

資 料

地質・探鉱部門シンポジウム

「東アジアの新生代非海成層起源の石油・天然ガス」

まとめ - 石油システムと地球システムの接点 -*

鈴木 德行**

(Received December 14, 2004 ; accepted January 12, 2005)

Summary of the Symposium on "Oil and gas from the Cenozoic non-marine source rocks in East Asia"

- A point of contact between petroleum system and Earth system -

Noriyuki Suzuki

1. はじめに

サハリンから中国, 台湾, ベトナム, タイ, マレーシア, インドネシアに至るユーラシア大陸の縁辺域では, 我が国の多くの企業が石油資源の探鉱と開発に携わっています。東アジアの定義は一樣ではありませんが, ここでは上述したユーラシア大陸の東側縁辺域を一括して東アジアと呼ぶこととします。東アジアは我が国にとって最も身近な地域であり, 現在, 我が国の全輸入原油のうち約10%程度をこれらの地域に依存しています。天然ガスの液化技術が進歩しており, 東アジア地域に多産する天然ガスも中東への石油依存を緩和し, 我が国のエネルギー政策に大きく貢献するものと期待されているところです。東アジアの大陸縁辺域に産する石油・天然ガスの多くは新生代の初期から中期にかけて形成された非海成層によって特徴づけられる堆積盆に産出しています。産出原油は陸上高等植物や淡水生藻類に由来する有機物に富んでおり, 非海成層が主要な根源岩だと考えられていま

す。このような非海成層起源の石油・天然ガスは世界各地にある同時代の堆積盆に認められていますが, 東アジアは最も代表的な新生代の非海成層起源石油・天然ガスの産出地域として知られるようになってきました。

新生代初期から中期(始新世~前期中新世)はインド大陸とアジア大陸の衝突によって特徴づけられる衝突の時代です。暁新世以降は地球規模で海水温度が次第に低下しており総じて気温低下の地質時代でもあります(Zachos *et al.*, 2001)。大陸衝突による陸域での地理的な変動や地球規模の気候変動のもとで, 新生代には陸上哺乳動物や被子植物の顕著な多様化と進化が生じました。東アジアにおける新生代非海成石油・天然ガスの形成は同時期のテクトニクス, 気候変動, 生物進化と密接に関係しています。本シンポジウムでは, 新生代における地球システムと東アジアにおける石油システムの接点を探り, 東アジアの石油ポテンシャルについてさらに理解を深めることを目的としました。産業界と学界の知識と情報を一堂に集め, 東アジアを特徴づける非海成石油・天然ガス鉱床の形成を地球システムとその進化の観点から議論することができました。本シンポジウムは北海道大学COE「新・自然科学創成」(代表, 北海道大学 岡田尚武)との共催で実施され, 産学共同で実施した地質・探鉱シンポジウムとしても有意義でした。

*平成16年6月16日, 平成16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「東アジアの新生代非海成層起源の石油・天然ガス」まとめ-石油システムと地球システムの接点- This summary was presented at the 2004 JAPT Geology and Exploration Symposium entitled "Oil and gas from the Cenozoic non-marine source rocks in East Asia" held in Sapporo, Japan, on June 16, 2004.

**北海道大学 Hokkaido University

2. 新生代の地球史と地球システム

シンポジウムの前半は新生代の地球史と地球システム

に焦点をあて、東アジアにおける古環境・古気候変遷、テクトニクス、浅海・非海成堆積相の変遷、そして陸上高等植物の進化について大学関係者の視点から最近の知見を総括的に紹介していただきました。北海道大学の西氏により、インド大陸とアジア大陸の衝突に伴う古環境・古気候の変動に関する最近の知見が紹介されました。地質時代境界期の地球規模のイベントに加え、山脈隆起に伴って進行する風化作用が大气二酸化炭素の固定と長期的な気温低下に大きな役割を果たしたと考えられていることが紹介されました。筑波大学の小笠原氏には文部科学省科研費海外学術調査によるサハリン、カムチャッカ半島新生代の古環境変遷に関する研究成果に基づいて、北西太平洋地域の新生代の古気候、古環境変遷について総括的に紹介していただきました。とくに始新世中期から末期にかけてグローバルな表面海水温低下の原因解明が今後の大きな課題であることが指摘されました。茨城大学の安藤氏は北海道、東北日本から得た豊富なフィールドデータを基に白亜紀から古第三紀かけた海洋プレートの活動と前弧堆積盆の発達について最近の成果を交えながら具体的に紹介していただきました。新潟大学の高橋氏は白亜紀から古第三紀にかけて陸上植物の進化に焦点をあて、被子植物の多様化とアジアにおける植物相の変遷について、新生代の古気候変遷とともに具体的に紹介していただきました。

