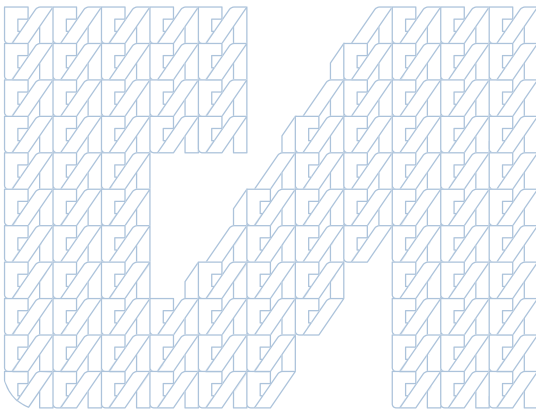


대전천 악취 원인 및 대책 방안

이재근



정책연구 2023-08

대전천 악취 원인 및 대책 방안

이 재 근

연구책임

• 이재근 / 공간환경연구실 책임연구위원

공동연구

- 이은재 / 공간환경연구실 책임연구위원
- 문충만 / 공간환경연구실 책임연구위원
- 김혜영 / 도시정보센터

정책연구 2023-08

대전천 악취 원인 및 대책 방안

발행인 김 영 진

발행일 2023년 06월

발행처 대전세종연구원

34863 대전광역시 유성구 전민로 37

전화: 042-530-3500 팩스: 042-530-3528

홈페이지 : <http://www.dsi.re.kr>

인쇄: (주)믹스위즈 TEL 070-8279-3343

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

■ 연구배경 및 필요성

- 연구배경
 - 악취에 대한 민원 및 개선요구는 과거 공장과 같이 생산시설의 악취에 한정되었던 것이 생활악취까지 그 대상이 포함되고 있음
- 대전시 하천에서의 악취 문제 발생
 - 대전시와 같이 한정된 장소에 산업화 및 도시화가 진행되면서 하수관거와 같이 다양한 배출원의 악취가 주거지역과 인접하여 확산되어 민원이 증가하는 상황임
 - 특히 시민들이 많이 이동하는 대전천의 목척교 인근, 대전천 하류 등에서 악취가 발생하고 있음을 확인할 수 있었음
- 악취문제의 개선 필요성 파악
 - 대전시는 하천에 대한 친수공간을 구축하는 정책을 지속적으로 제시하고 있으며, 이를 더욱 활성화하기 위해서는 시민들이 자주 활동하는 지역에서의 악취 및 수질의 개선이 필요하게 되었음

■ 연구방법 및 주요내용

- 연구방법
 - 감각 오염물질로 구분되는 악취를 이해하기 위하여 악취의 정의, 악취발생원, 유발물질 및 주요 특성을 정리함
 - 현재, 악취공정시험방법에는 공기희석법 및 기기분석법이 있지만 본 연구의 대전시에서는 도심하천의 악취를 평가하기에는 적정하지 않음

- 이에, 과거에 많이 사용되었던 관능측정법을 적용하였으며 악취강도 측정의 주의사항을 준수하여 실시하였음
- 악취의 문제 및 개선방안에 대한 다양한 사례를 살펴보기 위하여 도심하천을 대상으로 한 다양한 문헌을 조사함

○ 주요내용

- 민원해소, 친수환경 조성에 필요한 악취개선의 구체적 필요성을 제안함
- 판정요원에 의한 관능측정법 악취측정의 결과를 제시함
- 도심하천인 대전천에서 발생하는 악취의 문제점을 확인한 후 이를 개선할 수 있는 방안을 제안함

■ 연구결과

1) 대전천 하천의 현황

- 옥계교 지점은 4~6월에 다른 시기보다 높은 수질을 보이지만 양호한 수질을 보여 전체적으로 큰 문제를 보이지는 않음
- 대전천1 지점은 계절별 수질의 차이를 보이며 5~6월에 3.71~4.12 mg/L를 나타내어 악취가 발생할 여지를 나타냄
- 대전천2 지점은 3~8월에 1.36~2.06 mg/L로 오랜 기간동안에 악취가 발생할 여지를 나타내었음
- 대전천3 지점은 3~7월에 1.97~5.90 mg/L를 나타내어 수질의 변화가 크고 오염정도가 높아 악취의 발생 가능성이 가장 높았음

2) 대전천 우수토실의 현황 및 검토

- 대전천에는 많은 우수토실이 있으며, 그 인근에서 악취가 발생하고 있음

- 커튼을 설치하여 악취의 확산을 막는 경우가 많음
- 스크린 설치로 협잡물이 차집관거에 유입하는 것을 막고 있지만, 협잡물이 쌓이면 집중호우 시 CSOs이 유출되어 악취가 발생하는 경우가 있음

3) 대전천 악취 조사방법의 선정

- 악취공정시험기준에는 특정 물질을 측정하기 위한 기기분석법 및 복합 악취물질을 측정하기 위한 공기희석관능법을 제시하고 있음
- 대전천은 산업단지와 같이 사업체의 특정 물질에 의해 악취를 유발하지 않으며, 악취 강도가 작아 공기희석법을 적용하기에는 어려움
- 특히 대전천은 산업단지와 달리 하천공간을 활용하며 느끼는 악취를 평가해야 하므로, 과거부터 사용되어 왔던 관능시험법을 사용하기로 함
- 관능시험법을 진행하기 위해 평가요원의 평가가 중요하여 교육, 훈련 및 평가방법 등 악취강도 평가방법을 제시하였음

4) 악취조사 지점의 선정

- 악취 조사지점은 가양천, 대동천(북부교), 세월교, 현암교, 돌보4, 목척교, 돌보3, 대사천, 보문교, 돌보2, 천석교, 돌보1, 가오교의 총 13개 지점을 선정하였음



- ① 가양천 : 대동천의 지류로 비교적 많은 유량이 유입되고 있음. 대부분이 복개되어 있어 순수 하천이라기 보다는 우수관거의 형태로 유지가 되고 오점 및 불법유출에 대한 확인할 할 수 없는 어려움이 있음. 특히 모니터링 시간에 따라 악취의 정도가 크게 다른 특징을 가짐
- ② 대동천(북부교) : 비교적 많은 사람들이 대전천과 대동천을 이용하면서 북부교를 이용하여 악취에 대한 민감도가 높음
- ③ 세월교 : 대전천 최하류에 위치하며 주민들이 하천 바로 옆을 이용하지 못해 악취에 대한 민감도가 높지 않지만, 강수 후에 인근 주민들이 악취에 대한 불편함을 느끼는 경우가 많음
- ④ 현암교 : 하천 표면 바로 위를 가로지르는 교량으로 접근성이 높지 않아 악취에 대한 민감도는 높지 않음. 도보 및 자전거의 이용 시 일부 시민들이 악취의 불편을 느낄 수 있음
- ⑤ 돌보4 : 주위에 주거지역, 교육시설, 상업시설들이 집중되어 있고 하천과의 거리가 매우 가까워 악취에 대한 민감도가 높은 지역임
- ⑥ 목척교 : 대전천 지점 중에 중앙로, 성심당 등 상업시설이 가장 집중되어 있으며 하천과의 거리가 매우 가까워 악취에 대한 민감도가 매우 높은 지점임
- ⑦ 돌보3 : 주위에 주거지역, 교육시설, 중앙시장 등 상업시설들이 집중되어 있으며 하천과의 거리가 매우 가까워 악취에 대한 민감도가 높은 지점임
- ⑧ 대사천 : 보문산에서 발생한 빗물 등을 대전천에 연결하는 복개하천임. 대사천 인근에 체육시설, 교육시설, 상업시설 등이 많이 입지하고 있어 악취에 대한 민감도가 높음. 상시적으로 악취를 느낄 수 있어 많은 지점에서 오점이 발생하고 있음을 예측할 수 있음
- ⑨ 보문교 : 인근에 공동주택, 상업단지 등이 입지하여 대전천을 산책 등으로 이용하는 주민들이 많아 악취에 대한 민감도가 높은 지점임
- ⑩ 돌보2 : 인근에 공동주택, 상업단지 등이 입지하여 악취에 대한 민감도

가 높은 지점임. 대전천을 산책 등으로 이용하는 주민들이 많음

- ⑪ 천석교 : 인근에 저밀도 주거시설이 입지하고 북쪽으로는 등산로가 있어 악취에 대한 민감도가 일부 있음
- ⑫ 돌보1 : 인근에 저밀도 주거시설 및 대전석교초등학교와 같은 교육시설이 입지하고 북쪽으로는 등산로가 있어 악취에 대한 민감도가 일부 있음. 인근 쪽방의 정자를 이용하는 주민들이 있지만 하천의 악취에 영향을 받지 않음
- ⑬ 가오교 : 인근에 중밀도 주거시설이 입지하고 하상부지에 주민편의시설이 있어 악취에 대한 민감도가 있음. 상류 약 820 m 지점인 옥계교부터 국가하천으로 관리가 되고 있음

5) 악취강도 평가 결과

○ 관능측정법을 위한 악취평가표

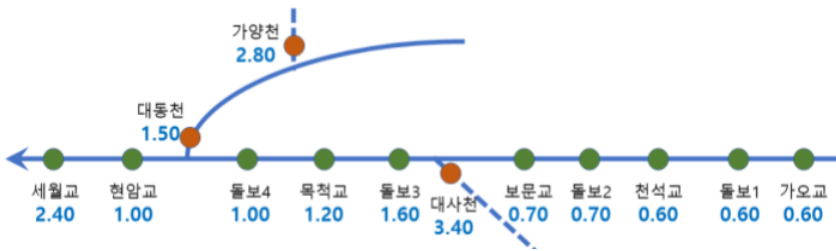
- 악취는 다음의 표를 기준으로 악취강도를 구분하고 그 정도를 설명함

강도	구분	설명
0	무취	평상시 후각으로 아무것도 감지하지 못하는 상태
1	감지 취기	무슨 냄새인지 알 수 없으나 무언가를 느낄 수 있는 정도의 상태
2	보통 취기	무슨 냄새인지 구분할 수 있는 정도의 상태
3	강한 취기	쉽게 감지할 수 있는 정도의 강한 냄새. 병원에서 특유의 크레졸 냄새
4	극심한 취기	아주 강한 냄새, 여름철 재래식 화장실 냄새를 느낄 수 있는 정도
5	참기어려운 취기	견디기 어려운 강렬한 냄새로서 호흡이 정지될 것 같이 느껴지는 정도

○ 2023년 5월 15일 (판정요원 10인)

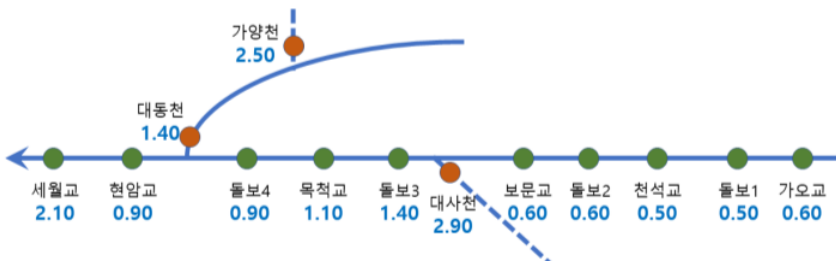
- 가양천의 악취강도는 1.80이 산정되어 양호하였는데, 과거 답사에 비하

- 여 낮은 악취강도를 나타내어 추가적인 조사를 진행할 필요가 있었음
- 악취강도를 평가요원이 측정한 결과 대사천은 4.20로 산정되어 가장 높은 강도를 나타내어 조속한 관리가 요구되었음
 - 대전천 하루일수록 악취강도가 높아지는 것으로 나타났으며, 이는 하루로 갈수록 다양한 오염원이 누적되었기 때문으로 판단됨
 - 보문교보다 상류의 지점에서는 대부분 악취강도가 0이나 1로 표현되어 악취의 문제는 거의 없는 것으로 나타남



○ 2023년 6월 1일 (판정요원 8인)

- 2회차 평가에서는 1회차와 비슷한 결과를 보였으며 가양천의 평균강도는 높아져 3.13으로 나타났으며, 대사천의 평균강도가 낮아져서 3.63으로 변화하였음



○ 2023년 6월 1일 (가양천, 대사천의 연속 악취 평가, 판정요원 5인)

- 악취가 심한 2개 하천에 대해서 연속 악취평가를 실시하였으며 1회는 8인, 2~4회는 5인이 실시하였음

- 가양천은 2.20~3.40으로 악취강도의 편차가 크게 나타나 시간에 따른 오염물질 배출의 변화가 있었음. 이는 시간에 따라 오염물질을 배출하는 시설이 있음을 의심할 수 있었음
- 대사천은 3.63~4.00으로 가양천보다 악취강도가 컸으며 시간에 상관없이 지속적으로 오염물질이 유입되는 것으로 판단할 수 있음

■ 향후 대전천 악취관리를 위한 정책건의

1) 대전천 유입 오염하천의 수질 개선

(1) 가양천

○ 관거오점 등 하수관거 정비

- 우선적으로 악취가 심한 가양천 일대의 오점 및 오수/우수 분리벽이 잘 설치되어 있는지 확인하고 이를 개선할 필요가 있음

○ 퇴적 유기물의 준설

- 구배가 낮은 지역의 하수관거는 다른 하수관거보다 짧은 주기로 퇴적 유기물을 준설함으로써 퇴적물에 의해 발생하는 악취를 개선할 수 있음

○ 미생물 및 산소공급에 의한 혐기성 악취의 제어

- 산소농도의 증대는 호기성 조건을 높여줌으로써 악취와 수질을 개선시킬 수 있음. 가양천에 맞는 산기장치의 적용은 수질개선과 함께 휘발성 물질을 제거함으로써 악취 문제를 개선할 수 있음

(2) 대사천

○ 관거오점 등 하수관거 정비

- 대사천 일대는 다양한 주거지역, 영업지역, 체육시설 등이 존재하고 있

음. 대사천 인근지역을 중심으로 오점 및 오수/우수 분리벽이 잘 설치되어 있는지 확인하고 이를 개선하여야 함

○ 퇴적 유기물의 준설

- 구배가 낮은 지역의 퇴적이 확인되면 다른 하수관거보다 자주 퇴적 유기물을 준설함으로써 퇴적물에 의해 발생하는 악취를 개선할 수 있음

○ 미생물 및 산소공급에 의한 혐기성 악취의 제어

- 미생물 투입 및 산소농도 증대는 혐기성 조건을 높여 악취와 수질을 개선시킬 수 있음. 대사천에 적합한 산기장치의 적용은 수질개선과 함께 휘발성 물질을 제거함으로써 악취 문제를 개선할 수 있음

2) 우수토실의 스크린 관리 및 CSOs의 관리

(1) 우수토실 스크린

○ 스크린의 관리에 의한 악취 차단

- 여름 장마철을 중심으로 우수토실 스크린을 주기적으로 관리하여 스크린의 폐쇄이 오수의 흐름을 막아 하천에 유출되지 않도록 하여야 함
- 관리가 어렵거나 규모가 큰 유역의 경우 시설 개선공사를 통해 누수가 없고 자동청소가 되는 우수토실을 적용할 수 있음

○ LID 등의 도입에 의한 하수관거에의 빗물유입량 감소

- 합류식 유역에 침투능력을 강화하는 LID 시설을 도입함으로써 하수관거 및 차집관거에 수집되는 ‘오수+우수’의 양을 줄일 필요가 있음
- 대전천 유역의 비점오염원관리지역 지정 및 도시개발 사업을 추진하는 단계에서 환경친화 기법인 LID의 적용을 적극적으로 반영하여 악취의 개선에 기여할 수 있을 것임

3) 악취 구간의 환경 개선 및 모니터링 진행

○ 정기 모니터링의 진행

- 대전천 악취 모니터링은 하천 이용의 쾌적성을 살펴보는 목적을 가지고 있으므로 기기분석에 의한 모니터링 및 무취공기를 혼합하는 공기희석 관능법보다는 현장에서의 관능시험법을 통한 모니터링의 진행이 적합함
- 악취의 다양한 특성을 파악하기 위해서는 계절 및 강수 패턴을 고려하여 악취 정도가 높은 시기에 년 4회 이상 진행할 필요가 있음
- 악취 모니터링은 용역의 시행보다는 민간모니터링 거버넌스를 통하여 악취민원의 원인을 자발적으로 확인할 필요가 있음. 또한, 해당 행정기관은 모니터링 결과를 반영하여 악취개선을 위한 다양한 방안을 제안하여야 할 것임

4) 기타 오염물질 유입의 관리

(1) 도로의 오염물질 배출 개선

○ 도심 비점오염물질 제거를 위한 LID 적용

- LID를 적용한 도로 등 대지의 투수능력 증가는 비점오염물질의 배출을 감소시키는 방법이지만 적용장소의 제한 및 많은 비용의 소요로 처리시설을 적용할 필요가 있음

○ 비점오염 저감을 위한 여과형시설의 적용

- 여과형 시설은 강우유출수를 침전, 부유, 여과, 흡착 등의 기작을 이용해 처리하는 시설로 다른 장치형 시설에 비해 높은 처리효율을 가지며 용존성 오염물질도 처리가 가능함

○ 비점오염 저감을 위한 수리동력 분리장치(HDS)의 적용

- 원심력에 의해 분리되는 처리시설이 다양하게 있으며 처리효율은 여과

형 시설에 비해 다소 낮음. 유출수 처리에 적합한 것으로 보고되고 있으며, 주로 합류식 하수관거 월류수의 부유성 물질 및 침전성 물질의 제어에 적합함

○ 비점오염 저감을 위한 저류형시설의 적용

- 저류형 시설은 비점오염물질 및 우수유출수의 유출을 저감하기 위한 가장 일반적인 방법임. 유역 말단부에 설치되어 유입된 우수 및 CSOs를 조절할 목적으로 설치가 되고 있음

