原 著 論 文

関東地方の地質と天然ガス鉱床の探鉱と開発への序章

福 田 理*・石 和 田 靖 章*

(昭和38年10月1日受理)

Geology of the Kwanto Area, with an Introduction to Exploration
and Developmet of Its Natural Gas Deposits

By

Osamu FUKUTA and Yasufumi ISHIWADA

Abstract: Judging from the complicated structures of the pre-Miocene rocks, they are treated as the basement rocks. The Yorii conglomerate, which has been generally considered to be an Aquitanian formation, must be correlated with the Cretaceous Atokura formation, and then, it is a member of the basement rocks.

The Miocene formations of this area are time-stratigraphically divided into four stages, that is, M_1 , M_2 , M_3 and M_4 from lower to upper. The M_{1a} stage is subdivided into two substages, M_{1a} (lower) and M_{1b} (upper). The rocks of M_{1a} substage are characterized by molluscan and foraminiferal faunas, which contain proper Miocene and survived Oligocene elements, and Aniai flora. On the other hand, the rocks of M_{1b} substage are characterized by the first occurrence of the *Lepidocyclina-Miogypsina* fauna and Daijima flora, and the Oligocene elements of Mollusca and Foraminifera are rare in these rocks. The rocks of M_2 stage are characterized by the Kadonosawa and Shirikonai molluscan faunas of proper Miocene type, and some of these contain *Lepidocyclina*, *Miogypsina*, *Desmostylus* and *Cornwallius*. The rocks of M_3 stage are also characterized by the Kadonosawa molluscan fauna, but *Lepidocyclina* has not been found in these rocks. The lowermost horizon of this stage is marked by the *Miogypsina-Operculina* fauna and pyroclastic rocks. The rocks of M_4 stage are characterized by the Higashi-Tanagura and Zushi molluscan faunas. These faunas contain both Miocene and Pliocene elements. *Globigerina nepenthes* has been found in some rocks of this stage.

Judging from Kasukabe GS-1, a stratigraphic well, the Kazusa group in the middle part of the Kwanto plain area contains two sedimentary cycles corresponding to lower and middle parts of this group in the type area. In the northern part of the Kwanto plain area, the Kazusa group contains only one cycle, that is, the upper cycle in Kasukabe GS-1. In this well, the Pleistocene formation between Kazusa group and Alluvium is very thick, but this formation is considered to represent only one inter-glacial age, that is, Mindel-Riss.

In the Kwanto area, six diastrophic phases since middle Tertiary have been recognized by the writers. Of these phases, the Kadono, Fuji-Yoshida, Higashi-Matsuyama and Kurotaki phases correspond

* 工業技術院地質調査所燃料部

respectively to Savian, old Styrian, new Styrian and Rhodanic phases in Europe. The ages of remaining two phases, that is, Minami-Tama and Kasukabe, are middle Pliocene and Mindel-Riss inter-glacial age respectively. The distribution of sea and land in this area had been largely changed by the crustal deformation of the Higashi-Matsuyama phase.

In the Kwanto area, all developed gas reservoirs except those of Mobara type belong to normal dissolved-in-water type. Permeability of reservoirs is generally lower than that in the Niigata gas-field, and then, the wells of large diameter are not always favourable for the southern Kwanto gas-producing region.

In the Mobara type gas deposits, gas-water ratio rapidly increases with the progress of development. Development methods suitable to natural condition are especially important in case of Mobara type gas deposits. It is also very important to clarify the extension of reservoirs of this type. On the other hand, detailed gravimetric survey and facies studies are effective for exploration of the normal dissolved-in-water type gas deposits. As to Miocene formations, we cannot expect too much of free gas pools in the region except the area of thick lower and middle Miocene deposits.

1. ま え が き

石油技術協会の第28回総会に当り、著者らは、“関東地方における天然ガス鉱床の探鉱と開発シンポジウム”において、その総論的な講演をするように依頼された。講演にさいしては、時間的な制約から、他の講演との重複をできるだけ避けるように考慮したため、予定していた内容のすべてに論及することができなかつた。しかし、本稿においては、予定していた内容どおりに筆を進め、本号の関連諸論文の総論としての役割りを果たしたいと思う。なお、著者らの講演の大きな柱の1つであつた春日部層序試錐については、別途に詳細な報告書の出版が予定されているので、それに関する特別な項目を設定しないで、その成果を各項目の説明の中に織り込んで行くことにする。

本文に入るまえに、本稿の執筆に当つて、地質関係については福田が、また、探鉱・開発関係については石和田・福田が、それぞれ担当したことを付記し、文責の所在を明らかにしておく。

2. 地 質

2.1. 基盤岩類

銚子市付近の白堊系に可燃性天然ガスが含まれていることは、すでに昭和26年に確認されており、さらに、最近行なわれたこの白堊系に対する地球化学的研究によつて、その中に重炭化水素を含む可燃性天然ガスおよび微量の原油が含まれていることが明らかにされている(本島ほか2名, 1961)。このほか、関東地方およびその隣接地域には、数地に白堊系の分布が知られており、それらの中には、いわゆる山中地溝帯の中生界の最上部層である河原沢層のように、銚子市付近の白堊系と同様

に、宮古統に属するとされている(松本, 1953)ものもある。しかし、白堊系あるいは古第三系とされている小仏・峯岡の両層群とともに、これら諸層の中に、天然ガス鉱床の賦存を考えることは困難である。また、銚子市付近の白堊系に相当するものが、関東平原下に伏在しているとしても、その深度は非常に大きく、当面の探鉱の対象として、これを取り上げることは、当を得た措置とはいえないであろう。以上に述べたような事情および他の講演との関係から、本稿では重点を中新統におき、白堊系(あるいは古第三系とされているものを含む)およびそれ以下の諸層を基盤岩類として一括し、これについては、最近明らかにされた重要な事実にのみ論及しておくことにする。

関東地方の基盤岩類については、すでに、石井基裕(1962)によつて、平原下のものを中心として、その表面の形状、地表に露出しているものとの関係、およびその構造の概要が明らかにされている。また、最近行なわれた重力探鉱精査(松沢ほか2名, 196a, b)、その他によつて、石井が触れていない平原下の基盤構造の詳細が知られるに至り、さらに、基盤の表面の起伏についても、かなりくわしくわかつて来たが、これらについては、いろいろな事情から、まだ具体的に報告書の内容を引用して論ずる時期に至っていない。しかし、基盤が地塁状をなしていると推定されている東松山—春日部高重力帯の存在については、春日部層序試錐の坑井地質の解釈の上にも重要な関係があるので、ここに紹介しておく。

関東地方のように、平原によつて占められている部分が多いところにおいて、基盤の問題を扱うさいに、とくに重要な資料となるものは、いうまでもなく、試錐によつて確認された基盤である。関東平野に掘さくされた試錐の中で基盤に達したものは、石井(1962)がその論文を

第1図 主要坑井対比図

とりまとめた当時においては、彼の第4表に示された9坑とされていたが*、最近これにコアによって確認された重要な2坑で加わった**。すなわち、地質調査所の春日部GS-1号井およびドリリング工業(株)の船橋市夏見FR-18号井がこれである。

春日部GS-1号井においては、深度3,070m付近と推定される断層を隔てて、予報(福田, 1962d)においてG層と呼ばれた地層に入り(第1図)、それが掘り止め深度3,103mまで続いている。インダクション電気検層の記録によれば、本層は $40 \Omega \text{ m}^2/\text{m}$ という非常に高い比抵抗値をもっており、上位のF層の泥質岩部のそれが $2\sim 4 \Omega \text{ m}^2/\text{m}$ であるのにくらべて、著しい対照をなしている。本層は主として圧砕された黒色の粘板岩によって構成されているが、石灰岩を挟有し、また多くの断層によって切られているものと推定される。本層にもつともよく似た岩層は、群馬県下仁田地方の南蛇井層の中に見出される。

また、夏見FR-18号井においては、第1図に示すように、深度1,777~2,071mの間の上部中新統の下に、主として絹雲母緑泥片岩および石英石墨片岩からなる地層が、不整合に横たわっていることが確認されている。この基盤面の深度は、予想されたものよりはるかに浅く、また、樋口雄・菊池良樹の関連講演において指摘されているように、1,877m以浅の上総層群中の有孔虫群集も、成田・佐倉・四街道・千葉・八幡以東のものとは、かなり異つた様相を呈している。後者は房総半島東岸のガス田地域で確立された標準微化石層序を示す地域であるが、この地域と異なつた微化石層序が八千代・習志野

* ただし、これら9坑のうち、旭R-2号井は基盤に達していないと判断される

** これらのほか、基盤に到達したと判断されるものに、成東R-8号井(到達深度1,981m)、同R-14号井(同1,864m)および佐倉R-1号井(同1,580m)の3坑がある

以西の上総層群に見られることはすでに知られており(石和田ほか2名, 1962)、夏見もこれに含めて考えることができる。このような微化石層序の相違ができた原因については、いろいろ考えられるが、もつとも可能性の大きいものは、地層の堆積が基盤面の起伏を反映しつつ行なわれたことではなからうか。これら両地域を分つ基盤面の高まりの存在は、石井(1962)の第1図(等重力線図)からも読みとることができる。

関東地方の基盤岩類について、最近明らかにされたもつとも重要なことは、じうらい秩父盆地の赤平層に対比されていた寄居礫岩層(渡部ほか3名, 1950)は、むしろ跡倉層に対比さ

れるものであることがほぼ明らかにされたことである(福田, 1963)。命名者等によれば、本層は寄居町東方の荒川の両岸にも分布しており、ここでは小園層によって不整合に被われているとされているが、昭和37年秋、著者が小島圭二の協力を得て、この付近の精査を行つた結果、この寄居礫岩層には、小園層の中に西北西―東南東に走る地塁をなしているもの、および、著しい傾斜不整合をもつて後者に被われているものがあることが判明した。この事実は小園付近の荒川右岸の連続露頭で明瞭に観察されるが、地塁をつくつた断層は大きなものではなく、不整合面に近いところにてきたものと考えられる。これらの寄居礫岩層は著しく擾乱された礫岩・砂岩・粘板岩等からなり、本層の上に整合に重なるものとされている立ヶ瀬層(渡部ほか3名, 1950)とはまったく岩質を異にし、むしろ同様な岩質の岩層はいわゆる跡倉層の中に見出される。

このような問題が生じたので、本層の模式地である寄居町木持の谷の精査を行つたところ、ここにおいても同様な岩層が多数の断層を伴つて分布していることが判明した。じうらい、模式地における本層は、西北西―東南東の軸を有するゆるい向斜構造をなすものとされていたが、ここでは、多数の断層に切られながらも、背斜・向斜の繰り返し認められ、また部分的には覆瓦構造も見られる。走向には変動が多い。傾斜は概してゆるく、 20° 以下のところが多いが、部分的には、ときに数 10° をこえる急傾斜も見られる。

この木持の谷の精査によつて発見されたもつとも重要な事実は、以上に述べたような寄居礫岩層が、逆転した岩層の上に不整合に重なっていることである。この不整合は、木持部落からS字状に曲りながら西に向う道路が、谷を渡る橋の南西約180mの谷の左岸に見られ、ここでは、露頭面に断層が多くてわかりにくい、注意

して見ると、級化組織によつて明らかに逆転していると判断される見掛け上緩傾斜の岩層の上に、寄居礫岩層が不整合に重なっている。この逆転した岩層は細粒ないし中粒の砂岩と黒色頁岩の互層からなり、後者には保存不良の植物化石が見られる。この岩層はじうらい寄居礫岩層の中に包含せしめられていたものであるが、明らかに後者から分離しなければならないものである。渡部ほか3名(1950)によれば、同様な岩層は金照山の真北の小谷底にも見られる。すなわち、ここには黒色頁岩・珪質岩・砂岩等からなる層理の明瞭な岩層があり、地層面はほとんど直立しているが、ときに南に50°内外傾斜している。そして、この南傾斜の部分は逆転しているものと思われる。この岩層と寄居礫岩層の本体との直接的な関係は不明であるが、両者が木持の谷で見られるものと同様な関係にあることは確実であろう。これら両地点以外におけるこのような逆転層の分布は、現在のところ不明であるが、その重要性を考慮して、先に述べた木持の谷の露頭を模式地とし、これを木持層と命名する。また、木持層を除いた寄居礫岩層は、砂岩からなる部分も少なく、ときに粘板岩あるいは頁岩を挟有しているので、今後これを寄居層と呼ぶことにする。

