

AMSR-E 위성자료를 이용한 북극 해빙 면적의 연변동 및 계절변동 조사

나재호 *, 양찬수

한국해양연구원 해양위성센터
경기도 안산시 상록구 사2동 1270번지
najaeho@kordi.re.kr, yangcs@kordi.re.kr

Annual and Seasonal Variations of Sea Ice in the Arctic Using AMSR-E

Jae-Ho Na *, Chan-Su Yang

Ocean Satellite Center, Korea Ocean Research and Development Institute
Sa2-dong 1270, Sangnok-gu, Ansan, Gyeonggi-do, 426-744, Korea
TEL : 82-31-400-7686, FAX : 82-31-400-7606

요약: 북극의 환경은 전 지구적으로 환경변화에 민감하다. 그중 해빙의 증가 및 감소는 지구의 온난화 진행의 지표로 작용을 한다. 따라서 향후 지구온난화의 진행 상황을 예측하기 위하여 북극 해빙 면적의 변화에 대한 지속적인 모니터링이 이루어져야 한다. 북극의 지역적, 환경적 특성상 인공위성을 이용한 원격탐사가 가장 효과적이며 1970년대부터 수동 마이크로파 센서를 이용한 해빙관찰을 시작하였다. 현재 해빙원격탐사기술의 현황은 광학센서, 수동마이크로파센서, SAR 화상 등을 이용하고 있는데 이중 본 연구에서는 수동 마이크로파 센서인 AMSR-E를 이용하여 북극을 중심으로 북위 60° 이내의 지역에서 2002년~2009년 동안의 북극해빙 면적에 관한 데이터를 획득하고 북극 해빙 전체면적의 증가 및 감소에 관한 변화를 관측하였다.

1. 서 론

1973년 이후 인공위성에 탑재된 마이크로파 방사계로 극야의 계절을 포함하여 연중의 해빙분포가 큰 규모로 관측될 수 있게 되었다. 겨울철(3월)에는 북극해 중에서 바렌츠 해의 일부를 남기고 전면이 해빙으로 덮이며 그 주변의 빙역, 허드슨(Hudson)만, 배핀 만, 래브라도해, 그린란드해, 발트 해, 오헤츠크 해, 베링 해까지 북반구 해빙역이 확대된다. 북위 66.5°선이 아이슬란드의 북쪽 해안 부근에 있어 그린란드해 동부, 노르웨이해 북부, 바렌

츠 해 남부는 극야의 계절에도 얼지 않고 광대한 해면을 유지한다. 북극해와 허드슨 만은 매년 겨울 거의 전역에 걸쳐 해빙이 나타나지만, 그 이외 주변 해역의 해빙역은 해마다 해빙이 차지하는 비율이 크게 변화한다.

9월에는 북극해 중앙부의 해빙만이 다년빙이 되어 녹지 않고 남는다[1]. 이 다년해빙역은 몇 개의 아이스마시프가 모인 것으로 해마다 변동하고 면적도 변화한다. 더욱이 그 위치도 해마다 한쪽으로 치우친다. 시베리아 연안에 가까워지는 해와 알래스카, 캐나다 연안에 가까워지는 해가 있으며 북극해 항로에서는 그 동향을 감시하고 파악할 필요가 있다.

2. 연구지역 및 위성자료

본 논문의 연구지역은 랍테프 해(Laptev Sea), 추크치 해(Chukchi Sea), 동시베리아 해(East Siberian Sea), 뷔퍼트 해(Beaufort Sea), 그린란드 해(Greenland Sea), 그리고 허드슨 만(Hudson Bay)으로 이 지역들은 모두 북극 해의 가장자리에 위치한다. 이러한 북극해의 가장자리 지역은 겨울철에 해빙이 넓은 범위에 걸쳐 분포하지만 여름철에는 대부분이 녹는 계절적 해빙지역에 해당한다. 또한, 그 위치변동이 매우 크며, 다면해빙역의 중심위치도 변동하고 있다. 이와 같은 변동은 기후변동 및 기후변화의 관점에서 중요하다고 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 해빙의 계절 변동 특성 및 연변동을 조사하고자 한다.

