

ISSN 2733-7529 (Print)  
ISSN 2733-7537 (Online)

# 극지와 세계

## Poles & Globe

2020 AUGUST  
vol. 02



**뜨거운 지구, 극한으로 치달는 날씨**  
**- 한반도 환경/기후 예측의 정확도를**  
**높이는 극지연구**

김성중  
극지연구소 극지기후과학연구부

**4차 산업혁명시대의**  
**'극지기술'과 미래**

이주한  
극지연구소 극지기술개발지원부

**고위도 북극 육상 연구미답지,**  
**북그린란드의 가능성과 도전**

박태운  
극지연구소 극지지구시스템연구부  
정지훈  
극지연구소 국제협력실

**한-러 수교 30주년을 맞이하여**  
**돌아보는 한-러 북극 협력**

유준구  
국립외교원 국제법센터



# 극지와 세계

## Poles & Globe

2020 AUGUST vol. 02

제2호 2020년 8월

발행 극지연구소 정책부

Snapshot

김성중 극지연구소 극지기후과학연구부

3p

### 뜨거운 지구, 극한으로 치달는 날씨 - 한반도 환경/기후 예측의 정확도를 높이는 극지연구

지구온난화가 진행되면서 세계 도처에서 기상이 계속 악화하고 있다. 올여름 한반도는 이상저온현상을 겪고 있지만, 여름철에는 거의 매년 열파가 나타나고 열대야 일 수도 길어지고 있고, 태풍도 더 자주 한반도를 통과한다. 겨울철에는 한파가 더 자주 나타나고 지속 시간도 길어지고 있다. 최근 더 자주 강하게 나타나는 북반구 한파도 지구온난화의 영향으로 파악된다. 겨울철 한파의 경우 북극 온난화 및 해빙감소가 한파를 유발한다는 결과들이 있기 때문에 지속적인 현장 관측 및 자료동화 기법과 수치모델 개발을 통해 한반도 계절 예측의 정확도를 높여야 하고, 이는 사회 경제적 피해를 줄이는데 도움이 될 것이다.

이주한 극지연구소 극지기술개발지원부

5p

### 4차 산업혁명시대의 '극지기술'과 미래

현대의 과학은 기술의 향상에 기술은 과학의 진보에 기여해 왔다. 쇠방신이 가져다준 연구 성과는 기술이 과학에 끼치는 영향력을 단적으로 보여준다. 극지 연구는 현장을 기반으로 하는 관측 연구들이 대부분으로 시공간적으로 제한적인 연구가 많다. 그래서 극지에서 풀어야 할 과학적 질문들을 해결하기 위해 선진국들은 다양한 방법으로 일관되고 끊임 없는 극지 관측 자료 확보를 위한 기술을 개발하고 있다. 대한민국 극지과학도 빙저호나 심부빙하 시추와 같은 미래의 극지연구를 선도하기 위해 4차 산업과 공조를 이룬 자동관측, 혁신적인 플랫폼, 전원 공급 장치와 통신 등 새로운 '극지기술'의 힘이 필요할 때이다.

박태윤 극지연구소 극지지구시스템연구부 정지훈 극지연구소 국제협력실

8p

### 고위도 북극 육상 연구미답지, 북그린란드의 가능성과 도전

북그린란드는 북극권 최고위도 연구미답지로, 기후변화 및 생태계 분야 과학연구의 현장실험실로서 탁월한 잠재력을 갖고 있어 우리나라가 지난 30년 간 축적한 극지연구 역량을 꽃피울 차세대 연구 거점으로 적합하다. 접근이 어렵고 위험하며 국제관계로도 쉽지 않은 곳이지만, 북그린란드가 갖고 있는 과학적, 극지정책적 의미를 고려하면 향후 지속적인 과학활동과 연구성과 창출이 가능하도록 국가적 관심을 기울일 가치가 충분하다.

유준구 국립외교원 국제법센터

11p

### 한-러 수교 30주년을 맞이하여 돌아보는 한-러 북극 협력

북극해 연안국들의 추정 EEZ 중 가장 넓은 면적을 차지하는 러시아는 한국의 북극진출을 위해서 가장 중요한 협력 국가임은 자명하다. 그간 한국은 북극정책종합계획을 마련하고 본격적인 북극진출을 추진하면서 북극이사회에서의 협력은 물론 북극 연안국과 양자협력을 지속적으로 추진해 왔다. 한국의 북극에 대한 이해와 추진하려고 하는 정책은 근본적으로 러시아의 북극에 대한 이익과 밀접하게 연계되어 있다. 한-러 수교 30주년인 지금 한-러 북극협력은 과학기술, 경제 등 여러 분야에서 성과를 거두었지만 다른 한편으로는 다소 정체가 되어있고 새로운 전기를 모색해야 할 시점이다. 이는 그간에 성과를 지속적으로 추진할 수 있는, 보다 제도적으로 발전시킬 수 있는 과제에서 출발해야 할 것이다.



# 뜨거운 지구, 극한으로 치달는 날씨

## - 한반도 환경/기후 예측의 정확도를 높이는 극지연구

김성중

극지연구소 극지기후과학연구부

### 최근의 기상 악화의 현황

올여름은 약 50일간의 장마가 이어지며 관측사상 최장의 장마를 기록하였다. 지난 1월부터 6월 까지 시베리아 기온이 평년에 비해 상당히 높았고, 6월 20일 시베리아 Verkhoyansk에서는 38도까지 치솟기도 했다. 이와 같은 시베리아 열파의 영향으로 북극해빙도 7월 말까지는 관측 사상 최저값을 보였고 북극의 기압도 평년에 비해 아주 높았다. 이와 같은 북극의 기압 증가가 올여름 장마의 지속에 영향을 주었을 수 있지만 정확히 어떤 기작에 의해 올여름 그렇게 긴 장마를 가져왔는지 좀 더 조사해 봐야 한다. 올여름과는 다르게 최근 여름은 항상 더웠다. 예로, 2018년 여름은 서울 기온이 7월말 40도를 육박하며 기상 관측사상 가장 뜨거웠던 1994년의 기록을 갈아 치웠다. 동남아에서 방문한 여행객들이 한국이 동남아보다 더 더운 것 같다고 했다. 태풍도 최근 들어 더 자주 발생하고 한반도를 관통하는 사례가 점점 늘고 있다. 올해도 이미 태평양에서 몇 개의 태풍이 발생해 중국에 큰 피해를 입혔다. 태풍은 보통 9월까지 영향을 주는데, 최근엔 10월초까지 영향을 준다. 한여름 뜨거울 땐 차가운 공기가 정말 그리워지지만, 여름이 끝나기 무섭게 온도가 떨어지면서 한파가 찾아온다. 예로, 2009/2010년 겨울 수도권은 추웠는데 눈까지 오면서 교통이 마비되어 큰 불편을 겪었고, 2016년 1월은 제주공항의 온도가 영하 5도 이하로 떨어지면서 공항이 약 1주간 폐쇄되어 당시 많이 방문 했던

