

# 実スケール雲生成実験によるエアロゾル及び上昇風速が 雲の微物理過程に及ぼす影響の解明に関する研究

中央大学大学院 学生員 ○大畑 義仁  
中央大学大学院 学生員 土屋 修一  
中央大学理工学部 正会員 岡田 将治  
中央大学理工学部 正会員 山田 正

**1. はじめに:** 集中豪雨はときに局地的な災害をもたらす．故に集中豪雨の事前予測は防災に直結するだけに正確さが求められる．近年，コンピュータの精度，速度が急速に発展してきている．例えば，日本は世界最高速の「地球シミュレータ」という跳び抜けたハードを持つが，それでも相変わらず高精度の降雨モデルの開発は不可欠である．つまり，世界最高の能力を持つコンピュータを使っているからといって素晴らしい結果が得られる，と断言できかねる世界なのである．また，数年しないうちに更に何倍もの速さを持つコンピュータが開発されるだろう．それに対して，ソフトである降雨モデルは小規模の再現実験による開発に留まっており，実スケールの数値モデルとの比較検討ができていない．そこで著者らはこれまで世界に例のない鉱山内の立坑を用いた実スケールの雲物理実験とエアロゾルを考慮した数値シミュレーションよりエアロゾルが雲発生メカニズムに及ぼす影響の解明を行ってきた．本研究でこれまでに得られた知見をふまえ，エアロゾルが雲水発生量に及ぼす影響を検討する．

**2. 実験概要:** 本研究では岩手県釜石市にある釜石鉱山内の立坑(全長 425.5m)を利用して実験を行った．図-1 は釜石立坑の概略図である．実験では立坑上端に設置した大型ファン2基により3通りの上昇風速を発生を制御し，下端に設置した溶液噴霧器により立坑内に流入する空気中のエアロゾルを人工的に制御することが可能である．表-1 に実験で使用した溶質，溶液濃度，エアロゾル数を示す．上端では，温湿度，微粒子の粒子数濃度，雲水量の計測を行った．下端では，温湿度，微粒子の粒子数濃度の計測を行った．坑内では，高度 20m，40m，60m，80m の計 4 地点の温湿度の計測を行った．更に，2003 年の実験では，立坑内の高度 18m，32m，53m，74m の計 4 地点の粒子数濃度を観測し，初めて立坑内の微粒子の空間的变化を観測した．

**3. 雲水量:** 図-2 は 2003 年に立坑上端で観測したエアロゾル・上昇風速と雲水量の関係である．上昇風速増加後，雲水量が増加していることが観測された．また，噴霧エアロゾル数を増加させると雲水量が増加することが観測された．しかし，噴霧エアロゾル数が 300[g/L]，600[count/cm<sup>3</sup>] (Case4) を超えると更にエアロゾル数を増加させたとしても著しい増加は見られなかった．上昇風速を増加させた方が雲水量の増加が顕著に現れた．エアロゾル噴霧数はある値を超えると雲水量に大きく影響はないように思われる．これは，大気中のエアロゾル数濃度が大きくなりすぎるとエアロゾル 1 個 1 個が大気中の水蒸気を奪い合い，エアロゾル 1 個あたりに凝結する水蒸気量が減少するためだと考えられる．

**4-1. 全粒子の数濃度の高度分布:** 図-3 は  $d > 0.3 \mu\text{m}$  の粒子数濃度の高度分布 (80m まで) である．どの上層風速においても高度が高くなるに従って  $d > 0.3 \mu\text{m}$  の粒子数濃度の増加が観測される．これより，上昇する過程で  $d < 0.3 \mu\text{m}$  の粒子から  $d > 0.3 \mu\text{m}$  の粒子に成長しているといえる．また，上昇風速を増加させることで全粒子の数濃度の増加が

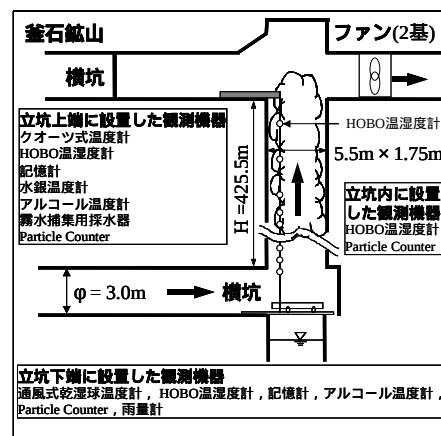


図-1 釜石鉱山立坑実験施設

表-1 噴霧溶液一覧

| Case  | 溶質                                              | 溶液濃度     | エアロゾル数                       |
|-------|-------------------------------------------------|----------|------------------------------|
| Case1 | (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | 10[g/L]  | 30[count/cm <sup>3</sup> ]   |
| Case2 | (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | 10[g/L]  | 90[count/cm <sup>3</sup> ]   |
| Case3 | (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | 10[g/L]  | 200[count/cm <sup>3</sup> ]  |
| Case4 | (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | 300[g/L] | 600[count/cm <sup>3</sup> ]  |
| Case5 | (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | 300[g/L] | 1200[count/cm <sup>3</sup> ] |
| Case6 | (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | 300[g/L] | 2400[count/cm <sup>3</sup> ] |
| Case7 | (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | 300[g/L] | 3600[count/cm <sup>3</sup> ] |

