論文・報告

南関東ガス田地帯についての
鉱床地質学的研究

河井 興 三*

(昭和36年2月14日受理)

Economic Geological Study on the Southern Kantō Gas-producing Region

By

Kōzō KAWAI

Abstract : The Southern Kantō “dissolved-in-water type” gas-producing region, which covers Chiba prefecture, a part of Tokyo, Kanagawa, Ibaraki and Saitama prefectures, is one of the largest gas-producing regions in Japan. The methane gas from the region has no geological relation to petroleum or coal. Stratigraphically most of the gas-producing horizons in the region are restricted to the marine Kazusa group of Pliocene to Pleistocene in age. (Here, the Kazusa group denotes all the formations between the Kurotaki unconformity and the top of the Kasamori formation.) The natural gas is concentrated in a basin-like structure of the Kazusa group, being mostly dissolved in connate brine water. It can be considered that the natural gas in the Kazusa group, at least the greater portion of it, is indigenous to the group. Roughly speaking, the natural gas potentiality is highest in the southern part of the Kujūkuri district, and very low both in the western half of the area of distribution of the group and in the Kisarazu-Goi district.

Judging from the geologic conditions during the deposition of the Kazusa group, such as lithofacies, depositional environments, and the modes of sedimentation of the group, the natural gas in the group was generated in the greatest quantities in the deep open-sea bottom where much argillaceous sediments were rapidly deposited. A considerable part of the gas thus generated has migrated into the porous layers in the group; however, since the time of the deposition of the group the gas has always behaved under the strong influence of the movements of the groundwater, that is, gravitative percolation of meteoric water into the strata, and compaction current in the strata. And, the movements of the groundwater have corresponded exactly to the changes in the pressure distribution of the water, which have been caused by sedimentation, deformation of the strata, and changes in paleogeography of the Kantō region ever since. Thus, the present modes of occurrence and the distribution of the natural gas in the Kazusa group can be clearly explained from the geologic conditions during the deposition of the group, and from the geohistorical factors which have more influentially controlled since the time of the deposition of the group than the former.

*東大工学部鉱山学（採油）教室

目 次

第Ⅰ章 緒 言

第Ⅱ章 南関東地方の新生界上部層の大区分と
上総層群の模式層序

第Ⅲ章 上総層群の分布・発達と地質構造

第Ⅳ章 上総層群の層厚と岩相

第Ⅴ章 上総層群の堆積環境

第Ⅵ章 上総層群の堆積のしかた

第Ⅶ章 南関東地方における天然ガスおよび
ガス鉱床の分布・あり方第Ⅷ章 上総層群堆積時における初成的地質条件
と天然ガスおよびガス鉱床との関係第Ⅸ章 上総時代後期以後における地史および
古地理の変遷と天然ガスおよびガス鉱
床との関係

第Ⅹ章 要約および結論

文 献

付図19, 付表 6

第Ⅰ章 緒 言

ここにいう南関東ガス田地帯とは、茂原・大多喜・白里・千葉・船橋・成田・江東・江戸川・川崎等の諸ガス田を含み、千葉県・東京都東部・神奈川県東部・茨城県南部・埼玉県南東部にわたる“水溶性”天然ガス^{註1)}の産出地帯を指すものである。これらの諸ガス田のうち、大多喜・茂原の両ガス田は古くからガス採収が企業的に行なわれたところとして有名であり、その他はおおむね第2次大戦後に発見、開発されたガス田であるが、近年、天然ガスが都市ガス等の燃料としてますます重要性を加え、さらに化学工業原料としてもさかんに利用されるようになるに及んで、茂原・白里・千葉・江東・江戸川等の諸ガス田は、急速な発展をとげるようになった。そして現在、南関東ガス田地帯がいわゆる新潟ガス田とともに、本邦における最大級の“水溶性”天然ガス産出地帯となつていることは、広く一般に知られているところである。しかしながら、このガス田地帯にはなお未開発の部分も多く、現在各社によつて着々と試・探掘が行なわれ、今後さらに大きな発展が期待されている。

筆者はここ数年来、鉱床地質学的な立場から、南関東ガス田地帯を巨視的にみた場合、(1)天然ガスおよびその鉱床はどんな分布・あり方をなすか、(2)どのような地質学的要因によつてそのような分布・あり方をなすに至つたか、という2つの問題について研究してきた。そしてその結果の一部はすでに発表したことがあるが^{31, 82)}、それらは極めて不十分なものであつたので、ここにあらためて研究の結果をまとめて公にし、諸賢の御批判をあおぐとともに、この研究成果がこの地帯の天然ガス資源

の開発に役立つならば幸であると考え。

以上述べたように、この論文は、上記2つの問題を主題として論ずるものである。そして、この2つの問題は、この論文の第Ⅶ章から第Ⅹ章にわたる各章において取扱つている。しかしながら、これらの問題を扱うに先立つて、南関東地方の地質に関する考察が必要である。この論文の第Ⅱ章から第Ⅵ章までの各章は、そのための、地質に関する考察結果の記述である。なお、第Ⅱ章から第Ⅵ章までの各章において、記述をほとんど上総層群のみに限つていることは、第Ⅶ章において述べるように、南関東ガス田地帯で、現在判明している稼行に値するガス鉱床がほとんどすべて上総層群中に成立していることと、同層群中で鉱床をなすガスの少なくとも大部分が、同層群内で生成されたものとみなしうることを、のためである。

南関東ガス田地帯における個々のガス田、あるいは個々の試掘井を対象とする地質学的、地化学的あるいは油層工学的研究は、以前から多くの研究者によつて行なわれ、その成果は多数の論文・報告として公にされているが、それらを総合し、このガス田地帯全体について考察されたことは、従来余りなかつた。本論文においては、個々のガス田・試掘井に関する既発表の研究成果は、必要に応じてごく簡単に引用するにとどめ、それらのほかに多くの新しいデータ（ただし1960年11月以後に行なわれた試掘結果等は含まない）を示すとともに、多種多様のデータをいろいろな角度から検討しつつ総合、考察した結果について述べる。

謝辞 東大工学部三土知芳教授は筆者の粗稿を査読され、種々有益な御注意・御意見を賜わつた。東大上床国夫名誉教授・小林貞一教授・淵田隆門教授・高井冬二教授・今井秀喜教授は、この研究の当初より筆者に鞭撻と激励を与えられたほか、高井教授からは種々有益な御意見を頂いた。地質調査所石和田靖章技官は多くの貴重な

註1) ここにいう“水溶性”天然ガスとは、炭化水素を主成分とする可燃性天然ガスのうちで、石油や石炭の産出とは密接な関連なしに産出するものを指す。したがって、ガス層が水溶型であるか、遊離型であるかは問わない⁸¹⁾。

未発表資料を提供して引用を許可され、かつ種々有益な意見を与えられた。同所の大山桂博士、東大理学部生越忠氏は化石に関する知見を与えられた。さらに、南関東地方において、ガス田開発または坑井掘鑿に従事している多くの会社の関係各位は、筆者の研究に欠くべからざる重要な資料を提供された。とくに関東天然瓦斯開発株式会社・帝国石油株式会社等の会社は多くの資料を提供され、筆者の研究に多大の便宜を与えられた。また、東大工学部山田博・戸谷嗣津夫両氏は筆者の研究において、調査・分析・作図等の面で助力を与えられた。筆者は上記各位ならびに諸会社の御好意に対して、深甚なる感謝の意を表する。

なおこの研究は、昭和34・35年度に文部省から支給された科学試験研究費を使用して行なつたものであることを付記する。

第II章 南関東地方の新生界上部層の大区分と上総層群の模式層序

一般的にいつて、堆積盆地の全域にわたつて適用できるような地層の大区分を決める場合には、最も広い地域にわたつて認められる不整合あるいは堆積状態の激変部をもつて、地層の大区分の境とすべきである。このためには、堆積盆地内で地層が最も厚かつ不整合の最も少ない場所をえらび、そのような場所における地層の発達状態を重視すべきである。それは、このような場所においてもなお認められる不整合や堆積状態の激変部は、広域的なものである可能性が大きいからである。また、大区分をなされた地層の、模式層序を定める場合にも、地層が最も厚く発達しかつ不整合の最も少ない場所における層序を模式層序として採用することが最も合理的である。

従来、関東南部の鮮新統・更新統の大区分と模式層序には、房総半島西部の、東京湾寄りの地域の地層が採用されることが多かった（例えば、関(Ⅲ)層群・秋元(Ⅲ)層群^{87,139)}長浜・佐貫・周南の諸層をも含めた広義の成田層群^{15,139)}等）。しかし、この地域は房総半島中部以東の地域にくらべて、地層の収斂、多くの不整合による地層の欠除、岩相の横の変化が著しいので、このような地域の地層にもとづいて地層の大区分と模式層序を定めることは、明らかに妥当でない。

一方、伊田等³⁵⁾はいわゆる黒滝不整合と長沼貝殻坂不整合とによつて、上総層群と相模層群とを定義した。しかしながら、長沼貝殻坂不整合のある三浦半島北部においては、鮮新統・更新統の発達には十分に良好であるとはいえず、さらに、長沼層基底の長沼貝殻坂不整合の、房総半島における層位的位置については、多くの人々の意

見が分かれ¹³⁹⁾、伊田等がいうように笠森層の上限であるかどうかはわからない。その結果、この不整合によつて定義された上総層群・相模層群という大区分を、南関東全域に対して適用することには、大きな無理を生ずる。

そこで筆者は、南関東において鮮新統・更新統の地層が最も厚かつ連続的に発達している場所として、勝浦・御宿付近からは北北西へ千葉付近に至る地域（夷隅川流域・養老川流域および長南・笠森付近を含む）を採つて、その地域に露出している地層にもとづいて、長沼貝殻坂不整合とは無関係に、地層を上総層群（Kazusa group）と下総層群（Shimōsa super-group）とに2大別する。筆者のいう上総層群とは、黒滝不整合から成瀬¹³⁶⁾の笠森層の上限までの層位の地層を指し、下総層群とは、成瀬^{135,136)}の地蔵堂層の基底の層準より現世堆積物までを一括して称するものである。

笠森層と地蔵堂層との境の層準を、地層の大区分の境としてえらんだ理由は次の通りである。東京湾に面した富津付近から千葉県北東部に至る広い地域についてみると、笠森層またはその相当層と、地蔵堂層またはその相当層との間には、部分的ではあるが不整合が存在し、整合的にみえるところでも、その層準付近に堆積状態の激変部が広域的に存在することが、多くの人々の調査結果^{74,115,118,130,135,136,139,195,196)}から判明している〔三土の金剛地層^{115,116,118,139)}は、成瀬の研究結果（同氏の談および文献^{63,135)}）にもとづいて考えると、一部は上総層群に、一部は下総層群に属する〕。とくに最近の成瀬の研究^{135,136)}は、笠森層と地蔵堂層との境の層準が地層の大区分の境として妥当であることを裏づけるものである。

一方、黒滝不整合については、後章において述べるように、三浦・房総両半島において、それは必ずしも明瞭な不整合とはいえないが、九十九里北部・銚子付近・鹿島灘南部にわたる地域では、陸化・侵蝕によつてできた傾斜不整合であると考えられるので、黒滝不整合を地層の大区分の境として採用することは、極めて妥当であると考えられる。成瀬¹³⁶⁾は筆者の上総層群に属する地層と黒滝不整合の下位にある地層〔豊岡(Ⅲ)層群〕とを合わせたものを、上総層群と呼んだが、このような地層の大区分は妥当なものであるとは考えられない。

上総層群の模式層序としては、前述したところの、勝浦・御宿付近から千葉付近にわたる地域内において露出する地層の層序によつて代表され、それは第1表に示す通りである。このうち笠森層については前述したが、万田野層より黄和田層までの各層は、三土の地質図¹¹⁸⁾によつて示されたものが、その後、地質調査所の人々および筆者等によつてごく一部修正されて報告されたもの²⁶⁾、

第1表 地層の大区分と上総層群の模式層序を示す表

現世堆積物	↑	略	↓	地蔵堂層群
				成田層群
笠森層 (万田野層)				上
長南層				総
柿木台層				層
国本層				群
梅が瀬層				
大田代層				
黄和田層				
大原層				
浪花層				
勝浦層				
野々塚層				
豊岡(亜)層群				黒滝不整合

群の模式層序とを、南関東地方全域に適用しようとするのであるが、上総層群と下総層群との境を鮮新・更新両統の境界としようとするものではない。筆者の大区分は、地質時代の境と無関係に定義したものである。また、下総層群として、その中に現世堆積物までもを含めたことについては、純層位的見地からすれば多少問題があるかもしれないが、坑井地質においては、完新統と更新統との境のはつきり決められない場合が現実になくはないため、地層をこのようにまとめることは、現在の段階としては止むをえないのである。また、成田層群という名称については、従来一般に長浜層の基底を同層群の基底とする広義の成田層群と、地蔵堂層の基底を同層群の基底とする狭義の成田層群との、2通りに使われてきたが註2)、長浜層基底の不整合を地層の大区分に用いることは妥当ではないので、本論文においては狭義の成田層群を単に成田層群と称することにする。

第III章 上総層群の分布・発達と地質構造

まずはじめに、上総層群の定義とその模式層序とを規定するためにえらんだ地域、すなわち上総層群の模式地域、から出発して、それから西方へ、東京湾に至る地域における同層群の分布について、述べる。この地域においては、上総層群に属する地層が広く露出して分布し、それらの地層については、古くから多くの人々によつて調査がなされてきたが、その中でも三梨等^{122,124,125,171)}は火砕質鍵層を丹念に追跡し、きわめて詳細な調査を行なつた。主としてその結果をもとに考えると、養老川および小櫃川流域においては、三梨等¹²⁴⁾が笠森泥質砂層と呼んだ地層の上限から、黒滝凝灰質砂岩層と呼んだ地層の基底までの地層は、すべて上総層群に属する。また、養老川流域および小櫃川流域において三梨等¹²⁴⁾が金剛地砂層とした地層は、ほぼ確実に成田層群(すなわち下総層群)に属する。小糸川流域から東京湾に至る地域においては、上総層群の下限は、三梨等^{122,171)}の竹岡相あるいは竹岡層の基底であるとみなされる。またこの地域において周南層と呼ばれる地層の上限は、上総層群の上限または最上部に対比される^{99,136,171,177)}。したがつて、竹岡・十宮・大塚山・高溝・駒場・坂畑・東日笠・栗倉・岩坂・市宿・中堰・長浜・佐貫・周南等の諸層(あるいは諸相)は上総層群に属する。また、この地域に分布する三舟山層は地蔵堂層に対比される¹³⁶⁾ので、下総層群に属する。なお、層位的に周南層と三舟山層との間付近にある東谷層が、上総層群に属するか成田層群に属するかは明らかではなく、将来決定さるべき問題である。かくして、房総半島においては、ほど勝浦——竹岡の線

65,72,74,124,168,169)である。ただし黄和田層の下限の層準は、養老川流域について三梨等¹²⁴⁾が示したものを採用せず、三土¹¹⁸⁾が茂原図幅において示したものを採用することにする。また、万田野層の層位は笠森層の層位に含まれるものである。大原・浪花・勝浦の各層については完全な記載はまだなされていないが、それらは黄和田層の下位にある地層として、一般に知られているものである。野々塚層は植田によつて命名された地層であるが¹⁸⁹⁾、その後、小池⁹⁹⁾は勝浦南方の黒鼻および八幡岬において、黒滝不整合の直上にある地層をも野々塚層と呼んだ。筆者がここにいう野々塚層は、勝浦南方の黒鼻および八幡岬において、黒滝不整合の直上に発達する粗粒堆積物を指すものである。

以上に述べた上総層群の模式層序の中の各層は、勝浦・御宿付近から北方ないし北西方にひろがる地域の地表において、それぞれ固有の岩相を有しているのであるが、本論文においては繁雑を避けるために、岩相名を略して層名を呼ぶことにする。また、これらの各層は上記地域内の露出地から遠くへ離れるにつれて、いずれも多少とも同時異相を呈するので、本論文においてこれら各層の名称をそのまま使用する場合には、とくにことわらない限り、それはこの地域(すなわち上総層群の模式地域)内の地層を指すものとする。

筆者は、このようにして定めた地層の大区分と上総層

註2) 例えば、文献 15, 135, 136, 139参照。

第1図 ガス田・試掘井等分布図

- ①夷隅川・房総中部地域 ②九十九里地域
 ③東京湾東岸地域 ④内陸地域
 ⑤東京・市川地域 ⑥東京湾西岸地域

A ガス田・ヨード田

B 採取層付近では計算ガス水比程度、またはそれ以上のガス水比をもつもの

C 同上、ただしガス量が少なく、稼働できないもの

D 採取層付近で計算ガス水比よりもはるかに小さいガス水比をもつもの

E ガス水比不明のもの

F ガス徴候地 (図示すると繁雑になるものは略してある)

G 上総層群の地表における分布限界

H 上総層群より古い地質系統の露出地域

1960年11月までに
掘られた重要な試
掘井 (“天然温泉
井”を含む)

以北に上総層群が広く露出している。そして同層群の下位には、豊岡(亜)層群と呼ばれる先上総新第三系が発達しているが、このことは地表においてのみならず、上総湊および大佐和の試掘によつても確かめられている。

次に、千葉県中部・北部および茨城県南部にわたる地域における上総層群の分布について述べるのであるが、

この地域においては同層群の露出はきわめて少なく、坑井によつてその分布が確かめられている。そこで、上総層群の分布を述べるに先立つて、南関東地方における坑井の分布を略述する。南関東地方におけるガス田・ヨード田・試掘地・ガス徴候地は第1図に示す通りであるが、説明の都合上それらをまとめて、(1)夷隅川・房総

中部地域、(2)九十九里地域、(3)東京湾東岸地域、(4)内陸地域、(5)東京・市川地域、(6)東京湾西岸地域、(7)その他の地域、に分けることにする。(1)は大多喜以東の夷隅川流域にある大多喜・上滝・夷隅(松丸およびその西方)・古沢・太東・長者町、のガス田・ヨード田・試掘地と、大多喜以西の中野付近・葛藤付近・亀山付近の各ガス徴候地を含む地域をいう。(2)は九十九里浜に沿う地域で、一ノ宮・茂原(七井土・八積・関を含む)・細草・白里・大網・東金・成東・横芝・旭・飯岡、のガス田・試掘地および矢指ガ浦等のガス徴候地を含む。(3)は千葉・船橋・習志野・富津の各ガス田、および八千代・八幡宿・五井・木更津・大佐和の各試掘地と、青堀の徴候地とを含む。(4)は千葉県北部・茨城県南部・埼玉県南東部にわたる一帯で、成田ガス田をはじめ草加・野田・竜崎(新利根)・八街・菱田・多古・小見川の各試掘地を含み、鹿島試掘地も便宜上この地域内に含ましめることにする。(5)は江東・江戸川および市川の各ガス田と、東京都区内各所の“天然温泉井”(上野・新宿・池袋・大森・蔵前等)を含む地域である。(6)は川崎ガス田から三浦半島北部にわたる地域で、同ガス田のほか、綱島、鶴見、星川・保土ガ谷、根岸(以上横浜市内)の各試掘地と、大船付近のガス徴候地とはこの中に含まれる。(7)には房総半島南部の鴨川付近・館山付近、舟形・金谷・大釜戸・上総湊等の試掘地またはガス徴候地と、茅ヶ崎の徴候地とが含まれる。

夷隅川・房総中部地域の地表に上総層群が分布することは既に述べた通りであるが、大多喜から以東の夷隅川沿いには坑井が多く分布し、地下にも同層群が存在することが確かめられている^{註3)}。例えば、上滝地区東部においては、深度約900~1,000m程度で大原層上限に達する。また松丸付近では大原層上限の深度は800~830m位で、1,030m付近より以深には250m以上の厚さにわたって浪花層が存在する。また長者町宮前に掘られた試掘井は、黄和田層最下部および大原・浪花の両層を貫通して、深度約600mで勝浦層上限に達し、その下に350m以上の厚さの勝浦層が存在することを明らかにした。しかしながら、夷隅川沿いのガス田・ヨード田・試掘地において、上総層群の基底に到達した坑井はまだ1本もない。

次に上総層群の模式地域から出発して、北東方向へ銚子台地に至る九十九里地域の上総層群を考察することにする。笠森層の延長とみなされる地層は、大網・東金・八日市場をへて、銚子台地北西部にまで分布する^{45,136,177)}。東金付近の東金シルト層^{141,146)}や、銚子台地の飯岡層¹⁶¹⁾の上部は、ともに笠森層に対比される地層で、上総層群

