

국외사례를 기반으로 한 선체부착생물 국내 관리방안 연구

하신영* · † 박한선

*한국해양대학교 전임연구원, † 한국해양수산개발원 연구위원

A Case Study on the Management of Biofouling for Protection of the Marine Ecosystem

Shin-Young Ha* · † Han-Seon Park

*Senior Researcher, Korea Maritime and Ocean University, Busan 49112, Korea

† Research Fellow, Korea Maritime Institute, Busan 49111, Korea

요 약 : 선박의 이동으로 유입된 유해해양생물은 해양생태계교란을 유발하고 있으며 주로 선박평형수와 선체부착생물의 형태로 유입되는 것으로 알려져 있다. 선박평형수의 이동으로 인한 유해해양생물은 모든 선박에 의무적으로 처리설비를 선박에 설치하도록 강제화되었기 때문에 상당히 감소되었다. 그러나 선체부착생물의 경우 현재 IMO 가이드라인을 통해 각국에 관리를 권고하는 수준이기 때문에 비 강제화로 여전히 이동 위험이 존재한다. 특히 선체부착생물은 해양생태계 교란 문제도 있지만 에너지효율 저감에도 영향을 미치기 때문에 IMO 온실가스 감축목표 달성위한 하나의 방안으로 최근 주목받고 있다. 선체부착생물에 대한 관리의 필요성에 대해 국제적 공감대가 증가되고 있기 때문에 강제화 규제로 이어질 가능성이 높다. 따라서 본 연구는 선체부착생물 규제를 이미 시행하고 있는 국가의 사례를 중심으로 우리나라의 선체부착생물의 관리 방안을 제시하였다.

핵심용어 : 선체부착생물, 환경규제, 가이드라인, 선박온실가스, 해양생태계관리

Abstract : Harmful aquatic organisms introduced by ship movement cause marine ecosystem disturbances and are in the form of ballastwater and biofouling. Harmful marine life from ballastwater has been considerably reduced because mandatory treatment on all vessels is required to install onboard vessels. However, there remains risk of migration because biofouling is recommended to countries for management through the IMO guidelines. In particular, biofouling management has recently attracted attention for achieving IMO GHG reduction targets because it contributes to energy efficiency, as well as there are reasons for marine ecosystem protection. In recent years, increasing international consensus on the need for biofouling management is likely to lead to enforcement regulations. Thus, this study suggests the management method of hull attachment organisms in Korea, focusing on the cases of foreign countries that have regulated hull attachment organisms.

Key words : Biofouling, Environment Regulations, Guidelines, Greenhouse Gas, Marine Ecosystem Management

1. 서 론

선박의 해상무역활동으로 인한 선박평형수의 이동으로 인한 유해해양생물(harmful aquatic organisms)이 해양생태계 파괴의 위협 요소로 작용하고 있으며 주로 선박평형수와 선체부착생물의 형태로 이동되어 유해해양생물이 유입되는 것으로 알려져 있다. 선박평형수에 포함된 유해해양생물은 국제해사기구(International Maritime Organization)의 선박평형수관리협약(Ballast Water Management Convention)의 발효로 국제항해에 종사하는 선박에는 강제로 선박평형수처리장치를 설치하도록 의무화하였다. 선박평형수의 이동은 처리설비를

통과하여 배출되기 때문에 그 위험이 상당히 감소되었다고 볼 수 있다. 그러나 선체부착생물에 대한 관리는 현재 IMO 가이드라인에 따른 권고 수준으로 머물러 있기때문에 아직 외래종의 이동 위험이 여전히 존재한다고 할 수 있다. 특히 호주 정부가 발표한 보고서에 따르면 유해해양생물의 약 20%정도는 선박평형수로 이동하고 나머지 77%정도는 선체부착생물을 통해 이동하기 때문에 선체부착생물로 인한 외래생물의 유입위험성이 더 높다고 할 수 있다(IMO, 2006). 뿐만 아니라 최근 국제해운 온실가스 감축규제에 따른 에너지효율을 증가시키는 방법 중 하나로 선체부착생물을 관리하는 방안이 거론되고 있다. 또한 선체부착생물에 대한 관리 필요성이 증가되어 강

† Corresponding author : 정희원, hspark@kmi.re.kr 051)797-4627

* 정희원, hsy4625@kmou.ac.kr

(주) 이 논문은 “국내 선박부착생물 관리방안에 관한 연구”란 제목으로 “2019 춘계학술대회 한국항해항만학회논문집(부산 BPEX, 2019.11.20.-21, pp.236-237)”에 발표되었음.

