

雲粒成長過程においてエアロゾルが及ぼす影響

中央大学理工学部 学生員 ○手塚 博史
中央大学大学院 学生員 山口 将文
中央大学理工学部 正会員 山田 正

1.はじめに 近年、都市部での集中豪雨の多発に伴う都市災害の発生が問題となっている。災害を未然に防ぐために、降雨発生メカニズムにおける雲、降雨の生成過程を解明することは重要である。著者らは、これまでに長大立坑を利用した実スケールの雲物理実験施設を使って雲発生にエアロゾルが及ぼす影響を明らかにしてきた。本研究では、実験により雲粒の成長に影響を与えるエアロゾルの成長過程を解明することを目的としている。

2.実験概要 著者らは岩手県釜石市の釜石鉱山内にある施設で実験を行った。図-1に本実験施設の概要を示す。立坑上端に設置した2基の大型ファンにより強制上昇風速を発生させた。一方で、立坑下端では溶液を噴霧し、人工的に雲粒の核となるエアロゾルを発生することで雲を生成した。表-1に実験を行った条件を示す。2種類の溶液を濃度、上昇風速を変えて噴霧した。また、噴霧機材を変えて噴霧した。立坑内に流入大気中のエアロゾルの種類や濃度の違いに起因する雲粒の成長過程を粒子数濃度の変化から測定した。溶液を噴霧する機材にはTSI3076とアキミストを用いた。立坑上端、下端において、定点観測を行った。観測項目は、立坑上端では粒子数濃度、雲水の採取、乾球・湿球温度、風速、大気圧、相対湿度を計測した。立坑下端では粒子数濃度、温度、湿度を計測した。

3.実験結果と考察

3-1.粒子数濃度の測定 図-2に噴霧機材別の粒径分布を示す。小粒径のエアロゾルが雲粒の成長に大きな影響を与えることが、過去の研究により解明されている。TSI3076は全粒径の濃度をアキミストより小さくして噴霧することができる。この機材で噴霧することによって、雲粒に成長しやすい小粒径のエアロゾルの粒子数濃度の変化を測定することができる。

3-2.立坑内での粒子数濃度 図-3にCase6,7の溶液濃度を変化させた時の立坑上端下端での粒子数濃度と風速の時系列を示す。溶液噴霧後は上端下端とも粒子数濃度が増加している。下端では各粒径の粒子数濃度は均一に増加しているが、上端では $0.5 < d(\mu\text{m})$ で考えると粒子数濃度は減り、 $5.0 < d(\mu\text{m})$ での粒子数濃度は増加している。Case6,7に限らず、すべてのCaseに関して、濃度が高くなることによって粒子数濃度の増加がみられた。図-4には溶液濃度は同じで、風速を変化させた時の立坑上端下端での粒子数濃度と風速の時系列を示す。上端では、風速が強くなることによって粒子数濃度は増加しているが、下端では減少している。上端では、 $5.0 < d(\mu\text{m})$ で考えると粒子数濃度は増加しているが、 $1.0 < d(\mu\text{m})$ は減少している。

以上から、溶液濃度、風速を変化させた場合、各粒径の粒子数濃度の増分に差があることがわかる。次に各粒径ごとの変化を考えてみる。

4.溶液濃度と粒子数濃度の関係 4-1. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ の濃度別粒子数濃度 図-5に $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ を噴霧したCase1,4,5,8の上端下端での各粒径ごとの濃度別粒子数濃度の変化を示す。下端では溶液濃度が高くなることにより、各粒径の粒子数濃度は増加している。上端では、 $100(\text{g/L})$ までは $0.3 < d < 0.5(\mu\text{m})$ の粒子数濃度が減り、 $0.5 < d(\mu\text{m})$ の粒子数濃度は増加している。濃度が $300(\text{g/L})$ になると、 $0.3 < d < 1.0(\mu\text{m})$ と $5.0 < d(\mu\text{m})$ の粒子数濃度は増加しているが、 $1.0 < d < 5.0(\mu\text{m})$ の粒子数濃度が減少している。4-2. NaCl の濃度別粒子数濃度 図-6に NaCl を噴霧したCase1,4,5,8の上端下端での各粒径ごとの濃度別粒子数濃度の変化を示す。下端では溶液濃度が高くなることにより、各粒径の粒子数濃度は増加している。上

