

선박 및 선원의 인명 안전을 고려한 북극해 항로 운항 연구

김원옥* · 윤대근** · 박외철***†

* 한국해양수산연수원 교육연구팀, ** 목포해양대학교 국제수송과학부, *** 부경대학교 소방공학과

A Research on the Navigation of Northern Sea Route According to Safety of Vessel and Crews

Won-Ouk Kim* · Dae-Gwun Youn** · Woe-Chul Park***†

* Education Research Team, Korea Institute of Maritime and Fisheries Technology, Busan 606-773, Korea

** Division of International Maritime Transportation & Science, Mokpo National Maritime University, Mokpo 530-729, Korea

*** Department of fire protection engineering, Pukyong National University, Busan 608-738, Korea

요 약 : 지구 온난화로 인해 북극해에 얼음이 빠르게 해빙되어 상업적 운항이 진행되고 있다. 극한의 조건에서도 북극해 항로를 개척하는 이유는 기존 항로보다 운항거리 단축되어 경제적으로 이익을 가지고 오기 때문이다. 이에 국제해사기구(IMO)에서는 북극해 항로를 안전하게 운항하기 위해 극지운항선박 안전기준(Polar Code)이 제정하였다. 본 연구에서는 북극해 안전 운항을 위해 항해사가 반드시 알아야 하는 얼음의 종류 및 극지운항선박 안전기준에 대해 설명하였다. 그리고 북극해를 운항하는 통항선의 안전 운항에 대한 이론적 지식을 시뮬레이션을 통해 검증하였다. 그 결과 안전 운항을 위해서 통항선들은 얼음 진입 전 감속을 통해 얼음을 분석하고 얼음을 안전하고 효율적으로 쇄빙하기 위해 직각으로 진입해야 함을 알 수 있었다. 또한, 얼음에 진입 후 항로(lead)운항에 대하여 시뮬레이션을 실시한 결과 변침이 곤란하여 전방의 통항선에 대한 긴급상황 대처 훈련이 필요한 것으로 판단된다. 향후 다양한 조건의 시나리오를 통해 면밀한 분석이 필요할 것으로 본다.

핵심용어 : 북극해, 북극해 항로, 국제해사기구, 극지운항선박 안전기준, 진입 후 항로

Abstract : Arctic Ocean has rapidly melted due to global warming, by this, commercial ship has been operating through the area. Reason to develop the Northern Sea Route(NSR) even in extreme conditions, the distance than the existing route is shortened, which bring economic benefits. For these reason, the International Maritime Organization(IMO) established safety standards of the Arctic navigation(Polar Code) in order to ensure safe operation in the Northern Sea Route. In this study, it has been described ice types and safety standards of Arctic vessel what officer needs to know for safe navigation on the Arctic Ocean. And It was verified by simulation the theoretical knowledge for the safe operation of the Arctic vessel. As a result, it was found that ship needs to reduce speed and analyze ice for safe operation before enter into the ice, it is necessary to enter at right angle to break ice safety and efficiently. Also according to the result of the simulation of navigation entering in ice channel(Lead), it was difficult to change course, it is believed that require emergency training for passing Vessel. In the future, It shall be analyzed precisely under various conditions of scenario.

Key Words : Arctic Ocean, NSR(Northern Sea Route), IMO, Polar Code, Lead

* First Author : kwo0228@naver.com, 051-620-6816

† Corresponding Author : wcpark@pknu.ac.kr, 051-629-6467

1. 서론

최근 지구 온난화 현상으로 인해 북극해의 빙하가 급속도로 녹고 있다. 현재 북극해 항로 (NSR: Northern Sea Route, 이하 NSR)를 이용한 운항은 연간 약 4개월 정도 경제적인 운항이 가능한 정도이지만 연구에 의하면 2020년에는 6개월, 2030년에는 연중 항해가 가능할 것으로 예상하고 있다. 특히, 수에즈운하와 말라카해협을 이용하는 남방 항로보다 항로가 약 30%, 운항일수는 10일 정도 단축되는 것으로 알려져 있다. NSR은 러시아의 북쪽 북극해 연안을 따라 서쪽의 무르만스크에서 동쪽의 베링해협까지를 연결하는 길이 해상 수송로를 말한다(Choi, 2010). 러시아 정부의 공식적인 발표에 따르면 북극해 항로의 서쪽은 노바야젬라(Novaya Zemlya)섬으로부터 동쪽 끝은 베링(Bering)해협 이북으로 정의하고 있다.

