

タイムラプス震探による地層内流体飽和率変化の定量的評価：岩石物理学に基づくアプローチ

Quantitative evaluation of fluid displacement using time-lapse seismic: an approach based on rock-physics theories

常山 太 [1]

Futoshi Tsuneyama[1]

[1] 出光オイルアンドガス

[1] Idemitsu Oil & Gas

地震探査データの反射係数列は、地下の物性境界面でのインピーダンスの相対的差異の関数となっている。従って、震探逆解析 (以下、インヴァージョン) により、岩石のインピーダンスを求めることが可能である。インピーダンスは区間物性値であり、境界面のレスポンスである振幅値に比べ貯留層解析に有益であるため、インヴァージョン解析は一般的な手法として利用されている。しかしながら、インピーダンスを、その要素である速度と密度に分解することができれば、現在利用可能な岩石物理学の手法により、P波速度と密度のクロスプロットから岩石トレンドを認識して泥岩含有率を求める事が可能となる。さらに、適切な岩石物理学的解析法を慎重に組み合わせることによって地層内部の流体そのものの物性値を求めて流体飽和率を推定できる可能性もある。

本論では、まず、アングルスタックデータの震探インヴァージョン結果を利用したインピーダンスの分解法を述べる。また、その分解を困難にしている主要な原因であるノイズが、どのように解析に影響するかを議論する。続いて、岩石物理学的境界を制御に利用した新たな解析手法を提案する。また、この手法を実際の海洋油田の震探データに適用して砂岩体の抽出を行った例を示す。

次に、上記のインヴァージョン結果を用いて、さらに一連の岩石物理学的解析を通して地層内の水・油・ガスの飽和率を求めるワークフローについて紹介する。このワークフローでは、まず、経年 (以下、タイムラプス) 期間に生ずる、地層圧力の影響と流体の飽和スケールの変化について補正を行い、引き続き決定論的にタイムラプス震探から流体飽和率を計算する。本手法の要点は、震探インヴァージョンで求められた速度と密度、実験室で測定された砂岩および各流体の物性値を用いて 100%水飽和の地層物性を先に推定する事にある。このステップにおいては、物理探査、地質、油層の各分野のデータが適切に統合されることが結果品質を左右する。その後、100%水飽和の地層物性と自然状態での地層物性を相対的に比較することで、自然状態での地層内流体の体積弾性率と密度を求める。最後に、水・油・ガスの3つの流体について、体積弾性率・密度・飽和率の三連立方程式を解く事で各流体の飽和率を同時に計算する。

このワークフローを、ノルウェー領北海に位置する実際の海洋油田のタイムラプス震探に適用した結果についても紹介する。添付図には、4年間の生産期間を経たタイムラプス震探から求めた油飽和率の変化を示した。1997年には80%を超える飽和率 (緑) であった部分の一部が2001年には60%以下 (青) に減退している様子が明瞭に認識できる。

