

## 극지해역 항해선박의 기관사 교육 개발에 관한 연구

이우근<sup>†</sup>

(Received September 10, 2019 ; Revised September 11, 2019 ; Accepted September 19, 2019)

### Development of competence of ice navigation engineers navigating polar areas

Woo-Kun Lee<sup>†</sup>

**요약:** 북극과 남극의 해빙의 속도가 가속화 되면서 북극 및 남극 자원개발 및 항로이용에 대한 국제 사회의 관심이 높아지고 있다. 극지해역의 해빙으로 인한 상선 및 어선들의 운항이 늘어남에 따라 환경오염 및 사고 위험성이 증대되고 있다. 2009년 12월 2일 총회 제26차 회의에서 “극지해역을 운항하는 선박을 위한 지침(Guidelines for Ships Operating in Polar Waters, 극지해역 선박운항 지침)”을 결의서(Resolution A.1024(26))로 채택하였다. 이 지침을 통하여 북극해에서 운항하는 모든 선박의 유빙 항해사(Ice Navigator)의 승선을 강제화 하였고, STCW 협약은 극지해역을 항해하는 선박의 선장 및 항해사의 자격요건을 두고 있으나 기관사에 대한 해기 요건은 없다. Polar Code 에서 제시한 규정 준수를 위해 항해사를 대상으로 한 교육과정 중 일부는 기관에 관한 내용이 포함되어 있다. 극지해역 항해 중 유빙의 해수 흡입구 막힘 및 저온의 공기 흡입에 의한 엔진 연소문제 등 다양한 사고, 사례를 통해서 알 수 있듯 일반해역과는 다른 특수성을 가지고 있다. 그럼에도 불구하고 기관사의 자격요건에 대한 구체적인 내용이 없고 강제성을 두고 있지 않다. 본 연구에서는 극지해역을 항해하는 선박의 안전운항을 위한 기관운용에 대한 규정 및 기술적인 방법 등을 검토하고 기관사를 위한 교육과정을 제안하고자 한다.

**주제어:** 유빙기관사, Polar Code, 해수흡입구, 유빙 항해사, 방한기술

**Abstract:** The rapid thawing of the Arctic and Antarctic regions has increased the number of merchant and fishing vessels operating there. Thus, the risk of environmental pollution and accidents is increasing. The International Maritime Organization has issued safety codes for ships operating in polar waters. The codes specify the minimum requirements for an ice navigator, who is qualified through training. However, for an engineer who works in the same environment, there are no special requirements; thus, there is no relevant training course, and only a few of the courses for officers are related to the agency. As is apparent from various accidents, such as clogging of the seawater intake of slice ice and combustion of the engine by intake of low-temperature air, during voyages of polar waters, these regions have characteristics different from those of the typical sea. Nevertheless, ship owners and management companies do not require training because they do not have specific details pertaining to the qualifications of the engines and because training is not compulsory. This study aims to review the data on engine operation for the safe operation of ships in polar waters and to suggest the development of a curriculum for the engineer. Further research will be required to ensure that amendments to the qualifications and training agreements of the agency are made.

**Keywords:** Ice engineer, Polar code, Sea chest, Ice navigator, Winterization

### 1. 서론

북극의 해빙(解氷)은 국립설빙자료센터(National Snow and Ice Data Center, NSIDC)의 자료에 따르면 2018년8월 15일 기준 연면적은 5.7백만 km<sup>2</sup> 정도로써 지난 2012년 보다는 크지만, 1981년부터 2010년 까지 평균 해빙 면적보다 1.58백만 km<sup>2</sup> 줄어든 상황으로 해빙 면적이 전반적으로 줄어들고 있는 추세이다. 남극의 경우는 빙산의 녹는 속도가

갈수록 빨라져 연간 2000억 톤 이상의 물이 바다에 유입되고 있다. 지난 2012년부터 2017년까지 남극의 빙산은 연간 2190억 톤씩 녹아 이전 10년(1992~1997)의 연 평균 730억 톤의 녹는 양과 비교하면 약 3배에 해당된다. 해빙이 되면서 북극 및 남극 개발에 대한 국제 사회의 관심이 높아지고 있다[1]. 북극은 아시아와 유럽을 잇는 최단거리 항로 역할과 남극과 마찬가지로 막대한 자원 개발가능성으로 극

<sup>†</sup> Corresponding Author (ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0448-026X>): Professor, Education Management Team, Korea Institute of Maritime and Fisheries Technology, 367, Haeyang-ro, Youngdo-gu, Busan, 49111, Korea, E-mail: [lwk9202@naver.com](mailto:lwk9202@naver.com), Tel: 051-620-5826

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

지해역 운항이 더욱 늘어나고 있다. 극지해역은 해빙이 되더라도 아직 많은 유빙이 존재하며 이 지역에서의 선박 운항을 위하여 유빙 항해 경험을 가진 선원들을 승선 시키고, 경험이 부족한 선원의 경우에는 관련 교육을 통해서 자격을 갖추고 있다.

