

선박 밸러스트수 처리 기술 동향 및 발전방향

박상호* · 김인수**

*한국해양대학교 건설환경공학부 연구원, **한국해양대학교 건설환경공학부 교수

Recent Trends of Ballast Treatment Research

Sang-Ho. Park · In-Soo. Kim***

**Division of Civil and Environment, National Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea*

***Division of Civil and Environment, National Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea*

요 약 : 국제해사기구(International Maritime Organization : IMO)에서는 선박에서 발생하는 오염물질 등에 대한 규제강화를 위하여 최근 새로운 해상환경협약의 채택 및 발효를 강력히 추진하고 있다. 우리나라는 국제해사기구의 A그룹 이사국으로서의 국제적인 위상과 해양환경 보호를 위하여 현재 발효되고 추진 중에 있는 협약들에 대한 연구와 대처를 효과적으로 하여야 한다. 이 논문은 해양관련 환경규제협약인 밸러스트수 배출규제협약에 대한 주요 현안을 파악하고 분석하여 이에 따른 대응책을 제시하고자 한다.

핵심용어 : 밸러스트수, 국제해사기구, 처리기술, 밸러스트수 배출규제협약

ABSTRACT : IMO(International Maritime Organization) is strongly proceeding with adoption of a new maritime environmental convention and coming into effect for regulation enhancement about the pollutants which are happened in a ship recently. Study about the conventions that our country currently comes into effect, and there is during forwarding and correspondence must be performed effectively. In this paper, International convention on the Ballast water management a main pending problem in ocean related environmental regulation convention.

KEY WORDS : Ballast water, IMO, Treatment technology

1. 서 론

전세계 물동량의 대부분이 선박에 의해서 이동하고 있으며 다양한 해역을 이동하고 있다. Fig.1에 나타난것 처럼 항해중인 선박에서는 다양한 오염물질이 배출된다(Bernal and Cincin-sain, 2001). 그 중에서도 선박 항해의 안전을 위해 사용되고 있는 밸러스트수를 통하여 1일 평균 약 6,000여종의 동·식물이 고유해역을 벗어나서 이동하여 2%미만의 개체수가 적응하여 환경적·경제적으로 많은 피해를 발생하고 있으며, 선박의 대형화 및 고속화로 인해 밸러스트수에 포함된 외래해양생물종의 생존확률이 증가함에 따라 그 피해가 증가할

것으로 예상된다(North Sea Foundation, 2001). 외래생물종에 대해서 연안생태계의 파괴 뿐만 아니라 경제적인 피해를 유발하고 있으며 침입한 외래생물종에 의해서 연간 10억 달러 이상의 피해를 입고 있다고 보고하였다(Ruiz et al., 2001). 밸러스트수를 통한 미생물의 유입으로 발생하는 해양생태계의 파괴를 방지하기 위하여 호주, 미국 등의 선진국은 자국의 해양생태계와 환경보호를 위하여 밸러스트수 배출규제를 점차 강화하고 있다. 국제사회에서 범지구적인 관리체계를 만들어야 한다는 인식을 공유하였고, 국제해사기구에서는 2004년 2월 외교회의에서 선박 밸러스트수와 침전물 관리 국제협약이 채택하였고 2009년부터 현존선과 신조선에 처리기준을 적용한다.

*대표저자 : 박상호(회원), sangho@bada.hhu.ac.kr 051)410-4983

**회원, iskim@hanara.kmaritime.ac.kr 051)410-4416

2005년 10월에 3차 BWWG G8 형식승인 기준과 G9 활성물질 기준에 관한 지침서를 작성하였다(IMO MEPC 2002, 2003). 국제해사기구에서 요구하는 밸러스트수의 처리기준은 교환기준과 성능기준이 있다. 밸러스트수의 교환은 선박의 항해안전과 시간의 소요로 기존선에만 한시적으로 적용이 되고 2009년 이후에 건조하는 신조선에는 밸러스트수 성능기준을 만족하는 처리시스템을 장착하여야한다.

