

Research on distribution characteristics of
micro-plastic in storm-water sedimentation,
Janghang wetland

장항습지 내 미세플라스틱 분포 현황 분석

임지열
소가람

Research on distribution characteristics of micro-plastic in storm-water sedimentation, Janghang wetland

장항습지 내 미세플라스틱 분포 현황 분석

연구책임자

임지열(고양시정연구원, 도시환경연구부, 부연구위원)

공동연구자

소가람(고양시정연구원, 도시환경연구부, 위촉연구원)

발행일 2020년 12월 15일

저자 임지열, 소가람

발행인 이재은

발행처 고양시정연구원

주소 10393 경기도 고양시 일산동구 태극로 60 빛마루방송지원센터 11층

전화 031-8073-8341

홈페이지 www.gyri.re.kr

S N S <https://www.facebook.com/goyangre/>

I S B N 979-77-973842-0-2

이 보고서의 내용은 연구진의 개인적인 견해로서, 고양시정연구원의 공식 견해와는 다를 수 있습니다.
해당 보고서는 고양시서체를 사용하여 제작되었습니다.

목 차

요약	i
제1장 연구의 배경 및 목적	1
제1절 연구의 배경	3
제2절 연구의 목적	11
제2장 기존 문헌 검토 및 연구의 방법	13
제1절 문헌 검토	15
제2절 연구의 방법	24
제3장 시료분석	31
제1절 정량분석 결과	33
제2절 정성분석 결과	41
제3절 소결 및 유입원 추정	53
제4장 결론	59
제1절 결론 및 제언	61
제2절 연구의 한계 및 추후 연구방향 설정	65
참고문헌	67
Abstract	69

표 목차

[표 2-1] GESAMP의 플라스틱 분류	17
[표 3-1] 1번 하수관 1번째 채취	33
[표 3-2] 1번 하수관 2번째 채취	33
[표 3-3] 2번 하수관 1번째 채취	33
[표 3-4] 2번 하수관 2번째 채취	34
[표 3-5] 3번 하수관 1번째 채취	34
[표 3-6] 3번 하수관 2번째 채취	34
[표 3-7] 4번 하수관 1번째 채취	34
[표 3-8] 4번 하수관 2번째 채취	35
[표 3-9] 5번 하수관 1번째 채취	35
[표 3-10] 5번 하수관 2번째 채취	35

그림 목차

[그림 1-1] 장항습지 내 전경	4
[그림 1-2] 장항습지 위치	4
[그림 1-3] 장항습지 내 오염물질 유입 경로(추정)	5
[그림 1-4] 플라스틱이 바다거북에 미치는 영향을 다룬 뉴스	7
[그림 1-5] 미세플라스틱의 발생 및 인류에게 흡수되는 과정	8
[그림 2-1] 생선 안에서 발견된 미세플라스틱	20
[그림 2-2] 미세플라스틱의 흡착, 탈착, 침출 반응	21
[그림 2-3] 미세플라스틱과 연관된 일반적인 원료, 첨가제 등의 작용	22
[그림 2-4] 장항습지 내 채취지점 표시	24
[그림 2-5] 시료를 채취한 우수관로 사진	25
[그림 2-6] 이 연구에서 사용한 분석 방법의 단계	26
[그림 2-7] 채취한 시료	27
[그림 2-8] 정량분석에 사용한 광학식 현미경	29
[그림 2-9] 정성분석에 사용한 분광기	30
[그림 3-1] 정량분석 사진 모음	36
[그림 3-2] 습지 내 버려진 스티로폼 쓰레기들	38
[그림 3-3] 검출된 미량오염물질의 크기별 누적도수분포표	39
[그림 3-4] 정성분석 시행을 위해 분류해놓은 물질들	42
[그림 3-5] 1번 시료의 FT-IR 결과	44
[그림 3-6] 2번 시료의 FT-IR 결과	45
[그림 3-7] 3번 시료의 FT-IR 결과	46
[그림 3-8] 4번 시료의 FT-IR 결과	47
[그림 3-9] 5번 시료의 FT-IR 결과	48
[그림 3-10] 6번 시료의 FT-IR 결과	49

[그림 3-11] 7번 시료의 FT-IR 결과	50
[그림 3-12] 8번 시료의 FT-IR 결과	51
[그림 3-13] 검출된 물질의 그룹별 분류	53
[그림 3-14] 검출된 물질 별 그룹의 누적도수분포(크기 기반)	54
[그림 3-15] 검출된 물질의 그룹별 특성(A, B)	54
[그림 3-16] 장항습지 내 스티로폼 쓰레기 적하장 및 인접 지역의 스티로폼 부스러기들	55
[그림 3-17] 장항동 및 신평동 일원의 중·소규모 공장지대	57
[그림 4-1] 친환경적이거나 오염이 최소화되는 야적장 내 방풍시설 예시	61
[그림 4-2] 수처리공정의 기작들	62
[그림 4-3] 용존공기 가압부상법 설명 그림	63
[그림 4-4] 서울특별시 주요 업무보고	63

요 약

1. 연구의 배경 및 목적

□ 연구의 배경

- 장항습지의 생태적 가치
- 새로운 위협의 대두: 미세플라스틱
- 연구의 필요성
 - 생태적 가치가 높은 장항습지에 유입된 오염물질 기초조사로서의 연구
 - 그동안 이루어지지 않았던 기초연구의 시발점

□ 연구의 목적

- 장항습지의 오염물질 관련 기초조사
- 미세플라스틱 관련 경각심의 유발

2. 기존 문헌 검토 및 연구의 방법

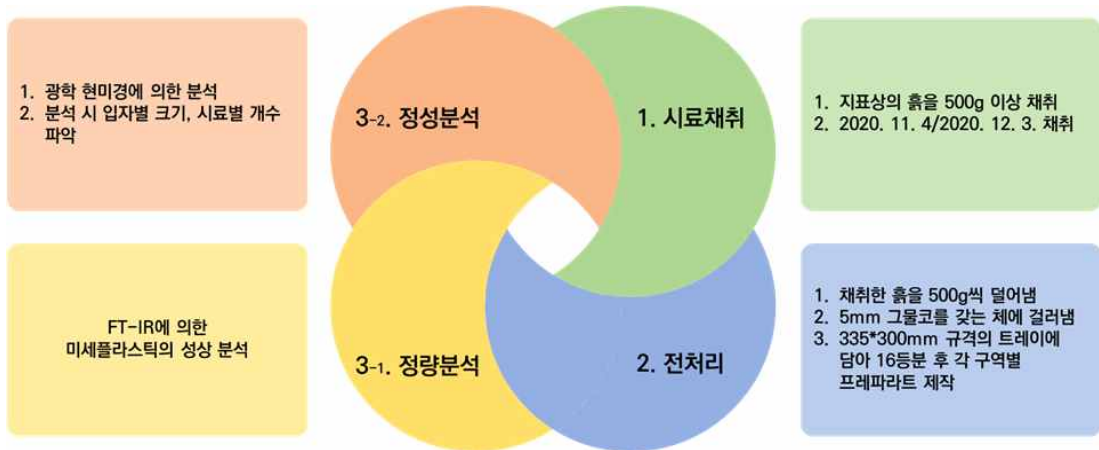
- 문헌검토 1. 미세플라스틱 정의 확정
 - 길이 5mm 이하
 - 1차(생산때부터 미세플라스틱)/2차(플라스틱이 부서지거나 마모되어 발생) 플라스틱 구분
 - 1mm 기준을 따라 LMP(1mm~5mm)/SMP(1mm 이하) 분류

○ 문헌검토 2. 미세플라스틱 유해성 관련

- 인체유해성은 밝혀진 바 없으나 관련 데이터의 부족으로 인해 확정 불가
- 생물농축 및 흡·탈착, 침출작용에 의해 인류에게 위협이 될 수 있음
- 플라스틱에 사용한 첨가제로 인한 인체 위험성은 존재

○ 연구의 방법

- 채집장소 선정: 장항C 인근 우수 유입부 5곳 선정
- 분석방법



3. 시료분석

○ 정량분석 결과

- 채취된 모든 시료에서 미세플라스틱이 발견됨
- 비중은 SMP(48%), LMP(52%)로 유사함

○ 정성분석 결과

- 대다수를 차지하는 물질은 스티로폼 혹은 폴리스티렌(폴리에틸렌 계열)
- 이외에도 Iron pentacarbonyl, Diiron nanocarbonyl, Triruthenium dodecacarbonyl, Phenylethynyl, Cobalt thiocyanate 등이 소량 검출

○ 소결 및 유입원 추정

- 대다수는 LMP 및 스티로폼 계열 물질과 SMP 및 폴리에스테르 계열로 구성: 각 A그룹과 B그룹으로 편성
- 이외의 물질은 C그룹으로 구성
- A그룹은 습지 내 어구 등의 쓰레기가 주 발생원으로 추정되며 도시내 유입도 배제할 수 없음
- B그룹은 인접 공장단지에서 유입된 것으로 추정
- C그룹은 추정이 어려우나 인접 공장 혹은 자유로 내 차량 등에서 떨어진 부품 등으로 추정

4. 결론

○ 결론 및 제언

- 습지 내 친환경 폐기물 야적장 설치
- 수처리기술을 접목하여 도시 내 폐기물 유입 방지
- 물순환을 통한 미세플라스틱 처리방법 강구

○ 연구의 한계 및 추후 연구방향

- 연구대상범위의 확대; 습지 전역 혹은 구역화하여 단계적 실시
- 육상 미세플라스틱 조사방법 정립
- 수계에서 밀려든 폐기물의 경우 거버넌스나 협력적 형태에 의한 방지대책 연구

제 1 장

연구의 배경 및 목적

제1절 연구의 배경

제2절 연구의 목적

제장 연구의 배경

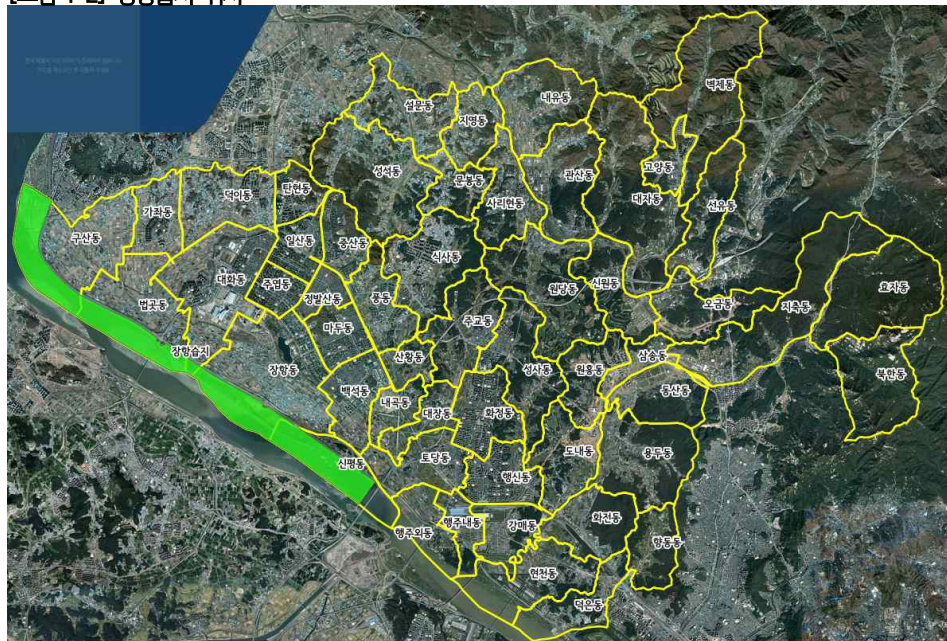
1. 장항습지 관련

장항습지는 대한민국 한강 하구에 펼쳐진 습지로서 2006년 4월 17일에 습지보호지역으로 지정되었으며 경기도 고양시 신평동 및 법곳동 일원에 펼쳐져 있다. 주변의 산남습지, 시암리 습지, 유도 등과 함께 「습지보전법」 제8조제1항 및 동조 제5항에 및 「환경부고시 제 2006-58호」 한강하구습지보호지역으로 지정되어 보호받고 있다(고양시 장항습지 소개 페이지). 이로 인해 습지 내에서 농업이나 어업에 종사하는 일부 인원을 제외하면 현재 출입이 제한되어 있는 상태로 인간의 손이 거의 닿지 않은 상태이다. 이러한 조건으로 인해 각종 생물이 습지 내에서 살아가고 있으며 일부 멸종위기종과 천연기념물 또한 습지 내에서 터전을 잡거나 월동 중 거쳐가는 곳으로 자리매김하고 있어 보존 가치가 높다고 할 수 있다. 이로 인해 고양시에서는 현재 랍사르 습지에 등재하려는 노력을 기울이고 있는 상황이다. 아래 [그림 1-1]은 장항습지의 전경이며 [그림 1-2]는 장항습지의 위치를 나타낸 것이다.

[그림 1-1] 장항습지 내 전경



[그림 1-2] 장항습지 위치



그러나 장항습지의 경우 한강 하구둑 위에 조성된 도시고속화도로인 자유로와 인접하고 있으며 일산신도시와도 근접한 지리적 상황으로 인해 도시 내 폐기물 유입에 노출되어 있는 상황이다. 대형 폐기물이나 하수 등은 고양시 내 처리시스템에 의해 어느 정도 처리가 되는 상황이나 미량오염물이나 비점오염물 등이 우수를 통해 유입될 수 있으며 자유로에서 발생하는 각종 차량에 의한 오염물질 또한 쉽게 유입될 수 있는 상황이다. 이는 보존 가치가 높은 장항습지 및 습지 내 생태계에 잠재적인 위협으로 작용할 수 있기에 이에 대한 조사 및 보호 대책이 시급한 상황이라고 할 수 있다.

아래 [그림 1-3]은 장항습지에 오염물질이 유입될 것으로 추정되는 경로를 표시한 것이다.

[그림 1-3] 장항습지 내 오염물질 유입 경로 (추정)



이러한 상황에도 불구하고 현재 장항습지와 관련된 연구를 살펴보면 습지 내 생태계 관련 연구나 지리적 특성 등의 연구가 주를 이루고 있으며 내부 오염 관련 연구는 전무한 상황이다. 이는 장항습지가 현재 민간에 개방되지 않았다는 점 등으로 인한 낮은 접근성이 한몫을 했다고 추정된다.

따라서 장항습지가 랍사르 습지로 지정되는 것을 앞둔 현 시점에서, 인접한 도시에서의 오염 물질 유입에 대한 연구가 필요한 상황이며 이에 대한 기초조사의 수행은 시의적절하다고 볼 수 있을 것이다.

