

## Electro-Cleen 선박평형수 처리장치 의 실선 설치 및 선상시험

김은찬<sup>1,†</sup> · 조진석<sup>2</sup> · 박용석<sup>2</sup> · 이종욱<sup>2</sup>

<sup>1</sup>한국해양연구원 해양시스템안전연구소

<sup>2</sup>(주)테크로스

## Installation and Shipboard Tests of the Ballast Water Treatment System Electro-Cleen

Eun-Chan Kim<sup>1,†</sup>, Jin-Suk Cho<sup>2</sup>, Yong Seok Park<sup>2</sup> and Jong Wook Lee<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Maritime & Ocean Engineering Research Institute/KORDI

<sup>2</sup>Techcross Inc.

### 요 약

선박평형수를 통한 수중생물의 이동을 막기 위해, IMO에서는 2004년 2월 선박 평형수와 침전물 관리 국제협약을 제정하였다. 이 협약을 위해, 각국은 협약 비준과 법제화를 준비하고 협약의 성능기준을 만족시킬 수 있는 처리장치 개발을 촉진시키고 있다. Electro-Cleen™ 처리장치는 2006년 3월 IMO 기본승인을 받았고, 2008년 10월 최종승인을 받았다. 형식승인은 한국 정부로부터 2008년 12월에 발급되었다. 본 논문은 Electro-Cleen™ 처리장치의 기본 원리, 구성 요소, 실선 설치 및 선상 시험 내용을 검토하였다. 선상 시험은 8300 GT M/V Yokohama와 27,000 DWT M/V Greenwing으로 수행하였다. 이들 선상 시험을 통해 Electro-Cleen™ 처리장치가 IMO 기준을 만족시키며 신조선 및 현존선에 설치하기가 적합함을 확인하였다.

**Abstract** – IMO has established International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediment 2004 in February 2004 in order to prevent transfer of aquatic organisms through ballast water. According to the Convention, Each countries are preparing ratification and legislation process and encouraging the development of treatment system to satisfy the performance standard in the Convention. This Electro-Cleen™, treatment system was granted IMO basic approval in March 2006, and final approval in October 2008. The Type Approval Certificate was issued in December 2008 by the Government of Republic of Korea. This paper considers the matter of principle mechanism, overview of the system, installation on shipboard and shipboard test results for the Electro-Cleen™. Shipboard tests with the 8300 GT M/V Yokohama and 27,000 DWT M/V Greenwing have already been conducted. These tests confirmed that the Electro-Cleen™, system satisfies all of the IMO standards and is suitable for installation in new and existing ships.

**Keywords:** Ballast water(선박평형수), Treatment system(처리장치), Shipboard test(선상시험), IMO(국제해사기구), Type approval(형식승인), Electro-Cleen™(일렉트로클린)

### 1. 서 언

IMO(국제해사기구)에서는 선박평형수에 의한 수중생물의 이동을 방지하기 위해 2004년 2월 ‘선박 평형수와 침전물 관리 국제협약(International Convention for The Control and Management of

Ship's Ballast water and sediment)’을 채택하였다(IMO[2004]).

이 협약은 현재 각국의 비준 절차를 밟고 있는데, 발효를 위해서는 35% 이상의 상선 선복량을 확보하는 30개국 이상이 비준을 하여야 한다. 2008년 10월 현재 선복량 14.24% 인 16국이 비준을 한 상태이다.

건조시기별, 선박평형수 용량별, 적용기준을 보면 Table 1과 같다. 선박평형수 용량별로 적용시기가 다른 것은 장비 개발 난이도

<sup>†</sup>Corresponding author: eckim@moeri.re.kr

**Table 1.** Adoption of IMO BWM Convention

건조 시기	선박평형수 용량	'08 까지	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17 이후
2008년 까지	1500 m <sup>2</sup> 미만										
	1500-5000 m <sup>2</sup>										
	5000 m <sup>2</sup> 이상										
2009- 2011년	5000 m <sup>2</sup> 미만										
	5000 m <sup>2</sup> 이상										
2012년 이후	전 체										

■교환기준+성능기준 적용, □성능기준 적용

와 대상 선박 척수를 함께 고려하였기 때문이다.

2007년 12월 IMO 총회에서는 첫 적용년도인 2009년에 건조되는 선박에 한해, 2011년 검사시까지 그 적용을 면제하기로 하였다. 선박 건조 기간 등을 고려하면 1년 정도 연기한 셈이 된다.

선박평형수 처리장치의 개발 경과를 보기 위해서는 먼저 그 당시의 설계 기준을 협약서와 지침서 등을 통해 검토해 볼 필요가 있다. 2004년 2월 국제협약이 채택되면서, 성능기준의 개체가 그동안 논의되던 100 개체 대신 10 개체로 확정되면서, 그동안 개발되어 오던 물리적 처리장치가 어려움에 놓이게 되었다(김은찬 외 [2004]). 물리적 처리만을 계획했던 장치들은 물리적 처리 외에 화학적 처리를 추가할 수 밖에 없게 되었다. 한 예로서, 일본 스페셜 파이프는 추가로 오존 처리를 더하여 추진하고 있다.