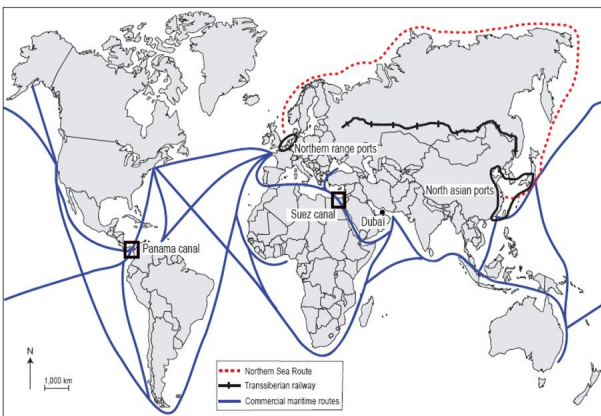


Fig. 1. Current route and NSR.

현재 우리나라의 경우 NSR을 통과하여 입항하는 횟수는 46회(11년, 34회)로 증가하고 있으나 국내선사 참여가 없는 상태에서 유럽선사 등이 우리나라-북극간 화물시장을 장악하고 있는 실정이다. 이러한 화물이송을 위한 운항뿐만 아니라 에너지자원의 보고로 알려진 극동 시베리아 지역도 이곳에 위치하고 있어 향후 국적선박들의 운항이 기대된다. 그러나 국적선사는 NSR을 통해 수송할 적정 화물, 내빙 화물선과 특히, 북극해 운항 노하우가 없어 어려움을 겪고 있다. 북극해 주변 국가에서는 북극해 운항 시 빙해역 항해사(Ice Navigator) 승선을 강제화하고 있으며 2013년 IMO 제44차 STW 전문위원회에서는 캐나다, 아이슬란드, 노르웨이 및 미국이 제출한 “극지방 운항선박 승무 해기사 및 선원을 위한 훈련요건” STW 44/13, STW 44/13/1) 의제를 검토하여 STCW 협약 및 강제코드에 포함시키자는 결론을

도출하였다(KIMFT, 2013). 빙해역을 운항하는 선박은 크게 세 가지로 나눌 수 있다. 쇄빙선, 쇄빙 상선, 내빙 상선이다. 북극해를 통항하는 일반적인 형태는 쇄빙선이 얼음을 부수면 그 뒤로 내빙 통항선들이 따라가는 형태를 취하고 있다.

그러나 쇄빙선의 도움이 필요한 선박들은 출발 장소인 NPC(Nominated Point of Convoy, 이하 NPC)까지 단독 운항을 실시해야 한다. 즉, 얼음이 아주 두껍고 위험한 곳은 아니지만 항해사들은 얼음의 형태를 잘 파악하여 NPC까지 안전하게 도착하여야 한다. 이 연구에서는 이러한 빙해역 항해사가 안전운항을 하는데 필요한 기본지식인 얼음의 종류, NSR 통항 안전기준 분석 및 기본적인 조종술에 대해 설명하고 시뮬레이션을 통한 검증을 수행하고자 한다.

2. 얼음의 분류

NSR을 안전하게 운항하기 위해서는 항해사의 얼음에 대한 지식이 있어야 한다. 일반적으로 북극해에서는 얼음의 분포 정도, 나이(두께) 그리고 크기로 구분하며 이를 이용하여 만들어진 ice chart를 해독할 수 있어야 한다(Makarov Training Center, 2014).

첫 번째로 얼음의 분포정도(Concentration)는 얼음이 바다에 몇 % 정도인가를 구분하는 것이다(Table 1).

Table 1. Concentration of Ice

Concentration	Form of Concentration
<1/10 Open water	
1-3/10 Very open drift	
4-6/10 Open drift	
7-8/10 Close pack/drift	
9/10 Very close pack	
9+10 Very very close pack	
10/10 Compact/Consolidated	

두 번째로 얼음의 두께(Thickness)는 얼음이 생성된 년 수와 두께를 나타내는 것이다(Table 2).

Table 2. Ice age (Thickness)

Description	Thickness (cm)	Code
New ice	<10	1
Nilas	<10	2
Young ice	10-30	3
Grey ice	10-15	4
Grey-white ice	15-30	5
First-year ice	≥30	6
Thin first year ice	30-70	7
First stage thin first year	30-50	8
Second stage thin first ice	50-70	9
Medium first year ice	70-120	1
Thick first year ice	>120	4•
Old ice		7•
Second year ice		8•
Multi year ice		9•
Ice of land origin		▲•

세 번째로 얼음의 크기(Floe size)는 아래와 같이 구분한다(Table 3).

