

Note

5,000톤급 대형 해양과학연구선 설계 특성

박정기\*

한국해양과학기술원 심해저광물자원연구센터  
(426-744) 경기도 안산시 상록구 해안로 787

Key Layouts of the 5,000 ton' New Scientific Research  
Vessel of KIOST

Cheong Kee Park\*

Deep-sea and Seabed Mineral Resources Research Center, KIOST  
Ansan 426-744, Korea

**Abstract:** The main purpose of procuring the oceanographic research vessel with state-of-the-art technology is to provide a floating laboratory to conduct field work on the global oceans. The vessel should be properly utilized to locate and evaluate unexplored natural resources as well as to contribute international efforts to better understand and manage global environmental issues. Top priorities in the vessel design are high safety standards, noise and vibration control efficiency, and effective application of research equipment. For the accomplishment of all activities, the vessel length over all should be extended ~100 m with a gross tonnage of ~5,900 ton. In particular, the dynamic positioning system II will essentially operate at sea state 6. The high efficiency emissions reduction system will also be adopted in preparation for entry into force of 3rd exhaust emission control (Tier III). About 130 navigational and scientific instruments will be installed. The final design and model test of the new research vessel were reviewed and completed, respectively, in 2014. Currently, the ship is being built on schedule and expected to be delivered in December 2015. Within the near future, the new vessel will assume the role of carrying out multi-disciplinary oceanographic researches of the highest standards in a technologically advanced and environment friendly manner.

**Key words:** floating laboratory, research vessel, multi-disciplinary, design

1. 서 론

연안해역이나 근해역 연구조사와는 달리 대양과 심해 연구분야는 고도로 전문화된 인적 연구기반을 포함하는 첨단 연구개발 설비와 장비인프라가 반드시 뒷받침 되어야 하며 다양한 해양학 분야에서의 전문성과 경험이 요구된다.

특히 이러한 고도의 인프라 가운데서도 가장 중요한 것

은 대양과 심해를 단순히 조사(observation, survey)하는 수준이 아니라 “대양에 떠 있는 연구소(a floating institute on the ocean)”로써 연구개발이 가능한 대형연구선이 그 역할이라고 할 수 있다.

최근 영국, 미국, 독일, 일본 등 해양선진국들의 연구방향은 자국 수역의 해양환경 개선 및 지속 가능한 개발, 대양과 심해역에서 해양과 기후 상호작용, 물질순환, 생물 다양성 및 에너지와 자원의 이용과 같은 해양의 이용과 보전을 주요 실천전략으로 설정함으로써 전지구적 장기관측과 그 관련 연구로 빠르게 전환하고 있는 추세이다(국

\*Corresponding author. E-mail : ckpark@kiost.ac.kr



**Fig. 1.** Newly constructed research vessel of Australia and Japan. Left side is R/V Investigator of CSIRO in Australia (<http://csirofrvblog.com>). Right side is R/V Kaimei of JAMSTEC in Japan ([http://www.jamstec.go.jp/e/jamstec\\_news/20150607](http://www.jamstec.go.jp/e/jamstec_news/20150607))



**Fig. 2.** Photograph of R/V Onnuri in KIOST (Length Over All: 63.8 m, Width: 12.0 m, Gross tonnage: 1,422 ton)

토해양부 2008). 이와 같은 연구개발이 가능하기 위해서는 기본적으로 장기간 중간보급 없이 실시간으로 현장조사·분석이 수행될 수 있고, 대형 정밀조사장비 운용을 위한 정밀위치유지와 제어, 위성통합관측, 해저시추 시스템과 무인잠수정 등이 원활하게 운용될 수 있는 다목적 대형연구선의 확보가 필수적이다. 최근 건조가 완료되어 취항한 영국의 New Discovery호(6,260톤), 후주의 Southern Survey호 대체선인 Investigator호(6,082톤)와 인도의 3차원 석유탐사 전용선(3-D seismic vessel), 남아프리카연방

쇄빙선과 일본의 Hakuohmaru의 대체선인 Kaimei호(5,800톤)이 모두 5천톤 이상의 대형연구선(국토해양부 2008)이라는 것은 이러한 연구추세를 반영하고 있다(Fig. 1).

지난 20여년간 우리나라의 대양과 심해연구는 1992년에 취항한 한국해양과학기술원의 1,400톤급 연구선 “온누리호”에 전적으로 의존하여 왔다(Fig. 2). 다목적 연구선인 “온누리호”는 대양을 조사할 수 있는 국내 유일의 전문 연구선이었고, 이를 대체할 수 있는 대양 및 심해용 연구선은 국내에서는 전무하기 때문이다. 온누리호는 취항 이후, 대양과 심해를 대상으로 광역기초연구단계에서 요구되는 지구물리조사, 지질/암석/생물/해수 시료채취와 계류관측 등 연구선이 보유하고 있는 기능을 최대화하여 괄목할 만한 연구성과를 창출하였다. 그러나 점차 정밀화되고 대규모적이고 장기적인 연구내용의 수요와 응용 및 개발 단계의 연구를 하는데 있어서 기존 1,400톤급 연구선은 규모나 기능적으로 근본적인 한계에 봉착하게 되었다(한국해양과학기술원 2012).

일례로 우리나라의 대양과 심해연구를 견인하여 왔던 태평양 망간단괴자원개발의 경우, 수심 5,000 m 해저면에 분포하는 망간단괴 자원량 정밀평가, 상용화에 대비한 환경충격시험 및 환경영향평가 등 국제해저기구가 제정한 규칙(ISA 2013)을 충족하기 위한 대규모 연구를 수행하기 위해서는 잠수정, 저층교란장비(disturber)와 수심 5,000 m급 장기계류시스템(long-term mooring system) 등 측량수준의 정밀 조사·장비 운용이 필수적이다. 따라서 대양과 심해연구에 투입되는 연구선의 기능은 기본적으로 정밀위

Table 1. Number and proportion of research vessel possession by class in USA, EU, Japan and Korea

Class	USA*		EU**		Japan***		Korea***	
	Number	%	Number	%	Number	%	Number	%
Global	9	60	22	23	3	14	1	12
Ocean	5	33	28	29	4	18	4	44
Regional	1	7	47	48	15	68	4	44

\*<http://www.unols.org/ships-facilities/unols-vessels>

\*\*<http://www.rvinfobase.eurocean.org/spec/index.jsp>

\*\*\*Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs (2008)

치유지시스템(Dynamic Positioning System, DPS)이 완벽하게 구현되어야 하며, 위성항법보정시스템(Differential Global Positioning System, DGPS) 기반의 연구선 위치와 수천 m 깊이에서 운용되는 잠수정, 음향 및 영상 관측·조사장비의 위치파악을 위한 USBL(Ultra Short Base Line) 기능이 갖추어져야 한다.

