

우리나라 선박평형수처리시스템(BWMS) 산업의 경쟁력 분석에 관한 연구

박한선* · 김보람**† · 이정석*** · 정행운****

* 한국해양수산개발원 해사안전연구실 연구위원, ** 한국해양수산개발원 해사안전연구실 연구원
 *** 한국환경·정책평가연구원 사회환경연구실 연구위원, **** 한국환경·정책평가연구원 사회환경연구실 연구원

A Study on the Industrial Competitiveness of Ballast Water Management System in Compliance with the International Maritime Organization Ballast Water Management Convention in Korea

Han-Seon Park* · Bo-Ram Kim**† · Jeong-Seok Lee*** · Haeng-Un Chung****

* Senior Research Fellow, Department of Maritime Safety, Maritime Industry & Logistics Division, Korea Maritime Institute, Busan, 49111, Korea

** Researcher, Department of Maritime Safety, Maritime Industry & Logistics Division, Korea Maritime Institute, Busan, 49111, Korea

*** Senior Research Fellow, Division for social Environment, Korea Environment Institute, Sejong-si, 30147, Korea

**** Researcher, Division for social Environment, Korea Environment Institute, Sejong-si, 30147, Korea

요약 : 본 연구는 IMO 선박평형수관리협약과 관련하여 선박평형수처리시스템(BWMS) 산업에 대한 한국의 산업경쟁력 현황과 향후 발전방향을 제언하기 위하여, BWMS 관련 무역데이터를 기반으로 현시비교우위지수와 무역특화지수로 비교·분석하였다. 친환경선박에 대한 국제적 관심이 확대됨에 따라 IMO는 선박기인 오염물질 해양배출과 관련된 논의 및 협정 체결이 지속적으로 증가하고 있다. 동 협약의 이행국가들은 BWMS 산업이 높은 시장진입 장벽과 선도 시장진입자의 시장점유율 확대를 위해 경쟁하고 있으며 BWMS는 친환경선박 분야의 주요산업으로서 각 국가는 기술개발 및 산업경쟁력확보를 위해 노력하고 있다. 한국은 2019년 10월 기준(BWM.2/Circ.34/Rev.8) 최종 승인 받은 BWMS 전체 45개 중 17개(약 38%)를 차지하고 있다. 동 산업의 시장점유 현황을 파악하기 위하여 상품코드 HS842219, HS84212, HS89가 부여된 무역데이터를 기반으로 현시비교우위지수와 무역특화지수를 산출 및 비교한 결과, 한국은 전 세계 대상으로 BWMS 시장 점유가 비교우위이나 독일, 덴마크 등의 국가에 비해서는 상대적 열위인 것으로 분석되었다. 그럼에도 불구하고 다수의 IMO 승인기술 견수, 국내 승인기관 보유 등의 산업생태계가 조성되어 있어 향후 BWMS 시장 경쟁력이 강화될 가능성이 높은 것으로 분석되었다.

핵심용어 : 해상교통환경, 선박평형수관리협약, 선박평형수처리시스템, 현시비교우위지수, 무역특화지수

Abstract : In this study, we compared and analyzed the Revealed Comparative Advantage (RCA) and Trade Specialization Index (TSI) based on ballast water management systems (BWMS) trade data, which are related to the International Maritime Organization (IMO) Ballast Water Management Convention to suggest the current status of Korea's industrial competitiveness and suggest future development directions for the BWMS industry. As international interest in eco-friendly vessels is expanding, the IMO is engaged in dramatic discussions and agreement-making related to marine emissions of pollutants from ships. IMO member states that must implement this convention are striving to develop technology and secure industrial competitiveness as major industries in the eco-friendly shipping sector, with the BWMS industry experiencing a high market entry barrier and the possibility of the leading market entrants gaining leadership. The Republic of Korea accounts for 17 (approximately 38%) of the 45 BWMS that received final approval as of October 2019. Based on trade data relating to product codes HS842219, HS84212, and HS89, the RCA index and TSI were calculated and compared. The findings revealed that the Republic of Korea has relative inferiority compared to countries such as Germany and Denmark. Despite this, Korea's favorable industrial environment, which includes several IMO-approved BWMS technologies and the possession of domestic certification institutions, is likely to strengthen its competitiveness in the BWMS market.

Key Words : Maritime traffic environment, Ballast Water Management Convention, Ballast Water Management System, Revealed Comparative Advantage, Trade Specialization Index

* First Author : hspark@kmi.re.kr, 051-797-4627

† Corresponding Author : zzz3678@kmi.re.kr

1. 서론

국제사회는 UN 인간환경회의(United Nations Conference on the Human Environment)에서부터 파리협정(Paris Convention for the Protection of Industrial Property)에 이르기까지 환경오염 보호의 필요성을 심각하게 인식하면서, UN 2030 지속가능한 개발을 통해 개선을 위한 노력을 기울여왔다(Wells et al., 2002).

국제해사기구(IMO: International Maritime Organization, 이하 IMO) 역시 그러한 노력의 일환으로(IMO, 2017) 선박으로 인한 대기, 수자원, 해양생태계 등의 오염을 방지하기 위해 다양한 협약을 마련하여 규제하고 있다. IMO의 해양환경 보호를 위한 규제는 해양오염방지협약(MARPOL)을 기본적으로 말할 수 있으며, 해당 협약에는 기름, 산적 유해액체물질, 포장된 형태의 유해물질, 선박의 오수, 선박의 폐기물, 선박에 의한 대기오염과 같이 6개의 부속서를 포함하고 있다. 그 외 유류오염 대응 및 협약에 관한 국제협약(OPRC 협약), 선박유해방오도료협약(AER 협약), 선박평형수관리협약(BWM 협약), 선박재활용협약(SRC 협약) 등을 채택하였다.

한국은 IMO의 환경보호 규제 강화가 해양환경을 보호함과 동시에 친환경 기자재 산업이 발전할 수 있는 기회라는 것에 주안점을 두고 있다. 해운 및 조선업계가 IMO 환경협약에 대응하기 위해 노력하기 시작하면서 선박으로부터 배출되는 모든 해양 및 대기오염물질을 저감하는 선박을 의미하는 친환경 선박(Green Ship)의 개념¹⁾이 나타났다(Park et al., 2016). 선박의 환경오염물질 배출을 최소화하거나 저탄소 연료를 사용하는 주기관(Chengpeng et al., 2015), 평형수처리시스템(BWMS: Ballast Water Management System, 이하 BWMS), 고효율 추진기 등의 기술을 반영한 선박은 기존 선박에 비하여 환경을 저해하는 물질의 배출량을 획기적으로 감축하고 효율을 높일 수 있기 때문에(Gallagher et al., 2003) 국가적 입장에서 친환경선박 확대의 필요성이 더욱 증대되고 있다(Kim and Kim, 2014).

IMO 환경협약에 대한 국가 포지션은 역량 강화(Park et al., 2017)와 함께 고효율 주기관 R&D, 기자재 세부설계 R&D, 친환경선박 전환 시 경제성 비교, 운용인원 교육을 중요 요소로 고려하여 반영된다(Brookman et al., 2002). 특히 친환경 선박기자재 세부 유망분야는 Table 1과 같이 오염물질 저감 장치와 LNG 선박기자재로 분류할 수 있다(KOTRA, 2019). 그 중에서도 오염물질 저감 장치는 BWMS, 황산화물 저감장치(Scrubber), 질소산화물 저감장치(SCR), 선박 주기관 배출가스 재순환장치(EGR)를 포함하고 있다.

