

BSPE9969G-11982-2

# 해양·항만구조물의 수명연장을 위한 균열저감 복합재료 개발 기획연구

Development of Crack Reduced Composite Material  
for Free Maintenance of Marine Structures

2018. 12.



# 제 출 문

한국해양과학기술원장 귀하

본 보고서를 “해양·항만구조물의 수명연장을 위한 균열저감 복합재료 개발 기획 연구”과제의 최종보고서로 제출합니다.

2018. 12.

총괄연구책임자 : 김 민 욱

참 여 연 구 원 : 박 진 순

“ : 이 진 학

“ : 한 택 희

“ : 원 보 림

“ : 김 성 원

“ : 홍 혜 민

“ : 정 무 혜

“ : 백 승 미



## 보고서 초록

과제고유 번호	PE9969G	해당단계 연구기간	2018. 08. 01. ~ 2018. 12. 31.	단계 구분	기획
연구사업명	중사업명	주요사업			
	세부사업명	국가사회현안대응과제			
연구과제명	대과제명	기획과제			
	세부과제명	해양·항만구조물의 수명연장을 위한 균열저감 복합재료 개발 기획연구			
연구책임자	김 민 옥	해당단계 참여연구원수	총 : 9명 내부: 4명 외부: 5명	해당단계 연구비	정부: 95,000천원 기업: 0천원 계 : 95,000천원
		총 연구기간 참여연구원수	총 : 9명 내부: 4명 외부: 5명	총 연구비	정부: 95,000천원 기업: 0천원 계 : 95,000천원
연구기관명 및 소속부서명	한국해양과학기술원 연안개발·에너지연구센터		참여기업명		
국제공동연구					
위탁연구	세종대학교				
요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)				보고서 면수	226
<p>본 기획연구를 통해 연구비전과 목표를 설정하고, 핵심추진 연구내용 및 세부 추진전략을 수립함</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 연구비전: 해양쓰레기 전처리 공정단지 구축 및 재활용 기술개발을 통한 해양쓰레기 재활용 신 산업 창출</li> <li>○ 최종연구목표: 5톤급 해양쓰레기 전처리 시스템 및 해양쓰레기 재활용 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 해양쓰레기 세척 및 건조 기술 개발</li> <li>- 해양쓰레기 파쇄 기술개발</li> <li>- 해양 폐플라스틱 용융 기술 개발</li> <li>- 폐패각 자원화 기술 개발</li> <li>- 폐플라스틱 재활용 복합재료 제조 및 사용 기술 개발</li> <li>- 폐어망 재활용 복합재료 제조 및 사용 기술 개발</li> <li>- 폐유리 재활용 건축자재 제조 및 활용 기술 개발</li> <li>- 폐패각 재활용 바이오 필터 제조 및 구조물 적용기술 개발</li> </ul> </li> <li>○ 최종연구성과물: 해양·항만구조물의 수명연장을 위한 균열저감 복합재료 개발 기획연구 보고서 (RFP 포함)</li> <li>○ 기대효과: 해양쓰레기 전처리/재활용 사업체계 구성, 해양쓰레기 재활용 관련 산업 촉진 및 파생 기술 개발 유발, 해양쓰레기 재활용 기술 분야 국제적 경쟁력 제고, 해양쓰레기 수거율 증가로 인한 해양자원 가치 극대화</li> </ul>					
색인어 (각 5개 이상)	한 글	해양·항만구조물, 유지관리, 해양쓰레기, 재활용, 균열저감 복합재료			
	영 어	marine structures, maintenance, marine litter, recycling, crack reduced composite material			



# 요 약 문

## I. 핵심내용

주제 : 해양·항만구조물의 수명연장을 위한 균열저감 복합재료 개발

부제 : 5톤급의 해양쓰레기 전처리 시스템 및 해양쓰레기 재활용 기술개발

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

### 1. 기획연구의 최종 목표

- 해양쓰레기 재활용 사업의 필요성과 타당성을 검토하고, 사업 추진에 필요한 과학적, 기술적 사항을 평가한 결과를 기초로 세부추진계획을 도출
- 향후 관련 사업 추진 시 필요한 장기, 대형, 융·복합 연구과제 창출을 위한 기초자료 확보

### 2. 배경 및 필요성

- 국내 해양쓰레기의 연간 수거량은 7만 2000톤으로 해양쓰레기 발생량의 40%만이 수거되고 있으며, 수거처리 예산에 연평균 52,800백만 원이 투입되고 있어 해양쓰레기 재활용을 위한 대책마련이 시급함
- 해양·항만구조물의 유지보수비용은 2016년 기준 연간 170,000백만 원 이상이 사용되고 있으며 지속적으로 증가하고 있는 추세임
- 해양쓰레기 중 폐어망은 일반적으로 폴리에틸렌, 폴리프로필렌 또는 나일론으로 구성되어 있으며 해당 재질들은 부식에 대한 높은 저항력을 가짐
- 해양·항만구조물에 폴리에틸렌, 폴리프로필렌이 함유된 균열저감 복합재료를 적용할 경우, 구조물의 유지보수 주기를 연장시켜 경제적 효과를 볼 수 있을 것으로 예상됨
- 해양쓰레기 재활용 신산업 창출을 위해서는 전처리 및 재활용 기술 개발이 필요하며, 제도 개선(안)이 필요함. 즉, 경제적 지속가능성을 획득하기 위한 기능 고도화 사업으로 기존의 환경과 생태를 고려한 물리적·제도적 정비를 하는 것을 포함함

## III. 연구개발의 내용 및 범위

### 1. 추진전략

- 1단계 [배경연구] : 해양쓰레기 재활용 국내/외 현황 및 관련 기술 조사
- 2단계 [기반마련] : 해양쓰레기 재활용 기술개발을 위한 방향 정립
- 3단계 [기술개발] : 해양쓰레기 재활용 기술의 각 분야별 세부 핵심 기술 개발
- 4단계 [기술최적화] : 기술 최적화 및 실증을 통한 상용화(기술이전) 추진



<과제 추진전략>

2. 연구개발의 범위 및 내용

- 국내외 제도 및 정책 동향 분석
- 연구개발의 경제적 가치 평가
- 관련 분야의 국내외 특허동향 분석
- 관련 분야의 국내외 기술동향 분석
- 정책, 시장, 인프라 등의 현황 분석에 기반한 SWOT 분석
- 전문가 자문을 통한 기술개발 니즈 분석
- 기술개발의 방향 및 추진전략 도출
- 연구추진 타당성 및 추진전략 도출
- 연구추진 타당성 검토 및 기본 방향 제시
- 연구의 성과 목표 및 성과물 제시
- 세부과제 도출 및 우선순위가 포함된 핵심 연구과제 개발
- 세부과제 추진전략 도출
- 과제 기술로드맵(TRM) 도출
- TRM에 근거한 연차별 과제로드맵과 연구개발비 설정
- 연구과제 소요예산 및 단계별 연차별 소요예산
- 연구 구성 체계 및 정책적, 기술적 연계전략, 상용화 전략 도출
- 세부과제별 성과목표 설정
- 과제제안요구서(RFP) 작성



#### IV. 연구개발결과

- 본 기획연구를 수행한 결과, 해양 쓰레기 전처리 및 재활용 기술 각 분야별 연구 개발 과제를 도출하였음
- 해양쓰레기 전처리 기술은 총 4개의 과제(세척, 파쇄, 용융, 그리고 폐각 자원화 기술)를 최종 연구개발 과제로 제시하였음
- 해양쓰레기 재활용 기술은 총 4개의 과제(폐플라스틱 재활용 복합재료 제조기술, 폐어망 재활용 복합재료 제조 기술, 폐유리 재활용 건축 신소재 제조 기술, 폐각 재활용 바이오 필터 제조기술)를 최종 연구개발 과제로 제시하였음

#### <분야별 세부과제 및 주요 사업내용>

##### ■ 전처리 기술

분야	세부과제	사업 내용	예산 (억원)
전 처 리 기 술	해양쓰레기 세척 및 건조기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 해양쓰레기 종류별 특성을 고려한 세척/건조 시스템 설계 및 제작</li> <li>○ 성능 확인을 위한 개발된 시스템의 성능 검증시험</li> </ul>	20
	해양쓰레기 파쇄 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 해양쓰레기의 물성치를 고려한 파쇄 시스템 설계 및 제작</li> <li>○ 대표적인 해양쓰레기(폐플라스틱, 폐어망, 폐패각)에 대한 개발된 파쇄 시스템의 성능 검증시험</li> </ul>	25
	해양 폐플라스틱 용융 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 해양 폐플라스틱의 열분해 특성 분석</li> <li>○ 벤치탑 용융 시스템 개발</li> <li>○ 용융 시스템 설계 및 제작</li> <li>○ 용융 성능 및 용융슬래그 품질 확인을 위한 개발 시스템의 성능 검증시험</li> </ul>	27
	폐패각 자원화 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 폐각 분말의 크기 분류 자동화를 위한 입자 분류 시스템(거름망, 진동시스템 포함) 설계 및 제작</li> <li>○ 개발된 입자 분류 시스템의 성능 검증시험</li> <li>○ 폐각 종류별 칼슘 분리 및 제조 기술 개발 및 기술 검증 시험</li> </ul>	28
소 계			100

■ 재활용 기술

분야	세부과제	사업 내용	예산 (억원)
재 활 용 기 술	페플라스틱 재활용 복합재료 제조 및 사용 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 페플라스틱 원사의 표면 코팅 기술 개발</li> <li>○ 페플라스틱 보강재 함유 균열 저감 복합재료 제조기술 개발</li> <li>○ 해양·항만구조물 및 대형 구조물 적용을 위한 최적 배합 도출</li> <li>○ 균열 저감 복합재료 구조물의 내충격성 시험</li> </ul>	20
	페어망 재활용 복합재료 제조 및 사용 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 페어망 절단 보강재의 성능 개선 기술 개발</li> <li>○ 페어망 절단 보강재 함유 복합재료 제조기술 개발</li> <li>○ 페어망 무절단 보강재 활용기술 개발</li> <li>○ 페어망 보강재 함유 균열저감 복합재료의 구조물 적용기술 개발</li> <li>○ 페어망 재활용 보강재의 최적 시공 가이드 작성</li> </ul>	20
	페유리 재활용 건축자재 제조 및 활용 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 전처리 시스템과 연계한 페유리 활용 골재 제조 및 치환 기술 개발</li> <li>○ 페유리 골재 사용 고강도 복합재료 제조기술 개발</li> <li>○ 페유리 골재의 시공성능 개선을 위한 혼합재료 개발</li> <li>○ 페유리 함유 도로포장 구조물의 유지관리 기술 개발</li> </ul>	10
	폐패각 재활용 바이오 필러 제조 및 구조물 적용기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 패각 재활용 바이오 필러 제조기술 개발</li> <li>○ 바이오 필러가 함유된 복합재료의 내염해성 및 압축강도 평가기술 개발</li> <li>○ 바이오 필러의 지반 성토재 활용기술 개발</li> <li>○ 바이오 필러 성능 개선을 위한 재료 개발</li> <li>○ 바이오 필러의 구조물 적용기술 개발 및 시공 가이드 작성</li> <li>○ 바이오 필러 기술의 상용화</li> </ul>	20
소 계			70

<분야별 세부과제의 연차별 목표 및 주요 연구내용>

■ 전처리 기술

년도	사업 내용	예산 (억원)
1차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 해양쓰레기 세척 및 건조기술                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 해양쓰레기 종류에 따른 표면 부착 이물질 특성 파악</li> <li>- 해양쓰레기 이물질 특성을 고려한 세척 시스템 조사</li> </ul> </li> <li>○ 해양쓰레기 파쇄 기술                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 해양쓰레기 종류별 물성치(파단강도 등) 파악</li> <li>- 기존 파쇄 시스템 조사 및 분석</li> </ul> </li> <li>○ 해양 폐플라스틱 용융 기술                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐플라스틱의 용융점 관련 정보 수집</li> <li>- 기존 플라스틱 용융 시스템 조사</li> </ul> </li> <li>○ 폐폐각 자원화 기술                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 재활용이 가능한 폐각 종류 조사</li> <li>- 기존 폐각 재활용 기술 조사</li> </ul> </li> </ul>	12
2차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 해양쓰레기 세척 및 건조기술                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 세척 및 건조 시스템 개념설계</li> </ul> </li> <li>○ 해양쓰레기 파쇄 기술                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 해양쓰레기 파쇄용 롤러 크러셔 설계 (I)</li> <li>- 파쇄 시스템의 운전을 위한 통합 시스템 설계 (I)</li> </ul> </li> <li>○ 해양 폐플라스틱 용융 기술                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 벤치탑 용융 시스템 설계</li> <li>- 용융 시스템 수치해석</li> <li>- 벤치탑 용융 시스템 제작 및 실험</li> </ul> </li> <li>○ 폐폐각 자원화 기술                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐폐각 입자 크에 따른 입자 분류 시스템 개발 (I)</li> <li>- 폐폐각을 활용한 순수 칼슘 추출 기술 개발 (I)</li> </ul> </li> </ul>	29
3차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 해양쓰레기 세척 및 건조기술                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 세척 및 건조 시스템 상세설계</li> </ul> </li> <li>○ 해양쓰레기 파쇄 기술                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 해양쓰레기 파쇄용 롤러 크러셔 설계 (II)</li> <li>- 파쇄 시스템의 운전을 위한 통합 시스템 설계 (II)</li> <li>- 파쇄 시스템(롤러크러셔+통합 시스템) 제작</li> </ul> </li> <li>○ 해양 폐플라스틱 용융 기술                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 파일럿 스케일 용융 시스템 수치해석 및 수치 모델 검증</li> <li>- 파일럿 스케일 용융 시스템 설계 및 제작</li> </ul> </li> <li>○ 폐폐각 자원화 기술</li> </ul>	38

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐패각 입자 크에 따른 입자 분류 시스템 개발 (II)</li> <li>- 폐패각을 활용한 순수 칼슘 추출 기술 개발 (II)</li> </ul>	
4차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 해양쓰레기 세척 및 건조기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 세척 및 건조 시스템의 성능 검증시험</li> </ul> </li> <li>○ 해양쓰레기 파쇄 기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 파쇄 시스템의 성능시험</li> </ul> </li> <li>○ 해양 폐플라스틱 용융 기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 파일럿 스케일 용융 시스템의 성능시험</li> </ul> </li> <li>○ 폐패각 자원화 기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 입자 분류 시스템의 성능시험</li> <li>- 순수 칼슘 추출 기술 검증시험</li> </ul> </li> </ul>	21
소 계		100

■ 재활용 기술

년도	사업 내용	예산 (억원)
1차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 폐플라스틱 재활용 복합재료 제조 및 사용 기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐플라스틱 재활용 기술 조사</li> <li>- 폐플라스틱 원사의 성능 조사 및 성능개선을 위한 기술 분석</li> </ul> </li> <li>○ 폐어망 재활용 복합재료 제조 및 사용 기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>- PE, PP 계열의 폐어망 종류 및 특성 파악</li> <li>- 폐어망 절단 보강재 제작을 위한 파쇄 기술조사</li> </ul> </li> <li>○ 폐유리 재활용 건축자재 제조 및 활용 기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐유리 종류 및 물성치 등의 특성 파악</li> <li>- 폐유리 세척 및 파쇄 기술조사</li> </ul> </li> <li>○ 폐패각 재활용 바이오 필터 제조 및 구조물 적용기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 패각 종류 및 물성 등의 특성 파악</li> <li>- 폐패각 소성화 기술조사 및 장비선정</li> </ul> </li> </ul>	10
2차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 폐플라스틱 재활용 복합재료 제조 및 사용 기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 복합재료 성능 개선을 위한 표면 코팅 기술 개발</li> <li>- 폐플라스틱 재활용 균열저감 복합재료 제조 기술 개발</li> </ul> </li> <li>○ 폐어망 재활용 복합재료 제조 및 사용 기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐어망 절단 보강재 함유 FRC 제조기술 개발</li> <li>- 폐어망 무절단 보강재 함유 TRC 제조기술 개발</li> </ul> </li> <li>○ 폐유리 재활용 건축자재 제조 및 활용 기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐유리 골재 및 골재 함유 복합재료 제조 기술 개발</li> <li>- 복합재료의 성능개선 기술 개발</li> </ul> </li> <li>○ 폐패각 재활용 바이오 필터 제조 및 구조물 적용기술</li> </ul>	19

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐패각 바이오 필러 함유 복합재료 제조기술</li> <li>- 바이오 필러 기반 성토재 활용 기술</li> </ul>	
3차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 폐플라스틱 재활용 복합재료 제조 및 사용 기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐플라스틱 복합재료 구조물 제작을 위한 설계 및 해석</li> <li>- 원사 보강재 함유 구조물의 내충격성 시험</li> </ul> </li> <li>○ 폐어망 재활용 복합재료 제조 및 사용 기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐어망 보강재(절단 및 무절단 타입) 함유 구조물 제작을 위한 설계 및 해석</li> <li>- 폐어망 보강재의 구조물 적용기술 개발</li> </ul> </li> <li>○ 폐유리 재활용 건축자재 제조 및 활용 기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐유리 재활용 복합재료의 구조물 적용기술 도출</li> <li>- 폐유리 함유 포장 구조물 적용기술</li> </ul> </li> <li>○ 폐패각 재활용 바이오 필러 제조 및 구조물 적용기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐패각 바이오 필러의 구조물 적용기술 개발</li> <li>- 바이오 필러 함유 복합재료 구조물 제작</li> </ul> </li> </ul>	29
4차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 폐플라스틱 재활용 복합재료 제조 및 사용 기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐플라스틱 원사 사용을 위한 매뉴얼 작성</li> </ul> </li> <li>○ 폐어망 재활용 복합재료 제조 및 사용 기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐어망 재활용 보강재의 사용 가이드 작성</li> </ul> </li> <li>○ 폐유리 재활용 건축자재 제조 및 활용 기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐유리 사용을 위한 매뉴얼 작성</li> </ul> </li> <li>○ 폐패각 재활용 바이오 필러 제조 및 구조물 적용기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 바이오 필러의 구조물 적용 기술 개발 및 상용화</li> </ul> </li> </ul>	12
소 계		70



# 목 차 ●●●

<b>1. 기술의 정의 및 필요성</b> .....	<b>1</b>
1.1. 해양쓰레기 재활용 균열저감 복합재료의 정의 .....	3
1.1.1. 해양쓰레기의 정의 .....	3
1.1.2. 균열저감 복합재료의 정의 .....	6
1.2. 기획연구 추진배경 및 필요성 .....	8
1.2.1. 기획연구 추진배경 .....	8
1.2.2. 기획연구 필요성 .....	9
1.3. 기획연구 목표 및 내용 .....	12
1.3.1. 기획연구 최종목표 .....	12
1.3.2. 기획연구 세부 목표 및 내용 .....	12
1.4. 기획연구 추진전략 및 방법 .....	13
1.4.1. 기획연구 추진전략 .....	13
1.4.2. 기획연구 세부 추진방법 .....	14
1.4.3. 기획위원 및 자문위원회 구성 .....	15
<b>2. 국내외 기술동향</b> .....	<b>17</b>
2.1. 해양쓰레기 전처리 기술 및 산업동향 .....	19
2.1.1. 국내 동향 .....	19
2.1.2. 국외 동향 .....	21
2.2. 해양쓰레기 재활용 기술 및 산업동향 .....	26
2.2.1. 국내 동향 .....	26
2.2.2. 국외 동향 .....	32
2.3. 해양쓰레기 관련 정책동향 .....	37
2.3.1. 국내 정책 및 법·제도 .....	37
2.3.2. 국외 정책 및 법·제도 .....	45
2.4. 논문동향 .....	53
2.4.1. 검색개요 .....	53
2.4.2. 학술지 발행 동향분석 .....	56
2.4.3. 기술 경쟁력 분석 .....	58

2.5. 특허동향.....	59
2.5.1. 검색개요.....	59
2.5.2. 육상쓰레기 재활용 관련 특허동향 분석.....	60
2.5.3. 해양쓰레기 재활용 관련 특허동향 분석.....	62
2.6. 환경분석 결과에 따른 대응방향.....	65
<b>3. 사업내용.....</b>	<b>67</b>
3.1. 연구개발의 비전 및 목표.....	69
3.1.1. 비전 및 목표.....	69
3.1.2. 추진단계 및 단계별 목표 설정.....	70
3.2. 연구개발과제의 구성.....	71
3.2.1. 세부과제 구성 체계.....	71
3.2.2. 연구의 최종 목표.....	72
3.3. 기술 개발 로드맵 및 추진계획.....	72
3.3.1. 해양쓰레기 전처리 기술 개발 로드맵.....	72
3.3.2. 해양쓰레기 재활용 기술 개발 로드맵.....	73
<b>4. 세부과제 추진전략.....</b>	<b>75</b>
4.1. 세부과제별 최종 목표.....	77
4.2. 세부과제별 연구개발 내용 및 필요성.....	79
4.2.1. 세부과제별 연구내용.....	79
4.2.2. 세부과제별 필요성.....	81
4.2.3. 세부과제별 기대성과 및 활용 방안.....	83
4.3. 세부과제별 로드맵 및 추진계획.....	85
4.4. 세부 과제별 소요 예산.....	89
4.5. 연차별 소요예산.....	105
<b>5. 사전 타당성 분석.....</b>	<b>109</b>
5.1. 정책적 타당성.....	111
5.1.1. 정부 정책, 계획과의 부합성.....	111
5.1.2. 정부지원의 필요성 및 시급성.....	114
5.2. 기술적 타당성.....	115
5.2.1. 기존 연구사업과의 연계성.....	115
5.2.2. 국내 해양쓰레기 기술개발 연구과제 연관 흐름도.....	118
5.3. 경제적 타당성.....	119
5.3.1. 개요.....	119



5.3.2. 경제성 검토 및 평가 방법.....	119
5.3.3. 경제적 타당성 평가.....	120
5.3.4. 경제적 파급효과.....	132
<b>6. 과제 제안 요구서(RFP) .....</b>	<b>133</b>
<b>7. 참고문헌 .....</b>	<b>145</b>
부록 : 1. 폐어망을 재활용한 Nylon계열 섬유보강재 함유 시멘트 모르타르의 성능평가 및 비교분석.....	153
2. 국내외 육상쓰레기 재활용 관련 주요 특허 목록.....	174
3. 국내외 해양쓰레기 재활용 관련 주요 특허 목록.....	184
4. 해양쓰레기 전문가 초청 세미나 회의록.....	189

## 표 목 차 ●●●

〈표 2-1〉 ASG의 세척 공정 설명 .....	22
〈표 2-2〉 재생 원자재 생산 업체(한국폐기물협회) .....	27
〈표 2-3〉 국내 해양쓰레기 재활용 기술 개발 연구 목록(NTIS, 2018) .....	30
〈표 2-4〉 제2차 해양쓰레기 관리 기본계획법의 전략별 추진과제 .....	41
〈표 2-5〉 해양쓰레기 수거·처리 사업 예산 .....	44
〈표 2-6〉 해양쓰레기 예방과 관리를 위한 호놀룰루 전략 .....	46
〈표 2-7〉 G20의 해양쓰레기 실행계획의 구성 .....	50
〈표 2-8〉 호주의 해양쓰레기 실행과제 .....	52
〈표 2-9〉 논문 검색 범위 .....	53
〈표 2-10〉 논문분석 대상 주제(TS) 키워드 .....	53
〈표 2-11〉 학술지 분석 대상 연구 분야(SU) 키워드 .....	54
〈표 2-12〉 학술지 분석 대상 범주(WC) 키워드 .....	54
〈표 2-13〉 논문 검색식 .....	55
〈표 2-14〉 학술지 분석 대상 키워드 분류 및 유효데이터 건수 현황 .....	55
〈표 2-15〉 SWOT 요소 도출 .....	65
〈표 4-1〉 세부과제별 연구내용 .....	79
〈표 4-2〉 세부과제별 필요성 .....	81
〈표 4-3〉 세부과제별 기대성과 및 활용 방안 .....	83
〈표 4-4〉 세척 및 건조 기술의 연구내용 및 예산 .....	89
〈표 4-5〉 세척 및 건조 기술의 추진일정 및 예산 .....	90
〈표 4-6〉 해양쓰레기 파쇄 기술의 연구내용 및 예산 .....	91
〈표 4-7〉 해양쓰레기 파쇄 기술의 추진일정 및 예산 .....	92
〈표 4-8〉 해양 플라스틱 용융 기술의 연구내용 및 예산 .....	93
〈표 4-9〉 해양 플라스틱 용융 기술의 추진일정 및 예산 .....	94
〈표 4-10〉 폐패각 자원화 기술의 연구내용 및 예산 .....	95
〈표 4-11〉 폐패각 자원화 기술의 추진일정 및 예산 .....	96
〈표 4-12〉 폐플라스틱 재활용 복합재료 제조 및 사용 기술의 연구내용 및 예산 .....	97
〈표 4-13〉 폐플라스틱 재활용 복합재료 제조 및 사용 기술의 추진일정 및 예산 .....	98
〈표 4-14〉 폐어망 재활용 복합재료 제조 및 사용 기술의 연구내용 및 예산 .....	99
〈표 4-15〉 폐어망 재활용 복합재료 제조 및 사용 기술의 추진일정 및 예산 .....	100

〈표 4-16〉 폐유리 재활용 건축자재 제조 및 활용 기술의 연구내용 및 예산	101
〈표 4-17〉 폐유리 재활용 건축자재 제조 및 활용 기술의 추진일정 및 예산	102
〈표 4-18〉 바이오 필터 제조 및 구조물 적용기술의 연구내용 및 예산	103
〈표 4-19〉 바이오 필터 제조 및 구조물 적용기술의 추진일정 및 예산	104
〈표 4-20〉 해양쓰레기 전처리 기술의 소요예산	105
〈표 4-21〉 해양쓰레기 재활용 기술의 소요예산	107
〈표 5-1〉 G20 해양쓰레기 7가지 정책 분야 및 41개 실천 과제 중 연관분야	113
〈표 5-2〉 2018년 공사원가 대비율	121
〈표 5-3〉 재활용 섬유보강재 제조 원가	122
〈표 5-4〉 재활용 섬유보강재의 적정 판매단가	123
〈표 5-5〉 단가산출근거: 수거/운반	123
〈표 5-6〉 단가산출근거: 분류/압축	123
〈표 5-7〉 단가산출근거: 세척비	124
〈표 5-8〉 단가산출근거: 파쇄	125
〈표 5-9〉 단가산출근거: 폐기물 처리	125
〈표 5-10〉 기계경비 총괄	125
〈표 5-11〉 분석대상 구조물의 콘크리트 물량	127
〈표 5-12〉 콘크리트 1m <sup>3</sup> 당 생산원가 비교	130
〈표 5-13〉 케이슨 시공 콘크리트 공사의 공사원가 비교	130
〈표 5-14〉 2-1구간 케이슨 시공 콘크리트 타설 공사의 공사원가 비교	131
[표 1-A] 실험종류 및 시험체 개수	153
[표 1-B] 사용된 섬유보강재의 특성	154
[표 1-C] 시멘트 모르타르 구성 중량비	155
[표 1-D] 압축강도 실험결과	158
[표 1-E] 직접 인장실험 결과	165
[표 2-A] 국내외 육상쓰레기 재활용 관련 특허	174
[표 2-B] 국내외 해양쓰레기 재활용 관련 특허	184

## 그림 목 차 ●●●

〈그림 1-1〉 해양쓰레기의 발생원인.....	3
〈그림 1-2〉 국내 해양쓰레기의 연도별 수거현황 및 종류.....	4
〈그림 1-3〉 해양쓰레기로 인한 피해 발생 현황.....	5
〈그림 1-4〉 섬유보강재의 종류.....	6
〈그림 1-5〉 인장거동에 따른 균열저감 시멘트 복합재료의 분류.....	7
〈그림 1-6〉 균열저감 복합재료 인장 시험 형식, 형상 및 시험법들.....	8
〈그림 2-1〉 국내 세척 장치 특허 개념도.....	19
〈그림 2-2〉 (주)크러텍의 분쇄기.....	20
〈그림 2-3〉 월드로의 펠렛 생산 설비.....	20
〈그림 2-4〉 Panchal Plastic사의 미니워싱 플랜트.....	21
〈그림 2-5〉 ASG의 세척 설비.....	22
〈그림 2-6〉 ZERMA의 파쇄기.....	23
〈그림 2-7〉 Honest의 파쇄기.....	24
〈그림 2-8〉 Panchal Plastic의 파쇄기.....	24
〈그림 2-9〉 EREMA의 용융 설비.....	25
〈그림 2-10〉 Ettlenger의 용융 설비.....	25
〈그림 2-11〉 CLIRIK의 골패각 분말 생산 장비.....	26
〈그림 2-12〉 국내 해양쓰레기 재활용 업체의 공정도(자료: 유한회사 보경).....	27
〈그림 2-13〉 폐어망 재활용 섬유.....	28
〈그림 2-14〉 폐FRP 선박 처리 공정도.....	28
〈그림 2-15〉 폐FRP 선박의 용융슬래그로 제작된 재활용품.....	29
〈그림 2-16〉 Million Wasves의 제품 및 폐어구 회수 장면.....	32
〈그림 2-17〉 리놀로지의 플라스틱 재활용 시스템 개략도(사진: RENEWLOGY).....	33
〈그림 2-18〉 리놀로지의 디젤원료 생산 관련 사진.....	33
〈그림 2-19〉 REPREVE® 섬유 생산 과정.....	33
〈그림 2-20〉 아쿠아필의 재생 섬유로 만들어진 제품.....	34
〈그림 2-21〉 EUfir 시스템의 폐어망 수거·처리 프로세스(사진: Nofir).....	35
〈그림 2-22〉 씨투씨의 선글라스 제작 공정.....	36
〈그림 2-23〉 일본의 페스티로폼 부표 처리 과정 및 자숙용 보일러 현장 사진.....	36
〈그림 2-24〉 제1차 해양쓰레기 관리 기본계획법의 비전과 전략.....	37

〈그림 2-25〉 제2차 해양쓰레기 관리 기본계획법의 비전과 전략	38
〈그림 2-26〉 제2차 해양쓰레기 관리 기본계획법의 전략별 추진과제	39
〈그림 2-27〉 제1차 해양수산발전기본계획 개요	40
〈그림 2-28〉 해양환경보전종합계획의 비전과 목표	43
〈그림 2-29〉 국제사회의 해양쓰레기 대응(자료: 한국해양수산개발원)	45
〈그림 2-30〉 SDG 17개 목표	48
〈그림 2-31〉 G20의 해양쓰레기 실행계획	49
〈그림 2-32〉 미국 해양대기청 해양쓰레기 프로그램 전략계획 개요	50
〈그림 2-33〉 미국 해양대기청 해양쓰레기 10년 성과 개요	51
〈그림 2-34〉 연도별 학술지 발행동향	56
〈그림 2-35〉 키워드별 학술지 발행현황	56
〈그림 2-36〉 연도별 키워드별 학술지 발행건수 현황	57
〈그림 2-37〉 주요 학술지 발생 건수	58
〈그림 2-38〉 전체·키워드별 h-index 현황	58
〈그림 2-39〉 육상쓰레기 재활용 기술 분야연도별 출원 동향	60
〈그림 2-40〉 육상쓰레기 재활용 기술 분야 연도별 출원 동향	61
〈그림 2-41〉 육상쓰레기 재활용 기술 분야 연도별	61
〈그림 2-42〉 육상쓰레기 재활용 기술별 동향	62
〈그림 2-43〉 해양쓰레기 재활용 기술 분야연도별 출원 동향	62
〈그림 2-44〉 해양쓰레기 재활용 기술 분야 연도별 출원 동향	63
〈그림 2-45〉 해양쓰레기 재활용 기술 분야 연도별	63
〈그림 2-46〉 해양쓰레기 재활용 기술별 동향	64
〈그림 2-47〉 SWOT 요소 도출	66
〈그림 2-48〉 SWOT 대응 전략	66
〈그림 3-1〉 비전 및 목표	69
〈그림 3-2〉 해양쓰레기 전처리 공정단지 추진계획	70
〈그림 3-3〉 세부과제 구성 체계	71
〈그림 3-4〉 해양쓰레기 전처리 기술 개발 로드맵	72
〈그림 3-5〉 해양쓰레기 재활용 기술 개발 로드맵	73
〈그림 4-1〉 해양쓰레기 세척 및 건조 기술의 로드맵 및 추진계획	85
〈그림 4-2〉 해양쓰레기 파쇄 기술의 로드맵 및 추진계획	85
〈그림 4-3〉 해양쓰레기 용융 기술의 로드맵 및 추진계획	86
〈그림 4-4〉 폐패각 자원화 기술의 로드맵 및 추진계획	86
〈그림 4-5〉 폐플라스틱 재활용 복합재료 제조 및 사용 기술의 로드맵 및 추진계획	87
〈그림 4-6〉 폐어망 재활용 복합재료 제조 및 사용 기술의 로드맵 및 추진계획	87
〈그림 4-7〉 폐유리 재활용 건축자재 제조 및 활용 기술의 로드맵 및 추진계획	88
〈그림 4-8〉 바이오 필터 제조 및 구조물 적용기술의 로드맵 및 추진계획	88

〈그림 5-1〉 문재인 정부 100대 국정과제	111
〈그림 5-2〉 제3차 해양쓰레기 관리 기본계획	112
〈그림 5-3〉 굴폐각 재활용 연구 사례	115
〈그림 5-4〉 경량혼합토의 구성	116
〈그림 5-5〉 경량 혼합토 연구 내용	116
〈그림 5-6〉 실험에 고려된 섬유보강재 5종	117
〈그림 5-7〉 해양쓰레기 관련 연구과제의 연계성	118
〈그림 5-8〉 경제성 분석의 절차	119
〈그림 5-9〉 해양쓰레기 재활용 업체 방문: 유한회사 보경	120
〈그림 5-10〉 폐어망 재활용 섬유보강재 생산 공정도	121
〈그림 5-11〉 새만금 신항 방파제 - 항만 구조물 조감도	126
〈그림 5-12〉 새만금 신항 방파제 - 지층단면도	126
〈그림 5-13〉 방파제 평면도 및 2-1 공사구간	127
〈그림 5-14〉 2-1공사구간의 케이슨 표준 단면도	127
〈그림 5-15〉 2-1 두부구간 도면	128
〈그림 5-16〉 2-1 두부구간 콘크리트 물량	128
〈그림 5-17〉 2-1 구간 도면	129
〈그림 5-18〉 2-1 구간 콘크리트 물량	129
[그림 1-A] 사용된 섬유보강재의 종류	153
[그림 1-B] 섬유보강재의 표면	154
[그림 1-C] 직접인장 시편 몰드와 와이어메쉬 배치	155
[그림 1-D] 탈형 전 시험체 상태	156
[그림 1-E] 압축실험 셋업	156
[그림 1-F] 직접인장 시험체와 실험 셋업	157
[그림 1-G] 섬유종류와 보강량에 따른 압축강도의 변화	160
[그림 1-H] Plain 시리즈의 압축실험 후 파괴 양상	160
[그림 1-I] PP1-0.5 시리즈의 압축실험 후 파괴 양상	161
[그림 1-J] PP1-1.0 시리즈의 압축실험 후 파괴 양상	161
[그림 1-K] PP2-0.5 시리즈의 압축실험 후 파괴 양상	161
[그림 1-L] PP2-1.0 시리즈의 압축실험 후 파괴 양상	162
[그림 1-M] WFN1-0.5 시리즈의 압축실험 후 파괴 양상	162
[그림 1-N] WFN1-1.0 시리즈의 압축실험 후 파괴 양상	162
[그림 1-O] WFN2-0.5 시리즈의 압축실험 후 파괴 양상	163
[그림 1-P] WFN2-1.0 시리즈의 압축실험 후 파괴 양상	163
[그림 1-Q] WFN3-0.5 시리즈의 압축실험 후 파괴 양상	163
[그림 1-R] WFN3-1.0 시리즈의 압축실험 후 파괴 양상	164
[그림 1-S] 섬유보강 시멘트 복합재료의 인장거동시표	164

[그림 1-T] 인장 응력-변위 선도.....	168
[그림 1-U] 섬유 종류 및 보강량이 균열 전 인장거동에 미치는 영향.....	169
[그림 1-V] 섬유 종류 및 보강량이 균열 후 인장거동에 미치는 영향.....	171
[그림 1-W] 직접인장 이후 시험체의 파괴양상.....	173







# 제1장 기술의 정의 및 필요성





## 1. 기술의 정의 및 필요성

### 1.1. 해양쓰레기 재활용 균열저감 복합재료의 정의

#### 1.1.1. 해양쓰레기의 정의

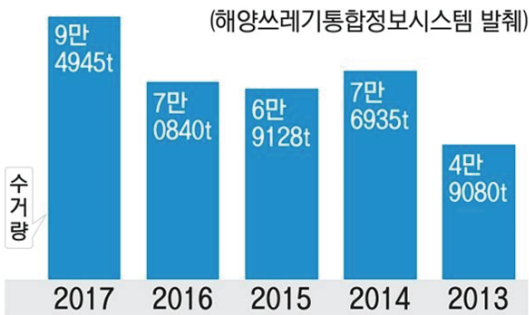
- 해양쓰레기의 정의에 대해서는 관련 학계, 기관에 따라 의견이 분분하나 통상적으로는 ‘바다에 유기된 고체 물질’을 의미하며 그 형식에 따라 부유쓰레기 혹은 침적쓰레기로 분류됨
  - 여기서 고체 물질은 인간이 제조, 가공한 것을 뜻하므로 동물, 광물 등 자연물은 제외되며 유류 등 액상의 오염물질도 포함하지 않음
- 해양쓰레기는 바다쓰레기 혹은 해양폐기물이라고 불리며, 바다쓰레기는 해양의 우리말인 바다를 붙인 것이기에 같은 말임
  - 해양폐기물이라 할 때는 위에서 말한 액체, 자연물 등을 포괄하는지에 대한 고려가 필요하며, 해양쓰레기의 위치에 따라 해안쓰레기, 부유쓰레기, 침적쓰레기라는 용어를 사용하고 있음
- 해양쓰레기는 인간의 모든 활동에서 발생할 수 있으며, 발생원인은 크게 육상기인과 해상기인으로 구분됨(<그림 1-1>)
  - 육상기인 해양쓰레기란 육지에 버려진 혹은 방치된 쓰레기들이 비, 바람 등에 의해 바다로 유입된 것을 말하며 연안지역의 주민이나 관광객들이 버린 쓰레기가 여기에 속함
  - 해상기인 해양쓰레기란 해상 활동에서 발생한 것으로 어업, 양식, 해양레저 등의 활동에서 생긴 쓰레기들이 바다로 유입되는 경우나 여객선, 화물선 등 선박 혹은 해양 시설에서 유실된 것들이 바다로 들어감으로써 발생함



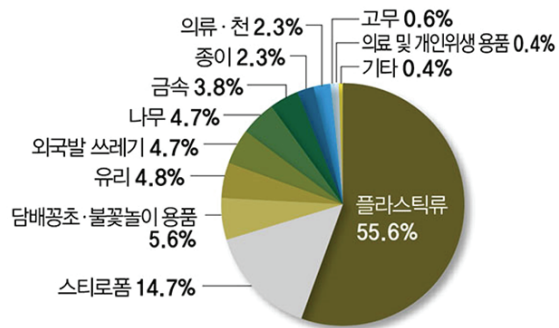
<그림 1-1> 해양쓰레기의 발생원인

- 국내 해양쓰레기의 연간 수거량은 7만 2000톤으로 해양쓰레기 발생량의 40%만이 수거되고 있으며, 수거처리 예산에 연평균 528억이 투입되고 있어 해양쓰레기 재활용을 위한 대책마련이 시급함
- 우리나라 해양쓰레기 유형은 플라스틱이 55.6%로 가장 높은 비율을 차지하며 연안에는 주로 생활계 플라스틱 쓰레기가 있고, 바다에는 주로 폐어망 등의 어업용 쓰레기가 있는 것으로 보고됨(<그림 1-2>)

전국 바다쓰레기 연도별 수거 현황



해양 쓰레기 무엇이 많나(개수별)



자료: 해양환경관리공단, 2015년 조사

<그림 1-2> 국내 해양쓰레기의 연도별 수거현황 및 종류

- 해양쓰레기 피해는 환경생태적 혹은 경제사회적 영향으로 구분할 수 있지만, 한 가지 피해 사건이라도 두 가지 측면의 영향을 복합적으로 일으키는 경우가 대부분임
  - 해양쓰레기 문제로 해양생물의 서식지가 파괴되는 것 자체는 환경 생태적 영향이지만 이는 결국 수산물 생산량 저하로 이어져 경제사회적 영향을 초래함
- 수중에 방치된 폐어망·폐어구는 어·패류의 산란, 치어의 성장, 성어의 서식장을 파괴하고 생태계의 교란을 일으켜 수산자원을 감소시키는 원인이 됨
- 현재 조업활동에 쓰이는 폐어망의 대부분은 분해가 되지 않는 합성수지로 만들어져 사용되며, 이들이 수중에 침적 시에는 반영구적인 어·패류의 산란 및 서식지의 교란을 초래함
  - 통발 역시 물고기의 순환폐사를 유발하는 유령어업 효과로 인하여 수산자원감소의 원인이 되고 있음
- 폐그물은 이외에도 선박 스크류에 걸려 선박사고를 일으키는 원인이 되기도 하며, 잠수사의 안전을 직접적으로 위협하기도 하여 해마다 인명사고의 발생이 보고되고 있음

- 우리나라에서는 2018년 현재까지 해양쓰레기로 인한 피해와 영향에 대한 평가가 제한적으로만 이루어져 왔음(<그림 1-3>)
  - 국내에 위치한 야생동물 구조센터 등을 대상으로 조사한 결과, 최소 21종의 해양 생물이 해양쓰레기로 인한 피해를 입고 있었으며, 그 중 5종은 멸종위기 혹은 국내법상 보호대상종이었음
  - 야생동물에 가장 많은 피해를 일으킨 해양쓰레기는 레저용 낚시 바늘과 낚싯줄로 나타남
  - 2011년 8월 낙동강 유역의 폭우로 인해 떠내려간 쓰레기가 거제 해변에 밀려들며 발생한 관광산업의 피해는 약 300억 원 규모인 것으로 나타남
  - 페그물이나 천막이 조간대 저서 생태계의 저질과 수괴의 산소교환을 막아서 저서동물을 빠르게 소멸시켰고, 해양쓰레기를 제거했을 때 저서생물상이 회복되는 경향을 확인함



(a) 미관훼손 및 관광산업피해



(b) 해양생태계위협



(c) 해양수산업 손실

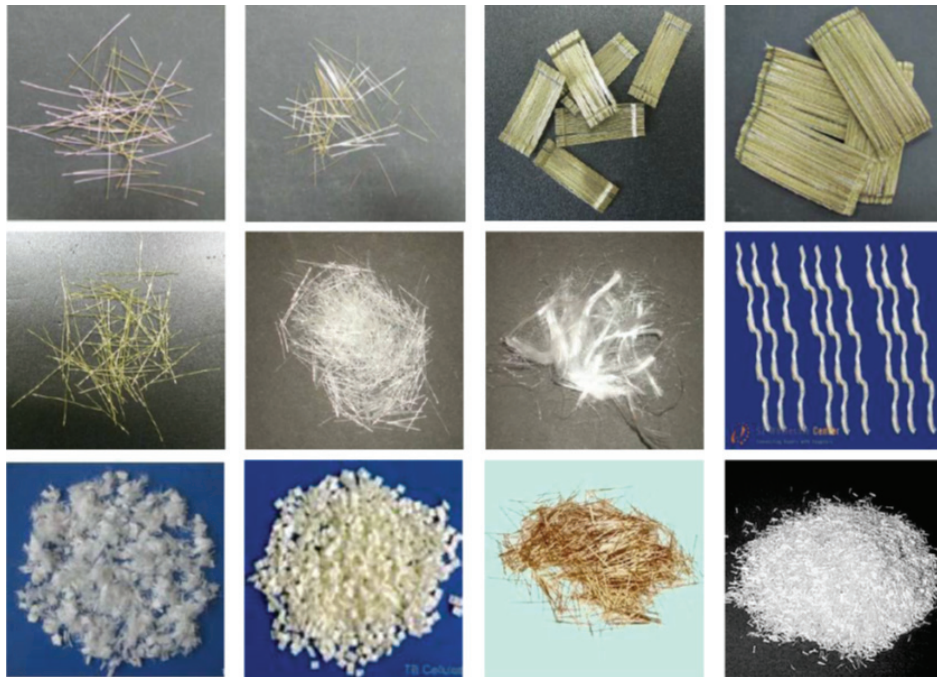


(d) 선박안전 위협

<그림 1-3> 해양쓰레기로 인한 피해 발생 현황

### 1.1.2. 균열저감 복합재료의 정의

- 균열저감 복합재료(Fiber-reinforced concrete)란 일반 콘크리트(Plain concrete)의 균열에 대한 저항성을 높이고 인성 및 내충격성 등을 개선할 목적으로 섬유보강재를 콘크리트 속에 일정량 혼입시킨 것을 말함
  - 균열저감 복합재료(Fiber-reinforced cementitious composites)에 혼입 가능한 섬유로는 재료의 종류에 따라 강섬유, 유리섬유, 탄소섬유, 아라미드섬유, 폴리프로필렌계열 섬유, 나일론, 폴리에스테르, 비닐론 등이 있음(<그림 1-4>)
  - 폐어망에 주로 사용되는 HDPE (High-density polyethylene) 혹은 나일론(Nylon) 계열의 재질은 표면상태에 따라 수거, 세척, 파쇄와 같은 전처리 작업 후 섬유보강재로 재활용이 가능함

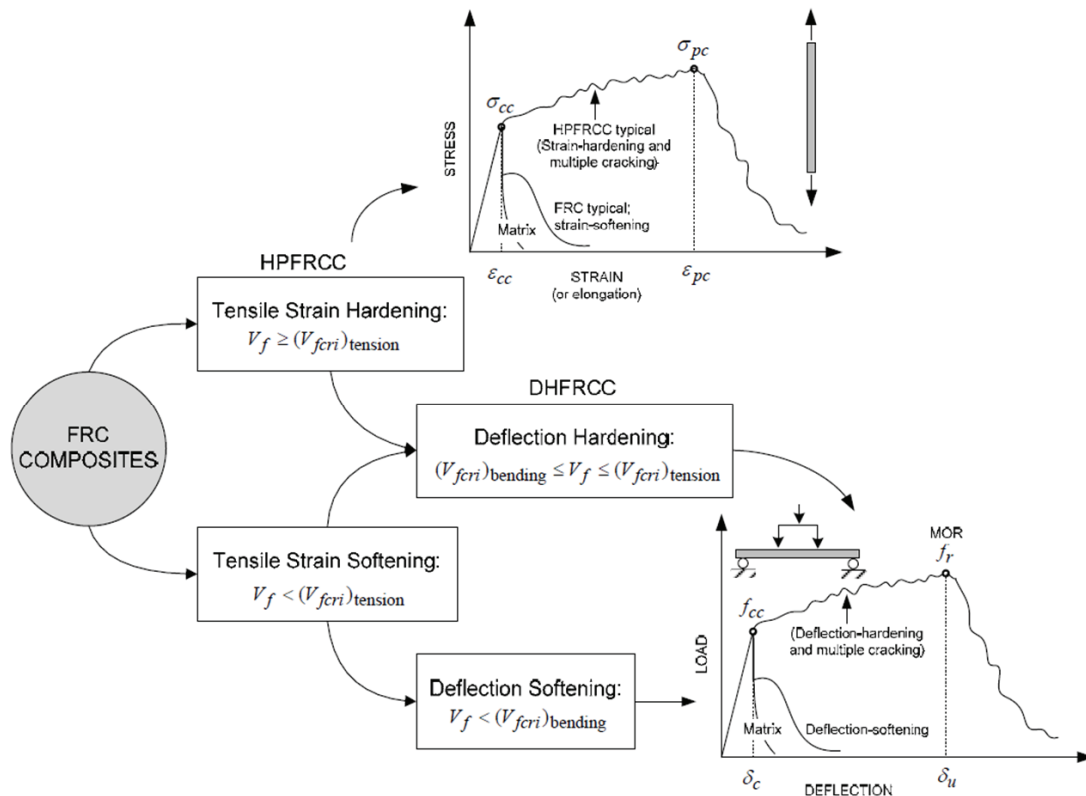


<그림 1-4> 섬유보강재의 종류

- 섬유보강재는 혼입하는 목적에 따라 종류에 차이가 있을 수 있으나 사용하는 섬유와 시멘트 페이스트(Cement paste) 간의 부착이 좋아야 하고, 섬유의 인장강도가 높으며, 내구성·내열성 및 내후성이 뛰어나야 함
- 철근콘크리트와 함께 사용하면 부재의 전단내력을 증대시킬 수 있으므로 특히 내진성이 요구되는 철근콘크리트 구조물에 효과적임
- 균열저감 복합재료의 재료적 특징은 인장하중 하에서 인장 경화(strain hardening) 거

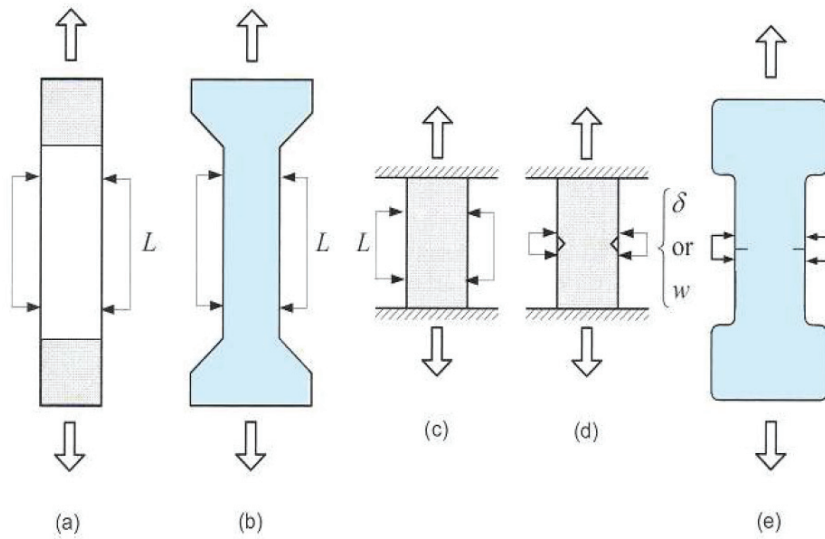
동을 보이거나 혹은 인장 연화(strain softening) 거동을 보이는지에 따라 분류되고, 인장 연화 거동을 보이는 섬유 보강 시멘트 복합재료 중에서는 휨하중 하에서 처짐 경화(deflection hardening)와 처짐 연화(deflection softening) 거동을 보일 수 있음.

- 실제로 모든 균열저감 복합재료들이 그림에 나와 있는 분류도에 의해서 분류될 수 있음(<그림 1-5>)



<그림 1-5> 인장거동에 따른 균열저감 시멘트 복합재료의 분류

- 균열저감 복합재료의 인장 거동에 따른 분류(즉 인장 경화와 인장 연화)는 재료의 기본적인 특성과 관련되지만 휨 거동에 따른 분류는 구조적인 거동과 관련됨
- ASTM, JCI, RILEM에서는 균열저감 복합재료의 인장 특성 파악을 위한 시험으로 휨 시험을 개발하였는데 이는 휨 시험이 인장 시험과 비교하여 수행하기가 수월하기 때문임
  - 상기의 휨 시험들은 인장 하중 하에서 다수의 미세균열을 동반하는 변형 경화 현상을 보여 인장 거동을 측정하는 데에 적절하지 못하며 미세균열의 폭을 측정하기 힘들다는 단점이 있음
  - 균열저감 복합재료의 표준화된 인장 실험 방법이 아직까지 존재하지 않기에 다양한 형상과 크기의 시험체들이 사용되고 있음(<그림 1-6>)



<그림 1-6> 균열저감 복합재료 인장 시험 형식, 형상 및 시험법들

## 1.2. 기획연구 추진배경 및 필요성

### 1.2.1. 기획연구 추진배경

- 해양쓰레기는 바다를 오염시킬 뿐만 아니라, 폐어망·폐어구 등 해저에 침적된 쓰레기들로 인하여 물고기들이 그물에 걸려 폐사하기도 하고 심지어 폐어망이 선박의 회전스크류에 걸려 사고를 유발하는 등 어업활동에도 큰 피해를 유발함
  - 이러한 피해는 국제적인 현상이며 최근 국가 간의 해양쓰레기 문제 해결을 위한 노력이 강화되고 있음
- 2017년 G20정상회담에서는 해양쓰레기 문제를 해결하기 위해 ‘G20 해양쓰레기 실행계획’을 발표하였으며, 회원국들은 2025년까지 해양쓰레기 저감을 위한 책임을 이행하게 됨
- 우리나라 정부와 지자체도 해양쓰레기 문제해결을 위해 여러 가지 방안을 강구하고 있으나 해양쓰레기 문제는 시간이 지날수록 더욱 악화되어 지역 어업과 해양관광에 미치는 피해가 커지고 있어 이를 해결하기 위한 노력이 필요함
- 우리나라에서는 매년 18만 톤의 해양쓰레기가 발생하는데 이중 플라스틱이 55.6%로 가장 큰 비율을 차지하고 있으며, 폐어망과 폐어구 등의 어업용 쓰레기의 비율이 특히 높은 편임



- 한편, 해양·항만구조물의 유지보수비용은 2016년 기준 17백억원 이상이 사용되고 있으며 지속적으로 증가하고 있는 추세임
- 해양·항만구조물의 설계 및 시공에 중요한 구조재료인 콘크리트는 재료 특성상 인장력에 취약하며 한번 균열이 발생하게 되면 그 틈을 통해 염분 등의 유해물질이 침투, 구조물내의 철근부식과 팽창을 유발하게 되고 결과적으로 구조물 표면에 박리현상이 발생하게 됨
  - 구조물의 표면에 박리현상이 발생하게 되면 구조물의 성능에 큰 영향을 초래하게 되며 균열을 미연에 방지할 수 있는 균열저감 보강재 개발, 혼합방법개발, 최적화된 시공 방법 개발이 필요한 실정임
- 해양·항만구조물에 균열저감 복합재료를 적용할 경우, 구조물의 유지보수 주기를 연장시켜 경제적 효과를 볼 수 있을 것으로 예상됨

### 1.2.2. 기획연구 필요성

#### 가. 기술적 측면

- 해양·항만구조물의 경우, 해양 환경이라는 특수한 조건 하에서 해수의 침투, 온도변화 등의 열악한 환경에 놓이기 때문에 구조물의 설계, 시공 및 재료선정에 신중을 기해야 함
- 해양·항만구조물의 시공에 있어 중요한 역할을 하는 콘크리트는 재료 특성상 인장력에 취약하며 균열이 발생하게 되면 그 틈을 통해 염분 등의 유해물질이 침투, 구조물내의 철근부식과 팽창을 유발하게 되고 구조물 표면에 박리현상이 발생하게 됨
- 해양쓰레기 중 폐어망은 일반적으로 폴리에틸렌, 폴리프로필렌 또는 나일론으로 구성되어 있으며 해당 재질들은 부식에 대하여 높은 저항력을 가짐. 최근, 이탈리아, 일본에서 폐어망을 재활용하여 콘크리트 보강재로 사용하는 연구사례가 보고되고 있음
- 덴마크공과대학교(DTU)에서 폐어망을 재활용한 고밀도 폴리에틸렌 섬유(High Density Polyethylene, HDPE)와 새 HDPE 섬유의 인장강도 수치를 비교한 결과, 비슷한 수준인 것으로 확인됨. 또한, SEM 촬영 결과, 폐어망 섬유의 표면이 더 거칠었으며, 이는 복합재료와 보강재 간의 부착강도 향상에 기여할 수 있음

- 미국 사우스캐롤라이나대학교(USC)에서 폐어망을 재활용한 보강재(Fishing net, FN)와 스틸와이어 메쉬형 보강재(Welded wire steel mesh, WWSM)의 성능을 비교한 결과, 외력에 대한 저항성능이 비슷한 수준인 것으로 확인되었으며, 폐어망을 함유한 복합재료가 변형과 에너지흡수 측면에서 더 좋은 성능을 가지는 것으로 확인됨
- 이탈리아 살레르노 대학교에서는 폐어망을 재활용한 나일론 섬유(Recycled nylon, R-Nylon)의 보강재로써의 가능성을 실험적으로 검토함. R-Nylon 섬유로 보강하였을 때, 인장강도와 파괴특성이 향상되어 보강 효과가 확인됨
- 일본 홋카이도 대학교에서는 폐어망을 재활용한 R-Nylon 섬유, 재활용된 PET, 폴리비닐 알코올 섬유를 보강재로 적용하여 성능을 비교함. 폐어망을 재활용한 R-Nylon 섬유는 모르타르의 휨 강도를 41%이상 향상시켰으며, 재료의 인성과 잔류 강도 측면에서도 유리한 것으로 확인됨
- 동의대학교에서는 폐어망의 굵기와 절단방법에 따른 폐어망 보강 콘크리트와 일반 콘크리트의 압축강도 특성을 비교함. 얇은 굵기(직경 0.5m)의 폐어망을 적용한 콘크리트는 일반 콘크리트에 비해 압축강도가 향상되었으며 폐어망 절단방법에 따른 강도 차이는 크지 않은 것으로 확인됨
- 금오공과대학교에서는 폐어망 섬유를 순환골재 콘크리트에 적용하여 성능을 평가함. 연구 결과, 폐어망 섬유 첨가 시 강도저하를 보완해 주며 건조수축 제어에 효과가 있는 것으로 보고됨
- 국내외 연구 결과들을 종합해 볼 때, 폐어망을 재활용한 섬유보강재는 해양·항만구조물의 균열저감을 위한 복합재료 개발을 위하여 활용 가치가 있는 것으로 판단됨.
- 해양·항만구조물은 구조물 내의 철근 부식과 표면 균열의 방지가 구조물의 유지관리와 관련하여 중요한 이슈임. 균열 저감 효과가 확인될 경우, 해양 환경에 노출된 구조물에 효과적으로 활용할 수 있을 것으로 판단됨

## 나. 경제·산업적 측면

- 항만·해양구조물 유지관리 시장의 확대
  - 해양수산부(2016년) 자료에 따르면 2016년 기준 17백억원 이상이 항만시설유지보수 비용으로 사용되고 있으며, 해양구조물의 유지보수비용이 지속적으로 증가하고 있는

## 추세임

- 유지보수 비용 절감을 위한 균열저감 복합재료개발 및 실용화기술개발
  - 균열저감 복합재료 개발을 위한 페어망 재활용 보강재 선정 및 페어망 전처리 기술 개발 필요
  - 균열저감 보강재에 최적화된 혼합방법 및 분사기술 개발 필요
- 국내 해양쓰레기의 연간 수거량은 7만 2000톤으로 해양쓰레기 발생량의 40%만 수거되고 있으며, 수거처리 예산에 연평균 528억이 투입되고 있어 해양쓰레기 재활용을 위한 대책마련이 시급함
- 우리나라 해양쓰레기 유형은 플라스틱이 55.6%로 가장 많은 비율을 차지하며 연안에는 주로 생활계 플라스틱 쓰레기가 있고, 바다에는 주로 페어망 등의 어업용 쓰레기가 있는 것으로 보고됨
  - 페어망, 페어구 등의 어업용 쓰레기는 해양 플라스틱 쓰레기 중 높은 비율을 차지함
- 2016년도 해양수산부 자료에 따르면 우리나라 연근해 어업과 양식으로 발생하는 페어구는 연간 약 4만 3천 톤으로 추정됨
  - 막대한 경제적, 환경적 피해를 유발하는 페어망 등의 해양 쓰레기를 재활용하기 위한 대처가 필요한 시점임
- 세계 항만건설시장 규모는 370억 달러이며 2020년에 가면 400억 달러에 이를 것으로 예상되고 있음
- 페어망이 균열 저감 보강재로써의 효과가 확인되는 경우 기존의 섬유 보강재보다 저렴한 가격으로 효과를 누릴 수 있으므로 균열 및 내구성이 요구되는 해양·항만구조물의 보강재로도 활용가치가 높다고 판단됨

## 다. 사회·문화적 측면

- 해양쓰레기는 국제적으로 중요한 환경 문제로 인식되고 있으며 이를 저감 및 재활용하기 위한 방안이 국가적으로 논의되고 있음
- 한국해양수산개발원(KMI)은 2018년도 해양쓰레기 동향분석 자료에서 우리나라의 1인당 플라스틱 소비량은 2020년까지 145.9톤 까지 증가할 것으로 추정하였으며, 이에 따라, 해양쓰레기 관리 영역을 유입 예방과 신속한 수거에 그치지 않고 재활용을 촉진하는 방향으로 나아가야 한다고 언급함
- 폐어망 재활용 균열저감 복합재료 개발을 통해 해양 플라스틱 쓰레기의 재활용을 촉진할 수 있을 것으로 예상되며 항만시설 및 사회기반시설로의 적용을 통한 공공분야에서의 자원순환 실현과 친환경 기술 확보가 가능할 것으로 예상됨