の最上部に属する。なお三土^{117,118)}の香取層と尾崎¹⁶¹⁾の香取層^{註4)}は明らかに成田層群に属し、模式地付近の金剛地層¹¹⁹⁾もまた同層群に属すると思われる。九十九里地域の地下地質については、すでに多くの人々の報告^{註5)}によつて概略が明らかにされ、この地域に上総層群が発達することが判明しているため、ここにはそれらを反復記述することを避け、従来知られていなかったことに重点をおいて述べる。この地域において、坑井と坑井との間、および坑井と地表との間の地層を対比していくと、梅ガ瀬層上限の層準は銚子台地における石和田等⁵³⁾のNo. 22~26 tuff (尾崎¹⁶¹⁾の飯岡層中部に介在する)の層準にあたるのがわかる。また銚子台地において名洗層と呼ばれる地層は、大原層またはそれより下位の上総層群とみなすことができる(第2図参照)。尾崎¹⁶¹⁾は銚子台地に露出する名洗・飯岡両層を合わせたものを犬吠層群と呼んだが、同層群は上総層群にほかならない。九十九里地域においては、上総層群に属する諸層は、茂原付近より北東へ銚子台地に向うにつれて、それぞれ多少とも変相しつつ薄化している。すなわち、上総層群の直下にある基盤は銚子台地において露出しているが、それより南西方茂原方面へ向つて次第に深度を増しているわけで、このことは地震探鉱結果^{99,172)}から推定されるのみならず、最近の試掘によつて確かめられつつある。なお、銚子台地においては、名洗層の下位に傾斜不整合をもつて夫婦ガ鼻層(先上総新第三系)が存在し¹⁸⁵⁾、飯岡・旭においてはそれに相当する地層を欠くが、横芝においては上総層群と先第三系との間に、比較的薄いと推定される先上総新第三系が存在し(第2図参照)、石和田の談によれば、この先上総新第三系と上総層群との関係は、陸化・侵蝕によつてできた不整合であると推定されるという(石和田は、横芝TR1における先上総新第三系の地層が、塩分濃度の極めて小さい水によつて満たされていることを、同井の電気検層図から認め、このことから先上総新第三系堆積後、上総層群堆積前に、陸化が起つたと考えている)。したがつて、黒滝下整合はこれらの場所では、陸化・侵蝕によつてできた不整合であるとなすことができよう。なお、九十九里地域南部においては、大原層相当層の上限の深度は900~1,200m程度であることはわかっているが、上総層群基底の深度がどの位であるかは明らかでない。最近、茂原東方で深度約2,000mの試掘が行なわれたが、この坑井の坑底が先上総新第三系に達したのか、それとも上総層群内にどまつているのか、現在のところ全く不明である。ただ地震

註4) 成瀬はこの地層を姉ヶ崎層(仮称)とし、成田層群のうちで瀬又層より上位にある部分と考えている(同氏の談による)。

註5) 文献 6, 9, 26, 45, 47~50, 52, 53, 55, 65, 67, 68, 73, 81, 172, 188, 189, 197。

註3) 文献 6, 9, 26, 47, 55, 67, 68, 72, 78, 81, 168, 169 参照。

第2図 横芝・飯岡間坑井対比図

探鉱結果¹⁷²⁾ から、先新第三系の上限の深度は茂原付近でおよそ2,600mと推定されている。

次に、東京湾東岸地域について述べる。この地域にも上総層群が存在することは、各地の坑井地質に関する多くの報告^{6,9,42,55,67,68,81)} によつて明らかであるが、さらに最近行なわれた八千代・八幡宿・大佐和の試掘によつ

て一層はつきりした。すなわち、富津においては、深度500 m 付近の地層は岩坂層(すなわち国本層ないし大田代層の層位¹²²⁾)と推定されている⁶⁾。木更津においては、深度200~800mの地層は佐貫層(すなわち笠森層の層位)から岩坂層にわたる地層と推定されている⁶⁷⁾。五井・八幡宿・千葉においては、第3図および第2表に示すよう

第3図 千葉・八幡宿・五井間の坑井対比図

第 2 表 東京湾東岸・内陸両地域の

	下総累層群 (成田層群)の 基底の深度	坑井が到達した最も深い上 総層群の深度	基 盤 の 深 度 お よ び 地 質	上総層群の、鉛直方向 にとつた見掛けの層厚
五 井	300m±	1305m	先第三系は3000m以深*	1000m以上
千 葉	420~460m	1710m	先第三系は3000m±*	1250m以上
習志野	470m±	1115m	先第三系は2400~2500m(?)*	640m以上
船 橋	450~550m	1600m		1050m以上
鹿 島	49m	570m	570m(先上総新第三系) 887m(先第三系 ——中生層(?))	521m
小見川	50m	659m	659m(先第三系 ——古生層)	609m
成 田	140~150m	1018m	1018m(先第三系 ——古生層・変成岩)	873m±
竜ガ崎 (新利根)	140m±	813m	813m(先第三系 ——古生層)	673m±
野 田	240m±	1035m	1035m(先上総新第三系 ——中新統)	795m±
草 加	470~500m	601m	先第三系は2600m±*	100m以上
備 考			* 印は地震探鉱(文献 ³⁹⁾ および石井が 1958年5月に石油技術協会総会にて講演 発表したときに示した図)による推定。 それ以外は坑井によつて確認。	上総層群の真の層厚は、 同層群の傾斜がきわめてゆるやかであるため、 上記の値と大差ない。
	深度はすべて坑口(地表)からの深度を示す。			

に、下総累層群の基底(成田層群の基底)の深度はそれぞれ約300m、約530m、420~460mで、その下に笠森層の層位から大田代層の層位にわたる地層が存在することが確認されている。八千代においては、地表から深度約423mまでは下総累層群で、それ以下約1,700mの掘止深度までは上総層群と推定される。習志野においては、第2表にも示してあるが、深度約470mまでは下総累層群で、それ以下坑底(1,115m)までの間には、笠森層の層位から国本層の層位にわたる地層が発達している⁶⁷⁾。また、船橋においては、下総累層群の基底は450m以深550m以浅にあり、それ以下1,600m(船橋における最深井の坑底深度)まで上総層群が発達している(第2表参照)。なお、船橋と習志野あるいは市川との地層対比については後に述べる。

上述のように、東京湾東岸地域においてはその南部を除き、下総累層群、とくにそのうちの成田層群が厚く発達しており、また地震探鉱によつて推定される先第三系の上限の深度はかなり深い(第2表参照)。そしてこの地域の坑井には、大佐和の試掘井を除き、上総層群の基底を貫ぬいたものは1本もない。

次に、内陸地域について述べる。この地域にも上総層群が広く分布することは、各地の坑井地質に関する多くの報告^{8,9,48,51,55,67,81,112,113)}によつてすでに明らかであるが、最近行なわれた多古・菱田・八街の試掘によつて一層はつきりした。すなわち成田においては、第2表にも示すように、成田層群と先第三系との間に、笠森層の層位から黄和田層上部の層位にわたる地層が発達し、この上総層群は直接先第三系の上に不整合をもつて乗っているが^{9,48,51,55,67,81,112,113)}、同様なことは菱田・多古・小見川においても認められる(第4図参照)。竜ガ崎においても成田の場合に似るが、ただここでは先第三系を直接おおう上総層群の基底は、大田代層付近の層位と考えられる⁵⁰⁾。かように、これらの各地においては、黄和田層下部より野々塚層にわたる層位の地層が欠けていることは、注目すべきことである。また鹿島においては、第2表および第4図に示すように、上総層群の直下に先上総新第三系が存在するが、両者の関係は、石和田(談)によれば、地層の傾斜の差からみて傾斜不整合とみなされるという。この不整合は黒滝不整合に対比されるものと考えられる。なお、野田・草加・八街においても上総層

主要ガス田・試掘地における地質

坑井が貫ぬいた上総層群の部分の岩相の概要	参考文献 (番号)
上部は砂勝ち、中部はやゝ砂勝ち、下部は泥岩勝ちの互層	39, 67
上半部は概してやゝ泥岩勝ち互層、下半部は砂勝ち互層 (数mの砂層を含む) と泥岩勝ち互層の複互層	39, 42, 81
910m以浅は泥岩勝ち、それ以深は著しく砂勝ちで厚い砂層を介在する	67
下半部にやゝ砂勝ち互層もあるが、全体としてはやゝ泥岩勝ち	81
上・中部とも泥岩勝ち、下部砂勝ち	9, 55
上半部は泥岩勝ち、下半部は砂勝ち	9, 55
大きくみて、上半部はやゝ泥岩勝ち、下半部はやゝ砂勝ち	9, 48, 51, 55, 67, 112, 113
最下部60mは基底礫層、それ以外は著しく泥岩勝ち	9, 48, 51, 55, 67
上部は著しく砂礫勝ち、中部は泥岩勝ち、下部はやゝ砂勝ち	9, 51, 55, 67
砂勝ち	6, 48, 67
	このほか各坑井についての未発表資料を使用して本表を作製した。

群が存在するが、それについては第2表および第4図に示す通りである。

内陸地域においては、大きくみて、成田層群・上総層群ともに南西方向に向つて厚さを増し、基盤 (先第三系または先上総新第三系) の上限深度もまたその方向に大きくなっている。また上総層群のうちで、梅ガ瀬層上限の層準は、有孔虫化石によつて最も確認しやすい層準であるが〔このことは、後にも述べるように、夷隅川・房総中部地域の全域、九十九里地域の全域、東京湾東岸地域の一部 (千葉・八幡宿・五井)、野田および草加を除く内陸地域において、梅ガ瀬層上部の層位が *Uvigerina akitaensis* 群集によつて特徴づけられることによる〕、この層準の深度もまた南西方向に向つて増している。

次に、三浦半島北部より多摩丘陵にわたる地域について述べる。この地域においては、いわゆる三浦層群が広く露出しているが、その中で三浦半島北部において、一般に深沢層あるいは浦郷層と呼ばれる地層と、その下位にある池子層との境が、房総半島における黒滝不整合の層準であるとみなされている^{1,89)} (ただし両層の関係はほとんど整合的である)。また、三浦層群の最上部を占

める浜層あるいは富岡層と呼ばれる地層を、笠森層あるいはそれより多少下位の地層に対比することは、一般に異論がないところであるので、三浦半島北部から横浜付近にかけての地域における、深沢・浦郷・野島・大船・上星川・小柴・中里・富岡・浜の諸層は上総層群に属せしめることができる (第3表参照)。なお、星川・保土ガ谷および根岸における試掘によつて、横浜付近においても上総層群の下位に先上総新第三系 (鎌倉累層および天津層相当層) があることが判明している^{註6)}。

多摩丘陵に露出するいわゆる三浦層群については、筆者および地質調査所の人々の調査結果^{7,64,67)}からすれば、その最下部を占める大矢部層は三浦半島北部における大船層上部付近に、またその最上部を占める高津層は小柴層上部ないし中里層に対比することができる (第3表参照)。かつて旧柿生村追分および溝ノ口南方新作からそれぞれ *Parastegodon aurorae* および *P. cf. aurorae* が産したが^{7,186)}、それらの産出地層は第3表に示すように、それぞれ生田層および高津層である。そして生田層ないし高津層を柿ノ木台層ないし長南層あたりの層位の

註6) 帝石資料による。

第4図 八街・鹿島間坑井対比図

第3表 上総層群を主とする対比表

多摩丘陵	川崎	保土谷・星川	三浦半島北部	
溝ノ口～八王子間地表	地表および坑井(SR2)	地表および坑井	地表	
(河井 ⁶⁴⁾ ・徳永等 ¹⁹¹⁾ (羽鳥・寿円 ^{30, 31)})		(帝石資料を修正・ 補足したもの)	(赤嶺等 ¹⁾ その他)	
沖積層 関東ローム層 下末吉層 オシ沼層 御殿崎礫層	沖積層 関東ローム層 下末吉層 オシ沼層	沖積層 関東ローム層 保土谷礫層 屏風が浦層	(相模層群) 沖積層その他 屏風が浦層 長沼層	↑下総累層群
高津層 (90m)	泥岩および 泥岩・砂互層 (70m+)	上星川層 (150m+)	富岡層 (60m)	↑上
飯室層 (70m)	砂・泥岩互層 (120m)	大船層 (500～530m)	中里層 (140m)	↑
生田層 (220m)	泥岩および 砂・泥岩互層 (320m+)	野島層 (100～145m)	小柴層 (90m)	↑
鶴川層相当層 (50m)		浦郷層 (150～195m)	大船層 (130m)	↑
宿城層 (180m)		池子層 (0～50m)	野島層 (200m)	↑
連光寺層 (115m)		逗子層 (540～550m)	深沢層・浦郷層 (0～250m)	↑
平山層 (95m)		砂岩礫岩層 (15～20m)	池子層 (200m)	↑
大矢部層 (25m)		天津層相当層 (500m+)	逗子層 (600m)	↑
(先三系)			田越川層 (0～30m) (葉山層群)	↑
			鎌倉累層	↑
			先上総新三系	↑

X *Parastegodon aurorae*, *P. cf. aurorae*
H₁ オ一星川凝灰岩層
H₂ オ二
K 江東砂層の位置

〔註〕筆者⁸¹⁾の表を一部修正・補足したもの。下総累層群中の地層については簡略化してある。下総累層群については第4表を参照されたい。

地層と考えても、この象化石種の一般的な産出層位^{註7)}と矛盾するものではない。かくて、多摩丘陵に露出する大矢部・平山・連光寺・稲城・鶴川・生田・飯室・高津等の諸層は、上総層群に属せしめることができる。

なお、相模川流域の中津付近に露出する諸層のうち、塩田層は上総層群に属すると思われる⁸⁹⁾。

三浦半島北部から横浜付近ならびに相模野にかけては、かつて大塚¹⁵³⁾が長沼統と総称した地層が分布し、そのうち多摩ローム層の下位には整合的に屏風ガ浦層(大塚¹⁵³⁾の田谷砂礫層をも含む)が存在することは、現在一般に知られているところである(第4表参照)。(大塚の論文¹⁵³⁾には、多摩ローム層に関するはつきりした記載はないが、現在の知識からすれば、長沼統の中に多摩ローム層を含まして考えることができる)。成瀬等⁶³⁾によれば、房総半島では、多摩ローム層は風成層としては見出されていないが、成田層群の中には、火山灰質の物質を豊富に含み多摩ローム層に対比しうる地層があるというから、多摩ローム層とその下位につづく屏風ガ浦層とは、ともに下総累層群に属せしめることができる(成瀬¹⁵⁵⁾は、成田層群に属する藪層を屏風ガ浦層ないし多摩ローム層に対比している)。しかしながら長沼統の最下部を占める長沼層が、上総層群最上部のものか下総累層群最下部のものかは、現在明らかではなく、その解決

第4表 下総累層群を主とする対比表

多摩丘陵 三浦半島北部

下 総 累 層 群	下末吉ローム層	下末吉ローム層	下末吉統
	下末吉層	下末吉層	
	多摩ローム層	多摩ローム層	
	オシ沼砂礫層	屏風ガ浦層	
	御殿峠砂礫層	長沼層	
上 総 層 群	三浦層群	三浦層群	長沼統

筆者の
地層大区分

羽鳥・寿内³¹⁾の対比表
(ただし一部修正)

大塚¹⁵³⁾の地層区
分を今日の層位学的知
識を用いてあてはめ
たもの

は今後の研究にまたなければならない。また、多摩丘陵においては、多摩ローム層の下位に、それとほとんど整合的にオシ沼砂礫層と呼ばれる地層が存在するが、オシ沼砂礫層は屏風ガ浦層に対比されるものであることは確実であるので^{30,31,63,71)}、オシ沼砂礫層およびそれより上位にある地層は、すべて下総累層群に属せしめることができる。なお、オシ沼砂礫層の下位にあつて長沼層に対比される御殿峠砂礫層^{30,31)}が、上総層群に属するか下総累層群に属するかは、長沼層の場合と同様、将来決定さるべき問題である(第3表・第4表参照)。

川崎ガス田においては、地下に、大船層ないし野島層に対比される地層が存在することが判明しているが⁸¹⁾、上総層群の下限を確認した坑井はまだ1本もない。

東京・市川地域の地質(とくに地下地質)については、多くの人々の報告がある^{註8)}。これらの報告を総合して判断すると、従来しばしば第四紀層として取扱われた地層^{註9)}は成田層群およびそれより上位の下総累層群で、その下位にあつて従来しばしば第三紀層として取扱われた地層^{註9)}は上総層群とみなすことができる。なお下総累層群と上総層群との関係は、江戸川地区以西では、明らかに不整合である。また、下総累層群は東方に向つて厚さを増し、市川では500m程度に達する。

江東砂層(江東砂層群と呼ばれることもある⁶⁷⁾)と呼ばれる地層は、江東・江戸川および市川ガス田において、上総層群中の有力なガス層であるが、坑井地層を対比する上においても極めて有効な地層である。江東・江戸川ガス田から南西に向つて坑井地層の対比をすすめていくと、江東砂層は川崎ガス田において第二星川凝灰岩層⁶⁴⁾の50~60m下位を上限として発達する砂泥岩互層に対比され、その結果、江東砂層は多摩丘陵の大矢部層あたりに対比される^{67,81)}(第3表参照)。そして東京・市川地域においては、江東砂層の少し下位に、梅ガ瀬層上部の層位を特徴づける *Uvigerina akitaensis* 群集を産する部分が介在する事実⁶⁷⁾によつて、江東砂層が国本層付近に対比される可能性が生ずる。このように江東砂層を国本層付近に対比しても、多摩丘陵からの *Parastegodon aurorae* および *P. cf. aurorae* の産出(前述)とは、決して矛盾するものではない。なお、江東砂層は市川においては深度930~1,050mにあり、また石和田(談)によれば、船橋において深度1,100~1,160m付近を上限とする砂勝ち砂泥岩互層は、江東砂層に対比されるという。

東京・市川地域において、上総層群の基底を貫ぬいてそれより下位の地層を確認した坑井は、最近まで1本もなかった⁸¹⁾。しかしながら、最近江戸川区内に掘られたER10c、ER7Bの両坑井は、ともに先上総新第三系に到達した。とくにER10cはこの地域における最深井(掘止深度2,052m)である。この坑井において、約300m以浅は砂・礫・泥からなる下総累層群であり、江東砂層は670~760mの深度にある。そして深度約1,630~1,680mの地層は主として砂からなるが、その部分は概して下部ほど粗粒かつ火砕質となり、最下部は暗色安山岩質の細礫を多く含むようになって、三浦半島の深沢層あるいは房総半島の野々塚層の岩相に似てくる。1,680m以深坑底までの間は、主として硬い砂質シルト岩および泥質

註7) 文献146および高井の談による。

註8) 文献2, 6, 8, 18, 25, 41, 46, 66~68, 81, 85, 86, 192等。

註9) 例えば文献46, 85参照

第5図 江戸川地区試掘井電検対比図

砂岩からなり、岩相上、鎌倉累層・豊岡(亜)層群ないし佐久間層群の層位の地層と考えられる。したがって、

(この坑井のコアについての有孔虫分析資料はほとんどないが) 岩相からみて深度約300~1,680mの部分が上総層群に属すると思われる(第5図参照)。なお ER 7 B においては、上総層群の基底は深度1,650m 付近にあると判断される。

次に、多摩丘陵のすぐ北に隣接する地域について述べる。溝ノ口においては、かつて地質調査所構内に掘られた試錐(掘止深度205m)の結果⁶⁴⁾によって、地下に上総層群が発達していることは明らかである。また、府中の東京競馬場付近の、かつて鈴木^{179,182)}によって沖積層と報告され、大西¹⁴⁸⁾により洪積層と報告された地層は、その後、伊田³⁴⁾によって多摩丘陵の稲城層と同層位であることが判明している。それは上総層群に属せしめることができる。また、立川市内で温泉を目的として掘られた坑井についてみると、深度290m 以浅は上部を除き、岩相その他からみて、確実に上総層群に属する地層である。

狭山丘陵においては、上総層群は地表に露出していないが、西武園で行なわれた試錐(深度130m)の坑井柱状図について、羽鳥等³¹⁾が三浦層群と記載した地層は、上総層群であるとみなすことが妥当である。そして、それより上位にあつて多摩ローム層より下位にある狭山層は、オシ沼砂礫層・屏風ガ浦層に対比されるので^{2,31)}、下総累層群に属せしめることができる。

次に多摩丘陵北方の、関東山地東縁部について述べる。八王子北方の加住丘陵に露出する諸層のうち、羽鳥等³¹⁾の加住礫層(すなわち福田等¹³⁾の増戸礫層)と小宮砂層とは、それぞれ多摩丘陵の大矢部層と平山層に対比される地層である。加住丘陵の北にある草花丘陵に発達する大荷田礫層は大矢部層に対比されている¹³⁾。さらに草花丘陵の北方にある阿須山丘陵には、福田等¹³⁾によってそれぞれ飯能礫層および仏子粘土層と名づけられた地層があつて、前者は大矢部層に、後者は平山層に対比されている。阿須山丘陵北方の比企丘陵に露出する物見山砂礫層は、福田等¹³⁾によれば、大体飯能礫層に対比されるものである。また比企丘陵の北西方の児玉地域に露出する浅見山砂礫層は、物見山砂礫層に対比される地層と考えられている^{18,139)}。かくして、関東山地東縁部に発達する小宮・加住・増戸・大荷田・仏子・飯能・物見山・浅見山の諸層は、すべて上総層群に属する地層と考えることができる(第5表参照)。

なお、この地域に発達する上総層群の上限および下限は、ともに不整合で境されており、同層群は関東平野の方に

第 5 表 関東西部および北西部における上総層群

	加 住 丘 陵	草 花 丘 陵	阿 須 山 丘 陵	比 企 丘 陵	児 玉 地 域	太田・大間々地域
地層名および層厚	小宮砂層 60m 加住礫層（増戸礫層） 150m	大荷田礫層 100m	仏子粘土層30m 飯能礫層 100m	物見山砂礫層 100m	浅見山砂礫層	下強戸礫層 数10m
参考文献（番号）	13, 31	13	13	13, 18, 139, 198	18, 139, 198	80

向つてゆるく傾斜している。

足尾山地の南西方の太田・大間々地域には、筆者等の下強戸礫層⁸⁰⁾（かつて強戸礫層と呼んだこともある¹⁸⁾）が露出する。この地層の地質時代は、Letter nomination の I あるいは H とされていたが^{18, 80)}、この地層は児玉地域の浅見山砂礫層、比企丘陵の物見山砂礫層とともに、上総層群に属する地層とみなすことが妥当である。この地層もまた、上限・下限とも不整合で境されており、かつ関東平野の方へ向つてゆるく傾斜している。