2005년 7월 활성물질 승인 지침서 제정 시 활성물질에 대한 승인 기준이 매우 까다롭게 확정되면서, 그동안 개발되어 오던 화학 약품을 사용하는 처리장치들이 화학제의 잔류성 등의 문제를 심각하게 다루게 되었고, 화학약품을 사용하는 처리기술의 사용은 많은 진전을 보여주지 못하고 있다. 또한 2005년 7월 형식승인 지침서가 채택 되었는데, 이 때 시험수 기준 가운데 총부유물질(TSS) 값이 5 mg/l에서 50 mg/l로 변경되면서 혼탁한 물에서 작용하기 어려운 UV 등의 처리 기술은 보다 강한 처리를 필요로 하게 되었다.

2005년 7월에 열렸던 IMO MEPC(해양환경보호위원회) 53차 회의에 제출한 각국의 기술검토 문서와 2006년 10월에 열렸던 IMO MEPC 55차 회의에 제출한 각국의 기술검토 문서를 통해 각국의 동향을 알아볼 수 있다. 또한, 2007년 7월에 열린 MEPC 56차 회의에서는 영국 Lloyds 선급에서 세계각국의 처리기술을 비교한 것을 발표한 바 있다(Lloyd's Register[2007]).

2007년 당시 해양수산부에서는 국내 선박평형수의 관리를 위해 ‘선박평형수 관리법’을 2007년 5월 국회에 제출하였는데, 2007년 11월 국회 본회의를 통과하여, 12월 제정되었다. 한편, 해양수산부에서는 선박평형수 관리 법률 제정 이전에 준비하여야 하는 형식 승인 업무 등을 위해, “선박평형수 관리시스템의 형식승인 등에 관한 잠정기준”을 2006년 11월에 해양수산부령으로 고시한 바 있다. 이 고시에 따르면, 선박평형수 처리장치의 형식승인을 위한 육상시험과 선상시험 시 생물시험을 수행하여야 하며, 이를 위한 시험기관은 충분한 시설과 실력 그리고, ISO 17025 국제시험공인기관 인정 제도를 갖추어야 하는 것으로 되어 있다(김은찬 외[2008]).

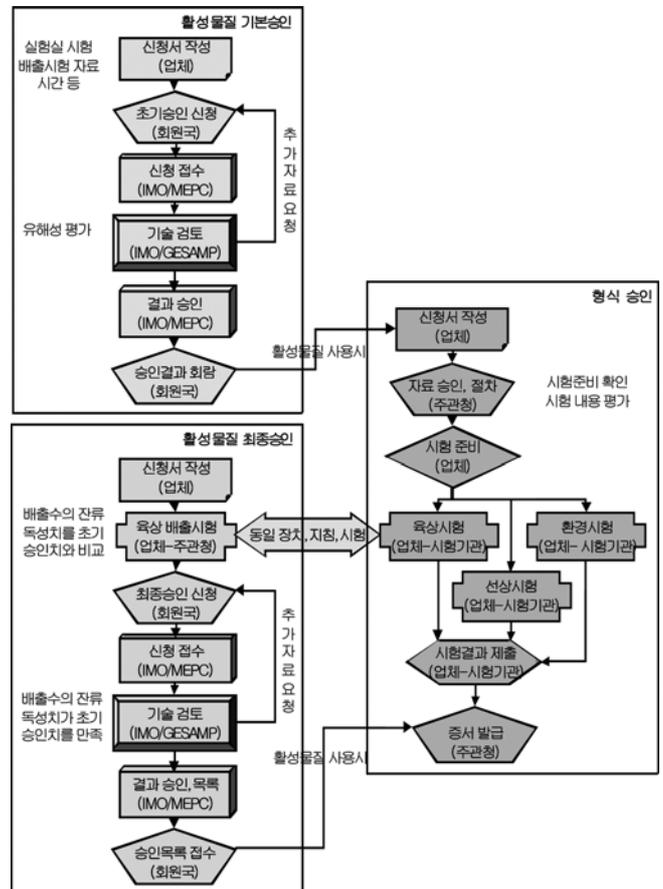
(주)테크로스와 한국해양연구원 해양시스템안전연구소는 2004년

부터 전기화학적 처리장치 Electro-Clean™을 개발하기 시작하였다. 2005년 7월 MEPC 53차 회의에서 세계 최초로 전기화학적 방법으로 선박평형수를 처리하는 기술을 발표한 이후, 2006년 3월 MEPC 54차 회의에서 활성물질 기본승인을 받았고, 2008년 10월 MEPC 58차 회의에서 최종승인을 받았다(IMO[2008]).