이 논문은 해양관련 환경규제협약인 밸러스트수 배출규제협약에 대한 주요 현안을 파악하고 국내외 선박 밸러스트수 처리 업체의 대응 방안 및 기술발전 방향에 대해 살펴보고자 한다. 또한 현재 연구되고 있는 기술의 장단점을 분석하여 최적의 처리기술 선정에 대한 정보를 제공하는데 있다.

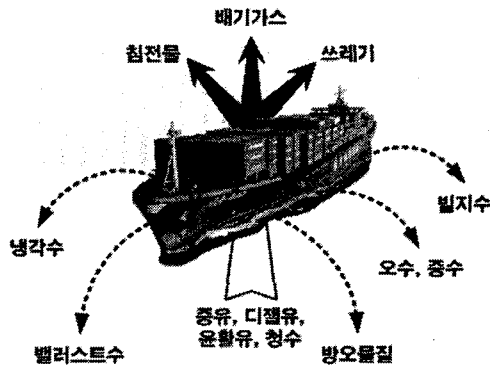


Fig. 1 Constituent effect of the environment on ships

2. 밸러스트수 관리협약

2.1 개요

선박의 밸러스트수 및 침전물의 통제와 관리를 통하여 유해한 수중 유기체와 병원균의 이동으로부터 발생하는 환경과 인류 건강 및 자산과 자원의 위험을 방지하고, 최소화하기 위하여 밸러스트수 관리협약을 채택하게 되었다.

밸러스트수관리협약은 전문(Preamble)과 총 22개의 조문(Article)으로 된 협약서와 동 협약의 기술적 기준과 요건을 언급한 부속서(Annex) 및 국제 밸러스트수 관리 협약증서와 밸러스트수 관리 기록부 양식이 포함된 2개의 부록으로 구성되어 있다.

2.2 밸러스트수관리협약 중 처리기술 부분

밸러스트수관리협약 중에서 처리기술에 대하여 서술한 부분은 다음과 같다.

1) 규칙 B-3 선박의 밸러스트수 관리

밸러스트수관리협약의 적용일은 적용 기준년도를 협약 발효와 관계없이 설정하였고, 2009년을 기점으로 밸러스트수 용량에

따라 적용 기준을 정하였으며 2009년 이전에 건조된 선박일지라도 일정기간 이후에는 모두 밸러스트수 성능기준을 만족하여야 한다.

① 신조선 (2009년 이후 건조된 선박)

밸러스트수 용량이 5,000m³미만인 선박 : 2009년 1월 1일 이후에 용골이 거처되는 선박은 신조 시부터 D-2(BW 처리장치설치) 적용한다.

밸러스트수 용량이 5,000m³이상인 선박 :

- 2009~2011년 사이에 건조된 선박은 2016년까지는 D-1(BW 교환기준)또는 D-2 만족. 그 이후는 D-2 적용한다.

- 2012년 이후 건조된 선박은 D-2규정 적용한다.

② 현존선 (2009년 이전에 건조된 선박)

밸러스트수 용량이 1,500-5,000m³인 선박 : 2014년까지는 D-1(밸러스트수 교환기준) 또는 D-2(밸러스트수 성능기준) 적용, 그 이후부터는 D-2를 적용한다.

밸러스트수 용량이 1,500m³미만 또는 5,000m³이상인 선박 : 2016년까지는 D-1 또는 D-2 적용, 그 이후부터는 D-2 적용, 상기 현존선은 해당 연도 이후 도래하는 최초의 중간검사나 정기검사 중 먼저 도래하는 검사 시까지 만족시켜야 한다.

2) 규칙B-4 밸러스트수 교환(Ballast water exchange)

① 기본적으로 가장 가까운 육지로부터 200마일, 수심 200미터 이상 지역에서 밸러스트수 교환을 실시. 이 경우 선박은 본 규칙의 요구사항을 준수하기 위해 항해의 지연 혹은 계획된 항해로부터의 이탈을 요구받지 않는다.

② 황천이나 기타 특별한 사유로 인하여 상기 지역에서 밸러스트수 교환을 시행하지 못했을 경우, 가장 가까운 육지로부터 50마일, 수심 200 미터 이상에서 교환한다.

③ 상기 지역에서도 시행하지 못했을 경우, 항만국에서 지정한 수역(Designated Areas)에서 밸러스트수 교환을 시행할 수 있다.