국제해사기구(IMO)는 2002년 12월 23일 공동 회람문서(MSN/Caird.1056, MERC/Caird.399), 2006년 5월 31일 회람문서(MSN/Caird.1185)와 MSN 제86차 및 MERC제 59차 회의에서 제정된 권고안을 고려하여 2009년 12월 2일 총회 제26차 회의에서 “극지해역을 운항하는 선박을 위한 지침(Guidelines for Ships Operating in Polar Waters, 극지해역 선박운항 지침)”을 결의서(Resolution A.1024(26))로 채택하였다[2]. 이 지침을 통하여 북극해에서 운항하는 모든 선박의 유빙 항해사(Ice Navigator)의 승선을 강제화 하였고, STCW협약 요건에 의하여 유빙 항해사의 최소요건을 갖춘 사람으로 정하였다. 하지만, 유빙 기관사의 경우에는 유빙 항해사와 같이 극지해역 환경에서의 기관운전에 대한 최소자격요건이 필요함에도 불구하고 구체적인 교육 및 표준기술이 없다.

따라서, 본 연구에서는 극지항해 선박의 기관사에 대한 교육과정 개발 필요성 및 교육과정 내용을 제시하였다.

## 2. 극지해역 사고 사례 분석

빙해지역에서의 항해 시 다양한 사고가 발생하고 있으며, 가장 많이 발생하는 기관사고로는 해수함으로 얼음이 유입되어 발생하는 경우다. 대표적으로 ‘JHON 1’ 선박의 경우 2014년 3월 3일 캐나다 얼음구역 항해 중 해수함으로 얼음유입이 되어 냉각수가 공급이 중단되고 그로 인해 엔진의 자켓트 온도 상승 및 해수함 얼음 제거 작업 중 밸브 고장으로 인한 해수가 기관실 유입되어 기관실 침수로 인한 조종불가 상황으로 이어졌다. Table 1은 남극해역에서의 운항 중 발생된 사고보고 내용이다[2].

**Table 1:** List of the accident and Incident (2003~2014)  
(source: <https://www.asoc.org/explore/goggle-earth-layer/682>, 2015.)

Ship's name	Year	Remark
JP Spill	2003	7,000 gallons of jet fuel spilled onto the ice in Antarctica.
M/V Lyubov Orlova	2006	Grounding
M/V Nordkapp	2007	Ran aground
M/V Nisshin Maru	2007	Explosion and fire; one dead
M/S Explorer	2007	Holed and sunk
Argos Georgia	2007	Loss of power
M/S Fram	2007	Lost engine power / hit glacier
M/V Ushuaia	2008	Ran aground

Ship's name	Year	Remark
M/V Ocean Nova	2009	Ran aground
In Sung 22	2009	Fire on board
Clelia II	2009	Ran aground
Shonan Maru 2 / Ady Gil	2010	Collision resulting in Ady Gil sinking
Clelia II	2010	Electrical failure
Insung No 1	2010	Sank; twenty one dead
M/V Polar Sta	2011	Ran aground
Berserk	2011	Lost, presumed sunk
Sparta	2011	Holed in ice
F/V Jeong Woo 2	2012	Fire, presumed sunk; three dead
Brazilian oil barge	2012	Capsized and sank
Endless Sea	2012	Beset in ice and sank
M/V Plancius	2012	Reduced propulsion
Basler BT-67/DC-3	2012	Accident upon take-off. There were no reported major injuries.
M/S Silver Explorer	2013	Encountered heavy weather and sustained damage.
M/S Fram	2013	Surrounded by a number of a fast-moving floes, up to 13 feet thick.
DHC-6 Twin Otter	2013	Lost contact with the ground and disappeared over a mountain range. Wreckage was found on Mount Elizabeth. There were no survivors.
M/V Nisshin Maru	2013	The incident involved multiple clashes between Japanese whaling vessels and militant conservationists
F/V Kai Xin	2013	Chinese factory fishing ship caught fire off the Antarctica coast. All of 97 crew members were rescued
Akademik Shokalskiy	2013	233-foot long Russian research vessel carrying 74 people was frozen in ice
Yushin Maru No. 3	2014	Japan's research vessel and Sea Shepard's anti-whaling boat Bob Barker collided.
Shirase	2014	Ran aground
Bob Barker	2014	Disable the rudder and propeller.

남극해역에서 사고를 살펴보면 2003년부터 2014년까지 총31건의 사고가 발생하였으며, 그 중 기관관련 사고는 5건이다. 좌초 및 침몰 사고에서도 수밀문 작동이 정상적으로 이루어지지 않아 더 큰 피해가 발생한 경우도 많았다.



Figure 1: A sunken Brazilian vessel “Mar Sem Fin”

Figure 1은 남극해에서 운항 중 심한 파도에 의해 배가 침몰된 Brazilian oil barge ‘Mar Sem Fin’의 사진이다. 수밀문의 작동이 제대로 되지 않아 순식간에 배가 침몰하게 되었다.



