

해양수산과학기술 정책·기술동향

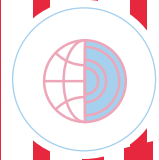
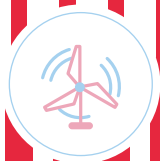
KIMST Insight

2023. 08



해양수산과학기술진흥원
Korea Institute of Marine Science & Technology Promotion

발행처 해양수산과학기술진흥원
주소 06775 서울특별시 서초구 마방로 60
동원에프앤비 빌딩 8~10층
자료문의 연구개발본부 정책개발실



I. 정책동향

국내정책 : 제1차 해양폐기물 및 해양오염퇴적물 관리 기본계획	2
국내정책 : 제3차 하천·하구쓰레기 관리 기본계획	6
해외정책 : NOAA 해양쓰레기 프로그램	9

II. 기술동향

전문가칼럼 : 해양오염 : 해양플라스틱 쓰레기와 미세플라스틱	12
해외단신 : 녹색 연료 전환 기술 / 해양 쓰레기 저감 기술	17

I 정책동향

국내정책
제1차 해양폐기물 및 해양오염퇴적물 관리 기본계획

정책소개 [해양폐기물 및 해양오염퇴적물 관리 기본계획] 우리나라 해양폐기물 및 해양오염퇴적물을 적정하게 관리하기 위해 「해양폐기물 및 해양오염퇴적물 관리법」 제5조에 근거하여 해양수산부장관이 매 10년마다 수립

계획의 범위

- 시간적 범위 : 2021년 ~ 2030년(10년)
- 공간적 범위 : 영해, 내수 및 배타적 경제수역

*국제협력 증진 등을 위해 필요 시 공해까지 포함

비전

깨끗한 해양환경 조성으로 다 함께 누리는 건강한 미래
Clean Ocean, Healthy Future

목표

· 해양폐기물 및 해양오염퇴적물 관리체계 개선으로 해양환경의 건강성 조성

해양플라스틱
폐기물

- 2030년까지 발생량 60% 감축, 2050년 제로화 달성 (현재) 6.7만 톤 → (2030) 2.7만 톤 → (2050) 0
 - 해상 발생량의 88%인 어구·부표에 대한 관리를 통해 '25년까지 현재 대비 발생량 35% 감축
 - 어구·부표 관련 정책 정착과 하천유입 폐기물 저감을 위한 기관 협업 활성화로 '30년까지 현재 대비 발생량 60% 저감
 - '생활폐기물 탈플라스틱 대책'을 통한 플라스틱 사용량 감소와 대체 소재 보편화로 '50년까지 발생량 제로화 달성

해양오염
퇴적물

- 2030년까지 현존량 1/2로 감축 (현재) 1,180만 m² → (2030) 590만 m²
 - 정화사업 활성화와 정화작업 효율화, 추가 유입 예방 등을 통해 '30년까지 현재 대비 오염퇴적물 현존량 50%로 저감

추진전략

1. 해양폐기물

• 5대 추진전략, 16대 추진과제, 40개 세부사업, 향후 10년간 추진

추진전략	추진과제	세부사업
1-1 발생 예방	해양 발생원 관리 강화	① 어구·부표 보증금 제도 도입 ② 폐어구 및 페스티로폼 부표 관리 강화 ③ 선박기인 폐기물 지도·단속 강화
	육상 발생원 관리 강화	① 육상기인 폐기물 해양유입 전 관리 강화 ② 육상기인 폐기물 해양유입 저감 ③ 강하천 유역 폐기물 총량관리제 도입
	외국 발생원 관리 강화	① 주변국 공동 모니터링·관리 체계 마련
1-2 수거·운반 체계 개선	수거 사각지대 해소	① 도서지역 폐기물 수거 확대 ② 취약해역 수거 강화 ③ 기존 수거사업 확대(어장) ④ 기존 수거사업 확대(어장 외 해역) ⑤ 재해폐기물 관리·대응 강화 ⑥ 국립공원 폐기물 수거 협력체계 구축
	민관협력 및 지역참여 활성화	① 국민참여형 해양폐기물 수거체계 구축 ② 지역참여 수거 지원 강화
	수거체계 효율화	① 해양폐기물 모니터링 체계 강화 ② 해양폐기물 수거기술 개발
1-3 처리·재활용 촉진	처리 인프라 확충 및 관리 강화	① 해양폐기물 전용 집하시설 설치 ② 해양폐기물 처리 지원 강화
	재활용 활성화 기반 조성	① 생산자 책임 재활용제 적용 확대 ② 재활용 제품 산업화 지원 및 활성화 ③ 재활용 및 자원화 기술 개발 ④ 펌피(PIMPY, Please In My Front Yard)형 해양쓰레기 순환경제타운 조성
1-4 관리기반 강화	거버넌스 구축·운영 및 관리 전문성·이행력 강화	① 해양폐기물관리위원회 설치·운영 ② 해양폐기물 및 해양오염퇴적물 관리센터 활성화 및 기능 강화 ③ 해양폐기물 및 해양오염퇴적물 조사 전문기관 지정 및 운영 ④ 해안폐기물 수거명령제 활성화
	스마트 관리 기반 구축	① 해변쓰레기 모니터링 앱 개발 ② 인공지능형 실시간 모니터링 및 대응체계 구축

1-4 관리기반 강화	해양플라스틱 관리 기반 구축	① 미세플라스틱 분포현황 조사 ② 해양 미세플라스틱 통합관리 기술개발
	해양배출 관리 기반 구축	① 해양배출 폐기물 및 배출해역 최적관리 ② 이산화탄소 스트림의 해양지중저장 및 관리기반 구축
	국제 현안 대응 및 협력 강화	① 국제기구·다자간 회의 대응 강화 ② 신남방 국가 대상 해양폐기물 관리 협력 강화
	재원 확보	① 해양환경개선부담금 용도 개선
1-5 국민인식 제고	국민 참여 확대	① 민간단체 운영지원 활성화 ② 대국민 의견조사 및 제안 활성화
	맞춤형 교육 강화	① 대상별 맞춤형 교육 활성화 ② 홍보 및 캠페인 활동 강화

