

II-91

岩盤内に存在する熱源によって生ずる間隙内流動

東京大学工学部	正 員	玉井信行
東京大学工学部	正 員	浅枝 隆
東京大学工学部	学生員	○角田 隆

1. はじめに

熱による地下水の流れは、放射性廃棄物地層処分や地熱エネルギー開発などの問題に関わる重要な研究課題である。しかし、熱源近傍の流れは複雑であり、未だ基礎的な事しか知られていない。とりわけ、透水系数の異なる地層中での熱による水の流れに関しては、ほとんど研究されていない。そこで、セル間隔を場所により変えることで透水層と難透水層とが交互に繰り返される傾斜層をモデル化したヘルショウセルを用いて実験を行い、可視化を通して流れの特性を調べた。

2. 実験装置および実験方法

実験装置として、長さ200cm、高さ30cm、厚さ1cmの2枚の亚克力板を並べたヘルショウセルを使用した。図-1に示すように、セル間隔は透水層では3mm、難透水層では1mmとし、傾斜層の勾配は1/4とした。熱はオイルタンクを用いて底面より与えた。底面の温度は時間に比例して上昇し設定温度で一定に保たれる。温度の上昇はほぼ14℃/hourまでの範囲で調節できる。設定温度は今回50℃とした。また、水深は30cmとし上面は自由水面とした。流れの可視化にはウォーターブルーをトレーサーとして使用した。実験中はヘルショウセルを発泡スチロールで覆い、可視化は二重窓を通して行い、外部への放熱を防いだ。

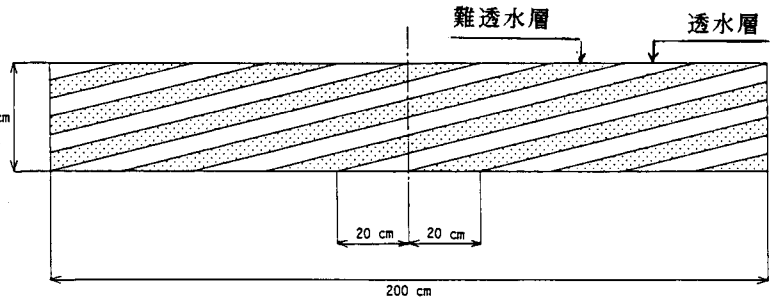


図-1 ヘルショウセル

図-1 ヘルショウセル

3. 流れの特性

底面の温度上昇が6.5 ~ 13.7℃/hourの範囲で実験を行った結果、均一間隔のヘルショウセル内とは異なる特徴的な流れの変化が見られた。そのようすをベクトルを用いて模式的に示したのが図-2である。まず、ブルームは透水層内で発生し、続いて難透水層内で発生する。透水層内で発生したブルームはしばらくすると難透水層にぶつかる。この時、ブルームはその浮力のためにさらに上昇しようとするが、難透水層による抵抗の増大のために変形を受ける。即ち、底面から近い場所に難透水層への境界が存在する場合はそのまま難透水層内に貫入するが、遠い場合には境界に沿って透水層内を斜めに発達していく（図-2（a））。これは、難透水層から遠い所で発生したものは上昇過程で内部の熱が伝導により失われてしまい、浮力が相対的に小さくなったためであると考えられる。このように変形しながら発達したブルームは小さな対流を形成し、境界で上方への成長が止まっていたものも次第に難透水層内に貫入して行く。これらの小さな対流群は、そのうちのいくつかが隣合う対流を巻き込みながらより大きな対流に成長する。この段階においても対流の高さや形は傾斜層の影響を強く受けている（図-2（b））。その後も対流は統合を繰り返しながら成長し、やがて底面温度が一定（50℃）に保たれ、上面まで及ぶ大きさになる。この段階では、ブルームはスケールの