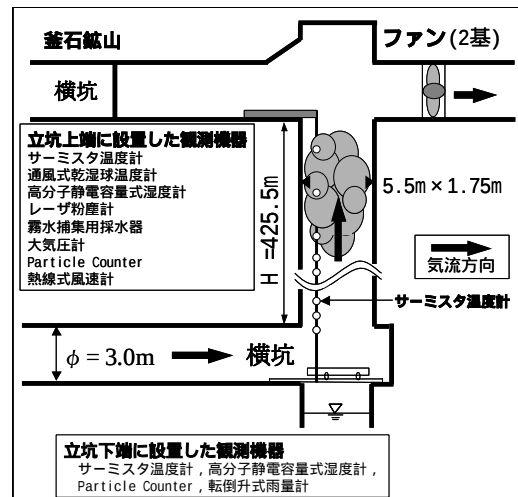


図-1. 立坑実験施設概略図

表-1. 噴霧溶液条件一覧

実験 case	噴霧溶液	溶液濃度 (g/L)	噴霧時間 (min)	上昇風速 (m/s)	溶液噴霧 機材
1	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	1	90	0.8	TSI
2	NaCl	1	90	0.8	TSI
3	NaCl	10	90	0.8	TSI
4	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	10	90	0.8	TSI
5	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	100	90	0.8	TSI
6	NaCl	100	90	0.8	TSI
7	NaCl	300	90	0.8	TSI
8	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	300	70	0.8	TSI
9	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	300	70	1.8	TSI
10	NaCl	300	70	1.8	TSI
11	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	1	90	0.8	アキミスト
12	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	10	90	0.8	アキミスト
13	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	200	90	0.8	アキミスト

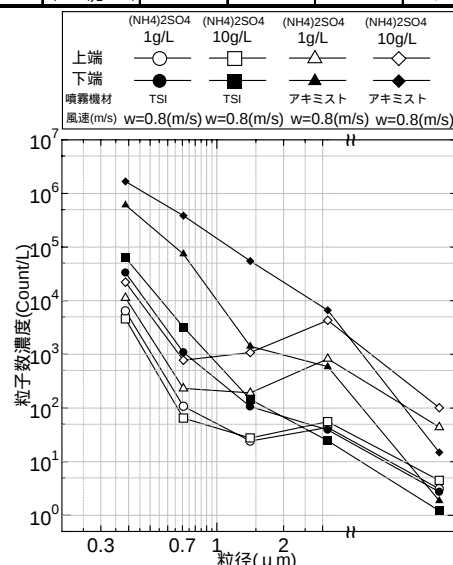


図-2 噴霧機材別粒径分布

TSIでは、アキミストより噴霧溶液の各粒径の粒子数濃度を低くして噴霧することができ、小粒径の成長過程を詳しく測定することができる。

Keyword : エアロゾル, 上昇風速, 粒径分布

連絡先 : 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部 TEL03(3817)1805, FAX03(3817)1803

端では、100(g/L)までは $0.3 < d < 0.5(\mu\text{m})$ の粒子数濃度が減り、 $0.5 < d(\mu\text{m})$ の粒子数濃度は増加している。濃度が 300(g/L) になると、 $0.3 < d < 1.0(\mu\text{m})$ と $5.0 < d(\mu\text{m})$ の粒子数濃度は増加しているが、 $1.0 < d < 5.0(\mu\text{m})$ の粒子数濃度が減少している。

4-3. 考察 以上から、上端では濃度が高いほど粒子数濃度は増加するが、各粒径で濃度ごとに増分が異なる。濃度が濃いほど大粒径の粒子数濃度の増分は大きい。このことから濃度が高いほど粒子が成長して大粒径になっていることがわかる。

5. 上昇風速と粒子数濃度の関係 5-1.

(NH₄)₂SO₄ の風速別粒子数濃度 図-7 に Case8,9 の上端下端での粒子数濃度の変化を示す。平均風速を $w=0.8(\text{m/s})$ から $w=1.8(\text{m/s})$ に変化させると、上端では各粒径の粒子数濃度が増加する。下端では $0.3 < d < 2.0(\mu\text{m})$ の粒子数濃度は減少し、 $2.0 < d(\mu\text{m})$ の粒子数濃度は増加する。上端での増分をみると、 $0.3 < d < 0.5(\mu\text{m})$ は約 1.3 倍増加しているが、 $5.0 < d(\mu\text{m})$ では約 5 倍に増加した。均一に増加するのではなく、粒径が大きい粒子ほど増分も大きい。

5-2. NaCl の風速別粒子数濃度 図-7 に Case7,10 の上端下端での粒子数濃度の変化を示す。平均風速を $w=0.8(\text{m/s})$ から $w=1.8(\text{m/s})$ に変化させると、上端では各粒径の粒子数濃度は増加する。下端では粒径が $2.0 < d < 5.0(\mu\text{m})$ の粒子数濃度だけが増加し、それ以外の粒径の粒子数濃度は減少した。上端での増分をみると、 $0.3 < d < 0.5(\mu\text{m})$ の粒子数濃度の増分は約 2 倍であるが、 $2.0 < d < 5.0(\mu\text{m})$ では約 6 倍に増加した。(NH₄)₂SO₄ と同様に各粒径が均一に増加するのではなく、粒径が大きい粒子ほど増分も大きい。

5-3 考察 以上から、上端では上昇風速が強くなることにより各粒径の粒子数濃度は増加するが増分は各粒径ごとに異なる。風速が強くなることで小粒径が成長したため、大粒径のほど粒子数濃度の増分が大きくなった。以上から粒子の成長に風速が影響することがわかった。

6. まとめ (1) 溶液を噴霧すると、上端では各粒径の粒子数濃度は増加する。溶液濃度を高くすることで、粒子数濃度の増分は小粒径より大粒径のほうが大きい。これは、溶液濃度が濃くなることで粒子が成長したためである。その粒子が高い濃度で存在するほど雲粒成長に影響することがわかった。(2) 上昇風速が速くなることで、大粒径ほど粒子数濃度の増分が大きい。風速が速くなることで小粒径が成長したと考えられる。このことから、風速が雲粒成長の要因であることがわかった。