2. 해양오염퇴적물
 • 5대 추진전략, 13대 추진과제, 24개 세부사업, 향후 10년간 추진

추진전략	추진과제	세부사업
2-1 발생 예방	오염 예방관리 기반 조성	① 오염물질 유입 차단제도 강화
	연안 발생원 관리 강화	① 항만 오염물질 유입 저감 조치 개선 ② 관계 기관(환경부, 지방자치단체 등) 연계 육상 오염물질 유입 저감 조치 개선
	오염원 및 오염경로 규명	① 오염원 및 오염경로 추적 시스템 구축 ② 오염원 및 오염경로 추적 기술 개발
2-2 관리 강화	평가 체계 개선	① 오염도 평가 방법 및 정화·복원 기준 등 정밀조사 체계 개선
	조사·관리 내실화	① 조사, 분포 현황도 작성 및 우선순위 관리 ② 해양폐기물 및 해양오염퇴적물 조사 전문기관 지정 및 운영
	전주기 환경관리 강화	① 오염원 및 오염경로 추적 시스템 구축 ② 오염원 및 오염경로 추적 기술 개발
	관리 사각지대 해소	① 정화·복원사업 대상 해역 확대 ② 정화·복원사업 개선 조치 강화

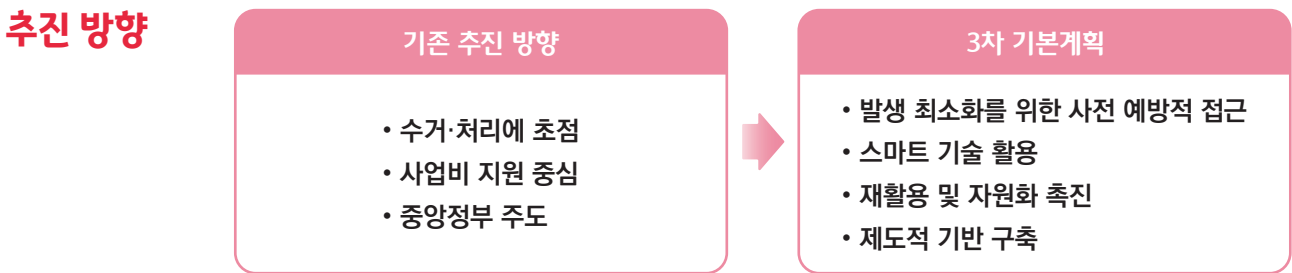
2-3 기술개발 및 시장 확대	정화 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ① 자연정화, 현장피복, 수거 및 오염 저감 등 처리 기술 개발 ② 처리 산물의 유효활용 기술 개발 ③ 정화 공법 다양화 촉진 ④ 정화 공법 선정 기준 마련
	인력 양성 및 시장 확대	<ul style="list-style-type: none"> ① 전문 인력 양성 지원 ② 연안 전용 중간 처리장 조성 ③ 정화업 등록업체 기술력 검증 제도 운영 ④ 정화 신기술 활용 지원
2-4 인식 증진	협업체 운영	① 관련 단체 협력 체계 구축
	교육·홍보 강화	① 연안 환경 관리 교육 지원 강화
2-5 거버넌스 개선	통합 관리기반 구축	<ul style="list-style-type: none"> ① 지역별(지방자치단체) 해양오염퇴적물 관리 표준화(조례 등) 지원 ② 해양오염퇴적물 관리센터 설치 및 운영
	자원 확보	① 해양환경개선부담금 용도 개선

I 정책동향

국내정책
제3차 하천·하구쓰레기 관리 기본계획

정책소개 [제3차(2021~2025) 하천·하구쓰레기 관리 기본계획] 우리나라 하천과 하구의 쓰레기 문제를 근본적으로 해결하기 위해 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」에 근거하여 환경부에서 수립

목적 하천·하구쓰레기 문제의 근본적인 해결로 하천·하구의 자연생태계 보전 및 국민의 삶의 질 개선에 기여



추진 분야

추진 분야	주요 내용
발생 예방	<ul style="list-style-type: none"> • 육상쓰레기 하천 유입 저감 • 하천쓰레기 해양 유입 저감
스마트 기술 활용	<ul style="list-style-type: none"> • 부유쓰레기 수거장비 고도화 • 부유쓰레기 통합관리 시스템 구축
자원화 촉진	<ul style="list-style-type: none"> • 재활용 확대 마련 • 사회적 경제기업 육성
제도적 기반 구축	<ul style="list-style-type: none"> • 민·관 거버넌스 체계 구축 • 유관기관 협력 및 책임강화 • 제도 개선

