

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	多孔質内单相流および混相流における分散
Title(English)	Dispersion in single- and multiphase flow in porous media
著者(和文)	LIZijing
Author(English)	Zijing Li
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12892号, 授与年月日:2024年9月20日, 学位の種別:課程博士, 審査員:末包 哲也,奥野 喜裕,笹部 崇,鈴木 佐夜香,高橋 秀治
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12892号, Conferred date:2024/9/20, 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

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	LI Zijing	
論文審査 審査員		氏名	職名		
	主査	末包 哲也	教授	高橋 秀治	准教授
	審査員	奥野 喜裕	教授		
		笹部 崇	准教授		
	鈴木 佐夜香	准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Dispersion in single- and multiphase flow in porous media (多孔質内単相流および混相流における分散)」と題して全5章から構成されている。

第1章「Introduction (序論)」では二酸化炭素地下貯留における溶解プロセスにおいて多孔質内で自然対流が発生し、単相流のせん断流れにおける分散が物質輸送に大きな影響を与えることが想定されているが、分散に関する知見が全く得られていないことを指摘している。また、原油増進回収や二酸化炭素地下貯留では非混和性二相流が発生し、流動の変動や毛管力で多孔質に補足された相が分散に与える影響が未解明であること指摘し、これらの2つの流動状態における分散の解明を本研究の目的に設定している。

第2章「Impact of shear behaviors on dispersion in a single-phase flow (単相流におけるせん断が分散に与える影響)」では、せん断速度を 0.001 s^{-1} から 0.04 s^{-1} まで、かつ、ペクレ数を 10 から 200 までの範囲で変化させることのできる実験装置を新規に考案し、ヨウ化ナトリウム水溶液のトレーサーが塩化ナトリウム水溶液中で分散する様子を、2次元 X 線法により非接触濃度計測を行うことで調べている。べき乗則領域では、従来の局所的な流速から予測される分散に対して、横方向および縦方向の分散がせん断によって強化されることを見出している。これらの現象をモデル化するためにせん断ペクレ数を新たに提案し、せん断が分散係数に与える影響を記述することができるべき乗則モデルを提案している。

第3章「Impact of oil viscosity on dispersion in the aqueous phase of an immiscible two-phase flow (非混和性二相流におけるオイル粘性が水相の分散に与える影響)」では、同時注入された二相流において油の粘度が水相の分散に与える影響を、広い粘度比に対して調査している。様々な体積を有するオイルクラスターにより、不均質な流れ場が形成されることが示された。速度変動はトレーサープルームの形状を歪ませ、分散を促進する。分散係数は時間と共に変化し、非フィックアン分散を示す。水に対するオイルの粘性比が 10 を超えると異常分散が観察される。スカラー散逸率を用いて評価した混合強度は、最初にプルーム形状の歪みによって増強される。よって、拡散により混和が進み、その結果、遅い時間域では混合強度が急激に減少する。以上のような分散現象は、オイル粘度が高く、粘性比が大きくなるほど、オイルがより細分化され、各クラスターのサイズが小さくなることにより顕著となる。また、高いペクレ数では水に対して濡れやすい多孔質表面に油膜が形成され、細孔空間を狭くし、さらに油膜の潤滑効果が水相の分散・混合状態の向上に寄与することを見出している。

第4章「Impact of surface wettability on dispersion in the aqueous phase of an immiscible two-phase flow (非混和性二相流における表面の濡れ性が水相の分散に与える影響)」では、多孔質媒体と細孔を体積平均化したマクロスケールの混合過程と細孔スケールの二相輸送過程を可視化することで、分散に与える濡れ性の影響について議論している。多孔質の濡れ性が非混和性二相流の細孔スケールの流動様式に大きく影響することを見出している。すなわち、中立的な濡れ性の場合、細孔内部をオイルと水が間欠的に流動する。水相の周囲のオイルは水相同士の接触を阻害し、混合・分散を抑制する。強親水性および強親油性の場合、オイルと水は別々の流路を定常的に流動する。弱親水性および弱親油性の場合、オイルと水は別々の経路を流動しながら、間欠性も生じるため、強い速度変動が生じ、混合・分散が強く促進される。

第5章「Conclusions (結論)」本研究の成果をまとめて結論を述べるとともに、今後、取り組むべき研究の方向性を示している。以上を要するに本論文は、既存研究がほとんど存在しない多孔質内せん断流れや非混和性二相流における分散現象を解明したものであり、工学上及び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を有すると認められる。