

선박부착생물에 대한 선제적 대응을 위한 정책방향 연구

Study on the Policy for the Preemptive Response
to the Bio-fouling

2020. 4.

박수진 | 최석문 | 김대경



한국해양수산개발원
KOREA MARITIME INSTITUTE

연구진	박수진 한국해양수산개발원 해양연구본부 연구위원 최석문 한국해양수산개발원 해양연구본부 전문연구원 김대경 한국해양수산개발원 해양연구본부 전문연구원
보고서 집필 내역	
연구책임자	박수진 연구총괄, 제1장, 제2장 제1절, 제3장 제2절, 제3장 제3절 일부, 제4장 제1절, 제4장 제2절 일부, 제5장
연구진	최석문 제2장 제2절, 제2장 제3절, 제3장 제3절 일부, 제4장 제2절 일부 김대경 제3장 제1절, 제3장 제3절 일부, 제4장 제2절 일부
산·학·연·정 연구자문위원	박용준 (주)SLM 글로벌 대표 백인택 (주)아쿠아리우스 대표 박정경 한국조선해양기자재연구원 해양환경팀장 양준혁 한국조선해양기자재연구원 선박평형수팀장 이지현 한국화학융합시험연구원 센터장 손명백 한국선급 책임검사원 이영섭 해양수산부 해사산업기술과 사무관 김용진 해양수산부 해사산업기술과 주무관

※ 순서는 산·학·연·정 순임

발간사

‘선박’은 바다를 오가는 교통수단이며 물건을 운송하는 수단으로서 인류의 역사와 함께 변천해 왔다. 원시시대부터 10세기까지는 사람이 노를 저어 배를 움직이는 노선(櫓船) 시대였으며, 바람의 힘을 이용한 범선(帆船) 시대를 거쳐 19세기에 이르러서는 기계를 이용한 동력선(動力船) 시대로 변천해 왔다. 현대 사회에서도 선박은 대표적인 교통·운송 수단으로 전 세계의 바다를 왕래하며 널리 이용되고 있다.

선박은 무게의 균형을 유지하기 위해 필수적인 평형수(平衡水)를 교환하게 되는데 그 과정에서 바닷물 속에 해양생물이 포함되거나 선박의 선체 표면에 해양생물이 부착되어 다른 국가로 이동하는 문제점에 국제사회의 관심이 커지고 있다. 특히 최근에는 국제무역 규모의 증가와 비례하여 해상교통량이 상승하면서 선박의 국제적인 이동이 많아지게 되면서 외국에서 선박에 부착된 상태로 국내로 유입되는 해양생물(이하 ‘선박부착생물’이라 한다)의 종류와 양 또한 증가하고 있다.

이러한 선박부착생물은 선박 연료의 효율성을 떨어뜨리는 한편, 해양생태계와 생물다양성에 부정적인 영향을 미친다. 즉, 전 세계적으로 선박부착생물로 인해 해운산업은 매년 1천억 미달러(USD)의 손해가 발생하고 있고, 선박 운항과정에서 마찰저항이 커지면서 연료소모율이 최대 약 40%까지 증가될 수 있다고 보고된 바 있다. 그리고 선박부착

생물은 선박평형수와 함께 각 국가의 고유한 해양생태계 또는 생물종을 위협하는 주요 원인으로 지적되고 있기도 하다.

이에 따라 국제사회는 국제해사기구(IMO)가 중심이 되어 선박부착생물에 대한 국제적인 관리와 통제에 대해 논의하고 있으며, 호주, 뉴질랜드 등 일부 국가에서는 법령 또는 지침 제정, 연구 및 기술개발 등을 통하여 선박부착생물의 국제적 관리체계에 자국의 법률과 정책을 반영하기 위하여 노력하고 있다.

이 연구는 선박부착생물에 대한 국내 관리정책의 현황과 문제점에 대해 분석하고, 이를 개선하기 위한 정책적·제도적 방안을 제시하기 위하여 수행되었다. 우선적으로 우리나라의 선박부착생물 관리정책을 해양부착생물의 관리, 해양생태계교란생물의 관리, 선박평형수의 관리로 크게 구분하고, 「해양환경관리법」, 「해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률」, 「선박평형수관리법」 등의 관련 제도를 중심으로 관리 실태를 살펴보았다. 그리고 IMO 협약, 생물다양성협약, 유엔해양법협약 등 국제기구 및 협약의 선박부착생물 관련 규제 및 논의동향을 검토하고, 최근 선박부착생물에 대한 관리를 강화하고 있는 호주, 뉴질랜드, 미국의 정책을 비교·분석하였다.

특히, 선박부착생물의 관리와 연관성이 높은 국제규범인 IMO의 방오시스템협약과 2011년 선박부착생물의 통제·관리 지침을 분석하였으며, 2020년 2월의 제7차 해양오염방지대응 전문위원회의 결과 등 최근 논의동향도 살펴보았다. 연구진은 국내외 정책과 동향에 대한 분석 결과와 산업계 간담회 및 전문가 워크숍 결과 등을 종합하여 국내 선박부

착생물의 체계적 관리를 위해서는 주기적인 실태조사와 모니터링을 실시하고, 관리기준을 마련하는 것이 시급하다고 판단하였다. 또한 선박의 운항을 위해 이루어지고 있는 선박부착생물의 제거·청소 기준과 작업자의 안전기준이 미비되어 있다는 점, 전 세계의 선박부착생물 제거 시장 성장에 비해 관련 국내 기술개발과 산업 육성을 위한 지원책이 부족하다는 점에 대해서 개선이 필요하다고 보았다.

이러한 정책적 한계를 개선하기 위한 방안으로 본 연구에서는 선박부착생물에 대한 실태조사 및 생물독성 평가를 포함한 위해성 평가·관리를 통하여 선박부착생물의 사전예방적 관리체계를 강화하고, 친환경적인 제거 및 사후관리체계를 구축하는 것이 필요하다는 점을 강조하고 있다. 또한 IMO 해양환경보호위원회 산하에 설치되어 있는 ‘해양오염방지대응 전문위원회’를 중심으로 최근 활발하게 다루어지고 있는 ‘2011년 선박부착생물 관리지침’의 개선 논의에 적극적으로 대응하는 것이 필요하다고 제안하고 있다. 특히, 우리나라 해운업계가 호주, 뉴질랜드 등의 강화된 선박부착생물 규제로 인한 피해를 최소화하기 위해서는 주요국의 선박부착생물 관련 법률 및 세부 기준에 대한 정보제공과 ‘(가칭)선박부착생물 관리지침’의 개발, 국내 기술 경쟁력과 산업을 육성하기 위한 지원 대책 등이 시급히 이루어져야 할 것이다. 더불어 IMO의 논의동향과 주요국의 입법, 해양환경 보호와 해운업의 균형적 접근을 종합적으로 고려하여 단계별 입법화 작업도 추진되어야 할 것이다.

이 연구를 통해 분석된 선박부착생물에 대한 국내외 정책 및 규제동

향과 개선방안은 향후 정부가 선박부착생물의 관리체계 강화, 제거기술 및 평가기술 개발, 선박부착생물 제거시장이 새로운 해양산업의 시장으로 자리매김하기 위한 정책적 방향을 설정하는데 유용한 자료로 활용될 것으로 기대된다.

끝으로 이 연구의 책임을 맡은 해양연구본부의 박수진 연구위원과 최석문 전문연구원, 김대경 전문연구원 등 연구진의 노고에 깊은 감사를 표한다. 아울러 이 연구에 자문과 조언을 아끼지 않은 해양수산부 이영섭 사무관과 김용진 주무관, 한국조선해양기자재연구원의 박정경 팀장과 양준혁 팀장, 한국화학융합시험연구원 이지현 센터장, 한국선급 손명백 책임검사원, (주)아쿠아리우스 백인택 대표, (주)SLM 글로벌의 박용준 대표님께 깊은 감사를 드린다.

마지막으로 이 보고서의 심사와 감리를 맡아 적절한 지적과 조언으로 완성도를 높여 주신 우리 원의 목진용 선임연구위원과 남정호 본부장 그리고 이 보고서가 출판되기까지 도움을 주신 모든 분들께 이 자리를 빌려 감사를 드린다.

2020년 4월
한국해양수산개발원
원장 장 영 태

목차

❖ 요약 · i

❖ Executive Summary · vii

제 1 장 서 론 · 1

제1절 연구 배경 및 필요성	1
제2절 연구의 목적	6
제3절 연구의 범위 및 방법	7
1. 연구 범위 및 구성	7
2. 연구 방법	8
제4절 선행연구 검토	10
1. 선행연구	10
2. 선행연구와의 차별성	13

제 2 장 국내 선박부착생물의 관리 현황 · 17

제1절 선박부착생물의 관리	17
1. 선박부착생물의 관리 실태	17
2. 선박부착생물 관리를 위한 연구개발	22
3. 해양환경관리법상 주요 규정	33
제2절 해양생태계교란생물의 관리	42
1. 해양생태계교란생물의 관리 실태	42
2. 해양생태계교란생물의 조사 및 연구 개발	46

3. 해양생태계법상 주요 규정	48
제3절 선박평형수의 관리	51
1. 선박평형수의 실태	51
2. 선박평형수 관리를 위한 연구개발	58
3. 선박평형수관리법상 주요 규정	58

제 3 장	해외 선박부착생물 관리정책 분석 · 63
제1절 IMO의 선박부착생물 관리 및 동향	63
1. IMO 방오시스템협약	63
2. IMO 2011 선박부착생물 지침	66
3. IMO의 최근 논의 동향	69
제2절 유엔해양법협약 및 생물다양성협약의 관리 및 동향	75
1. 유엔해양법협약	75
2. 생물다양성협약	78
3. 세계자연보존연맹(IUCN)의 관리 및 동향	80
제3절 주요국의 정책	85
1. 호주	85
2. 뉴질랜드	92
3. 미국	100
4. 정책적 시사점 비교·분석	103

제 4 장	선박부착생물 관리정책의 문제점 및 개선방안 · 107
제1절 선박부착생물 관리정책의 문제점 분석	107
1. 관리정책의 한계 및 문제점의 분석방법	107
2. 선박부착생물 관리정책의 문제점 및 한계	111
제2절 선박부착생물 관리정책의 개선방안	116
1. 선박부착생물 관리정책의 개선방향	116
2. 선박부착생물 관리정책 및 법제 개선방안	122

제 5 장 결론 및 정책 제언 · 135

제1절 요약 및 결론	135
제2절 정책 제언 및 한계	140
1. 정책 제언	140
2. 연구의 한계 및 후속연구	145

❖ 참고문헌 · 147

표 목차



〈표 1-1〉 선행연구와 본 연구의 차이점 비교	14
〈표 2-1〉 해양생태계교란생물 및 유해해양생물의 지정 현황	44
〈표 2-2〉 제1차 기본계획 상 해양생태계교란생물과 유해해양생물 관리 내용	46
〈표 2-3〉 2011년 해양생태계교란생물 조사·관리사업 연구사업의 주요 내용	47
〈표 2-4〉 「해양생태계법」상 외래 해양생물의 관리제도	51
〈표 2-5〉 선박평형수 관리법 상 외래 해양생물 관리제도 내용	62
〈표 3-1〉 IMO 방오시스템협약의 체계 및 내용	65
〈표 3-2〉 IMO 2011 선박부착생물 지침의 체계 및 내용	68
〈표 3-3〉 국제선박의 입항을 위한 호주 선박부착생물 관리요건 선택안	86
〈표 3-4〉 뉴질랜드 CRMS의 선체청소 요건	95
〈표 4-1〉 선박부착생물의 사전예방적 관리 관련 법률 개선(안)	124
〈표 4-2〉 (가칭)선박부착생물 관리지침에 포함될 주요사항	128
〈표 4-3〉 선박부착생물의 기술개발 및 국제협력 관련 법률 개정(안)	131
〈표 4-4〉 선박부착생물의 산업육성 관련 법률 개정(안)	131
〈표 4-5〉 선박부착생물제거업 관련 법률 개정(안)	132
〈표 5-1〉 사전예방적 선박부착생물의 관리를 위한 정책 제언	141
〈표 5-2〉 선박부착생물의 친환경적 제거 및 사후관리를 위한 정책 제언	142
〈표 5-3〉 IMO 규제 대응 및 기술개발·산업육성을 위한 정책 제언	144

그림 목차

❖	
〈그림 1-1〉 연구의 수행체계	9
〈그림 2-1〉 선박부착생물의 유형	18
〈그림 2-2〉 선박 및 해양구조물에 생물이 부착된 사례	19
〈그림 2-3〉 부착생물의 수중제거 모습 및 주요 장비	20
〈그림 2-4〉 선박을 입거한 후 방오도로와 부착생물을 제거하는 모습	21
〈그림 2-5〉 선박부착생물 방지기술의 유형	23
〈그림 2-6〉 선박부착생물 제거기술의 유형	24
〈그림 2-7〉 해외 선박부착생물 제거기술의 유형	25
〈그림 2-8〉 선체표면 청소로봇의 종류	26
〈그림 2-9〉 울산과기원에서 개발한 선박부착생물 방지를 위한 신소재	29
〈그림 2-10〉 선박부착생물 제거시장 전망	31
〈그림 2-11〉 선박부착생물 제거 장비의 이용 비중 비교	32
〈그림 2-12〉 해양생태계교란생물 및 유해해양생물	43
〈그림 2-13〉 선박평형수로 유입되는 해양생물의 예시	52
〈그림 2-14〉 해양수산 R&D 중장기계획상 친환경선박 시장 선도 과제	58
〈그림 2-15〉 선박평형수의 교환 개념	59
〈그림 3-1〉 BIMCO 설문조사 결과: 수중검사 실시 시기	71
〈그림 3-2〉 BIMCO 설문조사 결과: 수중청소 실시 시기	72
〈그림 3-3〉 Glofouling Partnership 프로젝트에 따른 지식관리 및 정보 제공	74
〈그림 3-4〉 Glofouling Partnership 프로젝트 참여국의 지리적 분포	75
〈그림 3-5〉 2018년 CBD 침입외래종의 비의도적 유입 예방을 위한 보충적 자발적 지침	80
〈그림 3-6〉 2001년 글로벌 침입외래종에 관한 전략	81
〈그림 3-7〉 IUCN 2018 침입외래종 지침	83

〈그림 3-8〉 IUCN 2018 침입외래종 지침상 10개 주제지역	83
〈그림 3-9〉 IUCN 100대 침입외래종 리스트	84
〈그림 3-10〉 호주 GRD-Franmarine 사의 Envirocart 선체수중청소 기술	91
〈그림 3-11〉 뉴질랜드 CRMS의 선체 청소 허용범위	96
〈그림 3-12〉 뉴질랜드의 선박부착생물 관련 과학연구 보고서 및 기술지침	99
〈그림 3-13〉 미국의 선박부착생물 관리계획 및 규제	102
〈그림 4-1〉 선박부착생물 전문가 워크숍 개요	108
〈그림 4-2〉 선박부착생물 산업계 간담회 개요	110
〈그림 4-3〉 선박부착생물 관리의 한계 및 문제점 분석 과정	111
〈그림 4-4〉 컨테이너선의 부착생물 제거방식에 따른 연료손실 비교	120
〈그림 4-5〉 선박부착생물의 연구개발 체계	121

선박부착생물에 대한 선제적 대응을 위한 정책방향 연구

1. 연구의 목적

- ▶ 최근 바다를 왕래하는 선박의 선체 표면에 부착되어 이동하는 선박 부착생물(bio-fouling)로 인해 해양환경 및 해양생태계에 대한 부정적 영향이 우려되고 있음. 즉, 매년 전 세계 해운산업에 1천억 미달러(USD) 가량의 손실이 발생하는 심각한 문제와 더불어 주요 국가의 규제 강화가 해운산업계에 부담으로 작용하고 있음
- ▶ 이에 본 연구에서는 우리나라의 선박부착생물 관리현황과 문제점을 살펴보고, 관련 국내외 법률과 정책을 비교·분석함으로써 선박부착생물 관리정책의 한계요인을 도출하였음
- ▶ 더불어 선박부착생물로 인한 환경적·산업적 피해를 최소화하고 관련 기술개발을 촉진하고 산업을 육성하기 위한 정책적·제도적 방향을 함께 제시하였음

2. 연구의 방법 및 특징

1) 연구방법

구분	선행연구와의 차별성		
	연구목적	연구방법	주요 연구내용
주요 선행 연구	1 • 과제명: 선체 해양생물의 선저오염이 엔진성능과 출력에 미치는 영향 • 연구자(연도): 정균식(2015) • 연구목적: 선체 해양생물이 엔진성능과 에너지 효율에 미치는 영향 분석	• 문헌연구 • 실험 장치와 방법	• 선박 에너지효율 개선 연구 동향 • 선체 해양부착생물과 선저오염의 상관관계에 관한 실험장치와 방법 • 연소분석과 고찰
	2 • 과제명: 선체 Biofouling 기인 위해생물 이동저감의 선제적 대응 • 연구자(연도): 신경순 외 (2015) • 연구목적: 선체 해양부착생물의 이동 현황과 주요 국제동향 분석을 통한 정책 시사점 도출	• 문헌조사 • 해외사례 분석	• bio fouling의 실태 및 외래종 유입 • bio fouling의 영향에 대한 기존 연구 분석 • IMO 지침 분석 • 호주, 뉴질랜드 사례 분석
	3 • 과제명: 이산화탄소를 이용한 해양생물 부착 억제에 관한 연구 • 연구자(연도): 김재현 외 (2016) • 연구목적: 이산화탄소를 이용하여 해양생물에 대한 부착 억제 효과 연구	• 파일럿 플랜트 실험방법	• 이산화탄소의 용해 및 용출 실험방법 • 파일럿 플랜트 실험 • 이산화탄소의 재용출 • 파일럿 플랜트 운전 특성 • 해양부착생물의 특성 및 부착 억제효과
	4 • 과제명: 선체부착생물 오손의 규제에 관한 연구 • 연구자(연도): 석지훈(2018) • 연구목적: 선체부착생물 오손에 대한 생물다양성 협약, 유엔해양법협약,	• 문헌조사 • 비교정책 분석 • 비교법적 분석	• 유해해양생물의 유입에 대한 국제적 규제 분석 • 선체부착생물오손 규제에 대한 각국 동향 분석(미국, 뉴질랜드, 호주)

구분		선행연구와의 차별성		
		연구목적	연구방법	주요 연구내용
		IMO 협약, 주요국의 규제를 분석하고, 향후 국내적 대응방안 제시		• 유해해양생물 유입 방지를 위한 국내법 현황 및 국내적 대응 방안
본 연구		• 기존 연구는 선박부착생물로 인한 선저오염, 규제동향, 부착 억제제를 위한 자연과학적 실험에 관한 연구였으나, 본 연구는 선박부착생물의 관리실태와 국내외 정책을 분석하여 향후 정책 개선 방안을 제시하는 데 강조점이 있음	• 문헌조사 • 해외사례 분석 • 전문가 워크숍 및 인터뷰, 산업계 간담회	• 선박부착생물의 관리 현황 및 문제점 • 주요국 및 국제기구 규제동향 분석 • 선박부착생물 관련 기술개발 동향 분석 • 선박부착생물 관련 정책 개선 방안

자료: 개별 보고서의 내용을 참고하여 저자 작성

2) 연구의 특징

- ▶ 본 연구는 최근 국제해사기구(IMO)를 중심으로 선박부착생물의 문제에 대한 관심과 논의가 급증함에 따라 해당 기구 내의 논의 현황과 함께 이를 주도하는 주요 국가(호주, 뉴질랜드, 미국 등)의 국내 입법동향 및 정책에 대한 분석을 실시하였음
- ▶ 또한 선박부착생물의 관리와 연관성이 있는 다양한 국제협약의 주요 내용 이외에 국내외 관리 현황 및 실태 분석, 관련 기술개발 동향 및 사례에 대하여 고찰함
- ▶ 연구방법론 측면에서 선박부착생물 관리에 관한 기술 개발, 수중 제거 등 정책 및 업무를 담당하고 있는 해양수산부, 선박부착생물 방지 및 제거와 관련된 연구를 진행하고 있는 한국해양과학기술원, 한국조선헤양기자재연구원, 한국화학융합시험연구원, 한국선급 등의

관계자 및 전문가를 대상으로 심층 면담조사와 업무협의를 통해 국내 선박부착생물 관리제도의 문제점과 한계를 파악하여 정책적·제도적 개선방향에 대해 도출하였음

- ▶ 더불어 산업계 간담회를 통해서 선박부착생물을 현장에서 제거하고 관련 기술을 적용하고 있는 민간 기업의 의견과 애로사항을 수렴하였으며, 이를 문제점 도출과 개선방안 마련에 활용하였음

3. 연구결과

1) 연구결과 요약

- ▶ 선박부착생물(bio-fouling)의 현황과 제거에 대한 실태파악이 미흡하고, 실태조사와 사후 모니터링이 이루어지지 않는 등 선박부착생물이 제대로 관리되고 있지 않음
 - 해양생태계교란생물에 대한 조사의 일환으로 항구 내 정박 중인 선박부착생물에 대한 조사가 일부 이루어지고는 있으나, 해양생태계교란생물의 지정 및 관리를 위한 목적으로 이루어지며 선박부착생물에 대한 해운, 오염원 측면의 관리는 미흡
- ▶ 선박부착생물의 제거기준 및 방법, 제거지역을 특정하고, 이에 대한 모니터링과 보고절차를 법제화하는 것이 시급히 필요
 - 현행 관련 법률에서는 선박부착생물에 대해 제거지역과 제거기준 및 방법, 배출 또는 제거 기록부의 작성, 탈락된 잔여물의 처리방법 등에 대해 미규정
 - 수중제거가 통상적으로 이루어지고 있는 현실을 고려할 때 사전에 방적 해양환경 관리조치 및 안전조치 미흡 등 문제 발생

- ▶ 현행 「해양환경관리법」 상 해양환경관리업에 포함되어 있지 않은 (가칭)선박부착생물 제거업을 신설하여 적합한 시설 및 자격기준을 갖춘 전문업체가 제거하도록 하는 입법적 개선이 필요
- ▶ 수중청소를 통한 정기적인 부착생물 제거방식의 필요성에 대한 인식이 점차 증대되고 있으며, 선체청소에서 선체관리(hull care)로의 패러다임 전환까지 제시되고 있는바 적극적 기술개발 지원 필요

2) 정책대안 제시내용 및 정책화 활동

- ▶ 선박부착생물의 정책목표 명확화
 - 선박부착생물에 관한 실태조사, 위해성 평가 등 사전예방주의 해양환경관리와 함께 해운산업에 과도한 부담 방지, 해양환경보호 등 규제정책과 산업정책의 조화 필요
- ▶ 선박부착생물의 사전예방
 - 국내 입출항 외국선박과 선박부착생물의 종류 및 개체수를 파악하고, 통계학적·생물학적·화학적 측면에서 종합적으로 조사·연구하여 정보 체계를 구축하는 등 관련 실태조사 및 DB 구축 추진
 - 해양생태계법에 따른 해양생태계교란생물과 유해해양생물의 관리 정책에 IMO의 선박부착생물종(Common Hull Fouling Invasive Species)에 대한 사항이 충분히 반영되지 못하고 있음. 이에 선박부착생물종을 추가로 관리대상으로 지정하거나 별도의 위해성 평가체계 도입이 필요
- ▶ 해양부착생물의 제거 및 사후관리
 - 선박부착생물의 친환경적 제거를 활성화하고, 부착생물 제거 후 환경영향이나 사후 모니터링과 같은 선박부착생물의 사후관리 강화 필요

▶ 국제규제 대응 및 산업육성 지원

- 향후 관련 IMO 논의동향에 대한 보다 적극적인 검토와 국내 이해관계자에 대한 정보제공이 현 시점에서 우선적으로 요구되며, 해외 주요 국가들의 규제동향과 기술동향에 관한 헬프 데스크(Help Desk) 등을 통한 정보제공 및 홍보
- 선박부착생물의 문제를 해결하기 위한 기술개발을 국가 차원에서 적극적으로 주도할 필요가 있으며, 선박부착생물제거산업을 활성화하기 위해 관련 업종에 대한 법적 근거를 마련

3) 정책적 기여 등 기대효과

- ▶ 선박부착생물의 제어 및 관리 등 관련 문제에 대응하기 위한 정책 방향 제시
- ▶ 국제규제에 능동적으로 대응하고 관련 산업계의 경쟁력을 강화하기 위해 주요국 및 국제기구의 동향 분석을 수행하여 국제규제가 국내 조선·해운 산업에 미치는 영향을 최소화하기 위한 방안을 마련
- ▶ 선박부착생물로부터 해양생태계 및 해양환경을 보호하기 위한 현행 「해양환경관리법」, 「해양생태계법」 등 법률 개선방안 제시

EXECUTIVE SUMMARY

Study on the Policy for the Preemptive Response to the Biofouling

1. Purpose

- ▶ The purpose of this study is to devise measures to improve current policies related to biofouling. Recently, biofouling has become an increasingly major concern, posing harmful impact on the marine environment, while resulting in a loss of 10 million USD in the global shipping industry.
- ▶ This study identified Korea's present status in regards to biofouling management, while comparing and analyzing domestic and foreign relevant laws and systems. Through these efforts, this study suggests a number of policy-wise and systematic directions to minimize environmental and industrial damage caused by biofouling and promote relevant technological development and industries.

2. Methodology and Feature

1) Methodology

Classification		Differentiation from preceding studies		
		Purpose	Method	Major contents
Major preceding studies	1	- Title: Influences of the Surface Pollution Cause by the Marine Growth on Ship Hulls on Engine Performance and Output - Researcher (year): Jung, Kyun-Sik (2015) - Purpose: Analyze the impact of marine organisms on ship hulls having on energy efficiency	- Literature review - Experimental equipment and method	- Research trends of improvement on ship's energy efficiency - Testing equipment and methods on correlation between marine growth on ship hulls and pollution on the bottom of ship - Combustion analysis and considerations
	2	- Title: Preemptive Response for Ship Hull Fouling by Controlling the Movement of Harmful Marine Life - Researcher (year): Kyoung-soon Shin et al. (2015) - Purpose: Draw policy implications based on the analysis of present status of biofouling movement and international trends	- Literature review - Analysis of foreign cases	- Present conditions of biofouling and inflow of alien species - Analysis of existing studies on the impact of biofouling - Analysis of IMO guidelines - Analysis of cases in Australia and New Zealand
	3	- Title: A Study on Reduction of Biofouling Adhesion by CO₂ Utilization - Researcher (year): Kim Jae-hyun et al. (2016) - Purpose: Study the impact of controlling the	Experimental method of pilot plant	- Dissolution and elution of carbon dioxide - Experience of pilot plant - Redissolution of CO₂ - Features of pilot plant operation

Classification		Differentiation from preceding studies		
		Purpose	Method	Major contents
		adherence of biofouling by utilizing CO ₂		• Features of fouling organisms and adherence reduction effect
	4	• Title: A Study on Regulations of Biofouling Pollution • Researcher (year): Suk, Ji-hoon (2018) • Purpose: Analyze regulations of major countries on biofouling pollution including CBD, UNCLOS, IMO Convention regulations of major individual countries and suggest countermeasures for South Korea	• Literature review • Comparative policy analysis • Comparative law analysis	• Analysis on international regulations for the introduction of harmful aquatic organisms • Analysis of trends of individual countries (the US, New Zealand and Australia) on regulations of biofouling pollution • Present status of domestic laws for preventing the introduction of harmful aquatic organisms and international countermeasures
This study		• Existing studies have been primarily about pollution on the bottom of ships caused by biofouling, regulatory trends and scientific experiments to reduce adherence. However, this study highlights suggesting policy improvements after analyzing management status of biofouling as well as relevant domestic and foreign policies.	• Literature review • Analysis of foreign cases • Workshop and interview with experts and meeting with those working in relevant industries	• Management status and problems of biofouling • Analysis of regulatory trends by major countries and international organizations • Analysis of technological development relevant to biofouling • Improvement measures of biofouling related policies

Source: Written by authors by referencing individual reports

2) Feature

- ▶ Following increased attention and discussion on the issue of bio-fouling centering on the International Maritime Organization (IMO), this study conducted an analysis on discussion trends within the organization while analyzing legislative trends and relevant policies of several major countries that have led the trend (Australia, New Zealand and the U.S. etc.)
- ▶ Together with major international conventions relevant to the management of bio-fouling, this study delved into the present status of management, both domestically and overseas, as well as trends and cases of relevant technological development.
- ▶ In terms of methodology, this study utilized in-depth interviews with a number of relevant officials and experts in organizations such as the Ministry of Oceans and Fisheries, Korea Institute of Ocean Science and Technology, Korea Marine Equipment Research Institute, Korea Testing and Research Institute and Korean Register. While those in the MOF specialize in policies and work in relation to technological development for the management of bio-fouling, those in other organizations are proceeding with research on the prevention and removal of bio-fouling. Based on these interviews, this study identified problems and limitations of Korea's bio-fouling management system and extracted a number of policy-wise and systematic improvement measures.

3. Results

1) Summary

- ▶ Bio-fouling has been generally mismanaged with a lack of understanding on the present status and removal of bio-fouling as well as the absence of post-monitoring.
 - A survey on bio-fouling for ships at berth in ports is underway as part of a research on organisms disturbing marine ecosystems. However, this survey is intended for the designation and management of organisms disturbing marine ecosystems, which results in poor management of bio-fouling in regards to shipping and pollution perspectives.
- ▶ There is an urgent need to specify standards, methods and areas of removing bio-fouling and regulate a monitoring and reporting process.
 - Current law does not stipulate standards, methods and potential areas for the removal of bio-fouling, methods of record book management or processing eliminated residues.
 - Given that in-water cleaning is common in reality, lack of relevant legislation law will can lead to covert cleaning along with concerns on enforcement which consequently produce inadequate measures for environmental conservation as well as safety actions.
- ▶ Legislative improvement is necessary to establish the (tentatively

named) ships' bio-fouling removal industry for businesses not being included in the marine environment industry under the Marine Environment Management Act. Such a law will only allow the operation of specialized businesses that meet strict requirements and use qualified equipment.

- ▶ With an increasing awareness on the necessity of regular removal of bio-fouling through in-water cleaning, a paradigm shift is taking place whereby treatment or 'hull-cleaning' moves towards a more preventative means of management in 'hull-care'. Therefore, active support of relevant technological development is necessary.

2) Policy suggestions and relevant activities

- ▶ Clarify the goal of bio-fouling policies
 - Together with precautionary measures for the management of the marine environment such as through a status survey and a risk assessment, it is necessary to strike a balance between regulatory policy and industrial policy: preventing an excessive burden on the shipping industry and protecting the marine environment etc.
- ▶ Prevent bio-fouling in advance
 - It is important to conduct a status survey and establish a relevant database. For instance, the number of species and types of bio-fouling as well as foreign vessels entering and departing

domestic ports should be identified, while building an information system based on comprehensive research from statistical, biological and chemical perspectives.

- ‘Organisms disturbing marine ecosystems’ and ‘harmful marine organisms’ prescribed under the Marine Ecosystem Act do not fully reflect matters concerning Common Hull Fouling Invasive Species stipulated by the IMO. Therefore, it is necessary to add designated species responsible for bio-fouling and introduce a separate risk assessment system.
- ▶ Remove marine fouling and follow-up care
 - Eco-friendly removal of bio-fouling should be invigorated, while follow-up care preventing reoccurrence of bio-fouling should be strengthened after fouling is eliminated such as through an environmental impact assessment and follow-up monitoring.
- ▶ Response to international regulations and support for industrial growth
 - The first order of priority should be to actively review relevant discussion trends in the IMO and provide information to domestic stakeholders. Furthermore, it is necessary to set up a ‘help desk’, offering and promoting information on regulatory and technological trends of foreign countries.
 - The government should take a leading role in technological development to address problems arising from bio-fouling, while laying the legal framework for relevant industries to invigorate the ships’ bio-fouling removal industry.

3) Expected benefits including policy contribution

- ▶ Suggest policy directions to respond issues related to the control and management of bio-fouling
- ▶ Prepare measures to minimize the impact of international regulations having on Korea's ship-building and shipping industry by analyzing the trends of major countries and international organizations in an attempt to actively respond international regulations on the marine environment and strengthen the competitiveness of relevant industries
- ▶ Present measures to improve current laws in order to protect the marine ecosystem and the marine environment from bio-fouling such as the Marine Environment Management Act and the Marine Ecosystem Act

제 1 장

서 론

제1절 연구 배경 및 필요성

선박의 선체 표면 중 해수에 노출된 부위에 해양생물이 부착하여 성장하게 될 가능성이 높으며, 각국의 해역에서 선체 표면에 부착된 해양생물은 선박의 운항과정에 원래 서식하고 있던 국가에서 다른 국가로 이동·유입될 수 있다.¹⁾ 특히, 선박의 표면이 해수에 침전된 경우에는 해양생물이 쉽게 착생하고 성장할 수 있는데, 주로 선박의 프로펠러, 앵커, 체인 및 선체 외판 부위에 발생하게 된다.²⁾ 선박에 부착생물이 발생하게 되면 운항선박의 마찰저항 증가하게 되는데, 연료소모율이 최대 약 40%까지 증가되고 온실가스(GHG: Green House Gas)의 배출량도 함께 증가될 수 있다고 보고되고 있다.³⁾

1) 미생물, 해조류 등 식물, 따개비 등의 해양생물은 해수에 침전된 물체의 단면에 조절막(conditioning film)을 형성하고, 이후 미생물막의 형성과 유생 부착의 단계를 거치게 되면 2~3주 내에 대형 부착생물로 성장하게 된다. 해양한국(검색일: 2019. 8. 30)

2) 해양한국(검색일: 2019. 8. 30)

3) 현봉길 외(2018), p. 786.

선박의 선체 표면뿐만 아니라, 발전소의 열교환기, 해양구조물 등에 미생물이 부착하여 생물막을 형성한 후 다양한 생물종이 부착하여 구조물에 영향을 주는 것을 ‘생물오손(生物汚損)’ 또는 ‘바이오파울링’이라고 부른다.⁴⁾ 바이오 파울링은 육상과 해양에서 모두 발생할 수 있는데, 선박 및 해양구조물, 수처리 시스템, 바이오센서 등에 생물이 부착하여 군체(群體)를 이루며 성장하게 된다. 부착된 생물로 인해 기기의 오류 및 엔진 효율성 저하, 침입성 유해 수중생물의 유입 등의 문제가 발생될 수 있다.⁵⁾

‘바이오 파울링(bio-fouling)’의 1차적인 의미는 생물이 부착하는 현상을 의미하는 것이지만, 선박 관련 바이오 파울링에 대한 국내외 문헌에서는 선박부착생물(ship's bio fouling), 선체부착생물(ship's hull fouling), 해양부착생물(marine bio fouling) 등으로 혼용되어 불리고 있다. 아직까지 선박에서 일어나는 바이오 파울링에 관한 법률이 정비되지 않았기 때문에 법률용어 형태로 정의되거나 학술적 용어표기 방법에 대한 합의가 이루어지지 않는 상황이다. 다만, 바이오 파울링의 특징을 고려해 볼 때 ‘생물학적 오염’의 하나로 볼 수 있으며 수중 환경에 노출된 표면 또는 구조물에 수중생물이 부착되어 집적(accumulation)되는 것으로 이해된다.⁶⁾

국제해사기구(IMO, International Maritime Organization)에서는 생물로부터의 오염을 제거하거나 방지하기 위하여 특별히 설계된 도

4) 네이버 사전(검색일: 2019. 8. 1)

5) 생물오손 또는 바이오 파울링 현상은 액체와 접촉하고 있는 환경에서 표면에 다양한 물질이 달라붙는 현상을 말하는데, 표면에 수초에서 1분 이내에 단백질, 유기입자 등의 흡착이 일어나고 24시간 이내에 박테리아와 세포들이 달라붙으며 시간이 더 지나면서 더욱 큰 생물체와 유기체가 달라붙게 된다. 식품저널인터넷 신문, [연구노트] 레이저 표면 패터닝과 엔티파울링 활용 기술, 2019.1.24.일자 기사 참조, 식품저널(검색일: 2019. 8. 1)

6) 석지훈(2018), p. 143.

료와 코팅, 설비 등을 의미하는 방오시스템(antifouling system)을 논의하는 과정에서 생물의 부착방지 및 제거에 대한 논의도 함께 다루어지고 있다. 이 보고서에서는 연구대상이 선박의 선체표면에서 일어나는 바이오 파울링 현상이라는 점에 주목하여 이하에서는 ‘선박 부착생물(bio-fouling)’로 용어를 통일하여 사용하고자 한다.

선박부착생물은 선박평형수와 함께 대표적인 유해 외래 해양생물이 이동하거나 유입되는 원인으로 지적되고 있으며, 지역과 국가마다 다른 해양생태계의 고유종과 서식지를 위협하고 있다. 즉, 선박을 통해 유입되는 ‘유해한 해양생물(harmful aquatic organisms)’은 해양생태계의 위협요인 중 하나이며 ‘선박평형수(ballast water)’와 선체표면에 축적되어 부착된 형태로 유입되고 있다.⁷⁾

부착생물은 주로 석유·가스 플랫폼, 선박의 바닥(船底), 풍력 발전 설비 및 그 밖에 전략적인 중요성을 갖는 해양구조물 등에서 성장하여 사회경제적, 환경적 피해를 야기하고 있다.

선박부착생물이 성장하게 되면 부착된 구조물의 하중을 증가시키고, 파도·조류와 결합하여 해저 구조물의 역학과 유체역학에도 영향을 줄 수 있다. 즉, 선박부착생물이 미치는 부정적 영향으로는 첫째, 외래종 유입으로 인한 해양생태계 위협, 둘째, 선박의 연료효율 저하, 셋째, 선박무게 및 항행저항 증가로 인한 불필요한 이산화탄소 배출 증가, 넷째, 방오도로 및 제거비용(antifouling coating, hull cleaning)의 증가, 다섯째, 외국의 입항통제로 인한 해운산업의 피해 발생, 여섯째, 해양오염에 따른 해수자원의 이용 제약 등을 야기할 수 있다.⁸⁾

7) 석지훈(2018), pp. 142~143.

8) 박수진(2018. 3), pp. 16~19.

또한 선박에 붙은 부착생물로 인해 외국의 항만에 입항이 거부되는 사례가 발생하고 있는데, 뉴질랜드 산업부(MPI: Ministry of Primary Industries)는 2018년 5월부터 「선박의 생물부착기술 위해성 관리 기준」을 통해 뉴질랜드 해역에 외래생물의 유입을 방지하기 위한 조치를 요구하고 있다. 또한 뉴질랜드 정부는 자국에 입항하는 모든 국제 선박에 대해서 선체를 깨끗하게 하여야 하며, 자국의 관리기준을 충족하였다는 근거를 제공하도록 의무화하고 있다. 뉴질랜드 항만국은 2017년 3월에 우리나라 소유 벌크선박인 DL. Marigold호 선체하부에 다량의 따개비, 서관충 등이 두껍게 부착되었다는 사실을 확인하고 출항명령을 내린 바 있다.⁹⁾

이와 관련하여 IMO에서는 선박운항으로 인한 외래종 유입 및 병원균 확산 등을 방지하기 위해 선박부착생물의 관리·통제 규제 실효성 제고 방안에 대해서 지속적으로 논의하고 있다. 즉, 2011년 7월 제65차 해양환경보호위원회(MEPC: Marine Environment Protection Committee)에서 선박부착생물로 인한 침입수중생물 이동을 최소화하기 위한 조치로서 ‘2011 침입 수중생물의 이동 최소화를 위한 선박 부착생물의 통제 및 관리를 위한 지침(The Guidelines for the control and management of ship’s biofouling to minimize the transfer of invasive aquatic species, Resolution MEPC.207(62), 2011.6.15., 이하 ‘2011 선박부착생물 지침’이라 한다)’을 채택·승인하였다.¹⁰⁾ 2018년 제72차 MEPC에서는 호주, 네덜란드, 뉴질랜드가 ‘2011 선박부착생물 지침에 대한 평가지침’에 근거하여 ‘2011 선박부착생물 지침’에 대한 검토와 필요한 경우에 지침의 개정을 제안하였고 이를 제72차 MEPC에서 승인하였다.¹¹⁾ 더불어 IMO에서는 ‘2011 선박부착생물 지

9) Seatrade Maritime Events(검색일: 2019. 8. 10)

10) 국제해사기구, 선박부착생물 설명자료(검색일: 2019. 9. 3)

침'의 이행과 개도국의 역량강화를 위하여 2017년부터 개도국을 대상으로 한 'GloFouling partnership 프로젝트'를 시행하고 있다. 이는 GloBallast partnership과 유사한 개도국 역량강화 프로젝트로서 유엔은 IMO가 제출한 프로젝트 수행을 위해 2018~2023년까지 5년간 유엔이 직접 6.9백만 미달러(USD)를 지원하고 공동재원 형태로 33백만 미달러를 투입하기로 결정하였다.¹²⁾

최근 호주 및 뉴질랜드가 주도하여 선박부착생물에 대한 국제사회의 활발한 논의와 의견수렴 등이 이루어지고 있는데, 제73차 및 제74차 MEPC에서는 비공식회의를 통하여 회원국 및 단체와 비공식 네트워크를 구성하였고, 선박부착생물의 관리를 위한 연구, 정책 및 산업계 준비사항에 대하여 선사, 선주 등 이해당사자를 대상으로 한 설문과 안내를 위한 조사를 실시하였다.¹³⁾ 이는 이미 관련 국내 규제 조치를 마련한 호주, 뉴질랜드, 미국 등이 '2011 선박부착생물 지침'의 효과성을 제고하는 동시에 자국의 조치를 국제기준으로 반영시키기 위한 노력의 일환으로 볼 수 있다. 더불어 이들 국가들은 선박부착생물 제거시장에서 기술을 선도하는 국가로 자리매김하기 위하여 관련 연구개발을 활발하게 전개하고 있다.

미국 크레덴스 연구소(Credence Research)가 최근에 발간한 “글로벌 선박부착생물 제거시장-성장, 미래 전망 그리고 경쟁 분석(2017~2025)(Global Marine Growth Removal (MGR) Market-Growth, Future Prospects and Competitive Analysis, 2017-2025)” 보고서에 따르면,

11) Guidance for Evaluating the 2011 Guidelines for the control and management of ships' biofouling to minimize the transfer of invasive aquatic species(MEPC.1/Circ.811).

12) 국제해사기구, Glofouling Partnership Project 자료(검색일: 2020. 2. 4)

13) BIMCO(Baltic and International Maritime Council)는 선주를 대상으로 2019년에 생물오손 및 수중청소를 어떻게 관리하고 있는지에 관해 설문을 실시하여 그 결과를 IMO에 제출하였다. 설문에는 6개월의 기간 동안 총 38개사, 2,205척 선박의 선주가 응답하였다. IMO, PPR 7/7/1.