**주요 내용별
현황 및 세부
추진방향**

주요 내용	현황	추진 방안
1. 육상쓰레기 하천 유입 저감	<ul style="list-style-type: none"> • 집중강우 시 육상 방치 쓰레기 하천 대량 유입으로 수질오염 및 수생 태계 훼손 	<ul style="list-style-type: none"> • 매년 상반기 하천·하구쓰레기 정화사업 예산 조기집행으로 하천변 쓰레기 상시 수거 추진 - 추진기간 : 장마철 전(3~6월), 장마철 후(9~11월) - 추진기관 : 환경부(환경청), 해양수산부, 지자체, 한국수자원공사
2. 하천쓰레기 해양 유입 저감	<ul style="list-style-type: none"> • 집중강우 시 적기에 수거되지 않은 하천쓰레기 해양 대량 유입 - 폭넓은 해양으로 유입 될 경우 쓰레기 수거 곤란 및 비용 증가 	<ul style="list-style-type: none"> • 주요 하천 중심으로 차단막 설치 및 부유쓰레기 수거 추진하여 하천쓰레기 해양 유입 최소화 - 주요 하천 차단막 설치 수요 및 우선순위 파악, 연차별 설치 계획수립 및 추진 - 추진기간 '21년 : 연구용역 및 중장기 계획수립 '22년~ : 우선 순위별 주요 하천 차단막 설치 - 추진기관 : 환경부(환경청), 지자체
3. 부유쓰레기 수거장비 고도화	<ul style="list-style-type: none"> • 수거장비 부족 및 저효율 시스템에 따른 쓰레기 적기 수거 미흡 - 인력 중심 수거방식으로 부유쓰레기 하천 장기간 존치, 수질오염 및 악취 등 민원발생 	<ul style="list-style-type: none"> • 현대화된 부유쓰레기 수거장비 도입으로 하천·하구쓰레기 수거 효율화 추진 - 통합 수거시스템(부유물 차단시설+자동수거 장치) 구축 추진 - 추진기간 '21년 : 댐 상류 '22년~ : 댐 하류 - 추진기관 : 환경부(환경청), 한국수자원공사, 지자체
4. 부유쓰레기 통합관리 시스템 구축	<ul style="list-style-type: none"> • 하천·하구쓰레기 관련 체계적 통계자료 미구축으로 현황파악 및 정책수립 곤란 - 수거·처리 데이터 부처 간 공유 미흡, 불명확한 지자체 수거·처리 데이터로 인해 혼선 발생 	<ul style="list-style-type: none"> • 전산화된 DB 시스템 구축·운영을 통한 데이터 정확성 확보 - 환경부, 해수부, 농림부 자료 공유 및 지자체, 민간수면관리자 쓰레기 수거·처리 시 자료 입력 관리 - 추진기간 '22년 : DB 시스템 구축 '23년~ : DB 시스템 운영 - 추진기관 : 환경부, 해양수산부, 농림축산식품부, 지자체, 민간수면관리자
5. 재활용 확대 마련	<ul style="list-style-type: none"> • 매립·소각 위주 처리로 자원회율 저조 - 부유쓰레기 수거 후 성상별 분리 곤란, 재활용업체 부족 등으로 매립·소각 처리 	<ul style="list-style-type: none"> • 지자체별 적환장 확보 및 초목류를 화목, 퇴비 등으로 활용하여 인근 농가 공급 - 쓰레기 수거 후 적환장에서 성상별 분리를 통한 자원회율 제고 - 사전에 화목, 퇴비 등 이용 농가 파악하여 초목류 지원을 통한 자원회율 제고 - 추진기간 : 연중 - 추진기관 : 환경부(환경청), 지자체, 한국수자원공사

<p>6. 사회적 경제기업 육성</p>	<ul style="list-style-type: none"> 부유 쓰레기 재활용 관련 사회적기업, 협동조합, 마을기업 등 사회적경제기업 육성 필요 부유 쓰레기 수거·관리 및 재활용 촉진과 일자리 창출, 지역경제 활성화 기여 	<ul style="list-style-type: none"> 사회적경제 기업 활성화를 위한 우수 모델개발, 창업, 판로 개척까지 전과정 지원체계 마련('21년~) 모델개발 : 사회적기업, 협동조합, 마을기업 등 분야별 사회적 경제기업 우수 모델 개발 및 시범사업 추진 (3개, '21년~'22년) 창업지원 : 개발된 우수 모델의 사업화를 위해 기술 및 초기 창업자금 지원 <p style="text-align: center;">〈 사회적경제기업 전주기 지원체계 〉</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 33%;">1단계 모델 개발 '21년~'22년</td> <td style="width: 33%;">2단계 창업지원 '22년~</td> <td style="width: 33%;">3단계 판로 확대 '22년~</td> </tr> <tr> <td>우수 모델개발 및 시범사업</td> <td>기술지원 및 창업자금 지원</td> <td>농업비점오염저감 사업 등 관련 사업과 연계 확대</td> </tr> </table>	1단계 모델 개발 '21년~'22년	2단계 창업지원 '22년~	3단계 판로 확대 '22년~	우수 모델개발 및 시범사업	기술지원 및 창업자금 지원	농업비점오염저감 사업 등 관련 사업과 연계 확대
1단계 모델 개발 '21년~'22년	2단계 창업지원 '22년~	3단계 판로 확대 '22년~						
우수 모델개발 및 시범사업	기술지원 및 창업자금 지원	농업비점오염저감 사업 등 관련 사업과 연계 확대						
<p>7. 민·관 거버넌스 체계 구축</p>	<ul style="list-style-type: none"> 지자체 위주 사업 추진으로 주민 참여 미흡 하천·하구쓰레기 수거 인력 선발 시 모집인원 미달로 인한 정화사업 추진 어려움 	<ul style="list-style-type: none"> 정화사업 주민 참여 증대를 위한 민·관 거버넌스 구축 주민참여 프로그램 개발 활성화와 지속적 교육·홍보 추진 추진기간 : '21년~ 추진기관 : 환경부(환경청), 한국수자원공사, 지자체 						
<p>8. 유관기관 협력 및 책임강화</p>	<ul style="list-style-type: none"> 일부시설 수거 사각지대 발생, 수거부담 하류 지자체로 전가 수거 사각지대 : 농어촌공사 관리시설(수거예산 無), 발전용 댐(관리이원화), 해상국립공원(책임기관 불분명) 등 부실 관리사례 발생 하류 수거부담 : 쓰레기 다량 발생시 수거 지자체 재정부담 증가 및 민원 발생 	<ul style="list-style-type: none"> 부유쓰레기 관계기관간 협력 및 수거책임 강화로 지자체 부담 경감과 수거효율 확대 농업용 시설 : 농어촌공사-지자체 간 '쓰레기 수거·처리 협약' 체결, 지자체 부담 일부 국비 지원 해상공원 : 국립공원공단 보유 수거인력 활용, 해양쓰레기 수거장비 확대 및 해양청-지자체 협력 강화 추진기간 : '21년~ 추진기관 : 환경부, 지자체, 국립공원관리공단, 농어촌공사 등 						
<p>9. 제도 개선</p>	<ul style="list-style-type: none"> 하천·하구쓰레기 수거 및 처리 지원 법적 근거부족 호소 내 쓰레기 수거·처리관련 법적 근거(「물환경보전법」 제 31 조) 대비 하천·하구쓰레기 법적 근거 부족 	<ul style="list-style-type: none"> 하천·하구쓰레기 수거 및 처리 지원에 대한 명확한 법적 근거를 위해 물환경보전법 개정 추진 추진기간 : '21년~ 추진기관 : 환경부 						

