

地震探査を用いた石油の開発生産段階における貯留層イメージング

Seismic reservoir imaging during the petroleum development/ production stage

高橋 明久 [1]

Akihisa Takahashi[1]

[1] 石油資源開発

[1] JAPEX

反射法地震探査は、1950年代から石油・天然ガス探査のためのツールとして発展してきた。当初は背斜トラップを中心とした構造探査が中心であったが、近年ではより複雑な層位トラップ等の探査に移行している。複雑な構造の正確な把握を目指して近年では三次元地震探査が一般的に行われるようになり、地下構造の高精度のマッピングを目的として重合前深度マイグレーションのようなイメージング技術が発展している。また、構造形態にとらわれずに、貯留層位置を予測するという見地から、地震探査断面図を堆積学的見地で捉えるシーケンスストラティグラフィの手法も用いられる。また、地層内流体（例えば水ではなく油もしくはガス）の応答を検知して油・ガス層を予測する AVO 解析といった物性解析の手法も取り入れられて石油・天然ガス探査のための多角的なアプローチが実現されている。

このように主として未発見の石油・天然ガス鉱床の探査を目的として発展してきた反射法地震探査の技術は、最近では貯留層の特性を把握する貯留層キャラクタリゼーションや生産中の油ガス田の挙動を観測する貯留層モニタリングといった技術を通じて、既発見もしくは既生産油ガス田の評価にも広く用いられるようになってきている。本報告ではこのような探査段階から開発生産段階に至る油ガス田の反射法地震探査による評価法の現状について例を挙げて論じ、さらに今後の展開について考察する。

最初の掘削井（試掘井）が成功すると、その油ガス層の広がりを把握するためにその周りに複数の探掘井が掘削される。これらの坑井では、電気検層によって貯留層の厚さや孔隙率・油飽和率といった値が精度よく推定されるが、坑井位置以外での物性値を推定するにはこれらの坑井を出発点として地震探査データを用いる。最も単純な例としては貯留層が反射波の Tuning Thickness よりも薄い場合に貯留層の厚さと反射法地震探査の振幅をクロスプロットして両者の関係を表す線形関数を求め、その関数を反射法地震探査のデータ全体に適用して、振幅値から貯留層の厚さ分布を空間的に予測するという手法がある。これは貯留層キャラクタリゼーションの基本的な考え方であるが、例えばここで述べた貯留層の厚さは必ずしも振幅だけの関数ではなく、その他の地震波属性値（例えば、位相や周波数）とも関係していることが多い。このような場合には、坑井位置での物性値と複数の地震探査アトリビュートとの関係式を求めて、その関係式を坑井位置以外の地震探査データに適用することによってその物性値の空間的な分布を予測するマルチアトリビュート解析と呼ぶ手法がある。この解析では、ターゲットとする物性値の見極めと、使用する地震探査アトリビュートの選択が重要である。前者については地震探査と直接・間接に物理的な関係のある物性値を選択する必要があり、また後者についても出来るだけ独立ななおかつ物理的に意味のある属性値を選ぶ必要がある。そして結果についてはブラインドテスト等によって予測の妥当性を検証することや、坑井データや地質的先験的知見による地質モデルのイメージと照合して考えることが重要である。また、坑井データと地震探査データでは分解能が異なるので、実現可能な分解能を常に意識する必要がある。このような解析によって探掘井の詳細な配置を含む開発計画の策定が可能となる。

また、こういったマルチアトリビュート解析を含む物性解析の延長上には生産挙動を予測するための貯留層シミュレーションへの入力となる地質モデル（主として浸透率モデル）の構築がある。地震探査の分解能に限界があることから推定には任意性があり、複数のリアライゼーションを評価することで不確実性の評価も可能となってきた。

生産段階における反射法地震探査の利用の代表的なものは、繰り返し地震探査による貯留層モニタリングである。特に油層に対するガス圧入攻法や水蒸気攻法における気体の広がりをモニターする場合は比較的容易に検知が可能である。ここで留意しなくてはならないのは貯留層の孔隙内流体の置換だけではなく、例えば有効孔隙圧の変化も地震波応答に影響するという点である。定量的に繰り返し地震探査を評価するには、岩石物理学の理論に基づくモデリング技術による検証が不可欠である。