関東平野中央部については、深い坑井がないために上総層群に関する資料が不足しているが、筆者が水井戸の掘り屑を調査した結果によれば、古河付近で深度80m付近、栗橋と鷺宮の間では深度180m付近に、それぞれ凝灰質泥層（厚さ10~40m）が見出され、この部分の重鉱物組成は多量の角閃石によつて特徴づけられることが判明した。多摩・狭山両丘陵の多摩ローム層、および狭山丘陵で同層直下にある狭山層の重鉱物組成は、一般にこれと同様に角閃石によつて特徴づけられるので^{80, 81)}、上記の凝灰質泥層を多摩ローム層ないし狭山層に対比することが妥当である。このことから、古河付近で100m以深、栗橋と鷺宮の間で200m以深の地層（水井戸の掘り屑により厚さ50m位の部分が判明している）は、上総層群に属する可能性がきわめて大きいと思われる〔したがつて、大塚^{152, 155)}が記載した加須市不動岡の地下110m土の貝化石層を、初期鮮新世のものとする考え方（福田¹⁴⁾）には、賛成できない〕。

上総層群の分布・発達 の概略は以上に述べた通りであるが、関東地方南部には、上総層群と同時代の地層であるにもかかわらず、同層群に属せしめない方が妥当であると思われる地層があるので、それについて付言する。房総半島南部に発達する豊房累層および中三原凝灰角礫岩層は、ともに上総層群の一部に対比される地層であるが^{88, 89, 132)}、それらが堆積した当時それらの堆積盆地は、いわゆる丹沢—嶺岡隆起帯によつて、上総層群の堆積盆地とは、直接のつながりをもつていなかったと考えられるので^{90, 100)}、豊房累層および中三原凝灰角礫岩層は上総層群に属せしめない方が妥当であろう。同様な理由によ

つて、三浦半島南部に発達する林凝灰質（砂）礫岩層^{1, 88, 89, 132)}も上総層群には含めないことにする。なお、丹沢山地南方に発達し、従来一般に長沼層に対比されている二宮層と、二宮層を含む二宮層群^{101, 139)}とを、上総層群に属せしめるべきか否かについては確言できないが、重力探鉱結果^{註10)}から考えると、それらは上総層群の堆積盆地とは別な堆積盆地内の堆積物であるように思われる。

以上本章において述べたことからわかるように、上総層群は房総半島の勝浦—竹岡の線、三浦半島の浦郷—藤沢の線以北の南関東地方のほぼ全域にわたつて広く分布し、さらに同層群の分布は関東平野北西部にまで及んでいる。

上総層群の基盤については第6図にも示したが、その上限の深度は大きくみて、勝浦—竹岡—浦郷—藤沢の線から北方に向つて、また銚子—筑波山の線から南西方に向つて、また関東山地東縁部から東方に向つて、それぞれ増大している。この基盤の上に乗る上総層群は、大きくみれば、明らかに1つの盆状構造をなしている。浦賀水道—習志野—野田を結ぶ線から東の地域では、上総層群の中で梅ガ瀬上限の層準が最も広く追跡できる層準であり、その線以西の地域では、江東砂層上限の層準が最も広く追跡できる層準であるが、この両層準を構造等高線によつて示すと第7図のようになる。この両層準の関係は、習志野・船橋両ガス田の坑井地層の対比ができないために判然としないが^{註11)}、すでに述べたことからわかるように、一致はしないにしても比較的近い層準であると考えられるので、梅ガ瀬層ないし国本層の層位の地層は、大きくみて、八幡宿から船橋にかけての地域を底部とする盆状構造をなしているとみなすことができる。また、上総層群分布地域における成田層群基底の層準を構造等高線によつて示すと第8図のようになり、大きくみて、八幡宿から草加に至る帯状の地域が盆状構造の底部

註10) 文献140および石井が1958年5月に石油技術協会総会にて講演発表したときに示した図。

註11) 筆者⁸¹⁾はかつて、船橋・習志野両ガス田の地層対比について1つの想像を述べたことはあつたが、現在のところ確実な対比は全くできない。

第6図 基盤の地質および等深線図

〔註〕 本図は地質図、試掘結果のほかは地震探鉱結果（文献 39, 52, 138, 172, 189 等）を総合して作成した。

（深度 500m 前後）をなしている。以上に述べたところの、巨視的にみた南関東地方の地質構造は、重力探鉱結果^{註12)}にもかなりよく反映されている。

なお、第7図と第8図とを比較してみるとわかるように、上総層群分布地域の東半部においては、両図の等高線はかなり平行に近いが、その西半部においては両者は全然平行していない。このことは、南関東地方の地殻運動を考える上に重要な事実である。

上総層群の傾斜は、同層群分布地域の縁辺部を除く大

部分の地域では、5°以下のきわめてゆるやかな傾斜である。ただ八幡宿から五井にかけての地区では、傾斜はそれよりやや大きいと推定される。関東山地東縁部、太田・大間々地域、銚子台地、九十九里地域等の同層群分布地域の縁辺部でも、傾斜はせいぜい5~10°程度である。ただし、房総半島の勝浦―竹岡の線付近および三浦半島の浦郷―藤沢の線付近では、上総層群はしばしば10~20°の傾斜をなし、上総湊東方^{註22)}では傾斜が30°以上に達するところもある。

上総層群の地質構造をさらにこまかくみると、各地に

註12) 文献 11, 39, 68, 69 および註 10 参照。

められる。

九十九里地域中部の東金付近では、笠森層相当層の上限から先第三系の上限までの間隔は約2,400mと推定され、このうち上総層群（の層厚）は上から1,120m以上を占めることがわかっているが、その部分の岩相を茂原付近における同層位の地層の岩相とくらべてみると、梅ガ瀬層相当層およびそれより上位の地層はより泥岩勝ちに、また大田代層相当層および黄和田層相当層はより砂勝ちになっている^{註17)}。岩相のこのような傾向は、細草・白里においても認められる^{9,26,55,67)}。

横芝においては、かつて行なわれた試掘（R1）と地震探鉱とによつて、笠森層相当層上限から先第三系上限までの間隔は1,500m程度と推定され、そのうち上から少なくとも900mまでは、上総層群であることがわかっていたが^{50,52,67,172,189)}、最近行なわれた深掘（TR1）の結果によれば、上総層群の層厚は1,500~1,600m程度で、そのうちの上部・中部は著しく泥岩勝ち、下部（大原層相当層またはそれ以下）は著しく砂勝ちである。

飯岡および銚子台地においては、上総層群の層厚は700m程度と概算され、下部（名洗層）と最上部（笠森層相当層）とは砂勝ちであるが、両者の間には厚い泥岩層（飯岡層の主部をなす）が発達している^{6,50,53,67,161,172)}。

なお旭付近では、上総層群の層厚は飯岡・銚子台地におけるよりも厚く、横芝におけるよりも薄く、その岩相も飯岡・銚子台地および横芝における岩相と大差ない（第2図参照）。

房総半島中部の養老川・小櫃川流域に露出する上総層群については、多くの調査者の報告があるが、その中で調査精度の最も高い三梨等の報告¹²⁴⁾によれば、養老川流域においては上総層群の層厚は2,670mであり、笠森・万田野・長南・梅ガ瀬・大田代・黒滝の諸層は砂勝ち、柿ノ木台・黄和田両層は泥岩勝ちで、上総層群全体としてはやゝ砂勝ちである。また小櫃川流域においては、上総層群の層厚は1,500~1,600m程度であつて（三梨等¹²⁴⁾は小櫃川に沿うルートにおいて、市宿層の層厚を200mとしているが、これは明らかに過大である）、全体としてはやゝ砂勝ちである。

小糸川流域から東京湾に至る地域についての多くの人々の地表調査結果^{15,16,87,99,122,164,171)}、ならびに最近行なわれた試掘の結果を総合すると、この地域の上総層群は岩相・層厚の横の変化が著しいが、竹岡層の基底から周南層の上限までの層厚は800~1,300m程度と思われる（周南層の直上にある東谷層は、前章に述べたように、上総層群に属するか否か明らかではないが、かりに上総層群に属するものとしても、同層の層厚は70m以下にすぎな

いから¹⁷¹⁾、同層を除外して考えても、上総層群の層厚・岩相を大観する上に、大した影響はない）。この地域の上総層群は大佐和付近を除けば、竹岡・十宮・駒場・東日笠・岩坂・市宿・中堰・長浜・周南の諸層のような粗粒の地層が発達することからわかるように、全体として泥岩よりも砂が著しく多く、処により礫層をも介在する。この地域の北方（上総層群の下り傾斜方向）に位置する木更津の坑井においても、上総層群とみなされる部分の地層（深度約200~895mの部分）は、全体として、やゝ砂勝ちである。

富津においては、坑井によつて貫ぬかれた上総層群の層厚は300m以下に過ぎないと思われるので、同層群の全貌を知ることとはできないが、坑井によつて判明した同層群の部分の岩相は著しく砂勝ちである。しかしながら、最近大佐和において行なわれた試掘結果によれば、同地における上総層群は、全体として、やゝ泥岩勝ちである。すなわち、小糸川流域から西へ向うにつれて上総層群は著しく砂勝ちとなるが、上総層群がそのような岩相のまゝ富津まで続いているのではなくて、大佐和付近に至ると、市宿層・東日笠層のような著しい砂層の発達ほとんど見られなくなり、同層群は全体としてやゝ泥岩勝ちの岩相に急変するのである。

次に、地表に上総層群の露出が全然ない、東京湾東岸・内陸の両地域の各地において、試掘によつて判明した上総層群の層厚と岩相を示せば、第2表のようになる。なお第2表には示していないが、多古および菱田の試掘結果によれば、それらの場所における上総層群の層厚・岩相は、成田および小見川におけるそれと大同小異である（第4図参照）。また八千代においては、上総層群の岩相は習志野におけるそれに似ており、八幡宿における同層群の岩相は千葉または五井におけるそれと巨視的にみて大差ない。

三浦半島北部の上総層群については、多くの人々の地表調査結果^{1,64,99,137,153,173,183)}にもとづいて、深沢層（浦郷層）の基底から、富岡層（浜層）の上限までの層厚をとつてみると、580~960mある。富岡層の上位に不整合関係で位置する長沼層は、上総層群に属するか否か不明であるが、長沼層の層厚は約30mに過ぎない¹⁵³⁾から、いづれにせよ、上総層群の層厚・岩相の大勢にはほとんど影響しない。この上総層群は全体として、砂・泥岩が半々程度である。しかし横浜付近では、地表および坑井の資料^{註18)}によれば、大船層が標準露出地におけるよりも厚くなり、小柴層の層位は泥岩勝ちの地層（上星川層）に変相していることからわかるように、上総層群全体として、やゝ泥岩勝ちとなり、全体の層厚も三浦半島北

註17) 文献 6, 9, 45, 48~50, 52, 55, 67, 172, その他資料による。

註18) 文献 64, 81, および帝石資料。

部におけるよりやゝ大きくなっている（第3表参照）。

川崎ガス田付近および東京・市川地域においても、一般に上総層群の岩相は、砂・泥岩が半々程度、ないしやゝ泥岩勝ちである^{註19)}。前章に述べたように、江戸川区内に掘られた試掘井 ER10c は上総層群の基底を貫ぬいた坑井であるが、その坑井についてみると、上総層群の層厚は約1,380mで、同層群は巨視的にみて砂・泥岩半々程度の互層からなる（第5図参照）。

相模川流域の中津付近において、上総層群に属するとみなしうる地層は塩田層だけであるが、同層は火砕質泥岩および砂岩からなり、層厚は50m以上140m以下に過ぎない^{88,102,131,139)}。同層の上限は段丘礫層等の下総累層群により不整合におおわれているため、中津付近の上総層群の全貌は明らかではない。

多摩丘陵における上総層群は、溝ノ口付近を中心とする半盆状構造をなすが、その西翼において、大矢部層基底から高津層上限まで、地表（八王子・溝ノ口間）に露出する地層の層厚を合算すると、840~850m程度となる（第3表参照）。（御殿峠礫層は上総層群に属するか否か不明であるし、同層の層厚は10~15mに過ぎない³⁰⁾から、同層を無視して上総層群の層厚・岩相を考えても差支えはない）。そして生田層およびそれ以下の地層は著しく砂勝ちで、しばしば礫層をまじえる⁶⁴⁾。多摩丘陵北方に位置する立川の“温泉井”についてみても、上総層群（地表から深度290mまでのうち上部を除いた部分）の岩相は、多摩丘陵西部におけるそれと同様に、著しく砂勝ちでしばしば礫層をまじえる。府中の競馬場付近の上総層群も、その岩相は部分的にしか判明していないが、概して砂勝ちである^{34,148,179)}。しかしながら、半盆状構造の東翼においては、これらの粗粒堆積物を主とする地層は泥岩および砂・泥岩互層に変つていることが、地表調査、溝ノ口における試錐、および綱島における試掘によつて明らかになつている⁶⁴⁾。なお、第一星川・第二星川両凝灰岩層の間の地層（三梨等¹²³⁾のいう“項”に当る）は、川崎付近においては層厚十数mの泥岩勝ち泥岩・砂互層であるが、登戸・八王子間では層厚が約350mあつて（伊田³⁶⁾はもつと厚く考えている）、大部分が砂からなる⁶⁴⁾。

八王子以北の関東山地東縁部および足尾山地周縁部に発達する上総層群は、第5表に示す通りであるが、それらに共通なことは、層厚がおおむね200m以内で、礫層または砂礫層を主とすることである。

なお、八王子から川越に至る武蔵野台地西部一帯にある水井戸のうち、最も深いものでも坑底深度が250m程

度に過ぎないが⁶⁴⁾、その中には、上総層群の一部を貫ぬいていと推定される井戸が少数ながらある。そのような井戸の柱状図⁶⁴⁾についてみると、上総層群と推定される部分は、いずれも砂勝ちまたは砂礫勝ちの岩相を呈している。また、狭山丘陵の西武園で行なわれた試錐は、上総層群を40m貫ぬいたに過ぎないが、その部分の岩相はやゝ砂勝ちである³¹⁾。

関東平野中央部の古河付近で100m以深、栗橋と鷺宮の間では200m以深の地層が、上総層群に属する可能性がきわめて大きいことについては、既に前章で述べた。そのように考えた場合、関東平野中央部においては、最も深い井戸でも、上総層群を50m位しか貫ぬいていないことになるが、その部分はシルト層にかなり多くの砂礫層を介在している。

以上述べた上総層群の、全体としてみた岩相の概略を図示すれば、第9図のようになる。この図からも明らかに、上総層群は全体として、やゝ泥岩勝ちないし砂・泥岩半々程度の岩相を呈する場所が多いが、養老川流域から西方（木更津を含む）に向つて、また多摩丘陵東部から西部に向つて、明らかに砂勝ちの岩相となる。また、関東山地東縁部や足尾山地周縁部では著しく砂礫勝ちであるが、それらの場所から上総層群分布地域の中心部へ向うにつれて、粗粒堆積物は次第に減り、それに代つて泥岩が次第に多くなつていくことが推定される。

次に、上総層群の岩相を層位的にながめてみよう。上総層群が断片的にしか発達しないような場所を除き、同層群の最下位の層準または最下位に近い層準から、最上位の層準までをそなえている処では、一般に最下位または最下位に近い部分に火砕質な粗粒堆積物が発達し、その上には泥岩・砂が大きくみて互層状（一般に泥岩勝ち）に発達し、最上位またはその付近には砂質の地層が発達する。最下位または最下位に近い部分の火砕質な粗粒堆積物は、野々塚・黒滝・竹岡・深沢・浦郷・名洗等の諸層および横浜地区・江戸川地区・九十九里地域北部の諸坑井における上総層群基底部の岩相によつて代表されるものである（第3表・第2図・第5図参照）。また、上総層群の最下位および最下位に近い層位の地層を欠く竜ヶ崎・成田・菱田・多古・小見川等の内陸各地においては、基盤の上に乗る黄和田層上部・大田代層付近の層位の地層は、著しく粗粒堆積物に富んでいる（第2表・第4図参照）。上総層群の最上位または最上位に近い部分に発達する砂質の地層は、笠森層上部・周南層・富岡層（浜層）等によつて代表される。上総層群の下位より上位への岩相のこのような変化は、化石の示す堆積環境（後述）と相まつて、上総層群が完全ではないかもしれないが、1つの堆積輪廻をなすことを示すものである。

註19) 文献 6, 8, 41, 46, 64, 67, 75, 85, その他坑井資料を総合した結果による。

第9図 上総層群の岩相図

〔註1〕 上総層群のうち、判明している部分がごく一部であるような場所については省いた。

〔註2〕 上総層群が地表に露出している地域については、侵蝕し去られた部分の岩相を、地表に露出する同層位の部分の岩相と同一であると仮定して画いた。ただし上総層群の基底に近い場所ではこの仮定は、多くの誤差を含むおそれがあるので、図示しないことにした。上総層群が露出していない地域については、坑井によつて確かめられた深度までの範囲の同層群の岩相を示した。

なお、上総層群の層厚については第Ⅵ章においても述べるが、第10図はその概略を示すものである。

下総累層群の層厚・岩相についての詳細は略すが、層厚はある程度第8図から判断することができる。また同累層群の岩相は、全体として、砂勝ちあるいは砂礫勝ちの処が多い。

第Ⅴ章 上総層群の堆積環境

上総層群の堆積環境については、他の研究者により主

として古生態学的方法によつて、研究が行なわれつつあるので、ここには詳しく述べることを避け、ただガス鉱床の成立に関係のあると思われる点だけを引用し、考察することにする。そして本章においては、上総層群のうちで天然ガスの生成に最も関係の深い部分、すなわち各地における最上位のガス層付近より以下の上総層群の堆積環境に重点を置いて述べる。

小櫃川以東の夷隅川・房総中部地域および九十九里地域において、ガスの母層と思われる地層は、第Ⅶ章に述

第10図 上総層群の層厚（全層厚）を示す図

べることからわかるように、ほとんど国本層およびそれ以下の上総層群とみなすことができる。このうち梅が瀬層およびそれ以下の層位の地層中の泥岩の底棲有孔虫群集は、*Uvigerina akitaensis* (内尾^{72,194}) が *U. cf. bifurcata* と記載したものを含む)、*Bulimina aculeata*, *B. nipponica* (従来しばしば *B. (cf.) inflata* と記載されたもの

を含む)、*Bolivina spissa* 等を優占種または優勢種とすることが多く (とくに *Uvigerina akitaensis* 群集は梅が瀬層上部の層位をはつきり特徴づけるので、地層対比上極めて重要である) (註20)、これらは現世の釧路沖、八

註20) 文献44, 45, 50, 52, 53, 65, 67, 72, 89, 94, 95, 161, 194, およびその他資料による。

戸より野島崎にわたる海域、土佐湾で200~250m以深の堆積物中に、普通に見出される種である^{43,54)}。一方、これらの地域の国本層およびそれ以下の層位の上総層群の泥岩中の貝化石からいつても、それらの地層がほとんどすべて深海区堆積物^{註21)}であることが判明している^{註22)}。なお、これらの地層中で泥岩と互層する砂層も、次章で述べるように、泥岩と同様に深海区堆積物と考えられている。ただし、上総層群の基底に発達する野々塚層・黒滝層・名洗層等の粗粒堆積物の堆積環境については、資料は十分ではないが、それらをおおう地層よりも多少とも浅い海底の堆積物と思われる^{142,144,161)}。

小櫃川以西、とくに小糸川流域から東京湾に至る地域では、上記の地層と同層位の上総層群（およそ市宿層中部から竹岡層の基底まで）のうち、中堰・栗倉・高溝の各層は深海区堆積物、市宿・岩坂・東日笠・竹岡の各層はおおよそ亜浅海帯ないし下浅海帯の浅海区下部付近の堆積物、坂畑・十宮の両層は浅海区下部ないし深海区上部付近のものと思われるが、深海区堆積物といつても夷隅川・九十九里両地域の梅ガ瀬層および同層相当層等の堆積場所よりは浅く、小櫃川以西の地域に発達する上記諸層は、総じて養老川以東の同層位の地層より浅い海底の堆積物である^{註23)}。このような傾向は、木更津の試掘によつて判明した同地の上総層群の微古生物相にもよくあらわれている⁶⁷⁾。

次に、五井以北の東京湾東岸地域と、内陸地域の各ガス田・試掘地におけるガス層付近の上総層群の堆積環境を、古生物相の上から考えてみよう（以下本章において述べる有孔虫はほとんどすべて泥岩中のものである）。

五井においては、ガス層は深度約980~1,300m（ほぼ大田代層の層位）にあるが、深度約850~900m（梅ガ瀬層上部の層位）の地層は *Uvigerina akitaensis* 群集によつて特徴づけられるので^{註24)}、深海区堆積物と推定される。

千葉においては、深度約600~1,700m（笠森層から大田代層にわたる層位）にガス層が見出されているが、深度約1,200~1,700m（梅ガ瀬層・大田代層の層位）の地層は、*Uvigerina akitaensis*, *Bulimina aculeata*, *B. nipponica* を優占種または優勢種とする群集によつて特徴づけられるので^{註24)}、深海区堆積物とみなすことができる。また、筆者は千葉FR2号井の深度1,049~1,067mのコアー（国本層上部付近の層位の細粒砂）から次の貝化石を得た（鑑定は大山および伊田による）。

註21) 堆積環境の深度区分は大山^{156,157)} のものを用いる。

註22) 文献 29, 65, 72, 136, 142~145, 147, 160~162, 181, およびその他資料による。

註23) 文献 15, 29, 44, 87, 89, 99, 143~145, 147, 154, 162, 164, および生越・石和田の談を総合した結果による。

註24) 石和田の未発表資料による。

Clinocardium sp.

Turritella aff. *fortilirata*

T. cf. *nipponica miyatenensis*

Acila sp.

