

기술보고

CHEMICAL TANKER BWTS 적용 사례 및 고찰

김창식, 김헌진(STX조선해양)

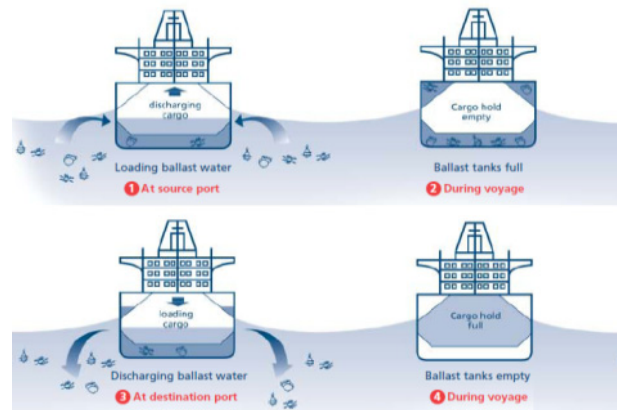


그림 1 선박 평형수 이송 과정 (<http://www.imo.org>)

1. 서론

1.1 선박 평형수의 정의 및 배경

선박 평형수(Ballast Water)는 선박의 중경사(trim), 횡경사(list), 흘수(draught), 복원성(stability)을 제어하기 위해 선박에 유입/저장되는 물을 의미한다. 이런 선박 평형수 및 퇴적물 내 유해한 수생 생물(Aquatic Organisms) 및 병원균(Pathogens)의 유입 또는 배출을 방지하기 위해 기계적, 물리적, 화학적 및 생물학적 과정을 단독 또는 복합적으로 수행하는 과정을 선박 평형수 관리(Ballast Water Management)라고 한다.

선박을 이용한 해양운송은 전 세계 상품운송의 80% 이상을 차지하고 매년 약 30~50억톤의 선박 평형수를 국제적으로 이송한다. 선박 평형수는 선박의 안전하고 효율적인 운항에 필수적이지만 그에 따라 수반되는 침입수생생물종(IAS, Invasive Aquatic Species)의 이동으로 인해 심각한 해양 생태계 위협과 그에 따른 경제적 손실을 야기할 수 있다.

선박 평형수에는 박테리아 및 바이러스를 비롯한 다양한 해양 생물체의 성체 및 유충이 포함되어 있어, 선박 평형수가 배출되면서 배출되는 선박 평형수에 포함된 해양생물종 중 그의 일부가 새로운 환경으로 이동/번식하여 심각한 생태학적 영향을 미친다.

1.2 IMO 선박 평형수 관리 협약 (Ballast Water Management Convention)

2004년 2월 국제해사기구(IMO, International Maritime Organization)는 선박 평형수 및 퇴적물의 통제 및 관리에 관한 국제 협약(the International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments (the Ballast Water Management or BWM Convention))을 채택하여 선박 평형수의 배출을 규제하고 선박으로부터 비본토종(Non-Native Species)이 새로운 환경으로 유입되는 위험을 근본적으로 줄이도록 했다. 선박 평형수 관리 협약(BWMC)의 발효조건은 2016년 9월 8일 핀란드가 52번째로 협약을 비준(선복량 35.14%)하여 만족된 상태로서 2017년 9월 8일 국제적으로 발효되었으며, 협약을 보완하기 위해 해양 환경 보호위원회 결의안 및 회람(MEPC resolutions and circulars)이 포함된 지침이 채택 되었다. 협약의 발효일자 이후에 건조된 협약적용 대상 선박들은 D-2 성능기준을 만족하기 위한 선박 평형수 관리 시스템(BWMS, Ballast Water Management System)의 탑재가 요구되며, 협약의 발효일자 이전에 건조된 선박들은 이전 국제유류오염방지증서(IOPP, International Oil Pollution Prevention) 정기검사의 완료날짜에 따라 협약발효일 후의 첫 번째 또는 두 번째 정기검사 시까지 해당기준의 만족이 요구된다. 국제해사기구(IMO)에서 지정한 선박 평형수 관리 시스템(BWMS)의 설치시기와 관련하여 정리하면 아래와 같다.

- * 신조선 (2017년 9월 8일 이후 건조되는 선박)
 - : 선박 인도 시 즉시 D-2 이행 (BWMS 설치)
- * 현존선 (2017년 9월 8일 이전 건조된 선박)
 - IOPP 정기검사 2014년 9월 8일~2017년 9월 7일 완료
 - : 협약 발효 후 첫 번째 IOPP 정기검사까지 D-2 이행 (BWMS 설치)
 - IOPP 정기검사 2012년 9월 8일~2014년 9월 7일 완료
 - : 협약 발효 후 두 번째 IOPP 정기검사까지 D-2 이행 (BWMS 설치)
 - IOPP 정기검사에 해당 없는 선박(총톤수 400톤 미만)
 - : 2024년 9월 8일까지 D-2 이행 (BWMS 설치)

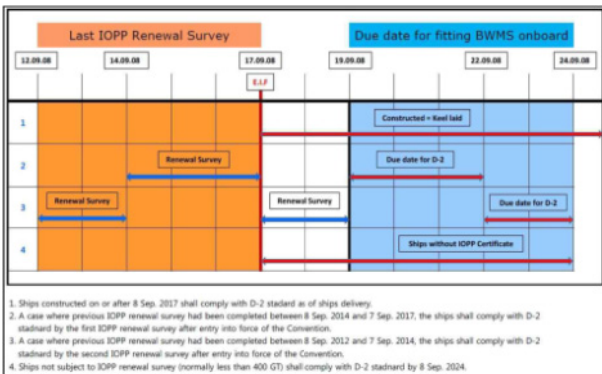


그림 2 IMO 선박 평형수 관리 규제 적용 시기

BWMC

- Adopted on 13. Feb. 2004
- Entry into force on 8. Sep. 2017 (12 months after the ratification)
- Agreed over 35% world's merchant shipping tonnage

USCG

- Own Ballast Water Discharge standard
- Only applicable in United States Coast
- Already came into Force since 2012
- AMS Certification for 5 years

IMO BWM Convention

USCG Type Approval

1.3 USCG 선박 평형수 관리 규정 (USCG BWM Requirement)

미국은 IMO의 선박 평형수 관리 협약(BWMC)과는 별도로 자국의 선박 평형수 관리와 관련한 USCG(United States Coast Guard) 환경 기준을 규정하고 있으며 2012년 6월 21일 발효되어 선박 건조일자(용골 설치)를 기준으로 아래 표와 같이 적용한다.

