

数値実験から予想される雲凝結核数に対する雲降水システムを介しての雲頂高度・降水量の感度

* 井口 享道¹・中島 映至¹・斉藤 和雄²・竹村 俊彦³

(1:東京大学気候システム研究センター 2:気象研究所 3:九州大学応用力学研究所)

大気中の雲凝結核数の増加は雲粒の数濃度を増加させ、雲粒の粒径を減少させる結果、衝突併合過程による粒子の成長を阻害し、霧粒、雨粒の生成を抑制させる可能性があると考えられる。この効果を再現する数値実験として、雲凝結核からの雲粒生成を直接計算する bin 法雲物理を使用した雲解像モデルによる感度実験が行われてきた。このうち *Khain et al.* [2005] では、2次元雲解像モデル HUCM での単一雲を対象とする感度実験で、必ずしも雲凝結核数の増加が上記のメカニズムによって降水量の減少に繋がるわけではなく、潜熱放出の分布を変えることにより力学場への影響を通じて、条件によっては降水量の増加も減少も起こりうることを示した。

本研究では、気象庁非静力学モデル JMA-NHM[Saito et al., 2006] をメインフレームワークとし、HUCM[*Khain and Sevnev*, 1995, 1996; *Khain et al.*, 2000] の bin 法雲物理を実装したモデルを使って、これまで主に東シナ海領域を対象として春季の幾つかの事例に対し、Nest-grid 数値実験を行ってきた。このときに雲凝結核数濃度を増加させた場合には、計算開始直後を除き時間当たりの降水量はほとんど変化がないという結果であった。その際には、雲域の広がり方や雲頂温度（高度）についても同様にほとんど変化が見られなかった。

Khain et al. [2005, Fig. 5] では単一雲を対象とする二次元の感度実験で、バックグラウンドの条件として鉛直風速シアが無いケースとあるケースについて、それぞれ雲頂高度と降水量の値を示している。このうち、鉛直風速シアが無いケースでは、雲凝結核数が多い条件の方が雲頂高度と降水量の値は大きくなる場合が多い。一方、鉛直シアがあるケースでは、雲頂高度は雲凝結核の濃度に対しほとんど変わらず、降水量については雲の発達具合や湿度の条件によって変わらないか、または雲凝結核数が多い条件で減少している。これらの条件による違いに関して、雲物理過程による潜熱放出の鉛直プロファイルを示して解析を行っている [Figs. 7 and 8]。

図1は本研究での2003年4月2日を対象とした Nest-grid 数値実験における、潜熱放出の鉛直プロファイルである。雲凝結核数を変えた際に正味の放出量が顕著に増加している高度は無く、そのプロファイルは *Khain et al.* [2005, Fig. 8] の鉛直シアがあるケースのものによく類似している。本研究の事例では、雲凝結核数に対する雲頂高度と降水量の感度に関わるメカニズムとして、総観スケールの外部強制が擾乱を決定付けているため、雲凝結核数の違いによる潜熱放出の様相の違いが雲の発達システムを変えるには至らず、雲頂高度が変わらない結果、降水量もほとんど変化しなかったと考えられる。

一方、*Lynn et al.* [2005a, 2005b] ではメソスケールモ

デル MM5 に HUCM の bin 法雲物理を組み込んだモデルを開発し、フロリダ半島域を対象とした Nest-grid 数値実験を行った。*Lynn et al.* [2005b] でのスコールライン形成時を対象とした実験では、雲凝結核数の増加に対して、領域平均での積算降水量は減少するものの、発達したスコールライン直下での最大降水強度は増加したという結果を得ている。この事例では、不安定な場で短時間で急激に雲降水システムが発達している。従って本研究で対象とした事例とは違い、雲凝結核数が多い条件下で、潜熱放出の過程を通じて対流が促進され、雲頂高度と降水量の増加がもたらされているものと考えられる。

また、*Lynn et al.* [2005a, 2005b] では、bulk 法雲物理を用いた場合と bin 法雲物理を用いた場合の比較実験も行っている。その結果、フロリダの事例では数値実験内での雲の発達の仕方に顕著な違いがあり、それに伴って降水量・降水域の違いが生じている。一方、本研究での同様の比較実験では、bin 法と bulk 法とでそれほど顕著な違いは無かった。ここでも、条件の違いが影響しているものと考えられる。

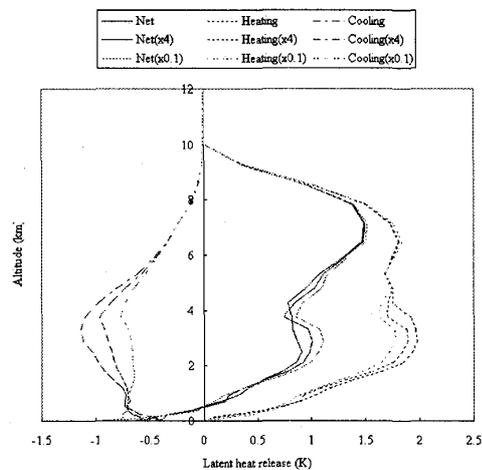


図1: 雲物理過程による潜熱放出吸収の鉛直プロファイル。標準条件から雲凝結核数を増減させた条件での結果を合わせて示している。

参考文献

Khain et al. (2005), *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 131, 2639-2663, doi: 10.1256/qj.04.62.
Lynn et al. (2005a), *Mon. Wea. Rev.*, 133(1), 44, DOI: 10.1175/MWR-2840.1.
Lynn et al. (2005b), *Mon. Wea. Rev.*, 133(1), 59, DOI: 10.1175/MWR-2841.1.