000	11.28	3.60	0.31	0	6.74	1.46	0.14

2) 우기 모니터링

(1) 모니터링 시기

- 일정 이상의 강우가 진행된 다음날을 선택하여 결정

- 강수시 지표면 축적 오염물질의 자연형 저감시설에 영향을 미치는지 확인하기 위해 유입, 유출수를 채취

(2) 수질 및 유량 분석 결과

○ 유입수 수질분석 결과 (최소~최대(평균))

- COD : 10.49~11.51(10.83) mg/L
- T-N : 1.85~2.80(2.28) mg/L
- T-P : 0.30~0.39(0.33) mg/L
- 유량 : 4,000 m³/일

○ 유출수 수질분석 결과 (최소~최대(평균))

- COD : 7.49~9.23(8.24) mg/L
- T-N : 0.84~1.56(1.18) mg/L
- T-P : 0.16~0.27(0.22) mg/L
- 유량 : 4,971~7,106(6,257) L/d

[표 3-4] 우기 모니터링 수질분석 결과

		유입수				유출수			
		유량 (L/d)	COD (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	유량 (L/d)	COD (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
8월 28일	오전	4,000	11.51	1.85	0.39	7,106	9.23	1.01	0.27
	오후	4,000	10.51	1.85	0.32	6,744	7.93	0.84	0.24
9월 5일	오전	4,000	10.49	2.80	0.30	6,208	7.47	1.56	0.19
	오후	4,000	10.80	2.62	0.31	4,971	8.34	1.30	0.16

○ 모니터링 특성

- 유입수 유량은 적절한 측정 장소가 없어 원단위를 이용해 산정함
- 유출수 유량이 건기 1차 유출수량 및 유입수 유량에 비하여 높은 것은, 강수에 의하여 빗물이 유입된 것으로 판단됨
- 처리효율은 건기1차와 마찬가지로 BOD, T-P는 비슷하고 T-N은 보다 효과적이었음

3) 2차 건기 모니터링 (수생식물 사멸시기)

(1) 모니터링 시기

○ 수생식물의 사멸시기

- 수생식물의 활동이 정지하고 사멸되어 오염물질의 흡수가 적은 시기 중에서 선행무강우일수가 긴 날짜를 선택하여 결정

(2) 수질 및 유량 분석 결과

○ 유입수 수질분석 결과 (최소~최대(평균))

- COD : 6.33~20.34(9.51) mg/L
- T-N : 3.40~8.59(5.10) mg/L
- T-P : 0.20~0.60(0.30) mg/L
- 유량 : 4,000 m³/일

○ 유출수 수질분석 결과 (최소~최대(평균))

- COD : 3.43~6.85(5.006) mg/L
- T-N : 2.77~4.17(3.55) mg/L
- T-P : 0.08~0.17(0.14) mg/L
- 유량 : 3,938~7,137(5,178) L/d

○ 모니터링 특성

- 유입수 유량은 적절한 측정 장소가 없어 원단위를 이용해 산정함
- 처리효율은 건기1차 및 우기와 마찬가지로 BOD, T-P는 비슷하고 T-N은 보다 효과적이었음

[표 3-5] 건기 2차 모니터링 수질분석 결과

		유입수				유출수			
		유량 (L/d)	COD (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	유량 (L/d)	COD (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
11월 6일	오전	4,000	8.19	5.99	0.26	4,811	4.24	4.17	0.08
	오후	4,000	20.34	8.59	0.60	3,988	5.19	3.60	0.12
11월 12일	오전	4,000	8.17	3.93	0.24	7,137	4.01	2.77	0.14
	오후	4,000	6.33	3.40	0.20	4,825	3.43	3.39	0.16
11월 19일	오전	4,000	7.12	4.93	0.28	0	6.62	3.63	0.17
	오후	4,000	6.91	3.78	0.20	0	6.85	3.76	0.16

4) 인근 하천(매봉천)의 모니터링

(1) 모니터링 시기 및 지점

○ 자연형 저감시설과 연결하여 모니터링

- 인근 하천에 미치는 영향을 비교하기 위하여 자연형 저감시설의 모니터링 시기와 동일 일자에 수행함
- 하천 모니터링 횟수는 각 분류마다 2회 실시함

○ 모니터링 지점

- 자연형 저감시설 유출수의 영향을 받지 않는 지점에서 실시함

(2) 수질 및 유량 모니터링 결과

- 자연형 저감시설이 유입되기 전의 매봉천을 6회 모니터링 함
- 유량은 2,938~7,085 m³/일로 작은 하천에 속함
- 수질은 대전시 3대하천과 비교하여 양호한 상태임

[표 3-6] 매봉천 모니터링 결과

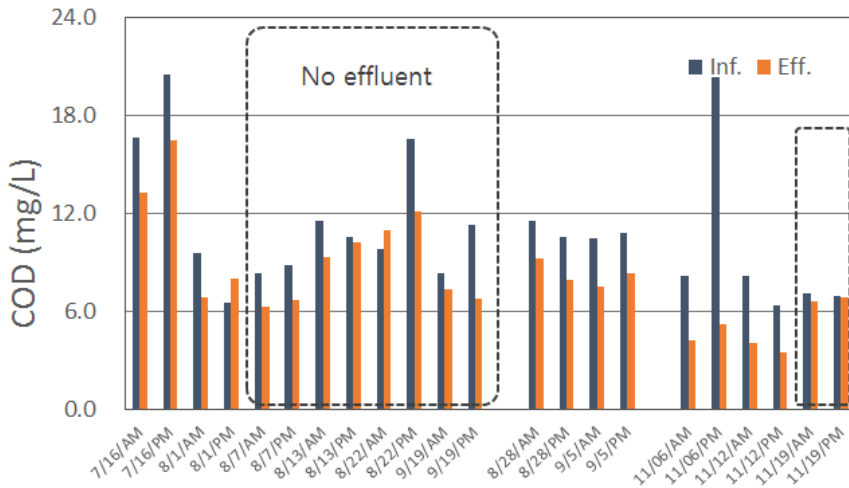
구 분		유량 (m ³ /d)	농도 (mg/L)			부하량 (kg/일)		
			COD	T-N	T-P	COD	T-N	T-P
건기 1차	8월 7일	3,888	4.00	1.16	0.015	15.55	4.51	0.06
	8월 13일	3,542	4.10	2.25	0.015	14.52	7.97	0.05
우기	8월 28일	7,085	3.40	0.55	0.021	24.09	3.89	0.15
	9월 5일	5,962	2.60	1.16	0.018	15.50	6.94	0.11
건기 2차	11월 06일	3,197	2.20	1.97	0.014	7.03	6.30	0.04
	11월 12일	2,938	1.80	1.16	0.019	5.29	3.41	0.06

3. 모니터링 결과의 검토

1) COD

○ 시기별 제거율 변화

- 건기1차 : -22.77~40.25(평균 17.40)%의 제거율을 나타냄. 유입수보다 유출수질이 개선되는 (+) 제거율이 10회, 유출수질이 높은 (-) 제거율이 2회였음
- 우기 : 19.81~28.78(평균 23.87)%의 제거율을 나타냄. 모든 모니터링에서 (+) 제거율을 나타냈음.
- 건기2차 : 0.87~74.48(평균 46.83)%의 제거율을 나타냄. 6회 모두 유출수질이 낮은 (+) 제거율을 나타냄

