

地質調査所における戦後の石油・

天然ガス調査事業の歩みと今後の課題

石油課 鈴木尉元・三梨 昂・影山邦夫・

小玉喜三郎・島田忠夫・宮下美智夫

1. ま え が き

本年地質調査所は 創立90周年を迎えることになった。この間 第2次世界大戦をはさんで 石油・天然ガス調査事業の歩みは 右余曲折をへて今日に至っている。

戦後もすでに30年になんなんとしているが この間における歩みをみただけでも ずいぶんめまぐるしいものを感じさせる。しかし石油・天然ガス調査事業が 終始地質調査所の重要な柱であったことに 変わりはなかったように思われる。

温故知新という言葉もあるが ちょうどこの機会に過去の歩みを振り返りながら それらを分析して 私たちの今後の研究を進める上での指針にしたい と考えた。なお 戦前からの歩みをたどりたいたいと考えたが 紙数の関係で戦後のそれだけにとどめた。戦前の歩みについては次回に期したいと思う。

戦後の石油・天然ガス調査事業の歩みは その中心的な研究課題ないしは予算的に裏付けられた特別研究によって 時期的に次のように大きく区分できるであろう。

第1の時期は 終戦から昭和30年頃までで 水溶性天然ガス鉱床が中心的な研究対象であった時期である。

この時期は 天然ガスやその付随水の地球化学的研究が積極的に行なわれ 地球化学探鉱法が開発された時期であった。同時に 自主的な また総合的な研究体制のとられた時期でもあった。なおこの時期の末期には地質調査所の中の地球化学部門が地球化学課として独立した。これは 地質調査所における石油・天然ガス調査の長い歴史を振り返って見ても 独特な発展をとげた時期であった。次いで水溶性天然ガス採取に伴う大量の揚水の結果 地盤沈下の問題が発生し 漸時方向転換を余儀なくされた。このような時期が昭和40年頃まで続く。なおこの時期は 前記の自主的な総合的な研究の態度が比較的薄くなった時期で 一種の過渡的な段階と見なすことができるであろう。

昭和41年頃からは 従来比較のおもてに出なかった鉱床形成の場の問題を 構造地質学的手法によって明らかにする方向が 前面に押し出されてきた。そして 石油・天然ガス鉱床を胚胎する地質構造の成因を明らかにしよう という方向が 中心にすえられてきた。この段階で 地球物理学とくに地震学を地質学に導入するこ

とが行なわれた。そして 各地質構造単元の根が深く 垂直に根を下ろしていること 表面の地質現象の原因が 深部にあること を明らかにした。この方向は 水溶性ガス鉱床から いわゆる構造性ガスや石油など 鉱床形成場の条件のより複雑な しかもより深部に探鉱の手がのびている状況から見て 必然的な発展方向であったと考えられる。ただし 水溶性天然ガス時代におけるような 物そのものの研究 すなわち 岩石・鉱物 間隙水や石油 天然ガスの化学的な研究などが 裏面にかくれてしまったことは 否定しえないであろう。

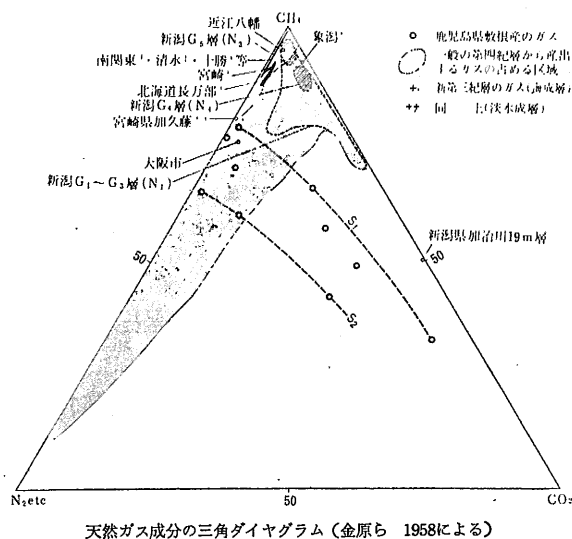
この小文では 従来業績をかなり批判的に概観した。それは 過去の行き方を批判的にながめ その正しい方向あるいは良い点を取り入れ 将来の私たちの行き方に生かすこと 誤った点は それらを分析し 二度とそのようなことを繰返さないようにすることこそが 過去の業績を正しく生かすことなのだ と考えたからである。ただ誤った あるいは不当な評価を行なったり 当然取りあぐべき業績で 筆者らが目こぼしをしたもののあることをおそれる。それらの点について ご指摘いただいたり お教えいただけたら幸いである。

この小文を書くにあたって 三土知芳 兼子勝 本島公司 石和田靖章 今井功の諸氏にいろいろご教示いただいた。また地質調査所石油課の諸氏には いろいろご教示やご討論いただいた 中嶋美智子氏には 原稿整理の段階でお世話になった。これらの方々に記して感謝の意を表する。ただし 文責は筆者らにある。

2. 水 溶 性 天 然 ガ ス 調 査 の 時 代

第2次大戦中から戦後にかけて 深刻な燃料不足に見舞われた。この時に 従来細々と家庭用ないしは家内工業用に使われていたいわゆる水溶性天然ガスが 各地で注目され始めた。もっとも 千葉県大多喜地方においては すでに昭和6年に天然瓦斯の会社が設立され その後 昭和10年には都市ガスを供給し 諏訪地方においては 戦時中から都市ガスを供給していた といった例外はあった。

ところでこの当時 わが国において "天然ガス" と一般に呼称されていたものは おおむね石炭や石油と共存することなく 産出するとき水を伴い 主として向斜構造の地域に賦存する可燃性天然ガスのことであった。



天然ガス成分の三角ダイアグラム (金原ら 1958による)

化学組成上からはメタン 炭酸ガス 窒素を主成分としその産状が共存する水と密接に関連するところから 溶解性ガス 共水性ガス等の名で呼ばれるに至ったものである (兼子 1956)。

地質調査所においては 昭和15年頃からこの“天然ガス”の調査が始まった。この頃の調査には 三田正一 (1939) による千葉県 片山勝 (1940 1943) の長野県 静岡県 近藤信興・平塚隆治 (1940) の静岡県焼津ガス田 兼子勝 (1941 1942) の山形盆地 琵琶湖 兼子勝・斎藤一雄 (1941) による滋賀県 松井寛 (1943) の山陰地方などがある。

最初は方法論的には全く霧中の状態で出発した。兼子は初めて微量ガス分析計を用い 千葉県茂原ガス田において メタンと炭酸ガスとの量的相関関係を認めたがさらに深くこれを追求する暇なく 戦渦のうちに突入するに至った (兼子 1956)。(この水中の溶存メタンを測定する計器は 地質調査所化学課の下河原達哉によって試作されたものであった。) したがってこの種の天然ガスに関する地質学的研究が 活発にしかも組織的に行なわれたのは 昭和21年以後のことである。