Venericardia ferruginea

これらの貝化石から推定される地層の堆積の深度は、大山（談）によれば、100±50m程度であるという。

野田においては、異常堆積相を示す泥岩が厚く発達し、広い範囲の層位にわたつて *Pseudononion japonicum* 群集が分布するが⁶⁷⁾、深度700m（ガス産出層は深度900~1,035m）のコアーより、*Turritella nipponica nipponica*, *Limopsis uwadokoi* が見出されているので^{註24)} 少なくともその部分は、下浅海帯付近の堆積物と判断される。

竜ガ崎においては、ガス採取層の深度は613~813m（ただし主たる採取層は深度約750~813mで梅ガ瀬層下部・大田代層付近の層位）であるが、深度600~700m付近（梅ガ瀬層上部の層位）には、*Uvigerina akitaensis* 群集が発達している⁵⁰⁾。

成田では、現在ガスを産出しつつあるガス層は深度約680~955m（ほぼ梅ガ瀬層から大田代層にわたる層位）にあるが、深度700~850m（梅ガ瀬層および大田代層上部の層位）の地層は、*Uvigerina akitaensis*, *Bulimina aculeata* 等を優占種または優勢種とする有孔虫群集を有し^{註24)}、深海区堆積物と考えられる。また、深度950m（大田代層最下部または黄和田層最上部の層位のコアー）からは *Polynemamussium alaskense* を産したが^{註24)}、本種は黄和田層のような深海区泥質堆積物に見出される種である^{29,144)}。

八幡宿・鹿島・小見川・多古・菱田・八街等の各試掘地においては、梅ガ瀬層相当層（仕上げ地層付近またはその直上の地層）に *Uvigerina akitaensis* 群集が発達しており^{註25)}、これは対比上重要な役割を果たすとともに、その部分の地層が深海区堆積物であることを示している。このほか、石和田（談）によれば、東京湾東岸・内陸両地域の各ガス田・試掘井（富津および木更津を除く）において、最上位のガス層の直上より下位の上総層群は、鹿島・小見川・多古・菱田・成田・竜ガ崎・野田の各地において知られている同層群基底の粗粒堆積物を除けば、有孔虫群集の産状等からみて、ほぼ亜浅海帯より深い海底の堆積物であるとみなしうるといふ。

川崎・横浜・大船付近のガス鉱床において、ガスを生成したと考えられる地層は、第VII章に述べることからわかるように、第二星川凝灰岩層より下位の上総層群である（横浜付近においては、鎌倉累層中にも少量のガスが

註25) 宍石その他の未発表資料による。

存在するが、そのガスは後にも述べるように、大局からみて重要ではないので、鎌倉累層の堆積環境については論じない。三浦半島北部および横浜付近においては、その層位の地層として、小柴層下部・上星川層下部・大船層・野島層・深沢層・浦郷層があるが（第3表参照）、それらの地層は化石群集からみて、亜浅海帯以深、中深海帯にわたる海底の堆積物とみることができる^{註26)}。三浦半島北部から横浜の試掘地をへて川崎ガス田に向うにつれて、小柴層は尖滅し、野島層の少なくとも一部は岩相・古生物相ともに大船層のそれに変相し^{40, 64, 67)}、川崎ガス田においては、三浦半島北部に露出する同層位の地層にくらべると、浅海区堆積物はより少なくなり、ほとんどすべて深海区の堆積物となつている。

東京・市川地域において、ガス層は一部を除き江東砂層およびそれより下位の上総層群中にある（後述）。石和田^{8, 41, 46, 66, 67)}によれば、江東砂層の少し上位から江東砂層の下位約600mまでの間の微古生物相は、場所により多少ちがうが、大体において *Bulimina nipponica*, *B. aculeata*（一部 *Uvigerina akitaensis*）で代表され、深海区堆積物であることを示している。なお、江東砂層自体も深海区堆積物と考えられている⁴⁰⁾。

多摩丘陵に露出する上総層群は、大部分が江東砂層あるいは第二星川凝灰岩層より上位のものである（第3表参照）。この上総層群は、丘陵東部では下浅海帯ないし深海区の相を示すが、同一層準でも西へ向うにつれてより浅海の相に変わり、丘陵西部ではしばしば汽水相さえも見られる^{註27)}。多摩丘陵北方の府中付近の上総層群については、かつて鈴木¹⁷⁹⁾は、競馬場構内の水井戸の深度100m付近から、汽水域を示す貝化石数種を報告している（この含化石層を鈴木は沖積層と考えたが、それが沖積層ではなくて上総層群に属するものであることは、既に第三章において述べた）。また多摩丘陵南方の中津付近に発達する塩田層は、大矢部層より下位の地層であつて、塩田層と同層位の地層は多摩丘陵には露出していないが、塩田層は小島¹⁰²⁾によれば、大体において、中浅海帯ないし亜浅海帯付近の海底の堆積物であるという。以上述べたことを総合して考えると、多摩丘陵において地表に露出していない上総層群の部分もまた、丘陵東部から西方に向うにつれて、深海相から浅海相へ変つていることは確実である。

加住・草花・阿須山の各丘陵に分布する上総層群は、一部は化石からみて、内湾度のかかなり高い上浅海帯付近の海底堆積物と考えられるが、一部は扇状地礫層の様相

を呈し、陸成層であろうと思われる^{註28)}。

比企丘陵の物見山砂礫層、児玉地域の浅見山砂礫層、太田・大間々地域の下強戸礫層はいずれも化石を産しないが、岩相その他からみて、扇状地礫層のような陸成層とみなすことができる。

なお、小櫃川以北東の、銚子台地までの一帯において、柿ノ木台層およびそれ以上の層位の上総層群は、貝および有孔虫化石から判断すれば、上位に向うにつれて概してより浅い堆積相に変つていくが、笠森層下部の層位においても、なお浅海区下部付近の堆積環境を示し、同層上部の層位に至つてはじめて浅海区上部の環境に変わる^{註29)}。小櫃川以西大佐和付近に至る地域（木更津を含む）において、市宿層より上位の上総層群は、それより下位の上総層群の場合と同様、小櫃川以北東の地域における同層位の地層とくらべて、多少ともより浅い海底の堆積物であり、ことに最上位付近の周南層は浅海区上部の海底の堆積物である^{註30)}。

また、三浦半島北部における小柴層およびそれ以上の上総層群の堆積環境については、古生物学的資料^{註31)}によつて、小柴層は下浅海帯付近の堆積物、中里層は主として中浅海帯ないし下浅海帯あたりの堆積物と推定され、富岡層については古生物学的資料はないが、岩相からみてより浅い海底の堆積物と考えられる。

以上に述べた上総層群の堆積環境は、前章に述べた同層群の岩相と、大まかにではあるが明らかに相関している。まず両者の関係を水平的にみると、大きくみて著しく砂勝ちであるような多摩丘陵西部や、小糸川流域から大佐和付近に至る地域（第9図参照）では、浅海区の堆積物が優勢である。また、多摩丘陵以北の関東山地東縁部の諸丘陵や、太田・大間々地域に発達する上総層群は、いずれも砂礫を主とするが、これらは海岸線に近い場所の扇状地または三角洲の堆積物とみることができる。そして上総層群全体としてみて、泥岩が砂とほぼ等量程度またはそれ以上を占めるような場所では、上総層群の大部分が亜浅海帯以深の海底の堆積物によつて占められており、同層群の大半が深海区堆積物によつて占められている場所も少なくない。

このような上総層群の岩相・堆積環境から、同層群堆積当時の古地理を推定すると、次のようになる。すなわち、当時（上総層群堆積の初期と中期と末期とでは古地理が多少異なるが、ここでは中期頃の古地理を概念的に述べる）の海は東から西へ湾入した比較的深い海であつ

註28) 文献13, 31, 37, および大山の談による。

註29) 文献29, 44, 45, 50, 52, 65, 67, 136, 142~145, 147, 158, 160, 163, 194, 196を総合した結果による。

註30) 文献15, 16, 29, 44, 67, 136, 142, 143, 145, 147, 160, 163を総合した結果による。

註31) 文献1, 3, 4, 32, 64, 144, 153, 156, 183

註26) 文献1, 4, 32, 40, 64, 83, 144, 153, 156, 183, 191を総合した結果による。

註27) 文献59, 64, 86, 114, 151, 178, 180, 191等を総合した結果による。

て、当時陸であつた関東山地・足尾山地の周辺には（おそらく両山地の間の地域、すなわち太田より児玉にわたる地域にも）、縁辺相（marginal facies）が発達し、この海湾（内湾ではなく、東方に広く開いた外洋性の湾）の大部分を占める比較的深い海底には、泥や砂が、両者の量比や互層の型は一定でないにせよ、大きくみて互層状に堆積した。上総層群堆積当時、房総半島南部から三浦半島南部にかけて、東西方向にのびた島ないし半島状の陸地があつたことは、多くの人々のほぼ一致した見解であるが^{註32)}、小糸川以西大佐和付近に至る地域は、その当時その陸地の北側に位置した浅海区の海域に属していた。なお、具体的なデータはないが、筑波・鶏足山地の周辺や、それと足尾山地との間に、もしも上総層群があるならば、それも縁辺相を示すであろう。

上総層群の堆積環境と岩相とを水平的にみるときに、両者の間に見出される相関については、既に述べた通りであるが、両者を層位的にみても、両者の間には同様な相関が見出される。上総層群が縁辺相を呈するような場所を除き、同層群の堆積盆地内の大部分の場所では、同層群の基底部付近に粗粒堆積物が発達し、その上に泥岩・砂の互層状の厚い地層が発達し、その上（同層群のうちの最上位付近）には砂質の地層が発達していることは、前章において述べた。化石の上からみても、本章において既に述べたことからある程度わかるように、この互層状の地層（一般に泥岩勝ち）は、その下にある粗粒堆積物や、互層状の地層の上にある砂質の地層よりも、一般に深い海底の堆積物である。このことは大きくみて、上総層群の岩相と堆積環境との相関を示すばかりでなく、同層群が海進にはじまつて海退に終る状況変化のもとに形成された地層であるとみなす上に、1つの有力な根拠を与えるものである。

第VI章 上総層群の堆積のしかた

本章においては、前2章に述べたことを補いつつ、上総層群の堆積のしかたについて考察する。

上総層群の層厚（全層厚）については、既に第IV章に述べたし、第10図にも示したが、南関東各地における上総層群の層厚は、必ずしもすべて正確に判明しているわけではない。たとえば上総層群の分布地域内の多くの場所では、地表に同層群の露出がないばかりでなく、同層群の基底まで達した坑井が少ないので、同層群の層厚が判然としない処が多い。また、上総層群の分布地域の縁辺部においては、しばしば上総層群が広く露出しているが、そのような処では、同層群が侵蝕によつて削り去られた部分を空中に想定するとき、一般に地層の上り傾斜

方向には同層群は薄化していたものと思われる（夷隅川下流の地域等については、第IX章で述べるように、そう考えざるをえない幾つかのデータがある）ので、そのような場所において地表に露出する各層の厚さをくわしく測定して合計しても、必ずしも上総層群の全体としての正確な層厚が求まるとは限らない。第10図において、上総層群の地表における分布限界を示す線の付近の同層群の層厚を図示していないのは、上述の理由によるのである。

しかしながら、上記の点を考慮してもなお、上総層群が最も厚く発達する処は夷隅川地域（その南部および東部を除き、第10図に層厚を図示した部分）であつて、それに隣接する九十九里地域南部と養老川流域（ともにその一部を除き、第10図に層厚を図示した部分）においては、夷隅川地域に次いで厚い、ということはほとんど確実である。このことをはつきりさせるために幾つかの地域における上総層群の層厚を比較してみよう。第IV章に述べたように、夷隅川地域に露出する笠森層上限から黄和田層までの地層の層厚を地表において測定し、黄和田層から勝浦層の中途までの地層の層厚を坑井柱状図から求め、両者を合算してみると、夷隅川地域の上総層群の層厚として2,850m以上という値がえられる。上総層群はその上り傾斜方向に向つて薄化するにしても、夷隅川地域のうちの、第10図にハッチした場所では、同層群の層厚（空中に想定しうる部分を含む）は2,500m以上あると考えることが妥当であろう。同様なやり方で、九十九里地域南部の上総層群の層厚を求めてみると、2,150m以上という値がえられるが、この値から、同地域の上総層群の層厚が、その地域東部の海岸線に近い場所を除けば（すなわち第10図にハッチした場所では）、2,000m以上あるとみなしても、それは決して過大な値ではないと思われる。また、養老川流域に露出する上総層群の層厚は、地表調査によつて2,670mという値がえられているが、この値も養老川の上流地区を除けば（すなわち第10図にハッチした場所では）、ほぼ妥当な値であろう。一方、養老川以西東京湾に至る地域や、三浦半島北部、銚子台地その他の上総層群露出地域では地表調査結果によつて、また横浜付近・江戸川地区・九十九里地域北部・内陸地域の各地においては試掘によつて、上総層群の層厚は、養老川流域から九十九里地域南部にわたる一帯におけるよりも、はるかに薄いことが判明している。また、上総層群の盆状構造の中心付近に位置する千葉においては、同層群の基底に達した坑井がないため同層群の層厚は明らかではないが、地震探鉱によつて先第三系の上限深度は約3,000mであることが判明しており³⁹⁾、また試掘によつて下総累層群の層厚は500m近くあることが判

註32) 例えば文献 28, 85, 90, 100参照

化侵蝕→沈降堆積という経過をたどつてできた普通の不整合ではないことは、既に小池その他の人々^{註33)}によつて明らかにされている。すなわち、房総半島中部以東の地域では、この不整合は海底でできた侵蝕面で示される部分もあるが、海底侵蝕よりもむしろ、上総層群堆積の初期に、海底面の著しい傾動・沈降と、これに並行して物質の急速な堆積（南方ないし西方より北方ないし東方への物質の横すべりによる）とが起つたために、不整合状を呈するに至つたものと考えられ、その時期に起つた地殻運動を小池^{90,91,100)}は黒滝時階の運動と呼んだ。したがつて、上総層群の下部の地層（そのうちでもとくに黄和田層より下位の地層）が夷隅川地域を中心として最も厚く発達していることは、黒滝時階の運動の結果にほかならない（ただし、既に述べたように、九十九里地域北部から銚子台地および鹿島灘南部にわたる一帯では、黒滝不整合に対比される不整合は陸化侵蝕→沈降堆積という経過をたどつてできたと考ええられる）。

以上本章において述べたことと、前章までに述べたこととを総合すると、上総層群の堆積は、およそ次のような経過をたどつて行なわれたと考えることができる（このような考え方については、すでに小池^{89,90,98,100)}・藤田^{21,24)}・成瀬¹³⁶⁾によつて、漠然とはあるが指摘されている。しかしこれらの所説は、いずれも十分な地下地質資料にもとづいていないために、細部については全く触れていない上に、中には誤りも見出される）。

(1) 上総層群堆積の前期（とりわけ野々塚層堆積のはじめよりおよそ大原層堆積の終頃までの間—これを上総層群堆積の初期と呼ぶことにする）には、黒滝時階の運動に関連して、堆積・沈降は夷隅川地域（あるいはことによるとそれより東方の、現在海域となつているところかもしれない）を中心として急速に行なわれ、その結果夷隅川地域を中心として著しく厚い地層ができた。

(2) 上総層群堆積の初期に、夷隅川地域以外の地域において、堆積が全然行なわれなかつたというわけではない。九十九里地域北部、銚子付近、養老川以西東京湾に至る地域、東京湾東岸地域、三浦半島北部、横浜・川崎付近、東京・市川地域等においても堆積が行なわれたが、これらのいずれの地域においても堆積量は少なく、粗粒堆積物を主とする地層が比較的薄く堆積したに過ぎなかつた。これに反し、夷隅川地域では単に厚い地層ができたというだけでなく泥岩も少なからず堆積した（例えば浪花層のなかなどに泥岩がかなり発達している）。なお、竜ガ崎・成田・多古・小見川を含む霞ガ浦・北浦南方の内陸地域一帯は、その当時陸であつて、堆積は行なわれていなかった。

(3) 上総層群を堆積させた海域はその後次第に面積をひろげ、海進の絶頂時は、およそ大田代層堆積の頃から国本層堆積の頃までの間にあつた。このことは単に化石の示す堆積環境からばかりでなく、竜ガ崎において先第三系の上に大田代層付近の層位の地層が直接乗つてゐること、多摩丘陵西端で先第三系を直接おおう大矢部層はほぼ江東砂層に対比され、したがつて国本層付近に対比される可能性が大きいことなどから推定される。この海進の絶頂時には、海はおそらく西は関東山地東縁部近くまで、北は霞ガ浦・北浦付近より少なくとも関東平野中央部にまで及んだであろう。

(4) 国本層堆積時以後（上総層群堆積の後期）は、上総層群の堆積・沈降は主として千葉・八幡宿付近を中心として行なわれ、上総層群分布地域の縁辺部は次第に隆起するとともに、海は全面的な海退に移つていつた。この傾向は成田層群堆積時にまでつづいたのみならず、成田層群堆積時においてさらに顕著になつた（上総層群堆積の末期には、同層群分布地域内の多くの場所はすでに陸化していたと考えられるが、この点については第IX章において述べる）。

上総層群の堆積のしかたの概略は、以上に述べた通りであるが、それに関連して、不整合と砂の堆積について付記する。

まず上総層群の中で不整合の有無をとりあげてみよう。多摩丘陵の西部については、大塚¹⁵¹⁾は同氏の出店層の基底（筆者の生田層の基底）に不整合があると報告した。また伊田³⁶⁾によれば、第一星川凝灰岩層と第二星川凝灰岩層との間の層準に、顕著な侵蝕面があるという。このような不整合あるいは侵蝕面は、同丘陵の東部においては全く存在しない。このような不整合・侵蝕面は、上総層群堆積時に多摩丘陵西部において陸化したことがあつたことを示すものであろう。

小糸川以西東京湾に至る地域には、東日笠層の基底と、長浜層基底とにそれぞれ不整合が知られている。このほか、市宿層の基底に不整合を考えた人もある^{註34)}。しかし、いずれの不整合も小糸川以東の地域では消失している。これらの不整合のうち、東日笠層基底の不整合が海底侵蝕によつてできたものであることは、佐藤等¹⁶⁴⁾によつて明らかにされた。長浜層基底の著しい不整合については、従来一般に陸化・侵蝕によつてできたとする考え方が多かつたが、そうではなくて、小池等⁹⁹⁾が指摘したように、海底侵蝕によつてできたものかもしれない。

このほか、銚子台地では、尾崎¹⁶¹⁾によれば飯岡層と名洗層との間に軽微な不整合があるという。

註33) 文献 5, 19, 20, 22, 23, 89, 91, 92, 96, 97。

註34) 例えば文献 15, 87 参照。

以上に述べた不整合・侵蝕面のほかには、上総層群の露出地域において、砂層の基底部にごく僅かの侵蝕面をみることはあるが、同層群中に不整合あるいは顕著な侵蝕面は存在しない（ただし、長沼層や東谷層の基底の不整合は、上総層群中の不整合であるか否か不明であるため、こゝには除外しておく）。一般に坑井においては、地表におけるほどはつきりと、不整合を認識することはできないが、夷隅川、九十九里、東京湾東岸、内陸、東京・市川、東京湾西岸の各地域で、上総層群中に不整合が認められたところは1つも無い。したがって上総層群中の不整合や顕著な侵蝕面は、銚子台地の尾崎が報告したものを除けば、すべて、浅海区堆積物が優勢に発達する地域にのみ見出され、深海区堆積物が優勢に発達する地域には見出されないといえることができる。

次に砂の堆積について述べる。上総層群中で浅海区堆積物とみなされるところには、一般に砂が著しく多いことはすでに述べた。しかしながら、例えば梅ガ瀬層・大田代層等に見られるように、深海区堆積物であるところの泥岩にはさまって砂層が介在することが、上総層群にはいたるところで見られる（江東砂層もそのような砂層の1つである）。このように上下の泥岩が深海区堆積物である場合に、それにはさまる砂層には一般に浅海区棲の化石が見出されるが、このような化石は他生的なものと考えられ、したがってこのような砂層は上下の泥岩が堆積した場所よりも浅い海底に一旦堆積した砂が、泥岩が堆積しつつあつた深い海底に運ばれてきてできたものであつて、砂層が形成されたたびごとに浅海化が起つたのではないと考えられている^{33,46,55,57,67,68,100,137,160}。なお、砂が浅海底から深海底に運ばれる機構について、奈須¹³⁷や平山³³は turbidity current または density current を考えている。

第VII章 南関東地方における天然ガスおよびガス鉱床の分布・あり方

南関東地方におけるガス田・ヨード田・試掘地・ガス徴候地の位置と地域区分については、既に第III章および第1図に示したが、本章においては、各地域ごとに、天然ガス・ガス鉱床のあり方について従来知られていることを総括するとともに、今までに公にされていないことに重点を置いて述べる。

(1) 夷隅川・房総中部地域 この地域は大多喜以東の夷隅川流域にある大多喜・上滝・夷隅（松丸およびその西方）・古沢・太東・長者町のガス田・ヨード田または試掘地と、大多喜以西の中野付近・葛藤付近・亀山付近のガス徴候地を含む地域であるが、この地域の天然

ガスおよびガス鉱床については多くの報告がある^{註35}。既にそれらによつて知られているように、本地域ではガスは一部を除き大田代層・黄和田層から産するが、近年上滝以東の地域で行なわれた試掘によつて、大原・浪花・勝浦の諸層にもガスが存在することが明らかになった。これらの諸層を仕上げた坑井の中には、ほぼ計算ガス水比⁶⁷程度のガス水比をもつてガスが産出する坑井もあるが、塩分濃度の十分大きい水をとまうにもかかわらず、ガス水比が計算ガス水比よりはるかに小さい坑井も少なくない。例えば長者町の試掘井は、採取深度600~1,000 m（勝浦層）、ガス水比1.4~1.5であるが⁶⁷、古沢の試掘井（古沢R1, R2, またはそれぞれ太東R1, R2と呼ばれるもの）では、主たるガス層の深度が約680~800 m（大原層）、産出水のCl⁻濃度18.8~19.1 g/lであるにもかかわらず、ガス水比は0.55~0.71程度に過ぎない^{6,27,47,67}。

