

북극항로 운항선박용 항해안전 지원시스템 개발

강국진, 이한진, 김은찬, 정성엽(KRISO)

1. 서론

최근 지구의 온난화로 인해서 북극의 얼음이 급격히 줄어들어 북극항로가 열리고 있으며, 항해거리가 많이 단축되어 이용 선박이 증가하는 추세이다. 또한, 북극의 풍부한 천연자원을 개발하기 위하여 연안국과 글로벌 자원기업들이 경쟁적으로 진출하고 있다.

북극항로는 북서항로(NWP)와 북동항로(NSR)로 나뉘는데, 북서항로는 유럽에서 출발하여 북대서양과 북극해를 거쳐 북태평양으로 이어지는 항로이며 캐나다 자국의 물류수송이 대부분이고 많은 해협이 있고 결빙지역이 많아서 운항이 어렵다. 한편 북동항로는 서쪽의 무르만스크에서 동쪽의 베링해협까지 연결되며 동아시아와 대서양의 서유럽을 연결하는 최단 항로로서 항로가 열리는 여름철에 많은 선박이 운항되고 있다. 그렇지만 북동항로도 러시아 북부 유라시아 대륙 해안선을 따라가며 얼음이 비교적 약한 해역을 골라 많은 섬 사이의 좁은 해협을 통과하기 때문에 안전한 운항을 위하여 매 순간 빙상상태에 따라 새로운 항로 탐색이 필요하다.

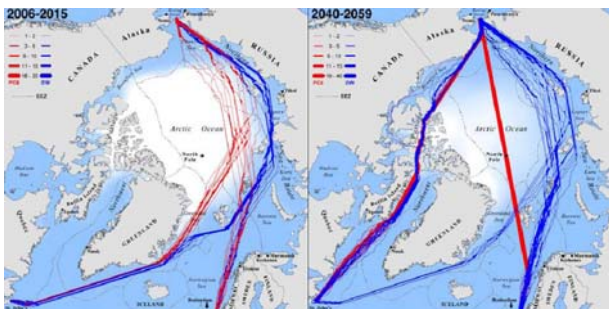


Fig. 1 Expected Arctic Sea Routes (Present and Future)

국제해사기구(IMO)는 향후 선박통행이 크게 증가할 것으로 예상되는 북극해 항로에 대한 국제규정을 제정하여 그 기준에 부합한 선박은 자유롭게 항행할 수 있는 국제 항로를 만들 생각이다. 현재 북극 항로의 대부분이 자국 연안인 러시아가 사고방지를 명목으로 러시아의 원자력 쇄빙선 에스코트를 의무화 하는 등 독자적인 규정을 제정해 요금을 징수하고 있다.

IMO는 2014년 11월 21일에 제94회 해양안전위원회(Maritime Safety Committee: MSC)를 런던에서 개최하여 극

지의 환경과 인명을 보호하기 위한 조치로 Polar Code를 채택하고 해상인명안전협약(SOLAS) 관련 내용을 개정하였다. 주요 개정 내용에는 선박 설계, 선원 훈련, 수색·구조 등에 관한 의무사항 등이 포함되며, 2015년에 IMO가 비준하여 2017년에 발효된다.

Polar Code는 북극을 운항하는 선박들이 매 항해마다 극지 해역 운항 매뉴얼(Polar Water Operational Manual: PWOM)을 작성하여 기국(선박 국적)의 검토와 승인을 받도록 의무화하고 있다. 1)

PWOM은 선박의 운항 능력과 한계를 충분히 알게 하여 무리한 운항을 피하여 정상적인 운항을 수행하도록 하고, 사고가 발생한 경우에 준수해야 할 상세 과정 및 쇄빙선의 도움을 받을 때 따라야 할 과정을 포함하고 있다.

