

## IMO 선박평형수 처리장치 기술과 발전 방향에 대한 고찰

김 은 찬<sup>†</sup>

한국해양과학기술원

# Consideration on the Ballast Water Treatment System Technology and its Development Strategies

Eun-Chan Kim<sup>†</sup>

Korea Institute of Ocean Science and Technology

### 요 약

IMO와 회원국들은 곧 발효가 될 IMO 선박평형수 관리협약의 원활한 이행을 위하여 각종 기술을 개발하고 법적 제도를 구축하고 있다. 선박평형수 처리장치는 살아있는 생물의 처리 뿐만 아니라, 처리된 생물의 생존 여부, 생존 생물의 개체수 그리고 활성물질의 농도 등을 정량적으로 제시해야 하기 때문에 매우 중요하고도 매우 어려운 기술이다. 이러한 문제들로 인하여 협약이 발효를 앞두고 있음에도 불구하고 처리장치 성능의 신뢰성과 효능시험 결과의 분석 방법에 대한 합의된 기술이 아직 완전히 구축되지 않았다. 본 고에서는 선박평형수 처리장치 기술의 미해결 문제를 고찰하고, 이들 문제를 해결하기 위한 기술 개발 방향을 제시하고자 한다.

**Abstract** – For smooth implementation of the IMO Ballast Water Management Convention that is to come into effect in the near future, IMO and Member States are working on the development of various technologies and establishment of legislative action. Ballast water treatment systems are essential, yet difficult technologies, as they need not only to treat living organisms, but also define whether they are viable or not, count the number of viable organisms, and present quantitative results of the concentration of active substances. Despite the fact that the Convention is looming in the near future, the issues mentioned above obstruct the setup of consensual technologies for performance reliability of the treatment system and analysis method of efficacy test results. This paper considers the unsolved issues of the ballast water treatment technologies, and presents guidelines to solve these issues.

**Keywords:** IMO Convention(국제해사기구 협약), Ballast Water(선박평형수), Performance Standard(성능 기준), Treatment System(처리장치), Type Approval(형식승인), Sampling(샘플링)

### 1. 서 언

국제해사기구(IMO, International Maritime Organization)의 해양환경보호위원회(MEPC, Marine Environment Protection Committee)는 매년 한두 차례의 정기적인 회의를 통해 선박에 기인하는 해양 환경 보호를 위한 협약을 제정하고 이를 이행해 나가기 위한 작업을 계속하고 있다. MEPC 회의는 짝수 년도의 해에는 3월과 10월 두 차례 열리고 홀수 년도의 해에는 7월에 한차례 열리고 있다. 최근 2012년 2월에 개최된 MEPC 63차 회의에는 선박평형수 관리, 선

박 재활용, 대기 오염 등이 주요 의제로 다루어졌다.

선박평형수 관리 협약(원제: 선박 평형수와 침전물 통제 및 관리를 위한 국제협약, International Convention for The Control and Management of Ship's Ballast water and sediment)(IMO[2004])은 2004년 2월 IMO에서 채택된 이후, IMO는 물론 세계 각국에서 여러 가지 기술 개발과 법적 준비 등을 수행해 왔으며, 곧 협약이 발효 될 것으로 내다보고 있다.

선박평형수 관리협약의 원활한 이행을 위해서는 선박평형수 처리장치, 항만에서의 생물검사, 선박평형수 및 침전물에 대한 수용 시설, 먼 바다에서의 선박평형수 교환, 선박평형수 관리 계획 및 선박설계 기준 등 여러 가지 기술이 필요하지만, 이 가운데 가장 중

<sup>†</sup>Corresponding author: eckim@kiost.ac

요한 것이 처리장치 기술이다. 처리장치 관련 기술은 살아있는 생물을 처리하고 그 생사를 판단하고 개체수를 분석하여 그 결과를 정량적으로 제시하는 것이므로 결코 쉽지 않은 문제이다.

이러한 기술적 난제로 인해, IMO 선박평형수 관리 협약이 곧 발효를 앞두고 있음에도 불구하고 아직 처리장치에 대한 신뢰도 확보와 처리 결과에 대한 정확한 분석 방법이 정립되지 않은 상황이다. 따라서 협약이 발효 된다 하더라도 당분간 처리장치와 관련하여 항만국과 선주 사이에, 선주와 처리장치 제조사 사이에 그리고 국가와 국가 간에 논쟁이 많이 발생할 것으로 판단된다.

본 고에서는 처리장치와 관련한 기술의 문제점을 고찰하고 이를 해결하기 위한 기술 개발의 방향을 제시하고자 한다.

## 2. IMO 선박평형수 관리 협약 및 발효 요건

### 2.1 IMO 선박평형수 관리 협약

IMO 선박평형수 관리협약은 적용 시기를 앞당기기 위해, 각국의 비준을 통해 발효 요건을 갖춘 후 적용을 시작하는 것이 아니고, 협약에 미리 적용 시기를 지정하고 발효가 되면 이를 소급 적용하는 것으로 되어있다. 협약에서 지정한 적용 시기를 표로 나타내면 Table 1과 같다(김은찬 등[2012]).

Table 1에 선박평형수 관리방법으로 교환(Exchange) 기준과 성능(Performance) 기준이 있는데, 교환 기준은 연안에서 실은 선박평형수를 깊고 먼 바다에서 교환한 후 입항하여 배출하는 것으로, 대상 선박에 따라 다르지만 2016년까지만 한시적으로 허용된다. 성능 기준은 물리적 또는 화학적 방법 등의 처리장치를 이용하여 기준 이하로 생물을 사멸시켜 배출하는 것이다. 선박평형수 성능 기준은 Table 2와 같이 수증생물의 최대 길이가 10 μm부터 50 μm 사이의 생물은 ml 당 10개 개체, 최대 길이가 50 μm 이상의 생물은 m<sup>3</sup>당 10개 개체 미만 등으로 정해져 있다(김은찬 등[2012]).

