

SSM/I 및 SSMIS 해빙 면적비 자료를 이용한 아라온호의 항해 경로 분석

Analysis of sea route of the Araon by using SSM/I and SSMIS sea ice concentration

김연춘, 지영훈, 한향선, 이훈열*

Yeonchun Kim, Younghun Ji, Hyangsun Han, and Hoonyol Lee*

강원대학교 지구물리학과

요약 : 남극 장보고 과학기지 주변 해역에는 연중 해빙이 넓게 분포하고 있어 쇄빙선의 항해에 매우 큰 영향을 미치고 있다. 이 연구에서는 수동 마이크로파 센서인 Special Sensor Microwave/Imager (SSM/I) 및 Special Sensor Microwave Imager/Sounder (SSMIS)의 최근 10년간 해빙 면적비 자료와 우리나라의 쇄빙 연구선인 아라온호의 2010 - 2012년 항해 경로를 이용하여 장보고 과학기지 방문을 위한 쇄빙선의 최적 항로와 항해 가능 기간을 분석하였다. 아라온호는 최대 78%의 해빙 면적비를 보이는 지역까지 항해가 가능하였다. 아라온호의 항해속도는 70%의 해빙 면적비까지는 전체 항로에 대한 평균속도(11 kn)에 근접한 속도를 나타냈다. 이에 따라 아라온호는 70% 이하의 해빙 면적비까지 안정적인 항해가 가능하다고 판단하였다. 2010 - 2012년에 아라온호가 항해한 경로에 대해, 최근 10년 동안의 해빙 면적비 자료로부터 70% 이하의 해빙 면적비를 나타내는 연중 항해 가능 기간을 도출하였다. 2010년과 2011년의 항로에 대한 10년 동안의 연중 최대 항해 가능 기간은 각각 연 61일과 62일이었으나, 2012년의 아라온호 항해 경로는 최소 연 15일에서 최대 연 89일로 분석되었다. 이를 통해 2012년에 운항한 아라온호의 항로가 장보고 과학기지 방문을 위한 쇄빙선의 최적 항로임을 제시할 수 있었다.

1. 서론

남극해의 광범위한 해빙 분포는 전 지구적 기후 및 환경 특성 변화에 매우 큰 영향을 미칠 뿐만 아니라(Parkinson, 2004), 극지방에서의 항해를 방해하는 대표적인 요인으로 작용하고 있다. 특히 2014년에 완공된 우리나라의 남극 대륙기지인 장보고 과학기지의 전방 해역인 로스 해(Ross Sea)에는 연중 해빙이 넓게 분포하고 있

어, 쇄빙 연구선인 아라온호의 항해에 매우 큰 영향을 미치고 있다. 따라서 해빙의 분포특성을 고려하여 장보고 과학기지 방문을 위한 쇄빙선의 안전한 항해경로와 항해 가능 기간의 분석이 필요하다.

남극의 해빙은 그 분포범위가 매우 광범위하기 때문에 넓은 지역을 동시에 관측할 수 있는 인공위성 원격탐사가 해빙 연구에 보편적으로 사용되고 있다

* 교신저자: 이훈열 (hoonyol@kangwon.ac.kr)

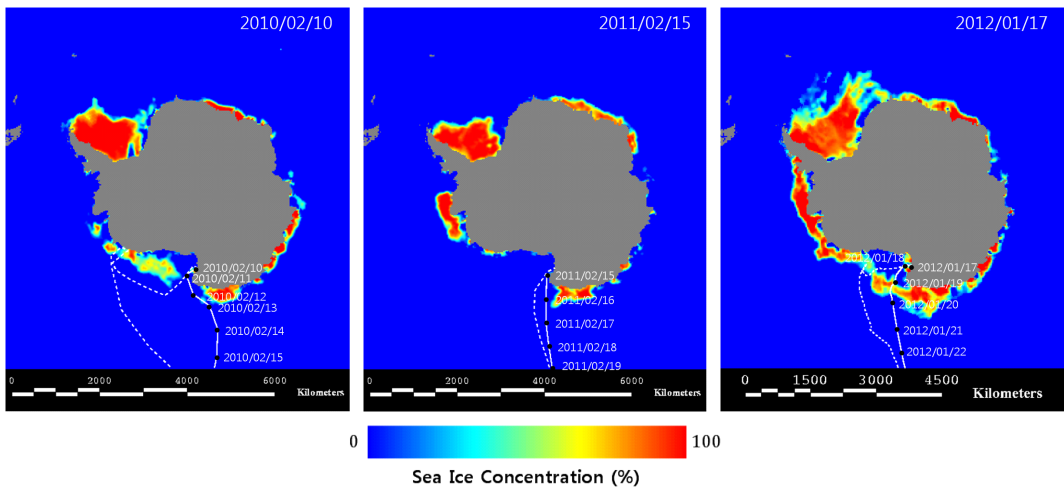


Fig. 1. The sea route of the Araon from New Zealand to the Jangbogo Antarctic Research Station (dotted line) and that from the Jangbogo Antarctic Research Station to New Zealand (solid line) in (a) 2010, (b) 2011 and (c) 2012.