## 1.3. 기획연구 목표 및 내용

### 1.3.1. 기획연구 최종목표

- 해양·항만구조물의 수명연장을 위한 해양쓰레기 재활용 균열저감 복합재료 개발 및 실구조물 적용을 위한 핵심 원천 기술 도출 및 연구과제 기획

### 1.3.2. 기획연구 세부 목표 및 내용

- 해양쓰레기 관련 국내·외 환경 분석
- 연구개발 타당성분석(정책, 경제, 기술적 타당성)
- 연구목표 및 내용 수립
- 연구개발 추진 체계 및 추진전략 수립
- 도출된 세부과제의 연구개발 제안요구서(RFP) 작성

## 1.4. 기획연구 추진전략 및 방법

### 1.4.1. 기획연구 추진전략

- 해양쓰레기 재활용 기술 선진국과 국내의 해양쓰레기 관련 정책/환경/기술 동향을 검토하고 이를 분석하여 본 기획과제의 타당성을 검토함
  - 해양·항만구조물에 적용 가능한 해양쓰레기의 종류 및 실태 파악
  - 국내 해양쓰레기 수집 적지 조사 및 분석
  - 해양쓰레기 재활용을 위한 효율적 전처리 방법(공정) 조사 및 분석
- 폐어망 재활용 섬유보강재를 사용한 균열저감 복합재료 제조 기술 개발
  - 폐어망 재활용 섬유보강재의 재료특성 및 미세구조(SEM) 분석
  - 시판 섬유보강재와 폐어망 재활용 보강재를 각각 함유한 균열저감 복합재료 간의 인장 특성 비교
  - 폐어망 재활용 보강재 함유 균열저감 복합재료의 성능 개선여부 확인
- 해양쓰레기 산·학·연 전문가, 기획 및 경제성 분석전문가를 포함한 기획 및 자문위원회 구성
  - 해양, 토목, 기계, 환경 등과 같은 해양쓰레기의 전처리, 재활용 기술 개발과 관련된 민간기업 및 연구소의 임직원을 자문위원으로 포함시켜 기술 및 시장 분석
  - 정책적 및 경제적 타당성 분석은 외부 전문 업체(또는 기관)와 함께 수행하여 실효성 있는 결과를 도출
- 상기의 해양쓰레기 전문가를 대상으로 해양쓰레기 재활용 단계에서 발생할 수 있는 여러 장애요인을 사전 도출하고, 적절한 대응방안을 수립하여 연구개발 제안요구서에 반영

### 1.4.2. 기획연구 세부 추진방법

○ 기획연구의 세부 추진방법 및 내용은 아래와 같음

일련 번호	연구내용	세부 추진방법
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 국내·외 환경 분석                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 정책동향 및 법·제도 분석</li> <li>- 시장동향 및 전망 분석</li> <li>- 기술 동향 및 전망 분석</li> <li>- 수요자 니즈 분석</li> <li>- 종합 시사점 도출</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 국내 산학연 전문가로 구성된 기획 및 자문 위원회 구성원의 의견 수렴과 회의 수행을 통해 분석 연구 수행</li> <li>■ 국내·외 최신 기술 동향 분석 연구 수행</li> <li>■ 특허의 경우 특허법인 등의 전문가를 활용하여 국내·외 특허동향 분석 수행</li> <li>■ 환경분석 결과를 기반으로 연구목표 추진 계획 수립의 근간이 되는 시사점 도출</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 타당성 분석                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 정책적 타당성 분석</li> <li>- 기술적 타당성 분석</li> <li>- 경제적 타당성 분석</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 국내·외 환경 분석 결과를 바탕으로 해양쓰레기 재활용 기술개발의 타당성 검토</li> <li>■ 정책적 타당성 분석: 정부 상위계획과의 부합성, 정부지원의 필요성 및 시급성, 관련기관의 참여 및 사업추진 의지, 유사사례에 대한 국내외 정부지원 사례 등을 분석</li> <li>■ 기술적 타당성 분석: 기존 연구사업과의 중복 및 연계성, 기술개발의 성공 가능성, 기술개발의 파급효과, 기술개발의 위험요건 등을 분석</li> <li>■ 경제적 타당성 분석: 해양쓰레기 중 폐어망을 재활용한 섬유보강재 제작을 위한 제조원가를 도출하고 항만구조물 적용시의 공사원가를 추정하여 경제성을 분석, 사회·경제적 파급효과</li> <li>■ 경제적 타당성 분석은 전문 업체와 함께 수행하여 실효성 있는 결과를 도출</li> </ul>
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 연구 목표 및 내용 도출                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 최종 목표 및 성과물 제시</li> <li>- 연구 내용과 범위 설정</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 타당성 분석 결과를 기반으로 연구개발 기간을 선정하고, 기간 내에 달성 가능한 정량적·정성적 목표제시</li> <li>■ 연구개발 목표 달성을 위한 연구내용 및 범위 설정                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 해양쓰레기 재활용 국내/외 기술현황분석</li> <li>- 재활용 가능한 국내 해양쓰레기 선별 및 확보 방안</li> <li>- 해양쓰레기 재활용을 위한 전처리 기술 개발</li> <li>- 해양쓰레기 재활용 복합재료 제조기술 개발</li> <li>- 폐각 재활용 바이오 필터 제조기술 개발</li> <li>- 복합재료 및 바이오 필터의 구조물 적용기술 개발</li> <li>- 건설사 및 민간기업 유치 방안</li> </ul> </li> </ul>

		- 상기 사항을 포함하여 기획 및 자문위원회를 통해 도출 및 검토한 후 확정
4	■ 연구개발 추진체계 및 전략 수립	■ 도출된 연구개발 목표 및 내용에 적합한 연구개발 추진 체계 및 전략 수립
5	■ 연구개발 제안요구서 작성	■ 도출된 연구개발 목표 및 내용과 수립된 연구개발 추진 체계 및 전략을 기반으로 한 제안요구서 작 성

### 1.4.3. 기획위원 및 자문위원회 구성

○ 기획위원회 및 자문위원회의 구성은 아래와 같음

구분	이름	소속	전공
내부기획위원	김민욱	한국해양과학기술원	토목공학
	박진순	한국해양과학기술원	해양과학
	윤길림	한국해양과학기술원	지반공학
	이진학	한국해양과학기술원	구조동역학
	한택희	한국해양과학기술원	구조공학
	김성원	한국해양과학기술원	해양공학
	김선빈	한국해양과학기술원	지반공학
	박상민	한국해양과학기술원	토목공학
	홍혜민	한국해양과학기술원	조선해양공학
	원보름	한국해양과학기술원	기계설계공학
외부기획위원	김경신	한국해양수산개발원	정책학
	김동주	세종대학교	토목공학
	김태원	인하대학교	해양과학
	문주혁	서울대학교	재료공학
	박지호	유한회사 보경	기계공학
	이남곤	한국건설기술연구원	재료공학
	이승현	선박해양플랜트연구소	해양과학
	윤종주	충남연구원	정책학
	이진환	(주) 해양기술 ENG	기계공학
	강윤향	(주) 해양기술 ENG	기계공학
	임준영	(주) 풍원석회	자원공학
	오성우	한국건설생활환경시험연구원	재료공학
	정연웅	한국건설생활환경시험연구원	재료공학
하영현	(주) 태평양해양산업	해양과학	







## 제2장 국내외 기술동향





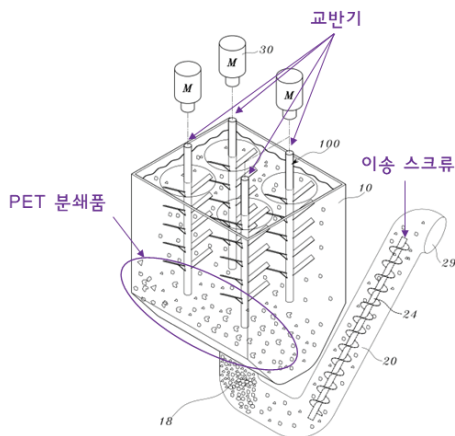
## 2. 국내외 기술동향

### 2.1. 해양쓰레기 전처리 기술 및 산업동향

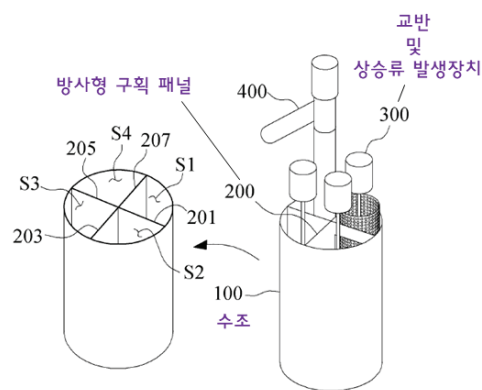
#### 2.1.1. 국내 동향

##### ○ 세척 및 건조 기술

- (주)삼동이엔티는 PET 분쇄물의 세척장치에 관한 특허(특허명: 재활용을 위한 PET 분쇄물 세척장치)를 출원한 바 있음
- 해당 세척 장치는 교반용기, 교반기, 이송 스크류 등으로 구성되어 있음
- 세척 원리는 세척용액이 담긴 교반용기에 분쇄물이 투하되고, 내부의 교반기가 회전하면서 분쇄물을 상하로 순환시켜 주는 것임
- 세척이 완료된 PET 분쇄물은 이송 스크류를 통하여 이송되어 배출됨
- (주)하이원리싸이클링은 PET 분쇄물의 세척장치에 관한 특허(특허명: 방사형 구획부 순차 이동식 PET 분쇄물 세척장치)를 출원한 바 있음
- 원형 수조와 회전날개, 방사형 구획 패널 등으로 구성되어 있으며 원형 수조는 여러 개의 구획으로 나누어져 있음
- 효과적인 세척을 위해 세척용액은 일정한 온도로 가열되며, 수조에 투하된 PET 분쇄물은 상하로 움직이면서 원형 수조의 각 구획을 순차적으로 통과하게 됨



[ 업체명: (주)삼동이엔티 ]



[ 업체명: (주)하이원리싸이클링 ]

<그림 2-1> 국내 세척 장치 특허 개념도

##### ○ 파쇄 기술

- (주)크러텍은 플라스틱, 발포 폴리에틸렌, 금속 등 다양한 폐기물에 대한 파쇄기 및 분쇄기를 제작하고 있으며, 이 회사의 제품들은 파쇄/분쇄품의 입자를 균일하게 만들어주는 형식의 칼날을 적용하고 있음



<그림 2-2> (주)크러텍의 분쇄기

○ 용융 기술

- 월드로는 폐PET병, 필름 등 플라스틱 계열의 쓰레기를 재활용해 재생섬유(폴리에스테르)를 만드는 기계를 생산하는 기업으로 폐기물 재활용 기술을 보유하고 있음
- 그 중에서 'Pet Pellet Chip Line'은 PET 계열의 펠릿을 생산하는 쓰레기 재활용 시스템이며, 해당 설비의 공정은 원료 주입 > 용융 > 압출 > 냉각 > 절단 순서로 구성되어 있음
- 용융수지의 품질과 성능에 중요한 역할을 하는 여과장치는 하루에 10~20회 교체하는 것이 일반적이지만 월드로의 제품은 설비 운용 중에 여과장치를 교체할 수 있으므로 펠릿 생산을 효율적으로 진행할 수 있는 장점이 있음



<그림 2-3> 월드로의 펠릿 생산 설비

○ 소성화 기술

- (주)서진바이오텍은 굴패각을 재활용한 구연산칼슘의 제조방법에 대한 특허를 출원한 바 있음
- 굴 생산과정에서 발생하는 굴패각 표면의 이물질 제거, 세척과정을 거쳐 건조하고 분

- 말화한 다음 무수구연산을 넣어 반응시킨 후 원심 분리시켜 구연산칼슘을 제조함
- 비교적 저온에서 굴폐각에 무수구연산을 첨가하여 반응시킴으로써 에너지 비용을 절감할 수 있으며, 간단한 방법으로 고순도 제품을 제조할 수 있는 장점이 있는 기술임
  - 굴폐각을 이용한 이온화칼슘 제조방법에 대한 특허가 출원되었으며 이 방법의 특징은 800~950°C의 상대적으로 낮은 소성온도에서 추가적인 정제과정 없이 순도가 높은 이온화칼슘을 제조할 수 있는 것임
  - 상기 특허에서는 굴폐각을 담은 소성용기의 구체적인 형상과 크기를 제시하고 있으며, 소성시간과 소성온도에 대한 가이드를 제시함

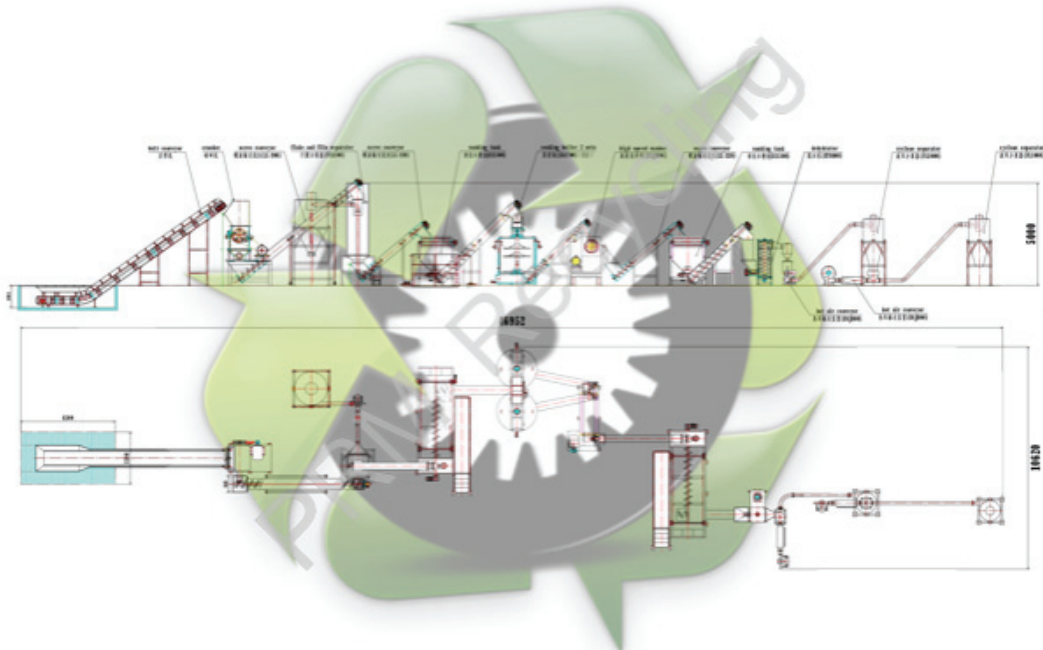
### 2.1.2. 국외 동향

#### ○ 세척 및 건조 기술

- 인도의 재활용 장비제조회사 Panchal Plastic은 PE, PP, HDPE 계열의 비닐 및 플라스틱을 세척하고 건조하는 장비를 제작 및 판매하고 있으며, 세척 용량(300~1,100kg)에 따라 다양한 제품이 있음
- 중국의 환경과학 연구 및 개발 연구소(ASG)는 플라스틱 재활용 시스템 개발하여 다양한 종류의 시스템을 생산판매하고 있음
- 또한, 폐PET병 세척을 위한 자동화 설비가 있으며 세척물 투입 용량(Input capacity)은 500kg/h~3,000kg/h이고 세척물 출력 용량(Output capacity)은 폐PET병의 상태에 따라 달라짐



<그림 2-4> Panchal Plastic사의 미니워싱 플랜트



<그림 2-5> ASG의 세척 설비

<표 2-1> ASG의 세척 공정 설명

공정별 장비	공정 설명
Debaler machine	<ul style="list-style-type: none"> <li>● PET병 파쇄 공정</li> <li>- PET병을 큰 조각으로 파쇄 하는 공정</li> </ul>
Trommel	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 1차 오염 물질 제거 공정</li> <li>- 구멍들이 뚫린 저속 회전 터널로 파쇄품 투입 및 배출</li> </ul>
Wet granulator	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 분쇄 공정(=과립화 공정)</li> <li>- PET병을 10~15mm인 조각으로 자르는 공정으로 파쇄 작업 시에 지속적으로 물이 분사되는 습식 과립화 공정임</li> </ul>
Air classification	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 공기 분류 공정</li> <li>- 공기 분류는 공기로 가벼운 물질과 무거운 물질을 분류하는 것임</li> <li>- 폐PET병과 이물질(플라스틱 필름, 종이)를 분류하는 공정임</li> </ul>
Sink / float separation tank	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 비중 분류 공정</li> <li>- PET병과 이물질간의 비중 차이를 이용하는 분류 공정임</li> <li>- 공기 분류 공정 후의 분쇄물이 싱크/플로트 탱크 안으로 투입되면 비중이 1이하인 PE, PP 계열의 물질은 부유하게 되고 비중이 1 이상인 PET 분쇄물이 바닥에 가라앉음</li> <li>- 가라앉은 분쇄물이 스크류 컨베이어를 통해 다음 공정으로 이송됨</li> </ul>
Hot washer	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 고온 세척 공정</li> <li>- 저온 세척 과정에서 제거하기 어려운 이물질(글루, 남은 음료 등)을 제거하는 공정</li> </ul>

Friction washer	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 마찰 세척 공정</li> <li>- 비마찰 세척 과정에서 제거하기 어려운 이물질(글루, 남은 음료 등)을 제거하는 공정</li> </ul>
Dewatering machine	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 건조 공정</li> <li>- 원심력을 이용해 탈수시킨 후 열 건조기(Thermal dryer)로 이송하여 분쇄물을 건조하는 공정</li> </ul>
Thermal dryer + Cyclone separator:	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 탈수 공정</li> <li>- 진공(Vacuum)원리를 이용하여 분쇄물의 잔여 물기를 제거한 후 분쇄물을 원심분리기의 일종인 사이클론 분리기에 투입하여 물기를 탈수 시키는 공정임</li> </ul>
Product silo	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 저장 공정</li> <li>- 탈수가 완료된 분쇄물이 저장 탱크로 저장되는 공정</li> </ul>

## ○ 파쇄 기술

- 독일의 파쇄 및 분쇄기 전문회사 ZERMA는 폐기물 파쇄기 및 분쇄기 전문 제조업체로, 파쇄 대상 제품과 파쇄용량에 따라서 제품이 구분됨
- 중국의 재활용 장비 및 파쇄기 제조회사 Honest는 PE, PE, PVC, Plastic 계열의 섬유 파쇄기를 제작하여 판매하고 있으며, 해당 제품은 폐어망 파쇄도 가능함
- 인도의 Panchal Plastic은 PP, HDPE, PVC, Plastic 계열의 파쇄기를 제작 및 판매하고 있으며, 해당 제품은 폐어망의 파쇄도 가능함



<그림 2-6> ZERMA의 파쇄기



Honest



<그림 2-7> Honest의 파쇄기



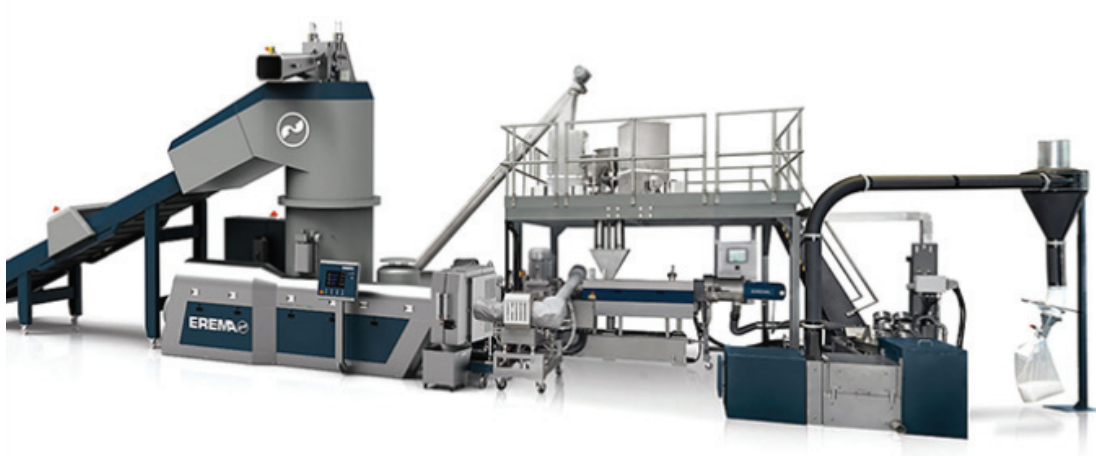
<그림 2-8> Panchal Plastic의 파쇄기

○ 용융 기술

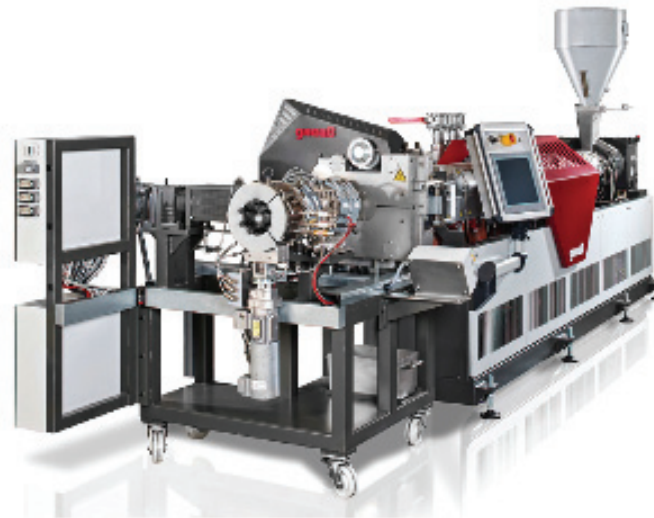
- 오스트리아의 EREMA는 PP, PE, PA 계열의 섬유 및 부직포를 가공하는 기술, 불순물을 여과하여 양질의 용융수지를 생산하는 기술을 보유하고 있음
- 용융 온도가 일정하게 유지되기 때문에 용융 장비의 에너지 효율이 높을 뿐 아니라, 최종 성과품의 목적에 맞추어 장비의 구성을 변경할 수 있어서 편의성을 제공함
- 독일의 고품질 멜트(Melt) 필터 제조기업인 Ettlenger는 플라스틱 폐기물 재활용을 위한 용융 설비를 제조 및 판매하고 있음
- 다양한 용융수지 여과장치가 있으며 이 중에는 최대 여과용량이 5,000kg/h인 고성능 여과장치가 있음
- 해당 장치는 원통형 여과 스크린에는 수백만 개의 원뿔형 구멍이 가공되어 있으며, 구멍 크기에 따라서 여과 크기를 다양하게 조절할 수 있음



- 내구성이 우수하고 높은 여과 효율로 용융 수지의 품질을 높일 뿐 아니라, 용융수지의 손실을 최소화한 제품임



<그림 2-9> EREMA의 용융 설비



<그림 2-10> Ettlinger의 용융 설비

○ 소성화 장비

- 중국의 폐각류 분말화 장비 제조업체인 CLIRIK은 5~49 $\mu$ m 크기인 폐각 분말을 생산할 수 있는 장비들을 판매하며, 해당 장비들의 소성화 가능 용량은 0.4t/r~ 12t/h(ton/hour)인 것으로 명시되어 있음



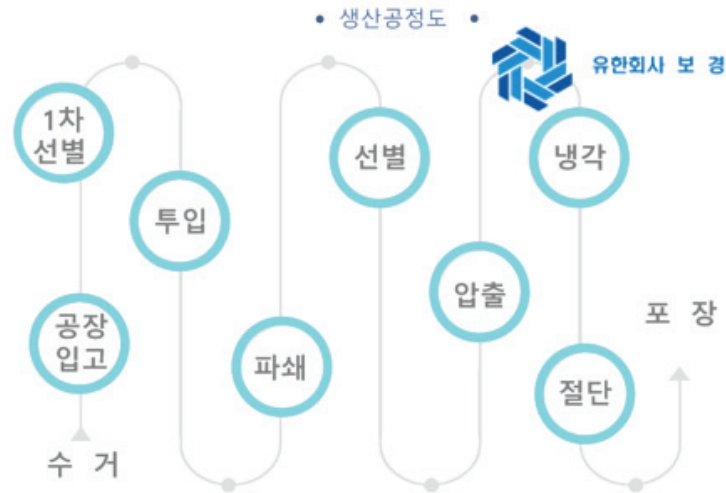
<그림 2-11> CLIRIK의 곱깨각 분말 생산 장비

## 2.2. 해양쓰레기 재활용 기술 및 산업동향

### 2.2.1. 국내 동향

#### ○ 폐어망 재활용 원자재 생산 기술

- 원자재 생산 기술은 국내 쓰레기 재활용 업체에서 보편적으로 사용하고 있는 기술이며 ①수거, ②선별, ③파쇄, ④선별, ⑤압출, ⑥냉각 등의 과정을 거쳐서 펠렛(pellet) 혹은 플레이크(flake) 형태로 생산됨
- 원자재 생산을 위해 투입되는 폐기물에는 해양쓰레기와 육상쓰레기가 모두 포함되며, 해양쓰레기의 경우 PE, PP 그리고 PET 재질의 폐어망이나 로프가 원자재 생산을 위해 활용되는 것으로 조사되었음
- 플라스틱, 나일론 및 스티로폼을 활용한 재생 원자재 생산 업체는 약 260 개인 것으로 조사되었으며, 그 중 주요 업체를 <표 2-1>에 정리하였음



<그림 2-12> 국내 해양쓰레기 재활용 업체의 공정도(자료: 유한회사 보경)

<표 2-2> 재생 원자재 생산 업체(한국폐기물협회)

업체명	위치	재생 제품명	처리방법
(주)데스코	경북 칠곡군	플라스틱 칩	절단, 파쇄, 분쇄
(주)삼양사 시화공장	경기 시흥시	재활용 PET Flake	절단, 파쇄, 분쇄
금호섬유공업(주)	울산 울주군	재생칩	절단, 파쇄, 분쇄
지피에스코리아(주)	충남 천안시	펠릿	절단, 파쇄, 분쇄

- 재생 나일론 원사 생산 기술: 마이판 리젠
  - 효성의 경우, 폐어망으로부터 재생 나일론 원사를 생산하는 기술을 보유하고 있으며, 화학적 방법을 주로 사용함
  - 재활용품은 품질이 떨어진다는 고정관념과는 달리 ‘마이판 리젠’은 폐기물을 원료 단계로 되돌렸다가 다시 중합, 방사된 리사이클 제품이기 때문에 신제품과 유사한 품질을 가지고 있음
  - 기존 나일론과 마찬가지로 아웃도어 스포츠웨어나 수영복, 가방, 신발, 란제리 등에 활용됨



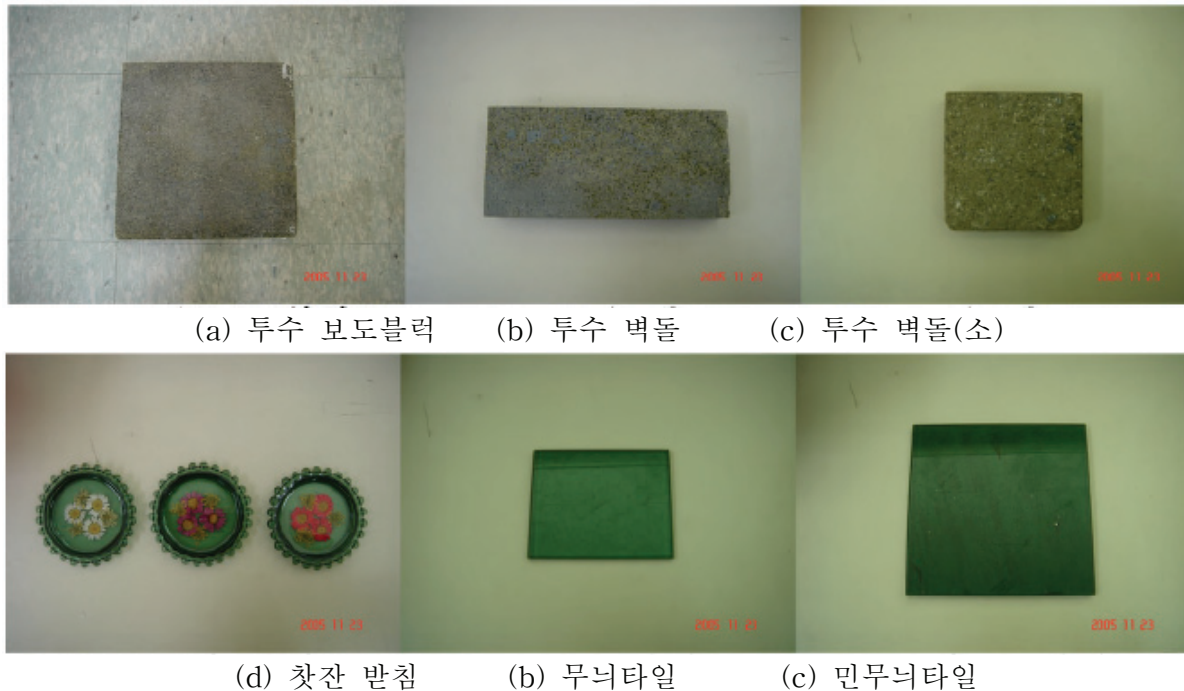
<그림 2-13> 폐어망 재활용 섬유

○ 폐FRP 재활용 용융 슬래그 생산 기술

- 한국해양연구원에서 연구된 기술로 폐FRP 선박에 사용되는 유리섬유를 용융 슬래그로 생산하는 기술임
- 폐FRP 선박은 단순 소각할 경우 설비의 손상을 야기할 수 있고 기술적으로 안정화시키기 어려운 특징이 있는데, 해당 기술은 폐 FRP 선박의 자체 보유에너지를 통해 용융(자발용융)함으로써, 폐 FRP 선박을 경제적으로 처리할 수 있음
- 폐 FRP 선박 처리 용융안정화 설비를 이용하여 투수 보도블록, 타일 등을 제작함으로써 재활용 가능성을 확인함



<그림 2-14> 폐FRP 선박 처리 공정도



<그림 2-15> 폐FRP 선박의 용융슬래그로 제작된 재활용품

○ 굴폐각 재활용 기술

- 굴폐각 재활용 기술은 한국해양연구원에서 2004년도에 연구된 ①굴폐각 혼입 콘크리트 기술, ②굴폐각-모래 혼합토 기술이 있으며 이 기술들은 굴폐각을 잔골재, 모래 등으로 대체한 기술임
- 굴폐각 혼입 콘크리트의 특징은 투수 저항성이 높으며 분쇄한 굴폐각의 조립율이 작을수록, 대체율이 증가할수록 작업성이 저하됨
- 굴폐각-모래 혼합토의 최대·최소단위 중량은 굴폐각 혼합비가 적을수록 증가하고, 투수계수는 굴폐각 혼합비가 증가할수록 증가하는 특징이 있음

<표 2-3> 국내 해양쓰레기 재활용 기술 개발 연구 목록(NTIS, 2018)

기관명	과제명	총연구기간	연구인력수(명)
부경대학교	탄소 저감을 위한 미생물을 이용한 수·해양폐기물 재활용 기술 개발 및 대규모화	2010-07-01~ 2013-06-30	3
한국해양연구원	해양폐기물 자원·순환 기술연구	1999-06-25~ 2011~12~31	13
(주)우남기공	재활용 펠렛 생산을 위한 폐어망(그물) 절단기 개발	2018-12-17~ 2019~12-16	4
한국조선해양기 자재연구원	선박 폐기물 재활용 가스화 시스템 정제모듈 개발	2016-12-01~ 2017-11-30	4
부경대학교	수, 해양폐기물로부터 유용성 물질 분리 및 정제	2010-07-01~ 2013-06-30	1
경남과학기술대 학교	해양 준설토와 슬래그를 활용한 친환경 콘크리트 개발	2009-05-01~ 2012-04-30	6
동해대학교	열분해를 이용한 폐어망과 선박용 폐윤활유의 유화기술 개발	2002-04-01~ 2004-03-01	1
나산테크(주)	어업용 폐플라스틱의 친환경적 재활용을 위한 이물질 제거 시스템 개발	2011-09-01~ 2012-08-31	10
남부대학교	고강도 결정화 유리의 개발: 다양한 파유리와 폐각의 이용	2002-12-02~ 2003-11-01	1
한림대학교	저온 열분해를 이용한 폐어망의 재활용 기술개발 사업	1999-12-01~ 2002-12-01	1
(주)에코바이온	해양 폐자원을 이용한 친환경 무기항균제 개발 및 바이오 플라스틱 소재로의 응용 기술	2014-05-22~ 2015-05-21	7
한국해양연구원	폐FRP선박 처리 시스템 개발	1999-06-21~ 2008-12-31	34
한국해양연구원	해양폐기물 수거처리 실용화기술개발	1999-01-01~ 2008-12-01	40
전남대학교	주요해산양식어류 어피부산물의 단백질 대체에 관한 연구	2011-05-01 ~2013-04-30	3
한국해양연구원	굴폐각 혼입 특수콘크리트 개발(V)	2001-02-01~ 2004-12-01	1
전남대학교	굴폐각을 이용한 중금속 제거용 콘크리트 개발	2004-05-01~ 2005-02-01	1

기관명	과제명	총연구기간	연구 인력수 (명)
홍익대학교	환경 친화적 FRP 폐선처리 기술 개발	2001-09-01~ 2004-09-01	1
홍익대학교	폐FRP로부터 섬유강화 콘크리트용 유리섬유 추출시스템 개발	2005-07-01~ 2006-04-01	4
강원전문대학	준설토를 이용한 친환경 토목건축자재 개발	2004-05-01~ 2005-04-01	1
목포대학교	갯벌과 패각을 활용한 친환경 바이오블록 제조방법	2015-09-01~ 2016-08-31	8
(주)제씨콤	폐기용 혼합패각으로부터 고기능성 이온화 액상 칼슘 원료 제조 및 기능성 칼슘 복합제 제품개발	2016-04-26 ~ 2018-04-25	3
인제대학교 산학협력단	폐기용 혼합패각으로부터 고기능성 이온화 액상 칼슘 원료 제조 및 기능성 칼슘 복합제 제품개발	2016-04-26 ~ 2018-04-25	8
부산대학교	중금속 오염 준설토의 재활용을 위한 고형화/안정화 기술 개발	2008-07-01~ 2009-06-30	4
한국해양연구원	준설토 재활용 방안 연구 (IV)	2000-03-01~ 2003-12-01	1
(주)한별	선박 폐기물을 이용한 재생연료 제조 및 가스화시스템 개발	2015-05-01~ 2017-04-30	5
(주)한신미래기 술	선박 폐기물을 이용한 재생연료 제조 및 가스화시스템 개발	2016-05-01 ~ 2017-04-30	12
군산대학교 산학협력단	굴패각 및 열전소자를 이용한 태양광 구동형 제습시스템 개발	2010-09-01~ 2013-08-31	5
(재)부산테크노 파크	굴패각을 이용한 패각칼슘, 패각발효생성유기산칼슘 제조기술 개발	2013-03-01~ 2014-02-28	1
경남대학교	굴패각 콘크리트의 기본특성에 관한 연구	2002-09-01~ 2003-08-01	1
군산대학교 산학협력단	굴패각을 이용한 헬스케어용 수용성 산화칼슘 추출 기술 개발	2010-09-01~ 2013-08-31	5
한국해양연구원	준설토 재활용 방안 연구	2002-03-01~ 2002-12-01	1

## 2.2.2. 국외 동향

### ○ 미국

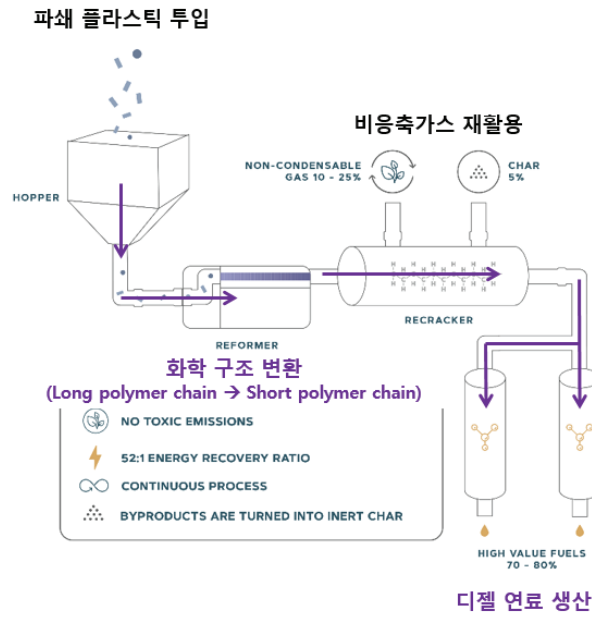
- 폐플라스틱을 재활용한 3D 프린팅 재료 생산 기술
  - 미국의 비영리단체 ‘Million Waves’는 해변에서 수거한 폐플라스틱을 재활용하여 3D 프린팅 원료로 사용하는 기술로, 어린이들을 위한 의료용 보철과 의수를 제작함
  - 제품 원가는 원료 수거와 처리, 3D 프린터 제작 등을 포함해 45달러 정도이며 기존 인공 보철 가격 5000달러에 비해 저렴한 수준임
  - 현재 제품의 다양화를 위해 의료 전문가와 협력하여 휠체어제품 개발을 추진 중임
- 폐어구의 에너지화 기술
  - Schnitzer Steel Industries사는 Covanta사와 협력하여 폐어망을 수거, 파쇄 후 고체 연료로 만든 뒤 소각 처리하여 열에너지를 생산함
  - 생산된 열에너지는 지역 주민에게 공급되며, 폐어구 1톤 기준으로 한 가구에 25일분의 전력을 공급할 수 있음



<그림 2-16> Million Wasves의 제품 및 폐어구 회수 장면

- 폐플라스틱을 활용한 디젤연료 전환 기술
  - 리놀로지(Renewlogy)사는 화학적 방법으로 플라스틱을 재활용하여 디젤연료를 얻는 시스템을 개발하였으며, 하루 10톤의 플라스틱 폐기물을 처리할 수 있음
  - 재활용 과정은 ①수집, ②분쇄, ③화학적 리포머(chemical reformer) 공정, ④디젤연료 생산 순으로 이루어지며, 화학적 리포머 공정을 거치면서 플라스틱의 화학 구조가 변환됨으로서 나프타와 같은 디젤연료를 얻게 됨
  - 디젤연료 생산과정에서 발생된 비응축가스(Non-condensable gas)는 본 장치 중 일부 시스템을 구동하는 연료로 재활용됨





<그림 2-17> 리놀로지의 플라스틱 재활용 시스템 개략도(사진: RENEWLOGY)



<그림 2-18> 리놀로지의 디젤원료 생산 관련 사진



<그림 2-19> REPVEVE® 섬유 생산 과정

- 폐플라스틱 재활용 폴리에스터 원사 생산 기술
- 미국의 섬유제조업체 유니파이(Unifi)는 플라스틱 병을 재활용하여 REPREVE® 라는 재생 폴리에스터 섬유브랜드를 개발하였으며, 2008년부터 현재까지 천만 개 이상의 플라스틱 병을 재활용하였음
- 유니파이는 재활용 플라스틱 플레이크를 펠렛으로 만든 후, 펠렛을 다시 용융시키고 압출하여 폴리에스터 원사를 생산함
- REPREVE®는 의류용 원사, 자동차 실내 장식품의 재료로 사용되며 파타고니아, 노스페이스, 리바이스, 아디다스, 나이키와 같은 브랜드에 납품되고 있음

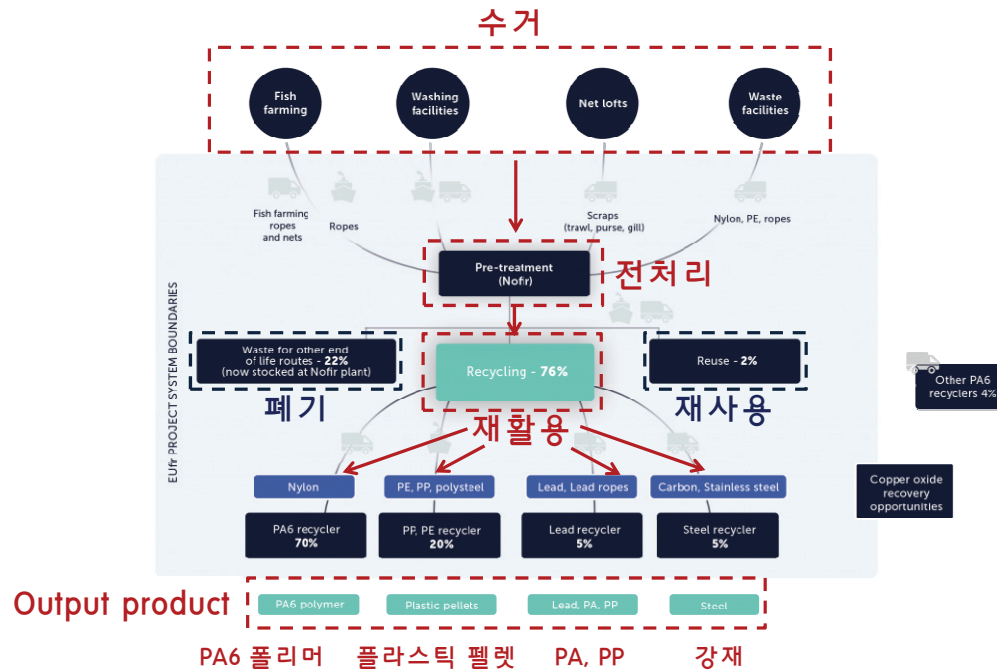
○ EU

- 폐어망을 재활용한 재생 나일론 원사 생산 기술
- 이탈리아의 섬유제조업체인 아쿠아필(Aquafil)은 폐어망을 재활용하여 에코닐 (ECONYL)이라는 재생 나일론 원사를 생산하여 판매하고 있음
- 구체적으로 수거된 폐어망은 전처리(분류, 세척, 절단 등) 과정을 거쳐 다른 나일론 폐기물과 혼합되고 해중합(depolymerization)<sup>1)</sup>과 중합(polymerization)<sup>2)</sup> 과정을 통하여 에코닐 원사로 생산됨
- 에코닐의 종류로는 의류용, 카펫용이 있으며 의류용 에코닐은 구찌, 아디다스 등을 비롯하여 여러 브랜드에 판매되고 있어, 재생 원사에 대한 품질이 확인되었음



<그림 2-20> 아쿠아필의 재생 섬유로 만들어진 제품

1) 중합의 역반응으로 중합체가 분해하여 단위체를 생성하는 것  
 2) 단위체라 불리는 간단한 분자들이 서로 결합하여 거대한 고분자 물질을 만드는 반응



<그림 2-21> EUfir 시스템의 폐어망 수거·처리 프로세스(사진: Nofir)

- Eufir 시스템 (해양쓰레기 수거 및 재생원료 재활용 시스템)
  - 노르웨이의 폐기물 수거 및 처리업체인 노피르(Nofir)와 유럽의 나일론, PE(Poly Ethylene), PP(PolyP Propylene), 가죽, 고철 재활용 공장이 연계한 시스템
  - 어업활동에서 발생하는 폐어망을 수거하고 재활용하는 시스템으로 현재 유럽 9개국 이 참여하고 있으며, 분류 작업이 완료된 폐어망·폐어구는 아쿠아필 공장으로 이송되어 에코닐 원사로 생산됨
  - Eufir에서 재활용된 에코닐 원사는 의류(양말, 수영복 등), 카페트 등의 제품으로 업 사이클링 됨
  - 2017년 한 해 동안 7428톤의 로프, 어망을 수집하고 재활용하였음
- 폐어망, 폐플라스틱을 재활용한 선글라스 생산 기술
  - 스페인에 위치한 씨투씨(see2sea)는 폐어망, 폐플라스틱을 재활용하여 선글라스와 안경을 판매하고 있음
  - 씨투씨(see2sea)는 <그림 2-22>와 같은 공정을 통하여 재활용 펠렛 생산 뒤 녹여서 안경 및 선글라스를 제작함
  - 하나의 선글라스 제작을 위해 10kg정도의 폐플라스틱이 필요하며, 3일간 1톤의 폐기물이 수거되어 전처리 공장으로 이송됨



<그림 2-22> 씨투씨의 선글라스 제작 공정

○ 일본

- 페스티로폼 부표의 에너지화 기술

- 페스티로폼 부표를 재활용하여 보일러 연료로 사용하는 기술을 개발하고 어촌에서 해양쓰레기의 자원순환을 실현하기 위한 연구를 수행 하고 있음
- 2012년부터 페스티로폼 부표를 펠릿으로 가공한 후, 보일러 연료로 사용하는 기술 개발과 현장 적용 실험을 추진 중임
- 증기 생산 보일러는 일본 가고시마현 나가시마초에서 해조류(김)를 자숙하는 용도로 활용되며 보급을 위한 실험과 기술 보완 등을 추진 중임
- 2018년 온수 보일러에 대한 현장 적용 시험을 일본 나가사키현 대마도에서 실시하였으며, 보일러 온수를 활용한 목욕탕 시설을 운영해 지역 주민 건강과 관광 자원으로 활용할 계획임



<그림 2-23> 일본의 페스티로폼 부표 처리 과정 및 자숙용 보일러 현장 사진

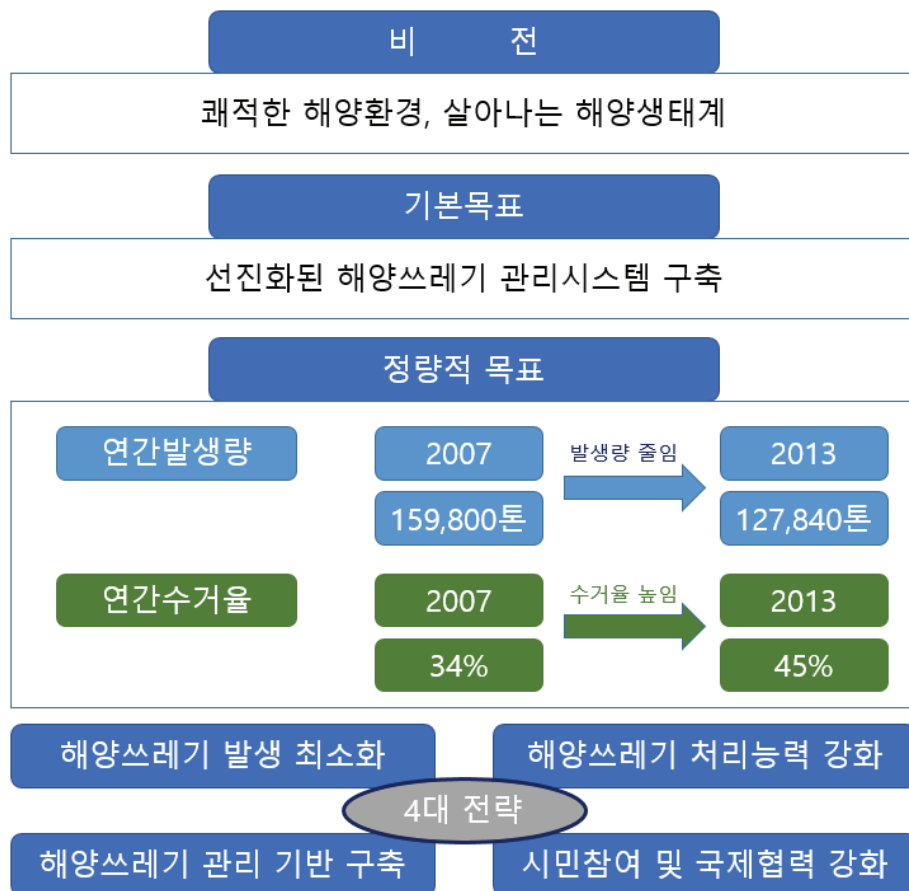
## 2.3. 해양쓰레기 관련 정책동향

### 2.3.1. 국내 정책 및 법·제도

#### 가. 제1차 해양쓰레기 관리 기본계획(2009~2013)

##### ○ 계획의 개요

- 국토해양부, 환경부, 농림수산식품부, 해양경찰청이 합동으로 추진했던 해양쓰레기 관리 계획으로, 수립배경은 ‘해양쓰레기로 인한 사회적·경제적 피해 증가’, ‘쓰레기로부터 해양환경 보호를 위한 국제사회의 노력 강화’, ‘해양쓰레기의 효율적 관리를 위한 국가계획 수립 필요’임
- 본 계획은 ‘쾌적한 해양환경, 살아나는 해양생태계’를 비전으로 하고 있으며, 기본목표는 ‘선진화된 해양쓰레기 관리 시스템 구축’임
- 목표달성을 위한 4대 전략이 있으며 총 28개의 과제로 구성됨



<그림 2-24> 제1차 해양쓰레기 관리 기본계획법의 비전과 전략

## 나. 제2차 해양쓰레기 관리 기본계획(2014~2018)

### ○ 계획의 개요

- 해양수산부, 환경부, 해양경찰청 등의 부처가 합동으로 수립한 해양쓰레기 관리 기본 계획으로 2009년 추진했던 제1차 해양쓰레기 관리 기본계획을 바탕으로 발전시킴
- 본 계획의 비전은 ‘해양쓰레기 없는 쾌적하고, 안전하고, 생산적인 바다’이며, 목표는 해양쓰레기 발생량 최소화, 수거사업 강화, 해양쓰레기 정책 인프라 구축 등임
- 목표 달성을 위한 4가지 추진전략이 있으며, 전략별 추진과제는 총 21개로 구성됨

### ○ 해양쓰레기 발생원 집중 관리 - 과제 : 페스티로폼 부표 관리 강화

- 스티로폼 부표 사용 후 대부분 바다에 투기하는 실정을 고려하여 페스티로폼 부표 회수를 강화하고 지자체에서 페스티로폼 재활용을 지원하는 과제임



<그림 2-25> 제2차 해양쓰레기 관리 기본계획법의 비전과 전략

- 해양쓰레기 관리기반 고도화 전략 - 과제: 어구관리시스템 및 어구예치금 제도
  - 수매사업을 통하여 어구를 수거하고 있으나, 체계적인 관리가 곤란하므로 어구의 생산, 사용, 유통경로, 폐기 및 재활용에 이르는 전 과정에 대한 관리시스템을 구축하고 폐어구의 재활용을 촉진하는 제도임
  
- 해양쓰레기 관리기반 고도화 전략 - 과제: 폐각 재활용 확대 추진
  - 양식 폐각류의 효율적인 처리 방안이 부족하여 악취 및 관광가치 저하 등의 문제를 유발하고 있어, 굴폐각의 친환경처리 지원 사업을 실시하고 재활용 확대를 위한 법 제도를 개정하는 내용임

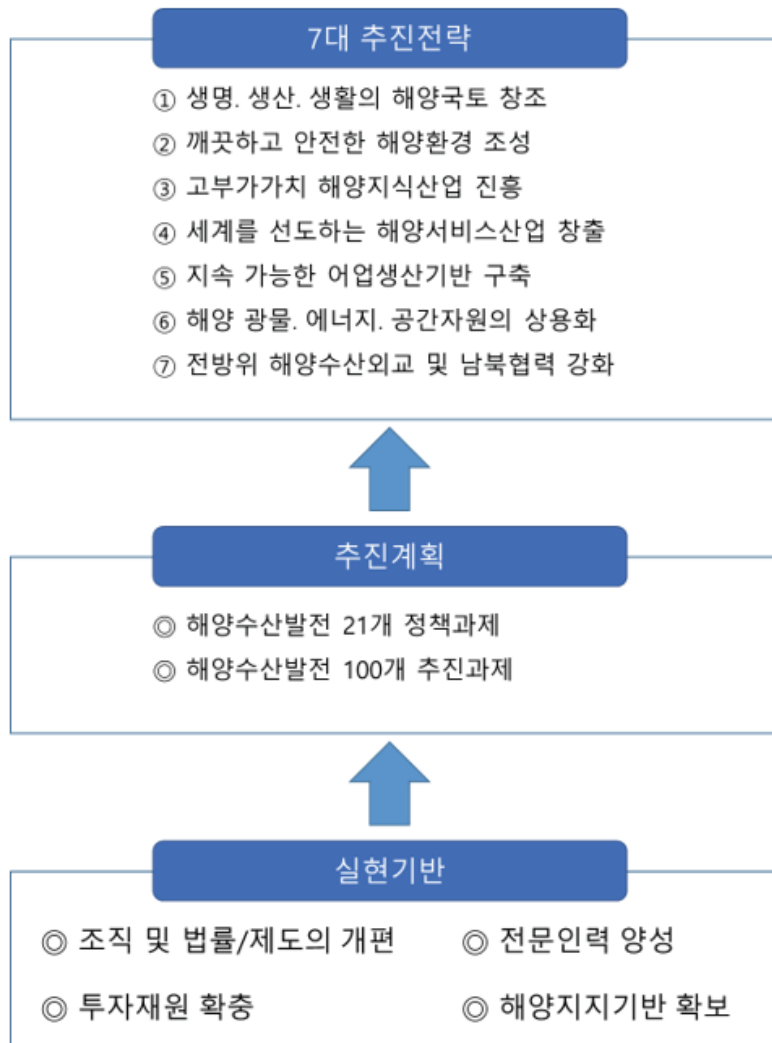
전략	추진과제
1. 해양쓰레기 발생원 집중 관리	1. (중점) 페스티로폼 부표 관리 강화 2. (중점) 하천·하구쓰레기 해양유입 사전 관리 3. 생분해성 어구 보급 4. 깨끗한 어촌만들기 운동 5. 해양쓰레기 선상집하장 설치·운영
2. 생활밀착형 수거사업 강화	1. (중점) 해양폐기물 정화사업 2. (중점) 해안쓰레기 수거사업 3. 어장쓰레기 수거사업 4. 항만 부유쓰레기 수거사업 5. 낚시터 환경개선사업 6. 재해쓰레기 수거 및 처리
3. 해양쓰레기 관리기반 고도화	1. (중점) 어구관리시스템 및 어구예치금 제도 도입 2. (중점) 해양쓰레기 대응센터의 활성화 3. 해양쓰레기 조사지침 및 통계 구축기법 개발 4. 국가해양쓰레기 모니터링 사업 확대 5. 해양쓰레기 정책역량 및 협력적 거버넌스 강화 6. 폐각 재활용 확대 추진
4. 대상자 맞춤형 교육·홍보	1. (중점) 해양쓰레기 정책 대국민 홍보 전개 2. (중점) 연안정화 시민참여 활성화 3. 대상별 맞춤형 교육·홍보 4. 지역해 국제협력 적극 참여

<그림 2-26> 제2차 해양쓰레기 관리 기본계획법의 전략별 추진과제

## 다. 제1차 해양수산발전기본계획(2000~2010)

### ○ 계획의 개요

- 기획재정부, 국방부, 행정자치부, 교육부 등 13개의 부처가 합동으로 수립한 계획으로, 계획 수립 배경은 ‘일류 해양국가로 발전하기 위한 해양수산 분야의 새로운 비전과 전략이 필요’, ‘자원의 보고인 해양을 합리적으로 개발·이용·보전함으로써 국민의 삶의 수준을 향상시킬 수 있는 정책방향 제시 필요’임
- 본 계획의 비전은 ‘청색혁명을 통한 해양부국 실현’으로 목표는 ① 생명력 넘치는 해양국토 창조, ②지식기반을 갖춘 해양산업 창출, ③지속가능한 해양자원 개발임
- 7대 추진전략과 21개의 정책과제, 100개 추진과제로 구성됨



<그림 2-27> 제1차 해양수산발전기본계획 개요



## 라. 제2차 해양수산발전기본계획(2011~2020)

## ○ 계획의 개요

- 기획재정부, 교육과학기술부, 외교통상부, 국토해양부 등 14개의 부처가 합동으로 수립한 계획으로, 제1차 해양수산발전 기본계획을 바탕으로 해양에 대한 장기적 국가 정책 및 전략을 재수립한 계획임
- 본 계획의 비전은 ‘세계를 주도하는 선진 해양강국 실현’으로 목표는 ①지속가능한 해양환경의 관리 및 보전, ②신해양산업의 육성 및 전통적 해양산업의 고도화, ③신 해양질서의 능동적 수용을 통한 해양영역 확대임
- 해양수산발전을 위한 5대 추진전략과 26개 중점과제가 있음

&lt;표 2-4&gt; 제2차 해양쓰레기 관리 기본계획법의 전략별 추진과제

5대 추진전략	중점과제
1. 건강하고 안전한 해양 이용관리 실현	1-1. 해양오염원의 통합적 관리체제 정착 1-2. 해양생태계 서비스 질적 제고 방안 마련 1-3. 통합적인 연안·해양 공간 관리 기반 구축 1-4. 연안지역 기후변화 적응복구 체제 구축 1-5. 해양안전관리체제의 선진화 및 첨단화 1-6. 해양안전 분야 국제화
2. 신성장동력 창출을 위한 해양과학기술 개발	2-1. 미래 해양자원 개발 2-2. 해양산업의 핵심기술 개발 2-3. 녹색성장을 위한 해양환경 보전·탐사 핵심기술 개발 2-4. 해양과학의 기술개발 역량 강화
3. 미래형 고품격 해양문화 관광의 육성	3-1. 다양한 해양레저 활동 발굴 및 육성 3-2. 해양관광자원의 보전과 이용 3-3. 해양관광 공간의 조성 및 정비 3-4. 해양관광정책의 통합적인 체계 구축 3-5. 해양문화 콘텐츠의 다양화
4. 동아시아 경제 부상에 따른 해운·항만 산업의 선진화	4-1. 세계 해운시장주도 및 국제 협력 강화 4-2. 경쟁력 있는 해운·항만 물류기업 육성 4-3. 녹색 운·항만의 실현 4-4. 세계 초일류 허브항만 구축 4-5. 친환경 레저도시형 부가가치 항만 개발 4-6. 항만의 지방이관에 따른 항만개발관리 시스템 구축 4-7. 항만운영의 효율화 4-8. 해사인력 양성
5. 글로벌 해양영토 확보	5-1. 국제 환경변화에 대응할 해양영토 관리 능력 강화 5-2. 해양영토 개척을 통한 글로벌 해양경영 강화 5-3. 남북한 해양협력 강화를 위한 기반 조성

## 마. 해양환경종합계획

- 해양환경종합계획의 연혁
  - 1996년 3월 관련 부처들이 모두 합동하여 범 정부차원의 종합적인 해양오염원 관리 대책인 '해양오염방지 5개년 계획(1996~2000)' 수립·시행함
  - 해양오염방지 5개년 계획의 추진방향은 대규모 유해성 적조 및 유류오염사고 발생과 경제성장에 따른 연안의 이용과 개발 등에 대응하기 위해 적조방지종합대책, 해양오염사고 방제기능 강화 등 5개 분야에 총 3조 4,839억 원을 투자하는 것임
  - 주요성과로 적조피해액 및 유류 유출량이 감소하였으며, 「연안관리법」, 「습지보전법」, 「해양오염방지법」 등 관련 법률을 제정 또는 개정하여 해양환경보전을 위한 기반을 확보함
  - 2001년 4월 국무총리실이 주관하고, 해양수산부가 주무부처가 되어 '해양환경보전종합계획(2001~2005)'을 확정·시행함
  - 해양환경보전종합계획의 추진방향은 기본 정책 방향을 오염물질의 사후처리에서 사전에 억제하는 '사전 예방적 관리체제 실현'으로 전환하여, 육상기인오염원의 해양유입방지 등 5대 정책분야 83개 실천과제에 총 5조 4,328억 원을 투자하는 것이었음
  - 주요성과는 하수도보급률 제고(46.6%, 1999년 → 68.5%, 2004년) 등으로 연안해역 평균수질은 COD기준 II등급을 유지, 해양보호구역 확대 지정, 국민의 해양보전 인식 및 참여 제고, 해양환경측정망 확대(296개소, 1999년 → 347개소, 2005년), 국제협력 활성화 등의 성과가 있음
  - 2006년 7월 해양수산부가 주관하여 범 부처 합동계획인 '제3차 해양환경보전종합계획(2006~2010)'을 확정·시행함
  - 추진방향은 해양생태계 중심의 관리, 인간과 해양환경의 공존·조화 추구를 기본방향으로 해양생태계 보전·관리, 육상기인 오염원 관리, 해양환경개선 및 오염원의 예방적 관리, 해양환경관리 정책인프라 강화 등 4개 분야 58개 사업에 총 6조 3,793억 원을 투자하는 것이었음
  - 주요성과로는 「해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률」 제정 및 관리 기본계획 수립, 전국 연안의 육상기인 오염원 관리 기본 틀 마련, 연안오염 총량제의 성공적 도입, 유류오염 방제능력 강화, 해양쓰레기 수거·처리 기본계획 수립 및 유역관리책임제 도입, 「해양환경관리법」 제정 및 해양환경관리 전문기관 설립, 해양환경 분야 국제협력 강화 등의 성과가 있음
- 계획의 개요 : 제4차 해양환경종합계획(2011~2020)
  - 국토해양부, 환경부, 농림수산식품부, 해양경찰청 4개의 부처가 합동으로 수립한 계획으로, 제3차 해양환경보전종합계획을 보완 및 발전시킨 계획임

- 본 계획의 비전은 건강하고 생산적인 바다로, 5대 실천목표와 22개 과제, 63개 세부 사업으로 구성됨
  - 수질 중심의 해양환경 관리에서 해양환경관리 대상을 확대하고, 국지적·지역적 환경 변화 대응에서 전 지구적 환경변화 대응으로 관리 및 대응 범위를 기존에 비해 확장 하였음
- 해양쓰레기 수거·처리 사업의 지속 추진
- 연안경관 및 해양생물 서식처 훼손을 최소화하기 위해 해양쓰레기 통합 관리를 강화 하고 폐어구 수매사업, 침체어망 인양사업을 추진
  - 해양쓰레기 수거·처리 사업에 지속적으로 많은 예산을 투입하고 있음