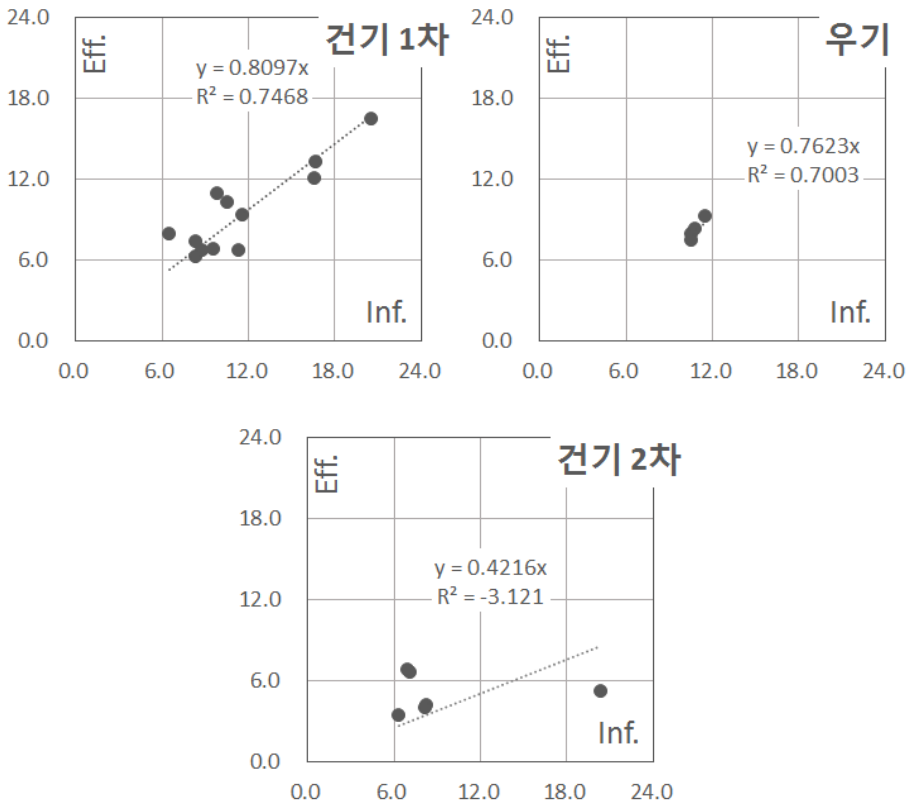


※ 참조 : 8월 7일부터 9월 19일까지는 유출이 되지 않아 체류시간이 길고 최종 유출구 인근의 시료를 채취하는 등의 돌발상황이 있었음

[그림 3-7] COD 수질 변화

○ 시기별 오염의 유출입 특성 검토

- [그림 3-5]는 자연형 저감시설의 COD 유입과 유출의 관계를 나타냄
- 건기1차 : 유입과 유출에서 비교적 높은 상관관계가 나타나지만, 선형 관계식의 기울기가 0.8097로 제거효율은 크지 않음을 할 수 있음
- 우기 : 건기1차와 비슷한 상관관계이지만, 모니터링 횟수가 많지 않아 정확한 상관관계를 제시하기에는 어려운 면이 있음
- 건기2차 : 다양한 유입수질에 불구하고 건기1차보다 제거효율이 좋은 상태를 보여, 수생식물의 사멸이 COD 제거율 악화를 나타내지 않음

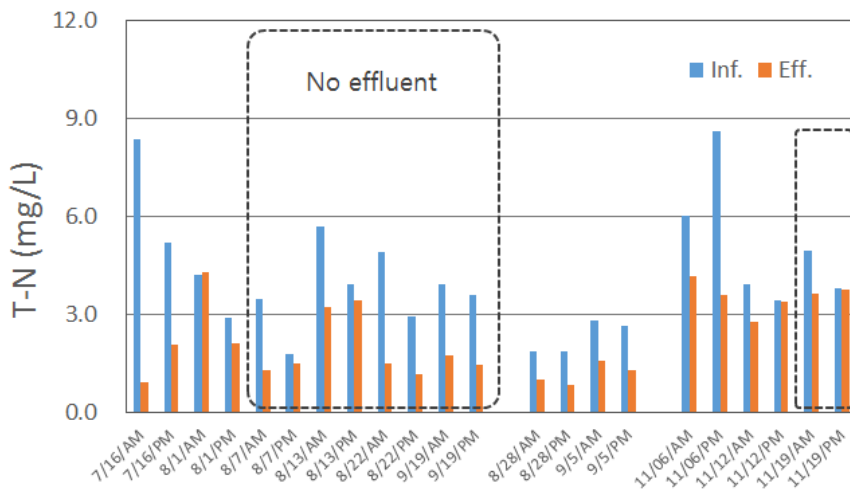


[그림 3-8] 시기별 분류에 따른 COD 유출입 상관관계 변화

2) T-N

○ 시기별 제거율 변화

- 건기1차 : -2.14~89.09(평균 51.44)%의 제거율을 나타냄. 유입수보다 유출수질이 낮은 (+) 제거율이 11회, 유출수질이 높은 (-) 제거율이 1회로 대부분 개선효과가 있었음
- 우기 : 44.29~54.59(평균 48.36)%의 제거율을 나타냄. 건기1차와는 달리 우기에는 4회의 제거율이 (+)로 나타남
- 건기2차 : 0.29~58.09(평균 30.37)%의 제거율을 나타냄. 6회 모두 유출수질이 낮은 (+) 제거율을 나타냈지만, 제거효율은 감소함



※ 참조 : 8월 7일부터 9월 19일까지는 유출이 되지 않아 체류시간이 길고 최종 유출구 인근의 시료를 채취하는 등의 돌발상황이 있었음

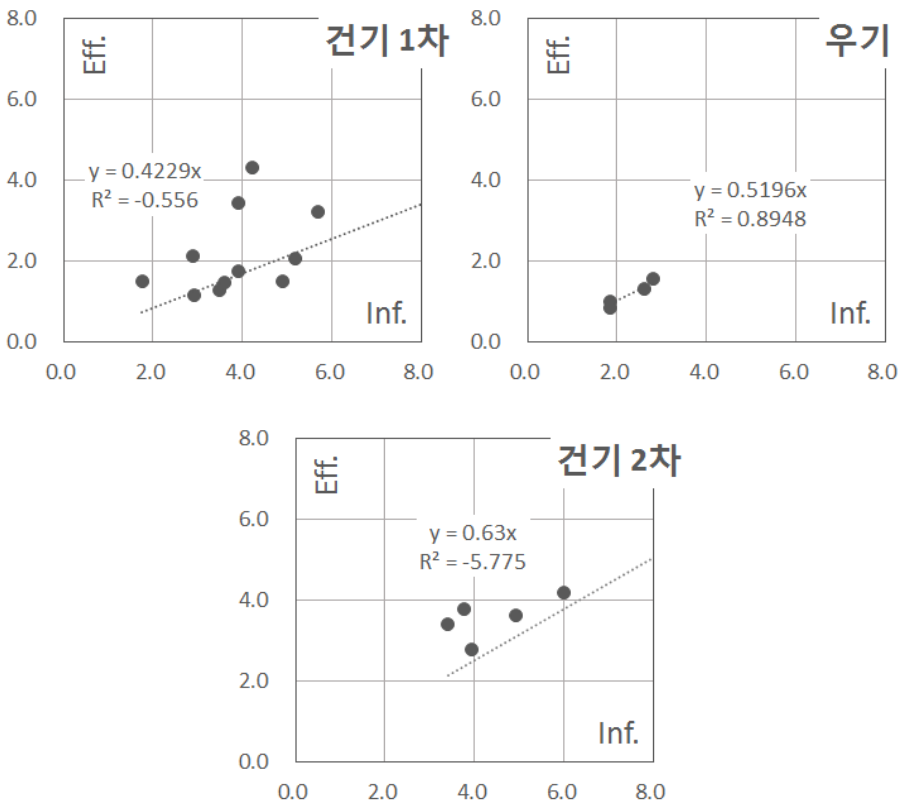
[그림 3-9] T-N 수질 변화

○ 시기별 오염의 유출입 특성 검토

- [그림 3-7]는 T-N의 유입과 유출의 상관관계를 나타냄
- 건기1차 : COD와 비교하여 유입수와 유출수의 상관관계가 극히 떨어

저 상관관계를 정의할 수 없음. 이는 T-N을 제거하는데 있어 기계적으로 처리하는 것과 달리 자연형 저감시설은 유입농도 외에 관여하는 변수가 많기 때문으로 판단됨

- 우기 : 건기1차보다 상관관계가 높았지만 이는 적은 횟수의 모니터링에 의한 것이기 때문으로 판단됨
- 건기2차 : 유입수질 범위가 크지만 유출수질은 비슷하게 나타남. COD와는 달리 건기1차보다 건기2차의 유출수질이 높아 수생식물의 사멸이 T-N 유출수질에 영향을 미쳤을 것으로 보임. 하지만 보다 명확한 관계를 위해서는 지속적인 모니터링이 필요함

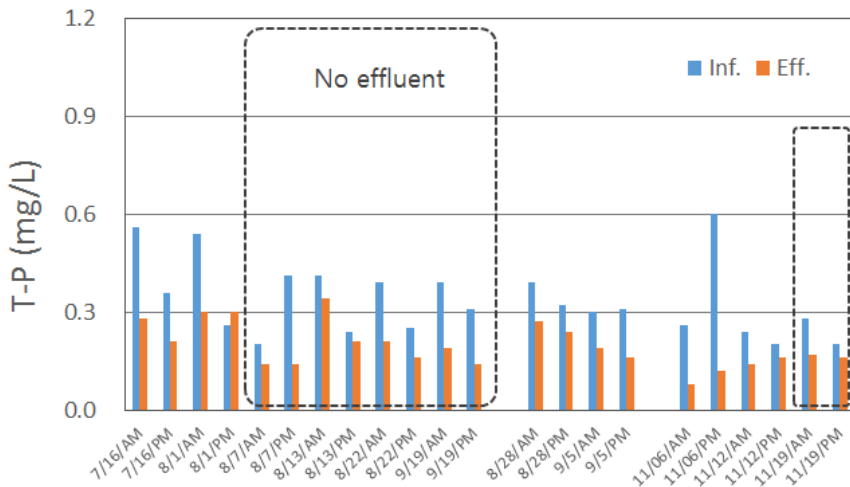


[그림 3-10] 시기별 분류에 따른 T-N 유출입 상관관계 변화

3) T-P

○ 시기별 제거율 변화

- 건기1차 : -15.38~65.85(평균 39.35)%의 제거율을 나타냄. 유입수보다 유출수질이 낮은 (+) 제거율이 11회, 유출수질이 높은 (-) 제거율이 1회로 대부분 개선효과가 있었음
- 우기 : 25.00~48.39(평균 34.85)%의 제거율을 나타냄. 모두 (+) 제거율을 보였지만 정확한 상관관계를 위해서는 지속적인 모니터링을 통한 분석이 필요함
- 건기2차 : 20.00~80.00(평균 53.37)%의 제거율을 나타냄. 6회 모두 유입수질보다 유출수질이 낮은 (+) 제거율을 나타냄. 건기1차 및 우기보다 건기2차의 제거효율이 상승함