또한 국제적으로 국가간 협력연구가 활발할 것으로 예상되는 해양산성화, 해수내 이산화탄소와 미량원소의 물질순환과 생태연구를 위해서는 시료채취과정에서 야기될 수 있는 오염원을 완벽히 방제할 수 있는 채취시스템과 생물, 생화학, 지화학분야의 특화된 실험구역 배치와 수천 m 수심의 계류관측시스템 및 채취된 시료의 실험조건별 특수 보관공간 등이 절대적으로 요구되지만 근본적으로 연구선의 실험구역과 연구시설의 공간적인 한계로 그 수요를 충족하기에는 무리가 있었다.

위의 결과에서 살펴본 바와 같이 대양과 심해연구에 있어서 내부적으로는 전문적이고 전방위적인 연구개발인프라를 구축하고 이를 통해 국가해양과학기술력 제고 및 국가 미래수요에 부응하고 외부적으로는 해양개발 선진국과 비교우위경쟁력을 확보할 수 있는 대형연구선의 건조가 절실하게 요구되었다(Table 1).

본 연구에서는 조선공학적 관점이 아닌 우리나라 최초로 건조되는 대형연구선으로서 대양과 심해역에서 20여년간 현장연구를 수행한 연구자 관점에서 고려하고 반영한 설계상의 배치 및 그 특성을 중심으로 설계결과를 소개하고 논의하고자 한다.

## 2. 설계·건조 경과

앞서 설명한 바와 같이 대양과 심해연구의 주력 연구선인 “온누리호”의 선령이 24년을 경과하면서 선체와 탑재장비의 노후화가 상당히 빠르게 진행됨에 따라 이를 대체할 수 있는 다목적 해양과학연구선의 확보가 주요 사안으로 대두되었다. 국토해양부(현 해양수산부)는 2007년 연구선의 규모와 기능에 대한 대내외적인 의견수렴과정을 거쳐 환경친화적이고 고도의 연구기능을 갖춘 대형연구선

건조 기획연구를 수행하였다. 이는 우리나라 해양연구대상을 획기적으로 확대할 수 있는 대형연구선 건조 기획연구를 수행하였다(국토해양부 2008).

건조사업은 2009년 대형해양과학연구선 사업에 대한 예비타당성조사 결과를 바탕으로 여러 보완과정을 거쳐 2010년 국가연구개발사업으로 추진케 되었다. 사업추진은 2010년~2011년 개념설계(기본설계)와 세부사양, 그리고 활용계획 등을 포함한 설계·건조 로드맵(국토해양부 2011)을 기반으로 2012년 조달청 주관의 국제입찰과 평가를 통해 STX조선해양(주)가 최종 건조 시행사로 선정됨과 동시에 2015년 최종인도를 목표로 16개월의 실시설계와 20개월의 건조기간을 포함한 총 3년간의 본격적인 건조공정이 2012년 12월 12일부터 추진되었다.

## 3. 요구성과 설계 고려사항

해양연구선은 관측선, 탐사선, 조사선과 연구선 등 목적과 기능별로 다양하게 통칭하고 있으나 해양과학연구선(oceanographic research vessel)은 수로조사선, 음향조사선, 어업조사선, 쇄빙선과 시추선 등 특수 전문선박을 제외한 해양과학 및 해양학 연구를 위한 다목적 해양연구선을 의미한다(국토해양부 2008). 또한, 선급에 따라서는 미국 연방 연구선 활용 공동협의체(University-National Oceanographic Laboratory System, UNOLS), 일본 문부과학성(Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology-Japan)과 유럽 과학재단 해양학위원회(European Science Foundation/Marine Board)의 경우, 글로벌급(global), 대양급(ocean), 근해역급(regional), 연안급(coastal)으로 구분하는데 각 선급 분류기준은 국가별로 다소 차이가 있다(Table 2). Table 3에서 보는 바와 같이 국가별로 글로벌급에 해당하는 연구선이 총톤수 3천톤 이상의 전장 90~100 m 내외에 해당한다고 했을 때, 설계가 완료된 연구선은 외형과 규모적으로 글로벌급에 해당하는 대형 해양과학연구선으로 분류될 수 있다.

사전에 수행된 관련 기획연구를 통해 대형연구선의 기본사양을 설정하는데 있어서 중요하게 검토하고 반영하였

**Table 2. Classification criteria of research vessel in USA, EU and Japan**

		Global	Ocean	Regional	Coastal
Duration	USA	50 days	40 days	30 days	20 days
	EU	-	-	-	-
	Japan	-	-	-	-
Endurance	USA	25,000 km	20,000 km	15,000 km	10,000 km
	EU	-	-	-	-
	Japan	-	-	-	-
Length over all	USA	70 m <	55~70 m	40~55 m	40 m >
	EU	65 m <	55~65 m	35~55 m	10~35 m
	Japan	120 m <	100~120 m	60~90 m	50 m >
Gross tonnage	USA	-	-	-	-
	EU	-	-	-	-
	Japan	8,000 ton <	4,000~5,000 ton	1,000~3,000 ton	1,000 ton >
Scientist	USA	30~35	20~25	15~20	15 >
	EU	65	26	41	-
	Japan	-	-	-	-

**Table 3. Major oceanographic research vessel of each country**

	Operation institutions	Name	LOA (m)	GT (ton)
USA	Scripps Institute of Oceanography	Roger Revelle	83	3,512
		Woods Hole Oceanographic Institute	Atlantis	83
UK	Natural Environment Research Council	New Discovery	99.7	5,700
		Discovery	90	4,378
		James Cook	89.5	5,368
France	IFREMER (in English; French Research Institute for Exploitation of the Sea)	L'Atalante	85	3,559
		Pourquoi pas?	107.6	6,600
Japan	Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology	Yokosuka	105	4,439
		Kairei	105	4,628
		Mirai	129	8,687
		Hakuho Maru	100	3,991
India	National Institute of Ocean Technology	Sagar Nidhi	104.2	5,000
		Sagar Kanya	100.34	4,209
China	State Oceanic Administration	Da Yang 1	104.5	5,600
		Dai Yang 2	104.5	5,000
		Xiang Yang Hong 5	152.6	13,650
		Xiang Yang Hong 9	112.0	4,435
Russia	Shirshov Institute of Oceanology	Akademik Kurchatov	124.2	6,986
		Dmitry Mendeleev	124.2	6,986
		Akademik Sergei Vavilov	117.1	6,231
		Akademik Loffe	117.3	6,600

