

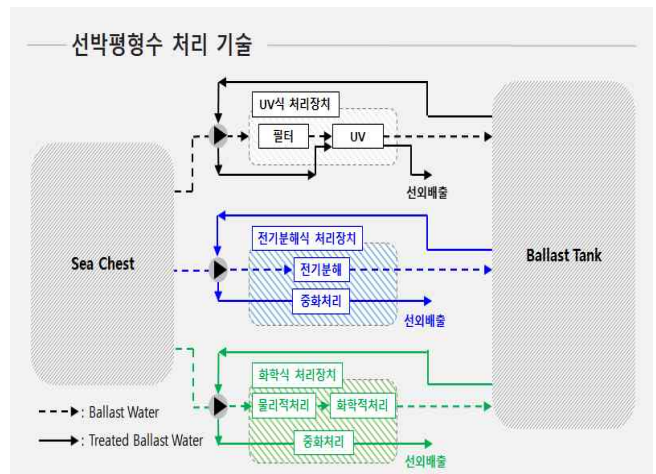
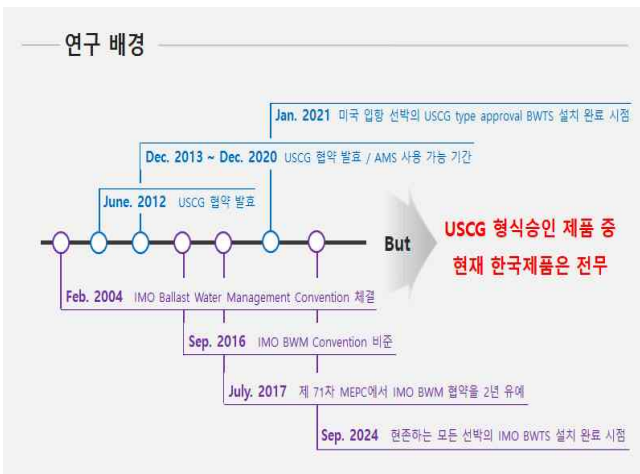
선박평형수 처리기술 개발방향

최원진* · † 전승환

*한국해양대학교 대학원, † 한국해양대학교 교수

요약 : 2004년 체결된 평형수관리협약은 2016년 9월 비준되어 2017년 발효 예정이었다. 그러나 발효 직전, 물리적으로 모든 선박에 평형수 처리장치를 설치하기 어렵다는 의견에 따라 2년 유예되었다. 따라서 수만 척의 선박은 2024년까지 평형수 처리장치를 설치해야 하며, 해당 시장의 규모는 약 40조원까지 성장할 것으로 추정된다. 그러나 우리나라에서 개발한 현재 평형수 처리장치는 IMO 형식승인을 받은 제품만 있을 뿐 USCG 형식승인을 받은 제품이 없어 평형수 처리시장을 선점하기에 어려움이 있다. 따라서 본 연구에서는 USCG 성능기준을 만족하는 평형수 처리기술 개발을 위하여 IMO와 USCG 성능기준의 차이를 비교하고, 현재 사용되고 있는 선박평형수 처리장치의 국내 및 세계 기술 수준을 비교 분석하여 자외선 발광 다이오드 및 이산화티타늄을 이용한 평형수 처리장치 개발방향을 제시한다.

핵심용어 : 평형수관리협약, UV LED, 광촉매, 이산화티타늄, 세라믹 멤브레인



선박평형수 처리 성능 기준 차이

적용기준	Phase-One / IMO D-2	Phase-Two
미생물 크기	>50µm >10µm & ≤50µm ≤10µm	<10/m ³ <1 per 100m ³
Pathogens and indicators	독성 비브리오 콜레라 (O1, O139) 대장균 장구균	<1,000 Bacteria & 10,000 Virus/100ml <1CFU/100ml <126CFU/100ml <33CFU/100ml

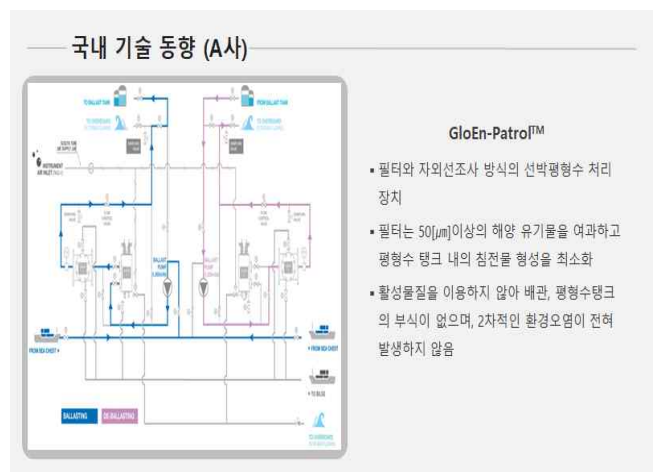
IMO D-2 Ballast Water Performance Standard

- √ less than 10 viable organisms per cubic metre greater than or equal to 50 micrometres in minimum dimension
- √ less than 10 viable organisms per millilitre less than 50 micrometres in minimum dimension and greater than or equal to 10 micrometres in minimum dimension

USCG Generic Protocol of EPA

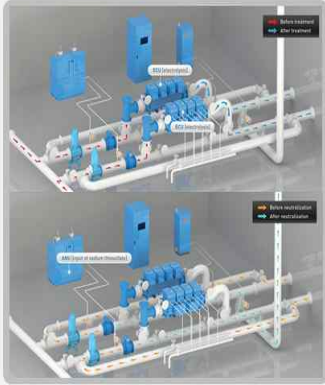
Table 9. Sample Volumes, Containers and Processing