표 1 USCG 선박 평형수 관리 규제 적용 시기

선박 및 평형수 구분	선박 건조 일자 (용골 설치)	적용일자
신조선	전체	2013년 12월 1일 및 이후
현존선	1,500m ³ 미만	2016년 1월 1일 이후 첫 드라이도킹 시
	1,500m ³ 이상 5,000m ³ 미만	2014년 1월 1일 이후 첫 드라이도킹 시
	5,000m ³ 이상	2016년 1월 1일 이후 첫 드라이도킹 시

그러나 신조선의 선박 인도 시 적용할 관련 기술 및 장비의 개발 상황이 미진하여 USCG 형식 승인(TAC, Type Approval Certification) 취득이 불가한 경우에 한하여 USCG 형식 승인(TAC) 대신 AMS(Alternate Management System)를 발행하여 발행일로부터 최대 5년 이내 USCG 형식 승인(TAC)을 획득하도록 하였다.

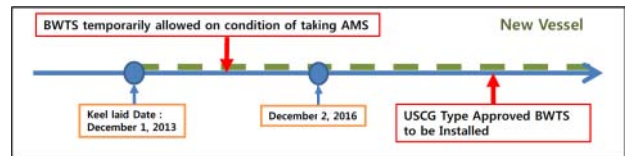


그림 3 신조선 USCG 선박 평형수 관리 적용 시기

2016년 12월 2일 노르웨이의 Optimarin사를 시작으로 USCG 형식 승인 인증(TAC) 업체는 2018년 7월 26일 현재 아래 그림4와 같다.


Marine Safety Center
BWMS Type Approval Status

Initial Application Received	Manufacturer (Country)	Model	Independent Lab	System Type	Capacity	Certificate Issued* (Amended)
20 Sep 2016	Optimarin (Norway)	OBS-OBS Ex	DNV GL	Filtration + UV	167 - 3,000 m ³ /h	02 Dec 2016 (03 Nov 2017)
21 Sep 2016	ABB Laval (Sweden)	Pure Ballast 3	DNV GL	Filtration + UV	150 - 3,000 m ³ /h	23 Dec 2016 (21 Dec 2017)
23 Sep 2016	Tosnic Ocean/Sever AS (Norway)	Ocean/Sever MK II	DNV GL	Filtration + Electrolysis	200 - 7,200 m ³ /h	21 Dec 2016 (18 Oct 2017)
24 Jan 2017	Sinui (China)	Ba/Car	DNV GL	Filtration + Electrolysis	50 - 8,500 m ³ /h	08 Jan 2017 (05 Jan 2018)
31 Mar 2017	Ecochlor, Inc. (USA)	Ecochlor BWTS	DNV GL	Filtration + Chemical Injection	500 - 14,200 m ³ /h	10 Aug 2017 (26 Apr 2018)
02 May 2017	Erma First (Greece)	Erma First FIT	Lloyd Register	Filtration + Electrolysis	100 - 3,740 m ³ /h	18 Oct 2017
31 Oct 2017	Techecons, Inc (Republic of Korea)	Electro-Clean	Korean Register	Electrolysis	150 - 12,000 m ³ /h	05 Jan 2018
28 Sep 2017	Samung Heavy Industries Co. Ltd (Republic of Korea)	Parinox	Korean Register	Filtration + Electrolysis	250 - 10,000 m ³ /h	15 Jan 2018 (20 Jul 2018)
12 Mar 2018	BIO-UV (group) (France)	BIO-SEA B	DNV GL	Filtration + UV	55 - 1,400 m ³ /h	29 Jan 2018

*Some manufacturers have requested multiple amendments to their Type Approval Certificates. The first date is the date when the original certificate was issued, and the date in parentheses is the date of the current amendment. Copies of Type Approval Certificates can be found at <http://www.uscg.msc.uscg.mil/BWMS/Ballast-Water-TACs>, or by visiting the USCG Approved Equipment List at: <http://www.uscg.msc.uscg.mil/Equipment/Default.asp>

그림 4 USCG 형식 승인 인증 업체

또한, USCG 형식 승인 인증(TAC) 취득을 위하여 USCG 규정 및 요구사항에 대한 관련 문서를 제출하여 인증과정을 거치고 있는 업체 리스트는 아래 그림5와 같다.



Under Review						
Application Received	Manufacturer (Country)	Model	Independent Lab	System Type	Capacity	Certificate Issued* (Amended)
03 Mar 2018	De Nora (USA)	BALPURE	Lloyd Register	Filtration + Electrolysis	400 - 7,500 m ³ /h	Pending
13 Mar 2018	Emas First (Greece)	Emas First FTI	Lloyd Register	Filtration + Electrolysis	100 - 3,740 m ³ /h	18 Oct 2017 (Pending)
14 Mar 2018	Alfa Laval (Sweden)	Pure Ballast 3	DNV GL	Filtration + UV	130 - 3,000 m ³ /h	23 Dec 2014 (21 Dec 2017)
22 Mar 2018	Optimara (Norway)	OBS/OBS Ex	DNV GL	Filtration + UV	187 - 3,000 m ³ /h	02 Dec 2016 (03 Nov 2017)
29 Mar 2018	JFE Engineering Corporation (Japan)	BallastAce	Control Union	Filtration + Chemical Dosing	500 - 3,500 m ³ /h	Pending
30 Mar 2018	Panosa Co., Ltd. (Republic of Korea)	GloEa-Patrol	DNV GL	Filtration + UV	50 - 6,000 m ³ /h	Pending
09 Apr 2018	Watech Water Systems, Ltd. (England)	Aquarino EC	DNV GL	Filtration + Electrolysis	250 - 4,000 m ³ /h	Pending
09 May 2018	Highway Technology Co., Ltd. (People's Republic of China)	OceanGuard	DNV GL	Filtration + Electrolysis	65 - 3,200 m ³ /h	Pending
31 May 2018	Hyundai Heavy Industries Co., Ltd. (Republic of Korea)	HiBallast	DNV GL	Filtration + Electrolysis	75 - 10,000 m ³ /h	Pending
20 Jul 2018	Envirocleanse, LLC (USA)	saTank	DNV GL	Electrolysis + Chemical Dosing	Up to 120,000 m ³ /h	Pending

*Some manufacturers have requested multiple amendments to their Type Approval Certificates. The first date is the date when the original certificate was issued, and the date as parentheses is the date of the current amendment. Copies of Type Approval Certificates can be found at http://www.dco.uscg.mil/water/Water_TACs, or by visiting the USCG Approved Equipment List at <http://www.uscg.mil/EquipmentDefault.aspx>.

