

II-34

長大立坑を利用した準実スケールでの雲物理実験

中央大学大学院 学生員 ○杉山 知 深和 岳人
中央大学理工学部 正 員 山田 正 日比野忠史

北海道大学理学部 播磨屋敏生
名古屋大学水圏研 藤吉 康志
三井建設(株) 正員 稲毛 正昭

1. はじめに

現在、天気予報に用いられている数値計算の中の雲と降雨に関するパラメタリゼーションは、未だ十分ではなく、従来から実スケールでの検証実験が必要とされてきた。しかし雲の生成は対流圏内における鉛直方向に数百から数千メートルのスケール内で起こる現象であり、これを実験することはとうてい不可能である。そこで著者らは発想を転換し北海道で廃坑となった炭坑の排気用立坑を利用することにより、準実スケールでの実験を行うことを考案し、この立坑内に雲物理実験装置を建設してきた。本論文はこの立坑を用いた実験の結果を報告したものである。

2. 雲物理実験施設と観測方法

本観測で使用した施設は北海道空知郡上砂川町に位置する三井石炭鉱業(株)上砂川事業所の南部排気立坑(φ 5.5m, H710m)で、本来鉱山内の排気専用に使われていたものであるため、立坑上端には大型の扇風機が設置されており、常時上昇気流が発生している。著者らは図-1に示すように立坑内に観測用ゴンドラ(約1.0m x 1.2m x 1.5m, 700kg)を設置し、このゴンドラに温度計4台、湿度計4台、風速計4台、気圧計、雨量計、立坑内の気流透過度を撮影するためのビデオカメラ、落下してくる雨滴を撮影するためのビデオカメラ、粉塵計、雲粒子捕捉器、雨滴径観測器、エアースンプラー、雲粒子径観測器を搭載した。観測用ゴンドラは立坑上端の地上部に設置した巻き上げ機により自由に上昇下降することができ、任意の高度のデータをとることができる。ゴンドラに搭載した観測機器の他に図-1に示す、立坑下端から流入する空気の状態を上げるためのスプリンクラー設備、流入する空気の状態を計る温度、湿度計などを設置した。観測は現在まで4回(1992年3月、7月、9月、1993年3月)行っている。

3. 観測結果と考察

4回の観測において、1992年7月、9月にはビデオ撮影により雲が観測されており、1992年3月、1993年3月には雲はみとめられなかった。ここでは雲がみとめられなかった1993年3月の観測を基準にして、雲のできた7月、9月の観測結果から雲の発生するメカニズムについて考察する。(a)気流透過度:ビデオ映像より7月は約550m、9月は約350mより上部において雲を撮影することができた。また上層に行くほど雲の濃度が高くなっていることが確認されている。(b)気圧:図-2は気圧の鉛直分布を示したもので