(2) 악취관리 계획의 수립

○ 대전천 유역 악취관리 계획

- 악취관리지역 외의 사업장 관리는 잘 이루어지지 못하고 있음
- 대전천의 악취민원 대부분은 특정의 시설로 원인을 집중하기 어려워 악취관리지역의 지정으로 인한 자금지원에서 포함되기 어려운 상황임
- 이에 다음과 같은 악취관리 제안
 - ① 악취관리지역과 상관없이 악취에 대한 감독과 지원이 이루어져야 함
 - ② 악취배출의 원인에 대한 주기적인 조사가 필요함
 - ③ 대전천의 악취는 관능법으로 관리가 가능하지만 체계적 악취관리를 위해서는 공기희석관능법과 기기분석법의 분석도 필요함

차 례

1장 연구의 개요	1
1절. 연구의 배경 및 필요성	3
2절. 연구의 목적	5
3절. 연구방법 및 주요내용	6
2장 대전천의 특징 및 악취문제	7
1절. 대전천의 현황 및 특징	9
2절. 악취 유발물질의 정의	21
3절. 도시하천 악취 선행연구 검토	30
3장 대전천의 악취조사 및 관리방안	45
1절. 대전천 악취조사 지점의 선정 및 방법	47
1. 악취조사 지점	47
2. 악취조사 방법	53
2절. 악취조사 결과	61
3절. 악취 저감방안의 제안	66
4장 결론 및 정책제언	75
1절. 결론	77
2절. 정책제언	79

표 차례

[표 2-1] 생활악취의 일반적인 분류기준	24
[표 2-2] 사업체악취의 일반적인 분류기준	25
[표 3-1] 대전천 악취조사 지점	48
[표 3-2] 본 연구에서의 악취강도 구분	59
[표 3-3] 대전천 대상 관능측정법에 의한 악취 평가표(예시)	60
[표 3-4] 대전천 관능측정법 결과 - 1	63
[표 3-5] 대전천 관능측정법 결과 - 2	64
[표 3-6] 대전천 관능측정법 결과 - 3	65

그림 차례

[그림 2-1] 국가하천 대전천 시작점	9
[그림 2-2] 대전천 수질 모니터링 지점	10
[그림 2-3] 대전천 주요지점의 수질	11
[그림 2-4] 대전천의 우수토실 모습	12
[그림 2-5] 대전천 하류 및 대동천 하류의 우수토실 현황	13
[그림 2-6] 대전천 중류-2 및 대동천 상류의 우수토실 현황	15
[그림 2-7] 대전천 중류-1의 우수토실 현황	17
[그림 2-8] 대전천 상류의 우수토실 현황	19
[그림 3-1] 대전천 및 대동천의 악취 모니터링 지점	49
[그림 3-2] 돌보4 지점에서 바라본 목척교	50
[그림 3-3] 대전천 중류 및 하류의 악취 모니터링 지점	51
[그림 3-4] 보문교 지점에서 바라본 목척교	52
[그림 3-5] 자동희석장치의 구성	55
[그림 3-6] 판정요원들의 악취 평가표 작성 - 1	62
[그림 3-7] 판정요원들의 악취 평가표 작성 - 2	62
[그림 3-8] 대전천 관능측정법 결과 - 1	64
[그림 3-9] 대전천 관능측정법 결과 - 2	65
[그림 3-10] 가양천의 오염물질 유출 현황	66
[그림 3-11] 대사천의 오염물질 유출 현황	68
[그림 3-12] 하천 악취 개선을 위한 산소공급기 사례	69

[그림 3-13] 오수의 역류 및 악취제거를 위한 우수토실 적용 사례	70
[그림 3-14] 도심의 침투능력 향상을 위한 LID기법 사례	70
[그림 3-15] 민간환경감시단을 활용한 악취모니터링 사례	71
[그림 3-16] 여과형 시설 중 Storm Filter(좌) 및 Aqua Filter(우)	72
[그림 3-17] 수리동력 분리장치(HDS)	73
[그림 3-18] 지하조절지의 표준단면	73

연구의 개요

- 1절. 연구의 배경 및 필요성
- 2절. 연구의 목적
- 3절. 연구방법 및 주요내용

1장 연구의 개요

1절. 연구의 배경 및 필요성

1) 배경

○ 악취 관점의 변화

- 악취는 소음이나 진동과 같은 인간 감각기관인 후각을 자극하여 쾌적 및 불쾌적을 표출하는 감각공해로 표현되고 있음
- 후각은 악취의 피해를 감지하는 기관임과 동시에 악취에 대한 가장 중요한 측정 도구임. 과거 17세기 영국에서는 커피 볶는 냄새가 악취로 느끼는 경우도 있듯이, 후각을 이용하여 냄새를 평가하는 것은 시간, 장소 및 문화에 영향을 받게 됨
- 악취의 규제를 역사적으로 볼 때 나타나는 중요한 특징은 공장과 같이 생산시설의 악취에 한정되었던 대상이 생활악취까지 포함하는 것으로 확대되었다는 것임

○ 대전시 하천에서의 악취 문제

- 악취는 다양한 성분이 낮은 농도로 있어도 사람들의 감각 기관을 자극하게 됨. 발생원이 일상생활과 밀접하는 경우가 많으며 원인물질들과의 복잡한 관계로 인하여 객관적인 평가방법 및 저감대책 수립에 어려움이 있음¹⁾
- 대전시와 같이 협소한 곳에 산업화 및 도시화가 진행되면서 환경기초시설과 같은 다양한 악취의 배출원이 주거지역과 인접하여 증가하고 있어 민원이 증가하는 상황임²⁾

1) 대전대학교 환경문제연구소(1997), 수도권매립지 피해영향조사(악취, 대기질분야), 수도권매립지운영관리조합

2) 정의석(2004), 작간접관능법을 응용한 악취 평가방법 및 해석에 관한 연구, 대전대학교대학원 박사학위논문

- 특히 시민들이 많이 이동하는 대전천의 목척교 인근, 대전천 하류 등에서 악취가 발생하고 있음을 확인할 수 있었음

2) 필요성

○ 악취의 객관화^{3),4)}

- 최근에는 환경 규제와 관련하여 신체적 감각의 역할에 주목하는 연구들이 증가하고 있음
- 스팍맨 등은 20세기 초에 미국 도시용수 관리의 사례에서 세균 이론이 일반화된 후에도 용수규제 방식이 변화하는 데에 신체적 감각이 중요하다고 제시하고 있음
- 사람들은 맛과 향이 익숙하지 않아 염소 소독된 물에 거부감이 있었고, 이로 인해서 물을 공급하는 용수 관리자들은 물의 안전성을 객관화하는 통계적 기법과 더불어 맛과 냄새를 조절하는 방법을 개발하는 다양한 전략들을 동원해야 했음
- 가스 크로마토그래피와 같은 단일물질 농도를 분석하는 방법이 있지만 혼합된 기체들 사이에서 발생하는 냄새의 변화를 측정하지 못하기 때문에 결국에는 사람들의 감각을 매개로 악취를 객관화하게 되었음

○ 악취의 개선

- 대전시는 하천에 대한 친수공간 구축의 정책이 지속적으로 제기되어 있어 이를 활성화하기 위하여는 시민들이 자주 접하게 되는 지역예의 악취 및 수질의 개선이 필요하게 되었음

3) Spackman, C. and Burlingame, G.(2018), Sensory Politics: The Tug-of-war between Potability and Palatability in Municipal Water Production, *Social Studies of Science*, 48(3), pp. 350-371.

4) Spackman, C.(2018), Perfumer, Chemist, Machine: Gas Chromatography and the Industrial Search to “Improve” Flavor, *The Senses and Society*, 13(1), pp. 41-59

2절. 연구의 목적

○ 악취 측정방법의 결정

- 악취공정시험방법을 비롯하여 다양한 악취측정방법을 조사하였으며, 악취가 다양한 물질의 혼합에서 발생하는 복합취기라는 관점에서 악취를 평가할 수 있는 적합성을 검토하였음
- 위의 절차를 거쳐 대전시 하천 및 본 연구에 적용될 수 있는 측정방법을 결정하는데 목적을 두었음

○ 악취의 측정

- 악취의 민원이 제기되고 있는 전반적인 상황을 조사하고, 해당하는 지역의 악취감지 현황을 세밀히 검토할 수 있도록 오염원조사와 더불어 현장의 답사를 거쳐 악취 측정지점을 선정함
- 악취에 민원을 제기하고 있으며, 이를 적정히 수행할 수 있는 지역주민이 직접 참여할 수 있는 절차를 거쳤으며, 측정을 무난히 진행할 수 있도록 교육을 거쳐 악취를 측정하였음
- 이를 거쳐 대전천의 악취를 객관적인 수치를 산정하여 악취가 우선적으로 개선되어야 할 지점을 제안하는데 목적을 두었음

○ 악취 저감방법의 제안

- 악취는 산업체, 가정, 자연 등에서 다양하게 배출이 되고 있으며 이들에 대한 사례를 문헌으로 검토하였음
- 특히 대전시 대전천과 같이 도심하천에서 발생하고 있는 사례를 검토하여 문제점 및 개선사례를 조사하였음
- 위의 내용을 종합하여 대전천의 악취문제를 해결할 수 있는 개선방안을 제안하는데 목적을 두었음

3절. 연구방법 및 주요내용

1) 연구방법

- 악취에 대한 인식
 - 감각 오염물질로 구분되는 악취를 이해하기 위하여 악취의 정의, 악취발생원, 유발물질 및 주요 특성에 대하여 정리함
- 악취 측정방법의 결정
 - 현재 악취공정시험방법에는 공기희석법 및 기기분석법이 있지만 본 연구에서과 같이 도심하천의 악취를 평가하기에는 적정하지 않음
 - 이에 과거에 많이 사용되었던 관능측정법을 적용하여 측정의 주의사항을 준수하여 실시하였음
- 국내외 문헌의 검토
 - 악취에 대한 다양한 사례를 살펴보기 위하여 도심하천을 대상으로 한 다양한 문헌을 조사하였음

2) 주요내용

- 도심하천에 대한 악취개선의 중요성 제안
 - 민원해소, 친수구역 조성에 필요한 악취개선의 구체적인 필요성의 제안
- 대전천의 악취측정 결과
 - 판정요원에 의한 관능측정법 악취측정의 결과의 제시
- 대전천의 악취문제 개선방안 제안
 - 도심하천인 대전천에서 발생하는 악취의 문제점을 확인한 후에 이를 개선할 수 있는 방안을 제안

대전천의 특징 및 악취문제

- 1절. 대전천의 현황 및 특징
- 2절. 도시하천 악취문제
- 3절. 도시하천 악취 선형연구 검토

2장

2장 대전천의 특징 및 악취문제

1절. 대전천의 현황 및 특징

1) 대전천 하천현황

○ 대전천 유역 특징

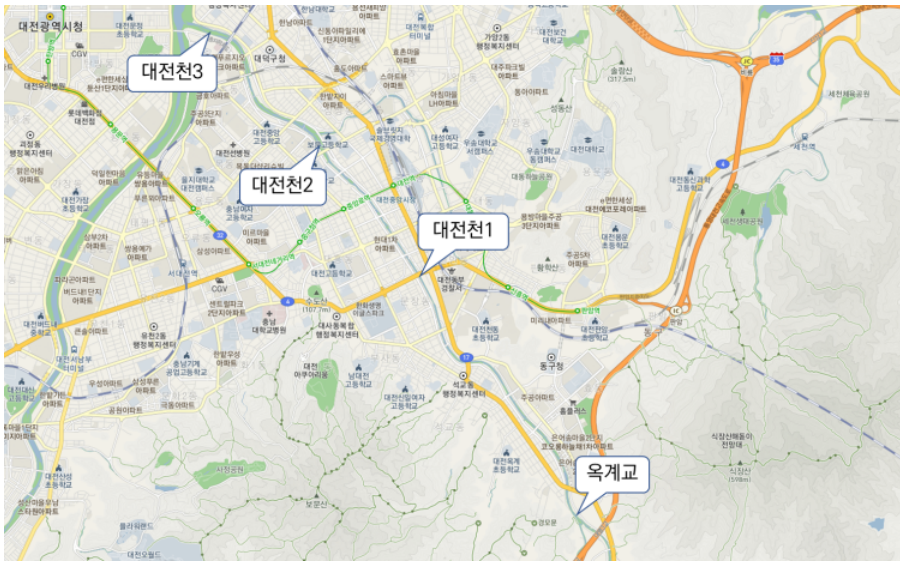
- 대전천 상류(옥계교 상류)는 작은 부락으로 형성되어 있는 경우가 많으며 건설폐기물 처리시설, 수련시설, 제조시설, 요양시설 등이 간헐적으로 입지함
- 하류(옥계교 하류)에는 도로로 복개되어 없어진 하천의 흔적을 다수 찾을 수 있었으며, 원도심에는 하수관거 오점 등에 의한 오수의 유출 및 토지계 오염의 유출 특성이 있음
- 본 연구에서는 상류의 악취 문제가 거의 없어 하류에 해당하는 유역을 세분화하여 중류-1 / 중류2 / 하류로 구분하여 검토하였음



[그림 2-1] 국가하천 대전천 시작점

○ 대전천 수질 모니터링 지점

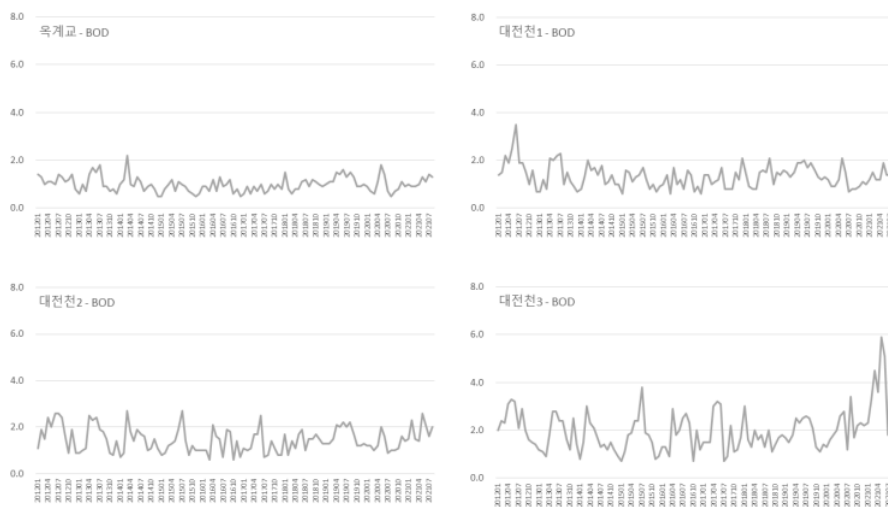
- 대전시 보건환경연구원에서는 매월 1회 대전천에 해당하는 옥계교, 대전천1, 대전천2, 대전천3 지점의 수질을 측정하고 있음
- 옥계교 지점은 국가하천과 지방하천의 경계에 해당하며 구도심과 도심 외 지역을 구분할 수 있음
- 대전천1 지점은 원도심 중심의 지역으로 인근 하류에 대사천이 유입되며 CSOs 관거의 영향을 많이 받고 있음
- 대전천2 지점은 대전천의 지류인 대동천이 합류하기 직전으로 대전시 구도심에 해당하는 대부분을 포함하고 있음
- 대전천3 지점은 대전천이 유등천에 합류하기 직전으로 대전천의 최종오염의 누적된 특성을 알 수 있음



[그림 2-2] 대전천 수질 모니터링 지점

○ 대전천 수질 모니터링 검토

- 다음의 [그림 2-1]에는 대전천 주요 지점의 BOD 수질변화를 나타내었음. BOD는 물 속에 녹아있는 용존산소의 소비경향을 나타내는 것으로 산소로 인해 산화되는 오염물질이 많을수록 높은 수치를 나타내며 혐기 성분해로 인한 냄새 발생의 가능성을 나타냄
- 옥계교는 4~6월에 다른 시기보다 높은 수질을 보이고 있지만 높지 않은 농도를 보여 큰 문제를 보이지는 않음
- 대전천1은 계절별 차리를 보이며 5~6월에 3.71~4.12 mg/L를 나타내어 악취가 발생할 여지를 나타냄
- 대전천2는 3~8월에 1.36~2.06 mg/L로 오랜 기간에 악취가 발생할 여지를 나타내었음
- 대전천3은 3~7월에 1.97~5.9 mg/L를 나타내어 수질의 변화가 커 악취발생 가능성이 가장 높았음



[그림 2-3] 대전천 주요지점의 수질

2) 대전천 우수토실 및 인근 현황⁵⁾

○ 우수토실의 정의

- 우수토실은 합류식 지역에서 강수 시에 오수로 하수처리장에서 처리하는 유량 외에는 하천이나 바다로 방류하게 되는데 이를 위해 만들어지는 탱크로 월류하는 독을 가지고 있음
- 바람직한 하수처리의 방식은 분류식으로 발생한 오수가 100% 하수처리장으로 이송되는 것이 바람직하지만, 우수관거와 오수관거를 따로 설치하여야 하는 재정적 부담으로 하수관거 설치 초기에는 ‘합류식관거 + 우수토실’의 설치가 많이 이루어졌음
- 이러한 우수토실 설치지역의 문제는 강수시에 하수처리장에 이송되지 못하는 월류 오염물질(CSOs)이 하천을 오염시키고 그에 따른 악취가 발생하고 있음. 더불어 해당 도심에 내린 빗물이 합류식관거에 유입되어야 하는 구조로 이루어져 있어 생활오수의 악취가 도심에 직접 노출되는 문제점을 가지고 있음