선박부착생물 제거시장(Marine Growth Removal Market, MGR)은 2017년부터 2025년간 연평균 성장률 6.1%씩 성장할 것으로 전망되고 있다.¹⁴⁾ 중동 및 아프리카 지역은 최근에 가장 큰 선박부착생물 제거 시장으로 대두되었다. 전문가들은 향후 고유가와 가스탐사 및 생산 활동이 이어진다면 북아메리카 지역이 선박부착생물 제거시장을 견인할 것으로 전망하고 있다.¹⁵⁾

두바이, 발렌시아, 싱가포르, 로테르담, 노르웨이 등은 선박부착생물을 제거할 수 있는 선체청소 운용설비(hull cleaning operations)를 갖추고 있으나, 국내는 선박부착생물의 제거와 관련한 법제도, 세부 관리기준과 시설기준 등이 미흡한 상황이다.¹⁶⁾

제2절 연구의 목적

선박부착생물은 선체 또는 해양구조물의 5~15% 하중 증가를 가져올 수 있어, 해양생태계의 부정적 영향뿐만 아니라 선박의 연료효율을 떨어뜨리고, 제거과정에 환경적·안전적 문제를 야기할 수 있어 시급한 대책 마련이 필요하다. 특히, 선체 취약구역의 부착생물 제거는 작업자의 안전을 위협할 수 있고, 입거(dry docking)한 이후에 제거하는 방식이 아닌 ‘수중청소(in-water cleaning) 방식’으로 제거하는 경우에는 그 기준과 방법, 절차에 대한 구체적인 규정이 미흡하여 「해양환경관리법」 등 관련 법률의 위반 소지가 있는 상황이다. 이러

14) Credence Research(검색일: 2019. 10. 5)

15) *Ibid.*

16) Seatrade Maritime Events(검색일: 2019. 8. 10)

한 관련 법률의 입법적 공백은 선박부착생물을 제거하기 위한 수중 청소를 하는 잠수사(diver)의 안전기준 미비, 환경오염 가능성, 안전 사고 위험성 등의 2차적인 문제점을 불러일으키고 있다.¹⁷⁾

따라서 선박부착생물이 해양생태계에 미치는 생태계 교란, 선박 연료효율 저하, 환경위해성, 안전성 위험 등의 영향을 최소화하기 위해서는 선박부착생물의 부착방지, 안전하고 친환경적 제거를 위한 기술개발 및 관련 제도 정비를 위한 연구가 시급히 필요하다. 또한 선박부착생물에 대한 호주, 뉴질랜드, 미국 등 주요국의 국내규제가 강화되고 있으며, IMO 차원에서도 MEPC를 중심으로 ‘2011 선박부착생물 지침’의 이행력 확보를 위한 논의가 활발하게 전개될 것으로 전망되고 있다.

이에 본 연구의 목적은 선박부착생물의 관리 현황을 살펴보고 IMO 및 주요국의 규제 및 최근 동향을 분석함으로써, 우리나라의 선박부착생물 관리정책에 어떠한 문제점과 한계요인이 있는지 도출하고, 이를 개선하기 위한 정책적·제도적 개선방안을 제시하는 데 있다.

제3절 연구의 범위 및 방법

1. 연구 범위 및 구성

본 연구는 크게 5개 장으로 구성되어 있다. 제1장 서론에서는 연구 목적과 연구방법론, 선행연구와의 차별성에 대해 기술하고, 제2장에

17) 뉴시스(검색일: 2019. 10. 1)

서는 선박으로부터 유입되는 선박부착생물의 관리와 관련된 국내 법률과 정책에 대해 분석하였다. 즉, 「해양환경관리법」, 「해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률」, 「선박평형수 관리법」 등 관련 법률의 해양 생태계교란생물, 유해해양생물, 선박 방오시스템, 선박평형수 등에 대한 정책과 연구개발, 규율내용에 대해 살펴보았다.¹⁸⁾

제3장에서는 선박부착생물에 대한 국제협약상 규제 및 주요국의 법제 및 정책에 대해 비교·분석하였다. 즉, IMO 협약과 ‘2011 선박부착생물 지침’, 유엔해양법협약과 생물다양성협약, IUCN에서의 선박부착생물에 관한 관리 및 최신 논의동향에 대해 분석하고, 최근 선박부착생물에 대한 규제를 강화하고 있는 호주와 뉴질랜드, 미국의 관련 규제 내용에 대해 살펴보았다. 제4장에서는 현재 선박부착생물의 관리현황과 문제점을 살펴보고 향후 정책방향을 제시하였다. 동시에 선박부착생물을 체계적으로 관리하기 위한 구체적인 정책적·제도적 개선방안도 함께 제시하였다. 제5장에서는 본 연구에서 수행된 주요 결과를 요약하고 정책 제언을 하였으며, 향후 후속연구를 통해 수행되기를 기대하는 과제에 대해 기술하였다.

2. 연구 방법

본 연구에서는 외래 선박부착생물의 실태와 관리 현황과 관련된 국내외 문헌조사, 전문가에 대한 심층 인터뷰, 업무협의, 전문가 워크숍 및 산업계 간담회 등 다양한 연구방법을 실시하였다. 우선 문헌조사를 통해 해양수산부의 법률과 정책 자료, 국내외 논문 및 보고서

18) 본 보고서에서 분석한 우리나라 법률, 시행령, 시행규칙, 행정규칙의 내용은 국가법령정보센터, <http://www.law.go.kr/>(검색일: 2020. 2. 5)의 정보를 참고하여 작성하였다.

등을 분석하였다. 또한 비교법적인 분석방법론을 적용하여 호주, 뉴질랜드, 미국 등 선박부착생물 관리와 기술개발이 발달한 국가의 법률과 정책을 분석하였다.

〈그림 1-1〉 연구의 수행체계



자료: 저자 작성

한편, 본 연구에서는 해양수산부 해사산업기술과 담당자, 한국해양과학기술원, 한국조선해양기자재연구원, 한국화학융합시험연구원, 한국선급 등 전문가들과의 업무협의, 면담조사 및 세미나 등을 병행함으로써 효과적인 정책 한계요인 분석과 실효성 높은 개선방안 제시를 위한 연구방법론을 적용하였다.

또한 (주)아쿠아리우스, (주)SLM 글로벌 등 선박부착생물을 실제로 제거하고 있거나 관련 기술을 개발하고 있는 민간기업과 전문가가 함께 참여하는 산업계 간담회를 통해 연구결과의 현장 적용성을 확보하기 위하여 노력하였다. 앞의 <그림 1-1>은 연구범위와 방법을 적용하여 본 연구의 수행 체계를 도식화한 것이다.

제4절 선행연구 검토

1. 선행연구

정균식(2015)은 최근 국제 원유가의 폭등으로 선박의 연료비 부담이 상대적으로 가중되고 있으며, 또한 연료의 연소과정에서 발생하는 온실가스에 대한 국제적 규제 움직임도 가속되고 있는 것으로 분석하였다.¹⁹⁾ 이에 따라 에너지 효율 개선을 위해서 선체의 설계변경, 마찰저항을 줄이기 위한 도료개발, 엔진의 열효율을 개선하기 위한 첨가제 개발, 연료를 절감하기 위하여 저속운전 등 다양한 방법들이 적용되고 있다. 그 결과 최근 고유가 시대에 선박의 고속화와 대형화 및 에너지 절감형 선형의 개발이 필수요건이 되고 있다. 또한 선체 표면의 국부 영역에서 저항 값들의 정성 및 정량적인 변화와 보다 세밀한 분석은 불가피하다고 판단하였다. 이에 정균식(2015)은 선박은 5년을 주기로 정기검사와 그 중간에 중간검사를 위하여 입거(dry docking)를 하게 되는데, 평균 2.5년에 한번 씩 입거 후에 선체의 이물질을 제거하고 새로 도료를 입히는 작업과 프로펠러 연마작업(grinding)을 하

19) 정균식(2015), pp. 399~406.

게 되는 데 주목하였다. 정균식(2015)에서는 에너지 효율 개선을 위한 기초연구로서 현재 운항 중인 선박의 선체에서 자생하는 해양생물로 인한 마찰저항을 확인하기 위하여 도크 전·후의 엔진성능을 분석하고 그 결과를 도크와 도크 사이 2.5년의 데이터와 비교함으로써 주기관의 성능, 마찰저항과 부하변화 및 연료소비량과 선속에 미치는 연구 결과에 대해 분석하였다. 그 결과 선체에 마찰손실을 유발하는 해양생물의 영향을 확인하기 위하여 해양생물이 가장 많이 부착하는 입거전의 경우와 선체저항이 가장 적은 출거 후를 비교하면 최고 폭발 압력은 160rpm에서 2MPa, 175rpm에서 1.5MPa 차이가 발생하였고, 기관출력은 160rpm에서 17.4%, 175rpm에서 18% 차이가 발생하였다. 또한 연료 소모량은 시간당 160rpm에서 16.6%, 175rpm에서 12.1%의 차이가 발생하는 것으로 분석되었다. 본 연구에서는 선체부착생물의 제거와 에너지 효율 개선은 정비례 관계에 있다는 점과 선박운항을 위해서 필수적으로 선체부착생물의 제거가 요구된다는 점을 이해하는 기초자료로 활용하였다.

신경순 외(2015)는 선체, 프로펠러, 배출 파이프, 공기흡입구 등 선체 취약구역(niche area)에 발생하는 선박부착생물의 실태와 수생 침입종(aquatic invasive species)의 대표적인 원인으로 선박평형수, 퇴적물(sediment), 선체부착생물(Hull fouling)이라고 지적하였다.²⁰⁾

그리고 호주, 샌프란시스코만으로 유입된 외래종의 도입경로가 선박평형수 보다는 선체부착생물이 차지하는 비중이 높았다는 2000년 연구결과도 소개하였다. 더불어 선체부착생물은 선박의 건조법과 디자인, 운항지역과 방문 장소, 선박의 관리방법, 위치와 방오시스템(AFS: Anti-fouling systems)의 적용과 사용에 따라 영향을 받을 수

20) 신경순·장민철·강정훈(2015), pp. 1~19.

있다는 점을 강조하였다. 기타 선체부착생물로 인하여 연료소모 증가, 방오도로, 선체하부 청소 등의 비용이 발생하고 있으며, 위해생물과 병원균 방출가능성에 대한 위해성 평가 및 관리, 생물침입경로 현황 및 영향 파악 등이 필요하다고 주장하였다. 본 연구에서는 주요국의 대응 및 향후 정책 개선방향을 설정하는 자료로 참고하였다.

김재현·권오억(2016)은 이산화탄소를 이용한 해양생물 부착 억제에 관한 연구를 실시하였다.²¹⁾ 발전소의 냉각수에 존재하는 해양생물이 냉각시스템의 설비에 부착하여 피해를 유발하는 것을 방지하기 위해 이산화탄소(CO_2)를 이용한 해양생물의 부착 억제 효과를 조사하였다. 해수 중에 용해된 CO_2 는 초음파에 의한 탈기, 가열에 의한 탈기로도 대기 중으로의 재용출은 거의 일어나지 않는다. 따라서 발전소 냉각시스템에 CO_2 를 주입하는 경우, 냉각시스템의 다양한 지점에서 CO_2 의 주입이 가능하고 일단 주입된 CO_2 는 냉각시스템을 지날 때까지 재용출없이 충분한 효과를 나타낼 수 있다. 파일럿 플랜트 실험에서 CO_2 를 주입한 제1계열 반응조 및 염소를 주입한 제2계열 반응조에서는 어떠한 생물종도 관측되지 않았지만, 아무런 처리를 하지 않은 제3계열의 반응조에서는 갯지렁이, 진주 담치 등의 생물종이 성장하는 것이 관측되었다. 해수 중의 CO_2 주입은 해양생물의 부착 억제 및 성장 억제 효과가 있는 것을 확인할 수 있었다.

김재현·권오억(2016)의 연구결과는 해양생물 부착 억제를 위한 방법으로서 해수 중 CO_2 를 주입하는 것이 효과적이라는 것과 해양생물 부착생물 제거를 위한 다양한 시험 및 기술개발이 이루어지고 있다는 점을 이해할 수 있었다.

21) 김재현, 권오억(2016), pp. 67~73.

한편, 석지훈(2018)은 외래에서 유입되는 유해해양생물은 해양생태계의 위협요인이며 선박평형수와 선체부착생물오손에 대해 IMO 협약 및 2011년 ‘선체부착생물오손 관리에 관한 지침’을 중심으로 국제적인 규제내용과 논의 동향에 대해 분석하였다.²²⁾ 또한 미국, 뉴질랜드, 호주의 선체부착생물오손과 관련한 규제내용을 비교분석하였으며, 유해해양생물의 유입 방지를 위한 「생물다양성 보전 및 이용에 관한 법률」, 「해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률」등 관련 법률과 정책을 살펴보았다. 석지훈(2018)은 선체부착생물오손을 통한 유해한 해양생물의 유입에 대한 대책으로 ① 국제항행선박의 선체부착생물오손 현황 조사 및 환경적 영향 검토, ② 「해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률」, 「해양환경관리법」 등 관련 법률의 개선방안을 제시하였다. 본 연구에서는 선박을 통해 유입되는 외래 선박부착생물로 인한 국제사회 및 주요국의 규제 동향을 분석하고, 향후 우리나라의 정책방향을 설정하는 데 유용한 참고자료로 활용하였다.

2. 선행연구와의 차별성

이상의 선행연구는 선박부착생물이 선박의 연료효율에 미치는 영향, 선체부착생물의 제거의 효과, 이산화탄소를 활용한 부착생물 제거의 효과에 대한 기술적 내용이 주를 이루었다. 신경순 외(2015)의 경우는 IMO의 2011 선박부착생물 지침과 주요국의 동향에 대한 개괄적인 분석을 하였고, 석지훈(2018)은 국제협약과 주요국의 규제 동향과 국내 제도 개선방향을 제시하였다. 다만 기존 연구는 기술적인 분석 내용이 중심을 이루고 있으며 선박부착생물에 대한 제거 및 관

22) 석지훈(2018), pp. 139~173.

리 현황과 2018년 이후의 IMO와 주요국의 논의동향에 대한 분석이 이루어지지 않았다.

본 연구에서는 IMO 협약과 2011 선박부착생물 지침, 제7차 해양오염방지대응 전문위원회의 선박부착생물과 관련된 이슈를 분석하고, 향후 정책적·제도적 개선방안을 제시하고 있다는 점에서 기존 연구와 차별화된다. 또한 기존 연구와 달리 본 연구에서는 해양수산부, 한국해양과학기술원, 한국조선해양기자재연구원, 한국화학융합시험연구원, 한국선급 및 민간기업 전문가를 대상으로 업무협의, 전문가 자문 등을 실시하였다. 이와 더불어 산업계 간담회를 통해 선박부착생물의 관리 측면에서의 문제점과 한계가 무엇인지 의견을 수렴하고, 향후 정책적·제도적 개선방향에 대해 도출하였다.

이는 본 연구의 궁극적인 목적이 유해한 외래 선박부착생물 관리 정책 수립을 통하여 국내 해양환경 및 해양생태계의 보전과 지속가능한 해운을 조화시키는 데 있다는 점에서 중요한 과정이며, 기존 연구방법과 차별화되는 것이라고 판단된다.

〈표 1-1〉 선행연구와 본 연구의 차이점 비교

구 분	선행연구와의 차별성		
	연구목적	연구방법	주요연구내용
주요 선행 연구	1 • 과제명: 선체 해양생물의 선저오염이 엔진성과 출력에 미치는 영향 • 연구자(연도): 정균식 (2015) • 연구목적: 선체 해양생물이 엔진성과 에너지 효율에 미치는 영향 분석	• 문헌연구 • 실험장치와 방법	• 선박 에너지효율 개선 연구 동향 • 선체 해양부착생물과 선저오염의 상관관계에 관한 실험장치와 방법 • 연소분석과 고찰
	2 • 과제명: 선체 Biofouling 기인 위해생물 이동	• 문헌조사 • 해외사례 분석	• bio fouling의 실태 및 외래종 유입

구 분	선행연구와의 차별성		
	연구목적	연구방법	주요연구내용
3	- 저감의 선제적 대응 - 연구자(연도): 신경순 외 (2015) - 연구목적: 선체 해양부착 생물의 이동 현황과 국제동향 분석		- bio fouling의 영향에 대한 기존 연구 분석 - IMO 지침 분석 - 호주, 뉴질랜드 사례 분석
	- 과제명: 이산화탄소를 이용한 해양생물 부착 억제에 관한 연구 - 연구자(연도): 김재현 외 (2016) - 연구목적: 이산화탄소를 이용하여 해양생물에 대한 부착 억제 효과 연구	파일럿 플랜트 실험방법	- 이산화탄소의 용해 및 용출 실험방법 - 파일럿 플랜트 실험 - 이산화탄소의 재용출 - 파일럿 플랜트 운전 특성 - 해양부착생물의 특성 및 부착 억제효과
	- 과제명: 선체부착생물 오손의 규제에 관한 연구 - 연구자(연도): 석지훈 (2018), 해사법연구 제30권 제1호 - 연구목적: 선체부착생물 오손에 대한 생물다양성 협약, 유엔해양법협약, IMO 협약, 주요국의 규제를 분석하고, 향후 국내적 대응방안 제시	- 문헌조사 - 비교정책 분석 - 비교법적 분석	- 유해해양생물의 유입에 대한 국제적 규제 분석 - 선체부착생물오손 규제에 대한 각국 동향 분석(미국, 뉴질랜드, 호주) - 유해해양생물 유입 방지를 위한 국내법 현황 및 국내적 대응 방안
본 연구	기존 연구는 선박부착 생물로 인한 선저오염, 규제동향, 부착 억제를 위한 자연과학적 실험에 관한 연구였으나, 본 연구는 선박부착생물의 관리실태와 국내외 정책을 분석하여 향후 정책 개선방안을 제시 하는 데 강조점이 있음.	- 문헌조사 - 해외사례 분석 - 전문가 워크숍 및 인터뷰, 산업계 간담회	- 선박부착생물의 관리현황 및 문제점 - 주요국 및 국제기구 규제 동향 분석 - 선박부착생물 관련 기술 개발 동향 분석 - 선박부착생물 관련 정책 개선 방안

자료: 개별 보고서의 내용을 참고하여 저자 작성

제 2 장

국내 선박부착생물의 관리 현황

제1절 선박부착생물의 관리

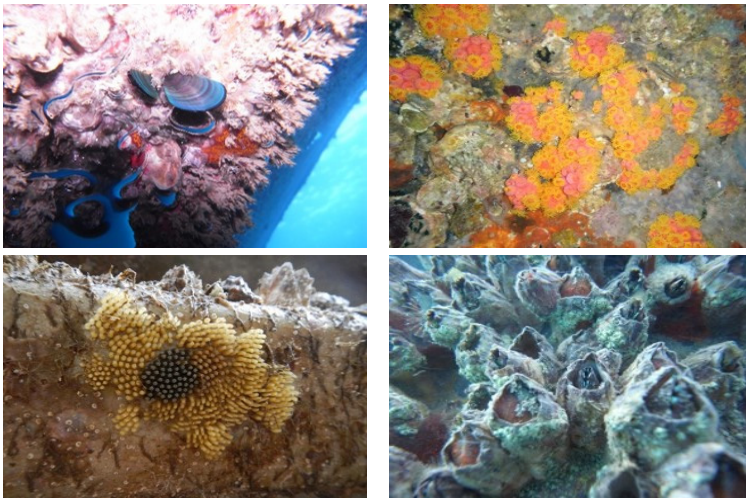
1. 선박부착생물의 관리 실태

1) 선박부착생물의 개념 및 영향

선박평형수 안에 포함된 상태로 또는 선박의 선체에 부착되어 유입되는 ‘외래 침입 생물종(invasive aquatic species)’은 전 세계 해양과 생물다양성을 위협하는 주요한 원인으로 인식되고 있다. 이러한 침입 생물종은 국제무역과 해상교통의 규모가 확대되면서 생물다양성과 가치있는 자연자산을 훼손하고 지구의 생물학적, 경제적, 건강상의 웰빙을 위협하는 가장 큰 요인 중의 하나로 지적되고 있다. 예를 들어, 선박평형수에 포함되어 있는 박테리아, 미생물, 무척추동물, 해조류, 어란, 다양한 생물종의 포낭, 유생 등은 심각한 생물학적·경제적·건강상의 문제를 발생시킬 수 있다.²³⁾

IMO는 수중, 특히 선박의 선체 표면에 미생물, 식물, 해조류, 동물의 축적(accumulation)을 통해 ‘생물침입(bioinvasion)’이 일어나게 되고, 이는 침입 수생생물종이 다른 해역으로 이동하는 중요한 매개체가 될 수 있다고 지적한다. 이는 인간과 동식물의 삶과 경제적·문화적 활동, 수생환경에 대한 위협을 초래할 가능성이 있다.²⁴⁾

〈그림 2-1〉 선박부착생물의 유형



자료: 국제해사기구, 선박부착생물 설명자료(검색일: 2019. 9. 3)

선박의 항행과 관련해서 선박부착생물이 미치는 영향을 살펴보면, 원래 30노트로 디자인되어 있는 선박에 생물오손이 되면 25노트 정도밖에 속도가 나지 않을 수 있다. 선박에는 해초, 따개비 등의 해양생물이 부착되어 있는데, 두껍게 축적된 상태로 부착된 선박부착생물은 연료소모율을 증가시켜 해운업에 비용증가 요인이 되고 있다.

23) 국제해사기구, 선박부착생물 설명자료(검색일: 2019. 9. 3)

24) *Ibid.*

대형 선박을 기준으로 연간 연료비는 척당 30~40억 원, 초대형 선박은 최대 400억 원의 연료비를 사용하는데, 평균 10~20%의 연료손실이 있다고 보면 5억~10억 원, 많게는 100억 원의 비용손실이 발생할 수 있다.²⁵⁾

2020년부터 모든 선박은 폐쇄형 스크리버(scrubber)로 전환하거나 저황유(LSF, Low Sulfur vessel Fuel)를 사용해야 되기 때문에, 선박 연료비용에 영향을 주는 연료 효율성의 중요성은 더욱 커지고 있는 상황이다.

〈그림 2-2〉 선박 및 해양구조물에 생물이 부착된 사례



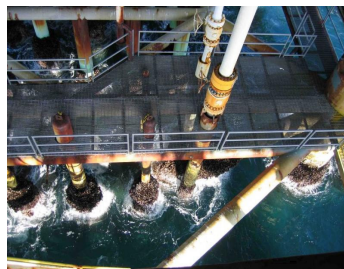
① 선박 하부표면에 붙어있는 부착생물



② 선박 하부표면에 붙어있는 부착생물



③ 발트해 항구에 붙어있는 부착생물



④ 해양구조물에 붙어있는 부착생물

자료: ① Safety4Sea(검색일: 2019. 8. 20), ② Hawaii Invasive Species Council(검색일: 2019. 8. 20), ③ Sachsen-Anhalt(검색일: 2019. 8. 20), ④ Offshore.vn(검색일: 2019. 8. 20)

25) 노컷뉴스(검색일: 2019. 11. 5)

2) 선박부착생물의 제거

통상 선박부착생물을 제거한 후 3개월 지나면 녹색의 해조류가 얇게 부착되어 있는 상태(light slime)가 된다. 그 단계를 지나면 따개비가 두껍고 딱딱하게 선박에 붙어있게 되는 상태(heavy fouling)로 바뀌게 된다.²⁶⁾

〈그림 2-3〉 부착생물의 수중제거 모습 및 주요 장비



① 다이버가 부착생물을 제거하는 모습



② 다이버가 부착생물을 제거하는 모습



③ 선체표면의 부착생물 제거 도구



④ 선체표면의 부착생물 제거 도구

자료: ① Deep Sailing(검색일: 2019. 10. 3), ② Marine Diving Service(검색일: 2019. 10. 3), ③ ABC Diving® Ltd(검색일: 2019. 10. 3), ④ Top Shelf Marine Products(검색일: 2019. 10. 3)

보통 중형 이상의 상선은 정기검사와 중간검사 과정에서 입거(dry docking)하여 선체표면을 청소하는 과정에 선박부착생물을 함께 제

26) 박영준(2019), p. 37.

거하고 새로운 방오도료를 입히는 작업을 진행하고 있다.²⁷⁾ 선박부착생물의 제거는 잠수사가 다양한 형태의 청소 솔(brush), 끌 등을 이용하여 제거하는 수동 방식과 청소로봇을 활용하여 제거하는 기계식 방식으로 나뉜다. 한편, 선박을 육상으로 입거(dry docking)한 후에 제거하는 ‘입거식 청소’와 접안시설에 선박이 접안된 상태에서 제거하는 ‘수중청소(in-water cleaning)’ 방식으로 나뉜다. 현재 잠수사를 통한 제거와 청소로봇을 활용한 제거방식의 실태에 대한 조사는 이루어지고 있지 않아 정확한 실태파악은 어려운 상황이다.

〈그림 2-4〉 선박을 입거한 후 방오도료와 부착생물을 제거하는 모습



자료: 이지현(2019a), p. 40.

한편, 수중로봇을 이용하여 선박부착생물을 제거하는 기술을 보유한 민간 기업에서는 ‘선체청소(hull cleaning)’가 아니라 ‘선체관리(hull care)’로 전환하게 되면 선체의 도막 손상을 최소화하고 제거비용도 저감할 수 있다고 주장하고 있다.²⁸⁾ 즉, 도료의 손상 없이 유지하려면 자주 제거하는 선체표면 관리 서비스로 접근하는 것이 경제적·생태계적 측면에서 유리하고, 전 주기적 선박관리의 개념으로 인식해 고가 필요하다는 의견이 있다.²⁹⁾

27) 「선박부착생물 전문가 워크숍」(2019. 11. 6)에서 이루어진 토론내용 참조

28) 노컷뉴스(검색일: 2019. 11. 5)

2. 선박부착생물 관리를 위한 연구개발

1) 연구개발 현황

한국해양과학기술원과 한국조선해양기자재연구원은 선박평형수 형식승인기관 역할을 담당하고 있으며, 선박부착생물의 방지 및 제거기술에 대한 연구를 수행하고 있다.³⁰⁾ 한국화학융합시험연구원은 방오도로 분야에 대한 연구를 오랜 기간 진행했던 전문성을 살려 방오도로와 선박부착생물의 제거과정에서 배출되는 유해성 물질에 대한 조사, 유해성 평가기준의 설정 등에 대한 연구를 진행하고 있다. 민간회사인 (주)타스글로벌, (주)SLM 글로벌 등이 수중로봇을 활용한 선체 하부 청소작업을 진행하고 있다.³¹⁾

선박부착생물 관련 기술은 크게 ‘방오도로(Anti-Fouling) 방식 기술’, ‘선박부착생물 성장방지 시스템(MGPS: Marine Growth Prevention System) 기술’, 부착된 생물을 제거하는 선체표면 청소로봇 및 잠수부를 이용한 제거기술 등으로 구분할 수 있다. 이 가운데 ‘방오도로(Anti-fouling coating) 방식’은 전통적으로 활용되고 있는 기술이며, 선체표면의 부식과 생물부착을 방지하는 것으로 해외제품에 대한 의존도가 높고 국내 원천 기술력이 낮은 수준이다.

MGPS는 주로 선체표면이 아닌 배관 내부에 해양생물의 부착을 방지하는 장치이다. MGPS 개발시장은 선박, 해양구조물, 석유, 가스, 발전소 등 다양한 분야에서 적용이 가능하며, 특히 선박 및 해양에서

29) 박영준(2019), pp. 34~36.

30) 한국해양과학기술원 남해연구소, 한국조선해양기자재연구원에 대한 방문 심층인터뷰 결과 참조(2019.10.11)

31) 「선박부착생물 전문가 워크숍」(2019.11.6) 토론 내용과 한국화학융합시험연구원 방문 심층인터뷰 결과 참조(2019.12.16)

의 성장률이 높을 것으로 예상되고 있다. 한편, 스페인, 미국, 호주 및 네덜란드 등에서는 초음파와 음극방식의 제품이 개발되어 상용화되고 있다.³²⁾

〈그림 2-5〉 선박부착생물 방지기술의 유형

1) 방오도료(Anti-fouling Coating)

- 선체표면의 부식 및 생물부착 방지, biocide, 실리콘 도료
- 해외제품 의존도가 높고 국내 원천기술력 낮음



2) MGPS (Marine Growth Prevention System)

- 주로 배관 내부에 설치하여 배관 내 생물 부착방지
- 초음파, 음극방식



자료: 박정경(2019), p. 30.

선박부착생물의 부착 방지기술은 우선 전통적으로 활용되고 있는 ‘방오도료(Anti-fouling coating) 방식’이 있다. 선체표면의 부식과 생물부착을 방지하는 것으로 해외제품에 대한 의존도가 높고 국내 원천기술력이 낮은 수준이다. 그 밖에 주로 선체 배관 내부에 설치하여 배관 내 생물 부착을 방지하는 ‘MGPS 방식’이 있으며, 초음파, 음극방식 등도 활용되고 있다.³³⁾

32) 박정경(2019), p. 30.

〈그림 2-6〉 선박부착생물 제거기술의 유형



자료: 박정경(2019), p. 27.

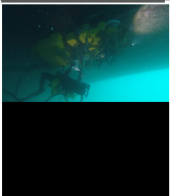
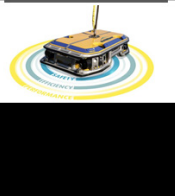
국내에서는 (주)케이씨에서 전해원리를 이용한 MGPS를 개발하여 세계시장 1위의 점유율을 차지하고 있고, 선진국과 동일 수준의 기술력을 보유하고 있으며 국내시장의 80%, 중국시장의 40%를 점유하고 있다. 제거기술(removal technology)은 도크에 올려서 제거하는 방법과 수중에서 제거하는 수중청소기술(in-water cleaning)로 구분할 수 있다. 선박부착생물 제거장치는 ① Envirocart(사)가 개발한 필터 및 UV 방식을 결합하여 제거하는 방식, ② 영국과 노르웨이 Ecosubsea(사)의 ROV 방식, ③ 스페인 Techullclean(사)의 um filter 방식, ④ 아랍에미리트의 Hullwiper(사)의 고압해수 jet 방식 등이 있다.³⁴⁾

33) 박정경(2019), p. 30.

34) 박정경(2019), p. 28.

선체표면에 부착된 유해해양생물을 제거하는 선체표면 청소로봇 장비의 개발은 새롭게 형성되는 신규 해양 기자재시장으로 2016년까지 전 세계적으로 16개의 선체표면청소로봇이 개발되었고, 미국이 3개의 제품을 개발하였고 많은 제품이 네덜란드의 기술을 원천으로 하고 있다.³⁵⁾

〈그림 2-7〉 해외 선박부착생물 제거기술의 유형

 CleanSubSea Envirocart • 호주제품 • Blade 고속회전 • 필터+UV방식 • 최대 2m³/min 처리	 Ecosubsea • 영국, 노르웨이 • 97.5% debris collection • ROV	 Techuliclean Crawler • 스페인 • 5-25 um filter	 Hullwiper • 아랍에미레이트 • 고압해수 jet 분사 • No brushing
---	--	--	--

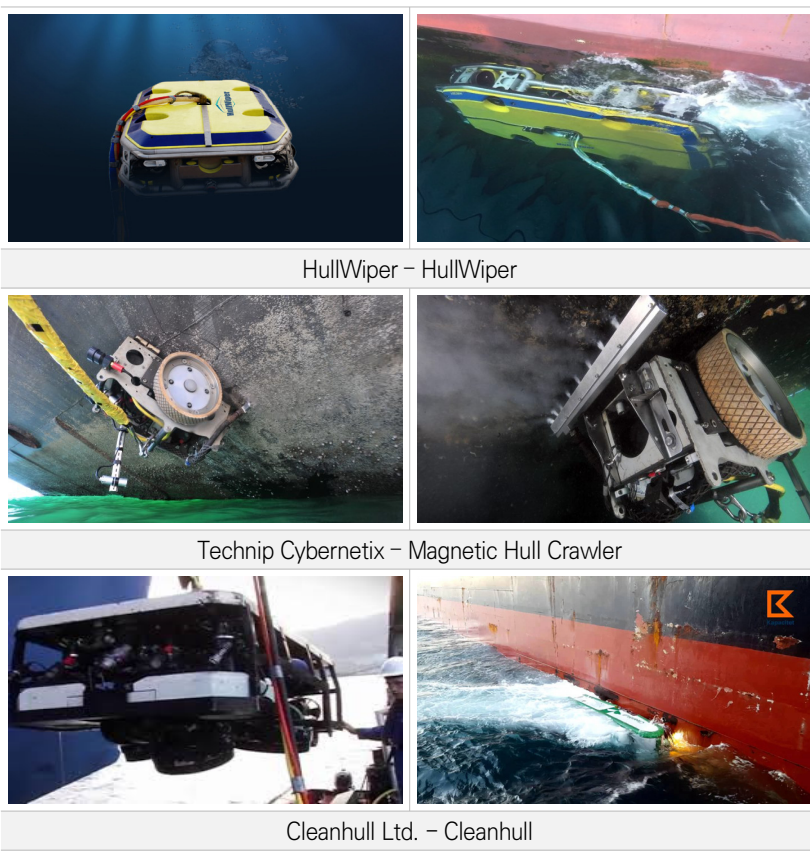
자료: 박정경(2019), p. 28.

선박부착생물 제거기술 개발사의 규모는 10명 이내의 소규모업체부터 대형조선소까지 다양하며 식별된 16개 장비 중 단지 6개 제품만이 상용화되었고, 5개 제품은 개발 및 시험 중이며, 나머지 5개 제품은 개발이 종료되었다. 국내의 기술개발은 2013년 삼성중공업에서 가장 먼저 시작하였으나 현재 개발을 종료하였고 (주)SLM 글로벌에서 기술을 이전받아 후속 개발을 진행하고 있다.³⁶⁾

35) *Ibid.*

36) 박영준(2019) 및 박정경(2019)의 발표 및 토론 내용을 기초로 작성

〈그림 2-8〉 선체표면 청소로봇의 종류



자료: E&CO(2019), 해양 Bio-Fouling 제거 기술개발사업 공모형 기획연구 발표자료, p. 8.

2017년에 (주)타스글로벌(TAS Global)에서 선박의 곡선 부분까지 청소가 가능한 로봇을 개발하였으며,³⁷⁾ (주)대원시스템에서 프로펠러 방식의 제품을 개발하고 있으며 그 외에도 잠수사를 이용하여 선체표면청소 서비스 제공업체와 수중로봇개발 업체 등에서 개발 중인 것

37) (주)타스글로벌은 2018년에 영구 자석식 접지력 향상을 통한 수중작업용 무인궤도 이동플랫폼 제작 기술을 적용한 수중로봇을 개발하여 상용화 작업을 진행하고 있다. 노컷뉴스(검색일: 2019. 11. 5)

으로 알려져 있다. 수중로봇 개발산업은 현재까지 비교적 신규산업이며 성숙기까지는 많은 시간이 필요할 것으로 예측되고 있으나, 대부분의 기술들이 2010년 이후 개발되기 시작하였기 때문에 관련 산업은 향후 지속적으로 성장할 것으로 전망되고 있다.³⁸⁾

다만, 전문가들은 현재 대부분의 기술은 2차원적인 표면만 청소할 수 있으며 우리나라의 경쟁력 제고를 위해서는 프로펠러 등 ‘취약구역(niche area)’의 부착생물 제거가 가능한 기술을 확보하는 것이 중요하다고 보고 있다. 이를 위해서는 제거기술의 효율성을 높이기 위한 유지·보수 및 개선을 위한 지속적인 시험이 필요하다.

한편, 선박부착생물을 제거하는 과정에서 탈락된 해양생물의 포획·수거율을 제고하기 위한 방법에 대한 연구, 도료가 함께 탈락하는 과정에서 나타나는 환경위해성 관리 및 평가 등에 관한 연구도 진행되고 있다.

2) 최근 연구개발 동향

국내 대다수의 연구기관은 선박평형수에 관한 기술개발과 선박부착생물에 대한 연구개발을 함께 추진하고 있다. 즉, 한국해양과학기술원은 선박평형수에 대한 독립시험 및 인증체계를 구축하고 있으며, 한국조선해양기자재연구원은 적합성 시험, 환경시험 등 승인 업무와 생물분석 업무를 수행하고 있다. 한국화학융합시험연구원은 선박평형수의 화학 분석을 하는 기관으로서 독성 분석, 도료 분석 등을 수행하고 있다. 최근에 한국조선해양기자재연구원은 선박부착생물에 관한 생물학적 연구를 위하여 대형 수조를 구축하는 등 인프라를 확

38) 박영준(2019), p. 39.

충해 나가고 있으며, 한국화학융합시험연구원도 위해성 평가를 위한 실험과 기초데이터 확보를 위한 연구를 지속하고 있다.³⁹⁾

한편, 선박의 종류, 정박기간, 운행 항로 등의 차이에 따라 선박부착생물의 부착 두께와 생물의 종류, 위해성 등이 상이할 수 있다. 이에 한국선급은 IMO MEPC 해양오염방지대응 전문위원회에 참여함으로써 국제기준에 대한 검토와 향후 선박부착생물의 형식승인 및 인증체계를 대비하기 위한 연구를 진행하고 있다.

2019년에 해양수산부는 선박부착생물이 선박을 비롯한 해양플랜트 및 해양구조물에서 성장하는데, 외래종 유입으로 인하여 해양 생태계에 부정적인 영향을 미칠 뿐만 아니라 방오도료로부터 유해화학물질의 용출, 선박 연료소모율 증가로 인한 온실가스 배출량 증가 등의 해양환경 문제를 야기한다는 점과 국제적 규제가 강화될 가능성이 높다는 점에서 「해양 Bio-fouling 제거기술 개발 연구」의 기획 필요성과 타당성을 판단하기 위해 사전 기획연구를 실시한 바 있다.

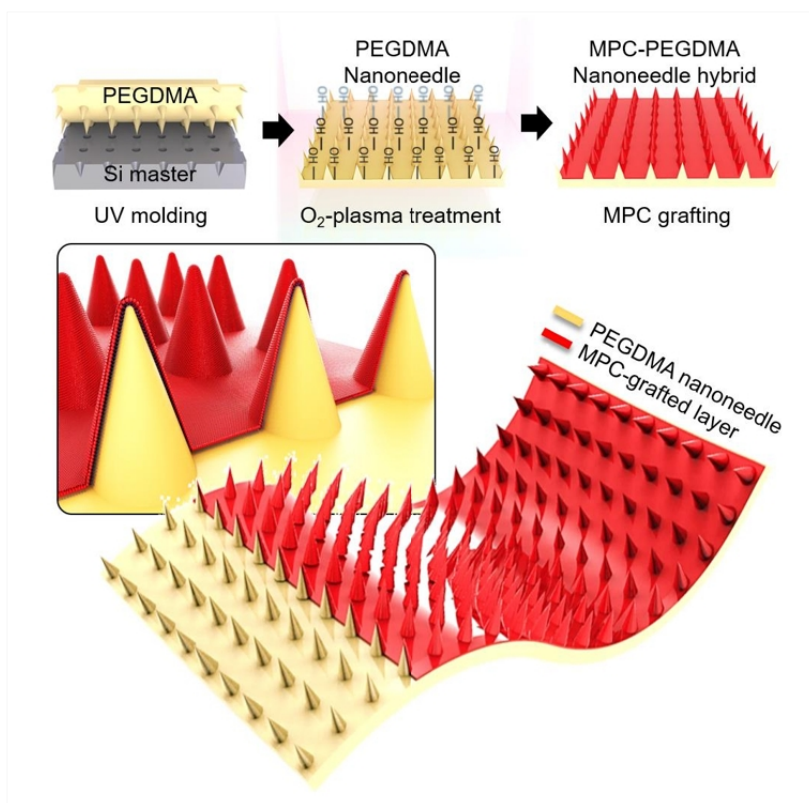
사전 기획연구는 한국화학융합시험연구원, 한국해양수산개발원, 한국해양과학기술원, 한국조선해양기자재연구원, 한국선급 등이 참여하여 진행되었다. 이후 한국해양수산과학기술진흥원의 기획 연구과제 형태로 2019년 8월부터 「해양 Bio-Fouling 제거 기술개발사업 공모형 기획연구」가 진행되고 있는데, 해당 연구의 주요 내용은 연구개발사업의 목표 및 추진체계, 기술수요 분석, 세부 기술개발 내용 도출, 향후 추진전략 및 중점과제 도출 등이다.

한편, 울산과학기술원(UNIST)에서 박테리아를 비롯한 미생물이 표

39) 한국조선해양기자재연구원은 국비 20억, 경상남도 도비 9억 「선체부착생물 제거기술 성능시험 기반구축」 사업을 통해서 선체부착생물 방지 및 제거기술 성능시험을 위한 대형 수조를 구축하고 있다. 2020년 상반기 완공될 예정이며, 시험동은 277.8평에 이른다. 박경경(2019) 참조

면에 달라붙지 못하게 하는 새로운 방오소재를 개발하였다고 2020년 1월 20일에 발표한 바 있다. 방오기술(防汚技術)은 인공 관절이나 치아 임플란트 같은 의료기구에서 노폐물의 흡착을 막거나 가습기 등 생활기기 내부에 생기는 바이오필름(bio film)을 방지할 수 있는 기술로 연구되고 있다.⁴⁰⁾

〈그림 2-9〉 울산과기원에서 개발한 선박부착생물 방지를 위한 신소재



자료: 연합뉴스(검색일: 2020. 2. 20)

40) 연합뉴스(검색일: 2020. 2. 20)

기존 방오기술은 주로 화학물질을 표면에 바르는 방식으로 이루어지고 있는데, 박테리아가 화학물질에 내성을 갖거나 표면이 긁혀 손상되면 방오기능이 떨어지게 된다. 또한 방오도료를 선박에서 제거하는 과정에 화학물질 자체의 독성물질이 선박부착생물과 함께 탈락되면서 해양생태계나 해양환경을 훼손할 수 있다.