그림 1과 같이 북극점을 중심으로 이 지역들을 포함하는 북위 60°이내 지역을 연구지역으로 선정하고 2003년에서 2008년 까지 2190 개의 화상을 획득하였다.

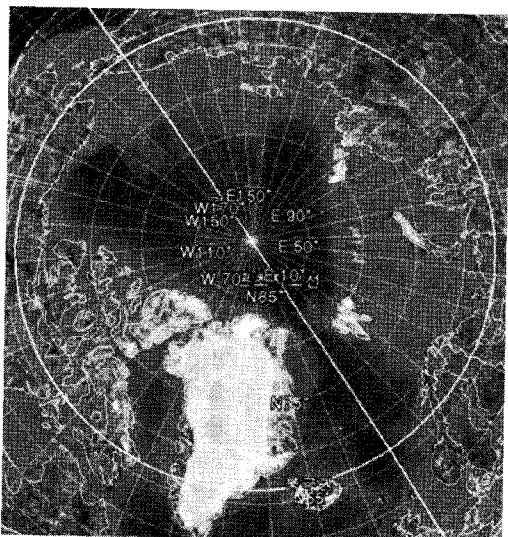


그림 1. 연구지역 (북위 60° 이내)

수동마이크로파 센서는 광학센서에 비하여 기상상태나 빛의 유무에 영향을 적게 받는다. 수동마이크로파 센서를 이용한 해빙관찰

은 1970년대부터 시작하였다. 대표적인 수동 마이크로파 센서 중 하나인 AMSR-E(Advanced Microwave Scanning Radiometer-Earth Observing System)는 2002년 NASA Earth Observing System (EOS) Aqua위성에 탑재되어 운용되고 있으며 물과 에너지 순환에 대하여 땅, 대기, 해양에 관한 정보를 제공한다. 구성은 6.9, 10.7, 18.7, 23.8, 36.5, 89.0GHz의 수직편파(vertical polarization), 수평편파(horizontal polarization)의 12개 채널과 6개 주파수로 이루어져 있다. 본 논문에서는 12.5km 해상도의 AMSR-E의 데이터를 사용하였다.

AMSR-E 데이터는 5가지의 지구물리학적 정보를 갖고 있다. 해수면의 온도(SST), 표면 풍속(WSPD), 대기수증기(VAPOR), 구름(CLOUD), 강수량(RAIN)이다. 본 연구에 사용된 AMSR-E 해빙데이터에서는 얼음의 양이 0% 이상이면 얼음지역으로 결정한다.

위성이 받는 복사는 밝기온도(T_b)로 표현이 되며 다음 식에 의하여 계산된다[2].

$$T_b = T_{bw} C_w + T_{bi} C_i$$

T_{bw} : 개빙구역에 대한 밝기온도

T_{bi} : 해빙에 대한 밝기온도

C_w : 시야범위내의 개빙구역 부분

C_i : 시야범위내의 해빙밀도 부분

해빙의 밀도(C_i)는 해빙이 덮고 있는 일정한 지역에 대한 해빙이 차지하는 비율이며 다음 식에 의해 계산된다.

$$C_i = (T_b - T_{bw}) / (T_{bi} - T_{bw})$$

3. 해빙 면적변화

그림 2는 2003년부터 2008년까지 각 연도별 해빙의 면적에 대한 그림이며 6년간의 평균 해빙면적에 대한 그래프를 같이 표시하여 해빙의 면적동향을 파악하였다. 해빙의 면적은

계절에 따라 줄어들고 늘어나길 반복하지만 전체적인 면적은 줄어들고 있는 것을 볼 수 있다.

