

선체부착생물 관리에 대한 국제적인 동향 및 국내 위해성 평가에 대한 소개

장풍국¹ · 현봉길¹ · 신경순¹ · 서진영² · 장민철^{1,†}

¹한국해양과학기술원 남해연구소 선박평형수연구센터 책임연구원

²한국해양과학기술원 남해연구소 선박평형수연구센터 전문연구원

Introduction of International Trends and Domestic Risk Assessment for Biofouling Management

Pung-Guk Jang¹, Bonggil Hyun¹, Kyoungsoon Shin¹, Jinyoung Se², and Min-Chul Jang^{1,†}

¹Principal Research Scientist, Ballast Water Research Center,

Korea Institute of Ocean Science and Technology, Geoje 53201, Korea

²Research Scientist, Ballast Water Research Center, Korea Institute of Ocean Science and Technology, Geoje 53201, Korea

요 약

국제해사기구(IMO)는 항만 내 외래종 침입을 막기 위해 선박평형수와 선체부착생물에 대한 논의를 지속하고 있다. 선박평형수는 국제협약이 발효되어 2019년부터 국제 선박에 정부형식승인을 득한 선박평형수처리장치를 설치하여 선박평형수를 배출수 기준에 맞게 처리하도록 법적으로 강제 규정하고 있다. 선체부착생물 관리지침은 IMO 해양환경보호 위원회의 소위원회에서 논의가 활발하게 이루어지고 있다. 현재는 기존의 선체부착생물 관리지침(2011 Biofouling Guideline)을 개정한 2023 Biofouling Guideline의 초안을 MEPC 80차에 승인을 요청하였고, 수중청소에 대한 세부 지침은 2025년까지 논의해서 개발을 완료할 예정이다. 이를 고려하면 2025년 이후 선체부착생물 관리 협약 및 수중청소에 대한 지침이 개발되어 법적 규제가 이루어질 것으로 판단된다. 뉴질랜드는 선체부착생물에 대한 자국의 법을 제정하여 2018년 5월부터 강제 규정으로 수행하고 있으며, 호주도 2023년 12월부터 강제 규정으로 선체부착생물을 관리할 예정이다. 정부는 선체부착생물에 의해 국제항으로 유입되는 외래종으로부터 국내 항만의 생태계를 보호하기 위한 관리 체계 구축과 더불어 수중청소 기술에 대한 국내 산업지원을 위한 법률 제정 및 IMO 대응을 위해 선체부착생물 관련 연구사업을 지원하고 있다.

Abstract – The International Maritime Organization (IMO) continues to discuss ship's ballast water and biofouling to minimize the transfer of invasive aquatic species from entering the port. Since the entry into force of the international convention, ballast water has been legally required to be discharged in accordance with the emission permit standard by installing a ballast water management system approved by the government on international ships since 2019. The Biofouling Guidelines for management of hull-attached organisms are being actively discussed in subcommittees of the IMO Marine Environmental Protection Committee. Currently, the draft of 2023 Biofouling Guideline, which revised the existing guidelines (2011 Biofouling Guideline), has requested approval from the 80th MEPC, and guidance related to in-water cleaning for the management of biofouling will be set the target completion year of the output to 2025. Considering this, it is expected that legal regulations will be implemented after 2025 by developing Biofouling Management Convention and In-water Cleaning Guidance. New Zealand has enacted its own law on biofouling and has been implementing it as compulsory regulations since May 2018, and Australia will also manage biofouling as compulsory regulations from December 2023. To establish a management system to protect the ecosystem of domestic ports from invasive aquatic species entering international ports by biofouling, the government is supporting research projects to legislate on biofouling management, support the domestic industry for in-water cleaning, and respond to the biofouling policy of the IMO.

Keywords: Biofouling(선체부착생물), Invasive Aquatic Species(외래종), Biofouling Guideline(선체부착생물 지침), International Maritime Organization(국제해사기구), In-water Cleaning(수중청소)

[†]Corresponding author: mcjang@kiost.ac.kr

1. 서 론

수 환경으로 유입되는 외래종 침입은 항만의 고유생태계를 교란할 수 있는 위협 요소 중 하나이며, 인간의 경제활동, 문화 및 공중보건에 심각한 영향을 미치고 있다(Tsirintanis *et al.*[2022]; Davidson *et al.*[2018]; Molnar *et al.*[2008]). 항만 환경에서 외래종 침입은 다양한 경로 중에서 선체부착생물과 선박평형수에 의한 외래종 유입이 주요 요인이며, 세계 주요 항만에서 선박평형수보다 선체부착생물에 의한 외래종 침입이 더 심각하다고 보고하고 있다(Hewitt *et al.*[2011]; Chan *et al.*[2015]). 국제해사기구(IMO) 회원국은 선체부착생물이 선박의 유형에 상관없이 외래종과 병원균의 국가적인 이동을 가능하게 하고, 이들의 이동 가능성은 방오도로시스템(Anti-Fouling System, AFS)의 방오도로 품질, 유지 기간, 도포 상태 등과 함께 선박구조(sea chests, propellers, thruster 등의 틈새 지역), 선박 운항(경로, 항해속도, 정박시간 등), 항만의 방문 빈도, 항만의 지리적 위치 및 환경조건, 수중청소 여부, 선체부착생물의 오염 정도, 그리고 유해 생물 또는 병원체에 적합한 수용환경을 포함한 숙주의 가용성까지 다양한 요인들이 영향을 미치기 때문에 이와 관련된 사항을 국제법 또는 지침으로 선체부착생물을 관리하고자 한다(BLG[2007]). 하지만 해운업계는 선체부착생물 관리를 위한 국제적인 규제가 선박의 입거 청소 및 수중청소 증가와 이에 따른 시간 소요, 청소 및 유지 보수비용, 선박 검사로 인한 선적 작업 지연, 국가마다 서로 다른 규정, 행정적인 업무 증가, 선박의 설계 변경, 수중청소 시 후처리에 대한 비용에 대해서 우려하고 있다(BLG[2008]).

IMO는 2004 선박평형수관리협약(BWM 협약)을 통해 국제선에 선박평형수처리장치(BWMS)를 설치하여 선박평형수를 배출수 허용기준에 맞게 처리하도록 규정하였으며 2017년 9월에 발효되었다. 이에 따라 2024년 9월까지 국제항을 오가는 선박은 정부승인을 득한 BWMS를 설치하여 선박평형수를 처리함으로써 외래종 및 병원균의 침입을 관리하도록 의무화되었다(Jang *et al.*[2020]). IMO는 그다음 화두로 선박을 통한 외래종 침입을 막기 위해 선체부착생물을 규제하고자 한다. IMO 산하 해양환경보호위원회(MEPC)는 2006년부터 선체부착생물에 관한 논의를 시작하였으며, MEPC 65차(2013)에서 2011 Biofouling Guidelines를 채택했다. 현재 IMO가 진행하고 있는 선체부착생물 규제의 과정은 문제 제기, 지침공표, 2011 Biofouling Guidelines 개정, 국제 프로그램 운영 등 일련의 과정이 BWM 협약의 강제화와 유사하게 진행되고 있다. 또한 IMO는 복잡한 이해당사자들 간의 문제로 BWM 협약을 채택한 후에도 발효까지 장시간의 시간을 소요한 경험이 있다. 그래서 IMO는 선체부착생물에 대한 회원국 및 이해당사자 간의 신속한 합의의 위해서 협약이 아닌 지침으로 진행하고 있지만, 결국에는 협약으로 채택될 가능성이 높으며, 협약 채택 후 이른 시일 안에 발효될 것이다. 특히, 선체부착생물의 최소화는 선박의 연료 효율성을 증가시켜 온실가스 배출 감소에 효과적이기 때문에 선주의 부담만 강요했던 BWM 협약과 달리 이해당사자에게도 도움이 될 수 있는 측면이 있다(Desher *et al.*[2018]).