1) 현재 우리나라 국내법(환경친화적 선박의 개발 및 보급 촉진에 관한 법률 제2조 3항)에서는 친환경 선박을 ‘해양오염을 저감하는 기술을 적용하거나 선박에너지효율을 높일 수 있는 기술을 사용하여 설계된 선박’으로 정의하고 있다.

Table 1. Promising field of eco-friendly ship equipment and material

Field	Pollutant reduction device	LNG ship equipment and material
Part	- BWMS - Scrubber - SCR - EGR	- Ship gas-engine and part - Fuel tank - Pump and valves - Heat exchanger

Source: KOTRA(2019), Korea Trade Investment Promotion Agency, Global Environmentally Friendly Ship Equipment Market Trends and Strategies to Enter Overseas Markets, p.61

IMO가 2004년에 채택한 BWM 협약으로 전세계 5만 7천여 척의 선박이 BWMS를 의무적으로 설치해야 한다(KOTRA, 2019). 따라서 협약을 이행해야 하는 대상 선박이 많아 설비를 설치하기 위한 조선소 도크 부족 및 선사의 비용 부담 문제가 있지만, 독일, 네덜란드 등 몇몇 선진국들은 높은 진입장벽이 오히려 시장지배력의 강화와 주도권 확보로 생각하고 친환경 선박 시장을 새로운 기회로 인식하여 관련 기술 개발 투자와 인력을 확대하고 있다.

실제로 업계에서는 BWM 협약이 채택된 이후 지속적으로 세계시장 규모가 팽창될 것으로 예상하였으며, 유럽 정부들은 환경보호 기준을 국제적인 수준으로 발전시킬 계획을 가지고 정책을 추진하여 해운 강국을 유지하기 위해 노력하고 있다(KOTRA, 2019). Frost & Sullivan의 시장 조사 및 분석에 따르면 BWMS 시장은 대륙별 매출액은 다르지만 미국, 유

Table 2. Global market sales scenarios of BWMS

(unit: million \$, %)

Year	USA	Europe	Asia-Pacific	Middle East
2011	14.3	37.8	79.0	5.3
2012	28.8	82.1	157.6	12.8
2013	49.0	137.8	258.1	21.6
2014	28.9	294.6	908.5	102.6
2015	118.7	841.6	1,447.9	238.5
2016	200.5	1,437.9	2,544.5	410.9
2017	348.9	2,342.5	3,439.4	635.7
2018	505.3	3,299.3	4,399.8	874.1
2019	475.3	3,130.6	4,306.7	835.7
2020	181.1	1,368.7	2,732.9	405.9
2021	112.3	966.8	2,429.6	310.5
2022	66.8	706.5	2,261.9	250.1
2023	48.5	611.4	2,252.0	230.5
CAGR(%)	(0.1)	16.1	24.2	26.7

Source: KOTRA(2019), Korea Trade Investment Promotion Agency, Global Environmentally Friendly Ship Equipment Market Trends and Strategies to Enter Overseas Markets, p.62

우리나라 선박평형수처리시스템(BWMS) 산업의 경쟁력 분석에 관한 연구

립, 아시아-태평양과 중동과 같은 지역에서 지속적으로 확대 될 것으로 전망된다. Table 2와 같이 BWMS 시장은 2011년부터 10년 이상 매출이 급속하게 성장하여 시장의 성장을 이끌 것이다. 2018년을 기점으로 대륙별 다소 매출이 축소되는 모습은 보일 수 있지만, 그럼에도 불구하고 2023년까지 수요는 꾸준하게 있을 것으로 분석되었다.

이것은 BWMS의 상용화를 위해서는 장비의 승인이 필수적이라는 점에 기인한다고 볼 수 있다. 해당 장비가 공인받기 위해서는 IMO의 승인(G9)이 이루어진 후, IMO의 BWMS 지침을 준수하는 개별 국가들의 승인(G8)이 필요하다. 반면, 미국에서 운항하는 선박의 경우 미국해안경비대가 인증한 BWMS 승인기관(USCG IL)에서 승인을 받는 것이 필요하다.

BWMS 설치 의무화와 승인제도 도입으로 인하여 해당 장비에 대한 시장진입은 여타 친환경선박 기자재 시장에 비하여 장벽이 상대적으로 높아졌으며, BWMS 시장을 선점하는 국가가 향후 해사산업의 주도국이 될 가능성이 높다고 볼 수 있다. 한국은 해운·조선 산업에 큰 영향을 미치는 친환경선박 시장을 국가산업 발전의 기회로 여기고 있으며, 이 가운데 대표적으로 2004년 채택된 BWM 협약은 환경규제가 산업을 선도한 해사산업의 대표적 성공사례로 보고 있다 (Park et al., 2016).

본 연구는 IMO 환경협약으로 친환경선박의 중요성에 대한 인식이 확대되는 가운데 한국이 중점적으로 발전시키고 있는 BWMS 산업의 국가 경쟁력을 비교·분석하였다. 연구진은 BWM 협약 및 BWMS 산업의 국내·외 현황을 분석하고, 국가별 BWMS 산업의 경쟁력을 비교·분석하는 과정을 거쳐 결론 및 시사점을 도출하였다.

2. 선박평형수관리협약 및 국내·외 BWMS 산업 현황

2.1 선박평형수관리협약

선박평형수관리협약에 대한 논의는 특정국가 해역에 존재하는 해양병원체(marine pathogens)가 국제항해에 종사하는 선박의 평형수를 통하여 타국가 해역의 해양생태계를 파괴시키는 현상을 방지하기 위하여 시작되었다.

선박평형수가 해양생태계에 주요한 영향을 미친다는 연구는 Drake et al.(2007), Zhang et al.(2014) 등 다양하게 이루어져 왔으며, 이에 따라 IMO에서도 선박평형수 처리에 관한 지침(Guideline)과 권고사항(Guidance) 결의문을 배포하였다. 선박평형수로 인한 해양생태계 파괴 사례로는 Zebra Mussel과 Chinese Mitten Crabs의 미국 오대호내 이상증식으로 인한 호수내 생태계 교란(Nicholls et al., 1993), 빗해파리의 유럽북해 유입으로 인한 북해 고유생물 고사(Kim and Hur, 2016) 등이 있다.

선박평형수로 인한 다양한 피해사례의 보고와 위험성을 입증하는 연구결과가 나타남에 따라, IMO는 BWM 협약을 2004년에 채택하였고 2017년 발효할 예정이었다. 그러나 참여 국가들의 기술력 확보 미비, 국제표준의 미흡, 산업계의 준비부족 등의 이유로 발효시기를 부분적으로 유예하게 되었다. 결과적으로, 2017년 9월 8일 이후 건조되는 선박은 BWMS 설치가 의무이며, 2017년 9월 8일 이전에 건조된 선박은 국제해양오염방지증서(IOPP) 정기검사에 2019년 9월 8일부터 2022년 9월 8일까지 BWMS 설치하는 것으로 유예된 것이다.