3) 규칙D-1 밸러스트수 교환기준

① 밸러스트수를 교환하는 선박은 밸러스트수 용적 기준으로 95%를 교환해야한다.

② 2009년 이전에 건조된 현존선은 밸러스트수 탱크 용적의 3배를 펌핑하는 것을 95% 교환하는 것으로 인정하며, 3배 이하의 펌핑이라도 95% 교환요건을 만족시킬 경우 인정 가능하다.

4) 규칙D-2 밸러스트수 성능기준(밸러스트수 처리장치의 승인 기준)

① 밸러스트수에 포함된 수중생물의 최소길이가 50 μ m이상 크기인 경우 생존가능한 생물(viable organisms)이 10개/m³ 미만으로 배출되어야 하고, 최소길이가 10 μ m초과 50 μ m미만 크기인 경우 생존 가능한 생물이 10개/ml 미만으로 배출되어야 한다.

② 인간건강기준으로써 지표 생물종은 다음을 포함하여야 한다.

- 독성 비브리오 콜레라(O1과O139)는 100 ml당 1cfu (cfu=군체형성단위)미만, 동물성플랑크톤 시료 1그램 당1cfu 미만(습중량)
- 대장균 100밀리리터 당 250 cfu 이하
- 분변성대장균 100밀리리터 당 100 cfu 이하로 처리되어야 한다.

3. 국내외 선박밸러스트수 처리 동향

3.1 국내처리 동향

현재 국내의 밸러스트수 처리기술은 기초적인 단계를 벗어나서 현재 실용화의 단계를 거치고 있다. 국제해사기구의 밸러스트수 처리협약을 만족하기 위하여 다양한 방식의 처리기술이 연구되고 있다.

개발된 처리기술은 단일 처리기술의 조합보다는 복합적인 처리시스템을 사용하고 있다. 전처리공정인 필터와 후단처리공정인 살균공정을 적용하여 처리기준을 만족하고 있다. 현재 개발 중인 처리방법을 Table 1에 정리하였다.

Table 1 Treatment method in Korea

개발주체	Treatment method	Activated material
기업	Ozone	활성물질 생성
기업/연구소	Electrolysis	저농도 활성물질생성
기업	Filter+UV	-
기업	교환기술	-

전기분해를 통해 밸러스트수를 처리하는 것은 전위차, 라디칼, 차아염소산나트륨을 함께 이용하는 전기화학적 방법에서 전위차와 라디칼은 잔류성분이 없으므로, 환경 위해요소가 적으며 차아염소산나트륨은 햇빛에 의해 분해되므로 배출시 2차 오염에 대한 문제가 적으며, 선박 항해중에 계속 처리가 가능하므로 처리장치의 규모를 줄일 수 있고 농도조절과 모니터링이 용이하다는 장점이 있다.

하지만 처리용량이 대용량화 되면 체류시간이 적어 처리효율이 떨어지게 되고 차아염소산나트륨에 의한 밸러스트수 탱크 내부의 부식에 대한 평가가 이루어져야한다[Derek].

현재 우리나라의 연구개발은 산업자원부 부품소재기술개발 사업으로 밸러스트수 처리장치 개발에 관한 연구를 수행하고 있다.

3.2 국외처리동향

국외의 처리개발 동향은 2006년 9월에 열린 컨퍼런스(3rd International conference & Exhibition on Ballast Water Management)의 내용을 중심으로 각국에서 개발되고 있는 처

리장치를 Table 2에 나타내었다(ICBWM 2006).

Table 2 Treatment method in the world

국가	개발주체	적용기술	개발현황
미국	MH System, Inc.	CO2 가스주입	IMO 기준만족 선박 테스트 실시중
	Ecochlor Inc.	과산화염소 (ClO ₂) 주입	2,500m ³ /h로 처리 IMO 기준만족
	Univ. of Maryland, Smithsonian	벤츨리 산소 탈기(VOS)	선상 테스트 실시중 IMO 기준만족
	OptiMarin AS	여과+UV살균	선상 테스트 실시중 IMO 기준만족
	Severn Trent De Nora, Univ. of Washington	필터+전기 분해	육상실험중 1m ³ 당 \$0.02
일본	일본정부, 민간검소사업	필터+캐비테이션 +화학처리	250m ³ /h로 육상처리 도쿄만에서 선상 테스트 실시중
	Mitsubishi Heavy Industries	필터+전기분해 염소살균	육상실험단계 400L/h
싱가포르	싱가포르정부, IESE	필터+화학적 살균	선상 테스트 실시중