Figure 2: Fire on ‘Jeong Woo 2’

Figure 2는 남극해에서 조업 중 기관실 화재로 인해 선원이 사망한 정우2호 선박의 사진이다. 정우2호의 경우는 Polar Code의 적용을 받지 않는 선박인 어선이며, 극지항해 관련 교육도 받지 않은 상태였다. 추운지역에서 바다에 빠졌을 때 응급조치 및 보호 장비가 비치되어 있지 않아 사망자 및 실종자가 많이 발생하였다.

### 3. 극지해역 관련 국제협약 분석

#### 3.1 극지운항 안전규정(Polar Code)

Table 2는 Polar Code의 구성에 관한 표이다. Part I과 Part II로 구성되어 있다. 2017년 1월 1일 발효된 ‘극지운항 안전 규정(Polar Code)’은 북극과 남극을 포함한 극지해역에서 운항하는 선박의 안전과 해양 환경보호의 측면에서 접근한 협약으로 SOLAS와 MARPOL의 관련 협약내용을 담고 있다. Part I 과 Part II는 강제사항인 A와 권고사항인 B로 구성되

어 있으며 ‘Polar Code’의 내용은 Table 3, Table 4와 같다[3].

Table 2: Composition of Polar Code

Part	Mandatory equipments	Remark
Part I	Part I-A: Mandatory Provisions on safety Measures by SOLAS	Include chapter XIV in SOLAS
	Part I-B: Recommendations on safety	
Part II	Part II -A: Mandatory Provision on safety Measures by MARPOL	Include MARPOL Annexes I, II IV and V
	Part II -B: Recommendations on pollution prevention	

Table 3: Composition and overview of Polar Code

Ch.	Items	Contents
1	General	Definitions, certificate and survey
2	Polar Water Operational Manual	Conditions and procedures for the operation in polar waters
3	Ship Structure	Strengthening of hull structures in accordance with the areas of operation
4	Subdivision and Stability	Stability taking into account of the ice accretion (damage and intact stability)
5	Watertight and Weathertight Integrity	Prevention of freezing of closing appliances and operability at the minimum anticipated temperature
6	Machinery Installations	Prevention of freezing of machinery and emergency source power units
7	Fire Safety/Protection	Protection of fire extinguishing systems against clogging by ice
8	Life-Saving Appliances and Arrangements	Prevention of life-saving appliances from the ice accretion
9	Safety of Navigation	Installation of equipment to receive information for ice and weather information, addition of search lights
10	Communication	Addition of communication equipment taking into account the remoteness of polar waters, communication with escort ships
11	Voyage Planning	Factors to be considered in developing the voyage plan
12	Manning and Training	Additional requirements for qualification of seafarers, manning and training

Table 3은 Part I의 내용을 설명한 표이다. SOLAS의 안전(Safety Measures)에 관한 강제사항을 분류하였다. 2번 항목의 극지운항 매뉴얼인 ‘Polar Water Operational Manual (PWOM)’은 선박소유자, 운항자, 선장 및 선원이 의사 결정을 활용할 수 있도록 선박의 운항능력 및 제한조건에 관한 충분한 정보를 제공하는 것이다. 극지운항매뉴얼(PWOM)은 운항평가와 관련하여 선박의 특정성능과 제한조건에 대한 정보, 평상시 운항 중 따라야 할 절차 및 선박이 운항능력 이상의 상황을 조우하는 것을 피하기 위한 절차, 극지해역에서의 사고 발생 시 따라야 할 절차, 선박의 특정성능과 제한조건을 초과하는 상황을 조우하게 될 경우 따라야 할 구체적인 절차, 쇄빙선의 지원을 받는 경우 따라야 할 절차가 포함되어야 하며, 이 요건을 만족하기 위해 극지운항매뉴얼(PWOM)이 선박에 비치되어야 한다.

Table 4: Composition and overview of Polar Code

Ch.	Items	Contents
1	Prevention of Pollution by Oil	Prohibition of any discharge of oil from ships, protection of tanks containing oil
2	Polar Water Control of Pollution by Noxious Liquid Substances in Bulk	Prohibition of any discharge of noxious liquid substances from ships
3	Prevention of Pollution by Harmful Substances Carried by Sea in Packaged Form	No additional provisions
4	Prevention of Pollution by Sewage from Ships	Requirements of distance from the nearest ice-shelf or fast ice when discharging sewage
5	Prevention of Pollution by Garbage from ships	Requirements of distance from the nearest land when discharging garbage

Table 4는 Part II의 내용을 설명한 표이다. MARPOL의 오염방지(Pollution Prevention Measures)에 관한 강제사항을 분류하였다.