울산과학기술원의 나노미터 수준의 미세돌기를 표면에 해조류처럼 피막을 입히는 방식의 ‘미세표면 방오기술’을 통해 박테리아 등 선박이나 해상 장비 등의 부착생물 생성을 방지할 수 있을 것으로 기대된다.⁴¹⁾

3) 선박부착생물 제거시장

미국 크레덴스 연구소(Credence Research)가 2017년에 발간한 ‘글로벌 선박부착생물 제거시장-성장, 미래 전망 그리고 경쟁 분석(2017-2025)’ 보고서에 따르면, 선박부착생물 제거시장(MGR: Marine Growth Removal Market)은 2017년부터 2025년까지 연평균 6.1%씩 성장할 것으로 전망하고 있다.⁴²⁾

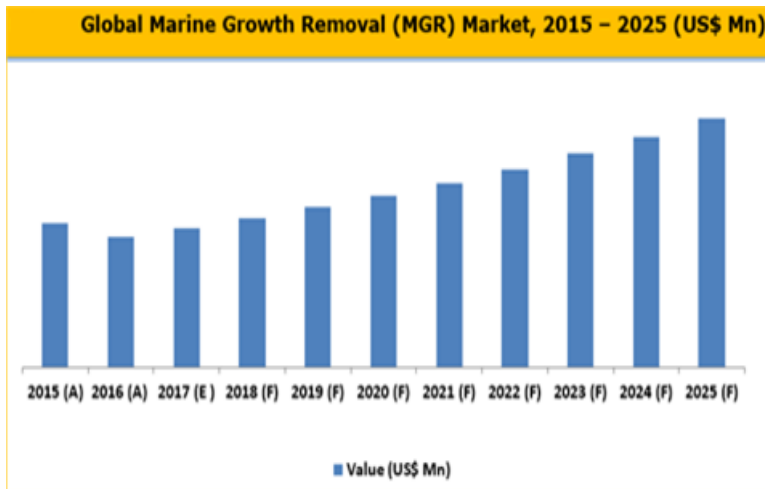
한편, 선박을 1,000척 이상 보유한 글로벌 선사들이 선박청소를 통해 10~15% 연료비를 절감할 수 있고, 수중로봇을 활용하여 선박부착생물을 제거하는 경우에는 잠수사를 통해 제거하는 경우 보다 작업속도가 10배 정도 빠르다는 보고가 있다.⁴³⁾

41) *Ibid.*

42) Credence Research(검색일: 2019. 10. 5)

43) 노컷뉴스(검색일: 2019. 11. 5)

〈그림 2-10〉 선박부착생물 제거시장 전망



자료: Credence Research(검색일: 2019. 10. 5)

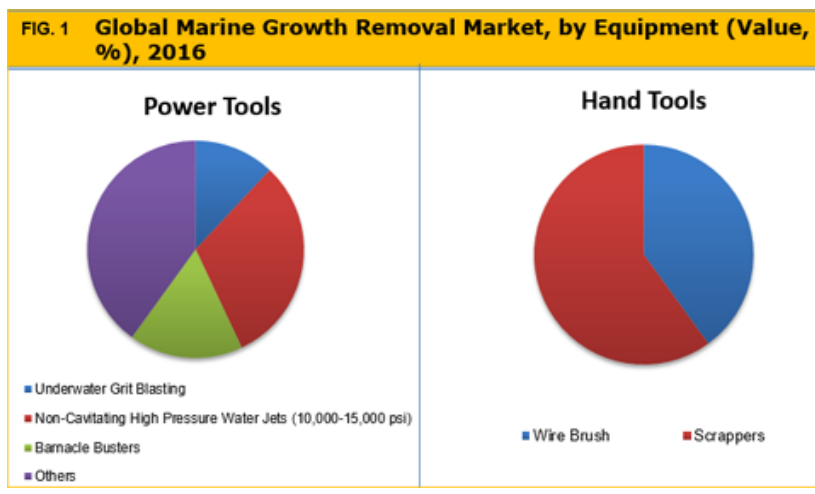
한편, 두바이, 발렌시아, 싱가포르, 로테르담, 노르웨이 등은 선박부착생물을 제거할 수 있는 ‘선체청소 운용설비(hull cleaning operations)’ 부문에서 높은 경쟁력을 갖고 있어 향후 선박부착생물 제거시장에서 상당한 역할을 할 것으로 예상된다.⁴⁴⁾

선박부착생물을 제거하는 장비는 〈그림 2-11〉과 같이 기계식의 경우 고압 워터제트 방식과 barnacle busters 방식, 압축공기를 선체표면에 분사시키는 수중 그릿 블리스팅 방식(underwater grit blasting) 등이 있다. 수동으로 제거하는 경우에는 와이어 블러쉬(wire blush), 스크래퍼 등이 주로 사용된다.⁴⁵⁾

44) Credence Research(검색일: 2019. 10. 5)

45) *Ibid.*

〈그림 2-11〉 선박부착생물 제거 장비의 이용 비중 비교



자료: Credence Research(검색일: 2019. 10. 5)

최근 (주)현대상선은 (주)타스글로벌과 협력계약을 체결하고 잠수로봇을 활용하여 선박의 하부 표면청소 등을 진행하기로 결정하였다. 선박 운항 중 선체 하부에 각종 따개비, 해조류, 외래종 식물, 이끼 등 선박부착생물이 부착되면 마찰력이 높아져 운항 속도가 떨어지고, 연료 소모량도 증가하게 된다. 대부분의 선사들은 정기적으로 선체 하부 청소작업을 진행하고 있는데, 현대상선은 수중로봇을 통한 청소를 통해 수중작업 시 발생할 수 있는 안전사고를 예방하고 환경오염 방지에도 기여할 수 있을 것으로 기대하고 있다. 더불어 종전대비 약 40%의 비용절감과 작업시간도 단축될 것으로 예상하고 있다.⁴⁶⁾

46) 팩스넷뉴스(검색일: 2020. 3. 2)

3. 해양환경관리법상 주요 규정

1) 개요

「해양환경관리법」은 해양환경의 보전 및 관리에 관한 국민의 의무와 국가의 책무를 명확히 하고 해양환경의 보전을 위한 기본사항을 정함으로써 해양환경의 훼손 또는 해양오염으로 인한 피해를 예방하고 깨끗하고 안전한 해양환경을 조성하여 국민의 삶의 질을 제고하는 것을 입법 목적으로 한다.⁴⁷⁾

「해양환경관리법」의 전신인 「해양오염방지법」은 1977년에 제정된 국제해사기구(IMO)의 73/78 해양오염방지협약의 이행입법 성격이 강하였다. 따라서 1990년대까지는 선박 및 해양시설에서의 오염방지, 해양오염방제에 관한 규정이 주요한 내용이었으나, 2007년에 1월 19일에 기존 「해양오염방지법」을 폐지한 후 입법화하는 방식으로 「해양환경관리법」을 제정하면서 다양한 해양환경보전조치가 도입되었다. 즉, 이 시기에는 수립주기가 명확하지 않았던 ‘해양환경보전대책’에서 10년 단위 법정계획인 ‘해양환경종합계획’으로의 전환, 해역이용협의 및 해역이용영향평가의 도입, 해양환경공단 설립, 잔류성 유기오염물질의 조사, 해양환경관리업의 체계화 등의 새로운 정책수요에 대한 입법 반영이 이루어졌다.

2007년에 「해양환경관리법」을 제정한 후에도 기본법적 성격을 갖는 규정과 집행적 성격을 갖는 규정이 산재해 있어 법체계에 대한 재정비 요구가 지속되었고 이는 2017년 3월에 「해양환경 보전 및 활용에 관한 법률」(이하, ‘해양환경보전법’이라 한다)의 제정으로 이어

47) 해양환경관리법 제1조.

졌다. 그 결과 해양환경 보전 및 활용에 관한 정책 기본방향 및 추진과 관련성이 높은 해양환경종합계획의 수립, 해양환경기준의 설정 및 유지, 오염자책임의 원칙 등이 「해양환경보전법」으로 이관되었다.

「해양환경관리법」은 제1조에서 제133조까지 총 12개의 장, 총 144개 조문으로 구성되어 있으며, 총칙(제1장)에서는 목적과 용어정의, 적용범위, 국제협약과의 관계를 규정하고 있다. 그리고 해양환경의 보전 및 관리를 위한 조치(제2장)에서는 해양환경 조사 및 정도관리, 환경관리해역의 지정, 해양환경개선부담금에 대해 규정하고 있다. 한편, 제3장(해양오염방지를 위한 규제)과 제4장(해양에서의 대기오염방지를 위한 규제)은 총 33개의 조항을 통해 ① 오염물질의 배출규제 및 육상발생 폐기물의 해양배출금지 및 ② 해양오염방지활동, ③ 기름, 폐기물, 유해액체물질, 선박평형수, 포장유해액체물질 등의 물질별 오염방지설비의 설치 및 관리(제25조~제32조의2), ④ 해양시설에서의 해양오염방지(제33조~제36조의2), ⑤ 선박 및 해양시설에서의 오염물질의 수거 및 오염물질저장시설의 설치(제37조~제38조), ⑥ 잔류성 유기오염물질의 조사 및 유해방오도료의 사용금지(제39조~제40조), ⑦ 해양에서의 대기오염방지를 위한 규제(제41조~제48조)에 대해 규정하고 있다.

「해양환경관리법」 제5장과 제6장에서는 각각 해양오염방지를 위한 선박의 검사와 해양오염방제를 위한 조치에 대해 규정하고 있으며, 해양환경관리업(제7장), 해양오염영향조사(제8장), 해역이용협의 및 해역이용영향평가(제9장), 해양환경공단(제10장), 보칙(제11장), 벌칙(제12장)의 순서로 조문체계가 구성되어 있다.

이하에서는 「해양환경관리법」 상 선박부착생물과 관련된 주요 규정에 대하여 구체적으로 살펴보도록 하겠다.

2) 주요 내용

(1) 개념

가. 해양환경 및 해양오염

‘해양환경’이란 「해양환경보전법」 제2조 제1호에 따른 해양환경을 말하며, ‘해양오염’이란 「해양환경보전법」 제2조 제3호에 따른 해양오염을 말한다(「해양환경관리법」 제1조 및 제2조). 즉, ‘해양환경’이란 해양에 서식하는 생물체와 이를 둘러싸고 있는 해양수(海洋水), 해양지(海洋地), 해양대기(海洋大氣) 등 비생물적 환경 및 해양에서의 인간의 행동양식을 포함하는 것으로서 해양의 자연 및 생활상태를 말한다. ‘해양오염’이란 해양에 유입되거나 해양에서 발생하는 물질 또는 에너지로 인하여 해양환경에 해로운 결과를 미치거나 미칠 우려가 있는 상태를 말한다. 한편, 「해양환경보전법」 제2조 제4호에서는 ‘해양생태계 훼손’을 해양생물 등의 남획 및 그 서식지 파괴, 해양질서의 교란 등으로 해양생태계의 본래적 기능에 중대한 손상을 주는 상태라고 규정하고 있다. 요컨대, 선박을 통해 외래에서 유입된 부착생물은 해양환경을 오염시키거나 해양생태계를 훼손시키지 않아야 한다. 이는 선박부착생물을 제거하는 과정에서도 마찬가지이다.

나. 해양배출 및 폐기물

「해양환경관리법」 상 ‘배출’이란 오염물질 등을 유출(流出)·투기(投棄)하거나 오염물질 등이 누출(漏出)·용출(溶出)되는 것을 말한다. 다만, 해양오염의 감경·방지 또는 제거를 위한 학술목적의 조사·연구의 실시로 인한 유출·투기 또는 누출·용출을 제외한다. 한편, ‘폐기물’이란 해양에 배출되는 경우 그 상태로는 쓸 수 없게 되는 물질로서 해양환경에 해로운 결과를 미치거나 미칠 우려가 있는 물질을 말한다.⁴⁸⁾

이 때 기름, 유해액체물질⁴⁹⁾, 포장유해액체물질⁵⁰⁾은 폐기물의 범위에서 제외된다.

다. 유해방오도로

‘유해방오도로(有害防汚塗料)’란 생물체의 부착을 제한·방지하기 위하여 선박 또는 해양시설 등에 사용하는 도료(이하 ‘방오도로’라 한다) 중 유기주석 성분 등 생물체의 파괴작용을 하는 성분이 포함된 것으로서 해양수산부령이 정하는 것을 말한다.⁵¹⁾ 구체적으로 살펴보면, 「선박에서의 오염방지에 관한 규칙」 제5조에서는 유해방오도로를 생물체에 파괴작용을 하는 성분이 포함된 것으로서 ① 수산화트리알킬주석과 그 염류(산화 트리알킬주석을 포함한다), 트리부틸주석화합물 또는 그중 하나를 0.1퍼센트 이상 함유한 혼합물질을 포함한 도료, ② 국제해사기구가 유해방오도로로 정한 도료 중 하나에 해당하는 도료로 규정하고 있다.

(2) 관리 제도

가. 오염물질의 배출금지

「해양환경관리법」은 제22조를 통해서 원칙적으로 누구든지 선박으로부터 오염물질을 해양에 배출하는 것을 금지하고 있다. 다만, 예외적으로 배출을 허용하고 있는데, 첫째, 선박의 항해 및 정박 중 발

48) 해양환경관리법 제2조 제4호.

49) ‘유해액체물질’이란 해양환경에 해로운 결과를 미치거나 미칠 우려가 있는 액체물질(기름을 제외한다)과 그 물질이 함유된 혼합 액체물질을 말하며, 구체적인 물질의 분류는 「선박에서의 오염방지에 관한 규칙」 제3조에서 정하고 있다.

50) ‘포장유해액체물질’이란 포장된 형태로 선박에 의하여 운송되는 유해물질 중 해양에 배출되는 경우 해양환경에 해로운 결과를 미치거나 미칠 우려가 있는 물질을 말하며, 화약류 등 「위험물 선박운송 및 저장규칙」 제2조 제1호에 따른 위험물을 말한다.

51) 해양환경관리법 제2조 제9호.

생하는 폐기물을 배출하고자 하는 경우에는 해양수산부령이 정하는 해역에서 해양수산부령이 정하는 처리기준 및 방법에 따라 배출하여야 하며, 둘째, 유조선에서 화물유가 섞인 선박평형수, 화물창의 세정수(洗淨水) 및 선저폐수를 배출하는 경우에는 해양수산부령이 정하는 해역에서 해양수산부령이 정하는 배출기준 및 방법에 따라 배출하여야 한다. 셋째, 유조선에서 화물창의 선박평형수를 배출하는 경우에는 해양수산부령이 정하는 세정도(洗淨度)에 적합하게 배출하여야 하며, 넷째, 유해액체물질을 배출하는 경우에도 해양수산부령이 정하는 해역에서 해양수산부령이 정하는 사전처리 및 배출방법에 따라 배출해야 한다.⁵²⁾

제22조 제1항 및 제2항의 규정을 위반하여 선박 또는 해양시설로부터 기름·유해액체물질·포장유해물질을 배출한 자는 5년 이하의 징역 또는 5천만 원 이하의 벌금에 처한다.⁵³⁾ 또한 제22조 제1항 및 제2항의 규정을 위반하여 선박 및 해양시설로부터 폐기물을 배출하거나 과실로 제22조 제1항 및 제2항의 규정을 위반하여 선박 또는 해양시설로부터 기름·유해액체물질·포장유해물질을 배출한 자는 3년 이하의 징역 또는 3천만 원 이하의 벌금에 처한다.

과실로 제22조 제1항 및 제2항의 규정을 위반하여 선박 또는 해양시설로부터 폐기물을 배출한 자는 2년 이하의 징역 또는 2천만 원 이하의 벌금에 처한다. 그러나 선박부착생물의 제거과정에서 탈락된 생물이 해양에 유입되는 경우에는 「해양환경관리법」의 배출에 해당한다고 판단되므로 배출금지 규정이 적용되어야 한다. 다만, 배출기준과 방법에 대한 별도의 규정이 없기 때문에 입거(dry docking)하여

52) 해양환경관리법 제22조 제1항 및 제2항.

53) 해양환경관리법 제126조.

선박부착생물을 제거한 후 육상 처리가 이루어지지 않는 수중청소방식은 「해양환경관리법」에서 허용된 폐기물의 배출방법으로 인정될 수 없다고 판단된다.

나. 방오시스템

「해양환경관리법」은 IMO73/78협약과 부속서의 국내 이행입법 성격을 갖고 있기 때문에 오염물질별 관리체계를 채택하고 있는 점이 특징이다. 방오시스템(antifouling system)은 생물로부터의 오염을 제거하거나 방지하기 위하여 특별히 설계된 도료와 코팅, 설비 등을 의미한다. 이와 관련하여 「해양환경관리법」 제40조 제2항에서는 누구든지 선박 또는 해양시설등에 방오도료 또는 이를 사용한 설비 등(이하 ‘방오시스템’이라 한다)을 사용하거나 설치하려고 하는 경우에는 해양수산부령이 정하는 기준 및 방법에 따라야 한다고 규정하고 있다. 즉 「해양환경관리법 시행규칙」 제25조에 따르면, 해양시설등에서 방오도료 또는 이를 사용한 설비(이하 ‘방오시스템’이라 한다)를 사용하거나 설치하려고 하는 자는 첫째, 생물파괴제로 작용하지 아니하는 수준의 방오시스템을 사용하여야 하며, 둘째, 건조도막 안에 총 주석함량이 킬로그램당 2천 5백 밀리그램 이하로서 화학적 촉매제로 작용하며 생물파괴제로 작용하지 아니하는 수준의 방오시스템을 사용하여야 한다.

「해양환경관리법」 시행 이전에 건조된 선박의 경우에는 생물파괴제(biocides)로 작용하는 유기주석화합물이 포함된 방오시스템은 첫째, 선체 외부 또는 표면에 남아있지 않도록 완전히 제거하여야 하며, 둘째, 기존의 도장을 완전히 제거하지 아니하려면 이미 칠하여진 페인트를 덧칠하여 외부의 생태계에 영향을 미치지 않도록 하여야 한다.⁵⁴⁾

다. 해양환경관리업

「해양환경관리법」 제70조에서는 폐기물해양배출업, 해양오염방제업, 유창청소업, 폐기물해양수거업, 퇴적오염물질수거업 등 ‘해양환경관리업’에 대한 등록에 관하여 규정하고 있다.

즉, 해양환경관리업을 영위하려는 자는 대통령령이 정하는 바에 따라 해양수산부장관 또는 해양경찰청장에게 등록하여야 하며, 수행하는 사업의 범위는 다음과 같다.

- ① 폐기물해양배출업: 해양투기에 필요한 선박·설비 및 장비를 갖추고 폐기물을 해상에 투기하는 사업
- ② 해양오염방제업: 오염물질의 방제에 필요한 설비 및 장비를 갖추고 해상에 배출되거나 배출될 우려가 있는 오염물질을 방제하는 사업
- ③ 유창청소업(油艙清掃業): 선박의 유창을 청소하거나 선박 또는 해양시설(그 해양시설이 기름 및 유해액체물질 저장시설인 경우에 한정한다)에서 발생하는 해양수산부령으로 정하는 오염물질의 수거에 필요한 설비 및 장비를 갖추고 그 오염물질을 수거하는 사업
- ④ 폐기물해양수거업: 해상에 부유·침적된 폐기물의 수거에 필요한 선박·장비 및 설비를 갖추고 폐기물을 수거하는 사업
- ⑤ 퇴적오염물질수거업: 퇴적된 오염물질의 준설·수거에 필요한 선박·장비 및 설비를 갖추고 퇴적된 오염물질을 준설 또는 수거하는 사업

이들 해양환경관리업을 등록하기 위해서는 「국가기술자격법」에 따

54) 선박에서의 오염방지에 관한 규칙 제29조 [별표18] 참조.

른 관련 분야 기사 및 산업기사, 기능사 자격증을 소지하거나 2~5년의 근무경력을 가진 자를 보유해야 하며, 해양수산부령으로 정하는 선박·장비 및 설비 등을 갖추어야 한다.

다만, 5개 세부 부문으로 구성된 해양환경관리업 가운데 선박 부착생물을 제거를 전문적으로 수행하는 데 적합한 업태(業態)는 없으며, 별도로 '(가칭)선박부착생물 제거업'에 대한 선박·장비 및 설비, 기술기준에 대한 규정도 아직까지 마련되어 있지 않은 상황이다.

라. 폐기물오염방지설비의 설치 및 폐기물의 처리

「해양환경관리법」 제25조에 따르면 해양수산부령이 정하는 선박의 소유자(선박을 임대하는 경우에는 선박임차인을 말한다. 이하 같다)는 그 선박 안에서 발생하는 해양수산부령이 정하는 폐기물을 저장·처리하기 위한 설비(이하 '폐기물오염방지설비'라 한다)를 해양수산부령이 정하는 기준에 따라 설치하여야 한다. 이때 폐기물오염방지설비는 해양수산부령이 정하는 기준에 적합하게 유지·작동되어야 한다. 한편, 「해양환경관리법」 제30조에 따라 선박의 선장(피예인선의 경우에는 선박의 소유자를 말한다)은 그 선박에서 사용하거나 운반·처리하는 폐기물·기름 및 유해액체물질에 관한 '선박오염물질기록부'를 선박(피예인선의 경우에는 선박 소유자의 사무실을 말한다) 안에 비치하고 그 사용량·운반량 및 처리량 등을 기록하여야 한다. 즉, 해양수산부령이 정하는 일정 규모 이상의 선박에서 발생하는 폐기물의 총량·처리량 등을 폐기물기록부에 기록하여야 한다. 다만, 제72조제1항의 규정에 따라 해양환경관리업자가 처리대장을 작성·비치하는 경우에는 동 처리대장으로 갈음한다. 폐기물해양배출업자를 통한 폐기물의 위탁·처리에 관해서는 법 제76조 및 제76조의2에서 규정하고 있으나, 선박부착생물은 위탁 대상 폐기물에 해당되지 않

는다. 따라서 선박을 입거(dry docking)한 상태에서 선박부착생물을 제거한 경우에는 위탁 폐기물 처리방식이 아닌 육상에서 발생한 폐기물의 처리에 대해 규정하고 있는 「폐기물관리법」의 관련 규정에 따라 육상 폐기물로 처리해야 한다.

마. 선박의 검사

「해양환경관리법」 제49조에 따라 폐기물오염방지설비·기름오염방지설비·유해액체물질오염방지설비 및 대기오염방지설비를 설치하거나 제26조 제2항의 규정에 따른 선체 및 제27조 제2항의 규정에 따른 화물창을 설치·유지하여야 하는 선박의 소유자가 해양오염방지설비, 선체 및 화물창을 선박에 최초로 설치하여 항해에 사용하려는 때 또는 제56조의 규정에 따른 유효기간이 만료한 때에는 해양수산부령이 정하는 바에 따라 해양수산부장관의 검사를 받아야 한다. 이를 정기검사라고 하며, 검사대상선박의 소유자는 정기검사와 정기검사의 사이에 해양수산부령이 정하는 바에 따라 중간검사를 받아야 한다.⁵⁵⁾ 더불어 검사대상선박의 소유자가 해양오염방지설비 등을 교체·개조 또는 수리하고자 하는 때에는 해양수산부령이 정하는 바에 따라 해양수산부장관의 검사, 즉 ‘임시검사’를 받아야 한다.⁵⁶⁾

다만 선박부착생물에 대한 제거나 검사에 대한 사항에 대해 별도의 규정은 없는 상황이다. 통상 선박의 정기검사와 중간검사 등의 과정에서 입거를 할 경우에 선박 표면을 청소하고 새로운 방오도료를 칠하는 작업이 이루어지는데, 부수적으로 선박부착생물의 제거작업이 이루어진다.

55) 해양환경관리법 제50조.

56) 해양환경관리법 제51조.

제2절 해양생태계교란생물의 관리

1. 해양생태계교란생물의 관리 실태

1) 해양생태계교란생물의 개념 및 영향

인간의 활동에 의해 의도적 또는 비의도적으로 외래 생물종의 이동이 빈번해지고 그로 인한 생태계의 훼손과 경제적 손실이 증가하고 있다. 우리나라는 외국으로부터 인위적 또는 자연적으로 유입되어 해양생태계의 균형에 교란을 가져오거나 가져올 우려가 있는 해양생물을 ‘해양생태계교란생물’로 지정하여 관리하고 있다. ‘유해해양생물’은 사람의 생명이나 재산에 피해를 주는 해양생물 중 해양수산부장관이 지정하는 생물종을 말한다.

최근 기후변화에 따른 해수온도 상승과 양식어류 수입 확대 등으로 인해 외래 해양생물의 유입이 증가하고 있다. 이에 따라 외래 해양생물이 국내 연안의 고유 해양생태계를 교란할 우려도 커지고 있어 관리 필요성이 더욱 높아지고 있다.⁵⁷⁾

2020년 2월 현재 해양생태계교란생물로 지정된 생물은 척삭동물인 유령멍게 1종이며, 유해해양생물로 지정되어 관리되고 있는 생물은 식물플랑크톤 5종, 자포동물 5종, 극피동물 2종, 태형동물 3종, 식물 2종 등 총 17개 생물종이다.⁵⁸⁾

57) 해양수산부(2019.10), p. 1.

58) 「해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률 시행규칙」 제4조의2 [별표 4] 및 제5조 [별표 5].

〈그림 2-12〉 해양생태계교란생물 및 유해해양생물



① 해양생태계교란생물



② 유해해양생물

자료: ① 네이버 블로그, 「바닷속 불청객 알고보니 청정에너지 연료네_유령명게」 (검색일: 2019. 8. 20),
 ② 해양수산부 공식 블로그(검색일: 2019. 8. 20)

유령명게는 양식장의 시설물과 밧줄, 선박 하부, 항구 내 시설물 등에서 서식하고 있으며, 현재 해양생태계교란생물로 지정하여 관리하고 있다. 또한 맹독성 미세조류에 의한 적조 발생은 먹이사슬을 통한 독성농축 현상을 유발하며 결과적으로 해양연안 생물종 및 수산자원을 독화시키는 등의 생태계 파괴 및 대규모 경제적 손실을 야기할 수 있다. 한편, 해파리의 대량 출현은 전 세계적으로 사회경제적, 환경적 문제를 야기하고 있다. 우리나라에서는 1990년대 후반부터 보름달물해파리, 2000년대부터는 노무라입깃해파리 등이 대량으로 발생하면서 다양한 피해가 나타나고 있다. 전국적으로 해파리로 인한 피해가 특히 컸던 2012년 여름에는 해파리에 쏘여 119 수상구조대에서 치료를 받은 피서객은 부산에서만 1,594명이 발생한 바 있다.⁵⁹⁾

59) 네이버 블로그(검색일: 2019. 11. 2)

〈표 2-1〉 해양생태계교란생물 및 유해해양생물의 지정 현황

구분	분류군	국명(보통명)	학명
해양생태계교란생물	• 척삭동물	• 유령멍게	• <i>Ciona robusta</i>
유해해양생물	• 식물 플랑크톤	• 디노피시스	• <i>Dinophysis spp.</i>
		• 슈도니치아	• <i>Pseudo-nitzschia spp.</i>
		• 알렉산드리움	• <i>Alexandrium spp.</i>
		• 차토넬라	• <i>Chattonella spp.</i>
		• 코클로디니움	• <i>Cochlodinium polykrikoides</i>
	• 자포동물	• 노무라입깃해파리	• <i>Nemopilema nomurai</i>
		• 보름달물해파리	• <i>Aurelia aurita</i>
		• 작은부레관해파리	• <i>Physalia physalis</i>
		• 작은상자해파리	• <i>Carybdea brevipedalia</i>
		• 커튼원양해파리	• <i>Chrysaora pacifica</i>
	• 극피동물	• 별불가사리	• <i>Asterina pectinifera</i>
		• 아무르불가사리	• <i>Asterias amurensis</i>
	• 태형동물	• 관막이끼벌레	• <i>Membranipora tuberculata</i>
		• 세방가시이끼벌레	• <i>Tricellaria occidentalis</i>
		• 자주빛이끼벌레	• <i>Watersipora subovoidea</i>
	• 식물	• 갯줄풀	• <i>Spartina alterniflora</i>
		• 영국갯끈풀	• <i>Spartina anglica</i>

자료: 해양수산부(2019), pp. 17~18.

2) 해양생태계교란생물의 관리

해양수산부는 ‘해양생태계보전·관리기본계획’(이하 ‘해양생태계 기본계획’이라 한다)에 근거하여 해양생태계교란생물과 유해해양생물에 대한 관리 정책을 구체적으로 추진하고 있다. 제1차 해양생태계 기본계획(2009~2018)에 따르면 실천목표 2인 ‘해양생물 다양성 보전 및 관리 강화’의 추진 전략으로 ① 외래종 사전·사후 관리체계 도입, ② 유해해양생물 관리 및 위해성 평가가 추진되었다.

(1) 외래종 사전·사후 관리체계 도입⁶⁰⁾

제1차 해양생태계 기본계획에서는 ‘외래 해양생물종의 유입 관리를 위한 사전예방 관리체계 강화’와 ‘외래 해양생물종에 대한 사후관리 체계 구축’을 정책 목표로 삼고, ㉠ 인위적인 외래 해양생물종의 유입 관리체계 구축, ㉡ 자연적인 요인에 의한 유입 해양생물종의 관리, ㉢ 외래 해양생물종의 사후관리체계 구축을 중점 추진과제로 추진하였다. 그 결과 선박평형수의 수거·처리에 필요한 설비·시설 및 **인접국간** 위해도 평가 결과 검증 연구 완료, 선박의 물동량과 선박평형수 배출량 관계식 검증 등 선박평형수를 통해 유입되는 외래종을 관리하는 정책 중심으로 성과가 나타났다.

(2) 유해해양생물 관리 및 위해성 평가⁶¹⁾

제1차 해양생태계 기본계획의 실천목표 2인 ‘해양생물 다양성 보전 및 관리 강화’의 추진 전략에서는 ‘생태계의 안정성 유지를 위한 위해성 평가관리체계 도입’과 ‘해양생태계의 교란 방지를 위한 대응체계 구축’을 정책 목표로 설정하고 있다. 즉, ㉠ 해양생태계의 안정성 유지를 위한 연구개발, ㉡ 해양생태계 교란 방지를 위한 대응체계 구축을 중점 추진과제로 두었다. 그리고 이 과제들은 ‘해양수산환경 기술개발사업’의 일환으로 추진하였고, 해파리 부착유생(폴립) 탐색 및 제거 사업 실시, 적조생물 및 독성 플랑크톤 상시감시체계 구축, 유해적조 생리·생태 연구 및 피해저감 연구 등과 같이 해파리와 적조생물을 중심으로 한 외래 해양생물 관리정책에 초점이 맞추어졌다.

60) 해양수산부(2018), pp. 136~138의 내용을 저자가 요약·정리.

61) 해양수산부(2018), pp. 138~144의 내용을 저자가 요약·정리.

〈표 2-2〉 제1차 기본계획 상 해양생태계교란생물과 유해해양생물 관리 내용

구분	중점 추진 과제	세부 사업
외래종 사전·사후 관리체계 도입	• 인위적인 외래 해양생물종의 유입관리체계 구축	• 외래 해양생물종의 수출입 검역체계 강화 • 해양생태계 외래 유입종 및 유입경로 실태조사 • 선박평형수의 규제 대응을 위한 해양생물조사 • 기타 선박에 의해 유입되는 외래해양생물 조사 및 관리
	• 자연적인 요인에 의한 유입 해양생물종 관리	• 해류를 통해 유입되는 외래해양생물종 조사
	• 외래 해양생물종의 사후관리체계 구축	• 외래 해양생물종의 유입 후 실태조사 및 모니터링 • 관리 우선순위에 따른 해양생태계 위해외래종의 퇴치 및 조절사업 시행
유해해양생물 관리 및 위해성 평가	• 해양생태계의 안정성 유지를 위한 연구개발	• 해양생태계 외래종의 위해성 평가기법 및 유해·교란 영향 분석 • 해양생태계 내분비계 장애물질 연구
	• 해양생태계 교란방지를 위한 대응체계 구축	• 적조피해방지에 관한 조사 및 대응 연구 • LMO법 시행에 따른 대응체계 구축

자료: 해양수산부(2009), pp. 39~45의 내용을 기초로 저자가 요약·정리

2. 해양생태계교란생물의 조사 및 연구 개발

우리나라는 2008년부터 2012년까지 전국 10개 항구를 중심으로 한 모니터링을 통하여 국내 해양생태계교란생물 및 유해해양생물에 대한 조사를 실시하였다.⁶²⁾ 2011년에 실시한 조사 결과에 따르면, 구룡포·울산·부산·통영·광양·제주·서귀포·목포·군산·인천항의 2~3개 지점을 선정하고, 수심 0~2m 부착생물을 조사하였다. 그리고 부산항·울산항·군산항의 인근 어항과 외해역 조간대에 대한 외래종 실태 조사를 실시하였다. 또한 울진·구룡포·통영·장흥·보령 5개 지역에서

62) 해양수산부·해양환경공단(2015), p. 14.

‘교란 후보종’ 중 하나인 주름미더덕과 지중해 담치에 의한 피해양상을 파악하는 한편, 교란생물 후보종 7종⁶³⁾에 대하여 지속적으로 조사·관찰하였다.

〈표 2-3〉 2011년 해양생태계교란생물 조사·관리사업 연구사업의 주요 내용

순번	연구 내용
1	• 국내 주요 항구의 외래종 모니터링
2	• 주요 항구 인근 외해역의 외래종 확산 실태 조사
3	• 부착판 실험을 통한 외래종의 능동적 조사
4	• 교란후보종에 대한 피해사례 조사
5	• 외래종의 분자마커 개발 및 생태적 특성 규명
6	• 정착외래종의 생물학적 정보 연구
7	• 외래종 관리체계 구축 및 관리기반 강화
8	• 선진 외국의 외래종 퇴치 및 관리방안 조사
9	• 교란생물 후보종 7종에 대한 지속적 관찰과 조사

자료: 국토해양부(2012), pp. 2~11.

한편, 해양수산부는 2013년부터 해양생태계교란생물과 유해해양생물의 관리기술개발에 대한 R&D 연구를 본격적으로 추진하고 있다. 즉, 국내 해양생태계를 교란하는 유해조류, 유해 해파리 등을 포함한 유해해양생물의 관리를 위한 연구가 단계별로 진행되고 있다. 우선 1단계 사업(2013~2016)에서는 노무라입깃해파리 등 13종으로 지정된 법정유해해양생물·유해교란우려생물의 분포 및 서식환경을 모니터링하고, 확산 메커니즘을 규명하기 위한 생태실험을 진행함으로써 유해해양생물 신종 발견, 유해해양생물 조기 탐지 기술 개발 등의 성과를 거두었다.⁶⁴⁾ 그리고 2단계 사업(2016~2018)에서는 관리가 시급

63) 교란생물 후보종 7종은 지중해담치, 주걱따개비, 화산따개비, 유령멍게, 주름미더덕, 쇠기꿀갈파래, 띠갈파래를 말한다.

64) 서울디지털신문(검색일: 2020. 2. 5)

한 종에 대하여 생물방제제의 개발, 이동경로 추적 및 확산방지 기술 연구 등을 통해서 유해교란생물에 신속하게 대응하는 체계를 갖춰 나가는 방향으로 R&D 연구를 추진하였다.⁶⁵⁾

3. 해양생태계법상 주요 규정

1) 개요

「해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률」(이하 ‘해양생태계법’이라 한다)은 “해양생태계를 인위적인 훼손으로부터 보호하고, 해양생물다양성을 보전하며 해양생물자원의 지속가능한 이용을 도모하는 등 해양생태계를 종합적이고 체계적으로 보전·관리함으로써 국민의 삶의 질을 높이고 해양자산을 보호함”을 목적으로 하고 있다(제1조). 이 법은 제1조에서 제65조까지 총 8개의 장으로 구성되어 있으며, 계획수립 및 조사(제2장), 해양생물의 보호(제3장), 해양보호구역의 지정·관리(제4장), 해양생물다양성의 보전(제5장) 등에 관한 내용을 포함하고 있다. 본 장에서 연구하고자 하는 외래 해양생물 관리에 대한 내용은 제2조에서 해양생태계교란생물과 유해해양생물에 대한 개념을 정의하고, 제23조와 제24조에서 ‘해양생태계교란생물의 관리’와 ‘유해해양생물의 관리’라는 조문 제목으로 규정하고 있다.

이하에서는 「해양생태법」상 해양생태계교란생물과 유해해양생물의 관리에 관한 규정에 대하여 구체적으로 살펴보도록 하겠다.

65) 에코애피처(검색일: 2020. 2. 5)

2) 주요 내용

(1) 개념 정의

「해양생태법」은 우선 해양생태계교란생물과 유해해양생물의 개념을 정의하고 있다. 해양생태계교란생물은 ① “외국으로부터 인위적 또는 자연적으로 유입되어 해양생태계의 균형에 교란을 가져오거나 가져올 우려가 있는 해양생물”에 해당하거나, ② “유전자의 변형을 통하여 생산된 유전자변형생물체 중 해양생태계의 균형에 교란을 가져오거나 가져올 우려가 있는 해양생물”로 규정되어 있다(제2조 제12호). 즉, 「해양생태계법」은 ‘해양생태계교란’이라는 결과를 발생시키거나 발생시킬 위험성을 보유하고 있는 해양생물을 해양생태계교란생물로 정의하면서 외국에서 유입된 생물과 유전자변형생물체로 구분하고 있다.

한편, 유해해양생물은 “사람의 생명이나 재산에 피해를 주는 해양생물”로 정의되고 있다. 즉, 「해양생태계법」은 해양생물 중 인간의 생명 또는 재산의 피해를 야기시키는 것을 유해해양생물로 보고 있다. 위의 해양생태계교란생물과 비교해본다면 유해해양생물은 외국에서 유입되는 해양생물은 물론 국내에 고유하게 서식하는 해양생물까지 포함된다는 점, 해당 해양생물이 영향을 미치는 대상을 해양생태계가 아닌 ‘인간’에 대하여 초점을 두고 있다는 점이 특히 구별된다. 이와 같이 개념 정의된 해양생태계교란생물과 유해해양생물은 2020년 2월 현재 총 18개종이 지정되어 있다. 즉, 해양생태계교란생물은 척삭동물인 유령멍게 1종이, 유해해양생물은 식물플랑크톤(5종), 자포동물(5종), 극피동물(2종), 태형동물(3종), 식물(2종)로 크게 구분하여 17종이 지정되어 있다(시행규칙 제4조의2 및 제5조).

(2) 관리제도

가. 해양생태계교란생물 관리

「해양생태계법」은 해양생태계교란생물의 사전관리 측면에서 “누구든지 해양생태계교란생물을 해양생태계에 유입시키거나 서식지 및 개체수를 증가시켜서는 아니 된다.”고 규정하고 있다(제23조 제1항). 즉, 해양생태계교란생물은 사전예방주의에 입각하여 우리나라의 해양생태계에 들어오는 것이 원칙적으로 금지되고, 만약 유입되었을 경우에는 해당 종의 서식지와 개체수를 유지시킬 것을 요구하고 있다. 그리고 「해양생태계법」은 해양생태계교란생물을 수입 또는 반입하고자 하는 자에 대하여 유전자변형생물체인 경우를 제외하고는⁶⁶⁾ 해양수산부장관의 허가를 받도록 규정하여 의도적인 해양생태계교란생물의 유입에 대한 통제 및 관리 절차를 마련하고 있다(제23조 제2항). 한편, 「해양생태계법」은 해양생태계교란생물이 해양생태계의 균형을 교란하거나 해를 끼치는 경우에는 해양수산부장관이 조사를 통하여 대책을 수립하고, 관계 중앙행정기관의 장 또는 지방자치단체의 장에게 관련 조치를 요청할 수 있도록 하고 있다(제23조 제3항).

나. 유해해양생물의 관리

「해양생태계법」은 “해양수산부장관 또는 시·도지사가 유해해양생물로 인한 수산업 등의 피해상황, 유해해양생물의 종류 및 개체수 등을 종합적으로 고려하여 유해해양생물을 관리하되, 과도한 포획·채취로 인한 해양생태계의 교란이 발생하지 아니하도록 하여야 한다.”고 규정하고 있다(제24조). 즉, 「해양생태계법」은 유해해양생물의 관리에 관한 구체적인 내용을 규율하지 않고, 정부 또는 지방자치단체

66) 해양생태계교란생물이 유전자변형생물체인 경우에는 「유전자변형생물체의 국가간 이동 등에 관한 법률」에서 정하는 바에 따라 규율되도록 하고 있다(제23조 제2항 단서).

가 인간에게 미치는 피해의 정도, 해당 종의 종류와 개체수 등을 고려하여 관리 정책을 추진할 책무를 규정하고 있다.

〈표 2-4〉 「해양생태계법」상 외래 해양생물의 관리제도

구분	내용		비고
해양생태계 교란생물	개념	• 외국으로부터 인위적 또는 자연적으로 유입되어 해양생태계의 균형에 교란을 가져오거나 가져올 우려가 있는 해양생물 • 유전자의 변형을 통하여 생산된 유전자변형생물체 중 해양생태계의 균형에 교란을 가져오거나 가져올 우려가 있는 해양생물	해양생태계 교란 중심
	관리	• 해양생태계 유입 또는 서식지 및 개체수 증가 금지 • 수입 또는 반입 시 해양수산부장관의 허가 필요 • 해양생태계교란생물이 해양생태계의 균형을 교란하거나 해를 끼치는 경우 해양수산부장관이 조사를 통하여 대책 수립	
유해해양생물	개념	• 사람의 생명이나 재산에 피해를 주는 해양생물	인간 피해 중심
	관리	• 유해해양생물로 인한 수산업 등의 피해상황, 유해 해양생물의 종류 및 개체 수 등을 종합적으로 고려하여 관리 • 다만, 과도한 포획·채취로 인한 해양생태계의 교란이 발생하지 아니하도록 관리	

자료: 「해양생태계법」 내용을 기초로 저자 작성

제3절 선박평형수의 관리

1. 선박평형수의 실태

1) 선박평형수의 개념 및 영향

선박평형수는 선박에 짐을 싣거나 하역 시 또는 공선 상태에서 선박

의 평형을 유지하기 위하여 선박 내 평형수 탱크에 채우거나 바다로 배출하는 바닷물이다. 이러한 선박평형수의 주입·배출로 연간 30~50억 톤의 바닷물과 약 7,000여 종의 해양생물이 이동하면서 해양생태계의 교란과 함께 인간에게 막대한 피해를 야기한다.⁶⁷⁾ 여기서 ‘선박평형수(船舶平衡水)’란 선박의 중심을 잡기 위하여 선박에 실려 있는 물을 말하며, 그 물에 녹아 있는 물질 또는 그 물속에 서식하는 수중생물체·병원균을 포함한다.⁶⁸⁾ 선박평형수는 화물을 선적하면 싣고 있던 바닷물을 버리고 화물을 내리면 바닷물을 다시 채워 균형을 잡는데, 이때 수천여 종의 해양 미생물이 이동하고 이들 생물이 생태계를 교란시키는 주범으로 지목되어 왔다. 평형수 처리장치는 전기분해, 자외선 투사, 화학약품처리 등의 방식을 사용해 평형수 내 미생물을 살균하는 역할을 한다.⁶⁹⁾

〈그림 2-13〉 선박평형수로 유입되는 해양생물의 예시



① 지중해담치



② 콜레르파 탁시폴리아



③ 얼룩무늬담치



④ 북아메리카빛살해파리

자료: ① 문화일보(검색일: 2019. 8. 20), ② 위키피디아(검색일: 2019. 8. 20), ③ 네이버 블로그(검색일: 2019. 8. 20), ④ 네이버 블로그(검색일: 2019. 8. 20)

67) 홍현정·이현우·윤익준(2015), p. 18.