제화 규정이 제정될 가능성 있다. Suk(2018)은 선체부착생물 오손의 규제에 관한 연구를 통해 국내법 적용에 대한 연구를 진행하였으며 Hyun(2018)은 선체부착생물의 수중제거방법에 대해 연구하였다. 본 연구에서는 이미 선체부착생물 관리를 시행하고 있는 국가들을 중심으로 선체부착생물에 대한 시행 방법, 자가진단방법, 항만국통제(PSC) 사례연구를 통해 국내에 적용시킬 수 있는 방안을 정성적 방법으로 분석하여 연구 결과를 제시하였다.

2. 선체부착생물로 인한 환경적 피해현황

2.1 유해해양생물로 인한 해양생태계 피해

선박의 국가 간 이동으로 인해 발생하는 유해해양생물 문제에 대해서는 지속적으로 논란이 되고 있으며 이는 생물다양성과 생태계 변화 등 직·간접적인 해양환경에 부정적 영향으로 작용하고 있다. 특히 관광업, 양식업, 어업과 같은 해양환경에 의존하는 산업의 경우 직접적으로 경제에 부정적 영향과 함께 산업인프라 구축에도 치명적인 피해를 주고 있다. 선박 통항으로 인해 유입된 유해종의 목록은 Table 1과 같이 분석

되었으며 대부분 원산지보다 거리가 먼 지역에서 이동되어 지역의 토착 생물에게 피해를 주고 있는 것으로 나타났다. 대표적으로 흑해가 원산지인 얼룩말홍합(Zebra mussel *Dreissena polymorpha*)가 미국으로 유입되어 10년 동안 해양생태계에 악영향을 미쳤으며 경제적인 피해액 추정결과 최대 10억 달러로 추정될 만큼 유해해양생물로 인한 해양생태계의 피해는 막대하다.

2.2 선박의 이산화탄소 배출 증가

IMO는 국제 해운분야의 총온실가스배출량을 2008년 대비 2050년까지 50%이상 감축 목표를 설정하였으며 저탄소와 무탄소 연료개발과 더불어 신조선을 시작으로 현존선박까지 온실가스감축 규제를 더욱 강화하고 있다. 특히 선체부착생물로 인해 선체 표면 거칠기가 증가되면 마찰저항 증가로 인해 연료소비량의 증가에 따라 배출량이 증가할 수 있다. 따라서 온실가스감축을 위한 저탄소 에너지효율증가의 방안으로 선체부착생물의 관리가 중요하게 고려되고 있다.

Townsin et al.(1986)와 MEPC 75/15/1에 따르면 선체 높은 부착생물의 밀도로 인해 연료소모량이 최대 10%까지 증가

Table 1 List of hazardous creatures due to ship

Name	Native to	Introduced to	Impact
Cholera <i>Vibrio cholerae</i> (various strains)	Various strains with broad ranges	South America, Gulf of Mexico and other areas	Some cholera epidemics are reported to be have been associated with ballast water
Cladoceran Water Flea <i>Cercopagis pengoi</i>	Black and Caspian Seas	Baltic Sea	Reproduces to form very large populations that dominate the zooplankton community and clog fishing nets and trawls, with associated economic impacts.
Chinese mitten crab <i>Eiocheir sinensis</i>	Northern Asia	Western Europe, Baltic Sea and west coast North America	Undergoes mass migrations for reproductive purposes. Burrows into river banks and dykes causing erosion and siltation. Preys on native fish and invertebrate species, causing local extinctions during population outbreaks. Interferes with fishing activities.
Toxic algae(red/brown/ green tides) various species	Various species with broad ranges	Several species have been transferred to new areas in ships' ballast water	May form harmful algae blooms. Depending on the species, can cause massive kills of marine life through oxygen depletion, release of toxins and/or mucus. Can foul beaches and impact on tourism and recreation. Some species may contaminate filter-feeding shellfish and cause fisheries to be closed. Consumption of contaminated shellfish by humans may cause severe illness and death.
Round goby <i>Neogobius melanostomus</i>	Black, Asov and Caspian Seas	Baltic Sea and North America	Highly adaptable and invasive. Increases in numbers and spreads quickly. Competes for food and habitats with native fishes including commercially important species, and preys on their eggs and young. Spawns multiple times per season and survives in poor water quality.
North American comb jelly <i>Mnemiopsis leidyi</i>	Eastern seaboard of the Americas	Black, Azov and Caspian Seas	Reproduces rapidly (self fertilizing hermaphrodite) under favourable conditions. Feeds excessively on zooplankton. Depletes zooplankton stocks; altering food web and ecosystem function. Contributed significantly to collapse of Black and Asov Sea fisheries in 1990s, with massive economic and social impact. Now threatens similar impact in Caspian Sea.
North Pacific seastar <i>Asterias amurensis</i>	Northern Pacific	Southern Australia	Reproduces in large numbers, reaching 'plague' proportions rapidly in invaded environments. Feeds on shellfish, including commercially valuable scallop, oyster and clam species.
Zebra mussel <i>Dreissena polymorpha</i>	Eastern Europe (Black Sea)	Introduced to: western and northern Europe, including Ireland and Baltic Sea; eastern half of North America	Fouls all available hard surfaces in mass numbers. Displaces native aquatic life. Alters habitats, ecosystem and food web. Causes severe fouling problems on infrastructure and vessels. Blocks water intake pipes, sluices and irrigation ditches. Economic costs to USA alone of around US\$750 million to \$1 billion between 1989 and 2000.
Asian kelp <i>Undaria pinnatifida</i>	Northern Asia	Southern Australia, New Zealand, west Coast of the United States, Europe and Argentina	Grows and spreads rapidly, both vegetatively and through dispersal of spores. Displaces native algae and marine life. Alters habitat, ecosystem and food web. May affect commercial shellfish stocks through space competition and alteration of habitats.
European green crab <i>Carcinus maenus</i>	European Atlantic coast	Southern Australia, South Africa, the United States and Japan	Highly adaptable and invasive. Resistant to predation due to hard shell. Competes with and displaces native crabs and becomes a dominant species in invaded areas. Consumes and depletes wide range of prey species. Alters inter-tidal rocky shore ecosystem.