밸러스트수에 포함된 미생물을 제거하기 위하여 다양한 기술들이 제안되고 있다. 대형 선박에서 대용량의 밸러스트수를 처리하기 위하여 빠른 처리와 효과적인 미생물의 제거방법이 필요하다. 현재 많은 연구단체와 회사에서 처리장치를 선박에 적용하여 실험을 하고 있다. 가장 최근에 연구되어지고 있는 처리방법은 다음과 같다.

3.3 밸러스트수 처리기술

1) 사이클론 분리장치

사이클론을 이용한 분리장치가 최근에 개발되어지고 있다. 하이드로사이클론은 집진장치 중 대표적인 것으로 유체의 선회류에 의해 생기는 원심력을 이용한 분리장치로써 액체 속에 현탁하고 있는 고체입자를 입도나 비중차에 의해 분리한다. 필터여과장치에 비해서 펌프의 압력이 적게 필요하고 퇴적물이나 부유고형물을 20μm이하로 분리할 수 있다. 하이드로사이클론은 물과 비슷한 비중을 가지는 액체에 대해서는 분리하는데 제한이 있어 물속에 있는 다양한 유기물을 제거하는데 어려운 단점이 있다.

2) 여과

물리학적 분리와 미생물의 제거가 선박의 여과시스템에서 밸러스트하는 동안에 이루어진다. 가장 안정적인 처리기술 중에 하나이고 밸러스트수 내에서 원하지 않는 미생물을 최소화하

는 것이다. 선박에 장착된 벨러스트수 여과장치는 망사형태의 여과기나 미디어 필터 방식 등이 이용된다. 현재 연구개발된 기술의 발달로 연속적으로 여과장치를 세척할 수 있는 장치가 개발되어져있다. 미디어 필터는 작은 크기의 입자를 제거할 수 있으나 선박에 탑재되는 공간이 커지는 단점이 있다. 여과장치는 단독으로 사용되기 보다는 전처리장치로써 사용되어지고 후단에 다양한 살균처리공정이 부착되게 된다.

3) 자외선 살균

자외선은 비포자 형태의 미생물을 살균하는데 효과적인 방법이다. 자외선은 가시광선의 파장(400nm)보다는 짧고 Xrays(100nm)보다는 긴 파장을 가진 Vacuum UV, UVC, UVB, UVA로 구성된 전자 방사선으로 자외선 조사에 의해서 세포내의 핵산 변화하며, 신진대사에 장애가 생기고 증식능력을 잃어 사멸하게 된다. 살균작용은 대체로 200-320nm 영역에서 일어나고 256nm에서 제일 강하게 일어난다. 이는 세포내에 존재하는 핵산이 UVC를 잘 흡수하기 때문이며, 핵산의 이중나선 구조 사이를 잇는 네 가지 염기 Adenine, Guanine, Cytosine, Thymine 중에 Thymine에 흡수되어 전혀 다른 유전자로 되어 단백질을 형성하지 못하게 하여 살균이 되는 것이다. 하지만 해성 편모충의 제거에는 효과적이지 못하고 미생물의 개체수가 자외선의 노출로 급격히 감소하지만 최소 400J/m²의 방사에너지에 미치지 못하면 몇일 후에는 다시 초기의 수치로 되돌아오는 광회복 현상이 발생한다.

