

층적운 모의의 수치 모델 해상도에 대한 의존성

이한별, 이현호

공주대학교 대기과학과

지구 해양의 약 4분의 1을 덮고 있는 층적운은 대기로 유입되는 단파 복사를 강하게 반사하여 지구 복사 수지에 큰 영향을 미친다. 층적운은 비록 물방울로만 이루어져 있고 강수가 거의 내리지 않으며 깊은 대류 구름에 비해 역학적 구조가 비교적 단순한 구름이지만, 층적운에서 내리는 약한 이슬비나 구름 꼭대기에서 발생하는 난류의 유입과 혼합 등 이 구름의 발달 과정에 큰 영향을 끼치는 것으로 알려져 있다. 또한 층적운에서는 발달 과정에서 종종 적운으로 그 형태가 바뀌는, 이른바 층적운-적운 전환(stratocumulus-cumulus transition)이 일어나기도 하는데, 이렇게 층적운이 적운으로 전환되면 구름이 차지하는 면적과 이에 따른 단파 복사 반사가 감소하게 되어 지구 복사 수지에 큰 영향을 끼치게 된다. 따라서 층적운을 수치적으로 정확히 모의하는 것은 매우 중요하다. 본 연구에서는 수치 모델의 공간 해상도에 초점을 맞추어 수치 모델에서 모의한 층적운의 물리적 특성이 모델 해상도에 따라 어떻게 달라지는지, 공간 해상도를 줄임에 따라 수치 모델의 결과가 특정 상태로 수렴하는지를 살펴보고자 하였다. 이를 위해 큰 에디 모사(large-eddy simulation) 모델을 이용하여 이슬비가 거의 내리지 않는 층적운과 약한 이슬비가 내리는 층적운에 대한 일련의 이상적인 수치 실험을 수행하였다. 이슬비가 거의 내리지 않아서 전환 역시 일어나지 않은 사례에 대한 수치 모의 결과 연직 격자 간격이 작아질수록 연직 운동이 강해지고 구름 꼭대기에서 증발이 더 강하게 발생하여 구름 꼭대기의 높이가 낮아진다. 또한, 구름 내 액체상의 두께(liquid water path)와 강수 역시 연직 격자 간격이 작아질수록 더 많아지며, 이렇게 증가하는 강수에 의해 구름 바닥 높이도 낮아진다. 하지만 수평 격자 간격을 작게 하면 구름 꼭대기와 구름 바닥의 높이가 상승하여 연직 격자 간격을 작게 했을 때와 반대의 결과가 나타난다. 이러한 결과는 수치 모델의 연직 격자 간격과 수평 격자 간격을 동시에 줄이면 수치 모델의 해가 수렴하는 것처럼 보일 수 있지만, 이는 수치적인 수렴에 의한 것이 아닌, 방향별 격자 간격이 작용하는 방향이 서로 반대 방향으로 작용하였기 때문일 수 있음을 시사한다.

Key words: 층적운, 수치 모델, 큰 에디 모사, 해상도