以上に述べた木持層に関連して、もう1つの重要なことが、渡部ほか3名(1950)によつて明らかにされている。すなわち、彼等によればこゝに木持層としたものと、金照山をつくる特異な石英閃緑岩体*の主部とが直接接する露頭は見られないが、接触部に接近して、砂泥岩層に厚さ5~10 cmの石英閃緑岩が岩床として何層も進入しており、したがって、金照山石英閃緑岩は木持層に貫入しているものと考えられる。

以上に述べたことから導かれる寄居層と木持層およびこれに貫入した金照山石英閃緑岩の3者の関係は、群馬県下仁田町地方における跡倉層と未命名のホルンフェルスおよびこれに貫入した川井山石英閃緑岩の3者の関係(新井ほか13名, 1963)によく似ている。しかも、金照山・川井の両石英閃緑岩の岩質はよく似ており、ともに圧砕構造が見られ、また、白雲母を含むペグマタイト(渡部ほか3名, 1950)あるいは優白色の花崗岩(新井ほか13名, 1963)の岩脈を伴うことが注意をひく。一方、寄居層は大小無数の断層によつてずたずたに切られており、また、比較的堆積当時の特徴が残っている部分と、著しい圧砕作用を受けて、その特徴をつかみ難い部分とが、複雑に組合さっているため、本層の岩石学的ならびに構造地質学的性質については、それぞれ専門の学者の協力を得て、研究を進める必要がある。しかし、総合的に見て、本層の性質が跡倉層のそれによく似ており、ま

た、後者以外はこのような性質を有する岩層は見当らない。そこで、多少の疑問は残るが、寄居層は跡倉層に対比されるものと考えられる。

寄居・木持の両層および金照山石英閃緑岩の3者の構造地質学的位置については、今後の研究によつて解明されなければならない問題が多数残されているが、下仁田町付近において、跡倉・未命名のホルンフェルスの両層および川井山石英閃緑岩の3者が一体となつて、衝上体をなしていることから類推すれば、寄居町付近の問題の3者も、元来一体となつて衝上体をなしていたものであるが、その後の地変によつて、現在の分布をとるに至つたものと考えられる。

2.2. 中新統(先上総新第三系)

第1表ないし第5表は、関東地方の地表に露出している主要な中新統相互の関係を、対比表の形で示したものである*。対比に当つては、隣接地域のものから順次対比して行く方法を取り、いわゆる特徴的な化石や岩層だけにとらわれることなく、岩相層序および化石層序の重なり方を重視し(福田, 1955)、さらに、古地理学上の矛盾がないように、充分な考慮を払いながら仕事を進めた。また、各対比表の左端に付した $M_1 \sim M_4$ の枠は、このようなものをあらかじめ想定し、それによつて対比を行つたものではなく、上に述べたようにして対比表を完成した上で、階(stage)の単元(unit)における時間-層序区分(time-stratigraphic division)として、想定されたものである(Amer. Com. Strat. Nom., 1961)**。

2.2.1. M_1 階

本階は属する主要な地層は次のとおりである：保田層群 葉山層群 高麗山層群 丹沢層群下半部 小沼層 赤平層群 小川町層群 小園層 神農原・下仁田・井戸沢の3層 水上層群下半部 船生層群下部 中川層群下半部 浅川層群下半部 湯長谷層群下半部

本階についてとくに重要なことは、化石を多産するものについては、下位の M_{1a} 亜階と上位の M_{1b} 亜階に分けられることである。

M_{1a} 亜階に属する代表的なものは、保田層群・赤平層・五反田層・小園層下部・下仁田層・神農原層・五安層・滝夾炭層等である。貝化石について見ると、本亜階は、浅貝動物群の残存者と見られるものと、門ノ沢動物群(大塚, 1934; 1939)の先駆者と見られるものとの混合

* これらの表を1連のものとする、あまり長くなるので、便宜上、関係の深い数地域のものごとにとりまとめて、別個の表としたが、この区分は地質学的に深い意味を有するものではない

** これらについては、いずれ地名を冠した公式のものにしなければならないが、今回の対比表に付したものを最終的なものとするのは、時期尚早と考えられるので、ここでは M_1 階等という仮の名称を使用しておくことにする

* 以下金照山石英閃緑岩とする

群集によって特徴づけられている。本亜階に属する貝化石のもつとも豊富な地層は、秩父盆地の赤平層であるが、その貝化石の内容については、渡部ほか2名(1950)・菅野(1958)・菅野(1960)等の文献を参照されたい。なお、秩父盆地の第三系の岩相層序区分については、第3表に示した渡部ほか2名(1950)のものに代る新しい区分が、新井・菅野(1960)によって提唱されているが、後者は前者の吉田・桜井の両層から *Lepidocyclina* が発見されたことに影響されたところが大きく、これは、岩相層序区分のあり方 (Amer. Com. Strat. Nom., 1961) から見ても、再検討を要するので、ここでは広く知られている古い区分を採用した。また、赤平層の有孔虫化石については、氏家・飯島(1959)の研究があり、それによれば、本層の底棲有孔虫の多くは本邦の中新統に普通なものであるが、これに伊王島層・杵島層・達布層等の漸新統に特徴的なものを混じており、この点では、貝化石によって示されるものに近い傾向を示している。さらに、彼等は種の個々の range を検討して、底棲種・浮游性種ともに、赤平層が下部中新統 (Aquitanian を含む) に属することを示すと結論している。

長い間、赤平層は、神農原層や下仁田層とともに、浅貝・白坂の両層に対比されてきた (渡部ほか4名, 1956) が、最近の古生物学の進歩は、このような対比を許さなくなった (浅野, 1958; 高井, 1962 a, b)。また、最近まで、この時代の含化石層は、下仁田地方、秩父盆地および房総半島 (畑井・小池, 1957; 畑井, 1958) だけに分布するものとされていたが、じうらいこれより1時代若い地層と考えられていたものの化石の内容を再検討して見ると、第1表ない

第1表 関東地方の中新統 (その1 三浦・房総両半島)

三浦半島南部		三浦半島北部		房総半島北部	房総半島南部	熊子
赤平ほか (1956)		赤平ほか (1956)		畑井 (1958)	成瀬ほか (1951)	尾崎 (1958)
三浦研究グループ (1958)		三浦研究グループ (1958)				
M ₄	鶴巻	初声		鎌倉	宇野	千倉
M ₃	三崎	田舎		佐々木	天津	面山
M ₂		三崎町		関	中原	
M ₁	紫山	紫山		保田	保田	

第2表 関東地方の中新統 (その2 丹沢山塊およびその周縁地域)

桂川		丹沢	大磯	中津川
中村 (1942)		尾上 (1958)	小島 (1954)	神本 (1932)
福田・藤本 (1952)			石井 (1956)	
M ₄			北大磯	中津
M ₃	桂川	愛川	東照ヶ崎	大磯
M ₂	小磯	丹沢	大磯	小磯
M ₁	沼小磯	大磯	高麗山	

第3表 関東地方の中新統 (その3 関東山地東縁部)

五日市盆地		新安盆地	小川盆地	北金沢	熊子
藤本 (1932)		渡部ほか (1950)	渡部ほか (1950)	藤田 (1962)	藤田 (1962)
M ₄				新井川	清
M ₃				上野子	川
M ₂				北金	福田
M ₁	五日市	上野子	新井川	男	男

第4表 関東地方の中新統 (その4 群馬県下)

富田		碓氷	水上	大田・大田川
清野ほか (1950)		石和田 (1948)	新井・木崎 (1958)	河井・山田 (1960)
M ₄	高崎	碓氷	碓氷	碓氷
M ₃	富田	碓氷	碓氷	碓氷
M ₂	富田	碓氷	碓氷	碓氷
M ₁	富田	碓氷	碓氷	碓氷

第5表 関東地方の中新統 (その5 栃木・茨城両県下)

大磯		島山	大子・大子	太田	常盤
内藤 (1947)		河田 (1952)	尾本・大森 (1947)	鈴木・大森 (1952)	渡部ほか (1957)
M ₄	大磯	島山	大子	太田	常盤
M ₃	大磯	島山	大子	太田	常盤
M ₂	大磯	島山	大子	太田	常盤
M ₁	大磯	島山	大子	太田	常盤

し第5表に示したように、この時代の地層が、関東地方の全域にわたって、広く分布していることが知られる。この問題に関連して、最近明らかにされたとくに重要な事実は、小園層下部(じうらいの立ヶ瀬層)および小山市横倉において掘さくされた東京ガス(株)の結城2号井の最下部層が、赤平層のものと同様な特徴を有する有孔虫化石を有し、ともに M_{1a} 亜階に属することが確認されたことである。

汽水域あるいはそれに近い環境のところに堆積した M_{1a} 亜階に属する地層としては、五反田層・小園層下部・滝夾炭層の3層があるが、*Vicaryella* がこれら3層に見られる(渡部ほか3名, 1950; 畑井・増田, 1962; 須貝ほか6名, 1957; 鎌田, 1962)ことは注目に値する事実である。また、本亜階に属する諸層の中で、植物化石を多産するのは、滝夾炭層だけである。本層は阿仁合型植物群によつて特徴づけられている(棚井, 1953)が、これは、日本海岸の油田地方の新第三系との対比に、重要な論拠を与えるものである。

次に、 M_{1b} 亜階に属する代表的なものは、葉山層群上部・大山亜層群・小沼層・吉田層・桜井層・蟹沢層・飯田夾炭層・小園層中～上部・井戸沢層・船生層群下部・中川層群下部・金沢層・水野谷層等である。貝化石について見ると、本亜階に属する諸層においては、浅貝動物群の残存者と見られるものは、ほとんどその姿を消し、やがて門ノ沢動物群として発展する中新世型のものが大部分を占めている。本亜階に属する貝化石の豊富な代表的な地層は、熊谷～寄居地方の小園層中～上部および常磐炭田の水野谷層であるが、それぞれの貝化石の内容については、畑井・増田(1962)・半沢(1954)・鎌田(1962)等の文献を参照されたい。また、有孔虫化石について見ると、本亜階は *Lepidocyclina-Miogyopsina* 動物群(半沢, 1931; 1950)によつて特徴づけられている。さらに、植物化石について見ると、本亜階は台島型植物群(棚井, 1953)の最下位の層準に当り、これも、日本海岸の油田地方の新第三系との対比に、重要な論拠を与えるものである。

2.2.2. M_2 階

本階に属する主要な地層は次のとおりである：中原層 煤ヶ谷層群 河口層 五日市層群 秩父町層群 荒川層 滝層 福島層 塚原層 磯部層 水上層群上部 船生層群中～上部 中川層群上部 浅川層 大宮層群下部 亀ノ尾層 平層

本階に属する諸層は層相の変化に富み、その古生物学的特徴を綜括的に述べることは困難である。各種の化石を多産する秩父町層群について見ると、門ノ沢動物群・*Lepidocyclina-Miogyopsina* 動物群ならびに *Cornwallius*

(渡部, 1953)の共産が見られ、特殊なものを除いては、本階に属する海成層の化石の内容は、この秩父町層群のものを基本型として考えることができる。秩父町層群の貝化石の内容については、渡部ほか2名(1950)・菅野(1960)等の文献を参照されたい*。また、植物化石について見ると、 M_{1b} 亜階に引き続いて、本層も台島型植物群によつて特徴づけられている。