Source : Invasive Aquatic Species (IAS), IMO, 2019

될 수 있다고 주장했기 때문에 선체부착생물의 체계적인 관리로 온실가스를 저감 할 수 있다.

선체코팅, 프로펠러연마, 선체 청소로 인한 선체부착생물 제거효과로 선박을 운항할 때 발생하는 이산화탄소를 대폭 감축할 수 있기때문에 국제해운 온실가스 감축 규제를 이행하는 방안으로 비용대비 효과가 있는 것으로 볼 수 있다(International council on clean transportation, 2011).

특히, 해양오염방지협약(MARPOL 73/78)에 따른 선박온실가스 배출량 감축을 위하여 선박은 강제적으로 선박에너지효율관리계획서(SEEMP)의 비치 의무가 2013년부터 시행되었고 최근 동 계획서에 의한 온실가스 관리체계 구축 강제화가 추진되고 있어 에너지효율을 증가시키기 위한 계획을 수립하고 실행에 대한 모니터링 절차를 의무적으로 포함되어야 한다. 따라서 선박에너지효율 향상을 위한 하나의 조치로 프로펠러와 선체 등에 대한 모니터링을 통한 선체부착생물을 관리체계가 구축 되어야한다. 따라서 선체부착생물의 효과적인 관리를 포함한 에너지효율관리계획서(SEEMP)를 검증하기 위한 국내법적 관리방안이 필요한 시점이다.

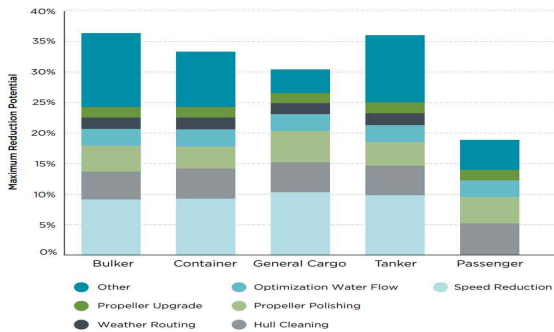


Fig. 1 CO₂ reductions of technical and operational measures by ship types

3. 국외 사례

3.1 IMO 선체부착생물의 가이드라인

해양환경보호를 목적으로 선박의 국가 간의 이동에 따른 환경규제협약에는 2001년에 채택된 IMO 선박방오도료규제(AFS)협약이 있다. 이 협약은 선체부착생물의 이동을 방지하는 것 보다 방오도료에 포함되어 있는 유기주석화합물(TBT)의 독성으로 인한 수중생물의 피해를 방지하는 것을 목적으로 하고 있다. 이후 해양유해생물의 이동과 관련된 선박평형수협약의 채택으로 선박평형수를 통한 유해해양생물 유입을 최소화하는 데는 기여했다고 볼 수 있지만 여전히 선체부착생물의 이동으로 인한 문제는 해결되지 않고 있다. 2006년 선체부착생물에 관한 연구를 수행한 호주가 그 결과를 MEPC 54차에 제출하면서 선체부착생물의 문제가 다시 대두되었다. MEPC

