

1. 서론

1.1 선박평형수(Ship's Ballast Water)

선박의 종경사, 횡경사, 홀수, 복원성 또는 선체응력을 통제하기 위하여 해수(또는 담수)를 선박에 싣게 되는데, 이를 선박 평형수(Ballast Water)라고 하며, 이 선박 평형수 내에 포함된 유해 수생생물과 병원균을 제거하거나 무해화 또는 그 유입이나 배출을 방지하기 위하여 BWTS(Ballast Water Treatment System, 선박평형수 처리장치)를 설치한다.

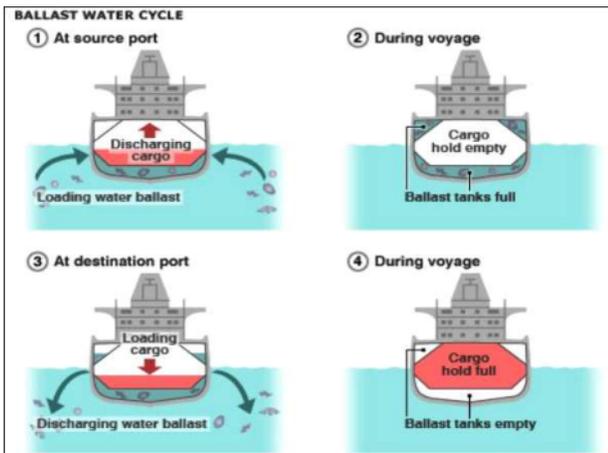


그림 1 선박평형수 처리 과정 개념도
(출처: 한국해양수산개발원)

국제해사기구(IMO: International Maritime Organization)에서는 유해 수생 생물과 병원균의 이동으로 발생하는 환경, 인간건강, 재산 및 자원에 대한 위험 방지를 위해 2004년 선박 평형수 관리협약(International Convention for the Control and Management of Ship's Ballast Water and Sediments)을 채택하여 BWTS 장착을 의무화 하였으며, 본 협약에 따라 전세계적으로 BWTS 제품개발 및 관련 시장이 형성되었다. IMO 선박평형수 관리협약 발효 조건은 세계 상선 선복량(총톤수 합계)의 35% 이상과 30개국 이상의 국가가 비준, 수락 또는 승인에 관한 유보 없이 서명이 이루어진 날로부터 12개월 후에 발효된다.

1.2 선박평형수 처리장치 (Ballast Water Treatment System)

선박평형수 처리장치(BWTS)는 세계의 많은 나라에서 개발 완료하였고, 새로운 제품 개발을 진행하고 있다. 현재 개발 및 제작, 판매되고 있는 BWTS의 기술적인 방식은 다양하나 UV 조사, 전기분해, 오존분사 방식으로 대표되는 3가지 방식을 중심으로 응용기술을 접목하여 차별화하고 있는 특성을 보이고 있다.

선박평형수 처리장치는 신조선박시장을 중심으로 관련 시장이 지속적으로 성장하고 있고, 2010년부터 2014년까지 한국의 BWTS 시장 점유율은 55.5%로 독보적인 세계 1위를 차지하고 있으며, 시장점유율을 계속 유지한다면, 국내 업체들은 향후 5년간 22조 2000억 원 이상의 시장을 점유 할 전망이다. 세계적으로 BWTS 장치 승인업체는 한국 13개사를 비롯하여 약 55여개사이며, 최근 BWTS를 장착한 선박 2,000여척 중 국내 BWTS 제조사 제품을 장착한 선박이 1,100여척으로 전체 시장의 55% 이상을 차지하고 있다. 또한 국내 BWTS 제조사는 약 8,000억원의 해외수주를 달성하여 연간 2,570억원의 시장수입을 확보함으로써 국내 주요 BWTS 제조사(테크로스, 파나시아, 엔케이)의 매출액은 약 1,600억원 이상으로 연간 국내 매출액의 70% 이상을 차지하고 있다.