昭和23年には 静岡県清水ならびに焼津の両ガス田の調査が行なわれ その結果根源層はいわゆる中新世の大井川層であること ガス埋蔵層は断層破砕帯および大井川層上に分布するより若い地層中に存在することが明らかにされた (藤原健一・本島公司 1948)。

なおこの当時までの天然ガス調査は 地表の天然ガス徴候の分布を中心に調査が行なわれた。それらの分布と地形・平野部では坑井による地質との関係から 天然

ガス鉱床の性質や規模が推測され開発計画が立てられた。大規模な鉱床である新潟ガス田の調査に際しては 天然ガス鉱床の堆積環境・ガス水比等の問題が究明され 水溶性天然ガス鉱床の実体把握に効果を挙げた (兼子勝他18名 1951)。

昭和23年には 千葉県茂原ガス田の精密調査が行なわれ これらの総合知識を基として 現場検証の場を南関東に選び その結果 東京ガス田 を発見した。この調査は 後に与えた影響も大きかったので 多少くわしく その経緯を記しておこう。

この当時は地質調査に対して 通産省から補助金が出た。これを大多喜天然ガスがもらい 調査を地質調査所が受ける という形をとったものであった。この調査には 地質調査所だけでなく 東大工学部石油工学科の地質関係の研究者も参加した。

この調査は 大型および小型古生物調査 地表ガス徴候調査 坑井調査 天然ガスやその付随水の地化学調査などを盛り込んだ 総合調査であった (金原1952)。ここにおいて確立された層序学的方法是 以後の石油課の地質調査法の基本となるものであった。凝灰岩が良好な鍵層として利用でき 追跡できるという経験は この時の精密な地層の観察にもとづくものであった。これは 集団調査の過程で明らかになった規則性であった。

この調査によって 特定の岩相をもった地層中にガスの存在することが明らかになった。同時に東京の下にも同様の地層が発達していることが予想され ガス鉱床の存在するに違いない と考えられるようになった。

このような予想と業界からの働きかけとによって 翌24年に江東地区の深い井戸の水やメタン計によるガスの分析調査が行なわれた。この結果 ところどころにガスの存在することが確認された。昭和26年地質調査所の全面的指導によって 武蔵野天然瓦斯研究所の坑井が掘さぐされ 天然ガス鉱床の存在が確認された。この結果に対して 毎日工業技術賞を授けられ 戦後の石油課の水溶性天然ガス調査は 社会的にも大きな評価を与えられることになる。これが 東京ガス田発見の経緯である。

なお 昭和26年の東京ガス田調査の折には 名古屋大学菅原研究室の湖沼調査における水の分析法が導入された (本島 1972の口述による)。なおそれ以前から付随水の研究は行なわれていたが それらは 分析成分や分析法が一定していなかった。昭和26年以後においては 分析法や分析成分も一定し 精力的に資料が集積されていった。そして 後にはその方法が油田鹹水や炭田地

帯の地下水にも適用され いろいろな条件下の地下水に関する資料が蓄積されていった。

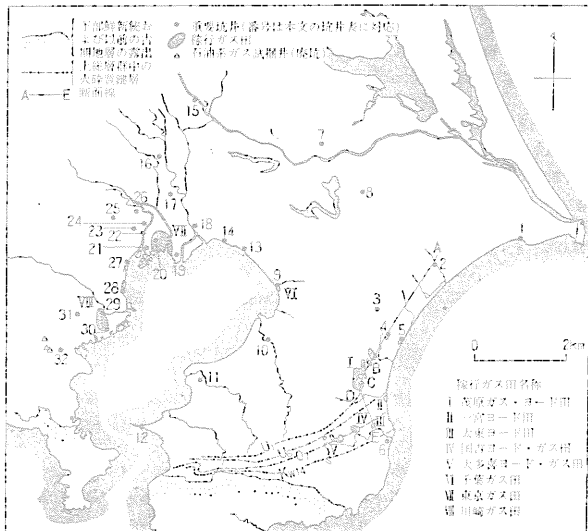
この当時の調査を基礎に作製された日本油田ガス田図「富津一大多喜」は 世界的な精度をもった地質図との評価をうけた(そくほう 140)。また ここでの集団調査の経験は 以後石油課の地質調査に生かされ 同課の一般的方法として定着していった。このように いろいろな面で この茂原一大多喜地区の調査は大きな影響を残すのである。

ところで水溶性天然ガスは 新第三紀から第四紀にかけての各種の堆積物中に胚胎している。しかもそれらの堆積環境は 海成 汽水成から淡水成にまでわたっている。したがって その分布は全国に及び 北は北海道から南は九州まで戦後の調査の足跡は及んでいる。しかし 時代と堆積環境の鉱床の性格 水およびガス成分に及ぼす影響を明らかにするために 典型的なフィールドが 重点的に調査された。たとえば 海成鮮新統中のガス鉱床としては さきののべた千葉県茂原ガス田 淡水成鮮新統中のものとしては 宮崎県加久藤ガス田 汽水成更新統中のものとしては 新潟ガス田 淡水成更新統中のものとしては 山形盆地のガス田や河北潟が取り上げられた(本島 1972口述による)。これらの天然ガス鉱床の調査は 石油課の外に京都大学や大阪大学の方々の協力の下に 当時の大阪支所でも行なわれた。今日大阪層群の研究は第四紀研究においてわが国の第一線にあるが その端緒はこの天然ガス調査にあった といわれている(原口九万 1962 別所文吉 1962)。

このようにして 昭和31年の兼子勝の総括論文や 昭和33年の金原均二・本島公司・石和田靖章によるハンドブック的な単行本「天然ガス—調査と資源」刊行の頃には 水溶性天然ガス鉱床の実体は ほぼ明らかにされた と見て良いであろう。

上にのべてきたような調査研究の結果 明らかにされた事実を 次にふり返って整理してみよう。

1. 水溶性天然ガスは 化石水中に大体静水圧に見合っ



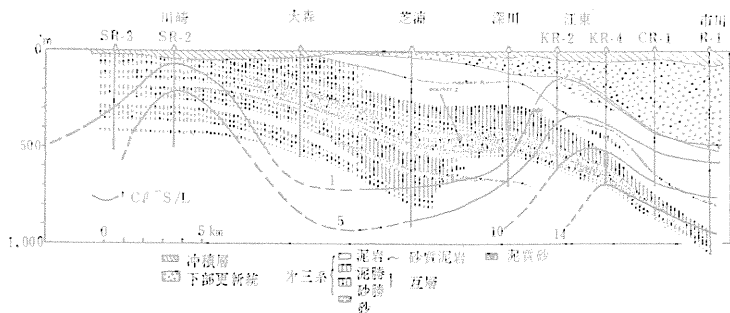
南関東におけるガス田および重要坑井の位置図(金原ら 1958による)