그림 5 USCG 형식 승인 인증 과정인 업체

1.4 선박 평형수 관리 규정

IMO 선박 평형수 관리 협약(BWMC) 관련 주요 규정은 다음과 같다.

- * IMO Resolution MEPC, 174(58) – Guidelines for Approval of Ballast Water Management Systems (G8), adopted on 10 October 2008.
- * IMO Resolution MEPC, 279(70) – Guidelines for Approval of Ballast Water Management Systems (G8), adopted on 28 October 2016.
- * IMO Resolution MEPC, 169(57) – Procedure for Approval of Ballast Water Management Systems that make use of Active Substances (G9), adopted on 4 April 2008.
- * IMO Resolution MEPC, 173(58) – Guidelines for Ballast Water Sampling (G2), adopted on 10 October 2008.
- * IMO Resolution A, 753(18) – Guidelines for the Application of Plastic Pipes on Ships, adopted on 4 November 1993.
- * International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments, 13 February 2004.
- * IMO BWM,2/Circ,20 – Guidance to Ensure Safe

Handling and Storage of Chemicals and Preparations used to Treat Ballast Water and the Development of Safety Procedures for Risks to the Ship and Crew Resulting from the Treatment Process.

- * IBMW,2/Circ,7 – Interim Survey Guidelines for the purposes of the International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments under the Harmonized System of Survey and Certification (resolution A,948 (23), 27 October 2006).
- * BWM,2/Circ,33– Guidance on Scaling of Ballast Water Management Systems.

그리고 미국의 선박 평형수 관리와 관련한 USCG 환경 기준 주요 규정은 다음과 같다.

- * United States Coast Guard environmental standards (<http://www.dco.uscg.mil/OES>)
- * California State ballast water legislation (<http://www.slc.ca.gov/Laws-Regs/Regulations.html>)
- * US EPA Vessel General Permit (<https://www.epa.gov/npdes/vessels-vgp>)

2. 본론

2.1 수 처리 기술 (Water Treatment Technologies)

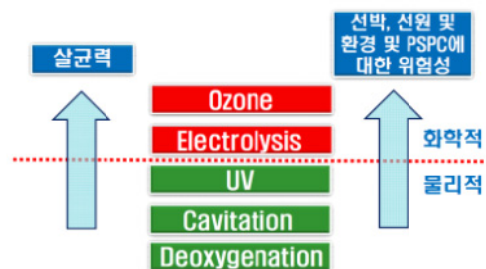


그림 6 대표적인 수 처리 방법과 살균력 및 위험성 비교

수 처리(Water Treatment) 기술은 기존의 육상 설비에서 많이 사용되어 왔으며 이런 수 처리의 여러 기술들을 선박에 적용하기 위해 선박 평형수 처리 시스템(BWTS)으로 개발되었

다. 대표적인 수 처리 기술로는 Ozone, Electrolysis, Chemical 등을 사용하는 화학적 방법과 Ultra Violet(UV), Cavitation, De-oxygenation 등의 물리적 방법이 있다. 화학적 방법과 물리적 방법은 대체적으로 다음과 같은 특성을 가지고 있다.

2.2 선박 평형수 처리 시스템 (Ballast Water Treatment System)

앞서 언급한 수 처리 기술을 선박 평형수 처리 시스템(Ballast Water Treatment System)에 적용하기 위해 국내외 많은 업체들이 연구/개발을 진행하고 있으며, 환경규제로 인해 발생하는 부가가치를 선점하기 위해 파악할 수 없을 만큼 많은 업체들이 선박 평형수 처리 시스템 산업에 진입하고 있는 것이 사실이다.

아래 그림 7을 참고하면, 신조선의 많은 부분이 아직 알려지지 않은 선박 평형수 업체들로 분류되고 있음을 알 수 있다.

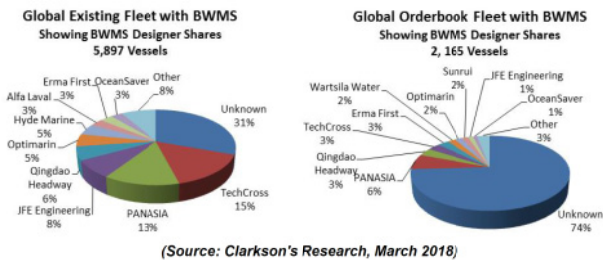


그림 7 현존선 및 신조선의 BWTS 업체 비율

이와 같이 수많은 업체에서 다양한 적용 가능 기술을 이용하여 선박 평형수 처리 시스템(BWTS)을 개발해 왔으며, IMO 형식 승인(Type Approval)이 완료된 73개 시스템을 승인 주관청 및 기술별로 나누어 비율을 보면 그림 8과 같다 (KR BWTS 보고서 인용).

주목하여 볼 것은, 선박 평형수 처리 시스템(BWTS)에 적용되는 기술로서 UV(Ultra Violet)와 Electrolysis(Direct flow + Indirect flow) 기술이 대표적임을 알 수 있다.

또한, 앞서 서론에서 언급한 USCG 형식 승인 현황(그림 4, 5)을 보면 UV 및 Electrolysis 기술이 선박 평형수 처리 시스템(BWTS)의 대표적 기술임이 더욱 두드러지게 나타난다.

첨언하여, 여과(Filtration) 기술은 선박 평형수 처리 시스템(BWTS)의 대표 기술로 간주하기 보다는 평형수 처리를 위한 전처리(Pre-Treatment) 개념으로 보고 여과장치(Filter)를 통과한 대체적으로 40~50 μm 이하의 생물종을 처리하는 시스

템이 선박 평형수 처리 시스템(BWTS)의 주요 기술로 간주하는 것이 타당할 것이다.