뉴질랜드, 호주, 미국 등의 일부 국가들은 자체 국내법 및 지침을 통해 선체부착생물을 관리하고자 한다. 특히, 뉴질랜드는 2004년부터 선체부착생물 조사 프로그램을 운영하였으며, 2014년에 '선박 위해관리기준(Craft Risk Management Standard, CRMS)'을 제정하고 2018년부터 이를 강제로 시행하고 있다. 호주는 2009년에 '선체부착생물 관리를 위한 국내 지침(National Biofouling Management Guidelines)'을 제정하고, 2015년에 '방오 및 수중제거지침(Anti-fouling and In-water Cleaning Guidelines)'을 개발하였다. 2021년에는 이를 더욱 강화한 '호주 수중청소 기준(Australian In-water Cleaning Standards)'을 정해서 2022년 6월부터 호주에 입항하는 국제선에 선체부착생물 관리에 대한 정보를 입항 시 보고하도록 하였다. 미국은 해양경비대(United State Coast Guard, USCG)의 연방법(Code of Federal Regulations, CFR)에서 외래종 유입 방지를 위한 조치에 선체부착생물 관리 규정을 포함하고 있으며, 또한 미국 환경청(EPA)은 2008년에 시행되고 2013년에 갱신한 Vessel General Permit(VGP)에 선체부착생물 관리 규정을 명시하고 있다.

국내에는 한국해양과학기술원의 연구사업으로 2017년~2022년까지 '미래규제대응 선박부착생물 제어 기술 위해성 평가기법 개발: 수중제거기술'과 '한국 주변 해양환경 변동 이해 및 대응기반연구: 선박부착생물 수중제거 관리기술 개발연구'로 선체부착생물에 대한 기초 연구를 수행하였다. 현재는 해양수산부의 연구과제로 2021년~2025년까지 '선체부착생물 관리 및 평가 기술 개발'을 진행하고 있다. 이 연구의 최종 목표는 우리나라 선체부착생물 관리를 위한 친환경적 제어, 위해성 평가 기술 개발 및 관리 체계를 구축하는 것이다.

본 연구는 선체부착생물에 대한 IMO 논의사항과 외국에서 수행되고 있는 연구사례 및 정책을 소개하고, IMO에서 진행하고 있는 선체부착생물 지침 개발, 수중청소 기술에 대한 국내 산업지원, 그리고 선체부착생물 관련 국제적 환경규제에 대응하기 위한 국내 선체부착생물 관리 및 평가 기술 개발을 소개하고자 한다. 이를 통해 국내외적인 선체부착생물 관리 및 지침에 대한 동향을 파악하여 국내에 적합한 선체부착생물 관리 체계와 수중청소 지침 개발에 도움을 주고자 한다.

2. 선체부착생물에 대한 국제적인 동향

2.1 국제해사기구

IMO의 해양환경보호위원회(MEPC)에서 선체부착생물과 관련해 2006년부터 현재까지 의제 문서 34건과 이에 대한 코멘트 문서 19건, 정보 문서 29건이 제출되어 논의가 이루어졌다. IMO의 선체부착생물 주제에 대한 최초의 언급은 2006년에 호주가 해운업계와 공동으로 선박의 틈새 구역(niche areas)에 부착하여 유입되는 외래종에 관한 연구를 수행한 후 정보 문서를 제공한 것이다(MEPC[2006]). 이 정보 문서는 선박에 의한 외래종 침입이 선체부착으로 77%, 선박평형수로 20% 정도 이루어진다고 보고하였으며, 틈새 구역이 선박의 운전 속력이나 연료 소비에 영향을 미치지 않

지만, 해양의 외래종 유입에 상당한 부분을 차지한다고 언급하였다. 특히, 틸새 구역의 구조적인 특성 때문에 AFS를 적용할 수 없는 곳도 있으며, AFS가 설치되어도 위치에 따라 방오도로 내 활성 물질의 적당한 방출 속도를 유지하지 못할 수 있으며, 부착 및 접착력의 문제로 인해 선체부착생물이 쉽게 고착될 수 있다고 언급했다. MEPC 55차에서 선체 부착된 외래종의 수중 이동을 최소화하기 위한 간단한 실행 지침을 제안했다. MEPC 56차는 선체부착생물 관련 문제를 소위원회 BLG(Bulk Liquids and Gases) 12차(2008.02) 의제에 포함할 것을 제안하였으며, 실행 지침을 개정하여 tributyltin(TBT)을 비롯한 유기주석 화합물의 AFS 사용을 금지했다. BLG 12차는 뉴질랜드의 주도하에 선체부착생물을 관리하기 위한 잠재적인 구현 방안으로 1) MEPC 또는 총회 결의로 채택하기 위한 지침을 개발, 2) AFS 협약과 연결, 3) BWM 협약에 연결 혹은 새로운 협약개발, 4) MARPOL 협약의 부속서로 개발하는 것을 제안했다.

BLG 13차(2008.11)는 BLG 12차에서 제안한 잠재적인 구현 방안에 대해 우리나라를 포함한 15개 국가와 8개 비정부기구의 전문 위원으로 구성된 통신작업반(Correspondence Group)에서 검토한 결과, 새로운 협약을 개발하는 것이 기존 협약과 연계하는 것보다 비준 과정에서 발생할 수 있는 잠재적인 혼란과 시간 소요 등을 고려할 때 더 적합하다는 의견을 제시하였다. 또한, 회원국들은 지침을 개발하는 옵션을 선호하였으며, 지침 개발이 의무적인 조치를 개발하기 위한 중간단계라고 판단했다. 이에 따라 BLG 14차(2010.03)는 선체부착생물 지침의 구성을 갖춘 ‘Guidelines for the control and management of ships’ bio-fouling to minimize the transfer of invasive aquatic species(이후, Biofouling Guideline)’을 초안으로 제시하였다. BLG 14에서 외래종의 이동을 최소화하는 관점에서 ‘Clean’ 선박의 수준과 수중청소에서 발생하는 폐기물 처리와 관련된 이슈가 제기되었다. BLG 15차(2011.02)는 MEPC 62차에 채택하기 위한 2011 Biofouling Guidelines의 MEPC 결의안 초안을 제시하였으며, MEPC 62차에서 2011 Biofouling Guideline의 회람문서(MEPC.1/Circ.811)가 채택되었다(MEPC[2011]). BLG 16차(2012.02)는 호주를 비롯한 네덜란드와 뉴질랜드가 2011 Biofouling Guideline을 평가하기 위한 문서 초안을 의제로 제안했다. BLG 17(2013.02)은 BLG 16에서 제안된 2011 Biofouling Guideline의 평가 지침 초안을 보완하여, MEPC 65차에 승인을 받아 2013년 6월에 MEPC 회람문서로 제공하였다(MEPC[2013]). 본 회람문서는 2011 Biofouling Guideline에 대한 인식 및 전과, 지침을 이행의 장애 요인, 지침을 적용한 사례, 지침 적용 후 생물오염 수준의 변화, 지침과 관련된 연구 및 개발 범위 등을 포함하는 다양한 지침의 권장 사항을 평가하고자 하였다. MEPC는 소위원회(BLG)에게 본 회람문서를 통해 5년 동안 수집된 정보를 종합적으로 검토하여 지침이 생물오염 관리에 영향을 줄 수 있는지를 판단하고, 지침의 효과를 향상할 수 있는 조치에 대해서 MEPC 72차에 보고하도록 지시했다.