55차에서 선박의 선체부착생물을 통해 유입된 유해생물이 해양생태계 등에 유해요소가 될 수 있다는 우려가 제기되었고 MEPC 56차('07.7)에서 조치를 마련하기로 결정하였다. 그 결정에 따라 MEPC 62차에서 IMO 지침(Res.MEPC.207(62))이 채택되었으며 주요 내용은 Table 2와 같다(IMO, 2011). 그러나 이 지침은 권고사항의 가이드라인으로 강제이행 의무가 없이 신속히 지침을 제정하다보니 충분한 검토와 유효성평가가 이루어지지 않은 한계점을 가지고 있다. 따라서 지침의 실효성과 효과적인 지침 이행측면에서 최근 2018년 MEPC 72차에 현행 지침이 선체부착생물 관리절차, 방오 성능, 수중소제, 선체부착생물을 최소화할 수 있도록 선체설계방법 및 관련 교육사항이 구체적으로 명시될 수 있도록 유효성평가를 진행하는 것으로 결정되었다. 또한 수집된 정보를 바탕으로 관리지침서 개정을 검토하고 있으며 2019년 IMO는 개발도상국의 수생생물 오염관리 역량강화사업인 'GloFouling 프로젝트'를 시작하면서 선체부착생물관리에 대한 관심이 높아지고 있다. 지침의 유효성평가 및 개도국역량강화 프로그램을 통해 향후 선체부착생물에 대한 또 다른 강화된 환경규제가 제정될 가능성이 높다.

Table 2 Considerations for Biofouling Management using Res.MPC.207(62)

Element	Details
Placement of Biofouling Management Plan and Biofouling Record Book	<ul style="list-style-type: none"> - Anti-Fouling System of Main Line - Inspection and maintenance plan for Anti-Fouling System - Safety of personnel involved in operating conditions and operation - Procedure for disposal of attached organisms - Other evidence
Information of the marine growth prevention systems	<ul style="list-style-type: none"> - Applying anti-corrosion paint to hull and niche areas - Regular inspection and cleaning of the hull should be carried out.
Provide information related to underwater inspection	<ul style="list-style-type: none"> - Selection of MPI companies by port and disclosure of information - Underwater inspection instructions (Chip cleaning, dry docking report, photos and video data)
Minimize risk of hull adhesion even during the design and construction of vessels	<ul style="list-style-type: none"> - Confirmation of efforts to minimize the risk of defects in hulls on the design drawings
IMO Notifications	<ul style="list-style-type: none"> - Notify inspection methods, MPI companies, port country controls, etc.

IMO 결의서(Res.MEPC.207(62))는 선체부착을 통해 이동하는 해양유해생물종을 최소화하기 위해 선체부착생물관리체

획서(Biofouling Management Plan)와 기록부(Biofouling Record Book)를 선박에 비치하도록 되어있다.

또한 수면 아래에 있는 선체표면의 부착생물의을 관리하는 조치로 선체표면에 바르는 원료, 씨체스트(sea chest) 등에서 사용되는 수중생물증식방지시스템(MGPS, Marine Growth Prevention Systems)에 대한 정보가 제공되어있다(IMO, 2011). 그러나 방오시스템이 적용되고 있어도 지속적인 관리가 이루어지지 않으면 선체부착생물 양이 많아질 수 있기 때문에 이를 방지하기 위한 수중검사 관련된 정보와 수중제거를 통한 환경적 위해를 예방하기 위한 조치 등이 포함되어 있다.

이 지침은 선박을 건조할 때 선체부착생물의 위험을 최소화하기 위해 크기가 작은 취약지역의 설치를 배제하거나 검사와 소제 등을 위해 접근성이 좋은 설계를 요구하고 있다. 마지막으로 선체부착생물관리와 관련된 다양한 정보를 IMO에 제출하여 회원국에게 공유하도록 하고 있다. 향후 본 지침의 강제로 인한 국내법 제정 시 항만국통제(PSC), 회원국감사(IMSAS)와 같은 IMO의 강제적 이행수단조치를 염두할 필요가 있다.

3.2 미국

미국은 연방규정집(CFR, Code of Federal Regulations) 33 CFR Part 151의 Subpart D 조항으로 미국의 관할수역 내에 외래종(Nonindigenous Species) 침입을 규제하기 위해 선박평형수를 관조리하고 있다. 또한 Part 151의 2050항에는 외래종을 줄이기 위한 추가조치로 선체부착생물관리에 대하여 규정하고 있다. 이 규정에 따라 미국의 관할수역 내에서 운항하는 선박은 앵커의 생물 및 침전물을 제거하기 위해 앵커 및 앵커체인 등을 세척하고 선박의 선체, 배관 및 탱크에 부착된 생물들을 정기적으로 제거하며 선박평형수관리계획서(BWMP)에 상세한 선체부착생물관리 및 침전물 제거 절차를 명시하여야 한다(Suk, 2018).