て溶存し 鉱床を形成する。しかし 鉱床の形成されている地層中に断層の発達する場合には 静水圧に見合った以上の天然ガスが 生産されることがある(茂原型)。

2. したがって 鉱床は向斜部に形成される。
3. それらは天水によって破壊される。したがって 各種のイオン濃度を測定することによって 鉱床の破壊の程度やその範囲が推定でき 鉱床の可能性を予測することができる。特に 海成層中のものでは 塩素イオンとの相関が顕著で 塩素度相関型鉱床と呼ばれる。

地球化学的な資料のうちで とくに注目される事実としては

1. 単位地下水量に対するガス量が多い場合には それが第四紀層中から産するガスであるなら 一般に炭酸ガスの占める率(容量百分率)が大きく ガス付随水中の total CO₂ (free CO₂ と HCl₃⁻ の含量)が多く アンモニア態窒素がきわめて多くなる。
2. 水成岩中に存在する水溶型の天然ガス鉱床から産するガスは メタン 炭酸ガス 窒素が主成分で一般に容量百分率ではメタン>>炭酸ガス>窒素 またはメタン>>窒素>炭酸ガスの組成を示す。
3. これらのガス成分と 付随水を特



川崎一市川地質断面図および Cl⁻ 分布(石和田 1956による)

徴づける NH_4^+ , total CO_2 などは いずれも 現在 われわれの目にふれやすい有機物の分解作用によって 生成可能である。

等である (本島・牧 1959)。

ところで 水に溶けているガス鉱床というもっとも本質的な概念は いつ頃 誰によって提出されたのであろうか。昭和23年の石油技術協会誌の天然瓦斯特別号には 次のような表現を見ることができる。たとえば兼子は「天然瓦斯鉱床生成の特異性として天然瓦斯が水に可溶性であることは 向斜構造も有利な鉱床形成の一条件をなすもので この点石油とはまったく異なり 探鉱上石油に比し分野の拡大をもたらししているものでありこれに対しては試錐に先行した地化学探鉱法が有力な探査方法となることと信ずる」とのべている。また同誌の「新潟瓦斯田について」(帝国石油株式会社開発部)には 坑井から産出する水と瓦斯間に密接な関係がありその比は略1.であること。産出層が浅ければ浅いほど瓦斯水比が小さいこと などから「もし瓦斯が飽和に近く地層水中に溶解していると考ええるならば容易に理解できるのである」とのべている。

また同誌に篠山は「最近われわれが接する多くの瓦斯田において特に若い洪積層並に沖積層中に胚胎している瓦斯については加圧下にメタン瓦斯が淡水または鹹水に溶解していると考えられる。この部分においては坑口における瓦斯は坑底における溶解量との差が遊離して水に伴い噴出する。したがってかかる瓦斯井においては水と瓦斯の比が一応重視される」としてメタン瓦斯の溶解曲線を作り発表している。

藤原・本島は同誌の「静岡地方の天然ガス鉱床について」なる論文中で「ガスは各層とも水に溶解するごとくガス水比は0.25である」とのべている。

これ以上のせんさくは本論の主旨でないので行なわないことにするがこれらの例からもわかるようにこの段階ではすでに水溶性天然ガスのもっとも本質的な概念は でき上っていたことが明らかであろう。

「ガス鉱床成立の状況を 地球化学的に考えるには その鉱床が賦存する水成岩が 鉱床成立の初期に経過しなければならぬ化学的な環境を知ることと 鉱床の化学的な現況を知ることがその出発点である。そして鉱床成立の初期の状況は その鉱床の主として地質学的な資料から類推されるのと同一条件の堆積の場を現在において求め これについて研究して得た結果から類推することで 概略を知り得るものと考えられる。この現

世における地球化学的な資料と 鉱床の現況(実態)との間の結びつけには 一般的な化学的知識からおもな方向づけをなすべきであると考ええる」(本島 1959)。

このような考え方をもとに 昭和26年頃から 現世堆積物を地球化学的に研究し 水溶性ガスの発生過程を明らかにしようとする研究が開始された。これは後には石油課と地球化学課との協同で行なわれた。

このような研究対象として 北海道の泥炭地(1951～1957) 浜名湖(1956) 三方湖(1962) 琵琶湖(1963)などが選ばれた。これらのうち水溶性ガス鉱床との比較研究において重要なものとして 本島・牧(1958)は次のような事実を指摘している。

1. 底質中の有機物は 堆積の初期において炭素よりも窒素の分解が早い
2. 底質中の有機炭素/全窒素は大略10.5におちつくように考えられる
3. 底質中の可溶性有機物による着色は 塩素が1～3 g/l 以下の場合に起こり 一般の水溶性ガス田における観測値によく対応する
4. 底質に含まれるメタン量は 炭酸ガス量と正相関を示す。また全炭酸 アンモニア態窒素などの間にも正相関関係がある
5. 湖水における年間変動が大きいにしても 還元的環境が生じやすい汽水湖の底泥中におけるメタン 炭酸ガス 酸化還元電位 アンモニア態窒素の間には わが国における水溶性ガス鉱床で測られる性質とよく一致するものがある

これらの研究によって 水溶性天然ガス鉱床の発生段階の環境の一部の関係が 明らかにされた。しかしこれまでの水溶性天然ガスの研究では現象論に終始しその機構の解析にまでは 研究が進められなかった。この面への発展には 有機化学 生化学や バクテリアなどの研究が取り入れられねばならず 研究の質的な転換が要求されたからであろう。石油の地球化学的研究についても 同様であると考えられる。

この時代に 水溶性天然ガスの附随水と同様の分析が一部油田地帯で行なわれた。昭和28年の新潟の油田や秋田黒川油田の油田鹹水の分析は そのようなものであった。なお昭和26年から31年に行なわれた秋田五城目油田の地表地質調査や秋田八橋油田の地化学調査は 当時活況を呈しつつあった八橋油田の実態を 大多喜一茂原ガス田において実施したような調査方法で明らかにしようとした総合計画の一環として行なわれたものであった。しかしその計画は途中で挫折し 日本油田・ガス田図・五城目南部と 八橋油田の地化学調査が出版され

るとどまった。

この時代に地球化学を導入したことはさきのべたがその他堆積学 生態学 推測統計学の知識を積極的に導入する努力を行なった(本島公司 1972年口述による)。たとえば 石和田は 太平洋沖合 四国土佐沖や富山湾 浜名湖の現棲の有孔中群集を解析し(石和田 1950) その結果を南関東ガス田を構成する地層 特に重要な天然ガス層の梅ヶ瀬層の堆積環境に 積極的に適用した(石和田 1954)。

