

準実スケール雲物理実験による雲底付近の雲粒生成過程に関する研究

中央大学大学院 学生員 ○笹尾 将登
中央大学理工学部 フェロー会員 山田 正

中央大学大学院 学生員 土屋 修一

1.はじめに：著者らは、これまで鉱山の長大立坑を用いて、エアロゾルの成分と濃度、上昇風速を制御した準実スケール雲物理実験を行ってきた。その実験から、不飽和状態においても雲が発生することの実験的解明、実測における気温減率の変化、坑内の上昇風速、エアロゾルの成分と濃度の変化による雲粒の粒子数濃度の高度変化を明らかにしてきた。本研究は、雲底付近の粒子数濃度を観測することにより、上昇風速、エアロゾル噴霧濃度の変化が雲底付近の粒子数濃度、及び雲粒粒径の成長に与える影響について明らかにした。

2.実験概要：図-1に実験概要を示す。実験施設は廃坑になった鉱山内にある、面積約15m²、高さ約430mの立坑を用いたものである。著者らはこの立坑の下部(以降坑底)から溶液を噴霧し、一方で上部(以降坑頂)から大型ファンで坑内へ上昇風速を発生させることにより、人工的に雲を発生させ、実験を行っている。表-1は2005年度に行われた実験条件である。2005年度は低高度に計8地点(坑底から5m,15m,26m,36m,46m,56m,67m,77m)の光学式粒子数濃度測定器(OPC: optical particle counter, 0.3μm以上を観測)を設置し、また低高度2地点(坑底から15m,36m地点)において小粒径(0.01~1.0μm)を凝集式粒子数濃度測定器(CPC: condensation particle counter)で観測し、エアロゾルが雲粒へと成長する微物理過程での粒子数濃度の変化を観測した。実験期間中、坑内の気温は坑底13.2℃、坑頂10.8℃とほぼ一定だった。

3.エアロゾル噴霧前後における各高度の粒子数濃度：坑底においてエアロゾルを噴霧する前後の、各高度で観測された0.3μm以上の粒子数濃度を図-2に示す。エアロゾル噴霧に伴い、坑底5m地点から77m地点の計8地点における粒子数濃度は減少し、410m地点、坑頂(430m地点)における粒子数濃度は増加した。

4.エアロゾル噴霧前後における粒子数濃度の鉛直分布：

エアロゾルを噴霧する前後の、坑内での粒子数濃度の鉛直分布を図-3に示す。エアロゾル噴霧前(点線)において、観測したすべての地点での粒子数濃度が、高度が高くなるに従い増加している。エアロゾル噴霧前とエアロゾル((NH₄)₂SO₄)噴霧後(実線)を比べると、2.0μm以上の粒子において、60m以下の地点での粒子数濃度は減少している。2.0μm以下の粒子数濃度において、5m,15m地点で減少している。5m,15mでの粒子数濃度の減少は、各粒径とも見える。56m地点以上における粒子数濃度の変化は、5.0μm以上の粒子数濃度の減少に比べ5.0μm以下の粒子数濃度の変化は少ない。

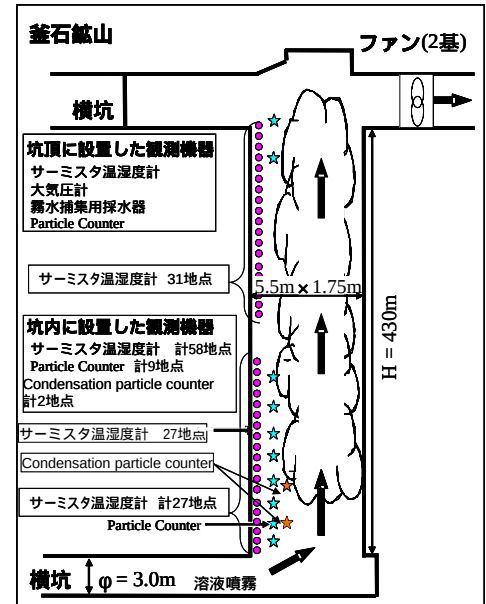


図-1 実験概要図

表-1 実験条件(2005年度)

event no.	噴霧溶液	エアロゾル数濃度[count/cm ³]	上昇風速 [m/s]
1			0.3
2		back ground	0.5
3			0.6
4			0.3
5	(NH ₄) ₂ SO ₄	90[count/cm ³]	0.5
6			0.6
7			0.3
8	(NH ₄) ₂ SO ₄	200[count/cm ³]	0.5
9			0.6
10			0.2
10		NaCl 90[count/cm ³]	0.3
11			0.5
12			0.6
13			0.2
13	(NH ₄) ₂ SO ₄ +NaCl	90[count/cm ³]+90[count/cm ³]	0.3
14			0.5
15			0.6

