

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	多孔質内での溶質分散現象研究
Title(English)	Study of solute transport mechanism in porous media
著者(和文)	ZHANGChunwei
Author(English)	Chunwei Zhang
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12077号, 授与年月日:2021年9月24日, 学位の種別:課程博士, 審査員:末包 哲也,肖 鋒,青木 尊之,大西 領,志村 祐康
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12077号, Conferred date:2021/9/24, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名		Chunwei Zhang		
			氏名	職名			
論文審査 審査員	主査		末包 哲也	教授	志村 祐康	准教授	
	審査員		肖 鋒	教授			
				青木 尊之	教授		
				大西 領	准教授		

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Study of solute transport mechanism in porous media (多孔質内における溶液輸送メカニズムに関する研究)」と題し、以下の6章から構成される。

第1章「Introduction (序論)」では、本論文の研究背景と目的を述べている。すなわち、土壤汚染修復や二酸化炭素地下貯留における溶液輸送に関して分散現象を解明することの必要性を指摘するとともに、単相流および混相流、一様流れとせん断流れにおける研究の現状を概観している。それを踏まえて、多孔質内の単相流および混相流の溶液輸送メカニズムを実験および数値シミュレーションを用いて解明することが本研究の目的であると述べている。

第2章「Experimental investigation of solute transport in saturated porous media using X-ray computed tomography (飽和多孔質における X 線コンピュータトモグラフィ (CT) を用いた溶液輸送の実験的研究)」では、多孔質内における溶液輸送と分散現象を計測するために新たに X 線 CT を用いる手法を提案している。多孔質内部の溶液濃度を非接触で計測するとともに、ブレナーのモーメント法などの手法を適用し、流れ方向に対する縦方向および横方向の分散係数を定量的に評価している。今回計測したペクレ数はおおそ指数法則が成り立つ範囲(5~300)をカバーしており、この領域では分散は主に対流により支配されるが、拡散も無視できないことを見出している。

第3章「Experimental investigation of solute transport in partially saturated porous media using X-ray computed tomography (部分飽和多孔質における X 線 CT を用いた溶液輸送の実験的研究)」では、部分飽和、すなわち、混相流における溶液輸送と分散現象を実験的に明らかにしている。混相流においてはチャネリング効果により溶液輸送が大きな影響を受け、飽和率に応じて分散に与える影響が変化する。計測結果に基づいて、統計的モーメント、分散係数、希釈指数、平均スカラー散逸率を定量的に評価し、溶液輸送の特徴を明らかにしている。

第4章「Solute transport in variably saturated porous media studied by lattice Boltzmann simulations at the pore scale (様々な飽和率における多孔質内の溶液輸送の格子ボルツマン法を用いた空隙スケール数値シミュレーション)」では、空隙スケール数値シミュレーションにより溶液輸送特性と分散現象を明らかにしている。過渡的な時間では分散挙動において弾道的小および超拡散的な領域が観察されたが、時間経過とともに漸近的な分散挙動へと推移する。過渡期は、横方向と縦方向それぞれ約 12 粒子と 16 粒子の長さスケールにわたって持続する。数値シミュレーションの対象とした多孔質構造は様々な実岩石の CT 画像から再構成された 3 次元デジタル画像を用いており、実験を実施すること無く、実多孔質の CT 画像から数値解析により分散係数を取得する、いわゆるデジタルロック技術を実現できることを実証している。

第5章「Influence of stagnant zones on solute transport in heterogeneous porous media at the pore scale (不均質多孔質内における空隙スケール溶液輸送に与える澱み領域の影響)」では、多孔質媒体の不均一性が溶液輸送に及ぼす影響を包括的に検討している。空隙構造の不均一性として流体の流れを通さないデッドエンドポア、循環流、薄膜層などの滞留部が存在する。これらの滞留部が溶液輸送挙動に及ぼす影響を明らかにするために、岩石試料の高解像度 CT 画像を対象として直接数値流体力学シミュレーションを行った。不均質な多孔質媒体では、流体の多孔質内滞留時間分布により早期到着や後半テーリング効果が観察される。対流による溶液の輸送が支配的な対流域と分

子拡散が重要な役割を果たす滞留域に区分し、両域間の物質輸送をダムケラー数を用いて整理することにより、不均質多孔質の物質輸送特性をモデル化できることを明らかにしている。

第6章「Conclusions (結論)」では、本研究で得られた結果を総括し、今後の展望を概説している。

以上を要するに、本論文は多孔質内における溶液輸送と分散現象を多孔質内の溶液濃度分布の直接計測と空隙スケール数値シミュレーションに基づいて明らかにしたものであり、工学上、工業上、貢献するところが大きい。よって本論文は博士(工学)の学位論文として十分な価値があると認められる。

注意:「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。