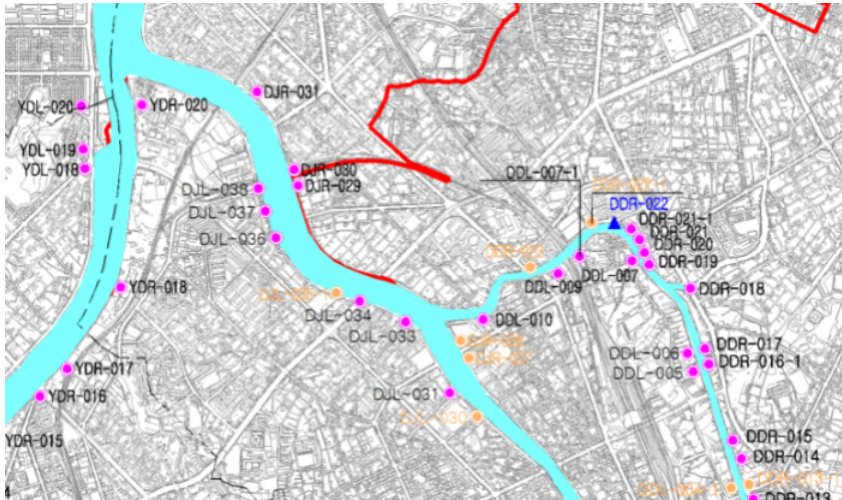


[그림 2-4] 대전천의 우수토실 모습

5) 대전광역시(2018), 대전광역시 하수도정비기본계획(변경), 우수토실대장

○ 대전천 하류 및 대동천 하류

- 대동천은 2010년대 후반 관로정비가 많이 이루어져 개선이 많이 되었으며, 대전천 하류는 차집관거 규모가 부족해 CSOs의 유출이 빈번함



[그림 2-5] 대전천 하류 및 대동천 하류의 우수토실 현황

○ DDR-014(대동천 하류)

- 인근의 지반이 대동 173-79, 하수처리인구 16,318인, 배수면적 1.462 km²로 스크린이 설치되어 있고 외수위의 영향을 받음



○ DJR-031(대전천 하류)

- 인근의 지반이 오정동 767-2, 하수처리인구 7,875인, 배수면적 0.539 km²로 스크린이 설치되어 있고 외수위의 영향을 받음



○ DJL-034(대전천 하류)

- 인근위치로 현암교, 하수처리인구 11,518인, 배수면적 0.694 km²로 스크린이 설치되어 있고 외수위의 영향을 받음

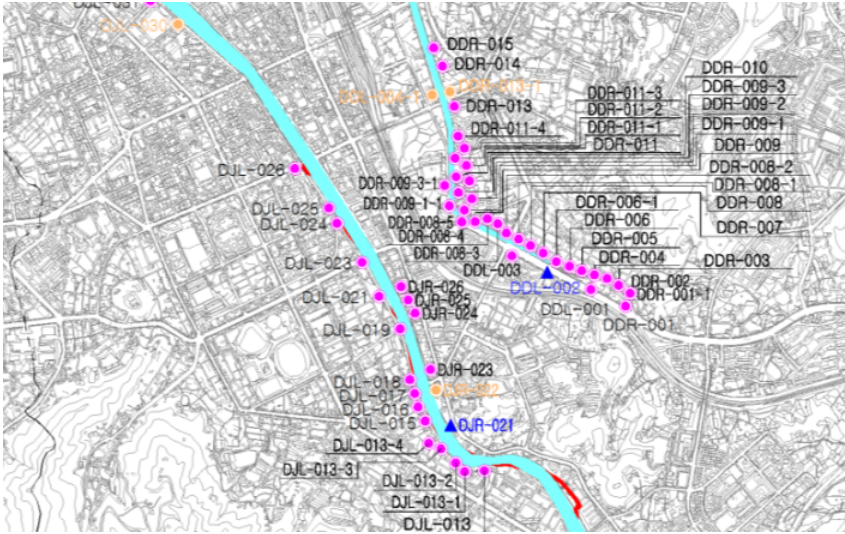


○ 악취 일반

- 대부분의 지역이 합류식으로 구성되어 있으며 배수면적 및 하수처리인구가 많아 많은 오수로 인한 악취발생 가능성이 높음
- 답사 결과 대전천 하류에서는 악취가 일상적으로 느낄 수 있으며, 강수 이후에는 CSOs에 의한 악취를 더 쉽게 느낄 수 있음

○ 대전천 중류-2 및 대동천 상류

- 대동천은 2010년대 후반 관로정비가 많이 이루어져 개선이 많이 되었으며, 대전천 중류는 대전시에서 시민들이 하천을 많이 바라보고 활용하는 지역임



[그림 2-6] 대전천 중류-2 및 대동천 상류의 우수토실 현황

○ DDR-013(대동천 상류)

- 인근의 지면이 대동 161-2, 하수처리인구 25,177인, 배수면적 3.657 km²로 스크린이 설치되어 있고 외수위의 영향을 받음



○ DJL-019(대전천 중류)

- 인근의 지반이 문창동 113-5, 하수처리인구 6,749인, 배수면적 0.714 km²로 스크린이 설치되어 있고 외수위의 영향을 받음



○ DJL-024(대전천 중류)

- 인근의 지반이 문창동 10-12, 하수처리인구 15,292인, 배수면적 1.556 km²로 스크린이 설치되어 있고 외수위의 영향을 받음

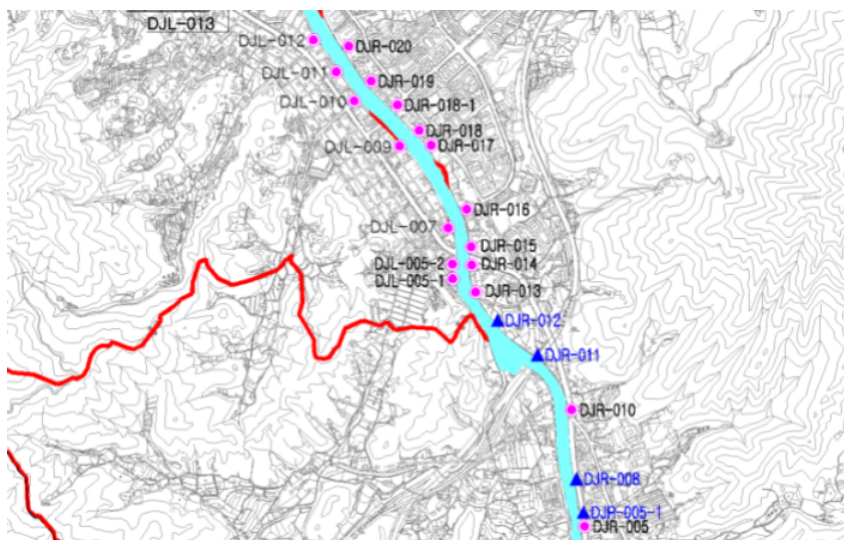


○ 악취 일반

- 대부분이 합류식으로 배수면적 및 하수처리인구가 많아 많은 오수로 인한 악취발생 가능성이 높음. 우수토실로 연결되는 하수관로는 과거에 하천이었던 복개하천으로 하천수와 오수가 혼합되지 않도록 유의할 필요가 있음
- 답사 결과 대전천 중류-2에서는 악취가 미미하지만 일상적으로 느낄 수 있으며, 강수 이후에는 CSOs에 의한 악취를 더 쉽게 느낄 수 있음

○ 대전천 중류-1

- 대전천 중류는 도심의 외곽이라고 할 수 있으며 상업단지가 적으며 인구가 많지 않아서 오염물질의 배출이 많지 않음. 합류식 지역으로 강수시에 CSOs의 배출이 있음



[그림 2-7] 대전천 중류-1의 우수토실 현황

○ DJL-005-1(대전천 중류)

- 인근의 지번이 옥계동 158-7, 하수처리인구 18인, 배수면적 0.007 km²로 스크린이 설치되어 있지 않으며 외수위의 영향을 받음



○ DJL-007(대전천 중류)

- 인근의 지반이 옥계동 194-12, 하수처리인구 1,504인, 배수면적 0.256 km²로 스크린이 설치되어 있고 외수위의 영향을 받음



○ DJR-018(대전천 중류)

- 인근의 지반이 가오동 374-34, 하수처리인구 1,570인, 배수면적 0.125 km²로 스크린이 설치되어 있고 외수위의 영향을 받음

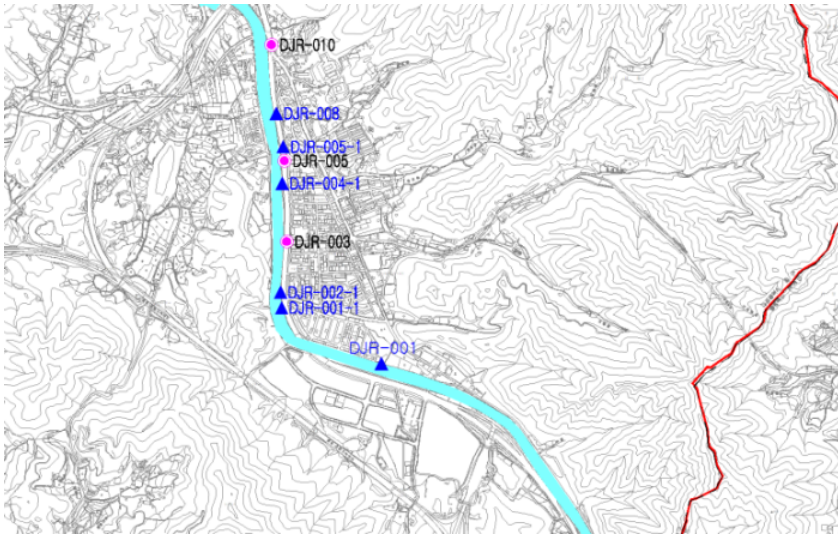


○ 악취 일반

- 대부분이 합류식이며 하수처리인구가 대부분 적은 상황으로 우수토실이 잘 관리되면 하류에 비하여 악취발생 가능성이 적음. 하수관거에 하천수와 오수가 한꺼번에 흐르는 곳은 서로 혼합되지 않도록 유의할 필요가 있음
- 답사 결과 대전천 중류-1에서는 악취가 미미하지만 일상적으로 느낄 수 있으며, 강수 이후에는 CSOs에 의한 악취를 더 쉽게 느낄 수 있음

○ 대전천 상류

- 대전천 상류는 대전 도심 최외곽으로 우안으로 공동주택단지가 있으며 그보다 상류에 산지가 있음. 하천의 유역이 넓어 하천과 오수를 하나의 관거에서 배제하는 방식을 많이 사용하고 있음



[그림 2-8] 대전천 상류의 우수토실 현황

○ DJR-003(대전천 하류)

- 인근의 지반이 대별동 364-55, 하수처리인구 2,684인, 배수면적 2.818 km²로 스크린이 설치되어 있고 외수위의 영향을 받음



○ DJR-005(대전천 하류)

- 인근의 지반이 낭월동 659, 하수처리인구 547인, 배수면적 2.733 km²로 스크린이 설치되어 있고 외수위의 영향을 받음



○ DJR-010(대전천 하류)

- 인근의 지반이 대성동 266, 하수처리인구 618인, 배수면적 0.851 km²로 스크린이 설치되어 있고 외수위의 영향을 받음



○ 악취 일반

- 부분 분류식인 곳이 많으며 넓은 배수면적에 비하여 하수처리인구가 많지 않은 상황임. 우수토실로 연결되는 하수관로는 과거에 하천이었던 복개하천으로 하나의 Box에 차수벽을 설치하여 하천수와 오수의 흐름을 분류하고 있으므로 서로 혼합되지 않도록 유의할 필요가 있음
- 답사 결과 대전천 상류에서는 악취를 거의 느낄 수 없었으며, 강수 이후에는 악취를 약간 느낄 수 있음

2절. 악취 유발물질의 고찰

1) 악취 및 유발물질의 정의

○ 유발물질

- 지구상에 존재하며 물리화학적 특성에 따라 다양한 화합물이 존재하며 화합물 중에 공유결합 탄소를 가지고 있는 유기화합물의 종류는 약 270만개 정도임⁶⁾
- 이러한 유기화합물은 일반적으로 약한 전해질 또는 비전해질인데 끓는점과 녹는점이 낮은 특성을 가지고 있음
- 낮은 끓는점은 구성원소 사이의 인력으로 자유로우며 대기 중에서 증기 혹은 가스상태로 존재하기 쉽다는 것을 말함

○ 냄새와 악취

- 냄새는 코 속 후각세포가 화학물질로 인해 좋은 기분이 생성되는 향기와 불쾌감이 생성되는 악취를 모두 포함함
- 이 중에서 악취방지법에서는 악취를 황화수소, 메르캅탄류, 아민류, 그 밖에 자극성 있는 물질이 사람의 후각을 자극하여 불쾌감과 혐오감을 주는 냄새라고 정의하고 있음⁷⁾
- 즉, 악취는 여러 성분이 혼합된 상태로 존재하면서 사람의 후각을 자극하여 인간의 쾌적한 정서 생활과 나아가서는 건강에 피해를 주는 나쁜 냄새를 의미함⁸⁾

○ 냄새발생의 요건

- 어떠한 물질이 냄새를 유발하기 위해서는 휘발성 외에 추가적인 성질을 가지고 있어야 함

6) 대학교재편찬위원회(1990), 대학기초화학, 자유아카데미, p.438

7) 악취방지법(2021), 제2조(정의), 환경부 대기관리과

8) 한국냄새환경학회(2003), 시화·반월지역의 악취배출원조사 및 저감방안 연구

- 냄새유발 물질의 화학적 조성과 분자구조를 냄새와 연관시키려는 많은 노력이 있지만 의미 있는 연관성을 가지기 쉽지 않았음
- 냄새를 가지는 물질이 일정 수준의 극성을 가지지만 단순하게 극성을 결정하는 화학적 구조에 따라 냄새의 유무가 결정되지 않음
- 냄새는 조성기 배열에 의해 발생하는 물리적 차이에서 여부가 결정되는 것으로 알려져 있으므로, 냄새와 물질 구조 사이에는 상관성이 없다고 언급되기도 함⁹⁾

○ 악취의 판단

- 이와 같이 다양한 화합물 중에 냄새 유발물질의 구분이 명확하지 않고, 큰 차이는 없지만 냄새에 대한 감각이 남성보다는 여성이 민감하고, 높은 연령에서 취기감지 능력이 낮아지는 생리학적 특성도 있음
- 냄새의 자극에 반응하는 후각은 상쾌 및 불쾌를 판단하는 반응 정도가 다른 감각보다 예민하여 개인에 따라 차이가 크게 나타남
- 이에, 악취유발물질의 정의는 물리적 혹은 화학적 특성보다는 냄새에 반응하는 사람들의 정신물리학적 관점에서 판단하는 것이 더욱 바람직할 것으로 판단됨
- 결국, 악취유발물질은 “인간의 후각에 영향을 미치는 가스 상태의 물질 중에 정상적인 후각을 가지고 있는 사람 다수가 공통적으로 거부감을 느끼는 물질”로 말할 수 있음

○ 악취 객관화의 어려움

- 악취유발물질은 냄새를 감지하는 사람이 소속된 사회, 문화, 시대적 배경에 따라 다양하게 변화될 수 있음
- 거부감을 주는 물질이 알려져 있어도 농도가 현저히 낮으면 악취물질로 결론짓기 어려울 수 있음

9) Moncrieff R.W.(1956), Olfactory adaption and odour likeness, J. Physiol., 133, pp.301-316

- 거부감을 주지 않는 물질이어도 농도가 매우 높으면 사람의 후각을 자극하여 불쾌감을 줄 수도 있음
- 이러한 경우 여러 성분이 혼합된 상태로 존재하면서 사람의 후각을 자극함으로써 쾌적한 활동과 건강에 피해를 주게되는 냄새유발물질을 악취유발물질로 분류할 수 있음

2) 악취유발물질의 주요 발생원

○ 악취유발물질의 구분

- 대전천과 같이 일상의 생활에서 접하게 되는 악취유발물질은 자연적 발생원과 인위적 발생원으로 구분할 수 있음
- 자연적 발생원은 자연계 동식물에 의해 호기성 혹은 혐기성 분해 과정에서 발생하는 악취유발물질을 말함
- 인위적 발생원은 인간생활과 관련이 있으며 가정에서부터 산업시설에 이르는 규모와 원인물질의 종류가 매우 다양함
- 전체적으로 자연적 발생이 인위적 발생보다 압도적으로 크지만 자연적 발생원은 지구 전체에 산재해있어 평균적 수준이 크지 않은 반면, 인위적 발생원은 일부 지역으로 중심으로 지속적이며 높은 악취가 발생하여 문제가 될 수 있음
- 이러한 인위적 악취유발시설은 분뇨처리장, 피혁공장, 사료공장, 대규모 축산시설, 도살장, 수산물가공공장, 제지공장, 고무공장, 유기합성공장 등이 대표적임

○ 악취발생원의 종류

- 다양한 악취발생원의 종류는 [표 2-]와 같이 생활악취 및 [표 2-]와 같은 사업장 악취로 구분할 수 있음
- 생활악취는 주로 부패취, 건축자재냄새, 용제, 체취 등에서 기인하며 주

요성분은 황계, 질소계, 알데히드, 지방산, VOC 등으로 분류가 됨

- 사업장에서는 악취원인물질이 업종에 따라 구분이 이루어지고 있음. 특히 오수의 배출 및 하수처리장과 관련된 사업장에서의 악취가 다양한 종류의 악취유발물질을 발생시키는 것으로 나타남

[표 2-1] 생활악취의 일반적인 분류기준

	Compounds	Odor Threshold (ppm)	Toilet	Refrigerater	Food resedue	Sodks	Drain	Hospital	Tobacco	Car	Air plane	Public toilet
Sulfur class	Hydrogen sulfide	0.006	◎				◎	○				○
	Methyl mercatan	0.0007	○	◎	◎	○	○	◎				○
	Ethyl mercatan	0.0002			○							
	Dimethyl sulfide	0.002		○								
	Dimethyl disulfide	0.0025		○								
Nitrogen class	Ammonia	0.6	•	•	◎	○	•	○	•	•	•	◎
	Trimethyl-amine	0.001	○	•				•				
	Triethyl-amine	0.3										
Fatty acid	acetic acid	1			◎	◎	•	•				
	n-butyric acid	0.0004			•	◎		•				
	n-valeric acid	0.0005			•	◎		•				
Aldehyde	Form-aldehyde	0.005							•	•		
	Acet-aldehtde	0.01							◎	◎	◎	
	Propion-aldehyde	0.02								•		
VOC	Toluene	4.8									•	
	Xylene	0.56									•	
	Acetone	300								○	•	