이후 Table 3과 같이 해양환경보호위원회(MEPC: Marine Environment Protection Committee, 이하 MEPC), 해양오염방지 대응전문위원회(PPR: Pollution Prevention and Response, 이하 PPR)과 같은 회의에서 선박평형수관리와 관련한 논의는 효율적인 협약이행의 관점에서 지속적으로 확대되고 있다.

Table 3. IMO Meeting agenda related to Ballast Water ('14~'19)

Year	Meeting	Main agenda
2014	MEPC66	Ballast Water
		Amendments to Mandatory Instruments
		Facilitation of Transfer Technology for Ships
	PPR1	Ballast Water management
	MEPC67	Ballast Water
		Amendments to Mandatory Instruments
Facilitation of Transfer Technology for Ships		
2015	MEPC68	Ballast Water Treatment Technologies
		Amendments to Mandatory Instruments
		Technical Group on PSSA
	PPR2	Evaluation of Safety and Pollution Hazard of Chemicals
		OPRC related manuals, guidelines and guidance
2016	MEPC69	Ballast Water Management
		Amendments to Mandatory Instruments
		Identification and protection of special areas and PSSAs
	PPR3	Evaluation of Safety and Pollution Hazard of Chemicals
		Ballast Water Management
	MEPC70	Ballast Water
Amendments to Mandatory Instruments		
Facilitation of Transfer Technology for Ships		

Table 3. (Continued)

Year	Meeting	Main agenda
2017	MEPC71	Ballast Water Management
		Amendments to Mandatory Instruments
	PPR4	Evaluation of Safety and Pollution Hazard of Chemicals
		OSV Chemical Code
		Production of a manual entitled “Ballast Water Management – How to do it”
		OPRC Model training courses
2018	MEPC72	Amendments to the BWM Convention adopted
		Guidance for uniform implementation of the BWM Convention
		Heavy fuel oil in the Arctic
2018	PPR5	Ballast Water Management guidance agreed
		Guidelines and amendments for use of electronic record books agreed
		Revision of IBC Code completed
	MEPC73	Ballast Water
		Amendments to Mandatory Instruments
		Facilitation of Transfer Technology for Ships
2019	MEPC74	Amendments to the BWM Convention adopted
		Guidance for uniform implementation of the BWM Convention
		Heavy fuel oil in the Arctic
	PPR6	Ballast Water Management guidance agreed
		Guidelines and amendments for use of electronic record books agreed
		Revision of IBC Code completed

Source: IMO Document (MEPC 60th session, 61st session, 62nd session, 63rd session, 64th session, 65th session, 66th session, 67th session, 68th session, 69th session, 70th session, 71st session, 72nd session, 73rd session, 74th session, BLG 14th session, BLG 15th session, BLG 16th session, BLG 17th session, PPR 1st session, PPR 2nd session, PPR 3rd session, PPR 4th session, PPR 5th session, PPR 6th session, ISWG-AP 1)

2.2 국내 · 외 BWMS 산업현황

한국은 BWMS 시장의 중요성을 인식하여 국내 해사업체들의 시장진입과 핵심기술 확보에 노력을 기울이고 있다. 한국의 BWMS 승인은 IMO 가이드라인을 따르는 한국선급에서 2012년부터 심사를 주관하고 있다. 해외의 경우 프랑스 선급(BV), 영국선급(LR), 이탈리아 선급(RINA) 등에서 BWMS 승인업무를 수행하고 있다.

IMO 승인이 이루어진 BWMS는 2019년 10월 기준

(BWM.2/Circ.34/Rev.8) 전체 13개의 국가가 기본승인을 받았으며, 10개의 국가가 최종승인을 받았다(IMO, 2019a; 2019b). 국가별 IMO 승인 BWMS 현황은 Fig. 1과 같다.

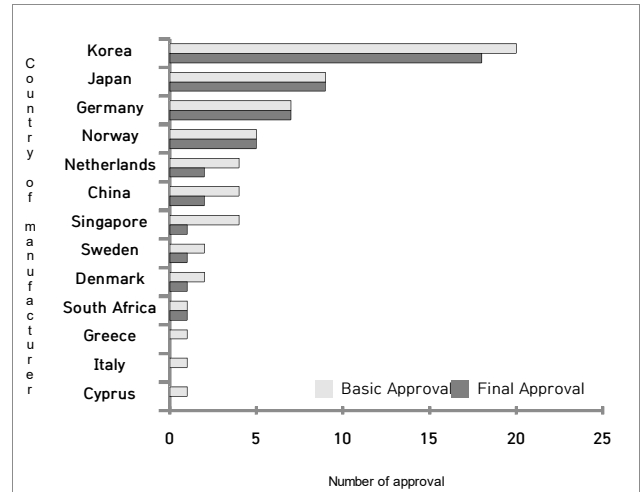


Fig. 1. IMO approval status of BWMS by country.

Source: IMO (BWM.2/Circ.34/Rev.8)

IMO의 기본승인을 받은 한국의 BWMS는 전체 61개 중 20개(약 33%)이며, IMO 최종승인을 받은 국내 BWMS는 전체 45개 중 17개(약 38%)를 차지하고 있다. 한국은 BWMS의 IMO 기본 및 최종승인 건수가 1위에 위치하고 있으며, 그 다음 순위로 일본, 독일이 있다. 한국 기업의 IMO 기본 혹은 최종 승인을 받은 BWMS 현황은 아래 Table 4와 같다.

IMO의 기본승인 및 최종승인을 모두 받은 BWMS 기술 보

Table 4. IMO approval status of BWMS from Korean manufacturer

No.	Name of manufacturer	IMO approval status
1	Electro-Cleen™, Techcross & KORDI	Basic Approval(MEPC 54, '06.03) Final Approval(MEPC 58, '08.10)
2	NK-O3 BlueBallast, NK Company	Basic Approval(MEPC 56, '07.07) Final Approval(MEPC 59, '09.07)
3	GloEn-Patrol™, Panasia Co.,Ltd.	Basic Approval(MEPC 57, '08.04) Final Approval(MEPC 60, '10.03)
4	EcoBallast, HHI	Basic Approval(MEPC 59, '09.07) Final Approval(MEPC 60, '10.03)
5	ARA Ballast, 21st Century Shipbuilding	Basic Approval(MEPC60, '10.03) Final Approval(MEPC61, '10.10)
6	HiBallast, HHI	Basic Approval(MEPC60, '10.03) Final Approval(MEPC62, '11.07)
7	En-Ballast, Kwang San Co.,Ltd.	Basic Approval(MEPC60, '10.03)

우리나라 선박평형수처리시스템(BWMS) 산업의 경쟁력 분석에 관한 연구

Table 4. (Continued)

