

多次元ビン法NHMによる氷粒子の表現

*橋本明弘(気象研究所)・三隅良平(防災科学技術研究所)・村上正隆(気象研究所)

1. はじめに

大気中に生じる雲や降水を構成する液体・固体の水粒子は、その化学成分・粒径・形状等の物理化学特性に応じて多様な振る舞いをするため雲・降水現象それ自体や、大気へのフィードバックについての理解を難しくしている。これを克服するための手法として、雲・降水粒子の多様さを表現できる多次元ビン法微物理モデルを気象庁非静力学モデルに導入し、2次元大気を仮定して行った予備実験の結果を報告する。

2. 数値モデル

国内で共同開発された多次元ビン法微物理モデルは、水滴・氷粒子それぞれについて水質量・吸湿性・非吸湿性物質の各質量を、氷粒子についてはさらに粒子のアスペクト比と体積を用いてビン空間を構成する(図1 a)。ビン空間の次元は、水滴については3次元、氷粒子については5次元である。氷粒子の形状は回転楕円体を仮定しており、アスペクト比に応じて円筒型～円盤型等の表現が可能である(図1b)。さらに、質量と体積から粒子密度の診断が可能である(Misumi *et al.* 2010)。この微物理モデルを、気象庁非静力学モデル(JMA-NHM)に導入した。

3. 数値実験

計算領域は水平 80 km、鉛直 10 km の 2 次元空間とし、空間解像度は水平 1 km、鉛直 100-460 m とした。

計算開始時のモデル大気最下層に、周囲との温度差 5 °C の暖気塊を与え、対流を励起した(図 2a, b)。水滴の状態を細分化して表すためのパラメータを純水質量とその他 2 種類の化学成分とし、それぞれに 64, 3, 3 個のビンを与えて、全部で 576 (64×3×3) のビンからなる 3 次元ビン空間を構成した。氷粒子については、さらに、粒子のアスペクト比と体積にそれぞれ 8 個のビンを与え、全部で 36864 (64×3×3×8×8) 個のビンからなる 5 次元ビン空間を構成した。

4. 結果

図 2c, d は、水粒子の融解直径-高度平面における、計算開始後 13 分 20 秒の混合比分布である。数 10 μm の雲粒から数 mm 大の水滴が形成され、一部は地上に落下していた(図 2c)。高度約 3 km より上空では、数 10 μm の雲粒から数 mm の氷粒子が分布していた。図 3 は、高度 6.25km における氷粒子の物理的特性を表している。氷粒子の融解直径とアスペクト比(板状の場合は 1 より小さい、柱状の場合は 1 より大きい)を用いて表した 2 次元スペクトル(図 3a)を見ると、氷粒子の直径は数 μm ~ 数 mm の範囲、アスペクト比は概して 10⁻¹ ~ 10¹ のオーダーであった。その範囲の中でも、比較的、1 未満に偏重する傾向が認められ、この高度の温度(約 -22°C)で卓越する板状の晶癖と整合的であった。氷粒子の融解直径と密度を用いて表した 2 次元スペクトル(図 3b)を見ると、密度は 10 ~ 数 100 kg m⁻³ の範囲にお