大学関係者には以上のように主に新生代における地球史や地球システムの進化に関するレビューをしていただきました。これらの報告によって、大陸衝突に伴うテクトニクスが誘発した河川や湖沼の発達、平野形成などの地理的変動や総じて温暖な気候のもとでの盛んな水の循環が東アジアにおける大規模な非海成石油根源岩形成の背景にあったことが具体的に示されたように思います。

3. 新生代非海成石油鉱床形成の石油システム

シンポジウムの後半は、東アジアにおける湖成・河川成・デルタ成石油根源岩の特徴や非海成堆積盆での石油の生成、移動・集積について実際に石油探鉱に携わっているかたがたからそれぞれ講演が行われました。石油資源開発の本多氏・西田氏はサハリン、北海道の古第三系石油システムについて紹介し、サハリンのタール海峡においても北海道の勇払油ガス田と同様な古第三紀の石油システムが存在していることが報告されました。JOGMECの石田氏には中国の主要な非海成根源岩について総括的に紹介していただき、新生代の非海成油ガス田は主に中国大陸東部の沿海地域に集中しており、根源岩は始新世から漸新世の非海成層であることが報告されました。国際石油開発の時田氏・塚田氏・本田

氏にはインドネシア・マハカムデルタ地域での石油システムと石油探鉱史について紹介していただきました。漸新世以降のテクトニクスや降水量変動が河川—デルタ系や植生に大きな影響を与えたことに関して、石油システムの観点から詳しく紹介していただきました。新日本石油開発の島田氏・青山氏はベトナム・クーロン堆積盆における良質の漸新統湖成根源岩について、地化学データも交えて詳しく紹介していただきました。三井石油開発の前田氏からは、タイのいくつかの第三系堆積盆を例にし、湖成環境における石油根源岩の形成、高い地殻熱流量のもとでの石油生成、流入河川が形成したデルタ成貯留岩からなる湖成堆積盆の石油システムが紹介されました。出光オイルアンドガス開発の奥井氏は東南アジアの非海成堆積盆に産する原油と石油システムについて総括し、多くの場合に湖沼生藻類起源の石油と陸上高等植物起源の石油が同時に存在するという共通性 (Dual Petroleum System) が指摘されました。

新生代の比較的規模の大きい非海成石油鉱床は東アジアのみならず、ナイジェリア (Niger Delta)、オーストラリア (Gippsland Basin)、カナダ (Beaufort-Mackenzie Basin)、ニュージーランド (Taranaki Basin)、南アメリカ (Maracaibo Basin, Falcon Basin) など、世界各地に認められています (Scott and Fleet, 1994)。これらには白亜紀後期の堆積層が関係しているものもありますが、石油根源岩は主に河川成・デルタ成の陸源有機物に富む古第三紀の有機質堆積岩です。北アメリカではユタ州、コロラド州、ワイオミング州にまたがる始新世の湖成堆積盆 (Uinta Basin, Piceance Basin, Green River Basin) が代表的な新生代の非海成油ガス田として知られています。根源岩のグリーンリバー頁岩はオイルシェールとしても知られており、全世界のオイルシェールの50%以上 (約1.5兆バレル) を占めるものと見積もられています (Dyini, 2003)。全石油・天然ガスの約60%は白亜紀の海成堆積盆に産していますが、白亜紀の石油根源岩はほとんどが海洋環境において形成されたものです。これは白亜紀から古第三紀にかけて陸域における一次生産が次第に盛んになっていったことを示しています。