MEPC 72차(2018)는 2011 Biofouling Guideline을 검토하는 소위원회로 PPR(Pollution Prevention and Response, 이전 BLG)를

지정하고, biennial agenda(2020-2021)에 선체부착생물 관리지침을 검토 안건으로 상정하여 두 번의 세션(PPR 7과 8)에서 이를 완료하도록 지시했다. PPR 7(2020.02)에서 이와 관련하여 의제 문서 5건과 정보 문서 3건이 논의되었다. ICES(국제해양조사위원회)는 Biofouling Guideline과 레크리에이션 선박 지침에 대한 권고사항을 제시하였으며, BIMCO(국제해운협회)는 AFS 사용, 선체부착생물 관리계획 및 기록부, 수중검사 및 청소와 다양한 현지 규정 등을 포함하는 선체부착생물 관리 및 수중청소에 대한 선주들의 설문지 조사 결과를 의제 문서 및 정보 문서로 보고하였다. 호주와 뉴질랜드는 MEPC.1/Circ.811에 따른 조사 결과를 개략적으로 설명하고 이를 토대로 지침의 잠재적 개정 영역을 제안하였다. 호주 외 5개국과 IMarEST(해양공학과과학기술연구소)는 지침의 개정을 위한 핵심 논의사항에 동의하고, 이를 논의할 통신작업반 설립을 제안하였다. 핵심 논의사항으로 선체부착생물 관리지침의 비강제성, 방오도로 효과성에 대한 지속적인 모니터링 부재, 선체부착생물 관리계획서 및 기록서의 향상, 연료 효율, 선체 틸새 구역의 생물오염을 최소화하는 기술과 도구, 수중청소의 시설 부족 및 관련 지침의 부재와 선체부착생물 지침의 타당성을 제안하였다. PPR 8차(2021.04)에서 노르웨이 주도하에 진행된 통신작업반의 논의 상황을 보고하고, 개정할 2011 Biofouling Guideline의 주요 골격을 제시하였다. 지침서 검토에 대한 완료 일자를 2023년까지 연장할 것을 제안하고, 이를 MEPC 76차의 biennial agenda(2022-2023) 안건으로 상정하였다. PPR 8차는 macrofouling 제거를 드라이 독이 아닌 수중청소로도 제거하고 포집할 수 있다는 의견을 제시하였으며, 선체 세척 후 잔류생물 오염, 특히 미세 오염의 존재를 확인하기가 어렵다는 의견을 지침 검토에 포함할 것을 제안하였다.

PPR 9차(2022.04)에는 의제 문서 6건과 정보 문서 5건이 제출되었다. PPR 9차는 PPR 8차 이후에 결성된 통신작업반이 수행한 2011 Biofouling Guideline 지침서 관련 회의를 보고하였다. 통신작업반은 지침서의 각 장과 부속서와 관련된 주요 문제점을 식별하고, 식별된 지침서의 제2장(정의), 제7장(검사 주기 결정을 위한 위해성 평가), 제8장(검사), 제9장(청소 및 보수), 및 부속서 1(위해성 평가 흐름도)등에 대한 통신작업반의 조언을 근거로 지침서를 업데이트하고 작업계획을 검토하여 보고서를 제출하였으며, 선체부착생물 지침서 최종화를 위해 통신작업반의 재개설을 요청하였다. 추가 논의사항으로 선박별 위해성 평가항목, 검사 주기, 검사 결과 및 청소 조치(적절한 포집률), 지침서 채택 및 효과를 증대시키는 방법 및 기타 문제점에 관한 권고사항을 제안하였다. 또한 틸새 구역의 위해성 정도에 따라 최소 검사 간격을 설정하여 낮은 위해성인 경우에도 12개월 이내에 검사가 이루어져야 한다는 것을 제안하였고, 생물부착 정도에 따라 총 7개 등급(0-6단계)으로 나누어 청소 방법을 제안하였다. 1등급 이하(미세부착생물이 적은 경우는 예방청소를 권고하고, 2등급 이상(미세부착생물 및 대형부착생물 정도)은 포집 청소를 권고하였다.

PPR 9차에서 이해당사자들은 현재의 Biofouling Guideline이 엄격하며, 관리지침 개정에 선주들의 의견이 반영될 수 있도록 53곳의

선주(세계 상선의 8% 정도)들의 설문 조사를 정리하여 의제 문서 및 정보 문서를 제출하였다(PPR[2022]). 이를 통해 AFS 성능이 수년간 품질과 효율성을 개선했기 때문에 선박 운항에 적합한 방오 코팅과 주기적인 보수로 선박부착생물을 관리할 수 있어 강도 높은 검사 체제보다는 실용적인 위해성 평가법과 선박의 모니터링 및 측정 방법을 개발하는 것이 더 바람직하다는 의견을 제시하였다. 그리고 모든 선박에 대해 주기적인 수중 검사를 설정하는 것보다 AFS가 제대로 작동하지 않는 경우 고정적인 검사 간격을 적용할 것을 제안했다. 또한 선체부착생물 상태 및 이들에 대한 정량적인 모니터링 자료가 낮은 위해성을 나타내는 경우 고정된 검사 주기가 불필요하다고 제안하였다. 다만, 틈새 구역은 선체부착생물 상태를 정량화하기 어렵기 때문에 고정 간격을 고려할 수 있으며, 틈새 구역의 해양생물성장방지시스템(MGPS, Marine Growth Prevention System)의 설치 여부 및 효과에 따라 검사 주기가 달라져야 한다고 주장하였다. PPR 9차에서 회기간 작업반이 식별한 선박별 위해성 평가, 적절한 선체검사 빈도, 예방청소 포집여부, 사후청소 포집률 등에 대하여 추가 논의가 필요함을 인정하고, 통신작업반을 재개설하여 선체부착생물 관리지침 개정 완료를 목표로 논의하고, 이를 PPR 10차에 보고하도록 지시하였다.

2023년 4월에 개최된 PPR 10차는 2011 Biofouling Guideline의 검토를 최종화하기 위한 의제 문서 1건과 이에 대한 코멘트 문서 10건 및 정보 문서 1건이 제출되었다. 또한, 수중청소시스템의 검증 지침 개발을 제안하는 의제 문서 1건과 이에 대한 코멘트 문서 3건이 제출되었다. 선체부착생물 관리지침의 최종화를 위해 PPR 9차까지 계속해서 쟁점이 된 수중청소 지침과 관련된 일부 사항을 제외하고, MEPC 80차에 2023 Biofouling Guideline에 대한 회람 문서 초안을 제시하였다(PPR[2023]). 선체부착생물 지침서에서 제외된 수중청소 시 발생하는 배출수의 적절한 관리를 위한 여과율,

포집률, 검사 주기 등을 포함하는 수중청소 기술에 관한 지침은 2025년까지 개발하는 것에 동의하였다. 또한, 선체부착생물 등급을 기존의 microfouling 정도에 따라 1등급과 2등급으로 나누었던 것을 1등급으로 통합하고, 외래종 macrofouling에 대한 6등급을 삭제하여 기존 7개 등급을 5개 등급으로 완화했다.

