資 料

地質・探鉱部門シンポジウム

「物理探査の探鉱開発への貢献」

—過去・現在・未来—

まとめ—物理探査の変遷に学ぶ*

六 川 修 **

(Received November 5, 2002 ; accepted January 10, 2003)

Summary of the Symposium on "Contribution of geophysical prospecting
to exploration and development, —past, present, and future—"
—Learn from the history of exploration geophysics

Shuichi Rokugawa

1. 総括にあたって

「物理探査の探鉱開発への貢献—過去・現在・未来—」
と題した本シンポジウムのねらいは、これまでの物理探
査の変遷を俯瞰することにより、今後の物理探査のあり
方を見いだそうという点にある。本シンポジウムでは、
まず導入部として1970年代から80年代における油・ガス
田への物理探査の適用事例の報告があり、次いで現在の
物理探査最新技術の報告が続き、そして、最後に今後の
物理探査技術予測についての講演およびそれについての
意見交換がなされた。

個々の内容については、本号にて詳細に報告されてい
るので、ここではこれらの報告を踏まえ、やや大局的な
視点から現在の物理探査が抱えている問題やその背景に
ついて考えてみたい。

2. 我が国のあり方と大局的にみたエネルギー

現在の複雑な社会にあっては、先進技術に携わるもの
であればあるほど、自分が置かれている場を理解し、か
つ自分の技術の特質を的確に把握してそれを適用する必
要がある。いわゆる "Think globally, act locally" であ
る。この場合の場とは、我が国が現在置かれている状況
や歴史的視点における当該技術の役割である。まず、諸
問題を考えるに当たり、原点となる我が国の基本的なあ
り方について考えておこう。やや私見ではあるが、国づ
くりの基本理念は、以下の3項目に集約されるのではない
かと考えている (図1)。

- 1) 安心・安全の国づくり
- 2) 個人の能力が生かされる国づくり
- 3) 誠実で信用のある国づくり

これらのうち、エネルギー開発は現代文明を支える根幹
であり、我が国の安心・安全の国づくりにとって極めて
重要である。エネルギー資源をどの地域に依存するの
か、将来のエネルギーを何に求めるのか、国内資源をど

* 平成14年5月29日、平成14年度石油技術協会春季講演会地
質・探鉱部門シンポジウム「物理探査の探鉱開発への貢献」
—過去・現在・未来—まとめ This Summary was pre-
sents at the 2002 JAPT Geology and Exploration
Symposium entitled "Contribution of geophysical pro-
specting to exploration and development, —past, pre-
sent, and future—" held in Akita, Japan, May 29, 2002.

** 東京大学 The University of Tokyo.

国づくりの基本理念

広義の総合安全保障学

図1 国づくりの基本理念とエネルギー安全保障

のように考えるのか、技術立国としてのエネルギー関連技術をどう捉えるのか、など現代社会ではエネルギー全体を1つの安全保障の問題、すなわちエネルギー安全保障という観点からとらえることが求められている。今回のシンポジウムのテーマである「物理探査の探鉱開発への貢献」という視点でエネルギー安全保障を捉えれば、収益性の高い油・ガス田の開発、探鉱開発を国際展開するための技術力の確保、我が国周辺の確度の高いエネルギー資源のポテンシャル評価、メタンハイドレートなどの未来エネルギーの開発の可能性評価などが直接的にかかわってくる。

一方、石油文明との関係で探査技術を考えることも必要である。よく知られたハバート曲線によれば、石油生産のピークは2005年から2010年ごろに来るといわれており、探査活動そのものも新規の油・ガス田の発見よりも既存の油・ガス田を持続させるための技術として位置づけが重要になってくる。また、コストの考え方自体も現在の安いエネルギー資源を使って将来のややコストの高いエネルギー資源を先買いするというような考え方もあり得よう。この場合、技術の性格は、前者が既存油・ガス田の再開発型または外挿型、後者は難地域対象型になることは十分考えられる。これに対し、前述のメタンハイドレートの例は、量的には非常に有望な未来型エネルギー資源と考えられるが、その探査開発に当たっては従来型の手法では不十分で、探査の指針や質を根本から構築することが求められるような事例であろう。

