

호수 얼음의 상변화에 따른 마이크로파 산란특성 연구

한향선, 이훈열

강원대학교 지구물리학과, hyangsun@kangwon.ac.kr

A Study of Microwave Scattering Properties of Lake Ice During Phase Change

Hyangsun Han and Hoonyol Lee

Department of Geophysics, Kangwon National University

1. 서론

얼음의 산란특성(scattering properties)은 지역적 기후 변화 관찰에 중요한 변수로 작용하며, 수자원 및 수리구조물 사용에 영향을 끼치기 때문에 정확한 측정과 해석이 요구된다. 마이크로파 산란계(microwave scatterometer)는 얼음 표면을 교란시키지 않고 산란특성을 관측하는 원격탐사 시스템으로 다중 편파 안테나를 사용하여 다양한 정보를 취득할 수 있다. 또한 얼음의 표면과 얼음/물 경계면에서의 산란을 분리하여 관측할 수 있어 유전율, 두께와 같은 물성 추정에도 매우 효과적이다. 본 연구에서는 중심 주파수가 5.3 GHz인 HH 편파 산란계를 구성하여 호수 얼음의 산란을 측정하고, 얼음의 상변화(phase change)에 따른 산란특성을 해석하였다.

2. 마이크로파 산란계 구성 및 현장 실험

연구에 사용된 HH 편파 산란계는 안테나와 스탠드, 벡터 네트워크 분석기(vector network analyzer) 등으로 구성된다. 중심 주파수가 5.3 GHz(C-band)인 Square Horn 안테나를 사용하였으며, 관측대역은 600 MHz로 시간해상도와 거리해상도는 각각 1.67 ns와 25 cm이다. 현장실험은 2006년 2월 2일 강원도 춘천시의 춘천호에서 수행되었다. 마이크로파 산란계는 신호를 매우 정밀하게 관측하므로 안정성에 대한 실험이 선행되어야 한다. 이를 위해 전기적, 구조적 변화가 없는 삼면코너반사기(trihedral corner reflector)를 이용하여 신호의 세기와 위상을 반복 측정하였고, 반사기에 대한 신호의 변화가 거의 없어 마이크로파 산란계 시스템이 안정적임을 확인하였다.

얼음의 상변화에 따른 산란특성을 관찰하기 위해 얼음 표면에 물을 도포한 후 약 2시간 동안 5분 간격으로 호수 얼음의 산란을 반복 측정하였다. 이 때 안테나의 높이는 2 m, 안테나의 입사각은 40° 로 하였다.

3. 실험 결과 및 해석

Fig. 1은 마이크로파 산란계 측정 결과를 3차원으로 나타낸 것으로 x 축은 마이크로파가 안테나로부터 송신되어 산란된 후 다시 안테나로 되돌아오는 시간(2-way travel time)이며, y 축은 측정시간, 그리고 z 축은 산란신호의 세기(amplitude)를 unit으로 나타낸 것이다. 얼음의 표면에 물이 도포된 직후(오전 10시 41분) 28.3 ns에서 매우 강한 산란이

관찰되는데, 이는 높은 유전율을 가지는 물에 의한 표면산란으로 해석할 수 있다. 물에 의한 강한 표면산란은 감소하다가 정오를 지나면서 다시 증가하는 양상을 나타낸다. 이는 얼음 표면의 물이 오전의 낮은 기온으로 인해 얼음 결정으로 변화하여 유전율이 작아지고, 정오부터 기온이 영상으로 상승하면서 얼음 표면이 용해되어 유전율이 커지기 때문이다.

마이크로파는 물을 거의 투과하지 못하므로 얼음 표면에 물이 존재할 때 표면산란 외에 다른 산란은 관찰되지 않는다. 그러나 표면의 물이 동결되어 고체 상태로 변화한 경우 35.2 ns에서 표면산란에 이어 두 번째로 강한 산란이 관찰되었다(Fig. 1). 이 산란은 얼음 표면의 물이 고체로 상변화하면서 유전율이 작아지고 마이크로파가 얼음을 투과하여 발생한 얼음/물 경계면에서의 산란으로 해석할 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 춘천호 호수 얼음에 대한 마이크로파 산란계 실험을 수행하여 상변화에 따른 얼음의 산란특성을 해석하였다. 실험 결과 얼음 표면에 액체인 물이 존재할 경우 큰 유전율로 인해 강한 표면산란이 관찰되었으며, 이 표면산란은 물이 얼음 결정으로 변화함에 따라 다시 감소하는 양상을 나타냈다. 반면에 얼음/물 경계면의 산란은 얼음 표면에 물이 존재하지 않을 경우에 가장 강하게 나타났으나 얼음 표면에 물이 존재하는 경우에는 마이크로파가 얼음 내로 거의 투과되지 않기 때문에 관찰되지 않았다.

현재 상변화에 따른 얼음의 산란을 모델링하고 있으며, 이를 통해 본 연구 결과의 검증을 시도할 계획이다. 향후 연구에서는 C-band 뿐만 아니라 X-band와 L-band의 완전편파 안테나를 이용하여 호수 얼음과 해빙에 대한 산란을 측정하고, 이를 인공위성 SAR(synthetic aperture radar) 영상 및 GPR(ground penetration radar) 탐사 결과와 연계 분석하여 freezing-thawing cycle에 따른 얼음의 물성 변화를 연구할 예정이다.

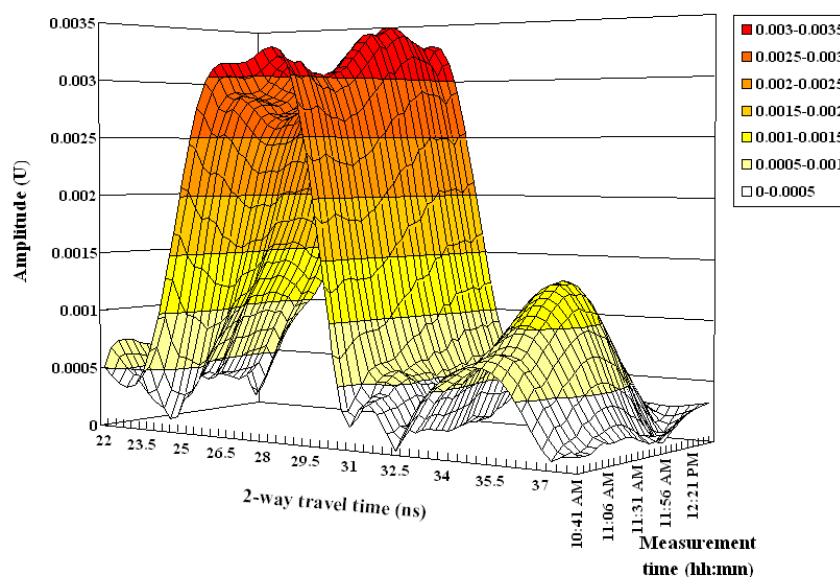


Fig. 1. Result of scatterometer measurement of ice on Chuncheon Lake.