한국해양수산개발원
KOREA MARITIME INSTITUTE

WEEKLY REPORT

KMI 북방물류리포트

VOL.237
SEP 30 2022

발간년월 2022년 9월 30일(통권 제237호) **주소** 49111 부산광역시 영도구 해양로 301번길 26(동삼동)
발행인 김종덕 **총괄** 이주호 **감수** 최재선 **담당** 김엄지·유지원 **발행처** 한국해양수산개발원
자료문의 경제전략연구본부 북방·극지전략연구실 **TEL** +82-51-797-4776 **FAX** +82-51-797-4659

주요 동향
- 우크라이나에서 북극까지: 러와 서방의 군사 딜레마
- Arctic LNG-2, 해상 부유식 발전소 전력 공급 추진

전문가 칼럼
- 원자력 쇄빙선 기술과 한-러의 기술 협력 전망

주요 통계
- 2022년 7월 러시아 해역별 항만 물동량(건·액체화물)
- 2021년 4분기 러시아 對 한국 수입 품목* 및 규모
  * EAEU 코드 기준 39
- 2021년 4분기 러시아 對 한국 수출 품목* 및 규모
  * EAEU 코드 기준 42~44

주요 동향

우크라이나에서 북극까지: 러와 서방의 군사 딜레마

■ 지난 10년 동안 러시아는 군사기지, 비행장, 대규모 레이더 시설과 방어 및 무기 시스템을 결합하며 북극 내에서 군사역량을 체계적으로 확장[a)]

- 그동안 러시아는 세베로모르스크-1(Severomorsk)의 공군 기지, 가드지예보(Gadzhiyevo) 잠수함 기지, 오콜나야(Okolnaya) 잠수함 지원 기지 등에서 축적한 군비 현대화 확대 노력에 힘입어 북극에서 주변의 통제 능력을 개선시켜 왔음
- 북극 안보 전문가는 지난 10년 동안 러시아의 행보와 과거 및 현재 위성 자료 등을 활용하여 러시아의 북극역량을 조명하고, 우크라이나 전쟁이 러시아의 북극 내 영향력에 어떠한 영향을 미칠 수 있을지 분석함
- 또한 러시아의 북극 군사력 확장과 우크라이나 사태가 노르웨이를 비롯한 동맹국의 방위 시스템에 어떠한 위협이 되고 있는지 집중적으로 분석하였음

■ 러시아는 6,000km가 넘는 북극 해안선을 따라 군사시설 현대화를 추진하고 있으며, 북극 해안선을 방어하기 위해 북방함대 기능을 강화하고 있음[a)]

- 북극해 해안선의 53%를 차지하는 러시아는 북극해 지역의 군사력을 증강하며 북방함대를 핵 추진 잠수함과 항공모함을 갖춘 러시아 해군의 핵심 전력으로 끌어올렸음. 또한 지난 8월 북극을 우선순위로 지정한 새로운 해군 교리를 발표한 바 있음
- 러시아의 북극 군사력 강화 중심에는 바렌츠 해가 있음. 바렌츠해는 러시아 최대 함대가 세계 대양에 접근할 수 있는 핵심통로 역할을 하고 있으며, 러시아의 전략적 핵 자산 대부분이 북극의 콜라 반도에 집중되어 있음. 콜라반도는 북극지역의 러시아 핵심 군사 시설로 러시아 본토 방위, 북극 우위, 국제역량에 있어 중요한 역할을 하는 지역임
- 러시아 군 관계자는 이 때문에 바렌츠해를 수호하는 것은 북부함대의 안전한 입출항과 북극항로에 진입하는 선박의 제한을 의미함. 따라서 러시아는 북극 해안 전체에 걸쳐 균일한 군사적 역량을 유지할 계획은 없지만, 북극해 진입 지점, 특히 북서부 북극 영토의 방위 능력을 확충하겠다는 의지를 밝힘

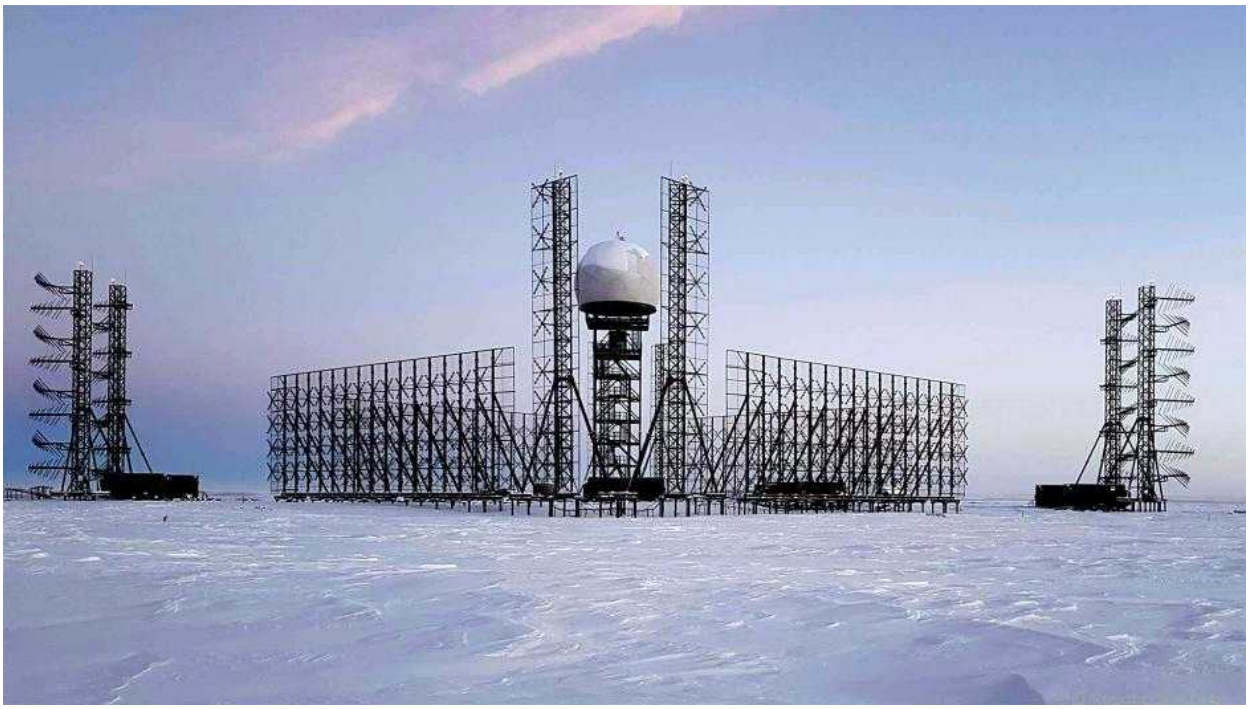
■ 러시아는 국가 안보에 있어 가장 높은 우선순위를 차지하는 북극항로를 보호하기 위해 레이더 감시 체계를 지속적으로 확대하는 등 군비 증강[a)]

- 북극항로를 따라 북극 자원 기지를 개발하는데 상당한 예산을 투자한 러시아는 서방 국가와 군사 충돌 시 이곳이 표적이 될 것으로 예상하고, 북극항로 전체에 걸쳐 다층적 방어막을 설치하였음

- 러시아는 지난 5년 동안 총 3개의 Rezonance-N 레이더 설비를 구축함. 그 중 2개는 북극권인 무르만스크에서 남쪽으로 약 500km 떨어진 자폴리아르니(Zapolyarny) 자치구와 러시아 북부함대(The force of Nothern Fleet)에 인수되어 북극권에서 활용되고 있음. 러시아는 올해 말까지 레이더 2개를 추가적으로 가동할 계획임

