

実スケール雲物理実験によるエアロゾル数濃度と雲水発生量の関係

中央大学大学院 学生員 土屋 修一 中央大学大学院 学生員 笹尾 将登
 中央大学理工学部 正会員 山田 正

1. 目的：著者らは鉱山内の立坑を利用し、雲及び降雨形成に関する世界でも類を見ない実スケール雲物理実験を行っている。この雲物理実験は、自然現象に近い再現性のある実験、自然現象と素過程を結びつける実験として、雲の微物理過程の解明とモデルとの比較検討を目的としている。本実験は1992年から現在まで計16回の実験を行っている。これまでの実験でエアロゾル粒子の存在により水蒸気は不飽和状態においても凝結し雲粒子へ相変化するを明らかにした。また、上昇流内での気温の高度変化を世界で初めて実験的に検証する等、雲及び降雨の生成過程について多くの成果を上げている。本研究では、雲生成に関してエアロゾル及び上昇流の影響、雲生成時の雲粒の挙動について述べる。

2. 雲物理実験の概要：雲物理実験施設の概要図を図1に示す。雲物理実験施設は鉱山内の高さ425m、幅5.5m、奥行き2.8mの立坑を用い、立坑坑底の横穴から流入した空気を立坑坑頂に設置した大型ファンにより、上昇流を発生させ、雲水を生成させる実験施設である。この実験施設は坑頂に設置したファンにより上昇流及び、坑底に設置する溶液噴霧装置により坑内に流入させるエアロゾル数濃度を制御することができる。機材を各高度に設置することにより定点観測が可能であり、本研究では粒子数濃度、気温の鉛直分布を観測している。

3. 坑頂付近の粒子数濃度の変化：高度400mにおける雲粒数についての観測結果を述べる。粒径が0.3 μm 以上の粒子数濃度及び各粒径の粒子数濃度の時系列を図2に示す。エアロゾルの供給により0.3 μm 以上の粒子数濃度が増加していることがわかる。また、上昇流が大きくなるのに従い粒子数が増加していることがわかる。各粒径の粒子数濃度について、坑底においてエアロゾルを供給することにより粒径が20 μm 以上の粒子数濃度は減少し、20 μm 以下の粒子数濃度が増加していることがわかる。坑底においてエアロゾルの供給前後の粒径分布