지구온난화가 진행되면서 세계 도처에서 기상이 계속 악화하고 있다. 올여름 한반도는 이상저온현상을 겪고 있지만, 여름철에는 거의 매년 열파가 나타나고 열대야 일 수도 길어지고 있고, 태풍도 더 자주 한반도를 통과한다. 겨울철에는 한파가 더 자주 나타나고 지속 시간도 길어지고 있다. 최근 더 자주 강하게 나타나는 북반구 한파도 지구온난화의 영향으로 파악된다. 겨울철 한파의 경우 북극 온난화 및 해빙감소가 한파를 유발한다는 결과들이 있기 때문에 지속적인 현장 관측 및 자료동화 기법과 수치모델 개발을 통해 한반도 계절 예측의 정확도를 높여야 하고, 이는 사회 경제적 피해를 줄이는데 도움이 될 것이다.

중국 관광객의 발이 묶이기도 했다. 2018년 2월은 한강이 결빙되어 뉴스에 나기도 했다. 우리나라 뿐 아니라 미국에서도 매년 겨울 반복되는 한파로 몸살을 앓고 있다. 작년 겨울 시카고에 극심한 한파가 찾아와 목숨을 위협하기도 했다.

### 날씨가 나빠지는 이유는?

이와 같이 최근 들어 날씨가 자주 악화되는 이유는 무엇일까? 여름철 폭염의 경우 아무래도 우리나라 주변의 해수 온도상승이 가장 주요한 원인일 것이다. 최근 들어 7월 말 한반도 남부의 수온이 30도까지 육박하는데, 바닷물은 열을 많이 포함하고 있어서 한번 올라가면 잘 내려가지 않는다. 열대야가 오래 지속되는 것도 높아진 수온 때문이고, 지속적인 한반도 주변 수온 상승은 늦여름 발생하는 태풍의 강도에도 영향을 주고 최근엔 중위도 까지도 수온이 높기 때문에 10월 초까지도 태풍의 세력이 둔화 되지 않는다.

지구는 뜨거워지는데 왜 우리나라를 포함한 북반구의 겨울철 한파는 더 강해질까? 이는 북반구 서쪽에서 동쪽으로 흐르는 대기의 흐름 즉 극소용돌이 혹은 플라보텍스가 약해지면서 대기 제트기류가 평소보다 남북으로 사행(蛇行)하고, 남하한 플라보텍스의 꼬를 타고 북극의 한기가 중위도까지 내려오기 때문이다. 이 제트 기류는 표면부터 수 십 킬로미터 대기 상층에 걸쳐 나타나는데, 끊임없이 강했다 약했다 반복한다. 이 기류

가 강해지면 고위도의 한기를 막아주기 때문에 중위도는 평년보다 더 따뜻해진다. 1990년대까지는 중위도가 비교적 따뜻했는데, 플라보텍스가 강했기 때문이다. 하지만 2000년대 이후 플라보텍스가 약해지면서 북미와 동아시아를 중심으로 자주 한파가 나타난다. 그렇다면 플라보텍스는 왜 약해지는 걸까? 북극의 온난화가 빠르게 일어나는 것과 연관 있다. 첫째, 가을철 북극해의 해빙 감소는 열린 바다에서 주변 육지로 많은 눈을 공급하는데, 특히 시베리아에 눈이 많이 오면 시베리아 고기압이 강해지면서 한반도엔 더 강한 한파가 나타나고 또 플라보텍스를 약화시킨다. 둘째는 늦가을 북극해, 특히 카라-바렌츠해의 얼음이 온난화로 늦게 얼면 북극의 대기는 이미 많이 냉각된 반면 바다는 상대적으로 따뜻하기 때문에 해양과 대기의 기온 및 수분 차이가 극대화 되어 많은 양의 열과 수증기가 해양에서 대기로 빠져나가 북극의 기압을 올리게 된다. 북극의 기압이 올라가면 중위도와와의 기압차이가 줄어들어 플라보텍스가 약해진다. 반대로, 해빙이 많이 얼면 북극의 기압이 내려가고, 중위도와 기압차이가 커져 플라보텍스가 강해져 차가운 한기가 고위도에 갇히게 된다. 결국 2000년대 이후 북극해 결빙이 지연 되면서 중위도에 한파를 유발했다고 할 수 있는데, 결국 최근 더 잦아지는 북반구 한파도 지구온난화가 원인이라고 할 수 있다. 서두에 언급한 바와 같이 북극의 온난화는 겨울철 한파의 주요한 원인이 되고 있었는데, 올해는 여름철 장마에도 영향을 미쳤을 수 있기 때문에 지속적인 모니터링과 기작 파악이 필요하다.

### 한반도 기상 예측을 더 정확하게 해주는 극지 관측과 수치모델 개발

이와 같이 최근 들어 모든 계절 악화되는 날씨를 예측하고 미리 대비하여 경제적 손실을 최소화 해야한다. 하지만, 3개월 이후를 예측하는 것이 여간 어려운 일이 아니다. 기상 예측의 정확도를 높이기 위해서는 첫째 예측을 위해 수치모델에 입력해 주는 초기자료가 정확해야 하는데, 이를 위해서는 관측 자료가 많아야한다. 수치모델 예측의 정확도를 높이기 위해 지속적인