No.	Name of manufacturer	IMO approval status
6	HiBallast, HHI	Basic Approval(MEPC60, '10.03) Final Approval(MEPC62, '11.07)
7	En-Ballast, Kwang San Co.,Ltd.	Basic Approval(MEPC60, '10.03)
8	Purimar BWMS, Samsung	Basic Approval(MEPC61, '10.10) Final Approval(MEPC62, '11.07) Final Approval for use in fresh water (MEPC74, '19.05)
9	AquaStar™, AQUA Eng. Co.,Ltd.	Basic Approval(MEPC61, '10.10) Final Approval(MEPC63, '12.03)
10	Neo-Purimar™, Samsung	Basic Approval(MEPC62, '11.07) Final Approval(MEPC63, '12.03)
11	Smart Ballast, STX Metal Co.,Ltd.	Basic Approval(MEPC63, '12.3) Final Approval(MEPC64, '12.10)
12	EcoGuardian™, Hanla IMS Co.,Ltd.	Basic Approval(MEPC63, '12.03) Final Approval (MEPC65, '13.05)
13	MARINOMATE™, KT Marine	Basic Approval(MEPC64, '12.10) Final Approval(MEPC67, '14.10)
14	HS-BALLSAT, HWASEUNG R&A Co.,Ltd.	Basic Approval(MEPC64, '12.10)
15	GLOEn-Saver™, Panasia Co.,Ltd.	Basic Approval(MEPC64, '12.10)
16	BlueZone™, SUNBO INDUSTRIES Co.,Ltd.	Basic Approval(MEPC65, '13.05) Final Approval(MEPC67, '14.10)
17	NK-CI BlueBallast, NK Company Ltd.	Basic Approval(MEPC68, '15.05) Final Approval(MEPC69, '16.04)
18	ECS-HYCHLOR™, Techcross	Basic Approval(MEPC68, '15.05) Final Approval(MEPC69, '16.04)
19	ECS-HYCHEM™, Techcross	Basic Approval(MEPC68, '15.05) Final Approval(MEPC70, '16.10)
20	ECS-HYBRID™, Techcross	Basic Approval(MEPC68, '15.05) Final Approval(MEPC71, '17.07)

Source: IMO (BWM.2/Circ.34/Rev.8)

유국은 총 10개국이며, 대부분 유럽 국가와 동북아시아(한국, 중국, 일본) 국가들이 차지하고 있다. 특히, 독일의 경우에는 BWMS의 IMO 승인을 전 세계 최초로 받았다는 특징이 있다. 2019년 5월 기준 IMO 승인을 받은 해외 국가별 기업의 IMO 승인 BWMS 현황은 아래 Table 5와 같다.

BWMS 시장은 IMO 승인과 USCG IL 승인으로 분할하여 볼 수도 있으나, 실질적으로 해양산업의 주도권은 IMO 승인 기반의 BWMS 시장을 주축으로 이루어질 가능성이 높다. 이러한 가능성은 IMO 승인 기반의 BWMS 시장의 승인 국가 수, 기술 규모, 적용 해역 범위 등이 USCG IL의 승인기반 시장보다 광범위하기 때문이다. 또한, USCG IL의 승인기술(12개)보다 더 많은 수의 기술(37개, 최종승인 기준)들을 포괄하

Table 5. IMO approval status of BWMS from overseas manufacturer

Country	Name of manufacturer	IMO approval status
Germany	Peraclean Ocean, Degussa GmbH	Basic Approval(MEPC 54, '06.03) Final Approval(MEPC 57, '08.04)
	RWO BWMS, RWO GmbH Marine Water Technology	Final Approval(MEPC 59, '09.07)
	Echochlor Ballast Water Treatment System, Ecochlor	Basic Approval(MEPC 58, '08.10) Final Approval(MEPC 61, '10.10)
	SEDNA BWMS, Degussa GmbH	Final Approval(MEPC 57, '08.04)
	Aqua TriComb Ballast Water Treatment Sys., Aquaworx ATC	Basic Approval(MEPC 59, '09.07)
	SiCURE BWMS, Siemens Water Technologies	Basic Approval(MEPC 60, '10.03) Final Approval(MEPC 63, '12.03)
	Severn Trent De Nora BalPure BWMS, Severn Trent De Nora	Basic Approval(MEPC 60, '10.03) Final Approval(MEPC 61, '10.10)
	BallastMaster BWMS, GEA Westfalia Separator Sys.	Basic Approval(MEPC 62, '11.07)
	Evonik BWTS, Evonik Industries AG	Final Approval(MEPC 66, '14.04)
	BIOBALLAST 1000, Biomarine S.r.l.	Basic Approval(MEPC 73, '18.10)
Netherlands	Greenship Sedinox BWMS, Greenship Ltd.	Basic Approval(MEPC 58, '10.10) Final Approval(MEPC 59, '09.07)
	Auarius™-EC BWMS, Hanmworthy Water System Ltd.	Basic Approval(MEPC 64, '12.10) Final Approval(MEPC 65, '13.05)
	Van Oord BWMS, Van Oord B.V.	Basic Approval(MEPC 65, '13.05)
Denmark	MICROFADE II BWMS, Kashiwa Co.,Ltd 및 Kuraray Co., Ltd	Basic Approval(MEPC 71, '17.07) Final Approval(MEPC 74, '19.05)
	DESMI Ocean Guard BWMS, DESMI Ocean Guard A/S	Basic Approval(MEPC 60, '10.03) Final Approval(MEPC 64, '12.10)
Norway	ClearBal BWMS, University of Strathclyde	Basic Approval(MEPC 70, '16.10)
	PureBallast System, Alfa Laval/Wallenius Water AB	Final Approval(MEPC 56, '07.07)
	OceanSaver BWMS, MetaFil AS	Basic Approval(MEPC 57, '08.04) Final Approval(MEPC 58, '08.10)
	OceanGuard BWMS, Qingdao Headway Tech. Co.	Basic Approval(MEPC 60, '10.03) Final Approval(MEPC 61, '10.10)
	REDOX AS BWMS, REDOX Maritime Technologies AS	Basic Approval(MEPC 65, '13.05)
	Envirocleanse in Tank™ BWTS (Electrochlorination), Envirocleanse LLC	Basic Approval(MEPC 71, '17.07) Final Approval(MEPC 73, '18.10)
	Envirocleanse in Tank™ BWTS(Bulk Chemical), Envirocleanse LLC	Basic Approval(MEPC 71, '17.07) Final Approval(MEPC 74, '19.05)
CleanBallast-Ocean Barrier System, Veolia Water Tech.	Basic Approval(MEPC 74, '19.05)	
South Africa	Resource Ballast Technology Sys., Resource Ballast Technology	Basic Approval(MEPC 57, '08.04) Final Approval(MEPC 60, '10.03)

Table 5. (Continued)

