わが国における資源探査の歴史

武内 寿久 禰* 相原 安津 夫**
小 松 直 幹*** 土 井 和 巳****

History of Resource Exploration in Japan

Sukune TAKENOUCHI*, Atsuo AIHARA **,
Naomoto KOMATSU *** and Kazumi DOI ****

I. 金属資源探査の歴史

日本は資源小国といわれる。近代産業が著しく発達したわが国は、それを支えるために大量のエネルギー・鉱物資源を必要としているが、国内の生産量は極めて限られており、需要量の大部分は輸入に依存している。しかし、日本の鉱業史をみると、中世や徳川時代には日本は世界でも有数の鉱業国であったことが分かる。

飛鳥時代には、金・銅は中国や朝鮮半島から輸入されており、奈良の法隆寺の仏像にはこれらの金・銅が使われた。675年に長崎県対馬の佐須で初めて銀が発見され、708年には埼玉県秩父の黒谷で自然銅が発見されて和銅と改元されている。平安時代には日本各地で金や銅が発見されるようになり、752年に完成した奈良の大仏には、522トンもの国産の銅が使われ、平泉の藤原氏が建立した中尊寺の金色堂（1124年）には奥州産の砂金が多量に使われ13世紀に入って、有名なマルコ・ポーロの東方見聞録には日本が「黄金の国 ジパング」としてヨーロッパに紹介されている。戦国時代になって各国の武将は軍資金獲得の為に鉱山開発を奨励したが、豊臣秀吉や徳川家康は特に鉱業

振興に積極的であった。1573年、徳川家康は「山例五十三カ条」と称する鉱業の憲法を制定し、山師、金掘師を野武士と称し、鉱業遂行上多くの特権を与えて、探鉱・鉱山開発を奨励していた。今は山師といえば詐欺師の代名詞のように使われているが、当時の山師は社会的に認められた鉱業技術者であった。

明治政府は主要鉱山を官営として海外の近代技術を導入するべく、多くの外国人地質学者・鉱山技術者を招聘して資源探査の促進・鉱業技術の近代化を図った。しかし、種々の理由から官営鉱山には経営上赤字を呈するものが多かったため、1884年から逐次民間に払い下げが行なわれた。昭和時代に入り、近代産業を支える銅・鉛・亜鉛その他の金属鉱山、貿易振興のための金鉱山の開発が奨励されたが、太平洋戦争後半には軍需物資増産のため無理な採掘が強行され、金鉱山は政令によりその大部分が閉鎖された。戦後の混乱期を経て、朝鮮動乱による特需やその他の好条件により、日本の鉱業界は他産業と同様に戦前以上に復興した。しかし、1974年第一次オイルショック以降の金属国際相場の下落、為替レートの高などによる国内価格の低下により、多くの国内鉱山が閉鎖され現在に至っている。しかし、鉱物資源は近代産業を支える糧であり、貿易立国を目指すわが国としては、資源供給源の確保は重要な課題であり、企業による鉱床探査のほか、金属鉱業事業団が国の財源により国内・外の資源探査に関連する地質基礎調査と探査技術の開発研究を進めている。

* 東京大学名誉教授

** 九州大学理学部

*** 帝国石油株式会社

**** 応用地質株式会社

* Professor Emeritus, the University of Tokyo

** Faculty of Science, Kyushu University

*** Teikoku Oil Co. Ltd.

**** Oyo Corporation

近世以前は、農夫や猟師などにより、山腹の露頭や沢の砂金・砂鉄から偶然に発見された鉱床が多い。徳川時代になると、探鉱のノウハウが纏められるようになった。元禄の頃、出羽国の佐藤家は代々探鉱専門家として活躍したが、3代目の佐藤信景は一子相伝の秘法「山相秘録」を案出し、5代目の佐藤信淵がこれを著述した。この書には、鉱床露頭の状況や鉱物から下部の鉱床の状態を推定する方法など現在でも通用しそうな点もあるが、鉱床から発散する金属精気を肉眼で認めて鉱床の存在を推定する探鉱法など幻想的、非科学的な面も多い。「最初遠見の法」は、夏の雨上がりの快晴の日の午前10時から午後2時の間に、鉱床がありそうな山相の頂上を北から眺めると上昇する金属精気の色によって金属の種類が分かるとするものであり、「中夜望気の法」は、月の無い快晴の夜中に先の方法により見当をつけた山頂を昼間と同じ場所から眺めて金属精気の上昇を確認するというものである。近代科学では理解できない点もあるが、航空機を利用した空中磁気・電磁・重力・放射能・水銀地化学探査などは「金属精気望気の法」現代版と言えよう。