(Thomas and Dieckmann, 2003). 특히 수동 마이크로파 센서는 수십 km의 저해상도로 지표의 밝기온도(brightness temperature)를 관측하지만, 매일 북극과 남극 전역을 관측할 수 있는 장점이 있어 해빙 연구에 매우 유용하게 사용되고 있다(Cavalieri *et al.*, 1997; Lee and Han, 2008; Han and Lee, 2007; 2011).

현재까지 해빙과 관련된 많은 연구들은 해빙 분포와 면적의 변화, 두께 추정, 해빙 면적비 추출 알고리즘의 개발 및 평가에 집중하고 있다. 우리는 쇄빙선의 항로에 대해 해빙의 분포특성을 시계열적으로 분석하고, 이를 통해 안전한 항해가 가능한 항로를 제시할 수 있을 것으로 판단하였다.

이 연구에서는 SSM/I 및 SSMIS 해빙 면적비 자료를 이용하여 2010 - 2012년에 장보고 과학기지를 방문한 아라온호의 3개 항로에 대해 최근 10년간의 해빙 면적비 변화를 분석하였다. 이를 통해서 아라온호가 안정적으로 항해할 수 있는 해빙 면적비를 정의하였고, 각각의 항해경로에

따른 연중 항해 가능 기간을 도출하였다. 그리고 아라온호가 항해한 3개의 항로 중에서 남극 장보고 과학기지로 접근하기 위한 최적의 항로를 제시하였다.

2. 연구자료

2010, 2011, 2012년에 장보고 과학기지를 방문한 아라온호의 항해경로가 연구에 사용되었다. 항해경로에 대한 최근 10년간의 해빙 면적비 변화를 분석하기 위해 수동 마이크로파 센서인 SSM/I와 SSMIS로 관측된 남극의 해빙 면적비를 이용하였다. National Snow and Ice Data Center에서는 북극과 남극에 대해 NT 알고리즘으로 계산된 SSM/I, SSMIS의 일평균 해빙 면적비 자료를 제공하고 있다. 이 연구에서는 2003년 1월부터 2006년 12월까지의 SSM/I 일평균 해빙 면적비, 2007년 1월부터 2014년 5월까지의 SSMIS 일평균 해빙 면적비 자료를 이용하였다.

3. 연구방법

Fig. 1은 2010, 2011, 2012년 아라온호의

Table 1. Speed of the Araon and sea ice concentration (SIC) in the sailing route from the Jangbogo Antarctic Research Station to New Zealand (B - path)

Sailing period through B - path (yy/mm/dd - yy/mm/dd)	Sailing speed (kn)			SIC (%)	
	min.	max.	mean	min.	max.
10/02/10 - 10/02/15	6.79	13.54	10.73	0	72
11/02/15 - 11/02/19	10.92	13.22	12.17	0	0
12/01/17 - 12/01/22	4.51	12.78	10.53	0	78

항해경로를 SSMIS 해빙 면적비 영상에 도시한 것이다. 점선으로 표시한 항로는 뉴질랜드에서 출발하여 장보고 과학기지에 도착하는 경로(A - 경로)이며, 실선으로 표시한 항로는 장보고 과학기지에서 출발하여 뉴질랜드에 도착하는 경로(B - 경로)이다. 아라온호의 A-경로에 해양조사와 같은 연구 활동이 대부분 집중되어 있어, 아라온호의 최적 항로 도출에는 B - 경로만을 이용하였다.

아라온호가 항해한 날짜에서의 SSMIS 해빙 면적비를 항해속도와 연계 분석하여, 아라온호가 항해할 수 있는 최대 해빙 면적비를 구하였다. 아라온호의 2010-2012년 B - 경로에 대한 항해 가능한 해빙 면적비의 최댓값을 추출하여 항해 가능 기간을 도출하였다. 추출된 해빙 면적비 최댓값이 아라온호가 항해 가능한 최대 해빙 면적비보다 작게 나타나는 기간을 쇄빙선의 항해 가능 시기로 정의하였다.