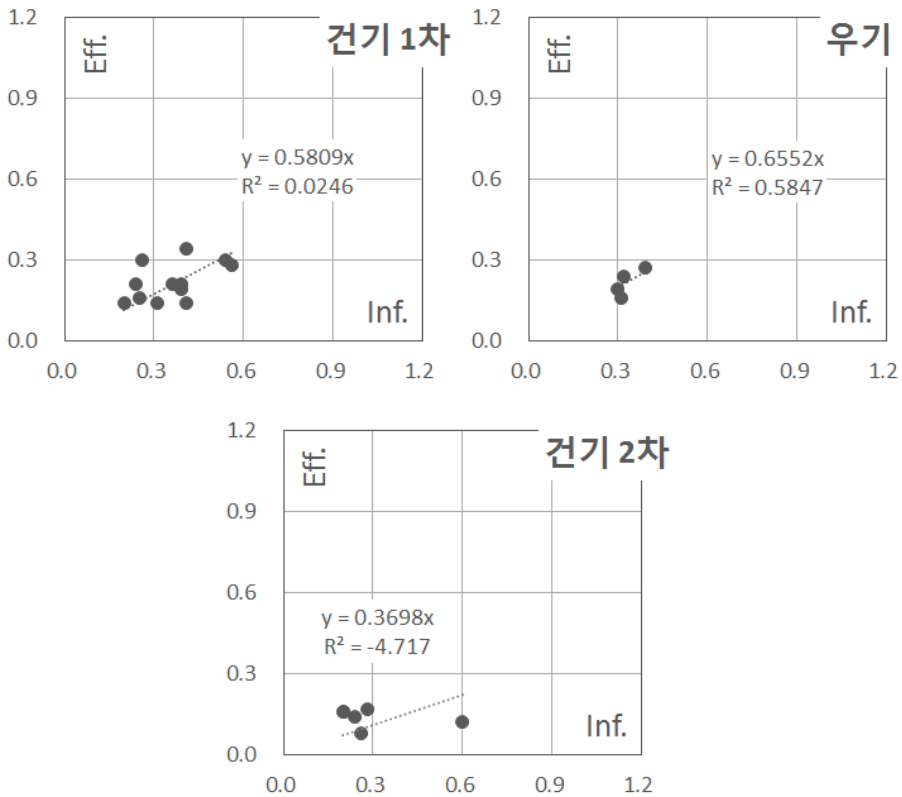


※ 참조 : 8월 7일부터 9월 19일까지는 유출이 되지 않아 체류시간이 길고 최종 유출구 인근의 시료를 채취하는 등의 돌발상황이 있었음

[그림 3-11] T-P 수질 변화

○ 시기별 오염의 유출입 특성 검토

- [그림 3-12]에 같이 T-P의 유입과 유출농도 상관관계를 나타냄
- 건기1차 : 전체적으로 유입수와 유출수 농도의 상관관계가 낮음. 이는 T-N에서와 같이 자연형 저감시설의 T-P에 영향을 미치는 변수가 많기 때문에 판단됨
- 우기 : 유출농도의 변화는 크지 않았으며, 이는 생태습지 형태를 가진 자연형 저감시설은 체류시간이 길어 오염물질을 완충할 수 있는 능력을 가지고 있기 때문에 판단됨
- 건기2차 : 다양한 유입수질이 있었지만 유출수질의 변화는 크지 않았으며, 건기1차보다 낮은 유출수질을 보임



[그림 3-12] 시기별 분류에 따른 T-P 유출입 상관관계 변화

4) 매봉천 모니터링 현황 및 자연형 저감시설의 영향

○ 자연형 저감시설이 매봉천에 주는 영향

- 자연형 저감시설의 유입/유출수질 및 유량을 유출부하량(kg/d)으로 산정하였으며, 이를 매봉천 상류의 모니터링 부하량(kg/d) 결과를 결합하여 EMC를 산출하였음
- 자연형 저감시설의 유출유량이 매봉천 유량의 1/1000 수준으로 낮아서 저감시설 적용에 따른 개선효과는 크지 않았음
- 하지만, 이는 대상인구가 20인일 때의 결과이며 적용대상이 많아질수록 수질개선 효과가 직접적으로 나타날 것으로 판단됨

○ 수질영향 효과

- COD : 건기2차에 자연형 저감시설 미적용시 2.018 mg/L에서 적용시 2.014 mg/L로 0.004 mg/L의 개선효과가 나타남
- T-N : 건기2차에 자연형 저감시설 미적용시 1.587 mg/L에서 적용시 1.585 mg/L로 0.002 mg/L의 개선효과가 나타남
- T-P : 자연형 저감시설 미적용시 0.0168 mg/L에서 적용시 0.0166 mg/L로 0.0002 mg/L의 개선효과가 나타남
- 전체적으로 수생식물이 사멸하는 건기2차 시기의 효과가 크게 나타남

[표 3-7] 자연형 저감시설 적용에 따른 매봉천 수질 변화 (COD)

구 분	매봉천 상류 부하량 (kg/d)	자연형 저감시설 유출부하량		저감시설의 여부에 따른 매봉천 수질		
		미적용 (kg/d)	적용 (kg/d)	미적용 (mg/L)	적용 (mg/L)	개선 (mg/L)
건기1차	15.03792	0.04612	0.02969	4.056	4.052	0.002
우기	19.79424	0.04332	0.05156	3.039	3.039	0.000
건기2차	6.16032	0.03804	.02620	2.018	2.014	0.004

[표 3-8] 자연형 저감시설 적용에 따른 매봉천 수질 변화 (T-N)

구 분	매봉천 상류	자연형 저감시설 유출부하량		저감시설의 여부에 따른 매봉천 수질		
	부하량 (kg/d)	미적용 (kg/d)	적용 (kg/d)	미적용 (mg/L)	적용 (mg/L)	개선 (mg/L)
건기1차	6.24024	0.01692	0.00643	1.682	1.680	0.002
우기	5.41443	0.00912	0.00738	0.831	0.830	0.001
건기2차	4.85266	0.02040	0.01838	1.587	1.585	0.002

[표 3-9] 자연형 저감시설 적용에 따른 매봉천 수질 변화 (T-P)

구 분	매봉천 상류	자연형 저감시설 유출부하량		저감시설의 여부에 따른 매봉천 수질		
	부하량 (kg/d)	미적용 (kg/d)	적용 (kg/d)	미적용 (mg/L)	적용 (mg/L)	개선 (mg/L)
건기1차	0.05573	0.00144	0.00068	0.0154	0.0152	0.0002
우기	0.12804	0.00132	0.00135	0.0198	0.0198	0.0000
건기2차	0.05028	0.00120	0.00071	0.0168	0.0166	0.0002

4. 자연형 저감시설의 문제점 및 특성

1) 습지 내부에 오염물질의 퇴적

- 자연형 저감시설의 습지
 - 인공습지의 경우 침강지, 깊은습지, 낮은습지, 방류조 등으로 구분하여 각 습지마다의 특성을 부여하고 있음
- 부유 오염물질의 침전 및 퇴적
 - 인공습지의 침강지와 같은 1번 습지에서 단독정화 처리수의 부유물질 침전이 되고 있으며, 2번 습지부터는 부유물질 퇴적이 거의 없음
 - 오염물질의 침전은 자연형 저감시설의 제거기작 중 하나이지만, 과도한 퇴적은 제거율 향상 및 유지에 부작용을 일으킬 수 있음



[그림 3-13] 비선마을 자연형 저감시설 첫 번째 습지의 퇴적

2) 비교적 낮은 유입수질

- 유입수질
 - 자연형 저감시설에의 유입수질은 BOD, T-N, T-P가 11.2, 4.1, 0.35 mg/L를 나타냄

○ 자연형 저감시설의 유입대상 검토

- 자연형 저감시설, 인공습지 설계 기준의 사례를 보면 이보다는 높은 농도를 대상으로 처리하고 있으며, 일반 가정오수를 대상으로 처리하는 경우도 있음
- 국내에 도입된 인공습지는 너무 낮은 유입농도를 대상으로 하여 유출수질이 더 높게 배출되는 경우도 종종 있음
- 더불어, 계곡수 혹은 빗물의 유입은 자연형 저감시설 대비 유출수질이 높게 나타날 원인이 될 수 있음

