

해양쓰레기 오염대응 기술개발 기획연구 최종보고서

2013.4

주관연구기관 / 한국해양과학기술원
협동연구기관 / (주)퀀트엔

해양수산부
한국해양과학기술진흥원

R&D
2012-0071

해양쓰레기 오염대응 기술개발 기획연구 최종보고서

2012

한국해양과학기술진흥원
해양수산부

Oceans and Fisheries R&D Report

해양수산부
MINISTRY OF OCEANS AND FISHERIES

주 의

1. 이 보고서는 해양수산부에서 시행한 해양연구기획사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 해양수산부에서 시행한 해양연구기획사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.

해양쓰레기 오염대응 기술개발 기획연구 최종보고서

2013.4

주관연구기관 / 한국해양과학기술원
협동연구기관 / (주)퀀트엔

해 양 수 산 부
한국해양과학기술진흥원

제 출 문

해양수산부 장관 귀하

이 보고서를 "해양쓰레기 오염대응 기술개발 기획 연구에 관한 연구"과제의 보고서로 제출합니다.

2013. 4. 14

주관연구기관명 : 한국해양과학기술원

주관연구책임자 : 심 원 준

연구원 : 홍상희, 정지현, 박영규,
강정훈, 유주형, 박세현,
최현우, 허낙원, 송영경,
장 미

위탁연구기관명 : (주)퀀트엔

위탁연구책임자 : 백 동 열

연구원 : 이희영, 홍광화, 설희영

보고서 요약서

과제고유번호	2012-0071	해 당 단 계 연 구 기 간	2012.8.15- 2013.4.14	단 계 구 분	-
연구사업명	중 사업명	해양연구기획사업			
	세부사업명				
연구과제명	대 과제명	해양쓰레기 오염대응 기술개발 기획 연구			
	세부과제명				
연구책임자	심원준	해당단계 참 여 연구원수	총 : 15명 내부 : 12명 외부 : 3명	해당단계 연 구 비	정부 : 70,000천원 기업 : 0천원 계 : 70,000천원
		총연구기간 참 여 연구원수	총 : 15명 내부 : 12명 외부 : 3명	총연구비	정부 : 70,000천원 기업 : 0천원 계 : 70,000천원
연구기관명 및 소 속 부 서 명	한국해양과학기술원 남해특성연구부		참여기업명		
국제공동연구	상대국명 :		상대국연구기관명 :		
위 탁 연 구	연구기관명 : (주)퀵트엔		연구책임자 : 백동열		
<p>해양쓰레기는 최신 국제적인 해양환경 문제로 대두되고 있을 뿐만 아니라, 국내 연안환경에서 생태계, 관광, 수산 및 선박안전에 가시적인 영향을 주고 있다. 하지만 현재 국내에 해양쓰레기의 오염수준과 환경에 미치는 영향을 평가할 수 있는 기술은 물론 이들에 대한 정량적인 자료가 미약하여 효율적인 해양쓰레기 저감 및 관리 정책을 수립하기 어려운 실정이다. 따라서 본 해양쓰레기 오염대응 기술개발 기획 연구에서는 해양쓰레기 관련 국내외 정책동향과 기술동향 및 수준 분석을 통해 향후 국가적으로 연구개발이 필요한 중점 및 핵심세부 연구과제를 도출하고 연구개발 사업의 추진계획을 수립하였다. 아울러 도출된 연구개발사업의 정책적, 기술적 및 경제적 타당성을 평가하였다.</p>				보고서면수	182
색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	해양쓰레기, 유입, 분포, 미세플라스틱, 생물영향			
	영 어	Marine debris, input, distribution, microplastic, biological effects			

요 약 문

I. 제목

해양쓰레기 오염대응 기술개발 기획 연구

II. 연구배경 및 필요성

- 해양쓰레기는 국내 연안환경에서 환경적 및 경제적으로 가시적인 영향을 주고 있어 이에 대응하기 위한 필요기술 및 과학적인 자료의 확보가 시급함

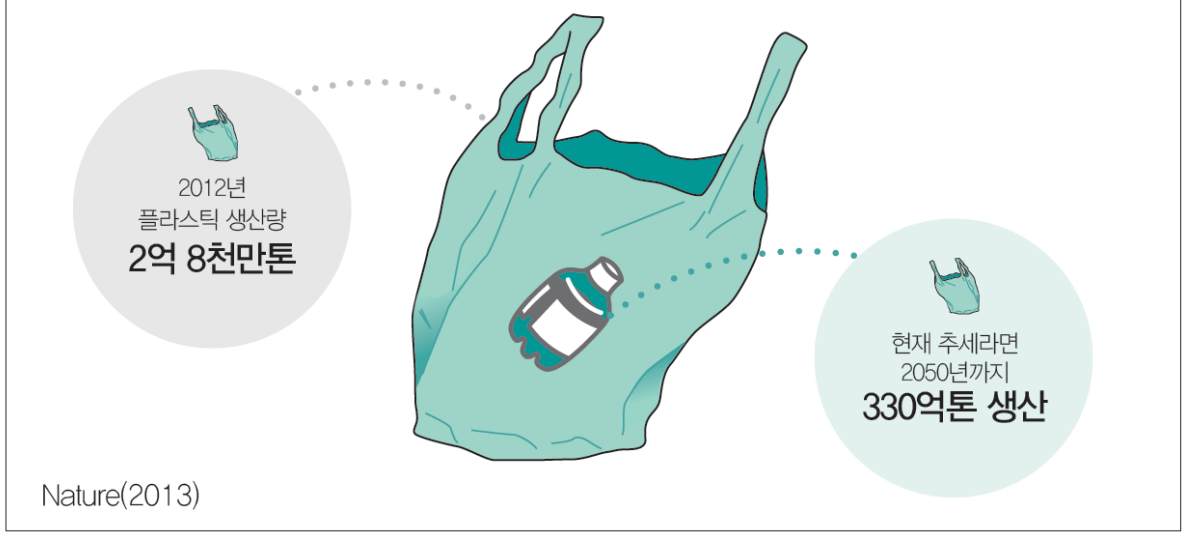
 <p>해양생태계 피해 해양동물들이 쓰레기에 얽히거나, 쓰레기를 삼켜 피해를 입고, 해양쓰레기가 서식처를 파괴하여 해양생태계에 영향을 줍니다.</p>		 <p>미관훼손 정화비용 증가 아름다운 바다의 경관을 해쳐 관광산업에 영향을 미칩니다.</p>	
 <p>수산업 피해 유령어업(ghost fishing: 버려지거나 유실된 어구에 의한 생물치사)으로 수산자원을 감소시키며, 그물에 걸려 수산 활동에 피해를 줍니다.</p>		 <p>선박안전 위협 선박의 추진기에 얽히거나 냉각계통을 막아 선박의 운항과 안전에 피해를 줍니다.</p>	

- 국내 연안 환경에서 해양쓰레기의 양과 영향을 저감하기 위해서는 아래 내용에 대한 기술과 자료 확보가 필수적임.

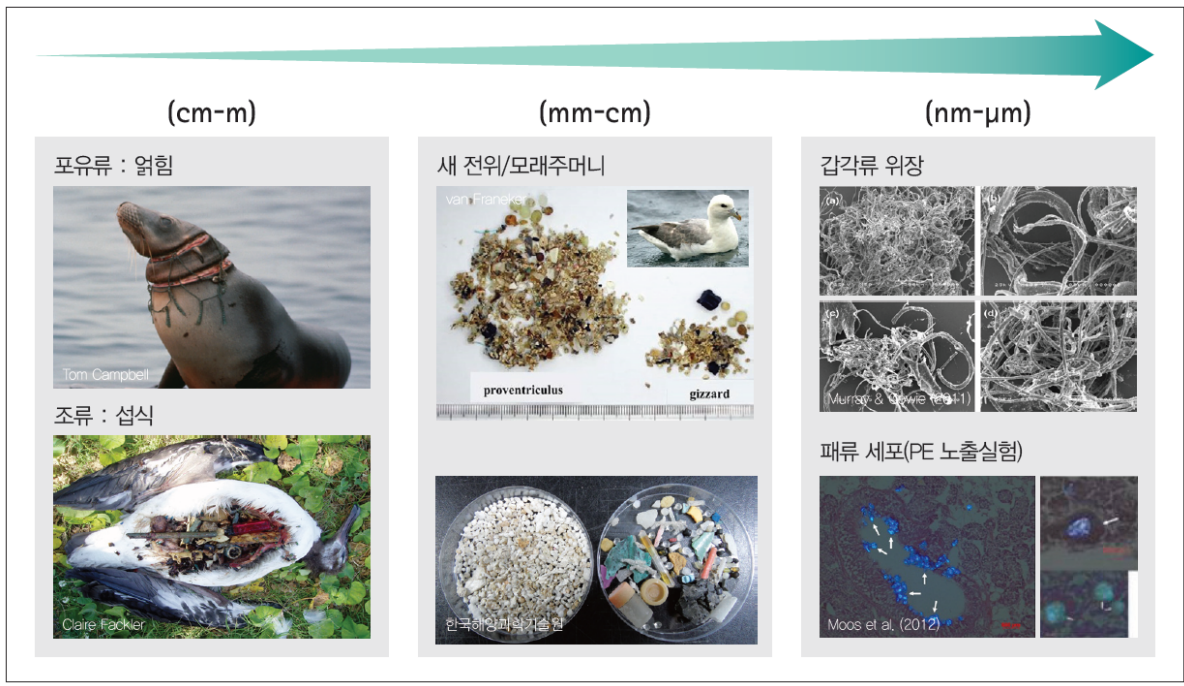
<p>해양쓰레기 유입량 정보가 필요</p> <p>육상, 해양 및 외국에서 기인하는 해양쓰레기의 유입량을 알아야 효율적인 저감 정책을 수립하고 정책의 효과성을 평가할 수 있음.</p>	<p>해양 환경과 생태계에 대한 피해 정보가 필요</p> <p>국내 연안의 해양쓰레기 오염은 전세계에서 높은 수준임에도 불구하고 해양환경과 생물에 미치는 영향 자료가 거의 전무. 어떤 생물 및 서식지가 어떤 해양쓰레기에 의해서 영향을 받고 있는지 알아야 실질적인 피해 저감 정책을 수립할 수 있음.</p>
<p>해양쓰레기 현존량 정보가 필요</p> <p>국내 해변, 해상 및 해저에 존재하는 쓰레기의 현존량을 알아야 효율적인 해양쓰레기 수거가 이루어지고 수거의 효과성을 평가할 수 있음.</p>	<p>해양쓰레기로 인한 경제적 피해규모 알아야</p> <p>국내 연안의 해양쓰레기가 관광업, 수산업 및 선박안전에 가시적인 영향을 미치고 있으나, 그 피해규모에 대한 자료가 거의 없음. 경제적인 피해규모를 알아야 저감정책 이행 시 소요되는 비용을 지불하고, 피해 비용을 최소화 할 수 있음.</p>
<p>미세플라스틱에 대한 대비가 필요</p> <p>미세화된 플라스틱은 최신 국제해양환경 현안임. 미세플라스틱은 수거가 불가능. 미세플라스틱 오염과 생태독성을 알아야 대책을 마련할 수 있음.</p>	

- 해양쓰레기의 약 80%를 차지하는 플라스틱의 전세계 생산량은 1950년대 이후부터 현재까지 지속적으로 증가하고 있으며, 2012년에는 2억 8천만톤, 현재 추세라면 2050년까지 330억톤에 이를 것으로 추정하고 있음. 따라서 해양쓰레기의 양도 늘어날 것으로 예상됨. 특히 아시아 지역의 인구 1명당 플라스틱 사용량 증가가 전세계에서 가장 높음.

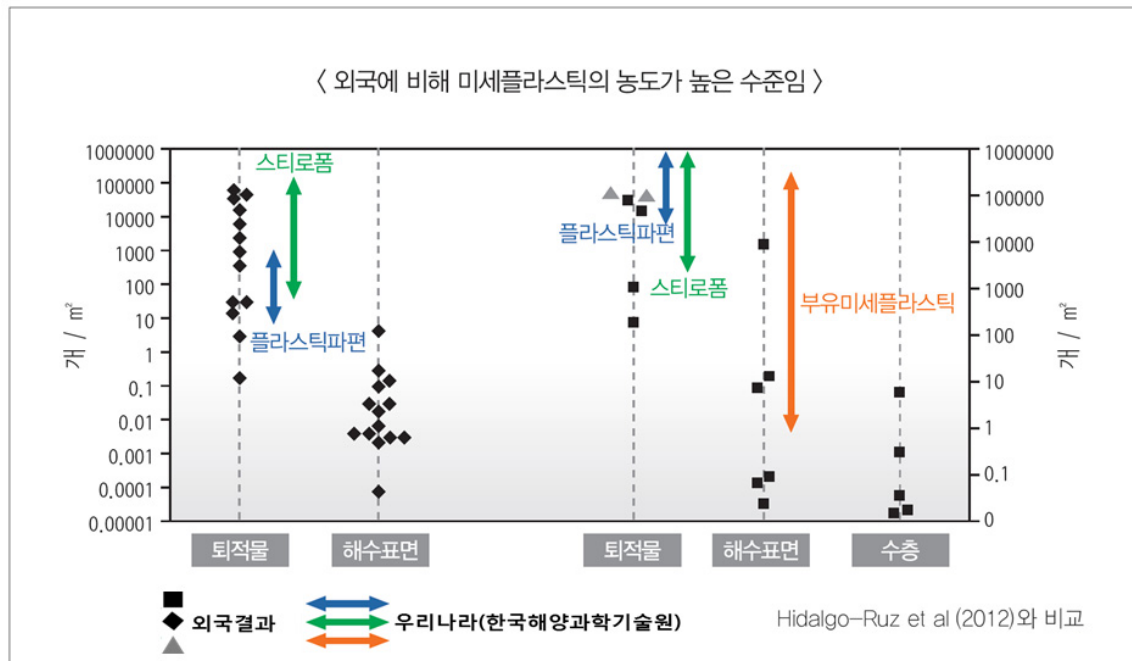
플라스틱 세상 지구에 버려지는 플라스틱의 양이 급증하는 추세이다



- 해양으로 유입된 플라스틱은 서서히 풍화되어 점점 작은 크기의 플라스틱으로 미세화되고 있으며, 최근에는 미세하게 제작된 플라스틱의 생산량이 증가하고 있음. 얼마나 환경에 오래 남아있을지 아무도 알지 못함. 플라스틱이 미세화되면 이를 섭식하는 해양생물의 종류가 늘어날 뿐만 아니라 플라스틱에 흡착 또는 첨가된 오염물질이 생물로 전이되기 쉬움.



- 국내 해변쓰레기 분포량은 유럽 북해에 비해 1.3배 높은 수준이며, 5 mm 이하의 미세플라스틱은 전세계에서 가장 높은 수준임.



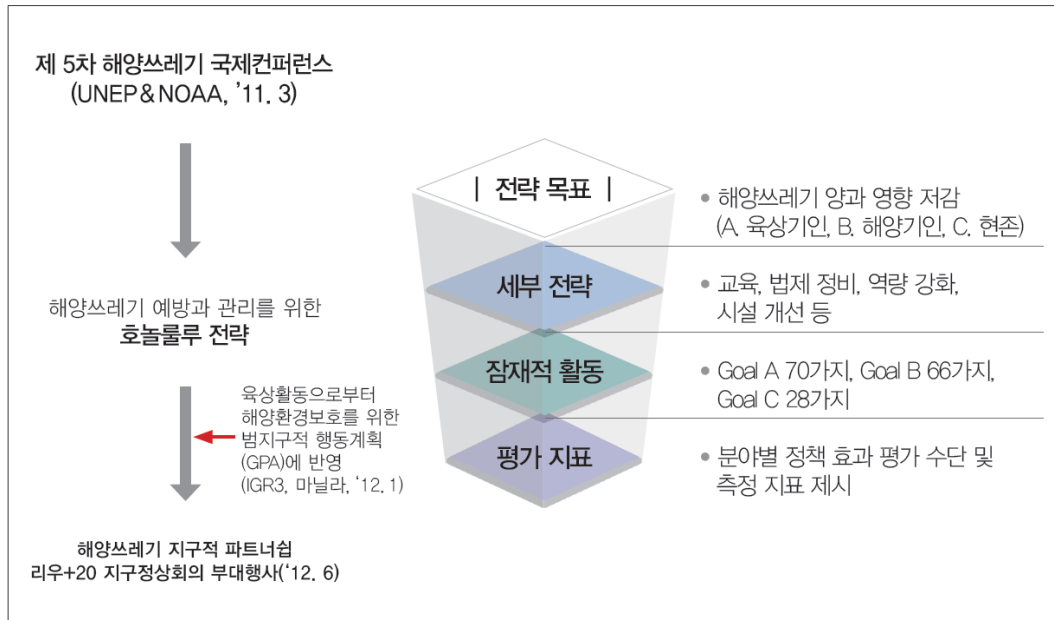
- 우리나라에서는 해양쓰레기 수거에만 너무 많은 비용을 투입. 해변 및 해저 침적 쓰레기의 극히 일부만을 수거하는데 연간 약 300억원이 넘는 비용이 소요되고 있음.

년도	2008	2009	2010	2011	2012
수거량(톤)	24,416	42,898	25,454	29,929	23,081
수거비용(백만원)	34,915	61,344	36,399	42,798	33,006

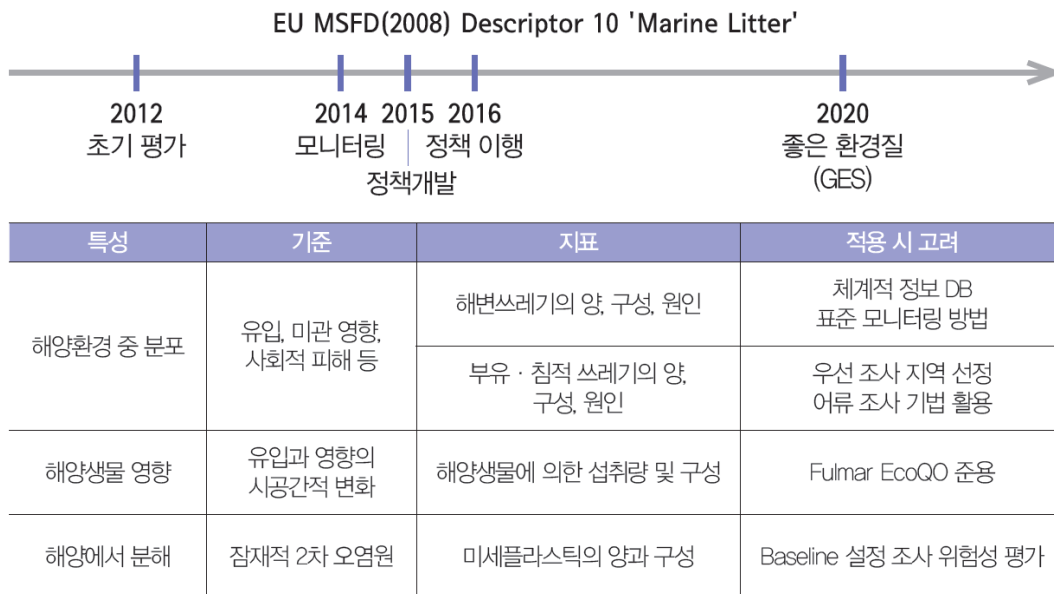
국토해양부 등(2009)

III. 환경분석

- 해양쓰레기는 전지구적인 해양환경 문제로 급부상하고 있으며, 새로운 해양쓰레기 관리 체제인 호놀룰루 전략이 대두되고 있음. 향후 해양쓰레기 절감을 위한 규제를 강화하는 국제협약이 만들어질 가능성이 나타나고 있음.

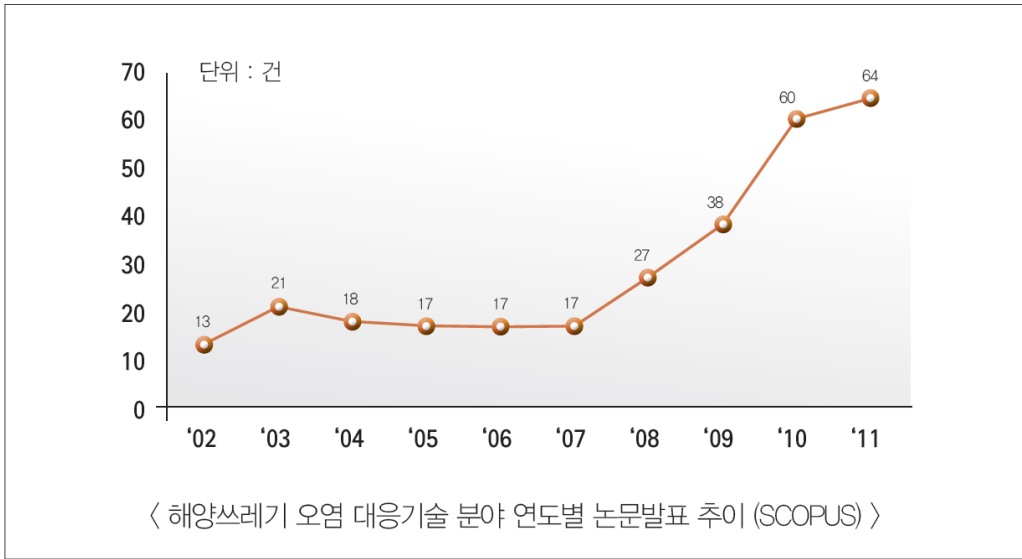


- 유럽연합(EU)의 해양환경 11개 전략지침에 해양쓰레기가 포함되어 있으며, 2012년부터 회원국별 해양쓰레기 오염의 모니터링 및 평가를 통해 저감 정책 수립과 이행을 의무화하고 있음

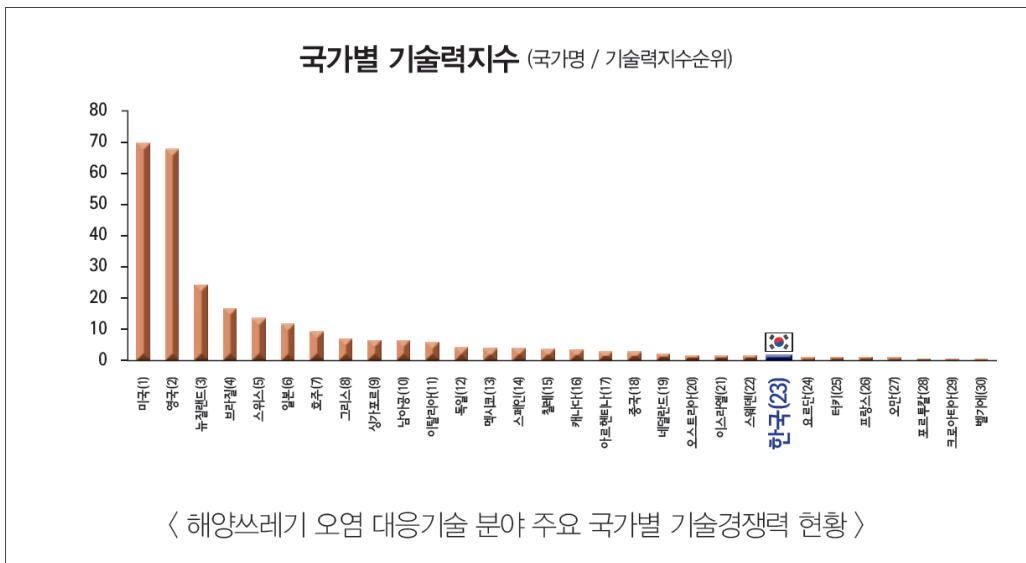


(출처: Cardoso et al., 2010)

- 세계적으로 해양쓰레기 오염대응 관련연구는 해양쓰레기가 국제 환경이슈로 최근 등장하면서 2000년대 중반 이후 급성장하고 있는 추세임

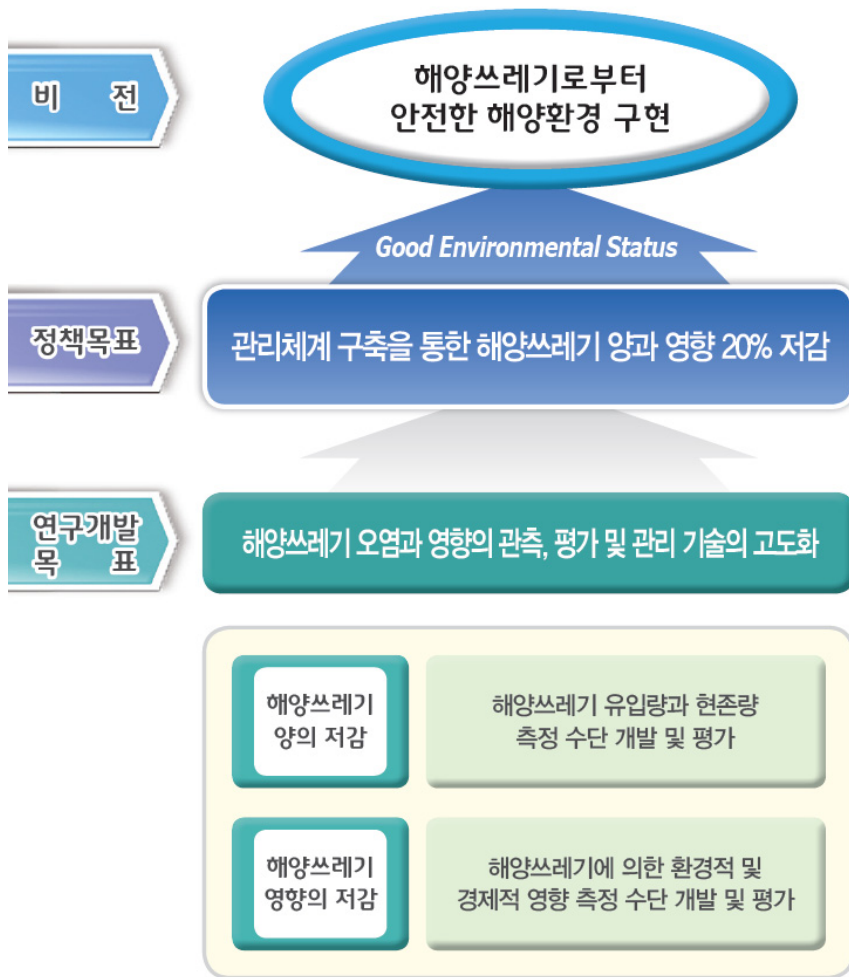


- 우리나라의 해양쓰레기 오염대응 관련 기술 수준은 '02~'06년 세계 17위에서 '07~'11년 22위로 하락하였으며, '02~'11년 종합순위는 23위권에 머무르고 있음.



IV. 연구목표

- 해양쓰레기의 양과 영향을 측정할 수 있는 수단을 개발하고, 이를 활용하여 정책수립과 이행에 따른 해양쓰레기의 양과 영향의 저감효과를 평가. 궁극적으로 해양환경에 유해하지 않은 수준으로 해양쓰레기 오염을 저감하고 관리할 수 있는 체계를 구축함.

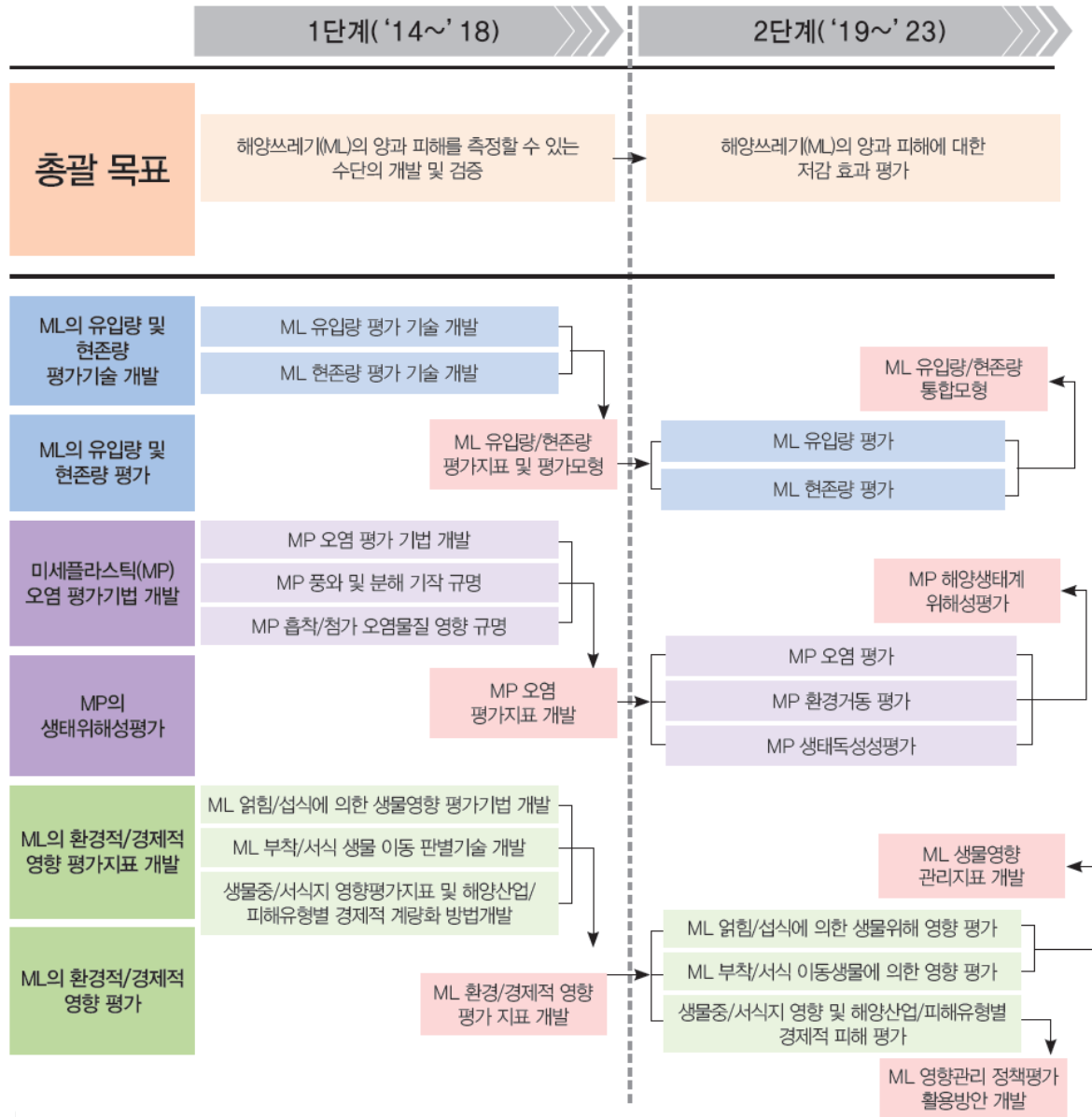


- 해양쓰레기의 오염대응 기술 개발 사업은 제2차('14-'18) 및 제3차('19-'23) 해양쓰레기 관리기본계획과 연계하여 2단계로 추진함으로써 해양쓰레기 저감 및 관리 정책 수립과 이행은 물론 저감 효과 평가에 연구개발사업의 활용도와 실효성을 극대화함.

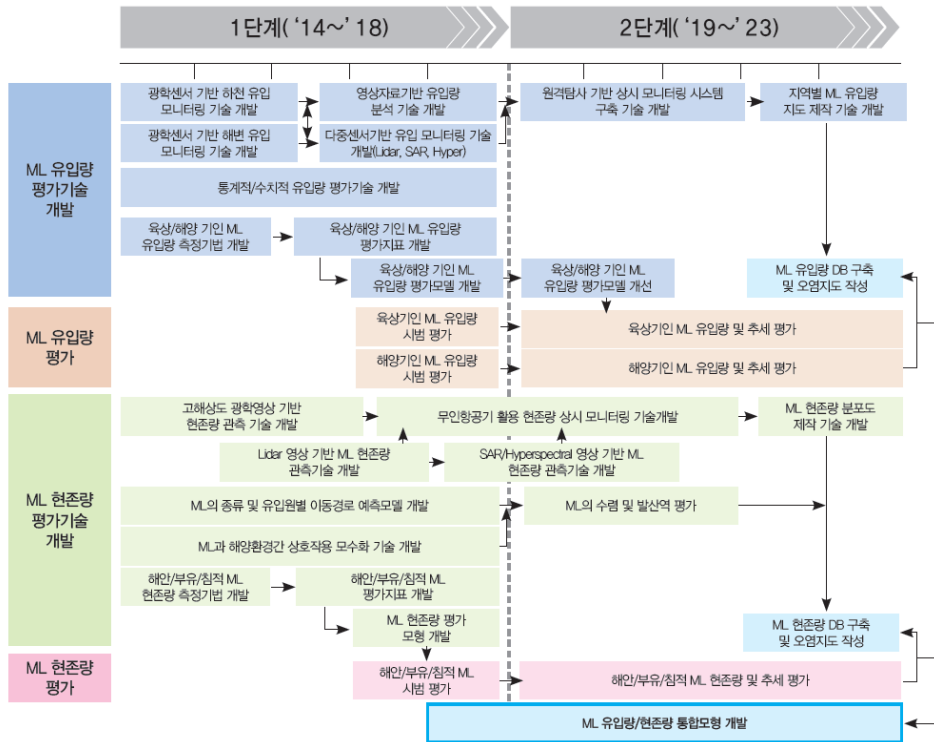
단계	정책목표	연구개발 목표	중점연구개발과제
1단계 (2014~2018)	<ul style="list-style-type: none"> 해양쓰레기(ML)의 양과 피해를 측정할 수 있는 수단 확보 ML의 양과 피해를 저감할 수 있는 정책수단 마련 	<ul style="list-style-type: none"> ML의 유입량과 현존량을 측정할 수 있는 수단 개발 및 검증 ML에 의한 환경적 및 경제적 피해를 측정할 수 있는 수단 개발 및 검증 	<ul style="list-style-type: none"> ML의 유입량과 현존량 지표개발 및 검증 미세플라스틱(MP)의 오염지표 개발 및 검증 ML의 의한 환경적 및 경제적 지표 개발 및 검증
2단계 (2019~2020)	<ul style="list-style-type: none"> ML의 양과 피해를 저감할 수 있는 실행계획 수립 및 이행 ML 저감 정책의 효과 평가 	<ul style="list-style-type: none"> 정책이행에 따른 ML의 유입량 및 현존량의 저감효과 평가 정책이행에 따른 환경적 및 경제적 피해의 저감효과 평가 	<ul style="list-style-type: none"> ML의 유입량과 현존량 평가 MP의 생태위해성 평가 ML의 환경적 및 경제적 영향 평가

V. 연구내용

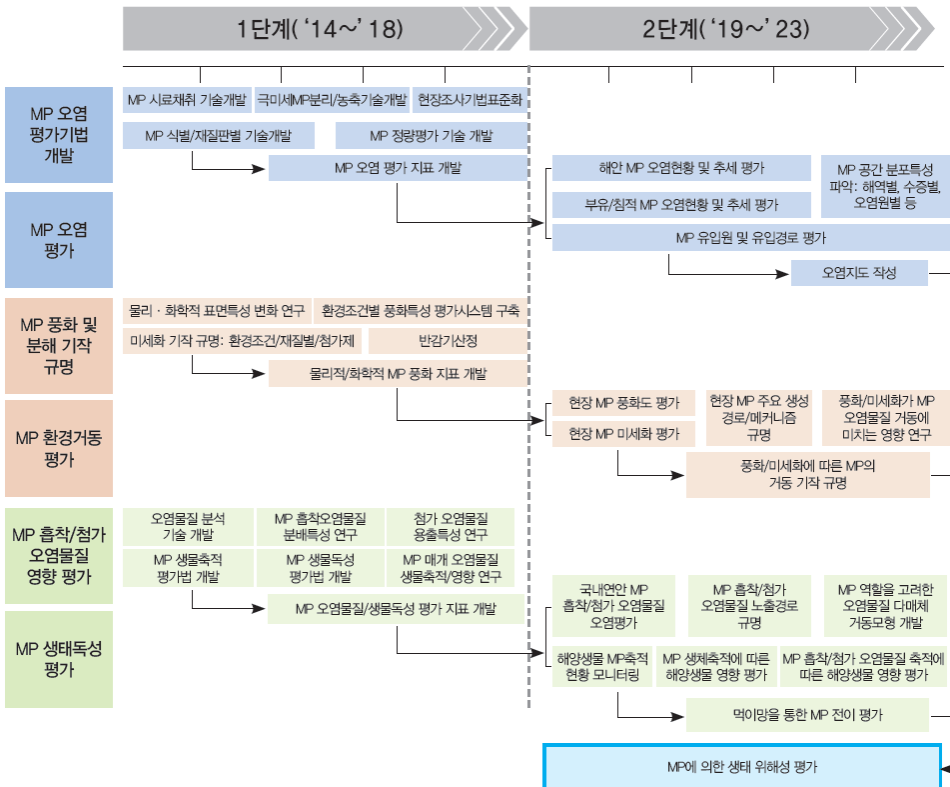
- 연구개발 목표에 따라 1단계('14~'18) 및 2단계('19~'23)로 구분하고 1) 해양쓰레기의 유입량과 현존량 평가 분야, 2) 미세플라스틱의 오염과 독성평가 분야 및 3) 해양쓰레기에 의한 환경적 및 경제적 영향 평가의 3개 분야를 정하고 각 단계별로 1개의 중점과제를 선정



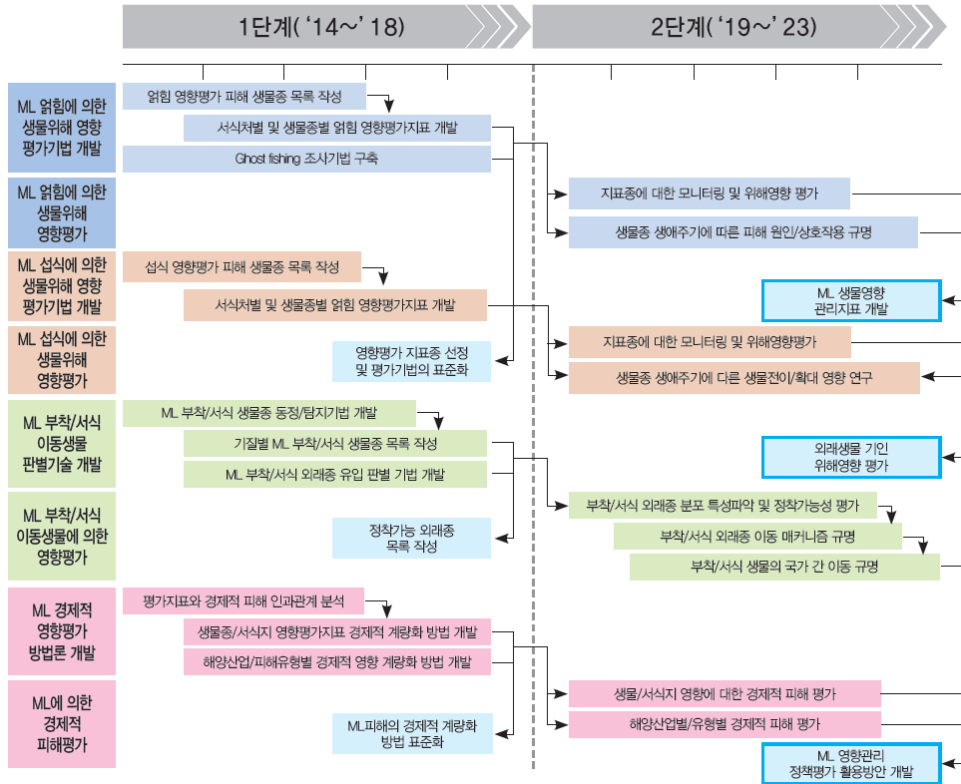
- 해양쓰레기의 유입, 이동, 분포 및 현존량을 관측하고 평가하는 기술을 개발하고, 실제 국내 연안의 유입량과 현존량을 평가



- 미세플라스틱의 오염, 미세화, 흡착/침가 오염물질 및 생물독성 평가기술을 개발하고, 국내 연안의 미세플라스틱에 의한 오염과 생태위해성을 평가

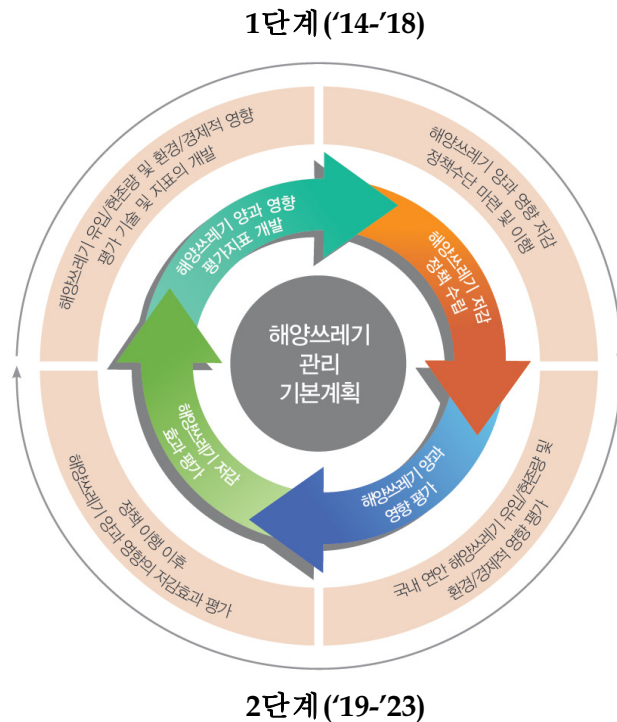


- 해양쓰레기에 의한 생물, 환경 및 경제적 영향을 평가할 수 있는 기술을 개발하고, 국내 연안에서의 영향을 평가



VI. 연구기간

- 1단계: 2014.1.1 - 2018.12.30
- 2단계: 2019.1.1 - 2023.12.30



VII. 소요예산

- 해양쓰레기 오염대응 기술 개발은 공공기반기술로서 정부 연구개발 예산을 확보하여 수행
(단위: 억원)

	1단계					2단계					계
	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20	'21	'22	'23	
정부	32	34	38	41	41	44	42	37	33	31	371
민간	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
기타	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
계	32	34	38	41	41	44	42	37	33	31	371

- 해양쓰레기 오염대응 기술 개발 사업예산은 분야별로 연구개발 내용과 소요비용을 반영하여 산출

분야	년도	1 단계					2 단계					계 (단위: 억원)
		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	
해양쓰레기의 유입, 분포, 이동 및 현존량 평가		14	16	17	19	19	19	19	17	14	13	167
미세플라스틱의 오염과 독성 평가		8	8	8	10	10	12	10	8	8	8	90
해양쓰레기의 환경적 및 경제적 피해평가		10	10	11	12	12	13	13	12	11	10	114
계		32	34	38	41	41	44	42	37	33	31	371

VIII. 기대효과

■ 기술적 측면

- 해양쓰레기의 유입량 및 현존량을 측정할 수 있는 기술 확보
- 해양 미세플라스틱의 오염과 독성을 평가할 수 있는 기술 확보
- 해양쓰레기에 의한 생물피해 및 경제적 피해를 평가할 수 있는 기술 확보
- 해양쓰레기 연구개발을 국제적으로 주도

■ 경제 산업적 측면

- 해양쓰레기 오염으로부터 연안환경 및 생태계 피해 저감
- 해양쓰레기 오염으로부터 관광자원 및 수산자원 피해 저감
- 해양쓰레기 오염으로부터 선박안전 피해 저감
- 해양쓰레기의 사후 수거 및 처리 비용 저감
- 해양쓰레기 관리 대책의 선진화에 기여

IX. 사업타당성

○ 해양쓰레기 오염대응 기술 개발 사업은 정책적 타당성, 기술적 타당성 및 경제적 타당성을 확보하고 있음.

:: 정책적 타당성

○ 해양환경관리법

제24조(해양오염방지활동) 해양쓰레기(폐기물) 수거·처리계획 수립·시행
 • 해역관리청(시·도지사 등) 세부 실천계획 수립·시행
 * 국토해양부장관의 해양환경 개선 조치(2012. 6. 2 산설): 관할 중복, 재해

○ 해양환경종합계획(2011~2020)

• 4대 전략에 '연안유입 오염물질 및 해양쓰레기 관리 강화 추진' 포함
 · 과제1_ 해양쓰레기 유입저감을 위한 관리체제 강화
 · 과제2_ 해양쓰레기 수거·처리 사업의 지속 추진

○ 해양쓰레기 관리 기본계획(2009~2013)

• 국토해양부, 농림수산식품부, 환경부, 해양경찰청 합동
 • 4대 전략: 해양쓰레기 발생 최소화, 해양쓰레기 수거·처리능력 강화, 해양쓰레기 관리기반 구축, 시민참여 및 국제협력 강화

≫ 수립예정인 제2차 해양쓰레기관리 기본계획(2014~2018)과 연계하여 추진, 연구사업의 정책활용도를 극대화 할 수 있음.

:: 기술적 타당성

≫ 해양환경관리공단(KOEM)은 2011년 '해양쓰레기 대응센터' 를 개설하여 업무를 수행하기 시작하였으나, 해양쓰레기 문제에 대한 연구개발 수요를 충족할 수 있는 국가연구개발사업은 없음.

≫ 가시적인 해양쓰레기 문제를 해결하기 위한 기술개발의 시급성이 높음.

≫ 확보하고자 하는 자료 및 기술은 세계적으로 해양쓰레기 현안 문제해결의 활용성과 파급효과 큼.

:: 경제적 타당성

연간 경제적 편익 = 해양쓰레기로 발생하는 연간 피해비용 규모
 × ① 사업기여율(66.67%) × ② 피해저감 목표(20%)

- 아시아·태평양 지역의 해양쓰레기 피해비용이 평균적으로 관련 해양부문 GDP의 0.3% (Molgorm et al., 2011)
- 2012년 3/4분기 기준 해양쓰레기로 인한 국내 피해비용은 연간 113,387백만원(약 1,134억원)으로 추정
- R&D 투자가 완료된 직후 2024년부터 2032년까지 9년 동안 매년 7,559백만원(약 76억원)의 경제적 편익이 발생

구분	순 현재가치 (억원)	편익 / 비용 비율	내부수익률
값	318	2.20	14.56%

SUMMARY

Marine debris is currently one of the global marine environmental issues. Various kinds of marine debris are easily found from our coast to Arctic marine environment. It causes adverse ecological effects as well as economic loss. Ecological impacts include the mortality of marine organisms by entanglement and ingestion, destruction of habitats and transportation of invasive species. Furthermore, intentionally manufactured small plastics and fragmentation of user plastic items (so called 'microplastics') increase target organism to them, and adsorbed and additive chemicals in microplastic may bring chemical toxicity along with physical effects. Abandoned fishing gear causes continuous 'ghost fishing' under water. In addition, marine debris causes 'navigational hazard' by affecting the ship propeller or cooling system. Finally, passive use of beautiful marine environment is influenced by ubiquitous marine debris which cause aesthetical problem.

There is a growing need to reduce and manage the marine debris on national and global level. The reduction and management of marine debris require sound policies which can be implemented by the scientific research, monitoring and assessment. Especially, quantification of 'amount' and 'damage' of marine debris is crucial for implementing management policies as well as assessment of policy effectiveness. In this project planning study, we aim to formulate marine debris problems and analyze the domestic and international marine debris related policy. State art of research and technology for marine debris is assessed, and research, monitoring, assessment and technology development needs are analyzed.

Therefore, future research projects are suggested and prioritized. Three main research fields are 1) Development of indicators for input and standing stock of marine debris and their monitoring, 2) Ecological risk assessment of microplastics and 3) Development of indicators for environmental and economic damage and their monitoring. The long-term research plan should be linked to the second National Marine Debris Management Plan (2014-2018). Research products are focusing on developing 'measurable indicators' in first 5 years and then implementation of marine debris management actions. For the rest 5 years, monitoring will be conducted to evaluate the effectiveness of the actions using the indicators.

CONTENTS

Summary	1
I. Title	1
II. Background and necessity	1
III. Environment analysis	4
IV. Research goal	5
V. Research contents	7
VI. Research period	9
VII. Research budget	10
VIII. Research outcome	10
IX. Propriety of research	11
Chapter 1. Outline	23
Section 1. Objective and contents of research planning	23
1. Goal of research planning	23
2. Sub goal and contents of research planning	23
3. Necessity of research planning	23
A. Definition of marine debris	23
B. Effects of marine debris	24
C. Necessity of marine debris project	27
D. Perspective of marine debris project	30
Chapter 2. State of art in marine debris research and policy	33
Section 1. Domestic and international policy	33
1. Domestic policy	33
2. International policy	35
A. International program for marine debris	35
B. Honolulu Strategy and Global Marine Debris Partnership	35
C. EU Marine Strategy Framework Directive and NOAA MDP	38
Section 2. Marine debris Research and technology	40
1. State art of technology	40
A. Methods	40
B. Derivation of future technology in each field	46
C. Derivation of future technology	61
2. State art of research	63
A. Methods	63
B. Analysis of previous research	68
3. State are of patent	101
A. Methods	101
B. Analysis of patent	103
Section 3. Technology level	107

1. Methods	107
A. Selection of target	107
B. Selection of range and establishment of database set	107
C. Methods of ranking technology	110
2. Results of technology level analysis	111
A. Marine debris pollution (total)	111
B. Marine debris: input and distribution	112
C. Marine debris transportation and prediction	113
D. Marine debris: Microplastics	114
E. Marine debris: Biological and ecological impacts	115
F. Marine debris: Economic loss	116
Chapter 3. R&D Vision and strategy	117
Section 1. R&D vision	117
1. Vision	117
Section 2. Research goal	118
1. Setting research goal	118
Section 3. Strategy	120
1. Research stage	120
2. Research strategy	121
Section 4. Derivation of main research program	122
1. Direction of main research program	122
2. Contents of main research program	124
Chapter 4. Research plan	126
Section 1. Core project	126
1. Core project of main program	126
Section 2. Research roadmap	128
1. Total roadmap	128
2. Program roadmap	129
A. Assessment of input, distribution, transportation and standing-stock	129
B. Assessment of microplastic pollution and toxicity	130
C. Assessment of environmental and economic damage	131
Section 3. Research budget	132
1. Expected budget for program	132
A. Assessment of input, distribution, transportation and standing-stock	132
B. Assessment of microplastic pollution and toxicity	132
C. Assessment of environmental and economic damage	132
2. Expected budget for project	133
Section 4. Request for proposal	134
1. Assessment of input, distribution, transportation and standing-stock	134
A. Project: Development of indicators for input and standing-stock	134

B. Project: Monitoring and assessment of input and standing-stock	137
2. Assessment of microplastic pollution and toxicity	140
A. Project: Development of indicators for microplastic pollution	140
B. Project: Ecological risk assessment of microplastics	144
3. Assessment of environmental and economic damage	148
A. Project: Development of indicators for damage	148
B. Project: Monitoring and assessment of damage	153
제 5 장 Analysis of propriety for research plan	158
Section 1. Analytic Hierarchy Analysis	158
1. Propriety and priority derived by AHP	158
A. Outline of AHP	158
B. Hierarchy of AHP	158
C. Respondents of survey	159
D. Methods for weighting and prioritization	159
E. Results of AHP	159
Section 2. Political propriety	163
1. Conformity with governmental plan	163
2. Necessity for governmental support	163
3. Timeliness	164
Section 3. Technical propriety	165
1. Duplication	165
2. Successfulness	166
3. Pertinence of research plan	167
Section 4. Economical propriety	168
1. Methods for economical propriety analysis	168
2. Assumption for economical propriety	170
A. Assumption for analysis	170
B. Social discount rate	170
C. Estimation of coast	170
D. Estimation of benefit	171
3. Cost and benefit analysis	175
4. Analysis of economical propriety	177
제 6 장 Research outcome	179
Section 1. Application of research outcome	179
Section 2. Expected outcome	179
1. Scientific and technological aspects	179
2. Economical and industrial aspects	179
Chapter 7 Reference	180

목 차

요약문	1
I. 제목	1
II. 연구배경 및 필요성	1
III. 환경분석	4
IV. 연구목표	5
V. 연구내용	7
VI. 연구기간	9
VII. 소요예산	10
VIII. 기대효과	10
IX. 사업타당성	11
제 1 장 연구개발과제의 개요	23
제 1 절 기획연구의 목표 및 내용	23
1. 기획연구의 최종목표	23
2. 기획연구의 세부목표 및 내용	23
3. 기획연구의 필요성	23
가. 해양쓰레기 정의	23
나. 해양쓰레기의 영향	24
다. 연구개발의 필요성	27
라. 연구개발의 방향	30
제 2 장 연구개발 동향 및 환경분석	33
제 1 절 국내·외 정책동향 분석	33
1. 국내 제도 분석	33
2. 국제 정책 동향	35
가. 해양쓰레기 관련 국제 협약과 프로그램	35
나. ‘호놀룰루 전략’과 ‘해양쓰레기 지구적 파트너십’	35
다. EU 해양전략지침과 미국 NOAA 해양쓰레기 프로그램	38
제 2 절 기술동향 분석	40
1. 유망기술 도출	40
가. 분석 방법론	40
나. 분야별 유망기술 도출 결과	46
다. 유망기술 도출 결과(종합)	61
2. 논문 동향 분석	63
가. 분석 방법론	63
나. 논문 동향 분석 결과	68
3. 특허 동향 분석	101
가. 분석 방법론	101
나. 특허 동향 분석 결과	103
제 3 절 기술수준 분석	107

1. 분석 방법론	107
가. 분석 대상 선정	107
나. 분석 범위 설정 및 분야별 DB Set 구축	107
다. 기술수준 분석 방법론	110
2. 기술수준 분석 결과	111
가. 해양쓰레기 오염 대응기술 분야(전체)	111
나. 해양쓰레기 유입/분포 분야	112
다. 해양쓰레기 이동/예측 분야	113
라. 해양쓰레기 미세플라스틱 분야	114
마. 해양쓰레기 생물영향 분야	115
바. 해양쓰레기 경제적 피해 분야	116
제 3 장 연구개발 비전 및 추진 전략	117
제 1 절 연구개발 비전	117
1. 연구개발 비전	117
제 2 절 연구개발 목표	118
1. 연구개발 목표 설정	118
제 3 절 추진전략	120
1. 연구단계 설정	120
2. 연구개발 추진전략	121
제 4 절 중점 연구개발 과제 도출	122
1. 중점 연구개발 과제 도출 방향	122
2. 중점 연구개발 과제 내용	124
제 4 장 연구개발 추진계획	126
제 1 절 핵심세부과제	126
1. 중점연구과제별 핵심세부과제	126
제 2 절 연구개발 로드맵	128
1. 총괄 로드맵	128
2. 분야별 로드맵	129
가. 해양쓰레기 유입, 분포, 이동 및 현존량 평가	129
나. 미세플라스틱 오염 및 생물독성 평가	130
다. 해양쓰레기의 환경적 및 경제적 영향 평가	131
제 3 절 소요예산	132
1. 분야별 및 단계별 예산	132
가. 해양쓰레기의 유입, 분포, 이동 및 현존량 평가	132
나. 미세플라스틱 오염 및 독성평가	132
다. 해양쓰레기 환경적 및 경제적 영향 평가	132
2. 중점과제별 세부예산	133
제 4 절 기술개요서	134
1. 해양쓰레기의 유입, 분포, 이동 및 현존량 평가	134
가. 중점과제: 해양쓰레기(Marine Litter; ML)의 유입량 및 현존량 평가지표 개발	134

나. 중점과제: 해양쓰레기의 유입량 및 현존량 평가	137
2. 미세플라스틱의 오염 및 생물독성 평가	140
가. 중점과제: 미세플라스틱(MP) 오염 평가 지표 개발	140
나. 중점과제: 미세플라스틱(MP)의 해양생태계 위해성평가	144
3. 해양쓰레기의 환경적 및 경제적 영향 평가	148
가. 중점과제: 해양쓰레기의 환경적 및 경제적 영향평가 지표개발	148
나. 중점과제: 해양쓰레기의 환경적 및 경제적 영향평가	153
제 5 장 연구개발의 타당성 분석	158
제 1 절 AHP 분석	158
1. 계층분석을 통한 타당성 및 우선순위 평가	158
가. 계층분석과정 개요	158
나. AHP 조사의 계층 구성	158
다. 조사 응답자의 구성	159
라. 우선순위 가중 평가 점수 계산 방법	159
마. AHP분석 결과	159
제 2 절 정책적 타당성 분석	163
1. 상위계획과의 부합성	163
2. 정부지원의 필요성	163
3. 사업추진의 적시성	164
제 3 절 기술적 타당성 분석	165
1. 기존 연구사업과의 차별성	165
2. 연구개발의 성공가능성	166
3. 연구개발계획의 적절성	167
제 4 절 경제적 타당성 분석	168
1. 경제성 분석 방법	168
2. 경제적 타당성 분석의 주요 전제	170
가. 분석시 전제사항	170
나. 사회적 할인율	170
다. 비용의 추정	170
라. 편익의 추정	171
3. 경제적 편익의 추정	175
4. 경제적 타당성 분석	177
제 6 장 연구개발 결과의 활용방안 및 기대효과	179
제 1 절 활용방안	179
제 2 절 기대효과	179
1. 기술적 측면	179
2. 경제 산업적 측면	179
제 7 장 참고문헌	180

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 기획연구의 목표 및 내용

1. 기획연구의 최종목표

- 국내·외적 이슈로 부상하고 있는 해양쓰레기 현안문제를 해결하기 위한 연구개발 추진 계획 수립
- 해양쓰레기 오염 대응기술개발 타당성 분석 및 세부 추진계획 수립

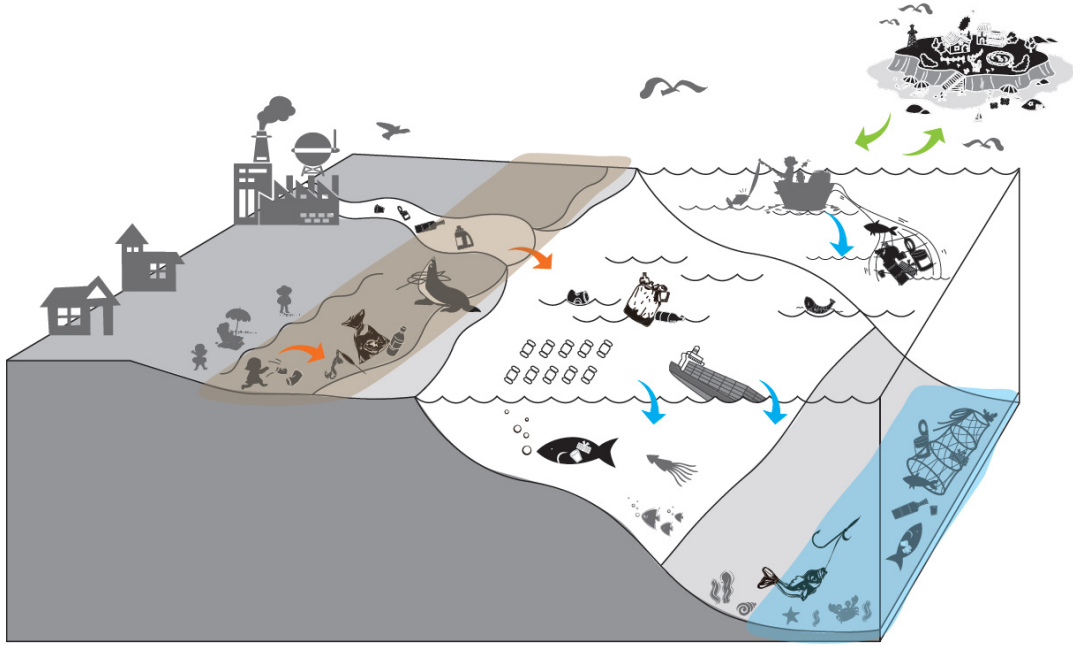
2. 기획연구의 세부목표 및 내용

세부목표	연구내용 및 범위
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 환경분석 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 해양쓰레기 관련 정책동향 및 법제도 분석 ▪ 해양쓰레기 관련 기술동향 및 전망 분석 ▪ 해양쓰레기 관련 기술수준 및 기술개발 역량 분석 ▪ 잠재적 기술수요자의 Needs 분석 ▪ 기술의 미래전망 및 수요 분석
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 연구개발 추진계획 수립 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 추진전략, 기술개발 로드맵(TRM), 추진체계 제시 ▪ 소요예산, 연구기간, 소요인력 제시 ▪ 연구개발 성과평가를 위한 정량·정성적 성과지표 및 평가방안 제시
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 연구개발 타당성 분석 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 정책적 타당성 분석 ▪ 경제적 타당성 분석 ▪ 기술적 타당성 분석
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 도출 과제별 연구개발 제안서 작성 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 도출된 중점과제 중 시급성 및 연구개발 성공가능성에 따라 연구개발 제안서 작성

3. 기획연구의 필요성

가. 해양쓰레기 정의

- 해양쓰레기란 원인을 불문하고 해양환경에 유입된 것으로서, 제조되거나 가공된 고체(불활성)의 못쓰게 된 물질로 국제적으로 정의되고 있음.
- 해양쓰레기는 유입원별로 육상 활동에서 발생하여 강 또는 해변을 통해 유입되는 육상기인, 선박 및 어업활동을 통해 바다에서 직접 유입되는 해양기인 및 해류나 바람을 타고 주변국에서 유입되는 외국기인으로 분류됨.
- 해양쓰레기는 위치하는 장소별로 해안가에 존재하는 해변쓰레기, 해수면 또는 해수 중에 떠다니는 부유쓰레기 및 해저면에 가라앉은 해저침적쓰레기로 분류할 수 있음.
- 해양쓰레기는 크기별로 25 mm 이상의 대형쓰레기(macrodebris), 5-25 mm 사이의 중형쓰레기(mesodebris) 및 5 mm 미만의 미세쓰레기(microdebris)로 분류됨.