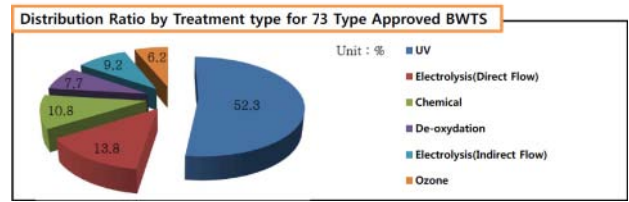
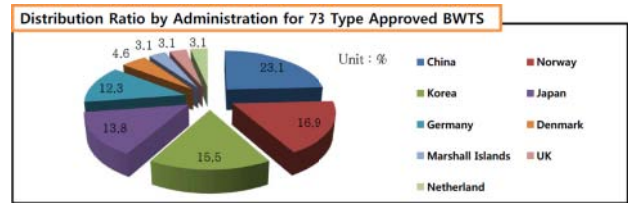


그림 8 BWMS 승인 주관청 및 기술별 비율

2.3 대표적 선박 평형수 처리 시스템(BWTS) 및 당사의 선박 적용에 대한 고찰

앞서 언급한 많은 수 처리 기술 중 선박 평형수 처리 시스템(BWTS)의 대표적인 기술이며 최근 당사에서 계약하여 건조되고 있는 선박의 평형수 처리 시스템(BWTS)의 기술이기도 한 UV와 Electrolysis 기술에 대해 알아보고 당사의 실적 기준으로 MR급 CHEMICAL TANKER에 적용되는 UV와 Electrolysis 기술의 선박 평형수 처리 시스템(BWTS)에 대해 고찰해 보고자 한다.

주지하다시피 UV와 Electrolysis 기술은 이미 산업 전반적으로 많이 적용하여 사용되고 있는 기술이므로 기술 자체에 대한 검토 보다는 각 기술이 선박 평형수 처리 시스템(BWTS)으로써 당사의 선박에 적용될 때 고려해야 할 설계 및 배치 측면에서의 고찰이 이 논고의 중심임을 밝혀 둔다.

2.3.1 UV 기술 적용 선박 평형수 처리 시스템(BWTS)

선박 평형수 처리 시스템(BWTS)의 전처리 단계인 여과장치(Filter)에서 대략 50 μm 이상의 생물종은 걸러지고 여과장치(Filter)를 통과한 대략 50 μm 이하의 생물종이 포함된 선박 평형수를 UV 파장을 이용하여 유기물들의 화학적 결합과 리를 파괴함으로써 살균/소독의 효과로 선박 평형수를 처리하는 시스템이다.

아래 그림 9와 같이, 선박 평형수가 유입(Ballasting)되는 경우에는 전처리 단계인 여과장치(Filter)와 UV 발생기(UV

Lamp)를 순차적으로 거쳐서 선박 평형수 탱크(Ballast Tank)로 선박 평형수가 유입되게 되며, 여과장치(Filter)에서 대략 50 μ m 이상의 생물종이 걸러지고 난 후 대략 50 μ m 이하의 생물종이 UV 발생기(UV Lamp)에서 살균/소독효과를 이용하여 처리되게 된다.

이와 반대로서 선박 평형수가 선박 평형수 탱크(Ballast Tank)에서 선박 외부로 배출(De-Ballasting)되는 경우에는 여과장치(Filter)를 이미 거쳐서 유입(Ballasting)된 선박 평형수이기 때문에 전처리 단계인 여과장치(Filter)는 거치지 않고 UV 발생기(UV Lamp)만 거쳐서 선박 외부로 유출(De-Ballasting)된다.

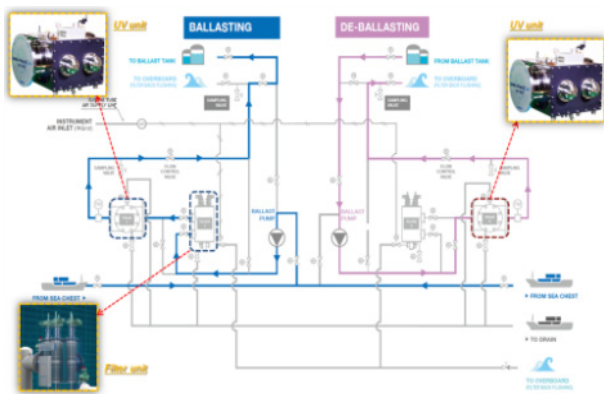


그림 9 UV 기술의 BWTS 선박 평형수 흐름도

당사의 MR급 CHEMICAL TANKER 기준으로 UV 기술을 적용한 선박 평형수 처리 시스템(BWTS)의 설치 위치에 따른 주요 구성부품은 다음과 같다.

- * Engine room (Safety area)
 - 1 set – Back flushing filter unit (for fire & bilge pump)
 - 1 set – UV lamp unit (for fire & bilge pump)
 - 1 set – Flow meter (for fire & bilge pump)
 - 3 sets – UV power supply panel
 - (2 sets for ballast pumps & 1 set for fire & bilge pump)
- * Cargo control room (Safety area)
 - 1 set – Control panel
- * BWTS room on upper deck area (Hazardous area)
 - 1 set – Back flushing filter unit (for two ballast pumps)
 - 1 set – UV lamp unit (for two ballast pumps)
 - 1 set – Flow meter (for two ballast pumps)

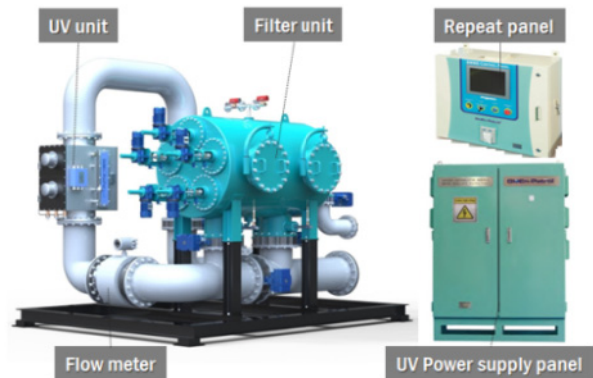


그림 10 UV 기술의 BWTS 주요 구성부품

노르웨이 FRAMO사 유압 구동의 화물/평형수 펌핑 시스템 (Cargo/Ballast Pumping System)을 적용하는 당사 MR급 CHEMICAL TANKER의 경우 위험 화물을 운송하는 선박이기 때문에 안전구역(Safety area)과 위험구역(Hazardous area)을 명확히 구분하여 그에 맞는 선박 평형수 처리 시스템 (BWTS) 장비를 구성/설치하여야 한다.

