

1. 서론

선박에서 평형수(Ballast water)란, 선박 운항 때 복원성 또는 균형 유지를 위해 배 밑바닥이나 좌우에 설치된 평형수 탱크에 채워 넣는 물을 말한다. 일반적으로 유조선이나 화물선 등의 선박은 하역 작업 시 화물을 내리고 출항할 때 선박의 안전운항을 위하여 프로펠러 잠김과 부력에 의한 선박의 부유를 방지하고 배의 균형을 잡기 위하여 밸러스트 탱크에 바닷물을 채워 다른 항구로 이동하고 화물의 적재 시 이 물을 버리게 되는데 이러한 목적의 물을 '선박평형수'라 한다(그림 1).

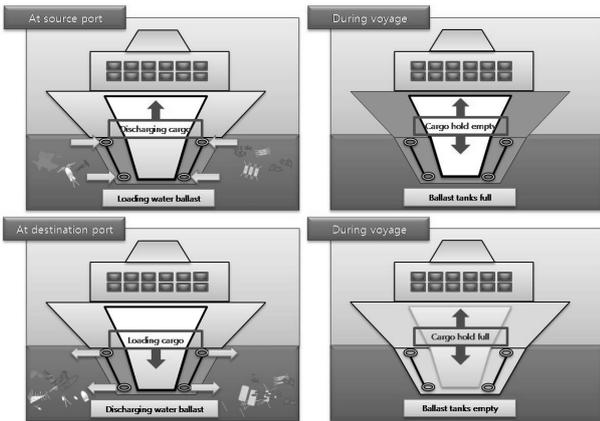


그림 1. 선박평형수의 이용

선박에 의한 무역활동이 증가함에 따라 선박은 전 세계 물동량의 80% 이상을 수송하면서, 매년 수십억 톤 이상의 평형수를 이송시키고 있으며 7,000종 이상의 부착성 해양생물을 평형수를 통해 다른 항구로 운반한다(Globallast, 2003). 평형수에 서식하는 외래해양생물이나 병원균이 전 세계적으로 이동함에 따라 해양 생태계의 교란 및 파괴가 심각한 문제로 대두되고 있으며, 외래해양생물로 인한 피해와 방제에 매년 수십억 달러의 비용을 지출하는 등 경제 및 문화적 피해를 일으키고 있는 실정이다.

이에, 국제해사기구(IMO, International Maritime Organization)에서는 선박평형수의 이동에 따른 토착 해양생태계의 교란을 방지하기 위해 선박에서 평형수를 배출하기 전에 포함된 유기생물체를 반드시 살균, 소독한 후 배출하도록 하는

“선박 밸러스트 수와 침전물관리 국제협약(2004)”을 채택했다. 동 협약에 따라 신조 선박 중 평형수 탱크용량이 5,000 m³ 미만의 소형 선박은 2009년부터, 그 이상의 대형 선박은 2012년부터, 현존 선박은 2017년부터 “선박평형수 관리시스템(BWMS, ballast water management system)”의 장착을 의무화하고 있다. 동 협약의 발효조건은 전 세계 선박량의 35% 이상, 회원국 30개국 이상이 비준한 후 12개월의 유예기간을 거쳐야 한다. 2012년 9월 현재, 선복량 29.07%인 34개국만 비준한 상태이다.

2. BWMS 개발절차 및 특성

BWMS를 개발하고 판매하기 위해서는 IMO로부터 BWMS로부터 발생할 수 있는 선박, 선원 및 인체안전과 환경위해성에 관한 승인을 취득해야 하며 이 승인은 기본승인(laboratory-scale test)과 최종승인(full-scale test)의 2단계로 구분된다. IMO 최종승인을 취득한 후에는 육상시험, 선상시험, 환경시험 및 적합성시험을 합격하고 정부로부터 형식승인을 취득해야 한다. 2012년 9월 현재 IMO로부터 기본승인 이상을 취득한 BWMS 개발사는 총 41개 회사이며, 이 가운데 총 28개 시스템이 최종승인을 취득했다. 우리나라는 2008년 테크로스의 ECS 시스템이 최종승인을 취득한 것을 필두로 기본승인 취득 14개, 최종승인 취득 10개로 전 세계 제품 중 약 34%를 점유하고 있다(표 1).

