

선박평형수 처리에 대한 국제적 관리 동향

김성연* · 최성국** · 길경석**

*한국해양대학교 산업기술연구소, **한국해양대학교 전기전자공학부

International Management of Ship Ballast Water Treatment

Seong-Yeon Kim* · Sung-Kuk Choi** · Gyung-Suk Kil**

*Research Institute of Industrial Technology, National Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

**Division of Electrical and Electronics Engineering, National Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

요 약 : 본고는 선박 평형수를 통해 전달되는 유해 수생종에 대한 처리 기술 동향 및 국제적 대응방향에 대해서 살펴보았다. 전 세계적으로 해양 생태계의 보존과 보호에 관심이 높아지고 있는 가운데, 특히, 선박 평형수에 기인한 해양생태계 훼손 문제를 처리하기 위한 국제적 노력이 가시화되고 있다. 그러나 평형수 처리에 대한 각국 규정이 서로 상이함에서 오는 혼란과 불이익을 예방하기 위해선 이에 대한 명확한 이해가 필요하다.

핵심용어 : 선박 평형수, 외래침입생물, 국제해사기구,

ABSTRACT : This article aims to review the issues, regulations and global responses relating to the transfer of harmful aquatic organisms via ship's ballast water, including the technologies for its management. According as increasing of concerns about the maintenance and preservation of the ocean ecosystem, International efforts is attainable to restore the devastated marine life due to coming microorganism included in the ballast water. But, precisely understanding is needed to prevent the confusedness and disadvantage from the differences of regulations for the ballast water treatment.

KEY WORDS : Ballast Water, IMP, IMO,

1. 서 론

국토의 삼면이 바다로 둘러싸인 반도국가인 우리나라의 경우 해양 환경의 보존과 유지는 환경적인 측면뿐만 아니라 바다를 생활 터전으로 하는 주민들의 직접적인 경제적 이득은 물론이고 바다와 직접적인 이해관계가 없는 사람들에게도 궁극적으로 심대한 영향을 주기 때문에 매우 중요하다. 이미 지난해 태안 앞바다에서 발생한 대규모 기름 유출 사고에서 알 수 있듯이 지형적인 장애물과 지구중력 등으로 오염원의 확산이 더

딘 육지와 달리 해양은 뚜렷한 장애물도 없고 물질의 확산속도가 빠른 물의 속성상 피해 지역도 매우 광범위한 특성을 보인다. 또한, 한번 훼손된 해양생태계의 복원과 복구는 해양이라는 지리적 불리함으로 인해 육상생태계를 복원하는 것보다 비교하여 훨씬 많은 비용과 시일이 소모됨을 알 수 있다. 따라서 해양 생태계의 보존과 보호는 예방적 차원의 접근이 훨씬 경제적이고 합리적이라고 말할 수 있다. 그러므로 해양 생태계 복원 기술

* kimsy@hhu.ac.kr 051)410-4175

** selus21@gmail.com 051)410-4414

** kilgs@hhu.ac.kr 051)410-4414

에 앞서 현 생태계를 유지·보존하는 기술 개발이 반드시 선행되어야 할 이유가 여기에 있다.

세계 13대 경제대국이면서 해운·조선강국인 우리나라의 경우에 수출입 물동량의 대부분이 바다를 통해 선박으로 수송되고 있다. 이들 수많은 국내·외 선박들은 화물의 선적과 하역 작업시 해수를 유입·배출하면서 선박의 균형을 유지한다. 이때 사용되는 해수를 선박 평형수(Ballast Water)라고 부르는데 이러한 평형수에는 특정 해역의 박테리아, 병원균, 소형 무척추동물 등과 같은 다양한 종류의 미생물이 포함되어 있으며 이들 미생물 또는 병원균 등이 타 해역으로 이동하여 해당 국가의 토착 해양생태계를 교란·훼손하여 환경파괴와 수자원 피해로 이어져 수산업 종사자들의 경제적 손실은 물론 이들 수산물을 이용하는 사람들의 건강에도 악영향을 끼칠 우려가 있어 이에 대한 엄격한 관리가 요구된다. 따라서 본 논문에서는 현재까지 제안된 선박평형수 관리 지침과 처리 기술을 살펴봄으로서 선박평형수에 대한 체계적 이해를 돕고자 한다.