I 정책동향

해외정책
NOAA 해양쓰레기 프로그램¹⁾

목표 · 다양한 해양 쓰레기 제거 방법을 통한 연안과 해양 서식지, 지역사회에 실질적이고 유익한 영향 제공

범위 · 관련 법안 : 초당적 인프라법(Bipartisan Infrastructure Law), 인플레이션 감축법(Inflation Reduction Act)
· 목적 : 해안 지역사회 및 해양 생태계의 해양 쓰레기 예방과 완화, 제거
· 지원 항목
우선순위 1 : 대형 해양 쓰레기 제거
우선순위 2 : 해양 쓰레기 포집 기술
· 지원 규모
지원 대상 수 : 14개
지원 금액 : 6천9백만 달러

우선순위 1

지원 대상	세부 내용
1. BoatUS 재단	<ul style="list-style-type: none"> · 수행 지역 : 미국 전역 · 사업비(\$) : 10,000,000 · 목표 <ul style="list-style-type: none"> - 버려지거나 유기된 선박 제거 - 버려진 선박 추적을 위한 국가 데이터베이스 개발 - 버려진 선박 제거를 위한 지원 및 교육
2. 연안 연구 센터	<ul style="list-style-type: none"> · 수행 지역 : 메인, 뉴햄프셔, 메사추세츠 · 사업비(\$) : 2,718,531 · 목표 <ul style="list-style-type: none"> - 뉴잉글랜드 비정부기구의 새로운 연합 추진 - 유기 및 분실, 수명이 다한 어구의 제거와 문서화, 재활용, 폐기 - 주 전체의 인프라 구축 및 정보 공유
3. 멕시코 만 연합	<ul style="list-style-type: none"> · 수행 지역 : 앨라배마, 플로리다, 루이지애나, 미시시피, 텍사스 · 사업비(\$) : 7,725,000 · 목표 <ul style="list-style-type: none"> - 대규모 해양 쓰레기 제거 - 버려지거나 유기된 선박 제거

¹ <https://marinedebris.noaa.gov/noaa-marine-debris-program-awards-funding-new-projects-bipartisan-infrastructure-law>

<p>4. Isla Mar 연구 탐사</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 수행 지역 : 푸에르토리코 • 사업비(\$) : 4,000,000 • 목표 <ul style="list-style-type: none"> - 버려지거나 유기된 선박 제거 - 선박 유기 예방과 관리, 대응을 위한 전략 수립
<p>5. Lynnhaven Riv NOW</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 수행 지역 : 버지니아 • 사업비(\$) : 2,744,135 • 목표 <ul style="list-style-type: none"> - 버려지거나 유기된 선박 제거 - 유기 선박 제거 및 예방 프로그램 개발 지원을 위한 정보 수집
<p>6. 국립 해양 보호구역 재단</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 수행 지역 : 다양한 주 • 사업비(\$) : 14,999,292 • 목표 <ul style="list-style-type: none"> - 5개 국가 해양 보호구역과 2개 부족 해역 해양 쓰레기 제거
<p>7. North Carolina 연안 연맹</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 수행 지역 : 노스캐롤라이나 • 사업비(\$) : 4,500,000 • 목표 <ul style="list-style-type: none"> - 폭풍 관련 잔해와 분실된 낚시 장비 및 선박 제거 - 광범위한 공공지원을 바탕으로 방수 구조를 위한 더 탄력적인 건설 기술에 대한 인식 증진과 장려를 통해 향후 태풍으로 인한 해양 쓰레기 발생 방지
<p>8. 태평양 연안 연구 및 계획</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 수행 지역 : 북 마리아나 제도 연방, 자유 연합국 • 사업비(\$) : 4,000,000 • 목표 <ul style="list-style-type: none"> - 북마리아나 제도 연방과 팔라우 자유 연합국의 해양 쓰레기 제거 - 해양 쓰레기 제거를 위한 파트너십 구축
<p>9. Pinellas 주 정부</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 수행 지역 : 플로리다 • 사업비(\$) : 2,250,000 • 목표 <ul style="list-style-type: none"> - 텍사스 만과 멕시코 만에 1960년대부터 1980년대 사이에 인공 암초로 설치된 타이어 200,000개 이상 제거
<p>10. Stockton 대학교</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 수행 지역 : 뉴저지 • 사업비(\$) : 1,429,812 • 목표 <ul style="list-style-type: none"> - 버려진 어구 회수 - 버려지거나 유기된 선박 제거 - 게 어업자들과의 협력과 교육, 신속 대응, 산업 전반의 회수 방법

<p>11. Alaska Fairbanks 대학교</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 수행 지역 : 알래스카 • 사업비(\$) : 5,850,000 • 목표 <ul style="list-style-type: none"> - 알래스카 씨그랜드와 함께 대규모 해양 쓰레기 제거 프로젝트 공모 - 선박을 활용한 계절별 정화작업 수행 - 해양 쓰레기 재활용 기술 평가
<p>12. Virginia 해양과학 연구소</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 수행 지역 : 미국 전역 • 사업비(\$) : 8,000,000 • 목표 <ul style="list-style-type: none"> - 버려진 어구 제거 및 재활용을 위한 프로그램 운영 - 데이터 수집 표준화를 위한 국가 데시보드 구축 - 데이터 기반 분실 장비의 생태적·사회경제적 영향에 대한 잠재적 해결책 평가

우선순위 2

지원 대상	세부 내용
<p>1. California 공원 및 레크리에이션 부서</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 수행 지역 : 캘리포니아 • 사업비(\$) : 268,881 • 목표 <ul style="list-style-type: none"> - 티후아나 강 국립하구연구 보호구역으로 유입되는 해양 쓰레기 포집 방재 개선 - 쓰레기 방재 재배치 - 수류에 대한 방재의 저항성 강화를 위해 새로운 부유물 설치 - 티후아나 강 유역의 세 국가로부터 얻은 교훈과 다양한 관점 공유를 위한 교육 지원 비디오 개발
<p>2. Florida 대학교</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 수행 지역 : 플로리다 • 사업비(\$) : 747,944 • 목표 <ul style="list-style-type: none"> - 쓰레기 수거 장치와 쓰레기 재방, 모노필라멘트 수거통 설치 - 지자체를 위한 쓰레기 차단 기술 구현 툴킷 개발을 통한 프로그램 확장 촉진