본 고에서는 Electro-Clean™ 처리장치의 형식승인 및 활성물질 최종승인을 위해서 수행한 선상시험 과정을 처리장치의 설치로부터 시험 결과까지 보여주고자 한다.

## 2. 활성물질승인과 형식승인

개발된 처리장치를 상용화하기 위해서는 먼저 IMO로부터 처리



**Fig. 1.** Procedures for the active substances approval and type approval.

중 사용되는 활성물질이 2차 오염 등 환경에 미치는 영향을 확인하는 활성물질 승인을 받아야 한다. 활성물질이란 바이러스나 균을 포함하는 각종 물질 또는 유기체로서 유해한 수중 유기체 또는 병원균에 대항하거나 혹은 특정한 작용을 하는 것을 말한다. IMO의 활성물질 승인은 기본승인과 최종승인이 있다.

다음으로, 각국 정부로부터 처리장치의 생물 사멸 능력과 각종 가동 성능 그리고 선박에의 적용을 확인하는 형식승인을 받아야 한다. 형식승인을 위해서는 평형수 관리시스템이 형식승인 지침서 기준과 국제협약 D-2 성능기준에 적합한지를 확인하기 위하여 실험실, 제조공장, 바지선 또는 시험선을 포함한 시제품 공장에서 실시하는 육상시험과 선상에서 수행하는 시험인 선상시험을 수행하여야 한다. 그리고 평형수 관리시스템이 선박의 환경에서 적합하게 유지작동하는지를 확인하기 위하여 진동, 온도 및 습도, 황천대비 및 선박의 경사, 전원변동을 및 전기전자장치의 신뢰성을 시험하는 환경시험을 수행하여야 한다.

IMO에서 제정한 형식승인 지침서에 의하면, 고농도의 생물 상태나 해수의 탁도가 높은 경우 그리고 염분의 차이 등의 여러 가지 조건에 대한 생물 사멸 효과는 육상시험에서 확인하도록 되어 있고(Kim[2008]), 선상시험에서의 생물 사멸효과는 선박이 운항중

인 자연적인 상태에서 확인하도록 되어 있다.

활성물질 승인과 형식 승인의 전체적인 절차를 보면 Fig. 1과 같다(김은찬[2008]).

2008년 10월까지 IMO에서 승인을 받은 기술은 Table 2와 같다. 기본승인을 받은 처리장치가 10개가 있으며, 이 가운데 최종승인까지 받은 기술은 4개가 있다.

Electro-Cleen™ 처리장치는 2006년 3월 최초로 IMO 활성물질 기본승인을 받았고, 2008년 10월 최종승인을 받았다. 국내 형식승인을 위해, 육상시험 및 선상시험은 한국해양연구원 남해연구소에서, 환경시험은 한국산업기술시험원에서 수행 완료하여, 형식승인



Fig. 2. Testing Barge for Land-Based Test.

Table 2. Treatment System Approved by IMO as of March 2009

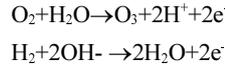
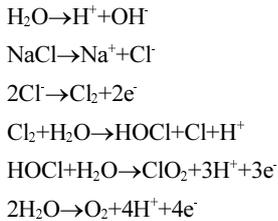
내용 승인	국가	명칭 (개발업체)	기술 내용	최종승인 현황
MEPC 54 ('06.3) 기본 승인	한국	Electro-Cleen (Techcross)	① 전기화학(TRO 10 mg/l) ② 중화장치(배출시)	MEPC 58 ('08.10) 최종승인 취득
	독일	PERACLEAN (Hamann)	① 원심분리기 및 필터 ② PERACLEAN(150 mg/l)	
MEPC 55 ('06.10) 기본 승인	일본	Special Pipe (선박안전협회)	① 필터 ② 스펙셜파이프(캐비테이션) ③ 오존(4 mg/l)	MEPC 57 ('08.3) 최종승인 취득
	스웨덴	EctoSys (Permascandal)	① 필터 ② 전기화학(TRO 2 mg/l)	
MEPC 56 ('07.7) 기본 승인	한국	NK-O3 (NK)	①오존 2.2 mg/l	MEPC 56 ('07.7) 최종승인 취득
	노르웨이	PureBallast (Alfa Laval)	① 필터 ② AOT(자외선 일중)	
MEPC 57 ('08.3) 기본 승인	한국	CloEn-Patrol	① 필터 ② UV	MEPC 58 ('08.10) 최종승인 취득
	일본	Clear Ballast (Hitachi)	① 응집제(고분자, 마그네틱) ② 마그네틱 분리 ③ 필터	
	남아공	Resource Ballast (Resource)	① 캐비테이션 ② 전기화학 ③ 오존 필터	
	노르웨이	OceanSaver	① 필터 ② Shock Wave, Cavitation ③ 전기화학(TRO 3 mg/l) ④ 질소 주입 탈산소	
MEPC 58 ('08.10) 기본 승인	일본	TG (Toagosei)	① 필터 ② 차염(FAC 30 mg/l) ③ 중화제(SS22 mg/l)	MEPC 58 ('08.10) 최종승인 취득
	네덜란드	GreenShip (GreenShip)	① 원심분리기 ② 전기화학(FAC 3-10 mg/l)	
	독일	Ecochor (Eka Chem)	① 이산화염소(5 mg/l)	

