

地質構造のモデル実験

— 深部地下資源探鉱への応用 —

小玉喜三郎・鈴木尉元 (燃料部石油課)
Kisaburo KODAMA Yasumoto SUZUKI

1. 地下5000mの天然ガス開発

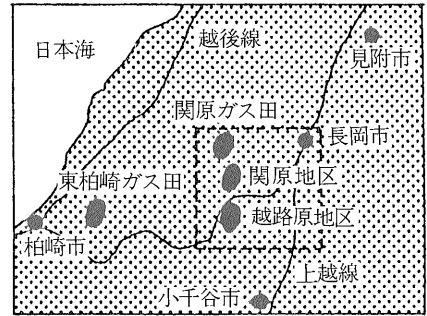
近年 新潟や秋田を中心とした油田地帯で 再び石油・天然ガスの探鉱・開発が活発に行われ始め 平野のまん中に最新鋭のリグが林立する といった光景が展開されている(第1図). これは 昭和51年頃から始った深さ5000m級の探鉱の結果 主要な石油産出層とされていた椎谷・西山層の層準より深い七谷層(母層)以下の緑色凝灰岩層や石英安山岩などから 新たに油・ガス徴が検出されたためで にわかに深部貯留層存在の可能性がクローズアップされてきた. すでに試掘に成功したいくつもの坑井からは 日産数万~13万立米の天然ガスとコンデンセートの産出が報じられている(猪間・赤堀, 1982). この量は 今からおよそ10年前には ほぼなく 開発された 吉井ガス田や 見附油田に匹敵する我国最大規模のものといわれている.

2. 深部鉱床探査の課題

石油や天然ガス探鉱では 地下における褶曲や断層構造を できるだけ深くまでいかに正確にとらえるかが重要な課題である. そのために 地表地質調査 各種物理探査 試錐調査の技術開発が 膨大な投資をもって行われてきた. 最近では 3次元物理探査法の開発や 地下8000mまで掘削可能な高性能リグの開発など この分野での技術的進歩には 目ざましいものがある.

しかし このように 地表(あるいは上空)から行う探査にとって 最近のように探査対象が深部に及ぶことは 決して有利な条件ではない. たしかに 新潟や秋田など「島弧変動」期に形成された 西山層堆積以後の地層の地下構造は 地表部ふきんの新しい地層の構造や地形(丘陵や平野の分布)と ほぼ調和した形態をとっている事が多い. しかし より古い時代(つまり深部)の地層の構造になると 例えば地表ふきんの地層が向斜構造であるのに 深部の地層は背斜構造を呈すといった「貯留構造の二重性」(相場 1981; 藤田 1982)が現れる場合もあり これらの規則性を見出すことは 深部構造探査における重要な課題となっている.

また 新しい物理探鉱においても 浅層の部分に著しい厚さの火山岩類が堆積している地域などでは それより深部の地質構造を検出する事は大変困難な場合が多

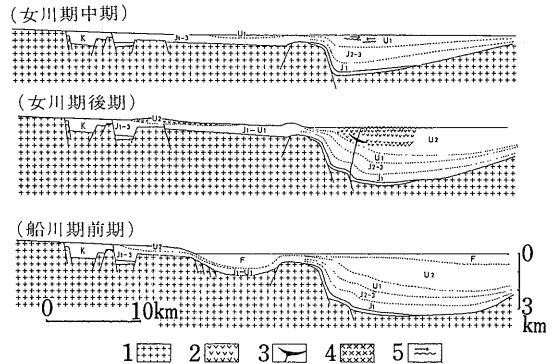


第1図 関原・越路原地区坑井位置図(帝石資料)

い. 又 物理的性質の似通った火山岩類の中で 岩体の構造を検出することも難しい問題とされている.

