

実スケール雲物理実験による 雲粒子の成長過程の粒径別粒子数濃度の関係

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 フェロー 山田 正

1. はじめに : 2004/07/29, 新潟・福井を襲った集中豪雨は国内の主力両産地に深い爪痕を残した。ヒートアイランド化による自然現象の異変が続く中, 降雨予測は人為的に可能な領域であり, 更なる迅速さと正確さが求められる。集中豪雨を物理的・数理的に予測するモデルを構築するためには, 雲や降雨の物理的な発生機構を解明することが必要不可欠であるが, 従来行われてきた雲の微物理過程に関する実験的研究の多くは室内における比較的小さな装置を用いた実験であることから, 実大気においてガスやエアロゾルが雲や

降雨の生成に与える影響は充分には明かされていないのが現状である。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, エアロゾル及び上昇風速が雲粒子の成長過程に及ぼす影響を検討する。

表-1 噴霧溶液一覧

EVENT No.	噴霧溶質 エアロゾル数濃度 [$/\text{cm}^3$]	上昇風速 [m/s]
1		0.5
2	Back Ground	0.7
3		1.1
4		0.5
5	(NH ₄) ₂ SO ₄ 1200 [$/\text{cm}^3$]	0.7
6		1.1
7		0.5
8	(NH ₄) ₂ SO ₄ 2400 [$/\text{cm}^3$]	0.7
9		1.1
10		0.5
11	(NH ₄) ₂ SO ₄ 3000 [$/\text{cm}^3$]	0.7
12		1.1
13		0.5
14	(NH ₄) ₂ SO ₄ 4200 [$/\text{cm}^3$]	0.7
15		1.1
16	(NH ₄) ₂ SO ₄ 2400 [$/\text{cm}^3$]	0.5
17		0.7
18	NaCl 2400 [$/\text{cm}^3$]	1.1

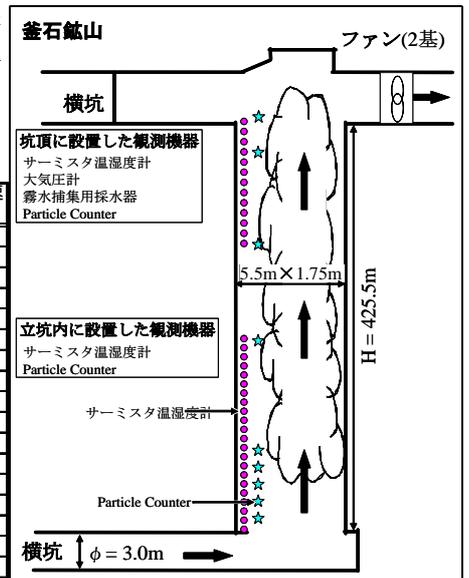


図-1 釜石鉱山立坑実験施設

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。実験では立坑坑頂に設置した大型ファン2基により3通りの上昇風速の発生を制御し, 坑底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制御することが可能である。

表-1 に 2004 年の実験で行った噴霧溶液の溶質, 粒子数濃度, 上昇風速を示す。坑頂では, 大気圧, 温湿度, 微粒子の粒子数濃度, 雲水量の計測を行った。坑内では, 坑底から 200m までの計 38 地点, 300m から坑頂までの計 13 地点の温湿度の計測を行った。2004 年の実験では, 立坑内の高度 30m, 45m, 60m, 75m, 90m, 200m, 300m, 400m の計 8 地点の粒子数濃度を計測し, 立坑内の微粒子の空間的変化を観測した。

3. 粒径別の粒子数濃度高度分布 : 粒径別の粒子数濃度の高度分布 (Event04) を図-2 へ示す。30m 地点から 60m 地点までは高度と共に全粒径の粒子数濃度が増加するが, 90m 地点からは $d > 5.0 \mu\text{m}$ の粒子数濃度が増加し続けるのに対し, $d > 5.0 \mu\text{m}$ の粒子数濃度は減少し始める。 $d < 5.0 \mu\text{m}$ の粒子が上昇する過程で水蒸気を凝結し, $d > 5.0 \mu\text{m}$ の粒子へ成長していく立坑内の空間的変化が観測された。