현재 북극항로 항해 안전을 위한 기술은 북극해 주변국인 미국, 러시아, 캐나다, 노르웨이 등에서 확보하고 있으나, 북극해 비 인접국가인 독일, 일본 등에서도 독자적인 기술력을 확보하고 있다. 국내 기술은 외국에 비하여 많이 낮은 수준으로서 기술 개발이 늦어질 경우 기술진입장벽이 높아져 선진국과의 기술격차는 더욱 심화될 것으로 판단된다. 2, 3)

또한 북극항로 운항 시 항행 선박의 안전성을 확보하기 위해서는 선박의 방한(Winterization) 기술 및 구조 안전성 해석 기술이 요구되고 있으며, 이를 위해 다양한 환경조건을 고려한 빙 등급별, 선종별, 크기별 안전속도 정립이 필요하다.

국내에서는 한국해양과학기술원 부설 선박해양플랜트연구소(KRISO)에서 2010년 5월에 국내 유일의 빙해수조를 완공한 이래 선박의 빙성능 시험/평가 기술을 확보해오고 있으며, 한국해양과학기술원(KIOST)은 10년 전부터 북극지역 해빙 분포와 두께에 대한 기후 특성 연구를 수행해 왔으며, 북극항로 운항에 필요한 북서태평양 해양예보시스템(KOOS : Korea Operational Oceanographic System)을 개발 중이다. 그리고 KAIST, 한국해양대, 충남대 등의 대학에서는 북극항로 최적경로 탐색, 선박의 빙충격 해석 등 관련 요소기술 개발 실적을 보유하고 있다. 4, 5, 6)

선박해양플랜트연구소(KRISO)는 관련 연구기관 및 대학과 함께 Polar Code의 발효에 대비하고, 국내 운항 선사들의 안전 운항 지원을 위해 해양수산부 과제인 "북극항로 운항선박용 항해안전지원시스템(KAVOPS)" 개발을 2014년 11월에 착수하여 2019년 2월까지 개발을 완료할 예정이다.



Fig. 2 Arctic Voyage Scene of Korean 1st IBRV 'ARAON'

2. 본 론

2.1 KAVOPS 개발 요구 사양

KAVOPS 개발 요구사양은 아래와 같다.

- (1) 고정밀도 북극항로 빙상정보 수치예측 시스템 개발
 - 상용 빙상정보 처리 및 모니터링 기술개발
 - 북극해역 환경(파고, 풍속, 풍향, 해류 등)을 고려한 빙상 정보(빙집적도, 빙두께 등) 중단기 예측 기술개발(중기: 1 개월 / 단기: 1주일)
- (2) 북극항로 안전속도 예측, 평가, DB 구축 및 최적운항 모델 개발
 - 환경변수(유도 쇄빙선 사용유무, 빙집적도, 빙두께, 빙맥 분포 등)에 따른 극지해역 운항선박의 안전속도 (Safe Speed) 예측, 평가 시뮬레이션 기술개발
 - 방·선체 상호작용(선체변형) 해석에 따른 안전속도 예측, 평가 시뮬레이션 기술개발
 - 'Polar Code' 따른 극지해역 운항선박의 선박특성(선종, 규모 등) 별 안전속도 DB구축(Speed / Ice curve)
* 선종 : Polar Code 상의 Category A, B, C
 - 선박특성(선종, 규모 등) 등의 빙상환경에 따른 극지해역 최적항로 계산 알고리즘 개발
 - Transit Model 개발 : 안전운항 성능평가 수치해석 모델 개발
- (3) 북극항로 안전운항 기반 항해계획 기술 개발
 - 북극항로 Voyage planning을 위한 선박 운항 특성 모델링
 - 빙상정보, 해양포유류 서식지, SAR 지원 등 북극항로 특성 정보를 수용할 수 있는 인터페이스 및 환경 모델링 기술개발