Country	Name of manufacturer	IMO approval status
Italy	ECOCELL BTs BWMS, ACG	Basic Approval(MEPC 66, '14.04)
China	Blue Ocean Shield BWMS, COSCO ³⁾	Basic Approval(MEPC 59, '09.07)
	BalClor BWMS, Qingdao Sunrui Corrosion And Fouling Control Comapny	Basic Approval(MEPC 60, '10.03) Final Approval(MEPC 61, '10.10)
	DMU-OH BWMS, Hanla IMS Co.	Basic Approval(MEPC 63 '12.03)
	OceanDoctor BWMS, Jiujiang Precision Measuring Tech. Research Institute	Basic Approval(MEPC 64 '12.10) Final Approval(MEPC 65, '13.05)
Japan	Special Pipe Ballast Water Management, JAMS ⁴⁾	Basic Approval(MEPC 55, '06.10)
	Hitachi Ballast Water, Hitachi Ltd./Hitachi Plant	Basic Approval(MEPC 57, '08.04) Final Approval(MEPC 59, '09.07)
	TG Ballastcleaner &Environmental guard Sys., Toagosei Group	Basic Approval(MEPC 58, '08.10)
	MICROFADETM BWMS, Kuraray Co., Ltd.	Basic Approval(MEPC 61, '10.01) Final Approval(MEPC 63, '12.03)
	JFE BallastAce BWMS, JFE Engineering Corporation	Final Approval(MEPC 60, '10.03)
	SP-Hybrid BWMS Ozone version, Mitsui Engineering & Shipbuilding Co., Ltd.	Final Approval(MEPC 61, '10.10)
	SKY-SYSTEM with Percalcan Ocean BWMS, Nippon Yuka Kogyo & Katayama Chemical	Basic Approval(MEPC 62, '11.07) Final Approval(MEPC 66, '14.04)
	JFE BallastAce that made use of NeoChlor Marine BWMS, JFE Engineering Corp.	Basic Approval(MEPC 62, '11.07) Final Approval(MEPC 64, '12.10)
	Ecomarine-EC BWMS, Ecomarine Technology Research Association	Basic Approval(MEPC 66, '14.04) Final Approval(MEPC 68, '15.05)
	ATPS-BLUE BWMS, Panasonic Environmental Sys. KURITA BWMS, Kurita Water Industries	Basic Approval(MEPC 66, '14.04) Final Approval(MEPC 69, '16.04) Basic Approval(MEPC 66, '14.04) Final Approval(MEPC 67, '14.10)
Sweden	EctoSys electrochemical Sys., Permascand AB	Basic Approval(MEPC 55, '06.10)
	Pure Ballast Sys., Alfa Laval	Basic Approval(MEPC 56, '07.07) Final Approval(MEPC 56, '07.07)
Greece	ERMA FIRST BWMS, ERMA FIRST ESK ENGINEERING SOLUTION S.A.	Basic Approval(MEPC 62, '11.07) Final Approval(MEPC 63, '12.03)
Singapore	BlueSeas BWMS, Enviro tech and Consultancy Pte.	Basic Approval(MEPC 62, '11.07)
	BlueWorld BWMS, Envirotech and Consultancy Pte.	Basic Approval(MEPC 62, '11.07)
	ElysisGuard BWMS, KALF Engineering Pte.	Basic Approval(MEPC 67, '14.10)
	Varuna BWMS, Kadalneer Technologies Pte.	Basic Approval(MEPC 68, '15.05)
Cyprus	FlowSafe, Flowwater Technologies Ltd.	Basic Approval(MEPC 74, '19.05)

고 있다는 점과 USCG IL의 승인 소요시간이 IMO 승인에 비하여 상대적으로 길고(5개 단계의 연속적 시험 진행) 승인 기준이 높다는 점에서 이유를 들 수 있다(Chang et al., 2017). 그럼에도 불구하고 USCG IL에 따른 BWMS 승인 기준이 IMO보다 엄격한 이유는 1980년대 오대호 지역에서 선박 평형수를 통해 유입된 유해종으로 인한 손실과 2차적인 피해를 예방하고자 자체적인 미국내 법률을 제정한 측면이 가장 클 것이다(Lee, 2008). 향후 친환경성과 선사의 혼선을 방지하기 위한 차원으로 IMO의 승인 기준이 USCG IL 승인 기준까지 상향될 가능성도 있지만, 본 연구에서는 전 세계 선박을 대상으로 시장에 미치는 영향력을 고려하여 IMO 승인을 중심으로 BWMS 시장을 분석하기로 하였다.

일반적으로 무역분야의 수출경쟁력을 분석하기 위해서는 현시비교우위지수, 무역특화지수 등을 사용할 수 있다(Kim and Hur, 2016). 따라서 BWMS 시장이 IMO 승인을 중심으로 구축된다는 가정을 바탕으로, IMO에서 최종적으로 승인된 BWMS를 보유한 국가들과 한국과의 시장 경쟁력을 현시비교우위지수와 무역특화지수 산출을 통하여 비교해보았다.

3. 국가별 BWMS 산업의 경쟁력 비교 · 분석

3.1 BWMS 데이터

BWMS는 관련 장치에 대한 HS코드가 분류되어 있지 않으므로 시장동향을 파악하기 위한 정확한 데이터를 찾기 어렵다. 선행연구(Kim and Hur, 2016)에서는 국제통일상품분류체계로 UN 무역통계(UNCTAD, 2017)를 통해 선박 관세분류코드인 HS89와 수처리장치 코드인 HS842121을 추출하여 2011년에서 2015년까지의 우리나라 조선업의 BWMS 수출경쟁력을 분석하였다. 이에 본 연구는 세척기 관련 코드인 HS842219를 추가하여 2015년에서 2017년까지 기간의 국내 BWMS 산업의 경쟁력을 분석하였다.

본 연구는 UN 무역통계에서 확보한 HS89, HS842219와 HS842121 코드를 중심으로 BWMS 산업경쟁력 비교·분석에 활용할 수 있는 데이터를 확보하였다. 데이터는 국가별 비교 및 분석에 활용될 현시비교우위 지수와 무역특화지수 적용을 중심으로 추출하였다. 추출된 데이터는 2015년부터 2017년까지의 HS842219와 HS842121의 수출·입으로 하였다. 분석대상 국가는 최종승인을 받은 국가만으로 선정하였다. HS842219와 HS842121에 해당하는 상품들은 BWMS만이 존재하지 않으므로 두 개 코드의 상관관계 존재여부를 확인하기 위하여 수출·입 추이와 공분산 및 상관계수를 추정하였다.

2) the Nonindigenous Aquatic Nuisance Prevention and Control Act. (1990), the National Invasive Speices Act of 1996 (1996)

3) China Ocean Hipping (Group) Company

4) Japan Association of Marine Safety

우리나라 선박평형수처리시스템(BWMS) 산업의 경쟁력 분석에 관한 연구

그 결과 두 개의 상품코드가 양의 상관관계로 도출되었으며, 아래 Table 6 및 Fig. 2와 같다.

Table 6. Import/Export covariance and correlation coefficient of HS842219, HS842121

HS842121	HS842219	Covariance	Correlation coefficient
import	import	4.70317E+16	0.81640844
export	export	3.36186E+16	0.636744587

Source: UN COMTRADE (2007-2018)

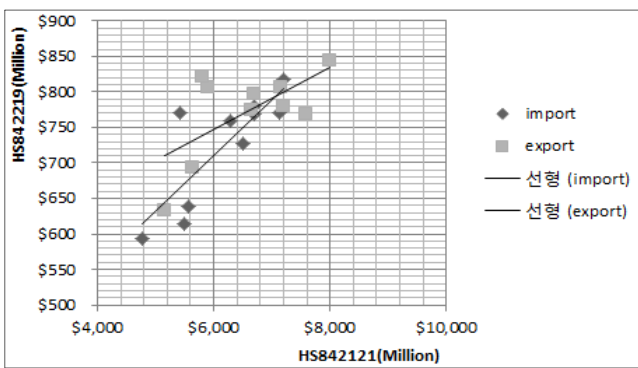


Fig. 2. Distribution chart of HS842219/HS842121.

(Source: UN COMTRADE)

3.2 산업경쟁력 비교·분석

HS842219와 HS842121에 BWMS가 포함되어 있음에도 불구하고 해당 데이터는 정수기, 필터 등의 상품 역시 포함되어 있으므로 해양 분야와의 연관성을 비교하기 위하여 현시 비교우위지수 및 무역특화지수 비교·분석 시 조선 및 기타 선박에 관한 상품인 HS89코드를 추가적으로 적용하였다. 비교·분석 대상은 HS89와 HS842219 그리고 HS842121 관련 코드가 상관관계가 있으며, IMO에 의하여 BWMS 기술을 최종 승인 받은 국가로 선정하였다.