특히 미국의 캘리포니아주는 2017년 10월 1일 이후 캘리포니아주 항구에 입항하는 총톤수 300톤 이상의 모든 선박은 “Marine Invasive Species Program Annual Vessel Reporting Form”를 매년 최초 입항 24시간 전에 제출하고 2018년 1월 1일 이후부터 IMO 지침에 따라 선체부착생물관리계획서 및 선체부착생물기록부를 비치하여야 하는 강화된 조치를 시행중에 있다.(California State Lands Commission,2017)

Table 3 Craft Risk Management Standard: Biofouling on Vessels Arriving to New Zealand–tolerance limit

Long-Stay Vessels	Hull part	Allowable Biofouling
	All hull surfaces	Slime layer; Goose barnacles
Short-Stay Vessels	Hull part	Allowable biofouling
	All hull surfaces	Slime layer; Goose barnacles.
	Wind and water line	Green algae growth of unrestricted cover and no more than 50 mm in frond, filament or beard length; Brown and red algal growth of no more than 4 mm in length; Incidental (maximum of 1%) coverage of one organism type of either tubeworms, bryozoans or barnacles, occurring as: · isolated individuals or small clusters; and · a single species, or what appears to be the same species.
	Hull area	Algal growth occurring as: · no more than 4 mm in length; and · continuous strips and/or patches of no more than 50 mm in width. Incidental (maximum of 1%) coverage of one organism type of either tubeworms, bryozoans or barnacles, occurring as: · isolated individuals or small clusters that have no algal overgrowth; and · a single species, or what appears to be the same species.
Niche areas	Algal growth occurring as: · no more than 4 mm in length; and · continuous strips and/or patches of no more than 50 mm in width. Scattered (maximum of 5%) coverage of one organism type of either tubeworms, bryozoans or barnacles, occurring as: · widely spaced individuals and/or infrequent, patchy clusters that have no algal overgrowth; and · a single species, or what appears to be the same species; and Incidental (maximum of 1%) coverage of a second organism type of either tubeworms, bryozoans or barnacles, occurring as: ① isolated individuals or small clusters that have no algal overgrowth; and ② a single species, or what appears to be the same species.	

Source : New Zealand government, 2018

3.3 뉴질랜드

2014년 선체부착생물 관련기준인 CRMS-BIOFOUL (Craft Risk Management Standard: Biofouling on Vessels Arriving to New Zealand)을 제정하였다(New Zealand, 2018).

CRMS-BIOFOUL는 뉴질랜드 영해 밖으로부터 항해 후 뉴질랜드 항에 정박 및 접안하는 선박에 적용되며 뉴질랜드 항에 다시 입항할 때 ‘Clean Hull’ 상태이어야 한다. 선체부착생물 허용한계 상세사항은 Table 3과 같다.

4. 국내 선체부착생물 관리 방안

4.1 선체부착생물 규제를 위한 국내법 도입방안

우리나라의 경우 선박평형수의 이동에 따른 해양유해생물의 유입은 선박평형수관리법으로 규제하고 있고 선박방오도료규제(AFS Convention)협약은 별도의 법이 없으며 해양환경관리법에 포함되어 있다. 현재 선체부착생물에 대한 규제내용은 아직까지 국내법에 수용되어있지 않다. 우리나라 입법체계는 국제협약을 이행하는 입법의 형태로 법률을 제정하고 있다. 현재 IMO 해양오염방지협약(MARPOL)의 개정내용은 대부분해양환경관리법에 수용되고 있기 때문에 따라서 선체부착생물에 대한 관리규정과 선박검사항목 등 해양환경관리법의 개정을 통해 규제를 시행할 수 있다(Suk, 2018).

특히, 해양환경관리법 제2조(정의)에 ‘선체부착생물’을 규정하고 같은 법 제22조의1(선체부착생물의 유입금지 등)을 신설하여 관리하여야 한다. 또한 주기적인 선박검사항목으로 선체부착생물을 포함시켜 제49조(정기검사), 제50조(중간검사), 제59조(해양오염방지를 위한 항만국통제)에 근거하여 국내 항만에 입항하는 선박의 선체부착생물을 관리하는 방안을 마련하여야 한다. 그리고 제24조(해양오염방지활동)에 선체부착생물에 관한 지침을 대통령령으로 정하여 지침의 이행을 위한 지역의 역량 및 협력강화에 대한 사항을 규정할 필요가 있다. 더불어 지침이행에 대한 유효성평가를 주기적으로 실시하고 평가 기준을 지속적으로 개선할 필요가 있다.