菱刈金鉱床は、鹿児島県伊佐郡菱刈町にあり、金属鉱業事業団が広域地質構造調査の一環として1981年に行なった試錐により鉱床の一部が把握され、その後の企業探鉱により高品位の金銀鉱脈の存在が明らかにされた。菱刈鉱床のある北薩地域には、以前から布計、大口、王ノ山、山ヶ野、串木野などの金銀鉱床が発見されており、これまでに総計約100トンの金が生産されている。企業の試錐・坑道探鉱の結果、菱刈地区には菱刈鉱脈群（埋蔵金量約150トン）の他に、山田・山神鉱脈群が発見され、埋蔵金量は総計約250トンと推定されている。これまで日本で最大の金鉱床は佐渡とされ、約78トンの金が生産されているので、菱刈鉱床は日本の金鉱床としては最大であるが、世界的に注目されたのは、その高い金品位にある。米国南西部や南西太平洋地域の金鉱床の多くが数g/tの品位であるのに対し、菱刈鉱山では80～100g/tの高品位鉱石が生産されている。

菱刈鉱床は地表から百数十m以下に富鉱部が

存在する潜頭鉱床である。同所の地表付近には細脈を探・採鉱した旧坑があり、明治から昭和にかけて断続的に地質調査は行なわれていたが、下部探鉱は行なわれていなかった。昭和50（1975）年度から国の事業の広域地質構造調査の一環として、まず地質調査と重力探査が行なわれ、既知の鉱脈の多くは基盤の盛り上がりを示す重力の高異常帯の頂部ないし翼部に分布していること、菱刈・山田地域は高異常帯であることが判明した。さらに、深部電気探査、空中電磁探査の結果、菱刈地域は熱水変質による粘土化帯を示す低比抵抗帯にあることが明らかにされた。そこで重力の高異常帯と低比抵抗帯が重なる旧坑地帯下部に向けて3本の試錐が行なわれ、高品位金鉱脈を捕捉したのである。

集積された各種の地球科学的データの解析に基づいて探査を進めた結果、優良な鉱床の発見に至ったことは、北薩地域の地質構造調査の大きな成果であった。鉱床は種々な地質的営みによって形成されたもので鉱種や鉱床タイプが多様であり一概には言えないが、現代の資源探査は、リモート・センシング、空中物理・地化学探査、地質調査、地表物理・地化学探査、試錐などの調査結果を総合的に解析し、最終的には試錐によって鉱床の存在を確認する過程がとられている。しかし、現在のところ上記過程をふんでも地殻中の鉱床の状態を明確に把握できるという訳でもないので、より迅速かつ確実な資源探査に向けて、探査関連各分野の技術開発とそれらを組み合わせたシステムの開発が必要である。近年、海洋底のマングリット・マンガンクラストや海底熱水鉱床などに関して多くのデータが蓄積されつつあり開発が検討されているが、開発に際しては事前に定量的評価が必要となるので、海洋底資源の探査法の開発研究も陸上と同様に進める必要がある。

参考文献

- 大町北一郎（1973）：鉱物資源の将来性。鉱山地質，**23**，85-94。
- 小葉田 淳（1968）：日本鉱山史の研究。岩波書店，760p。
- 金属鉱業事業団・住友金属鉱山株式会社（1987）：菱刈鉱山の発見と開発。鉱山地質，**37**，227-236。
- 近藤皓二（1987）：菱刈鉱山の探鉱開発について。鉱山地質，**36**，1-9。

関根良弘 (1962): 鉱石元素の濃集と地殻における 現出頻度との関係. 鉱山地質, 12, 16-26.
鴫田恵吉 (1944): 佐藤信淵鉱山学集. 富山房, 262p.
西沢徳雄・茨城謙三 (1985): 菱刈鉱山の探査. 日本の金銀鉱石, 第三集, (社)日本鉱業会, 1-17.
葉賀七三男 (1985): わが国産金・産銀の推移. 日本の金銀鉱石, 第三集, (社)日本鉱業会, 217-228.
渡辺万次郎 (1968): 鉱物と人類社会. (株)ラティス, 189p.

