첨단 인공위성을 활용한 북극권 환경변화 원격탐사:

극지 빙권 관측위성 활용 국제공동 연구 현황과 전망

극지연구소 원격탐사빙권정보센터 _김 현 철

I. 인공위성 원격탐사
II. 한국의 북극인공위성 원격탐사
III. 역사상 최대 국제공동 북극연구 MOSAiC에서 원격탐사의 역할
IV. 우리의 힘으로 움직이는 극지 빙권 관측위성 개발 운용
V. 극지 환경 변화에 적극대응을 위한 위성정보 인큐베이션

필자는 지구환경을 연구하는 해양학자이다. 지구의 표면을 가장 효과적으로 관측할 수 있는 인공위성을 이용하여 우주에서 지구의 해양을 직접 관측하며, 해양에서 일어나는 자연 현상을 연구하는 해양 원격탐사 연구를 20여 년 이상 수행하고 있다.

원격탐사는 관측 대상에 접촉하지 않은 채 사물의 특성을 관측하는 연구 방법이다. 일반적으로 우주 공간에 있는 인공위성을 이용하여 지구의 표면을 연속 관측하는 연구이다. 해양은 지구 표면의 대부분을 차지하고 기후와 환경 조절에 중요한 역할을 하는 곳이다. 하지만 고전적인 과학 관측 방법으로 관측하기에는 너무 넓은 시간과 공간을 포함하고 있다. 특히, 극지와 한반도에서 발생하는 현상을 동시에 관측할 수 있는 유일한 방법이 인공위성을 이용한 원격탐사이다.

온난화로 이슈가 되고 있는 북극은, 130여 년 전 인류에게 처음으로 북극에 대한 과학적인 조사의 결과를 안겨다 준 난센 이후, 북극의 해빙 변화를 인류가 이해하게 해준 유일한 방법이 인공위성 원격탐사이다.

온난화로 변화하는 북극은 환경 변화의 절대적인 증거를 제시하고 있다. 하지만 변화하는 북극에 활용과 개발이라는 현실적인 접근을 기대하는 각국의 흐름도 있다. 변화에 대한 합리적인 접근은 결국 "우리가 얼마나 많이 그 변화를 알고 있는가" 일 것이다. 인간의 접근이 힘든 북극해에서 일어나는 변화를 가장 효과적으로 인지하고, 앞으로의 방향을 제시할 수 있는 정보획득을 위해 각국에서 자국의 과학기술을 과시하며 인공위성 원격탐사를 수행하고 있다.

우리나라도 이미 가지고 있는 과학 기술력을 바탕으로 북극을 독자적으로 관측할 수 있는 극지 빙권 관측위성 운용을 통해 인류에게 현명한 판단을 할 수 있는 정보를 한국이 직접 제공할 수 있기를 희망한다.

I. 인공위성 원격탐사

우리는 언론매체를 통해 북극해에서 해빙의 면적이 역사상 최소를 기록한 때와 남극에서 거대한 얼음 덩어리가 부서져 나간 때를 거의 실시간 소식으로 접한다. 하지만, '북극해에서의 해빙 면적이 줄어들고 있다'는 것과 남극에서 '서울시의 면적 10배 규모의 큰 얼음 덩어리가 분리되었다'는 말을 들었을 때, 어떻게 사람의 접근이 어려운 북극해의 해빙면적 정보를 알 수 있으며, 남극에서 서울보다 큰 얼음 덩어리를 볼 수 있지? 라고 생각하게 될 것이다.

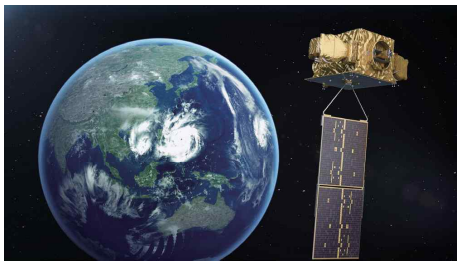
결론부터 말하면, 우주에서 인공위성을 이용하여 지구를 매일 관측하고 있기 때문이다. 북극과 남극의 얼음 정보는 주로 미항공우주국(NASA)과 유럽우주국(ESA)에서 운영 중인 극지관측 위성을 통해 생산되고 있다. 최근 우리나라도 아리랑 위성을 이용하여 북극과 남극의 해빙과 빙상변화 정보를 일부 생산하기 시작하였다.

흔히, 자연현상을 바라보는 시야를 넓히기 위해 지난 수세기 동안 과학자들은 "숲"의 변화를 보기 위해서는 숲의 바깥에 있어야 한다'고 하였다. 또 지식과 인지의 깊이에 대해서도 중국의 장자가 말했던 것처럼 '우물 안에만 사는 개구리는 하늘의 넓이나 바다의 깊이를 우물만큼의 넓이와 깊이로만 이해한다고' 하였다. 기술의 발달로 인지의 범위가 넓어지고 있으며, 지금 우리가 겪고 있는 환경의 변화가 내 주변에서 일어나는 일에 국한되지 않고 더 넓고 긴 시간의 범위에서 일어난다고 생각하게 되었다.