나. 해양쓰레기의 영향

- 해양쓰레기는 국내외의 해양이나 연안의 해양생물과 서식처에 영향을 미치고 있으며, 나아가 인간의 건강과 안전에도 영향을 미치고 있음. 아울러 경제적 건전성 및 사회적 가치에도 직접적이고 부정적인 영향을 미치고 있어, 우리나라에 가장 위협이 되는 영향을 줄일 수 있는 정책들을 개발하고 그것들의 우선순위를 정하기 위해 해양쓰레기의 생태적, 경제적 및 사회적 영향을 이해해야 함(NOAA & UNEP, 2011).

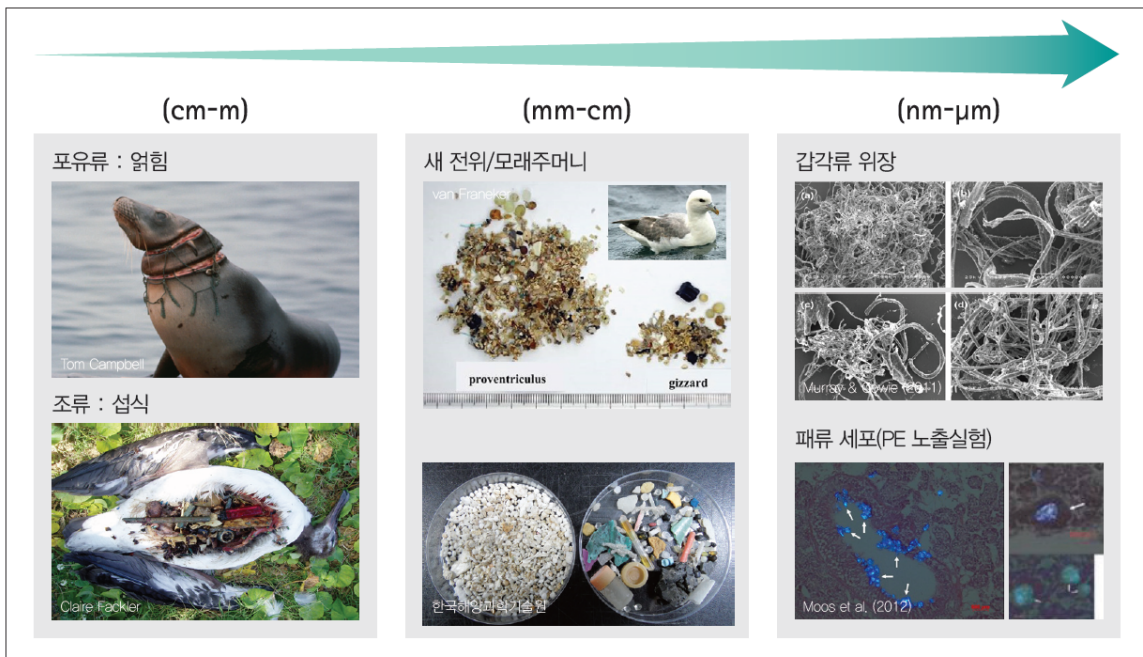
	<p>해양생태계 피해 해양동물들이 쓰레기에 얽히거나, 쓰레기를 삼켜 피해를 입고, 해양쓰레기가 서식처를 파괴하여 해양생태계에 영향을 줍니다.</p>		<p>미관훼손 정화비용 증가 아름다운 바다의 경관을 해쳐 관광산업에 영향을 미칩니다.</p>
	<p>수산업 피해 유령어업(ghost fishing: 버려지거나 유실된 어구에 의한 생물치사)으로 수산자원을 감소시키며, 그물에 걸려 수산 활동에 피해를 줍니다.</p>		<p>선박안전 위협 선박의 추진기에 얽히거나 냉각계통을 막아 선박의 운항과 안전에 피해를 줍니다.</p>

(1) 해양생태계 피해

- **얽힘(Entanglement)으로 인한 피해:** 지역적으로 차이는 있으나 해양으로 유입된 쓰레기의 약 60-80%를 차지하는 항목은 플라스틱임. 플라스틱 해양쓰레기는 다양한 재질과 형태를 이루고 있으며, 해양동물의 경우 플라스틱 봉지, 밧줄, 낚시줄, 그물 등에 얽히므로 인해서 거동 및 먹이활동을 못해 폐사하게 됨. 현재까지 보고된 바로는 모든 바다거북 종류, 바닷새의 21%, 세계자연보존연맹 멸종위기종 목록에 등 록된 120종의 해양포유류 중 45%가 해양쓰레기의 피해를 입고 있음. 국내에

서도 얽힘으로 인해 다양한 해양생물의 피해사례가 일부 보고되었으며, 이 중에는 천연기념물도 포함되어 있음(Hong et al., 2013).

- **섭식(Ingestion)으로 인한 피해:** 해양생물의 먹이 포획과정에서 작은 크기이거나 부서져서 작아진 조각들을 삼키는 해양생물의 사례는 현재까지 많이 보고되고 있음. 해양쓰레기의 섭식이 확인된 해양생물은 고래, 돌고래, 물개 등의 포유류는 물론, 바닷새, 바다거북, 상어 등이며, 최근에는 미세플라스틱 쓰레기의 증가로 소형 및 중대형 어류와 다른 무척추동물에서도 해양쓰레기 섭식이 보고되고 있음. 섭식된 해양쓰레기는 소화기를 막거나 소화기 계통에 손상을 야기하고, 포만감을 유발하여 생물이 굶어 죽도록 함.



- **서식지 파괴:** 해양쓰레기는 햇빛 차단, 표면 손상, 마모 등을 통해 해양 서식지를 변형, 붕괴 및 파괴시킬 수 있음. 산호초 및 습지는 폐어구, 비닐봉지, 천 또는 판지로 뒤덮혀 영향을 받을 수 있음. 또한 퇴적물 내 또는 표면 서식 저서생물의 서식을 방해할 수 있으며, 서식지의 생지화학적 조성을 바꿀 수도 있음. 계속적으로 해양쓰레기가 유입되면 해양과 해안 서식지에 지속적인 위협이 될 수 있다고 보고됨(National Research Council, 2008).
- **흡착 및 첨가 오염물질 영향:** 해양쓰레기의 대부분을 차지하는 플라스틱의 소수성의 성질을 갖고 있어서 대기 및 수중에 존재하는 잔류성 유기독성물질을 플라스틱 쓰레기 표면에 쉽게 흡착할 수 있음. 또한 플라스틱 제조과정에서 다양한 종류의 화합물이 가소제, 열안정제, 자외선 차단제, 산화방지제, 나연제, 촉매, 염료 등으로 사용되고 있으며, 이들 중 일부는 내분비계장애물질 또는 스톡홀름협약에서 규제하는 잔류성유기독성물질에 포함됨. 이렇게 첨가되거나 흡착된 물질은 플라스틱 해양쓰레기를 섭식하는 생물체에서 체내로 흡수되므로써, 생물체내의 독성물질 축적을 증가시킬 수 있으며, 독성영향을 유발할 수 있음. 점차 미세화된 해양쓰레

기를 섭식하는 해양생물의 종류와 섭식량이 증가 할수록 이들 물질이 생물체 미치는 영향도 증가할 수 있음.

- **외래종의 유입과 확산:** 해수와 선박평형수가 외래종을 이동시키는 주 매개체이지만 부유쓰레기도 국가 간의 장거리이동 매개체로 부착생물 외래종을 이동시킬 수 있음. 특히 부착기질이 제한된 표층 해양생태계에서 부유쓰레기는 부착 생물군의 증식에 영향을 주는 것으로 추정되고 있음. 외래종의 유입은 생물종다양성의 손실, 서식지 구조의 변화 및 생태계 기능의 변화 등 환경을 황폐화시킬 수 있음(NOAA & UNEP, 2011).

(2) 경제적인 영향

- **유령어업(ghost fishing) 및 수산업 피해:** 조업중 유실되거나 버려진 페어구는 중요한 수산생물을 포함하는 해양생물을 비의도적으로 포획하거나 상처를 입힘. 영국의 경우 유령어업은 일 년에 수 백억원의 손실을 끼치고 하고(Ten Brink et al., 2009), 스코틀랜드에서는 유령어업으로 인해 선박 한 척당 일년에 5천만원의 피해를 준다는 보고가 있으며(Hall, 2000), 미국에서는 유령어업으로 바닷가재 어업에 연 30억원 규모의 피해를 주는 것으로 추정되고 있음(Allsopp et al., 2006). 부유 및 침적쓰레기는 또한 어업활동 중에 그물에 함께 걸려 조업시간에 영향을 주거나, 그물의 파손을 야기할 수 있음. 아울러 어선의 추진기 및 냉각계통에 영향을 주어 수리비용과 조업시간에 지장을 초래하기도 함.
- **미관훼손 및 관광피해:** 해안과 해양환경의 본질적인 사회적 가치는 해양쓰레기로 인해 줄어듦. 비사용가치와 선택가치는 해양쓰레기에 의해 감소하는 두 가지 주요한 고유의 가치임(National Research Council, 2008). 해양쓰레기 중 특히 해수욕장 및 연안 습지를 포함하는 관광지의 해변에 존재하는 쓰레기는 또다른 사회적가치인 심미적 가치에 영향을 미침. 이는 해변 이용자의 즐거움을 감소시키고 주변 지역의 부동산 가치를 떨어뜨릴 수 있음(Mouat et al., 2010; Ofiara and Seneca, 2006). 실제로 우리나라의 해변의 경우 어느 곳을 방문하여도 쓰레기를 쉽게 발견할 수 있으며, 거제도 해수욕장과 같은 일부 지역은 장마철 이후에 강으로부터 대량으로 유입되는 쓰레기가 여름철 관광객 유치에 큰 영향을 주고 있음.



- **선박 운항 안전 피해(Navigational Hazard):** 부유하는 쓰레기는 선박의 추진기나 키에 얽혀 작동 문제를 일으키거나 냉각수 유입구를 냉각계통에 영향을 줄 수 있음. 일어 사고는 얽힌 쓰레기의 제거 및 고장부분 수리 비용의 증가 뿐만 아니라 선박 운항 상의 안전에 막대한 지장을 초래할 수 있음. 2005년에 미국 해양 구조

대는 해양쓰레기에 관련된 269건의 사고를 구조했는데, 15명의 사망자, 116 부상자, 미화 3 백만 달러(약 36억 원)의 재산상 손실을 가져왔다(Moore 2008).

- **수거처리 비용:** 해변, 부유 및 침적 해양쓰레기를 수거하여 처리하는데 국가별로 막대한 비용을 지불하고 있음. 영국 지방자치단체들의 해양쓰레기 수거비용은 연간 약 250억 원에 이르는 것으로 추정됨. 덴마크, 스웨덴, 영국, 노르웨이의 지자체의 해안 정화 비용은 약 53억 원인 것으로 보고되었으며(Hall 2000), 남아프리카공화국의 폐수천에서 쓰레기를 효과적으로 제거하는 데 드는 연간 비용은 20억 랜드(약 287억 원)으로 추정되고 있음. 우리나라도 연간 해변 및 침적쓰레기의 일부를 수거하는데만 매년 300억원 이상의 비용이 소요되고 있음(NOAA & UNEP, 2011).

년도	2008	2009	2010	2011	2012
수거량(톤)	24,416	42,898	25,454	29,929	23,081
수거비용(백만원)	34,915	61,344	36,399	42,798	33,006

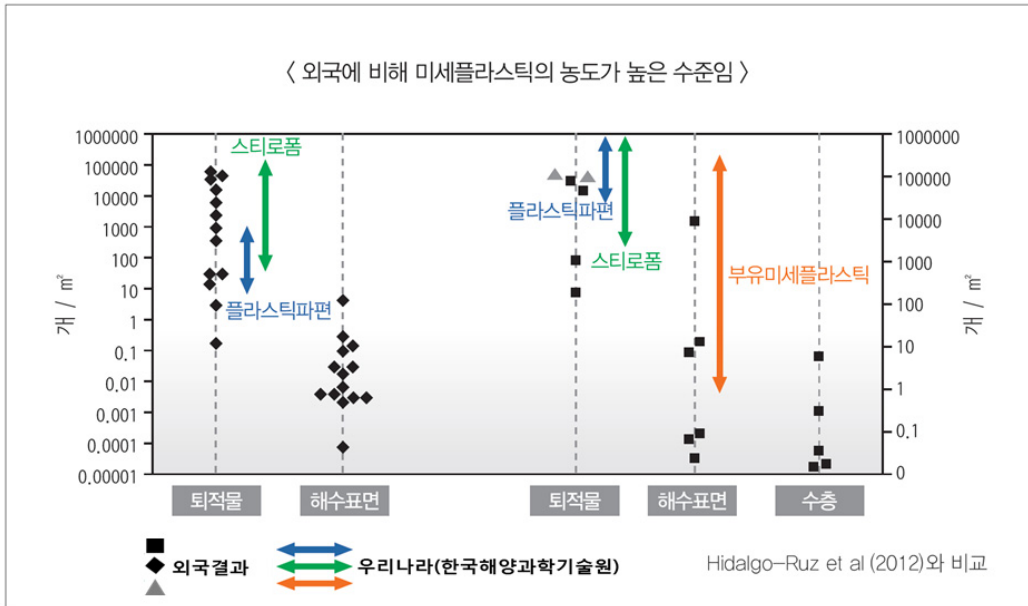
국토해양부 등(2009)

다. 연구개발의 필요성

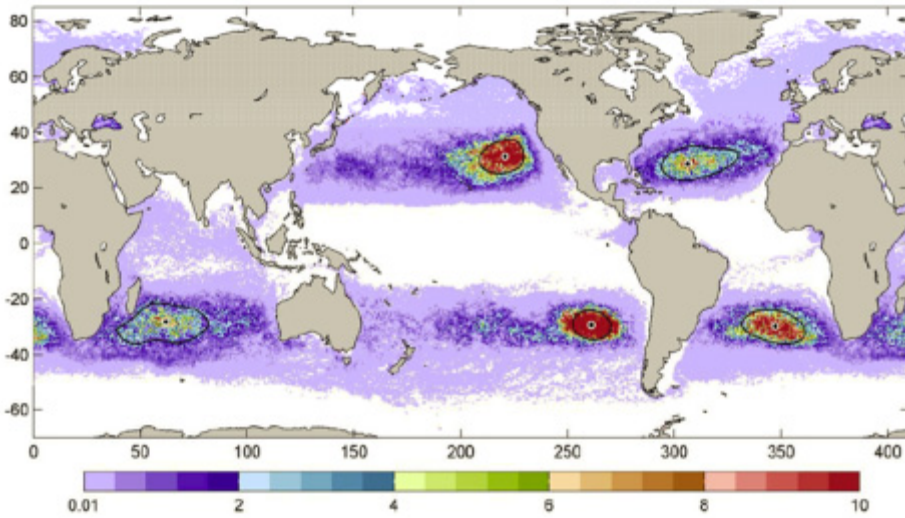
- 해양쓰레기의 약 80%를 차지하는 플라스틱의 전세계 생산량은 1950년대 이후부터 현재까지 지속적으로 증가하고 있으며, 2012년에는 2억 8천만톤, 현재 추세라면 2050년까지 330억톤에 이를 것으로 추정하고 있음. 따라서 해양쓰레기의 양도 늘어날 것으로 예상됨. 특히 아시아 지역의 인구 1명당 플라스틱 사용량 증가가 전세계에서 가장 높음.



- 국내 해변쓰레기 분포량은 유럽 북해에 비해 1.3배 높은 수준이며, 5 mm 이하의 미세플라스틱은 전세계에서 가장 높은 수준임.



- 해양으로 유입된 쓰레기는 해류를 타고 전지구를 이동하며, 원형순환해류와 바람을 타고 모여 태평양과 대서양의 공해상에 거대한 '쓰레기 수렴지대(garbage patch)'를 형성하고 있을 뿐만 아니라 극지방까지 지구 전체에 널리 분포한다는 사실이 밝혀지면서 지구적 환경 이슈로 부상.



(출처: Dohan and Maximenko, 2010)

- 유엔환경계획(UNEP)의 2011년 연차보고서는 '플라스틱 해양쓰레기'를 '인의 고갈'과 함께 새롭게 부상하는 지구적 환경문제로 선정하였으며, 정부간해양위원회(IOC)도 2010년 중기 전략 4개 목표 중 '해양생태계의 건강보호' 분야의 4대 주요 이슈의 중 하나로 '해양 미세플라스틱(Microplastic)'을 선정
- 해양쓰레기는 해양 생물의 서식지 파괴, 수산물의 질 저하, 해상 안전 위협, 해양 관광 자원 훼손, 외래종의 운송 등 해양환경에 가시적인 악영향을 미치고 있으나 이에 대한 과학적인 연구는 국내에서 매우 제한적으로 이루어지고 있음.



- 우리나라의 경우 해양 및 수산 관련 활동의 밀도가 매우 높아 해양쓰레기의 영향을 많이 받고 있으며, 중국 등 외국기인 쓰레기가 유입되는 동시에 상당한 양을 태평양으로 유출시키고 있으나, 이에 대한 기여도나 실태조사는 매우 부족한 실정임.

(1) 기술적 측면

- 해양쓰레기는 종류와 형태가 복잡하여 표준화된 조사기법에 따라 일관되게 조사가 되어야 오염 현황 및 추세 자료를 확보하여 정책결정에 활용할 수 있으나, 국내의 경우 해안표착 대형쓰레기에 대한 조사법만이 표준화되어 있을 뿐, 부유·해저·침적·미세플라스틱 등의 경우에는 조사기법 및 지침이 없으며, 오염실태 조사 자료도 극히 제한되어 있음.
- 해양쓰레기의 관리를 위해서는 유입원, 유입경로, 유입량 및 이동경로 등에 대한 정보와 예측 기술이 필수적이나 평가기법이 마련되어 있지 않으며, 실측자료가 없고 예측을 위한 모델도 부재한 상태임. 2010년부터 수치모델을 이용한 중국기인 부유쓰레기에 대한 이동 및 국내해안 표착에 관한 연구가 제한적으로 수행중이나, 우리나라 강에서 나온 쓰레기의 이동 및 표착지에 대한 자료 부재로 지자체 간의 갈등도 발생하고 있으며, 우리나라로의 유입 쓰레기 뿐만 아니라 우리나라에서 동아시아 및 북서태평양으로 유입되는 쓰레기에 대한 이동평가가 필요함.
- 해양쓰레기의 종류 및 크기에 따른 수층에서의 수직이동, 침적, 재부유, 분해 및 풍화 등 해양쓰레기의 수층 내 거동에 대한 불확실성이 커서 해양쓰레기 거동의 예측 신뢰도를 높이기 위한 자료의 확보가 필요함.
- 해양쓰레기로 인한 피해 생물종의 수는 계속 증가하고 있으나, 해양쓰레기에 의한 국내 해양생물 피해 자료는 거의 전무하며, 조사 대상 지표종 및 조사 기법의 개발이 필요함.
- 더불어, 해양쓰레기 중 미세플라스틱은 해양생물의 이용도를 증가시킬 뿐만 아니라 환경 중에 잔류하는 유독성의 오염물질을 고농도로 흡착하며, 제조과정에서 첨가된 다양한 유해 화학물질을 함유하고 있어 기존 대형 쓰레기와는 구별되는 새로운 오염물질로 평가되고 있으나 해양환경 중 미세플라스틱의 분포, 거동 및 생물영향에 대한 연구는 전세계적으로 기초단계에 머무르고 있음.
- 유럽의 Marine Strategy Framework Directive (MSFD) 및 미국의 Marine Debris Program (MDP)에서 모두 수거·처리 기술개발 보다, 해양쓰레기 및 미세플라스틱의 유입, 분포, 이동예측 및 생물영향에 관한 연구개발에 주력하고 있으며, 그 결과를 바탕으로 정책·제도 개선과 교육·홍보를 통한 해양쓰레기의 발생 및 유입 저감에 집중하고 있음.

(2) 경제산업적 측면

- 국내의 해안표착, 연안부유 및 침적 쓰레기는 이미 관광, 어업, 선박안전 등에 가시적인 영향을 미치고 있는 수준이나, 해양환경 및 생태계 영향에 대한 자료는 전무함.
- 한국은 어업, 양식은 물론 해상 운송 등의 해상 활동 밀도가 매우 높은 것으로 평가되고 있으며, 해양쓰레기 대응 정책수립의 근거 마련을 위하여 관광, 수산, 선박안전 및 생태계 피해에 대한 경제적 비용을 과학적으로 산정할 필요가 있으나, 경제적 피해에 대한 평가는 전혀 이루어지고 있지 못함.
- 해양쓰레기 정화사업 등에 매년 수백억의 예산이 지속적으로 투입되는 등 일부 해양쓰레기를 처리하는 데에도 많은 예산이 사용되고 있음.

(3) 사회문화적 측면

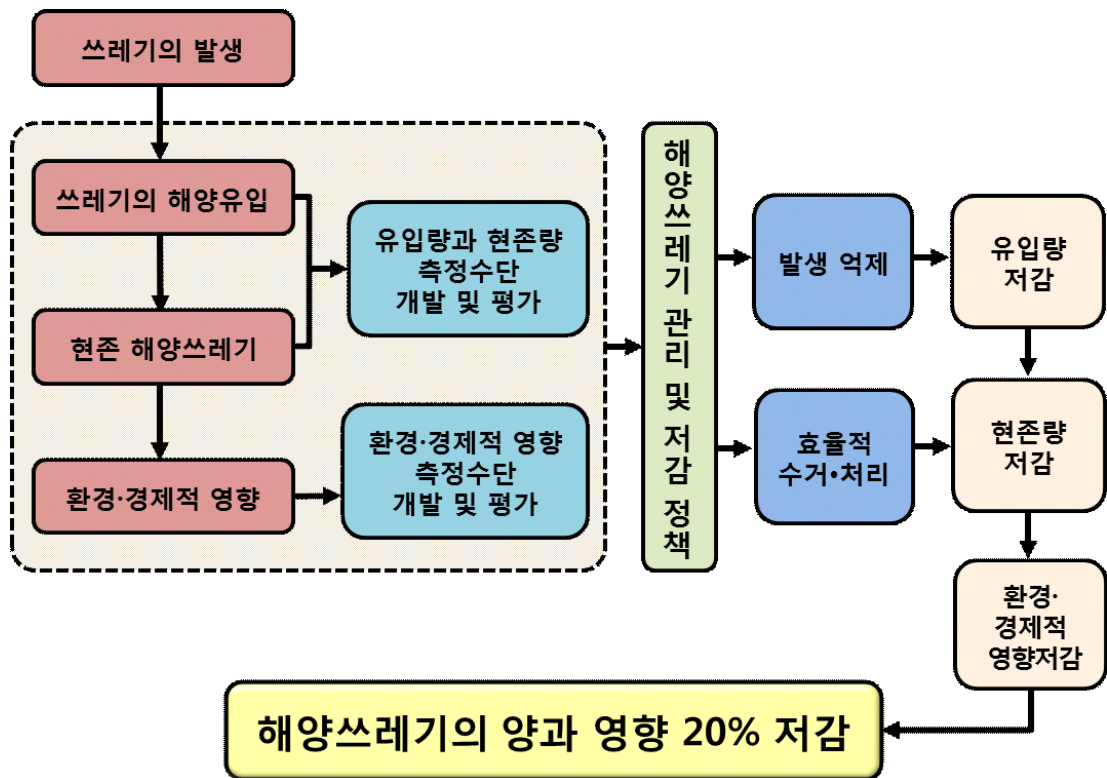
- 해양쓰레기는 발생 지점과 오염 원인자를 특정하기 어렵고, 그 피해가 다양하고 광범위한 영역에서 발생한다는 측면에서 ‘공공재의 비극(Tragedy of Commons)’ 상황에 처하기 쉬운 문제임. 즉 모든 사람의 책임이기 때문에 누구도 분명한 책임을 지지 않으려 하면 모든 사람이 그 피해를 입게 됨.
- 해양쓰레기 문제의 원인과 영향 및 해결책에 대한 사회적 인식의 제고가 대응 활동의 밑바탕이 됨. 또, 다수의 문헌에서 해양쓰레기 문제의 근본적 해결책으로 인식 증진을 통한 행동 변화를 제시하고 있으며, 교육 홍보를 통한 문화적 전환을 위해서도 그 발생, 이동, 영향, 대응 방안에 대한 연구는 반드시 필요함.
- 더불어, 국민 소득의 향상에 따른 해양 관광 및 수산물 수요 증가 등 사회문화적 변화는 쾌적하고 안전한 해양 환경에 대한 요구로 이어질 것이며, 해양 쓰레기로 인한 해양 환경 및 건강 위험에 대한 관심과 정책적 수요 또한 증가할 것으로 예상됨. 해양쓰레기 오염 대응 기술의 발전은 해양 문화의 창달에도 기여할 수 있을 것임.

라. 연구개발의 방향

- 해양쓰레기와 관련하여 국제기구 및 전세계 전문가들이 모여 작성한 호놀룰루 전략(NOAA & UNEP, 2011)에서는 해양쓰레기 문제를 해결하는 데 중요한 장벽 중의 하나는 충분한 연구, 평가 및 모니터링이 없다는 것임. 해양쓰레기의 양, 분포, 영향에 대한 믿을 만한 데이터와 정보는 해양쓰레기 정책을 개발하고, 정책의 우선순위를 정하여 시행하는 데 필수적으로, 해양쓰레기의 발생 원인, 이동, 영향을 더 잘 이해하기 위해서는 자연 과학적 연구가 필요함을 강조하고 있음. 아울러 해양쓰레기의 발생량과 악영향을 줄이기 위한 정책이 성공했는지 여부를 평가하기 위해서는, 상태의 변화를 평가하기 위한 계량적인 모니터링 방법이 필요함. 호놀룰루 전략에서는 해양쓰레기의 연구, 평가, 모니터링의 주요 분야를 다음과 같은 3가지로 제시하고 있음. (1) 해양쓰레기 영향의 계량화, (2) 해양쓰레기 발생량과 현존량을 이해하기 위한 조사, (3) 해양쓰레기의 발생량, 현존량 및 영향을 줄이기 위한 기술의 개발임.
- 해양쓰레기 오염대응을 위해서는 쓰레기의 발생/유입, 이동, 축적, 영향, 수거 및 처리에 관련된 일련의 과정이 필요하나, 우리나라의 경우 수거 및 처리사업의 경

우 과거에 10년간 수행되었으나, 기반이 되는 발생/유입, 이동/축적 및 환경적/경제적 영향에 대한 기술과 과학적 자료는 극히 부족한 상황임.

- 해양쓰레기는 관리 및 저감 정책의 수립과 이행을 통해서 '양과 영향'을 저감할 수 있으며, 정책의 수립과 효과 평가를 위해서는 호놀룰루 전략에서 명시한 바와 같이 해양쓰레기의 '양과 영향'에 대한 평가수단 확보와 이를 이용한 중장기적인 조사가 우선적으로 필요함.
- 본 기획연구사업에서는 해양쓰레기 오염대응 기술 개발 분야 중 가장 우선적으로 필요하며, 기반이 되는 해양쓰레기의 '양과 영향'에 대한 평가 수단 확보 및 실질적인 평가를 위해 필요한 연구 및 기술 개발 분야로 국한하여 진행함.



- 해양쓰레기와 관련된 연구개발은 1999년부터 해양수산부의 지원으로 10년간 시행된 바 있음. '해양폐기물 종합처리시스템 개발(I~V)(1999~2003)'과 '해양폐기물 수거처리 실용화 기술개발(I~V)(2004~2008)' 등을 통해 개발된 해양쓰레기 관련 기술 및 장비는 다음과 같이 대부분 수거처리기술에 집중되어 있음.

주요 사업		설명	개발시기	연구개발기관
발생 최소화	생분해성 어구 개발	수중 미생물에 의해 자연분해 가능한 어구 개발	2002~	국립수산과학원
	해상유입 쓰레기 차단막 개발	하천과 수로를 통해 바다로 유입되는 쓰레기 예방 및 차단	2000~2002	한국해양연구원 (전국 6곳에서 운영 중)
수거처 리능력 강화	다기능 해양폐기물 전용 수거선	부유 및 침적쓰레기의 위치정보 및 탐지기능, 수거장비를 탑재한 효율적 수거시스템	2000~2003	한국해양연구원 (전국 2척 운영 중)
	해양폐기물 전용소각로	해양쓰레기 전용 및 생활쓰레기 등 효율적 소각	2002~2003	한국해양연구원 (인천 소청도 설치)
	해상이동 복합처리시스템 개발	연간 1500톤 이상의 폐기물 처리능력을 보유한 남서해안 도서지역 이동형 해상복합처리시스템	2003~2007	한국해양연구원
	대수심 침체어망 조사시스템 개발	동해안 1,000m급, 심해 침체어망조사 장비	2002~2004	한국해양연구원
	어업용 페스티로폼 감용기 (고정식)	페스티로폼 부자의 부피를 1/60~1/80으로 줄여 자원으로 재활용	2001~2002	한국해양연구원 (남해군 외 22개 지자체에서 운영중)
	어업용 페스티로폼 감용기 (이동식)	차량에 탑재한 감용기	2007	한국해양연구원 (진도군에서 운영)

- 해양쓰레기의 양과 영향을 저감하기 위해서는 기반이 되는 정보의 계량화가 우선적으로 필요하며, 수거 및 처리기술의 경우 실효성을 높이기 위해서는 현장에서 요구되는 정확한 기술수요에 따라 실용화 또는 상업화가 가능한 기술사안 별로 별도의 민간 또는 국가연구개발사업으로 추진하는 것이 합당함.
- 해양쓰레기 문제 해결을 위한 정책의 개발, 이행 및 평가를 위해서는 해양쓰레기 오염대응을 위한 기반이 되는 해양쓰레기의 유입량/발생량 및 환경적/경제적 영향을 계량화할 수 있는 지표와 지표를 이용한 지속적인 조사가 우선되어야 함. 그러기 위해서는 호놀룰루 전략에서 제시하고 있는 해양쓰레기 주요 연구, 평가, 모니터링의 주요 분야와 우리나라의 실정을 고려하여 정리하면 다음과 같은 과학적 정보의 생산이 가장 필요 함.

<p>해양쓰레기 유입량 정보가 필요</p> <p>육상, 해양 및 외국에서 기인하는 해양쓰레기의 유입량을 알아야 효율적인 저감 정책을 수립하고 정책의 효과성을 평가할 수 있음.</p>	<p>해양 환경과 생태계에 대한 피해 정보가 필요</p> <p>국내 연안의 해양쓰레기 오염은 전세계에서 높은 수준임에도 불구하고 해양환경과 생물에 미치는 영향 자료가 거의 전무. 어떤 생물 및 서식지가 어떤 해양쓰레기에 의해서 영향을 받고 있는지 알아야 실질적인 피해 저감 정책을 수립할 수 있음.</p>
<p>해양쓰레기 현존량 정보가 필요</p> <p>국내 해변, 해상 및 해저에 존재하는 쓰레기의 현존량을 알아야 효율적인 해양쓰레기 수거가 이루어지고 수거의 효과성을 평가할 수 있음.</p>	<p>해양쓰레기로 인한 경제적 피해규모 알아야</p> <p>국내 연안의 해양쓰레기가 관광업, 수산업 및 선박안전에 가시적인 영향을 미치고 있으나, 그 피해규모에 대한 자료가 거의 없음. 경제적인 피해규모를 알아야 저감정책 이행 시 소요되는 비용을 지불하고, 피해 비용을 최소화 할 수 있음.</p>
<p>미세플라스틱에 대한 대비가 필요</p> <p>미세화된 플라스틱은 최신 국제해양환경 현안인 미세플라스틱은 수거가 불가능. 미세플라스틱 오염과 생태독성을 알아야 대책을 마련할 수 있음.</p>	

제 2 장 연구개발 동향 및 환경분석

제 1 절 국내·외 정책동향 분석

1. 국내 제도 분석

해양쓰레기는 해양환경관리법 제2조 용어 정의에서 ‘폐기물’로 정의하고 있으며, “해양에 배출되는 경우 그 상태로는 쓸 수 없게 되는 물질로서 해양환경에 해로운 결과를 미치거나 미칠 우려가 있는 물질(제5호(기름)·제7호(선박평형수) 및 제8호(포장유해물질)에 해당하는 물질을 제외한다)”고 규정하여 액상의 폐기물을 제외한 고형 폐기물만을 포함하고 있다. 해양환경관리법 제24조(해양오염방지활동)는 국가(정부)가 폐기물의 해양 수거·처리계획을 수립·시행하고, 해역관리청(시·도지사 등)은 세부 실천계획을 수립·시행하도록 규정하고 있다. 특히, 2012년 6월 2일 제18조(해양환경개선 조치)에 2항을 신설하여 둘 이상의 시도지사의 관할에 속하는 등 필요한 경우 국토해양부 장관이 해양환경개선조치를 취할 수 있도록 하였다.

제4차 해양환경종합계획(2011~2020)에서는 ‘연안유입 오염물질 및 해양쓰레기 관리 강화 추진’이 4개 추진 전략 중 하나로 포함되어 있으며, 추진 과제로는 ‘해양쓰레기 유입저감을 위한 관리체제 강화’, ‘해양쓰레기 수거·처리 사업의 지속 추진’을 제시하고 있다. 구체적인 사업으로는 「해양유입쓰레기 책임관리제」 정착을 위해 지방자치단체 수거 해양쓰레기 처리시설 지원, 하구·해역쓰레기 정화사업 지속적 추진, 해양유입 부유쓰레기 차단막 설치 사업 지원, 해양쓰레기 유입저감을 위한 인식제고 및 교육 지원으로 「국제 연안정화의 날」, 「바다의 날」 등 관련 행사 지원, 해양환경 보전의식 제고를 위한 홍보, 해양쓰레기 국가 간 이동 문제에 대한 국제 공동협력 증진 등이 있다. 또, ‘제2차 해양쓰레기 관리기본계획(2014-2018)’ 수립, 해양쓰레기 대응센터 설치, 해양쓰레기 분포현황 실태조사 및 국가 해양쓰레기 모니터링 수행, 해양쓰레기 통합정보 시스템 구축, 수중 침적, 갯벌, 도서 등의 쓰레기 수거·처리 사업 지속 추진 등도 포함된다(국토해양부, 2011).

해양환경관리법에 따라 수립된 「제1차 해양쓰레기 관리 기본계획(2009-2013)」은 ‘선진화된 해양쓰레기 관리시스템 구축’을 기본 목표로 4대 전략으로서 ‘해양쓰레기 발생 최소화’, ‘해양쓰레기 수거·처리능력 강화’, ‘해양쓰레기 관리기반 구축’, ‘시민참여 및 국제협력 강화’ 등을 제시하고 있다(국토해양부 등, 2009). 이 계획에 따라 추진 중인 주요 사업과 담당 부처의 내역은 다음 표와 같다.

<표 1> 제1차 해양쓰레기 관리 기본 계획 상 주요 사업 및 담당 부처

	주요 사업	담당 부처
1. 발생최소화	선상집하장	국토해양부
	어구관리 시스템 구축	농림수산식품부
	생분해성 어구사용 확대	농림수산식품부
	고밀도 부표 보급 지원	농림수산식품부
	굴 폐각 자원화	농림수산식품부
	어선생활쓰레기 되가져오기	해양경찰청
	해양유입쓰레기 책임관리제	환경부
	해양유입 쓰레기 차단막 설치	국토해양부
2. 수거처리능력강화	해양폐기물 정화사업	국토해양부
	조업중 인양쓰레기 수매사업	국토해양부
	침체어망 인양사업	국토해양부
	어업용 페스티로폼 감용기 보급	국토해양부
	어장관리해역 어장정화사업	농림수산식품부
	하천 및 하구쓰레기 정화사업	환경부
	연안대청소 행사 활성화	국토해양부
	폐FRP선박 처리시스템 개발 구축	국토해양부
	해안부착쓰레기 수거장비개발	국토해양부
	자원화기술 개발 및 도입	국토해양부
3. 관리 기반 강화	통계조사 및 분석기법 개발	국토해양부
	해양쓰레기 분포현황 실태조사	국토해양부
	통합정보시스템구축	국토해양부
	해양쓰레기 대응센터 설치	국토해양부
4. 시민참여와 국제협력	시민단체 해양환경보전 실천사업 지원	국토해양부
	교육프로그램개발 및 교육강화	국토해양부
	다양한 매체활용 범국민 홍보	국토해양부
	청소년 해양환경보전 프로그램	해양경찰청
	국가 해양쓰레기 모니터링	국토해양부
	지역해 및 범지구적 공동협력사업 추진	국토해양부
5. 기타	연근해 침적폐기물 수거사업	농림수산식품부
	낚시터 환경개선사업	농림수산식품부
	불법어구 철거사업	농림수산식품부
	인공어초 어장폐기물 수거사업	농림수산식품부
	유류피해지역 지원사업	농림수산식품부
	어업협정이행사업	농림수산식품부

출처: 국토해양부와 해양환경관리공단(2011)

2. 국제 정책 동향

가. 해양쓰레기 관련 국제 협약과 프로그램

전 지구적 차원에서 해양쓰레기 문제를 종합적으로 대응하기 위한 국제법, 협약 등은 아직 수립되지 않았으나, 각 종 해양 오염 관련 협약을 통한 규제와 유엔의 결의 및 프로그램을 통한 사업이 추진되고 있다.

먼저 해양쓰레기의 투기와 관리를 직접 규제하는 협약으로는 '선박기인 오염 방지 국제 협약(International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, MARPOL 73/78)'의 부속서 V, '해양투기 금지 협약(London Convention)', '위험 폐기물의 국가간 이동 통제를 위한 바젤협약(Basel Convention)', '책임있는 어업을 위한 식량농업기구 행동 지침(FAO Code of conduct)' 등이 있다.

2005년에 이루어진 유엔해양법협약(UN Convention on the Law of the Sea, UNCLOS) 관련 유엔 총회 결의(A/60/L.22)에는 해양쓰레기 대응이 포함되었다(UNGA, 2005). 이 결의는 회원국들의 해양쓰레기 관련 인식 증진과 개선된 폐기물 관리 정책 실행의 필요성을 인정(제12조)하고 있다. 회원국들에게 해양쓰레기 문제의 범위와 성격에 대해 연구하고, 인간의 건강과 해양생태계의 생산성, 그리고 경제에 미치는 영향에 대한 교육 프로그램을 실시할 것을 권고(제65조)하였다. 해양쓰레기 문제의 폐기물 관리 시스템과 연계, 자원 재활용 촉진, 인센티브 프로그램을 포함한 예방과 회복 프로그램 개발 및 시행 등을 촉구(제66조)하였다. MARPOL 협약의 해양쓰레기 문제 해결 기여 평가(제67조, 제68조), '육상기인 해양쓰레기 문제를 해결하기 위한 지구행동계획(Global Programme of Action for the Protection of the Marine Environment from Land-based Activities, GPA)의 실천도 권고(제69조~제71조)하고 있다.

물론, 유엔 총회 결의 이전에도 유엔 관련 기구들의 해양쓰레기 대응 활동은 진행되고 있었다. UNEP 산하의 12개 지역해 프로그램(Regional Sea Conventions and Action Plan)들이 대부분 해양쓰레기 대응 활동을 전개하고 있으며, '정부간 해양위원회(Intergovernmental Oceanographic Commission, IOC)와 공동으로 해양쓰레기 모니터링 가이드라인을 발간하였고(Cheshire et al., 2009), UN 식량농업기구(Food and Agriculture Organization, FAO)와는 폐어구 예방과 영향 저감을 위한 보고서를 발간한 바 있다(Mcfadyn et al., 2009). 우리나라가 참여하고 있는 지역해 프로그램인 북서태평양 해양보전실천계획(이하, NOWPAP)과 동아시아해역조정기구(이하, COBSEA)에서도 '지역해 해양쓰레기 관리 사업(RAP/MALI)'을 진행 중이다(NOWPAP, 2008; COBSEA, 2008).

나. '호놀룰루 전략'과 '해양쓰레기 지구적 파트너십'

'호놀룰루 전략(Honolulu Strategy)'은 가장 종합적인 지구적 해양쓰레기 대응 지침 문서이다. 2011년 3월 하와이에서 제5차 해양쓰레기 국제컨퍼런스가 미국해양대기청(이하, NOAA)과 유엔환경계획(이하, UNEP)의 주최로 개최되었으며, 이 행사의 성과물로 호놀룰루 전략이 작성되었다. 제5차 해양쓰레기 국제컨퍼런스 준비 단계에서 워킹그룹이 구성되었으며, 컨퍼런스의 발표자와 참가자 전반에 대해 의견 제시 기회가 주어졌다. 이후

에도 인터넷을 통해 초안을 공개하고 의견수렴 과정을 거쳐 2011년 11월 확정된 문서가 발표되었다. 이 전략의 두 가지 핵심 목적은 ‘해양쓰레기 문제 해결을 위해 필요한 다방면적 전일적 조치의 기술 및 촉매 역할¹⁾’, ‘다양한 층위(지구적, 지역적, 국가적)의 해양쓰레기 대응 전략 이행 모니터링과 평가 방향 제시²⁾’이며, ‘3개 영역(육상기인, 해상기인, 현존)에서 해양쓰레기의 양과 영향 저감’을 목표로 하고 있다. 각 영역별 전략 개발에는 ‘개념 모형(conceptual model)’과 ‘인과 사슬(result chain)’이 활용되었으며, 해양쓰레기 관리 개선을 위한 교육, 역량 강화, 법제 정비, 시설 개선 등 6~7개의 세부 전략을 제시하고 있다(표 2; 표 3). 다시 각 세부 전략별로 활용할 수 있는 구체적인 정책 수단 예시인 잠재적 활동(potential action)을 각 28~70개씩 나열하고 있으며, 각 전략의 성과에 대한 평가 수단 및 지표 등도 제시하고 있다.

<표 2> 호놀룰루 전략의 구성

구분	내용
전략 목표	해양쓰레기 양과 영향 저감 (A. 육상기인, B. 해양기인, C. 현존)
세부 전략	교육, 법제 정비, 역량 강화, 법제시설 개선 등 (A: 7개, B: 6개, C: 6개)
잠재적 활동	세부 전략별로 활용할 수 있는 구체적인 정책 수단 예시 (A: 70 가지, B: 66 가지, C: 28 가지)
평가 지표	분야별 정책 효과 평가 수단 및 측정 지표들

호놀룰루 전략은 각 정부들에게 새로운 행동을 요구하고 강제하는 국제협약이 아니며, 대신 해양쓰레기 관리 정책 수립과 평가 등에서 활용할 수 있는 참고서로 볼 수 있다. 특히, ‘해양쓰레기 관련 프로그램과 프로젝트 개발을 위한 기획 도구(planning tool)’, ‘협력과 모범 사례 공유를 위한 공통 참조 틀(common frame of reference)’, ‘다양한 정책의 성과를 평가하기 위한 모니터링 프로그램 개발 도구(monitoring tool)’ 등으로 활용할 것을 문서 자체에서 권고하고 있다(NOAA & UNEP, 2012).

호놀룰루 전략은 2012년 1월 필리핀 마닐라에서 열린 GPA의 제3차 정부간 평가 회의(Intergovernmental Review Meeting)에 소개되어 사업 계획(program of work)에도 반영되었다. 특히, 호놀룰루 전략의 이행을 위해 ‘해양쓰레기 지구적 파트너십(Global Partnership on Marine Litter)’의 구성을 제안하기로 했는데, 실제 2012년 6월 브라질 리우데자네이루에서 열린 ‘Rio + 20’의 부대 행사로 이 기구의 출범식이 열렸다. 이 파트너십은 우선 UNEP가 관리하는 온라인 포럼을 개설하여 모든 파트너들이 해양폐기물에 대한 정보 및 교훈을 공유할 수 있도록 하나의 장을 마련하기로 하였으며, 여러 국제기구, 각국 정부, NGO, 학계 전문가들과의 정보 공유와 협력을 증진키로 하였다. 이 파트너십에 대해 네덜란드 정부, 미국 해양대기청(NOAA), 자연자원보호협의회(Natural Resources Defense

1) To describe and catalyze the multi-pronged and holistic response required to solve the problem of marine debris
 2) To guide monitoring and evaluation of global progress on specific strategies at different levels of implementation – including local, national, regional, and international efforts and achievements

Council, NRDC), 플라스틱오염연합(Plastics Pollution Coalition) 및 여러 UN 기구들이 지지를 표명한 것으로 알려졌다(UNEP News Center 홈페이지, 2012. 11. 21일 방문).

<표 3> 해양쓰레기 예방과 관리를 위한 호놀룰루 전략

목표	전략
<p>목표 A: 육상 기인 해양쓰레기의 발생량과 영향 감축</p>	<p>A1: 해양쓰레기의 영향 및 고형쓰레기 관리 개선 필요성에 대해 교육하라. A2: 쓰레기 발생 최소화를 위해 시장 메커니즘을 실행하라. A3: 폭우시 수로 유입 쓰레기 감소를 위한 모범사례를 실행하라. A4: 쓰레기 발생 최소화과 관리를 위해 법률을 개선하고 정책을 개발하여 시행하라. A5: 수로 유입 쓰레기를 줄이기 위해 규제정책을 강화하라 A6: 쓰레기 투기 및 관리에 관한 규제정책 준수를 강화하고, 이를 모니터링하는 능력을 강화하라. A7: 해양쓰레기가 많이 축적되는 해변 등에서 정기적인 청소를 실시하라.</p>
<p>목표 B: 해상 기인 해양쓰레기의 발생량과 영향 감축</p>	<p>B1: 해양쓰레기의 영향, 예방, 관리에 대해 해양 이용자들에게 교육을 실시하라. B2: 해양 투기를 감축하기 위해 쓰레기 최소화과 적절한 선내 보관 및 항구 처리 시설 등을 개발하고 강화하라. B3: 선박 방치와 화물이나 어구의 유실을 최소화하기 위한 산업계의 모범사례를 개발, 실시, 강화하라 B4: 폐어구의 양과 영향을 줄이기 위해 개량 어구 사용을 권장하라. B5: 해상 기인 쓰레기를 줄이기 위한 법률과 정책을 개발하고 강화하며, MARPOL 협약 부속서 5의 요구조건을 실시하라. B6: 국내 법률과 국제 협약의 준수를 강화하고 그 여부를 모니터링하기 위한 능력을 강화하라.</p>
<p>목표 C: 해변, 해저, 부유 쓰레기의 현존량과 영향 감축</p>	<p>C1: 해양쓰레기의 영향과 수거 사업 전략에 대해 교육하라. C2: 현존하는 해양쓰레기를 효과적으로 찾아내고 수거할 수 있는 기술과 방법을 개발하고 사용하라. C3: 해양쓰레기 수거 사업을 공동관리할 수 있는 능력을 개발하라. C4: 폐어구 및 기타 대형 해양쓰레기 수거를 위한 인센티브 제도를 개발하고 실시하라. C5: 해양쓰레기 수거를 쉽게 할 수 있는 국가적, 지방적 체계를 수립하라. C6: 해변, 해저, 수중에서 해양쓰레기를 수거하라.</p>

(출처: NOAA & UNEP, 2011)

다. EU 해양전략지침과 미국 NOAA 해양쓰레기 프로그램

EU 지역에서 해양쓰레기 연구와 대응 활동은 오래 전부터 활발한 편이나, 개별 국가 단위의 입법이나 종합적 정책은 존재하지 않고, 육상 쓰레기 관리 혹은 해양환경 관리의 일부분으로 분산되어 있었다(Galgani et al., 2010). EU 차원에서는 '유령어업 피해 연구'(Browne & Macfadyen, 2007)를 실시한 바 있고, 유럽지역 자치단체연합체인 KIMO에서는 '해양쓰레기의 경제적 피해 연구'(Hall, 2010)와 'Save the North Sea: 해양쓰레기 되 가져오기, 해양쓰레기 에너지화, 생물 영향 조사' 등을 진행한 바 있다. EU 지역의 해양쓰레기 대응은 여러 개의 '지역해 프로그램'을 통해서 이루어진 측면이 강하다. HELCOM Convention(Baltic Sea), OSPAR Convention(North-East Atlantic), Black Sea Convention, Barcelona Convention: MEDPOL 등이 모니터링, 영향 평가, 캠페인 등을 진행해 왔다.

2008년 '해양전략기본지침(Marine Strategy Framework Directive(2008/56/EC), 이하 MSFD)'이 제정됨으로써 EU의 해양쓰레기 관리 정책은 법적 근거를 가지게 되었다. MSFD의 목적은 'EU 지역 바다의 효과적인 보호'와 '2020년까지 EU 바다의 '좋은 환경 상태(GES)' 달성', 그리고 '해양 관련 경제 사회적 활동이 의존하고 있는 자원의 보호'이다(European Commission 홈페이지, 2012. 11. 21일 방문). MSFD의 내용은 1) 유럽 내에 해양 구역(European Marine Region)을 설정하여 지리 환경적 기준에 따라 EU 회원국 및 비EU회원국과의 협력 관계 구축 및 지역 전략을 수립하고, 2) 환경 현황 및 명확한 '좋은 환경 상태' 달성 목표 및 모니터링 방안을 포함한 국가별 전략을 세우는 것이다. 관련된 모든 신규 수단에 대한 비용-효과 분석을 실시하고, 취약 분야에 대해서는 지역 상황별 맞춤형 수단을 수립하도록 권고하고 있다. 또, '2000 물 기본 지침(2000 Water Framework Directive)', '강 유역관리 계획' 등 다른 지침의 목표와 연계하여 추진하도록 하고 있다.

