

## 熱伝導率計測による岩石の水分拡散係数の算定

### － 軟岩の不飽和浸透特性評価（その3） －

岡山大学 正会員 ○榎 利博 小松 満

原子力発電環境整備機構 國丸貴紀

電力中央研究所 正会員 長谷川琢磨

鹿島建設(株) フェロー会員 瀬尾昭治 正会員 栗原啓丞

## 1. 目的

高レベル放射性廃棄物の地層処分に係る地質環境調査では、母岩の特性を把握して評価することが重要である。しかし、不飽和状態の堆積岩の浸透特性を評価する室内試験法については明確に基準化されていないのが現状である。ここでは水分拡散係数から不飽和透水係数を算定することを前提に、その測定に必要な岩石試料内の水分分布の経時変化を熱伝導率の変化から推定する手法に着目した。本報では、市販のニードル型の熱伝導率計を用いて堆積岩の水分拡散係数を計測した事例について報告する。

## 2. 試験手順

神奈川県横須賀市におけるボーリング調査で異なる深度から採取した3種類の泥岩コア試料について以下の2段階の試験を実施し水分拡散係数を求めた。熱伝導率の計測にはポータブル型のTEMPOS熱特性計（米国METER社、岩石用RK-3センサー、直径3.9mm、長さ6cm）を用いた。

まず、図-1aに示すディスク状の供試体を用いて熱伝導率-体積含水率の関係を求める校正試験<sup>1)</sup>を実施した。初期飽和状態のディスク供試体の側壁中央にφ4mmのパイロット孔を削孔した。センサーのニードル部と岩石の良好な熱的接触の確保のため、サーマルグリースを塗布した後にRK-3センサーを設置した。風乾や炉乾により水分を段階的に蒸発させ、ラップ養生し岩石内水分が均一になるよう十分な時間をおいた後に熱伝導率を計測（加熱時間1分間）した。3岩種とも体積含水率の変化にともなって熱伝導率は有意に変化し、その関係を二次関数で近似したものとあわせて図-2に示す。

次に、図-1bの鉛直一次元カラム試験では表-1に示す初期飽和状態の円柱状供試体を用いた。図のように側壁の6箇所にディスク供試体と同じ手順でRK-3センサーを設置し、送風により上端の開放面から蒸発を開始した。適度な時間間隔で熱伝導率分布

（加熱時間1分間）および供試体重量を計測した。この熱伝導率分布の経時変化をもとに、後述の手順により水分拡散係数を算定した。

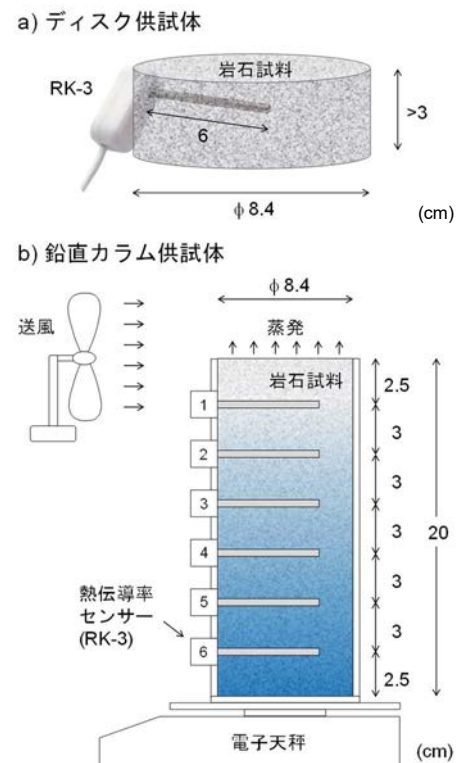


図-1 校正・鉛直カラム試験装置

表-1 鉛直カラム供試体の物性等一覧

岩種	採取深度	直径 (cm)	高さ (cm)	空隙率	初期飽和度	乾燥期間 (days)
葉山二次堆積物	YDP-4孔, 128.03-128.23m	8.4	20	0.385	0.87	145
葉山層群	YDP-4孔, 566.05-566.25m	8.4	20	0.302	1.00	112
三浦層群	YDP-3孔, 150.28-150.48m	8.4	20	0.324	0.95	112