3. BWMS의 살균처리기술

IMO로 승인신청을 위해 제출된 BWMS 중 전기분해장치가 21개(42%), UV 4개(8%), 오존 2개(4%), 약품주입 및 기타 23개(46%)를 차지한다. 각 장치별 생물사멸 기술은 다음과 같다.

가) 전기분해 :

해수가 전극(+)과 전극(-)사이를 통과하는 과정에서 발생하는 전위차를 이용해 직접 살균하거나 농도의 전해수를 만들어서 주입하는 방법으로, 양극 주변에는 생물을 살균할 수 있는 충분한 Potential이 형성되며, 음극에서는 유기물질의 가수

표 1. 국내 선박평형수 관리시스템 개발기업의 승인 취득 현황

번호	제품명 개발업체	적용기술	IMO 승인 (기본승인 및 최종승인)	정부형식승인
1	ECS 테크로스	E + N	기본승인 (MEPC 54, '06.03) 최종승인 (MEPC 58, '08.10)	'08.12.31
2	BlueBallast 엔케이	오존(S) + N	기본승인 (MEPC 56, '07.07) 최종승인 (MEPC 59, '09.07)	'09.11.24
3	GloEn-Patrol 파나시아	F + MP-UV	기본승인 (MEPC 57, '08.04) 최종승인 (MEPC 60, '10.03)	'09.12.04
4	EcoBallast 현대중공업	F + MP-UV	기본승인 (MEPC 59, '09.07) 최종승인 (MEPC 60, '10.03)	'11.03.16
5	ARA Ballast 삼건세기	F + 플라즈마+ MP-UV	기본승인 (MEPC 60, '10.03) 최종승인 (MEPC 61, '10.09)	-
6	HiBallast 현대중공업	F + E(S) + N	기본승인 (MEPC 60, '10.03) 최종승인 (MEPC 62, '11.07)	'11.11.11
7	Purima™ 삼성중공업	F + E(S) + N	기본승인 (MEPC 61, '10.09) 최종승인 (MEPC 62, '11.07)	'11.03.16
8	Neo-Purima™ 삼성중공업	F + E(S, 취/배수시 주입) + N	기본승인 (MEPC 62, '11.07) 최종승인 (MEPC 63, '12.03)	-
9	AquaStar 아쿠아이엔지	스마트파이프 + E + N	기본승인 (MEPC 61, '10.09) 최종승인 (MEPC 63, '12.03)	-
10	En-Ballast 광산	F + E(S) + N	기본승인 (MEPC 60, '10.03) -	-
11	Smart Ballast STX Metal	E + N	기본승인 (MEPC 63, '12.03) 최종승인 (MEPC 64, '12.10)	-
12	EcoGuardian 한라MS	F + E(S) + N	기본승인 (MEPC 63, '12.03) 최종승인 계획 (MEPC 65, '13.04)	-
13	KTM-BWMS 케이티마린	Plankill pipe + E + N	기본승인(MEPC 64, '12.10) -	-
14	HS-BALLAST 화승 R&A	E + N	기본승인 (MEPC 64, '12.10) -	-
15	BioViolet™ 광산	F + MP-UV	해당사항 없음	계획 2013
16	BlueZone 선보	오존 + N	기본승인 계획 (MEPC 65, '13.04)	

* E, 전기분해; N, 중화; F, 필타; MP-UV, 중압 자외선; S, side-stream 방식(살균제 역할을 하는 활성물질을 지류방식으로 분류에 주입)

분해에 탁월한 능력을 가진 hydroxide ion이 방출된다. 전기 분해로 인해 다양한 라디칼이 발생되는 데, 라디칼은 높은 전 위치로써 거의 모든 유기물과 빠른 속도로 반응하며 생물을 순간적으로 사멸시키는 기능을 가지고 있다. 또한 부수적으로 생성되는 차아염소산이 잔존하여 통해 밸러스트 탱크 내에서 지속적으로 생물을 사멸시킨다. 차아염소산은 수서종(種)의 삼투압 불균형을 일으켜 세포내 물질이 누출되도록 하고 세포 질과 DNA, RNA를 변형시켜 유전자 복제를 억제하고 효소가

지 비활성화 시키는 등의 사멸기능을 갖추고 있다.