이 지침에 따라 European Commission은 회원국들이 '좋은 환경 상태(Good Environmental Status, GES)'의 달성 여부를 평가할 수 있는 기준으로 11개의 지시자(Descriptor)³⁾를 선정하였는데, 그 중 열 번째가 해양쓰레기이다. EC는 MSFD의 이행을 위해 각 지시자의 모니터링과 관련한 과학기술 Task Group을 구성하고 기술 검토 보고서를 내고 있는데, 해양쓰레기의 관리와 관련해서는 1) 해양환경 중 분포, 2) 해양생물 영향, 3) 해양에서 분해 등 세 가지 분야로 나누어 각 방법의 특성, 활용 가능한 지표, 적용 시 고려사항 등을 제시(표 4)하고 있다(Cardoso et al., 2010).

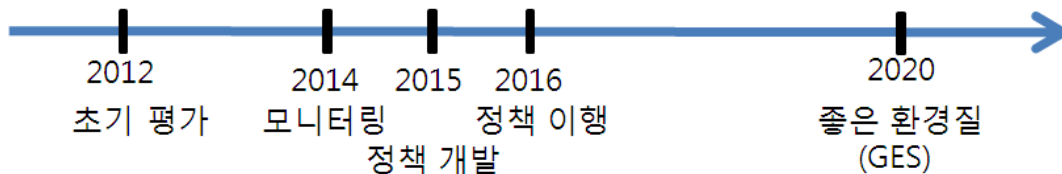
3) MSFD의 11개의 지시자는 D1 Biological diversity, D2 Non-indigenous species, D3 Commercial fish, D4 Food webs, D5 Eutrophication; D6 Sea floor, D7 Hydro-geographical conditions, D8 Contaminants and pollution effects, D9 Contaminants in fish and other seafood, D10 Litter, D11 Energy/Noise 등이다.

<표 4> EU MSFD '지시자 10 해양쓰레기'의 특성, 기준, 지표

특성	기준	지표	적용 시 고려
해양환경 중 분포	유입, 미관 영향, 사회적 피해 등	해변쓰레기의 양, 구성, 원인	체계적 정보 DB 표준 모니터링 방법
		부유·침적 쓰레기의 양, 구성, 원인	우선 조사 지역 선정 어류 조사 기법 활용
해양생물 영향	유입과 영향의 시공간적 변화	해양생물에 의한 섭취량 및 구성	Fulmar EcoQO 준용
해양에서 분해	잠재적 2차 오염원	미세플라스틱의 양과 구성	Baseline 설정 조사 위험성 평가

(출처: Cardoso et al., 2010)

MSFD는 2020년을 1차적 목표 시한으로 삼고 있는데 이행 수단별 완료 시한을 따로 정하고 있다. 2012년까지는 준비단계로 대상 수역을 결정하여 현재 상태에 대한 초기 평가를 수행하고, 2020년에 달성해야 할 GES 목표를 설정한다. 2014년까지 각 지표에 대한 모니터링 방법을 확립하여 수행한다. 2015년까지 목표 달성을 위한 정책 수단을 개발하고 2016년부터는 수단들을 이행하여 2020년에 최종적인 목표 달성 여부를 평가한다. MSFD자체에 대한 재평가는 2023년에 실시한다고 규정하고 있다(Directive 2008/56/EC).



<그림 1> MSFD의 시간 계획

미국은 2006년 제정된 '해양쓰레기 연구·예방·저감법(Marine Debris Research, Prevention, and Reduction Act)'에 따라 '해양쓰레기 프로그램(Marine Debris Program (이하 MDP))'을 해양대기청(NOAA)에서 운영하고 있다. 미국에서 해양쓰레기 문제가 부각된 것은 하와이와 알래스카 등에서 해양쓰레기에 보호 대상 야생동물들이 피해를 입는 사례가 발견되었기 때문이다. 2005년에 NOAA National Ocean Service의 '대응·복원실'에 '해양쓰레기' 예산 5백만 달러를 배정하였고, 2006년 '해양쓰레기 연구·예방·저감법(Marine Debris Research, Prevention, and Reduction Act)'이 제정되어 법적 근거를 갖게 되었다. NOAA의 MDP는 Washington DC에 본부를 두고, Honolulu, Oak harbor, Seattle 등 3곳에 지역 사무소를 두고 있다(NOAA MDP 홈페이지, 2012. 11. 21일 방문). MDP의 역할은 NOAA 기존 프로젝트 내 해양쓰레기 관련 검토, 국내외 워크숍 조직, 이행 계획(2년차) 작성, 격주간 NOAA 내 관련부서 연석회의 개최, 지역 코디네이터 지정,

홍보 프로그램 개발, 연방 예산 지원을 위한 공모 기금 운영 등이다. 특히, 위 법률에 따라 '부처간조정위원회(Interagency Marine Debris Coordinating Committee)'를 운영하고 있다. 이 위원회는 해양쓰레기의 영향 파악 및 저감을 위한 조정 기구로서 연구 우선순위, 모니터링 기술, 교육 프로그램, 규제 도입 등에 관한 부처간 조정 및 권고 역할을 한다. NOAA가 의장을 맡고 EPA에서 공동의장을 맡도록 규정되어 있으며 각 부처와 해군, 연안경비대 등 다양한 관련 기관이 참여하고 있다(NOAA, 2010).

주요 사업으로는 전국 범위 사업으로 방치 폐선 처리, 유실 어구 처리, 모니터링과 평가, 국제연안정화 조직, 포럼 및 워크숍 개최 등이 있다. 태평양 지역 사업으로는 American Samoa 쓰나미 쓰레기 대응, 북태평양 지역 유실 어구 조사, Hawaii Marine Debris Action Plan 실행, 해양쓰레기 보고 프로그램 운영 등이 있고, Gulf of Mexico 지역에서도 프로젝트를 운영하고 있다. 국제 사업으로는 국제 컨퍼런스 조직, 마이크로플라스틱 워크숍 조직 등이 있는데, 한국과의 공동 프로젝트도 포함되어 있다(NOAA MDP 홈페이지, 2012. 11. 21일 방문).

2012년 7월 31일에는 미국 하원이 '해양쓰레기 연구, 예방 및 저감법' 개정안을 통과시켰다(소개 의원: Sam Farr, 민주당, 캘리포니아 17지역구). 이로써 NOAA는 현행 MDP 예산지원을 2016년까지 보장받게 되었다(Marine Conservation Institute 홈페이지, 2012. 11. 21일 방문).

제 2 절 기술동향 분석

1. 유망기술 도출

가. 분석 방법론

(1) 분석 대상 선정

해양쓰레기 오염 대응기술 분야의 총 5개 세부 분야를 대상으로 유망기술 도출을 수행함

<표 5> 해양쓰레기 오염 대응기술 분야 기술분류체계

대상 분야	세부 분류
해양쓰레기 오염 대응기술 분야	1. ML(해양쓰레기) 유입/분포
	2. ML(해양쓰레기) 이동/예측
	3. ML(해양쓰레기) 미세플라스틱
	4. ML(해양쓰레기) 생물 영향
	5. ML(해양쓰레기) 경제적 피해

(2) 분석 범위 설정 및 분야별 DB Set 구축

□ 분석 범위 설정

- 활용 DB : Scopus 논문 데이터베이스
- 검색범위 : 검색 필드 항목 중 Title / Abstract 을 범위로 지정
- DB 도메인 : 총 16,000 여 종의 저널 초록, 인용, 색인정보를 수록하고 있는 전세계 논문 Web Database
- 분석 기간 : 2002년~2011년(최근 10년) 기간 동안의 논문 데이터 활용

□ 검색식 작성

- 해양쓰레기 오염 대응기술 세부분야별 전문가들이 도출한 주요키워드를 활용하여 분석 대상 분야별 논문 검색식을 작성함

<표 6> 해양쓰레기 오염 대응기술 세부 분야별 논문 검색식

세부 분야	논문 검색식
<p>1. ML 유입/분포</p>	<p>(marine or ocean* or sea or coast or shore or seaside or offshore or seabed or benthic or estuary or beach* or island* or bay or "water column" or pelagic or "convergence zone*") and (litter* or debris* or garbage* or "solid waste*" or plastic* or trash* or "plastic bag*" or "fishing gear*" or trawl or fishtrap* or "fish trap*" or synthetic or "packaging material*" or polyethylene or polypropylene or polystyrene or styrofoam* or buoy or buoyage) and (source* or input or pathway or detect* or monitor* or distribution or accumulation or survey* or "remote sens*" or satellite* or webcam or cctv or "closed circuit television*" or sampling or "GIS" or "geographical Information System*" or "composite index*" or "spatial analy*" or map or mapping or information* or database* or sourcing or "standing stock*" or abundance* or trend* or generation or manag* or remov* or eliminat* or reduc* or decreas* or diminish* or decline* or diminut* or regulation or polic*)</p>
<p>2. ML 이동/예측</p>	<p>(marine or ocean* or sea or coast or shore* or seaside or offshore or seabed or seafloor or benthic or estuary or beached or beaching or sediment* or river or sewage or divergence or turbulence or tide or "water column" or aquacultur* or fishing or shipping or seaway* or "tidal current*") and (litter* or debris* or garbage* or "solid waste*" or plastic* or trash* or "derelict fising gear*" or stylofoam* or fishnet* or "fish net*" or bottle* or flotsam* or buoy or buoyage) and ("particle* tracking" or Lagrangian* or predict* or trajector* or model* or "two way*" or invers* or sink* or output or inflow* or "in flow*" or outflow* or "out flow*" or transtport* or dispers* or spread* or position* or movement* or weathering or fate or path* or budget* or forecast* or hydrodynamic* or "hydro dynamic*" or simulat* or drift* or leeway* or "lee way*" or variabilit* or "random walk*" or lost or loss or concentration* or densit*)</p>
<p>3. ML 미세플라스틱</p>	<p>(marine or ocean* or sea or coast or shore or seaside or offshore or seabed or benthic or estuary or beach* or island* or bay or "water column" or pelagic or "convergence zone*" or sediment* or microlayer* or "micro layer*" or leachate* or "sewage effluent*" or "sewage sludge*" or "Food web" or foodweb) and (microplastic* or "micro plastic*" or mesoplastic* or "meso plastic*" or pellet* or "resin pellet*" or "plastic particle*" or nurdle* or "plastic frgment*" or "fragmented plastic*" or spherule* or scrubber* or "exfoliating agent*" or nanomaterial* or "nano material*" or nanoparticle* or "nano particle*" or nanoplastic* or "nano plastic*")</p>

세부 분야	논문 검색식
4. ML 생물 영향	<p>(marine or ocean* or sea or coast or shore or seaside or offshore or estuary or beach* or fishing or submerge or aquatic or pelagic or ashore) and (litter* or debris or garbage or "solid waste*" or plastic* or "plastic bag*" or trash or "fishing gear*" or trawl or longline or "long line" or gillnet* or "gill net*" or "fish trap*" or fishtrap* or "fish net*" or fishnet* or "fish hook*" or fishhook* or "fishing line*" or synthetic* or "packing material*" or fragment* or indigest* or monofilament* or "mono filament*" or "terrestrial plant" or "land plant" or shrub or wood or woods or "non biodegradable material*" or "nonbiodegradable material*") and (seabird* or "sea bird*" or wildlife* or "wild life*" or biota or biome or life or "sea turtle*" or fish or fishes or bird* or diet or animal* or shark* or whale* or dolphin* or seal or mammal* or cetacean* or organism* or carcass* or vertebrate* or invertebrate* or species or genus or community or communities or population or ecolog* or Planktivorous or bolus or juvenile* or fledgling or chick or penguin* or plunger* or shearwater* or petrel* or Sphenisciformes or Procellariiformes or Pelecaniformes or Charadriiformes or albatross* or cormorant* or gull or seagull* or alcid* or "surface forager*" or Procellariiform or loon or fulmar* or murre* or auk or "food web" or ecosystem* or epibiont or coloniz* or endemic or exotic or "hitch-hikers" or bryozoan* or barnacle* or polychaete* or hydroid* or bivalve* or foraminifera* or "coralline alga*" or "drifting seaweed*" or "alien invasion*") and (ingest* or swallow* or stomach or pellet or regurgitation or mortality or "cause of death" or necropsy or monitoring or entangle* or accumulat* or bioaccumulat* or survey* or threat* or smother* or "Ecological Quality Objective" or EcoQO or radiograp* or poisoning or density or abundance or biogeography or diversity or index or indecies or "by catch*" or fouling or sublethal or lethal or behavior* or clinical or endanger* or vulnerable or incidental or captur* or injur* or obstruction or starvation or conservation or colony or gut or migrat* or impact* or effect* or breeding or reproduc* or immun* or biochem* or histo* or physiol* or fishery or endocrine* or starvation or survival or disrupt* or alteration or infection or pathology or deterioration or metagenomic* or toxic* or toxicogenomic* or sampling or "manta trawl net" or "hand net" or "neuston net" or identification or encrusting or fouling or sessile or crustose or attached or adhered or harmful or noxious or injurious or detrimental or peril or danger*)</p>
5. ML 경제적 피해	<p>(marine or ocean* or sea or coast or shore* or seaside or offshore or seabed or seafloor or benthic or sewage or aquaculture or fishing) and (litter* or debris or garbage or "solid waste*" or plastic* or trash) and (economic* or "ecosystem service*" or aesthetic or tour* or safet* or injur* or damag*)</p>

□ 분야별 유효데이터 추출 및 DB Set 구축

- 수집된 논문 raw data를 대상으로 전수조사 및 유효데이터 추출 과정을 거쳐 총 403건의 논문 DB Set을 구축함

<표 7> 해양쓰레기 오염 대응기술 세부분야별 논문 유효데이터

분야	세부 분야	hitting 건수	유효데이터 건수
해양쓰레기 오염 대응기술	1. ML 유입/분포	13,512	141
	2. ML 이동/예측	10,867	37
	3. ML 미세플라스틱	3,191	72
	4. ML 생물 영향	11,273	105
	5. ML 경제적 피해	724	48
합계		39,567	403

* 'hitting 건수'는 작성된 검색식으로 검색했을 시 추출되는 논문데이터 건수임

(3) 유망기술 도출 방법론

- 해양쓰레기 오염 대응기술 분야의 논문별 핵심 키워드(Author Keyword & Index Keyword)를 활용하여 Knowledge Map 기반의 유망 기술을 도출함



<그림 2> 유망기술 도출 프로세스

- 분야별 논문데이터 수집
 - 기술 전문가를 통해 도출한 분야별 키워드를 기반으로 논문 검색식 작성
 - 작성된 논문 검색식을 활용하여 분야별 논문데이터 수집

- 핵심 키워드 추출 및 키워드간 유사도 산출
 - 분야별 논문데이터에서 핵심키워드(Author Keyword & Index Keyword)를 추출하여 텍스트마이닝 기법을 활용한 키워드간 유사도 산출
 - AB 키워드간 유사도 = $\frac{AB\text{키워드동시출현건수}}{\sqrt{A\text{키워드출현건수} \times B\text{키워드출현건수}}}$

- 키워드간 동시출현관계 네트워크맵화
 - 네트워크 분석 Tool을 활용하여 각 키워드(네트워크맵 상의 Node)간 동시출현 관계를 링크로 연결하여 네트워크 Map형태로 시각화함

- 유사도 기반 키워드별 좌표 추출
 - 유사도를 기반으로 Positioning된 네트워크 맵 상의 키워드별 좌표 데이터를 추출함

- 키워드별 좌표 및 출현빈도 시각화
 - 키워드별 좌표 및 출현빈도를 활용하여 3D Mapping Tool을 기반으로 시각화함

- 다출현 키워드 및 주요 키워드 분석
 - 분야별 다출현 키워드 및 다출현 키워드와 동시출현관계에 있는 주요 키워드를 중심으로 각 키워드간 연관도 분석

- 시차별 연구개발 Trend 분석
 - 시차별 다출현 키워드 및 동시출현관계에 있는 주요 키워드 분석을 통해 연구개발 Trend 변화 및 최근 집중되고 있는 연구 분야 탐색

- 분야별 유망기술 도출
 - 핵심 키워드가 포함된 고피인용 논문 분석을 통해 Naming 작업을 거쳐 분야별 영향력 있는 주요 세부기술을 도출함

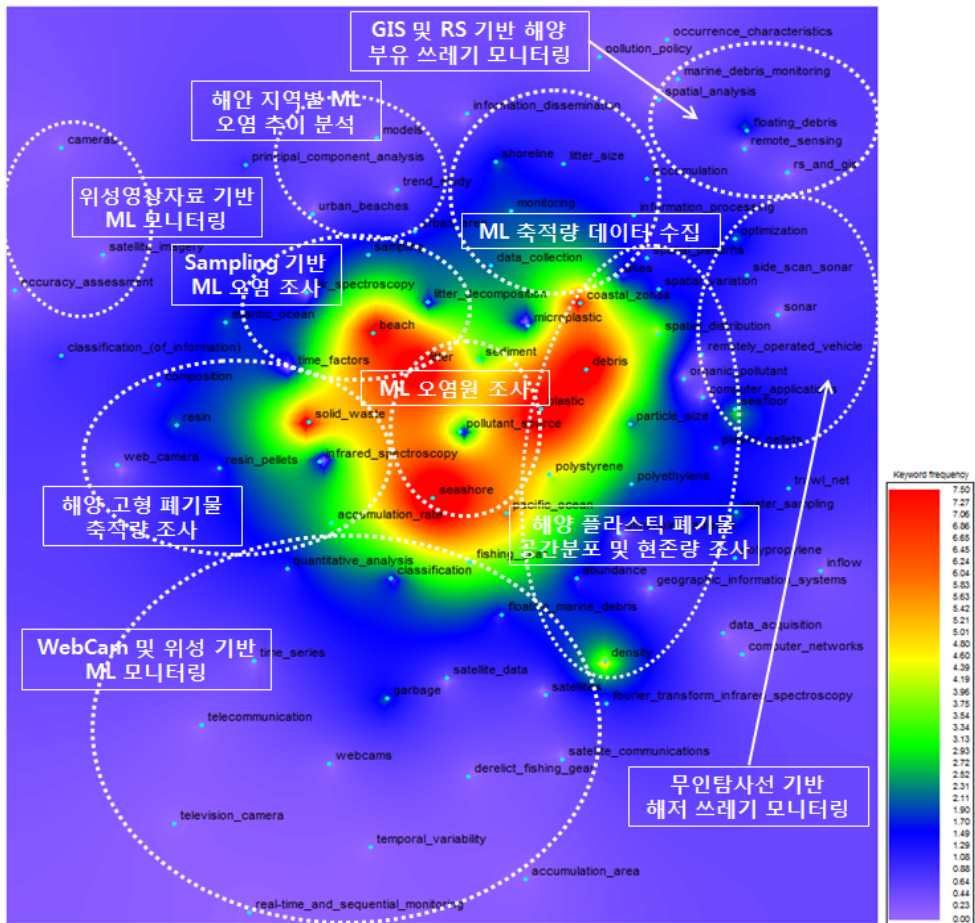
나. 분야별 유망기술 도출 결과

(1) 해양쓰레기 유입/분포 분야

□ 시차별 연구개발 Trend 분석

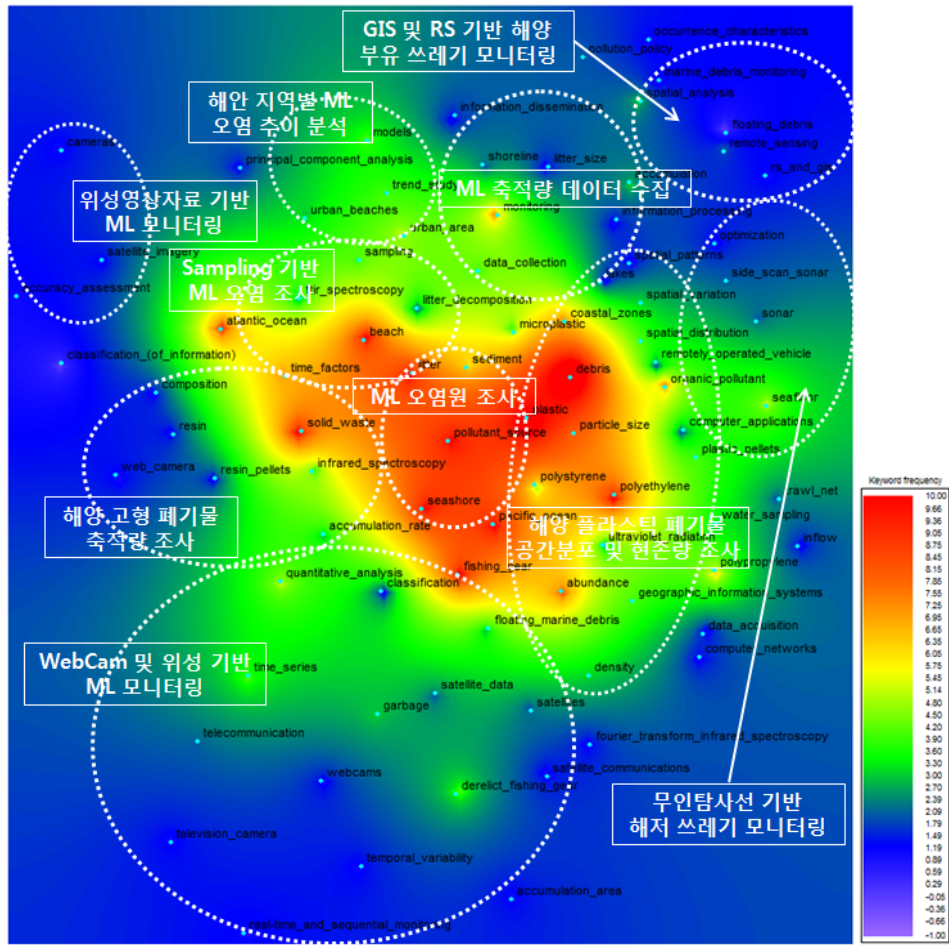
○ 해양쓰레기 유입/분포 분야는 ML 오염원 조사를 중심으로 최근 원격탐사(인공위성, Webcam) 및 GIS 기반 모니터링 등 첨단장비를 이용한 ML 모니터링 분야 관련 연구 영역 확장

- 해양쓰레기 유입/분포 분야의 시차별 주요 키워드 빈도수 분석 결과, 과거에는 시료채취를 이용한 해양쓰레기 오염원 및 축적량 조사 분야에 국한된 소극적 연구가 이루어졌으나 최근 해양쓰레기 오염 피해가 심화됨에 따라 Webcam 기반 해양쓰레기 실시간 모니터링, GIS 및 Remote Sensing 기반 해양 부유쓰레기 모니터링 등 첨단장비를 이용한 해양쓰레기 모니터링 분야까지 연구 영역이 확장되고 있음



<그림 3> 해양쓰레기 유입/분포 분야 Knowledge Map('02~'06년)

* 위의 Knowledge Map 상의 영역별 Color는 각 키워드의 출현빈도수로 표현하였으며 '빨간색'으로 나타난 키워드일수록 출현빈도수가 높은 핵심적인 키워드를 의미함



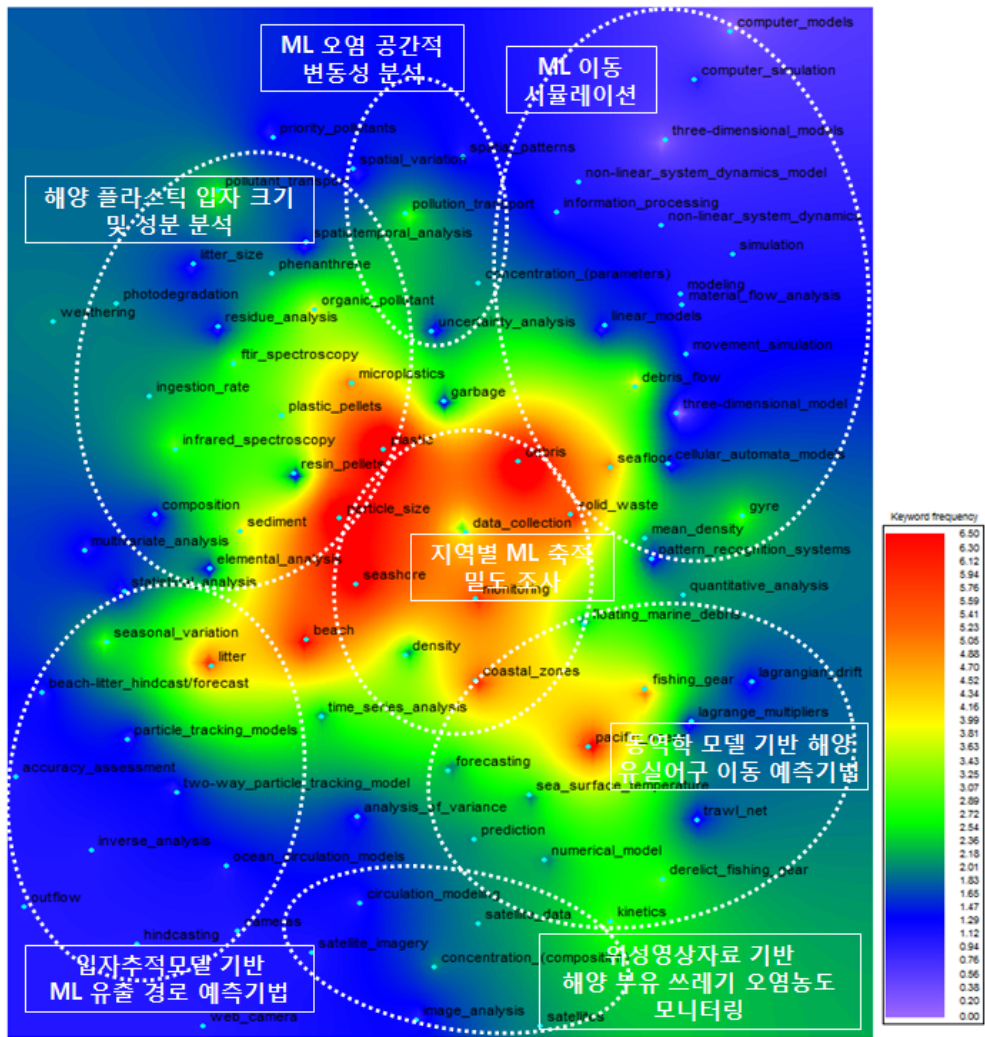
<그림 4> 해양쓰레기 유입/분포 분야 Knowledge Map('07~'11년)

□ 주요 세부기술 도출

- 해양쓰레기 유입/분포 분야의 고피인용 논문 분석 결과, 해양 쓰레기 동역학 기반 플라스틱 오염물질 축적량 예측 기법, 위성자료 기반 해양 부유쓰레기 모니터링 기술 관련 연구가 피인용 상위의 영향력 있는 연구 분야로 나타났으며 총 10개의 주요 세부기술을 도출함

<표 8> 해양쓰레기 유입/분포 분야 주요 세부기술 도출 결과

분야	주요 키워드	주요 세부기술
ML 유입/분포	Marine debris, Litter, Plastic, Microplastic, solid waste, Derelict fishing gear, Accumulation area, Floating marine debris, Satellite data, Long-term trend, Forecasting, Model, Sampling, Raman spectroscopy, Multivariate analysis, Real-time and sequential monitoring, Webcam, Trawl survey, Geographic information systems, Remote sensing, Spacial analysis, pollutant source, Spatial distribution, Quantitative analysis	해양 쓰레기 동역학 기반 플라스틱 오염물질 축적량 예측 기법
		위성 자료 기반 해양 부유 쓰레기 모니터링 기술
		예측 모델 기반 해역별 쓰레기양 장기 추이(long-term trend) 분석 기술
		샘플링 기반 해저침전물 쓰레기 분포 조사 연구
		다변량 분석 기반 해저 쓰레기 유입원 조사 연구
		글로벌 해양 플라스틱 쓰레기의 공간적 분포 및 변동성 연구
		Webcam 기반 해안 쓰레기 오염 실시간/시계열 모니터링 기술
		Trawl survey 기반 해양 인공 쓰레기 구성요소 및 현존량 조사 연구
		GIS(geographic information system)와 RS(remote sensing) 기반 해양 쓰레기 공간 분석 및 모니터링 기술
물질흐름분석(material flow analysis)을 이용한 해양 폐기물 발생량 예측 기술(유입/분포 이동)		



<그림 6> 해양쓰레기 이동/예측 분야 Knowledge Map('07~'11년)

□ 주요 세부기술 도출

- 해양쓰레기 이동/예측 분야의 고피인용 논문 분석 결과, 위성관측정보를 이용한 해역별 부유 쓰레기 밀도 조사 연구 분야와 동역학 모델 기반 해양 부유 쓰레기 이동 경로 예측 기술 분야가 피인용 상위의 영향력 있는 연구 분야로 나타났으며 총 7개의 주요 세부기술을 도출함

<표 9> 해양쓰레기 이동/예측 분야 주요 세부기술 도출 결과

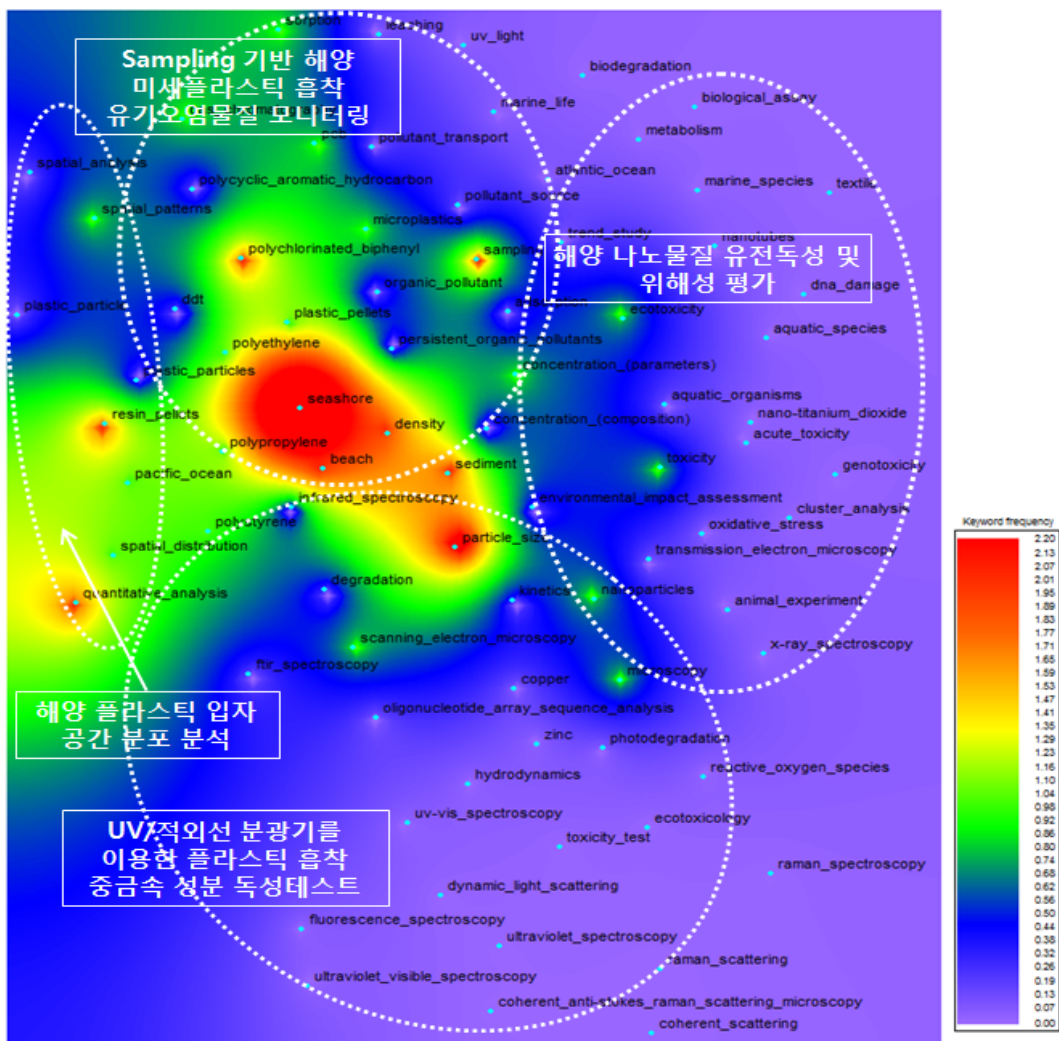
분야	주요 키워드	주요 세부기술
ML 이동/예측	Marine debris, Litter, Plastic, Microplastic, Solid waste, Derelict fishing gear, Satellite data, Floating marine debris, Satellite data, density, Multispectral satellite images, Particle size, Two-way particle tracking model, Forecasting method, Outflow, Inverse analysis, Transfer matrix method, Motion track, Numerical model, Material flow analysis, Lagrangian drift, Movement simulation, Cellular automata model, Pattern recognition system	위성관측정보를 이용한 해역별 부유 쓰레기 밀도 조사 연구
		동역학 모델 기반 해양 부유 쓰레기 이동 경로 예측 기술
		양방향 입자추적모델(PTM)을 이용한 해양쓰레기 유동 예측 기술
		수치모델 기반 해양 부유 쓰레기 이동 예측시스템 개발
		다중스펙트럼 위성영상(multispectral satellite images)을 이용한 해양부유쓰레기 이동 모니터링 기술
		Cellular automata model 기반 해양 플라스틱 쓰레기 이동 시뮬레이션 시스템 개발
		전달 매트릭스법(transfer matrix method)을 이용한 부유쓰레기 거동 시뮬레이션 연구

(3) 해양쓰레기 미세플라스틱 분야

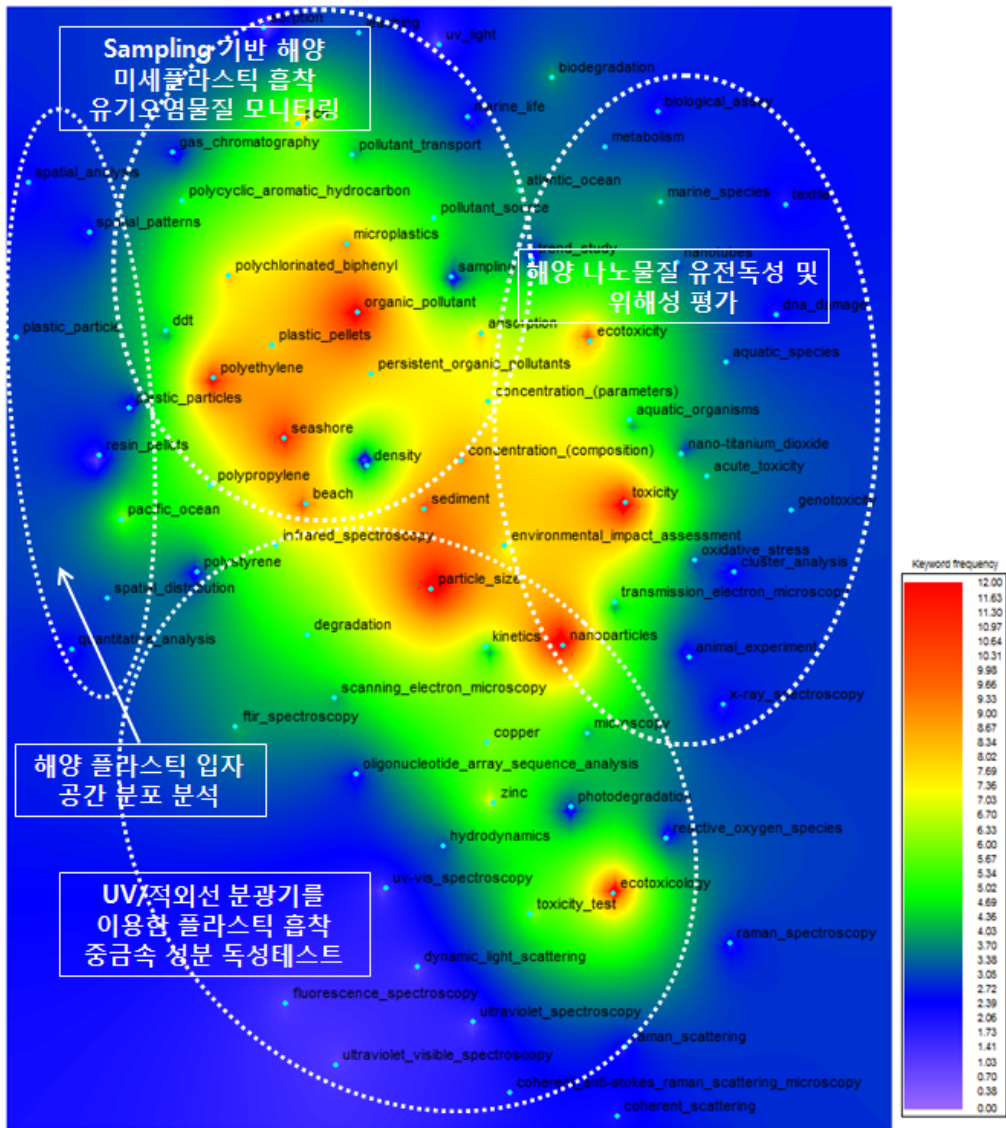
□ 시차별 연구개발 Trend 분석

○ 해양쓰레기 미세플라스틱 분야는 MP 흡착 유기오염물질 관련 연구를 중심으로 최근 MP 및 해양 나노물질의 생물독성 시험 및 위해성평가 관련 연구 증가 추세

- 해양쓰레기 미세플라스틱 분야의 시차별 주요 키워드 빈도수 분석 결과, 미세플라스틱에 흡착되는 유기오염물질 모니터링 관련 연구가 주를 이루고 있으며 최근에는 해양 나노물질 유전독성 및 위해성 평가, UV/적외선 분광기를 이용한 플라스틱 흡착 중금속 성분 독성테스트 관련 연구가 증가하고 있는 것으로 나타남



<그림 7> 해양쓰레기 미세플라스틱 분야 Knowledge Map('02~'06년)



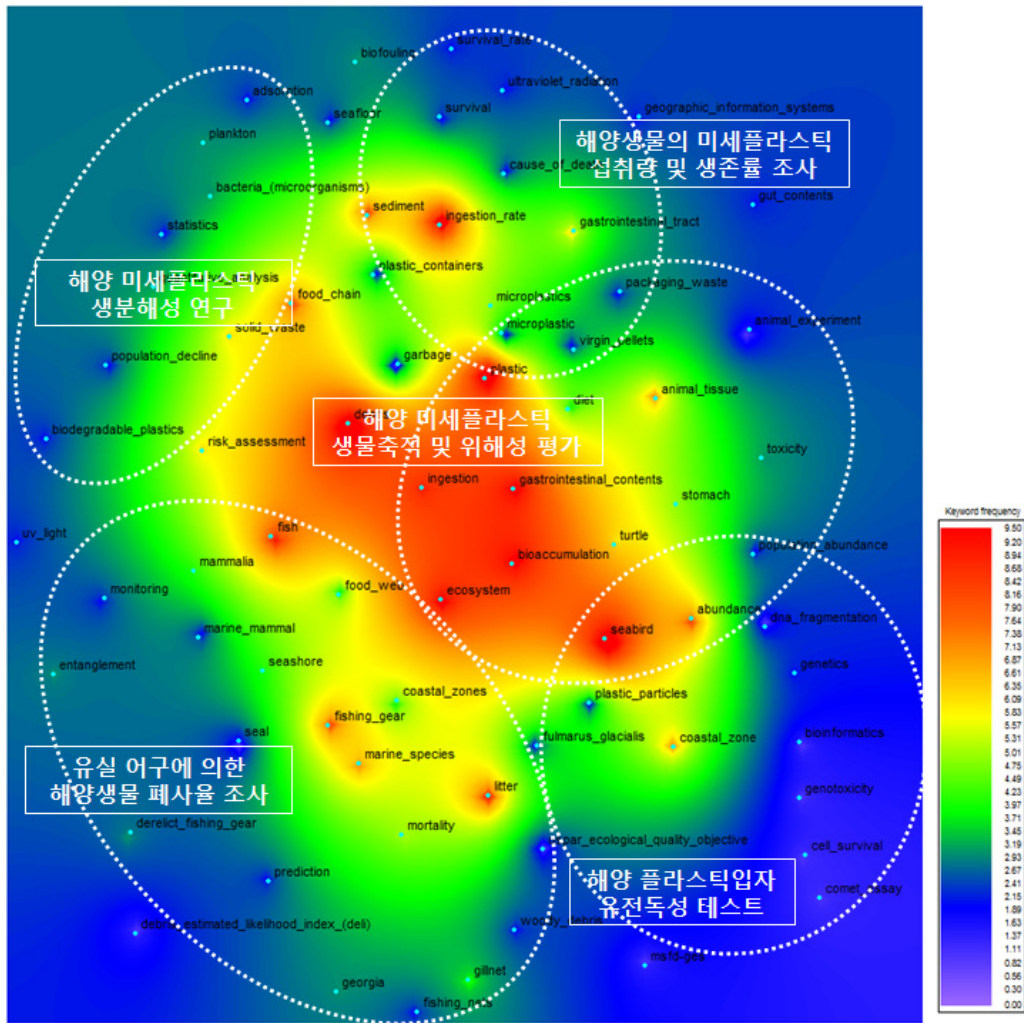
<그림 8> 해양쓰레기 미세플라스틱 분야 Knowledge Map('07~'11년)

□ 주요 세부기술 도출

- 해양쓰레기 미세플라스틱 분야의 고피인용 논문 분석 결과, 전자주사현미경(SEM)을 이용한 해양 미세플라스틱 형질분석 연구와 해안지역 미세플라스틱 축적량 공간분석 분야가 피인용 상위의 영향력 있는 연구 분야로 나타났으며 총 9개의 주요 세부 기술을 도출함

<표 10> 해양쓰레기 미세플라스틱 분야 주요 세부기술 도출 결과

분야	주요 키워드	주요 세부기술
ML 미세플라스틱	Marine debris, Litter, Plastic, Microplastic, Nanoparticle, Plastic pellets, Toxicogenomics, FTIR spectroscopy, Scanning electron microscopy, Spatial pattern, Particle Size, biofouling, Sediment, Polyethylene, Polypropylene, DDT, chemical composition, X ray photoelectron spectroscopy, Ecotoxicity, Micro-algae, Organic pollutants, Concentration, Adsorption, Trace metal, Infrared spectroscopy, Thermodynamics, Environmental impact assessment	전자주사현미경(SEM)을 이용한 해양 미세플라스틱 형질 분석 연구
		해안지역 미세플라스틱 축적량 공간분석 연구
		시료 분석을 이용한 해양 미세플라스틱 유입원 추정 연구
		해양 미세플라스틱 오염 발생 메커니즘 연구
		적외선 분광기를 이용한 해양 미세플라스틱 흡착 유기오염물질 검출 기술
		열역학(thermodynamic) 기반 미세플라스틱 흡착 화학물질의 생체 위해성 평가 기술
		시료 채취를 이용한 지역별 해저퇴적물 미세플라스틱 분포 및 축적량 조사 연구
		열역학(thermodynamic) 기반 미세플라스틱 흡착 화학물질의 생체 위해성 평가 기술
		시료 채취를 이용한 지역별 해저퇴적물 미세플라스틱 분포 및 축적량 조사 연구



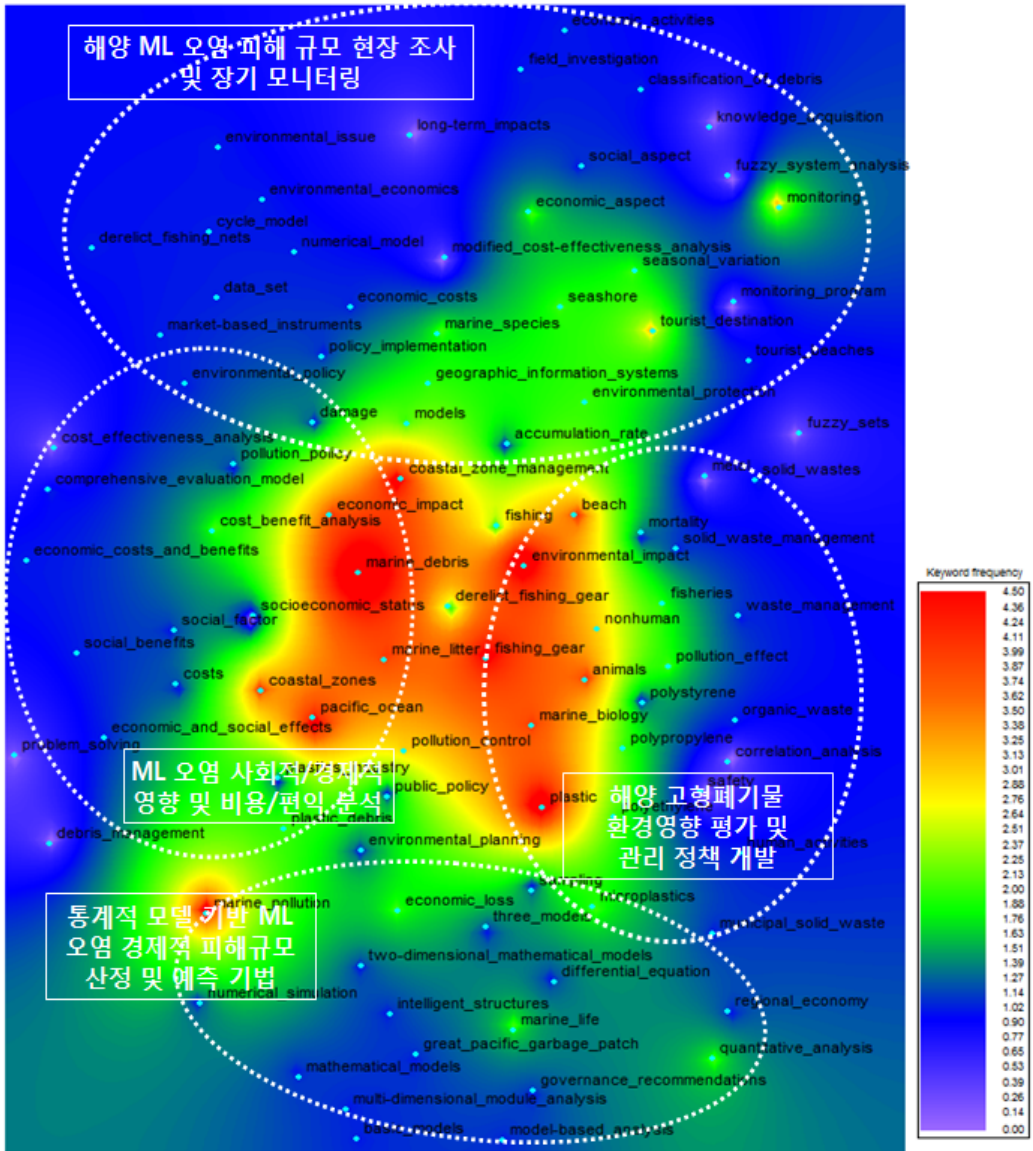
<그림 10> 해양쓰레기 생물영향 분야 Knowledge Map('07~'11년)

□ 주요 세부기술 도출

- 해양쓰레기 생물영향 분야의 고피인용 논문 분석 결과, 해양 서식종을 이용한 플라스틱 오염 생태독성 평가기술 분야와 해양 조류종 대상 플라스틱 쓰레기 모니터링 및 정량적 생태질목표(EcoQO) 수립 연구 분야가 피인용 상위의 영향력 있는 연구 분야로 나타났으며 총 6개의 주요 세부기술을 도출함

<표 11> 해양쓰레기 생물영향 분야 주요 세부기술 도출 결과

분야	주요 키워드	주요 세부기술
ML 생물영향	Marine debris, Litter, Plastic, Microplastic, bioaccumulation, food web, Food chain, marine species, seabird, toxicity, turtle, ingestion, Fulmarus glacialis, OSPAR EcoQO, Fisheries, cause of death, biodegradation, Microorganism, Mortality, Fishing gears, ecological impact, Comprehensive evaluation model, Short and long-term effects	해양 서식종을 이용한 플라스틱 오염 생태독성 평가 기술
		해양 조류종 대상 플라스틱 쓰레기 모니터링 및 정량적 생태질목표(EcoQO) 수립 연구
		해양쓰레기 오염에 의한 생물종 폐사율 조사 연구
		유실어구에 의한 해양 생물종 사망률 조사 및 피해 규모 산정 기법 개발
		해양 어종 대상 플라스틱 쓰레기 생물축적도 조사 연구
		해양 먹이망을 고려한 쓰레기 오염 단기/장기 영향 평가 모형 개발



<그림 12> 해양쓰레기 경제적 피해 분야 Knowledge Map('07~'11년)

□ 주요 세부기술 도출

- 해양쓰레기 경제적 피해 분야의 고평인용 논문 분석 결과, 해양 쓰레기의 종합적 영향 평가 모형 개발 및 효용성 검증 연구 분야와 해양 생태 보호를 위한 유실 어망·어구 관리 정책 개발 분야가 피인용 상위의 영향력 있는 연구 분야로 나타났으며 총 8개의 주요 세부기술을 도출함

<표 12> 해양쓰레기 경제적 피해 분야 주요 세부기술 도출 결과

분야	주요 키워드(다출현)	주요 세부기술
ML 경제적 피해	Marine debris, Litter, Plastic, Microplastic, Solid waste, Comprehensive evaluation model, Solution, Economic costs and benefits, Economic and social effect, Environmental policy, Derelict fishing net, Classification, tourism, Life cycle assessment (LCA), Plastic products, Polystyrene, Economic loss, Basic model	해양쓰레기의 종합적 영향 평가 모형 개발 및 효용성 검증 연구
		해양생태 보호를 위한 유실 어망·어구 관리 정책 개발
		해양쓰레기 오염의 경제적 비용 편익 분석 연구
		해양쓰레기 오염 저감을 위한 지역별 가이드라인 수립 및 홍보 프로그램 개발
		해양 고형폐기물 오염원 인벤토리 구축 및 환경 영향 평가 기법 개발
		해안 관광지 폐기물 관리 정책 개발
		플라스틱 원료의 전과정 평가(life cycle assessment)기법 개발
		예측모델 기반 해양 폐플라스틱 배출량 산정 및 경제적 피해 규모 조사 연구

다. 유망기술 도출 결과(종합)

- 해양쓰레기 오염 대응기술 분야의 5개 세부 분야별 고피인용 논문 분석 결과, 총 40개(ML 유입/분포: 10개, ML 이동/예측: 7개, ML 미세플라스틱: 9개, ML 생물영향: 6개, ML 경제적 피해: 8개)의 주요 세부기술을 도출함

<표 13> 해양쓰레기 오염 대응기술 분야별 주요 세부기술 도출 결과

분야	No	주요 세부기술
ML 유입/분포	1	해양쓰레기 동역학 기반 플라스틱 오염물질 축적량 예측 기법
	2	위성자료 기반 해양 부유쓰레기 모니터링 기술
	3	예측모델 기반 해역별 쓰레기양 장기 추이(long-term trend) 분석 기술
	4	샘플링 기반 해저침전물 쓰레기 분포 조사 연구
	5	다변량분석 기반 해저 쓰레기 유입원 조사 연구
	6	글로벌 해양 플라스틱 쓰레기의 공간적 분포 및 변동성 연구
	7	Webcam 기반 해안 쓰레기 오염 실시간/시계열 모니터링 기술
	8	Trawl survey 기반 해양 인공 쓰레기 구성요소 및 현존량 조사 연구
	9	GIS 및 원격탐사 기반 해양 쓰레기 공간 분석 및 모니터링 기술
	10	물질흐름분석(material flow analysis)을 이용한 해양 폐기물 발생량 예측 기술
ML 이동/예측	11	위성관측정보를 이용한 해역별 부유쓰레기 밀도 조사 연구
	12	동역학 모델 기반 해양 부유쓰레기 이동 경로 예측 기술
	13	양방향 입자추적모델(PIM)을 이용한 해양쓰레기 유동 예측 기술
	14	수치모델 기반 해양 부유쓰레기 이동 예측시스템 개발
	15	다중스펙트럼 위성영상을 이용한 해양부유쓰레기 이동 모니터링 기술
	16	Cellular automata model 기반 해양 플라스틱 쓰레기 이동 시뮬레이션 시스템 개발
	17	전달 매트릭스법을 이용한 부유쓰레기 거동 시뮬레이션 연구
ML 미세플라스틱	18	전자주사현미경(SEM)을 이용한 해양 미세플라스틱 형질 분석 연구
	19	해안지역 미세플라스틱 축적량 공간분석 연구
	20	시료분석을 이용한 해양 미세플라스틱 유입원 추정 연구
	21	해양 미세플라스틱 오염 발생 메커니즘 연구
	22	적외선 분광기를 이용한 해양 미세플라스틱 흡착 유기오염물질 검출 기술
	23	열역학 기반 미세플라스틱 흡착 화학물질의 생체 위해성 평가 기술
	24	시료 채취를 이용한 지역별 해저 퇴적물 미세플라스틱 분포 및 축적량 조사 연구

분야	No	주요 세부기술
	25	라만 분광법(raman spectroscopy) 기반 해양플라스틱 오염도 측정 기술
	26	원소분석법을 이용한 해양 플라스틱 입자 크기/질량/농도 분석 기술
ML 생물영향	27	해양 서식종을 이용한 플라스틱 오염 생태 독성 평가 기술
	28	해양 조류종 대상 플라스틱 쓰레기 모니터링 및 정량적 생태질목표(EcoQO) 수립 연구
	29	해양쓰레기 오염에 의한 생물종 폐사율 조사 연구
	30	유실 어구에 의한 해양 생물종 사망률 조사 및 피해 규모 산정 기법 개발
	31	해양 어종 대상 플라스틱 쓰레기 생물축적도 조사 연구
	32	해양 먹이망을 고려한 쓰레기 오염 단기/장기 영향 평가 모형 개발
ML 경제적 피해	33	해양쓰레기의 종합적 영향 평가 모형 개발 및 효용성 검증 연구
	34	해양생태 보호를 위한 유실 어망·어구 관리 정책 개발
	35	해양쓰레기 오염의 경제적 비용 편익 분석 연구
	36	해양쓰레기 오염 저감을 위한 지역별 가이드라인 수립 및 홍보 프로그램 개발
	37	해양 고형폐기물 오염원 인벤토리 구축 및 환경영향평가 기법 개발
	38	해안 관광지 폐기물 관리 정책 개발
	39	플라스틱 원료의 전과정 평가(life cycle assessment)기법 개발
	40	예측모델 기반 해양 폐플라스틱 배출량 산정 및 경제적 피해 규모 조사 연구

2. 논문 동향 분석

가. 분석 방법론

(1) 분석 대상 선정

- 해양쓰레기 오염 대응기술 분야의 총 5개 세부 분야를 대상으로 논문 동향 분석을 수행함

<표 14> 해양쓰레기 오염 대응기술 분야 기술분류체계

대상 분야	세부 분류
해양쓰레기 오염 대응기술 분야	1. ML(해양쓰레기) 유입/분포
	2. ML(해양쓰레기) 이동/예측
	3. ML(해양쓰레기) 미세플라스틱
	4. ML(해양쓰레기) 생물 영향
	5. ML(해양쓰레기) 경제적 피해