本地域においては、地表から地下へ向つての地層水の塩分濃度の増大は比較的急激であるが（その極端な例として古沢では深度150 mで水のCl⁻濃度が10 g/l以上、200 mで15 g/l以上である⁷⁶）、黄和田層を仕上げた坑井においても、水の塩分濃度が十分大きいにもかかわらず、ガス水比が計算ガス水比より低い坑井が少なくなく、また茂原ガス田のように開発の進展につれてガス水比が上昇するような現象も見られない。ただ大多喜・上滝地区では、開発の当初にある程度の量のガスが、遊離型ガス層を形成していた形跡があるが、これは断層によつて部分的に生じた断層封塞型鉱床の存在を示すものであろう。

なお、大多喜・上滝地区では、段丘堆積物等の下総累層群中に小規模の遊離型ガス層があつたが（現在ではその中のガスは既に大部分が採取されてしまつている）、これは明らかにその下の上総層群から上昇してきたガスによつて形成されたものである。

(2) 九十九里地域 本地域は九十九里浜に沿う地域で、一ノ宮・茂原（七井土・八積・関を含む）・細草・白里・大網・東金・成東・横芝・旭・飯岡のガス田または試掘地と、矢指ガ浦その他のガス徴候地を含む。この地域の天然ガスおよびガス鉱床については、最近試掘が行なわれた大網・成東・旭等の試掘地を除き、既に多くの報告があつて^{註36}、かなりよく知られている。

茂原ガス田を中心とする本地域南部においては、周知のように梅ガ瀬層相当層および大田代層相当層が主要な産ガス地層であるが、最近の試掘結果によれば、黄和田層相当層・大原層相当層も、計算ガス水比程度のガス水

註35) 文献 6, 9, 26, 47, 48, 55, 67, 68, 72, 76, 81, 108~111, 118, 128, 168~170。

註36) 文献 6, 9, 12, 26, 27, 45, 47~49, 52, 53, 55, 57, 58, 65, 67, 68, 74, 76, 81, 103~105, 110, 111, 117, 118, 128, 172, 187, 188, 196, 197。

第14図 船橋ガス田における深度と水の Cl^- 濃度との関係

× コア試験（筆者測定）による。

- ・ 汲上げ水（深度は孔明管部分の中央深度で代表させてある）10坑井に対して筆者その他が行なった分析の結果による。

発達しているが、この地層は、石和田⁶⁷⁾によれば柿ノ木台層ないし国本層に対比されるという。八千代においては、習志野における上記のガス層に対比される地層およびそれより下位の上総層群中に、計算ガス水比もしくはそれ以上のガス水比をもつ良好なガス層が発達しているといわれている。

木更津においては、かつて深度 895m の試掘が行なわれたが、その深度までの地層（ほぼ岩坂層およびそれより上位の上総層群と下総累層群）中の水の塩分濃度はきわめて小さく、ガス水比は計算ガス水比よりはるかに小さく（たとえば採取深度 741~895m でガス水比 0.93、水の Cl^- 濃度 6.2 g/l⁶⁷⁾）、稼行しうるガス層は見出されなかった。同様なことは五井においても認められ、そこでは深掘することによつてはじめて、深度約 980~1,300m（ほぼ大田代層相当層、第3図参照）に稼行の対象として考慮されるようなガス層が見出された。かように、木更津から五井にかけての地域では、深度約 900m 以浅の地層は、天水の浸透を著しく受けて生じた塩分濃度の小さい水によつてみだされ、ガスポテンシャルが著しく小さくなっていることは、きわめて注目すべきことである。

富津においては、深度約 300~500m（おそらく岩坂層およびそれより上位の上総層群）から、量は多くはないが、計算ガス水比程度のガス水比をもつて、ガスが産出

している。しかしながら、このガスには著量の H_2S が含まれており^{6,67)}、同地のガス鉱床がやゝ異常なものであることを暗示している。なお、大佐和においては、十宮層・竹岡層に対比される地層がドーム状の高まりをなす部分に、多量ではないがガスが見出されている^{註38)}。

(4) 内陸地域 千葉県北部・茨城県南部・埼玉県南東部にわたる地域で、草加・野田・竜ガ崎(新利根)・八街・成田・菱田・多古・小見川の試掘地・ガス田を含み、鹿島試掘地も便宜上この地域に含めることにする。これらのうち、最近試掘が行なわれた八街・菱田・多古を除く上記各地における天然ガスおよびガス鉱床については、多くの報告^{註39)}が公にされている。既にそれらの報告によつて知られているように、竜ガ崎においては深度 613m から先第三系基盤^{註40)}の直上(813m)までの間の梅ガ瀬層相当層・大田代層相当層付近に（ただし主要採取層は深度約 750~813m）、ほぼ計算ガス水比程度のガス水比を有するガス層が発達している。成田ガス田においては、深度約 680m から基盤^{註40)}の上限深度(1,018m)の少し上位（深度 955m）までのほぼ梅ガ瀬層・大田代層の層位の地層中に良好なガス層が発達し、計算ガス水比またはそれ以上のガス水比をもつてガスが産出している。このように成田において若干の遊離ガスが存在することは、そこに層位の封塞構造の如きものがあるのではないかと思わせる。なお成田においては、地層水の塩分濃度と砂層の発達からみて、深度約 500~680m の国本層相当層にも、稼行しうるガス層があると考えられる。菱田・多古・小見川においては、先第三系基盤^{註40)}の直上（黄和田層上部の層位の地層）から梅ガ瀬層相当層にわたる範囲に、また八街においては国本層相当層・梅ガ瀬層相当層に（第4図参照）、ほぼ計算ガス水比程度のガス水比を有するガス層が発達しており^{註38)}、排水その他の問題が解決できれば、これらは稼行の対象となりうるものと考えられる。

竜ガ崎から西方に向うにつれて、一般に天水の浸透はより深処に及び、ガスポテンシャルは低下する。すなわち野田において、上総層群基底部付近の深度 900~1,040m を仕上げた試掘井の結果では、ガス水比 0.56、水の Cl^- 濃度 7.4 g/l、ガス中の CH_4 は 92% という値がえられている^{9,55,67)}。草加においては、地表から深度 600m までの間には稼行に足るガス層は皆無である。なお、野田においては、深度 1,035m で逢着した先上総新第三系を、坑井は約 90m 貫通したが、その間の地層はガスの産出能力を欠いていると判断される⁶⁷⁾。

なお、竜ガ崎付近には、下総累層群中にガスの存在が

註38) 帝石資料による。

註39) 文献 6, 9, 48, 51, 55, 67, 81, 112, 113, 119~121

註40) 古生層または変成岩（第2表参照）。

知られているが¹⁶⁷⁾、これは鉱床としてはきわめて貧弱なものに過ぎない。

(5) 東京・市川地域 この地域は江東・江戸川ガス田および市川ガス田と、東京都区内各所の“天然温泉井”とを含む地域である。この地域の天然ガスおよびガス鉱床については、最近江戸川区区内において行なわれた試探掘の結果等を除けば、多くの報告^{註41)}によつて既にその概略が知られている。この地域においては、大きくみて、ほぼ吉原―深川―大森を結ぶ線の東側と西側とで、ガスおよびガス鉱床のあり方が異なり、ガスが企業的に採取されているところはすべてその線以東にあり、その線以西にはない。その線以東の地域（これを東京・市川地域の東部と呼ぶことにする）においては、よく知られているように、江東砂層が計算ガス水比程度のガス水比と数十mの有効層厚を有する主要なガス層である。江東砂層は東方に向つて次第に深度を増し、江戸川地区で深度約600～800mにあるが、同地区においては最近の探掘によつて、江東砂層の約60～250m上位にも（第5参照図）、計算ガス水比程度のガス水比をもち、移行可能なガス能層が存在することが判明した。このガス層が国本層より上位の上総層群に属することはほぼ確実である。一方、江戸川地区における最近の深掘によつて、江東砂層より下位の上総層群中にも、そのほとんど基底までガス層が存在することが判明した。しかしながら、この場合、上総層群の基底に近いところでは、地層水の塩分濃度が十分大きいにもかかわらず、それより上位のガス層よりもガスポテンシャルがむしろ劣る傾向が認められる。すなわち、江戸川地区において、比較的近い距離に、採取深度を異にしてつくられた3坑井を比較してみると、次の如くである（第5図参照）。

坑井名	採取範囲 (m)	ガス水比 (初産)	水の Cl ⁻ 濃度 (g/l)
ER1	679～848	1.5(+)	15.58
ER2B	946～1,565	2.4～3.4	17.82
ER10c	1,185～1,690	1.9～2.5	19.17

このことは、ガスのあり方を考える上にも、ガス田を開発する上にも、無視することのできないことである。なおER10cは先上総新第三系を約370m貫ぬいたが、その中には移行しうるガス層は全く見出されなかつた。

江東砂層は東京・市川地域の東部から西方に向うにつれて次第に浅くなり（第7図参照）、ガス層としての資格を欠くようになり、東京・市川地域の西部（吉原―深川―大森の線以西）では、ガス層は江東砂層より下位の上総層群中に限られる。のみならず、天水の浸透によつて生じた塩分濃度の小さい地下水帯は、東京・市川地域

の東部から西部へ向うにつれて、急激に、より深处にまで達するようになり、東京のいわゆる山の手においては、深度にしておよそ900～1,000m以浅、層位にして江東砂層の約350～550m下より以上の地層の中の水は、著しく低塩分であつて、ガスを伴なうことがあつてもガス水比は計算ガス水比よりはるかに低い。例えば上野の“天然温泉井”においては、深度800m（江東砂層の下限より約270m下）の地層水の Cl⁻濃度は1g/l以下、深度900mで約4.5g/l^{註42)}、深度約1,020～1,200mにやつと計算ガス水比程度のガス水比を有するらしいガス層（産出能力は大きくない）が見出された。また、池袋の“天然温泉井”においては、深度820m（江東砂層の下限より約360m下）で、水の Cl⁻濃度が0.1g/l以下、1,000mで約4.8g/l^{註42)}、深度約1,000～1,200mに多少のガスを産するらしい地層が見出されたにすぎない。また、目黒の試錐坑においても、深度700m付近の地層のガス水比は0.4程度、水の Cl⁻濃度は0.5g/lにすぎないことが知られている^{6,46)}。

なお、下総累層群中のガス鉱床としては、江東地区に貧弱なものが存在することが知られているにすぎない^{6,46,67)}。

東京・市川地域の西方から北方にひろがる地域、すなわち武蔵野台地から関東平野中央部にわたる地域には、深い坑井がないために、ガス鉱床の存否は確認されていないが、この地域では地表からかなり深处まで低塩分の水で満たされ、下総累層群中にはもとより上総層群中にもガス鉱床はほとんどないか、あつてもきわめて低ポテンシャルのものにすぎないとみなされる。立川に掘られた上総層群を採取層とする“温泉井”は、採取層が比較的浅い（深度約250～290m）ためもあるが、それにしてもその部分の水の Cl⁻濃度は僅かに3mg/lにすぎず、ガスの随伴は認められない。八王子から川越に至る武蔵野台地西部一帯には、上総層群上部を主採取層としてしていると推定される水井戸が少数ながらある。しかし、それらの水井戸は深度が浅い（最も深いものでも坑底深度が約250m）ためもあるが、それにしても木野等⁸⁴⁾の調査結果によれば、それらの井戸の水も Cl⁻濃度はほとんどすべて20mg/l以下に過ぎず、ガスを随伴する例は知られていない。また、筆者等の調査結果によれば、関東平野のほぼ中央部である古河・栗橋・鷲宮付近には、上総層群上部をも採取層としてしていると推定される水井戸が少数ながらある。それらは浅い（最も深いもので坑底深度約250m）ためと、下総累層群中の帯水層をも同時仕上げしているためもあるが、それから出る水には Cl⁻がほとんど10mg/l以下で、ガス徴は全然認められなかつ

註41) 文献 6, 8, 9, 27, 41, 46, 48, 55, 57, 66～68, 79, 81, 85, 86, 119, 120, 126, 192

註42) 石和田のコーア試験結果による。

た。

このようなことと、野田および草加における試掘結果（前述）ならびに池袋等、東京の山の手の各地における試掘結果を総合すると、東京・市川地域の西方から北方にひろがる地域の下総累層群・上総層群中には、ガス鉱床の発達はいわめて不良であるとみなすことができる。

（6）東京湾西岸地域 川崎ガス田から三浦半島北部一帯にわたる地域で、同ガス田のほか、綱島・鶴見・星川・保土ガ谷・根岸（以上横浜市）の各試掘地と大船付近のガス徴候地がこの中に含まれる。この地域の天然ガスおよびガス鉱床については、多くの報告^{註43)}によって、既にその概略が判明している。すなわち川崎ガス田とその周辺（鶴見・綱島）では、下総累層群中のガス層を除けば、ガス層はほぼ大船層ないし野島層に対比される地層中に存在し、それは江東砂層に対比される地層より170～550 m 下位にある。すでに筆者⁶⁴⁾が指摘したように、こゝには茂原ガス田に見られる程度の規模の正断層群が発達しており、また天水の浸透の程度が場所によりかなり異なる。すなわち、鶴見（第15図参照）や綱島においては、低塩分の地下水帯が地表からかなり深処まで及ん

でおり、地下数百mまでの上総層群のガス水比は、計算ガス水比よりはるかに小さい。その最も著しい例は綱島の試掘井にみられ、同井では、地表から深度700mまでは水のCl⁻濃度は1 g/l 以下で、深度約600～700mの地層のガス水比は0.3強に過ぎない（ガス中のCH₄も約90%に過ぎない）。一方、天水の浸透の少ない場所では、地下300m以浅で3 g/l 以上のCl⁻濃度を有する水帯に到達し、ひきつづきCl⁻濃度は深度とともに増加するが（その最も著しい例を第15図左に示す）、ガス水比は必ずしも計算ガス水比に達するとは限らない。川崎ガス田は、全体としてみると、北・西・南の3方を、地表からの水の浸透に帰因する低塩分の水帯によつてかこまれた、なかば孤立したガス田である。そして断層の発達する点では茂原ガス田に似るが、ガス層内の圧力低下が茂原ガス田におけるほど大きくないにせよ、開発の進展とともにガス水比が大きくなるようなことは、現在までのところ全然見られない。

星川・保土ガ谷付近においては、その付近で行なわれた試掘の結果によれば、地表から深度850m位（浦郷層中部）までの地層水のCl⁻濃度はほぼ1 g/l 以下で、上

総層群（川崎ガス田の採取層位を含む）のガス水比は計算ガス水比よりも著しく低く、ごく少量のガスしか産しない。900m以深になると、地層水の塩分濃度は深度とともにかなり急激に増大するが、鎌倉累層を仕上げた結果では、水の塩分濃度は十分に大きいにもかかわらず、ガス水比が計算ガス水比よりもかなり低い〔例えば帝石保土ガ谷R1の深度1,300m 付近（逗子層）でガス水比が約1.6⁶⁷⁾〕。また、それより下位の天津層相当層に掘り進んだ坑井も2坑あるが、いずれも稼行に値するガス層を見出すことはできなかった。また根岸においても、天水の浸透は星川・保土ガ谷付近におけるのと同様に深処に及んでおり、上総層群中にも鎌倉累層中にも稼行の対象となるようなガス層は見出されなかつた^{註38)}。このように、横浜付近ではガス鉱床の発達は不良であつて、現在までに多くの試掘が行なわれたが、ガス採取井として成功したものは1

本もない。

大船付近には野島層または大船層の中に、きわめて貧

第15図 川崎ガス田付近における深度と水のCl⁻濃度との関係

$\left(\frac{S}{K}\right)$ は下総累層群と上総層群の境

・SR2} 筆者のコア試験結果による。
×SR3}

（この2坑井は互に約200mはなれて位置する）

石和田のコア試験結果による。

註43) 文献 6, 9, 17, 40, 48, 55, 64, 66～68, 75, 76, 81, 119, 120, 173

弱なガス鉱床が知られている¹⁷³⁾。

なお、下総累層群中のガスとしては、川崎付近のものが知られている。このガスはその下にある上総層群中のガスが漸層あるいは割れ目を通して上昇して来て、下総累層群中に遊離型ガス鉱床を形成したものとみなすことができる⁶⁴⁾ (ただし、現在では少なくとも大部分が既に採取されてしまったものと思われる)。

なお東京湾西岸地域の西方(多摩丘陵から相模野にわたる地域)では、ガス鉱床の存在は全然知られておらず、水井戸などに、ガス鉱床の存在を示唆するような徴候もない⁶⁴⁾。

(7) その他の地域 房総半島南部では、鴨川南西方の江見層群中に^{77,81)}、鴨川北方の天津層中に⁸¹⁾、金谷付近の稲子沢層中に^{註44)}、それぞれガス徴がある。これらはいずれもガス量・ガス水比ともきわめて小さく、それらの産出地層はすべて上総層群より下位の新第三系である。また館山付近には、以前からガスの徴候が知られていたが^{6,67,81)}、最近館山および舟形で行なわれた試掘の結果^{註38)}をも総合してみると、その付近には少量のガスが沖積層・豊房累層・千倉(累)層・鏡ガ浦層・西岬(累)層中に存在する。これらの地層のうち千倉・鏡ガ浦・西岬の各層は、上総層群より下位の新第三系であり^{132,177)}、豊房累層もまた、第Ⅲ章に述べたように、上総層群に属さない地層である。また、大釜戸および上総湊において最近行なわれた試掘の結果によつて、それぞれの場所で先上総新第三系〔豊岡(亜)層群・天津層〕の背斜部付近には、少量のガスが存在することが判明した^{註38)}。しかしながら、房総南部のこれら各地には、稼行の対象となるようなガス鉱床は、まだ見出されていない。また神奈川県下では、茅ガ崎付近の沖積層中に、きわめて低ポテンシャルのガス鉱床が知られている^{6,64,67,81)}。

以上本章において、南関東地方の各地域・各地区ごとに、天然ガスならびにガス鉱床のあり方を述べたが、次にそれらを総括して、南関東地方を全体として巨視して考察することにしよう。

まず南関東地方のガス鉱床を、地層の大区分と関連させて考えてみると、少なくとも現在判明している限りにおいて、稼行されているか、もしくは稼行の対象となりうるようなガス鉱床は、ほとんどすべて上総層群中に成立しているといえる。下総累層群中のガス鉱床は、いずれも一般に低ポテンシャルのものであつて、せいぜい地元の家庭燃料用に、小規模に利用しう程度

のものに過ぎないばかりでなく、大多喜付近や川崎付近のものは、それより下位の上総層群から移動してきたガスによつてできた鉱床であるとみなされる。また先上総新第三系には、ガスが全然ないわけではないが、現在までに各地で試掘が行なわれたにもかかわらず、稼行に値するようなガス鉱床はまだ1つも見出されていない。

そこで次に、上総層群中のガス鉱床に限定して、その分布を水平的(地理的)にながめることにする。既に第Ⅲ章に述べたように、上総層群は、南関東の大部分と北関東の一部とをも含む広大な地域にわたつて発達しているが、ガス鉱床は、三浦半島北部・相模野・多摩丘陵・武蔵野台地・関東平野中央部を含む同層群分布地域の西半部において著しく発達不良で、同層群分布地域の東半部においては、木更津から五井にかけての地域を除き、概してよく発達している。そして同層群分布地域の東半部の中でも、九十九里地域南部は最もガスポテンシャルが高い。このように、上総層群の分布に対して、その中のガス鉱床は著しく片寄つた分布をなしていることは、きわめて注目すべきことである。

上総層群中のガス鉱床が、このように水平的に片寄つた分布をなすことは、地層中の水の塩分濃度の水平的分布にもよく反映される。石和田⁵²⁾は、かつて南関東一帯の600mの深度における地層水のCl⁻濃度を等値線で示した図を公にしたが、その図を新しいデータにもとづいて補足、修正したものが第16図である(第16図に等値線を画いた範囲内では、海水準下600mの深度の地層は、どの場所でも上総層群である)。この図によつて明らかのように、地層水は九十九里地域では最も高塩分(Cl⁻濃度>17g/l)であるのに対し、野田―上野―保土ヶ谷―根岸の線以西と、木更津から五井にわたる地域では、きわめて低塩分(Cl⁻濃度<1g/l)である。地層水のCl⁻濃度が小さいことは、堆積物が海成である限り2次的な天水の浸透を意味し(地層水のCl⁻濃度の小さいところでは、一般にガス中のCH₄が比較的少なくN₂等が多いというよく知られた事実も、天水の浸透によるものと解せられる)、ガスのポテンシャルは一般に小さいことを示すものである。反対に、特別な場合を除いて、海成地層中のガス鉱床は、地層中の水のCl⁻濃度がある程度以上に大きいところにしかないといつても過言ではない。このことは、1地点における鉛直的分布をとつても同様である。南関東の諸ガス田が、しばしば“塩素度相関型”と呼ばれるのはこのためであり、第16図は大きくみれば、ほとんどそのまゝガス鉱床の水平的分布を示しているといえる。ただ、夷隅川地域その他において、前述したように、地層水の塩分濃度が十分大きいにもかかわらず、ガス水比が計算ガス水比よりもはるかに小さい例が

註44) 文献 81 および河井：千葉県君津郡天羽町金谷の天然ガス調査報告(この報告そのものは印刷されていないが、その主要部分については1956年5月の石油技術協会総会で講演発表した)、による。

第16図 深度(海水準下)600mにおける地層水のCl⁻等濃度線図(単位 g/l) 〔註〕 石和田⁵²⁾の図を修正・補足したもの

あることは、注目すべき事実である。

次に、上総層群中のガス鉱床と層位との関係について述べる。既に述べたことを総合すればわかるように、夷隅川・房総中部地域、九十九里地域、内陸地域(大部分)では、ガス層の層位はほとんどすべて梅ガ瀬層またはそれより下位の地層に限られる。また、東京・市川地域、東京湾西岸地域では、ガス層の層位は一部を除き、江東砂層またはそれより下位の地層に限られる。しかしながら、千葉以北の東京湾東岸地域においては、産ガス地層の上限が上記諸地域におけるそれより上位の層位に達している(例えば千葉では笠森層の層位に達している)。そして、千葉以北の東京湾東岸地域に隣接する内陸地域の一部や、東京・市川地域の東部においてもまた、千葉以北の東京湾東岸地域におけるほどではないが、産ガス地層の上限が比較的上位の層位に達している(例えば、八街・成田では国本層相当層にも、また江戸川地区では江東砂層より上位の地層にも、稼行しうるガス層があ