3) 습지 내부에서의 침투 등에 의한 유출수량 감소

○ 유입유량의 변화 및 유출유량의 변화

- 새골마을 자연형 저감시설은 4개의 습지를 거치는 동안 모두 침투 및 증발산으로 유출이 되지 않았음
- 비선마을 자연형 저감시설은 가뭄시기에 농지에서의 사용으로 유출이 없던 시기가 있었음. 그 외에도 이용형태 및 시기에 따라 2.67~7.14(평균 4.85) m³/d이며, 이는 평균 유입유량인 4 m³/d보다 낮은 때가 있었음

○ 자연형 저감시설에서 침투 및 증발산

- 유입에 비하여 유출유량이 습지의 특성이라 할 수 있으며, 이는 토양의 침투능에 의한 지하수로의 함양, 수생식물의 흡수 및 긴 체류시간에 의한 증발산 작용 때문으로 판단됨

4) 가뭄 시기에 저감시설 체류수를 농업용수로 사용

○ 농지를 이용한 자연형 저감시설

- 하수관거와 연결되지 않은 단독정화시설은 시 외곽의 농업지역에 집중하고 있음
- 이러한 농촌형 마을의 단독정화 처리수의 수집 및 처리를 위해서 활용도가 낮은 농지를 자연형 저감시설로 용도변경 하는 것이 효율적임

○ 자연형 저감시설 내의 체류수

- 자연형 저감시설 내 4개의 습지 중 1번 습지에 유입되어야 하는 단독정화시설 처리수를 가뭄시기에 유입조에서 펌프이송하여 농업용수로 사용
- 단독정화시설 처리수를 직접 농업용수로 사용할 경우, 부유물질 및 높은 오염으로 농지가 혐기화 되거나 토양의 통기성 저하로 이어질 수 있음
- 자연형 저감시설의 농업용수 사용은 체류시간을 길게 만들고, 지속될 경우 3,4번 습지의 수심 감소 및 유출이 없어져 정상적인 기능을 수행하기 어려워짐



[그림 3-14] 유입수의 농업용수 사용 및 4번 습지의 수심 감소

자연형 저감시설의 적용방안

1절. 자연형 저감시설의 관리

2절. 자연형 저감시설의 적정입지

4장

4장 자연형 저감시설의 적용방안

1절. 자연형 저감시설의 관리

1. 자연형 저감시설 검토

1) 소규모 시설

(1) 비선마을 자연형 저감시설 면적 및 설계유량

○ 시설면적

- 총면적 약 1,080 m². 이동 테크, 설명 현황판 등 교육목적 공간, 기타 여유지 등을 포함한 것임
- 습지면적 약 240 m². 대상인구가 20인으로 12 m²/인의 습지면적으로 운영되고 있음
- 대전시에 입지한 인공습지의 면적이 7,000~26,000 m²임을 비교하면 소규모임을 알 수 있음

○ 설계유량

- 유입유량은 4 m³/일이며 습지면적은 240 m²으로 단위면적당 처리량은 0.017 0.4~1.0 m³/m²로 체류시간은 약 280 시간으로 긴 편임 (건기시 빗물을 유입하지 않는 상태의 유입량 4 m³/일, 습지면적 240 m², 평균수심 0.2 m를 기준으로 함)
- 대전시 인공습지의 단위면적당 설계 처리량이 0.4~1.0 m³/m²이며, 이는 우기시 약 8시간의 체류시간을 가짐. 반면, 건기시의 실제 유입량은 적어 약 200~600시간의 체류시간을 보임 (비룡마을 비점오염저감시설 200시간, 삼정동 비점오염저감시설 500시간, 대청호 인공습지 600시간)

2) 처리대상

(1) 하수처리구역 외 마을 단독정화시설 처리수

○ 단독정화시설 처리수

- 대규모인 공공하수처리시설보다 방류수질 기준이 높은 단독정화시설
- 비선마을 자연형 저감시설의 경우 수질은 COD, T-N, T-P가 각각 10.9, 4.1 및 0.34 mg/L로 유입됨
- 오수처리시설의 방류수질기준도 만족할 정도의 비선마을 단독정화시설 처리수질을 보이지만, 이는 마을 상류의 계곡수 및 빗물과 혼합된 유입수질로써 단독정화시설 처리수만을 대상으로 할 경우 농도가 3~4배 정도까지 상승할 수 있음

(2) 계곡수 및 빗물의 비점오염물질

○ 비점오염물질의 유입

- 마을 상류의 계곡수 및 빗물의 배제를 위한 구거를 통하여 단독정화 시설 처리수를 자연형 저감시설로 연결하고 있음
- 계곡수 및 빗물의 양은 선행강우일수에 따라 다양하며, 모니터링 시기에는 단독정화시설 처리수의 50~200% 정도의 범위인 것으로 판단됨

3) 기타 사항

(1) 습지의 구성

○ 4단 구성

- 1~4번째 습지로 구성되며, 순서에 따른 세부적인 조건(수생식물의 선택, 체류시간, 수심, 면적 등)의 설계지표는 없음
- 1번습지 : 큰고랭이 식재. 약 0.2~0.3 m의 수심을 가짐. 유입구를 비롯하여 전체적으로 오염물질이 퇴적되어 혐기성 상태를 보임

- 2번습지 : 부들 식재. 약 0.2~0.3 m의 수심을 가짐. 습지 전체에 성장속도가 빠른 부들이 높은 밀도로 식재되어 있음. 유입부하가 1번습지에 비하여 감소하여 바닥에 퇴적된 오염물질은 일부에서 관측됨
- 3번습지 : 연 식재. 약 0.2~0.3 m의 수심을 가짐. 유관으로도 습지의 탁도 및 냄새가 거의 없음. 오염물질을 제거하는 목적 보다는 관상용으로 연을 식재하는 것으로 보임. 습지 내 퇴적물은 거의 보이지 않음
- 4번습지 : 미나리 식재. 약 0.2~0.3 m의 수심을 가짐. 오염물질 흡수 및 관상의 목적 외에 마을의 먹거리 및 경제성 확보를 위한 미나리를 식재한 것으로 보임. 습지 내 퇴적물은 보이지 않음
- 1~4번의 습지는 단차를 두어 자연유하로 흐르도록 설계함. 오염물질 및 수생식물의 퇴적으로 흐름이 원활치 않는 경우, 적정 수심이 유지되도록 관리를 하고 있음
- 조성된 습지의 면적 및 수심으로는 약 280 시간의 체류시간을 가지지만, 습지에 식재되어 있는 수생식물의 부피를 제외하면 체류시간은 50~80% 정도 감소할 것으로 판단됨

(2) 인근 하천과의 관계

○ 매봉천

- 대전시 갑천의 최상류에 속하는 지류로 서구 기성동을 관통함
- 하천 유량은 2,938~7,085 m³/일로 자연형 저감시설 유입유량의 약 750~1770배 정도임
- 수질은 COD, T-N, T-P가 평균 3.02, 1.38, 0.017 mg/L로 대전시 타 지류에 비교해 양호한 편임

○ 자연형 저감시설이 매봉천에 미치는 영향

- 비선마을만의 단독정화시설 처리수의 자연형 저감시설 추가 처리가 눈에 매봉천의 수질개선에 기여하기에는 어려울 것으로 보임

- 단독정화시설이 집중되어 있는 지류에 자연형 저감시설을 적용하여 관리할 경우 하천수질 개선의 효과가 있을 것으로 판단됨
- 특히, 단독정화시설의 적용으로 일반세균 등과 같이 보건/위생에 문제를 일으키는 물질을 제거시켜 안정성을 향상시킬 것으로 기대됨

(3) 자연형 저감시설의 무방류

○ 가뭄 시 농업용수 사용

- 가뭄이 지속될 경우 인근 하천 및 지하수보다 더 가까이에 있는 자연형 저감시설의 유입수를 농업용수로 사용하는 경우가 있음
- 이 경우, 유출유량이 농업용수 사용량과 비례하여 감소하며 유출이 전혀 되지 않는 경우도 발생함

○ 긴 체류시간으로 인한 침투량 증가

- 계곡수 및 빗물의 유입이 없고 생활오수 배출도 적은 경우, 유입유량보다 침투량이 많아 유출유량이 없어지게 됨

○ 자연형 저감시설에 미치는 영향

- 자연형 저감시설의 4개 습지 중 3번습지 및 4번습지에 물이 유입되지 않거나, 4번습지 유출구 아래로 수위가 유지됨
- 이는 물이 잠겨있어야 하는 수생식물의 특성에서 벗어나는 것으로 자연형 저감시설의 특징 중 생태습지의 역할을 수행하지 못하게 됨