UV 발생기(UV Lamp)는 많은 전력을 이용해서 UV를 발생 시켜며 이를 통한 살균/소독효과로 선박 평형수를 처리하기 때문에 전기를 사용하는 구성부품들은 안전구역(Safety area)에 위치하거나 위험구역(Hazardous area)에 위치할 경우에는 반드시 방폭(Explosion proof) 타입으로 설치되어야 한다. 이와 마찬가지로 안전구역(Safety area)에 있는 After Peak Tank의 평형수를 처리하기 위해서는 안전구역(Safety area)에 After Peak Tank용 평형수 처리 시스템(BWTS)을 위치하여야 한다. 실제 당사 실적 호선의 안전구역(Safety area)에 설치된 주요 구성부품은 아래 그림과 같다.

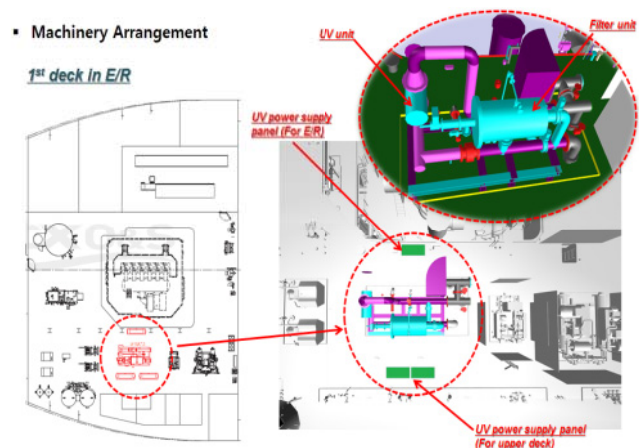


그림 11 안전구역 주요 장비 배치(E/R)

그리고 선박 평형수 펌프(Ballast Pump)는 위험구역(Hazardous area)인 선박 평형수 탱크(Ballast Tank) 내부에 설치되어 있기 때문에 동일한 위험구역(Hazardous area)인 상갑판(Upper deck)에 선박 평형수 처리 시스템(BWTS)이 설치되어 배관 및 밸브 장치로 연결된다(그림 12. 참조).

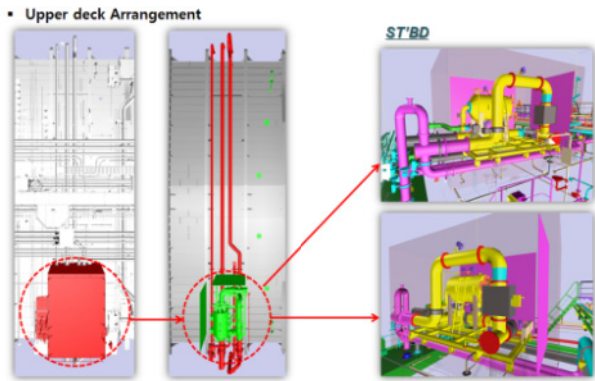


그림 12 위험구역 주요 장비 및 배관 배치(Upper deck)

선박 평형수 펌프(Ballast Pump)를 이용해 처리하는 선박 평형수 처리 시스템(BWTS)이 상갑판(Upper deck)에 설치되기 때문에, 처리된 평형수는 선박 외부로 배출을 위해 해수면 상부까지 연결된 배관을 통해서 배출되어야 한다. 이 때 상갑판(Upper deck)에서 수직방향 아래로 배관이 위치하게 되고 평형수의 자중에 의한 영향이 더해지게 되므로 이로 인해 배관 내부에 음압(Vacuum)이 형성되어 배관 내부의 압력이나 유량을 조절하는 전기신호 등에 오작동을 야기하게 된다. 이를 예방하기 위하여 상갑판(Upper deck)에 설치되는 배관을 아래 그림 13과 같이 배관 최상부에 거꾸로 된 'U'자 형태로 배치하고 이에 더하여 음압제거장치(Vacuum Breaker)를 설치하여 오작동을 방지하였다.

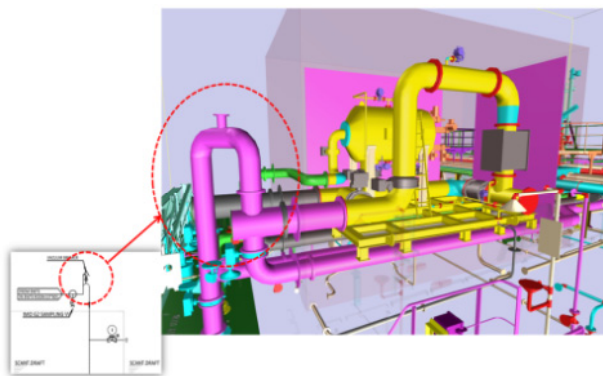
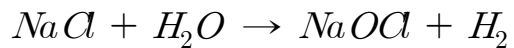


그림 13 평형수 배출 시 음압제거 배관 구성

2.3.2 Electrolysis 기술 적용 선박 평형수 처리 시스템(BWTS)

Electrolysis 기술의 선박 평형수 처리 시스템(BWTS)은 UV 기술을 적용한 선박 평형수 처리 시스템(BWTS)과 마찬가지로 전처리 단계인 여과장치(Filter)가 구성되고 대략 40 μm 이상의 생물종은 걸러지고 여과장치(Filter)를 통과한 대략 40 μm 이하의 생물종이 포함된 선박 평형수를 전기분해를 통해 생성된 차아염소산나트륨(NaOCl)의 살균/소독효과를 이용하여 처리하는 시스템이다. 흔히 일상생활에서도 쉽게 사용하는 염소소독방법(Chlorination) 이라고 쉽게 이해할 수 있겠다.

전기분해를 통해 차아염소산나트륨(NaOCl)을 생성하는 기술 역시 수 처리 산업에서 이미 적용/사용되는 입증된 기술이며, 간략히 차아염소산나트륨(NaOCl)이 생성되는 화학반응식은 다음과 같다.



염분(NaCl)과 물(H₂O)을 포함하고 있는 해수를 전기분해할 경우 차아염소산나트륨(NaOCl)과 수소(H₂)가 생기는 화학적 반응 원리를 이용하여 생성된 차아염소산나트륨(NaOCl)을 선박 평형수 유입 시 배관 내로 같이 유입시켜 살균/소독 작용을 통해 평형수 처리를 하게 된다. 이때 새롭게 생성된 활성물질(Active Substances)인 차아염소산나트륨(NaOCl)을 사용하기 때문에 아래와 같은 안전절차(Safety Procedure) 사항을 특별히 고려하여야 한다.

