

# 立坑を用いた人工雲実験における雲底のライダー計測

Measurement of cloud base using a lidar for artificial cloud  
experiment in a vertical shaft in a mine

松井一郎、杉本伸夫、清水厚、藤吉康志<sup>1</sup>

Ichiro Matsui, Nobuo Sugimoto, Atsushi Shimizu and Yasushi Fujiyoshi<sup>1</sup>

国立環境研究所、北海道大学低温科学研究所<sup>1</sup>

National Institute for Environmental Studies, Hokkaido University<sup>1</sup>

**Abstract** A small Mie lidar was employed for measuring profiles of extinction coefficient at cloud base in the artificial cloud experiment using a vertical shaft in the Kamaishi mine.

## 1 はじめに

廃坑となった鉱山の立坑を実験装置として活用し、雲の生成を人工的に行う世界的にもユニークな研究が行われている<sup>[1]</sup>。立坑内は自然界と遮断された状態であることから、安定な実験条件を設定することが可能であり、雲の発生機構に重要な要素となるエアロゾルや風速を制御し、鉛直方向に発達していく雲粒子の観測が可能である。ここでは、坑底に設置した小型ミー散乱ライダーで行った雲底高度の観測の概要と結果を報告する。

## 2 立坑の概要

実験は、岩手県遠野市上郷町の釜石鉱山日峰坑中央立坑で行われた。立坑内部の概略図を Fig.1 に示す。内部は平均断面積  $3.05 \times 5.71\text{m}$ 、観測可能高度は 427.5m である。底部は標高 250m、頂部は標高 680m に位置する。坑底部より雲粒子の核となる  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、NaCl の溶液を一定量噴射し、坑頂の排気ファンにより上昇流速度を制御している。

## 3 ライダーシステム

使用したミー散乱ライダーは、光源にフラッシュランプ励起の Nd:YAG レーザー（運用時の出力約: 10mJ@532nm, 10mJ@1064nm, 繰返し 10Hz）、受光望遠鏡（直径:12cm）で受光

し、2 波長 (532/1064nm) 信号および偏光解消度 (532nm) を PMT と APD により電気信号に変換後、デジタルオシロと PC の組合わせで距離分解能 1.5m で高度 1km までの信号波形を 10 秒間積算で取得している。装置は、ガラス窓を張った筐体の中に入れて、立坑内から落ちてくる漏水に対して簡易防水を施した。

## 4 消散係数の導出

測定したデータの解析には、Klett の方法を用いて消散係数を求めた。Fig.2 に高度 105m で境界値として  $5e-0, 5e-1, 5e-2$  を与えてインバージョンを行った結果を示す。境界値に対する依存性は高度 60m 以下でよく収束していることが確かめられた。ここでは、雲底高度を 35m 付近と定義した。

## 5 観測結果

THI 表示を行った観測結果の例を Fig.3 に示す。この図は、11 月 27 日の 1 時～7 時 (UTC) (日本時間 10 時～16 時) 間の高度 105m までを消散係数で濃淡表示している。2 時 30 分 (UTC) に雲底高度が高度 35m から 25m に変化している様子が見える。これは、噴霧している溶液濃度が 1200/cc から 2400/cc に増加したことにより雲核の成長が早まったことを示していると考えられる。観測期間中での各実験条件ごとの平均的な高度分布を Fig.4 に示す。この図から、

