

準実スケールの人工雲物理実験計画の紹介*

藤 吉 康 志**・播磨屋 敏 生***・若 濱 五 郎****

1992年6月30日、我々はいよいよ深さ700m、直径5.5mの鉛直な排気用立坑内(三井石炭鉱業(株)所有)に発生している、厚さ200mの雲を確認することに成功した。この雲は、純粋に上昇流中で発生し、かつその発生を人工的に制御できるものとしては世界最大のものである。アメリカでは、ユタ大学の福田教授を中心として人工雲実験設備の計画案が提出されたことはあるが、未だ実現はされていない。もちろん、既存の施設それも閉山した炭鉱の換気用として用いられていた立坑をそのまま利用しているため、実験設備としては不十分ではあるが、それなりに工夫していけば様々な研究を行うことが可能である。そこで、本立坑が将来雲物理実験施設に発展したときの気象学的意義と、施設の現況の簡単な紹介を行う。

地球環境が問題にされている現在、雲の研究の重要性は近年急速に高まっている。最も直接的に雲の中に入る方法としては飛行機観測があり、間接的に雲の内部を捉える方法としてはレーダーに代表されるリモートセンシングがある。これらの手法は自然界で実際に何が起きているかを明らかにするために有力な方法であり、今後も重点的に行われるべきものである。しかし、実際の雲は30分程度で生成・消滅を繰り返し、かつ自由境界の中で発生するため、同じ雲を同じ状態で観測することは完全に不可能である。従って、実際の雲を対象として種々の実験を行っても、外的要因の変動の方が大きく、実験結果に大きなばらつきが生じてしまう。すなわち、科学研究にとって一番重要な再現性が無い。

一方、制御された条件下で、再現性のある雲に関連した実験を行う装置で、これまで作られたものは精々数10m程度であり、雲の中で生じている現象の極く

一部(素過程)のみを実験していたに過ぎない。天然の雲の中には数ミクロンから数センチまでの粒子が数多く存在し、それらが相互作用を行っている。加えて、あまりに制御された実験装置では自然界の持つ適度なばらつき(例えば雲粒の基になるエアロゾルの化学組成のばらつき、上昇速度のばらつき、各粒子の数濃度の空間分布のばらつき、相対湿度のばらつき等)が再現されにくい。

以上のことを考え合わせると、3次元的な構造を有する複合系である自然界の雲と、室内で行われる素過程の実験とを結ぶ橋渡しとして、鉛直1次元の準実スケールの雲物理実験施設が果たす役割には極めて大きなものがある。特にこの実験施設の持つ利点をあげると、

- (1) 同じ気象条件で何度でも繰り返し実験可能(再現性):これが最も重要なポイントであり、汚染物質の影響、気温変化の影響等種々の境界条件の変化によって、雲を含む大気質がどのように変化するかを定量的に吟味することができる。また、対象とする雲が同じなので、異なった手法・機器を用いた測定結果同士の比較が可能である。
- (2) 理論と観測を結び付けることが可能:鉛直1次元という条件であるため、理論がたてやすく、従って計算のための仮定のチェックが実験によって可能である