<그림 2-28> 해양환경보전종합계획의 비전과 목표

<표 2-5> 해양쓰레기 수거·처리 사업 예산

사업명	예산구분	합계	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년 이후
해양쓰레기 수거·처리 사업 지속 추진	합 계	143,630	14,394	14,170	13,060	13,100	15,856	73,050
	국고(국토)	116,325	12,297	11,990	10,880	10,920	12,188	58,050
	지방비	27,305	2,097	2,180	2,180	2,180	3,668	15,000
	기 타	-	-	-	-	-	-	-

## 바. 해양쓰레기 관련 법률 및 제도

### ○ 해양쓰레기에 관한 법률

- 해양쓰레기 관련 법률을 통해 해양쓰레기의 수거 및 관리 체계, 해양폐기물의 재활용 촉진을 위한 시설, 어구관리시스템 등을 규정하고 법률을 시행함으로써 해양쓰레기의 수거 및 관리를 위한 제도적인 기반을 마련할 수 있음
- 「해양환경관리법」에서는 ‘폐기물<sup>3)</sup>’을 정의하고 있으며 동법 제24조(해양오염방지활동)는 ‘국가(정부는 폐기물의 해양 수거·처리계획을 수립·시행하고, 해양관리청(시·도지사 등)은 세부 실천계획을 수립·시행’한다고 밝히고 있음
- 「해양환경관리법」에 따라 제4차 해양환경종합계획(2011~2020)에서도 해양쓰레기를 주요 추진 전략의 하나로 다루고 있으며, ‘해양쓰레기 유입저감을 위한 관리체계 강화’, ‘해양쓰레기 수거 처리 사업의 지속 추진’ 등의 과제를 제시하였음
- 「해양폐기물 및 해양오염퇴적물 관리법」은 현재 해양수산부가 입법 추진 중인 법률로 유형별 해양쓰레기 관리를 위해 해안, 부유, 침적 쓰레기 수거에 관한 사항과 해양폐기물 재활용 촉진을 위한 유효 활용을 규정함
- 어구 사용량 신고 및 어구 실명제 등 어구의 생산, 판매, 사용, 폐기, 처리에 이르는 어구의 생애 주기 관리를 목적으로 「어구관리법」의 제정이 추진 중임

### ○ 폐기물에 관한 제도

- 생산자책임재활용제도(EPR, Extended Producer Responsibility)는 제품 생산자나 포장재를 이용한 제품의 생산자에게 그 제품의 폐기물에 대해 일정량의 재활용의무나 부과금을 부과하는 제도로 단순 생산, 구매뿐만 아니라 사용 후 발생하는 폐기물의 재활용까지도 생산자의 책임으로 범위를 확대한다는 내용의 제도임
- 해양쓰레기 중 EPR에 해당하는 제품은 페스티로폼 부표와 자발적 협약(VA, Voluntary Agreement)<sup>4)</sup> 대상인 페어망임

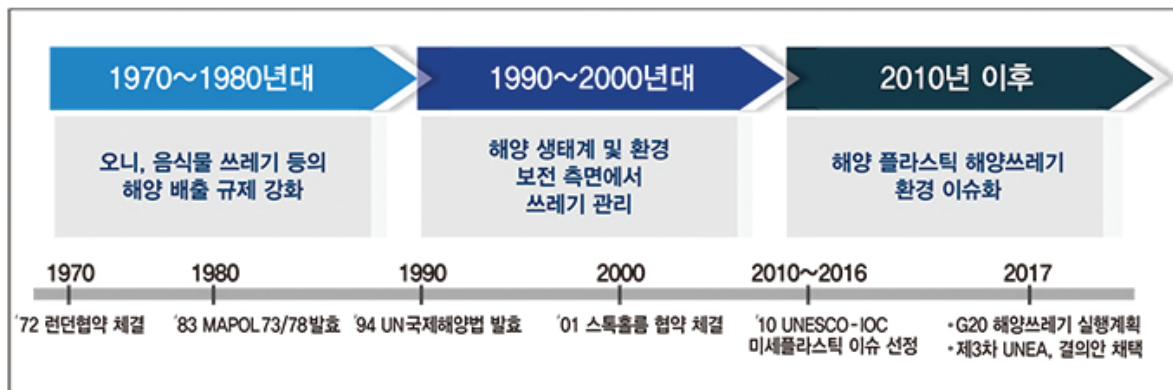
3) 해양에 배출되는 경우 그 상태로는 쓸 수 없게 되는 물질로서 해양환경에 해로운 결과를 미치거나 미칠 우려가 있는 물질(기름[제5호]·유해액체물질[제7호] 및 포장 유해 물질[제8호]에 해당하는 물질을 제외한다)

4) 특정 목적을 위해 기업과 정부가 협약을 맺고 공동으로 추진하는 제도

## 2.3.2. 국외 정책 및 법·제도

### 가. 정책동향

- 1975년 런던 협약(London Convention)
  - 해양쓰레기로부터 해양환경을 보호하기 위한 최초의 국제 규범으로, 해당 협약을 시작으로 해양쓰레기 대응을 위한 국가적인 논의가 지속됨



<그림 2-29> 국제사회의 해양쓰레기 대응(자료: 한국해양수산개발원)

- 2008년 EU의 해양쓰레기 관리정책의 법적근거 마련
  - 해양전략기본지침(Marine Strategy Framework Directive)을 제정하였으며, 지침의 목적은 'EU 지역 바다의 효과적인 보호', '2020년까지 EU 바다의 좋은 환경 상태 달성', '해양 관련 경제 사회적 활동의 기반이 되는 자원의 보호'임
  - '좋은 환경 상태(Good Environmental Status, GES)'의 달성 여부에 대한 평가 기준으로 11개의 지시자(Descriptor)를 제시하였으며 그 중 하나가 해양쓰레기임
  - 해양쓰레기에 대해 해양환경 중 분포, 해양생물 영향, 해양에서 분해 등 3개 분야로 나누고, 각 분야별 모니터링 기준, 활용 가능한 지표, 적용 시 고려사항 등을 제시함
- 2011년 새롭게 부상하는 지구 환경 문제로 '플라스틱 해양쓰레기'를 선정 (UNEP)
  - 세계 플라스틱 생산량은 1970년대 중반 이전 연간 5천만 톤 수준에서 2000년대 후반 2억 톤 수준으로 4배 증가했다는 정보와 더불어 플라스틱 해양쓰레기의 심각성이 UNEP 연감을 통해 재확인됨
  - 플라스틱 해양쓰레기의 배출 이외에도 해양순환(ocean circulation)에 의한 2차 확산(redistribution)과 침적(accumulation) 문제가 제기됨
  - 플라스틱 해양쓰레기의 비용(costs) 문제에는, 해양환경(생태계) 악화의 문제뿐만 아니라, 어망 및 폐색 취수구 정화 등에 의한 어업 기회 손실 등 경제적 비용 문제가 부각됨

○ 2011년 호놀룰루 전략

- 유엔환경계획(UNEP, United Nations Environment Programme)과 미국 해양대기청(NOAA, National Oceanographic and Atmospheric Administration)이 공동으로 개최한 제5차 해양쓰레기 국제학술회의를 계기로 작성된 전략
- 해당 전략은 육상 기인과 해상 기인 해양쓰레기의 발생량과 영향을 줄이고 이미 해양에 유입되어 축적되어 있는 해양쓰레기의 양과 영향을 줄인다는 세 가지 목표와 이를 달성하기 위한 전략으로 이루어져 있음
- 전략의 주요 특징은 교육홍보, 인프라의 강화와 더불어 시장기반(market-based) 수단의 도입 필요성 강조
- 확대생산자 책임부담금제(EPR fees) 등의 벌칙(disincentives)과 동시에 보증금 환불(deposit refunds), 수거세(wasted collection taxes), 환급(rebates) 등의 인센티브 도입 등을 권고

<표 2-6> 해양쓰레기 예방과 관리를 위한 호놀룰루 전략

목표	전략
목표 A: 육상 기인 해양쓰레기 의 발생량과 영향 감축	A1: 해양쓰레기의 영향 및 고품쓰레기 관리 개선 필요성에 대한 교육 강화 A2: 쓰레기 발생 최소화를 위해 시장 메카니즘 실행 A3: 폭우 시 수로 유입 쓰레기 감소를 위한 모범사례 실행 A4: 쓰레기 발생 최소화과 관리를 위해 법률을 개선 및 정책 개발 A5: 수로 유입 쓰레기를 줄이기 위해 규제정책 강화 A6: 쓰레기 투기 및 관리에 관한 규제정책 준수 강화, 모니터링 역량 강화 A7: 해양쓰레기가 많이 축적되는 해변 등에서 정기적인 청소 실시
목표 B: 해상 기인 해양쓰레기 발생량과 영향 감축	B1: 해양쓰레기의 영향, 예방, 관리에 대해 해양 이용자들에게 교육 실시 B2: 해양 투기를 감축하기 위해 쓰레기 최소화과 적절한 선내 보관 및 항구 처리 시설 등 개발 강화 B3: 선박 방치와 화물이나 어구의 유실을 최소화하기 위한 산업계의 모범 사례를 개발, 실시, 강화 B4: 폐어구의 양과 영향을 줄이기 위해 개량 어구 사용 권장 B5: 해상 기인 쓰레기를 줄이기 위한 법률과 정책을 개발하고 강화, MARPOL 협약 부속서 5의 요구조건 이행 B6: 국내 법률과 국제 협약의 준수를 강화 및 이행 모니터링 역량 강화
목표 C: 해변, 해저, 부유 쓰레기의 현존량과 영향 감축	C1: 해양쓰레기의 영향과 수거 사업 전략에 대한 교육 실시 C2: 현존하는 해양쓰레기를 효과적으로 찾아내고 수거할 수 있는 기술과 방법 개발 촉진 C3: 해양쓰레기 수거 사업을 공동관리 할 수 있는 능력 개발 C4: 폐어구 및 기타 대형 해양쓰레기 수거를 위한 인센티브제의 개발 C5: 해양쓰레기 수거를 쉽게 할 수 있는 국가적, 지방적 체계 수립 C6: 해변, 해저, 수중에서 해양쓰레기 수거

- 2012년 마닐라 선언
  - 필리핀 정부와 UNEP의 주도로 시행된 '육상 활동으로부터의 해양환경보호를 위한 실천프로그램(Global Programme of Action for the Protection of the Marine Environment from Land-based Activities, 이하 GPA)'에 대한 제3회 정부 간 이행 검토 회의에서 채택된 선언
  - 마닐라 선언에서는 서명을 통해 폐수, 해양 폐기물, 비료로 인한 해양 오염을 줄이고 통제하는 정책을 개발하기 위한 공동의 노력을 재확인했으며, 합의문은 2012년부터 2016년까지 국제적, 국가적, 지역적 차원에서 행해져야 할 실행 방안에 중점을 둔 16개 조항으로 구성되었음
  - 마닐라 선언의 권고사항들은 UNEP이 주도하는 GPA 이행을 구체화하는 것에 초점을 두고 있음
  - GPA는 육지와 깨끗한 수자원, 해양 및 해안 생태계 사이의 연결성을 직접적으로 알리는 유일한 국제 이니셔티브로, 주로 인간의 육지 활동으로 해양 생태계 건강과 생산성 및 생물다양성이 위협받는 문제를 해결하는 데 중점을 두고 있음
- 2012년, 2014년 해양플라스틱 쓰레기와 미세플라스틱에 관한 결의안
  - 유엔환경총회(UNEA, United Nations Environment Assembly)가 2014년과 2016년에 채택한 결의된 안건임
  - 2014년 결의안에서는 UNEP가 해양으로 유입되는 플라스틱 쓰레기와 미세 플라스틱의 기원 확인, 미세 플라스틱의 해양 유입을 최소화하기 위한 기술과 실천 행동 등 가능한 방안을 확인하도록 규정
  - 2016년 결의안에서는 해양 플라스틱 쓰레기와 미세 플라스틱 문제의 국제적 공조를 강화하기 위해 UNEP가 국제·지역·국가의 관리 전략과 추진에 따른 문제점 등을 확인 및 평가하고 이행을 전담하는 조직과의 협력 방안을 마련하도록 요구
- 2013년 유럽해양수산물기금(EMFF, European Maritime and Fisheries Fund) 마련
  - 해양 쓰레기 수거, 집하, 처리 관련 사업추진을 위한 기금으로 사업기간은 2014년~2020년까지임
- 2014년 UNEA 제1차 결의안
  - 해양으로 유입되는 플라스틱 쓰레기와 미세 플라스틱 기원의 확인, 미세 플라스틱의 해양 유입을 최소화하기 위한 기술과 실천 행동 등 21개 사항이 결의된 안건임
- 2015년 UN의 지속가능개발목표(SDG)
  - UN의 SDG는 인류의 보편적 문제(빈곤, 질병 등), 지구환경문제(기후변화, 환경오염,

생물다양성 등), 경제사회문제(기술, 주거 등) 관련 17개 주목표와 169개 세부목표로 구성되며 이 중 14번째 목표(SDG 14)는 ‘지속가능한 발전을 위한 해양과 해양자원 보존 및 이용’임

- 2015년 G7 해양쓰레기 실행계획
  - G7 정상회담에서 해양쓰레기 실행계획인 ‘The Action Plan to Combat Marine Litter’ 합의
  - 자원효율화 및 육지를 발생원으로 하는 해양쓰레기 억제 및 감소를 위한 해양쓰레기 대처에 관련 계획
- 2016년 UNEA 제2차 결의안
  - 플라스틱계열 해양쓰레기와 미세 플라스틱 문제의 국제적 공조 강화를 위해 UNEP가 국제/지역/국가의 관리 전략과 추진에 따른 문제점 등을 평가하고 대응 방안 마련 등 24개 사항에 대하여 결의
  - 제2차 결의를 이행하기 위해 UNEP 자문 그룹(Advisory Group for the UNEA-3 Assessment)’ 구성, 국가별 전문가 등 34명 참가
- 2016년 UN 고위급 해양회의 및 SDG 14의 이행을 위한 행동촉구선언문
  - SDG 14(지속가능한 발전을 위한 해양과 해양자원 보존 및 이용)를 단독 의제로 하여 전 회원국을 대상으로 한 UN 고위급 해양회의(Ocean Conference)에서 SDG 14의 이행을 위한 행동촉구선언문 채택



출처: <http://ncsd.go.kr/app/index.do>

<그림 2-30> SDG 17개 목표

- 고위급 해양회의에서는 해양오염 문제 해결, 해양생태계 관리 및 해양산성화 최소화, 지속가능한 수산업 실현 및 개발도상국 지원, 해양기술 이전 증진 및 UN 해양법상



의무 이행 독려 등 SDG 14와 관련된 주요 정책 방향을 논의하고, 각국의 이행 사례를 공유하였음

- 채택된 행동촉구선언문의 내용은 SDG 14를 실현하기 위한 모든 이해당사자 간 협력 체계 구축, 해양환경관리 강화, 지속가능한 수산업 실현, 개발도상국 지원 확대 등의 내용을 강조하고 있음

○ 2017년 G20 해양쓰레기 실행계획

- 해양 미세 플라스틱을 포함한 해양쓰레기가 유발하는 다양한 문제 해결을 위해 국제 사회의 공조 필요성과 선진국의 대처가 요구됨에 따라 채택된 실행계획임
- 실행계획은 추진배경, 이행 체계, 정책 방안 및 실천 과제, 정보 관리 및 네트워크 등 네 가지 부분으로 구성되어 있으며, 회원국은 실행계획에서 제시하고 있는 7가지 정책 방향 및 41개 실천과제를 추진하고, 2025년까지 해양쓰레기 저감하고 관리해야 하는 책임을 이행하게 됨

○ 2017년 UNEA 제3차 결의안

- 2025년까지 모든 종류의 해양쓰레기를 예방하고 획기적으로 저감하기 위한 행동을 촉구하고 국제적으로 구속력 있는 조치 등을 마련하기 위한 전문가 그룹 설치 등 11개 사항이 결의된 안건임

<b>배경 및 목표</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 해양쓰레기는 환경과 생물다양성, 식품안전성, 인간의 건강에 연관, 국정 전반에 영향을 미친다는 인식의 확산 필요</li> <li>• 해양쓰레기 문제 해결을 위해 정부, 시민사회 등 다양한 이해관계자 참여 중요</li> <li>• 국가 간의 지식 격차(Knowledge Gap)로 문제 해결이 지연</li> <li>• UN 2030 지속가능발전목표를 토대로 2025년까지 양과 영향의 현저한 저감</li> </ul>
<b>이행 체계</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 각국의 여건에 따라 시행하되 육상기인 폐기물 관리를 최우선으로 추진</li> <li>• 육상 및 해상기인 해양쓰레기 발생원 관리에 중점, 여러 정책을 복합적으로 추진</li> <li>• 일회용 플라스틱과 미세 플라스틱을 포함한 모든 해양쓰레기 대상</li> <li>• 지식 격차를 줄이기 위해 연구 성과를 토대로 대응, 지식의 공유 확대</li> </ul>
<b>정책 분야 및 실천 과제</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 해양쓰레기 정책, 재활용 및 자원효율화, 지속 가능한 폐기물 관리 추진, 해양으로 유입되는 폐수와 재해 시 폭우에 의한 쓰레기 관리 등 7가지 정책 분야</li> <li>• 7가지 정책 분야별 실천과제 등 총 41개 과제 제시</li> </ul>
<b>정보 관리 및 네트워크</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 이행 및 성과 등을 공유하기 위한 GNC 운영</li> <li>• GNC(Global Network of the Committed)는 지식 공유 플랫폼</li> <li>• 참여는 회원국의 선택 사항, Best Practice 공유 및 확산</li> </ul>

<그림 2-31> G20의 해양쓰레기 실행계획

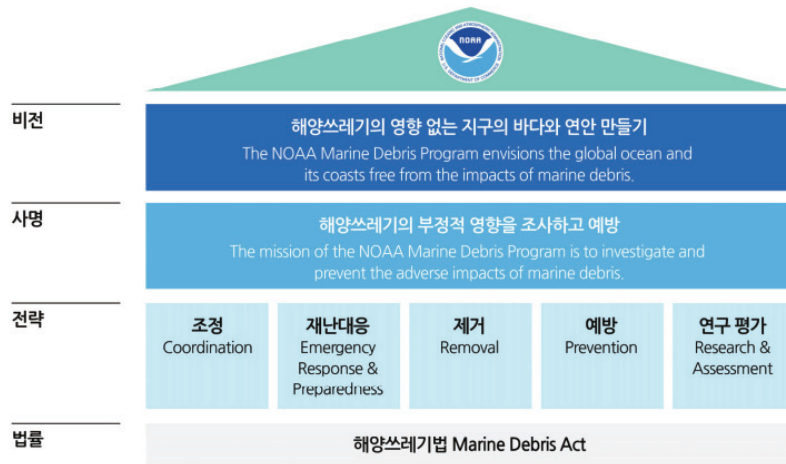
<표 2-7> G20의 해양쓰레기 실행계획의 구성

구분	주요 내용
추진 배경	해양쓰레기 문제에 대한 인식과 대응을 위한 목표
이행 체계	해결해야 할 과제, 우선 추진 분야 등 실천 방안
정책 방안 및 실천 과제	해양쓰레기 정책 수립 등 7가지 정책 방안과 41개 실천 과제 제시
정보 관리 및 네트워크	이행 및 성과 등을 공유하고 확산하기 위한 정보 관리 플랫폼

나. 주요국가의 대응

○ 미국

- 미국 정부의 해양쓰레기 대응 정책의 비전은 ‘해양쓰레기의 영향이 없는 지구 바다와 연인’임. 해양쓰레기의 양이 아닌 영향에 중점을 둔 비전으로, 해양쓰레기 양을 제로(zero)로 만든다는 것은 사실상 불가능하다는 인식에 바탕을 둔 것임
- 2018년 기존 해양쓰레기 법(The Marine Debris Act)을 부처 간 협력 확대와 국제 협력을 강화하는 내용으로 개정 추진
- 국립해양대기청의 해양쓰레기 프로그램 (MDP, Marine Debris Program)을 운영하고 있음
- MDP는 쓰레기 관련 연구, 예방, 제거, 재난 대응 등의 분야에 대한 사업을 수행하였음.
- 2006년부터 총 10년 동안 100개 이상의 지역을 기반으로 한 쓰레기 수거사업을 통해 5,500톤의 쓰레기를 수거하였음. 해양쓰레기 모니터링 및 평가 사업을 통해 240개 지점에서 쓰레기를 조사하였으며, 예방을 위한 사업도 30개 이상 지원하였음



<그림 2-32> 미국 해양대기청 해양쓰레기 프로그램 전략계획 개요



<그림 2-33> 미국 해양대기청 해양쓰레기 10년 성과 개요

- 유럽
  - 순환경제패키지(CEP, Circular Economy Package)를 운영하고 해양쓰레기 방지 등에 대처하기 위해 플라스틱에 대한 다양한 전략을 채택하고 있으며, 플라스틱을 순환경제5)의 리스크 요인으로 판단하고 이에 적극적으로 대응하기 위해 플라스틱 전략 및 일회용 플라스틱 사용 제한 지침안(2018)을 발표
  - EU 해역과 해변에 있는 쓰레기 중 70%를 차지하는 10종의 플라스틱 제품 사용을 금지하고 친환경적인 물질로 대체하는 조치를 취하였으며, 이에 따라 회원국은 플라스틱 생산자가 폐기물 관리와 청소를 위한 비용을 부담케 하고, 2025년까지 일회용 플라스틱 병의 90%를 수거해야 함
  - 해양 폐기물의 대표적인 10대 품목을 선정하고 2022년 이후 일회용 플라스틱 식기류, 플라스틱 면봉, 풍선막대 등은 시장출시 금지되며 플라스틱 제품에 대한 생산자책임 확대(EPR), 소비자 인식 제고(라벨, 홍보), 분리수거 강화를 추진 중임
- 일본
  - 의원입법으로 「해양표착쓰레기처리법」을 제정하였으며, 이 법에 근거하여 해양쓰레기 문제 해결에 50억 엔의 중앙정부 예산이 투입됨
  - 도도부현, 혹은 시읍면에서 실시하는 해양쓰레기 회수·처리사업 및 발생 억제 사업 지원
- 프랑스
  - 세안제에서 마이크로비즈 사용을 금지하는 법안 2016년에 공표
  - 일회용 플라스틱 식탁용품(식기, 컵 등)을 포함한 4개 제품(마이크로 비즈 화장품, 플

5) 기존 선형경제가 '생산 → 유통 및 소비 → 분리 및 배출 → 수거 → 폐기'의 경제 패러다임을 의미했다면, 순환 경제는 생산단계인 제품의 설계에서부터 재활용(재사용)을 고려하는 경제 패러다임을 의미

라스틱 면봉 등) 판매 금지

○ 호주

- 해양척추 생물에 관한 해양쓰레기 영향을 저감할 계획을 하고 있으며, 계획의 이행을 위한 해양쓰레기 발생 장기 예방, 해양 미세플라스틱 및 미세플라스틱의 영향 저감 연구 등 6대 목표가 있음
- 전담 조직 설립하였으며, 일회용 플라스틱 양을 제한하는 등의 내용이 있는 25개 과제가 있음

<표 2-8> 호주의 해양쓰레기 실행과제

실행 과제	
1	1-1. 계획 이행을 위한 전담 조직(TAP) 설립 1-2. 일회용 플라스틱 물질의 양 제한 1-3. 순환경제의 개발 촉진 1-4. 회수와 폐기물 처리 기술 혁신 증진 1-5. 유령어업 관리 개선 1-6. 선박 폐기물 관리 개선
2	2-1. 환경보호 및 생물 다양성 보존법(EPBC)에서 정한 생물 중 해양쓰레기 의 영향을 받는 종 업데이트 2-2. 해양쓰레기 영향을 받는 EPBC 종 서식 공간의 생태 연구 모니터링 2-3. 호수 역에서 해양쓰레기가 집적되는 주요 지역을 확인
3	3-1. 마이크로 플라스틱 오염과 관련한 인식 증진 3-2. 정부의 과학연구 우선순위에 마이크로 플라스틱의 관련성을 결정 3-3. 남부 해역, 남극 도서, 호주의 도서 지역 해양 플라스틱 오염 조
4	4-1. 해변쓰레기 수거 활동 지원 4-2. 호주 정부의 연구 수행자의 해양쓰레기 연구 효과성 개선 4-3. 호주의 해양으로부터 페어구 수거 4-4. 해양환경에서 플라스틱의 생물학적 분해 가능성에 대한 이해 증진
5	5-1. 장기 해변조사를 통한 자료 수집 지속 5-2. 장기 해변조사 국가 DB 유지, 해변쓰레기 수거와 모니터링 표준화 5-3. 북부의 수역 대상 유령어업에 관련된 자료 수집을 확대 5-4. 해변 플라스틱 원료의 유기 오염 오염물에 대한 지속적 모니터링 5-5. 플라스틱 해양 유입 수준 저감을 위한 폐기물 관리체계 효과성 평가 5-6. 해역 표층 플라스틱 하중 및 관련 유해 화학 물질의 정기적 평가 5-7. 유령어업의 기원과 영향에 대한 인식 개선
6	6-1. 해양쓰레기 영향을 받는 멸종 위기 해양 생물에 대한 대중 인식 강화 6-2. 소비자 폐기물과 쓰레기 관련한 대중 소통 개선

## 2.4. 논문동향

### 2.4.1. 검색개요

- 논문동향 분석은 1990년 이후 발행된 학술지를 기준으로 검색 및 분석하였으며, 해양 쓰레기 분야의 기술 분류 및 핵심키워드를 바탕으로 대상 학술지를 검색함

<표 2-9> 논문 검색 범위

검색 DB	분석구간	검색범위
Web of Science	1990년 ~ 현재 (2019.02 기준)	주제, 제목, 연구범위

- 해양 쓰레기 분야의 학술지검색을 위한 영문 키워드를 도출함
- 신뢰도 높은 검색결과 확보를 위해 주제(TS), 연구분야(SU), 범주(WC)별 키워드를 부여함
- 해양쓰레기를 필수 포함하는 것으로 설정하고, 재활용, 미세플라스틱, 관리, 모니터링, 정화, 수거와 관련된 핵심 키워드를 선정하여 검색하였음

<표 2-10> 논문분석 대상 주제(TS) 키워드

중분류	핵심 키워드
해양	ocean, marine, coastal
쓰레기	garbage, trash, refuse, waste, junk
재활용	recycle, recycling, reuse, reprocess
(미세)플라스틱	microplastic, plastic, foaming plastic
관리	management, control, handling
모니터링	monitoring, check, survey
정화	purify, refine
수거	collect, pickup, gather

- 해양 쓰레기 분야의 학술지 분석 대상인 연구 분야는 해양 및 환경(Ocean & Environment), 공학(Engineering)임

<표 2-11> 학술지 분석 대상 연구 분야(SU) 키워드

기술명	핵심 키워드
해양 및 환경	Ocean & Environment
공학	Engineering

- 해양 쓰레기 분야 학술지 범주는 해양 및 쓰레기와 재활용과 관련 있는 분야의 공학 범주로 한정함

<표 2-12> 학술지 분석 대상 범주(WC) 키워드

기술명	핵심 키워드
해양 및 환경	Ocean & Environment
공학, 화학	Engineering, Chemical
공학, 토목	Engineering, Civil
공학, 생물	Engineering, Biology
공학, 산업	Engineering, Industrial
공학, 제조	Engineering, Manufacturing
공학, 선박	Engineering, Marine
공학, 해양	Engineering, Ocean
공학, 연료	Engineering, Fuels
공학, 에너지	Engineering, Energy

&lt;표 2-13&gt; 논문 검색식

## 논문 검색식

(TS=((ocean\* or marine\* or coastal\*) and (garbage\* or trash\* or refuse\* or waste\* or junk\*) and (recycle\* or recycling\* or reuse\* or reprocess\* or microplastic\* or plastic\* or foaming plastic\* or management\* or control\* or handling\* or monitoring\* or check\* or survey\* or purify\* or refine\* or collect\* or pickup\* or gather\*)) and SU=("Ocean &Environment" or Engineering) and WC=("Ocean &Environment" or "Engineering, chemical" or "Engineering, Civil" or "Engineering, Biology" or "Engineering, Industrial" or "Engineering, Manufacturing" or "Engineering, Marine" or "Engineering, Ocean" or "Engineering, Fuels" or "Engineering, Energy"))

- 검색결과 총 335건이 도출되었으며, 핵심키워드를 대상으로 필터링한 결과 유효 데이터는 총 177건임
- 세부기술별 기술 분류를 실시한 결과 해양 쓰레기 재활용 분야 논문이 48편으로 가장 많았으며, 모니터링 분야의 논문이 43건으로 다음을 차지함

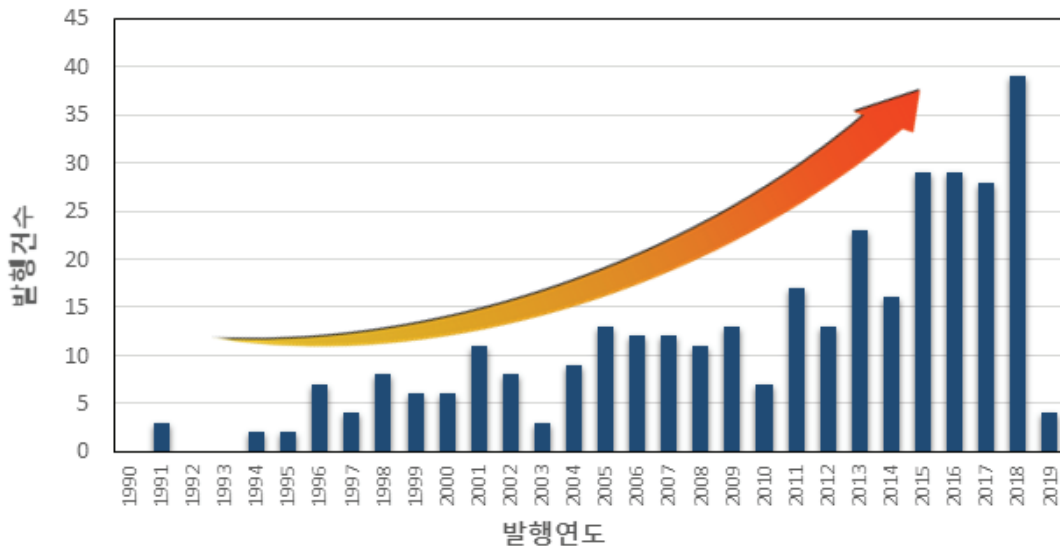
&lt;표 2-14&gt; 학술지 분석 대상 키워드 분류 및 유효데이터 건수 현황

중분류	유효데이터 건수
재활용	48
(미세)플라스틱	24
관리	20
모니터링	43
정화	6
수거	36
계	177

### 2.4.2. 학술지 발행 동향분석

#### ○ 연도별 동향

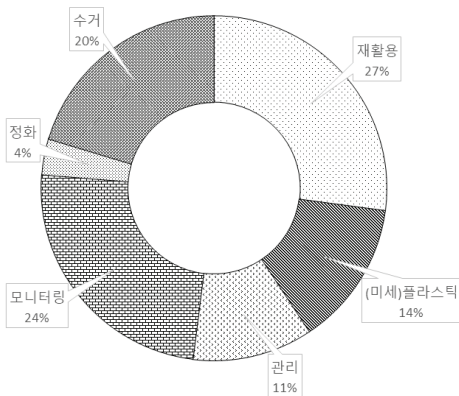
- 해양 쓰레기 관련분야에 대한 연구는 성장단계에 해당하며, 90년대 초반을 기점으로 해양 쓰레기에 관련한 연구들이 지속적으로 진행되고 있음



<그림 2-34> 연도별 학술지 발행동향

#### ○ 기술 분류별 동향

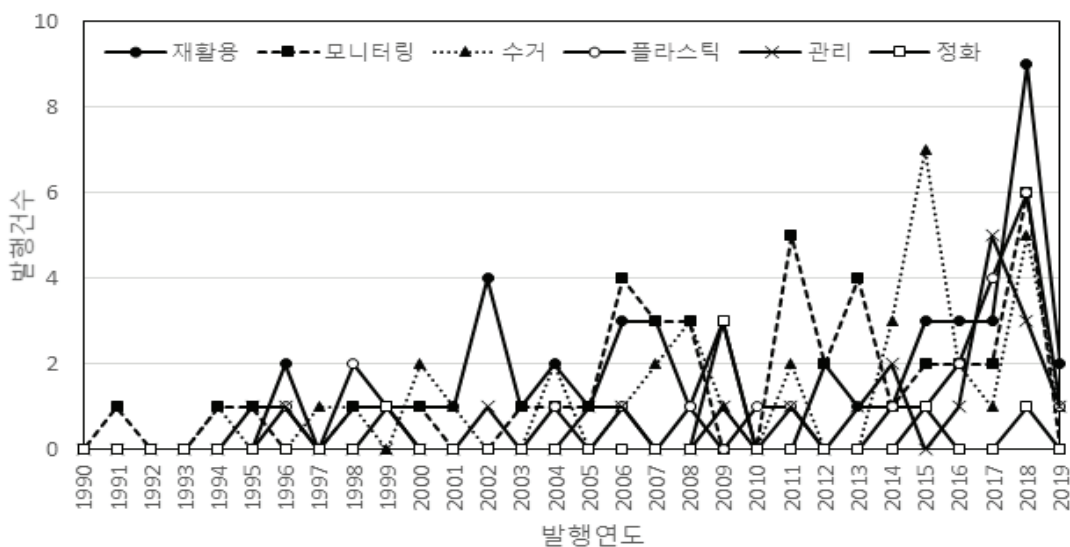
- 해양 쓰레기 관련분야에서 재활용, 모니터링, 수거에 관련한 연구개발이 가장 활발히 진행됨
- 1990년 이후 해양 쓰레기에 관련하여 발행된 학술지를 키워드별로 분류하여 살펴보면, 재활용 분야가 27%로 가장 높은 비율로 연구가 이루어진 것을 알 수 있음.
- 다음으로 모니터링 34%, 수거 20%, (미세)플라스틱 14% 등 순으로 연구개발 수행 중임



<그림 2-35> 키워드별 학술지 발행현황



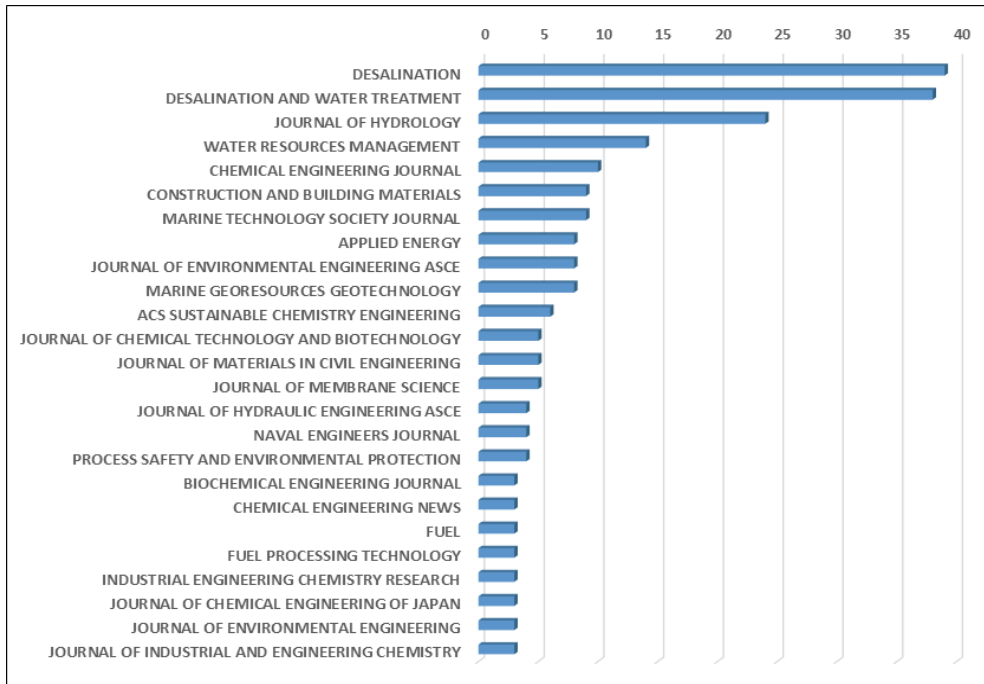
- 해양 쓰레기 관련 분야의 학술지 발행건수는 2010년 이후 재활용, 수거 분야를 중심으로 증가하는 것으로 나타남
- 2018년 키워드 재활용을 포함한 학술지 발행 건수가 9건으로 가장 높았으며, 이외에도 플라스틱, 모니터링과 같은 키워드를 포함한 학술지의 발행건수가 각각 6건씩으로 2018년에 가장 높게 나타남
- 최근 해양 쓰레기의 관심도 증가와 미세플라스틱 관련 환경문제가 이슈화 되면서 이와 관련한 연구가 증가하고 있는 추세임



<그림 2-36> 연도별 키워드별 학술지 발행건수 현황

#### ○ 학술지별 발행 현황

- 해양 쓰레기 관련 검색키워드를 통해 검색된 학술논문 발행 수는 해수 담수화에 관련된 국제학술지 desalination과 desalination and water treatment에서 가장 두드러지게 나타남
- Desalination에서 39건, Desalination and water treatment에서 38건으로 조사됨
- 그 다음으로 Journal of hydrology에서 해양 쓰레기 관련 연구논문이 24건 검색되었으며, Water resources management와 chemical engineering journal에서 각각 14건과 10건으로 검색됨
- 그 외에 토목, 해양, 연료 등 다양한 공학관련 학술지에서도 많지는 않지만 해양 쓰레기에 관련한 논문들이 발간된 것으로 조사되었음

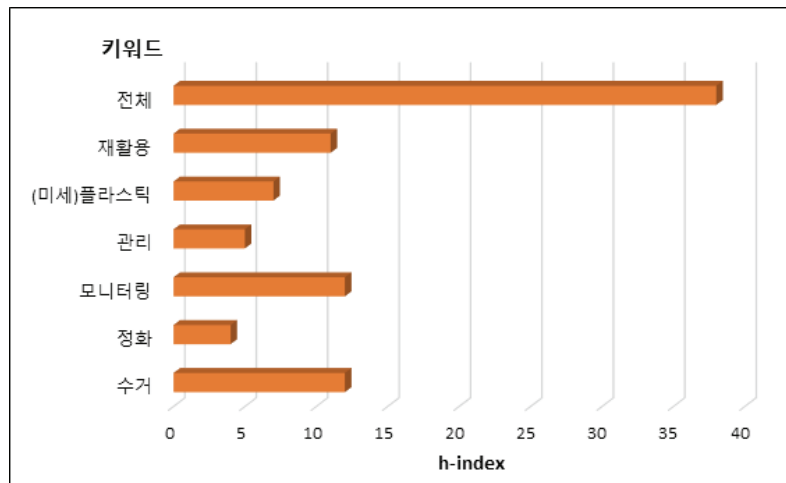


<그림 2-37> 주요 학술지 발생 건수

### 2.4.3. 기술 경쟁력 분석

#### ○ 기술분류별 기술력 지수

- 해양쓰레기 관련분야의 학술지 검색결과, 전체 기술력 지수는 38로 나타났음



<그림 2-38> 전체·키워드별 h-index 현황

- h-index는 특정 연구주체의 전체 발간 논문수와 피인용 수를 바탕으로 연구자의 연구 성과, 공헌도를 하나의 수치로 나타내는 지표임

- 분석 주체는 개인 연구자 이외에도 연구자 집단, 대학과 같이 집단의 개념으로도 적용이 가능함
- 키워드별 환경 쓰레기관련 분야는 재활용, 모니터링, 수거 부분에서 h-index가 10 이상으로 나타남

## 2.5. 특허동향

### 2.5.1. 검색개요

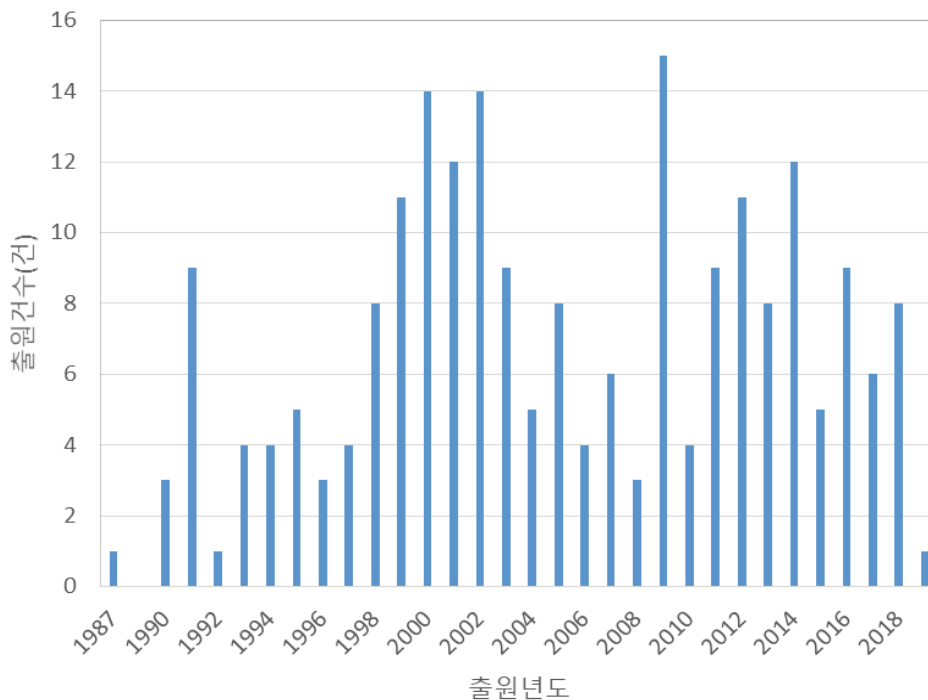
- 국내외 육상쓰레기 재활용 기술 관련 특허 동향 분석은 1987년부터 현재까지 출원된 특허를 대상으로 실시함
- 해양쓰레기 재활용 기술 관련 특허 동향 분석은 1988년부터 현재까지 출원된 특허를 대상으로 실시함
- 특허 검색은 GOOGLE 특허 검색엔진, 키프리스, NDSL을 통하여 검색하였음
- 육상쓰레기 재활용 기술 관련 특허 검색 국가는 한국, 중국, 유럽, 일본, 미국을 대상으로 함
- 해양쓰레기 재활용 기술 관련 특허 검색 국가는 한국, 중국, 유럽, 일본, 대만, 미국을 대상으로 함
- 특허 검색을 위하여 검색 식을 사용할시, 본 과제의 목적인 쓰레기 재활용과 관련 없는 특허가 많이 검색되어 각각의 키워드를 각각 검색하여 중복되는 특허는 리스트에서 제외함
- 육상쓰레기 재활용 기술 분야의 특허 검색 국문/영문 키워드는 다음과 같음
  - 육상쓰레기, 재활용, 재사용, 쓰레기, 플라스틱, 폐플라스틱, 페비닐, 페유리, 병, 폐섬유, 페타이어, 페트병, 병, 페스티로폴, 페스티로폼, 페타이어, 폐기물, recycle, treatment, waste, rubbish, trash, plastic, used plastic, styrofoam, synthetic resin, re-use, treatment, glass, bottle, plastic bottle, PET
- 해양쓰레기 재활용 기술 분야의 특허 검색 국문/영문 키워드는 다음과 같음
  - 해양쓰레기, 페어망, 페그물, 페로프, 패각, 재활용, marine, waste, garbage, trash,

rubbish, ocean, recycle, reuse, waste reclamation, fishing net, rope, plastic, plastic bottle, used plastic, styrofoam, re-use, synthetic resin, treatment, glass, PET, bottle, wasted rope

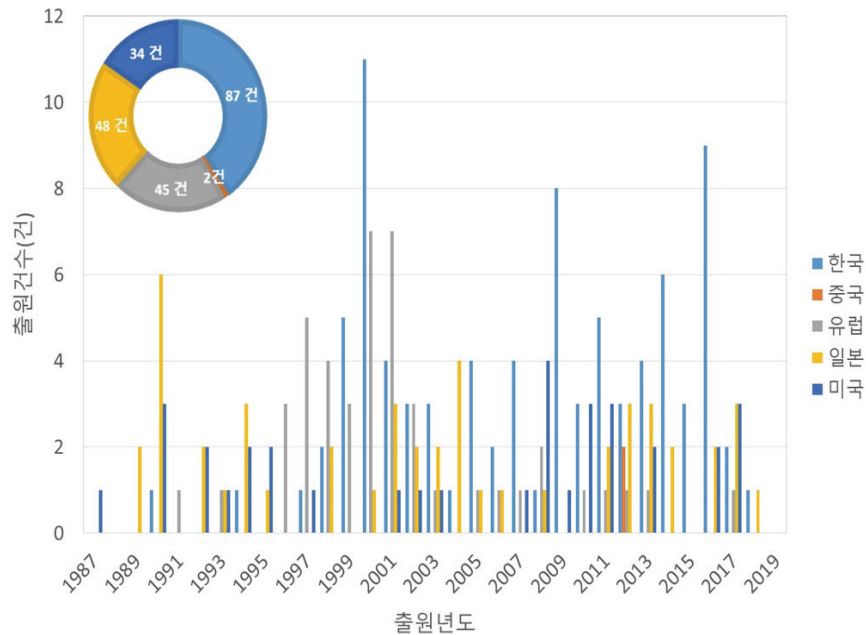
- 해양쓰레기의 경우, 키워드로 검색 시 많은 특허가 검색되지 않았으나, 참고문헌 “Management of marine plastic debris(2017)”을 통하여 특허를 찾을 수 있었음

### 2.5.2. 육상쓰레기 재활용 관련 특허동향 분석

- 육상쓰레기 재활용 기술 특허 동향 분석
  - 연도별 출원 동향
  - 육상쓰레기 재활용 기술 분야 특허는 1990년대부터 활발한 연구개발을 한 것으로 보여짐
  - 2009년에 총 15개로 가장 많은 특허를 출원함

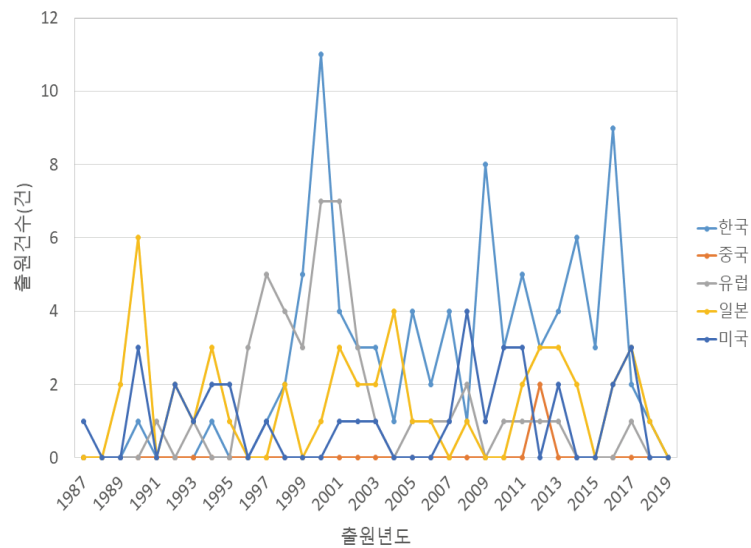


<그림 2-39> 육상쓰레기 재활용 기술 분야연도별 출원 동향



<그림 2-40> 육상쓰레기 재활용 기술 분야 연도별 출원 동향

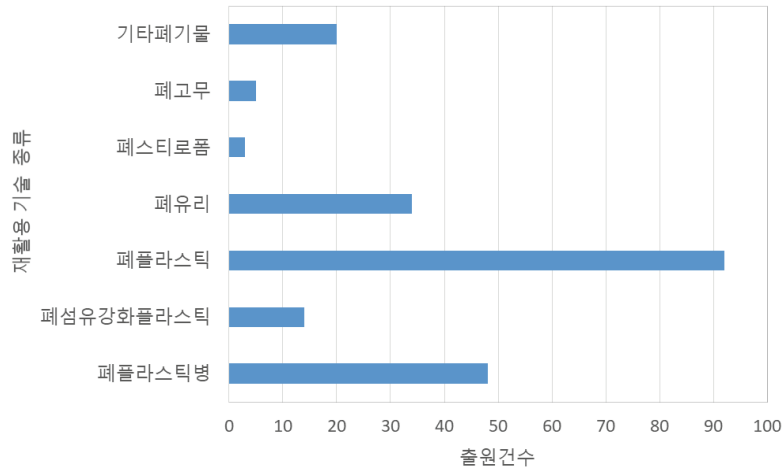
- 국가별 출원 동향



<그림 2-41> 육상쓰레기 재활용 기술 분야 연도별

- 국가별로 2000년에 한국에서 11건의 출원을 하였으며, 연구개발을 가장 활발히 수행함. 이 후에도 많은 출원 건수가 있음
- 국가별로는 한국이 87건, 중국이 2건, 유럽이 45건, 일본이 48건, 미국이 34건을 출원함

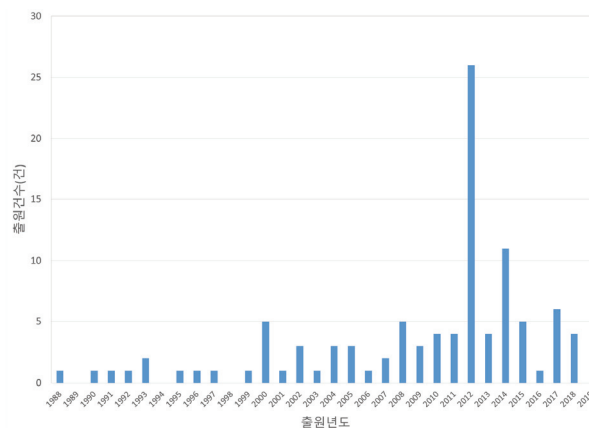
- 중국은 2011년까지 출원이 없었으며, 2012년에 육상쓰레기 재활용 기술 관련 출원 최초 2건이 있으나, 이후에는 출원건수가 없음
- 기술별 출원 동향
  - 폐플라스틱 재활용 기술 관련 출원건수가 가장 많았으며, 폐플라스틱병, 폐섬유강화플라스틱, 폐유리, 페스티로폼 등의 재활용 기술 등이 있음



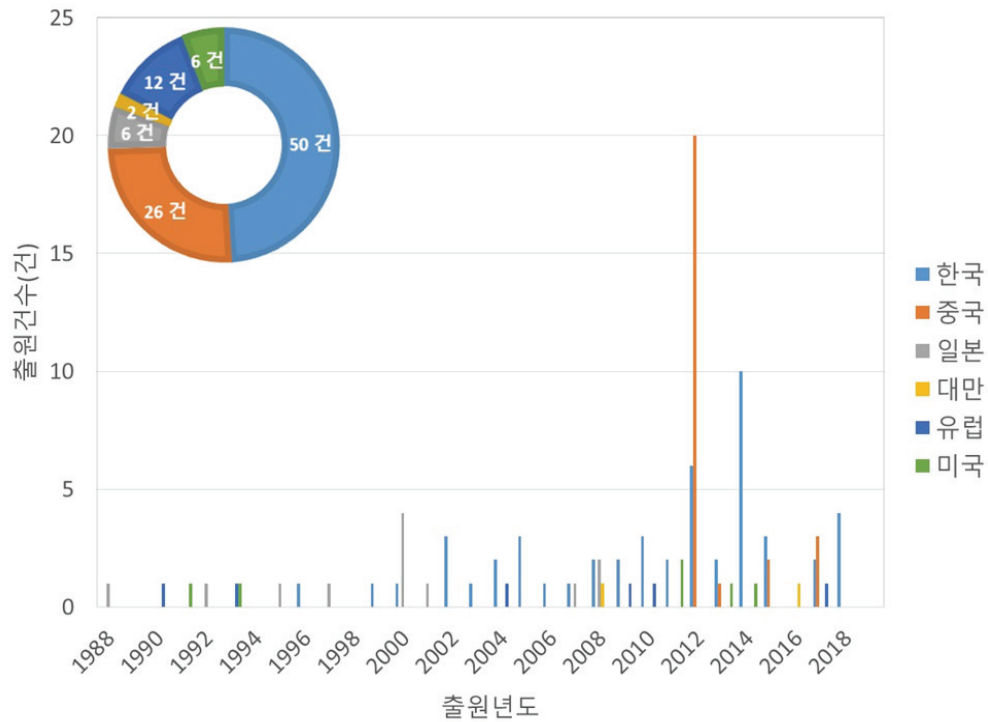
<그림 2-42> 육상쓰레기 재활용 기술별 동향

### 2.5.3. 해양쓰레기 재활용 관련 특허동향 분석

- 해양쓰레기 재활용 기술 특허 동향 분석
  - 연도별 출원 동향
    - 육상쓰레기 재활용 기술 분야 특허는 2000년도부터 활발한 연구개발이 시작되었음
    - 2012년에 총 26개로 가장 많은 특허가 출원됨



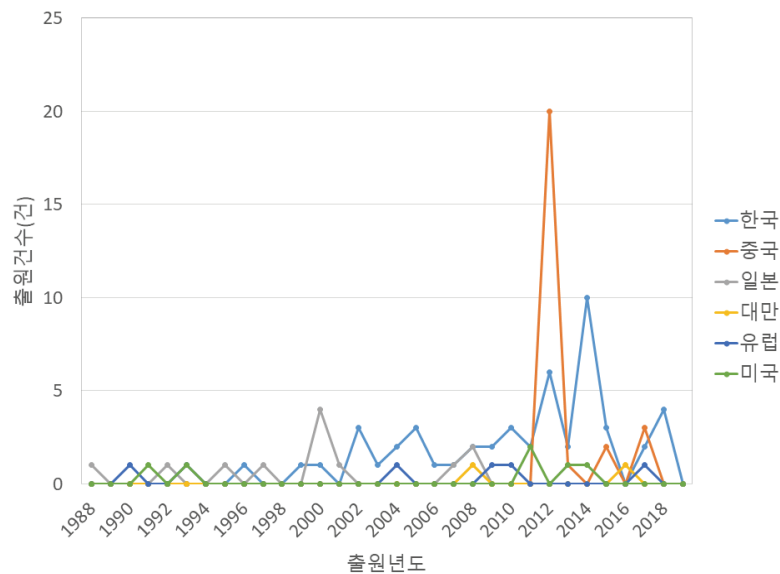
<그림 2-43> 해양쓰레기 재활용 기술 분야연도별 출원 동향



<그림 2-44> 해양쓰레기 재활용 기술 분야 연도별 출원 동향

○ 국가별 출원 동향

- 국가별로 출원 동향을 보면 2000년대에는 한국에서 연구개발을 가장 활발히 수행함

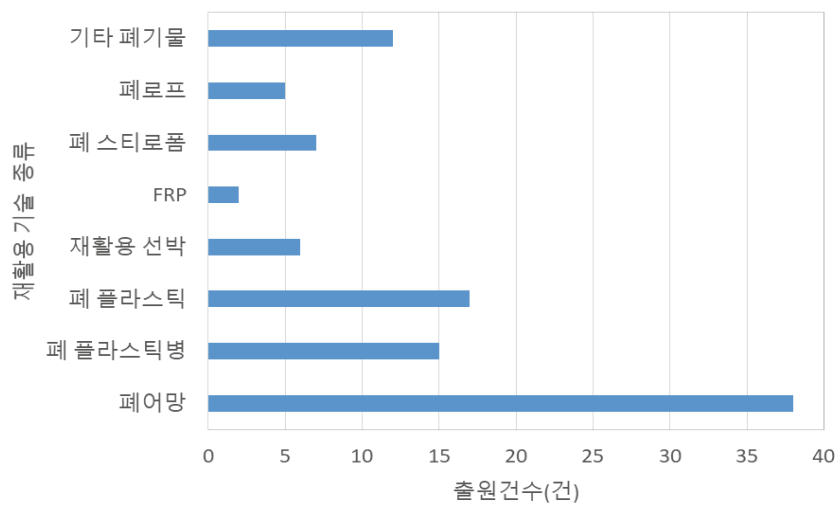


<그림 2-45> 해양쓰레기 재활용 기술 분야 연도별

- 국가별로는 한국이 50건, 중국이 26건, 유럽이 6건, 일본이 12건, 대만이 2건, 미국이 6건을 출원함
- 중국은 2010년까지 해양쓰레기 재활용 기술 관련 출원이 없었으나 2012년 20건의 특허를 출원한 이후 연구개발을 하고 있음

○ 기술별 동향

- 폐어망 또는 폐그물을 재활용한 기술이 가장 높았으며, 그 외에 폐플라스틱, 폐플라스틱병, 폐로프 등의 재활용 기술이 있음



<그림 2-46> 해양쓰레기 재활용 기술별 동향



## 2.6. 환경분석 결과에 따른 대응방향

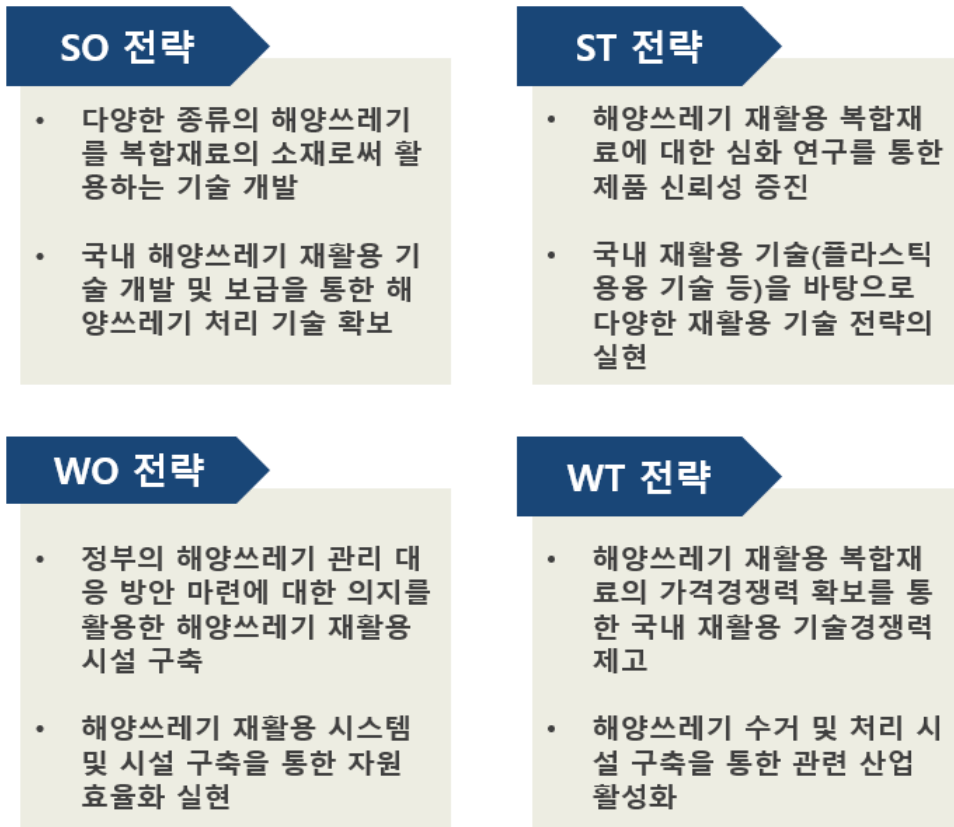
- 국내외 정책 및 기술동향을 분석한 내용을 바탕으로 ‘해양·항만구조물의 수명연장을 위한 균열저감 복합재료 개발’ 연구의 장점, 약점 그리고 외부환경의 기회와 위협 요인들을 도출하였음

&lt;표 2-15&gt; SWOT 요소 도출

외부환경요소			
O1	해양쓰레기의 친환경적인 처리 기술의 필요성		
O2	정부의 해양쓰레기 관리체계 확립 및 구축 의지		
O3	국내외 해양쓰레기 정책과의 부합성		
O4	자원 효율화의 필요성 증대		
O5	해양쓰레기 증가 추세		
T1	해양쓰레기 수거 및 처리 시설 운영경험 부족		
T2	해양쓰레기 수거 및 처리 관련 인프라 시설 부족		
T3	해양쓰레기 관련 시설 인허가 획득 문제		
T4	경기침체로 산업체 기술개발투자 축소		
내부환경요소(강점)		내부환경요소(약점)	
S1	해양쓰레기 재활용 관련 연구 경험 풍부	W1	해양쓰레기 전처리 연구 공간 부족
S2	종류별 해양쓰레기의 재활용 전략 보유	W2	복합재료 관련 연구 장비 부족
S3	복합재료 연구 경험 풍부	W3	인프라 시설 부족으로 인한 연구 효율성 저하
S4	신규산업 발굴 기회	W4	경제성 확보 문제
S5	정부의 해양쓰레기 대응 방안 마련 의지	W5	경기침체로 산업체 투자 어려움