(武内壽久禰)

II. 石炭資源探査の一世紀

石炭が資源として18世紀中期に英国の産業革命の原動力となり, 引き続き欧米諸国の工業化にも貢献したように, わが国の工業化や産業の振興に二度寄与した。最初は開国間もない明治の近代化で, 二度目は第二次大戦の廃墟からの平和国家の再建である。その前後約一世紀の石炭資源探査の歴史は, 変動帯の地質に特徴的な地下資源と, そこに位置する国家の近代化との係わりの間で活躍した科学・技術者の生き様の縮図とも言えよう。

石炭層は目立つ層状鉱床なので, 炭田が多い北部九州では18世紀末を挟み黒田藩や鍋島藩で細々とではあるが炭坑の経営がされていた。当時は露頭から掘り進む“狸掘り”と呼ばれる原始的採炭のため, 探査も露頭の発見程度だったであろう。幕末に外国の蒸気船が出没しだすと, 海岸地域の炭田で俄に需要が高まり, 道東の釧路海岸や道西の茅沼で幕府直営の炭鉱が開坑された。これらも, 海岸付近の露頭からの局部的採炭で, 特に探査を要しなかったであろう。文久年間 (1861) に Brakke と Pumpeley が調査に來道したが, 幕府の政治姿勢や, 社会的不安定さなどが災いして, 継がれるべき技術的成果は残っていない。

本格的な石炭資源探査が行なわれたのは, 明治新政府が発足し, 文明開花が叫ばれ出してからで, 特に未開発の北海道の資源探査のため, B. S. Lyman が開拓使に招かれて來日した明治6 (1873) 年以後である。同時期に Naumann の招聘 (1877) もあり, 地質学と資源探査技術の導入により, 炭田の地質学的探査の黎明期を迎えた。Lyman の貢献は限られた紙数では述べられないが, 彼の技術は優れた直弟子を経て後の石炭鉱山各社の地質

技術者に継がれて, 時を経て国産技術化した。Lyman の技術は, 佳き時代の米国で東部炭田探査に開花した英国流の几帳面な地質調査法の一つの成果で, 彼の來日中に叔父の Lesley が所長であった Pennsylvania 州地質調査所で, Ashburner が行なった無煙炭炭田調査の成果図と, Lyman の手法との驚くべき一致からも理解できる。彼らが描いた実測地形図, 同地層・炭層柱状図, 地質断面図などは, 野外事実の記載として現在でも充分通用する価値を保っている。

Lyman が導入した米国流の実践的探査法は, 例えば変形の激しい石狩炭田の地表調査や, 排水準上や比較的浅い採掘対象部の探査に威力を発揮したが, 採掘が500m 以深に及ぶと, 幾らかの齟齬を来した。今にして思えば当然のこと乍ら, 変動帯の不安定な堆積盆では, 走向方向の柱状図の対比でも見出せる堆積物の層厚変化は, 傾斜方向の深部にも起り得るので, 機械的作図による断面図と実際との差が深部探査の試錐で確認される。それは石炭資源がこの国の戦後の復興に, 再度にして, 最後に貢献した時期になって具体化する。

第二次大戦前の炭田探査は石炭鉱山各社の鉱区内で炭量調査の実務となったが, 地質調査所や大学, 特に炭田に近い大学の地質学教室などの, 鉱区にまたがる広域地表地質調査や古生物層序学的対比など, それぞれの学術的研究も進み, 探査を支えた。しかし, 財産と見られた石炭層自体には触れられず, 夾炭堆積物が堆積学的研究の対象になり, 広域に亘る炭層の消長や炭質の変化が論ぜられるようになったのも戦後のことである。

戦後の復興に石炭の増産が国策化されると, 炭田探査が進み, 地表調査は勿論のこと物理探査, 試錐探査が活発に適用され, 技術の向上も見られた。1950~1955年の全国埋蔵炭量炭質統計調査では, 日本の石炭資源の概貌が, 工業規格に従って描き出されるまでに至った。その完成を待つように社会情勢は変貌し, やがて, エネルギー革命が低廉・流体エネルギーの石油への転換で始まった。地質構造が複雑で探査や出炭にも経費の掛かる, 高炭価や低能率の炭鉱は閉山に迫られ, 国内探査は経済的供給可能な安定した大型炭田に偏るこ

ととなる。新生代の変動帯の炭田の通弊として、その地質構造は概して開坑し易い内陸山地側で複雑で、開坑し難い海底下で安定する傾向がある。前者では既に展開した坑道で構造を確認している炭鉱で特に探査を要せず操業し、後者では、海洋底探査や石油探査で精度の向上した物理探鉱や海上試錐の技術を導入して探査が続けられた。

一方1960年代には国内製鉄工業の急成長に先駆け、製鉄用コークス原料炭の長期安定資源が求められ、特に環太平洋各地に焦点が絞られた。先ずオーストラリア次いでカナダが対象になり、わが国の地質技師が調査に参加し、各地で新炭田の開発が実を結んだ。現在それら各地で実測地層・炭層柱状図や断面図を基にした資料を普通に見れるが、これも日本の石炭地質技師が、Lyman 以来一世紀間培った手法を伝えるまでは見られなかった。日本国内で研鑽した炭田探査技術を新天地へ展開した技術移転の事例と言えよう。