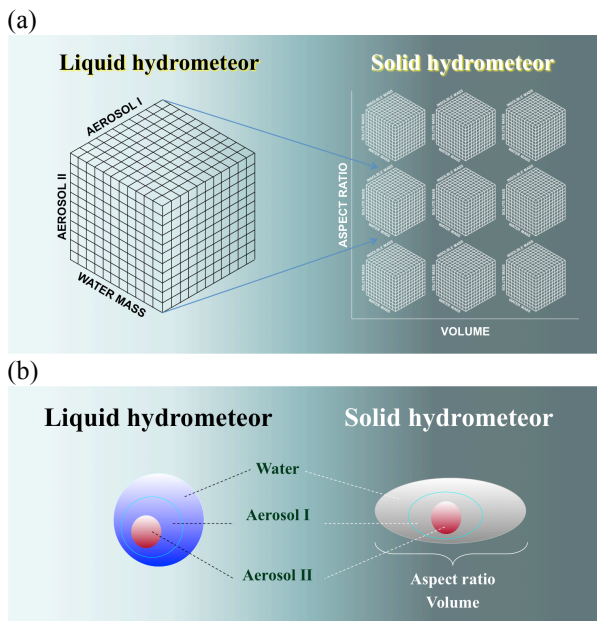


図 1 多次元ビン法雲微物理モデルの (a) ビン空間、(b) 粒子形状の模式図。

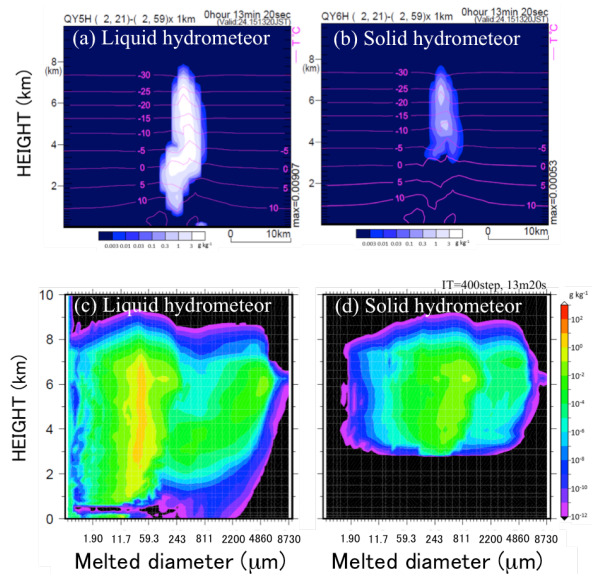


図 2 計算開始後から 13 分 20 秒の (a) 水滴と (b) 氷粒子の混合比分布. (c), (d) 水粒子の融解直径-高度平面における混合比分布。

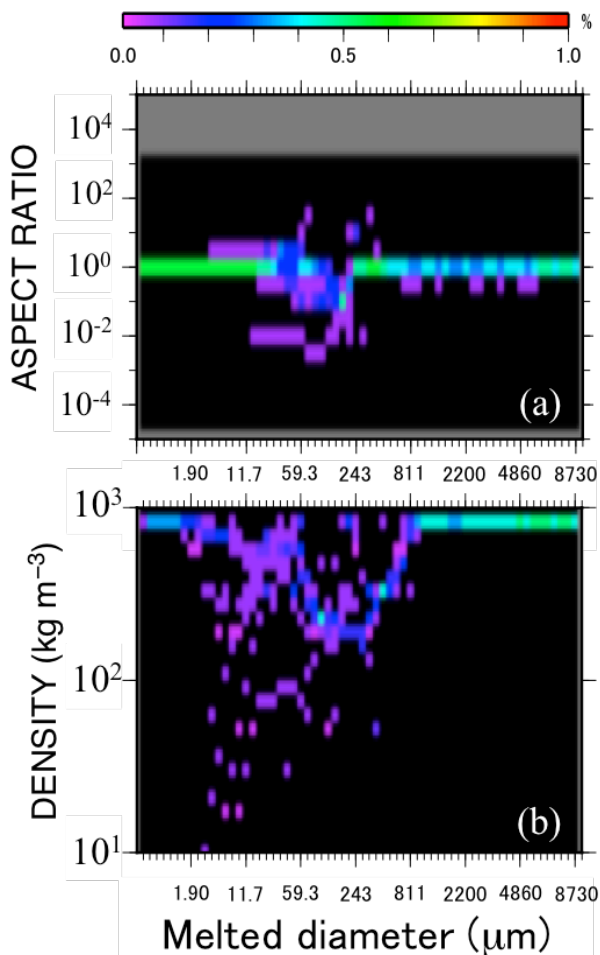


図3 計算開始後から13分20秒、高度6.25 km(気温約-22℃)における氷粒子の (a) 融解直径とアスペクト比, および, (b) 融解直径と密度の二次元スペクトル.

たっていた。密度が 100 kg m^{-3} 前後で融解直径が数 $10 \mu\text{m}$ の粒子は氷晶、融解直径数 $100 \mu\text{m}$ 程度の粒子は密度に応じて雪片や雲粒付き結晶と見なせる。密度数 100 kg m^{-3} で融解直径 $1\text{-}2 \text{ mm}$ は霰粒子、密度 900 kg m^{-3} 程度で融解直径数 mm は雹粒子と見なせる。これらの特徴は、自然の大気中に存在する氷粒子の多様性をよく再現していた。今後、より現実的な条件下で実験を行う必要がある。

謝辞

本研究の一部は文部科学省HPCI戦略プログラム(課題番号: hp120282)の助成を受けた。

参考文献

Misumi, R., A. Hashimoto, M. Murakami, N. Kuba, N. Orikasa, A. Saito, T. Tajiri, K. Yamashita, and J.-P. Chen (2010): Microphysical structure of a developing convective snow cloud simulated by an improved version of the multi-dimensional bin model. *Atmos. Sci. Lett.*, **11**,186-191.doi:10.1002/asl.268.