

氏 名	あさ 朝 倉 繁 明
学 位 の 種 類	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	論 工 博 第 3786 号
学位授与の日付	平 成 16 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 題 目	低比抵抗貯留層における頁岩の分布モデルと水飽和式に関する研究

論文調査委員 (主 査) 教 授 芦 田 讓 教 授 松 岡 俊 文 教 授 岡 二 三 生

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、石油・ガス埋蔵量評価に用いられる水飽和率推定の高精度化を指向している。貯留岩に頁岩が混入すると埋蔵量及び生産性評価に大きな影響を及ぼす。従来の水飽和式は頁岩の寄与が少ない場合には良く機能するが、ある分布形態を示す頁岩が卓越すると、これらの評価式はもはや機能しなくなる。そこで、頁岩の分布パターンを3つに分類し、各頁岩の分布パターンに最も良く対応する水飽和式を電磁気学理論を用いて構築すると共に、孔隙中の頁岩粒子の割合値からの生産性（浸透率）評価を可能にしている。本論文は6章からなっており、その概要を以下に示す。

第1章では、水飽和率の評価が検層解析においてもっとも重要であるにも拘わらず、ある頁岩の分布パターンが卓越すると、その精度が著しく低下する点を指摘している。とりわけ国内の薄互層での水飽和率及び生産性の評価方法の確立は長年の問題であり、この点が本研究の背景として述べられている。

第2章では、頁岩の分布モデルについて3つのパターンに分類し、そのうち砂岩と交互に堆積した場合の頁岩（Laminated Shale）と孔隙中に分布する頁岩粒子（Dispersed Shale）について水飽和式を理論展開している。さらに、石油開発の現場において現在用いられている水飽和式（シマンドゥー式、ベネズエラ式、インドネシア式、ナイジェリア式、DualWater式）がLaminated ShaleモデルかDispersed Shaleモデルのいずれか一方の基本式から派生していることを示し、これらの水飽和式において、頁岩が岩石の比抵抗に及ぼす影響について考察すると共に、これらの頁岩が卓越する時には求められた水飽和率に大きな誤差が生じる点を指摘している。

第3章では、電磁気学におけるMaxwell-Garnet理論を用いて岩石中に構造的に分布する頁岩（Structure Shale）に対する水飽和式がシマンドゥー式と同じレスポンスを示す点を明らかにしている。さらに、この章では各頁岩の分布モデルに対応する最適の水飽和式を選択し、それら3つの式を統合して統一水飽和式を構築し、貯留岩中にこれらの頁岩が卓越しても精度の高い水飽和率が求められるモデルを構築している。

第4章では応用事例として、新潟沖薄互層における低比抵抗貯留層の実データを用い、第3章で構築した統一飽和式を用いた新しいモデルが有効に機能することを実証している。この章では統一水飽和式に代入されるパラメータを、どのように計算・評価するかを手順を追って説明している。とりわけ、孔隙中の頁岩粒子（Dispersed Shale）の割合値を音波検層を用いて算出する方法を明らかにし、解釈結果を近年開発された核磁気共鳴検層と比較し、本モデルが有効であることを立証している。さらに、孔隙中の頁岩粒子の量が流体の流動性を著しく劣化させる点に注目し、孔隙中の頁岩粒子の割合値から貯留層の浸透率を評価するモデルを構築し、この結果についても生産テストの実データとの整合性を示すと共にその有効性を立証している。

第5章ではさらなる応用事例として、アブダビ沖ミクライト質石灰岩貯留層の例を挙げ、頁岩分布状態に依るもの以外に、岩石の特殊な孔隙形態によって生じた低比抵抗貯留層が存在することを示している。この貯留層の特性を解明するために、採取されたコアを用いて数多くの研究がなされているが、本論文においてはこれらの地質学的知見を忠実に反映させた解析

モデルを構築すると共に、解釈結果の妥当性をコア試験結果によって立証している。すなわち、核磁気共鳴検層を積極的に利用して孔隙モデルを確立すると共に、この孔隙モデルを用いて浸透率を評価する手法を提案し、実データを用いてその結果がコア試験による浸透率と極めて良く一致することを示している。さらに、現場で問題になっている変動 n 値 (variable n) についても考察し、この問題がミクライト質石灰岩の複雑な孔隙形態に依る点を立証している。

第6章では、結論として本研究を総括し、各章における結果を取りまとめると共に、今後の課題を示している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、石油ガス貯留層における鉱量評価の高精度化を図るために、現状の問題について考察し、貯留層における頁岩の分布状態が水飽和率に寄与する影響を明らかにすると共に、新たな解析モデルを考案し、実際のデータを用いてその有用性を検証した結果をまとめたもので、その主な成果は以下のとおりである。

- (1) 頁岩の分布パターンを3つに分類し、これらの頁岩が貯留層において卓越すると、現在用いられている水飽和式から算出される水飽和率の精度が著しく低下する点を指摘した。
- (2) 頁岩の分布状態が岩石の比抵抗に及ぼす影響を、電磁気学 (Maxwell-Garnet理論) を用いてモデル化すると共に、頁岩の各分布状態に対応した最適の水飽和式を構築した。
- (3) 音波検層が孔隙中に拡散している頁岩粒子に対して応答しない点に注目し、頁岩粒子の量的評価方法を確立すると共に、どのような頁岩の分布状態にも対応する統一水飽和式を導いた。同時に孔隙中の頁岩粒子が流体の浸透率に大きな影響を与える点を指摘し、孔隙中の頁岩粒子の割合値を用いることで油・ガスの生産性を評価する方法を示した。
- (4) 新潟沖で実施された検層データに対して、構築した解析モデルを適用した結果、これまで不可能とされた水飽和率・浸透率の量的評価が可能になり、生産テスト結果との整合性を確認した。さらに、核磁気共鳴検層データを用いて孔隙中の頁岩粒子の割合値と浸透率の対応の検証により、両者が極めて良く一致することを示し、この解析モデルの有用性を実データによって検証した。
- (5) 水飽和率及び浸透率の評価は岩石の孔隙形態に依存するところが大きいですが、核磁気共鳴検層を用いて孔隙形態を明らかにすることによって、この問題を解決する手法をアブダビ沖で実施された検層データを用いて示した。

以上、本論文は低比抵抗貯留層評価の高精度化を図るために、現状の問題を明らかにし、検層解析の根幹である水飽和率と浸透率について合理的な新手法を考案したものである。これにより、これまで見過ごされていた低比抵抗貯留層の評価が可能になり、今後の油・ガス田発見の可能性が増大したと考えられる。よって、本論文は博士 (工学) の学位論文として価値あるものと認める。また平成16年2月2日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。