SWOT 분석	
<p><b>S</b> 강점</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 해양쓰레기 재활용 관련 연구 경험 풍부</li> <li>• 복합재료 연구 경험 풍부</li> <li>• 다양한 해양쓰레기 재활용 전략 보유</li> </ul>	<p><b>W</b> 약점</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 해양쓰레기 재활용 시스템 구축을 위한 연구 공간부족</li> <li>• 복합재료 제작 및 실험 장비 부족</li> </ul>
<p><b>O</b> 기회</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 해양쓰레기 처리 기술의 필요성 증대</li> <li>• 정부의 해양쓰레기 대응방안 마련의 의지</li> <li>• 기술을 활용한 신규산업 발굴</li> </ul>	<p><b>T</b> 위험</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 해양쓰레기 수거/처리 시설 운영 경험 부족</li> <li>• 인프라 부족으로 인한 가격 경쟁력 약화</li> </ul>

<그림 2-47> SWOT 요소 도출



<그림 2-48> SWOT 대응 전략



## 제3장 사업내용





### 3. 사업내용

#### 3.1. 연구개발의 비전 및 목표

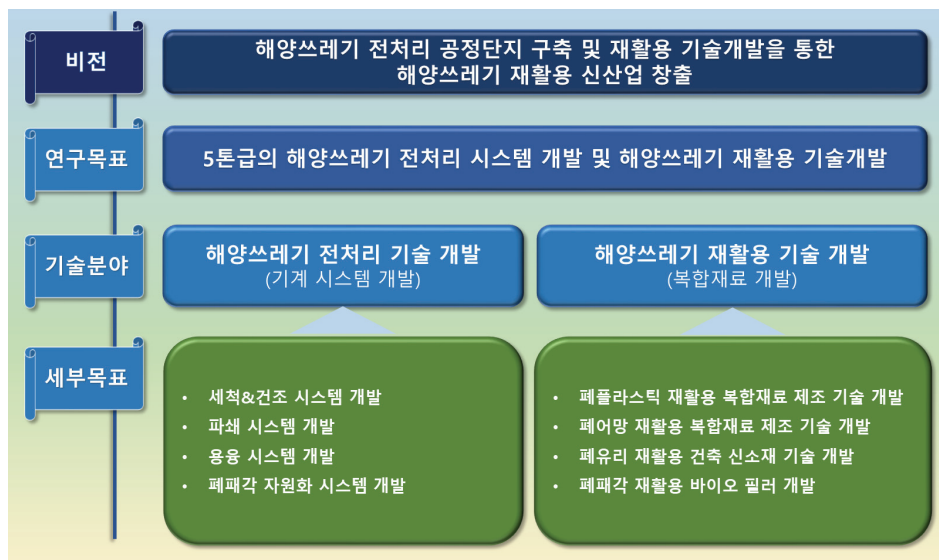
##### 3.1.1. 비전 및 목표

- 본 기획연구에서는 환경 및 역량분석, 타당성 분석을 통해 다음과 같은 비전을 설정함

#### 해양쓰레기 전처리 공정단지 구축 및 재활용 기술개발을 통한

#### 해양쓰레기 재활용 신산업 창출

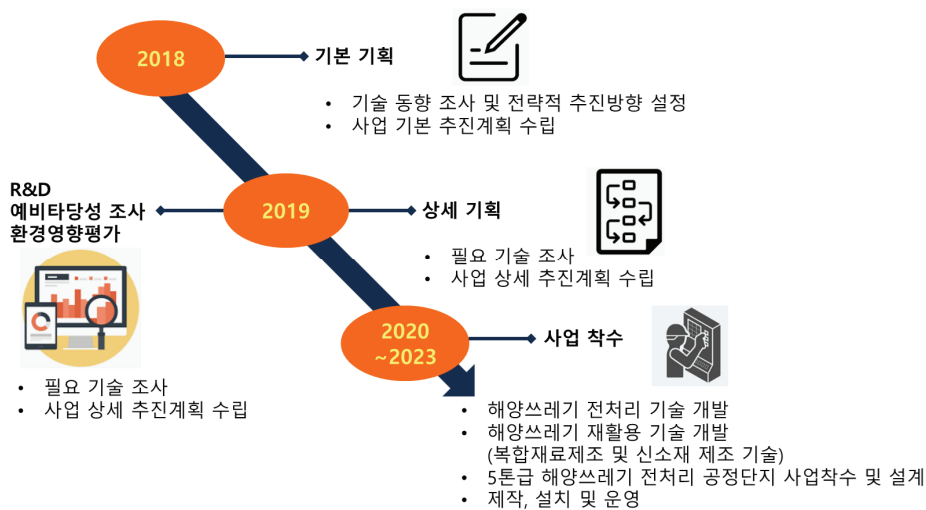
- 비전 실현을 위한 연구목표는 1일 처리량 5톤급 해양쓰레기 전처리 시스템 개발 및 해양쓰레기 재활용 기술개발로 설정하고, 순환 경제형 비즈니스 모델을 적용함으로써 향후 대규모의 해양쓰레기 전처리 공정단지 구축을 통한 해양쓰레기 재활용 신산업 창출에 기여하는 것을 목표로 추진
  - 해양쓰레기 전처리 인프라 구축 및 기술 선진화 추진
  - 해양쓰레기 재활용 취급 전문기업 육성 및 supply chain 구축
  - 해양쓰레기 재활용 기술의 해외시장 진출유도
- 본 연구의 비전 및 목표를 달성하기 위하여 제작사, 설계사, 건설사 등 관련 산업체와 공동협력체계를 구축하고, 2020년 5톤급의 해양쓰레기 전처리 공정단지 구축사업을 추진하는 것으로 설정함



<그림 3-1> 비전 및 목표

### 3.1.2. 추진단계 및 단계별 목표 설정

- 본 기획에서는 해양쓰레기 전처리, 재활용을 위한 국내·외 기술 동향 조사 및 전략적 추진방향 설정, 사업 기본 추진계획을 수행하며, 향후 상세계획을 통해 사업운영관리 방안 수립, 사업 상세 실행방안 등을 도출할 계획으로 해양쓰레기 전처리, 재활용 사업 추진을 위한 기본 계획 수립 및 예비타당성평가를 목표로 설정함
- 시범사업단계에서는 R&D 성과를 적용하며 1일 처리량 5톤 규모의 해양쓰레기 전처리 공정 단지를 정부·지자체·산업계 공동으로 추진하고, 향후 1일 처리량 100톤 규모의 전처리 공정단지 추진을 위한 사업추진 타당성평가를 병행하는 것으로 설정
- 시범사업단계의 구체적인 추진방향과 예산 등은 국가 R&D 단계에서 상세한 조사 및 연구를 통해 도출되어야 하므로 본 기획에서는 기본 기획을 실시하는 것으로 함
- 연차별 해양쓰레기 전처리 공정단지 추진 계획으로는 총 연구기간을 4년으로 구성하며 초기 1.5년간은 적지선정 및 설계, 다음 2년간은 제작 및 시공, 마지막 0.5년은 사후 운영관리방침 수립 및 모니터링을 수행하는 것으로 계획함
- 연차별 해양쓰레기 재활용 기술개발 추진 계획으로는 총 연구기간을 4년으로 구성하며 초기 1년간은 해양쓰레기의 종류별 특성 및 재활용 가능성 조사, 다음 2년간은 재활용 기술개발 및 성능시험, 마지막 1년은 실제 구조물 적용을 위한 실용화 기술개발을 수행하는 것으로 계획함

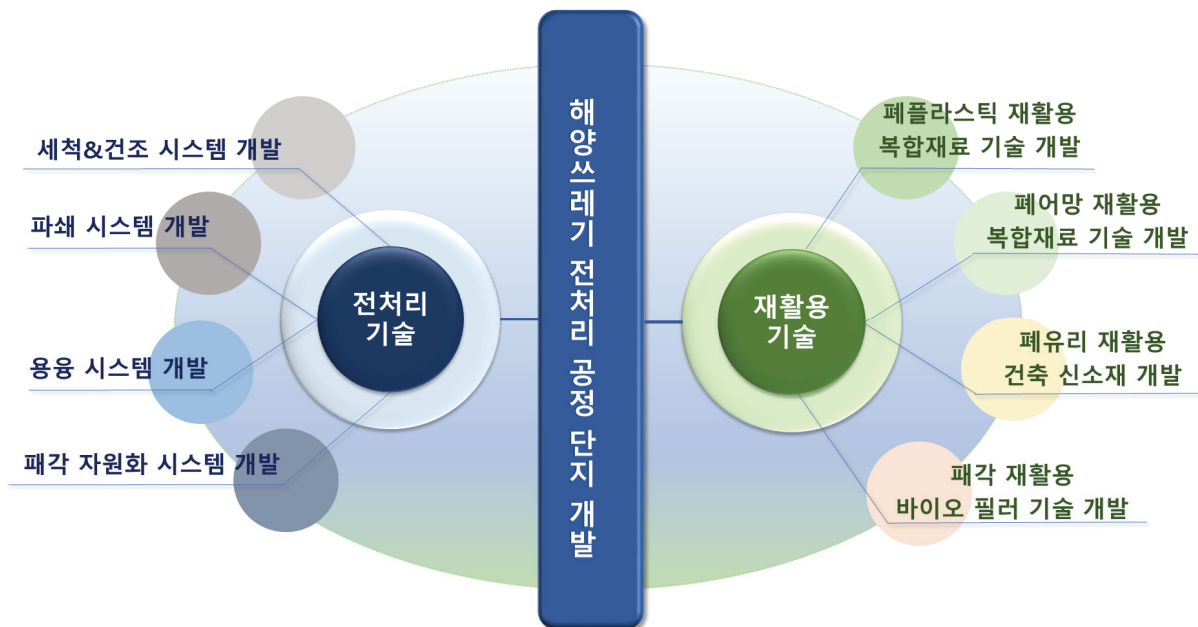


<그림 3-2> 해양쓰레기 전처리 공정단지 추진계획

## 3.2. 연구개발과제의 구성

### 3.2.1. 세부과제 구성 체계

- 연구개발 목표 달성을 위해 수행해야 하는 2개의 기술 분야가 있으며 각 분야별 4개의 세부과제로 구성됨
  - 기술 분야 1: 해양쓰레기 전처리 기술 개발
    - 세부과제 1: 해양쓰레기 세척 및 건조 기술 개발
    - 세부과제 2: 해양쓰레기 파쇄 기술 개발
    - 세부과제 3: 해양쓰레기 용융 기술 개발
    - 세부과제 4: 폐패각 소성화 시스템 개발
  - 기술 분야 2: 해양쓰레기 재활용 기술 개발
    - 폐플라스틱 재활용 복합재료 제조 기술 개발
    - 폐어망 재활용 복합재료 제조 기술 개발
    - 폐유리 재활용 건설신소재 기술 개발
    - 폐패각 재활용 바이오 필터 기술 개발



<그림 3-3> 세부과제 구성 체계

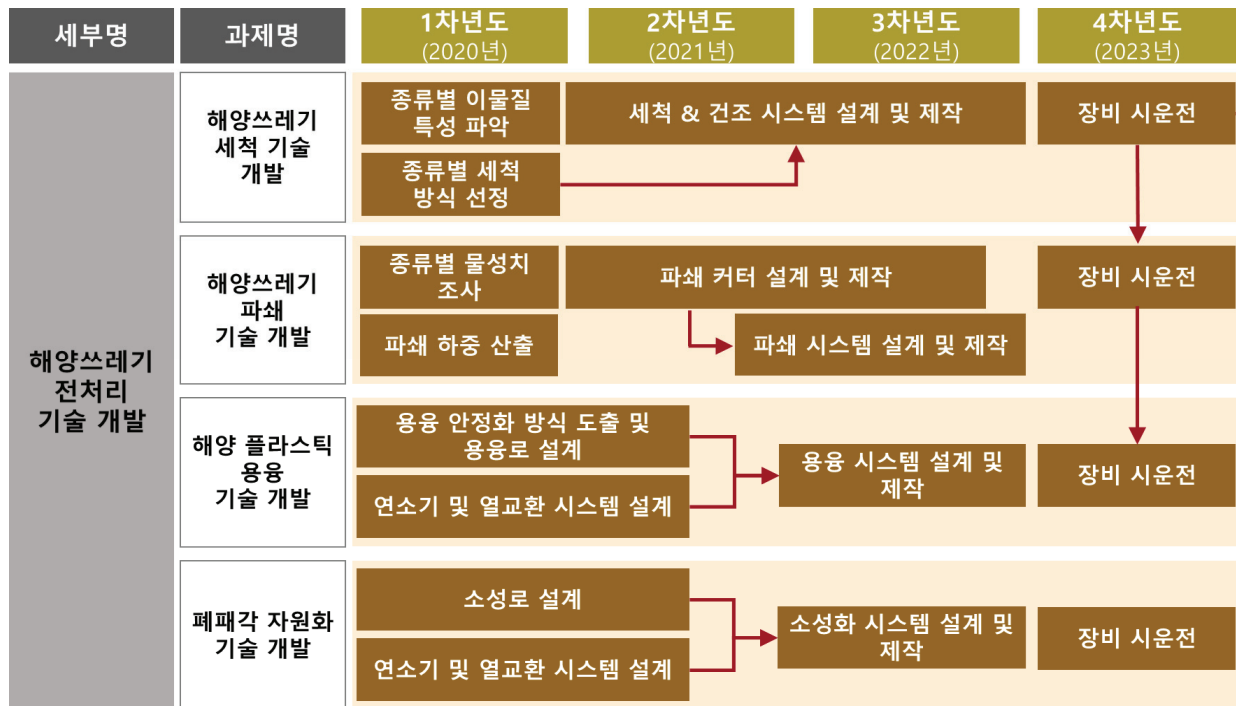
### 3.2.2. 연구의 최종 목표

- 본 연구의 최종 목표는 해양쓰레기 전처리 시스템 구축 및 재활용 기술 개발을 통해서 해양쓰레기 재활용 관련 신산업을 창출하는 것임

### 3.3. 기술 개발 로드맵 및 추진계획

#### 3.3.1. 해양쓰레기 전처리 기술 개발 로드맵

- 5톤급 해양쓰레기 전처리 공정단지 구축을 위해 필요한 전처리 기술 개발의 세부과제를 <그림 3-4>와 같이 추진함

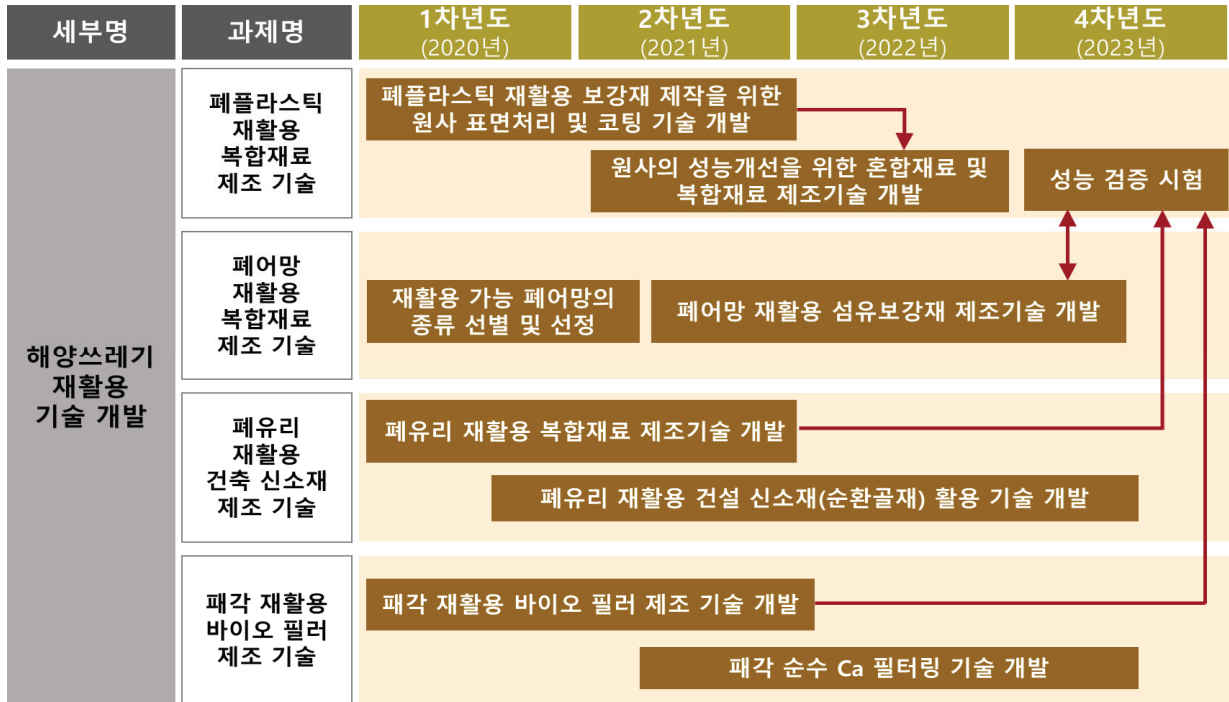


<그림 3-4> 해양쓰레기 전처리 기술 개발 로드맵



### 3.3.2. 해양쓰레기 재활용 기술 개발 로드맵

○ 해양쓰레기 재활용 기술개발을 위한 각 세부과제를 <그림 3-5>와 같이 추진함



<그림 3-5> 해양쓰레기 재활용 기술 개발 로드맵





## 제4장 세부과제 추진전략





## 4. 세부과제 추진전략

### 4.1. 세부과제별 최종 목표

- 해양쓰레기 세척 및 건조기술 개발
  - 해양쓰레기의 종류와 표면 부착 이물질 특성을 고려한 세척 및 건조 시스템 설계, 제작 및 성능검증
  - 해양쓰레기 종류, 주요 이물질 특성을 고려한 세척 스프레이 노즐 및 수조 개발
  - 회전식 탈수 시스템 개발
  - 열풍 건조 시스템 개발
  - 해양쓰레기의 세척 및 건조 시스템 성능검증
  - 해양쓰레기의 세척 및 건조 시스템 사용 가이드 작성
  
- 해양쓰레기 파쇄 기술 개발
  - 해양쓰레기 종류별 특성과 물성치를 고려한 파쇄 시스템 제작 및 시스템의 성능검증
  - 해양쓰레기 파쇄용 롤러 크러셔 개발
  - 해양쓰레기 파쇄 통합 시스템 개발
  - 파쇄 하중 및 속도 제어장치 설계 및 개발
  - 파쇄 시스템 성능검증
  - 파쇄 시스템 사용 가이드 작성
  
- 해양 폐플라스틱 용융 기술 개발
  - 해양 폐플라스틱 종류별 특성을 고려한 용융 시스템 제작 및 시스템의 성능검증
  - 해양 폐플라스틱 특성을 고려한 용융 및 연소 기술 개발
  - 용융 시스템 수치해석 및 해석 모델 검증
  - 용융 시스템 개발
  - 용융 시스템 성능 검증
  
- 폐패각 자원화 기술 개발
  - 폐패각 종류별 특성을 고려한 패각 자원화 기술 개발 및 기술 검증
  - 폐패각 분말 입자 크기 분류 시스템 개발
  - 순수 칼슘 추출 기술 개발
  - 패각 표면 부착 이물질 제거 기술 개발
  - 입자 분류 시스템 사용 가이드 작성 및 시스템 성능검증
  - 순수 칼슘 추출 기술 검증

- 폐플라스틱 재활용 복합재료 제조 및 사용 기술 개발
  - 폐플라스틱 용융 후 추출되는 원사를 활용한 복합재료 제조기술 및 구조물 적용기술 개발
    - 폐플라스틱 원사의 사용을 위한 최적 형상비 도출
    - 원사 보강재의 인성 향상을 위한 표면 개선 기술 개발
    - 폐플라스틱 원사 보강재 함유 복합재료 제조기술 개발
    - 보강재 함유 복합재료의 구조물 적용을 위한 최적 배합비 도출
    - 보강재 함유 복합재료 구조물의 충격성능 검증
  
- 폐어망 재활용 복합재료 제조 및 사용 기술 개발
  - 폐어망 재활용 기술 개발 및 다목적성 확보, 실증을 통한 기술이전
    - 폐어망 재활용 보강재의 성능 개선 기술 개발
    - 폐어망 재활용 보강재 활용 균열저감 복합재료 제조기술 개발
    - 폐어망 재활용 TRC 제조기술 개발
    - 폐어망 재활용 보강재 함유 균열저감 복합재료의 구조물 적용기술 개발
    - 폐어망 재활용 보강재의 최적 배합비 및 배합 방법 도출을 통한 시공 가이드 작성
  
- 폐유리 재활용 건축자재 제조 및 활용 기술 개발
  - 폐유리 재활용 신소재 개발 및 응용 기술 개발
    - 폐유리 재활용 RCA 제조기술 개발
    - 잔골재 치환 건축 미장재 활용기술 개발
    - 폐유리 재활용 골재 함유 복합재료 제조기술 개발
    - 폐유리 재활용 복합재료의 시공성능 개선을 위한 혼합재료 개발
    - 폐유리 함유 도로포장 구조물의 시공성능 개선 및 유지관리 기술 개발
  
- 폐패각 재활용 바이오 필러 제조 및 구조물 적용 기술 개발
  - 폐패각을 재활용하여 생산되는 바이오 필러 기술 개발 및 콘크리트 내부 공극 충진을 통한 구조물의 수명연장
    - 폐패각 재활용 바이오 필러 제조기술 개발
    - 바이오 필러 함유 복합재료의 특성조사 및 내구성능 검증
    - 바이오 필러의 지반 성토재 활용기술 개발
    - 바이오 필러의 성능 개선을 위한 혼화 재료 개발
    - 바이오 필러의 사용 가이드 작성(상용화)

## 4.2. 세부과제별 연구개발 내용 및 필요성

## 4.2.1. 세부과제별 연구내용

&lt;표 4-1&gt; 세부과제별 연구내용

세부과제		주요 연구 내용
해양쓰레기 세척 및 건조기술	해양쓰레기 세척 시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 세척 머신 용량 설정</li> <li>○ 세척 스프레이 노즐 설계 (1차 세척)</li> <li>○ 세척 수조 설계 (2차 세척)</li> <li>○ 스프레이 노즐 CFD 해석</li> <li>○ 세척 시스템 제작</li> <li>○ 세척 시스템 매뉴얼 작성</li> <li>○ 세척 시스템 성능시험</li> </ul>
	해양쓰레기 건조 시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 회전식 탈수 시스템 설계</li> <li>○ 열풍 건조기 설계</li> <li>○ 열풍 건조 특성 해석 (CFD 해석)</li> <li>○ 건조 시스템 제작</li> <li>○ 건조 시스템 사용 매뉴얼 작성</li> <li>○ 건조 시스템 성능시험</li> </ul>
해양쓰레기 파쇄 기술	해양쓰레기 파쇄 시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 해양쓰레기 종류별 최대 파쇄 하중 산출</li> <li>○ 파쇄 크기 선정 방식 도출</li> <li>○ 롤러 크러셔 설계</li> <li>○ 롤러 크러셔 다물체 동역학 해석</li> <li>○ 대상 쓰레기 투입구 및 배출구 설계</li> <li>○ 파쇄 하중 및 속도 제어장치 설계</li> <li>○ 파쇄 시스템 제작</li> <li>○ 파쇄 시스템 사용 매뉴얼 작성</li> <li>○ 파쇄 시스템 성능시험</li> </ul>
해양 폐플라스틱 용융 기술	해양 폐플라스틱 용융 시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 해양 폐플라스틱 성상별 열분해 특성 분석</li> <li>○ 벤치탑 용융로 및 연소 시스템 설계</li> <li>○ 벤치탑 용융 시스템 제작</li> <li>○ 벤치탑 용융 시스템을 활용한 용융 특성 실험</li> <li>○ 열분해 설계 인자 보완</li> <li>○ 용융 시스템 수치해석 및 수치 모델 검증</li> <li>○ 벤치탑 용융 시스템 기반 용융로 및 연소 시스템 설계</li> <li>○ 용융 시스템 제작</li> <li>○ 용융 시스템 사용 매뉴얼 작성</li> <li>○ 용융 시스템 성능시험</li> </ul>

폐패각 자원화 기술	크기별 입자 분류 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>○패각별 분말(입자) 크기/형태 분석</li> <li>○바이오 필러 개발용 입자 크기 선정</li> <li>○입자 분류 시스템(거름망, 진동시스템 포함) 설계 및 제작</li> <li>○입자 분류 시스템 사용 매뉴얼 작성</li> <li>○입자 분류 시스템 성능 검증</li> </ul>
	순수 칼슘 성분 추출 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>○패각별 열분해 특성 분석</li> <li>○패각별 소성 적정 온도 결정</li> <li>○패각별 불순물 제거 과정 설계</li> <li>○패각별 주요원소 분석</li> <li>○패각별 표면구조 분석</li> <li>○패각별 결정구조 분석</li> <li>○패각별 칼슘 분리 및 제조 기술 개발</li> <li>○패각별 칼슘 분리 과정 작성</li> <li>○순수 칼슘 분리 기술 검증</li> </ul>
해양쓰레기 재활용 기술 개발	페플라스틱 재활용 복합재료 제조 및 사용 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>○원사 최적 두께, 길이, 형상비 도출 (용융 시스템 개발과 연계)</li> <li>○표면 코팅 기술 개발</li> <li>○원사 함유 균열 저감 복합재료 제조기술 개발</li> <li>○대형 구조물 적용을 위한 최적 원사 배합비 도출</li> <li>○페플라스틱 재활용 보강재 함유 복합재료 구조물의 내충격성 시험</li> </ul>
	페어망 재활용 복합재료 제조 및 사용 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>○페어망 절단 보강재의 성능 개선 기술 개발</li> <li>○페어망 절단 보강재 함유 복합재료 제조기술 개발</li> <li>○페어망 무절단 보강재 활용기술 개발</li> <li>○페어망 보강재 함유 균열저감 복합재료의 구조물 적용기술 개발</li> <li>○페어망 재활용 보강재의 최적 시공 가이드 작성</li> </ul>
	페유리 재활용 건축자재 제조 및 활용 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>○페유리 활용 골재 제조기술 개발 (파쇄 시스템 개발과 연계)</li> <li>○건축 미장재 활용기술 개발</li> <li>○페유리 골재 사용 고강도 복합재료 제조기술 개발</li> <li>○시공성능 개선을 위한 혼합재료 개발</li> <li>○페유리 함유 도로포장 구조물의 유지관리 기술 개발</li> </ul>
	폐패각 재활용 바이오 필러 제조 및 구조물 적용기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>○바이오 필러(복합재료 공극 충전재) 제조기술 개발</li> <li>○바이오 필러 함유 복합재료의 내염해성 평가기술 개발</li> <li>○바이오 필러 함유 복합재료의 압축강도 평가기술 개발</li> <li>○바이오 필러의 지반 성토재 활용기술 개발</li> <li>○바이오 필러 성능 개선을 위한 재료 개발</li> <li>○구조물 적용기술 개발 및 상용화</li> </ul>



## 4.2.2. 세부과제별 필요성

&lt;표 4-2&gt; 세부과제별 필요성

세부과제		연구의 필요성
해양쓰레기 세척 및 건조 기술 개발	해양쓰레기 세척 시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 해양쓰레기의 재활용을 위해서는 바다에서 수거된 해양쓰레기에 부착된 염분, 이물질, 해양유기생물 등의 제거가 필수적임</li> <li>○ 국내의 경우 해양쓰레기 세척 시스템이 존재하지 않아 폐어망의 재활용에 많은 어려움이 있음</li> <li>○ 해양쓰레기 종류별 특성을 고려한 세척시스템을 개발하여 해양쓰레기 재활용률 증진이 가능함</li> </ul>
	해양쓰레기 건조 시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 세척 후 잔존 해양유기생물 및 염분을 제거를 위하여 고온 건조가 필수적임</li> <li>○ 세척 후 공정(파쇄, 용융, 입자분류 등)의 순조로운 진행을 위하여 건조가 진행되어야 함</li> </ul>
해양쓰레기 파쇄 기술 개발	해양쓰레기 파쇄 시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 해양쓰레기를 자원화 하기 위해서는 파쇄가 필수적이며, 파쇄를 위한 시스템이 필요</li> <li>○ 폐어망의 경우 엉킴 현상 등으로 파쇄작업이 매우 까다로우며 국내에 폐어망을 파쇄할 수 있는 시스템이 거의 없어, 파쇄 기술 확보가 절실함</li> </ul>
해양 폐플라스틱 용융 기술 개발	해양 폐플라스틱 용융 시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 해양쓰레기는 국내에서만 연간 18만 톤이 발생하며 그 중 폐플라스틱의 비율이 55% 이상을 차지하고 있음</li> <li>○ 대량의 폐플라스틱 재활용을 위해서는 용융 기술을 통한 자원화가 필요함</li> <li>○ 보다 효과적인 해양쓰레기 재활용을 위해서는 폐어망 및 기타 해양쓰레기에 대한 용융 기술 확보가 필요함</li> </ul>
폐패각 자원화 기술 개발	폐패각 크기별 입자 분류 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 폐패각 분말을 바이오 필러 등의 건설 보강재 및 재료로 사용하기 위해서는 입자를 크기별로 구분하는 기술이 필요</li> </ul>
	순수 칼슘 성분 추출 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 부가가치가 높은 패각 자원화 기술 확보 필요</li> </ul>

해양쓰레기 재활용 기술 개발	페플라스틱 재활용 복합재료 제조 및 사용 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 해양쓰레기 중 가장 높은 비율을 차지하는 페플라스틱을 이용하여 복합재료를 제조하는 기술개발 필요</li> <li>○ 실증작업을 통해 바다에서 수거된 페플라스틱의 산업소재화에 기여</li> </ul>
	페어망 재활용 복합재료 제조 및 사용 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국내 페어망 수거율은 높은 편이나 그 처치가 곤란하여 최근에는 국외 수출량이 증가하고 있음</li> <li>○ 복합재료 제조 시에 페어망을 함께 사용하면 균열저감 효과가 있으며 염분과 같은 이물질의 침투를 미연에 방지</li> <li>○ 바다에서 수거된 페어망을 재활용하여 균열저감 복합재료 제조기술을 개발하고 실구조물에 적용하여 구조물의 수명연장에 기여</li> </ul>
	페유리 재활용 건축자재 제조 및 활용 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국내 해양쓰레기 중 높은 비율을 차지하고 있으나 이를 재활용하는 기술은 매우 부족한 실정임</li> <li>○ 이에 따라 페유리를 재활용하여 건축 자재 및 고강도 복합재료를 제조하는 기술 개발이 필요함</li> </ul>
	폐패각 재활용 바이오 필러 제조 및 구조물 적용기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 폐패각은 악취, 지역미관훼손 뿐만 아니라 해양환경 오염문제를 일으키는 등 어업활동에 큰 피해를 유발함</li> <li>○ 우리나라에서만 연간 30만 톤의 굴패각이 발생하는데 대부분 매립 처리에 의존하고 있어 지역주민과의 마찰 또한 심각한 실정임</li> <li>○ 이에 따라 매립이 아닌 굴패각 산업소재화 기술개발이 필요한 상황임</li> </ul>

## 4.2.3. 세부과제별 기대성과 및 활용 방안

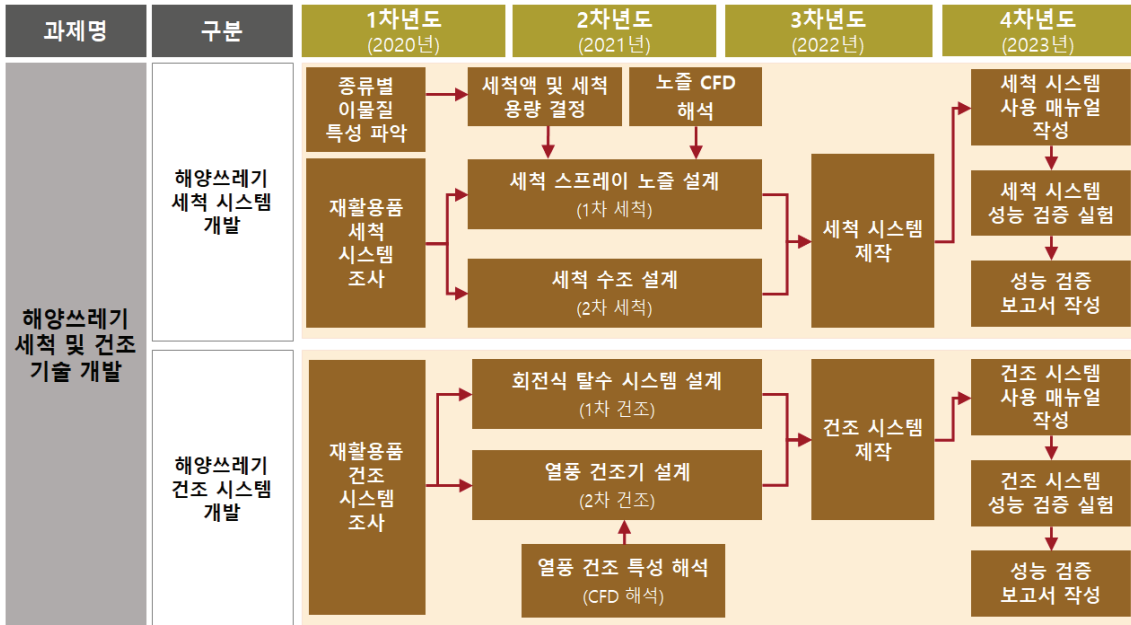
&lt;표 4-3&gt; 세부과제별 기대성과 및 활용 방안

세부과제		기대성과 및 활용 방안
해양쓰레기 세척 및 건조 기술 개발	해양쓰레기 세척 시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 해양쓰레기 표면 이물질 및 해양유기생물 제거를 통하여 고품질의 복합재료 제조가 가능</li> <li>○ 국내 해양쓰레기 재활용율 증진에 기여</li> </ul>
	해양쓰레기 건조 시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 세척 공정을 통한 해양쓰레기 처리 비용 절감 가능 (표면 이물질 부착 시, 해양쓰레기 처리 비용 상승)</li> </ul>
해양쓰레기 파쇄 기술 개발	해양쓰레기 파쇄 시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 파쇄 시스템 개발을 통한 국내 해양쓰레기 재활용 인프라 기술 확립</li> <li>○ 폐어망 파쇄를 통한 폐어망 재활용 섬유보강재 생산 기술 확보</li> <li>○ 파쇄 장비 활용을 통한 폐어망 재활용 섬유보강재의 생산 단가 절감</li> <li>○ 해양쓰레기 재활용 제품 다양화를 위한 기반 마련</li> </ul>
해양 폐플라스틱 용융 기술 개발	해양 폐플라스틱 용융 시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 해양 플라스틱 종류별 용융 기술 확보 가능</li> <li>○ 용융 연구를 통하여 표면 코팅 기술 개발의 토대 마련</li> <li>○ 해양쓰레기 재활용 기술의 다양화 가능</li> </ul>
폐패각 자원화 기술 개발	폐패각 크기별 입자 분류 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 재활용 건설 보강재 및 건설재료로써의 가치 극대화</li> <li>○ 패각 분말의 활용도 증진 효과</li> </ul>
	순수 칼슘 추출 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 해양쓰레기 친환경 처리 기술 확보</li> <li>○ 식품용 및 기타 고부가가치 원료로 재활용 가능</li> </ul>
해양쓰레기 재활용 기술 개발	폐플라스틱 재활용 복합재료 제조 및 사용 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 해양 플라스틱 원사를 사용한 복합재료 제조 방법 도출</li> <li>○ 원사함유 균열저감 복합재료 활용 기술 확보</li> <li>○ 해양 플라스틱 용융 기술, 원사 추출 기술과 연계한 시너지 효과 창출 가능</li> <li>○ 해양 폐플라스틱 재활용 분야의 다양화, 다각화 가능</li> </ul>
	폐어망 재활용 복합재료 제조 및 사용 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 폐어망 재활용 섬유보강재 제조 기술개발 및 활용기술 개발을 통하여 건설 산업 활성화에 기여</li> <li>○ 폐어망 세척, 파쇄 기술들과 연계하여 시너지 효과 창출</li> <li>○ 균열저감 복합재료 제조를 위한 최적 파쇄 기술 도출에 기여</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 폐어망 재활용 보강재의 사용을 통한 구조물의 수명연장 효과</li> <li>○ 폐어망 수거율 향상에 기여</li> </ul>
<p>폐유리 재활용 건축자재 제조 및 활용 기술</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 폐유리를 재활용 한 복합재료 제조 방법 도출</li> <li>○ 폐유리 재활용 건축미장재 및 신소재 기술 확보</li> <li>○ 파쇄 폐유리 함유 고강도 콘크리트 제조 기술 확보</li> <li>○ 폐유리 수거율 향상효과 기대</li> </ul>
<p>폐패각 재활용 바이오 필러 제조 및 구조물 적용기술</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 굴패각 바이오 필러 추출 및 활용 기술 확보</li> <li>○ 굴패각 소성 기술, 입자 크기별 분류 기술과 연계하여 시너지 효과 기대</li> <li>○ 폐패각 재활용 분야의 다양화, 다각화에 기여</li> <li>○ 폐패각 재활용 기술 개발을 통해 매립으로 인한 지역주민과의 갈등 해소 효과 기대</li> </ul>

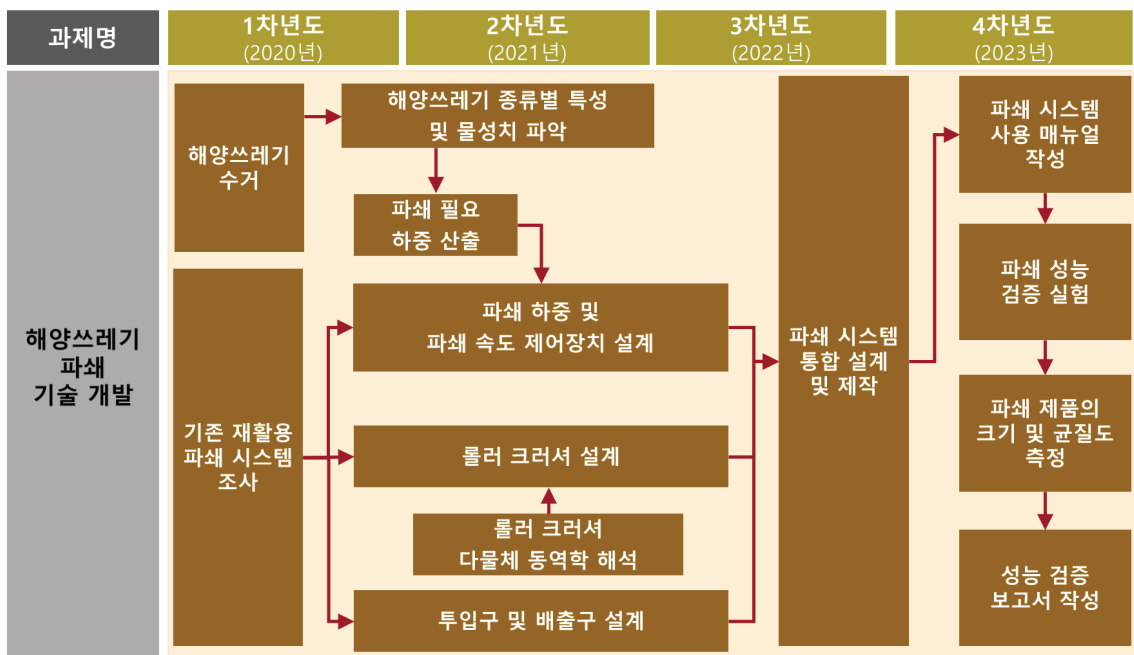
### 4.3. 세부과제별 로드맵 및 추진계획

- 해양쓰레기 전처리 기술 분야
  - 해양쓰레기 세척 및 건조 기술 개발



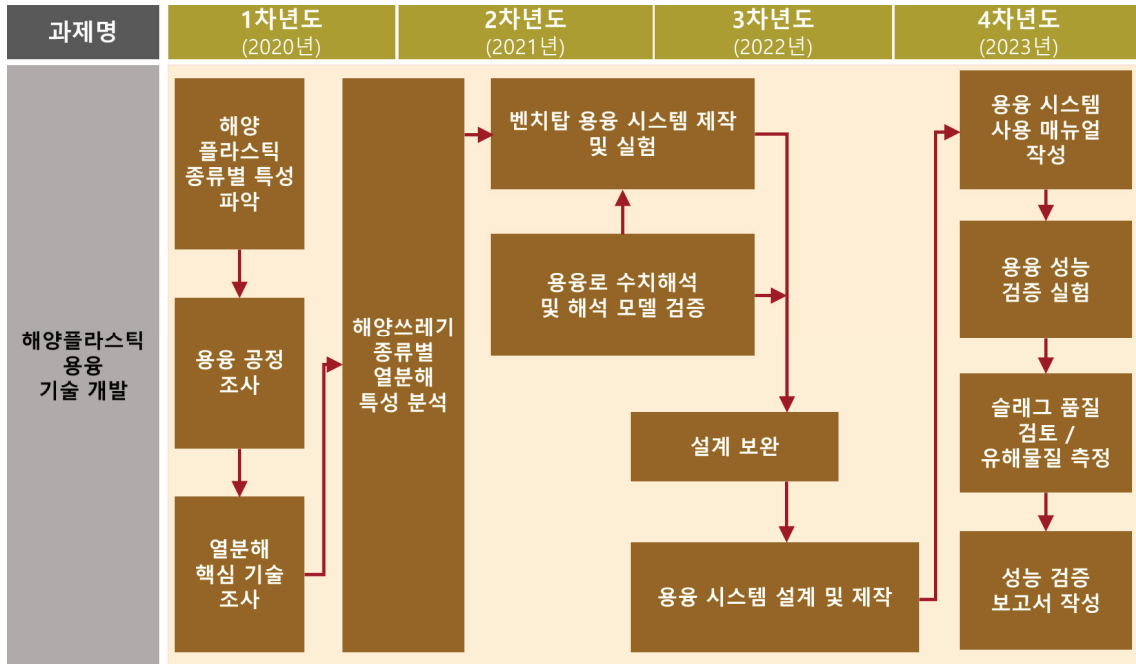
<그림 4-1> 해양쓰레기 세척 및 건조 기술의 로드맵 및 추진계획

- 해양쓰레기 파쇄 기술 개발



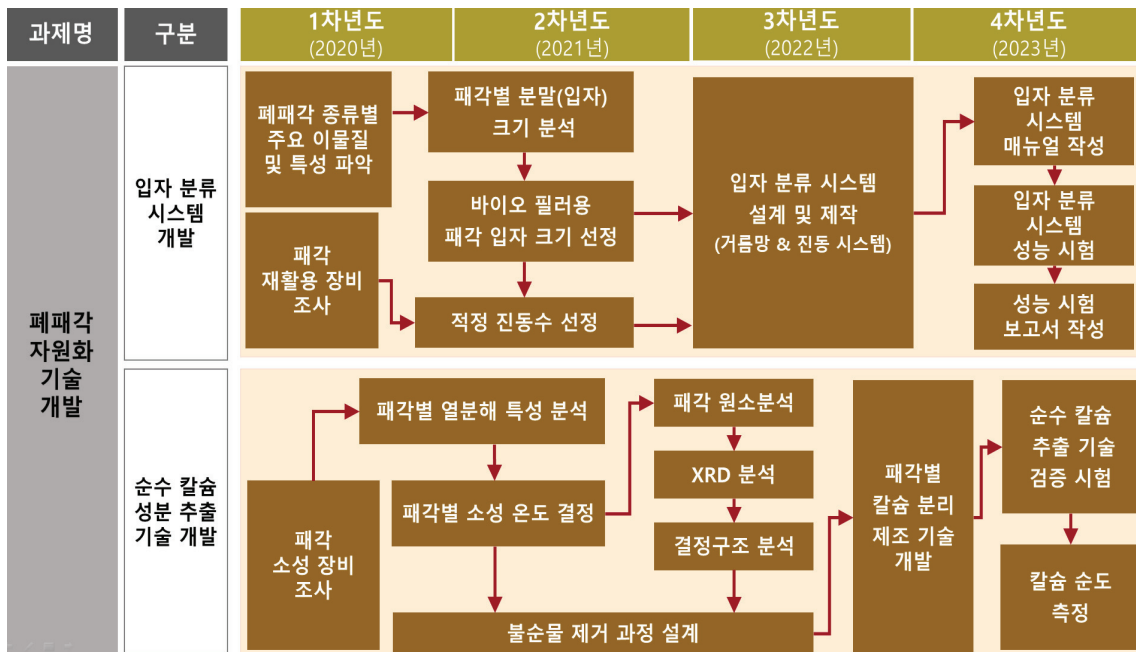
<그림 4-2> 해양쓰레기 파쇄 기술의 로드맵 및 추진계획

- 해양쓰레기 용융 기술 개발



<그림 4-3> 해양쓰레기 용융 기술의 로드맵 및 추진계획

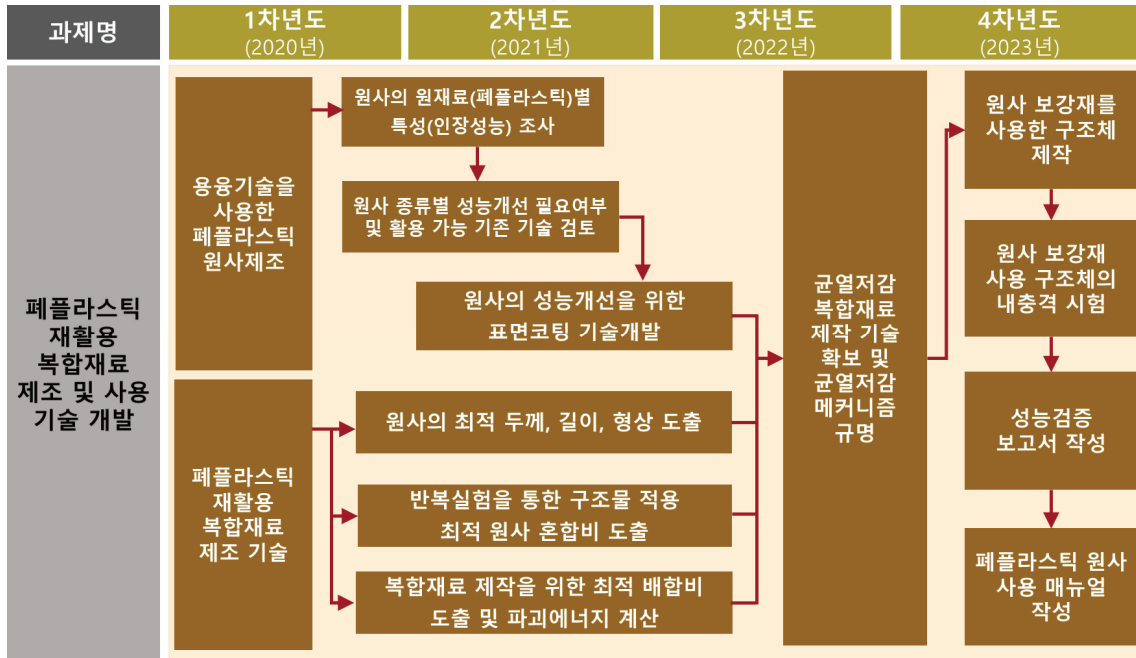
- 폐패각 자원화 기술 개발



<그림 4-4> 폐패각 자원화 기술의 로드맵 및 추진계획

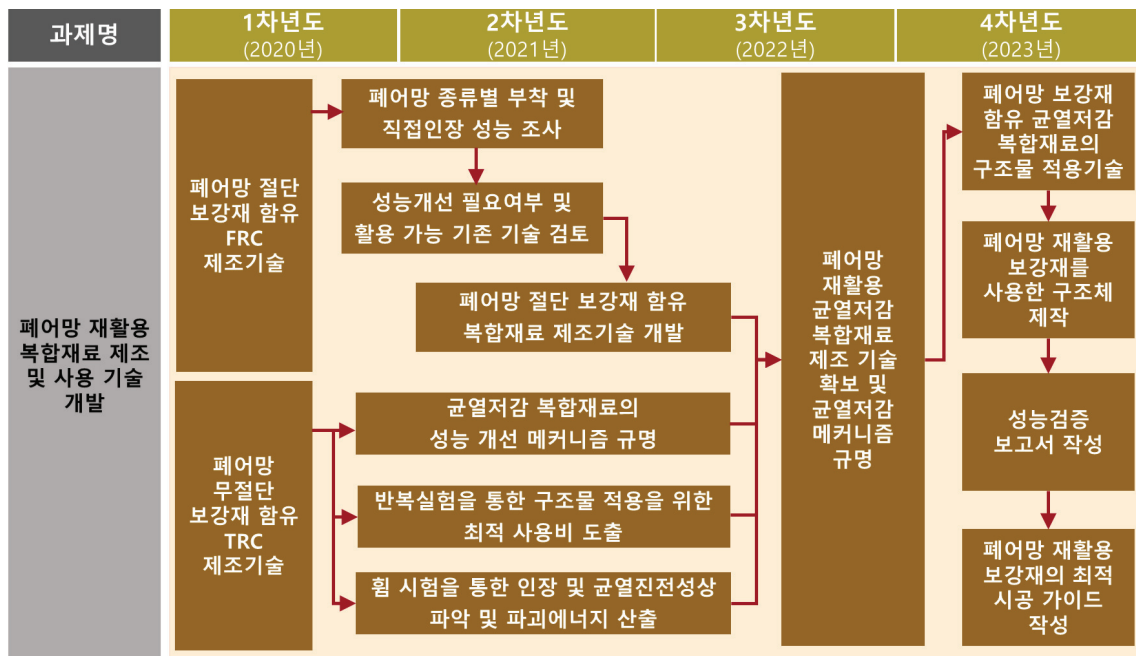
○ 해양쓰레기 재활용 기술 분야

- 폐플라스틱 재활용 복합재료 제조 및 사용 기술 개발



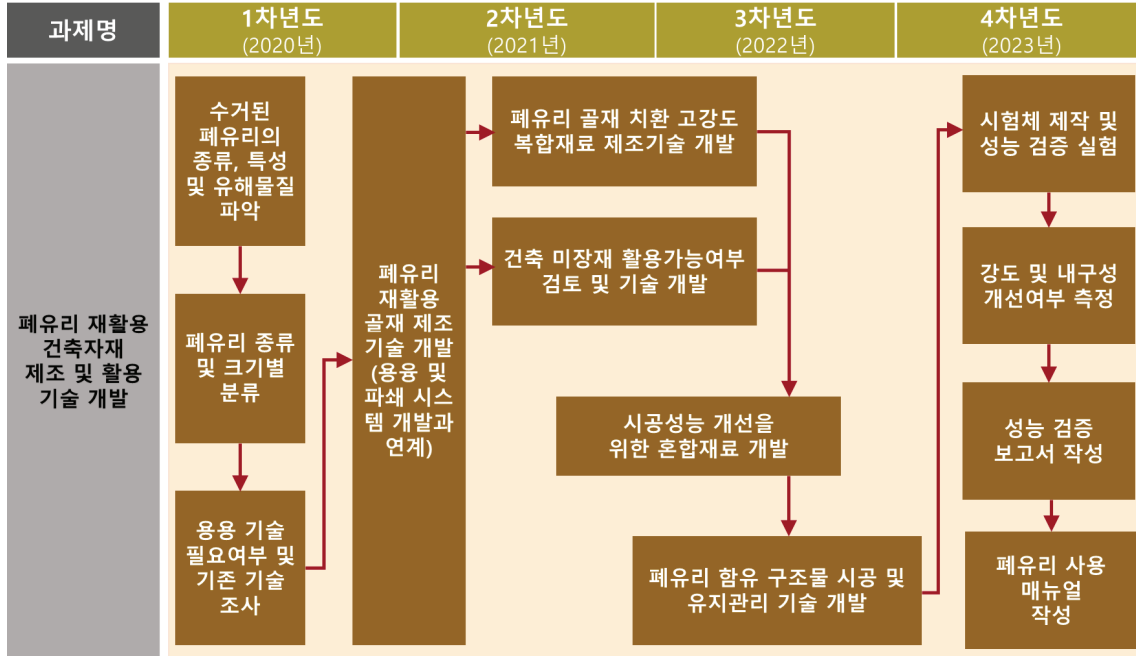
<그림 4-5> 폐플라스틱 재활용 복합재료 제조 및 사용 기술의 로드맵 및 추진계획

- 페어망 재활용 복합재료 제조 및 사용 기술 개발



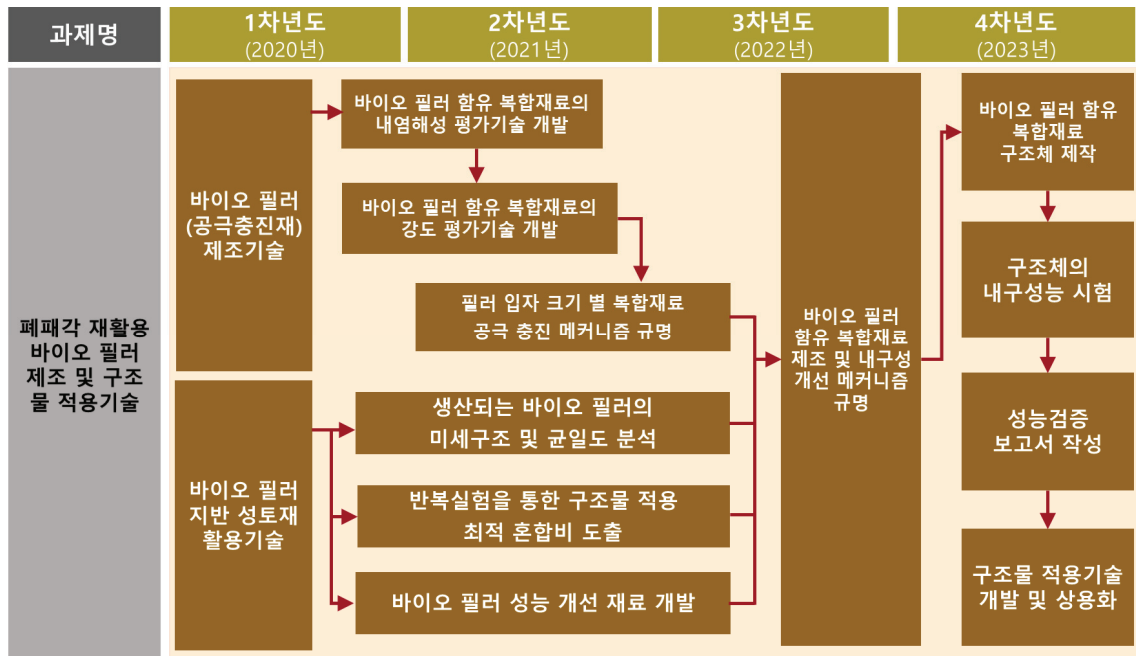
<그림 4-6> 페어망 재활용 복합재료 제조 및 사용 기술의 로드맵 및 추진계획

- 폐유리 재활용 건축자재 제조 및 활용 기술 개발



<그림 4-7> 폐유리 재활용 건축자재 제조 및 활용 기술의 로드맵 및 추진계획

- 폐패각 재활용 바이오 필터 제조 및 구조물 적용기술 개발



<그림 4-8> 바이오 필터 제조 및 구조물 적용기술의 로드맵 및 추진계획



## 4.4. 세부 과제별 소요 예산

- 해양쓰레기 전처리 기술 개발 : 세척 및 건조 기술

&lt;표 4-4&gt; 세척 및 건조 기술의 연구내용 및 예산

연차	각 연차별 연구목표	연구내용	예산 (억원)
1차년도	해양쓰레기 종류별 표면 이물질특성 파악	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 해양쓰레기 종류별 표면 이물질 특성 파악               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 해양쓰레기 종류별 수거 및 분류</li> <li>- 종류별 주요 이물질 성분 분석</li> <li>- 중금속 함유량 측정</li> </ul> </li> <li>○ 해양쓰레기 종류별 특성을 고려한 세척 시스템 조사               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 자료 수집 및 기술 분석</li> <li>- 세척액 조사 및 선정 (물, 계면활성제 등)</li> </ul> </li> </ul>	3
2차년도	해양쓰레기 전용 세척 및 건조 시스템 개발 (I)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 세척 시스템 개념설계               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 세척기 용량 설정</li> <li>- 세척 스프레이 노즐 설계 (1차 세척)</li> <li>- 세척 수조 설계 (2차 세척)</li> </ul> </li> <li>○ 건조 시스템 개념서계               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 회전식 탈수 시스템 설계 (1차 건조)</li> <li>- 열풍 건조기 설계 (2차 건조)</li> </ul> </li> </ul>	5
3차년도	해양쓰레기 전용 세척 및 건조 시스템 개발 (II)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 세척 시스템 상세설계 및 제작               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 세척 스프레이 노즐 상세설계</li> <li>- 스프레이 노즐 CFD 해석</li> <li>- 세척 수조 상세설계</li> <li>- 1차, 2차 세척 시스템 제작</li> </ul> </li> <li>○ 건조 시스템 상세설계 및 제작               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 탈수기 및 건조기 상세설계</li> <li>- 열풍 건조 특성 해석 (CFD 해석)</li> <li>- 적정 건조 온도 선정</li> <li>- 1차, 2차 건조 시스템 제작</li> </ul> </li> </ul>	7
4차년도	해양쓰레기 전용 세척 및 건조 시스템 성능 시험	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 세척 및 건조 시스템의 성능 시험</li> </ul>	5

<표 4-5> 세척 및 건조 기술의 추진일정 및 예산

추진 일정														
해당 연차	연구내용	월별 추진 일정												예산 (억원)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	해양쓰레기 종류별 표면 이물질 특성 파악				■	■	■	■	■	■	■	■	■	3
	해양쓰레기 종류별 특성을 고려한 최적 시스템 조사	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
2	세척 시스템 개념설계	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	5
	건조 시스템 개발				■	■	■	■	■	■	■	■	■	
3	세척 시스템 상세설계 및 제작	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	7
	건조 시스템 상세설계 및 제작			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
4	세척 시스템 성능 시험	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	5
	건조 시스템 성능 시험				■	■	■	■	■	■	■	■	■	

○ 해양쓰레기 전처리 기술 개발 : 해양쓰레기 파쇄 기술

<표 4-6> 해양쓰레기 파쇄 기술의 연구내용 및 예산

연차	각 연차별 연구목표	연구내용	예산 (억원)
1차년도	해양쓰레기 특성 파악	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 해양쓰레기 종류별 재질 특성 파악               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 해양쓰레기 종류별 수거</li> <li>- 종류별 해양쓰레기 물성치 파악 (파단 강도 위주)</li> </ul> </li> <li>○ 기존 파쇄 시스템 조사 및 분석               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 자료 수집 및 기술 분석</li> </ul> </li> </ul>	3
2차년도	해양쓰레기 파쇄 시스템 개발 (I)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 롤러 크러셔 설계 (I)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 해양쓰레기 종류별 최대 파쇄 하중 산출</li> <li>- 파쇄 크기 선정</li> <li>- 롤러 크러셔 형상설계</li> <li>- 롤러 크러셔 적정 회전속도 산출</li> <li>- 롤러 크러셔 다물체 동역학 해석 (I)</li> </ul> </li> <li>○ 통합 시스템 설계 (I)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 파쇄 용량 결정</li> <li>- 투입구 및 배출구 개념설계</li> <li>- 파쇄 하중, 속도 제어장치의 개념설계</li> </ul> </li> </ul>	7
3차년도	해양쓰레기 파쇄 시스템 개발 (II)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 롤러 크러셔 설계 (II)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 롤러 크러셔 다물체 동역학 해석 (II)</li> <li>- 롤러 크러셔 최적 형상 및 속도 결정</li> </ul> </li> <li>○ 통합 시스템 설계 (II)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 투입구 및 배출구 형상설계</li> <li>- 파쇄 하중 및 속도 제어장치 설계</li> </ul> </li> <li>○ 파쇄 시스템 제작               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 롤러 크러셔 및 통합 시스템 제작</li> </ul> </li> </ul>	10
4차년도	시스템 성능 시험	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 파쇄 시스템 성능시험               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 파쇄 품질 검토</li> <li>- 파쇄 후 크기 균질도 측정</li> <li>- 파쇄 시, 끼임 현상 체크</li> </ul> </li> </ul>	5

<표 4-7> 해양쓰레기 파쇄 기술의 추진일정 및 예산

추진 일정														
해당 연차	연구내용	월별 추진 일정												예산 (억원)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	해양쓰레기 종류별 재질 특성 파악													3
	기존 파쇄 시스템 조사 및 분석													
2	롤러 크러셔 설계 I													7
	통합 시스템 설계 I													
3	롤러 크러셔 설계 II													10
	통합 시스템 설계 II													
	파쇄 시스템 제작													
4	파쇄 시스템 성능시험													5