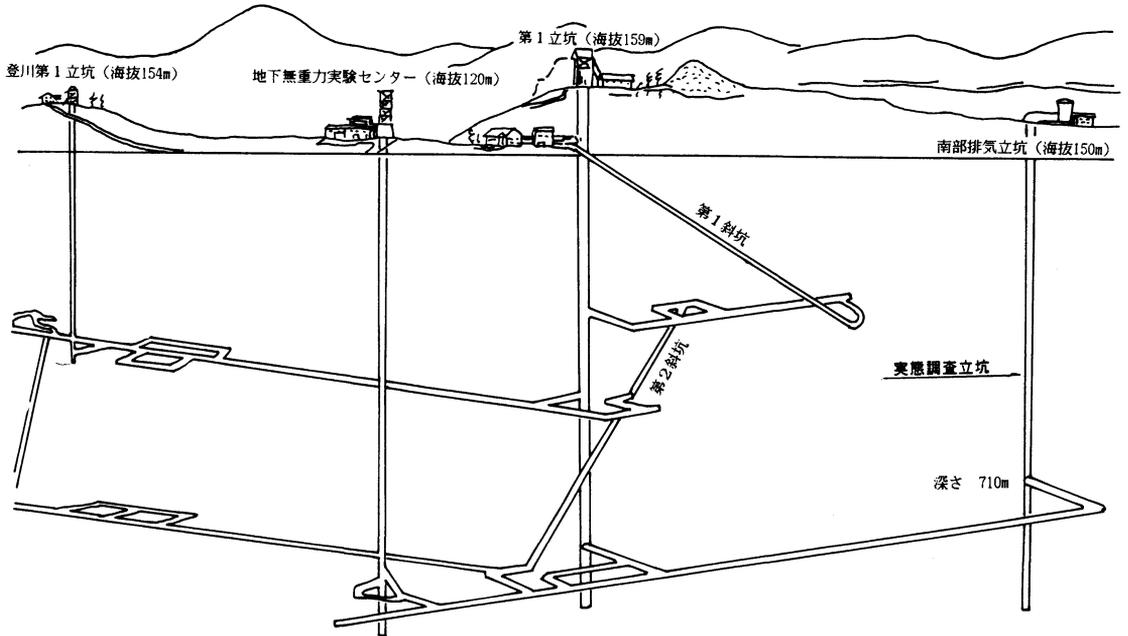
雲が発生している立坑は、北海道空知郡上砂川町字上砂川にある三井石炭鉱業(株)所有の立坑のうち、南部排気立坑と呼ばれているものである(第1図)。我々は、この立坑内に雲が発生している可能性があることを知って以来、内部の状況を調べたいと思っはいたが、極めて特殊な環境にあるため果たせずにいた。幸い、三井建設(株)がこの立坑内に、坑内の気温・湿度・鉛直風速・気圧・ビデオカメラによる坑内の撮影を行うことの出来る測器を附属した気流実態調査用エレベーターを取り付けて下さった(第2図)。我々は、その測定に同伴することにより、ようやくその思いが叶った。本設備は、三井建設(株)土木技術部の稲毛正

* Brief outlines of ACES (Artificial Cloud Experimental System) project.

** Yasushi Fujiyoshi, 名古屋大学水圏科学研究所.

*** Toshio Harimaya, 北海道大学理学部.

**** Gorow Wakahama, 北海道大学名誉教授.



第1図 鉛直立坑の概観図

昭部長の御尽力によって実現したものである。又、以下に示すデータは、稲毛氏と、山田正教授（中央大学理工学部）に提供して頂いたものである。

1回目の調査は1992年4月1日に行われたが、この時は雲は発生しなかった。但し、立坑に通ずる水平坑内にスプリンクラーで散水したところ約5%相対湿度が上昇し、立坑の上端近くでは92%となり、条件次第では雲が発生し得る見通しが立った。2回目の調査は、1992年6月30日～7月2日に行われた。水平坑道内に設置したスプリンクラーによって空気を加湿しない時には、雲の厚さは約70mであったが、加湿すると約200mの雲が形成された。この時の、気温・湿度・鉛直風速の鉛直分布（立坑の最深部を高度ゼロにとってある）を第3図に示した。測定は、高度50m毎に、それぞれの高度で5分間エレベーターを静止させて行った。気圧は、下端で1056hPa、上端で976hPaであった。鉛直風速は、約1.3m/sであった。この時、高度500m以上に雲が形成されていることが、ビデオカメラの映像によって確認された。気温の減率は、500mまでは1.0°C/100m、500m以上では0.6°C/100mと、それぞれ乾燥断熱減率と湿潤断熱減率に近い値を示している。