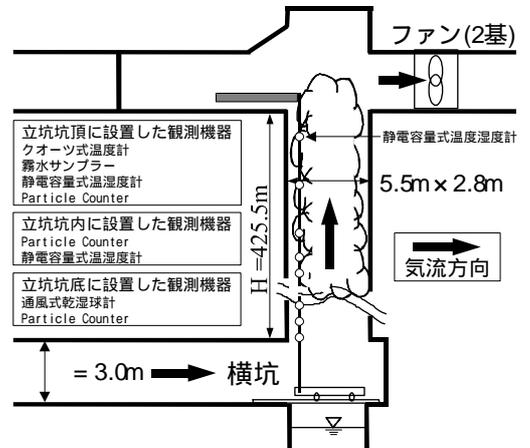


図-1 釜石鉱山雲物理実験施設概要図

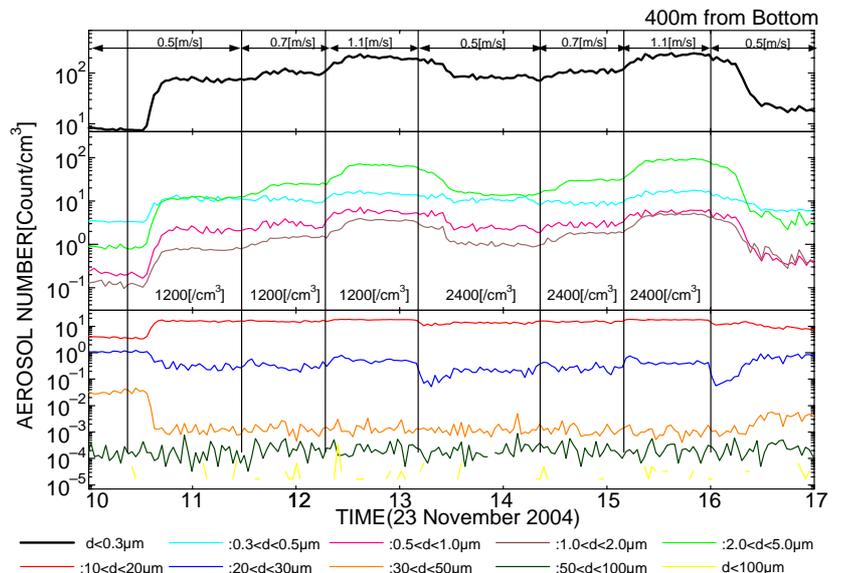


図-2 0.3 μm 以上の粒径及び各粒径の数濃度の時系列

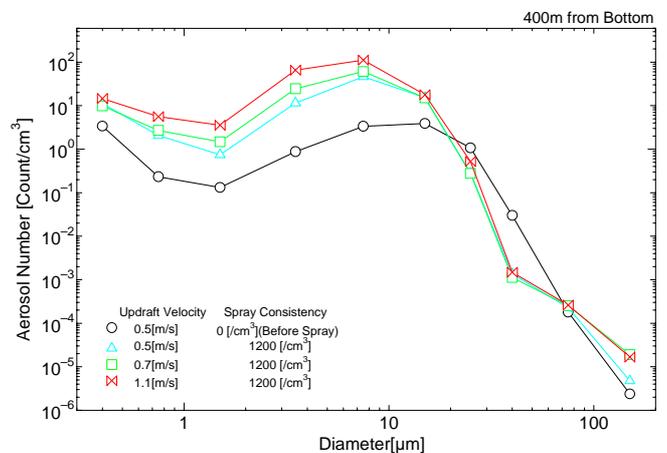


図-3 エアロゾル供給前後の粒径分布の変化

キーワード 雲物理実験, エアロゾル, 雲水量

連絡先 〒174-0063 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学大学院理工学研究科 TEL 03-3817-1805

を図 3 に示す。エアロゾル供給前後で粒径分布のピークが小粒径側に移動している。エアロゾル供給により小粒径の粒子が増加し、大粒径の粒子が減少することがわかる。これは、エアロゾルの供給による全体の粒子数濃度の増加から一粒当たり凝結するための水蒸気量が減り、大粒径への成長速度が遅くなったためである。上昇風速と粒子数濃度 ($d > 0.3 \mu\text{m}$) の関係について図 4 に示す。上昇風速と粒子数濃度は、ほぼ線形関係にあり上昇風速が大きくなるほど粒子数濃度は増加していることがわかる。粒子数濃度の増加は、測器の測定限界である最小粒径 $0.3 \mu\text{m}$ 以下の粒子が成長するためであり、上昇風速が大きくなるに従い粒子の凝結成長を促進させていることがわかる。エアロゾル供給がない時は、上昇風速の変化に対して粒子数濃度の変化が見られなかった。これは、エアロゾル供給前に $0.3 \mu\text{m}$ 以下の粒径の粒子がほぼ無いため、上昇風速の変化に対しても凝結量が促進されていても数の変化が観測されなかったためである。エアロゾルの供給量と粒子数濃度の関係について図 5 に示す。エアロゾルの供給量の増加とともに $1000 \text{count}/\text{cm}^3$ 以下では粒子数濃度が増加している。しかし、 $1000 \text{count}/\text{cm}^3$ 以上では粒子数濃度の増加量はほぼ一定になる。この粒子数濃度が一定となるエアロゾル供給量の閾値は風速によらず一定であることがわかる。

4. 坑頂付近における雲水量の変化：坑頂に設置した雲水サンプラーによる雲水量の観測結果について述べる。上昇風速と坑頂で採取した雲水量の関係について図 6 に示す。雲粒数の観測結果と同様に上昇風速に対して雲水量はほぼ線形関係にあることがわかる。ここで、興味深いのは、エアロゾルの供給前においても風速の変化に対して雲水量も変化していることである。雲粒数の変化は上昇流の変化に対してなかったことから、上昇風速が凝結成長を促進させ粒径が大きくなり雲水量を増加させていることがわかる。エアロゾルの供給量と雲水量の関係について図 7 に示す。雲粒数濃度のときと同様に、エアロゾル供給量が $500 \text{count}/\text{cm}^3$ 以下では増加とともに雲水量も増加しているが、 $500 \text{count}/\text{cm}^3$ 以上では雲水量は、ほぼ一定であることがわかる。上昇風速の強さによって雲水量も異なるが、雲水量が一定となるエアロゾル供給量の閾値は、風速によらず一定であることがわかる。

