

氏 名	は とう まさ み 羽 藤 正 実
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	論 工 博 第 3835 号
学位授与の日付	平 成 17 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	地震探査法によるメタンハイドレート探査に関する研究

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、メタンハイドレートの資源量評価技術の開発を指向して、地震探査データを多角的に用いた評価技術の開発を行い実データへの適用を行った結果をまとめたものである。まず、既存のメタンハイドレート賦存領域の推定手法のレビューを行い、従来の技術における問題点の指摘と地震探査データと地質データとの関係の再考とモデリングを行った。次いで、区間速度を用いたメタンハイドレート賦存領域の同定手法の提案と有効性を示した。さらに、AVO 解析により、メタンハイドレートに随伴する賦存層直下、および周辺のガスの存在の有無を検討し、次いで、理論岩石物理モデルと重合前地震探査アトリビュート解析の結合により、メタンハイドレートの資源量評価の可能性の定性的証明を行ったもので、6章から成っている。

第1章では、地震探査によるメタンハイドレート探査のために必要な基礎技術のレビューと、従来から用いられてきた技術を概観し、今後のメタンハイドレート探査・資源開発に必要な技術項目の整理を行った。

第2章では、再処理を施した地震探査データを用いて、海底面擬似反射 (BSR) と坑井検層データとの詳細な対比を行い、南海トラフ海域特有のダブル BSR とメタンハイドレート賦存層下位に存在する低速度層との関係を解析し、従来の BSR が上位ガス賦存層とメタンハイドレート賦存層の境界深度に発現することを確認した。また、南海トラフの坑井検層データを参考にしたメタンハイドレート賦存の地質モデルを構築した。これに基づくモデリングにより、BSR の発現態様が地質モデルと周波数スペクトラムに影響されていることを確認し、深海曳航式地震探査などで BSR が出現しないメカニズムやブランピング現象が従来から説明されてきたものと異なるメカニズムでも発現することを示した。

第3章では、地震探査データ処理の過程で得られる区間速度を用いて、メタンハイドレート層および下位の低速度層領域を同定するロバストな手法を開発した。実データへの適用を行い、カラーコードによる推定速度の可視化と地震探査データとの同時表示により、上位 BSR を境界にして、その上位に存在が予想されるメタンハイドレートの賦存による高速度領域、下位に存在が推測されるガスに起因する低速度領域の描出に成功した。同時に、速度解析の分解能の限界の解決のための地震探査データを用いた方策の検討を行った。

第4章では、南海トラフ海域の地震探査データに対して AVO 解析を適用し、メタンハイドレート賦存層の下面周辺のガスの賦存について検討を行った結果、メタンハイドレート層が随伴するガスは極めて少量で、多くは水 (brine) であることを指摘した。一方、メタンハイドレート賦存領域内にも少量ながらガスの存在を示唆する結果を得た。南海トラフ海域における、メタンの生成・移動、ハイドレートの生成に関わる重要な知見であり、今後の資源量評価に大きな影響を与えるものと思われる。同時に、各種の仮定に基づく AVO 解析の結果であることから、および得られた結果を完全に説明する地質や地史の情報の不足もあることから、今後必要な物理探査と地質学的検討についての提言を含めて論じている。

第5章では、未固結堆積層の弾性挙動の記述に有効性が確認されている理論的有效媒体岩石物理モデルを導入し、地震探査データに対する重合前アトリビュート解析との結合により、メタンハイドレートの定量評価手法の開発を行った。Hertz-Mindlin 接触理論と Hashin-Shtrikman パウンド理論によりモデル化したメタンハイドレート賦存層は、メタンハイドレー

トの存在体積比をポアソン比と P 波インピーダンスに影響を与えることを示した。その結果を用いて地震探査データの重合前アトリビュート解析から推定したポアソン比と P 波インピーダンスを用いてメタンハイドレート存在体積比を推定できることを示した。この解析手法を南海トラフで取得した実際の地震探査データに適用して、坑井データとの対比により、メタンハイドレート賦存層を明確に同定できることを示した。その結果、メタンハイドレート賦存層のモデルとして導入した理論モデルの適合性を確認するとともに、メタンハイドレートの定量的評価のための重合前アトリビュート解析の有効性の定性的証明を行い、重合後アトリビュート解析の結果との整合性も示した。これは重合前アトリビュート解析を用いて、メタンハイドレートの賦存量推定が可能なことを示した成果であり、今後、地震探査データを用いて資源量の定量評価を行うための解析手法を示す重要な成果である。

第 6 章では、結論として本研究の成果を取りまとめ、資源量評価のために必要な今後の課題をまとめている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、地震探査法を用いたメタンハイドレートの賦存領域把握と資源量評価技術の開発を目的として行った結果をまとめたものである。まず、坑井データと地震探査データによる海底面擬似反射 (BSR) と地質データとの対比を行い、BSR のみによるメタンハイドレート賦存領域把握に関する問題点を検討し、これに代わる手法として弾性波の区間速度による賦存層把握手法の開発を行った。ついで、AVO 解析によりメタンハイドレート賦存層直下および周辺のガスの存在を解明した。さらに、岩石物理モデルと地震探査アトリビュート解析の結合により、メタンハイドレートの資源量評価が可能なことを示した。得られた主な成果は以下のとおりである。

- 1) 南海トラフ海域で取得した坑井検層データ、VSP データと地震探査データとの厳密な対比により、BSR とメタンハイドレート層との関連を検討した。また、当該海域の坑井データに基づく地質モデルによるシミュレーションにより、BSR がメタンハイドレート層下位におけるガスの有無と無関係に発現することを指摘した。さらに、BSR の発現態様が地震探査における震源特性に依存することも示した。
- 2) 地震探査データから区間速度を推定し、区間速度のマッピングによりメタンハイドレート賦存領域を把握する手法を開発した。この手法を南海トラフ海域の地震探査データに適用し、高速度領域がメタンハイドレート賦存領域に、低速度領域がメタンハイドレート層下位層に相当することを示し、区間速度によるメタンハイドレート賦存領域の把握の有効性を示した。
- 3) 南海トラフ海域の地震探査データに対して AVO 解析を適用し、メタンハイドレート賦存層下面周辺のガス賦存について検討を行い、メタンハイドレート層がごく少量のガスしか随伴せず、多くは水 (brine) であることを指摘した。一方、メタンハイドレート賦存領域内にも少量ながらガスの存在を示唆する結果を得た。これは当該海域における新しい知見であり、メタンの生成・移動、ハイドレートの生成に関わる重要な知見である。
- 4) 理論的有效媒体岩石物理モデルと重合前地震探査アトリビュート解析の結合により、堆積層中のメタンハイドレートの体積比が推定できることを示した。これを南海トラフ海域の地震探査データに適用し、メタンハイドレート賦存領域の定量的推定の可能性を示し、岩石物理モデルの適合性を示すとともに、メタンハイドレートの定量評価の基礎技術確立した。

以上、本論文は、地震探査データの多角的利用により、これまで平面的な広がりでは把握していたメタンハイドレート賦存領域が空間的に把握できること、また、メタンハイドレートに随伴するガスの賦存状況を示すとともに、資源量の定量評価のための解析技術の基礎を確立し、我が国周辺海域でのメタンハイドレート探査・開発を行う際の地震探査法の有効性と解析指針を示したものであり、学術上、実際上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 17 年 2 月 1 日、論文内容とそれに関連した事項についての試問を行った結果、合格と認めた。