우리가 인지하고 있는 환경변화는 우리 눈에 보이는 일부 현상들이다. 과학과 인지 발전에도 불구하고 비가 많이 내리거나, 가뭄이 오거나, 폭염이 오거나, 차갑고 매서운 바람이 유례없이 많이 부는 겨울이 계속되는 이상 현상들이 어디서, 어떻게, 서로 원인과 결과의 형태로 일어나고 있는지에 대해 정확한 답을 할 수 없다. 이러한 문제에 대한 답을 얻기 위해 발달한 과학기술을 이용하여 지구 반대편에서 일어나는 이상 기후에 대한 정보를 얻게 되고, 많은 연구 결과로부터 지구라는 시스템 안에서 서로 연결되어 다양한 자연현상들이 생긴다는 것을 짐작할 수 있게 되었다.

기후변화 등 지구에서 일어나는 환경의 변화를 보기 위해서는 우주에서 지구를 봐야 한다. 많은 과학자들이 여러 가지의 방법으로 지구에서 일어나고 있는 변화를 이해하고자 한다. 그중에 우주에서 지구를 바라보는 과학기술은 지구 환경변화 연구를 위한 최선의 방법이며, 이를 인공위성 원격탐사라고 한다. 원격탐사는 먼 곳에 있는 사물이나 현상을 직접적인 물리적 접촉 없이 인간의 시각과 감각을 통해 인지하는 기술을 말한다. 인간의 시각과 감각 역할을 대신해 줄 많은 기기들을 원격탐사 센서라 부른다. 과학기술의 발달에 따라 센서의 종류와 기능이 경량화·복잡화되며 급속히 발전하고 있다. 최근에는 큐브위성이라 부르는 초소형 위성이 개발·운용되고 있으며, 이는 그 안에 탑재된 센서의 크기와 기능이 기술 집약적으로 발전하고 있기 때문이다.

□사진 1. 우주에서 지구를 바라보고 있는 인공위성. 온난화와 같은 지구규모의 자연현상 관측을 위해 다양한 센서를 탑재한 인공위성이 우주에서 지구를 관측하고 있다.
(사진출처: 한국항공우주연구원)



II. 한국의 북극 인공위성 원격탐사

한국의 극지 원격탐사는 미국이나 유럽연합 등에 비해 늦게 시작되었다. 기후변화와 관련한 극지의 중요성을 인지한 선진국들은 앞선 과학기술을 바탕으로 북극 해빙의 변화를 관측할 수 있는 인공위성을 40여 년 전부터 운용하며, 북극 해빙에 대한 정보를 축적하고 있다. 한국은 비북극권 국가이지만, 북극권이 가지는 미래가치에 관심을 가지기 시작하여 비북극권 국가로서 북극권에 대한 과학적 지식을 공유할 수 있는 인공위성 원격탐사 기술을 개발해 오고 있다. 아직 한국이 보유한 북극 해빙을 관측하는 위성은 없지만, 국제 공동연구를 통해 선진국이 보유한 인공위성 자료를 활용하여 향후 보유하게 될 극지 빙권 관측위성을 위한 기술 가치를 꾸준히 올리고 있다. 현재는 아리랑위성을 이용하여 북극의 해빙과 관련한 여러 연구를 진행함으로써 북극 인공위성 원격탐사 선진국들과 동등한 수준의 연구 결과를 꾸준히 국제사회에 보고하고 있다.

한국에서 북극 인공위성 원격탐사 연구는 2017년부터 본격 시작되었다. 극지연구소 북극해빙예측사업단에 '위성탐사·빙권정보센터'가 구축되면서 북극 인공위성 원격탐사를 본격적으로 시작하였다. 센터는 ①북극권 개발 및 활용을 위해 국제협력을 통하여 북극권 종합 위성 정보망 구축을 위한 위성 자료확보, ②고품질 위성정보 처리 기술 개발을 통해 변화하는 극지 빙권 상시모니터링 및 이를 활용한 북극항로 개척과 북극권 활용을 위한 해빙 정보 생성, ③극지에 현장 연구를 수행하는 연구자들의 안전지원, 그리고, ④온난화에 의한 기후변화의 현주소를 일반 국민에게 전달하는 역할을 수행 중이다.