나) 오존 :

산소는 대기 중의 공기와 에너지를 사용하여 전기적인 방 전에 의해 오존으로 전환되는데, 오존은 매우 강한 산화제 이므로 모든 세균, 독소, 곰팡이와 효모의 포자, 유기물, 바이러스를 산화시킬 수 있다. 수서종(種) 중 일부는 오존과 직접 접촉하여 사멸되며, 오존이 해수내의 다른 화합물과 반응하여 생성되는 차아브롬산(HOBr)에 의해 사멸된다.

다) 자외선(UV) :

자외선 살균 장치는 주로 필터와 함께 사용되는데, 1차적으로 자동역세척이 가능한 필터로 적정 크기의 생물과 입자를 걸러내고, 그 보다 작은 개체는 UV 살균기를 통하여 제거한다. UV 살균기는 생물의 DNA 구조를 파괴, 제거하여 사멸시키는 방법으로 램프의 종류와 투과도에 따라 그 강도를 조절할 수 있다.

4. 미국의 선박평형수 배출 기준

2012년 3월 미국에서는 선박으로부터 배출되는 평형수 내에 포함된 생물기준 관련법 ‘Standard for Living Organisms in Ship’s Ballast Water Discharged in U.S. Waters; Final Rule’ 을 공표했으며 미국에서 선박평형수를 배출하는 모든 선박들은 2013년 12월 1일부터 이 법의 적용을 받게 된다.

현재 공표된 법률에 기재된 미국에서 배출수 내 생물 기준 (Phase 1)은 IMO의 기준(D-2)과 동일하지만, 향후 이 기준을 강화할 것으로 예고하고 있다(표 2).

IMO 승인은 선박, 선원 및 인체안전과 환경위해성을 평가하는 기본승인과 최종승인으로 구분되어 있으며, 최종승인 취득 이후 정부형식승인을 취득해야 한다. 반면, 미국 승인은 형식승인만으로 구성되어있으며, 형식승인을 위해 제출되는 서류를 통해 BWMS로 인해 발생할 수 있는 선박, 선원 및 인체 안전과 환경위해성을 평가받을 뿐만 아니라 시스템의 생물제거효능도 함께 평가받게 된다(표 3).

5. BWMS의 선택과 설치

선주는 환경보호를 위해 BWMS를 구매하여 선박에 설치하게 되는 최종구매자이다. 따라서 선주는 BWMS의 1)처리 성능, 2)가격, 3)설치공간 및 적합성, 4)선종을 고려한 안전성, 5)전력요구량, 6)유지관리비용 등의 사항들을 종합적으로 고려해야만 있다. 현존선의 경우에는 설치공간 및 적합성, 전력요구량이 중요한 판단기준인 반면, 케미컬 탱커 등에서는 방폭기준을 만족하는 안전성이 중요한 판단기준이 될 것이다.

6. 결론

BWMS 시장규모는 2012년 이후 적용되는 신조선은 연간 2,300여 척, 2019년까지 적용되는 현존선은 67,000여 척으로 세계적으로 약 30조원에 달한다. 이러한 중요성을 인지하여 우리나라에서는 2010년에 ‘밸러스트수관리시스템(BWMS)’ 을 선박용기자재 핵심기술의 일환으로 국가핵심기술로 지정했다. 그동안 정부에서는 BWMS 분야에서 세계시장 선점을 위한 양적성장을 지원해 왔으나 2012년 이후 질적인 성장으로의 정책변경 중에 있으며 그 일환으로 IMO에서 후원하는 선박평형수관리협약 및 BWMS 관련 국제행사(7차 ICBWM, 2013, 10)를 우리나라에 유치하는데 성공했다. 또한 2012년 8월에는 IMO 기술전문가그룹 회의를 국내에 유치하여 우리나라의 협약이행상황, BWMS 개발현황 및 체계적인 승인절차 등을 성공적으로 소개했다.