2.2 외국 사례

뉴질랜드 정부는 선체부착생물에 관한 다양한 연구보고서와 지침을 발간하였고(Table 1), 이를 기반으로 자국의 해양환경보호를 위한 법 제정 및 규정을 정하고, IMO에서 MEPC와 PPR(구 BLG) 논의에 적극적으로 참여하고 있다. 뉴질랜드는 외래종 유입으로 인한 피해로부터 자국을 보호하기 위해서 1993년에 생물보안법(Biosecurity Act 1993)을 제정하였으며, 여기에는 선박을 비롯한 항공기 등 각종 운송수단에 의해 유입되는 유해 생물에 대한 조치 사항을 기술하고 있다. 2004년~2007년과 2009년에 ‘Vessel Biofouling Programme’을 진행하여 뉴질랜드에 입항하는 선박 520여 척에서 선체부착생물을 조사하여 총 187종의 생물을 분류하였으며, 조사 결과 외래생물이 68% 이상 차지하고, 이 중에서 73%가 아직 뉴질랜드에 정착하지 않았음을 보고하였다(Kang *et al.*[2022]). 2014년에 선체부착생물을 관리하기 위한 ‘CRMS-BIOFOUL(Craft Risk Management Standard: Biofouling on Vessels Arriving to New Zealand (이후 CRMS))’을 발효하여, 4년 동안 자발적인 참여를 유도한 후 2018년 5월부터는 강제 규정으로 전환하여 현재 시행하고 있다. CRMS는 뉴질랜드에 선박이 도착하기 30일 전에 선체부착생물을 청소하거나 도착 즉시(입항 24시간 이내) 뉴질랜드가 승인한 장치나 시설에서 청소해야 하고, 청소 시 틈새 구역을 포함한 선체 전 부분을 청소하도록 규정하고 있다. 그리고 뉴질랜드 도착 전 48시간 이전에 모든 선박은 뉴질랜드 정부에 CRMS 관리계획서를 제

Table 1. List of main reports and guidance on biofouling in New Zealand

년도	뉴질랜드 선체부착생물 관련 보고서 및 지침
2010	Requirements for vessels arriving in New Zealand
2010	Temporal development of biofouling assemblages
2011	Risk analysis (Vessel biofouling)
2012	Scenarios of vessel biofouling risk and their management (An evaluation of options)
2013	In-water cleaning of vessels (Biosecurity and chemical contamination risks)
2014	Biofouling on vessels arriving to New Zealand: CRMS-BIOFOULING
2014	Science underpinning the thresholds proposed in the CRMS (Biofouling on vessels arriving to New Zealand)
2015	In-water cleaning technologies (Review of information)
2015	Procedures for evaluating in-water systems to remove or treat vessel biofouling
2017	Guidance for commercial vessels: New Zealand’s new biofouling requirements (CRMS)
2018	Biofouling on vessels arriving to New Zealand (CRMS biofouling)
2018	Guidance document for CRMS for biofouling
2018	Guidance document for the craft risk management standard - Biofouling on vessels arriving to New Zealand
2018	Guidance document for the development of craft risk management plans for vessels
2018	Guidance for vessel owners: Developing a biofouling management plan
2018	Guideline for diving service providers (Inspecting vessels arriving to New Zealand)
2018	Technical guidance on biofouling management for vessels arriving to New Zealand

*한국해양과학기술원, 2022 참조

공하도록 규정하고 있다. CRMS 핵심은 뉴질랜드에 입항하는 선박은 Clean Hull 상태로 도착해야 하며, Clean Hull의 의미는 선체에 생존 생물이 존재하지 않거나 규정에 정한 허용 범위 미만인 경우이며, 허용범위는 선박의 정박 일수 및 목적지에 따라 상이하다. Clean Hull의 기준은 입항하여 20일 이하 정박하고 최초 도착항에만 방문하는 선박(단기정박선박)은 점액층(slime layer)과 거위목파개비(gooseneck barnacles) 외에 선체의 1% 미만, 그리고 틈새 구역의 5% 미만일 때 해당하며, 21일 이상 정박하거나 최초 도착항구 이외의 지역을 방문하는 선박(장기정박선박)은 점액층과 거위목파개비만 허용되며, 선체 또는 틈새 구역의 파울링은 허용되지 않는다(MPI[2018]). 또한 적절한 모범사례(적합한 AFS 적용, MGPS 설치, 지속적인 수중점검 및 청소관리, IMO 지침 준수)를 적용한 선박에 대해서도 Clean Hull로 인정한다.

호주 정부는 검역법(Quarantine Act 1908)을 통해 세계에서 생물보호 관련해 가장 엄격하게 관리를 진행하고 있는 국가 중의 하나이며, 2009년 ‘국가 선체부착생물 관리지침’을 마련하였다. 선체부착생물에 대한 AFS 및 수중청소에 관한 다양한 연구보고서 및 지침들을 발행하고, 이를 바탕으로 선체부착생물 관련 법과 규정을 개정하였다(Table 2). 국가 선체부착생물 관리지침은 세부적으로 육상시설에서의 AFS 유지보수를 포함한 도포, 제거, 폐기 등과 선체수중청소 시 발생하는 선체부착생물의 위험 저감을 위한 조치를 포함하고 있다. 수중청소 시 발생하는 오염과 생물보안(Biosecurity)의 위험을 결정하는 요소로 방오도로 형태, 부착생물 기원 및 형태 등을 제시하였다. 수중청소 시 선체의 수표면, 틈새 구역, 프로펠러 등을 포함한 정기적 수중청소 실시와 방오도로 수명에 영향을 미치지 않는 청소 기술이 적용되어야 한다고 권고하고 있다. 특히, 부착 수준이 심한 macrofouling은 생물 번식체 방출을 최소화하기 위해 수중청소 시 발생하는 >50 µm 파생물 입자는 포집해야 하고, 포집된 입자는 관련 당국의 폐기물 처리 지침에 따라 육지에서 처리해야 한다고 명시되어 있다. 또한, 선체부착생물 처리기술, 방오도로 특성, 생물부착 수준을 고려한 수중청소 의사결정 도구를 마련하여 생물보안

이행을 지원하고 있다(Kang et al.[2022]).

