



설문을 이용한 선박평형수처리장치(BWTS)의 운용문제 경향에 대한 분석

지 재 훈*

목포해양대학교(교수)

A Study for Operational Problems Trend of Ballast Water Treatment System(BWTS) using a Questionnaire Survey Method

Jae-Hoon JEE*

Mokpo National Maritime University(professor)

Abstract

Since Ballast Water Management Convention has been adopted, BWM Convention is effecting after 8th Sep. 2017. Effecting conditions of this convention are to be satisfied for ratification by 30 countries, and representing 35% of world merchant shipping tonnage. Last Finland has ratified this convention on 8th Sep. 2016. In the case of new ships, BWM convention is to be applied to new ships on or after the date of construction as of 8th Sep. 2017, and these vessels are to be equipped with Ballast Water Treatment System in progress. As the installation time of BWTS is approaching, domestic and overseas shipping companies that have owned ships with BWTS have experienced various types of failures through operation of BWTS. If the BWM Convention enters into force in the future, the Ballast Water Exchange method according to D-1 regulations can not be applied. So the Ballast Water Treatment method according to D-2 must be applied. Therefore, it is necessary to understand the operational problems of BWTS in order to secure the reliability of BWTS. This paper focuses on the relationship between various environmental factors that may arise from the operation of a ship rather than a simple mechanical defect that interferes with the normal operation of the BWTS, ie, the relationship with ship type, the relationship with the operating area, and the familiarity of BWTS The research was conducted. The survey method was conducted by using questionnaire survey of 42 vessels installed with BWTS among Ships classified by Korean Register. Group I of ship information, Group II of BWTS information, and Group III of operational problems. Based on the conclusions drawn from Group III, the relationship between "Group I" and "Group II" is analyzed and presented as a result.

Key words : BWTS, Questionnaire survey, Operational problems, Environmental factor

I. 서 론

자국 해역의 해양생태계를 유해한 외래 생물군
으로부터 보호하기 위해 400톤 이상의 국제항해

에 종사하는 모든 선박에 “선박평형수처리장치
(Ballast Water Treatment System, 이하 “BWTS”이
라 함)“를 설치토록 강제화하기 위한 “선박평형
수관리협약(Ballast Water Management Convention,

* Corresponding author : 061-240-7208, jhjee@mmu.ac.kr

<Table 1> Retrofitting Plan of BWTS onboard in accordance with MEPC 71

	Ship's Construction (Keel Laid) date	Ship		Applicable date for Retrofitting BWTS
Implementation schedules for Retrofitting BWTS	On or after 8 th Sep. 2017	Ships constructed on or after 8 th Sep. 2017	All	Ship's Delivery
	Before 8 th Sep. 2017	Case where previous IOPP renewal survey had been completed between 8 th Sep. 2014 and 7 th Sep. 2017	All	First IOPP renewal Survey following the date of entry into force of the Convention
		Case where previous IOPP renewal survey had been completed between 8 th Sep. 2012 and 7 th Sep. 2014	All	Second IOPP renewal Survey following the date of entry into force of the Convention

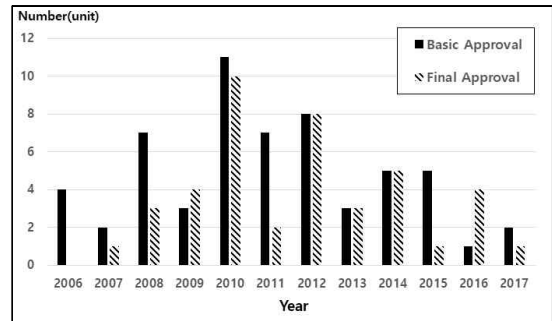
Source: www.krs.co.kr, Briefings of IMO Meeting MEPC 71, 2017

이하 “BWM 협약”이라 함)이 2004년에 채택되었다.

BWM 협약은 “국제해사기구(International Maritime Organization, 이하 “IMO”이라 함) 회원 30개국 이상이 비준하고 세계 상선선박량이 35% 이상을 만족하는 날로부터 12개월 후에 발효된다.(Jee & Oh, 2016)

2016년 9월 8일에 핀란드가 최종적으로 비준함으로써 발효조건을 충족하여 2017년 9월 8일자로 BWM 협약이 발효되었다. 발효일 이후로 BWTS의 설치 대상선박들은 <Table 1>에서 제시한 바와 같이 탑재 일정에 따라 BWTS를 설치하여야 한다.(Korean Register of Shipping, 2017)

[Fig. 1]에서 보는 바와 같이 BWTS는 2006년에 IMO가 기본승인을 하였고, 2008년에 세계에서 처음으로 자외선 처리방식 BWTS와 전기분해 처리방식 BWTS가 정부형식승인을 받은 이후로 꾸준히 IMO로부터 기본승인 및 최종승인을 받았고, BWTS의 정부형식승인 비율도 증가하고 있다.(IMO, 2017)

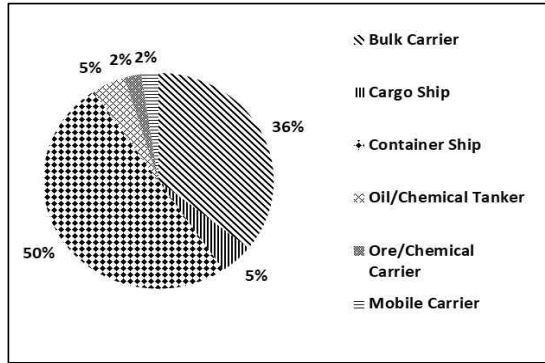


[Fig. 1] Status of Basic & Final Approval for BWTS by year(source : www.imo.org)