* Chemical/Active substances 고려 사항

- loading chemicals;
- prevention of chemical tank overflow;
- safe handling and storage of chemicals on board;
- accidental spills and leakages;
- residual chemicals and by-product gases prior to discharge;
- chemical inhalation or contact with skin;
- management and disposal of wastes from filtered material.

물론 여기에만 국한되지 않고 장비의 배치나 운용에 따라 달라질 수 있는 안전상의 여러 측면이 고려되어야 함은 당연할 것이다.

앞서 언급한 바와 같이 Electrolysis 기술을 이용한 선박 평형수 처리 시스템(BWTS)은 선박 평형수 유입(Ballasting) 시에 전처리 단계로 여과장치(Filter)를 거쳐서 대략 40 μ m 이상의 생물종을 걸러낸다. 이후 선박 평형수 탱크(Ballast Tank)로 유입되는 과정 중에서 차아염소산나트륨(NaOCl)을 주입하여 살균/소독효과(Chlorination)로 선박 평형수를 처리한다.

선박 평형수 배출(De-Ballasting)의 경우에는 UV 기술의 선박 평형수 처리 시스템(BWTS)과 달리 특별한 장비를 거치지 않고 선박 외부로 배출된다. 이 때 배출되는 평형수에 함유된 차아염소산나트륨(NaOCl)의 농도를 기준치 이하로 낮추기 위해 중화제(Neutralizing agent)를 투입하고 투입하는 중화제의 양을 조절하기 위하여 평형수의 산화환원전위 (ORP)를 측정한다. 참고로, 산화환원전위 (ORP)는 어떤 물질이 산화되거나 환원되려는 경향의 세기를 나타내는 것으로 살균/소독효과를 일으키는 차아염소산나트륨 (NaOCl)의 농도와 관련 있다고 이해하면 되겠다. 다시 말해, 선박 평형수의 배출 (De-Ballasting) 시에는 산화환원전위 (ORP)를 측정하여 차아염소산나트륨(NaOCl)을 선박외부로 배출가능한 정도의 농도로 낮추기 위해 중화제를 투입하여 중화(Neutralization or De-Chlorination) 시킨 후 배출하게 된다.

당사의 MR급 CHEMICAL TANKER 기준으로 Electrolysis 기술을 적용한 선박 평형수 처리 시스템(BWTS)의 설치 위치에 따른 주요 구성부품은 다음과 같다.

- * Engine room (Safety area)
 - 1 set – Electrolytic disinfection unit with H2 gas blowers and de-gassing tank
 - 1 set – Process control panel
 - 1 set – Power supply panel
 - 1 set – Neutralizing (De-Chlorination) unit
 - 1 set – Sea water feed pump unit (working&stand-by)
 - 1 set – Back flushing filter unit (for fire & bilge pump)
 - 1 set – Filter control panel (for fire & bilge pump)
 - 1 set – Flow meter (for fire & bilge pump)
 - 1 set – ORP sensor (for fire & bilge pump)
- * Foam room (Safety area)
 - 2 sets – Filter control panel (for two ballast pump)
- * Cargo control room (Safety area)
 - 1 set – Repeat control panel
- * Filter shelters on upper deck area (Hazardous area)
 - 2 sets – Back flushing filter unit(for two ballast pumps)

- 2 sets – Flow meter (for two ballast pumps)
- 2 sets – ORP sensor (for two ballast pumps)

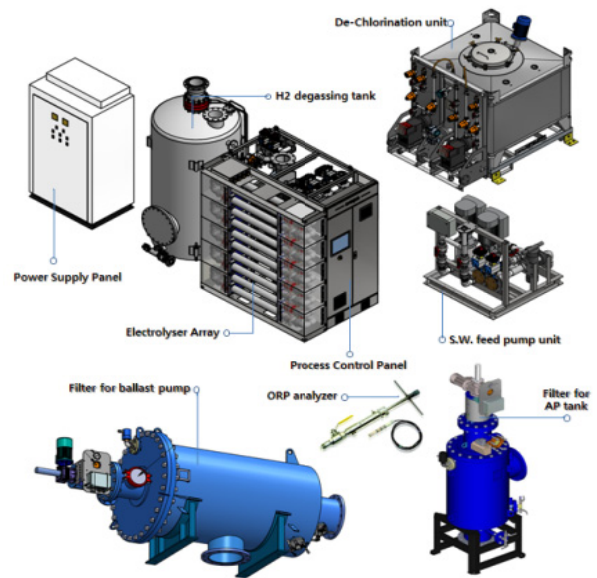


그림 14 Electrolysis 기술의 BWTS 주요 구성부품

앞서 언급한 바와 같이, 위험화물을 운송하는 선박 (CHEMICAL TANKER)이기 때문에 안전구역(Safety area)과 위험구역(Hazardous area)으로 구분되어 있는 공간에 각각에 맞는 방폭등급에 따라 장비가 설치되는 것이 중요하다. 이에 맞게 설치된 실제 당사 실적 호선의 안전구역(Safety area) 주요장비 배치는 아래 그림과 같다.

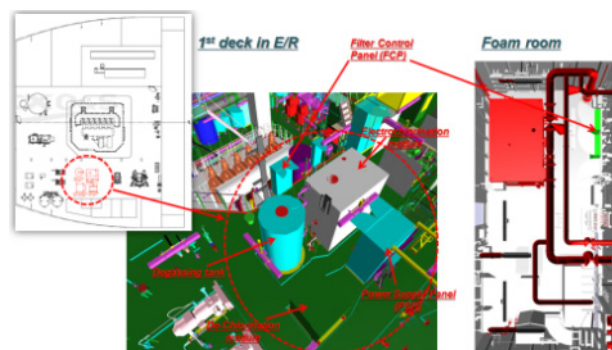


그림 15 안전구역 주요 장비 배치(E/R, Foam room)

그리고 위험구역(Hazardous area)의 선박 평형수 처리를 위해 전처리 단계인 여과장치(Filter)는 위험구역(Hazardous area)에 설치되어야 하며 그림 15와 같이 상갑판(Upper deck)에 배치하였다.

