

(II-42) 雲の生成機構におけるエアロゾルの効果に関する実験的研究

中央大学大学院 学生員 坂田 祐介 萬矢 敦啓
中央大学理工学部 正 員 志村 光一 山田 正

1. はじめに 雲の生成機構においてエアロゾルが重要な要因となることは気象の理論上では、周知の事実である。しかし実際の雲の中で生じる微物理過程は詳細に把握されておらず、その実スケールの実験的な解明が必要となっている。本論文は、準実スケールの雲物理実験装置内に流入するエアロゾルの成分と濃度を制御した雲の生成実験を行い、エアロゾルが雲の生成に与える影響を実験的に明らかにした結果を報告するものである。

2. 実験概要 本実験は、旧鉱山の排気立坑を利用した雲物理実験装置(高さ430m)を用いて行った。実験装置の概要を図1に示す。実験では坑頂に設置したファンを用いて強制上昇流(1~3m/s)を発生させ、雲粒の凝結成長を促進させている。また、坑底から表1に示す溶液をミストとして散布することで、坑内のエアロゾルを人工的に制御し、凝結核の成分と濃度の違いによる雲粒の成長の違いを測定した。測定には、パーティクルカウンターを用いて、立坑坑頂と坑底における直径0.3~5.0 μm 及び直径10~100 μm の雲粒の数濃度を測定し、雲粒粒径分布の変化を観測した。さらに、レーザ粉塵計を用い、坑頂において生成された雲水量の変化を測定した。

3. 実験結果 図2~6はレーザ粉塵計を用いて立坑坑頂において計測した雲水量の時系列を示す。

3.1 純水と溶液の散布による雲の生成量の違いに関する考察

図2,3より、雲核となるエアロゾルを含まない純水を散布した場合(Case1,2)とエアロゾルを含む溶液を散布した場合(Case3~5,12)の雲水の生成量を比較する。純水を散布した場合、生成された雲水は、Case1で2g/cm³、Case2で8g/cm³である。Case3,4の極めて薄い溶液(NaHSO₃ 0.1g/l、NaHSO₃ 1g/l)の場合でも、雲の生成量はCase1と同程度である。しかし、Case5、Case10の濃い溶液(NaHSO₃ 10g/l、LiCl 200g/l)の場合では、雲水生成量が8g/cm³、18g/cm³となり濃い溶液の散布の場合は多くの雲が生成されている。以上から、純水を散布した場合においても、立坑内の自然大気中に含まれるエアロゾルを核として雲が生成されるが、人工的に凝結核を散布した場合に比べ雲粒の生成量が少ない。雲の生成において凝結核となるエアロゾルの存在が重要であることが分かる。

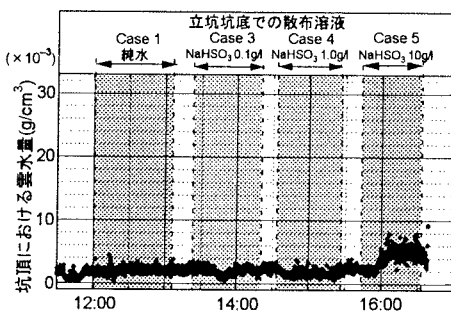


図2 立坑坑頂における雲水量の時系列
1998年11月25日 釜石立坑

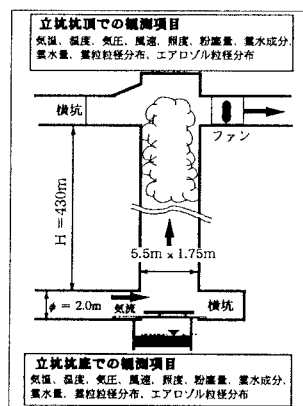


図1 雲物理実験概念図

表1 散布溶液一覧			
実験 Case	散布溶液	溶液濃度 (g/l)	立坑内に流入する時間 あたりの溶質量(g/分)
1	純水	0	10
2	純水	0	65
3	NaHSO ₃	0.1	60
4	NaHSO ₃	1	50
5	NaHSO ₃	10	50
6	(NH ₄) ₂ SO ₄	1	60
7	(NH ₄) ₂ SO ₄	10	60
8	(NH ₄) ₂ SO ₄	200	10
9	(NH ₄) ₂ SO ₄	200	60
10	NaCl	10	85
11	NaCl	200	20
12	LiCl	200	47
13	LiCl	200	15
14	LiCl	200	105
15	LiCl	200	10
16	LiCl	200	7
17	LiCl	200	9