再度の石油ショックを経た1990年代には、国内での探査は限定される一方で、資源は依然海外に依存するであろう。今後長期の化石燃料消費を考慮するならば、石炭は燃料よりも炭素材資源と見るべきであろう。どちらにもせよ、国産の高度利用と公害防御の高度技術を伴った海外資源探査が指向されよう。今後の石炭資源探査は資源の発見に止まらず、開発・利用から鉱・公害予知にまで亘る広い範囲を扱う総合技術とならねばなるまい。

参 考 文 献

- 日本鉱業会 (1959) : 探査技術号. 日本鉱業会誌, 75 (855), 587-872.
日本鉱業会ほか (1964) : 炭田深部探査. 全国鉱業大会分科会資料, 101p.
日本鉱山地質学会 (1966) : 石炭の堆積環境. 昭和41年度研究討論会資料, 85p.
東京地学協会 (1960) : 日本鉱産誌 BV-a 石炭. 775p. (相原安津夫)

III. 石油探査の歴史

1) わが国の石油探査の流れ

世界的には1859 (安政6) 年, ドレーク (E. L. Drake) がアメリカのペンシルベニアで機械掘削によって石油の採取に成功したのををもって石油産

業の開始としている。20世紀にはいると石油は灯火から燃料へと用途がひらけ、エネルギー源として重要なものとなった。特に第一次大戦を契機として石油は重要な戦略物資となった。

石油探査は増大する需要を満たすために地質学的な知識の集積と、この知識を実行する為の掘削技術の進歩によって支えられてきた。わが国の石油探査もこの世界の流れとほぼ同じ道を歩んできた。

1930年代になると技術の進歩は石油の過剰生産を創り出すに至った。さらに折からの世界的な不況も重なって過剰生産は石油産業の存立を脅かすようになり、これを克服するために石油の生産制限がなされた。生産制限の結果として油層からの排油機構などに関する認識が深まり、油層工学が発展してきた。

やがて第二次大戦にはいり、わが国は石油を求めて南方油田を占領した。この占領期間中にわが国の多くの石油技術者は、欧米の先進技術の現場に接して大きな刺激を受けた。

戦後の占領下では石油鉱業は GHQ の天然資源局の統制下におかれた。天然資源局はわが国の経済復興のために石油鉱業の再建を目指すことになり、商工省に「石油開発促進委員会」を設置し、これを通じて強力にわが国の石油探査を進めた。

1950年代には、ローカルエネルギーとして水溶性天然ガスの探査が全国各地でブームとなった。しかし、1960年頃から水溶性天然ガスと地下水の採取に伴う地盤沈下が起こり、水溶性天然ガスの採取は停滞した。

1960年代から始まった日本周辺の海洋探査は日本海側の油田地域の延長から始められ、1960年代中頃以降は石油開発公団の設立もあって国の五ヶ年計画として積極的に物理探査や基礎試錐が行なわれ、海洋油・ガス田の発見があった。

また1950年代後半から、日本海側の堆積盆地で中新世下部のグリンタフ層準の火山岩を貯留層とする油・ガス田が発見され、従来考えられなかった層準にまで探査が広がった。この時期は金属鉱床でもグリンタフ層準に黒鉱が発見された頃で、奇しくも石油と金属鉱床で同じ様な層準に日本独

特の鉋床が発見された。

2) 科学的石油探査の開始

1. 石油探査に地質学の適用

わが国における石油の採取記録は日本書紀の時代にまで遡るが、本格的な採取は灯火用としての需要が増大する明治以降である。明治政府は明治6（1873）年開拓使御用掛大島圭介をアメリカに派遣してペンシルベニアの油田を調査させた。ドレークの成功から僅か14年後のことである。大島は米国で使用されている掘削機や製油装置を調査して帰国した。同じ年に石坂周造は、アメリカから掘削機を輸入して日本に石油鉋業を興そうとして長野県、新潟県、静岡県に試掘をしたが、雇った米人掘削技師の技術の未熟と掘削地点が悪かったという不運で失敗した。

政府は、明治9（1870）年～13年にかけてアメリカから招いた地質技師 B. S. ライマンに依頼して、日本の油田地帯の調査を実施した。ライマンとその弟子たちによって行なわれたこの調査は測量を伴った詳細なものであって、ライマンの発案による油層の地下構造図まで画かれている。その後日本の近代的石油鉋業発祥の地となる新潟県尼瀬には、見事な背斜構造を示す地下構造図が示されている。