Table 3. Floe size

Description	Size(m)	Code
Small ice cake	< 2	1
Ice cake	2-20	2
Small floe	20-100	3
Medium floe	100-500	4
Big floe	500-2,000	5
Vast floe	2,000-10,000	6
Gaint floe	> 10,000	7
Fast ice		8
Icebergs		9

3. NSR 통항안전기준

3.1 Ice Class

Ice class란 북극해, 발틱해, 캐나다 주변 및 남극 지역 등 얼음으로 언 바다를 항해하는 선박들의 규정을 나타내는

것으로 아래와 같이 나누어진다.

1) Polar Class: 주로 러시아 북쪽 북극 해 주변을 운행하는 쇄빙선에 적용되는 규정으로 일반적으로 Polar Class의 선박이 얼음을 깨고 지나가면 뒤를 Northern Baltic Class 선박이 따라가게 됨.

2) Northern Baltic: Finnish-Swedish Ice Class Rule 을 적용 받게 되며, LR, DNV, GL 등의 Ice Rule의 기초가 됨.

3) Canadian Class: Canadian Arctic Shipping Pollution Prevention Regulation으로 북극해의 빙상 등급에 따라 9등급과 발틱해 빙상 조건에 따른 저 단계 5등급으로 나누어져 있음.

Table 4는 얼음의 두께에 따른 선급별 ice class로서 일반적으로 상선에 적용하는 ice class로 Finnish-Swedish Rule이 사용된다(Seamanship International Ltd., 2010). Ice class의 세부적인 상세는 참고문헌으로 대신한다(FMA, 2002).

Table 4. Ice Class Rules(Ice Thickness)

Class	Thickness (cm)	Finnish-Swedish	LR	DNV	ABS	NK	GL
Northern Baltic Service	more than 1m ice	ICE 1A*F					
	1m	1A SUPER	1A S	ICE 1A*	1AA	1A SUPER	E4
	0.8m	1A	1A	ICE 1A	1A	1A	E3
	0.6m	1B	1B	ICE 1B	1B	1B	E2
	0.4m	1C	1C	ICE 1C	1C	1C	E1
Basic Ice Strength			1D	ICE C		1D	

3.2 안전 설비

NSR을 운항할 때 비상상태가 발생하면 기존의 선박의 안전설비로는 문제점이 많이 발생한다. 선박의 감항성 유지에 가장 중요한 Ballast가 동결되면 전체적인 복원성에 문제가 발생하며 갑판상의 파이프들이 동결되면 유체 상태의 화물작업 및 소화 작업에 큰 문제가 발생한다.

국제해사기구(IMO)에서는 북극해 선박운항지침에서 빙해

선박 및 선원의 인명 안전을 고려한 북극해 항로 운항 연구

역 항해사(Ice navigator)를 1명 이상 승선하도록 권고하고 있으며 모든 인명구조 및 소화설비는 최소 영하 30도에서도 작동이 가능하도록 규정하고 있다.

채택된 polar code에서는 안전관련 내용을 (Part I - A Safety measures)에 정리하였다. 화재관련은 chap. 8 Fire Safety/Protection에서 구명설비관련은 chap. 9 Life Saving Appliances and Arrangements에서 논의되고 있다(Seo et al., 2014).

3.3 빙해역 항해사(Ice navigator)의 교육 기준

우리나라가 운항하고자하는 NSR은 대부분이 러시아의 연안해역이라 Polar code가 발효되지 않은 경우 러시아 국내규정을 따라야 하는데 현재 이 해역을 통항 하는데 항해사에 대한 교육기준이 강제화 되어 있지 않으나 STCW협약에서는 제II/2조에서 총톤수 500톤 이상 선박의 선장과 1등 항해사에 대한 해기능력의 최저기준 중“항해계획과 항해수행”에서 결빙(ice)에 대한 해기능력을 “선박조종과 취급”에서 빙해상의 또는 착빙상태로서의 항해 시에 취하여야 할 실무조치에 대한 해기능력을 갖추도록 요구하고 있다. 아울러 STCW협약 B-code에서 “극지해역에서 운항하는 선박의 선장과 해기사의 훈련에 대한 지침”을 제공하여 북해지역을 항해하는 해기사가 갖추어야 해기능력을 권고하고 있으며 IMO에서는 2002년 12월 23일 해상안전위원회와 해양환경보전위원회 공동 회람문서로 북극해 선박운항지침