68) 「선박평형수관리법」 제2조 제2호.

69) 조선비즈(검색일: 2019. 11. 21)

선박평형수를 통해서 이동하는 해양생물 중 적응력이 뛰어난 생물은 새로운 생태계에서 왕성하게 번식하며 해양생태계를 교란하기도 한다. 예를 들면, 지중해 담치는 1950년대에 선박평형수를 통해 유입되어 널리 확산된 것으로 토종 홍합보다 훨씬 흔해졌다. 또한 2000년대 들어 영국 남부, 프랑스 서부, 지중해 연안에 서식하는 유럽산 주걱따개비가 늘어나고 있다. 국내에 침입한 외래 따개비는 주걱따개비, 흰따개비, 닳따개비 등이 있으며, 부산, 울산, 포항, 진해 등지에서 쉽게 발견할 수 있다.⁷⁰⁾

(1) 얼룩무늬 담치

1980년대 북미의 오대호에서는 원래 유럽에서 살던 ‘얼룩무늬담치(*Zebra mussel*)’가 선박평형수를 타고 이동하여 출현하기 시작하였다. 그 결과 토종 홍합을 몰아내어 생태계를 교란하는 한편, 상수도 시설을 비롯하여 산업시설, 전력발전소, 골프장 배수시설, 선박용 기관들의 냉각장치 파이프 등에 부착하여 물의 유입과 배출을 막는 피해를 유발시켰다.⁷¹⁾ 미국 정부는 당시 얼룩무늬담치 제거, 파이프 교환에 따른 비용과 환경 피해, 관광객 감소로 인한 피해액이 약 50억 미달러(USD)에 달한다고 분석하였다.⁷²⁾

(2) 콜레르파 택시폴리아

콜레르파 택시폴리아(*caulerpa taxifolia*)는 ‘킬러 해조류(Killer Algae)’라고도 불리는 인도양에 서식하는 옥덩굴속의 해조류이다. 처음에는 독일의 한 동물원 내 수족관의 조경용으로 전시되었으나, 1984년에

70) 동아일보(검색일: 2019. 8. 20)

71) 해양수산부(2017), p. 14.

72) 국민일보(검색일: 2020. 2. 5)

프랑스 모나코의 한 아쿠아리움으로 이동된 후 청소 중 관리자의 실수로 지중해에 유출되면서 지중해 및 아드리아해 생태계를 교란하는 생물종이 되었다. 초기 콜레르파 택시폴리아의 서식 면적이 1평방미터에 불과하였으나 이후 꾸준히 증가하여 1992년에는 427헥타르까지 확대되었다. 오늘날에는 콜레르파 택시폴리아가 프랑스는 물론 스페인, 이탈리아, 크로아티아의 해역을 잠식하여 지중해의 수중토착식물인 포시도니아 오세아니카(*posidonia oceanica*)가 사라지게 되었다.⁷³⁾

(3) 콜레라

1991년에 서남반구로는 20세기 최초로 페루에 콜레라가 전파되어 10만 명이 감염되고, 약 1만 명이 사망한 사건이 발생하였다. 콜레라 이동 경로를 역학 조사한 결과에 따르면 아시아와 남아메리카를 항해하는 선박의 평형수를 통해 콜레라가 이동한 것으로 파악되었다.⁷⁴⁾ 선박평형수의 배출과정에서 콜레라, 물벼룩, 게, 독성 조류 등의 유해한 생물이 해양환경에 부정적인 영향을 끼친다는 지적이 있었다.⁷⁵⁾ 우리나라의 경우 2016년 경남 거제 앞바다 일부 해역이 콜레라균에 오염되었는데, 그 원인 중 하나로 선박평형수로 유입되었다는 가능성이 제기되기도 하였다.⁷⁶⁾

2) 선박평형수의 관리

(1) 선박소유자의 선박평형수 교환 및 처리

선박평형수를 교환하는 방법으로는 ① 배출 후 주입방식, ② 넘침

73) 최재선(2002), p. 56.

74) 해양수산부(2017), p. 14.

75) 환경데일리(검색일: 2019. 10. 20)

76) 조선닷컴(검색일: 2019. 10. 20)

흐름방식, ③ 희석방식으로 크게 구분된다. ①의 경우 절차에 따라서 평형수 적재탱크를 먼저 비운 뒤 다시 채우는 방식을 말한다. 그리고 ②의 경우 평형수 적재탱크의 하부를 통하여 평형수를 지속적으로 적재를 하면서 상부의 오픈된 평형수 적재탱크의 개구부를 통하여 평형수를 지속적으로 밀어내어 교환하는 방식을 뜻한다. 마지막으로 ③의 경우 평형수 적재를 목적으로 사용되는 평형수 탱크 상부를 통하여 교체 평형수를 채우는 동시에 선저를 통하여 같은 유량을 배출하여 평형수 교환을 행하는 동안 일정한 수위를 유지하면서 교환을 하는 방법을 의미한다. 다만, 화물유가 섞인 선박평형수, 유조선 화물창으로부터의 선박평형수, 분리평형수 및 클린평형수와 같은 특수한 형태의 평형수는 별도의 조건을 충족하여 배출하여야 한다.⁷⁷⁾

한편, 선박평형수를 처리하기 위한 기술로는 기계적 처리, 물리적 처리, 화학적 처리 방식이 있다. 첫째, 기계적 처리방식은 평형수 중의 특정크기 이상의 물질을 걸러주기 위한 기술이다. 이 방식은 가장 단순하게 적용할 수 있는 기술로서 여과처리, 원심분리, 응고처리로 구분된다. 둘째, 물리적 처리기술에는 자외선 살균, 초음파를 이용한 케비테이션(cavitation),⁷⁸⁾ 산소를 제거해 호기성 생물들을 박멸하는 탈산소처리, 온도를 높여 살균하는 열처리 방식, 강한 자기장을 발생시켜 살균하는 플라즈마 처리기술 등이 있다. 셋째, 화학적 처리기술은 산화 처리방식과 비산화 처리방식으로 구분할 수 있다. 산화 처리방식은 오존과 할로젠 원소를 사용하여 평형수의 유기물들을 소독하는 방식인 반면 비산화 처리방식은 생명을 유지하기 위해 필요한 대

77) 해양수산부(2017), pp. 148~149.

78) 케비테이션(cavitation)이란 초음파에 의해 일부의 주위가 액체로 둘러싸인 상태에서 기화하는 현상을 말한다. 공동현상(空洞現象)이라고도 한다.

사 기능과 변식기능들을 파괴함으로써 평형수의 유기물들을 처리하는 방식을 의미한다.⁷⁹⁾

(2) 항만국의 선박평형수 검사

항만국은 타국의 평형수로 인하여 자국의 해역에 유해수중생물 및 병원균 등이 전파되는 것을 방지하기 위하여 협약 당사국의 권한을 위임받은 ‘항만국 통제관(PSCO: Port State Control Officer)’을 통하여 점검활동을 할 수 있다. 즉, 통제관은 입항한 선박이 협약에 따라 평형수를 적절하게 이행하고 있는지 확인할 수 있고, ① 초기점검, ② 상세점검, ③ 샘플채취, ④ 상세분석의 단계로 진행한다.⁸⁰⁾

우선 선박에서 협약의 요구사항을 잘 이행하는지 서류와 증서를 통해 초기점검을 하고, 만약 선박이 유효한 증서를 가지고 있지 않은 경우, 선박 또는 선박의 장비상태가 증서의 명세와 일치하지 않는 경우 등에는 상세점검을 실시한다. 그리고 평형수 배출기준에 적합하게 선박의 평형수를 관리하는지 여부를 점검하기 위하여 샘플채취를 할 수 있고, 필요한 경우에는 채취한 샘플이 평형수 배출기준에 적합한지 확인하기 위하여 상세분석을 진행할 수 있다.⁸¹⁾

2. 선박평형수 관리를 위한 연구개발

선박평형수 관리협약⁸²⁾에 따라 모든 국제항해 선박에는 평형수 처

79) 해양수산부(2017), pp. 149~150.

80) 해양수산부(2017), pp. 160~161.

81) 해양수산부(2017), pp. 161~162.

82) 선박평형수 관리협약의 정식 국문명칭은 ‘2004년 선박평형수 및 침전물의 통제 및 관리를 위한 국제협약’이다. 2004년 2월 13일에 채택되었으며, 국내 발효일은 2017년 9월 8일(조약 제2360호)이다. 외교부 조약정보(검색일: 2019. 9. 10)

리장치의 탑재가 2019년 9월부터 2024년 9월까지 의무화되었다. 이에 따라 선박평형수 처리설비의 경우는 적당 1~10억 원의 비용이 발생할 것으로 예상된다.⁸³⁾

선박평형수 관리를 위한 기술 연구 개발은 국책 연구기관인 한국해양과학기술원 중심으로 이루어지고 있다. 2003년부터 한국해양과학기술원은 선박평형수의 배출규제 대응 기술개발, 항만 환경위해도 평가기술 개발연구, 선박평형수 유해수중생물 모니터링 장치 개발, 선박평형수 통합관리기술개발 기획연구, USCG Phase II 시험·평가 및 인증시스템 구축 등 선박평형수 관련 기술 연구개발사업을 진행해오고 있다. 특히, 선박평형수 유해수중생물 모니터링 장치 개발의 경우 선박평형수 샘플링 지침서와 관련하여 선박평형수 협약이 발효된 이후에 평형수 처리가 규정대로 수행되었는지 확인할 수 있는 장치를 개발하는 것을 목표로 수행되었다. 연구결과 식물플랑크톤에서 나오는 형광물질을 측정하는 도구, 지정된 특정 종을 식별할 수 있는 특이성을 갖는 진단키트 등을 개발하여 선박평형수 처리를 직·간접적으로 확인할 수 있게 되었다.⁸⁴⁾

이러한 기술연구 개발사업은 최근에 ‘해양수산 R&D 중장기계획(2014~2020)’을 중심으로 추진되고 있다. 동 계획에서는 창조형 해양수산 산업 육성 전략의 세부과제인 ‘친환경선박 시장 선도’ 부분에서 선박평형수 관리기술 개발을 포함시킴으로써 기존에 추진하였던 선박평형수 유해수중생물 모니터링장치 개발의 성과를 토대로 선박평형수 관리에 초점을 둔 기술을 연구개발하고 있다.⁸⁵⁾

83) 뉴스핌(검색일: 2019. 11. 2)

84) 신경순(2016), pp. 16~17.

85) 해양수산부(2014), p. 6.

〈그림 2-14〉 해양수산 R&D 중장기계획상 친환경선박 시장 선도 과제



자료: 해양수산부(2014), p. 6.

3. 선박평형수관리법상 주요 규정

1) 개요

「선박평형수관리법」은 “선박평형수 및 그 침전물을 효과적으로 처리·교환·주입·배출하도록 관리함으로써 유해수중생물의 국내 유입을 통제하고 해양생태계의 보존에 이바지하는 것”을 목적으로 하고 있다(제1조).⁸⁶⁾ 특히 동법은 IMO의 선박평형수 관리협약과 세부기술 기준인 지침서의 내용을 포괄적으로 수용함으로써 국제협약의 이행입법으로서의 성격을 가지고 있다.⁸⁶⁾

법률의 체계와 구성 내용을 살펴보면, 제1조에서 제46조까지 총 8개의 장으로 구성되어 있으며, 선박평형수의 배출 금지 및 특별수역의 지정(제2장), 선박평형수관리를 위한 선박의 검사(제3장), 선박평

86) 해양수산부(2017), p. 4.

형수관리를 위한 형식승인 및 검정(제4장), 선박평형수처리업(제5장) 등에 관한 내용을 포함하고 있다.

여기서 말하는 ‘선박평형수’란 선박의 중심을 잡기 위하여 선박에 실려 있는 물을 의미하고, 그 물 속에는 수중생물체, 병원균이 포함되어 있다(제2조 제2호). 즉, 「선박평형수관리법」은 선박평형수의 교환·주입·배출 등 과정에서 외국에서 서식하고 있던 유해수중생물⁸⁷⁾이 국내 해역에 유입될 가능성이 높다는 점에 주목하여 외국에서 유입되는 유해수중생물을 체계적으로 관리하는 제도를 마련하고 있는 것이다.

〈그림 2-15〉 선박평형수의 교환 개념



자료: 양준혁(2019), p. 4.

87) “유해수중생물”이란 강·호소(湖沼)·바다 등의 수역에 유입될 경우 자연환경·사람·재산 또는 수중생물의 다양성에 해로운 결과를 미치거나 해당 수역을 이용·개발하는 데에 장애가 되는 수중생물체 또는 병원균을 말한다(「선박평형수관리법」 제2조 제8호).

2) 주요내용

「선박평형수관리법」은 다음과 같이 3가지 측면에서 외래 유해수중생물의 관리와 관련 제도를 도입하고 있다.

첫째, 입항 및 특정해역 관리 측면에서 ① 외국에서 입항하는 선박의 입항 보고 의무와 ② 특별수역 지정·관리 제도를 규정하고 있다. ① 관할수역 외의 수역에서 선박평형수를 주입한 후 관할수역에 들어오는 선박의 경우 해양수산부장관에게 입항 보고를 하여야 한다(제5조). 선박의 선장은 입항 24시간 전까지 입항하려는 항만을 관할하는 지방해양수산청장⁸⁸⁾에게 선박평형수 입항 보고서를 제출하여야 한다(시행규칙 제10조). 그리고 해양수산부장관은 유해수중생물의 유입 등으로 인한 수중생태계의 교란 또는 파괴를 예방하기 위하여 관할수역 중 일부를 해양수산부령으로 정하는 바에 따라 선박평형수의 특별한 관리를 위한 수역(이하 ‘특별수역’이라 한다)으로 지정·고시할 수 있다(제7조 제1항).

둘째, 선박평형수의 배출 관리 측면에서 ① 선박평형수의 배출금지, ② 선박평형수관리계획서의 작성 및 ③ 선박평형수기록부의 기록에 관한 내용을 정하고 있다. 우선 선박의 소유자⁸⁹⁾가 관할수역에서 선박평형수 또는 침전물을 배출하는 것을 원칙적으로 금지하고 있다(제6조 본문). 하지만 선박평형수의 교환을 위한 설비를 설치한 선박이 해양수산부령으로 정하는 수역에서 해양수산부령으로 정하는 방법으로 선박평형수를 교환 또는 주입한 후 이를 배출하는 경우, 선박평형수 또는 침전물에 포함된 유해수중생물을 해양수산부령으로 정하는 기준에 맞게 처리한 경우 등과 같이 일정한 경우 예외적으

88) 지방해양수산청장 소속 해양수산사무소의 장을 포함한다.

89) 선박을 임차한 경우에는 선박임차인을 말한다.

로 배출을 허용하고 있다(제6조 단서). 그리고 선박소유자는 선박평형수의 처리·교환·주입·배출 등에 관한 절차와 방법을 기술하고 있는 ‘선박평형수관리계획서’를 작성하여 검인을 받고, 선박에서 처리·교환·주입 및 배출한 선박평형수를 기록한 장부인 선박평형수관리기록부를 5년간 선박에 비치하여야 한다(제9조 제1항 및 제10조 제1항 및 제2항).

셋째, 선박평형수관리 설비 관리 측면에서 ① 선박평형수관리설비의 설치, ② 선박검사, ③ 형식승인 및 검정, ④ 선박평형수처리업, ⑤ 부적합선박 조치 제도가 규정되어 있다. 우선 선박소유자는 해양수산부령으로 정하는 바에 따라 선박평형수의 처리와 교환을 위한 설비(이하 ‘선박평형수관리설비’라 한다)를 선박에 설치하여야 한다(제8조 제1항). 그리고 국제항해에 종사하는 총톤수 400톤 이상 선박의 소유자는 정기검사,⁹⁰⁾ 중간검사,⁹¹⁾ 임시검사⁹²⁾를 받아야 한다(제11조의2~제14조). 또한 선박평형수처리설비를 제조하거나 수입하려는 자는 해양수산부장관으로부터 그 형식에 관한 승인(이하 ‘형식승인’이라 한다)을 받아야 한다(제17조 제1항).

한편, 선박평형수 및 침전물의 수거·처리에 필요한 설비 및 시설을 갖추고 선박평형수탱크를 청소하거나 선박평형수탱크로부터 선박평형수 또는 침전물을 수거하여 처리하는 사업 즉, 선박평형수처리업을 등록제로 운영하도록 규정하고 있다(제21조). 끝으로 해양수산부장관은 선박에 설치된 선박평형수관리설비가 기술기준에 적합하지 아니하다고 인정되는 경우에는 해당 선박소유자에게 그 선박평형수

90) 선박소유자가 선박평형수관리설비를 선박에 최초로 설치하여 항해에 사용하거나 제15조에 따른 유효기간이 끝난 경우에는 실시하는 검사

91) 정기검사와 정기검사의 사이에 선박평형수관리설비의 유지·관리 상태에 대하여 실시하는 검사

92) 선박소유자가 선박평형수관리설비를 교체·개조 또는 수리하려는 경우에 실시하는 검사

관리설비의 교체·개조·변경·수리, 그 밖의 필요한 조치를 명할 수 있다(제27조).

〈표 2-5〉 선박평형수관리법 상 외래 해양생물 관리제도 내용

구분	내용	
선박평형수의 개념 및 특징	• 선박의 중심을 잡기 위하여 선박에 실려 있는 물 • 교환·주입·배출 등 과정에서 외국에서 서식하고 있던 유해수중생물이 국내 해역에 유입될 가능성 존재	
선박평형수 관리 제도	입항 및 특정해역 관리	• 입항보고, 특별수역 지정·고시
	선박평형수 배출 관리	• 선박평형수 배출금지, 선박평형수계획서 작성, 선박평형수기록부 기록
	선박평형수 설비 관리	• 선박평형관리설비 설치, 선박검사, 형식승인 및 검정, 선박평형수처리업, 부적합선박 조치

자료: 「선박평형수관리법」 내용을 기초로 저자 작성

제 3 장

해외 선박부착생물 관리정책 분석

제1절 IMO의 선박부착생물 관리 및 동향

1. IMO 방오시스템협약

국제해사기구(IMO)는 2001년에 ‘선박의 유해방오시스템 사용 규제에 관한 국제협약(The International Convention on the Control of Harmful Anti-Fouling System on Ships, 이하 ‘AFS 협약’이라 한다)의 채택을 통해 선박부착생물을 저감하기 위한 노력을 기울이고 있다.⁹³⁾ AFS 협약은 해양생태계에 부정적인 영향을 미치는 선박 방오도료(anti-fouling paints)내 유해한 유기주석(organotin)의 사용을 금지하고, 향후 방오시스템 내에서 다른 유해한 물질의 사용을 금지하기 위한 목적으로 성안되었다.⁹⁴⁾

93) 선박의 유해방오시스템 사용 규제에 관한 국제협약의 정식 국문명칭은 ‘2011년 선박의 유해방오시스템 사용 규제에 관한 국제협약’이며, 2001년 10월 5일에 채택되었고, 국내 발효일은 2008년 10월 24일(조약 제1929호)이다. 외교부 조약정보(검색일 : 2019. 9. 10)

AFS 협약은 제18조에 따라 전 세계 총톤수 25% 이상을 차지하는 25개 이상의 국가가 비준한 2008년 9월에 발효되었다. 2020년 현재까지 중국, 일본, 러시아, 미국 등을 포함한 89개의 국가들이 협약당사국으로 가입하고 있으며, 우리나라는 2008년 7월에 가입한 바 있다.⁹⁵⁾

AFS 협약은 전문과 21개 조문, 4개의 부속서로 구성되어 있다. 협약의 내용을 구체적으로 살펴보면, 먼저 협약은 ‘방오시스템(Anti-Fouling System)’을 ‘원치 아니하는 생물체의 부착을 제한하거나 방지하기 위하여 선박에 사용되어지는 코팅, 페인트, 표면 처리, 표면 또는 장치’라고 정의하고 있다.⁹⁶⁾ 이러한 방오시스템의 규제 요건에 대해서는 부속서 1에서 규정하고 있는데, 모든 선박으로 하여금 ‘생물파괴제(biocides)로 작용하는 유기주석화합물을 사용 또는 재사용’을 금지(2003년 1월 1일 발효)하고 있다. 뿐만 아니라 ① 선체 또는 표면에 당해 화합물을 함유하는 것을 금지하고, ② 부적합한 방오시스템으로부터 당해 화합물이 용해되는 것을 방지하는 막을 형성하는 코팅을 포함(2008년 1월 1일 발효)하도록 규정하고 있다.⁹⁷⁾ 즉, 당사국들은 2008년 9월부터 유기주석화합물을 포함하는 모든 방오도료가 해양환경에 침출되는 것을 막기 위하여 이를 제거하거나 또는 코팅을 하여야 한다.

한편, AFS 협약은 적용대상이 되는 선박을 명시적으로 규정하고 있다. 즉, 당사국의 국기를 게양할 자격이 있는 선박이나 당사국의 권한 하에 운항하고 있는 선박, 또는 당사국의 항구, 조선소 또는 해양터미널에 입항하는 모든 선박을 협약의 적용 대상으로 하고 있다.⁹⁸⁾

94) IMO Korea(검색일: 2019. 2. 3)

95) 국제해사기구, AFS 협약 채택 및 가입·비준 자료(검색일: 2019. 2. 3), pp. 512~518.

96) AFS Convention, Art. 2.2.

97) AFS Convention, Annex 1.

98) AFS Convention, Art. 3(1).

또한 협약은 대상 선박의 방오시스템의 검사에 관한 조항을 마련하고 있다. 즉, “국제항해에 종사하는 선박 가운데 총톤수 400톤 이상에 해당하는 선박은 운항 전 또는 이 협약에서 요구하는 국제방오시스템증서(IASC)가 최초로 발행되기 전에 최초 검사(initial survey)를 받아야 한다.”⁹⁹⁾ 뿐만 아니라 “방오시스템이 변경되거나 교체된 경우에도 새로운 검사가 수행되어야 한다.”¹⁰⁰⁾

〈표 3-1〉 IMO 방오시스템협약의 체계 및 내용

구분	내용	구분	내용
전문	-	제11조	• 선박의 점검 및 위반의 발견
제1조	• 협약상 일반적임 의무	제12조	• 협약의 위반
제2조	• 용어 정의	제13조	• 선박의 부당한 지연 또는 억류
제3조	• 협약 적용대상 선박	제14조	• 분쟁의 해결
제4조	• 방오시스템의 규제	제15조	• 국제해양법과의 관계
제5조	• 부속서 1 상 폐기물의 규제	제16조-제21조	• 최종조항
제6조	• 방오시스템 규제에 대한 개정안 제안절차	부속서 1	• 방오시스템에 관한 규제
제7조	• 개정안 심의를 위한 전문가그룹의 구성 및 운영	부속서 2	• 최초 제안에 대하여 요구되는 요소
제8조	• 과학적 및 기술적인 연구와 감시	부속서 3	• 포괄적인 제안서에 요구되는 요소
제9조	• 정보의 전달 및 교환	부속서 4	• 방오시스템에 대한 검사와 증서 요건
제10조	• 검사와 증서	-	-

자료: AFS 협약 내용을 기초로 저자 작성

이외에도 AFS 협약은 개정 절차의 규정을 통해 협약을 지속적으로 업데이트할 수 있도록 장치를 마련하고 있다. 이에 있어 협약은 암묵적 동의에 기반한 개정 절차를 채택함으로써, 새로운 화합물을 통제

99) AFS Convention, Annex 4, Reg. 1(1).

100) *Ibid.*

함에 있어 각 당사국의 비준이라는 장시간이 소요되는 절차를 해소하여 신속한 대응을 이끌어내고자 하였다.¹⁰¹⁾

2. IMO 2011 선박부착생물 지침

IMO는 초기 선박방오시스템 차원의 관리에서 더 나아가 선박부착생물의 생태적·경제적 피해 저감을 위한 관리체계의 중요성을 인식하고 이를 관리하기 위한 지침을 채택하여 운영하고 있다. 즉, IMO는 산하의 해양환경보호위원회(MEPC)를 통해 ‘침입 수생생물종의 이동을 최소화하기 위한 선박부착생물의 통제 및 관리를 위한 2011 지침(2011 Guidelines for the Control and Management of Ships’ Biofouling to Minimize the Transfer of Invasive Aquatic Species, 이하 ‘2011 선박부착생물 지침’이라 한다)’을 채택함으로써 선박에서 기인하는 외래 선박부착생물의 침입 문제에 관한 국제적인 대응을 위한 기반을 마련하였다.

2007년 제56차 IMO MEPC 회의에서 호주, 뉴질랜드, 영국 등이 선체에 부착하여 이동하는 침입 수생생물종에 대한 국제적인 관리의 필요성을 강조하면서 논의가 시작되었다.¹⁰²⁾ 이후 호주와 뉴질랜드의 주도적인 노력과 국제사회의 관심이 증가하면서 별도의 지침을 개발하기로 결정하였고, 2011년에 개최된 제62차 MEPC회의에서 ‘2011 선박부착생물 지침’이 채택되었다.¹⁰³⁾

그 내용을 구체적으로 살펴보면, 먼저 ‘2011 선박부착생물 지침’은

101) AFS Convention, Art. 16.

102) Croatian Register of Shipping(검색일: 2020. 2. 3)

103) Res.MEPC.2017(62).

선박부착생물의 유입을 최소화하기 위한 조치 가운데 하나로 ‘선박부착생물 관리계획서(Biofouling Management Plan)’와 ‘선박부착생물 기록부(Biofouling Record Book)’를 선박에 비치하도록 권고하고 있다.¹⁰⁴⁾ 선박부착생물 관리계획서는 선박부착생물 관리를 위한 효과적인 절차를 제공하기 위한 목적으로 방오시스템 및 운용, 오손에 민감한 선체부분, 적합운항조건, 선원안전 등에 관한 사항 등을 구체적으로 제시하도록 규정하고 있다.¹⁰⁵⁾

한편, 선박부착생물 기록부는 선주가 해당 선박의 방오시스템 및 운용 사례, 선박부착생물 관리계획서 등이 효과적인지를 평가하기 위한 목적으로 마련되었다. 또한 기록부를 통해 항만당국이 해당 선박의 위험성 평가를 효율적으로 실시함으로써 불필요한 지연을 방지할 수 있다.¹⁰⁶⁾

2011 선박부착생물 지침은 방오시스템의 설치 및 유지관리에 관한 사항을 제시하고 있다. 방오시스템의 선택뿐 아니라 다양한 시스템별 특성을 반영한 설치, 재설치, 보수 시 고려사항, 선박수리 및 재활용 기관의 오염원처리 절차 채택의무 등을 규정하고 있다.¹⁰⁷⁾

한편, 상기한 지침사항에 따라 방오시스템을 운영하였음에도 불구하고 장시간의 운항에 따라 상당한 양의 부착생물이 선체에 축적될 수 있다. 이를 대비하여 선박의 방오시스템 및 부착생물의 축적 상태에 관한 수중검사, 청소(cleaning) 및 유지관리에 관한 사항도 지침에 담고 있다. 즉, 수중검사는 일반적인 감시의 형태로 정기적으로 이루어져야 하며, 수중청소 및 유지관리의 경우 중대한 미세 축적(microfouling)이 발생한 경우 단순방식(soft methods)에 따라 미연에 청소를 실시함으

104) IMO Guidelines, Section. 5.

105) IMO Guidelines, Section. 5.1~5.4.

106) IMO Guidelines, Section. 5.5.

107) IMO Guidelines, Section. 6.

로써 대규모 축적(macrofouling)의 발생을 예방하도록 권고하고 있다. 나아가 지침에서는 수중검사, 청소 및 유지관리의 대상구역과 그에 따른 조치사항을 구체적으로 제시하고 있다.¹⁰⁸⁾

〈표 3-2〉 IMO 2011 선박부착생물 지침의 체계 및 내용

구분	내용	구분	내용
제1장	• 서문	제8장	• 설계 및 건조
제2장	• 용어 정의	제9조	• 정보의 확산
제3장	• 지침의 적용대상	제10조	• 훈련 및 교육
제4장	• 지침의 목적	제11조	• 기타 조치
제5장	• 생물오손관리계획서 및 기록부	제12조	• 향후 계획
제6장	• 방오시스템의 설치 및 유지관리	부록 1	• 생물오손관리계획서 양식
제7장	• 수중 검사, 청소 및 유지관리	부록 2	• 생물오손기록부 양식

자료: IMO 2011 선박부착생물 지침을 기초로 저자 작성

2011 선박부착생물 지침은 선박의 설계 및 건조 단계에서도 부착생물 축적의 위험을 최소화하기 위한 고려사항을 제공하고 있다. 즉, 선박의 설계 및 건조 또는 중대한 변경이 있는 경우에 소규모 취약구역(niche area)의 설치를 가능한 배제하고, 방오장치의 검사, 청소, 적용을 위한 접근성을 높이는 설계를 요구하고 있다.¹⁰⁹⁾ 이외에도 가이드라인은 선박부착생물의 관리에 관한 정보를 IMO에 제공함으로써 당사국들과 정보를 공유하도록 장려하고,¹¹⁰⁾ 선박 관리 및 수중청소, 유지관리, 검사 등 종사자에 대한 부착생물 관리 교육훈련 사항을 제시함으로써¹¹¹⁾ 국가 간의 정보격차를 해소하고 지침의 효과적인 이행을 지원하고 있다.

108) IMO Guidelines, Section. 7.

109) IMO Guidelines, Section. 8.1.

110) IMO Guidelines, Section. 9.

111) IMO Guidelines, Section. 10.

3. IMO의 최근 논의 동향

1) 제7차 해양오염방지대응 전문위원회

현재 국제해사기구(IMO)에서의 선박부착생물 관리에 관한 실질적인 논의는 해양환경보호위원회(MEPC) 산하의 해양오염방지대응 전문위원회(PPR: Sub-Committee on Pollution Prevention and Response)를 통해 이루어지고 있다. 2020년 2월 제7차 해양오염방지대응 전문위원회(PPR7)의 의제 가운데 하나로 ‘선박부착생물의 통제 및 관리를 위한 2011 지침에 대한 검토’¹¹²⁾를 주제로 지침의 개정사항에 관한 논의가 진행되었다. 2011년에 선박부착생물 지침이 마련된 이후 2013년 MEPC는 ‘2011 선박부착생물 지침의 평가지침(이하 ‘평가지침’)¹¹³⁾을 마련하여 당사국들로 하여금 선박부착생물 지침의 이행 현황에 관한 정보를 제출하도록 요청함으로써 그 유효성을 평가하고자 하였다. 제출된 정보를 바탕으로 제7차 해양오염방지대응 전문위원회에서는 2019년 현재 2011 선박부착생물 지침을 검토함으로써 개정 소요를 확인하고 있다.

제7차 해양오염방지대응 전문위원회에서 호주, 뉴질랜드를 포함한 일부 국가들과 국제해양탐사기구(ICES), 영국해양공학연구소(IMarEST) 등 기관들이 2011 선박부착생물 지침에 대한 검토의견을 제출하였다. 이 가운데 호주, 핀란드, 일본, ‘국제탱커선주협회(INTERTANKO, International Association of Independent Tanker Owners)’와 ‘해양보호자문위원회(ACOPS, Advisory Committee on Protection of the

112) IMO, Review of the 2011 Guidelines for the control and management of ships’ biofouling to minimize the transfer of invasive aquatic species (MEPC.207(62)).

113) IMO, Guidance for Evaluating the 2011 Guidelines for the control and management of ships’ biofouling to minimize the transfer of invasive aquatic species(MEPC.1/Circ.811).

Sea)’ 등이 사전검토 의견을 제공하였다. 즉, 평가지침에 따른 설문조사 결과 수중청소 설비의 부족과 항만당국의 수중청소 제한이 지침의 이행에 장애요인이 되고 있다는 의견을 밝혔다. 또한, 수중청소로 발생하는 폐기물을 수거 및 포획하기 위한 기술개발을 현재 진행 중이며, 2011 선박부착생물 지침의 이행에 소요되는 비용보다 연료절감 효과가 높아 해운산업계는 자발적으로 이행하고 있음을 제시하였다. 이어 개정이 요구되는 사항으로 취약구역(niche area)의 관리방안, 수중청소 기술개발 장려 방안, 항만 내 수중청소 이행 장려, 수중청소 후 검사 실시 방안 등을 제안하였다.¹¹⁴⁾

또한 호주, 핀란드, 일본, IMarEST 등은 2011 선박부착생물 지침의 검토를 위한 핵심요소와 목적을 제시하면서, 추가적인 검토와 토론을 위해 통신작업반(CG)의 설립을 제안하였다. 특히, 지침에 관한 검토를 위한 핵심적인 요소로서 문서의 비강제성, 효과성에 대한 지속적인 모니터링 부재, 관리계획서 및 기록부 수준 향상, 연료효율, 기술 및 도구, 수중청소, 타당성 등을 강조하였다.¹¹⁵⁾ 이와 별도로 호주와 네덜란드는 ‘레저용 선박’에 대한 지침의 실효성에 관한 정보를 제공하였다. 이들이 실시한 연구 결과 레저용 선박에 대한 지침의 인식도가 낮은 것으로 나타났으며, 관리를 위한 고비용의 소요를 장애요인으로 꼽았다.¹¹⁶⁾

BIMCO(Baltic and International Maritime Council)는 선주를 대상으로 2019년에 생물오손 및 수중청소를 어떻게 관리하고 있는지에 관해 설문을 실시하여 그 결과를 IMO에 제출하였다. 설문에는 6개월의 기간 동안 총 38개사, 2,205척 선박의 선주가 응답하였다. 그 결

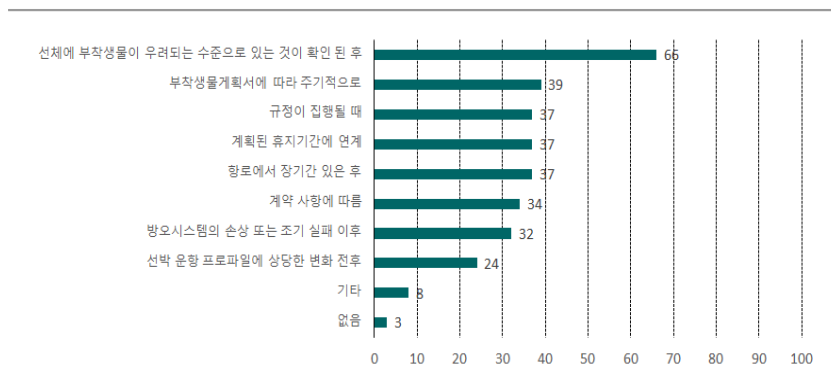
114) IMO, PPR 7/7/2; IMO, PPR 7/INF.3.

115) IMO, PPR 7/7/4.

116) IMO, PPR 7/INF.7.

과 87%의 응답자가 선박부착생물 관리계획서 작성 시 IMO 2011 선박부착생물 지침을 고려하는 것으로 나타났다.¹¹⁷⁾ 또한 수중검사의 경우 ‘선박부착생물 수준이 우려될 만한 수준인 것으로 확인된 후’에 검사를 실시하는 응답자가 66%로 가장 높았던 반면에 ‘선박부착생물 관리계획에 따라 주기적으로’ 실시하는 응답자는 39%인 것으로 나타났다(각 항목 100% 기준).

〈그림 3-1〉 BIMCO 설문조사 결과: 수중검사 실시 시기

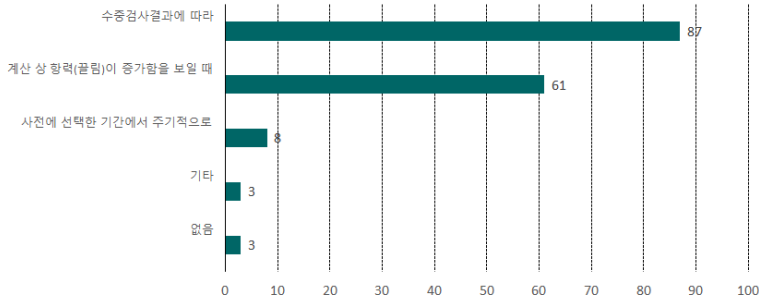


자료: 해양수산부(2020), pp. 91~92.

한편 수중청소의 실시는 ‘일반적으로 수중검사 후 결과에 따라’ 실시하는 자가 87%로 가장 높았고, ‘선체와 수면 간 마찰저항이 높아져 연료소모가 증가하는 경우’ 청소를 실시하는 자가 61%인 것으로 드러났다.

117) IMO, PPR 7/7/1.

〈그림 3-2〉 BIMCO 설문조사 결과: 수중청소 실시 시기



자료: 해양수산부(2020), pp. 91~92.

BIMCO의 설문조사를 종합적으로 살펴보면 선주들의 IMO 2011 선박부착생물 지침에 대한 인지도가 높은 한편, 선체 및 취약구역의 부착생물 축적이 점증하고 있는 것으로 나타났다. 그럼에도 불구하고 수중청소의 설비가 부족하고, 항만에서 청소활동을 규제함에 따라 선체 및 취약구역에 대한 검사 및 처리에 어려움을 겪고 있었다. 기술개발 측면에서는 청소잔여물 포획기술을 개발 중이지만, 향후 지속적인 개발을 통한 수중청소 및 방오시스템의 개선이 필요한 것으로 나타났다. 더욱이 수중 및 입구에 따른 부착생물 관리 및 효과에 대한 조사와 연구개발의 수행이 요구되고 있다.¹¹⁸⁾

2020년 2월의 PPR7 논의 결과, 다수의 회원국은 선박부착생물의 관리에 대한 중요성과 ‘2011 선박부착생물 지침’에 대한 검토의 필요성에 공감하였다. 특히, 수중청소 시설과 국제표준의 부족, 수중검사 절차, 선체 취약구역 등에 관한 논의의 필요성이 제시되었다. 한편 위원회(PPR7)는 ‘2011 선박부착생물 지침’에 대한 추가적인 논의를 위해 통신작업반(CG)을 개설하기로 합의하고 네 가지 위임사항(ToR)을 확

118) *Ibid.*

정하였다. 위임사항에는 i) 2011 선박부착생물 지침의 실효성 평가, ii) 모범사례, 관련 기술, 연구 및 개발사례 등을 고려한 2011 선박부착생물 지침의 검토, iii) 2011 선박부착생물 지침의 검토를 위한 핵심요소(key elements)에 관한 권고안을 개발하고 위원회에 제안, iv) PPR8에 작업반보고서 제출 등을 포함하기로 하였다.¹¹⁹⁾

2) Glofouling Partnership 프로젝트

2017년 지구환경기금(GEF: Global Environment Facility)의 승인에 따라 출범한 ‘Glofouling Partnership 프로젝트’는 선박부착생물의 축적에 대응하기 위한 국제협력의 기반을 마련하였다. 이 프로젝트는 침입 수생생물종의 이동이 해양생태계 및 인간생활에 미치는 부정적인 영향의 심각성을 인식하게 되면서 GEF와 유엔개발계획(UNDP: United Nations Development Program), IMO 3개 기관이 ‘2011 선박부착생물 지침’의 이행을 지원하기 위한 목적으로 공동으로 참여하고 있다. 2018년부터 2023년까지 5년간 690만 미달러(USD)의 재원(GEF)과 4천만 미달러의 협조융자(co-financing) 형태로 진행된다.¹²⁰⁾

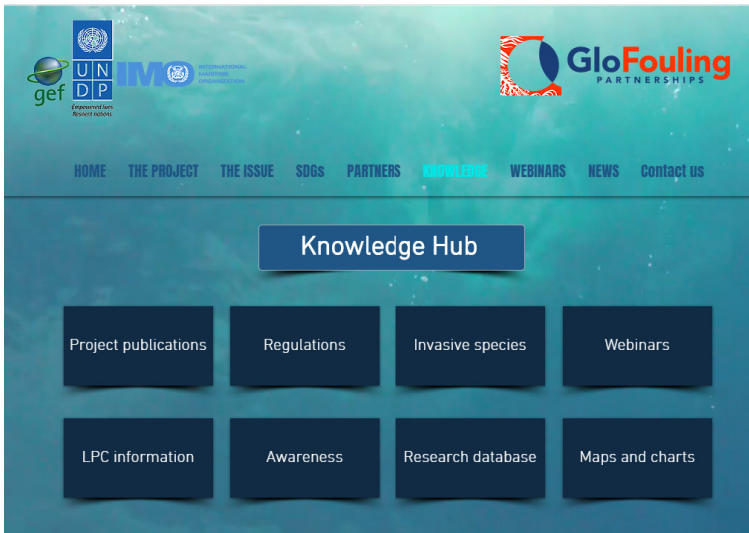
Glofouling Partnership 프로젝트를 통해 참여기구들은 선박부착생물로 인한 침입외래종을 최소화하는 법·정책·기구를 개발하고, 2011 선박부착생물 지침의 이행을 위한 역량강화 및 기술지원을 수행한다. 또한, 선박부착생물 관리를 위한 민간 부문의 참여를 도모하고, 지식관리, 이해관계자 협력강화, 모니터링 및 평가 역할을 수행한다. 또한 프로젝트는 생물다양성협약(CBD)의 2030 지속가능발전목표와 연계성을 갖고 있는바, 해양(14번 목표)뿐 아니라 기후변화(13번 목

119) 해양수산부(2020), pp. 91~92.

120) 국제해사기구, Glofouling Partnership Project 자료(검색일: 2020. 2. 4)

표), 육상생태계(15번 목표) 등 다양한 목표의 달성에 이바지하기 위한 노력을 수행하고 있다.¹²¹⁾

〈그림 3-3〉 Glofouling Partnership 프로젝트에 따른 지식관리 및 정보 제공



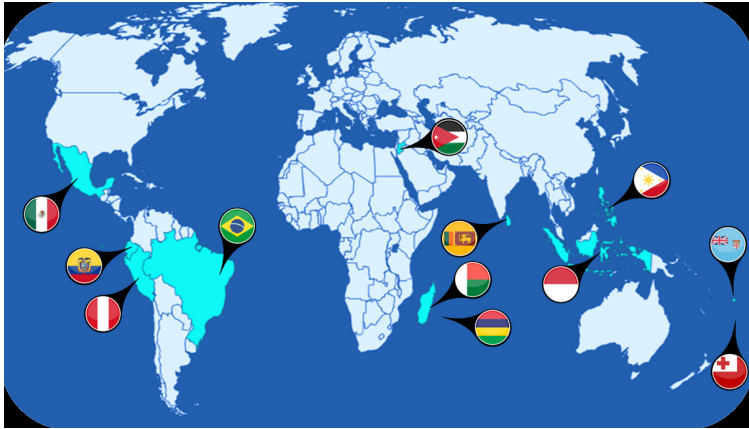
자료: 국제해사기구, Glofouling Partnership Project 자료(검색일: 2020. 2. 4)

Glofouling Partnership 프로젝트에는 개도국과 소도서개도국(SIDS: Small Island Developing States)이 참여하고 있는데, 브라질, 에콰도르, 피지, 인도네시아, 요르단, 마다카스카르, 모리셔스, 멕시코, 페루, 필리핀, 스리랑카, 통가 등 12개국이다.¹²²⁾

121) 국제해사기구, Glofouling Partnership Project 자료(검색일: 2020. 2. 4)

122) *Ibid.*

〈그림 3-4〉 Glofouling Partnership 프로젝트 참여국의 지리적 분포



자료: 국제해사기구, Glofouling Partnership Project(검색일: 2020. 2. 4.)