지침서와 국제협약 D-2 성능 기준을 충분히 만족함을 보여주어, 2008년 12월 한국 정부로부터 형식승인 증서를 받았다. Fig. 2는 한국해양연구원 남해연구소에서 수행한 육상시험 장면을 보여주고 있다(Kim[2008]).

### 3. Electro-Cleen의 기술 특성

Electro-Cleen™ 처리장치는 전기분해를 이용하는 기술로서, 단일공정임에도 복합적 소독기작을 가지고 있다.

전기분해 과정에서는 양극과 음극으로부터 hydroxide ion과 proton ion이 각각 방출된다. 양극 주변에는 생물을 사멸할 수 있는 충분한 라디칼이 형성되며, 특히 양극에서 방출되는 hydroxide ion은 유기물질을 가수분해하는 능력이 탁월하다. 다시 말해 물을 전기분해하면 하이드록실라디칼(OH·), 하이드로퍼옥시라디칼(HOO·), 수퍼옥사이드라디칼(O₂·), 과산화수소(H₂O₂), 오존(O₃), 차아염이온(OCl⁻) 등의 다양한 라디칼이 발생되며, 라디칼은 높은 전위차를 가지므로, 거의 모든 유기물과 빠른 속도로 반응하는 특징이 있다. 해수의 전기분해에 의해 발생하는 물질의 화학식은 다음과 같다.



라디칼은 수초에서 수억 분의 1초의 짧은 시간 존재하는 불안정한 물질이나, 이온교환을 통해 생물을 순간적으로 사멸시키는 기능을 가지고 있다. 또한 부수적으로 생성되는 차아염소산을 통해 평형수 탱크 내에서 지속적으로 생물을 사멸시킨다.

Electro-Cleen™ 처리장치는 Fig. 3과 같이 전기분해장치, 전원공급장치, 제어장치 및 중화장치 등으로 구성되어 있다.

이상에서 설명한 바와 같이 복합적인 효과로 인하여 생물 사멸 효과가 매우 우수할 뿐 아니라, 설비에 필요한 면적과 공간이 작고, 가동 및 유지 보수가 매우 간편하다는 장점을 가지고 있다. 더구나, 처리를 위해 선상 보관이 위험한 화학물을 적재할 필요도 없고, 인체에 치명적인 부산물이 생성되지도 않으므로, 선박평형수 처리에 유용한 시스템이라 할 수 있다.

### 4. 실선 설치

Electro-Cleen™ 처리장치는 형식승인과 IMO 활성물질 승인을 위해 현재 2척의 선박에 처리장치를 설치하여, 선박 운항 중 시운전을 통해 형식승인 지침서 기준과 국제협약 D-2 성능기준의 만족 여부를 확인하였다. 현재에는 자체적인 성능 측, 보다 엄격한 기준에 대한 성능 만족 여부와 내구성 등 여러가지 특성을 계속 조사 중에 있다. STX Pan Ocean의 총톤수 8,300톤급 컨테이너선 M/V Yokohama 호와 그리스 N선사의 총톤수 27,000톤급 산적화물선 Greenwing 호에 대한 선상시험을 위해 다음과 같이 선박에 Electro-