모든 시스템과 장비는 이 규정에서 정하고 있는 극지운항온도(Polar Service Temperature) 조건에서 운용이 가능하도록 방한(Winterization)기술을 갖추도록 하고 있다. 방한 기술은 규정의 Part I-A 4장부터 10장까지의 내용과 관련이 있다. 그 외 별도의 규정이 없는 한, Polar Code에서 규정하고 있는 선박시스템 및 설비는 최소한 SOLAS에서 요구하는 것과 같은 성능을 만족하여야 한다. 극지운항온도(Polar Service Temperature): 저온에서 운항하고자 하는 선박에 대

하여 지정된 온도를 말하며, 운항하고자 하는 지역 및 절기의 가장 낮은 일 최저온도평균 보다 10℃ 이상 낮게 설정되어야 한다.

#### 4. 극지해역 운항 선박의 선박등급 및 방한(Winterization)기술 분석

##### 4.1 극지해역 운항 선박의 선박등급

Polar Code에서는 선박의 등급을 Category A, Category B, Category C로 나눈다. Category A 선박은 결빙이 오래된 빙하를 포함하는 중급의 일 년 빙하 해역을 운항하기 위해 설계된 선박이고, Category B 선박은 결빙이 오래된 빙하를 포함하는 얇은 일 년 빙하해역을 운항하기 위해 설계된 선박이며, Category C 선박은 개방해역 또는 Category A와 B 보다 심하지 않은 빙하해역을 운항하기 위해 설계된 선박이다.

IACS<sup>1)</sup> Polar Class(PC)는 WMO(World Meteorological Organization) 해빙 명명법의 얼음에 따라 Table 5와 같이 PC1~PC7 총 7개 등급으로 나누고 있다. PC1 ~ PC5까지는 결빙이 오래된 빙하를 포함하는 빙하해역에서 연중 운항하는 선박이며, PC6, PC7 등급은 연중 운항이 아닌 여름/가을 기간 동안 운항하는 선박의 등급이다.

Table 5: IACS Polar Class

Polar Class	Ice description
PC 1	Year-round operation in all polar waters
PC 2	Year-round operation in moderate multi-year ice conditions
PC 3	Year-round operation in second-year ice, which may include multi-year ice inclusions
PC 4	Year-round operation in thick first-year ice, which may include old ice inclusions
PC 5	Year-round operation in medium first-year ice, which may include old ice inclusions
PC 6	Summer/autumn operation in medium first-year ice, which may include old ice inclusions
PC 7	Summer/autumn operation in thin first-year ice, which may include old ice inclusions

##### 4.2 방한 (Winterization)기술

선급에서는 각 등급에 해당하는 환경에서의 선체구조 보강 및 추진력의 정도 등을 요구하고 있다. 대표적으로 노르웨이-독일 선급(DNV-GL)의 경우에는 Category A, B에 해당하는 선박에 선급부호(Class notation)를 부여하고 다음과 같은 사항들에 대하여 규정하고 있다[4].

<sup>1)</sup> IACS(International Association of Classification Societies): 각 국가별로 있는 선급 기관의 연합체로서 ‘국제선급협회’로 불리고 12개 선급으로 구성되어 있다.

- 저온 대기온도에 노출되는 구조의 재료
- 구획, 비손상 및 손상 복원성
- 선체 종강도 및 횡강도
- 빙하 중에 노출되는 국부 선체 구조
- 타 및 조타기
- 프로펠러 및 추진기관
- 냉각수 흡입구
- 공기시동 시스템

빙해역 선급 규정(Ice Class Rules)에서도 극지운항 선박에 대하여 방한기술을 정의하고 있으며, 각 선급에 따라 기준은 다르다. Table 6은 DNV-GL에서 정하고 있는 등급에 따른 방한기술 적용에 대한 표와 방한기술이다. 적용되는 장비들에 대하여 Table 7과 같이 분류할 수 있다.

Table 6: DNV-GL Environmental Conditions

Qualifier	Winterization Temperature	Sea water temperature
Basic	-15°C	+4°C without ice class -2°C with ice class
Cold	-30°C	+2°C without ice class -2°C with ice class
Polar	-45°C	-2°C

Table 7: Winterization equipments for Ice-going vessels

Category	Equipment
Navigation	Navigation radar, antenna, satellite
Mooring	anchor, windlass, mooring winch, etc.
Safety	life boat, life raft, fire hydrant system
Operation	cargo handling system, ballast system, inert gas system, hydraulic oil system, propulsion system, engine control system, air handling system
Deck	stairway, hand rail, crain walkway cargo loading manifold, drainage

Polar Code 적용되는 선박의 시스템과 장치들은 극지운항 온도에서 완전하게 기능이 작동이 될 수 있도록 되어야 한다. 즉 외부의 낮은 대기온도의 직접 영향을 받는 장비와 시스템은 극지운항 온도에서의 완전한 작동이 되어야 한다.

Polar Code 6장에서 내연기관의 연소공기는 엔진 제조자로부터 제공되는 조건에 맞는 온도를 유지하여야 하고 또한 모든 흡기는 얼음이나 눈으로부터 막히지 않게 해야 한다고 규정하고 있다. 이 규정을 만족시키기 위해서는 공기 흡입구에 얼음이나 눈으로 인해 원활한 흡기가 방해받지 않도록 해야 할 필요가 있으며, 다른 방법으로는 극지해역 항해 시 낮은 대기온도에서도 정상적인 엔진 운전이 가능토록 추가적인 장치 설치 방법을 들 수 있다.