IMO 선박평형수 관리 협약이 발효되기 위해서는 35% 이상의

상선 선복량 확보 및 30개국 이상이 비준을 하고 가입하여야 한다. 2012년 7월 현재 선복량 27.95%로 35개국이 비준 한 상태이다. 따라서 현재 비준국 요건은 갖추었으나, 선복량을 8% 더 갖추어야 그로부터 1년 후에 협약이 발효가 된다.

발효 예정일을 추정하기는 매우 어려우나, 최근 협약에 가입하는 나라가 증가하고 있어 멀지 않은 장래에 발효 요건을 갖춘 수 있으리라 판단된다. 협약이 발효가 되면, 비록 가입하지 않은 선박이라도 가입한 나라에 입항하는 선박은 모두 선박평형수 처리장치 설치 및 선박평형수 관리계획서 비치 등 협약 요건을 모두 갖추어야 한다. 또한, 만약 어느 항만에 입항하여 선박평형수를 배출할 때 이러한 기준을 만족하지 못할 경우, 대상 선박은 해당 항만 당국의 규정에 따라 벌금을 물거나 출항이 금지되기도 하며 향후 입항이 금지될 수도 있다.

성능 기준을 만족해야하는 시기는 Table 1에 표시된 기준일 이후 실시하는 최초의 중간검사 혹은 갱신검사 시까지 처리장치를 설치해야 한다. 그러나 협약이 소급 적용되는 2009년 이후 건조된 선박 가운데 아직 처리장치를 설치하지 않은 선박은 협약 발효와 동시에 처리장치를 설치해야 하는데, 이를 위한 준비는 발효 요건을 갖춘 후 발효시점까지의 1년 동안의 여유만 허락된 셈이다. 따라서 협약의 발효 요건이 갖추어지기만 하면 그 직후부터 선박평형수 처리장치의 수요는 급증할 것이고, 이를 설치하기 위한 작업 일정을 확보하기도 쉽지 않을 것으로 판단된다.

### 2.2 IMO 선박평형수 관리 지침서

IMO에서는 협약의 원활한 이행을 위해 Fig. 1과 같이 14개의 지침서를 제정하여 운용하고 있다.

처리장치에 대해서는 먼저 G9 처리장치 활성물질 승인 지침서(IMO[2008a])에 따라 IMO로부터 활성물질 승인을 받은 후, G8 처리장치 형식승인 지침서(IMO[2008c])에 따라 각국 정부로부터 형식승인을 받아야 하며, 협약 발효 후에는 승인 과정에 필요한 실선

Table 1. Time Table of the IMO Ballast water Convention

Ship Constructed	Ballast Water Capacity	'08 까지	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17 후기
Before 2008	Less than 1500 m <sup>3</sup>										
	1500-5000 m <sup>3</sup>										
	Greater than 5000 m <sup>3</sup>										
2009-2011	Less than 5000 m <sup>3</sup>										
	Greater than 5000 m <sup>3</sup>										
After 2012	All										

Exchange & Performance Standard, Performance Standard

Table 2. Performance Standard of the IMO Ballast water Convention

Target Organisms		Criteria
Organisms	greater than 50 μm	less than 10 viable organisms per m <sup>3</sup>
	smaller than 50 μm and greater than 10 μm	less than 10 viable organisms per
Indicator Microbes	Toxicogenic <i>Vibrio cholerae</i> (O1 and O139)	less than 1 cfu per 100 ml or per 1 gram (wet weight) zooplankton samples
	<i>Escherichia coli</i>	less than 250 cfu/100 ml
	Intestinal <i>Enterococci</i>	less than 100 cfu/100 ml



Fig. 1. IMO Guidelines for Ballast Water Conventions.

시운전을 개발자가 임의로 할 수 없고 G10 처리장치 프로그램 승인 지침서에 따라 해당 정부로부터 실선시운전 프로그램 승인을 받은 후 진행하여야 한다. 협약 이행시 각국 항만 당국에서는 입항 선박이 배출하는 선박평형수가 협약의 성능기준에 맞게 배출되는 것을 확인하기 위해 G2 샘플링 지침서(IMO[2008b])에 따라 선박평형수 샘플을 채취하고 생물시험을 수행하게 된다.

### 3. 국내외 선박평형수 관리 법제화

#### 3.1 우리나라의 법제화

우리나라는 2009년 12월 10일 IMO 선박평형수 관리협약에 가입하였다.

“선박평형수 관리법”(법률 제8788호)은 2007년 12월 21일 제정하였는데, 이 법은 IMO 선박평형수 관리협약의 발효와 동시에 시행되는 것으로 되어 있다. 이에 대한 시행령은 2011년 2월 9일 제정하였으며, 시행규칙은 현재 제정 진행 중에 있다.

한편 선박평형수 처리장치의 국내 형식승인을 위해 법과 시행령이 제정되기 전에 이를 집행하여야 했으므로, 2006년 11월 8일 “밸러스트수 관리시스템의 형식승인 등에 관한 잠정기준”을 제정한다. 이 잠정기준은 그 이후 명칭이 밸러스트수에서 선박평형수로 바뀌고 부처가 해양수산부에서 국토해양부로 바뀌는 등 일부 수정이 있었다.