[Fig. 2]에서는 2017년 12월까지 (사)한국선급에 등록된 선박중에서 BWTS를 설치한 179척의 선박에 대하여 선종 별 분포도를 보여주고 있다. BWM 협약이 발효되지 않은 과거에도 미리 BWTS를 설치하여 운영하고 있음을 보여주고 있다.(Korean Register of Shipping, 2017)

이처럼 협약이 미발효된 상황에서 선박에 BWTS를 조기에 설치하였던 이유는 추후 현존선에 BWTS를 설치함으로써 발생하는 공간활용 문제, 사용 전력 문제, 무엇보다도 설치시기가 도래

함에 따라 BWTS의 설치가 집중적으로 이루어지는 병목현상의 문제로 가격 상승 등이 예상되었기 때문이다.(Jee, 2017)



[Fig. 2] Status of Installation for BWTS in Ships Classified KR(source : www.krs.co.kr)

BWTS는 2019년 9월 8일부터 순차적으로 현존선에 설치되어야 하고, 이미 설치된 선박은 BWM 협약, 기국(정부) 및 선박검사기관의 규정에 맞도록 적절하게 운영 및 관리되어야 할 뿐만 아니라 “선박평형수기록부(Ballast Water Record Book)”에 BWTS의 운전과 관련한 사항들을 모두 기록하여야 한다.

BWTS의 설치 시기가 도래함에 따라 지금까지 BWTS를 설치한 선박을 소유한 국내외 해운선사들은 BWTS의 운전을 통해 다양한 형태의 고장 현상을 경험하게 되었다. 이러한 문제는 향후 BWM 협약이 발효된 후에는 D-1에 따른 평형수 교환 방식이 적용될 수 없고, 반드시 D-2에 따른 평형수 처리 방식으로 적용되어야 하므로 운전의 신뢰성이 확보되어야 한다.

BWTS의 정상적인 운전을 위해 제조사에서 공급한“선박평형수처리장치 운영 매뉴얼(BWTS Operating Manual)”에 따라 자격을 갖춘 선원들로 하여금 BWTS가 운전되고 있음에도 불구하고, 비정상적인 운전으로 인해 평형수 주수 및 배수를 못하게 되는 상황이 발생할 수 있고, 이로 인해 정상적인 화물작업(적하 및 양하)을 방해하는 요

인이 된다. 결국, 화물작업의 지연이 초래되고 선주사들은 운항 손실로 인한 금전적 손실을 감수하여야 한다.

따라서, 본 논문에서는 BWTS의 정상 운전을 방해하는 단순한 기계적 결함이 아닌 선박의 운항으로 인해 발생할 수 있는 다양한 환경적 요인 즉, 선종과의 관계, 운항 해역과의 관계 그리고, 선원들의 BWTS 친숙화도의 관계에 대하여 연구를 진행하고 결과를 도출하고자 한다.

II. 연구 방법 및 내용

BWTS는 선박의 감항성을 유지하기 위해 필요한 안전장비에 속하지 않으나 자국 해양 생태계를 유해 외래종의 침입으로부터 보호하기 위해 BWM 협약에서 요구하는 필수 장비이다. BWTS는 BWM협약 D-2 규정에서 언급하고 있는 유해 생물군들을 기계적, 물리적 및 화학적인 방법으로 처리하는 장치로 분류하고 있으며, 과거 육상의 관련 산업에서 이미 사용하고 있는 방식을 채택한 경우가 많다.

예를 들어, 평형수(해수) 내에 포함된 염소를 전기분해하여 발생하는 차아염소산나트륨계의 소독물질을 이용하는 방법이 있고, 강 살균제로 알려져 있는 오존계의 소독물질을 이용하는 방법, 그리고 자외선을 투과하여 유해 생물들을 멸균하는 방법 등 처리방식은 다양하게 존재한다. 이들의 처리방식들이 다양함에 따라 처리장치의 구성 기기 및 운전 방식도 다양하게 존재한다.

이들 장치에서 발생하는 문제점을 분석하기 위해서는 기계적 결함이 주요 원인이지만, 결함의 발생 원인에 대하여 구체적이고 다양한 환경적 요인에 대하여 분석할 필요가 있었다. 이러한 요인 분석을 위해 BWTS를 탑재하여 운영하고 있는 선주 및 선박관리회사로부터 설문 조사를 수행하였다.

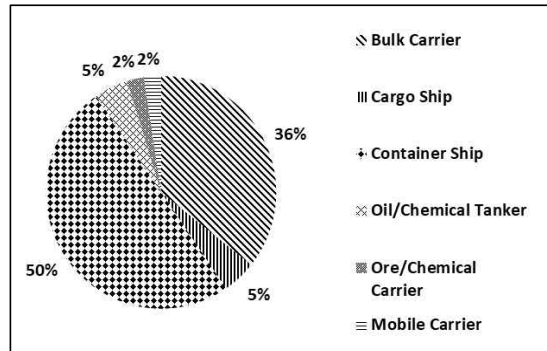
설문은 (사)한국선급에 등록된 선박 중에서

BWTS를 설치한 선박 179척 중에서 설문에 응한 42척의 선박을 대상으로 진행하였다. 아울러, 설문 조사 내용을 바탕으로 세(3)그룹을 나누어 진행하였다.