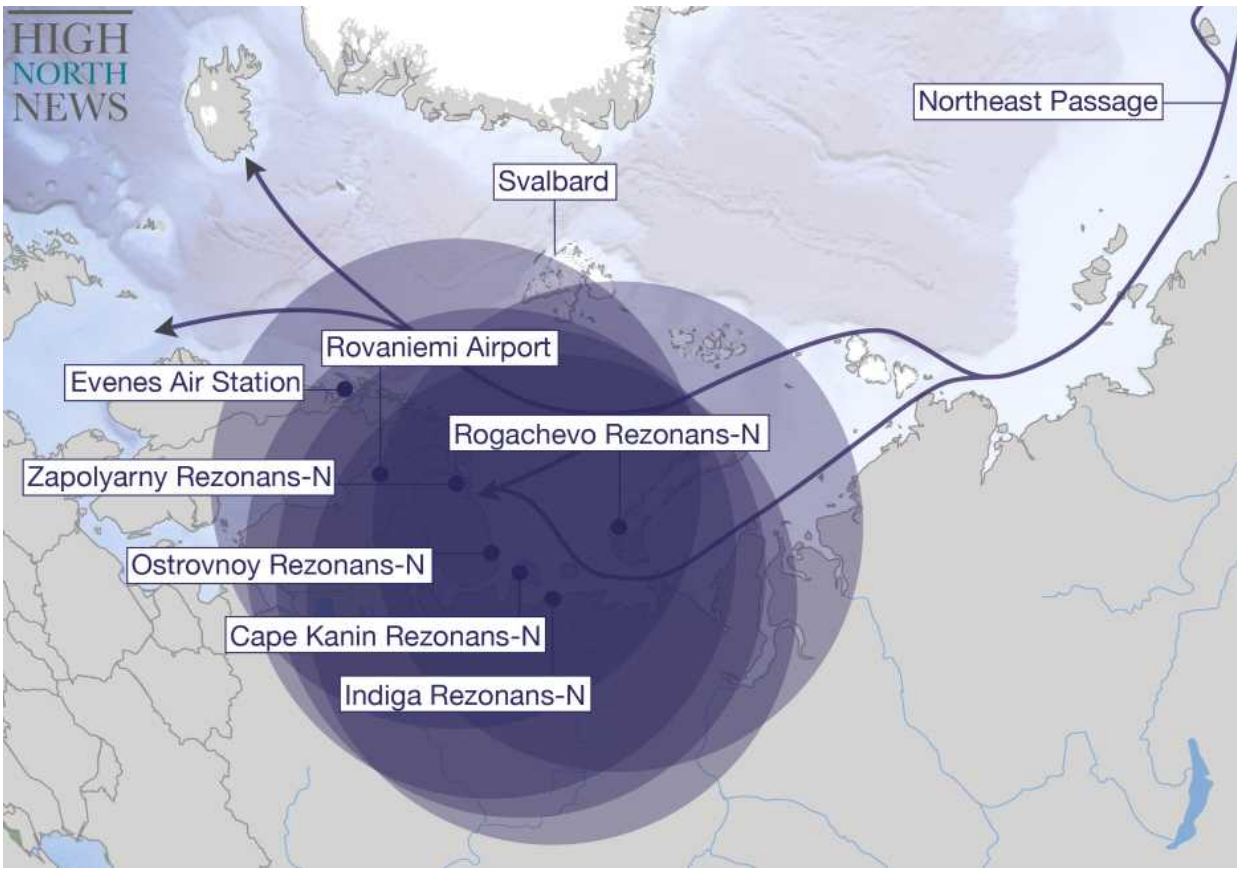
- 또한 러시아는 노바야제믈랴(Novaya Zemlya) 군도 로가체보(Rogachevo)를 포함하여 북극 전역에 약 12개의 군사기지와 비행장을 확장하고 현대화하는 한편, 최소 3개의 기지를 새롭게 건설한 것으로 추정됨

그림. 러시아가 북극에 설치한 대형 레이더장치 Rezonance-N



자료: Courtesy of Rosoboronexport

그림. 5개의 북극 Rezonance-N 레이더 방공 영역

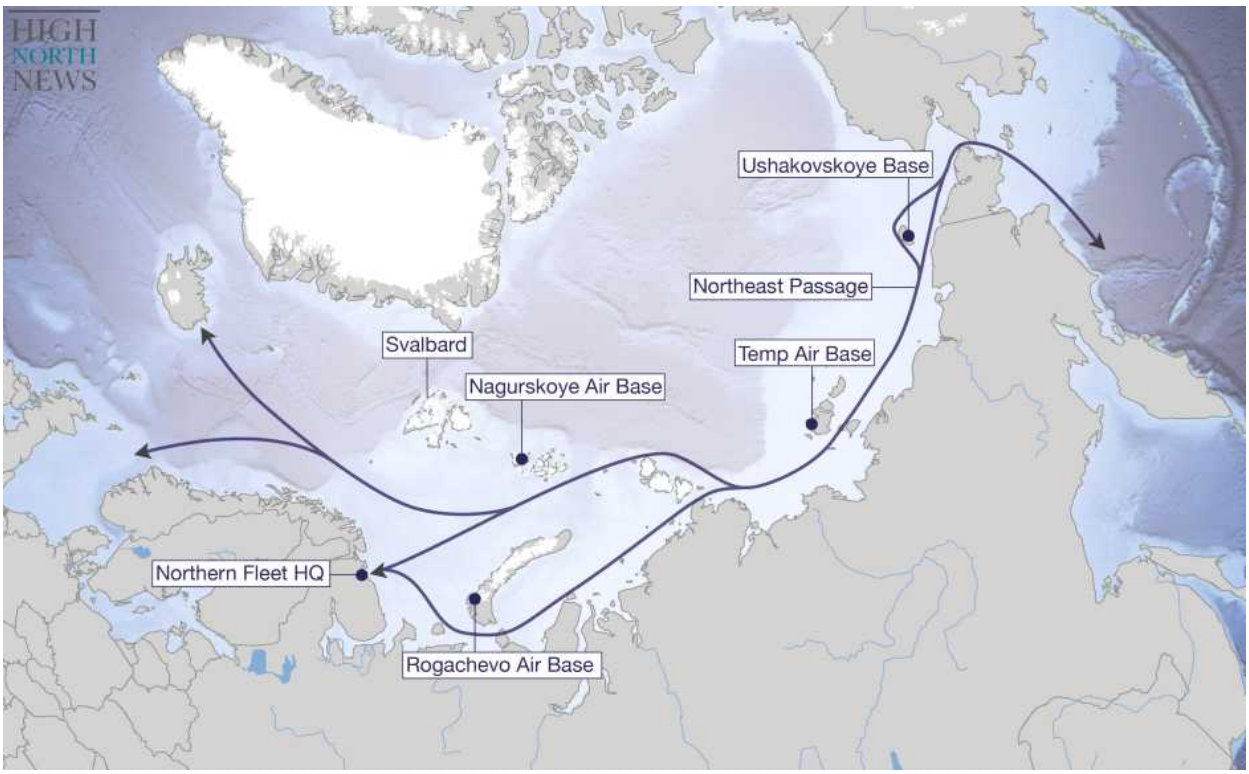


자료: https://www.highnorthnews.com/en/ukraine-arctic-russias-capabilities-region-and-wars-impact-north

■ 러시아가 북극 전역에 배치한 방공시스템은 언제든지 공격수단으로 활용할 수 있어 단순 방어시스템으로 판단하기 어렵다는 것이 전문가들의 의견임[a)]

- 서방국가들은 이러한 감시체계가 러시아가 해당 지역에 패권주의를 유지하고자 하는 의도라고 주장하였지만, 러시아는 해당 레이더는 북쪽을 보호하기 위한 수단이라는 주장
- 다수의 군사 전문가들은 러시아의 방공시스템은 단순 방어시스템으로 판단하기 어려우며, 러시아가 공격행위를 취한다면 서방국가는 이에 대응하기 어려울 것이라는 판단임
- 이미 러시아 레이더의 운영 영역에 노르웨이 영토가 포함되어 있으며, 러시아가 향후 몇 년 동안 5개의 추가 레이더 시설을 북극 해안선을 따라 더 배치할 것이라고 발표함에 따라 북극 해안선을 따라 더 동쪽으로 레이더 범위를 확장할 가능성이 높음

