

# 氷晶核化過程に関する診断的パラメタリゼーションの開発

\*橋本明弘 (AESTO)・村上正隆 (気象研)

## 1. はじめに

文部科学省新世紀重点研究創生プラン (RR2002); 人・自然・地球共生プロジェクト; 課題4「高精度高分解能気候モデルの開発」のサブテーマ「数 km メッシュ雲解像度大気モデルの開発に関する研究」に関連して、気象庁非静力学モデル (JMA-NHM) の雲物理過程の改良を行なっている。この一環として、上昇流に伴う断熱冷却率および粒子の成長速度に基づいて氷過飽和度の変化率を診断し氷晶核化率を決める新しい氷晶核化パラメタリゼーションを開発した。また、従来型と新しいパラメタリゼーションの特性を、鉛直一次元モデルを用いて比較した。

## 2. 氷晶核化に関するパラメタリゼーション

昇華核数  $N_{id}$  は Meyers et al. (1992) に基づくと氷過飽和度  $s_i$  を用いて

$$N_{id} = 10^3 \cdot \exp(a + b \times 100s_i), \quad (1)$$

と表せる。ここで  $a = -0.639$ ,  $b = 0.1296$  である。氷晶数濃度  $N_i$  がその場の  $s_i$  のみから決まると仮定すると、氷晶発生率は  $N_{id}$  を用いて、

$$\left(\frac{dN_i}{dt}\right)_{inc} = \frac{N_{id} - N_i}{2\Delta t}, \quad (2)$$

と表せる。式 (1) は時間的に一定な湿度条件下の測定データに基づくものであるが、現実の氷晶発生過程は時間変化しつつある湿度条件下で起きている。そこで、 $s_i$  の変化率も考慮し、

$$\left(\frac{dN_i}{dt}\right)_{inc} = 10^3 \cdot (b \times 100) \times \exp(a + b \times 100s_i) \cdot \frac{ds_i}{dt}, \quad (3)$$

の定式化を行なう。ここで、ある氷過飽和度鉛直プロファイルをもつ大気中を速度  $w$  で上昇する気塊を想定すると、この気塊が経験する  $s_i$  の変化率は

$$\frac{ds_i}{dt} = w \frac{ds_i}{dz}, \quad (w > 0, \frac{ds_i}{dz} > 0) \quad (4)$$

と表せる。式 (3), (4) を用いる方法は、JMA-NHM 雲物理過程のオプションの一つとして組み込まれている。他方、新たに開発した方法は、 $s_i$  の変化率が、気塊の上昇中 ( $w > 0$ ) に起きる断熱冷却と氷粒子および水滴の昇華・凝結/蒸発によって決まると仮定し、

$$\frac{ds_i}{dt} = A_1 w - A_2 \left(\frac{dQ_i}{dt}\right)_{dep} - A_3 \left(\frac{dQ_c}{dt}\right)_{cnd/evp}, \quad (5)$$

を用いる。式 (5) は、右辺第一項が断熱冷却 (供給項)、右辺第二項が氷晶の昇華過程 (吸収項)、右辺第三項が水滴の凝結/蒸発過程 (吸収/供給項) の効果を表しており、従来方法よりも詳細な物理過程を反映している。 $A_1, A_2, A_3$  は温度と気圧で決まる係数である。

## 3. モデル

予報変数は、温位、水蒸気混合比、氷晶混合比、氷晶数濃度、雲粒混合比、雲粒数濃度である。考慮する過程は、移流過程と雲物理過程のみである。雲物理過

程は、氷晶の核化および昇華、飽和調節による雲粒の凝結/蒸発を考慮している。

温位の初期値は、標準大気の温度・気圧プロファイルから作成し、湿度については図 1a 点線のプロファイルを用いた。鉛直流速  $w$  は図 1a のように時間変化するプロファイルを与えた。計算領域は高度 15 km までの鉛直軸上。格子サイズは 100 m、積分時間間隔は 10 秒、積分時間は 40 分とした。

## 4. 結果

式 (2) (実験 I)、式 (3), (4) (実験 II)、式 (3), (5) (実験 III) の 3 つの方法を同じ条件下で比較した。実験 I の雲内の氷晶数濃度は式 (1) と移流項によって決まるが、図 1b の 1600 s から 2400 s のプロファイルにおいて、雲層のおよそ下半分は  $s_i$  (図略) と相似的なプロファイルであり、雲上部は下方で発生した氷粒子が鉛直流によって持ち上げられた様子を表している。実験 II (図 1c) では、上昇流が存在しかつ  $s_i$  (図略) の鉛直勾配が正の場所で氷晶を生成するため、実験 I (図 1b) と比べ、雲頂高度が低い。また、上昇流速の最大値を与える高度付近の  $s_i$  の勾配 (図略) が小さいため、数濃度の最大値も小さい。他方、実験 III (図 1d) では、雲頂・雲底高度は実験 I (図 1b) とほぼ同じであるものの、雲内の氷晶数濃度は小さい。これは、たとえ  $s_i$  が大きくても式 (5) の供給項と吸収項の差から氷晶核化に使える水蒸気量を診断し、氷晶発生を実験 I に比べて抑制するためである。今後、3 次元モデルにおける性能を評価する必要がある。

## 参考文献

Meyers, P. M., P. J. Demott, and W. R. Cotton 1992: New primary ice-nucleation parameterizations in an explicit cloud model. *J. Appl. Meteor.*, 31, 708-721.

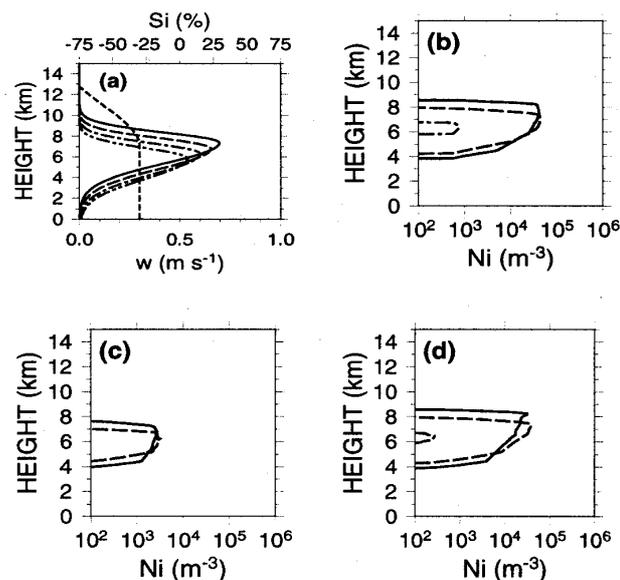


図 1 (a) 湿度の初期値 (点線) と鉛直流速. (b) 実験 I の氷晶数濃度. (c) 実験 II の氷晶数濃度. (d) 実験 III の氷晶数濃度. 二点鎖線, 一点鎖線, 波線, 実線はそれぞれ、 $t = 0, 800, 1600, 2400$  s のプロファイルを表す。