4.2 주요내용

선체부착생물의 관리를 위해서는 대상선박의 정박시간을 고려하여 관리할 필요가 있다. 미국 캘리포니아는 45일 이상 정박한 선박을 대상으로, 뉴질랜드의 경우 21일 이상 정박한 선박을 장기선박으로 구분하여 선체부착생물을 관리하고 있다. 특히 향후 선체부착생물의 유효성평가가 진행된다면 검사대상선박에 대한 세분화된 규정도 포함될 것으로 예측된다. 또한 국내 관리지침을 제정할 때 IMO 결정사항을 반영할 필요가 있다. 뿐만아니라 자가진단절차 및 항만국통제(PSC)방법 등을 향후 규제에 대비하여 개발되어야 한다.

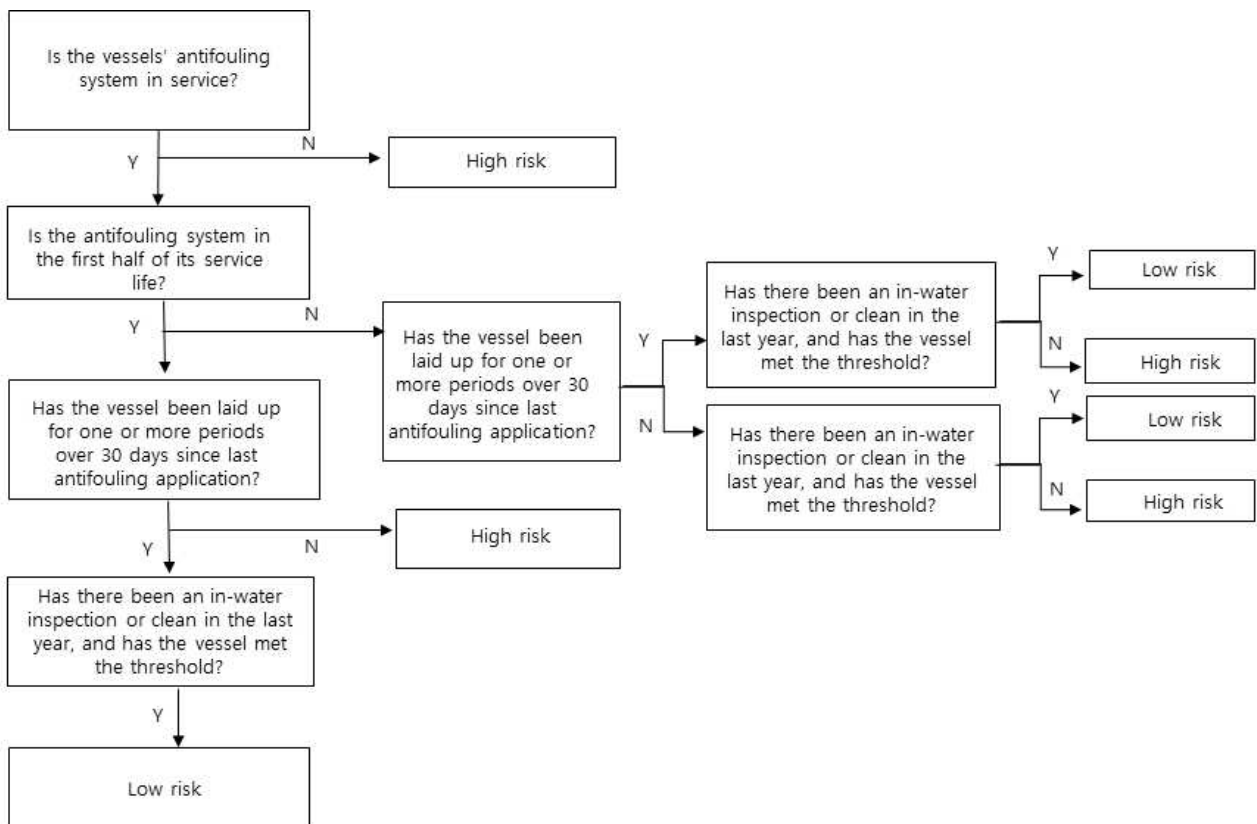


Fig. 2 Biofouling self-diagnosis process

4.2.1 자가진단절차

국내 항에 입항하는 선박을 대상으로 선체부착생물의 위험도를 스스로 평가할 수 있는 전문인력이 Fig 2와 같은 프로세스를 통해 스스로 진단할 수 있는 절차가 필요하다. 만약 입항 선박의 자가진단절차에서 위험도가 크다고 결과가 도출된다면 국내시스템에 공개되어 있는 수중제거 전문 업체를 통해 선체부착생물의 수중제거를 실시해야하며, 수중제거보고서와 관련사진 및 영상을 항만국통제관(PSCO)에게 제시할 수 있어야 한다. 항만국통제관은 입항선박의 선체외관에 관한 현상검사를 실시하고 선체부착생물관리계획서 등 증서 및 증빙자료를 통해 확인할 수 있도록 규제관리이행에 대한 점검이 필요하다. Fig 2는 선체부착생물 자가진단절차 및 방법으로 선원이 자가진단을 통해 허용한계에 대한 만족여부 및 수중제거 필요여부 등을 사전에 판단하여 항만국통제관에게 보고할 수 있다.

4.2.2 선체부착생물 허용한계

국외 항에서 장기체류한 선박의 경우 육안으로 부착생물의 정도를 확인하기 위해 항만국통제관(PSCO)이 승선하여 확인하게 된다. 항만국통제관이 수행하는 서류검사 외에 대부분 현상검사만으로 선체부착생물의 오염 정도를 판단하기에는 한계가 있기 때문에 보다 쉽게 오염도를 판별할 수 있는 국내 허용한계치를 개발하고 동 가이드라인을 배포하여 활용할 수 있도록 허용한계식별시스템을 구축하는 것이 필요하다. 미국이나 호주와 같이 이미 선체부착생물 관리지침을 국내법에 도입하여 시행중인 국가들은 허용기준을 녹조류 50mm이하, 갈조·적조류 4mm이하, 그 외 생물의 군집비율, 동일종 여부 등으로 구분하고 있다. 이런 방식은 다소 객관성이 떨어지고 검사관의 주관적인 판단에 따라 위반여부를 결정하는 시스템으로는 정확한 선체부착생물의 통제와 관리가 어렵다. 따라서 일정교육만 받은 관련업무 수행자 누구나가 쉽게 확인할 수 있도록 첨단영상처리기술을 활용한 검사장비개발이 필요하다.

