

(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 深和 岳人 北海道大学理学部 非会員 播磨屋敏生
中央大学理工学部 正 員 山田 正 名古屋大学水圏研 非会員 藤吉 康志
中央大学理工学部 正 員 日比野忠史 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の形成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ろうとされてきた。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(φ5.5 m, H 710 m)に設置してある。この立坑は本来鉱山内の排気専用につくられたものであるため、立坑上端には大型の扇風機が設置してあり、このため常時約 1.3 m/s の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1.0 m x 1.2 m x 1.5 m、700 kg)を設置し、このゴンドラに温度計4台、湿度計4台、風速計、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。これら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湿度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3回(1992年3月31日から4月1日、6月30日から7月2日、9月11日から12日)行っている。

3. 観測結果と考察 (a) 気圧：図2は気圧の鉛直分布を比較したものである。9月の観測において気圧は立坑下端(1060.0 mb)から上端(980.1 mb)へと直線的に変化している。圧力勾配は約 11.4 mb/100 m であるが、これは上端の扇風機によるで強制的な勾配である。この気圧分布は7月の観測においてもほぼ同様であったが4月の観測においては下端における値が 1016.0 mb とかなり低い値を示した。(b) 温度：図3は温度の鉛直分布を比較したものである。9月の観測において温度は下端(23.0°C)から上端(17.6°C)へと減少しているが温度減率は 0~250 m は約 1.2°C/100 m、300~700 m は約 0.5°C/100 m である。このような温度分布の変

