エアロゾルと雲水発生量に関する研究

中	央 大	〕学	大	学	院	学生員	山口	将 文
中	央 大	学 理	1 I	学	部	正会員	山田	正

1.**はじめに** 著者らは鉱山内の立坑を利用して世界的に例の無い準実スケールの 雲物理実験を過去 8 回行なっている.実験でエアロゾルによって不飽和大気中に おいても雲が発生し得ることを明らかにした.また,上昇気流中での気温の高度 変化を世界で初めて実験的に検証し,理論と対応可能な雲内外の温度の詳細な分 布測定に成功する等,雲生成のメカニズムを明らかにしてきた.^{1),2)}本研究は立坑 内で発生した雲水量とエアロゾル数濃度,上昇風速の関係の解明を目的とする.

2.実験概要 実験は岩手県釜石鉱山の立坑で行なった.図-1に立坑雲物理実験施設の概略図を示す.立坑は全長約425[m],立坑の上端に設置している大型ファン2 基により速度の異なる3通りの上昇風を発生させ実験を行った.立坑下端では実験中に雲の発生し易い条件を作り出すとともに,立坑に流入するエアロゾルの成分により発生する雲水量を調べるために,人工的に溶液を噴霧し雲粒の核となる エアロゾル数濃度を増加させた.表-1は実験で噴霧を行なった5ケースの溶質,

溶液濃度と噴霧速度の一覧である. Case1,2,4 は上昇風速を変化させた 実験,Case3,5 は上昇風速を 2.4[m/s]と一様に与え濃度の異なった溶液を 噴霧した実験を行なった.実験では立坑の上端と下端の2地点に観測機材 を設置して定点観測を行なった.観測には図-1に記した観測機材を用いた. <u>3-1.立坑内の雲水成分</u> 図-2 は 1995 年度立坑実験において下端から高 度 193m,383m 地点と奈良県大台ケ原山頂付近の高度約 1500m で採水し

た雲水のイオンの当量濃度である.高度 193m における雲水は 陽イオン,陰イオンともに約1800µeq/lであるが,383m で採 水した雲水は陽イオン,陰イオンともに約600µeq/lに減少して いる.立坑下端で噴霧されたエアロゾルは上昇流により上方に 運ばれる過程でH2O分子である水蒸気が凝結し,雲粒が生成さ れる.水蒸気の凝結に従い雲粒のイオン濃度が減少したためと 考えられる.実験中に高度383m で採水した雲水の結果と比較 するとイオン当量濃度はどちらも約500µeq/lで、雲水中の成分 の比率も似た傾向をしていることが分かる.これより立坑内の 大気状態は自然大気の状態に近いといえる.

<u>3-2.**雲水量の観測結果**</u>図-3 は立坑上端で観測した雲水量と上 昇風速の時系列である.Case1~5 以外の時間帯では溶液噴霧を 行なっていない状態をback ground とする.back groundの雲水

上昇風速

c[mg/m]

畫 1 1

6.00

量は0.0 ~0.1[mg/m³]であった のに対し,溶液噴霧を行なった とき back ground に比べて Case1 は約 80 倍, Case2,4 は 約 200 倍の雲水量を観測した. 上昇風速増加後,雲水量は増加 している.Case1,2,4 は上昇 風速が定常な条件では,雲水量 はほぼ定常な値を計測した. Case3,5 は溶液噴霧開始後,雲

した雲水のイオンバランス 立坑上端(左)と奈良県大台ケ原山頂(右)で採水 したイオン濃度はとよく似ている. 上昇風速、 c[mg/m [mg/j 憲 水 『 顎火量 12:00 時間[hour] 6:00 6:00 9:00 12:00 時間 [hour] 15:00 18.00 12:00 時間 [hour]



水量は最大約 17.5[mg/m³]とな (ack ground の雲水量は 0.1[mg/m³]以下と少量であるが,溶液噴霧を行なうと雲水が発生している). った後,減少した.雲水量の減率は時間と共に小さくなり溶液噴霧を開始してから 50 分経過した時点で雲水量はほ ぼ定常値になった.

<u>3-3 粒子の観測結果</u>図-4 は5 ケースの上端と下端で計測した粒子数濃度の時系列である上昇風速が1.3[m/s], 1.7[m/s],2.4[m/s]と増加させると下端のエアロゾル数濃度は減少している.上端では粒子数濃度の挙動は1.0[µ m]以上の粒子,1.0[µm]以下の粒子の2つに大きく分ける事ができる.1.0[µm]以上の粒子は数濃度が増加し,以 下の粒子は減少する.Case5 における下端の粒子数濃度は噴霧開始直後に最大となるが,下端における2.0[µm]以