2. BWTS Retrofit

2.1 BWTS Retrofit 기술정의

BWTS Retrofit은 BWTS가 장착되어 있지 않는 현존선박에 BWTS를 장착하는 일련의 공정을 의미하는 것으로, 기존 BWTS 제품의 개발과는 차이가 있다. BWTS Retrofit 기술은 EPC (E-Engineering(설계), P-Procurement(구매), Construction(건설))의 종합 엔지니어링 기술을 필요로 하는 분야로, BWTS Retrofit의 통상적인 절차로 계약을 위한 필요사항(기술 선택, 예산, 일정) 검토 및 평가하는 계획단계, 대상선박 방문 조사 및 설치 공간 확정하고 3D Scanning을 수행하는 조사단계가 필요하다.

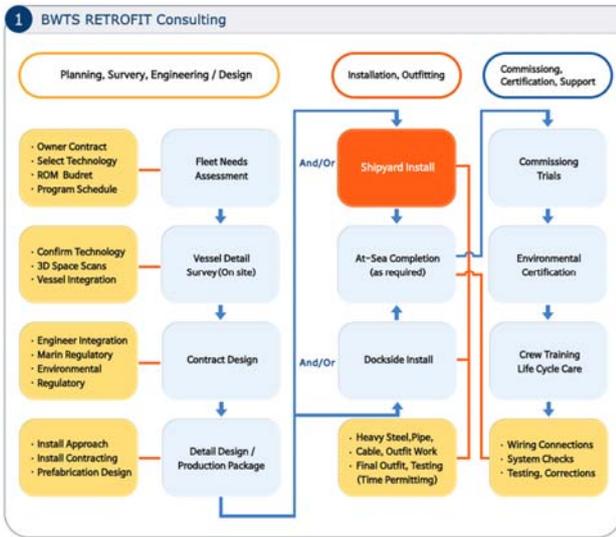


그림 2 BWTS Retrofit Process (출처:RETROFIT KOREA)

또한 BWTS 및 각종 필요 기술 통합 설계하고, 각종 규제 및 규정 만족을 위한 엔지니어링(위해/위험도 분석, 구조등) 수행하는 엔지니어링/기본설계단계를 수행해야 하며, BWTS 설치를 위해 상세설계도면 작성하는 상세설계단계와 조선소 Dock 선거 후 BWTS를 설치하는 BWTS Retrofit 설치 공정 단계, 그리고 배선연결, 파이프, 케이블 등 BWTS 필요장치의 설치 및 재설치 이후에 BWTS 및 관련 Retrofit 장치 작동여부 확인하고 환경승인 및 관리의 시운전/인증/지원단계의 절차를 수행해야 한다.

2.2 BWTS Retrofit의 주요 기술개발 요소

BWTS Retrofit의 주요 기술개발 요소는 크게 4가지로 구분할 수 있는데, Reverse Engineering, Retrofit Engineering, Retrofit Risk Assessment, Installation Process & Method of construction 이 있다. Reverse Engineering은 설계 엔지니어링을 위해 현존선의 BWTS 설치 대상 공간에 대해 3D Scanning을 통해 3차원 도면화 하는 기술이다. 현존선의 경우, 기본도면은 선박 및 선주사가 구비를 하고 있으나, 건조용 상세도면 및 생산도면을 구비하고 있지는 않고 이를 조선소가 소유하고 있다. 또한 정기검사기간에 선박의 노후화 등의 각종 원인에 기인한 수리 등을 통해서 초기 건조 당시의 상태와는 다른 경우가 많다.

이러한 이유로, BWTS Retrofit을 위해 대상선박의 현재 시점에서 설치 대상 공간 및 변경 예상되는 공간에 대한 정보 및 도면을 만들어야하며 이를 위해서 3D Scanning을 통한 3

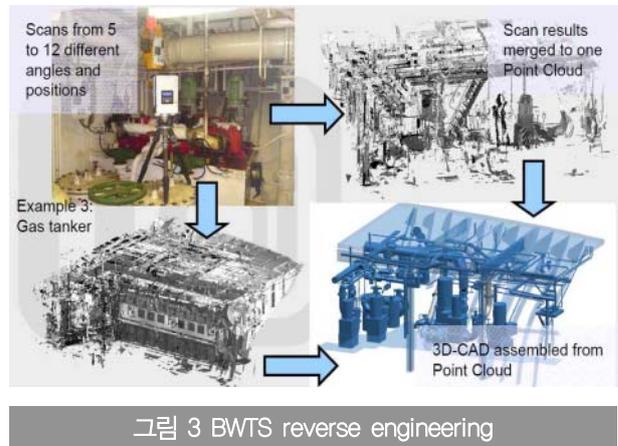


그림 3 BWTS reverse engineering

차원 도면화 작업을 수행해야 한다.