2. 미세플라스틱 관련

플라스틱은 인류의 삶을 혁신적으로 바꾸어 놓았다고 해도 과언이 아닐 것이다. 이는 열이나 압력에 의해 성형이 가능한 고분자 물질 및 이러한 것들의 혼합물을 일컫는 말로 특정 플라스틱의 경우 내열성과 강도가 강하기까지 하여 생활의 여러 분야에서 사용된다(대한화학회 화학백과 참고). 이러한 플라스틱은 생활의 윤택함을 가져다주었으나 수명을 다한 후 자연 분해에 오래 걸린다는 점이 문제로 재활용이나 지속가능하지 않은 방식으로 처리될 경우 자연 순환계에 문제를 유발하는 점이 단점이다.

[그림 1-4] 플라스틱이 바다거북에 미치는 영향을 다룬 뉴스 (KBS, 2018)

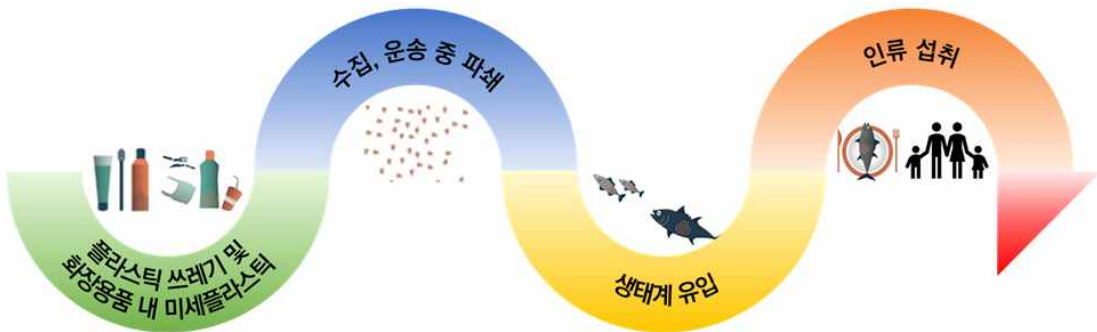


위 [그림 1-4]는 플라스틱이 바다거북에 미치는 영향을 보여주는 뉴스의 한 장면이다. 바다거북 등 해파리를 섭식하는 해양생물의 경우 비닐봉투 등의 플라스틱 폐기물을 해파리로 오인하여 삼키고 기도 폐쇄 등으로 죽는 사례가 많이 보고되고 있으며, 혹은 살아남더라도 자연 순환계의 순환 도중 생물 농축을 일으키기도 한다. 이는 인류에게도

미칠 수 있는 영향으로 지목되어 플라스틱의 적절한 처리에 대한 논의가 전 세계적으로 지속되고 있으며 한발 더 나아가 플라스틱의 감축에 대해 논의하는 중이다.

이러한 플라스틱의 경우 현재는 전 세계적인 처리와 감축 노력이 이루어지고 있으나 최근 화두가 되는 문제는 미세플라스틱 문제이다. 미세플라스틱에 대해서는 현재 명확한 정의가 내려져 있지는 않으나 통용되는 의미로는 보통 NOAA의 기준을 말하며, 이는 지름 0.5mm 이하의 플라스틱 조각을 의미한다(NOAA, 2020). 미세플라스틱은 현재 전 세계적으로 해양에 널리 퍼진 폐기물이 되었으며 입자가 작아 기존의 처리 방식으로는 완전한 회수가 어려운 것이 특징이다. 또한, 해양 생물의 섭취가 좀 더 용이하고 그것이 비록 호흡기 폐쇄의 원인으로는 일반 플라스틱보다 영향이 적다고 해도 과다 섭취에 의한 생물 농축은 여전히 우려가 되는 상황이다. 아래 [그림 1-5]는 미세플라스틱의 발생 과정 및 그것이 인류에게 흡수되는 과정을 나타낸 그림이다.

[그림 1-5] 미세플라스틱의 발생 및 인류에게 흡수되는 과정



한편 미세플라스틱으로 인한 해양이나 담수 오염 등에 대해서는 어느 정도 연구가 진행되고 있으나 지표면 및 지표하의 미세플라스틱에 대해서는 많은 연구가 진행되지 않은 실정이다(Nizzetto et al., 2016a, 2016b, Talvitie et al., 2017; 채유은, 2020.). 이는 물속에서의 미세플라스틱 분석보다 토양에서의 미세플라스틱 분석이 더 어려운 것에 기인하며, 해당 분석 방법에 대한 연구가 비교적 최근에 시작되었기 때문으로 보고 있다(Fuller and Gautam, 2016; Scheurer and Bigalke, 2018; Zhang et al., 2018.; 채유은, 2020).

미세플라스틱의 경우 플라스틱이 자연적 혹은 인공적으로 부서지거나 만들어진 것이

므로 자연계에는 존재하지 않는 물질이다. 또한, 자연 분해가 오래 걸리는 만큼 전 세계적으로 부작용에 대한 우려가 큰 상황이다. 비록 부작용에 대해서 확답을 할 수 있는 상황은 아니지만, 중장기적으로 인류에게 영향을 끼칠 가능성이 있으며 이러한 영향이 어떤 방향으로 작용할지 모르므로 이에 대한 적절하고 지속가능한 처리는 필수적으로 이루어져야 할 문제이다.

3. 연구의 필요성

앞서 장항습지 및 미세플라스틱 문제에 대해 간략히 살펴보았다. 전 지구적으로 미세플라스틱에 대한 관심이 높은 상황이며 미세플라스틱이 인간의 생활로 인해서 발생하는 문제인 만큼 도시에 인접한 장항습지의 경우 쉽게 미세플라스틱이 유입될 수 있음을 추론할 수 있다. 그럼에도 불구하고 현재까지 이에 대한 기초조사는 전혀 없는 상황임을 확인할 수 있었다.

장항습지는 생태적인 가치가 높으며 고양시에서도 보전 가치가 높기에 이를 람사르 습지에 등재하기 위한 시도를 하고 있으며, 지속적인 관리를 할 것을 천명한 상황이다. 그렇기에 장항습지의 생태보존가치나 지속가능성을 저해할 가능성이 높은 오염물질의 유입 및 오염 현황에 대한 연구는 필수불가결하다고 할 수 있다.

따라서 이번 연구를 통해 장항습지 내 미세플라스틱의 유입 여부와 오염 정도에 대해서 파악하고자 한다. 이를 필두로 하여 다양한 기초조사를 추후 시행할 것으로 기대된다.

제2절 연구의 목적

이 연구는 현재 각종 오염물질의 유입에 취약할 것으로 보이는 장항습지에 대한 기초조사를 목적으로 수행하였다. 장항습지의 생태적 가치나 보전 가치가 높은 상황임에도 불구하고 내부 오염에 대한 기초조사 상태가 전무한 상황이기 때문에 이러한 조사들이 시급하다고 할 수 있는 상황이다. 이에 이번 연구를 필두로 하여 장항습지 내 각종 오염물질에 대한 기초조사를 수행하여 현 실태를 분석하고 분석 결과를 바탕으로 장항습지의 오염물질 제거 방안 등을 찾을 예정이다. 이러한 결과들을 바탕으로 장항습지의 생태적 가치를 보존하면서 고양시의 지속가능한 생태가치를 재고할 수 있도록 지속적인 연구가 이루어질 필요성이 있다.

이번 연구는 전 지구적으로 관심도가 높은 미세플라스틱의 장항습지 유입 여부에 대한 기초조사의 성격으로 진행된다. 따라서 습지 내의 지표 일부를 선택하여 관련 시료를 채취하고 이를 분석하여 장항습지 내의 미세플라스틱 분포 현황을 대략적으로 파악할 것이다. 이러한 결과물들을 바탕으로 추후 미세플라스틱의 제거 방안 및 관련 연구의 기초가 되도록 할 것이며, 또한 앞으로의 장항습지 관리 방안에 대해서도 깊이 있는 연구를 진행하고자 한다. 이러한 일련의 과정들이 제대로 수행될 경우 랍사르 습지로 지정되어 생태적 가치를 인정받은 장항습지의 위상을 높일 수 있을 것이며 고양시의 아이덴티티로서 자리잡을 것으로 기대할 수 있을 것이다.

제 2 장

기존 문헌 검토 및 연구의 방법

제1절 문헌 검토

제2절 연구의 방법

제절 문헌 검토

1. 미세플라스틱의 정의 관련

이번 절에서는 분석하고자 하는 미세플라스틱의 범위를 한정하기 위해 기존에 연구된 문헌 및 기타 관련 기관에서 이루어진 미세플라스틱의 정의를 살펴보았다. 앞서 1장에서 살펴보았듯, 미세플라스틱의 기본적인 정의는 입자의 지름이 0.5mm 이하인 플라스틱이라고 하였다. 그런데도 이번 절에서 이에 대해 세부적으로 다루는 목적은 미세플라스틱의 물리적, 화학적 특성에 따라 발생원이나 유입원 등을 파악하는 데 도움이 될 수 있기 때문이다.

우선 현재 시점에서 가장 널리 통용되는 미세플라스틱은 NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration, 미국 해양대기청)의 분류로 길이 혹은 지름¹⁾이 5mm을 넘지 않는 플라스틱으로 정의하였다. 이 외에도 미세플라스틱의 일종으로 마이크로비드에 대해서 언급하고 있는데 이는 최근의 문제가 아니며 개인 위생 용품에서 사용되는 빈도가 점점 증가하여 천연 유래 성분을 대체하고 있다고 했다(NOAA, 2020).

또한 유럽의회에서는 2017년 6월 7일에 개최된 임시회의에서 미세플라스틱에 대해 다음과 같이 정의하였다.

¹⁾ 본문에서는 'length' 로 표현함

- ① 인위적으로 만든 플라스틱으로 구성되었으며
- ② 생분해성 플라스틱, 바이오 기반의 아날로그 플라스틱 및 바이오 기반의 대체 플라스틱을 포함하고
- ③ 고체이며 불수용성 입자이며
- ④ 크기가 5mm 이하의 입자이며 나노미터 크기의 입자까지 포함

한편 미세플라스틱이 큰 플라스틱 입자의 마모로부터 발생하였기에 스스로 생분해를 일으켜 분해되어 작아지는 옥소 플라스틱 또한 미세플라스틱에 포함된다고 간주하였다. 또한, 생성 과정에서 본래의 플라스틱이 분쇄되어 발생한 것인지, 목적에 따라 처음부터 미세플라스틱으로 제작되었는지에 따라 1, 2차 미세플라스틱으로 분류하였다. 여기서 옥소플라스틱이란 옥소분해(oxo-degradable) 혹은 옥소생분해(oxo-biodegradable) 플라스틱으로 고밀도 폴리에틸렌 등의 플라스틱에 대해 산화를 촉진하여 분해되기 쉽도록 처리한 플라스틱을 말한다(박정규 외, 2018).

그리고 GESAMP²⁾(2015)의 경우에는 플라스틱을 총 4종류로 구분하여 각각 매크로 플라스틱, 메조 플라스틱, 미세 플라스틱, 나노 플라스틱으로 구분하였다. 해당 내용은 크기에 의한 분류이다. 이에 대한 자세한 내용은 아래 [표 2-1]을 통해 확인할 수 있다. 한편 이 분류는 국제환경단체인 그린피스 산하 과학연구팀(2016)에서도 차용하여 연구 및 활동을 진행하고 있다(그린피스 과학연구팀, 2016).

²⁾Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection의 준말로 유엔 산하 기구를 위한 전문가 자문 그룹으로 해석할 수 있다.

[표 2-1] GESAMP의 플라스틱 분류 (GESAMP, 2015; 그린피스 과학연구팀, 2016에서 재인용)

구분	내용
매크로 플라스틱 (Macroplastics)	길이 혹은 지름이 25mm를 초과하는 플라스틱
메조 플라스틱 (Mesoplastics)	길이 혹은 지름이 5mm를 초과하고 25mm 이하인 플라스틱
미세 플라스틱 (Microplastics)	길이 혹은 지름이 5mm 이하인 플라스틱으로 모양은 구, 조각, 섬유 형태 등 다양하며 1차 미세플라스틱과 2차 미세플라스틱으로 나뉨 <ul style="list-style-type: none"> - 1차 미세플라스틱: 제조 당시부터 길이나 지름이 5mm 이하로 만들어진 플라스틱 - 2차 미세플라스틱: 매크로 플라스틱이나 메조 플라스틱 등이 깨지거나 마모되어 미세플라스틱 범위에 포함된 플라스틱
나노 플라스틱 (Nanoplastics)	길이 혹은 지름이 1um 미만인 플라스틱으로 미세플라스틱의 일부분

한편 박정규 외(2018)에 따르면 미세플라스틱에 대한 국제사회나 기구에 의해 합의된 정의는 없다고 하고 있으며 보통 길이 5mm 미만의 플라스틱을 미세플라스틱으로 분다고 언급하였다.

관련 선행연구를 살펴본 결과 미세플라스틱에 대해서는 지름 혹은 길이가 5mm 이하인 플라스틱 조각이라는 공통점이 있음을 확인할 수 있었다. 그 외의 내용으로는 마이크로비즈가 다루어지는지의 여부, 미세플라스틱을 1·2차로 구분하는지의 여부가 있었다. 이 외에는 연구자들마다 연구의 목적에 맞게 분류하는 것이 통상적으로 이에 대해서는 국제적인 협의가 이루어지지 않은 상황으로 보인다(Murphy, F. et al, 2016; Mintentig et al, 2017; Swedish Environmental Research Institute, 2016, Talvitie et al, 2017; National Institute of Environmental Research, 2014; Ziajahromi, S. et al, 2017.).

따라서 이 연구에서는 미세플라스틱을 지름 5mm 이하의 플라스틱 조각으로 정의하며 1, 2차 미세플라스틱을 구분할 것이다. 반면에 나노플라스틱이나 마이크로비즈 등에 대해서는 일반적인 미세플라스틱으로 다루며 따로 구별하지는 않을 것이다. 다만 지름 1mm을 기준으로 하여 L-MP(Large-Microplastic, 이하 LMP), S-M(Small-Microplastic, 이하 SMP)로

분류할 예정이다. 이를 종합하면 이 연구에서 사용할 미세플라스틱의 정의는 다음과 같다.