3. 物理探査の変遷に学ぶ

本シンポジウムのプログラムに沿い、教訓としてわれわれが心しておくべきこと、あるいは技術的に極めて印象的である事柄を拾いながら、物理探査の歴史的変遷を振り返ってみよう。

まず、1970年代から80年代の物理探査が探鉱開発にどのように貢献したのかという点について、国内および国外を例に大変示唆に富んだ報告がなされた。初期の探鉱開発においては、物理探査とりわけ地震探査によって地下構造が二次元断面として表現できるようになった点が極めて画期的であったと考えられる。これらの発表の中で特に印象深かったことは、油・ガス田発見の兆候となりうる原点はオリジナル画像、すなわち地震探査データの重合断面にあり、それを徹底的に眺め、解析するという姿勢が重要であるという指摘である。今日、さまざまなデータ処理がなされるが、その基本は反射面などの有用な情報をオリジナルデータから抽出する、すなわちフィルタ処理をするということであり、これは原理的に原データに含まれない情報を抽出することは不可能であ

ることを意味している。この原データに帰れという指摘は、コンピュータが身近になった今日であるからこそ新鮮である。さらには、探鉱開発においては最終的に試掘場所を決めることが最終目的であるので、そのためには地質学や物理探査をはじめとする幅広い知識と経験に基づいた論考能力すなわちバランスのとれた論理性が極めて大事であるとの指摘もあった。この意味では、探査データとその解釈は、掘削投資などの意志決定をするための説得ツールとして機能すると言える。一方、オマーン国における地震探査の適用例の報告では、探査データに対し、求められる情報のレベルは常に技術の進歩より高い、との総括があり、改めて常に一步先をめざさなければならない技術の宿命を感じた次第である。

引き続き、現在の物理探査最新技術に関する報告があった。重力探査は、基本的に地下構造の大局的な構造の把握がその基本である。現在では、重力計も技術的にかなり進歩しており、現在の精度があれば、地震探査などの詳細探査に進む前の概査手段として適切なツールとなりうるとの可能性が示された。また、空中重力計は地上の測定に比べ、探査効率が極めて高く、有効な場の観測手段であると期待されてきた。これまでは精度にやや難点があったが、最近の技術の向上により、ほぼ実用レベルに到達しつつあるとの報告がなされた。

探鉱開発のプロセスは、物理探査や地質学をはじめ、さまざまな分野の人が関与している。したがって、プロジェクト的観点から技術はどうあるべきかを考えることは現実の問題として重要である。これについては、海外における海上地震探査記録の収録作業を例に紹介があった。プロジェクト的視点から見れば、乗船しているデータ処理技術者の質が成功への極めて重要な鍵であり、解釈担当（技術者）とデータ処理担当（技術者）の有機的な連携が不可欠であるという意見が述べられた。当然のことであるが、「地質屋、物探屋という議論は不毛である。」という指摘である。また、海上での探査のように、海上ゆえの制約がいろいろ課される状況においては、逆にさまざまな連携がしやすい状況も生まれやすいことが指摘された。このように、制約をメリットに転化する発想も大事であるとの言があった。つまるところ、プロジェクト成功の鍵は、担当者がミッションに対して強い意志を持つことにあるとの総括には、無意識にうなずけるものがあった。

メタンハイドレートを対象とした地震探査の報告では、ハイドレート特有の雑音の存在や従来の探査では有効な重合手法が必ずしも有効でないこと（特に浅部）が指摘され、探査の体系の見直しの必要性が感じられた。今後のメタンハイドレート探査では、高精度地震探査と