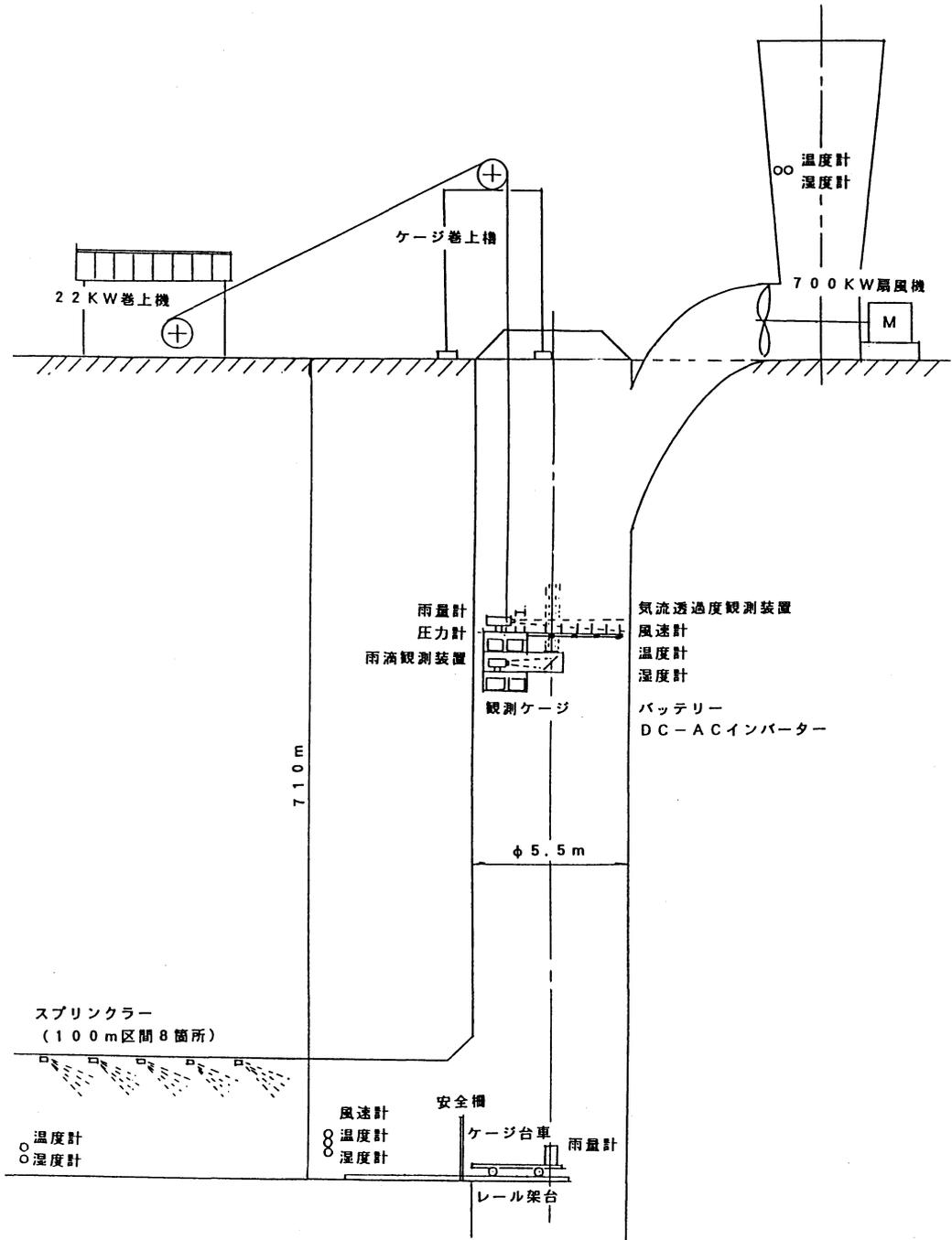
ビデオカメラの映像を見ると、いわゆる雲底ははっきりしており、そのときの湿度の値は我々が用いた湿

度センサーでは94.6%であった。雲底近傍の映像を良くみると、雲底の下30m付近から数は極めて少ないが、雲粒と思われる小さな粒子が存在していた。又、雲が上空ほど濃くなっていることもビデオ画像で見られた。