(4) 운영결과

- 비선마을 자연형 저감시설의 체류시간이 약 200~600 시간으로 인공 습지 체류시간보다 길며 유입유량의 0~80%정도가 유출됨
- 수질은 COD 23%, T-N 41%, T-P 38% 정도가 제거되어 각각 8.1, 2.3, 0.20 mg/L로 배출되었으며, 이는 갑천 하류의 수질과 비슷한 수준임

2. 자연형 저감시설 운영방법 제안

1) 자연형 저감시설의 설계인자

○ 운영 목적의 부여

- 자연형 저감시설은 단독정화시설 처리수의 추가적인 처리 이외에 생태계의 다양성, 생태교육 등의 목적을 수행하는 생태습지 공간이기도 함을 염두에 두고 적용하여야 함

○ 자연형 저감시설 적용대상 마을의 규모

- 새골마을과 같이 마을의 규모에 비하여 유량이 너무 적은 경우가 있었는데 이는 지역별 물사용량의 편차가 크며, 새골마을의 물 사용량이 매우 작기 때문임
- 이를 위해서는 적정 이상의 면적과 일정 이상의 수심을 유지시켜야 함에 따라 체류시간이 길어지는 상황이 발생하게 됨
- 이에, 자연형 저감시설에 대규모 인공습지 설계와 같은 기준을 적용할 수는 없지만 단독정화시설을 사용하는 인구가 60인 이상으로 하여 체류시간을 100 시간 이내로 하면 보다 효율적인 적용을 할 수 있을 것으로 판단됨

○ 자연형 저감시설의 대상 유입수

- 비시가화지역 대부분의 단독정화시설 유출수는 계곡수, 우수관거 등과 함께 공공수역으로 유출됨
- 계곡수 및 빗물의 자연형 저감시설 유입을 막기 위해서는 현재 연결 관거에 오수 분리벽을 설치하는 것이 대안이 될 수 있음

○ 유입수질 및 처리수질 기준

- 단독정화시설의 방류수수질기준이 BOD 50% 이상 제거율을 요구하여 유입수질은 일반 생활오수 정도까지 높아질 수 있음
- 인근 하천의 수질에 영향을 주지 않는 정도로 처리수질을 유지할 필

요가 있음

- 하천수 수질환경 기준 중에 좋음에 해당하는 Ib등급은 BOD, COD, T-P 기준은 2, 4, 0.04 이하이며, 약간좋음에 해당하는 II등급은 3, 5, 0.1 mg/L 이하임 (대전시 지류의 수질은 대부분 Ib~II등급, 갑천, 유등천, 대전천은 II~III등급에 분포함)
- 안전한 생태계를 유지하기 위해서는 자연형 저감시설 유출수에 병원균이 포함되지 않도록 설계가 필요함

○ 습지의 특성 및 체류시간

- 자연형 저감시설의 기능을 유지하기 위한 체류시간은 오염정도가 높은 유입수의 깨끗한 처리를 위하여 건기시 인공습지 설계 체류시간인 24 시간 이상이 필요함
- 침투에 의하여 유입수가 지하수로 함양되면 체류시간이 증가할 수 있는데, 전체적으로 습지의 운영에 악영향을 주지는 않는다고 판단됨
- 밭과 같이 공극률이 높은 농지의 토양을 이용할 경우 지하로 침투하는 유입수의 양이 많아져 체류시간이 길어지게 됨. 모든 습지에서 수심을 유지할 수 있도록 토양의 종류를 선택하여야 할 것임

2) 운영방법의 개선

(1) 습지의 준설 및 원활한 흐름의 확보

○ 습지의 준설 및 사멸된 수생식물의 정리

- 단독정화 처리수가 처음 유입되는 1번습지는 부유성 오염물질이 침전되어 제거됨. 반면에 지속적으로 침전됨에 따라 바닥에서는 혐기성 분해가 일어나 오염원 저감의 한계에 도달하게 됨
- 비선마을 자연형 저감시설의 경우 1회/년의 주기로 1번습지 및 2번습지의 오염물질 준설이 필요함. 더불어 사멸된 수생식물이 오염원으로

작용하지 않고 향후 새로운 수생식물이 자랄 수 있도록 제거해 주어야 함

○ 원활한 흐름의 확보

- 1~4번 습지 모두는 적정 수심을 유지하여 자연유하 흐름을 가져야 하며, 설계 체류시간을 준수해야 함
- 1회/년의 습지 흐름 관리를 통해 자연형 저감시설의 기능을 유지할 수 있도록 해야 함

(2) 자연형 저감시설에서 구분한 습지의 정의 및 설계

○ 농업용수 사용에 대한 대응

- 자연형 저감시설이 가뭄이라는 변수에 방해받지 않도록 운영하는 것이 바람직함
- 가뭄으로 자연형 저감시설 체류수의 농업용수 사용을 피하지 못할 상황이라면 되도록 수질이 농업용수 사용 기준에 맞는 지점에서 사용할 수 있도록 습지의 특성을 고려하여야 할 것임

(3) 운영목표의 수립

○ 1번습지

- 인공습지의 저류조 및 침강지의 역할을 부여함
- 강수에 의한 비점오염물질이 유입될 경우 일시적으로 저류하게 됨. 유입부하가 가장 큰 단계로 입자성 오염물질을 침전제거함
- 수생식물로는 흡수능력이 크며 오염에 강한 종의 식재가 필요함

○ 2번습지

- 인공습지의 깊은습지에 해당하는 역할을 부여함
- 긴 체류시간 및 하부의 낮은 용존산소 조건은 탈질의 기능을 부여할 수 있음. 용존성 오염물질을 주로 제거시키는 기능을 부여함

- 수생식물로는 흡수능력이 크며 체류수 및 토양 미생물에 의한 생물학적인 제거방법의 확대가 필요함

○ 3번습지

- 인공습지의 얕은습지 역할을 부여할 수 있음
- 1~2번 습지에서 대부분의 오염물질을 제거하고 3번습지에서는 생태적 기능의 부여가 필요함
- 생태습지의 목적에 부합할 수 있는 수생식물을 부여할 수 있음

○ 4번습지

- 인공습지의 생태여과지 및 방류조의 역할을 부여함
- 생태습지의 목적에 부합하거나 경제활동에 도움을 줄 수 있는 수생식물을 식재할 필요가 있음
- 또한 생태적 안전성을 위해 병원균을 제어할 수 있는 방안을 구축해야 하며 충분한 용존산소를 확보해야 함

3) 새로운 기술의 적용

(1) 일반적인 자연형 저감기술

- 자연형 저감시설을 고도화하기 위한 추가적인 방법 고려
 - 복잡하고 고가인 전기, 기계장비 사용을 배제
 - 필요시에 소형수중펌프, 공기순환용 소형팬을 구성
 - 유지관리가 쉬우며 통합관리에 의한 무인운전이 가능하도록 함
 - 유입농도 및 부하량 변화에 능동적인 설계

(2) 필터 및 여재

- 복합기능을 제공하는 고친수성 여재 사용

- 일반적인 인공습지에 적용되는 토양, 모래, 쇄석 등의 식재기반 재료에서 탈피
- 미생물 부착생장 공간제공, 미세한 연속공극을 이용한 여과기능 제공, 순간적인 수분흡수 및 수분유지 기능 제공, 오염물질 흡착기능 제공
- 고효율의 식재기반형 수질정화재료(NPS, NEWS Process Substrate)를 개발 적용. 다공성 물질로 비표면적이 넓고 미생물의 부착생장 능력이 증대. 식물뿌리 성장기반재 기능 제공, 효과적인 영양물질 흡착

(3) 수리학적 흐름 재고

○ 기존의 자연유하식 흐름

- 가장 간단하며 에너지의 소모가 없는 방식을 기준으로 수립

○ 처리수질 개선을 위한 상하흐름형 인공습지

- 효과적인 여과기능을 제공하여 잔류 부유물질을 완벽히 제거하며, 가벼운 비중으로 구조물이 경제적이며 시공이 편리함
- 공극율을 60% 이상 확보하여 좁은 공간에서도 많은 유량을 처리
- 표면으로 오수가 노출되지 않아 모기발생 문제를 해결
- 수생식물에 의한 처리 의존도를 낮추어 동절기 처리효율 저하 방지
- 영양물질 중심의 처리로 장기적 운전에도 안정적인 처리
- 다양한 수생식물을 적용하여 경관 향상이 기대되어 다양한 용도로 공간 활용이 가능함
- 노후된 소규모 처리시설의 수질개선 및 보완공정으로 적용

