不飽和層における流路の形成とセシウムの移行挙動の評価

Evaluation of Channel Formation and Migration Behavior of Cesium

under an Unsaturated Condition

*河上 大昂 ¹, 新堀 雄一 ¹, 関 亜美 ¹, 千田 太詩 ¹ 東北大学

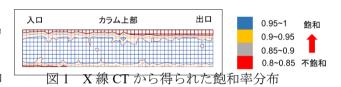
本研究では、処分場周辺の不飽和層を模擬した 1 次元カラムを用いて、セシウムの移行挙動を実験的に調べた。X 線 CT を用いたカラム内の飽和率分布観察より、カラム内には通りやすい流路(飽和層)と通りにくい流路(不飽和層)があることから、1 次元の移流分散方程式の 2 つの解を重ね合わせて実験結果を評価し、不飽和層での遅延係数を求めたところ、従来の不飽和層における遅延係数の近似式と比較して小さい値となった。

キーワード: 不飽和層、遅延係数、浅地中処分、浅地中間貯蔵

1.緒言 地下水面よりも浅い層へ放射性廃棄物を処分あるいは中間的に貯蔵する際には、土壌粒子の間隙に 液相と気相が混在する不飽和層中の核種移行をも考慮する必要がある。不飽和層においては、気相の混在に より、移行経路が制限されることに伴う屈曲率の増大や、固相との接触が減少することに起因した核種収着 能の低下といった移行挙動への影響が考えられる。そこで本研究では、ケイ砂(平均粒径 350 μm)を充填した カラムを用いて、脱水と再冠水により処分場(あるいは浅地貯蔵施設)周辺の不飽和層を模擬し、セシウム溶液を通液することで、セシウムの移行挙動を実験的に調べた。

2.実験および解析 カラム流動実験はこれまで鉛直の流向が主流だった[1][2]が、本実験では不飽和状態に調整したカラム(充填長さ6cm、内径1cm)を水平方向に固定し、1mMセシウム溶液をオーバーフロー系により定圧条件で通液した。流動実験中は流出液のセシウム濃度を原子吸光法により定量し、実験後にはX線CTを用いてカラム内部の飽和率分布を観察した。そして、カラム内には後述する2通りの流路があると仮定し、1次元の移流分散方程式の重ね合わせによる遅延係数の評価を行った。

3.結果・考察 図1に X線 CT を用いて観察したカラムの飽和率分布を示す。カラムの上部に気相が偏り、中央部は飽和状態になっていることが確認できる。そこで、本研究ではカラム内には飽和状態の流路と不飽和



状態の流路があるという前提のもと実験値に1次元の移流

分散方程式の解を 2 つ重ね合わせてフィッティングを行った。その結果を図 2 に示す。計算値は、不飽和流路と飽和流路の割合 3:7(不飽和流路の飽和率はおよそ 0.4)、両流路のペクレ数 10、 飽和流路の遅延係数 6.2、不飽和流路の遅延係数 10 のときに実験値をよく表す。従来の不飽和層における遅延係数は飽和層の分配係数を水の飽和率で除した値を用いて近似されており[2]、本研究で評価された不飽和層の遅延係数は従来評価の値より 2/3 程度小さい。これは、近似式が安全評

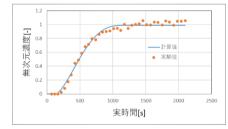


図2 フィッティング結果

価上保守側に値を与えない例となる。なお、本研究の評価では不飽和層のダルシ―流速は Corey の式により水の飽和率から求めている。また、飽和層での遅延係数は、回分式の収着実験で取得される収着分配係数から算出される遅延係数 6.0 と大きな矛盾はない。

引用文献 [1] Ozutsumi et al., MRS Advances, 5-6, 223-232 (2020).

[2] Ozutsumi et al., Proceedings of PBNC, No. 169-25877, 353-359 (2018).

謝辞:本研究の一部は科学研究費補助金 挑戦的研究(萌芽)20K21159 および基盤研究(A)21H04664 の成果である。ここに 記して謝意を表す。

^{*}Hirotaka KAWAKAMI¹, Yuichi NIIBORI¹, Tsugumi SEKI¹, Taiji CHIDA¹

¹Tohoku Univ.