“선박평형수 관리시스템의 형식승인 등에 의한 잠정기준”에 의하면, 형식승인 증서는 국토해양부가 직접 발행하며, 이를 위한 적합성 시험, 육상시험, 선상시험 및 환경시험은 정부가 지정한 기관에서 하도록 되어있다. 현재 국토해양부에서 지정한 적합성시험 기관으로는 선박안전기술공단과 한국선급이 있으며, 육상시험과 환경시험 기관으로는 한국해양과학기술원과 조선기자재연구원과 부산테크노파크가 있으며, 환경시험 기관으로는 산업기술연구원과 조

선기자재연구원과 에스지테스코가 있다.

이 잠정기준에 의하면, 육상시험은 처리장치 개발자가 소유한 시험설비에서 수행할 수 있으며, 따라서 육상시험기관은 처리장치 개발자가 제공하는 시험설비에서 해당 처리장치로 시험을 수행해 왔다. 그러나 이 경우, 정밀도 높은 시험기기의 운용이 어렵고, 시험수와 시험생물의 정확한 관리가 어려우며, 처리장치의 가동 주체가 불분명하는 등 시험 결과의 신뢰성 확보에 문제가 있을 수 있다고 여겨지게 된다. 따라서 현재 우리나라 정부는 처리장치 형식승인의 신뢰도를 높이기 위해 직접 예산을 확보하여 시험설비를 건설 중에 있는데 이를 한국해양과학기술원에 위탁 운영할 예정이며, 아울러 각종 시험과 평가의 신뢰성 확보를 위한 체계를 갖출 계획으로 있으며, 이러한 개선된 절차에 따라 잠정기준을 개정할 예정으로 있다.

#### 3.2 미국의 법제화

현재 미국에서는 미국환경보호국(EPA, Environmental Protection Agency)의 VGP(Vessel General Permit) 요구사항과 미국연안경비대(USCG, US Coast Guard)의 NISA(National Invasive Species Act) 규정 그리고 각 주정부의 VGP 추가 규정이 있다.

미국환경보호국의 VGP 요구사항은 길이 20.08미터 이상의 모든 상업용 선박은 본선에서 선박평형수를 포함한 26 종류의 오염물질을 배출하기 위하여 사전에 환경보호국에 NOI(Notice of Intent)를 제출하여 배출 허용범위에 대한 허가를 받도록 요구하는 것이다(US EPA[2009]).

미국연안경비대는 2012년 3월 NISA 규정의 일환으로 선박평형수 관리(33 CFR Part 151, Sub Part C & D)와 처리장치 승인(46 CFR Part 162, Sub Part 162.060)에 관한 규정을 발표하였다. 미국 정부가 인정하는 독립시험기관(IL, Independent Laboratory)의 인증을 별도로 받은 선박평형수 처리장치만 허용하도록 되어 있고, 성능 기준은 IMO 협약과 동일하며, 기타 IMO 협약의 내용을 대부분 포함하고 있다. 적용 시기는 선박의 건조일자가 2013년 12월 1일 이후의 선박은 모두 이 규정을 준수해야 하는데 이때까지 미국 정부의 승인을 받을 처리장치가 없을 것이므로, 미국 정부는 IMO 황성물질 승인과 타국의 형식승인을 받은 기존의 처리장치를 대체 관리장치(AMS, Alternative Management System)로 분류하여 5년 동안 자국 내 연안을 운항할 수 있다고 하였다. 아울러 성능기준을 기존 보다 강화하여 100배 까지 높게 하는 방안도 검토하고 있다(US NARA[2012]).

뉴욕과 캘리포니아 주정부 등에서는 별도의 규정과 성능 기준을 갖고 있으나, 결국은 VGP와 NISA 규정과 동일 기준으로 따라갈 것으로 판단된다.

한편, 미국 하원에서는 2011년 9월 연방수질오염규제법에 상업용 선박에서 나오는 배출물에 선박평형수를 추가하고 세부 규정을 삽입하는 법안을 전문위원회에 상정한 상태이다. 이 법안에서는 향후 새로운 기술이 개발된다면 성능 기준을 1,000배 강화한다는 내용도 포함되어 있다(US Congress[2011]).

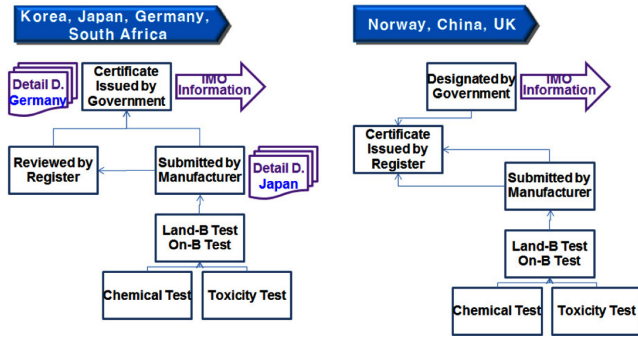


Fig. 2. Comparison of Type Approval Procedures.

3.3 각국의 선박평형수 처리장치 형식승인 절차

선박평형수 처리장치의 형식승인을 부여하는 주체는 각국별로 차이가 있다. 이제까지 형식승인을 부여한 국가는 총 7개국인데, 그 가운데 우리나라를 비롯하여 독일과 일본 그리고 남아프리카공화국은 정부가 직접 형식승인 증서를 발급하고 있으며, 노르웨이와 중국 그리고 영국은 정부의 위임을 받아 각국의 선급에서 증서를 발급하고 있다. 이러한 절차를 Fig. 2에서 비교하고 있다.