* 본문 제2장/ 제3절/ 1. 유망기술 도출 시 분석대상과 동일함

(2) 분석 범위 설정 및 분야별 DB Set 구축

- 분석 범위 설정
 - 활용 DB : Scopus 논문 데이터베이스
 - 검색범위 : 검색 필드 항목 중 Title / Abstract 을 범위로 지정
 - DB 도메인 : 총 16,000 여 종의 저널 초록, 인용, 색인정보를 수록하고 있는 전세계 논문 Web Database
 - 분석 기간 : 2002년~2011년(최근 10년) 기간 동안의 논문 데이터 활용
- 검색식 작성
 - 해양쓰레기 오염 대응기술 세부분야별 전문가들이 도출한 주요키워드를 활용하여 분석 대상 분야별 논문 검색식을 작성함

<표 15> 해양쓰레기 오염 대응기술 세부 분야별 논문 검색식

세부 분야	논문 검색식
1. ML 유입/분포	<p>(marine or ocean* or sea or coast or shore or seaside or offshore or seabed or benthic or estuary or beach* or island* or bay or "water column" or pelagic or "convergence zone*") and (litter* or debris* or garbage* or "solid waste*" or plastic* or trash* or "plastic bag*" or "fishing gear*" or trawl or fishtrap* or "fish trap*" or synthetic or "packaging material*" or polyethylene or polypropylene or polystyrene or styrofoam* or buoy or buoyage) and (source* or input or pathway or detect* or monitor* or distribution or accumulation or survey* or "remote sens*" or satellite* or webcam or cctv or "closed circuit television*" or sampling or "GIS" or "geographical Information System*" or "composite index*" or "spatial analy*" or map or mapping or information* or database* or sourcing or "standing stock*" or abundance* or trend* or generation or manag* or remov* or eliminat* or reduc* or decreas* or diminish* or decline* or diminut* or regulation or polic*)</p>
2. ML 이동/예측	<p>(marine or ocean* or sea or coast or shore* or seaside or offshore or seabed or seafloor or benthic or estuary or beached or beaching or sediment* or river or sewage or divergence or turbulence or tide or "water column" or aquacultur* or fishing or shipping or seaway* or "tidal current*") and (litter* or debris* or garbage* or "solid waste*" or plastic* or trash* or "derelict fising gear*" or stylofoam* or fishnet* or "fish net*" or bottle* or flotsam* or buoy or buoyage) and ("particle* tracking" or Lagrangian* or predict* or trajector* or model* or "two way*" or invers* or sink* or output or inflow* or "in flow*" or outflow* or "out flow*" or transport* or dispers* or spread* or position* or movement* or weathering or fate or path* or budget* or forecast* or hydrodynamic* or "hydro dynamic*" or simulat* or drift* or leeway* or "lee way*" or variabilit* or "random walk*" or lost or loss or concentration* or densit*)</p>
3. ML 미세플라스틱	<p>(marine or ocean* or sea or coast or shore or seaside or offshore or seabed or benthic or estuary or beach* or island* or bay or "water column" or pelagic or "convergence zone*" or sediment* or microlayer* or "micro layer*" or leachate* or "sewage effluent*" or "sewage sludge*" or "Food web" or foodweb) and (microplastic* or "micro plastic*" or mesoplastic* or "meso plastic*" or pellet* or "resin pellet*" or "plastic particle*" or nurdle* or "plastic frgment*" or "fragmented</p>

세부 분야	논문 검색식
	plastic*" or spherule* or scrubber* or "exfoliating agent*" or nanomaterial* or "nano material*" or nanoparticle* or "nano particle*" or nanoplastic* or "nano plastic*")
4. ML 생물 영향	(marine or ocean* or sea or coast or shore or seaside or offshore or estuary or beach* or fishing or submerge or aquatic or pelagic or ashore) and (litter* or debris or garbage or "solid waste*" or plastic* or "plastic bag*" or trash or "fising gear*" or trawl or longline or "long line" or gillnet* or "gill net*" or "fish trap*" or fishtrap* or "fish net*" or fishnet* or "fish hook*" or fishhook* or "fishing line*" or synthetic* or "packing material*" or fragment* or indigest* or monofilament* or "mono filament*" or "terrestrial plant" or "land plant" or shrub or wood or woods or "non biodegradable material*" or "nonbiodegradable material*") and (seabird* or "sea bird*" or wildlife* or "wild life*" or biota or biome or life or "sea turtle*" or fish or fishes or bird* or diet or animal* or shark* or whale* or dolphin* or seal or mammal* or cetacean* or organism* or carcass* or vertebrate* or invertebrate* or species or genus or community or communities or population or ecolog* or Planktivorous or bolus or juvenile* or fledgling or chick or penguin* or plunger* or shearwater* or petrel* or Sphenisciformes or Procellariiformes or Pelecaniformes or Charadriiformes or albatross* or cormorant* or gull or seagull* or alcid* or "surface forager*" or Procellariiform or loon or fulmar* or murre* or auk or "food web" or ecosystem* or epibiont or coloniz* or endemic or exotic or "hitch-hikers" or bryozoan* or barnacle* or polychaete* or hydroid* or bivalve* or foraminifera* or "coralline alga*" or "drifting seaweed*" or "alien invasion*") and (ingest* or swallow* or stomach or pellet or regurgitation or mortality or "cause of death" or necropsy or monitoring or entangle* or accumulat* or bioaccumulat* or survey* or threat* or smother* or "Ecological Quality Objective" or EcoQO or radiograp* or poisoning or density or abundance or biogeography or diversity or index or indecies or "by catch*" or fouling or sublethal or lethal or behavior* or clinical or endanger* or vulnerable or incidental or captur* or injur* or obstruction or starvation or conservation or colony or gut or migrat* or impact* or effect* or breeding or reproduc* or immun* or biochem* or histo* or physiol* or fishery or endocrine* or starvation or survival or disrupt* or alteration or infection or pathology or deterioration or metagenomic* or toxic* or toxicogenomic* or sampling or "manta trawl net" or "hand net" or "neuston net" or identification or encrusting or fouling or sessile or crustose or attached or adhered or harmful or noxious or injurious or detrimental or peril or danger*)

세부 분야	논문 검색식
5. ML 경제적 피해	(marine or ocean* or sea or coast or shore* or seaside or offshore or seabed or seafloor or benthic or sewage or aquaculture or fishing) and (litter* or debris or garbage or "solid waste*" or plastic* or trash) and (economic* or "ecosystem service*" or aesthetic or tour* or safet* or injur* or damag*)

* 본문 제2장/ 제3절/ 1. 유망기술 도출 시 작성된 논문 검색식과 동일함

□ 분야별 유효데이터 추출 및 DB Set 구축

- 수집된 논문 raw data를 대상으로 전수조사 및 유효데이터 추출 과정을 거쳐 총 403건의 논문 DB Set을 구축함

<표 16> 해양쓰레기 오염 대응기술 세부분야별 논문 유효데이터

분야	세부 분야	hitting 건수	유효데이터 건수
해양쓰레기 오염 대응기술	1. ML 유입/분포	13,512	141
	2. ML 이동/예측	10,867	37
	3. ML 미세플라스틱	3,191	72
	4. ML 생물 영향	11,273	105
	5. ML 경제적 피해	724	48
합계		39,567	403

* 'hitting 건수'는 작성된 검색식으로 검색했을 시 추출되는 논문데이터 건수임

* 본문 제2장/ 제3절/ 1. 유망기술 도출 시 구축한 분야별 논문 DB Set을 동일하게 활용함

(3) 분석 항목 설계

- 논문 동향 분석 항목은 연도별 논문 발표 추이, 국가별 연구 동향, 주요 연구기관 현황, 국가별 인프라 현황, 주요 저널 현황의 총 5가지 항목으로 구성함

<표 17> 논문 동향 분석 항목 및 주요 내용

항목 구성	주요 내용
연도별 논문 발표 추이	대상기술 주제와 관련된 연도별 논문발표 건수에 대한 통계자료 분석을 통해 분야별 연구개발 활성화도 파악
주요 국가별 연구 동향	대상기술 분야 관련 국가별 논문발표 현황 분석을 통해 해당 분야의 연구개발 리더 국가 파악
주요 연구기관 현황	대상기술 관련 논문발표건수 상위의 연구기관 분석을 통해 세부 분야별로 연구개발이 활발히 이뤄지고 있는 연구기관을 도출
주요 국가별 인프라 현황	대상기술 관련 연구를 수행하고 있는 국가별 연구기관 및 연구자 현황에 대한 비교 분석을 통해 상대적으로 연구 인프라 수준이 우수한 국가 및 향후 인프라 보완이 필요한 취약 국가 파악
주요 저널 현황	대상기술 관련 논문이 게재된 저널별 논문건수 및 인용건수 현황 분석을 통해 해당 분야의 영향력 있는 주요저널 파악

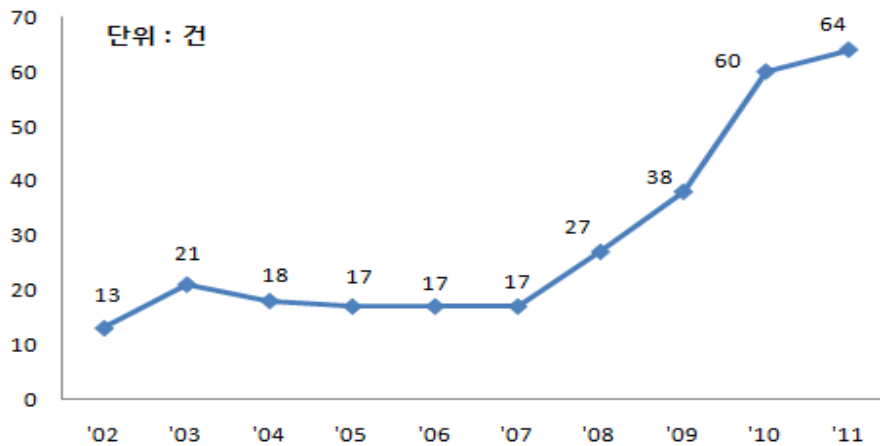
나. 논문 동향 분석 결과

(1) 해양쓰레기 오염 대응기술 분야(전체)

□ 연도별 논문발표 추이

○ 최근 해양쓰레기 오염 대응기술 분야의 연구개발 증가 추세

- 해양쓰레기 오염 대응기술 분야의 최근 10년간 전세계 논문건수 추이를 분석한 결과, 2003년부터 2007년까지는 연구 활동이 소폭 감소하였으나, 2008년을 기점으로 해당 분야 관련 논문발표 건수가 급격히 증가하고 있는 것으로 나타남



<그림 13> 해양쓰레기 오염 대응기술 분야 연도별 논문발표 추이

<표 18> 해양쓰레기 오염 대응기술 분야 연도별 논문발표 추이

구분	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	총계
해양쓰레기 오염 대응 기술 분야	13	21	18	17	17	17	27	38	60	64	292

□ 주요 국가별 연구 동향

○ 미국, 영국, 브라질, 일본 등을 중심으로 해양쓰레기 오염 대응기술 분야의 연구개발에 주력하고 있으며 최근 중국에서의 연구개발 활성화

- 미국이 66건으로 가장 다수의 논문을 발표하여 연구 활동이 가장 활발한 것으로 나타났으며, 영국(34건), 브라질(28건), 일본(22건)이 그 다음 순위를 차지하고 있음
- 특히, 중국의 경우 2002년부터 2006년까지 동 분야에 대한 논문발표가 전무하였으나, 최근 5년간(2007년~2011년) 18건(4위)의 논문을 발표하여 연구 활동이 급격히 증가하고 있는 것으로 나타남

- 한국은 최근 10년간 논문발표건수 기준으로 7위(11건)를 기록하였으며, 구간별로는 2002년~2006년까지 4건에서 2007년~2011년에는 7건으로 논문건수가 2배가량 증가한 것으로 조사됨

<표 19> 해양쓰레기 오염 대응기술 분야 주요 국가별 논문발표 현황

국가	'02~'11(종합)		'02~'06		'07~'11		순위증감
	순위	건수	순위	건수	순위	건수	
미국	1	66	1	14	1	52	-
영국	2	34	3	10	2	24	△1
브라질	3	28	4	5	3	23	△1
일본	4	22	2	11	5	11	▼3
중국	5	18	28	0	4	18	△24
호주	6	13	5	4	6	9	▼1
한국	7	11	5	4	8	7	▼3
캐나다	8	8	15	1	8	7	△7
독일	8	8	28	0	7	8	△21
터키	8	8	8	3	10	5	▼2
이탈리아	11	7	5	4	13	3	▼8
뉴질랜드	12	6	10	2	11	4	▼1
그리스	13	5	8	3	16	2	▼8
스페인	13	5	15	1	11	4	△4
요르단	15	4	15	1	13	3	△2
폴란드	15	4	10	2	16	2	▼6
남아프리카공화국	15	4	15	1	13	3	△2

□ 주요 연구기관 현황

- 미국 해양대기청, 브라질의 페르남부코 연방대학교, 영국의 플리머스대학교를 주축으로 해양쓰레기 오염 대응기술 분야 연구 활동 집중

- 미국 해양대기청(NOAA; National Oceanic and Atmospheric Administration)이 15건으로 가장 많은 논문을 발표하였으며, 브라질의 페르남부코 연방대학교(Federal University of Pernambuco)가 10건, 영국의 플리머스대학교(University of Plymouth)가 8건으로 그 뒤를 이음

<표 20> 해양쓰레기 오염 대응기술 분야 주요 기관별 논문발표 현황

기관명	소속국가	순위	논문건수 (‘02~‘11)
National Oceanic and Atmospheric Administration	미국	1	15
Federal University of Pernambuco	브라질	2	10
University of Plymouth	영국	3	8
Natural Environment Research Council	영국	4	6
University of California	미국	4	6
Tokyo University of Agriculture and Technology	일본	6	5
Algalita Marine Research Foundation	미국	7	4
Federal University of Rio Grande do Norte	브라질	7	4
Jinan University	중국	7	4
University of Hawaii	미국	7	4
Yarmouk University	요르단	7	4
:	:	:	:

□ 주요 국가별 연구 인프라 현황

- 연구기관수 측면에서 미국, 영국, 브라질, 중국, 일본 등이 해양쓰레기 오염 대응기술 분야의 우수한 연구 인프라를 보유하고 있으며 최근 중국 및 독일의 연구기관 인프라 확보가 두드러짐
 - 미국이 최근 10년간 31개의 기관이 동 분야 관련 연구에 참여하고 있어 가장 우수한 수준의 연구기관 인프라를 확보하고 있으며, 영국(14개)와 브라질(12개), 중국(11개), 일본(11개)이 그 뒤를 차지하고 있는 것으로 나타남
 - 특히, 중국 및 독일의 경우 과거 2002년~2006년까지 동 분야 관련 연구를 수행한 기관이 전무하였으나, 2007년~2011년에는 각각 11개, 8개의 기관이 동 분야 연구에 참여하여 최근 5년간 연구기관 인프라 확보가 두드러진 것으로 파악됨
 - 한국은 최근 10년 동안 9개 기관이 동 분야 연구에 참여하여 종합순위 부문에서 7위를 기록함

- 미국, 영국, 브라질, 일본 등이 연구기관수뿐만 아니라 연구자수 측면에서도 타 국가 대비 우수한 연구 인프라를 확보하고 있으며 한국의 경우 상대적으로 최근 연구자 인프라 수준이 소폭 하락됨
 - 미국이 최근 10년 동안 58명의 연구자가 동 분야 관련 연구에 참여하여 가장 다수의 연구자 인프라를 확보하고 있으며, 영국(29명)와 브라질(22명), 일본(19명)이 그 뒤를 차지하고 있는 것으로 나타남
 - 특히, 중국 및 독일의 경우 2002년~2006년까지 해양쓰레기 오염 대응기술 분야 관련 연구에 참여한 연구자가 전무하였으나, 2007년~2011년까지 각각 16명, 5명의 연구자가 동 분야 연구에 참여하여 최근 5년간 연구자 인프라 수준이 크게 향상된 것으로 분석됨
 - 한국은 2002년~2006년에는 4명의 연구자가 해당 분야 연구에 참여하여 4위를 기록하였으나, 2007년~2011년에는 4단계 하락된 8위(6명)를 기록함

<표 21> 해양쓰레기 오염 대응기술 분야 주요 국가별 연구 인프라 현황

연구기관							연구자						
국가	'02~'11		'02~'06		'07~'11		국가	'02~'11		'02~'06		'07~'11	
	순위	개수	순위	개수	순위	개수		순위	명	순위	명	순위	명
미국	1	31	1	7	1	29	미국	1	58	1	12	1	47
영국	2	19	1	7	2	14	영국	2	29	2	9	2	22
브라질	3	13	4	4	3	12	브라질	3	22	4	4	3	20
중국	4	11	15	0	4	11	일본	4	18	2	9	5	10
일본	4	11	1	7	6	6	중국	5	16	28	0	4	16
호주	6	10	4	4	5	8	호주	6	12	4	4	6	8
한국	7	7	6	3	6	6	한국	7	10	4	4	8	6
캐나다	8	6	11	1	8	5	캐나다	8	8	15	1	7	7
독일	9	5	15	0	8	5	이탈리아	9	6	7	3	13	3
이탈리아	9	5	6	3	10	3	뉴질랜드	9	6	9	2	10	4
뉴질랜드	9	5	8	2	10	3	터키	9	6	9	2	10	4
터키	9	5	8	2	10	3	독일	12	5	28	0	9	5
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:

* 상기 표의 연구기관수와 연구자수는 해당 논문의 메인저자 및 기관만을 counting한 값을 의미함

* 소속기관과 성명이 같은 연구자는 동일인물로 간주하여 중복 처리함

* '02년~'11년간 기관 및 연구자수는 2개 구간에서 중복을 제외하여 산출함

□ 주요 저널 현황

○ 최근 10년간 발표된 논문건수 측면에서 “Marine Pollution Bulletin”이 해양쓰레기 오염 대응기술 분야의 주요 저널로 나타남

- “Marine Pollution Bulletin” 저널의 경우 해당 분야 관련 논문이 97건으로 타 저널 대비 가장 다수의 논문이 발표됨
- 그 뒤를 이어 “Environmental Science and Technology”(9건: 2위), “Journal of Coastal Research”(6건: 3위), “Nippon Suisan Gakkaishi”(5건: 4위) 순으로 조사됨

<표 22> 해양쓰레기 오염 대응기술 분야 주요 저널 현황

저널명	순위	논문건수 ('02~'11)
Marine Pollution Bulletin	1	97
Environmental Science and Technology	2	9
Journal of Coastal Research	3	6
Nippon Suisan Gakkaishi (Japanese Edition)	4	5
Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences	5	4
Sea Technology	5	4
Estuarine, Coastal and Shelf Science	5	4
Proceedings of the International Offshore and Polar Engineering Conference	5	4
Waste Management	5	4
Marine Environmental Research	5	4
:	:	:

<표 23> 해양쓰레기 오염 대응기술 분야 주요 저널 현황

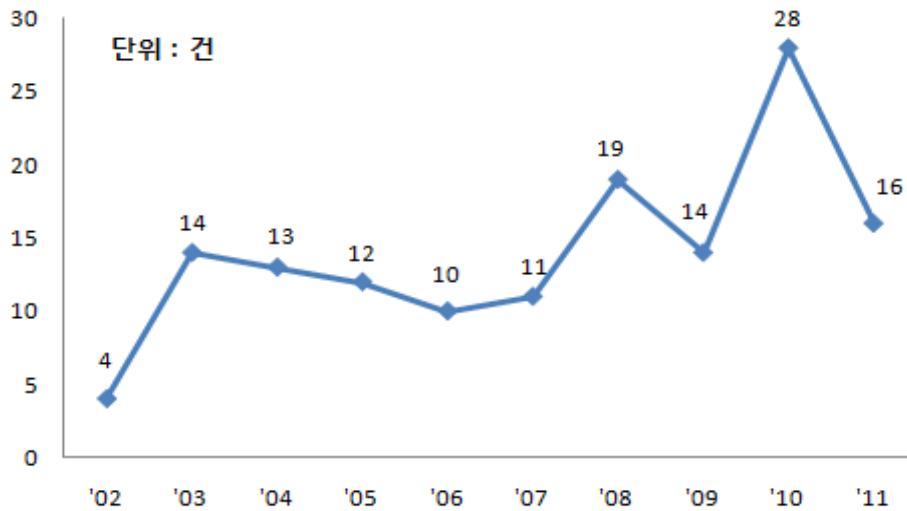
저널명	순위	논문건수 (’02~’11)
Marine Pollution Bulletin	1	175
Environmental Science and Technology	2	17
Journal of Coastal Research	3	13
Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences	4	11
Marine Environmental Research	5	10
Nippon Suisan Gakkaishi(Japanese Edition)	6	8
Waste Management	7	7
Environmental Monitoring and Assessment	7	7
Proceedings of the International Offshore and Polar Engineering Conference	7	7
Ocean and Coastal Management	10	6
Estuarine, Coastal and Shelf Science	10	6
ICCASM 2010 - 2010 International Conference on Computer Application and System Modeling, Proceedings	10	6
Sea Technology	10	6

(2) 해양쓰레기 유입/분포 분야

□ 연도별 논문발표 추이

○ 최근 해양쓰레기 유입/분포 분야 관련 연구개발 활성화

- 해양쓰레기 유입분포 분야의 전세계 논문건수 추이를 분석한 결과, 2002년에서 2009년까지 10건 내외의 지속적인 논문발표가 이루어지다가 2010년을 기점으로 두드러진 증가세를 나타내며 최근 2011에는 16건의 논문이 발표됨



<그림 14> 해양쓰레기 유입/분포 분야 연도별 논문발표 추이

<표 24> 해양쓰레기 유입/분포 분야 연도별 논문발표 추이

구분	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	총계
해양쓰레기 유입/분포 분야	4	14	13	12	10	11	19	14	28	16	141

□ 주요 국가별 연구 동향

○ 미국, 브라질, 한국, 영국, 일본 등을 중심으로 해양쓰레기 유입/분포 분야 관련 연구개발이 이루어지고 있으며 최근 중국의 연구 활동 급증

- 미국이 최근 10년 동안 31건의 논문 발표로 해당 분야 연구 활동이 가장 활발한 것으로 나타났으며, 브라질(15건: 2위), 한국(11건: 3위), 일본(10건: 4위), 영국(10건: 4위)이 그 다음 순위를 차지함
- 중국의 경우 2002년부터 2006년까지는 동 분야 관련 논문발표가 전무하였으나, 최근 5년간(2007년~2011년) 8건의 논문 발표로 종합 순위 기준 6위를 기록함

<표 25> 해양쓰레기 유입/분포 분야 주요 국가별 논문발표 현황

국가	'02~'11(종합)		'02~'06		'07~'11		순위증감
	순위	건수	순위	건수	순위	건수	
미국	1	32	1	9	1	23	-
브라질	2	15	4	4	2	11	△2
한국	3	11	4	4	4	7	-
일본	4	10	3	5	5	5	▼2
영국	4	10	2	6	7	4	▼5
중국	6	8	22	0	3	8	△19
터키	6	8	6	3	5	5	△1
호주	8	7	6	3	7	4	▼1
그리스	9	4	8	2	9	2	▼1
이탈리아	9	4	8	2	9	2	▼1
캐나다	11	3	11	1	9	2	△2
칠레	11	3	11	1	9	2	△2
요르단	11	3	11	1	9	2	△2
남아프리카공화국	11	3	11	1	9	2	△2
스페인	11	3	11	1	9	2	△2

□ 주요 연구기관 현황

○ 미국 해양대기청, 브라질의 페르남부코 연방대학교 등이 해양쓰레기 유입/분포 분야의 연구개발 주도

- 미국 해양대기청(NOAA; National Oceanic and Atmospheric Administration)가 11건으로 가장 많은 논문을 발표한 것으로 나타났으며, 브라질의 페르남부코 연방대학교(Federal University of Pernambuco)가 7건의 논문발표로 그 뒤를 차지함

<표 26> 해양쓰레기 유입/분포 분야 주요 기관별 논문발표 현황

기관명	소속국가	순위	논문건수 (‘02~‘11)
National Oceanic and Atmospheric Administration	미국	1	11
Federal University of Pernambuco	브라질	2	7
Algalita Marine Research Foundation	미국	3	3
Jinan University	중국	3	3
Karadeniz Technical University	터키	3	3
Korea Research Institute of Ships and Ocean Engineering	한국	3	3
Sea Education Association	미국	3	3
University of Hawaii	미국	3	3
Yarmouk University	요르단	3	3
Catholic University of the North	칠레	10	2
China University of Mining and Technology	중국	10	2
CNR	이탈리아	10	2
:	:	:	:

□ 주요 국가별 연구 인프라 현황

- 해양쓰레기 유입/분포 분야의 연구기관수 측면에서는 미국, 일본, 브라질이 타 국가 대비 우수한 수준의 인프라를 구축하고 있으며 한국도 타 분야 대비 상위권을 기록함
 - 미국은 최근 10년간 14개의 기관이 해당 분야 연구에 참여하여 가장 다수의 기관 인프라를 구축하고 있으며, 브라질(8개), 일본(8개)이 그 뒤를 차지하고 있음
 - 한국의 경우 최근 10년간 7개 기관이 동 분야 관련 연구에 참여하여 영국과 함께 종합 순위 4위를 기록하며 비교적 우수한 연구기관 인프라를 확보하고 있는 것으로 조사됨
- 연구자 인프라 측면에서도 미국, 브라질, 일본이 주축을 이루고 있으며 한국도 일본과 동등한 수준의 연구자 인프라를 확보하고 있음
 - 미국은 해양쓰레기 유입/분포 분야와 관련하여 연구기관 뿐만 아니라 가장 많은 연구자수를 확보하고 있으며 브라질이 11명, 일본이 10명으로 그 뒤를 이음
 - 중국의 경우, 과거 구간(2002년~2006년) 대비 최근 5년간(2007년~2011년) 연구자 인프라 수준이 크게 향상(23위→4위)됨
 - 한국은 2002년~2011년까지 10명의 연구자가 동 분야 관련 연구에 참여하여 일본과 동등한 연구자 인프라를 구축하고 있는 것으로 나타남

<표 27> 해양쓰레기 유입/분포 분야 주요 국가별 연구 인프라 현황

국가	연구기관						연구자						
	'02~'11		'02~'06		'07~'11		국가	'02~'11		'02~'06		'07~'11	
	순위	개수	순위	개수	순위	개수		순위	명	순위	명	순위	명
미국	1	14	2	4	1	13	미국	1	29	1	8	1	22
브라질	2	8	4	3	2	7	브라질	2	11	5	3	2	10
일본	2	8	2	4	5	4	일본	3	10	3	5	5	5
한국	4	7	4	3	3	6	한국	3	10	4	4	4	6
영국	4	7	1	5	7	3	영국	5	9	2	6	6	4
호주	6	6	4	3	5	4	호주	6	7	5	3	6	4
중국	7	5	22	0	4	5	중국	6	7	22	0	3	7
터키	7	5	7	2	7	3	터키	8	6	7	2	6	4
이탈리아	9	3	7	2	9	2	이탈리아	9	4	7	2	9	2
캐나다	10	2	9	1	13	1	캐나다	10	3	11	1	9	2
칠레	10	2	9	1	13	1	칠레	10	3	11	1	9	2
독일	10	2	22	0	9	2	그리스	10	3	7	2	9	2
그리스	10	2	9	1	9	2	독일	13	2	22	0	9	2
남아프리카 공화국	10	2	9	1	13	1	남아프리카 공화국	13	2	11	1	16	1
스페인	10	2	9	1	9	2	스페인	13	2	11	1	9	2
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:

□ 주요 저널 현황

○ 최근 10년 동안 발표된 논문건수 기준으로 “Marine Pollution Bulletin” 저널이 해양쓰레기 유입/분포 분야의 주요저널로 도출됨

- “Marine Pollution Bulletin” 저널의 경우 2002년부터 2011년까지 게재된 해당 분야 관련 논문이 41건으로 타 저널 대비 가장 많은 논문이 발표됨
- 그 뒤를 이어 “Journal of Coastal Research”(6건: 2위), “Sea Technology”(4건: 3위)가 다음 순위를 차지함

<표 28> 해양쓰레기 유입/분포 분야 주요 저널 현황

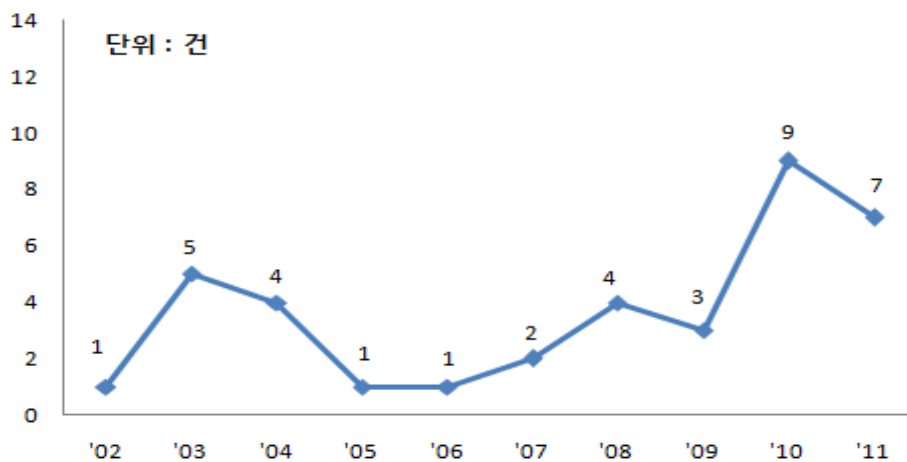
저널명	순위	논문건수 ('02~'11)
Marine Pollution Bulletin	1	41
Journal of Coastal Research	2	6
Sea Technology	3	4
Estuarine, Coastal and Shelf Science	4	3
Proceedings of the International Offshore and Polar Engineering Conference	4	3
Waste Management	4	3
Water, Air, and Soil Pollution	4	3
Journal of Environmental Management	8	2
Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences	8	2
Oceanological and Hydrobiological Studies	8	2
:	:	:

(3) 해양쓰레기 이동/예측 분야

□ 연도별 논문발표 추이

○ 해양쓰레기 이동/예측 분야는 타 분야 대비 논문발표 건수가 저조한 수준이나 최근 연구 활동 소폭 증가

- 해양쓰레기 이동예측 분야의 전세계 논문 건수 추이를 분석한 결과, 2002년부터 2009년까지는 연간 5건 이하의 논문 발표로 연구 활동이 미진한 수준이었으나 2010년을 기점으로 소폭의 증가세를 나타냄



<그림 15> 해양쓰레기 이동/예측 분야 연도별 논문발표 추이

<표 29> 해양쓰레기 이동/예측 분야 연도별 논문발표 추이

구분	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	총계
해양쓰레기 이동/예측 분야	1	5	4	1	1	2	4	3	9	7	37

□ 주요 국가별 연구 동향

○ 미국, 일본, 중국, 브라질 등이 해양쓰레기 이동/예측 분야 관련 연구개발을 주도하고 있으며 한국의 경우 타 분야 대비 연구 활동 저조

- 미국이 8건으로 가장 많은 논문을 발표하여 연구 활동이 가장 활발한 것으로 나타났으며, 일본(6건: 2위), 중국(5건: 3위), 브라질(2건: 4위)이 그 뒤를 차지함
- 특히, 중국, 브라질, 프랑스는 2002년~2006년까지 논문발표가 전무하였으나 최근 동 분야 관련 연구 활동 증가로 종합순위 기준 5위권 이내에 진입함
- 한국의 경우, 아직까지 해양쓰레기 이동/예측 분야 관련 연구 활동이 매우 저조한 수준으로 나타남

<표 30> 해양쓰레기 이동/예측 분야 주요 국가별 논문발표 현황

국가	'02~'11(종합)		'02~'06		'07~'11		순위증감
	순위	건수	순위	건수	순위	건수	
미국	1	8	1	2	1	6	-
일본	2	6	2	1	2	5	-
중국	3	5	10	0	2	5	△8
브라질	4	2	10	0	4	2	△6
프랑스	4	2	10	0	4	2	△6
터키	4	2	2	1	6	1	▼4
영국	4	2	2	1	6	1	▼4
아르헨티나	8	1	2	1	11	0	▼9
호주	8	1	10	0	6	1	△4
벨기에	8	1	2	1	11	0	▼9
칠레	8	1	2	1	11	0	▼9
독일	8	1	10	0	6	1	△4
이탈리아	8	1	2	1	11	0	▼9
남아프리카공화국	8	1	2	1	11	0	▼9
스페인	8	1	10	0	6	1	△4

□ 주요 연구기관 현황

- 미국 해양대기청, 중국 광업대학교를 중심으로 해양쓰레기 이동/예측 분야의 연구 개발 주력
 - 미국 해양대기청(NOAA; National Oceanic and Atmospheric Administration)가 4건으로 해당 분야 관련 가장 다수의 논문을 발표하였으며, 중국 광업대학교(China University of Mining and Technology)가 3건의 논문발표로 그 뒤를 이음
 - 해양쓰레기 이동/예측 분야 관련 논문건수 상위의 주요기관들은 미국, 중국, 일본 소속 기관들이 주를 이루고 있으며 타 분야 대비 논문건수 격차가 낮은 수준임

<표 31> 해양쓰레기 이동/예측 분야 주요 기관별 논문발표 현황

기관명	소속국가	순위	논문건수 (’02~’11)
National Oceanic and Atmospheric Administration	미국	1	4
China University of Mining and Technology	중국	2	3
Natural Environment Research Council	영국	3	2
Sea Education Association	미국	3	2
Association for the Environmental Conservation of the Seto Inland Sea	일본	5	1
CNR	이탈리아	5	1
CSIC	스페인	5	1
Dalian University of Technology	중국	5	1
Ehime University	일본	5	1
:	:	:	:

□ 주요 국가별 연구 인프라 현황

- 해양쓰레기 이동/예측 분야 관련 논문을 발표한 연구기관수 측면에서 일본, 미국, 중국 등이 가장 다수의 연구기관 인프라를 보유하고 있으며 최근 중국, 브라질, 프랑스의 연구기관 인프라 수준 향상이 두드러짐
 - 일본은 최근 10년간(2002년~2011년) 6개 기관이 동 분야 연구에 참여하여 연구기관 인프라 부문 1위를 기록하였으며 뒤를 이어 미국이 4개 기관(2위), 중국이 3개 기관(3위)으로 주축을 이루고 있는 것으로 나타남
 - 특히, 중국, 브라질, 프랑스는 2002년~2006년 대비 최근 5년간(2007년~2011년) 해당 분야 연구에 참여한 연구기관수가 두드러지게 증가하여 종합순위 5위권 이내에 진입함

- 연구자수 부문에서는 미국, 일본, 중국이 타 국가 대비 우수한 연구자 인프라를 확보하고 있으며 한국의 경우 해당 분야의 연구자 인프라 취약
 - 미국은 2002년부터 2011년까지 총 7명의 연구자가 해당 분야 연구에 참여하여 연구기관인프라 부문과 동일하게 연구자 인프라 부문에서도 1위를 기록하였으며 일본(9명), 중국(7명)이 그 뒤를 이음
 - 특히, 중국의 경우 2002년~2006년까지 동 분야 관련 연구자가 존재하지 않았으나 (10위), 2007년~2011년까지 5명(2위)의 연구자가 동 분야를 연구에 참여하여 종합순위 기준 3위에 등극함
 - 한국의 경우, 아직까지 해양쓰레기 이동/예측 분야 관련 연구자 인프라 수준이 취약한 것으로 나타남

<표 32> 해양쓰레기 이동/예측 분야 주요 국가별 연구 인프라 현황

국가	기관						국가	연구자					
	'02~'11		'02~'06		'07~'11			'02~'11		'02~'06		'07~'11	
	순위	개수	순위	개수	순위	개수	순위	명	순위	명	순위	명	
일본	1	6	1	1	1	5	미국	1	7	1	1	1	6
미국	2	4	1	1	2	4	일본	2	6	1	1	2	5
중국	3	3	10	0	3	3	중국	3	5	10	0	2	5
브라질	4	2	10	0	4	2	브라질	4	2	10	0	4	2
프랑스	4	2	10	0	4	2	프랑스	4	2	10	0	4	2
터키	4	2	1	1	6	1	터키	4	2	1	1	6	1
아르헨티나	7	1	1	1	11	0	영국	4	2	1	1	6	1
호주	7	1	10	0	6	1	아르헨티나	8	1	1	1	11	0
벨기에	7	1	1	1	11	0	호주	8	1	10	0	6	1
칠레	7	1	1	1	11	0	벨기에	8	1	1	1	11	0
독일	7	1	10	0	6	1	칠레	8	1	1	1	11	0
이탈리아	7	1	1	1	11	0	독일	8	1	10	0	6	1
남아프리카 공화국	7	1	1	1	11	0	이탈리아	8	1	1	1	11	0
스페인	7	1	10	0	6	1	남아프리카 공화국	8	1	1	1	11	0
영국	7	1	1	1	6	1	스페인	8	1	10	0	6	1

- * 상기 표의 연구기관수와 연구자수는 해당 논문의 메인저자 및 기관만을 counting한 값을 의미함
- * 소속기관과 성명이 같은 연구자는 동일인물로 간주하여 중복 처리함
- * '02년~'11년간 기관 및 연구자수는 2개 구간에서 중복을 제외하여 산출함

<표 33> 해양쓰레기 이동/예측 분야 주요 국가별 연구 인프라 현황

국가	기관						국가	연구자					
	'02~'11		'02~'06		'07~'11			'02~'11		'02~'06		'07~'11	
	순위	개수	순위	개수	순위	개수	순위	명	순위	명	순위	명	
미국	1	15	1	3	1	14	미국	1	19	1	4	1	17
일본	2	7	1	3	2	5	일본	2	9	2	3	2	7
한국	3	6	3	2	5	4	중국	3	7	13	0	2	7
브라질	4	5	12	0	2	5	브라질	4	6	5	1	4	5
중국	4	5	12	0	2	5	한국	4	6	3	2	5	4
영국	4	5	3	2	5	4	영국	4	6	3	2	5	4
오스트레 일리아	7	3	5	1	7	2	오스트레 일리아	7	3	5	1	7	2
터키	7	3	5	1	7	2	그리스	7	3	5	1	7	2
프랑스	9	2	12	0	7	2	터키	7	3	5	1	7	2
그리스	9	2	5	1	10	1	-	-	-	-	-	-	-

- * 상기 표의 연구기관수와 연구자수는 해당 논문의 메인저자 및 기관만을 counting한 값을 의미함
- * 소속기관과 성명이 같은 연구자는 동일인물로 간주하여 중복 처리함
- * '02년~'11년간 기관 및 연구자수는 2개 구간에서 중복을 제외하여 산출함

□ 주요 저널 현황

○ 최근 10년 동안 게재된 논문건수 기준으로 “Marine Pollution Bulletin” 저널이 해양쓰레기 이동/예측 분야의 주요저널로 도출됨

- 최근 10년(2002년~2011년) 동안 “Marine Pollution Bulletin” 저널에 해양쓰레기 이동/예측 분야 관련 게재 논문이 14건으로 타 저널 대비 가장 다수의 논문이 발표됨
- 그 뒤를 이어 “2010 International Conference on Computer Application and System Modeling, Proceedings” 저널이 3건으로 2위를 기록함

<표 34> 해양쓰레기 이동/예측 분야 주요 저널 현황

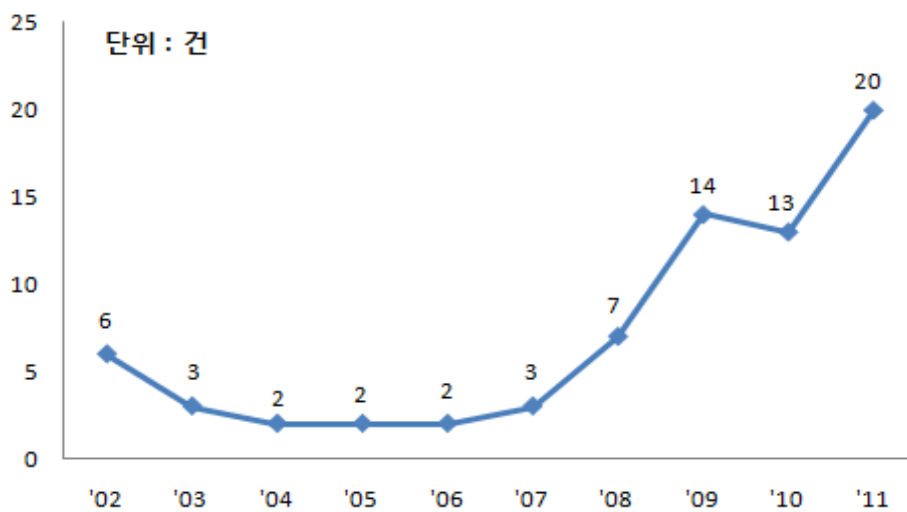
저널명	순위	논문건수 ('02~'11)
Marine Pollution Bulletin	1	14
2010 International Conference on Computer Application and System Modeling, Proceedings	2	3
Scientific Research and Essays	3	1
Environmental Science and Technology	3	1
Houille Blanche	3	1
Waste Management	3	1
Chemical and Engineering News	3	1
Palaios	3	1
Procedia Environmental Sciences	3	1
Journal of Environmental Engineering	3	1
:	:	:

(4) 해양쓰레기 미세플라스틱 분야

□ 연도별 논문발표 추이

○ 최근 5년간 해양쓰레기 미세플라스틱 분야 관련 연구개발 급증

- 해양쓰레기 미세플라스틱 분야의 전세계 논문건수 추이를 분석한 결과, 2002년부터 2007년까지는 연구 활동이 미미한 수준이었으나 최근 해양 미세플라스틱 오염 피해 심화로 2008년을 기점으로 논문발표 건수가 급격히 증가하여 최근 2011년 기준으로 20건의 논문이 발표됨



<그림 16> 해양쓰레기 미세플라스틱 분야 연도별 논문발표 추이

<표 35> 해양쓰레기 미세플라스틱 분야 연도별 논문발표 추이

구분	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	총계
해양쓰레기 미세플라스틱 분야	6	3	2	2	2	3	7	14	13	20	72

□ 주요 국가별 연구 동향

○ 미국, 영국, 일본, 브라질, 독일 등의 주도하에 최근 해양쓰레기 미세플라스틱 분야 연구가 활성화되고 있는 반면 한국의 연구 활동 저조

- 미국은 최근 10년간 18건의 논문을 발표하여 연구 활동이 가장 활발한 것으로 나타났으며, 일본(11건), 영국(11건)이 그 다음 순위를 차지함
- 특히, 브라질과 독일은 2002년부터 2006년까지는 동 분야 관련 연구가 미미한 수준이었으나 최근 5년간 연구 활동이 두드러지게 증가하여 종합순위 기준 상위 5위권에 진입함

- 일본의 경우, 2002년~2006년 구간에는 5건의 논문발표로 1위를 기록하였으나 최근 5년 구간에서는 연구 활동이 소폭 감소하여 전 구간 대비 4단계 하락한 5위에 랭크됨
- 한국은 최근 10년간 해양쓰레기 미세플라스틱 분야 관련 논문발표 실적이 매우 저조한 수준으로 나타남

<표 36> 해양쓰레기 미세플라스틱 분야 주요 국가별 논문발표 현황

국가	'02~'11(종합)		'02~'06		'07~'11		순위증감
	순위	건수	순위	건수	순위	건수	
미국	1	18	2	3	1	15	△1
일본	2	11	1	7	5	4	▼4
영국	2	11	3	1	2	10	△1
브라질	4	5	8	0	3	5	△5
독일	4	5	8	0	3	5	△5
호주	6	4	8	0	5	4	△3
캐나다	7	3	8	0	7	3	△1
뉴질랜드	7	3	3	1	8	2	▼5
포르투갈	9	2	8	0	8	2	-
남아프리카공화국	9	2	8	0	8	2	-
:	:	:	:	:	:	:	:

□ 주요 연구기관 현황

- 최근 10년간 논문발표 건수를 기준으로 영국 폴리머스대학교, 일본 도쿄 농공대학교, 미국 캘리포니아대학교, 영국 파트라스대학교가 해양쓰레기 미세플라스틱 분야의 주요 연구기관으로 도출됨
 - 일본 도쿄대학교와 영국 폴리머스대학교가 각각 4건의 논문발표로 동 분야 연구 개발을 주도하고 있으며 일본 도쿄농공대학교가 4건으로 2위, 미국 캘리포니아대학교와 그리스 파트라스대학교, 캐나다 웨스턴온타리오대학교가 각각 3건으로 공동 3위를 기록함
 - 해양쓰레기 이동/예측 분야 관련 논문건수 상위의 주요기관들은 미국과 일본 소속기관들이 주를 이루고 있으며 타 분야 대비 논문건수 격차가 낮은 수준임

<표 37> 해양쓰레기 미세플라스틱 분야 주요 기관별 논문발표 현황

기관명	소속국가	순위	논문건수 (‘02~‘11)
University of Plymouth	영국	1	6
Tokyo University of Agriculture and Technology	일본	2	4
University of California	미국	3	3
University of Patras	그리스	3	3
University of Western Ontario	캐나다	3	3
Algalita Marine Research Foundation	미국	6	2
Institute of Environmental Systems Research	독일	6	2
Kagoshima University	일본	6	2
Natural Environment Research Council	영국	6	2
Nihon University	일본	6	2
:	:	:	:

□ 주요 국가별 연구 인프라 현황

○ 미국, 일본, 영국이 타 국가 대비 해양쓰레기 미세플라스틱 분야 관련 다수의 연구 기관수를 보유하고 있으며 우리나라의 연구기관 인프라 수준 취약

- 미국은 최근 10년간(2002년~2011년) 13개 기관이 동 분야 연구에 참여하여 연구기관 인프라 부문 1위를 기록하였으며 뒤를 이어 일본이 6개 기관으로 2위를 기록함
- 특히, 브라질의 경우 2002년~2006년 구간에서는 기관 인프라 부문에서 최하위를 기록하였으나 최근 5년간(2007년~2011년) 해당 분야 연구에 참여한 연구기관수가 두드러지게 증가하여 종합순위 기준 4위를 기록함
- 한국은 아직까지 해양쓰레기 미세플라스틱 분야 관련 연구 인프라 수준이 취약한 것으로 나타남

○ 연구자 인프라 부문에서도 미국, 일본, 영국이 타 국가 대비 우위를 점하고 있으며 최근 브라질, 호주, 캐나다의 연구자 인프라 수준 향상이 두드러짐

- 미국은 2002년부터 2011년까지 총 26명의 연구자가 해당 분야 연구에 참여하여 연구기관인프라 부문과 동일하게 연구자 인프라 부문에서도 1위를 기록하였으며 영국(13명: 2위), 일본(6명: 3위)이 그 뒤를 이음
- 브라질, 호주, 캐나다의 경우 2002년~2006년 구간 대비 최근 5년간(2007년~2011년) 해당 분야 연구에 참여한 연구자수의 두드러진 증가로 종합순위 5위권에 진입함
- 한국은 아직까지 해양쓰레기 미세플라스틱 분야 관련 연구자 인프라 수준이 취약한 것으로 나타남

<표 38> 해양쓰레기 미세플라스틱 분야 주요 국가별 인프라 현황

국가	기관						국가	연구자					
	'02~'11		'02~'06		'07~'11			'02~'11		'02~'06		'07~'11	
	순위	개수	순위	개수	순위	개수		순위	명	순위	명	순위	명
미국	1	13	2	3	1	13	미국	1	16	2	3	1	14
일본	2	6	1	5	5	2	일본	2	10	1	6	3	4
영국	3	5	3	1	2	5	영국	3	9	3	1	2	8
브라질	4	4	8	0	3	4	브라질	4	4	8	0	3	4
호주	5	3	8	0	4	3	호주	5	3	8	0	5	3
독일	6	2	8	0	5	2	캐나다	5	3	8	0	5	3
뉴질랜드	6	2	3	1	8	1	뉴질랜드	5	3	3	1	7	2
포르투갈	6	2	8	0	5	2	독일	8	2	8	0	7	2
벨기에	9	1	8	0	8	1	포르투갈	8	2	8	0	7	2
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:

* 상기 표의 연구기관수와 연구자수는 해당 논문의 메인저자 및 기관만을 counting한 값을 의미함

* 소속기관과 성명이 같은 연구자는 동일인물로 간주하여 중복 처리함

* '02년~'11년간 기관 및 연구자수는 2개 구간에서 중복을 제외하여 산출함

□ 주요 저널 현황

○ 최근 10년 동안 발표된 논문건수 기준으로 “Marine Pollution Bulletin” 저널이 해양쓰레기 미세플라스틱 분야의 주요저널로 나타남

- 최근 10년(2002년~2011년)간 “Marine Pollution Bulletin” 저널에 해양쓰레기 미세플라스틱 분야 관련 게재 논문이 30건으로 타 저널 대비 가장 많은 논문이 발표됨
- 그 뒤를 이어 “Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences”저널과 “Environmental Science and Technology” 저널이 각각 4건의 논문발표로 공동 2위를 기록함

<표 39> 해양쓰레기 미세플라스틱 분야 주요 저널 현황

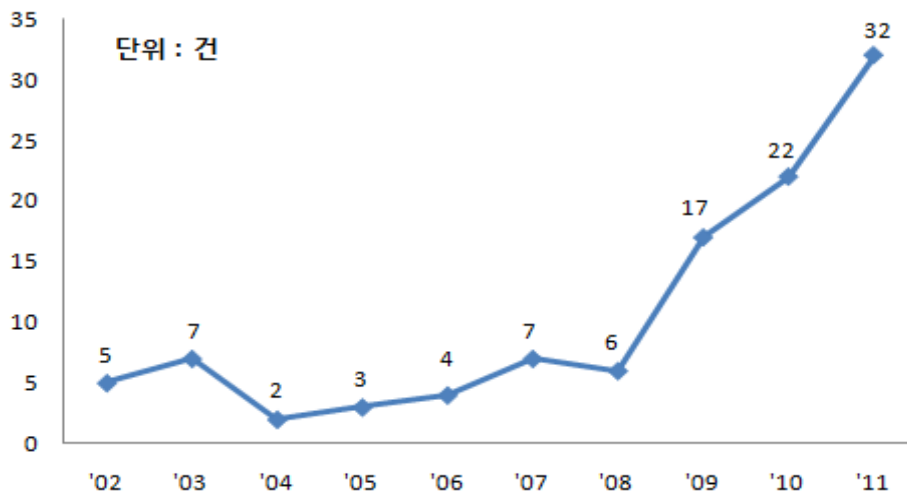
저널명	순위	논문건수 ('02~'11)
Marine Pollution Bulletin	1	30
Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences	2	4
Environmental Science and Technology	2	4
Marine Environmental Research	4	3
Nippon Suisan Gakkaishi (Japanese Edition)	4	3
Journal of Environmental Monitoring	6	2
Journal of Polymers and the Environment	7	1
Brazilian Archives of Biology and Technology	7	1
California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports	7	1
Aquatic Ecosystem Health and Management	7	1
:	:	:

(5) 해양쓰레기 생물영향 분야

□ 연도별 논문발표 추이

○ 최근 해양쓰레기 생물영향 분야 관련 연구개발 급증

- 해양쓰레기 생물영향 분야의 전세계 논문건수 추이를 분석한 결과, 2002년부터 2008년까지 10건 미만의 논문발표가 지속적으로 이루어지다가 2009년을 기점으로 두드러진 증가세를 나타내며 최근 10년간 총 105건의 논문이 발표됨



<그림 17> 해양쓰레기 생물영향 분야 연도별 논문발표 추이

<표 40> 해양쓰레기 생물영향 분야 연도별 논문발표 추이

구분	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	총계
해양쓰레기 생물영향 분야	5	7	2	3	4	7	6	17	22	32	105

□ 주요 국가별 연구 동향

○ 미국, 영국, 브라질을 중심으로 해양쓰레기 생물영향 분야 관련 연구개발에 주력하고 있으며 해양쓰레기 미세플라스틱 분야와 마찬가지로 한국의 연구 활동 미진

- 미국은 최근 10년간 34건의 논문을 발표하여 가장 두드러진 연구 활동을 보이고 있으며, 뒤를 이어 영국이 17건으로 2위, 브라질이 13건으로 3위를 기록함
- 특히, 캐나다, 중국은 2002년부터 2006년까지는 동 분야 관련 연구가 미미한 수준이었으나 최근 5년간 연구 활동이 두드러지게 증가하여 종합순위 기준 상위 5위권 내에 진입함
- 한국은 최근 10년간 해양쓰레기 미세플라스틱 분야 관련 논문발표 실적이 매우 저조한 수준으로 나타남

<표 41> 해양쓰레기 생물영향 분야 주요 국가별 논문발표 현황

국가	'02~'11(종합)		'02~'06		'07~'11		순위증감
	순위	건수	순위	건수	순위	건수	
미국	1	34	1	5	1	29	-
영국	2	17	2	4	2	13	-
브라질	3	11	6	1	3	10	△3
캐나다	4	4	12	0	4	4	△8
중국	4	4	12	0	4	4	△8
뉴질랜드	4	4	3	2	7	2	▼4
아르헨티나	7	3	3	2	12	1	▼9
네덜란드	7	3	6	1	7	2	▼1
남아프리카공화국	7	3	12	0	6	3	△6
호주	10	2	3	2	23	0	▼20
이탈리아	10	2	6	1	12	1	▼6
일본	10	2	12	0	7	2	△5
폴란드	10	2	12	0	7	2	△5
스위스	10	2	12	0	7	2	△5
터키	10	2	6	1	12	1	▼6

□ 주요 연구기관 현황

- 해양쓰레기 생물영향 분야 논문발표 건수 상위의 주요 연구기관들은 미국과 영국 소속 기관들이 주를 이루고 있으며 미국 해양대기청, 영국 자연환경연구위원회에서 연구개발 주도
 - 미국 해양대기청(NOAA; National Oceanic and Atmospheric Administration)에서는 최근 10년간 8건의 논문발표로 동 분야 연구개발을 주도하고 있으며 영국의 자연환경연구위원회(NERC, Natural Environment Research Council)에서 5건의 논문발표로 그 뒤를 이음

<표 42> 해양쓰레기 생물영향 분야 주요 기관별 논문발표 현황

기관명	소속국가	순위	논문건수 ('02~'11)
National Oceanic and Atmospheric Administration	미국	1	8
Natural Environment Research Council	영국	2	5
University of California	미국	3	4
University of Plymouth	영국	4	3
University of Southern Mississippi	미국	4	3
Algalita Marine Research Foundation	미국	6	2
Federal University of Pernambuco	브라질	6	2
Federal University of Rio Grande do Norte	브라질	6	2
National University of Mar del Plata	아르헨티나	6	2
Percy FitzPatrick Institute	남아프리카 공화국	6	2
Tsinghua University	중국	6	2
University of Exeter	영국	6	2
:	:	:	:

□ 주요 국가별 연구 인프라 현황

○ 미국, 영국, 브라질이 해양쓰레기 생물영향 분야의 연구기관 인프라 부문에서 타 국가 대비 우위를 점하고 있음

- 미국은 최근 10년간(2002년~2011년) 20개 기관이 동 분야 연구에 참여하여 연구기관 인프라 부문 1위를 기록하였으며 뒤를 이어 영국이 10개 기관으로 2위, 브라질이 9개 기관으로 3위를 기록함
- 특히, 캐나다의 경우 2002년~2006년 구간에서는 기관 인프라 부문에서 최하위를 기록하였으나 최근 5년간(2007년~2011년) 해당 분야 연구에 참여한 연구기관수 증가로 종합순위 기준 4위를 기록함
- 한국은 아직까지 해양쓰레기 생물영향 분야 관련 연구 인프라 수준이 취약한 것으로 나타남