긴 역사를 가진 선진국의 북극 원격탐사와 비교해 상당히 짧은 시간이지만 센터는 괄목할 만한 연구결과와 대외적인 홍보실적을 만들고 있다. 그중에 대표적인 센터의 역할은 다부처 협력을 안정적으로 수행하고 있다는 것이다. 우리나라에서 인공위성 분야는 교육학기술부의 한국항공우주연구원이 주도하고 있다. 대부분 위성개발 수요에 대응하고, 위성 운용을 주관하고 있다. 해양수산부 극지연구소는 극지 인공위성 원격탐사 분야를 대표하는 기관이다. 서로 다른 두 부처 소속의 대표적 기관이 각자가 가지고 있는 전문성을 공유하기 시작하면서 한국의 독자적인 북극 인공위성 원격탐사 연구의 가능성을 열었다. 즉, 아리랑 위성을 이용한 세계 최초의 북극 해빙연구를 시작했다. 아리랑 2, 3, 3A호는 광학 위성으로 북극과 같이 구름이 많고 극야를 가지고 있는 지역에서는 효과적이지 못하지만 날씨가 맑은 날에는 자세하고 생동감 있는 북극의 모습을 보여준다. 아리랑 5호는 영상레이더(SAR)를 탑재한 한국 최초의 위성으로 한반도 주변 관측을 목적으로 개발 운용되고 있다. 일반적으로 영상레이더는 기상 상태의 영향을 적게 받기 때문에 극지연구에 적합하다. 극지연구소와 한국항공우주연구원은 아리랑위성을 이용한 북극 연구에 협력하였다. 아리랑5호를 이용한 해빙관측의 가능성을 국제사회에 알려 국제적인 관심을 받았다. 특히, 유엔 우주공간의 평화적 이용 위원회(UN COPUOS, 2019 유엔비엔나 사무국)에서 우주와 기후변화에 대한 각국의 기술 현황 발표에서 북극 인공위성 원격탐사 분야에 한국의 국제사회 기여를 인정받았다.

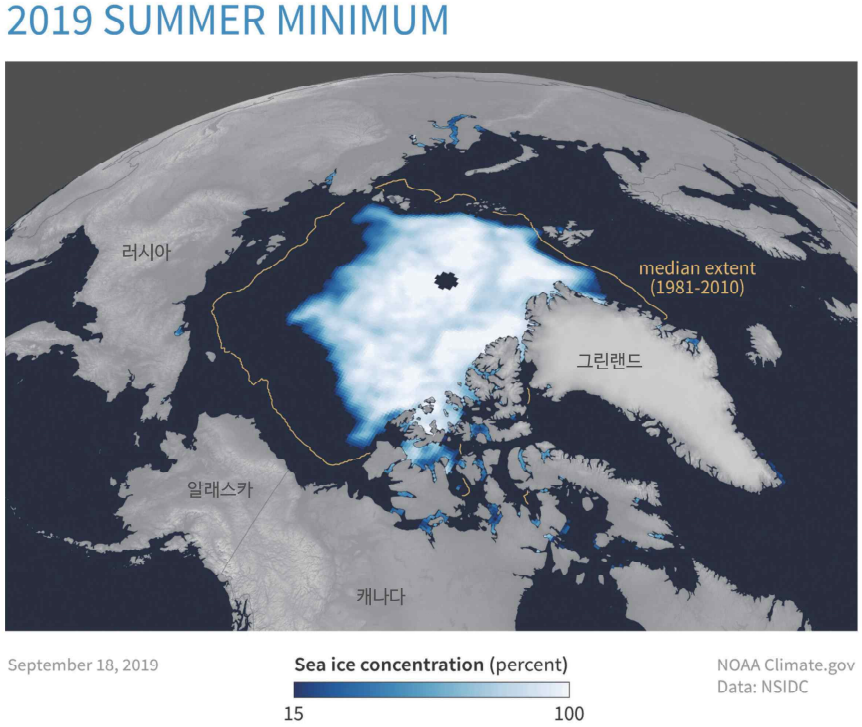
□사진 2. 그림 2. 북극해 배타적 경제 수역(EEZ): 해양수산부는 비북극권 국가로서 북극권에 대한 역량을 강화하고 있으며, 북극권 국제이슈에 적극 대응하기 위해 배타적 경제 수역을 벗어난 공해에서 쇄빙연구선을 이용한 북극권현장조사를 수행하고 있다. 인공위성 원격탐사는 EEZ의 제한 없이 북극권 변화를 관측하고 있다(https://sites.tufts.edu/lowofthesea/chapter -eight)

□사진 3. 해양수산부 극지연구소 위성탐사·빙권정보 센터에서는 우리나라를 대표해서 극지인공위성 원격탐사를 수행하고 있다. 위성을 보유한 각국과 국제협력을 통해 다양한 종류의 위성자료를 공유하고 북극과 남극의 해빙 빙상 변화를 관측하고 있다.

극지연구소 위성탐사·빙권정보 센터는 다양한 국제 협력을 통해 국제사회에 기여하고 있으며, 2017년 미국 국립빙설자료센터(National Snow and Ice Data Center, NSIDC)가 있는 콜로라도대학과 공동연구를 위한 상호협약을 맺고, 북극 해빙정보 모니터링을 본격적으로 수행하였다. 미국국립빙설자료센터는 미국 NASA에서 생산되는 빙권 정보를 전문적으로 생산하는 전문기관이며, 유럽연합과 다양한 위성 보유국으로부터 북극해빙 위성자료를 우선으로 제공받아 전 세계 과학계에 공지하는 역할을 하고 있다. 우리가 익숙한 북극해빙 농도 자료도 미국국립빙설자료센터에서 생산·배포하는 것이다.