2. 선박 평형수 규제

2.1 선박평형수 처리 기준

외래해양생물종(IMP : Induced Marin Pests)[1]에 의한 해양 생태계 훼손 사례가 증가하고 피해 지역도 지역과 국가의 구분 없이 광범위해지면서 이들 외래해양생물종의 유입차단과 관리방안에 대한 관심이 높아지고 있다. 이들 외래해양생물종의 유입경로로서 선박평형수(Ballast Water)가 지목되었으나 개별국가만의 노력으로는 선박평형수에 대한 관리와 통제가 불가능하므로 국제적인 협력과 규제의 필요성이 제기되었다. 이에 지난 1993과 1997년 국제해사기구 (IMO : International Maritime Organization) 총회에서 결의안 A. 774(18), A. 868(20)을 채택하여 선박평형수 관리 지침을 마련하고 산하기구인 해양환경보호위원회(MEPC: Marine Environment Protection Committee)의 Ballast Working Group을 통해 협약안에 대한 논의와 선박평형수 관리 방안에 대해 다양한 모색을 진행해왔다. 선박평형수 처리 문제는 IMO 뿐만 아니라 다른 환경포럼에서도 주요한 문제로 다뤄지고 있으며 그 예로 1992년 브라질의 리오데자네이로에서 개최된 유엔환경개발회의(UNCED)에서도 이 문제를 주요 환경의제로 채택·논의한바가 있다[2][3]. 그러나 이 같은 국제적 논의와 지침의 채택에도 불구하고 장기간의 논의 진행 기간에 비하여 실효성 있는 국제협약 실행은 늦추어지고 있다. 이는 법적 구속력이 없는 IMO 결의서가 가지는 한계와 국가간 상충되는 이해관계로 인해 협약 실행에 어려움을 겪고 있기 때문이다. 즉, 구체적인 협약의 도입 대상과 시기, 선박평형수 처리·교환 기준, 위해도 평가 세부적 내용 등에서 각국의 이해가 첨예하게 대립되고 있기 때

문이다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 IMO는 선박평형수 관리에 관한 법적 장치를 도입하기로 하였으며 이에 앞서 선박평형수에 대한 포괄적 관리 기준[4]을 다음과 같이 제시하였다.

- 안정성(Safety) - 선박 및 선박을 구성하는 시스템의 안정적인 운영이 가능해야 한다.
- 환경적 수용성(environmentally acceptable) - 정화살균 처리 후 2차적인 오염을 유발하거나 처리 과정에서 환경에 유해한 물질의 생성, 배출 등이 없어야 한다.
- 경제성(cost effective) - 새로운 정화살균처리법에 의한 비용이 기존 처리법보다 최소한 같거나 저렴해야 한다.
- 생물학적 유효성(biologically effective) - 정화살균 처리 과정 후 배출된 미생물의 유전적 변이 등 생물학적 위험성이 없어야 한다.
- 실용성(practicable) - 신건조 선박은 물론 기존 선박에도 탑재·적용이 용이해야 한다.

2.2 선박평형수 처리 방법과 종류

선박 평형수를 처리하는 방법으로서 크게 Ballast water management option과 Ballast water disinfectant technology[5]로 나눌 수 있다. Ballast water management option은 유해 생물종에 의한 토착 생태계의 피해를 최소화하기 위한 선박평형수 운용에 관한 방법을 Ballast water disinfectant technology는 선박평형수에 포함된 유해 생물종에 대한 처리 기술을 의미한다.

Table 1. Ballast water management option and Ballast water disinfectant technology[5][6]

구분	내용	
Ballast water management options	<ul style="list-style-type: none"> • Ballasting micro management • Ballast water exchange • Part load process 	
Ballast water disinfectant technology	Physical method	<ul style="list-style-type: none"> • Filtration • Cyclone separation • Ultraviolet irradiation • Ultrasound • Heat treatment
	Chemical method	<ul style="list-style-type: none"> • Chlorine • Chlorine dioxide • Photochemistry • pH adjustment • Ozone

Table 1은 Ballast water management option의 종류와 Ballast water disinfectant technology에 대한 세부 기술을 나타냈다.

Ballast water management options은 선박평형수 처리(Ballasting micro management)와 선박평형수 교환(Ballast water exchange)으로 다시 세분할 수 있다.

■ 선박평형수 처리(Ballasting micro management)는 유해수 생종의 유입을 최소화하는 방법으로서 다음과 같다[7][8].

- 유해종이 존재할 시 Ballasting의 최소화
- “Global hot spot”에서 Ballasting의 최소화
- 쓰레기 투기해역에서 Ballasting의 최소화
- 야간 Ballasting의 최소화
- 준설해역 또는 수심이 얇은 항 내에서 Ballasting의 최소화
- 선박평형수 교환시 오염된 Ballast tank에 평형수 유입제한

■ 선박평형수 교환(Ballast water exchange)은 Reballasting과 Ballast dilution으로 나눌 수 있다.