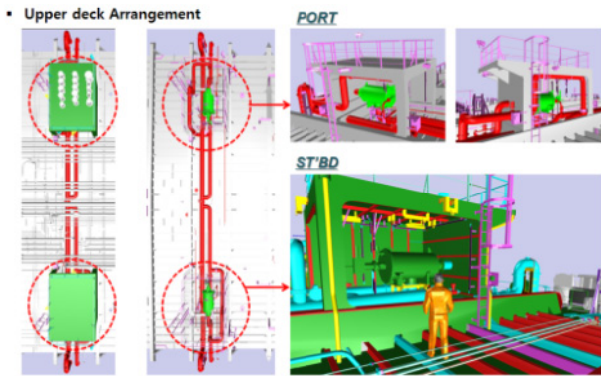


그림 16 위험구역 주요 장비 및 배관 배치(Upper Deck)

앞서 설명한 UV 기술 적용의 실적 호선과는 달리, Electrolysis 기술 적용의 실적 호선에는 실제 선주 요구에 따라 두 개의 평형수 펌프 각각을 위한 여과장치(Filter)가 설치되었으며 여과장치(Filter)를 보호하기 위한 여과장치 보호막(Filter Shelter)이 같이 설치되었다.

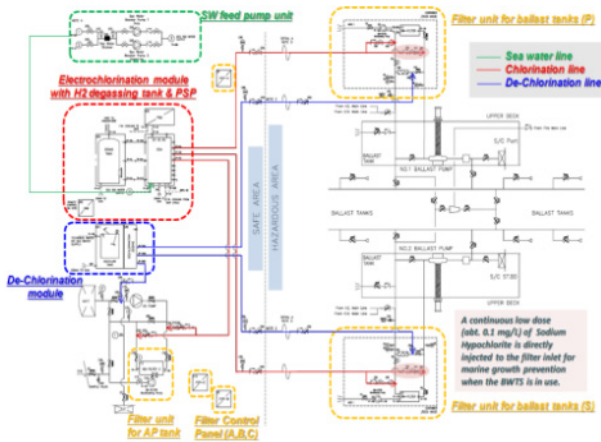


그림 17 Electrolysis BWTS 주요 활성물질 흐름도

위 그림 17의 Electrolysis 기술의 선박 평형수 처리 시스템(BWTS)의 주요 활성물질 흐름도를 보면, 선박 평형수 유입(Ballasting)시 안전구역(Safety area)에서 전기분해로 생성된 차아염소산나트륨(NaOCl)이 위험구역(Hazardous area)에 위치하고 있는 배관에 주입되어 살균/소독효과(Chlorination)로 평형수가 처리되고 있으며, 평형수 배출(De-Ballasting) 시에는 안전구역(Safety area)에 보관되어 있는 중화제가 위험구역에 위치한 배관에 주입되어 중화된 선박 평형수가 선박 외부로 배출되는 것을 알 수 있다.

이 점은 기존의 선박 평형수가 유입/배출 되는 배관 사이에

처리장치를 설치하는 UV 기술의 선박 평형수 처리 시스템(BWTS) 보다 활성물질(Active Substances)을 사용하여 처리하는 Electrolysis 기술 적용의 선박 평형수 처리 시스템(BWTS)이 안전성 측면에서 장비나 배관의 배치가 더욱 중요하게 고려되어야 함을 의미한다.

안전구역(Safety area)과 위험구역(Hazardous area)의 배관 연결은 IACS UR M74 규정에 따라 아래 그림 18의 방법들 중 하나로 설치되어야 한다.

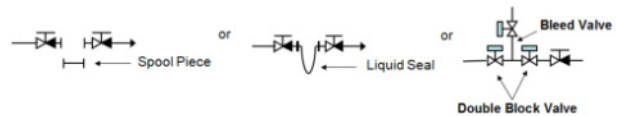


그림 18 안전구역과 위험구역 배관 연결 방법

위 IACS UR M74 규정에서 요구하는 안전구역(Safety area)과 위험구역(Hazardous area)의 배관 연결 방법 중 액체밀봉(Liquid Seal)을 적용한 당사 실적호선의 배치는 아래 그림 19와 같다.

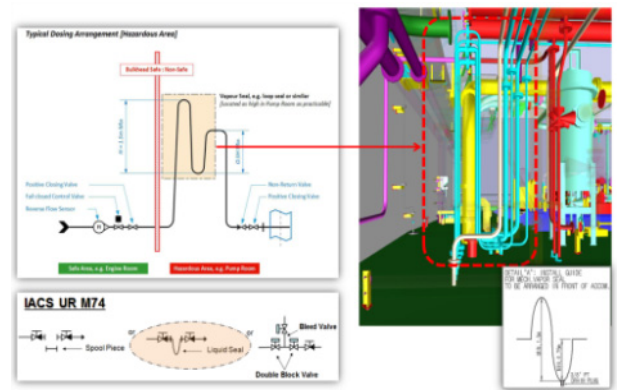


그림 19 안전구역과 위험구역 연결배관 실제 배치

이와 더불어, Electrolysis 기술 적용의 선박 평형수 처리 시스템(BWTS)에서 중요하게 고려해야 할 점은 위험물질인 수소(H_2)가스가 발생한다는 점이다. 화학적 반응 원리로 인해 해수를 전기분해하면 차아염소산나트륨(NaOCl)이 생성되고 그의 부가산물로서 근본적으로 수소(H_2)가스가 발생할 수 밖에 없다. 발생한 수소(H_2)가스를 제거하는 것이 비효율적이기 때문에 수소(H_2)가스를 안전하게 선박 외부로 배출하는 것이 중요하며, 폭발성 물질인 수소(H_2)가스를 배출하기 위해 주요 선급에서는 그림 20과 같이 배출배관 설치에 대해 규정하고 있다.

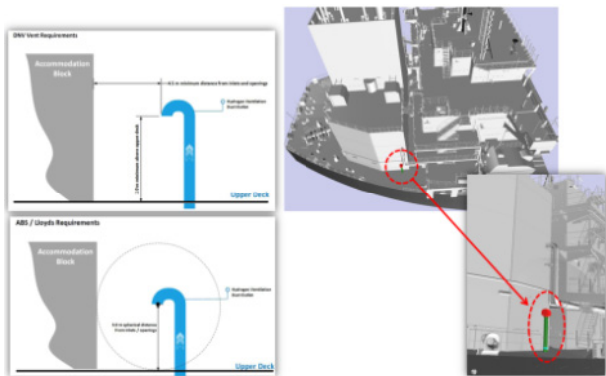


그림 20 수소(H₂)가스 배출배관 설치 규정 및 실제 배치

또한, 폭발성 물질인 수소(H₂)가스 누출로 인한 폭발의 위험성을 줄이기 위하여 수소(H₂)가스의 농도를 줄이기 위한 농도저감탱크(De-Gassing Tank)를 기본적으로 설치하여 생성된 수소(H₂)가스의 농도를 1% volume(25% of LEL) 미만으로 희석한 후 배출하도록 하였으며 수소(H₂)가스 배출을 위한 환기장치(Blower)를 이중으로 설치(Working & Stand-by)하여 운전상의 안정성을 더하였다.