2절. 자연형 저감시설의 적정입지

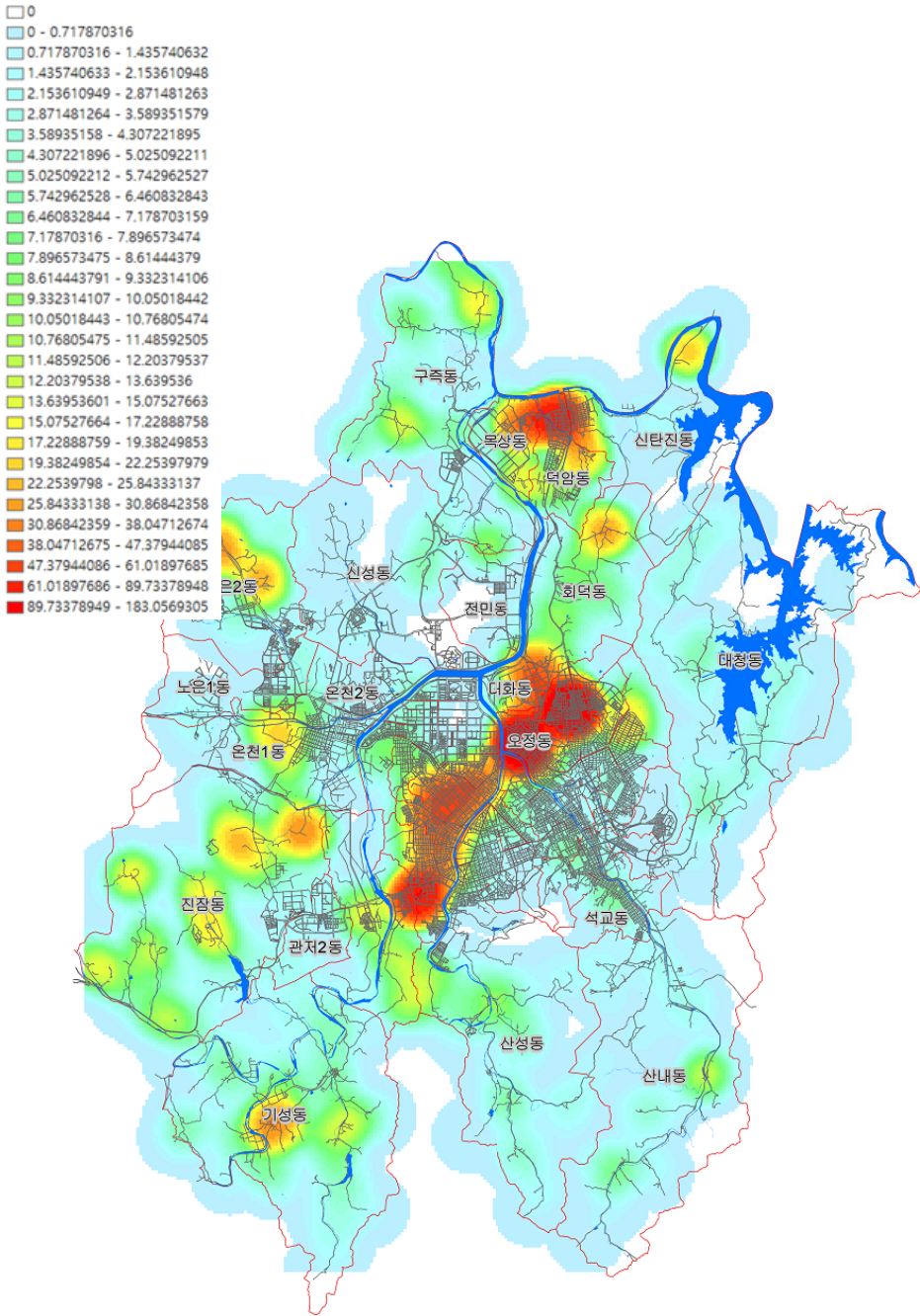
1. 단독정화 처리시설의 위치 및 밀도 분석

1) 밀도분석 방법

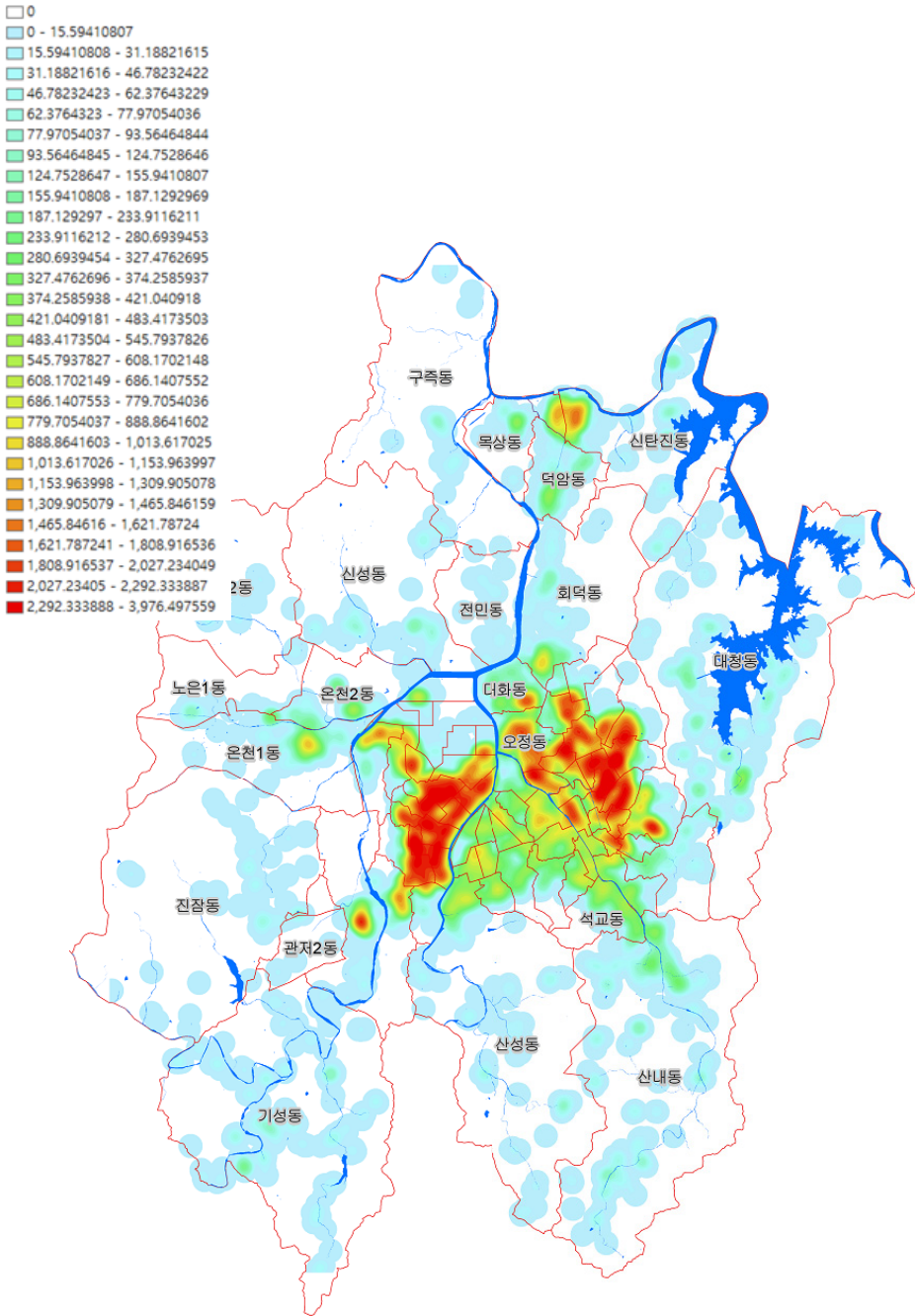
- 단독정화시설의 구분
 - 대전시 단독정화시설을 [그림 4-1] 및 [그림 4-2]와 같이 하수관거에 연결되는 시설과 그렇지 않고 개별배출 되는 시설로 구분하였음
- 밀도분석
 - 단독정화시설의 위치에 대하여 포인트 생성하고, 포인트 위치에 대한 밀집도를 산정하여 그 결과를 그래픽으로 작성함
- 단위 (개소수/0.5 km², 개소수/($\pi \times 0.4$ km²)
 - 0.4 km를 반지름으로 하는 원 안에 입지한 단독정화시설의 개소수를 밀도분석 함

2) 밀도분석 결과

- 하수관거와 연결되는 단독정화시설
 - 대전시 지역에서 하수관거와 연결되지 않은 것으로 조사된 단독정화 시설이 존재하며 전체의 93.0%임
 - 오정동, 중리동, 목상동, 석봉동, 도마동, 정림동 등의 밀도가 높음
- 하수관거와 연결되지 않는 단독정화시설
 - 하수처리시설과 연결되지 않고 공공수역으로 방류되는 단독정화시설은 전체의 7.0%임
 - 도마동, 가장동, 괴정동, 중앙동, 흥도동, 용전동 등의 밀도가 높음



[그림 4-1] 대전시 단독정화시설 밀도 (하수관거 연결 없음)



[그림 4-2] 대전시 단독정화시설 밀도 (하수관거 연결 있음)