一方 大山は 現棲の貝類群集の生態の新しい表示法を提案し 南関東ガス田 富山・新潟油田の一部の地層の堆積環境を論じた(大山 1948)。これが 湊(1953)の著書に引用されていることは周知のことであろう。伊田(1956)は 多くの貝類の生態学的知識に基づいて堆積環境を指示する新しい図式表示法(HDH VDM)を提案している。

ガス鉱床の調査は 坑井を通じて行なわれる。したがって 井戸の知識がないと流体の調査はできない。その結果 調査の間に工学的な知識を取得することにも努力し それらの知識をもとに 現場の技術指導(たとえば どれ位の深さの井戸を掘るかなど)まで行なった。

なお 層序や構造の研究も行なわれなかったわけではない。昭和31年に伊田・三梨・影山は 関東南部の層序の大区分の試案を提案した。これは 黒滝不整合と長沼貝殻坂不整合が広域に追跡できる顕著な不整合であること。これによって 同地方の新第三系 第四系を豊岡層群 上総層群と相模層群に区分することを提案したものである。そして この時までに提案されていた多くの地層名の整理を試みたものである。この結果は今日まで大体踏襲されている。昭和43年の三梨の区分も 豊岡層群の代りに三浦層群が採用されている点が変わっているにすぎない。なおいうまでもないことであるが これらの基礎は この頃までに調査され 一部刊行されていた油田・ガス油田図によったものである。

金原均二(1950)は 新潟油田の地質を総括する論文を発表している。これには 上にのべた大山桂の軟体動物や 石和田靖章の有孔中の現棲の生態学の知識などをとりいれ それに基づいて古環境を論じている点などに 戦後の新しい行き方が感じられる。また 公表された文献としては恐らく初めて 等層厚線図が描かれるなどの点にも 戦前になかった傾向が認められる。

また伊田一善(1954)は 本邦各地の第三系堆積盆地の発展過程を総括する論文を発表している。この論文での堆積の中心が偏倚する という指摘は 正しい一面をもっていた と考えられる。そして その後実証的な資料に基づいて具体化されていく。

関東南部の地層の大区分(伊田・三梨・影山 1956)

旧 慣 用 区 分		伊 田 ら (1956) 区 分	
有 楽 町 層		相 模 層 群	————(長沼貝殻坂不整合)————
関 東 層			
成 田 層 群		上 総 層 群	————(黒滝不整合)————
三 浦 層 群	秋元亜層群 関 亜 層 群		
	豊岡亜層群	豊 岡 層 群	
佐 久 間 層 群			

ところで この時代に新しい手法を積極的に取り入れることに努力し 組織化に努めた藤原健一と小野映は 自らその成果をかり取ることなく亡くなった。彼らは地球化学的方法を導入することに努めた。また小野は 大山とともに 現棲の貝類の生態学や 海洋科学的知識を地質学に導入することに努めた。兼子(1962)は 藤原を「日本の天然ガスをものにしてくれた原動力」と評価している。なおこの時代にこのような多方面の研究を可能ならしめるには 上にのべた当時の若い人たちの努力もさることながら 当時の燃料部長兼子勝の個人的な人がらに負うところも少なくなかった。彼は水溶性天然ガスを総括した(兼子 1958)。また 地質調査所の地球化学的探査部門を発展的に解消して 技術部に地球化学課を設けた。

地 盤 沈 下 問 題

昭和30年前後になると 新潟市とその周辺地域の地盤沈下現象が社会問題化してきた。すでに昭和27年の地理調査所の一水準点の改測に際して 異常沈下現象が発見され その原因を天然ガス採取に結びつけて解釈していた。また昭和24年に 大阪の地盤沈下の研究に従事していた石井靖丸と立石哲郎は 大量の地下水が水溶性天然ガス採取にともなっていくみあげられていることから 地盤沈下のおこる可能性を指摘していた。

このような状況下で 昭和33年には科学技術庁資源調査会内に「新潟地盤沈下特別委員会」が設置され 地盤沈下の原因の調査にのりだした。しかし見解の一致が見られないままに 昭和34年6月には 「新潟地盤沈下に関する調査報告」が出された。したがって この報告では各委員の見解が列挙され 委員会としての決定は差控えられた。そして安芸校一委員長の個人としての見解が加えられて 資源調査会に報告された。

構造性天然ガ斯特研・層序及び構造試錐

S. 37年 (1962)	春日部	G. S. 1	(埼玉県)
S. 38年 (1963)	藤岡	G. S. 1	(群馬県)
	蒲原	G. S. 1	(新潟県)
	大佐和	G. S. 1	(千葉県)
S. 39年 (1964)	能代	G. S. 1	(秋田県)
	西八橋	G. S. 1	(秋田県)
	南横岡	S. T. 1	(秋田県)
	沢目	G. S. 1	(秋田県)
S. 40年 (1965)	蒲原	G. S. 2	(新潟県)
S. 41年 (1966)	小滝	S. T. 1	(秋田県)
	由利原	S. T. 1	(秋田県)

資源調査会長から科学技術庁長官に提出した報告書には 委員会の主要な原因説のうち 「地下水の急激な大量揚水であるとする説を重要視せざるを得ない」とし原因論について一応の結論を下した。

次いで 昭和34年2月の天然ガスの第1回の自主規制から35年7月の第3回の自主規制までには 地下水位も回復し 地盤沈下速度も減少のきざしを見せはじめた。

次いで 昭和36年11月には 通産大臣勧告による規制が 新潟市を中心に行なわれた。

このような地盤沈下調査に 当石油課も地盤沈下観測井のくっさくやその観測 地下圧入実験などにたずさわった。しかしまとまった報告ないし研究は できなかったようである。地質調査所が通産省に所属しているという行政的な問題が微妙に反映している と見られる。

3. 各種の天然ガス調査時代

昭和32年度から 天然ガス特別研究3カ年計画が始まった。この計画は 通商産業省の国内重要産業振興対策の一環として取上げられている「天然ガス長期調査計画」の第一次作業といった性格のものであった。このような計画が策定された理由は 昭和31年初頭から急激に増加してきた天然ガスの需要に対処して 早急に各種の天然ガス鉱床に関する地質・鉱床学的調査研究を行ない その実態を把握することによって 確定埋蔵量の増加や合理的開発法の確立などに 直接有効な資料を加えることにあった(地質ニュース No. 43)。

第1年度(昭和32年度)に取り上げられている調査地域は

- ① 根釧原野西辺庶路付近
- ② 宮崎市付近
- ③ 筑後平野に属する赤池付近
- ④ 濃尾平野名古屋市付近

である。①と③の地域は炭田地域で いわゆる炭田ガ

スが ②と④は水溶性ガスの期待されていた地域である。

このように この段階では 水溶性ガス鉱床の大勢は明らかにされ 次の研究目標を模索していた時代であったことが この計画に反映しているように感じられる。そしてその重点を 水溶性ガスから次第に移そうとし始めていたことが読みとれる。ただし 方法論的には 前の水溶性天然ガス時代と同様に 地球化学的方法と地質学的方法によっていた。