- 운항안전(Safety), 운항효율(Efficiency)을 고려한 북극항로 Voyage planning 기술개발
- Polar Code에 따라 상세 Voyage plan을 제시하고 갱신하기 위한 선박 탑재형 북극항로 Voyage planning 지원 시스템 개발
- 환경 변화에 따른 re-planning 시스템 개발 및 시제품 (Category A 선박 대상(예)아라온호) 실험역 성능 검증
- (4) 북극항로 운항선박 건조 및 안전항해 가이드라인 개발
 - Polar Code 대응 의제 개발
 - 극지 운항 선박 운항 국내법 제정
 - PWOM 가이드라인 개발
 - PSC 인증 절차서 개발
 - Ice Navigator 프로그램 개발
 - 국내 전문가 협의체 구성
 - 국제협력 네트워크 및 공조기반 체계 구축

2.2 KAVOPS 개발 목표

핵심 기술/제품 성능지표	단위	달성목표
1. 북극항로용 항해안전지원시스템 개발	-	(1) 실험역 테스트 수행 (Category A 선박 대상) (2) 설계적합성 인증(AIP) 획득
1) 북극항로 빙상정보 예측(정도 및 오차)	km	(1) Grid size 2.5 x 2.5 (2) 1 week error 10km 이하 1 month error 35km 이하
2) 안전속도 예측 오차율	%	±15 (Polar 코드 안전속도 기준)
2) 안전속도 시험, 평가 및 DB 구축	건	3건 (Category A, B, C 각 1건)
3) Voyage Planning 북극항로 안전항해 항로예측 실험역 검증	건	Category A 선박 실험역 테스트 수행 및 실험역 검증 성공 (성공기준은 신청기관 제시)
2. IMO Polar Code 대응	건	(1) 타국가 문서 분석 · 대응 (2) 의제문서개발 1건/년

2.3 KAVOPS 개발팀과 주요 역할

KAVOPS 개발팀은 3개의 연구기관(KRISO, KIOST, KR)과 3개의 대학(인하전문, 충남대, KAIST)로 구성되어 있으며, 그 주요 역할은 Fig. 3과 같다.

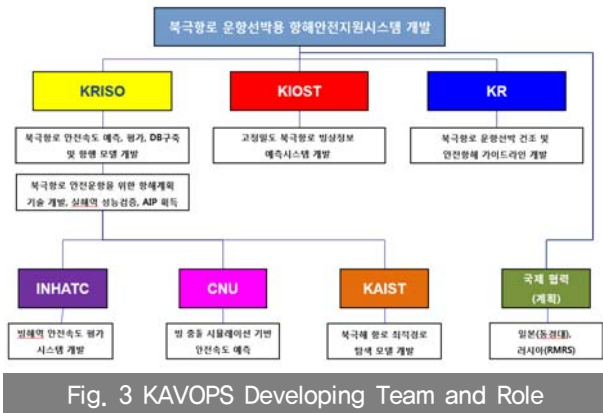


Fig. 3 KAVOPS Developing Team and Role

2.4 KAVOPS 핵심 개발 모듈과 연계성

KAVOPS의 핵심 개발 모듈은 개발 요구사항에 맞추어 1)북극 해양환경 및 기상정보 예측, 2) 운항능력 모델링 및 DB, 3) 북극항로 항해계획, 그리고 4) 선박정보로 이루어져 구성되었으며, 상호 연계성을 Fig. 4에 보인다.