4) 열처리

선박 추진장치와 냉각장치의 남은 열을 이용하여 벨러스트수의 미생물을 불활성을 하게 한다. 화학적 부산물이나 잔류물이 남지가 않고 열처리된 벨러스트수를 배출한다. 초기의 열처리는 난방환경에 벨러스트수를 적용한 것이다. 다른 형태의 미생물과 다른 곳의 미생물들은 열에 대한 민감도가 다르기 때문에 벨러스트수에 포함된 다양한 미생물들을 제거하기 위해서는 열처리가 효과적이다. 선박엔진의 폐열을 이용하여 경제적인 열처리 기술을 이용하여 원하지 않는 미생물들을 죽일 수 있다(Rigby et al. 1990). 하지만 대형선박에 적용시에는 벨러스트수의 온도를 올리기 위해서 많은 에너지가 많이 소모하게 된다. 벨러스트수를 37-38℃까지 가열하여 수생생물을 사멸시키는 공법이나 병원균과 세균에는 효과적이지 않다.

5) 전기분해

전기분해를 통해 벨러스트수를 처리하는 것은 단순히 차아염소산나트륨을 발생시켜 이를 통해 생물을 사멸시키는 방법과 순간 전위차, 라디칼, 잔류 차아염소산나트륨을 함께 이용하는 방법 두 가지가 있다.

차아염소산나트륨의 발생을 극대화하여 차아염소산나트륨 만으로도 생물을 사멸시킬 수 있으나, 이 경우 과도한 차아염소

산나트륨으로 인한 해양환경 피해도 예상되므로, 적절한 만큼의 차아염소산나트륨을 발생시키고 나머지는 전위차와 라디칼로 생물을 제거하는 것이 바람직하다고 판단된다. 전위차, 라디칼, 차아염소산나트륨을 함께 이용하는 전기화학적 방법에서 전위차와 라디칼은 잔유성분이 없으므로, 환경 위해요소가 적고, 차아염소산나트륨은 햇빛에 의해 분해되므로 배출시 2차 오염의 문제가 없으며, 선박 운항중 계속 처리가 가능하므로 처리장치의 규모를 줄일 수 있고 농도 조절과 모니터링이 용이하다는 장점이 있다.

6) 살균제

화학물질을 첨가하여 벨러스트수에 포함된 미생물을 죽이거나 비활성을 띠게 하는 방법으로 쉽게 적용할 수 있는 처리기술이다. 살균제는 벨러스트수 탱크에 쉽게 첨가할 수 있고 반응하는데 일정한 기간이 필요하다. 살균제는 산업적으로 이용되는 화학적 물질이나 폐수처리에 이용되어 다양한 지식이 축적되어져 있다. 벨러스트수를 처리할 때도 비슷한 농도의 살균제가 미생물과 반응하는데 필요하고 일정한 크기의 반응조가 필요하다. 벨러스트수 처리에서 살균제의 사용으로 독성물질의 화학물을 물속에 투입하여 처리후에 해양으로 배출하는데 특정 미생물에 대한 처리효율이 정확하게 밝혀져 있지 않고 다른 영향에 대한 연구가 부족하다. 산화 살균제는 염소, 염소염, 오존 등이 사용되어지고 있다. 오존은 강력한 산화제로 정수처리나 사업용에 많이 사용되어지고 있다(National Research Council 1996).

3.4 최근 처리기술의 동향

IMO MEPC 55차 회의에서 각국이 제출한 처리기술에 대한 기술 문서를 검토하였다. 인도 1건, 일본 4건, 독일 4건, 영국 1건, 한국 2건, 노르웨이 3건으로 총 15건의 처리기술에 대한 검토가 이루어졌다. 여기서 2009년부터 5000m³이하의 벨러스트수를 가지는 선박에 대한 적용이 가능한지를 검토하였다. 대부분의 처리장치들은 단일시스템이 아닌 복합시스템을 이용하여 벨러스트수를 처리하고 있다. 복합시스템은 먼저 전처리 시스템으로 물리적인 처리나 여과를 이용하여 벨러스트수에 포함된 입자상오염물질 및 50μm이상의 미생물들을 제거한다. 후단처리공정은 살균처리공정으로 오존이나 전기분해 등을 이용한 처리공정을 이용한다.

처리공정인 단순화게 한가지 공정을 사용하지 않는 이유는 미생물을 완전하게 제거하기 위하여 처리공정을 복합적으로 사용하여 제거효율을 높이기 위함이다. 하지만 복합공정을 이용함으로써 처리장치의 부피가 커지고 공정이 복잡해지는 단점이 있다. 안정적이고 우수한 처리효율을 가지면서 선박의 공간적인 제약과 특수성을 고려한 처리공법이 개발되어져야 한다. 현재 개발되어진 공정들은 육상테스트 중에 있거나 선박에 적용하여 기초적인 실험을 실행중에 있다.