II 기술동향

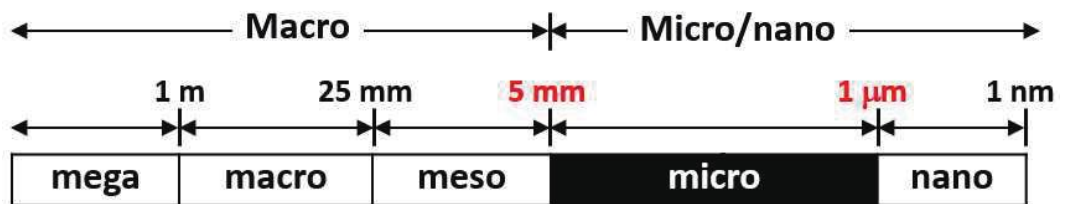
전문가칼럼

해양오염 : 해양플라스틱 쓰레기와 미세플라스틱

김승규(인천대학교 해양학과 정교수)

들어가며

플라스틱 생산은 현재 연간 4억 톤에 달하며 현재 추세대로라면 2040년까지 2배가 될 것으로 전망된다. 생산된 플라스틱의 1.5 - 4.1%가 해양으로 유입되어왔음을 고려할 때, 현재 해양에 축적된 플라스틱쓰레기 양은 전 지구적으로 수억 톤에 다다를 것으로 추정된다. 이들 플라스틱쓰레기가 인체 보건, 생물다양성, 생태계 및 기후변화를 포함한 모든 영역에서 심각한 악영향을 미칠 것이라는 과학적 증거들이 계속 쌓이고 있다. 이러한 배경하에서, 2022년 3월 2일 케냐 나이로비에서 개최된 제5차 유엔환경총회(UNEA)에서 2024년까지 '플라스틱 오염종식을 위한 법적 구속력있는 국제협약(이하, 플라스틱 협약)'을 체결하기로 결의하였다. 국제 협약이 체결되면 플라스틱 생산, 사용, 배출, 처리, 수거 및 복원 등과 관련하여 사회전반(산업 및 생활, 에너지 구조 등)의 변화가 예상되고 그에 따른 정책적 변화와 대응이 필수적이다. 따라서, 국내 및 전 지구환경의 보전을 위해서뿐만 아니라 플라스틱협약 체결에 따른 국가적 대응차원에서 플라스틱의 전 주기 평가(life-cycle assessment)는 매우 필요한 상황이다. 특히, 플라스틱쓰레기(특히, 관리되지않는 플라스틱쓰레기 mismanaged plastic waste)는 궁극적으로 해양으로 유입되므로 해양에서의 플라스틱 쓰레기(marine plastic debris)의 오염 현황을 정확히 이해하는 것은 효과적인 해양환경 보존 전략 수립에 필수적이다. 특히, 해양에 있는 플라스틱 쓰레기들이 어떤 크기[편의상, macroplastics (>5 mm) vs microplastics (≤5 mm)]로, 해양환경의 어디에(수평공간적으로는 해변, 연안, 외해, 대양, 극지방 등과 수직공간적으로는 표층, 표하층, 심층, 해저퇴적물)에 주로 잔류하고 있으며, 각각의 양이 얼마나 되는지를 정확히 아는 것은 미래의 추세를 전망하는데 도움이 될 뿐만 아니라 현재 적용되고 있는 수거 및 처리 기술과 대응 전략의 유효성을 검토하는데 효과적이기 때문이다.



GESAMP, 2015/2019

그림 1. 플라스틱의 크기에 따른 분류

해양 플라스틱 오염으로 인한 비용

상업적으로 사용되기 시작한 1950년대 이후 현재까지 생산된 플라스틱은 전 지구적으로 대략 83 억 톤 정도이고 이 중 59% 정도가 관리되지 않은 상태로 버려지는 것으로 추정된다(Geyer 등, 2017). 버려진 플라스틱 쓰레기는 물의 흐름을 따라 궁극적으로는 해양에 도달하여 다양한 매체에 분포하여 잔류한다. 연구결과에 따라 차이는 있지만, 1950년대 이후 현재까지 해양에 유입된 누적 플라스틱 양은 1 - 3 억 톤 정도로 추정된다(Kim 등, 2023). 플라스틱오염으로 인한 환경과 사회에 미치는 영향을 비용으로 환산했을 때 2.2 조 달러(US\$)로 추정되는데 이 중 68% (1.5 조 달러)는 수산물, 유전자원, 산소, 깨끗한 물, 레크리에이션 및 문화적 가치를 제공하는 바다의 능력 감소로 인한 손실로 추정된다.

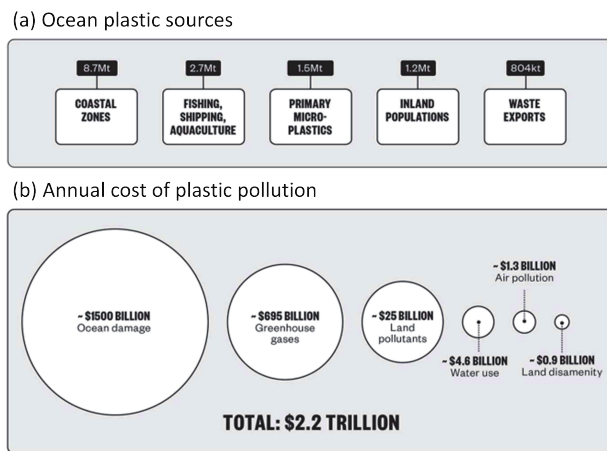


그림 2. 연간 플라스틱 유입량과 플라스틱 오염에 따른 비용 (Forrest 등, 2019)

