

多孔質媒体における熱・浸透・拡散の連成挙動に関する室内実験

東海大学大学院 海洋学研究科 海洋工学専攻 ○大洞 光央

東海大学 海洋学部 海洋土木工学科 アイデン・オメル

1. はじめに

放射性核廃棄物はガラス固化体に溶け込ませて固体化し、その周囲をベントナイトのような難透水で膨潤特性の高い粘土で包みキャニスターと呼ばれる金属容器に密閉される。また、地層処分場にて処分される場合には、キャニスターを挿入した後さらに隙間を粘土で埋めるといった多重バリアシステムが適用される。しかしながら、このように厳重な保護を行うとはいえ安易に放射性核種の拡散問題を無視することは出来ない。そこで、拡散現象をテーマとし、処分後のモニタリングを踏まえて多孔質媒体を使用した熱・浸透・拡散の連成挙動に関する室内実験を行った。

2. 実験概要

以下に実験に使用した装置の写真を示す。熱・浸透・拡散実験を行うための装置は3つのブロックによって構成されそれぞれ断熱材を巻いている。装置の中央部分に試験用サンプルを挿入し、そこに温度計差込口と拡散を計測するための電位電極差込み口それぞれ3セット、さらに両端には全体に電流を流すための電源電極の差込み口も設けてある。計測項目は上記の温度と電位差であり、これに加えて、装置の右側部分に浸透速度を見るための水圧計を設置し計測した。また、拡散物質は塩を使用し、その計測には比抵抗法(小峰,1992)と自然電位法(Chua,1994)を用いた。熱の影響に関しては、試験用サンプルと浸透させる水を同じ容器で熱を与え、十分に攪拌し一定の温度環境の下で実験を行った。

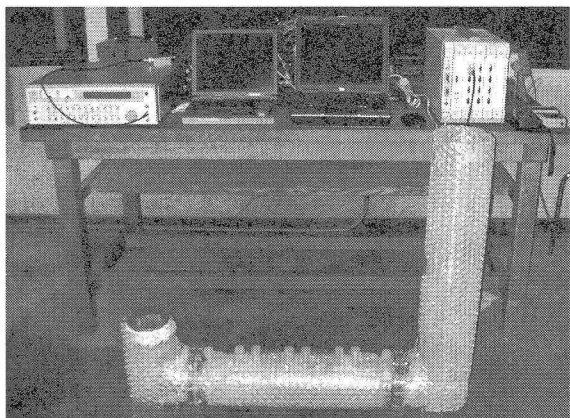


写真1 実験装置

3. 実験結果

3.1 拡散実験(比抵抗法と自然電位法)

以下に、図1として自然電位による拡散の計測結果、図2に比抵抗による拡散の計測結果、およびその時の温度変化を図3に示す。図中には拡散物質の浸透してくる方向順に自然電位と比抵抗のデータを1~3chとして示している。この実験の試験用サンプルには市販の4号硅砂を使用した。図1に見られるように自然電位の計測によっても拡散物質の到達に伴う電位差の変化が確認された。これらの変化は浸透圧の変化や比抵抗値の変化に伴って発生しているものと考えられ、大きな変化を示した後に元の状態に戻って落ち着く様子が観察される。図2の比抵抗法による結果からも拡散物質が移動していく様子が確認される。比抵抗法は拡散物質がどの程度移動してきているかがわかる可能性があるため、その意味で自然電位法より有効である。図3には比抵抗法による実験の場合の温度変化を示した。断熱材により温度変化をかなり抑えることが出来た。

自然電位法と比抵抗法を比較した場合、拡散物質の移動量を計測するには比抵抗法が有効である。しかし、そもそも比抵抗を計測するためには電流を流す必要があり、そのことが計測のための電極の腐食を促進させる可能性が高い。地下処分施設で処分後のモニタリングには、長期間の安定した計測技術が求められると考えられることから、自然電位法のような計測装置に負担の少ない技術の開発が要求されるものと考えられる。このような観点から、自然電位法による結果は非常に興味深いものであると言える。