로 아라온과 기지에서 세밀한 기상 관측을 통해 정확하고 광범위한 자료를 생산해 낼 필요가 있다. 우리가 배빙선을 이용하고 관측 기지를 운영해야하는 이유이기도하다. 둘째, 관측 자료를 수치모델에 초기조건으로 넣어 주기 위해 격자화 상태로 만들어주는 자료 동화\*가 중요하다. 현재는 대기와 해양의 자료를 따로 동화 하고 있는데, 궁극적으로는 대기와 해양을 결합하여 한 몸체로 자료동화를 할 필요가 있다. 극지역은 해빙까지 포함해서 자료동화를 해야 하기 때문에 문제가 더 복잡하지만 예측의 정확도를 높이기 위해서는 꼭 해야 할 일이다. 극지연구소에서 결합모델 개발과 함께 추진하고자하는 방향이 대기-해양-해양의 결합 자료동화이다. 셋째, 한반도의 기상 예측 정확도를 높이기 위해서는 한반도 기상에 영향을 주는 극지역의 예측 인자들의 정확한 예측이 필요하다. 단기간(1-2주)의 일기 예측을 위해서는 초기자료의 정확도가 중요하지만, 약 한달 이상의 예측을 위해서는 초기값 보다는 경계값(수온, 북극해빙, 시베리아 눈 등)의 정확한 예측이 중요하다. 예를 들어 한반도의 겨울철 기상은 앞에서 설명한 바와 같이 북극 해빙의 변화가 중요하기 때문에, 한반도 기상의 겨울 예측을 3개월 전에 하려면 3개월 동안 해빙의 농도에 대한 정확한 예측이 이루어져야한다. 현재는 통계적인 기법을 이용하여 해빙을 예측하고 있지만 수치모델 개발을 통해 궁극적으로는 해빙의 움직임과 대기, 해양에서 오는 열에 따라 변하는 해빙의 두께를 정확히 예측해야 한다. 최근 들어 기상청은 현업에 사용하는 영국 수치모델로 계절 예측을 시도하고 있는데, 극지연구소는 겨울철을 중심으로 기상청의 계절 예측의 정확도를 높이는데 공헌하고 있다. 특히 가을, 겨울, 봄철의 계절 예측에 중요한 예측 인자인 북태평양 수온, 북극 해빙농도 변화, 시베리아 강설량 정보는 극지연구소가 많은 도움을 준 요소들이다. 그럼에도 불구하고 계절 예측의 정확도에는 많은 한계가 있다. 이를 극복하기 위하여 극지 예측인자들의 세밀하고 광범위한 관측이 필요하다. 동시에 관측 자료의 동화, 그리고 북극 기인 한반도 계절예측의 인자의 예측 정확도를 높이기 위한 노력이 병행 되어야 한다.



\*자료동화: 배경장(이전 시간에 현재를 예측한 자료)과 현재의 관측자료의 오차를 이용하여 기상예보의 입력자료인 현재의 대기상태를 만드는 과정

# 4차 산업혁명시대의 ‘극지기술’과 미래

이주한

극지연구소 극지기술개발지원부

## 과학과 기술의 상호작용

융합과 통섭의 시대인 오늘날은 과학과 기술의 경계가 예전처럼 명확하지 않으며 과학기술이 하나의 단어처럼 쓰이게 되었다. 하지만 ‘과학과 기술은 춤추는 파트너로서, 독립되면서 긴밀히 상호 작용을 하고 있다’라고 말한 네덜란드 과학철학 교수 Arie Rip의 말처럼 과학은 기술 향상에 기술은 과학 진보에 기여해 왔다. 특히 과학에 있어서 기술은 새로운 과학적 질문을 보다 효율적으로 해결하는데 필요한 방법을 제공해 오고 있다. 얼마 전 남극과학연구위원회(SCAR)에서는 미래 극지 연구를 위한 노력중의 하나로 ‘향후 20년 동안 남극 과학의 성취를 위해 어떤 것들이 필요한가?’라는 질문에 대한 답을 제시하였다. 우선순위가 가장 높은 과학적 질문을 정의하는 것이 중요한 첫 번째 목표였지만 보고서 말미에 이런 과제들을 수행하기 위해 ‘지금보다 향상된 탐사기술’의 도입을 전제 조건으로 하고 있음은 과학적 성취를 위한 극지기술의 중요성을 방증하는 것이라 할 수 있다. 우리는 이미 그 혜택을 경험하고 있다. 쇄빙선 아라온 호가 건조되기 전까지는 짧지 않은 극지 연구에도 불구하고 많은 나라들이 보유한 쇄빙선이 없어 열악한 조건에서 연구를 해왔고, 극지에서 어렵게 채취한 생물이나 토양 시료가 제3국을 거치면서 검역을 이유로 압수돼 폐기되기도 하였다. 하지만 아라온 호의 탄생과 함께 우리나라는 자체적인 극지연구 계획 수립이 가능해짐으로써 보다 활발히 극지역을 누비며 다양한 연구 분야에 주도권을 갖고 연구를 수행하고 있다.

현대의 과학은 기술의 향상에 기술은 과학의 진보에 기여해 왔다. 쇄빙선이 가져다준 연구 성과는 기술이 과학에 끼치는 영향력을 단적으로 보여준다. 극지 연구는 현장을 기반으로 하는 관측 연구들이 대부분으로 시공간적으로 제한적인 연구가 많다. 그래서 극지에서 풀어야 할 과학적 질문들을 해결하기 위해 선진국들은 다양한 방법으로 일관되고 끊임 없는 극지 관측 자료 확보를 위한 기술을 개발하고 있다. 대한민국 극지과학도 빙저호나 심부빙하 시추와 같은 미래의 극지연구를 선도하기 위해 4차 산업과 공조를 이룬 자동관측, 혁신적인 플랫폼, 전원 공급 장치와 통신 등 새로운 ‘극지기술’의 힘이 필요할 때이다.

## 관측 데이터를 확보하기 위한 노력

남북극을 통틀어 과학자들이 풀어야 할 숙제는 만만치 않다. 기후변화와 극지의 상호작용, 온난화에 미치는 남북극해 및 빙상과 빙하의 역할, 극한 생명체에게 미치는 영향 등 극지과학자에게 제안된 질문들을 대답하기 위해서는 혁신적인 실험 설계와 새로운 기술 적용, 차세대 관측 시스템, 네트워크의 확장 등이 필요하다. 하지만 얼음이 있는 지역에서는 이러한 변화를 모니터링하는 것이 쉽지 않다. 기존의 선박이나 위성, 계류 기반 데이터 수집 기술은 해양 연구의 중추이지만 최근 이슈가 되고 있는 빙봉 아래나 빙봉과 육상의 경계지역, 빙하 하부, 극지의 겨울 등 시간과 공간에 제약이 따르는 연구가 많으며 데이터 또한 부족하다.

