

수동 마이크로파 센서 및 SAR에 의한 북극해빙 모니터링

† 양찬수

† 한국해양연구원 해양위성센터

요약 : 북극의 환경은 해빙의 변동에 민감하게 반응하며, 해빙(sea-ice)의 증감은 지구 온난화의 지표이기도 하다. 따라서, 지구의 기후변동의 과정을 이해하고 예측하기 위해서는, 북극 해빙의 변동에 대한 지속적인 모니터링이 이루어져야 한다. 이를 위한 방법으로, 1970년대부터 인공위성의 원격탐사방법인 수동마이크로파 센서를 사용해 왔으며, 해빙의 면적과 유형을 판단하는데 효과적이다. 본 논문에서는, 북극 해빙분포의 계절 및 연 변동의 특성을 이해하기 위하여, 북위 60이상에 대한 2002년 7월부터 2009년 5월까지의 수동마이크로파 센서 AMSR-E 12.5km 해빙농도(SIC)자료(기존 수동마이크로파 센서보다 2배의 해상도)를 사용하였다. 여름 최저 해빙역 시점의 자료에 의하면, 북극 해빙면적은 점차 줄어드는 추세를 나타내고 있으며, 그 감소율은 연간 3.1%로 이것은 약 0.2백만km²의 해빙이 줄어들고 있다는 것을 의미한다.

핵심용어 : 북극, 해빙, 항로

1. 서론

북극해의 겨울철(3월)에는 북극해 중에서 바렌츠 해의 일부를 남기고 전면이 해빙으로 덮이며 그 주변의 빙역, 허드슨(Hudson)만, 배핀 만, 래브라도해, 그린란드해, 발트 해, 오호츠크 해, 베링 해까지 북반구 해빙역이 확대된다. 북위 66.5°선이 아이슬란드의 북쪽 해안 부근에 있어 그린란드해 동부, 노르웨이해 북부, 바렌츠 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.

본 논문에서는, 기존의 수동마이크로파 센서보다 2배의 해상도를 갖고 있는 AMSR-E를 이용하였으며, 일별 북극 해빙 자료를 생산하고, 이를 이용하여 해빙 경계선의 위치, 1년빙(First-year ice) 이하와 1년생에서 7년생까지의 다년빙(Multi-year ice) 정보를 추출하였다. 이를 기반으로 각 연령대별 해빙의 변동을 해석하였다. 또한, 비교적 짧은 기간(2002년 7월 - 2009년 5월)에 대해서 북극 해빙분포의 변화를 북극해 항로와 관련성이 깊은 해역을 중심으로 계절 및 연 변동의 특성을 이해하고자 하였다.

2. 해빙 면적변화

그림 1은 북극해를 중심으로 베링해부터 바렌츠해까지

북극 인근해협을 포함하는 북위 60°이상의 북반구 지역을 나타낸 것으로 해빙농도를 나타낸다. 그림 2는 2003년부터 2008년까지 각 연도별 해빙의 면적에 대한 그림이며 6년간의 평균해빙면적에 대한 그래프를 같이 표시하여 해빙의 면적동향을 파악하였다. 해빙의 면적은 계절에 따라 줄어들고 늘어나길 반복하지만 전체적인 면적은 줄어들고 있는 것을 볼 수 있다.

해빙의 면적은 그림 3과 같이 3월이면 최대의 면적을 갖는다. 대략적인 면적은 500만km²이다. 2002년부터 2008년까지 해빙의 면적이 최대가 되는 시점에서 면적변화 추이를 살펴보기 위해 그린란드해와 바렌츠해를 중심으로 조사를 하였다. 변화가 활발한 부분을 중심으로 확인한 결과 스발바드섬과 그린란드 주변에서 해빙의 면적