Table 3에는 각국별로 형식승인서를 발급하는 기관과 형식승인을 한 횟수 그리고 상세 기술 자료를 공개하는 방법과 생물사멸시험을 수행한 기관의 목록을 각각 정리하였다. 활성물질을 사용하지 않는 탈산소 방법으로 마살아일랜드와 몰타에서 각각 2008년과 2010년에 형식승인을 받은 처리장치가 하나 있으나, 이에 대한 자료가 불충분하여 Table 3에는 포함시키지 않았다.

Table 3과 Fig. 2와 같이 형식승인에 사용된 각종 시험 보고서 등 기술 자료를 공개하는 제도를 갖춘 국가는 독일과 일본뿐이다. 독일은 정부 홈페이지에 형식승인 결과를 공개하고 상세 자료가 포함된 해당 보고서를 함께 공개하고 있으며, 일본은 상세 자료가 포함된 해당 보고서를 해당 기업의 홈페이지에 공개하고 있다. 기타 국가에서는 기술자료 공개에 대한 별도의 기준이 없이, 해당 기업이 개별적으로 각국의 항만국이나 선주측이 요구하는 경우 기술자료를 제공하고 있다.

3.4 법제화 대응 기술

3.4.1 국내에서 강화될 형식승인 절차 적용

국토해양부에서는 우리나라가 형식승인 증서를 발급한 선박평형

수 처리장치의 신뢰도를 향상시키기 위해, 시험설비를 직접 운영하고 각종 형식승인 시험은 물론 확고한 절차를 수립하여 심의를 면밀히 할 계획을 세우고 있으며, IMO 활성물질 승인 신청 문서에 대한 심의 체계 또한 확고히 할 계획이다. 따라서 처리장치 개발자 입장에서, 앞으로는 우리나라에서 IMO 활성물질 승인 신청과 정부 형식승인이 매우 까다로워지고 시간도 좀 더 많이 소요되며 완성도 높은 기술이 필요할 것으로 판단된다. 형식승인을 위한 육상 시험시 생물 농도가 일정 이상이 되어야 하는데, 이를 위해서는 자연 해수중의 생물을 농축하여 농도를 높이거나 특정 종의 포자를 이영하여 손쉽게 고농도의 생물을 배양하여 사용하게 된다. 이 때까지는 특별한 기준이 없으므로 일반적으로 배양 생물을 많이 사용해 왔으나, 앞으로는 가능한한 자연상태를 재연하기 위해 자연 생물을 일정 비율 이상 사용해야 하도록 규제하는 방안도 검토되고 있다.

3.4.2 미국 별도의 형식승인시험 인증 제도 진입

미국은 향후 미국 정부가 인정하는 독립시험기관의 인증을 별도로 받은 처리장치만 미국 연안에 운항할 수 있도록 허용할 예정인데, 만약 이러한 과정의 미국 승인을 받지 못할 경우 그 처리장치는 시장에서 도태될 수밖에 없다고 본다. 반면 이러한 미국 승인을 조기에 받을 경우 시장 경쟁력은 매우 커질 것으로 판단된다. 따라서 국내 시험기관이 미국으로부터 독립시험기관으로 지정 받고, 국내 개발 처리장치의 미국 기준 형식승인 시험을 수행할 수 있는 체계 구축이 시급히 필요하다고 판단된다. 처리장치 업체의 입장에서는 국내 또는 외국의 어느 시험기관이 미국으로부터 독립시험기관으로 인증 받는데 적어도 1년은 기다려야 할 것이고, 그로부터 육상시험 과정 2년과 선상시험 과정 1년을 거쳐야 하므로, 이 모두를 합치면 적어도 4년간의 기간이 필요하다고 판단된다. 따라서 대체 관리장치 제도로 5년간의 유예기간을 주는 것이 결코 긴 시간이라 볼 수 없으므로 시급한 대응이 필요하다고 판단된다.

3.4.3 미국 성능기준 2단계 대비 생물사멸 성능 향상

미국 정부는 2단계에서는 현재의 성능기준을 10배 내지 100배 강화시키는 방안을 검토 중에 있다. 또한 미국 하원에서 1,000배 까지 높이는 방안도 검토되고 있다. 따라서 처리장치 업체는 지속적으로 성능 향상을 위해 부단한 노력을 기울여야 할 것으로 판단된다.

Table 3. Comparison of Type Approval Results

Country	Certificate	No.of Approv.	Detail Data	Efficacy Test
Korea	Government	7	-	(KORDI-2 KOMERI-5 BTP-1)
Germany	Government	5	Government Home Page	NIOZ-4 NIVA-1
Japan	Government	3	Manufacturer Home Page	ASC-1 NIVA-1 Unknown-1
Norway	Class (DNV)	3	-	NIVA-3
China	Class (CCS)	3	-	SOA-1 CCS-1 Unknown-1
South Africa	Government	1	-	Unknown-1
UK	Class (Lloyds)	1	-	Unknown-1

### 4. 선박평형수 처리장치 기술 및 수요 예측

#### 4.1 IMO 활성물질 승인

이제까지 IMO에서 기본승인을 받은 처리장치는 모두 38개 이고, 이 가운데 최종승인을 받은 처리장치는 모두 25개이다. IMO 기본승인을 받은 처리장치 38건 중 한국이 12 건으로 가장 많고, 그 다음이 독일 7건과 일본 7건이 그 뒤를 잇고 있다. 최종승인을 받은 처리장치 25건 중 역시 한국이 8 건으로 가장 많고, 그 다음이 독일 6건과 일본 4건이 그 뒤를 잇고 있다(IMO[2011]).