大きな対流の下降流域でのみ生じる。その結果生じた小対流は、大きな対流の底面に沿った水平流によって上昇流域へ移動し上方に運ばれる。この現象は、均一間隔のヘルショウセル内の熱による流れの場合と一致する。しかし、上昇流域や大きな対流セルの中の流れは均一ヘルショウセルでのものとは大変異なる。上昇流域では、透水層から難透水層へ移る境界で流れが分かれる。即ち、上昇流の中央ではそのまま難透水層へ上昇するが、向かって左側では透水層内を左斜め下へ流れ、右側では透水層内を右斜め上へ流れる。難透水層内を上昇した流れは透水層へ出て再び同様な現象を引き起こす。このため、大きな対流の内部の透水層内では、傾斜方向に沿った上昇または下降流が生じる。難透水層内では鉛直下向きの弱い流れが起きる。そして、大きな対流の下降流域では各透水層から流れが集まって下降する(図-2(c))。

4. おわりに

透水層と難透水層とからなる傾斜層をモデル化したヘルショウセルを用いて、その中で熱による流れの特性を調べた。その結果、ブルームの発生段階より流れは傾斜層の影響を強く受け、スケールの大きな対流に成長した段階では、透水層内と難透水層内で異なる流れが起き、相対的に透水層内において活発な流れが生じることが明らかにされた。

参考文献

- 1) 渡辺邦夫、佐々木泰、浅枝隆(1986): 第19回岩盤力学シンポジウム論文集、pp. 411-414.

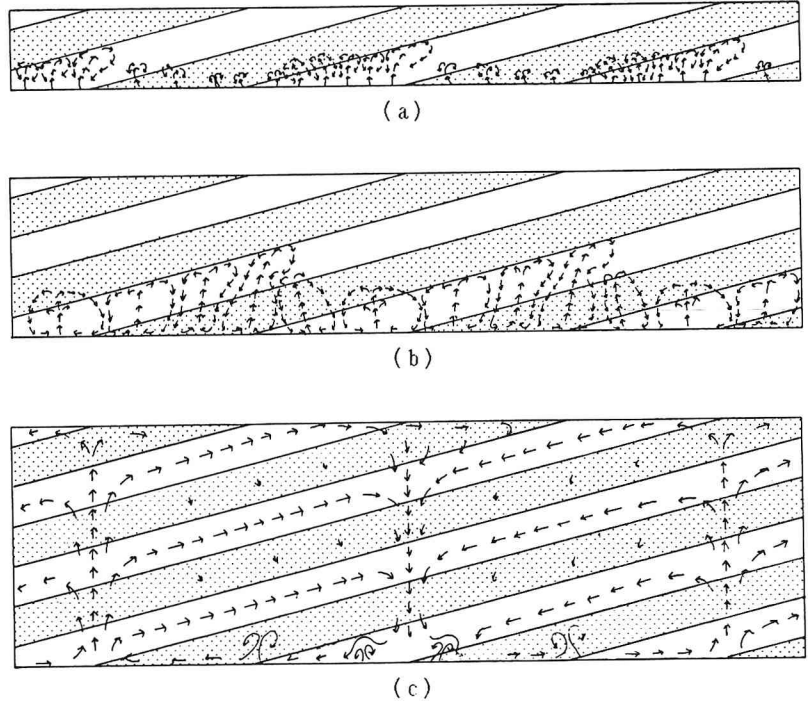


図-2 流れの模式図

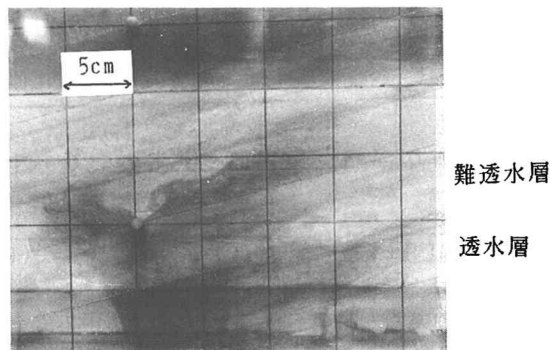


写真-1 大きな対流の上昇流域