3차원 도면화를 위해서 비록 3D Scanning을 수행한다고는 하더라도, 3D Scanner가 가지는 기술적인 한계점(근접 물체에 대해 레이저 조사를 통한 표면 데이터 추출, 물체의 중첩이 일어날 경우에는 후방물체에 대한 정보획득 불가하며, 배관 등의 두께를 가지는 물체에 대한 상세정보 획득 불가)으로 인해서 설치 대상 공간에 대한 정보를 효율적으로 획득하기 위한 기술개발이 필요하다. 또한 3D 계획화 된 도면 데이터를 활용한 BWTS Retrofit의 설계 시뮬레이션을 통한 검토를 위해 Digital MOCK-UP화 작업수행이 필요하다.

Retrofit Engineering은 3차원 도면화된 현존선의 설치 대상 공간 및 변경 예상되는 공간에 BWTS 장착을 위한 설계를 수행하는 기술이다. 3D-Reverse Engineering을 통해서 획득된 현존선의 설치 대상 공간 또는 변경이 예상되는 공간을 대상으로 장착하고자 하는 BWTS의 설치와 이로 인해서 변경되는 선박 내의 각종 기자재의 재배치, 교환 및 선박 구조물 변경 등의 조건을 반영하여 기본설계~상세설계, 생산설계까지 수행한다.

신조선과는 달리, BWTS Retrofit은 현존선박의 정기검사기간에 수행해야 될 것으로 예상되므로, 대상선박이 임의적일 뿐만 아니라 선주의 선호도에 따라 설치하고자 하는 BWTS가 달라질 수 있다. 따라서 3D Digital MOCK-UP을 활용하여 설계 엔지니어링 및 생산 설계를 수행하여 실제 Retrofit 작업이 가능한 상세 도면화 작업 수행해야 한다. 또한 BWTS의 변경된 선박 내부 구조에 대한 구조안전성 분석, 위해도 분석을 수행하여 결과를 설계에 반영하고 기본설계 및 상세설계의 최적화 설계에 반영해야 한다.

BWTS Retrofit은 설치될 BWTS 그 자체에 대한 위해도 분석뿐만 아니라 설치될 선박 내부의 설치위치, 설치방법, 구조 변경, 전원 및 규제 등 예상되는 위험에 대한 분석 및 대안 확보를 위한 Retrofit Risk Assessment 기술 필요하다.



그림 4 Retrofit 설치 공정 시 고려 사항

Risk Assessment를 위한 HAZID의 경우, BWTS Retrofit을 위한 관련 전문가 집단의 구성을 통한 예상되는 모든 문제의 List-Up, 대상문제에 대한 위험도의 경중 분석 및 해석학적, 실험적 분석을 통한 문제에 대한 대안을 마련하고, 이를 설계에 반영해야 한다. 현재 많은 BWTS가 개발 완료되어 장착되고 있으나, 운용을 통한 안전성 분석하지는 못하고 있다. DNV 등의 선급에서는 BWTS에 대한 안전성 분석에 대해서 결과를 요청하고 있으며, BWTS Retrofit에서도 안전성 분석의 결과에 대한 중요성이 커질 것으로 예상된다.

마지막으로 Installation Process & Method of construction 기술이란 설계엔지니어링을 통해 최종적으로 완성된 생산설계를 통해 실제 선박 내 BWTS를 설치하기 위한 공정 및 공법에 관한 기술요소이다. BWTS Retrofit은 신조와는 달리, 현존선에 대해서 BWTS를 설치하는 분야로 수리조선소의 산업분

야에 해당되며, 대상선박의 종류, 크기, BWTS Type에 따른 현존선박의 BWTS Retrofit을 위한 공정 일정, 필요 예산, 필요 기자재의 조달, 효율적이고 최단기간에 Installation을 마칠 수 있는 공법의 개발 필요하다. 특히, 신조선과는 다른 수리조선소가 보유한 시설을 기준으로 효과적인 Installation 및 BWTS와 선박의 시운전 및 사후 서비스에 대한방안도 함께 고려해야 한다.