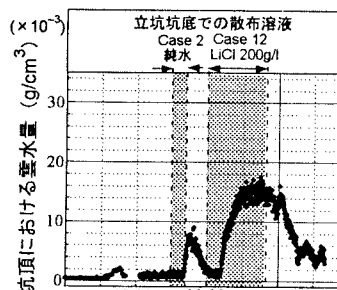


図3 立坑坑頂における雲水量の時系列
1997年 11月14日 釜石立坑

3.2 凝結核の成分と濃度が異なる場合の雲の生成量に関する考察

図4では、同成分の溶液((NH₄)₂SO₄)の濃度を1.0g/l(Case6)、10g/l(Case7)、200g/l(Case8)と変化させた場合に生成された雲水の生成量を示している。生成された雲水量はそれぞれ3g/cm³、8g/cm³、14g/cm³となり、より高濃度の溶液を散布するにつれ、より多くの雲が生成された。図5(Case13~17)はLiCl 200g/l溶液を散布した結果を示す。これらは、Case8と比べ同じ濃度(200g/l)であるにも関わらず、雲の生成量が2~2.3倍増加する。これらのCaseを表1の様に坑内へ流入する時間あたりの溶質量で考えると、溶質量が多いほど雲の生成

キーワード: エアロゾル、雲物理実験、準実スケール、雲水量、凝結成長

連絡先: 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学研究科 TEL03-3817-1805 Fax03-3817-1803

量が多くなる。以上より大気中に含む凝結核が高い濃度で存在する時ほど、多くの雲水が生成する結果となった。次に図3,4からNaHSO₃溶液と(NH₄)₂SO₄溶液を同じ濃度で散布した場合を考える。

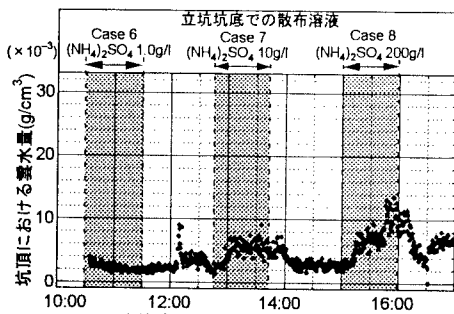


図4 立坑坑頂における雲水量の時系列
1998年11月26日 釜石立坑

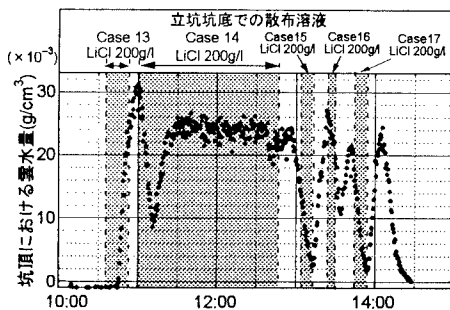


図5 立坑坑頂における雲水量の時系列
1998年11月28日 釜石立坑

Case5 と Case7 を

比較すると、異なる成分の溶液を同一の濃度で散布した場合には、同程度の雲水が生成されている。雲の生成量において、凝結核の成分よりも濃度が重要な要因となる結果となった。図6に、NaCl 10g/l(Case10)、200g/l(Case11)と(NH₄)₂SO₄ 200g/l溶液(Case8)を散布した場合の雲の生成量を示している。この場合では、散布溶液の濃度を変化させても雲の生成量が変化せず、一様に 6g/cm³ の雲粒量を生成する結果となった。これは、Case11 及び Case8(共に濃度 200g/l)の溶液の散布時間が短く、凝結核の供給量が少なかったため、雲の生成が促進されず 10g/lの場合と同様な雲の生成量になったと考えられる。以上より、雲の生成過程においてエアロゾルの存在は必要不可欠である。さらに、雲の生成量はエアロゾルの成分よりも濃度により依存する事が分かった。