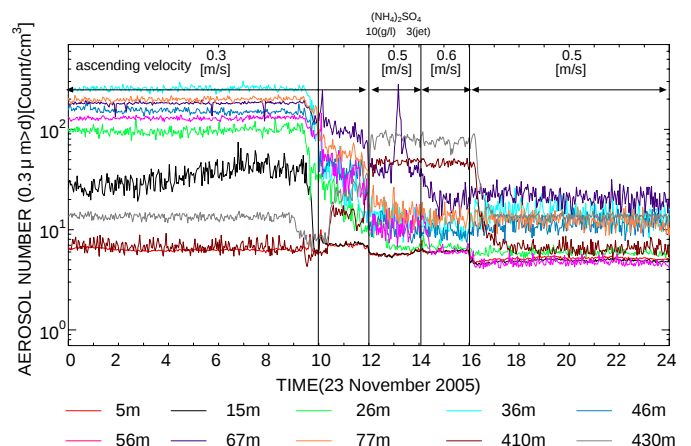


図-2 粒子数濃度(2005年度)

キーワード 雲物理 エアロゾル 再現実験

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学河川水文研究室 TEL 03-3817-1807 E-mail: m_sasao_m@civil.chuo-u.ac.jp

5. 高高度および低高度における上昇風速・溶液噴霧数濃度と粒子数濃度の関係：噴霧粒子数濃度 $((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)$ と低・高高度の粒子数濃度の関係を図-4に示す。低高度の4地点において、エアロゾル噴霧後に $1.0\mu\text{m}$ 以上の粒子数濃度が減少しているのに対し、 400m 以上の高高度の2地点においては増加している。

6. 低高度における小粒径の粒子数濃度の変化：低高度2地点のCPCで観測した粒子数濃度とエアロゾル噴霧濃度の関係を図-5に示す。エアロゾル噴霧後は $0.01\sim 1\mu\text{m}$ の粒子数濃度は増加する。

7. エアロゾル噴霧数濃度・上昇風速と雲水量の関係：坑頂においての雲水量と実験条件の関係(2003～2005年度)を図-6に示す。雲水捕集用採水器は、 $10\mu\text{m}$ 以上の粒子を採取する。噴霧数濃度増加に伴い、坑頂での雲水量は増加する。噴霧数濃度が約 $1000\text{count}/\text{cm}^3$ 以上になると、各上昇風速において雲水量は一定の値を保つ。

8. まとめ：以下に、実験により得られた結果と考察を示す。

(1)エアロゾル噴霧により、低高度での $2.0\mu\text{m}$ 以上の粒子数濃度が減

少したことから、 $2.0\mu\text{m}$ 以上の粒径を持つ雲粒が成長できない。

(2)エアロゾル噴霧前の粒子数濃度の鉛直分布において、 $2.0\mu\text{m}$ 以上の粒径が高さに伴い増加している。

(3)図-4、図-5より、低高度においては $1.0\mu\text{m}$ 以下の粒子数濃度が増加し、 $1.0\mu\text{m}$ 以上の粒子数濃度が減少