このような計画の転換を余儀なくされた理由のもっとも大きなものは 水溶性ガス開発にともなう地盤沈下がようやく社会問題化し始めたことによる。そして 構造性天然ガスなる名称が案出され その開発が急がれたわけである。

しかし この段階の研究では 前の時代の組織的な取り組みや 総合的な研究は生かされず 目標とその研究方法の面にも新しさは見られず どちらかというところ 研究面では低滞した時期といえるだろう。調査・研究地域についてだけ見ても その重点を模索していたことがわかるであろう。

この計画に続いて 5カ年計画の特別研究「構造性天然ガス」が実行に移される。この計画では その重点が油田地帯や従来あまり探鉱の手が延びていなかった関東平野が 前面に出てきた。そのうちおもな計画の目的を記してみよう。

昭和37年度の春日部層序試錐の目的は 「関東平野の中央部に伏在する新第三紀層の層序を確立し あわせてその構造を明らかにする。既存の物理探査の結果をチェックし あわせて将来行なわれる物理探査結果の合理的解析に必要な基礎資料を提供する。各地層の炭化水素類の賦存状況を明らかにする」(福田 1962) ことにあった。

昭和38年度の蒲原G S—1号井は 今後の蒲原平野における天然ガス探鉱促進を目的とした基礎調査井として掘さくされた(石和田 1964)。

昭和39年度の大佐和層序試錐は 「東京湾を中心とする低重力ゾーン中において 中新統の標準層序の確立を図ることを目的とする」(石和田・三梨 1965) とされている。

同年度の能代層序試錐G S—1号井は 「秋田県下の炭化水素鉱床探査の重点指向地域である能代サブゾーンに層序試錐を実施し 能代平野および能代沖合海域の炭化水素鉱床探査を 積極的に促進させるためのコントロールウエルたらしめようとするものであって その主要目的は 能代平野西部における地下地質層序の確立 深部構造の探究 および炭化水素鉱床の成立に関する地

層の物理・化学的性質の調査研究 ならびに各種物理探査に寄与し得る地下の情報を得ることにある」(牧野1965)とされている。

このように 各地の大きな堆積盆地の中心に層序試錐が行なわれ 構造確認のためのいくつかの構造試錐も行なわれた。また 油田地帯 天然ガス地帯の地震探鉱や空中磁気探鉱も平行して行なわれた。

このように 1950年代も後半になると 多方面にわたって発展してきた戦後の研究に 一つの行きづまりが見えてきたように思われる。一つには 戦後の一つの柱であった地化学探鉱の部門が地球化学課として独立したこと。広く一般に存在する地下水の化学組成との相関関係だけで探鉱が可能であった水溶性ガス鉱床の探鉱の時代がこの頃大体終わり 鉱床形成の場の条件がより複雑な構造性ガスや炭田ガスが正面に登場したことにあると考えられる。また構造性ガスになると 油田地帯や平野深部が対象になるので 戦後その地域での伝統をもたなかった地質調査所は 受身な形での調査で それ以前の独自性・総合性は薄れたことにあると考えられる。この時代の相手は 大手の石油資源開発K. K. 帝国石油K. K.であったので調査所は劣勢であった。戦後の石油地質の主流は 彼らの方に移っていた。

深い層序試錐が 関東平野 日本海沿岸油田地帯に 何本か掘られたけれども 前の時代のように これは主体的に問題を設定し 総合的に調査・研究されることはなかった。むしろ場当り的な色彩の強いものであった。これは 戦後の石油課が油田地帯での経験をもたなかったことから ある程度やむをえない面をもっていただけと考えられる。しかし 行政的な面から問題を設定し 前の時代までの貴重な自主的な総合的な研究方式をむしろ否定するようなやり方を あえてとった面も否定しえないであろう。

この当時において 前の時代に見られた自由なまた活発な討論や総合的な研究法が失なわれていたことを 象徴的に示す事件があった。それは 春日部層序試錐の層序に関する論争で 所内討論会や石油技術協会などの公開の席で 異なった見解が出され衝突した。この論争は 実物をもとに自由に課内で討論ができる状態であったならば 当然さげられる性格のものであった。

このような過渡的な模索時代が数年続くことになる。しかし この時代に 複雑な場の条件を具体的に明らかにする方向が 一つの柱として成長し定着していった。そして その中に前の時代までの総合的な集団調査が育てられていった。それは 戦前の帝国油田図の流れをくみ それを発展させる方向でもあった。日本油田・ガス田図が そのような流れを継承する人たちによって

日本油田・ガス田図の出版推移

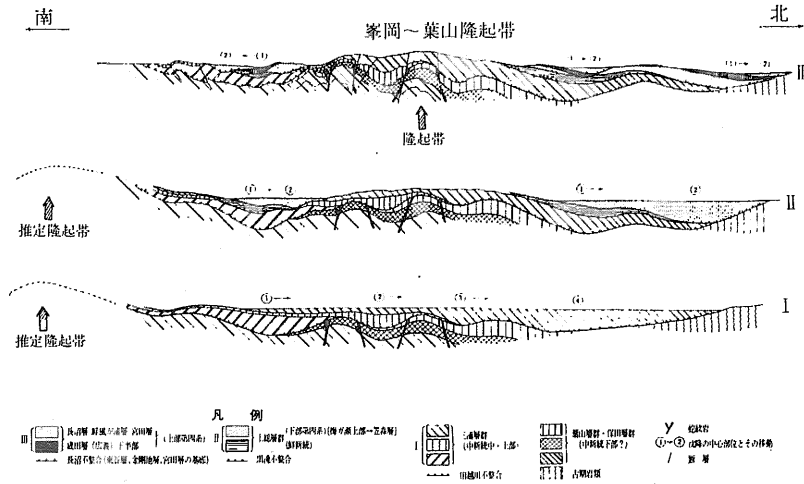
1. 青山奥(50,000分の1): 島田忠夫・三梨昂・矢崎清貫 昭36(1961)
2. 横浜(15,000分の1): 伊田一善・三梨昂・影山邦夫 昭36(1961)
3. 横須賀(20,000分の1): 矢崎清貫・三梨昂 昭37(1962)
4. 富津一大多喜(50,000分の1): 三梨昂・矢崎清貫・影山邦夫・島田忠夫・小野暎・安国昇・牧野登喜男・品田芳二郎・藤原清丸・鎌田清吉 昭37(1962)
5. 五城目南部(15,000分の1 50,000分の1): 三梨昂・影山邦夫・品田芳二郎・牧野登喜男・安国昇・本島公司・大沢穰・高橋嗣 昭38(1963)
6. 三浦半島(25,000分の1): 三梨昂・矢崎清貫 昭43(1968)
7. 魚沼(50,000分の1): 宮下美智夫・鈴木尉元・島田忠夫・三梨昂・影山邦夫・樋口茂生 昭45(1970)
8. 本宿(25,000分の1): 三梨昂・井島信五郎・鈴木尉元・藤田至則他 13名 昭44(1969)
9. 七谷(25,000分の1): 三梨昂・宮下美智夫 昭45(1970)
10. 茂原(15,000分の1): 石和田靖章・三梨昂・品田芳二郎・牧野登喜男 昭45(1970)
11. 佐渡(50,000分の1): 島津光夫他 昭47(1972)