던 사항으로는 1) 연구선 규모, 연구선의 성능, 선형, 추진 장치와 같은 연구선의 선박 제원, 2) 고도의 연구기능을 구현할 수 있는 연구실과 장착장비 선정, 공간활용 및 배치, 연구관측 자료처리 시스템과 3) 글로벌급 다목적 연구

선으로 작업 안정성과 선상작업 조건에 따른 해상상태 및 연구영역 설정 등이다. 이를 바탕으로 설계를 위한 기본 사양 도출 방법은 각 분야별 설문조사와 국내의 유사 연구선의 검토 결과를 반영하였다. 연구선 운항 성능 사양 설

정을 위해서는 저항성, 내항성, 조정성, 저진동/저소음, 부가물형상의 최적화를 고려하였으며, 연구활동과 관련하여서는 견인조사장비, 시료채취장비 운용 시 운용장비 기반의 내항성능과 위치유지 성능조건을 반영하였다. 운항성능 사양 검증은 모형 수조시험을 통하여 검증하는 것을 검토하였다. 추진장치와 관련하여서는 저속에서도 장시간 조사할 수 있고, 이동조사 시 정속운항이 가능하면서 선내 소음/진동과 수중으로 방사되는 소음을 최소화할 수 있는 사양을 논의하였다. 이와 같은 여러 사항 중에 검증방법 및 구현의 예로는 1) 여러 해상상태(sea state)에서 이동 중 선수파에 의해 발생하는 기포나 난류의 영향이 연구선 선저에 설치된 정밀 음향센서에 미치는 영향을 최소화할 수 있는 선형 개발 및 적용, 2) 추진기, 엔진 등에서 유발되는 소음(noise), 진동(vibration)과 수중방사소음(radiated noise)의 효율적 통제방안 구축 여부, 3) 다목적 연구선(multirole research vessel)으로서 후갑판 작업공간을 최대화하고 연구동선을 고려한 연구공간 활용 및 배치, 4) 장기 선상 연구활동을 위한 선내환경의 쾌적성과 환경친화적 연구선 건조 등을 들 수 있다.

설계 이전 기본사양 설정 시 중점 고려사항을 반영하여 설계가 완료된 대형연구선은 Table 4에서와 같이 연구선의 활동대상 범위가 위도 70° 이내로서 남과 북의 극지역을 제외한 모든 대양이 활동 대상해역에 포함되고 총톤수 약 5,900톤으로 글로벌급 연구선의 특성을 가지고 있다. 따라서 설계 시 고려되어야 할 성능과 기능은 1) 수심 11,000 m 이상 탐사 수행력, 2) 해상상태 6(과고 6~9 m)에서 정상적인 탐사작업 수행성, 3) 정밀한 위치유지가 필수적인 무인잠수정이나 음향·영상탐사장비운용을 위한 위치유지제어시스템 등급 상향 적용 여부, 4) 선체의 진동, 소음 및 유체의 와류 영향을 최소화할 수 있는 선저 정밀 음향센서 설치와 배열 여부, 5) 물리, 화학, 생물, 지질해양 분야 탐사특성과 분야별 연구·분석의 동선을 고려한 실험구역 배치 효율성, 6) 외부 작업환경의 안전성을 고려

한 작업공간 확보 여부와 60명의 연구원과 승조원의 장기 선상생활의 불편함을 최소화할 수 있는 시설의 편의성 등을 고려하여 설계되었다.

또한, 대형연구선은 친환경 연구선 기능 강화의 일환으로 연구선의 배기가스를 통해 배출되는 질소산화물을 선택적 촉매환원 방식(SCR)을 통해 질소와 물로 분해해서 질소산화물 배출량을 줄이는 배기가스 저감설비 규제기준을 당초 Tier II가 아닌 Tier III를 채택하였다. 이것은 환경친화적인 미래형 연구선의 기능을 강화하기 위한 것으로 주발전기 4개 기와 정박발전기 1개 기 설계에 반영하였다. 그 이유는 대기오염물질 가운데 선박(100톤 이상) 내연기관에 의해 발생하는 질소산화물(NOx)이 전체 배출량의 10~15%(홍 등 2012)를 차지하고 있기 때문에 대기오염의 심각성을 극복하고자 국제해사기구(IMO)는 2016년부터 건조되는 선박에 대하여 발효될 대기오염방지 3차 규제사항(Tier III)을 마련하였다(IMO 2009). Tier III는 대기오염방지 1차 규제(Tier I) 보다 한층 강화된 규제로서 질소산화물 배출량을 80% 정도 감축해야 하는 것이 주요 골자이며, 이는 선박 내연기관의 정격 회전 속도(rated engine speed) 130 rpm 이하에서 1 kWh당 3.4 g을 감축하는 것을 의미한다(홍 등 2012).

#### 4. 연구선, 연구장비 및 실험·분석실 설계 특징

당초 요구되는 연구선의 기본 제원은 항해거리 19,000 km 이상으로 55일 이상 중간보급 없이 항해하면서 전지구적 관측 및 연구개발이 가능한 다목적 대양연구를 수행해야 한다. 이에 최종 설계결과 전장은 99.8 m로 당초 기본설계(개념설계)에서 제시된 전장보다 약 6 m를 확장하였으며, 폭은 변경없이 최초 제안 규격 18 m를 유지하였다. 기본 제원에서 제시된 전장은 94.2 m였으며, 건조사는 97.3 m를 제시하였다. 협상과정에서 연구선의 복원 및 안정성과 함께 전장 확장의 기술적 가능성과 타당성이 중요

Table 4. Comparison of main particulars on each design step

	Concept	Basic	Final
Length Over All	95.0 m	94.2 m	99.8 m
Width	18 m	18 m	18 m
Gross tonnage	6,000 ton >	Max. 5,900 ton	About 5,900 ton
Speed Design	12 knots (Sea state 4)	12 knots (Sea state 4)	12 knots (Sea state 4)
Maximum	15 knots (Sea state 2)	15 knots (Sea state 2)	15 knots (Sea state 2)
Endurance	About 19,000 km	19,000 km <	19,000 km < (Sea state 4, 12 knots)
Duration	55 days	55 days	55 days <
Scientist/Crew		38/22	38/22
Target area		Latitude $\pm 70^\circ$ >, Offshore	Latitude $\pm 70^\circ$ >, Offshore