○ 연구자 인프라 부문에서도 미국, 영국, 브라질이 타 국가 대비 우수한 경쟁력 확보

- 미국은 2002년부터 2011년까지 총 31명의 연구자가 해당 분야 연구에 참여하여 연구기관 인프라 부문과 동일하게 연구자 인프라 부문에서도 1위를 기록하였으며 영국(15명: 2위), 브라질(11명: 3위)이 그 뒤를 이음
- 캐나다의 경우, 연구자 인프라 부문에서 최근 5년에(2007년~2011년) 2002년~2006년 구간 대비 8단계 상승한 4위를 기록함
- 해양쓰레기 생물영향 분야 관련 연구자수 부문에서도 한국의 연구 인프라 취약

<표 43> 해양쓰레기 생물영향 분야 주요 국가별 연구 인프라 현황

연구기관							연구자						
국가	'02~'11		'02~'06		'07~'11		국가	'02~'11		'02~'06		'07~'11	
	순위	개수	순위	개수	순위	개수		순위	명	순위	명	순위	명
미국	1	20	1	4	1	18	미국	1	31	1	5	1	26
영국	2	10	2	2	2	9	영국	2	15	2	3	2	13
브라질	3	9	6	1	3	8	브라질	3	11	6	1	3	10
캐나다	4	4	12	0	4	4	캐나다	4	4	12	0	4	4
뉴질랜드	4	4	2	2	6	2	뉴질랜드	4	4	3	2	6	2
중국	6	3	12	0	5	3	아르헨티나	6	3	3	2	12	1
네덜란드	6	3	6	1	6	2	중국	6	3	12	0	5	3
아르헨티나	8	2	2	2	12	1	네덜란드	6	3	6	1	6	2
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:

* 상기 표의 연구기관수와 연구자수는 해당 논문의 메인저자 및 기관만을 counting한 값을 의미함

* 소속기관과 성명이 같은 연구자는 동일인물로 간주하여 중복 처리함

* '02년~'11년간 기관 및 연구자수는 2개 구간에서 중복을 제외하여 산출함

□ 주요 저널 현황

- 최근 10년 동안 발표된 논문건수 기준으로 “Marine Pollution Bulletin” 저널이 해양쓰레기 생물영향 분야의 주요 저널로 도출됨
- 최근 10년(2002년~2011년)간 “Marine Pollution Bulletin” 저널에 해양쓰레기 미세플라스틱 분야 관련 게재 논문이 42건으로 타 저널 대비 가장 많은 논문이 발표됨
- 그 뒤를 이어 “Environmental Science and Technology” 저널이 6건으로 2위, “Biological Conservation” 저널과 “Journal of Coastal Research” 저널이 각각 3건으로 공동 3위를 차지함

<표 44> 해양쓰레기 생물영향 분야 주요 저널 현황

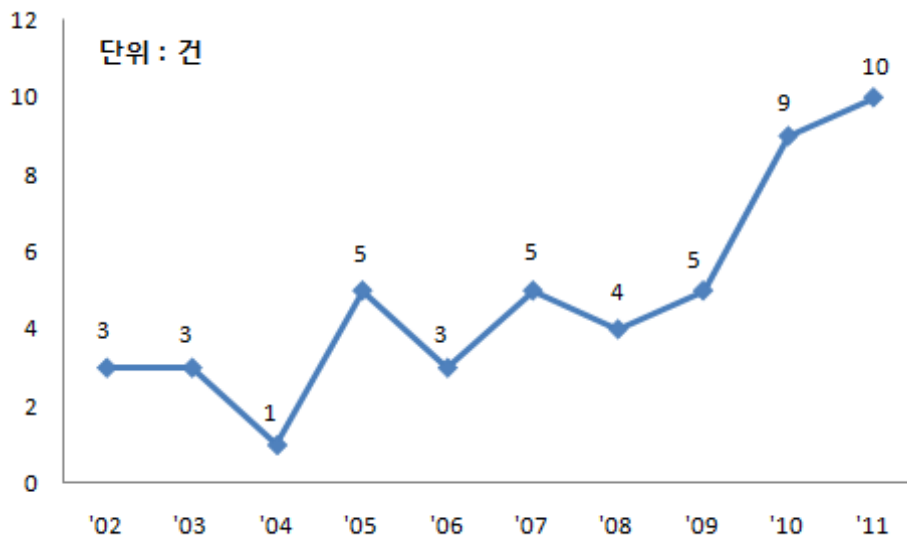
저널명	순위	논문건수 (’02~’11)
Marine Pollution Bulletin	1	42
Environmental Science and Technology	2	6
Biological Conservation	3	3
Journal of Coastal Research	3	3
Marine Ecology Progress Series	5	2
Environmental Toxicology	5	2
Aquatic Toxicology	5	2
Environment International	5	2
Marine Environmental Research	5	2
Environmental Pollution	5	2
:	:	:

(6) 해양쓰레기 경제적 피해 분야

□ 연도별 논문발표 추이

○ 2008년 이후부터 해양쓰레기 경제적 피해 분야 관련 논문발표건수가 지속적인 증가 추세

- 해양쓰레기 경제적 피해 분야의 전세계 논문건수 추이를 분석한 결과, 타 분야 대비 논문건수가 미미한 수준이나 2008년을 기점으로 논문발표 건수가 지속적으로 증가하고 있는 것으로 나타남



<그림 18> 해양쓰레기 경제적 피해 분야 연도별 논문발표 추이

<표 45> 해양쓰레기 경제적 피해 분야 연도별 논문발표 추이

구분	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	총계
해양쓰레기 경제적 피해 분야	3	3	1	5	3	5	4	5	9	10	48

□ 주요 국가별 연구 동향

○ 미국, 브라질, 중국을 주축으로 해양쓰레기 경제적 피해 분야 관련 연구개발에 주력하고 있으며 아직까지 한국의 연구 활동은 비활성화

- 미국은 최근 10년간 10건의 논문을 발표하여 가장 두드러진 연구 활동을 보이고 있으며, 뒤를 이어 브라질이 6건으로 2위, 중국이 5건으로 3위를 기록함
- 특히, 중국, 호주, 일본, 스페인의 경우 2002년부터 2006년까지는 동 분야 관련 연구가 미진하였으나 최근 5년간 연구 활동 증가로 종합순위 기준 상위 5위권 내에 진입함
- 한국은 최근 10년간 1건의 논문발표로 아직까지 해양쓰레기 경제적 피해 분야의 연구 활동이 저조한 수준으로 나타남

<표 46> 해양쓰레기 경제적 피해 분야 주요 국가별 논문발표 현황

국가	'02~'11(종합)		'02~'06		'07~'11		순위증감
	순위	건수	순위	건수	순위	건수	
미국	1	10	1	1	1	9	-
브라질	2	6	1	1	2	5	▼1
중국	3	5	14	0	2	5	△12
호주	4	2	14	0	4	2	△10
이탈리아	4	2	1	1	7	1	▼6
일본	4	2	14	0	4	2	△10
스페인	4	2	14	0	4	2	△10
영국	4	2	1	1	7	1	▼6
오스트리아	9	1	1	1	14	0	▼13
뉴질랜드	9	1	1	1	14	0	▼13
한국	9	1	14	0	7	1	△7
터키	9	1	1	1	14	0	▼13
:	:	:	:	:	:	:	:

□ 주요 연구기관 현황

- 미국 해양대기청에서 해양쓰레기 경제적 피해 분야 관련하여 가장 많은 논문을 발표하였으나 타 분야 대비 연구기관별 논문건수 격차가 낮은 수준임
 - 미국 해양대기청(NOAA; National Oceanic and Atmospheric Administration)에 서는 최근 10년간 4건의 논문발표로 1위를 기록하였으며 그 뒤를 이어 중국의 지난대학교에서 2건의 논문을 발표한 것으로 조사됨

<표 47> 해양쓰레기 경제적 피해 분야 주요 기관별 논문발표 현황

기관명	소속국가	순위	논문건수 (‘02~‘11)
National Oceanic and Atmospheric Administration	미국	1	4
Jinan University	중국	2	2
Association for the Environmental Conservation of the Seto Inland Sea	일본	3	1
Beijing Jiaotong University	중국	3	1
California State University	미국	3	1
China University of Mining and Technology	중국	3	1
CNR	이탈리아	3	1
CSIC	스페인	3	1
CSIRO	호주	3	1
Eco-Palmar	브라질	3	1
Environmental Protection Agency	미국	3	1
Federal University of Pernambuco	브라질	3	1
Federal University of Rio Grande do Norte	브라질	3	1
:	:	:	:

□ 주요 국가별 연구 인프라 현황

○ 미국, 브라질, 중국이 해양쓰레기 경제적 피해 분야의 연구기관 인프라 부문에서 타 국가 대비 우위를 점하고 있음

- 미국은 최근 10년간(2002년~2011년) 7개 기관이 동 분야 연구에 참여하여 연구기관 인프라 부문 1위를 기록하였으며 브라질이 6개 기관으로 2위, 중국이 4개 기관으로 3위를 기록함
- 특히, 중국의 경우 2002년~2006년 구간에서는 기관 인프라 부문에서 최하위를 기록하였으나 최근 5년간(2007년~2011년) 해당 분야 연구에 참여한 연구기관수 증가로 종합순위 기준 3위를 기록함
- 한국은 최근 10년간 1개 기관의 연구 참여로 해당 분야의 연구기관 인프라 수준 저조

○ 연구자 인프라 부문에서도 미국, 브라질, 중국이 타 국가 대비 우수한 경쟁력 보유

- 미국은 2002년부터 2011년까지 총 10명의 연구자가 해당 분야 연구에 참여하여 연구기관인프라 부문과 동일하게 연구자 인프라 부문에서도 1위를 기록하였으며 브라질(6명: 2위), 중국(5명: 3위)이 그 뒤를 이음
- 해양쓰레기 경제적 피해 분야 관련 연구자수 부문에서도 한국의 연구 인프라 취약

<표 48> 해양쓰레기 경제적 피해 분야 주요 국가별 연구 인프라 현황

연구기관							연구자						
국가	'02~'11		'02~'06		'07~'11		국가	'02~'11		'02~'06		'07~'11	
	순위	개수	순위	개수	순위	개수		순위	명	순위	명	순위	명
미국	1	7	1	1	1	7	미국	1	10	1	1	1	9
브라질	2	6	1	1	2	5	브라질	2	6	1	1	2	5
중국	3	4	14	0	3	4	중국	3	5	14	0	2	5
호주	4	2	14	0	4	2	호주	4	2	14	0	4	2
이탈리아	4	2	1	1	7	1	이탈리아	4	2	1	1	7	1
일본	4	2	14	0	4	2	일본	4	2	14	0	4	2
스페인	4	2	14	0	4	2	스페인	4	2	14	0	4	2
영국	4	2	1	1	7	1	영국	4	2	1	1	7	1
오스트리아	9	1	1	1	14	0	오스트리아	9	1	1	1	14	0
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
한국	9	1	14	0	7	1	한국	9	1	14	0	7	1

* 상기 표의 연구기관수와 연구자수는 해당 논문의 메인저자 및 기관만을 counting한 값을 의미함

* 소속기관과 성명이 같은 연구자는 동일인물로 간주하여 중복 처리함

* '02년~'11년간 기관 및 연구자수는 2개 구간에서 중복을 제외하여 산출함

□ 주요 저널 현황

○ 최근 10년 동안 발표된 논문건수 기준으로 “Marine Pollution Bulletin” 저널이 해양쓰레기 생물영향 분야의 주요저널로 도출됨

- 최근 10년(2002년~2011년)간 “Marine Pollution Bulletin” 저널에 해양쓰레기 미세 플라스틱 분야 관련 게재 논문이 10건으로 타 저널 대비 가장 다수의 논문이 발표됨
- 그 뒤를 이어 “Waste Management”(3건: 2위), “Ocean and Coastal Management”(2건: 3위), “Journal of Coastal Research”(2건: 3위), “Applied Mechanics and Materials”(2건: 3위), “Lecture Notes in Computer Science”(2건: 3위) 저널이 다음 순위를 차지함

<표 49> 해양쓰레기 경제적 피해 분야 주요 저널 현황

저널명	순위	논문건수 ('02~'11)
Marine Pollution Bulletin	1	10
Waste Management	2	3
Lecture Notes in Computer Science	3	2
Ocean and Coastal Management	3	2
Journal of Coastal Research	3	2
Applied Mechanics and Materials	3	2
Estuaries and Coasts	7	1
Revista Facultad de Ingenieria	7	1
International Journal of Ecology and Development	7	1
Theoretical and Empirical Researches in Urban Management	7	1
:	:	:

3. 특허 동향 분석

가. 분석 방법론

(1) 분석 대상 선정

- 유망기술 발굴 및 논문 동향 분석의 경우 해양쓰레기 오염 대응기술 분야를 5개 세부분야(ML 유입/분포, ML 이동/예측, ML 미세플라스틱, ML 생물영향, ML 경제적 피해)로 구분하여 분석을 수행하였으나, 특허 동향 분석의 경우 주요 4개국(미국, 유럽, 일본, 한국)별로 특허건수가 미미하여 해양쓰레기 오염 대응기술 분야로 통합하여 분석을 수행함

(2) 분석 범위 설정 및 분야별 DB Set 구축

분석 범위 설정

- 활용 DB : Focust 특허 데이터베이스
- 검색범위 : 검색 필드 항목 중 Title / Abstract 을 범위로 지정
- DB 도메인 : 한국, 미국, 일본, 유럽, 중국, PCT 특허정보 제공
- 분석 기간 : 2002년~2011년 기간 동안의 주요 4개국(한국, 미국, 일본, 유럽) 특허

검색식 작성

- 해양쓰레기 오염 대응기술 분야별 전문가들이 도출한 주요키워드를 활용하여 분석 대상 분야별 특허 검색식을 작성함

<표 50> 해양쓰레기 오염 대응기술 분야 특허 검색식

분야	특허 검색식 (영문)	특허 검색식 (국문)
해양쓰레기 오염 대응기술 분야	(marine or ocean* or "sea" or coast or shore or seaside or offshore or seabed or seafloor or benthic or estuary or "beach" or island* or pelagic or "convergence zone*" or ashore) and (litter* or debris* or garbage* or waste* or trash* or derelict* or discard*)	(해양* or 해안* or 해저* or 해변* or 바다* or 대양* or 외해* or 해표면* or 해수* or 하구* or 수렴대* or island* or pelagic* or "convergence zone*" or benthic* or estuary) and (쓰레기* or 고형폐기물* or 미세플라스틱* or 나노플라스틱* or 버린* or 버려진* or 폐기된* or 폐기물* or litter* or debris* or garbage* or "solid waste*" or trash* or derelict* or discard*)

□ 분야별 유효데이터 추출 및 DB Set 구축

○ 수집된 특허 raw data를 대상으로 전수조사 및 유효데이터 추출 과정을 거쳐 총 239건의 특허 DB Set을 구축함

<표 51> 해양쓰레기오염 대응기술 분야의 4국 특허 유효데이터

구분		hitting 건수	유효데이터 건수
해양쓰레기 오염 대응기술 분야	미국공개특허	207	67
	미국등록특허	110	40
	한국특허	654	56
	유럽특허	74	21
	일본특허	341	55
합계		1,386	239

* 'hitting 건수'는 작성된 검색식으로 검색했을 시 추출되는 특허데이터 건수임

(3) 분석 항목 설계

□ 특허 동향 분석 항목은 특허점유율 및 특허건수 추이, 기술주기 동향, 주요 출원기관 현황의 총 3가지 항목으로 구성함

<표 52> 특허 동향 분석 항목 및 주요 내용

항목 구성	주요 내용
특허점유율 및 특허건수 추이	대상기술과 관련된 국가별 연도별 특허출원건수에 대한 통계자료 분석을 통해 해당 분야의 기술개발 활성도를 파악
기술주기 동향	출원건수 및 출원기관수 변화에 대한 포트폴리오 분석을 통해 현 시점에서의 해당 분야 기술주기 파악
주요 출원기관 현황	대상기술 관련 특허출원건수 상위의 기관을 분석함으로써 해당 분야에서 기술개발이 활발히 이뤄지고 있는 주요 Player를 도출함

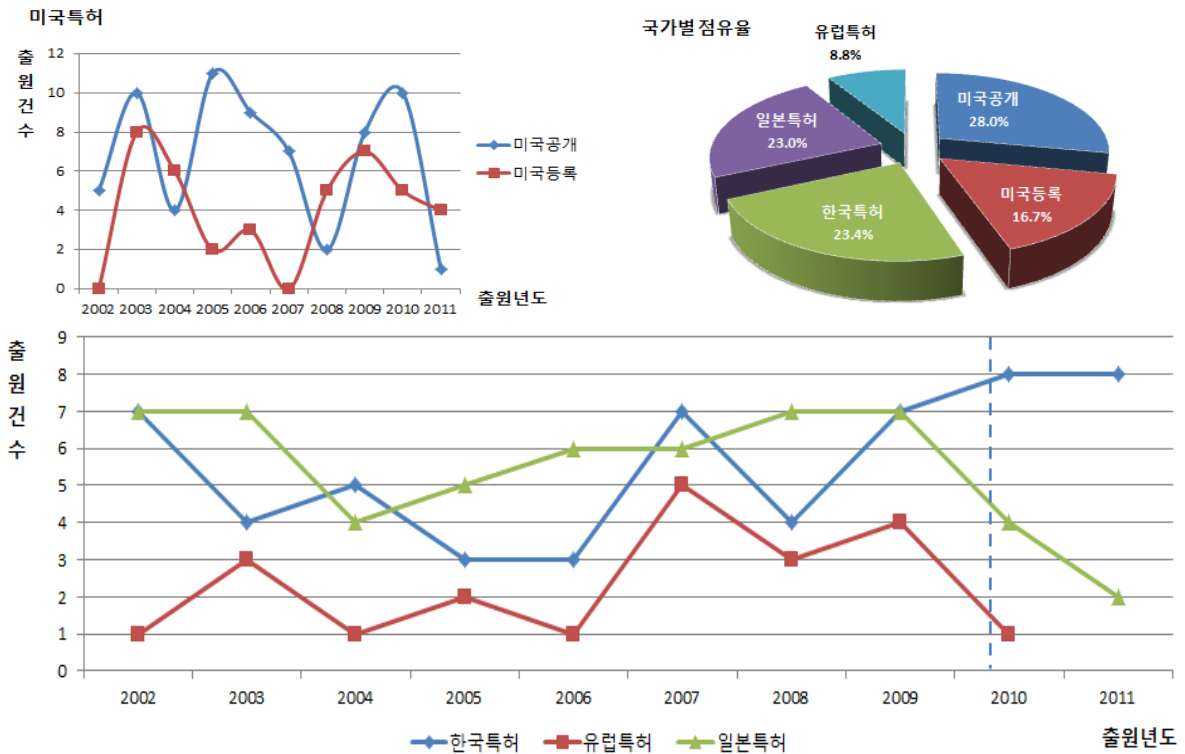
나. 특허 동향 분석 결과

(1) 해양쓰레기 오염 대응기술 분야

□ 주요 국가별 특허 점유율 및 특허건수 추이

○ 최근 해양쓰레기 오염 대응기술 분야 관련하여 주요 4개국 특허출원이 증가하고 있으나 연도별 특허건수의 양적 측면에서는 기술개발 활성화 수준 미흡

- 국가별, 연도별로 해양쓰레기 오염 대응기술 분야의 특허건수 추이를 비교한 결과, 2006년을 기점으로 특허출원이 소폭 증가하고 있으나 한국, 일본, 유럽 3개국 모두 연도별 특허건수가 10건 미만으로 해당 분야 관련 기술개발 활성화 수준이 미흡한 것으로 판단됨
- 특허 점유율 측면에서는 미국 공개 및 등록 특허가 전체의 40% 이상을 차지하고 있으며 다음으로 한국특허 및 일본특허가 20% 이상, 유럽특허가 8.8% 비중을 차지함



* 한국특허, 일본특허, 유럽특허, 미국공개특허의 경우 출원년도를 기준으로 분석함
 * 미국등록특허의 경우 등록년도를 기준으로 분석함

<그림 19> 해양쓰레기오염 대응기술 분야 국가별 특허 점유율 및 특허건수 추이

<표 53> 해양쓰레기오염 대응기술 분야 국가별 특허 점유율 및 특허건수 추이

구분	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	총계	
											특허건수	비율(%)
미국공개특허	5	10	4	11	9	7	2	8	10	1	67	28.0
미국등록특허		8	6	2	3		5	7	5	4	40	16.7
한국특허	7	4	5	3	3	7	4	7	8	8	56	23.4
유럽특허	1	3	1	2	1	5	3	4	1		21	8.8
일본특허	7	7	4	5	6	6	7	7	4	2	55	23.0

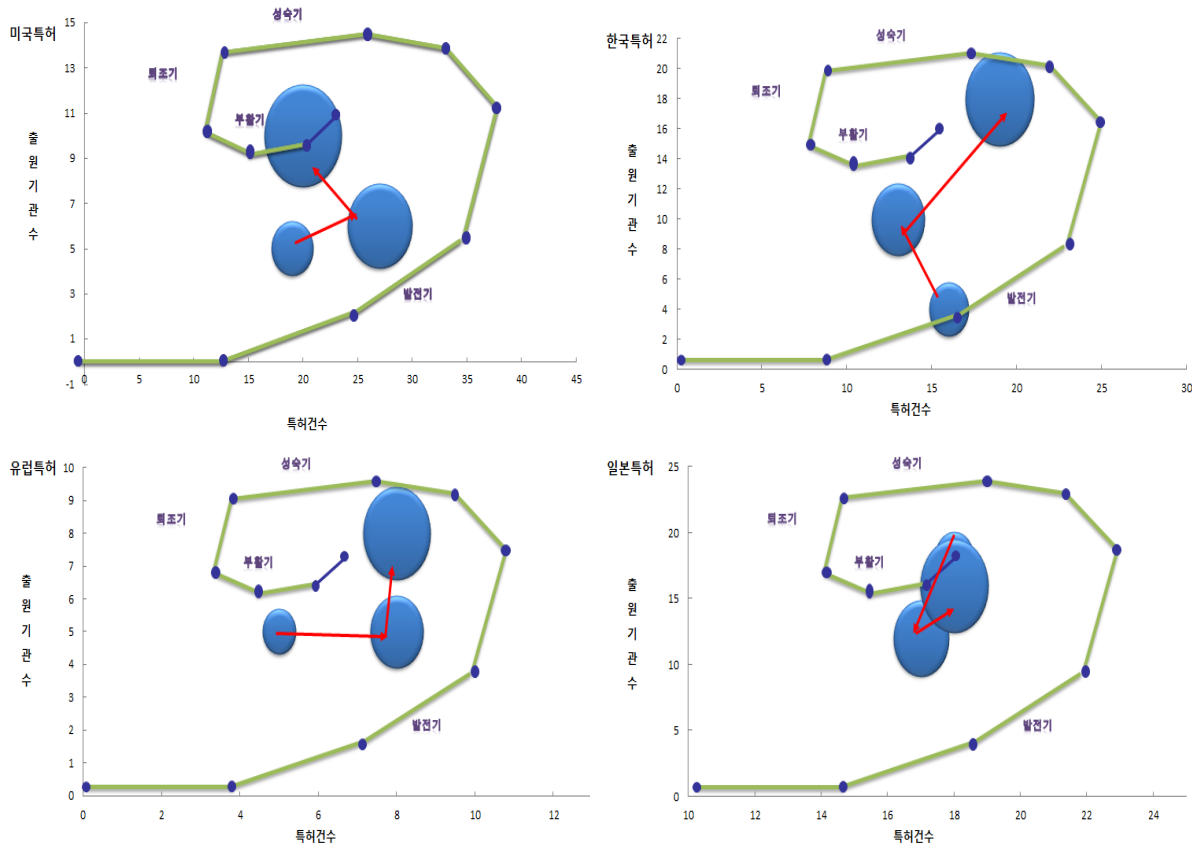
□ 주요 국가별 기술주기 동향

○ 출원건수 및 출원기관수의 증감변화를 바탕으로 해양쓰레기 분야의 기술주기 동향을 파악함

- 기술은 발전기→성숙기→퇴조기→부활기→발전기의 기술주기를 가지며, 출원건수와 출원기관수를 바탕으로 기술주기를 분석할 경우 기술주기는 반시계방향으로 하나의 사이클을 그리는 것으로 나타남

○ 특허출원건수와 출원기관수 변화의 상관관계를 통해 해양쓰레기 분야 기술의 위치를 살펴본 결과, 4개국(미국, 한국, 유럽, 일본) 모두 발전기 단계에 있는 것으로 나타나 향후 동 기술에 대한 꾸준한 기술개발 및 특허권 확보를 위한 경쟁이 이루어질 것으로 분석됨

- 한국의 경우 2008년~2011년 구간에서 전 구간 대비 특허건수 및 출원인수의 두드러진 증가에서 볼 수 있듯이 대부분 연구기관이 주도하고 있는데, 이는 1999년 이후 정부가 '해양폐기물 종합처리시스템 개발'과 '해양폐기물 수거처리 실용화 기술개발'이라는 수거처리기술 개발 중심의 연구사업에 집중 투자하였기 때문으로 분석됨.



<그림 20> 해양쓰레기 오염 대응기술 분야 기술주기 동향

<표 54> 해양쓰레기 오염 대응기술 분야 구간별 특허건수 및 출원인수 현황

구분	1구간('02~'04)			2구간('05~'07)			3구간('08~'10)		
	출원기관 수	특허건 수	누적특허건수	출원기관 수	특허건 수	누적특허건수	출원기관 수	특허건 수	누적특허건수
미국	5	19	19	6	27	46	10	20	66
한국	4	16	16	10	13	29	18	19	48
유럽	5	5	5	5	8	13	8	8	21
일본	18	18	18	12	17	35	16	18	53

□ 주요 출원기관 현황

○ 주요 4개국 특허출원 건수 상위의 주요 기관들은 일본 기업들이 주를 이루는 가운데 “HONDA MOTOR CO LTD”가 미국, 유럽, 일본 3개국에서 해양쓰레기 오염 대응기술 분야 관련 기술개발혁신 리더로서 두드러진 특허출원 활동을 보이고 있으며 한국의 경우 한국해양연구원에서 기술개발 주도

- 일본의 “HONDA MOTOR CO LTD”는 미국, 일본, 유럽특허를 포함하여 총 16건의 특허 출원으로 해양쓰레기 오염 대응기술 관련 기술 권리 확보를 위한 두드러진 활동을 보이고 있으며 한국특허 부문에서는 한국해양연구원이 16건의 특허출원으로 가장 다수의 특허권 확보

<표 55> 해양쓰레기 오염 대응기술 분야 주요 출원기관 현황

구분	순위	출원기관	특허건수
미국	1	HONDA MOTOR CO LTD	7
	2	HYDROXYL SYSTEMS INC	2
	3	3M INNOVATIVE PROPERTIES CO	1
	3	AMERICAN GLOBAL MARITIME INC	1
	3	DEESIDE MARINE LTD	1
	3	DLD ASSOCIATES LTD	1
	3	EARTH RENAISSANCE TECHNOLOGIES LLC	1
	3	HAMANN AG	1
	3	IMPERIAL PETROLEUM RECOVERY CORP	1
	3	KANTO KOSAN CO LTD	1
	3	PALO ALTO RESEARCH CENTER INC	1
	3	SEVERN TRENT DE NORA LLC	1
	3	SOUTH BOSTON PORT TRANSFER LLC	1
	3	UNIVERSITY OF FLORIDA RESEARCH FOUNDATION	1
	3	WATER STANDARD CO LLC	1
3	ZAMVIEW PTY LTD	1	
유럽	1	HONDA MOTOR CO LTD	4
	2	3M INNOVATIVE PROPERTIES CO	1
	2	CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE	1
	2	DEESIDE MARINE LTD	1
	2	DLD ASSOCIATES LTD	1
	2	HAMANN AG	1
	2	HELLENIC ENVIRONMENTAL SYSTEMS INDUSTRY SA	1
	2	LE ROY FRANCOIS	1
	2	NAUVEAU TECHNOLOGY INVESTMENTS LTD	1
	2	NINE SRL	1
	2	NUZZO ANTONIO SAVERIO OSCAR	1
	2	OTT SUBSEA BAG TECHNOLOGY AS	1
	2	RAM EUROPE TECHNICAL MANUFACTURING COMMERCIAL LTD	1
	2	SAMSUNG HEAVY INDUSTRIES CO LTD	1
	2	SOLID WASTE TREATMENT AND MANAGEMENT LLC	1
	2	TAMIR YUVAL	1
	2	THOMAZEAU THIERRY	1
2	WATER STANDARD CO LLC	1	
일본	1	HONDA MOTOR CO LTD	5
	1	WORLD ENGINEERING KK	5
	3	MITSUI ENG & SHIPBUILD CO LTD	3
	4	JAPAN ZAIPETSUKUSU KK	2
	4	KANTO KOSAN KK	2
	4	PENTA OCEAN CONSTRUCTION CO LTD	2
	4	TOSHIBA CORP	2
한국	1	한국해양연구원	16
	2	동청매	2
	2	코스코	2
	2	한라산업개발	2
	2	현대산업트라이던트	2

제 3 절 기술수준 분석

1. 분석 방법론

가. 분석 대상 선정

- 해양쓰레기 오염 대응기술 분야의 총 5개 세부 분야를 대상으로 기술수준 분석을 수행함

<표 56> 해양쓰레기 오염 대응기술 분야 기술분류체계

대상 분야	세부 분류
해양쓰레기 오염 대응기술 분야	1. ML(해양쓰레기) 유입/분포
	2. ML(해양쓰레기) 이동/예측
	3. ML(해양쓰레기) 미세플라스틱
	4. ML(해양쓰레기) 생물 영향
	5. ML(해양쓰레기) 경제적 피해

* 본문 제2장/ 제3절/ 1. 유망기술 도출 시 분석대상과 동일함

나. 분석 범위 설정 및 분야별 DB Set 구축

분석 범위 설정

- 활용 DB : Scopus 논문 데이터베이스
- 검색범위 : 검색 필드 항목 중 Title / Abstract 을 범위로 지정
- DB 도메인 : 총 16,000 여 종의 저널 초록, 인용, 색인정보를 수록하고 있는 전세계 논문 Web Database
- 분석 기간 : 2002년~2011년(최근 10년) 기간 동안의 논문 데이터 활용

검색식 작성

- 해양쓰레기 오염 대응기술 세부분야별 전문가들이 도출한 주요키워드를 활용하여 분석 대상 분야별 논문 검색식을 작성함

<표 57> 해양쓰레기 오염 대응기술 세부 분야별 논문 검색식

세부 분야	논문 검색식
1. ML 유입/분포	<p>(marine or ocean* or sea or coast or shore or seaside or offshore or seabed or benthic or estuary or beach* or island* or bay or "water column" or pelagic or "convergence zone*") and (litter* or debris* or garbage* or "solid waste*" or plastic* or trash* or "plastic bag*" or "fishing gear*" or trawl or fishtrap* or "fish trap*" or synthetic or "packaging material*" or polyethylene or polypropylene or polystyrene or styrofoam* or buoy or buoyage) and (source* or input or pathway or detect* or monitor* or distribution or accumulation or survey* or "remote sens*" or satellite* or webcam or cctv or "closed circuit television*" or sampling or "GIS" or "geographical Information System*" or "composite index*" or "spatial analy*" or map or mapping or information* or database* or sourcing or "standing stock*" or abundance* or trend* or generation or manag* or remov* or eliminat* or reduc* or decreas* or diminish* or decline* or diminut* or regulation or polic*)</p>
2. ML 이동/예측	<p>(marine or ocean* or sea or coast or shore* or seaside or offshore or seabed or seafloor or benthic or estuary or beached or beaching or sediment* or river or sewage or divergence or turbulence or tide or "water column" or aquacultur* or fishing or shipping or seaway* or "tidal current*") and (litter* or debris* or garbage* or "solid waste*" or plastic* or trash* or "derelict fising gear*" or stylofoam* or fishnet* or "fish net*" or bottle* or flotsam* or buoy or buoyage) and ("particle* tracking" or Lagrangian* or predict* or trajector* or model* or "two way*" or invers* or sink* or output or inflow* or "in flow*" or outflow* or "out flow*" or trasnsport* or dispers* or spread* or position* or movement* or weathering or fate or path* or budget* or forecast* or hydrodynamic* or "hydro dynamic*" or simulat* or drift* or leeway* or "lee way*" or variabilit* or "random walk*" or lost or loss or concentration* or densit*)</p>
3. ML 미세플라스틱	<p>(marine or ocean* or sea or coast or shore or seaside or offshore or seabed or benthic or estuary or beach* or island* or bay or "water column" or pelagic or "convergence zone*" or sediment* or microlayer* or "micro layer*" or leachate* or "sewage effluent*" or "sewage sludge*" or "Food web" or foodweb) and (microplastic* or "micro plastic*" or mesoplastic* or "meso plastic*" or pellet* or "resin pellet*" or "plastic particle*" or nurdle* or "plastic frgment*" or "fragmented plastic*" or spherule* or scrubber* or "exfoliating agent*" or nanomaterial* or "nano material*" or nanoparticle* or "nano particle*" or nanoplastic* or "nano plastic*")</p>

세부 분야	논문 검색식
4. ML 생물 영향	<p>(marine or ocean* or sea or coast or shore or seaside or offshore or estuary or beach* or fishing or submerge or aquatic or pelagic or ashore) and (litter* or debris or garbage or "solid waste*" or plastic* or "plastic bag*" or trash or "fishing gear*" or trawl or longline or "long line" or gillnet* or "gill net*" or "fish trap*" or fishtrap* or "fish net*" or fishnet* or "fish hook*" or fishhook* or "fishing line*" or synthetic* or "packing material*" or fragment* or indigest* or monofilament* or "mono filament*" or "terrestrial plant" or "land plant" or shrub or wood or woods or "non biodegradable material*" or "nonbiodegradable material*") and (seabird* or "sea bird*" or wildlife* or "wild life*" or biota or biome or life or "sea turtle*" or fish or fishes or bird* or diet or animal* or shark* or whale* or dolphin* or seal or mammal* or cetacean* or organism* or carcass* or vertebrate* or invertebrate* or species or genus or community or communities or population or ecolog* or Planktivorous or bolus or juvenile* or fledgling or chick or penguin* or plunger* or shearwater* or petrel* or Sphenisciformes or Procellariiformes or Pelecaniformes or Charadriiformes or albatross* or cormorant* or gull or seagull* or alcid* or "surface forager*" or Procellariiform or loon or fulmar* or murre* or auk or "food web" or ecosystem* or epibiont or coloniz* or endemic or exotic or "hitch-hikers" or bryozoan* or barnacle* or polychaete* or hydroid* or bivalve* or foraminifera* or "coralline alga*" or "drifting seaweed*" or "alien invasion*") and (ingest* or swallow* or stomach or pellet or regurgitation or mortality or "cause of death" or necropsy or monitoring or entangle* or accumulat* or bioaccumulat* or survey* or threat* or smother* or "Ecological Quality Objective" or EcoQO or radiograp* or poisoning or density or abundance or biogeography or diversity or index or indecies or "by catch*" or fouling or sublethal or lethal or behavior* or clinical or endanger* or vulnerable or incidental or captur* or injur* or obstruction or starvation or conservation or colony or gut or migrat* or impact* or effect* or breeding or reproduc* or immun* or biochem* or histo* or physiol* or fishery or endocrine* or starvation or survival or disrupt* or alteration or infection or pathology or deterioration or metagenomic* or toxic* or toxicogenomic* or sampling or "manta trawl net" or "hand net" or "neuston net" or identification or encrusting or fouling or sessile or crustose or attached or adhered or harmful or noxious or injurious or detrimental or peril or danger*)</p>
5. ML 경제적 피해	<p>(marine or ocean* or sea or coast or shore* or seaside or offshore or seabed or seafloor or benthic or sewage or aquaculture or fishing) and (litter* or debris or garbage or "solid waste*" or plastic* or trash) and (economic* or "ecosystem service*" or aesthetic or tour* or safet* or injur* or damag*)</p>

* 본문 제2장/ 제3절/ 1. 유망기술 도출 시 작성된 논문 검색식과 동일함

□ 분야별 유효데이터 추출 및 DB Set 구축

- 수집된 논문 rawdata를 대상으로 전수조사 및 유효데이터 추출 과정을 거쳐 총 403 논문 DB Set을 구축함

<표 58> 해양쓰레기 오염 대응기술 세부분야별 논문 유효데이터

분야	세부 분야	hitting 건수	유효데이터 건수
해양쓰레기 오염 대응기술	1. ML 유입/분포	13,512	141
	2. ML 이동/예측	10,867	37
	3. ML 미세플라스틱	3,191	72
	4. ML 생물 영향	11,273	105
	5. ML 경제적 피해	724	48
합계		39,567	403

* 'hitting 건수'는 작성된 검색식으로 검색했을 시 추출되는 논문데이터 건수임
 * 본문 제2장/ 제3절/ 1. 유망기술 도출 시 구축한 분야별 논문 DB Set을 동일하게 활용함

다. 기술수준 분석 방법론

- 논문 분석 지표 중 연구주체 또는 대상 분야 연구의 양적·질적 수준을 평가하는 영향력지수(PII: Patent Impact Index)와 기술력지수(TS: Technology Strength)를 활용하여 해양쓰레기 오염 대응기술 세부 분야별, 국가별 기술수준을 비교 분석함

<표 59> 기술수준(논문 부문) 분석 지표 설명

분석 지표	지표 설명	산출식
영향력지수(PII)	<ul style="list-style-type: none"> 한 시점을 기준으로 삼아 과거의 기술적 활동을 반영하는 지표로서, 특정국가가 소유한 기술의 질적 수준을 측정하는 지수 	<ul style="list-style-type: none"> PII = 특정기술 분야의 특정국가 피인용비 / 특정기술 분야의 전체 피인용비 피인용비 = 논문 피인용수 / 논문건수
기술력지수(TS)	<ul style="list-style-type: none"> 특정 국가의 기술력을 평가하기 위해 사용되는 지표로써 논문의 질적 수준에 양적 수준이 가중 평가된 기술력을 측정하는 지수 	<ul style="list-style-type: none"> TS = PII × 특허(논문)건수

2. 기술수준 분석 결과

가. 해양쓰레기 오염 대응기술 분야(전체)

□ 주요 국가별 기술경쟁력 현황

- 미국, 영국, 뉴질랜드 등이 해양쓰레기 오염 대응기술 분야의 기술경쟁력 우위를 점하고 있으며 한국은 종합 순위 기준 23위로 하위권을 기록함
 - 미국이 최근 10년(2002년~2011년) 기준 68.99의 TS(Technology Strength)를 기록하여 가장 우수한 기술력을 보유하고 있는 것으로 나타났으며 영국(TS: 67.48, 2위)과 뉴질랜드(TS: 24.75, 3위)가 그 뒤를 이음
 - 특히 스위스(28위→3위)와 남아프리카공화국(23위→5위)은 2002년~2006년 구간 대비 최근 기술경쟁력이 두드러지게 향상됨
 - 한국의 경우 발표논문 건수 기준 종합순위 7위였으나, 기술경쟁력 종합순위 면에서는 23위로 하위권을 기록하여 해당 분야 연구의 양적 성장에 비하여 질적 수준이 매우 낮은 수준으로 분석됨

<표 60> 해양쓰레기 오염 대응기술 분야 주요 국가별 기술경쟁력 현황

국적	'02~'11(종합)				'02~'06				'07~'11			
	순위	TS	순위	PII	순위	TS	순위	PII	순위	TS	순위	PII
미국	1	68.99	14	1.05	3	9.19	17	0.66	1	66.73	5	1.28
영국	2	67.48	8	1.98	1	17.49	3	1.75	2	51.19	3	2.13
뉴질랜드	3	24.75	2	4.12	2	13.34	1	6.67	6	7.30	4	1.82
브라질	4	16.56	20	0.59	6	4.34	13	0.87	4	12.48	18	0.54
스위스	5	13.89	1	6.94	28	-	28	-	3	16.50	1	8.25
일본	6	12.11	22	0.55	4	5.23	18	0.48	7	5.71	19	0.52
호주	7	9.44	18	0.73	8	3.70	12	0.93	9	5.08	16	0.56
그리스	8	7.39	10	1.48	5	4.60	5	1.53	17	1.16	14	0.58
싱가포르	9	6.85	3	2.28	7	4.15	2	2.07	16	1.27	6	1.27
남아프리카공화국	10	6.41	9	1.60	23	0.06	23	0.06	5	7.51	2	2.50
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
한국	23	1.60	31	0.15	17	0.83	20	0.21	22	0.53	24	0.08
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:

나. 해양쓰레기 유입/분포 분야

□ 주요 국가별 기술경쟁력 현황

- 해양쓰레기 유입/분포 분야에서는 미국, 영국, 브라질 등이 타 국가 대비 우수한 기술력을 확보하고 있으며 한국의 경우 최근 10년간 기술력지수 기준 12위를 기록함
 - 미국이 최근 10년간 41.25의 TS(Technology Strength)를 기록하여 가장 우수한 기술력을 보유한 것으로 나타났으며 영국(TS: 19.36, 2위)과 브라질(TS: 14.99, 3위)이 그 다음 순위를 차지하고 있음
 - 일본 싱가포르, 그리스 등을 제외한 대부분의 국가가 최근 5년간의 기술력이 이전 5년간보다 상승한 것으로 나타났으며, 특히 영국(TS: 8.05, 3위→TS: 20.39, 2위), 남아프리카공화국(TS: 0.13, 18위→TS: 9.09, 4위)의 기술경쟁력 순위 상승이 두드러진 것으로 분석됨
 - 한국의 경우 최근 5년간(2007년~2011년) 기술경쟁력이 이전 5년(2002년~2006년) 구간 보다 낮아져(TS: 1.38, 11위→TS: 0.78, 11위) 해당분야 연구의 질적 수준 제고가 필요한 것으로 판단됨

<표 61> 해양쓰레기 유입/분포 분야 주요 국가별 기술경쟁력 현황

국적	'02~'11(종합)				'02~'06				'07~'11			
	순위	TS	순위	PII	순위	TS	순위	PII	순위	TS	순위	PII
미국	1	41.25	10	1.29	1	9.95	9	1.11	1	33.87	5	1.47
영국	2	19.36	4	1.94	2	6.56	10	1.09	2	13.11	2	3.28
브라질	3	14.99	11	1.00	3	5.18	7	1.30	4	9.99	7	0.91
남아프리카 공화국	4	9.42	2	3.14	17	0.11	17	0.11	3	10.93	1	5.46
호주	4	9.42	9	1.35	6	3.28	10	1.09	5	6.24	4	1.56
그리스	6	6.50	7	1.62	5	4.02	4	2.01	8	1.72	8	0.86
싱가포르	7	5.84	1	5.84	4	4.66	1	4.66	20	-	20	-
칠레	8	5.57	5	1.86	8	2.75	2	2.75	6	2.50	6	1.25
일본	9	5.44	14	0.54	7	3.28	12	0.66	10	1.56	10	0.31
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
한국	12	2.39	19	0.22	11	1.38	14	0.34	11	0.78	12	0.11
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:

다. 해양쓰레기 이동/예측 분야

□ 주요 국가별 기술경쟁력 현황

○ 해양쓰레기 이동/예측 분야의 경우 미국, 일본, 칠레 등이 기술력 우위를 점하고 있으며 타 분야 대비 한국의 기술경쟁력 저조

- 미국이 최근 10년 동안의 기술력지수 13.16를 기록하여 가장 우수한 기술경쟁력을 확보하고 있으며 일본(TS: 4.07)과 칠레(TS: 3.53)이 각각 2위, 3위에 랭크하고 있는 것으로 나타남
- 최근 호주(10위→2위), 프랑스(10위→3위)의 기술경쟁력 순위 상승이 두드러지며 한국의 경우 아직까지 해당분야의 기술경쟁력이 취약한 것으로 나타남

<표 62> 해양쓰레기 이동/예측 분야 주요 국가별 기술경쟁력 현황

국적	'02~'11(종합)				'02~'06				'07~'11			
	순위	TS	순위	PII	순위	TS	순위	PII	순위	TS	순위	PII
미국	1	13.16	5	1.64	3	1.68	6	0.84	1	14.76	2	2.46
일본	2	4.07	8	0.68	4	1.37	3	1.37	4	2.36	6	0.47
칠레	3	3.53	1	3.53	1	1.98	1	1.98	11	-	11	-
아르헨티나	4	3.12	2	3.12	2	1.76	2	1.76	11	-	11	-
영국	5	2.85	6	1.42	6	1.30	5	1.30	6	0.79	5	0.79
이탈리아	6	2.44	3	2.44	4	1.37	3	1.37	11	-	11	-
호주	7	2.17	4	2.17	10	-	10	-	2	3.15	1	3.15
프랑스	8	1.76	7	0.88	10	-	10	-	3	2.56	3	1.28
터키	9	0.81	10	0.41	7	0.46	7	0.46	8	0.00	8	0.00
스페인	10	0.68	8	0.68	10	-	10	-	5	0.98	4	0.98
중국	11	0.27	12	0.05	10	-	10	-	7	0.39	7	0.08
남아프리카 공화국	12	0.14	11	0.14	8	0.08	8	0.08	11	-	11	-
벨기에	13	0.00	13	0.00	9	0.00	9	0.00	11	-	11	-
브라질	13	0.00	13	0.00	10	-	10	-	8	0.00	8	0.00
독일	13	0.00	13	0.00	10	-	10	-	8	0.00	8	0.00

라. 해양쓰레기 미세플라스틱 분야

□ 주요 국가별 기술경쟁력 현황

○ 해양쓰레기 미세플라스틱 분야에서는 영국과 미국이 타 국가 대비 우수한 기술경쟁력을 확보하고 있는 반면 한국의 기술경쟁력은 매우 저조한 수준임

- 영국이 최근 10년 동안(2002년~2011년) 18.90의 TS(Technology Strength)를 기록하여 가장 우수한 기술력을 보유한 것으로 나타났으며 미국(TS: 15.73, 2위)과 뉴질랜드(TS: 15.15, 3위)가 그 다음 순위를 차지하고 있음
- 싱가포르, 스웨덴 등을 제외한 대부분의 국가가 최근 5년간의 기술력이 이전 5년보다 상승한 것으로 나타났으며, 특히 남아프리카공화국의 순위 상승(2002년~2006년: 8위→2007년~2011년: 3위)이 두드러짐
- 한국은 아직까지 해양쓰레기 미세플라스틱 분야의 연구 비활성화로 기술경쟁력이 매우 저조한 수준으로 나타남

<표 63> 해양쓰레기 미세플라스틱 분야 주요 국가별 기술경쟁력 현황

국적	'02~'11(종합)				'02~'06				'07~'11			
	순위	TS	순위	PII	순위	TS	순위	PII	순위	TS	순위	PII
영국	1	18.90	3	1.72	2	3.45	2	3.45	1	16.40	3	1.64
미국	2	15.73	6	0.87	3	2.26	3	0.75	2	15.24	4	1.02
뉴질랜드	3	15.15	1	5.05	1	5.89	1	5.89	4	5.03	2	2.51
일본	4	5.93	7	0.54	4	2.05	6	0.29	6	2.63	5	0.66
남아프리카 공화국	5	4.03	2	2.02	8	-	8	-	3	5.41	1	2.71
독일	6	2.25	9	0.45	8	-	8	-	5	3.02	7	0.60
브라질	7	1.84	10	0.37	8	-	8	-	7	2.48	8	0.50
스웨덴	8	1.33	4	1.33	5	0.68	4	0.68	14	-	14	-
호주	9	1.21	13	0.30	8	-	8	-	8	1.62	11	0.41
싱가포르	9	1.21	5	1.21	6	0.63	5	0.63	14	-	14	-
캐나다	11	1.04	11	0.35	8	-	8	-	9	1.39	9	0.46
네덜란드	12	0.46	8	0.46	8	-	8	-	10	0.62	6	0.62
포르투갈	12	0.46	14	0.23	8	-	8	-	10	0.62	12	0.31
벨기에	14	0.35	11	0.35	8	-	8	-	12	0.46	9	0.46
이탈리아	15	0.06	15	0.06	7	0.03	7	0.03	14	-	14	-
요르단	15	0.06	15	0.06	8	-	8	-	13	0.08	13	0.08

마. 해양쓰레기 생물영향 분야

□ 주요 국가별 기술경쟁력 현황

○ 해양쓰레기 생물영향 분야에서는 미국, 뉴질랜드, 영국 등이 타 국가 대비 우수한 기술경쟁력을 확보하고 있는 반면 한국의 기술경쟁력 취약

- 미국이 최근 10년간 30.87의 TS(Technology Strength)를 기록하여 가장 우수한 기술력을 보유한 것으로 나타났으며 영국(TS: 24.16, 2위)과 뉴질랜드(TS: 15.41, 3위)가 그 다음 순위를 차지하고 있음
- 호주, 멕시코 등을 제외한 대부분의 국가가 최근 5년간의 기술력이 이전 5년보다 상승하였으며 특히, 남아프리카공화국은 과거 대비 최근 5년의 기술경쟁력 순위 상승(2002년~2006년: 12위→2007년~2011년: 4위)이 두드러짐
- 한국은 해양쓰레기 유입/분포, 미세플라스틱 분야뿐만 아니라 해양쓰레기 생물영향 분야에서도 타 분야 대비 기술경쟁력 수준 저조

<표 64> 해양쓰레기 생물영향 분야 주요 국가별 기술경쟁력 현황

국적	'02~'11(종합)				'02~'06				'07~'11			
	순위	TS	순위	PII	순위	TS	순위	PII	순위	TS	순위	PII
미국	1	30.87	10	0.91	3	2.31	10	0.46	1	31.94	7	1.10
영국	2	24.16	4	1.42	2	4.02	3	1.01	2	20.85	4	1.60
뉴질랜드	3	15.41	2	3.85	1	7.51	1	3.76	5	4.01	2	2.00
스위스	4	8.87	1	4.43	12	-	12	-	3	10.42	1	5.21
남아프리카 공화국	5	4.15	5	1.38	12	-	12	-	4	4.88	3	1.63
브라질	6	3.47	18	0.32	9	0.68	6	0.68	6	2.81	15	0.28
멕시코	7	2.50	3	2.50	4	1.57	2	1.57	23	-	23	-
이탈리아	8	2.44	8	1.22	8	0.75	5	0.75	9	1.47	6	1.47
아르헨티나	9	2.10	11	0.70	5	1.28	7	0.64	17	0.07	16	0.07
호주	10	2.05	9	1.02	5	1.28	7	0.64	23	-	23	-
네덜란드	11	1.53	13	0.51	10	0.53	9	0.53	11	0.80	11	0.40
중국	12	1.42	15	0.36	12	-	12	-	7	1.67	10	0.42
스페인	13	1.36	6	1.36	12	-	12	-	8	1.60	4	1.60
이스라엘	14	1.31	7	1.31	7	0.82	4	0.82	23	-	23	-
캐나다	15	1.02	19	0.26	12	-	12	-	10	1.20	14	0.30
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:

바. 해양쓰레기 경제적 피해 분야

□ 주요 국가별 기술경쟁력 현황

○ 해양쓰레기 경제적 피해 분야의 경우 미국과 남아프리카공화국이 기술력 우위를 점하고 있으며 한국의 기술경쟁력 수준이 매우 저조한 것으로 나타남

- 미국이 13.23의 TS(Technology Strength)를 기록하여 가장 우수한 기술력을 보유한 것으로 나타났으며, 남아프리카공화국(TS: 6.21, 2위)과 싱가포르(TS: 5.16, 3위)가 그 다음 순위를 차지함
- 특히, 남아프리카 공화국의 경우 최근 5년간(2007년~2011년) 기술력지수 부문 순위가 과거 2002년~2006년 구간 대비 크게 향상(14위→2위)됨
- 한국은 아직까지 해양쓰레기 경제적 피해 분야의 기술경쟁력 수준 매우 저조

국적	'02~'11(종합)				'02~'06				'07~'11			
	순위	TS	순위	PII	순위	TS	순위	PII	순위	TS	순위	PII
미국	1	13.24	5	1.32	5	1.44	5	1.44	1	15.66	2	1.74
남아프리카 공화국	2	6.21	1	6.21	14	-	14	-	2	9.12	1	9.12
싱가포르	3	5.16	2	5.16	1	2.89	1	2.89	9	-	14	-
브라질	4	4.80	10	0.80	3	1.84	3	1.84	4	2.24	5	0.45
그리스	5	3.98	3	3.98	2	2.23	2	2.23	9	-	14	-
오스트리아	6	2.70	4	2.70	4	1.51	4	1.51	9	-	14	-
이탈리아	7	2.46	7	1.23	6	1.38	6	1.38	7	0.00	9	0.00
영국	8	1.99	8	1.00	7	0.72	7	0.72	5	1.03	4	1.03
스페인	9	1.88	9	0.94	14	-	14	-	3	2.75	3	1.38
뉴질랜드	10	1.29	6	1.29	7	0.72	7	0.72	9	-	14	-
호주	11	0.35	12	0.18	14	-	14	-	6	0.52	6	0.26
캐나다	11	0.35	11	0.35	9	0.20	9	0.20	9	-	14	-
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
한국	16	0.00	16	0.00	14	-	14	-	7	0.00	9	0.00
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:

제 3 장 연구개발 비전 및 추진 전략

제 1 절 연구개발 비전

1. 연구개발 비전

해양쓰레기 오염대응 기술개발의 사업의 비전은 “해양쓰레기로부터 안전한 해양환경 구현”하는 것이다. 해양쓰레기의 유입을 완벽하게 막고 기존에 축적된 현존 해양쓰레기를 완벽하게 제거하는 것은 불가능하다. 따라서 EU에서는 “좋은 환경질”을 “환경에 영향이 없는 수준으로 해양쓰레기 오염 수준을 유지”로 정하고 있으며, 해양쓰레기로 인한 생태계, 관광, 수산업 및 선박안전에 대한 피해를 최소화하고 가능한 한 영향이 없는 수준을 유지하는 것이 중요하다. 연구개발 사업의 궁극적인 목표는 좋은 환경질을 유지할 수 있도록 해양쓰레기를 저감하고 관리할 수 있는 체계를 구축하는 것이다.