しかしながら、当時はまだ背斜構造に石油が集積するという考え方は一般化していなかった。1860年代に T. S. ハントや E. B. アンドリューズらによって背斜構造と石油の集積は関係があるという考え方が出されていたが、J. P. レスリーはこれに反対の立場をとっていた。ライマンはこのレスリーの指導を受けた事もあって、背斜に石油が集積するという考え方には冷淡であったようである。こうして結局ライマンの調査は、直接石油の探査をさらに推進するというわけにはいかなかった。

背斜説が石油の探査に積極的に適用されるようになったのは1885年 I. C. ホワイトが有名な背斜説を発表してからである。これ以前の石油探査は地質学的な指針をもたない時代で、もっぱら地表の油の浸出を頼りにして行なわれていた。

わが国における近代的な石油鉋業は、日本石油

会社がアメリカから掘削機を輸入して新潟県の尼瀬の海岸で深度530m 迄掘削し、1891年の春に日産7kl の石油の採取に成功した時をもって始まったとされている。この時代は、まだ世界的にも背斜説が完全に石油業界に定着していない頃であった。

1898年日本石油社長内藤久寛らは当時の石油先進国のアメリカとロシアを視察して帰国し、農商務省に「米・露両国石油事業視察報告書」を提出した。この中で地質調査による石油探査の必要性を述べ、石油地質調査を政府の施策として取り上げる様に進言した。これが取り上げられて1900年から地質調査所の事業として全国の油田調査が開始された。ホワイトの背斜説が世に出てから15年後の事で、世界でも背斜説がやっと定着した頃である。

同じ1900年には、米国資本のスタンダード石油が日本に進出して石油の探査を始めた。この時ライマンの弟子の一人である 桑田智明は、1902～1903年の両年にわたり同社の為に北海道の調査を行ない、この結果にもとづいて1903年に石狩油田が発見された。日本の地質技師が直接石油の探査に参加成功したのはこれが初めてであろう。

2. 背斜説の定着と地質調査の進展

地質調査所の油田調査はその後も続けられ（途中1910～1915年迄中断）、1924年迄に青森、秋田、山形、新潟の19地域を終了した。この調査から油田の地質構造が明らかになり、背斜構造と油田の関係はますますはっきりしてきた。

石油会社も、地質技師をコンサルタントではなく社員として雇用する方向に進みつつあった。例えばローヤルダッチ・シェルは1898年頃から地質技師を雇用していた。わが国でも、日本石油は1908年地質調査所の地質技師大塚専一、1913年には同じ調査所の伊木常誠を入社させた。また宝田石油は1912年に大学を卒業したばかりの大村一蔵を入社させた。

この中で、大塚は清国政府の依頼で中国陝西省延長地区の地質調査を実施し、その結果に基づいて数坑の井戸を掘り若干の出油をみた。

こうして大正年代（1912～1926）になると、地

図 1 1914年大村一蔵による台湾油田調査の断面図（帝国石油所有の報告書より作製）

質調査所と石油会社の地質技師によって積極的な調査が行なわれるようになり、背斜説が実地に応用されるようになった（図1）。

1919年から始まった北樺太の調査は多くの背斜構造を発見し、やがてこれが大油田の開発へとつながっていった。

一方、石油の集積する地質構造についての研究はアメリカで大いに進み、1910年には F. G. Clapp によって現在知られている石油集積構造の殆どが紹介される迄になり、背斜以外の地質構造にも目が向けられるようになった。しかし石油探査の主流は、やはり背斜構造であった。

3. 石油成因論と石油探査

大正年代になると石油の探査に地質調査が積極的に利用されるようになり、背斜構造の発見が最も重要な目標になった。しかし地質調査によって発見された背斜構造が試掘に値するかどうかという点については、まだ指針はなく地表への油やガスの浸出が重要視されていた。

石油の成因論は古くから無機、有機成因論に分かれて色々な説が唱えられていたが、これが直接石油探査の指針となることはなかった。こうした中で高橋純一（1922）は、藻類や動物性プランクトンのような下等な生物の遺骸が還元環境に堆積してバクテリア等の作用で腐泥を形成し、これが埋没加熱されて石油になるという石油腐泥成因説を発表した。腐泥説はこれ以前にも唱えられてい

たが、高橋の説は化学分析に基づいた定量的な考察を加え、説得力をもっていた。

この考えは当時の日本の石油地質家に受け入れられ、昭和年代（1926～）にはいると表面徴候の外に腐泥から出来たと考えられる黒色泥岩そのもの、油田成立の条件の一つにつけ加えられるようになった。

3) 調査技術の進歩

1. 地下地質情報の収集

石油の井戸は坑道と違って、人間が中に入って直接目で地質を見ることができない。この為に、油層を正確に捕えられることを含めて、地下の地質情報をどうやって集めるかが長い間の問題であった。