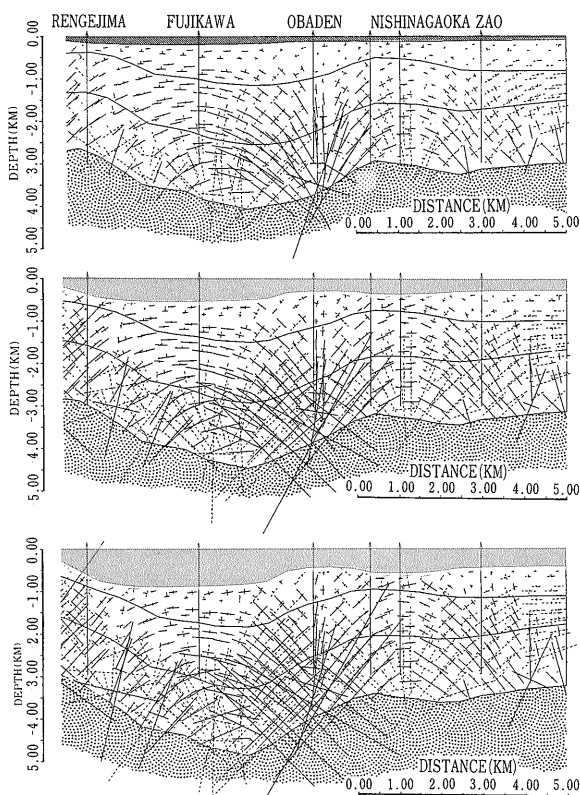
3. 地質構造のでき方

いずれにせよ我々は 地下の構造を 表層部から順次 深層部へ向って 解明していかざるを得ず 深部地質構造の解析精度は 浅部地質構造の解析精度に大きく依存しているといつてよい.



第2図 松江一島根半島の新第三系構造発達図(山内・吉谷 1981)

1: 基盤岩類 2: 安山岩~玄武岩熔岩 3: 中性~塩基性貫入岩類 4: 石英安山岩~流紋岩熔岩 5: 海底沈り層(矢印は沈り方向). K: 古浦累層 J: 成相寺累層(1: 下部 2: 中部 3: 上部), U: 牛切累層(1: 下部 2: 上部) F: 古江累層



第3図 長岡付近の西山層堆積期における地層変形のシミュレーション実験 地層の厚さの急変化する部分で下位の地層に変形が生じることが示される。十字線の長さは主応力軸の方向と大きさを示す。

一方 地質構造がどのようにして形成されるか といった自然の成り立ちからみると この関係はむしろ逆になる。浅部地質構造の形成は それより下部の地層の運動特性に依存している。深部の地層の地質構造はその地層が形成されて以来 上位に地層が堆積する過程で生じた変形が累重して形成されたものである。したがって 深部構造の解明には 地質構造形成過程の復元図(発達図)の作成が重要とされる。第2図は ある地層の背斜構造の形成過程を その地層の堆積過程から現在まで復元して示したが 背斜が一回の運動で曲げられた変形ではなく 異なる時代の撓曲の累積変形として生じたものであることがわかる。

各地の油田新第三系・第四系堆積盆地についての同様の解析によると 堆積盆地の発生及び 盆地内の地層の構造は 基盤の地塊状運動によって形成されたとするのが妥当な場合が多い(片平 1969; 三梨 1977; 石和田ほか

1977; 藤田 1981; 山内ほか 1981)。このような基盤の運動様式の特徴は 上部構造の形成過程を復元する上での重要な条件を規定する。

地質構造の発達過程を時代順に復元して解析する方法は 構造地質学における最もオーソドックスな研究方法だが 近年これに物理的なシミュレーション実験を併用する技術が開発されるようになり これらの過程を“物理的に再現”して 深部構造解明の有力な資料を提供する手段とすることが可能となった。以下にその一例を示す。

4. 地質構造のシミュレーション実験と探鉱への応用

第3図は 新潟平野における西山層の堆積過程を 東西断面で段階的に示したものである。西山層の層厚変化を再現するのに最も妥当な深部の昇降運動を基底に与える事により この過程で生じた地層の変形状態が定量的に解析されることを 塑性変形を仮定した有限要素法の実験で示した。このような作業を 寺泊期・椎谷期……魚沼期以降と 順次重ねることにより 各時代で深部構造がどのような形態をとってきたかが 復元される。実験で“再現”された地質構造は すでに地探や坑井で得られた既知データと照合され 著しく異なる場合には実験条件を修正して 再び再現がくり返される。このようにして 既知データでチェックされた“地質構造”から 未知の領域の深部構造についての推定が可能となり 深部の探鉱に役立てることが出来る。実験では 地層の変形に伴って 断層などの発生箇所や向き規模が計算されるが これは fracture reservoir の分布を予測する上で重要な資料を提供する。

5. これからの課題

シミュレーション実験は 構造解析の研究分野では様々なケースに適用されている。これに伴って従来非常に煩雑であったデータの pre/post Set のプロセスについても 様々なソフトが開発されている。(例えば FEMALE)。これらを用いれば 電話回線を介して 直接 端末から図形入出力ができ 実用的に地質構造解析作業に併用することが可能である。今後さらに 流体移動 温度・圧力分布の変遷なども含めた 総合的なシミュレーション実験が行えるようになれば 石油・天然ガスの探鉱だけでなく 地熱や金属鉱床の探鉱にとっても 有力な探査手法となることが予想されよう。