る)。一方、産ガス地層の下限は上総層群のほとんど最下位の層位にまで達しているが、こゝで注目しなければならないことは、夷隅川地域・九十九里地域南部を除けば、ほぼ大原層付近から野々塚層にわたる層位の地層のガスポテンシャルは、地層水の塩分濃度が十分大きいにもかかわらず、その上位にある地層のガスポテンシャルよりも一般に低い傾向があることである。この層位の地層を仕上げた坑井は、余り多くはないが、既に述べたように、九十九里地域北部の坑井や江戸川地区の深掘井等は、このような傾向を示すものである。

既に述べたように、上総層群以外の地層には稼行に値するようなガス鉱床が見出されていないこと、竜ガ崎・多古等の内陸地域の各地でみられるように、上総層群中のガスの生成には無縁とみなされる先第三系(古生層または変成岩)を、直接おおう上総層群の基底部付近の地層(黄和田層または大田代層付近に相当する地層)も、かなり高いガスポテンシャルを有すること、および、ほゞ

大原層から野々塚層にわたる層位のガスポテンシャルが、その上位の地層のそれよりも劣ることが少なくないこと、などによつて、上総層群中のガス鉱床の少なくとも大部分は、同層群内で生成したガスによつて形成されたものであつて、上総層群中のガスが下総累層群から供給されたものでないことはもちろんのこと、上総層群より下位の地層から上総層群へガスの供給があつたにしても、それは上総層群中のガス鉱床の成立の上に大きな役割を演じたものではない、と考えることができる。

第VIII章 上総層群堆積時における初成的地質条件と天然ガスおよびガス鉱床との関係

本章においては、前章に述べたことと、第IV～VI章に述べたこととを関係づけ、上総層群中の天然ガスおよびガス鉱床が、同層群の岩相・堆積環境および堆積のしかたと、どんな関係にあるかについて述べる。

まずはじめに、上総層群を全体としてみたときの岩相（第9図参照）と、同層群中のガス鉱床の水平的（地理的）分布との関係を考察してみよう。そうすると、次のことが明らかである。すなわち、上総層群中のガス鉱床は、水平的にみた場合、同層群全体としての岩相が、砂・泥岩半々程度ないし泥岩勝ちであるような地域に集中して発達しており、著しく砂礫勝ちまたは著しく砂勝ちの処には、一般にガス鉱床が発達しておらず、やや砂勝ちの処においてもガス鉱床の発達は概して不良である。地層水の塩分濃度（第16図参照）をみても、砂礫勝ちまたは砂勝ちの地域を中心として、塩分濃度の小さい水が分布している。

このような事實は、泥岩がガスの母層として最も大きい役割りを演じたとみなされること（現世の海底堆積物中の有機物の量についてみても、それは細粒堆積物に多く、粗粒堆積物に少ないことが古く Trask¹⁹³）によつて明らかにされている）、これらの堆積物が陸化した場合に、泥岩よりも砂あるいは砂礫の方が天水の浸透をより多く許すとみなされること、によつて、ある程度説明することができる。また陸化ということを別にしても、砂あるいは砂礫の方が、泥岩よりもガスの逸散をばむことがより少ない、と考えることも可能であろう（粘土層は薄層でも、メタンの逸散をかなり妨害することが、石狩泥炭地において判明している¹²⁷）。

次に、上総層群の堆積環境と天然ガスおよびガス鉱床との関係を考えてみよう。既に述べたことからわかるように、南関東ガス田地帯の上総層群のうち、ガス層にガスを供給したと考えられる地層（ガス層の少し上位より以下の地層）はほとんどすべて、およそ亜浅海帯以深、

深海区にわたる比較的深い海底の堆積物であり、その大半は深海区堆積物である。そして陸成層はもちろんのこと、およそ中浅海帯以浅の浅海区上部の海底の堆積物には、ほとんどガス鉱床が発達していない。そして上総層群の堆積環境とそれの岩相との間には、第V章に述べたような相関があり、岩相とガス鉱床との間にも上述のような相関があるので、堆積環境とガス鉱床との間にも相関が生じているともみなしうる。

以上のことは、次のように解釈することができる。一般に堆積環境として比較的深い海底の場合の方が、浅い海底の場合よりもより嫌気の状態を生じやすく、堆積物の堆積速度や有機物の量など他の条件が一定であるならば、メタンの生成により有利であろうと考えられる。しかも、南関東地方の上総層群の場合には、一般に深い海底の堆積物の方が、浅い海底の堆積物よりも泥に富んでいるという事実が、深海堆積物中でのメタンの生成を一層有利にしたと考えられる。新潟ガス田その他の“水溶性”天然ガスの鉱床の例から明らかのように、“水溶性”天然ガスの母層は、深海堆積物でなくてもさしつかえはない。しかしながら、上総層群のように外洋性または外洋に臨んだ場所の堆積物においては、波浪・沿岸流・潮汐等によつて海水が常に大いに攪拌される可能性のある浅い海底よりも、底層海水の流動が比較的少ない深海底（深海底といつても、遠洋底区¹⁵⁷）はここでは考えない）の方が、還元性環境を生じやすいことと、泥質堆積物を沈着しやすい点では、ガスの生成に有利であると思われる。

また、浅海の海底は粗粒堆積物に富むことばかりでなく、地盤の僅かな隆起または海水面の僅かな低下によつて、陸化・侵蝕を受ける可能性がきわめて大きく、堆積物中に生じたガスが逸散する可能性が大きい。深海底では海底侵蝕の可能性は絶無ではないにしても、多少の隆起や海水面の低下によつても陸化する可能性は少なく、堆積作用はなお継続して行なわれる可能性が大きいので、上述のようなガスの逸散は浅海底より少ないと考えられる。なお、天水の浸透によつてガス鉱床が破壊されるという現象は、後章で述べるように、上総層群堆積当時、陸地に近い浅海底の処が比較的早期に陸化したとみなされることによつて、縁辺相・浅海相の発達する処において一層強調されたように見受けられる。

次に上総層群の堆積のしかたと、同層群中の天然ガスおよびガス鉱床との関係を考察しよう。

九十九里地域南部はガスポテンシャルが最も高い処であることは既に述べた。この地域は、夷隅川地域および養老川流域とともに、上総層群、とくにそのうちでも梅ガ瀬層上限以下の地層（すなわち同地域における主要な産ガス地層を含む）が、きわめて厚く発達している処であ

る。九十九里地域南部のガスポテンシャルが高いことは、このことと大いに関係があると考えられる。すなわち、元来ガスを生成し胚胎する砂泥互層が厚く発達する場合は、それが薄くしか発達していない場合に比べて、母層の厚さも貯溜層 (reservoir) の厚さも大きいから、ガスの移動・逸散等を考慮外とするならば、より多くのガスが胚胎すると考えられる。しかしこのような算術的・機械的な考え方のほかに、次のようなことも考えられる。すなわち、ある時間内に厚い地層が形成された場合には、同一時間内に薄い地層が形成された場合に比して、平均の堆積速度がより大であつたはずであるから、有機物が泥・砂の堆積物によつてより稀釈されることがあるとはいへ、少なくとも海底に沈積した有機物が、長期間にわたつて海底面上で底層水にさらされることはなく、比較的速かに新たな堆積物の下に没する結果となり、有機物の急速かつ完全な分解 (有機物がほとんど炭酸と水とに化してしまうような徹底的な分解) をある程度くい止めることになると考えられる。九十九里地域南部においてガスの埋蔵が多いことの原因の1つは、以上のような上総層群の堆積のしかたによると考えられる。(Emery 等¹⁰⁾はカリフォルニア沖の現世堆積物を研究して、大陸岸から中位の距離 (60~90 km 程度) にある海底盆地内の細粒堆積物は有機物含有率において最も大きく、それより遠い遠洋深海底では堆積速度が小さく、海底で有機物が急速かつ完全な分解を受けやすいためにその量が減少し、また大陸岸により近い海底の堆積物は碎屑物による稀釈によつて有機物含有率が低下していることを指摘している。カリフォルニア沖のデータをそのまま南関東の上総層群の堆積にあてはめることはできないであろうが、傾向としての類似性はある程度考えてもさしつかえないのではなからうか。)

上総層群中のガス層のうちで、およそ大原層より下位の層位にあるガス層は、夷隅川地域および九十九里地域南部を除く他地域では、地層水の塩分濃度が十分大きいにもかかわらず、それより上位にあるガス層よりも、一般にガスポテンシャルが劣る傾向があることは、既に述べた。このような事実もまた、上総層群堆積当時の初成的地質条件に負うところがきわめて大きいと考えられる。すなわち、夷隅川地域は、上総層群堆積の初期において、最も堆積が急速に行なわれた処であつて、ほど大原層より下位の地層として、泥岩をまかなりまじえた深海区堆積物が最も厚く発達した処である。九十九里地域南部もまた、夷隅川地域に次いで同様の傾向をもつた処である。しかしながらそれ以外の地域では、これら両地域とくらべれば、同層位の堆積物が、層厚としても小さく、したがつてその堆積速度も小さく、泥岩を少ししか介在せ

ず、かつ堆積の場もより浅い海底であつたと思われるので、夷隅川地域・九十九里地域南部以外の地域で、およそ大原層より下位の地層のガスポテンシャルが劣ることがあつても決して不思議ではない。また、上総層群を堆積させた海が上総層群堆積の初期以後面積をひろげ、ほぼ大田代層堆積時から国本層堆積時までの間に海進が絶頂に達し、広大なしかも比較的深い海底に多量の泥が堆積するようになったことを考えれば、夷隅川地域・九十九里地域南部以外の地域において、およそ大原層の層位より下位の上総層群と、それより上位の上総層群とをくらべた場合に、前者の方がガスポテンシャルが劣ることがあつても、それは十分に理解できる。

なお、上総層群の堆積のしかたということの一部として、不整合と貯溜岩 (reservoir rock) について述べる。

含ガス地質系統中に不整合が存在するということは、“水溶性”天然ガスの鉱床の成立の上からみれば、ガスを生成し胚胎しつづつあつたであろう堆積物を削り去つた事実を意味するものであるから、鉱床成立にとつて不利な条件となることが多いであろう。とくにその不整合が陸化・侵蝕によつてできた最も普通の不整合である場合には、天水の浸透も起るから、ガス鉱床成立上、明らかに不利な条件となると考えられる。多摩丘陵や、小糸川以西東京湾に至る地域は、概してガス鉱床の発達が不良であるが、このことの原因の一部は、それらの地域の上総層群中に不整合あるいは著しい侵蝕面があるということによつても、理解されよう。とくに多摩丘陵の場合は、次章に述べることに密接に関連するのであるが、そこにある不整合・侵蝕面が陸化・侵蝕によつてできたものであるから、そのような過程がガス鉱床成立上、大きなさまたげになつたと考えられる。

次にガスの貯溜岩とその堆積のしかたについて述べる。ガス鉱床成立のために、貯溜岩が必要であることはいうまでもないが、上総層群中の貯溜岩は、九十九里地域北部・内陸各地等の坑井でみられるような同層群基底部に発達する粗粒堆積物や、夷隅川地域・九十九里地域南部でみられるような割れ目 (断層を含む) のある泥岩および凝灰岩を除けば、一般に泥岩と互層する砂が貯溜岩をなしている。泥岩にはさまつてガス層をなすこれらの砂は、それが凝灰質である場合を除き、一般にきわめて sorting がよく、泥分の含有が少ない (第6表参照。なお、第6表に示すもののほか、諸ガス田でガス層をなす砂の粒度分析結果は、久保田¹⁰⁶⁾によつて簡単に紹介されている。また、ガス層とほぼ同層位の砂層の地表試料についての粒度分析結果は、村井¹²⁸⁾や奈須¹³⁷⁾によつて示されている。それらをみても、砂が凝灰質である場合を除き、一般に sorting がきわめてよく、泥分の含有が少な

第 6 表 コアの砂の粒度分析の例

地区	層	平均 粒 径 (median dia.) mm	淘 別 係 数 $S_0 = \sqrt{\frac{Q_1}{Q_2}}$	Silt + Clay ($\frac{1}{16}mm >$) %	滲透率 md	備 考
江戸川	江東砂層	0.15	1.30	16	2000 ±	ER28号井の深度718~721mの砂について河井測定。滲透率は3個の試料について $CC = 16.0g/l$ の水による測定値の平均。 南関東天然瓦斯開発(株)資料による。
茂 原	大田代層	0.13	1.67			
	黄和田層	0.20	1.81			
	〃	0.10	1.32			
	大原層	0.11	1.50			
	〃	0.15	1.66			
	〃	0.15	1.69			
	〃	0.15	1.42			
東 金	大田代層	0.14	1.64			
	〃	0.15	1.86			
	黄和田層	0.11	1.56			
	〃	0.08	1.37			
	〃	0.17	1.63			

い)。そしてそのため、固結していることはほとんどなく、同一平均粒径で sorting 不良の砂に比べれば、孔隙率・滲透率は大きいと判断され、貯溜岩としては新潟ガス田のそれとは比較にならないにしても、必ずしも劣等なものではない（南関東ガス田地帯の各地のガス層の砂の滲透率（・孔隙率）の値は第6表にも示してあるが、既に度々発表されている^{27,57,58,67,187}）。それらおよび平川その他の未発表資料を総括すると、滲透率は数百～2,000 md 程度のものが多い。また、孔隙率の測定値は、平川の資料によれば、茂原付近の梅ヶ瀬層上部の層位の砂試料3個についてそれぞれ29%、33%、35%、同層下部の層位の砂試料2個についてそれぞれ30%、33%となつている）。

既に第Ⅵ章に述べたことによつて明らかなように、ガス層をなす砂はほとんどすべて亜浅海帯に深の海底の堆積物で、深海区堆積物とみなされるものが多く、深海区成の砂は浅海底に一旦堆積した砂が深い海底に運ばれてきたものと解せられる。ガス層をなす砂は、細粒ないし中粒のことが多く、層厚の変化も必ずしも少なくないが、一方 sorting がきわめてよく、泥分を含むことが少なく、その結果滲透率・孔隙率についても必ずしも劣等なものでないことは、砂が深海底に運ばれてくるまでの間に泥分が洗い流され、十分に淘別されたことに負うところがきわめて大きいであろう。このように、南関東ガス田地帯における主要ガス層の貯溜岩としての性格は、その堆積のしかたに支配されているとみることができる。

以上本章に述べたように、上総層群中の天然ガスおよびガス鉱床のあり方は、同層群堆積時における初成的地質条件によつてかなりの程度に説明することができる。しかしながら、天然ガス鉱床の発達は、今までに述べた岩相や堆積環境や堆積のしかたと完全な対応があるわけ

ではない。例えば、東京の山の手や横浜付近において、低塩分の水帯が地下かなりの深处にまで達しており、ガス鉱床の発達が著しく不良であることや、夷隅川地域には、地層水の塩分濃度が十分大きいにもかかわらず、ガス水比が計算ガス水比に達しない処が少なくないという事実は、今までに述べた上総層群の岩相・堆積環境・堆積のしかた、のみによつては、全然説明することができない。また、野田一草加の線以北西、関東平野中央部にわたる地域では、低塩分の水帯が地下のかなりの深处にまで達しておりガス鉱床の発達が不良であるが、そのことの原因には上総層群の岩相・堆積環境その他、上

総層群堆積当時の初成的地質条件もないわけではない。しかし、それ以外に、大きな原因があると考えなければ、このことは説明ができない。以上のほかに、上総層群堆積当時の初成的地質条件のみによつて、十分に説明できないことが少なくないが、それらのことについては、次章において述べる。

第 IX 章 上総時代後期以後における地史および古地理の変遷と天然ガスおよびガス鉱床との関係

上総層群堆積の時代を上総時代と称し、それ以後現在までの時間を下総時代と称することにする。そしてここで、上総時代後期というのは、およそ国本層堆積時以後の上総時代をさしている。南関東において、鮮新・更新両統の境界をどこにひくかという問題については、古くから多くの人々の見解が発表され、いまだに一致した結論は出されていない。ここにはこの問題については触れないが、この結果として、筆者のいう上総・下総両時代が国際的に標準となつている編年の上において、それぞれ正確にどこからどこまでを占めるかということは、現在の段階では下総時代の終りを除き明言することはできない。しかしながら、上総時代の初期は鮮新世に属し、その末期は更新世に属し、また下総時代は更新世ないし現世に属するとすることには、ほとんど異論はないと思われる。

既に第Ⅵ章にも述べたが、大ざっぱに言つて、上総時代の初期には黒滝時階の運動に関連して、堆積・沈降はまず夷隅川地域（あるいはことによるとそれより東方の、現在海域となつている処かも知れない）を中心として行なわれた。その後、海は次第に面積をひろげ、ほど大田代層堆積時から国本層堆積時までの間に海進は絶頂に達

し、南関東地方の大部分はもちろんのこと、関東山地の東縁部近くにも、北浦・霞が浦付近から関東平野中央部にまでも、海成堆積物の発達をみるようになった。そして上総時代後期には海退が起り、北関東のはゞ全域、関東山地東縁部、房総・三浦両半島の中・南部はもとより、遂には三浦半島北部、多摩丘陵、武蔵野台地の大部分も陸化するようになった。この間、堆積・沈降の中心は夷隅川地域（あるいはその東方）から次第に北西方に移動して、上総時代の後期には、主として八幡宿・千葉付近を中心として堆積・沈降が行なわれるようになった。その後、下総時代に入つて堆積・沈降の中心はさらに多少北西方にずれて、八幡宿から草加にわたる地域を中心として、海成の成田層群が厚く堆積するようになった。第7図・第8図にみられるような大きな盆状構造はかようにしてできた。なお、地形学的な資料^{18,61,62)}からすれば、下総時代の後期になると沈降の中心は2つに分かれ、1つは東京湾に、他はさらに北方へ、関東平野中央部付近へ移り来つたように思われる。

筆者は既に第七章において、上総層群分布地域の西半部にはガス鉱床がごく僅かにしか発達しないことを指摘した。このことは前章に述べたように、上総層群の岩相・堆積環境および堆積のしかた、にもある程度帰因するのであるが、より決定的な原因は、上総時代後期以後現在までの地史と古地理の変遷にあると考えられる。三浦半島北部・多摩丘陵・武蔵野台地を含む上総層群分布地域の西半部において、一般に地下深処まで天水が浸透し、地層水の塩分濃度がきわめて低い事実がこのことを示唆している。そこで具体的にどのような地史的経過によつてこのことが説明できるかを、次に述べる。

三浦半島北部から横浜付近にかけて、上総時代末期以後の堆積物は、大塚¹⁵³⁾によれば、下位から長沼統、下末吉統、関東ローム層および段丘礫層、沖積統に大別される（長沼統には、今日一般に多摩ローム層と呼ばれている地層、屏風ガ浦層と呼ばれている地層、および徳永等¹⁹¹⁾の山下町層をも含めて考える）。このうち長沼統・下末吉統・沖積統のそれぞれ基底には、きわめて明瞭な不整合があつて（大塚¹⁵³⁾は長沼統の中にも2つの不整合を考えたが、今日ではこれらの不整合は必ずしも認められてはいない）、富岡層（浜層）堆積後・長沼統堆積前、長沼統堆積後・下末吉統堆積前、下末吉統堆積後・沖積統堆積前には、それぞれこの地域は広く陸化し、侵蝕を受けたことは明らかである。これらの陸化期間はそれぞれそう短いものでなかつたことは、各統の分布範囲がそれぞれ著しく相異なることによつてもうかがわれるが、ことに最初の陸化期には浜向斜¹⁵³⁾がほぼ形成されたとみられるから、この点からも陸化期間がそう短いものでは

なかつたと推定される。また長沼統は主として、戸塚付近を中心とする馬蹄形の地区内に分布し（長沼統の堆積区域を大塚¹⁵³⁾は戸塚湾と呼んだ）、一部は溺れ谷を埋める汽水ないし淡水成の堆積物として、山下町・久保山・保土ガ谷・高島山にわたる地区に発達し、二俣川・上星川・小机にわたる地区にも分布するが^{153,191)}、長沼統堆積当時、三浦半島北部から横浜付近にかけての全域が、すべて海面下に没したのではなくて、そのうち少なくとも南部は、陸地として存在していたと思われる上に、長沼統堆積中にも南部は隆起運動を続けたと推定される¹⁵³⁾。また下末吉統は、帷子川沿い、保土ガ谷から本牧にかけての地区、高島台・菊名・鶴見にわたる地区等に分布するが、浅間台以西の帷子川沿いおよび保土ガ谷付近のものは陸成層であつて、海成層の分布はそれより東方または北方に限られている¹⁵³⁾。すなわち下末吉統堆積当時においてさえも、本地域の大部分は陸であつたと推定できる。沖積統についても同様で、横浜付近・大船付近・金沢文庫付近等には海成層が知られているが^{25,153,155,159)}、これらは地形的に明らかな低地の一部を占めるに過ぎず、本地域の大部分は沖積世初期の海進時にも海面下に没しなかつたことはいふまでもない。かようにして、本地域の一部は少なくとも富岡層堆積後陸化して以来、今日まで一度も海面下に没することがなかつたし、長沼統堆積以後はこの地域の大部分が現在まで、陸上侵蝕にさらされてきたのである（1例としてあげれば、数本の試掘が行なわれた星川付近は、少なくとも長沼統堆積後の海退期以来今日まで、海面下に没した形跡はないし、同統堆積前にも陸であつた時期がある。なお、浜向斜以南の地域は、富岡層堆積当時すでに陸であつた可能性がある）。