1890年に導入された綱式掘削機は、綱の先にビットを付けてこれを上下させ、その衝撃で岩石を穿つものである。井戸の底に溜った掘屑は一掘り毎に外に汲み出し、これを調べて地下の地質を判定するというのが、明治から大正にかけての地下地質の調査法であった。

1912年になると鉄管の先にビットを付け、これを回転させて掘進するロータリー式掘削機が導入された。この掘削法では泥水を鉄管の中を通して送り、これをビットの先から噴出させて井戸の底に溜る掘屑を泥水と一緒に地上に送り出す。ロータリー掘は綱式の数倍の掘進速度をもつが、掘屑が混り合い、地下の地質を正確に判定するのは困

難であった。

1919年頃から、カリフォルニアの油田でロータリー掘削でコアの採取が始められた。1920年には確実にコアを採取する新しい機器が発明されて、コアによって直接地下の地質を目で見ることができるようになった。わが国でも1925年に新式のコア採取器が導入された。

これ以後コアが地下地質の情報源として最も重要なものとなった。

1927年フランスのシュランベルジェーは、坑井内で自然電位と地層抵抗を測定した。この方法は米国では1932年にカリフォルニアで実施された。わが国では1936年に日本石油・日本鉱業・北樺太石油の三社が共同でシュランベルジェー社からこの検層機（電気検層機）を購入した。この検層は地層の判定に役立ち、従来の部分的なコアや掘層による調査にくらべると、地下地質の情報量とその精度は格段に進歩した。特にこの方法は、坑井内を連続的に測定するので地層の対比が正確になり、地下構造図の精度も上がった。

2. 物理探鉱の開始

1926年頃になると、わが国の油田地帯では地表からわかる背斜構造は殆ど掘りつくされ、石油の探査はより深部に向かうか、または地表からはわからない平野の下に隠された背斜構造を探すようになった。

深部探査の為に、千間掘りと称して2,000m クラスの深度迄掘削できる大型の掘削機が1926年に導入された。

一方平野部の地下を調査する技術として物理探査法が登場してきた。米国では重力探査は1914年頃から実用化され、地震探査は1920年代になって実用の域に達した。

わが国における物理探査の研究は大学で始められた。油田に対する重力探査は、京都大学が重力偏差計を使って1922年に新潟県の新津油田の調査を行なったのが最初である。地震探査は東京大学で研究され、1929年に秋田県の黒川油田で屈折法の調査をしたのが最初である。

1938年には日本学術振興会に物理探鉱試験所が設置され、物理探鉱機の試作研究を行なった。

1939年には日本鉱業が米国からハイランド型6成分反射地震探鉱機を輸入し、油田における反射法地震探査を開始した。しかし十分な成果を得ないまま第二次大戦に突入し、国内の地震探査は中断された。

大戦中に徴用されて南方油田に送られた石油技術者は、ここで最新式の16成分地震探鉱機による調査という経験をつんで帰国した。

4) 終戦と GHQ の指導

終戦から講和条約が締結される1952年迄の占領期間中、わが国の石油鉱業は連合軍最高指令官総司令部（GHQ）天然資源局の統制下にあった。

1946年天然資源局の勸奨によって商工省に石油資源開発促進委員会が設置され、天然資源局はこれを通じてわが国の石油鉱業を指導した。

天然資源局の提案によって、1947年から5年計画で全国の石油が出そうな地域を調査することが決められ、大学の地質関係の教官・学生、地質調査所及び石油会社の地質技師が総動員されて調査にあたった。

調査範囲は油田地帯の外に関東、長野、富山、石川なども含まれており、わが国の第三紀の主要な堆積盆地の地質は、これによって一気に明らかになった。

従来わが国では鉱業権が入りみだれていることもあって、広域的な調査はあまり行なわれていなかった。この調査は堆積盆地全体をまとめ、そこから石油鉱床の成立を考えるとという石油探鉱の基本を忠実に実施することを教えた点で、その後のわが国の石油鉱業に大きな影響を与えた。

物理探査については、1949年に天然資源局の尽力により、占領地域経済復興資金によって12成分地震探鉱機と新式の重力計が輸入された。これによって物理探査はわが国でも実用の域に達した。その後1952年には24成分の地震探鉱機を輸入し、わが国の油田地帯で積極的に物理探査が行なわれるようになった。