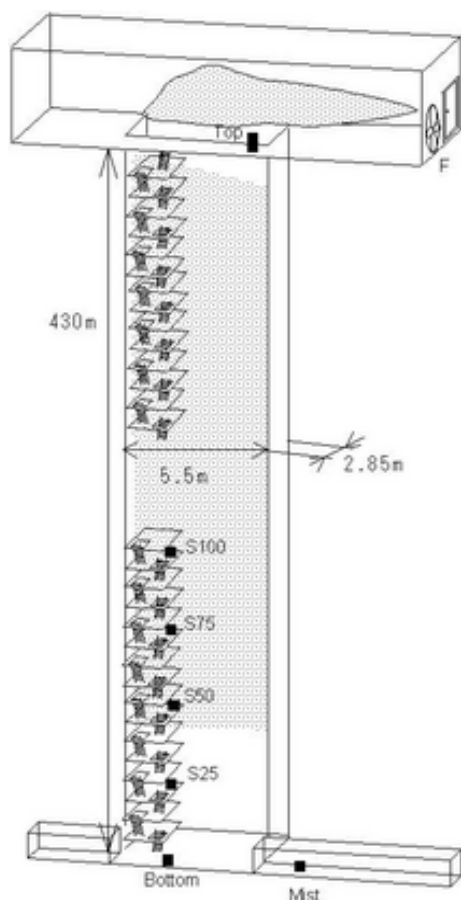


Fig. 1: Schematic diagram of a vertical shaft.

雲底高度の変化が5つのタイプに分類できた。観測期間中の観測条件と Fig.4 に分類した雲底高度の分類を Table.1 にまとめた。この結果から、溶液濃度を大きく変化させた時と溶液成分を  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  から  $\text{NaCl}$  に変更した時に顕著に雲底高度が変化したことがわかる。

## 6 おわりに

立坑で行われた人工雲実験でのライダーによる雲底高度の観測について述べた。今後、直接サンプリングによる結果やモデルとの比較検討を予定している。

## 参考文献

[1] 山形 定: 立坑を用いた人工雲実験, エアロゾル研究, 18, 226-270 (2003).

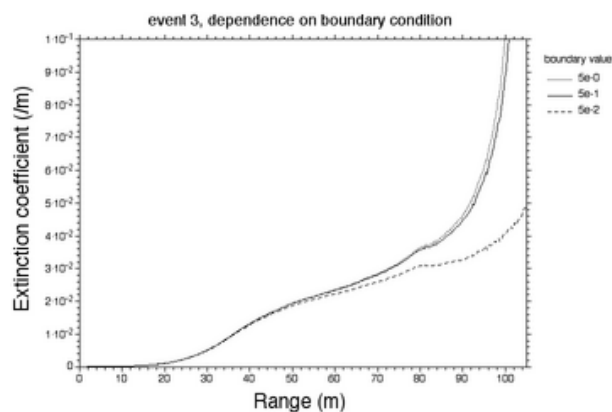


Fig. 2: Dependence on boundary condition

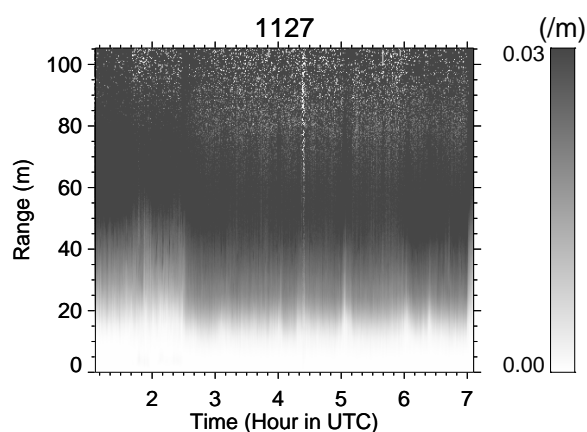


Fig. 3: Time-height indication of extinction coefficient of cloud.

