

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	X線マイクロトモグラフィーを用いた多孔質内の空隙スケールにおける置換と溶解に関する研究
Title(English)	Pore-scale study of displacement and dissolution in porous media using X-ray microtomography
著者(和文)	HUYingxue
Author(English)	Yingxue Hu
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12075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,花村 克悟,岡村 哲至,奥野 喜裕,伏信 一慶
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12075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	Yingxue Hu	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	末包 哲也	教授	伏信 一慶	教授
	審査員	花村 克悟	教授		
		岡村 哲至	教授		
奥野 喜裕		教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Pore-scale study of displacement and dissolution in porous media using X-ray microtomography (X線マイクロトモグラフィーを用いた多孔質内の空隙スケールにおける置換と溶解に関する研究)」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、二酸化炭素地下貯留、土壤汚染修復、原油増進回収などにおいてみられる多孔質内混相流について概観し、非混和性二相流の置換過程と残留相の溶解挙動の解明が重要であることを指摘している。近年、急速に発展しているX線マイクロトモグラフィー技術を利用して、多孔質内部の空隙スケールで発生する現象を直接的に可視化・観察することにより、3次元の多孔質で発生する置換過程および溶解挙動を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「Drainage displacement patterns and phase diagram in 3D porous media (3次元多孔質における排水過程における置換パターンと流動様式線図)」では、3次元多孔質に対する流動様式線図を実験的に求め提示している。多孔質内における非混和性二相流の排水過程では、注入速度および両流体の粘性比に依存して、ヴィスカスフィンガリング、キャピラリーフィンガリング、および、安定置換の3つの置換様式が発生するが、注入相の多孔質内における分布を可視化し、飽和率、フィンガー幅、フラクタル次元などを定量的に評価することにより、置換パターンの特徴を明らかにするとともに、流動様式線図を確立し、キャピラリー数と粘性比が与える置換パターンへの影響を明らかにしている。

第3章「Effect of capillary number on morphological characterizations of trapped phase in 3D porous media (3次元多孔質におけるトラップ相のモルフォロジーに与えるキャピラリー数の影響)」では、吸水過程において多孔質内にトラップされる非湿潤相のモルフォロジーの特徴を明らかにしている。残留飽和率が減少を開始する臨界キャピラリー数には吸水過程開始前の非湿潤相の分布状態が重要な影響を与えていることを見出し、さらに、キャピラリー数と残留飽和率の関係や残留飽和率とトラップ相のモルフォロジーとの関係を明らかにし、比表面積を推定するためのモデルを構築している。

第4章「Dissolution of residual phase in 2D and 3D porous media (2次元および3次元多孔質における残留相の溶解)」では、多孔質内においてトラップされている残留相が流動相へと溶解する過程を空隙スケールで可視化することにより、物質輸送係数と比表面積を独立にモデル化している。トラップされている相は各液胞毎に一樣に溶解するのではなく、周囲の多孔質構造に依存して非一樣に溶解することを見出している。これらの結果から2次元と3次元多孔質では空隙構造の相違に起因して、比表面積だけでなく物質輸送特性にも相違が生じることを明らかにしている。

第5章「Dissolution of residual phase in water-wet and neutral-wet porous media (親水性および中立濡れ多孔質における残留相の溶解)」では、残留相の溶解挙動に与える多孔質媒体の濡れ性の影響を明らかにしている。濡れ性が中立濡れに近くなると、残留相のモルフォロジーが変化し、比表面積が大きくなるとともに、一樣な形状で分布するようになり、物質輸送が強まることを見出している。また、これらの結果から物質輸送係数を推定する実験式を提案している。従来の体積平均化された現象論的な記述から脱却し、空隙スケールでの物質輸送現象を明らかにしている。

第6章「Conclusion and future work (結論と今後の展望)」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非混和性二相流の置換過程および溶解過程を空隙スケール計測に基づいて解明したものであり、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。