先に挙げた本階に属する諸層の中で、とくに説明を要するものは、熊谷～寄居地方の荒川沿岸に分布する滝層および荒川層である。滝層は花園村滝付近の荒川の両岸に露出している砂岩を主とする地層を模式として、藤本・渡部(1948)によつて設定されたものである。本層の上には、畠山凝灰岩層(じうらいの下部福田凝灰岩)が基底礫岩をもつて重なっているが、この礫岩の基底が常識的な不整合を意味するかどうかについては、今後さらに検討する必要がある。模式地付近においては、本層はほとんど連続的に露出しており、北東ないし東北東に40°前後傾斜しているが、連続露頭の西端に当る永田駅南方では、軽度の褶曲が見られる。地表に露出している部分の滝層は400 m 近い厚さを有するが、その下限は不明である。そこで、本層が単斜構造をなす部分の西端に近い地点(花園村滝地内)を選んで、深度500 mの層序試錐を行つたところ、厚さ約60 mの互層部分を経て、本層は下方に暗灰色ないし黒灰色のシルト質粘土岩に移化していることがわかつた。そして、このシルト質粘土岩には *Pullenia bulloides*, *Nonion nikobarense*, *Rotalia* sp., *Cibicides* sp., *Martinottiella* sp. および *Haplophragmoides* spp. 等の有孔虫化石が、僅かに含まれている。このシルト質粘土岩層が同一の岩相を有する模式地の荒川層に対比されるものかどうかをきめる直接的な手段はないが、畠山凝灰岩層より下位にあると考えられる地層の中には、このようなものは荒川層以外にないので、花園層序試錐の結果は、滝層の下に荒川層が整合に横たわっていることを示すものと考えたい。荒川層と福田層(じうらいの福田層から畠山凝灰岩層を除いたもの)を同一視する考え方もある(矢崎ほか5名, 1963)が、佐藤良昭・宮下美智夫(1961)が行なつた重鉱物分析の結果によると、畠山凝灰岩層が少量の紫蘇輝石およびジルコンを含むに過ぎないのに対して、小園層の最上部の砂質凝灰岩には多量の褐色角閃石が含まれていることから見ても、この考え方には同意し難い。

渡部ほか3名(1950)は滝層を七郷層の一部と考えて、その名を廃棄したが、七郷層には荒川・小園両層にまたがる異つた層準の地層が含まれているばかりでなく、比

* なお、最近鎮西(1963)は沿岸性の門ノ沢型動物群と同時代の沖合性のものを尻子内型動物群としたが、常磐炭田の亀の尾層の貝化石の内容はむしろこれに近い

企丘陵においては、畠山凝灰岩層の直下に滝層は認められないので、先に述べたように、熊谷～寄居地方の荒川沿岸に分布する新第三系の層序に対しては、滝層の復活が必要である。比企丘陵において、畠山凝灰岩層の直下に横たわるシルト質粘土岩および砂岩からなる地層をこの滝層の同時異相とし、こゝでは畠山凝灰岩層と下位層との関係が整合であるのに対して、荒川沿岸では前者と滝層との関係が不整合であるとする考え方もあるが、比企丘陵が荒川沿岸にくらべて著しい高重力地帯に属し、また、新第三系の分布地域内に、基盤の長瀬系や石英閃緑岩の大きな露出地があることから見て、この考え方にも同意し難い。しかし、比企丘陵における畠山凝灰岩層以下の新第三系の層序を、地表調査のみで確立することはまず不可能であり、問題点の解決策として、層序試験の実施が切望される。

春日部 GS-1 号井においては、荒川層に対比されると思われる地層が、2,542 m 以深に 500 m 以上にわたって見られる(第 1 図)。予報(福田, 1962d)において F 層と呼ばれたこの地層は、帝国石油(株)中央技術研究所に依頼して行つた X 線廻析の結果によれば、花園 GS-1 号井

第 6 表 春日部 GS-1 号井における荒川層相当層の泥岩の物理性

深 度 m	孔 隙 率 ϕ %	水飽和率 S_w %	比 重 ρ
2570.35~2570.55	31.6	94.4	2.29
2702.70~2703.10	25.6	99.2	2.31
2878.29~2878.38	24.5	99.5	2.44

(帝国石油株式会社中央技術研究所測定)

第 7 表 花園 GS-1 号井における荒川層相当層の泥岩の物理性(半乾コアによる)

深 度 m	原測定 比 重 ρ'	孔隙率 ϕ %	水飽和率 S_w %	計算比重 ρ
181.35~181.40	2.36	20.8	33.1	2.50
205.80~205.90	2.39	20.4	31.2	2.53
293.30~239.45	2.47	21.0	32.3	2.61
334.90~335.00	2.45	15.0	31.4	2.55
371.63~371.80	2.40	28.0	28.4	2.57
411.50~411.63	2.34	17.6	33.0	2.45
456.20~456.35	2.28	20.0	28.8	2.42
499.80~499.96	2.30	15.0	25.3	2.41

(帝国石油株式会社中央技術研究所測定, ρ 計算 石和田)

の荒川層と考えられる地層と、岩質上著しい類似性を有するばかりでなく、方沸石を示す顕著なピークが見られる部分を、両者ともに有することが注目される。第 6 表

および第 7 表に示すように、両者はその物理性においてもよく似ている。とくに、孔隙率 ϕ が F 層においては 24.5 % ないし 31.6 % であり、また、花園 GS-1 号井の荒川層と考えられる地層においては 15.0 % ないし 28.0 % であることは、銚子市付近の白堊系の容量含水率が 5.3 % ないし 8.5 % である(本島ほか 2 名, 1961) のと、著しい対照をなしている。また、音波検層の記録から計算した F 層の深度 5 m ほどの音波伝播速度は 3,500 m/秒前後の値を示しており、それが 4,000 m/秒をこえるところは、最下部付近を除けば、ほとんど見られない。このように、F 層は、その物理性から見ても、一部でいわれているように、白堊系とは考え難い。

荒川層に対比される地層は、東京ガス(株)結城 1 号井(結城市小田林)(第 1 図)および同 2 号井(小山市横倉)にも見られるが、とくに後者においてはガス徴があり、今後の探鉱に重要な示唆を与えるものとして注目される。

2.2.3. M_3 階

本階に属する主要な地層は次のとおりである：西岬層 天津層 三崎層 東照が崎層 愛川層群 西桂層群 比企層群 吉井層 聖明寺砂岩層 原市泥岩層 猿ヶ京層群 藪塚層 塩谷層群 荒川層群 大宮層群上部 太田層群 白土層群

M_2 階の場合と同様に、本階に属する諸層も層相の変化に富み、その古生物学的特徴を綜括的に述べることは困難である。しかし、きわめて大胆に述べれば、本階は *Lepidocyclina* を伴うことのない門の沢動物群によつて特徴づけられている。本階に属する諸層の中で、とくに多数の貝化石が知られているのは、白土・荒川の両層群であるが、その貝化石の内容については、鎌田(1962)・河田(1953)・平山(1953)等の文献を参照されたい。

本階について、層位学的にとくに重要なことは、本階の下部には、各地から *Miogypsina-Operculina* 動物群(半沢, 1935; 同, 1950; 大塚, 1939)が知られており、また、顕著な火山碎屑岩類が発達している場合が多く、さらに、本階の下底は一般に不整合をもつて下位の諸層と接していることである。本邦全域について見ると、*Lepidocyclina-Miogypsina* 動物群と *Miogypsina-Operculina* 動物群とは、重複した層位学的分布をもっているが、関東地方だけについて見れば、前者が下位に、また、後者が上位にあり、かつ、前者がかなり長い層位学的分布を示しているのに対して、後者の産出層準は M_3 階の下半部に限られている。

本階に属する地層がもつともよく発達しているのは、群馬県から埼玉県にわたる関東山地の北東縁部であるが、この地方の公表された層序については、かなりの問題が残されている。群馬県側のものについて見ると、礫

部地方の層序(石和田, 1948)は正確に把握されているが、一般に標準層序として使われている鐮川沿岸のもの(渡部ほか3名, 1950; 渡部, 1952; 同, 1954)は、精度において不充分であり、磯部地方のものと細部にわたって対比するに足る層序の確立が急務である。埼玉県側のものについては、群馬県側のものとの関係を考慮して、じうらいの福田層(渡部ほか3名, 1950)を下位の畠山凝灰岩層と上位の福田層(狭義)とに2分し、かつ、じうらい上位の土塩層および下位の七郷層をも含むものとして使用されていた比企層群(同上)を、畠山・福田の両層に限定して使用することを提案する。

春日部 GS-1 号井においては、予報(福田, 1962d)において E 層と呼ばれた本階に属する地層は、深度 1,675 m ないし 2,541 m のところにあり(第1図)、深度 2,051 m を境として、それより下位が畠山凝灰岩層に、また、それより上位が福田層にそれぞれ対比される。本階に属する地層は、東京ガス(株)の結城1号井(第1図)および同2号井にも見られる。とくに、結城2号井においては、畠山凝灰岩層に対比される凝灰岩から、*Miogypsina* および *Amphistegina* が検出されている。

2.2.4. M₄ 階

本階に属する主要な地層は次のとおりである：夫婦が鼻層 千倉層 豊岡(亜)層群 鎌倉層群 中津層群下部 照が崎層 大磯層 北大磯層 東松山層群 滑川層群 高崎層群 安中層 馬見岡層 源氏川層 高久層群

本階に属する諸層の貝化石の内容は、関東地方の北部と南部でかなり異っている。北部のものは鎮西(1963)が塩原型動物群と呼んだ沿岸性のものであり、その要素のあるものは門の沢動物群と共通であるが、共産する現生種は寒流域に多いものを主としている。このような特徴を有する貝化石群を産する地層としては、東松山層群(小林, 1935; 畑井・増田, 1962)・滑川層群(渡部ほか3名, 1950; 畑井・増田, 1962)・高崎層群(藤本・小林, 1937; 大炊御門, 1938; 星野, 1958)・馬見岡層(河井・山田, 1960)・源氏川層(鈴木・大森, 1953; 鈴木, 1958; 大森, 1958)・高久層群(半沢, 1954; 須貝ほか6名, 1957; 鎌田, 1962)等が知られている。鎮西(1963)によれば、彼の耶麻型動物群や古くから末の松山動物群(大塚, 1934; 矢部・畑井, 1941; 青木, 1960)として知られているものは、沿岸性の塩原型動物群に対応する沖合性の動物群である。鎮西(1963)の動物群の把握の仕方は非常に合理的であるが、模式の塩原型動物群を含む塩原地方の鹿の股沢層の層位関係には、不明確な点が残されているので、層位関係が明確に把握されている東棚倉層群のものを模式として、これを東棚倉動物群と呼ぶことを提案したい。

これに対して、同地方の南部の M₄ 階に属する諸層は、東棚倉動物群とはかなり異なつた沿岸性の動物群によつて特徴づけられている。この動物群の代表的なものは、逗子市付近の鎌倉層群から知られている(横山, 1920; 赤嶺ほか8名, 1956)ので、これを逗子動物群と呼ぶことにする。本動物群も鮮新統下部に普通なものを含んでいる。鎌倉層群以外の本動物群によつて特徴づけられている地層としては、豊岡(亜)層群(大塚, 1949; 畑井, 1958)、大磯層(大塚, 1931; 小島, 1954)および中津層群中・下部(小島, 1955)が挙げられる。

本階の有孔虫化石の特徴も、貝化石のそれとよく調和している。すなわち、福田(1950)・内尾(1950)・井上および中世古(1951)等によつて記載された中新世の特徴種が見られるのは本階までであり、また、鮮新世から現世にわたつて普通に見られる種が、本階から多数出始めている。これは先に述べた貝化石についても同様であり、そこから本階を鮮新統に入れる考え方も生れてくるが、本階に特徴的な浮游性有孔虫の1つに、*Globigerina nepenthes* (斉藤, 1962)があるので、本階はやはり中新統に属するものと考えたい。

埼玉県東松山市南西方の物見山丘陵およびその北を流れる槻川の沿岸には、化石を多産する本階の地層がよく発達している。最近行われた石油資源開発(株)の調査結果(未公表)によれば、じうらい都幾川層の名で一括されていたこの地方の中新統(小林, 1935; 渡部ほか3名, 1950)は、上位より、次のように細分される。ただし、厚さは著者の補足調査によつて一部訂正されている。

v) 今宿砂岩部層	厚さ約 130 m
iv) 鳩山砂岩泥岩部層	同 80 m
iii) 將軍沢泥岩部層	同 260 m
ii) 神戸砂礫岩部層	同 100 m

—— 不整合 ——

i) 上唐子砂質泥岩部層	同 100 m
--------------	---------

上記の岩相層序区分は部層(member)単位で行なわれており、対比表に入れるのに不便なので、ここでは、不整合の下の上唐子砂質泥岩部層を層(formation)に昇格させ、また、不整合の上の地層を一括した名前として、都幾川層を使用しておく。上唐子層の基底は地表では確認されていないが、本層の模式地近くで掘さくされた八王子 ST-2 号井においては、本層がおそらく傾斜不整合をもつて福田層の最下部の上に重なっていると判断される。