제 2 절 연구개발 목표

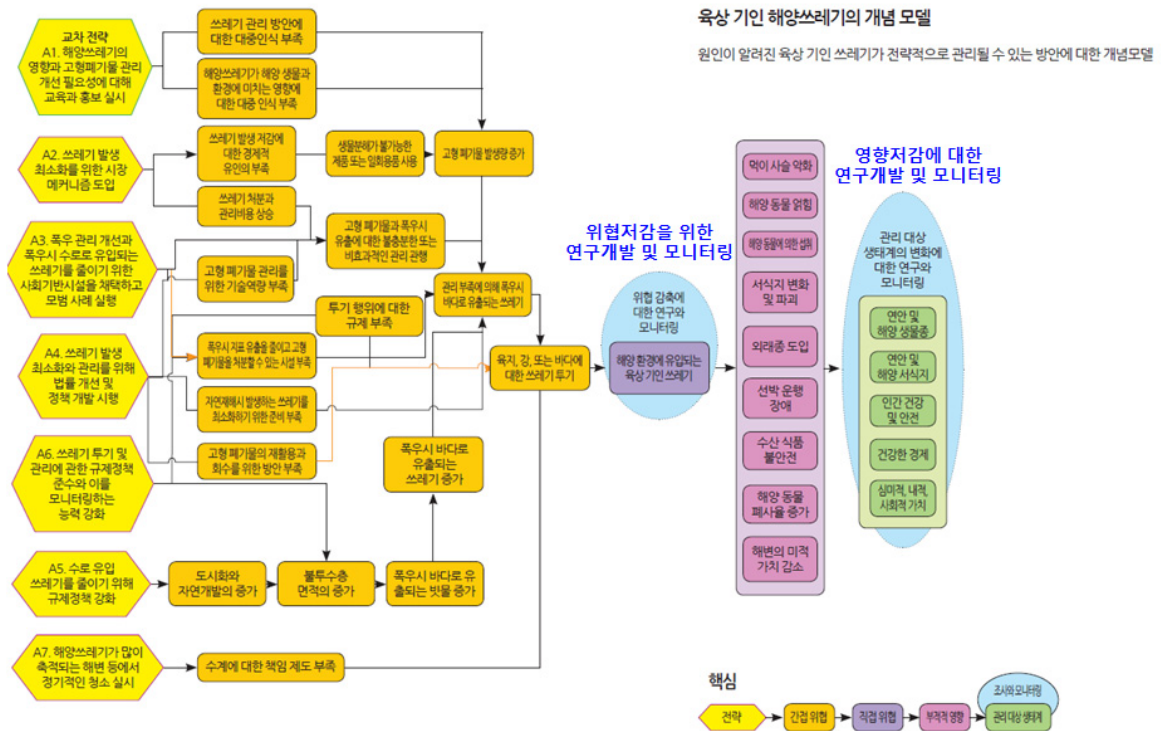
1. 연구개발 목표 설정

해양쓰레기 오염대응을 위한 기술개발 사업은 해양쓰레기의 저감과 관리를 위한 정책 목표와 연계하여 수행되어야 연구개발의 실효성이 담보될 수 있다. 연구개발사업은 정책 목표를 달성하기 위하여 필요한 연구 및 모니터링으로 구성되고 그 결과물은 다시 정책의 이행에 따른 성과를 평가하여 정책을 수정 및 보완할 수 있는 선순환의 과정으로 진행될 때, 큰 상승효과를 발휘할 수 있다. 따라서 해양쓰레기 대응 및 관리에 대한 정책 목표를 기반으로 연구개발 목표를 설정하는 것이 가장 바람직하다. 그러나 정책목표는 범부처가 참여하는 제2차 해양쓰레기 관리 기본계획(2014-2018)」에서 새롭게 설정되어야 하나, 기획사업 참여연구진 및 자문위원단의 토의를 거쳐 아래와 같은 정책목표를 잠정적으로 설정하였으며, 그에 따른 연구개발 목표도 설정하였다(표 65).

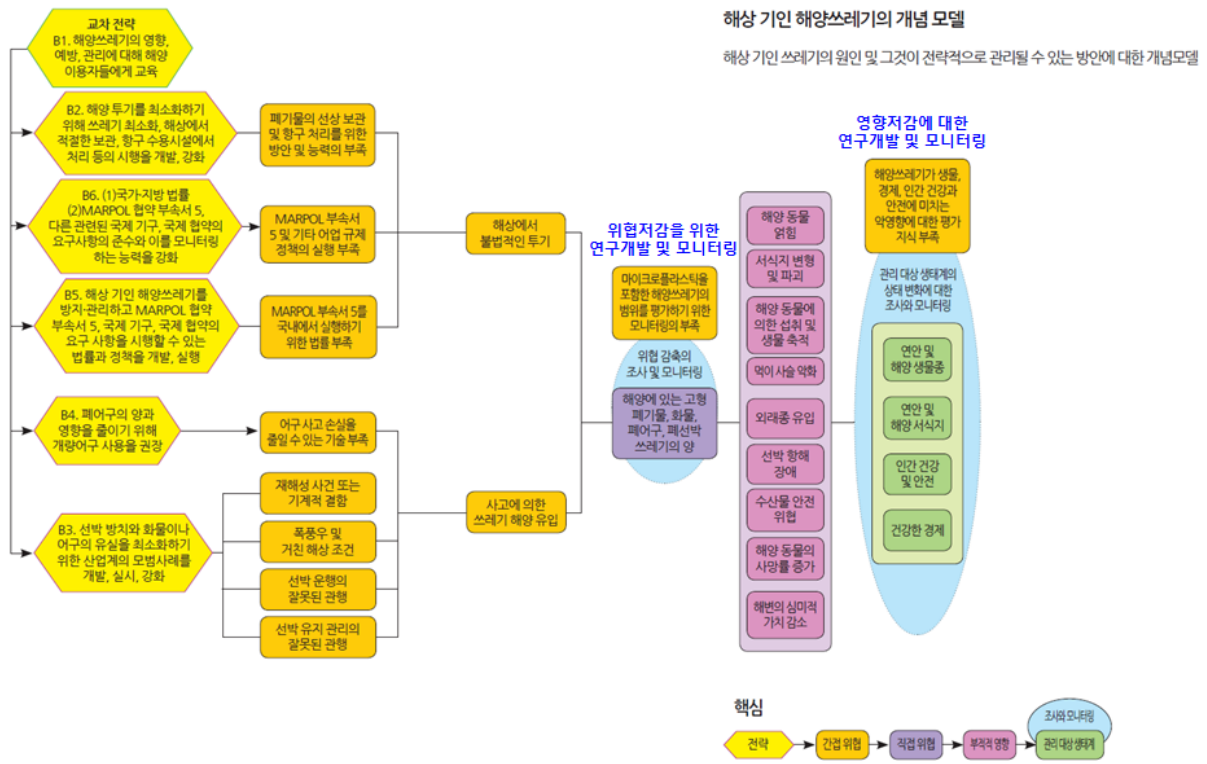
정책목표 및 이와 연계된 연구개발 목표는 가장 종합적인 지구적 해양쓰레기 대응 지침 문서인 ‘호놀룰루 전략(Honolulu Strategy)’과 EU의 해양전략지침(2장 1절 참조)을 근간으로 하였다. 미국 해양대기청(NOAA)와 유엔환경계획(UNEP) 주최로 2011년 3월 개최된 제5차 해양쓰레기 국제컨퍼런스에서 작성된 ‘호놀룰루 전략(Honolulu Strategy)’은 가장 종합적인 지구적 해양쓰레기 대응 지침 문서이다. 호놀룰루 전략에서는 ‘3개 영역(육상기인, 해상기인, 현존)에서 해양쓰레기의 양과 영향 저감’을 목표로 하고 있으며, 각 영역에서 연구개발과 모니터링이 필요한 부분을 개념적으로만 제시하고 있다(그림 21, 22, 23). 호놀룰루 전략의 3가지 개념모델에서는 육상기인과 해양기인 해양쓰레기의 위협저감(reduction of threat) 및 해양쓰레기의 영향을 받는 대상의 상태변화(change in status of target) 부분에서 연구개발과 모니터링의 필요성을 강조하고 있다. 아울러 위협저감 및 영향저감에 대한 평가지표(indicator)를 개발하여 활용할 것을 권고하고 있으며, 이는 EU 해양전략지침과 동일하다.

<표 65> 도출된 정책목표 및 연구개발 목표

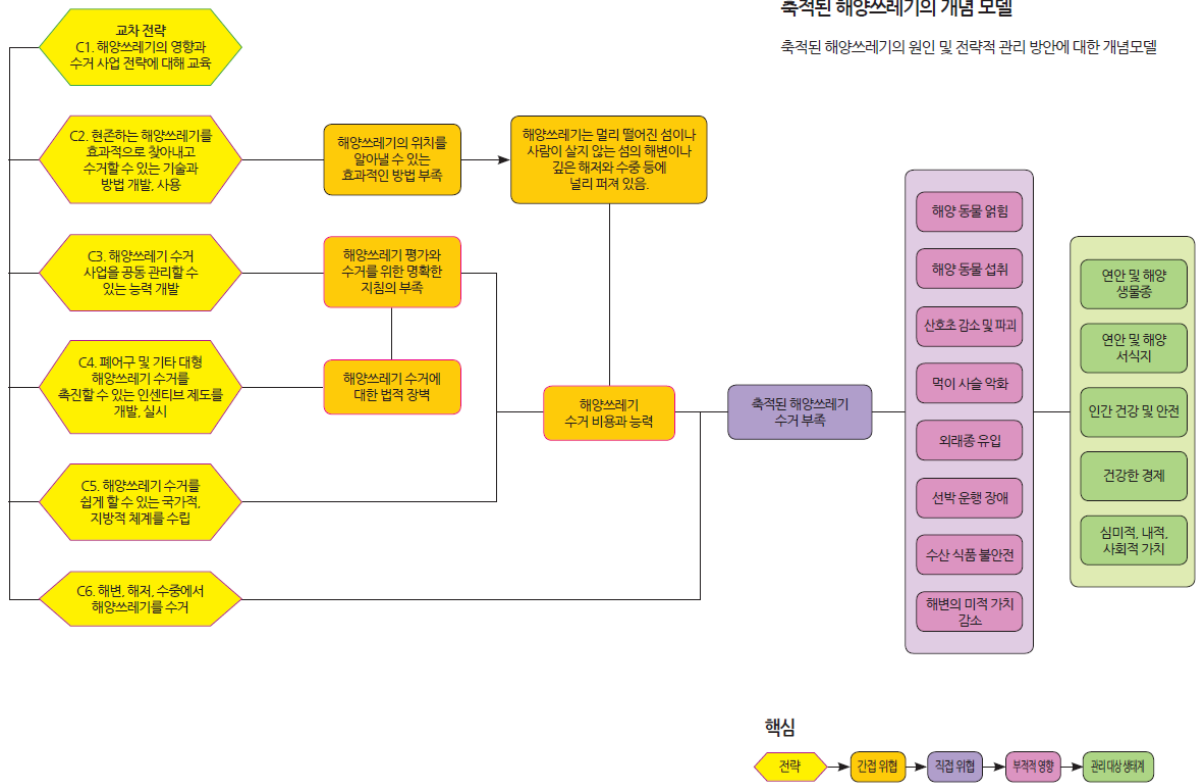
단계	정책목표	연구개발 목표
1단계('14-'18)	<ul style="list-style-type: none"> ○ ML의 양과 피해를 측정할 수 있는 수단 확보 ○ ML의 양과 피해를 저감할 수 있는 정책수단(program of measure) 마련 	<ul style="list-style-type: none"> ○ ML의 유입량과 현존량을 측정할 수 있는 수단 개발 및 검증 ○ ML에 의한 경제적 및 환경적 피해를 측정할 수 있는 수단 개발 및 검증
2단계('19-'23)	<ul style="list-style-type: none"> ○ ML의 양과 피해를 저감할 수 있는 실행계획(action plan) 수립 및 이행 ○ ML 저감 및 관리체계 구축 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 정책이행에 따른 ML의 유입량 및 현존량의 저감효과 평가 ○ 정책이행에 따른 경제적 및 환경적 피해의 저감효과 평가



<그림 21> 육상기인 해양쓰레기의 개념모델(NOAA & UNEP, 2011)



<그림 22> 해상기인 해양쓰레기의 개념모델(NOAA & UNEP, 2011)



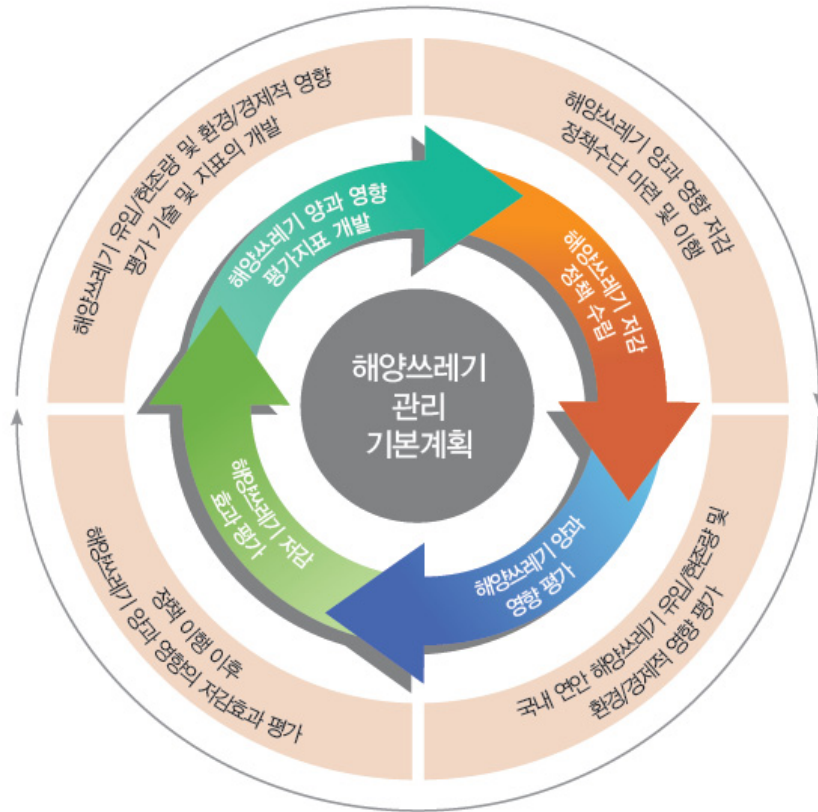
<그림 23> 현존 해양쓰레기의 개념모델(NOAA & UNEP, 2011)

제 3 절 추진전략

1. 연구단계 설정

「제1차 해양쓰레기 관리 기본계획(2009-2013)」은 ‘선진화된 해양쓰레기 관리시스템 구축’을 기본 목표로 4대 전략으로 ‘해양쓰레기 발생 최소화’, ‘해양쓰레기 수거·처리능력 강화’, ‘해양쓰레기 관리기반 구축’, ‘시민참여 및 국제협력 강화’ 등을 제시하고 있다(국토해양부 등, 2009). 국토해양부에서는 2013년 중에 「제1차 해양쓰레기 관리 기본계획(2009-2013)」 이행결과에 대한 평가 및 「제2차 해양쓰레기 관리 기본계획(2014-2018)」을 수립할 예정이다. 1차 해양쓰레기 관리기본 계획이 이행된 2009년에서 현재까지 일부 학술용역사업이 진행되었으나, ‘선진화된 해양쓰레기 관리시스템 구축’을 지원할 수 있는 체계적이고 종합적인 연구개발사업은 수행된 바가 없다. 따라서 본 기획연구팀과 자문원단은 토의를 거쳐 연구기획에 제시할 ‘해양쓰레기 오염대응 기술(연구) 개발’ 사업의 총 연구기간을 2차 및 3차 해양쓰레기 관리 기본계획이 이행될 2014년-2023년(10년)으로 잡고 연구단계를 해양쓰레기 관리기본계획과 연동시키기 위하여 2단계(1단계: 2014-2018 / 2단계: 2018-2023)로 구분하기로 하였다.

2. 연구개발 추진전략



추진전략 1

해양쓰레기 관리 기본 계획과 연구개발 사업의 연동

- 대부분의 해양환경 관련 연구개발 사업은 연구개발 자체와 정책수립이 별도로 추진되어 실효성이 얻기 힘든 측면이 있었으나, 본 사업의 경우 제2차 및 제3차 해양쓰레기 관리기본계획과 연동하여 연구개발 결과를 정책의 수립과 이행으로 연결시켜 해양쓰레기의 양과 영향을 저감할 수 있도록 추진함

추진전략 2

핵심요소기술 개발과 핵심 현장자료 생산 병행

- 해양쓰레기의 양과 영향을 정확하게 관측할 수 있는 핵심요소기술 개발과 해양쓰레기의 오염과 영향에 대한 현장 실태 파악을 위한 자료 생산을 병행하여 정책수립은 물론 정책 이행에 따른 효과를 평가할 수 있도록 추진하여 연구개발 사업의 실효성을 극대화 할 수 있도록 추진

추진전략 3

국제협력기구 및 국외전문가 공동연구 네트워크 활용

- 해양쓰레기 국제파트너십, UNEP, IMO, UNESCO-IOC, CBD, NOWPAP, COBSEA, PICES, GESAMP 등 국제협력기구의 해양쓰레기 워킹그룹 및 협력 프로그램 참여
- 국제 해양쓰레기 연구 전문가와의 공동연구 추진 및 네트워크 구축을 통한 국제적인 연구주도

추진전략 4

융복합기술을 이용한 협력형 연구개발 추구

- MT, NT, BT 등 융합기술 협력체계 구축 활용
- 산학연의 다학제간 협력

추진전략 5

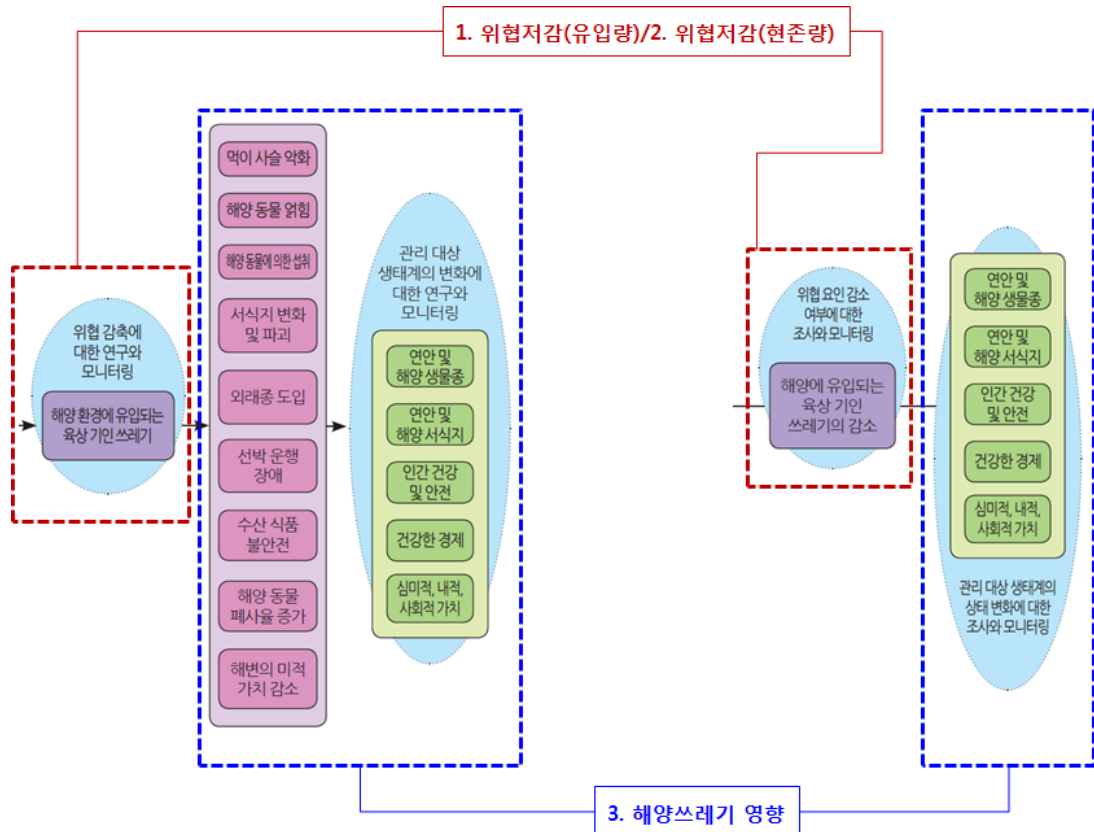
교육 및 홍보를 활용한 연구개발 사업 추진

- 해양쓰레기 저감 및 관리의 거버넌스에는 교육 및 홍보가 중요한 요소를 차지하는 바, 본 사업에서는 연구개발 결과 및 자료를 교육 및 홍보에 적극 활용할 수 있도록 추진

제 4 절 중점 연구개발 과제 도출

1. 중점 연구개발 과제 도출 방향

설정된 연구개발 목표(표 65)를 달성하기 위한 연구계획 수립에 있어서, 중점과제 도출을 위한 연구개발 방향의 설정이 필요하다. 호놀룰루 전략에서 제시하고 있는 연구개발 및 모니터링이 필요한 분야를 3개의 핵심 키워드로 요약하면, 1) 육상/해상기인 해양쓰레기의 유입량, 2) 해양쓰레기의 현존량, 3) 해양쓰레기에 의한 경제적/환경적 영향이다. 국제적 해양환경 이슈가 되고 있는 미세플라스틱 해양쓰레기는 호놀룰루 전략에서도 관련 지식부족(lack of knowledge)을 명시하고 있으며, EU 해양전략지침에서도 ‘해양에서의 분해’ 분야로 미세플라스틱을 별도의 주제로 다루고 있다. 따라서 연구개발 중점과제를 정책목표와 연계하여 3개의 중점과제로 축약해서 도출할 수 있다(표 66).



<그림 24> 호놀롤루 전략에 근거한 3대 연구방향 설정

<표 66> 연구목표 및 중점과제

단계	연구개발 목표	중점과제
1단계('14-'18)	<ul style="list-style-type: none"> ○ ML의 유입량과 현존량을 측정할 수 있는 수단 개발 ○ ML에 의한 환경적 및 경제적 및 환경적 피해를 측정할 수 있는 수단 개발 	○ ML의 유입량 및 현존량 지표개발 및 검증
		○ 미세플라스틱(MP)의 오염지표 개발 및 검증
		○ ML의 환경적/경제적 영향 지표개발 및 검증
2단계('19-'23)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 정책이행에 따른 ML의 유입량 및 현존량의 저감효과 평가 ○ 정책이행에 따른 경제적 및 환경적 피해의 저감효과 평가 	○ ML의 유입량 및 현존량 변동 평가
		○ 미세플라스틱(MP)에 의한 생태위해성평가
		○ ML의한 경제적/환경적 영향 변동 평가

2. 중점 연구개발 과제 내용

프로그램 목표		필요지식 및 기술적 도전과제	중점연구개발과제	
단계별 목표	세부내용			
1단계 ('14-'18) ML의 양과 영향을 측정할 수 있는 수단 개발 및 검증	ML의한 환경피해를 저감하고 효율적인 관리를 위하여 ML의 평가 및 관리의 기준이 될 수 있는 지표(indicator)를 개발하여 ML의 저감 정책수단을 마련할 수 있도록 함	- 육상/해상기인 ML의 유입원별 유입량 측정 및 산정 방법 - 불균일한 ML 분포 조사기법의 표준화 - 해안표착, 부유, 해저침적 ML의 현존량 측정 및 산정방법 - 원격탐사를 이용한 광범위한 영역의 신속한 조사 기술 - ML의 종류 및 유입원별 이동경로 예측	1-1	ML의 유입량 및 현존량 평가지표 개발
		- 부유/해안표착/침적 MP 오염평가 기술개발 - MP 분해/풍화 평가 기술 개발과 기작규명 - MP 흡착/침적 오염물질의 오염평가 기술 개발 - 생체축적/생물독성 평가 지표 개발	2-1	미세플라스틱(MP)의 오염 평가지표 개발
		- 전문가 네트워크를 이용한 피해사례수집 - 문헌연구를 통한 요소기술 구축 및 검증 - 범국가적 중 동정 가용 DB활용하여 추진 - 융합학문적 접근으로 광범위 전문가 풀 확보	3-1	ML의 환경적 및 경제적 영향 평가지표 개발

프로그램 목표		필요지식 및 기술적 도전과제	중점연구개발과제	
단계별 목표	세부내용			
2단계 ('19-'23) ML의 양과 영향 에 대한 저감효과 평가	1단계에서 개발된 지표를 활 용하여 ML 저감정책의 이행 에 따른 ML의 양과 영향에 대한 저감효과를 평가함	<ul style="list-style-type: none"> - 해안표착, 부유, 및 해저침적 ML의 현존량에 대한 평가 및 오염추세 분석 - 주요 유입원별 ML의 유입 량 평가 및 추세 분석 - 유입량과 현존량 간의 상관관 계 분석 - 정책이행에 따른 유입량 및 현존량의 저감효과 분석 	1-2	ML의 유입량 및 현존량 평가
		<ul style="list-style-type: none"> - MP 오염현황 평가 - MP 풍화도/미세화에 따른 거동 기작 규명 - MP 흡착/침가 오염물질 노 출경로 규명 - MP 해양생물 독성 평가 - MP의 해양생태계 위해성 평가 	2-2	미세플라스틱(MP)의 생태위해성평가
		<ul style="list-style-type: none"> - ML 영향평가 요소기술 적용 및 평가 - ML 이동/예측 분야와 연계 하여 추진 - MP 독성평가분야와 연계추 진 - 국가 정책개발 및 장기 모니 터링 사업과 연계 	3-2	ML의 환경적 및 경제적 영향 평가

제 4 장 연구개발 추진계획

제 1 절 핵심세부과제

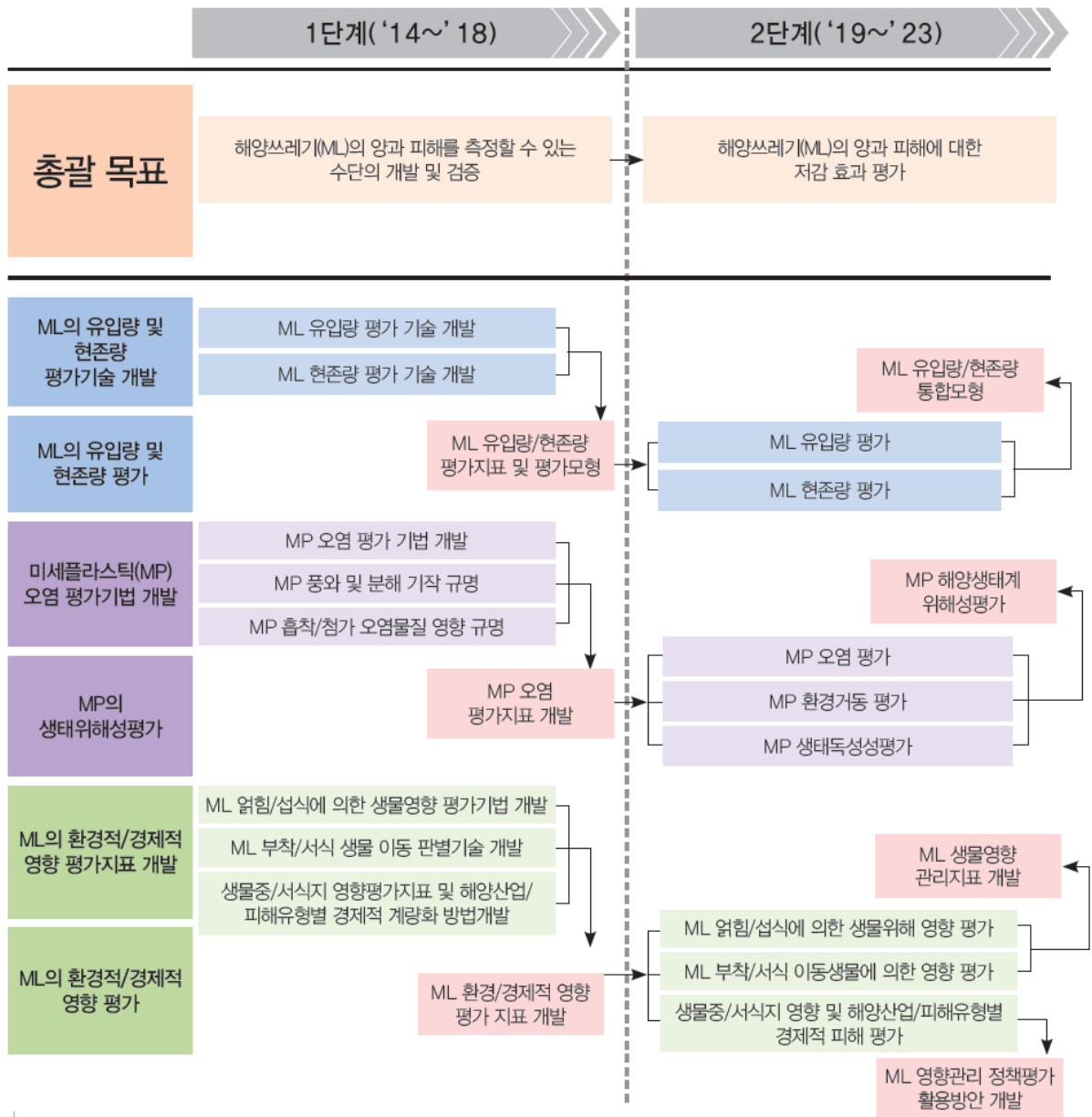
1. 중점연구과제별 핵심세부과제

중점연구개발과제		목 표	전략성과 및 내용	핵심세부과제명
1-1	ML의 유입량 및 현존량 평가지표 개발	국내 연안의 ML 유입량 및 현존량을 평가할 수 있는 수단의 개발 및 검증	<ul style="list-style-type: none"> - ML 유입량 측정 및 산정 기술 확보 - 해안표착 ML의 현존량 평가 방법론 확립 - 부유 ML의 현존량 평가 방법론 확립 - 해저 침적 ML의 현존량 평가 방법론 확립 - ML의 유입량 및 현존량을 평가할 수 있는 표준화된 평가 지표 확보 	ML 유입량 평가기술 개발
				ML 현존량 평가기술 개발
1-2	ML의 유입량 및 현존량 평가	국내 연안의 ML 유입량 및 현존량을 평가하여 국가 해양쓰레기 오염수준을 정밀진단	<ul style="list-style-type: none"> - ML의 국가적인 오염지도 작성 - ML 오염 우심 및 우선관리 해역 선정 - ML 주요 발생원 식별 및 우선관리 대상 발생원 선정 - 국가적인 ML 유입 및 현존량 파악 	ML의 유입량 평가
				ML의 현존량 평가
2-1	미세플라스틱(MP)의 오염 평가지표 개발	미세플라스틱(MP)의 오염을 평가할 수 있는 지표의 개발	<ul style="list-style-type: none"> - MP 시료채취 및 현장조사 기법 표준화 - MP 식별 및 정량평가 기법 확립 - 풍화도 측정기술 개발 및 시스템 구축 - 미세화 기작 규명 및 반감기 산정 - MP 흡착/침가 오염물질 측정기술 확립 및 환경노출특성 파악 - MP 생물축적 및 생물영향 평가기술 확립 	MP 오염평가 기법 개발
				MP 풍화 및 분해기작 규명
				MP 흡착 및 침가 오염물질 영향평가
2-2	미세플라스틱(MP)의 생태위해성평가	미세플라스틱(MP)에 의한 생태위해성평가	<ul style="list-style-type: none"> - MP 오염 현황파악 및 추세 진단 - 현장 풍화도/미세화 평가 및 주요 발생원 진단 - 풍화/미세화에 따른 플라스틱 쓰레기의 환경거동 규명 - 유해물질 환경오염과 거동에서 MP 역할 규명 - MP 흡착/침가 오염물질의 생물전이 및 생물영향 규명 - MP의 생태위해성평가 	MP 오염평가
				MP 환경거동 평가
				MP 생태독성평가

중점연구개발과제		목 표	전략성과 및 내용	핵심세부과제명
3-1	ML의 환경적 및 경제적 영향 평가지표 개발	ML의 얽힘 및 부착 생물 이동 영향평가 기법 및 표 개발	- 얽힘 및 섭식 영향평가 기법 사례 수집	ML 섭식에 의한 생물위해 영향평가지표개발
			- 국내 서식처별 피해 생물종 목록 작성	ML 얽힘에 의한 생물위해 영향평가지표개발
			- 서식처와 종별 얽힘 및 섭식 영향평가 요소기술 구축	
			- 플라스틱 매개 외래생물 동정 기술 개발	ML 부착 및 서식 생물이동 관별 기술개발
- 플라스틱 부착생물 종 리스트 작성	ML의 경제적 피해평가 방법론 개발			
- 평가지표와 경제적 피해 인과 관계분석				
- 생물종/서식지 영향평가지표 경제적 계량화 방법 개발				
- 해양산업별 경제적 영향 계량화 방법 개발				
3-2	ML의 환경적 및 경제적 영향 평가	지표종에 대한 우심해역 모니터링 및 평가	- 시범해역 생물종별 얽힘 및 섭식 영향 모니터링	ML 섭식에 의한 생물위해 영향평가
			- 주요 생물종 생애 주기에 따른 피해의 원인 상호규명	ML 얽힘에 의한 생물위해 영향평가
			- 얽힘/섭식 영향평가 기법의 표준화	
			- 생애주기에 따른 생물전이 및 확대 연구	ML 부착 및 서식 이동생물에 의한 영향평가
- 기준자료 확보				
- ML 부착생물 이송패턴 기인 관련분포 특성자료 획득				
- ML 부착생물의 국가간 이동 국제 공동 연구	ML에 의한 경제적 피해 평가			
- 생물/서식지 영향에 대한 경제적 피해 평가				
- 해양산업별/유형별 경제적 피해평가				

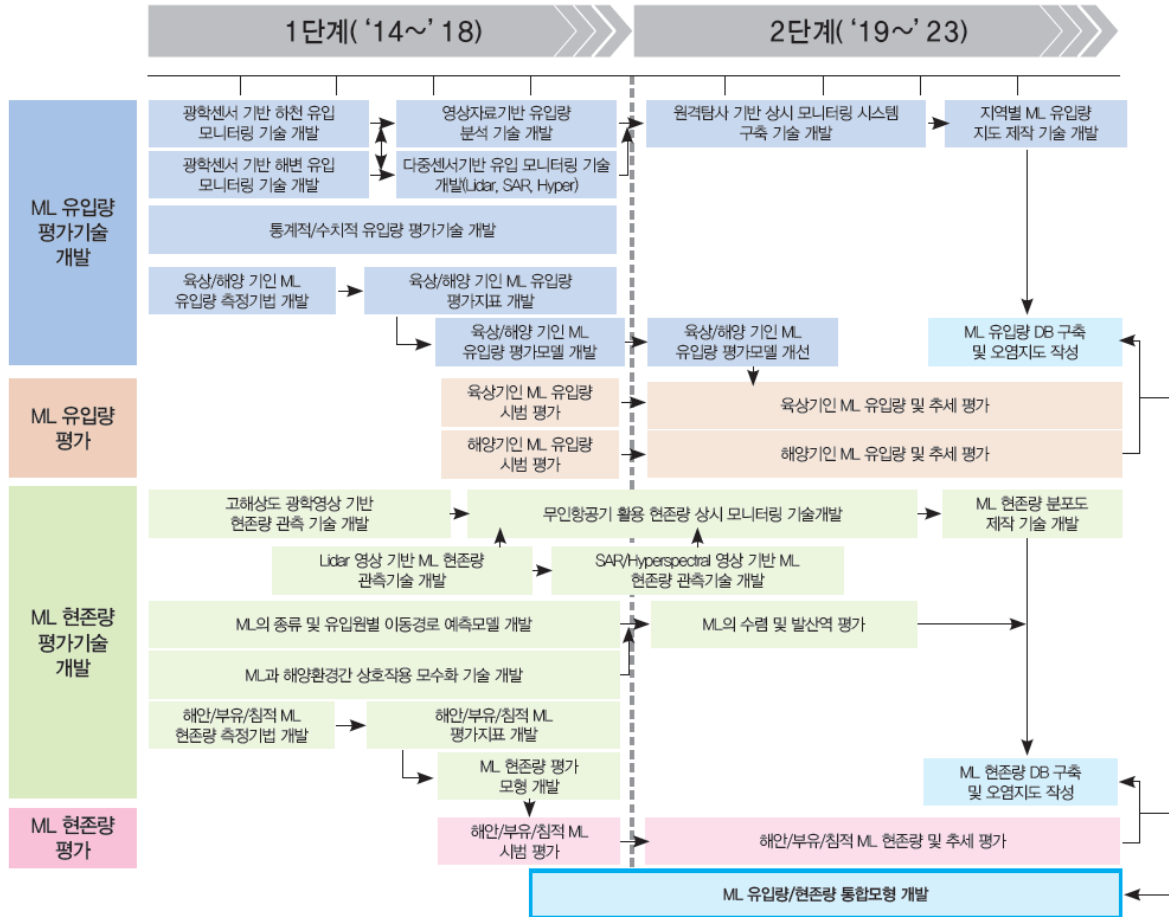
제 2 절 연구개발 로드맵

1. 총괄 로드맵

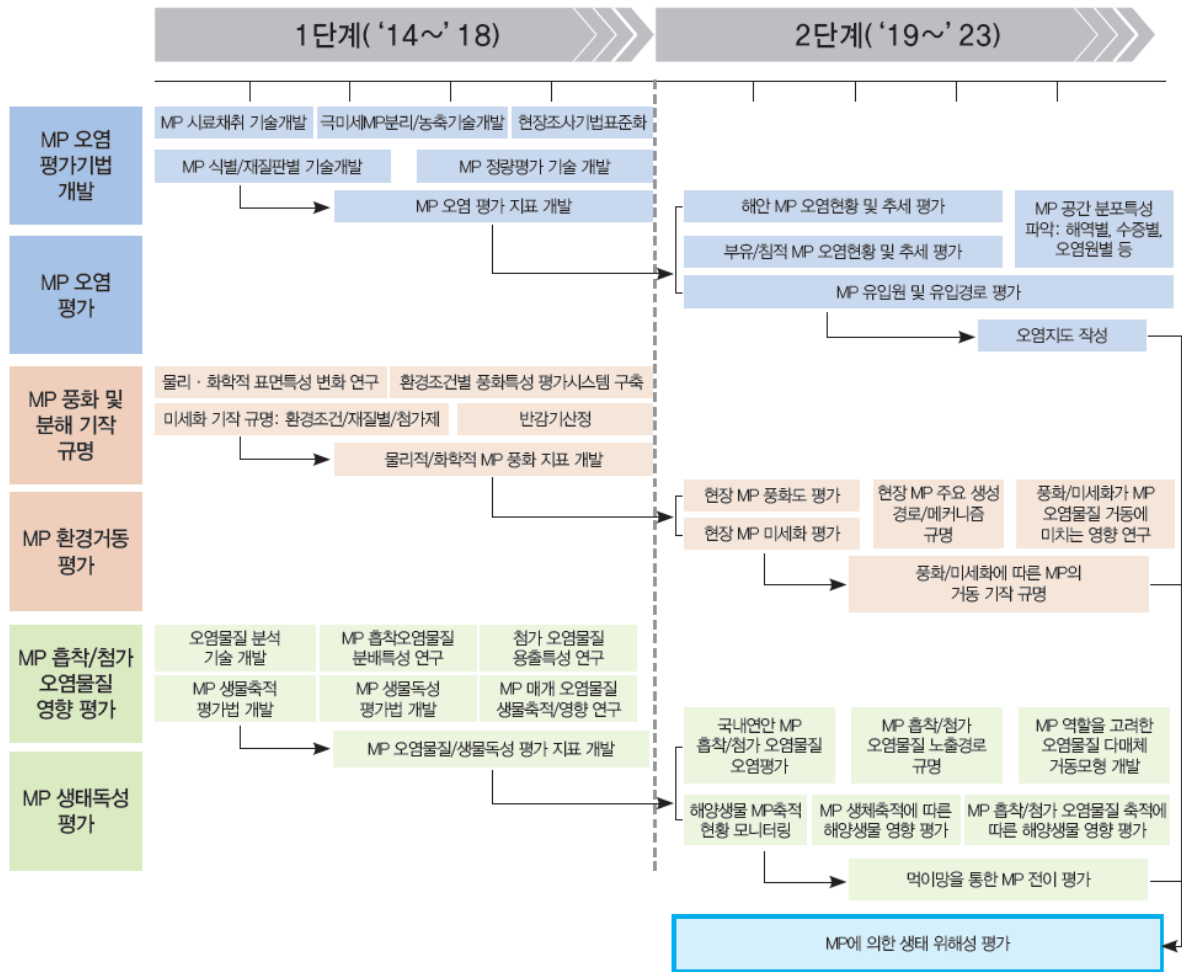


2. 분야별 로드맵

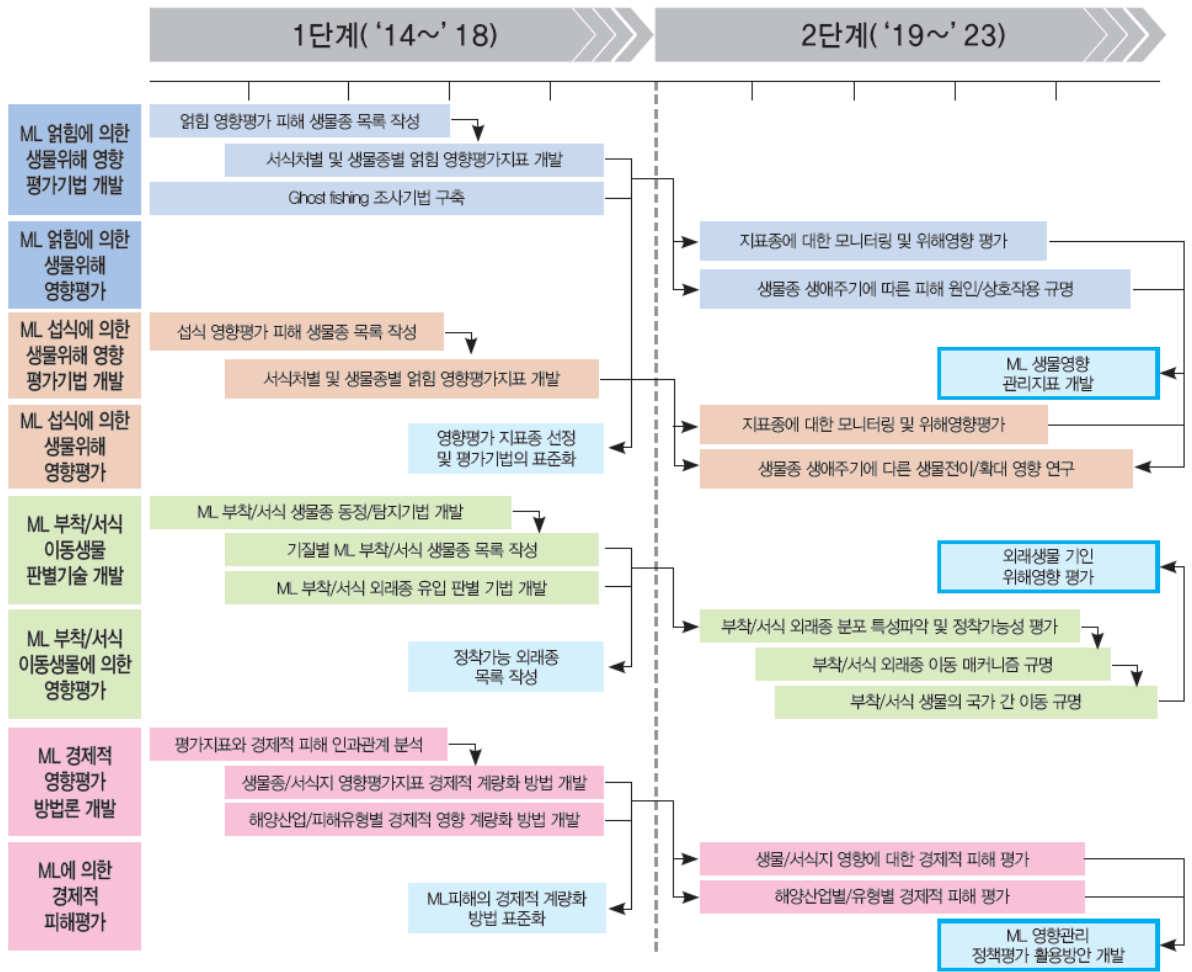
가. 해양쓰레기 유입, 분포, 이동 및 현존량 평가



나. 미세플라스틱 오염 및 생물독성 평가



다. 해양쓰레기의 환경적 및 경제적 영향 평가



제 3 절 소요예산

1. 분야별 및 단계별 예산

가. 해양쓰레기의 유입, 분포, 이동 및 현존량 평가

분야 단계	해양쓰레기 유입 분포, 이동 및현존량 평가	미세플라스틱의 오염과 독성 평가	해양쓰레기의 환경적 / 경제적 피해 평가								계 (단위: 억원)
1단계	85	44	55								184
2단계	82	46	59								187
계	167	90	114								371

분야	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	계
해양쓰레기의 유입, 분포 및 이동, 현존 량 평가	14	16	17	19	19	19	19	17	14	13	167

나. 미세플라스틱 오염 및 독성평가

분야 단계	해양쓰레기 유입 분포, 이동 및현존량 평가	미세플라스틱의 오염과 독성 평가	해양쓰레기의 환경적 / 경제적 피해 평가								계 (단위: 억원)
1단계	85	44	55								184
2단계	82	46	59								187
계	167	90	114								371

분야	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	계
미세플라스틱 오염과 독성평가	8	8	8	10	10	12	10	8	8	8	90

다. 해양쓰레기 환경적 및 경제적 영향 평가

분야 단계	해양쓰레기 유입 분포, 이동 및현존량 평가	미세플라스틱의 오염과 독성 평가	해양쓰레기의 환경적 / 경제적 피해 평가								계 (단위: 억원)
1단계	85	44	55								184
2단계	82	46	59								187
계	167	90	114								371

분야	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	계
해양쓰레기의 환경적 및 경제적 피해평가	10	10	11	12	12	13	13	12	11	10	114

2. 중점과제별 세부예산

분야			년도		1 단계					2 단계					계
					2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	
ML의 유입, 분포, 이동 및 현존량 평가	ML의 유입량 및 현존량 평가지표 개발	ML 유입량 평가기술 개발	5	7	7	9	9							37	
		ML 현존량 평가기술 개발	9	9	10	10	10							48	
	ML의 유입량 및 현존량 평가	ML의 유입량 평가						9	8	8	6	6		37	
		ML의 현존량 평가						10	11	9	8	7		45	
	소계			14	16	17	19	19	19	19	17	14	13	167	
미세플라스틱의 오염 및 생물독성 평가	미세플라스틱(MP)의 오염 평가지표 개발	MP 오염평가 기법 개발	2	2	2	3	3							12	
		MP 풍화 및 분해기작 규명	2	2	2	2	2							10	
		MP 흡착 및 첨가 오염물질 영향평가	4	4	4	5	5							22	
	미세플라스틱(MP)의 생태위해성평가	MP 오염평가						4	3	3	3	3		16	
		MP 환경거동 평가						3	2	2	2	2		11	
		MP 생태독성평가						5	5	3	3	3		19	
계			8	8	8	10	10	12	10	8	8	8	90		
ML의 환경적 및 경제적 영향평가	ML의 환경적/경제적 영향 평가지표 개발	ML 업힘에 의한 생물위해 영향평가 기법 개발	3	3	3	4	4							17	
		ML 섭식에 의한 생물위해 영향평가 기법 개발	4	4	5	5	5							23	
		ML 부착/서식 이동생물 판별기술 개발	2	2	2	2	2							10	
		ML 경제적 영향평가 방법론 개발	1	1	1	1	1							5	
	ML의 환경적/경제적 영향 평가	ML 업힘에 의한 생물위해 영향평가						4	4	3	3	3		17	
		ML 섭식에 의한 생물위해 영향평가						4	4	3	3	2		16	
		ML 부착/서식 이동생물에 의한 영향평가						3	3	3	2	2		13	
		ML에 의한 경제적 피해평가						2	2	3	3	3		13	
	계			10	10	11	12	12	13	13	12	11	10	114	
	총계			32	34	36	41	41	44	42	37	33	31	371	

제 4 절 기술개요서

1. 해양쓰레기의 유입, 분포, 이동 및 현존량 평가

가. 중점과제: 해양쓰레기(Marine Litter; ML)의 유입량 및 현존량 평가지표 개발

대분류	해양환경기술	
중분류	해양쓰레기 오염 대응기술 개발	
핵심기술명	ML의 유입량 및 현존량 평가 기술	
기술정의	육상 및 해상기인의 ML의 유입량을 주요 유입원별로 평가하는 기술 및 해안, 부유, 침적 ML의 현존량을 측정 및 평가할 수 있는 기술	
기술트리 (요소기술) 세부기술명	<ul style="list-style-type: none"> - 광학센서기반 하천 및 해변 유입 및 현존 ML 평가 기술 - 다중센서기반(Lidar, SAR, Hyper Spectral) ML 유입 및 현존량 모니터링 기술 - 통계적 및 수치적 ML 유입량 평가 기술 - ML의 종류 및 유입원별 이동예측 기술 - 해양순환 평가 기술 - 육상 및 해상기인 ML 유입량 및 현존량 평가기법 및 지표 - 육상 및 해상기인 ML 유입량 및 현존량 평가모형 개발 	
단계별 연구개발 목표(2023년까지)		
단계(연도)	1단계(2014~2018)	2단계(2019~2023)
연구개발 목 표	○ 국내 연안의 ML 유입량 및 현존량을 평가할 수 있는 수단의 개발 및 검증	
단계별 산출물	○ ML의 유입량 및 현존량 평가 기술 ○ 유입원별 ML의 유입량 평가지표 및 평가 모형 ○ 해안, 부유, 침적 ML의 현존량 평가지표 및 평가 모형	
기대효과	○ ML 유입량 및 현존량 저감을 위한 정책이행 근거자료 확보 ○ ML의 관리 및 저감정책 효과 평가 수단 확보	
기술확보 (획득)전략	○ 제2차 해양쓰레기 관리기본계획과 연계하여 수행 ○ 국가연구개발사업으로 기술개발	
소요예산	85억원	
관련 법규/계획	해양환경관리법 제24조, 해양환경종합계획(2011-2020), 제1차 해양쓰레기관리기본계획(2009-2013), MTRM2020	

(1) 핵심세부과제: 해양쓰레기 유입량 평가기술 개발

대분류	해양환경기술										
중분류	해양쓰레기 오염대응 기술 개발										
소분류 (핵심기술)	ML 유입량 평가기술 개발										
세부기술명	<ul style="list-style-type: none"> - 광학센서기반 하천 및 해변 유입 ML 관측기술 - 다중센서기반(Lidar, SAR, Hyper Spectral) ML 유입 모니터링 기술 - 통계적 및 수치적 ML 유입량 평가 기술 - 해양순환평가 기술 - 육상 및 해상기인 ML 유입량 평가기법 개발 및 표준화 - 육상 및 해상기인 ML 평가 지표 - 육상 및 해상기인 ML 유입량 평가모형 개발 										
기술개발 필요성	전세계적으로 육상 및 해양으로부터 유입되는 ML을 관측하고 평가할 수 있는 기술이 부재하며, ML 유입량 자료의 미흡으로 해양환경으로의 ML 유입 저감 정책수립 및 저감 효과를 평가할 수 없는 문제 발생										
기술개발 목표	- 육상 및 해양으로부터 우리나라 연근해로 유입되는 ML의 종류와 총량을 측정, 조사 및 평가할 수 있는 기술을 개발하고, ML 유입량의 평가지표와 평가모형을 개발함										
기술개발 범위 및 내용	<ul style="list-style-type: none"> - 원격탐사를 이용하여 광범위한 해역에서 신속하게 ML의 유입량을 평가할 수 있는 기술 개발 - 하천 및 해변활동을 통해서 우리나라 연근해로 유입되는 ML의 양을 측정, 조사 및 평가할 수 있는 기술의 개발 - 선박, 양식장, 해안시설 및 외국으로부터 우리나라 연근해로 유입되는 ML의 양을 측정, 조사 및 평가할 수 있는 기술의 개발 - ML의 유입량을 평가할 수 있는 방법론을 표준화하고 평가지표 및 평가모형을 개발 										
최종 성과물	- ML 유입량 평가지표 및 평가모형										
기대효과 / 활용 방안	<ul style="list-style-type: none"> - ML 유입량을 정량적으로 평가를 위한 수단 확보 - ML 유입량 저감대책 수립을 위한 근거자료 확보 - ML의 유입 저감대책의 효과를 평가를 통한 ML의 효율적 관리 강화 										
세부기술연차별 소요 예산 [국고]											
연차	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	합계
예산 (백만원)	500	700	700	900	900						3,700

(2) 핵심세부과제: 해양쓰레기 현존량 평가기술 개발

대분류	해양환경기술										
중분류	해양쓰레기 오염대응 기술 개발										
소분류 (핵심기술)	ML 현존량 평가기술 개발										
세부기술명	<ul style="list-style-type: none"> - 고해상도 광학영상기반 해안 및 부유 ML 관측기술 - Lidar 영상기반 ML 관측기술 - 무인항공기 활용 ML 관측기술 - ML의 종류 및 유입원별 이동예측 모델 - ML과 해양환경 간 상호작용 모수화 기술 - 해안 표착, 부유 및 침적 ML 평가기법 - ML 현존량 평가지표 및 평가모형 										
기술개발 필요성	과거부터 축적되어 해안에 표착, 해상에 부유 또는 해저에 침적된 ML을 관측하고 현존량을 평가할 수 있는 기술이 부재하며, 시공간의 변화에 따른 ML의 종류 및 현존량 자료가 제한되어 해양환경에 존재하며 환경과 생태계에 영향을 야기하는 ML을 효과적으로 제거하고 관리하기 어려움										
기술개발 목표	- 해안표착, 해상부유 및 해저침적 ML 종류와 시공간적인 현존량의 분포를 관측하고 평가할 수 있는 기술을 개발하고, ML 현존량의 평가지표와 평가모형을 개발함										
기술개발 범위 및 내용	<ul style="list-style-type: none"> - 고해상도 광학영상에 기반한 해안 및 부유 ML의 관측기술 개발 - Lidar를 이용한 해안 및 부유 ML의 관측기술 개발 - 무인항공기를 이용한 해안 및 부유 ML의 관측기술 개발 - ML의 종류 및 유입원별 이동 예측 모델 개발 - ML과 해양환경 간 상호작용 모수화 기술 개발 - 해안표착, 해상부유 및 해저침적 ML의 모니터링 및 현존량 측정 기법 개발 - 해안표착, 해상부유 및 해저침적 ML의 모니터링 및 현존량 평가지표 개발 - 국내 연안 ML의 현존량 평가 모형 개발 										
최종 성과물	- ML 현존량 평가지표 및 평가모형										
기대효과 / 활용 방안	<ul style="list-style-type: none"> - ML 현존량을 정규 및 정량적으로 평가를 위한 수단 확보 - 국내 해안 및 연안에 현존하는 ML의 저감대책 수립을 위한 근거자료 확보 - 현존 ML의 저감대책의 효과의 평가를 통한 ML의 효율적 관리 강화 										
세부기술연차별 소요 예산 [국고]											
연차	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	합계
예산 (백만원)	900	900	1,000	1,000	1,000						4,800

나. 중점과제: 해양쓰레기의 유입량 및 현존량 평가

대분류	해양환경기술	
중분류	해양쓰레기 오염 대응기술 개발	
핵심기술명	ML의 유입량 및 현존량 평가	
기술정의	1단계 개발된 기술, 지표 및 모형을 이용하여 국내연안으로 유입되는 ML 및 현존하는 ML의 양을 측정하고 평가	
기술트리 (요소기술) 세부기술명	<ul style="list-style-type: none"> - 원격탐사기반 상시 모니터링 시스템 - 지역별 ML 유입량 및 현존량 분포 지도제작 기술 - 육상 및 해상기인 ML의 유입량 및 추세 평가 - 해안, 부유 및 침적 ML의 현존량 및 추세 평가 - ML의 수렴 및 발산역 평가 - 국내 연안 유입 및 현존 ML의 D/B 구축 및 오염지도 작성 - ML의 유입량 및 현존량 평가 모형 개선 - ML의 유입량 및 현존량 평가 통합 모형 개발 	
단계별 연구개발 목표(2023년까지)		
단계(연도)	1단계(2014~2018)	2단계(2019~2023)
연구개발 목 표		○ 국내 연안의 ML 유입량 및 현존량을 평가하여 국가 해양쓰레기 오염수준 및 추세를 정밀진단
단계별 산출물		○ 유입원별 ML의 유입 오염지도 및 유입량 평가자료 ○ 해안, 부유, 침적 ML의 오염지도 및 현존량 평가 자료 ○ 국내 연안 ML의 유입량 및 현존량 통합 평가 모형
기대효과		○ ML의 관리 및 저감정책 이행에 따른 효과 평가 ○ 국내 ML 오염관리의 선진화 ○ 전지구적인 ML 저감에 기여
기술확보 (획득)전략		○ 제3차 해양쓰레기 관리기본계획과 연계하여 수행 ○ 국가연구개발사업으로 기술개발
소요예산		82억원
관련 법규/계획	해양환경관리법 제24조, 해양환경종합계획(2011-2020), 제1차 해양쓰레기관리 기본계획(2009-2013), MTRM2020	