제2절 유엔해양법협약 및 생물다양성협약의 관리 및 동향

1. 유엔해양법협약

유엔해양법협약은 제12부에서 해양환경보호에 관하여 구체적으로 규정하고 있으며, 제192조부터 제237조의 총 8개절 45개 조문으로 구성되어 있다. 즉, 협약은 i) 일반원칙(제192조~제196조), ii) 지구적·지역적 협력(제197조~제201조), iii) 기술적 지원(제202조~제203조), iv) 감시와 환경평가(제204조~제206조), v) 해양환경오염의 방지·경감·통제를 위한 국제규칙과 국내입법(제207조~제212조), vi) 법령집행(제213조~제222조) 및 결빙해역(제234조), vii) 보장제도(제223조~제233조), viii) 책임 및 주권면제(제235조~제236조) 등에 대해 규정하고 있다.¹²³⁾

1) 해양환경보호의 일반원칙

유엔해양법협약에 따라 모든 협약 당사국들은 가장 적절한 수단을 사용하여 모든 오염원으로부터 해양환경을 보호하고 보존할 의무가 있다.¹²⁴⁾ 이는 국가로 하여금 해양환경을 보호하고 보존하도록 의무화 한 것이다.¹²⁵⁾ 한편, 개별국가는 자원개발권과 해양환경 보호 및 보전의무가 균형을 이루도록 하여야 한다. 각국은 해양환경을 보호하고 보전할 의무를 부담하는 한편 자국 해양관할권에 있는 천연자원을 개발할 주권적 권리를 갖는다(협약 제193조).

또한 각국은 자국의 관할권이나 통제하의 활동이 다른 국가의 환경에 대해 오염으로 인한 손해를 주지 않도록 하여야 하며, 오염이 자국의 주권적 권리를 행사하는 지역 밖으로 확산되지 않도록 보장하기 위해 필요한 모든 조치를 취하여야 한다. 유엔해양법협약은 해양환경의 오염¹²⁶⁾을 방지, 경감하고 통제하기 위한 조치를 취함에 있어서 직·간접적으로 피해나 위험을 특정지역에서 다른 지역으로 전가시키거나 어떤 형태의 오염을 다른 형태의 오염으로 변형시키지 않을 의무가 있다는 점을 강조하고 있다.¹²⁷⁾ 한편, 유엔해양법협약에서는 침입 외래 생물종의 유입방지에 대해 별도의 규정을 두고 있지는 않으나 권한있는 국제기구로 하여금 구체적인 오염방지에 관한

123) 유엔해양법협약의 정식 국문명칭은 ‘해양법에 관한 국제연합 협약’이며, 1982년 12월 10일에 채택되었고, 국내 발효일은 1996년 2월 28일(조약 제1328호)이다. 외교부 조약정보(검색일: 2019. 9. 10), 한국해양수산개발원 편, 박수진 저(2017), p. 368.

124) 유엔해양법협약 제192조.

125) 박춘호·김한택(2011), p. 175.

126) ‘해양환경오염(pollution of the marine environment)’이란 생물자원과 해양생물에 대한 손상, 인간의 건강에 대한 위험, 어업과 기타 적법한 해양이용을 포함한 해양활동에 대한 장애, 해수 이용에 의한 수질악화 및 쾌적도 감소 등과 같은 해로운 결과를 가져오거나 가져올 가능성이 있는 물질이나 에너지를 인간이 직접적으로 또는 간접적으로 강어귀를 포함한 해양환경에 들어오는 것을 말한다. 유엔해양법협약 제1조 제4항.

127) 유엔해양법협약 제195조.

조치를 하도록 하고 있다. 이를 근거로 IMO가 선박평형수, 선박부착생물 등에 대한 구체적 규제사항과 방법 등에 대해 다루고 있는 것이다.

2) 오염 및 외래생물 관리

유엔해양법협약에 근거한 해양환경오염의 방지, 경감 및 통제를 위한 조치는 i) 육상기인 오염(land-based sources), ii) 대기를 통한 오염, iii) 선박으로부터의 오염, iv) 천연자원의 탐사·개발에 사용되는 설비나 장치로부터의 오염, v) 해양환경에서 운용되는 설비나 장치로부터의 오염 등 해양환경에 영향을 주는 모든 오염원을 포괄하며, 각국의 개별적 조치나 공동으로 이루어지는 조치를 모두 포함한다(협약 제194조). 또한, 협약은 오염원에 대한 방지, 경감, 통제조치뿐만 아니라, 취약 해양생태계와 멸종위기 해양생물과 그 서식지 등에 대한 보호와 보존조치도 강조하고 있다.¹²⁸⁾ 선박부착생물과 관련이 있는 조항은 유엔해양법협약 제196조라고 볼 수 있는데, 즉 해양환경에 중대하고 해로운 변화를 초래할 우려가 있는 기술의 사용하거나 해양환경의 특정부분에 대한 외래종이나 신규종의 고의적 또는 우발적인 ‘도입(introduction)’으로 인한 해양환경 오염을 방지하고 경감 및 통제하기 위해 필요한 조치를 하도록 의무화 하고 있다.¹²⁹⁾ 이는 해양환경의 오염 방지·경감 및 통제 차원에서 해양생태계 및 해양생물의 보호에 관해 규정하고 있는 것으로 볼 수 있다.

한편, 유엔해양법협약은 해양오염에 효과적으로 대처하기 위해서 필수적으로 지역적·지구적 차원의 협력을 강조하고 있다.¹³⁰⁾ 국가간 이동성과 확산성이 높은 선박부착생물의 관리를 위해서도 협력이 필

128) 유엔해양법협약 제194조 제5호.

129) 유엔해양법협약 제196조.

130) 유엔해양법협약 제197조, 제198조, 제199조.

수적으로 요구된다는 점에서 유엔해양법협약 제197조부터 제199조까지의 협력에 관한 규정은 향후 선박부착생물에 대한 IMO의 규제 방향에 의미하는 바가 있다고 판단된다.

2. 생물다양성협약

1) CBD의 외래생물 관리

생물다양성협약(CBD) 제8조(h)항은 ‘각 협약당사국은 가능하고 적절한 방법으로 생태계와 생물서식지 또는 생물종을 위협하는 침입유해외래종의 유입을 방지하거나 조절 또는 박멸하여야 한다’고 명시적으로 규정하고 있다. 이를 통해 협약당사국들에게 생물다양성의 보전과 외래생물종 문제에 접근하는 적절한 수단과 방법을 마련할 것을 의무화하고 있다. 또한, 제16조 및 제19조에서는 생물자원을 보존한 당사국과 그 자원을 이용하여 기술을 개발한 국가가 생물자원 보존에 의한 이익을 공유하도록 규정함으로써 환경적으로 악영향을 주는 외래종을 규제하는 규정을 마련하고 있다.

2002년에 네덜란드 헤이그에서 개최된 제6차 생물다양성협약 당사국총회(COP6)부터 외래생물종 문제에 관련된 다양한 사항을 논의하여 왔다. 제6차 당사국총회에서는 사전예방적 접근, 3단계 접근, 생태계기반 접근, 각국의 역할, 연구 및 감시, 교육 및 공공의 인식 제고, 국경 통제와 검역조치들에 관한 사항, 정보교환, 의도적 또는 비의도적 유입, 영향의 완화, 퇴치, 오염과 통제에 관한 원칙 등에 대해서 다루었다.¹³¹⁾ 2004년에 말레이시아 쿠알라룸푸르에서 개최된

131) 생물다양성협약은 1992년 6월 5일에 채택되었으며, 국내 발효일은 1995년 1월 1일(조약 제 1254호)이다. 외교부 조약정보(검색일: 2019. 9. 10) 참조. 제6차 당사국총회 외래생물종에 관한 내용은 CBD/COP/DEC/VI/23 참조.

제7차 당사국총회에서는 국제협정의 규제에 따르는 식물병해충과 달리 침입 외래생물종에 대한 규제가 미비하다는 공감대가 형성되었다. 그 결과 외래생물종의 침입과 관한 전 세계적·지역적 및 국가적 단계에서의 규제조치는 상당한 공백과 불일치가 있다고 판단하였다.¹³²⁾ 이후 2010년 제10차 당사국총회에서는 2020년까지 생물다양성 보전을 위해 전 세계의 공동 목표로서 ‘아이치 생물다양성 전략목표’를 설정하였고, 외래종 관리와 관련하여 침입성 위해외래생물의 우선순위 설정에 따른 관리, 조절과 제거, 도입과 정착을 방지하기 위한 경로 관리에 관한 이행목표를 결정하였다.¹³³⁾

2) 침입외래종의 비의도적 유입 예방을 위한 보충적 자발적 지침

2016년에 개최된 제13차 당사국총회에서는 ‘생물유기체 무역에 관련된 침입외래종의 비의도적 유입 예방을 위한 보충적 자발적 지침(Supplementary Voluntary Guidance for Avoiding Unintentional Introductions of Invasive Alien Species Associated with Trade in Live Organisms)’을 채택하였다.¹³⁴⁾ 이 지침을 통해 현존하는 침입외래종 관련 국제 기준 및 지침과의 조화, 생물유기체의 책임있는 배송 준비, 포장 및 관련 용기 재질, 동물의 먹이, 부산물 및 폐기물 관리 등 관련 조치에 관한 사항을 제시하고 있다.

132) CBD/COP/DEC/VII/13.

133) CBD/COP/DEC/XII/16.

134) CBD/COP/DEC/14/11.

〈그림 3-5〉 2018년 CBD 침입외래종의 비의도적 유입 예방을 위한 보충적 자발적 지침

 Convention on Biological Diversity CONFERENCE OF THE PARTIES TO THE CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY Fourteenth meeting Sharm El-Sheikh, Egypt, 17-29 November 2018 Agenda item 26 DECISION ADOPTED BY THE CONFERENCE OF THE PARTIES TO THE CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY 14/11. Invasive alien species <i>The Conference of the Parties,</i> <i>Recognizing the growth in e-commerce in invasive alien species and the need for collaboration to minimize the associated risks,</i> <i>Also recognizing the adverse impacts of invasive alien species on biological diversity and its components, especially vulnerable ecosystems, such as wetlands and mangroves, islands and Arctic regions, as well as social aspects and economic and cultural values, including those associated with indigenous peoples and local communities,</i> <i>Recalling decision XII/16,</i> 1. <i>Recommends</i> decision 6.1 of the Plan of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, in which the Plan approved, among other things, the undertaking of a thematic assessment of invasive alien species and their control, taking into account Aichi Biodiversity Target 9; 2. <i>Also welcomes</i> the supplementary voluntary guidance for avoiding unintentional introductions of invasive alien species associated with trade in live organisms annexed to the present decision; 3. <i>Encourages</i> Parties and invite other Governments and relevant sectors and organizations to make use of the supplementary voluntary guidance for avoiding unintentional introductions of invasive alien species associated with trade in live organisms; 4. <i>Takes note</i> of the work undertaken by other specialized expert organizations and initiatives: (a) The outcomes of the Global Taxonomy Initiative Forum held on 16 November 2018 in Sharm El-Sheikh, Egypt,¹ which also addresses capacity-building needs to identify alien species; (b) The report of the Invasive Species Specialist Group of the International Union for Conservation of Nature on the application of classical biological control for the management of established invasive alien species causing environmental impacts;² (c) The Global Register of Introduced and Invasive Species developed by the Global Invasive Alien Species Information Partnership; ¹ See CBD/COP-14/INF.12.A.11. ² See CBD/COP-14/INF.12.B.3.	<i>Annex I</i> SUPPLEMENTARY VOLUNTARY GUIDANCE FOR AVOIDING UNINTENTIONAL INTRODUCTIONS OF INVASIVE ALIEN SPECIES ASSOCIATED WITH TRADE IN LIVE ORGANISMS 1. The present guidance supplements the Guidance on Devising and Implementing Measures to Address the Risks Associated with the Introduction of Alien Species in Pests, Aquarium and Terrarium Species, and as Live Bait and Live Food annexed to decision XII/16. 2. The purpose of this guidance is to minimize the risk of biological invasion of alien species crossing the borders of national jurisdiction and distinct biogeographic areas through the unintentional introduction pathways described in the CBD pathway categorization in association with trade in live organisms. 3. This guidance is relevant to States, relevant organizations, industry and consumers, including all actors involved in the entire value chain of trade in live organisms (e.g. exporters, importers, breeders, including amateur collectors, participants of exhibitions, and wholesalers, retailers and customers). For the case of live food trade, the persons involved in the value chain also include individuals in the business of restaurants and food markets. I. SCOPE 4. This guidance is voluntary and intended to be used in conjunction with, and be mutually supportive to, other relevant guidance, for example: the Guiding Principles for the Prevention, Introduction and Mitigation of Impacts of Alien Species that Threaten Ecosystems, Habitats and Species (decision VI/23),³ the International Standards for Phytosanitary Measures (ISPMs), the Terrestrial Animal Health Code and the Manual of Diagnostic Tests and Vaccines for Terrestrial Animals of the World Organisation for Animal Health (OIE), the OIE Aquatic Animal Health Code and the Manual of Diagnostic Tests for Aquatic Animals and other standards and guidance developed by relevant international organizations. 5. This guidance also describes integrated processes for its implementation together with the guidance annexed to decision XII/16 and existing international standards set for the protection of biodiversity, and the health of animals, plants and humans. 6. This guidance can be implemented by Parties and other Governments with cross-sectoral collaboration among conservation authorities, border control authorities, and risk regulatory bodies relevant to international trade as well as relevant industries and consumers who are involved in the value chain of trade in live organisms. ³ One representative of a Party entered a formal objection during the process leading to the adoption of this decision and undeclared that he did not believe that the Conference of the Parties could legitimately adopt a decision as a text with a formal objection in place. A few representatives expressed reservations regarding the procedure leading to the adoption of this decision (see UNEP/CBD/COP-9/20, paras. 234-234).
---	--

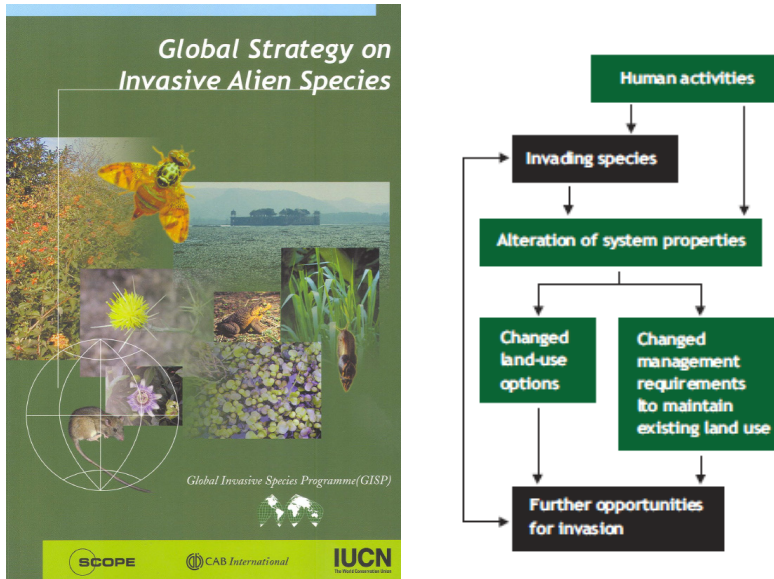
자료: CBD/COP/DEC/14/11

3. 세계자연보존연맹(IUCN)의 관리 및 동향

1) IUCN 침입외래종 관리

세계자연보존연맹(IUCN)은 생물종 보전위원회(SSC) 산하에 「침입 외래종 전문가 그룹(ISSG: Invasive Species Specialist Group)」을 설치하였다. ISSG에서는 침입외래종에 대한 정책 및 과학, 기술 자문을 제공하고 정보 교환 플랫폼을 구축하여 관련 정보를 수집·관리하고 있다. 침입외래종의 생태적·사회적 영향을 예측하고 일련의 차단방역(biosecurity) 조치를 취하기 위한 위험관리계획의 시행 및 침입외래종의 예방·관리에 대한 법적통제 등에 관한 기술적·정책적 자문을 제공한다.¹³⁵⁾

〈그림 3-6〉 2001년 글로벌 침입외래종에 관한 전략



자료: SCOPE, IUCN, CAB International(2001), p. 1, p. 33

한편, ISSG는 2000년에 ‘글로벌 침입종 프로그램(GISP: Global Invasive Species Programme)’을 시작한 이래 2001년 ‘글로벌 침입종에 관한 전략(Global Strategy on Invasive Alien Species), 2004년부터는 ‘글로벌 침입종 데이터베이스(GISD: Global Invasive Species Database)’을 운영하고 있다. 더불어 ‘글로벌 도입 침입종 등록시스템(GRIIS: Global Register of Introduced and Invasive Species)’과 협력하는 등 침입외래종 정보 플랫폼을 구축하여 침입외래종 목록 및 종별 관리방안을 제시하고 있다. GISD는 침입외래종별 관리·대응방안에 관한 정보를 제공하고 있으며, IUCN은 GRIIS와 아이치 생물다양성 목표 9번의 달성을 위해 협력하고 있으며, ‘글로벌 외래종 정보 파트너십

135) IUCN ISSG(검색일: 2019. 10. 1)

(GIAPIP: Global Invasive Alien Species Information Partnership)’ 등과 협력하고 있다.¹³⁶⁾

2) IUCN 침입외래종 지침

IUCN은 침입외래종에 의한 생물다양성 훼손을 예방하기 위하여 2000년에 개최된 제5차 생물다양성협약 당사국총회에서 ‘침입 외래종으로 인한 생물다양성 훼손 방지를 위한 지침(IUCN Guidelines for the Prevention of Biodiversity Loss Caused By Alien Invasive Species)’을 제출하였다.¹³⁷⁾ 이 지침에서는 첫째, 침입외래종에 대한 이해제고 및 인식증진, 둘째, 사전 유입 및 발생 예방, 셋째, 침입외래종의 근절 및 통제, 넷째, 고유종 회복 등의 침입외래종에 대한 관리방안을 제시하고 있다. 또한, 정보 네트워크 구축 및 법적·제도적 관리를 위한 원칙 및 권고안을 제공함으로써 침입외래종에 대한 통합적 접근법 마련에 기여하고 있다.¹³⁸⁾ 한편 IUCN은 2018년에 ‘도서 지역의 침입외래종 계획 및 관리에 관한 지침(IUCN Guidelines for Invasive Species Planning and Management on Islands, 이하 ‘2018 IUCN 침입외래종 지침’)'을 별도로 발간하였다. 이는 도서지역의 경우 독립적인 생태계가 형성되어 침입외래종에 취약하기 때문에 특별한 관리가 필요하다고 판단하였기 때문이다.¹³⁹⁾ 2018년 침입외래종 지침에서는 ① 종합적이고 효과적인 침입외래종에 대한 관리프로그램, ② 10개 주제지역(Thematic Areas)에 대한 논리적 명령, ③ 기금, 정보 및 우선순위, 관리행동 등에 대한 체크리스트를 제공하고 있다.

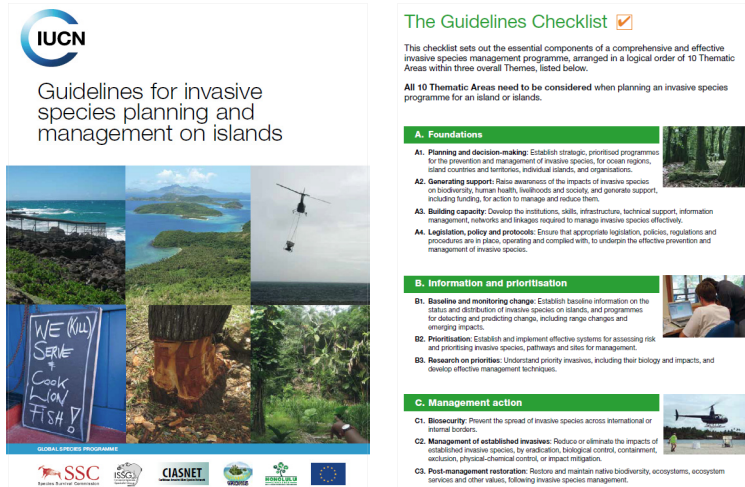
136) IUCN GISD(검색일: 2019. 10. 1)

137) IUCN 침입외래종 지침은 2000년 제51차 IUCN 위원회에서 승인되었고, 케냐 나이로비에서 개최된 제5차 생물다양성협약 당사국총회에 제출되었다. IUCN Portal(검색일: 2019. 10. 1)

138) IUCN Guideline(검색일: 2019. 10. 1)

139) IUCN Portal(검색일: 2019. 10. 1)

〈그림 3-7〉 IUCN 2018 침입외래종 지침



자료: IUCN Portal(검색일: 2019. 10. 1)

여기서 10개 주제지역은 C2 관리(management), A2 형성된 지원(generating support), A3 강화된 역량(building capacity), B3 연구(research), A4 법제(legislation) 및 정책(policy), C1 생물안보(biosecurity), B2 우선순위 설정(prioritisation), B1 기준선(baseline) 및 모니터링, A1(계획), C3(복원)으로 구분된다. 이들 지역은 관리가 얼마나 잘 되고 있는지, 또는 얼마나 관리가 제대로 이루어지고 있지 않은지를 보여주는 것이다.¹⁴⁰⁾

〈그림 3-8〉 IUCN 2018 침입외래종 지침상 10개 주제지역

C2	A2	A3	B3	A4	C1	B2	B1	A1	C3
Management	Generating support	Building capacity	Research	Legislation, policy	Biosecurity	Prioritisation	Baseline, monitoring	Planning	Restoration
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

자료: IUCN(2018), Guidelines for invasive species planning and management on islands, p. 27.

140) IUCN(2018), pp. 27~28.

〈그림 3-9〉 IUCN 100대 침입외래종 리스트

[illegible]

한편, IUCN은 2000년 생태계 위협성이 큰 세계 100대 침입외래종을 선정하여 발표하였는데, 선박부착생물이 다수 포함되어 있다. 또한 IUCN은 ‘2017-2020 IUCN 생물종 전략계획(Species Strategic Plan 2017-2020)’을 통해 고유종 및 서식지, 침입외래종 등 생물다양성 모니터링 및 현황 파악에 따른 계획의 수립 및 이행, 네트워크 구축과 커뮤니케이션 증진을 통한 종 보전 전략을 제시하고 있다.¹⁴²⁾

142) IUCN(2004), pp. 3~11, IUCN(2017), pp. 1~2.

제3절 주요국의 정책

1. 호주

1) 호주의 관련 정책 및 법제도

(1) 2015년 생물보안법

호주는 국내 생물보안 관리를 위한 기본적인 틀로서 「2015년 생물보안법(Biosecurity Act 2015)」(이하 ‘생물보안법’이라 한다)을 제정하였다. 이 법률은 호주의 동식물 및 인간의 건강에 대해 생물보안에 관한 위협을 관리하기 위한 목적으로 마련되었다. 법률은 생물보안을 지키기 위한 포괄적인 내용을 담고 있다. 즉, 호주 입국 또는 물품발송, 수입, 선박평형수 관리, 항공, 해운 및 군용기에 관한 요건, 농업물환경부(Department of Agriculture, Water and the Environment)와 승인약정에 따른 운영 등을 주요 내용으로 다루고 있다.¹⁴³⁾ 다시 말해, 국제보건규정(IHR)이나 식품동식물검역규제협정(SPS Agreement), 선박평형수 관리협약(BWM), 유엔해양법협약(UNCLOS), 생물다양성협약(CBD) 등을 국내적으로 이행하는 법률이다.

특히 선박과 관련하여 생물보안법은 호주해역의 선박평형수 관리방안에 관하여 구체적으로 규정하고 있다. 선박평형수의 관리, 선박평형수 관리계획서, 증서, 기록부 등 선박평형수 관리협약을 이행하는 상세한 규정을 포함하고 있다.¹⁴⁴⁾ 그러나 선박부착생물에 관하여는 그 규제의 근거만 포괄적으로 규정하고 있을 뿐 구체적인 관리규정은 아직 마련되지 않은 상황이다.

143) Australian Government Department of Agriculture, Water and the Environment, The Biosecurity Act 2015 자료(검색일: 2020. 2. 5)

144) Biosecurity Act 2015, Chapter 5.

그러나 호주는 최근 선박부착생물 관리를 위한 규정을 도입하기 위해 절차를 진행 중이다. 호주 농업물환경부는 ‘국제선박의 입항을 위한 호주 선박부착생물 관리요건(Australian biofouling management requirements for international vessel arrivals)’에 관한 규제영향협의를 진행하였으며, 2019년 4월 그 결과를 발표하였다. 그 내용을 구체적으로 살펴보면 호주 정부는 선박부착생물 관리를 위한 방안으로 세 가지 선택을 제시하였다. 즉, 현재 상태를 유지하는 방식, 생물종을 기반으로 한 부착생물 관리방식, IMO 선박부착생물 지침에서 제시한 관리방식 등을 제안함으로써 산업계와 협의를 진행하였다. 협의 결과 산업계는 IMO 지침에 따르는 세 번째 선택안을 선호하는 것으로 나타났으며,¹⁴⁵⁾ 현재 최종 정책화를 위한 추가협의 결과를 검토 중에 있다. 이에 따라 향후 호주는 IMO 지침을 반영하여 선박부착생물 관리를 위한 관리계획서와 기록부의 배치, 수중검사, 청소 및 유지관리 등의 내용을 포함하여 2015년 생물보안법을 개정할 것으로 예상된다.

〈표 3-3〉 국제선박의 입항을 위한 호주 선박부착생물 관리요건 선택안

구분	내용	예상 규제비용(10년간)
Option 1	• Status Quo	\$7,387,000
Option 2	• Species-Based Approach	\$65,126,000
Option 3	• Effective Biofouling Management Practices (consistent with direction set by the IMO)	\$10,519,000

자료: Australian Government Department of Agriculture, Water and the Environment, Consultation Regulation Impact Statement 자료(검색일: 2020. 2. 5)

145) Australian Government Department of Agriculture, Water and the Environment, Consultation Regulation Impact Statement 자료(검색일: 2020. 2. 5)

(2) 호주 국가 선박부착생물 관리지침

더욱이 호주는 ‘국가 선박부착생물관리 관리지침(National Biofouling Management Guidelines)’을 마련하여 이미 해사산업계 및 선주, 운영자가 선박부착생물의 축적을 관리 및 통제할 수 있도록 지원하고 있다. 이 지침에서는 선박부착생물 관리가 유해생물의 해양침입에 대한 위험을 줄일 뿐 아니라 선박의 운항 및 효율성을 증진하고, 온실가스 및 기타 배출가스를 저감하며, 유지관리비용을 절감할 수 있는 이점을 강조함으로써 업계의 이해를 증진하고 참여를 도모하고 있다.¹⁴⁶⁾

이 지침을 통해 호주는 선박뿐 아니라 관련 산업계별로 특성을 반영한 선박부착생물 관리 정보와 권고사항을 제공한다. 즉, 산업유형을 양식 산업, 상선, 상업조업선박, 비무역 선박, 석유생산 및 탐사, 레저선박 등으로 분류하여 각 부문별로 선박부착생물 관리를 위한 지침을 제시하고 있다. 특히, 선박의 청소와 유해생물의 보고, 확산 방지는 대부분 공통사항으로 포함하고 있으며, 양식 산업과 석유생산 및 탐사의 경우 기타 수중장치의 유지관리, 상업조업선박의 경우 해양유해생물에 대한 긴급대응조치 등에 관한 사항을 추가적으로 규정하고 있다.¹⁴⁷⁾

(3) 방오 및 수중청소 지침

호주가 마련하고 있는 선박부착생물 관리에 관한 지침 가운데 특히 ‘방오 및 수중청소 지침(Anti-fouling and in-water cleaning guidelines)’을 주목할 만하다. 이 지침의 목적은 선박부착생물 관리 활동에서 발생할 수 있는 해양에 대한 위험요소를 저감하기 위한 것

146) Australian Government Marine Pests(검색일: 2020. 2. 5)

147) *Ibid.*

이다. 즉, 연안에 설치된 유지관리시설에서 일어나는 선체방오도로의 도포, 유지관리, 제거, 처분하는 경우와 수중청소 활동 시 생물오손유기체의 잔류와 관련한 위험요소의 관리를 지원하는 역할을 제공한다. 특히, 수중청소 및 유지관리와 관련하여 오염 및 생물보안 위험을 결정하는 요소로서 방오도로의 유형, 기록부 작성, 선박부착생물의 발생원 및 유형 등을 제시하고 있다.

또한 수중청소를 위한 일반적인 지침사항과 함께 관련 의사결정을 위한 권고사항을 제시하는 등 수중청소 활동에 초점을 둔 구체적인 활동지침을 제시함으로써 산업계의 이행력을 제고한다.¹⁴⁸⁾

나아가 호주 농업물환경부는 현재 국가 수중청소기준(In- Water Cleaning Standard)을 개발 중에 있다. 이 기준을 통해 호주 해역에서 행해지는 수중청소활동의 구체적인 요건을 제시할 예정이며, 이는 호주의 해양안보를 효과적으로 관리하는 데 있어 적지 않은 역할을 할 것으로 보인다. 더욱이 이 기준이 마련되면 뉴질랜드를 비롯하여 유사한 관심을 갖고 있는 해외 국가들과 협력적인 규제방안을 검토할 계획을 갖고 있다.¹⁴⁹⁾

(4) 수중선체 및 부착생물 조사

한편 호주는 선박부착생물 축적에 관한 조사활동에도 노력을 가하고 있다. 농업물환경부는 최근 호주에 입항하는 국제상선에 대해 선박부착생물이 어떻게 관리되는지에 관한 이해를 증진하기 위한 조사를 실시한 바 있다. 이 조사는 부착생물 축적의 양(amount)과 위치,

148) Australian Government Department of Agriculture, Water and the Environment, Anti-Fouling and In-Water Cleaning Guidelines 자료(검색일: 2020. 2. 5)

149) Australian Government Department of Agriculture, Water and the Environment, Consultation Regulation Impact Statement 자료(검색일: 2020. 2. 5)

방오도료의 상태, 선체의 상태 등을 중심으로 진행되었다. 이러한 온라인조사를 통해 응답자로부터 선박부착생물 관리활동, 항행패턴, 부착생물 관리전략에 관한 지식 등에 관한 정보를 수집하였다.

조사의 최종적인 검토 결과, 설문대상자들 중 84%가 선박부착생물 관리계획서 및 기록서를 수행하고 있는 것으로 나타났다. 또한, 2011 선박부착생물 지침의 이행을 위한 시설 및 도구 측면에서는 자체 위험평가도구를 개발하거나 시설 부족으로 인해 잠수사를 활용하고, 온라인 포털(Vessel Check)을 개발하여 선박의 생물보안등급을 제공하는 등 다양한 방식을 시도하고 있는 것으로 나타났다.

이와 함께 수증청소활동이 증가하고 있지만 작업행위의 안전성에 대한 우려도 나타났다. 이와 같은 광범위한 조사결과를 통해 호주 정부는 향후 국제적으로 일관성 있는 선박부착생물 관리도구 개발을 도모할 수 있을 것으로 기대하고 있다.¹⁵⁰⁾

(5) 기타 정책

이외에도 호주는 선박분야에서 나아가 포괄적인 해양유해생물의 침입위험을 관리하고 있다. 즉, ‘정부간 생물안보협정(Intergovernmental Agreement on Biosecurity)’ 및 ‘국가환경생물안보 대응협정(National Environmental Biosecurity Response Agreement)’을 이행하기 위한 노력의 일환으로 해양유해생물의 침입을 예방하기 위한 일반적·분야별 관리 제도에 관한 정보를 제공하고 있다. 특히, 해양유해물질과 그 영향, 동 물질의 확인, 평형수요건의 관리, 국가유입해양유해생물 정보체계(NIMIPIS: National Introduced Marine Pest Information System)등에 관한 다양하고 폭넓은 정보를 제공하고 있다.¹⁵¹⁾

¹⁵⁰⁾ Ibid.

마지막으로 호주는 상기한 GEF-UNDP-IMO의 Glofouling Partnership 프로젝트의 전략적인 파트너로 활동하고 있다. 이를 통해 다른 지역 파트너국가들 및 글로벌 공동체와 협력함으로써 2011 선박부착생물 지침의 활용 및 이행을 적극적으로 지원하고자 노력하고 있다.¹⁵²⁾

2) 호주의 관련 기술 개발

(1) 선체 수중청소 기술 개발: Envirocart

호주에는 현재까지 250여 종 이상의 해양 외래종이 유입된 것으로 알려지고 있다. 이 가운데 약 75% 가량이 선박을 통해 유입되는 생물유기체에 해당하는 것으로 추정하고 있다.¹⁵³⁾ 이에 대응하기 위하여 호주는 상기한 다양한 법·정책 제도뿐 아니라 선박부착생물의 제거를 위한 기술 개발을 오래전부터 실행해 오고 있다.

가장 핵심적인 기술로 GRD-Franmarine 사의 선체청소기술에 해당하는 Envirocart를 꼽을 수 있다. 이 Envirocart 기술은 1997년 호주와 뉴질랜드가 자국 항만 내 선체수중청소를 금지한 이후 정부로부터 최초로 수중청소활동 승인을 획득한 시스템이다.

Envirocart는 선체의 최소 15미크론의 입자까지 포획 가능한 다단계 필터를 채택하고 있으며, 자외선을 통해 잔여물을 배출하지 않고 완전히 포집함으로써 수중에 있는 대형선박의 선체를 청소하는 데 적합하다. 호주가 해상운송산업에 크게 의존하고 있을 뿐 아니라 물동량이 가장 높은 항만들을 보유하고 있기 때문에 이 기술은 기존의

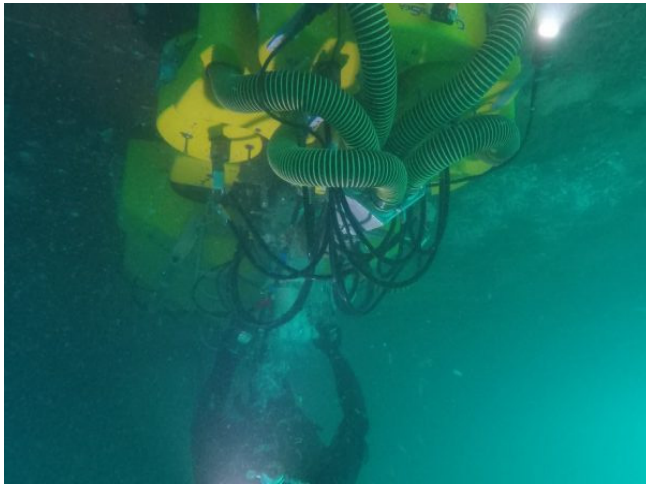
151) Australian Government Department of Agriculture, Water and the Environment, Marine Pests 자료(검색일: 2020. 2. 5)

152) Australian Government Department of Agriculture, Water and the Environment, Consultation Regulation Impact Statement 자료(검색일: 2020. 2. 5)

153) *Ibid.*

입거청소 방식에 비교하여 경제적 및 시간적으로도 큰 비용절감을 가져올 것으로 예상하고 있다.¹⁵⁴⁾

〈그림 3-10〉 호주 GRD-Franmarine 사의 Envirocart 선체수중청소 기술



자료: Oil & Gas Australia(검색일: 2020. 2. 5)

이 기술을 지속적으로 개발하고자 호주국립에너지자원센터(NERA: National Energy Resources Australia)와 CleanSubSea, Curtin대학교가 공동으로 ‘Smart Hull Cleaning 프로젝트’를 진행 중이다. 이 프로젝트에 2018년부터 2020년까지 3년간 총 105만 호주 달러(AUD)가 지원되며, 그 중 NERA는 50만 호주달러, 산업계에서 55만 호주달러의 재원을 분담하고 있다. 호주는 이 프로젝트를 통해 수중청소기술에 인공지능을 결합함으로써 청소에서 나아가 선체수중검사를 위한 혁신까지 가져올 것으로 기대하고 있다.¹⁵⁵⁾

154) The Maritime Executive(검색일: 2020. 2. 6)

155) National Energy Resources Australia(검색일: 2020. 2. 6)

(2) 자외선(UV) 등 정부주도의 기술 개발

호주는 2018년 호주해양과학연구원(AIMS: Australian Institute of Marine Science)과 국방과학기술부(DST: Department of Defence Science and Technology)는 선박부착생물 문제를 해결하기 위해 5년간의 연구협정을 체결하였다. 선박부착생물은 선박의 항행에서만 문제가 아니라 해양과학도구나 수중카메라의 작동을 방해하고, 해군함의 운영효율에도 부정적인 영향을 미치기 때문에 이를 해결하기 위한 차원에서 국가의 노력이 필요한 것으로 판단하였다. 따라서 이 협정을 통해 호주는 기존의 방오도료를 이용한 전통적인 접근방식에서 나아가 자외선 기술의 도입과 같은 새로운 접근방식을 강구하고자 정부차원의 노력을 증진하고 있다.¹⁵⁶⁾

2. 뉴질랜드

1) 뉴질랜드의 관련 정책 및 법제도

(1) 개관

뉴질랜드는 지리적 위치상 아열대부터 남극 인근 지역까지 영해와 배타적 경제수역의 범위에 포함되기 때문에 해양생물다양성이 풍부한 국가이다. 즉, 뉴질랜드의 경우 대표적인 1만 5천종 이상의 서식지를 보유하고 있으며, 약 6만 5천종이 해역에 존재하고 있는 것으로 추정되고 있다. 아직 과학적으로 충분한 조사가 이루어지지 않았지만 뉴질랜드의 고유한 생물다양성은 대부분 바다에서 발견될 것이라고 추정되고 있다.¹⁵⁷⁾ 하지만 인구 증가와 경제 성장으로 뉴질랜드

156) Australian Institute of Marine Science(검색일: 2020. 2. 6)

의 국토는 상당 부분 개발되었고, 서식지 감소, 외래종, 기후변화 등으로 인해 멸종위험이 증가하여 생물다양성이 급감하고 있다.¹⁵⁸⁾ 해양생태계 또한 포획·채취, 육상오염원, 퇴적물, 유해해양생물의 유입 등으로 생물다양성 측면에서 부정적인 영향을 받고 있다.

이에 뉴질랜드 정부는 유해생물에 기인한 위험을 방지·관리하여 생물안전성을 확보하고자 노력하고 있다. 즉, 뉴질랜드는 산업부(MPI)가 주무부처로서 「생물보안법」(Biosecurity Act 1993)에 근거하여 사람, 비행기, 선박, 재화에 기인한 생물위험을 관리하고 있으며, 특히 선박의 경우 선박평형수(Ballast water), 선박부착생물(biofouling) 등으로 구분하여 통제하고 있다.¹⁵⁹⁾¹⁶⁰⁾

이하에서는 본 연구 주제인 선박부착생물 관리와 관련된 「생물보안법」과 「선박부착생물 관리기준」에 대하여 자세히 살펴보도록 하겠다.

(2) 생물보안법

「생물보안법」은 유해생물의 유입으로 인한 피해로부터 뉴질랜드를 보호하고, 특히 비의도적으로 유입되는 외래생물의 배제, 퇴치 및 관리에 관한 기존 다수의 법령을 통합·수정하기 위한 목적으로 1993년에 제정되었다.¹⁶¹⁾

이 법률은 제1조에서 제185A조까지 조문으로 규정되어 있고, 총칙, 역할·권한·의무, 리스크제품의 수입, 감시와 예방, 유해생물의 관리, 행정규정, 긴급조치, 집행·위반·벌칙, 보칙, 경과규정으로 크게 구분하여 총 10개의 장으로 구성되어 있다.¹⁶²⁾¹⁶³⁾

157) 뉴질랜드 보건부(검색일: 2019. 12. 10)

158) 홍현정·이현우·윤익준(2015), p. 21.

159) *Ibid.*

160) 뉴질랜드 산업부(검색일: 2019. 12. 10)

161) 석지훈(2018), p. 157.

우선 「생물보안법」은 불요생물체(Unwanted Organisms)과 유해생물(Pest)을 규제 및 관리의 대상을 보고 있다. 여기서 ‘불요생물체’란 최고기술책임자(Chief Technical Officer)가 모든 자연적·물리적 자원 또는 인체 건강에 불필요한 피해를 초래할 수 있거나 잠재적으로 초래할 가능성이 있다고 판단하는 모든 생물체를, ‘유해생물’은 유해생물관리계획(Pest Management Plan)에서 유해생물로 특정하고 있는 생물체를 말한다(제2조).¹⁶⁴⁾ 전자의 경우 국내로의 유입·정착을 방지하여야 하는 것으로 각종 규제권한의 행사에 따른 일시적인 대응, 예를 들어 출입검사, 몰수 등의 대상이 되는 반면, 후자의 경우 이미 국내에 유입되어 정착된 것으로 법정 관리계획에 따라 봉쇄, 장기적인 방제와 같이 계속적인 대응 대상이 되는 것이 특징적이다.¹⁶⁵⁾

그리고 동법은 비행기, 선박 등 각종 운송수단(Craft)에 의해 유입되는 유해생물에 대한 조치를 포함하고 있다. 「생물보안법」은 2012년에 운송수단위험관리기준의 내용, 제정절차, 공표, 수정·철회·적용정지·재적용, 공개, 준수, 운송수단위험관리계획 등 ‘운송수단위험관리기준(Craft Risk Management Standards)’에 관한 내용을 추가하여 법률 내용을 개정하였다(제24조E~제24조K).¹⁶⁶⁾

특히 운송수단위험관리기준의 내용에는 운송수단이 뉴질랜드 영토에 들어오거나 배타적 경제수역에 도착하였을 때 발생할 수 있는 위험의 효과적인 관리수단, 적용대상 운송수단 및 활동, 정보제공 등이 포함되도록 규정함으로써 외국에서 들어오는 운송수단으로 인하여 발생할 수 있는 생물보안 위험에 대한 관리를 강화하였다(제24조E).¹⁶⁷⁾

162) 세계법제정보센터(검색일: 2019. 12. 10)

163) 박종원(2010), 「외래동·식물로 인한 환경피해 방지를 위한 법제 연구」, p. 87.