해양 플라스틱 물질수지 (mass budget 혹은 inventory) 연구현황

플라스틱 오염에 따른 피해를 줄이기 위해서는 효과적인 해양 플라스틱 쓰레기 저감 대책이 필요하고 어떤 노력이 미래의 해양오염을 줄이는데 더 효과적인지 판단되어야 한다. 그러기 위해서는, 현재의 해양 플라스틱 쓰레기가 어디에, 어떤 형태로, 얼마나 있는지(즉, marine plastic inventory)에 대한 정확한 이해를 바탕으로 미래를 예측해야한다. 그런데, 지금까지의 관련된 주요 연구들은 상반된 결과를 보여준다. 예컨대, Martin 등(2022)은 해양에 유입된 플라스틱의 대부분(~88%)은 작은 크기의 microplastics 혹은 mesoplastics 형태로 주로 수심 200 - 2000 미터 깊이의 해양퇴적물에 침강·축적되어 있을 것으로 추정하는 반면 Lebreton 등(2019)은 누적 해양유입량의 ~67%가 크기가 큰 macroplastics 형태로 전세계 해변에 표착되어 있을 것으로 추정한다. 최근 Science Advances 2023년 7월 호에 출간된 필자의 연구결과(1) 해양에 유입된 플라스틱 2.7 억 여 톤 중 70% 정도는 macroplastics (>5 mm) 형태이고 이들 대부분은 해변을 포함한 연안 근처에 표착·침강 되어 있으며, (2) 해양 microplastics은 7900 만 톤 정도이고 그것의 63.4%는 macroplastics의 풍화로 인해 발생한 2차 미세플라스틱인 것으로 추정하고 있다. 반면, Sonke 등(2022)는 macroplastic 형태로 해변에 있는 양은 현재 해양에 있는 전체 플라스틱 양인 2억 여 톤의 0.6%로 아주 극단적으로 적게 추정하고 있다.

해변에 있는 대형 플라스틱 쓰레기는 풍화되어 더 작은 크기의 microplastics 혹은 nanoplastics을 형성하기 때문에 이러한 상충된 연구결과들은 해변 대형 플라스틱 저감 노력의 효과에 대한 예측을 혼란스럽게 할 수 있다. 따라서, 해양 플라스틱 인벤토리를 정확히 예측하기 위한 추가 연구와 지원이 필요하다.

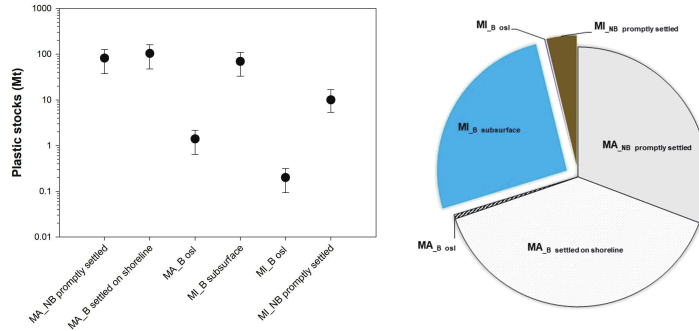


그림 3. 전 세계 플라스틱 인벤토리(Kim 등, 2023)

**플라스틱 저감
대책에 따른
플라스틱 오염
미래 예측**

여러 연구자가 향후 플라스틱의 배출을 줄이거나 금지할 경우 지금의 해양플라스틱 오염이 미래에 어떻게 변할지를 예측하고 있다. 대표적으로, Sonke 등은 2025년에 플라스틱 배출을 금지할 경우 대부분의 환경매체에서 플라스틱들이 비교적 짧은 시간(100년 이내)에 최정점을 찍고 감소 하지만 대형 플라스틱의 풍화로 인해 발생하는 2차 미세플라스틱은 ‘해변(beach)’, ‘연안과 가까운 해양 퇴적물(shelf sediments)’, ‘먼 바다의 심해(deep sea ocean)’, ‘먼 바다의 심해퇴적물(deep ocean sediments)’에 1000년이 흘러도 감소하지 않고 오히려 계속 증가하여 축적될 수 있음을 예측하고 있다. 그들과 다른 해양 플라스틱 인벤토리를 바탕으로 하고 있음에도 불구하고, Lebreton 등 또한 2020년 플라스틱 배출을 금지할 경우 대양 표층에서의 macroplastics은 즉각적으로 감소하지만 2차 미세 플라스틱은 감소하지 않고 지속적으로 증가할 수 있다고 예측한다. 이러한 예측은 미래를 암울하게 하지만 동시에 더 효과적인 저감 대책의 필요성을 암시하고 있다.