Parameter	Min. Sample Volume (mL) ¹	Sample Containers ²	Pres.
Physiological Examination (Microbial Analysis)	3 m ³ concentrated to 1000 mL	Dink 1000-mL HDPE bottle	No pres. desirable
Zoobenthos Examination (Microbial Analysis) in Concentrations/Recharge	3 m ³ concentrated to 1000 mL	1 L flask	No pres. observe organisms for total



† 교신저자 : 종신회원, korjun@kmou.ac.kr
* 정희원, woonjinchoi@gmail.com

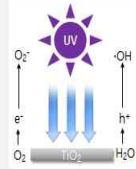
국내 기술 동향 (B사)



ECS-Hychlor™ System

- 전기분해 방식의 선박평형수 처리장치
- 선박평형수가 전기분해 챔버(ECU)를 통과함과 동시에 전기적 살균이 일어나 소독
- 소독된 평형수는 발라스트 탱크 안으로 유입되며, 남아있는 차아염소산이 미생물의 재생과 번식을 완벽하게 방지
- 평형수가 바다로 배출되기 전에 잔존하는 TRO를 중화하는 과정을 거침

TiO₂ 시스템



TiO₂ Powder

- 이산화티타늄이라는 광촉매
- 파장 400[nm] 이하의 빛을 조사하면 ·OH(수산라디칼)을 생성함
- ·OH는 강력한 산화능력을 갖고 있어 약취물질이나 박테리아, 바이러스와 같은 세균을 분해함



UV lamp관

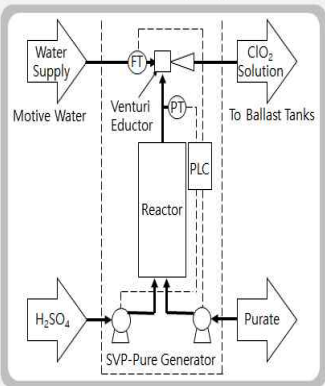
- 자외선 방출관, 보호관으로 구성
- UV관이 파이프관과 3mm의 간격을 두고 이 사이에 물을 흐르도록 하여 자외선을 흡수함



Ceramic Membrane

- Ceramic Membrane에 압력을 가해 클과 유기물을 분리하는 방식
- 원형의 구멍을 통해 TiO₂와 남아있는 유기물이, 측면으로 순수한 물이 나감
- 계속 순환하는 방식으로 TiO₂를 회수함

해외 기술 동향 (C사)



Ecochlor BWTS

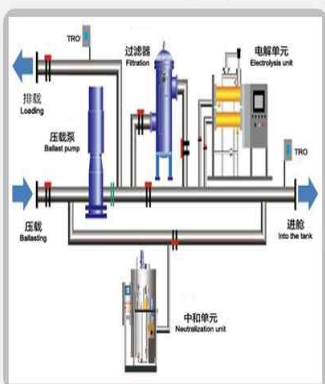
- 이산화염소를 이용한 화학적 선박평형수 처리장치
- 염소산나트륨, 과산화수소, 황산을 반응시켜 챔버 내에서 이산화염소를 생성
- 생성된 이산화염소를 선박평형수 주입 지점에 투입하여 해수와 반응하게 함
- 일반 염소계 산화제를 사용할 때와는 발암성 물질을 생성하지 않으며 살균력이 약 2.5배 높음

UV LED + TiO₂



- 협대역 파장의 자외선을 조사함으로써 높은 효율 (UV lamp는 광대역 파장으로 효율이 30% 이하)
- 광촉매제로서 인체에 무해한 티타늄을 사용
- 자외선(UV)은 UV-A(315~380[nm]), UV-B(280~315[nm]), UV-C(200~280[nm])로 구분
- UV-A를 TiO₂ 반응에 사용함으로써 LED 수명 연장
- UV만을 사용한 방식보다 살균 능력 2.5배 이상
- 전력소모가 적고, 10만시간 이상 사용 가능
- UV-C LED는 현재 단일 소자의 최대 광출력이 100[mW]이므로 보다 고출력 소자가 필요

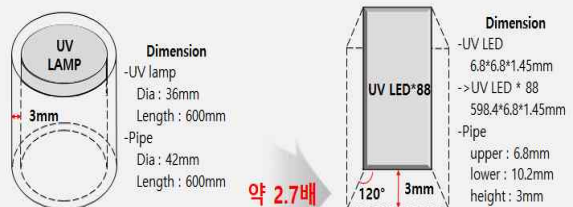
해외 기술 동향 (D사)



BalClor BWMS

- 전기분해 방식의 선박평형수 처리장치
- 세 가지 필터를 통하여 50[μm] 이상의 미생물을 여과시킴
- 전기분해로 생성된 차아염소산과 자아브롬산을 통한 살균
- 평형수가 바다로 배출되기 전에 잔존하는 TRO를 중화하는 과정을 거침

개발 방향



Pipe의 부피 ≈ 830cm³
 UV lamp의 부피 ≈ 610cm³
 해수의 양 ≈ 220cm³
 ∴ 해수의 양 / Pipe의 부피 ≈ 26.5%

Pipe의 부피 ≈ 21.2cm³
 UV LED의 부피 ≈ 5.9cm³
 해수의 양 ≈ 15.3cm³
 ∴ 해수의 양 / Pipe의 부피 ≈ 72.2%