深海曳航法による探査の組み合わせに期待がもてるとの総括があった。

本シンポジウムの後半では、地震探査データから貯留岩物性を推測する事例の報告があった。岩船沖の三次元地震探査データよりの物性解析では、貯留岩の検知に結びつかずかすかな兆候を大事にし、あくなき追跡が大事であるとの言があった。また、地震探査データによる予測はユニークではなく、データの効用と限界を認識すべきであるとの指摘は的を得たものである。コンゴ沖チアラ油田では、卓越周波数 30 Hz の反射法断面図から擬似的に 80 Hz の断面図を作成し、それによる解釈が有効であったとの報告があった。さらに、油層技術者（エンジニア）との率直な連携が功を奏したとのマネジメント上の成果も述べられた。北海のガス砂岩分布の予測でも、探査手法が物性探査として有効な事例が報告された。最新技術報告の最後に、電磁法に関する報告があった。これらは、これまでの地震反射面を検出するという手法では対応できない、いわゆる難地域への物理探査の適用検討例である。今後はこの種の事例が増加する可能性があり、今後の展開に期待が持たれる。

最後の講演は今後の物理探査技術の展開予測についてであり、概念的に最も重要な指摘は油・ガス田の基本的考え方にある。すなわち、これからの油・ガス貯留層は、一種のエネルギー資源の近代生産工場と位置づけられるというものである。このためには、洗練されたセンサーシステムが貯留層に設置され、自在制御可能な戦略的貯留層管理が行われるとの近未来像が示された。このため、探査の目的は基本的に貯留層内流体挙動把握になり、空間座標に時間軸をいれた四次元探査がその根幹をなすことになるとの総括があった。

4. ま と め

冒頭で述べたとおり、本シンポジウムは物理探査技術の変遷を概観することにより将来の探査技術の方向性を展望することにある。そこで、これまでの議論を踏まえ、不十分を承知で以下のように総括を試みた。

1) 探査の対象

今後の物理探査では、小規模複雑構造の油・ガス田あるいはメタンハイドレート、オイルサンド・オイルシェールなどが新たな対象になろう。さらには、探鉱開発以外の環境モニタリングの役割が重きをなすようになると思われる。

2) 求められる役割

今後の探鉱開発活動では、新規探査よりも既存貯留層の再評価やその周辺地域の埋蔵量成長を目的とした外挿的探査が中心となろう。すなわち、物理探査による貯留

層内流体挙動把握が重要になってこよう。

3) 技術革新の方向性

探査活動において、複合技術の総合力（例えば、新たな振源開発、海底下での曳航法、電磁探査、オンサイト処理および干渉 SAR など）が問われる時代になっていくと思われる。また三次元探査、さらに時間軸をいれた四次元探査（タイムラプス）に対応した調査能力、解析力、解釈力が問われるようになって考えられる。加えてさまざまな分野の知識を融合することも必要となるため、卓抜した技術管理能力も求められよう。

4) 社会の認知

冒頭でも触れたが、我が国におけるエネルギー開発の意義付けを明確にし、その啓蒙に努める必要がある。加えて優秀な人材の中断なき確保の重要性も再確認すべきではないかと考えられる。

上記のまとめが読者の一助になれば幸いである。最後に 3. でも取り上げたが、本シンポジウムで講演された方々の印象深い教訓の言葉を掲げて結びとしたい。

- ・原点はオリジナル（重合断面）にあり
- ・バランスのとれた論理性を身につけよ（知識，経験，論考）
- ・油・ガス田は、頭の中に存在する
- ・探査データは説得のツールである
- ・「求められる情報レベル」は常に「技術の進歩」より高い
- ・成功の秘訣は粘りに粘ることと心得よ
- ・大局的な構造の把握が成功への基本
- ・重力計は予想以上に進歩している（精度，空中重力計）
- ・乗船処理技術者の質が成功の鍵
- ・地質屋，物探屋という議論は不毛
- ・制約をプラスに転化せよ
- ・意志の時代を体現せよ
- ・ハイドレート探査はノッチが課題
- ・スタックは常に有効ならず（特に浅部）
- ・高精度地震探査＋深海曳航法が有効
- ・かすかな希望を大事にせよ
- ・温故知新かつあくなき追跡
- ・震探による予想は有効だが完全ではない（ノンユニークネス）
- ・技術の効用と限界を認識せよ，さらにリスクに思いを馳せよ
- ・地質はカラー，震探はモノクロ
- ・30 Hz 断面から 80 Hz 断面生成，成せばなる
- ・油層技術者（エンジニア）と率直に連携せよ
- ・Multidiscipline が成功の鍵