

氏 名	たか はし あき ひさ 高 橋 明 久
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	論 工 博 第 3937 号
学位授与の日付	平 成 19 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	Oil Sands Reservoir Characterization for Optimization of Field Development (油田開発最適化のためのオイルサンド貯留層キャラクタリゼーションに関する研究)
論文調査委員	(主 査) 教 授 松 岡 俊 文 教 授 芦 田 讓 教 授 大 津 宏 康

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、カナダ国アサバスカ地方のオイルサンド貯留層のレザーバキャラクタリゼーションに関する総合的な解析手法の考案と、油田開発最適化のための貯留層評価の実施及び坑井配置の決定に関する地質予測手法に関する研究をまとめたものであり、7章からなっている。

第1章は序論であり、カナダオイルサンドの資源量と地質概況並びに貯留層パラメータについて総括し、オイルサンド開発の歴史と現状について述べた。さらに、地層内回収法の主流となっている SAGD 法における地質状況の関与について考察し、この研究の概要について述べた。

第2章では本研究の解析に使用されたデータについて述べた。コアサンプルは最も詳細な堆積相が把握できるデータであり、多くの坑井で対象となる McMurray 層区間で取得されている。取得されたコアは一部岩相観察用に保存され、残りは浸透率や孔隙率の測定に供される。検層データは、ほとんど全ての坑井で取得されており、坑井位置における連続的な物性値データを与える。三次元地震探査データは2002年1月に取得された。探査範囲は約5.4平方キロであり、ダイナマイトを震源として、反射点を分散させるトリブルスタガーレイアウトで取得された。このデータに重合前時間マイグレーションを施して基礎データとして用いた。

第3章では、データ解析の手順について述べた。最初にコアと検層データをシーケンス層序学的手法で対比し、大局的な地質モデルを構築した。当該地域のオイルサンド貯留層は潮汐の影響を受けた河川成の砂泥堆積物が重層して堆積したと推定された。地震探査データに関しては、垂直分解能の向上と貯留層直下の炭酸塩岩層からの強反射のサイドロープの影響を軽減するために音響インピーダンスインバージョンを行った。この結果、サイドロープの振幅が軽減され、砂岩層と泥岩層のインピーダンス差を表現することが出来た。さらに、音響インピーダンスインバージョンの結果も入力として、マルチアトリビュート解析を適用した。マルチアトリビュート解析では既存坑井位置での堆積相と地震探査応答の関係をを用いて、地震探査データ全域での堆積相予測を行った。この手法の詳細については4章で述べた。得られた音響インピーダンスや堆積相存在確率のデータボリュームは時間領域で表現されており、これらを深度領域で解釈するために地球統計学的手法による深度変換を行った。これらの深度変換データを用いて、最初に作成した大局的な地質モデルをベースに詳細な地質解釈を行った。解釈結果は三次元可視化技術によって表示され、他分野の技術者との知識の共有化に供せられた。

第4章では、マルチアトリビュート解析の最適化について述べた。マルチアトリビュート解析では、最終的に予測する物性値(ターゲットログ)と使用する震探アトリビュートの選択が重要である。前者については、密度や堆積相インデックスの比較を行い、貯留層・非貯留層に二元化した堆積相インデックスを採用した。また、震探アトリビュートに関しては、第3章で述べた大局的地質モデルを参照して推定結果が地質イメージに合致するようなアトリビュートの組み合わせを選択した。また、坑井位置での堆積相インデックスログは、元々10 cm 間隔で定義されているが、地震探査の分解能を考慮して50 cm にリサンプルを行い、貯留層・非貯留層の二元化を行った。地震探査の元々のサンプル間隔は2 ms であるが、出力のサ

ンプル間隔を0.5 ms にして高精度化を図った。最適化された結果では、クリーンな砂層と泥岩偽礫を含む砂層に関してはそれぞれ89%, 91%の部分が貯留層と予測された。また非貯留層である泥岩部分では75%が非貯留層と予測された。砂泥互層の部分での予測が今後の課題であるが、今回の対象地域は砂泥互層の割合が少なく、実用的には十分な精度で地質予測がなされたと考えられる。また、他の手法では困難であった基盤直上の泥岩分布についても予測が出来るようになった。

第5章では、本研究において開発した手法を、実際の開発作業に適用した結果について述べた。開発作業においては最初に貯留層の大局的な広がり参照して生産井の暫定的な配置を行う。そして、前述の音響インピーダンスインバージョンとマルチアトリビュート解析の結果を用いて、各水平井掘削のガイドとなるコントロール井（垂直井）の位置を決めて地質柱状図を予測した。そして、実際にコントロール井を掘削し予測との比較を行った。最終的にはコントロール井の結果を勘案して生産井の長さや深度を詳細に設計した。深度方向の予測誤差は最大でも3.5 m 程度であり、十分な予測精度が得られた。また、貯留層内の夾在泥岩については3 m 以上の厚さのものであれば検知可能となった。

第6章は、考察であり、データの垂直分解能、坑井データの分布の影響、瞬間周波数の意義について述べた。また、将来的なモニタリングや貯留層シミュレーションに関する研究の展望についても述べた。

第7章は、総括であり、この研究で得られた知見についてまとめた。

論文審査の結果の要旨

カナダ国におけるオイルサンドからの原油生産量はカナダ全体の40%以上となっており、最近では代表的な地層内回収法である SAGD 法を用いた商業化プロジェクトが次々と立ち上がっている。オイルサンドに含まれる原油であるビチューメンは地層温度においては粘性が高く流動性がほとんどないため、その開発においては局所的な地質構造を詳細に把握する必要がある。このため本論文では、カナダ国アサバスカ地方のオイルサンド貯留層キャラクタリゼーションに関する総合的な解析手法を開発し、SAGD 法による油田開発最適化のための貯留層評価の実施及び坑井配置の決定に関する地質予測の手法と結果について考察した。

本研究で得られた成果を要約すると次のとおりである。

1. オイルサンド層を対象として、坑井データ（検層及びコアデータ）と三次元地震探査データの統合による三次元地質モデル構築の手法を確立した。
2. マルチアトリビュート解析のパラメータについての詳細検討を行い、貯留層と非貯留層に二元化したインデックスログをターゲットログとして精度の高い貯留層予測を行った。その結果、貯留層の空間的な分布が把握され、また地層境界や貯留層上下限の深度が高い精度で推定された。また、他の解析では得られなかった基底泥岩の分布を把握することを可能とした。
3. シーケンス層序学に基づいた地質解析により、シーケンスごとの浸食谷とそれを埋積する砂岩体の分布が解明され、広域に分布する生産リスクの高い泥岩と、局所的で比較的风险の低い泥岩を識別することを可能とした。
4. 構築された地質モデルによって、高精度の貯留層分布予測が可能となり、開発計画においてコントロール井の位置決定と地質予測、さらには SAGD 水平井の詳細な水平垂直位置の決定精度を大きく向上させた。

このように、本研究で開発した手法を用いることにより、オイルサンド貯留層の効果的で確実性の高い貯留層予測と開発計画の策定が可能となった。

以上のように、本論文は、オイルサンド層の貯留層キャラクタリゼーションとそれに基づいた開発計画の検討に対して、学術上、実際に寄与するところが少なくない。

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19年1月22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。