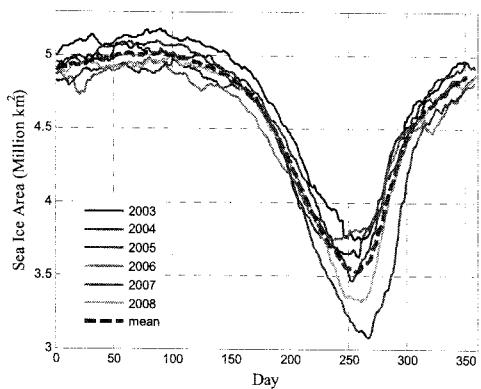


그림 2. 연도별 해빙면적변화

그림3은 6년간 평균 해빙면적을 기준으로 연도별 해빙면적의 변동특성곡선이다. 6년간의 짧은 데이터로 향후 변동을 추정하기에는 무리가 있지만 선형화 하였을 때 해빙의 면적은 연간 44,000km²의 해빙이 사라지고 있는 것을 확인 할 수 있다.

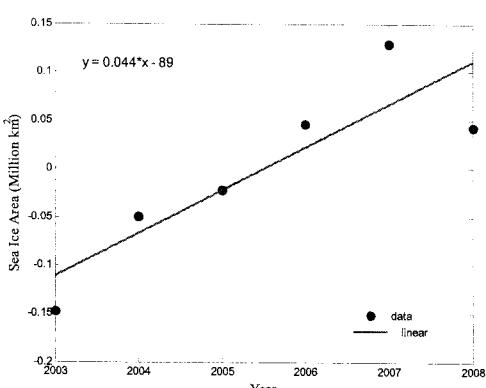


그림 3. 연도별 해빙면적의 변동특성곡선

해빙의 면적은 그림 4와 같이 3월이면 최대의 면적을 갖는다. 대략적인 면적은 500만km²이다.

2002년부터 2008년까지 해빙의 면적이 최대가 되는 시점에서 면적변화 추이를 살펴보기 위해 그림 5와 같이 그린란드해

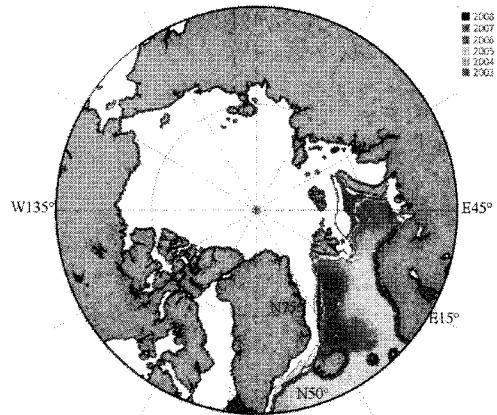


그림 4. 해빙의 최대면적 (3월)

와 바렌츠해를 중심으로 조사를 하였다. 변화가 활발한 부분을 중심으로 확인한 결과 스발바드섬과 그린란드 주변에서 해빙의 면적이 줄어들고 있는 추세인 것을 확인할 수 있다. 스발바드 제도를 중심으로 북쪽과 남쪽에서 다소 다른 패턴을 보이고 있으나, 아이슬란드 북쪽에서는 다소 해빙면적이 감소하고 있으며, 남쪽에서는 그 면적이 증가하고 있다.

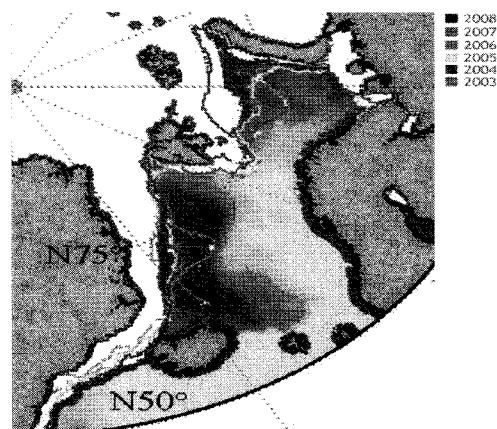


그림 5. 연간 최대 해빙면적변화 (2008년

기준 분포도)

북극해를 둘러싼 유라시아 대륙과 북미 대륙에는 북극해로 흘러 들어가는 큰 하천이 많은데 스발바드섬으로 유라시아 대륙으로부터 흘러들어가는 오비강이 영향

을 미치는 것을 알 수 있다.