- ① 지름 혹은 가장 긴 길이가 5mm 이하
- ② 발생 원인에 따라 1·2차 미세플라스틱으로 분류
 - 1차 미세플라스틱: 제조 당시부터 가장 긴 길이 혹은 지름이 5mm 이하로 만들어진 미세플라스틱
 - 2차 미세플라스틱: 미세플라스틱보다 큰 플라스틱이 마모되거나 파손되어 ①의 정의에 부합하게 된 플라스틱 조각
- ③ 크기에 따라 L-MP와 S-MP로 분류
 - LMP: 지름 혹은 가장 긴 길이인 L 이 $1 < L \leq 5\text{mm}$ 인 미세플라스틱
 - SMP: 지름 혹은 가장 긴 길이인 L 이 $L \leq 1\text{mm}$ 인 미세플라스틱

2. 미세플라스틱의 유해성 관련

이번에는 미세플라스틱의 유해성에 대해서 알아보기로 한다. 이는 미세플라스틱의 발생 억제 및 폐기의 방법에서의 지속가능성의 당위성을 뒷받침할 수 있으며 본 연구에서 미세플라스틱의 적절한 처리 방안 및 기타 정책적인 제언을 위해서 필요한 부분이다.

우선 NOAA에서는 미세플라스틱에 대해 새로운 분야로서 그 영향력이 잘 알려지지 않았으며 현재 해양쓰레기 프로그램을 통하여 미세플라스틱의 영향에 대해서 연구하고 있다고 밝히고 있다(NOAA, 2020).

UNEP의 2016년 보고서에도 해산물 내의 미세플라스틱이 인체에 유해하다고 언급하지는 않고 있다. 다만 이는 보고서 작성 시점에서 수집된 데이터의 한계나 불확실성 등으로 인하여 결론을 낼 수 없는 상황으로 이것으로 미세플라스틱이 인체에는 무해하다고 결론을 짓기는 부적절하다고 말하고 있다.

또한 WHO의 대변인이 2019년에 BBC에서 실시한 인터뷰에 따르면 플라스틱은 인체 내로 흡수되어도 화학적으로 반응하지 않고 장기나 조직에 해를 끼칠 가능성도 적어 대부분 무해하게 체외로 배출될 것이라는 견해를 밝힌 바 있다. 그러나 이런 내용이 미세플라스틱이 인체에 무해하다는 뜻이 아니며 추가적인 연구를 통한 규명이 필요하다고 하였다(임지열, 2020에서 재인용).

반면 미세플라스틱의 유해성에 대한 연구도 많은 편이다. 류지현·조충연(2019)에 따르면 미세플라스틱은 플라스틱이 가지고 있는 위험성을 포함하여 제조·가공단계에서 사용되는 가소제, 첨가제, 색소, 안정제 등의 화학물질에 대한 위험성을 지니고 있다고 하였다. 이를 생태계에 미치는 물리화학적 영향, 해양생물에 미치는 영향으로 나누어 다뤘는데 우선 생태계에 미치는 물리화학적 영향으로 토양 축적으로 인한 토양의 퇴화나 수분 저항성을 들었다. 또한, 인체 내 흡수 시 물리적인 소화기관의 폐쇄, 점막의 자극 및 마모 등을 유발할 수 있으며 모세혈관 등에 침투 시 매우 작은 미세플라스틱(1nm~1um)의 경우 콜로이드성 거동을 보임으로써 다양한 생체 조직과 결합할 수 있음을 들었다. 이를 바탕으로 산화 스트레스 유발 및 내분비계 장애, 급성 독성을 유발할 수 있음을 밝혔다. 그리고 해양생물에 대한 영향으로는 생물

농축을 통한 해양생물들의 급성 독성반응 및 염증을 유발할 수 있다고 언급하였다. 아래 [그림 2-1]은 생선 안에서 발견된 미세플라스틱 사진이다.

[그림 2-1] 생선 안에서 발견된 미세플라스틱 (Alex Hofford, 2016)



한편 그린피스 과학연구팀(2016)의 경우 미세플라스틱이 오염물질을 흡착(Absorbing), 탈착(Desorbing), 및 침출(Leaching) 작용을 통해 오염물질을 운반하며 이는 궁극적으로 모든 해양생물에게 독성을 유발할 수 있기에 부작용이 심각하다고 밝혔다. 구체적으로 보자면 미세플라스틱은 품고 있는 독성 물질을 해양으로 방출하거나 바다 내의 화학물질을 표면으로 흡착할 수 있으며 플라스틱 제조 시 첨가물에 의한 유독성 물질이 해양생물의 소화기 내부 혹은 주변 바다에 배출되는 등의 영향을 말할 수 있다. 이에 대해서는 다음 [그림 2-2]에서 설명하고 있다.

[그림 2-2] 미세플라스틱의 흡착, 탈착, 침출 반응 (그린피스 과학연구팀, 2016)



이러한 작용들은 생물 농축을 통하여 인간에게도 잠재적인 위험이 될 수 있다고 경고하고 있다. 다음 [그림 2-3]은 보통의 플라스틱 제품에 사용되는 화학 물질 및 기능과 잠재적 영향을 보여주는 것이다.

[그림 2-3] 미세플라스틱과 연관된 일반적인 원료, 첨가제 등의 작용 (그린피스 과학연구팀, 2016)

	화학물질	기능	잠재적 영향
원료	비스페놀A (BPA)	폴리카보네이트 플라스틱 및 에폭시 수지 생산의 원료로 사용	내분비계 교란 가능성이 있는 물질. 특히 태아 및 영유아의 성장과 발달에 유해.
	프탈산에스테르 (프탈레이트) - 디에틸헥실프탈레이트 (DEHP), 디부틸프탈레이트(DBP), 디에틸프탈레이트(DEP)	가소제[1] 및 연화제로 사용되어 플라스틱, 특히 폴리염화비닐(PVC)을 유연하게 만들. 향수와 화장품의 용매[2] 및 향을 지속시키기 위해 사용	일부 프탈레이트는 생식능력을 저해하며, 과다 섭취 시 간에 지장을 초래
첨가제	노닐페놀(NP)	플라스틱 제조시 산화방지제, 가소제, 안정제 등으로 사용. 공업용 세제로 사용되는 노닐페놀에톡시레이트 (NPEs)를 일부 분해해 만들어짐	수중생물에게 극도로 유해. 특히 어류의 내분비계 교란을 일으키며 여성화를 초래. 기타 동물 및 인간의 생식과 성장에도 유해할 수 있음.
	폴리브롬화 디페닐에테르 (PBDEs)	플라스틱, 발포 고무, 섬유 등의 발화 지연제로 사용. 플라스틱 제품에 첨가제로 사용되거나 환경에 잔류하다가 플라스틱 제품 표면으로 흡착될 수 있음.	내분비계 교란 가능 물질로 특히 갑상선 기능에 문제를 유발할 수 있음. 신경 발달 및 행동, 면역체계, 간 등에 유해할 수 있음.
	폴리염화비페닐 (PCBs)	이전에 일부 플라스틱의 난연제[3], 가소제로, 또 변압기의 절연체[4]로 사용	여러 동물의 면역체계, 생식능력, 신경계에 독성 초래. 간에 손상을 줄 수 있으며 암을 유발할 수 있음.
오염물질	다환방향족 탄화수소(PAHs)	화석연료의 불완전연소시 발생하는 물질. 석유 및 풀타르에도 존재.	한 번 흡수되면 체내에 축적. 일부는 암과 돌연변이를 유발하고 생식능력을 저해
	살충제 - 디클로로디페닐 트리클로로에탄 (DDT), 핵사클로로시 클로헥산 (HCHs)	과거 농업 및 도시지역의 살충제로 사용되었으나, 지금은 말라리아 벡터 콘트롤[5]만으로 사용이 제한	DDT는 수중생물에게 매우 치명적이며 내분비계 교란 및 생식능력을 저해 HCHs는 간과 신장에 치명적이며 일부는 내분비계 교란 물질 및 인체 발암 가능 물질로 추정

Ojer et al(2015)에 의하면 100nm 이하의 미세플라스틱의 경우 세포 내 섭취를 통하여 모든 세포에 흡수될 수 있으며 이보다 큰 미세플라스틱의 경우 대식세포 작용을 통해 세포에 흡수될 수 있다고 밝히고 있다. 이를 통해 조각의 크기나 형태 등에 의한 물리적 피해가 발생할 수 있으며 이러한 조각이 다수일 때 초래할 결과 등에 대한 주의를 촉구하고 있다.

앞선 연구들을 살펴봤을 때 기본적으로 미세플라스틱의 인체 내의 영향에 대해서 명확하게 밝혀진 것이 없음을 확인할 수 있었다. 그러나 미세플라스틱이 기본적으로 플라스틱이며 이를 가공 시 첨가되는 다른 물질에 의한 피해는 이미 충분히 규명된 상태이다. 따라서 미세플라스틱의 경우 흡·탈착 및 침출을 통해 화학물질의 전이를 유발할 수 있으며 세포 내 흡수 등이 확인된 만큼 해로운 효과를 유발할 수 있을 것으로 짐작되는 만큼 이에 대한 경계심은 필요할 것이다.

제2절 연구의 방법

1. 시료 채집 장소의 선정

장항습지는 한강 하구에 선형으로 길게 펼쳐져 있으며 다양한 환경이 펼쳐져 있다. 연구의 기간이나 습지 출입 가능 시간 등의 한계로 인하여 전 지역에 걸쳐 시료를 채취할 수는 없었으며 따라서 도시로부터 미량 오염 물질 등이 유입될 수 있는 지점을 조사하여 선정하고 해당 지역의 지표를 채취하였다. 채취 지역에 대해서는 아래 [그림 2-4]에 기록하였다.

[그림 2-4] 장항습지 내 채취지점 표시



채취 지점은 우선 자유로 하부공간으로부터 우수가 유입되는 우수관로를 선정하였다. 우수관로는 자유로 방향에서 장항습지 쪽으로 하향 경사를 이루고 있어 일산신도시의 우천 시 우수가 유입되는 지점이다. 따라서 이번 채취에서는 우수관 하부에 퇴적물이 쌓이는 곳에서 채취하였다. 아래 [그림 2-5]는 채취한 지점들 중 일부를 촬영한 사진이다.

[그림 2-5] 시료를 채취한 우수관로 사진

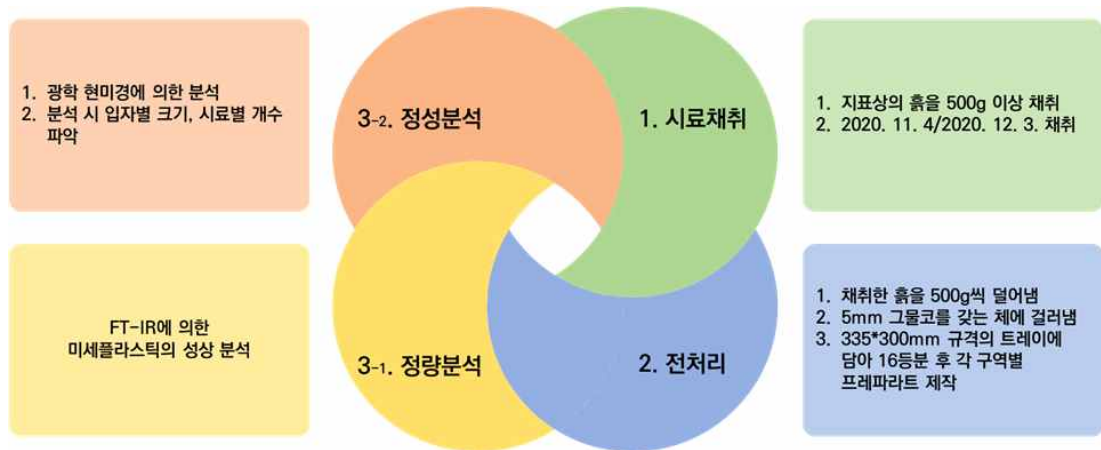


일부 우수관로의 경우 하부 퇴적지가 식물 등에 둘러싸여 있어 접근이 어려운 측면이 있었으며 따라서 균일한 면적이나 양을 설정하여 채취하기가 곤란한 상황이었다. 또한 하부 토양 구성 물질이 다른 측면도 있었으나 이에 대해서는 고려하지 않고 진행하였다.

2. 분석 방법

앞서 언급했듯 현재 미세플라스틱 관련 조사의 경우 수중 조사는 연구의 용이성 등으로 인해 많이 시행되었으나 지표에서의 추출 및 분석에 대해서는 많은 연구가 이루어지지 않은 상태이다. 즉 ISO나 다른 공인된 방법이 없다고 봐도 무방하다. 이에 본 연구진은 기존의 해양 미세플라스틱 채취 관련 연구를 바탕으로 이를 육상에 적용할 수 있도록 응용하였다. 이를 단계별로 표현하면 아래 [그림 2-6]과 같다.

[그림 2-6] 이 연구에서 사용한 분석 방법의 단계



[그림 2-6]을 보면 크게 시료채취, 전처리, 분석의 3단계로 구분된 것을 확인할 수 있다. 각 부분별로 방법을 설명하자면 다음과 같다.

1) 시료채취

해양에서 시료를 채취 시 플랑크톤 망이나 휴대용 펌프 등을 이용하여 시료를 체에 거르는 방식으로 시행한다. 이때 체의 메시 크기는 분석하고자 하는 미세플라스틱의 크기에 따라 연구자가 정할 수 있으며 보통 25~500 μ m의 범위 내에서 결정한다. 그러나 이번 연구는 육상에서의 연구이므로 지표상의 흙을 지정된 채취지점에서 일정량 수집하는 방향으로 결정하였다. 한편 이번 연구의 목적이 장항습지 내의 미세플라스틱 등 미량오염물질의 유입 여부인만큼 기타 토양 상태나 다른 변수에 대해서는 고려하지 않았으며 총 5개의 우수관로 채취지점에서 2회의 시료 채취를 시행하였다. 시료 채취 일자는 각 2020년 11월 4일 및 동년 12월 3일에 실시하였다. 아래 [그림 2-7]은 채취한 시료의 일부이다.

[그림 2-7] 채취한 시료



2) 전처리

채취한 시료의 분석을 위해 우선 500g씩의 분량을 덜어내었다. 그리고 이를 각각 5mm의 메시 사이즈를 갖는 체에 걸러서 미세플라스틱의 정의에 부합하지 않는 오염물질을 제거하였다. 이러한 과정을 거친 후에 시료들을 335*300mm 규격의 트레이에 옮겨 담은 후 이를 16등분하였다. 이렇게 나누어진 구간마다 광학 현미경의 분해능이 허락하는 양(여기서는

$25/2\pi$)만큼 시료를 떼서 프레파라트를 제작하였다. 이를 바탕으로 광학 현미경을 통해 정량 분석을 실시할 수 있도록 한다.