그림. 러시아 북극지역의 군사 및 공군 기지



자료: https://www.highnorthnews.com/en/ukraine-arctic-russias-capabilities-region-and-wars-impact-north

■ 한편, 러시아의 우크라이나 침공 사태가 장기화될 것으로 전망됨에 따라 러시아의 북극지역 군사 역량이 과장되었다는 의견도 나오고 있음[a)]

- 이에 전문가들은 우크라이나에서의 러시아 전쟁 실패와 북극에서의 군사역량을 동일하게 볼 수 없으며, 러시아 북극군은 상대적으로 새로운 하드웨어와 군사력 발전을 위한 자원 투자로 상당히 강력한 군사역량을 보유하고 있다고 평가함

- 하지만 러시아의 우크라이나 침공으로 북극 군사역량을 더욱 확장시킬 수 있는 계획에 영향을 미칠 것은 분명하며, 오히려 이러한 상황이 미국과 서방 동맹국들에게는 북극 내 군사력을 강화하면서 러시아와의 격차를 좁힐 시간을 허용한 것으로 보임

- 무엇보다 우크라이나 전쟁으로 그동안 군사적으로 중립을 지켜온 스웨덴과 핀란드가 서방의 군사동맹인 나토와 함께 합동 군사 훈련을 실시하고 있어 민감한 지역에서 의도하지 않은 사건이 이미 취약해진 균형을 깨뜨리게 된 것으로 평가됨

■ 북극 지역에서의 러시아와 유럽 등 서방국가의 균형유지에 있어 가장 중요한 역할을 하는 나라가 노르웨이임[a)]

- 노르웨이의 가장 큰 과제는 북극 내 낮은 긴장 상태를 유지하면서 러시아가 북극에서 공격적인 행동하는 것을 저지하는 것임. 노르웨이는 동맹국의 지원이 필요하지만 한편으로는 바렌츠 해에서 긴장을 유발할 수 있는 동맹국들의 자극적인 행동도 원하지 않는 상황임

- 스웨덴과 핀란드가 나토에 가입하면 러시아가 발트해에 핵무기와 극초음속 미사일을 배치할 것이라며 위협하는 가운데 노르웨이의 앞으로의 북극 균형을 위한 행보가 주목됨

이슬기 전문연구원, 경제전략연구본부 지역경제·관광문화연구실
(sglee84@kmi.re.kr/051-797-4768)

참고자료

a)https://www.highnorthnews.com/en/ukraine-arctic-russias-capabilities-region-and-wars-impact-north(2022.9.28. 검색)

Arctic LNG-2, 해상 부유식 발전소 전력 공급 추진

그림. 노바텍 Arctic LNG-2 사업 항구 전경

자료: https://www.kommersant.ru/doc/5503226

■ 노바텍 프로젝트, 튀르키예 기업이 건설할 부유식 발전소를 통해 전력을 공급할 계획임[a)]

- 러시아 국영 에너지기업 노바텍(Novatek)은 현재 건설 중인 Arctic LNG-2 공장의 첫 번째 라인에 부유식 발전소 건설한다는 계획임
- 부유식 발전소에는 가스 피스톤 엔진이 설치되어 있고, 300~400MW 규모의 전력을 생산할 수 있는 용량임
- 발전소 건설은 튀르키예의 파워 선박 제조업체인 카파워십(Karpowership)이 수행할 계획임
- 카파워십(Karadeniz Energy Group社에 속함)은 세계적 최대 해상 부유식 발전소 운영업체로 총 4GW 규모의 파워 선박군이 아프리카, 쿠바, 중동 및 인도네시아 등 8개국에 진출해 운영하고 있음

■ 노바텍은 Arctic LNG-2 사업에서 연간 660만 톤의 LNG 생산을 위한 3개의 라인을 건설할 계획이며, 2023년부터 연차적으로 생산 라인의 건설을 추진 중

- 현재 노바텍은 미국의 베이커 휴즈(Baker Hughes, BH)社가 Arctic LNG-2 공장을 위한 LM9000형 터빈을 인도를 거절하자 여러 기술적인 어려움을 겪고 있음
- BH社는 항공기 Boeing 777 엔진을 기반으로 제작한 75MW급 LM9000형 터빈을 20개 인도할 예정이었으나, 첫 번째 라인을 위한 주문 받은 7개 터빈 중에서 터빈 4개만 인도한 바 있음
- 노바텍은 BH社의 터빈을 대체하기 위해 Arctic LNG-2의 두 번째와 세 번째 라인에 어떤 LNG 장비를 선정할 것인지 명확하지 않음
- 유리 멜니코프(Yuri Melnikov) 에너지 전문가에 따르면, Karpowership社가 해상 부유식 화력발전소의 전문 제조업체이기 때문에 노바텍의 선택이 합리적이고 논쟁의 여지가 없어 보인다고 지적하였음
- 물론 부유식 발전소의 전력은 일반 고정식 발전소보다 비용이 더 많이 들고, 프로젝트 효율성 측면에서 LM9000형 터빈의 성능은 달성할 수 없지만 BH社의 러시아 사업에 대한 장기적인 제한으로 인해 대안이 없을 것이라고 밝혔음

예고로프 아르쫌 러시아전문위원, 동북아시아지역자치단체연합 사무국 국제협력부
(egorov201548131@mail.ru)

김엄지 전문연구원, 경제전략연구본부 북방·극지전략연구실
(umjikim@kmi.re.kr/051-797-4776)

참고자료

a) https://www.kommersant.ru/doc/5503226(2022.9.26. 검색)

전문가 칼럼

원자력 쇄빙선 기술과 한-러 기술 협력 전망

박창제 세종대학교 양자원자력공학과 교수

1. 들어가며

북극해는 세계적으로 석유·천연가스 등 자원 매장량이 매우 풍부하다. 2008년 미국지질조사국 자료에 따르면, 원유의 13%에 해당하는 900억 배럴이 북극 지역에 매장되어 있으며, 전 세계 천연가스 매장량의 30%, 천연액화가스는 약 440억 배럴 정도가 매장되어 있다. 이러한 자원 개발과 함께 북극항로의 개발이 활발하게 추진되고 있다. 북극항로를 이용한 해상 운송 시 기존 수에즈 운하에 비해 약 7,000km 정도 운송 거리가 단축될 뿐만 아니라 운항일수로는 10일 정도 단축되어 매우 경제적이며, 해적 위협이 줄여 안전한 운항을 보장할 수 있다. 다만 항로 이용을 위해서는 쇄빙기능을 탑재한 선박 운항이 필수적이며, 러시아 해역을 운항하는 경우 쇄빙선의 도움을 받아 운행해야 한다. 국내에서는 2009년부터 아라온 쇄빙연구선이 취역하여 운항되고 있으며, 아라온호보다 쇄빙능력을 1.5배 향상시킨 차세대 쇄빙 연구선 건조 사업이 진행 중에 있다.

중국은 1991년에 대형 쇄빙선인 쉐룽호를 진수하였으며, 2020년 기준으로 총 2척을 운항하고 있다. 미국도 2척의 대형 쇄빙선을 보유하고 있으며, 2029년까지 총 3척 이상 보유를 목표로 하고 있다. 러시아의 경우 2020년 기준으로 46척의 쇄빙선을 보유하고 있으며, 이 중 4척이 원자력 추진 쇄빙선이다. 2019년에는 우랄 원자력 쇄빙선을 진수하여 운항하고 있다. 기존 쇄빙선은 주로 디젤이나 천연가스를 연료로 운행하고 있으며, 원자력 추진 쇄빙선도 세계 각국에서 꾸준히 개발되어오고 있는 추세이다.