164) 박종원(2010), pp. 88~89.

165) 박종원(2010), pp. 87~88.

166) 석지훈(2018), p. 157.

(3) 선박부착생물 관리기준

뉴질랜드는 2014년에 IMO 2011 지침에 기초하여 「선박부착생물 관리기준(Craft Risk Management Standard: Biofouling on Vessels Arriving to New Zealand), 이하 'CRMS'라 한다」을 제정하고, 4년간의 자발적인 계도기간을 거친 후 2018년 5월에 발효하여 시행 중에 있다.¹⁶⁸⁾¹⁶⁹⁾

가. 선체 청소 요건

CRMS의 적용대상은 뉴질랜드 영해 밖으로부터 시작하는 항해이후 뉴질랜드에 정박·접안하는 선박이다. 이들 선박은 우선적으로 뉴질랜드에 반드시 '선체 청소를 깨끗하게 완료한 상태(Clean Hull)'로 도착하여야 한다. 동 요건은 선박부착생물이 존재하지 않거나 일정한 허용범위 미만일 것을 요구하고 있다.¹⁷⁰⁾

〈표 3-4〉 뉴질랜드 CRMS의 선체청소 요건

구분	대상 선박	선체 부위	허용 범위
장기 정박 선박	• 21일 이상 정박하는 선박 • 지정된 최초 도착 항구 이외 지역 방문 선박	• 모든 선체 표면	• 점액층 • 거위목따개비
단기 정박 선박	• 20일 이하 정박하고 지정된 최초 도착 항구만 방문하는 선박	• 모든 선체 표면 • 수선부(Wind and water line), 선체부분(Hull Area), 취약구역(Nich area)으로 구분하여 별도 허용범위를 세부적으로 규정	• 점액층 • 거위목따개비

자료 : MPI(2018a)의 내용을 기초로 저자 작성

167) 뉴질랜드 입법(검색일: 2020. 2. 6)

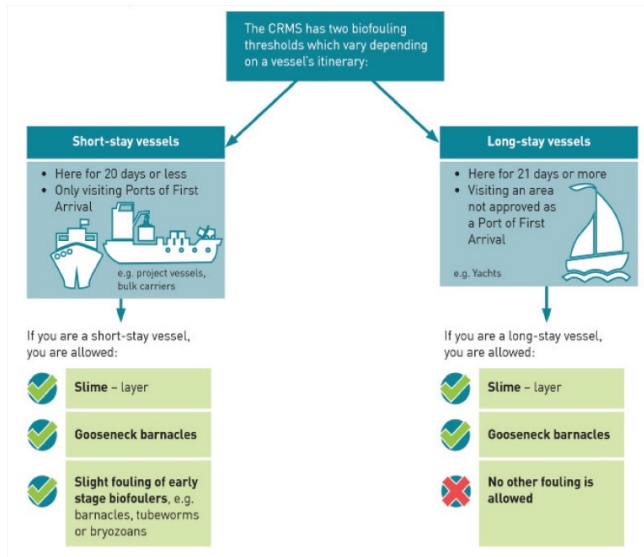
168) 석지훈(2018), p. 157.

169) MPI(2018a), p. 1.

170) 석지훈(2018), pp. 157~158.

뉴질랜드 법률상 선체청소 요건은 선박의 정박 일수 및 목적지에 따라 차이가 있다. 21일 이상 정박하거나 지정된 최초 도착 항구이외 지역을 방문하는 선박인 ‘장기 정박선박(long-stay vessels)’의 경우는 점액층(slime layer)과 거위목파개비(goose barnacles)까지 모든 선체 표면에 허용되지만, 그 밖의 다른 선박부착생물은 금지된다. 반면 20일 이하로 정박하고, 지정된 최초 도착 항구만을 방문하는 선박인 ‘단기 정박선박(Short-stay vessels)’의 경우 장기정박선박에서 허용된 점액층과 거위목파개비는 물론 파개비류(barnacles), 서관충류(tubeworms) 또는 이끼벌레류(bryozoans)와 같은 초기 단계의 선박부착생물까지 허용된다.¹⁷¹⁾

〈그림 3-11〉 뉴질랜드 CRMS의 선체 청소 허용범위



자료: MPI(2018c), p. 1.

171) MPI(2018c), p. 1.

나. 선체 관리 조치 요건

CRMS은 적용대상선박이 위의 선체청소 요건을 갖추지 않더라도 다음 3가지 관리조치를 한 경우에는 허용한다.

① 입항 전 선체청소작업

해당 선박이 뉴질랜드에 도착하기 전 30일 미만의 기간 내에 승인된 시설에서 선박부착생물을 모두 제거하여야 한다. 만약 깨끗하게 제거하지 못한 경우에는 선박이 도착한 후 24시간 이내에 이행하여야 한다.¹⁷²⁾

② 모범사례 적용

이 관리조치는 물리적인 제거작업 대신 선박부착생물을 지속적으로 관리하는 모범사례를 적용하는 것이다. 여기서 말하는 모범사례에는 적절한 방오도료시스템의 적용, 씨체스트(sea-chest)에 수중생물증식방지시스템의 운영, 필요시 선박부착생물 제거작업을 통한 수중점검, IMO 지침의 준수 등이 포함된다.¹⁷³⁾

③ MPI 승인 처리방법 적용

MPI가 승인한 선박부착생물 처리방법을 적용하는 것도 선체청소 요건을 만족하는 것으로 인정할 수 있다. 여기서 ‘처리(Treatment)’라 함은 선체 부분, 취약구역 등에 있는 생물들을 생존할 수 없도록 만드는 조치를 의미한다. 대표적인 예로는 비침투식 포장재로 선체를 둘러싸는 경우, 화학물질을 선체에 적용하는 경우, 열처리 또는 초음파처리 작업을 하는 경우가 있다.¹⁷⁴⁾

172) UKP&I(검색일: 2020. 2. 6)

173) 석지훈(2018), p. 160.

174) *ibid.*

다. 이행 준수 증거 요건

해당 선박은 뉴질랜드 항구에 도착하기 48시간 전에 MPI에게 CRMS 이행과 관련한 증거자료를 제공하여야 한다. 이 자료에는 선박부착생물 관리계획서와 기록부, 입거의 일자 및 보고, 현재 방오도로 증명서, 선박운영기록부, 적절한 자격자가 수행하는 검사 및 지속적인 유지관리 내용 등이 포함된다.¹⁷⁵⁾ 특히 MPI는 청소된 선체와 취약구역의 사진 또는 동영상 자료 제출을 요구할 수 있다.¹⁷⁶⁾

2) 뉴질랜드의 관련 기술개발

뉴질랜드 정부는 CRMS 지침을 2018년에 발효하기 전에 선박부착생물 관리와 관련된 과학적인 조사와 연구를 먼저 추진하였다. 즉 CRMS 지침에서 제안된 선박부착생물의 허용한계에 관한 조사·연구를 진행하여 2014년에 연구 결과를 공개하였다. 특히 독성이 있는 생물체로 알려진 ‘대형조류(macroalgae)’, ‘따개비(barnacles)’, ‘서관충(tubeworms)’, ‘태형동물(bryozoans)’을 중심으로 CRMS에서 제시한 기준을 적용한 결과를 조사·연구하였다.¹⁷⁷⁾

175) 뉴질랜드 산업부(검색일: 2020. 2. 6)

176) UKP&I(검색일: 2020. 2. 6)

177) MPI(2014), pp. 1~18.

〈그림 3-12〉 뉴질랜드의 선박부착생물 관련 과학연구 보고서 및 기술지침



자료: ① MPI(2014) 표지, ② MPI(2018b) 표지

이후 MPI는 선박부착생물 관리를 위한 기술 연구를 추진하여 2018년 3월에 관련 지침을 제정하였다. 동 지침에서는 방오도로 코팅 시스템(Antifouling coating systems), 이행 모니터링(Performance monitoring), 수중청소 또는 처리(in-water cleaning or treatment), 기록부의 보존(Record keeping) 등이 규정되어 있다. 이에 따라 뉴질랜드는 선박부착생물 관리 향상을 위한 기술 및 연구 개발을 계속 진행하고 있으며, 모범사례 구현의 직·간접적 이점, 수중청소 또는 처리시스템의 생물학적·화학적 오염 위험에 대한 연구도 병행하고 있다.¹⁷⁸⁾ 다만 이러한 기술·연구개발은 궁극적으로 선체관리를 통하여 연료 효율성을 제고하는 방향으로 추진되고 있다.¹⁷⁹⁾

178) MPI(2018b), pp. 1~20.

179) 해양수산부(2020), pp. 88~89.

3. 미국

1) 미국의 관련 정책 및 법제도

(1) 개관

미국 환경청(EPA)은 선체, 배관 및 탱크 부착 생물을 주기적으로 제거하도록 의무화하고 있으며, 유지보수에 대한 상세한 절차 및 방법에 대해서도 규정하고 있다. 이때 선박평형수 관리계획서에 포함하거나 IMO Guidelines 및 캘리포니아 주의 규정에 따른 bifouling 관리계획서의 별도 수립도 인정하고 있다.¹⁸⁰⁾

또한 Vessel General Permit(VGP) 프로그램은 2008년부터 시행되었으며, 현재는 갱신된 2013년 프로그램이 운영 중이다. 동 프로그램에서는 미국의 관할 수역에서 운항하는 선박으로부터의 통상적인 운항에 부수하는 총 27종류의 배출(incidental discharges)을 규제하고 있다. VGP 프로그램의 이행 현황을 확인하기 위하여 선박에 대한 전반적인 점검을 시행하여야 한다. 이러한 점검에서는 선체부착생물오손 취약 지역을 포함한 선체에 대한 물리적인 점검 뿐 아니라, 규정에 따른 선체부착생물의 유지관리의 시행여부 및 기록 관리 등에 대해서도 확인해야 한다. 제2.2.23항에서는 선주와 운항자로 하여금 선박이 미국수역으로 들어올 때 선체에 부착된 생물의 유입을 최소화하도록 요구하고 있다. 이러한 최소화 조치는 적절한 방오시스템의 적용 및 유지, 수중점검, 수중청소, 선체의 관리, 입거(dry docking) 과정에서의 선체 및 취약구역의 청소 등을 포함한다.¹⁸¹⁾

2013 VGP에 따라 최소 매년 VGP 프로그램 이행현황을 확인·점검

180) USCG: 33CFR Part 151.2050(e), (f).

181) 석지훈(2018), p. 155.

하여야 하며, 취약구역을 포함하여 선체를 점검하고, 선박부착생물의 유지관리 시행여부 및 기록관리 등을 확인한다.¹⁸²⁾ 그 밖에 방오 시스템의 적용 및 유지, 수중점검, 수중청소, 선체 관리, 입거 시 선체 및 취약구역 청소, 수중 청소 시 부착생물 및 방오도료 이탈의 최소화에 대해서도 별도로 규정하고 있다.¹⁸³⁾

(2) 미국 캘리포니아주 규제

2017년 10월 이후 처음 캘리포니아주를 입항하는 총톤수 300톤 이상의 모든 선박은 기항 시 적어도 24시간 전에 ‘해양침입종 프로그램 연간 선박 보고 양식(Marine Invasive Species Program Annual Vessel Reporting Form)’을 작성하여 제출하도록 의무화하였다.¹⁸⁴⁾

2018년 1월 1일 이후에 건조된 총톤수 300톤 이상 신조선과 2018년 1월 1일 이후 계획된 선박 입거 시 선박부착생물에 대한 관리조치를 완료한 총톤수 300톤 이상 현존선은 선박부착생물 관리계획서와 선체부착생물기록부를 개발하고 작성해야 한다.¹⁸⁵⁾ 만약 선박이 방오도료를 사용하고 있다면, 해당 도료의 수명과 그 이후 관리방법을 선박부착생물 관리계획서에 명시해야 하고 모든 관리내용은 선박부착생물 기록부에 기록해야 한다. 또한 물에 잠긴 선체표면과 취약구역이 있는 경우에는 선박부착생물 관리에 관한 선박담당자, 선장, 경영자 또는 선주가 확인하고 선박 및 운항형태에 따라 적절한 하나 이상의 이행방법을 사용하여 관리 되어야 한다.¹⁸⁶⁾

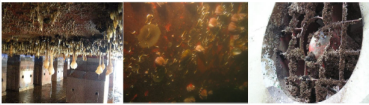
182) USEPA 2013 VGP §4.1.3.

183) USEPA 2013 VGP §2.2.23.

184) California State(2017), Guidance Document for Biofouling Management Regulations to Minimise the Transfer of Nonindigenous Species from Vessels Arriving at California Ports, p. 4.

185) California State(2017), pp. 3~4.

〈그림 3-13〉 미국의 선박부착생물 관리계획 및 규제

① 캘리포니아 주 선박부착생물 규제	② 2019 미국 선박부착생물 관리계획
Guidance Document for: <i>Biofouling Management Regulations to Minimize the Transfer of Nonindigenous Species from Vessels Arriving at California Ports</i> California Code of Regulations, title 2, section 2298.1 et seq.  September 19, 2017 California State Lands Commission Marine Invasive Species Program	 GUIDANCE NOTES ON BIOFOULING MANAGEMENT PLANS AUGUST 2019 American Bureau of Shipping Incorporated by Act of Legislature of the State of New York 1862 © 2019 American Bureau of Shipping. All rights reserved. 1701 City Plaza Drive Spring, TX 77389 USA

자료: ① 미국 캘리포니아 주정부(검색일: 2020. 10. 2), p. 1, ② American Bureau of Shipping(2019), p. 1

한편, 최근 선박부착생물 관리를 위한 조치인 수중검사, 청소, 처리 및 입거(dry docking) 시 유지보수 등을 실시하고, 하나의 항구에 45일 이상 연속적으로 정박한 후에 캘리포니아항에 기항할 경우에는 선박부착생물 관리계획서에 명시한 취약구역에 대한 관리를 시행하고 기록부에 기록해야 한다.¹⁸⁷⁾

2) 미국의 관련 기술개발

미국은 향후 청소로봇을 활용한 선박부착생물의 시장이 성장할 것이며 몇 년 이내에 더 많은 기술들이 개발될 것으로 예상한 바 있다. 그 이유로 선박을 입거한 이후에 도료와 선박부착생물을 제거한 후 방오도료를 새롭게 칠하는 전통적인 방식은 선박소유자 입장에서는

186) California State(2017), p. 4.

187) California State(2017), pp. 4~5.

비용이 부담되기 때문이다. 미국은 결국 수중로봇을 활용하여 선박이 정박되어 있는 상태인 수중에서 제거하는 방식은 새로운 산업을 형성할 수 있으며, 침입외래종의 확산 위험도 줄일 수 있다고 전망하고 있다.¹⁸⁸⁾ 미국 연안경비대는 ‘국가침입종법(National Invasive Species Act)’에 따라 침입종의 유입을 관리하고 있지만, 선박부착생물로 인한 유입은 충분히 통제되고 있지 못한 상황이라고 지적한다.¹⁸⁹⁾

한편, 수중로봇 제거기술 시장은 경제적인 측면, 기술적 측면, 규제적 측면을 고려해야 한다는 점을 강조하고 있다. 경제적인 비용 절감 요구 압력과 기술적용이 허용된다면 수중로봇 제거기술 시장은 빠르게 성장할 수 있을 것으로 전망하였다. 또한 미국 주정부, 연방정부, IMO의 국제규제는 수중로봇 제거기술의 시장 설계에 영향을 줄 수 있다는 점을 강조하였다.¹⁹⁰⁾

4. 정책적 시사점 비교·분석

1) 호주 정책의 시사점

호주는 대표적인 항만선진국이자 해양환경보호 선도국가로서 선박부착생물에 관한 문제에 일찍부터 관심을 갖고 대응하여 왔다. 먼저 법제도 차원에서 2015년부터 「생물보안법」을 제정하여 입국과 동식물 검역뿐 아니라 선박평형수 관리까지 포함하는 포괄적인 생물보안을 위한 제도적인 기반을 마련하고 있다는 점은 고무적이다. 더욱이 호주는 현재 선박부착생물의 통제 및 관리를 위한 법규정 작업을 수행

188) Andrew Curran(2016), Bredan O'Connor, Carolyn Lowe, Evan King, *Analyzing the Current Market of Hull Cleaning Robots*, p. vi.

189) *Ibid.*, p.1.

190) *Ibid.*, pp. 40~44.

중이다. 산업계와의 협의 결과에 따라 ‘IMO 2011 선박부착생물 지침’의 내용을 이행하는 방식으로 입법을 진행하기로 결정한바, 향후 결과가 우리나라의 법제도 마련에 시사점을 제공할 것으로 예상된다.

한편 호주는 ‘국가 부착생물 관리지침’과 ‘방오 및 수중청소 지침’을 해사산업계, 선주, 부착생물관리운영자 등에 대해 부문별로 정보와 권고사항을 제공함으로써 대상자의 이해를 증진하고, 효율적인 통제 및 관리를 도모하고 있다. 특히, 지침을 제공함에 있어 호주는 그 대상을 단순히 상선으로 한정하지 않고 양식 산업, 조업선박, 석유생산 및 탐사, 레저선박 등 각 산업유형의 특성을 반영함으로써 이행의 실효성을 제고하고 있다. 더욱이 수중선체 및 생물축적에 관한 조사를 실시함으로써 선박부착생물에 관한 데이터를 수집하는 한편 산업계 정보 확산 효과도 이끌어내고 있다.

해양유해생물에 특화된 정보를 제공하기 위하여 ‘국가유입해양유해생물정보체계(NIMIPIS)’를 운영하고 있는 점 또한 선박부착생물 관리를 위한 역량강화 측면에서 시사하는 바가 있다. 마지막으로 호주는 효과적인 선박부착생물의 관리를 지원하기 위한 필수적인 전제가 되는 기술의 개발을 지원하고 있다. 잔여물 배출이 없는 혁신적인 수중청소 기술인 Envirocart를 개발하였으며, 현재 인공지능기술과 결합하기 위한 프로젝트를 지원하고 있다. 뿐만 아니라 국가해양과학연구원과 국방과학기술부가 협력하여 선박부착생물 관리를 위한 새로운 접근법은 강구하는 등 정부차원에서 부착생물 관리기술의 개발을 주도함으로써 해양환경선진국으로서의 위상을 강화하고 있다.

2) 뉴질랜드 정책의 시사점

뉴질랜드의 정책은 선박부착생물 관리와 관련하여 3가지 시사점을

제공한다. 첫째, 뉴질랜드는 생물보안의 관점에서 법률과 관련 지침을 제정하여 선박부착생물을 체계적으로 관리하고 있다는 점이다. 선박부착생물은 대표적으로 ① 외래해양생물 유입과 ② 선박 연료 효율성 측면에서 문제가 된다. ① 전자의 경우는 생물 또는 생태계 보전과 관련된 법률, ② 후자의 경우에는 기후변화 내지 선박 관리와 관련된 법률이 직접적으로 연관된다. 뉴질랜드 정부는 MPI가 비록 산업과 관련된 부서이지만 「생물보안법」과 CRMS를 제정함으로써 자국의 해양생태계에 유해한 외래생물이 침입되는 위험을 방지·관리하기 위하여 노력하고 있다. 둘째, 뉴질랜드 정부는 선박부착생물 관리지침을 시행하기 이전에 충분한 계도기간을 갖고, 과학적인 연구와 함께 관리 기술 규범을 마련하였다는 점이다. IMO 2011 지침이 제정된 이후 국가 차원에서 처음으로 만들어진 선박부착생물 관리지침이었기 때문에 선박소유자는 관련 설비 설치 등 적응기간이 필요하였고, 정부는 제도 시행에 대한 과학적인 증거자료가 필요하였다. 이에 따라 MPI는 4년간 충분한 계도기간을 선박소유자에게 제공하고, 선박부착생물의 허용한계를 조사·연구하는 한편, 관리 기술 지침을 마련하였다. 이와 같이 뉴질랜드는 선박부착생물 관리 정책의 사회적·과학적 수용성을 제고하였다.

셋째, 뉴질랜드는 자국의 지침을 선제적으로 마련한 후 IMO의 2011 선박부착생물 지침의 개정을 추진하고 있다는 점이다. 뉴질랜드 정부는 IMO 지침의 이행에 대한 자체평가를 기초로 IMO의 지침개정 논의에 적극적으로 참여하고 있다. 즉, 뉴질랜드는 자국에서 시행하고 있는 CRMS의 성과를 주장하고, 그 내용을 IMO 지침에 반영함으로써 외국 선박의 CRMS 준수를 도모하는 한편, 자국의 선박부착생물 기술개발과 산업 육성을 함께 추진하기 위해 노력하고 있다.

3) 미국 정책의 시사점

미국은 호주, 뉴질랜드와 함께 선박부착생물에 대한 체계적인 관리를 강조하고 있는 국가 중 하나이다. 미국 환경청(EPA)은 선박의 선체, 배관 및 탱크 부착 생물을 주기적으로 제거하도록 의무화하고 있고, 유지보수에 대한 상세한 절차 및 방법에 대해 규정하고 있다. 이때 선박부착생물에 대한 관리는 선박평형수 관리계획서에 포함하거나 IMO 2011 지침 및 캘리포니아 주의 규정에 따른 biofouling 관리계획서를 별도 수립도 인정하고 있다.

한편 캘리포니아주는 환경청과는 별도로 캘리포니아 주법에 따라 선박부착생물 관리에 관한 보다 엄격한 규정을 운영하고 있다는 점이 특징적이다. 즉, 2017년 10월 이후 처음 캘리포니아 주를 입항하는 총톤수 300톤 이상의 모든 선박은 기항 시 적어도 24시간 전에 ‘해양 침입종 프로그램 연간 선박 보고 양식’을 작성하여 제출하도록 의무화하였다. 더불어 2018년 1월 1일 이후에 건조된 총톤수 300톤 이상 신조선과 2018년 1월 1일 이후 계획된 첫 번째 선박 입거 시 선박부착생물에 대한 관리조치를 완료한 총톤수 300톤 이상의 현존선은 선박부착생물 관리계획서와 선박부착생물 기록부를 개발하고 작성해야 한다. 미국의 경우는 수중청소로봇에 대한 기술개발과 관련 시장의 성장에 대한 전망을 긍정적으로 보고 있다. 특히, 미국은 선박부착생물로 유입되는 외래 침입종이 미국 해양생태계에 미치는 영향을 최소화하기 위한 다양한 조치를 취하고 있는 것에 상응하여 선박부착생물의 제거를 위한 기술개발도 필요하다는 점을 강조하고 있다. 이는 방오 도료를 도색하는 비용과 함께 입거과정에 발생하는 운항 손실은 선박 소유자에게 부담이 될 수 있다는 점을 고려한 것이라고 생각된다.

제 4 장

선박부착생물 관리정책의 문제점 및
개선방안

제1절 선박부착생물 관리정책의 문제점 분석

1. 관리정책의 한계 및 문제점의 분석방법

제4장에서는 선박부착생물의 관리정책이 안고 있는 한계요인과 문제점을 분석하고자 한다. 이를 위해 1단계로 국내 선박부착생물의 관리 현황, 관련 기술개발 현황에 대한 국내외 문헌 조사를 실시하고, 「해양환경관리법」, 「해양생태계법」 등 관련 법률에서 선박부착생물과 관련된 규정을 분석하였다.

2단계로 선박부착생물에 관한 관리 실태와 연구개발 현황을 파악하기 위해서 문헌 조사와 면담조사를 실시하였다. 이를 위해 정책과 연구개발을 담당하고 있는 해양수산부의 선박부착생물 관리정책 담당자와 과제의 주요내용과 정책 제언 형태로 제시될 사항에 대해 연구 착수 단계-연구진행 단계-최종보고 단계 등에서 업무협의를 진행

하였다. 또한 선박부착생물에 관한 연구개발을 진행하고 있는 한국 해양과학기술원, 한국조선해양기자재연구원, 한국화학융합시험연구원, 한국선급 담당자에 대한 심층 면담조사 또는 전문가 워크숍을 실시하였다. 이 과정에서 선박부착생물에 대한 연구개발은 선박평형수 및 방오시스템과 관련성이 높다는 점을 확인할 수 있었다. 더불어 전문가 워크숍에서는 주요 연구기관에서 이루어지고 있는 선박부착생물에 대한 연구개발사업의 진행 현황과 향후 계획, 정책 및 법제 개선에 대한 발표와 토론을 실시하였다.¹⁹¹⁾

〈그림 4-1〉 선박부착생물 전문가 워크숍 개요



외래 선박부착생물의 체계적 관리를 위한 전문가 워크숍 계획(안)

□ 개 요

- 목 적: 외래 선박부착생물 연구·관리의 관련된 기관의 전문가 발표와 토론을 통하여 국내외동향, 연구현황, 계획 등을 살펴보고, 추후 국내 정책 및 제도의 개선방향을 검토
- 일 시: 2019. 11. 6. (수) 13:30~16:30
- 장 소: 부산문화콘벤츠클러스 PT실 (부산 센텀시티, 별첨1 참조)
- 참석자:
 - 한국조선기자재연구원(KOMERI), 한국선급(KR), 한국화학연구원(KTRI) 등 외래 선박부착생물 관련 전문가
 - 한국해양수산개발원(KMI) 연구진

순번	소속	이름	직책/직책
1	한국조선기자재연구원	양준혁	팀장
2	한국조선기자재연구원	박정경	팀장
3	한국선급	손영택	박사
4	한국화학연구원	이지현	연구원
5	한국화학연구원	유재규	팀장/연구원
6	한국해양수산개발원	박수진	연구위원
7	한국해양수산개발원	최석준	연구위원
8	한국해양수산개발원	김대경	연구원
9	한국해양수산개발원	장나현	행정실장

○ 진행방식: 기관별 전문가 발표 후 자유 토론 형태로 진행

자료: 저자 작성

191) ‘선박부착생물 전문가 워크숍’은 2019.11.6에 개최되었으며, 선박부착생물에 관한 연구개발을 진행하고 있는 전문가들의 주제 발표 5건과 토론이 이루어졌다. 전문가 워크숍에서는 IMO의 선박평형수 규제, 주요국의 선박부착생물에 대한 규제 동향, 국내 연구개발의 현황 및 계획 등에 대한 발표와 토론이 이루어졌다.

심층 면담조사, 전문가 워크숍, 부처 담당자와의 업무협의 등을 통해 선박부착생물에 관한 관리가 어떻게 이루어지고 있는지, 관리정책의 한계요인과 문제점이 무엇인가를 살펴볼 수 있었다. 이 과정에서 선박부착생물의 관리 및 연구개발에 대한 정책적 또는 제도적 개선방향에 대한 시사점을 도출할 수 있었다.

이후 3단계로 국제기구와 주요국의 선박부착생물에 대한 규제와 최근 동향을 비교 분석하였다. 우선 IMO의 방오시스템협약, 2011년 선박부착생물의 통제 및 관리에 관한 지침 및 2020년 제7차 해양오염방지대응 전문위원회의 최근 논의동향을 살펴보고, 유엔해양법협약, 생물다양성협약, IUCN 등 국제규범과 기구에서의 관련 규정 및 지침 등에 대해 분석하였다. 또한 호주, 뉴질랜드, 미국 등 선박부착생물에 대한 법률 및 지침 등을 독자적으로 마련하여 운영하고 있는 국가들의 선박부착생물의 관리체제에 대해서 살펴보았다. 제3장에서 국내외 선박부착생물에 관한 규제 및 최근 동향에 대한 분석을 통해 우리나라 관리체제의 문제점과 한계에 대한 시사점을 도출할 수 있었으며, 향후 정책과 법제도 개선방향도 설정할 수 있었다.

마지막으로 4단계로는 ‘선박부착생물 대한 산업계 간담회’를 개최하여 선박부착생물을 실제로 어떻게 제거하고 있으며, 제거과정에서 발생하는 문제점, 그리고 제거에 활용되는 기술 등에 대한 산업계의 의견을 수렴하였다. 2019년 12월에 개최된 산업계 간담회는 선박부착생물의 제거과정에서 현행 법률과의 괴리가 어디서 발생하고 있는지를 확인할 수 있는 유용한 기회가 되었다.¹⁹²⁾ 산업계 간담회의를

192) ‘선박부착생물 산업계 간담회’는 2019.12.20에 개최되었으며, 잠수를 통해서 선박부착생물을 제거하고 있는 기업과 수중로봇을 활용하여 제거하고 있는 기업, 한국선주협회 관계자, 한국선급, 관련 연구기관 등이 참여하여 현황과 제거기술, 애로사항 등에 대해 의견을 나누었다. 당초 산업계 간담회의의 참여하기로 한 해양수산부 담당자는 일정 상 참여하지 못하였으나, 자료와 회의결과에 대해서는 공유하였다.

통해서 선박부착생물관리, 관련 산업계의 애로사항에 대한 의견을 듣고, 현행 관련 정책 및 법제도의 한계요인 및 정책개선 방향에 대해 논의하였다.

〈그림 4-2〉 선박부착생물 산업계 간담회 개요

선박부착생물의 정책개선을 위한 산업계 간담회 계획(안)

□ 개 요

- 목 적: 선박부착생물 제거 관련 산업계 발표와 관련 전문가의 토론을 통하여 추후 국내 정책 및 제도의 개선방향을 검토
- 일 시: 2019. 12. 20. (금) 15:00~17:00
- 장 소: 수토피아 부산교육장 회의실 (부산에 인근, 별첨1 참조)
- 참석자: 약 15명 내외
 - 해양수산부, 선박부착생물 관련 산업계 및 전문가
 - 한국해양수산개발원(KMI) 연구진

순번	소속	이름	직위/직책
1	해양수산부 해양산업기술과	이영섭	사무관
2	안쿠아리우스	박인탁	대표
3	유니폴론	박용준	대표
4	한국선박협회	이철준	이사
5	한국선급	손영택	회장
6	한국조선기자재연구원	박정경	회장
7	한국해양진흥공사연구원	유태규	책임연구원
8	한국해양수산개발원	박수진	연구위원
9	한국해양수산개발원	최석현	정책연구원
10	한국해양수산개발원	김대경	연구관

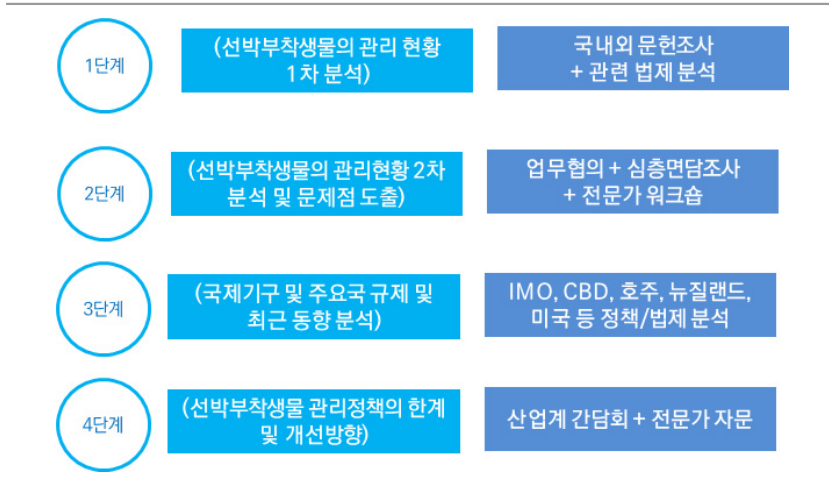
○ 진행방식: KMI, 산업계 발표 후 자유 토론 형태로 진행

자료: 저자 작성

〈그림 4-3〉은 선박부착생물의 관리와 연구개발, 산업 지원정책이 안고 있는 문제점이 무엇인지, 그리고 정책 효과성을 제고하기 위해서 정책적 또는 제도적인 차원에서 어떤 개선이 필요한가에 대한 분석과정을 도식화한 것이다.

선박부착생물 관련 전문가에 대한 심층 인터뷰, 세미나 및 산업계 간담회 과정에서 외래 선박부착생물이 어느 정도 우리나라 해역에 유입되고 있는지, 그리고 선박부착생물을 어떤 방식으로 제거하고, 제거한 후 처리는 어떻게 이루어지고 있는지에 대한 실태조사가 제대로 이루어지고 있지 않은 점이 관리정책의 가장 중요한 한계요인으로 파악되었다.

〈그림 4-3〉 선박부착생물 관리의 한계 및 문제점 분석 과정



자료: 저자 작성

2. 선박부착생물 관리정책의 문제점 및 한계

1) 선박부착생물에 대한 실태조사 및 통계 미비

국내 선박부착생물의 관리에 대한 전문가 면담조사, 세미나 및 워크숍 등을 통해서 선박부착생물이 제대로 관리되고 있지 못한 것을 알 수 있었다. 「해양환경관리법」 등 관련 법률의 규정을 분석해 보아도 선박부착생물에 대한 관리조치에 대한 내용이 충분하지 않은 상황이다. 선박부착생물이 제대로 관리되고 있지 않은 근본적인 이유는 선박부착생물의 발생 현황, 외국에서의 유입 실태, 제거방식, 제거과정에서 발생하는 폐기물의 양과 제거 후 처리 등에 대한 실태파악이 미흡하고, 정기적인 실태조사와 사후 모니터링도 이루어지지 못하고 있는데 기인한다.

해양생태계교란생물에 대한 조사의 일환으로 항구 내 정박 중인 선박부착생물에 대한 조사가 일부 이루어지고 있으나, 이는 해양생태계교란생물의 지정 및 관리를 위한 목적으로 이루어지고 있어 선박부착생물에 대한 실태 파악과 관리조치 마련을 위한 데이터베이스(DB)는 없다. 또한 용도별·산업별 등록선박의 현황, 외항선 선박의 현황, 해양사고 현황, 입출항 선박실적, 항만별 입출항 선박, 선종별 입항 선박 등에 대한 통계는 수집·관리·제공되고 있으나, 선박부착생물과 관련된 통계도 없는 상황이다.¹⁹³⁾ 이러한 점은 선박부착생물에 대한 관리가 무엇이 문제인지, 어떤 측면을 개선해야 하는가에 대한 정책 기초자료를 얻는 데 한계가 있을 수밖에 없다는 점에서 시급히 개선이 필요한 점이다.

2) 선박부착생물의 관리에 대한 법적근거 미흡

선박을 입거한 후 선박부착생물을 제거하는 방식은 선박의 정기검사나 중간검사와 연계되므로 상선의 경우에는 평균 2.5년마다 이루어진다. 이는 통상 선박부착생물을 제거한 후 3개월 지나면 녹색의 해조류가 얇게 부착되어 있는 상태(light slime)가 되고, 더욱 두껍게 축적되어 부착된 선박부착생물의 경우에는 제거하는 과정에서 방오도료가 벗겨지고, 제거 과정에서 생물과 독성물질이 함께 탈락되어 육상이나 해양으로 유입되어 오염을 일으킬 수 있다는 우려가 있다.

상당수 선박들이 입거하여 제거할 때 발생하게 되는 운항 손실과

193) 해양수산통계시스템(검색일: 2019. 1. 2)에서는 등록선박 통계, 등록어선 통계, 운항선박 통계, 항만국통제 통계, 항만시설 및 능력현황 등에 대한 통계를 제공하고 있다. 2018년 기준으로 정기 외항선은 컨테이너선 219척, 여객선 2척이 운항되고 있으며, 부정기선으로는 화물선 687척, 컨테이너선 19척, 유조선 442척, 기타 선박 18척 등 총 1,387척의 외항선이 운항되고 있다. 한국해양수산개발원(2019), 『통계 핸드북(해운·항만분야)』, p. 24.

선박의 입거작업 자체에 소요되는 비용 부담 등으로 부착된 해양생물을 정박 중에 수중에서 제거하고 있는 것으로 알려져 있다. 다만 앞서 언급한 바와 같이 선박 1척당 어느 정도 주기로 수중제거 작업이 이루어지는지, 제거과정에서 탈락되어 회수된 생물량에 대한 실태는 파악되고 있지 않다.

수중제거 과정에서 탈락된 잔여물은 독성물질을 포함하고 있을 수 있는데 탈락된 잔여물의 해양유입 방지 및 해양생태계 위해성 평가, 제거한 선박부착생물의 사후처리체계 등은 「해양환경관리법」, 「해양생태계법」 등 관련 법률에서 규율하지 못하고 있다. 또한 선박부착생물의 수중제거 작업은 선박과 접안시설의 간격이 1~2m밖에 되지 않은 상황에서 이루어지고 있어 잠수사의 안전문제가 제기되고 있다.¹⁹⁴⁾

현재 수중제거 과정에 탈락된 선박부착생물을 완전히 포집·수거하여 육상처리하지 않고 해양에 유입되는 경우에는 「해양환경관리법」 제22조를 위반하여 무단으로 폐기물을 해양에 투기한 것에 해당할 수 있다. 해당 행위가 동 법 제128조의 규정에 따라서 과실로 선박으로부터 폐기물을 해양에 배출한 것으로 판단될 경우에는 2년 이하의 징역 또는 2천만 원 이하의 벌금에 처할 수도 있다. 실제로 수중제거 과정에서 탈락된 1.500kg 해양생물과 혼합 물질을 잠수사가 잠수를 통해 수거한 후 ‘폐기물 처리 확인서’를 지방해양경찰서에 제출한 사례도 있다.¹⁹⁵⁾

따라서 선박부착생물의 실태조사, 제거방법 및 기준, 제거과정의 안

194) 2020년 12월 ‘선박부착생물의 정책개선을 위한 산업계 간담회’ 당시 산업계 종사자, 전문가들이 제거과정의 안전 문제를 제기하였다.

195) 2018년에 경남 OO시에서 선저 부착 패각류의 처리과정에서 발생한 폐기물을 해양에서 다시 수거하여 육상 폐기물 처리업체인 (주)OO환경에서 폐기물처리확인서를 발급받아 해양경찰서에 제출한 사례가 있었다. 이 사례는 ‘선박부착생물의 정책개선을 위한 산업계 간담회’의 발표 및 토론 과정에서 논의되었다.

전기준, 사후 모니터링 및 보고 절차 등에 대한 입법적 미비에 대한 문제점은 개선이 필요하다.

3) 선박부착생물의 세부 관리기준 미비

선박부착생물이 제거되고 처리되는 장소가 육상인지 아니면 해양인지에 따라 적용되는 법률이 다르다. 예를 들면, 도크에 올려 육상에서 선박부착생물을 제거하는 경우에는 「폐기물관리법」에 따라 지정된 사업장이 아닌 이상 일반적으로 생활폐기물로 분류되어 지방자치단체의 관리하에 소각 또는 매립 방식으로 처리된다.¹⁹⁶⁾ 「폐기물관리법」은 폐기물을 사업장폐기물¹⁹⁷⁾과 생활폐기물로 크게 구분하고 있으나, 선박에서 제거된 선박부착생물에 대한 별도의 규정이 없어 사업장일반폐기물, 지정폐기물 등과 같이 폐기물의 발생장소와 특성을 고려하는 사업장폐기물의 범위에 포섭되기 어렵다. 따라서 제거된 선박부착생물은 대부분 사업장폐기물 이외의 폐기물인 생활폐기물에 해당하게 되고, 재활용 가능성도 낮기 때문에 관할 지방자치단체가 소각하거나 매립하여 처리하고 있다.

반면 수중에서 선박부착생물을 제거하는 경우에는 「해양환경관리법」에 근거하여 선박에서 발생하는 오염물질로서 관리된다. 즉, 「해양환경관리법」은 앞서 본 바와 같이 선박으로부터 오염물질이 배출되는 것을 원칙적으로 금지하면서 선박에서 발생하는 오염원을 물질별로 관리하고 배출기준과 방법을 구체적으로 규정하고 있다.

그런데 선박에 부착된 선박부착생물에 대해서는 제거지역과 제거기준 및 방법에 대해 규정하고 있지 않으며, 배출 및 제거에 대한 별

196) 김홍균(2010), p. 520.

197) 사업장폐기물은 사업장일반폐기물, 건설폐기물, 지정폐기물로 구분되고, 사업장일반폐기물은 생활폐기물과 배출시설폐기물로, 지정폐기물은 의료폐기물과 기타 지정폐기물로 다시 구분된다.

도의 기록부 작성, 탈락된 잔여물의 처리방법에 대해서도 규정하고 있지 않다. 도크에 올려서 제거하는 방식보다는 수중제거가 통상적으로 이루어지고 있는 것이 현실이라는 점을 고려할 때 사전예방적 해양환경 관리조치 및 안전조치 기준 미비 등의 문제가 나타나고 있다. 따라서 선박에 부착된 생물의 제거기준 및 방법, 제거지역을 특정하고, 이에 대한 모니터링과 보고절차를 법제화하는 것이 시급히 필요하다.

4) 선박부착생물 제거과정의 환경적·안전상 한계

선박의 프로펠러, 배출 파이프, 공기흡입구 등 선박부착생물을 제거하기 어려운 취약구역에서 작업하는 과정에서 잠수사의 부상, 사망사고가 종종 발생하고 있다. 이는 선박부착생물을 제거하기 위한 별도의 시설기준과 자격기준이 마련되어 있지 않고, 안전기준도 없다는 점에서 언제든지 일어날 수 있는 일이다. 예를 들면, 선박소유자는 자체적으로 선박부착생물을 제거하거나 위탁을 통해 처리하는 경우에 「산업보건안전법」상 산업재해를 예방하기 위한 안전조치를 하거나 안전조치를 취하도록 요청하여야 하지만 수중제거의 경우에는 합법적으로 이루어지지 못하는 경우가 있기 때문에 입법적 공백이 발생하고 있다.

한편, 선박부착생물을 제거하는 과정에서 탈락된 생물의 회수율이 어느 정도인지 확인이 어렵고, 회수 기준도 없어서 「해양환경관리법」 등 관련 법률에 따라 단속되지 않을 경우에는 그대로 해양환경을 오염시키고 있는 상황이다. 이에 「해양환경관리법」상 해양환경관리업에 포함되어 있지 않은 '(가칭)선박부착생물 제거업'을 새롭게 도입할 필요성과 입법화 방안을 검토할 필요가 있다.

제2절 선박부착생물 관리정책의 개선방안

1. 선박부착생물 관리정책의 개선방향

1) 정책목표 및 우선순위의 명확화

선박부착생물의 관리에 대해서는 아직까지 ‘법적구속력(legally binding)’을 갖는 협약이나 부속서 형태로 채택되지는 않아 개별 국가에 따라 선박부착생물에 대한 관리방식과 세부 규제의 내용은 상이하다. 따라서 선박부착생물을 체계적으로 관리하기 위해서는 가장 우선되어야 할 것이 정부의 정책목표를 명확히 하는 것이다.