3-1) 정량분석

전처리가 끝난 시료는 광학 현미경을 사용하여 분석한다. 전처리 단계의 마지막 과정으로 제작한 프레파라트를, 광학 현미경을 이용하여 정량분석을 실시한다. 이 경우 정량분석에 들어가는 시료는 분류한 시료 대비 1/815배의 표면적을 가지게 되므로 장항습지 내부의 대략적인 미량오염물질 및 미세플라스틱의 빈도를 파악할 수 있다. 분석 과정에서 시료를 현미경에 탑재하고 육안으로 토양이나 돌 등 시료 채취 지점에 존재하는 것이 자연스럽지 않은 물질들의 개수를 기록하고 분류하였다. 아래 [그림 2-8]은 이번 정량분석에서 사용한 광학식 현미경이다.

[그림 2-8] 정량분석에 사용한 광학식 현미경



3-2) 정성분석

정량분석을 통해서 미량오염물질 및 미세플라스틱의 분포 수준을 파악하였다면 이후에는 정성분석을 통하여 검출된 미량오염물질 중 스티로폼을 제외한 물질이 어떤 것들이 있는지 파악하기 위해 정성분석을 실시한다. 이 연구에서의 정성분석은 FT-IR을 이용해서 시행하였다. FT-IR은 푸리에 변환 적외선분광법의 약자이며, 광속 간섭계 두 개를 활용하여 얻어지는 간섭줄무늬를 푸리에 변환을 통해 변환하여 적외선 흡수 스펙트럼을 획득하여 기존의 물질들의 스펙트럼과 비교·대조하여 조사 대상이 어떤 물질인지 알아내는 기구이다(한국식품과학회, 2012). 정성분석을 통해 검출된 미량오염물질이 무엇인지 파악하여 해당 물질의 유입 경로 및 제거를 위한 방법 수립에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대한다. 아래 [그림 2-9]는 이번 분석에서 사용한 분광기이다.

[그림 2-9] 정성분석에 사용한 분광기



제 3 장

시료분석

제1절 정량분석 결과

제2절 정성분석 결과

제3절 소결 및 유입원 추정

제철 정량분석 결과

정량분석을 통해 시료별로 분류했던 트레이마다의 미량오염물질 및 미세플라스틱 추출값을 기록하였다. 해당 결과는 아래 [표 3-1] ~ [표 3-10]에 있으며 다음 [그림 3-1]은 정량적 분석 장면을 촬영한 것이다.

[표 3-1] 1번 하수관 1번째 채취

5	5	11	9
4	6	19	8
4	3	4	8
8	5	7	8

[표 3-2] 1번 하수관 2번째 채취

17	11	5	8
9	6	12	15
10	17	8	13
16	5	5	13

[표 3-3] 2번 하수관 1번째 채취

1	6	1	2
5	4	2	1
5	4	3	4
2	4	5	3

[표 3-4] 2번 하수관 2번째 채취

3	1	2	5
3	5	6	3
4	2	4	2
5	3	3	6

[표 3-5] 3번 하수관 1번째 채취

3	0	1	3
4	2	1	3
4	3	3	3
2	1	3	4

[표 3-6] 3번 하수관 2번째 채취

1	3	2	1
1	1	1	2
4	0	1	3
3	0	4	0

[표 3-7] 4번 하수관 1번째 채취

18	9	4	0
17	7	13	19
3	10	7	8
7	19	2	6

[표 3-8] 4번 하수관 2번째 채취

17	1	6	15
0	7	18	3
17	3	14	0
4	2	4	1

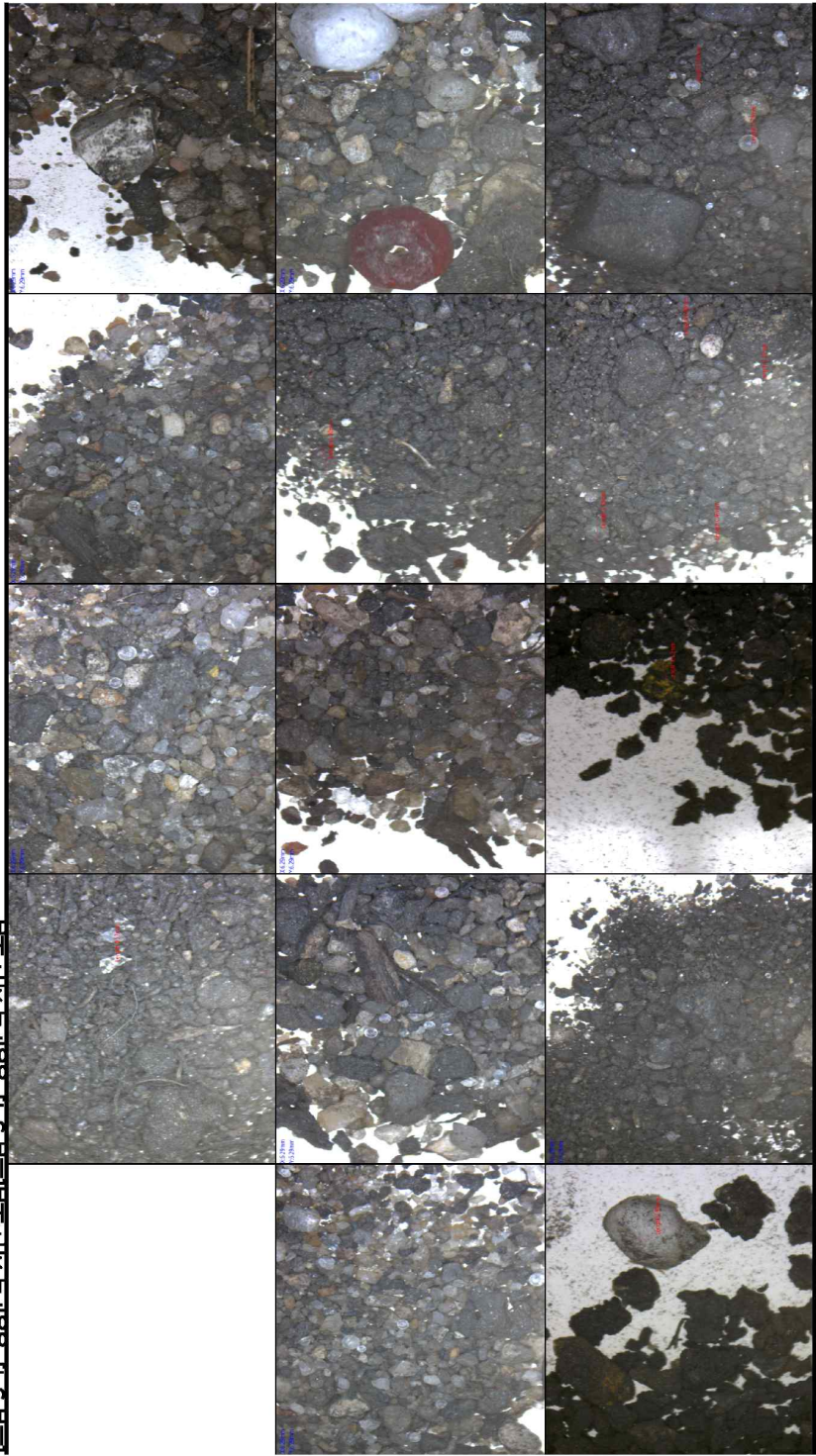
[표 3-9] 5번 하수관 1번째 채취

9	3	7	13
13	15	0	3
10	3	4	11
4	5	17	9

[표 3-10] 5번 하수관 2번째 채취

8	15	10	11
13	14	2	1
16	11	10	9
5	8	15	9

[그림 3-1] 정량분석 사진 모음 [그림 3-1] 정량분석 사진 모음



분석을 통해 물질을 크게 3가지로 분류해 보았다. 우선은 스티로폼으로 이는 장항습지 내부에서 농업 및 어업에 종사하는 종사자의 도구에서 나온 것으로 추정된다. 실제로 장항습지 내부에는 부표 등 스티로폼으로 제작된 도구들이 많이 버려져 있었다. 이는 아래 [그림 3-2]에서 확인할 수 있다. 그러나 이것만을 가지고 도시에서의 유입이 없다고 가정할 수는 없다. 이는 코로나-19로 인하여 비대면 사회가 불러온 택배 증가는 이를 포장하는 스티로폼 용기의 사용을 촉진한 바 있기 때문이다. 스티로폼의 경우 평균 지름이 3.23mm로 작은 편이었으나 보통 사용되는 특성 상 2차 플라스틱으로 추정이 가능하다. 실제로 체에 걸렸을 때 그물코를 통과하지 못한 스티로폼 조각들이 많았으며 덩어리들마다 비정형의 양을 보여주었기 때문이다.

다른 하나는 실리카로 추정되는 물질로 평균 지름이 0.59mm 밖에 되지 않는 매우 작은 물질로 투명에 가까운 색 및 냄새가 거의 나지 않는 물질이었다. 실제로 스티로폼 이상의 빈도로 출몰하였으며 거의 모든 시료에서 출몰하였다. 그러나 무색무취의 물질이라는 특성 상 정량분석만으로는 어떤 물질인지 명확히 알 수 없었으며 정확한 물질의 확인을 위해서 일부를 샘플로 모아두어 정성분석 단계로 넘겼다.

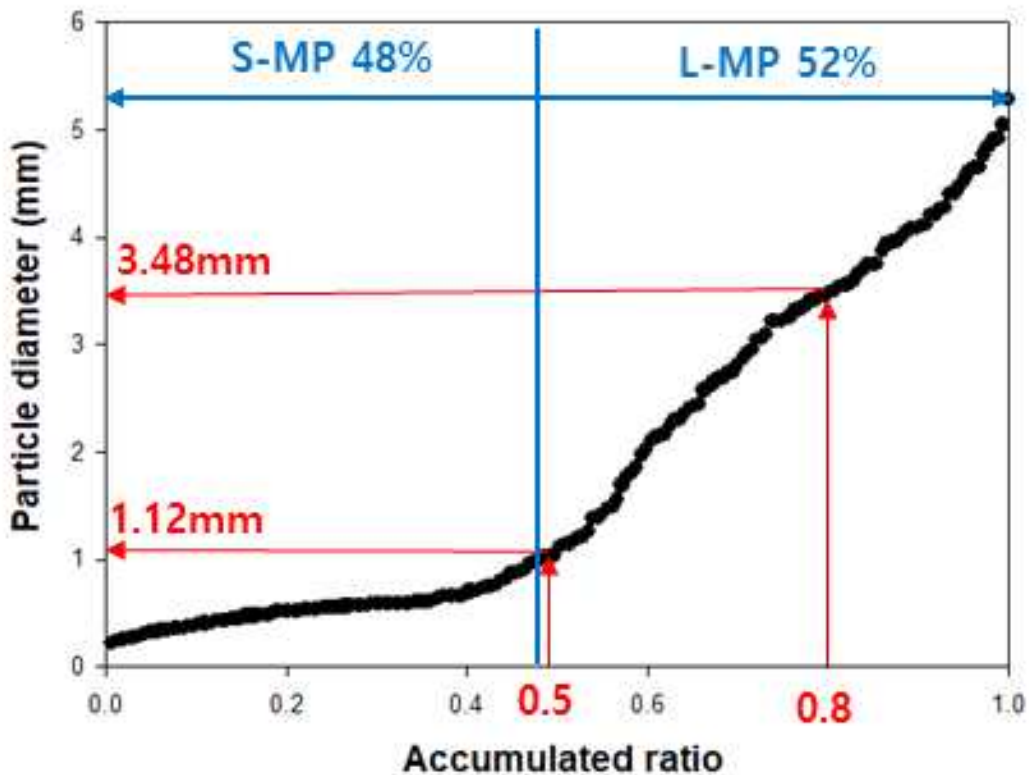
그 외에도 다양한 시각적 특징을 지니는 물질들이 발견되었다. 이들의 경우 하나 이상의 물질이 발견되지는 않았으며 비정 형태를 띠고 있는 것으로 미루어 파쇄된 물질로 보였다. 이 또한 색상 외의 다른 외견적인 조건을 보이지는 않았기에 정성분석 단계로 넘겼다.

[그림 3-2] 습지 내 버려진 스티로폼 쓰레기들



시료의 정량적 검사 결과 전반적으로 스티로폼이 많이 발견되었으며 이외에도 무엇인지 알 수 없는 물질들이 몇 가지 발견되었다. 다만 현미경을 통해서 크기를 측정한 결과 입자 직경의 분포는 0.22mm에서 5.28mm의 직경에 걸쳐 있었다. 일부 5mm을 넘어가는 물질의 경우 물질 자체의 유연성 및 거르는 과정에서 토사물이나 다는 물질로부터의 압력으로 인해 그물코를 통과한 것으로 추정된다. 한편 미량물질의 분포는 S-MP(48%)와 L-MP(52%)가 유사한 비중으로 검출되었음을 확인했다. 아래 [그림 3-3]은 정량분석 결과 나타난 미량오염물질의 크기를 바탕으로 작성한 누적도수분포표이다.

[그림 3-3] 검출된 미량오염물질의 크기별 누적도수분포표



이러한 물질들의 성상을 밝히기 위해 일부 동일해 보이는 물질들 일부 및 발견된 물질 중 흙이나 돌 등의 바닥에서 나오는 것이 아닌 고유한 물질의 경우 따로 분류하여 정성분석을 시행하였다.

제2절 정성분석 결과

정량분석이 끝났으나 성상을 밝히지 못한 미세물질들의 성상을 파악하여 물질이 무엇인지 알아내기 위해 정성분석을 실시하였다.