2. 원자력 쇄빙선 기술 원리 및 소형 모듈 원자로(SRM) 기술 개발 동향

원자력 에너지는 중성자와 우라늄의 핵분열 반응에서 발생하는 대용량의 열을 이용하여 전기를 생산한다. 우라늄(U-235) 1g이 핵분열을 통해 만드는 에너지 양은 석탄 3톤, 석유 9드럼에

해당한다. 원자력발전소에서 이 같은 핵분열이 일어나는 중심부가 '원자로(Reactor)'다. 원자로는 우라늄과 같은 연료와 연쇄반응 속도를 조절하는 제어봉, 열을 전달하는 냉각재로 구성되어 있다. 원자력 쇄빙선의 경우 상용 원자력발전소의 원자로와 같은 원리를 이용하여 핵분열 반응을 통해 얻어지는 고온의 열에너지로 수증기를 발생시키고, 이 수증기로 터빈을 회전시켜 추진 모터를 작동한다. 쇄빙선의 동력뿐만 아니라 극지연구 활용을 위해 연구용, 군사용 등에 이용되고 있다. 선박을 추진하기 위해서는 기존 대형 원자로 출력의 1/100 정도의 수십 MW급의 초소형 원자로도 충분히 가능하다.

최근 원자력 기술과 경험을 활용하여 보다 안전하고 경제적인 소형모듈원자로(SMR)를 개발하고 있다. 일반적으로 소형모듈원자로(SMR)는 300MWe 이하 전력을 생산하는 원자로로 핵분열반응이 직접 일어나는 원자로와 물을 수증기로 변환시키는 증기발생기, 냉각재를 순환시키는 냉각재 펌프, 일정한 압력을 유지시키는 가압기 등 주요 기기를 하나의 용기에 모두 담아 일체화시킨 것이 가장 큰 특징 중 하나이다. 그리고 기존 원자로처럼 특정 장소에서 직접 건설하는 것이 아니라 미리 생산된 모듈을 운송하여 현장에서 조립하는 방식을 채택하고 있다. 이로 인해 시공 기간을 단축할 수 있으며, 건설비용의 절감도 가능하다. 또한 사고 발생시 비상대피구역 반경이 기존 대형원전에 비해 작으며, 우수한 부하추종(load follow) 능력을 가지고 있어 전력수요에 탄력적으로 대처할 수 있다. 그리고 비상시 붕괴 잔열 제거를 위해 중력이나 밀도 차이에 의한 대류 등을 응용한 피동(passive) 계통을 채택하고 있다. 이러한 SMR은 여러 개의 모듈을 묶어 건설이 가능하다. 육상의 전력생산용으로는 미국의 NuScale이 대표적 사례로, 12개를 묶어서 800MWe까지 전력공급이 가능하다. 반면 러시아는 이러한 조선 해양 원자력 기술을 확장하여 선박에 작은 원자로를 설치해 일부 지역에 전기를 공급하는 해상 부유식 원자력발전소인 아카데믹 로모노소프라를 개발하여 북극 해안 항구인 Pevek에 설치하여 2021년부터 운영하고 있다. 중국도 최근 헬륨기체를 냉각재로 이용하는 SMR 기반으로 쉬다오 연안에 위치한 시범공정 1호기에서 산동성 송전망에 연결하여 전력을 공급하고 있다.

국제원자력기구(IAEA)가 2020년에 발간한 SMR 개발현황 보고서에 의하면 전 세계 18개국 76개 업체가 다양한 방식으로 SMR을 개발중에 있으며, 내륙용 SMR은 실용화에 근접하고 있다. 국내에서는 혁신형 SMR(i-SMR) 개념설계를 완료하여 추가적인 연구가 진행되고 있으며 미국에서는 NuScale SMR을 건설예정에 있다. 조선해양용 SMR 개발도 활발히 이뤄지고 있으며 세계적으로 총 10종의 SMR이 개발되고 있다. 조선해양용 SMR을 기술적으로 분류하면, 핵잠수함 경험에서 도출된 경수로가 5종, 그리고 납냉각 고속로 방식이 3종으로 주류를 이룬다. 나머지 2가지가 용융염 원자로이며, 조선해양용으로 사용된 경험은 없는 신기술이다. 국내외에서 개발하고 있는 주요 SMR의 특징은 아래 표 1과 같다.

표 1. 국내외 대표적 소형모듈원자로 특징

국내 소형모듈원자로	특징
소형 융용염원자로(MSR)	- 삼성중공업와 한국원자력연구원 협력 설계 중 - 사용주기 20년 이상 - 소형화가 가능하여 선박 적용이 용이함 - 사고시 용융염이 굳어 핵분열 반응이 일어나지 않음 - 전력과 수소를 동시에 생산 할 수 있게 설계 진행 중
혁신형 소형모듈원자로(i-SMR)	- 한국원자력연구원과 한국수력원자력이 개념 설계 - SMART 원자로 기술 기반으로 개념 설계 완성 - 예비타당성 평가 통과 후 2028년까지 3992억원 투자 및 연구 진행 중
MicroURANUS	- UNIST에서 연구 진행 중 - 냉각재로 액체 납을 사용(사고 발생시 액체 냉각재가 굳음) - 구소련의 Alfa 핵잠수함의 실용화 경험을 활용 가능
자율운전 소형원자로	- KAIST에 연구 진행 중 - 초임계 CO_2 가스 냉각 - 제어봉 사용하지 않고 부하추종운전이 자율적 수행
해외 소형모듈원자로	**특징**
이빈치(eVinci)	- 미국 Westinghouse에서 개념 설계 - 5MWe급의 초소형 원자로(우주선 추진 목표) - 설계수명 40년 / 재장전 주기 : 6년 or 9년 - 히트파이프를 활용한 냉각 - 입자형(TRISO) 핵연료 사용
아카데믹 로모노소프	- 러시아 Afikantov OKBM에서 생산 - 부유형 원자로(FNPP, Floating Nuclear Power Plant) - 35Mwe급 원자로 2기 사용(PWR 타입) - 배 위에 장착된 부유식 원전 - 핵추진 쇄빙선의 원자로 기술을 이용함
뉴스케일(NuScale)	- 미국 NuScale Power 사에서 설계 - 일체형 PWR - 60MWe급의 소형 원자로(12개 모듈 통합 :720MWe) - 자연순환을 활용한 냉각 가능(사고시)

3. 국내외 선박용 소형모듈원자로(SRM) 기술 개발 사례

2021년 6월 국내 삼성중공업은 한국원자력연구원과 협력하여 소형 용융염원자로(MSR) 기반 부유식 원자력발전 플랜트 및 원자력추진선박 시장을 개척하겠다고 발표했다. 용융염 원자로는 SMR의 일종으로 핵연료 사용주기가 20년 이상이어서 한 번 핵연료 장전 후 상당기간 교체가 필요 없으며, 원자로 크기를 소형화할 수 있어 선박 적용이 용이하다. 그리고 원자로 내부에 이상 신호가 생기면 액체상태의 핵연료인 용융염이 굳어져 더 이상 반응이 일어나지 않도록 설계되어 안전성을 높이고, 고효율의 전력과 수소를 동시에 생산할 수 있도록 설계가 진행 중에 있다. 그러나 선박이 침몰할 경우, 높은 방사능을 지닌 용융염이 해수에 쉽게 용해되어 비상대피구역이 크게 확대될 수 있다.

선박용으로의 SMR의 하나인 SMART 원자로를 한국원자력연구원에서 20년간 꾸준히 개발하여 해수담수화용으로 추진되었다. SMART 원자로는 1990년대 러시아 핵잠수함 추진 원자로 설계에 기초로 하여 다양한 신개념의 고유 안전성 설계를 추가하였으나 2007년 예비타당성조사에서 부적합 판정을 받고 2008년 사업이 폐기되었다. 이후 수출용 원전으로 이를 재추진했다가 경제성 문제로 국내 컨소시엄이 좌절되었지만 이후 2012년 전세계적으로 최초로 소형 모듈 원자로 분야에서 표준설계인가를 받는 쾌거를 달성하였다. 이후 사우디아라비아 수출을 타진하고 기술 교류 및 인력 양성 등 다양한 프로그램을 추진하였다. 이를 확장하여 한국원자력연구원과 한국수력원자력이 전술한 바와 같이 혁신형 소형모듈원전(i-SMR) 개념설계를 완성하여 향후 수출을 추진하기 위해 예비타당성 평가를 신청하여 통과하였으며, 그 결과로 2028년까지 3992억 원을 투자를 받아 활발하게 연구가 진행중에 있다.