出版されていることから そのことはわかるであろう。なお この時代に次のような調査も飛び入りの行なわれた。

昭和34年には 天然ガス(主としてLPGやLMG) 地下貯蔵可能性の有無の問題が起こり 民間受託の形で神奈川県横浜市北部の星川ドームを伊田一善が調査を行なった。これは 地表において凝灰岩鍵層を用いての詳細な層序の確立と地質構造の解明を行ない 多数のボーリングを用いての同様な調査を地下に対して行なった。また ボーリングのコアを用いての各種の試験が行なわれたが 結果は地下貯蔵には不向き ということになった。

その後 昭和37年には 埼玉県東松山市北方の褶曲構造について 同様の調査が石油課の多数の参加で 民間受託の形で行なわれた。ここには 大きな背斜構造が幾条か走っている。それらの構造が地下貯蔵に適するかどうか調査の主目的であったわけである。地下貯蔵の可能性については否定的なものであった。調査は層序・地質構造・重鉱物・割れ目・有孔虫等 各種の調査が行なわれたが 前の時代の総合化とは程遠いばらばらな結果に終わった。

この後 地質調査所における地下貯蔵の調査は行なわれなくなった。ただし 民間では各地でその候補地の調査が しばらく行なわれたようである。この時代に 三梨昂・矢崎清貫(1958)は 茂原での野外調査を発展させ 「火砕鍵層による房総・三浦両半島の新生成代層の対比」に成功した。その結果 三浦半島下の新第三紀層の堆積形態が 「(1) 背斜部に向かい収斂し 向斜部に向かい発散状になる傾向が 各項を通じて見られ



南関東の構造発達概念図

また同層準の地層で 向斜部から背斜部へかけて 含砂率が小さくなることから 岩相および堆積量が構造を作るような運動に支配されているものと推定される。(2)この地域では 大部分がほぼ南から北に向かい ある堆積期間単位で 下位から上位に最大層厚部が移動している」ことを明らかにした。さらに三梨(1959)は 堆積運動が段階的に一定方向に移動すること その移動した初期の段階に深層地すべり型の層間異常の発達することを指摘した。このように種々の堆積現象を 堆積運動の中に位置づけることをおし進めていった。三梨(1968)は これらの結果をさらに一般化して 南関東の構造発達の過程の概念図を提出した。この三梨の模式図は 層序学的方法によって明らかにされた堆積運動に将棋倒し構造の理論を適用したもので 小池清(1957)によって提出された構造発達史に対するアンチテーゼといった性格のものであった。なお これら両説は 海洋地質の資料に基づいてその当否が決定されるであろう。

彼らの行なった調査法や地質構造発達過程の解析法はその後新潟堆積盆地に適用され 褶曲の機構を解析する方法として さらに発達させられることになる。

なおこの時期に星野一男は 常磐炭田や新潟堆積盆地の一部で 割れ目の調査を行なった。また 昭和41年には 高圧三軸試験機が設置され 油田地帯を始め日本各地の岩石の物性が測定され始めた。その結果は 昭和47年に出版された。

4. 第三系堆積盆地の形成機構の研究時代

昭和40年度に構造性天然ガスの特別研究は一応終了した。そして昭和41年に 新たに石油開発公団が発足すると同時に 従来の層序試験や構造試験の主管は 同公団に移った。

この年に 構造性天然ガス時代の層序や構造研究をさらに発展させるべく 特別研究「第三系の堆積盆地の形成機構の研究」が 5カ年計画として発足した。この研究は 石油・天然ガス探鉱の当時の主舞台の1つであった新潟堆積盆地をおもな対象として 層序学的手法を柱として構造地質学的研究を行なおうとするものであった。このような課題をとりあげた理由は 当時石油や天然ガス探

鉱が次第に平野部や地下深部に向かっているが そのような場の層序や構造を適確に予測するに至っていない。この問題の解決は 構造地質学的研究の発展によって可能である と考えたからである。すなわち構造の成因的研究を通じてなしとげられる と考えたわけである。

ところで ここでいう構造地質学的研究は 層序 古地理 堆積学などの総合の上に組み立てられるものでなければならない。そのようなものでなければ 石油や天然ガスの探鉱といった実践的な要求に応えることができない と考えたからであった。

5カ年間の成果は 近いうちにまとまった報告の形で 公刊されるが それらのうちのおもな成果を列記すると次のようになるであろう。

- ① 従来とかく問題の多かった地層の層序の問題を 一桁精度を上げて調査することによって解決した。たとえば 新潟第三系堆積盆地の最終段階の魚沼層は 3,000m 以上にも及ぶ厚層であるにもかかわらず 広域にわたる地層の分帯対比に従来成功しなかった。この問題を 同様な方法で解決した。また構造系列の異なる地層の対比は 岩相変化が著しいために特に対比が困難であるが それを正確に行なった
- ② 第三系堆積盆地の発生段階のグリーン・タフと それの上位の堆積岩層との関係が明らかにされた
- ③ 各段階の地層の最大層厚部の移動の様式を明らかにした
- ④ 堆積盆地全体の構造発達の過程を明らかにした
- ⑤ 構造発達の過程と褶曲の形成機構との間に密接な関係のあることを指摘し 褶曲形成機構モデルを提出した(鈴木ほか 1971)
- ⑥ 小断層を解析して褶曲の各部位の応力を復元し 褶曲形成

機構を論ずる基礎資料を提供した

このような事実が 石油・天然ガス鉱床とどのような関係があるものであろうか。 まず最大層厚部が時代とともに西へ移動することから もっとも重要な石油母層と考えられる七谷 寺泊層の最大層厚部は 各構造単元の東部に位置していることになる。 新潟堆積盆地は 弥彦から中央油帯を通る線付近を境に 二つの構造単元に区分できる。 したがって この堆積盆地の最大級の油田である東部の新津 東山油田と西部の西山油田は この母層の発達する位置に近接して形成されることがわかる。 さらに 地層の層厚にもとづく方法によって 堆積盆地の昇降運動が明らかになる。 そして 重力に支配される石油の移動様式と 鉱床形成過程が油層工学の手法を用いて 明らかにする基礎が作られた といえるであろう。