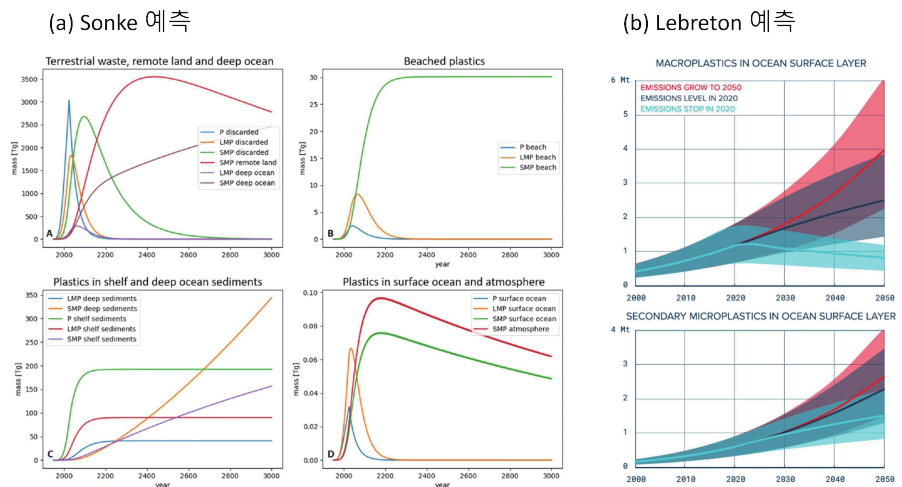


그림 4. 플라스틱 해양유입 금지에 따른 해양 플라스틱 오염 미래예측

대표적인 사례로, Sonke 등은 다양한 플라스틱 쓰레기 발생 저감 대책들과 더불어 이미 환경으로 배출된 플라스틱 쓰레기 수거를 같이 진행할 때의 효과를 분석하고 있다. 그들의 예측에 따르면, (1) 플라스틱 쓰레기 발생저감만으로는 미래의 플라스틱 오염을 줄이는데 한계가 있고, (2) 그러한 노력에 플라스틱 쓰레기 수거 노력이 동반될 때 해양 플라스틱 오염(특히, 해변) 저감 효과가 있으며, (3) 대형 플라스틱 쓰레기 수거만으로는 효과가 미미하고 미세플라스틱 제거 노력이 같이 실행될 때 효과가 클 수 있다. 그러나, 이러한 예측의 바탕이 된 그들의 플라스틱 인벤토리에서 해변 macroplastics 양을 극단적으로 적게 추정해 놓은 것의 불확실성은 평가되고 있지 않다. 환경으로 이미 배출된 미세플라스틱을 효과적으로 수거하는 것은 현실적으로 어려운 일이고 비용편익적 측면에서 덜 효과적일 수도 있다. 그러므로, 미래의 위험성을 제거하기 위해 어떤 저감 및 제거 대책들이 조합될 때 더 효과적인지를 명확히 알아내기 위해서 기존 연구들에 대한 불확실성 평가와 더불어 현재의 해양플라스틱 인벤토리에 대한 정확한 정보가 필요하다.

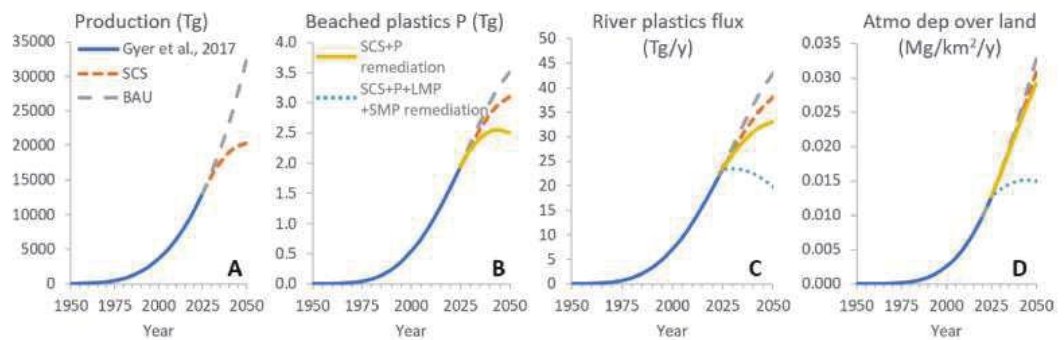


그림 5. 플라스틱 배출저감 및 수거 시나리오에 따른 플라스틱 오염 미래예측

국내 해양 플라스틱 오염 현황과 저감 대책

우리나라는 해양환경관리법에 따른 해양환경보존종합계획의 분야별 추진 계획 중 ‘해양환경 개선 및 오염원의 예방적 관리’를 위한 세부실천계획으로 2008년 12월에 ‘해양쓰레기 관리 기본계획’을 수립하여, 해양쓰레기 발생 최소화를 위한 국가해양쓰레기 모니터링, 분포현황 실태조사, 수거 및 정화 등을 수행하고 있다. 해당 기본계획 하에서, 2017년 기준으로 연 간 8.4 만 톤(초목류 제외)이 해양으로 유입되었으며 이 중 78%에 해당 하는 6.6 만 톤 정도가 수거된 것으로 추정하고 있다[최근 5년간 연평균 해양쓰레기 수거량은 7.9 만 톤(초목류 포함 유무 불투명)]. 한편, 2017년 말 기준의 해양쓰레기 현존량은 14.9 만 톤이며 그 중 77.3%가 해역이나 양식장에 가라앉아 침적되어 있고 18.9%는 해안에 표착되어 있으며, 3.9%만 해양에 부유하고 있는 것으로 추정하고 있다. 조사된 해양쓰레기 현존량 중 플라스틱이 차지하는 비율을 명시적으로 보고되어 있지 않아 불분명하지만 연안 해저면에 침적되거나 해변에 표착된 플라스틱 쓰레기 수거가 해양플라스틱 제거에 더 효율적일 수 있음을 보여준다.

한편, 전국 해변에 잔류하는 해양쓰레기에 대한 모니터링을 2008년부터 수행하고 있으며, 현재는 해양환경공단이 주관이 되어 동해안 12개소, 서해안 26개소, 남해안 22개소 등 총 60개 해변에 대한 조사 및 정화작업을 진행하고 있다. 2018년부터 시작된 2기 조사자료에 따르면, 플라스틱류(고무 포함)는 매년 수거된 해양쓰레기 총량의 개수기준으로 86%, 중량기준으로 56%를 차지하고 있다. 이 비율을 적용한다면, 국내 해양환경에 있는 플라스틱 현존량은 8.3 만 톤이고 이 중 해안에 표착된 플라스틱은 1.6 만 톤 이어야 한다. 관계부처 합동으로 발표한 ‘제1차 해양폐기물 및 해양오염퇴적물 관리 기본계획’에는 2018년 해양플라스틱 발생량을 11.8 만 톤으로 제시하고 있어 얼추 비슷한 값을 보인다. 그러나, 2022년 60개 해변에서 수거된 플라스틱류는 대략 17 만 개, 2 톤 정도이다. 이러한 큰 차이는 미조사 해안, 추정방법의 한계, 혹은 플라스틱류에 대한 부정확한 분류 등에서 기인할 수 있다. 2012년 조사에 따르면, 해변에 표착된 해양쓰레기들 중 외국기인은 3.2%에 머물러 대부분의 해양쓰레기가 국내에서 기인하는 것으로 추정된다. 환경조건 상 해저면 침적 혹은 부유 플라스틱 쓰레기들보다 해변에 표착된 대형 플라스틱쓰레기들은 미수거 시 다량의 2차 미세플라스틱을 생성할 것으로 추정된다. 그러므로, 국내 해양플라스틱쓰레기 인벤토리(특히, 해안 표착량)에 대한 정확한 분석과 통계가 필요하고, 그 자료들을 바탕으로 해안 플라스틱 쓰레기의 효과적인 수거가 진행될 필요가 있다. 최근의 연구는 우리나라 자연해안선 중 10% 구간에 60%의 해양쓰레기가 집중되어 있음을 밝혀 효과적인 해안정화 계획 수립 가능성을 제시하였다(Lee 등, 2019).