Reballasting이란 평형수를 배출하고 새로운 해역에서의 해수를 유입하는 방법이고 Ballast dilution은 평형수 배출과 동시에 새로운 해역의 해수유입을 통해 전체 평형수를 희석시키는 방법이다[7].

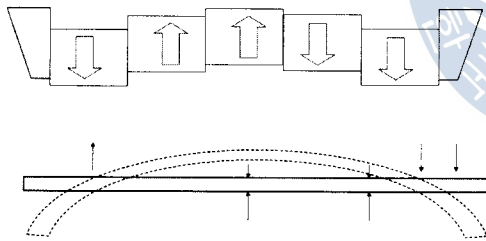


Fig. 1 Effect of differential loading in ballast tanks on shear and bending stresses in ship hulls[9]

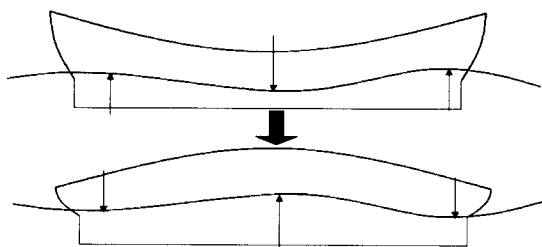


Fig. 2 Effect of wave motion on shear and bending stresses in ship's superstructures[9]

하지만 이들 방법은 Ballasting의 결과로 비게 되는 ballast tank가 Fig. 1과 Fig. 2에 나타낸 바와 같이 해상과와 선박 자체

운동의 결과 전단·굽힘 응력이 선체에 가해져 결과적으로 선박 안전성[7]을 해치므로 이에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

Ballast water disinfectant technology는 물리적 처리기술과 화학적 처리기술로 구분하는데 세부적 기술 내용은 다음과 같다.

▶ 물리적 처리기술

- 1) 여과법(Filtration)
 - 생물종과 불순물을 포함한 오염된 물에 쓰이고, 살균 전 단계에 적용된다.
 - 가장 중요한 인자는 생물종의 크기이다.
- 2) 원심분리법(Cyclonic separation)
 - 원심분리기를 이용 특정 가속도 이상으로 가속하여 생물종이 운동성을 발휘할 수 없게 하여 살균·제거하는 기술
- 3) 가열처리법(Heat treatment)
 - 엔진의 냉각장치를 이용하여 Heat exchange에서 선박 평형수를 가열하여 살균처리하는 원리.
 - 선박 평형수를 일정 온도 이상으로 가열하는 것과 이를 유지시켜 주는 것이 중요.
- 4) 초음파(Ultrasound)
 - 초음파가 물속에서 발진하여 cavitation 현상인 작은 기포를 발생시켜 순간고압력으로 유해생물을 살균하는 원리.
- 5) 자외선방사처리법(Ultraviolet irradiation)
 - 선박 평형수에 존재하는 대부분의 생물종 처리에 효과적인 방법.
 - 빛을 이용하기에 선박 평형수의 탁도(Turbidity), Flow rate등이 고려해야할 사항이지만 현재 가장 활발히 연구되는 방법.

Table 2는 선박평형수에 존재하는 미생물의 종류와 크기를 나타냈다.

Table 2. Sizes of microorganisms that may be present in ballast water[6]

Organism	Size
Viruses	55 ~ 200nm
Bacteria	0.5 ~ 5.0 μ m
Vibrio spp	0.5 ~ 2.6 μ m
Aeromonas Salmoicida	0.6 ~ 1.0 μ m
Renibacterium	0.3 ~ 1.5 μ m
Marine protozoa	2.0 ~ 100 μ m
Marine diatoms	3.0 ~ 115 μ m
Dinoflagellate algae	5.0 ~ 250 μ m

▶ 화학적 처리

1) Chlorine

- Chlorine을 이용하는 방법은 담수(fresh water)내의 Virus, Bacteria, Bacteria spore, Microbacteria 등을 살균하는데 효과적.
- 해수에서의 유효성은 연구가 필요하며 화학 반응에 의한 2차 오염 물질 생성에 대한 문제가 있다.

2) Chlorine dioxide

- 온도와 pH를 동시에 고려 사용해야만 최적의 처리가 가능.

3) 오존 처리법

- 담수(fresh water) 처리에 우수한 성능을 나타냄. 해수는 주로 Bacteria 및 Virus 살균에 쓰임.
- 처리 비용이 고가이고 Ballast tank의 부식 등이 문제가 됨.