多摩丘陵の第四紀地史については、最近、羽鳥等^{30,31,71)}の詳しい研究が発表されている。それらによれば、多摩丘陵における上総時代後期以後の地層の層序は、およそ第4表のようである。この中で御殿峠礫層は、丘陵西部にきわめて断片的に分布し、古柱川の扇状地的段丘礫層とみなされている³⁰⁾。オシ沼砂礫層は海成層であるが^{63,71)}、丘陵東部（登戸付近およびそれ以东）にしか発達しない³⁰⁾。永沢¹²⁹⁾によれば、オシ沼砂礫層堆積時の最高海水面は、現海拔60m付近にあつたという。多摩丘陵の西半部には海拔220~130mの地形面(T₁面)が広く発達すること³⁰⁾からみて、同丘陵西半部はオシ沼砂礫層堆積時においても、海面下に没することなく台地または丘陵をなしていたと考えられる。多摩ローム層は海退がはじまつた時期の堆積物である^{63,70,71)}。下末吉層は丘陵東部に分布し、ほぼ登戸一荏田を結ぶ線以东では海成層であるが、それ以西では現在の大きな谷に沿つて発達する部

分以外は非海成層で、下末吉期の最大海進時の海水位は現海抜45~50m程度である^{30,62,71)}。また下末吉ローム層は、下末吉層の海が海退した時期の堆積物である^{30,63,70,71)}。以上のことから考えると、多摩丘陵の西部から中部にかけては、既に上総時代後期以前からごく浅い海ないし汽水域であったが、上総時代後期の海退とともに陸化し、それ以後現在まで、概して西部ほど大きな隆起量をもった隆起運動があつたために、海面下に没することはほとんどなかった。また同丘陵の東部は上総時代末期以後に、屏風が浦層およびオシ沼砂礫層、下末吉層、海成冲積層^{註45)}によつて示されるように3回の海進に見舞われたが、それぞれの海進の前に、かなり長い陸化期間があつたことは、各層の基底の著しい不整合や各層の分布ならびに構造の相違からみて明らかである(星川付近のドーム構造、溝ノ口を中心とする半盆状構造、川崎ガス田付近における断層等は、いずれも主として高津層堆積後、オシ沼砂礫層・屏風が浦層堆積前に形成されたものと考えられる。この地殻運動の時期はほぼ、上総時代末の海退期に当っている)。また上記各層の層厚^{註46)}や分布範囲よりすれば、これらの海進の期間や範囲が時間的・面積的にさほど大きかつたとは考えられない。

狭山丘陵においては、上総層群に属する地層は露出せず、多摩ローム層の下に狭山層が存在する。狭山層はオシ沼砂礫層・屏風が浦層に対比される地層であるが、その中部ないし下部から汽水ないし内湾性浅海の貝化石を産し、また上部は扇状地堆積物を思わせる礫層からなる^{2,31)}。したがつて屏風が浦期の海進の絶頂時には、この付近まで沈水したことは確実である。加住・草花・阿須山の各丘陵では、一般に上総層群の上に不整合で、1~3枚の礫層やローム層が発達するが^{13,31,37)}、それらの少なくとも大部分は陸成層と考えられる。したがつて、これらの諸丘陵の大部分は多摩丘陵西部と同様、上総時代の海進の絶頂時においても海岸線にごく近い処であつたが、その後の海退期になるといち早く陸化して現在まで隆起運動をつづけ、途中に一時沈降することがあつても、狭山丘陵など一部を除き、海面下に没することはなかった(加住丘陵東端部で多摩ローム層の中から発見された生痕化石が、かりに海棲動物のものである¹⁸⁴⁾としても、海進の絶頂時に一時的に、海が同丘陵の東端部をかすめたに過ぎない)。

東京の山の手を含む武蔵野台地の地質については、古くから多くの人々の研究があるが、鈴木等⁹⁵⁾は最近多数

の坑井資料をもとに、研究成果を発表している。主としてそれにもとづいてこの台地の地史を考えてみると、上総時代末期には、この地域は完全に陸化して侵蝕を受けた(この時期に多少の造構造運動があつたと思われる。第7図、第8図参照)。下総時代になつて、屏風が浦期の海進によつて広く浅海底となり、下部東京累層が形成された。その後隆起・陸化が起つたが、下末吉期になつて台地東半部は再び浅海底となつて、上部東京累層の堆積をみた。しかし、その後この台地東半部も陸化し、現在までの間に海面下に没することはなかった。

北関東の比企丘陵、児玉地域、太田・大間々地域は、上総時代にはほとんど陸であつたと推定されるが、下総時代にもひきつづき陸であつたと考えられる。

関東平野の中央部においては、地下地質資料がきわめて少ないため、地史をはつきりとつかむことはできない。上総時代後期以後現在までこの地域に起つた隆起運動は、結果的にみて^{註47)}、三浦半島北部、多摩丘陵、関東山地東縁部の諸丘陵、武蔵野台地等におけるそれにくらべて小さいことは、地表面の海拔高度の比較から明らかであるが^{18,62)}、さりとて大塚^{152,153)}がかつて述べたことにもとづいて、成田層群堆積時における沈降・堆積の中心が、加須付近にあつたとするのは誤である。第8図からわかるように、成田層群堆積時における沈降・堆積の中心は、加須付近よりももつと南東方の、八幡宿・千葉・船橋・市川・草加にわたる地域にあつたと考えられる。したがつて関東平野の中央部は(同平野の北部はもちろんのこと)、上総時代において堆積盆地の縁辺部であつたが(したがつて上総時代におけるガス鉱床成立のための初成的地質条件も、堆積盆地の中心部付近に比べれば劣つていたであろうが)、成田層群堆積時においても堆積盆地の縁辺部であつて、それらの時代を通じて堆積盆地の中心部に比べれば、陸化する可能性が大きかつたと考えられる。

なお多摩丘陵南方の相模野地域の、上総時代末期以後の地史については、大きくみて三浦半島北部から横浜付近にわたる地域と同様な経過が考えられる^{62~64,133,134)}。

以上に述べたように、上総層群分布地域の西半部は、上総時代後期以来しばしば海進・海退をくりかえしながら陸化していった。その海進・海退の時間的変化を、多くの人々^{62,63,71,153)}の研究成果にもとづいて図示すれば、第17図のようになる。各海退期はそれぞれある程度の長さの地史学的な期間を有し、決して瞬間的な短時間でなかつたことは、各層の構造・分布の相違から明らかである。そして各海進期間は、いずれも著しく長期にわた

註45) 川崎・鶴見付近の低地に発達する^{25,155)}

註46) 下総累層群に属する各層の層厚は数10m以下で、大部分は30m以下である。このことは多摩丘陵のみならず、三浦半島北部・相模野・武蔵野台地、狭山・加住・草花・阿須山の各丘陵でも(ただし武蔵野台地東端部を除く)同様である。

註47) 沈降量は隆起量から差引いて、その余りだけを正味の隆起量と考えるという意味である。

第17図 下総時代における関東南西部での海進・海退を示す図

文献 62, 63, 71, 153 による。

つたとは考えられず、各海進の絶頂時にも、浸水地域は全体に比べれば比較的ローカルな地域に限られた。とくに上総層群分布地域の縁辺部では、隆起量が沈降量をはるかに上廻り、上総時代後期に陸化して以来今日まで一度も海面下に没することはなかった。

海退現象が造盆地運動の一形態として現われたものにせよ、氷期における海水面の低下によるものにせよ、土地が海水面上にあらわれた時には、侵蝕を受けると同時に、多かれ少なかれ天水の地下への浸透が起つたと考えなければならない。各海退期に各地で天水の浸透がどの程度にあつたか、を明らかにすることはできないが、1つの場合として沖積世直前に起つた海退を考えよう。東京湾・三浦半島周辺の海底地形の研究等から、沖積世海進に先立つて起つた海退期には、海水面は現在のそれより70~100 m 程度低下したと推定されている^{60,62,63,174,176}。したがって、三浦半島北部や多摩丘陵東部はその当時、海拔120~200 m 程度の丘陵であつたし、多摩丘陵西部は海拔300 m 程度またはそれ以上の山地であつたし、武蔵野台地東部でさえ海拔100 m 以上の台地であつたことになる。

この海退期が Würm 氷期に一致すること、Würm 氷期の期間が数万~十数万年程度であることは、一般に考えられているところである^{註48}。この時期における地表から地下への天水の浸透について、島における淡水・塩水界面の深度に関する Herzburg の法則^{107,119,120}を あ

註48) 例えば文献 60, 62, 166 参照。

てはめて考えるならば、その当時起つた天水の浸透は、沖積世に入つて以後に起つたそれよりも、はるかに深処に達した可能性が生れてくる。三土^{119,120}は一般的傾向として、現在の海拔高度の大きい処ほど、天水の地下への浸透がより深処に及んでいることを指摘し、この現象を Herzburg の法則で説明した。これはきわめて卓抜な見解であるが、たゞ筆者は、現在の地形もまた過去における地史・古地理の産物であつて、天水の浸透ということだけをとりあげても、それは結局、過去にさかのぼつてそれぞれの土地が経験した歴史を考えて、はじめて十分に理解されるものであるという点を指摘したい。

しかしながら天水の地下への浸透は、海退期において地表から鉛直方向に進んだものばかりではない。既に述べたように、多摩丘陵西部・関東山地東縁部・関東北西部に発達する上総層群はほとんどすべて粗粒堆積物からなるので、著しく大きな透水性をもつていると考えられる。そしてこれらが発達する堆積盆地の縁辺部（三浦半島中南部等を含む）は、上総時代後期に陸化し、その後、断続的にはあるが、一度も海面下に没することなく隆起を続け、盆状構造をつくつた。これらのことを考えてみると、少なくとも上総時代末期には既に、三浦半島中南部・多摩丘陵西部・関東山地東縁部・関東北西部等は天水の受水地となつて、そこにしみ込んだ天水は高い水頭をもつたために、上総層群の下り傾斜方向、すなわち盆状構造の中心部へ向つて侵入を開始していた、と考えなければならない。地層面に沿う方向への天水の浸透は、地形・地質ができ上つてしまつた現在の状態において説明しようとしても、地層内の水がどのようにして地層から逃れ出るかという点について、説明がやゝ困難になる。つまりその場合には、現在見られるような固結の進んだ泥岩を多くまじえた厚い地層を通して、多量の水が比較的短時間のうちに逃れ去るということを前提としなければならない。しかしこの点は、上総時代後期、すなわち盆地中央部では、なお上総層群の堆積が行なわれつつあつた時に、周辺部から天水の侵入が起りはじめ、その後現在までの長期間（その途中の海進時においても）、程度の差はあれ天水の侵入が持続的に行なわれたと考えるならば一そう考えることは十分可能である一、上記のような困難なしに理解することができる。すなわち、盆地中央部では、まだ上総層群の堆積が終了していない時期においては、もちろん下総累層群の堆積もまだ行なわれておらず、上総層群の地層は現在見られるほど固結は進んでおらず、かつ層厚も小さいので、盆地縁辺部でしみこんだ天水が高い水頭をもつていたならば、それに押された同層群中の水は、同層群の地層を通して比較的容易に逃れえたと考えることができる。のみならずそのよう

な傾向の水の動きは、必ずしも短時間のうちに急速に行なわれたとする必要はなく、長時間にわたって徐々に行なわれたと解することができるのである。このような上総時代後期以来行なわれた“lateral”な天水の浸透は、Herzburg の法則をあてはめて考えられる“vertical”な天水の浸透よりも、大きな結果をもたらしたものであると考えられる。

いずれにしても、上総層群分布地域の西半部において、天水の浸透が地下深处に達して、ガス鉱床の発達をきわめて不良であり、ガスの産出層位が江東砂層よりかなり下位の部分に限定されること（江東地区はここで取扱っている範囲外にある）は、以上のような地史的経過を考えることによつて、はじめて説明が可能になる。ただここで、同様な地史的経過をたどりながら、川崎地区にのみ何故ガス田が形成されたかということに触れる必要がある。川崎ガス田付近には、場所にもよるが、地表から比較的浅处にもかかわらず、地層水の塩分濃度が比較的高いところが少なくない。ここでは上総層群中に断層や節理が多いが、この断層群ができたのは既述のごとく、高津層堆積後、オシ沼砂礫層堆積前と推定される。川崎ガス田の東側すなわち東京湾東部から千葉県側には、この断層群形成以後も最大層厚 500m 以上にも達する海成下総累層群が、上総層群の上に重なった。したがって東京湾方面から西へ、上総層群の上り傾斜方向へ、上総層群中の砂層を通つて圧緊水流^{119,120)}が流れ、それが、川崎付近で断層や節理を通つて鉛直方向に含ガス水が上昇する結果をもたらした、と考えることができよう。また既に述べたような、上総層群堆積盆地の縁辺部からの水押しも、川崎地区における含ガス水の上昇をうながしたかも知れない。このようにして断層等の割れ目を通つて上昇する含ガス水は、上昇するにつれて溶存ガスの大部分を遊離する。したがって上総層群の上に若い地層が帽岩状におおふならば、その付近に遊離型ガス鉱床ができるであろう。川崎地区の上総層群には半孤立状のガス鉱床ができていることや、そこの下総累層群中にはかつて遊離型ガス鉱床があつたことは、このようにして説明できる（なお、川崎ガス田が茂原ガス田に比して、ガスのポテンシャルが著しく低いことには、いろいろの原因が考えられるが、川崎ガス田における上総層群の発達が、茂原ガス田におけるそれよりも劣っていることが、1つの大きな原因であるとみなしうる）。

次に、上総層群分布地域の東半部における地史および古地理と、天然ガス・ガス鉱床との関係を考えよう。まず、上総層群分布地域の東半部のうちで、東京湾東岸地域とそれに隣接する東京・市川地域東部（江東・江戸川・市川ガス田地区）ならびに内陸地域をとりあげる。

この地域においては、上総層群の上に海成の成田層群が概して厚く発達するが、この両層群の関係は、銚子台地と江戸川地区以西の地域では明らかに不整合である^{6,46,67,81,85,161)}。また、最近の成瀬の研究¹³⁶⁾によれば、八日市場西方および牛久（千葉県）付近には、局所的な不整合または侵蝕面が両者の間にあるという。しかしその他の場所では、大規模な陸化・侵蝕によつてできた著しい不整合の証拠はどこでも見つかつていないばかりでなく、一般に整合的に見える。例えば千葉から五井にわたる地区の坑井について、上総層群中の marker と成田層群中の marker とを電気検層図の上で追跡してみると、両者は全く平行し、上総層群の上限が削られた形跡や両者の構造差は、全然見られない（第3図参照）。さらに、第7図と第8図とをくらべてみればわかるように、上総層群の構造と、成田層群の構造とは、千葉県下においては大局的に一致している。これらのことから、上総時代後期から下総時代前期にかけて、大きくみて、堆積盆地周辺部の隆起とともに堆積・沈降の中心は次第に北西方へ移り、堆積環境はより浅くかつ内湾の性格を帯びるように変化した。銚子・八日市場・牛久付近および江戸川地区以西のような、成田層群堆積地域の縁辺部を除いては、陸化することはほとんどなかったと考えられる。そしてこの地域がはじめて広く陸化したのは、貝塚等⁶³⁾のいうように下末吉ローム層の頃またはその直後であろう。この地域（ただし五井以南を除く）の上総層群が、一般に天水の浸透を受けることが少なく、広くガス鉱床を発達せしめている事実は、この地域が上総層群の盆状構造の中心部を占めていることや、地形的に比較的低いこと等によるばかりでなく、この地域が陸化した時期が遅かつたことと、陸化した時の隆起量が比較的小さく、高い地形を現出しなかつたという地史に負うところが多い。なお千葉ガス田においては、産ガス層位の上限がほとんど上総層群上限に達しているが（習志野・船橋等でも、産ガス地層の上限が上総層群のうちのかかなり上位に達している）、これらについては以上に述べたことと同時に、同層群の上に厚く堆積した下総累層群が、天水の浸透を多少ともさまたげる役割を果たしたこと、また下総累層群が厚く堆積したことによつて、上総層群中の圧緊水流が律速を著しく増し、その一部が鉛直方向に上昇したであろうことを見落すわけにはいかない。

一方、房総半島では上総層群は一般に北ないし北西に傾いていることから、少なくとも下総時代には、房総中・南部は北西部に対して相対的に隆起するような傾動運動があつたことは明らかである。この点をさらに地形の上から検討するために、筆者は房総半島中北部の、上総層群露出地域を主体とする範囲の切断面図をつくつてみた

第 18 図

(第18図参照)。この図を見ると明らかなように、この図の範囲内では概して南部は北部より高いが、処々に四囲より高い処があつて、それらの高所は北東—南西ないし東北東—西南西の方向に配列している。この配列方向は、この地域の上総層群の走向と完全に一致するのみならず、各高所列は、上総層群中のそれぞれほゞ一定の層序範囲の砂質地層の露出地である。例えば鹿野山・間野付近・万田野付近・野見金山は一列に並ぶ高所であるが、鹿野山は市宿層、間野付近は市宿・柿ノ木台・長南・万田野の諸層、万田野付近および野見金山はともに主として万田野層によつて構成されており、また権見森付近の北東—南西にのびた高所は、主として金剛地・香取・万里谷の諸層からなる^{註49)}。高所を構成する上記諸層はほとんどすべて、砂・砂礫・砂質泥あるいは砂勝ち互層等砂質の地層であることは注目に値する(間野付近の柿ノ木台層はかなり砂質である。なおこのほか、梅ガ瀬層の砂勝ち互層の露出地にも、その走向方向に不明瞭ながら高所の列がある)。このことを筆者は、上記のような砂質の地層の方が、泥岩層あるいは泥岩勝ち互層よりも侵蝕に対する抵抗が強く、これらの高所は差別侵蝕の結果できた *questa* 状の地形であると解釈する。かつて矢部¹⁹⁹⁾や田山¹⁹⁰⁾は、これらの高所のあるものを、低角度の衝上断層によつてできたものと考え、大塚等¹⁵⁰⁾はこの説に異論を述べたことがあるが、矢部や田山の考えた衝上断層は存在しない上に、高所とそれを構成する地層との間に

註49) こゝでは便宜上、三土や陶山等の地質図^{118, 177)}に記された地層名をそのまま使用することにする。

は、上述のような密接な関係があるので、高所の成因を差別侵蝕に帰する方が妥当である。

次に鹿野山—野見金山の列に属する各高所の海拔高度をみると、鹿野山(380 m)は最も高く、次に間野付近(313 m)、次に万田野付近(271 m)、次に野見金山(180 m)と、北東に向うにつれて順次低くなっている^{註50)}。さらに、市宿層が分布する鹿野山と、間野付近で同層が分布する処とをくらべてみると、前者の方が高く、万田野層が分布する万田野付近と、間野付近で同層が分布する処とをくらべてみると、後者の方が僅かながら高い。すなわち、同一地層(ほゞ同一岩相)の分布地域をみると、常に南西側がより高い地形を形成している。なお上総層群によつて構成される山のうちで、鹿野山は房

総・三浦両半島はもとより、関東山地東縁部をも含めた同層群分布地域内で最高の場所であることは、きわめて注目に値する。

このような事実と、田山¹⁹⁰⁾がかつて指摘した房総半島の地形面・解析度・河岸段丘・*intrenched meander*等の地形的特徴や、大塚等¹⁵⁰⁾が指摘した河川の流路の特異性等^{註51)}や、他の人々^{18, 175)}によつて明らかにされた冲積海岸段丘の高度分布や、1923年の関東大地震の際の隆起・沈降とを考え合わせると、鹿野山側が野見金山およびそれ以北東の地域よりも、隆起量が大きかつたと推定することができる。房総半島南部には、上総時代のはじめにも、既に嶺岡を核とする東西にのびた陸地があつたと一般に考えられているが、この陸地は時の経過とともに次第に面積を広げ、少なくとも上総時代末期以後は、この隆起運動が広域的な造盆地運動と合体し、そのため万田野以南西の地域は、野見金山以北東の地域よりもより多く隆起し、その傾向は現世にまで続いていると思われる。小櫃川以西とくに小糸川より大佐和付近にわたる地域では、一般に上総層群・下総累層群とも著しく砂勝ちで、かつ地層は北方に傾斜することと相まつて、上述のような著しい隆起運動によつて、地層の下り傾斜方向

註50) () 内は最高地点の海拔高度。

註51) かつて大塚¹⁴⁹⁾が定義した dI_1 , D_1 面等の層位や地形面を今日そのまま適用することはできないが³⁸⁾、大塚が鹿野山背面(市宿層の堆積面)は保土が谷礫層より古く¹⁴⁹⁾、下末吉層堆積前に解析されていたと言つた¹⁶⁰⁾ことは、鹿野山付近が下末吉期には既に陸化していたという意味にとれば、結果的には正しいといえる。

に位置する木更津から五井にわたる地域が深所まで天水の浸透を許し、同地域のガスポテンシャルが低いものになったと考えられる。木更津では地表から国本層相当層最下部位（深度 670m 位）まで、五井では地表から柿ノ木台層相当層位（深度 650~700m 位）まで、地層水の Cl^- 濃度は 1g/l 以下であるが^{註52)}、市宿層の層位は梅が瀬層中部ないし柿ノ木台層下部に当るので^{122,124,171)}、木更津や五井における天水の浸透が主として市宿層およびそれより上位の粗粒地層を通して行なわれたと考えることは、層位的・構造的にみて合理的である。さらに鹿野山・間野・万田野付近がそれ以南の地域に続いて、上総時代末期には陸化をはじめていたとすれば、木更津・五井地域はすでにその頃から、天水の浸透の可能性が起つていたことになる。そして、鹿野山・間野・万田野地域における地形の解析度¹⁹⁰⁾や、同地域において上総層群上部と成田層群とが大きくみて *regressive overlap* をなし、上位層ほど傾斜がゆるくなっていること等からみて、同地域以南の地域はもちろんのこと、同地域もまた上総時代末期には傾動・陸化をはじめていたことが、十分考えられる。木更津・五井地域の天水の浸透については、地表から真下に向う“vertical”な方向への浸透もあつたであろうが、それよりも地層の上り傾斜の処から下り傾斜方向へ——“lateral”な方向へ——の浸透の方が大きく支配し、しかも後者は現在の地形ができて上りよりはるかに以前から始まっていたものと、考えられる（前章までに述べたように、小糸川以西の上総層群には浅海区堆積物が多いことや、不整合・侵蝕面も存在することは、上述の隆起運動の先駆的現象の結果とみることもできよう）。なお鹿野山付近よりする天水の浸透が主として木更津方面へ向い、富津方面には大きな影響をおよぼしていないことは（第 16 図参照）、大佐和付近における上総層群が比較的粗粒地層に乏しいこと（第 9 図参照）に負うところが大きいと思われる。