정상적인 내연기관 운전 상태에서 과급기로 흡입되는 연

소공기의 온도는 대기온도보다 약 1~3°C정도 높다. 이와 같이 낮은 대기온도의 공기가 과급기로 흡입되어 높아진 밀도로 인해 정상적인 온도에서의 공기양보다 과해진다. 내연기관 실린더내의 산소밀도의 증가는 압축압력과 최고 폭발 압력을 증가로 이어지고 과도한 폭발압력은 내연기관의 손상을 초래 할 수 있다.

다음은 이러한 문제 해결을 위한 방한기술로 엔진 제조사들이 사용하고 있는 방법들이다[5].

첫 번째로 흡기공기의 예열 방식이다. 이 방법은 외부에서 유입된 공기를 댐퍼(Damper)측에서 전기나 스틱을 이용하여 공기를 예열하여 엔진 흡입 측으로 보내는 방식이다.

두 번째는 소기 바이패스 시스템이다. 이 방식은 Figure 3 과 같이 소기리시버에 블로우오프 밸브(blow-off valve)를 설치하여 낮은 대기 온도로 인해 설계온도보다 많은 공기량이 공급될 시에 밸브를 열어 연소실내에 공급되는 소기의 양을 줄여 압축압력과 최대폭발압력을 줄이는 방식이다.

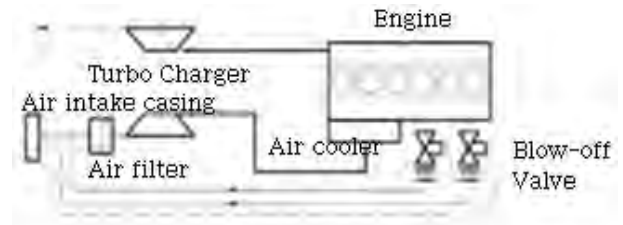


Figure 3: Diagram for blow-off valve system (source: www.wartsila.com )

또 다른 방식으로는 배기바이패스 시스템이다. 방법은 Figure 4와 같이 과급기에 들어가는 배기가스를 바이패스 시켜 과급기의 압축기 효율을 감소시킴으로써 실린더 내로 공급되는 소기의 양을 줄여 압축압력과 최대폭발압력을 줄일 수 있다. 이 방식을 이용하여 Figure 5에서 보는 바와 같이 이상적인 소기압력그래프와 비교하여 바이패스밸브(bypass valve)개도를 프로그램에 의해 조정함으로써 소기압력을 감소시켜 엔진의 안전한 운전을 도모할 수 있다[6].

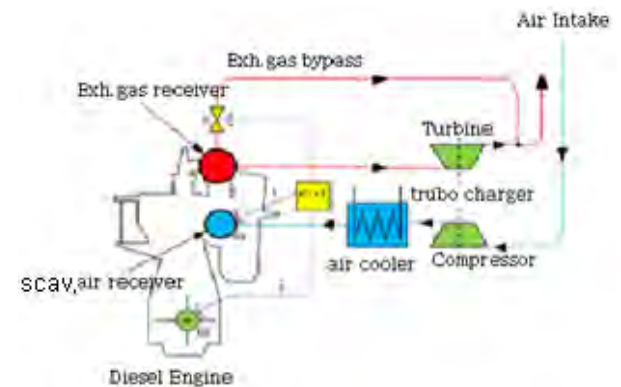


Figure 4: Diagram for by-pass system (source: www.mandieselturbo.com)

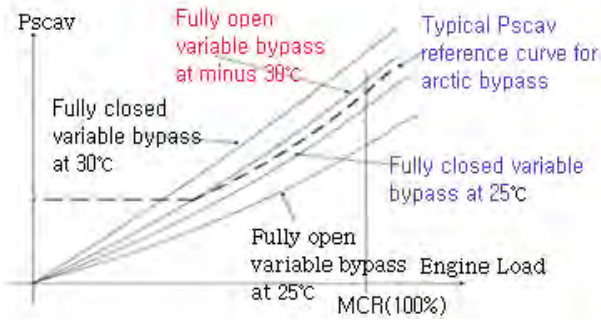


Figure 5: Graph for control variable bypass system (source: www.mandieselturbo.com )

해수의 결빙 온도는  $-1.9^{\circ}\text{C}$  정도로 극지해역을 운항하는 선박의 경우에 밸러스트 탱크 및 각종 청수탱크내부 결빙이 발생하는 경우가 빈번하며, 그로 인해 선박의 복원성 및 운항 효율성에 심각한 영향을 미칠 수 있어서 이에 대하여 다양한 형태의 방한기술이 요구되고 있다. 그 중 밸러스트 결빙 방지를 위한 방법으로는 증기를 이용하여 탱크 내부의 온도를 상승시키는 방법과 작은 공기방울(Micro air bubble)을 발생시켜 결빙 생성을 지연시키는 방법이 적용되고 있다. 이러한 기술도 결빙 발생을 완전히 방지하지 못하는 한계가 있다[7].