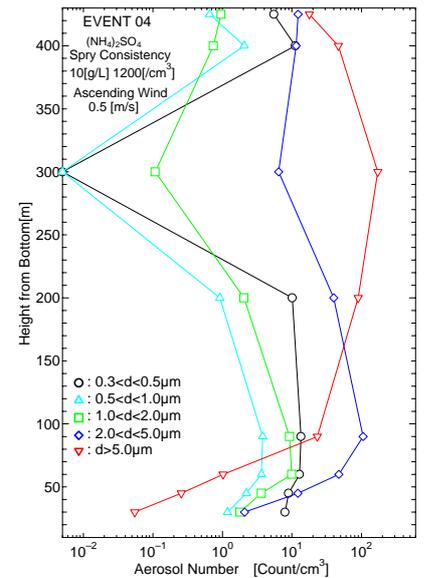


図-2 粒径別の粒子数濃度高度分布

4. エアロゾル, 上昇風速と粒子数濃度高度分布の関係 : エアロゾル噴霧開始後, 上昇風速増加後の粒径別の粒子数濃度高度変化を図-3 へ示す。①はEvent10 開始前 (Back Ground, 上昇風速 0.5 m/s), ②はEvent10, ③はEvent12 である。①と②

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

を比較すると、噴霧開始直後すべての高度で粒子数濃度の増加が見られ、高度が高くなるほど粒子数濃度の増加が顕著に見られる。特に300m地点の $d > 2.0 \mu\text{m}$ の粒子数濃度の増加は著しく、 $0.3 < d < 1.0 \mu\text{m}$ の粒子数濃度は減少している。

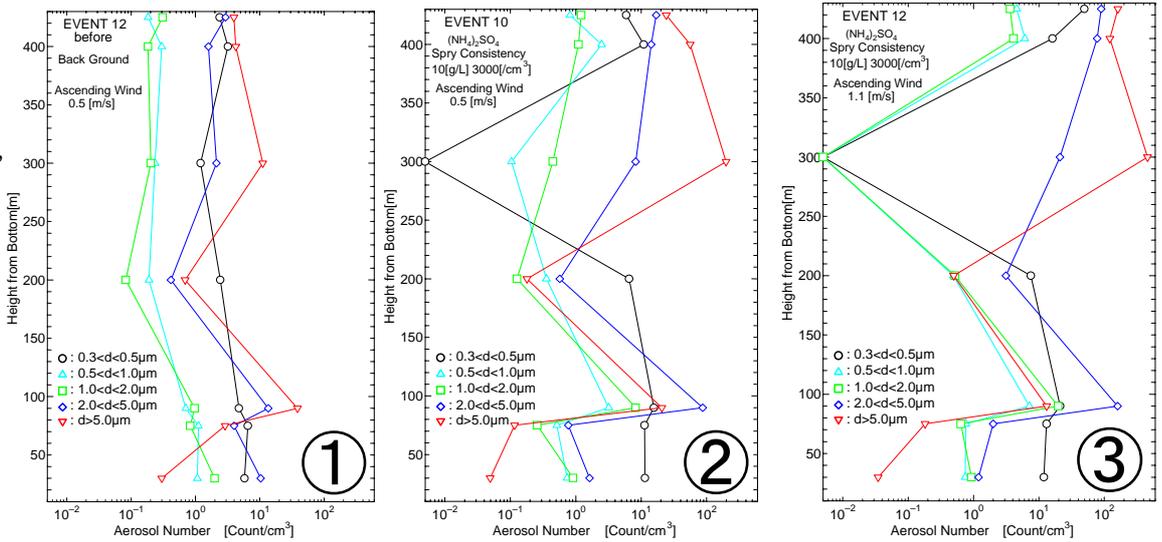


図3 エアロゾル噴霧及び上昇風速増加による粒子数濃度の高度変化

エアロゾルを噴霧することにより雲粒子の凝結成長を促進したと考えられる。②と③から上昇風速増加後、 $0.5 < d < 2.0 \mu\text{m}$ の粒子数濃度が減少し $d > 2.0 \mu\text{m}$ の粒子数濃度はさらに増加している。上昇風速を増加することで雲粒子の凝結成長をさらに促進したものと考えられる。