○ 해양쓰레기 전처리 기술 개발 : 해양 플라스틱 용융 기술

<표 4-8> 해양 플라스틱 용융 기술의 연구내용 및 예산

연차	각 연차별 연구목표	연구내용	예산 (억원)
1차년도	폐플라스틱 특성 파악	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 폐플라스틱 재질 특성 파악               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 종류별 폐플라스틱 수거</li> <li>- 종류별 해양쓰레기 물성치 파악 (용융점 위주)</li> </ul> </li> <li>○ 플라스틱 용융 시스템 조사               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 열분해 핵심 기술 분석</li> <li>- 슬래그 생성 특성 파악</li> <li>- 용융 공정 조사</li> </ul> </li> </ul>	3
2차년도	폐플라스틱 용융 시스템 개발 (I)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 벤치탑 용융 시스템 설계 (bench-top system)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 성장별 열분해 특성 분석</li> <li>- 용융로 설계</li> <li>- 연소 시스템 설계</li> </ul> </li> <li>○ 용융 시스템 수치해석 (I)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 수치해석 방법 결정</li> <li>- 벤치탑 용융 시스템 수치해석</li> </ul> </li> <li>○ 벤치탑 용융 시스템 제작 및 실험               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 용융로 및 연소시스템 제작</li> <li>- 종류별 해양쓰레기 용융 특성 실험</li> <li>- 유해물질 파악</li> <li>- 열분해 설계 인자 보완</li> </ul> </li> </ul>	8
3차년도	폐플라스틱 용융 시스템 개발 (II)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 용융 시스템 수치해석 (II)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 용융시스템 수치해석 방법 검증 (실험결과와 비교)</li> <li>- 최적 용융 시스템 결정</li> </ul> </li> <li>○ 용융시스템 설계               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 용융로 및 연소시스템 설계</li> </ul> </li> <li>○ 용융시스템 제작               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 용융로 제작</li> <li>- 연소시스템 제작</li> </ul> </li> </ul>	10
4차년도	시스템 성능 시험	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 용융시스템 성능 시험               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 슬래그 품질 검토</li> <li>- 유해물질 농도 측정</li> </ul> </li> </ul>	6

<표 4-9> 해양 플라스틱 용융 기술의 추진일정 및 예산

		추진 일정												예산 (억원)	
해당 연차	연구내용	월별 추진 일정													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	폐플라스틱 재질 특성 파악				■	■	■	■	■	■	■	■	■		3
	플라스틱 용융 시스템 조사			■	■	■	■	■	■						
2	벤치탑 용융 시스템 설계	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			8
	용융 시스템 수치해석 I				■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	벤치탑 용융 시스템 제작 및 실험	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
3	용융 시스템 수치해석 II	■	■	■	■	■	■	■							10
	용융시스템 설계				■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	용융시스템 제작						■	■	■	■	■	■	■	■	
4	용융시스템 성능 시험	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		6

○ 해양쓰레기 전처리 기술 개발 : 폐패각 자원화 기술

<표 4-10> 폐패각 자원화 기술의 연구내용 및 예산

연차	각 연차별 연구목표	연구내용	예산 (억원)
1차년도	폐패각 자원화 자료 조사	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 폐패각 종류 조사               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 종류별 폐패각 수거 및 특성 파악</li> <li>- 폐패각 주요 이물질 파악</li> </ul> </li> <li>○ 폐패각 재활용 장비 조사               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐패각 세척 장비 자료 수집</li> <li>- 폐패각 분쇄 장비 자료 수집</li> <li>- 폐패각 소성 장비 자료 수집</li> </ul> </li> </ul>	3
2차년도	크기별 입자 분류 기술 개발 (I) 및 순수 칼슘 추출 기술 개발 (I)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 입자 분류 시스템 개발 (I)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐각별 분말(입자) 크기/형태 분석</li> <li>- 바이오필러 개발용 입자 크기 선정</li> <li>- 입자 분류기 개념 설계</li> </ul> </li> <li>○ 순수 칼슘 추출 기술 개발 (I)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐각별 열분해 특성 분석 (=소성화 과정 분석)</li> <li>- 폐각별 소성 온도 결정</li> <li>- 폐각별 불순물(마그네슘 등) 제거 과정 설계 (I)</li> </ul> </li> </ul>	9
3차년도	크기별 입자 분류 기술 개발 (II) 및 순수 칼슘 추출 기술 개발 (II)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 입자 분류 시스템 개발 (II)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 입자 분류용 거름망 설계</li> <li>- 입자 분류용 진동기 설계</li> <li>- 적정 진동수 선정</li> </ul> </li> <li>○ 입자 분류 시스템 제작               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 입자 분류 시스템 제작</li> </ul> </li> <li>○ 순수 칼슘 추출 기술 개발 (II)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐각별 표면구조 분석</li> <li>- 폐각별 원소분석</li> <li>- 폐각별 결정구조 분석</li> <li>- 폐각별 불순물 제거 과정 설계 (II)</li> </ul> </li> </ul>	11
4차년도	기술 검증	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 입자 분류 시스템 성능검증 시험               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 평균 입자 크기 검토</li> </ul> </li> <li>○ 순수 칼슘 추출 기술 검증 시험               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 순수 칼슘 추출 후 순도 측정</li> </ul> </li> </ul>	5

<표 4-11> 폐패각 자원화 기술의 추진일정 및 예산

		추진 일정												예산 (억원)
해당 연차	연구내용	월별 추진 일정												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	재활용 가능 패각 종류 조사	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	3
	패각 재활용 장비 조사	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
2	크기별 입자 분류 시스템 개발 (I)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	9
	순수 칼슘 추출 기술 개발 (I)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
3	크기별 입자 분류 시스템 개발 (II)			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	11
	순수 칼슘 추출 기술 개발 (II)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
4	기술검증	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	5



○ 해양쓰레기 재활용 기술 개발 : 폐플라스틱 재활용 복합재료 제조 및 사용 기술

<표 4-12> 폐플라스틱 재활용 복합재료 제조 및 사용 기술의 연구내용 및 예산

연차	각 연차별 연구목표	연구내용	예산 (억원)
1차년도	폐플라스틱 재활용 원사의 성능 조사 및 성능 개선 기술 조사	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 폐플라스틱 재활용 원사의 성능조사               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐플라스틱 종류별 원사 성능 차이 조사</li> <li>- 폐플라스틱 용융 기술과 직접적으로 연계</li> <li>- 폐플라스틱 재활용 원사의 인장성능 시험</li> <li>- 반복 시험을 통한 성능 균일도 측정</li> </ul> </li> <li>○ 원사의 성능개선 기술 조사 및 분석               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 자료 수집 및 기술 분석</li> <li>- 원사 표면 코팅 기술 조사 및 선정</li> </ul> </li> </ul>	2
2차년도	폐플라스틱 재활용 원사 사용 복합재료 제조 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 성능 개선을 위한 표면 코팅 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 코팅 재료 및 방법 선정</li> <li>- 코팅 후 실험을 통한 성능 개선 여부 확인</li> </ul> </li> <li>○ 균열저감 복합재료 제조 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 원사 최적 두께, 길이, 형상 도출</li> <li>- 구조물 적용 원사 혼합비 도출</li> <li>- 복합재료 제작 최적 배합비 도출</li> <li>- 원사 함유 복합재료의 파괴에너지 계산</li> <li>- 원사 함유 비율별 균열저감성능 차이 조사</li> </ul> </li> </ul>	5
3차년도	폐플라스틱 원사 함유 복합재료 활용 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 구조물 제작을 위한 설계 및 해석               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 최적 사이즈 도출을 위한 유한요소해석</li> <li>- 구조물 제작을 위한 설계 및 시공방법 도출</li> </ul> </li> <li>○ 원사 보강재 함유 구조물의 내충격성 시험               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 원사 보강재 함유 복합재료 구조물 제작</li> <li>- 복합재료 구조물의 내충격성 시험</li> <li>- 컨트롤 구조물과의 성능 비교 분석</li> <li>- 폐플라스틱 원사의 효과 확인</li> </ul> </li> </ul>	9
4차년도	폐플라스틱 원사 사용 매뉴얼 작성	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 폐플라스틱 원사 사용을 위한 매뉴얼 작성</li> </ul>	4

<표 4-13> 폐플라스틱 재활용 복합재료 제조 및 사용 기술의 추진일정 및 예산

추진 일정														
해당 연차	연구내용	월별 추진 일정												예산 (억원)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	폐플라스틱 재활용 원사의 성능조사				■	■	■	■	■	■	■	■	■	2
	원사의 성능개선 기술 조사 및 분석	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			
2	성능 개선을 위한 표면 코팅 기술 개발	■	■	■	■	■	■	■	■	■				5
	균열저감 복합재료 제조 기술 개발				■	■	■	■	■	■	■	■	■	
3	구조물 제작을 위한 설계 및 해석	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	9
	원사 보강재 함유 구조물의 내충격성 시험							■	■	■	■	■	■	
4	폐플라스틱 원사 사용을 위한 매뉴얼 작성	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	4

○ 해양쓰레기 재활용 기술 개발 : 폐어망 재활용 복합재료 제조 및 사용 기술

<표 4-14> 폐어망 재활용 복합재료 제조 및 사용 기술의 연구내용 및 예산

연차	각 연차별 연구목표	연구내용	예산 (억원)
1차년도	폐어망 종류별 특성 파악	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 재활용 가능한 폐어망 종류 및 특성 파악               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐어망 종류별 수거 및 분류</li> <li>- 폐어망 종류별 물리적 특성 및 성분 분석</li> <li>- 재활용 가능 폐어망 선정</li> </ul> </li> <li>○ 폐어망 재활용 보강재 제작을 위한 파쇄 기술 조사               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 해양쓰레기 세척 및 파쇄 기술 개발과 연계</li> <li>- 고속세척 및 파쇄장비 조사 및 선정</li> </ul> </li> </ul>	2
2차년도	폐어망 재활용 복합재료 제조기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 폐어망 절단 보강재 함유 FRC 제조기술               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 직접인장 실험을 통한 인장성능 개선여부 확인</li> <li>- 직접인장 실험을 통한 부착성능 조사</li> <li>- 구조물 적용을 위한 폐어망 종류별 최적 혼합비 도출</li> <li>- 복합재료의 균열저감 메커니즘 규명</li> </ul> </li> <li>○ 폐어망 무절단 보강재 함유 TRC 제조기술               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 휨인장 실험을 통한 인장성능 개선여부 확인</li> <li>- 구조물 적용을 위한 폐어망 종류별 최적 혼합비 도출</li> <li>- 복합재료의 균열저감 메커니즘 규명</li> </ul> </li> </ul>	5
3차년도	폐어망 재활용 복합재료 사용 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 폐어망 보강재 함유 구조물 제작을 위한 설계 및 해석               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 최적 사이즈 도출을 위한 유한요소해석</li> <li>- 구조물 제작을 위한 보강재료 사용률 및 시공방법 도출</li> </ul> </li> <li>○ 폐어망 보강재의 구조물 적용기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐어망 보강재 함유 복합재료 구조물 제작</li> <li>- 컨트롤 구조물과의 성능 비교 분석</li> <li>- 폐어망 보강재의 효과 확인</li> </ul> </li> </ul>	10
4차년도	폐어망 재활용 보강재의 사용 가이드 작성	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 시험 결과 정리 및 분석 통한 폐어망 재활용 보강재 사용 가이드 작성</li> </ul>	3

<표 4-15> 폐어망 재활용 복합재료 제조 및 사용 기술의 추진일정 및 예산

추진 일정															
해당 연차	연구내용	월별 추진 일정												예산 (억원)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	재활용 가능한 폐어망 종류 및 특성 파악				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	2
	폐어망 재활용 보강재 제작을 위한 파쇄 기술조사	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
2	폐어망 절단 보강재 함유 FRC 제조기술	■	■	■	■	■	■	■	■	■					5
	폐어망 무절단 보강재 함유 TRC 제조기술				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
3	폐어망 보강재 함유 구조물 제작을 위한 설계 및 해석	■	■	■	■	■	■	■	■	■					10
	폐어망 보강재의 구조물 적용기술 개발								■	■	■	■	■	■	
4	폐어망 재활용 보강재의 사용 가이드 작성	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	3

○ 해양쓰레기 재활용 기술 개발 : 폐유리 재활용 건축자재 제조 및 활용 기술

<표 4-16> 폐유리 재활용 건축자재 제조 및 활용 기술의 연구내용 및 예산

연차	각 연차별 연구목표	연구내용	예산 (억원)
1차년도	재활용 가능 폐유리 종류 및 특성 파악	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 폐유리 종류 및 특성 파악               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐유리 수거를 위한 국내 적지 선정</li> <li>- 종류별 물리적 특성 및 표면 성분 분석</li> </ul> </li> <li>○ 폐유리 세척 및 파쇄 기술조사               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐유리 전용 세척 및 파쇄장비 조사 및 선정</li> <li>- 해양쓰레기 세척 및 파쇄 기술 개발과 연계</li> </ul> </li> </ul>	2
2차년도	폐유리 재활용 복합재료 제조 및 성능개선 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 복합재료 제조 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐유리 재활용 치환 골재 제조기술 개발</li> <li>- 건축 미장재 활용기술 개발</li> </ul> </li> <li>○ 폐유리 사용 복합재료의 성능개선 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 성능개선 혼합재료 개발</li> <li>- 컨트롤과의 성능 비교 분석</li> </ul> </li> </ul>	3
3차년도	구조물 적용 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 폐유리 재활용 복합재료의 구조물 적용기술               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐유리 골재 치환 고강도 복합재료 제조 기술 개발</li> <li>- 컨트롤과의 성능 비교 분석</li> </ul> </li> <li>○ 도로포장 구조물 적용기술               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐유리 함유 도로포장 구조물의 섹션 제작 및 단기 성상 모니터링</li> <li>- 폐유리 함유 도로포장 구조물의 유지관리 기술 개발</li> </ul> </li> </ul>	3
4차년도	폐유리 사용 가이드 작성	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 폐유리 사용을 위한 매뉴얼 작성</li> </ul>	2

<표 4-17> 폐유리 재활용 건축자재 제조 및 활용 기술의 추진일정 및 예산

해당 연차	연구내용	추진 일정												예산 (억원)	
		월별 추진 일정													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	폐유리 종류 및 특성 파악				■	■	■	■	■	■	■	■	■		2
	폐유리 세척 및 파쇄 기술조사	■	■	■	■	■	■	■	■	■					
2	복합재료 제조 기술		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		3	
	복합재료의 성능개선 기술				■	■	■	■	■	■	■	■	■		
3	폐유리 재활용 복합재료의 구조물 적용기술 도출	■	■	■	■	■	■	■	■					3	
	포장 구조물 적용기술						■	■	■	■	■	■	■		
4	폐유리 사용을 위한 매뉴얼 작성	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	2	

○ 해양쓰레기 재활용 기술 개발 : 폐패각 재활용 바이오 필터 제조 및 구조물 적용기술

<표 4-18> 바이오 필터 제조 및 구조물 적용기술의 연구내용 및 예산

연차	각 연차별 연구목표	연구내용	예산 (억원)
1차년도	패각 종류별 특성 파악 및 소성화 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 재활용 가능 패각 종류 및 특성 파악               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 패각 수거 및 분류</li> <li>- 패각 종류별 주요성분(XRD) 분석</li> <li>- 재활용 가능 패각 선정 작업 완료</li> </ul> </li> <li>○ 바이오 필터 제조를 위한 소성화 기술조사 및 장비선정               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐패각 자원화 기술과 연계</li> <li>- 고속세척 및 소성화 장비 조사 및 선정</li> </ul> </li> </ul>	4
2차년도	패각 재활용 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 바이오 필터 함유 복합재료 제조기술               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 복합재료 제작을 위한 바이오 필터의 입자크기 선정</li> <li>- 복합재료의 내염해성 평가 기술 개발</li> <li>- 복합재료의 강도 평가 기술 개발</li> <li>- 바이오 필터 함유 복합재료의 내구성능 증진 메커니즘 규명</li> </ul> </li> <li>○ 바이오 필터 기반 성토재 활용 기술               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 미세구조 및 균일도 분석</li> <li>- 구조물 적용을 위한 패각 종류별 (굴패각, 전복패각 등) 최적 혼합비 도출</li> <li>- 바이오 필터 성능 개선 재료 개발</li> </ul> </li> </ul>	6
3차년도	바이오 필터의 구조물 적용 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 바이오 필터 함유 복합재료 구조물 제작               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시험 수행을 위한 타설 계획 수립</li> <li>- 바이오 필터 함유량 및 시공방법 결정</li> <li>- 골재 대비 최대/최소 치환율 결정</li> </ul> </li> <li>○ 바이오 필터의 구조물 적용기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 복합재료 구조물 제작</li> <li>- 컨트롤 구조물과의 성능 비교 분석</li> <li>- 단기/장기 폭로시험을 통한 내구성능 증진 효과 확인</li> </ul> </li> </ul>	7
4차년도	바이오 필터 사용 기술의 상용화	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 성능검증 보고서 작성 및 구조물 적용기술 개발</li> </ul>	3

<표 4-19> 바이오 필터 제조 및 구조물 적용기술의 추진일정 및 예산

		추진 일정												예산 (억원)
해당 연차	연구내용	월별 추진 일정												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	패각 종류 및 특성 파악	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	4
	소성화 기술조사 및 장비선정	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
2	바이오 필터 함유 복합 재료 제조기술	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	6
	바이오 필터 기반 성토재 활용 기술	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
3	바이오 필터의 구조물 적용기술 개발			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	7
	바이오 필터 함유 복합 재료 구조물 제작	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
4	구조물 적용 기술 개발 및 바이오 필터의 상용화	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	3



## 4.5. 연차별 소요예산

## ○ 해양쓰레기 전처리 기술

&lt;표 4-20&gt; 해양쓰레기 전처리 기술의 소요예산

연차	사업내용 (사업 목표)	예산 (억원)
1차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 해양쓰레기 세척 및 건조 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 해양쓰레기 종류별 특성 및 표면 이물질 성분 분석</li> <li>- 해양쓰레기 세척 및 건조시스템 조사</li> </ul> </li> <li>○ 해양쓰레기 파쇄 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 해양쓰레기 종류별 물성치 파악</li> <li>- 기존 파쇄 시스템 분석 및 정보 수집</li> </ul> </li> <li>○ 해양 폐플라스틱 용융 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐플라스틱 종류별 특성 파악 (용융점 위주)</li> <li>- 열분해 핵심 기술 분석</li> <li>- 슬래그 생성 특성 파악</li> <li>- 용융 공정 조사</li> </ul> </li> <li>○ 폐패각 자원화 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 패각 표면 주요 이물질 파악</li> <li>- 패각 재활용 장비 자료 수집 및 분석</li> </ul> </li> </ul>	12
2차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 해양쓰레기 세척 및 건조 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 세척 스프레이 노즐 설계 (1차 세척)</li> <li>- 세척 수조 설계 (2차 세척)</li> <li>- 회전식 탈수 시스템 설계 (1차 건조)</li> <li>- 열풍 건조기 설계 (2차 건조)</li> </ul> </li> <li>○ 해양쓰레기 파쇄 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 종류별 해양쓰레기 파쇄 하중 산출</li> <li>- 롤러 크러셔 형상설계</li> <li>- 롤러 크러셔 적정 회전속도 산출</li> <li>- 롤러 크러셔 다물체 동역학 해석 I</li> <li>- 투입구 및 배출구 개념설계</li> <li>- 파쇄 하중 및 속도 제어장치 개념설계</li> </ul> </li> <li>○ 해양 폐플라스틱 용융 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 성상별 열분해 특성 분석</li> <li>- 벤치탑 용융 시스템 제작을 위한 용융로 및 연소 시스템 설계</li> <li>- 용융 시스템 수치해석</li> <li>- 벤치탑 용융 시스템 제작 및 실험</li> </ul> </li> <li>○ 폐패각 자원화 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 바이오필러 개발용 입자 크기 선정</li> <li>- 입자 분류기 개념 설계</li> </ul> </li> </ul>	29

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐각별 열분해 특성 분석 (=소성화 과정 분석)</li> <li>- 폐각별 소성 온도 결정</li> <li>- 폐각별 불순물(마그네슘 등) 제거 과정 설계 I</li> </ul>	
3차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 해양쓰레기 세척 및 건조 기술 개발                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 스프레이 노즐 CFD 해석</li> <li>- 열풍 건조 특성 해석 (CFD 해석)</li> <li>- 세척 및 건조 시스템 상세 설계</li> <li>- 세척 및 건조 시스템 개발 및 제작</li> </ul> </li> <li>○ 해양쓰레기 파쇄 기술 개발                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 롤러 크러셔 다물체 동역학 해석 II</li> <li>- 롤러 크러셔 최적 형상 및 속도 결정</li> <li>- 투입구 및 배출구 형상설계</li> <li>- 파쇄 하중 및 속도 제어장치 설계</li> <li>- 롤러 크러셔를 포함한 파쇄 시스템 제작</li> </ul> </li> <li>○ 해양 폐플라스틱 용융 기술 개발                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 벤치탑 용융 시스템 제작 및 용융 실험</li> <li>- 열분해 설계 인자 보완</li> <li>- 용융 시스템 수치해석 모델 검증</li> <li>- 최적 용융 시스템 결정 및 설계</li> <li>- 용융 시스템 제작</li> </ul> </li> <li>○ 폐폐각 자원화 기술 개발                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 입자 분류용 거름망 &amp; 진동 시스템 설계</li> <li>- 입자 분류를 위한 적정 진동수 선정</li> <li>- 폐각별 불순물 제거 과정 설계 II</li> <li>- 입자 분류 시스템 제작</li> <li>- 폐각별 순수 칼슘 분리 기술 개발</li> </ul> </li> </ul>	38
4차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 해양쓰레기 세척 및 건조 기술 개발                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 세척 및 건조 시스템 성능 검증 실험</li> </ul> </li> <li>○ 해양쓰레기 파쇄 기술 개발                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 파쇄 시스템 성능 검증 실험</li> </ul> </li> <li>○ 해양 폐플라스틱 용융 기술 개발                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 용융 시스템 성능 검증 실험</li> </ul> </li> <li>○ 폐폐각 자원화 기술 개발                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 입자 분류 시스템 성능검증 시험</li> <li>- 순수 칼슘 추출 기술검증 시험</li> </ul> </li> </ul>	21

## ○ 해양쓰레기 재활용 기술

&lt;표 4-21&gt; 해양쓰레기 재활용 기술의 소요예산

과제	사업내용 (사업 목표)	예산 (억원)
1차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 폐플라스틱 재활용 복합재료 제조 및 사용 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐플라스틱 재활용 원사의 성능조사</li> <li>- 원사의 성능개선 기술 조사 및 분석</li> </ul> </li> <li>○ 폐어망 재활용 복합재료 제조 및 사용 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐어망 종류별 수거 및 분류</li> <li>- 폐어망 종류별 물리적 특성 및 성분 분석</li> <li>- 재활용 가능 폐어망 선정</li> <li>- 고속세척 및 파쇄장비 조사 및 선정</li> </ul> </li> <li>○ 폐유리 재활용 건축자재 제조 및 활용 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐유리 수거를 위한 국내 적지 선정</li> <li>- 종류별 물리적 특성 및 표면 성분 분석</li> <li>- 폐유리 전용 세척 및 파쇄장비 조사 및 선정</li> </ul> </li> <li>○ 폐패각 재활용 바이오 필러 제조 및 구조물 적용 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 재활용 가능 패각 종류 및 특성 파악</li> <li>- 재활용 가능 패각 선정 작업 완료</li> <li>- 바이오 필러 제조를 위한 소성화 기술조사 및 장비선정</li> </ul> </li> </ul>	10
2차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 폐플라스틱 재활용 복합재료 제조 및 사용 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 표면 코팅 기술 개발</li> <li>- 균열저감 복합재료 제조 기술 개발</li> </ul> </li> <li>○ 폐어망 재활용 복합재료 제조 및 사용 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐어망 절단 보강재 함유 FRC 제조기술</li> <li>- 폐어망 무절단 보강재 함유 TRC 제조기술</li> </ul> </li> <li>○ 폐유리 재활용 건축자재 제조 및 활용 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐유리 재활용 치환 골재 제조기술 개발</li> <li>- 건축 미장재 활용기술 개발</li> </ul> </li> <li>○ 폐패각 재활용 바이오 필러 제조 및 구조물 적용 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 바이오 필러 함유 복합재료 제조기술</li> <li>- 바이오 필러 기반 성토재 활용 기술</li> </ul> </li> </ul>	19
3차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 폐플라스틱 재활용 복합재료 제조 및 사용 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 복합재료 구조물 제작을 위한 설계 및 해석</li> <li>- 폐플라스틱 원사 보강재 함유 복합재료 구조물 제작</li> <li>- 복합재료 구조물의 내충격성 시험</li> </ul> </li> <li>○ 폐어망 재활용 복합재료 제조 및 사용 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 구조물 최적 사이즈 도출을 위한 유한요소해석</li> <li>- 구조물 제작을 위한 보강재 사용률 및 시공방법 도출</li> <li>- 컨트롤 구조물과의 성능 비교 분석</li> </ul> </li> <li>○ 폐유리 재활용 건축자재 제조 및 활용 기술 개발</li> </ul>	29

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐유리 골재 치환 고강도 복합재료 제조기술 개발</li> <li>- 폐유리 함유 도로포장 구조물의 섹션 제작 및 단기 성상 모니터링</li> <li>- 폐유리 함유 도로포장 구조물의 유지관리 기술 개발</li> <li>○ 폐폐각 재활용 바이오 필러 제조 및 구조물 적용 기술 개발</li> <li>- 바이오 필러 함유 복합재료 구조물 제작</li> <li>- 시험 수행을 위한 타설 계획 수립</li> <li>- 바이오 필러 함유량 및 시공방법 결정</li> <li>- 골재 대비 최대/최소 치환율 결정</li> <li>- 컨트롤 구조물과의 성능 비교 분석</li> <li>- 단기/장기 폭로시험을 통한 내구성능 증진 효과 확인</li> </ul>	
4차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 폐플라스틱 재활용 복합재료 제조 및 사용 기술 개발</li> <li>- 폐플라스틱 원사 사용을 위한 매뉴얼 작성</li> <li>○ 폐어망 재활용 복합재료 제조 및 사용 기술 개발</li> <li>- 폐어망 재활용 보강재 사용 가이드 작성</li> <li>○ 폐유리 재활용 건축자재 제조 및 활용 기술 개발</li> <li>- 폐유리 사용을 위한 매뉴얼 작성</li> <li>○ 폐폐각 재활용 바이오 필러 제조 및 구조물 적용 기술 개발</li> <li>- 성능검증 보고서 작성 및 구조물 적용기술 개발</li> </ul>	12



## 제5장 사전 타당성 분석





## 5. 사전 타당성 분석

### 5.1. 정책적 타당성

#### 5.1.1. 정부 정책, 계획과의 부합성

- 문재인 정부 100대 국정과제와 부합
  - 국정과제 목표 중 고르게 발전하는 지역 부문에 ‘사람이 돌아오는 농산어촌’이라는 전략이 있으며, 해당 전략에 해당하는 국정과제에 ‘깨끗한 바다, 풍요로운 어장’이 있음
  - 해양공간통합관리 및 해양환경에 대한 국가 관리체계 강화가 과제의 목표이며, 해양쓰레기 전처리/재활용 기술 개발과 해양쓰레기 자원화를 통하여 해양환경 관리체계 강화에 기여할 수 있을 것으로 판단됨

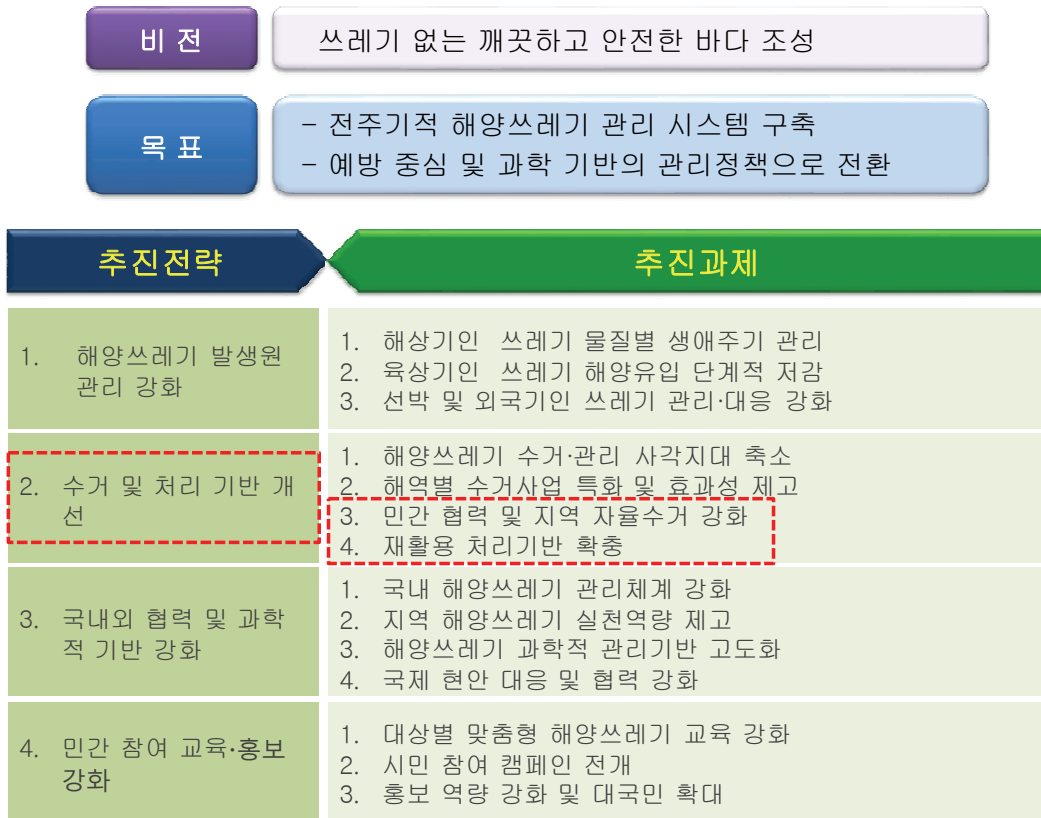
국가비전	국민의 나라 정의로운 대한민국				
5대 국정목표	국민이 주인인 정부	더불어 잘사는 경제	내 삶을 책임지는 국가	고르게 발전하는 지역	평화와 번영의 한반도
20대 국정전략	1. 국민주권의 숭고한 민주주의 실현 2. 소통으로 통합하는 강확한 대통령 3. 투명하고 유능한 정부 4. 권력기관의 민주적 개혁	1. 소득 주도 성장을 위한 일자리경제 2. 활력이 넘치는 공정경제 3. 서민과 중산층을 위한 민생경제 4. 과학기술 발전이 선도하는 4차 산업혁명 5. 중소벤처가 주도하는 창업과 혁신성장	1. 모두가 누리는 포용적 복지국가 2. 국가가 책임지는 보육과 교육 3. 국민 안전과 생명을 지키는 안심사회 4. 노동·존중·성평등을 포함한 차별 없는 공정사회 5. 자유와 장의가 넘치는 문화국가	1. 풀뿌리 민주주의를 실현하는 자치분권 2. 골고루 잘사는 균형발전 3. 사람이 돌아오는 농산어촌	1. 강한 안보와 책임국방 2. 남북 간 화해협력과 한반도 비핵화 3. 국제협력을 주도하는 당당한 외교
100대 국정과제 (487개 실천과제)	15개 과제 (71개 실천과제)	26개 과제 (129개 실천과제)	32개 과제 (163개 실천과제)	11개 과제 (53개 실천과제)	16개 과제 (71개 실천과제)

■ 전략 3 : 사람이 돌아오는 농산어촌	
81	누구나 살고 싶은 복지 농산어촌 조성 (농식품부)
82	농어업인 소득안전망의 촘촘한 확충 (농식품부)
83	지속가능한 농식품 산업 기반 조성 (농식품부)
84	깨끗한 바다, 풍요로운 어장 (해수부)

<그림 5-1> 문재인 정부 100대 국정과제

- 제3차 해양쓰레기 관리 기본계획(2019~2023)과 부합
  - 추진전략 부분에 '수거 및 처리 기반 개선' 항목이 있으며 해당 항목의 추진과제에 '민간 협력 및 지역 자율수거 강화'와 '재활용 처리기반 확충'항목에 부합함



<그림 5-2> 제3차 해양쓰레기 관리 기본계획

- 2017년 G20 정상회담에서 'G20 해양쓰레기 실행계획' 채택
  - G20 실행계획은 우리나라를 포함한 20개 회원국이 이행 의무를 부담하는 구속력 있는 조치이며, 해당 계획에서는 해양쓰레기 문제 해결을 위해 각 국가가 추진해야 할 7가지 정책 분야와 41개 실천 과제를 제시하고 있음
  - 상기 정책 분야 중 '해양쓰레기 정책 수립에 따른 사회경제적 편익 증진' 항목과 연관되어 있으며 해양쓰레기 재활용 기술 개발을 통해 해양쓰레기 재활용 산업 활성화가 예상됨. 또한, 고용 창출 효과가 있을 것으로 예상됨
  - '폐기물 발생 예방과 자원 효율화 증진' 정책 분야의 실천과제와 부합되며, 해양쓰레기 재활용 기술 개발을 통해 자원효율화를 실현함으로써 해양쓰레기 저감이 가능함
  - '수거 및 개선 조치' 정책 분야와 연관이 있으며, 연구사업을 통해 해양 쓰레기 전문가 네트워크가 구축될 경우 해양쓰레기 수거와 개선 관련 연구를 보다 효율적으로 지원할 수 있으며, 수거 관련 가이드라인을 개발할 수 있음



&lt;표 5-1&gt; G20 해양쓰레기 7가지 정책 분야 및 41개 실천 과제 중 연관분야

정책 분야	실천 과제
해양쓰레기 정책 수립에 따른 사회경제적 편익 증진	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 관광개발, 지속 가능한 어업 등 고용 창출 측면에서 해양쓰레기 저감 및 예방 조치의 사회 경제적 편익을 증진, 인식 제고</li> <li>● 위해성과 영향평가에 기반한 정책 조치 확인</li> <li>● 영향을 주고받는 국가, 지자체, 지역, 이해관계자 간의 협력과 대화 촉진</li> <li>● 관광, 어업, 폐수 및 항만관리, 선박과 크루즈, 플라스틱과 소비재 산업 등 경제 부문 이해관계자와 협력 촉진</li> <li>● 해양쓰레기 모니터링 등 과학기술 전문 인력 양성</li> </ul>
폐기물 발생 예방과 자원 효율화 증진	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 폐기물 관리체계와 3R(저감, 재사용, 재활용) 방법 활용, 쓰레기 발생 억제를 최우선 추진</li> <li>● 생산자, 수입업자, 소매업자가 제품의 설계에서부터 처리에 이르는 생애주기 과정의 ‘자원 효과적 생산 가치사슬’구조 내에 관여하도록 메커니즘 장려</li> <li>● 마이크로 비즈와 일회용 비닐봉지의 사용을 현저하게 줄이고 단계적으로 금지</li> <li>● 제품 디자인과 소비자 행동 변화, 지속 가능한 물질 관리 등 근원적인 저감 조치 이행</li> <li>● 생산과 수송 과정에서 유실되는 플라스틱 레진 펠릿 발생을 현격히 저감</li> </ul>
수거 및 개선 조치	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 친환경적이고 안전한 쓰레기 수거와 개선 조치에 관한 연구와 협력 지원</li> <li>● 수거 및 개선 조치에 관한 가이드라인과 툴 키트를 개발하고 사용 장려</li> <li>● 정기적이고 계획된 방법으로 해양쓰레기 정화 활동을 추진</li> </ul>

### 5.1.2. 정부지원의 필요성 및 시급성

- 해양쓰레기 처리 관련 국내 해양과학기술 확보의 필요성
  - 국내 해양쓰레기의 연간 수거량은 약 7만 2천 톤이며, 앞으로도 해양쓰레기 발생량은 증가할 것으로 예상되어 수거량 및 투입 예산도 함께 증가할 것으로 예상됨
  - 해양쓰레기의 주된 처리 방법은 소각이지만 현재 소각 비용이 지속적으로 상승하고 있을 뿐 아니라 소각으로 인한 대기오염 문제가 있어 해양쓰레기 처리의 비효율성도 함께 높아지고 있음
  - 일부 해양쓰레기는 플라스틱 원자재로 재활용하여 판매하고 있으나 한 가지 기술만으로는 대량의 해양쓰레기를 효과적으로 재활용하기 어려움
  - 상기에 언급된 상황을 고려했을 때, 해양쓰레기를 보다 친환경적이고 효과적으로 처리할 수 있는 해양과학기술(해양쓰레기 재활용 기술) 확보가 필요함
  
- 민간기업의 재정적 역량이 약하여 R&D 투자가 사실상 어려움
  - 국내 해양쓰레기 재활용 산업은 주로 중소기업들이 주축이며, 대부분 정상적으로 운영되고 있으나, 최근 몇 년간 이어진 재활용 원자재 가격 하락으로 기업의 판로가 좁아지면서 연구개발에 자금을 투자하기 어려운 실정이므로 해양쓰레기 재활용 방법의 다각화를 위해서는 정부지원이 필요함
  - 유럽이나 미국 등의 선진국에서도 해양쓰레기 재활용 및 관리 체계 구축 관련 연구는 주로 정부나 비영리단체가 주도하여 연구자금을 지원하고 있음
  - 그 예시로, 유럽위원회(EC, European Commission)는 어업용 폐기물 수집, 분류, 재활용하는 체계 구축을 위해 'EUfir시스템(2012~2015)' 프로젝트를 지원하였음
  - 또한 유럽연합(EU, European Union)는 해양쓰레기 재활용 및 자원 순환을 위해 'Northern Periphery and Arctic Programme'와 'Circular Ocean(2015~2018)' 프로젝트를 공동수행하고 자금을 지원하였음
  
- 해양쓰레기 관리 체계 및 관련 네트워크 구축 필요
  - 본 기획연구에서 제시하는 해양쓰레기 재활용 연구는 다양한 종류의 해양쓰레기를 복합재료로 재활용할 수 있는 방안을 제시함. 즉, 각 종류별 해양쓰레기에 대한 재활용 제조 공정을 수립함으로써 해양쓰레기의 수거 및 처리 관련 정보(해양쓰레기 종류, 수거량, 재활용률 등)를 체계적으로 축적할 수 있음
  - 현재 국내 해양쓰레기의 체계적인 관리 시스템이 필요한 상황을 고려할 때, 본 연구에 대한 정부지원이 시급하다고 판단됨
  - 해양쓰레기 관련 정보 수집 시 어업인 혹은 민간기업, 학계, 해양과학기술 전문 연구

진 등 다방면의 전문가 의견 통합 및 해양쓰레기 전문가 네트워크 구축이 필요하다고 판단되며 해당 역할을 국가 산하의 연구기관이 할 경우 연구의 효율성이 더욱 높아질 것으로 예상됨

## 5.2. 기술적 타당성

### 5.2.1. 기존 연구사업과의 연계성

- 한국해양과학기술원에서는 굴폐각 폐기물의 효과적인 활용방안 연구로 굴폐각을 연약지반 개량제나 샌드 파일재의 모래 대체 재료로서의 활용 가능성 분석을 위한 ‘굴폐각 혼입 특수 콘크리트 개발’ 연구를 수행한 바 있음
- 해당 연구 결과를 바탕으로 폐각류의 해양쓰레기를 해양 및 항만구조물을 위한 건설재료로 활용가능성을 검토한 후 실험 검증을 해봄으로써 다양하고 통합적인 해양쓰레기 재활용 기술을 확보할 수 있음



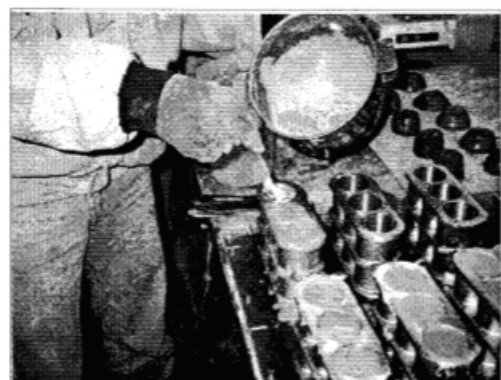
(a) 대상토



(b) 굴폐각 고화재 투입 장면



(c) 굴폐각 고화재와 대상토 혼합 장면



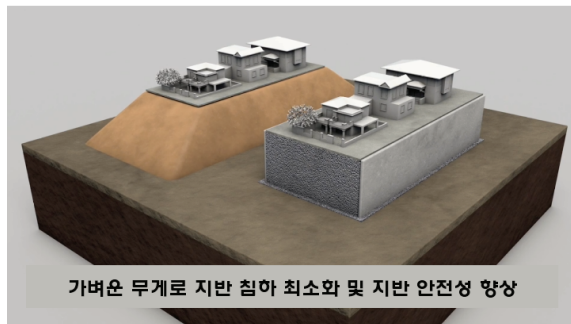
(d) 공시체 몰드에 슬러리 투입 장면

<그림 5-3> 굴폐각 재활용 연구 사례

- 해양준설토의 재활용을 위하여 ‘준설토 재활용 방안 연구’를 수행한 바 있으며, 해당 연구에서는 해양준설토를 항만건설재료로 재활용할 수 있도록 기포혼합 경량성토재료 기술 개발 및 역학 실험과 준설토의 위해성 평가 등을 진행하였음
- 준설토 활용 경량혼합토의 무게는 원지반 토사대비 50~70% 이며, 강도는 원지반 대비 10~50배에 달하는 것으로 확인되어 무게와 강도 측면에서 매우 유리한 것을 확인하였음
- 해당 연구 결과를 바탕으로 준설토를 경량골재나 기타 건설재료로 재활용할 수 있는 연구를 수행함으로써 준설토의 재활용 범위를 확장시킬 수 있음



<그림 5-4> 경량혼합토의 구성



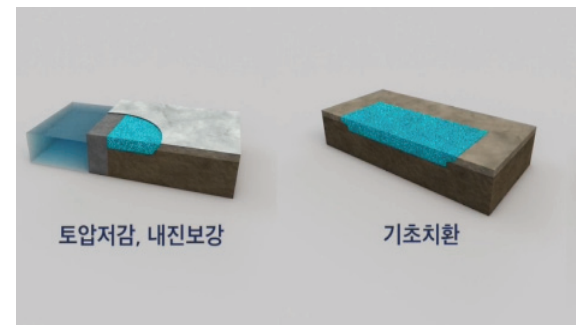
(a) 경량혼합토 장점 : 무게



(b) 경량혼합토 장점 : 비용



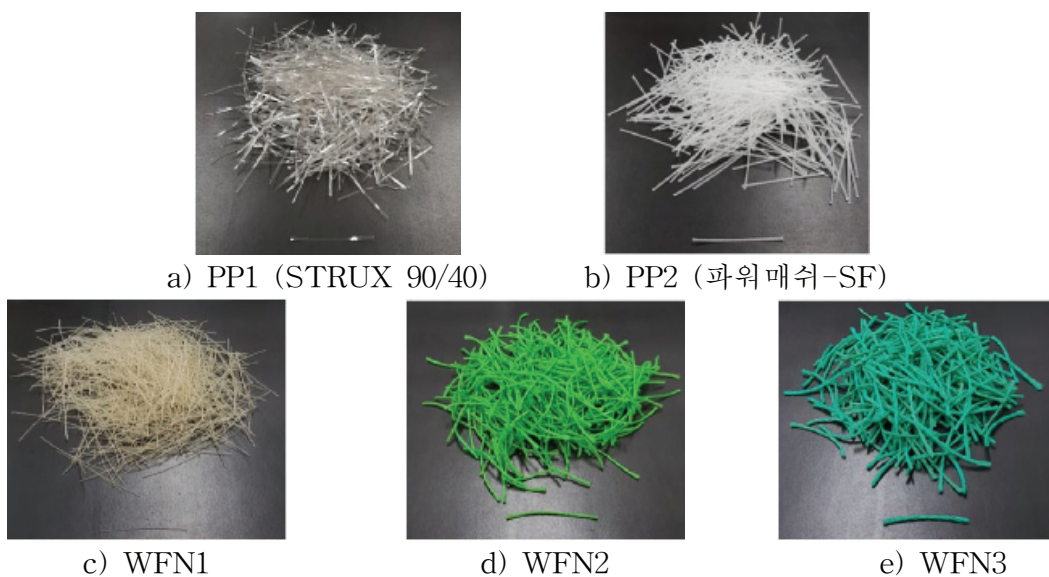
(c) 경량혼합토 공법 검증



(d) 경량혼합토 공법의 활용 방안

<그림 5-5> 경량 혼합토 연구 내용

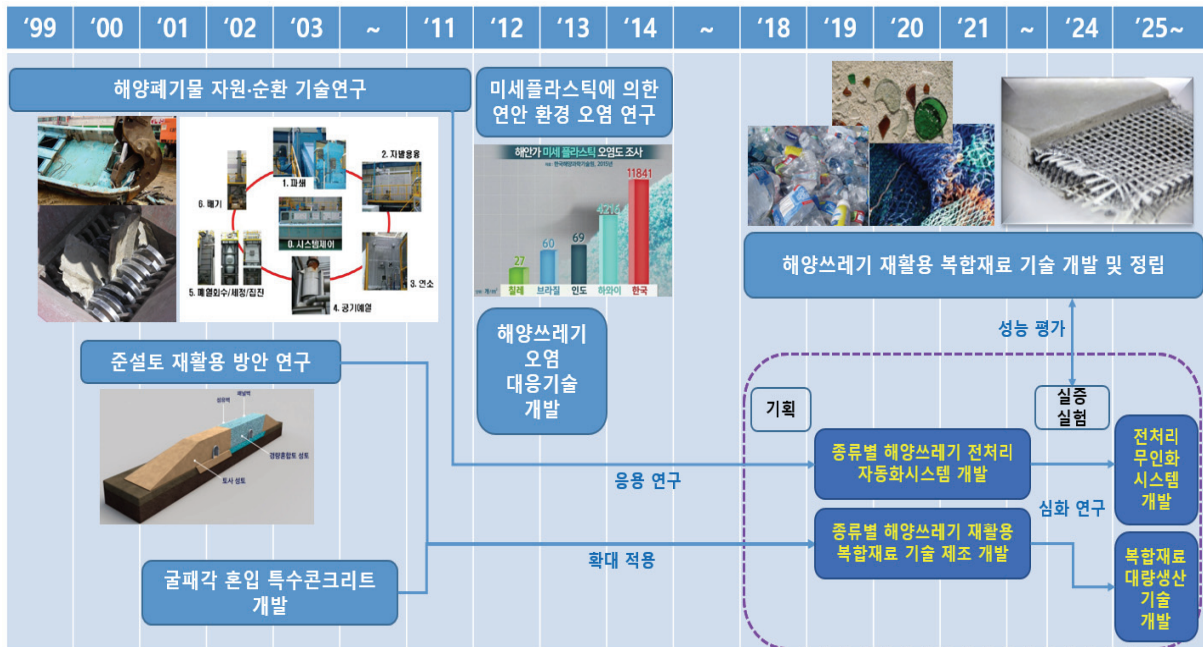
- 또한 한국해양과학기술원에서는 폐어망과 같은 해양쓰레기를 건설재료의 섬유보강재로 재활용하기 위하여 폐어망 섬유를 제작하여 섬유보강재로써의 성능을 검토하였음
- 고려된 섬유는 폐어망 섬유 3종(WFN1, WFN2, WFN3)과 폴리프로필렌 재질의 시판 섬유 2종(PP1, PP2)이며, 해당 섬유를 시멘트 모르타르에 혼입하여 시편을 만들고 압축 및 인장실험을 수행하였음
- 실험 결과를 폐어망 섬유의 보강으로 인하여 압축강도는 조금 감소하였으나, 보다 연성적인 압축파괴 거동을 나타내는 것을 확인하였음
- 인장강도와 파괴에너지(Total toughness)는 폐어망 및 시판 섬유의 보강으로 인하여 증가하는 것을 확인하였음
- 균열 후 파괴에너지의 경우 섬유 보강량 0.5%에서 ‘WFN2’가 시판 섬유(PP1)보다 약 30% 높은 결과를 보여주었으며, 섬유 보강량 1.0%에서 ‘폐어망3’이 가장 높은 균열 후 파괴에너지를 갖는 것으로 나타났음
- 따라서 WFN2, WFN3은 기존시판섬유와 비교하여 동등 이상의 성능을 나타내고 있어 시멘트 모르타르에 섬유보강재로 사용이 가능할 것으로 판단되었음
- 상기 실험에 대한 자세한 내용은 ‘부록 1’에 수록하였음



<그림 5-6> 실험에 고려된 섬유보강재 5종

### 5.2.2. 국내 해양쓰레기 기술개발 연구과제 연관 흐름도

- 국내 해양쓰레기 관련 연구는 1999년부터 꾸준히 진행되어 왔음. 다음 <그림 5-7>은 한국해양과학기술원에서 수행한 해양쓰레기 관련 연구의 연관흐름도임
- <그림 5-7>에서 보는 바와 같이 준설토 재활용 연구, 굴폐각 혼입 특수 콘크리트 개발 연구 결과를 바탕으로 해양·항만구조물을 적용을 위한 복합재료 개발에 활용하여 재활용 할 수 있는 해양쓰레기의 범위를 확장시킬 수 있음
- 또한 종류별 해양쓰레기(플라스틱류, 어망류, 패각류 등)에 대한 전처리 자동화시스템 개발을 위해 해양폐기물 자원·순환 기술연구에서 개발된 폐FRP 선박 재활용 시스템에 대한 응용연구가 필요함
- 해양쓰레기 재활용 복합재료 기술 개발 사업에서는 한국해양과학기술원의 주요과제의 연구 성과를 적용하여 개발 기술의 검증을 실시하고, 후속 연구를 지속하여 관련 기술의 성숙도를 높일 수 있음



<그림 5-7> 해양쓰레기 관련 연구과제의 연계성

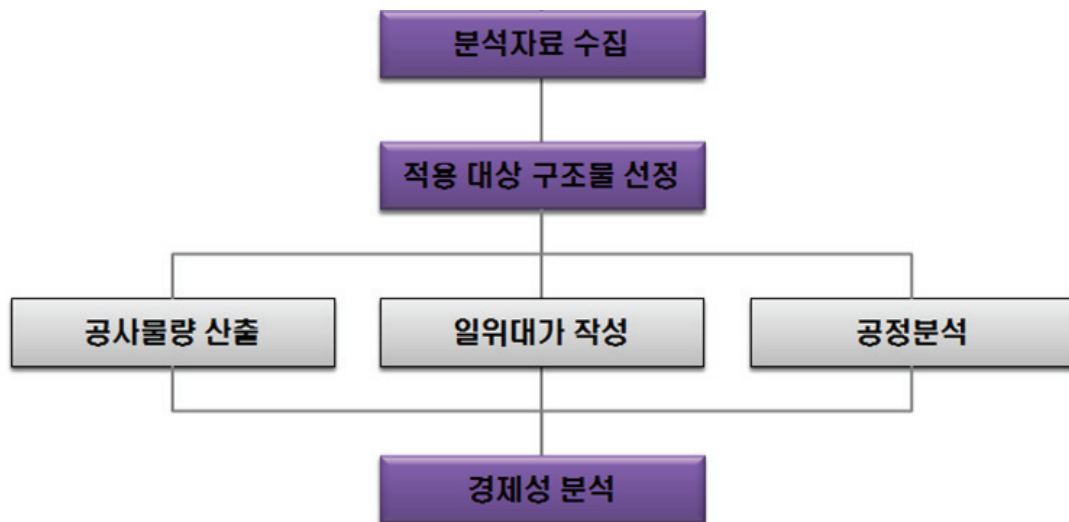
### 5.3. 경제적 타당성

#### 5.3.1. 개요

- 경제적 타당성 검토는 폐어망 섬유보강재와 폐어망 섬유보강 복합재료의 원가에 근거하여 실제 항만 시설물에 본 기술을 적용했을 경우에 대한 경제적 효용을 추정하여 이루어짐

#### 5.3.2. 경제성 검토 및 평가 방법

- 기술의 경제성 평가는 기술의 순현재가치(기술의 현재가치-R&D비용의 현재가치)를 평가하는 시장수요접근법이 일반적이며, 기술의 편익은 ‘미래 시장규모 × 사업기여율 × 연구개발 기여율 × 연구개발 사업화 성공률 × 부가가치율’로 계산됨
- 그러나 현 시점(기획연구단계)에서는 본 기술에 대하여 상기 내용을 추정하기 어렵기 때문에 폐어망 섬유보강 복합재료의 원가에 근거하여 실제 항만 시설물에 폐어망 섬유보강 복합재료를 적용했을 경우를 바탕으로 경제성을 평가함



<그림 5-8> 경제성 분석의 절차

### 5.3.3. 경제적 타당성 평가

#### 가. 쓰레기 재활용 섬유제조 원가

- 해양쓰레기 재활용 업체를 방문하여 공정별 단가 조사를 수행하였으며, 수집된 정보를 바탕으로 폐어망 섬유보강재 제조 원가 산출을 수행함
- 폐어망과 로프는 보통 수매사업<sup>6)</sup>을 통하여 수거되며, 주로 PE, PP 계열의 폐어망이 재활용됨
- 폐그물과 로프를 재활용하여 복합재료에 적용하기 위한 섬유 보강재를 제조하는 회사는 현재까지 없으며, 대부분 재활용 업체들은 재생 원자재(펠렛, 플레이크)를 제조한다고 함
- 재활용이 불가능하거나 수요가 없는 폐어망 및 로프는 소각되며 소각 비용은 톤당 250,000원임

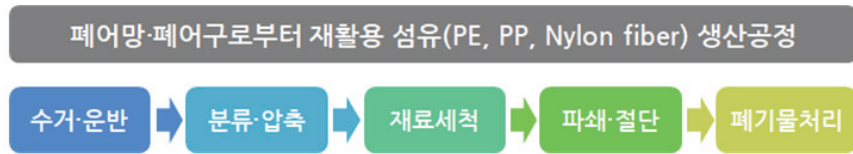


<그림 5-9> 해양쓰레기 재활용 업체 방문: 유한회사 보경

- 재활용 섬유 제조원가 분석의 전제는 해양쓰레기 수거에서 가공까지 화학적 반응이 아닌 물리적 반응 과정만을 거쳐 생산하는 것으로 가정함
- 폐어망 재활용 섬유를 생산하는 과정은 기준으로 다음과 같은 공정을 거쳐 생산됨
  - 1단계. 수거·운반 : 수협 및 지자체의 수매사업 등으로 폐기물 수집공정
  - 2단계. 분류·압축 : 폐기물의 성상별 분류 및 압축 공정
  - 3단계. 세척 : 폐어망·폐어구에 부착된 이물질, 염분 등 제거 공정
  - 4단계. 파쇄·절단 : 물리적 파쇄로 재활용 섬유 생산 공정
  - 5단계. 폐기물 처리 : 잔류 폐기물 처리공정

6) 조업 중 인양된 해양폐기물을 마대에 담아 다시 항구로 되가져오도록 하는 사업





<그림 5-10> 폐어망 재활용 섬유보강재 생산 공정도

- 상기 공정에 의해 생산되는 재활용 섬유는 일위대가<sup>7)</sup> 등의 분석을 통해 원가를 분석하고, 원가에 기타 경비 및 보험료 등 제비율 비용을 가산하여 제조원가를 산출함
  - 원가계산은 재료비, 노무비, 경비로 구성되며, 여기에 원가 제비율 등을 고려하여 수행하도록 함
  - 공정별 투입되는 비용은 조사비용 중 큰 값을 적용함
- 또한 제조원가에 판매관리비와 기업의 이윤 및 부가가치세 등을 고려하여 적정 판매 단가를 결정함
  - 일반관리비, 이윤 등은 국가계약법 및 지방계약법에 준하여 적용하도록 하며, 부가가치세는 관련 법령을 적용함
  - 판매관리비(제품 포장 및 유통 비용) 30%, 기업이윤 15%, 부가가치세 10%

<표 5-2> 2018년 공사원가 제비율

항목	산출근거	비고
산업재해보상보험	노무비 × 3.7 %	2018년 공사원가제비율 적용
고용보험료	노무비 × 0.87 %	
국민건강보험료	직접노무비 × 1.7 %	
국민연금보험료	직접노무비 × 2.49 %	
노인장기요양보험료	건강보험료 × 6.55 %	
산업안전보건관리비	(재료비+직접노무비) × 2.48 %	
기타경비	(재료비+노무비) × 6.2 %	

7) 일위대가는 공사에 대하여 관련된 보수나 사용대금을 의미함. 일위대가표에는 공사의 종류, 즉 공종과 명칭, 금액의 세부 내역을 기록하도록 하며 세부 내역으로는 자재 비용, 노무 비용, 장비 사용 비용이 포함될 수 있음

- 제조원가 분석 결과 폐어망 재활용 섬유보강재의 제조원가는 587,089원/톤임
  - 순원가는 톤당 545,659원임
  - 간접노무비<sup>8)</sup>, 기타경비 등은 톤당 41,430원임
  - 폐어망의 중량별 비율은 PP계열 45.02%, PE계열 22.75%, Nylon계열 20.81%로 약 88% 수준이며, 기타 금속 추, 흙 등 불연성 물질이 약 11% 정도임
  - 재활용 섬유의 생산과정에서 발생하는 손실률 등을 감안하여 폐어망·폐어구의 구매 기준으로 80%를 적용함

<표 5-3> 재활용 섬유보강재 제조 원가

번호	구분	산출근거	금액	구성비	비고
1.	순원가		545,659		
2.	재료비		258,366		
3.	직접노무비		66,624		
4.	경비		220,669		
5.	간접노무비	[3×10.5%]	6,995		직접노무비의 10.5%
6.	기타경비	[(2+3)×6.2%]	20,149		(재료비+직접노무비)의 6.2%
7.	산업재해보상보험	[(3+5)×3.7%]	2,723		노무비의 3.7%
8.	고용보험료	[(3+5)×0.87%]	640		노무비의 0.87%
9.	국민건강보험료	[3×1.7%]	1,132		직접노무비의 1.7%
10.	노인장기요양보험료	[9×6.55%]	74		국민건강보험료의 6.55%
11.	국민연금보험료	[3×2.49%]	1,658		직접노무비의 2.49%
12.	산업안전보건관리비	[(2+3)×2.48%]	8,059		(재료비+직접노무비)의 2.48%
13.	총제조원가	Σ[2~12]	587,089		

8) 간접 작업 임금·간접 공임금·휴업 임금·일급·직원급여·퇴직 적립금 및 의료보험료 회사 부담금과 같은 후생복지비 등이 이에 속함. 원가계산 기준에 의하면 간접노무비는 원칙적으로 원가계산 기간에 부담해야 될 지불액으로 계산하게 되어 있음

- 폐어망 재활용 섬유보강재의 적정 판매단가는 965,466원/톤임

<표 5-4> 재활용 섬유보강재의 적정 판매단가

구분	금액(원/톤)	비고
1. 총 제조원가	587,089	
2. 판매관리비	176,126	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 재활용 섬유의 포장·운반 및 판매에 소요되는 제비용</li> <li>• 순 제조원가(1) × 30%</li> </ul>
3. 기업이윤	114,482	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국가계약법 등 준용 : 최대 이윤 15%</li> <li>• (순 제조원가 + 판매관리비) × 15%(15% 이내)</li> </ul>
4. 부가가치세	87,769	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 「부가가치세법」 준용 : 법정 10%</li> <li>• (순 제조원가 + 판매관리비 + 기업이윤) × 10%</li> </ul>
5. 적정 판매단가	965,466	

- 각 공정별 단가 목록과 단가산출근거를 표로 정리하였음

<표 5-5> 단가산출근거: 수거/운반

산출근거	노무비	재료비	경비	합계	비고
1. 수거/운반(해양수거)[ton]		237,500		237,500	
① 그물 및 로프 수거 (수매사업을 통해 해양쓰레기 수거 시 수협이 수거업체에 제공하는 금액) 경 비 : $\text{Max}(170,000.00, 190,000.00) / 80\% = 237,500.00\text{원/ton}$		237,500		237,500	
총계 :		237,500		237,500	

<표 5-6> 단가산출근거: 분류/압축

산출근거	노무비	재료비	경비	합계	비고
1. 분류/압축(육상 분류/압축)[ton]		75,000		75,000	
① 육상 분류 및 압축 (판매 혹은 무상배부를 위한 압축 및 이송 비용) 경 비 : $\text{Max}(50,000.00, 60,000.00) / 80\% = 75,000.00\text{원/ton}$		75,000		75,000	
총계 :		75,000		75,000	

<표 5-7> 단가산출근거: 세척비

산출근거	노무비	재료비	경비	합계	비고
<b>3. 세척비(그물, 로프)[ton]</b>	30,581	17,630	10,955	59,166	
1. 세척비					
Q = 1.50m <sup>3</sup> /hr(시간당 1ton ~ 2ton 처리 예상)					
가. 동력분무기(4.85KW)					
노무비 : 0. ÷ 1.50 = 0.00					
재료비 : 2,396. ÷ 1.50 = 1,597.33		1,597.33		1,597.33	
경비 : 217. ÷ 1.50 = 144.67			144.67	144.67	
나. 물탱크(16,000리터)					
노무비 : 31,105. ÷ 1.50 = 20,736.67	20,736.67			20,736.67	
재료비 : 22,790. ÷ 1.50 = 15,193.33		15,193.33		15,193.33	
경비 : 16,215. ÷ 1.50 = 10,810.00			10,810.00	10,810.00	
2. 재료비					
물 : 1,260. ÷ 1.50 = 840.00		840.00		840.00	
3. 노무비					
보통인부 : 14,766. ÷ 1.50 = 9,844.17	9,844.17			9,844.17	
총계:	30,580.84	17,630.66	10,954.67	59,166.17	