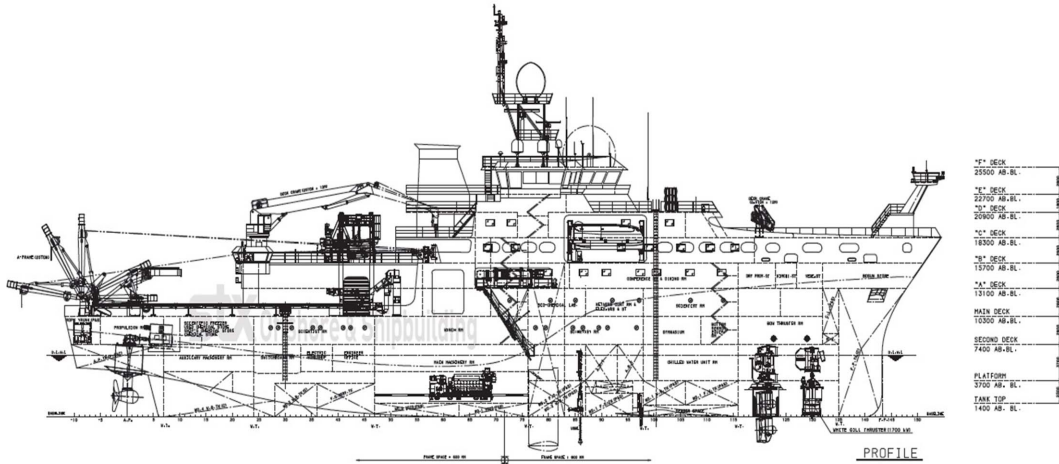


Fig. 3. General arrangement of 5,000 ton's research vessel

하게 논의되었다. 최종적으로 전장 확대는 연구선 속도 및 추진성능을 유지하는 조건에서 주요 작업공간인 선미의 작업구역 공간을 기존 18 m에서 20 m로 확장함과 동시에 복원성능 기준을 넘어 대양에서의 연구활동력 강화를 위해 수직방향의 무게중심을 낮추는 다양한 방안(상부구조물 및 탑재장비 중량 경감, 특정 deck 구조변경, 선저 고정 발라스트 탑재 등)을 검토하여 최적의 방안을 선정하여 건조에 반영하였다.

Fig. 3는 설계가 완료된 연구선의 일반배치를 나타낸 것이다. 전체적인 연구선의 deck 구성은 최하단부 탱크 탑(tank top)부터 선교까지 약 25.5 m, 9개 deck로 구성하였다. Second deck는 윈치실과 연구원의 선실이 배치되었고, Main deck는 모든 연구활동이 집중될 수 있도록 연구 시설 중심으로 배치하였다. A deck는 식당, 병원, 회의실과 휴게시설 등 생활 편의시설구역으로 설정하였으며, B와 C deck은 승조원 및 연구자 거주구역으로 설계하였다. E deck에는 선교가 위치하도록 설계하였다. 연료유 탱크는 설계항속거리(19,000 km 이상)를 항해할 수 있도록 95% 만재시 약 600 m<sup>2</sup>로 설계하였다(Table 4). 또한, 해상상태 6(파고 6~9 m)에서 연구수행이 정상적으로 이루어지도록 횡요감쇄시스템(controlled passive anti rolling system)을 적용하였다.

첨단의 정밀 연구장비가 운용되는 대형연구선의 특성을 고려하여 주기관, 추진기 및 발전기 등의 기전력으로 인한 진동과 선체 공진현상을 최소화하고 연구·조사장비를 운용하는데 진동과 소음이 발생되지 않도록 허용기준을 적용하였는데 진동/소음/수중방사소음 허용기준은 각각 국제표준화지침 ISO 6954-2000(E), IMO Resolution A468과 ICES Cooperative Research Report No.229에서 규정하는 지침을 기초로 하는 허용기준을 적용함으로써 소음 및 진동을 유발 장치의 배치와 재질개선, 방음벽의 설치

및 방음재 시공 등 구역 및 장비에 대한 배치와 바닥 및 탄성마운트 소재 개선에 반영하였다(ISO 2000; IMO 1982; ICES 1995).

연구선의 선수형상은 항해중 음향, 기상 및 해류 등의 자료획득이 기본적으로 수행되어야 하기 때문에 선수의 바다의 정밀 음향센서가 기포의 영향을 받지 않고 그 영향을 최소화하기 위해 전산유체역학 수치해석을 통한 블리스터형의 돌출형태를 적용하였다. 저항감소 효과를 극대화하기 위해 선수하부가 돌출되는 방식을 채택하지 않고 V-형태의 수직 선수재(stem)로 설계하였다. 선미하부에는 저항 성능 개선을 위해 부가물을 설치하였으며, 선미부분은 교란되지 않은 퇴적물 시료를 채취하는 다중주상퇴적물채취기(multiple corer), 원격 신호제어를 통하여 수층별로 유량, 수온, 플랑크톤 분포를 정량적으로 측정하고 채취하는 다중플랑크톤채취기(MOCNESS), 연구선 수직면을 기준으로 좌우 수백 m에서 수 km 범위의 해저면 음향특성과 매질특성을 분석하는데 활용되는 측면주사음향탐사기(deep tow side scan sonar), 해저면의 영상분석을 위한 견인식 카메라시스템(towing camera system), 무인 잠수정(ROV), 중자력계, 계류시스템 운용(mooring system)과 탄성파 탐사장비(air gun, array) 등 다양한 연구조사장비의 진수 및 회수가 용이하도록 트랜섬(widen transom) 형상을 채택하였다(Fig. 4).

대형연구선의 추진시스템은 정속성과 조정 및 선회성능을 만족해야 하기 때문에 기본적으로 전기추진 방식이 적용되었다. 전기추진시스템은 방식에 따라서 모터와 추진기가 축과 벨벳기어로 연결되어 360° 회전하는 아지무스 추진기와 추진기 자체가 회전하며 조향기능을 갖는 포드 추진시스템(pod propulsion system)을 들 수 있다. 최종적으로 선내 진동, 소음과 수중방사소음 기준 충족 여부, 선회성능, 위치유지제어 성능, 조정성능과 공간구성 측면에