上唐子・都幾川の両層の間には、不整合が認められるが、これら両層の有孔虫化石には、顕著な差が見られず、また、この不整合の上下の地層の間に、大きな構造差は認められないので、この不整合に大きな意味を持た

せることはできない。むしろ、大局的に見ると、地表でこそ確認されていないが、上唐子層の基底の不整合を境として、地層の分布・構造に大きな変化が見られるので、この不整合こそ大きな意味をもつものと考えたい。このような観点から、上唐子・都幾川の両層を合せて1層群とし、東松山層群と呼ぶことを提案する。この東松山層群の基底の不整合は、東方に向って次第にその大きさを減じているようである。

比企丘陵の北東部から川本村東部の荒川沿岸にかけて分布する土塩層は、ほぼ上唐子層に対比されるものである。じうらい、本層は比企層群(渡部ほか3名, 1950)の最上部層とされていたものであるが、上唐子層および群馬県下の板鼻層との関係から見て、本層とその上に整合に重なる楊井層とを合せて1層群とする方が合理的である。この土塩・楊井両層を合せたものを滑川層群と呼ぶことを提案する。

春日部 GS-1 号井においては、予報(福田, 1962d)においてD層と呼ばれた本階に属する地層は、深度1,041 m ないし1,675 m のところにあり(第1図)、岩相においては滑川層群によく似ているが、1,470 m 前後以深に多産する有孔虫化石は、むしろ東松山層群のものに近い。本階に属する地層は東京ガス(株)の結城1号井(第1図)および同2号井にも見られる。両者の中で、より南に位置する2号井においては、その上部に内湾性の有孔虫化石が見られるが、1号井においては、海棲生物の化石はまったく見られない。そのほか、本階に属するものと考えられる地層は、数坑井から知られているが、それらの中で化石によって確認できるのは、日東化学(株)の鹿島 KT-1 号井(石和田, 1960)・ドリリング工業株の船橋市夏見 FR-1 号井(以上第1図参照)・帝国石油(株)の草加 R-1 号井(福田, 1962b)の3坑井のものだけである。

2.3. 上総層群

上総層群については、すでに河井(1961)の詳細な鉱床地質学的研究が公表されており、また、石和田ほか2名(1962)の総合的な微化石層序学的研究が公表されているばかりでなく、今回のシンポジウムにおいても、樋口・菊池によつて、千葉県下のものを中心として、最近の微化石層序学的ならびに堆積学的研究の結果をとり入れた総合報告が行なわれたので、ここでは、これらの内容と重複しない点だけを、簡単に述べることにする。

模式地(房総半島)における上総層群と、東京湾の西側に分布するものとの関係については、じうらいさまざまな意見が出されており、とくに、長沼層の所属については議論が多かつたが、著者は現在第8表に示すように考

えている*。

上総層群は関東地方西部の丘陵地にも広く分布している。これらの丘陵地およびその付近の平原下に伏する上総層群は、水溶型ガス鉱床探鉱の直接の対象にはならないが、南関東ガス田地帯の生い立ち、ひいてはその探鉱を考える上に、その地質は重要な意味をもっている。この問題については、すでに著者の見解が公表されている(福田, 1962a,c) ので、ここでは説明を省略する。また、東京湾の西側に分布する上総層群の有孔虫化石については、目新しい資料が乏しかつたが、横浜市付近のものについては、鎌倉層群のものをも含めて、最近公表された菊池(1963)の報告によつて、かなり明確な知識が得られたことを付記しておく。

春日部 GS-1 号井においては、上総層群に属する地層は深度422 m ないし1,041 m のところにあり(第1図)、模式地のものにくらべて、礫岩等の粗粒岩の発達が目立っている。この上総層群は予報(福田, 1962d)においてC層と呼ばれたものである。このC層において、有孔虫化石が豊富に含まれているのは、C₁部層に属する600 m 以浅であるが、貝化石はもつと深いところにも見られ、とくに、コアについて見ると、貝殻の印象は、600 m 以深においても、ほとんど全層準にわたつて含まれている。600 m 以浅の有孔虫群集に類似したものを、対比される可能性のある地層に求めるならば、それは橘樹・南多摩の両層群の中に見出される。したがつて、第8表から明らかなように、春日部 GS-1 号井においては、国本層の上半部あるいは柿の木台層以上の上総層群の上部層が欠除していることになる。また、予報においてC₂部層とした砂礫岩層の基底(深度757 m)が、ほぼ南多摩層群の基底の不整合に対比されることになる。この不整合は厚木市北方の依知礫層の基底の不整合に対比されるものであり、この地方においては、上総層群の中に不整合の存在が認められる(福田, 1962a,c) ので、C₂部層の基底にも不整合が存在する可能性が高い。C層の下半部、すなわち、予報においてC₃部層およびC₄部層としたものの層位については、化石が少い関係上、明確な判断を下し得ないが、C₄部層の岩質、とくにその中に含まれている火山碎屑物の性質から見て、C層の基底が模式地における上総層群の大原層以下に及んでいることはほぼ確実であり、おそらく、その基底に近い層準に及んでいるものと推定される。

上総層群は結城1号井(第1図)および同2号井にも見られるが、春日部 GS-1 号井のものにくらべて非常に薄く、また、主として砂礫岩層からなり、海棲生物の化石

* これについては、房総・三浦研究グループ(1958)および畑井(1958)に負うところが大きい

をまったく含んでいない。したがって、これら両坑井に見られる上総層群は、春日部 GS-1 号井の上半部層は対比されるものと考えられる。

2.4. 成田層群

成田層群については、古くから多くの研究の成果が公表されているが、終戦以前のものについて見ると、貝化石を主題とする古生物学的研究が大部分を占めており、その地質学的知識は非常に不足していた。しかし、終戦後ようやく本層群に関する本格的な地質学的研究が行なわれるに至り、現在ではかなり明確な知識が集積されている。上総層群の場合と同様に、本層群についても、東京湾の両側に分布するもの相互の関係について、さまざまな意見が提出されてきたが、著者は、多くの文献を参照し、総合するとともに、疑問な点については、独自に研究を進めた結果、第 8 表に示すような考えをもつに至った。ただし、本表において屏風が浦層としたものは、大塚 (1937) の田谷砂礫層・屏風が浦砂泥互層・倉坪泥層・踊場砂層の 4 層、およびいわゆる多摩ローム層を含んでいる。

第 8 表 南関東の上総・成田両層群

号参考地	横浜～大塚	房総半島																																										
大塚 (1937)	大塚 (1937)	河井 (1961) 鈴木・青木 (1962)																																										
<table border="1"> <tr> <td>下末吉</td><td>成</td><td>成</td></tr> <tr> <td>屏風が浦</td><td>田</td><td>田</td></tr> <tr> <td>長沼</td><td></td><td>森</td></tr> <tr> <td></td><td></td><td>長南</td></tr> <tr> <td></td><td></td><td>柿の木台</td></tr> <tr> <td>桶川</td><td>小</td><td>上</td></tr> <tr> <td>南茅渚</td><td>中</td><td>国本</td></tr> <tr> <td></td><td>大</td><td>梅ヶ嶺</td></tr> <tr> <td></td><td>船</td><td>大田台</td></tr> <tr> <td></td><td>野島</td><td>豊和田</td></tr> <tr> <td></td><td>海郷</td><td>大原</td></tr> <tr> <td></td><td></td><td>道花</td></tr> <tr> <td></td><td></td><td>勝浦</td></tr> <tr> <td></td><td></td><td>野々塚</td></tr> </table>			下末吉	成	成	屏風が浦	田	田	長沼		森			長南			柿の木台	桶川	小	上	南茅渚	中	国本		大	梅ヶ嶺		船	大田台		野島	豊和田		海郷	大原			道花			勝浦			野々塚
下末吉	成	成																																										
屏風が浦	田	田																																										
長沼		森																																										
		長南																																										
		柿の木台																																										
桶川	小	上																																										
南茅渚	中	国本																																										
	大	梅ヶ嶺																																										
	船	大田台																																										
	野島	豊和田																																										
	海郷	大原																																										
		道花																																										
		勝浦																																										
		野々塚																																										

上に引用した大塚 (1937) の区分は、元来戸塚駅付近の東海道本線の両側に分布するものについて提案されたものであるが、これは、宅地造成工事のため、現在好露出がほとんど連続的に見られる模式地付近の屏風が浦層にも、よく当てはまる。最近、この模式地付近の屏風が浦層の下にも、長沼層 (いわゆる長沼統の第 4 化石帯) があるとする考え方 (伊田ほか 2 名, 1961) も提出されているが、好露出に恵まれた現状における再調査の結果、これは事実と相違し、この付近では、本層が中里層の上に直

接不整合に重なっていることが判明した。また、いわゆる多摩ローム層は、特異な粘土層を基底として、大塚 (1937) の踊場砂層およびその相当層の上に、整合に重なっていることがわかった。

以上に述べたことから明らかなように、公海性の海棲生物の化石をもつた長沼層が、その模式地付近にだけ分布しているのに対して、その上に不整合に重なる屏風が浦層は、進覆蔽 (overlapping) の型式をもつて、より広域にわたって分布している。よく知られているように、屏風が浦層の化石の内容は強内湾性のものであり、したがって、本層によつて示される海進には、じうらいあまり注目されていなかったが、上に述べたように、模式地付近の本層の分布は大規模な海進を暗示している。屏風が浦層はその上下の地層には見られない軽石を主体とする顕著な火山砕屑岩層を夾有しているが、同質のものは、三浦半島南部の宮田層、同北部の大津層、および房総半島の地蔵堂層の中に見出される。以上の諸層はそれぞれ屏風が浦層とは異つた内容の化石をもっているが、このような理由から、いずれも本層に対比されるものと考えられる。

春日部 GS-1 号井においては、成田層群に属する地層は、深度 27 m ないし 422 m のところにあり (第 1 図)、その下部に夾有されている火山砕屑岩層の性質から、屏風が浦層に対比されるものと考えられる*。予報 (福田, 1962d) において B 層と呼ばれたこの地層は、400 m 近い厚さをもっているにも拘わらず、その有孔虫化石には、層位による変化が認められず、全層が *Rotalia papillosa*-*Nonion manpukuziense*-*Buccella frigida* 群集によつて特徴づけられている。この有孔虫群集の性質は、宮田層 (樋口, 1954) や、層位は異なるが、長沼層 (樋口, 1956) のものに近い。これに近い有孔虫群集を有し、屏風が浦層に対比されると思われる地層は、結城 1 号井 (第 1 図) および同 2 号井にも見られる。古く大塚 (1936) によつて報告された埼玉県加須市の地下 110 m 前後のところの貝化石層も、おそらく屏風が浦層に対比されるものであり、また東京の地表下に広く分布し、*Rotalia papillosa* を含み、東京層 (狭義) の下に不整合に横たわる地層も、この層位のものであろう。

じうらい、第四紀における海進としては、一般に下末吉層およびそれに対比される地層によつて示される下末吉海進 (関東ローム研究グループ, 1960; 小林, 1962; 星野, 1962; 成田研究グループ, 1962) が重要視されていたように思われるが、以上に述べたことから明かなうに、屏風が浦層およびそれに対比される地層によつて