3. BWTS Retrofit 동향

3.1 해외 BWTS Retrofit 기술개발 동향

BWTS Retrofit 시장은 80조원에 이르는 큰 시장 규모이기 에 다수의 조선해양 관련 국가에서 시장 진출을 위한 기술 확보에 노력하고 있다. KEPPEL(싱가폴)은 조선/해양 관련 설계 엔지니어링 전문기업으로 BWTS Retrofit 시장의 선도적인 역할을 확보하기 위해 선박의 선종별/크기별에 따라 대표 BWTS 제품을 선정하고 설계 지침화를 통한 설계 효율 향상을 추진하고 있다.

일본은 정부와 자국 선주사를 중심으로 자국 국적선을 대상으로 자국 설계 엔지니어링 기업과 BWTS Retrofit을 위한 Reference 확보에 주력하고 있으며 Retrofit을 위한 해외 수리조선소 확보에 많은 노력을 기울이고 있고, 특히 Mitsubishi(일본)사는 자국 선주보유 선박을 대상으로 중국(Chenxi Shipyard) 및 동남아 지역의 수리조선소와 상호협약을 통해 BWTS의 마케팅, 시스템 선정, 설치 공정에 이르는 전 과정에 대한 기술력을 확보를 추진하고 있다.

Requirements Feasibility & Risk Assessment Guide

Likelihood of Compliance (Probability of meeting requirement on schedule and within budget)		Requirements Achievability Risk Matrix	
(1) Requirement assessed "Grey"	-- Requirement is unassessed, default value.	X	
(2) Requirement is not feasible "Black"	1 No technical solution exists within the project cost, schedule & tech constraints.	A	X1 X2 X3 X4 X5
(3) Almost Certain Noncompliance "Red"	1.0E-1 Understanding, integration or technology almost certain to impact achieving. Requirements not agreed.	B	X1 X2 X3 X4 X5
(4) Likely Non-Compliance "Amber"	1.0E-2 Understanding, integration or technology likely to impact achieving. Requirement may be (or is) changing.	C	X1 X2 X3 X4 X5
(5) Possible Noncompliance "Yellow"	1.0E-3 Understanding, integration or technology possibly impact achieving. Requirement performance criteria not credible.	D	X1 X2 X3 X4 X5
(6) Unlikely Noncompliance "Light Green"	1.0E-4 Understood requirement, project plans in place, mature technology. Initial assessment not yet conducted but experience indicates problems are unlikely.	E	X1 X2 X3 X4 X5
(7) Rare Noncompliance "Dark Green"	1.0E-5 Well understood, technology & project resources in place. Previous experience indicates high likelihood of compliance.	F	X1 X2 X3 X4 X5
(8) Compliant, Tested and Verified "Blue"	0 Design has met or exceeded performance requirements levels. Issue of known tested solution. Initial verification conducted.		

Technical Consequences (Severity)	
QL On	Requirement is unassessed, default value.
5 1E+7	Major (e.g. sink the project), performance, safety or regulator certification requirements not met.
4 1E+6	Significant degradation of performance, usage rates or major regulator certification issue, major crew usability issue.
3 1E+5	Some reduction in performance, moderately bad usability or OHS&S issues. Minor regulator certification issues. Correctable with effort.
2 1E+4	Small reduction in performance, minor impact on operator satisfaction with product, easily correctable.
1 1E+3	Minimal consequence, minor design change or warning.
0 1E+2	No effect

Contents of a Technical Risk Assessment Plan	
• Statement of Problem and Risk	• Assessment of Risk and Problem
• Description of Consequences of Failure	• Recommended Countermeasure Method
• Impact of Implementing (Cost, Schedule, Technical)	• Responsible Organization & Person
• Implementation Start Date and Key milestones	• Criteria for Closing Risk
• Decision Point	• Project Manager & Systems Engineer approval