5) グリントフ油層の発見と海洋への進出

日本海側の第三紀堆積盆地のグリントフは、長い間石油鉱床の成立にとっては基盤岩と同じにあつかわれており、石油集積の可能性は低いと考え

られていた。

1952年に新潟県見附市の北東方の丘陵地に掘られた小栗山の試掘では、グリントフ中から若干の油が採取された。1956～1957年に地震探査によって小栗山の背斜の南西延長部にあたる見附市郊外に背斜構造が発見された。この背斜構造に掘られた試掘で1958年にグリントフ中に石油が発見され、見附油田が誕生した。この発見は、石油探鉱にグリントフという新しい探鉱層準をつけ加えたという点で、その後のわが国の石油探査に大きな影響を与えた。

これを契機としてグリントフの探鉱が積極的に進められるようになり、1968年には柏崎市東方で吉井・東柏崎ガス田、1975～1984年(昭和50年代)には長岡市の西方で南長岡・片貝深層ガス田が発見された。

火山岩貯留岩は溶岩流に伴う一次的な気孔や割れ目を空隙とするものと、火山ガラスの溶解によって二次的に空隙ができていたものがある。いずれもその形成メカニズムについては研究途上であるが、新しいタイプの油層として世界的に注目をあつめている。

海洋での試掘は、1958年に石油資源開発(株)がジャッキアップ式の海洋掘削装置第1白竜号を建造してから始められた。

1967年には海洋物理探査船拓洋丸が同じ石油資源開発(株)によって建造され、翌年には海洋地震探査の震源としてエアガンが導入され、わが国周辺の海洋地震探査が本格化した。その後、国による石油天然ガス基礎調査と企業による調査によって、日本近海の殆どの地域がカバーされた。

1965～1974年(昭和40年代)には物理探査のデータがアナログからデジタルになり、コンピューターの急速な進歩もあって物理探査は大幅な進歩をとげた。

こうした海洋探査の結果、昭和30年代(1955～1964)には秋田県の土崎沖油田、40年代(1965～1974)には新潟県の阿賀沖油田、50年代(1975～1984)には新潟県の阿賀沖北油田と福島県沖の磐城沖ガス田が発見された。さらに1991年には新潟県の岩船沖油田が生産を開始した。

参 考 文 献

- 石和田靖章(1988): 石油鉱業の30年, 石油学会講演録。
大村一蔵(1922): 日本油田の将来と試掘問題. 石油時報(1922), 17-24.
大村一蔵(1934): 石油地質学通論. 岩波書店, 296p.
木村一蔵(1942): 石油生活30年の思出. 石油時報(1942), 905-910.
Owen, E. W. (1975): Trek of the oil finders: A history of exploration for petroleum. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. memoir.*, 7, 1677p.
石油資源開発(株)(1987): 石油資源開発株式会社30年史, 石油資源(株), 601p.
帝国石油(株)(1991): 帝国石油株式会社50年史(印刷中).

(小松 直幹)

IV. 資源探査の歴史・核燃料

わが国の原子力開発は1955年に成立した原子力基本法の発効で本格化したといえるが、核燃料物質に対する組織的探査はこの前年、1954年に地質調査所によって始められた(地質調査所, 1961; 科学技術庁原子力局, 1990)。当時、わが国での核燃料資源に対するデータとしては戦時中、1940年前後に行なわれた放射性鉱物資源等に対する調査、ならびに稀元素鉱物に興味を持つ人々による研究など、限られたものであった。また、探査の対象となる物質についてもウランのみなのか、トリウムも必要とするのか、といったことすらもさだかでない状況であった(地質調査所, 1961; ウラン・トリウム鉱物委員会, 1971)。

1954年当時、核燃料資源探査の先進国としてはアメリカをはじめ数カ国があったが、わが国においては主としてアメリカでの先例にならい、広域探査として小型飛行機等によるエアボーン、およびシンチレーターをジープに積載して行なうカーボンの2種が試みられた。探査を始めて間もなく、わが国の複雑な地形、厚い植生などが探査の要であるガンマ線量に与える影響が大きく、エアボーンがわが国での探査に適合しないものであることが明らかとなり、組織的な探査はカーボンを先駆として展開されることとなった。探査活動は従来から鉱床賦存の可能性が高いと考えられていた花崗岩分布地域から逐次拡大して進められた。

探査活動は1954年の開始当初から1960年代始めまでの間、地質調査所が原則として広域探査を行ない、これに続くより詳細な探査を1956年に設立された原子燃料公社（略称；原燃）が担当することとしていたが、1960年代前半以降は原燃が広域を含む探査の主体を一元的につとめることとなった。1967年、原燃が動力炉・核燃料開発事業団（略称；動燃）に改組され、原燃創設以来の核燃料資源に対する探査活動は全面的に動燃によって継承されることとなった。