Fig. 4 KAVOPS Core Module and Relation

2.5 KAVOPS 개발 Road Map

연구내용	'14. 11 - '15. 6	'15. 7 - '16. 3	'16. 4 - '17. 2	'17. 3 - '18. 2	'18. 4 - '19. 2	담당기관
A. 고장밀도 북극 항로 기상정보 수집 예측 시스템	위성항행정보사용위성 시스템 개발	초기정밀도 기상정보 DB 구축	다중위성항행시스템 특성 정보 활용기술 개발	항행정보보안정책 검토, 사업 개발	사업 시범 구축 서비스	KIOST
B. 북극항로 안전 속도 예측, 평가, DB 구축 및 Transit Model 개발	Level Ice, Pack Ice, Break Ice, Ice ridge에서 항 두께 및 강도	항행정보 예측기술 설계	항행정보 안전속도 추정	항행정보 예측 시스템 개발	항행정보 예측 서비스	KRISO, INHATC, CNU, KAIST
C. 북극항로 안전 운항 기반 Voyage planning 기술	운항 및 안전 정보 DB 구축	Voyage Planning 소프트웨어 개발	Voyage Planning 소프트웨어 개발	Voyage Planning 소프트웨어 개발	Voyage Planning 소프트웨어 개발	KRISO
D. Polar Code 대응 체계 개발, 국내 규정 개발 및 북극권 국가 공조체계 구축	Polar Code 분석 및 주요 이슈 식별/소통, 의제 도출	국내 운항 선박 운항 국제 규정 검토(현행) 추진 지원	국제 운항 선박 운항 국제 규정 검토(현행) 추진 지원	국제 운항 선박 운항 국제 규정 검토(현행) 추진 지원	국제 운항 선박 운항 국제 규정 검토(현행) 추진 지원	KR

Fig. 5 KAVOPS Developing Road Map

KAVOPS의 각 핵심 모듈별 전체적인 개발 일정은 Fig. 5에 보인다.

2.6 KAVOPS 설계안

KAVOPS 가운데 최적항로를 계획하는 부분은 KRISO에 설치된 서버에서 이루어지며, 실선과 육상을 연결하는 위성 기반 데이터 통신의 전송속도 및 대역폭이 최적항로 계산을 위한 환경정보 전체를 주고받기에는 매우 부족한 상태이므로, Fig. 6와 같이 대용량 데이터가 필요한 부분은 육상서버에서 진행하고 계획 결과와 주요 환경정보만 선박의 클라이언트에 제공하는 형태로 시스템이 설계되었다. 그리고 본 시스템의 운용개념은 Fig. 7과 같이 예상된다.

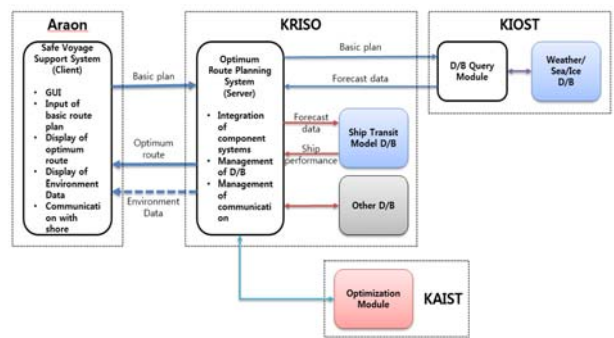


Fig. 6 Architecture of voyage planning system

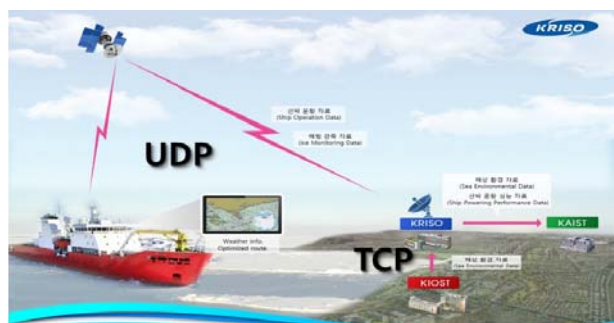


Fig. 7 Operating concept of voyage planning system

2.7 연구결과물 사업화 추진계획

본 과제는 2019년 2월에 종료될 예정이며, Fig. 8과 같이 개발된 KAVOPS는 쇄빙 시의 해빙의 두께, 선체에 미치는 빙층 격력, 선체운동 상태, 선속, 엔진 출력 등을 예측하고 관찰하는 Voyage Monitoring 시스템과 연계되어 운용될 예정이다. 개발

된 시스템은 국내외 해운선사의 북극 운항 선박에 시험 탑재하여 운용결과에 따른 수정 보완이 필요하며, 그 효용성이 우선적으로 검증되어야 한다. 따라서 상용화를 위한 준비기간이 다소 소요될 것으로 예상되며, 북극 항로 활성화의 상황에 따라 그 활용도와 필요성이 좌우될 것으로 예상된다.