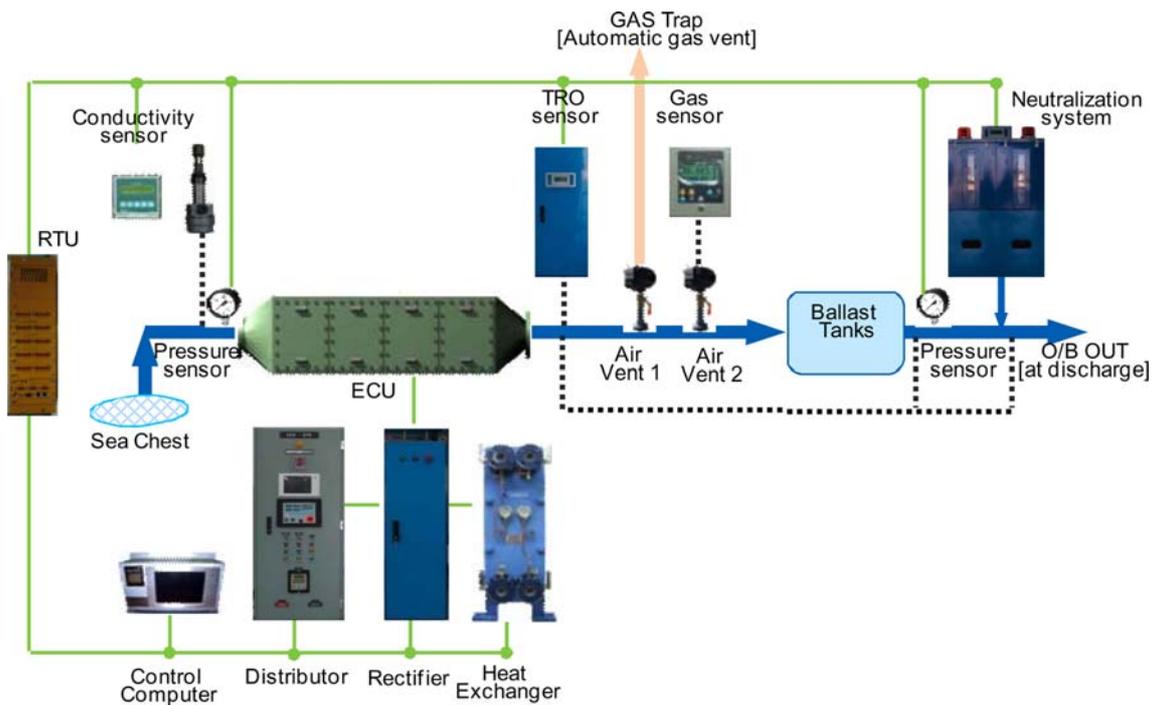


Fig. 3. Configuration of the Electro-Cleen™ Ballast Water Treatment System.



Fig. 4. M/V Yokohama.

Table 3. M/V Yokohama and its Electro-Clean™, System

구분	주요 제원
선박	선명/선종 M/V YOKOHAMA A/컨테이너선
	총톤수 8,306톤
	기본제원 선장 132.9 m 선폭 20.5 m 깊이 10.5 m
	소유자 (주)에스티엑스팬오션
	건조자 (주)한진중공업
	진수일 1998년 5월
	처리장치 ECS-300A 1대 및 예비장비 구성
처리 장치	처리용량 최대 300 m <sup>3</sup> /h(최대펌프용량 300 m <sup>3</sup> /h X 1set)
	구성품 챔버 1대, 정류기 1대, 열교환기 1대, TRO센서 시스템 1대, 샘플링장치 1대, 제어용컴퓨터 1대, 염소중화장치 1대
	설치일 2006년 8월
	사용시간 2006년 11월 ~ 2009년 6월 (현재까지 31개월 정상 가동중)

Clean™ 처리장치를 설치하였다.

#### 4.1 Yokohama호

STX Pan Ocean의 총톤수 8,300톤급 컨테이너선 M/V Yokohama 호와 여기에 실린 Electro-Clean™ 처리장치의 주요 제원은 Fig. 4와 Table 3과 같다.

Table 4. Description of Electro-Clean™, System of M/V Yokohama

구분	상세 제원
제품명	Electro-Clean™ System (ECS)
모델명	ECS-300A
용도	Ballast Water Treatment System
용량	300 m <sup>3</sup> /h max.
처리방법	Electrolytic disinfection
성능기준	Compliance with D-2 performance standard regulated by IMO
가동조건	TRO 10mg/L ± 12%Normal (at the inside of electrolysis module)
중화장치	Automatic input of Sodium thiosulfate solution neutraliser Less than or equal to TRO 0.02 mg/L after neutralisation before discharging (Adjustable to less than or equal to TRO 2 mg/L if requested)
제어장치	Manual/Automatic operation by control PC
보조장치	Electrolysis Module, Rectifier, Heat-exchanger, TRO sensor unit, Automatic neutralisation unit, Hydrogen and Chlorine gas monitor and Automatic air vent.



Fig. 5. Electro-Clean™, System of M/V Yokohama.

여기에 설치된 Electro-Clean™ 처리장치의 상세 제원은 Table 4와 같다.

Fig. 5에서 보는 바와 같이, Yokohama 호 기관실에는 Electro-Clean™을 설치하기 위한 공간이 매우 작다. 따라서 평형수 펌프 부근에 챔버를 설치하였고 벽면쪽에 장비를 설치하였다. 또한 선상 시험을 용이하게 하기 위하여 샘플링장치의 주변공간을 최대한 확보하였다.