2015년에 기존 검역법을 대체한 Biosecurity Act 2015 법률을 제정하고, 2016년에 이를 근거로 Biosecurity Regulation 2016을 공포했으며, 9년의 개정을 통해 2023년 1월에 본 규정을 승인했다. 2020년 3개의 연구보고서를 근간으로 2021년 Austrian In-water Cleaning Standard를 재정하고, 여기에는 선종별 및 관련 산업계 특성을 반영하여 선체부착생물 관리정보 및 권고사항을 제공하고 있다. 특히, 상업용 선박을 위한 지침은 AFS, 틈새 구역, 수중청소 등과 관련한 상세한 관련 조치들에 대해 언급하고 있다. 이 지침에 대해 2021년 3월에 호주 연방, 지역 생물보안기관 및 환경기관과 협의를 진행한 후 공식적으로 이해당사자 등에게 본 지침(Biosecurity Amendment(Biofouling Management) Regulation 2021)에 대한 의견을 조사했다. 마지막 단계로 2022년 2월 25일에 IMO에 개발한 규정을 회원국과 이해당사자에게 전달해 달라는 서신을 보냈다. 서신에는 호주에 입항하는 선박은 입항하기 전 12개월 동안 수행한 선체부착생물 관리에 대한 정보를 선박도착보고시스템(MARS)에 제출하고, 입항 30일 이내에 선체부착생물 청소를 수행하거나, 정부에 의해서 승인된 방법으로 선체부착생물 관리를 수행한 경우 선체부착생물에 대한 검사가 경감될 수 있다고 명시되어 있으며, 이러한 조치는 IMO 2011 Biofouling Guideline과 일치한다고 언급하였다. IMO는 호주에게서 받은 서신을 회람문서(MEPC.1/Circ.898)로 회원국과 이해당사자들에게 통보했다. 2022년 6월 15일부터 2023년 12월 15일까지는 계도기간이지만, 선체부착생물과 관련된 허용할 수 없는 생물보안의 위험성이 있는 경우 Biosecurity Act 2015의 선체부착생물의 관리와 관련 규정에 따라 Biosecurity Regulation 2016을 적용한다고 명시했다. 따라서 호주는 2023년 12월 5일부터는 선체부착생물에 대한 자국의 규정을 강제 적용할 것이다.

미국 정부는 연방규정집(Code of Federal Regulations(CFR)) 33 CFR Part 151 §151.2050항에 외래종 유입 방지를 위한 조치로 선박평형수와 함께 선체부착생물 관리 규정을 포함하고 있다. 이 규정은 미국 수역을 운항하는 선박은 앵커를 수거할 때 생물 및 침전

Table 2. List of main reports and guidance on biofouling in Australia

년도	호주 선체부착생물 관련 보고서
2009	National biofouling management guidelines
2010	Review of biosecurity and contaminant risks associated with in-water cleaning
2011	Species biofouling risk assessment
2011	Vessel biofouling risk assessment
2013	In-water hull cleaning and filtration system: In-water cleaning trials(Report 1)
2013	In-water hull cleaning system cost and cost benefit analysis(Report 2)
2015	In-water treatment of vessels in Western Australian water: Guidance statement
2015	Antifouling and in-water cleaning guidelines
2020	Assessment of reproductive propagule size for biofouling risk groups
2020	Chemical contaminant risks associated with in-water cleaning of vessels
2020	MAMPEC modelling of key Australian ports to predict environmental impacts of in-water cleaning discharge
2021	Australian in-water cleaning standards: consultation draft
2022	Australian biofouling management requirements

*한국해양과학기술원, 2022 참조

물을 제거하기 위해 수거 지역에서 즉시 앵커 및 앵커체인을 청소해야 한다고 명시되어 있다. 또한 정기적으로 선체, 배관, 탱크에 부착한 생물을 제거해야 하고, 평형수 관리계획서에 선체부착생물 관리 및 침전물 제거 절차를 기록하도록 명시되어 있다. §151.2050항은 선체부착생물 관리 절차가 규정되어 있지 않으나, IMO 지침 및 캘리포니아 규정에 따른 선체부착생물 관리계획서 사용을 인정하고 있다(Kang *et al.*[2022]).

미국 환경청을 통해 2008년 시행된 Vessel General Permit(VGP)를 2013년에 갱신하여 미국에 입항하는 선박에 대해 선박평형수와 선체부착생물을 포함한 선박으로부터 배출되는 총 27개 목록을 관리 및 규제하고 있다. 선체부착생물 관리 관련 규정은 VGP 제2.2.23항과 제4.1.3항에 언급되어 있다. 제2.2.23항은 선주 또는 운항자가 선박이 미국 수역에서 선체부착생물의 유입을 최소화하도록 요구하고 있으며, 이를 위해 적절한 AFS 적용 및 유지, 수중점검, 수중청소, 선체관리, 드라이 독에서의 선체 및 틈새 구역의 청소 등을 요구하고 있으며, 가능하다면 드라이 독 또는 육상시설에서 철저히 선체를 청소하도록 요구하고 있다. 제4.1.3항은 선장, 선주 또는 운항자가 적어도 1년에 한 번씩 VGP 프로그램의 이행 현황을 확인

하기 위하여 틈새 구역을 포함한 선체의 부착생물에 대한 물리적인 점검뿐 아니라, 규정에 따른 선체부착생물 관리 여부 및 기록 관리 등을 확인해야 한다(Kang *et al.*[2022]).

미국 내에서 캘리포니아는 환경관리 규정을 엄격하게 적용한다. 선체부착생물관리도 캘리포니아 규정(California Code of Regulation) 제4.8조에 따라 2017년 10월 1일 이후 캘리포니아주 항구에 입항하는 선박의 총톤수가 300톤 이상이면 ‘해양침입종 프로그램 선박보고 양식(Marine Invasive Species Program Annual Vessel Reporting Form)’을 매년 최초 입항 24시간 전에 제출하는 것을 의무화하였다. 또한 신조선은 2018년 1월 1일 이후 인도 시점부터, 그리고 현 조선은 2018년 이후 최초로 도래하는 정기검사(IOPP) 시점까지 IMO 지침에 의한 선체부착생물 관리계획서(BFMP) 및 기록부(BFRB)를 선박에 비치해야 한다. 그리고 물에 잠기는 선체 표면에 대한 선체부착생물 관리 및 45일 이상 한 항구에 정박했던 선박은 캘리포니아 항구에 도착 시 선체부착생물 관리계획서에 따라 틈새 구역에 대한 관리 조치들을 선체부착생물 기록부에 기록해야 한다(Kang *et al.*[2022]).

그 외 유럽 국가들의 사례들을 보면, 스코틀랜드와 스웨덴은 지

Table 3. General management of ship hull cleaning in Northern Europe and Australia/New Zealand based on response from national authorities