Risk Countermeasures (See Matrix for Application)	
Review	Review requirement status at control gates
TRM	Technical Parameter Management
CTQ	Critical to Quality monitored and managed
MAP	Formal Risk Abatement Plan

그림 5 Risk Assessment Matrix (출처:Musings on Project management, John Goodpasture, '13)

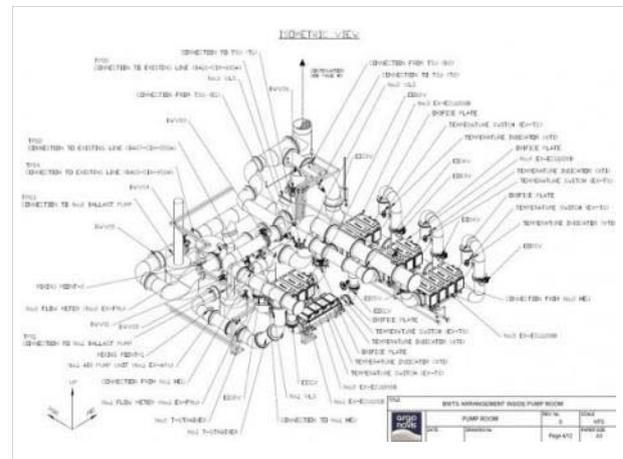


그림 6 Argo Navis(그리스) Retrofit (출처:ARGO NAVIS)

Argo Navis(그리스)사는 52,000 DWT 벌크선에 대한 3D Scanning 및 Modeling 방법을 통한 BWTS Retrofit을 수행한 경험이 있으며, 이에 대한 홍보 및 사업 확장을 진행 하고 있고, Glosten Associates(USA)사는 전 세계 10여개 BWTS 제조사의 Retrofit Engineering/Design 수행하고 있으며, Global R&D Forum on BWM 을 통해 설치 사례들을 알리고 있다. Cathelco(영국)사는 UV방식 BWTS 전문기업으로 현존선 Installation을 진행하여 관련 기술을 확보하고 있다.

3.2 국내 BWTS Retrofit 기술개발 동향

국내 BWTS 기자재 분야의 경쟁력은 세계 최고 수준이며 국내 중소/중견기업 3사(테크로스, 파나시아, 엔케이)에서 국내 매출의 50%에 가까운 BWTS 시장 점유율을 보이고 있다. (주)테크로스의 전기분해 방식의 ECS (Electro-Clean TM System)는 평형수 배관에 직접 설치되어 전수통과 방식으로 생물사멸을 하는 장치로 설치위치에 따라 기관실의 경우 비방폭형 모델, 펌프룸의 경우 방폭형 모델 및 상갑판 폭로부에 선박평형수 처리장치용 Room을 설치하여 방폭형 모델을 설치할 수 있다.



그림 7 대표적인 국내기업의 BWTS 방식 (출처:파나시아, 테크로스, 엔케이)

(주)파나시아의 경우, 자외선을 이용한 UV방식으로 BWTS Retrofit을 수행한 경험을 가지고 있고, (주)엔케이는 오존을 이용한 선박평형수 처리 장치이며, 오존발생기로부터 오존을 평형수 주배관에 분기관으로 주입하는 방식으로, 선형 및 선종에 관계없이 주 배관의 변경이 없이 분기관만 설치하고 오존 발생장비는 선박 유휴공간에 플렉시블하게 설치할 수 있어 Retrofit에 적합한 기술로 평가되고 있다. (주)삼건세기는 플라즈마+UV 방식 BWTS제품을 개발/생산하고 있고, (주)선보공업은 마이크로버블을 이용한 오존분사방식의 BWTS제품 개발하였다. (주)한라MS는 전기분해방식을 이용한 간접식(Side stream)방식으로 처리된 평형수를 주배관에 주입하는 방식으로 개발 되었다. (주)케이티마린은 전수통과 방식의 전기분해방식을 개발하여 승인 중에 있다.