첫 번째 “Group I”의 설문 내용은 BWTS가 설치된 선박의 상세 정보(Specific Particular)를 취득하기 위함이다. 정보 내용은 선종, 선박 톤수, 주요항로, 기항지의 해역 특성, 선박 인도일, 주수 및 배수 처리 방법 및 평형수 펌프 총용량에 관한 것이며, 이러한 정보를 통해 BWTS의 운영 문제에 관한 경향을 조사하고자 한다.

[Fig. 3]에서는 설문조사 대상 선박 42척에 대하여 선종 별 분포 현황을 보여주고 있다. 선종 별 분포 현황 통계를 바탕으로 선종 별 BWTS의 다양한 고장 형태를 분석하고자 한다.

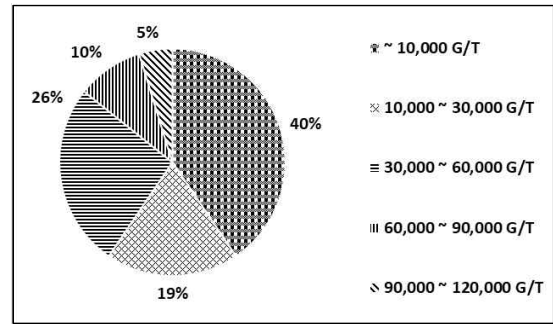
컨테이너 선종이 50%를 차지하고 있으며, 다음으로는 벌크선이 36%를 차지하고 있다. 이 분포 현황은 (사)한국선급에 등록된 선박 중 BWTS가 설치된 선종 별 분포현황 [Fig. 2]와 유사한 경향을 보여주고 있다.



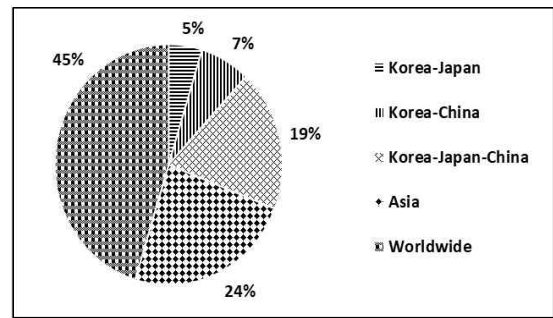
[Fig. 3] Distribution status by Ship Type for 42 surveyed vessels

[Fig. 4]에서는 설문조사 대상 선박 42척에 대하여 선박 톤수 별 분포현황을 보여주고 있으며, [Fig. 5]에서는 주요항로 별 분포현황, [Fig. 6]에서는 기항지 항만의 해역 특성(담수, 저염도, 혼탁도 및 해수) 별 분포현황, [Fig. 7]에서는 선박

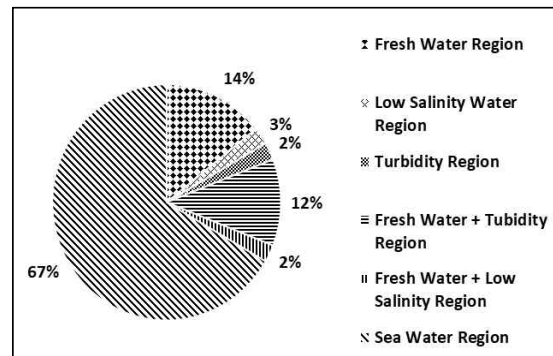
인도 년 별 분포현황, [Fig. 8]에서는 BWTS 또는 평형수 교환 중 현재 사용하고 있는 방식 별 분포현황 및 [Fig. 9]에서는 대상 선박의 평형수 펌프 용량 별 분포현황을 보여주고 있다.



[Fig. 4] Distribution status by Ship's Size for 42 surveyed vessels

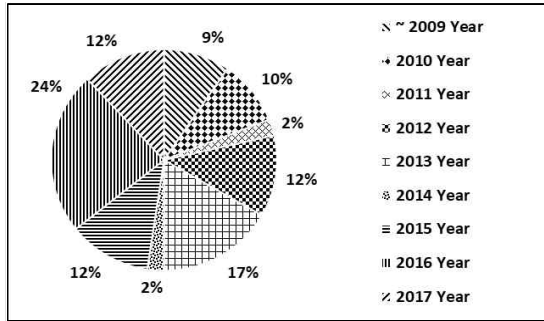


[Fig. 5] Distribution status by Main Sailing Route for 42 surveyed vessels

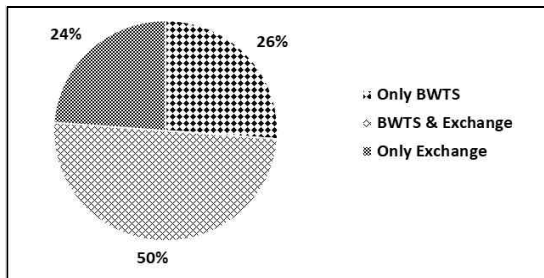


[Fig. 6] Distribution status by Characteristic of Port Water for 42 surveyed vessels