Table 5. Specification of minimum standard of competence in basic training for ships in polar waters (Basic Course)

Competence	Knowledge, understanding and proficiency
Contribute to safe operation of vessels operating in ice-covered waters	1) Basic knowledge of ice characteristics and areas where different type of ice can be expected in the area of operation 2) Basic knowledge of vessel performance in ice and cold climate 3) Basic knowledge and ability to operate and manoeuvre a ship in ice
Apply safe working practices, respond to emergencies and prevent environmental hazard	1) Basic knowledge of crew preparation, working conditions and safety

(Guidelines for Ships Operating in Arctic Ice-Covered Waters)을 채택하였으며 여기에서 Ice Navigator 탑승 의무화하도록 권고하고 있다.

검토되고 있는 빙해역 항해사(Ice Navigator)를 위한 교육 과정은 빙해역을 운항하는 모든 항해사가 이수해야하는 기초과정과 선장 및 일등항해사가 이수해야하는 상급과정으로 구분하고 있다(IMO, 2014).

Table 6. Specification of minimum standard of competence in advanced training for ships navigating in polar waters (Advanced Course)

Competence	Knowledge, understanding and proficiency
Contribute to safe operation of vessels operating in ice-covered waters	1) Knowledge and ability to operate and manoeuvre a ship in ice 2) Knowledge of voyage planning and reporting 3) Knowledge of equipment imitation 4) Knowledge of safety 5) Basic knowledge of commercial and regulatory considerations

4. 안전운항을 위한 조종술

4.1 빙해역 진입 전 준비사항

빙해해역을 통항하는 내빙 통항선들은 쇄빙선의 지시를 받아야 한다. 즉, NPC 위치 파악 및 convoy 순서와 형태를 파악하여야 한다. 또한 선박의 흘수 형태는 반드시 trim by the stern 형태를 유지하여 ice에 의한 프로펠러의 손상을 방지하여야 한다. 그리고 ice chart를 수령하여 통항하고자 하는 해역에 대한 ice의 형태 및 분포 정도를 면밀하게 파악하여야 한다.

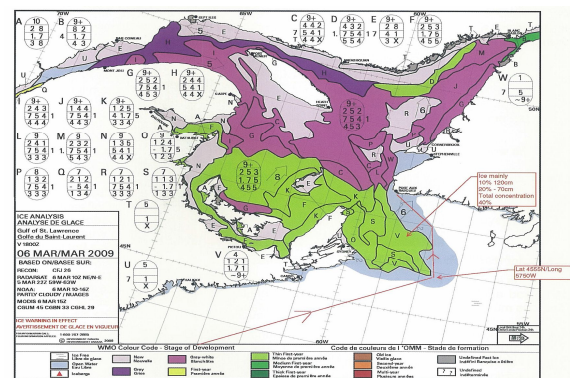


Fig. 2. Example of Ice Chart.

빙해역 준비 전 deck department에서 확인해야 할 주요사항을 요약 정리한 check list(Table 7)이다(Seamanship International Ltd., 2010).

Table 7. Preparing a ship for Ice (Check List)

Items	Content
General	<ol style="list-style-type: none"> 1. Check the inventory of cold weather gear onboard and replenish any deficiencies. 2. If the ship is not fitted with double glazing then perspex or cling film placed over windows can help insulate the accommodation. 3. Examine towing fittings on forecastle and ensure that a suitable messenger is available to pick up a bridle or towline. 4. Ensure regular monitoring of the water level in all spaces and compartments. 5. Searchlights fitted and tested. 6. Pilot ladders should not be lowered too early as ice can accumulate from spray. 7. Ship's hydraulic systems are filled with a fluid suitable for cold weather operations.
Deck service lines	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fire mains. valves must be left cracked open. 2. General service line and fresh water line to all deck outside taps. 3. Deck air line, chain locker eductor 4. Anchor wash lines, winch cooling lines 5. All external taps 6. Drain bridge window wash systems unless antifreeze has been added 7. Be alert for the formation of ice at any overboard discharges.
Lifeboat	<ol style="list-style-type: none"> 1. Drain fresh water tank 2. Ensure portable fresh water tanks are full and located in a warm room nearby 3. Fit lifeboat drain plugs 4. Set of sud-zero temp. insulated clothing 5. Sets of thermal underwear and socks 6. Sets of face masks and goggles 7. Sleeping bags 8. Arctic type igloo shaped survival tents 9. High energy food
Fire main	<ol style="list-style-type: none"> 1. Put the pump suction on a low sea chest 2. Drain the fire main down to sea level 3. Leave the fire pump suction and discharge valves open

4.2 빙해역 운항 시 주의사항

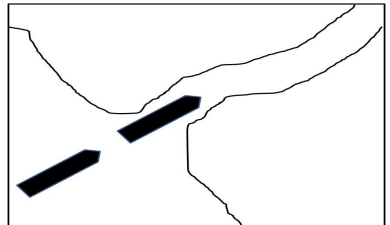
빙해역을 항해하는 항해사는 얼음 발생 징후를 먼저 파악하여야 하며 일반적으로 아래와 같은 판단 기준을 따른다 (Table 8).