[참고] ◎ : Main Compounds, ○ : Constituent Compounds, • : Detected

[표 2-2] 사업체악취의 일반적인 분류기준 -1

		H ₂ S	MeSH	DMS	DMDS	NH ₃	TMA	CH ₃ CHO	Styrene	HC	Ketone Aldehyde	Alcohol	Ester	N Class	S Class	Fatty acid	
Live stock	Pig	●	●	◎	◎	◎										●	
	Cattle	●	●	◎	◎	◎										●	
	Chicken	●	●	◎	◎	●	●							◎		◎	
Feed Fertilizer	Fertilizer	◎	◎	○	○	●	○										
	Fish bone	●	●	◎	○	○	●				◎	○		◎		○	
	Animal bone	●	●	◎	○	○	●				◎	○	◎			○	
	Excrement	●	●	◎	◎	●		◎								○	
Food	Coffee	○	●	○	○			○			○					●	
	Daily food	◎	○			○					○	○				○	
	Sea food	●	○			◎	●							◎			
	Seasoning	○	○								○	○	○			●	
	Sidefish	◎															
	Bakery										○	○					
	Tea										◎	◎	◎	◎	◎		
Chemical	Starch	●	○													◎	●
	Petrol	◎	●	◎	◎	◎				●						◎	
	Cokes	◎				◎		◎		◎	◎						
	Pulp	●	●	●	●					●						◎	
	Cellophane	●															
	Fertilizer					●											
	Inorganic Chemical	○				○										○	
	Petro-chemical	○	○	○				●		●	●	●	●				
	Ferment	◎	○								◎	◎	◎				
	Plastic									◎	◎	◎	◎				
	Rubber	○							●	●	◎	◎	◎			◎	
	Rayon	●														○	
	Oil and Fats	◎	○			○				◎			◎			◎	
	Paint									●	●	●	●				
	Printing Ink							◎		●	●	●	●				
	Medicine	◎	◎			◎				◎	◎	◎				○	
Adhesive									●	●	●	●					
Iron																	

[참고] ◎ : Detected, ○ : Potentially Detectable, ● : Odor caused

[표 2-2] 사업체약취의 일반적인 분류기준 -1

	H ₂ S	MeSH	DMS	DMDS	NH ₃	TMA	CH ₃ CHO	Styrene	HC	Ketone Aldehyde	Alcohol	Ester	N Class	S Class	Fatty acid
Etc	Plastic Recycle						⊙	⊙	⊙						
	Adhesive							●	⊙						
	Textile	⊙			⊙									⊙	⊙
	Wood Furniture								●	●	●	●			
	Printing						●		●	●	●	●			
	Painting						●		●	●	●	●			
	Tobacco	⊙				⊙	●	⊙	⊙	●	⊙	⊙	●	⊙	
	Leather	⊙	○			⊙									○
	Foundry					⊙	⊙							⊙	
	Iron making	⊙						⊙	⊙					⊙	○
	Waste treatment	●	⊙	⊙	○	⊙		⊙	○	⊙	⊙	⊙	⊙	○	○
	Waste water treatment	●	●	⊙	○	⊙			⊙	⊙				⊙	
	Excrement	●	●	●	⊙	●							⊙	⊙	⊙
	Crematory	⊙	○	○	○	⊙	●	⊙	○	○	○	⊙	⊙		
	Butchery	●	●	⊙	○	⊙	⊙			○			⊙	⊙	⊙
	Ranch	●	●	⊙	○	⊙	⊙	⊙		⊙	○	⊙	⊙		⊙
	Hospital	⊙	○			⊙					○				
	Laundry														
	Food store							⊙							
	Photo store	○				○									
Photo studio					○										
Gas station									●						
LPG saation														●	
Hotel	○				○										
Barber shop					●										
Second hand dealer	⊙	○			⊙				⊙		○				○
Car center									●	●		●			
Lind Source	Car						●		●	●				⊙	
	Airplane						●		●	●				⊙	
Construction								○	⊙						
Sewerage	●	○	○	○	○										
Waste Dumping	⊙	⊙	○	○	⊙	⊙	⊙		⊙	⊙	⊙	⊙			⊙
Private house	⊙	⊙	○	○	⊙	○	⊙								

[참고] ⊙ : Detected, ○ : Potentially Detectable, ● : Odor caused

○ 지정악취물질¹⁰⁾ 및 악취배출시설¹¹⁾

- 2005년 2월부터 암모니아, 메틸메르캡탄, 황화수소 등 12종, 2008년 1월부터 톨루엔, 자일렌 등 5종, 2010년 1월부터 프로피온산, n-부틸산 등 5개가 지정되어 총 22개 지정악취물질이 관리되고 있음
- 악취배출시설은 축산시설, 도축시설, 수산물 가공 및 저장처리시설, 동식물성 유지제조시설, 동물용 사료 및 조제식물 제조시설, 식품제조시설, 암코을 음료 제조시설, 맥아 및 맥주 제조시설, 담배 제조시설, 하수·폐수 및 분뇨 처리시설, 폐기물 수집/운반/처리 및 원료재생 시설 등 40개 시설이 지정되어 관리되고 있음

3) 악취의 영향

○ 악취의 감지

- 악취감지 현상은 외부 자극에 대해 후각세포가 단순히 반응하여 이루어지는 것 뿐만이 아니라 후각과 관계된 많은 신경세포의 작용이 필요하며, 추가적으로 과거에 냄새를 경험하였는가도 복합적으로 나타남
- 즉, 외부의 자극이 커도 그에 대한 경험이 없다면 냄새의 종류 및 강도 등의 원인을 명확히 구분하지 못하게 됨¹²⁾

○ 사람에게 악취의 의미

- 사람에게 있어 후각은 개인적이고 감성적인 것으로 인식되고 있으며 특정 냄새는 상상력을 자극하거나 과거의 회상을 유도할 수도 있음
- 냄새 또는 악취는 과거의 기억을 회상할 수 있도록 유도하는 역할을 수행할 수 있으며, 과거의 기억이 좋지 않았을 경우 자기방어의 반응을 보

10) 악취방지법시행규칙(2023), [별표1] 지정악취물질, 환경부령

11) 악취방지법시행규칙(2023), [별표2] 악취배출시설, 환경부령

12) Bartlet S. H.(1964), Principles of perception, Emerson Books, New York

일 수 있음. 따라서 사람들에게 냄새 및 악취는 특정 현상의 경고로 활용될 수도 있음¹³⁾

- 악취에 의해서 발생하는 문제는 대기오염, 수질오염과 같이 넓은 영역에 미치는 일반적 환경오염의 문제와는 다르게 발생원 중심으로 인근의 지역에 영향을 주는 국소적 특징을 가지는 경우가 대부분임

○ 악취의 문제점 제기 및 해석

- 이에 악취현상에 대한 피해는 발생원 주변에 거주하는 주민들에 의해 민원이 제기되는 경우가 많음
- 악취민원이 발생하는 지역은 사람들의 활동에 의한 부산물이 배출되는 쓰레기 처리시설, 하폐수 처리시설, 산업단지 주변 지역임. 쓰레기 및 하폐수는 강한 취기보다는 불쾌함의 경우가 많고 시간이 경과함으로써 미생물 등에 의해 냄새의 성질이 바뀌고 그만큼 관리가 어려운 특징을 가지고 있음
- 이러한 악취가 발생하는 지역의 특성을 살펴보면 악취유발물질에 대한 일률적 규제보다는 지역별로 문제를 일으킬 수 있는 물질에 대한 규제가 더 효과적이라 할 수 있음
- 냄새는 개인의 경험 등에 따라 주관적으로 혐오하거나 선호하는 것으로 결정되며, 후각을 통해 느껴지는 자극을 유쾌 또는 불쾌로 구분할 수 있는 일반화된 규칙은 없음
- 이에, 악취에 대한 사회적 문제는 다음의 사항을 고려하여 해석해야 함
 - ① 일반적으로 유쾌를 유도하는 냄새라도 수준을 강해지면 불쾌를 느낄 수 있음
 - ② 쾌적한 실내에서 유쾌를 유도할 수 있는 향기가 은은히 퍼지는 것은 불만이 없지만 화장품 공장의 냄새는 불쾌를 느낄 수 있는데 이는 감지하는 환경에 따라 다른 느낌을 가질 수 있다는 것임

13) Hartshorne C.(1934). The philosophy and psychology of sensation, Kennikat Press, New York

- ③ 미국인들이 불쾌를 느끼지 않는 sarsaparilla 향을 유럽인들이 싫어하는 등의 사례가 다양하게 나타나는데, 이를 보면 냄새의 평가지표는 동일 문화권의 사람들에게 제한적으로 적용될 수도 있음
 - ④ 일반적으로 냄새의 자극에 대한 거부감은 매우 강하며 불쾌한 취기에 대한 판단은 개인간 차이가 큼
- 대전천의 악취는 대부분 생활오수가 다양한 형태로 유출되어 발생하고 있음. 그리고 냄새를 인지할 수 있는 정도로 강도가 있으면 대부분의 사람들이 이를 악취로 인식하고 있어 악취강도가 높은 지역에 대해 악취관리지역의 지정을 비롯한 다양한 방안을 적용할 필요가 있음

3절. 도시하천 악취 선행연구 검토

1) 도시하천 악취물질의 발생원조사에 대한 연구¹⁴⁾

○ 목적

- 부산시를 흐르는 하천 중 비교적 여름철 악취가 많이 발생하는 4개하천의 일반 수질특성과 수중 유허계물질 중심으로 악취특성을 조사·비교하여 이를 저감할 수 있는 적합한 방안을 모색하고자 하였음

○ 수중, 대기중 및 저질 악취물질 시험

- 수중의 황화물, 암모니아 및 대기중의 암모니아, 저질의 황화물, 총질소, COD를 측정함
- 수중에 NH₃가 다른 곳과 비교하여 월등히 높게 나타났으며 이는 수중과 저질에 혐기성화가 상당히 진행되어 있음을 알 수 있었음. 악취가 심한 H₂S도 높은 농도를 나타내었음
- 대기중에는 NH₃ 외에는 분석하기 어려웠음
- 저질은 유관상으로 나빠보이는 지점에서 COD, S, N의 농도가 높게 나타났음

○ 대전시에의 적용사항

- 악취발생 방지를 위해 하수유입을 최소화할 필요하며, 배수 중 악취물질 화학처리에는 여러 장점이 있는 과산화수소가 바람직할 것으로 판단됨
- 악취저감 처리공정을 도입하면 조사 하천의 경우 저농도임으로 단순폭기를 해도 효과가 있을 것으로 보이며, 향후 효과가 높은 활성탄 처리 등도 고려할 수 있음
- 대전시 또한 하천에 유입되는 하수 등의 오염물질 배출의 제어가 악취 및 수질의 개선에 우선적으로 적용되어야 할 것으로 판단됨

14) 조정구 등(1997), 도시하천 악취물질의 발생원조사에 대한 연구, 동아대학교 환경문제연구원 연구보고, 20(1), pp.175-185

2) 도시하천의 악취와 수질 제어를 위한 산소 능동 용해 시스템¹⁵⁾

○ 목적

- 부산시의 하수관로 중 합류식 관로는 4,102 km로 하수관의 노후와 우천 시 미처리수의 월류에 의해 비점오염원이 유입하는 등 다양한 오염원의 하천 유입은 수질오염과 더불어 악취가 발생되어 지역주민들의 악취민원이 증가하고 있음
- 산소 능동 용해시스템을 적용하여 황화수소가 혐기화되는 것을 억제함으로써 악취를 제어하고 수질개선을 확보하고자 함

○ 산수 능동 용해시스템 적용한 악취 및 수질 개선

- 산소능동 용해장치는 오폐수처리 공정 등에서 필요한 용존산소를 공급하는 장치임. 하천에 높은 용존산소를 유지하여 악취발생 미생물을 사멸시켜 빠르게 악취의 제거 및 예방이 가능함
- 일부 생활하수가 유입되는 괴정천에 산소 능동 용해시스템을 적용하여 악취 및 수질의 변화를 살펴봄

○ 대전시에의 적용사항

- 악취가 평균 34.77%, 총인은 75% 저감되었음. 총질소와 COD는 최대 51%, 54%가 저감되었음
- 이에, 하천에 높은 용존산소를 유지하면 악취와 수질을 개선할 수 있을 것으로 제안함
- 대전천에 적용한 적정 방법을 이용하여 용존산소 농도를 높이면 대전시 또한 좋은 결과를 얻을 수 있을 것으로 판단됨

15) 윤다인(2018), 도시하천의 악취와 수질 제어를 위한 산소 능동 용해 시스템 현장 적용 연구, 동아대학교 대학원 석사학위논문

3) 도심 하수관거에서 발생하는 주요 지정악취물질¹⁶⁾

○ 목적

- 악취문제를 야기하는 여러 배출원들 중에서 도심 내부 하수관거도 환경 민원의 주요 대상으로 주목받고 있음
- 도심 하수관거 재부에서 발생하는 악취유해물질의 배출특성 및 악취강도를 측정하여 도심 내부 하수관거에서 발생하는 악취물질들의 배출경향 및 성분별 악취기여도를 평가하고자 하였음

○ 하수관거 내 악취물질 발생 및 악취강도 비교

- 악취기여도가 높은 황화합물, 메틸 머캅탄 등 6가지 지정악취물질을 대상으로 하였음
- 대상은 서울시 광진구 세종대학교 주변지역의 하수관거를 선정함
- 성분별 악취물질들의 발생경향 및 악취강도 비교, 시간의 흐름에 따른 악취물질 발생 경향 및 악취강도 비교를 수행함

○ 대전시에의 적용사항

- 6가지 성분 중 CH_3SH , H_2S , DMN 순으로 나타나 RSC 기여도가 절대적이었음
- 상한 배추나 썩은 달걀 냄새와 같은 특징의 RSC 성분들의 특성을 보면 이러한 결과는 음식물이 포함된 쓰레기 및 생활하수의 처리가 하수 악취의 주요 원인인 것을 추정할 수 있었음
- 하수관거에서는 환원황화합물(RSC)에 의한 악취의 발생이 있으며 시간의 변화에 따라 악취의 종류 및 강도가 변하는 것을 알 수 있었음. 이러한 하수관거의 오폐수가 하천으로 배출되는 것은 일반적인 도심하천의 악취에 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있으므로 강우시 CSOs의 제어는 대전천 악취저감에 큰 기여를 할 수 있을 것으로 판단됨

16) 홍원필 등(2010), 도심 하수관거에서 발생하는 주요 지정악취물질들의 배출특성, Analytical Science & Technology, 23(4), pp.347-356

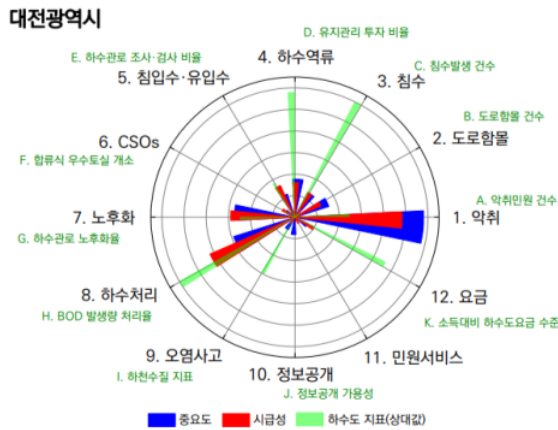
4) 물환경 서비스와 물 인프라의 지속가능성¹⁷⁾

○ 목적

- 지자체별 경제, 사회, 환경 측면에서 물환경 서비스와 물 인프라의 지속성을 평가하여 정책의 효율성, 효과성 등을 향상하기 위한 정보 제공
- 물환경 서비스에 대한 인식 및 태도의 측정, 중요도, 서비스 수준 등을 설문조사를 통하여 분석하고 자산관리 체계 구축을 위한 현황을 파악

○ 물환경 서비스의 국민인식 조사

- 수자원서비스, 하수도서비스에 대한 설문조사
- 분석결과 하수도의 서비스 중요도를 보면 모든 지역에 악취감소가 가장 중요한 요인으로 나타났음. 하수도 서비스의 시급성에 있어서는 지역별로 차이가 있었으니 노후화가 가장 시급한 개선 요인으로 나타남



○ 대전시에서의 적용사항

- 서비스 중요요인 결과 악취감소가 가장 중요한 요인이었으며, 처리시설 처리능력 향상, 처리시설 및 관로 노후화율 개선의 순서였음
- 대전시의 악취감소에 대한 관리계획 수립 필요성을 확인할 수 있었음

17) 류재나 등(2020), 물환경 서비스와 물 인프라의 지속가능성 평가(VII), 한국환경정책 평가연구원 사업보고서

5) 셋강 관리 및 이용활성화 방안¹⁸⁾

○ 목적

- 여의도 셋강의 조성배경을 살펴보고 셋강의 하천환경을 분석하여 그 문제점을 도출함
- 또한 생태공원 이용 및 관리 문제점 분석을 토대로 개선방안을 제시함

○ 주요 연구내용

- 여의도 셋강 물환경 문제점과 개선방안
: 셋강 악취 조사 및 원인분석 (셋강 산책로의 10개 지점과 인근 맨홀 및 배수구 9곳 및 수표면 3지점)
: 직접관능법과 공기희석법을 이용하였으며 강도는 산책로에서 1.0~2.5, 맨홀과 배수로 지점에서는 4, 수표면에서는 1.0이 감지됨
- 여의도의 셋강 역사와 생태공원 조성 배경
- 이용활성화 정책방향과 기본원칙 제언
- 여의도 셋강 생태공원 이용 및 관리 문제점과 개선방안

○ 대전시에의 적용사항

- 셋강 산책로와 산책로 인근 맨홀, 배수구 및 하천 표면의 악취를 측정하고 결과 민원으로 제기되었던 셋강 생태공원 내 악취의 원인으로는 하천 수표면보다는 하수맨홀과 배수구에서 기인한 것으로 도출됨
- 셋강 악취 방지를 위해서는 악취저감시설의 설치, 맨홀 위치 및 구조의 변경을 제안함
- 셋강 생태공원 법적 지위 개선, 생태관리 개선, 생태 프로그램 개선, 풀뿌리 조직 발굴 및 지원을 제안함
- 대전천 또한 일부 지점을 제외하고는 수표면의 악취가 심하지 않아 합류식관로에서의 악취 개선이 필요함

18) 강형식 등(2015), 셋강 관리 및 이용활성화 방안 연구(I), 한국환경정책평가연구원

6) 생물증강법을 이용한 도심 오염 소하천 악취제어¹⁹⁾

○ 목적

- 특수 혼합미생물 제제(BM-2)를 활용하여 오염 소하천인 부산 호계천을 경제적이고 환경친화적으로 악취저감 및 수질정화 방안을 도출하여 경제적이고 친환경적 관리에 기여하고자 함

○ 연구방법

- 배양한 혼합미생물제제를 4일에 걸쳐 0.042 m³/h을 투여하였으며 약 2개월에 걸쳐 7~10일 간격으로 실시함. 이후 시료를 채취하여 수질 및 악취를 분석함
- 하천 폭, 수심, 유속이 1.74 m, 12 mm 및 0.71 m/sec로 유량은 53.37 m³/h였음

○ 대전시에의 적용사항

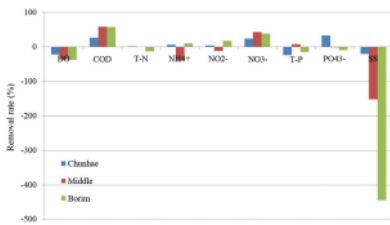


Fig. 3. Removal efficiencies of various physicochemical water quality parameters after bioaugmentation of the microbial agent BM-2 at the three different sites of Hogyecheon.