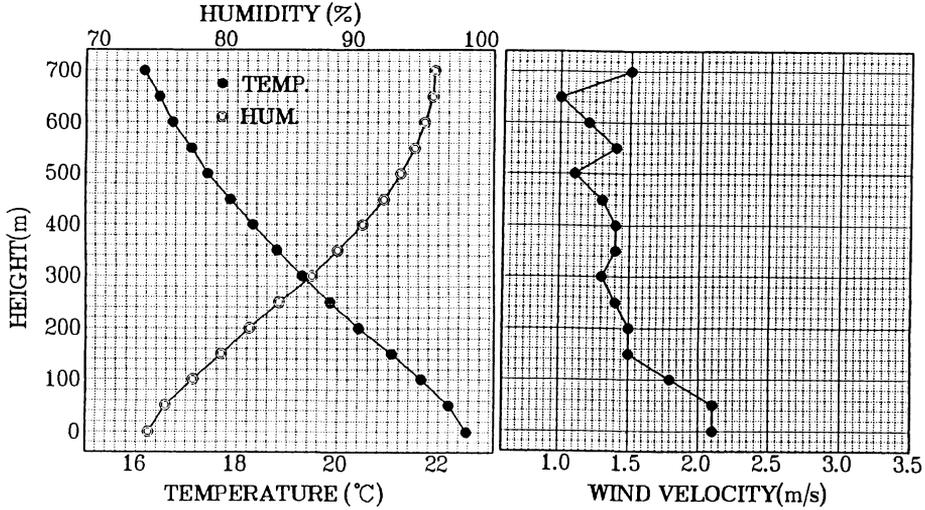
水平坑道内に設置した湿度計の記録を見ると（図は省略）、5月20日頃を境に急激に湿度が上昇していた。この坑道内の湿度の増加によって1回目では雲が出来ず、2回目では雲が出来たのであろう。従って、現在のままでは何時でも雲が発生しているわけではなく、一年のうち水平坑道内の湿度が高い時期（まだ年間を通じてのデータをとっていないので、それがどの位の期間かは特定できていない）にのみ発生していると考えられる。

我々は、立坑内の雲に興味を持った時点から、有志を集めて雲物理現象研究会（会長：若濱五郎北大名誉教授）を作り、又、同じメンバーで文部省科学研究費総合研究（B）（平成2年度と3年度）によって、立坑の利用について議論を行ってきた。その成果については報告書を作成したので、興味のある方はご連絡願います。

新しく雲物理研究用の立坑を作るには、余りに膨大な費用がかかるため、当面は、エアロゾルと雲粒の粒径分布、雲粒の化学組成、雲核の化学成分、雲底付近



第2図 鉛直立坑の気流実態調査用観測装置概観図



第3図 鉛直立坑内の気温・湿度・鉛直風速の鉛直分布

の湿度と気温，水蒸気及び雲粒の酸素及び水素同位体比等の測定，および各種の測定機器の相互比較を中心に行う予定である。ただ，残念ながらこれらの研究は今のところ全て手弁当で行っている。ここ当分はその

ような地道な努力を続けざるを得ないにしても，将来は多くの機関の研究者の方々と共同して，雨や雪も降らすことの出来る本格的な雲物理実験施設が実現することを願って止みません。

編集後記：「天気」の表紙がこの1月号から新しくなった。同号巻頭の浅井理事長の言葉にもあるように，気象学会の今後のますますの発展を期待したい。表紙の改訂もこの願いの表れのひとつである。この編集後記にたびたび述べられているように，天気には論文だけでなく，幅広い分野の会員が気軽に投稿できるように各種のコーナーを設けられている。若手研究者や地方の会員にとっても投稿の機会はずいぶんと広がっている。

ただ少し気にかかることがある。学会員の約半数を占める気象庁職員の投稿についてである。気象庁は独自の定期刊行物を数多く持ち，職員による調査研究の成果はそうした刊行物に掲載される。ただし，業務と

関連する成果でも，新たな知見としてより多くの人が興味を持つものも多いはずである。こうしたものをぜひ「天気」に投稿してほしい。そうして，異なった職種との会員と意見を交換することはお互いに有益であろう。例えば，「天気」への投稿を通じて，地方の気象庁職員と大学研究者が互いに情報を交換し，さらに共同で研究を進めることはむしろ嬉しいことであろうか。以前，駒林誠会員がある管区気象台の定期刊行物に寄せた一文を思い出す。それには「地方の気象官署職員は宝の山を持っており，大学の研究者はそれを掘り出す道具を持っている」という主旨のことが書かれていたと思う。そのとき，なるほどと感じ入ったものである。

(石原正仁)