5. まとめ：本研究より以下の成果が得られた。1) エアロゾルを立坑内に供給することにより粒子数濃度の増加が見られ、粒径別に見ると $20 \mu\text{m}$ 以下の粒子は減少し、 $20 \mu\text{m}$ 以上の粒子は増加する。2) 上昇風速の増加に対し粒子数濃度、雲水量は線形的に増加する。エアロゾルの供給量に増加に対して供給量が $500 \text{count}/\text{cm}$ 以下では粒子数濃度、雲水量は増加するが、それ以下では一定の値となる。この閾値は風速によらず一定の値である。

参考文献：1) 山田正, 日比野忠史, 深和岳人, 藤吉康志, 播磨屋敏生: 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) 山田正, 池永均, 松浦直: 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.

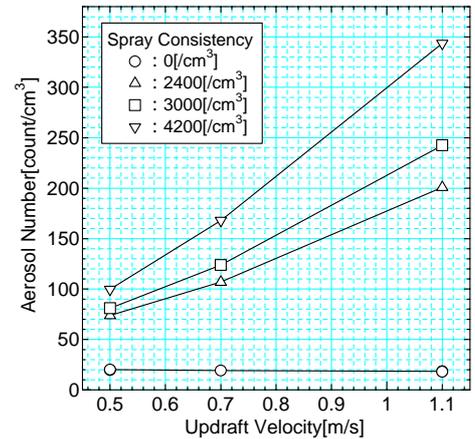


図-4 上昇風速と粒子数濃度の関係

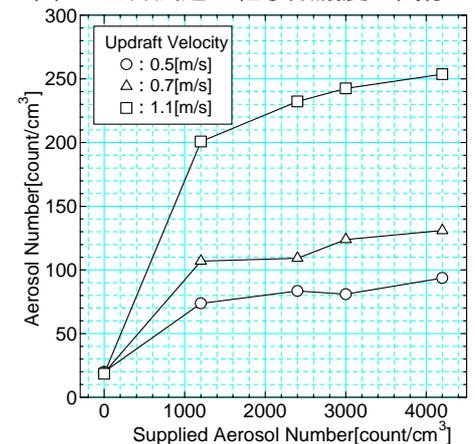


図-5 エアロゾル供給量と粒子数濃度

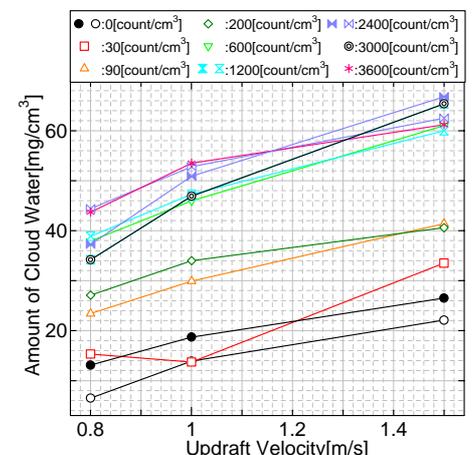


図-6 上昇風速と粒子数濃度

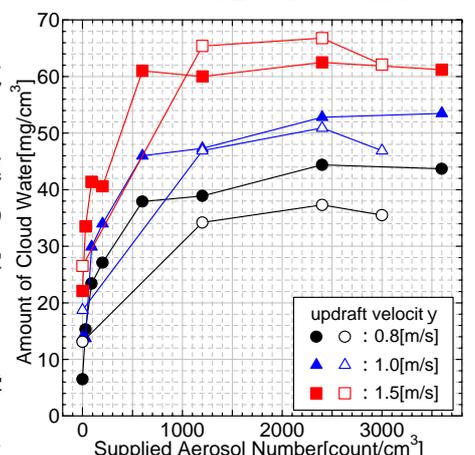


図-7 エアロゾル供給量と雲水量