우리나라는 인공위성 원격탐사 분야로 역사상 최대 북극해 연구라 불리는 '북극해 환경변화 관측을 위한 공동연구 프로그램(이하 MOSAiC 프로젝트)'에 한국을 대표해서 참여하고 있다.

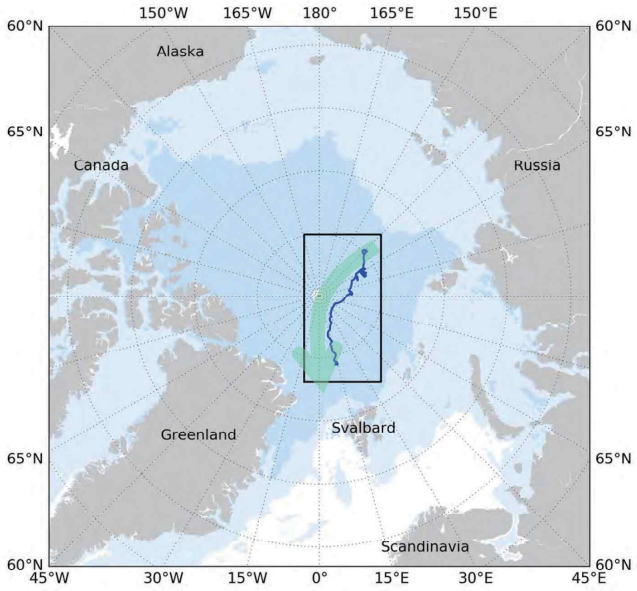
□사진 4. 미국국립빙설자료센터(NSIDC)에서 생산하여 국제사회에 배포하는 북극해빙 농도 변화 자료(예, 2019년 여름 최소면적을 기록한 자료). 자료출처: 미국 국립빙설자료센터



Ⅲ. 역사상 최대 국제공동 북극연구 MOSAiC에서 원격탐사의 역할

130여 년 전 난센은 나무 범선 '프람호'를 타고 북극해 횡단이라는 대담한 일을 시도했다. 최근까지도 북극해 해빙의 겨울철 모습을 체계적으로 관측한 과학자는 없었다. 2019년 9월 시작한 'MOSAiC 프로젝트', 북극 기후연구를 위한 다학제 표류관측소(Multidisciplinart drifting Observatory for the Study of Arctic Climate) 프로젝트가 난센의 대담한 시도를 현대 기술로 복원하고, 그가 궁금해 했던 북극해의 겨울 해빙과 환경에서 일어나는 현상들을 관측하고 있다. MOSAiC 프로젝트는 퇴역 예정인 독일의 쇄빙연구선 폴라스턴(Polarstern)호를 북극해 중심에 있는 해빙에 고정해서 2019년 9월부터 2020년 10월까지 약 13개월 동안 해빙의 표류를 따라 무동력으로 이동하여 북극해의 환경변화를 관측하는 역사상 최대 규모의 국제 공동연구이다. 독일 알프레드베게너연구소(AWI)가 주축이 되어, 세계 20개국에서 약 600여 명의 과학자가 프로젝트 기간 중 북극해 중앙의 얼음판에 방문하고, 지상에서 300여 명의 연구자가 지원하는 역사상 최대 프로그램이다. MOSAiC 프로젝트는 쇄빙선의 동력 이동을 제외한 약 12개월 동안 북극해 중심의 환경을 연속으로 정밀 관측하여 북극해 중심의 사계절을 과학적으로 깊이 있게 이해하고자 하는 것이다.

인공위성을 이용하여 북극해를 사계절 연속 관측 가능하지만, 해빙의 물리적 특성에 대해 계절적 변이가 크기 때문에 인공위성 관측으로는 정확한 해빙정보 산출이



□사진 5. MOSAiC 프로젝트 기간 동안 폴라스턴이 고정된 해빙의 예상 이동 경로(초록색 화살표)와 2019년 10월부터 2020년 4월 까지 실제 표류한 경로(파란색). 자료출처: 극지연구소

불가능하였다. MOSAiC 프로젝트를 통해 겨울철 해빙에 대한 물리적 특성 정보를 직접 확보하고, 이 특성과 관련된 환경변화를 동시 관측해서 인공위성 원격탐사의 정확도를 높일 수 있기를 기대하고 있다.

MOSAiC 프로젝트에서 가장 중요한 임무는 폴라스턴호가 고정되어 있는 해빙(거대한 얼음판)의 추적과 갑작스러운 환경변화에 의해 폴라스턴호가 해빙에서 분리되는 현상을 방지하기 위해 주변의 해빙 상태를 미리 감시·관측하는 것이다. 이러한 중요한 역할을 인공위성 원격탐사가 담당한다.