* 帝國石油 (株) の草加 R-1 号井について見ると、草加地方においては、屏風が浦層の相当層の基底の深度はさらに大きくなっているようである。

示される屏風が浦海進(大塚, 1937; 貝塚, 1957; 貝塚・成瀬, 1958)は、関東地方においては、下末吉海進よりはるかに大規模なものであった。この海進および層厚によつて示される造盆地運動によつて、現在の関東平原地方には大きな海湾ができたのであるが、屏風が浦層はその縁辺部の支湾の堆積物であつたため、強内湾性の化石内容をもつに至つたものと考えられる。大塚(1937)は彼の倉坪泥層の基底に不整合を認めているが、これに相当する波状の軽微な浸蝕面は、横浜プリンスホテル付近のその相当層の基底にも認められる。これが普通の意味の不整合かどうかということについては、問題が残されているとしても、模式地付近の屏風が浦層の中に、他の地域、とくに平原下の相当層の中に認められない不整合、あるいはそれに近いものができるのはきわめて自然であり、これに大きな意味をもたせることは危険である。

成田層群の上部層である成田層(狭義)、およびこれに対比される東京層(狭義)・下末吉層等についても、論じなければならない問題が多いが、春日部 GS-1 号井には、これら諸層の相当層は見られず、また、これら諸層と水溶型ガス鉱床との関連性もほとんど認められないので、ここでは説明を省略する。

2.5. 沖積層

春日部 GS-1 号井においては、深度 3 m ないし 27 m のところに、明らかに有楽町層の延長と認められる沖積層が認められる(第 1 図)。これは予報(福田, 1962d)において A 層と呼ばれたもので、*Rotalia* cf. *beccarii* を優占種とする有孔虫群集によつて特徴づけられている。このほか、関東地方の沖積層については、論じたい問題が少なくないが、今回のシンポジウムの主題から離れるので、稿を改めて述べることにする。

3. 構造発達史

関東地方の構造発達史については、古い地質時代にさかのぼつて論じたい問題も少なくないが、ここでは白堊紀以降に問題を限定し、今後の天然ガス鉱床の探鉱に資するため、とくに新第三紀に重点をおいて述べることにする。

構造発達史を組み立てるに当つては、できるだけヨーロッパにおける標準地質年代区分に対応させて地変を順序づけなければならないが、それには、まず標準層序との対比が要求される。最近、中新統およびそれ以下の第三系の対比に浮游性有孔虫が重要視されるようになったが、Venezuela において確立された浮游性有孔虫の concurrent range zone (Amer. Com. Strat. Nom., 1961) のすべてが、ヨーロッパの標準層序の模式地において確認されているわけではなく、大西洋を隔てた両者

の対比は、一部地中海沿岸の地層を仲介として行われている。そこで仲介とした地層の標準層序との対比が問題となるが、そのすべてが確実に行われているわけではなく、とくに中新統については、このことに起因する不明確な点が少なくない。そこで、関東地方の中新統の各階の標準層序との対比に当つては、浮游性有孔虫による見解のすべてを、必ずしも採用しなかつた。しかし、前節で提案した M_4 ないし M_1 の各階がすべて中新統に属することはほぼ確実なので、現状においては、これら各階に対応する地質年代を、それぞれ中新世の初期、前期、中期および後期と呼んでおくことに異論はないと思われる。

3.1. 基盤構造の成立

関東地方の基礎的な構造は、一般に白堊紀の中葉に完成されたものといわれている(小林, 1941; 藤本, 1951)。このような考え方が生れたのは、古くから指摘されている(矢部・青木, 1924)ように、阿武隈山地東縁部の上部白堊系である双葉層群と、その他の山地および銚子半島に分布する下部白堊系との間に、顕著な構造差が認められるからである。最近まで、跡倉層も一般に下部白堊系とされていた(藤本, 1951; 藤本ほか 2 名, 1953)ので、以上の考え方に問題はなかつたのであるが、跡倉層が浦河世のものである(新井ほか 13 名, 1963)とすると、じうらいの一般的な考え方を、そのままの形で受け入れ難くなる。しかし、跡倉層を浦河世のものとする根拠も決定的なものではない。

以上に述べたような問題が残されているとしても、先に挙げた基盤岩類からなる各山地が、その基盤構造が造山運動によつて形成された後に、造山帯が解体して、ほど現在の位置を占めるに至つたという一般的な考え方(小林, 1941, 藤本, 1951)は、現在においても認め得るものと考えられる。問題はこの解体が行なわれた時期であるが、これについては、現状では、白堊紀の中葉ないし始新世の中葉という幅をもつた解答を出すことに止めたい。ここにこの解体の時期の上限を始新世の中葉としたのは、常磐炭田の白水(内郷)層群の層位に関する浅野(1958)および高井(1962a,b)の見解を採用した結果にほかならない。この解体運動およびそれによつてできた関東地方の基盤構造の大綱こそ、この地方の中新世以降の地史の出発点をなすものである。

3.2. 遠野時階*

本邦の新第三系を通覧すれば、その基底の層位が最下部中新統(Aquitainian)に及んでいる場合が多く、また、そこには顕著な不整合が見られるのが普通である。この

* ここでは Phase の訳語を時階としたが、これを時相としている人もある

不整合によつて示される地変は、斉藤(1962, 1963)が先杵島時階の運動と呼んだものとは一致し、また、彼によつて指摘されているように、ヨーロッパの Savian phase の運動にほぼ対比されるものである。関東地方およびその近傍においても、新第三系の基底には一般に顕著な不整合が認められるが、その下に横たわる地層が層位不明であつたり、また、その時代が古過ぎて、地変が行なわれた時代を明確につかみ得ない場合が多い。幸い、常磐炭田においては、新第三系の最下部層である滝夾炭層および五安層 (Aquitainian) が白坂層 (Lattorfian) あるいは Rupelian) の上に不整合に重なっており、ここでは地変が行なわれた時代を漸新世末とかなり明確に知ることができる。そこで、滝夾炭層の模式地である遠野町の名をとつて、この時階を遠野時階と呼ぶことを提案する。鳥山～菅生沼断層(石井, 1962)のように、 M_1 階およびそれ以下の中新統を切り、 M_1 階の地層にはほとんど影響を与えていない大規模な断層の起源は、 M_1 階ないし M_2 階の地層の発達状況から見て、おそらく遠野時階の地変にあり、これらの地層の堆積期間を通じて、次第にその落差を増して行つたものと考えられる。

3.3. 富士吉田時階

富士吉田時階の地変はじうらい寄居造山運動あるいは寄居時階の地変と呼ばれていたものとは一致する。寄居造山運動は、立が瀬層が寄居礫岩層の上に整合に重なり、さらに、これら両層と上位の小園層との関係が不整合であるとする考え方から導かれたものである(渡部ほか3名, 1950; 渡部, 1952; 同, 1954)。しかし、このような関係は実際には認められず、小園・立が瀬の両層を小園層として一括する方が合理的であり、また、寄居(礫岩)層は跡倉層に対比されるもので、当然新第三系に対する基盤岩類の中に包含されるべきものであることは、先に述べたとおりである。以上に述べたことから明らかのように、寄居時階の地変はその模式地においては認められない。しかし、第1表ないし第5表からも読みとれるように、 M_2 期から M_3 期への移行期に、広範囲にわたつて大きな地変が行なわれたことは確実なので、寄居時階に代る適当な時階の設定が必要になる。この要求に対して、先に遠野時階を設定した場合と同様の観点から、河口層の上に傾斜不整合をもつて重なる古屋層の模式地を有する富士吉田市の名をとつて、この時階を富士吉田時階と呼ぶことを提案する。これは予報(福田, 1962d)において滑川時階としたものであるが、その根拠となつた比企・男衾両層群の関係は平行不整合なので、ここに滑川時階の名を廃棄する。

本時階の地変については、比企丘陵およびその付近の誤つて記載されたものを除いて、すでに多くの研究の結

果が発表されている(中村, 1941; 篠木, 1950; 福田・篠木, 1953; 河田, 1953; 篠木・見上, 1954; 山下ほか5名, 1955; 新井・木崎, 1958; 見上, 1958) ので、それらに関する説明を省略する。問題の比企丘陵においては、畠山凝灰岩層が一見整合的に下位の泥質岩層の上に重なっているが、先に述べたように、これと荒川沿岸のものとを比較して見ると、両者の間に淹層が欠除しているのしか考えられない。このように、1: 25,000 程度の地質図においては、畠山凝灰岩層と下位の泥質岩層、すなわち荒川層との関係は平行不整合として表現されるが、この不整合より下位の地層には、走向に直行あるいは斜交する多数の断層が認められるのに対して、これより上位の地層には、このような断層はあまり見られない。このように、畠山凝灰岩層の基底の不整合は、単に地盤の昇降だけを示す単純な平行不整合ではない。この不整合に相当するゆるい波状面が、荒川沿岸の畠山凝灰岩層の基底に認められ、ここではいわゆる基底礫岩に相当する砂礫岩層も発達しているが、これを平行不整合と認むべきか、あるいはダイアステムと考えるべきかについては、決定的な資料を欠いている。しかし、こゝでもこの波状面を境として、比企丘陵の場合と同様の断層の発達の程度の差が認められる。そして、この断層の発達の程度の差は、とくに泥質岩に剪断面の発達の程度の顕著な差を与えている。春日部 GS-1 号井においては、コアだけについて見ると、E層とF層との関係は一見顕著な傾斜不整合と判断される。しかし、E層の下部とF層の上部の傾斜がほとんど同じであること、および地表において認められる上に述べたような事実から考えると、この不整合は比企丘陵における比企男衾両層群の関係と同様な特異な平行不整合である可能性が多分にある。

富士吉田時階には顕著な火成活動も行なわれた。その産物である深成岩体は渡部(1954)によつて列挙されている(Table 3)が、それらの中には金照山石英閃緑岩のように白堊紀のものと考えられるもの、および、房総、三浦両半島の超塩基性岩体のように、 M_1 期のものと考えられるものも含まれている。佐久間層群をすべて M_3 期のものとするれば、この超塩基性岩を本時階のものとすることも可能であるが、*Lepidocyclina-Miogyopsina* 動物群によつて特徴づけられているその下半部の中原層を、 M_3 期のものとすることは困難である。したがつて、これら超塩基性岩体は丹沢山塊の酸性深成岩体の活動に伴う岩漿分化の一端を示すものとするのが自然であろう。一方、関東地方の各地によく発達している M_3 階の下部に属する火山碎屑岩類は、明らかに富士吉田時階の地変の最終段階を示すものと考えられる。

M_{1b} 亜階ないし M₂ 階が Burdigalian 階に、また、M₃ 階が Melvetian-Tortonian 階にほぼ対比されるものであることは、古生物学上大体異論のないところである(半沢, 1950)。したがって、関東地方ばかりでなく、日本列島の各地にひろく認められる富士吉田時階は、ヨーロッパの古期 steirisch (Styrian) 時階 (Stille, 1924; Bubnoff, 1954) に対比されることになる。

3.4. 東松山時階

東松山層群およびその相当層の基底には、広範囲にわたって不整合が認められるばかりでなく、第1表～第5表から明らかのように、この不整合を境として、M₃・M₄ 両期の地層の分布に大きな変化が見られる。そこで、新しい時階の設定が必要になるが、上唐子層の模式地、および、本層が比企層群の上に不整合に重なっていると考えられる八王子 ST-2 号井が、東松山市内にあるところから、著者はこれを東松山時階 (福田, 1962d) と呼んでいる。本時階の模式地として東松山市内の上唐子を選んだのは、遠野富士吉田の両時階を設定した場合と同じ観点に立つたからにはほかならないが、上唐子層の基底の不整合が地表で確認されていないところに問題が残されていることを明記しておく。

八王子 ST-2 号井においては、厚さ約 6 m の関東火山灰層および段丘礫層の下に不整合に横たわる新第三系のうち、深度 19 m までの化合が乏しい最上部層が、地表の上唐子層の続きであることは明らかであるが、以下 26 m までは資料を欠き、深度 26～99 m のところには、*Bulimina cf. pyrula* および *Nodosaria longiscata* を主力とする地表の上唐子層のものとは対照的な有孔虫群集が知られている (渡辺, 1963) が、問題は深度 19 m 以上と 26 m 以下の地層相互の関係である。著者は、この深度 19～26 m の間に上唐子層の基底が入り、本層と下位の福田層の最下部との関係は、少くとも本来は傾斜不整合であつたと考えているが、現在の境界面は断層のおそれもある。何となれば、この付近の福田層以下の新第三系が北西～南東の走向を有する断層を伴った強い褶曲構造をなしているのに対して、地表の上唐子層は西北西～東南東の走向を有し、南南西に 10°～15° 傾斜する単斜構造をなしているに過ぎないからである。