Table 8. Signs of approaching Ice

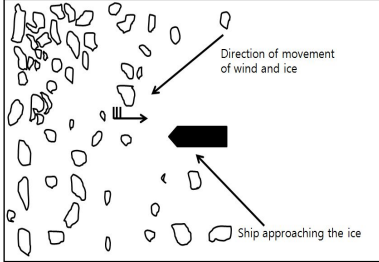
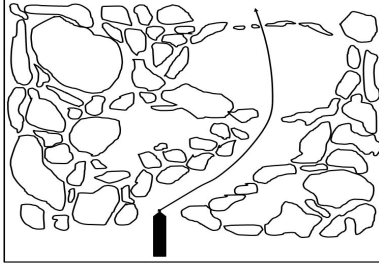
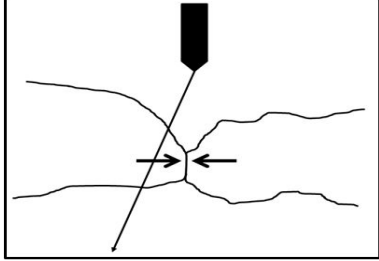
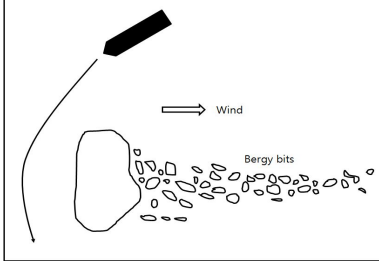
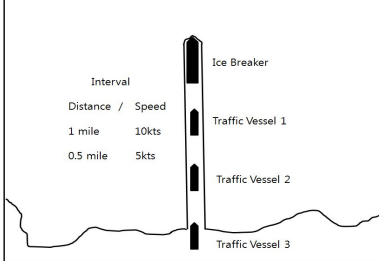
No.	Signs of approaching Ice
1	Ice sky(white sky above horizon)
2	Swell decreasing far from shore in case of strong wind
3	Significant decrease in temperature if sailing in mid-latitudes
4	Observance of separate ice floes from lee side
5	Refraction (you can see ice on the sky at distance of 2 x Range of visibility)
6	Sea birds, sea animals, etc. (about 12 miles to ice edge)
7	Fog close to ice edge

그리고 빙해역 운항 시 선박조종 측면에서 유의해야 할 사항을 정리하면 Table 9와 같다. 즉, ice에 진입할 경우 감속 조치와 함께 직각을 유지하며 쇄빙하여야한다. 그리고 바람의 경우 풍상 측을 향하게 되면 작은 ice 조각들이 떨어져 나오기 때문에 안전 항해가 가능하게 되며 반대의 경우 ice가 집중되기 때문에 쇄빙에 어려움이 발생한다. 그리고 쇄빙의 golden rule은 ice가 없는 곳이 있다면 멀리 돌아서 항해하더라도 쇄빙하는 것 보다 효율적이라는 것이다. Ice의 집중도가 낮은 해역인 open sea를 항해할 경우 풍상 측을 향해 항해를 할 경우 작은 ice조각들이 반대편으로 떨어져 나오기 때문에 안전 항해에 도움이 된다.

Table 9. Ship-Handling in Ice

Items	Content
Entering Ice	<ul style="list-style-type: none"> ○ Reduce Speed (5 ~ 6kts) ○ Right Angle 

선박 및 선원의 인명 안전을 고려한 북극해 항로 운항 연구

Approaching the Ice Edge	<p>○ From the Downwind side</p> 
Underway in Ice	
Avoid ice pressure	
In open sea	
Form of convoy	

이러한 규칙을 증명하기 위해 ice navigation simulation을 실시하였다. 이 연구에 사용된 simulator는 러시아 Transas사에 의해 개발된 Ship-Handling simulator이며 DNV에 의해 Ice navigation simulator로 인증을 받은 장비이다. 현재 러시아에서는 북극해를 운항하는 국내·외 항해사들의 교육을 이 장비로 실시하고 있어 신뢰성이 제고된다. 시나리오는 Table 10과 같다.