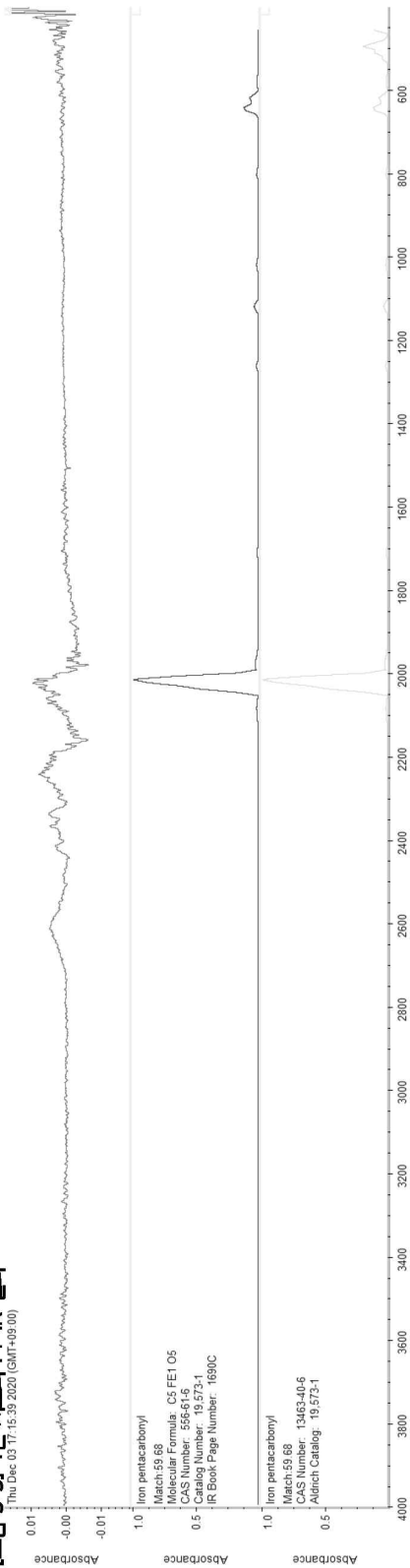
앞서 정량분석에서 스티로폼이 많이 검출된 바 있지만 스티로폼 외에도 알 수 없는 물질들도 상당수 검출되었다. 이는 다음 [그림 3-4]를 통해 확인할 수 있는데, 이 물질들이 어떤 물질인지 밝혀야 환경에 미치는 영향이나 유입 원인 등을 파악할 수 있는 기초자료가 된다. 따라서 다음 [그림 3-4]에 있는 물질들을 대상으로 본 분석을 실시하였다. 여기서 1번 시료의 경우 스티로폼과 함께 검출된 미세플라스틱의 주를 이룬 물질이며 2~7번 시료는 단독 혹은 미량 검출된 시료이다. 해당 검사 결과는 다음 [그림 3-5] ~ [그림 3-12]에서 확인할 수 있다.

[그림 3-4] 정성분석 시험을 위해 분류해놓은 물질들



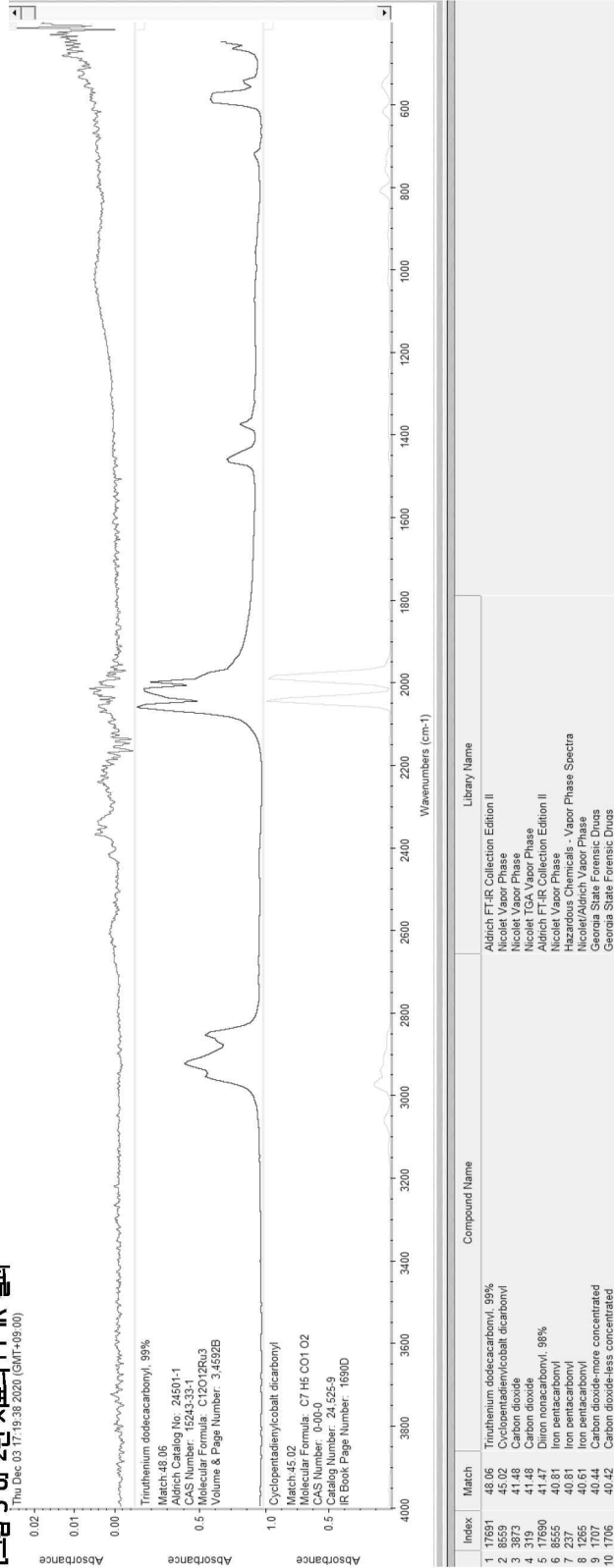


[그림 3-5] 1번 시료의 FT-IR 결과



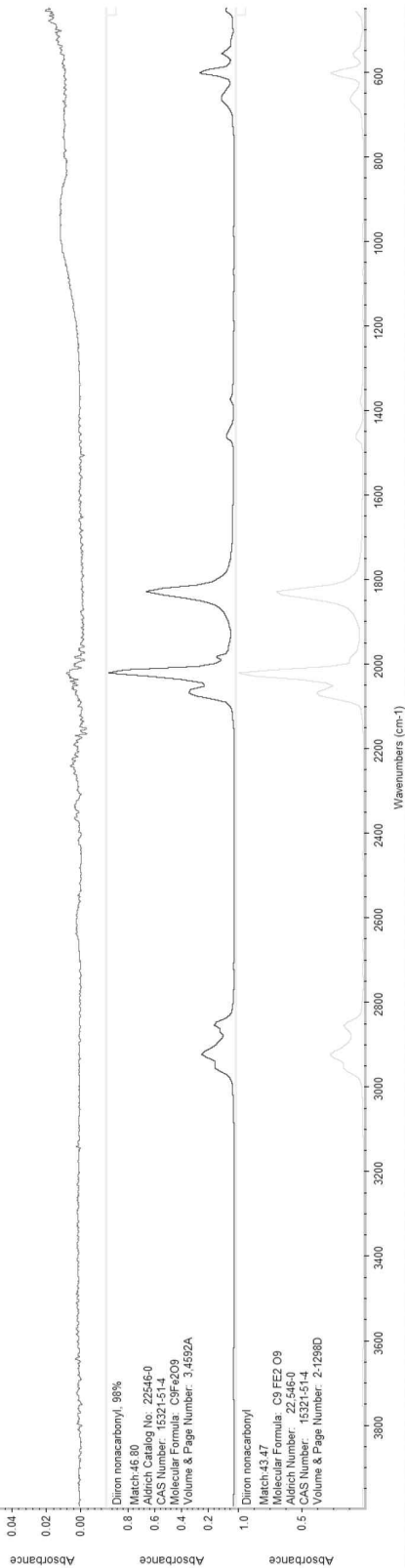
Index	Match	Compound Name	Library Name
1	85.55	Iron pentacarbonyl	Nicolet Vapor Phase
2	59.68	Iron pentacarbonyl	Nicolet Vapor Phase
3	42.65	Iron pentacarbonyl	Nicolet Vapor Phase
4	17.690	Diiron nonacarbonyl, 98%	Nicolet Vapor Phase
5	612	Diiron nonacarbonyl	Aldrich FT-IR Collection Edition II
6	17654	Cyclopentadienylmanganese tricarbonyl, 97%	Aldrich Organometallic, Inorganic, Bron, Deuterium Compound
7	17659	(Methylcyclopentadienyl)manganese tricarbonyl, 97%	Aldrich FT-IR Collection Edition II
8	16553	Cyclopentadienylmanganese tricarbonyl	Aldrich FT-IR Collection Edition II
9	16553	Cyclopentadienylmanganese tricarbonyl	Aldrich FT-IR Collection Edition II
10	17661	Dicarbonylironpentacarbonyl	Aldrich FT-IR Collection Edition II

[그림 3-6] 2번 시료의 FT-IR 결과



[그림 3-7] 3번 시료의 FT-IR 결과

Thu Dec 03 17:22:04 2020 (GMT+09:00)



Diron nonacarbonyl, 98%

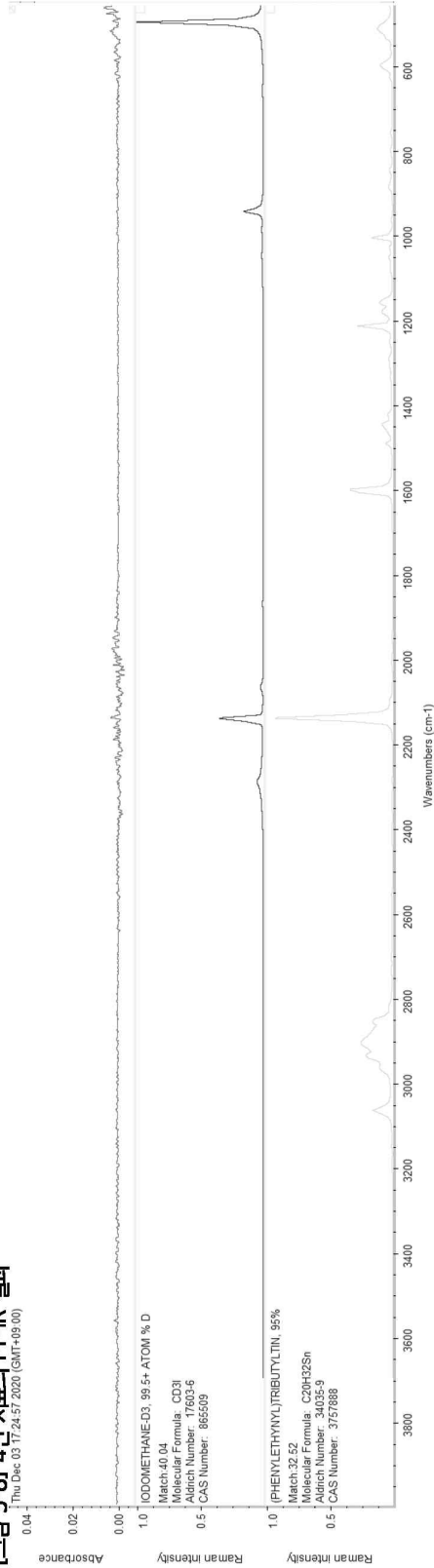
Match: 46.80
 Aldrich Catalog No.: 22546-0
 CAS Number: 15321-51-4
 Molecular Formula: C9F6O9
 Volume & Page Number: 34592A

Diron nonacarbonyl

Match: 43.47
 Formula: C9 FE2 O9
 Aldrich Catalog No.: 22546-0
 CAS Number: 15321-51-4
 Volume & Page Number: 2-1298D

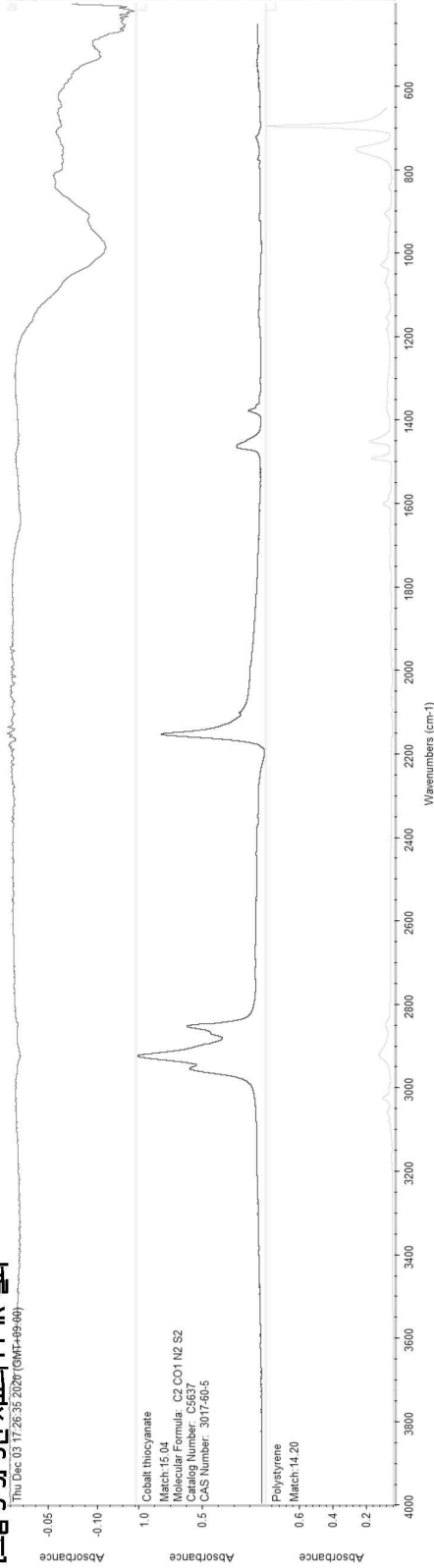
Index	Match	Compound Name	Library Name
1	17690	46.80 Diron nonacarbonyl, 98%	Aldrich FT-IR Collection Edition II
2	612	43.47 Diron nonacarbonyl	Aldrich Organometallic, Inorganic, Boron, Deuterium Compound
3	17651	40.90 Dicarboxylic acid dimethylsulfoniummethylethylidene iron t	Aldrich FT-IR Collection Edition II
4	17691	40.66 Trithenium dodecacarbonyl, 98%	Aldrich FT-IR Collection Edition II
5	13735	40.15 (TRIMETHYLSILYL)ACETYLENE, 98%	Aldrich Raman
6	17654	39.79 TROSMIUM DODECACARBONYL, 98%	Aldrich Raman
7	17654	39.62 Diron nonacarbonyl, 97%	Aldrich Organometallic, Inorganic, Boron, Deuterium Compound
8	616	39.62 Trithenium dodecacarbonyl	Aldrich Raman
9	13519	39.46 DIRHENIUM DEACARBONYL, 98%	Aldrich Organometallic, Inorganic, Boron, Deuterium Compound
10	17659	36.60 (Methylcyclopentadienyl)manganese tricarbonyl, 97%	Aldrich FT-IR Collection Edition II