4.2.3 수중제거 가이드라인

수중제거 전문 업체는 선체부착생물의 수중제거를 진행하기 전에 선박방오도료의 종류, 선박에서 보관중인 방오도료에 관한 기록, 선체부착생물 종류에 따라 제거방법이 상이할 수 있다. 현재 수중제거 방식으로는 손으로 직접 제거하는 방법, 회전 브러쉬의 사용, 공동현상(cavitation)을 활용한 제거, 온수살포 등이 있다(Australian Government, 2015). 선체 표면으로부터 부착생물을 제거하는데 있어서는 공동현상 활용이나 온수를 이용하는 것이 선박방오도료가 용출되는 현상을 방지할 수 있으며 브러쉬를 사용하여 직접적으로 제거하는 경우 선박방오도료가 손상될 수 있다(Hyun, 2018). 선박방오도료의 손상이 가해질 경우 방오도료 잔여물이 해수에 유입될 수 있

기 때문에 해양환경에 직접적인 유해성분 유입이 예상된다. 아울러 선박방오도료시스템의 손상으로 선박에너지효율이 증가될 수 있기 때문에 에너지효율 관리측면에서도 주의해야할 필요가 있다. 결과적으로 효과적인 선체부착생물관리를 위하여 수중제거 가이드라인을 개발하고 선체부착생물 제거 전문 업체의 전문성을 고려한 업체 선정 및 관리를 통해 궁극적으로 국내항만에서 유입되는 해양유해생물을 최소화할 수 있는 시스템 확보가 시급히 필요하다.

5. 결 론

현재 선체부착생물에 대한 오염을 방지하기 위한 규제는 아직 국제적으로 강제로 시행되고 있지는 않지만 국제해사기구에서는 기존에 만들어진 지침의 유효성평가를 실시하고 있으며 개발도상국을 중심으로 선체부착생물의 유입을 방지하기 위한 프로젝트를 실시하고 있다. 선체부착생물은 해양생태계보호의 문제도 있지만 선박박찰저항으로 인한 연료소모량 중요인으로 작용되기 때문에 선박 온실가스감축 규제와도 직접적인 연관이 있으며 최근 온실가스 감축 목표를 달성하기 위한 현존선박의 가장 보편적으로 사용할 수 있는 기술로 주목받고 있다. 따라서 선체부착생물에 대한 관리는 필요성을 넘어서 환경규제와 에너지효율 두 가지를 충족시킬 수 있는 강제화된 규정으로 발전될 가능성이 더욱 커지고 있다.