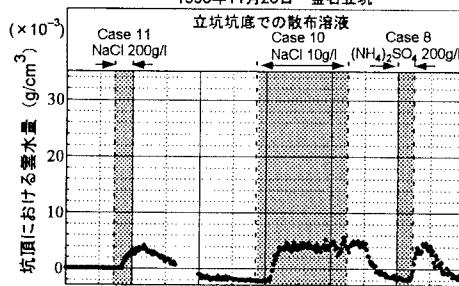


図6 立坑坑頂における雲水量の時系列
1997年 11月12日 釜石立坑

3.3 立坑坑頂と坑底における雲粒の粒径分布の変化

散布されたエアロゾルが 430m の立坑内を上昇する過程で、凝結・衝突により変化する雲粒の粒径分布を考える。図7,8は、パーティクルカウンターから得られた坑頂及び坑底における雲粒の粒径分布である。図7は、直径 0.3~5μm の小さな雲粒の粒径分布を、図8は直径 10~100 μm の雲粒の粒径分布であり、図7,8とも Case13(LiCl 200g/l)の観測を用いた。これらの図から粒径ごとの数濃度の変化を見ると、0.3~0.7 μm の雲粒数濃度は坑頂と坑底において差が見られない。しかし、1.3 μm の雲粒数濃度が坑頂では坑底と比べ 1/2 程度に減少している。これに対し 3.5 μm 程度の雲粒及び、13 μm 程度の雲粒が上端で増加している。さらに、40 μm 以上の粒子は上端では 1/30~1/40 程度の数濃度まで減少する結果となった。以上の結果は、この Case の雲においては、雲が上端に移流する過程で、1.5 μm 程度の雲粒が凝結成長し、3.5~10 μm 程度の雲粒が増加する結果と考えられる。また 40 μm 以上の雲粒は、上昇する過程で成長し雨滴として落下したために上端で濃度が減少したものと推測される。

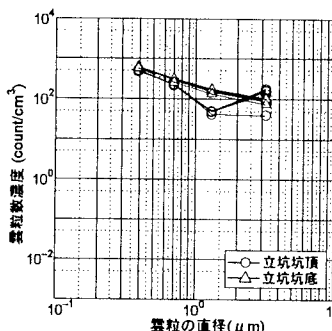


図7 立坑坑頂と坑底における雲粒の粒径分布の比較
LiCl 200g/l 溶液 散布時
1998年11月28日 11:33~12:58

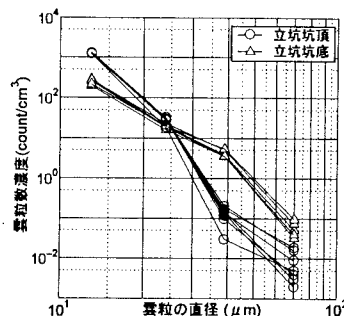


図8 立坑坑頂と坑底における雲粒の粒径分布の比較
LiCl 200 g/l 溶液 散布時
1998年11月28日 11:34~12:58

を用いた。これらの図から粒径ごとの数濃度の変化を見ると、0.3~0.7 μm の雲粒数濃度は坑頂と坑底において差が見られない。しかし、1.3 μm の雲粒数濃度が坑頂では坑底と比べ 1/2 程度に減少している。これに対し 3.5 μm 程度の雲粒及び、13 μm 程度の雲粒が上端で増加している。さらに、40 μm 以上の粒子は上端では 1/30~1/40 程度の数濃度まで減少する結果となった。以上の結果は、この Case の雲においては、雲が上端に移流する過程で、1.5 μm 程度の雲粒が凝結成長し、3.5~10 μm 程度の雲粒が増加する結果と考えられる。また 40 μm 以上の雲粒は、上昇する過程で成長し雨滴として落下したために上端で濃度が減少したものと推測される。

4. まとめ 1.本雲物理実験装置により、凝結核の成分と濃度を制御した雲の生成実験を行うことができた。2.雲の生成においてエアロゾルの存在が重要であり、エアロゾルを含まない純水の散布では、雲がほとんど生成されない。3.雲の生成量は雲核となるエアロゾルの成分よりも、エアロゾルの数濃度により大きく依存する。4.生成された雲の粒径分布は、立坑内を上昇することにより、3.5 μm 以下の雲粒数は変化が無く、3.5~10 μm 程度の雲粒が増加し、40 μm 以上の雲粒が大きく減少する。

謝辞：本研究は三井建設株式会社、釜石鉱山(株)の多大な協力により行われた、ここに記し感謝の意を表す。

参考文献：1)山田ら：実スケールの雲物理実験と降雨モデルによる雲の微物理過程の考察,土木学会論文集, No.509, II-30, 1-13, 1995.2. 2)山田ら：大気中のエアロゾルが降水現象に及ぼす影響に関する研究 土木学会論文集 掲載予定