

水雲内での雪結晶成長に関する実験的研究 — 取り巻く雲粒による成長の促進 —

高橋庸哉 (北教大・教実センター) ・遠藤辰雄 (北大・低温研)

1. はじめに

雪結晶の気相成長は天然の降水生成で極めて重要な働きをしており、雪結晶の晶癖は対流型あるいは拡散型雲箱を使った室内実験で調べられた (Nakaya 1954; Halett and Mason 1958; Kobayashi 1961)。樹枝状結晶は -12°C から -16°C で成長したが、水飽和に対して数%過飽和である必要があった。しかし、天然条件下ではこのような過飽和度が得られることは稀である。Takahashi et al. (1991)は1個の雪結晶を30分以上浮遊成長させることができる鉛直過冷却雲風洞を用いた実験を行った。水飽和下で樹枝状結晶が -14°C から -16°C で成長することを示し、その成長は通風によって結晶の角で水蒸気密度勾配が大きくなるためであると推論した。これは強制通風で実験を行った Keller and Hallett (1982)の結果とも一致した。

天然雲中で雪結晶の成長に寄与するものとして、通風効果の他に雪結晶を取り巻く雲粒の効果がある。雲粒の存在は雪結晶の近傍に水蒸気源があることと等価であり、水蒸気密度勾配と温度勾配を強め、成長を促進すると考えられる。しかし、その効果は小さいと考えられ、これまでほとんど検討されてこなかった。本研究では、水雲内で取り巻く雲粒による樹枝状成長の促進効果について実験を行った。

2. 実験方法

雪結晶を空中に浮遊させながら成長させることができる鉛直過冷却雲風洞を使って (Takahashi and Fukuta 1988)、実験を行った。雲粒を超音波式アトマイザーで連続的に発生させ、Fog Chamberに供給した。雲粒濃度はアトマイザーへの印加電圧で調整した。供給された雲粒はFog Chamberで、Air Suction Device (真空掃除機)で導かれた空気と混合し、過冷却する。Fog Chamberは3つの縦の仕切りで区切られており、これを通過する間に乱流成分が弱まり、空気は水飽和となると共に雲は温度と雲粒濃度は均一となる。実験条件は次の通りである：1) 温度 -11°C から -17°C の間で等温条件、2) 雲水量0から 1.5 g m^{-3} 、3) 成長時間10分。インパクターで求めた雲粒径の平均は $8.3\mu\text{ m}$ であった。雲水量は気温と霧を蒸発させた時の露点から求めた。

3. 結果

-12.5°C と -13.5°C で色々な雲水量に対して、結晶形の変化が認められた。雲水量 0.1 g m^{-3} で行った実験 (Takahashi et al. 1991)ではそれぞれ角板と扇形が成長した温度である。雲水量の増加に伴い、 -12.5°C では角板 (雲水量 0.1 g m^{-3})と扇形 (0.6 g m^{-3})、樹枝 (0.9 g m^{-3})がそれぞれ成長した (図1)。 -13.5°C では、扇形 (0.0 g m^{-3})から樹枝 (0.2 g m^{-3})に変化した。樹枝の先端部は角張っていたが、雲水量 0.5 g m^{-3} では丸い形となった。 -12°C から -14°C では結晶形は雲水量に応じて変化した、 -16°C 付近では雲水量による変化は認められなかった。

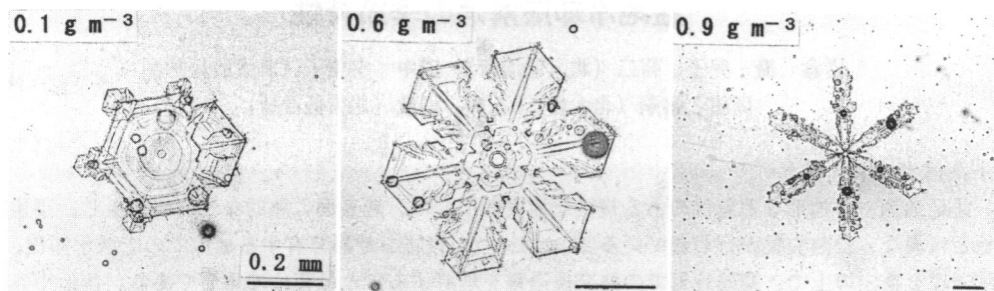


図1 雲水量による雪結晶形の違い。-12.5°C・成長時間10分の場合。

-12.5~-12.9°C及び-13.3~-13.7°Cで雪結晶の a 軸の大きさと雲水量の関係をみると、成長時間10分での雪結晶の大きさは雲水量が高いほど大きい。前者では 0.9 g m^{-3} 、後者では 0.5 g m^{-3} を越えるとほぼ一定となり、樹枝状成長となった。樹枝状結晶が成長した場合には質量が3ないし5倍大きくなった。

4. まとめ

過冷却雲中の雪結晶の自由落下成長を雲水量を変えて再現し、樹枝状結晶が-12°Cから-16°Cの温度範囲で成長することが示された。低雲水量で行った我々の実験から、-14°Cから-16°Cで樹枝状結晶が通風効果によって成長することが示されているが、今回の実験から、-12°Cから-14°Cでは雪結晶を取り巻く雲粒による成長の促進も本質的な役割を果たしていることが示された。尚、この効果は雲水量の他に、雲粒の大きさにも依存する。Marshall and Langleben (1954)による理論的な考察にしたがえば、より一般化した形で表示することができる。

参考文献

- Hallett, J. and B. J. Mason, 1958: The influence of temperature and supersaturation on the habit of ice crystals grown from the vapour. *Proc. Roy. Soc. London*, A247, 440-453.
- Keller, V. W. and J. Hallett, 1982: Influence of air velocity on the habit of ice crystal growth from the vapor. *J. Cryst. Growth*, 60, 91-106.
- Kobayashi, T., 1961: The growth of snow crystals at low supersaturation. *Phil. Mag.*, 6, 74 6-755.
- Marshall, J. S. and M. P. Langleben, 1954: A theory of snow-crystal habit and growth. *J. Meteor.*, 11, 104-120.
- Nakaya, U., 1954: *Snow crystals*. Harvard Univ. Press, 510 pp.
- Takahashi, T., T. Endoh, G. Wakahama and N. Fukuta, 1991: Vapor diffusional growth of free-falling snow crystals. *J. Meteor. Soc Japan*, 69, 15-30.
- Takahashi, T. and N. Fukuta, 1988: Supercooled cloud tunnel studies on the growth of snow crystals between -4°C and -20°C. *J. Meteor. Soc. Japan*, 66, 841-855.