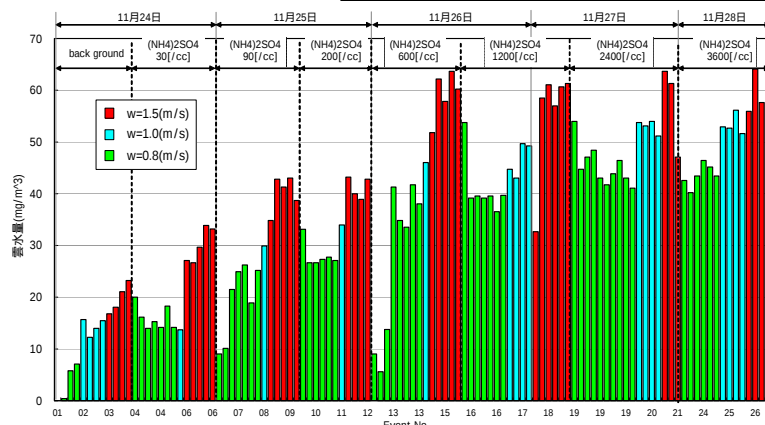


図-2 エアロゾル・上昇風速と雲水量の関係

キーワード：エアロゾル，降雨，雲物理

連絡先：〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部 Tel：03-3817-1805 Fax：03-3817-1803

観測されるが、Case1 は 32m 以上での  $d>0.3\mu\text{m}$  の粒子数濃度の増加していない。これは、水蒸気が凝結する際に核となるエアロゾルの数が少ないためと考えられる。

**4-2. 粒径別の粒子数濃度:** 図-4 は粒径別の粒子数濃度の高度分布 (80m まで) (Case1,4,7・上昇風速 1.5m/s) である。Case1 の粒子数濃度が  $0.5<d<2.0\mu\text{m}$  は高度が高くなるにつれ増加して 32m から減少し、 $2.0<d<5.0\mu\text{m}$  は高度が高くなるにつれ増加して 53m 以上から減少したのに対し、 $d>5.0\mu\text{m}$  は増加し続けている。また、図-3 から判るように Case1 は  $d>0.3\mu\text{m}$  の数濃度の増加していない。これは  $0.3<d<5.0\mu\text{m}$  の粒子が  $d>5.0\mu\text{m}$  の粒子に成長したと考えられる。これより高度が高くなるにつれ粒子が成長しているといえる。

**図-5** は高度別の粒子数濃度の粒径分布 (Case1,4,7・上昇風速 1.5m/s) である。18~74m では、数濃度分布は  $0.3<d<0.5\mu\text{m}$  から粒径が大きくなるに従い数濃度が減少し、 $0.5<d<1.0\mu\text{m}$  で極小値をとり増加し始め、 $2.0<d<5.0\mu\text{m}$  で極大値をとり減少し始める。図-6 は  $d>2.0\mu\text{m}$

$\mu\text{m}$  を雲粒子として  $d>2.0\mu\text{m}$  と  $d<2.0\mu\text{m}$  の二つの粒径に分けた粒子数濃度の高度分布 (Case1,4,7・上昇風速 1.5m/s) である。高度 37m 以上では  $d>2.0\mu\text{m}$  が  $d<2.0\mu\text{m}$  より大きくなっているが、Case1 は上端では  $d<2.0\mu\text{m}$  が  $d>2.0\mu\text{m}$  より大きくなっている。上端では  $d<2.0\mu\text{m}$  の粒子数濃度は全ての Case でほぼ同じ値に収束する。これは、エアロゾルが水蒸気を凝結して上昇する過程で雲粒に成長できなかった粒子、捕捉されなかった粒子だけが上端まで運ばれたと考えられる。

**5. まとめ:** 本研究により得られた知見を以下に示す。1). エアロゾル噴霧数はある値を超えると雲水量に影響はないように思われる。これは、エアロゾル数濃度が大きくなりすぎるとエアロゾル同士が水蒸気を奪い合い、エアロゾル 1 個あたりに凝結する水蒸気量が減少するためと考えられる。2). 微粒子の粒径が高度に伴い成長しているといえる。3). 今回の実験で観測した 18~74m の粒子数濃度粒径分布は、上端と下端で観測されたものとは違う分布を観測した。4). 上端では  $d<2.0\mu\text{m}$  の粒子数濃度は全ての Case でほぼ同じ値に収束する。エアロゾルが水蒸気を凝結して上昇する過程で雲粒に成長できなかった粒子、捕捉されなかった粒子だけが上端まで運ばれたと考えられる。