최근 극지에서 사용되는 관측기술들은 다른 분야나 지역에서 사용되던 관측 장비의 성능개선을 통해 이루어지는 경우가 많다. 자율무인잠수정(AUV)은 수십 km 크기의 빙봉 하부를 자유롭게 주행할 수 있도록 수중 네비게이션 기능을 개발하고 통신, 전원, 관측센서를 개선하여 활용되고 있다. 원격 탐사 플랫폼인 위성 또는 항공기를 대체하고 있는 무인항공기는 극지활용을 위해 성능 개선이 가장 활발히 이루어지고 있다. 최근 CIRES(Colorado’s Cooperative Institute for Research in Environmental Science) 소속의 무인기가 장보고과학기지 주변인 테라노바 만에서 겨울 동안 바다와 대기 사이의 열 및

수분 순환과 관련된 관측을 수행하였는데 놀라운 사실은 200km나 떨어진 맥머도기지에서 이륙해서 흑한을 건디고 20시간의 관측을 14회 이상 완벽하게 수행하였다는 것이다. 또한 다양한 센서(다분광, 초분광, 마이크로웨이브, 열화상, LiDAR, 및 사진 측량 등)들이 소형화, 고성능화 되면서 무인 항공기와 함께 더욱 심층적이고 다양한 극지 연구를 지원할 수 있게 되었다.

극지 연구의 선진국들은 극지에서만 수행할 수 있는 미답 연구를 위한 혁신적인 탐사 기술을 공공-민간 협력을 통해 창출하고 있다. 미국 NOAA의 경우 북극 탐사 기술 프로그램인 공공-민간 파트너십을 통해 북극의 흑한 환경 및 접근이 어려운 조건에 맞춘 극지 특화 탐사장비 개발을 수행하였으며 미국의 ARCUS(Arctic Research consortium of the United States) 경우도 민간과 협업을 통하여 2015년부터 15개 이상의 센서와 탐사 플랫폼을 테스트하여 미국의 북극 연구에 기여하였다. 최근 극지연구의 가장 큰 이슈중 하나인 빙저호 연구에 필요한 열수시추 기술도 극지연구기관이나 대학이 주축이 되고 민간이 공동으로 개발에 참여하여 완성된 결과라 할 수 있다.

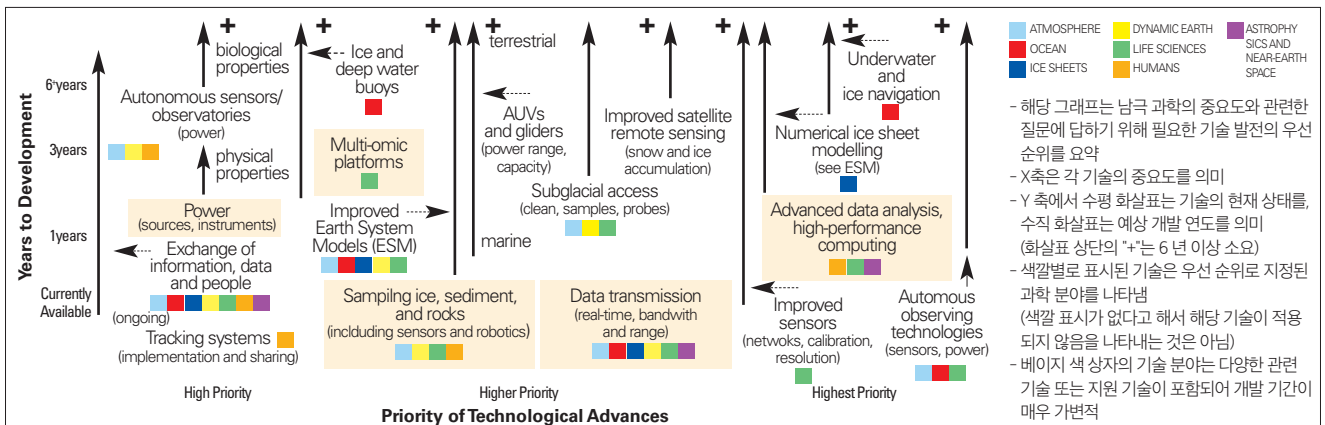
### 극지기술의 미래와 가야할 길

우리나라가 극지 연구를 선도하기 위해서는 미답지만을 찾는 연구가 아닌 미답 분야 연구를 선도할 수 있는 준비가 되어 있어야 한다. 그러기 위해서는 극지에서 지속 가능한 관측을 수행할 수 있어야 하며 연구소가 추진하고자 하는 과학연구에 필요한 탐사장비들을 미리 기획하고 필요한 기술들을 준비해야 한다. 남극연구 국가 운영자 위원회(COMNAP)에서 발표한 남극 로드맵 챌린지를 참고하면 다음 20년에서 30년 내에 남극과학 문제를 해결하는데 필요한 '극지기술'이 지향해야할 방향을 쉽게 그려볼 수 있다.

첫 번째, 혁신적인 센서를 포함한 자동화된 현장 관측 시스템의 개발이 필요하다. 이 시스템은 사람이 직접 조작하지 않아도 다양한 통신 인터페이스를 갖추고 있어 데이터송수신이 가능하며, 모뎀화된 시스템으로 로봇이나 시스템 스스로 유지보수가 가능한 수준이 되어야 한다. 센서들은 환경에 미치는 영향을 줄이면서 극지방을 모니터링하기 위한 정확성과 고효율을 갖고 있어야 한다. 소형화된 센서를 사용하여 빙하하부 호수, 얼어붙은 바다의 깊은 곳과 대기의 상층과 같은 이전에 탐사되지 않은 지역에도 쉽게 접근 할 수 있을 것이다.

두 번째, 다양한 센서의 교차 운용이 가능한 원격탐사 플랫폼의 개발이 필요하다. 대부분의 중요한 극지 연구는 현장 기반이므로 지리적 목표 지점으로의 접근이 필수적이다. 따라서, 이런 요구를 충족하기 위해 새로운 플랫폼을 필요로 한다. 특히 기존의 자율주행 로봇은 극지에서 항공 및 해상 모니터링을 위한 핵심 플랫폼이었지만 육상에서도 많이 사용될 수 있도록 개발되어야 한다. 또한 자율주행하는 AUV가 겨울동안 운영되지 못하는 단점을 극복하기 위해 동물들을 활용한 다양한 관측 플랫폼도 활발히 개발될 것으로 보인다.

세 번째, 전원 공급 장치의 혁신이 필요하다. 원격 관측소에서 운영되는 장비들 대부분이 비화석 연료로 운영되고 있기 때문에 태양광이나 풍력 등과 같은 재생에너지를 최대한 축적하고 활용할 수 있는 기술이 필요하다. 특히, 최근 개발되고 있는 전고체 배터리(Solid-state battery)가 적용된 전기차의 경우, 1회 충전으로 800 km까지 갈수 있는 성능을 갖고 있어 '전기 자동차 산업'의 호황과 더불어 다양한 극지관측을 연중 가능케 할 것이다. 특히 관련 분야는 우리나라가 전 세계적으로 매우 큰 잠재력을 가진 만큼 대한민국 산업을 최대한 활용하는 계기를 만들어야 할 것이다.