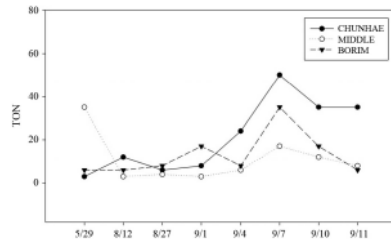


Fig. 4. Changes of threshold odor number (TON) at the three different sites of Hogyecheon during the monitoring period.

- DO, COD, NO₃-N, SS가 각각 1.7배, 2배, 1.7배 및 7.5배의 제거효율 증가가 있었음
- 악취 또한 상류지점의 악취에 비해 중류지점 악취감소는 약 65%, 하류는 약 19%정도 감소하였음
- 대전천 또한 집중 관리가 필요하지만 중장기적 대안이 없을 경우 적용할 수 있는 방안으로 판단됨

19) 장재수 등(2015), 생물증강법을 이용한 도심 오염 소하천의 친환경적 수질정화 및 악취제어, Korean Journal of Microbiology, 51(4), pp.387-397

7) 순산소 능동 용해 시스템을 이용한 하천악취 제어²⁰⁾

○ 목적

- 순산소 능동 용해 시스템으로 하천에 산소를 주입하여 용존산소를 높여 하천의 호기화를 유도함
- 산소 폭기가 일어나 용존산소 유지 및 악취 발생 주요 물질인 황화수소 등의 발생을 억제하여 하천 수질을 회복시키고자 함

○ 순산소 능동 용해 시스템의 도입구

- 순산소 용해 시스템은 일반적으로 산소만을 공급하는 산기장치와는 다르게 용해기를 이용하여 90% 농도의 순산소를 도입하여 용존산소농도를 20 mg/L 이상으로 증가시킨 산소수를 1 m³/min로 배출하게 됨
- 연구실 규모로 실험검증을 하는데 밀폐된 400 L 하천수를 유입하여 실험을 시행함. 실험은 방치, 산기, 산소능동용해시스템 사용의 3가지 방식으로 진행함
- 이를 통해 수질과 악취를 측정하고 용존산소 농도의 변화에 따른 변화를 확인함

○ 대전시에의 적용사항

- 복합악취는 높은 용존산소 농도를 보였던 직접 영향 구간에서 설치구간 평균 6.9, 미설치구간 평균 23.0으로 복합악취가 약 70% 저감하는 효과를 보임
- 또한 용존산소 농도가 높아진 배출구에서 가장 큰 결과를 보여줌
- 악취 민원이 있는 대전천에서도 하천에 용존산소를 높여주는 방법을 적용하면 악취와 수질의 개선이 가능할 것으로 기대됨. 방법은 대전천 특성을 고려하여 여러 가지 방법 중 적절한 시스템을 적용하여야 할 것임

20) 최미정 등(2019), 순산소 능동 용해 시스템을 이용한 하천의 악취 및 수질제어 현장 실험 및 모델링, 대한토목학회 정기학술대회

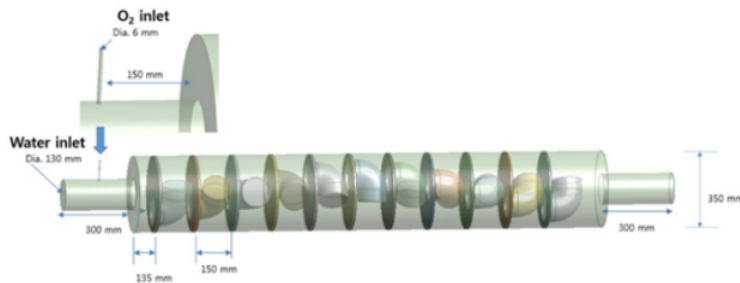
8) Vortex Aerator를 이용한 도심하천 악취관리²¹⁾

○ 목적

- 하천에 순산소와 Vortex Aerator를 이용하여 용존산소를 효과적으로 장기간 증가시키는 방법을 확인함
- 용존산소의 증가가 수질과 악취의 개선 효과에 얼마만큼 영향을 줄 수 있는가의 확인을 수행함

○ 와류를 이용하는 Multistage Vortex Aerator(MVA) 사용

- 산소발생기 2대, MVA 1대, 수중펌프 1대로 구성함
- 수중펌프로 끌어올린 1 m³/min의 하천수에 50 L/min의 산소를 MVA 입구에 주입하여 내부에 용해시킨 후 하천으로 배출함
- 설치지점 상류 및 하류 초 10개 지점에서 DO, T-P, T-N, COD, SS 및 복합악취를 측정하였음



○ 대전시에의 적용사항

- DO, T-P, T-N, COD, SS 및 복합악취가 모두 개선되는 경향을 보여 도심하천의 수질과 악취의 제어 가능성을 평가할 수 있었음
- 하천 유량이 39 m³/min임을 보면 약 2.5%만이 순환하여 수질개선에 있어 국부적 효과가 나타나지만 오염이 심한 하천에 대안이 될 수 있을 것으로 판단되며, 대전천 일부 구간에서의 적용도 가능할 것으로 판단됨

21) 윤다인 등(2021), 순산소와 Vortex Aerator를 이용한 도심하천의 수질 및 악취관리, Journal of Civil Environmental Engineering Research, 41(5), pp.493-504

9) 악취없는도시 만들기²²⁾

○ 서울시의 한강 악취 발생

- 서울시 수중보에 공장폐수와 생화하수가 고이면서 원효대교 북단이 급격히 오염되고 인근 주민들이 악취로 고통을 받게 되는 문제가 발생함

○ 악취에 대한 특별대책기간의 악취 확인

- 서울시와 환경청은 1988년 7월부터 3개월 동안 특별대책 기간으로 설정하였음. 특히 난지도, 탄천, 올림픽선수촌 아파트, 가락시장 등 올림픽이 열리는 주 무대 모두에서 악취가 발생함을 확인함

○ 특별대책의 시행

- 난지도 쓰레기 매립지에는 항공기를 이용한 탈취제 살포가 이틀에 한 번씩 이루어짐
- 올림픽선수촌 선수촌 숙소, 선수회관, 운영단사무실, 행정센터, 선수촌 본부, 수영장, 통신시설 등에 탈취제를 배치하고 악취문제에 대비함
- 공항에서 수율로 진입하는 안양, 난지 하수처리장 악취문제 해결을 위해 녹지대를 조성함
- 안양하수처리장 등의 처리용량을 낮추고 작업을 야간으로 변경함. 농축조 등 외부노출 시설은 덮개를 설치하고 탈취제를 투입함
- 가락동농수산물시장에 탈취제를 뿌리고 쓰레기 수거차량과 인력을 증가시키고 선수촌아파트 사이에 수천 그루의 나무를 식재함. 더불어 입주상인에 대한 청결의식 고취 및 특별대청소가 실시됨
- 서울시는 특별대책기간 동안 하수처리장, 분뇨발생시설, 공장 등을 관리지역으로 두고 악취방지 대책을 시행함
- 환경청은 소비자보호단체협의회와 같이 쓰레기, 하수구, 공장매연, 정화조 등 악취발생원을 파악하고 악취저감 조치를 시행함

22) 원주영(2020), 악취 없는 도시 만들기: 서울 올림픽과 도시 악취 규제 of 전환, 과학기술학연구, 20(1), pp.1-38

10) 하수관거에 퇴적된 유기물질에 의한 악취 발생²³⁾

○ 목적

- 최근에는 도심 지역의 생활 악취 관심이 급증하고 있음
- 실제 맨홀 등에서 발생하는 악취 발생 특성을 파악하고, 관리방안으로 산화전리 시스템의 적용 가능성을 평가하는 것으로 목적으로 함

○ 악취발생 조사 및 산화전리 시스템 구성

- 악취가 심하게 발생하는 맨홀을 선정하여 액상과 퇴적물, 기상 시료를 채취하여 악취 발생 잠재력을 확인함
- 산화전리 시스템은 전해질의 선택적 이동을 위한 극판사이 격막이 없는 방식으로 양극의 산화반응과 음극의 환원반응이 일어나 액상이 혼합됨

○ 대전시에의 적용사항

- 악취물질과 유기물 성상을 분석한 결과 퇴적층의 유기물(COD)농도가 매우 높고 ORP가 낮은 절대 혐기성 상태였음
- 퇴적층에 황산이온 등의 악취 전구물질 농도가 매우 높아 악취가 발생할 잠재력이 높은 것으로 평가됨
- 하천수의 용존산소 농도는 3.0 mg/L 이상으로 하천수에 단순하게 공기를 주입하는 방법만으로는 악취제어에 효과적이지 않은 것으로 판단함
- 유기 퇴적물이 지속적으로 혐기상태를 유지하면 악취강도가 상대적으로 높아지므로 효과적 악취관리를 위해서는 하부 퇴적층의 처리가 중요함
- 산화전리 시스템을 인공 퇴적물 혼합액에 적용하여 황화수소 농도의 감소를 확인하였음
- 대전시의 경우 대사천, 가양천과 같이 오점으로 인한 하수가 유입될 가능성이 높은 지역에는 동일 하수관거 지역에 대해 퇴적물의 준설, 오점의 개선과 같은 조치이 필요함

23) 안해영 등(2011), 하수관거에 퇴적된 유기물질에 의한 악취 발생과 산화전리시스템을 이용한 악취 저감, 한국대기환경학회지, 27(6), pp.703-710

11) 하수관거에서 발생하는 악취 배출 특성²⁴⁾

○ 목적

- 서울시내 하수관거 6개 지점에 대하여 악취배출 특성을 공기희석관능법과 기기분석법을 통해 분석함
- 이를 통하여 주요 오염물질들의 상대적 기여도를 산정하고 하수관거 관리 및 악취저감 대책수립에 기초자료를 제공하고자 하였음

○ 연구방법

- 서울시내 소재 하수관거 중 4곳을 선정하고 지역적 특성이 배제된 물재생센터 유입 전 하수관거 2곳을 선정함
- TRS장비를 이용하여 황화합물 농도를 실시간으로 모니터링한 후에 악취가 많이 발생하는 시간대를 미리 파악하여 샘플링을 진행함
- 배출특성 파악을 위해 복합악취 및 지정악취물질 중 주요한 물질인 5가지의 악취 성분을 분석대상으로 하였음

○ 대전시에의 적용사항

- 복합악취는 10~1400배로 일부의 지점에서는 일정 시간대에서 악취배출 시설의 배출구 기준인 500배를 크게 초과하였음
- Hydrogen sulfide가 최고 30.6 ppm(기준 0.02 ppm 이하), Methyl mercaptan이 최고 0.541 ppm(기준 0.002 ppm 이하), Dimethyl sulfide가 최고 0.026 ppm(기준 0.01 ppm 이하)를 나타내어 황계열 지정악취 배출물질들은 전반적으로 배출허용기준을 크게 초과하는 것으로 나타남
- 전체적으로 악취배출의 강도가 심각한 것을 알 수 있었으며 하수관거 속 악취가 맨홀이나 빗물받이를 통하여 시민들의 생활환경에 흘러나오면 악취민원으로 발전할 가능성을 보여주었음

24) 이준연 등(2009), 하수관거에서 발생하는 악취 배출 특성, 한국대기환경학회 추계학술대회 논문집, pp.347-349

12) 하수악취 발생민원 및 처리현황²⁵⁾

○ 민원발생 분석 결과(2006~2008년)

- 강남구에서는 생활수준이 높아 적은 악취에도 민감하게 경향이 있는 것으로 분석되며 서울시의 악취저감 시행이 민원 감소에 영향을 줌
- 강동구는 인구가 많고 주거지역 면적이 적어 밀집도가 높게 나타나며, 생활수준이 향상되면서 민원이 증가하고 있음
- 송파구는 주거집중형 계획도시로 롯데월드, 농수산물시장 등 대형 악취 유발시설이 위치하며, 악취에의 민감도가 증가하고 있음
- 중랑구는 중랑천변 저지대에 위치하여 갈수기 하천의 악취 영향을 보이고 있음
- 중구는 유동인구가 많으며 생활수준이 높아지면서 악취에 민감하게 반응하는 경향이 증가하고 있음

○ 하수악취 발생원인

- 3년간 하수냄새 4,808건, 음식물 310건, 음식물·정화조 229건, 정화조 200건, 하수·정화조 98건, 하수·음식물 84건, 약품냄새 75건, 하수·퇴적물 61건, 기타 170건으로 나타났음
- 발생 민원 중 84%가 주택가에서 발생하였으며 그 외에 대학교 약품실, 공원, 공장지대, 교회주변, 도로변, 버스정류장, 시장, 우시장, 주요소, 주차장 등 다양하게 나타남

○ 기타 합류식하수도 주요 악취발생시설

- 반포천 복개구간 지점 24개 중 7개 시료에서 희석배수 100배 이상으로 악취가 높게 나타남
- 하수도토구 우수토실 부근 대기 중에서 악취를 측정된 결과 사업장부지 경계 배출기준 15배보다 모두 높게 나타남

25) 신건철(2009), 합류식하수도 악취저감방안에 관한 연구, 서울산업대학교 산업대학원 석사학위논문

13) 하수도정비기본계획의 우수토실 관리²⁶⁾

- 공공하수도시설 설치사업 업무처리지침
 - 합류식 하수관거에 연결하여 유입하는 경우 우천시에 우수토실을 통하여 미처리된 상태로 하천으로 유출되어 수질오염을 가중시킬 수 있음
- 우수토실 현황
 - 대전하수처리구역에는 대전천 유역(대동천 포함)에 412개소의 우수토실이 존재함
- 우수토실 문제점
 - 청천시 계곡수, 지하수 등의 유출 발생 / 강우시 과다차집으로 인한 하수처리장 운영효율 저하 / 악취, 미관저해 등 환경질 저하
 - 대전시 일부 우수토실은 구조적 결함 및 하천수위 상승으로 다량의 하천수가 차집관로로 유입되고 있으며 또한 상류측의 계곡수 유입 및 하천수의 유입은 대부분이 차집관로로 유입되고 있는 것으로 나타남
- 소구역별 하수배제방식 검토
 - 대덕구 오정동 및 동구 용전동 일원에서 우수토실의 관리가 필요함

유역명	㉓ 대덕구 오정동 일원			
현 황	하수처리인구(명)	19,951	기존관로 연장(m)	66,200
	처리구역면적(ha)	282	오수관로 신설(m)	45,500
	일최대오수량(m ³ /일)	6,781	배수설비 정비(가구)	5,189
지역적 검토	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 대전처리구역 오정동 처리분구 일원 ◦ 하류부인 대전1,2산단 처리분구는 2017년 현재, 분류화 사업시행 지역임 ◦ 원도심 지역으로 단독주택등 중소규모 건물이 밀집 			
이송단계	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 고수부지내 기존 차집관로 활용 가능 ◦ 방류수역내 차집관로 우수토실 폐쇄 필요 			

26) 대전광역시(2018), 대전광역시 하수도정비기본계획(변경), 처리구역별 하수도계획

유역명	④ 동구 용운동 일원			
현 황	하수처리인구(명)	30,781	기존관로 연장(m)	90,500
	처리구역면적(ha)	280	오수관로 신설(m)	43,300
	일최대오수량(m ³ /일)	10,462	배수설비 정비(가구)	2,553
지역적 검토	<ul style="list-style-type: none"> 대전처리구역 용운동상류 + 대동천상류 처리분구 일원 처리분구와 인접하여 기본류식 지역이 산재 원도심 지역으로 단독주택등 중소규모 건물이 밀집 			
이송단계	<ul style="list-style-type: none"> 하류부 BTL사업 운영지역내 통과를 위한 간선오수관로 설치 방류수역내 차집관로 우수토실 폐쇄 불필요 			

유역명	⑤ 동구 대전천 일원			
현 황	하수처리인구(명)	13,220	기존관로 연장(m)	81,500
	처리구역면적(ha)	122	오수관로 신설(m)	42,900
	일최대오수량(m ³ /일)	4,493	배수설비 정비(가구)	1,067
지역적 검토	<ul style="list-style-type: none"> 대전처리구역 대전천상류 + 대성1 + 대별 + 낭월 처리분구 일원 대별, 이사처리분구의 상류부는 현재 개발사업 예정(향후 분류식) 대상지역은 원도심 지역으로 상류부에 하소산업단지 위치 			
이송단계	<ul style="list-style-type: none"> 하류부 BTL사업 운영지역내 통과를 위한 간선오수관로 설치 방류수역내 차집관로 우수토실 폐쇄 불필요 			