2010년에 해양수산부에서 발간한 『한국의 해양 외래종』에 따르면, 우리나라 항만에서 발생하는 지중해담치, 주걱따개비, 닳따개비, 화산따개비, 흰따개비, 큰다발이끼벌레, 세방가시이끼벌레, 주름미더덕, 굽은갈파래, 긴통갈파래 등은 선박에 부착되어 우리나라 해양생태계로 침입한 것으로 추정되고 있다.¹⁹⁸⁾ 그러나, 「해양생태계교란생물」상 외국에서 유입된 생물에 대한 관리제도인 ‘해양생태계교란생물’로 지정된 생물은 2020년 현재 ‘유령명게 1종’에 불과하고 따개비 등 상당수의 선박부착생물은 관리대상에 포함되어 있지 않다.

이와 관련하여 앞서 살펴본 바와 같이 IMO에서는 AFS 협약에 따른 선박 방오시스템과는 별도로 ‘2011 선박부착생물 지침’을 마련하였다.¹⁹⁹⁾ 이와 관련하여 호주, 뉴질랜드, 미국 등은 관련 국내법 또는 지침을 통해서 세부적인 기준과 절차를 규정함으로써 이행강제력이 수반된 형태로 선박부착생물에 대해 관리하고 있다.

198) 국토해양부(2010), 『한국의 해양 외래종』, pp. 4~37.

199) 국제해사기구, 선박부착생물 설명자료(검색일: 2019.9.3)

우리나라는 선박부착생물을 「해양생태계법」 상 해양생태계교란생물로 관리할 것인지, 아니면 「해양환경관리법」 상 오염물질 또는 폐기물의 일부로 관리할 것인지에 대한 정책적 판단이 이루어져야 하며, 선박부착생물의 예방-제거-사후관리에 대한 전주기 관리체계를 어느 시점에 도입할 것인가에 대한 검토가 시급히 이루어져야 할 것이다. 더불어 선박부착생물에 대한 실태조사를 통해 외래 선박부착생물의 국내 도입을 방지하는 예방적 관리를 핵심 정책으로 할 것인지, 아니면 선박부착생물 제거과정의 해양오염방지 및 안전관리를 보다 우선할 것인지에 대한 정책우선순위에 대한 결정이 이루어져야 할 것이다.

2) 사전예방적 해양환경 관리체계 구축

‘오염은 국가관할권의 경계를 고려하지 않는다(Pollution respects no jurisdiction boundaries)’라는 말에서 알 수 있듯이 해양환경은 사전예방적 관리가 중요하다.²⁰⁰⁾ 특히, 해양생태계를 둘러싸고 있는 것도 물이고, 이동매체 역시 물인 해양의 특징으로 인해 어느 한 지역에서 발생한 해양오염은 다른 지역으로 확산되거나 영향을 줄 수 있다. 그러한 점으로 인해 개별 국가에서 발생한 오염이나 유해한 생물종은 해양을 통해 인접한 주변국가로 확산되어 ‘월경성 해양오염(transboundary marine pollution)’을 발생시키거나 선박을 통해서 다른 해역으로 유입될 수 있다. 따라서 선박부착생물도 사전예방적 해양환경 관리를 위해서는 1차적으로 실태조사가 필요하며, 선박부착생물이 해양생태계에 미치는 영향과 선박부착생물제거 과정에 발생할 수 있는 독성물질과 생물의 혼합탈락 등에 대한 위해성 평가가 도입되어야 할 것이다.

200) 박병도(2007), p. 15, 한국해양수산개발원 편, 박수진 저(2017), p.365.

3) 해양환경정책과 해운산업정책의 조화

2020년 2월에 개최된 ‘제7차 해양오염방지 대응 전문위원회’에서는 2011 선박부착생물 지침의 실효성을 높이기 위한 논의가 이루어졌고, 통신작업반을 통한 집중적인 검토작업을 진행하기로 결정하였다. 통신작업반에서는 ① 지침의 실효성 평가, ② 모범사례, 관련 기술, 연구 및 개발사례 등을 고려한 지침의 검토, ③ 지침 검토를 위한 핵심요소에 관한 권고안 개발, ④ 작업반보고서 제출 등이 이루어질 예정이다.²⁰¹⁾ 그러나, 선박부착생물에 대한 관리는 해운산업에 과도한 부담을 주는 형태로 도입되는 것은 바람직하지 않다. 해양환경을 보호하는 합리적 수준(resonable ground)에서 선박부착생물에 대한 관리가 이루어져야 하며, 해운업계의 2011 선박부착생물 지침의 참여를 촉진하고 이를 지원할 수 있는 정책 마련과 제도 정비가 필요하다.

4) 단계별 법령 정비

「선박평형수 관리법」은 2007년 12월에 제정되었으나, 부칙규정을 통해서 ‘선박평형수 관리협약’이 우리나라에서 효력을 발생하는 날부터 시행하도록 규정하였다. 결국 「선박평형수 관리법」은 2017년 9월 8일 협약이 발효된 시점에 이르러서야 본격적으로 시행되었다.

IMO가 선박부착생물에 대하여 법적구속력을 갖는 규제를 채택하고 있지 않으므로 별도의 법률을 제정할 필요성은 아직까지 시기상조인 측면이 있다. 다만, 우리나라 해양생태계와 해양환경을 보호하기 위한 조치는 시급히 요구된다. 즉, 「해양생태계법」 제23조 또는 제24조에 따른 해양생태계교란생물, 유해해양생물로 지정된 생물이 선

201) IMO, PPR 7/INF.7.

박부착생물의 형태로 외국에서 유입되었을 경우에 대한 실태조사, 조사 이후 관리대책의 수립 등에 대해 보다 실효적인 조치가 이루어져야 할 것이다. 더불어 선박부착생물의 수중제거 과정에서 발생할 우려가 있는 「해양환경관리법」 상 관련 규정의 위반 여부를 명확히 하고, 이에 대한 사항을 보다 명확하게 법제화하고 (사)한국잠수협회, (사)한국선주협회, 한국해운조합 등을 대상으로 한 홍보 및 인식제고 활동을 강화해 나가야 할 것이다.

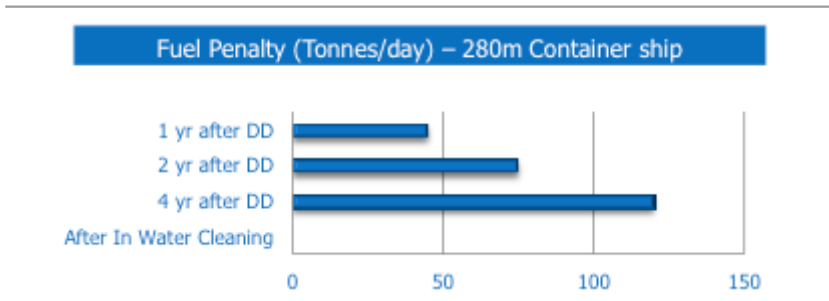
5) 선박부착생물 관리기술의 지속적 개발

제2장에서 살펴본 바와 같이 우리나라의 선박부착생물 관리기술 가운데 전해원리를 이용한 ‘생물성장 방지 시스템(MGPS)’의 개발 분야에서 세계시장 점유율 1위를 차지하는 등 해양기술선진국으로의 면모를 보이고 있다.

그러나 생물제거기술 분야에 있어서는 호주나 영국, 노르웨이, 스페인, 아랍에미리트 등에 뒤처져 있다. 국내 소수 업체가 청소로봇기술을 개발하고 있지만, 성숙기까지 상당한 시간이 소요될 것으로 보인다. 이러한 상황이 장기화되면 조선 및 해운업계 선진국으로 분류된 우리나라의 향후 산업적 및 과학기술적 발전에 저해요인으로 작용할 가능성이 크다. 물론 현재 우리나라 선박부착생물의 제거작업은 선박을 입거한 후 제거하는 방식으로 정기검사나 중간검사를 통해 이루어지고 있다. 그러나 상선의 경우 평균 2.5년마다 검사가 진행되기 때문에 정기적인 제거라고 보기 어렵다. 뿐만 아니라 노르웨이에 본사를 둔 (주)ECOsubsea의 연구결과에 따르면, 〈그림 4-4〉에 나타난 바와 같이 입거 후 제거작업을 마치고 2년이 경과한 선박(280m급 컨테이너선 기준)의 연료손실은 하루 약 75톤에 이르는 것

으로 나타나 해당 작업방식의 한계를 드러냈다. 또한, 300m급 대형 선박의 수중청소를 통해 최대 약 211만 톤(MT)의 CO₂ 발생을 절감할 수 있는 것으로 나타나 기후변화대응을 위한 선박 온실가스 저감의 효과까지 가져오는 것으로 나타났다.²⁰²⁾

〈그림 4-4〉 컨테이너선의 부착생물 제거방식에 따른 연료손실 비교



자료: CLEANSUBSEA 홈페이지(검색일: 2020. 2. 6.)

뿐만 아니라 노르웨이에 본사를 둔 ㈜ECOsubsea의 연구결과에 따르면, 〈그림 4-4〉에 나타난 바와 같이 입거 후 제거작업을 마치고 2년이 경과한 선박(280m급 컨테이너선 기준)의 연료손실은 하루 약 75톤에 이르는 것으로 나타나 해당 작업방식의 한계를 드러냈다. 또한, 300m급 대형선박의 수중청소를 통해 최대 약 211만 톤(MT)의 CO₂ 발생을 절감할 수 있는 것으로 나타나 기후변화대응을 위한 선박 온실가스 저감의 효과까지 가져오는 것으로 나타났다.²⁰³⁾

이와 같이 단순히 선박을 입거한 후에 제거하는 방식에서 나아가 수중청소를 통한 정기적인 부착생물 제거방식의 필요성에 대한 인식이 점차 증대되고 있다. 더불어 최근에는 선체청소에서 정기적인 ‘선

202) 박정경(2019), p. 27.

203) *Ibid.*

체관리(hull care)’로 패러다임의 전환까지 주장되고 있다. 2020년 3월에 (주)현대상선이 대표적인 수중청소 기업인 (주)타스글로벌과 협력계약을 체결하고 잠수로봇을 활용하여 선박의 하부 표면청소 등을 진행하기로 결정한 사례와 같이 해운업계의 선박부착생물 관련 기술개발 수요 및 제거기술의 현장적용에 대한 수요도 지속되고 있다.

〈그림 4-5〉 선박부착생물의 연구개발 체계



자료: 이지현(2019b), p. 9.

한편, 〈그림 4-5〉와 같이 선박부착생물에 대한 연구개발은 유해한 선박부착생물의 유입방지 및 관리기술, 선박부착생물의 제거 및 모니터링 기술, 위해성 평가기술의 개발이 균형적으로 이루어져야 할 것이다. 더불어 개발한 기술에 대한 검증 및 인증체계에 대한 개발과 선박부착생물에 관한 정책 입안자, 관련 산업계, 대학, 연구기관 등이 함께 정보를 공유하고 상호 협력하는 ‘민관산학 협력형 연구체계’를 구축하여야 할 것이다.

2. 선박부착생물 관리정책 및 법제 개선방안

1) 선박부착생물의 사전예방적 관리

(1) 실태조사 및 DB 구축

우리나라는 선박부착생물이 얼마나 유입되고 이를 어떻게 제거하는지에 대한 정확한 실태조사가 이루어지지 않고 있다. 현재까지 국내에서 수행된 연구는 대부분 우리나라 항만 환경에 대해서 해양생물의 분포와 해양생태계의 변화를 모니터링한 결과밖에 없다.²⁰⁴⁾ 따라서 정부는 입출항 외국선박의 현황과 함께 현재 국내에 유입·제거되고 있는 선박부착생물의 종류와 개체 수를 파악할 필요가 있다. 즉, 입출항 외국선박의 종류와 척수, 외래종의 분포 및 생태계 교란 현상, 방오도로 제거에 따른 화학 물질 생성, 선박부착생물의 제거방식, 제거 후 사후처리 등 통계학적·생물학적·화학적 측면에서 종합적으로 조사·연구하여 데이터베이스 체계를 구축할 필요가 있다. 중기적으로는 해양수산통계시스템과 연동된 ‘선박부착생물 빅데이터 시스템’으로 구축해 나가야 할 것이다. 뉴질랜드의 경우에는 ‘선박부착생물 관리기준에 관한 지침’을 시행하기 앞서 과학적인 조사·연구를 선행적으로 진행하여 국내 관리 현황을 정확하게 파악한 후 선박부착생물의 허용한계, 장기정박선박과 단기정박선박의 선체청소 요건 차등 적용 등을 통하여 선박부착생물 관리정책을 체계적으로 추진하고 있다. 이러한 점을 고려할 때 우리나라도 선박부착생물을 체계적으로 관리하기 위해서는 실태조사와 DB 구축이 우선적으로 추진되어야 할 것이다.

204) 현봉길 외(2018), p. 793.

(2) 위해성 평가체계의 도입

해양수산부는 2019년 10월에 기존의 「유해해양생물 지정 및 관리 등에 관한 고시」를 개정한 「해양생태계교란생물 및 유해해양생물 지정·관리 등에 관한 고시」에서 외래 해양생물의 위해성 평가 대상을 유해해양생물과 해양생태계교란생물까지 확대하였다.²⁰⁵⁾ 이에 따라 인적·물적 피해 및 해양생태계 균형의 교란을 야기하는 해양생물종에 대하여 생물특성, 사람 또는 다른 생물에 미치는 영향특성, 피해의 특성 등을 체계적으로 검토하여 평가한 후 위해성 등급을 결정하는 것이 가능해졌다.²⁰⁶⁾ 하지만 「해양생태계법」에서 지정한 해양생태계교란생물과 유해해양생물에는 아무르불가사리(*Asterias amurensis*)를 제외하고는 IMO에서 공시한 9대 선박부착생물종(Common Hull Fouling Invasive Species)²⁰⁷⁾은 포함하고 있지 않아 ‘선박부착생물’을 추가 지정하거나 별도의 위해성 평가체계를 도입할 필요가 있다.²⁰⁸⁾

(3) 관련 법제 개선방안

선박부착생물의 사전예방정책을 추진하기 위해서는 앞서 언급한 바와 같이 실태조사 및 DB 구축, 위해성 평가 체계 구축이 필요하다. 이를 현행법 체계에서 제도화하기 위해서는 「해양생태계법」상 해양생태계교란생물 및 유해해양생물 관리와 연계시켜 규정하는 것이 바람직하다. 즉 정부는 「해양생태계법」 및 관련 고시 개정을 통하여

205) 해양수산부(2019.10), pp. 1~2.

206) 「해양생태계교란생물 및 유해해양생물 지정·관리 등에 관한 고시」 제2조 제3호

207) IMO 9대 선박부착생물종은 ① Asian paddle crab(*Charybdis japonica*), ② Colonial tunicate(*Didemnum vexillum*), ③ North Pacific seastar(*Asterias amurensis*), ④ Asian green mussel(*Perna viridis*), ⑤ Black striped mussel(*Mytilopsis sallei*), ⑥ European fan worm(*Sabella spallanzanii*), ⑦ Bay barnacle(*Amphibalanus improvisus*), ⑧ Wakame seaweed(*Undaria pinnatifida*), ⑨ European shore crab(*Carcinus maenas*)이다.

208) 석지훈(2018), p. 167.

IMO에서 공지한 9대 선박부착생물종 등을 고려하여 선박부착생물종을 해양생태계교란생물로 새롭게 추가 지정하는 한편, 신규 지정을 위한 실태조사와 정보체계 구축에 관한 조문을 신설할 필요가 있다.

〈표 4-1〉 선박부착생물의 사전예방적 관리 관련 법률 개선(안)

현행 해양생태법	개정(안)
제2조(정의) 이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다. 12. “해양생태계교란생물”이라 함은 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 생물로서 해양수산부령으로 정하는 종을 말한다. 가. 외국으로부터 인위적 또는 자연적으로 유입되어 해양생태계의 균형에 교란을 가져오거나 가져올 우려가 있는 해양생물 나. 유전자의 변형을 통하여 생산된 유전자 변형생물체 중 해양생태계의 균형에 교란을 가져오거나 가져올 우려가 있는 해양생물	제2조(정의) 이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다. 12. “해양생태계교란생물”이라 함은 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 생물로서 해양수산부령으로 정하는 종을 말한다. 가~나. (현행과 동일) <u>다. 국제항행선박의 선체 및 시설에 부착된 상태로 유입되어 해양생태계의 균형에 교란을 가져오거나 가져올 우려가 있는 해양생물</u>
〈신설〉	제23조의2(선박부착생물의 관리) ① 해양수산부장관은 제2조 제12호 다목의 해양생태계교란생물에 대한 관리와 관련된 정책을 체계적으로 수립·추진하기 위하여 국제항행선박의 입·출항 현황, 부착생물의 종류 및 수, 부착생물 제거에 따른 화학현상 등에 관한 실태조사를 할 수 있다. ② 제1항에 따른 실태조사의 조사 항목, 대상 지역 선정, 조사 방법, 그 밖에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다. ③ 해양수산부장관은 제1항 및 제2항에 따라 실시된 실태조사 결과를 제7조의 해양생태계 정보체계에 전산화하여야 한다.

자료: 「해양생태계법」 내용을 기초로 저자 작성

2) 선박부착생물의 친환경적 제거 및 사후관리

(1) 선박부착생물의 친환경적 제거

선박부착생물을 제거하는 작업은 선박을 운항하기 위해 필수적으로 요구된다. 2018년 무역항에 입항한 선박의 현황을 살펴보면, 부산항에는 47,345척이 입항하였으며, 인천항에는 15,676척, 울산항에는 23,285척, 광양항에는 24,111척, 마산항에는 5,236척, 기타 항만에 69,433척 입항으로 총 185,086척이 입항하였다.²⁰⁹⁾ 또한, 2018년 기준으로 정기 외항선은 컨테이너선 219척, 여객선 2척이 운항되고 있으며, 부정기선으로는 화물선 687척, 컨테이너선 19척, 유조선 442척, 기타 선박 18척 등 총 1,387척의 외항선이 운항되고 있다.²¹⁰⁾ 이와 같이 우리나라와 외국을 운항하는 상선의 규모는 상당하며, 크루즈 여객선의 입출항도 지속적으로 이루어지고 있다. 요컨대, 외항선과 크루즈 여객선 등의 선박부착생물 형태로 침입외래종의 국내 유입 가능성이 높은 상황이다.

선박부착생물을 제거과정에서 해양생태계를 교란시킬 우려가 높으므로, 친환경적으로 선박부착생물을 제거하고 사후 처리하기 위한 관리지침이 마련되어야 할 것이다. 즉, 선박부착생물의 제거기준과 제거방식과 대상 선박, 사후처리를 위한 구체적인 내용을 정해야 한다. 우선 선박부착생물을 도크에 올려서 제거하는 것이 바람직한 선박의 종류, 크기에 대한 기준을 설정하여야 할 것이다. 또한 만약 수중제거하는 방식을 허용할 경우에는 대상 선박의 범위 설정과 더불어 제거를 위한 지정해역 또는 지정장소의 시설 및 설비 요건, 탈락된 생물의 포집·사후 육상 처리를 위한 절차 등에 대한 사항도 관리

209) 해양수산통계시스템(검색일: 2020. 1. 2)

210) 한국해양수산개발원, 『통계 핸드북(해운·항만분야)』, 2019, p. 24.

지침을 통해 제시되어야 할 것이다. 선박부착생물을 수중에서 제거하는 과정에서 부착생물이 해양에 유입되는 것은 「해양환경관리법」에서 금지된 행위이다.

아직까지 IMO가 법적 구속력을 갖는 협약이나 부속서 형태로 선박부착생물을 규제하고 있지 않은 현 시점에서 선박부착생물의 제거기준과 방식을 「해양환경관리법」에서 바로 규제하는 것은 적절하지 않다. 따라서 ‘(가칭)선박부착생물 관리지침’을 제정하여 정책 수용성을 높이는 것이 필요하다. 또한 관리지침에서는 제거기준과 제거방식, 절차에 대한 사항을 규정하고, 지침을 마련하는 과정에서는 IMO의 2011 선박부착생물 지침 및 논의동향, 주요국의 기준, 우리나라의 여건, 관련 산업계 및 전문가, 환경단체 등에 대한 의견수렴이 필수적으로 이루어져야 할 것이다.

(2) 선박부착생물의 사후관리

선박부착생물을 제거한 후 모니터링, 해양환경과 해양생태계에 미치는 영향에 대한 관리는 이루어지고 있지 않다. 선박부착생물의 제거는 단순히 손상된 방오도료를 제거하고 새롭게 칠하는 과정에서 부수적으로 이루어지는 작업으로만 보아서는 안 된다. 선박부착생물을 제거하는 과정에서 탈락된 생물이 해양에 유입되지 않도록 방지하는 동시에 탈락된 해양생물의 포집·회수율을 높이기 위한 사후 모니터링 및 해양환경과 해양생태계에 미치는 영향에 대한 표준화된 사후관리 방법을 ‘(가칭)선박부착생물 관리지침’에서 규정해야 할 것이다. 사후관리를 통해 선박부착생물 관리방식을 개선하는 정책환류체계(feed-back)도 마련되어야 한다.

(3) 관련 법제 개선방안

선박부착생물의 유입과 부정적 영향을 최소화하기 위하여 IMO의 '2011 선박부착생물 지침'에서 규정하고 있는 '선박부착생물 관리계획서'와 '선박부착생물 기록부'를 작성하여 선박에 비치하도록 권고하기 위한 노력이 필요하다. 현 시점에서 「해양환경관리법」에 규정하여 강제하는 것은 적절하지 않으나, '(가칭)선박부착생물 관리지침'을 제정하여 규정하는 정책적 노력이 필요하다.

즉, '(가칭)선박부착생물 관리지침'에서는 첫째, 선박부착생물 관리의 목적과 선박 방오시스템과의 관계를 명확히 하는 것이 필요하다. 둘째로는 구체적으로 선박부착생물을 관리하는 과정에 참고할 수 있는 ① 생물오손에 민감한 선체부분, ② 적합한 운항조건, ③ 선박의 설계 및 건조, 중요변경 시에 선박 청소 취약구역의 관리, ④ 사후모니터링에 대한 권고적 사항을 기술한다. 셋째로는 선박부착생물의 제거 및 사후처리 과정의 안전관리에 대한 권고적 사항을 기술한다. 넷째로는 ① 선박부착생물의 관리에 관한 정보 제공, ② 뉴질랜드, 호주 등 선박부착생물에 대한 규제가 이루어지는 국가에 입항하려는 선박 소유자가 '선박부착생물 관리계획서'와 '선박부착생물 기록부'를 비치할 경우에 참고할 수 있는 내용을 기술한다. 뉴질랜드가 선박부착생물에 대한 관리지침을 시행하기 이전에 충분한 계도기간과 과학적 연구를 통한 기준 마련을 하였다는 점에서 관리규정은 기술규범으로서의 성격을 갖도록 하는 것이 필요하다. 이를 통해 '(가칭)선박부착생물 관리지침'은 해운업계의 참여를 독려하고 뉴질랜드, 미국 등의 규제 강화 움직임에 대비하기 위해서도 유용하게 활용될 수 있다. 향후 IMO에서 법적 구속력을 갖는 협약 채택 논의에 맞추어 IMO 73/78협약을 비롯한 AFS 협약의 이행입법으로 기능하고 있는 「해양환경관리법」에 대한 개정작업도 추진해 나가야 할 것이다.

〈표 4-2〉 (가칭)선박부착생물 관리지침에 포함될 주요사항

(가칭)선박부착생물 관리지침
• 목적 • 용어 정의 • 선박방오시스템과 관계 • 선박부착생물의 관리기준 • 선박부착생물의 사후모니터링 • 안전기준 및 안전관리조치 • 정보제공 • 선박부착생물의 관리계획서 및 기록부 • 참고사항

자료: 저자 작성

3) 국제규제 대응 및 산업육성

(1) IMO 논의 및 주요국의 규제 대응 지원

제3장에서 제시한 바와 같이 최근 IMO 회원국들은 선박부착생물의 관리에 대한 중요성을 인식하고, 2011 선박부착생물 지침의 추가적인 검토의 필요성에 공감대를 형성하였다. 이에 따라 2020년 2월에 개최된 ‘제7차 해양오염방지대응 전문위원회’ 회의에서 개설된 통신작업반(CG)의 작업을 통해서 선박부착생물관리를 위한 국제기준이 보다 구체적으로 개발될 것으로 전망된다. 따라서 향후 관련 IMO 논의동향에 대한 보다 적극적인 검토와 국내 이해관계자에 대한 정보제공이 현 시점에서 우선적으로 요구된다.

이미 호주 농업물환경부는 선박부착생물 문제를 해결하기 위한 구체적인 정보와 지침 등을 제공하는 웹페이지를 운영함으로써 이해관계자로 하여금 앞으로 다가올 규제에 대응하기 위한 유연성을 제고할 수 있도록 지원을 제공하고 있다.²¹¹⁾ 뉴질랜드도 산업부(MPI)를

211) Australian Government Department of Agriculture, Water and the Environment(검색일: 2020. 3. 9)

중심으로 관련 정보를 제공하고 있으며, 나아가 뉴질랜드에 입항하는 국내외 선박이 준수해야 할 절차적 정보를 웹페이지를 통해 제공함으로써 규제대상자들의 이행력을 증진하고 있다.

해외 주요 국가들의 규제동향에 관한 정보제공도 필요하다. 2017년 우리나라 벌크선박이 선체부착생물의 축적문제로 인해 뉴질랜드 항만당국의 출항명령을 최초로 받은 사례²¹²⁾를 볼 때 해외 규제내용에 관한 지속적인 정보수집 및 제공은 필수적이다. 따라서 IMO 국제기준의 개발에 관한 최신 논의동향과 주요국의 선박부착생물에 관한 규제내용에 관한 정보제공 및 홍보를 위해 정부차원에서 헬프데스크(Help Desk)를 운영하거나 질의응답 업무를 담당하는 기관을 지정하는 방안을 검토해야 할 것이다.

(2) 기술개발 및 산업육성

선박부착생물의 국내적인 관리를 도모함에 있어 근본적인 기반이 되는 사항은 관련 기술의 개발과 산업의 육성이다. 앞서 제시한 바와 같이 선박부착생물의 관리를 통해 외래유해생물의 유입을 예방할 뿐 아니라 선박운항의 효율성을 증진할 수 있기 때문에 향후 선박부착생물 제거 관련 산업의 방향은 ‘선체관리(hull care)’방식으로 전환될 가능성이 높다. 더불어 선박부착생물에 대한 ① 부착방지기술, ② 제거기술, ③ 관리 및 평가기술, ④ 인증기술 등의 개발을 위해 국가 차원의 지원이 지속적으로 이루어질 필요가 있다. 호주의 경우 선체청소 기술 Envirocart의 지속적인 개발을 위해 국립에너지자원센터, Curtin 대학 등이 공동으로 참여한 프로젝트를 지원하고 있다. 나아가 선박을 포함한 포괄적인 선박부착생물의 문제를 해결하기 위한 기술개발

212) Seatrade Maritime Events(검색일: 2019. 8. 10)

을 국가주도로 진행하고 있는 점은 우리나라 선박부착생물의 기술개발정책이 나아가야 할 방향을 보여준다.

한편, 선박부착생물 제거산업을 활성화하기 위해 관련 업종에 대한 법적 근거의 마련이 우선적으로 요구된다. 국제기준이 점차 발전함에 따라 이행제도의 필요성이 가시적으로 드러남에도 불구하고 현재 우리나라는 이를 위한 근거 장치도 마련되지 않은 상황이다. 따라서 선박부착생물제거산업의 육성과 효과적인 관리를 위해 명시적으로 규정하고, 이를 기초로 관련 업무관리사항을 구체화할 필요가 있다.

(3) 관련 법제 개선방안

선박부착생물 관련 IMO 국제기준의 개발에 관한 최신동향과 주요 국가의 규제내용에 관한 정보제공 및 홍보를 위해 관련 법적 근거의 마련이 필요하다. 이를 위해 현행 「해양환경관리법」의 개정을 통해 해양환경관리 연구·기술개발 및 국제협력의 촉진 등에 관한 조문 신설이 요구된다. <표 4-3>과 같이 선박부착생물에 대한 기술개발 및 국제협력이 포함된 개념으로 ‘해양환경 관리’를 위한 기술개발 및 국제협력을 촉진하기 위한 내용으로 법률 개정(안)을 제시하였다.

〈표 4-3〉 선박부착생물의 기술개발 및 국제협력 관련 법률 개정(안)

현행 해양환경관리법	개정(안)
〈신설〉	제114조의2(해양환경관리를 위한 연구·기술 개발 및 국제협력의 촉진 등) ① 정부는 해양환경관리를 위한 연구·기술개발 및 국제협력을 촉진하기 위하여 필요한 경우에는 다음 각 호의 사항에 관한 시책을 마련하여야 한다. 1. 해양환경관리를 위한 연구·조사에 관한 사항 2. 해양환경관리를 위한 기술개발 및 관련 전문인력의 양성에 관한 사항 3. 해양환경관리에 따르는 외국 및 국제기구 등과의 정보교환, 공동 조사·연구 및 기술교류 등 국제협력에 관한 사항 ② 제1항에 따른 실태조사의 조사목적별 조사항목, 조사대상 지역의 선정, 조사의 방법, 그 밖에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다. ③ 해양수산부장관은 제1항 및 제2항에 따라 실시된 실태조사 결과를 해양환경정보체계에 전산화하여야 한다.

자료: 「해양환경관리법」의 내용을 기초로 저자 작성

한편 선박부착생물의 관리 기술개발과 산업육성을 지원하기 위한 근거조문의 마련도 필요하다. 다만, 「해양환경관리법」이 조장법(助長法) 보다는 규제법적 성격을 갖기 때문에 지원에 관한 규정을 마련하기에 다소 무리가 있는 것으로 보일 수 있다.

〈표 4-4〉 선박부착생물의 산업육성 관련 법률 개정(안)

현행 해양환경관리법	개정(안)
〈신설〉	제114조의3(민간기관 및 단체의 육성·지원) 정부는 체계적인 해양환경 관리를 위하여 관련 연구, 교육, 산업의 활성화 등의 업무를 수행하는 기관 또는 단체 등을 육성·지원할 수 있다.

자료: 「해양환경관리법」의 내용을 기초로 저자 작성

그러나 최근 제정된 환경관리규제법을 살펴볼 때 「환경친화적 선박의 개발 및 보급 촉진에 관한 법률」이나 「항만지역등 대기질 개선에 관한 특별법」과 같이 환경관리를 촉진하기 위한 차원의 지원규정은 어느 정도 허용이 되는 것으로 보인다. 따라서 「해양환경관리법」상 민간기관 및 단체의 육성·지원 근거를 마련하기 위한 입법을 고려할 수 있다.

한편, 선박부착생물의 체계적이고 전문적인 관리를 위해서는 「해양환경관리법」의 대상범위 내로 ‘(가칭)선박부착생물 제거업’을 새로운 업태로 편입할 필요가 있다. 즉, 현재 「해양환경관리법」 제70조는 해양오염방제법과 유창청소업만을 해양환경관리업으로 규정하고 있는데, 선박부착생물제거업을 해양환경관리업의 일부로 추가함으로써 법적 관리 근거를 마련하는 것이 필요하다.

‘(가칭)선박부착생물 제거업’에 적합한 선박, 장비, 설비기준과 자격기준에 대해 규정함으로써 전문업체가 해양오염을 발생하지 않는 방식으로 선박부착생물을 제거하고 사후 모니터링을 실시할 수 있는 제도적 기반이 될 것으로 기대된다.

〈표 4-5〉 선박부착생물제거업 관련 법률 개정(안)

현행 해양환경관리법	개정(안)
제70조(해양환경관리업) ① 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 사업(이하 “해양환경관리업”이라 한다)을 영위하려는 자는 대통령령이 정하는 바에 따라 해양경찰청장에게 등록하여야 한다. 1. 삭제 2. 해양오염방제업: 오염물질의 방제에 필요한 설비 및 장비를 갖추고 해상에 배출되	제70조(해양환경관리업) ① 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 사업(이하 “해양환경관리업”이라 한다)을 영위하려는 자는 대통령령이 정하는 바에 따라 해양경찰청장에게 등록하여야 한다. 1.(현행과 같음) 2.(현행과 같음)

현행 해양환경관리법	개정(안)
거나 배출될 우려가 있는 오염물질을 방제하는 사업 3. 유창청소업(油艙清掃業): 선박의 유창을 청소하거나 선박 또는 해양시설(그 해양시설이 기름 및 유해액체물질 저장시설인 경우에 한정한다)에서 발생하는 해양수산부령으로 정하는 오염물질의 수거에 필요한 설비 및 장비를 갖추고 그 오염물질을 수거하는 사업 4. 삭제 5. 삭제 ② 해양환경관리업의 등록을 하려는 자는 대통령령이 정하는 바에 따라 해당 분야의 기술능력을 보유하여야 하며, 해양수산부령으로 정하는 선박·장비 및 설비 등을 갖추어야 한다. ③(생략)	3.(현행과 같음) 4.(현행과 같음) 5.(현행과 같음) 6. <u>선박부착생물제거업: 선박부착생물의 제거에 필요한 설비 및 장비를 갖추고 해역에 유입되거나 유입될 우려가 있는 오손생물을 제거하는 사업</u> ②(현행과 같음) ③(현행과 같음)

자료: 「해양환경관리법」의 내용을 기초로 저자 작성

제 5 장

결론 및 정책 제언

제1절 요약 및 결론

선박의 선체를 살펴보면 상단부와 하단부에 다른 색상으로 칠해져 있는 것을 알 수 있다. 이는 선박의 하단부가 바닷물에 잠기는 높이를 통해 선적된 화물의 무게를 확인하기 위한 것인데 바닷물에서도 쉽게 식별할 수 있도록 빨간색을 주로 사용하고 있다.²¹³⁾ 선박의 상하부가 색깔이 다른 도료로 칠해져 있는 또 다른 이유는 선박부착생물을 방지하기 위하여 바닷물과 닿는 하단부에만 방오도료를 칠하기 때문이다. 선박부착생물은 주로 선박의 프로펠러, 앵커, 체인 및 선체 외판 부위에 발생하게 된다. 선박에 부착생물이 0.01mm 거칠어질 때마다 마찰로 인한 연료소모가 0.3~1%까지 증가한다고 한다.²¹⁴⁾

또한 선박부착생물이 발생하게 되면 운항선박의 마찰저항이 증가하

213) EBN(검색일: 2020. 1. 30)

214) *Ibid.*

게 되는데, 연료소모율은 최대 약 40%까지 증가하고 온실가스(GHG) 배출량도 함께 증가할 수 있는 것으로 보고되고 있다.²¹⁵⁾ 우리나라의 무역 의존도는 2017년에 68.8%로 전체 GDP(국내총생산)에서 차지하는 비중이 높은 편이다. 또한, 지난 10년간 수송량(톤)을 기준으로 우리나라 수출입 화물의 약 99.7%는 해상운송의 방식으로 수송되었고, 나머지 0.3%는 항공을 통해 이루어질 정도로 해상운송 비중은 절대적이다.²¹⁶⁾

2018년 기준으로 정기 외항선은 컨테이너선 219척, 여객선 2척이 운항되고 있으며, 부정기선으로는 화물선 687척, 컨테이너선 19척, 유조선 442척, 기타 선박 18척 등 총 1,387척의 외항선이 운항되고 있다.²¹⁷⁾ 따라서 선박부착생물을 통해 외래 침입종이 우리나라 해양 생태계에 유입될 가능성이 높은 상황이다.

본 연구의 목적은 선박부착생물의 관리 현황을 살펴보고 IMO 및 주요국의 규제 및 최근 동향을 분석함으로써, 우리나라의 선박부착생물 관리정책에 어떠한 문제점과 한계요인이 있는지 도출하고, 이를 개선하기 위한 정책적·제도적 개선방안을 제시하는 데 있다.

본 연구의 제1장 서론에서는 연구배경과 연구목적을 제시하고, 선행연구에 대하여 분석하였다. 이어 제2장에서는 선박부착생물의 관리와 관련된 국내 법률과 정책에 대해 분석하였다. 「해양환경관리법」, 「해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률」, 「선박평형수 관리법」 등 관련 법률의 해양생태계교란생물, 유해해양생물, 선박 방오시스템, 선박평형수 등에 대한 정책, 기술개발, 규율내용에 대해 살펴보았다. 이들 법률에서는 선박부착생물의 유입 방지, 제거, 제거 후 사후관리

215) 현봉길 외(2018), p. 786.

216) 박수진 외(2019), pp.129~129.

217) 한국해양수산개발원(2019), p. 24.

등에 대한 명확한 규정은 없는 상황이다. 제3장에서는 선박부착생물에 대한 국제협약상 규제 및 주요국의 법률 및 정책에 대해 비교·분석하였다. 즉, IMO 협약과 2011 선박부착생물 지침, 유엔해양법협약과 생물다양성협약, IUCN에서의 선박부착생물과 관련한 관리 및 최근 논의동향에 대해 분석하였다. 또한 최근 선박부착생물에 대한 자국 내 규제를 강화하고 있는 호주와 뉴질랜드, 미국의 관련 법률과 정책 내용에 대해 살펴보았다. IMO는 ‘선박의 유해방오시스템 사용 규제에 관한 국제협약(AFS 협약)’을 통해서 선박 방오시스템의 규제 요건, 점검, 협약위반 사항, 검사 등에 대해 규정하고 있다. 또한 ‘침입 수생생물종의 이동을 최소화하기 위한 선박부착생물의 통제 및 관리를 위한 2011 지침’을 통해서 선박에서 기인하는 외래 선박부착생물의 침입 문제에 대한 국제적인 대응을 위한 기반을 마련하였다. 2011 선박부착생물 지침은 선박부착생물의 유입을 최소화하기 위한 조치 가운데 하나로 선박부착생물 관리계획서와 기록부를 선박에 비치하도록 권고하고 있다. 2020년 2월에 개최된 제7차 해양오염방지 대응 전문위원회를 통해서 2011 선박부착생물 지침의 실효성 제고를 위한 논의를 진행하였으며, 향후 통신작업반을 통해서 추가적인 검토를 진행하기로 합의하였다. 유엔해양법협약과 생물다양성협약, IUCN도 해양환경의 보호, 침입외래종의 관리와 생물다양성 보전을 위한 세부 규정과 지침 등을 포함하고 있다는 점은 IMO에서 이루어지는 선박부착생물에 대한 논의가 국제기구 간 긴밀하게 협력이 필요한 대상이라는 점을 시사하고 있다.

호주는 2015년부터 「생물보안법」을 제정하여 입국과 동식물 검역뿐 아니라 선박평형수 관리까지 포함하는 포괄적인 생물보안을 위한 제도적인 기반을 마련하고 있다. 또한 호주는 ‘국가 부착생물 관리지

침'과 '방오 및 수증청소 지침'을 해사산업계, 선주, 부착생물관리운영자 등에 대해 부문별로 정보와 권고사항을 제공함으로써 대상자의 이해를 증진하고, 효율적인 통제 및 관리를 도모하고 있다.

뉴질랜드는 생물보안의 관점에서 법률과 관련 지침을 제정하여 선박부착생물을 체계적으로 관리하고 있는 것이 특징이다. 선박부착생물 관리지침을 시행하기 이전에 충분한 계도기간을 갖고, 과학적인 연구와 함께 관리 기술 규범을 마련하였다는 점에서 우리나라가 향후 단계별 입법을 추진하는 데 시사하는 바가 크다. 미국 환경청(EPA)은 선박의 선체, 배관 및 탱크 부착 생물을 주기적으로 제거하도록 의무화하고 있고, 유지보수에 대한 상세한 절차 및 방법에 대해 규정하고 있다. 캘리포니아 주는 환경청과는 별도로 캘리포니아 주 법에 따라 선박부착생물 관리에 관한 보다 엄격한 규정을 운영하고 있다.

제4장에서는 현재 선박부착생물의 관리현황과 문제점을 살펴보고 향후 정책방향을 제시하였다. 동시에 선박부착생물을 체계적으로 관리하기 위한 구체적인 정책적·제도적 개선방안도 함께 제시하였다. 이 과정에서 선박부착생물에 관한 정책수립, 연구개발을 담당하고 있는 해양수산부, 전문가들 대상으로 면담조사 및 업무협의, 세미나를 진행하였으며, 산업계 간담회를 통해서 정책개선 방안의 현장 적용성을 높이하고자 노력하였다.

선박부착생물 관리정책의 문제점 및 한계요인은 첫째, 선박부착생물에 대한 실태조사 및 통계가 미비하고, 둘째, 선박부착생물의 관리에 대한 법적근거 미흡한 상황이다. 셋째, 선박부착생물의 세부 관리기준이 마련되어 있지 않으며, 끝으로 선박부착생물 제거과정에서 나타는 환경적, 안전상 문제가 내재되어 있는 상황이다.

이러한 선박부착생물에 대한 관리상의 문제점과 한계를 개선하기 위해서는 우선 정책목표와 우선순위를 명확히 하는 것이 필요하다. 둘째, 선박부착생물에 대한 사전예방적 해양환경 관리체계를 구축하고, 셋째, 정책방향을 설정하는 경우에 해양환경정책과 산업정책의 조화가 필요하며, 넷째, 단계별 법령 정비작업을 지속적으로 추진하여야 한다. 끝으로 국내 선박부착생물 관리기술의 경쟁력을 강화하기 위한 지속적인 지원과 개발이 이루어져야 할 것이다.

본 연구에서는 선박부착생물에 대한 선제적 대응을 위한 세부적인 정책개선 방안을 살펴보면, 첫째, 선박부착생물의 사전예방적 관리를 위한 실태조사 및 DB 구축이 필요하며, 위해성 평가체계를 도입하여야 한다는 점을 강조하였다. 둘째, 선박부착생물의 친환경적인 제거와 사후관리를 위한 ‘(가칭)선박부착생물 관리지침’을 마련하여야 할 것이다. 이는 현 시점에서 「해양환경관리법」 등 관련 법률에 대한 개정작업을 서두르기보다는 IMO의 2011 선박부착생물 지침의 자발적 준수를 촉진하고, 해운업계가 대비할 수 있도록 정책적 지원을 도모하기 위한 조치이다.

셋째, 선박부착생물에 대한 실효적 관리를 위하여 최근 활발하게 진행되고 있는 IMO 해양오염방지 전문위원회의 논의에 적극적으로 참여하는 것이 필요하다. 더불어 IMO와 주요국의 규제에 대응하기 위하여 해운업계, 연구계 등에 대한 선박부착생물 관련 정보제공과 헬프데스크 운영, 질의응답 등의 정책지원 기능을 강화해 나가야 할 것이다. 한편, 선박부착생물의 부착방지기술, 제거기술, 관리 및 평가기술, 인증 기술 등의 개발을 위한 정책적·재정적 지원과 법령 개선이 필요하다.