このような層序学的手法によって構造運動の過程を復元し その機構を明らかにする方法は 南関東において開発された精密な層序学的方法にもとづき それをさらに発展させたものである。

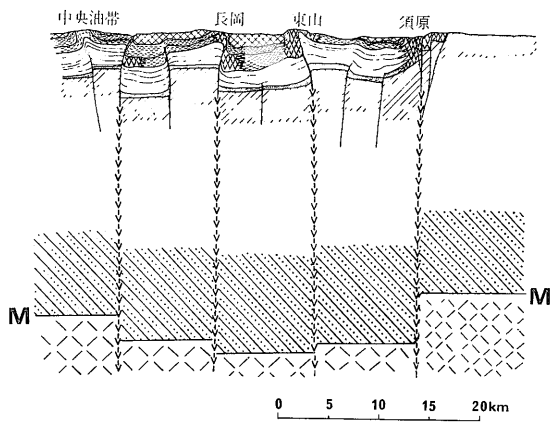
これらの研究結果によって 日本海沿岸油田地帯の深部構造と層序を予測する 基本的な問題の解決へ一歩近づきえた と考えられる。 なお この間 いわゆる上にあげた場の問題の他に 石油や天然ガスの化学的な面からのアプローチも心掛け 物の問題にも取り組み始めた。

昭和35年から沖縄返還問題もからんで 沖縄本島を中心とする天然ガス調査が行なわれた。 この調査は 昭和44年まで 第1次から第6次までの調査団が編成され 沖縄に派遣された。 そして 地質 化石 地化学 物探など総合的な調査が行なわれたが それらは従来の水溶性ガスの調査方式を沖縄に適用したもの といった性格のものであった。 なお 試掘井が成功したが 実用化は今後の問題として残されている。

ここで 戦前からの歩みを改めて振り返り 大きくどんな発展をしてきたかを みてみよう。

戦前の石油・天然ガス事業は 帝国油田図の出版がそのおもなものであった。 それらをもとに 層序 古地理 構造の問題が論じられた。 それらは 実際の探鉱からの要請でもあったようである。

第2次大戦後になると 水溶性天然ガスがその中心課題となり それにともなって地球化学探鉱法が取り入れられた。 水溶性天然ガスの探鉱法は 1950年代の後半には完成されたとみて良いであろう。 この時代におい



- 1. 魚沼層 2. 灰爪・西山層 3. 推谷層 4. 寺泊・七谷層
- 5. 大谷川層 6. 火山岩および火山砕屑石 7. 先新第三系
- 8. 下部地殻 9. 上部マントル(左は相対的に速度の早い部分 右は遅い部分) Mは Moho 不連続面

新潟堆積盆地の深部断面

ては 層序や構造の問題は 水溶性天然ガス鉱床自体の単純さから 陰の存在であったように思われる。

次いで 構造性天然ガスや石油鉱床が課題とされるに及んで 層序や構造の問題が再び前面に出て来たように思われる。 なお これは 単純な戦前への復帰ではない。 たとえば 層序の問題にしても 従来の精度では 解決不可能な問題が残され 一桁高い精度での調査が要求されている。

構造の問題についていえば より深部 すなわち地殻や上部マントルの構造までが その課題とされねばならなくなってきている。 そして構造運動の主要な原因と考えられている上部マントルでの諸過程の研究までを取り上げねばならなくなってきている といえるであろう。 そして問題解決に地球物理学の導入が不可欠の要素になってきている。

5. 今後の課題と発展方向について

場の問題 その1 近年探鉱の手は 次第に従来のいわゆる油田地帯から離れて 日本近海の大陸棚地域 東南アジアの弧状列島や各大陸にまで及んできている。 このような日本の石油業界の動きに対して われわれ地質調査所の石油課は どのような目標のもとに調査・研究をすべきかについて 考えてみることにしよう。

日本の国内についてみると 従来ほとんど手を付けられていなかった日本海沿岸の大陸棚のみならず 太平洋の沿岸地域にまで探鉱が行なわれてきている。 このような海洋地域の探鉱は ほとんど地球物理学的手法によって行なわれる。 しかし それらの結果をもとに 石

油や天然ガス鉱床の可能性を論じたり 実際に探鉱を行なうには それらを地質学的に解釈しなければならない。それは 石油や天然ガスの母層の発達状況 貯溜岩層の発達の具体的な状況を明らかにすることが 石油や天然ガス探鉱においてまずなすべきことだからである。具体的には これは層序の問題であり対比の問題である。これには 従来陸上で明らかにされている地質学的情報が十分に生かされねばならない。逆に陸上の地質学的知識なしには そのようなもっとも基本的な問題解決も非常に困難であろう。従来の油田地帯に隣接した日本海沿岸地域については 油田地帯における地質学的情報を 直接適用できるであろう。

太平洋沿岸の 従来ほとんど石油地質学的には問題にされなかった地域にも 近年探鉱が行なわれるようになってきている。この地域の調査の手法や結果の解析方法も 上の地域と同様である。ただし この地域やその隣接地域には 従来石油を産出していない。したがって 地質学的には 各層準の地層の層厚・層相分布を明らかにし 産油地域との比較研究によって 石油鉱床の形成条件を明らかにする必要があるであろう。

このように 日本列島やその周辺の各地に探鉱が行なわれるようになるに及んで 石油地質学的見地からも 島弧の全体像を明らかにする必要にせまられていると 考えられる。同時に このような総括は 後ののべる最近の外国での探鉱に 生かされるであろう。特に日本列島と同様の変動を新第三紀にこうむった東南アジアの島弧では その基礎として 生かされるであろう。

場の問題 その2 深部構造の研究は これからの石油・天然ガス鉱床探査における もっと重要な課題

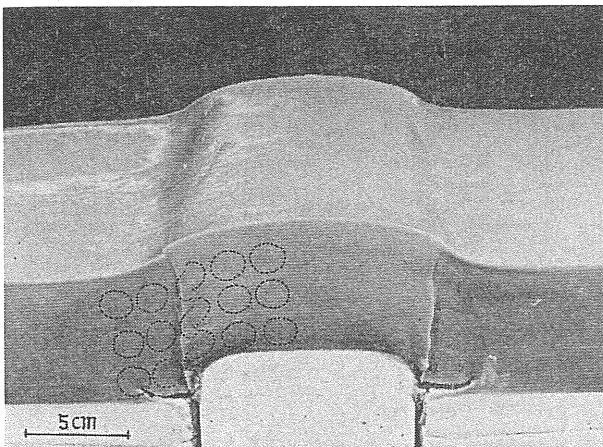
の1つとなるであろう。それは 鉱床探査がより深部へ移行しているからである。従来描かれてきたこの深部構造は BUBNOFF (1954) の言葉をかりるならば 自然の描写というよりも概念の描写であった。これを 自然の描写に変えなければ 具体的な探鉱はできないし やっても失敗するにちがいない。この浅部から深部への移行は 単なる従来の方式の量的拡大だけでは行なえない面をもっている。手法としては いわゆる地震探鉱や重力探鉱などの 地球物理学的手法が前面に出てくる。