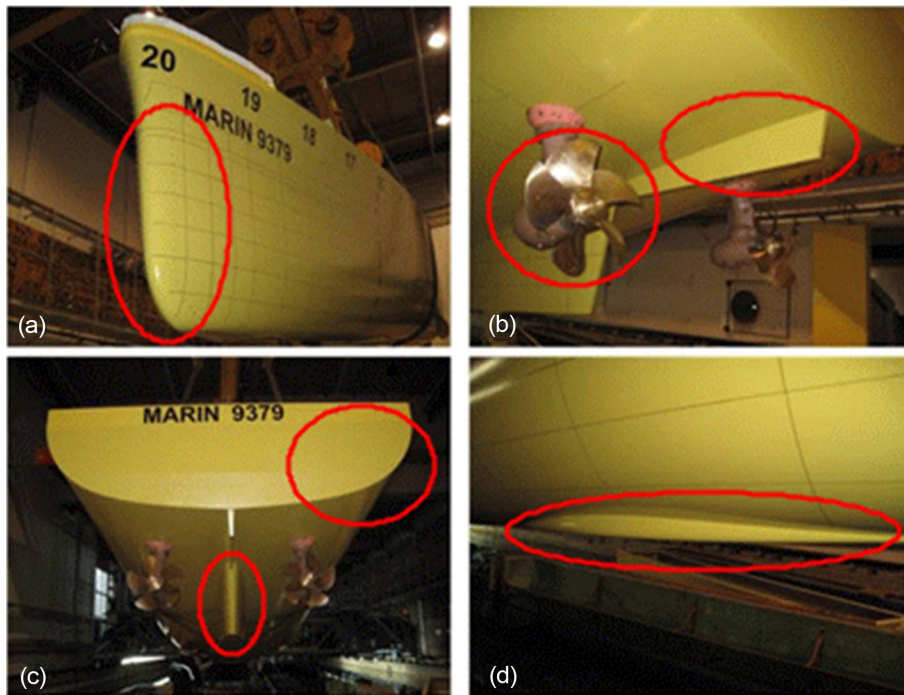


Fig. 4. Photographs of performance improvement addition on test model ship (a: V-shaped bow, b: stock propeller and skeg, c: widen transom, d: blister)



Fig. 5. Design concept of 5,000 ton sized research vessel

서 기관실의 위치 설정이 용이한 이지무스 추진기 방식을 반영하였다. 자동위치시스템(Dynamic Positioning System, DPS)는 선미의 360° 회전 이지무스 추진기 2기, 선수에 전동 유압구동방식의 리트랙터블 추진기(retractable thruster) 1기와 전동 구동방식의 펌프제트 추진기(pump jet thruster)를 배치하여 기존 DPS-I에서 DPS-II 급으로 강화된 기능을 구현하도록 하였다(Fig. 5).

## 5. 선형시험

특수목적선인 연구선을 설계하고 건조하는데 있어서 우

리나라는 국내기술로 대양과 심해연구를 전문으로 수행하는 대형연구선을 건조한 경험이 전무하였기 때문에 선형을 개발하고 그 결과를 검증할 수 있는 모형 수조시험기관 선정은 설계이전 단계부터 가장 중요하게 고려되었던 사항이다. 시험기관은 우선 선형과 관련하여 선저의 음향 센서에 선수에서 발생하여 진행되는 기포에 의한 신호잡음 영향 정도를 평가할 수 있고 유사한 대형연구선 시험실적이 있는 기관에서 수행하여야 하는 것은 필수적인 사항이었다. 따라서 시험기관으로 유사 연구선의 시험 실적을 보유하고 있는 네덜란드 MARIN(Maritime Research Institute Netherlands)을 선정하였다.

**Table 5. Date and test item for model test in MARIN, Netherlands**

	Date	Main Item
1 <sup>st</sup>	7~15 March, 2013	Resistance test Self-Propulsion test
2 <sup>nd</sup>	2~12 August, 2013	Maneuvering test
3 <sup>rd</sup>	11~13 March, 2014	Resistance test Self-Propulsion test
4 <sup>th</sup>	28 March~4 April, 2014	Cavitation, Noise test

성능검증과 관련한 모형 수조시험은 4차에 걸쳐서 수행하였으며, 초기 설계 선형의 효율성과 문제점을 검증하기 위해 첫 번째로 현장에서 운용될 연구특성을 고려하여 선저에 음향센서를 배열·설치하는 유형별(blisters, flush mount, gondola type 등) 장·단점 검토결과를 반영하였으며, 두 번째로 선체주변의 해수유동, 조파와 조파저항 예측 해석을 통해 선형 최적화를 유도하고 세 번째로 선저 음향센서 성능 보장과 최적 선형개발을 위한 선형 시험과 검증을 수행하였다(Table 5). 성능시험을 위해 횡요방지용

만곡부용골(bilge keel), 펌프제트 추진장치, 횡동요 감쇄 탱크와 선미 스키프와 같이 선체에 설치되는 부가물을 고려하여 저항(powering test)/자항(self-propulsion test) 및 유선(paint smear test) 시험용 1: 12.58 모형선과 내항(sea keeping test)/조정성능 시험(maneuvering test)을 위해 1:20.25 축척의 모형선을 제작하였다(Fig. 4, Fig. 6a, 6b and 7).

저항(resistance) 및 자항시험(self-propulsion test)은 우선 시험기관인 네덜란드 MARIN사가 보유하고 있는 재고 프로펠러를 이용하였으며, 후에 제작사(Wartsila)가 설계한 프로펠러를 이용하여 선박이 운항하는 동안 해상상태에 따라 선수에서부터 이동하는 기포가 선저에 위치하는 블리스터 음향센서에 끼치는 영향 유무, 기제안조건인 항해속도 12노트(해상상태 4, 유의파고 1.25~2.5 m)/최대속도 15노트(해상상태 2, 유의파고 0.1~0.5 m)에서 요구된 성능기준 만족 여부와 유선조사를 통한 부가물 위치의 적절성 등을 시험하였다(Fig. 6b and 7). 시험결과, 제안요청서에서 제시한 2,000 kW 이하에서 순항속도 12노트, 5,000 kW 이하에서 최대속도 15노트 기준을 충족하였다

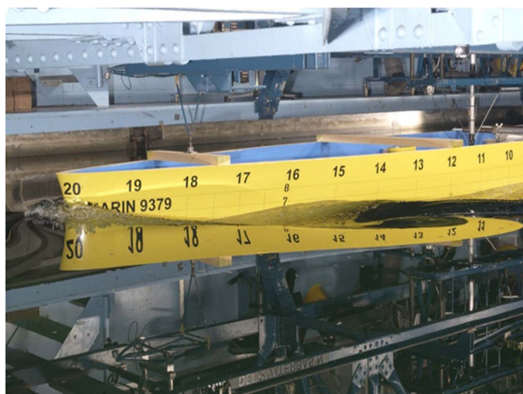


(a)



(b)

**Fig. 6. (a) Model ship for powering and maneuvering test (Model ship has the scale of 1:25.05), (b) photograph of model test in water tank**