	Hull cleaning locations	Methods employed	Frequency	Guidelines
Denmark	Mainly shipyards. In-water cleaning in ports and anchorage.	Sandblasting and water jet streams in ship yards. Under-water ROVs apply brushes or jet streams.	Parallel with repairs or servicing, i.e. variations between 0.5-5 year intervals.	Promotes the IMO guidelines. Harbour permissions given locally.
Finland	-	One Finnish company offers in-water cleaning by divers using brushes and residue collection.	When needed.	No national guidelines
Germany	Large Dockyards	Sand blasting	-	International guidelines.
Nether-lands	Dockyards. However, an initiative involving in-water ROVs in one port is mentioned.	Removed fouling material is sampled for toxic levels of inorganics, then discarded as waste and thus not returned into the water.	No information available.	Promotes the IMO guidelines.
Norway	Shipyards.	-	Parallel with repairs or servicing.	Promotes the IMO guidelines. Harbour permissions given locally.
Poland	Repair shipyards	The mechanical methods like sandblasting, washing under high pressure by means of hydro monitors are used in the shipyards.	Parallel with repairs or servicing.	No national guidelines
Scotland	Dry-docks in e.g. Aberdeen, Edinburgh and Garval Clyde.	Power wash with dock hoses to remove fouling and the current paint, then re-coating with new antifoulant. In some cases a couple of layers can be applied, with a primer being used as a base.	Generally every 1-3 year. Ferries typically have yearly turn-arounds. Oil and gas vessels every 2-3 year.	Pollution Prevention and Control Regulations. MEPC’s biofouling guidelines are recommended.
Sweden	Dry-docks, in port at designated quays or in designated areas. Hull cleaning is performed (at least) in Helsingborg, Göteborg, and Stockholm	In general, divers use brushes and hull cleaning robots use water jet technique. One company uses cleaning robots, and another company uses brushes and residue collection.	When ships are to be repainted every 3-5 years they dry-dock but in-water hull cleaning takes place in between those intervals. Dependent on the grade of fouling, some ship-operators performs hull cleaning every 6th month.	No national guidelines.
Australia/ New Zealand	-	In general, divers use brushes and hull cleaning robots use water jet technique.	6-12 month interval	Australia and New Zealand rule (joint policy document).

정한 드라이 독을 이용해 부착된 유기체만 제거할 수 있고, 네덜란드는 조선소의 드라이 독 사용을 권고하지만, ROV(수중로봇청소기)를 이용한 수중청소도 언급하고 있다(Table 3)(Bohn *et al.*[2016]; Hyun *et al.*[2018]). 또한 선체부착생물 청소 주기도 국가마다 다른데, 덴마크, 노르웨이, 폴란드는 선박이 수리나 정비받을 때 선체부착생물을 제거하도록 권고하지만, 스코틀랜드와 스웨덴은 선박 종류, 선체부착생물 정도에 따라서 청소 주기를 다르게 적용하고 있다(Table 3)(Bohn *et al.*[2016]; Hyun *et al.*[2018]).

3. 국내 위해성 관리방안 및 평가 방법 소개

국내 선체부착생물 관리 방안은 한국해양과학기술원이 해양수산부 연구과제로 수행하고 있는 ‘선체부착생물 관리 및 평가 기술 개발’을 중심으로 소개하고자 한다. 국내의 위해성 관리 방안 및 평가는 개정 중인 IMO의 Biofouling Guideline과 외국 사례를 바탕으로 우리나라 실정에 맞는 선체부착생물 관리 및 평가 기술을 개발해야 한다. 2011 Biofouling Guideline은 선박을 유지관리하는 과정에서 배출되는 부착생물과 화학적 오염원이 해당 지역의 수중 생태계에 배출되지 않아야 하고, 국가 및 지방의 법과 규정에 준하여 처리되어야 함을 명시하고 있다. 특히, 선체부착생물 관리를 위한 수중청소 시 배출물질(부착생물과 입자성 및 용존성 방오도로 포함)의 위해성을 관리하여 고유생태계의 위협을 최소화하도록 명시하고 있다. 그리고 선체부착생물 관리 및 지침에서 우리보다 앞서있는 호주는 생물 위해성 평가 및 독성영향평가를 포함하는 화학적 위해성을 고려한 평가 방법을 근거로 선체부착생물을 관리하려고 한다(CEBRA[2022]). 따라서 국내의 위해성 관리 방안과 평가 방법도 선박이 입항하고 출항하기까지 외래종 유입으로 발생할 수 있는 생물학적 위해성 평가와 수중청소에 따른 화학적 위해성 평가를 수행하고, 수중청소 시 발생할 수 있는 이들 위해성을 고려해 국내 항만 및 입항하는 선박들의 조건에 맞는 청소 방법 및 관리 체계를 구축해야 한다.

3.1 생물학적 위해성평가

선체부착생물 수중청소에 대한 생물학적 위해성 평가는 핵심요소인자 선정, 수중청소 시나리오 개발, 생물학적 위해성 평가지표 설계로 구분하여 3단계로 연구개발을 진행하고 있다. 핵심요소인자는 선박 기원, 청소 전 체류시간, 청소 후 체류시간, 부착 생물량을 비롯하여, 수중 청소 시 부산물 포집 성능 및 후처리 시스템 사용여부로 선정했으며, 선정된 핵심요소인자를 매트릭스 방식으로 배열하여 240개의 선체부착생물 수중청소 시나리오를 구상하였다(Fig. 1). 또한 선체부착생물의 모든 유입 경로를 고려해서 4개의 평가지표(R1: 수중청소 전 외래종의 항만 정착 가능성, R2: 수중청소 과정에서 포집되지 않은 외래종의 항만 정착 가능성, R3: 수중청소 후 선체 표면에 남아 있는 외래종의 정착 가능성, R4: 수중청소 후 배출수 내 외래종의 항만 정착 가능성)로 한국형 생물학적 위해성 평가지표(K-IMEA, Korean Infection Mode and Effects Analysis)를



Fig. 1. Cole elements for in-water cleaning of biofouling.

구상하였다. 이러한 IMEA 선정 방법은 뉴질랜드 연구사례를 참고하였다(Morrisery *et al.*[2013]).

K-IMEA는 4개의 평가지표를 위해성 정도에 따라 1점~10점까지 점수를 부여한다. 위해성 정도는 6개의 핵심요소인자를 기반으로 평가하는데 선박의 기원이 국제선인 경우, 수중 청소 전·후 선박의 정박시간이 길어지는 경우, 선체부착생물 정도가 높은 경우, 수중 청소 시 생물 및 입자들의 포집률이 낮은 경우, 육상시설에서 후처리가 이루어지지 않는 경우에 K-IMEA의 4개 평가지표는 각각 높은 점수를 획득하고, 이들 값을 곱해서 생물학적 위해성 평가를 위한 위험 정도(Risk Priority Number, RPN)를 산출한다. 240개 시나리오에 대한 RPN 값을 산출하여, 저위험(RPN<100), 중위험(100 ≤ RPN < 1,000), 고위험(RPN ≥ 1,000)으로 구분하고 이를 근거로 각 시나리오에 대한 선체부착생물에 대한 수중청소 방법 및 관리 방안을 산정한다. 고위험 시나리오는 수중청소 시 생물적 위해성이 높아 항만 내 수중청소가 불가하고 드라이 독에서만 선체부착생물의 제거가 가능하며, 중위험 및 저위험 시나리오는 수중청소는 가능하지만, 포집 여부, 포집률, 제거 입자 크기 및 후처리 등의 수중청소 방법이 시나리오에 따라 다르게 결정된다. 현재 K-IMEA 지표에 대한 현장 시험은 부착관을 이용한 시험(R1과 R3)과 실제 선박에서 수행한 수중청소 시험 결과(R2와 R4)를 토대로 진행되고 있으며, 이들에 대한 시험 결과가 축적되면 각각의 시나리오에 대한 완성도가 높은 RPN 값이 산정될 것이다.