국제무역과 관련된 산업경쟁력 분석은 통상적으로 현시 비교우위지수 등을 활용한다(KDI, 2003). 현시비교우위지수는 Blassa(1966)가 국가별 무역비교우위를 측정하기 위하여 제안된 방법으로서 특정국가의 특정상품에 대한 전 세계 수출시장의 비중을 비교하여 수출의 비교우위를 판단하는 지표이다. 해당지표는 상품 외에도 특정산업의 경쟁력을 측정하기 위한 연구방법론으로 많이 활용되고 있다(Lee, 2012; Chang, 2008; Lim, 2009; Kim, 2006). 산업경쟁력 관련 연구에 현시비교우위지수를 활용한 연구로는 제품별 무역 데이터를 활용하여 한국과 중국 간의 제품별 산업경쟁력을 실증 분석한 Park et al.(2011)의 연구가 있다. BWMS와 관련된 현시비교우위지수 연구는 Kim and Hur(2016)이 있다.

현시비교우위의 산출식은 다음 수식(1)과 같다. 이때, X_i 는 i 국의 총 수출액을, X_{ik} 는 i 국의 k 상품에 대한 전 세계 수출액을, TX 는 전 세계 총 수출액을, TX_k 는 k 상품에 대한 전 세계 총 수출액을 의미한다.

$$\text{현시비교우위}_{ik} = \frac{X_{ik}/TX_k}{X_i/TX} \quad (1)$$

비교우위 여부기준은 지수 산출결과가 1보다 크게 나타날 경우 비교우위가 있다고 판단한다. 지수 산출에는 2015년부터 2017년 사이의 연도별 HS842219, HS842121, HS89 수출·입 데이터를 활용하였다. 이와 같이 지수를 산출한 이유는 대상연도 이전의 경우 2017년 선박평형수관리협약의 발효가 시작된 상황에서 BWMS 관련 무역이 이루어진 반면, 그 이후에는 2019년으로 발효가 유예되었다는 해양산업의 환경적 여건차이가 존재한다는 점에 있다. 2015년부터 2017년 사이의 연도별 HS842219, HS842121, HS89 상품에 대한 BWMS 승인 국가들의 현시비교우위지수는 다음 Table 7과 같다.

Table 7. Annual Revealed Comparative Advantage of HS842219, HS842121, HS89

Country	Code	2015	2016	2017
Korea	HS842121	3.80	2.18	3.36
	HS842219	0.03	0.13	0.21
	HS89	6.18	8.79	19.15
China	HS842121	1.28	0.67	.
	HS842219	0.29	0.13	.
	HS89	1.07	1.41	.
Japan	HS842121	0.78	0.46	0.81
	HS842219	0.03	0.02	0.04
	HS89	1.55	2.63	4.71
Norway	HS842121	2.88	0.86	1.11
	HS842219	0.57	0.31	0.48
	HS89	1.01	2.74	4.19
Germany	HS842121	3.67	1.77	3.42
	HS842219	8.30	4.12	6.44
	HS89	0.37	0.56	0.03
Greece	HS842121	3.59	1.88	1.91
	HS842219	1.84	0.98	2.90
	HS89	0.52	0.63	1.14
Netherlands	HS842121	2.49	1.31	.
	HS842219	0.69	0.30	.
	HS89	0.70	1.38	.
Denmark	HS842121	4.79	2.31	4.67
	HS842219	4.18	2.14	3.72
	HS89	0.52	0.57	1.57
South Africa	HS842121	1.19	0.52	1.12
	HS842219	0.89	0.24	0.55
	HS89	0.20	0.30	0.60

Source: UN COMTRADE (2015-2017)

한국, 중국, 일본, 노르웨이의 경우 HS89의 비교우위지수가 HS842219, HS842121의 지수보다 더 높게 나타난 반면, 독일, 그리스, 네덜란드, 덴마크, 남아공의 경우 HS842219, HS842121의 비교우위지수가 HS89의 지수보다 더 높게 나타나고 있다. 독일과 덴마크는 BWMS(HS842219, HS842121)가 타국가에 비하여 비교우위가 존재하지만 선박에 직접 BWMS를 설치하는 조선업분야가 비교 열위에 존재하므로 BWMS 생산은 이루어지지만 자국 내에서 설치가 이루어지는 않는다고 해석될 수 있다.

반면, 한국은 HS89와 HS842219, HS842121 모두가 상대적 비교우위에 있으나, 국가별로 지수를 정량적으로 비교하면 한국은 HS89와 HS842219, HS842121 간의 차이가 크게 나타나고 있다. 이는 BWMS 관련 산업이 독일 및 덴마크에서 수출한 BWMS(HS842219, HS842121)를 한국이 수입하여 선박(HS89)에 설치하는 메커니즘으로 이루어졌다고 해석할 수 있다.

현시비교우위지수를 통한 산업경쟁력 비교 분석은 대상 국가의 특정상품에 대한 수출·입 집중으로 인한 지수의 왜곡, 두 개 국가 이상의 비교우위지수 산출결과가 유사할 경우 설명의 어려움 등의 한계성이 있을 수 있다. 이러한 한계성을 보완하기 위하여 현시비교우위지수는 무역특화지수, 산업 내 무역지수 등을 함께 산출하여 비교한다.

무역특화지수는 살펴보고자 하는 국가 간의 상품경쟁력을 비교하기 위한 지수로서 전체 무역액과 특정 상품의 무역액을 비교하는 방식으로 산업별 상대우위를 추정하는 Grubel and Lloyd(1975)의 연구에서 발전된 지수이다.

무역특화지수를 활용한 연구로는 조선 산업의 국제경쟁력에 대한 연구인 Kang and Kim(2012) 등과 같이 다양한 분야에서 이루어지고 있다. 무역특화지수의 산출법은 다음 수식과 같다. 이때, X_i 는 i 국의 총 수출액을, X_{ik} 는 i 국의 k 상품에 대한 전 세계 수출액을, M_{ik} 는 i 국의 k 상품에 대한 전 세계 수입액을 의미한다.

$$\text{무역특화지수}_{ik} = \frac{X_{ik} - M_{ik}}{X_{ik} + M_{ik}} \quad (2)$$

산출된 지수를 해석하는 방법은 지수가 1일 경우 해당상품에 대한 절대 우위를 갖고 있음을 의미하며, -1일 경우 절대열위를 의미한다. BWMS 산업은 아직까지 절대 우위와 절대열위인 경우가 존재하지 않으므로, 각 국가의 지수가 1에 가까울수록 HS842219, HS842121, HS89의 수출이 국제시장에서 상대적 우위를 갖고 있음을 의미하며, -1에 가까울수록 국제시장에 대한 수출이 비교열위를 갖고 있다고 설명할 수 있다.

2015년부터 2017년 사이의 연도별 HS842219, HS842121, HS89 상품에 대한 BWMS 승인국가들의 무역특화지수는 다음 Table 8과 같다.