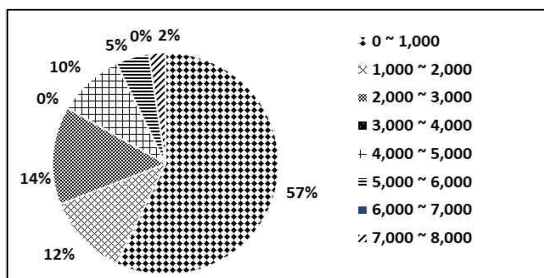
설문을 이용한 선박평형수처리장치(BWTS)의 운용문제 경향에 대한 분석



[Fig. 7] Distribution status by Ship Delivery Year for 42 surveyed vessels



[Fig. 8] Distribution status by Ballast Water Management Method for 42 surveyed vessels

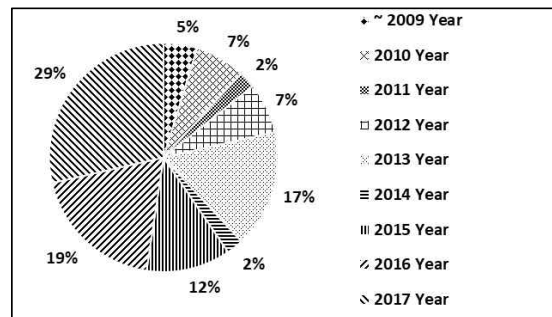


[Fig. 9] Distribution status by Ballast Water Pump Capacity(m3/h) for 42 surveyed vessels

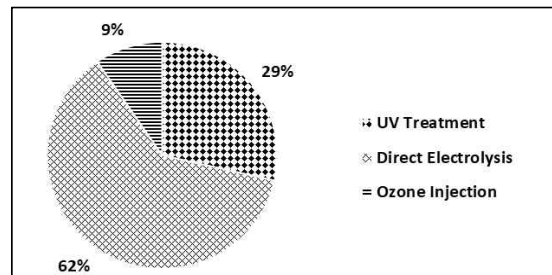
두 번째 “Group II”의 설문 내용은 대상 선박에 설치된 BWTS의 상세 정보를 취득하기 위함이다. 정보 내용은 BWTS 설치년도, 처리방식, 방폭유무, 설치장소, 운전상태 및 BWTS의 처리용량에 관한 것이며, 이러한 정보를 통해 BWTS의 운영 문제에 관한 경향을 조사하고자 한다.

[Fig. 10]에서는 42척의 대상선박에 BWTS 설치

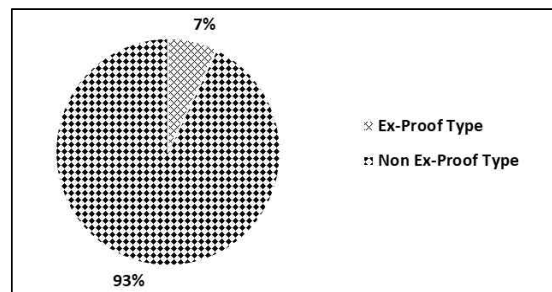
년도 별 분포현황을 보여주고 있으며, [Fig. 11]에서는 BWTS 처리방식 별 분포현황, [Fig. 12]에서는 BWTS 방폭타입 적용 별 분포현황, [Fig. 13]에서는 BWTS 설치장소 별 분포현황, [Fig. 14]에서는 BWTS 운전조건 별 분포현황 및 [Fig. 15]에서는 BWTS 처리용량 별 분포현황을 보여주고 있다.



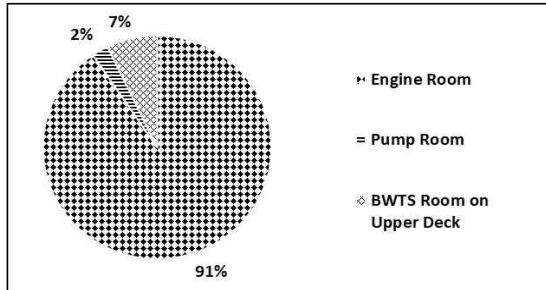
[Fig. 10] Distribution status by BWTS Installation Year for 42 surveyed vessels



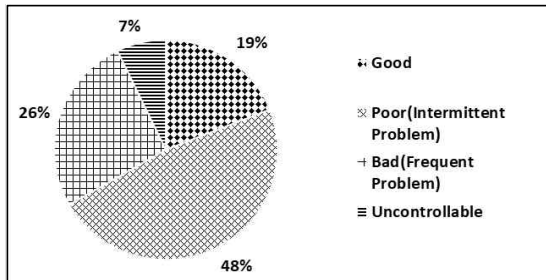
[Fig. 11] Distribution status by BWTS Treatment Type for 42 surveyed vessels



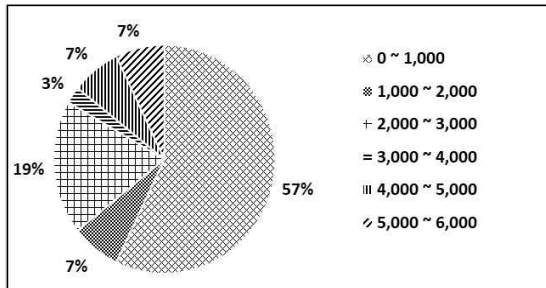
[Fig. 12] Distribution status by BWTS Ex-Proof Type for 42 surveyed vessels