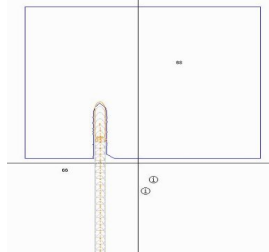
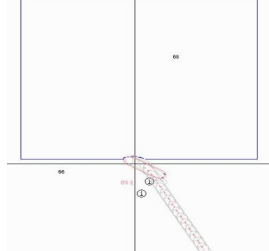
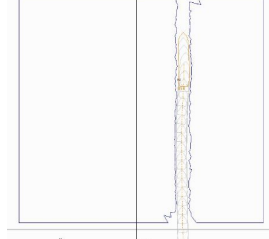
Table 10. Signs of approaching Ice

Item.	Content
Ship's Particular	182 × 40 × 7.5 (m)
Ice Class	○ Navigation in broken ice - Max. speed (5 kts) - Max. thickness (0.6 m)
Ice Thickness	0.5 m
Ship's speed	5 kts

시뮬레이션 결과에서 보는바와 같이 얼음에 진입 할 때 직각을 유지하지 않을 경우 동일한 얼음 두께 및 선속에서 얼음을 깨지 못하고 튕겨 나옴을 알 수 있다.

또한, 얼음 안을 향해 중에 앞선 convoy대열에서 긴급 상황이 발생하여 선박을 좌·우현으로 갑자기 변침해야 하는 경우가 발생 할 수 있는데 시뮬레이션 결과 곤란한 것으로 나타났다. ③은 얼음 안을 약 5 kts로 향해 중 우현 전타를 사용한 시뮬레이션 결과이다. 즉, 쇄빙선의 감독 하에 대열간의 통신 상태를 철저히 유지하여야 할 것으로 보인다(Table 11).

Table 11. Ship-Handling Simulation in Ice

Items	Content
① Entering Ice (Right Angle)	
② Entering Ice (30 Degree)	
③ In ice	

5. 결 론

현재 지구 온난화 현상으로 인해 북극해의 얼음이 녹아 연중 약 4개월 정도 상업적 운항이 가능하다. 특히, 북극해의 얼음이 녹는 정도는 가속되어 2030년에는 연중 운항이 가능 할 것으로 예상되고 있다. 북극해 항로를 이용하는 이유는 항해거리 단축 및 북극해 주변의 많은 지하자원 이송이다. 이러한 상황 변화에 보조를 맞추어 IMO에서는 극지해역의 안전운항을 위해 Polar code를 제정하여 강제화 할 예정이다. 그러므로 우리나라에서도 이 해역 운항을 위한 준비가 필요하다. 이 연구에서는 빙해역 항해사에게 필요한 교육과정 내용, 안전운항을 위한 check list 그리고 조종술 등에 대해 설명하였다. 향후 빙해역 항해사들이 안전운항을 하는데 필요한 추가 정보에 대한 연구가 지속적으로 필요할 것으로 판단된다.

References

- [1] Choi K. S.(2010), Environment of the Northern Sea Route and views of Navigation, Journal of the Society of Naval Architects of Korea(2010), Vol 47, No 3. pp. 8-12.
- [2] Finnish Maritime Administration(2002), Finnish-Swedish Ice Rules.,<http://www.trafi.fi/en/maritime/regulations>
- [3] IMO(2014), Development of a mandatory Code for Ships Operating In Polar Waters, HTW 1/WP.4/Rev.1 p. 2.
- [4] Korea Institute of Maritime and Fisheries Technology (2013), Final Report of prepare to Ice Navigator Training course, p. 11.
- [5] Makarov Training Center(2014), Admiral Makarov State Maritime Academy Makarov Training Center Ice Navigation, Chapter 3, pp. 1-29.
- [6] Seamanship International Ltd(2010), The Ice Navigation Manual, pp. 116-118., pp. 195-197.
- [7] Seo, D. W, D. H. Kim and T. B. Ha(2014), Enactment Trend and Implication of the Polar Code in IMO, Journal of the Korean Institute of Navigation and Port Research, Vol. 38, No. 1, pp. 61-62.

Received : 2014. 12. 23.

Revised : 2015. 01. 30. (1st)

: 2015. 02. 09. (2nd)

Accepted : 2015. 02. 25.