표 2. IMO와 미국 평형수 배출기준 비교

Standards		Test item		
		IMO (D-2)	USCG Phase 1	USCG Phase 2
Viable organisms	≥ 50 μ m	< 10 inds./m ³	< 10 inds./m ³	< 1 inds./100 m ³
	≥ 10-50 μ m	< 10 inds./mL	< 10 inds./mL	< 1 inds./100 mL
	≤ 10 μ m	N/A	N/A	< 1 000 bacteria or 10 000 virus/100 mL
<i>Escherichia coli</i>		< 250 cfu/100 mL	< 250 cfu/100 mL	< 126 cfu/100 mL
Intestinal Enterococci		< 100 cfu/100 mL	< 100 cfu/100 mL	< 33 cfu/100 mL
Toxicogenic <i>Vibrio cholerae</i> (O1, O139)		< 1 cfu/100 mL	< 1 cfu/100 mL	< 1 cfu/100 mL

표 3. IMO, 정부 및 미국 평형수관리시스템 승인절차 비교

IMO	정부		미국	
기본승인	시험실시험	화학분석 수중생물독성시험 생물제거효율시험 환경위해성 인체안전성	해당 없음	
최종승인	육상시험 (+사전적합성시험) *10% 이상 구분된 염분에서 각 5회, 총 10회 성공 *정부지정시험소에만 실시	화학분석 수중생물독성시험 부식시험 생물제거효율시험 환경위해성 선원 및 인체안전성 선박안전성	육상시험 *실제 적용 희망하는 염분 (담수, 기수, 해수) 에서 각 연속 5회 성공 *실패한 결과도 포함하여 보고 *USCG 지정 시험소 에서만 실시	화학분석 수중생물독성시험 부식시험 생물제거효율시험 환경위해성 선원 및 인체안전성 선박안전성
	선상시험 (+사전적합성시험) 6개월 이상 연속 3항차 성공	생물제거효율 시스템 안전/안정성	선상시험 *6개월 이상 연속 5항차 성공 *다른 환경을 가진 대륙 간 시험 권고	생물제거효율 시스템 안전/안정성
	환경시험	선박환경 적합성	부품시험	선박환경 적합성
	적합성시험	도면검사를 통한 선박안전확보	USCG에서 접수받은 서류로 도면검사 실시	

2004년 BWM 협약 발효 이후, 개발업체, 정부 및 시험기관 등이 혼연일체가 되어 선박평형수관리시스템 개발과 세계시장 석권을 위해 노력해 왔다. 이제 협약발효를 목전에 두고 그동안의 노력에 대한 결실을 이룰 수 있도록 마지막 순간까지 최선의 노력을 다해야 할 것이다.

참고 문헌

GloBallast [Ballast Water Risk Assessment: User Guide (1.4) for the BWRA Database/GIS System] (2003).



김영수

- 1971년생
- 2006년 부경대학교 수산생물학과 박사
- 현 재 : 한국조선해양기자재연구원
BWMS 시험연구센터 센터장
- 관심분야 : 선박평형수, 표준시험개발, 고효율선박기자재
- 연 락 처 : ***-****-****
- E - mail : catenatum@komeri.re.kr



성은주

- 1984년생
- 2010년 인하대학교 해양과학과 석사
- 현 재 : 한국조선해양기자재연구원
BWMS 시험연구센터 선임연구원
- 관심분야 : 선박평형수, 해산동물플랑크톤
- 연 락 처 : ***-****-****
- E - mail : ejseong@komeri.re.kr