제2절 정책 제언 및 한계

1. 정책 제언

BIMCO(Baltic and International Maritime Council)가 2019년에 6개월의 기간 동안 총 38개사, 2,205척 선박의 선주를 대상으로 실시한 설문결과에 따르면, 선박부착생물 관리계획서 작성 시에 'IMO 2011 선박부착생물 지침'을 고려하고 있는 것으로 나타났다. 선박부착생물의 관리에 대한 선주들의 수요는 증가하고 있으나, 수중청소의 설비가 부족하고, 항만에서 청소활동을 규제함에 따라 선체 및 취약구역에 대한 검사 및 처리에 어려움을 겪고 있는 것으로 나타났다.²¹⁸⁾ 즉 선박부착생물에 대한 관리를 위한 정책은 필요하며, 선박부착생물의 제거 또는 청소를 위한 수요에 비해 시설이 부족하고, 검사 및 처리를 위해 소요되는 시간과 비용에 산업계는 애로사항이 있다.

본 연구에서는 선박부착생물의 관리과정에서 나타나는 문제점과 한계요인을 분석하기 위해서 해양수산부 해사산업기술과, 관련 전문가와의 심층인터뷰, 세미나, 산업계 간담회 등을 실시하였다. 또한, IMO, 생물다양성협약 등 국제규범과 호주, 뉴질랜드, 미국 등 주요국의 선박부착생물 관련 규제와 논의동향을 분석하였다. 그 결과를 종합한 선박부착생물 관리정책의 개선방안으로 다음의 네 가지 방안을 제시하였다.

1) 사전예방적 선박부착생물의 관리를 위한 제언

‘사전예방적 접근법(precautionary approach)’에 따라 선박부착생

218) IMO, PPR 7/7/1.

물에 대한 관리가 이루어져야 한다. 이를 위해 첫째, 선박부착생물이 얼마나 유입되고 이를 어떻게 제거하는지에 대한 정확한 실태조사가 이루어져야 한다. 둘째, 즉, 입출항 외국선박의 종류와 척수, 외래종의 분포 및 생태계 교란 현상, 방오도로 제거에 따른 화학 물질 생성, 선박부착생물의 제거방식, 제거 후 사후처리 등 통계학적·생물학적·화학적 측면에서 종합적으로 조사·연구하여 데이터베이스 체계를 구축할 필요가 있다. 중기적으로는 해양수산통계시스템과 연동된 ‘선박부착생물 빅데이터 시스템’으로 구축해 나가야 할 것이다. 셋째로는 선박부착생물을 「해양생태계법」상 해양생태계교란생물로 지정하거나 위해성 평가체계를 도입하여 운영하는 것이 필요하다.

〈표 5-1〉 사전예방적 선박부착생물의 관리를 위한 정책 제언

구분	개선사항	정책화·제도화 방안
사전예방적 관리	선박부착생물 실태조사 및 DB 구축	• 입출항 외국선박의 종류와 척수, 외래종의 분포 및 생태계 교란 현상, 방오도로 제거에 따른 화학물질 생성 등 실태조사 • 선박부착생물의 제거방식, 제거 후 사후처리에 관한 실태조사 • 중기적으로 선박부착생물 빅데이터시스템 구축·운영
	교란종 지정 및 위해성평가	• 해양생태계교란생물로의 지정 • 선박부착생물 위해성 평가체계 도입

자료: 저자 작성

2) 선박부착생물의 친환경적 제거 및 사후관리를 위한 제언

선박부착생물을 제거하는 작업은 선박을 운항하기 위해 필수적으로 요구된다. 또한 우리나라와 외국을 오가는 상선의 규모는 상당하며, 크루즈 여객선의 입출항도 지속적으로 이루어지고 있다. 그러한 점에서 선박부착생물로 인해 침입성 외래 생물의 국내 유입 가능성은 높은

상황이다. 선박부착생물의 제거과정에서 해양생태계를 교란시킬 우려가 높으므로, 친환경적으로 선박부착생물을 제거하고 사후 처리할 수 있도록 ‘(가칭)선박부착생물 관리지침’이 마련되어야 할 것이다.

〈표 5-2〉 선박부착생물의 친환경적 제거 및 사후관리를 위한 정책 제언

구분	개선사항	정책화·제도화 방안
친환경적 제거 및 사후관리	친환경적 선박부착생물의 제거	• ‘(가칭)선박부착생물 관리지침’의 제정 • 선박부착생물의 제거기준과 방식과 대상 선박, 사후처리절차 명확화 • 육상제거방식은 선박종류, 크기, 「폐기물관리법」상 육상처리 연계규정 마련 • 수중제거 방식의 경우 대상선박, 지정해역, 지정장소의 시설 및 설비요건, 탈락된 생물의 포집·사후 육상 처리를 위한 절차 규정
	사후관리	• 선박부착생물 제거 후 모니터링 • 해양환경과 해양생태계에 미치는 영향 평가 및 관리방식 개선을 위한 정책환류체계 마련

자료: 저자 작성

선박부착생물의 제거기준과 제거방식과 대상 선박, 사후처리를 위한 구체적인 사항도 제시되어야 하는데, 우선 선박부착생물을 도크에 올려서 제거하는 것이 바람직한 선박의 종류, 크기에 대한 기준을 설정하여야 할 것이다. 또한 만약 수중제거 방식을 허용할 경우에는 대상 선박의 범위 설정과 더불어 제거를 위한 지정해역 또는 지정장소의 시설 및 설비 요건, 탈락된 생물의 포집·사후 육상 처리를 위한 절차 등에 대한 사항도 관리지침을 통해 제시되어야 할 것이다. 더불어 선박부착생물을 제거한 후 모니터링, 해양환경과 해양생태계에 미치는 영향 평가 및 관리방식을 개선하는 정책환류체계(feed-back)가 마련되어야 한다.

아직까지 IMO가 법적 구속력을 갖는 협약이나 부속서 형태로 선박

부착생물을 규제하고 있지 않은 현 시점에서 선박부착생물의 제거기준과 방식을 「해양환경관리법」에서 바로 규제하는 것은 적절하지 않다. 따라서 ‘(가칭)선박부착생물 관리지침’을 제정하여 정책 수용성을 높이는 것이 필요하다. 한편, 선박부착생물을 제거한 후 모니터링, 해양환경과 해양생태계에 미치는 영향에 대한 사후관리가 이루어져야 한다.

3) IMO규제 대응 및 기술개발·산업육성을 위한 제언

2020년 2월에 개최된 ‘제7차 해양오염방지대응 전문위원회’ 회의에서 개설된 통신작업반(CG)의 작업을 통해서 선박부착생물관리를 위한 국제기준이 보다 구체적으로 개발될 것으로 전망된다. 따라서 향후 관련 IMO 논의동향에 대한 보다 적극적인 검토와 국내 이해관계자에 대한 정보제공이 요구된다. 따라서 IMO 국제기준의 개발에 관한 최신 논의동향과 주요국의 선박부착생물에 관한 규제내용에 관한 정보제공 및 홍보를 위해 정부차원에서 헬프데스크(Help Desk)를 운영하거나 질의응답 업무를 담당하는 기관을 지정하는 방안을 검토해야 할 것이다.

한편, 선박부착생물의 관리를 통해 외래유해생물의 유입을 예방할 뿐 아니라 선박운항의 효율성을 증진할 수 있기 때문에 향후 선박부착생물 제거 관련 산업의 방향은 ‘선체관리(hull care)’방식으로 전환될 가능성이 높다. 이를 위해서는 선박부착생물에 대한 ① 부착방지 기술, ② 제거기술, ③ 관리 및 평가기술, ④ 인증기술 등의 개발을 위한 국가 차원의 지원이 지속적으로 이루어질 필요가 있다.

한편, 선박부착생물의 관리 기술개발과 산업육성을 지원하기 위한 근거조문의 마련도 필요하다. 선박부착생물의 체계적이고 전문적인 관리를 위해서는 ‘(가칭)선박부착생물 제거업’을 「해양환경관리법」 상

해양환경관리업의 일부로 추가하는 것이 필요하다. ‘(가칭)선박부착생물 제거업’에 적합한 선박, 장비, 설비기준과 자격기준에 대해 규정함으로써 전문업체가 해양오염을 발생하지 않는 방식으로 선박부착생물을 청소·제거하고 사후 모니터링을 실시할 수 있을 것으로 기대된다.

〈표 5-3〉 IMO규제 대응 및 기술개발·산업육성을 위한 정책 제언

구분	개선사항	정책화·제도화 방안
IMO 규제 대응 및 기술개발· 산업육성	IMO 논의 및 주요국의 규제 대응 지원	• IMO ‘제7차 해양오염방지대응 전문위원회’ 등 선박부착생물 관련 논의에 대한 적극 대응 • 연구계 및 산업계에 대한 정보제공 • 헬프데스크 운영, 질의응답 기관 지정
	기술개발 및 산업육성	• ① 선박부착 방지기술, ② 제거기술, ③ 관리 및 평가기술, ④ 인증기술 등의 개발을 위한 지속적 지원 • 「해양환경관리법」상 ‘(가칭)선박부착생물 제거업’의 신설을 통한 선박부착생물의 전문적이고 체계적인 관리

자료: 저자 작성

한편, 선박부착생물의 관리 기술개발과 산업육성을 지원하기 위한 근거조문의 마련도 필요하다. 선박부착생물의 체계적이고 전문적인 관리를 위해서는 ‘(가칭)선박부착생물 제거업’을 「해양환경관리법」상 해양환경관리업의 일부로 추가하는 것이 필요하다. ‘(가칭)선박부착생물 제거업’에 적합한 선박, 장비 및 설비 기준과 자격기준에 대해 규정함으로써 해양오염을 발생하지 않는 방식으로 선박부착생물을 제거하고 사후 모니터링을 실시할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 선박부착생물의 방지기술, 제거기술, 관리 및 평가기술, 인증기술의 개발과 관련 산업 육성을 위한 제도적 근거를 명문화함으로써 국제 경쟁력을 제고할 수 있을 것이다.

2. 연구의 한계 및 후속연구

이번 연구는 선박부착생물에 대한 관리체계의 문제점과 한계가 무엇인가를 분석하고, 향후 정책 개선방안을 제시하는 데 그 목적이 있다. 이에 국내 관련 법률과 정책, 연구개발 등에 관한 최근 동향을 분석하였으며, IMO AFS 협약 및 ‘2011 선박부착생물 지침’, 2020년 2월의 해양오염방지대응 전문위원회의 회의결과, 생물다양성협약, IUCN 지침 등 관련 국제규범과 기구의 논의동향도 분석하였다. 더불어 우리나라의 선박이 호주, 뉴질랜드, 미국, 캘리포니아 주에 입항하는 경우에 강화된 선박부착생물 관리 법률과 관련 지침을 준수해야 하므로 그에 대한 심층적인 분석을 실시하였다. 또한 선박부착생물 관리정책의 문제점과 한계를 개선하기 위한 정책과 법률 개선방안도 제시하였다. 다만, 본 연구는 6개월이라는 짧은 기간 동안 제한된 예산으로 수행되었기 때문에 선박부착생물 관리를 위한 구체적인 기준 및 절차의 개발, 이해관계자의 의견수렴 등을 위한 후속 연구를 통해 시급히 보다 구체화된 정책 대안을 마련하는 것이 필요하다. 특히, 그동안 선박부착생물에 대한 연구는 기술개발에 대한 연구를 중심으로 이루어져 왔으므로, 향후에는 기술개발과 정책·법제도 개선 연구 간의 균형적인 접근이 중요하다.

특히, IMO가 2020년 2월에 통신작업반을 통해서 ‘2011 선박부착생물 지침’의 실효성 제고를 위하여 세부 기준 및 절차 등을 검토하고, 이를 개선하기 위한 논의가 본격화될 것으로 전망되고 있다. 따라서 선박부착생물에 관한 국제협상 대응 및 관련 국내정책 개선을 위한 후속 정책연구도 시급히 이루어져야 할 것이다.

또한 미국 크레텐스 연구소가 최근에 발간한 ‘글로벌 선박부착생

물 제거시장-성장, 미래 전망 그리고 경쟁 분석(2017~2025) 보고서’에 따르면, 선박부착생물 제거시장은 2017년부터 2025년간 연평균 성장률 6.1%씩 성장할 것으로 전망되고 있다. 이에 능동적으로 우리나라의 기술경쟁력을 제고하고, 관련 산업을 선점하기 위한 정부의 행정적, 재정적 지원방안 마련과 관리지침 및 법률 정비방안을 마련하기 위한 후속 연구도 지속적으로 이루어져야 할 것이다. 이와 관련하여 2019년 8월부터 진행되고 있는 ‘해양 Bio-Fouling 제거 기술개발사업 공모형 기획연구’에서 제시될 예정인 해양부착생물 제거기술 개발 로드맵과 세부과제는 정책개발 연구와 상호 연계적으로 진행되어야 할 것이다. 또한 그 과정에서 선박부착생물 관련 정책부서, 연구계, 산업계, 해양환경 관련 기관 등의 참여와 협력이 필요하다.

끝으로 후속 연구에서는 선박부착생물에 대한 관리정책과 제도의 개선에 대한 관련 연구계와 산업계에 대한 충실한 의견수렴과 정책 및 제도 개선에 수반되는 비용효과와 규제영향 분석 등을 통해서 본 연구에서 제시한 정책방안이 구체적으로 실현되길 기대한다.

참고문헌

〈국내 문헌〉

- 국토해양부, 『한국의 해양 외래종』, 2010.
- 국토해양부, 『2011 해양생태계교란생물 조사·관리사업 연구 결과 보고』, 2012.
- 김재현, 권오억, 「이산화탄소를 이용한 해양생물 부착 억제에 관한 연구」, 『환경관리학회지』, 제22권 제2호, 2016.
- 김홍균, 『환경법(제3판)』, 홍문사, 2010.
- 박병도(2007), 『국제환경책임법론』, 집문당, 2007.
- 박수진, 「선박부착생물에 대한 전략적 대책 마련 시급히 필요」, 『KMI 월간동향』, 7월호, 2018. 7.
- 박수진·김대경·김주현·이혜영·안지은, 『유엔 BBNJ 신 공해질서에 대응한 정책 방안 연구』, 한국해양수산개발원, 2019.
- 박영준, 「선박부착생물 제거시장 및 기술」, 『산업계간담회 발표자료집』, 2019.
- 박정경, 「Biofouling 제거 및 관리기술 동향」, 『전문가워크숍 발표자료집』, 2019.
- 박종원, 『외래동·식물로 인한 환경피해 방지를 위한 법제 연구』, 한국법제연구원, 2010.
- 박춘호·김한택, 『국제해양법』, 서울: 서울경제경영, 2011.
- 석지훈, 「선체부착생물오손의 규제에 관한 연구」, 『해사법연구』 제30권 제1호, 한국해사법학회, 2018.
- 신경순·장민철·강정훈, 「선체 Biofouling 기인 위해생물 이동저감의 선제적 대응」, 선박평형수센터·남해특성연구센터, 파워포인트 발표자료, 2015.
- 신경순, 「국제 선박평형수 관리협약 동향」, 한국해양과학기술원, 2016.
- 양준혁, 「선박평형수관리협약 발효 및 이행방안」, 『전문가워크숍 발표자료집』, 한국해양수산개발원, 2019.
- 이지현, 「Biofouling 제거 및 관리기술 동향」, 『전문가워크숍 발표자료』, 한국해양수산개발원, 2019a.

- 이지현, 『해양 bio-fouling 제거 및 관리기술개발 기획연구 수행을 위한 사전기획 보고서』, 해양수산과학기술진흥원, 2019b.
- 정균식, 「선체 해양생물의 선저오염이 엔진성능과 출력에 미치는 영향」, 『한국마린 엔지니어링학회지』 제39권 제4호, 2015.
- 최재선, 「선박 물밸러스트의 국제적 규제동향과 우리나라의 대응방향」, 『해양정책 연구』, 한국해양수산개발원, 2002.
- 한국해양수산개발원 편, 박수진 저, “해양환경보호제도”, 『대한민국의 해양법 실행』, 일조각, 2017.
- 한국해양수산개발원, 『통계 핸드북(해운·항만분야)』, 2019.
- 해양수산부, 『제1차 해양생태계 보전·관리 기본계획』, 2009.
- 해양수산부, 『해양수산 R&D 중장기계획(‘14~’20)(안)』, 2014.
- 해양수산부, 『선박평형수 관리 선박직원 교육매뉴얼』, 2017.
- 해양수산부, 『해양생태계 보전·관리 기본계획 이행 성과평가 연구』, 2018.
- 해양수산부, 『해양생태계 보전·관리 기본계획 집행결과(‘17~’18) 보고서』, 2019.
- 해양수산부, 『해수부, 해양생태계교란생물의 관리 강화한다』, 보도자료, 2019. 10.
- 해양수산부, 『제7차 해양오염방지대응 전문위원회(PPR) 회의 결과 보고』, 2020.2.
- 해양수산부·해양환경공단, 『외래해양생물 및 유해해양생물의 관리체계 개선방안 연구』, 2015.
- 현봉길·장풍국·신경순·강정훈·장민철, 「선체부착생물관리와 수중제거기술」, 『한국해양환경안전학회지』, 제24권 제6호, 2018.
- 홍현정·이현우·윤익준, 『생물안전 법제 기초 연구』, 한국환경정책·평가연구원, 2015.
- E&CO, 해양 Bio-Fouling 제거 기술개발사업 공모형 기획연구 발표자료, 2019.8.

〈국외 문헌〉

American Bureau of Shipping, Guidance notes on Biofouling Management Plans, 2019.

Australian Government Federal Register of Legislation, Biosecurity Act 2015, No. 61, 2015.

California State Lands Commission, Guidance Document for Biofouling Management Regulations to Minimize the Transfer of Non indigenous Species from Vessels Arriving at California Ports, 2017.

CBD/COP/DEC/VI/23.

CBD/COP/DEC/VII/13.

CBD/COP/DEC/XII/16.

CBD/COP/DEC/14/11.

Curran., Andrew, Bredan O'Connor, Carolyn Lowe and Evan King, *Analyzing the Current Market of Hull Cleaning Robots*, United States Coast Guard, 2016.

IMO, Guidance for Evaluating the 2011 Guidelines for the control and management of ships' biofouling to minimize the transfer of invasive aquatic species(MEPC.1/Circ.811).

IMO, Review of the 2011 Guidelines for the control and management of ships' biofouling to minimize the transfer of invasive aquatic species (MEPC.207(62)).

IMO, 2011 Guidelines for the control and management of ships' biofouling to minimize the transfer of invasive aquatic species(Resolution MEPC.207(62) Annex 26)

IMO, PPR 7/7/1.

IMO, PPR 7/7/2.

IMO, PPR 7/7/4.

IMO, PPR 7/INF.3.

IMO, PPR 7/INF.7.

International Convention on the Control of Harmful Anti-Fouling Systems on Ships, 2001 (AFS/CONF/26)

IUCN, *100 of the World's Worst Invasive Alien Species*, 2004.

IUCN, *Guidelines for invasive species planing and management on islands*, 2018.

MPI, *Science underpinning the thresholds proposed in the CRMS: Biofouling on vessels arriving to New Zealand*, 2014.

MPI, *Biofouling on Vessels Arriving to New Zealand : CRMS-BIOFOUL*, 2018a.

MPI, *Technical Guidance on Biofouling Management for Vessels Arriving to New Zealand*, 2018b.

MPI, *The Craft Risk Management Standard for Biofouling : Frequently Asked Question*, 2018c.

SCOPE, IUCN and CAB International, *Global Strategy on Invasive Alien Species*, 2011.

USEPA 2013 VGP §4.1.3

USEPA 2013 VGP §2.2.23

〈인터넷 자료〉

국가법령정보센터, <http://www.law.go.kr/> (검색일: 2020. 2. 5)

국민일보, <http://news.kmib.co.kr/article/view.asp?arcid=0923327246> (검색일: 2020. 2. 5)

국제해사기구, 선박부착생물 설명자료, <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Biofouling/Pages/default.aspx> (검색일: 2019. 9. 3)

국제해사기구, AFS 협약 채택 및 가입·비준 자료, <http://www.imo.org/en/About/Conventions/StatusOfConventions/Documents/Status%20-%202020.pdf> (검색일: 2019. 2. 3)

국제해사기구, Glofouling Partnership Project 자료, <https://www.glofouling.imo.org/the-project> (검색일: 2020. 2. 4)

네이버 블로그, <https://blog.naver.com/koempr/221529565712> (검색일: 2019. 11. 2)

네이버 블로그, 「바닷속 불청객 알고보니 청정에너지 연료네_유령명게」, <https://blog.naver.com/roma714/70171293613> (검색일: 2019. 8. 20)

네이버 블로그, <https://m.blog.naver.com/ulsan-port/221045385170> (검색일: 2019. 8. 20)

네이버 사전, <https://terms.naver.com/entry.nhn?docId=373258&cid=50328&categoryId=50328> (검색일: 2019. 8. 1)

노컷뉴스, <https://www.nocutnews.co.kr/news/4945679> (검색일: 2019. 11. 5)

뉴스핌, <https://www.newspim.com/news/view/20190416000623> (검색일: 2019. 11. 2)

뉴시스, <https://news.naver.com/main/read.nhn?mode=LSD&mid=sec&sid1=102&oid=003&aid=0003726089> (검색일: 2019. 10. 1)

뉴질랜드 보전부, <https://www.doc.govt.nz/nature/habitats/marine/new-zealands-marine-environment/> (검색일: 2019. 12. 10)

뉴질랜드 산업부, <https://www.mpi.govt.nz/importing/border-clearance/vessels/arrival-process-steps/biofouling/biofouling-management/> (검색일: 2019. 12. 10)

뉴질랜드 입법, <http://www.legislation.govt.nz/act/public/1993/0095/latest/DLM314623.html> (검색일: 2020. 2. 6)

동아일보, <http://www.donga.com/news/article/all/20071116/8512405/1> (검색일: 2019. 8. 20)

- 문화일보, <http://www.munhwa.com/news/view.html?no=2017111001071427098001> (검색일: 2019. 8. 20)
- 미국 캘리포니아 주정부, https://www.slc.ca.gov/wp-content/uploads/2018/10/4_8_GuidanceDoc.pdf (검색일: 2020. 10. 2)
- 서울디지털신문, <http://sdnn.co.kr/article/24482> (검색일: 2020. 2. 5)
- 세계법제정보센터, http://world.moleg.go.kr/web/wli/lgsInfoReadPage.do?CTS_SEQ=20879&AST_SEQ=2147&ETC=0 (검색일: 2019. 12. 10)
- 식품저널, <http://www.foodnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=69006> (검색일: 2019. 8. 1)
- 에코애포처, <http://www.ecofuturenetwork.co.kr/news/articleView.html?idxno=13752> (검색일: 2020. 2. 5)
- 연합뉴스, <https://www.yna.co.kr/view/AKR20190118121100057?input=1195m> (검색일: 2020. 2. 20)
- 외교부 조약정보, http://www.mofa.go.kr/www/wpge/m_3835/contents.do (검색일: 2019.9.10)
- 위키피디아, https://ko.wikipedia.org/wiki/%EC%BD%9C%EB%A0%88%EB%A5%B4%ED%8C%8C_%ED%83%81%EC%8B%9C%ED%8F%B4%EB%A6%AC%EC%95%84 (검색일: 2019. 8. 20)
- 조선닷컴, https://news.chosun.com/site/data/html_dir/2016/09/12/2016091200141.html (검색일: 2019. 10. 20)
- 조선비즈, https://biz.chosun.com/site/data/html_dir/2018/12/26/2018122601837.html (검색일: 2019. 11. 21)
- 팍스넷뉴스, <https://paxnetnews.com/articles/57709> (검색일: 2020. 3. 2)
- 해양수산부 공식 블로그, <https://blog.naver.com/koreamof/221667973012> (검색일: 2019. 8. 20)
- 해양수산통계시스템, <http://www.mof.go.kr/statPortal> (검색일: 2019. 1. 2)

해양한국, <http://monthlymaritimekorea.com/news/articleView.html?idxno=21990> (검색일: 2019. 8. 30)

환경데일리, <http://ecoday.kr/news/newsview.php?ncode=1065595496490904> (검색일: 2019. 10. 20)

ABC Diving® Ltd, <https://www.abcdiving.com/pages/cleaning/shipcleaning.html> (검색일: 2019. 10. 3)

Australian Government Department of Agriculture, Water and the Environment, Anti-Fouling and In-Water Cleaning Guidelines 자료, <https://www.agriculture.gov.au/sites/default/files/sitecollectiondocuments/animal-plant/pests-diseases/marine-pests/antifouling-consultation/antifouling-guidelines.pdf> (검색일: 2020. 2. 5)

Australian Government Department of Agriculture, Water and the Environment, The Biosecurity Act 2015 자료, <https://www.agriculture.gov.au/biosecurity/legislation/biosecurity-legislation#your-obligations> (검색일: 2020. 2. 5)

Australian Government Department of Agriculture, Water and the Environment, Consultation Regulation Impact Statement 자료, <https://www.agriculture.gov.au/biosecurity/avm/vessels/marine-pest-biosecurity/biofouling/consultation-reg-impact-statement> (검색일: 2020. 2. 5)

Australian Government Department of Agriculture, Water and the Environment, Marine Pests 자료, <https://www.agriculture.gov.au/pests-diseases-weeds/marine-pests> (검색일: 2020. 2. 5)

Australian Government Marine Pests, <https://www.marinepests.gov.au/what-we-do/publications#1> (검색일: 2020. 2. 5)

Australian Institute of Marine Science, https://www.aims.gov.au/docs/media/latest-releases/-/asset_publisher/8Kfw/content/scientists-combine-forces-to-find-solutions-to-biofouling (검색일: 2020. 2. 6)

California Lands Commission, <https://www.slc.ca.gov/marine-invasive-species-program/guidance-document-for-biofouling-management-regulations-to-minimize-the-transfer-of-nonindigenous-species-from-vessels-arriving-at-california-ports/> (검색일: 2020. 2. 6)

- CLEANSUBSEA, <https://www.cleansubsea.com.au/commercial-advantage/>
(검색일: 2020.2.6)
- Credence Research, <https://www.credenceresearch.com/report/marine-growth-removal-mgr-market> (검색일: 2019. 10. 5)
- Croatian Register of Shipping, http://www.crs.hr/Portals/0/docs/eng/imo_iacs_eu/imo/mepc_reports/MEPC56.pdf (검색일: 2020. 2. 3)
- Deep Sailing, <https://www.deepsailing.com/blog/how-to-clean-a-boat-hull-in-the-water> (검색일: 2019. 10. 3)
- EBN, <http://www.ebn.co.kr/news/view/877504> (검색일: 2020. 1. 30)
- Hawaii Invasive Species Council, <https://dlnr.hawaii.gov/hisc/news/hisc-brown-bag-4-ballast-water-and-biofouling-regulations/> (검색일: 2019. 8. 20)
- International Maritime Organization, <http://www.imo.org/en/> (검색일: 2019. 2. 4)
- IMO Korea, https://imokorea.org/mobile/sub_04/04_02.asp?C_ID1=007&C_ID2=003&C_ID3=003&chk_on=7&chk_on1=3 (검색일: 2019. 2. 3)
- IUCN, www.iucn.org (검색일: 2019. 10. 1)
- IUCN Guideline, http://www.issg.org/pdf/guidelines_iucn.pdf (검색일: 2019. 10. 1)
- IUCN ISSG, <http://www.issg.org/about.htm> (검색일: 2019. 10. 1)
- IUCN GISD, <http://www.iucngisd.org/gisd/about.php> (검색일: 2019.10.1)
- IUCN Portal, <https://portals.iucn.org/> (검색일: 2019. 10. 1)
- Marine Diving Service, <https://www.marinedivingservice.com/hull-cleaning.html>
(검색일: 2019. 10. 3)
- The Maritime Executive, <https://www.maritime-executive.com/article/australian-biofouling-removal-system-operational> (검색일: 2020. 2. 6)
- National Energy Resources Australia, <https://www.nera.org.au/NERA-projects/Hull-cleaning-tech> (검색일: 2020. 2. 6)

Offshore.vn, <http://offshore.vn/threads/marine-growth-protect-thiet-bi-bao-ve-ha-bam.5955/> (검색일: 2019. 8. 20)

Oil & Gas Australia, <https://www.oilandgasaustralia.com.au/cleansubsea-allows-large-vessels-cleaned-water/> (검색일: 2020. 2. 5)

Sachsen-Anhalt, <https://www.invest-in-saxony-anhalt.com/triumph-over-bio-fouling> (검색일: 2019. 8. 20)

Safety4Sea, <https://safety4sea.com/cm-understanding-marine-biofouling-how-anti-fouling-systems-prevent-growth/> (검색일: 2019. 8. 20)

Seatrade Maritime Events, <https://www.seatrade-maritime.com/asia/what-next-dirty-vessel-dl-marigold> (검색일: 2019. 8. 10)

Top Shelf Marine Products, <https://www.topshelfmarine.com/hull-and-bottom-cleaning/> (검색일: 2019. 10. 3)

UKP&I, <https://www.ukpandi.com/knowledge-publications/publications/article/legal-update-minimising-the-transfer-of-invasive-aquatic-species-141625/> (검색일: 2020. 2. 6)

〈법령 및 관련 규정〉

「산업안전보건법」(법률 제16272호, 2019.1.15., 전부개정)

「선박에서의 오염방지에 관한 규칙」(해양수산부령 제368호, 2019.9.11., 일부개정)

「선박평형수 관리법」(법률 제16152호, 2018.12.31., 일부개정)

「선박평형수 관리법 시행규칙」(해양수산부령 제377호, 2019.12.10., 일부개정)

「유전자변형생물체의 국가간 이동 등에 관한 법률」(법률 제15868호, 2018.12.11., 일부개정)

「폐기물관리법 시행규칙」(환경부령 제843호, 2019.12.31., 일부개정)

「해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률」(법률 제16516호, 2019.8.20., 일부개정)

「해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률 시행규칙」(해양수산부령 제345호, 2019.6.27., 일부개정)

「해양생태계교란생물 및 유해해양생물 지정·관리 등에 관한 고시」(해양수산부고시 제2019-155호, 2019.10.7., 일부개정)

「해양환경관리법」(법률 제16520호, 2019.8.20., 일부개정)

「해양환경관리법 시행규칙」(해양수산부령 제358호, 2019.7.9., 일부개정)

「해양환경의 보전 및 활용에 관한 법률」(법률 제16519호, 2019.8.20., 일부개정)

〈국제협약〉

생물다양성협약(1995.1.1. 국내발효, 조약 제1264호)

해양법에 관한 국제연합 협약 및 1982년 12월 10일자 해양법에 관한 국제연합협약의 제11부 이행에 관한 협정(1996.2.28. 국내발효, 조약 제1328호)

2011년 선박의 유해방오시스템 사용 규제에 관한 국제협약(2008.10.24. 국내발효, 조약 제1929호)

2004년 선박평형수 및 침전물의 통제 및 관리를 위한 국제협약(2017.9.8. 국내 발효, 조약 제2360호)

기본연구보고서 발간목록

2019년

01	한반도 평화 체제 수립 대비 해양 관련 법제도 정비 방안	최지현
02	수산부문 전망모형 「KMI-FOSiM」 구축 연구(2차년도)	이현동
03	4차 산업혁명 시대의 스마트 어촌 구축방안 연구	박상우
04	해양수산분야 예견적 위험분석 기반구축 연구	최석우
05	연안토지의 공공적 관리 강화를 통한 연안관리 효과 제고방안	윤성순
06	선박 배출저감기술의 국내 보급·활용 촉진을 위한 제도개선 방안 연구	안용성
07	해양레저관광서비스 산업 육성방안 연구	최일선
08	주요국의 해양유전자원 관리체계 강화에 대응한 정책방안 연구	박수진
09	하천·해양 수질의 연계·통합 관리 체계 연구	장원근
10	총허용어획량(TAC) 기반 수산자원관리 강화 방안 연구	이정삼
11	우리나라 수산업·어촌의 공익적 가치 평가 및 보존에 관한 연구	류정곤
12	우리나라 원양산업의 사회적책임 실천 강화를 위한 정책연구	정명화
13	수산업 노동시장 구조 분석과 노동정책 영향분석 연구	한광석
14	우리나라 정기선 해운정책 개선 방안 연구	김태일
15	국내외 해운금융 비교를 통한 국내 해운금융 역량강화 방안 연구	전형진
16	해상 사이버 보안 대책방안 연구	박한선
17	해운산업 재건을 위한 해운기업 역량강화방안 연구	윤희성
18	국내 항만산업이 지역경제에 미치는 영향 분석: 부산항 및 주요항만을 중심으로	하태영
19	동북아 공동배출규제해역 지정 필요성 및 추진방안 연구	이기열
20	수출기업의 글로벌 공급사슬협력 수준 분석과 물류정책 개선방안 연구	김은수
21	온도조절 컨테이너의 국제물류 분석과 대응방안 연구	신수용
22	IMO 규제기반 해사산업의 글로벌 지속발전방안 연구(3/3)	박한선
23	환경해권 경제개발 및 협력방안 연구(3/5)	최나영환

2018년

01	해양환경영향평가제도의 실효성 확보를 위한 개선 연구	박수진
----	------------------------------	-----

02	공유수면매립 정책의 개선과 전환에 관한 연구	윤성순
03	도서지역 해양관광 발전전략 연구 : 관광행태 분석을 통한 수요 대응을 중심으로	홍장원
04	양식장 해양쓰레기 자원순환 방안 연구	김경신
05	수산부문 전망모형 「KMI-FOSiM」 구축 연구(1/2) - 양식산업 전망모형 구축을 중심으로 -	이현동
06	수산업 주요 연관산업의 글로벌 경쟁력에 관한 연구	임경희
07	인구소멸 시대의 어촌사회 정책 연구	박상우
08	양식여장 환경개선 방안에 관한 연구	마창모
09	어업여건 변화에 대응한 연근해어업의 허가제도 개선 방안	엄선희
10	과학적해양사고조사체계도입 및 구축기반 연구	박한선
11	컨테이너 해상물동량 예측 모형 연구 - 베이지안 방법론을 중심으로	고병욱
12	해운기업 지배구조 및 비즈니스 유형과 경영성과 관계 분석	황진희
13	건설용 모래 공급사슬관리(SCM) 방안 - 바다모래 가치 재산정을 중심으로	이연경
14	항만산업 종합통계 연구	하태영
15	항만 위험물 컨테이너 공급사슬 관리방안 연구	최나영환
16	국내 컨테이너항만의 비용함수 추정과 효율성 연구	최석우
17	환경해권 국내기업 진출사례 분석 및 개발 추진전략 - 극동 러시아 지역 사례 중심으로 -	이기열
18	IMO 규제기반 해사산업의 지속발전방안 연구 - 신규 해사산업 진흥을 위한 법제도 개선방안(2차년도) -	박한선

수시연구보고서 발간목록

2019년

01	일본의 수산물 수입 구조 분석과 對일본 수출 전략 연구	임경희
02	수산물 위생안전을 위한 저온유통체계 구축방안 연구	장홍석
03	사업체 총조사 MD를 활용한 2016, 2017 어촌지역 고용통계	한광석
04	외래 해양부착생물에 대한 선제적 대응을 위한 정책방향 연구	박수진

2018년

01	선화주조선 상생발전을 위한 해운산업투자 확대방안 연구	윤재웅
02	낙시관리 실행력 제고 방안 연구	이정삼
03	국내 항만의 대기오염물질 관리정책 및 제도 개선방안	안용성
04	농·축산물 등의 관세행정 제도 개선을 통한 항만형 자유무역지역(FTZ) 활성화 방안	조지성
05	최저임금 상승이 항만연관산업에 미치는 영향 및 대응방안	이기열
06	수산업·어촌분야 사회적 경제 활성화 방안	류정곤
07	새로운 어선등록제 도입을 위한 제도 개선연구 방안	엄선희
08	유엔 BBNJ 신 공해질서에 대응한 정책방안 연구	박수진

현안연구보고서 발간목록

2019년

01	해양관광 경쟁력 지수 개발 연구	최일선
02	고등어류 수급통계 개선방안	이남수
03	해수욕장의 사회약자 포용성 증진 방안	정치호
04	수산물품질관리사 제도 활성화 방안	황규환
05	항만지역 대기질 개선을 위한 데이터의 연계·활용방안 연구	안용성
06	한국산 수산물 글로벌 브랜드 가치 제고 방안 연구	한기욱
07	해양 플라스틱 대응을 위한 산업계 협력 방안 구상	이윤정
08	USMCA 수산분야 협정문 분석 및 시사점	안지은
09	해운 조세제도 개선 방안 연구	안영균
10	어촌뉴딜 300사업 성과평가 체계 구축	박상우
11	지역 해양수산 역량지표 개발을 위한 기초 연구	황재희
12	극동러 진출 우리 화주·물류 기업의 물류 애로사항 분석 및 개선 방안	박성준
13	수산물 원산지 거래증빙자료의 비차보관 의무 도입방안 연구	임병호
14	차세대 수산물 수출 전략 품목 발굴 연구	이상건
15	부산항 타부두 환적화물 수송 효율성 제고방안 연구	박주동

2018년

01	미얀마 국립수산대학 설립 추진 방안	정명화
02	연안여객 해상교통의 대중교통체계 구축 방안 연구	김태일
03	해조류 국제양식규범확산에 따른국내 김산업 수용태세 분석 - ASC 인증을 중심으로 -	이상철
04	청년일자리 창출을 위한 해양수산 인력양성 방안 연구 - 국제물류 청년인력을 중심으로 -	박광서
05	컨테이너 화물 해상운송 계약 개선방안 연구	윤재웅
06	청년 물류인력 해외진출 정주 지원사업 구상 연구	김은수
07	자율운항선박 도입 관련 대응정책 방향 연구	박혜리
08	연안토지매입 동향과 도입 가능성 검토	윤성순
09	강릉선 KTX 개통에 따른 해양관광 수용태세 개선방안 연구	최일선
10	선박관리산업 육성을 통한 청년 일자리 창출 방안 연구	최영석
11	시민 참여형 연안·해양정보 생산·활용방안	정치호
12	부산항 배후지 부가가치활동 확대를 통한 일자리 창출 연구	하태영
13	해양바이오 산업화를 위한 국가연구개발사업 추진 방향 연구	한기원
14	근로시간 단축제도 시행에 따른 해양수산업 고용영향 분석	장정인
15	어린물고기 남획실태 및 보호정책 연구	이정삼
16	남북관계 개선에 따른 항만물류 부문의 협력사업 발굴	이기열
17	한국 제조기업의 SCM 역량 강화 방안에 관한 연구	신수용
18	제3자 물류산업 발전방향 연구 - 대기업 물류자회사의 역할을 중심으로	고병욱
19	신남방정책 이행 위한 우리나라 - 베트남 수산분야 개발협력 방안 연구	정명화
20	신 해양도시 조성 필요성 연구	최지연
21	지역 해양수산 혁신사업 발굴과 추진방향	최지연
22	학교급식의 수산물 이용 활성화 방안	문석란
23	주민주도의 에너지 자립형 어촌마을 모델 연구	박상우
24	페루 수산업 실태 및 수산 협력 방향	엄선희
25	경제 총 조사 마이크로 데이터를 이용한 어촌지역 고용지표 통계생산	한광석
26	서해평화수역 조성을 위한 정책방향 연구	남정호
27	해양치유산업 육성을 통한 해양휴양·복지서비스 도입방안	홍장원
28	어촌지역재생을 통한 청년일자리 창출방안 연구	박상우
29	해상풍력클러스터 조성을 위한 항만 및 배후단지 활용방안 연구	이종필
30	IMO 배출가스 규제 강화에 대비한 국내 해운산업 대응 전략	이호춘

31	외래병해충에 대한 항만분야 방제체계 개선방안	최나영환
32	수산물 생산·유통분야 블록체인 기술의 도입가능성과 도입방안	고동훈

일반연구보고서 발간목록

2019년

01	양식수산물의 경영비 조사체계 구축에 관한 연구	백은영
02	답려닝 기반의 건화물선 시황예측 연구	윤희성
03	해운-조선산업 관계분석 연구 - 컨테이너 신조발주량 예측 -	최건우
04	디지털 공급사슬 물류정보통합 구축전략 연구(Ⅰ) - 디지털 공급사슬 생태계 정보통합지도 구축 중심 -	최상희
05	시민 건강증진을 위한 해안관리 방향	정지호
06	우리나라 주요 국제여객항 운영체계 개선방안 연구 : 운영, 시설, 제도를 중심으로	이경한
07	북한 서해 해양관광 활성화 방안	윤인주
08	EU의 수산물 소비 특성 및 수출 전략(프랑스, 스페인을 중심으로)	김지연
09	해양수산 위성계정 기초연구(Ⅰ)	장정인
10	우리나라 해운·물류기업의 중국 자유무역시범구 활용방안 연구	김형근
11	지역 해양수산 혁신성장체계 구축 연구	최지연
12	도미니카공화국 뱀장어 양식사업 타당성 조사	마창모
13	강원도 어촌 신활력 제고방안(2차년도) - 어촌 활성화 거버넌스 구축과 신활력 사업구상 -	박상우

2018년

01	전라남도 작은 SOC사업 활성화 방안	김근섭
02	2019 국내 물류기술 수요조사 및 분석	최상희
03	러시아 Arctic LNG-2 사업 참여 방안 연구	김민수
04	물류기술 R&D 추진성과 분석 연구	강무홍
05	우리나라 기업의 일대일로 물류분야 협력방안 연구	김형근
06	북한 동해 해양관광 활성화 방안	윤인주

07	해양수산 분야 북극권 4차 산업기술 수요조사 및 분석 연구	김민수
08	경상북도 논 생태양식 육성 방안	이상철
09	남북관계 변화에 따른 해운협력 기반 구축 방안	황진희
10	영토 권원 이론의 현대적 발전과 한계	김원희
11	동해표기 문제 연구	현대송
12	우리나라 기업의 창장물류 활용방안 연구	김형근
13	태국의 수산물 소비트렌드 분석 및 수출 전략연구	임경희
14	제주 해상풍력발전지구 제도 개선 연구	육근형
15	해양수산 분야 9브릿지 구축방안 연구	박성준
16	강원도 어촌 신활력 제고방안	박상우

선박부착생물에 대한
선제적 대응을 위한 정책방향 연구

인 쇄 | 2020년 4월 28일 인쇄

발 행 | 2020년 4월 30일 발행

발 행 인 | 장 영 태

발 행 처 | 한국해양수산개발원

49111 부산시 영도구 해양로 301번길 26(동삼동)

연 락 처 | 051-797-4800 (FAX 051-797-4810)

등 록 | 1984년 8월 6일 제313-1984-1호

조판·인쇄 | 크리커뮤니케이션 (02-2273-1775)

판매 및 보급: 정부간행물판매센터 Tel : 394-0337
정가 15,000원