그림 3-81 4번 시료의 FT-IR 결과



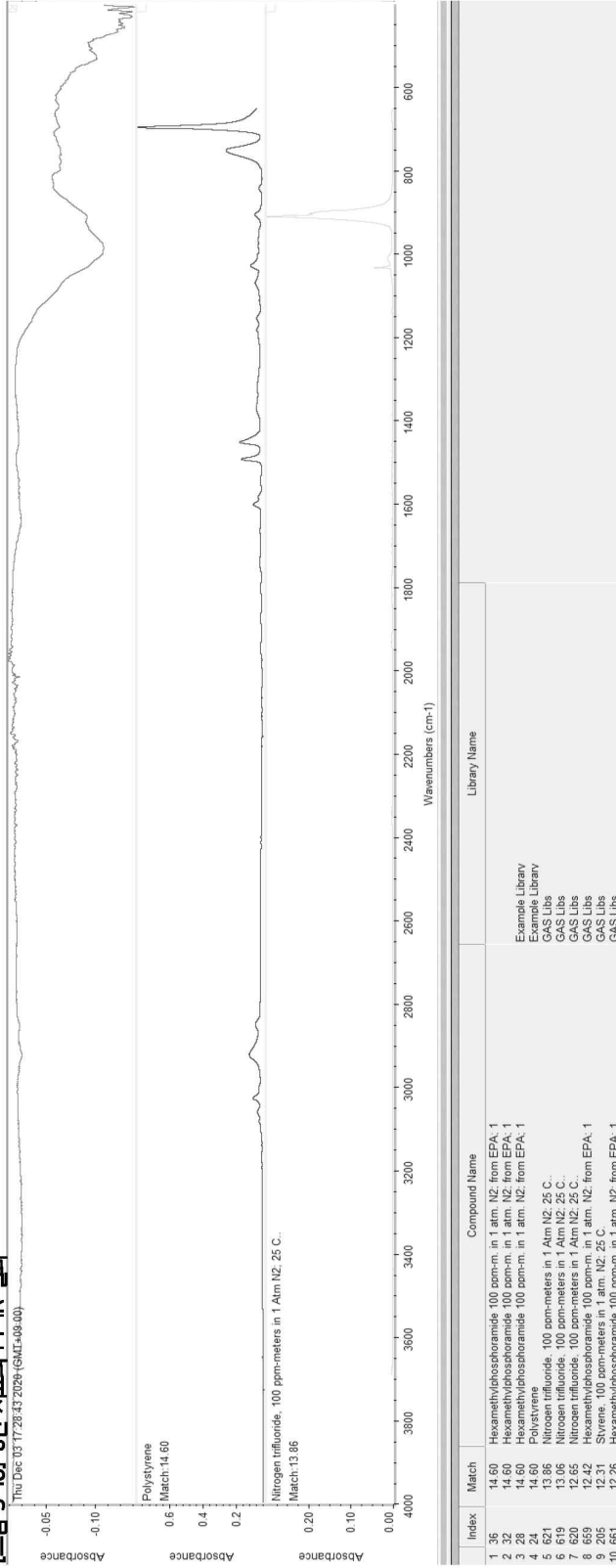
Index	Match	Compound Name	Library Name
1	12664	IODOMETHANE-03, 99.5% ATOM % D	Aldrich Raman
2	13351	(PHENYLETHYNYL)TRIBUTYL TIN, 95%	Aldrich Raman
3	944	Phthalonitrile	Organics by RAMAN
4	17655	Cyclopentadienylidene dicarbonyl iodide, 97%	Aldrich FT-IR Collection Edition II
5	4639	TERT-BUTYL ISOCYANIDE, 98%	Aldrich Raman
6	8849	Arsine	Nicolet Vapor Phase
7	281	Arsine	Hazardous Chemicals - Vapor Phase Spectra
8	195	Propadiene	Aldrich FT-IR Vapor Phase
9	69	Allene	Nicolet TGA Vapor Phase
10	17366	Trimethyl(phenylethynyl)tin, 97%	Aldrich FT-IR Collection Edition II

[그림 3-9] 5번 시료의 FT-IR 결과

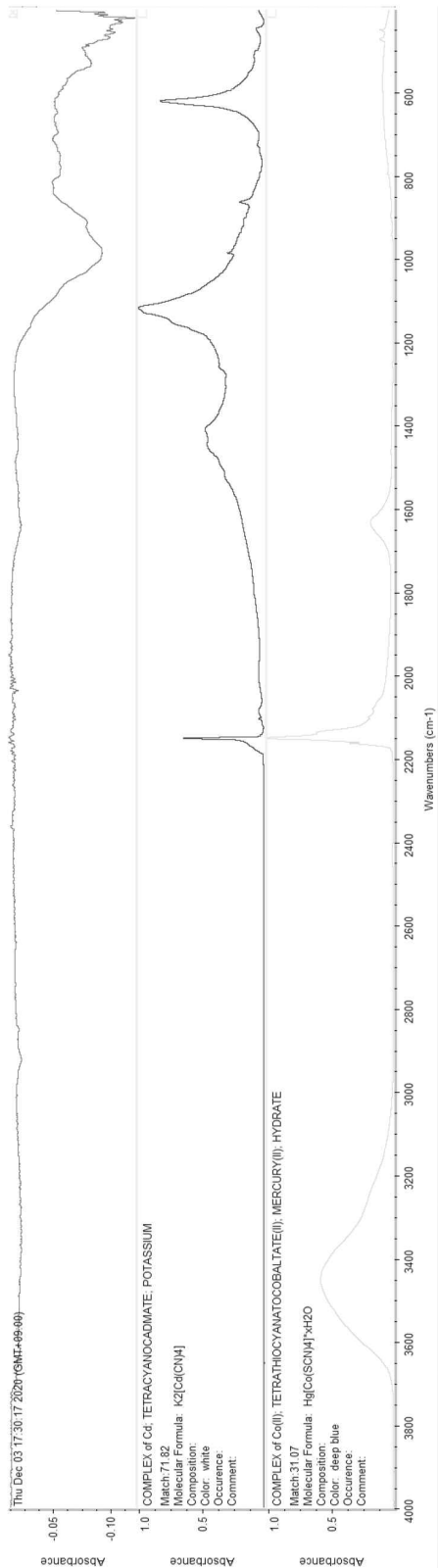


Index	Match	Compound Name	Library Name
1	15.04	Cobalt thiocyanate	Example Library
2	14.20	Cobalt thioamide	Example Library
3	14.20	Cobalt thioacetate	GAS Libs
4	14.20	Cobalt thiocyanate	GAS Libs
5	14.20	Polystyrene	GAS Libs
6	14.02	Nitrogen trifluoride, 100 ppm-meters in 1 atm N ₂ , 25 C.	GAS Libs
7	12.88	Nitrogen trichloride, 100 ppm-meters in 1 atm N ₂ , 25 C.	GAS Libs
8	12.37	Sulfur dioxide, 100 ppm-meters in 1 atm N ₂ , 25 C.	GAS Libs
9	12.37	Shirone, 100 ppm-meters in 1 atm N ₂ , 25 C.	GAS Libs
10	12.17	Hexamethylphosphoramide 100 ppm-m. in 1 atm. N ₂ from EPA. 1	GAS Libs

[그림 3-10] 6번 시료의 FT-IR 결과

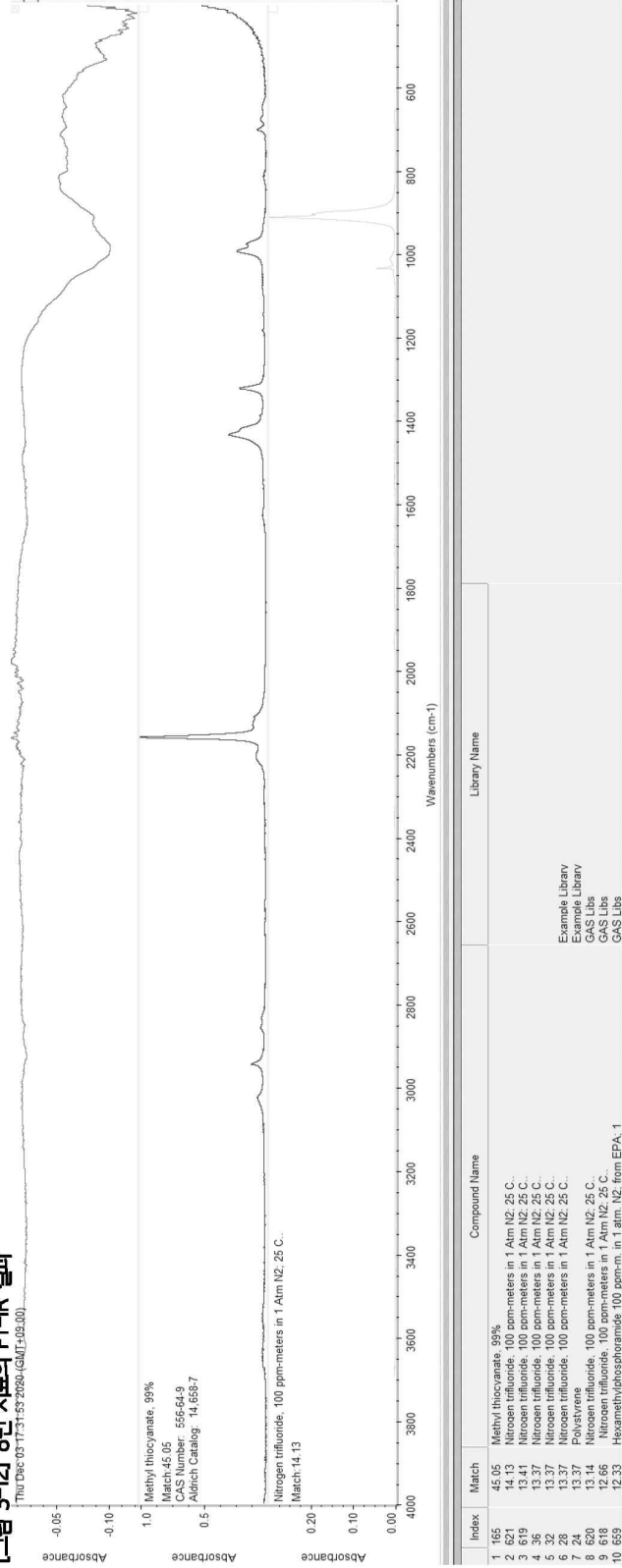


[그림 3-11] 7번 시료의 FT-IR 결과



Index	Match	Compound Name	Library Name
1	71.82	COMPLEX of Cd, TETRACYANOADMATE, POTASSIUM	
2	1027	COMPLEX of Co(II), TETRATHIOCYANATOCOBALTATE(II), MERCURY(II)	
3	36	COMPLEX of Co(II), TETRATHIOCYANATOCOBALTATE(II), MERCURY(II)	
4	32	COMPLEX of Co(II), TETRATHIOCYANATOCOBALTATE(II), MERCURY(II)	
5	24	Polystyrene	Example Library
6	24	Polystyrene	Example Library
7	621	Nitrogen trifluoride, 100 ppm-meters in 1 Arm N2, 25 C.	GAS Libs
8	619	Nitrogen trifluoride, 100 ppm-meters in 1 Arm N2, 25 C.	GAS Libs
9	820	9-THIOCYANATE-UNDECAYDRO-7-8-DICARBA-UNDECABORATE(-), TETR	HR Inorganics
10	620	Nitrogen trifluoride, 100 ppm-meters in 1 Arm N2, 25 C.	GAS Libs

[그림 3-12] 8번 시료의 FT-IR 결과

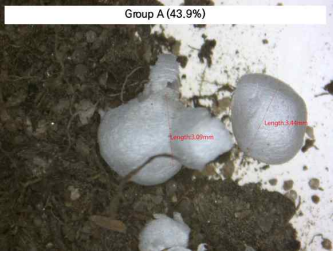
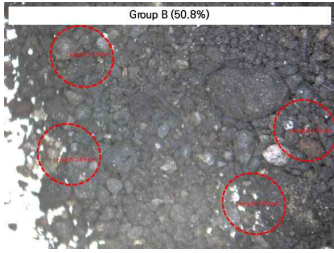
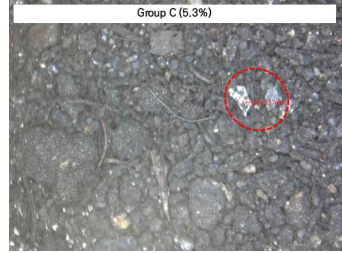


정성분석 결과 다양한 물질임을 확인할 수 있었다. 주로 검출된 것은 스티로폼과 폴리에틸렌 계열의 물질들이었으며 그 중 주목할 것은 1번 시료로 주 성분은 Polystyrene으로 밝혀졌다. 이 외에도 나머지 시료의 경우 다양한 물질의 복합체로 판명되었다. 이를 살펴보면 Iron pentacarbonyl, Diiron nanocarbonyl, Triruthenium dodecacarbonyl, Phenylethynyl, Cobalt thiocyanate 등이 검출되었다. 이는 장항습지 내 총량을 알기는 어려우나 미세플라스틱 자체는 존재한다는 뜻이다. 이제 다음 장에서 분석 결과를 기반으로 하여 물질별로 그룹화하고 그룹별 특성을 설명하도록 한다.

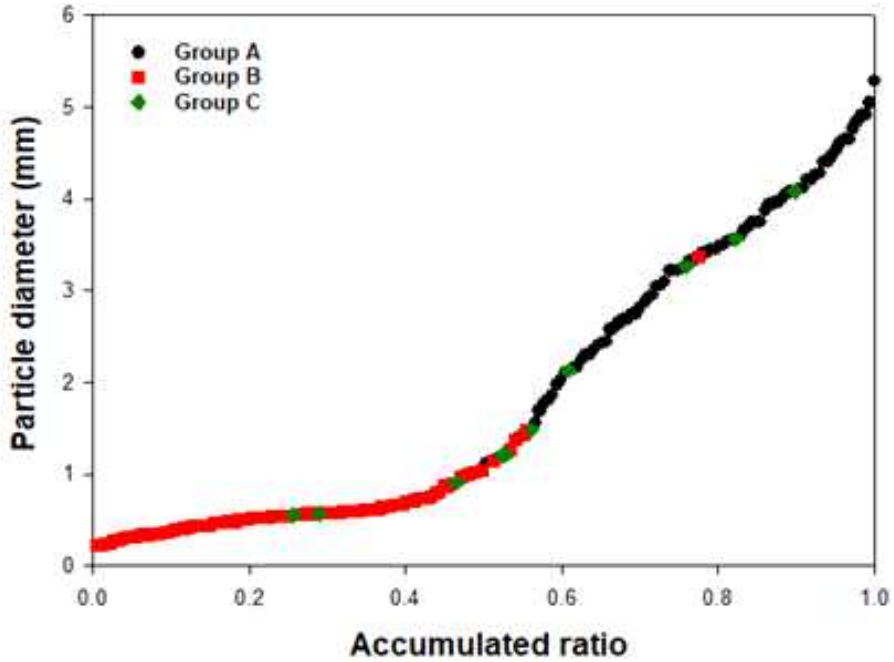
제3절 소결 및 유입원 추정

정성분석을 마치고 각 물질의 특징을 기반으로 하여 그룹화하였다. 그룹 A는 스티로폼 계열의 물질들이고 그룹 B는 1차 플라스틱이며 직경이 작은 S-MP로 구성하였다. 마지막으로 그룹 C는 앞선 두 그룹에 속하지 않은 물질로 구성되었으며 특징을 살펴보면 S-MP와 L-MP가 혼합되어 있었으며 대다수가 2차 플라스틱임을 확인할 수 있었다. 아래 [그림 3-13] ~ [그림 3-15]는 그룹별로 특징들에 대한 정리 및 예시를 보이는 것이다.