4. BWTS Retrofit 필요성

4.1 국제 협약 따른 BWTS Retrofit 개발 필요성

국제해사기구(IMO)의 선박평형수 관리협약에 의거 30개국 및 세계 선복량 대비 35% 총족으로 비준 12개월 후 정식 발효 예정되어 있고, 동 협약의 발효와 동시에 2009년을 적용시점으로 규정함에 따라 BWTS Retrofit은 가시화된 IMO BWM 협약 발효 및 적용에 따른 신규 거대시장으로 형성될 것으로 예상된다. 현재까지 신조선박의 경우 BWTS를 장착하여 건조되고 있으나 BWTS를 장착하지 않은 선령 5년 이상의 대다수의 현존선의 경우 동 협약의 '현존선' 정의에 대한 이견 및 협약 발효 조건 등에 따라 그동안 BWTS 장착이 미진하였다. 지난 2013년 05월에 있었던 IMO MEPC 65차 회의에서는 현존선에 대한 정의(B-3 규정) 및 협약의 발효를 아래와 같이 합의 하였다.

- ※ Option 1 : 협약의 발효시점 이전에 건조된 선박을 모두 현존선으로 간주하며, 현존선의 선박평형수 처리설비 탑재유예기간을 5년으로 연장
- ※ Option B : 추가의 선언이나 기탁없이 총회결의서의 합의사항을 바탕으로 협약 개정사항을 공통적으로 적용

규칙 B-3	승급거치일	평형수 탱크 용량 (m³)	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
【현존선 (Existing ships) : 2009년 전 건조된 선박】											
1.2 항	2009년 전	1,500 미만	D1 or D2						D2		
1.1 항	2009년 전	1,500 이상 5,000 이하	D1 or D2						D2		
1.2 항	2009년 전	5,000 초과	D1 or D2						D2		
【신 선 (New ships) : 2009년 이후 건조되는 선박】											
3 항	2009년 이후	5,000 미만	D2								
4 항	2009년 이후 2012년 전	5,000 이상	D1 or D2						D2		
5 항	2012년 이후		-			D2					
D1 (평형수교환기준)		선박평형수 탱크 용량에 관계없이 해당선박의 2009년 인도연차일 이후 첫 번째 도래하는 정기 또는 증선검사 시까지 적용									
D2 (평형수처리장치기준)		MEPC(G8)의 지침에 따라 형식승인을 득한 Ballast Water Management System 적용									

그림 8 현존선 BWTS 설치시기

Option 1의 적용에 관련하여 현존선은 탑재유예기간을 5년으로 적용 받기는 하지만 '증서조화제도(MEPC 65/2/15)'에 따라 유예기간 중 정기검사 도래 이전에 BWTS를 탑재해야 한다. B-3규정의 Option 1과 증서조화제도에 따라 2021년까지 BWTS 장착 대상 현존선박 대부분이 선박 정기검사 시기

에 맞추어 BWTS Retrofit을 수행할 것으로 예상되며 이에 따라 2017년 이후 BWTS Retrofit시장의 급격한 성장이 예상된다.

BWTS를 장착(Retrofit) 해야 하는 대상선박의 수는 68,190 척에 달하며 관련 시장의 규모는 약 80조원(척당 12억원, 장치비+설치비)에 이를 것으로 예상되며 이중 BWTS Retrofit 관련 시장 규모는 약 40조원에 이를 것으로 전망하고 있다.

4.2 국내 선주사의 BWTS Retrofit 엔지니어링 기술 협업 필요성

국내 조선산업의 발달과 함께 다수의 선박설계관련 전문기업에서는 이미 BWTS Retrofit 설계엔지니어링 시장진출을 위해서 노력을 기울이고 있다. 또한 BWTS 제조사에서도 BWTS Retrofit 설계엔지니어링 시장진출을 위해 라스텍(테크로스), 파나시아 E&S(파나시아) 등의 설계엔지니어링 전문 자회사를 설립하여 전문 인력의 채용과 교육을 통한 설계엔지니어링 능력 확보를 위해 노력하고 있다.

국내 해운선사 역시 IMO 선박평형수 관리협약에 따라 보유 선박에 대해서 BWTS Retrofit을 수행하여야 하며, 이를 위해서는 설계 엔지니어링 및 설치시기의 조율이 필요하다.

