

Numerical modeling of lower boundary layer in the ice shelf cavity

수치해석을 통한 빙붕 하부 경계층의 특성 연구

Na, Ji Sung, Jin, Emilia Kyung, Lee, Won Sang

남극 빙하 중 해양과 직접 맞닿아있는 빙붕 (Ice Shelf)의 얼음 질량은 빙하의 흐름 및 붕괴, 해수면의 상승 등과 밀접한 상관관계를 가진다. 따라서 빙붕의 변화를 예측하는 것이 매우 중요한 현안이며 또한 빙붕에 영향을 미치는 빙붕 용융 기작과 이와 관련된 물리 현상을 규명하는 것 또한 중요하다. 이러한 빙붕 하부의 용융은 빙붕과 밀접한 혼합경계층 내 온도 및 유동 변화로부터 기인하기 때문에, 급격한 혼합 경계층의 변화가 발생할 때를 면밀하게 관찰해야 한다. 빙부 하부 기반선 주변에서 발생하는 용융은 과냉각 및 저밀도의 상태로 상승하면서 빙붕하부 물기둥(water plume)을 형성하게 되고 이러한 플룸은 빙붕 하부 혼합 경계층에 큰 변화를 준다. 본 연구에서는 플룸이 발생하고 있는 빙붕 하부의 혼합 경계층을 모사하기 위해 큰에디모사(Large Eddy Simulation) 기법을 통해 빙붕 주변 해양 및 경계층을 모사하였고, 용융과 관련한 열전달 특성 및 유동적 특성을 분석하였다. 모사 결과의 신뢰성을 검증하기 위해 17/18년도 여름, 남극 장보고 기지 주변 테라노바 만 해양에서 수행된 24개의 CTD(Conductivity, Temperature, Depth) 관측과 23개의 LADCP(Lowered Acoustic Doppler Current Profiler) 관측 자료에서 도출된 속도 및 온도, 염도와 비교검증을 하였다. 모사된 유동의 속도는 실제 관측과 비교하였을 때, 속도의 크기 및 기울기, 최대 속도의 깊이 등 다양한 측면에서 잘 일치하였다. 또한 온도와 염도에 대한 비교에서는 상부 경계층의 깊이가 과모의되는 경향성을 보였고 이로 인해 온도 및 염도의 크기가 다소 차이를 보였다. 하지만 과냉각 상태의 플룸의 온도 및 염도 특성은 대체로 일치하였고 그 변화 추이 또한 매우 잘 일치한 것을 통해, 수치해석을 통한 모사가 실제 해양 특성을 잘 반영하고 있다고 판단하였다. 빙붕 하부로부터 200 m 부근까지의 유동 난류의 난류에너지 분포를 관찰하였을 때, 관성 아영역(Inertial subrange) ($k-5/3$)의 난류 운동과 소산범위(dissipation range) ($k-3$)의 난류가 잘 모사되고 있음을 관찰할 수 있었다. 운동량속과 열속의 연직 분포 및 유동 와류의 크기, 강도에 대한 통계적 분석이 수행이 되었고 이를 통해 빙붕 하부 주변에 강한 유동 와류와 함께 큰 열속이 분포하는 것을 관찰하였다.