3. 주요 국가의 대응

국제해사기구(IMO)에서는 선박평형수와 침전물 관리 협약(International Convention for The Control and Management of Ship's Ballast water and sediment)[10]의 원활한 이행을 위해 14개의 지침서를 개발하고 있으며 그 주요 내용은 Table 3 과 같다.

Table 3. Guidelines for International Convention for The Control and Management of Ship's Ballast water and sediment[10]

구분	내용
정부주도	<ul style="list-style-type: none"> • 시료채취(G2) • 처리장치의 형식승인(G8) • 활성물질승인(G9) • 시제품 프로그램승인(G10) • 위험도 평가(G7) • 교환지정해역 설정(G14) • 비상시 추가조치(G13)
선주·조선소	<ul style="list-style-type: none"> • 소형선 적용(G3) • 관리계획서(G4) • 선박평형수 교환(G6) • 교환 설계 및 설비(G11) • 선박 내 침전물 관리(G12)
개발 기업	<ul style="list-style-type: none"> • 침전물 수용시설(G1) • 선박평형수 수용시설(G5)

이상과 같은 지침서는 각국 정부가 지침서 채택이전에 자국에서 시행하고 있는 정책들을 IMO에서 채택이 되도록 노력한 결

과이다. 따라서 선박평형수 관리와 기술개발에 소홀한 국가는 상대적으로 불이익을 받을 가능성이 높아 이에 대한 대비책 마련이 시급하다.

Table 4는 주요 국가의 선박평형수 배출규제 현황을 나타냈다.

Table 4. Major contents of the ballast water regulation and management in other countries[11]

국가	규제 현황
미국	오대호 입항 선박에 대해 선박평형수 교환 의무화
호주	자국항을 이용하는 외국선박에 대한 선박평형수 해상 교환 의무화
캐나다	벤쿠버내 컬럼비아항에 정박하는 선박에 대해 선박평형수 해상 교환 의무화
이스라엘	이스라엘 항구에 정박하는 모든 선박에 대해 해상에서 선박평형수 교환 후 입항 의무화
칠레	병원균의 위험이 있는 소재지로부터 입항하는 선박에 대해 최소 12해리 이상에서 선박평형수 교환 의무화
아르헨티나	1990년대 초부터, 부에노스아이레스 항만당국은 입항하는 모든 선박에 대해 염소 처리 의무화

3.1 미국

유럽 해안에서 서식하던 홍합의 유입으로 막대한 피해를 경험한 미국은 비토착 수중생물규제법(1990년)과 국가침입종법(1996년)을 각각 제정하여 외래해양 생물종의 유입에 적극 대처하고 있으며 National Ballast Information Clearinghouse에서는 상선의 입항 패턴 및 선박평형수의 취급양상을 정량화하여 외래생물종의 내습(biological invasion)경로의 규모 및 특성을 파악하려는 노력의 일환으로 Fig. 3과 같은 Ballast Water Reporting Form을 통해 선박평형수를 관리하고 있다.

The image shows a detailed Ballast Water Reporting Form (BWR Form) with multiple sections:

- 1. VESSEL INFORMATION:** Vessel Name, IMO Number, Owner, Type, GT, Call Sign, Flag, Arrival/Departure Port, Country of Last/Next Port.
- 2. VOYAGE INFORMATION:** Voyage Number, Date of Departure, Date of Arrival, Port of Origin, Port of Destination.
- 3. BALLAST WATER USAGE AND CAPACITY:** Total Ballast Water on Board, Volume, Units, No. of Tanks in Ballast, Total Ballast Water Capacity, Volume, Units, Total No. of Tanks on Ship.
- 4. BALLAST WATER MANAGEMENT:** Total No. Ballast Water Tanks to be discharged, Of tanks to be discharged how many (Underwent Exchange, Underwent Alternative Management), Ballast management plan on board?, Management plan implemented?, IMO ballast water guidelines on board?.
- 5. BALLAST WATER HISTORY:** Record all tanks to be deballasted in port state of arrival. Includes columns for Tank No., BW SOURCE, BW MANAGEMENT PRACTICES, and BW DISCHARGE.
- 6. RESPONSIBLE OFFICER'S NAME AND TITLE, PRINTED AND SIGNATURE:**

Fig. 3 Ballast Water Reporting Form

3.2 호주

국토 전체가 바다로 둘러싸인 호주의 경우에는 선박 평형수 처리에 가장 적극적 자세를 보이는 국가 중 하나로 IMO에 선박평형수 관리 문제를 MEPC 공식 의제로 채택할 수 있도록 처음으로 문제를 제기하였을 뿐 아니라 호주 해역에 입항하는 선박에 대해서는 선박평형수 처리에 관한 독자적인 입의 규정을 적용할 정도로 민감한 반응을 보이고 있다. 또한 1998년부터는 2년 동안 자국에 입항하는 모든 선박에 대하여 선박 평형수 관리를 위한 부담금을 부과하여 자국 해양생태계 보호 의지를 천명함과 동시에 자국의 광대한 해역을 관리하기 위한 비용도 확보하여 여타 국가들의 벤치마킹 대상이 되고 있다.