Table 3 Reviewed Treatment system - MEPC 55 (October 2006)

Company	Nation	Footprint from 300m ³ /h pump capacity(m ²)	install volume m ³	treatment method
Hydrodynamic cavitation	India	Not available	Not available	cavitation
JEF Engineering Corporation	Japan	5.8	12	mechanical separation +oxidizing agent +cavitation
The Japan Association of Marine Safety		15	30	special pipe+ozone
Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.		Not available (72m ² for 800m ³)		filtration+electrolytic chlorination
Hitachi Ltd.		Not available (20m ² for 50m ³)		flock+remove flock+filtration
Elga Berkefeld	Germany	Not available (7m ² for 500m ³)	14m ³ (500m ³ /h)	mechanical separation+electrolysis
Hamann AG		5	12	physical separation +oxidising agent
Jos.L. MEYER		5	5	mechanical separation+disinfection liquid
UK company	UK	Not available	Not available	UV treatment
Techcross Ltd.	Korea	2.5	3	electrochemical disinfection
NK Company NK O ₃		10		Ozone
Ocean Saver	Norway	Not available (6m ² for 750m ³)		cavitation (N ₂ , O ₂)
Optimarin		3.9	6.3	filtration+UV
Alfa Laval		Not available (4m ² for 500m ³)	5.0	filtration+AOT(Advanced Oxidation Technology)

4. 처리장치 성능평가

4.1 실험에 사용된 미생물

시험생물체는 시험수에서 자연스럽게 생성된 것이거나 배양된 종(species)을 시험수에 첨가할 수 있다. 실험에 사용되는 50µm 이상인 시험생물체는 m³당 10⁵ 이상 개체로 존재하여야 하고, 최소 3개의 각기 다른 문(phyla) 및 과(division)에 속하는 최소 5종(species)으로 구성되어져야 한다. 10µm 이상 50µm 미만인 시험생물체는 ml당 10³ 이상 개체로 존재하여야 하고, 최소 3개의 각기 다른 문(phyla) 및 과(division)에 속하는 최소 5종(species)으로 구성되고, 종속영양(Heterotrophic) 박테리아는 ml당 최소 10⁴의 밀도로 존재해야 한다. 시험수 내의 다양한 생물체는 자연적인 생물 조합체 또는 배양된 생물체가 생물 다양성 요건 및 밀도요건에 맞추기 위한 사용여부와 관계없이 크기분류에 따라 문서로 기록한다.

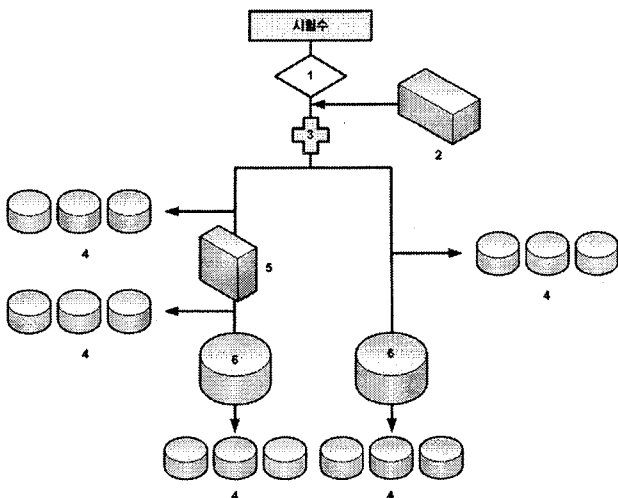
다음의 박테리아는 유입수에 추가할 필요는 없으나, 유입 상태 및 배출 시점에서 측정하여야 한다. 대장균군(coliform), 장구균(Enterococcus group), 비브리오 콜레라, 종속영양 박테리아가 있다. 배양된 시험생물체가 사용될 경우에는 배양 및 배출하는 동안에는 지역별로 적용되는 검역규정이 고려되었을 확인한다(해양수산부고시, 2006).