MOSAiC 프로젝트에는 여러 나라의 다양한 인공위성이 운용되고 있다. 북극해를 상시 관측하는 유럽연합의 Sentinel 위성군 이외에, 특정 시간과 공간에 대해 정밀 관측이 가능한 영상레이더가 추가로 운영된다. 정밀 관측이 가능한 위성이라고 해도, 지구관측 위성의 특징상, 인공위성은 정해진 궤도를 따라 관성운동을 하도록 설계되어 있기 때문에 지상의 특정 지역을 하나의 인공위성으로 정밀 모니터링할 수 없다. 이러한 이유로 최첨단 위성을 보유한 국가에서도 국제협력을 통해 다양한 위성 간의 정보를 공유하고자 하는 것이다.

MOSAiC 프로젝트에 사용된 정밀 영상레이더 위성자료는 캐나다의 RadarSat-2, 독일의 TerraSAR-X, 이탈리아의 COSMO-SkyMed, 아르헨티나의 SAOCOM, 일본의 ALOS-2, 그리고, 한국의 아리랑 5호이다.

□사진 6. 쇄빙연구선 폴라스턴호와 MOSAiC 프로젝트를 수행 중인 동절기 해빙 캠프 (https://mosic-expedition.org/expedition)

우리나라는 한국항공우주연구원과 함께 극지연구소에서 아리랑 5호를 이용하여 매일 폴라스턴호가 고정된 해빙의 위치를 추적하고, 그 해빙과 주변에서 일어나는 현상을 관측하고 있다. 위성자료로부터 폴라스턴이 고정된 해빙의 예상 경로를 추정하는 역할을 수행하고 있다. 극지연구소 위성탐사·빙권정보 센터에서는 수집된 위성자료로부터 해빙의 균열과 변동 등 특성을 파악해 현장 조사가 수월한 지역을 골라 폴라스턴호에 전달하는 역할을 담당하고 있다. 프로젝트 출범부터 확보된 영상레이더 자료를 이용하여, MOSAiC 프로젝트의 중심 역할을 하는 해빙의 기간과 공간에 대한 변화를 연구하고 있다.

최근 발생한 COVID-19는 MOSAiC 프로젝트에도 예외가 아니었다. 프로젝트가 진행되는 13개월 동안 각국의 연구진은 담당한 연구기간이 지나면 임무 교대를 한다. 하지만, COVID-19 확산 방지와 MOSAiC 프로젝트의 안전한 수행을 위해 검역과 자가 격리가 강화되고, 각국에서 참여 중인 연구원들은 국제 이동의 제한 등으로 인해 2020년 5월 프로젝터가 일시 중단되었다. 2~3개월마다 프로젝트 참여국들은 쇄빙선과 비행기를 보내 물자를 보급하고 연구팀을 교체하는데 COVID-19로 인해 보급이 중단되자, 해빙에 고정되었던 폴라스턴호가 현장을 이탈해 직접 보급을 받기 위해 이동해야 했다. 극지연구소 내 입장에서는 COVID-19가 원격탐사에 대한 의존도를 높이는 계기가 되었다. 인공위성 원격탐사는 감염병에 영향을 받지 않기 때문에 폴라스턴이 연구해역을 이탈한 기간에도 지속해서 현장을 관측할 수 있었다. 폴라스턴이 고정되었던 해빙이 예상보다 일찍 남하해 7월 30일 여러 조각으로 분리되었다. 안전하고 지속적인 연구를 위해 각국의 위성을 동원해 폴라스턴이 안전하게 고정될 수 있는 해빙후보지를 탐색하고 있다. 이처럼 인공위성 원격탐사는 예기치 못한 연구 공백을 채우는데 절대적인 역할을 수행한다.

□사진 7. MOSAiC 프로젝트에 참여하는 국가들. (https://mosaic-expedition.org/expedition)

Ⅳ. 우리의 힘으로 움직이는 극지 빙권 관측위성 개발 운용

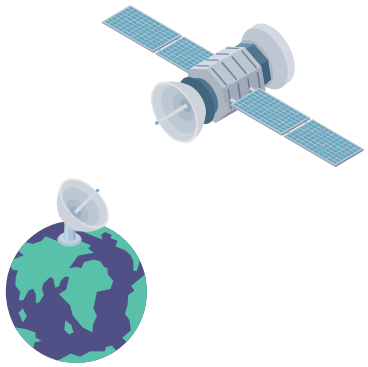
전 인류의 숙제를 풀기 위해 지금도 많은 과학자가 극한의 북극 환경에서 130여 년 전 난센이 겪었던 인류의 호기심과 이로부터 나오는 자연에 대한 이해를 하고자 하고 있다. 기후변화라는 것은 지구 상 모든 인류가 관심을 가지는 공동의 문제라는 것을 확인해 주는 것이 역사상 최대의 규모로 시행되고 있는 MOSAiC 프로젝트이다. 그중에서도 인공위성의 역할은 MOSAiC 프로젝트의 존재 그 자체일 것이다.

이처럼 인공위성 원격탐사는 인간의 활동만으로 연구 공백을 채울 수 없는 부분을 수행하는 절대적인 역할을 한다. 게다가 한 나라의 역량으로 해결되는 것이 아니라는 것도 잘 보여 주고 있다.