5. 高度別の粒子数濃度粒径分布: 高度別の粒子数濃度の粒径分布 (Event07) を図4へ示す。30m地点では大きい粒径ほど粒子数濃度は低く、高度が高くなるに従い $2.0 < d < 5.0 \mu\text{m}$ を極大値にとり全粒径の粒子数濃度が増加していき、300m地点では粒径が大きいほど粒子数濃度が高くなり $0.3 < d < 1.0 \mu\text{m}$ の粒子数濃度は極めて低くなる。高度が高くなると共に大きい粒径の数濃度が増加していることが観測された。400m地点では再び $0.3 < d < 1.0 \mu\text{m}$ の粒子が増加するが、坑頂の空気が流入したためではないかと考えられる。

6. 粒子数濃度と気温の高度分布: 立坑内の気温の高度分布と粒径別粒子数濃度の高度分布 (Back Ground 上昇風速 0.5 m/s) を図5へ示す。 $d > 2.0 \mu\text{m}$ の粒子数濃度は坑底から90m地点まで増加、200m地点では減少、300m地点では増加する。気温は坑底から80m付近まで減少、100m付近で上昇、200m付近で低下、320m付近で上昇している。坑底から100m付近の気温・粒子数濃度の挙動は水蒸気が凝結するとき潜熱を放出することによる気温の上昇、気温が上昇することで水蒸気が蒸発し、 $d > 2.0 \mu\text{m}$ の粒子数濃度が減少し始めると考えられる。水蒸気が凝結・蒸発する際の潜熱が雲粒子の成長過程に影響があることが観測された。

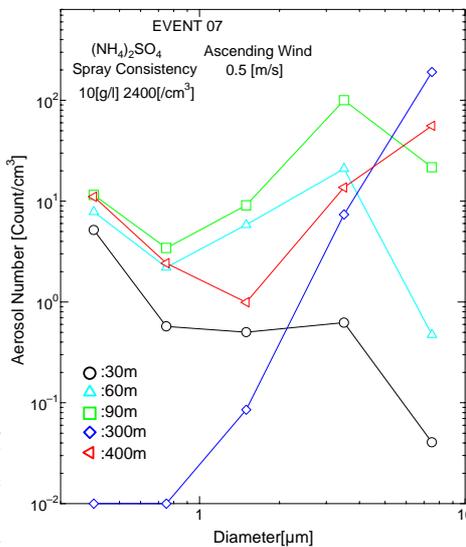


図4 高度別の粒子数濃度粒径分布

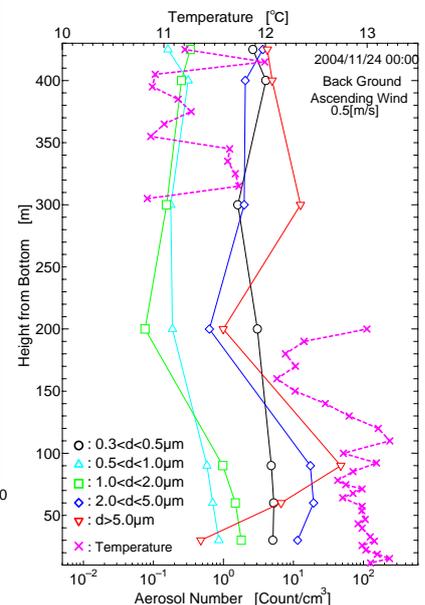


図5 粒子数濃度と気温の高度分布

7. まとめ: 本研究により得られた知見を以下に示す。1). 立坑内を微粒子が上昇する過程で雲粒子へ凝結成長していく空間的変化を観測した。2). エアロゾル噴霧, 上昇風速を増加させることで雲粒子の凝結成長を促進することを確認した。3). 水蒸気が凝結・蒸発する際の潜熱が雲粒子の成長過程に影響があることが観測された。

謝辞: 釜石鉱山㈱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, II-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, II-46, pp.1-20, 1999.2.