유역명	⑦ 동구 용전동 일원			
현 황	하수처리인구(명)	40,740	기존관로 연장(m)	88,800
	처리구역면적(ha)	231	오수관로 신설(m)	37,200
	일최대오수량(m ³ /일)	13,847	배수설비 정비(가구)	5,170
지역적 검토	<ul style="list-style-type: none"> 대전하수처리구역 흥도동상류 처리분구 일원 처리분구와 인접하여 기본류식 지역이 산재 원도심 지역으로 단독주택등 중소규모 건물이 밀집 			
이송단계	<ul style="list-style-type: none"> 고수부지내 기존 차집관로 활용 가능 방류수역내 차집관로 우수토실 폐쇄 필요 			

대전천의 악취조사 및 관리방안

- 1절. 대전천 악취조사 지점의 선정
- 2절. 악취조사 결과
- 3절. 악취 저감방안의 제안

3장

3장 대전천의 악취조사 및 관리방안

1절. 대전천 악취조사 지점의 선정 및 방법

1. 악취조사 지점

1) 악취조사 지점

○ 선정 기준

- 악취는 사람들의 주관적인 판단에 의해 결정될 수 있는 감각으로 대전천 전체를 답사하면서 냄새가 느껴지는 구간을 집중적으로 선정하였음
- 악취와 관련된 수질인자로 BOD를 검토하였으며 옥계교, 대전천1, 대전천2, 대전천3지점과 연계하여 지점을 선정하였음
- 대전천 본류에 해당하지는 않지만 악취에 영향을 미칠 수 있는 대동천, 가양천 및 대사천을 선정하였음
- 위의 내용을 종합하여 [표 3-1]과 같이 13개 지점의 악취조사 지점을 선정함

: 세월교, 현암교, 돌보4 지점은 대전천 하류에 해당하며 지속적인 악취가 존재하며 시기에 따라 악취의 정도가 높아지는 지점임. 하상도로를 따라 차량의 이동이 있으며 하천과는 약간 떨어진 고수부지에서 산책을 하는 시민들이 약간 있음

: 목척교, 돌보3, 보문교는 중류-2에 해당하며 지속적인 악취가 있고, 시기에 따라 악취의 정도가 높아짐. 시민들이 하천변을 가장 빈번하게 이용하는 지역으로 악취관리의 필요성이 높은 지역임

: 돌보2, 천석교는 중류-1에 해당하며 지속적인 악취가 있음. 시간에 따라 하천변을 산책하는 시민들이 있어 악취에 대한 저항이 있는 지역임

: 돌보1, 가오교는 상류에 해당하며 악취가 거의 없음. 하천변을 이용하는 시민들이 가끔 있으며 거리가 떨어진 하천 쪽방의 정자 등에서 휴식을 취하고 있음

: 가양천은 대동천의 지류, 북부교는 대동천 최말단, 대사천은 보문산에서 흘러 내려오는 대전천의 지류임. 복개하천인 가양천은 시기에 따라 악취강도가 매우 높은 경우가 있으며 대사천은 일상적으로 악취강도가 높음

[표 3-1] 대전천 악취조사지점

번호	지점	주소	인근 주요시설	
1	가양천	동구 성남동 78-18	대전동부소방서	대동천 지류
2	대동천	동구 삼성동 283-1	보문고등학교	북부교
3	세월교	대덕구 오정동 574-35	평화요양병원	대전천3 지점
4	현암교	중구 선화동 219-2	대전중앙고등학교	
5	돌보4	중구 은행동 111-18	대전선화초등학교	대전천2 지점
6	목척교	동구 중동 28-33	목척교	
7	돌보3	중구 문창동 14-5	현대1차아파트	
8	대사천	중구 문창동 9-10	대전보람요양병원	대전천 지류
9	보문교	중구 문창동 2-7	-	대전천 1지점
10	돌보2	중구 문창동 115-1	효동 현대아파트	
11	천석교	중구 석교동 57-1	대전프랑스문화원	
12	돌보1	중구 석교동 79-1	대전석교초등학교	
13	가오교	중구 옥계동 4-5	옥계동성당	옥계교 지점

○ 모니터링 지점의 특징



[그림 3-1] 대전천 하루 및 대동천의 악취 모니터링 지점

- ① 가양천 : 대동천의 지류로 비교적 많은 유량이 유입되고 있음. 대부분이 복개되어 있어 순수 하천이라기 보다는 우수관거의 형태로 유지가 되고 오점 및 불법유출에 대한 확인할 할 수 없는 어려움이 있음. 특히 모니터링 시간에 따라 악취의 정도가 크게 다른 특징을 가짐
- ② 대동천(북부교) : 비교적 많은 사람들이 대전천과 대동천을 이용하면서

북부교를 이용하여 악취에 대한 민감도가 높음

- ③ 세월교 : 대전천 최하류에 위치하며 주민들이 하천 바로 옆을 이용하지 못해 악취에 대한 민감도가 높지 않지만, 강수 후에 인근 주민들이 악취에 대한 불편함을 느끼는 경우가 많음
- ④ 현암교 : 하천 표면 바로 위를 가로지르는 교량으로 접근성이 높지 않아 악취에 대한 민감도는 높지 않음. 도보 및 자전거의 이용 시 일부 시민들이 악취의 불편을 느낄 수 있음
- ⑤ 돌보4 : 주위에 주거지역, 교육시설, 상업시설들이 집중되어 있고 하천과의 거리가 매우 가까워 악취에 대한 민감도가 높은 지역임
- ⑥ 목척교 : 대전천 지점 중에 중앙로, 성심당 등 상업시설이 가장 집중되어 있으며 하천과의 거리가 매우 가까워 악취에 대한 민감도가 매우 높은 지점임
- ⑦ 돌보3 : 주위에 주거지역, 교육시설, 중앙시장 등 상업시설들이 집중되어 있으며 하천과의 거리가 매우 가까워 악취에 대한 민감도가 높은 지점임



[그림 3-2] 돌보4 지점에서 바라본 목척교

○ 모니터링 지점의 특징



[그림 3-3] 대전천 종류 및 하류의 악취 모니터링 지점

- ⑧ 대사천 : 보문산에서 발생한 빗물 등을 대전천에 연결하는 복개하천임. 대사천 인근에 체육시설, 교육시설, 상업시설 등이 많이 입지하고 있어 악취에 대한 민감도가 높음. 상시적으로 악취를 느낄 수 있어 많은 지점에서 오점이 발생하고 있음을 예측할 수 있음

- ⑨ 보문교 : 인근에 공동주택, 상업단지 등이 입지하여 대전천을 산책 등으로 이용하는 주민들이 많아 악취에 대한 민감도가 높은 지점임
- ⑩ 돌보2 : 인근에 공동주택, 상업단지 등이 입지하여 악취에 대한 민감도가 높은 지점임. 대전천을 산책 등으로 이용하는 주민들이 많음
- ⑪ 천석교 : 인근에 저밀도 주거시설이 입지하고 북쪽으로는 등산로가 있어 악취에 대한 민감도가 일부 있음
- ⑫ 돌보1 : 인근에 저밀도 주거시설 및 대전석교초등학교와 같은 교육시설이 입지하고 북쪽으로는 등산로가 있어 악취에 대한 민감도가 일부 있음. 인근 쪽방의 정자를 이용하는 주민들이 있지만 하천의 악취에 영향을 받지 않음
- ⑬ 가오교 : 인근에 중밀도 주거시설이 입지하고 하상부지에 주민편의시설이 있어 악취에 대한 민감도가 있음. 상류 약 820 m 지점인 옥계교부터 국가하천으로 관리가 되고 있음



[그림 3-4] 보문교 지점에서 바라본 목척교

2. 악취조사 방법

1) 악취 측정방법의 분류

- 대기오염이라 할 수 있는 악취는 아황산가스나 질소산화물과 같이 단일 종류의 물질에 의해 발생하는 경우는 거의 없음
- 악취유발물질은 매우 다양한 발생원과 종류를 가지고 있으며 쉽게 감지할 수 있는 악취는 다양한 물질 혼합체에 의한 경우일 경우가 많음
- 악취는 다양한 악취유발물질이 혼합된 경우에 물질 상호간의 반응으로 그 취기의 정도가 빠르게 변화함
- 이러한 다양한 특징을 가지는 악취를 측정하고 평가하는 것은 매우 어려우며 단순하게 한 가지 방법으로 평가하는 것은 더욱 어렵다고 할 수 있음
- 이에 대전천에서와 같이 복합취기를 평가하는 방법을 아래와 같이 두 가지로 우선적으로 고려할 수 있음
 - ① 복합취기에 따른 자극수준을 평가하고 수치화하기 위하여 인간의 감각기관을 활용하는 관능측정법이 있음
 - ② 복합취기의 평가 외에도 악취를 유발하는 개별 물질의 농도를 정밀 분석기기를 이용하여 정량적으로 평가하는 화학성분분석법이 있음

2) 악취공정시험기준²⁷⁾

○ 목적

- 환경분야 시험·검사 등에 관한 법률 제6조에 의하여 악취를 측정함에 있

27) 악취공정시험기준(2022), 국립환경과학원 대기공학연구과

어 측정 정확성 및 통일성을 유지하기 위하여 제반사항을 규정함

○ 적용범위

- 악취의 측정은 복합악취를 측정하는 것을 원칙으로 하며, 악취물질 배출 여부를 확인할 필요가 있는 경우에는 기기분석법에 의해 지정악취물질을 측정함
- 복합악취의 측정을 위한 시료 채취는 배출구, 부지경계선 및 피해지점에서 실시하는 것을 원칙으로 함. 기기분석법에 의한 지정악취물질의 측정을 위한 시료의 채취는 부지경계선 및 피해지점에서 채취함
- 이 공정시험기준 이외의 방법이라도 측정결과가 같거나 그 이상의 정확도가 있다고 국내외에서 공인된 방법은 이를 사용할 수 있음

3) 공기희석관능법²⁸⁾

○ 목적

- 공기 중 물질이 사람의 후각을 자극하여 불쾌감과 염오감을 주는 복합악취물질을 측정하기 위한 방법임. 일반적으로 복합악취의 측정은 공기희석관능법을 원칙으로 함

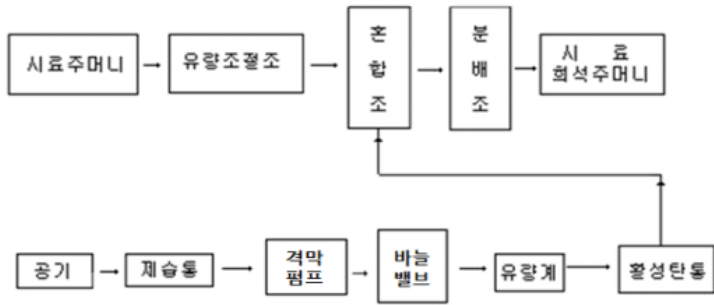
○ 적용범위

- 악취의 측정은 사업장의 배출구와 부지경계선에서 채취한 시료에 적용함

○ 자동희석장치

- 시료와 무취공기를 적정한 비율로 혼합하여 소정의 희석배수로 만들어 주는 기기로서 유량조절조, 격막펌프, 유량계, 활성탄톤 및 혼합조 등으로 구성되어 있음

28) 악취공정시험기준(2022), 국립환경과학원 대기공학연구과



[그림 3-5] 지동희석장치의 구성

○ 무취공기의 질

- 자동희석장치에 필요한 무취공기는 판정요원으로 선정한 5인이 시험하였을 때 냄새를 인지할 수 없어야 함. 1인 이상 냄새를 인지할 경우에는 흡수액 및 활성탄 교체 등의 필요한 조치를 취하여야 함

○ 판정요원의 선정

- 악취분석요원은 악취강도 인식시험액 1도의 시험액을 예비판정요원 모두에게 냄새를 맡게하여 냄새의 인식유무를 확인함. 만일 예비 판정요원 (패널)이 냄새를 인식하지 못하면 판정요원 선정시험 대상에서 제외함

○ 관능시험 중 유의사항

- 관능 시험은 환기 장치가 설치되고 통풍과 배기가 원활한 공기희석관능 실험실에서 실시함. 관능 시험은 시료희석주머니의 희석배수가 낮은 것 부터 높은 순으로 실시함

○ 판정요원 교육

- 판정 당일 냄새가 강한 화장이나 냄새가 강한 식사(흡연, 강한 향의 음료, 껌, 자극성 음식)은 피하도록 주의함
- 사전에 판정요원에게 관능 시험의 순서를 충분히 설명함. 정답의 번호는 반드시 이웃의 판정요원과 같지 않다는 것을 설명함

○ 관능시험 진행

- 판정요원은 한 단계의 시험이 끝나면 5분 이상 신선한 공기를 호흡하여 안정을 취한 후 다음 단계의 관능시험을 함

4) 기기분석법

○ 개요

- 기기분석법은 악취유발물질의 화학적 성분을 규명하여 물질의 수준을 정량·정성화하여 평가하는 방법임. 이 방법은 목표 물질의 물리·화학적 특성에 따라 다양한 평가방법이 적용됨
- 보통 감지 한계수준 악취물질의 분석을 위해서는 시표 채취과정 및 분석과정에서 농축작업이 요구되기도 함

○ 암모니아 시험방법

- 여러 악취유발물질 중에 암모니아의 농도를 측정하기 위한 방법임
- 분석용 시료용액에 페놀-니트로프루시드 나트륨용액과 차아염소산 나트륨용액을 가하고 암노늄이온과 반응시켜 생성되는 인도 페놀류의 흡광도를 측정하여 암모니아를 정량함

○ 적용범위

- 배출허용기준의 단일악취물질로 구분되며 부지경계선에서 채취함
- 엄격한 배출허용기준 범위는 1~2 ppm이며 공업지역은 2 ppm이하, 기타지역은 1 ppm 이하로 정하고 있음

○ 측정장치 및 기구

- 측정장치로는 흡광광도계가 필요함

○ 시료채취

- 시료채취장치에 시료공기를 10L/분의 유량으로 흡인하여 5분 이내 시료

채취가 이루어지도록 함

○ 분석절차

- 분석용 시료용액의 제조 후에 분석용 시료용액의 흡광도를 측정함

5) 본 과제에서의 관능시험법

○ 특징

- 대전천은 사업장의 공기희석관능법을 적용하기보다는 인간의 후각을 활용하는 생활악취의 판별이 필요하므로 과거에 시행되었던 관능시험법을 적용하는 것이 적합한 것으로 판단됨
- 관능법은 악취유발물질 농도가 낮은 수준으로 혼합되어 있는 복합취기를 감지할 수 있음

○ 장단점

- 장점으로 냄새의 양과 질의 동시 평가가 가능하며, 악취물질 간 상호반응에 의한 변화를 종합적으로 평가할 수 있음
- 단점으로 감각기관을 활용하는 방법으로 정량적인 평가가 어려우며 지속적인 악취 평가시에는 악취물질에의 순응에 의한 저평가가 이루어질 수 있음. 또한 판정인의 주관적 요인에 의하여 평가결과가 다르게 나타날 수 있음

○ 적용가능성

- 일반적인 관능법으로 대전천 산책 등의 활동으로 이용객들이 느낄 수 있는 냄새를 측정하는데 적합할 것으로 판단됨
- 판정요원의 주관적 판단을 보완하기 위하여 5인 이상의 판정요원의 결과를 활용할 필요가 있으며, 악취에의 순응을 억제하기 위하여 평가시간 외에는 악취유발물질과의 접촉을 차단하여 진행할 필요가 있음
- 악취 민감도를 높이기 위해서는 해당 지점의 하천수를 채취하여 가까운

곳에서 냄새를 맡아 민감도를 높이는 방법을 제안할 수 있음

○ 판정요원의 준비

- 측정하는 방법에 따라 일부 차이는 있지만 평가를 수행하기 전에 다수의 판정요원들을 훈련시키고, 이 판정요원들이 평가한 결과를 종합하여 악취현상을 해석해야 함
- 판정요원이 갖추어야 할 능력으로 검출력, 기억력, 식별, 표시력 등이 있어야 함. 냄새의 강도 및 질에 대한 판단능력, 판정의 타당성, 인내성, 반복측정 시의 안정성 등도 필요함
- 판정요원의 선정을 위해서는 건강과 냄새를 감지할 수 있는 능력을 가지고 있는지에 대한 후력 테스트의 실시가 필요함²⁹⁾

○ 관능측정법의 구분

- ① 단일물질 및 복합취기물질 냄새의 수준을 평가하는데 있어 감지농도와 인지농도의 수준을 평가
 - ② 대기에서 감지되는 냄새의 자극의 수준을 수치화하여 평가하는 악취강도표시법
 - ③ 감지되는 취기의 수용여부를 쾌적, 불쾌적 정도로 나타내는 방법
 - ④ 냄새의 발생빈도를 평가하는 방법
- 위 평가방법들은 냄새 자극을 수치화하는데 객관적이지 않은 단점을 가지고 있지만 이를 보완하기 위해 미리 약속한 표현 방법으로 냄새를 평가하고 있음

○ 관능측정법의 적용

- 여러 관능측정법 중에 냄새 자극수준을 수치로 표현하는 악취강도표시법은 현장의 냄새를 즉시 그 악취수준을 표시하여 평가할 수 있음
- 특히, 복합취기의 개별 성분 농도가 기기분석을 이용한 측정이 어려운

29) National Research Council(1979), Odors from stationary and mobile sources, National academy of science, Washington D.C., pp.100-136

경우에 적용하기에 적정함

- 지금까지 사용되고 있는 악취강도표시법 중 일반적으로 많이 사용되고 있는 방법은 다음의 [표 3-2]와 같으며, 0~5의 6단계 척도를 활용하여 악취의 정도를 판단하게 됨