기후변화에 대해 다양한 시각으로 접근해야 하는 것은 모두가 잘 알고 있을 것이다. 이때 경제적인 이익을 우선하는 국가들도 있다. 하지만 개발과 보존이라는 영원한 숙제를 해결하기 위해서는 인류의 현명한 접근이 필요하다.

북극항로가 해상 실크로드로 기대되고 있으나, 비 북극권 국가인 우리나라는 해빙 정보 등 실질적인 북극해 활용에 대한 준비를 하기에는 환경 부분에 대한 정보가 주변국과 비교해 상대적으로 약하다. 대부분의 북극 빙권에 대한 정보는 위성을 보유하고 있는 국가들이 자국의 이익에 따라 선별적으로 개방하기 때문에, 북극 개발에 적극적으로 대응하고자 하는 우리나라의 입장에서는 외국의 정보에 의존해야 하는 정보 종속국으로서의 한계를 벗어나지 못하고 있다. 세계 최대의 쇄빙선 제조국으로서 북극해 개발에 적극적으로 대응할 수 있는 첨단 기술은 가지고 있지만, 다가올 4차 산업혁명에 대비한 정보망에 대한 기술은 턱없이 부족하다. 정보의 확보는 최신 IoT를 활용한 극지용 스마트 선박이나, 극지에 설치될 스마트 구조물에 절대적으로 필요하다. 이러한 정보의 확보는 현 정부의 여러 전략과도 부합한다.

문재인 정부의 100대 국정과제만 보더라도, '4차 산업혁명 선도기반 구축'이라는 목표를 가지고 4차 산업혁명에 동참할 수 있는 인프라 구축 및 핵심기술 확보를 실천하고 있다. '4차 산업혁명 대응계획'에 따라 기후변화에 대응하는 신산업 창출 및 사회 공공분야 지능화 혁신 등 사회문제 해결을 통한 삶의 질 개선이라는 큰 실천계획을 가지고 있다. 해양수산분야에서도 '해양수산과학기술기본계획'에 따라 4차 산업혁명 기술융합 분야 집중육성이라는 전략을 가지고 있으며, 국제사회에 기여하는 과학기술 선도라는 전략목표도 함께 가지고 있다. 세계적 이슈인 북극 변화에 선도적으로 대응하기 위해 정부에서도 '북극활동진흥기본계획'을 세웠다. 북극진출 협력기반 구축, 북극항로 개척 및 해운 물류 협력, 북극환경 관측 활동 강화 및 북극기후 분석과 미래환경 대응이 그 대표적인 계획이다.



많은 실천방법 중에 이 모든 국정목표를 동시에 만족할 수 있는 부분이 우리나라 자체의 북극빙권 관측위성을 보유하는 것이라 생각한다. 정보를 분석하는 기술은 세계 모든 나라가 비슷한 수준으로 상승하고 있다. 인터넷의 발달과 같은 정보의 공유가 이러한 기술적 수준을 비슷하게 하는 데 큰 역할을 하였다. 하지만 정보의 생산 주체가 누군가에 따라, 정보의 점유 순서가 바뀌게 된다. 이는 세계적인 IT기업들(Google, Amazon, Apple 등)에서 막대한 예산을 들여 정보 공유를 하면서 동시에 정보생산에도 주력하는 이유이다.

'우주개발진흥기본계획'과 '위성정보 활용 종합계획'에 따라, 다양한 종류의 위성 개발이 계획되어 있다. 하지만 위성의 개발 목적이 그 사용처를 한반도에 국한하면 인공위성이 가지는 지구 관측이라는 큰 목표에 미치지 못한다. 기후변화가 지구 규모로 일어나고 있는 것처럼, 계획되어 있는 위성에서도 지구 규모의 관측이 상시 가능하고 국제사회에 기여할 수 있는 탑재체(관측 센서)를 포함해야 한다. 현재 북극 빙권 관측이 가능한 탑재체는 국내에 없다. 그 가능성을 시험하기 위해 극지연구소 위성탐사·빙권정보센터에서는 한국항공우주연구원과 공동으로 아리랑 5호의 영상레이더를 이용하여 북극해빙 관측연구를 수행했었다. 한국이 가진 위성개발 및 탑재체 개발기술은 이미 세계적 수준이다. 남은 숙제는 '이 기술을 얼마나 효율적인 곳에 사용할 것인가?' 이다. 역사상 최대 북극해 관측 연구 프로젝트인 MOSAiC처럼 국제사회가 한국과 함께 하고자 하는 부분에 대한 기술개발 및 확대적용이 필요하다. 국내 기술로 개발되고 운용되는 극지 빙권 관측위성 개발은 실제 바로 앞에 와 있다. 다만, 관련 분야 전문가들과 정책결정자들의 현명한 판단이 기다리고 있을 뿐이다. 극지 빙권 관측위성을 보유한 국가들은 그 중요성을 잘 알고 있기 때문에 후속 위성들을 장기계획에 따라 개발 운용하고 있다.