**Fig. 7. Resistance test using scaled model ship (left: 12 knots, right: 15 knots)**



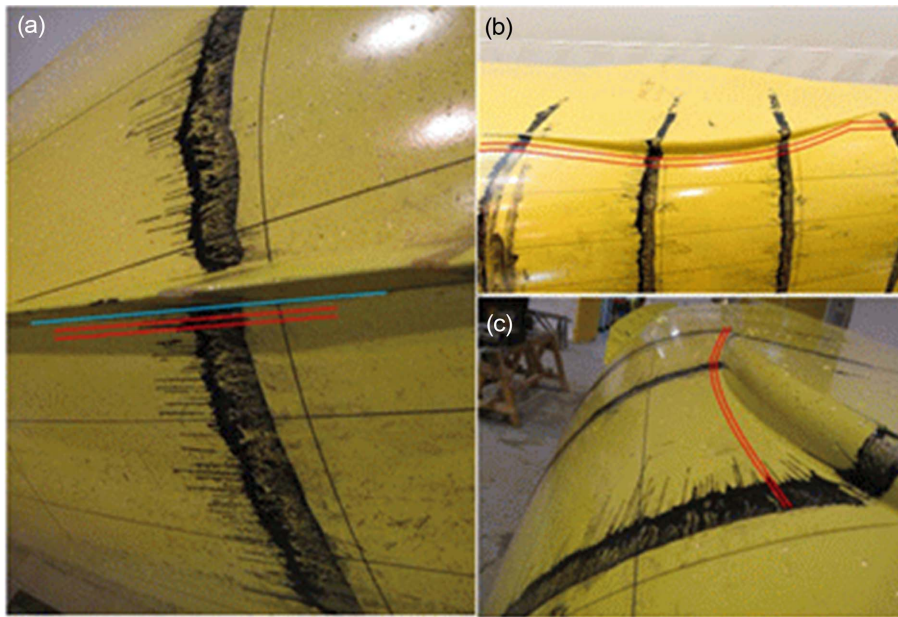


Fig. 8. Results of paint smear test (a: bilge keel, b and c: blister)

(MARIN 2014).

유선 및 기포 관측시험 결과 해상상태 0(유의파고 0 m)와 해상상태 4에서는 선수에서 발생하는 쇄파에 의해 발생하는 기포가 음향센서가 위치하는 구역에 전달되지 않았으며, 해상상태 5(유의파고 2.5~4 m)와 6(유의파고 4~6 m)에서도 당초 선형설계에서 고려하고 의도된 바와 같이 선수에서 선측을 따라 이동하는 기포가 선저 음향센

서에 직접적인 영향을 주지 않는 것으로 나타났다(Fig. 8).

## 6. 연구실험실 배치 특징 및 기본 탑재 연구장비

Fig. 9는 실험실과 연구실이 집중적으로 배치되어 있는 Main deck의 일반배치와 목업(mock-up) 설계결과를 나타낸 것이다. Main deck에 배치한 연구실에는 중앙연구실

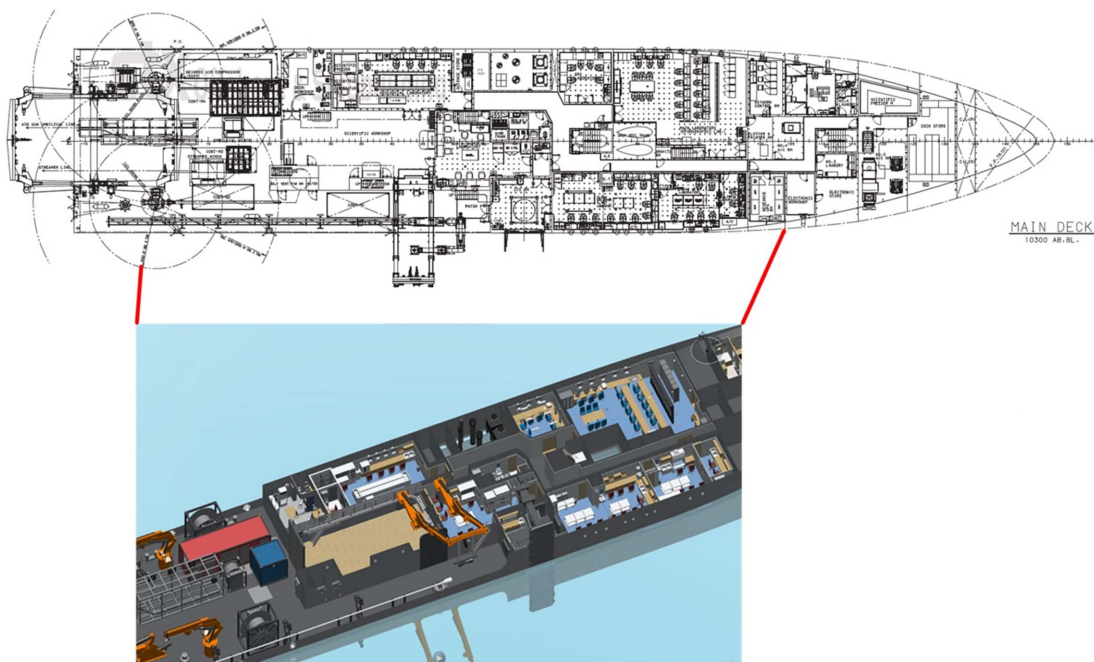


Fig. 9. General arrangement and mock-up design of the main deck (Main laboratories are arranged on this deck)

(110 m<sup>2</sup>), 지질연구실(80 m<sup>2</sup>), 청정 시료분석실(54 m<sup>2</sup>), 지구물리연구실(28 m<sup>2</sup>), 청정 해수시료 분석실(42 m<sup>2</sup>), 생화학 연구실(53 m<sup>2</sup>) 등이 포함된다. 이와 같이 Main deck에 연구실과 실험실을 집중적으로 배치한 이유는 갑판후미와 측면에서 A-frame과 윈치에 연결된 채취장비 운용빈도가 높기 때문에 시료가 갑판에 올라온 후, 분야별로 전처리·분석의 연계성을 높이고 연구 동선을 고려하여 시료채취 크레인이 위치하고 있는 선미 작업구역과 선측 작업구역과 실험실간에 직접 연계되도록 연구활동의 안전성과 효율성을 고려한 것으로 해석할 수 있다. 기상관측실(19 m<sup>2</sup>)은 대기 관측 센서가 선교 아래 C deck 선수에 위치하고 있는 것을 고려하여 C deck 하부 B deck에 배치하였다. 연구실과 실험실 총 면적은 386 m<sup>2</sup>에 이른다. 또한 CTD 장비운용실(32 m<sup>2</sup>), 정밀기기의 보정 및 수리를 위한 기기 보정실(15 m<sup>2</sup>), 네트워크 통제실(18 m<sup>2</sup>), 음향장비실(22 m<sup>2</sup>) 등 연구지원실 총 면적은 55 m<sup>2</sup>이다.