[그림1] 남극연구 국가 운영자 위원회(COMNAP)에서 발표한 남극 로드맵 챌린지의 기술 발달 우선순위

네 번째, 정보 통신 기술을 기반으로 한 고(高)대역폭의 통신을 통해 원격으로 운영되는 관측소의 실시간 데이터 수집 및 전송이 실현되어야 한다. 극지에서의 데이터 취득은 위성을 활용한 방법 외에는 대체할 수 있는 기술이 없기 때문에 급속도로 발전하고 있는 민간의 통신을 활용한 통신시스템은 극지에서 관측소간 상호 연결을 더욱 강력하게 만들어주고 실시간으로 데이터를 취득할 수 있게 될 것이다.

극지기술은 타분야 과학기술이나 산업과 마찬가지로, 수세기의 산업발달의 역사를 통해 고급 기술과 경험을 축적해온 유럽과 미국 등 선진국들과, 거대한 내수공간을 이용해 빠르게

기술 지식을 축적하고 있는 중국과의 경쟁이 필요한 시대를 지나고 있다. 다행히 우리나라는 4차 산업 시대를 맞이하여 이미 많은 민간 기업에서 로봇, IoT(Internet of Things), 에너지, 통신 등의 기술 개발에 노력하고 있으며 극지 연구에도 충분히 활용할 수 있는 기술을 보유한 산업체, 연구실도 다수 존재한다. 다른 선진국들의 사례와 같이 혁신적인 기술 개발을 위해서는 이처럼 역량있는 전략 파트너로서 민간 기업체 등과 긴밀한 네트워크를 구성하여 혁신적인 극지기술 개발을 주도하고 주요 선진국들과 비등한 수준의 극지기술 전문 엔지니어를 확보하는 등 장기적인 안목으로 극지관련 기술을 개발하며 축적할 수 있는 기반을 만들어야 한다.



# 고위도 북극 육상 연구미답지, 북그린란드의 가능성과 도전

**박태윤**

극지연구소  
극지지구시스템연구부

**정지훈**

극지연구소 국제협력실

사람의 발길이 닿지 않은 곳, 미답지. 교통수단이 없어 접근성이 현저히 떨어지고, 또 도착했다하더라도 혹독한 날씨와 안전 위험이 당연한 듯 함께인 곳. 북그린란드는 최고 북위 83도에 달해 지구상 가장 북쪽에 위치한 육상이자, 한반도 10배 면적지역의 국립공원이며 체류 인구는 불과 30여 명에 불과한 연구 미답지이다. 극지연구소는 지난 2016년부터 북그린란드 시리우스 파셋(Sirius Passet) 인근에서 현장연구 탐사를 수행하고 있다. 인천서 출발해 꼬박 3일 간 12,000 km를 날아가야 하는 북그린란드로 우리 과학자들이 향하는 이유는, 그곳에 지구 환경의 역사와 원리를 이해하는 중요한 실마리가 숨겨져 있기 때문이다.

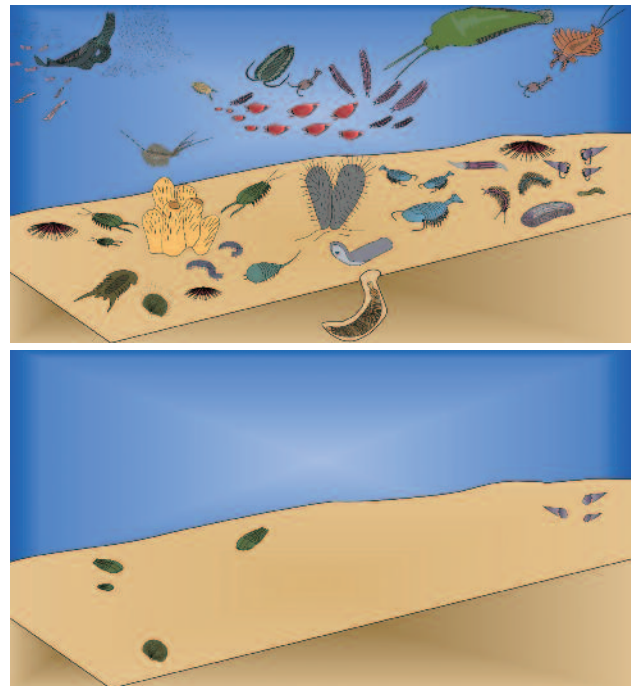
## 천혜의 고생물 연구현장, 북그린란드 시리우스 파셋

지질시대에 쌓인 퇴적물에 보존되어있는 화석을 근거로 옛 생물의 역사와 진화를 연구하는 고생물학적 시각에서, 북그린란드 시리우스 파셋은 특별한 과학적 가치를 가진 공간이다. 초기 캄브리아기 화석이 이례적으로 양호한 상태로 보존된 산지가 자리하고 있기 때문이다.

동물은 지구가 만들어진 후 40억 년 동안 존재하지 않다가, 지금으로부터 약 5억 4천만 년 전 시작된 캄브리아기에 급작스럽게 모든 동물문이 등장하게 된다[‘생명의 대폭발(Cambrian Explosion)’]. 따라서 캄브리아기의 화석을 살펴봄으로써 지구생명의 초기 진화를 추적할 수 있지만, 당시 전체 동물종 중

북그린란드는 북극권 최고위도 연구미답지로, 기후변화 및 생태계 분야 과학연구의 현장실험실로서 탁월한 잠재력을 갖고 있어 우리나라가 지난 30년 간 축적한 극지연구 역량을 꽃피울 차세대 연구 거점으로 적합하다. 접근이 어렵고 위험하며 국제관계로도 쉽지 않은 곳이지만, 북그린란드가 갖고 있는 과학적, 극지정책적 의미를 고려하면 향후 지속적인 과학활동과 연구성과 창출이 가능하도록 국가적 관심을 기울일 가치가 충분하다.

몸체가 일부만이라도 딱딱하여 화석 기록으로 남는 종들은 약 14% 정도에 불과하다. 나머지 약 86%의 동물종은 일반적인 퇴적환경에서는 화석이 남아있지 않아 그간 연구 진전이 어려웠고, 알 수 없는 생물종과 진화의 연결점은 곧잘 ‘잃어버린 고리’에 비유되었다.[그림 1 참조]



[그림 1] 시리우스 파셋에서 복원된 초기 캄브리아기 동물상(위)과 일반적인 퇴적환경일 경우 보존되는 화석(아래)의 비교



이 가운데 동물의 부드러운 몸체까지 화석으로 보존될 수 있는 특별한 조건을 갖춘 극소수의 화석 산지(Conservation Lagerstätte)들이 발견되어 '생명의 대폭발' 당시의 초기 동물 진화연구가 가능하게 되었다. 가장 유명한 캄브리아기 화석 산지는 전 세계에서 네 군데 정도가 있는데, 그 중 하나가 바로 북그린란드의 시리우스 파셋이다.