地表の上唐子層の一部に見られる *Stilostomella lepidula*-*Martinottiella bradyana* 群集と同様の有孔虫群集によって特徴づけられている泥質岩層は、東松山市西方の市の川沿岸の一部にも見られる (井上, 1956; 渡辺, 1963) が、じうらいどおり、これを模式地付近には見られない福田層の最上部層とすると、南東に大きく開いた向斜構造をなすこの泥質岩層の西翼を切る断層 (鯨岡, 1956) は、きわめて落差の大きいものになり、そのた

め、北方の丘陵地域の地質の解釈が困難になる。この難点を救うものとも考え易い手段は、有孔虫化石の示すところにしたがつて、この泥質岩層を素直に上唐子層と考えて、その基底に不整合があり、この不整合面の近くに小落差の断層ができたとすることである。

以上は述べたように、東松山市の西方においては、上唐子層は西に向つて顕著となる傾斜不整合をもつて、下位の諸層の上に重なっているものと考えられるが、東松山市の東方の吉見丘陵においては、この不整合は土塩層と基盤の結晶片岩類の間の傾斜不整合となり、さらに、比企丘陵の北東部および荒川沿岸においては、土塩層の基底となるが、こゝでは、下位の福田層との関係はまったく整合である。これをさらに北西方向に追跡すれば、板鼻層の基底となるが、こゝでも下位の吉井層との関係はまったく整合である。このように、東松山時階の模式地における傾斜不整合に、近距離で整合に移化しており、新潟県下における西山層の基底の性質とよく似ている。しかし、本時階の地変によつて、海陸の分布に大きな変化が生じたことは先に述べたとおりであつて、本時階が富士吉田時階に劣らない地質学的意義を有することは明らかである。また、この時階に主要な活動を行つた構造線あるいは断層が少くないことも、これに関連した重要な事実であるが、それらの代表的なものとして、藤野木～愛川線 (藤本, 1951)・八王子線 (矢部, 1925)・鳥山～菅生沼断層 (石井, 1962) 等が挙げられる。

本邦全域について見た場合、東松山時階の地変は富士吉田時階のそれほど明らかにされていないが、東北地方においては、すでに北村 (1963) によつて、これが V 時階の地変として論じられており、また、そのほかの地方においても、不整合あるいは岩相の急変となつて、本時階の地変が記録されているところが少なくない。そして、先に述べたように、M₃ 階が Helvetian-Tortonian 階に対比されることから、この東松山時階はヨーロッパにおける新期 steirisch (Styrian) 時階 (Stille, 1924; Bubnoff, 1954) に相当するものと考えられる。

物見山丘陵においては、上唐子層の上に都幾川層が不整合に重なっているが、前節で述べたような両層の地質学的ならびに古生物学的関係から、この不整合によつて示される地変は、東松山時階の地変の余波と考えられる。このような観点に立つて見ると、鎌倉層群中に挟まれる田越川砂礫岩層 (三梨・矢崎, 1958; 菊池, 1962) をほゞ神戸砂礫岩部層に対比することができ、三浦半島の北部も本時階の地変の余波を受けたことお知られる。したがつて、有名な鐙褶の不整合には、富士吉田時階の地変および東松山時階の地変とその余波が、重複して記録されているものと考えられる。

3.5. 黒滝時階

模式地付近における黒滝時階の地変については、小池(1951)の黒滝不整合に関するすぐれた研究をはじめ、すでに多くの研究者(小池, 1952, 1953; 1957; 藤田・陶山, 1952; 1953; 房総研究グループ, 1953)によつて論じ尽くされている観がある。しかし、関東地方における鮮新統の基底が、長い間鎌倉・豊岡両層群およびその相当層の基底におかれていた(池辺, 1954)関係から、本時階は一般に鮮新世の中の時階と考えられていたが、ここ数年来の化石の研究、とくに浮游性有孔虫の研究の進歩によつて、現在では一般にこの地方における鮮新統の基底は、黒滝不整合におかれるようになった(房総研究グループ, 1957; 房総・三浦研究グループ, 1958; 畑井, 1958)。

このような観点から、本時階を rhodanisch (Rhodanic) 時階 (Stille, 1924; Bubnoff, 1955) に対比されるものと当面考えておいても、大きな誤りはないと思われる。もう1つの考え方として、これを attisch (Attic) 時階に対比することも可能であるが、後者の前後の堆積物とされている Sarmatian 階と Pontian 階の関係については、両階と同時異相とする見方(Gignoux, 1950)もあるくらいで、この考え方が成り度つ可能性はほとんどないであろう。

3.6. 南多摩時階

上総層群堆積時代のもつとも重要なできごととは、依知礫層およびそれに対比される大矢部層・増戸礫層等の基底の不整合によつて表現されているものである。関東地方におけるこの不整合の鉱床地質学的意義およびその生成期前後の地史については、著者の既刊の論文(福田, 1962a,c)において述べられているとおりであるが、関東山地の東縁部および結城1・2号井において見られるように、この地方において、この不整合より上位の地層だけが分布しているところがあるばかりでなく、大阪層群(市原, 1960)のように、これに対比される不整合を基底とする地層が、本邦の各地に広く分布しているので、南多摩層群(大塚, 1932)の模式地の名をとつて、こゝに南多摩時階を設けることを提案する。

3.7. 春日部時階

関東地方における鮮新・更新両統の境界については、多くの学者によつてさまざまな見解が表明されているが、著者はこれを梅ガ瀬層の中項におく房総研究グループ(1957)および房総・三浦研究グループ(1958)の考え方を支持する。何となれば、第8表および著者の既刊の論文(福田, 1962c)の第1表から明らかなように、Villafanchian 階および Calabrian 階を更新統に入れる限り、この考え方は象化石(鹿間, 1962)および植物化石の

産出状況(福田・高野, 1951)ともよく調和するからである。さらに、この考え方を出発点とし、glacial eustatism による海面の昇降を考えることにより、長沼層、屏風が浦層および下末吉層の下の不整合は、それぞれ Günz, Mindel および Riss の各氷期にほぼ相当することが知られる。したがつて、長沼層、屏風が浦層および下末吉層の各層とそれらの相当層は、それぞれ Günz-Mindel, Mindel-Riss および Riss-Würm の各間氷期の堆積物であると考えられる。

以上に述べたことに関連してとくに重要なことは、本邦全域について見ると、Riss-Würm 間氷期に当る下末吉海進(関東ローム研究グループ, 1960; 小林, 1962; 星野, 1962; 成田研究グループ, 1962)が、glacial eustatism による海進の中で、もつとも広い範囲にわたつて認められるが、関東地方においては、Mindel-Riss 間氷期に当る屏風が浦海進により大きな意義が認められることである。先に述べたように、春日部 GS-1 号井において、深度 27~422 m のところに、上下方向にほとんど変化しない沿岸性の有孔虫群集を含む屏風が浦の相当層が認められることによつて端的に示されているように、Mindel-Riss 間氷期に春日部付近を含む低重力地帯において大規模な造盆地運動が行なわれたことは確実なので、こゝに春日部時階を設けることを提案する。屏風が浦層に相当する浅海成層は結城1・2号井にも認められるばかりでなく、各種の資料を再検討して見ると、同様の地層が埼玉県の中・北部から群馬県の南東部にわたる平原下にも伏在していることは明らかなので、関東地方におけるこの時代の海進は非常に大規模なものであつたと考えざるを得ないが、これは、glacial eustatism による海面の上昇に、春日部時階の顕著な造盆地運動の影響が加わつた結果にほかならない。

4. 探 鉱

4.1. 水溶性ガス鉱床

関東地方において、水溶性ガス鉱床の探鉱が本格的に行なわれるようになったのは戦後のことである。その結果、古くから開発されていた大多喜〜の宮〜茂原地方の特異な水溶性ガス鉱床のほかに、東京湾岸から房総半島の北部一帯にかけて、広く水溶性ガス鉱床の賦存していることが判明し、開発も着々と進展して、今日では70万 m³/日以上以上の生産量を誇るに至っている。この間、多くの政府補助井を含む試探掘井が各地で掘さくされ、その結果、今日では、上総層群の地質と同層群中の鉱床賦存状況、ならびに房総半島北部地域の基盤の状態がほぼ明らかにされている。

上に述べた試・探掘に伴なつて、若干の地点では上部

中新統に対する試ガスも行なわれた。たとえば、帝国石油(株)が構造性ガスを目的として星川ドームに掘きくした保土谷 R-1 号井においては、逗子層に属する深度 1,080~1,120 m および 1,262~1,335 m のガス層に対して行なわれた試ガスの結果によれば、ガス水比はそれぞれ 1.41 および 1.62 であつて、計算値を下まわつており、かつ低浸透率層のためガスおよび水の絶対量も少なかった。しかし、両ガス層とも付随水中の Cl^- 濃度は高い。また、同社の草加 R-1 号井において、中新統に属する深度 1,616.79 m 以深のガス層に対して行なわれた試ガスの結果によれば、ガス水比は 1.12 であつて、計算値をはるかに下まわつていた。このガス層においても付随水の Cl^- 濃度が高く、また、浸透率はかなり大きい。そのほか、成東や船橋等において、一部中新統にまたがつて仕上げられた坑井の試ガスの結果によれば、いずれもガス水比は計算値より低く、さらに、中新統のガス層に達する深度は大きく、また、その浸透率も公海性の堆積物では一般に低いと推定される。したがつて、中新統中の水溶型ガス鉱床を当面の探鉱の主対象とすることは困難である。

それ故、水溶型ガス鉱床の探鉱の対象となるものは、事実上上総層群だけとなる。次に、本層群に対する今後の探鉱方針について考えて見よう。まず、房総半島の東岸地域については、開発上非常に有利な茂原型ガス鉱床の空間的ひろがりの探索が急務と考えられるが、これには、この型の鉱床の特異な産出挙動 (production performance) の原因の探究、および既開発ブロックの外側の試験的開発にまつところが大きいと思われる。また、房総半島の西岸南部地域について見ると、姉が崎および木更津付近には坑井が少なく、貯溜層の分布状況および天水の侵入状態に不明な点が多いばかりでなく、坑井地質相互の対比も十分行なわれていないので、まずこの付近に対する若干の組織的な試・探掘が鉱床のひろがりを把握するのに必要であろう。さらに、需給の関係から、今後重点的に探鉱・開発が行なわれる成田一佐倉一四街道一八千代一船橋を結ぶ線付近およびその北西側の地域について見ると、成田付近から習志野付近にかけて、大田代層から国本層にわたる層位の砂泥比が大きくなつていくことが知られている。しかし、現状では、これが、一部で証明されているように、残留重力の値の分布に反映している基盤の高まりに影響されたものか、あるいは、成田一習志野を結ぶ線以北において、当該層準が一般に砂の多い岩相に変つており、その一部を代表しているものか、よくわからない。これら内陸地域の探鉱に当つては、重力探鉱精査等の結果を有効に利用し、くわしい坑井地質の調査・研究を伴つた試・探掘を組織的に

進めることが望ましい。ただし、これら内陸地域においては、地形上排水の困難なところが多いので、地質条件と開発の難易とのバランスを常に念頭において、探鉱計画が立案されなければならない。

4.2. 遊離型ガス鉱床

関東地方においては、主として構造トラップによつて形成される遊離型ガス鉱床、すなわち“構造性”ガス鉱床の探鉱に関連した調査として、石油資源開発(株)によつて地震および重力探査が行なわれており、また、帝国石油(株)によつて 1,000 m 未満の小口径試掘と重力探査が行なわれているが、まだ組織的な探鉱は行なわれていないといつてよい。先に述べたように、星川ドームに対しては、数坑の大深度の試掘が行なわれているが、これも不成功に終つていく。しかし、春日部層序試掘の結果、関東平野の中央部にも良好なガスマ層の伏在していることが判明し、また、東京ガス(株)の結城 2 号井においては、 M_2 階に属する地層中にかなり著しいガス徴のあることが判明したので、有利な経済地理的条件も加つて、この地方においても遊離型ガス鉱床の組織的な探鉱の機が熟してきたといえる。