本シンポジウムでも指摘されたように、衝突帯の形成によって陸域で成長する高地や窪地があれば、古第三紀の高い気温のもとで、蒸発と降水による水循環、風化作用の進行、河川による碎屑物の浸食・運搬・堆積が盛んになります。その結果、広域にわたる土壌の形成、非氷河性の大規模湖沼の形成、河川を通じた栄養塩の連続した供給など、湖沼や陸上での光合成を通じた一次生産に格好の条件が整ったことが想像されます。東アジアでは、大陸衝突に伴った河川や湖沼の発達や平野の形成と温暖

な気候のもとでの著しい水循環が、陸域での高い一次生産を継続的に実現させたという背景があったようです。このような陸上環境において生じた古第三紀から新第三紀にかけて被子植物の繁栄と進化も炭化水素生成ポテンシャルの高い陸成根源岩の形成に大きく寄与したものと思われる。

4. 石油システムと地球システムの接点

地質時代の境界期はいろいろな生物の絶滅や新たな繁栄によって特徴づけられています。現在、地球環境変動と生物の生存や絶滅との関係について盛んに研究が行われています。一方、新生代全体を通じた長期的な平均気温の低下や陸域での生物進化は地球システムの長期的な変動と密接に関係しています。東アジアにおける新生代非海成石油・天然ガスの根源岩形成も同様に長期的な地球システムの変化と密接に関係していることが予想されます。今回のシンポジウムでも明らかにされたように、始新世から前期中新世にかけて東アジアでは陸域において陸源有機物に富むポテンシャル根源岩が大量に形成されました。同時期には世界各地で大量の非海成石油根源岩が同様に形成されていることを考えると、相当多量の炭素が堆積層内に固定されたことが予想されます。

古海洋学の発展によって、海洋における炭酸塩岩や黒色頁岩の形成と大気二酸化炭素濃度の固定についてよく議論されるようになってきましたが、実は、今回のシンポジウムのテーマの1つである新生代の陸域における炭素固定が大気二酸化炭素濃度や地球気候の変動にどのように影響するのかということについてはほとんど検討されていないというのが実情です。東アジアの石油・天然ガスの多くが始新世から前期中新世の非海成根源岩に由来しているという事実も、地球史や地球システムの研究者に広く知られているようには思えません。地球史に関する数多くの情報や知識が蓄積されるようになって、炭素循環に基づいた地球システムの研究が盛んに行われつつあります。堆積盆に有機物として固定された炭素が石

油・天然ガス、あるいは石炭などの化石燃料資源の源ですが、これらの資源探査によって得られる多くの知識が地球と生命の複雑な相互作用によって成り立っている地球システムとその進化を解明するために大きな貢献をしています。新生代の始新世から前期中新世にかけて非海成石油・天然ガスの根源岩形成は、視点を変えれば同時期に膨大な大気二酸化炭素が陸域に固定されたということになります。今回のシンポジウムを通して、新生代における地球システムとその進化を解明するための多くのヒントが提供されたように思います。

一方、新生代前期は陸域において高い一次生産が継続して実現されていました。東アジアでは、比較的高い地殻熱流量と大陸衝突に伴うテクトニクスによって、根源岩の熟成と貯留岩の形成が効果的に行われていたものと考えられます。地球システムの観点から眺めると、東アジアに分布する非海成堆積盆は共通する効果的な石油システムによって特徴づけられており、高い石油産出ポテンシャルを持っていることが明らかにされました。今回のシンポジウムは、東アジアでの石油探鉱のみならず、広く非海成堆積盆での石油探鉱を推進するうえで大変有意義でありました。本シンポジウムにおいてご講演いただいた皆様と会場にて議論に参加していただいた皆様に心から感謝いたします。

引用文献

- Dyni, J.R., 2003 : Geology and resources of some world oil-shale deposits. *Oil Shale*, **20** (3), 193-252.
- Scott, A.C. and Fleet, A.J., 1994 : Coal and coal-bearing strata as oil-prone source rocks: an overview. In Scott, A.C. and Fleet, A.J., eds. : *Coal and Coal-bearing Strata as Oil-prone Source Rocks?* Geological Society Special Publication **77**, The Geological Society London, 1-8.
- Zachos, J., Pagani, M., Sloan, L., Thomas, E. and Billups, K., 2001 : Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65Ma to present. *Science*, **292**, 686-693.