BWTS Retrofit의 중요 공정중의 하나인 장비설치, 외관작업, 시운전등은 Dock를 보유한 조선소의 업무로 수리조선소의 중요 시장 형성이 가능하며, BWTS Retrofit을 위해 선박이

Dock에 상거하는 기간을 최소 2주로 예상됨에 따라 대상선박 6만8천척의 물량을 소화하기 위해서는 세계적으로 수리조선 시장의 규모 확대가 필요한 실정이다.

특히, BWTS Retrofit 시장이 본격적으로 협약이 발효되어 선도적으로 설계엔지니어링 시장 진출하기 위해서는 국내 BWTS 제조사 및 선박설계 엔지니어링 업체에서 대형 조선소의 설계인력에 준하는 고급인력 확보가 필요하고, 또한 선박설계를 통해 입증된 설계엔지니어링 능력으로 조기 시장진입 및 Retrofit 엔지니어링 신뢰도 확보가 필요하다.

BWTS Retrofit 설계엔지니어링은 신조선과 다르게 다양한 선종별, 크기별, BWTS Type 별로 엔지니어링 방식의 차이가 크기 때문에 각 선종별 엔지니어링 경험을 축적 되어야 하며, 이를 통한 시장 인지도 향상을 기반으로 국내 선주사의 Retrofit 설계영업 컨설팅을 통해 설치시기를 앞당길 수 있도록 협조해야 하며, 확보된 설계 Reference가 영업 경쟁력을 강화 할 수 있는 바탕이 될 것이다. 그러므로 약 40조원에 이를 것으로 예상되는 BWTS Retrofit 시장에 대응하기 위한 국내의 설계엔지니어링 전문기업과 BWTS 제조사와의 상호보완적 동반기술개발을 통한 세계시장동반진출의 필요성이 커지고 이를 통한 선주영업에서의 우위성 확보 가능 할 것으로 판단된다.