한편, 국내 학계에서도 새로운 개념의 다양한 소형원자로 기술을 개발하고 있다. 기존 원자로와 달리 액체 납을 냉각재로 사용하는 선박용 원자로 MicroURANUS도 UNIST에서 연구가 진행되고 있다. 해당 원자로에는 다수의 장점이 있는데, 특히 원자로 관련 사고가 발생할 시에는, 액체 냉각재인 납이 굳어 원자로를 감싸게 되어 배만 격리시킨다면 안전성을 향상시켜 추가적인 사고 전개를 막을 수 있으며, 40년 동안 추가적인 핵연료의 공급없이 운전이 가능하여 핵 안보성과 경제성을 높였다. 이 뿐만 아니라 핵무기로 전환될 가능성을 현저히 낮추었으며, 소형원자로만 분리하여 캐스크에 넣은 뒤 처리시설로 옮기는 방식으로 용이하게 방사성 폐기물 관리를 할 수 있다. 특히 MicroURANUS는 구소련의 Alfa 핵잠수함의 총 8기(총 80년간 가동)의 실용화 경험을 토대로 조기 상용화를 추진하고 있다. 스웨덴, 이탈리아 등에서도 납냉각 원자로 기술을 접목하여 해양, 해저 탐사선이나 부유식 발전용 동력원으로 개발되고 있다.

또한 KAIST 연구팀은 안전성이 확보된 초임계 CO2 가스냉각방식의 자율운전 소형원자로 핵심기술을 개발하고 있다. 원자로 출력을 제어하는 제어봉을 사용하지 않고도 부하추종운전이 자율적으로 수행되며, 인공지능 시스템을 도입하여 사고 진단, 예측, 대응 등을 효율적으로 수행하며 궁극적으로 운전원 실수를 원천적으로 배제하여 안전성과 경제성을 극대화할 수 있도록 연구를 진행하고 있다.

해외의 경우 원자력추진을 위한 초소형원자로는 주로 우주선 추진을 위해 연구되고 있다. 특히 미국의 웨스팅하우스사(Westinghouse)는 5MWe급 eVinci 초소형 원자로에 대한 개념설계 및 개발계획 수립을 완료하였다. eVinci는 삼중코팅 입자형 핵연료(TRISO, TRIstructural-ISOtropic)를 사용하며, 설계수명은 40년이며 핵연료 재장전주기는 6년 또는 9년으로 개발 진행 중이다. 특히 열전달 계통으로 첨단기술인 히트파이프 방식을 채택하여 효율성을 향상시켰다. 원자로 용기

내부에 모듈형으로 제작된 기기를 장착하여 건설비용을 최소화하고, 30일 이내 현장 설치가 가능하며 eVinci 초도호기의 상업운전을 2027년 개시할 것으로 계획이다. 현재 미국 및 캐나다 인허가 기관이 eVinci 설계 검토 중에 있다.

2011년 설립된 USNC는 2015년부터 5MWe 급 Micro Module Reactor(MMR)를 기반으로 한 초소용 원자로 개발 진행 중이다. TRISO 핵연료 입자를 사용하여 실리콘 카바이드(탄화규소, SIC)로 핵연료 펠렛을 제작하는 특허를 보유하고 있으며, 냉각재로 헬륨, 감속재로는 흑연이 사용되며, 건설기간은 36개월로 계획하고 있다. USNC는 캐나다 유틸리티인 OPG(Ontario Power Generation)과 GFP(Global First Power)라는 합작회사를 설립하였다. 규제기관인 CNSC(Canadian Nuclear Safety Commission)는 USNC에 대한 VDR(Vendor Design Review) 1단계를 종료했으며, 건설부지에 대한 평가도 완료하였다. 2021년 3월에 발행된 캐나다 소형 원자로 타당성 연구(Canada SMR Feasibility Study)에 따르면, USNC MMR은 2026년 상업 운전을 목표로 하고 있으며, 2020년 7월에는 우리나라의 한국원자력연구원, 현대엔지니어링 및 USNC는 차세대 원자로 기술개발을 위한 MOU를 체결했으며, 탄소제로 전력생산, 지역난방, 수소생산 등을 목표로 USNC SMR의 기술을 강화하는 데 협력하고 있다.

4. 북극권과의 원자력 추진 쇄빙선 기술 협력 가능성 : 한-러간 협력을 중심으로

지구 온난화로 북극항로는 향후 자연자원 탐사 및 채취, 교역 물류의 중요한 수송 경로가 될 것으로 예상되며 이를 선점하기 위해 북극 지역을 중심으로 러시아, 중국, 미국, 일본, 캐나다 등에서 활발하게 개발을 진행하고 있다. 북극항로는 연료 공급이 힘들고 다량의 연료가 필요하여 기존 디젤 엔진을 이용한 쇄빙선을 이용하기에는 한계가 있으며 원활한 북극해 항로 운항을 위해 흘수선이 낮으며, 경제적이고 장주기 운전이 가능한 원자력추진 쇄빙선 기술의 독자적 개발이 필요하다. 그리고 원활한 북극항로 운항을 위해 3m 두께의 다년빙을 극복할 수 있는 쇄빙기술과 장주기 운전이 가능한 성능을 확보하기 위해 원자력추진 기술개발이 필수적이다.

우리나라는 2013년부터 북극이사회 옵서버 국가로 가입하여 활발한 연구활동을 수행하고 있다. 더불어 50년간의 원자력 기술 개발 경험을 기반으로 SMR 추진선 확장이 용이할 뿐만 아니라 원자력 산업으로의 수출 확대에도 기여할 수 있다. 특히 첨단 대형 선박기술과 함께 장기간 운전을 위해 혁신적인 개념을 도입한 SMR 기술개발이 선행되어야 한다. 우리나라는 반도국가로 해양진출을 꾸준히 노력하여 세계 최고의 해양조선기술을 보유하고 있다. 최근 북극 연구 능력을 강화한 차세대 쇄빙연구선의 건조사업이 정부의 예비타당성 조사 심의 및 의결되어 총 2,774억 규모로 2027년에 본격 운항할 계획이다. 이러한 차세대 쇄빙연구선의 도입으로 북극해에서의 기후, 해양, 바이오, 자원, 지질, 대기, 우주 등 다양한 연구를 수행할 수 있을

것으로 기대되고 있다. 한편, 1만 5,000톤급 대형 쇄빙연구선에서는 특수 탐사 목적의 소형 선박이 필요할 것으로 예상되며, 원자력 추진기술도 대안으로 고려해야 한다.

이를 위해 러시아, 미국 등 다자간 협력이 절실히 요구된다. 특히 국내 기술로 원자력 쇄빙선 제작 시 농축 우라늄을 포함한 핵연료 공급이 제한되어 이를 해결하기 위해서는 미국과 협력이 필수적이다. 첨단 쇄빙 기술을 포함한 북극권 운항 필수 요건을 만족하기 위해서는 원자력 쇄빙선 운항 경험이 풍부한 러시아와 긴밀한 기술 교류가 진행되어야 할 것이다. 또한 그 외 다른 나라와도 원자력 쇄빙선 설계와 인허가 등을 위해 다방면 협력을 통해 원활하게 규제 현안과 법규 준수를 따라야 할 것이다.