기본승인을 받은 38건을 보면, 고농도의 차아염소산을 전기분해로 제조하여 희석하는 간접전기분해 방식이 가장 많은 10건 이고, 그 다음이 각종 라디칼과 저농도의 차아염소산을 생성하는 직접전기분해 방식으로 8건이다. 그 외에, 오존을 발생시켜 처리하는 방식이 3건이 있고, 각종 화학물질을 사용하는 방식이 6건이 있으며, 기타 방법이 3건이 있다. UV 방식은 현재로서는 활성물질이 없으므로 승인 대상이 되지 않는다고 IMO에서 판단한 바 있는데, 그 이전에 이미 7건이 승인을 받은 상황이다(김은찬 등[2012]).

#### 4.2 정부 형식승인

형식승인을 국가별로 보면, 총 23건 중 한국이 7 건으로 가장 많고, 그 다음이 독일 5건과 일본 3건, 그리고 남아공과 영국이 각각 1건씩을 기록하고 있다.

처리기술 별로 보면 Fig. 3과 같이 간접전기분해 방법이 5건 이고, 직접전기분해 방법이 4건이다. UV로 처리하는 방식이 8건이 있는데, 이 가운데에는 IMO 활성물질 승인을 받은 것도 있고, IMO 활성물질 승인을 받지 않고 직접 형식승인만 받은 것도 있다. 이 외에 여러 가지 화학물질을 사용하는 방식이 3건이 있다(Lloyd's Register[2011]).

#### 4.3 처리장치 수요 예측

일본 정부는 2008년 MEPC 56/2/4 문서에서 처리장치 수요량을 추정하였다. 2020년까지 기존선 가운데 처리장치를 설치해야할 선박은 45,000척으로 추정하였고 신조선은 20,880척으로 추정한 바 있다(IMO[2007]). 한편, IMarEST(Institute of Marine Engineering Science and Technology)는 2012년 MEPC 63/INF.11 문서에서

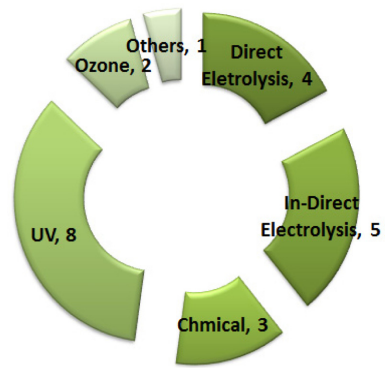


Fig. 3. Treatment Technologies for Type Approval.

2009년말 Lloyd's Fairplay의 전세계 선단자료 및 2009, 2010년 MERC(Maritime Environmental Resource Center, 미국해양환경자원센터) 보고서를 바탕으로 선박평형수 처리장치를 설치해야할 기존선을 총 68,190척으로 추정하였다(IMO[2012b]).

따라서 본 고에서는, 2008년 일본의 신조선 자료와 2012년 IMarEST 기존선 자료를 종합하여, Table 4와 같이 2020년까지의 선박평형수 처리장치 수요량을 추정하였다. 이들 선박은 기준일 이후 실시하는 최초의 중간검사 혹은 갱신검사 시까지 처리장치를 설치해야 하는데, 이에 따라 기준일 이후 3년에 걸쳐 고르게 나뉘어 설치된다고 가정하였다. 이에 따라 Table 4와 같은 일정으로, 2020년까지 기존선 68,190척과 신조선 20,880척을 합쳐 총 89,070척에 처리장치를 설치해야 할 것으로 예상하였다.

2012년 MEPC 63/INF.11 문서에서 IMarEST는 적당 설치비 단가를 64만 US\$ 내지 94.7만 US\$로 추정하였으므로, 2020년까지의 전세계 처리장치 시장은 570억 US\$ 내지 840억 US\$의 시장으로 추정할 수 있다.

한편, 국내 선주가 보유한 선박과 국내 조선소에서 건조되는 선박을 Table 5와 같이 추정하였다.

국내 해운사의 기존선에 대한 추정을 위해 한국선주협회의 통계치를 인용하였다. 2010년 말 기준으로 국적선이 775척이고 외국적선이 425척으로서 총 1,200척의 지배상선대를 갖고 있는 것으로 파악되고 있다(한국선주협회[2012]). 이들 선박 가운데 선박평형수 용량이 1,500 m<sup>3</sup> 미만인 선박과 1,500-5,000 m<sup>3</sup> 사이 선박 그리고

Table 4. Estimated Number of Ballast Water Management Systems in the world

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Total
Vessels constructed from 2009 to 2011 (greater than 5,000 m <sup>3</sup> )									1,200	1,200	1,200		3,600
Existing Vessels (less than 1,500 or greater than 5,000 m <sup>3</sup> )									15,528	15,529	15,529		46,586
Existing Vessels (between 1,500 and 5,000 m <sup>3</sup> )							7,201	7,201	7,202				21,604
Newly constructed vessels (greater than 5,000 m <sup>3</sup> )			1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200		10,800
Newly constructed Vessels (less than 5,000 m <sup>3</sup> )	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	6,480
Total	540	540	1,740	1,740	1,740	1,740	8,941	8,941	25,670	18,469	18,469	540	89,070

**Table 5.** Estimated Number of Ballast Water Management Systems in Korea

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Total
Existing Vessels (less than 1,500 or greater than 5,000 m <sup>3</sup> )									266	267	267		800
Existing Vessels (between 1,500 and 5,000 m <sup>3</sup> )							133	133	134				400
Newly constructed vessels (greater than 5,000 m <sup>3</sup> )					408	408	408	408	408	408	408	408	3,264
Newly constructed Vessels (less than 5,000 m <sup>3</sup> )					102	102	102	102	102	102	102	102	816
<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>510</b>	<b>510</b>	<b>643</b>	<b>643</b>	<b>910</b>	<b>777</b>	<b>777</b>	<b>510</b>	<b>5,280</b>

5,000 m<sup>3</sup> 이상 선박이 각각 동일한 척수라고 가정하였다.