Yokohama 호에 설치한 챔버의 정격 처리용량은 300 m<sup>3</sup>/h 이며, 실제 사용되는 펌프의 용량을 고려하여, 펌프 용량이 최대 10%까지 추가 될 경우에도 선박평형수를 소독 처리 하는데 문제가 없도록 설계하였다. 정류기는 챔버의 전극모듈에 전기에너지를 공급하여 소독량을 결정하는 중요한 장비이다. Electro-Clean™의 IMO 황성물질 승인은 염소 발생 10 ppm 이하 조건이므로, 소독 운전시 염소 측정값을 주기적으로 모니터링하여 정류기의 에너지를 염소 10 ppm 미만이 되도록 자동 제어 된다. 이때 들어가는 정류기의 에너지는 저전압, 고전류를 사용한다.

챔버 및 정류기의 설치공간은 다른 선박평형수 처리장치에 비하여 매우 작고, 소모전력 또한 다른 선박평형수 처리장치보다 낮아 선박평형수 100톤 기준으로 기수지역에서는 최대 10 kw, 해수지역에서는 평균 6 kw가 소모되어 현존선의 발전기용량 추가 없이 기존 예비 전력량만으로도 운전이 가능하다.

정류기의 냉각방식은 수냉식으로서 열교환기를 통하여 냉각시켜 준다. 열교환기에는 해수 및 청수 순환측 모두에 압력 및 온도를 측정하여 시스템의 안정화를 기하였다.

Electro-Clean™은 밸러스팅시 균일한 소독이 유지될 수 있도록 지속적으로 발생하는 염소를 감지한다. 발생하는 염소의 량을 측정하여 정류기에 가해지는 에너지를 제어하게 되는데 그 때 감지하는 센서장치가 TRO센서이다.

염소중화장치는 배출시 평형수 탱크의 염소농도가 높은 경우 중화액을 투여함으로써 배출되는 염소성분을 줄여준다. 염소중화장치는 자동 운전되는데, 염소 측정 센서로부터의 염소 농도 측정량

을 이용하여 중화액을 자동 조절하게 된다. 투입되는 중화액은 취급이 안전한 Sodium Thiosulfate를 사용한다.

배관에 자동 에어벤트 장치를 설치하여 발생하는 가스를 선외 배출함으로써 평형수 탱크에 들어가는 가스의 양을 저감시킨다. 또한, 수소 및 염소 감지 센서를 설치하여 만일에 정상 범위 이상의 가스가 검출되면 자동으로 경고를 내어 선원과 선박의 안전에 문제가 없도록 하였다.

자동운전을 위한 조작반은 제어용 컴퓨터를 통하여 운전되며, 제어용 컴퓨터는 선박평형수 컨트롤 룸에 설치하였다. 자동 운전이 가능하고 화면을 터치하여 조작하게 되며 Electro-Cleen™ 시스템의 전체적인 상태, 즉 장비들의 운전상태, 소독성능상태, 알람상태 등을 확인하고 통제할 수 있어 쉽고 간편하게 운전이 가능하도록 하였다.

4.2 Greenwing호

그리스 N사의 총톤수 27,000톤급 산적화물선 Greenwing 호와 여기에 실린 Electro-Cleen™ 처리장치의 제원은 Fig. 6과 Table 5와 같다.

여기에 설치된 Electro-Cleen™ 처리장치의 상세 제원은 Table 6과 같다.



Fig. 6. M/V Greenwing.

Table 5. M/V Greenwing and it's Electro-Cleen™, System

구분	주요 제원
선박	선명/선종 GREENWING / 산적화물선
	총톤수 27,000톤
	기본제원 선장 185 m 선폭 23.7 m 깊이 14.2 m
	소유자 N社 (GREECE)
	건조자 WUHU SHIPYARD (CHINA)
진수일 2002년 5월	
처리장치	처리장치 ECS-300A 4대 및 예비장비 구성
	처리용량 최대 1200 m³/h (최대펌프용량 550 m³/h X 2 sets)
	구성품 E챔버 4대, 정류기 4대, 열교환기 2대, TRO센서시스템 1대, 샘플링장치 1대, 제어용컴퓨터 1대
	설치일 2007년 4월
	사용시간 2007년 5월~2009년 6월(현재까지 25개월 정상가동중)

Table 6. Description of Electro-Cleen™, System of M/V Greenwing

구분	상세 제원
제품명	ECS (Electro-Cleen™ System)
모델명	ECS-300A X 4 SETS
용도	Ballast Water Treatment System
용량	1200 m³/h max.
처리방법	Electrolytic disinfection
성능기준	Compliance with D-2 performance standard regulated by IMO
가동조건	TRO 10mg/L ± 12%Normal (at the inside of electrolysis module)
제어장치	Manual/Automatic operation by control PC
보조장치	Electrolysis Module, Rectifier, Heat-exchanger, TRO sensor unit



Fig. 7. Electro-Cleen™, System of M/V Greenwing.