한국과 러시아는 지난 1999년 10월 '한·러원자력협력협정'을 체결한 바 있다. 해당 협정은 5년마다 자동 연장되며, 원자력 에너지의 기초 및 응용 연구 및 개발, 설계, 건설, 운전, 유지 보수, 원자로 및 연구로의 수명 연장, 우라늄 매장량의 탐사 및 개발, 핵연료 구성품의 개발과 상업 생산, 원자력 안전, 방사선 안전 및 환경 보호, 핵연료 생산의 첨단 기술, 방사성 폐기물 관리 등 양국 원자력 에너지 개발·운용·관리 등과 관련한 내용을 포괄적으로 다루고 있다. 한러 협정 이행 관련 정부 기구는 러시아 국영 원자력공사(Rosatom)과 한국의 과학기술정보통신부이다. 협정 이행을 관리하고 시행 과정에서 발생되는 여러 가지 문제점들을 검토하기 위해 설립된 '한-러 원자력공동조정위원회'는 관련 국장들에 의해 운영되고 있다. 위원회의 회의는 '한국 과학기술부와 러시아 원자력부 간 원자력의정서('90.1.)', '한·러원자력협력협정('99.10)'을 근거로 1991년부터 서울과 모스크바에서 교번 개최되고 있다. 최근 2021년 12월 제20차 위원회 회의가 서울에서 개최되었다. 위원회의 틀 안에서 두 당사국들은 원자력 이용의 다양한 분야에서의 협력프로그램을 발전시켜 나가고 있으며, 최근 회의에서 제안된 의견에 따라 양국을 위한 이익들을 제시하고 있다. 최근 개최된 한러 원자력 공동조정위원회에서는 원자력 연구개발·안전·방사선 이용·해체 및 폐기물·핵연료 등 5개 분야에서 29개 기술 의제의 협력방안을 논의했는데 특히 소형 원자로(SMR), 일체형 원자로, 로봇기술, 핵융합시설(KSTAR) 공동실험, 수소에너지, 다목적 고속연구로(MBIR) 분야 등에서 협력하기로 했다. 또한 원자력 시설 해체 기술과 사용후핵연료 심층처분 기술 개발에서도 협력할 계획이다. 이처럼 러시아와 협력에서도 최근 이슈가 되고 있는 원자력 첨단 기술에 대한 관심이 고조되고 있는 것은 사실이다.

한편, 연구계에서도 한러 협력방안을 꾸준히 진행해오고 있으며, 인적 네트워크를 형성하고 있다. 2009년에 한국원자력연구원에서 발간된 한러 원자력협력 주요의제 지원사업에 대한 내용은 아래 표 2를 통해 정리하였다. 주로 핵연료에 대한 기술 교류 위주로 진행되었으며 이러한 기술은 우리나라 미래형 해양원자로 기술의 기반이 되고 있다. 최근까지 한러 원자력공동조정위원회에서는 수년 동안 여러 가지 분야를 망라하여 원자력의 양국간 협력을 위해 논의해 왔다. 논의 시 양국이 깊은 관심이 있고, 또 필요성도 절실한 의제들을 다루고

있다. 그러나 논의된 의제들에 대해 한러 원자력 협력의 구체적 추진이 진행되지 못하고, 회의 자체로 정리된 의제들이 다수였다. 이러한 형식적 일회성의 협력을 지양하고 양국 간의 현실적인 협력을 진행하기 위해, 국내에서는 국제협력 과제를 통해 러시아의 원자력 관련 기술 수준을 심도 있게 파악하고, 러시아 내의 과학자 초청 및 세미나를 개최하여 인적 네트워크 구축에 노력을 경주하고 있다.

표 2. 한러 원자력분야 주요 협력 내용('09 기준)

한러 협력 사항	주요 내용
연구를 통한 핵연료 기술 현황 파악 및 협력 방안 도출	- IPPE 전문가 초청 세미나 - U-Mo 핵연료에 대한 러시아의 연구 활동 소개 - 핵연료 입자와 알루미늄 기지의 반응층에서 공공 형성 기구에 대한 연구 발표 - 연구로용 핵연료의 우라늄 장전량 증가 방법 - impregnation 방법으로 핵연료를 제조 - Zr-1%Nb 피복재를 사용
고속로용 신개념 복합연료 개발	- 고속로용 U-PuO_2(금속-산화물) 혼합 핵연료를 개발 - 높은 기공율, 치밀한 연료-피복 결합 및 비교적 낮은 확률의 연료-피복 간섭(PCMI)을 특징 - 혼합 핵연료내의 U 및 Pu 함량은 상용 혼합핵연료(MOX)보다 높다
가압경수형 차세대 신형연료 및 대체 연료 개발	- 신형 분산핵연료(METMET 연료의 일종으로 Zr 합금 기지에 U-Mo, U-Zr-Nb, U3Si 등의 연료가 분산된 형태의 금속복합연료)로 대체할 것을 제안 - capillary impregnation 방법에 의한 METMET 분산핵연료 제작방법 도입 - 연료심재 부피의 60-65 v/o 이상의 연료 함량
선박용 원자로 및 중소형 원자로용 분산연료 개발	- 선박용 원자로 및 중소형 원자로용 분산연료 개발 소개 - 실루민(silumin, Si이 첨가된 알루미늄합금) 기지에 UO2분말이 분산된 Cermet심재와 Zr합금 피복재가 사용

국내외적으로 SMR에 대한 관심이 높아지고 있으며, 극지 해양관련 응용 연구가 활발하게 진행되고 있다. 이를 구현하기 위해 다양한 개념의 SMR이 고려되고 있으며, 이에 대한 안전성과 경제성을 동시에 향상시키는 노력이 필요하다. 원자력추진 기술의 극지활용을 위해 우선적으로 사고 발생 시 방사성 폐기물에 의한 해양 오염의 영향을 최소화해야 하며, 핵무기로 전환되는 경우를 원천적으로 무효화 하기 위해 혁신적인 핵연료와 계통설계를 고려하여야 한다. 사고가 발생하더라도 피동 계통설계로 추가적인 외부 간섭없이 자체적으로 안전해지는 개념을 도입하여 원전 사고에 대한 막연한 두려움을 최소화하고 있다. 그 외에도 SMR을 포함하여 원자력에 대한 사회적 수용성과 인허가 규제요건 충족을 위한 해결해야 할 많은 문제점이 남아 있다.

이와 같이 우리나라 극지산업 진출에 있어 필수적이라 할 수 있는 원자력추진 쇄빙선 기술개발을 위해 예상되는 부가적인 문제 해결을 목적으로 산업계, 학계, 연구계의 단일화된 공동 창구를 통한 범국가적인 국제협력이 필요하다. 특히 러시아와 원자력 쇄빙 기술과 관련 핵연료 제조에 대한 협력이 필수적이며, 아울러 미국을 포함한 원자력 선진국가 간의 다자간 협력을 통해 국내 고유의 원자력 쇄빙선 기술을 완성시켜야 한다. 나아가 미래 첨단 선박기술과 SMR 추진기술을 융합하여 무인 인공지능(AI) 자율운전을 통한 극지 진출 확대를 통해, 우리나라가 미래 해양과 원자력 선진국으로 발돋움할 수 있는 중요한 계기를 확보해야 한다고 생각한다. (※ 이 글은 필자의 개인적인 견해이며, 한국해양수산개발원의 공식적인 의견이 아님을 밝힙니다.)

참고자료

a) 원전정책 미래포럼, 한국원자력산업회의, 2021. (2022.9.23. 검색)
b) 한러 원자력협력 주요의제사업, 한국원자력연구원, 2009. (2022.9.23. 검색)
c) Advances in Small Modular Reactor Technology Developments, IAEA, 2020. (2022.9.23. 검색)
d) https://www.hani.co.kr/arti/society/environment/1045256.html
e) https://www.sciencetimes.co.kr/news/바다에_떠있는_원자력_발전소가_있다/ (2022.9.23. 검색)
f) https://www.joongang.co.kr/article/25066649#home (2022.9.23. 검색)
g) https://m.dongascience.com/news.php?idx=53904 (2022.9.23. 검색)
h) https://www.kepco-enc.com/portal/contents.do?key=1248 (2022.9.23. 검색)
i) https://www.impacton.net/news/articleView.html?idxno=3130 (2022.9.23. 검색)
j) https://www.hankyung.com/it/article/202112084497Y (2022.9.23. 검색)

주요 통계

표. 2022년 7월 러시아 해역별 항만 물동량(건화물 및 액체화물)

(단위: 백만 톤, %)