국내 조선사의 신조선에 대한 추정을 위해 한국선주협회의 통계치를 인용하였다. 국내 조선소는 2008, 2009, 2010년 3년 동안 매년 평균 510척의 선박을 인도한 것으로 되어있는데, 이 선박 가운데 선박평형수 용량이 5,000 m<sup>3</sup> 미만의 선박은 전체의 1/5인 것으로 가정하였다.

이와 같은 방법으로 Table 5와 같은 일정으로 우리나라에서는 2020년까지 기존선 1,200척과 신조선 4,080척을 합쳐 총 5,280척에 처리장치를 설치할 것으로 예상된다.

2012년 MEPC 63/INF.11 문서에서 IMarEST는 척당 설치비 단가를 64만 US\$ 내지 94.7만 US\$로 추정하였으므로, 국내 해운사의 기존선 시장 규모는 7억 7천만 US\$ 내지 11억 4천만 US\$로 추정되고, 국내 조선사의 신조선 시장 규모는 26억 1천만 US\$ 내지 38억 6천만 US\$로 추정된다.

#### 4.4 처리장치 대응 기술

##### 4.4.1 열악 조건에서의 처리장치의 생물 사멸 성능 유지

2012년 7월 현재 총 23건의 처리장치가 형식승인을 받고 상용화에 들어갔다. 그러나 형식승인을 받은 처리장치를 선박에 설치하였는데 선박 운항 시 때때로 항만검사를 다시 한다는 것은 불합리하다는 의견이 MEPC 회의에서 계속 나오고 있다. 선주입장에서 국제적인 기준에 따라 활성물질 승인과 형식승인을 받은 제품을 선박에 설치했는데, 이와는 별도로 각국의 항만에서의 다시 처리 결과를 검증한다는 것은 선주로서는 부담이 너무 크다는 의견이다. 미국과 같이 형식승인 시험을 다시 해서 검증을 끝낸 제품만 입항시키겠다는 국가도 있지만, 대부분의 국가는 자국 항만에 입항하는 선박에 대해 임의로 검사를 하여 기준에 미흡할 경우 제재를 가하겠다는 것이다. 따라서, 미국의 형식승인 시험을 다시 거치거나 각국의 입항검사를 거치면서, 생물사멸 성능이 미흡한 처리장치는 도태되어 나갈 것으로 판단된다.

##### 4.4.2 처리장치 제조 생산성 향상

IMO 협약이 발효되면 기존선에 처리장치를 설치하는 것도 급하고 신조선에 설치하는 것도 급하겠으나, 2009년 이후에 건조된 선박평형수 용량이 5,000 m<sup>3</sup> 미만인 선박과 2012년 이후 건조된 모든 선박은 즉시 처리장치를 설치하여 운용해야 하므로 2009년 이

후 건조된 경우가 특히 시급하다고 보인다. IMO에서는 이를 위한 제품 공급이 원활할까 하는 문제를 계속 다루고 있으므로, 이에 대비하여 제품 공급 능력을 조기에 확충하는 것이 필요하다고 보인다. 따라서 처리장치 업체 입장에서는 처리장치 모듈을 단순화하여 생산 능력을 제고하고, 조기에 많은 물량을 공급하기 위해 관련 업체와의 협력 체제를 갖추어 제품 생산 능력을 확충하는 것이 필요하다고 판단된다.

한편, 해운업체 입장에서 폐선이 얼마 남지 않은 선박에 고가의 처리장치를 설치하는 것이 큰 부담이라는 의견이 계속 나오고 있으며, 선박평형수 용량이 큰 초대형 유조선이나 산적화물선의 처리장치 비용이 너무 크다는 의견 또한 계속 나오고 있어, IMO에서 이에 대한 정리가 조만간 있을 것으로 보인다. 하지만 어떠한 경우라도 처리장치 설치의무가 크게 줄어들지는 않을 것으로 판단된다.

### 5. 선박평형수 성능기준 항만검사 기술

#### 5.1 IMO 선박평형수 샘플링 지침서

임의 국가의 형식승인을 받은 선박평형수 처리장치를 선박에 설치하여 가동했다 하더라도, 이 선박이 배출하는 선박평형수가 IMO 협약의 성능기준을 만족한다고 볼 수는 없다. 왜냐하면, 처리장치가 고장 및 노후 등의 이유로 제 성능을 나타내지 못했거나, 처음 형식승인 시험을 할 때 성능이 미흡했으나 제한된 생물 및 환경 조건에서 시험이 잘못 시행되었거나, 운항시 조건이 지나치게 나쁜 해역에서 선박평형수가 취수되었거나, 선박평형수 탱크가 지나치게 오염되어 있거나 하는 등의 이유로 수중 생물의 농도가 기준보다 높은 경우가 나타날 수 있다. IMO 및 각국 정부의 관점은 형식승인이 형식승인시험을 합격했다는 것을 증명하는 것이지만 이 처리장치가 항상 IMO 성능기준을 만족한다는 것을 증명한다고 보지 않고 있다. 따라서 각국의 항만에서 선박평형수 샘플을 채취하여 IMO 성능기준의 만족 여부를 판단하는 것은 필수적 과정이라 볼 수 있다. IMO 선박평형수 관리 협약에서는 선박평형수 내의 생물이 성능 기준을 넘지 않는다는 것을 확인하기 위해 항만에서의 검사를 필요로 하고 있다. 이러한 항만검사를 원활하고도 통일되게 시행하기 위해 2008년 10월 MEPC 58차 회의에서는 G2 선박평형수 샘플링 지침서를 채택하였다. 이 지침서에서는 선박평형수 탱크 및 배출관에서의 샘플 채취 방법을 기술하였고, 샘플 분석 절차와

양식 그리고 샘플 관리 방법 등을 기술하였다(IMO[2008b]).