나가며

현재 정부는 ‘해양폐기물 및 해양오염퇴적물 관리법’을 시행하여 해양쓰레기에 대한 독자적인관리체계를 마련하고 ‘제1차 해양폐기물 및 해양오염퇴적물 관리 기본계획’을 수립(2021. 5.)하여, 2021년 해양플라스틱 발생량(6.7 만 톤)을 기준으로 2030년까지 60% 수준까지 저감하고 2050년 까지 제로화한다는 목표 아래, ‘발생원 관리 강화’, ‘수거·운반체계 개선’, ‘처리·재활용 촉진’, ‘관리기반 강화 및 국민인식 제고’ 등을 추진하고 있다. 이에 따라, 2020년 기준으로 세부 기술별 R&D 투자비중은 수거 및 처리에 61%가 집중되고 있다. 또, 2024년까지 스티로폼부표의 친환경부표로의 전면 교체와 생분해성 어구 보급을 지속적으로 확대하고 있다. 전술한 것처럼, 해양플라스틱 쓰레기 저감을 위한 많은 대책들 중 어떤 것이 미세플라스틱을 포함한 해양플라스틱 오염을 줄이는데 더 효과적인지가 평가될 필요가 있다. 또, 그것을 위해서는 해양플라스틱 쓰레기에 대한 정확한 인벤토리 구축이 선행되어야 한다. 최근의 연구들은 탄소배출 저감을 위해 확대되고 있는 친환경(혹은 생분해성) 플라스틱들이 더 빠르게 더 많은 미세플라스틱들을 발생시킬 수 있다고 우려하고 있다. 따라서, 장기적인 관점에서 해양에 어떤 영향을 미칠지에 대한 다층적이고 과학적인 증거들이 먼저 확보될 필요가 있다.

II 기술동향

해외단신

녹색 연료 전환 기술 / 해양 쓰레기 저감 기술

녹색 연료 전환 기술(GAIA FIRST – recycle to green fuel)



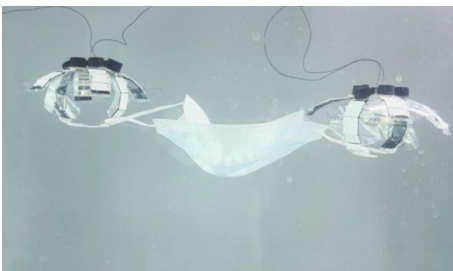
GAIA First가 제시한
Ocean Waste 2 Energy
프로젝트용 선박

(출처: GAIA First/BREEZE Ship Design)

해양폐기물을 재활용한 녹색 연료²⁾(23.5)

북태평양에는 프랑스 크기의 3배에 달하는 태평양 거대 쓰레기 지대(Great Pacific Garbage Patch)가 표층을 떠다리고 있다. 국제 환경 비영리 단체인 GAIA FIRST는 이탈리아선급협회(Registro Italiano Navale) 및 브리즈 쉽 디자인 회사(BREEZE Ship Design)와 협력하여 대규모 연안 정화 프로젝트 “Ocean Waste 2 Energy”를 진행하고 있다. 이 프로젝트를 통해 해양 플라스틱 폐기물을 가스화시켜 그린수소로 전환하는 기술을 갖춘 선박을 건조할 계획이다. 해양 플라스틱 폐기물의 총 90%를 재활용 및 녹색 연료로 전환하는 것을 목표로 하고 있다. 또한, 전 세계의 해변, 숲, 습지 및 도시 지역을 청소하는 “Worldwide Cleanup” 행사도 주최하여 환경 보호를 위해 노력하고 있다.

해양 쓰레기 저감 기술



막스플랑크 지능시스템 연구소의
해파리 모양 수중 로봇

(출처: Max Planck Institute
for Intelligent Systems)

해양 쓰레기를 청소하는 해파리 모양 수중 로봇 개발³⁾(23.8)

독일 막스플랑크 지능시스템 연구소(Max Planck Institute for Intelligent Systems)는 해파리에서 영감을 받아 해양 쓰레기를 청소하는 해파리 모양 수중 로봇을 개발하고, 해당 연구 성과를 사이언스 어드밴시스(Science Advances) 저널에 발표하였다. 연구팀은 “해양 쓰레기의 약 70%가 해저로 가라앉은 것으로 추정되며 이 가운데 대부분이 분해 하는데 수백 년의 시간이 소요되는 플라스틱이다. 따라서 쓰레기를 수면 위로 운반하는 수중 로봇의 개발이 시급하다.”며 해당 로봇의 필요성을 설명했다. 해파리 로봇은 근육처럼 작동하는 전기 유압 액추에이터(actuator)를 가지고 있다. 이 인공 근육은 수축 및 확장이 가능하며 이를 통해 해파리 로봇이 실제 해파리처럼 물속을 이동할 수 있다. 또한 여러 대의 로봇이 협력하여 쓰레기 수거 작업을 수행할 수 있다.

² <https://impakter.com/turning-ocean-garbage-into-green-fuel/>

³ <https://www.goodnet.org/articles/meet-jellyfish-inspired-robot-that-could-clean-under-sea1>



해양수산과학기술진흥원
Korea Institute of Marine Science & Technology Promotion

실종아동을 찾습니다



김대현
당시 3세 0개월

발생일자

2003년 9월 5일

발생장소

경기도 용인시

신체특징

키 99cm, 검정색 커트 머리,
앞가르마, 눈썹에 찢어진 흉터,
배에 검은색 점



박상미
당시 6세 0개월

발생일자


1965년 7월 11일

발생장소

전라남도 나주시

신체특징

왼쪽 이마에 검정색 점,
검정색 단발 파마 머리, 쌍가마

문의·제보처 02-777-0182 (혹은 국번없이 182) **자료제공**  아동권리보장원

콘텐츠 문의 및 구독 신청 박정미 연구원 T 02-3460-4077 E wjdal0659@kimst.re.kr