&lt;표 5-8&gt; 단가산출근거: 파쇄

산출근거	노무비	재료비	경비	합계	비고
<b>4. 그물/로프 파쇄(파쇄기)[ton]</b>	36,043	3,236	7,231	46,510	
① 파쇄 작업					
가. 파쇄기 : 파쇄설비 시설 제조원가 산정 필요하나 대략산정 (10,000,000원~45,000,000원 예상(기계경비 참조))					
Q = 1.50m <sup>3</sup> /hr(시간당 1ton~2ton 처리 예상)					
노무비 : 24,532. ÷ 1.50 = 16,354.67	16,354.67			16,354.67	
재료비 : 4,855. ÷ 1.50 = 3,236.67		3,236.67		3,236.67	
경비 : 10,846. ÷ 1.50 = 7,230.67			7,230.67	7,230.67	
나. 운영인부(투입구 1명, 배출구 1명)					
보통인부 : 118,130원 × 2인 ÷ (8hr × 1.5) = 19,688.33	19,688.33			19,688.33	
다. 합계	36,043.00	3,236.67	7,230.67	46,510.34	
총계 :	36,043	3,236	7,231	46,510	

&lt;표 5-9&gt; 단가산출근거: 폐기물 처리

산출근거	노무비	재료비	경비	합계	비고
<b>5. 폐기물 처리비(기타 폐기물)[ton]</b>			127,483	127,483	
① 폐기물처리비					
경비 : 127,483원/ton ÷ 1ton = 127,483원			127,483	127,483	
총계 :			55,000	55,000	

&lt;표 5-10&gt; 기계경비 총괄

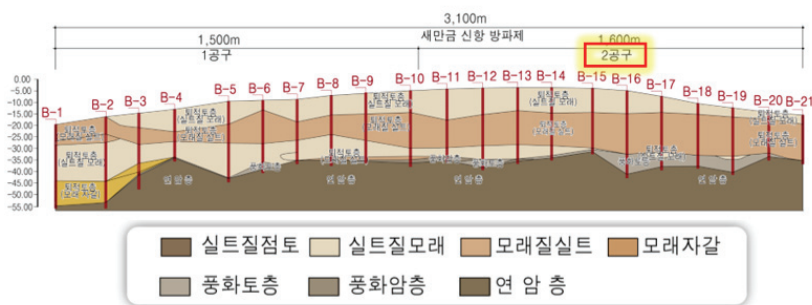
No	품명	규격	단위	노무비	재료비	경비	합계	비고
1	파쇄기(그물/로프)		hr	24,532	4,855	10,846	40,233	
2	물탱크	16000 ℓ	hr	31,105	22,790	16,215	70,110	
3	동력분무기	4.85kw	hr		2,396	217	2,613	

## 나. 대상 구조물 선정 및 분석

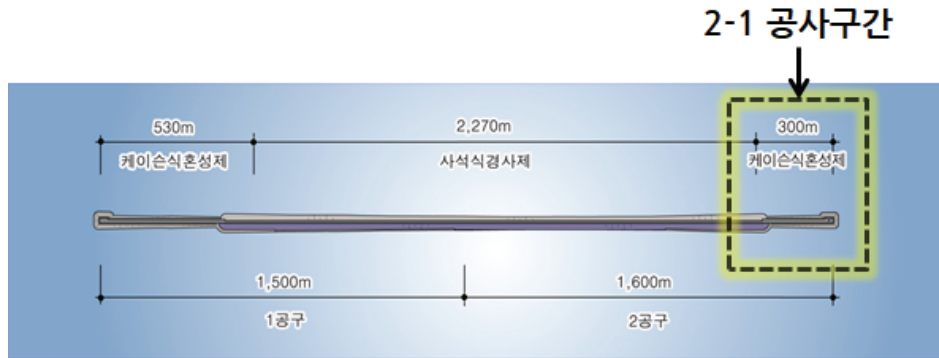
- 실제 항만 구조물 공사에 재활용 섬유와 기존 섬유를 적용한다고 가정하여 공사원가를 추정한 뒤 공사원가를 비교해 보았음
- 분석 대상 항만 구조물은 ‘새만금 신항 방파제’의 제2공구 케이슨 공사구간 중 2-1 공사구간이며, 콘크리트를 타설 시 섬유 보강재를 적용한다고 가정하고 공사원가를 추정하였음
- 새만금 신항 방파제의 총 길이는 3,100m 이며, 1공구와 2공구로 구성되며 2-1공사구간은 2공구에 속함
- 2-1 공사구간은 여러 개의 케이슨으로 구성되어 있으며 각 케이슨의 높이, 너비는 각각 18m, 16.3m 이고 해당 구간의 총 길이는 300m 임. 섬유보강 콘크리트의 총 물량은 21,160m<sup>3</sup> 임
- 케이슨 표준단면도를 <그림 5-14>에 표기하였으며, 섬유보강 콘크리트 적용부분에 점선으로 표시를 하였음



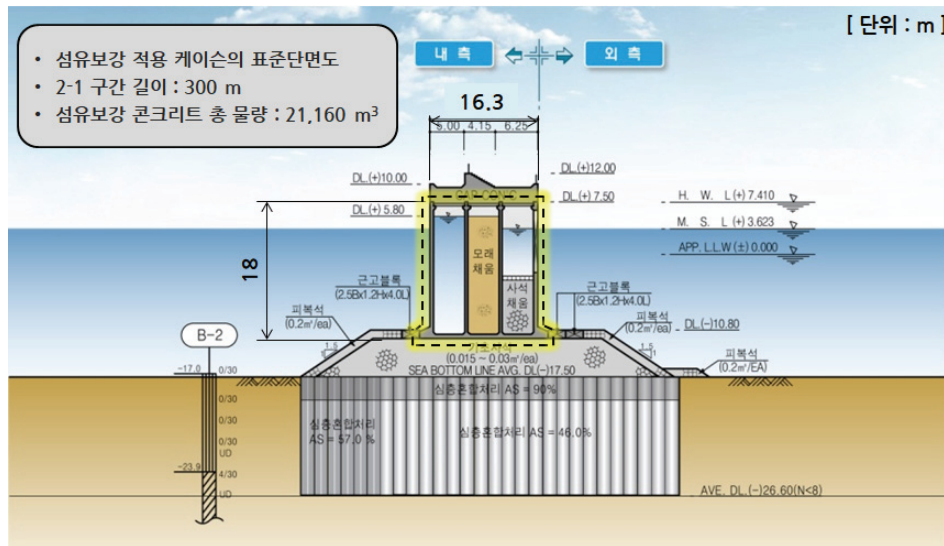
<그림 5-11> 새만금 신항 방파제 - 항만 구조물 조감도



<그림 5-12> 새만금 신항 방파제 - 지층단면도



<그림 5-13> 방파제 평면도 및 2-1 공사구간



<그림 5-14> 2-1공사구간의 케이슨 표준 단면도

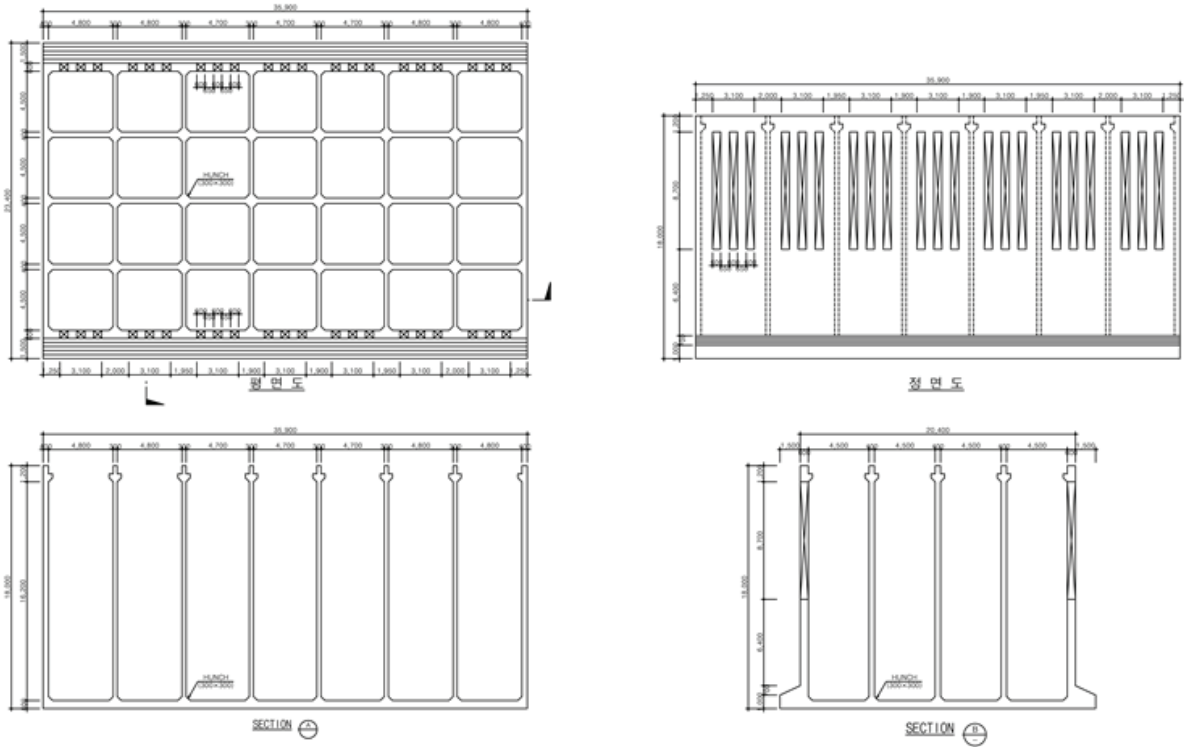
다. 공사원가 추정 및 분석 결과

- 2-1구간은 두부구간(1함) 2-1구간(16함)으로 구성되며, 해당 구간의 공사에 필요한 콘크리트 총 물량은 21,160.32m<sup>3</sup> 임
  - 두부구간(1함) : 2,923.36m<sup>3</sup> × 1 = 2,923.36m<sup>3</sup>
  - 2-1구간(16함) : 1,139.81m<sup>3</sup> × 16 = 18,236.96m<sup>3</sup>

<표 5-11> 분석대상 구조물의 콘크리트 물량

규격	단위	할증	2-1 두부구간(1함)		2-1 구간(16함)		설계수량	
			NET	ADD	NET	ADD	NET	ADD
25-35-120	m <sup>3</sup>	1%	2,894.42	2,923.36	18,056.48	18,236.96	20,950.90	21,160.32

○ 두부구간의 도면과 콘크리트 물량 계산과정은 아래와 같음



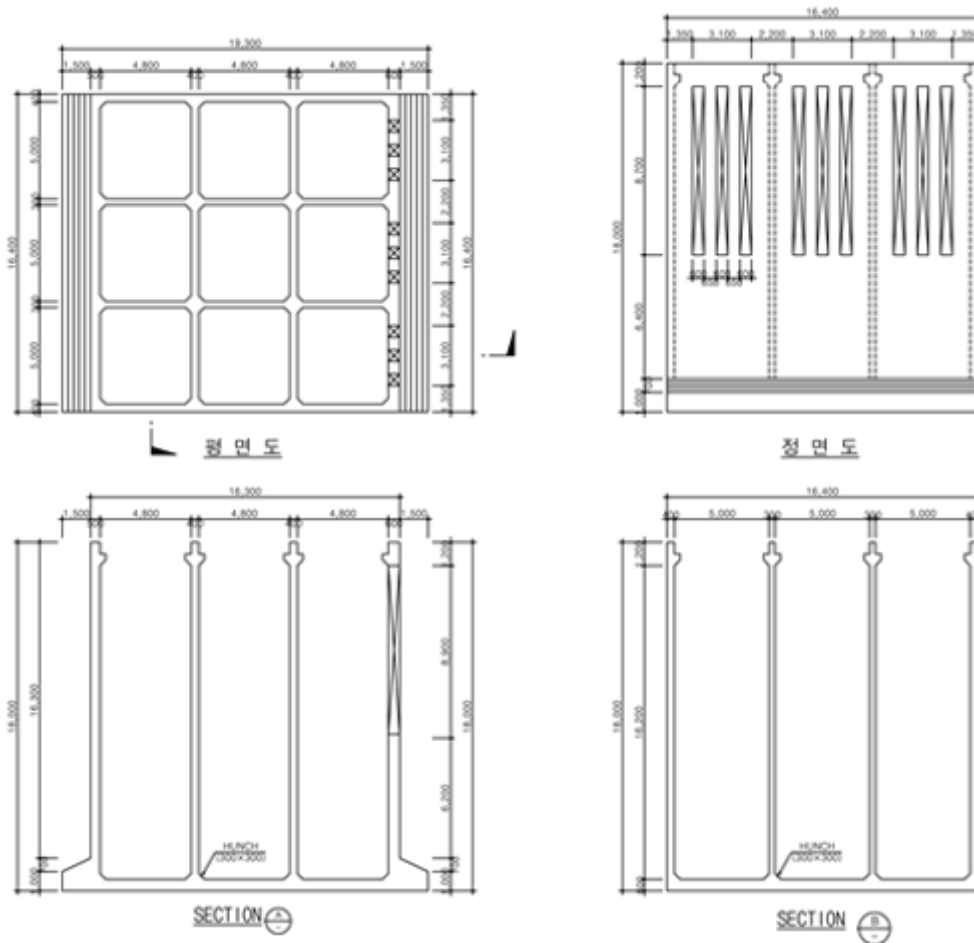
<그림 5-15> 2-1 두부구간 도면

- 저판제의 케이슨부피	20.40	x	35.90	x	17.4	=	12743.06	m <sup>3</sup>				
- 저판	20.40	x	35.90	x	0.6	=	439.42	m <sup>3</sup>				
- 앞, 뒷굽	0.50	x	( 1.00 + 1.70 )	x	1.50 EA	x	35.9	x	2 EA	=	145.40	m <sup>3</sup>
- 격실공제	4.50	x	4.80	x	17.4	x	16 EA	=	-6013.44	m <sup>3</sup>		
	4.50	x	4.70	x	17.4	x	12 EA	=	-4416.12	m <sup>3</sup>		
- 슬릿공제	0.60	x	0.60	x	8.70	x	42 EA	=	-131.54	m <sup>3</sup>		
- 일부슬릿 제거	0.60	x	0.60	x	4.35	x	9 EA	=	14.09	m <sup>3</sup>		
- 연직현치	1/2	x	0.30	x	0.30	x	17.40	x	112 EA	=	87.70	m <sup>3</sup>
- 횡수평현치	1/2	x	0.30	x	0.30	x	4.50	x	32 EA	=	6.48	m <sup>3</sup>
	1/2	x	0.30	x	0.30	x	4.50	x	24 EA	=	4.86	m <sup>3</sup>
- 종수평현치	1/2	x	0.30	x	0.30	x	4.80	x	32 EA	=	6.91	m <sup>3</sup>
	1/2	x	0.30	x	0.30	x	4.70	x	24 EA	=	5.08	m <sup>3</sup>
- 우각부	0.83	x	0.30	x	0.3	x	0.3	x	112 EA	=	2.52	m <sup>3</sup>
	∴ V = 2,894.42 m <sup>3</sup>											
	ADD 1% : 2,894.42 x 1.01											

<그림 5-16> 2-1 두부구간 콘크리트 물량



○ 2-1 구간의 도면과 콘크리트 물량 계산과정은 아래와 같음



<그림 5-17> 2-1 구간 도면

- 저판제의 케이슨부피	16.30 x 16.40 x 17.4	=	4651.37	m <sup>3</sup>
- 저판	16.30 x 16.40 x 0.6	=	160.39	m <sup>3</sup>
- 앞, 뒷굽	0.50 x ( 1.00 + 1.70 ) x 1.50 EA x 16.4 x 2 EA	=	66.42	m <sup>3</sup>
- 격실공제	4.80 x 5.00 x 17.4 x 9 EA	=	-3758.40	m <sup>3</sup>
- 슬릿공제	0.60 x 0.60 x 8.70 x 9 EA	=	-28.19	m <sup>3</sup>
- 연직현치	1/2 x 0.30 x 0.30 x 17.40 x 36 EA	=	28.19	m <sup>3</sup>
- 횡수평현치	1/2 x 0.30 x 0.30 x 4.80 x 18 EA	=	3.89	m <sup>3</sup>
- 종수평현치	1/2 x 0.30 x 0.30 x 5.00 x 18 EA	=	4.05	m <sup>3</sup>
- 우각부	0.83 x 0.30 x 0.3 x 0.3 x 36 EA	=	0.81	m <sup>3</sup>
	∴ V = 1,128.53 m <sup>3</sup>			
	(ADD 1% 1,139.81 m <sup>3</sup> )			

<그림 5-18> 2-1 구간 콘크리트 물량

- 폐어망 재활용 섬유보강 콘크리트 1m<sup>3</sup>의 생산원가는 68,718원으로 시판 섬유를 적용한 경우인 74,545원 보다 약 7.23% 저렴한 것으로 분석되었음
  - 콘크리트 1m<sup>3</sup> 당 1포(0.9kg)를 혼합한다고 가정하고 공사원가를 추정함
  - 섬유를 제외하고는 모든 조건이 동일함으로 섬유의 단가차이로 생산원가가 절감됨
- 총 공사원가의 경우는 폐어망 섬유 활용 시 119,916원/m<sup>3</sup>으로 시판 섬유를 적용한 경우인 127,006원/m<sup>3</sup> 보다 약 5.58% 저렴한 것으로 분석되었음
- 경제성 분석 결과, 폐어망 재활용 섬유의 판매단가는 시판 섬유대비 저렴하고 실제 항만구조물에 적용할 경우에도 시판 섬유 대비 경제적인 것으로 추정되었음

<표 5-12> 콘크리트 1m<sup>3</sup> 당 생산원가 비교

구분	콘크리트 1m <sup>3</sup> 당 생산원가 (원/m <sup>3</sup> )		시판섬유 대비 저감율(%)
	시판 섬유	재활용 섬유	
케이슨용 콘크리트	74,545	68,718	7.23

<표 5-13> 케이슨 시공 콘크리트 공사의 공사원가 비교

구분	순공사원가(원/m <sup>3</sup> )			총 공사원가(원/m <sup>3</sup> )		
	시판섬유	재생섬유	절감률(%)	시판섬유	재생섬유	절감률(%)
2-1구간 케이슨 공사구간	102,960	97,003	5.79	127,006	119,916	5.58

&lt;표 5-14&gt; 2-1구간 케이슨 시공 콘크리트 타설 공사의 공사원가 비교

비 목		금액(원)			비율 (%)	
		시판섬유	재활용 섬유	증감		
순 공 사 원 가 비	재 료 비	직접재료비	1,417,473,761	1,302,446,261	-115,027,500	-8.11
		간접재료비				
		소계	1,417,473,761	1,302,446,261	-115,027,500	-8.11
	노 무 비	직접노무비	323,109,092	323,109,092		0.00
		간접노무비	34,249,563	34,249,563		0.00
	경 비	소계	357,358,655	357,358,655		0.00
		기계경비	195,824,213	195,824,213		0.00
		산재보험료	13,222,270	13,222,270		0.00
		고용보험료	2,823,133	2,823,133		0.00
		국민건강보험료	5,492,854	5,492,854		0.00
		국민연금보험료	8,045,416	8,045,416		0.00
		노인장기요양보험료	359,781	359,781		0.00
		퇴직공제부금	7,431,509	7,431,509		0.00
		산업안전보건관리비	43,166,454	40,313,772	-2,852,682	-6.61
		환경보전비	17,427,663	16,392,416	-1,035,247	-5.94
		기타경비	110,039,609	102,907,904	-7,131,705	-6.48
	소계	403,832,902	392,813,268	-11,019,634	-2.73	
	계		2,178,665,318	2,052,618,184	-126,047,134	-5.79
	일 반 관 리 비		130,719,919	123,157,091	-7,562,828	-5.79
이 윤		133,786,721	130,999,352	-2,787,369	-2.08	
공 급 가 액		2,443,171,958	2,306,774,627	-136,397,331	-5.58	
부 가 가 치 세		244,317,195	230,677,462	-13,639,733	-5.58	
총 공 사 비		2,687,489,153	2,537,452,089	-150,037,064	-5.58	

### 5.3.4. 경제적 파급효과

- 해양쓰레기 재활용 산업의 다각화 및 활성화
  - 국내는 해양쓰레기 자원화 기술이 매우 부족한 실정이며, 주로 PE, PP 계열의 폐어망으로 재생 원자재를 생산하여 재활용 산업을 유지하고 있음
  - 최근 플라스틱(신자재) 가격의 하락으로 인해 재생 원자재의 판로가 좁아짐에 따라 해양쓰레기 대부분을 해외(동남아)로 수출하고 있어 국내 해양쓰레기 재활용률 감소와 함께 재활용 시장도 축소되는 추세임
  - 이처럼 획일적인 기술로 유지되고 있는 해양쓰레기 재활용 산업은 외부 여건(원자재 가격 하락, 해외 정책)에 따라 영향을 매우 크게 받으므로 산업이 안정적으로 유지되기 어려움
  - 다양한 해양쓰레기에 대한 재활용 기술을 개발할 경우, 재활용 산업을 다각화시켜 관련 시장을 활성화 시킬 수 있을 뿐 아니라, 재활용 산업을 안정적으로 유지하는데 기여할 수 있을 것으로 판단됨
  
- 해양쓰레기 수거율 상승에 따른 유령어업<sup>9)</sup>(Ghost fishing) 감소
  - 2013~2017년 사이에 국내에서 수거된 해양쓰레기의 양은 연평균 6만9679톤으로 발생량의 39.4% 수준인 것으로 조사되었음
  - 수거되지 못한 폐어망·폐어구는 수산자원을 고갈시키는 유령어업을 유발하며, 이로 인한 피해액은 연간 3,787억 원에 달하는 것으로 조사되었음
  - 해양쓰레기 재활용 기술 개발을 통한 재활용 산업 활성화는 해양쓰레기 수거율 상승을 도모함으로써 국내에서 발생하는 유령어업을 감소시킬 수 있을 것으로 판단됨
  
- 어촌계에 지속가능한 순환 경제시스템 도입
  - 순환경제란 재활용 및 자원절약을 통해 지속가능성을 추구하는 친환경 경제 모델을 의미하며, 최근 유럽을 중심으로 세계 곳곳으로 확산되고 있는 경제 시스템임
  - 어촌계에 해양쓰레기 수거 시스템을 구축하고 수거된 해양쓰레기를 고품연료 등으로 재활용하여 생산된 전기 혹은 열에너지를 어촌계에 공급하는 순환경제 시스템은 국외사례에서 종종 찾아볼 수 있음
  - 이러한 사례를 참고하여 어촌계에 폐어망·폐어구 수거 및 재활용 시스템을 구축하고 재활용 제품(균열저감 복합재료)의 판매수익 중 일부는 어촌계에 양식장 후원금 등의 형태로 되돌려주고 일부는 연구에 재투자하는 방식으로 어촌계에 순환경제 시스템을 도입할 수 있을 것으로 판단됨

9) 어구의 기능을 그대로 가지고 있는 폐어구 및 폐어망에 걸린 물고기가 미끼가 되어 다른 물고기를 유인하게 되어 포식자 물고기가 그물에 걸려 죽게 되는 상황이 연쇄적으로 발생하는 현상



⋮

## 제6장 과제 제안 요구서(RFP)





## 6. 과제 제안 요구서(RFP)

세부사업	해양환경/해양공학	기술분야	해양오염방지/해양건설
과제명	5톤급 해양쓰레기 전처리 시스템 및 해양쓰레기 재활용 기술 개발		
연구기간	4년('20-'23)	예산정부지원액	170억

### 가. 연구개발의 필요성

#### (1) 해양쓰레기 재활용 사업의 필요성

- 해양쓰레기는 바다를 오염시킬 뿐만 아니라, 해저에 침적된 쓰레기들로 인하여 물고기들이 폐사하는 등 어업활동에도 큰 피해를 초래함
- 우리나라 정부와 지자체에서는 이러한 문제해결을 위해 여러 방안들을 강구하고 있으나 해양쓰레기 문제는 시간이 지날수록 더욱 악화되어 지역 어업과 해양관광에 미치는 피해가 커지고 있어 이를 해결하기 위한 노력이 필요함
- 우리나라에서는 매년 18만 톤의 해양쓰레기가 발생하는데 이중 플라스틱이 55.6%로 가장 큰 비율을 차지하고 있으며, 해양쓰레기의 종류별 특성을 고려한 전처리 기술, 재활용 기술개발을 통하여 해양쓰레기 자원순환을 유도할 필요가 있음
- 해양쓰레기의 재활용을 위해서는 전처리 기술과 재활용 기술개발이 필수적이며, 제도개선(안)개발도 필요함. 즉, 해양쓰레기 재활용 신산업 창출을 위해 해양환경과 생태를 고려한 물리적·제도적 정비가 필요함

#### (가) 기술적 측면

- 우리나라의 경우 해양쓰레기 중에서 플라스틱이 55.6%로 가장 높은 비율을 차지하며 연안에는 생활계 플라스틱 쓰레기가 있고, 바다에는 주로 폐어망 등의 어업용 쓰레기가 있음
- 해양쓰레기 재활용을 통한 산업소재화 기술 개발을 통해 해양쓰레기 재활용을 촉진할 수 있을 것으로 예상되며 항만시설 및 사회기반시설로의 적용을 통한 공공분야에서의 자원순환 실현과 친환경 기술 확보가 가능할 것으로 예상됨
- 해양쓰레기 전처리, 재활용 기술개발 및 기술 상용화를 통하여 소각 혹은 매립의 기존의 방법이 초래하는 사회, 환경적 문제를 해소할 필요가 있음

#### (나) 경제·산업적 측면

- 국내 해양쓰레기의 연간 수거량은 약 7만 2000톤으로 해양쓰레기 총 발생량의

40%만이 수거되고 있으며, 수거 및 처리 예산으로 연평균 528억이 투입되고 있어 해양쓰레기 재활용을 위한 대책마련이 시급함

- 2016년도 해양수산부 자료에 따르면 우리나라 연근해 어업과 양식으로 발생하는 폐어구는 연간 약 4만 3천 톤으로 추정됨
- 막대한 경제적, 환경적 피해를 유발하는 해양쓰레기, 해양폐기물을 재활용하기 위한 대처가 필요한 시점임

(다) 사회·문화적 측면

- 해양쓰레기는 국제적으로도 중요한 환경 문제로 인식되고 있으며 이를 저감 및 재활용하기 위한 방안이 국가적으로 논의되고 있음
- 폐플라스틱과 같은 해양쓰레기를 소각할 경우, 대기환경오염 문제를 유발할 수 있으며 굴폐각과 같은 해양폐기물의 매립은 지역주민의 반발 등과 같은 사회적 문제를 야기함
- 한국해양수산개발원은 2018년도 해양쓰레기 동향분석 자료에서 우리나라의 1인당 플라스틱 소비량이 2020년까지 145.9톤 까지 증가할 것으로 추정하였으며, 해양쓰레기 관리 영역을 유입 예방과 수거에 그치지 않고 재활용을 촉진하는 방향으로 나아가야 한다고 언급함

(라) 정부 주도의 연구개발(R&D) 사업 추진의 필요성

- 기술적, 경제·산업적, 사회·문화적 사유로 해양쓰레기 재활용 사업 추진에 필요한 연구, 개발이 시급함
- 국내 해양쓰레기 재활용 관련 업체는 대부분 규모가 영세하며, 자본과 연구 인력이 빈약하여 상당한 예산과 연구능력이 필요한 기술개발을 하기가 어려움
- 해양쓰레기 재활용 사업을 원활하게 추진하기 위해서는 관련 특별법 제정이 필요하므로, 정부 주도로 사업 추진이 필요하며,
- 연구 내용은 국가과학기술표준 및 해양수산기술분류체계에 포함이 되어 있으므로 정부에서 지원할 필요가 있음
  - 국가과학기술표준분류체계: 대분류(공공)/X09. 환경/인공물(환경 EH)
  - 해양수산기술분류체계: 대분류(해양환경 MEV), 중분류(해양오염방지 MEV01), 소분류(달리 분류되지 않은 해양오염 방지 기술, MEV0103) 및 대분류(해양공학, MEG), 중분류(해양구조물/설비기술, MEG01), 소분류(달리 분류되지 않는 해양플랜트 기술, MEG0104)
- 해양생태계 보호, 해양환경의 보전과 관리는 공익을 위한 것이며, 대규모 개발사업 또는 굴폐각과 같은 해양폐기물의 경우 대부분 국가에서는 정부 주도하에 정화 및 관리하고 있음
- 해양수산부는 현재 추진하는 정책과 제도의 일관성 및 지속성을 확보함과 동시에 해양쓰레기 재활용을 증가시키기 위해서 필수적인 전처리 및 재활용 기술개발을



주관하여 추진하는 것이 타당함

(2) 해양쓰레기 전처리 기술개발의 필요성

- 해양쓰레기의 재활용을 위해서는 해양환경에 장기간 노출된 혹은 해저에서 수거된 해양쓰레기의 표면에 부착된 염분, 이물질, 해양유기생물 등의 제거가 필수적임
- 국내에는 해양쓰레기 전용 세척 시스템이 아직까지 존재하지 않아 세척에 어려움이 있으며 해양쓰레기 종류별 특성을 고려한 세척시스템을 개발을 통하여 순조로운 재활용이 가능함
- 해양쓰레기 세척 이후의 공정 진행을 위하여 해양쓰레기 전용 건조 시스템 개발이 필요함
- 폐어구, 폐어망 등의 해양쓰레기를 자원화 하기 위해서는 파쇄작업이 필수적이나 엉킴 현상 발생 등으로 작업이 까다로우며 국내에 폐어망 전문 파쇄 기술 및 시스템이 없어, 이에 대한 개발이 필요함
- 플라스틱류의 해양쓰레기 재활용을 위해서는 용융 기술을 통한 자원화가 필요하며 이를 위한 용융 기술 개발이 필요함
- 굴패각, 전복패각 등의 해양폐기물을 바이오 필러 등의 신소재로 사용하기 위해서는 소성화 기술과 미분말 입자를 크기별로 분류하는 시스템 개발이 필요함

(3) 해양쓰레기 재활용 기술개발의 필요성

- 해양쓰레기 중에서 가장 높은 비율을 차지하는 폐플라스틱을 재활용하여 복합재료를 제조하는 기술을 개발하고 실증작업을 통해 바다에서 수거되는 대량의 폐플라스틱의 산업소재화에 기여할 필요가 있음
- 수거율이 높은 폐어망을 재활용하여 섬유보강재를 제조하는 기술을 개발하고 상용화하여 국외에 수출하지 않고 국내에서 활용할 수 있도록 하는 기술개발이 필요함
- 폐어망의 경우 적절한 사이즈로 파쇄 후 복합재료에 혼입하면 육상 및 해양구조물의 균열을 저감시키고 최종적으로는 수명연장에 기여할 수 있어 이러한 실용화 기술개발이 필요함
- 해양쓰레기 중 폐유리의 경우 폐플라스틱, 폐어망에 이어 세 번째로 높은 비율을 차지하고 있으나 이를 재활용하는 기술이 부족하며 폐유리를 활용한 건축 자재 개발 혹은 고강도 복합재료를 제조하는 기술개발이 필요함
- 패각은 기본적으로 칼슘성분이 풍부하여 소성작업의 결과물인 미분말을 구조물 시공 시에 함께 혼용하여 사용하면 내구성능을 증진시키는 효과가 있어 대량생산 할 수 있는 기술개발이 필요함

## 나. 연구개발 현황 및 수준

### (1) 해양쓰레기 전처리 기술 및 시스템의 부재

- 국내의 경우, 해양쓰레기 전용 세척/건조 기술 개발과 관련된 연구사례는 많지 않으며, 대부분이 육상쓰레기를 위한 세척/건조 기술임. 육상 폐플라스틱의 경우, 세척/건조 시스템이 상용화되었으며, 대부분이 중소기업에서 개발됨
- 해양쓰레기 전용 파쇄기를 제작/판매하는 업체는 국내에 없으며 대부분의 업체는 일반폐기물이나 산업 폐기물을 대상으로 제품을 출시하고 있음
- 아직까지 폐어망이나 해양 폐플라스틱 등을 대상으로 한 해양쓰레기 용융 기술 연구는 수행된 바 없음. 기존의 용융 시스템은 대부분 육상 폐플라스틱이나 폐섬유를 대상으로 한 시스템임

### (2) 해양폐기물(패각) 전처리 기술의 부재

- 패각을 분말화 하고 입자를 크기에 따라 분류하는 장비를 생산하는 국내기업은 아직까지 없으며 소성화 장비의 경우 주로 중국, 인도에서 제작, 판매함
- 국내의 경우, 패각을 분말화 하기 위한 소성화 과정에 대한 연구사례는 있으나 장비 개발을 위한 연구는 진행된 바 없음
- 또한, 패각으로부터 순수 성분 혹은 바이오 필러 생산을 위한 연구는 아직까지 수행되지 않음

### (3) 해양쓰레기 재활용 기술의 부재

- 우리나라의 해양쓰레기 관리정책은 대체로 수거 분야에 집중되어 왔으며 쓰레기의 재활용, 자원순환 정책 또한 육상폐기물을 중심으로 진행되어 온 경향이 있음
- EU를 포함한 미국과 일본 등은 해양쓰레기 문제 해결을 위하여 쓰레기 재활용 기술에 주목하고 있으나 국내의 경우는 재활용 기술이 미약하고 시도 또한 많지 않은 실정임
- 최근 국내 해양쓰레기 수거/발생량의 급속한 증가를 고려하였을 때, 해양쓰레기 종류별 특성을 고려한 재활용 기술을 개발할 필요가 있음

### (4) 해양폐기물(패각) 재활용 기술의 부재

- 대표적인 해양폐기물 중 하나인 굴패각은 악취, 지역미관훼손 뿐만 아니라 해양환경 오염문제를 일으키는 등 어업활동에도 큰 피해를 유발함
- 우리나라에서는 연간 30만 톤의 굴패각이 발생하는데 재활용 체계가 미흡하며 대부분 매립 처리를 시행하여 지역주민과의 마찰 또한 심각한 실정임
- 이러한 문제해결을 위해 굴패각을 산업소재화 하기 위한 기술개발이 필요함

## 다. 연구개발 연차별 목표 및 내용

### (1) 최종목표

- 해양쓰레기 재활용 사업에 필요한 전처리, 재활용 기술들을 개발하고, 상용화(기술이전)하여 해양쓰레기 관련 신산업을 창출할 수 있는 기반을 구축함

### (2) 주요개발 내용

- 해양쓰레기 세척 및 건조 기술 개발
- 해양쓰레기 파쇄 기술 개발
- 해양 폐플라스틱 용융 기술 개발
- 폐패각(굴패각, 전복패각) 자원화 기술 개발
- 폐플라스틱 재활용 복합재료 제조 및 사용 기술 개발
- 페어망 재활용 복합재료 제조 및 사용 기술 개발
- 폐유리 재활용 건축자재 제조 및 활용 기술 개발
- 폐패각 재활용 바이오 필터 제조 및 구조물 적용기술 개발

### (3) 연차별 목표

연차	사업내용 (사업목표)	예산 (억원)
1차년도 (2020년)	<b>전처리 기술</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 해양쓰레기 세척 및 건조 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 해양쓰레기 종류별 특성 및 표면 이물질 성분 분석</li> <li>- 해양쓰레기 세척 및 건조시스템 조사</li> </ul> </li> <li>○ 해양쓰레기 파쇄 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 해양쓰레기 종류별 물성치 파악</li> <li>- 기존 파쇄 시스템 분석 및 정보 수집</li> </ul> </li> <li>○ 해양 폐플라스틱 용융 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐플라스틱 종류별 특성 파악</li> <li>- 열분해 핵심 기술 분석</li> </ul> </li> <li>○ 폐패각 자원화 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 패각 표면 주요 이물질 파악</li> <li>- 패각 재활용 장비 자료 수집 및 분석</li> </ul> </li> </ul>	12
	<b>재활용 기술</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 폐플라스틱 재활용 복합재료 제조 및 사용 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐플라스틱 재활용 원사의 성능조사</li> <li>- 원사의 성능개선 기술 조사 및 분석</li> </ul> </li> <li>○ 페어망 재활용 복합재료 제조 및 사용 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 페어망 종류별 물리적 특성 및 성분 분석</li> <li>- 재활용 가능 페어망 선정</li> </ul> </li> <li>○ 폐유리 재활용 건축자재 제조 및 활용 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐유리 수거를 위한 국내 적지 선정</li> </ul> </li> </ul>	10

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 종류별 물리적 특성 및 표면 성분 분석</li> <li>○ 폐패각 재활용 바이오 필터 제조 및 구조물 적용 기술               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 재활용 가능 패각 종류 및 특성 파악</li> <li>- 재활용 가능 패각 선정 작업 완료</li> <li>- 바이오 필터 제조를 위한 소성화 기술조사 및 장비선정</li> </ul> </li> </ul>	
		소계	22
2차년도 (2021년)	전처리 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 해양쓰레기 세척 및 건조 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 세척 스프레이 노즐 및 수조 설계</li> <li>- 회전식 탈수 시스템 설계</li> <li>- 열풍 건조기 설계</li> </ul> </li> <li>○ 해양쓰레기 파쇄 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 투입구 및 배출구 개념설계</li> <li>- 파쇄 하중 도출 및 속도 제어장치 개념설계</li> </ul> </li> <li>○ 해양 폐플라스틱 용융 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 벤치탑 시스템 용융로 및 연소 시스템 설계</li> <li>- 벤치탑 용융 시스템 제작 및 실험</li> </ul> </li> <li>○ 폐패각 자원화 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 바이오필러 개발용 입자 크기 선정</li> <li>- 입자 분류기 개념 설계</li> </ul> </li> </ul>	29
	재활용 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 폐플라스틱 재활용 복합재료 제조 및 사용 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 표면 코팅 기술 개발</li> <li>- 균열저감 복합재료 제조 기술 개발</li> </ul> </li> <li>○ 페어망 재활용 복합재료 제조 및 사용 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 페어망 절단 보강재 함유 FRC 제조기술</li> <li>- 페어망 무절단 보강재 함유 TRC 제조기술</li> </ul> </li> <li>○ 폐유리 재활용 건축자재 제조 및 활용 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐유리 재활용 치환 골재 제조기술 개발</li> <li>- 건축 미장재 활용기술 개발</li> </ul> </li> <li>○ 폐패각 재활용 바이오 필터 제조 및 구조물 적용 기술               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 바이오 필터 함유 복합재료 제조기술</li> <li>- 바이오 필터 지반 성토재 활용 기술</li> </ul> </li> </ul>	19
		소계	48
3차년도 (2022년)	전처리 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 해양쓰레기 세척 및 건조 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 세척 및 건조 시스템 상세 설계</li> <li>- 세척 및 건조 시스템 개발 및 제작</li> </ul> </li> <li>○ 해양쓰레기 파쇄 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 파쇄 하중 및 속도 제어장치 설계</li> <li>- 롤러 크리셔를 포함한 파쇄 시스템 제작</li> </ul> </li> <li>○ 해양 폐플라스틱 용융 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 용융 시스템 수치해석 모델 검증</li> </ul> </li> </ul>	38

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 최적 용융 시스템 결정 및 설계</li> <li>- 용융 시스템 제작</li> <li>○ 폐패각 자원화 기술 개발                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 입자 분류용 거름망 &amp; 진동 시스템 설계</li> <li>- 입자 분류 시스템 제작</li> <li>- 패각별 순수 칼슘 분리 기술 개발</li> </ul> </li> </ul>	
	재 활 용 기 술	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 폐플라스틱 재활용 복합재료 제조 및 사용 기술 개발                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐플라스틱 원사 보강재 함유 복합재료 구조물 제작</li> <li>- 복합재료 구조물의 내충격성 시험</li> </ul> </li> <li>○ 폐어망 재활용 복합재료 제조 및 사용 기술 개발                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 구조물 제작을 위한 보강재 사용률 및 시공방법 도출</li> <li>- 컨트롤 구조물과의 성능 비교 분석</li> </ul> </li> <li>○ 폐유리 재활용 건축자재 제조 및 활용 기술 개발                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐유리 골재 치환 고강도 복합재료 제조기술 개발</li> <li>- 폐유리 함유 구조물의 유지관리 기술 개발</li> </ul> </li> <li>○ 폐패각 재활용 바이오 필터 제조 및 구조물 적용 기술                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 바이오 필터 함유 복합재료 구조물 제작</li> <li>- 시험 수행을 위한 타설 계획 수립</li> <li>- 컨트롤 구조물과의 성능 비교 분석</li> <li>- 단기/장기 폭로시험을 통한 내구성능 증진 효과 확인</li> </ul> </li> </ul>	29
	소계		67
4차년도 (2023년)	전 처 리 기 술	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 해양쓰레기 세척 및 건조 기술 개발                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 세척 및 건조 시스템 성능 검증 시험</li> </ul> </li> <li>○ 해양쓰레기 파쇄 기술 개발                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 파쇄 시스템 성능 검증 시험</li> </ul> </li> <li>○ 해양 폐플라스틱 용융 기술 개발                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 용융 시스템 성능 검증 시험</li> </ul> </li> <li>○ 폐패각 자원화 기술 개발                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 입자 분류 시스템 성능검증 시험</li> <li>- 순수 칼슘 추출 기술검증 시험</li> </ul> </li> </ul>	21
	재 활 용 기 술	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 폐플라스틱 재활용 복합재료 제조 및 사용 기술 개발                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐플라스틱 원사 사용을 위한 매뉴얼 작성</li> </ul> </li> <li>○ 폐어망 재활용 복합재료 제조 및 사용 기술 개발                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐어망 재활용 보강재 사용 가이드 작성</li> </ul> </li> <li>○ 폐유리 재활용 건축자재 제조 및 활용 기술 개발                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐유리 사용을 위한 매뉴얼 작성</li> </ul> </li> <li>○ 폐패각 재활용 바이오 필터 제조 및 구조물 적용 기술                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 성능검증 보고서 작성 및 구조물 적용기술 개발</li> </ul> </li> </ul>	12
	소계		33

라. 연차별 성과 목표 및 판정 기준

연차	논문 (비SCI/SCI)	특허 (출원/등록/국제)	상용화 (기술이전)
1차년도	6/0	4/0/0	0
2차년도	7/6	3/1/0	0
3차년도	4/8	1/2/1	0
4차년도	4/8	1/5/1	4

□ 판정기준 1

- 본 과제는 “실용화 과제”이므로 상용화 즉, 기술이전 4건 (전처리 기술 2건, 재활용 기술 2건) 이상인 경우 성공으로 판정 (국제 특허 2건 포함)
- 국제 특허는 국제 출원(PCT 등록) 또는 등록

□ 판정기준 2

- 본 과제 성과물을 기반으로 해양쓰레기 재활용 사업을 추진하는 것을 상정하여, 해양쓰레기 정책 및 제도개선안 총 4건 이상을 개발하는 경우 성공으로 판정

마. 중점 연구 소요기간 및 예상정부지원액

- 총 170억 원/4년
- 사업 추진 연도별 정부지원액
  - 전처리 및 재활용 분야 핵심 기술개발 (3년)
  - 개발 기술 최적화, 기술 실증 및 상용화(기술이전) (1년)
- 사업별 정부지원액
  - 해양쓰레기 전처리 기술: 100억
  - 해양쓰레기 재활용 기술: 70억
- ※총 소요예산: 170억 원
- ※중점 연구별 소요 기간 및 연도별 세부 예산 (단위: 천원)

구분	1차년	2차년	3차년	4차년	과제별 예산
전처리기술	1,200,000	2,900,000	3,800,000	2,100,000	10,000,000
재활용기술	1,000,000	1,900,000	2,900,000	1,200,000	7,000,000
연차별 소요 예산	2,200,000	4,800,000	6,700,000	3,300,000	17,000,000

## 바. 연구결과의 기대효과

- 개발된 기술들로 해양쓰레기 수거율, 재활용률 증가를 통한 국가 투입 예산 대비 효과 극대화
- 해양쓰레기 전처리 공정단지 조성사업 및 해양쓰레기 재활용 사업 관련 산업 촉진 및 파생 기술 개발 유발
  - 해양의 심미적 가치의 보존
  - 해역 환경개선, 생산성 향상 및 안전한 수산물 생산량 증대
  - 해양 환경 개선을 통한 관광, 산업 활성화 등 경제적, 산업적 부가가치 효과
- 전처리 기술 및 재활용 기술 분야 국제적 경쟁력 제고
  - 전처리 기술 및 재활용 기술 관련 산업분야로 상용화(기술이전)를 통하여 국내 기술의 선진화와 일자리 창출
  - 과학기술 축적을 통한 해양과학기술 역량 강화
  - 해외 관련 시장 진출(중국, 동남아 등)
  - 해외로의 기술이전을 통한 전 지구적 차원의 환경개선 기여 및 그린코리아로서의 기상 확립
- 해양쓰레기 수거율 증가로 인한 해양자원 가치 극대화
  - 깨끗하고 안전한 해양환경 유지로 생태계 회복, 심미안적 문제 해소, 수산물 생산량 증대, 안전한 수산물 먹거리 확보 및 해양자원 가치 향상
  - 해양쓰레기 및 해양폐기물을 유효하게 활용하여 지역 환경을 보호하고 및 사회 현안 문제를 해결
  - 환경 문제 발생 저감을 통한 세계 환경 문제 개선 움직임에 선도적인 역할 수행

## 사. 기타

- 매년 연구결과 평가 및 연차실적 계획서 제출
- 과제설명회, 워크숍, 중간 진도점검회의 시행
- 해양쓰레기 관련 기간, 전문가 의견 수렴 및 연구 추진에 반영
- 주무 부처(해양수산부) 의견을 연구 추진에 반영







## 제7장 참고문헌





## 7. 참고문헌

- 한국해양학회, 2005, 해양과학용어사전, 아카데미서적.
- Sidney Mindess, J. Francis Young, David Darwin, 2003, Concrete, Prentice Hall.
- 뉴턴편집부, 현춘수, 2010, 과학용어사전, 뉴턴코리아.
- Hong et al., 2013, Impacts of marine debris on wild animals in the coastal area of Korea, Marine Pollution Bulletin, 66
- Jang et al., 2014, Estimation of lost tourism revenue in Geoje Island from the 2011 marine debris pollution event in South Korea, Marine Pollution Bulletin, 81(1)
- 윤건택, 2010, 해양침적폐기물이 대형 저서동물군에 미치는 영향과 회복, 인하대학교 박사 학위 논문
- 김동주, 2009, 섬유 보강 콘크리트 인장 거동 측정, 한국콘크리트학회
- 한국해양연구원, 2010, 해양폐기물 자원순환 기술개발(폐FRP선박 처리시스템 개발)
- 한국해양과학기술원, 2018, 해양쓰레기 전문가 초청 세미나 자료집
- 해양수산부, 2000, 해양개발기본계획
- 해양수산부, 2001, 해양환경보전종합계획
- 해양수산부, 2006, 제3차 해양환경보전종합계획
- 해양수산부, 2008, 제1차 해양쓰레기 관리 기본 계획
- 해양수산부, 2014, 제2차 해양쓰레기 관리 기본 계획
- 해양수산부, 2010, 제2차 해양수산발전기본계획
- 해양수산부, 2011, 제4차 해양환경종합계획
- 해양수산부, 2017, 2017 해양쓰레기 관리 연차보고서
- 한국해양수산개발원, 2017, G20 해양쓰레기 실행계획의 국내 이행 방안
- 한국해양수산개발원, 2018, KMI 동향분석 VOL.85
- 한국해양과학기술원, 2004, 굴패각 혼입 특수콘크리트 개발 (V)
- 한국해양과학기술원, 2003, 준설토 재활용 방안연구 (IV)
- Spadea S et al., 2015, "Recycled nylon fibers as cement mortar reinforcement",

Construction and Building Materials 80:200–209.

Ficher G, 2004, “Characterization of fiber-reinforced cement composites by their tensile stress-strain behavior and quantification of crack formation”, 6th RILEM symposium on Fiber-Reinforced Concretes (FRC)-BEFIB, Varenna, Italy, pp. 331–338.

Kim et al., 2008, “Mechanical behavior of lightweight soil reinforced with waste fishing net”, Geotextiles and Geomembranes, 26:512–518.

Bertelsen I et al., 2016, “Recycled fishing nets as reinforcement of existing concrete structures”, Circular Ocean Conference Paper

Orasutthikul S et al., 2017, “Effectiveness of recycled nylon fiber from waste fishing net with respect to fiber reinforced mortar”, Construction and Building Materials, 146:594–602.

ASTM C109 / C109M-16a, Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens), ASTM International, West Conshohocken, PA, 2016, www.astm.org

Kang SH et al., 2013, “Effect of sand grain size and sand-to-cement ratio on the interfacial bond strength of steel fibers embedded in mortars”, Construction and Building Materials, 47:1421–1430.

Kim DJ et al., 2007, “Correlation between single fiber pullout behavior and tensile response of FRC Composites with high strength steel fiber”, Proceedings of Rilem International Workshop on High Performance Fiber Reinforced Cement Composites, HPFRCC5, pp. 67–76.

Park SH et al., 2014, “Effect of shrinkage reducing agent on pullout resistance of high-strength steel fibers embedded in ultra-high-performance concrete”, Cement and Concrete Composites, 49:59–69.

Park JK et al., 2018, “Effect of matrix shrinkage on rate sensitivity of the pullout response of smooth steel fibers in ultra-high-performance concrete”, Cement and Concrete Composites, 94:226–237

【Web page】

마이프렌드 효성 블로그 (<https://blog.hyosung.com/2795>, 접속일자 : 2019.02.01.)

Circular Ocean (<http://www.circularocean.eu/circular-opportunities/>, 접속일자 :

2018.11.01.)

준설토 관련 유튜브 (<https://www.youtube.com/watch?v=Vix7YgPvU3A>, 접속일자 : 2018.12.05.)

플라스틱 코리아

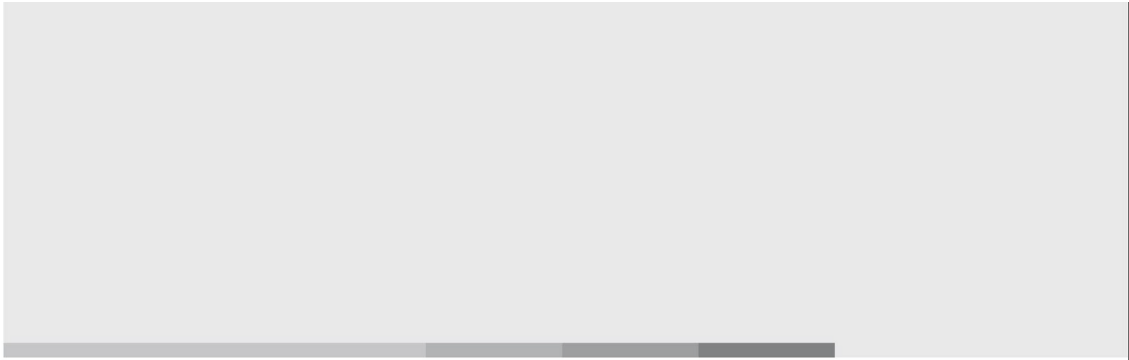
([http://www.plasticskorea.co.kr/sub.asp?maincode=521&sub\\_sequence=&sub\\_sub\\_sequence=&mskin=&exec=view&strBoardID=kui\\_522&intPage=1&intCategory=0&strSearchCategory=%7Cs\\_name%7Cs\\_subject%7C&strSearchWord=&intSeq=18157](http://www.plasticskorea.co.kr/sub.asp?maincode=521&sub_sequence=&sub_sub_sequence=&mskin=&exec=view&strBoardID=kui_522&intPage=1&intCategory=0&strSearchCategory=%7Cs_name%7Cs_subject%7C&strSearchWord=&intSeq=18157), 접속일자 : 2018.11.01.)

**【법률정보】**

「해양환경관리법」

「해양폐기물 및 해양오염퇴적물 관리법」





# 제8장 부 록







## 부록 1. 폐어망을 재활용한 Nylon계열 섬유보강재 함유 시멘트 모르타르의 성능평가 및 비교분석

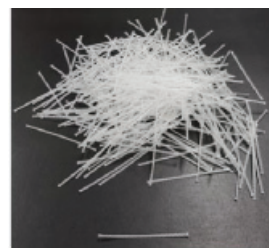
- 본 연구의 목표는 “폐어망 재활용 섬유보강재 함유 균열저감 복합재료의 성능평가 및 비교분석”임
- 목표달성을 위하여 시판되는 Polypropylene(PP) 계열의 섬유 2종과 폐어망을 재활용한 섬유 3종을 비교분석하고자 압축실험과 직접인장 시험을 수행함
- 총 5종의 섬유종류에 대해 섬유보강 부피비를 0.5에서 1.0%까지 증가시켜 섬유 보강량 증가에 따른 압축 및 인장 거동의 변화를 관찰하고자 아래 [표 1-A]와 같은 실험 프로그램을 준비하여 실험을 수행함
- 총 11개 시리즈를 압축실험, 인장실험을 수행하였으며, 압축실험의 경우 3개의 시리즈 당 3개의 시험체를 제작하고 인장실험의 경우 시리즈 당 6개의 시험체를 제작함
- 본 연구에서 사용한 기존 시판 PP섬유 2종과 WFN섬유 3종을 [그림 1-A]에 나타내었고 섬유의 직경, 길이, 인장강도 등 기본 특성을 [표 1-B]에 나타냄

[표 1-A] 실험종류 및 시험체 개수

Test type	Fiber Content (%)	Plain	PP1	PP2	WFN1	WFN2	WFN3	Total
Compressive test	0.5	3	3	3	3	3	3	33
	1.0		3	3	3	3	3	
Direct tensile test	0.5	6	6	6	6	6	6	66
	1.0		6	6	6	6	6	
Total								99



a) PP1 (STRUX 90/40)



b) PP2 (파워매쉬-SF)



c) WFN1



d) WFN2



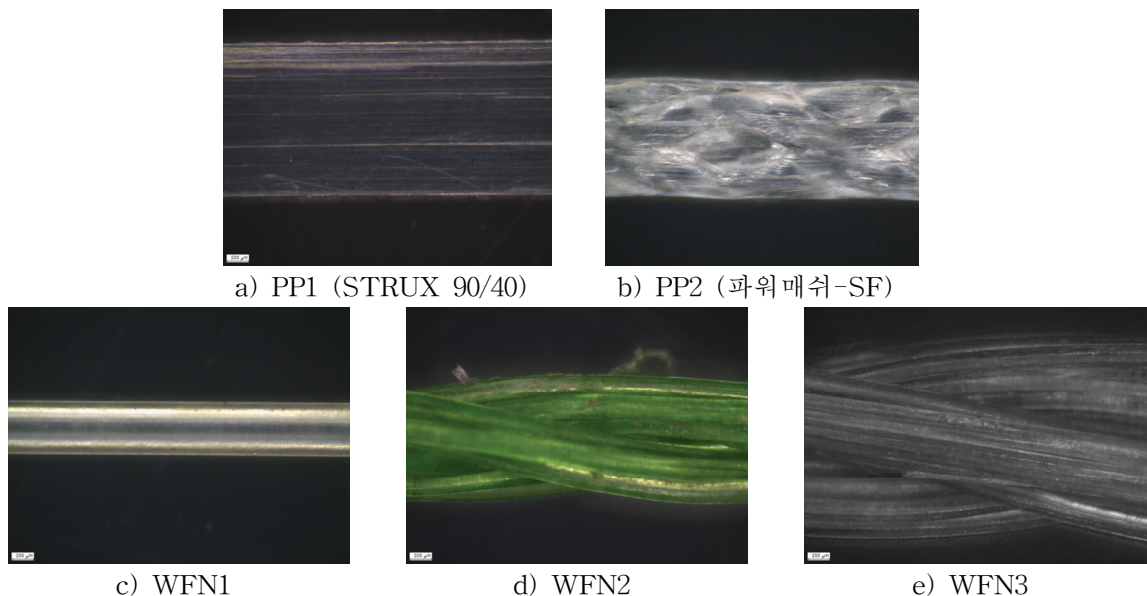
e) WFN3

[그림 1-A] 사용된 섬유보강재의 종류

[표 1-B] 사용된 섬유보강재의 특성

Fiber type	Diameter (mm)	Length (mm)	Aspect ratio	Tesile strength (MPa)	Specific gravity
PP1	1.4×0.1 <sup>10)</sup>	40	90.0	620	0.92
PP2	1.1×0.6 <sup>1)</sup>	40	51.5	450	0.90
WFN1	0.45	40	88.9	305	1.14
WFN2	1.0	40	40.0	188	1.28
WFN3	1.5	40	26.7	173	1.20

- 기존 시판섬유 PP1, PP2는 단면이 직사각형 모양이었으며, 길이는 모두 40 mm로 동일하지만, Aspect ratio는 PP1, WFN1, PP2, WFN2, WFN3 순이었음
- 섬유의 인장강도는 기존 시판섬유가 620, 450 MPa로 WFN 섬유보다 높았으며, WFN 섬유 중에서는 WFN1이 305 MPa로 가장 높았고 WFN2, WFN3은 각각 188, 173 MPa로 상대적으로 낮은 강도를 보여줌
- 시멘트 모르타르와 부착에 영향을 미치는 섬유의 표면 상태를 확인하기 위하여 microscope를 이용하여 섬유단면을 [그림 1-B]와 같이 확인함



[그림 1-B] 섬유보강재의 표면

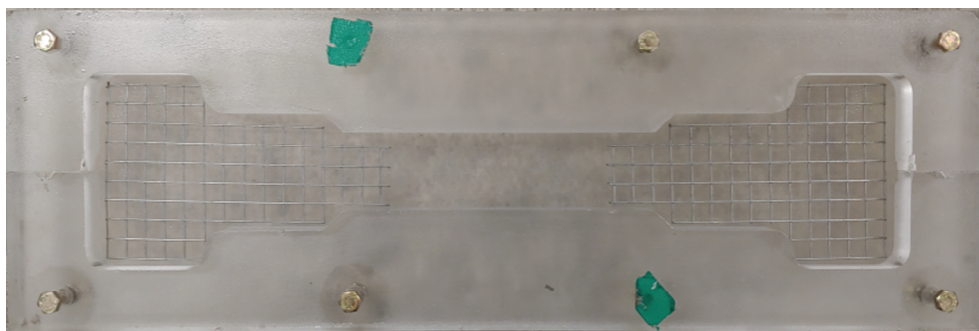
10) 직사각형 단면

- 시멘트 모르타르의 구성을 시멘트 대비 중량비로 [표 1-C]에 나타냄

[표 1-C] 시멘트 모르타르 구성 중량비

Cement (Type I)	Silica sand	Super-plasticizer	Water
1.0	1.5	0.0009	0.45

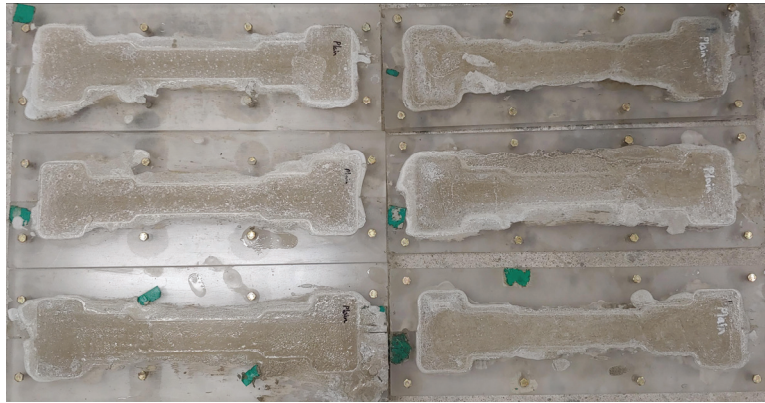
- 시멘트 모르타르의 믹스는 20 L 용량의 호바트형 믹서를 사용함
  - 시멘트의 경우 쌍용양회의 1종 시멘트를 사용하였고 규사의 평균입도는 0.42 mm이었음
  - 감수제의 경우 폴리카본산계로 polycarboxylate ether의 고형분 비율이 25%인 고성능 감수제를 사용함
- 시멘트 모르타르의 제작을 위해서 먼저 시멘트와 규사를 믹서에 넣고 약 2분간 건배합하였고, 이후 배합수를 1분간 천천히 투입한 후 감수제를 투입하고 약 1분간 추가적으로 믹스함
- 각 섬유를 손으로 천천히 투입하고 1분간 추가 믹스 후 준비된 몰드에 채웠음
- 인장시편의 경우 gauge length 이외의 균열 및 파괴를 방지하기 위해서 그림 C와 같이 와이어메쉬를 배치하고 준비된 모르타르를 2/3 만큼 타설한 후 와이어메쉬를 동일하게 모르타르 위에 배치하고 남은 1/3만큼 모르타르를 타설하고 진동테이블에서 약 30초간 약하게 진동을 주었음



[그림 1-C] 직접인장 시편 몰드와 와이어메쉬 배치

- 타설된 몰드는 플라스틱 시트로 덮은 후  $20\pm 1^{\circ}\text{C}$ 의 실내온도에서 [그림 1-D]와 같이 24시간 굳힌 후에 몰드를 탈형하여  $20\pm 1^{\circ}\text{C}$ 의 수온에서 28일간 수중양생을 실시함

- 양생종료 후 시험체를 물에서 빼어내 20±1℃의 온도에서 24시간 건조한 후 미세 균열의 생성여부를 확인하기 위하여 우레탄 니스를 도포하여 3시간 건조 후 실험을 실시함