2. 자연형 저감시설 입지 대상지의 검토

1) 분석 방법

○ 분석의 구분

- 자연형 저감시설을 입지 기준은 하수관거에 연결되지 않는 단독정화 시설이며, 더불어 처리를 할 수 있는 적절한 부지가 있어야 함

○ 입지분석

- 새골마을 및 비선마을과 같이 자연형 저감시설을 설치하기 위해서는 대상 마을 및 공공수역과 가까우며 자연유하식으로 연결될 수 있는 평탄지가 필요함
- 이를 위해 다음의 [그림 4-3]와 같이 하수관계와 연결하지 않는 단독정화시설의 밀도분석과 단독정화시설의 입지에 적합한 전/답의 입지를 중첩하였음

2) 입지분석 결과

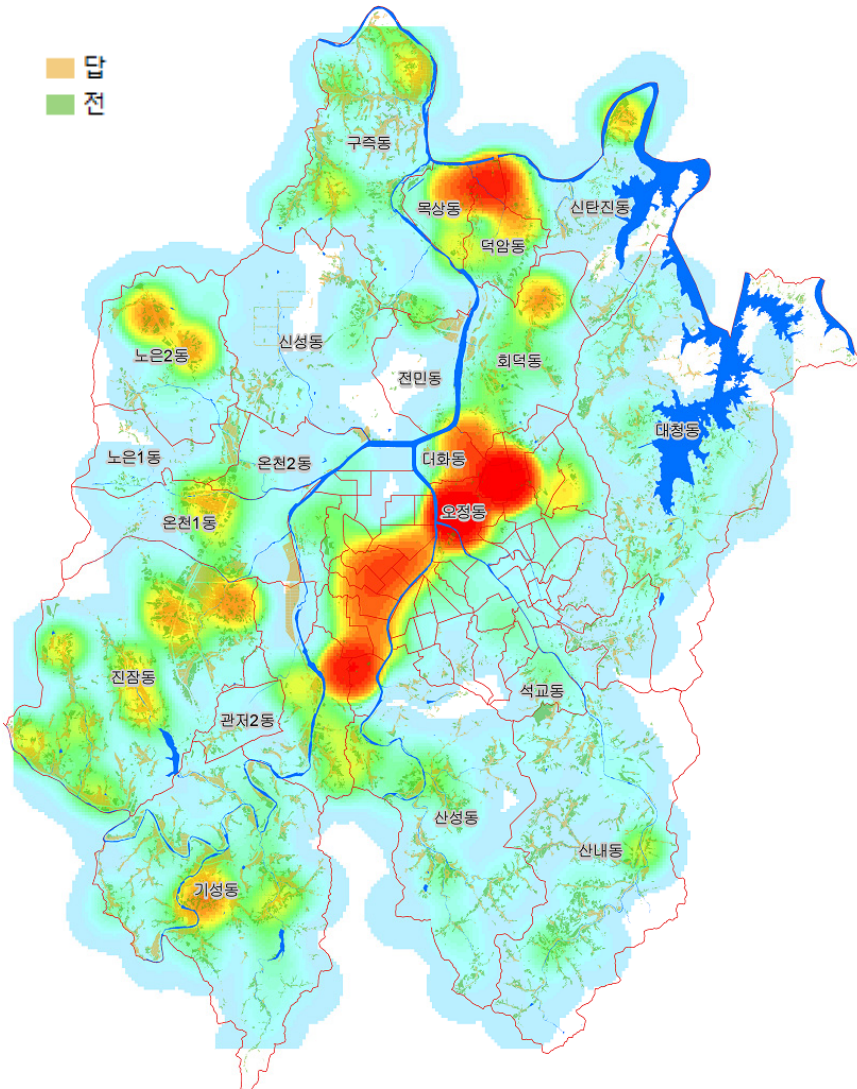
○ 하수관거와 연결하지 않는 단독정화의 재검토

- [그림 4-3]의 둔산동, 오정동, 목상동 등이 하수처리구역임에도 불구하고 하수관계 연결이 없는 것으로 분석됨
- 이는 전국오염원조사의 단독정화시설 자료가 하수도정비구역의 단독정화조의 자료가 일치하지 않기 때문으로 판단되며, 향후 조사대상의 일치화가 필요함

○ 하수처리구역 외 지역의 입지분석 확대

- 향후에는 하수관거 연결이 없는 하수처리구역 외 지역의 단독정화시설의 정확한 조사를 통하여 자연형 저감시설의 입지 가능여부를 분석할 수 있도록 현황조사가 정확해 지도록 하여야 함

- 현재의 분석으로는 산내동, 기성동, 구즉동, 진잠동과 같이 하수처리 구역 외 지역으로 확인된 지역을 대상으로 자연형 저감시설의 입지를 제시할 수 있음



[그림 4-3] 대전시 단독정화시설 및 전답 (하수관거 연결 없음)

결론 및 정책제언

1절. 결 론

2절. 정책제언

5장

5장 결론 및 정책제언

1절. 결 론

1) 자연형 저감시설의 특징

○ 자연형 저감시설의 설치 목적

- 발생에 비하여 배출부하량의 비율이 높은 배출원의 관리가 필요함
- 생활계 개별배출부하량 중 단독정화에 의한 배출부하량에 대한 추가 처리는 대전시 외곽의 하천수질 개선에 효과적일 것으로 판단됨
- 비용이 많이 소요되는 소규모 하수처리장의 신설 혹은 하수처리장 연결을 위한 하수관거의 설치보다는 현장에서의 자연형 저감시설의 설치로 효과적인 배출부하량 저감을 할 수 있을 것임
- 대전에 입지한 대규모 인공습지에 비하여 오염원이 확실하고 소규모로 조성이 되어 인공습지 운영의 적절한 사례로써 활용하고자 하였음

○ 자연형 저감시설의 설치 사례

- 대전시에는 서구의 새골마을(2013년) 및 비선마을(2015년)에 자연형 저감시설이 설치되어 운영 중임
- 오염물질의 저감에 의한 인근 도랑수질의 개선, 환경교육을 위한 견학 장소 활용 및 양서파충류 등의 서식처 제공의 목적으로 설치함
- 1회/년 정도의 유입/유출 수질 모니터링이 있지만 지속적이지 못하고 샘플링의 오류로 객관적인 자료를 제시하기 어려웠음

○ 자연정화를 이용한 오염저감 사례

- 인공습지를 이용한 농촌마을 및 분산지역의 친환경적 하수 고도처리 : 소규모 하수처리를 위해 인공습지를 적용

- 자연정화공법에 의한 농촌 전원 독립가구 하수처리 : 하수처리의 과도한 비용소요 및 수질보전을 위해 자연정화공법을 적용
- 자연정화방법에서 수질개선시설의 역할 : 입자형 영양물질의 침전·흡착 및 불활성화, 바닥 퇴적물의 질산화/탈질, 습지 식생하는 종속영양 미생물에 의한 유기물의 분해
- 하천자연정화공법의 부지 선정 : 설계조건으로 수질, 유량, 면적, 수리적 안전성, 지질 등의 입지평가 세부기준을 평가하여 선정
- 자연정화공법을 이용한 소형 축산폐수처리 : 분산된 축산폐수 처리를 위해 자연정화기능을 적용

2) 비선마을 자연형 저감시설의 모니터링 결과

○ 모니터링 자연형 저감시설의 선택

- 유입/유출 유량이 안정적인 비선마을 자연형 저감시설을 선택하여 모니터링을 실시함

○ 일반현황

- 비시가화 지역의 산재한 농가주택의 단독정화시설 유출수를 차집하여 인근의 논에 생태습지 기준으로 설계하여 자연형 저감시설을 설치함
- 습지면적은 240 m², 총 면적은 1,080 m²으로 대전시에 적용된 인공 습지에 비하여 소규모임
- 오염물질을 제거하기 위한 목적만이라면 습지면적을 대폭 축소시킬 수 있지만 생태계의 조성, 환경교육 및 비점오염원의 수용을 위해서는 일정 수준의 면적이 필요하였음

○ 건기1차 모니터링 유출수질 및 제거율 (수생식물 성장 시기)

- COD : 6.26~16.50(평균 9.52) mg/L, -22.77~40.25(평균 17.40)%
- T-N : 0.91~4.30(평균 2.06) mg/L, -2.14~89.09(평균 51.44)