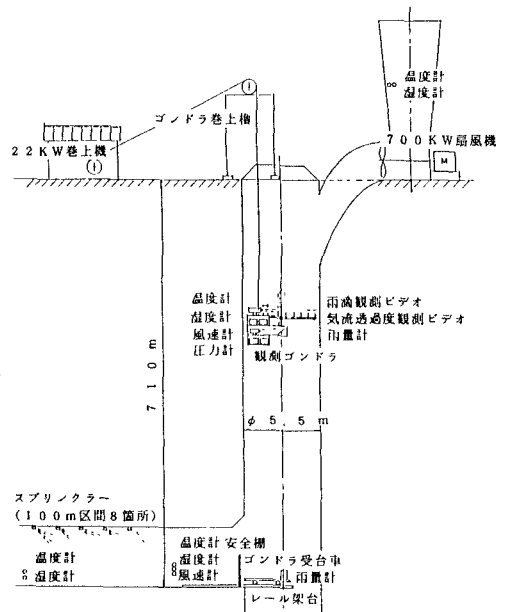


図-1 立坑内実験機器配置図

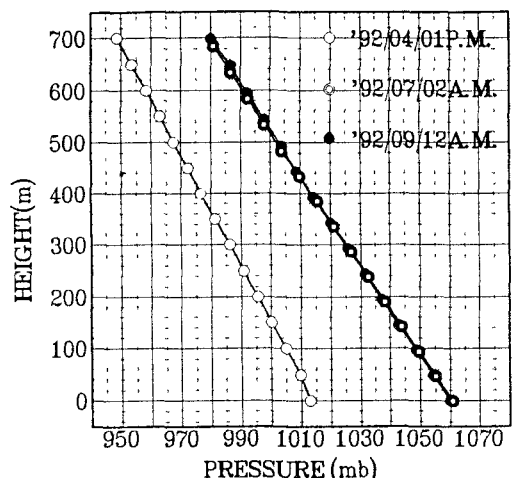


図-2 立坑内の気圧の鉛直分布

曲点が4月の観測では見られないが、7月、9月の観測では見られる。気流透過度のビデオ映像を見る限りにおいて図3に示した高度より上層において雲を確認することができた。このことからこの温度減率の減少は、水蒸気が相変化して凝結する際に放出した潜熱によるものであると見なすことができる。(c)相対湿度：図4は相対湿度の鉛直分布を比較したものである。9月の観測において相対湿度は立坑下端(75%)から立坑上部(92%)へと上昇している。4、7、9月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。これに関して立坑内に浮遊している硫酸ナトリウム、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。すなわち上記の溶質は吸湿性が高いために不飽和状態でも微小な粒径の雲ができる。これがいわゆるラウール効果である。(d)水蒸気の混合比：観測した温度、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、混合比の鉛直分布を示したものが図5である。この図から各高度で観測された混合比は飽和点に達するにはかなりの不飽和状態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であると思われる。(e)気流透過度：7月、9月の観測においてビデオ映像より図3、図4に示した高度から雲を見ることができた。また上層に移動するほど雲の濃度が高くなっていることが確認された。(f)雨滴：上層から落下してくる雨滴を撮影したビデオ映像により雨滴の最大径は約1.5mmであった。また下層ほど雨滴の数は多く、上層の雲の中ではその数は減っていることがわかった。さらに光の当て方によっては浮遊する雲粒子を確認することができた。

4. 結論

本研究により上昇気流が存在する領域での断熱膨脹を通じた水蒸気の凝結を準実スケールで実験することを世界に先駆けて行うことができた。以下に今回の研究結果の要約を記す。1) 雲は過飽和状態にならなくても発生するというラウール効果を確認することができた。2) 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ている。3) 本実験施設内において雲が発生するためには下端から流入する相対湿度が約70%以上なくてはならない。

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。

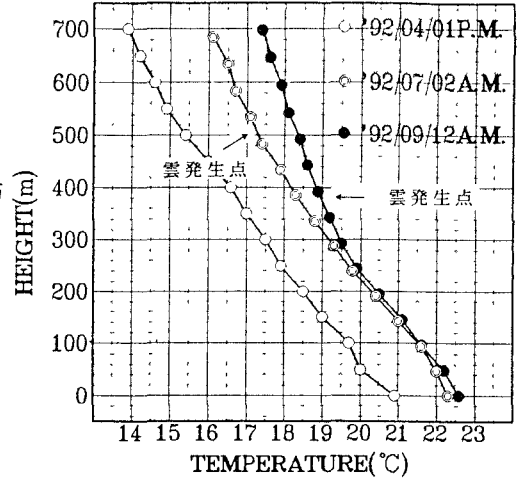


図-3 立坑内の温度の鉛直分布

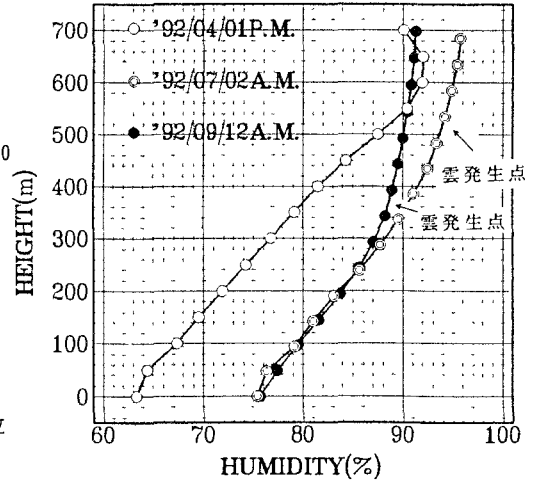


図-4 立坑内の相対湿度の鉛直分布

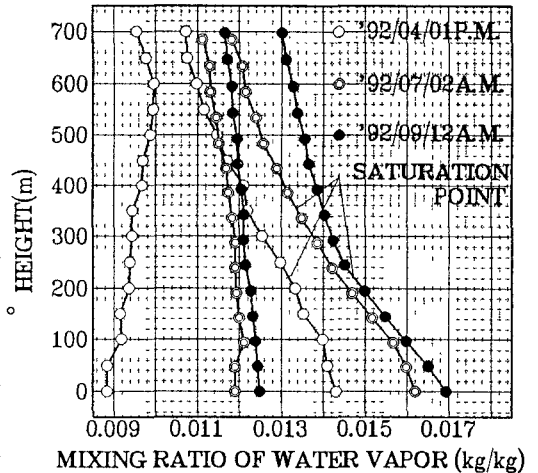


図-5 立坑内の水蒸気混合比の鉛直分布