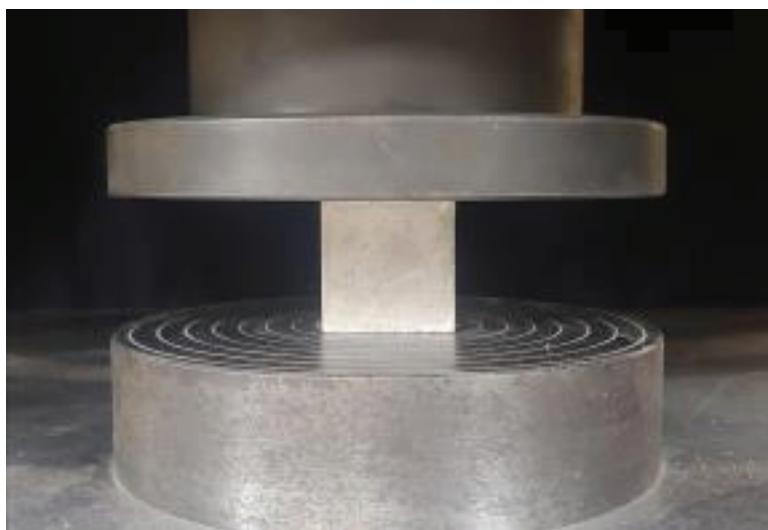
a) 인장시험체



b) 압축시험체

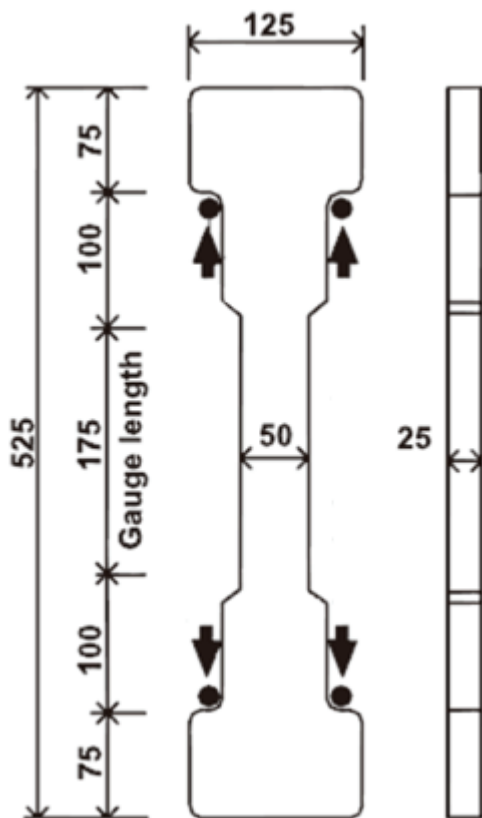
[그림 1-D] 탈형 전 시험체 상태

- 압축실험에 사용된 시험체는 50×50×50 mm 인 정육면체 시험체를 사용하여 ASTM C 109을 준용하여 실험을 수행함
  - 실험에 사용된 만능재료시험기(Universal testing machine; UTM)는 300 ton급이며, 1 mm/min으로 변위제어 실험을 수행함
  - 시험체의 하중을 UTM 내부의 Load cell을 이용하여 측정하여 단면을 나누어 강도를 산출함

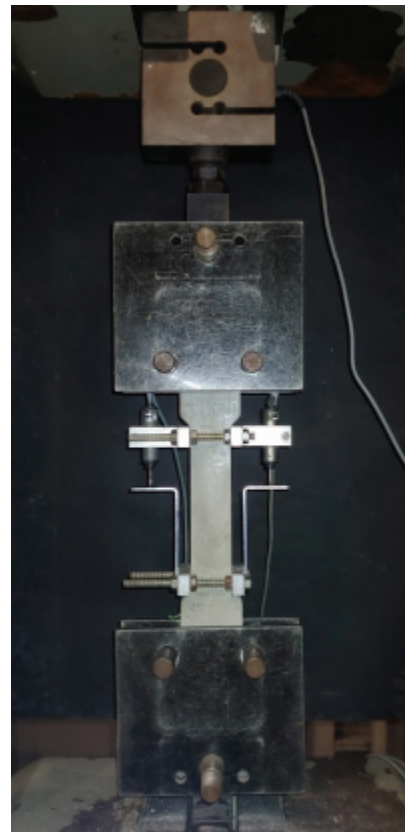


[그림 1-E] 압축실험 셋업

- 직접 인장실험에 사용된 시험체는 [그림 1-F]에 나타난 것과 같이 상하단의 구속조건을 현지상태로 구속할 수 있는 덤벨형 시험체임
  - 시험체의 gauge length는 175 mm 이며, 단면은 50×25 mm임
  - 압축실험과 동일한 UTM을 사용하였으며, 실험의 진행은 1 mm/min의 속도로 변위 제어 실험을 수행함
- 1개 시리즈 당 6개의 시험체를 실험하여 총 11시리즈 66개의 시험체를 실험함
  - 실험 중 인장응력은 [그림 1-F] b)에 보이는 바와 같이 시험체 상부에 설치된 Load cell를 이용하여 보정된 하중을 측정하였고 시험체 단면을 나누어 응력을 산출함
  - 변위 측정을 위해서 두 개의 변위측정기 (linear variable differential transformer; LVDT)를 시험체 좌우에 설치하여 gauge length이내의 변위를 측정함
  - 변위가 7 mm에 도달하였을 때 실험을 종료함



a) 직접인장 시험체



b) 직접 인장 실험 셋업

[그림 1-F] 직접인장 시험체와 실험 셋업

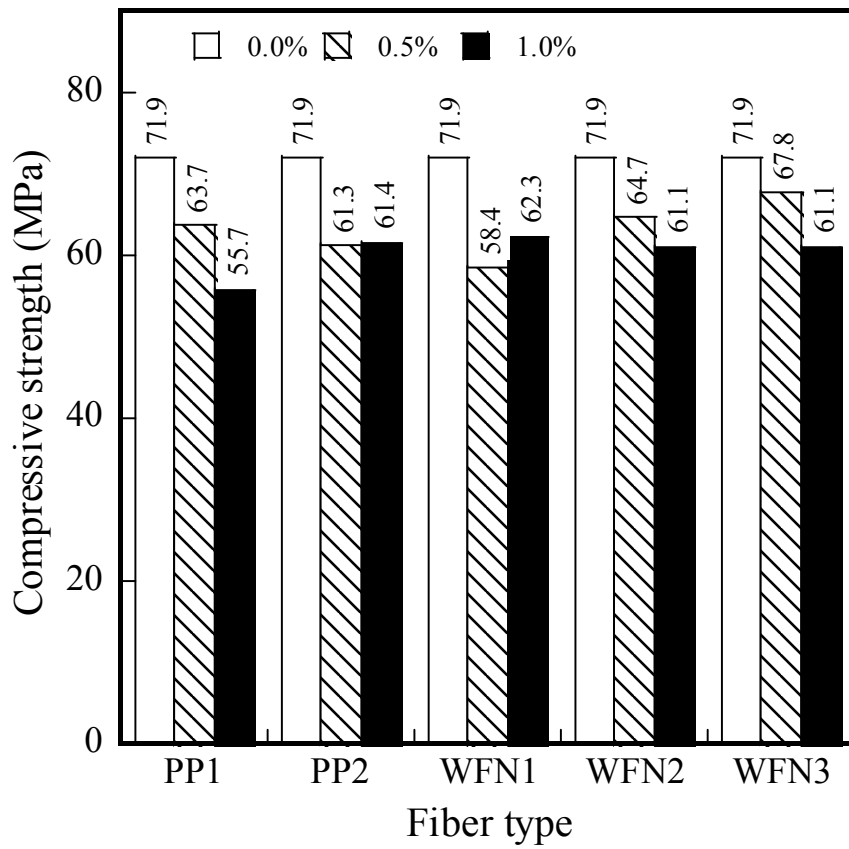
- 압축강도 실험 결과를 [표 1-D]에 나타냄
  - 실험결과 섬유유 보강이 없는 모르타르의 압축강도는 71.9 MPa로 가장 높게 나타났으며 WFN1과 PP2 섬유유를 제외하고 나머지 모든 섬유유는 섬유유 보강량이 증가할 때 압축강도가 저하되는 경향을 보임

[표 1-D] 압축강도 실험결과

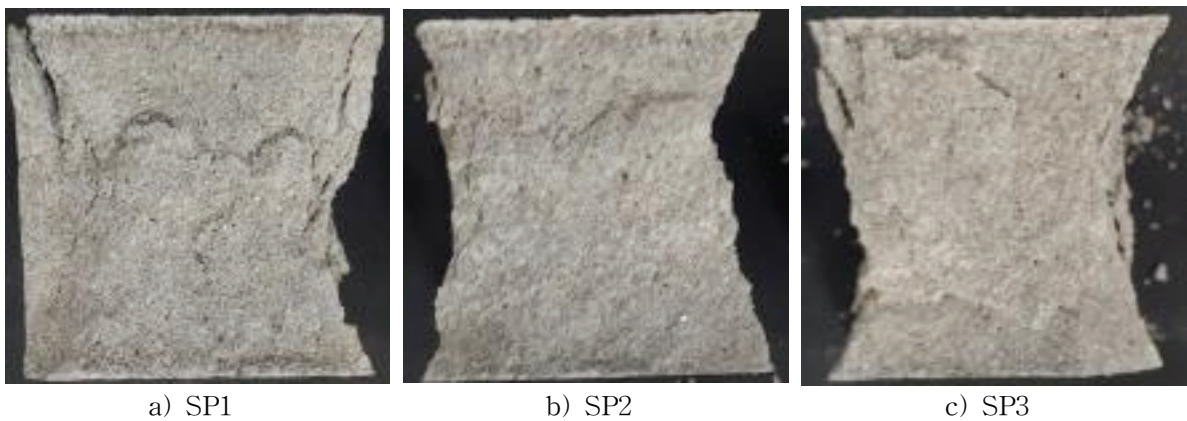
Test series	Specimen	Compressive strength (MPa)	Standard deviation
Plain	SP1	68.9	2.2
	SP2	72.7	
	SP3	74.2	
	<b>Average</b>	<b>71.9</b>	
PP1-0.5	SP1	61.2	1.9
	SP2	64.2	
	SP3	65.9	
	<b>Average</b>	<b>63.7</b>	
PP1-1.0	SP1	51.5	3.0
	SP2	57.0	
	SP3	58.6	
	<b>Average</b>	<b>55.7</b>	
PP2-0.5	SP1	59.0	1.7
	SP2	61.7	
	SP3	63.2	
	<b>Average</b>	<b>61.3</b>	
PP2-1.0	SP1	60.4	2.3
	SP2	64.7	
	SP3	59.3	
	<b>Average</b>	<b>61.4</b>	
WFN1-0.5	SP1	55.1	2.7
	SP2	58.3	
	SP3	61.8	
	<b>Average</b>	<b>58.4</b>	
WFN1-1.0	SP1	62.7	1.8
	SP2	64.2	
	SP3	59.9	
	<b>Average</b>	<b>62.3</b>	
WFN2-0.5	SP1	63.2	1.1
	SP2	65.9	
	SP3	65	
	<b>Average</b>	<b>64.7</b>	
WFN2-1.0	SP1	61.9	0.8
	SP2	61.4	
	SP3	60	
	<b>Average</b>	<b>61.1</b>	
WFN3-0.5	SP1	71.7	2.9
	SP2	64.8	
	SP3	66.9	
	<b>Average</b>	<b>67.8</b>	

Test series	Specimen	Compressive strength (MPa)	Standard deviation
WFN3-1.0	SP1	63.4	2.5
	SP2	61.9	
	SP3	57.5	
	<b>Average</b>	<b>61.1</b>	

- 섬유 보강량이 0.5%일 때의 압축강도는 WFN3, WFN2, PP1, PP2, WFN1 순으로 각각 6, 10, 11, 15, 그리고 19% 감소하는 경향을 보여줌
- 섬유 보강량이 1.0%일 때는 압축강도가 WFN1, WFN3, WFN2, PP2, PP1 순으로 각각 13, 15, 15, 15, 23% 감소하는 경향을 보여줌
- WFN1 섬유를 제외한 WFN2와 WFN3 섬유를 사용한 경우 보강량에 상관없이 기존 시판되는 PP1, PP2 섬유보다 높거나 유사한 압축강도를 보였음
- 압축실험결과를 통하여, 압축강도 평균값의 섬유종류와 섬유 보강량에 따른 변화를 [그림 1-G]에 나타냄
  - 섬유보강으로 인해 섬유와 모르타르 사이의 계면이 생성되며, 이러한 계면주위는 모르타르보다 낮은 경도와 높은 공극율이 발생하게 됨
  - 압축하중을 받게 되었을 때 균열이 낮은 경도와 높은 공극율을 보여주는 계면을 따라 발생되어 압축강도의 감소를 발생시키게 된 것으로 보임
- 섬유보강은 [그림 1-H]에 보이는 Plain 시리즈의 파괴와 달리, 그림 1-I, 1-J, 1-K, 1-L, 1-M, 1-N, 1-O, 1-P, 1-Q, 1-R에서 보이는 것 같이 보강량이 증가할수록 압축강도이후 spalling 되는 면적이 감소하게 되어 섬유의 가교작용으로 인해 연성적인 거동을 보여줌을 확인함
  - 압축강도 이후의 연성적 거동을 확인하기 위해서는 시험체의 변위측정이 필요하며, 압축거동에서 탄성계수의 측정이 추후 필요할 것으로 판단됨

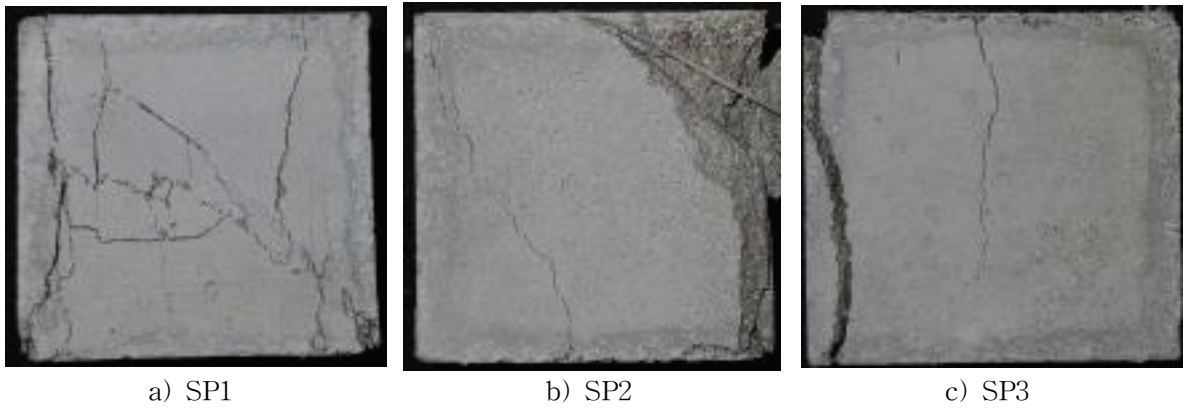


[그림 1-G] 섬유종류와 보강량에 따른 압축강도의 변화



[그림 1-H] Plain 시리즈의 압축실험 후 파괴 양상

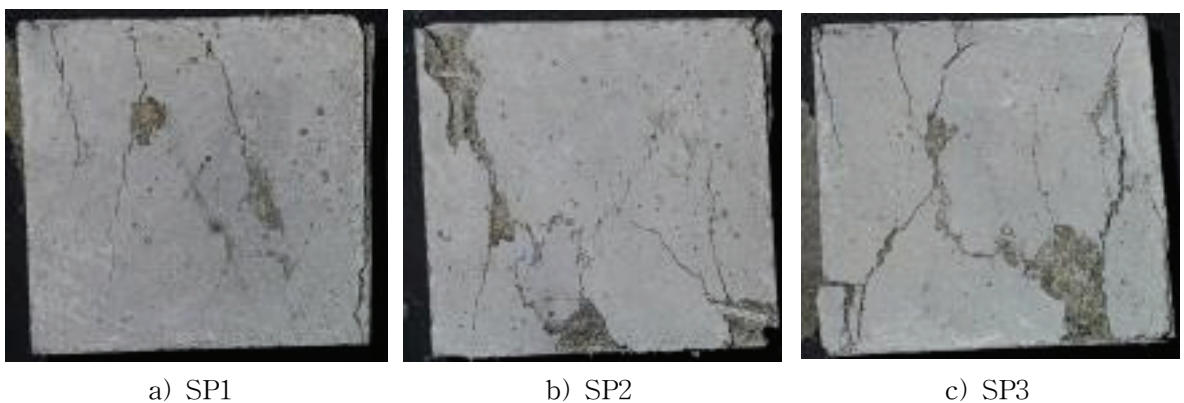




[그림 1-I] PP1-0.5 시리즈의 압축실험 후 파괴 양상



[그림 1-J] PP1-1.0 시리즈의 압축실험 후 파괴 양상



[그림 1-K] PP2-0.5 시리즈의 압축실험 후 파괴 양상

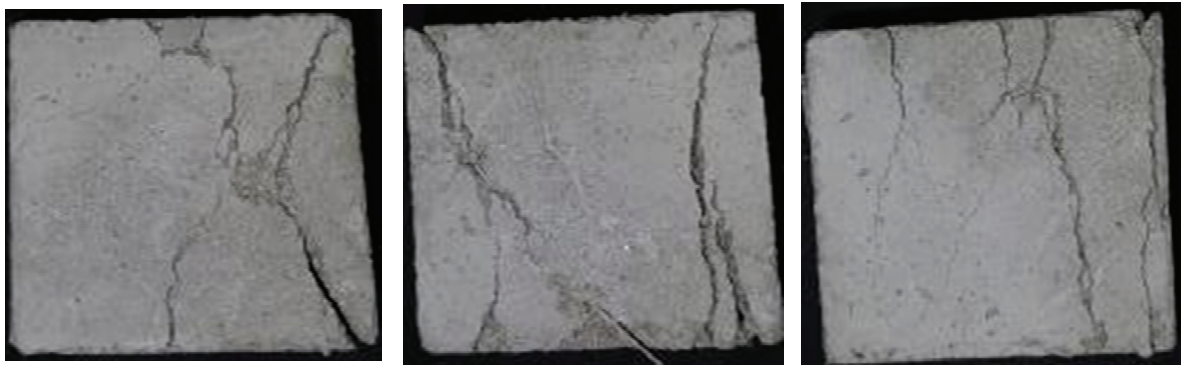


a) SP1

b) SP2

c) SP3

[그림 1-L] PP2-1.0 시리즈의 압축실험 후 파괴 양상

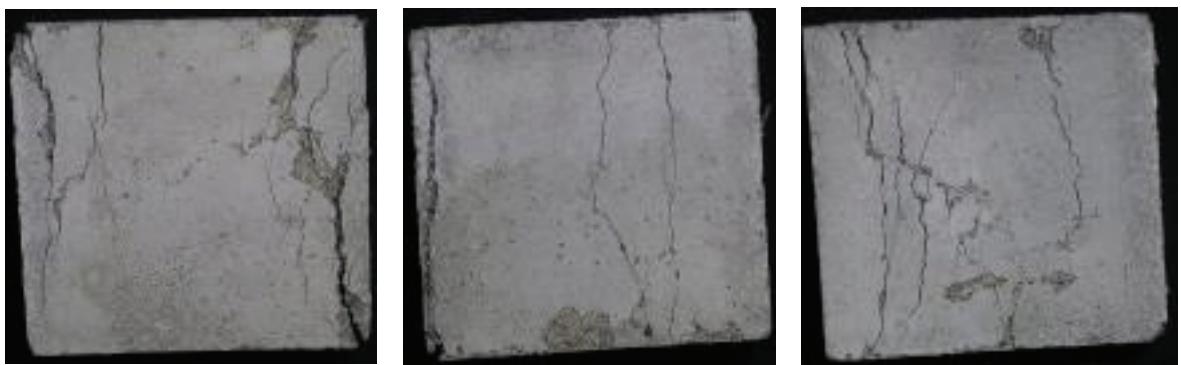


a) SP1

b) SP2

c) SP3

[그림 1-M] WFN1-0.5 시리즈의 압축실험 후 파괴 양상



a) SP1

b) SP2

c) SP3

[그림 1-N] WFN1-1.0 시리즈의 압축실험 후 파괴 양상



a) SP1

b) SP2

c) SP3

[그림 1-O] WFN2-0.5 시리즈의 압축실험 후 파괴 양상

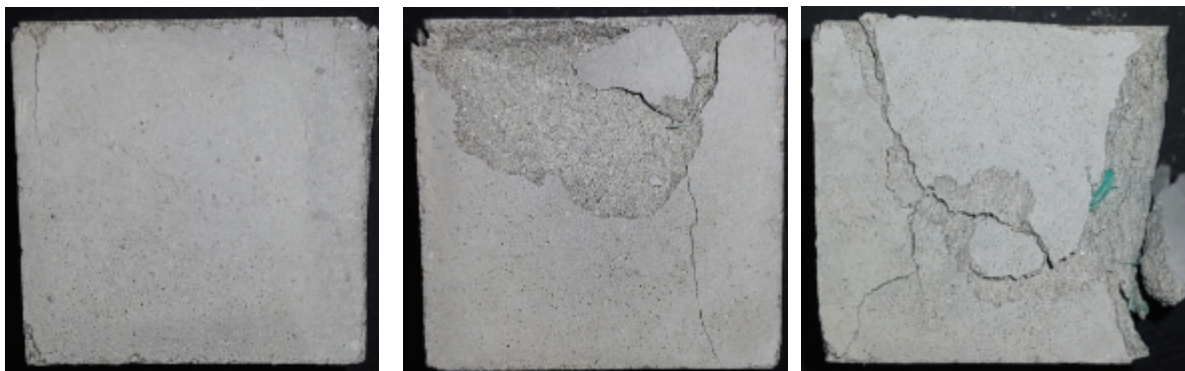


a) SP1

b) SP2

c) SP3

[그림 1-P] WFN2-1.0 시리즈의 압축실험 후 파괴 양상

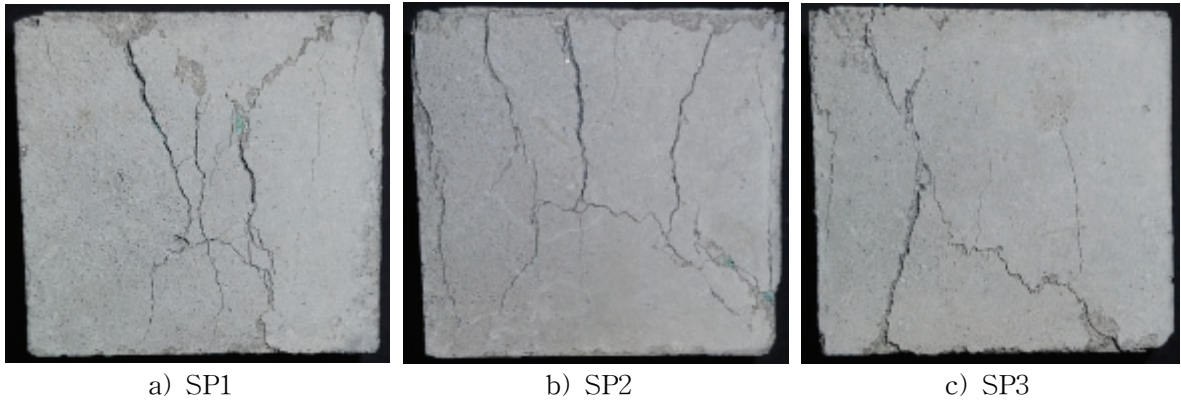


a) SP1

b) SP2

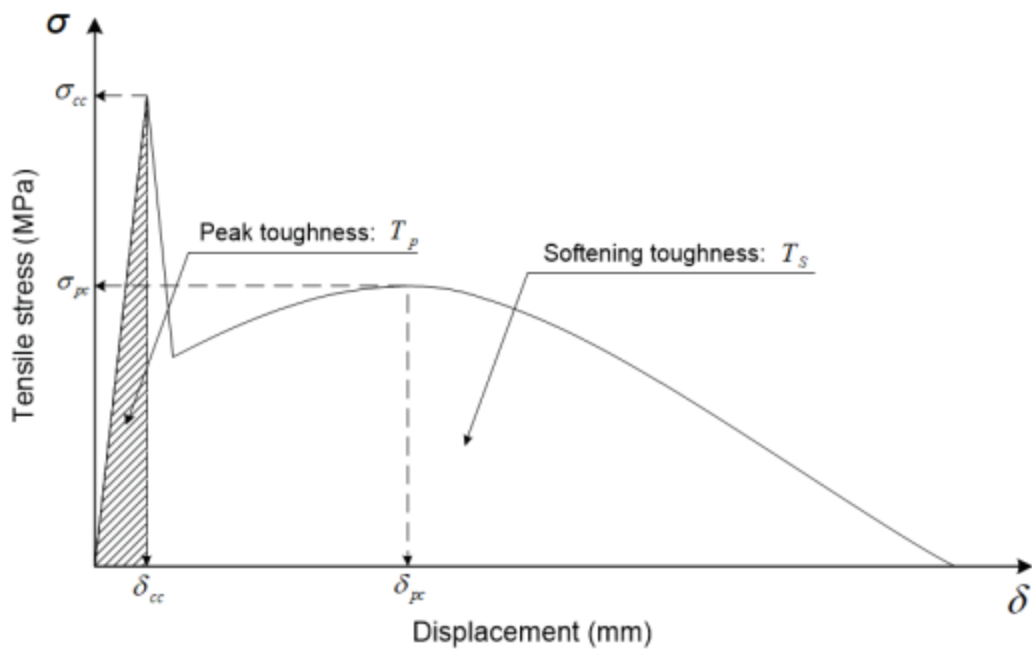
c) SP3

[그림 1-Q] WFN3-0.5 시리즈의 압축실험 후 파괴 양상



[그림 1-R] WFN3-1.0 시리즈의 압축실험 후 파괴 양상

- 직접 인장실험결과는 총 6개 실험 수행 후 응력-변위 선도의 경향과 균열 양상이 크게 벗어나는 시험체를 제외하여 경향성 있는 3-4개의 시험체를 사용하여 [그림 1-S]에 나타낸 인장거동지표를 [표 1-E]에 나타냄
  - $T_s$  는 인장실험종료시점인 7 mm까지 계산함



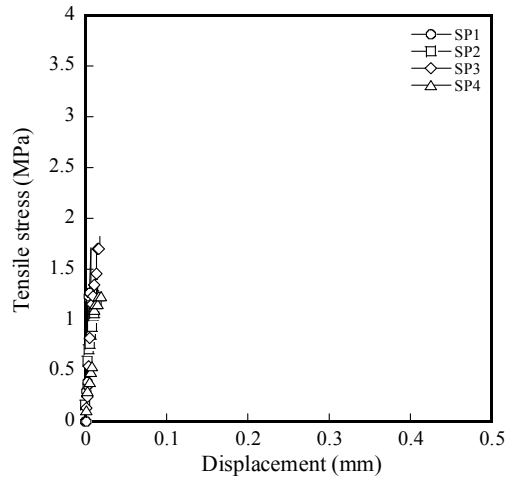
[그림 1-S] 섬유보강 시멘트 복합재료의 인장거동지표

[표 1-E] 직접 인장실험 결과

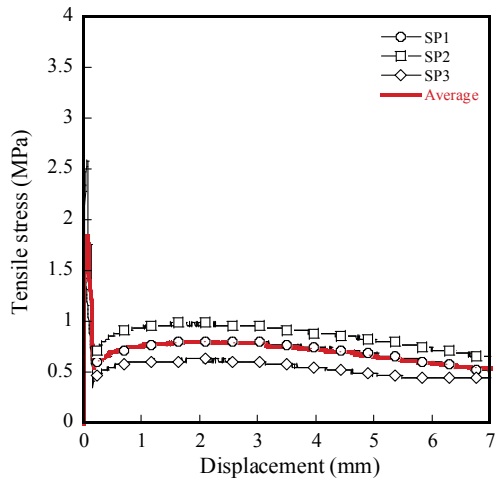
Test series	Specimen	$\sigma_{cc}$ (MPa)	$\delta_{cc}$ (mm)	$T_p$ (kJ/m <sup>2</sup> )	$\sigma_{pc}$ (MPa)	$\delta_{pc}$ (mm)	$T_s$ (kJ/m <sup>2</sup> )	$T_{total}$ (kJ/m <sup>2</sup> )
Plain	SP1	1.70	0.007	0.0002	-	-	-	0.0002
	SP2	1.32	0.015	0.0131	-	-	-	0.0131
	SP3	1.84	0.018	0.0202	-	-	-	0.0202
	SP4	1.26	0.020	0.0353	-	-	-	0.0353
	<b>Average</b>	<b>1.53</b>	<b>0.015</b>	<b>0.0172</b>	-	-	-	<b>0.0172</b>
PP1-0.5	SP1	2.22	0.053	0.0500	0.80	1.433	5.00	5.05
	SP2	2.20	0.107	0.1100	0.99	1.495	6.01	6.12
	SP3	2.58	0.100	0.1000	0.63	1.138	3.75	3.85
	<b>Average</b>	<b>2.33</b>	<b>0.087</b>	<b>0.0867</b>	<b>0.81</b>	<b>1.355</b>	<b>4.92</b>	<b>5.01</b>
PP1-1.0	SP1	2.14	0.030	0.0284	1.40	2.051	8.65	8.68
	SP2	1.59	0.010	0.0148	1.26	2.142	7.80	7.81
	SP3	2.53	0.030	0.0478	1.18	2.136	7.47	7.52
	<b>Average</b>	<b>2.09</b>	<b>0.023</b>	<b>0.0303</b>	<b>1.28</b>	<b>2.110</b>	<b>7.97</b>	<b>8.00</b>
PP2-0.5	SP1	2.58	0.070	0.1418	0.69	0.339	1.98	2.12
	SP2	2.64	0.020	0.0306	0.77	1.212	2.55	2.58
	SP3	2.83	0.020	0.0292	0.85	1.125	3.04	3.07
	<b>Average</b>	<b>2.68</b>	<b>0.037</b>	<b>0.0672</b>	<b>0.77</b>	<b>0.892</b>	<b>2.52</b>	<b>2.59</b>
PP2-1.0	SP1	2.06	0.005	0.0075	1.40	1.720	5.41	5.42
	SP2	1.57	0.020	0.0237	1.76	0.749	5.18	5.20
	SP3	1.40	0.055	0.0498	1.07	2.418	4.86	4.91
	<b>Average</b>	<b>1.68</b>	<b>0.027</b>	<b>0.0270</b>	<b>1.41</b>	<b>1.629</b>	<b>5.15</b>	<b>5.18</b>
WFN1-0.5	SP1	1.46	0.095	0.1028	0.08	0.870	0.61	0.71
	SP2	1.84	0.097	0.3776	0.16	0.384	0.45	0.83
	SP3	1.95	0.071	0.0828	0.11	2.880	0.89	0.97
	<b>Average</b>	<b>1.75</b>	<b>0.088</b>	<b>0.1877</b>	<b>0.12</b>	<b>1.378</b>	<b>0.65</b>	<b>0.84</b>
WFN1-1.0	SP1	1.48	0.055	0.0590	0.27	0.136	1.26	1.32
	SP2	1.90	0.105	0.1541	0.13	0.776	1.05	1.20
	SP3	1.96	0.040	0.0586	0.44	0.167	1.59	1.65
	SP4	1.35	0.025	0.0185	0.30	0.100	1.84	1.86
	<b>Average</b>	<b>1.67</b>	<b>0.056</b>	<b>0.0726</b>	<b>0.29</b>	<b>0.295</b>	<b>1.44</b>	<b>1.51</b>
WFN2-0.5	SP1	2.01	0.022	0.0522	0.93	4.581	5.33	5.38
	SP2	1.84	0.052	0.0899	1.04	3.620	6.16	6.25
	SP3	1.57	0.004	0.0021	1.21	3.948	6.90	6.90
	SP4	1.68	0.008	0.0119	1.21	3.535	7.12	7.13
	<b>Average</b>	<b>1.78</b>	<b>0.022</b>	<b>0.0390</b>	<b>1.10</b>	<b>3.921</b>	<b>6.38</b>	<b>6.42</b>
WFN2-1.0	SP1	1.73	0.020	0.0229	1.59	1.649	7.95	7.97
	SP2	1.62	0.011	0.0119	1.37	1.866	6.87	6.88
	SP3	1.70	0.002	0.0221	1.10	2.206	6.04	6.06
	<b>Average</b>	<b>1.68</b>	<b>0.011</b>	<b>0.0190</b>	<b>1.35</b>	<b>1.907</b>	<b>6.95</b>	<b>6.97</b>
WFN3-0.5	SP1	1.79	0.019	0.0135	0.63	1.792	3.52	3.53
	SP2	1.68	0.025	0.0059	0.60	2.756	3.51	3.52
	SP3	1.76	0.016	0.0153	0.47	1.317	1.98	2.00
	SP4	2.12	0.021	0.0029	0.41	0.934	1.86	1.86
	<b>Average</b>	<b>1.84</b>	<b>0.020</b>	<b>0.0094</b>	<b>0.53</b>	<b>1.700</b>	<b>2.72</b>	<b>2.73</b>

Test series	Specimen	$\sigma_{cc}$ (MPa)	$\delta_{cc}$ (mm)	$T_p$ (kJ/m <sup>2</sup> )	$\sigma_{pc}$ (MPa)	$\delta_{pc}$ (mm)	$T_s$ (kJ/m <sup>2</sup> )	$T_{total}$ (kJ/m <sup>2</sup> )
WFN3 -1.0	SP1	2.03	0.036	0.0303	1.54	1.876	8.51	8.54
	SP2	2.14	0.026	0.0342	1.59	2.701	9.45	9.48
	SP3	1.90	0.032	0.0398	1.21	1.515	6.36	6.40
	<b>Average</b>	<b>2.02</b>	<b>0.031</b>	<b>0.0348</b>	<b>1.45</b>	<b>2.031</b>	<b>8.11</b>	<b>8.14</b>

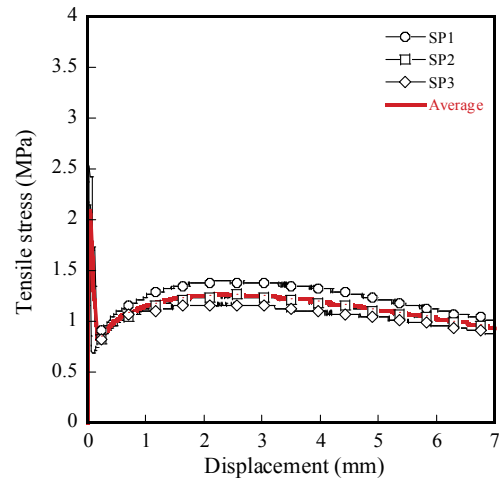
- 직접 인장실험을 통해 산출된 응력-변위 그래프를 [그림 1-T]에 나타냄
  - 평균 그래프는 변위가 증가할 때 각 변위에 해당하는 응력을 평균하여 산출함
  - 모든 시리즈는 초기균열 발생 이후 강도가 감소하는 변형연화거동을 보여주었으며, 다수의 균열을 생성하지는 못하였지만, 초기균열 이후 섬유와 기교작용으로 인해 연성적인 거동을 보임
  
- 전체적인 인장거동에서 인장강도는 섬유 보강시 9%에서 75% 증가하는 경향을 보여 주었고, 파괴에너지는 섬유가 보강되면 4768%에서 47205% 증가하는 경향을 보여줌
  - 초기균열 발생지점에서 초기균열강도( $\sigma_{cc}$ )는 인장강도가 형성된 시점으로 섬유의 보강시 9%에서 75% 증가하는 경향을 보여주었고, 초기균열강도 시 변위( $\delta_{cc}$ )와 초기균열강도까지의 파괴에너지( $T_p$ )는 섬유가 보강되었을 때 증가하지만 WFN3 섬유를 제외한 모든 시리즈에서 0.5 vol.% 보강했을 때 1.0 vol.% 보다 높은 결과를 보임
  
- 초기 균열이후 거동은 Plain시리즈의 경우는 연화거동을 보이지 않고 완전 파괴됨
  - 하지만 섬유가 보강된 나머지 시리즈에서 섬유의 종류와 보강량에 따라 균열 후 강도 ( $\sigma_{pc}$ ), 균열 후 강도 시 변위 ( $\delta_{pc}$ )에 큰 차이를 보여주었으며 이로 인해 균열 후 파괴에너지 ( $T_s$ )에 큰 차이를 보여줌
  - $\sigma_{pc}$ 의 경우, 섬유의 보강량이 0.5에서 1.0 vol.% 증가하면서 모든 시리즈에서  $\sigma_{pc}$ 가 증가하는 경향을 보여 주었으며, WFN3-1.0이 1.45 MPa로 가장 높은 결과를 보여주었고 WFN1-0.5가 0.12 MPa로 가장 낮게 나타남
  - 반면에  $\delta_{pc}$ 의 경우는 기존 시판 섬유 PP1, PP2와 WFN3은 보강량이 증가하면서 변위 또한 증가한 경향을 보여주었으나, WFN1과 WFN2는 보강량이 적은 0.5%에서 더욱 큰 변위를 보임
  - 특히, WFN2-0.5는 보강량이 높은 다른 섬유보다 3.921 mm로 가장 큰 변위를 보임



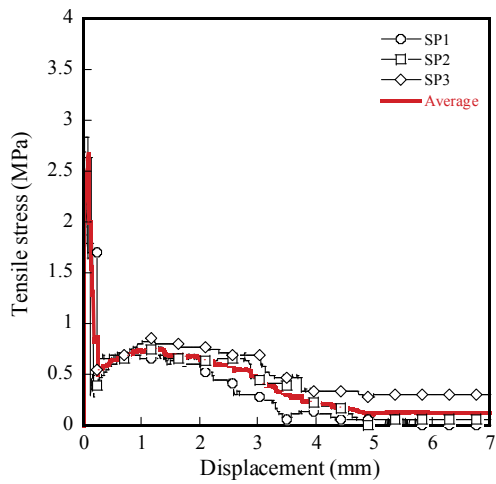
a) Plain



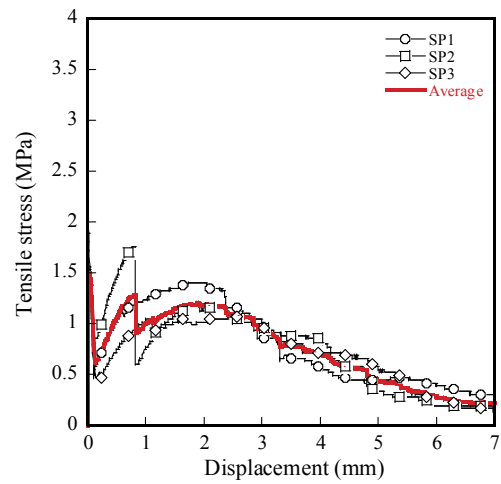
b) PP1-0.5



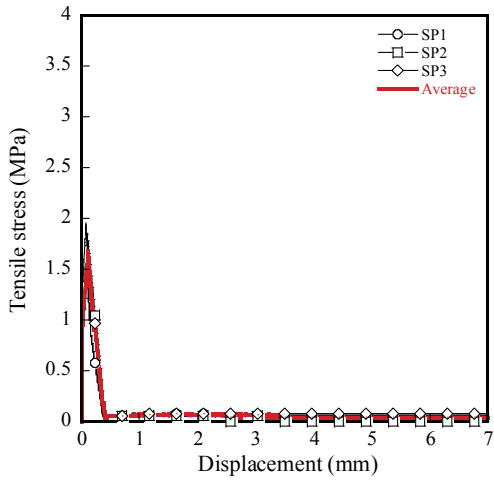
c) PP1-1.0



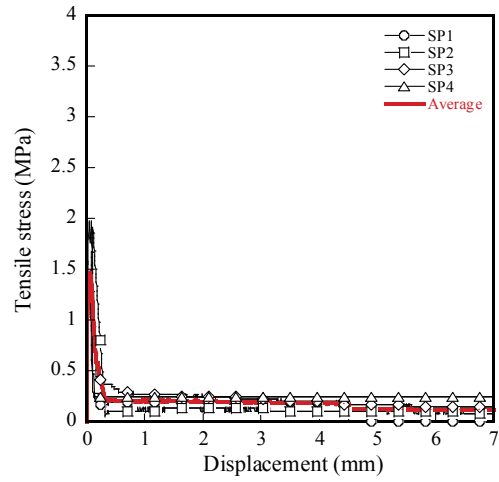
d) PP2-0.5



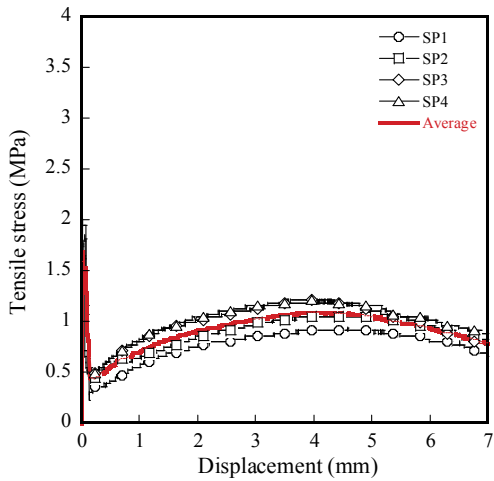
e) PP2-1.0



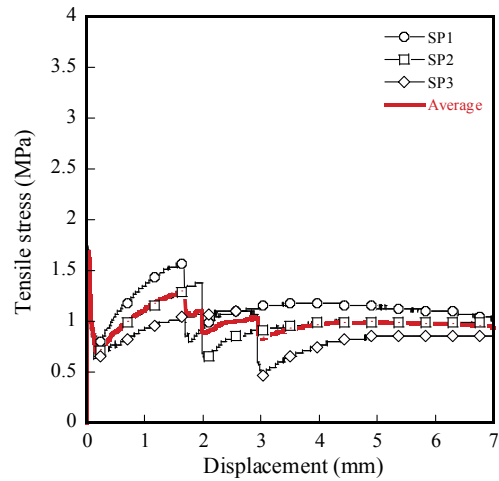
f) WFN1-0.5



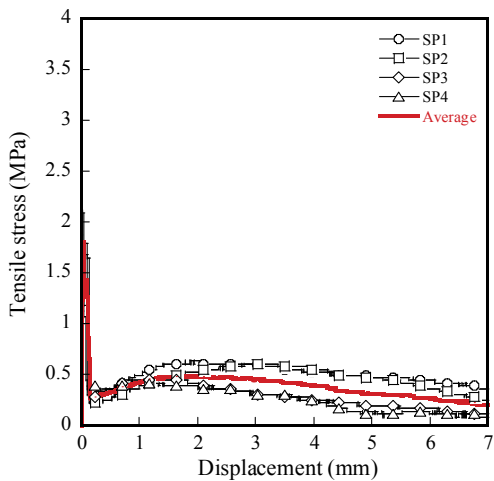
g) WFN1-1.0



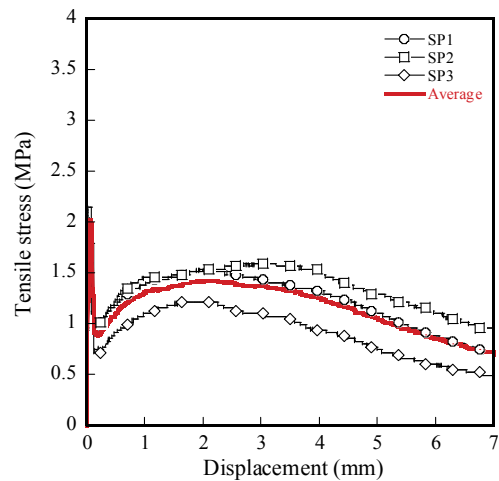
h) WFN2-0.5



i) WFN2-1.0



j) WFN3-0.5

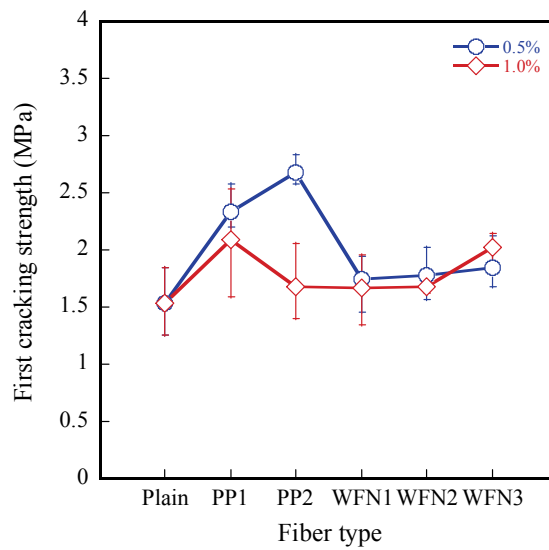


k) WFN3-1.0

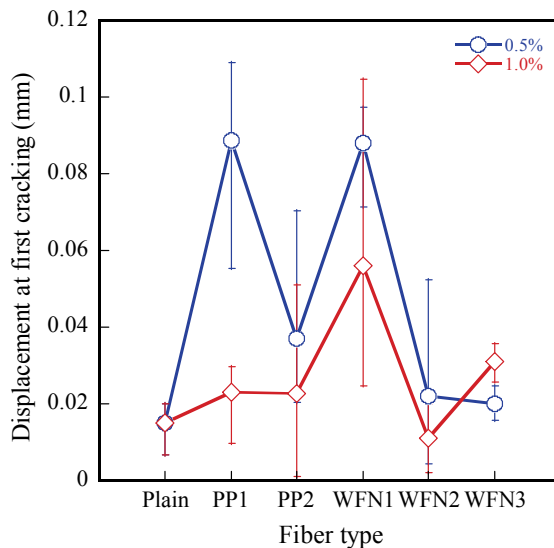
[그림 1-T] 인장 응력-변위 선도



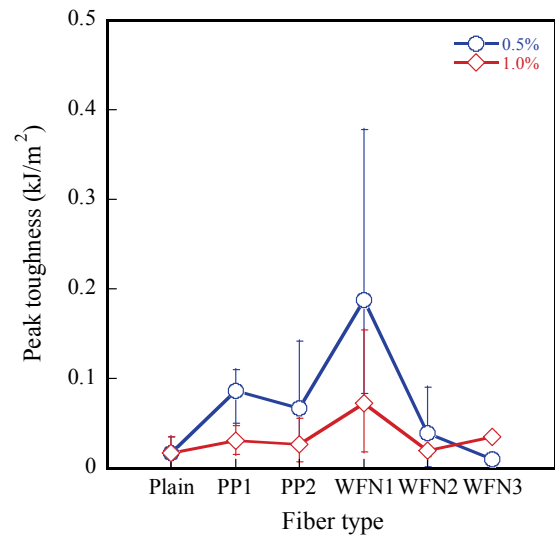
- 초기균열시점에서 모든 PP2-1.0의 SP2를 제외하면 모든 시험체는 초기 균열 시에 가장 높은 강도를 보여줌
- [그림 1-U]는 초기균열까지 인장지표의 변화를 나타냄
  - [그림 1-U] a)는  $\sigma_{cc}$ 의 변화를 보여줌
  - 섬유 종류는 PP2, PP1, WFN3, WFN2, WFN1 순으로 나타남
  - 기존 시판 섬유인 PP1, PP2는  $\sigma_{cc}$ 는 2 MPa를 넘었으나 폐어망을 사용한 경우에는 이에 미치지 못함



a) First cracking strength



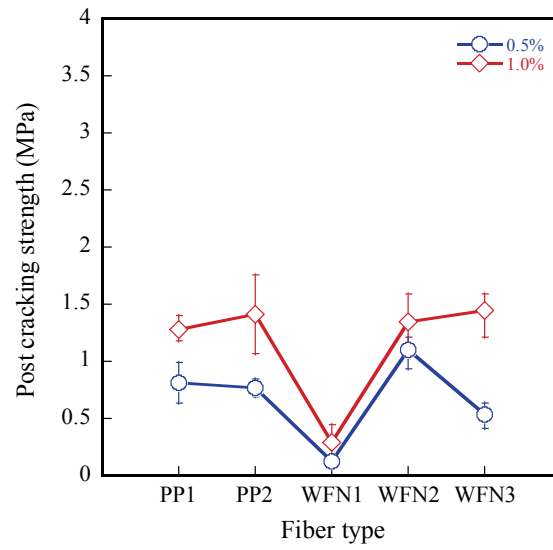
b) Displacement at first cracking



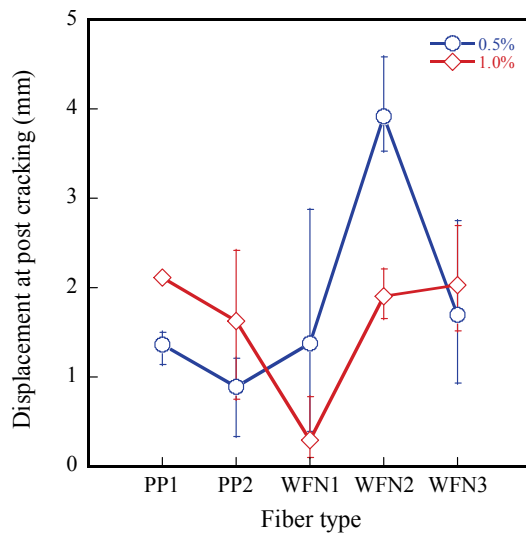
c) Peak toughness

[그림 1-U] 섬유의 종류 및 보강량이 균열 전 인장거동에 미치는 영향

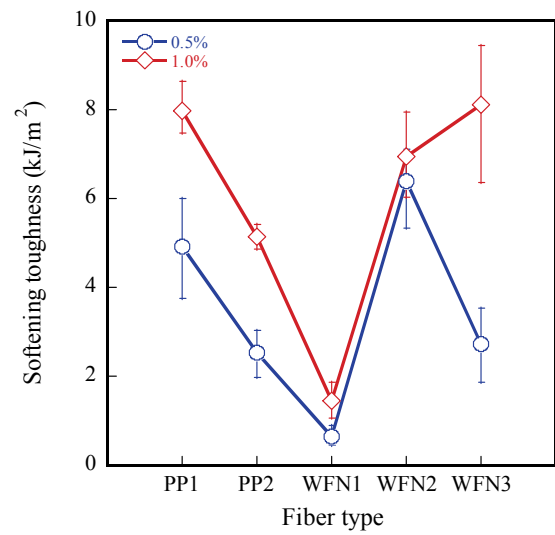
- [그림 1-U] b)는  $\delta_{cc}$ 의 섬유종류와 보강량에 따른 변화를 보여줌
  - $\delta_{cc}$ 는 WFN1 가장 높았고, PP1, PP2, WFN2, 그리고 WFN3 순으로 나타남
  - 이를 바탕으로 계산된  $T_p$  역시 WFN1, PP1, PP2, WFN2, 그리고 WFN3 순으로 나타남
  
- 초기균열이후의 인장거동은 시멘트 모르타르의 저항성이 더 이상 없으므로 섬유의 가교응력에 의해 좌우됨
  - [그림 1-V]는 초기균열이후의 인장거동특성을 보여줌
  - [그림 1-V] a)는  $\sigma_{pc}$ 의 변화를 보여줌
  - $\sigma_{pc}$ 는 섬유의 부착강도가 가장 큰 변수이므로 앞서  $\sigma_{cc}$ 에서 부착강도가 높은 순으로 예상한 PP2, PP1, WFN3, WFN2, 그리고 WFN1에서  $\sigma_{pc}$ 의 경우 1%가 보강된 상태에서 순서는 변경되어 WFN3, PP2, WFN2, PP1, 그리고 WFN1으로 나타남
  - WFN1은 매끄러운 표면을 지녀 매트릭스와 부착이 가장 낮게 나타난 것으로 보이며 PP2의 돌기형태의 표면은 매트릭스가 주입되어 가장 높은 부착을 보여줄 것으로 기대하였으나, 섬유의 파단으로 강도의 저감이 발생된 것으로 판단됨
  - WFN2와 WFN3는 3개의 스트랜드가 꼬여 인발되는 과정에서 꼬임이 풀리면서 역학적 거동을 보이며 상대적으로 높은 부착을 보여줌
  - PP2섬유는 너무 강한 부착으로 인해 섬유가 인발되지 않고 끊어지는 현상을 보여주어 [그림 1-V] b)와 같이 WFN1을 제외한 다른 섬유에 비해 낮은 변위가 발생함
  
- $T_s$ 에 경우에는 [그림 1-V]의 c)에 보이듯이 0.5 vol.%와 1.0 vol.% 보강량에 따라 양상이 다르게 나타남
  - 0.5 vol.%에서는 기존 시판 섬유에서 높은 결과를 보여준 PP1 보다 더 WFN2가 약 30% 높은 결과를 보임
  - 1.0 vol.%의 보강량에서는 WFN2의  $T_s$  향상은 6.38에서 6.95 kJ/m<sup>2</sup>으로 약 0.6 kJ/m<sup>2</sup> 상승하는 데에 반해 PP1섬유는 4.92에서 7.97 kJ/m<sup>2</sup> 으로 약 3.0 kJ/m<sup>2</sup> 상승하여 WFN2 보다 섬유 보강량에 더욱 민감한 것을 확인함
  - PP1의 경우 섬유간의 간섭이 적은 부착 매커니즘을 보여주지만, WFN2의 경우 꼬인 섬유가 풀리는 과정에서 주변섬유에 간섭이 커질 뿐만 아니라 꼬인 섬유가 풀리는 과정에서 시멘트 모르타르가 2차적으로 균열을 발생시키면서 강도의 감소가 보였기 때문에 섬유 보강량의 증가에 민감하지 않은 결과를 보여줌
  - WFN3의 경우에는 같은 보강량에서 섬유의 단면적이 크기 때문에 균열면의 섬유 개수가 적게 나타나게 되어 1.0%에서 가장 높은 8.11 kJ/m<sup>2</sup> 로 PP1섬유보다 약 1.7% 높은 결과를 보여주었음



a) Post cracking strength



b) Displacement at post cracking



c) Softening toughness

[그림 1-V] 섬유 종류 및 보강량이 균열 후 인장거동에 미치는 영향



a) Plain

b) PP1-0.5

c) PP1-1.0



d) PP2-0.5



e) PP2-1.0



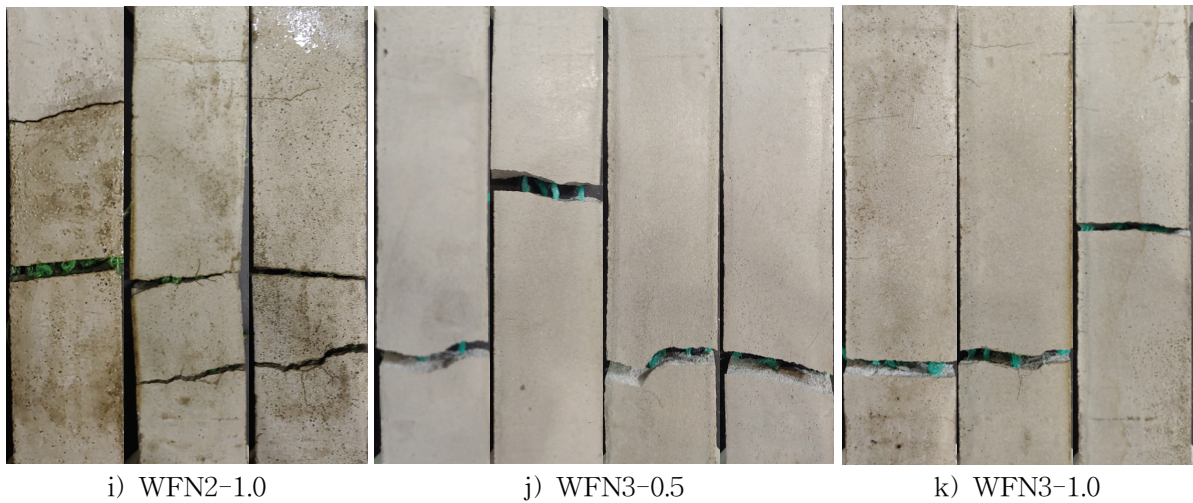
f) WFN1-0.5



g) WFN1-1.0



h) WFN2-0.5



[그림 1-W] 직접인장이후 시험체의 파괴양상

- 본 연구는 기존 Polypropylene(PP) 계열의 섬유 2종과 폐어망을 재활용한 섬유 3종의 성능을 비교 평가하기 위해 압축 및 직접인장 시험을 수행하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었음
  - 폐어망 섬유의 보강으로 인해 압축강도는 조금 감소하게 됨: 섬유와 모르타르 사이 계면 결합으로 인해 압축강도는 다소 감소하지만, 보다 연성적인 압축파괴 거동을 나타냄
  - 직접인장 실험결과, 섬유의 보강으로 인해 시멘트 모르타르의 인장강도는 9~75% 증가하였고, 파괴에너지(Total toughness)는 4768~47205% 증가함: 시멘트 모르타르의 인장강도와 파괴에너지는 1.53 MPa와 0.0172 kJ/m<sup>2</sup> 인데 비해, 섬유보강 시멘트 복합재료의 인장강도와 전체파괴에너지는 2.68 MPa와 8.14 kJ/m<sup>2</sup> 임
  - 섬유를 1.0 vol.% 보강한 경우, 균열 후 인장강도는 WFN3, PP2, WFN2, PP1, 그리고 WFN1 순으로, 각각 1.45, 1.41, 1.35, 1.28 그리고 0.29 MPa으로 나타남
  - 균열 후 파괴에너지(Softening toughness)는 섬유 보강량 0.5 vol.%에서는 폐어망 재활용 섬유(WFN2)가 6.38 kJ/m<sup>2</sup>로 PP1섬유보다 약 30% 높은 결과를 보여주었음. 그리고, 폐어망 재활용 섬유(WFN3)는 섬유 보강량 1.0 vol.%에서 가장 높은 균열 후 파괴에너지 (8.11 kJ/m<sup>2</sup>)를 보여줌으로써 PP1섬유보다 약 1.75% 높은 결과를 나타냄
  - 따라서, 폐어망 섬유 WFN2와 WFN3는 기존시판섬유와 비교하여 동등 이상의 성능을 나타내고 있어 시멘트 모르타르에 섬유보강재로 사용이 가능할 것으로 판단됨

## 부록 2. 국내외 육상쓰레기 재활용 관련 주요 특허 목록

### 가. 국내외 육상쓰레기 재활용 관련 특허

No.	특허명	출원번호	출원일	국가 코드
1	폐플라스틱 재생 선박	10-2014-0045236	2014-04-16	KR
2	폐플라스틱을 이용한 재활용 플라스틱 펠렛 및 그의 제조방법	10-2005-0067605	2005-07-26	KR
3	폐플라스틱 이물질 제거 장치 및 이를 갖는 폐플라스틱 재활용 시스템	10-2012-0100822	2012-09-12	KR
4	폐플라스틱 재활용을 위한 탈수장치	20-2005-0008617	2005-03-30	KR
5	폐플라스틱의 재활용 재료 생산 방법	10-2009-0085636	2009-09-11	KR
6	혼합 폐플라스틱 재활용 상용화제 조성물 및 폐플라스틱 재생 방법	10-1997-0000369	1997-01-09	KR
7	폐광케이블 및 폐플라스틱 재활용 방법	10-2011-0077961	2011-08-05	KR
8	폐플라스틱류의 재활용 처리 시스템 및 재활용 처리 방법	10-2006-0055595	2006-06-20	KR
9	폐플라스틱의 재활용 방법	10-2017-0018434	2017-02-10	KR
10	폐 열경화성 수지를 포함하는 폐 플라스틱의 재활용 방법	10-2000-0063065	2000-10-25	KR
11	폐 플라스틱병 재활용을 위한 이물질 제거 장치	10-2013-0139906	2013-11-18	KR
12	폐 플라스틱 및 폐 비닐 유화시스템의 가스 재활용장치	10-2005-0020291	2005-03-10	KR
13	폐 플라스틱 및 폐 비닐 유화시스템의 가스 재활용장치	20-2005-0006521	2005-03-10	KR
14	폐기물을 재활용한 고품연료의 제조방법	10-2010-0057818	2010-06-18	KR
15	섬유강화플라스틱의 재활용 장치	10-1998-0020469	1998-06-03	KR
16	페스티로폴을 이용한 재활용품의 제조방법	10-2000-0010800	2000-02-28	KR
17	폐 섬유 강화 플라스틱의 재활용 방법	10-1999-0049892	1999-11-11	KR
18	폐 섬유 강화 플라스틱의 재활용 방법	10-1999-0049893	1999-11-11	KR