약 5억 2천만 년 전의 동물군으로 이루어진 시리우스 파셋의 화석은 보존상태가 이상적인 수준이다. 때로는 장기, 다리, 더듬이, 근육 조직, 신경 등까지도 보존되기에 지구역사상 가장 초기의 동물 형태와 그 진화에 대한 연구에 크게 기여하고 있다. 시리우스 파셋 화석 시료 분석결과를 바탕으로 한 학술 논문은 대표 국제학술지(「Nature」, 「Science」, 「Cell」; 소위 'NSC 급'으로 통칭된다)에 게재될 정도로 학술적 파급력이 높고 새로운 성과로 평가받는다. 우리 극지연구소를 중심으로 한 국제 연구진이 5억 2천만 년 전 신경화석 분석을 통해 초기 절지동물 두뇌 진화과정을 규명하고 겹눈 기원을 입증한 Nature Communications 학술지 논문이 그 대표사례이다(18.3. 게재).

[그림 2 참조]



[그림 2] 2018년 Nature Communications에 게재된 원시절지동물 케리그마켈라(Kerygmachela) 두뇌진화과정에 관한 논문(좌)과 Kerygmachela의 새로운 복원도(우) (Park et al. 2018)

그동안 캐나다, 중국 등에 위치한 다른 화석 산지(Conservation Lagerstätte)에서 자국 과학자를 중심으로 생물종 각 200여 종을 새로 발견하였으며 이를 토대로 모두 40편에 가까운 NSC급 논문이 발표되었다. 그에 비해 시리우스 파셋에서는 2016년까지 단 6번의 현장조사가 이루어졌고 2017년부터는 극지연구소 연구팀이 유일하게 현장연구를 수행하고 있기에, 앞으로 꾸준히 현장조사를 이어 간다면 우수한 연구 성과가 계속 도출될 수 있다.

### 고품질 다학제 과학연구 잠재력도 풍부

북극과학 일반 측면에서도 북그린란드가 지니는 과학적 잠재 가치는 매우 크다. 앞서 소개한 고생물학 분야 연구를 제외하

면, 북그린란드 지역을 기반으로 그간 발표된 과학논문은 빙하퇴적물을 다룬 3편이 전부이다. 즉, 이 지역에서의 이루어지는 의미있는 발견과 관측은 바로 학계에 보고할 만한 새로운 성취가 될 것이다.

극지연구소는 북그린란드 지역이 지니는 이와 같은 과학적 잠재성에 주목하고 단계적으로 연구 지역과 분야를 넓혀가고자 노력하고 있다. 이미 뿌리를 내린 고생물학 연구는 물론, 육상 생태 연구, 인공위성을 활용한 원격탐사 연구, 기후변화 데이터 수집을 포함한 다학제 현장조사를 북그린란드에서 수행하는 것이 목표이다. [그림 3 참조] 시리우스 파셋 인근에는 그 환경과 생태계가 아직 알려지지 않은 해안(J. P. Koch Fjord)과 길이가 46km에 달하는 민물호수(Midsømmersø)가 있어 현장조사 대상에 포함되었다. 위 지역에서 축적되는 새로운 기후-환경변화 데이터는, 홀로세부터 현재까지 북극에서 일어나는 변화에 대해 더 잘 이해하는데 큰 보탬이 될 것이다. 지난 30년 간 쌓은 다학제 극지과학 노하우를 바탕으로, 우리나라가 전지구적 현안인 기후변화 규명과 대응에 실질적으로 기여하는 것이다.

북그린란드 연구미답지에서 성실히 수행하는 과학연구와 성과는 우리나라의 북극권 활동 확대라는 더 넓은 시각에서도 큰 유익이 있는 일이다. 우리가 주도한 북극 과학연구 성과는 덴마크(그린란드)와의 양자관계에서, 더 나아가 북극이사회 등 북극권 전체에서 한국에 갖는 신뢰를 강화시키기 때문이다. 이는 해양수산부가 <북극활동 진흥 기본계획(2018~2022)>과 <2050 극지활동 청사진>을 통해, 북그린란드 연구미답지에서 북극환경 관측 활동을 강화하고 중장기 과학활동이 안정적으로 수행될 수 있는 물적 토대를 마련하는 정책적 비전을 제시한 배경이기도 하다.

### 지속적인 현장조사 수행과 연구성과 창출에 필요한 기반 형성이 과제

북그린란드는 분명 유망한 연구지역이지만, 그만큼이나 현장 연구 수행이 매우 힘든 곳이기도 하다. 최근 코로나19 대유행으로 더 악화된 이동 여건은 차치하더라도 제도적·정책적 어려움이 분명하다. 북그린란드는 '북동 그린란드 국립공원'에 속해있어 출입이 엄격히 관리된다. 향후 다학제 현장연구 참여 연구자의 안전과 위생, 연구장비 보관을 위해 현장 가건물 등 최소한의 인프라가 필요하지만, 국립공원의 관련 규정 자체가 없는 실정이다. 중장기 북그린란드 현장조사의 효용에 대해 현지 자치정부의 이해를 구하고자 해도 우리 연구진이 그린란드

측에 접촉하기가 쉽지 않다. 과도기적인 덴마크-그린란드 국립공원 공동 거버넌스와 때로는 미묘한 덴-그린란드 양자관계도 한 몫한다. 더욱이, 최근 중국의 그린란드 신공항 투자 시도 무산과 미국 대통령의 '그린란드 구매 제안 해프닝'에서 보듯 주변 강대국이 그린란드에 갖는 전략적 관심과 이에 따라 점증하는 그린란드의 외국인 북극 활동에 대한 경계심도 섬세하게 배려되어야 할 것이다. 따라서 천혜의 북극 연구미답지

에 우리 연구진이 부리내리는 것은 과학만의 현안이 아닌 정책적 과제이며, 정부를 포함한 우리 북극역량 전체가 진지한 관심과 노력을 기울이는 가운데서만 가능한 성취라고 할 수 있다. 이 점에서 북그린란드는 우리 북극정책이 새로운 도전에 임하고 그 결과 정책 영역을 확대할 수 있는, 의미 있는 '정책 미답지'이기도 하다.