Fig. 8 Integration of KAVOPS and Voyage Monitoring System

3. 결론

IMO Polar Code의 발효에 대비하여 북극환경을 보호하고 북극 개발을 통한 국익을 창출하기 위한 기술 개발의 일환으로 북극항로 운항선박용 항해안전지원시스템 개발과제가 2014년 11월에 착수하여 2019년 2월에 완료될 예정이다.

본 개발 시스템의 핵심요소기술은 북극환경 모니터링과 예측기술, 선박의 빙성능 예측과 DB 구축, 최적경로 탐색 기술, 그리고 이러한 자료를 신속 정확하게 송수신하는 기술이라고 볼 수 있다.

이 가운데서 특히 북극의 해양환경을 정확하게 관측하고 예측하는 것이 결코 쉬운 일이 아니며, 전세계의 관련기관과 공조해야 하며 지속적인 정도 개선이 필요한 기술이다.

그리고 좋은 연구결과를 얻기 위해서는 본과제와 유사한 연구를 수행하고 있는 국내외 연구기관들과의 연구 협력 및 연구 교류가 지속적으로 필요하다.

특히, 본 과제 연구결과물에 대한 검증과 상용화를 위해서는 아라온호를 운용하고 있는 극지연구소를 비롯하여 국내 선사들의 관심과 협조가 매우 중요하다.

참고 문헌

- 1) www.imo.org
- 2) Ville Kotovirta, Risto Jalonen, Lars Axell, Kaj Riska, Robin Berglund, A system for route optimization in ice-covered waters, Cold

- Regions Science and Technology (2008)
- 3) Hajime Yamaguchi, Sea ice prediction and construction of an ice navigation support system for the Arctic sea routes, POAC' 13, Espoo, Finland (2013.)
- 4) Minjoo Choi, Hyun Chung, Hajime Yamaguchi, Keisuke Nagakawa, Arctic sea route path planning based on an uncertain ice prediction model, Cold Regions Science and Technology, 2014
- 5) 강국진, 양찬수, 정현, 김현수, 노인식 등, 북극항로 기획세션, 2016. 5, 대한조선학회 춘계학술대회
- 6) Han Jin Lee, Eun-Chan Kim, Kuk-Jin Kang, Prototype Development of Safe Voyage Planning System for Vessel operation in Arctic Sea Route, The 31st International Symposium on Okhotsk Sea & Sea Ice, 2016, 2.



강 국 진

- 1954년생
- 1991년 인하대학교 조선공학과 박사
- 현 재 : 선박해양플랜트연구소 책임연구원
- 관심분야 : 선박공학, 방해공학
- 연 락 처 : 042-866-3435
- E - mail : kjkang@kriso.re.kr



이 한 진

- 1969년생
- 1997년 서울대학교 조선해양공학과 박사
- 현 재 : 선박해양플랜트연구소 책임연구원
- 관심분야 : 선박조종, e-NAVIGATION
- 연 락 처 : 042-866-3607
- E - mail : hjlee@kriso.re.kr



김 은 찬

- 1952년생
- 1990년 인하대학교 조선공학과 박사
- 현 재 : 선박해양플랜트연구소 책임연구원
- 관심분야 : 선박저항추진, 선박기인 환경오염
- 연 락 처 : 042-866-3613
- E - mail : eckim@kriso.re.kr



정 성 업

- 1981년생
- 2016년 한국해양대학교 해양공학과 박사
- 현 재 : 선박해양플랜트연구소 선임연구원
- 관심분야 : 빙해선박, 방저항
- 연 락 처 : 042-866-3432
- E - mail : jsyeop@kriso.re.kr