[그림 3-13] 검출된 물질의 그룹별 분류

		
<p>Group A</p> <ul style="list-style-type: none"> - 스티로폼 계열 - L-MP 위주의 구성 - 2차 미세플라스틱 	<p>Group B</p> <ul style="list-style-type: none"> - 구체 형상 (1차 미세플라스틱으로 추정) - S-MP 위주의 구성 	<p>Group C</p> <ul style="list-style-type: none"> - 앞서 두 그룹 밖의 물질 - 2차 미세플라스틱 위주 - S, L이 섞여 있음

[그림 3-14] 검출된 물질 별 그룹의 누적도수분포(크기 기반)



[그림 3-15] 검출된 물질의 그룹별 특성(A, B)

	<p>Group A</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1.03mm ~ 5.28mm - S-MP(1mm 이하): 0% 비중 - L-MP(1mm ~ 5mm): 100% 비중 - 입자의 50%는 3.32mm - 입자의 80%는 4.2mm
	<p>Group B</p> <ul style="list-style-type: none"> - 0.22mm ~ 3.36mm (Ave. 1.47mm) - S-MP(1mm 이하): 92% 비중 - L-MP(1mm ~ 5mm): 8% 비중 - 입자의 50%는 0.56mm - 입자의 80%는 0.73mm

그룹별로 분류했을 때 A그룹과 B그룹의 차이는 뚜렷했다. 이는 각 그룹별 물질들의 기원이나 해결 방법에 있어서도 차이를 보일 수 있다는 뜻이다.

그룹 A의 경우 대부분이 스티로폼으로 구성되어 있었다. 그 기원의 경우는 장항습지 내에서 농업 및 어업에 종사하는 종사자들이 이용한 어구나 농업 기구로부터의 기반 및 일부 도심지로부터의 유입을 들 수 있다. 이는 아래 [그림 3-16]을 보면 쉽게 확인할 수 있는데 장항습지 내부에 스티로폼으로 이루어진 폐기물이 많았으며 강도가 약한 스티로폼의 특성상 인접한 지역에 많은 스티로폼 부스러기들이 산재해 있었다.

[그림 3-16] 장항습지 내 스티로폼 쓰레기 적하장 및 인접 지역의 스티로폼 부스러기들

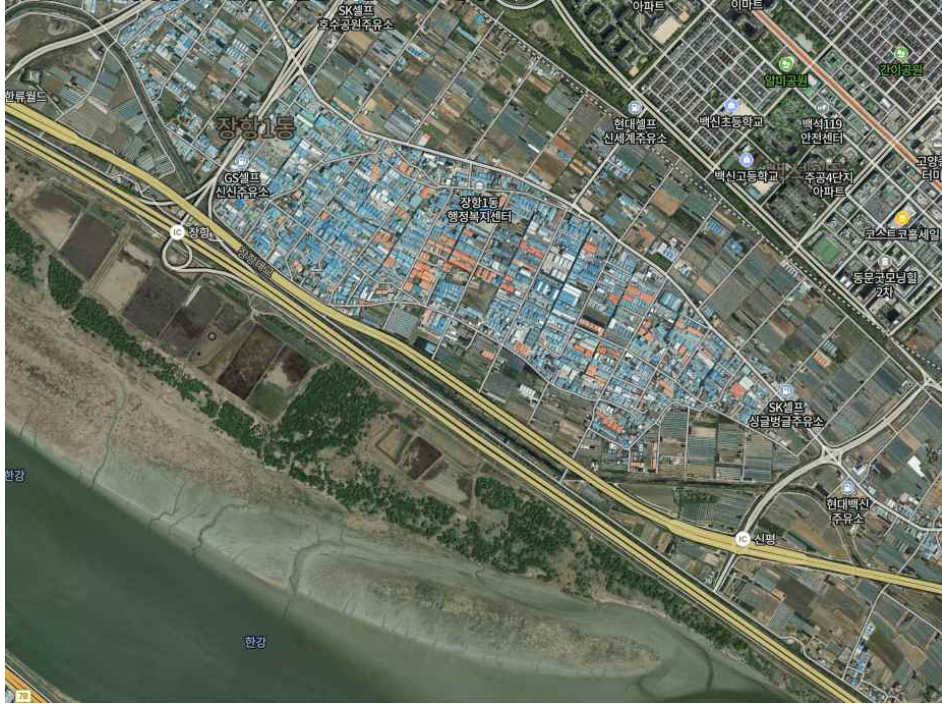


고양시 기후환경과 장항습지팀장인 주정우 팀장에 의하면 장항습지 내로 유입되는 우수관의 경우 고양시와 연결되어 있지 않으며 자유로의 우수만이 유입된다고 밝힌 바 있다(주정우, 2020). 또한 [그림 3-16]에서 확인할 수 있듯 배출원이 습지 내부에 있음에도 도시에서의 유입 가능성을 완전히 부정할 수는 없을 것으로 예상된다. 이는 최근 코로나 바이러스에 의한 언택트 시대의 부상으로 신선식품 등의 배송이 증대하였고 이로 인해 스티로폼 용기가 보온·보냉용기로서 많이 쓰이기 때문이다. 입지적 조건에서 일산신도시와 근접한 장항습지의 경우 이러한 영향에서 완전히 배제되었다고 보기 어렵기에 배출원을 습지 내부로 한정하는 것은 부적절한 일일 것이다. 또한 한강에 인접한 수계인만큼 상류로부터 떠내려 왔거나 서해로부터 조석 간만의 차이로 밀물 때 밀려들어왔을 가능성도 있기에 주요 유입 원인에 대해서는 좀 더 면밀한 연구가 필요한 시점이다.

한편 그룹 B의 경우 폴리에틸렌 계열이 유력할 것으로 나왔으나, FT-IR 분석에서 데이터베이스와의 일치도가 높지 않아(50~60%) 물질의 정확한 성상은 명확하게 추정하기 어려운 점이 있었다. 이러한 성분의 경우 장항습지가 속해 있는 장항동 및 신평동 일원에 중·소규모의 가공공장들이 많다는 점에서 유추할 수 있었다. 이 물질 군은 지름이 0.05mm가 많이 넘어가는 만큼 일반 소비재로서의 마이크로비즈는 아니라 할 수 있으며 공장에서의 샌드블라스트 작업이나 기타 공업용 연마재로써 사용되는 물질로 추정된다. 이러한 물질들은 각 공장에서 적절한 처리가 따르지 않으면 입자의 크기가 매우 작은 만큼 우천 시 우수를 타고 장항습지로 유입될 개연성이 크기에 현재로서는 가장 유력한 추정이라 할 수 있다. 아래 [그림 3-17]은 장항동 인근의 공장지대를 위성 촬영한 사진이다.

이외에 발견된 소수 물질(위 그림 3-4)의 경우 명확한 추정이 어려웠으나 장항동 일대의 공장에서 기타 가공작업 후 유출된 물질이거나 자유로를 주행하는 자동차 및 자전거 등에서 떨어져 나온 물질로 추정된다.

[그림 3-17] 장항동 및 신평동 일원의 중·소규모 공장지대



최근 Lianzhen Li et al.(2020)에 의하면 식물이 미세플라스틱을 흡수할 수 있다는 사실을 밝혀냈다. 장항습지 자체적으로 하나의 생태계를 이룰 정도이기에 장항습지 내부의 미세플라스틱(미량오염물질)은 습지 내 생태계에 흡수될 수 있으며 이는 생물농축을 유발하여 인류에게 흡수될 수 있다는 뜻이다. 물론 현재 시점에서 미세플라스틱의 인체 유해성이 명확히 밝혀진 바는 없으나 이에 관한 면밀한 연구가 필요하며 또한 진행되는 만큼 예의주시할 필요성은 있다.

제 4 장

결 론

제1절 결론 및 제언

제2절 연구의 한계 및 추후 연구방향 설정

제절 결론 및 제언

이번 연구를 통해 장항습지 내의 미량오염물질 유입은 명확함을 확인하였다. 장항습지의 생태적인 가치 및 다른 가치가 매우 중요함을 확인했던 만큼 이제는 이에 대한 해결책을 강구할 필요성은 분명할 것이다.

우선 내부에서 발생하는 미세플라스틱의 감축 방안이다. 현재 어업을 위한 부표 등 어구로서 많이 사용되는 스티로폼의 경우 당장 대체할 만한 친환경적인 다른 기구가 없는 만큼 이를 단기적으로 대체하는 것은 무리이고 장기적으로 환경부나 해양수산부 등과의 협업을 발굴할 필요성이 있다. 그 전에는 스티로폼의 파쇄로 인하여 미세플라스틱이 발생하는 것을 억제할 필요가 있다. 현재 장항습지 내에는 특정 지역에 쓰레기를 야적하도록 되어 있는데 이에 대해 바람을 피할 수 있는 시설(천막 등)을 마련하는 것을 고려해볼 수 있다. 특히 장항습지의 특성 상 설치와 철거가 용이한 천막류나 친환경적인 시설물로 도입할 필요가 있다. 아래 [그림 4-1]은 이에 사용 가능한 예시들이다.

[그림 4-1] 친환경적이거나 오염이 최소화되는 아적장 내 방풍시설 예시

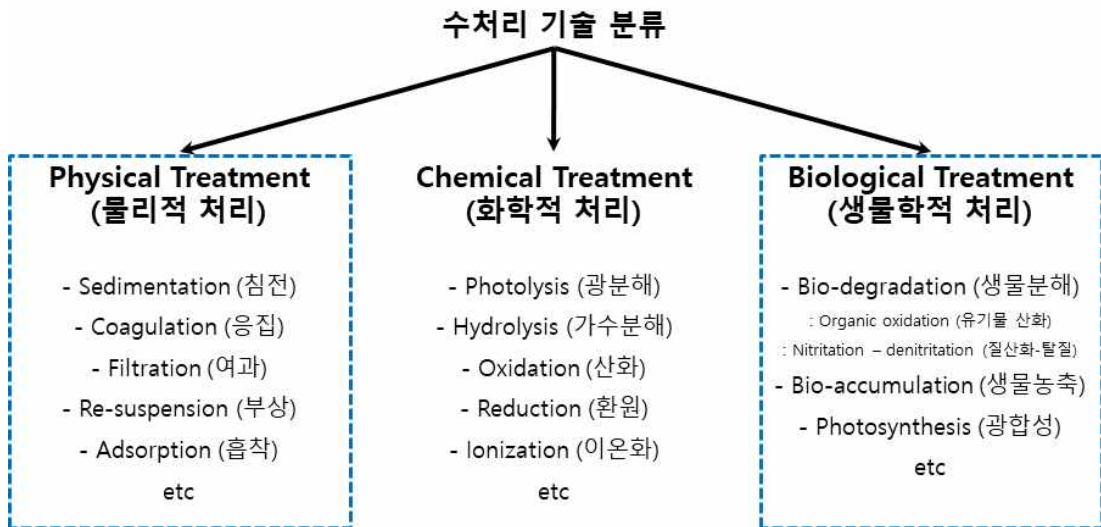


한편 도시나 인접한 공장에서 유입되는 미세플라스틱에 대해서는 수처리 기술과 관련지어 처리하는 방법을 들을 수 있다. 기본적으로 미세플라스틱 등의 미량오염물질은 비점오염원과 같이 우수를 통해 이동하는 경향이 있기에 수처리과정에서 처리하는 것이 효과적이다. 또한

현재 하수처리장의 오염물질 고농도화로 인해 하수처리장의 부하가 늘어나는 만큼 이에 대한 전처리로서의 기능을 할 수 있다(노해연, 2020).

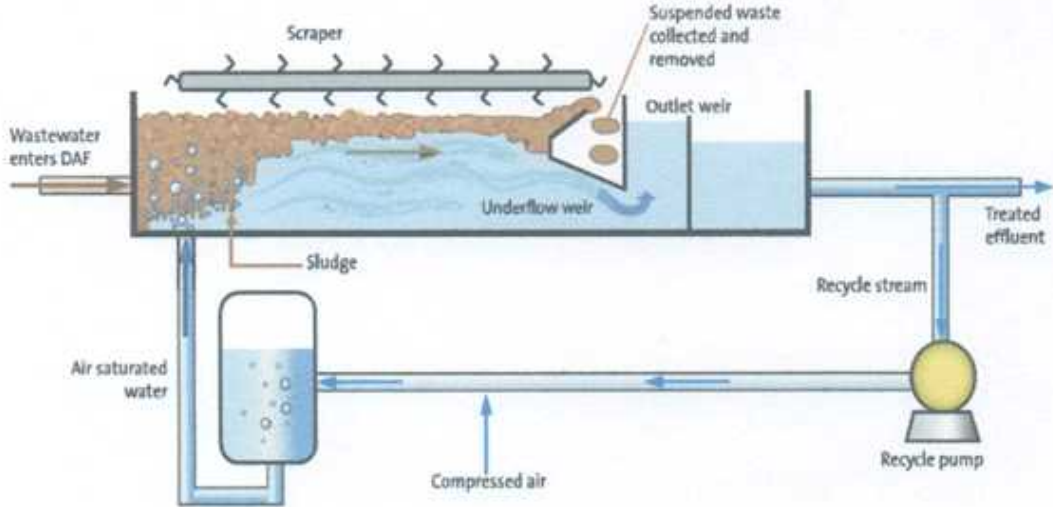
수처리공정의 기작은 아래 [그림 4-2]에 표현되어 있다. 최근의 연구들은 물리적 처리 기반 및 생물학적인 처리에 대해서 연구중이다. 이에 대해서는 추후 지속적인 연구를 확인하여 고양시에 적절한 기술을 설정하여 방향성을 제시할 필요성이 있다.