**謝辞:** 釜石鉱山(株)の多大な協力により行なわれた。ここに感謝の意を表します。

**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.

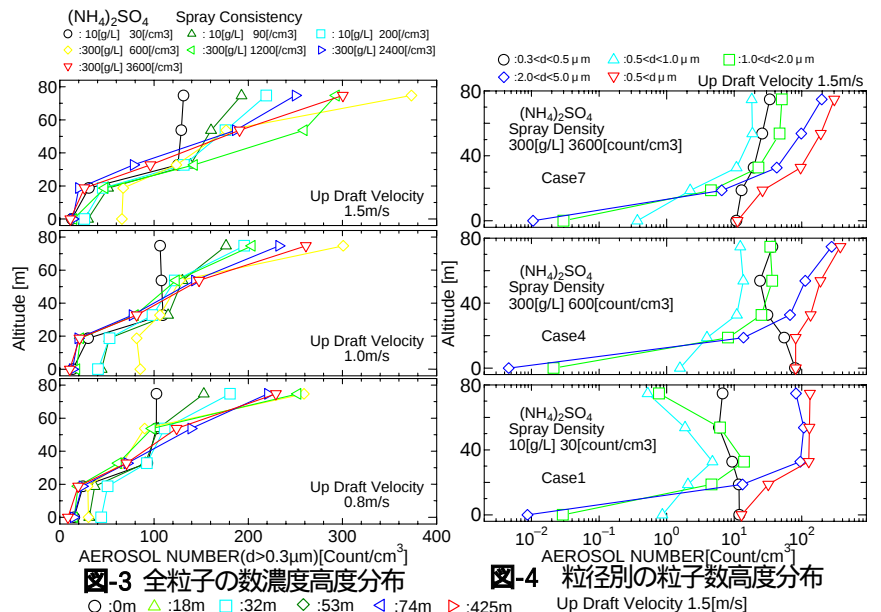


図-3 全粒子の数濃度高度分布

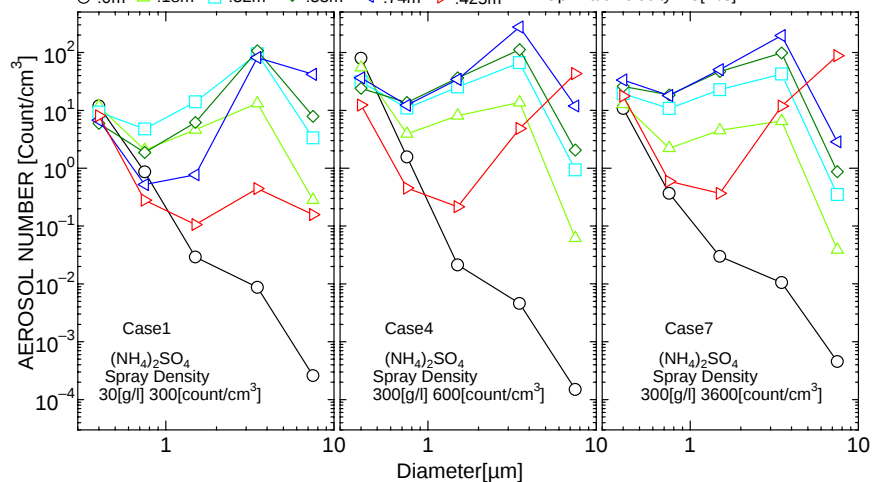


図-5 高度別の粒子数の粒径分布

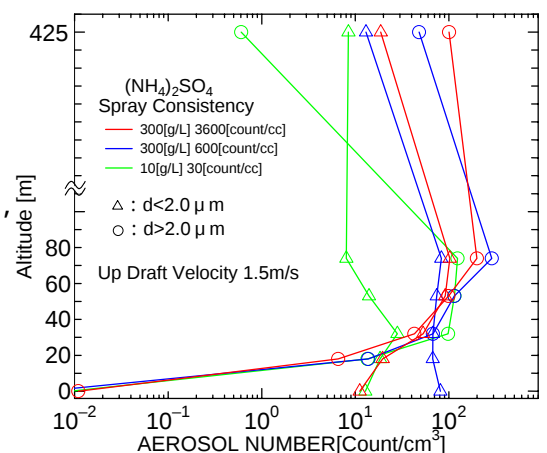


図-6  $d>2.0\mu\text{m}$ 、 $d<2.0\mu\text{m}$  の粒子数高度分布