

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

|                   |   |
|-------------------|---|
| 題目(和文)            |   |
| Title(English)    | Study on Suppression of Viscous Fingering In Three Dimensional Porous Media by Using X-Ray Microtomography  |
| 著者(和文)            | MahardikaMohammad Azis  |
| Author(English)   | Mohammad Azis Mahardika   |
| 出典(和文)            | 学位:博士(工学),<br>学位授与機関:東京工業大学,<br>報告番号:甲第12355号,<br>授与年月日:2023年3月26日,<br>学位の種別:課程博士,<br>審査員:末包 哲也,花村 克悟,奥野 喜裕,伏信 一慶,齊藤 卓志   |
| Citation(English) | Degree:Doctor (Engineering),<br>Conferring organization: Tokyo Institute of Technology,<br>Report number:甲第12355号,<br>Conferred date:2023/3/26,<br>Degree Type:Course doctor,<br>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 | Mahardika Mohammad Azis |       |     |
|-------------|-----|-------|---------|-------------------------|-------|-----|
| 論文審査<br>審査員 |     | 氏名    | 職名      |                         | 氏名    | 職名  |
|             | 主査  | 末包 哲也 | 教授      | 審査員                     | 斉藤 卓志 | 准教授 |
|             | 審査員 | 花村 克悟 | 教授      |                         |       |     |
|             |     | 奥野 喜裕 | 教授      |                         |       |     |
|             |     | 伏信 一慶 | 教授      |                         |       |     |

### 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Study on Suppression of Viscous Fingering in Three Dimensional Porous Media by Using X-Ray Microtomography (X線マイクロトモグラフィーを用いた3次元多孔質におけるヴィスカスフィンガリングの抑制に関する研究)」と題し、全5章から構成される。

第1章「Introduction (序論)」では、多孔質内において高粘性流体が低粘性流体で置換される際に界面に発生するヴィスカスフィンガリングが原油、特に重質油の生産において効率低下の主要な原因になっていること、および、従来の研究では多孔質媒体の光学的な不透明性のために内部の流動現象の理解が進んでいないことを指摘した上で、3次元多孔質において発生するヴィスカスフィンガリングの現象の解明とその抑制による効率的な原油増進回収法の開発が本研究の目的であると述べている。

第2章「Effect of gravity and viscous forces on fingering pattern for miscible vertical displacement in a porous medium (多孔質における非混和性鉛直置換におけるヴィスカスフィンガリングに与える重力と粘性力の効果)」では、密度差に伴うレイリーテイラー不安定性の観点から安定であるが粘性比に伴うヴィスカスフィンガリングの観点から不安定性、あるいは、その逆の組み合わせに対し、臨界速度を境にして、界面の安定と不安定間の遷移が発生することを実験的に示している。臨界速度は解析的に存在が予想されていたが、3次元多孔質においても臨界速度で遷移が発生することを実証している。不安定現象が発生しているときに界面に特徴的に発生する非線形相互作用効果である、遮蔽効果、先端分裂、フィンガーの合体などの現象を観察するとともに、流体の置換効率（スweep効率）と臨界速度で無次元化された注入速度との関係を明らかにした。

第3章「Effect of viscosity changes due to chemical reaction on the performance of polymer flooding application (化学反応による粘性の変化がポリマー攻法の性能に与える影響)」では、原油回収効率を高めるために効果的であることが知られているポリマー攻法に注目し、低コスト化を図るためポリマーと水の交互圧入を提案し、油、ポリマー、水のそれぞれの界面の挙動を観察し、油相の回収効率に与える影響を調べた。その結果、ポリマーと置換する水の界面が粘性的に不安定であり、ヴィスカスフィンガリングにより、ポリマー層の崩壊が急速に進むことを明らかにした。ポリマー層の崩壊を抑制するには、水にアルカリを添加し、ポリマー層との化学反応により粘性変化を発生させると、ポリマー層の崩壊が抑制され、少量のポリマーにより高い油相回収効率が維持できることを明らかにした。

第4章「Alkali flooding with the production of viscoelastic materials for heavy oil recoveries (粘弾性物質の生成によるアルカリ攻法による重質油回収)」では、重質油を回収する手法として水酸化カルシウムを用いる方法について検討している。ポリマー攻法により生産性を維持するには、貯留層の圧力が高くなるため重質油に適用することが困難であり、重質油に含まれる酸と注入する水酸化カルシウムによりその場で粘弾性物質（ゲル）生成を行うことで高効率回収が達成されることがわかっているが、そのメカニズムは全く解明されていない。コア実験により、アルカリ注入後、ヴィスカスフィンガリングが発生するものに、ゲルによる安定した置換界面が形成され、高効率で油相回収が達成されることを明らかにした。安定界面の形成にはゲルが空隙スケールで流動する必要があり、ヴィスカスフィンガリングの発生メカニズムとは逆に、注入流速が高いほど置換界面が安定になる。さらに、不均質多孔質への適用を検討し、非常に高い不均質性を有する多孔質体に対しても原油増進回収法として有効に機能することを見出している。

第5章「Conclusion and future works (結論と今後の展望)」では、本論文で得られた結論を総括するとともに、今後の研究展開の方向についていくつかの示唆を与えている。

以上を要するに、本論文は油相回収効率を下げる大きな要因であるヴィスカスフィンガリングの発生に与える重力や粘性力の影響を明らかにし、原油増進回収法であるポリマー攻法やアルカリ攻法がヴィスカスフィンガリングを抑制するメカニズムを解明していることから、工業上・工学上の貢献するところが大きい。よって本論文は博士(工学)論文として十分な価値を有すると認めることができる。

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。