해수 흡입구(sea chest)는 가능한 얼음이 없도록 낮게 설치 되어야 하며, 얼음 유입을 방지하기 위하여 weirs 형식 또는 Baffle plates를 사용하는 방법을 채택하고 있다. weir 형식의 경우는 Figure 6과 같이 유입된 얼음이 Sea Box 상부에 떠서 해수 파이프 흡입 측으로 얼음의 유입을 막아주는 역할을 하며, Baffle plates형식의 경우는, Figure 7과 같이 작은 구멍이 있는 plate를 이용하여 비교적 큰 얼음의 유입을 막아주는 방식이다. 구멍의 크기는 일반적으로 20mm 직경을 권고한다[1].

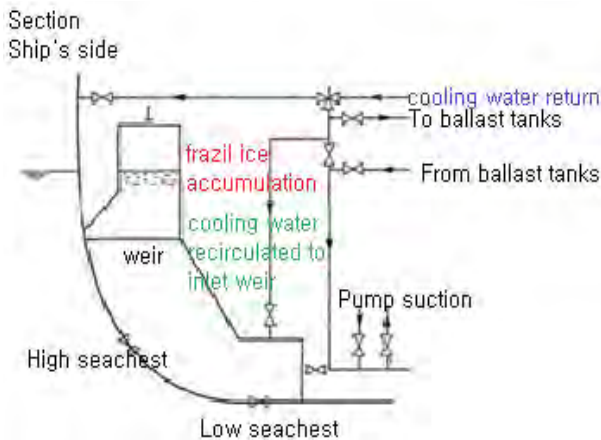


Figure 6: Diagram for Seachest(weir type, source: www.ccg-gcc.gc.ca/Icebreaking/Ice-Navigation-Canadian-Waters /Ship-Design)

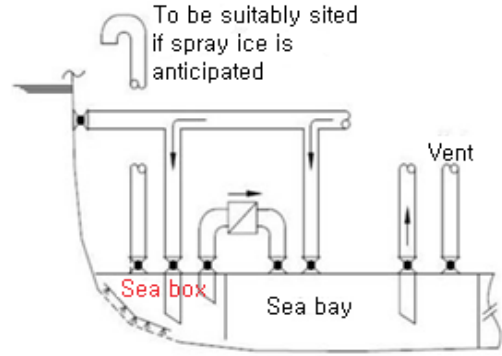


Figure 7: Diagram for Seachest(Baffle plate type, source: MSC/Circ. 504 )

상기와 같은 방식의 경우 한국선급의 규정에는 ‘열선(heating coil)은 seachest 상부에 설치할 수 있다’ 고 규정하고 있다. 이 규정에 따르면 전기 및 증기 등을 열원으로 사용할 수 있는데, 증기를 열원으로 사용하는 경우 해당 파이프의 손상에 의한 기관실 증기라인으로 해수 유입에 대한 고려가 필요하며, 전기를 열원으로 사용하는 경우에는 장비 노후 및 부식으로 인한 절연불량 문제발생에 대한 고려가 필요하다. 그 외에도 Polar Code에서 규정하는 방한기술에 대하여 각 기기에 대하여 적절한 방법으로 적용이 되어 있다.

## 5. 극지해역 운항 선박 관련 국제기구 및 각 국가의 교육과정 분석

### 5.1 IMO Model Course 분석

극지해역을 운항하는 선박의 선장 및 항해사를 위한 기초 교육과정의 커리큘럼은 Table 8과 같다. 총 34시간으로 구성 되어 있으며 ‘Vessel performance in polar waters/low air temperatures’ 과목에서 일부 기관운용에 관한 내용을 다루고 있다.

Table 8: IMO Model Course (Basic Training)

Subject	Time (Hours)
Course introduction	5
Regulations and standards	4
Vessel characteristics	2
Maneuvering in ice	10
Voyage planning	2
Icebreaker assistance	5
Vessel performance in polar waters /low air temperatures	2
Crew preparation, working conditions and safety	2
Environment	1
Evaluation	1

관리급 항해사의 직무교육내용도 기초교육의 심화내용을 다루며, 총 30시간으로 구성되어 항해에 관한 교육내용이 주를 이루고 있다. 내용은 **Table 9**와 같다.

**Table 9:** IMO Model Course (Advanced Training)

Subject	Time (Hours)
Course introduction	3
Vessel characteristics	1
Maneuvering in ice	8
Passage planning	6
Icebreaker ops	8
Crew preparation, working conditions and safety	2
Evaluation	2

5.2 해외사례

현재 세계적으로 Ice Navigation에 관심을 가지는 국가는 북극해 주변의 7개국(미국, 러시아, 노르웨이, 덴마크, 핀란드, 스웨덴, 아이슬란드)과 대한민국이며 이들 국가 대부분에서 교육이 이루어지고 있다. 미국 및 캐나다 등은 FMSS(Full Mission Simulation System) 운영기관에서 시뮬레이터를 이용한 교육을 실시하고 있다[8][9].