[Fig. 13] Distribution status by BWTS Installation Space for 42 surveyed vessels



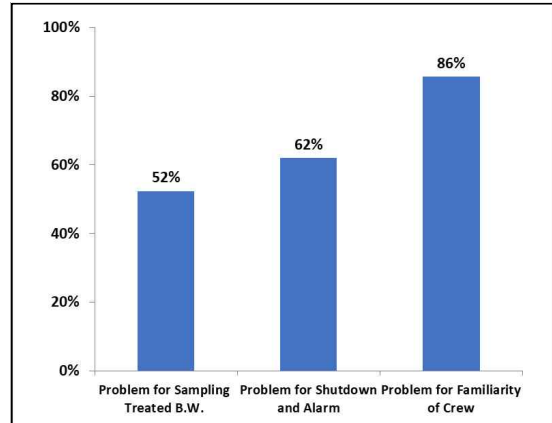
[Fig. 14] Distribution status by BWTS Condition for 42 surveyed vessels



[Fig. 15] Distribution status by BWTS Total Capacity(m³/h) for 42 surveyed vessels

마지막으로, “Group III”는 현재 선박에서 운영하고 있는 BWTS에 대하여 발생하였거나, 경험한 문제들에 대하여 설문조사한 내용이다. 아래와 같이 크게 3가지 문제가 식별되었다.

- 1) 평형수 샘플링(Sampling) 문제점
- 2) 비상정지(Shutdown) 및 경보(Alarm) 문제점
- 3) 선원의 운전/조작상 문제점



[Fig. 16] Distribution status by Operational Problem of BWTS for 42 surveyed vessels

[Fig. 16]은 세 번째 그룹의 설문 조사를 통해서 설문 조사 대상 선박에서 발생한 문제에 대하여 백분율로 나타내었다. BWTS를 운영함에 있어서 문제로 식별되고 발생하는 부분이 선원으로 하여금 BWTS 친숙도가 86%(36척)로 가장 많은 비율을 차지하고 있었으며, 뒤를 이어서 BWTS 비상정지 및 경보발생과 관련한 문제가 62%(26척) 차지하고 있다. 마지막으로 평형수 샘플링과 관련한 문제가 52%(22척)를 차지하고 있다.

III. 연구 분석 및 결과

II.장에서 42척의 선박으로부터 실시한 설문조사를 통해서 BWTS를 설치한 선박에 대하여 선종, 선령 및 주요항로 등에 대한 분포 현황을 알 수 있었고, 선박에 탑재한 BWTS 정보 즉, 설치 시기, BWTS의 처리방식 및 설치장소 등에 대한 분포 현황을 알 수 있었다.

아울러, [Fig. 17]에서 알 수 있듯이, 42척의 선박에 대하여 BWTS를 장착하여 운영하는 동안 발생한 3가지 주요 문제에 대한 분포 현황을 알 수 있었다.

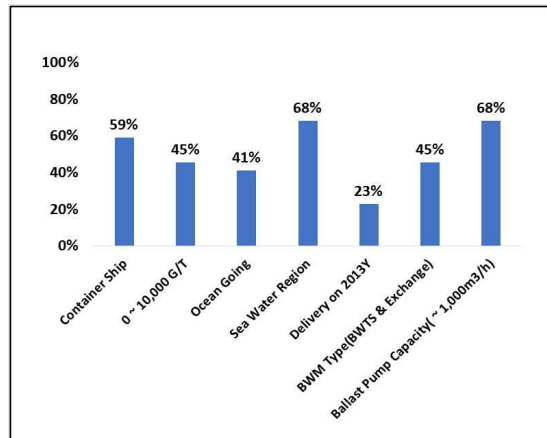
본 장에서는 [Fig. 17]에서 보여주고 있는 BWTS 운영과 관련한 문제에 대하여 설문조사

대상 42척을 대상으로 선종, 선박의 톤수, 선박 운항 항로, 선령, BWTS 탑재 및 사용 시간, BWTS 설치장소, BWTS 처리방식, BWTS 방폭유무, BWTS 처리용량 및 선박에 설치된 평형수 펌프 용량과의 연관성을 알아보려고 한다.

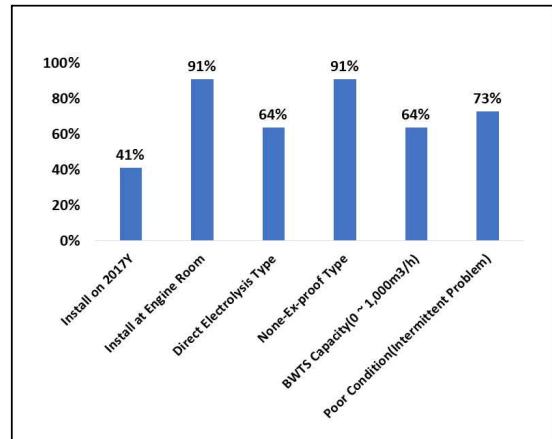
1. 처리된 평형수의 샘플링 관련 문제

평형수 샘플링은 BWM 협약에서 요구하고 있는 BWTS의 검증을 위해 반드시 관련 설비를 비치하여야 하고, PSC로부터 항시 샘플을 채취할 수 있도록 조치가 이루어져야 한다. 샘플링 설비는 평형수 배출관의 가장 선외변과 가까운 곳에 설치하되 샘플수를 취수하는 과정에서 샘플수 속의 생물균이 손상을 입지 않도록 샘플채취구의 형상도 규정하고 있다.