그러나 우리는 북극의 해상 실크로드와 같은 새로운 경제 구도에 적극적으로 대처할 수 없다. 4차 산업혁명과 관련된 계획을 실행하기가 어렵다. 서론에서 언급한 장자의 말이 다시금 마음에 새겨진다. '우물 안에만 사는 개구리는 하늘의 넓이나 바다의 깊이를 우물만큼의 넓이와 깊이로만 이해한다'고 하였다. 기술의 발달로 인지의 범위가 넓어지고 있으나, 지금 우리가 겪고 있는 환경의 변화가 내 주변에서 일어나는 일에 국한되지 않고 더 넓고 긴 시간의 범위에서 일어난다는 것을 깊이 생각해야 한다.

V. 극지 환경 변화에 적극 대응을 위한 위성정보 인큐베이션

우리나라가 직접 운용하고 직접 생산할 수 있는 위성정보의 중요성을 기술하였다. 이러한 정보는 사용자의 아이디어를 현실화시킬 수 있다. 과학, 산업, 정책, 인문 등 다양한 방면에서 극지를 바라보고 있다. 우리는 위성을 운영하고 그로부터 나온 자료를 보유하는 것만으로 만족하면 안된다. 자료의 활용이 생명이다. 필자가 위성개발을 처음 언급했을 때, 혹자는 '위성을 만드는 공학자들이 할 일을 왜 자연과학자가 하려고 하죠?'라고 물을 수 있다. 이것은 활용과 융합을 너무 단편적으로 생각한 질문으로 보인다. 인터넷이 처음 만들어졌을 때 세상이 이렇게 정보화가 될지 사람들은 몰랐다. 그동안 역사에서 기록된 자료들 보다, 인터넷 사용 이후 생산되고 기록된 자료가 천문학적인 양만큼 많다는 것은 이미 알려진 사실이다.

우리가 극지 빙권 관측위성을 보유한다는 것은 그만큼 많은 파급효과를 기대할 수 있다는 것을 의미한다. 자연과학 측면에서는 해빙의 변화를 정밀하게 실시간 확보할 수 있게 된다. 이는 기후변화 모델을 통해 기후를 예측하는 전문가들에게는 화룡점정에 해당하는 자료가 될 것이다. 우리의 미래를 좀 더 정확하게 볼 수 있게 된다는 것이다. 산업 측면에서는 북극을 오가는 선박의 구조적 우수성을 보장할 기술이 확보될 것이고 현업에 적용될 것이다. 극지역 주변국이 필요로 하는 구조물들에 대한 안정성을 보장할 수 있는 설계가 가능하고 운용이 가능하다. 정책적인 면에서는 각국의 경쟁적 북극 진출에 대해 국제사회에 대한 기여와 함께 정책결정에 핵심이 될 수 있는 정보망을 갖추게 될 것이다. 동토환경에 적응된 원주민들에게 생기는 갑작스럽게 변화된 삶을 비북극권 국가인 우리나라가 개선하고 적응하는데 도움을 줄 수 있다.

위성확보를 통해 예상할 수 있는 폭넓은 국제사회의 기여와 국내 인프라의 확충 등은 극지 위성정보 인큐베이션 센터라는 종합적인 정보 운영망을 통해 가능할 것이다. 온난화에 의한 극지 환경변화는 예상을 넘어선다. 이러한 환경변화에 능동적 대응을 하기 위해 인공위성 관측자료들이 효과적으로 사용될 것이다. 해빙이 줄어든 곳, 동토가 변하고 있는 곳, 그리고 그러한 변화가 일어난 시기와 일어날 시기 예측 등이 가능할 것이다. 이러한 정보는 북극항로라는 해상 실크로드에 절대적인 정보역할을 할 것이며, 실크로드에 의한 신흥 경제 기득권을 확보할 수 있을 것이다. 삼면이 바다인 한국이 북극해 이용 선박의 허브 항으로서 사용될 수 있도록 한국을 허브 항으로 사용하는 선사들에게 정밀한 북극해 정보를 제공하는 것이나, 쇄빙선을 설계·제작하기 위한 해빙환경 정보를 고도화함으로써 예산 절감 등 국제 경쟁력을 선점할 수 있게 될 것이다. 또한, 효과적인 북극항로 예측 및 무인항해가 가능한 스마트 쇄빙선의 길잡이 역할(자동 항법장치)도 극지 빙권 관측위성 정보가 할 것이다. 극지는 아직도 알려지지 않은 미답지와 기존의 정보를 뒤엎을 자연 변화가 생길 개연성이 있다. 그러한 미답지 확보에 천리안의 역할을 할 것이며, 변화된 정보를 사전에 알려줄 파수꾼의 역할을 할 것이다. 끝으로 해빙의 감소와 동토의 변화로 인해 삶의 터전과 전통이 무너지고 있는 원주민의 삶에 직접 활용될 수 있는 빙권 정보를 제공해 줌으로서 인류에 기여할 수 있는 기회가 확대되고, 이를 통해 우리나라의 경제적 과학적사회적 위상이 국제사회에서 높아질 것이다.

