

북극 해빙역에서 위성마이크로파 밝기온도와 해빙점유율의 상관관계 분석

임민정, 이상무

서울대학교 지구환경과학부

지구 온난화로 인한 극지방의 해빙 변화는 해수면 상승, 기후 패턴 변화 등 전 지구적인 영향력을 미치며, 이러한 변화에 대한 정확한 모니터링과 예측은 기후과학 연구에서 중요한 과제이다. 해빙의 모니터링과 예측은 위성 원격탐사에 의존적인데, 이는 인공위성 수동센서 기반의 원격탐사가 넓은 범위의 해빙 상태를 지속적으로 관측을 가능케하기 때문이다. 해빙의 모니터링 및 예측에 핵심적으로 활용되는 변수는 단위 픽셀에 해빙의 차지하는 면적비를 나타내는 해빙점유율 (Sea Ice Concentration)으로써, 주로 수동마이크로파 센서를 활용해 계산된다. 해빙점유율의 산출은 마이크로파 밝기온도와 해빙점유율 간의 선형적인 관계가 존재한다는 가정에 기반한다. 이는 주어진 픽셀 내의 해빙의 면적이 작을수록 해양의 방출 특성이 인공위성을 통해 관측되게 되고, 이에 따라서 해빙역에서 관측되는 밝기온도가 감소한다는 이론이다. 하지만, Maxwell-Garnnet 정리에 따르면, 비균질적인 매질로 구성된 픽셀 내에서의 효과 유전율(effective dielectric constant)은 매질 내의 각 요소의 유전율의 선형함수로 표현이 불가능하다. 따라서, 마이크로파 기반의 해빙점유율 산출에 내재된 가정을 새로이 검토해 볼 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 해빙점유율과 밝기온도 간의 선형적인 관계를 가정하는 것에 대한 타당성을 조사하고자 한다. 본 연구에서는 3년간 (2020-2022) 북극 해역 12개 지역 (Baffin Bay, Labrador Seas, Barents Sea, Beaufort Sea, Bering Sea, Canadian Archipelago, Central Arctic, Chukchi Sea, East Greenland Sea, East Siberian Sea, Hudson Bay, Kara Sea, 그리고 Laptev Sea)에서의 Landsat-8 위성 기반 고해상도 해빙점유율과 Defense Meteorological Satellite Program (DMSP) 의 Special Sensor Microwave Imager / Sounder (SSMIS) 센서로 관측한 4개의 주파수 대역(19.3 GHz, 22.2 GHz, 37.0 GHz, 91.7 GHz)의 밝기온도 데이터를 사용하였다. Landsat-8 기반 해빙점유율 자료는 6.25 km로 제공되며, SSMIS에서 관측한 25 km 해상도의 밝기온도와 비교하기 위하여, Landsat-8 해빙점유율을 25 km 해상도로 다운샘플링 하였다. 이후, 밝기온도의 선형조합인 Polarization Ratio (PR)과 Gradient Ratio (GR)의 분포를 분석하고, 이 과정에서 해빙점유율과 밝기온도 간의 상관관계를 분석하였다.

저주파 대역에서는 해빙점유율과 밝기온도 사이의 상관관계가 높게 나타나 선형 관계를 보였지만, 해빙점유율이 0%에 가깝거나 100%에 가까운 양쪽 경계에 위치할 경우 선형관계가 유지되지 않음을 확인하였다. 고주파 대역(91 GHz)에서는 저주파 대역에서 보이는 것과 다르게 두 변수 상의 음의 상관관계를 확인하였다. 또한, PR과 GR을 이용한 분석에서는 Landsat-8 기반 해빙점유율과 PR과 GR의 분포에 따라 추정되는 해빙점유율 사이의 불일치성을 확인하였고, 이는 해빙점유율과 밝기온도 사이의 선형관계를 갖는다는 가정이 옳지 않다는 것을 반증한다. 본 연구는 해빙점유율과 밝기온도 간의 관계를 보다 정확하게 규명하고, 올바른 가정을 찾아 향후 해빙점유율 산출 알고리즘을 개선하고, 더 나아가 기후 변화를 분석하고, 관련 예측 모델의 신뢰성을 향상 시키는 데 크게 기여 할 것으로 기대된다.

Key words: 해빙점유율, 밝기온도, 원격탐사, SSMIS, PR, GR