이와 같이, 처리된 평형수의 샘플링과 관련한 다양한 문제점들을 BWTS가 설치된 선박의 정보에 관한 설문조사“Group I”의 설문항목에 대하여 각각의 분포율을 조사하였고, 각각의 설문항목별로 가장 많은 비율을 차지하는 정보만을 수집하여 [Fig. 17]과 같이 분포현황 그래프로 나타내었다.



[Fig. 17] Distribution status of Problem for Sampling Treated B.W. by “Group I” Surveyed items for 22 vessels(52%)



[Fig. 18] Distribution status of Problem for Sampling Treated B.W. by “Group II” Surveyed items for 22 vessels(52%)

처리된 평형수의 샘플링과 관련한 다양한 문제점들을 선박에 설치한 BWTS 상세 정보에 관한 설문조사“Group II”의 설문항목에 대하여 각각의 분포율을 조사하였고, 각각의 설문항목별로 가장 많은 비율을 차지하는 정보만을 수집하여 [Fig. 18]과 같이 분포현황 그래프로 나타내었다.

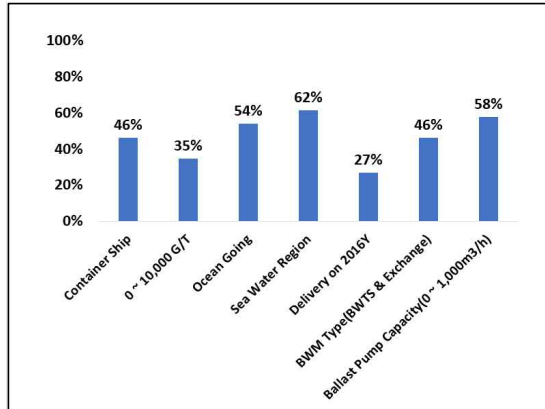
2. 비상정지 및 경보장치 관련 운영문제

BWM 협약 G8 지침서(BWTS 형식승인에 관한 지침서)에서는 BWTS의 비상정지 기능 및 조건이 명시되어 있고 경보를 발생하도록 규정하고 있다. BWTS 기기를 보호하기 위한 조건들과 완전히 처리되지 않은 평형수가 주수 또는 배수되어 BWM 협약 D-2 기준을 만족하지 못하게 되는 상황을 예방하기 위한 조치들이다.

하지만, BWTS를 운전하면서 비상정지 조건이 아님에도 불구하고 단순 기기 또는 센서의 결함으로 인해 정지되는 문제 사례가 있으며, 경보관련 장비들의 결함으로 인한 관리 사관들의 스트레스 문제도 나타나고 있다.

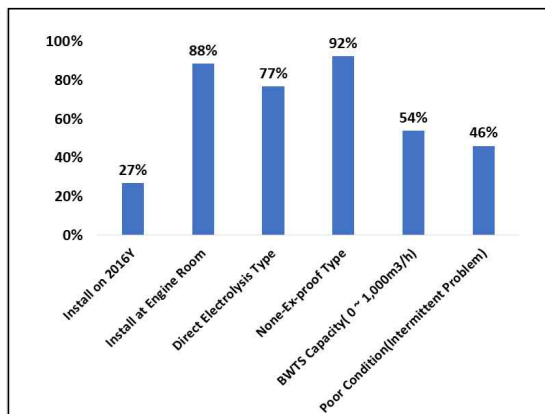
이와 같이, 비상정지 및 경보장치와 관련한 다양한 문제점들을 BWTS가 설치된 선박의 정보에 관한 설문조사“Group I”의 설문항목에 대하여 각

각의 분포율을 조사하였고, 각각의 설문항목별로 가장 많은 비율을 차지하는 정보만을 수집하여 [Fig. 19]와 같이 분포현황 그래프로 나타내었다.



[Fig. 19] Distribution status of Problem for Shutdown and Alarm by “Group I” Surveyed items for 26 vessels(62%)

비상정지 및 경보장치와 관련한 문제점들을 선박에 설치한 BWTS 상세 정보에 관한 설문조사 “Group II”의 설문항목에 대하여 각각의 분포율을 조사하였고, 각각의 설문항목별로 가장 많은 비율을 차지하는 정보만을 수집하여 [Fig. 20]과 같이 분포현황 그래프로 나타내었다.



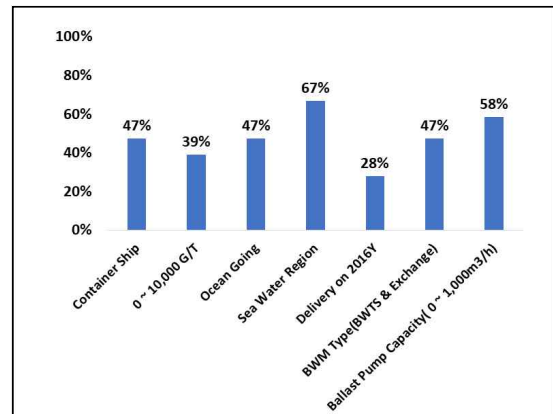
[Fig. 20] Distribution status of Problem for Shutdown and Alarm by “Group II” Surveyed items for 26 vessels(62%)

3. 선원의 BWTS 친숙도 관련 운영문제

현재 정부형식승인을 받은 BWTS는 70여 종이 있는데 이 중에서 BWTS의 처리방식은 전기분해 방식, 오존처리방식 및 자외선 처리방식 등 다양하며, 같은 처리방식일지라도 제조사마다 구성하는 기기들의 특징들이 다양하므로, BWTS를 BWM 협약의 D-2 규정의 성능을 발휘하기 위해서는 운전을 담당하는 선원은 적절한 교육을 받아야 한다.