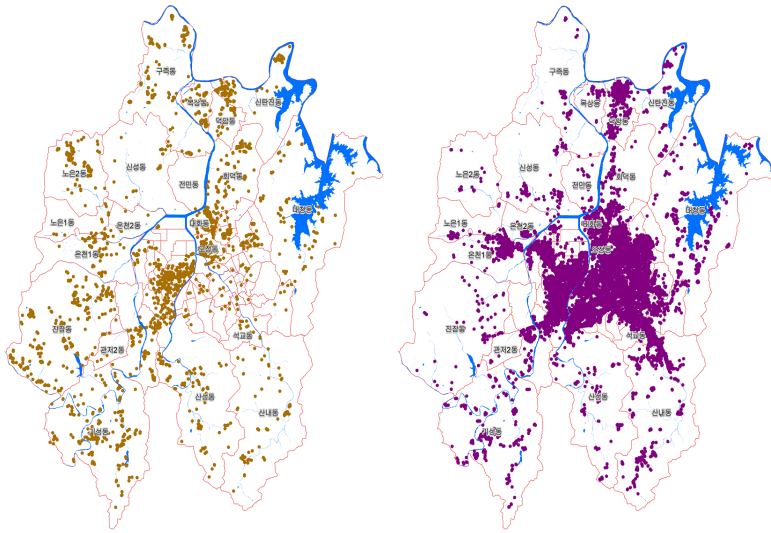
- T-P : 0.14~0.34(평균 0.22) mg/L, -15.38~65.85(평균 39.35)%
- 우기 모니터링 유출수질 및 제거율
 - COD : 7.49~9.23(8.24) mg/L, 19.81~28.78(평균 23.87)%
 - T-N : 0.84~1.56(1.18) mg/L, 44.29~54.59(평균 48.36)%
 - T-P : 0.16~0.27(0.22) mg/L, 25.00~48.39(평균 34.85)%
- 건기2차 모니터링 유출수질 및 제거율 (수생식물 사멸 시기)
 - COD : 3.43~6.85(5.006) mg/L, 0.87~74.48(평균 46.83)%
 - T-N : 2.77~4.17(3.55) mg/L, 0.29~58.09(평균 30.37)%
 - T-P : 0.08~0.17(0.14) mg/L, 20.00~80.00(평균 53.37)%
- 유입/유출수의 상관관계
 - COD : 유입수와 유출수의 비례관계가 다른 항목보다 높음. 건기1차보다 건기2차의 수질이 양호하여 수생식물의 성장이 유출수질을 좌우하는 주요 인자는 아니라 판단됨
 - T-N : 유입수와 유출수의 상관관계가 높지 않은 편임. 건기2차에는 COD와 마찬가지로 유입수질과 크게 상관없이 일정한 유출수질을 나타냄
 - T-P : 유입수와 유출수의 상관관계가 가장 낮음. 또한 유입수질의 변동폭보다 유출수질의 변동폭이 타 항목과 비교하여 가장 낮음

3) 단독정화시설의 현황 및 입지분석

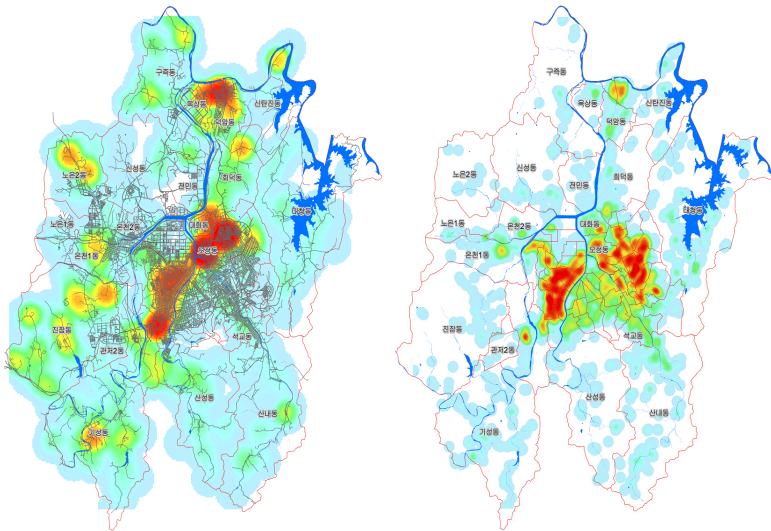
- 단독정화시설
 - 전체 단독정화시설 중 하수관거 연결이 93.0%, 미연결이 7.0%를 차지함
 - 도심의 하수관거 미연결 현황을 보면 오염원조사 재검토가 요구됨

○ 자연형 저감시설의 입지

- 비시가화 지역의 하수관거 미연결 지역 중 밀집도가 높은 지역을 우선시하여 인근 전, 답 및 하천과 가까운 지점을 선정하여야 할 것임



대전시 단독정화시설 현황



대전시 단독정화시설 밀도분석

2절. 정책제언

1) 다양한 조건의 자연형 저감시설의 시범운영

- 다양한 변수를 고려한 자연형 저감시설의 설계
 - 자연형 저감시설 적용대상 마을의 규모, 유입유량, 체류시간, 유입수의 종류, 비점오염물질의 유입여부, 목표 처리수질, 침투량, 수생식물의 종류, 환경교육의 여부 등을 고려한 적정 설계지표를 수립하여야 할 것임
- 원활한 운영을 위한 관리
 - 습지의 준설 : 단독정화 처리수가 유입되는 1번습지는 부유성 오염물질이 침전되어 바닥에서는 혐기성 분해가 일어나 오염원 저감의 한계에 도달하게 됨. 1회/년의 주기로 1번습지 및 2번습지의 오염물질 준설이 필요함
 - 원활한 흐름의 확보 : 습지 모두는 적정 수심을 유지하여 자연유하 흐름을 가져야 하며, 설계 체류시간을 준수해야 함. 1회/년의 습지 흐름 관리를 통해 자연형 저감시설의 기능을 유지할 수 있도록 해야 함
 - 농업용수 사용에의 대응 : 자연형 저감시설이 가뭄이라는 변수에 방해받지 않도록 운영하는 것이 바람직함. 농업용수 사용을 피하지 못할 상황이라면 되도록 수질이 농업용수 사용 기준에 맞는 지점에서 사용할 수 있도록 습지의 특성을 고려하여야 할 것임
- 다양한 운영방법으로의 개선방안 적용
 - 필터 및 여재 : 일반적인 인공습지에 적용되는 토양, 모래, 쇄석 등의 식재기반 재료에서 탈피. 미생물 부착생장 공간제공, 미세한 연속공극을 이용한 여과기능 제공, 순간적인 수분흡수 및 수분유지 기능 제공, 오염물질 흡착기능 제공으로 자연형 저감시설의 처리효율 증대
 - 상하흐름형 습지 : 자연유하식이 아닌 상하흐름을 가지는 습지는 생태

적으로 기능이 떨어지지만 처리효율 및 설치면적 감소의 장점이 있음.
특히 계절과 상관없는 처리효율을 나타내어 소규모 처리시설의 자연형 저감시설 대체 가능성이 높음

○ 시범운영

- 위의 관리방안 및 개선방안 등의 내용은 자연형 저감시설의 적용이 미미한 상황에서 보다 효율적인 방안을 제시한 것임
- 이를 위해 변수를 고려한 다양한 결과를 예측하여 대전시에 적합한 방안으로 시범운영할 필요가 있음
- 보다 깨끗한 환경에서 다양한 생태계와 살아가기 위한 요구가 증대되고 있는 상황에서, 자연형 저감시설의 적용은 다른 대안들보다 훨씬 효율적인 방안이 될 것으로 보임

2) 단독정화시설의 재조사

○ 전국오염원조사

- 하수도시설(하수관거, 하수처리장)과 연결된 시가화 지역에 포함되어 있으면서 단독정화 처리시설로 조사가 되고 있음

○ 조사의 분류 다양화

- 단독정화 처리시설은 합류식 관거에서 분뇨와 같은 고농도 오염물질이 우수토실을 통해 유실되지 않도록 하기 위함임
- 하수도정비기본계획의 경우 단독정화 처리시설의 하수관거와 연결은 합류식 관거의 경우 정상이지만 분류식 관거의 경우 잘못된 조사임
- 전국오염원조사의 경우 단독정화 처리시설의 하수관거 연결은 합류식, 분류식 모두에서 잘못된 조사임
- 이러한 오류를 수정하기 위해 개별 배출되는 단독정화 처리시설을 하수관거 연결여부, 개별배출 여부 등으로 세분류하여 조사할 필요가 있음

참고문헌

- 국립환경과학원 (2014), 수질오염총량관리기술지침, NIER-GP2014-057
- 대전광역시 (2015), 수질오염총량관리 제3단계 기본계획
- 권태영 (2006), 인공습지를 이용한 농촌마을 및 분산지역의 친환경적 하수고도처리, *지반환경* 7(1), pp.11-21
- 서동철 등 (2006), 자연정화공법에 의한 농촌 전원 독립가구 하수처리장치 개발, *한국환경농학회지*, 25(3), pp.202-210
- 김형중 (2009), 자연정화방법을 이용한 수질개선시설의 식물도입 방안, *한국잡초학회지*, 29(2), pp.89-95
- 나원종 등 (1999), 하천자연정화공법 및 부지 선정사례 소개, *대한환경공학회 1999추계학술연구발표회*, pp.5-6
- 김아름 등 (2011), 자연정화공법을 이용한 소형 축산폐수처리장치의 최적애재 선정, *한국토양비료학회지*, 44(2), pp.285-292