덴마크에서는 발틱해 빙하해역 항해를 위한 항해사를 위한 4일 과정의 교육을 시행하고 있으며, 핀란드는 선박의 선장, 1항사 및 당직항해사와 기타 항해당직 책임자들을 위한 3일 과정의 기초 극지해역 항해과정 교육을 하고 있다. 러시아에서도 항해사에게 빙하해역 항해에 관한 교육을 시행중에 있으며, 모델코스예 기반을 두어 기관의 특성에 대한 일부 교육이 시행되고 있다.

대한민국의 경우는, 한국해양수산연수원에서 항해사를 대상으로 한 극지해역 운항선박 기초교육 과정(28시간) 및 직무교육 과정(28시간)을 시행하고 있다. 교육내용은 항해와 관련한 IMO Model Course 내용을 담고 있다. 국내에서 시행중인 교육 내용은 **Table 10**, **Table 11**과 같다.

**Table 10:** Basic Training for Ice Navigator

Subject	Time (Hours)
Course introduction	4
Regulations and standards	4
Vessel characteristics	2
Maneuvering in ice	5
Voyage planning	2
Icebreaker assistance	3
Vessel performance in polar waters/ low air temperatures	3
Crew preparation, working conditions and safety	2
Environment	1
Evaluation	2

**Table 11:** Advanced Training for Ice Navigator

Subject	Time (Hours)
Course introduction	1
Regulations and standards	2
Vessel characteristics	2
Maneuvering in ice	7
Passage planning	4
Icebreaker ops	7
Crew preparation, working conditions and safety	1
Navigation & Communication	2
Evaluation	2

6. 유빙 기관사 교육과정 제안

6.1 유빙 기관사(Ice Engineer)교육 과정

대부분의 국가에서 시행되고 있는 Ice Navigation(유빙항해사) 교육 과정은 항해사에 필요한 교육이 주요사항이다 보니 기관사관들에게 특성화된 교육은 찾아보기 힘들거나 없는 게 현실이다. 극지해역에서의 특별한 상황은 기관사에게도 많은 준비와 어려움이 수반된다. 따라서 기관사에게 극지해역에서의 기관의 특성, 운전법 및 사고 시 대처법 등에 관한 구체적이고 세부적인 교육이 필요하다[10][11].

**Table 12**, **Table 13**은 극지해역 항해선박의 기관사(Ice Engineer)에 관한 교육과정(안)이다.

**Table 12:** Basic Training for Ice Engineer

Subject	Time (Hours)
Course introduction	1
Regulations and standards	2
Vessel characteristics	2
Maneuvering in ice for engine	6
Voyage planning for engine	2
Watchkeeping in engine room	2
Engine performance in polar waters/ low air temperatures	2
Crew preparation, working conditions and safety	2
Environment equipment	1
Evaluation	1

기초 과정의 교육 대상자는 극지해역 항해선박에 승선하고자 하는 기관사관 또는 승선 중인 기관사관이며, 교육 과정은 3일(21시간)이다.

유빙 기관사(Ice Engineer)의 기초교육 과정을 살펴보면 먼저, 극지해역 항해 경험이 부족하므로 STCW 협약 및 Polar Code 관련 교육이 필요하다. 그리고 선체 구조 및 강도 등 극지해역 선박의 특성에 대한 교육이 필요하며, 가장

중요한 과목 중 하나인 얼음구역에서의 기관운전에 관한 부분은 해수 유입시 대처방법, 추진기 및 타 사용 시 주의 사항 등을 교육해야 할 것이다. 교육자료로는 엔진 운용시플레이션을 활용하여 비상상황을 주고 대처할 수 있는 방식의 교육시행이 효과적일 것이다. 극지항해 준비 시 준비사항에 대한 과목은 연료유, 윤활유 및 청수 사용, 청구 및 비축에 관한 내용을 다루어야 한다. 기관실 당직에 관한 과목은 쇄빙 항해 또는 유빙 지역 항해 시 진동에 의한 파이프 손상, 해수 흡입구로 유빙유입 등 당직 시 대처방법을 다룬다. 다음으로 극지해역 항해시 선박에 적용된 방한기술 사용에 관한 내용을 다룰 필요가 있다. 마지막으로 극지해역에서 환경오염이 발생하지 않도록 관련 장비의 정상 작동 상태 유지, 관리 및 관련 법규 등을 다루도록 구성하였다.

**Table 13:** Advanced Training for Ice Engineer

Subject	Time (Hours)
Course introduction	1
Engine performance	2
Engine control system	2
Engine Trouble shooting in Polar water	1
Evaluation	1

직무교육과정의 교육 대상자는 기초과정을 수료한 기관사 중 빙해 해역 선박에서 1등기관사 이상의 업무 수행 예정자이며, 교육 과정은 1일(7시간)로 구성하였다.