まず、上総層群について見ると、房総半島の南部を除いて、同層群には試掘対象として適当な構造が認められない。同時に、若干の既存の資料から見ると、同層群中には帽岩として十分なものがない恐れが強い。このように、大局的に見て、上総層群は“構造性”ガス鉱床の探鉱の対象としては不適当であろう。

次に、“構造性”ガス鉱床の探鉱の主対象である中新統について考えて見よう。まず、前節までに述べた中新統の分布の大局から見て、筑波山塊の周辺、中新統がまったく欠除しているか、あつても M_4 階に属するものしか分布していないと推定される地域は、各階に属する中新統がよく発達している地域にくらべて、当面の探鉱の必要性は著しく低いと考えられる。

以上に述べたことから明らかなように、探鉱の主対象と考えられるのは、低重力地帯と大体一致して、各階に属する中新統がよく発達している地域であるが、地質構造上の特徴から見て、これを、丹沢~峯岡隆起帯に沿つて分布しているものと、そのほかのものとに区分して考えるのが適当と考えられる。前者の中で三浦半島以西のもの、とくに、大磯(淘綾)地塊および丹沢山塊のものは、主として火砕質堆積物からなつていくことから見て、“構造性”ガス鉱床を胚胎する可能性が低い。これに対して、房総半島の鴨川低地帯に分布する多数の断層を伴つた複雑な褶曲構造を有する中新統からは、多数のガス徴が知られている(河井, 1957)。ここでまず問題となるのは、この複雑な褶曲・断層帯の北側にある上

総層群にゆるい褶曲構造が見られるところに、含ガス中新統がどの程度まで発達しているかどうかということである。すなわち、この地域に中新統が伏在しているとするれば、その構造がある程度まで上総層群のそれと一致している可能性があるからである。しかし、この地域に中新統が伏在しているとしても、それがどのような層相および層厚をもつたものかを推定する手掛りが現状では皆無なので、この地域に対しては、大深度の層序試錐の実施が望ましい。

丹沢～嶺岡隆起帯を離れた地域の主体をなすものは、東京都の東部から埼玉県東半部を経て、関東・足尾の両山地の間に挟まれた群馬県の主部にわたる地域であるが、足尾山地と筑波山塊から八溝山脈に連なる山地の間に挟まれた栃木県下の山地および丘陵地も、これにつながるものである。以上に述べた地域の中新統は、一般によく似た層序をもっているが、M₁階の層相には大きな相異が見られ、本階にガス母層および帽岩を期待できるのは、物見山丘陵およびそれ以南の、ほゞ東松山市を通る北北西～南南東の線の西側の地域のみと思われる。したがって、ひろく探鉱の対象となるのは、M₂階およびそれ以下の層準ということになる。

先に述べたように、これらについては、層位学的知識が不十分なところも残されているが、以上に述べた地域、とくに平原下の中新統に、ガス母層が発達していることは確実であり、一般論として、今後の探鉱の努力は貯溜層および集積構造の発達地域の発見に向けられるべきであろう。このうち、前者については、古地理学的考察が有効であろうし、また、後者については、重力・地震・磁気等の物理探査技術の組織的な活用が期待されるが、それには、層序試錐を含む既存の坑井および新たに掘さくされる試・探掘井によって得られる知識との総合解釈にまつところが大きい。

以上に挙げた諸地域のほかに、“構造性”ガス鉱床探鉱の対象となる中新統が伏在しているところとしては、水戸市を中心とする地域があるが、この地域の新第三系の堆積盆地としての規模が小さいこと、および重力探査の結果を含む既存の資料から、この地域の探鉱を優先的にとり上げることは好ましくないと判断される。

5. 開 発

関東地方において、実際に開発されているのは水溶性ガス鉱床だけであり、かつ、代表的なガス田の開発については、別稿に詳細な説明が用意されているので、ここでは、この地方のこの種の鉱床の開発について、きわめて概念的に触れるに止める。よく知られているように、この地方の水溶性ガス鉱床はこれを茂原型ガス鉱床と普

通の型に属する水溶型ガス鉱床に分けられる。

5.1. 茂原型ガス鉱床

改めて述べるまでもなく、この型のガス鉱床においては、生産開始後、累計産出水量の増大に伴って、層圧が当初急速に低下して行き、かつ、それに伴ってガス水比の急速な上昇が見られる。このガス水比上昇の機構については、末詳の点も少くないが、要するに、累計産出水量の増加に伴う層圧の低下による水飽和率の低下のために、ガスが滑り出すという現象である。このような油田における depletion drive process に類似した特異な産出挙動は、茂原ガス田の特殊な地質条件を基盤とするものであるが、それらの中で、おびただしい断層の存在、および、砂・泥の互層の発達がよく、かつそれが比較的浅いところにあること等が主要な因子になつていと推定される。したがって、この型のガス鉱床のひろがりを立て的に把握するとともに、その産出挙動が今後どのような推移を辿るか、また、開発方式あるいは地質条件の差が推移曲線にどのように影響するかということ等が、開発の進展に伴う重要な留意点になると考えられる。同時に、これらの問題を究明することによって、この型のガス鉱床の可採埋蔵鉱量の算定に大きな寄与をなし得るものと思われる。

5.2. ノルマルな普通の型に属する水溶型ガス鉱床

茂原地域の浅層ガス鉱床を除いた上総層群中に賦存する大部分のガス鉱床は、もつとも普通な型の水溶型ガス鉱床である。そして、茂原地域においても、黄和田層以下、とくに大原層以下の開発は、この場合と同様に処理することができる。上総層群中のガス鉱床は、堆積盆地の北側に見られる例外的な礫質ガス層を除けば、ほとんど細粒ないし中粒の砂層中に胚胎しており、その浸透率は2,000 ミリダルシー以下で、一般に数100～1,000 ミリダルシー程度のものである。したがって、産ガスレートを大きくするためには、いきおい多くの砂層を同時仕上げることになるが、この場合でも slightly compressible fluid の非定常流の解 (Everdingen and Hurst, 1949 等) を準用して、採収開始後の累計圧力降下をある程度まで予測し得ることが、経験的に確められている。

上総層群中の有力なガス層となつている砂層の発達状況は、その大部分が deep water sand であるため、一般に地域的な変化が大きいので、開発面積の拡大に当たっては、試・探掘を十分行つて、ガス層の性状の変化の傾向をよく把握しておかなければならない。また、開発にさき立ち、これら試・探掘井の試ガスの資料に基づいて、適正な生産規模および坑井展開方式を試算によつて定めることが必須であり、採収開始後、この試算結果を実績によつて修正しながら、慎重に開発面積を拡大して行か

なければならない。

最後に、地質学的面から離れるが、今後とくに開発上の問題となると考えられるのは排水である。この地方の水溶型ガス鉱床の開発は、いわば排水の容易なところから進められてきたのであるが、未開発の良好なガス田の賦存が予想されるのは、千葉市以北の内陸地帯であり、この地帯の可否は、排水の問題の適切な解決にかかっているといつても過言ではない。

6. むすび

以上に関東地方の新第三系を中心とした地質および天然ガス鉱床の探鉱と開発に対する基本的な考え方を述べたが、それらの中には、研究の進展とともに修正しなければならない事項も、かなり含まれていると思われる。とくに、この地方における構造性ガス鉱床の探鉱の主対象と考えられる中新統については、資料の不足が目立ち、とりまとめるのに非常な困難を感じた。しかし、資料が不足していればこそ、それらから帰納し得る限りの一般性を明らかにし、今後の研究および探鉱の方針を立てる上に、使い易いものにしておかなければならない。2および3の両章はこのような観点からとりまとめられたものであり、その内容には不備な点が少なくないと思われるが、少しでも関係者各位のお役に立てば幸いである。また、4および5の両章の中の水溶性ガス鉱床に関する事項については、本号の関連諸論文との重複を避けるため、きわめて概念的なことを述べるに止めてあることを付記しておく。

引用文献*

- 1) American Commission on Stratigraphic Nomenclature (1916): Code of Stratigraphic Nomenclature, *Bull. Amer. Assoc. Pet. Geol.*, Vol. 45, No. 5, pp. 645~665.
- 2) 新井房夫ほか13名(1963): 群馬県下仁田町の跡倉礫岩を中心とする地質学的研究, 地球科学, 64号, 18~31頁.
- 3) Arai, J. and Kanno, S. (1960): The Tertiary System of the Chichibu Basin, Saitama Prefecture, Central Japan, Part I. Geology, *Jap. Soc. Prom. Sci. Res.*, Ueno, Tokyo, pp. 1~122.
- 4) Asano, K. (1958): Some Paleogene Smaller Foraminifera from Japan, *Sci. Rep. Tohoku Univ.* 2nd, Ser. (Geol.), Vol. 29, pp. 43~75, pls. 8~13.
- 5) 房総研究グループ(1957): 房総半島新生代地層群の地史区分(予報), 有孔虫, 7号, 32~37頁.
- 6) Bubnoff, S. V. (漢・小笠原訳)(1954): *Grundprobleme der Geologie* (地質学の基礎), 岩波書店, 309頁.
- 7) 鎮西清高(1963): 東北日本の新第三紀貝化石群集の変遷, 化石, 5号, 20~26頁.
- 8) van Everdingen, A. F. and Hurst, W. (1949): The Application of the Laplace Transformation to Flow Problems in Reservoirs, *Jour. Petrol. Tech.*, Vol. 1, No. 12, pp. 305~326.
- 9) 藤本治義・渡部景隆(1948): 小川町並に寄居町近傍の第三紀層について, 地質学雑誌, 53巻, 622~627号, 95頁.
- 10) 藤本治義ほか2名(1953): 関東山地北部の押し被せ構造, 秩父自然科学博物館研究報告, 3号, 1~41頁.
- 11) 福田理(1955): 埼玉県秩父郡原谷村木毛産の化石有孔虫群に就いて, 秩父自然科学博物館研究報告, 1号, 147~155頁.
- 12) 福田理(1955): 微小古生物学的に見た高久層群, 地質調査所月報, 6巻, 11号, 649~656頁.
- 13) 福田理(1962a): 日本の燃料資源の探鉱・開発上の地質学的諸問題(その1), 天然ガス, 地質ニュース, 93号, 4~15頁.
- 14) 福田理(1962b): 躍進する南関東ガス田地帯——草加 R-1号井の成功——, 地質ニュース, 94号, 7~11頁.
- 15) 福田理(1962c): 仏子粘土層中の亜炭層の堆積過程とそれに関連する諸問題, 化石, 3号, 9~12頁.
- 16) 福田理(1962d): 春日部層序試錘(予報)——坑井地質を中心として——, 地質ニュース, 100号, 1~16頁.
- 17) 福田理(1963): 春日部層序試錘の坑井地質層序, 地質調査所月報, 14巻, 4号, 379~380頁.
- 18) Gignoux, M. (1950): *Stratigraphic Geology*, W. H. Freeman and Company, 628 pp.
- 19) Hanzawa, S. (1931): Note on Tertiary Foraminiferous Rocks from the Kwanto Mountainland, Japan, *Sci. Rep. Tohoku Univ.*, 2nd Ser. (Geol.), Vol. 12, pp. 141~157.
- 20) Hanzawa, S. (1935): Some Fossil *Operculina* and *Miogyopsina* from Japan and Their Stratigraphical Significance, *ibid.*, Vol. 18, pp. 1~29, pls. 1~3.
- 21) Hatai, K. and Koike, K. (1957): On Some Fossil Mollusca from Chiba Prefecture, Japan, *Jap. Jour. Geol. Geogr.*, Vol. 28, pp. 77~90.
- 22) Hatai, K. and Masuda, K. (1962): Mega-fossils from Near Higashi-Matsuyama City, Saitama Prefecture, Japan, *Taans. Proc. Paleont. Soc. Japan*, N. S. No. 46, pp. 254~262, pl. 40.
- 23) 樋口雄(1954): 宮田層の有孔虫化石群について, 地質学雑誌, 60巻, 703号, 133~144頁.
- 24) 星野通平(1962): 下末吉海進, 地球科学, 60・61号, 2~4頁.
- 25) 市原実(1960): 大阪・明石地域の第四紀層に關