수역*	건화물		액체화물		합계	
	물동량	전년 동기 대비**	물동량	전년 동기 대비	물동량	전년 동기 대비
극동지역	14.5	-0.5%	5.7	-1.5%	20.2	-0.9%
북극해	3.0	-4.10%	5.1	6.40%	8.1	3.30%
발트해	7.7	-7.1%	12.6	14.1%	20.3	-0.60%
아조프-흑해	10.4	1.2%	12.5	-0.5%	22.9	0.3%
카스피해	0.2	-3.5%	0.00	-40.1%	0.5	-27.5%
합계	35.8	-5.1%	36.2	4.5%	72	-0.2%

* 주: 극동해역: 블라디보스토크, 자루비노, 올가, 포시에트, 나호트카, 보스토치니, 바니노, 소베츠카야가반, 데-카스트리스, 네벨스크, 홀름스크, 프리고로드노예, 마가단, 페트로파블롭스크 캄차카

북극해: 무르만스크, 칸달라크샤, 나리얀마르, 두딘카, 아르한겔스크, 오네가, 바란데이, 페벡, 사베타

발트해: 상트페테르부르크, 프리모르스크, 브보스크, 비소츠크, 우스트-루가, 칼리닌그라드

아조프-흑해: 노보로시스크, 겔렌지크, 투압세, 타간로크, 아조프, 로스토프 나 도누, 다망, 템류크, 카프카즈

카스피해: 아스트라한, 올랴, 마하치칼라

** 전년 동기 대비 2022년 1~7월 기준

김엄지 전문연구원, 경제전략연구본부 북방·극지전략연구실
(umjikim@kmi.re.kr/051-797-4776)

참고자료

a) https://portnews.ru/news/332107/ (2022.9.22. 검색)
b) https://portnews.ru/news/333749/ (2022.9.22. 검색)

표. 2021년 4분기 러시아 對 한국 수입 품목* 및 규모

EAEU 코드	품목	월	지역		규모	
			(코드) 연방관구	(코드) 주/시	천 달러	톤
39	플라스틱 및 플라스틱 제품	10	01-중앙연방관구	14000 - 벨고로드주	2.28	0.1
				17000 - 블라디미르주	628.66	216
				20000 - 보로네시주	3.57	0.17
				24000 - 이바노보주	1.24	0.03
				28000 - 트베리주	2.92	0.05
				29000 - 칼루가주	1680.07	572.59
				34000 - 코스트로마주	39.8	17.96
				38000 - 쿠르스크주	95.93	12
				42000 - 리페츠크주	283.35	48
				45000 - 모스크바시	18719.91	6609.58
				46000 - 모스크바주	12876.54	5400.64
				61000 - 랴잔주	87.49	40.01
				66000 - 스몰렌스크주	2180.96	974.78
				70000 - 툴라주	0.41	0.1
				78000 - 야로슬라블주	61.3	16.46
			02-북서연방관구	11000 - 아르한겔스크주	5.4	0.02
				27000 - 칼리닌그라드주	1056.24	165.01
				40000 - 상트페테르부르크시	7120.37	2255.87
				41000 - 레닌그라드주	2255.66	418.36
				49000 - 노브고로드주	478.57	29.13
				58000 - 프스코프주	149.08	25.21
				86000 - 카렐리야공화국	0.64	0
			03-남부연방관구	03000 - 크라스노다르스크 변강주	5.81	0.07
				18000 - 볼고그라드주	435.69	141.28
			04-볼가연방관구	22000 - 니즈니노브고로드주	3119.05	1069.74
				33000 - 키로프주	57.66	18
				36000 - 사마라주	477.91	122.44
				56000 - 펜자주	200.49	41.61
				57000 - 페름변강주	114.84	38.83

				63000 - 사라토프주	1000.9	451
				73000 - 울랴놉스크주	215.05	50.69
				80000 - 바시키르공화국	0.08	0
				88000 - 마리엘공화국	107.49	20.81
				92000 - 타타르스탄 공화국	3135.72	1792.89
				94000 - 우드무르크공화국	267.63	71.81
			05-우랄연방관구	65000 - 스베르들롭스크주	641.63	191.72
				71000 - 튜멘주	19.75	0
				71100 - 한티-만시자치구(튜멘주)	2.18	0.04
				75000 - 첼랴빈스크주	244.43	14.51
			06-시베리아연방관구	04000 - 크라스노야르스크변강주	237.41	95.18
				25000 - 이르쿠츠크주	329.01	93.56
				50000 - 노보시비르스크주	1153.06	469.51
				52000 - 옴스크주	5.86	0.76
			07-극동연방관구	05000 - 연해주	5085.19	3370.44
				08000 - 하바롭스크 변강주	830.68	504.26
				10000 - 아무르주	0.96	0.02
				30000 - 캄차트카 변강주	462.11	176.61
				44000 - 마가단주	2.27	0.89
				64000 - 사할린주	129.93	48.08
			08-북카프카스연방관구	07000 - 스타브로폴 변강주	61.04	19.15
		11	01-중앙연방관구	14000 - 벨고로드주	2.38	0.09
				17000 - 블라디미르주	21.36	7.5
				20000 - 보로네시주	395.1	28.6
				29000 - 칼루가주	1090.06	322.19
				34000 - 코스트로마주	644.2	506
				45000 - 모스크바시	24663.32	8351.73
				46000 - 모스크바주	13518.34	4650.58
				66000 - 스몰렌스크주	2839.54	1606.71
				78000 - 야로슬라블주	1.45	0.01
			02-북서연방관구	27000 - 칼리닌그라드주	996.11	114.58
				40000 - 상트페테르부르크시	11373.17	3982.22
				41000 - 레닌그라드주	2697	547.59
				47000 - 무르만스크주	40.99	1.07

				49000 - 노브고로드주	127.11	10.85
				56000 - 펜자주	1341.82	307.1
				58000 - 프스코프주	240.87	46.76
				86000 - 카렐리야 공화국	0.1	0
			03-남부연방관구	03000 - 크라스노다르스크 변강주	40.98	0.44
				18000 - 볼고그라드주	717.94	210.8
				60000 - 로스토프주	493.74	10.91
			04-볼가연방관구	22000 - 니즈니노브고로드주	3638.07	1119.76
				33000 - 키로프주	230.87	98
				36000 - 사마라주	361.41	151.77
				57000 - 페름 변강주	40.02	2.01
				63000 - 사라토프주	1.51	0.02
				73000 - 울랴놉스크주	752.84	466.47
				80000 - 바시키르 공화국	20.98	0.53
				88000 - 마리엘 공화국	502.15	108.51
				92000 - 타타르스탄 공화국	1567.1	786.15
				94000 - 우드무르트 공화국	77.41	7.16
			05-우랄연방관구	65000 - 스베르들롭스크주	638.14	270.41
				71000 - 튜멘주	1.89	0.01
				71100 - 한티-만시 자치구 (튜멘주)	0.61	0.01
				71140 - 야말로-네네츠 자치구(튜멘주)	0.41	0.28
				75000 - 첼랴빈스크주	395.03	9.2
			06-시베리아연방관구	01000 - 알타이 변강주	1.66	0.13
				04000 - 크라스노야르스크 변강주	1546.68	802.63
				25000 - 이르쿠츠크주	297.39	102.28
				50000 - 노보시비르스크주	1286.53	508.98
				52000 - 옴스크주	119.93	43.75
				69000 - 톰스크주	432.01	230.3
			07-극동연방관구	05000 - 연해주	4570.3	2938.38
				08000 - 하바롭스크 변강주	163.01	74.33
				10000 - 아무르주	52.9	37.98
				30000 - 캄차트카 변강주	181.86	81.28
				44000 - 마가단주	1.46	0.82
				64000 - 사할린주	156.75	52.96