□사진8. 극지 빙권 관측위성 운용과 북극 해상 실크로드를 위한 극지위성정보 인큐베이션.
자료출처: 극지연구소 위성탐사빙권정보센터

마치는 말

지금까지 북극 변화에 대한 앞선 정보력과 이를 이용한 북극해 활용 시대를 대비하기 위해 북극 빙권 관측위성 개발 운영에 대해 설명하였다. 북극은 기후변화 이해를 위해 많은 과학자들이 관심을 가지고 있는 곳이다. 특히 줄어드는 해빙과 연계된 여러 가지 자연현상의 이해는 금세기 인류의 숙제이다. 동시에 온난화에 의해 급격히 변화하는 환경에 능동적으로 대비하는 것도 각국이 준비해야 할 숙제이다. 정부에서 표방하고 있는 북방경제협력과 연계한 여러 정책도 우리가 보유한 정보의 규모에 의존하게 될 것이다. 극지 관측위성은 이러한 외적인 변화에 적극 대응하기 위한 선제적 방법이다.

잠재적인 기술력과 미래에 대한 도전을 준비하고 있는 우리나라는 선도적인 대응을 위해 다양한 분야의 협력을 통한 북극권 활용에 집중해야 한다. 열 마디의 말보다는 한 번의 행동이 중요하고, 열 번의 약속 보다는 한 번의 이행이 중요하다. 선진국에서 북극 빙권관측위성을 여러 기 준비하는 것도 이유가 있었다. 우리는 늦지 않았다. 그동안 인공위성 원격탐사 기술력 확보를 통해 국제사회에 기여함으로써 역사상 최대 규모의 북극해 관측 프로그램인 MOSAiC에 능동적으로 참여했듯이 우리가 가진 잠재적 기술력을 대외적으로 보여줄 필요가 있다. 우리가 보유하고 있는 위성개발의 저력, 그리고 위성자료를 활용한 자연현상을 이해하는 기술은 이제 선진국의 궤도에 올라섰다.

미래는 정보이며, 북극 빙권 관측 위성의 독자적 개발과 운용은 비북극권 국가로서 북극활동을 적극 나설 수 있는 열쇠이다. 그동안 극지 인공위성 원격탐사는 머릿속에 들어있는 지식과 기술력으로 현재까지 국제사회에 입지를 다져 왔다. 이제는 본격적으로 나설 때가 되었다. 우리나라가 운용하는 극지 빙권 관측 위성의 모습이 기대된다. 또 이를 이용하여 과학, 산업, 정책, 인문분야에 함께할 수 있는 지식의 재창출을 위해 극지위성정보 인큐베이션 센터 구축을 통한 극지분야 4차 산업혁명에 적극 대응하는 날이 기대된다. 집약된 과학 기술을 바탕으로 온난화에 의한 이상기후와 같은 국민 체감형 문제에 적극 대비하고, 북방경제협력을 위한 경제영토 확대, 그리고 인류에 기여할 수 있는 과학영토 확대의 숙제는 이제 정책결정자들의 몫으로 진취적인 결정이 남아 있다.

참고문헌

1. 국내 문헌

· 김현철, “극지과학자가 들려주는 원격탐사 이야기”, 지식노마드

· 김현철 외, “한국의 극지 원격탐사“, 대한원격탐사학회지, 34(6-2), 2018

· 김현철 & 채태병, “Status of Korean Research Activity on Arctic Sea Ice Monitoring using KOMPSAT-series Satellite”, 한국지구과학회지(영문호), 40(4), 2019

· 김현철, ‘역사상 최대 규모의 국제공동 북극탐사 연구: 모자익’, 극지와 사람, 2, 2019

2. 외국 문헌

· Serreze & Stroeve, “Arctic sea ice trends, variability and implications for seasonal ice forecasting”, Philosophical Transactions of the Royal Society A, 373(2045): 20140159, 2015

· 박정원 & 김현철 외, “Radar backscattering changes in Arctic sea ice from late summer to early autumn observed by sapce-born X-band HH-polarization SAR”, Remote sensing Letters 7, 2016

· 김백민 외, “Major causes of unprecedented Arctic warming in January 2016: Critical role of an Atlantic windstrom’, Scientific Reports 7, 40051, 2017

· 한향선 & 김현철, “Evaluation of summer passive microwave sea ice concentrations in Chukchi Sea based KOMPSAT-5 SAR and numerical weather prediction data”, Remote Sensing of Environment 209, 2018.

3. 기타자료

· MOSAiC 정보 공유 사이트 : https://mosaic-expedition.org

· 해양수산부 : https://www.mof.go.kr

· 극지연구소 : https://www.kopri.re.kr

· 극지연구소 위성탐사 빙권정보센터 : https://rs.kopri.re.kr

· 미국국립빙설자료센터 ; https://nsidc.org

· 한국항공우주연구원 : https://www.kari.re.kr

· 아리랑위성 : https://www.kari.re.kr/kor/sub03_02_01.do