キーワード:エアロゾル,上昇風速,雲水量

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

釜石鉱山 ファン(2基) 8 ----横坑 立坑上端に設置した観測機器 ーミスタ温度 サーミスタ温度計 通風式乾湿球温度計 高分子静電料電料 .5m x 1.75n 丁貯電台 ザ粉塵計 **ドッ**物 星目 霧水捕集用採水器 大気圧計 気流方向 = 3.0m 横坑 立坑下端に設置した観測機器 ミスタ温度計,通風式乾湿球温度計, ザ粉塵計,大気圧計,Particle Coun ザ雨滴計,熟練式風速計 ,高分子静電容量式淵 iter,転倒升式雨量詞 図-1. 釜石鉱山立坑実験施設

表-1 噴霧溶液一覧

-				
Case	溶質	溶液濃度	噴霧速度	
Case1	$(NH_4)_2SO_4$	10 [g/L]	1.33 [kg/hr]	
Case2	NaCl	10 [g/L]	1.07 [kg/hr]	
Case3	NaHSO ₃	0.1 [g/L]	1.08 [kg/hr]	
Case4	LiCl	10 [g/L]	0.85 [kg/hr]	
Case5	NaHSO ₃	1 [g/L]	0.96 [kg/hr]	



図-2 立坑内の大気と自然大気において採水

上の粒子数濃 度は溶液を噴 霧したときも back ground と の差が見られ ない.上端で計 測した 1.0 [µ m] 以上の粒径 を持つ粒子数 濃度は Case4 5 共に雲水量と 挙動が類似し ている。

3-4.雲水量と

上昇風速 図-5 は上昇風速と雲水 量の関係図である.各ケースにお ける上昇風速ごとに計測した雲水 量の平均値と変動幅を示した. back ground において雲水量は上 昇風速の大きさに関わらず 0.0~ 0.1[mg/cm³]と一様であった. Case2,4は17.5[mg/cm³]以上の雲 水が発生し,上昇風速が2.4[m/s] のとき約 19.5[mg/m3]の雲水量が 観測された.Case1 で発生した雲 水量は 10[mg/cm³]以下であった. しかし上記の3Case(Case1,2,3) は共に上昇風速を増加させると発 生する雲水量も増加する傾向があ ることが分かる. 亜硫酸水素ナト リウムを噴霧した Case3,5 は発生

直後の雲水量と定常値の差が10[mg/m3]ある. 3-5. 粒子の粒径分布 図-6 は Case4 における上昇風速別の粒子数濃度の平均値 を粒径分布にしたものである.溶液を噴霧したとき下端における2.0[μm]以下の 粒子数濃度は back ground の粒子数濃度に比べ約 100 倍に増加している.上昇風 速を増加させると下端のエアロゾル数濃度は全粒径において減少するのに対し、 上端は粒径 0.71 [µm]程度の粒子数濃度に極小値,粒径 3.2 [µm]程度の数濃度に 極大値を示す粒径分布となった.上昇風速が増加するにつれ上端の3.2[µm]程度 の粒子数濃度が増加する.Case4 では上昇風速が1.4[m/s]から1.7[m/s]に増加し たとき粒子数濃度は約1.5倍に,1.4[m/s]から1.7[m/s]に増加したとき約2倍に 増加した.

0.3<d<0.5µ m 0.5<d<1.0µ m

w=1.7(m/s)

12:00 14:00

時間 (hour)

.0<d<5.01m

.0[µm]<d

w=1.3(m/s

。 溶液 0.1[g/L]

3.

20

dmg/m³]

「水」

1(매버

O LiCl 10[g/L]

16:00

18:00

aHSO

-1.0<d<2.0µm]-

NaCl 溶

.r. ////

w=1.3(m/s)

立坑上端

立坑下端

л.h.

 10^{2}

10

່<u>ຮ</u>_10

アロゾル数濃度 ⁰¹

А Н 10

10

6:00 9:00 10:00

3-6.エアロゾルの粒径と発生雲水量 図-7 は雲水発生量とエアロゾルの関係図 である.図に実験で行った全ケースにおいて計測した下端のエアロゾル数濃度と 上端の雲水量の関係を記す。図より5.0μm以下のエアロゾル数濃度が大きいほど 発生した雲水量が多いことが分かる.

4.**まとめ** 1.上昇風速が増加させると立坑上端の雲水量は増加する傾向がある. 2. 上昇風速を増加させたとき立坑上端で観測される粒子数濃度は 1.0[µm]以上 の粒子数濃度は増加し、1.0[µm]以下の粒子数濃度は減少する傾向がある.3.5.0 µm以下のエアロゾル数濃度が大きいほど雲水量が多く発生する.



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.



つ粒径分布となる.

O: 0.3<d<0.5(μm) Δ: 0.5<d<1.0(μ m) □: 1.0<d<2.0(µ m) **∇** : 2.0<d<5.0(µ m) **×**: 5.0(µm)<d 20 ××× इस् 🖧 😤 🎖 (mg/m³) 15 8 10⁻² 10⁰ 10 10 粒子数濃度N(d) (cm⁻³) 図-7 全ケースの粒径分布