[표 3-2] 본 연구에서의 악취강도 구분

악취강도	악취강도 구분	설명	비고
0	무취 (None)	평상시 후각으로 아무것도 감지하지 못하는 상태	
1	감지 취기 (Very faint)	무슨 냄새인지 알 수 없으나 무언가를 느낄 수 있는 정도의 상태	
2	보통 취기 (Faint)	무슨 냄새인지 구분할 수 있는 정도의 상태	
3	강한 취기 (Distinct)	쉽게 감지할 수 있는 정도의 강한 냄새. 병원에서 특유의 크레졸 냄새	
4	극심한 취기 (Strong)	아주 강한 냄새, 여름철에 재래식 화장실에서 나는 냄새를 느낄 수 있는 정도	
5	참기 어려운 취기 (Very strong)	견디기 어려운 강렬한 냄새로서 호흡이 정지될 것 같이 느껴지는 정도	

- 단계가 적으면 판정요원의 분별능력을 충분히 발휘하기 어렵고, 많으면 판정 기준이 모호하여 결과의 재현성이 낮고 신뢰성이 떨어지는 문제가 발생하기도 함³⁰⁾

○ 평가표의 구성

- 본 연구에서는 시민들이 대전천에서 친수활동을 하면서 느낄 수 있는 악취를 평가하기 위해 관능측정법을 이용하였으며 다음의 [표 3-3]를 사용하였음

30) Samuel S.cha(1988), Sensory test method, Odor and VOC control handbook, McGraw-Hill, New York, pp.4.18-4.24

[표 3-3] 대전천 대상 관능측정법에 의한 악취 평가표(예시)

	지 점	악취강도						비고
		0	1	2	3	4	5	
1	가양천(대동천)							
2	북부교(대동천)							
3	세월교							
4	현암교							
5	돌보4							
6	목적교							
7	돌보3							
8	대사천							
9	보문교							
10	돌보2							
11	천석교							
12	돌보1							
13	가오교							

2절. 악취조사 결과

1) 조사의 준비

○ 악취조사 일시 및 준비

- 2023년 5월 15일 및 6월 1일 (10시부터 16시까지 실시)
- 판정요원은 건강과 후각에 이상이 없는 사람으로 선정하였음. 선정에 있어서 검출력, 기억력, 식별력, 표시력 등이 있어야 함. 냄새의 강도 및 질에 대한 판단능력, 판단기준의 타당성, 인내성, 반복측정 시의 안정성 등을 갖추어야 함을 판정요원들에게 교육하였음
- 연구원 및 평가요원 총 10인을 대상으로 악취조사 전 준비사항(화장품 사용 억제, 마스크 준비 등)을 숙지하여 집합하였음
- 악취평가를 시작하기 전에 악취평가표 및 악취강도의 구분에 대한 설명을 실시하였음

○ 악취조사의 순서 및 방법

- 대동천 조사를 마친 후, 대전천 하류에서 상류로 이동하며 악취조사를 진행하였음
- 13개의 지점에 접근하기 전에 되도록 마스크를 착용하여 다른 냄새와 접촉하는 것을 방지하였으며, 지점 간 이동은 차량으로 진행하여 하천의 냄새를 구분하는데 어려움이 없도록 하였음
- 하천수의 냄새를 가깝게 맡는 것이 아닌 하천을 이용하면서 맡을 수 있는 정도의 거리에서 악취를 평가하였음



[그림 3-6] 판정요원들의 악취 평가표 작성 - 1



[그림 3-7] 판정요원들의 악취 평가표 작성 - 2

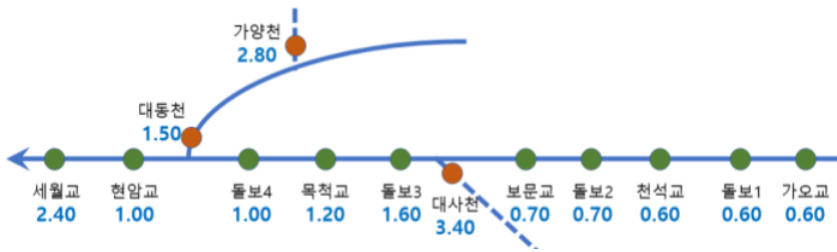
2) 대전천 악취 평가

- 대전천 악취 평가표 작성 결과-1 (2023년 5월 15일, 판정요원 10인)
 - 가양천에서는 1.80이 산정되었는데 과거 답사에 비하여 낮은 악취강도를 나타내어 추가적인 조사가 필요하였음
 - 대사천은 4.20으로 산정되어 조속한 관리가 요구되었음
 - 대전천 하류일수록 악취강도가 높아지는 것으로 나타났으며, 이는 하류로 갈수록 다양한 오염원이 누적되었기 때문으로 판단됨
 - 보문교보다 상류의 지점에서는 대부분 악취강도가 0이나 1로 표현되어 악취의 문제는 거의 없는 것으로 나타남

[표 3-4] 대전천 관능측정법 결과 - 1

	지 점	악취강도						평균
		0	1	2	3	4	5	
1	가양천(대동천)※	0	3	6	1	0	0	1.80
2	대동천(북부교)※	0	7	3	0	0	0	1.30
3	세월교	0	0	3	7	0	0	2.70
4	현암교	3	7	0	0	0	0	0.70
5	돌보4	0	8	2	0	0	0	1.20
6	목적교	0	7	3	0	0	0	1.30
7	돌보3	1	3	6	0	0	0	1.50
8	대사천※	0	0	0	2	4	4	4.20
9	보문교	4	6	0	0	0	0	0.60
10	돌보2	4	5	1	0	0	0	0.70
11	천석교	3	7	0	0	0	0	0.70
12	돌보1	3	7	0	0	0	0	0.70
13	가오교	3	7	0	0	0	0	0.70

※ 대전천 본류가 아닌 대전천으로 유입되는 지류하천



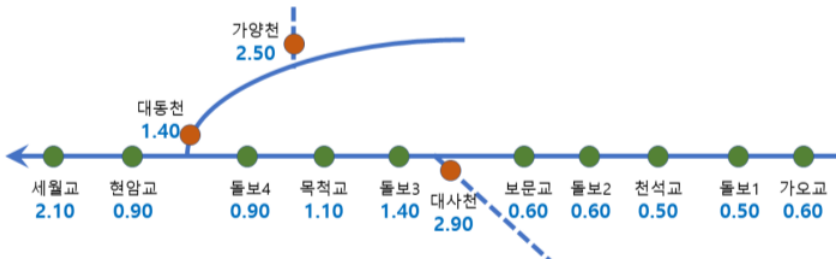
[그림 3-8] 대전천 관능측정법 결과 - 1

- 대전천 악취 평가표 작성 결과-2 (2023년 6월 1일, 판정요원 8인)
 - 2회차 평가에서는 1회차와 비슷한 결과를 보였으며 가양천의 평균은 높아져 3.13으로, 대사천의 평균은 낮아져서 3.63으로 변화하였음
 - 여전히 대전천에 유입되는 주요 오염원에 대한 개선이 요구가 되었음

[표 3-4] 대전천 관능측정법 결과 - 2

	지 점	악취강도						평균
		0	1	2	3	4	5	
1	가양천(대동천)※	0	0	2	3	3	0	3.13
2	대동천(북부교)※	0	3	4	1	0	0	1.75
3	세월교	0	0	3	5	0	0	2.63
4	현암교	1	5	2	0	0	0	1.13
5	돌보4	1	5	2	0	0	0	1.13
6	목척교	0	5	3	0	0	0	1.38
7	돌보3	0	3	4	1	0	0	1.75
8	대사천※	0	0	1	2	4	1	3.63
9	보문교	2	6	0	0	0	0	0.75
10	돌보2	3	4	1	0	0	0	0.75
11	천석교	3	5	0	0	0	0	0.63
12	돌보1	3	5	0	0	0	0	0.63
13	가오교	3	4	1	0	0	0	0.75

※ 대전천 본류가 아닌 대전천으로 유입되는 지류하천



[그림 3-9] 대전천 관능측정법 결과 - 2

○ 가양천, 대사천의 연속 악취 평가표 작성 결과 (2023년 6월 1일)

- 악취가 심한 2개 하천에 대해서 연속 악취평가를 실시하였으며 1회는 8인, 2~4회는 5인이 실시하였음
- 가양천은 2.20~3.40으로 악취강도가 크게 나타나 시간에 따른 오염물질 배출이 나타났음을 알 수 있었음. 이는 시간에 따라 오염물질을 배출하는 시설이 있음을 의심할 수 있었음
- 대사천은 3.63~4.00으로 가양천보다 악취강도가 컸으며 시간에 상관없이 지속적으로 오염물질이 유입되는 것으로 판단할 수 있었음

[표 3-4] 대전천 관능측정법 결과 - 2

지점	시간	악취강도						평균
		0	1	2	3	4	5	
가양천	10시	0	0	2	3	3	0	3.13
	13시	0	0	0	2	1	0	2.20
	16시	0	0	1	2	2	0	3.20
	19시	0	0	0	3	2	0	3.40
대사천	11시	0	0	1	2	4	1	3.63
	14시	0	0	0	2	3	0	3.60
	17시	0	0	0	1	4	0	3.80
	20시	0	0	0	1	3	1	4.00

3절. 악취 저감방안의 제안

1) 대전천 유입 오염하천의 수질 개선

(1) 가양천

○ 현황

- 하천으로 분류되는 국가하천, 지방하천 및 소하천에 속하지 않지만 고봉산 및 꽃산에서 발생한 계곡수 및 가양동 및 자양동 일대의 빗물을 수집하여 대동천으로 유입시키고 있음
- 시간대에 따라 백색의 탁한 오염물질이 유입되어 수질오염 및 악취를 발생시키는 문제를 발생시키고 있음



[그림 3-10] 가양천의 오염물질 유출 현황

○ 관거오점 등 하수관거 정비

- 우선적으로 가양천 일대의 오점 및 우수/우수 분리벽이 잘 설치되어 있는지 확인하고 이를 개선하여야 함. 특히 시간대에 따라 달라지는 가양

천의 악취 및 수질을 고려하면 대규모 시설로부터의 오폐수 오접이 의
심되므로 이에 대한 확인이 필요함

○ 퇴적 유기물의 준설

- 구배가 낮은 지역의 하수관거에 대하여 다른 하수관거보다는 짧은 주기로 퇴적 유기물을 준설함으로써 퇴적물에 의해 발생하는 악취를 개선할 수 있음

○ 미생물 및 산소공급에 의한 혐기성 악취의 제어

- 가양천은 대전천 유역 중에 악취가 가장 큰 지역에 속함
- 악취의 많은 부분이 혐기성 상태에서 발생하는 경우가 많으므로 악취를 제어할 수 있는 혼합미생물을 투여함으로써 강도를 저감시킬 수 있음
- 산소농도의 증대는 호기성 조건을 높여줌으로써 악취와 수질을 개선시킬 수 있음. 가양천에 맞는 산기장치의 적용은 수질개선과 함께 휘발성 물질을 제거함으로써 악취 문제를 개선할 수 있음

(2) 대사천

○ 현황

- 대사천은 소하천으로 구분되며 중구에서 관리를 하고 있음
- 도심이 조성되기 시작할 때부터 하천 위에 도로를 조성함으로써 하천과 우수관로의 기능을 동시에 수행하고 있음
- 하지만 도시가 확장됨에 따라 오수관거가 대사천에 직접 연결되는 등의 상황이 발생하여 대전천으로의 수질오염 및 악취발생 문제가 발생하고 있음
- 특히, 대사천 지점은 대전천을 이용하는 많은 사람들이 빈번하게 이용하는 지점으로 다른 곳보다 우선하여 악취개선을 위한 실천이 필요함



[그림 3-11] 대사천의 오염물질 유출 현황

○ 관거오점 등 하수관거 정비

- 대사천 일대는 다양한 주거지역, 영업지역, 체육시설 등이 존재하고 있음. 대사천 인근지역을 중심으로 오점 및 우수/우수 분리벽이 잘 설치되어 있는지 확인하고 이를 개선하여야 함. 시간대에 상관없이 오염물질이 유출되는 것으로 고려하여 특정 시설보다는 일반적인 오점이 의심되므로 이에 대한 확인이 필요함

○ 퇴적 유기물의 준설

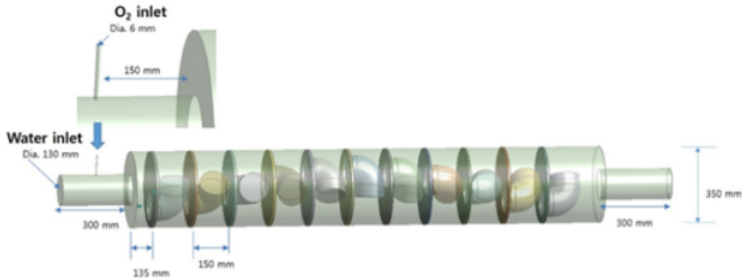
- 대사천은 하천의 구배가 커 퇴적의 문제가 크지 않을 것으로 판단되지만, 일부 구배가 낮은 지역의 퇴적이 확인되면 다른 하수관거보다는 짧은 주기로 퇴적 유기물을 준설함으로써 퇴적물에 의해 발생하는 악취를 개선할 수 있음

○ 미생물 및 산소공급에 의한 혐기성 악취의 제어

- 대사천은 대전천 유역 중에 악취가 가장 큰 지역에 속하며 시간대에 상관없이 지속적인 문제가 발생함
- 악취는 혐기성 상태에서 발생하는 경우가 많으므로 악취를 제어할 수 있는 혼합미생물을 투입함으로써 강도를 저감시킬 수 있으며, 합류 후의

대전천 악취 개선에도 도움이 될 수 있음

- 산소농도 증대는 호기성 조건을 높여 악취와 수질을 개선시킬 수 있음. 대전천에 적합한 산기장치의 적용은 수질개선과 함께 휘발성 물질을 제거함으로써 악취 문제를 개선할 수 있음



[그림 3-12] 하천 악취 개선을 위한 산소공급기 사례

2) 우수토실의 스크린 관리 및 CSOs의 관리

(1) 우수토실 스크린

○ 현황 및 문제점

- 차집관거 유입 하수량이 많은 곳은 강수 시 노면의 협잡물이 함께 하수관거로 유입됨으로써 우수토실을 폐색시키는 경우가 많음
- 이러한 우수토실의 경우 오수를 차집관거에 유입시키지 못하고 우수토실 월류웨어를 넘어 하천으로 유출되는 문제가 발생되기도 함

○ 스크린의 관리에 의한 악취 차단

- 여름 장마철을 중심으로 우수토실 스크린을 주기적으로 관리하여 스크린의 폐색이 오수의 흐름을 막아 하천에 유출되지 않도록 하여야 함
- 관리가 어렵거나 규모가 큰 구역의 경우 시설 개선공사를 통해 누수가 없고 자동청소가 되는 우수토실을 적용할 수 있음. 개선 우수토실은 평

상시 오수의 역류 방지, 스크린에 있는 협잡물의 자동배출, 우수토실에서의 우수관로 개폐장치 가동으로 우수에서 발생할 수 있는 악취를 제어할 수 있음



[그림 3-13] 오수의 역류 및 악취제거를 위한 우수토실 적용 사례

○ LID 등의 도입에 의한 하수관거에의 빗물유입량 감소

- 하천의 악취발생 주요 원인인 강수 시 발생하는 CSOs의 유출을 최대한 억제하여야 함
- 합류식 유역에 침투능력을 강화하는 LID 시설을 도입함으로써 하수관거 및 차집관거에 수집되는 ‘오수+우수’의 양을 줄일 필요가 있음
- 대전천 유역의 비점오염원관리지역 지정 및 도시개발 사업을 추진하는 단계에서 환경친화 기법인 LID의 적용을 적극적으로 반영하여 악취의 개선에 기여할 수 있을 것임



[그림 3-14] 도시의 침투능력 향상을 위한 LID기법 사례

3) 악취 구간의 환경 개선 및 모니터링 진행

○ 악취 발생 현황

- 악취는 발생원인이 존재하지만 강수 특성, 빗물받이 등의 시설관리 정도, 활동 장소 등에 따라 악취를 느끼는 정도가 달라질 수 있음
- 이렇듯 악취는 다양한 장소에서 다른 강도로 불쾌감을 주고 있음

○ 정기 모니터링의 진행

- 대전천은 산업단지와는 달리 특정 악취 유발물질에 의하여 문제를 발생시키는 특성보다는 여러 가지 물질이 혼합된 생활오수가 원인이 된 악취 특성을 가지고 있음
- 대전천 악취 모니터링은 하천 이용의 쾌적성을 살펴보는 목적을 가지고 있으므로 기기분석에 의한 모니터링 및 무취공기를 혼합하는 공기희석 관능법보다는 현장에서의 관능시험법을 통한 모니터링의 진행이 적합함
- 악취의 다양한 특성을 파악하기 위해서는 계절 및 강수 패턴을 고려하여 악취 정도가 높은 시기에 년 4회 이상 진행할 필요가 있음
- 또한 모니터링은 측정업체에 결과를 요구하는 것 보다는 판정요원을 교육시켜 민간환경감시단을 구성하여 실시하며, 이에 대한 개선방안을 대전시가 적극적으로 반영하는 방안이 필요함



[그림 3-15] 민간환경감시단을 활용한 악취모니터링 사례

4) 기타 오염물질 유입의 관리

(1) 도로의 오염물질 배출 개선

○ 도심 비점오염물질

- 도시의 비점오염물질 배출은 일반적으로 60% 이상을 차지하고 있으며, 강수 시에 하천에서의 악취를 비롯한 다양한 오염을 유발하고 있음
- LID를 적용한 도로 등 대지의 투수능력 증가는 비점오염물질의 배출을 감소시키는 방법이지만 적용장소의 제한 및 많은 비용의 소요로 처리시설을 적용할 필요가 있음