4. 연구결과 및 토의

2010 - 2012년의 B - 경로에 대한 아라온호의 항해속도와 아라온호가 항해한 해빙 면적비를 Table 1에 정리하였다. 2010년과 2012년에 아라온호는 최대 78%의 해빙 면적비를 나타내는 구간까지 항해가 가능하였고, 장보고 과학기지에서 출발하여 뉴질랜드에 도착하는 동안 약 11 kn의 평균 항해속도를 보였다. 2011년의 경우 아라온

호는 해빙 면적비가 0%인 경로만을 항해하였으며, 12.17 kn (22.54 km/h)의 평균 항해속도를 나타냈다. 특히 2012년 아라온호는 70 - 78%의 해빙 면적비를 보이는 구간에서 8.63 kn (15.98 km/h)의 속도를 나타냈다. 그러나 70% 이하의 해빙 면적비에서 10 - 12 kn (18 - 22 km/h)의 항해속도를 나타냈으며, 이는 2012년의 B - 경로 전체에 대한 평균 항해속도(10.53 kn)와 비교하여 차이가 크지 않았다. 따라서 아라온호는 최대 70%의 해빙 면적비까지 안정적인 항해가 가능함을 알 수 있었다.

2010년과 2011년에 아라온호가 항해한 B - 경로의 경우, 연간 항해 가능 기간은 최대 61일과 62일로 분석되었다. 그러나 70% 이하의 해빙 면적비가 관측되지 않아, 항해 가능 기간이 전혀 도출되지 않는 연도가 일부 포함되었다. 반면 2012년에 아라온호가 항해한 B - 경로는 최근 10년 동안 70% 이하의 해빙 면적비를 나타내지 않는 경우가 없었으며, 연간 항해 가능 기간은 최소 15일에서 최대 89일로 분석되었다.

아라온호가 장보고 과학기지까지 도착하는데 소요되는 시간이 약 일주일인 것을 고려하면, 최소 15일의 항해 가능 기간이 확보될 수 있는 2012년의 B - 경로가 장보고 과학기지 방문에 유용하게 사용될 수 있다. 특히 2012년의 B - 경로는 2005년에 3개월에 가까운 항해 가능 기간을

보였는데, 이러한 경우 장보고 과학기지로의 보급 및 하역을 위한 항해뿐만 아니라 하계기간 동안 장시간의 연구 활동을 위한 항해에도 적합하다고 할 수 있다.

5. 결론

이 연구에서는 SSM/I와 SSMIS로부터 2003년 1월 - 2014년 5월의 남극 해빙 면적비 자료와 아라온호의 2010 - 2012년 항해경로를 이용하여, 장보고 과학기지로의 최적 항로를 분석하였다. 아라온호는 최대 78%의 해빙 면적비를 보이는 구간까지 항해하였으며, 70%의 해빙 면적비까지는 평균 항해속도에 근접한 속도로 항해가 가능하였다. 이에 따라 아라온호는 70% 이하의 해빙 면적비에서 안정적인 항해를 할 수 있다고 판단하였다. 그리고 2010 - 2012년에 아라온호가 항해한 경로에 대해 최근 10년 동안 70% 이하의 해빙 면적비를 나타내는 기간, 즉 항해 가능 기간을 도출하였다. 2010년과 2011년에 아라온호가 이용한 항로는 연간 최대 60여 일의 항해 가능 기간이 도출되었고, 2012년에 아라온호가 운항한 경로의 항해 가능 기간은 최소 15일에서 최대 89일로 분석되었다. 이를 통해 2012년에 아라온호가 운항한 경로를 장보고 과학기지 방문을 위한 선박의 최적 항로로 제시할 수 있었다.

사사

이 논문은 한국연구재단의 이공분야 기초연구사업(NRF - 2013R1A1A2008062)과 거대과학연구개발사업(NRF - 2013M1A3A3A02041853)의 지원을 받았으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

Cavalieri, D.J., P. Gloersen, C.L. Parkinson, J.C. Comiso, and H.J.

Zwally, 1997. Observed hemispheric asymmetry in global sea ice changes, *Science*, 278(5340):1104 - 1106.

Han, H. and H. Lee, 2007. Comparative study of KOMPSAT - 1 EOC Images and SSM/I NASA Team sea ice concentration of the Arctic, *Korean Journal of Remote Sensing*, 23(6):507 - 520 (in Korean with English abstract).

Han, H. and H. Lee, 2011. Microwave radiation characteristics of glacial ice in the AMSR - E NASA Team2 algorithm, *Korean Journal of Remote Sensing*, 27(5):543 - 553 (in Korean with English abstract).

Lee, H. and H. Han, 2008. Evaluation of SSM/I and AMSR - E sea ice concentrations in the Antarctic spring using KOMPSAT - 1 EOC images, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 46(7):1905 - 1912.

Parkinson, C.L., 2004. Southern Ocean sea ice and its wider linkages: insights revealed from models and observations, *Antarctic Science*, 16(4):387 - 400.

Thomas, D.N. and G.S. Dieckmann, 2003. *Sea ice: An Introduction to Its Physics, Chemistry, Biology, and Geology*, Blackwell Science, Oxford, UK.