IMO 협약의 강력한 이행 수단인 항만국통제와 IMO 회원국감사제도의 운영을 통해 국제항해에 종사하는 선박은 국제협약을 강제적으로 이행해오고 있다. 향후 IMO의 유효성평가 결과를 바탕으로 우리나라도 국내법 관계법령을 제·개정 검토하고 항만국통제의 효율적인 점검 방안, 위반선박에 대한 조치 등에 대한 정부정책이 필요하다. 따라서 본 연구에서 제시한 해외사례에서 제시한 규제사항, 국내법의 개정사항 등 선체부착생물 관리방안에 대한 전반적인 검토가 필요하다.

첫째, 국내 관계법령의 정비를 위하여 해양환경관리법의 제2조(정의)에 ‘선체부착생물’을 추가하고, 같은 법 제22조의1(선체부착생물의 유입금지 등)을 신설, 선박검사와 관련된 제49조(정기검사), 제50조(중간검사), 제59조(해양오염방지를 위한 항만국통제)의 개정, 제24조(해양오염방지활동)에 선체부착생물 관련 지침을 대통령령으로 정하는 근거조항을 규정하여 지역 역량강화 및 협력에 관한 이행지침을 마련하여 국내 항만에 입항하는 선박의 선체부착생물을 관리할 필요가 있다.

두 번째, 수중제거 전문 업체의 육성 및 관리가 필요하다. 국내 항만에 입항하는 선박들을 대상으로 선체부착생물 위험도 자가진단을 통해 위험도가 높다고 판정되면 입항하는 항만당국에 위치한 수중제거 전문 업체에게 전문적인 제거작업을 요청해야 한다. 최근 IMO 회원국감사에서 중점적으로 확인하는 것 중 하나가 선박 배출 폐기물처리업체, 연료유공급업체 관리의 현황과 운영 실태이다. 이는 입항하는 선박이 손쉽게 그 항만의 편의시설을 사용할 수 있도록 하는 리스트를 공개

하도록 권고하고 있다. 따라서 향후 지침 강제화가 된다면 선체부착생물의 수중제거 업체도 마찬가지로 등록 및 관리지침을 마련하여 체계적으로 관리할 필요가 있다.

마지막으로는 선체부착생물에 대한 항만국통제관의 교육이 필요하다. 선체부착생물의 허용치를 육안으로 판단하여 현상 검사에 의존해야 하는 항만국통제관은 해양생물에 대한 전문 지식이 부족한 경우가 대부분이기 때문에 우리나라에 유입되는 위해생물에 대한 전문적인 교육이 지속적으로 필요하다.

Received 11 March 2020
 Revised 04 April 2020
 Accepted 09 April 2020

References

- [1] Australian Government(2015), “Anti-fouling and In Water cleaning guidelines”.
- [2] California State Lands Commission(2017), “Guidance Document for: Bio-fouling Management Regulations to Minimize the Transfer of Non-indigenous Species from Vessels Arriving at California Ports California”.
- [3] Hyun, B. K.(2018), “Ship’s Hull Fouling Management and In-water Cleaning Techniques”, Journal of the Korean Society of Marine Environment& Safety, Vol. 24, No. 6, pp. 785-7995.
- [4] IMO(2011), Resolution MEPC.207(62), “2011 Guidelines for the control and management of ships’ bio-fouling to minimize the transfer of invasive aquatic species”.
- [5] International council on clean transportation(2011), “Reducing Greenhouse Gas Emissions from Ships”.
- [6] “IMO, Bio-fouling, Invasive Aquatic Species (IAS), <http://www.imo.org>”.
- [7] IMO(2011), Resolution MEPC.207(62), “2011 Guidelines for the control and management of ships’ bio-fouling to minimize the transfer of invasive aquatic species”.
- [8] IMO(2006a), ‘Investigating bio-fouling risks and management options on commercial vessels’ (Submitted by Australia), MEPC 54/INF.5, p. 1.
- [9] IMO(2018), ‘Review of the 2011 Guidelines for the control and management of ships biofouling to minimize the transfer of invasive aquatic species’, Australia et al., MEPC 72/15/1.
- [10] NewZealand Government(2018), ‘Bio-fouling on Vessels Arriving to New Zealand’.
- [11] Suk, J. H.(2018), “A Study on the Regulatory Framework Related to Ship’s Bio-fouling”, Journal of the Korean Maritime Law, Vol. 30, No. 1(2018. 3).
- [12] Townshin, R. L., Byrne, D., Svensen, T. E. and Milne, A.(1986) “Fuel economy due to improvements in ship hull surface condition 1976 - 1986”, International Shipbuilding Progress, Vol. 33, No. 383, pp. 127-130.