

III-287 地下空洞内の蒸発・結露現象測定を試み

埼玉大学 工学部 渡辺邦夫
 埼玉大学 工学部 ○酢谷佳尚
 動力炉核燃料開発事業団 柳沢孝一

はじめに

周知のように、最近、地下空間の開発など地下の積極的利用が考えられている。その1つは、居住空間、物質の貯蔵空間としての利用である。こういった地下利用における大きな問題の1つは、結露現象の解明である。結露は、地下空間中の物質を腐食させるなどの悪影響をもたらす。よって、その防止が強く望まれる。しかし、従来、地下空間の結露現象を主要な対象とした研究は少なく、まだ性質すらよくわかっていない。本研究は地下空洞における結露現象を実測により基礎的に調べたものである。このような測定は、従来、ほとんど行われておらず、まだデータの精度については問題があるものの、ある程度性質がわかったのでここに報告する。

2. 観測地点の状況と測定方法

観測は東濃鉱山の坑道で行なわれた。図-1に東濃鉱山の模式図を示す。計測位置を図中○印で示す。今回は、なるべく人工的な換気の影響がない場所を選んだ。そのため、換気のこない坑道奥部で、坑道に直交して掘られた横穴を対象とした。図-2は観測地点の詳細図であり、図中の黒丸で示す点で測定を行った。図-2中の各地点で測定装置をセットし、温度、絶対湿度、相対湿度、および水分移動量を調べた。計測は筆者らが報告している蒸発量計測法¹⁾を用いた。この測定は、壁面から高さの異なる2点で絶対湿度を測定して、湿度勾配を求め、これに拡散係数をかけて壁面付近の水分移動量を求めるものである。水分移動量の値が正であれば蒸発、負であれば壁面に向かって水蒸気が移動していること、つまり結露が生じていることになる。今回は2組のセンサーを用い、空洞各所で測定を行った。計測時の空気条件は、ほとんど無風状態であり、湿度はつねに98%以上と高く、壁面は濡れたような状態で水滴がみられる箇所があった。測定は9月6日～9月7日にかけて行い、昼間は各点にセンサーをずらして行い、夜間は2点での連続観測を行った。これは昼間の作業中、人が入ることによる多少の空気の乱れや温度の上昇の影響を調べるためである。

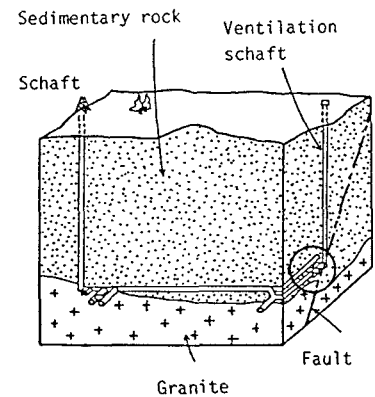


図-1 東濃鉱山の模式図

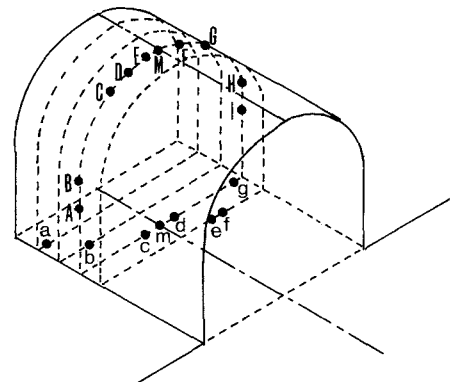


図-2 観測地点の位置

3. 観測結果

まず、坑道断面における水分移動量分布を示す。図-3は1つの断面に、計測データを投影して示した観測結果である。温度は場所によって0.2℃程度の差があった。また、全体的に見ると壁面に近い方が多少温度が低かった。相対湿度はほぼ100%であった。これを見ると、空洞の床面において蒸発が生じ、上部