キーワード 堆積岩, 浸透特性, 熱伝導率, 体積含水率, 水分拡散係数, 不飽和透水係数

連絡先 〒700-8530 岡山市北区津島中3-1-1 岡山大学大学院 TEL 086-251-8160

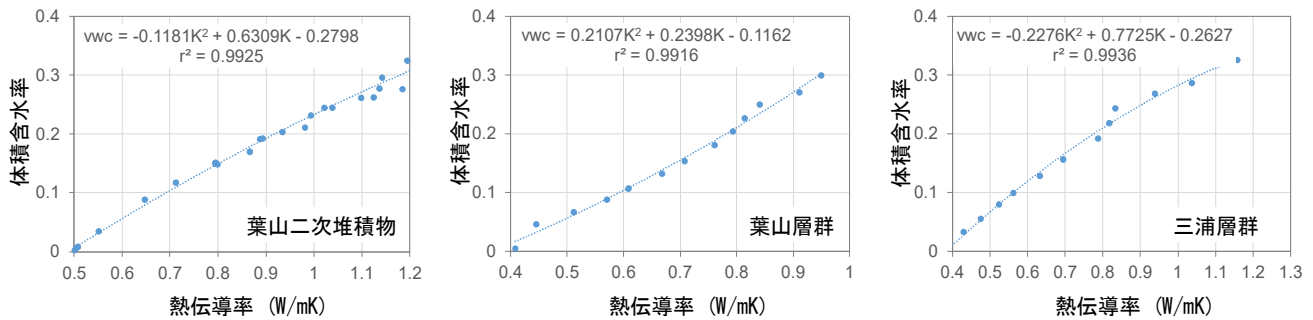


図-2 体積含水率－熱伝導率の関係および二次関数校正式

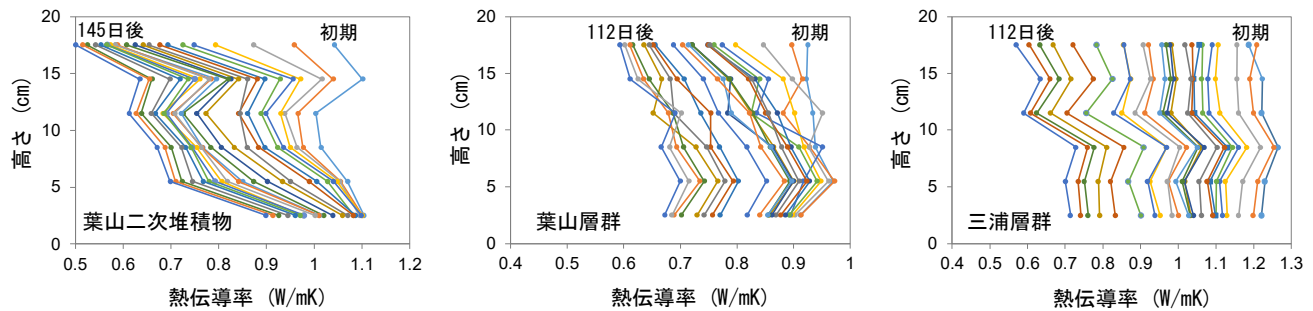


図-3 鉛直カラム供試体内の熱伝導率分布の経時変化

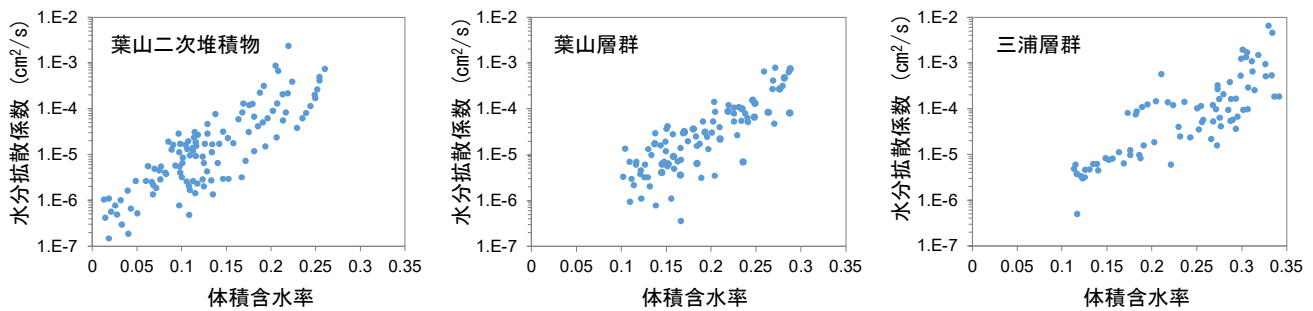


図-4 Pel 法により算定した水分拡散係数

### 3. 水分拡散係数の算定

図-3 に各カラム供試体の乾燥過程における熱伝導率分布の経時変化を示す。供試体内の不均質性の影響による分布は見られるものの、初期状態では概して高い熱伝導率を示す。送風による乾燥は4～5 ヲ月間継続し、乾燥の進展とともに熱伝導率は上端面側でより早く低下した。この熱伝導率変化を図-2 の関係より体積含水率の経時変化に変換した。これをもとに Pel 法<sup>2)</sup>による拡散方程式の解を用いて算定した水分拡散係数を図-4 に示す。水分拡散係数は体積含水率に依存し概ね4 オーダー程度の範囲の値を示した。その特徴は土壤などに関する既往の研究結果と類似しており、ここで得られた結果は妥当であると考えられる。

### 4. 結論

本報では堆積岩試料の熱伝導率計測を通して水分拡散係数を算定できることを示した。この水分拡散係数および別報告<sup>3)</sup>の水分特性曲線より得られる比水分容量を用いた不飽和透水係数の評価を現在進めている。一方、一連の計測を通してコアの健全度や均質性が供試体の選定において重要であることが確認された。

### 参考文献

- 1) 榊 利博, 小松 満, 國丸貴紀, 長谷川琢磨, 瀬尾昭治, 栗原啓丞 (2021), 熱伝導率計測による岩石の体積含水率の推定－軟岩の不飽和浸透特性評価 (その1), 土木学会令和3年度全国大会第76回年次学術講演会, CS12-19.
- 2) Pel, L., A.A.J. Ketelaas, O.C.G. Adan, and A.A. van Well (1993), Determination of moisture diffusivity in porous media using scanning neutron radiography, Int. J. of Heat and Mass Transfer, 1261-1267.
- 3) 小松 満, 榊 利博, 國丸貴紀, 長谷川琢磨, 瀬尾昭治, 栗原啓丞 (2022), 岩石試料の保水性試験－軟岩の不飽和浸透特性評価 (その4), 土木学会令和4年度全国大会第77回年次学術講演会.