**5.2 IMO 평형수관리협약 충족여부 평가를 위한 샘플링 및 분석 지침**

2012년 2월 BLG(산적액체 및 가스 전문위원회) 16차 회의에서 그동안 검토되어왔던 평형수관리협약 충족여부 평가를 위한 샘플링 및 분석 지침 초안을 완성하였다. 이는 회람문서로 채택할 예정인데, G2 샘플링 지침서에서 구체적으로 규정하고 있지 않은 샘플 채취의 시기와 분량 그리고 분석 방법 등을 상세히 규정하고 있다. IMO 협약의 교환 기준은 2016년 또는 그 이후 중간검사 시까지 한 시적으로 적용되는 것으로 결국은 모두 성능기준을 따르게 되므로, 이 지침에서는 성능기준에 대해 상세히 기술하고 있다(IMO[2012a]).

분석 방법은 지표분석(Indicative Analysis)과 상세분석(Detailed Analysis)으로 구분한다. 지표분석은 점검 시 특이 사항이 발견되거나 의심이 될 경우 부정확하기는 하지만 신속하게 시행하는 것으로, 일반적으로 항만국 통제관이 간단한 장비로 즉석에서 실시하게 된다. 상세분석은 지표분석을 통해 의심이 되거나 또는 치명적인 특이 사항이 발견된 경우 비록 시간이 많이 걸리지만 정확하게 시행하는 것으로, 일반적으로 전문시험기관에 샘플을 보내 실시하게 된다.

선박평형수의 성능 기준을 확인하는 것은 생물의 사멸 여부와 개체수를 분석하는 것으로, 지표 분석은 물론 상세분석이라 하더라도 샘플 채취의 위치와 시기와 분량, 샘플 보관 및 이동 방법, 분석에 적용한 방법과 장비 등에 따라 서로 다른 결과를 보여주게 된다. 그러나 상세분석 결과에 따라 선주가 직면하게 될 불이익과 파급효과는 매우 크므로, 정부는 신뢰성 있는 분석 결과를 보여줄 수 있도록 준비하여야 한다.

Table 6은 지표분석과 상세분석에서 각각 수행할 샘플 채취 방법과 분석 방법을 비교하고 있다.

**5.3 항만검사 대응 기술**

**5.3.1 지표분석을 위한 검사장비 개발**

지표분석이 비록 간략한 검사라 하더라도 결과가 미흡하다고 판단될 경우 상세 분석에 들어가야 하는데, 이를 위해서는 추가로 샘플 채취 시간이 필요하여 출항이 지연될 수도 있으며, 비용 또한 선

주가 부담해야할지도 모르므로 항만국 통제관으로서 신뢰성 있는 결과를 도출하여야 한다. 따라서 이를 위한 간편한 장치가 필요한데, 아직까지는 신뢰성 있는 검사장비 및 방법이 개발되지 못했다고 보인다. 따라서 향후 엠평소 형광 분석기의 개량, 유세포 분석기의 소형화 등을 통해 신뢰성 있는 지표분석 장비가 개발되어야 할 것으로 판단된다.

**5.3.2 상세분석에 대한 신뢰성 제고 체계 구축**

상세분석 결과 성능기준을 만족하지 못한다고 판단될 경우 해당 선박은 벌금과 함께 항만 출입이 제한되고 나아가 운항 자체가 불가능 할 수도 있으므로, 선주 입장에서는 매우 심각한 문제가 되며 처리장치업체로서는 치명적인 문제가 될 수 있다. 따라서 상세 분석 결과는 선주와 처리장치업체로부터 심각한 항의를 받을 수 있으며, 나아가 국가간의 문제도 야기 시킬 수 있다고 보인다. 따라서, 상세분석 결과를 신뢰성 높게 도출할 수 있는 기술을 개발하고, 이 결과를 보증할 수 있는 인력과 체계를 구축할 필요가 있다고 판단된다.

**5.3.3 대표성을 가지는 샘플링 방법 개발**

현재의 IMO 성능기준에 의하면 샘플의 대표성을 확보하기 위해, 동물 플랑크톤에 해당하는 생물의 개체수를 알기 위해서는 50 μm 네트를 사용하여 1 m<sup>3</sup> 이상의 선박평형수를 배출 시간대별로 균등하게 농축한 후 그 가운데에서 최대 길이가 50 μm 이상인 생물을 골라서 현미경 등으로 그 개체수를 세어야 한다. 최대 길이가 10 μm 부터 50 μm 사이의 생물과 기타 미생물에 대해서도 마찬가지로 이러한 어려운 절차를 거쳐야 한다. 더구나 미국 정부가 계획하고 있는 강화된 성능 기준을 만족하는지 검사하기 위해서는, 10배 내지 1,000배 더 농축해야 하는 더욱 어려운 샘플링 과정을 거쳐야 한다. 따라서 대표성을 가질 수 있고 생사 상태가 유지되며 개체수 변동이 없는 샘플링 방법의 개발이 필요하다고 판단된다.

**6. 결 언**

본 고를 통해 선박평형수 처리와 관련한 기술의 난제를 도출하고 다음과 같이 기술 개발의 방향을 모색하였다.