시료채취장비가 후미 작업구역에 올라온 후, 1차적인 관찰·분석과 시료처리를 위해 연구 작업실(91 m<sup>2</sup>), 각종 계측 및 분석장비의 유지·보수를 위한 장비 작업실(11 m<sup>2</sup>)을 구성·배치하였으며 총 면적은 102 m<sup>2</sup>이다. 각 연구실에 다양한 온도조건을 갖는 시료보관실을 설계에 반영하였지만 대규모 시료를 장기간 보관하기 위한 시료저장창고(128 m<sup>2</sup>)를 별도로 배치하였다. 따라서 시료 및 자료분석·처리를 위한 연구실과 지원실의 총 면적은 616 m<sup>2</sup>에 이른다. 연구실의 면적은 우리나라 쇄빙선 Araon호(7,487

톤), 영국의 New Discovery(6,260톤)과 독일의 Maria S. Merian호(5,573톤)의 연구실 면적이 각각 약 618 m<sup>2</sup>, 약 765 m<sup>2</sup>와 약 690 m<sup>2</sup>인 것과 비교할 때(국토해양부 2011), 심해광물자원, 전지구적 기후관측, 해양환경 및 종다양성 연구 등 다양한 연구개발을 수행할 수 있는 다목적 종합연구선으로서 적절한 연구공간을 확보한 것으로 사료된다.

연구시설 및 구역배치 설계 시 중요하게 고려되었던 또 다른 사항으로는 일반적으로 수행되는 공통연구와 영구 탑재장비를 제외하고 연구목적에 따라 유동적으로 운용하는 장비와 시설은 이동식 연구실인 컨테이너 방식을 채택함으로 공간확보, 유지관리와 현장연구 효율성이 고려되었다. 대표적인 예로 탄성과 탐사장비의 공기압축기(air compressor)와 해수내 미량원소와 동위원소 분석을 위한 청정 해수시료 채취시스템(TEI Ultraclean Sampling System)이 해당된다.

대형연구선의 조립공정에서 이송되어 육상건조공법에 의한 블록탑재가 진행되는 동안 연구선에 설치될 주요 항해 및 연구관측 장비는 총 130여종으로서 연구 관측장비는 고정형 설치장비와 이동형 탑재장비로 나누어 볼 수 있다. 이 가운데 고정형 설치장비는 음향, 지구물리, 유속관측, 화학, 일반, 기상, 위성, 생물과 지질분야에서 기본적으로 활용되는 장비를 선정하여 설계에 반영하였다(Table 6). 음향장비는 다중 음향측심기(70~120 kHz), 수심 2,000 m 범위 천해용 다중음향측심기와 수심 10,000 m 범위 심해용 다중 음향측심기를 포함한 5종, 지구물리 장

**Table 6. Main scientific instruments for Installation on vessel**

Instrument	Specification
Precision Depth Recorder	- Frequency : 12~710 kHz - Max depth : 10,000 m
High frequency Omni directional sonar	- Frequency : 114 kHz - Range : 5~2,000 m
Scientific Fish Finder	- Frequency : 18, 37, 70, 120, 200, 333 kHz - Range : 0~15,000 m
Acoustic Synchronization Unit	- Max. 24 channel (12Ch+12Ch)
Underwater Positioning System (USBL)	- Frequency : Tx. 10~12.5 kHz, Tel. 12~13 kHz, Rx. 13~15.5 kHz - Range : 10,000 m
Aircompressor for Multichannel Seismic System	- screw compressor: FAD-51 m <sup>3</sup> /min, discharge pressure-217.5 psig - piston compressor: FAD-51 m <sup>3</sup> /min, discharge pressure-2000 or 3000 psig, speed-1500 rpm
Multibeam Echo Sounder (Deep-sea)	- Frequency : 12 kHz - Range : 11,000 m
Multibeam Echo Sounder (Shallow)	- Frequency : 70~100 kHz - Range : 2,000 m
Scientific multibeam echo sounder	- Frequency : 70~120 kHz
Marine Gravimeter	- Range : 20,000 mGal (Worldwide) - Resolution : 0.01 mGal - Static Repeatability : 0.2 mGal

Table 6. Continued

Instrument	Specification
Sub Bottom Profiler	- Frequency : High 18~33 kHz, Low 0.5~6.0 kHz - Max. Penetration : > 200 m - Range : 11,000 m
Sound Velocity Sensor	- Operational depth : 6,000 m - Accuracy : +/-0.05 m/s - Pressure : +/-0.05%FS
Expandable Bathy Thermograph(X-BT)	- Sampling Rate : 10 Hz - Vertical Resolution : 60 cm - Max. Depth 760 m at 15 knots
Sound Velocity Probe (Bottom hull Installation)	- Accuracy : +/-0.05 m/s - Sampling : up to 25 Hz
ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler)	- Frequency : 38 kHz, 150 kHz
CTD System (Conductivity and Temperature for Depth)	- Dissolved oxygen sensor, PH sensor, PAR sensor, Deep Chlorophyll Fluorometer, Transmissometer, Altimeter - Bottles : 12 L × 36ea
Thermosalinograph	- Incl. pCO2 sensor, Real-time monitoring
CUFES (Continuous Underway Fish Egg Sampling system)	- fish egg sampler - concentrator - sample collector - horse and tubing, 75 mm diameter - suction and discharge hose - spare parts kit
Giant Piston Coring system	- Length : 32.3 m - diameter : 0.91 m - Barrel length : 6 m, ID : 130 mm - Liner length : 6 m, ID : 110 mm
Meteorological Observation System	- Wind speed/direction, Air temperature, Humidity, Air pressure, Pyranometer, Pyrgeometer, Quantum Sensor, UV radiation sensor, Rain sensor, Net radiation sensor, 3D sonar wind sensor, Aero mass spectrometer, Data logger
Attitude and Motion with Gyro	- Heading accuracy : 0.01° - Roll and pitch accuracy : 0.01° - Fiber Optic Gyroscope
DGPS (Differential Global Positioning System)	- L1, L2 RECEIVER
Network Data Management System	

비는 천부지층탐사기를 포함한 3종, 유속관측장비는 1종, 화학장비 1종, 수온 및 염분 측정을 위한 일반장비는 2종, 기상장비 2종, 위성항법장비 2종과 생물장비는 어란채집기(the Continuous Underway Fish Egg Sampler, CUFES)를 포함한 2종을 설계에 반영하였다. 퇴적물 시추장비는 기술적 운용이 검증된 퇴적층 30 m 깊이까지 시료를 채취할 수 있는 giant piston corer(전체길이 32.3 m, barrel 길이 6 m/직경 13 cm, 코어시료 직경 11 cm)를 채택하였다(Fig. 5). 또한 선저에서 수중으로 4 m를 내려서 운용할 수 있는 드롭킬(drop keel) 2개 기를 설계에 반영하였다. 좌현 드롭킬에 장착되는 음향센서는 대상수심 0~15,000 m 관측을 위해 18~333 kHz 사이 6개 주파수대역의 어군탐

지센서 설치를 설계에 반영하였으며, 우현 드롭킬에는 12 kHz, 38 kHz와 200 kHz 주파수대역의 정밀음향측심기를 설계·배치하였다.