* 河井(1961)および石井(1962)に集録されているものを除く

- する諸問題, 地質学雑誌, 49号, 15~25頁.
- 26) 伊田一善ほか2名(1961): 日本油田・ガス田図, 2, 横浜, 地質調査所.
 - 27) Ikebe, N. (1954): Cenozoic Biochronology of Japan, Contribution to the Cenozoic Geohistory of Japan, *Jour. Inst. Polytechnics, Osaka City Univ.*, Ser. G (Geoscience), Vol. 1, No. 1, pp. 73~89.
 - 28) Inoue, H. and Nakaseko, K. (1951): Foraminifera of the Miocene Sakuma Formation, Japan, *Jour. Geol. Soc. Japan*, Vol. 57, No. 964, pp. 7~11.
 - 29) 井上寛生(1956): 埼玉県比企郡松山古生物班の微小古生物学的調査, 石油資源開発(株)資料.
 - 30) 石井基裕(1962): 関東平野の基盤, 石油技術協会誌, 27巻, 6号, 615~664頁.
 - 31) 石和田靖章ほか2名(1962): 南関東ガス田の微化石層序, 石油技術協会誌, 27巻, 3号, 68~79頁.
 - 32) Kamada, Y. (1962): Tertiary Marine Mollusca from the Joban Coal-field, Japan. *Paleont. Soc. Japan. Spec. Pap.* No. 8, 187 pp., 21 pls.
 - 33) Kanno, S. (1958): Paleogene Megafossil Zones in the Chichibu Basin, Saitama Prefecture, Japan, *Jab. Pub. Com. Prof. H. Fuzimoto 60th Birthday*, pp. 304~311.
 - 34) Kanno, S. (1960): The Tertiary System of the Chichibu Basin, Saitama Prefecture, Central Japan, Part II. Palaeontology! *Jap. Soc. Prom. Sci. Res.*, Ueno, Tokyo, pp. 123~396, pls. 31~51.
 - 35) 河井興三(1961): 南関東ガス田地帯についての鉱床地質学的研究, 石油技術協会誌, 26巻, 5号, 1~55頁.
 - 36) 菊池良樹(1962): 横浜市保土ヶ谷地区の地下微化石層序, 石油技術協会誌, 27巻, 5号, 192~197頁.
 - 37) 北村信(1963): グリーンタフ地域における第三紀造構運動, 化石, 5号, 123~137頁.
 - 38) 小林国夫(1962): 第四紀(上), 地学団体研究会, 194頁.
 - 39) 小林学(1935): 関東平野松山町地方の地質, 地質学雑誌, 43巻, 555号, 211~224頁.
 - 40) 関東ローム研究グループ(1960): 関東ロームの諸問題(III), 地球科学, 46号, 1~8頁.
 - 41) Matsumoto, T. (1953): The Cretaceous System in the Japanese Islands, *Jap. Soc. Prom. Sci. Res.*, Ueno, Tokyo, 324 pp., 20 pls.
 - 42) 松沢明ほか2名(1962a): 野田重力探鉱報告書, 東京ガス(株)資料.
 - 43) 松沢明ほか2名(1962b): 関東中部重力探鉱報告書, 東京ガス資料.
 - 44) 本島公司ほか2名(1961): 銚子市の白堊紀層に関する地球化学的考察, 石油技術協会誌, 26巻, 8号, 386~393頁.
 - 45) 成田研究グループ(1962): 下末吉海進と古東京湾, 地球科学, 60・61号, 8~15頁.
 - 46) Oinomikado, T. (1938): Neogene Shells from the Vicinity of the City of Takasaki, Gumma, Japan, *Jour. Geol. Soc. Japan*. Vol. 45, No. 39, pp. 672~676.
 - 47) Otuka, Y. (1934): Tertiary Structures of the Northwestern End of the Kitakami Mountainland, Iwate Prefecture, Japan. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, Vol. 12, pt. 3, pp. 566~638.
 - 48) 斎藤林次(1962): 本邦における中新統基底について, 化石, 4号, 17~19頁.
 - 49) 斎藤林次(1963): 先杵島時階運動の意義, 化石, 5号, 138~150頁.
 - 50) Saito, T. (1962a): Note on *Globigerina nepenthes* Todd, *Trans. Proc. Paleont. Soc. Japan*, N. S. No. 48, pp. 331~342, pls. 51~52.
 - 51) 斎藤常正(1962b): 浮游性有孔虫による本邦古第三系~新第三系の境界問題, 化石, 4号, 36~41頁.
 - 52) 斎藤常正(1963): 日本の新第三紀浮游性有孔虫群, 化石, 5号, 8~19頁.
 - 53) 佐藤良昭・宮下美智夫(1991): 埼玉県熊谷市南部新第三系の重鉱物, 東京ガス(株)資料.
 - 54) 鹿間時夫(1962): 化石哺乳類より見た日本列島と大陸との接続, 第四紀研究, 2巻, 4~5号, 146~153.
 - 55) 篠木嶺二・見上敬三(1954): 丹沢山塊東北部の構造について, 東京教育大学地質学鉱物学教室研究報告, 3号, 117~123頁.
 - 56) Stille, H. (1924): Grundfragen der vergleichenden Tektonik, Bornträger, Berlin, 443 pp.
 - 57) 鈴木好一(1932a): 神奈川県厚木町北方の鮮新統(その1), 地質学雑誌, 39巻, 461号, 49~70頁.
 - 58) 鈴木康司(1958): 常磐炭田の地質構造についての一考察——“いわゆる多賀統”に成因について——, 藤本治義教授還暦記念論文集, 170~182頁.
 - 59) 鈴木達彦・青木直昭(1962): 茂原市北西の地蔵堂層および蕨層の層序と有孔虫化石について, 地質学雑誌, 68巻, 804号, 497~506頁.
 - 60) Takai, F. (1962a): A New Anthracothere from the Shiramizu Group in the Joban Coal-field, Japan, with Notes on Its Geological Age, *Japan Acad. Proc.*, Vol. 37, No. 5, pp. 255~260.
 - 61) 高井冬二(1962b): 哺乳動物から見た本邦古第三系と新第三系との境界, 化石, 4号, 30~31頁.
 - 62) 棚井敏雅(1955): 本邦炭田産の第三紀化石植物図説, I. 初期および中期中新世植物群, 地質調査所報告, 193号, 24頁, 22図版.
 - 63) Uchio, T. (1951): New Species of Foraminifera of the Miocene Age in Tochigi Prefecture, Japan, *Jour. Geol. Soc. Japan*, Vol. 57, No. 671, pp. 369~377.
 - 64) Ujiie, H. and Iijima, H. (1959): Miocene Foraminifera from the Akahira Group, Saitama.

- Prefecture, Japan, *Bull. Chichibu Mus. Nat. Hist.*, No. 9, pp. 69~90, pls. 1~2.
- 65) 渡部景隆(1952): 関東山地東北縁部第三紀層中に見られる部分的不整合, 地質学雑誌, 58巻, 686号, 523~528頁.
- 66) 渡辺其久男(1963): 埼玉県比企丘陵地域の微化石層序の研究並に八王子 ST-1 及び ST-2 構造試験の有孔虫について, 石油資源開発(株)資料.
- 67) Yabe, H. and Aoki, R. (1924): Mesozoic and Cenozoic History of the Abukuma Plateau and Its Forelands along the Pacific Coast, *Jap. Jour. Geol. Geogr.*, Vol. 3, Nos. 3~4, pp. 23~27.
- 68) Yabe, H. (1925): The Great Kantô-Earthquake of Sept. 1, 1923, Geologically Considered (the Second Preliminary Report), *Ann. Rep. New-Work Saito Ho-on-kai*, No. 2, pp. 33~44.
- 69) Yabe, H. and Hatai, K. M. (1941): The Cenozoic Formations and Fossils of Northeast Honshu, Japan, *Sci. Rep. Tohoku Univ.*, 2nd Ser. (Geol.), Vol. 22, No. 1, pp. 1~86, pls. 1~4.
- 70) 矢崎ほか5名(1963): 北関東の地質から見た春日部層序試験(GS-1), 地質調査所月報, 14巻, 4号, 378~397頁.
- 71) Yokoyama, M. (1920): Fossils from the Miura Peninsula and Its Immediate North, *Jour. Coll. Sci., Imp. Univ. Tokyo*, Vol. 39, Art. 6, pp. 1~193, pls. 1~20.

質疑応答

本島公司(地調): 化石が出ない地層を対比する場合の方法論をどう考えているか?

福田: 私は、止むを得ない場合を除いて、単独の地層相互の対比を考えておらず、また化石だけを用いて対比を行なっていない。したがって、化石の有無によつて私の対比の方法論は変らない。しかし、あえていうならば、鍵層や重鉱物組成のほかにも、今後の研究課題として、沸石類のような特殊な粘土鉱物の有無あるいは多少が考えられる。

本島: 沸石類以外の粘土鉱物やそれ以外のものの中に対比に役立つものはないか?

福田: 専門外なのでよくわからないが、海緑石中のKを利用して絶対年代を測定することも、ある場合には可能であろう。また、岩石中の有機物の変質の程度が大きな対比の目安となる場合もある。

本島: 有機物によつて時代をきめるのか?

福田: そういうことではなく、石墨化した有機炭素の有無といった場合についてである。

本島: 要するによくわからないということで、今後の問題だと思う。

福田: そういう表現もできるが、むしろ、現状ではあらゆる場合に適用できる決定的な方法がないといった方

がよい。現状では対比には化石が一番有効であり、また、地質時代というものが主として化石を基礎として区分されている以上、何らかの手段によつて、無化石の地層と化石を含んだ地層との同時代性を明らかにし、後者によつて議論を進める努力が払われなければならない。私の春日部 GS-1 号井の F 層および G 層の扱い方も、この線に沿つてなされたものである。

補遺 本稿は講演時における著者の知見によつてとりまとめられたものであるが、その後、著者を中心とする地質調査所表層地質グループ(昭和39年度より平野の地質研究グループと改称の予定)の関東平野の西半部の地質に関する総合的研究の結果、この地域の地表ならびに地下の地質について、じゅうらい一般に認められていたところと非常に異つた事実がほぼ明らかにされ、その中には、関東地方の水溶性ガス鉱床の性質ならびに探鉱開発を考える上にも重要な影響を及ぼすものがあるので、ここに余白を利用して簡単に紹介しておく。

多摩丘陵の西部においては、一般に連光寺互層が平山砂層の上に整合に重なるとされているが、両者の関係を不整合とする見方もある(藤本, 1930; 寿円・原田, 1961)。問題の地域においては、現在、宅地造成工業のため露出が非常によくなっているが、これについて行つた著者らの再調査は、上は述べた少数意見を支持する結果になった。この不整合をダイアステムとする見方(徳永・郷原・桑野, 1949; 寿円, 1958)もあるが、いずれにしても、連光寺互層(その下部を三沢泥岩層として区別することもある)の最下部に顕著な礫層があり、これは立川市西方の多摩川の左岸にも認められる。そして、この礫層のもつとも大きな特徴は、それが御殿峠礫層や増戸(加住)礫層およびその相当層に見られるような風化礫をほとんど含んでいないことである。このような事実から、寿円(談)によれば、狭山丘陵の本体を作っている地層や阿須山丘陵の豊岡礫層等も、この礫層が北方に向つて発達がよくなつたものと考えられるが、この考えは当所の森和男によつて明らかにされた武蔵野台地の地下地質(未公表)ともよく調和する。すなわち、関東平野の西部においては、上総層群の中に基底礫層を伴つた不整合あるいはダイアステムの存在が広く認められるが、増戸礫層およびその相当層がほぼ大田代層に対比されるので、これによつて示される地変は、南関東ガス田地帯の生い立ちに相当な影響を与えたものと考えられる。また、春日部 GS-1 号井の C₂ 部層の基底の不整合がこれに対比される可能性も大きく、同井の C 層の層位の再検討が必要になった。(福田)