

論文審査の結果の要旨

氏名 福元 文子

本論文は8章からなり、第1章は緒言として、メタンハイドレート(以下MH)の国産エネルギー資源としての重要性を述べ、MHの商業的生産に向けた現在の動きなどに触れつつ、MH生産時の懸念の一つとして、MHが分解して発生したメタンガスが砂層中の孔隙内でMHへと再生成されることで浸透率が低下する可能性につき言及し、実験結果を組み入れた数値計算法を用いて、多孔質体孔隙中のMHの生成による浸透率低下をモデル化するという、本論文の背景と目的について述べている。

第2章では、数値計算によってMHを多孔質体孔隙内に生成させるための、その多孔質体自体を数値的に生成し、これをデータベース化している。

第3章では、多孔質体孔隙中のMHの存在による浸透率低下は、MHの存在形態によって変わることに着目し、この存在形態を決めるのはMH生成前の気液二相の存在位置に大きく影響されることから、まず多孔質体孔隙中の気液界面の位置を気液二相流格子ボルツマン法(LBM)を用いて解析し、データベースを作成したことを述べている。

第4章では、数値計算で再現する領域と同じ多孔質体を実際に用いて、そこにMHを生成する実験を行い、MH生成速度(結晶成長速度)を知るために発熱反応であるMH生成による温度上昇を測定し、数値計算で必要となる上記速度を求めている。

第5章の前半では、MH生成の誘起時間の測定から求めた核生成速度(単位時間、単位表面積あたりの核生成個数)と古典核生成理論を用いて、数値計算領域内の多孔質体の孔隙間にMHの核を生成するシミュレーションを実施している。また後半では、配置されたMHの核が結晶成長していく様子を、熱・物質輸送と共にフェーズフィールド法を用いて解析し、多孔質体孔隙中にMHを数値的に生成させることに成功している。またこの手法を、文献から引用したMH膜成長に関する実験結果と比較することで検証している。

第6章では、前章で求めたMHの生成位置データを用いて、単相流LBMを用いて、多孔質とMHを固体としてその浸透率を求め、これをデータベース化している。

第7章では、前章で求めたデータベースから、本論文の目的である多孔質体孔隙中のMHの生成による浸透率低下をモデル化している。その際、多孔質体孔隙中のMHの存

在形態を MH の飽和率と比表面積で表現されるとき、MH の比表面積を孔隙率、初期水飽和率、MH 飽和率、砂の濡れ性の関数としてモデル化している。

第 8 章は結論で、多孔質体孔隙内での MH を生成させる数値シミュレーション法を開発し、MH 生成による浸透率変化を数値計算によりモデル化することに成功したこと、このモデルにより、孔隙率、初期水飽和率、砂の濡れ性が MH の存在形態を変え、それにより浸透率変化の傾向が変わることを表現することができたと結論付けている。

以上のように、従来、実験では高压容器の内部まで観察できなかった多孔質体孔隙内の MH の存在形態を、実験結果を組み込んだ数値解析法を用いることで、これを MH の飽和率と比表面積で定量化したこと、および計算領域内に生成させた MH による浸透率の低下を表現できる数式モデルを提案したことに新規性が認められ、科学技術的な価値の高い論文であると言える。さらに、南海トラフにおいて開始される世界初の MH 海域開発実証実験に備えて経済産業省のプロジェクトで整備を急いでいる MH 生産性予測シミュレーターのサブモデルとして採用される予定で、社会的・政策的にも十分な意義が認められる。

尚、本論文第 4 章の一部は、佐藤徹、清野文夫、平林紳一郎との共同研究であるが、論文提出者が主体となって実験の実施と実験結果の解析を行ったもので、その寄与は十分であると判断する。

したがって、博士（環境学）の学位を授与できると認める。

以上 1 5 6 1 字