4.2 육상시험

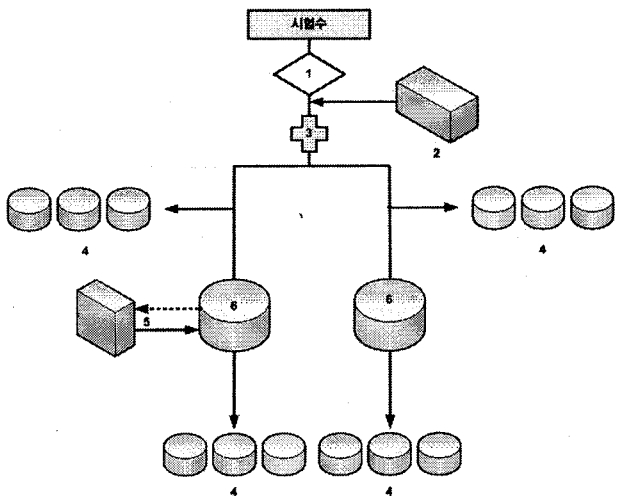
시험주기 동안 처리장치의 동력소모, 유량 등과 같은 것들이 규정된 범위(parameter)내에서 성능이 나오는지를 검증해야 하고 pH, 온도, 염도, 용존산소, TSS, DOC, POC 및 탁도(turbidity, NTU) 등과 같은 환경 범위(parameter)는 해당 시료가 채취되는 시점에 동시에 측정한다. 시험기간 동안 시료는 처리장치 바로 전단 및 후단 및 배출 후 (upon discharge)에 즉시 채취하고 제어 및 처리주기는 동시 또는 순서대로 운전될 수 있고, 관리용 시료는 유입 및 배출 후에 장치시험과 동일한 방법으로 채취한다. Fig.2에 관로식과 탱크식의 육상실험 모식도를 나타내었다.

시료용 설비 및 배치는 관리수 및 처리수 시료의 대표성을 보증할 수 있도록 제공되어야 하며, 이는 생물체에 가능한 한 악영향이 없도록 채취하고 다음의 생물체는 별개로 분리하여 채취되어야 한다.

- (1) 최소크기가 50µm 이상인 생물체
- (2) 최소크기가 10µm 이상 50µm 미만인 시험 생물체
- (3) 대장균군(Coliform), 장구균(Enterococcus group), 비브리오 콜레라, 종속영양 박테리아



(a) Pipe type



(b) Tank type

1. Pump 2. Feed Tank 3. Feed Line 4. Sample tanks
5. Treatment system 6. Simulated Ballast Water Tank

Fig.2 Land-Based test system

50 μ m 이상인 생물체를 국제협약 D-2 규칙과 비교하기 위하여 최소한 유입수 20 ℓ 및 처리수 1m³을 각각 3회씩 수집하여야 하고, 수를 세기위해서 시료를 농축시킬 경우 그 시료는 대각선 길이가 50 μ m 미만의 메쉬를 사용하여 농축한다. 10 μ m 이상 50 μ m 미만인 시험생물체의 평가를 위해서는 최소한 유입수 1 ℓ 및 처리수 10 ℓ 를 수집하여야 하고, 수를 세기위해서 시료를 농축시킬 경우 그 시료는 대각선 길이가 10 μ m 미만의 메쉬를 사용하여 농축한다. 박테리아 평가를 위해서는 최소 500ml의 유입수 및 처리수가 멸균병 안에 수집한다. 시료는 시료 채취 후 가능한 한 빨리 분석을 하여야 하고 정확한 분석을 위해서 6시간 내에 살아있는 상태에서 분석하고 처리한다. 제안된 장치의 효용성은 제어되는 실험법(experimentation)의 형태, 시험장치로 표준의 과학적인 방법으로 시험되어야 하고, 밸러스트수 내의 생물체의 농도에 대한 밸러스트수관리시스템의