선박 평형수의 배출(De-Ballasting) 시 선외배출배관 내부의 음압(Vacuum)을 방지하기 위하여 앞서 설명한 UV 기술 적용 선박 평형수 처리 시스템(BWTS)의 선외배출배관의 배치와 동일하게 상갑판(Upper deck) 상부의 배관을 그림 13과 같이 배치하고 음압제거장치(Vacuum Breaker)를 설치하였다.

3. 결론

국제해사기구(IMO)와 미국의 USCG의 선박 평형수 관리(Ballast Water Management)에 대한 규제가 발효됨에 따라 많은 업체에서 다양한 수 처리 기술을 이용한 선박 평형수 처리 시스템(BWTS)이 개발되었고 그 중 가장 많은 비중을 차지하는 대표적인 기술인 UV 기술과 Electrolysis 기술을 당사의 MR급 CHEMICAL TANKER에 실제 적용한 사례를 기준으로 시스템의 개요와 구성 장비, 그리고 설계 및 배치 측면에서 고려사항들을 고찰해 보았다.

다른 종류의 선박, 혹은 동일한 MR급 TANKER에서도 선박의 재원 및 주요 장비의 배치가 달라지면 선박 평형수 처리 시스템(BWTS) 역시 그에 맞게 설계 및 배치되어야 함은 당연할 것이다. 그러나 안전구역(Safety area)과 위험구역(Hazardous area)이라는 개념을 기본으로 각기 다양한 기술의 선박 평형수 처리 시스템(BWTS)을 안전하고 효율적으로

운영하기 위한 설계 및 배치의 목적은 동일할 것이다. 이를 위하여 선박의 재원, 주요 시스템 및 장비의 구성과 배치를 파악하는 것을 바탕으로 각각의 선박 평형수 처리 시스템(BWTS)의 기술을 충분히 이해하고 특성을 심도 있게 파악하는 것이 선박 평형수 처리 시스템(BWTS)의 최적 설계 및 배치의 첫 번째라 하겠다.

선박 평형수 처리 시스템(BWTS) 산업은 검증된 다양한 기술을 이용하여 더욱 많은 업체들이 경쟁하게 될 것이며 그로 인해 더욱 소형화 및 경량화 되어진 선박 평형수 처리 시스템(BWTS)을 기대할 수 있을 것이다. 또한 선박의 가장 중요한 목적인 화물운송에 있어서 필수적 시스템인 평형수 유입/배출(Ballasting/De-Ballasting)과 연계된 시스템인 만큼 운영의 편의성과 안정성 향상을 위해 더욱 스마트(Smart)화 될 것임을 쉽게 예측할 수 있을 것이다. 이로 인해 다양한 업체의 최신 기술 및 동향을 지속적으로 파악할 필요가 있으며 단순 장비 설치가 아닌 여러 장비를 각 기술의 특성에 맞게 배관 및 전선 등으로 구성해야 하는 시스템인 만큼 주요 선박의 초기 기본 설계 시 함께 고려해야 함을 주지하여야 할 것이다. 주요 구성부품이 다양하고 각 부품들의 설치 위치가 적용되는 기술의 특성상 제한적일 수 있기 때문에 기계장비 배치 시 충분히 검토되어야 할 것이며, 특별히 적용 기술에 따라 전력소모량의 차이가 크고 전기전자장비를 활용하여 사용자 편의성 및 시스템 안전성을 증대시키는 방향으로 개발/발전될 것이기 때문에 각 조건별 전력소모량을 확인하여 충분한 전력부하분석(ELA: Electric Load Analysis)이 이루어져야 하는 것 역시 필수적일 것이다.

앞서 예시로 언급한 MR급 CHEMICAL TANKER 실적 호선은 국제해사기구(IMO)의 Tier II 규제를 따르는 계약 선박이다. 당사에서는 이미 국제해사기구(IMO)의 Tier III 규제를 만족하는 선박 설계 및 배치 등의 기술적 검토를 완료하였으며 새로운 업체의 선박 평형수 처리 시스템(BWTS) 적용을 위해 다양한 배치를 고려하고 있다.

또한 LNG연료추진선박(LNG Fueled Ship) 등 향후 중요하게 대두될 신선행 선박의 개발 및 기본설계 시 초기에 충분한 기술적 검토가 이루어 질 수 있도록 하고 있다.

마지막으로 국제해사기구(IMO)와 미국의 USCG의 선박 평형수 관리(Ballast Water Management)에 대한 규제를 만족하기 위해 선박 평형수 처리 시스템(BWTS)을 반드시 선박에 설치하는 것이 아니라 항구 및 터미널에서 임대하여 사용할 수 있는 바지(Barge)형 및 컨테이너(Container)형 선박 평형수 처리 시스템(BWTS)도 고려해 볼 만 할 것이다. 물론 그와 관련된 산업 전반적인 움직임이 필요할 것으로 생각된다.

참고 문헌

국제해사기구(IMO) 기술정보지
USCG 홈페이지
Clarkson Research
한국선급(KR) 기술정보지
영국선급(LR) 기술정보지
PANASIA사 기술정보지
EVOQUA사 기술정보지



김 창 식

- 1981년생
- 2014년 KAIST 해양시스템공학과 석사 졸업
- 현 재 : STX조선해양(주) 기술영업팀 과장
- 관심분야 : 조선해양 및 가스선 관련 신기술
- 연 락 처 : ***-***-****
- E - mail : changsik@onestx.com



김 현 진

- 1980년생
- 2006년 울산대학교 조선공학과 학사 졸업
- 현 재 : STX조선해양(주) 선장설계팀 차장
- 관심분야 : 배관, 조선해양 로봇 및 신기술
- 연 락 처 : ***-***-****
- E - mail : hjin21@onestx.com

2018년도 전임 회장님 간담회

- 일시 : 2018년 9월 11일(화) 오후 5시
- 장소 : 학회 회의실
- 참석 : 조대승 회장 외 11명