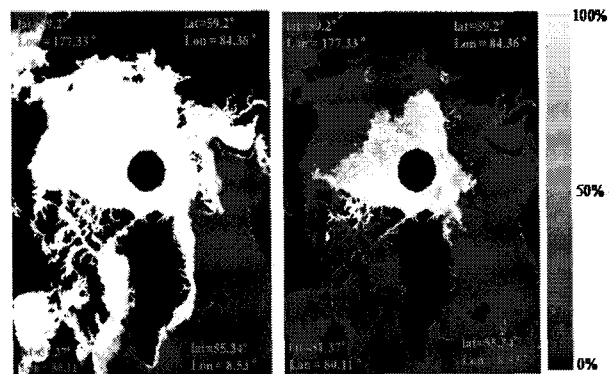


그림 1 연구지역 및 위성 데이터 소개

이 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. 북극해를 둘러싼 유라시아 대륙과 북미대륙에는 북극해로 흘러 들어가는 큰 하천이 많은데 스발바드섬으로 유라시아 대륙으로부터 흘러들어가는 오비강이 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 해빙면적이 최소가 되는 시점은 9월이며 대략적인 크기는 370만 km^2 이다. 그림 9월에는 북극해 중앙부의 해빙만이 다년빙이 되어 녹지 않고 남는다.

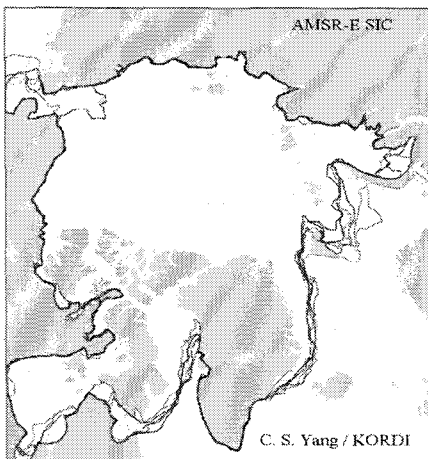


그림 2. 연도별 해빙면적변화

3. 결론

수동마이크로파 센서인 AMSR-E를 이용하여 2002년부터 2009년 동안의 북극 해빙 면적에 대한 데이터를 획득하였고 이 데이터를 이용하여 해빙 면적의 변동사항에 대하여 조사하였다. 해빙 면적이 최대가 되는 3월에는 베링해, 바렌츠해, 래브라도해에서 변화가 활발하게 발생하며 전체면적은 약 15.5백만 km^2 에서 14 백만 km^2 까지 대략 줄어들었다가 늘어나는 변화가 발생하였다. 반면에 해빙의 면적이 최소가 되는 9월에는 동시베리아해에서 북극 점을 향한 지점에서 많은 변화가 발생하고 주로 북동항로(Northeast Passage)주변에서 변화가 발생한다. 해빙의 면적은 점차 줄어드는 추세를 나타내고 2006년 9월에 비하여 2007년 9월 2백만 km^2 의 해빙면적이 줄어드는 급격한 변화가 발생하였다. 해빙면적이 최소가 되는 시점의 데이터를

기준으로 해빙면적감소에 대한 선형 식을 제시하였으며 연간 면적의 3.1%인 약 0.2백만 km^2 의 해빙이 줄어들고 있다. 8년간의 해빙자료를 기반으로 추정된 결과이며 향후 해빙변동사항에 대한 정확한 예측을 위하여 지속적인 모니터링과 고해상도의 합성개구레이더와 연계 연구가 필요할 것으로 보인다.

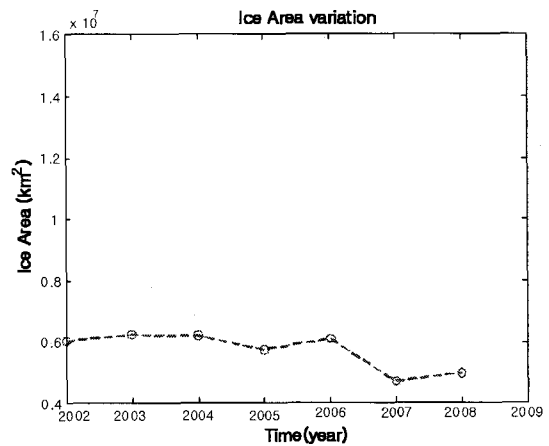


그림 3. 연간 최소 해빙면적변화

감사의 글

본 연구는 기식경제부 국가연구개발사업 “극지용 저온 설계 및 Winterization 평가 기술” 및 기초기술이사회 “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