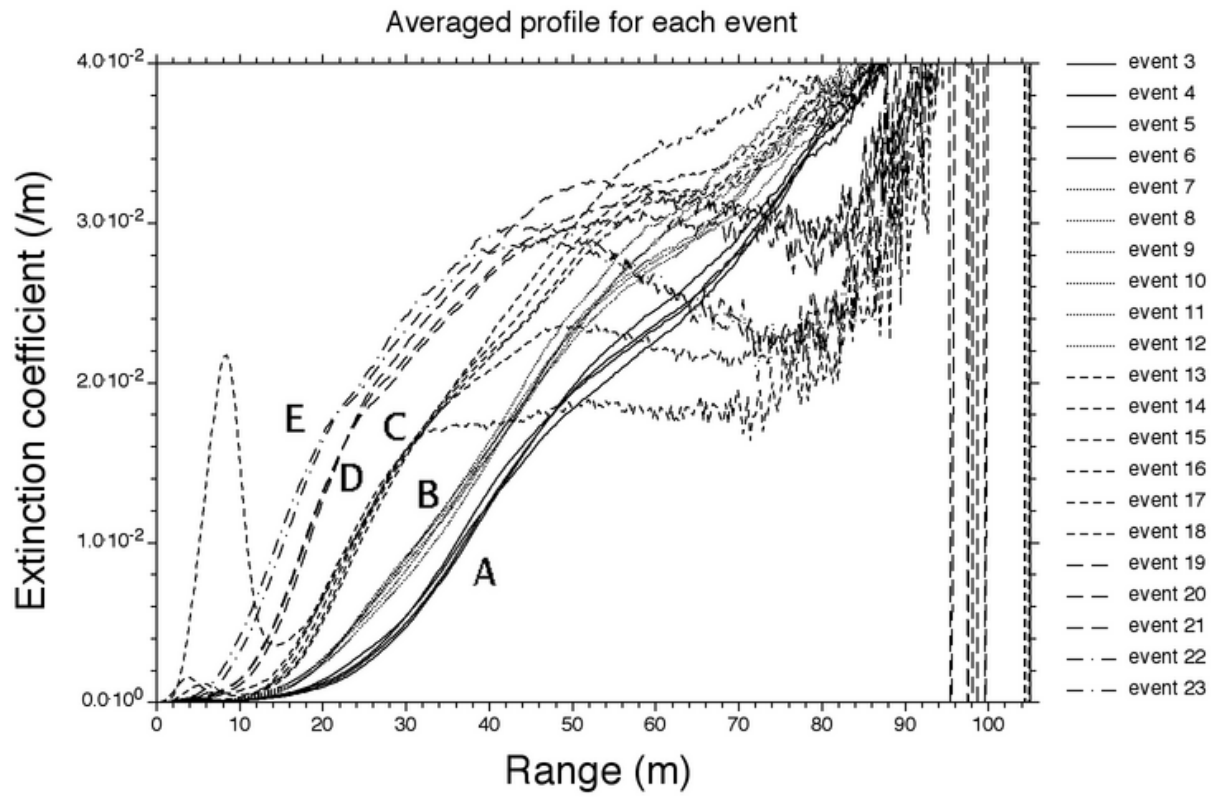


Fig. 4: Averaged profile for each event

Table. 1: Time table of experimental condition

日	イベント No	開始	終了 min	上昇風速 m/sec	溶液成分	エアロゾル数 /cc	雲底 タイプ
11/24	3	12:00	13:00	1.5	Back ground	-	A
	4	13:00	14:30	0.8	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	30	A
	5	14:30	14:50	1.0	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	30	A
	6	14:50	16:00	1.5	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	30	A
11/25	7	10:00	11:30	0.8	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	90	B
	8	11:30	12:00	1.0	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	90	B
	9	12:00	13:00	1.5	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	90	B
	10	13:00	14:30	0.8	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	200	B
	11	14:30	15:00	1.0	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	200	B
	12	15:00	16:00	1.5	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	200	B
11/26	13	10:20	11:50	0.8	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	600	C
	14	11:50	12:05	1.0	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	600	C
	15	12:05	13:20	1.5	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	600	C
	16	13:20	15:00	0.8	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1200	C
	17	15:00	16:00	1.0	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1200	C
11/27	18	10:00	11:30	1.5	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1200	C
	19	11:30	14:00	0.8	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	2400	D
	20	14:00	15:00	1.0	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	2400	D
	21	15:00	16:00	1.5	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	2400	D
11/28	22	10:00	11:25	0.8	NaCl	2400	E
	23	11:25	12:25	1.5	NaCl	2400	E