구분	~2019년	2020년	2021년	2022년~
<b>Sirius Passet 고생물학 연구</b>	2016년 현장조사 시작 초기 캄브리아기 동물 화석 시료 15,000 건 확보, 분석중	원시 동물의 환경에 따른 진화 규명	절지동물 다리 진화적 기원 규명	북그린란드 고환경 변화 양상 연구, 캄브리아기/홀로세 동물 진화 연구 기반 우수 성과 창출  단계적 북그린란드 신규 연구 주제/지역 발굴  중장기 현장연구 수행을 위한 제도 및 물리적 기반 구축
<b>북그린란드 동물 진화 연구</b>	2016년 현장조사 시작 빙하기 이후 사향소 이동 및 유전변동 연구중	사향소 등 북그린란드 동토층 육상동물 골시료 채취	사향소 등 북그린란드 동토층 육상동물 골시료 채취	
<b>Midsømmersø 고환경 연구</b>	-	-	북그린란드 캄브리아기/ 선캄브리아기 지층 및 홀로세의 지화학 층서 데이터 확보	
<b>기타</b>	2018년 Sirius Passet 에 AWS 설치, 기상 데이터 수신 중	북그린란드 최초 식생지도 작성	토양미생물, 지질 원격탐사, 호수 퇴적물, 해양생태계 분석 데이터 획득	

[그림 3] 북그린란드 현장연구 지역과 시기별 연구추진 계획

# 한-러 수교 30주년을 맞이하여 돌아보는 한-러 북극 협력

유준구  
국립외교원

## 북극권 맹주로서 러시아의 중요성

북극해 연안국의 해안선 중 약 53프로를 차지하는 러시아는 북극협력에 있어 가장 중요한 국가라는 점은 의심할 여지가 없을 것이다. 러시아는 막대한 매장량의 가스 및 석유자원 개발을 통해 경제 활성화를 추구하고 있으며, 북극해 연안뿐만 아니라 극동러시아 지역의 개발 또한 적극 추진 중에 있다. 각종 지원책을 포함한 자원개발 정책과 아시아지역 세일즈에 많은 노력을 기울이고 있는 관계로 한국과는 협력 기회가 많을 것이라고 예상하고 있다. 더욱이 야말 인근의 추가적인 가스개발을 시작하고 있는 상황에서 북극항로 개척은 물론, 예상되는 LNG 선박시장에도 적극 참여할 수 있는 강력한 유인이 있다. 러시아는 이미 16세기에 북극 탐험을 시작했으며, 구소련 시절에도 북극지역의 이용 가능성을 점검하기 위한 탐사를 계속했다. 비록 1990년대에는 경제위기로 큰 관심을 기울이지 못했으나, 2000년대 석유 및 천연가스 개발이 바탕이 된 급속한 경제성장에 힘입어 북극개발에 다시 눈을 돌리기 시작했다. 2008년 9월 소련 해체 이후 최초로 북극개발전략의 기본 방향을 설정하는 문서인「2020년까지와 그 이후 북극에 러시아 연방 국가정책의 기초」(2008.09.18.)의 채택은 그 전환점으로 해석될 수 있다. 이후 2013년 2월, 푸틴 대통령이 '2020 러시아연방 북극시대 발전 및 국가안보전략'을 승인하고, 러

북극해 연안국들의 추정 EEZ 중 가장 넓은 면적을 차지하는 러시아는 한국의 북극진출을 위해서 가장 중요한 협력 국가임은 자명하다. 그간 한국은 북극정책종합계획을 마련하고 본격적인 북극진출을 추진하면서 북극이사회에서의 협력은 물론 북극 연안국과 양자협력을 지속적으로 추진해 왔다. 한국의 북극에 대한 이해와 추진하려고 하는 정책은 근본적으로 러시아의 북극에 대한 이익과 밀접하게 연계되어 있다. 한-러 수교 30주년인 지금 한-러 북극협력은 과학기술, 경제 등 여러 분야에서 성과를 거두었지만 다른 한편으로는 다소 정체가 되어있고 새로운 전기를 모색해야 할 시점이다. 이는 그간에 성과를 지속적으로 추진할 수 있는, 보다 제도적으로 발전시킬 수 있는 과제에서 출발해야 할 것이다.

시아 지역개발부가 발의한 '러시아 북극 지대법(안)'과 국가 프로그램 초안이 공개되면서 러시아의 북극개발전략은 분명한 윤곽을 드러내었다.

러시아의 북극에서 차지하는 위상을 고려할 때여서 한국의 북극지역 진출에서 러시아와의 협력은 특별히 중요한 의미가 있다. 우선, 러시아가 1982년 유엔해양법협약(UN Convention of Law of Sea, UNCLOS)에 의거하여, 주권 또는 관할권을 행사하고 있는 북극지역에 가장 많은 석유 및 천연가스 자원이 매장되어 있다. 그러한 이유로 러시아는 공식적으로 이 지역을 전략적으로 중요한 자원공급 기반으로 규정하고 있으며, 슈토크만 프로젝트, 야말 프로젝트 등 국제협력을 통한 자원개발 방식을 선호하고 있다. 둘째, 새로운 국제 해상 교통로인 북극항로를 이용하려면 러시아가 관할하고 있는 수역을 지나야 하고, 러시아의 항구와 쇄빙선 서비스를 제공받아야 한다. 이와 관련 러시아 정부는 북극항로 이용 활성화에 필요한 항만 등 관련 인프라를 확대하고 있고 한국의 적극적인 참여를 요구하고 있다. 끝으로 러시아는 현재 북극이사회에서 북극지역 협력 거버넌스 체제에 주도적으로 참여하고 있다. 앞서 언급한 러시아의 북극정책을 감안하면 러시아와의 협력은 한국의 본격적인 북극지역 진출에서 우선적으로 고려해야 할 대상이다.