## 7. 결 론

2012년 12월부터 2013년 3월까지 16개월에 걸친 대형 해양과학연구선의 선형 및 일반배치에 대한 최종 설계결과, 대형연구선의 주요 제원은 Table 7과 같다. 전장과 폭은 각각 99.8 m와 폭 18.0 m으로 설계하였으며, 흘수(draft)는 설계 만재 시 6.3 m이며, 총톤수는 5,900톤이다. 항해 속력은 일반항해시 흘수 6.3 m, 해상상태 4에서 5,000 kW

**Table 7. Main specification of the 5,000 ton' research vessel after final design review**

LOA (Length Over All)		99.8 m
Width		18.0 m
Draft		6.3 m (full)/ 6.5 m (scantling)
Gross tonnage		about 5,900 ton
Speed	Cruising	12 knots
	Maximum	15 knots
Propulsion	Type	Diesel-Electric
	Power	2,500 kW × 2 set
Endurance		19,000 km <
Duration		55 days <
Crew Member		60 (Scientist 38, Crew 22)
Thrust system	Bow Retractable thruster	1,350 kW
	Pump Jet Thruster	2,120 kW
	Stern Azimuth Thruster	5,000 kW
Dynamic Positioning System		DPS class - II
Generator		about 1,881 kW × 4 set
Number of Main Instruments for Research		135 ea. (including giant piston coring system)
A-Frame Safety Work Load	Stern	30 ton
	Starboard	25 ton

추진마력으로 12노트이며, 최대속력은 해상상태 2에서 5,000 kW 추진마력으로 15노트이다. 항속거리와 항해기간은 각각 19,000 km 이상과 55일로 설계하고, 승선인원은 승무원 22명, 연구원 38명으로 총 60명 승선을 고려하였다.

총 연구구역은 616 m<sup>2</sup>이며, 지질, 화학, 생물, 물리해양 연구실과 주연구실(hydrographic laboratory)의 면적비를 6:4로 구성함으로써 탐사 시, 획득되는 모든 자료를 분석 처리 기능과 현장탐사의 중앙제어기능을 담당하는 주연구실의 운용성을 강화하기 위해 연구실 면적을 확대·적용한 것이 특징이다.

2015년 말에 건조가 완료될 예정에 있는 대형연구선은 현재 건조공정이 70%를 넘어섰다. 대형연구선의 설계·건조는 대양과 심해를 전문으로 하는 연구선 건조 경험이 전무한 상황에서 국내 조선기술과 해양과학분야의 전문가들의 풍부한 현장경험과 고민이 반영된 결과이며, 동시에 국가해양과학기술력을 획기적으로 도약시킬 해양산업과 해양과학기술 및 국가정책분야의 창조적 결과로서 중요한 의의를 갖는다.

대형연구선 건조를 통해 우리나라는 명실공히 고부가가치 특수목적선 설계·건조기술 보유국으로 자리매김할 것

이며, 앞으로 국가해양과학기술의 획기적 도약을 위한 해양인프라로서 역할과 임무를 수행할 것으로 기대된다.

## 사 사

본 연구는 해양수산부 “대형해양과학조사선 실시설계 및 건조(PM58020)” 사업과 관련하여 수행된 결과입니다.

## 참고문헌

- 국토해양부 (2008) 대형 해양과학연구선 건조사업 기획연구. 한국해양연구원, 622 p
- 국토해양부 (2011) 대형 해양과학조사선 건조 로드맵 및 활용계획 연구. 한국해양연구원, 753 p
- 한국해양과학기술원 (2012) 바다 속 검은 진주, 망간단괴. 한국해양과학기술원, 103 p
- 홍지태, 강규홍, 배정철 (2012) 전기추진선박 연구 및 시험인증평가 인프라 구축. 대한조선학회지 49(2):60-65
- MARIN (2014) Multirole research vessels (86m) final report. Maritime Research Institute Netherlands, No. 26540-2-DT, 12 p
- ICES (1995) Underwater noise of research vessels: review and recommendations. ICES, pp 11-31
- IMO (1982) Noise levels on board ships. International Maritime Organization, London, 35 p
- IMO (2009) Revised MARPOL Annex VI: regulations for the prevention of air pollution from ships and NOX technical code 2008. International Maritime Organization, London, 212 p
- ISA (2013) Decision of the council of the international seabed authority relating to amendments to the regulations on prospecting and exploration for polymetallic nodules in the area and related matters, ISBA 19/C/17. <https://www.isa.org.jm/documents/isba19c17> Accessed 11 May 2015
- ISO (2000) Mechanical vibration-Guidelines for the measurement, reporting and evaluation of vibration with regard to habitability on passenger and merchant ships, ISA 6954:2000(E). [http://www.iso.org/iso/catalogue\\_detail.htm?csnumber=28883](http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=28883) Accessed 18 May 2015

## 국문 참고자료의 영어 표기

**English translation / Romanization of references originally written in Korean**

- Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs (2008) The planning research on new research vessel building program. Ministry of Land, Transport and Maritime



---

Affairs, 622 p (in Korean)  
Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs (2011)  
Master plan and application for new R/V building  
program. Ministry of Land, Transport and Maritime  
Affairs, 753 p (in Korean)  
KIOST (2012) Polymetallic nodule and environmental  
characteristics of the Korea contract area. KIOST, 103 p  
(in Korean)

Hong JT, Kang KH, Bae JC (2012) Study of electric  
propulsion on ship and Establishment of infrastructure on  
assessment. Soc Naval Architect Korea **49**(2):60–65 (in  
Korean)

---

*Received Jun. 8, 2015*

*Revised Aug. 3, 2015*

*Accepted Aug. 24, 2015*