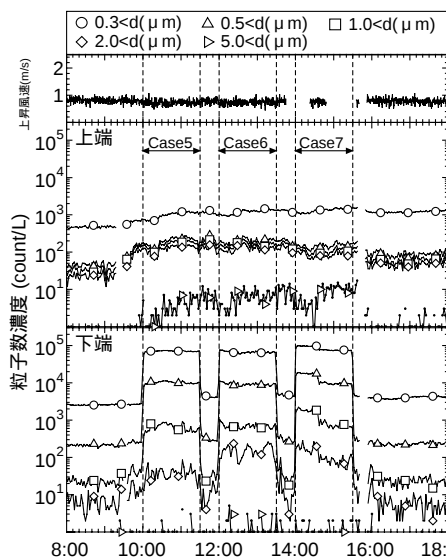


図-3 粒子数濃度の時系列

[溶液濃度が高いほど粒子数濃度は増加する.]

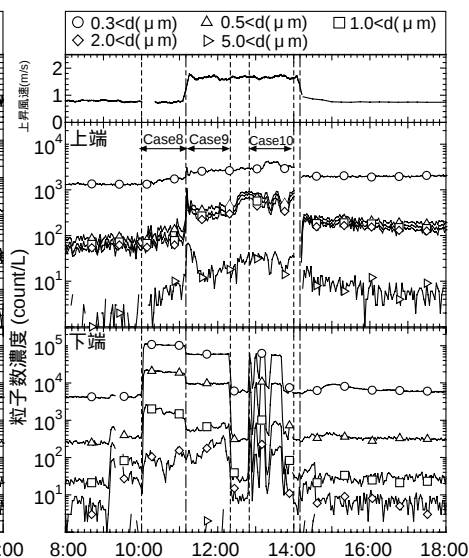


図-4 粒子数濃度の時系列

[風速を強めることで粒子数濃度は増加する.]

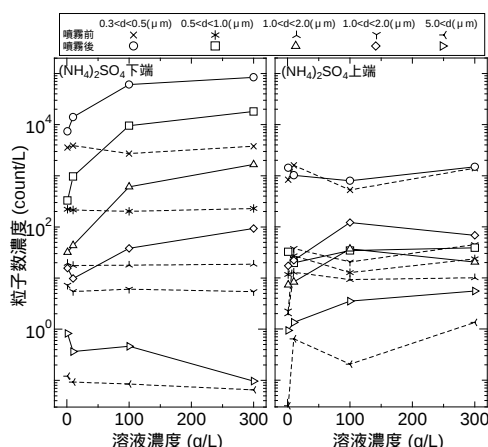


図-5 (NH₄)₂SO₄ 濃度別粒子数濃度

上端では $0.3 < d < 0.5(\mu\text{m})$ の粒子数濃度は噴霧後の増分は 1.3 倍であるが、 $5.0 < d(\mu\text{m})$ の増分は 5 倍であった。

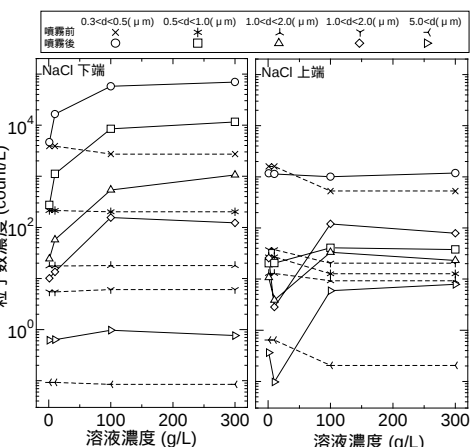


図-6 NaCl 濃度別粒子数濃度

上端では $0.3 < d < 0.5(\mu\text{m})$ の粒子数濃度は噴霧後の増分は 2 倍であるが、 $2.0 < d < 5.0(\mu\text{m})$ の増分は 6 倍であった。

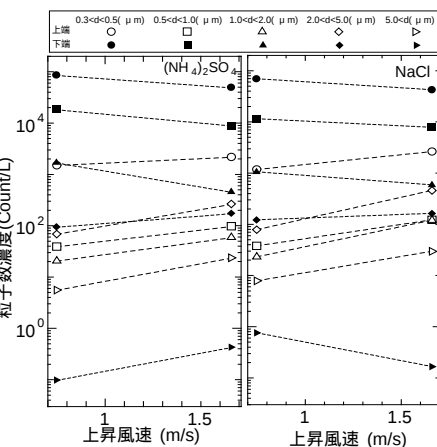


図-7 上昇風速別粒径分布

風速が強くなることにより、下端では小粒径の粒子数濃度は減少し、上端では小粒径の粒子数濃度は増加している。

謝辞.本研究を行うに当たり、釜石鉱山(株)の多大な協力を得た。ここに記し、感謝の意を表す。

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.1-1,1995.2.2)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