교육내용을 살펴보면, 기초교육을 이수한 기관사 이므로 극지해역에 대한 일반적인 내용은 생략하고 기관 운전에 대한 심화 교육내용으로 구성하였다. 극지해역 항해 시 최적의 엔진 사용방법 및 Case Study (사고사례)를 통한 극지해역에서의 기관사고 예방 및 대처법에 대한 내용이 포함되었다.

## 7. 결 론

본 연구에서는 극지 해역을 항해하는 선박에 승선하는 승무원에 대한 교육에 대한 내용을 기술하였으며, 또한 기관사에 대한 기관 특성화 교육 및 직무교육을 통한 Ice Engineer(유빙 기관사)의 자격을 갖추 수 있도록 교육과정을 기술하였다.

STCW 협약 B-V/g조 “극지해역에서 운항하는 선박의 선장과 해기사의 훈련에 대한 지침”에서 “선장과 기관장은 극지해역에서 운항하는 선박에 대한 충분하고 적절한 경험을 갖추어야 한다.” 라고 명시되어 있다.

현재 기관사에 관한 자격 및 훈련 내용은 따로 기술하고 있지 않다. 유빙해역에서의 기관실 사고로 인한 조종 불능의 상황이 발생하고 있고, 차후 북극항로 상용화시 극지해역 운항 인력의 자질 문제로 인한 관련 사고는 증대될 수 있다.

이를 해결할 수 있는 방법으로 항해사 및 기관사의 자질 향상을 통한 선박 안전 운항을 높일 수 있으리라 판단된다.

따라서 항해사뿐만 아니라 기관사에게도 극지해역 운항 관련 교육이 체계적으로 진행 될 수 있도록 교육 프로그램이 필요하며 유빙 기관사(Ice Engineer)의 표준기술 기준이 수반 되어야 할 것으로 판단된다. 추가로, Polar Code는 총톤수 500톤 미만인 상업적으로 운용되지 않는 요트 및 어선에는 적용되지 않는다. 2019년 11월 개최 예정인 IMO 총회에서 SOLAS협약 적용을 받지 않는 상기 선박에 대하여 Polar Code의 안전조치를 자발적으로 시행 할 것을 촉구하는 결의한 초안 채택이 될 것으로 예상된다. 더 나아가 극지해역을 운항하는 선박의 기관사에 대한 협약내용의 개정이 이루어 질 수 있도록 추가적인 연구가 필요 할 것이다.

## Author Contributions

The research presented in this paper was wholly contributed by the author.

## References

- [1] S. Y. Jeong, K. J. Kang, and J. H. Jang, “A review of winterization trend for vessels operating in ice-covered waters,” *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, vol. 56, no. 2, pp. 135-142, 2019 (in Korean).
- [2] Avitation and Vessel Incidents in Antarctica&Southern Oceans, <https://www.asoc.org/explore/goggle-earth-layer/682>, Accessed September 6, 2019.
- [3] Class NK, Survey and Certification of Polar Code, TEC-1166, Class NK, Japan, 2018. Available: [https://www.classnk.or.jp/hp/pdf/tech\\_info/tech\\_img/T1166e.pdf](https://www.classnk.or.jp/hp/pdf/tech_info/tech_img/T1166e.pdf), Accessed September 6, 2019.
- [4] Winterization for cold climate operations, <https://rules.dnvgl.com/docs/pdf/dnvgl/OS/2015-07/DNVGL-OS-A201.pdf>, Accessed September 6, 2019.
- [5] B. S. Kang, A Study on Winterization Rules for Machinery Installations and Appliance of Ship Operating in Arctic Waters, M.S. Thesis, Department of Marine Engineering, Korea Maritime and Ocean University, Korea, 2014 (in Korean).
- [6] D. S. Lee, “The present situation of north sea route and educational developments of ice navigation,” *Proceedings of KSMEE Fall Conference*, p. 11, 2014 (in Korean).
- [7] Winterization for cold climate operations, <https://rules.dnvgl.com/docs/pdf/dnvgl/OS/2015-07/DNVGL-OS-A201.pdf>, Accessed September 6, 2019.
- [8] K. P. Kim, H. K. Kang, D. H. Kim, and T. B. Ha,



“International convention & class requirements for ice class vessels,” Proceedings of the Korean Society of Marine Engineering Spring Conference, pp. 253-256, 2010 (in Korean).

- [9] M. H. HA, “Industrial Engineering Magazine25(4),” Korean Institute of Industrial Engineers: 2018, <http://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE07592285>, Accessed September 6, 2019.
- [10] K. S. Choi and S. Ch. Jo, “The northern sea route and operation of icebreaking cargo ships,” Journal of Ocean Engineering and Technology, vol. 17, no. 6, pp. 96-100, 2003.
- [11] W. S. Hong, “The northern sea route: The current state and feasibility of its commercial use,” Journal of International Area Studies, vol. 13, no. 4, pp. 557-584, 2010.