核燃料資源に対する探査手法は試行錯誤を重ねた結果、原則的にまずカーボン等の広域調査を行ない、広域調査で鉱徴を発見した地点には地表調査、化学探鉱等によって地域的にみた鉱床賦存の可能性評価を行ない、この結果重要性が高いとみられる地点に物理探鉱、試錐、坑道探鉱等を必要に応じて行なうという手法がとられた。このようにして1955年には人形峠、1962年には東濃の両鉱床群がカーボンによって発見された。人形峠、東濃両地域をはじめ北海道から九州までの各地で精力的に行なわれた探鉱作業、ならびに鉱石の製錬試験等によってわが国のウラン鉱床の実態が逐次解明されていった。わが国のウラン鉱床の特徴はトリウムが極端に乏しく、鉱床の多くがウランの後生鉱床によるものによって占められている。鉱床は中生代末から新生代始の侵入による花崗岩類を基盤として、これを不整合におおう新第三紀堆積岩下部に選択的に賦存しており、各鉱床に共通した特色として有機物に密接な関連性を持って粗しょうな岩石中に胚胎していること等が明らかとなった（日本鉱業協会、1968；ウラン・トリウム鉱物委員会、1971；地質調査所、1969）。

この間、海外においても原子力発電の有用性が認識され、核燃料としてのウランの重要性が注目されることとなり、1950年代当初には限られた地域でしか知られていなかったウラン資源が、多くの地域で発見・開発されることとなった。この時流に対応して1960年代以降、オーストラリア、カナダ、アフリカ諸国等における探鉱にわが国からの積極的な参加が行なわれるようになった。国際原子力機関（略称；IAEA）は核燃料資源の重要

性に着目し、世界規模でのウラン資源の実態把握、探査活動の充実を目的として IUREP (International Uranium Resource Evaluation Project) を1976年組織することとなった。IUREP は関係各国の協力を得るとともに経済開発協力機構（略称；OECD）との共同作業とするなど、強力な態勢を整え、世界のウラン鉱床の実態の総括、ならびにその将来性の展望等のとりまとめを行なうことに努力したが、この作業は多くの紆余曲折を経験することとなり、1985年、“An Overview” (IUREP, 1985) を最終報告書として終了した。この間、IAEA および OECD からは IUREP の貴重なデータが数冊の報告書として世に出された。

1980年代に入ってオーストラリア北部、カナダ中部などで平均品位が数%にも上るウランの高品位大型鉱床が、いずれも前カンブリア紀の始生代と原生代との不整合附近から相ついで発見された。この高品位、大鉱床の発見はウランの鉱床学を大きく進歩させるとともに、ウラン資源の開発に対する考え方を大きく変化させることとなった。一方、アメリカのスリーマイル島（1979年）、ソ連のチェルノブイル（1986年）両原子力発電所でおこった大きな事故（科学技術庁原子力局、1990）以降、原子力発電に対する考え方を見直す気運が高まることとなった。このような原子力開発をめぐる推移を反映して、1973年の第1次オイルショック以来高騰していたウラン資源の価格は1980年代に入って急速な下落をみることとなった（図2）。

わが国においては、原燃以来国内の核燃料資源探査を継続して来た動燃が、1987年をもって国内での探査を終了することとした（動力炉・核燃料開発事業団、1989）。最終的な国内のウラン資源量は東濃1,760トン、人形峠734トン、その他の鉱床をも合算して2,813トン（以上いずれも平均品位0.111% U_3O_8 の鉱石中の酸化ウラン量、単位メートルトン）である（科学技術庁原子力局、1990）。1954年以来、探査対象となった鉱床、鉱徴の数は多数にのぼるが、その主要なものを図3に紹介した。

現在、わが国から参加しているウランを主要対

図2 ウラン価格の変遷(科学技術庁原子力局, 1990; NUEXCO, Nov. 1990のデータによる)

図3 わが国のおもなウラン鉱床・鉱徴

象としての探査・開発は動燃および民間数社によるものがあり、カナダ、アフリカ諸国等で活動が継続されている。

参考文献

- 地質調査所 (1961): 日本におけるウランの産状 (その1). 地質調査所報告 No. 190.
地質調査所 (1969): 日本におけるウランの産状 (その2). 地質調査所報告 No. 232.
動力炉・核燃料開発事業団 (1989): 昭和63年度年報.

IUREP (1985): An Overview, OECD/NEA. IAEA.

科学技術庁原子力局編 (1990): 原子力ポケットブック, 平成2年度版. 日本原子力産業会議.

日本鉱業協会 (1968): 日本鉱床総覧 (下巻).

NUEXCO (Nov. 1990): No. 267, NUEXCO 1515 Arapahoe street, Denver, Colorado, U. S. A.

ウラン・トリウム鉱物委員会 (1971): ウラン・その資源と鉱物. 朝倉書店.

(土井 和巳)