Table 8. Annual Trade Specialization Index of HS842219, HS842121, HS89

Country	Code	2015	2016	2017
Korea	HS842121	0.46	0.52	0.48
	HS842219	-0.13	0.18	-0.02
	HS89	0.88	0.89	0.93
China	HS842121	0.19	0.28	·
	HS842219	0.27	0.18	·
	HS89	-0.53	0.84	·
Japan	HS842121	-0.08	-0.07	-0.02
	HS842219	-0.95	-0.93	-0.89
	HS89	0.92	0.33	0.88
Norway	HS842121	0.12	-0.15	-0.44
	HS842219	-0.82	-0.81	-0.82
	HS89	-0.54	-0.22	-0.35
Germany	HS842121	0.63	0.61	0.59
	HS842219	0.77	0.79	0.77
	HS89	0.48	0.33	-0.91
Greece	HS842121	0.13	0.22	-0.25
	HS842219	-0.35	-0.25	-0.09
	HS89	-0.82	-0.88	-0.92
Netherlands	HS842121	0.48	0.47	·
	HS842219	-0.57	-0.62	·
	HS89	0.75	0.57	·
Denmark	HS842121	0.53	0.48	0.59
	HS842219	-0.14	-0.23	-0.19
	HS89	-0.53	-0.49	-0.55
South Africa	HS842121	-0.36	-0.45	-0.35
	HS842219	-0.49	-0.66	-0.47
	HS89	0.34	0.23	0.49

Source: UN COMTRADE (2015-2017)

연도별 HS842219, HS842121의 가장 높은 비교우위가 나타난 국가는 독일이며, 차순위로 HS842121의 경우 덴마크와 한국, HS842219는 중국과 한국인 것으로 나타났다. HS89의 경우 2015년을 제외한 나머지 연도에서 가장 높은 비교우위로 나타났다. 이는 앞서 산출된 현시비교우위지수의 결과와 KOTRA의 시장동향처럼 한국과 일본이 선박(HS89)을 제작하여 수출하는데 있어서 BWMS 부품(HS842219, HS842121)을 독일과 덴마크로부터 수입하여 탑재한다고 해석할 수 있다.

현시비교우위지수와 무역특화지수의 산출결과는 일부를 제외하고는 전반적으로 유사한 형태로 나타났으나 일부 차이가 존재하는 것을 확인할 수 있다. 이는 현시비교우위지수와 무역특화지수는 산업경쟁력을 비교 분석한다는 공통점이 있으나, 현시비교우위지수는 특정국가의 특정상품에 대한 전 세계 수출시장의 비중을 비교하여 수출의 비교우위를 판단하는 지표인 반면, 무역특화지수는 특정 국가의 해당상품에 대한 총 수입 및 수출액의 합과 전체 상품의 수출입액을 비교한다는 차이가 있기 때문이므로 종합적 결과에 유의미한 영향을 미친다고는 보기 어렵다.

우리나라 선박평형수처리시스템(BWMS) 산업의 경쟁력 분석에 관한 연구

특히, 일반적으로 한국의 조선분야가 중국에 비하여 상대적으로 열위일 것이라는 인식에 반하여 HS89에 대한 중국의 지수가 한국보다 전반적으로 낮게 나타나고 있는데, 이는 상품을 바라보는 정부의 관점이 산업에 반영되어 있다고 볼 수 있다. 예를 들면 한국의 10대 수출품목으로 HS89가 포함되어 있는 반면, 중국의 경우 HS89가 10대 수출품목으로 포함되어 있지 않다는 점(Lee, 2016), HS89의 산업을 경제 발전보다는 UN 상임이사국으로서 국제사회 영향력 표출 수단으로 더 높은 비중으로 다룬다는 점 등이 있다.

결과적으로 한국의 조선분야는 2017년까지 가장 높은 비교우위를 유지해왔으며, 독일과 덴마크는 BWMS에 높은 비교우위를 보인다. 2017년까지 독일, 덴마크 등의 국가들은 한국에 비하여 HS842219, HS842121가 비교우위였으나, 향후 BWMS 시장에 대한 경쟁력이 강화될 가능성이 높다.

경쟁력 강화 가능성 존재의 첫째 근거로는 한국해양기술에 대한 해외의 높은 선호도이다. KOTRA에 따르면 가격대비 성능이 우수하다는 평가가 세계적으로 인정받고 있다. 둘째, 한국 기업의 BWMS 관련 최대 IMO 및 USCG IL승인 보유이다. 셋째, BWMS 활용에 기본이 되는 HS89 시장의 선도적 위치가 있다. 마지막으로, 한국 국내에 IMO 승인시설이 설치되어 승인 과정 및 시간에 소모되는 비용을 절감할 수 있다면 우리나라 BWMS 상품의 시장점유율 확대에 좋은 역할을 할 것으로 기대된다.

그러나 향후 BWMS 승인기관의 증가로 인한 생산 주체의 다양화로 BWMS 수주가격이 하락할 가능성과 모든 선박이 BWMS를 설치하는 시점 이후의 시장 규모 축소와 같은 변화가 발생할 수 있으므로, 한국은 지속적으로 BWMS 산업을 선점하기 위한 도전과제 식별과 대처가 요구될 것으로 보인다.

4. 결론

UN 인간환경회의 이래로 친환경에 대한 국제적 관심은 지속적으로 확대되어왔으며, 해양 분야에서는 IMO를 주축으로 해양환경 보호를 위한 많은 노력이 이루어져왔다. IMO는 선박으로 인한 해양환경오염의 방지와 관련된 MARPOL, OPRC, AER, BWMS, SRC 등과 같은 협약과 BWMS Code, NOx Code 등을 체결하였다. 이 가운데 BWMS 협약은 채택 이후에도 MEPC, PPR 등에서 지속적으로 논의가 이루어져왔으며 그 범위 역시 확대되고 있다. BWMS 협약의 채택은 BWMS 설치 의무화, 승인제도 도입으로 인한 BWMS 시장의 안정성 확보와 해당 시장에 대한 높은 진입장벽의 형성이라는 기대와 우려로 나타났다. 한국, 독일 등 몇몇 국가의 경우 BWMS가 해양산업의 주도권 변화의 주요 요소 중 하나로 인식하여, 협약 발효에 앞서 기술개발을 적극적으로 추진하고 있다. 전체 13개 국가가 2019년 10월 기준으로 IMO의 기본승인을 받았

으며, 10개 국가가 최종승인을 받았다. 한국은 IMO 기본승인을 받은 전체 61개의 BWMS 중 20개(약 33%), IMO 최종승인을 받은 전체 45개의 BWMS 중 17개(약 38%)의 기술을 인정받으면서 전 세계 BWMS 기술의 1위를 차지하고 있다.

본 연구는 친환경선박에 대한 국제적 관심이 확대됨에 따라 IMO의 BWMS 협약 관련 BWMS 산업에 대한 한국의 산업 경쟁력 현황과 향후 전망과 방향을 제언하기 위하여 HS89, HS842219, HS842121 데이터를 활용하여 현시비교우위지수와 무역특화지수로 비교·분석하였다. 국가별 BWMS 산업의 경쟁력은 UN Comtrade BWMS가 포함된 무역상품 코드인 HS842219, HS84212, HS89의 수출입 자료를 활용하여 현시비교우위지수와 무역특화지수를 IMO BWMS 최종승인 받은 국가만을 대상으로 비교·분석하였다. 그 결과 한국의 조선분야는 2017년까지 가장 높은 비교우위를 유지해왔으며, 독일과 덴마크는 BWMS에 높은 비교우위를 보인다. 2017년까지 독일, 덴마크 등의 국가들은 한국에 비하여 HS842219, HS842121가 비교우위였으나, 향후 BWMS 시장에 대한 경쟁력이 강화될 가능성이 높다.