○ 비점오염저감 여과형시설

- 여과형 시설은 강우유출수를 침전, 부유, 여과, 흡착 등의 기작을 이용해 처리하는 시설임
- 여과형 시설은 다른 장치형 시설에 비해 높은 처리효율을 가지며 용존성 오염물질도 처리가 가능함



[그림 3-16] 여과형 시설 중 Storm Filter(좌) 및 Aqua Filter(우)

○ 비점오염저감 수리동력 분리장치(HDS)

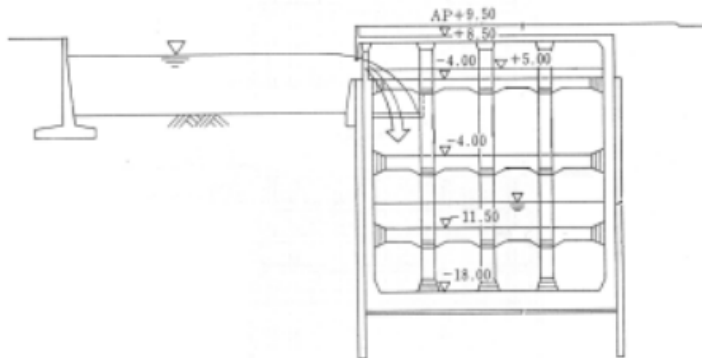
- 장치 안으로 흘러들어가는 우수유출수를 나선형으로 흐르게 하여 원심력과 중력을 이용하여 입전물질과 부유물질을 분리하는 장치임
- 원심력에 의해 분리되는 처리시설이 다양하게 있으며 처리효율은 여과형 시설에 비해 다소 낮음
- 유출수 처리에 적합한 것으로 보고되고 있으며, 주로 합류식 하수관거 월류수의 부유성 물질 및 침전성 물질의 제어에 적합함



[그림 3-17] 수리동력 분리장치(HDS)

○ 비점오염저감 저류형시설

- 저류형 시설은 비점오염물질 및 우수유출수의 유출을 저감시키기 위한 가장 일반적인 방법임
- 유역 말단부에 설치되어 유입된 우수 및 CSOs를 조절할 목적으로 설치 가 되고 있음. 대부분 저류시설은 우수 유출수 저감을 위한 목적으로 시작되었음
- 종류로는 이중목적 저류지, 연못, 인공습지, 지하저류지, 지역내 소규모 저류지 등이 있음. 뉴욕시는 450개소 우수토실에서 저류 및 스웰조 분리방류가 채택되고 있음



[그림 3-18] 지하조절지의 표준단면

(2) 악취관리 계획의 수립

○ 악취관리지역의 수립

- 악취방지법은 악취가 심한 지역에 대하여 ‘악취관리지역’으로 지정하고 해당지역의 배출시설에서 복합악취도와 지정악취물질의 배출을 허용기준 이내로 관리하는 것이 주요 목적임
- 하지만 대전천 유역의 경우 악취관리지역 지정 및 관리가 필요한 시설이 존재하지 않아 새로운 개념의 관리를 적용할 필요가 있음

○ 대전천 유역 악취관리 계획

- 악취관리지역 외의 사업장 관리는 잘 이루어지지 못하고 있음
- 대전천의 악취민원 대부분은 특정의 시설로 원인을 집중하기 어려워 악취관리지역의 지정으로 인한 자금지원에서 포함되기 어려운 상황임
- 이에 다음과 같은 악취관리 제안
 - ① 악취관리지역과 상관없이 악취에 대한 감시 감독과 지원이 이루어져야 함. 특히 대전천과 같은 생활공간의 악취민원 또한 엄격하게 관리되어야 할 것임
 - ② 악취배출의 원인에 대한 주기적인 조사가 필요함. 대전천 유역의 경우 하수관거 개선계획과 더불어 정밀한 원인의 조사가 이루어져야 할 것임
 - ③ 대전천의 악취는 관능법으로 관리가 가능하지만 체계적 악취관리를 위해서는 공기희석관능법과 기기분석법의 분석도 필요함. 보건환경연구원 능력을 강화하여 필요시에 상시적인 악취조사 업무가 가능하도록 정비할 필요가 있음

결론 및 정책제언

1절. 결론

2절. 정책제언

4장 결론 및 정책제언

1절. 결론

○ 대전천 하천의 수질 현황

- 옥계교는 4~6월에 다른 시기보다 높은 수질을 보이지만 양호한 수질을 보여 전체적으로 큰 문제를 보이지는 않음
- 대전천1은 계절별 수질의 차이를 보이며 5~6월에 3.71~4.12 mg/L를 나타내어 악취가 발생할 여지를 나타냄
- 대전천2는 3~8월에 1.36~2.06 mg/L로 오랜 기간동안에 악취가 발생할 여지를 나타내었음
- 대전천3은 3~7월에 1.97~5.90 mg/L를 나타내어 수질의 변화가 크고 오염정도가 높아 악취의 발생 가능성이 가장 높았음

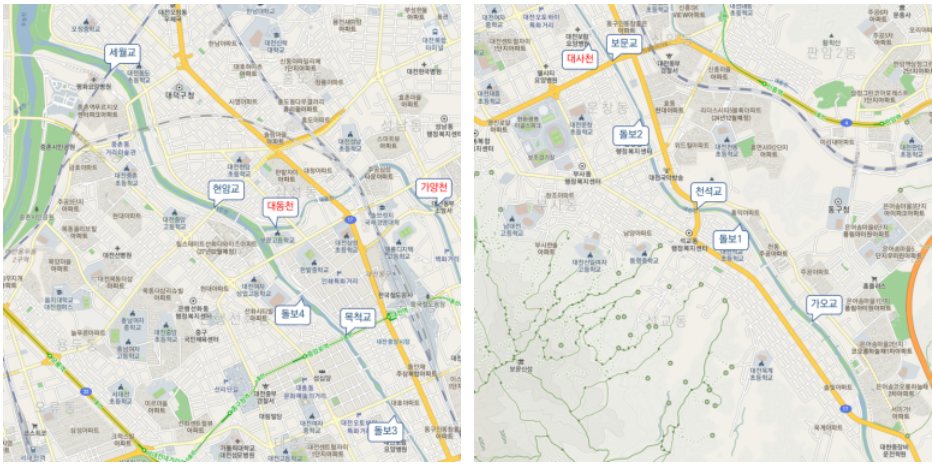
○ 악취 조사방법의 선정

- 악취공정시험기준에는 특정 물질을 측정하기 위한 기기분석법 및 복합 악취물질을 측정하기 위한 공기희석관능법을 제시하고 있음
- 대전천은 산업단지와 달리 하천공간을 활용하며 느끼는 악취를 평가해야 하므로, 과거부터 사용되어 왔던 관능시험법을 사용하기로 함
- 관능시험법을 진행하기 위해 평가요원의 평가가 중요하여 교육, 훈련 및 평가방법을 숙지하여 악취강도를 평가하였음

○ 악취 조사지점의 선정

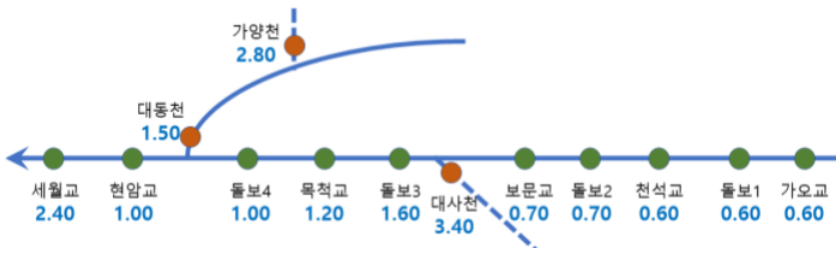
- 악취 조사지점은 가양천, 대동천(북부교), 세월교, 현암교, 돌보4, 목척교, 돌보3, 대사천, 보문교, 돌보2, 천석교, 돌보1, 가오교의 총 13개

지점을 선정하였음



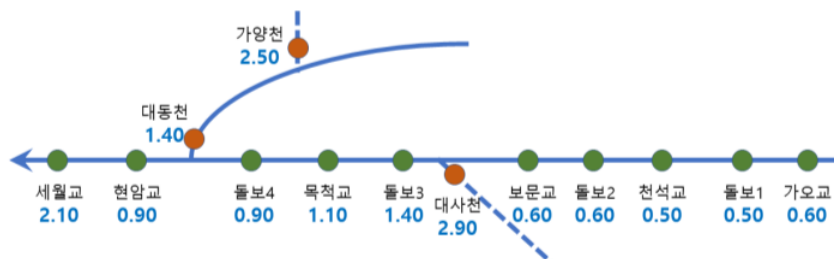
○ 대전천 악취 평가표 작성 결과-1 (2023년 5월 15일, 판정요원 10인)

- 악취강도를 평가요원이 측정한 결과 대사천은 4.20으로 산정되어 조속한 관리가 요구되었음
- 대전천 하류일수록 악취강도가 높아지는 것으로 나타났으며, 이는 하류로 갈수록 다양한 오염원이 누적되었기 때문으로 판단됨
- 보문교보다 상류의 지점에서는 대부분 악취강도가 0이나 1로 표현되어 악취 문제는 거의 없는 것으로 나타남



○ 대전천 악취 평가표 작성 결과-2 (2023년 6월 1일, 판정요원 8인)

- 2회차 평가에서는 1회차와 비슷한 결과를 보였으며 가양천의 평균은 높아져 3.13으로, 대사천의 평균은 낮아져서 3.63으로 변화하였음



○ 가양천, 대사천의 연속 악취 평가표 작성 결과 (2023년 6월 1일)

- 가양천은 2.20~3.40으로 악취강도가 크게 나타나 시간에 따른 오염물질 배출이 나타났음을 알 수 있었음. 이는 시간에 따라 오염물질을 배출하는 시설이 있음을 의심할 수 있었음
- 대사천은 3.63~4.00으로 가양천보다 악취강도가 컸으며 시간에 상관없이 지속적으로 오염물질이 유입되는 것으로 판단할 수 있었음

2절. 정책 제언

1) 대전천 유입 오염하천의 수질 개선

○ 가양천

- 우선적으로 가양천 일대의 오점 및 우수/우수 분리벽이 잘 설치되어 있는지 확인하고 관거오점 등 하수관거 정비를 거쳐 악취를 개선해야 함
- 구배가 낮은 지역의 하수관거에 대하여 다른 하수관거보다는 짧은 주기로 퇴적 유기물을 준설함으로써 퇴적물에 의해 발생하는 악취를 개선할 수 있음
- 오염물질을 제거하는 미생물의 투입 및 산소농도의 증대는 호기성 조건을 높여줌으로써 악취와 수질을 개선시킬 수 있음. 가양천에 맞는 산기장치의 적용은 수질개선과 함께 휘발성 물질을 제거함으로써 악취 문제를 개선할 수 있음

○ 대사천

- 대사천 일대는 다양한 주거지역, 영업지역, 체육시설 등이 존재하고 있음. 이에, 대사천 인근지역을 중심으로 오점 및 우수/우수 분리벽이 잘 설치되어 있는지 확인하고 관거오점 등 하수관거정비 사업으로 악취를 개선하여야 함
- 일부 구배가 낮은 지역의 퇴적이 확인되면 다른 하수관거보다는 짧은 주기로 퇴적 유기물을 준설함으로써 퇴적물에 의해 발생하는 악취를 개선할 수 있음
- 오염물질을 제거하는 미생물의 투입 및 산소농도 증대는 호기성 조건을 높여 악취와 수질을 개선시킬 수 있음. 대사천에 적합한 산기장치의 적용은 수질개선과 함께 휘발성 물질을 제거함으로써 악취 문제를 개선할 수 있음

2) 우수토실의 스크린 관리 및 CSOs의 관리

○ 스크린의 관리에 의한 악취 차단

- 여름 장마철을 중심으로 우수토실 스크린을 주기적으로 관리하여 스크린의 폐색이 오수의 흐름을 막아 하천에 유출되지 않도록 하여야 함

○ LID 등의 도입에 의한 하수관거에의 빗물유입량 감소

- 합류식 구역에 LID 시설을 도입함으로써 하수관거 및 차집관거에 수집되는 '오수+우수'의 양을 줄일 필요가 있음
- 대전천 구역의 비점오염원관리지역 지정 및 도시개발 사업을 추진하는 단계에서 환경친화 기법인 LID의 적용을 적극적으로 반영하여 악취의 개선에 기여할 수 있음

3) 기타 오염물질 유입의 관리

○ 정기 모니터링의 진행

- 대전천 악취 모니터링은 하천 이용의 쾌적성을 살펴보는 목적을 가지고 있으므로 기기분석에 의한 모니터링 및 무취공기를 혼합하는 공기희석 관능법보다는 현장에서의 관능시험법을 통한 모니터링의 진행이 적합함
- 악취의 다양한 특성을 파악하기 위해서는 계절 및 강수 패턴을 고려하여 악취 정도가 높은 시기에 년 4회 이상 진행할 필요가 있음

○ 도심 비점오염물질의 제거

- LID를 적용한 도로 등 대지의 투수능력 증가는 비점오염물질의 배출을 감소시키는 방법이지만 적용장소의 제한 및 많은 비용의 소요로 처리시설을 적용할 필요가 있음

- 적용 시설로 비점오염저감 여과형시설, 비점오염저감 수리동력 분리장치 (HDS) 및 비점오염저감 저류형시설 등을 고려할 수 있음

○ 대전천 유역 악취관리 계획의 수립

- 악취관리지역 외의 사업장 관리는 잘 이루어지지 못하고 있음
- 대전천의 악취민원 대부분은 특정의 시설로 원인을 집중하기 어려워 악취관리지역의 지정으로 인한 자금지원에서 포함되기 어려운 상황임
- 이에 다음과 같은 악취관리 제안함
 - ① 악취관리지역과 상관없이 악취에 대한 감시 감독과 지원이 이루어져야 함
 - ② 악취배출의 원인에 대한 주기적인 조사가 필요함
 - ③ 대전천의 악취는 관능법으로 관리가 가능하지만 체계적 악취관리를 위해서는 공기희석관능법과 기기분석법의 분석도 필요함

참고문헌

- Bartlett S. H.(1964), Principles of perception, Emerson Books, New York
- Hartshorne C.(1934), The philosophy and psychology of sensation, Kennikat Press, New York
- Moncrieff R.W.(1956), Olfactory adaption and odour likeness, J. Physiol., 133, pp.301-316
- National Research Council(1979), Odors from stationary and mobile sources, National academy of science, Washington D.C., pp.100-136
- Samuel S.cha(1988), Sensory test method, Odor and VOC control handbook, McGraw-Hill, New York, pp.4.18-4.24
- Spackman, C. and Burlingame, G.(2018), Sensory Politics: The Tug-of-war between Potability and Palatability in Municipal Water Production, Social Studies of Science, 48(3), pp. 350-371.
- Spackman, C.(2018), Perfumer, Chemist, Machine: Gas Chromatography and the Industrial Search to “Improve” Flavor, The Senses and Society, 13(1), pp. 41-59
- 강형식 등(2015), 셋강 관리 및 이용활성화 방안 연구(I), 한국환경정책평가연구원
- 대전광역시(2018), 대전광역시 하수도정비기본계획(변경), 우수토실대장
- 대전광역시(2018), 대전광역시 하수도정비기본계획(변경), 처리구역별 하수도계획
- 대학교재편찬위원회(1990), 대학기초화학, 자유아카데미, p.438
- 대전대학교 환경문제연구소(1997), 수도권매립지 피해영향조사(악취, 대기질분야), 수도권매립지운영관리조합
- 류재나 등(2020), 물환경 서비스와 물 인프라의 지속가능성 평가(VII), 한국환경정책평가연구원 사업보고서
- 신건철(2009), 합류식하수도 악취저감방안에 관한 연구, 서울산업대학교 산업대학원 석사학위논문
- 악취방지법시행규칙(2023), [별표1] 지정착취물질, 환경부령
- 악취방지법시행규칙(2023), [별표2] 악취배출시설, 환경부령
- 악취방지법(2021), 제2조(정의), 환경부 대기관리과

- 악취공정시험기준(2022), 국립환경과학원 대기공학연구과
- 안해영 등(2011), 하수관거에 퇴적된 유기물에 의한 악취 발생과 산화전리시스템을 이용한 악취 저감, 한국대기환경학회지, 27(6), pp.703-710
- 원주영(2020), 악취 없는 도시 만들기: 서울 올림픽과 도시 악취 규제의 전환, 과학기술학연구, 20(1), pp.1-38
- 윤다인(2018), 도시하천의 악취와 수질 제어를 위한 산소 능동 용해 시스템 현장 적용 연구, 동아대학교 대학원 석사학위논문
- 윤다인 등(2021), 순산소와 Vortex Aerator를 이용한 도심하천의 수질 및 악취관리, Journal of Civil Environmental Engineering Research, 41(5), pp.493-504
- 이준연 등(2009), 하수관거에서 발생하는 악취 배출 특성, 한국대기환경학회 추계학술대회 논문집, pp.347-349
- 장재수 등(2015), 생물증강법을 이용한 도심 오염 소하천의 친환경적 수질정화 및 악취제어, Korean Journal of Microbiology, 51(4), pp.387-397
- 정의석(2004), 직·간접관능법을 응용한 악취 평가방법 및 해석에 관한 연구, 대전대학교대학원 박사학위논문
- 조정구 등(1997), 도시하천 악취물질의 발생원조사에 대한 연구, 동아대학교 환경문제연구원 연구보고, 20(1), pp.175-185
- 최미정 등(2019), 순산소 능동 용해 시스템을 이용한 하천의 악취 및 수질제어 현장실험 및 모델링, 대한토목학회 정기학술대회
- 한국냄새환경학회(2003), 시화·반월지역의 악취배출원조사 및 저감방안 연구
- 홍원필 등(2010), 도심 하수관거에서 발생하는 주요 지정악취물질들의 배출특성, Analytical Science & Technology, 23(4), pp.347-356



34051 대전광역시 유성구 전민로 37(문지동)
TEL. 042-530-3500 FAX. 042-530-3508
www.dsi.re.kr