영향은 처리된 밸러스트수, 처리된 그룹을 처리되지 않은 제어 그룹에 비교하여 시험한다. 이 경우 하나의 시험은 관리수와 처리수 사이를 비교하는 것으로 구성되고, 시험기간 동안 해당 구역 내의상태에 대한 양호한 통계적 평가를 구하기 위해 단일 시험주기내에서 관리수 및 처리수에 대한 다수의 시료(최소 3개의 시료)를 채취해야하며, 단일시험 주기 동안 채취한 다수의 시료는 거짓반복성(pseudo-replication)을 피하기 위해 처리영향의 통계적 평가 안에서의 독립적인 측정으로서 다루어지지 않을 것이다. 모든 시험주기에서 관리수로부터의 평균배출 결과가 국제협약 D-2.1 규칙에 따른 값의 10배 이하인 경우에는 시험주기는 무효로 판단한다. 밸러스트수관리시스템 성능의 통계적인 분석은 관리수 및 처리수를 비교하는 T-test 또는 유사한 통계적 시험으로 구성되도록 한다(해양수산부고시, 2006).

5. 결론

현재 밸러스트수를 처리하기 위한 다양한 처리방법이 연구되어지고 있다. 국제해사기구에서는 육상시험규정과 해상시험규정을 마련하였고 관련된 기준을 현재 계속 수정 보완하고 있다. 우리나라도 2가지의 처리기술을 검증받고 있는 상태이다. 밸러스트수를 처리하는 기술에 대한 기술우위를 선점하기 위해서 지속적인 연구개발이 이루어져야 한다. 정부와 기업 그리고 학계가 서로 협력하여 최적을 처리기술을 개발하여야 한다. 정부는 관련된 법령을 정비하고 지원책을 통하여 기술을 개발할 수 있는 여건을 마련해야하고 기업은 지속적인 연구개발을 통하여 최적의 처리장치를 개발하여야 한다. 학계는 기업의 기술적 문제점이나 애로사항에 대한 해결책을 제시하여야 한다.

후 기

이 논문은 2005년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임.
(KRF-2005-216-D00300).

참 고 문 헌

- [1] Bernal and Cincin-sain, (2001) Global Forum on Oceans, Coastal and Islands Report
- [2] North Sea Foundation, (2001) Alien species from ballast water, pp.4-9
- [3] Ruiz, M. G., Miller, A. W., Lion, K., Steves, B., Arnwine, A., & Collinetti, E., et al. (2001) First biennial report of the National Ballast Information Clearhouse. Status and Trends of Ballast Water Management in the United States, Smithsonian Environmental Research Center,

MD, USA

- [4] Cangelosi, A.A., (2002) Filtration as a ballast water treatment measure. In E.Lappakoski, S. Gollasch, & S. Olenin (Eds.), *Invasive aquatic species of Europe. Distribution, impacts and management*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers
- [5] 해양수산부 (2004) 선박 밸러스트수 배출규제 대응기술 개발 연구
- [6] 박상호, 김인수 (2004) 전해처리를 통한 해수의 유해생물 살균처리, 한국항해항만학회지, Vol. 28, No. 10, pp.955-960
- [7] Øyvind Endresen, Hanna Lee Behrens, Sigrid Brynstad, Aage Bjørn Andersen and Rolf Skjong (2004) Challenges in global ballast water management, Marine Pollution Bulletin, Vol 48, Issues 7-8, April 2004, pp. 615-623
- [8] Global Ballast Water Management Programme (2003) Global Project Task Force
- [9] IMO Diplomatic Conference. (2004) International Convention for the control and Management of ships' Ballast Water and Sediments
- [10] IMO Guidelines Resolution A.868(20)
- [11] IMO MEPC 49th session agenda item 2. (2003) Harmful Aquatic Organism in Ballast Water
- [12] National Research Council, (1996) Stemming the tide: controlling introductions of nonindigenous species, Committee on ships' Ballast Operations, Marine Board, National Academy Press, Washington, DC.
- [13] Rigby, G.R., G.M. Hallegraeff and C. Sutton, (1999) Novel ballast water heating technique offers cost-effective treatment to reduce the risk of global transport of harmful marine organisms, Mar.Ecol.Prog.Ser.191, pp50-54
- [14] 해양수산부고시 제2006-77호 (2006.11.8)
- [15] 3rd International Conference & Exhibition on Ballast Water Management(ICBWM) (2006)