Fig. 7에서 보는 바와 같이, Greenwing 호의 Electro-Cleen™은 기관실에 설치되었으며 장비들의 설치위치는 연결되는 배관 및 전력선을 고려하여 위치를 선정하였다. 챔버는 평형수 펌프 근처에 설치하여 기존 평형수 배관과의 연결을 최소화 하였으며, 정류기 또한 챔버와 최단거리 위치에 설치하여 챔버와 연결되는 출력선이 짧게 구성될 수 있게 하였다. 각종 센서와 센서제어장치도 최단거리리에 위치하게 함으로서 신호선이 길어져서 발생하는 노이즈 및 신호감쇄 현상을 최소화 하였다. 열교환기는 돌출부위가 많아 선원 안전을 위하여 통로 쪽이 아닌 측면공간에 설치하였으며, 염소중화장치와 샘플링장치도 선박평형수 배출배관과 가까운 위치에 설치하였으며, 특히 염소중화장치는 중화제 투입이 용이한 통로 쪽에 위치하여 설치하였다.

Greenwing 호에 설치한 챔버의 처리용량은 정격 1200 m³/h 이며, 실제 사용되는 펌프의 용량을 고려할 때 약 1100 m³/h 정도로 선박평형수를 소독 처리한다. 챔버의 구성은 300 m³/h 모델을 병렬 4단으로 구성하여 평형수 펌프 1대당 2단씩 처리하게 된다. 연결되는 평형수 배관은 챔버에 항상 채워져 통과 할 수 있도록 챔버 출력 쪽 배관이 챔버 높이보다 높이 연결되도록 하였다.

열교환기는 정류기 열량을 고려하여 설계하였으며, 만약 선박에

있는 기본 중앙 열교환기를 통하여 정류기에 직접 냉각수를 공급 받을 수 있으면 설치를 생략할 수 있다.

Greenwing 호도 Yokohama 호에 설치된 것과 같은 TRO센서 장치 및 샘플링 장치를 설치하였다.

배전반 내부 주요 구성은 모든 입출력장치의 신호 및 전원을 통제하는 RTU와 입출력 전력을 감시하는 다기능계전기 및 수동조작이 가능하게 하는 전면 패널 조작 스위치 등으로 구성된다.

Greenwing 호에 설치된 제어용 컴퓨터는 벽면에 부착하였는데, 이는 Yokohama 호에 설치된 것과 같이 자동운전이 가능하고 화면을 터치하여 조작하게 된다. 소형 프린터가 제어용 컴퓨터에 부착되어 운전시작시간 및 운전정지시간, 알람발생종류 및 발생 시간 등을 실시간으로 인쇄 출력하도록 하였다.

## 5. 선상시험 결과

**Table 7.** Result of Shipboard Test with M/V Yokohama (Salinity: 30~32PSU)

	S-1	S-2	S-3
DOC (mg/L)	1.66	1.58	1.03
POC (mg/L)	0.85	0.88	0.44
TSS (mg/L)	47.4	71.4	64.9

Electro-Cleen™ 처리장치를 STX Pan Ocean의 총톤수 8,300톤급 컨테이너선 M/V Yokohama 호와 그리이스 N사의 총톤수 27,000톤급 산적화물선 Greenwing 호에 설치하여 선상시험을 수행하였다.

Yokohama 호는 형식승인 지침서 기준과 국제협약 D-2 성능기준의 만족 여부를 확인하는 형식승인과 가동중에 발생하는 활성물

**Table 8.** Result of Shipboard Organisms Test with M/V Yokohama (S-1)

Date	Sample	Sampling at	50µm< (inds/m <sup>3</sup> )	10~50µm (inds/mL)	Heterotro. Bacteria (inds/mL)	<i>E. coli</i> (cfu/100 mL)	<i>Vibrio cholerae</i> (cfu/100 mL)	Entero coccus (cfu/100 mL)
2007. 07.03	Raw water	20%	4,917	2,160	2.9 E+06	85	0	7
		50%	5,739	2,521	3.0 E+06	234	0	26
		80%	3,703	1,936	6.0 E+0.6	260	0	26
2007. 07.07	Control	20%	270	12	-	30	0	5
		50%	371	15	-	20	0	0
		80%	282	12	-	35	0	0
2007. 07.07	Treated	20%	0	0	-	0	0	0
		50%	0	0	-	0	0	0
		80%	0	0	-	0	0	0

**Table 9.** Result of Shipboard Organisms Test with M/V Yokohama (S-2)

Date	Sample	Sampling at	50 µm< (inds/m <sup>3</sup> )	10~50 µm (inds/mL)	Heterotro. Bacteria (inds/mL)	<i>E. coli</i> (cfu/100mL)	<i>Vibrio cholerae</i> (cfu/100 mL)	Entero coccus (cfu/100 mL)
2007. 07.11	Raw water	20%	3,522	920	6.5 E+06	20	0	0
		50%	8,072	811	6.2 E+06	39	0	0
		80%	7,071	816	5.6 E+06	39	0	0
2007. 07.15	Control	20%	2,016	9	-	520	0	0
		50%	1,341	16	-	45	0	20
		80%	1,316	11	-	100	0	0
2007. 07.15	Treated	20%	0	0	-	0	0	0
		50%	0	0	-	0	0	0
		80%	0	0	-	0	0	0