**Table 6.** Definition and differences between indicative and detailed analysis

	Indicative analysis	Detailed analysis
Purpose	To provide a quick, rough estimate of the number of viable organisms	To provide a robust, direct measurement of the number of viable organisms
Sampling	Volume	Small or large depending on specific analysis
	Representative sampling	Yes, representative of volume of interest
Analysis parameters	Operational (chemical, physical or biological) and/or performance indicators (biological)	Direct counts (biological)
Analysis method	Time-consuming	Lower
	Required skill	Lower
	Detection limit	Higher (poorer)
	Confidence with respect to D-2	Low

(1) 우리나라 정부가 직접 감독하는 시험설비에서의 형식승인 시험 체계에 대비하여, 선박평형수 처리장치 개발 시 충분한 개발 기간과 완성도 높은 기술이 필요할 것으로 판단된다.

(2) 이미 처리장치 형식승인을 받은 업체는 물론 향후 받을 업체라 하더라도 미국 별도의 형식승인시험 인증 제도에 진입하는 것은 꼭 필요하므로, 이 절차를 충분히 이해하고 빠른 시간 내에 시작하는 것이 필요하다고 판단된다.

(3) 현재의 성능기준을 10배 내지 1,000배까지 강화시키려는 미국 정부의 제2단계의 성능기준에 대비하기 위해, 처리장치 업체는 지속적으로 성능 향상을 위해 노력을 기울여야 할 것으로 판단된다.

(4) 아무리 IMO 활성물질 승인과 정부의 형식승인을 받은 처리장치를 설치했다 하더라도 대부분의 나라는 입항 선박에 대한 성능 검사를 별도로 하게 되므로, 어떠한 해수 환경에서라도 성능 기준을 만족 시킬 수 있는 신뢰성 있는 처리장치만이 살아남을 수 있다고 판단된다.

(5) IMO 협약에 의거 향후 8년간 약 9만 척의 선박에 대해 처리장치 설치가 강제화 되게 된다. 처리장치 업체 입장에서는 이렇게 많은 선박에 제품을 공급하기 위해서 처리장치 모듈을 단순화하여 생산 능력을 제고하고 관련 업체와의 협력 체제를 갖추어 제품 생산 능력을 확충하는 것이 필요하다고 판단된다.

(6) 입항 선박에 대한 지표분석을 위한 간편한 검사장비가 필요한데, 아직까지는 신뢰성 있는 검사장비 및 방법이 개발되지 않았으므로, 향후 여러 가지의 지표분석 장비가 개발되어야 할 것으로 판단된다.

(7) 선박평형수 내 수중 생물 그룹 별로 대표성을 가지고 생사 상태가 유지되며 개체수 변동이 없는 신뢰할 만한 샘플링 방법의 개발이 필요하다고 판단된다.

(8) 입항선박에 대한 상세분석 결과는 매우 심각한 문제를 야기시킬 수 있으므로, 상세분석 결과를 신뢰성 높게 도출할 수 있는 기술을 개발하고 이 결과를 보증할 수 있는 인력과 체계를 구축할 필요가 있다고 판단된다.

## 후 기

본 연구는 국토해양부/한국해양과학기술진흥원의 지원 하에 한국해양과학기술원에서 수행하고 있는 “선박평형수 유해수중생물 모니터링장치 개발” 연구사업의 결과이며, 연구비 지원에 감사드립니다.

## 참고문헌

[1] IMO, 2004, “International Convention for the Control and Management of Ship's Ballast Water and Sediments, 2004”, IMO

BWM/CONF/36.

[2] IMO, 2007, “Estimated number of vessels to which regulation D-2 may apply”, MEPC 56/2/4.

[3] IMO, 2008a, “Procedure for approval of ballast water management systems that make use of active substances (G9)”, IMO Resolution MEPC.169(57).

[4] IMO, 2008b, “Guidelines for Ballast water Sampling (G2)”, IMO Resolution MEPC.173(58).

[5] IMO, 2008c, “Guidelines for approval of ballast water management systems (G8)”, IMO Resolution MEPC.174(58).

[6] IMO, 2011, “List of ballast water management systems that make use of Active Substances which received Basic and Final Approval”, BWM.2/Circ.34.

[7] IMO, 2012a, “Development of Guidelines and other Documents for Uniform Implementation of the 2004 BWM Convention, and Development of International Measures for Minimizing the Transfer of Invasive Aquatic Species Through Biofouling of Ships”, BLG 16/WP.4.

[8] IMO, 2012b, “Preview of global ballast water treatment markets”, MEPC 63/INF.11.

[9] Kim, E.C., 2008, “Consideration of the Procedure for IMO Approval of Ballast Water Treatment System that Make Use of Active Substances”, Journal of the Korean Society for Marine Environmental Engineering Vol.11 No.4.

[10] Kim, E.C., Oh, J.H., and Lee S.G., 2012, “Consideration on the Concentration of the Active Substances Produced by the Ballast Water Treatment System”, Journal of the Korean Society for Marine Environmental Engineering Vol.15 No.3.

[11] Korea Shipowners' Association, 2012, “2011 Shipping Statistics”.

[12] Lloyd's Register, 2011, “Ballast water treatment technology: Current status”, Lloyd's Register Publication.

[13] US Congress, 2011, “A bill to amend the Federal Water Pollution Control Act to regulate discharges from commercial vessels, and for other purposes”, 112th Congress H.R.2840.

[14] US EPA, 2009, “Vessel General Permit for Discharges Incidental to the Normal Operation of Vessels (VGP)”, VGP Version 2/5/2009.

[15] US NARA, 2012, “Standards for Living Organisms in Ships”, Ballast Water Discharged in U.S. Waters; Final Rule (33 CFR Part 151, 46 CFR Part 162), Federal Register Vol.77 No. 57.

2012년 7월 26일 원고접수

2012년 8월 2일 심사수정일자

2012년 8월 3일 게재확정일자