신조선 관련 BWTS 시장은 선주가 BWTS 제품을 선택하는 방식에 취하고 있으며 이에 따라 BWTS 제품의 시장 점유율

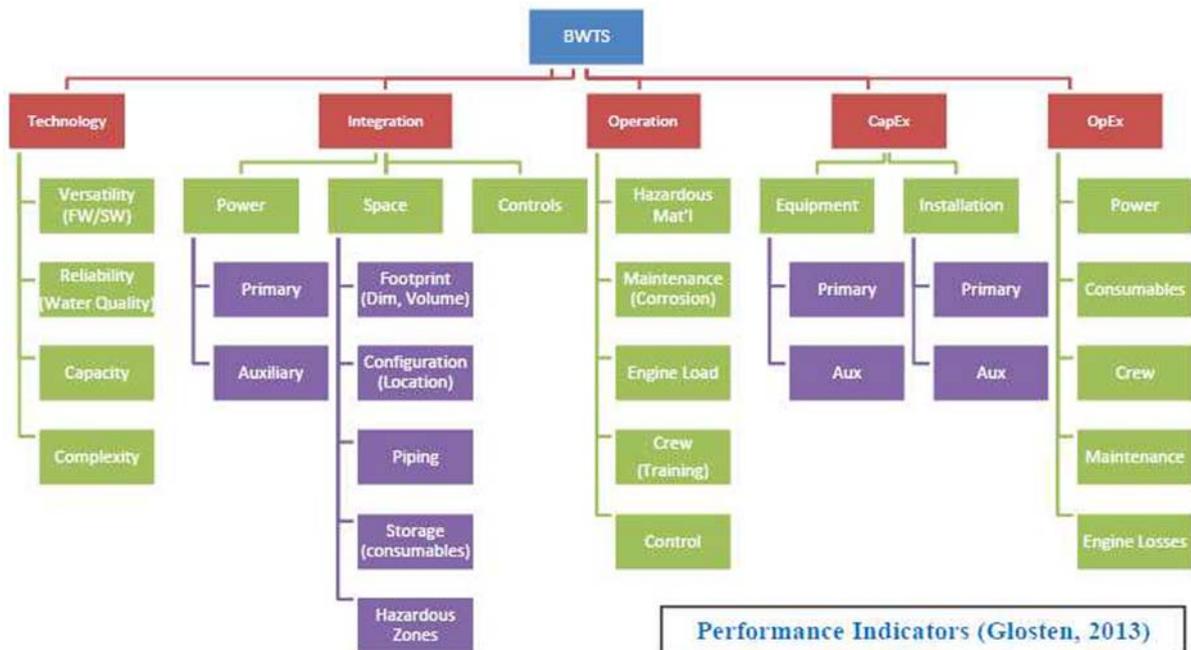


그림 9 BWTS 선정을 위한 성능지표 (출처:Glosten, 2013)

및 BWTS 제조사의 선주대상 영업활동이 중요한 Factor로 작용하고 있다. 이에 반하여, BWTS Retrofit 시장의 경우는 수리 조선시장의 특성을 가지고 있으며, 대상선박이 정기검사의 짧은 기간을 활용하여 BWTS Retrofit을 수행할 것으로 예상되므로 BWTS 제품+Retrofit 관련 EPC의 일괄계약이 이루어질 수 있도록 영업 경쟁력 확보가 필요하다.

5. 결론

국내 조선산업은 2009년 세계 경제위기 이후, 조선 후발국가인 중국의 맹렬한 추격을 받고 있기는 하나 세계 조선시장에서 글로벌 리더로서의 국내 조선산업의 지위는 굳건히 지켜나가고 있다. 하지만, 국내 중소형 조선소는 경제위기 이전 짧았던 조선산업 활황기에 과도한 투자로 경영위기를 극복할 수 있는 대안을 찾지 못하여 대부분이 파산(또는 법정관리)함에 따라 '중소형 조선소' 라고 부를 수 있는 조선소 자체가 없다고 해도 과언이 아니며, 국내 조선산업의 외형적인 성장에도 불구하고 대중소기업 균형발전이 이루어지지 않은 상태이다. 여기에 중소형 조선소의 특화된 신조선(해양작업 지원선, 해양레저선박, LNG Bunkering선 등)에서도 중국이나 브라질, 동남아의 조선후발국가가 시장을 선점하고 있는 추세이다.

그러나 가치화된 IMO 선박평형수 관리협약의 발효 시, 국내 BWTS 장치 및 Retrofit 산업은 새로운 국면을 맞이할 것이며, 새롭게 형성될 BWTS Retrofit 시장은 선박평형수 처리장치 적용과 설치비용을 포함하여 80조원에 이르는 시장 규모가 예상되므로, 국내 조선기자재 기업, 설계 및 엔지니어링 기업, 중소형 조선소의 새로운 주력산업이 되어 침체된 국내 조선산업의 활성화를 위한 적절한 대안이 될 것으로 예상된다.

참고 문헌

- 국제해사기구(IMO) [선박평형수 관리협약](2004)
- 국토해양부 [선박평형수관리법] (2007)
- (사)한국선급 [기술정보지 2009027] (2009)
- (사)한국조선해양플랜트협회 [13년 조선자료집] (2013)
- (사)대한조선학회 [Webzine, 2014년 5월호] (2014)



이 봉 희

- 1980년생
- 2009년 동아대학교 기계공학과 석사
- 현 재 : 한국조선해양기자재연구원 선임연구원
- 관심분야 : 열 유체 분야 CFD
- 연 락 처 : ***-***-****
- E - mail : lbh1980@komeri.re.kr



박 재 현

- 1973년생
- 2007년 동아대학교 기계공학과 박사
- 현 재 : 한국조선해양기자재연구원 책임, 열유체연구센터 센터장
- 관심분야 : 극한 환경 유체기계, 위험성 분석
- 연 락 처 : 051-400-5062
- E - mail : parkjh@komeri.re.kr



김 정 환

- 1968년생
- 2003년 한국해양대학교 기계공학과 박사
- 현 재 : 한국조선해양기자재연구원 수석, 에너지해양연구본부 본부장
- 관심분야 : 에너지, 열유체 및 구조, 대기환경
- 연 락 처 : 051-400-5061
- E - mail : jhkim@komeri.re.kr