19	폐고무 및 폐합성수지를 각각 재활용 생산된 부품을 결합하여 만든 보도용 인터록킹 블록 및 인도용 블록	10-2004-0043249	2004-06-12	KR
20	재활용 플라스틱을 이용한 부력형 어류 수로장치	10-2000-0070765	2000-11-27	KR
21	페타이어를 재활용한 바지 건조방법	10-2010-0016448	2010-02-22	KR
22	폐섬유와 폐합성수지를 주원료로 하는 수산물상자의 제조방법	10-2000-0058638	2000-10-05	KR
23	폐유리 파쇄골재와 고로슬래그 시멘트를 이용한 보차도용콘크리트 인터록킹블록 및 투수콘크리트 인터록킹블록의 제조방법	10-2001-0001047	2001-01-08	KR
24	폐유리를 이용한 보도블럭	20-1999-0015962	1999-08-05	KR
25	폐유리를 골재로 사용한 아스팔트 콘크리트 혼합물의 제조방법	10-2000-0067078	2000-11-13	KR
26	폐 유리섬유의 재활용을 통한 건축용 패널 제조방법	10-2006-0064428	2006-07-10	KR
27	열가소성 폴리우레탄 및 아크릴로니트릴부타디엔스티렌 수지로 구성된 폐플라스틱의 재활용 방법	10-2014-0107046	2014-08-18	KR
28	폐플라스틱을 재활용한 합성수지관용 프로파일 제조장치 및 이에 의해 제조된 합성수지관	10-2009-0095428	2009-10-08	KR
29	폐플라스틱의 폴리염화비닐을 재활용한 차음재 및 그 제조방법	10-2015-0136517	2015-09-25	KR
30	열팽창 압력을 흡수하는 폐플라스틱 재활용 블록 및 그 제조방법	10-2007-0054749	2007-06-05	KR
31	폐플라스틱 재활용을 위한 폐플라스틱 성형물의 제조방법	10-2001-0058495	2001-09-21	KR
32	장섬유계 필러를 함유하는 폐플라스틱의 재활용 방법	10-2013-0128845	2013-10-28	KR
33	천연섬유계 필러를 함유하는 폐플라스틱의 재활용 방법	10-2013-0040080	2013-04-11	KR
34	폴리염화비닐을 포함하는 플라스틱 혼합물의 재활용을 위한 장치 및 이를 이용한 폴리염화비닐을 포함하는 플라스틱 혼합물의 재활용 방법	10-2018-0016972	2018-02-12	KR
35	축매를 이용한 플라스틱 폐기물의 재활용 유화장치	10-2010-0056469	2010-06-15	KR
36	폐플라스틱 카바류를 재활용하여 제작된 광고물 부착방지전주 도색관	10-2007-0134146	2007-12-20	KR
37	폐배터리 재활용을 위한 구성물 분해방법	10-2009-0079005	2009-08-26	KR
38	재활용 PVC를 이용한 냉,난방용 배관	10-2015-0154509	2015-11-04	KR
39	비결정질 수지의 재활용을 위한 재생처리액 및 이를 이용한 재생처리 방법	10-2014-0055187	2014-05-09	KR
40	폐 연심로프 분쇄 재활용 장치	10-2003-0078548	2003-11-07	KR
41	유리병커를 경량 골재 대체재와 포장용 골재로 사용하는 재활용법	10-2000-0024506	2000-05-08	KR

42	혼성 폐합성수지 재활용 성형 제품, 그 제조 방법 및 장치	10-2016-0063074	2016-05-23	KR
43	재활용 플라스틱을 이용한 투수성 스틸 그레이팅 및 그 제조방법	10-2015-0055853	2015-04-21	KR
44	폐합성수지를 재활용한 건축용 이중바닥패널 제조방법	10-2016-0067647	2016-05-31	KR
45	재활용 플라스틱을 이용한 탄성포장체 및 탄성포장공법	10-2009-0021965	2009-03-16	KR
46	회수된 폐 전선의 피복재를 재활용하기 위한 장치	10-2012-0057792	2012-05-30	KR
47	폐유리섬유를 이용한 재활용 방법과 그 장치	10-2016-0136554	2016-10-20	KR
48	페스크랩을 이용한 재활용 수지칩의 제조방법 및 그 장치	10-2014-0122481	2014-09-16	KR
49	필터링 기능을 구비한 폐합성수지 재활용 장치	10-2009-0008056	2009-02-02	KR
50	팽창성 플라스틱 물질의 재활용 방법, 및 이러한 방법에 의해 수득가능한 팽창성 플라스틱 물질 또는 팽창된 플라스틱 물질	10-2016-7022459	2014-11-06	KR
51	폐유리섬유를 재활용한 에프알피관의 제조방법 및 이 제조방법에 의해 제조된 에프알피관 및 이 에프알피관으로 제조된 정화조	10-2011-0091455	2011-09-08	KR
52	재활용 플라스틱으로 만들어진 열-접합 다공성 구조 및 이를 만드는 방법	10-2018-7013504	2016-10-13	KR
53	폐 건축용안전망을 재활용한 폴리프로필렌 필라멘트의 제조방법	10-2011-0056647	2011-06-13	KR
54	폐섬유와 폐합성수지를 원자재로 하는 판재의 제조방법	10-2000-0061739	2000-10-19	KR
55	폐섬유를 이용한 판재의 제조방법	10-1998-0020856	1998-06-05	KR
56	폐유리 재활용을 위한 필름-유리 회수 플랜트 및 그를 이용한 폐유리 처리 방법	10-2016-0032223	2016-03-17	KR
57	폐유리 재활용을 위한 필름-유리 회수 플랜트의 필름-유리 전단분리기	10-2016-0032221	2016-03-17	KR
58	폐유리 재활용을 위한 필름-유리 회수 플랜트의 회수물 세척-건조기	10-2016-0032222	2016-03-17	KR
59	폐유리 재활용을 위한 필름-유리 회수 플랜트의 유리선별기	10-2016-0032216	2016-03-17	KR
60	폐유리섬유를 재활용한 에프알피관의 제조방법 및 이 제조방법에 의해 제조된 에프알피관 및 이 에프알피관으로 제조된 정화조	10-2011-0091455	2011-09-08	KR
61	폐유리 및 적점토를 함유하는 친환경 인공경량 골재 및 그 제조방법	10-2008-0138398	2008-12-31	KR
62	폐유리를 이용한 장식타일.	20-2009-0015281	2009-11-25	KR
63	폐유리를 이용한 장식벽돌.	20-2009-0015280	2009-11-25	KR
64	폐유리를 이용한 축광 전자재	20-2002-0031852	2002-10-25	KR



65	폐유리를 활용한 친환경 발포유리 단열재와 타일이 일체화된 단열 타일의 제조 방법 및 그 단열 타일	10-2013-0022566	2013-03-03	KR
66	폐유리를 이용한 축광 건자재 및 그 제조방법	10-2002-0065416	2002-10-25	KR
67	폐유리를 함유한 건자재	10-1994-0011453	1994-05-25	KR
68	다공성 폐 유리 성형제품 및 그 제조방법	10-2003-0058474	2003-08-23	KR
69	폐유리섬유를 이용한 재활용 방법과 그 장치	10-2016-0136554	2016-10-20	KR
70	콘크리트 단면보강 및 폐유리 미립자를 재활용한 도로안전시설물의 설치방법	10-2009-0023151	2009-03-18	KR
71	폐수지·폐암면·폐유리섬유 등을 재활용하여 조립식건축용 단열재 패널을 제조·생산하는 방법 및 장치	10-2000-0023648	2000-05-03	KR
72	폐유리를 이용한 보도블럭 시공방법	10-1999-0032099	1999-08-05	KR
73	폐유리의 단면수복형 내산성 보수재료로의 재활용방법	10-2007-0028093	2007-03-22	KR
74	폐유리 섬유를 이용하여 제조된 단열재	10-1990-0014448	1990-09-13	KR
75	폐유리와 페비닐을 이용한 건축자재 및 그 제조방법	10-2000-0012587	2000-03-13	KR
76	폐유리섬유강화플라스틱을 이용한 섬유보강재	10-2007-0020456	2007-02-28	KR
77	폐유리를 활용한 고강도 바닥용 벽돌의 제조 방법	10-2000-0048574	2000-08-22	KR
78	폐유리를 이용한 미립 경량골재 및 그 제조방법	10-2001-0076420	2001-12-05	KR
79	폐유리를 활용한 고강도 경량 타일 및 벽돌 제조 방법	10-2000-0048573	2000-08-22	KR
80	페스치로폴을 재활용해 제조되는 액상 에폭시형 도료 및 그 제조 방법 및 시스템	0-2001-0066821	2001-10-29	KR
81	페스치로폴 재활용 기계	20-1999-0005047	1999-03-25	KR
82	폐유리를 이용한 원료용 유리재료 제조방법	10-2011-0136644	2011-12-16	KR
83	폐유리섬유강화플라스틱 분리장치	20-2003-0013168	2003-04-28	KR
84	폐유리를 이용한 수목 보호판	20-2002-0004033	2002-02-07	KR
85	폐유리를 이용한 다공성 세라믹 단열 내외장재의 조성물 및 제조방법	10-2017-0018646	2017-02-10	KR
86	재활용 PET 병을 이용한 식물 재배 관찰 키트	10-2012-0079103	2012-07-20	KR
87	효과적인 페트병 및 캔의 재활용을 위한 부피 압축장치	10-2014-0173427	2014-12-04	KR
88	Artificial fish reef constructed by waste plastic bottles	2012-10537248	2012-12-13	CN
89	Artificial fishing bank constructed by using waste plastic bottles	2012-10539928	2012-12-13	CN
90	Method for recycling plastic products	1188540B1	2012-11-20	EP
91	A method for recycling plastic composite materials	89117134	1989-09-15	EP
92	A method for recycling PET beverage bottles	89123431.2	1989-12-19	EP

93	Method and apparatus for the automatic recycling of plastic bottles	91102566	1991-02-21	EP
94	Method and apparatus for the automatic recycling of plastic bottles	91102565.8	1991-02-21	EP
95	Machine for recycling plastic containers, in particular bottles	91919601.4	1991-11-09	EP
96	Machine for sorting plastic bottles as a function of their plastic composition in order to recycle the same	91403513.4	1991-12-20	EP
97	Machine for recycling plastic containers, in particular bottles	1991919601	1991-11-09	EP
98	Means and method for recycling of plastic materials	91850137.0	1991-05-23	EP
99	A method and a system for recycling waste materials including plastics materials	92113202	1992-08-03	EP
100	Bottle recycling method and apparatus	92309386.8	1992-10-15	EP
101	Peelable and methods of manufacturing and recycling	93906972.0	1993-02-10	EP
102	Method and device in the handling of recycling packages, such as bottles and cans	94102068.7	1994-02-10	EP
103	Method and device for handling and recycling packages, such as bottles and cans	94102066.1	1994-02-10	EP
104	PROCESS FOR WASTE PLASTIC RECYCLING	94916504.7	1994-03-08	EP
105	CONTAINER WITH RECYCLED PLASTIC	95929347.3	1995-08-01	EP
106	Labels, bottles fitted with these labels, and processes for their recycling	98123963.5	1998-12-17	EP
107	Apparatus for collecting and compacting recycable waste	98921698.1	1998-06-09	EP
108	Method for recycling plastics	7116972	2000-05-11	EP
109	Method for recycling plastic products and process with apparatus for washing crushed plastic	1307927	2001-09-18	EP
110	Method for recycling plastic products	4027937	2001-09-18	EP
111	Resin film-coated recyclable glass bottles and method for producing the same	01306635.2	2001-08-02	EP
112	Method for recycling plastic material	2013839	2002-06-21	EP
113	Method for recycling PET bottle	02801581.6	2002-10-16	EP
114	Recycle system for used plastics	3705079	2003-02-12	EP
115	Process for recycling coloured thermoplastic moulded articles	03256480.9	2003-10-15	EP
116	Method of recycling waste plastic	4792991	2004-10-20	EP
117	PET bottle recycling	4765912	2004-10-09	EP
118	PET bottle recycling	04765911.5	2004-10-09	EP

119	Plastic recycling with controllable decontamination	04765880.2	2004-10-08	EP
120	Method for recycling plastic material	5425542	2005-07-25	EP
121	Process for the recycling of plastics	6778045	2006-07-28	EP
122	Method of recycling fiber-reinforced plastic	8857290	2008-12-08	EP
123	Process and facility for recycling tires and plastics	11807944	2011-12-27	EP
124	Plastics recycling process	11802781	2011-12-08	EP
125	Method and apparatus for recycling plastic wastes	12759701	2012-09-14	EP
126	Process of recycling plastics, products and applications thereof	12841613.8	2012-06-19	EP
127	Method for recycling plastic products	13795211	2013-11-19	EP
128	Method for the Recycling of Plastics Products	13163162	2013-04-10	EP
129	Method for the Recycling of Plastics Products	13795210.7	2013-11-19	EP
130	System and method for manufacturing plastic product from recycled mixed plastic waste	14166067	2014-04-25	EP
131	Device and a method for recycling mixed plastic waste	14168154	2014-05-13	EP
132	Process for cleaning recyclable plastic material	16157866	2016-02-29	EP
133	Method for manufacturing recycled plastic composite	16175317.3	2016-06-20	EP
134	Method for manufacturing recycled plastic composite	17164582	2017-04-03	EP
135	Structurally-reinforced plastic composite products produced with recycled waste glass fibers and recycled polymer compounds and process for making the same	17207133	2017-12-13	EP
136	Method for manufacturing recycled plastic composite	17164582.3	2017-04-03	EP
137	Mobile plastic recycling system and recycling method using the same	18165793	2018-04-04	EP
138	Recycling method for structural resin of muti resin plastic bottle	3138914	1991-06-11	JP
139	PET bottle treatment device	0186761	1993-06-30	JP
140	Recycle system of PET bottle	0115192	1996-04-01	JP
141	유리 제품의 재활용 공장	8087367	1996-03-15	JP
142	Method of making general waste product into recycling resource	8215660	1996-08-15	JP
143	Tissue-paper case utilizing PET-bottle	0369793	1997-12-10	JP
144	Device for recovering and disposing PET bottle	0195151	1997-07-04	JP
145	Apparatus for classifying plastic waste to be reused by recycling method	9085393	1997-04-03	JP

146	Plastic bottle recycling tool	9343659	1997-12-01	JP
147	Recycling of plastic in waste as resource	9068397	1997-03-21	JP
148	Recycle plastic block	0123290	1998-05-06	JP
149	Recycle plastic block	10123290	1998-05-06	JP
150	Method for recycling waste plastic in waste	10249431	1998-09-03	JP
151	Equipment for treating bottles for recycling	10147193	1998-05-28	JP
152	Recyclable waste sorting device	11100495	1999-04-07	JP
153	Production of recyclable building material using waste plastics	11120091	1999-04-27	JP
154	Apparatus for processing PET bottle for recycling	11330366	1999-10-15	JP
155	Method for recycling PET bottle	0360806	2000-11-28	JP
156	Method for recycling PET bottle	0201482	2000-06-29	JP
157	Method for recycling PET bottle and PET resin molded article, and recycle product	0133219	2000-05-02	JP
158	Method for sorting and treating waste plastic, its system and dry cleaning apparatus used therefore	12339381	2000-11-07	JP
159	Method for recycling waste plastic	12042096	2000-02-21	JP
160	Method and apparatus for recycling plastic bottle	12125086	2000-04-26	JP
161	Method and device for recycling process of PET bottle	12264170	2000-08-31	JP
162	Method for removing flake foreign matter in recycling of PET bottle	0119798	2001-04-18	JP
163	Method for removing flake foreign matter in recycling of PET bottle	13119798	2001-04-18	JP
164	PET Plastic bottle recycling method	13317562	2001-10-16	JP
165	System for treatment of organic waste and recycling system	13189119	2001-06-22	JP
166	Insulation for recycling used PET bottle	13059959	2001-03-05	JP
167	Building material molded of used PET bottle and glass bottle and manufacturing method therefor	13175641	2001-06-11	JP
168	Sound absorbing structure effectively utilizing recycled goods of empty cans, PET(polyethylene terephthalate) bottles and the like	13115427	2001-04-13	JP
169	Recyclable material producing system of waste PET plastics	0225372	2002-06-28	JP

170	Recycled PET resin composition, method for producing the same and recycled PET resin composition for distribution industry material	14144146	2002-05-20	JP
171	일반 폐기물의 무공해 재자원화 처리 방법	14278161	2002-08-19	JP
172	플라스틱 병의 재활용 방법 및 그 방법에 이용하는 보틀 분쇄 장치	15155183	2003-05-30	JP
173	Heat-shrinkable polyester film and label using recycled PET bottle material	0180623	2005-06-21	JP
174	폐플라스틱(plastic)의 얇은 옷감 제품으로의 재활용 방법	18170104	2006-06-20	JP
175	Method for recycling plastic bottle having vapor-deposited film	19183498	2007-07-12	JP
176	플라스틱(plastic) 폐재의 재자원화 방법, 플라스틱 성형체(plastics molding) 및 그 제조 방법	20108117	2008-04-17	JP
177	System and method of separating and recovering waste PET bottle	20277681	2008-10-29	JP
178	폐 타이어나로부터의 탄소질 재료의 재생방법 및 폐 타이어나 유래의 생성물	24501087	2010-03-22	JP
179	Method for recycling PET composition and device for carrying out the method	23034480	2011-02-21	JP
180	Cap and ring cutter of bottle	24033328	2012-02-02	JP

181	Plastic material recycling method and recycling device	25125248	2013-06-14	JP
182	폐기 PET 수지를 이용한 수지 성형품의 제조 방법	29008320	2017-01-20	JP
183	Reclaimable polyester bottle and carrier assembly	07/062060	1987-06-12	US
184	Method and apparatus for the automatic recycling of plastic bottles	07/484497	1990-02-23	US
185	Method and apparatus for the manufacture of recycled fiber reinforced resin	08/899827	1997-07-24	US
186	Compactor for recyclable waste materials	07/469197	1990-01-24	US
187	Bottle recycling apparatus and method	07/830055	1992-02-03	US
188	Sorting plastic bottles for recycling	07/939304	1992-09-02	US
189	Rubber recycling process and product	08/064231	1993-05-19	US
190	Device for handling recycling packages, such as bottles and cans	08/198627	1994-02-18	US
191	Automatic waste recycling machine and disposal system	08/279220	1994-07-22	US
192	Waste recyclable processing mechanism	08/569916	1995-12-08	US
193	Container for storing and transporting recyclable and non-recyclable waste	08/382644	1995-02-02	US
194	Glass recycling system	08/795874	1997-02-06	US
195	Method for recycling pet bottle	10/491783	2001-10-16	US
196	Method for recycling pet bottle	10/491783	2002-10-16	US
197	Pet bottle recycling	10/575313	2003-10-13	US
198	Separation system for recyclable material	11/959361	2007-12-18	US
199	Method and apparatus to recycle waste pet bottles	12/77034	2008-03-17	US

200	Bottle excellent in recyclability and method for recycling the bottle	12/232365	2008-09-16	US
201	Method and apparatus to recycle waste pet bottles	12/077034	2008-03-17	US
202	Plastic autogenetic recycle machine (green machine)	12/229539	2008-08-25	US
203	Waste recycling method	12/585249	2009-09-09	US
204	Treating water using floating wetland made of plastic waste	12/831889	2010-07-07	US
205	Method for recycling paper products coated with polyester polymers	13/503988	2010-10-25	US
206	Waste collection device, and waste recycling system	12/754985	2010-04-06	US
207	Method for manufacturing porous materials from waste PET bottle	13/041441	2011-03-07	US
208	Systems and amethods for fungible densification of recyclable plastics	13/185480	2011-07-18	US
209	Systems and methods for monetizing recyclable plastics	13/195783	2011-08-01	US
210	Waste recycling system, method, and device	13/986819	2013-06-10	US
211	Separation of components of plastic	13/774130	2013-02-22	US
212	Integrated method and system for recycling waste material	14861551	2016-04-07	US
213	Integrated process for treating recycled PET and PTT materials	15099807	2016-04-15	US
214	Empty Plastic Bottle Recycling Apparatus and Advertising Platform	15637815	2017-06-29	US
215	Integrated process for treating recycled streams of PET and PTT	15497288	2017-04-26	US
216	Method and system for recycling polystyrene waste	15723736	2017-10-03	US

### 부록 3. 국내외 해양쓰레기 재활용 관련 주요 특허 목록

#### 나. 국내외 해양쓰레기 재활용 관련 특허

No.	특허명	출원번호	출원일	국가코드
1	해양공해방지 처리용 다기능 선박	10-1996-004288 5	1996-09-30	KR
2	폐어망 재활용 설비	10-2015-009963 8	2015-07-14	KR
3	폐어망 재활용 성형물 제조 방법	10-2003-010148 7	2003-12-31	KR
4	폐어망을 재활용한 사면보강공법 및 고정앵커	10-2014-011371 4	2014-08-29	KR
5	폐참치어망의 재활용 방법 및 장치	10-2005-004400 4	2005-05-25	KR
6	폐각 및 폐어망을 여과재로 이용한 오폐수 정화처리 장치	10-1999-005034 9	1999-11-05	KR
7	폐기물의 대체에너지 재활용 장치	10-20020043718	2002-07-25	KR
8	폐기물의 대체에너지 재활용 장치와 그 제조방법	10-2002-004371 8	2002-07-24	KR
9	폐어망을 이용한 조립식 인공어초	20-2002-000428 2	2002-02-08	KR
10	PET 폐어망 재생장치 및 재생방법	10-2014-003043 7	2014-03-14	KR
11	폐비닐 또는 폐어망 세척장치	10-2011-008380 2	2011-08-23	KR
12	폐어망을 이용한 콘크리트 보강용 섬유를 포함하는 콘크리트 조성물 및 그 제조방법	10-2014-002933 9	2014-03-13	KR
13	폐그물의 재활용을 위한 탈염, 탈수 및 이물질 제거 시스템	10-2012-002435 8	2012-03-09	KR
14	폐그물등의 재활용 처리기술	10-2010-001936 7	2010-03-04	KR
15	폐그물망 재활용장치	10-2011-004238 6	2011-05-04	KR
16	폐그물 세척장치	10-2018-002161 4	2018-02-23	KR
17	폐그물 분쇄물이 혼합되고 방충성이 뛰어난 친환경 합성목재 조성물 및 이로 제조된 합성목재	10-2012-006551 2	2012-06-19	KR
18	폐그물 분쇄물이 혼합된 친환경 합성목재 조성물 및 이로 제조된 합성목재	10-2012-006193 4	2012-06-11	KR
19	폐그물 분쇄물이 혼합된 친환경 합성목재 조성물 및 이로 제조된 합성목재	10-2012-004125 5	2012-04-20	KR



20	고형연료의 제조를 위한 폐그물의 절단장치	10-2010-011661 7	2010-11-23	KR
21	폐그물 선별 장치	10-2008-007694 7	2008-08-06	KR
22	폐그물 재생장치	10-2012-007470 9	2012-07-09	KR
23	폐그물 파쇄 및 선별 시스템	10-2008-006582 7	2008-07-08	KR
24	폐플라스틱 재생 선박	10-2014-004523 6	2014-04-16	KR
25	폐양식 플라스틱기자재의 재활용시스템 및 그것을 이용한 플라스틱 원료 제조방법	10-2018-000752 0	2018-01-22	KR
26	폐선박을이용한쓰레기소각처리공법	10-2004-011027 4	2004-12-22	KR
27	해안폐기물용 처리 시스템	10-2017-011046 3	2017-08-30	KR
28	해양패각 및 난각을 이용한 다용도 흡수제 및 그 제조방법	10-2018-011071 9	2018-10-11	KR
29	강제폐선박의어초화공법	10-2000-001198 7	2000.03.10	KR
30	황토, 굴 패각, 발포 유리를 섞은 소일시멘트 블록 제조방법	10-2014-000048 5	2014-01-02	KR
31	폐양식 플라스틱기자재의 재활용시스템 및 그것을 이용한 플라스틱 원료 제조방법	10-2018-000752 0	2018-01-22	KR
32	페스티로폼 재활용 및 연료화를 위한 대용량 스팀식 감용기	10-2017-008631 6	2017-07-07	KR
33	Apparatus for drying waste styrofoam	10-2004-003781 8	2004-05-27	KR
34	A barge for treating marine waste	10-2005-006341 3	2005-07-13	KR
35	Soil cement using a waste fishing net	10-2006-012152 3	2006-12-04	KR
36	Regeneration system of wasted styrene foam	10-2005-009724 5	2005-10-15	KR
37	Traveling thermal extrusion system of waste polystyrene buoy	10-2007-013852 6	2007-12-27	KR
38	Artificial sculptures using wasted styrofoams and methods of producing them	10-2009-006593 1	2009-07-20	KR
39	Method for recycling wasted nylon fish net and recycled nylon filament fiber	10-2009-012481 3	2009-12-15	KR
40	Solidification method for marine waste	10-2010-004194 3	2010-05-04	KR
41	Net or farming materials for recycling for sea	10-2012-003930	2012-04-16	KR

42	Waste plastic, Spent fishing nets and waste vinyl total Liquefaction Equipment by low temperature Pyrolysis Procedures	10-2013-011106	2013-09-16	KR
43	Filament manufacturing apparatus of wasted-rope	10-2013-012546 1	2013-10-21	KR
44	Apparatus for recycling pet waste fish net and method thereof	10-2014-003043 7	2014-03-14	KR
45	Reinforcing concrete composition comprising fiber using by waste fish net for and method for producing the same	10-2014-002933 9	2014-03-13	KR
46	Waste plastic recycling ship	10-2001-400452 36	2014-04-16	KR
47	filament manufacturing apparatus using wasted-rope and the filament thereby	10-2015-012417 2	2015-09-02	KR
48	Filament manufacturing apparatus and method using wasted-rope	10-2014-013008 5	2014-09-29	KR
49	Filament manufacturing method using wasted-rope	10-2015-015505 1	2015-11-05	KR
50	Filament manufacturing apparatus and method using wasted-rope	10-2014-016805 2	2014-11-28	KR
51	Artificial reef group constructed utilizing waste bottles	20121535704	2012-12-13	CN
52	Marine fish living place constructed utilizing wastes	20121535705	2012-12-13	CN
53	Artificial fish reef constructed by waste plastic bottles	20121537248	2012-12-13	CN
54	Bottle hole reef in frame structure	20121535798	2012-12-13	CN
55	Split mounting type artificial fishing reef	20121539926	2012-12-13	CN
56	Lightweight artificial fishing reef	20121535787	2012-12-13	CN
57	cave conglomerate	20121535796	2012-12-13	CN
58	stable fish reef	20121535800	2012-12-13	CN
59	structure of combined reef cluster	20121539259	2012-12-13	CN
60	Waste fishing net modified plastic and preparation method thereof	201510051361.3	2015-01-30	CN
61	Waste fishing net recovering and reproducing method	20131556888	2013-11-11	CN
62	Path-separation type artificial fish reef	20122685228	2012-12-13	CN
63	Tree branch shaped hole group	20122685229	2012-12-13	CN
64	Artificial fish reef structured by waste plastic bottles	20122686541	2012-12-13	CN
65	Joint assembling type fish reef	20122688905	2012-12-13	CN
66	Sinking and floating type artificial fish reef	20122686523	2012-12-13	CN
67	Split mouning tyep artificial fish reef	20122689514	2012-12-13	CN

68	Diverging tye split joint reef body	20122689531	2012-12-13	CN
69	Artificial reef group built by waste bottle bodies	20122690334	2012-12-13	CN
70	Lightweight artificial fish reef	20122685119	2012-12-13	CN
71	Steady fish reef	20122685120	2012-12-13	CN
72	Bottle hole reef with frame structure	20122685159	2012-12-13	CN
73	Method for operating fishing net cleaning device	201711203360.1	2017-11-27	CN
74	Waste fishing net modified plastic and preparation method thereof	201510051361.3	2015-01-30	CN
75	Process for recycling waste fishing net	201710389129.X	2017-05-27	CN
76	Method for preparing PA6 reinforcing material from waste fishing net	201710424262.4	2017-06-07	CN
77	Process for deodorising used foamed mouldings, especially crates of fish	19934308430	1993-03-17	EP
78	Marine vessel based system and method of managing municipal solid waste	20090386011	2009-04-15	EP
79	Heat treating plastics waste	20040003269	2004-02-13	EP
80	Floating recycling plant	20100016656	2010-10-02	EP
81	Method and equipment for processing before reutilization of polyamide wastes, particularly fishing nets	1990245890	1990-04-17	EP
82	Fiber-reinforced carbon composite material and method for producing the same	2000026222	2000-02-03	JP
83	Method and apparatus for treating waste expanded polystyrene	2000119771	2000-04-20	JP
84	Facility and method for treating industrial waste on vessel	2000404494	2000-12-20	JP
85	Processing vessel for used plastic and method for recycling and producing used plastic	2001088321	2001-03-26	JP
86	Production method for recycled foamable styrene resin particle	2007235409	2007-09-11	JP
87	Method for producing fuel through liquefaction and solidification by thermal decomposition of marine waste, such as fishing gear, ship's fitting made of polymer material	2008211177	2008-07-22	JP
88	Floatable and sinkable fish-breeding reef of organic material	2008276339	2008-10-28	JP
89	Apparatus for treating waste materials	19882741288	1988-02-10	JP
90	Method for producing synthetic resin regenerated raw material by recovering waste of foamed polystyrene product	19924002299	1992-01-09	JP

91	Treatment of styrene synthetic resin waste and method for recycling	199515175195	1995-06-19	JP
92	Frp waste boat incineration treatment apparatus utilizing self-burning action of frp resin	19970110856	1997-04-28	JP
93	Intermediate treatment method for waste plastic and artificial floating algae shelter	2000107397	2000-05-15	JP
94	Method for recycling disused fishing net	97104133	2008-02-04	TW
95	Warming material structure made from recycled waste fishing net capable of solving environmental protection and ecology endangering problems caused by waste fishing net	105138508	2016-11-23	TW
96	A process to recycle used trawl fishing nets into 3D printing supplies	1711027.1	2017-07-09	GB
97	Method and automated collection system for marine plastic debris	14/588085	2014-12-31	US
98	Systems and methods for fungible densification of recyclable plastics	13/185480	2011-07-18	US
99	Systems and methods for monetizing recyclable Plastics	13/195783	2011-07-18	US
100	Recycling method of waste fish net	14/076153	2013-11-08	US
101	Treatment of waste	07/703537	1991-05-21	US
102	Method for processing contaminated plastic waste	08/128410	1993-09-30	US

## 부록 4. 해양쓰레기 전문가 초청 세미나 회의록

- 회의명 : 해양쓰레기 전문가 초청 세미나
- 회의일시 : 2018년 12월 04일 화요일
- 장소 : 한국해양과학기술원 행정동 2층 대회의실
- 참석자 : 연구책임자 김민욱 박사 외 13명 (참석자 명단 첨부)

### 1. 각 해양쓰레기 전문가별 세부분야 내용 요약

#### (1) 해양쓰레기 재활용 균열저감 복합재료 제조 기술 (KIOST 김민욱 박사)

##### ○ 연구배경

- 1) 국내 해양쓰레기 재활용 현황 및 문제점 : 효율적인 재활용 방법 및 처리 정책 결여로 인하여 해양쓰레기가 증가 중에 있음
- 2) 해양쓰레기 자원화 기술이 필요함 (연간 처리비 1700~1800억원 필요)
- 3) 균열저감 복합재료 : 해양항만구조물의 수명연장을 위한 균열저감 복합재료(쓰레기 재활용) 제조 및 사용기술개발을 위한 공학적 접근이 필요함

##### ○ KIOST 보유 기술 내용 및 의견 요약

- 1) 콘크리트 제조 시 섬유보강법을 이용하는 방법이 있음
- 2) 국내에서는 이러한 기술이 실현 및 진행된 사례가 없음
- 3) 시중에 판매되고 있는 기존 시판 섬유와의 비교를 진행함
- 4) 각 페어망의 인장 시험을 실시하였고 최대 인장력 및 인장강도를 계산함
- 5) 페어망이 성능과 경제성 면에서 기존 시판 섬유보다 좋은 것을 확인하였음
- 6) 폐플라스틱과 폐유리를 포함한 복합기술로서 해양쓰레기 재활용 텍스타일 균열저감 복합재료(Textile Fiber-Reinforced Concrete) 개발을 향후 연구 방향으로 진행 중에 있음

##### ○ 질의응답 및 자문 의견

##### 1) 윤종주 박사

- Q. 페어망을 수거해서 하는 것이 의미가 있지만 실험적 측면에서 페어망과 새어망에 대한 강도테스트를 진행하였을 때 페어망이 새어망에 비해 강도 저감이 크게 없을 수도 있다는 것에 대해 비교해 보는 것도 좋을 것 같음
- A. 물속에 10년 이상 잠겨있는 페어망을 수거한 이후에 이 페어망들이 현재 시중에

서 판매하는 어망들과 동일한 어망인지 식별 중에 있음

Q. 스티로폼류의 해양쓰레기도 구상을 하고 있는 것인지, 적용성이 있는지에 대한 의문이 있음

A. 활용가능하고 좋은 자원임. 부유식 구조물에 활용하여 사용 가능성을 고려중에 있음, 콘크리트 재료는 워낙 강도가 좋기 때문에 없을 때보다 상대적으로 향상된 효과가 아주 크지 않을 수도 있다는 것으로 사료됨

Q. 지반재료에 보강재로 쓰는 것도 좋은 생각이 될 것 같다

A. 일일이 잘라서 하는 것은 번거로울 수 있어서 어망 자체를 그대로 사용하면 강도 측면에서 지반 재료로 사용하는데 있어 효과는 있을 것 같다

## 2) 김경신 박사

폐기물 처리는 상태가 좋지 않으면 매립, 소각을 함, 재활용 처리에 있어 독성 제한 성분이 6개에서 9개로 정책적으로 늘어났기 때문에 처리가 더 번거로워 졌음. 폐어망 활용이 상용화 된다고 해도 1년 기준으로 했을 때 폐어망의 양을 얼마나 많이 줄일 수 있을까, 그렇게 많이 줄일 수 있을 것 같진 않음 - (답변) 전처리 시설이나 폐어망을 설계된 크기로 자르는 기술을 좀 더 연구하여 진행된다면 상당히 많은 양의 폐어망을 줄일 수 있을 것임

## 3) 이승현 박사

전처리할 수 있는 시설이 확충이 되어야 하며, 경제적으로 여러 고려를 해보아야 함, 국가가 시설을 지어줄 수 있도록 해야 하며, 수거가 가능한 국가적 체계를 만드는 것이 중요한 것임

## (2) 해양쓰레기 저감을 위한 국내외 정책 (한국해양수산개발원 김경신 박사)

### ○ 연구배경

- 1) 해양쓰레기 이슈화의 큰 배경은 태평양 거대 쓰레기 지대임
- 2) 발생하는 해양쓰레기는 현재 민간업체가 주를 이루어 진행되고 있음
- 3) 해양쓰레기의 핵심인 플라스틱 해양쓰레기와 미세 플라스틱이 이슈를 주도하며, 미세플라스틱은 인간에게도 지대한 영향을 끼침

### ○ 해양쓰레기의 국내외 동향

- 1) 국제사회의 대응 흐름은 국가에서 지역으로, 다자간 협력체에서 국제 규범 체계로 발전하고 있음 (G7, G20 등의 다자간 협력체)

- 2) 2015년 UN은 지속가능개발목표를 채택하였고, 2030년까지 해양쓰레기 등으로 인한 오염 예방과 감축 목표를 제시하고, 해양에 직간접적으로 영향을 미치는 육상 쓰레기 관리에 대한 목표도 제시하였음 (UNEP, UNEA)
- 3) APEC, ASEAN, G7, EAS 등 다간 협력체의 대응도 이루어지고 있음
- 4) 미국, 일본, EU, 프랑스, 캐나다, 대만, 영국, 인도네시아, 호주, 우루과이, 코스타리카, 스웨덴, 스리랑카 등에서 플라스틱 사용 억제를 위하여 자원순환(재활용) 및 대응이 이루어지고 있음

#### ○ 국내외 해양쓰레기 관리 전망

- 1) 플라스틱 제품의 사용 규제, 플라스틱 대체 제품의 개발 투자와 소비 확대, 미세 플라스틱에 대한 연구와 대응 강화, 자원 재활용 및 저개발 국가의 지원 등이 국제사회에서 중점적으로 다루어질 현안 과제로 나타나고 있음
- 2) 제3차 UNEA 결의에 따른 해양쓰레기 국제 규범 논의를 통해 해양쓰레기와 미세 플라스틱에 관한 장애 요인을 확인하였고, 해양쓰레기 관리를 위한 자발적이고 규범적인 관리 전략이 대두되었으며, 11월 제2차 회의 전까지 기존 국제협약, 스톡홀름, 런던협약의정서 등 전문가 그룹과 격차 분석을 실시할 예정임
- 3) 국내에서의 해양쓰레기와 관련된 관리 전망은 해양쓰레기 관련 제도 정비를 통한 관리 기반을 강화하고, 지역 주도형의 해양쓰레기 관리 기반을 마련하며 플라스틱 해양쓰레기와 미세 플라스틱 등에 대한 국제 현안 대응 및 해양 폐자원 재활용 등 자원 순환 정책 확대 등이 있고, 추가적으로 시민, 민간 기업 등 이해관계자의 자발적인 참여와 실천 행동을 강화해야 하는 것으로 전망됨

#### ○ 해양쓰레기 대응

- 1) 5대강 유역의 하천 및 하구 쓰레기 관리 기본 계획은 발생 최소화, 수거 효율화, 자원화, 협력적 거버넌스 구축, 관리기반 구축으로 계획되어 있음
- 2) 자원의 선순환으로 지속가능한 순환경제를 실현한다는 비전으로서 제1차 자원순환 기본계획을 수립하였음 ('18~'27)
- 3) 해양쓰레기 대국민 인식조사가 이루어지고 있음
- 4) 해양쓰레기 관련 신문기사 텍스트 네트워크 분석이 이루어지고 있음
- 5) 선박의 그물 등 얽힘 사고에 대한 분석이 이루어지고 있음
- 6) 해상에 기인한 쓰레기 물질 생애주기(생산-사용-수거-처리) 관리가 이루어지고 있음

#### ○ 질의응답 및 자문 의견

1) 김태원 교수

Q. 우리나라는 어망의 판매 제한과 관련된 제도가 존재하는지

A. 일본, 노르웨이와 같은 경우는 존재하지만, 국내는 아직 그러한 제도가 없는 상황이고, 자원절약법에 의해서 어망의 판매를 법적으로 제한하고 구매 및 생산하는 것에 있어 신고 체계를 이루는 등 제도적으로 정비가 되어야 함

2) 김성원 연구원

Q. 재활용 면에서 에너지 재활용이라는 것이 어떤 것인지

A. 일본이나 미국과 같은 경우에는 스티로폼이나 플라스틱을 소각할 시에 그 화력을 오히려 재활용하는 모습을 보이고 있는데 이런 것이 에너지 재활용인데, 국내에서는 어떠한 에너지 재활용도 이루어지지 않고 있는 추세임

**(3) 해양쓰레기 전주기 관리기반 정보 서비스 및 조사/수거/처리 장비 현황 (선박해양플랜트연구소 이승현 박사)**

○ 해양쓰레기 관리근거 및 국내외 현황

- 1) 국내에서 연간 약 17만 톤의 해양쓰레기가 발생하고, 50~70%가 육상에서 기인하며 해양쓰레기의 70% 이상은 플라스틱류임. 해양쓰레기 처리 비용은 육상의 2배 이상이 소요됨
- 2) 국내의 플라스틱 사용량은 세계 1위이며, 국내 연안 미세 플라스틱이 세계 2위 수준임. 이는 양식장 부표 등 폐어구의 조각이 주된 원인임. 이에 따라 플라스틱 쓰레기의 미세화 전 단계에서 자원화와 같은 전처리가 필요함
- 3) 해양 폐자원 재활용 등 자원 순환 정책을 확대하고, 산업적 측면에서 기존의 처리방법, 유통구조를 선진화 및 변화시켜주어야 함
- 4) 따라서 해양 쓰레기의 자원순환 및 재활용에 대한 향후 연구방향을 세운 바 있음

○ 정보서비스 및 조사, 수거, 처리 장비 현황

- 1) 산란장 보호 및 수산자원 회복, 해안가 경관 및 항만 등의 환경관리 등의 목적으로 침적폐기물 수거사업, 마을어장 정화사업, 해안가 수거사업 등 여러 사업이 진행 및 관리되고 있으나 발생/조사/수거/처리에 대한 상호연동 및 관련정보 부족, 사업목적에 맞는 사업의 타당성 정보 등이 부족한 것이 사실임
- 2) 해양쓰레기 없는 쾌적하고, 안전하고, 생산적인 바다를 비전으로 하여 해양쓰레기 발생을 최소화 하고 국민 공감형 수거사업을 강화하며, 과학적이고 능동적인 해양쓰레기 정책 인프라를 구축하는 목표를 추진 전략 및 중점 과제로 삼았음



- 3) 해상이동 복합처리 시스템, 부유물 제거장치, 해안 및 연안 타깃 탐지 방법 및 시스템, 해안폐기물용 처리 시스템 등의 폐기물 수거/처리에 대한 특허 진행이 이루어지고 있음
- 4) 해양쓰레기 처리 장비에 있어 폐 FRP 선박 처리시스템은 선박 건조 및 탑재장비를 탑재하여 도서와 연안의 해양폐기물 문제의 근원적 해결이 가능함

○ 해양쓰레기 전주기 관리기술

- 1) 기존 어구, 어망, 부표 등의 해상기인 쓰레기와 육상기인 쓰레기들의 대체소재 활용 방법을 정립하고, 분해성 플라스틱의 규격설정과 분해 실험법을 개발하는 등 해양쓰레기 발생 저감 기술이 있음
- 2) 인력/장비 접근이 어려운 해안가 및 양식장 주변 부유 쓰레기 수거를 위한 해안가 및 주요 양식장의 해양쓰레기 수거장비와 친환경 수중침적쓰레기 수거기술과 같은 해양쓰레기 수거장비 기술이 있음
- 3) 탈염, 세척, 탈수, 분리 등 전처리 각 공정별 요소기술을 개발하고, 해상 거치 및 이동형 전처리 시스템을 개발하는 등 해양쓰레기 처리 기술이 있음
- 4) 해양쓰레기 분포/수거/예측/관제/정보지원 등의 서비스를 위한 빅데이터 기반의 지능형 IoT 해양쓰레기 관리지원 시스템 기술이나 머신러닝/AI 분석을 이용한 지능형 해양쓰레기 분포 예측 등의 소프트웨어 등 해양쓰레기 정보서비스 기술이 있음

○ 질의응답 및 자문 의견

1) 윤종주 박사

- Q. 해양쓰레기 처리 장비인 폐 FRP 선박 처리시스템이 정책적으로도 관련해서 가장 필요하고 중요한 안건이라고 생각되는데, 추진이 잘 안되었던 걸로 알고 있음
- A. 기술적으로 설계가 되었고, 실제 실용화로도 추진을 하였는데, 불가피하게 어떤 법적인 이유로 중단이 되었으나, 향후 연구에서는 해양쓰레기를 수거 가능하고 분리 및 처리도 가능한 시설을 가진 대형급 선박이 건조될 예정이라는 것을 알고 있음. 집하와 처리 장비를 중심으로 하여 방향성을 세우지 않을까 사료됨

(4) 해양플라스틱이 동물행동 및 생태에 미치는 영향 (인하대학교 김태원 교수)

- 1) 해양에서 장장 큰 새인 알바트로스는 남극 주변과 같은 곳에서 날아다니면서 활동하고 있고, 크기가 어마어마하게 큼. 이 새는 지구상에 십수종이 있는데 거의 멸종위기종이고, 이중에 한 종은 자기가 서식하고 있는 섬에서 새끼를 위해 먹이를 찾아 수천킬로미터를 날아서 가져다 줌. 이 상황에서 새끼에게 줄 먹이를 토해내는걸 보

왔을 때 빈 병, 병뚜개, 플라스틱, 병뚜개와 같은 것이 나오는 것을 관찰하였음. 죽어있는 모습도 자주 보여지고 있는 중임. 또한 뼈 위로 플라스틱이 가득 차있는 것을 볼 수 있음. 먹이가 되지 않는다는 것을 모르는 이유는, 플라스틱이 지구상에 처음 나타난 이후의 역사는 매우 짧고, 지구상에서 오랜 시간동안 진화된 생물들은 자신들이 이 플라스틱이 먹이가 되지 않는다는 생각을 하기도 전에 폐플라스틱 쓰레기가 증가하고, 이것들을 친숙하게 볼 수 있지만 무엇인지 모르기 때문에 먹고 있는 것임. 낚시줄에 걸려 죽는 생물도 발생하고, 폐어망에 의해 엉켜서 죽는 거북이 등의 생물도 발생하고 있음. 백령도에 물범이 서식하는데, 버려진 폐어망에 새끼가 걸려서 못나오는 것을 건어내주었던 경험이 있음. 이런일이 아주 자주 발생하고 있는 추세임.

- 2) 연 한 10만마리 정도가 해양쓰레기로 인해 죽어나가고 있음
- 3) 태평양에 굉장히 아름다웠던 섬이 플라스틱섬으로 변모하였음
- 4) 고둥이 플라스틱 껍데기를 등에 지고 서식하는 것을 발견하였음
- 5) 태평양에 한반도의 약 7배, 텍사스주의 약 2배인 거대 쓰레기 섬이 존재함
- 6) 플라스틱이 풍화작용이나 자외선을 받아서 마치 콜로이드 상태의 액체상태(미세플라스틱)으로 존재함을 알게 되었고, 전 세계적으로는 이러한 문제가 발생하고 제기된 지 꽤 오래되었음
- 7) 올해 들어 미세플라스틱이 일반인들에게 굉장히 많이 인식이 되어가고 있는 중임. 음식과 직결되는 문제가 있기 때문에 더 심각성이 있음
- 8) 해양동물성 플랑크톤은 1차 생산자이며, 2차 소비자의 중요한 먹이원이 되는데 이 작은 생물들이 전체 생태계를 유지하기 위해 엄청나게 많은 양으로 존재하고 있음. 먹이피라미드처럼 맨 아래 존재하는 플랑크톤은 100g의 참치를 키우기 위해 1000kg의 양이 필요함. 이러한 플랑크톤인 요각류가, 플라스틱을 흡수하고 있는 모습을 발견하였음. 미세플랑크톤의 탈피와 먹이의 양에도 영향을 주는 것을 알수 있었음.
- 9) 제주도에도 중국 상표가 붙은 페트병도 많이 보이고, 충격적인 것은 미세화가 되어 부서진 플라스틱이 제주도에 많이 눈에 띄고 있으며, 바다 내부도 말할 필요가 없음
- 10) 남극 세종과학기지도 역시나 쓰레기들이 굉장히 자주 보였음. 쓰레기 수거의 날을 정해서 돌아다녔던 기억이 있음
- 11) 남극 유빙에서 미세플라스틱을 보았다는 소식을 들었음. 필터링을 해서 보니 안에 진짜 마이크로필라멘트나 미세플라스틱과 같은 것이 많이 보였음. 정말 심각함.
- 12) 심해의 쓰레기도 문제가 됨. 미국 서부에서의 연구소에서 심해조사를 하는데, 한국산 코카콜라도 발견되었음. 위를 지나가는 배에서 버리지 않았는지 예상하였음
- 13) 거북이가 비닐봉지를 씹어먹는데, 보고된 자료에 의하면 비닐봉지를 마치 해파리가 떠있는 것처럼 오인을 해서 비닐봉지를 먹는다고 예측하였음. 그러나 매무리 바다 거북의 플라스틱 색깔반응실험을 하였는데, 해파리로 오인하여 섭취한다는 것보다

는 색깔이 더욱더 눈에 띄는 비닐류를 더 관심 가진다는 사실을 알게 되었고, 따라서 형광색이나 흰색과 같은 눈에 잘 띄는 플라스틱을 제조 금지하는 것과 같은 제지 정책이 필요하다고 사료됨

○ 질의응답 및 자문 의견

1) 김경신 박사

Q. 국내에 어망 관련된 사고가 많다고 들었고, 최근 10억 정도의 자산 피해까지 발생하였다고 들었음

A. 2015년 발생한 일이었고, 우리나라가 쓰레기 연구의 테스트베드라고도 불릴 만큼 쓰레기가 전세계를 통틀어서도 가장 많은 축에 속하는 나라인 것으로 알고 있음

2) 박지호 팀장

Q. 저어새가 알바트로스와는 용도가 다르지만, 동지 제작의 용도로 플라스틱을 모으고 동지를 만드는 자료도 본 적이 있음

A. 먹지 않는 것이 가장 중요함. 버려진 쓰레기들 때문에 꽃게와 같은 갑각류의 어획량도 줄어들고 있는 추세임

(5) 해양폐기물 수거 및 처리 현황 (유한회사 보경 팀장 박지호)

○ 해양폐기물의 수거

- 1) 수협 수매 사업, 어항관리선 수거, 적치폐기물 수거와 같은 원재료 조달 및 수거가 이루어지고 있다.
- 2) 각 지역 수협에서 수행하는 수협 수매사업은 배출자가 지정하는 장소에서 폐기물을 수거하고, 폐기물 집하 장소는 어촌계 또는 시, 군에서 장소를 제공함. 또한 배출자가 지정하는 날짜에 운반업체에서 인양쓰레기를 수거하고, 폐사에서는 집게차량과 압롤 차량을 이용하여 폐기물 수거 및 운반 작업을 실시함
- 3) 한국어촌어항 협회에서의 어항관리선 해양폐기물 수거가 이뤄지고 있고, 어항 관리선은 출항 및 출하 일정 통보 후 어항선이 정박해있는 장소에서 해양폐기물을 수거함
- 4) 적치폐기물 수거는 군산지방해양수산청에서 금강하굿둑에서 밀려 내려오는 해양폐기물들이 서해 바다로 침투하는 것을 방지하기 위해 폐기물 수거사업을 진행함

○ 처리현황

- 1) 당사에 입고되는 각종 재활용 폐기물은 공장입고, 1차선별, 투입, 파쇄, 선별, 압출,

- 냉각, 절단의 공정을 통하여 완전 재활용화 함
- 2) 공정 과정이 필요 없는 제품은 선별 또는 압축 및 포장 작업을 통하여 제품화 함
  - 3) 비철, 금속 및 기타 재활용 제품 등은 현지 매입 즉시 매각지로 운송하여 납품 처리 함
  - 4) 재활용 가공처리에 있어서는 폐사의 주 품목인 어망, 로프 외의 제품은 각종 신재생 원료로 가공 또는 제조하여 제조업체에게 재생 원료로 납품하며, 로프 및 PE 어망과 같은 경우는 사출 제조업체로 납품하여 수협에 사용되는 어망통을 제작 중에 있음
  - 5) 또한 플라스틱류, 고무류, 비금속류 및 합성류 등 재활용이 가능한 제품은 원부자재로 저렴하게 공급하고 있음
  - 6) 어망은 수매사업으로 가져오게 되는 자루를 1,2차 선별 후 압축을 하는 과정으로 바로 이어지는 처리 현황을 보이고 있으며, 폐사에서는 현재 폐그물 압축품을 수출하고, 수입하는 각 국가 업체는 낮은 인건비로 나일론 싱글, 더블을 선별작업을 실시 함
  - 7) 수매사업을 제외한 어항관리선 해양폐기물 및 각 항 내의 해양 정화 폐기물 등은 대부분 바다에 휩쓸려온 각종 산업쓰레기 및 생활쓰레기로 이루어지며, 재활용이 될 수 없는 폐기물은 선별작업 후 파쇄 후 다시 선별 공정을 거쳐 소각장으로 보내짐

○ 기대 효과

- 1) 본 사업의 핵심인 기술력, 재활용 폐기물 확보, 시장성 그리고 물류 비용이 사업의 핵심요소이며, 사업장의 위치가 중요함
- 2) 당 사업의 특성상 재활용 폐기물류 등의 제조품은 물류비용이 제조원가에 미치는 영향이 매우 크기 때문에 사업장의 위치가 매우 중요함
- 3) 당 사업장 부지는 주위의 타 공장 등과 비교해도 손색이 전혀 없고, 제품 생산의 확대에 안성맞춤인 입지 조건을 가지고 있음
- 4) 폐사에서는 재활용 폐기물 취급 업체들의 최대 고민거리인 민원이 없는 곳으로 유리함
- 5) 이미 재활용 처리업의 인, 허가 및 공장에 필요로 하는 수전설비 등 생산 공장으로서 모든 면을 다 갖추어 최적화 되어있다.

○ 질의응답 및 자문 의견

1) 김경신 박사

Q. 외국에 수출하는 것이 나일론인 것인지

A. 주요 수출 품목은 나일론이 맞고, 아쿠아쉽이라는 곳이 있는데 그곳은 인건비가

매우 비싸기 때문에 포르투갈의 다른 지사에서 용역을 맡겨 선별작업을 따로 하고 있음

Q. 포르투갈 외 보내는 다른 국가는 어떤 곳이 있는지

A. 베트남은 작년까지 보내다가 올해에는 보내지 않고 있는데, 베트남이 요구하는 것이 더욱 더 제품화해서 보내달라는 것이었는데 저희는 그 정도 규모의 회사가 없더라도 다른 곳에서 일처리를 할 수 있기 때문에 하지 않고 있는 중임, 한국에 회사가 몇 곳이나 있는 것인지 - (답변) 입찰을 받아 사업을 진행하는데 정확히 몇 개라 말씀드리기에는 범위가 광범위 하나, 전국적으로 입찰을 통한 업체는 꽤 있는 것으로 숙지하고 있음, 폐어망은 재활용성이 꽤 있는 것인지 - (답변) 꽃게 잡이용 그물은 재활용성이 요즘 거의 사라진 상태임

## 2) 윤종주 박사

Q. 상태가 가장 좋은 어망을 얻으려면 어떻게 해야 하는 것인지

A. 폐기물의 상태는 수협에서 들어오는 것이 가장 좋음. 선주들에게 바다에 그물을 버리지 말고 자루에 담아오라고 하는 수매의 상태가 가장 좋음

Q. 싱글나일론과 더블나일론이란 것이 어떠한 차이인 것인지

A. 간단히 싱글은 외줄로 조직된 나일론이고, 더블은 두 겹으로 생산된 나일론임, 아쿠아쉽이라는 회사도 선별작업을 다 하는 것인가 - (답변) 선별작업을 후진국에 지사가 있는데, 그곳에서 진행함(투르크메니스탄)

## 3) 이승현 박사

Q. 1차 선별은 정확히 어떠한 것인지

A. 재질을 선별하는 작업임, 더불어 싱글과 더블 나일론을 분류하는 것이 가장 중요

## (6) 충청남도 해양쓰레기 현황 및 관리방안 (충남연구원 윤종주 박사)

### ○ 충청남도 해양쓰레기 발생 현황

- 1) 각 지역에 현안에 맞는 문제들이 산재해 있지만 어느 정도 동일한 틀 안에 있고 충청남도도 그러한 상황에 있음
- 2) 풍부한 해양 관광자원과 아름다운 경관을 보유하여 관광객이 많이 유치하는 중에 있음
- 3) 미세 플라스틱이 미세먼지에 가려진 면이 있는데 2~3년 후면 큰 논란이 될 것이고, 한국의 부모들이 이걸 알게 되면 더욱 더 큰 안건이 될 것임
- 4) 해양수산부는 모두들 기피하는 부서이고, 어떻게 효율적으로 자산을 사용하고 쓰레기를 활용하는 것을 강구하는 것이 아니라, 그냥 몇 년만 잘 버티자 라는 생각이 많

음 - 지역에 따른 품질 빈부격차가 많이 남. 전체적으로 상향 평준화 시키는 것이 1차적 목표임

- 6) 서천 유부도 : 부표, 엔진오일통, 염산통, 스티로폼 등 쓰레기가 난무함, 중국 및 기타 외국에서 들어오는 쓰레기도 많음. 버려진 굴 패각, 폐통발 등 어업 쓰레기도 있음
- 7) 발생량을 줄이자, 자원순환률을 촉진하자, 수거보다는 발생량을 줄이자. 다른 지자체도 마찬가지임
- 8) 우리 마을 해양쓰레기는 내가 치운다는 지역어촌 환경자치를 실현할 수 있는 분위기가 조성될 때까지 대책으로 삼고 있음
- 9) 태안, 보령, 당진, 홍성, 서천 등 해양쓰레기 관리 현상이 있음
- 10) 쓰레기 버리지 말라고 하는 것보다 쓰레기통을 하나 주는 정책이 더 현명함
- 11) 쓰레기로 해양관광 이미지가 손상되고, 매일 조수를 타고 밀려오는 해양쓰레기 수거의 한계가 있으며, 지역사회 기반의 자율적 상시적인 수거 체계가 부재하다는 문제점들이 있음

○ 도민과 함께하는 깨끗한 해양환경 만들기

- 1) 육상, 해안 등 다양한 경로를 통해 유입되는 해양쓰레기로 인한 환경 피해 문제해결을 위해 통합적인 개선대책을 마련해야 함
- 2) 수거인력 및 장비 현대화 등 관리인프라를 확충하여 해안쓰레기를 관리하여야 한다
- 3) 어업쓰레기 종량제를 통한 배출자의 책임강화 정책을 통하여 어업쓰레기를 관리해야 함
- 4) 동서남해 권역별 대응센터 설립 등 범국가적 대응을 통하여 침적쓰레기를 관리해야 함
- 5) 육상 및 해양쓰레기 관리주체 일원화로 통합관리를 통하여 도서쓰레기를 관리해야 함
- 6) 수거 추이는 매년 증가하는 추세이며, 최종목표는 발생하는 양보다 수거하는 양을 더 많이 하는 것
- 7) 국가사업으로서 규명을 하여 분야별 해양쓰레기 관리 인프라를 확충하여 대책을 강구하고 더욱 더 수거량을 증가시켜나아가야 함
- 8) 공통대책은 단기적으로 장마 등 우천 시 육상에서 발생하는 수해쓰레기 등의 발생저감을 위해 주요 강 하구에 차단시설 설치 등 발생원에 대한 관리를 강화해야 하고, 도민 경각심을 고취하는 것과 해양쓰레기 감량 및 재활용을 유도하기 위한 지역 해양환경교육을 활성화하여야 함
- 9) 중장기적으로는 해양쓰레기를 사업장폐기물이 아닌 생활쓰레기로 재분류하여 처리난과 처리비용을 해소하여야 하고, 염분 등 재활용이나 소각처리가 어려운 해양쓰레기

기의 처리문제 해결을 위해 광역 종합 전처리시설 설치를 추진하여야 함

○ 지역사회의 지속가능 관리 방안

- 1) 시민들의 참여가 중요, 100명이 1년에 1번 가서 쓰레기를 수거하는 것보다 10명이 1년에 10번 가서 수거작업을 하는 것이 효율적이고 환경에 도움이 됨
- 2) 아이디어 공모전을 통하여 경쟁을 유도하기도 하는 좋은 아이디어가 많이 나와주고 있음
- 3) 자체적인 해양환경교육센터를 설립하여 어민들을 교육 중에 있음
- 4) 인프라를 잘 구축하고, 시민들의 자기 주도적 의식을 고취시키는 것이 가장 중요함

○ 질의응답 및 자문 의견

1) 원보름 연구원

Q. 지역에 집하장을 설치한다고 하면, 어촌계에서 부정적으로 받아들일 수가 있을 것 같음

A. 집하장을 설치해달라는 요청은 많이 들어옴. 허나 문제는 부지문제와 관리는 누가 잘할 것이라는 문제가 있음. 관리는 수협에서 하고 있고, 규모적인 문제도 있음. 선상 집하장도 있지만 효용성이 있을지에 대해서는 의문점이 있음

2) 박지호 팀장

Q. 해양쓰레기를 처리하는 측면에서 여러 정책과 해답을 이끌어 주고 있어 좋은 말씀이었음. 최근에는 지자체에서 해양쓰레기를 해결하려고 하는데, 개인적으로 실제 국가가 측면에서 서비스를 해주어야 관리 측면에서 진행이 잘 될 것 같음. 또한 수중폐기물을 끌어올리는 것이 의미가 있는 것인지 이런 측면에서 그런 사업이 타당한 것인지, 수거가 능사가 아니고, 어떤 인프라로써 순환이 되게끔 모델을 만드는 것이 좋음

A. 지자체의 정책은 눈에 보이는 것을 직접적으로 처리해주는 것이 중요함. 돈이 많이 들어가는 침적쓰레기 같은 경우는 지자체에서 돈을 쓸 수 없음. 이것은 국가가 하는 것이 맞음. 운반 처리와 같은 경우는 지자체에서 할 수 있음. 이렇게 지자체와 국가의 업무를 정확히 분류하여 비용대비 효과를 높이기 위한 비전을 추진해 나가야 함

3) 조미라 박사

Q. 광역지자체간 대표적으로 어떤 갈등이 있었는지, 그리고 그게 해결이 되었는지

A. 금강하구를 통해서 내려오는 쓰레기가 장마철에 특히 굉장히 많음. 이런 것들을

서천에서 다 감당해야하는 것은 불공정함. 각 지자체들이 분담률을 정해서 처리해야 하는데, 이것이 합의들이 되지 않고 있음. 특히 경기도와 전라북도, 충청남도 사이에서 갈등이 발생하고 있음



## 2. 참석자 명단 (가나다순)

순번	성명(직급)	소속
1	권오순(책임연구원)	한국해양과학기술원
2	김경신(부연구위원)	한국해양수산개발원
3	김민욱(선임연구원)	한국해양과학기술원
4	김성원(연구원)	한국해양과학기술원
5	김태원(교수)	인하대학교
6	박상민(연구원)	한국해양과학기술원
7	박지호(팀장)	유한회사 보경
8	오명학(책임연구원)	한국해양과학기술원
9	윤종주(책임연구원)	충남연구원
10	이승현(책임연구원)	선박해양플랜트연구소
11	이진환(대표이사)	(주)해양기술엔지니어링
12	좌미라(연구원)	한국해양수산개발원
13	채기영(연구원)	한국해양과학기술원
14	홍혜민(연구원)	한국해양과학기술원

### 3. 세미나 사진