壁面でその水蒸気が結露している様子がわかる。これは、空洞内の温度が壁面に比べて多少高く、床面はつねに水で濡れていた状態であったため、そこから供給された水蒸気が空气中を伝わって壁面で結露したものと思われる。また、蒸発、結露の量を比べるとほぼバランスしていることがわかる。このことは、横坑内の断面内で、ほぼ水分の移動が行われていることを示しており、本坑と横坑での水分のやりとりはごくわずかであると思われる。

次に、夜間における蒸発、結露の経時変化をみるため、図-1中のM、m点について観測した結果を示す。ここで、M、m点における観測の開始時間は午後17時であり、翌朝の10時まで観測を行った。図-4はその観測結果を示したもので、M、m点の絶対湿度、水分移動量を示したグラフである。M-1は壁面近傍の値で、M-2はそれから7mm離れた位置の値である。m-1は床面近傍の値で、m-2はそれから7mm離れた位置の値である。この測定中、温度は若干ではあるが時間と共に減少し、上面と床面の温度差は約 0.2°C 程度で一定していた。相対湿度は夜間の間も約99%と高湿度な条件であった。まず、絶対湿度のグラフを見てみると、上面では、18:30以降は、常に壁面に近い位置のM-1の値の方が低いため、水蒸気の移動が壁面に向かって行われていることがわかる。床面では、始めのうちは、床面に近い位置のm-1の値の方が大きく、水分が蒸発していることがわかる。また、図から絶対湿度の中で明け方に向かって減少しているものがみられる。これは温度低下に伴った飽和水蒸気量の低下によるものと考えられる。最後に、水分移動量グラフを見てみると、明け方にかけては床面における蒸発量は小さくなっているが、明かに上部壁面では負の値を示し、明け方にかけてその値が大きくなっており、結露が発生していることがわかる。

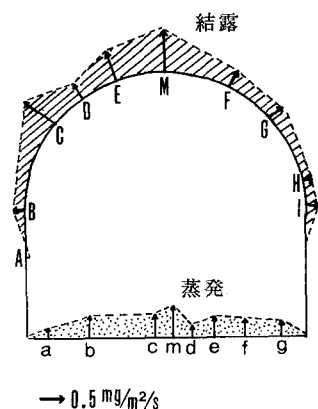


図-3 観測結果

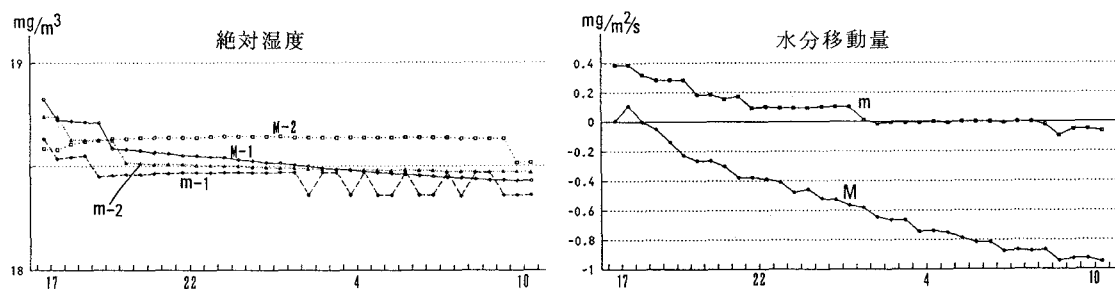


図-4 M、m点における夜間の観測結果

4. 結論

今回の測定により、地下空洞のような高湿度の条件下では、ほんのわずかの温度差によって蒸発と結露が同時に生じ、特に坑道上部を中心として壁面を濡らしてゆくことがわかった。もちろん、今回の測定については精度などの点で多少の問題がある。この点については、今後、より精密な計測により検討してゆきたい。また、現在、空洞周辺でどの程度の温度差が生じるのかを数値計算により調べている。いずれにしても、ほとんど飽和に近い空気湿度条件下の地下空間内では、空气中を水分が移動し、蒸発、結露が同一空間内で生じている現象が確認された。

参考文献 1) 渡辺邦夫、藍沢稔幸、小野誠、柳沢孝一ら、蒸発量計測によるトンネル壁面からの湧水量の測定(その1)、応用地質、vol.30, no4, 1989