(1) 핵심세부과제: 해양쓰레기 유입량 평가

대분류	해양환경기술										
중분류	해양쓰레기 오염대응 기술 개발										
소분류 (핵심기술)	ML 유입량 평가										
세부기술명	<ul style="list-style-type: none"> - 원격탐사기반 상시 모니터링 시스템 - 육상기인 ML의 유입량 및 추세 평가 - 해상기인 ML의 유입량 및 추세 평가 - 지역별 ML 유입량 분포 지도제작 기술 - 국내 연안 유입 ML의 D/B 구축 및 오염지도 - ML의 유입량 평가 모형 개선 										
기술개발 필요성	육상 및 해양으로부터 국내 연안으로 유입되는 ML의 종류와 양에 대한 과학적 평가자료의 미흡으로 해양환경으로의 ML 유입 저감 정책수립 및 저감 효과를 평가할 수 없는 문제 발생										
기술개발 목표	- 1단계에서 개발된 ML의 유입량 평가 기술, 평가지표 및 평가모형을 기반으로 육상 및 해양으로부터 우리나라 연근해로 유입되는 ML의 종류와 총량을 측정, 조사 및 평가함										
기술개발 범위 및 내용	<ul style="list-style-type: none"> - 원격탐사 기반으로 육상으로부터 해양으로 유입되는 ML을 상시 모니터링 할 수 있는 시스템의 구축 - 지역별로 ML의 유입량 오염지도 제작기술 개발 - 국가하천 및 해변 활동으로 통해 연안으로 유입되는 ML의 유입량 평가 - 선박, 양식장, 해안시설 및 외국으로부터 우리나라 연근해로 유입되는 ML의 양의 평가 - ML의 유입량 평가 모형의 개선 - ML의 국내연안 유입량에 대한 D/B 구축 및 오염지도 작성 										
최종 성과물	<ul style="list-style-type: none"> - 원격탐사 기반 ML 유입 상시모니터링 시스템 - 주요 유입원별 ML의 유입량 D/B 및 오염지도 										
기대효과 / 활용 방안	<ul style="list-style-type: none"> - ML의 유입 저감대책의 효과를 평가를 통한 ML의 효율적 관리 강화 - ML의 국내연안 유입관리의 선진화 - 전지구적인 ML 저감에 기여 										
세부기술연차별 소요 예산 [국고]											
연차	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	합계
예산 (백만원)						900	800	800	600	600	3,700

(2) 핵심세부과제: 해양쓰레기 현존량 평가

대분류	해양환경기술										
중분류	해양쓰레기 오염대응 기술 개발										
소분류 (핵심기술)	ML 현존량 평가										
세부기술명	<ul style="list-style-type: none"> - 국내 해안 표착 ML의 현존량 및 오염 추세 평가 - 국내 해상 부유 ML의 현존량 및 오염 추세 평가 - 국내 해저 침적 ML의 현존량 및 오염 추세 평가 - ML의 수렴 및 발산역 평가 - 지역별 ML 현존량 분포 지도제작 기술 - 국내 연안 현존 ML의 D/B 구축 및 오염지도 작성 - 국내 연안 ML의 현존량 평가 모형 개선 - ML의 유입량 및 현존량 평가 통합 모형 개발 - ML의 유입량 및 현존량 평가 통합 모형 개발 										
기술개발 필요성	국내 해안 표착, 해상 부유 및 해저 침적 ML의 종류와 양에 대한 과학적 평가자료의 미흡으로 해양환경 중에 현존하는 ML 제거 및 처리 정책수립 및 저감 효과를 평가할 수 없는 문제 발생										
기술개발 목표	- 1단계에서 개발된 ML의 현존량 평가 기술, 평가지표 및 평가모형을 기반으로 국내 해안표착, 해상부유 및 해저침적 ML의 종류와 총량을 측정, 조사 및 평가함										
기술개발 범위 및 내용	<ul style="list-style-type: none"> - 국내 주요 해안별 표착 ML의 시공간 분포 파악 및 현존량 평가 - 국내 주요 연안의 해상 부유 ML의 시공간 분포 파악 및 현존량 평가 - 국내 주요 안안의 해저 침적 ML의 시공간 분포 파악 및 현존량 평가 - 국내 해안 및 연안의 현존 ML의 D/B 및 오염지도 제작 - 국내 연안의 ML의 현존량 평가 모형의 개선 - 국내 연안 ML의 유입량 및 현존량 평가 통합모형 개발 										
최종 성과물	<ul style="list-style-type: none"> - 해안표착, 해상부유 및 해저침적 ML의 현존량 D/B 및 오염지도 - 국내연안 유입 및 현존 ML의 통합평가 모형 										
기대효과 / 활용 방안	<ul style="list-style-type: none"> - 국내 연안에 현존하는 ML의 저감대책의 효과를 평가를 통한 ML의 효율적 관리 강화 - 국내 연안 ML 오염관리의 선진화 - 전지구적인 ML 저감에 기여 										
세부기술연차별 소요 예산 [국고]											
연차	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	합계
예산 (백만원)						1,000	1,100	900	800	700	4,500

2. 미세플라스틱의 오염 및 생물독성 평가

가. 중점과제: 미세플라스틱(MP) 오염 평가 지표 개발

대분류	해양환경기술	
중분류	해양쓰레기 오염 대응기술 개발	
핵심기술명	미세플라스틱(MP) 오염 평가 기법 개발	
기술정의	해양환경에서 MP 오염을 정성적·정량적으로 평가하고, MP 오염이 해양생태계에 미치는 영향을 평가할 수 있는 기술	
기술트리 (요소기술) 세부기술명	<ul style="list-style-type: none"> - MP 시료채취 및 현장 조사기법 개발 - MP 식별 및 정량평가 기술 개발 - MP 풍화특성 연구 - MP 미세화 기작 규명 - MP 흡착/침가 오염물질 평가 기술 개발 - MP 생체축적 및 생물독성 평가기술 개발 	
단계별 연구개발 목표(2023년까지)		
단계(연도)	1단계(2014~2018)	2단계(2019~2023)
연구개발 목 표	○ 해양에서 MP 오염과 영향을 정성적, 정량적으로 평가하기 위한 지표의 개발 및 검증	
단계별 산출물	<ul style="list-style-type: none"> ○ 해안/부유/침적 MP 시료 채취 기술 ○ 극미세 MP 분리 및 농축 기술 ○ 현장 조사기법 표준화 ○ MP 식별 및 재질판별 기술 ○ MP 정량평가 기술 ○ 물리/화학적 풍화 평가 지표 및 시스템 구축 ○ 미세화 평가 시스템 구축 및 반감기 산정 ○ MP 흡착/침가 오염물질 분석기술 및 흡/탈착 평가 기술 ○ MP의 생물축적 평가지표 확립 ○ MP의 생물독성 평가지표 확립 	
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ MP에 의한 연안환경 오염평가를 위한 요소기술의 확보 ○ MP의 국제 해양환경이슈 해결에 기여 및 대응 	
기술확보 (획득)전략	<ul style="list-style-type: none"> ○ 제2차 해양쓰레기 관리기본계획과 연계하여 수행 ○ 국가연구개발사업으로 기술개발 	
소요예산	44억원	
관련 법규/계획	해양환경관리법 제24조, 해양환경종합계획(2011-2020), 제1차 해양쓰레기관리 기본계획(2009-2013), MTRM2020	

(1) 핵심세부과제: 미세플라스틱(MP) 오염평가 기법 개발

대분류	해양환경기술										
중분류	해양쓰레기 오염대응 기술 개발										
소분류 (핵심기술)	MP 오염 평가 기법 개발										
세부기술명	<ul style="list-style-type: none"> - MP 시료채취 기술 개발 - 극미세 MP 분리기술 및 농축기술 개발 - 현장 조사기법 표준화 - MP 식별 및 재질판별 기술 개발 - MP 정량평가 기술 개발 										
기술개발 필요성	<ul style="list-style-type: none"> - 플라스틱의 대량 생산과 사용에 따라 해양으로의 유입량이 급증해 왔으나 해양 환경 중 플라스틱 해양쓰레기의 궁극적 거동에 대한 지식 전무 - 선진국을 중심으로 해변, 수층, 퇴적층 등에서 MP의 출현이 보고되고 있으나, 세계적으로 MP 환경자료가 아직까지 상당히 제한적인 수준. 우리나라의 경우 MP의 분포와 현존량 데이터마저 구축되지 않은 실정. - 현재까지 세계적으로 표준화된 모니터링 프로토콜 부재하며, 시료채취 기법, 정성, 정량기술 등을 도출하는 단계에 있음. - 2008년 이후 MP 오염문제가 글로벌 해양환경 이슈로 급부상되고 있는 추세로 신생 국제환경 이슈에 대한 우리나라의 신속한 대응 필요 										
기술개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> - 해양환경에서 MP를 채집, 식별, 정성·정량평가 할 수 있는 요소 기술 개발 및 현장 조사기법 표준화 										
기술개발 범위 및 내용	<ul style="list-style-type: none"> - MP 재질별 비중에 따른 샘플링 기술 개발 - 모래, 해수, 퇴적물 입자로부터 MP를 식별해 내기 위한 자연물 및 방해물질 제거 기술 개발 - 퇴적물, 해수 등 환경시료에서 중 극미세 MP를 분리하고 측정 한계치를 극복하기 위한 농축 기술의 개발 - MP의 신속 정량기술 개발 - 해안타입별, 매질별, 재질별 MP 시료 채취 기법 확립 - 전국 연안해역 MP 오염평가를 위한 현장조사 기법 표준화 - MP의 재질 분석 기술 개발 - MP의 정량평가 기술 개발 										
최종 성과물	<ul style="list-style-type: none"> - MP 오염 평가 지표 확립 										
기대효과 / 활용 방안	<ul style="list-style-type: none"> - MP 오염을 정성·정량적으로 평가하기 위한 수단 확보 - 국제사회의 MP 전지구적 오염평가에 활용 - 국제적 해양환경 이슈에 선진적으로 대응 - 해양쓰레기 오염 관리를 위한 근거자료 확보 										
세부기술연차별 소요 예산 [국고]											
연차	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	합계
예산 (백만원)	200	200	200	300	300						1,200

(2) 핵심세부과제: 미세플라스틱(MP) 풍화 및 분해 기작 규명

대분류	해양환경기술										
중분류	해양쓰레기 오염대응 기술 개발										
소분류 (핵심기술)	MP 풍화 및 분해 기작 규명										
세부기술명	<ul style="list-style-type: none"> - 물리·화학적 표면특성 변화 연구 - 환경 조건별 풍화특성 평가시스템 구축 - 미세화 기작 규명: 환경조건/재질별/첨가제 - 플라스틱 해양쓰레기의 반감기 산정 										
기술개발 필요성	해양환경에서 해양쓰레기의 장기적 거동과 그 영향을 규명하기 위해서는 해양환경에서 플라스틱 입자의 풍화와 분해에 대한 이해가 우선적으로 필요하나 이에 대해 거의 밝혀진 바 없음										
기술개발 목표	해양쓰레기의 풍화와 미세 정도를 평가하고 프로세스를 규명할 수 있는 지표 개발 및 평가시스템 구축										
기술개발 범위 및 내용	<ul style="list-style-type: none"> - FTIR Spectroscopy, SEM, AFM, TOF-SIMS 등을 활용한 물리적, 화학적 풍화도 측정기술 개발 - 물리적, 화학적 환경조건별 풍화 특성 평가 시스템 구축 - MP 풍화 시뮬레이션 - 환경조건, 폴리머 재질, 제품군, 첨가제별 미세화 특성 및 기작 규명 - 반감기 산정 - Monomer, dimer 분석기술 확립 - 물리·화학적 Aging 지표 개발 										
최종 성과물	- MP 풍화도 및 미세화 평가 지표 확립										
기대효과 / 활용 방안	<ul style="list-style-type: none"> - 해양환경에서 해양쓰레기의 장기적 거동을 규명하기 위한 수단 확보 - 해양쓰레기의 분해 반감기 규명을 통한 해양잔존 기간 산정 - 국제적 해양환경 이슈에 선진적으로 대응 - 해양쓰레기 오염 관리를 위한 근거자료 확보 										
세부기술연차별 소요 예산 [국고]											
연차	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	합계
예산 (백만원)	200	200	200	200	200						1,000

(3) 핵심세부과제: 미세플라스틱(MP) 흡착 및 첨가 오염물질 영향 평가

대분류	해양환경기술										
중분류	해양쓰레기 오염대응 기술 개발										
소분류 (핵심기술)	MP 흡착/첨가 오염물질 영향 평가										
세부기술명	<ul style="list-style-type: none"> - MP 흡착/첨가 오염물질 분석 기술 개발 - MP 흡착 오염물질 분배특성 연구 - MP 첨가 오염물질 용출특성 연구 - MP 생물 축적 평가법 개발 - MP 생물 독성 평가법 개발 - MP 매개 오염물질 생물축적 및 독성 영향 연구 										
기술개발 필요성	<ul style="list-style-type: none"> - 플라스틱 해양쓰레기는 제조시 첨가되는 수많은 화학 첨가물과 해수에서 흡착한 독성 오염물질을 다량 포함하고 있으나, 해양환경에서 오염물질의 흡/탈착 특성과 생물전이에 대한 정보 부재 - MP 오염으로 인한 생물학적 영향을 과학적이고 효율적으로 평가하기 위한 평가 기술 부재 										
기술개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> - MP 생물축적과 MP 흡착/첨가 오염물질이 해양생태계에 미치는 영향을 평가하기 위한 평가지표 개발 										
기술개발 범위 및 내용	<ul style="list-style-type: none"> - MP 흡착/첨가 오염물질의 정성 및 정량 분석 기술 확립: 추출기술, 정제기술, 기기분석 기술 - 재질별 단량체 분석기술 개발 - MP 흡착 오염물질의 분배계수 측정법 개발 및 MP 분배특성 평가 - MP 첨가제 용출시험법 개발 및 첨가제별 용출 특성 평가 - 재질별, 크기별 MP 생물축적 특성 평가 - MP 생물축적 및 독성영향 평가를 위한 지표 생물종 선정 - MP 생물 독성평가를 위한 생리생태적, 분자생물학적 지표 개발 및 종말점 설정 - MP 매개 오염물질 생물축적, 먹이망을 통한 확대 및 독성영향 연구 										
최종 성과물	<ul style="list-style-type: none"> - MP 흡착/첨가 오염물질 환경거동과 MP 생물축적에 따른 독성영향 평가 지표 확립 										
기대효과 / 활용 방안	<ul style="list-style-type: none"> - MP에 의한 해양생태계 위해성을 평가하기 위한 수단 확보 - MP 오염의 심각성 규명 - 국제적 해양환경 이슈에 선진적으로 대응 - 해양쓰레기 오염 관리를 위한 근거자료 확보 										
세부기술연차별 소요 예산 [국고]											
연차	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	합계
예산 (백만원)	400	400	400	500	500						2,200

나. 중점과제: 미세플라스틱(MP)의 해양생태계 위해성평가

대분류	해양환경기술	
중분류	해양쓰레기 오염 대응기술 개발	
핵심기술명	MP의 생태위해성평가	
기술정의	1단계 개발된 기술, 지표 및 모형을 이용하여 국내연안의 MP의 오염현황과 추세를 평가하고 해양생태계에 미치는 위해성을 평가	
기술트리 (요소기술) 세부기술명	<ul style="list-style-type: none"> - 해안/부유/침적 MP 현존량 및 추세평가 - MP 유입원 및 유입경로 평가 - 현장 MP 풍화도 평가 - 현장 MP 미세화 평가 - 국내 연안 MP 흡착/침가 오염물질 오염평가 및 노출경로 규명 - MP 흡착/침가 오염물질 및 MP 생체축적에 따른 해양생물 영향 평가 - MP에 의한 해양생태계 위해성 평가 	
단계별 연구개발 목표(2023년까지)		
단계(연도)	1단계(2014~2018)	2단계(2019~2023)
연구개발 목 표		○ 국내 연안 MP의 오염현황과 해양쓰레기 의 미세화 수준 진단 및 해양생태계에 미치는 위해성 평가
단계별 산출물		<ul style="list-style-type: none"> ○ 해안, 부유, 침적 MP의 오염지도 및 현존량 평가 자료 ○ 국내 연안 MP 풍화도 및 미세화 현황 자료 ○ 국내 연안 MP 흡착/침가 오염물질의 주 요 오염원 및 노출경로 규명 ○ 국내 해양생물의 MP 축적 여부 및 먹이 망을 통한 생물전이 여부 규명 ○ MP 생물축적 및 오염물질 전이에 따 른 해양생물 위해영향 규명 ○ MP에 의한 해양생태계 위해성 평가
기대효과		<ul style="list-style-type: none"> ○ MP의 연안환경 오염을 평가자료 확보 ○ 국내 해양쓰레기 관리 정책 수립에 기여 ○ MP의 국제 해양환경이슈 해결에 기 여 및 대응
기술확보 (획득)전략		<ul style="list-style-type: none"> ○ 제3차 해양쓰레기 관리기본계획과 연계하여 수행 ○ 국가연구개발사업으로 기술개발
소요예산		46억원
관련 법규/계획	해양환경관리법 제24조, 해양환경종합계획(2011-2020), 제1차 해양쓰레기관리 기본계획(2009-2013), MTRM2020	

(1) 핵심세부과제: 미세플라스틱(MP) 오염 평가

대분류	해양환경기술										
중분류	해양쓰레기 오염대응 기술 개발										
소분류 (핵심기술)	MP 오염 평가										
세부기술명	<ul style="list-style-type: none"> - 국내 연안 부유 MP 분포 평가 - 국내 해안 표착 MP 분포 평가 - 국내 해저 침적 MP 분포 평가 - 국내 연안 MP 오염 모니터링 시스템 구축 - 국내 연안 MP 오염 추세 평가 - MP 주요 유입원 및 경로 평가 										
기술개발 필요성	국내 해안 표착, 해상 부유 및 해저 침적 MP의 종류와 양에 대한 과학적 평가자료의 미흡으로 MP 오염의 관리와 관련 정책을 수립하기 어려움										
기술개발 목표	- 1단계에서 개발된 MP 오염 평가기술과 평가지표를 기반으로 국내 해안 표착, 해상 부유 및 해저 침적 MP의 종류와 총량을 측정하고 오염추세를 평가함										
기술개발 범위 및 내용	<ul style="list-style-type: none"> - 국내 연안 표착/부유/침적 MP 모니터링을 통한 MP 오염 자료 획득 - 해안타입과 물리적 조건에 따른 MP 공간 분포 분석 - GIS mapping을 통한 오염지도 작성 - 국내 연안 MP 오염 모니터링 시스템 개발 - MP 오염 추세분석 - 하천, 하수처리장, 해양투기, 외국기인 등 MP의 잠재적 유입원 및 유입경로 평가 - MP 배출량/부하량 산정 기술 개발 										
최종 성과물	<ul style="list-style-type: none"> - 국내 연안 MP 오염지도 작성 - 국내 연안 MP 오염 모니터링 시스템 구축 										
기대효과 / 활용 방안	<ul style="list-style-type: none"> - 국제사회의 MP 전지구적 오염평가에 기초자료 제공 - 국제 해양쓰레기 관련 협약 대응 자료로 활용 - 해양쓰레기 오염 관리를 위한 근거자료 확보 - MP에 의한 오염의 수준과 심각성 규명 - 효율적인 MP 오염 모니터링 방안 마련 										
세부기술연차별 소요 예산 [국고]											
연차	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	합계
예산 (백만원)						400	300	300	300	300	1,600

(2) 핵심세부과제: 미세플라스틱(MP) 환경거동 평가

대분류	해양환경기술										
중분류	해양쓰레기 오염대응 기술 개발										
소분류 (핵심기술)	MP 환경거동 평가										
세부기술명	<ul style="list-style-type: none"> - 현장 MP 풍화도 평가 - 현장 MP 미세화 평가 - 현장 MP 주요 생성경로와 메커니즘 규명 - 풍화/미세화가 MP 흡착/침가 오염물질 거동에 미치는 영향 연구 - MP 거동모형 개발 										
기술개발 필요성	현재까지 해양쓰레기 연구는 분포와 밀도를 밝히는데 집중되어 있으며, 해양에서 플라스틱의 잔류시간과 분해여부에 대한 과학적 자료 미흡으로 해양쓰레기가 환경에 미치는 영향을 규정하고 위해성을 평가하는데 어려움이 있음										
기술개발 목표	- 1단계에서 개발된 MP의 풍화/미세화 지표를 기반으로 국내 연안 MP의 풍화도와 미세화를 평가하고 풍화/미세화에 따른 MP의 거동기작을 규명함										
기술개발 범위 및 내용	<ul style="list-style-type: none"> - 해안타입별, 폴리머 재질별 현장 MP의 풍화도 평가 - 해안타입별, 폴리머 재질별 현장 MP의 미세화 평가 - 환경요인과의 관계성 분석 - 풍화에 따른 MP의 거동 평가 - MP 크기 변화에 따른 거동 평가 - 풍화/미세화에 따른 MP 흡착/침가 오염물질의 흡/탈착 특성 평가 - 현장 MP의 Aging 추정 - 풍화/미세화를 고려한 MP 거동모형 개발 										
최종 성과물	<ul style="list-style-type: none"> - 국내 연안 MP의 풍화도, 미세화 측정 데이터 - MP 거동모형 										
기대효과 / 활용 방안	<ul style="list-style-type: none"> - 국내 연안환경의 MP 오염 평가자료 확보 - 해양환경에서 해양쓰레기의 장기적 거동 해석에 활용 - MP의 국제 해양환경이슈 해결에 기여 및 대응 - 해양쓰레기 관리 정책 수립에 기초자료로 활용 										
세부기술연차별 소요 예산 [국고]											
연차	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	합계
예산 (백만원)						300	200	200	200	200	1,100

(3) 핵심세부과제: 미세플라스틱(MP) 생태독성 평가

대분류	해양환경기술										
중분류	해양쓰레기 오염대응 기술 개발										
소분류 (핵심기술)	MP 생태독성평가										
세부기술명	<ul style="list-style-type: none"> - 국내 연안 MP 흡착/침가 오염물질 오염 평가 - MP 흡착/침가 오염물질 노출경로 규명 - MP의 역할을 고려한 오염물질 다매체 거동모형 개발 - 해양생물 MP 축적 현황 모니터링 - MP 생체축적에 따른 해양생물 영향 평가 - MP 흡착/침가 오염물질 축적에 따른 해양생물 영향 평가 - MP에 의한 해양생태계 위해성 평가 										
기술개발 필요성	<ul style="list-style-type: none"> - MP를 통한 유해화학물질 환경오염과 생물 독성영향에 대한 과학적 평가자료 미흡으로 인한 해양생태계 보호를 위한 해양쓰레기 관리 정책 수립의 어려움 										
기술개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> - 1단계에서 개발된 MP 생체축적과 MP 흡착/침가 오염물질 평가기술과 지표를 기반으로 해양생물의 MP 축적 실태과 이에 따른 생태위해성을 평가함 										
기술개발 범위 및 내용	<ul style="list-style-type: none"> - 국내 연안 MP 흡착 오염물질 모니터링 - 국내 연안 MP의 플라스틱 첨가제 오염 평가 - MP를 통한 오염물질의 해양환경 오염 기여도 평가 및 노출경로 규명 - MP의 역할을 고려한 오염물질 다매체 거동모형 개발 및 모형 개선을 위한 모니터링 - 국내 연안 무척추동물/어류/바닷새의 MP 생체축적 평가 - MP 생체축적에 따른 국내연안 해양생물의 독성영향 현장 평가 - MP를 통한 오염물질의 생물전이 및 먹이망을 통한 생물확대 평가 - MP에 의한 해양생태계 위해성 평가 										
최종 성과물	<ul style="list-style-type: none"> - 국내 연안의 MP 흡착/침가 오염물질 D/B 및 오염지도 - MP 오염물질 관리를 위한 주요 관리대상 플라스틱 해양쓰레기 목록 - MP 오염물질 다매체 거동 모형 - MP 생물 독성 영향 현장 D/B - MP 생체축적 모형 - MP 생태위해성평가 										
기대효과 / 활용 방안	<ul style="list-style-type: none"> - 국내 연안환경의 MP 오염 평가자료 확보 - MP의 국제 해양환경이슈 해결에 기여 및 대응 - 해양쓰레기 관리대책의 선진화에 기여 - MP 오염으로부터 연안환경 및 해양생물 보호 										
세부기술연차별 소요 예산 [국고]											
연차	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	합계
예산 (백만원)						500	500	300	300	300	1,900

3. 해양쓰레기의 환경적 및 경제적 영향 평가

가. 중점과제: 해양쓰레기의 환경적 및 경제적 영향평가 지표개발

대분류	해양환경기술	
중분류	해양쓰레기 오염 대응기술 개발	
핵심기술명	ML의 환경적/경제적 영향 평가 지표개발	
기술정의	ML에 의한 피해를 분야별로 평가하는 기술 및 경제적 계량화 기술	
기술트리 (요소기술) 세부기술명	<ul style="list-style-type: none"> - ML 얽힘 및 섭식에 의한 생물위해 영향평가기술 - ML 부착/서식 이동생물 판별기술 - ML에 의한 생태계 및 해양산업 경제적 피해 평가 기술 	
단계별 연구개발 목표(2023년까지)		
단계(연도)	1단계(2014~2018)	2단계(2019~2023)
연구개발 목 표	<ul style="list-style-type: none"> ○ ML 얽힘/섭식, 부착생물 이동 영향, 생태/경제적 피해 평가기법 및 지표 개발 	
단계별 산출물	<ul style="list-style-type: none"> ○ ML의 얽힘/섭식 영향평가 주요 지표종 목록 및 표준 평가기법 ○ 정착가능 외래종 목록 ○ 생태계 및 주요 산업별 피해 평가 기법 및 지표 	
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 효율적 모니터링 및 평가를 위한 우선조사 대상종 및 조사범위 파악 ○ ML 관리에서 피해저감목표 수립의 근거자료 및 평가수단 확보 	
기술확보 (획득)전략	<ul style="list-style-type: none"> ○ 전문가 네트워크를 이용한 피해사례수집 ○ 범국가적 중 동정 가용 DB를 활용하여 추진 ○ 융합학문적 접근으로 광범위 전문가 풀 확보 	
소요예산	55억원	
관련 법규/계획	해양환경관리법 제24조, 해양환경종합계획(2011-2020), 제1차 해양쓰레기관리 기본계획(2009-2013), MTRM2020	

(1) 핵심세부과제: 해양쓰레기의 얽힘에 의한 생물 위해영향평가기법 개발

대분류	해양환경기술										
중분류	해양쓰레기 오염대응 기술 개발										
소분류 (핵심기술)	ML의 얽힘에 의한 생물 위해영향평가기법 개발										
세부기술명	<ul style="list-style-type: none"> - ML얽힘 영향평가 피해 생물종 목록 작성 - 서식처별 및 생물종별 ML 얽힘 영향평가 지표 개발 - Ghost fishing 조사기법 구축 										
기술개발 필요성	<ul style="list-style-type: none"> - 전세계적으로 ML의 얽힘에 대한 생물영향 평가기법 개발은 매우 부진 하며, 종별/서식처별 특성에 따른 평가지표의 개발은 미흡한 실정. - ML의 얽힘 생물영향을 과학적으로 평가함으로써 체계적 관리방안 및 저감효과 마련에 활용될 수 있는 표준화 기법 및 지표 개발이 시급함 										
기술개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> - ML 얽힘에 의한 생물의 종별/서식처별 우선 평가대상의 목록을 작성하고 국내 연근해 생물의 서식처 및 종별 얽힘 영향평가지표 개발 										
기술개발 범위 및 내용	<ul style="list-style-type: none"> - ML 얽힘 영향 피해생물종에 대한 문헌조사 및 현장자료 수집 - ML 얽힘 영향 피해생물종 목록 작성 - 서식처별 생물종별 ML 얽힘 평가 기법 개발 - ML 얽힘 영향 및 Ghost fishing을 평가할 수 있는 조사기법을 구축 및 표준화 										
최종 성과물	<ul style="list-style-type: none"> - ML 얽힘 영향평가 지표종 선정 및 평가기법의 표준화 										
기대효과 / 활용 방안	<ul style="list-style-type: none"> - ML 얽힘 영향에 대한 피해 생물종 리스트 확보 - ML 얽힘 서식처 및 생물종별 영향 평가기법 마련 및 표준화 - ML 얽힘/Ghost fishing 영향에 대한 효율적 관리기준으로 활용 										
세부기술연차별 소요 예산 [국고]											
연차	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	합계
예산 (백만원)	300	300	300	400	400						1,700

(2) 핵심세부과제: 해양쓰레기의 섭식에 의한 생물 위해영향평가기법 개발

대분류	해양환경기술										
중분류	해양쓰레기 오염대응 기술 개발										
소분류 (핵심기술)	ML의 섭식에 의한 생물 위해영향평가기법 개발										
세부기술명	<ul style="list-style-type: none"> - ML 섭식영향평가 피해 생물종 목록 작성 - 서식처별 및 생물종별 ML 섭식 영향평가지표 개발 										
기술개발 필요성	<ul style="list-style-type: none"> - 생물의 ML 섭식으로 인한 물리적·화학적 영향에 기반을 기법개발이나 생물 종별/서식처별 특성에 따른 평가지표의 개발은 국·내외적으로 매우 미흡한 실정. - ML 섭식으로 인한 생물영향을 체계적으로 평가할 수 있는 기법을 개발/표준화한 관리방안 수립의 근거자료가 시급함 										
기술개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> - ML 섭식에 의한 생물의 종별/서식처별 우선 평가대상의 목록을 작성하고 국내 연근해 생물의 서식처 및 종별 섭식영향 평가지표를 개발 										
기술개발 범위 및 내용	<ul style="list-style-type: none"> - ML 섭식 영향 피해생물종에 대한 문헌조사 및 현장자료 수집 - ML 섭식 영향 피해생물종 목록 작성 - 서식처별 생물종별 ML 섭식 평가 기법 개발 - ML 섭식 영향을 평가할 수 있는 조사기법을 구축하고 이를 표준화 - 주요 생물종 생애주기에 따른 피해의 원인, 상호작용 규명 										
최종 성과물	<ul style="list-style-type: none"> - ML 섭식 영향평가 지표중 선정 및 평가기법의 표준화 										
기대효과 / 활용 방안	<ul style="list-style-type: none"> - ML 섭식 영향에 대한 피해 생물종 리스트 확보 - ML 섭식 서식처 및 생물종별 영향 평가기법 마련 및 표준화 - ML 섭식 영향에 대한 효율적 관리기준으로 활용 										
세부기술연차별 소요 예산 [국고]											
연차	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	합계
예산 (백만원)	400	400	500	500	500						2,300

(3) 핵심세부과제: 해양쓰레기의 부착 및 서식 이동생물 판별기술 개발

대분류	해양환경기술										
중분류	해양쓰레기 오염대응 기술 개발										
소분류 (핵심기술)	ML 부착 및 서식 이동생물 판별기술 개발										
세부기술명	<ul style="list-style-type: none"> - ML 부착/서식 생물종 동정/탐지기법 개발 - 기질별 ML 부착/서식 생물종 목록 작성 - ML 부착/서식 외래종 유입판별 기법 개발 										
기술개발 필요성	<ul style="list-style-type: none"> - ML 기질별 부착/서식하는 생물들과 그 분포특성에 관한 조사 사례는 국내에서는 전무한 실정이며, 그 생물들의 확산영향에 대한 가능성 조차 시도되지 않은 분야임 - ML 기질별 표면특성은 노출시간과 함께 부착/서식 생물의 특성을 결정하는 주요한 요인이며, 그에 따른 부착/서식 생물의 판별기법 및 새로운 벡터를 통한 외래종 유무 판별의 가능성이 될 수 있음 										
기술개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> - ML 기질특성별 부착/서식 생물종 판별기법 개발 및 목록화 - ML 부착/서식 기인 외래종 유입결정 기법 개발 										
기술개발 범위 및 내용	<ul style="list-style-type: none"> - 부유 ML 및 섬 표착 ML 부착/서식 대형 생물종 판별기법 개발 - 부유 미세 ML 부착/서식 미소생물 전처리/판별 기법 개발 - 개발된 기법을 통한 ML 부착/서식 대형/미소 생물 서식처 맵핑 - ML 부착/서식 대형/미소 생물의 이탈시 새로운 환경 적응능 조사 - 주요 생물 종의 부유쓰레기를 통한 새로운 환경 이동 및 확대연구 - 부유 플랑크톤 그룹의 기존 정의(중생성과 일시성)에 추가 가능성 재정립 연구 										
최종 성과물	<ul style="list-style-type: none"> - 정착가능 외래종 목록 작성 										
기대효과 / 활용 방안	<ul style="list-style-type: none"> - ML 부착/서식 생물종 유발 외래종 저감 방안 마련에 활용가능 - 국내 연안 부유생물 종 목록 작성에 새로운 패러다임 제시가능 - 한번 조사로 ML과 부착생물의 동시채집으로 해양환경 이해 효율증가 										
세부기술연차별 소요 예산 [국고]											
연차	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	합계
예산 (백만원)	200	200	200	200	200						1,000

(4) 핵심세부과제: 해양쓰레기의 경제적 영향 평가 방법론 개발

대분류	해양환경기술										
중분류	해양쓰레기 오염대응 기술 개발										
소분류 (핵심기술)	ML의 경제적 영향 평가 방법론 개발										
세부기술명	<ul style="list-style-type: none"> - 평가지표와 경제적 피해 인과관계분석 - 생물종/서식지 영향평가지표 경제적 계량화 방법 개발 - 해양산업별 경제적 영향 계량화 방법 개발 										
기술개발 필요성	<ul style="list-style-type: none"> - ML의 관리는 양과 영향을 저감하는 데 집중하지는 것이 세계적인 추세임 - ML의 피해가 광범위하게 발생하며 심각하다고 알려진 반면 그에 대한 계량화된 평가방법은 세계적으로도 연구가 제한되어 있음 - ML의 영향 저감 목표수립의 근거 마련, 정책수단 채택, 이행성과 평가를 위해서는 ML의 영향을 과학적, 객관적으로 측정할 수 있는 평가기법과 지표가 필요함 										
기술개발 목 표	<ul style="list-style-type: none"> - 우리나라가 겪는 ML로 인한 광범위한 피해를 생태계 및 주요 해양산업별로, 생태경제학적 및 경제학적으로 평가할 수 있는 방법과 지표를 개발함 										
기술개발 범위 및 내용	<ul style="list-style-type: none"> - 폐어구에 의한 유령어업 피해, 수산물 훼손과 오염에 따른 생산비, 양식어구 관리비 증가 등의 수산업 및 양식업 피해 평가방법 개발(폐어구를 여기로 가져왔습니다) - 선박 및 장비 훼손, 항해 중 안전사고 피해 등 해운업 피해 평가방법개발 - 상시 수거 및 유지관리 비용 증가, 관광객 회피로 인한 경제손실 등 관광업 피해 평가 방법 개발 										
최 중 성과물	<ul style="list-style-type: none"> - ML피해에 대한 생태경제학적 및 경제학적 계량화 방법 및 평가 지표 										
기대효과 / 활용 방안	<ul style="list-style-type: none"> - ML의 해양산업별 영향 저감의 정량적 목표수립 근거 마련, 목표를 달성하기 위한 정책수단 채택 및 이행성과 평가를 위한 기준으로 활용 										
세부기술연차별 소요 예산 [국고]											
연차	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	합계
예산 (백만원)	100	100	100	100	100						500

나. 중점과제: 해양쓰레기의 환경적 및 경제적 영향평가

대분류	해양환경기술	
중분류	해양쓰레기 오염 대응기술 개발	
핵심기술명	ML의 환경적 및 경제적 영향 평가	
기술정의	1단계 개발된 기술을 이용하여 ML에 의한 분야별 피해 평가	
기술트리 (요소기술) 세부기술명	<ul style="list-style-type: none"> - ML의 얽힘/섭식에 의한 생물위해 영향 평가 - ML 부착/서식 이동 생물에 의한 영향 평가 - ML에 의한 생태계 및 주요 해양산업의 경제적 피해 평가 	
단계별 연구개발 목표(2023년까지)		
단계(연도)	1단계(2014~2018)	2단계(2019~2023)
연구개발 목 표		<ul style="list-style-type: none"> ○ 주요 지표종 및 서식지에 대한 ML 우심해역 모니터링 및 평가 ○ 경제적 피해 평가로 정량적 피해실태 진단
단계별 산출물		<ul style="list-style-type: none"> ○ ML의 얽힘/섭식 생물영향 DB ○ ML 부착/서식 외래종 관리지표 ○ 생태계 및 주요 산업별 경제적 피해 평가 자료
기대효과		<ul style="list-style-type: none"> ○ 생물피해 및 생태계교란 효율적 저감을 위한 관리 기초자료로 활용 ○ 경제피해 저감을 위한 측정 가능한 관리목표 수립과 관리수단 선정에 기여
기술확보 (획득)전략		<ul style="list-style-type: none"> ○ ML 이동/예측분야와 연계하여 추진 ○ MP 독성평가 분야와 연계하여 추진 ○ 국가 정책개발 및 장기 모니터링 사업과 연계
소요예산		59억원
관련 법규/계획	해양환경관리법 제24조, 해양환경종합계획(2011-2020), 제1차 해양쓰레기관리 기본계획(2009-2013), MTRM2020	

(1) 핵심세부과제: 해양쓰레기의 얽힘에 의한 생물 위해영향평가

대분류	해양환경기술										
중분류	해양쓰레기 오염대응 기술 개발										
소분류 (핵심기술)	ML의 얽힘에 의한 생물 위해영향평가										
세부기술명	<ul style="list-style-type: none"> - 지표종에 대한 ML얽힘 모니터링 및 위해영향 - 생물종 생애주기에 따른 피해원인/상호작용 규명 										
기술개발 필요성	<ul style="list-style-type: none"> - 국내 연안을 대상으로 표준화된 평가기법을 활용하여 ML의 얽힘으로 인한 생물 영향을 체계적으로 모니터링한 사례는 거의 없으며, 생물종 생애주기에 따른 피해원인/상호작용 규명에 대한 결과 또한 미흡한 실정 - 표준화된 기법을 활용한 ML의 얽힘 영향의 체계적인 관리방안 마련에 가용한 국내 DB 가 절실함 										
기술개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> - 종별/서식처별 우선 얽힘 영향 평가 생물종 목록을 활용하여 국내 연근해 생물의 서식처 및 종별 얽힘 위해영향 평가 										
기술개발 범위 및 내용	<ul style="list-style-type: none"> - ML 얽힘 영향 우선 조사대상 생물종 선정 - 표준화 기법을 활용하여 ML 얽힘 영향 피해 지역의 서식처/생물종별 위해영향 모니터링 - 조사 해역별/서식처별/생물종별 ML 얽힘 영향 DB 작성 - 주요 생물 종 생애주기에 따른 피해의 원인, 상호작용 규명 										
최종 성과물	<ul style="list-style-type: none"> - ML 얽힘 위해영향관리 지표 개발 										
기대효과 / 활용 방안	<ul style="list-style-type: none"> - 국내연안의 ML 얽힘으로 인한 서식처/생물종별 위해 영향 DB 확보 - ML 얽힘/Ghost fishing 영향에 대한 효율적 관리방안 및 저감효과 마련에 활용가능 										
세부기술연차별 소요 예산 [국고]											
연차	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	합계
예산 (백만원)						400	400	300	300	300	1,700

(2) 핵심세부과제: 해양쓰레기의 섭식에 의한 생물 위해영향평가

대분류	해양환경기술										
중분류	해양쓰레기 오염대응 기술 개발										
소분류 (핵심기술)	ML의 섭식에 의한 생물 위해영향평가										
세부기술명	<ul style="list-style-type: none"> - 지표종에 대한 ML섭식 모니터링 및 위해영향 - 생물종 생애주기에 따른 생물전이/확대 영향연구 										
기술개발 필요성	<ul style="list-style-type: none"> - 국내 연안생물을 대상으로 ML의 섭식으로 인한 생물영향을 체계적으로 모니터링 한 사례는 거의 없으며, 생물종 생애주기에 따른 생물전이/확대 영향 연구 대한 결과 또한 미흡한 실정 - ML의 섭식 위해 영향에 대하여 표준화된 기법으로 조사된 국내 연안 현장 자료는 전무하여, 관리 및 저감효과 마련에 적용될 수 있는 DB가 필요 										
기술개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> - 종별/서식처별 우선 평가 대상 생물종에 대한 국내 연근해 생물의 섭식 위해영향을 모니터링 										
기술개발 범위 및 내용	<ul style="list-style-type: none"> - ML의 섭식 영향평가지역 및 우선 조사대상생물 선정 - 표준화 기법을 활용하여 ML 섭식 영향 피해 지역의 서식처/생물종별 위해영향 모니터링 - 조사 해역별/서식처별/생물종별 ML 섭식 영향 DB 작성 - 주요 생물 종 생애주기에 따른 생물전이/확대연구 										
최종 성과물	<ul style="list-style-type: none"> - ML 섭식 위해 영향관리 지표 개발 										
기대효과 / 활용 방안	<ul style="list-style-type: none"> - 국내연안의 ML 섭식으로 인한 서식처/생물종별 위해 영향 DB 확보 - ML 섭식 위해 영향에 대한 효율적 관리방안 및 저감효과 마련에 활용가능 										
세부기술연차별 소요 예산 [국고]											
연차	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	합계
예산 (백만원)						400	400	300	300	200	1,600

(3) 핵심세부과제: 해양쓰레기의 부착 및 서식 이동생물에 의한 영향평가

대분류	해양환경기술										
중분류	해양쓰레기 오염대응 기술 개발										
소분류 (핵심기술)	ML 부착/서식 이동생물에 의한 영향평가										
세부기술명	<ul style="list-style-type: none"> - 부착/서식 외래종 분포 특성파악 및 정착가능성 평가 - 부착/서식 외래종의 생물 및 생태계 영향평가 - 부착/서식 생물 이동 메커니즘 규명 										
기술개발 필요성	<ul style="list-style-type: none"> - ML을 매개로한 외래생물의 이동 또는 침입으로 인한 점유현상이 전 지구적으로 발생되고 있으며 이는 지구의 생물다양성을 위협하고 있으나 아직까지 ML 매개 외래생물연구는 전세계적으로 알려진 바 없음 - 따라서 ML 매개 외래생물이 토착생물과 생태계에 어떻게 영향을 미치는지에 대한 연구가 요구됨 										
기술개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> - ML 부착/서식 생물종 동정/탐지기법 및 외래종 유입판별 기법을 기반으로 국내 해안 침입 외래생물의 생물 및 생태계에 대한 영향을 조사 및 평가함 										
기술개발 범위 및 내용	<ul style="list-style-type: none"> - ML 부착/서식 외래종 유입판별 기법을 활용한 외래종의 분포특성과악 - 국내 환경 정착가능성평가를 위한 모델 외래생물 선정 및 서식환경 규명 - 모델 외래종의 국내 토착생물 및 생태계에 대한 영향 조사 - 모델 토착종 및 외래종의 ML 매개 이동 메커니즘 규명 										
최종 성과물	<ul style="list-style-type: none"> - ML 매개 이동 외래생물 영향관리 지표 개발 										
기대효과 / 활용 방안	<ul style="list-style-type: none"> - 국내연안의 ML 매개 이동 외래생물의 위해 영향 DB 확보 - ML 매개 이동 외래생물에 대한 효율적 관리방안 마련 										
세부기술연차별 소요 예산 [국고]											
연차	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	합계
예산 (백만원)						300	300	300	200	200	1,300

(4) 핵심세부과제: 해양쓰레기에 의한 경제적 피해평가

대분류	해양환경기술										
중분류	해양쓰레기 오염대응 기술 개발										
소분류 (핵심기술)	ML에 의한 경제적 피해평가										
세부기술명	<ul style="list-style-type: none"> - 생물/서식지 영향에 대한 경제적 피해 평가 - 해양산업별/유형별 경제적 피해평가 										
기술개발 필요성	<ul style="list-style-type: none"> - 국내에서 ML에 의한 피해를 우선 계량화된 방법으로 평가하여 포괄적 피해수준을 파악할 필요가 있음. 이를 바탕으로 단계별 정책 목표 수립, 효율적인 정책수단을 채택하게 됨 										
기술개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> - 1단계에서 개발된 ML의 생태경제학적, 경제학적 평가방법과 지표를 이용하여 주요 해양산업별 피해를 종합 평가함 										
기술개발 범위 및 내용	<ul style="list-style-type: none"> - 폐어구에 의한 유령어업 피해, 수산물 훼손과 오염에 따른 생산비, 양식어구 관리비 증가 등의 수산업 및 양식업 피해 평가 - 선박 및 장비 훼손, 항해 중 안전사고 피해 등 해운업 피해 평가 - 상시 수거 및 유지관리 비용 상승, 관광객 회피로 인한 경제손실 등 관광업 피해 평가 										
최종 성과물	<ul style="list-style-type: none"> - ML 영향관리 정책평가 활용방안 개발 										
기대효과 / 활용 방안	<ul style="list-style-type: none"> - ML의 실질적 피해 실태를 비용으로 제시함으로써 사회적 공감대를 형성할 근거를 확보 - 정량적 피해 수준을 제시하여 단계별 저감 목표를 설정할 수 있음. 										
세부기술연차별 소요 예산 [국고]											
연차	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	합계
예산 (백만원)						200	200	200	300	300	1,200

제 5 장 연구개발의 타당성 분석

제 1 절 AHP 분석

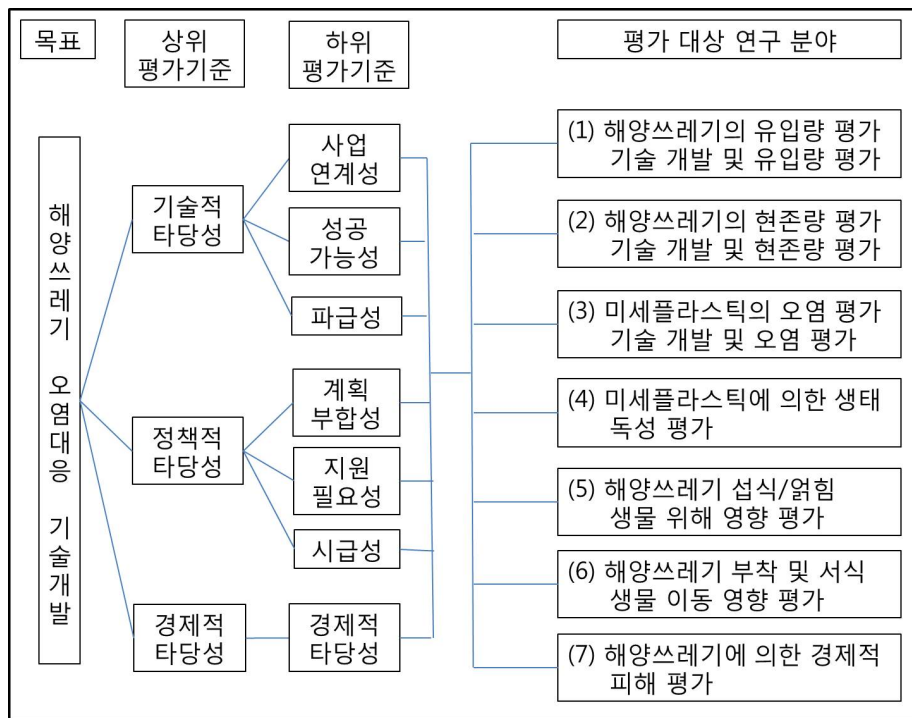
1. 계층분석을 통한 타당성 및 우선순위 평가

가. 계층분석과정 개요

- 해양쓰레기 오염대응 기술개발 기획연구를 통해 도출된 연구개발과제의 분야별 상대적 우선순위 평가
- 연구의 방법: 계층분석과정(AHP, Analytic Hierarchy Process)

나. AHP 조사의 계층 구성

- AHP 조사의 계층은 아래 그림과 같이 목표, 3개의 상위 평가기준, 7개의 하위 평가 기준, 그리고 7개의 평가 대상 연구 분야로 구성됨



<그림 25> AHP 분석을 위한 단계별 평가기준 및 평가 분야

- 상위 평가 기준은 기술적 타당성, 정책적 타당성, 경제적 타당성 나누어짐

- 기술적 타당성의 하위 기준은 연구사업과의 비중복성과 연계성(사업 연계성), 기술 개발의 성공가능성(성공 가능성), 기술의 파급성(파급성)으로 구성

- 정책적 타당성의 하위 기준은 정부 계획과의 부합성(계획 부합성), 정부지원의 필요성(지원 필요성), 연구수행의 시급성(시급성)으로 구성
- 경제적 타당성은 하위 기준 없이 상위 기준만으로 평가
- ※ 사업 시장성, 사업 경쟁력, 수입대체 및 수출가능성을 사용한 사례가 있지만 해양쓰레기 대응 기술에 적용하기 어려움.

- 설문지에 평가 대상 사업에 대한 세부 사업별 설명 자료를 제시하여 평가자들이 사업에 대해 이해하고 객관적인 평가를 도모함.
- 본 기획연구 사업에서 크게 3개 분야의 중분류로 사업을 분류하였으나, 3개 중분류에 대한 평가는 하지 않고, 7개 세분류에 의한 평가를 함으로써 3개 중분류에 대한 평가의 지표로 해석함.

다. 조사 응답자의 구성

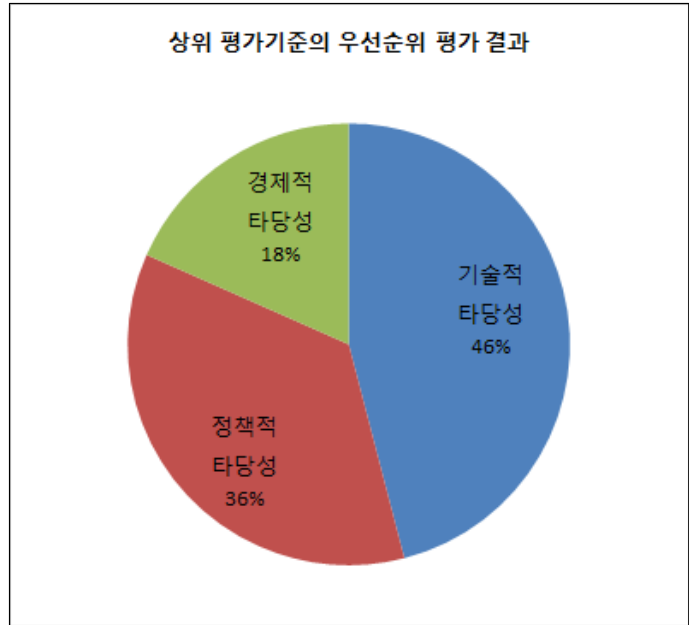
- 해양쓰레기의 정책수립, 관리 및 연구개발과 직간접적으로 관련된 전문가 56명에게 이메일로 계층분석 설문에 대한 답변을 의뢰하였음. 전문가 중 총 22명이 응답하였으며, 이 중 4명은 Saaty(2008)의 방법에 따른 일관성 기준에 미달하여, 18명의 응답 결과를 최종 결과에 반영함.

라. 우선순위 가중 평가 점수 계산 방법

- 각 계층별 평가 기준의 가중치의 합은 1이 되도록 구성함.
- 7개 세부사업의 하위 기준별 평가 결과에 상위 평가 기준과 하위 평가 기준의 가중치를 곱한 2차 가중치를 곱하여 각 사업별 가중치 합을 산출함.

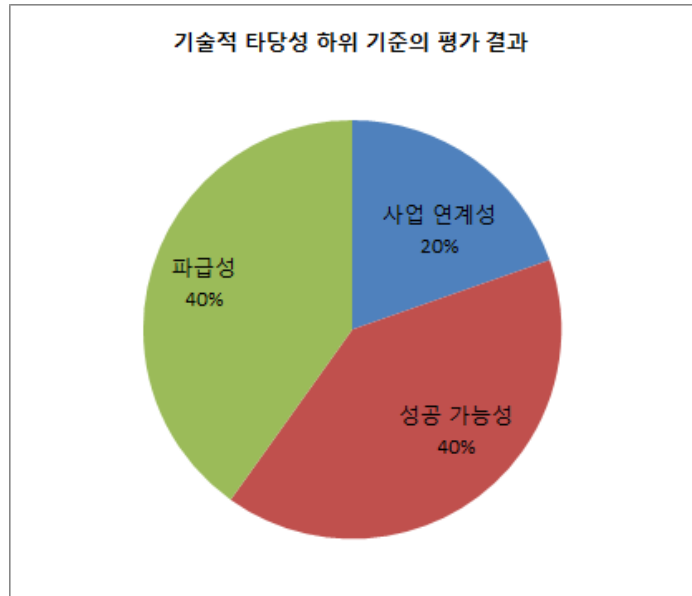
마. AHP분석 결과

- 상위 평가기준에 대한 중요도는 기술적 타당성(46%), 정책적 타당성(36%), 경제적 타당성(18%) 순으로 평가함.



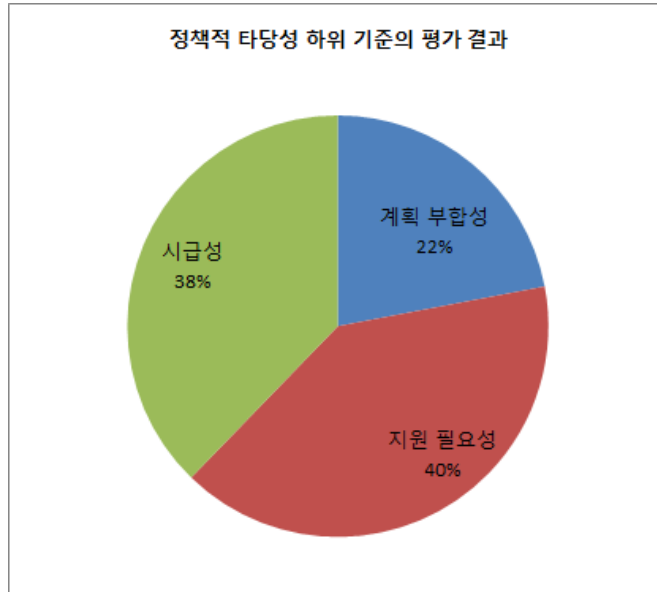
<그림 26> 상위 평가기준의 우선순위 평가 결과

- 기술적 타당성의 하위 기준들 중에서는 성공가능성(40%)과 파급성(40%)이 동등하게 중요한 것으로 평가되었으며, 사업 연계성(20%)의 중요도는 낮게 평가됨.



<그림 27> 기술적 타당성 하위 기준의 평가 결과

- 정책적 타당성의 하위 기준들은 지원 필요성(40%), 시급성(38%), 계획 부합성(22%) 순으로 평가됨.