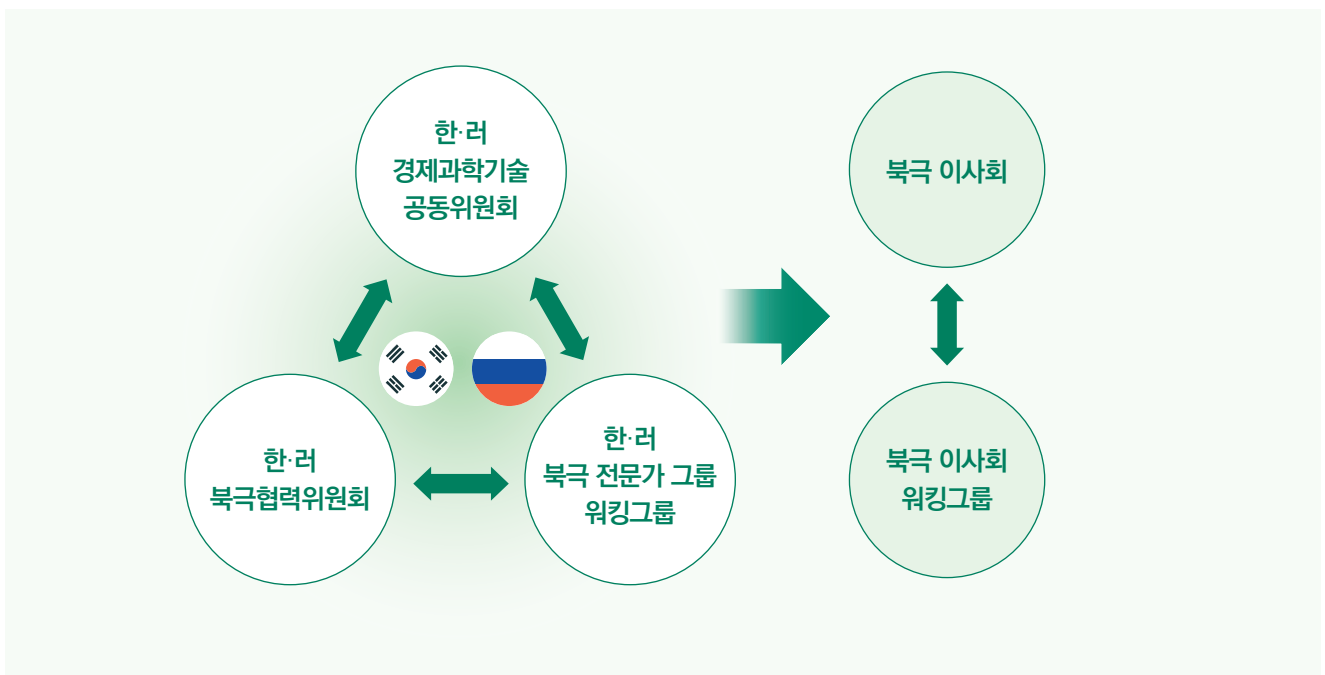
### 기로에 선 한-러 북극협력

한국은 북극이사회 가입을 계기로 북극이사회에서 적극적인 활동을 추진함과 동시에 북극권 핵심 국가와 양자협력을 체계화 하는 북극정책 추진전략을 수립추진하고 있다. 그간 한국은 북극정책 추진전략 차원에서 러시아와의 양자 북극협력을 지속적으로 추진하고 있다. 한-러 북극협력과 같은 기본적인 양자협력은 양측 공동의 이해와 신뢰를 바탕으로 장기적인 아젠다와 구체적인 실행계획을 지속적으로 추진해야 할 것이다. 그러한 의미에서 한-러 수교 30주년을 맞이하여 그간 진행해 온 한-러 북극협력을 평가하면서 대러 북극협력전략 내지 실행 계획을 수립해야 할 시점이다. 기존의 북극 종합정책 추진 계획이 총론이라면, 북극해 연안국, 특히 러시아와의 협력 확대에 초점을 맞춘 종합적인 전략수립이 필요하다. 자원개발, 북극항로 이용은 물론, 극지 과학기술 개발, 쇄빙선 건조, 극지 인프라 구축 등 다양한 분야의 협력을 체계적으로 재점검해야 한다.

같은 맥락에서 현재 운영 중인 한-러 경제과학기술공동위원회 분야별 위원회로 '북극협력위원회'를 설치하거나 '한-러 북극전문가 그룹' 내지 '한-러 워킹그룹' 신설해서 기존 북극이사회 6개 워킹그룹에서의 공동협력은 물론 양자 협력 메커니즘을 체계화해야 한다. 한-러 전문가 그룹 및 워킹그룹이 필요한 이유는 기존 한-러 양자협력은 주로 한-러 경제과학기술공동위원회 및 14개 분야별 위원회를 중심으로 이루어지고 있는데, 북극 관련 의제는 각 위원회에서 분산적으로 논의되고 있기 때

문이다. 따라서 북극협력을 위한 한-러 간 공식적인 협력대화체를 신설하고 이를 통해 기존에 한국이 적극적으로 추진하고 있는 북극이사회 워킹그룹 활동에서 시너지 효과를 거두어야 한다. 그간 해양수산부 및 한국의 북극관련 연구기관 및 전문가들이 러시아와 한-러 북극과학 공동연구 발굴추진과 지속적인 협력 기반 마련을 위해 다양한 과학연구 협력을 추진하고 있다. 한-러 수교 30주년을 맞이하여 이러한 노력과 성과를 양국 정부차원에서 더 체계적이고 일관되게 추진할 협력의 제도화가 필요한 시점이다.

현재 우크라이나 사태이후 진행되고 있는 대러 제재로 인해 전반적인 한-러 양자협력이 지체되고 있는 것도 사실이다. 그러나 동 요인인 양자협력이 지체되는 것이지 그 자체가 한-러간 협력발전의 저해요인이 될 수는 없다. 현재 한-러 관계에 있어 방해가 되는 것, 예컨대 극복할 수 없는 역사적, 정치적인 문제는 존재하지 않는다. 양국간의 협력은 장기적이고 또한 전략적 이해의 공통성에 기반을 두어야 한다는 점은 누구나 공감할 수 있다. 앞서 제안한 한-러 워킹그룹 신설은 비록 작게 보일 수 있으나 기존의 노력과 성과를 바탕으로 새로운 발전으로 도약할 수 있는 정책적 아이디어를 실행하는 구체적인 플랫폼을 구축하는 것이라 할 수 있다. 이는 양자협력을 촉진하는 매개체는 리더쉽 차원의 동력과 정책을 실질적으로 이행하는 전문가 및 실무그룹의 투트랙 협력이 필요하다는 국제협력의 기본적인 평가와도 부합한다.





ISSN 2733-7529 (Print)  
ISSN 2733-7537 (Online)



발행일 : 2020년 8월  
발행처 : 극지연구소 정책부 Tel. 032-770-8425  
주소 : 인천광역시 연수구 송도미래로 26,  
극지연구소 (www.kopri.re.kr)

Copyright© 2014 KOPRI, All rights reserved.  
Cover pages photo credit© KOPRI