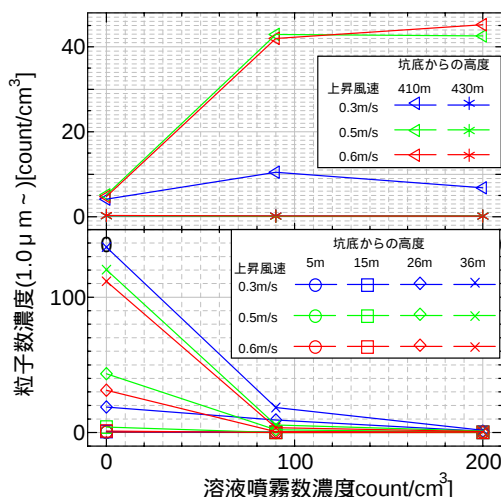


図-4 溶液噴霧数濃度と粒子数濃度の関係

していることから、エアロゾル数濃度の過多による雲粒成長の抑制が、観測によって明らかになった。

(4)溶液噴霧により、坑頂で取れる雲水量は増加する。また、上昇風速増加においても、雲水量は増加する。

(5)噴霧数濃度が約 $1000\text{count}/\text{cm}^3$ 以上になると、雲水量は一定の値になる。

参考文献

- 1) 山田正:実スケールの雲物理実験と降雨モデルによる雲物理過程の考察,土木学会論文集,No.509, -30,pp.1-13,1995.2.
- 2) 山田正ら:大気中のエアロゾルが降雨現象に及ぼす影響に関する研究,土木学会論文集,No.614, -46,pp.1-20,1999.2.
- 3) 笹尾将登,土屋修一,山田正:上昇風速及びエアロゾルが雲粒の成長に与える影響,第60回年次講演会, -002,2005.9

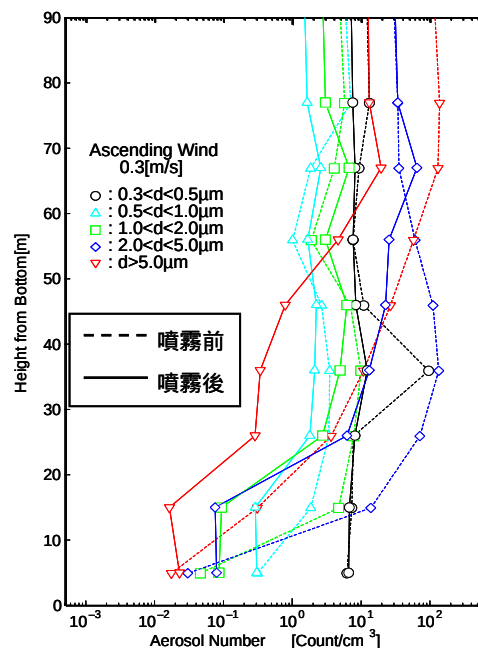


図-3 粒子数濃度鉛直分布

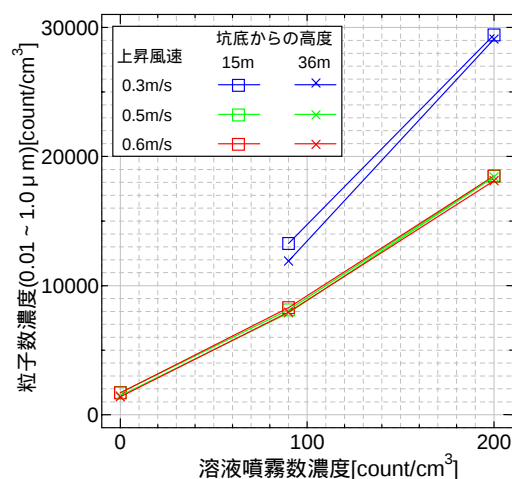


図-5 溶液噴霧数濃度とCPCで取れた粒子数濃度の関係

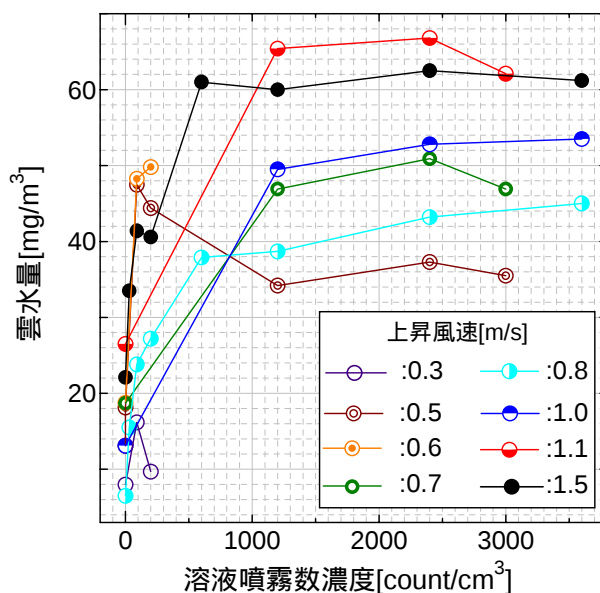


図-6 雲水量と噴霧数濃度の関係(2003～2005)