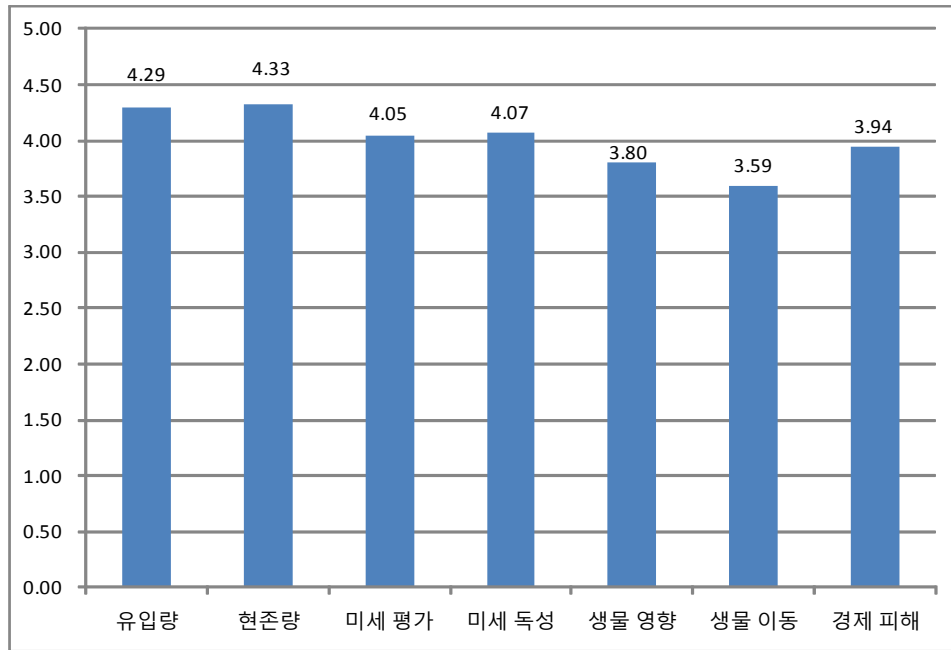


<그림 28> 정책적 타당성 하위 기준의 평가 결과

- 7개 세부사업에 대한 평가의 종합 점수인 가중치 합계를 보면, 현존량 연구가 4.33으로 1위, 유입량이 4.29로 2위를 차지함. 3개 중분류 사업으로 묶어서 볼 때, 유입량과 현존량 평가 기술 개발이 가장 높은 점수를 받았으며, 미세플라스틱 오염 평가 기술 개발이 그 다음, 생물 영향 및 경제적 영향 평가 기술 개발이 상대적으로 낮은 점수를 받음.

<표 67> 계측분석과정에 의한 해양쓰레기 오염대응기술의 분야별 상대적 우선순위 평가 결과

평가 기준	상위 기준	기술성 0.46			정책성 0.36			경제성 0.18	가중치 합계	종합 순위
	하위 기준	연계성 0.20	성공성 0.40	과급성 0.40	부합성 0.22	필요성 0.40	시급성 0.38		1.00	
	2차 가중 (상위X하위)	0.09	0.19	0.18	0.08	0.14	0.13		0.18	
평가 결과	ML 유입량	3.67	3.94	4.61	4.89	4.78	4.83	3.61	4.29	2위
	ML 현존량	3.78	4.33	4.50	4.78	4.83	4.78	3.50	4.33	1위
	MP 평가	3.50	4.06	4.22	3.83	4.39	4.44	3.67	4.05	4위
	MP 독성	3.50	4.06	4.39	3.94	4.22	4.33	3.78	4.07	3위
	ML 생물영향	3.44	3.83	4.11	3.89	3.94	4.22	3.17	3.80	6위
	ML 생물이동	3.11	3.39	3.89	3.72	3.89	3.94	3.17	3.59	7위
	ML 경제피해	3.17	3.56	4.22	4.50	4.22	4.22	3.78	3.94	5위
	평균	3.45	3.88	4.28	4.22	4.33	4.40	3.52	4.01	
	표준편차	0.24	0.32	0.24	0.49	0.37	0.32	0.26	0.26	



<그림 29> 7가시 세부 사업별 우선순위

- 전반적으로 볼 때 7개 사업 모두 5점 기준에 최소 3.59점, 최고 4.33점의 범위에 있어 해양쓰레기 오염대응 기술개발 연구사업의 타당성을 매우 높게 평가하는 것으로 나타남.

제 2 절 정책적 타당성 분석

1. 상위계획과의 부합성

- 박근혜 정부의 5대 국정목표인 ‘안전과 통합의 사회’의 5개 추진전략 중 ‘쾌적하고 지속가능한 환경조성’이 포함되어 있으며, 140개 국정과제 중 104번째 과제에 ‘해양 환경 보전과 개발 조화’를 포함하고 있음.
- ※ 특별관리해역 관리 강화, 해양정화 및 보호, 연안침식관리 및 대응, 연안보호 강화
- 해양환경관리법 제24조(해양오염방지활동) 해양쓰레기(폐기물) 수거·처리 수립·시행, 해역관리청(시·도지사 등) 세부 실천계획수립·시행
- ※ 국토해양부장관의 해양환경 개선 조치(2012.6.2 신설): 관할 중복, 재해
- 「제4차 해양환경종합계획(2011~2020)」 상에는 ‘해양환경개선 및 오염원의 예방적 관리’를 위한 연안유입오염물질 및 해양쓰레기 관리 강화 추진 사업을 규정하고 있음.
- ※ 과제1: 해양쓰레기 유입저감을 위한 관리체제 강화
- ※ 과제2: 해양쓰레기 수거·처리 사업의 지속추진
- 「해양쓰레기 관리 기본계획(2009~2013)」(국토해양부, 농림수산식품부, 환경부, 해양경찰청)의 4대 전략에 ‘해양쓰레기 발생 최소화’, ‘해양쓰레기 수거·처리 능력 강화’, ‘해양쓰레기 관리기반 구축’, 및 ‘시민참여 및 국제협력’ 강화 포함
- 제2차 해양수산발전기본계획(2011-2020)에서 “해양수질 및 해저퇴적물 환경 개선 추진”을 4대 정책목표 중의 하나로 도출하였으며, 목표달성을 위해 “해양생태 환경의 건강성과 장래 이용을 고려한 과학적 기준 도입 및 문제해결 중심의 정책결정지원 시스템 도입”을 명시함
- 해양수산발전기본법 15조에 의거 해양안전기술의 개발을 시행해야 함
- “해양쓰레기 오염 대응기술 개발”은 해양환경기술개발사업 중장기 기본계획(MTRM2020; 국토해양부, 2011)에 포함되어 있음
- 과학기술기본법 7조, 11조에 의거 “과학기술기본계획”에 따라 국가연구개발 사업을 추진. 제2차 과학기술기본계획(2008-2012)에서 “건강하고 안전한 삶을 위한 기술개발 강화”가 향후 5년간 15대 핵심과제중 하나로 도출됨('07.12.20.)

2. 정부지원의 필요성

- 해양쓰레기의 저감 및 관리 정책 수립을 위한 기술과 자료의 필요
 - 해양환경, 관광, 수산업 및 선박안전 등에 가시적인 피해를 주고 있는 육상 및 해상기인의 해변, 부유 및 침적 해양쓰레기의 발생량 및 현존량을 줄이고 관리를 하기 위해서는 과학적인 자료에 근거한 저감 정책의 수립과 이행이 필수적이나, 이를 위한 기술력 및 정보력이 부재한 바, 정부주도의 연구개발 사업을 통해서 관련 기술과 자료를 확보할 필요성이 있음.
- 국민의 삶의 질 향상을 위해 필요
 - 해양쓰레기에 의한 환경적 및 경제적 피해는 특정 영역(관광, 수산, 선박운항 등)에 종사하는 사업자들 뿐만 아니라 그 서비스를 이용하는 국민 대다수가 입고

있으며, 생태계의 건강성에 대한 훼손은 현재의 세대는 물론 미래의 세대까지 중장기적으로 회복이 어려운 영향을 줄 수 있기 때문에 현재와 미래의 국민의 삶의 질의 향상을 위해서 정부주도로 연구개발 사업을 진행할 필요성이 있음.

- 공공기반 연구개발로 정부 주도 필요
 - 해양쓰레기의 저감과 관리를 위한 기술개발과 자료 확보는 공공기반의 연구개발 과제로 민간이 주도하기 어려운 바, 정부지원에 의한 개발이 필요함.
- 해양쓰레기 유입량 정보가 필요
 - 육상, 해양 및 외국에서 기인하는 해양쓰레기의 유입량을 알아야 정부 및 지자체에서 효율적인 저감 정책을 수립하고 정책의 효과성을 평가할 수 있음.
- 해양쓰레기 현존량 정보가 필요
 - 국내 해변, 해상 및 해저에 존재하는 쓰레기의 현존량을 알아야 정부 및 지자체의 효율적인 해양쓰레기 수거가 이루어지고 수거의 효과성을 평가할 수 있음.
- 해양환경과 생태계에 대한 피해 정보가 필요
 - 국내 연안의 해양쓰레기 오염은 전세계에서 높은 수준임에도 불구하고 공공재인 해양환경과 생물에 미치는 영향 자료가 거의 전무. 어떤 생물 및 서식지가 어떤 해양쓰레기에 의해서 영향을 받고 있는지 알아야 실질적인 피해 저감 정책을 정부가 수립할 수 있음.
- 미세플라스틱에 대한 대비가 필요
 - 미세화된 플라스틱은 최신 국제해양환경 현안이며, 미세플라스틱은 수거가 불가하여 회복 불가능한 환경오염을 야기할 수 있음. 따라서 미세플라스틱 오염과 생태독성을 알아야 정부에서 해양쓰레기 관리를 위한 대책을 마련할 수 있음.
- 해양쓰레기로 인한 경제적 피해규모 알아야
 - 국내 연안의 해양쓰레기가 관광업, 수산업 및 선박안전에 가시적인 영향을 미치고 있으나, 그 피해규모에 대한 자료가 거의 없음. 경제적인 피해규모를 알아야 정부 및 지자체의 해양쓰레기 저감정책 이행 시 소요되는 비용을 지불하고, 피해비용을 최소화 할 수 있음.

3. 사업추진의 적시성

- 해양쓰레기 오염은 UNEP, UNESCO-IOC, IMO, UNIDO 등의 국제기구에서 최신 해양환경이슈의 하나로 선정하고 관심을 가지고 있는 주제로 최신 급부상하는 해양환경이슈에 선제적으로 대응하기 위해서는 관련 과학기술적 노하우와 자료를 우선적으로 확보해야 함
- 해양쓰레기의 예방과 관리를 위한 '호놀룰루 전략'은 '육상활동으로부터 해양환경 보호를 위한 범지구적 행동계획(Global Program of Action; GPA)'의 Program of Work으로 2012년 1월(IGR3, 마닐라)에 반영되었으며, '리우+20 지구정상회의'에서 부대행사로 '해양쓰레기 지구적 파트너십(Global Partnership on Marine Litter)'을 출범하는 등 향후 국제적인 협약으로의 발전 가능성이 있으나, 국내 해양쓰레기 관련 연구개발 수준은 세계 23위권으로 낙후되어 있어 연구개발이 매우 시급한 실정임.
- 국내 연안의 해양쓰레기는 이미 가시적으로 해양생태계 피해, 미관훼손의 관광피해, 수산업 피해 및 선박안전에 대한 피해를 유발하고 있으나, 이들에 대한 정량적인 자료

- 가 없어 해양쓰레기 저감 및 관리를 위한 정책을 수립하고 시행하기 어려운 실정으로 피해저감을 위해서는 본 기획사업에서 도출된 연구과제가 시급하게 수행되어야 함.
- 국내 연안의 대형 해양쓰레기는 물론 미세플라스틱의 오염수준이 세계적으로 가장 높은 수준을 보이고 있어, 외국에 비해 상대적으로 오염수준이 낮은 다른 해양오염에 대비하여서도 시급성이 높음.
 - 전세계적으로 플라스틱의 사용량과 쓰레기 발생량이 지속적으로 증가하고 있으며, 해양 미세플라스틱의 오염도 증가하는 추세로 보고되고 있어 이에 대한 대책수립을 위해서는 과학적인 조사가 시급하게 선행되어야 함
 - 과학기술 분야의 연구개발의 주기상 미세플라스틱 오염은 최신에 급부상한 도입기의 연구 분야로 선진국의 연구자들의 연구가 급격하게 증가될 것으로 예상되고 있는 바, 세계적으로 선도적인 연구의 주도권을 확보하기 위해서는 시의적절한 연구개발이 이루어져야 함

제 3 절 기술적 타당성 분석

1. 기존 연구사업과의 차별성

- 우리나라에서 해양쓰레기에 대한 연구는 1980년대 후반부터 시작되어 1990년대 말에 본격화됨(국토해양부 2009). 1986년 연안정화사업을 시작으로 1998년 해양폐기물 종합처리 대책이 수립됨. 이를 바탕으로 수중 침적 폐그물류 수거사업(1999~), 해양폐기물 종합처리시스템 개발(1999~2003) 사업이 수행됨. 그러나 우리나라의 해양폐기물종합처리대책은 기본적으로 수거와 처리에 치중되어 운영되어 왔고, 해양쓰레기 관련 정부 예산의 83%(약 100억원)가 수거에 사용되고 있음(국토해양부 등, 2008)
- 해양쓰레기와 관련된 연구는 해변 표착 쓰레기(외국기인 쓰레기 포함)의 모니터링이 국토해양부 용역사업으로 진행 중이며, 중국기인 쓰레기 국내이동에 관한 연구(2011-2012)가 진행된 바 있음.
- 미세플라스틱 오염의 경우 최근 한국해양과학기술원에서 내부 주요사업으로 남해안을 중심으로 오염 수준 및 분포에 관한 조사연구가 일부 수행 중에 있음.
- 해양쓰레기에 의한 해양생물피해에 대한 조사는 한 민간단체에서 여러 기관의 자발적 협력 네트워크를 통해 사례를 수집하는 수준에서 진행 중.
- 해양환경관리공단(KOEM)은 2010년 '해양쓰레기 대응센터'를 개설하여 해양쓰레기에 관한 연구와 정책제안 등의 업무를 수행하기 시작하였으나, 해양쓰레기 관리 및 저감 정책 수립 및 이행을 뒷받침 할 수 있는 국가연구개발 사업은 전무함.
- 결론적으로 일부 해변쓰레기, 외국기인 쓰레기 및 미세플라스틱에 대한 단기적인 소규모 연구과제가 부분적으로 진행 중이나, 본 기획사업에서 도출된 중점과제 및 세부핵심과제에서 도출된 내용과 중복되는 부분은 전체 내용의 5% 미만의 극히 일부

분으로 선행 연구가 이루어진 내용에 대해서는 기존 개발기술 및 자료를 활용할 예정이며, 수행중인 소규모 사업들은 필요에 따라 본 사업 개발 시 흡수 또는 포함시켜 진행 할 예정임.

2. 연구개발의 성공가능성

분야명	강약점	성공가능성
<p>해양쓰레기의 유입, 이동, 분포 및 현존량 평가</p>	<p>○ 강점:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 주요만 육상기인 해양오염 유입원과 경로에 대한 자료와 연구경험 보유 - 국내 연안 및 동북아시아 해수유동에 대한 자료 및 모델 확보 <p>○ 약점:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 해양쓰레기의 유입원과 유입경로에 대한 자료가 전무 - 부유 및 침적 쓰레기 조사방법의 표준화가 되어 있지 않음 - 플라스틱을 대상으로 한 이동 모델 부재 및 경험 부재 	<ul style="list-style-type: none"> - 해양쓰레기에 대한 멀티센서 원격탐사 기술, 유역모델 개발 및 현장 실측조사 기법 개발을 통해 해양쓰레기의 유입원과 유입경로 파악 및 유입량 산정 가능 - 국내 해수유동모형과 전문인력의 수준으로 볼 때, 플라스틱의 재질, 크기, 형태별 이동 등을 설명할 수 있는 변수의 종류 및 함수를 구해낼 경우 해양쓰레기의 이동의 예측하는 모델의 개발은 성공가능성이 높음 - 해변쓰레기 조사기법은 표준화되어 있으며, 부유/침적 쓰레기에 대한 조사기법을 표준화하고 체계화된 조사를 통해 현존량을 추정하고 반폐쇄성의 주요 내만에서는 해양쓰레기 수지를 계산해 낼 수 있음.
<p>미세플라스틱의 오염과 독성 평가</p>	<p>○ 강점 :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 미세플라스틱 흡착 오염물질에 대한 분석기술 및 환경오염 자료 확보 - 나노물질 등 미세입자의 생물독성평가에 관한 노하우 및 기술 확보 <p>○ 약점 :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 해양환경 조건에서 플라스틱의 분해와 거동 연구를 위한 장치와 시설의 부족 - 흡착/첨가 오염물질의 흡탈착 및 용출관련 정보 및 첨가제의 환경 중 오염 정보 부재 - 국내 생물축적 모니터링 경험 전무하며, 플라스틱을 대상 독성시험 경험 부재 	<ul style="list-style-type: none"> - 미세플라스틱의 시료 채취, 분리, 정량 및 식별기술을 확보하면 해역별 미세플라스틱의 오염현황 및 특성을 규명할 수 있음. - 해양 환경조건에서 플라스틱의 분해와 풍화를 정량적으로 평가하는 기법을 개발하면, 최대 현안 사항인 해양 환경 조건에 따른 플라스틱의 미세화와 분해과정을 규명할 수 있음. - 플라스틱의 흡착/첨가 오염물질의 연구 인프라, 기술 및 전문인력은 충분히 확보하고 있어 우선적인 연구개발로 성공가능성이 높음 - 플라스틱의 해양생물에 대한 축적과 독성은 세계적으로도 자료가 극히 제한적이고 연구가 시작되는 분야로 모니터링 및 독성 실험 대상생물의 올바른 선정과 주요 종말점 선택 및 플라스틱과 흡착/첨가 오염물질의 복합적인 영향을 체계적으로 규명할 경우 위해성을 평가할 수 있을 것으로 평가함

분야명	강약점	성공가능성
해양쓰레기의 환경적 및 경제적 피해평가	<ul style="list-style-type: none"> ○ 강점 : <ul style="list-style-type: none"> - 해양쓰레기의 얽힘에 의한 영향을 받는 생물조사 경험 보유 - 선박평형수 등을 통한 외래유입종의 이동과 정착 등에 관한 연구경험과 인력 보유 - 기타 오염물질의 생물영향에 관한 영향평가 자료 및 경험 확보 ○ 약점 : <ul style="list-style-type: none"> - 해양쓰레기의 섭식에 의한 영향에 대한 조사 경험 및 인력 부재 - 해양쓰레기를 통해 이동하는 생물종 및 재질별 서식환경 등에 관한 정보 부재 - 국내 생물축적 모니터링 경험 전무하며, 플라스틱을 대상 독성시험 경험 부재 - 해양쓰레기로 인한 관광, 수산업, 선박안전 등의 경제적 피해평가 경험 부재 	<ul style="list-style-type: none"> - 해양쓰레기에 의한 얽힘 피해 사례의 수집을 위한 네트워크를 구축하면 영향 종리스트 및 위험 대상 생물군을 선별할 수 있을 것으로 예상 - 해양쓰레기 섭식에 의한 영향은 관련분야 전문가들을 확보하여 조사대상 생물군을 선정하면, 영향을 평가할 수 있는 기술과 노하우는 확보하고 있어 성공가능성이 높음 - 해양쓰레기를 통한 외래종의 이동은 서식생물 분류에 대한 기본자료를 확보하면, 기존의 인력과 기술을 이용하여 영향을 평가할 수 있음. - 경제적 피해는 다른 오염영향에 관한 피해평가는 앞의 두 분야에서 생산되는 유입/분포/피해 등의 자료를 바탕으로 다양한 방법론을 검증하여 평가 가능할 것으로 판단됨.

3. 연구개발계획의 적절성

- 해양쓰레기의 예방과 관리를 위해 국제적으로 도출된 호놀룰루 전략에서 제시하고 있는 주요 목표인 해양쓰레기의 ‘유입량과 현존량’ 및 ‘환경과 경제적인 영향’을 저감하기 위해서, 연구개발계획의 체계를 이에 맞추어 분야를 나누었으며, 최근에 국제 환경이슈로 급부상하고 연구방법론이 상이한 ‘미세플라스틱’ 오염과 독성관련 연구분야를 구별하여 분야를 구성한 것은 매우 적절한 것으로 판단됨.
- 해양쓰레기의 유입량, 현존량 및 영향의 저감은 하나의 신기술에 의해서 이루어질 수 없으며, 궁극적으로 교육, 홍보 및 수거처리를 아우르는 정부 정책을 통해서 실현할 수밖에 없으며, 정부 정책은 해양쓰레기에 대한 연구개발과 조사·모니터링을 통한 과학적인 자료 생산이 선행되어야 가능함. 본 기획사업은 여타 연구개발 기획과 달리 정부정책 수립에 필요한 연구개발과 조사·모니터링을 포함하는 방향으로 내용을 기획하였으며, 이는 문제해결 지향적인 매우 현실적이고 적절한 연구개발계획으로 사료됨.
- 특히 제1차 해양쓰레기관리기본계획(‘09-’13)이 2013년 12월말에 완료되고 제2차 해양쓰레기 관리기본계획(‘14-’15)이 현재 수립 중에 있는 바, 본 연구기획에서는 해양쓰레기 관리기본계획의 수립 주기에 맞추어 정책목표와 연계된 연구개발 목표와 내용을 도출하여 향후 연구개발 결과의 활용도 및 파급효과를 높일 수 있도록 한 점은 적절한 판단임.

제 4 절 경제적 타당성 분석

1. 경제성 분석 방법

사업의 비용, 편익은 장시간에 걸쳐 투입되거나 발생하기 때문에 할인율을 적용하여 이를 특정기간(일반적으로 현재년도)에 발생하는 것으로 환산하여 비교하게 되는데 이를 '현재가치화'라고 한다. 경제적 타당성을 평가하는 분석기법으로는 편익/비용(B/C) 비율, 내부수익률(IRR), 순현재가치(NPV) 등이 있는데, 일반적으로 이해가 용이하고, 사업규모의 고려가 가능한 B/C 분석 기법을 많이 사용하고 있다.

편익/비용 비율, 순현재가치, 내부수익률은 그 분석기법마다의 장·단점을 가지고 있고, 어느 한 기법만을 가지고 사업의 경제적 타당성을 판단하기에는 적당하지 않은 경우가 자주 있으므로 본 과업에서는 B/C 비율, 순현재가치, 내부수익률을 모두 분석하여 경제적 타당성을 분석한다. 각 평가지표의 장·단점 등을 개략적으로 살펴보면 다음의 <표 68>과 같다.

<표 68> 경제성 분석기법의 비교

분석기법	장 점	단 점
편익/비용 비율	<ul style="list-style-type: none"> • 이해 용이 • 사업규모 고려 가능 • 비용편익 발생기간의 고려 	<ul style="list-style-type: none"> • 편익과 비용의 명확한 구분 곤란 • 상호배타적 대안선택의 오류발생 가능 • 사회적 할인율의 파악
내부수익률	<ul style="list-style-type: none"> • 사업의 수익성 측정 가능 • 타 대안과 비교가 용이 • 평가과정과 결과 이해가 용이 	<ul style="list-style-type: none"> • 사업의 절대적 규모 고려치 않음 • 몇 개의 내부수익률이 동시에 도출될 가능성 내제
순현재가치	<ul style="list-style-type: none"> • 대안 선택 시 명확한 기준 제시 • 장래발생편익의 현재가치 제시 • 한계 순현재가치 고려 • 타 분석에 이용가능 	<ul style="list-style-type: none"> • 할인율의 분명한 파악 • 이해의 어려움 • 대안 우선순위 결정시 오류발생 가능

편익/비용 비율이란 운영 후 연도별 발생하는 편익과 투입되는 비용(사업비 및 유지관리비)을 적정 할인율로 할인하여 기준년도 가격으로 환산한 금액의 비율을 말하며, 일반적으로 (편익/비용 비율)≥1이면 경제성이 있다고 판단한다.

$$\text{편익/비용비율}(B/C) = \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} / \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

여기서 B_t : 시점 t 에서의 편익
 C_t : 시점 t 에서의 비용
 r : 할인율(이자율)
 n : 내구연도(분석연도)

내부수익률(Internal Rate of Return: IRR)은 현재가치로 환산한 편익과 비용의 값이 같아지는 할인율 r 을 구하는 방법으로 일반적으로 내부수익률이 사회적 할인율보다 크면 경제성이 있다고 판단한다.

$$\text{내부수익률(IRR)}: \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+IRR)^t} = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+IRR)^t}$$

여기서 B_t : 시점 t 에서의 편익
 C_t : 시점 t 에서의 비용
 IRR : 내부수익률
 n : 내구연도(분석연도)

순현재가치란 사업에 수반된 모든 비용과 편익을 기준년도의 현재가치로 할인하여 총 편익에서 총 비용을 제한 값이며 (순현재가치) ≥ 0 이면 경제성이 있다고 판단한다.

$$\text{순현재가치(NPV)} = \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

여기서 B_t : 시점 t 에서의 편익
 C_t : 시점 t 에서의 비용
 r : 할인율(이자율)
 n : 내구연도(분석연도)

각 방안별 문제점을 간략하게 지적하면 우선, B/C ratio와 IRR을 사용함에 있어 애매한 경우가 다소 있다. 구체적으로 B/C ratio는 재투자 비용이 드는 사업을 평가함에 있어 재투자 비용을 비용측으로 산정할 것인지 혹은 음의 수익으로 산정할 것인지에 따라 다른 값을 가진다. IRR은 사업규모가 다른 경우 IRR만으로는 우열을 가리기 힘들다는 문제가 있으며 사업간 상호 독립적이란 가정 하에 도출하는데, 만약 사업간 상호배타적인 경우, 즉 경쟁적 관계의 사업에서 다수의 IRR을 가지는 경우가 발생할 수 있는 문제점이 있다.

IRR 및 B/C ratio의 문제점으로 인해 일반적으로 NPV가 우월하다고 알려져 있지만, NPV 또한 예산상 제약이 있는 경우 한계가 있다. 대규모사업이 소규모사업에 비해 큰 순현재가치가 발생하게 되어 대규모사업이 통상 유리하게 평가되는데, 예산제약으로 인해 하나의 대규모 사업과 여러 개의 소규모 사업 중 선택해야 하는 경우가 있는데, 이 경우 NPV는 올바른 평가를 수행할 수 없다.

결국 어떤 사업의 경제적 타당성의 유무판단기준으로서 어느 한 기준에 전적으로 의존하는 것은 문제가 있음을 인식해야 하며, 결론적으로 순현재가치, 내부수익률 및 편익/비용 비율 세 가지를 모두 적절하게 고려한 후 의사결정을 내리는 것이 타당하다.

2. 경제적 타당성 분석의 주요 전제

가. 분석시 전제사항

경제성 분석에 있어 비용과 편익은 모두 사회적 비용 및 편익으로 간주할 수 있는데 일반적으로 공공사업의 경우 비용은 실질적으로 투자되어 쓰여진 비용을 계상하는 반면 편익은 회수방법을 통한 실제수익이 아닌 사회적 편익을 기준으로 한다. 본 연구에서도 먼저 비용 및 편익을 산정하고 이로부터 사업의 경제성을 분석한다.

본 사업의 투자기간은 2014년부터 2023년까지의 10년간이다. 편익은 2024년부터 발생하며 2014년부터 편익이 발생하는 마지막 연도까지가 경제성 분석 대상 기간이다. 본 사업은 그 성격상 비용이 초기에 집중 발생하는 반면, 편익은 건설 후 장기간 동안 발생하기 때문에 분석기간 동안 예상되는 비용과 편익에 사회적 할인율을 적용하여 2012년 12월 기준 현재가치로 환산하여 평가한다.

나. 사회적 할인율

비용과 편익의 미래 흐름을 비교하기 위하여 사용되는 할인율은 자원의 기회비용, 즉 투자사업에 사용된 자본이 다른 투자사업에 사용되었을 경우 얻을 수 있는 수익을 추정하게 할 뿐 아니라 사람에 따라 혹은 사회에 따라 그리고 시대에 따라 다를 수 있는 시간의 객관적인 가치를 나타낸다. 할인율 개념의 적용에 있어서는 많은 이견이 있으나 특정 투자사업이 정부에 의해 주도되는 경우에는 사회적 할인율의 개념을 적용하고 민간자본에 의해 추진되는 경우에는 시장이자율에 근거한 재무적 할인율을 적용하는 것이 일반적이다.

사회적 할인율은 통상 시장이자율보다 낮은 수준으로 책정되는데 그 이유는 사회적 할인율을 사용하여 사업타당성을 평가하는 주체가 주로 정부이며 정부로서는 미래사업의 중요성이 더 높게 평가되어야 하기 때문이다. 대부분의 국가는 투자사업의 특성에 따른 할인율을 자국의 경제성장률, 물가상승률, 경제적 잠재능력 등을 고려하여 개괄적인 방법으로 정부가 추정하여 사용하고 있는데 일반적으로 개발도상국 사회간접자본의 경우는 7~8% 이상, 선진국의 경우는 보통 5~6% 수준을 적용하고 있다. 본 연구에서는 KDI의 『예비타당성조사 수행을 위한 일반지침 수정·보완 연구(5판)』(2008)에 의거하여 5.5%를 적용한다.

다. 비용의 추정

본 기획연구에서는 다음과 같이 2단계(기술수요조사 및 기획위원회 운영 단계)에 걸쳐 과제별 예산규모를 검토하여 예산을 배분하였다.

- (1단계) 기술수요조사시 제안된 공공 및 사업화 기술의 예산 규모 검토
- (2단계) 기획위원회에서 전문가 검토를 통해 과제별 유형, 우선순위 설정 및 예산 배분 최종적으로 3개 사업별 예산규모를 다음과 같이 산정하여 총 371억원이다.

- (사업1) : ML 유입, 분포 및 이동예측 - 총 167억원
- (사업2) : 미세플라스틱(MP) 오염 - 총 90억원
- (사업3) : ML의 환경적 및 경제적 영향 - 총 114억원

사업별/연도별 세부적인 비용추정 결과는 <표 69>에 제시되어 있다.

<표 69> 연도별 비용추정 결과

(단위 : 억원)

구분	ML 유입, 분포 및 이동예측	미세플라스틱 (MP) 오염	ML의 환경적 및 경제적 영향	소계
2014년	14	8	10	32
2015년	16	8	10	34
2016년	17	8	11	36
2017년	19	10	12	41
2018년	19	10	12	41
2019년	19	12	13	44
2020년	19	10	13	42
2021년	17	8	12	37
2022년	14	8	11	33
2023년	13	8	10	31
합계	167	90	114	371

라. 편익의 추정

(1) 편익 발생기간

편익 발생기간은 KISTEP(2011) 『에비타당성조사를 위한 지식기반 및 분석시스템 구축』에서는 2000년부터 2009년까지 미국 등록 특허 155만 여건의 인용정보를 이용해 국제특허분류(IPC) 클래스별 기술수명주기 중위수(median)를 산정하여 제시한 바, 이에 근거하여 편익발생 기간을 결정해야 한다. 그렇다면 'B09 고체 폐기물의 처리; 오염된 토양의 재생(폐수, 하수 또는 슬러지의 처리 C02F; 방사능 오염 고체 물질의 처리'에 해당하며 기술수명주기 중위수는 8.5년으로 전체 클래스 중위수 평균값인 11.47년에 비해 낮은 편이다. 편익상 이 값을 반올림한 9년으로 편익발생 기간을 산정한다. 즉 편익은 사업종료 다음 연도인 2024년부터 2032년까지 9년 동안 발생하는 것으로 가정한다. 따라서 경제적 타당성 분석 대상 기간은 R&D 기간 및 편익발생 기간 모두를 포함한 2014년부터 2032년까지의 19년간이다.

(2) 사업기여율

본 연구에서는 본 R&D 사업의 기술개발이 반드시 성공한다는 전제 조건 하에서 사업 기여율에 대해서 살펴본다. 사업기여율 추정을 위해서는 관련 사업을 파악해야 하는데, 본 사업과 관련된 R&D 사업은 없다. 다만 추후 본 R&D 사업의 결과물을 토대로 저감정책을 수립하고 이행하는 것과 관련된 예산의 집행이 필요할 것이다. 따라서 본 연구에서는 관련 예산 정보의 구득 어려움을 감안하여, 본 R&D 사업의 예산이 100이라면 대응예산은 본 R&D 예산의 50% 수준인 50이라고 가정한다. 즉 본 R&D 사업의 사업기여율을 $66.67\%(=100/(100+50))$ 라 가정한다.

(3) 전제조건의 종합화

앞서 편익추정 과정에서 적용한 몇 가지 전제조건을 종합화한 결과는 <표 70>에 정리되어 있다.

<표 70> 편익추정을 위한 각종 전제조건 결정 내용

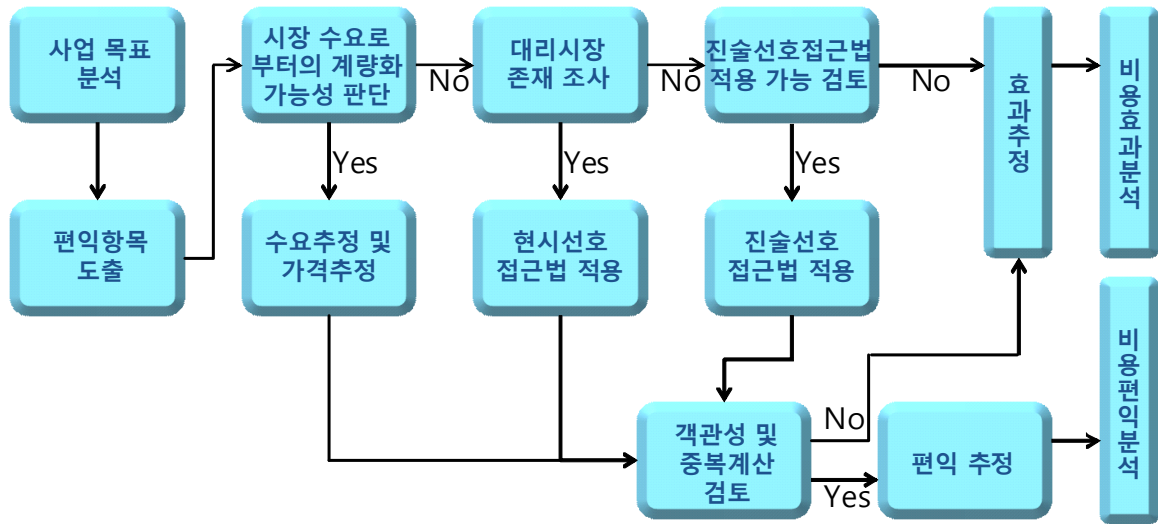
구분	적용값	근거
편익 발생기간	9년	KISTEP(2011) 『예비타당성조사를 위한 지식기반 및 분석시스템 구축』에 따라 'B09 고체 폐기물의 처리; 오염된 토양의 재생(폐수, 하수 또는 슬러지의 처리 C02F; 방사능 오염 고체 물질의 처리'에 해당하며 기술수명주기 중위수는 8.5년이라 반올림
사업기여율	66.67%	관련 R&D 사업은 없지만, 연구개발 결과를 토대로 저감정책을 수립하고 이행하는 데 소요되는 정책집행비용이 R&D 예산의 50% 수준이라고 가정

(4) 편익 추정의 원칙

본 사업의 수행을 통한 결과물 중 일부는 해외로 진출하여 성과를 낼 수 있는 부분도 있지만 다소 보수적인 접근을 취한다는 관점에서 국내에서 발생가능한 편익항목만을 대상으로 평가하고자 한다. 따라서 추후 본 사업의 성과물로 해외 진출이 가능하다면 편익은 보다 커질 수 있을 것이다. 편익 추정에 있어서 무엇보다도 중요한 것은 편익의 개념이 예비타당성조사 일반지침 제5판 및 예비타당성조사 연구개발부문 표준지침 제1판에 부합해야 하는 것이며 편익항목간 이중계산의 문제가 없어야 한다는 것이므로, 편익 추정에 있어서 이 2가지 원칙을 견지하고자 하였다.

(5) 국가 R&D 사업의 경제성 분석 절차

편익추정 방법을 결정하기 위해서는 먼저 <그림 30>과 같이 국가 R&D 사업의 경제성 분석 절차를 살펴볼 필요가 있다. 본 R&D 사업의 경우 편익 항목의 도출이 가능하였고, 이후에 설명하겠지만 시장수요로부터 계량화가 가능하지 않으므로 대리시장을 활용한 편익 추정을 통해 비용편익 분석을 수행하는 것이 합리적이다.



<그림 30> R&D 예비타당성조사 표준지침상의 경제성 분석 절차

KISTEP이 작성한 R&D 사업 예비타당성조사 표준지침(2011) 상의 편익항목은 <표 71>와 같다. 여기서 본 연구에 부합하는 편익 항목은 '피해비용 감소'라 할 수 있다. 한편 R&D 사업 예비타당성조사 표준지침(2011) 상의 편익추정 방법론은 <표 72>과 같다. <표 72>에서 본 연구에 부합하는 편익추정 방법론은 피해비용 감소를 평가하는 '피해비용 접근법'이라 할 수 있다.

<표 71> 국가 R&D사업 예타 표준지침(2011) 상의 편익 항목

구분	예비타당성조사 비용편익분석 시 편익 반영	예비타당성조사 비용편익분석 시 편익 미반영
정(+)의 가치 증가	<ul style="list-style-type: none"> ○ 부가가치 증대 - 신기술 적용을 통한 생산량 증가 ○ 기술거래 - 기술이전에 의한 로열티 수입 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 과학기술 지식 (논문, 특허 등) ○ 국민의 과학기술 이해도 향상 ○ 과학기술자의 교육 훈련 ○ 국가위상의 제고 ○ 지역개발효과 ○ 시장권의 확대 ○ 지역산업구조의 개편 ○ 부가가치 유발효과 ○ 생산유발효과, 소득분해효과 ○ 고용유발효과, 취업유발효과 ○ 수입유발효과, 수출유발효과
부(-)의 가치 감소	<ul style="list-style-type: none"> ○ 비용절감 - 생산투입 자원 및 시간의 절감 - 연구기간, 출장횟수 등의 연구수행 비용 절감 - 물류비용 절감 ○ 피해비용감소 - 자연재해로 인한 피해 감소 ○ 질병비용절감 ○ 환경비용절감 	

<표 72> 국가 R&D사업 예타 표준지침(2011) 상의 편익추정 방법론

대분류	세부분류	비고
가치창출	시장수요 접근법	미래 시장 또는 수요에 의해 발생하는 부가가치 중 해당 연구개발에 따른 비율을 적용
	로열티수입 접근법	로열티로 인하여 발생하는 편익 계산
비용감소	생산비용 접근법	생산(내수, 수출)과 관련된 모든 과정에 투입되는 비용의 절감액 추정
	피해비용 접근법	연구개발에 따른 효과적 사회적 피해비용 절감액 추정

(6) 피해비용 접근법을 적용한 편익 산정식

본 연구에서는 피해비용 접근법을 적용하여 경제적 편익을 산정하는데, 다음과 같은 편익 산정식을 상정할 수 있다. 여기서 피해저감 목표 20%는 본 R&D 사업의 명시적인 목표이므로 편익 산정식에 그대로 반영한다.

<표 73> 본 연구에서의 편익 산정식

$$\begin{aligned} \text{연간 경제적 편익} &= \text{해양쓰레기로 발생하는 연간 피해비용 규모} \\ &\times \text{① 사업기여율}(66.67\%) \times \text{② 피해저감 목표}(20\%) \end{aligned}$$

3. 경제적 편익의 추정

경제적 편익을 추정하기 위한 <표 73>의 편익 산정식을 적용하는 데 있어서 핵심은 해양쓰레기로 발생하는 연간 피해비용의 규모를 산정하는 것이다. 해양쓰레기로 인한 피해비용을 산정하기 위해서는 쓰레기 발생량, 이로 인한 피해에 대한 폭넓은 조사결과 등이 있어야 하는데 이에 대한 정보는 전무한 실정이다. 이러한 현실은 바로 본 R&D 사업을 기획하게 된 주요 동기 및 배경이기도 하다.

해양쓰레기로 인해 발생하는 피해비용의 추정과 관련하여 McIlgorm et al. (2011)에 제시된 정보를 참고할 수 있다. 이 논문에서는 한국을 포함한 아시아-태평양 지역의 해양쓰레기 피해비용이 평균적으로 관련 해양부문 GDP의 0.3%에 이른다는 점을 밝히고 있다. 여기서 관련 해양부문은 아시아-태평양 국가의 경우 해양부문 전체의 48%에 해당한다는 점도 McIlgorm et al. (2011)에서 밝힌 바 있다.

McIlgorm et al. (2011)도 지적했듯이 도서국가와 같이 해양에 많이 노출된 나라의 경우는 피해비용이 이보다 더 커질 수 있다. 삼면이 바다로 둘러싸인 우리나라의 경우에는 해양쓰레기로 인한 피해비용이 더 클 수 있지만, 보수적인 관점에서 이 산정식을 적용하여 해양쓰레기로 인해 발생하는 피해비용을 산정한다. McIlgorm et al. (2011)에서 명시적으로 언급하였듯이, 상기 피해비용에는 환경과 관련된 비사용가치(non-use value), 즉 휴양손실액, 조류 및 해양생물 등 해양생태계에 미치는 환경비용은 제외되어 있다. 따라서 본 연구에서는 McIlgorm et al. (2011)에 제시된 피해비용 수준만큼 해양생태계 피해비용이 발생하는 것으로 본다. 즉 McIlgorm et al. (2011)에 제시된 피해비용 산정식에 2를 곱하여 우리나라의 해양쓰레기 피해비용을 다음과 같이 산정한다.

$$\begin{aligned} &\text{해양쓰레기로 발생하는 연간 피해비용 규모} \\ &= 2 \times \text{관련 해양부문 GDP} \times 0.3\% \\ &= 2 \times (\text{해양부문 GDP} \times 48\%) \times 0.3\% \end{aligned}$$

해양부문 GDP의 산정을 위해서는 해양부문이 명확하게 정의되어야 하며 해양부문과 관련된 각종 통계자료가 잘 구축되어 있어야 하지만 우리나라의 경우 해양산업과 관련한 백서 내지는 통계연보가 없는 실정이다. 다만 2008년 산업연관표와 각종 기초자료를 활용하여 해양산업의 규모를 추정한 한국해양과학기술진흥원(2011)의 보고서를 참고할 수 있다. 이 연구에서는 <표 74>와 같이 2008년을 기준으로 해양산업의 규모를 추정하였다.

본 연구에서는 <표 74>에 제시된 해양산업의 분류체계와 가장 최근인 2012년에 한국은행에서 발표한 2010년 기준 산업연관표를 결합하여 2010년 기준 해양산업의 규모를 추계

하였다. 그 결과는 <표 75>에 제시되어 있다. 2010년 기준으로 해양산업의 부가가치, 즉 해양산업의 GDP 규모는 37,822,569백만원(약 37조 8,226억원)이다. 따라서 2010년 기준 해양쓰레기로 인한 피해비용은 다음과 같이 연간 108,929백만원(약 1,089억원)으로 추정된다.

해양쓰레기로 발생하는 연간 피해비용 규모 $= 2 \times 37,822,569 \text{백만원} \times 48\% \times 0.3\%$ $= 108,929 \text{백만원(약 1,089억원)}$
--

<표 74> 한국해양과학기술진흥원(2011)의 2008년 기준 해양산업 규모 추정결과

세부 해양산업	산출(억원)	부가가치(억원)
어업	64,522	22,880
해양광업	4,247	2,846
수산물 유통·가공	73,339	19,930
해양식품·의학·바이오	57	26
해양기기·장비제조	80,922	19,952
선박 및 해양플랜트제조	513,336	146,873
해양토목·건축	30,558	14,000
해운산업	417,237	59,087
항만산업	31,441	16,755
해양 연구개발	4,930	3,525
해양기술서비스	13,188	8,916
해양 공공 행정 및 교육	41,400	29,818
해양관광·여가산업	1,038	674
합계	1,276,215	345,283

<표 75> 2010년 기준 해양산업 규모 추정결과

세부 해양산업	산출(백만원)	부가가치(백만원)
어업	7,515,337	3,226,392
해양광업	563,698	363,127
수산물 유통·가공	2,835,008	1,272,288
해양식품·의학·바이오	34,555,484	3,287,802
해양기기·장비제조	10,120,109	2,641,746
선박 및 해양플랜트제조	53,008,438	15,919,247
해양토목·건축	1,448,576	935,623
해운산업	601,860	404,706
항만산업	4,294,641	2,805,658
해양 연구개발	8,926,375	2,312,177
해양기술서비스	6,962	3,111
해양 공공 행정 및 교육	3,522,582	1,747,015
해양관광·여가산업	6,447,754	2,903,677
합계	133,846,824	37,822,569

그런데 이 금액은 2010년말 기준이므로 경제성 분석의 기준 시점인 2012년말 기준으로 변환하기 위해 GDP 디플레이터를 이용한다. 한국은행(www.bok.or.kr)에 따르면 2010년의 GDP 디플레이터는 112.4(2005년=100)이며 가장 최근인 2012년 3/4분기의 GDP 디플레이터는 117.0(2005년=100)이다. 따라서 2012년 3/4분기 기준 해양쓰레기로 인한 피해비용은 연간 113,387백만원(약 1,134억원)으로 추정된다. 따라서 본 R&D 사업의 연간 경제적 편익은 다음과 같이 7,559백만원(약 76억원)이다. 즉 R&D 투자가 완료된 직후 2024년부터 2032년까지 9년 동안 매년 7,559백만원(약 76억원)의 경제적 편익이 발생한다.

연간 경제적 편익
= 113,387백만원 × 66.67% × 20%
= 15,118백만원(약 151억원)

4. 경제적 타당성 분석

경제적 타당성 분석 결과는 <표 76>에 요약되어 있다. 순현재가치는 318억원으로 0을 상회하며, 편익/비용 비율은 2.20으로 1.0을 초과하며, 내부수익률은 14.56%로 사회적 할인율 5.5%보다 크다. 즉 본 R&D 사업은 경제적 타당성을 확보하여 비용편익 분석을 통과하며, 3개의 경제성 분석 지표 중 어느 것을 적용하더라도 이러한 결론은 달라지지 않는다. 따라서 본 R&D 사업을 즉각 시행할 필요가 있다.

<표 76> 본 R&D 사업의 경제적 타당성 분석 결과

구분	순현재가치(억원)	편익/비용 비율	내부수익률
값	318	2.20	14.56%

경제적 타당성 분석에 사용된 비용 및 편익의 흐름을 자세하게 제시하면 <표 77>과 같다. 할인율을 고려하지 않고 비용을 합하면 371억원이지만 할인율을 고려한 2012년말 기준의 현재가치는 265억원이다. 편익도 마찬가지로 단순합계 및 2012년말 기준 현재가치가 각각 1,361억원 및 583억원이다.

<표 77> 비용 및 편익의 흐름

(단위 : 억원)

연도	비용		편익		순편익	
	값	현재가치	값	현재가치	값	현재가치
2014	32	29			-32	-29
2015	34	29			-34	-29
2016	36	29			-36	-29
2017	41	31			-41	-31
2018	41	30			-41	-30
2019	44	30			-44	-30
2020	42	27			-42	-27
2021	37	23			-37	-23
2022	33	19			-33	-19
2023	31	17			-31	-17
2024			151	80	151	80
2025			151	75	151	75
2026			151	71	151	71
2027			151	68	151	68
2028			151	64	151	64
2029			151	61	151	61
2030			151	58	151	58
2031			151	55	151	55
2032			151	52	151	52
합계	371	265	1,361	583	990	318

제 6 장 연구개발 결과의 활용방안 및 기대효과

제 1 절 활용방안

- 정부의 해양쓰레기의 양과 영향을 측정할 수 있는 지표로 활용
- 정부의 해양쓰레기의 양과 영향을 저감 정책 수립에 활용
- 정부의 해양쓰레기의 저감 정책 이행에 따른 효과 평가에 활용
- 정부의 해양쓰레기 관리체계 구축에 활용
- 정부의 해양쓰레기 대국민 홍보 및 교육 자료로 활용
- 국제사회의 해양쓰레기의 전지구적 오염평가에 활용
- 국제 해양쓰레기 관련 협약 대응 자료로 활용

제 2 절 기대효과

1. 기술적 측면

- 해양쓰레기의 유입량을 측정할 수 있는 기술 확보
- 해양쓰레기의 현존량을 측정할 수 있는 기술 확보
- 해양 미세플라스틱의 오염과 독성을 평가할 수 있는 기술 확보
- 해양쓰레기에 의한 생물피해 및 경제적 피해를 평가할 수 있는 기술 확보
- 해양쓰레기 연구개발을 국제적으로 주도

2. 경제 산업적 측면

- 해양쓰레기 오염으로부터 연안환경 및 생태계 피해 저감
- 해양쓰레기 오염으로부터 관광자원 피해 저감
- 해양쓰레기 오염으로부터 수산자원 피해 저감
- 해양쓰레기 오염으로부터 선박안전 피해 저감
- 해양쓰레기의 사후 수거 및 처리 비용 저감
- 해양쓰레기 관리대책의 선진화에 기여

제 7 장 참고문헌

- 국토해양부, 환경부, 농림수산식품부, 해양경찰청(2009). 제1차해양쓰레기관리기본계획.
국토해양부(2011). 제4차 해양환경종합계획(2011~2020).
- 국토해양부, 해양환경관리공단(2011). 해양쓰레기 대응센터 발전방안 연구용역.
국회예산정책처, 『R&D 사업 예비타당성조사에 대한 메타평가』, 2008.
- 교육과학기술부, 한국과학기술기획평가원, 『2009년 연구개발활동조사 보고서』, 연구보고서, 2009.
- 김동건, 『비용·편익분석(제3판)』, 박영사, 2008.
- 서중해, 『우리나라 민간기업 연구개발투자의 특성 및 경제적 효과』, 연구보고서, 한국개발연구원, 2005.
- 신태영, 『연구개발투자의 경제성장에 대한 기여도』, 과학기술정책연구원, 연구보고서, 2004.
- 한국과학기술기획평가원, 2006, 2005년도 국가연구개발사업 사전타당성조사에 관한 연구, 종합조정 2006-13.
- 한국개발연구원, 『2008년도 예비타당성조사 연구보고서: 연구개발 부문사업의 예비타당성조사 표준지침 연구』, 연구보고서, 2008a.
- 한국개발연구원, 『기타·비투자 재정부문 사업의 예비타당성조사 및 시범사업평가 표준지침 연구』, 연구보고서, 2009.
- 한국개발연구원, 『예비타당성조사 수행을 위한 일반지침 수정·보완 연구(제5판)』, 연구보고서, 2008.
- 한국과학기술기획평가원, 『2005년도 국가연구개발사업 사전타당성조사에 관한 연구』, 종합조정 2006-13, 2006.
- 한국과학기술기획평가원, 『국가연구개발사업 효과 분석 시스템 개발』, 연구보고서, 2009.
- 한국과학기술기획평가원, 『예비타당성조사를 위한 지식기반 및 분석시스템 구축』, 연구보고서, 2011.
- 한국과학기술기획평가원, 『연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 연구(제1판)』, 연구보고서, 2011.
- 한국해양과학기술진흥원, 『해양산업 분류체계 수립 및 해양산업의 역할과 성장전망 분석을 위한 기획연구』, 연구보고서, 2011.
- 황석원, 이우성, 박종혜, 『국가 R&D 사업 경제적 타당성 평가방법론 개선방안』, 한국과학기술정책연구원, 2010.
- Allsopp, M., Walters, A., Santillo, D. and Johnston, P. (2006). Plastic Debris in the World's Oceans Greenpeace (Ed.). Greenpeace.
- Brown, J., Macfadyen, G. (2007). Ghost fishing in European waters: Impacts and management responses. Marine Policy, 31(4), 488-504. doi:10.1016/j.marpol.2006.10.007
- Cardoso, A. C., Cochrane, S., Doerner, H., Ferreira, J. G., Galgani, F., Hagebro, C., ... others. (2010). Scientific support to the European Commission on the Marine

- Strategy Framework Directive: Management group report. JRC Scientific and Technical Reports.
- Cheshire, A., Adler, E., Barbière, J., Cohen, Y., Evans, S., Jarayabhand, S., ... others. (2009). UNEPIOC guidelines on survey and monitoring of marine litter. United Nations Environment Programme, Regional Seas Programme.
- COBSEA (2008). Marine litter in the East Asian Seas Region.
- Galgani, F., Fleet, D., Van Franeker, J., Katsanevakis, S., Maes, T., Mouat, J., Oosterbaan, L. (2010). Marine Strategy Framework Directive Task Group 10 Report: Marine litter. EUR JRC Scientific and Technical Reports.
- Hall, K. (2000). Impacts of marine debris and oil: economic and social costs to coastal communities. Kommunenes Internasjonale Miljøorganisasjon.
- Hong, S., Lee, J., Jang, Y.C., Kim, Y.J., Kim, H., Han, D., Hong, S.H., Kang, D., Shim, W.J. (2013) Impact of marine debris on wild animals in the coastal area of Korea. Marine Pollution Bulletin, 55, 117-124.
- Macfadyen, G., & Food and Agriculture Organization of the United Nations.;United Nations Environment Programme. (2009). Abandoned, lost or otherwise discarded fishing gear. Rome :: United Nations Environment Programme ;:Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- McIlgorm A., Campbell, H. F., and Rule, M. J. (2011) The Economic cost and control of marine debris damage in the Asia-Pacific region, Ocean & Coastal Management, 54, 643-651.
- Moore, C. J. (2008). Synthetic polymers in the marine environment: A rapidly increasing, long-term threat. Environmental Research, 108(2), 131-139.
- Mouat, J., Lopez Lozano, R. and Bateson, H. (2010). Economic Impacts of Marine Litter. Kommunernes Internasjonale Miljøorganisasjon.
- National Oceanic and Atmospheric Administration. 2010. 2008-2009 Progress Report on the Implementation of the Marine Debris Research, Prevention, and Reduction Act. Silver Spring, MD. 70 pp.
- National Research Council. (2008). Tackling Marine Debris in the 21st Century. Washington, DC: The National Academies Press.
- NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration) & UNEP(United Nations Environmental Program)(2011), The Honolulu Strategy: A Global Framework for Prevention and Management of Marine Debris. 이종수, 장용창, 이종명, 홍선욱, 이미정 번역 (2012), 해양쓰레기 예방과 관리를 위한 호놀룰루 전략, (사)동아시아 바다공동체 오션, 60p.
- NOWPAP (2008). NOWPAP Regional Action Plan on Marine Litter.
- Ofiara, D. D. and Brown, B. (1999). Assessment of economic losses to recreational activities from 1988 marine pollution events and assessment of economic losses from long-term contamination of fish within the New York Bight to New Jersey. Marine Pollution Bulletin, 38(11), 990-1004.

- Saaty, Thomas L. (2008). Decision Making for Leaders: The Analytic Hierachy Process for Decision in a Complex World, RWS Publications, Pittsburgh, PA, 343p.
- Ten Brink, P., Lutchman, I., Bassi, S., Speck, S., Sheavly, S., Register, K., et al. (2009). Guidelines on the Use of Market-based Instruments to Address the Problem of Marine Litter. (pp. 60) Institute for European Environmental Policy (IEEP), Brussels, Belgium, and Sheavly Consultants, Virginia Beach, VA, USA.
- UNGA(2005). Resolution A/60/L.22 (Nov. 2005).

Web Resources

ec.europa.eu

marinedebris.noaa.gov

www.farr.house.gov

www.marine-conservation.org

www.unep.org