実スケール雲物理実験によるエアロゾル粒子の凝結成長と雲水量の関係

中央大学理工学部	学生員	笹尾	将登	中央大学理工学部	正会員	岡田	将治	
中央大学大学院	学生員	土屋	修一	中央大学理工学部	フェロー	会員	山田	正

1.はじめに:都市域において局地的な豪雨による被害が近年多発して いる.このような降雨現象の予測は都市防災上,必要不可欠である.気 象庁をはじめとする各研究機関は , 地上雨量計やレーダネットワークに よる降雨のリアルタイムかつ面的な広域観測網を整備し,降雨現象の解 析,予測モデルの構築および精度向上を目指す研究を行っている.そこ で用いられているパラメータは,理論的,実験的に求められたものであ るが,パラメータの精度の検証を実スケールで行っている研究機関は世 界的に見てもごく稀である . 著者らは従来から鉱山内にある長大立坑を 用いた準実スケール雲物理実験を行い、降雨現象の解明及び予測モデル の構築をする上で重要となる雲物理過程の詳細な現象を解明することを 目的として実験を行っている.本研究は,雲物理過程の中でも最も重要 となる雲粒子生成要因を,エアロゾルと上昇風速の2つの観点から解析 を行ったものである.

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) を利用した実スケール雲物理実験を 1992 年より計 15 回の実験を行っている. 雲物理実験施設の概略図を図-1 に示す 実験は立坑坑頂に設置した大型ファン 2基を用いて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を 用いて立坑内に流入する空気中のエアロゾル数を人工的に制御する.本実験で 用いた溶質,溶液濃度,噴霧エアロゾル数,上昇風速を表-1 に示す.2004 年 の実験では,坑頂において大気圧,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及び坑底から 30m,45m,60m,75m,90m,200m,300m, 400m,425mの計9地点で粒子数濃度の計測をし,立坑内の微粒子の空間的変化 を観測した.また,400m,425.5m (坑頂)において,0.3µm以上雲粒の粒子数

濃度を 10 の領域(0.3<d<0.5 µm, 0.5<d<1 µm, 1.0<d<2.0 µm, 2.0<d<5.0 µm, 5.0<d<10 µm, 10<d<20 μm, 20<d<30μm, 30<d<50μm, 50<d<100μm, 100 μm<d)に分けて観測し, 坑頂部の各雲粒(d>10μm) の詳細な粒子数濃度及び粒径分布の計測をした.

3. 写水量: 立坑坑頂で計測した各イベントにおけ る雲水生成量について図-1に示す.エアロゾル噴霧 を行わない条件(Event01~03)のとき,上昇風速の 増加とともに生成される雲水量は増加した.これは 上昇風速の増加により上昇する空気塊の冷却効率が



表-1	噴霧及び上昇風速の第	条件一覧		
EVENT	噴霧溶質	上昇風速		
	エアロゾル数濃度[/cm^3]	[m/s]		
1		0.5		
2	Back Ground	0.7		
3		1.1		
4		0.5		
5	(NH ₄) ₂ SO ₄ 1200 [/cm ³]	0.7		
6		1.1		
7		0.5		
8	(NH ₄) ₂ SO ₄ 2400 [/cm ³]	0.7		
9		1.1		
10		0.5		
11	(NH ₄) ₂ SO ₄ 3000 [/cm ³]	0.7		
12		1.1		
13		0.5		
14	(NH ₄) ₂ SO ₄ 4200 [/cm ³]	0.7		
15		1.1		
16	(NH.)-SO, 2400 [/cm/3]	0.5		
17	$N_{2}C_{4} = 2400 [/cm/3]$	0.7		
10	Naci 2400 [/ Cill'3]			

11



18

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

大きくなり雲水量が増加したと考 えられる.またエアロゾル噴霧時 においても上昇風速の増加ととも に雲水量も増加し,エアロゾル噴 霧をしない条件よりも多量に雲水 が生成されていることがわかる. しかし、噴霧エアロゾル数を増加 させても著しい雲水量の変化は見 られなかった.これは,過去の知 見から、エアロゾル数濃度が急増 すると,エアロゾル同士が凝結の 際に水蒸気を奪い合い,雲粒1粒 子当りに凝結する水蒸気量が減少 するためと考えられる.また, Event16~18 は Event04~12 のそ れぞれの上昇風速での条件で得ら れた雲水量より多いことがわかる これは、(NH₄)₂SO₄とNaCI が混合さ れたことによる溶液効果によるも のと考えられる.

<u>4.粒子数濃度</u>: 坑底より 400m 地点でのエアロゾル粒子の各粒径 の時系列を図-3 に示す.上段は 0.3<d<5.0µmの範囲の比較的小 粒径,下段は10<d<100µmの大粒 径について示している.坑底から のエアロゾル噴霧が開始より約



10 分後にエアロゾル粒子数濃度の変化が見られる.全てのイベントの噴霧条件において,0.3<d<20 µmの粒子は増加し, d>20 µmの粒径は減少している.図-3を粒径分布として整理したものを図-4 に示す.エアロゾル噴霧前は 10<d<20 µm に粒径分布の極大値を示すが,エアロゾル噴霧をしたことにより,粒径分布の極大値は 5.0~10 µm になり,小粒径側へ 極値が移動した.d>20 µm 以上の粒子数はエアロゾル噴霧により減少した.これは,エアロゾル噴霧により立坑内に供給 された多量の小粒径の凝結成長に水蒸気が使われることにより d>20 µm の大粒径への成長効率が低下したためだと考え られる.また,上昇風速の増加とともに 0.3<d<10 µm の粒子数の増加が大きく,上昇風速の影響は粒径分布の極値より 小粒径の粒子で顕著であることがわかる.

5.まとめ: エアロゾル噴霧の有無によらず,上昇風速の増加により上昇する空気塊の冷却効率が大きくなり雲水量が 増加する. 噴霧エアロゾル数を増加させても著しい雲水量の変化は見られない. 2 種類の溶液を混合し噴霧すると, 溶液効果により雲水量が増加する. エアロゾル噴霧により立坑内に供給された多量の小粒径の凝結成長に水蒸気が使 われるため d>20 µm の大粒径への成長効率が低下する. 上昇風速の影響は 10 µm より小粒径の粒子で顕著であること から,併合成長でなく,凝結成長を促すものと考えられる.

謝辞: 本実験は釜石鉱山(株)の多大な協力により行われた.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.