

セシウムおよびストロンチウムの移行挙動に及ぼす液相飽和率変化の影響

Influence of the Saturation Change of Liquid Phase on the Migration of Cesium and Strontium

*小堤健紀¹, 新堀雄一¹, 千田太詩¹

¹東北大学大学院工学研究科

本研究では、不飽和層の形成が核種移行挙動へ及ぼす影響として、固相表面の核種収着サイトの制限と、流路屈曲に起因する地下水流動の遅延に着目し、カラム充填層を用いた流動実験および移流分散方程式による数値解析を基に、セシウムとストロンチウムの遅延効果の変化を定量評価した。その結果、不飽和層における遅延効果の減少と分散効果の増加が確認された。

キーワード：不飽和層，浅地中処分，多孔質層，カラム実験

1. 緒言：福島第一発電所事故に伴い発生した放射性廃棄物の一部は、比較的浅い地下への保管あるいは埋設を視野に入れ、その取り扱いを検討する必要がある。深度の浅い地下環境に想定される多孔質媒体中の地下水流動場においては、液相と気相が混在する不飽和層が形成されるために、処分場から漏出した核種の移行挙動が、地下水で飽和した場合と比較して変化する可能性がある。本研究においては、カラム内にケイ砂を充填することで浅地中の多孔質層を模擬し、脱水と再冠水によりカラム内部に飽和層と不飽和層を調製した。この飽和層と不飽和層のカラムを用いて、安定同位体のセシウム溶液とストロンチウム溶液を流し、元素流出の経時変化を理論値と比較することにより、遅延係数等のパラメータを定量した。

2. 実験：平均粒子径が 350 μm のケイ砂を、純水の入ったカラム（体積 6 mL）に振動させながら充填することにより飽和層のカラムを調製した。不飽和層は、飽和層のカラムに空気を注入して一度脱水し、その後液相を流して再冠水させることにより調製した。この時、不飽和層の液相飽和率（カラムの間隙を液相が占める体積割合、以下「飽和率」）は 2 通りの方法により調製した。高い飽和率（0.9-1.0 の範囲）は再冠水をカラムの下端から上端方向へ、比較的低い飽和率（0.8-0.9 の範囲）は再冠水をカラムの上端から下端方向へ行うことにより調製した。これらのカラムに、1 mM に調整した安定同位体のストロンチウム溶液あるいはセシウム溶液をそれぞれ通液し、流出液の元素濃度を原子吸光法により定量した。

3. 結果・考察：図 1 にストロンチウムの実験結果を示す。縦軸は流出液の元素濃度をトレーサー溶液の初期濃度により規格化した無次元濃度であり、横軸は流出液を採取した時間を示す。図 1 より、飽和率の減少に従ってストロンチウムの流出開始が早くなり、遅延効果が小さくなっていることがわかる。この結果を、一次元移流分散方程式とフィッティングすることにより、遅延係数やペクレ数（ P_e ）を導出した。評価結果をまとめた表 1 に示すように、不飽和層においては、元素によらずペクレ数と遅延係数が減少した。ペクレ数の減少は分散効果の増大に伴うものであり、不飽和層における流路の屈曲によると考えられる。また、遅延係数の減少は、気相により固相表面の収着サイトが減少し、見かけの分配係数が減少することを意味する。以上のことから不飽和層においては、核種収着の低減によって移行が促進され得る一方、分散効果の増大は核種遅延に寄与する可能性があり、今後、流速や間隙率を系統的に整理した不飽和層中の核種移行挙動の検討が必要である。

謝辞：本研究の一部は、「文部科学省英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業」により実施された「廃止措置のための格納容器・建屋等信頼性維持と廃棄物処理・処分に係る基盤研究及び中核人材育成プログラム」、および科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究 16K14532 の成果である。ここに記して謝意を表す。

*Takenori OZUTSUMI¹, Yuichi NIIBORI¹, Taiji CHIDA¹

¹Tohoku Univ. Graduate School of Engineering

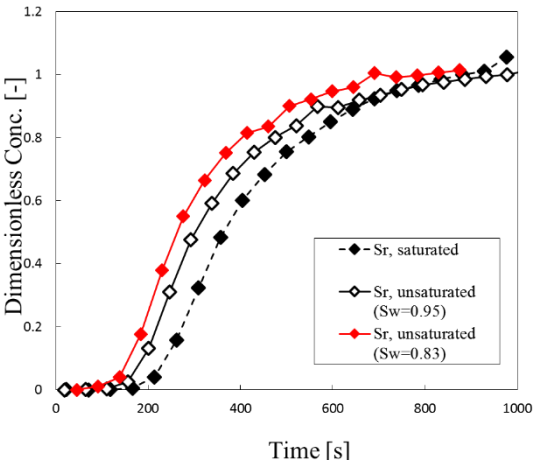


図 1 ストロンチウムの物質移行挙動

表 1 パラメータの評価結果

Element	S_w [-]	P_e [-]	R_d [-]
Cs	1	20	5.9
	0.92	15	5.7
	0.82	15	5.4
Sr	1	20	3.6
	0.95	15	3.2
	0.83	15	3.0