				77000 - 추코트카 자치구	0.02	0
		12	01-중앙연방관구	14000 - 벨고로드주	0.97	0.02
				15000 - 브랸스크주	984.27	469
				17000 - 블라디미르주	98.11	36.15
				24000 - 이바노보주	7.47	0.1
				28000 - 트베리주	5.12	0.04
				29000 - 칼루가주	1358.75	426.44
				42000 - 리페츠크주	72.54	20.84
				45000 - 모스크바시	23398.52	7277.76
				46000 - 모스크바주	11785.06	4702.16
				54000 - 오룔주	210.41	18.48
				61000 - 랴잔주	51.2	20.35
				66000 - 스몰렌스크주	1466.98	829.66
				68000 - 탐보프주	298.18	61.91
				78000 - 야로슬라블주	89.12	19.7
			02-북서연방관구	11000 - 아르한겔스크주	0.14	0.02
				27000 - 칼리닌그라드주	809.47	88.97
				40000 - 상트페테르부르크시	9849.26	3329.67
				41000 - 레닌그라드주	2565.96	413.61
				49000 - 노브고로드주	303.12	19.85
				58000 - 프스코프주	2.27	0.41
				86000 - 카렐리야 공화국	0.55	0
			03-남부연방관구	03000 - 크라스노다르스크 변강주	14.32	2.37
				18000 - 볼고그라드주	135.22	36.64
				35000 - 크림공화국	0.25	0.01
				60000 - 로스토프주	319.43	26.89
			04-볼가연방관구	22000 - 니즈니노브고로드주	4937.34	1637
				33000 - 키로프주	150.56	53
				36000 - 사마라주	117.15	25.5
				56000 - 펜자주	304.4	61.27
				57000 - 페름 변강주	0.06	0
				63000 - 사라토프주	1133.51	464.02
				73000 - 울랴놉스크주	172.56	30.78
				80000 - 바시키르 공화국	590.83	289.02

				89000 - 모르도비야 공화국	25.8	12
				92000 - 타타르스탄 공화국	3487.33	1935.73
				94000 - 우드무르트 공화국	104.43	25.64
			05-우랄연방관구	65000 - 스베르들롭스크주	990.77	356.68
				71000 - 튜멘주	29.72	2.16
				71100 - 한티-만시 자치구	0.07	0
				75000 - 첼랴빈스크주	184.37	10.76
			06-시베리아연방관구	04000 - 크라스노야르스크 변강주	974.74	498.68
				25000 - 이르쿠츠크주	18.41	0.04
				50000 - 노보시비르스크주	1443.71	637.05
				52000 - 옴스크주	70.85	24.87
			07-극동연방관구	05000 - 연해주	6137.53	4112.74
				08000 - 하바롭스크 변강주	1066.32	577.84
				30000 - 캄차트카 변강주	195.98	87.03
				44000 - 마가단주	3.78	1.32
				64000 - 사할린주	44.7	11.86
			08-북카프카스연방관구	07000 - 스타브로폴 변강주	236.77	57.21

* 주: EAEU 코드 39

유지원 전문연구원, 경제전략연구본부 북방·극지전략연구실
(jwyoo21@kmi.re.kr/051-797-4765)

참고자료

a) http://stat.customs.gov.ru/analysis(2022.8.2.검색)

표. 2021년 4분기 러시아 對 한국 수출 품목* 및 규모

EAEU 코드	품목	월	지역		규모	
			(코드) 연방관구	(코드) 주/시	천 달러	톤
42	가죽 제품; 하네스·안장 제품; 여행 물품, 가방 및 관련 물품, 동물의 내부 장기에서 추출한 제품 (누에나방 분비실 제외)	10	01-중앙연방관구	45000 - 모스크바시	0.43	0.01
			04-볼가연방관구	36000 - 사마라주	0.04	0
				57000 - 페름변강주	0.26	0.01
		11	01-중앙연방관구	45000 - 모스크바시	1.45	0.02
		12	01-중앙연방관구	45000 - 모스크바시	2.32	0.05
43	천연 및 인조 모피; 모피 제품들	10	01-중앙연방관구	45000 - 모스크바시	6.69	0
		11	01-중앙연방관구	45000 - 모스크바시	62	5.04
			08-북카프카스연방관구	82000 - 다게스탄	1.57	0.91
		12	01-중앙연방관구	45000 -모스크바시	8.61	0
44	목재 및 목재 제품; 숯	10	01-중앙연방관구	46000 - 모스크바주	290.34	356.4
			02-북서연방관구	19000 - 볼고그다주	689.1	1270.19
				40000 - 상트페테르부르크시	3212	2396
				41000 - 레닌그라드주	487.75	890.74
				49000 - 노브고라드주	585.84	712.53
				86000 - 카렐리야공화국	100.26	97.88
				87000 - 코미공화국	493.64	232.32
			04-볼가연방관구	33000 - 키로프주	484.18	245.51
				57000 - 페름변강주	0	0
			05-우랄연방관구	65000 - 스베르들롭스크주	27.02	21.69
				71000 - 튜멘주	185.9	112.71
			06-시베리아연방관구	04000 - 크라스노야르스크변강주	319.31	408.57
				25000 - 이르쿠츠크주	2145.14	5464.12
				50000 - 노보시비르스크주	171.17	245.7
				52000 - 옴스크주	57.3	45.54
			07-극동연방관구	05000 - 연해주	1233.87	4177.83
				08000 - 하바롭스크 변강주	4259.66	21444.46
				64000 - 사할린주	153.32	302.27
		11	01-중앙연방관구	34000 - 코스트로마주	31.78	22.56
				45000 -모스크바시	0	0

				46000 - 모스크바주	613.01	847.63
			02-북서연방관구	11000 - 아르한겔스크주	36.97	75.48
				19000 - 볼고그다주	575.2	1039.66
				40000 - 상트페테르부르크시	2039.88	2024.89
				41000 - 레닌그라드주	385.49	762.84
				49000 - 노브고라드주	1160.34	1261.06
				58000 - 프스코프주	156.39	252.64
				86000 - 카렐리야공화국	93.23	155.29
				87000 - 코미공화국	420.98	231.08
			03-남부연방관구	03000 - 크라스노다르스크 변강주	13.7	22.48
			04-볼가연방관구	33000 - 키로프주	832.51	534.71
				57000 - 페름변강주	48.3	45.92
				92000 - 타타르스탄	32.5	47.82
			05-우랄연방관구	65000 - 스베르들롭스크주	152.3	159.67
				71000 - 튜멘주	357.36	266.99
			06-시베리아연방관구	04000 - 크라스노야르스크변강주	340.55	495.02
				25000 - 이르쿠츠크주	2189.37	4849.75
				50000 - 노보시비르스크주	64.75	121.75
				52000 - 옴스크주	82	68.24
			07-극동연방관구	05000 - 연해주	1213.02	3863.27
				08000 - 하바롭스크 변강주	2850.36	9843.22
		12	01-중앙연방관구	28000 - 트베리주	98.43	162.82
				45000 -모스크바시	74.48	117.1
				46000 - 모스크바주	323.09	370.81
			02-북서연방관구	19000 - 볼고그다주	389.32	655.81
				40000 - 상트페테르부르크시	3269.33	3009.35
				41000 - 레닌그라드주	477.73	944.49
				49000 - 노브고라드주	1014.68	1366.08
				86000 - 카렐리야공화국	233.84	450.06
				87000 - 코미공화국	676.83	348.66
			03-남부연방관구	03000 - 크라스노다르스크 변강주	23.38	123
			04-볼가연방관구	33000 - 키로프주	975.88	638.2

			05-우랄연방관구	65000 - 스베르들롭스크주	220.34	298.79
				71000 - 튜멘주	49.54	45.06
			06-시베리아연방관구	04000 - 크라스노야르스크변강주	357.12	738.54
				25000 - 이르쿠츠크주	2428.57	5650.52
				32000 - 케메로보주	7.98	22.3
				52000 - 옴스크주	72.81	45.54
			07-극동연방관구	05000 - 연해주	1376.76	4078.58
				08000 - 하바롭스크 변강주	2387.85	12442.44
				64000 - 사할린주	171.75	505.6

* 주: EAEU 코드 42~44

유지원 전문연구원, 경제전략연구본부 북방·극지전략연구실
(jwyoo21@kmi.re.kr/051-797-4765)

참고자료

a) http://stat.customs.gov.ru/analysis(2022.8.2.검색)