**Table 10.** Result of Shipboard Organisms Test with M/V Yokohama (S-3)

Date	Sample	Sampling at	50 µm< (inds/m <sup>3</sup> )	10~50 µm (inds/mL)	Heterotro. Bacteria (inds/mL)	<i>E. coli</i> (cfu/100mL)	<i>Vibrio cholerae</i> (cfu/100 mL)	Entero coccus (cfu/100 mL)
2007. 07.22	Raw water	20%	86,412	481	6.6E+06	416	0	0
		50%	100,241	558	8.0E+06	364	0	7
		80%	66,684	371	6.3E+06	611	0	7
2007. 07.23	Control	20%	0	1,756	-	165	0	5
		50%	3,876	82	-	125	0	0
		80%	3,395	103	-	170	0	5
2007. 07.23	Treated	20%	0	0	-	0	0	0
		50%	0	0	-	0	0	0
		80%	0	0	-	0	0	0

질과 부산물의 특성을 조사하는 IMO 황성물질 승인을 주요 목표로 시험을 수행하였다.

Greenwing 호는 위와 같은 형식승인과 황성물질 승인 외에 영하의 기온과 담수조건 등 다양한 환경 하에서의 국제협약 D-2 성능기준의 만족 여부와 보다 더 엄격한 기준에서의 성능 확인을 위해 시험을 수행하였다. 이러한 선상시험은 현재에도 계속되고 있다.

Yokohama 호의 선상시험은 2007년 7월 3일부터 2007년 7월 23일까지 IMO 형식승인 지침서에 따라 한국해양연구원 남해연구소에서 수행하였다. 그 결과 모두 D-2기준에 적합한 것으로 나타났으며 결과는 Table 7-10과 같다.

## 6. 결 언

선박평형수 처리장치는 IMO 선박평형수 관리 국제협약의 이행을 위한 필수 장비이며, 이 장비의 상용화를 위해서는 IMO로부터 직접 황성물질 승인을 받아야 하고, 해당국 정부로부터 형식승인을 받아야 한다.

본 논문에서는 2008년 10월 IMO로부터 황성물질승인을 받은 (주)테크로스와 한국해양연구원 해양시스템안전연구소가 개발한 Electro-Cleen™ 처리장치의 기술 특성을 요약하고, 실선시험을 위해 두 척의 실선에 설치한 내용을 설명하였으며, 실선 운항중의 생물시험 결과를 요약하였다.

실선 설치와 실선시험을 통해 Electro-Cleen™ 시스템이 IMO 성능기준을 충분히 만족시키고 있으며, 설치 공간과 안전성 면에서도 우수하여 신조선은 물론 대부분의 현존선에 설치하기에도 문제가 없음을 확인하였다.

본 처리장치는 국내 순수 원천기술로 개발된 제품으로 국내 조선 산업의 경쟁력 증진에도 일익을 담당할 것으로 예상된다. 현재 까지 실제 선박에 장착된 모델 외에 유조선 적용에 대한 모델 개

발도 완료하였으며, 2009년에는 유조선에도 설치 될 예정이다.

국내 조선기자재 산업의 개발과 성공을 위해 국내 조선소 및 선주들의 각별한 관심과 지원이 필요하다고 본다.

## 참고문헌

- [1] 김은찬, 2008, 황성물질을 사용하는 선박 평형수 처리장치의 IMO 승인 절차 고찰, 한국해양환경공학회지 제 11권 4호, pp.214-220.
- [2] 김은찬 외, 2004, 밸러스트수 관리 국제협약 제정과 처리기술 개발, 한국해양환경공학회 2004도 춘계학술대회 논문집, pp. 131-137.
- [3] 김은찬 외, 2008, “선박평형수 배출규제 대응기술 개발 연구 (5)”, 한국해양연구원 보고서.
- [4] IMO, 2004, International Convention for the Control and Management of Ship's Ballast Water and Sediments, IMO, BWMC/CONF/36.
- [5] IMO, 2008, List of ballast water management systems that make use of Active Substances which received Basic and Final Approvals, IMO Circulation BWMC.2/Circ.16.
- [6] Kim, Eun-Chan *et al.*, 2008, “Development of technologies on test facility and procedures for the land-based test as a type approval test at ballast water treatment system”, OCEANS'08 MTS/IEEE.
- [7] Lloyd's Register, 2007, Ballast Water Treatment Technology, Lloyd's Register.

2009년 7월 30일 원고접수

2009년 8월 10일 심사완료

2009년 8월 12일 수정본 채택