しかしそれらも 地表における地質学的手法による結果を基本にしなければならない。そして 地質学的に設定された構造単元の深部を それらの手法で具体的に明らかにしなければならない。言葉をかえていえば 従来のような造山帯の一般的な構造 といったオーダーの問題ではなく 個々の褶曲の単元といったオーダーで 深部を明らかにしなければ 具体的な探鉱には役立たないであろう ということである。

なお 地質構造は 主として上部マントルの変化過程によって支配されると考えられている。したがって そこでの変化過程をどのように考えるかによって 想定される地殻の構造は異なってくる。そこでの過程を明らかにするためには まずそれを構成する物が何であるか どのような構造をもっているか という問題を解決しなければならない と考える。このような課題は 地質学と地球物理学との境界領域の問題であって 地質学者が地球物理学的手法を学び 明らかにするのが近道である と考えられる。かつて 水溶性ガス探鉱の時代に地質学者が地球化学的手法をマスターし 自から試験管をふるったように。

このより深部の構造を究明する あるいは構造運動の機構を明らかにする という研究方向は 世界の一般的なすう勢であって 決してわれわれだけのものではない。プレートテクトニクス仮説は そのような試みの1つであって 世界的に風靡し それによって固体地球科学的諸現象を統一的に説明しようという試みが 各国で行なわれているのは周知のことであろう。このような傾向に石油地質学も無縁ではなく 1975年に日本で開催される世界石油会議においても プレートテクトニクスは 重要な議題の1つになろうとしていることは このことを示している。筆者らは この仮説に否定的な見解をもっていることは 何度かすでに表明してきた。

なお このような深部過程や深部の構造をもとに 具体的な地質構造の発達過程を推定するに際しては 思考の補助手段としてのモデル実験(数値実験を含む)を積



粘土を使った箱型褶曲のモデル実験 歪た円から地層流動や断層による破断の過程を解析する

極的に取り入れる必要があるであろう。そして研究者自身のイメージを豊富にする必要がある。

場の問題 その3 1950年後半からわが国の石油地質家の活躍の舞台は日本に限らず海外に伸び始めた。このような傾向は従来ともすると狭い地域の地質に視野が限定されがちな石油地質家の目を広く世界に向けさせると同時に世界の地質の中での日本列島といった立場で考える傾向をうながす点において喜ばしいことである。しかしながら彼らの学問的な基礎はいうまでもなく日本の石油地質学である。それは戦前のオランダのインドネシアでの地質の基礎がヨーロッパアルプスの地質であったと同様である。このことは外国の例をひくまでもなく第2次大戦中のわが国の経験に照らしても明らかであると思われる。したがって海外での石油開発の実をあげるためにはその探鉱の基本であるわが国の石油地質学の水準を上げなければならない。またこのことが世界の学界や産業界に寄与する道でもあると考える。このことは具体的に日本の油田地帯の実態を明らかにすることを通して行なう以外にはない。新第三紀にわが国に起こったグリーンタフ変動は造山運動の性格をもつものでありその研究のレベルは非常に高いものである。同時に中・深発地震が頻繁に起こることからわが国は深部の構造や物性を明らかにするのに恵まれた条件をもっているといえるであろう。したがって世界各地の探鉱の基礎となるような研究が行なえるに十分な条件をもっていると考えられる。地質調査所の石油課はこのような仕事を守り育てていく義務と責任があると考えるのである。かつて巨知部忠承がある人に次のように語ったという。「留学も結構大陸の調査も結構だが肝心なのは日本の地質を明らかにすることだ」と(今井 1966)。このことは現在特に留意すべきことと考える。

物の問題 上にのべてきた問題は主として鉱床形成の場の問題である。鉱床形成においてもう1つ重要な柱として物の問題がある。この分野は岩石鉱物水や気体などの岩石学的鉱物学的化学的研究によって行なわれる。しかしそのような分析結果は層序学的方法によって明らかにされた層位古地理の中に位置づけられて初めてその意味が明らかになるであろう。その意味で基本はあくまでも層序である。

さきののべたように水溶性天然ガス調査の時代においては地質学者自身がそれを行なった。しかし学問は必然的に分化していく。地質調査所においても地球化学課として独立したのはその具体的なあらわれ

である。この物の問題とさきののべた場の問題の健全な発達とその総合が石油や天然ガス鉱床地質学には必要である。現在の段階ではこれは全国的規模での研究計画研究の分業とその総合化によって行なうのが良いと考える。特に所内の地球化学課との協力は早急に行なわれねばならないであろう。そして石油課は地質学的方法を基本とする鉱床形成の場の問題を今後もその中心課題にする方が良いと考える。それは戦前からの蓄積があり技術的にも高いものをもっているからである。

結果の表示法

油田・ガス田図 第2次大戦後においては油田図ないしガス田図の作成は表看板としては掲げられなかった。しかしこの地質図作製という仕事はすべての基礎であって今後とも表看板としてそれを掲げるかどうかは別としても続けてゆくべきものと考えられる。

戦前の業績については今回はふれなかったが帝国油田図ないしはそれらを基にした層序・構造の業績はもつとも評価されているものである。戦後においては油田・ガス田地域の層序・構造の研究と地球化学的研究は2本の柱であった。後者は地球化学課として独立し独自の発展をしていることは周知の事であろう。したがって戦前におけるように層序・構造調査が残された。それらを集大成し社会的に利用されるものとしての油田・ガス田図は現在においても決してその意義を失っていない。もっともこの地質図は学問の発展段階を微妙に反映するものであると同時に社会的な要請にもこたえるものでなければならない。その意味で不断の研究が要請されるわけである。戦後に発行された油田・ガス田図はそのような私たちのつたない努力の結晶である。それらを仔細に検討していただければ意のあるところをくみとっていただけるであろうと思う。

要約 産油・産ガス地帯や個々の油田やガス田の地向斜ないし島弧の中での位置づけをすることさらに従来よりも深部の問題すなわち地殻や上部マントルをも含めた実体を明らかにすることが今後の問題となるであろう。

このような視野から問題を設定し地表の具体的な地域の調査がなされることが望ましいと考える。

なお石油地質学の2本柱の1つである物の問題は地球化学や有機地球化学を専門とする他の所で行なわれることが望ましくそれらの分野の研究者と協同して石油地質学が作られるであろう。