아울러, 선원들의 BWTS 친숙화를 위해 BWM 협약의 G8 지침서에서는 BWTS 운영 교육의 필요성을 언급하고 있으며, 자격을 갖춘 선원들이 BWTS를 관리하고 운영토록 규정하고 있다.

현재, BWTS 관리 및 운영교육을 위해 제조사의 적극적인 지원과 한국해양수산연수원에서 교육을 담당하고 있지만, BWTS를 구성하고 있는 Hardware 및 Software 측면에서의 복잡성 때문에 선원들의 효과적인 관리가 미흡하며, BWTS에서 발생한 문제들은 선내에서 해결할 수 없는 관계로 전적으로 제조사의 도움으로 해결하고 있다. 이러한 상황들은 평형수 관리의 미흡으로 인한 화물작업의 지연을 초래할 수 있으므로 선사 입장에서 중요한 부분으로 여겨진다.

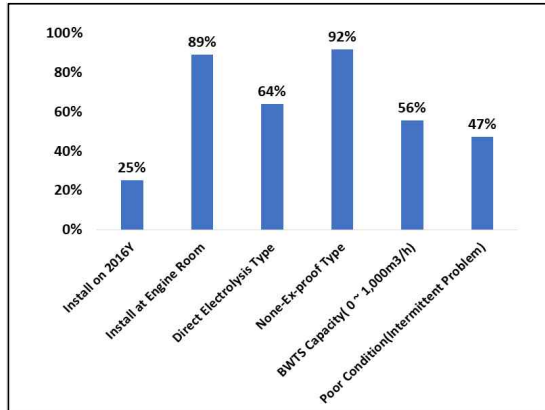


[Fig. 21] Distribution status of Problem for Familiarity of Crew by “Group I” Surveyed items for 36 vessels(86%)

설문을 이용한 선박평형수처리장치(BWTS)의 운용문제 경향에 대한 분석

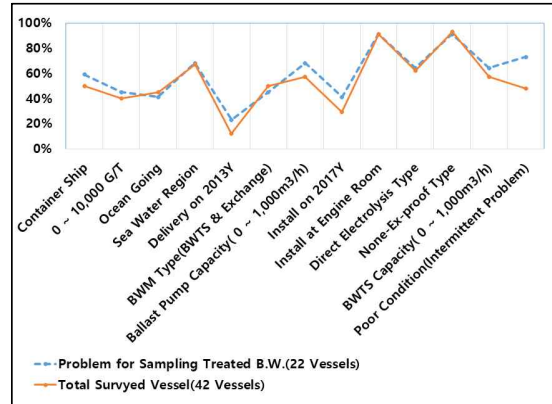
이와 같이, BWTS의 선원 친숙화와 관련한 다양한 문제점들을 BWTS가 설치된 선박의 정보에 관한 설문조사“Group I”의 설문항목에 대하여 각각의 분포율을 조사하였고, 각각의 설문항목별로 가장 많은 비율을 차지하는 정보만을 수집하여 [Fig. 21]과 같이 분포현황 그래프로 나타내었다.

BWTS의 선원 친숙화와 관련한 문제점들을 선박에 설치한 BWTS 상세 정보에 관한 설문조사“Group II”의 설문항목에 대하여 각각의 분포율을 조사하였고, 각각의 설문항목별로 가장 많은 비율을 차지하는 정보만을 수집하여 [Fig. 22]와 같이 분포현황 그래프로 나타내었다.

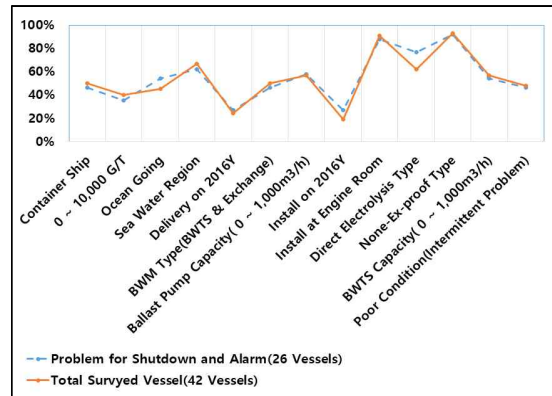


[Fig. 22] Distribution status of Problem for Familiarity of Crew by “Group II” Surveyed items for 36 vessels(86%)