해빙면적이 최소가 되는 시점은 9월이며 대략적인 크기는 370만 km²이다. 그림 9월에는 북극해 중앙부의 해빙만이 다년빙이 되어 녹지 않고 남는다.

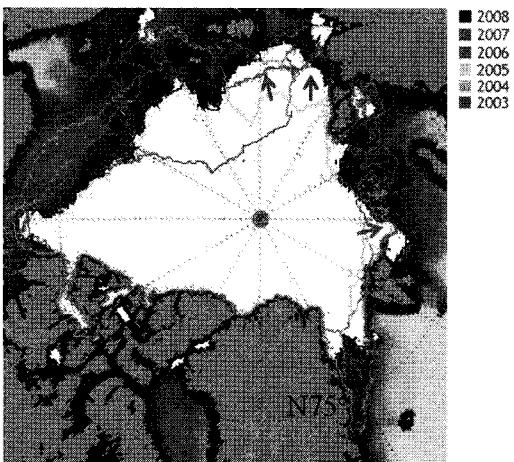


그림 6. 연간 최소 해빙면적변화

이 다년해빙역은 몇 개의 아이스마시프가 모인 것으로 해마다 변동하고 면적도 변화한다. 더욱이 그 위치도 해마다 한쪽으로 치우친다. 그림 6은 해빙의 면적이 최소가 되는 시점의 연간 해빙면적의 변화에 대한 추세를 나타내며 캐나다, 알래스카 연안에서 북극점으로의 이동이 가장 활발하게 발생하고 있다.

4. 결론

북극점을 중심으로 북위 60°이내 지점에서의 해빙면적에 대한 변화를 알아보기 위하여 AMSR-E 데이터를 이용하였다. 2006년부터 2008년까지 6년간의 데이터를 이용하여 변동추이를 살펴보았고 연간 해빙의 감소량이 약 44,000km²으로 추정하였으며 해빙이 줄어들고 있는 방향을 살펴보았다. 해빙 밀도 정보가 있는 다년간 데이터 확보의 문제로 해빙의 밀도 정보가 없는 데이터를 이용하여 해빙면적에

대한 변화를 계산하였으며 이후에 해빙밀도가 있는 데이터를 0%와 신뢰구간인 15%를 밀도별 비교하여 해빙의 밀도 정보가 없는 데이터에서 발생가능 한 오차를 추출하였다. 향후 보다 정확한 검증 및 평가를 위하여 고해상도 광학 센서 및 SAR 센서와 현장 자료의 동시관측이 요구된다.

감사의 글

본 연구는 기초기술연구회 협동연구과제 “북극권 해역의 해색위성자료의 검보정과 해빙 모니터링” 및 “해양활용 연구” 수행의 결과이다.

참고문헌

- [1] 일본선박해양재단, 북극해 항로 동아시아와 유럽을 잇는 최단의 비단길, 한국해양연구원, pp.39~43
- [2] Cavalieri, D. and J. Comiso. 2000. Algorithm Theoretical Basis Document for the AMSR-E Sea Ice Algorithm, Revised December 1. Landover, MD, USA: Goddard Space Flight Center.
- [3] Shirasawa, K., M. Lepparanta, T. Saloranta, T. Kawamura, A. Polomoshnov, and G. Surkov, 2005. The thickness of coastal fast ice in the Sea of Okhotsk, *Cold Regions Science and Technology*, 42(1): 25-40.
- [4] Thorsten Markus, "AMSR-E Algorithm Theoretical Basis Document: Sea Ice Products," NASA Goddard Space Flight Center
- [5] Mark C. Serreze et al. "Diagnosis of the record minimum in Arctic sea ice area during 1990 and associated snow cover extremes," *Geophysical Research Letters*, Vol.22, No.16, 1995, pp.2183~2186
- [6] Stefan Kern et al, "A Comparison of Two 85-GHz SSM/I Ice Concentration Algorithms With AVHRR and ERS-2 SAR Imagery," *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, Vol.41, No.10
- [7] Francis Gobin, "Arctic Ocean Multiyear Ice Concentration between SSM/I Estimation and Scatterometer Data," *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, Vol.4, 1998, pp.1951~1998