3.2 화학적 위해성평가

수중청소 시 배출수 내 화학물질이 환경에 미치는 영향에 대한 국제 기준의 환경위해성 평가는 선박평형수의 환경위해성 평가 지침인 G9의 방법론과 유사할 것으로 판단된다(IMO[2022]). 개별 화학물질의 위해성 평가는 배출수 내 방오도로 성분이 환경에 노출되었을 때 어느 정도의 농도로 환경에 존재할 수 있는지에 대한 환경예측농도(Predicted Environment Concentration, PEC)를 MAMPEC (Marine Antifoulant Model to Predicted Environment Concentration) 모델을 이용해 결정할 수 있으며, 이 모델은 선박평형수 배출수 평가에도 활용되고 있다. MAMPEC 모델은 PEC 값을 구하기 위해서 수중청소 시 발생하는 배출수 양에 대한 정보 및 항만 내의 이

들의 거동을 파악하기 위한 항만 환경에 대한 수리수문학적 정보, 그리고 항만에 입출항하는 선박 정보 및 수중 청소하고자 하는 특정 선박 정보가 요구된다. 또한 개별 화학물질의 생물분해, 광화학분해, 수화반응 및 퇴적물에 의한 흡착 등의 고유한 물리·화학적 특성도 고려된다. MEMPEC에서 예측된 PEC 값의 환경위해성을 평가하기 위해서는 이 물질이 생물에 영향을 미치지 않는 무영향에 측농도(Predicted No Effect Concentration, PNEC)를 산출해야 한다.

PNEC는 해양환경에 서식하는 다양한 먹이 단계의 서식 생물을 대상으로 개별 화학물질에 대한 독성 평가 자료들을 활용하여 농도 값을 산정한다. PNEC 값을 결정하는 방법은 화학물질에 대한 생물 단계별(어류, 갑각류, 식물플랑크톤, 연체동물, 극피동물) 급성과 만성 LC₅₀을 이용하는 방법과 전체 독성 자료를 활용하여 95% 보호 수준인 HC₅(Hazardous concentration for 5% species)를 이용하는 방법 등이 있을 수 있다. 현재 선박평형수처리장치의 환경위해도 평가에 사용되는 PNEC 값은 LC₅₀ 값을 이용하고 있으며, 소독부산물에 대한 PNEC 값은 GISIS에 공개하고 있다. 두 가지 방법 모두 다양한 독성 자료의 정도에 따라 평가계수(assessment factor)를 감안하여 PNEC 값을 산정한다. 최종적으로 배출수 내 개별 화학물질에 대한 위해성 평가는 PEC/PNEC 값을 산출하여 이 값이 1을 초과하면 환경에 영향을 미칠 수 있다고 판단할 수 있다. 하지만 PNEC 값이 기존의 독성 자료를 근간으로 산정되기 때문에 개별 화학물질에 대한 독성 자료가 부족하면 평가계수가 높아져 PNEC 값에 영향을 주어 화학적 위해성 평가가 과대 평가될 수 있다. 이를 보완하기 위해 선박평형수는 BWMS 최종승인 시 배출수의 독성시험(Whole Effluent Toxicity test)을 수행하여 이들 결과를 종합적으로 검토한 후 화학적 위해성을 결정한다. 따라서 수중청소 시에도 이와 유사한 방법으로 배출수의 독성평가를 수행해야 할 필요성이 있다.

선체부착생물을 관리하기 위해 선박이 입항하기 전에 생물학적 위해성 평가와 화학적 위해성 평가를 위한 선체부착생물에 대한 정보가 필요하다. 이와 관련해서 IMO는 선체부착생물 관리계획서(BFMP)와 이를 기반으로 작성하는 관리기록부(BFRB)에 대한 논

의를 진행하고 있다. 관리계획서와 기록부는 생물학적 위해성 평가에 필요한 선박의 운항 정보, 생물부착 대상 구역의 설명 및 위치, 선체 및 틈새 구역의 검사 일정, 수중청소, 생물부착 위해성 요소의 모니터링 및 비상조치, 포집 및 폐기물의 폐기와 관련된 내용을 포함하고 있다. 또한 화학적 위해성 평가에 필요한 선박에 적용된 AFS에 대한 제조사 및 방오도로 형식, 살생제 종류, 건조시 필름 두께, AFS의 예상 수명 및 효과가 감소할 수 있는 항목에 대한 정보, 그리고 선박의 운항지역의 온도, 염분 및 선박 속도 등을 고려한 적합한 운항 프로파일 및 AFS의 최적 성능을 유지하기 위한 수리, 보수, 부적절한 청소 방법 등도 명시하게 되어있다. 따라서 선박이 입항하기 전에 제출한 선체부착생물 관리계획서와 관리기록부를 개발 진행 중인 선체부착생물 관리 및 평가 지침을 토대로 생물학적 위해성과 화학적 위해성을 종합적으로 평가하여, 특정 선박의 선체부착생물 검사 여부와 수중청소 여부 및 방법에 대한 지침을 선박에 전달함으로써 국내로 유입될 수 있는 선체부착생물을 관리할 수 있을 것이다(Fig. 2).

우리나라도 선체부착생물 관리에 대한 국제적인 움직임에 대응하기 위해 2021년부터 법 개정과 수중청소 지침 개발을 위한 연구 사업을 진행하고 있다. 우리나라의 선체부착생물 제거를 진행하는 업체들은 틈새 구역을 포함하는 선체에 대해 잠수부와 수중청소 로봇을 활용하거나 드라이 독에서 선체부착생물을 제거한다. 하지만 수중청소에 대한 명확한 법적 근거와 표준화된 지침서 부재로 선체부착생물의 수중청소 관리가 상당히 미흡한 실정이다. 수중청소를 위해 업체가 지방해양청에 신청할 경우, 국내 관련 법 「선박의 입항 및 출항 등에 관한 법률」 제41조(공사 등의 허가)에 따라 무역항의 수상 구역 등에서 공사 또는 작업을 하려는 자는 관리청의 허가를 받고, 관리청은 허가할 때 선박 교통의 안정과 화물의 보존 및 무역항의 안정에 필요한 조치를 명할 수 있다는 법적 근거에 따라 수중청소 허용 여부를 결정하고 있다. 이를 근거로 2021년 7월 수중청소에 의한 해양오염 유발에 대한 민원 때문에 수중 청소작업을 한시적으로 제한한 적이 있으며, 2022년 8월부터는 수중 청소 관련 법적 근거 등의 미흡으로 수중청소 제한을 해제하여 현재

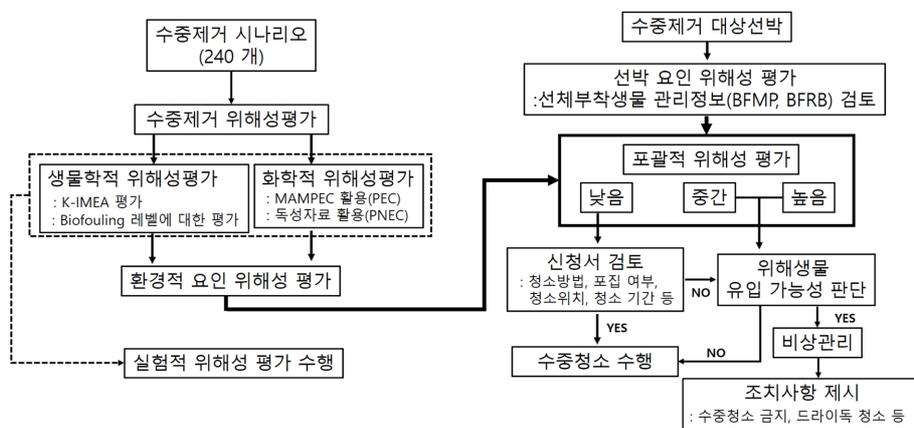


Fig. 2. Example of a framework for in-water cleaning management of biofouling based on risk assessment.