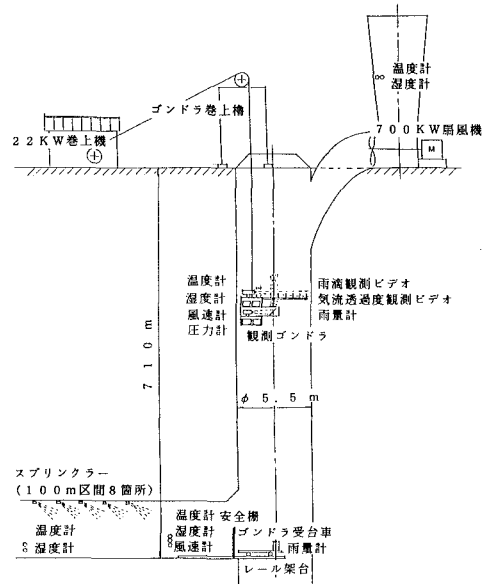


図-1 立坑内観測機器配置図

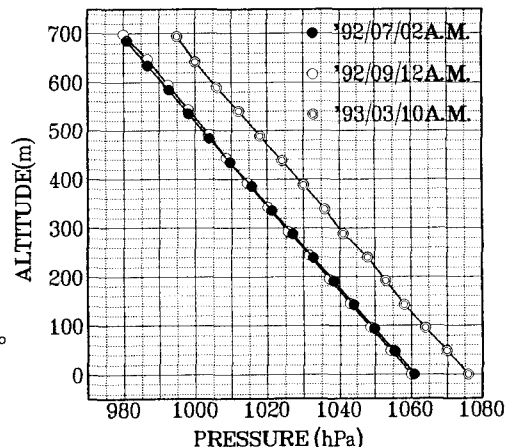


図-2 立坑内の気圧の鉛直分布

ある。7月、9月の観測で気圧は下端約1060hPaから上端約980hPaへと直線的に減少している。3月の観測では気圧は約15hPaだけ高いが同様に直線的に減少している。このことよりどの高度においても上昇風速が一定であることがいえる。(c)気温：図-3は気温の鉛直分布を示したものである。9月の観測で気温は、下端で23.0℃から上端で17.6℃へと減少していて、温度減率は0～250mでは約1.2℃/100m、300～700mでは約0.5℃/100mとなっている。7月の観測においても同様の変曲点がみられた。しかし、このような気温分布の変曲点は3月にはみられない。このことは、水蒸気から雲に相変化するとき、潜熱の放出があることを示している。(d)相対湿度：図-4は相対湿度の鉛直分布を示したものである。9月の観測において相対湿度は下端(75%)から上端(92%)へと上昇している。いずれの観測においても相対湿度は100%を超えておらず、雲は過飽和にならないでも発生している。これは従来の雲の微物理過程では十分に解明されていない、非常に興味深い現象である。このことに関しては、立坑内に浮遊している硫酸マグネシウム、塩化ナトリウムなどを含んだエアロゾルの影響が考えられる。これらの溶質は吸湿性が高いために不飽和状態でも微少な粒径の雲ができるが、これは100年前にレーレらによって理論的に指摘され今日ラウール効果と呼ばれているものに相当していると考えられる。(e)水蒸気の混合比：図-5は観測した気温、湿度、気圧のデータを用いて理論上の水蒸気の飽和混合比、混合比を求め、示したものである。この図より各高度で観測された混合比は、飽和点に対してかなりの不飽和であることがわかる。9月の観測値では、上端での混合比は下端より約0.0007(kg/kg)減少している。この減少した量が雲に相変化したものと思われる。

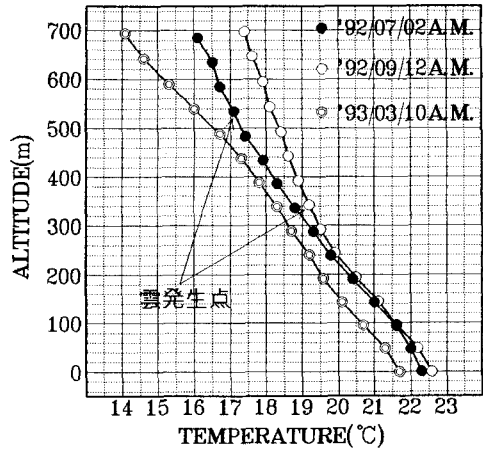


図-3 立坑内の気温の鉛直分布

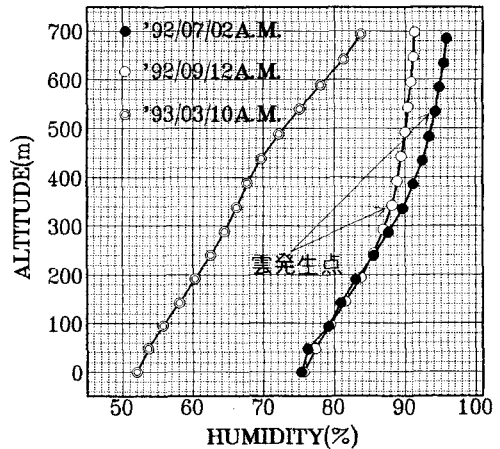


図-4 立坑内の相対湿度の鉛直分布

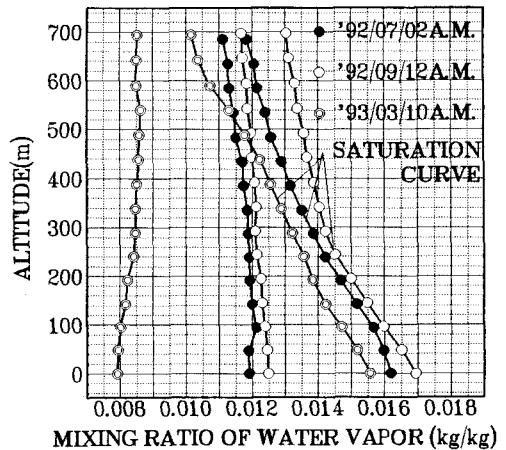


図-5 立坑内の水蒸気混合比の鉛直分布

4. 結論

本研究により、準実スケールでの雲物理実験を世界に先駆けて行うことができた。今回の研究結果の要約を以下に示す。(a)過飽和状態にならなくても雲が発生するというラウール効果を確認することができた。(b)温度の高度分布は理論的に求まる潜熱を考慮したものとよく一致し、雲の発生点において変曲点がみられる。

謝辞：本研究は三井石炭鉱業（株）の多大な協力のもと行われたものである。また観測設備の設置、観測中の作業においては（株）エス・エム・エスに多大なる協力を頂いた。これらに対し著者らは深甚なる感謝の意を表す次第である。