[그림 4-2] 수처리공정의 기작들



현재는 한국환경산업기술시험원에서 용존공기 가압부상법이라는 방법을 소개한 적이 있다. 이는 폐기물 처리 공정에서 침전공정을 대체할 수 있는 방안으로 제시하고 있으며 원래는 하수 내 미세한 부유물질의 처리를 위한 방법이다. 그러나 현재는 최적화 기술개발의 적용 사례가 전무하다는 점이 흠인데 이에 대해 지속적인 상용화 과정 등을 살펴볼 필요가 있다. 아래 [그림 4-3]은 당 기법에 대한 설명이다.

[그림 4-3] 용존공기 기압부상법 설명 그림



한편 서울특별시의 경우 물순환을 통한 미세플라스틱의 처리방법을 도입하고자 하는 시도가 있다. 아래 [그림 4-4]는 서울시 주요 업무보고 내용을 캡처한 것이다.

[그림 4-4] 서울특별시 주요 업무보고 (서울특별시 물순환안전국, 2020)

I-SEOUL-U

물순환 안전 도시 맑은 물 도시 물안정 혁신 도시

2020 주요 업무보고

2020. 3.

물 순 환 안 전 국

III 2020년 주요업무 추진계획




- 1. 녹색인프라 조성으로 쾌적한 물순환도시** 7
 1. 녹색인프라 조성 위한 물순환계획 기본계획 수립 8
 2. 최신 LID기법 적용 물순환시설 확충 9
 3. 배수여유 없는 쾌적한 도시환경 조성 10
 4. 물재이용센터 식인형과 공화·녹색환경 증진서 조성 11
 5. 하천상하 물재이용 연계로 도강녹지 보행길 확장 12
- 2. 시민이 불편한 현상 중심 안전도시** 75
 1. 물안정수 대비 현상 중심의 우수배출 체계 수립 76
 2. 열대성날 방재를 위한 자동적인 시설 확충 77
 3. 물안정수 하수관도 통합관리 추진 78
 4. 하수관도 공사장 폐쇄없는 현상 조성 79
 5. 우수저류수 안전관리 및 활용자의 확대 20
 6. 물재이용센터 안전관리 강화 및 근무환경 개선 21
- 3. 지속가능하고 건강한 맑은 물도시** 23
 1. 비례정당 수로 대비 현상수질관리 종합대책 수립 24
 2. 현상수질 저감을 통한 지역균형개발 총량 확보 25
 3. 맑은 물 도시 조성 2010 하수오염배출량저감 계획 수립 26
 4. 하천 하수관도 정비등 종합 하천수질 개선 27
 5. 물재이용센터 수처리 기술 강화로 영도수질 개선 28
- 4. 물순환 산업을 선도하는 혁신성장도시** 32
 1. 물재이용센터 부지확충을 통한 혁신성장도시 조성 32
 2. 물순환 특성을 위한 스마트도시 조성 33
 3. 물순환을 선도하는 물순환 사업개발 계획 34
 4. 지역형 물순환센터(원도)를 통한 환경 친화적 기술 개발 35
 5. 물재이용센터 신재생에너지 활용사업 구축 36
 6. 하수처리장 처리능력 증대와 및 재처리시설 구축 36

4 지역형 물순환자원화센터를 통한 최신 신기술 실증 확대

지역 단위로 소규모, 분산형의 통합 하수 발생원 처리로 알려버린 물재이용 센터를 확대하고, 물리센터와 연계한 수처리 최신 신기술 적용 실증 확대

추진방향

- 하수 발생원 처리로 물의 신순환 회복 및 시민의 삶의 질 향상
 - 지역내 폐기물수 공급, 지역주민의 유지유수 공급 등 물의 산소화 구조 회복
 - 원도신설, 기존물, 빗물공급, 빗물처리, 원도신설, 신기 - 국민 센터
- 미래 수처리 환경의 능동적 대비를 위한 혁신 기술 실증 확대
 - 미세플라스틱, 미량오염물질, 영양염 제거 등 최첨단 기술을 실증

(원도 유지유수 공급) (주민지원시설 조성) (신도개발지역 처리 실증)

주요내용

- 공공사업과 연계 추진 : 상동 처리장기 / 용산공원
 - 상동 처리장기 : 민간재건축 연계, 중수도 이용확대 및 하천 전수유수 공급
 - 용산공원 : 현상 세정기 축전, 용산정비장 개발사업과 연계, 공회 조정유수 활용
 - 사업사업(상동 물안) 추진을 위한 기본계획 수립(20)

기본계획 수립 ('20.3.~'21.3.)	기본 및 실시계획 ('22.3.~'24.6.)	시공공사 및 준공 ('25.1.~'26.12.)
----------------------------	------------------------------	-------------------------------

- 물순환 물리센터와 연계한 처리기술 적용 실증 기반 마련
 - 수처리 최신 기술을 적용 및 스마트화, 원도 공정관리기술 등 개발
 - 차세대 고도산화처리(UV-ADP), 유폴턴, 미생물(Locase) 활용 등

향후계획

- 지역형 물순환자원화센터 설치 기본계획 : '20. 3.~'21. 3.
- 설계 및 사업추진(상동 처리장기) : '22. 3.~'26. 12.

※ 식·의·의 : 물재이용사업자 : 용산정비 1133-3820, 물재이용사업자 : 용산정비 1822 담당 : 4824 1828

고양시 또한 추후 신도시 등에 적용될 LID 시설을 통해서 미세플라스틱 등의 미량오염물질을 관리하는 방법의 도입에 대해서도 고려해 볼 필요성이 있을 것이다.

제2절 연구의 한계 및 추후 연구방향 설정

이 연구는 장항습지 내에 미세플라스틱 등 미량오염물질의 유입 여부에 대해서 시도한 것이다. 그러나 넓은 연구범위 및 기타 제약으로 인하여 연구의 한계가 많이 드러났는데 이에 관해 추후 연구에서는 부족한 점을 보완하고, 장항습지의 환경개선을 위해 필요한 부분이지만 이번 연구에서 다루지 못했던 부분을 다룰 수 있도록 적는다.

우선 연구의 대상 지역이 협소하다는 점이다. 장항습지는 선형으로 이루어져 있으며 고양시의 서남부 일대에 신평 습지와 함께 이어져 있는데 연구가 진행된 부분은 자유로 장항나들목 인근 5개 우수 유입부 및 일부 논 등의 점이다. 따라서 이것이 장항습지 전체의 미세플라스틱 분포를 알려주지 못한다는 사실이다. 물론 사전조사로서의 연구인만큼 이것만으로도 의의가 될 수는 있으며 여기서 미세플라스틱이 발견된 만큼 이에 관한 후속연구 및 조사가 필요한 상황이라고 할 수 있겠다.

또한, 육상 미세플라스틱 조사의 방법론적인 문제이다. 현재 미세플라스틱은 해양 미세플라스틱 분포조사 위주로 되어 있으며 육지 내 미세플라스틱 분포에 관한 연구는 미진하므로 조사방법이 발달하지 못했다는 한계가 있다. 따라서 육상 폐기물의 조사방법을 채용하여 채취 및 분포 조사를 시행했기에 미세플라스틱 분포조사에 대한 방법론으로서 적절성이 부족할 수 있다. 이에 대해서는 다른 연구자들의 방법 습득 및 지속적인 기초조사를 바탕으로 연구방법을 발전시켜나가고 이를 기반으로 좀 더 광범위한 미세플라스틱 등의 조사를 수행할 필요성이 있다.

그리고 장항습지가 한강 수계인만큼 상류로부터 떠내려오는 미세플라스틱 등이 있을 수 있는데 이에 대해 도시정부, 중앙정부 간 협력을 기반으로 하는 해결방안 등의 제시에 소홀했다는 점이다. 이에 관해서도 후속연구로서 진행할 필요성이 있으며 도시정부 및 협력적 거버넌스 관련 연구자들과의 협업 등을 도입해 좀 더 효율적인 연구가 가능할 것으로 보인다.

참고문헌

- 그린피스 과학연구팀(2016), "우리가 먹는 해산물 속 플라스틱". 그린피스.
- 채유은(2020), 「미세플라스틱의 영양단계 기반 생태독성 연구」, 박사학위논문, 건국대학교 일반대학원 환경과학과
- 안대한(2018), 「미세플라스틱으로 인한 해양오염 방지 정책 개선방안에 대한 연구」, 석사학위논문, 중앙대학교 산업창업경영대학원
- 류지현, 조충연(2019) "미세플라스틱 현황과 인체에 미치는 영향", 「기획특집: 미세플라스틱 및 E-Waste 대응기술」 2(22) 1-12
- 문성민 외(2019) "미세플라스틱 문제 해결을 위한 친환경소재 연구동향", 「기획특집: 미세플라스틱 및 E-Waste 대응기술」 2(22) 25-1243
- 박정규 외(2018) 「미세플라스틱 관리 동향 및 정책 제언」, 한국환경정책·평가연구원.
- KBS8뉴스(2018), "플라스틱 해양 오염 비상... "지금은 행동할 때"", news.kbs.co.kr/news/view.do?ncd=4041172, 접속일 20. 12. 18.
- Rolf U. Halden.(2010), Plastics and Health Risks, *Annual Reviews Public Health*, 1(31), 179-194.
- Kershaw, P. J., & Rochman, C. M. (2015). Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: part 2 of a global assessment. Reports and Studies-IMO/FAO/Unesco-IOC/WMO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection (GESAMP) Eng No. 93.
- Li, L., Luo, Y., Li, R., Zhou, Q., Peijnenburg, W. J., Yin, N., ... & Zhang, Y. (2020). Effective uptake of submicrometre plastics by crop plants via a crack-entry mode. *Nature Sustainability*, 3(11), 929-937.
- Murphy, F., Ewins, C., Carbonnier, F., Quinn, B. (2016). Wastewater treatment works (WwTW) as a source of microplastics in the aquatic environment, *Environ. Sci. Technol.*, 50, 5800-5808.
- Mintentig, S.M., Int-Vee, I., Löder, M.G.J., Gerdts, G. (2017). Identification of microplastic in effluents of waste water treatment plants using focal plane array-based micro-Fourier-transform infrared imaging, *Water Res.*, 108, 365-372.

Swedish Environmental Research Institute. (2016b). Microlitter in sewage treatment systems: A Nordic perspective on waste water treatment plants as pathways for microscopic anthropogenic particles to marine systems, Report C194, <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:923936/FULLTEXT01.pdf>.

Talvitie, J., Mikola, A., Koistinen, A., Setälä, O. (2017b). Solutions to microplastic pollution – Removal of microplastics from wastewater effluent with advanced wastewater treatment technologies, *Water Res.*, 123, 401–407.

Ziajahromi, S., Neale, P.A., Rintoul, L., Leusch, F.D.L. (2017). Wastewater treatment plants as a pathway for microplastics: Development of a new approach to sample wastewater-based microplastics, *Water Res.*, 112, 93–99.

Mason, S.A., Garneau, D., Sutton, R., Chu Y., Ehmann, K., Barnes, J., Fink, P., Papazissimos, D., Rogers, D.L. (2016). Microplastic pollution is widely detected in US municipal wastewater treatment plant effluent, *Environ. Pollut.*, 218, 1045–1054.

Swedish Environmental Research Institute. (2014). Screening of microplastic particles in and down-stream a wastewater treatment plant, Report C55, <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:773505/FULLTEXT01.pdf>.

National Institute of Environmental Research. (2016). Studies on the investigation method of microplastic in the freshwater, pp. 21–26.

New York State Office of the Attorney General. (2015). Discharging microbeads to our waters: An examination of wastewater treatment plants in New York, http://www.ag.ny.gov/pdfs/2015_Microbeads_Report_FINAL.pdf.

Carr, S.A., Liu, J., Tesoro, A.G. (2016). Transport and fate of microplastic particles in wastewater treatment plants, *Water Res.*, 91, 174–182.

Doo-Hyun Chae, In-Sung Kim, Young Kyoung Song, Sungwoo Kim, Seung-Kyu Kim. (2014). Development of Analysis Method for Microplastics in Seawater, *Journal of Korean Society of Oceanography*, 19, 88–98

Dong-Hwan Jeong, Byoungkyu Ju, Wonseok Lee, Hyenmi Chung, Junwon Park, Changsoo Kim. (2018). A mini-review on discharge characteristics and management of microplastics in sewage treatment plant, *Journal of Korean Society of Water and Wastewater*, 32, 337–348

NOAA, “What are microplastics?”, <https://oceanservice.noaa.gov/facts/microplastics.html>, 접속일 2020. 12. 08.

Abstract

Research on distribution characteristics of micro-plastic in storm-water sedimentation, Janghang wetland

Jiyeol Im*, Garam So*

Microplastics are currently emerging as a global environmental issue. This refers to a plastic that has become smaller due to damage or abrasion of plastic products and is a situation that has escaped the current urban ecosystem and has entered the sea. In the case of microplastics introduced into the sea in this way, it is highly probable that they are transmitted to upper predators by bioaccumulation in the marine ecosystem and concentrated to humans, the highest predators in this process. Therefore, it can be seen that there is a great need to be sufficiently vigilant about this. However, at present, the harmfulness of the microplastic itself to the human body is not fully proven. However, according to recent studies, they are showing that microplastics can be absorbed into somatic cells, and some studies indicate that plants can also be absorbed, and it is undeniable that the possibility of absorption by the human body is very high. As plastic is an artificially made product rather than a natural material, there is a high probability of negative effects when these materials are absorbed into the human body, and therefore there will be a need to properly manage the process of disposing of microplastics. Meanwhile, in the case of Janghang Wetland, it is a wetland spreading down the Han River and is protected because of its excellent ecological value, and in Goyang City, work is in full swing to register Janghang Wetland in Ramsar Wetland. Therefore, it is a

* Goyang Research Institute, Goyang, Korea

state that most people are not permitted to enter and preserves a lot of natural conditions. However, due to this, the survey on the inflow of pollutants or wastes into the Janghang Wetland was insufficient. Therefore, this research was conducted to analyze microplastics in Janghang Wetland. Due to the lack of time and resources, it was not possible to investigate a large area, but a large number of microplastics were detected just by examining a small part, showing the urgency of management. As a result of the study, many microplastics were detected, and many wastes that could generate microplastics were found inside, and it was possible to make strong assumptions that microplastics were introduced from the factory complexes in the nearby area. Also, I was able to hear a comment from the official in charge that a lot of trash was carried away from the upper reaches of the Han River due to heavy rain. It can only be interpreted that this study was significant at the level of the presence of microplastics in the Janghang Wetland. Therefore, it was confirmed that the next empirical study to find out the flow path of microplastics and other pollutants should be investigated.