는 업체가 지방해양청으로부터 수중공사작업 허가를 받아 수중청소를 진행하고 있다. 정부는 선박의 입항 및 출항 등에 관한 법률을 포함한 해양환경관리법, 선박평형수관리법 등 다양한 법령을 검토하여 2024년까지 선체부착생물 관련 신산업 조기 도입을 위한 규정·제도를 마련하고자 한다. 이와 함께 국제해사기구의 2023 Biofouling Guideline과 PPR에서 2025년까지 진행될 수중청소 지침 및 타국의 선체부착생물에 관한 법률 등을 참고하여 선체부착생물 수중관리 및 사후 관리 지침 등의 마련도 시급히 진행되어야 할 것이다.

4. 결 론

선체부착생물에 대해서 국제해사기구는 2006년부터 시작하여 MEPC 65차에서 2011 Biofouling Guideline을 채택하였다. 이후 MEPC 72차에서 이 지침에 대한 개정이 논의되어 MEPC의 소위원회인 PPR 7차부터 10차까지 논의한 후, MEPC 80차에 2023 Biofouling Guideline 회람문서의 초안을 제출하였다. 현재는 선체부착생물 관리에 대한 논의의 편의성을 위해 선체부착생물 관리지침으로 논의되고 있지만, 관리지침에 대한 논의 후에 강제성을 가지는 국제협약으로 발효될 가능성이 높다. 뉴질랜드와 호주 및 미국 등이 선체부착생물에 대한 자국의 규제를 마련하고 있어 우리나라도 이와 관련된 규제의 기틀을 신속히 마련해야 선체부착생물에 대한 국제협약에 대응할 수 있으며, 국제협약이 발효되기 전에 국내 항만으로 유입될 수 있는 선체부착생물을 효율적으로 관리할 수 있을 것이다. 부가적으로 선체부착생물 관리 및 평가 기술 개발에 관한 연구는 PPR 소위원회가 2025년까지 논의할 수중청소에 관한 지침 개발과 상당한 연관성이 있어 PPR 논의 시 우리 정부의 의견을 반영할 수 있는 과학적인 근거를 제시할 수 있을 것이다.

후 기

본 연구는 2023년도 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행하였습니다(연구개발과제번호: RS-2021-0651, 선체부착생물 관리 및 평가 기술개발).

References

- [1] BLG, 2007, Biofouling issues and potential management measures, Sub-committee on Bulk Liquids and Gases, BLG 12/11.
- [2] BLG, 2008, Report of the correspondence group on the development of measures to minimize the transfer of invasive aquatic species through bio-fouling of ships, Sub-committee on Bulk Liquids and Gases, BLG 13/9.
- [3] Bohn, P., Hansen, S.L., Møller, J.K. and Stuer-Lauridsen, F., 2016, Non-indigenous species from hull fouling in Danish marine waters, The Danish Nature Agency, Copenhagen.
- [4] CEBRA, MAMPEC Modeling of Key Australian Ports to predict environment impacts of in-water cleaning discharge, https://cebra.unimelb.edu.au/_data/assets/pdf_file/0009/3457134/in-water-cleaning-final-V3.pdf (accessed 2023.07.21.).
- [5] Chan, F.T., MacIsaac, J.J. and Bailey, S.A., 2015, Relative importance of vessel hull fouling and ballast water as transport vectors of nonindigenous species to the Canadian Arctic, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 72(8), 1230-1242.
- [6] Davidson, I.C., Scianni, C., Minton, M.S. and Ruiz, G.M., 2018, A history of ship specialization and consequences for marine invasion, management and policy, *J. Appl. Ecol.*, 55, 1799-1811.
- [7] Desher, A.A., 2018, Biofouling impacts on the environment and ship energy efficiency, MS thesis, Dept. Maritime Safety & Environment administration, World Maritime University, Malmo, Sweden.
- [8] Hewitt, C., Campbell, M., Coutts, A., Dahlstrom, A., Shields, D. and Valentine, J., 2011, Species Biofouling Risk Assessment, Department of Agriculture, Fisheries & Forestry, Australia.
- [9] Hyun, B., Jang, P.G., Shin, K., Kang, J.H. and Jang, M.C., 2018, Ship's Hull Fouling Management and In-Water Cleaning Techniques, *J. Korean Soc. Mar. Environ. Saf.*, 24(6), 785-795.
- [10] IMO, 2022, Methodology for information gathering and conduct of the GESAMP-BWWG, BMW.2/Circ.13/Rev.5.
- [11] Jang, P.G., Hyun, B. and Shin, K., 2020, Ballast water treatment performance evaluation under real changing conditions, *J. Mar. Sci. Eng.*, 8(10), 1-19.
- [12] Kang, J.H., Jang, M.C., Jung J.H. and Kim, M., 2022, Management Structure and System of the Emissions of In-water Cleaning for Vessels, Korea Institute of Ocean Science Technology (KIOST), Busan.
- [13] MEPC, 2006, Investigating biofouling risks and management options on commercial vessels, Marine Environment Protection Committee, MEPC 54/INF.5.
- [14] MEPC, 2011, 2011 Guidelines for the Control and Management of Ships' Biofouling to minimize the transfer of invasive Aquatic Species, Marine Environment Protection Committee, Resolution MEPC.207(62).
- [15] MEPC, 2013, Guidance for evaluating the 2011 Guidelines for the Control and Management of Ships' Biofouling to minimize the transfer of invasive Aquatic Species, Marine Environment Protection Committee, MEPC.1/Circ.811.
- [16] Molnar, J.L., Gamboa, R.L., Revenga, C. and Spalding, M.D., 2008, Assessing the global threat of invasive species to marine biodiversity. *Front. Ecol. Environ.* 6, 485-492.
- [17] Morrissey, D., Gadd, J., Page, M., Floerl, O., Woods, C., Lewis, J., Bell, A. and Georgiades, E., 2013, In-water cleaning of vessels: Biosecurity and chemical contamination risks, Ministry for Primary Industries, Wellington.
- [18] MPI, 2018, Guidance Document for the Craft Risk Management Standard for biofouling, <https://www.mpi.govt.nz/dmsdocument/11671/direct>, (accessed 2023.07.21.)
- [19] PPR, 2022, Review of the 2011 Guidelines for the Control and

Management of Ships' Biofouling to minimize the transfer of invasive Aquatic Species (Resolution MEPC.207(62)), Sub-committee on Pollution Prevention and Response, PPR 9/INF.19.

[20] PPR, 2023, Report of the Working Group on Marine Biosafety, Sub-committee on Pollution Prevention and Response, PPR 10/WP.5.

[21] Tsirintanis, K., Azzurro, E., Crocetta, F., Dimiza, M., Frogliola, C., Gerovasileiou, V., Langeneck, J., Mancinelli, G., Rosso, A.

and Stern, N., 2022, Bioinvasion impacts on biodiversity, ecosystem services, and human health in the Mediterranean Sea. *Aquat. Invasions*, 17, 308-352.

Received 29 June 2023

Revised 13 July 2023

Accepted 31 July 2023