한국은 해양기술에 대한 해외의 높은 선호도와, BWMS 관련 최대 IMO 및 USCG IL 승인을 보유하고 있으며, 조선분야 시장의 선도적 위치해 있다. 따라서 향후로도 한국은 국내 IMO 승인시설보유로 향후 BWMS 시장에서 주도권을 잡을 가능성이 높다. 그러나 BWMS 승인기관은 증가, BWMS 생산 주체 다양화 및 수주가격 하락, BWMS 전체 설치 후 시장포화 등이 한국의 도전과제가 될 것으로 보인다.

그러므로 한국은 국가 차원의 기술개발 보조금 지원에 대한 정책 수립, 해당 산업의 데이터 축적, BWMS의 HS코드 신설 등의 연구와 노력이 강화되어야 할 필요성이 있다.

사 사

본 연구는 한국해양수산개발원과 한국환경·정책평가연구원이 공동수행한 'IMO 규제기반 글로벌 해사산업의 지속발전방안 연구 협동사업' 중 「IMO 환경협약에 대한 국가 포지셔닝 연구」를 통해 지원받아 수행되었습니다(경제·인문사회연구회 협동연구총서 18-61-03).

References

- [1] Blassa, B.(1966), Tariff Reduction and Trade in Manufactures among the Industrial Countries, The American Economic Review, Vol. 56, No. 3, pp. 466-473.
- [2] Brookman, C. S.(2002), IMO Environmental Regulations—Is There a Case for Change the Standard Entry-into-Force Requirements?, Marine Technology, 39(4), pp. 232-238.

- [3] Chang, M. S.(2008), Comparative Advantages in Industry between Korea and Germany: in View of Trade Specification Index and Intra-Industry Trade, Vol. 26, No. 3, pp. 207-226.
- [4] Chang, W. J., I. S. Heo and I. C. Lee(2017), An empirical analysis of oil spill incident cost using IOPC Funds data in Korea, The Korean Society for Marine Environment & Energy, pp. 31-36
- [5] Chengpeng, W., X. Yan, D. Zhang, J. Shi, S. Fu, and A. K. Ng(2015), Emerging LNG-fueled ships in the Chinese shipping industry: a hybrid analysis on its prospects, WMU Journal of Maritime Affairs, 14(1), pp. 43-59.
- [6] Drake, L. A., M. Doblin, A. and F. C. Dobbs(2007), Potential microbial bioinvasions via ships' ballast water, sediment, and biofilm, Marine Pollution Bulletin, Vol. 55, No. 1, pp. 333-341.
- [7] Gallagher, S. J., D. R. Greenwood, D. Taylor, A. J. Smith, M. W. Wallace, and G. R. Holdgate(2003), The Pliocene climatic and environmental evolution of southeastern Australia: evidence from the marine and terrestrial realm, Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 193(3), pp. 349-382.
- [8] Grubel, H. G. and P. J. Lloyd(1975), Intra-industry trade: the theory and measurement of intra-industry trade in differentiated products, Vol. 12. London: Macmillan.
- [9] IMO(2017), Report of the working group on the Development of a New Strategic Framework, Council 118/WP.4.
- [10] IMO(2019a), List of ballast water management systems that make use of Active Substances which received Basic and Final Approval(BWM.2/Circ.34/Rev.8), Annex 1.
- [11] IMO(2019b), List of ballast water management systems that make use of Active Substances which received Basic and Final Approval(BWM.2/Circ.34/Rev.8), Annex 2.
- [12] Kang, K. S. and G. S. Kim(2012), A Comparative Advantage Analysis of International Competitiveness in Shipbuilding Industry Among Korea, China and Japan, Vol. 13, No. 1, pp. 125-140.
- [13] Kim, J. Y.(2006), A Comparative Analysis on Export Competitiveness for Auto Parts Industry between Korea and China, KAC, 8(3), pp. 299-321
- [14] Kim, S. K. and Y. S. Hur(2016), The Analysis on Export Competence of Ballast Water Management System in Korean Shipbuilding, KRICAL, Vol. 72, No. 1, pp. 185-210.
- [15] Kim, T. G. and H. S. Kim(2014), Study on establishing Green Port Policy in Korea to meet Ports' Characteristics: Development of Ulsan Green Port Policy by using AHP, Journal of Navigation and Port Research, 38(5), pp. 549-559.
- [16] Korea Development Institute(2003), Comprehensive study on industrial competitiveness of Korea, pp. 191-195.
- [17] KOTRA(2019), Korea Trade Investment Promotion Agency, Global Environmentally Friendly Ship Equipment Market Trends and Strategies to Enter Overseas Markets.
- [18] Lee, C. H.(2008), A Study On the IMO Ballast Management Convention, KEPA, pp. 253-278.
- [19] Lee, S. C.(2012), A Study on the Competitiveness of the Korean Railway Vehicle Sector through the Revealed Comparative Advantage, The Korean Society for Railway, 15(3), pp. 42-45.
- [20] Lee, S. H.(2016), The emergence and implications of the China New Normal economy, Gyeonggi Research Institute, pp. 1-25.
- [21] Lim, J. H.(2009), Competitiveness Comparison between Korea and China in the Household Electronic Appliances Industry, Journal of Industrial Economics and Business, 22(2), pp. 905-918.
- [22] Nicholls, K. H. and G. J. Hopkins(1993), Recent changes in Lake Erie (North shore) phytoplankton: cumulative impacts of phosphorus loading reductions and the zebra mussel introduction, Journal of Great Lakes Research, Vol. 19, No. 4, pp. 637-647.
- [23] Park, H. S., H. C. Lee, H. J. Lee, and B. R. Kim(2016), A study on the policy application for eco-friendly technology of Korea a Ships, KMI, 2016-10
- [24] Park, H. S., H. C. Lee, H. J. Lee, and B. R. Kim(2017), A study on the Sustainable Development Strategic Plan of the IMO, KMI, 2017-11.
- [25] Park, H. R., W. Na, and Y. S. Jang(2011), A Study on the Korea-China FTA Policy from the Analysis of Comparative Advantage Indexes, Vol. 12, No. 1, pp. 257-279.
- [26] UNCTAD(2017), Review of Maritime Transport, p. 30.
- [27] Wells, P. G., R. A., Duce, and M. E. Huber(2002), Caring for the sea—accomplishments, activities and future of the United Nations GESAMP (the Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection), Ocean & coastal management, 45(1), pp. 77-89.
- [28] Zhang, Y., Z. Wang, L. Cai, X. Cai, W. Sun, and L. Ma (2014), Tests to evaluate the ecological impact of treated ballast water on three Chinese marine species, Chinese Journal of Oceanology and Limnology, Vol. 32, No. 5, pp. 1105-1117.

Received : 2020. 04. 28.

Revised : 2020. 07. 17. (1st)

: 2020. 08. 20. (2nd)

Accepted : 2020. 08. 28.