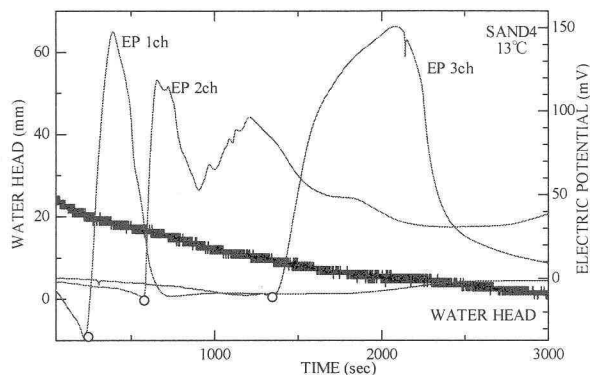


図1 自然電位による拡散計測

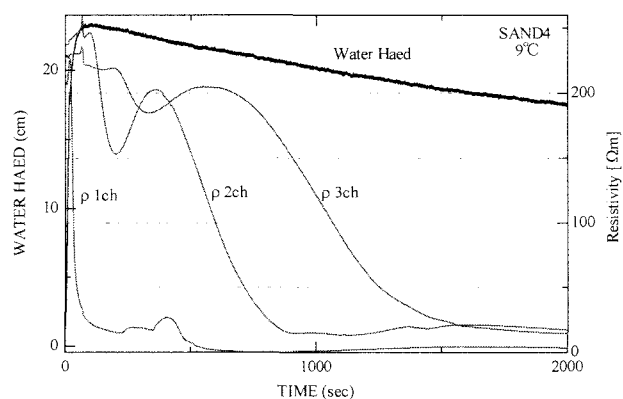


図2 比抵抗による拡散計測

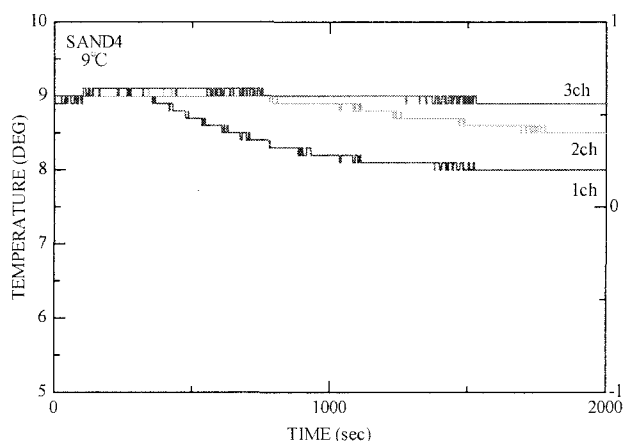


図3 温度変化

3.2 熱・拡散実験

図2に示した温度条件 9°C の場合の実験結果と比較するため、以下に温度条件 36°C の場合の実験結果を図4として示す。今回の実験では装置に計測用の差込み口を多数作成したため水漏れ対策に苦勞することとなった。温度条件 36°C の場合では水位の変動がほとんど無いにもかかわらず、9°C の場合に比べて比抵抗の値の変化が早く始まっていることが確認される。放射性核廃棄物は処分される時点で約 80°C の熱を持っているが、地層処分場では地熱の影響により、その熱が冷めにくくなることが予想される。このことから拡散問題を考える場合に熱の影響を十分に考慮する必要がある。

3.3 熱・浸透・拡散実験

以下に図5として浸透がある場合の比抵抗値の変化を計測した実験結果の一例として6号硅砂を使用した場合の実験結果を示した。浸透がある場合には、浸透流に伴い発生する自然電位の影響をどのように考慮に入れるかという問題も存在する。しかし、この結果から拡散物質の移動状況を計測することが可能である。

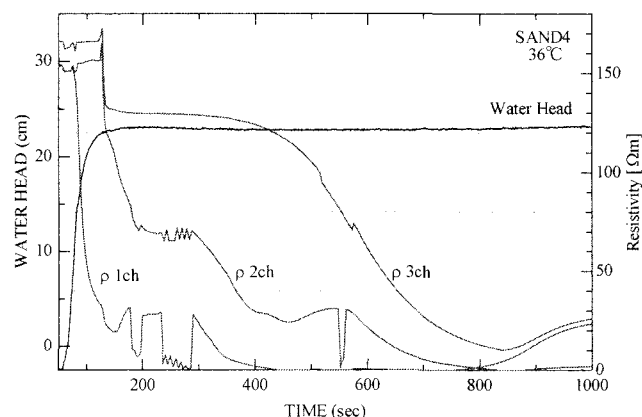


図4 温度条件 36°C の場合

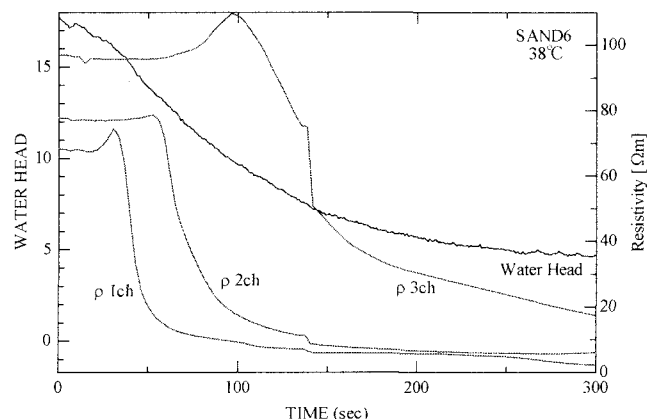


図5 熱・浸透・拡散実験における拡散状況

4. まとめ

放射性核廃棄物の処分問題に関連する拡散現象に対して計測技術の問題や熱および浸透がある場合の実験を行った。長期間に渡って計測する場合に比抵抗法に比べて自然電位法は電極にかかる負担が少なく、この計測方法でも拡散物質の移動を観察することが出来た。また、拡散現象の熱による影響を確認され、さらに、3つの現象を連成させた実験結果を示した。しかし、濃度を正確に確認することに対してはさらなる研究が必要である。

今後は実験結果を再現する解析モデルを構築していく予定である。

《参考文献》

- 小峰秀雄(1992): 電気比抵抗による薬液注入改良部の充填率の評価法、土木学会論文集 463 号/III-22, pp.153-162.
- Chua, K. M., Pease, E., McKeen G(1994): Moisture Migration in rock salt and crushed salt back fill. Project title; Moisture Migration in Rock Salt and Crushed Salt Backfill in the Repository Environment. Report to DOE of US Government. pp. 513-533.