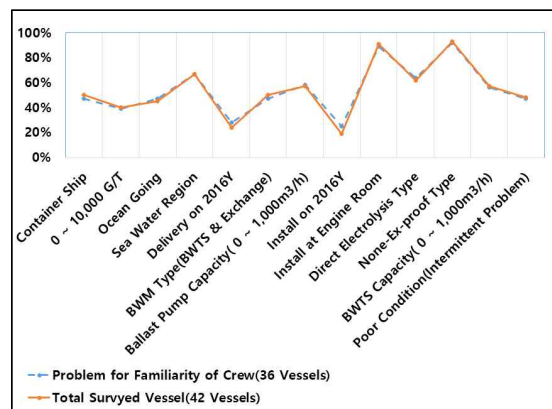
상기 1.항에서 다루었던“처리된 평형수의 샘플링과 관련한 문제”, 상기 2.항에서 다루었던“BWTS 비상정지 및 경보발생과 관련한 문제” 및 3.항에서 다루었던“선원의 친숙도와 관련한 문제”에 대하여 각각의 발생 경향을 알아보기 위해 1.항의 문제를 경험한 선박(22척), 2항의 문제를 경험한 선박(26척) 및 3.항의 문제를 경험한 선박(36척)과 설문 조사에 응한 전체 선박(42척) 으로부터 각각의“Group I”및“Group II”설문조사 결과를 비교하는 그래프를 [Fig. 23], [Fig. 24] 및 [Fig. 25]에서 나타내고 있다.



[Fig. 23] Comparative Trend of Problem for Sampling Treated B.W.



[Fig. 24] Comparative Trend of Problem for Shutdown and Alarm



[Fig. 25] Comparative Trend of Problem for Familiarity of Crew

IV. 결 론

현재 BWM 협약이 발효된 상태이며, 400톤 이상의 국제항해에 종사하는 신조선의 경우 BWTS를 설치하여야 하고, 현조선의 경우 2019년 9월 8일 이후부터 순차적으로 BWTS를 탑재 운용하여야 한다. 현조선은 BWTS의 탑재에 시간적 여유가 있음에도 BWTS를 탑재하여 운용하는 선사들이 증가하고 있지만, BWTS 운용과 관련한 다양한 문제들이 나타나고 있다. 따라서, 본 논문에서는 BWTS의 운용과 관련한 선내에서 발생하는 다양한 문제들을 선박의 환경적인 측면과 BWTS의 환경적인 측면에서 분석하고자 하였으며, 이를 위해 (사)한국선급에 입급된 42척의 선박을 대상으로 “Group I” 및 “Group II”로 나누어 설문 조사를 실시하였다.

설문조사에서 도출된 결과 중에서 3가지의 문제점(처리된 평형수의 샘플링 관련 문제, BWTS의 비상정지 및 경보발생 관련 문제 및 BWTS의 선원 친숙도 관련 문제)을 기준으로 하여 문제 발생 경향에 대하여 그래프로 [Fig. 23], [Fig. 24] 및 [Fig. 25]로 나타내었다.

처리된 평형수의 샘플링 관련 문제를 경험한 선박(22척)에서 컨테이너 선종, 평형수 펌프 용량 1,000m³/h 미만, 2013년 인도 및 간헐적인 고장(운전에는 지장 없음)의 요인들이 설문 전체 선박(42척)의 동등한 요인들과 비교하였을 때 상대적으로 높게 나타났다.

BWTS의 비상정지 및 경보 발생 관련 문제를 경험한 선박(26척)에서 원양항해, 2016년 인도 및 직접전기분해 처리방식의 요인들이 설문 전체 선박(42척)의 동등한 요인들과 비교하였을 때 상대적으로 높게 나타난 반면, 컨테이너 선종 및 10,000톤 미만에서는 이러한 요인들이 상대적으로 낮게 나타났다.

BWTS의 선원 친숙도 관련 문제를 경험한 선

박(36척)은 모든 요인에서 설문 전체 선박(42척)의 요인들과 비슷한 분포를 나타내고 있다. 이러한 문제를 경험한 선박들은 주로 컨테이너 선종, 항만수역이 해수 성질, 기관실에 BWTS가 설치되어 있고 비방폭형 타입의 BWTS로 분석되었다.

References

- International Maritime Organization(2017). Table of BA FA TA updated August 2017.
[http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/BallastWaterManagement/Documents/Table of BA FA TA updated August 2017.pdf](http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/BallastWaterManagement/Documents/Table%20of%20BA%20FA%20TA%20updated%20August%202017.pdf)
- Jee JH & Oh C(2016). Risk Assessment for Retrofitting a Ballast Water Treatment System on an Existing Vessel. JFMSE, Vol.28(6), 1602~1613.
<https://doi.org/10.13000/jfmse.2016.28.6.1602>
- Jee JH(2017). A Study on Retrofitting BWTS using 3D Digital Design. JFMSE, Vol.29(2), 503~512.
<https://doi.org/10.13000/jfmse.2017.29.2.503>
- Jee JH.(2017). Risk Assessment for Retrofitting an Electrolysis Type Ballast Water Treatment System on an Existing Vessel. JFMSE, Vol.29(3), 665~676.
<https://doi.org/10.13000/jfmse.2017.29.3.665>
- Kim, E. C.(2012). Consideration on the Ballast Water Treatment System Technology and its Development Strategies. Korean of Society Marine Environment and Energy, Vol.15(4), 349~356.
- Korean Register of Shipping(2016). Briefings of IMO Meeting MEPC 69.
http://www.krs.co.kr/kor/tech_infor/read.aspx?s_code=0403030000&tec_code=12&no=1197&gubun=INTRA
- Korean Register of Shipping(2017). Briefings of IMO Meeting MEPC 71.
http://www.krs.co.kr/kor/tech_infor/read.aspx?s_code=0403030000&tec_code=12&no=1282&gubun=INTRA

- Received : 05 September, 2018
- Revised : 08 October, 2018
- Accepted : 17 October, 2018