3.3 국내 대응

그 동안 국내에서는 Ballast Water에 대한 호칭도 여러 가지로 불리는 등 용어 통일도 이루어지지 않다가 2007년에 정부가 특별법을 만들어 선박평형수라고 부르기 시작함으로써 그 동안 선박평형수에 대한 국내 관리상황을 간접적으로 짐작할 수 있다. 앞서 기술했듯이 수출입 물동량의 대부분을 선박을 통해 수송하는 국내 물류상황과 선박 건조량 세계 1위인 조선산업을 가진 우리로서 선박평형수 관리와 관련기술개발은 우리의 자연과 경제·산업에 미치는 영향이 적지 않다. 그러나 현실은 선박평형수에 대한 정부 특별법이 2007년에 제정된 사실로부터 알 수 있듯이 국제해사기구와 선진국 주도로 선박평형수 관리와 처리기술에 대한 기준이 이미 90년대 초반부터 논의된 것을 감안하면 때늦은 감이 없지 않다. 그러나 선박평형수 처리에 있어 아직 선진국과의 기술격차가 적고 이에 대비하는 우리 정부와 기업, 연구소들의 움직임이 활발하여 조만간 기술력 격차는 해소될 것으로 예상하고 있다.

4. 결 론

선박 평형수를 통해 유입되는 유해 수생물로 교란·훼손되는 해양생태계 문제는 이제 국제적 현안이 되었다. 유해 수생물과 병원균 등에 의한 해양오염은 기름유출과 같은 다른 해양오염 사고와 달리 육안으로 확인이 불가능하므로 사전 예방만이 피해를 최소화할 수 있는 유일한 방법이다. 따라서 선박평형수에 대한 체계적인 관리전략과 기술 개발이 시급하며 이와 함께 아직 일반에 생소한 선박평형수에 대한 관심과 이해를 향상시키려는 노력 역시 병행될 필요가 있다.

본 고를 통해 현재 사용되는 선박평형수 처리 방법과 기준에 대한 국제적 동향을 살펴보았다. 현재까지 평형수 처리를 완벽하게 제어하는 기술은 없다. 다만 생태계 보존이란 본래의 목적을 달성하면서도 평형수 처리 후 발생하는 2차적 오염을 어떻게 최소화할 것인지, 처리비용의 절감, 실용성 확보 등이 선박평형수 처리 기술의 성공여부를 판가름하는 열쇠라고 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] Finnoff et al., 2005, Gutierrez and Regev, 2005; APEC, 2004; Eiswerth and Kooten, 2002; Olson and Roy, 2002; Perrings, 2002)
- [2] Steve Raaymakers, "1st International Ballast Water Treatment Standard Work Shop Report", 2001, Global Ballast Water Management Programme(GloBallast).
- [3] 장승안, "IMO 48차 해양환경보호위원회(MEPC)회의의 결과 보고", 2003, KR
- [4] IMO, "Report of the Marine Environment Protection Committee on its 51st Session", MPEC 51/22,2004.
- [5] Oemeke, D., "The treatment of Ships' Ballast Water", 1999, Ports Corporation Queensland.
- [6] Hayes, K.R., "Ecological Risk Assessment for Ballast Water Introductions: A Suggested Approach", 1998, ICES Journal of Marine Science.
- [7] AQIS, "Australian Ballast Water Management Guidelines", 1998, Australian quarantine and Inspection Service
- [8] Rigby, G., "Possible Solutions to the Ballast Water Problem", 1994 AQIS, Ballast Water Symposium Proceedings.
- [9] Eyres, D.J., "Ship Construction 4th ed. Newness", 1994
- [10] "International Convention for the Control and Management of Ship's Ballast Water and Sediments, 2004", IMO, BWM/CONF/ 36, February 2004
- [11] 강성길, 유정석, 강창구, "The R&D Strategy for Ship's Ballast Water Management", Journal of Ships & Ocean Engineering Vol. 35, pp.83, Feb. 2003

원고접수일 : 2009년 01월 05일

원고채택일 : 2009년 02월 02일