九十九里地域や夷隅川地域では、上総層群が地表に露出するか、または沖積層あるいは段丘堆積物によつて直接おおわれ、成田層群はほとんど存在しないので、下総時代におけるこの地域の地史・古地理を明らかにすることは容易ではないが、この問題については次のように推定される。

銚子台地においては、尾崎¹⁶¹⁾によれば、上総層群の上位に香取層が、さらにその上位には関東ローム層が重なっている。そして香取層は層厚 20m 余りにすぎない薄層で、水深 30m 以浅の浅海堆積物と推定され、上総層群との関係は弱い傾斜不整合であるという。この不整合の面は、一般に波蝕面であると考えられている^{38,63)}。九十

九里浜に沿う海岸平野地域は、銚子台地の南西に隣接し、同台地における上総層群・香取層の走向の延長方向に位置するので、この平野地域については、銚子台地におけるのとはほぼ同様な層序や地史が、一応考えられる。すなわち九十九里平野地域では、現在では成田層群は全然存在しないが、かつてはそれが上総層群の上に存在し、その後の侵蝕によつて完全に削り去られたという可能性が考えられる。しかし成田層群がその地域にかつて存在したとしても、それは銚子台地の例からみて、かなり薄いものに過ぎなかつただろうと推定される。

ここで、地史を推定するための 1 つの材料として、泥岩の含水比（容積比）について検討しよう。泥岩の含水比は、地層の圧緊の程度を大まかにではあるが示し、その埋没深度（depth of burial）に逆相関するものである。石和田等は、東金・横芝・飯岡の各試掘井の泥岩コアの含水比を測定し^{45,52,53)}、これらが東京芝浦の試掘井の同深度のそれにくらべて、かなり大きいことを指摘した⁵²⁾。この点をさらに明らかにするために、筆者は深度と含水比との関係を各地の試掘井について求めてみた。千葉・習志野・市川の各地は、下総層群がきわめて厚く発達し、しかもそれは上総層群をほとんど削ることなく、その上に重なつたと考えられる処であるが、これらをまとめた深度・含水比曲線は、第 19 図左のようである。これと、既に発表されている東金・横芝・飯岡各試掘井における測定値とを、同一深度に関してくらべてみると、ごく浅所を除いては、九十九里地域は千葉から市川にわたる地域よりも、含水比が大きいと同程度である。千葉・習志野・市川の各試掘井と大網 KR 2、あるいは前者と古沢 R 1 との比較においても、同様なことがいえる（第 19 図参照）。大網 KR 2 は笠森層中部の層準に開坑し、地表に露出する地層をその傾斜のまま坑井の上空にまで延長して想定すると、笠森層の上限の層準は坑口の上空 100 m 以上の高さに達することになる。夷隅川下流の地域に位置する古沢 R 1 は大田代層最下部の層準に開坑しているから、同様な想定を試みると、笠森層上限の層準は坑口の上 1, 100 m 以上もの上空に来る見当となる。

飯岡・横芝・東金・大網・古沢の各試掘井は、いずれも上総層群中のある層準から掘り進んでいるので、その坑口からの深度は、泥岩の含水比を大きく支配したであろうところの埋没深度を意味するものではない。これらの諸坑井においては、埋没深度は坑口からの深度よりも大きいはずであるにもかかわらず、坑口からの深度が埋没深度に近いと思われる千葉・習志野・市川の諸坑井に比して、含水比はむしろやゝ大きい傾向にあることを注意しなければならない。そしてこの原因には次のような

註52) 文献 67, その他の資料による。

第19図 含水比と深度との関係

ことが考えられる。すなわち、含水比は岩質^{註53)}や層序・地質構造にもある程度影響されるであろうが、少なくとも今問題にしている場合については、埋没深度がより大きく含水比を支配していると思われる。したがって、飯岡・横芝・東金・大網・古沢の諸地点においては、坑口が存在する層準より上位の上総層群および成田層群は、現在坑口地点より下り傾斜方向の地表で見られるそれらよりも薄かつた（すなわち地層の上り傾斜方向一現在では空中になつていゝ一薄化していた）であろうし、それらの地層のうちのあるものは、全然はじめから堆積しなかつたであろうと考えられる。とくに古沢R1の地点では、現在までに削り去られた大田代層以上の上総層群は、同地点より北西方の地表において、現在見られるそれよりも薄かつたと推定されるし、後述するような他の

データを考慮に入れると、古沢付近では成田層群はもちろんのこと、上総層群最上部の地層もまた堆積しなかつたと考えることができる。九十九里地域にある上記4坑井の地点においても、成田層群はことによるとはじめから堆積しなかつたかも知れないし、かつて存在していたとしてもごく薄いものであつて、数百mもの厚さの同層群がかつて堆積し、それがその後の侵蝕によつて全く削り去られたということは、深度・含水比曲線だけから判断しても、絶対にありえないことである。なおついでながら、従来泥岩の含水比の測定結果と結びつけて地史が考察されたことはなかつたが、筆者は含水比測定結果が、地史を解明する上に重要な示唆を与えるものであることを指摘したい。

以上のことのほかに次のようなことも九十九里地域・夷隅川地域の地史を考える上に見逃すことはできない。東金付近で笠森層の延長である東金シルト層から象化石が産出したことがある^{141,146)}。このことは、同層の堆積当時そこから比較的近いところに陸があつたことを意味する。この陸地は、房総南部に以前からあつた陸が次第に北方に面積をひろげ、笠森層堆積時には東金に比較的近いところまで達したものであると考えることが、最も考えやすい。

また田山¹⁹⁰⁾も指摘しているように、夷隅川地域はかなり解析の進んだ地形を呈している。また牛久一東金一八日市場にわたる地域についての成瀬¹³⁶⁾の研究によれば、笠森層堆積の末期に同地域の海がいつせいに浅くなるとともに、外洋水の卓越した海から沿岸水の優勢な海へと環境が変化したことが明らかである。筆者は、上総層群上部から成田層群にかけての地層の傾斜は、上位に向うほどゆるく、かつ巨視的にみれば、regressive overlapをなしていると判断する。

以上に述べたことを総合すると、夷隅川地域は（おそらくはその北に隣接する九十九里地域最南部も）、少なくとも上総時代末期には既に大部分が陸化しており、その後沖積世初期の海進時に東部の低地が沈水しただけで、現在までほとんど陸地であつたと考えられる。九十九里地域は夷隅川地域より遅れて陸化したが、上総時代最末期ないし下総時代初期にかけて陸化した可能性がある。

註53) 上記の含水比はすべて泥岩についての測定結果であるが、肉眼的には泥岩でも、砂質・浮石質等の程度の差によつて、含水比に多少の差が生じうる。

そしてその後、成田層群の堆積があつたにしても、ごく薄い地層しか形成されなかつたであろう。

かくて九十九里地域は、八幡宿より市川にわたる地域および内陸地域にくらべて、より早い時期に陸化したと考えざるをえない。それならばなぜ、この地域の上総層群は天水の浸透を受けることが比較的少なく、ガス鉱床がよく発達しているのであろうか。

九十九里地域は、やや早期に陸化したとしても、かつて海拔高度の高い地形であつたとは考えられない。このことは、既に述べたように、下総時代におけるこの地域の隆起量が房総中・南部のそれに比して小さいことから推定できるが、そればかりでなく、陸化しても太平洋側からの波蝕を受けたであろうと考えられるからである。この地域の上総層群が概して泥岩勝ちの岩相を有することや、とくにその南部が多くの断層・割れ目によつて切られていることも、侵蝕を容易ならしめたであろう。既に述べたように、銚子台地における成田層群の基底の不整合面は、一般に波蝕面であると考えられている。また確実な証拠はないが、九十九里平野の沖積層（茂原貝層¹³⁹⁾を含む）下の上総層群の表面はかつての波蝕面であり、下総台地とこの平野とを劃する急崖はかつての波蝕崖であると考えても、さしつかえはないように思われる（犬吠岬付近が東方に突出して岬をなしているのは、その付近に侵蝕に対する抵抗の強い古生層・中生層・中新統が発達するからである）。またこのように、太平洋側からの波蝕がすでに地質時代から行なわれていたことを考慮に入れるならば、九十九里地域は三浦半島北部、多摩丘陵、武蔵野台地、関東平野中央部、木更津・五井等の諸地域とちがつて、天水の侵入を導いた地形的に高い受水地が、上総層群の上り傾斜方向一すなわち太平洋側一にかつて存在していたとはとうてい考えられない。これらのことから九十九里地域は、上記のような他の諸地域に比して、天水の浸透（“vertical”な方向のものも“lateral”な方向のものも）がより少なくなつたと考えられる。もちろん、この地域の上総層群は全般的にやや泥岩勝ちであり、またこの地域中・南部では同層群が厚く発達したことも、天水の浸透からガス鉱床をまもる上に役立つたであろう。

さらにこの地域には、地層水の流れによるガスの供給ということも考えられる。九十九里平野では沖積層が上総層群をおおっているが、九十九里浜沖の海底（陸棚浅海底）では、薄い現世堆積物の下に梅ガ瀬層・大田代層等の層位の地層が発達しているはずである。したがつて九十九里地域のガス層は、地層の上り傾斜方向からは、海水面からの静水圧を受けていることになる。一方、武蔵野台地など上総層群分布地域の西半部や木更津より五

井にわたる地域では、上総層群の上り傾斜方向に地形的に高い天水の受水地があつて、同層群の多孔質地層は、その受水地から天水の強い静水圧を受けることになる。そうしてこのような地形や上総層群の盆状構造は、既に述べたことからわかるように、上総時代末期には既にある程度できていたと考えることができる。一方、八幡宿・千葉付近は上総層群上部が厚く堆積した処であり、さらに八幡宿から草加にわたる地域は、下総累層群が厚く堆積した処であるが、これらの地層の堆積によつて上総層群中の圧緊水流の律速が著しく増加し、その一部が同層群中の多孔質層内を流れることがありえた^{119,120)}。その場合、それは大局的には、八幡宿から草加にわたる地域から、上総層群の上り傾斜方向のうちで静水圧の最も小さい九十九里・鹿島灘等へ向つたであろう。ことに九十九里地域は、八幡宿から草加にわたる地域からの距離の点からみて、鹿島灘方面よりも多くこの影響を受けたであろう（前述したように、圧緊水流の一部は川崎方面へも向つたであろう。また貝塚の談によれば、浦賀水道は多摩ローム層堆積の頃すでに海であつた可能性があるというから、圧緊水流の一部は浦賀水道方面へ向い、富津付近にガス鉱床が成立するのを助けた可能性もある。なおここでは、八幡宿から草加にわたる地域の地層水が、九十九里地域等まで動いたといっているのではない。長期にわたる水押し効果を問題にしているのであつて、水の移動距離は長距離でなくてもさしつかえない）。

また、上総層群中の多孔質層が同層群分布地域内に、ある程度の大きさの滲透率をもつて連続しているというモデルを仮想することが許されるならば、多孔質層内の水は関東山地東縁部や鹿野山等のような地形的に高い受水地から九十九里沖・鹿島灘等のような地形的に低いところへ向つて徐々に移動するであろうし、このような傾向がありうとするならば、それは上総時代後期ぐらいの過去にまでさかのぼつて考えることができよう。

上総層群中の多孔質層が、同層群分布地域内にある程度の大きさの滲透率をもつて連続しているかどうかは、疑問である。しかしながら、圧緊あるいは静水圧の差によつて、多孔質層内の水がその層に沿つて移動したとすれば、以上に述べた傾向の動き方をしたであろうし、少なくともそれと逆の方向への移動は全然考えられない（ここには、ガスが採取されはじめてから以後の、地層水の移動は考えていない。ガス田が開発される以前の地質時代における地層水の自然の動きを考えている）。地層水のこのような傾向の動きは、九十九里地域等におけるガス鉱床の発達を助長したばかりでなく、当然内陸地域におけるガス鉱床の発達をも助長したものと考えられる。上総層群の発達が貧弱な小見川等でさえも、ガス層

が計算ガス水比程度のガスを有することは、このような地史によつて説明できる。

なお、東金以南の九十九里地域では、断層や割れ目が上総層群中に著しく発達しているが、それらが下総累層群を切つている事実はない。この断層や割れ目の生成時期は川崎の場合と同様、上総時代最末期頃であろう。このような断層や割れ目が大きい滲透率をもつて地表付近にまで通じている場合には、上述のような多孔質層内の水流の一部は、これらの断層あるいは割れ目を通して、地表のうち地形的に低いところへ向つて上昇したであろう。このことは、茂原ガス田を高ポテンシャルならしめた原因の1つと考えられる。

九十九里地域におけるガス鉱床の成立についての地質学的要因には、前章までに述べた上総層群堆積当時の初成的な要因のほかに、ここに述べたような上総時代後期以後の地史が大きな役割を果たしたと考えられる。

夷隅川地域は既述のように、少なくとも上総時代末期には既に大部分が陸化しており、その後現在まで大部分の土地は、一度も海面下に没することなく陸地をなしていた。したがつてこの地域では、天水の浸透とガスの逸散が大きく行なわれたはずである。しかしそれにもかかわらず、地表から比較的浅いところで高塩分の水帯に達し、ある程度のガスを産することは、前章までに述べたような上総層群の岩相・堆積環境および堆積のしかたにもとづくガス鉱床成立のための初成的条件が、南関東の他のどの地域にくらべてもすぐれていたことに負うところが多い。とくに黒滝時階の運動が、この地域に異常な厚さの上総層群を発達せしめたことを見逃すことはできない。したがつて、もしもこのような初成的条件がもつと不良であつたとすれば、現在までにガス鉱床はほとんど破壊されてしまつていたかもしれない。

この地域南部では上総層群下部がその基底に至るまで地表に露出していることが示すように、同層群堆積時以来の傾動による隆起量が大きいものであつたにもかかわらず、鹿野山から万田野にわたる地域およびそれ以南の地域よりも、地形的にかなり低い（第18図参照）。その原因は、黄和田層およびそれ以下の上総層群が、全体として概して泥岩勝ちであり、前述のように泥岩勝ちの地層が砂質の地層に比して侵蝕に対する抵抗が弱かつた上に、無数に発達する断層や割れ目も侵蝕をある程度容易ならしめたので、太平洋側からする波蝕も手伝つて（例えば第18図における50~100mの平坦面は波蝕によつてできたものである可能性がある）、上総時代後期以後、傾動・隆起を起しつつもたえず削割され、とくに高い地形は現出しなかつたであろう。

また、天津より勝浦にかけての海岸線付近には、東西

に近い方向の断層が走つていると推定される⁹³⁾。もしもこの断層の南側が北側に対して落下したものであるならば、この断層より南側の地域（現在は海域）は高い地形を現出しなかつたことになる。また、かつて小池⁹³⁾が述べたように、この断層より南側の地域が北側に対して隆起したとすれば、この断層より南側の地域が一時的に高い地形を呈したことになるが、その地形が現在の地形に変わるためには、それより南方ないし東方より激しい波蝕が行なわれて、この断層線付近およびその南側が、急速に削り去られて低い地形をなすに至つたと考えなければならない。いずれにしても、夷隅川地域の南部およびそのすぐ南に隣接する地域（現在は海域）が、過去において長期にわたつて高い地形を呈することはなかつたと考えられる。

夷隅川地域およびその周辺が上記のような地形発達史をもつことによつて、大原・勝浦・野々塚の諸層のような粗粒堆積物に比較的富む地層が、その上り傾斜方向の処に、（現在においてはもちろんのこと）過去において大して高い地形を構成していなかつたと考えられるので、それらの地層に沿う方向への天水の浸透速度もまた大きなものではなかつたであろう。それとともに、黄和田層およびそれ以下の上総層群が総合的にみて泥岩勝ちであることも、天水の地下への浸透速度を比較的小さいものにしたであろう。また九十九里地域南部と同様に発達する断層系・節理系を通して、地層水やガスが地形的に低い地表へ上昇したことも、明らかである。なお、削割の速度が削割の速度としては比較的大きく、かつ天水の浸透速度が天水の浸透速度としては比較的小さい場合には、地表面から天水の浸透した部分までの間隔は時間の経過とともに、著しい増し方をしないという傾向を呈したと考えることもできよう。

夷隅川地域では、現在の地表面から比較的浅い深度で高塩分の水帯に到達するという傾向は、上総時代における初成的要因のほかに、それ以後現在までの間の地史的経過を上述のように考えることによつて理解できる。

また古沢・夷隅その他で、ガス付随水の塩分濃度が十分大きいにもかかわらず、ガス水比が計算ガス水比よりもはるかに低いことがしばしばあるが、このことは長期にわたる隆起・削割の結果、地層内の溶存ガスがbubble out および拡散によつて、断層・割れ目・多孔質層を通じて、地層水よりはやく逸散したためであろう。すなわちこの地域は（他の地域も多少ともそうであるが）、かつてはきわめて多量のガスが埋蔵されていたのであるが、そのうちかなりの量が過去の地質時代の間に逸散し去つたと考えられる。

なお大多喜・上滝地区では、開発の当初に上総層群中

に若干の遊離ガスがあつたことが知られているが、それは、同地区が下総時代に顕著な隆起運動を行なつた結果、貯溜層中の水圧が低下し、bubble out して生じた遊離ガスが、特別な断層封塞部分に局所的に trap された結果と解釈することができる〔この地区が下総時代後期に顕著な隆起運動を行なつたことは、同地区を貫流する夷隅川の著しい intrenched meander ならびにその両側に発達する顕著な河岸段丘（田山¹⁹⁰）も指摘）からも推定できる〕。

以上本章に述べたことによつて、上総時代後期以後の、古地理の変遷や地形発達をも含めた南関東の地史が、上総層群中の流体の移動、ひいては天然ガスおよびガス鉱床の分布をいかに大きく支配したかということ、さらにそれはガス鉱床の性格までもにも影響を及ぼしたということ、多くの種類のデータにもとづいて解明した。従来、ガス鉱床の成立を論ずる際に、含ガス地質系統形成以後現在までの地史というものは、ほとんど無視されていた。しかしガス鉱床——とくに“水溶性”天然ガスを産するガス鉱床——の成立を考える上に、含ガス地質系統形成以後現在までの間の地史こそ絶対に見落してはならない要因であることを、筆者は強調するものである。

第 X 章 要約および結論

筆者はこの論文において、南関東ガス田地帯を巨視的にみた場合、天然ガスおよびガス鉱床はどんな分布・あり方をなすか、どのような地質学的要因によつてそのような分布・あり方をなすに至つたか、という2点を主題として論じたが、この2つの主題を論ずるに先立つて、それらの論議に必要な地質に関する記述にも、かなり多くの紙面を費した。そこでまずはじめに、南関東地方の地質について述べたことを要約すれば、次の如くである。

(1) 堆積盆地の全域にわたつて適用できるような地層の大区分を定める場合には、最も広域的な不整合あるいは堆積状態の激変部をもつて地層の大区分の境とすべきであり、このためには、堆積盆地内で地層が最も厚く発達し、かつ不整合のなるべく無い地域における地層の状態を重視すべきである。また、大区分をされた地層の模式層序を定める場合には、可能な限り、上記のような地域における層序を模式層序として採用すべきである。かような観点から筆者は、御宿・勝浦付近から千葉付近にわたる地域（夷隅・養老両川の流域、長南・笠森付近を含む）に露出する地層を重視して、南関東の新生界上部層を、上総層群・下総層群に2大別し、かつその地域内に露出する地層の層序にもとづいて上総層群の模式層序を第1表のように定める。すなわち上総層群とは、黒滝不整合から成瀬¹³⁶の笠森層上限までの層序範囲の

地層を指し、下総層群とは成瀬^{135,136}の地藏堂層の基底の層準から現世堆積物までを一括したものである。なお、成田層群の基底は地藏堂層の基底とする。

(2) 房総半島中部における三梨等¹²⁴の笠森層の上限から黒滝層の基底までの諸層、同半島の東京湾岸付近における竹岡層（竹岡相）基底から周南層上限までの諸層、東金付近の東金シルト層、銚子台地における飯岡・名洗両層、三浦半島北部における深沢層（浦郷層）基底から富岡層（浜層）上限までの諸層、中津付近の塩田層、多摩丘陵の大矢部層基底から高津層上限までの諸層（第3表参照）、関東山地東縁部の諸丘陵および太田・大間々地域に発達する諸層（第5表に示すもの）、はすべて上総層群に属し（例えば名洗層は大原層またはそれより下位の上総層群である）、香取・三舟山・屏風ガ浦・オシ沼・狭山等の諸層および、それより上位の地層はすべて下総層群に属する。金剛地層は、一部は上総層群に、他は成田層群に属する。東谷・長沼・御殿峠の諸層の所属については、今後の研究にまたねばならない（第4表参照）。二宮層・二宮層群の所属についても、今後の研究にまたねばならないが、おそらくそれらは上総層群とは堆積盆地を異にするものであろう。房総半島南部に発達する豊房層群・中三原層、および三浦半島南部に発達する林層は、上総層群の堆積盆地とは別な堆積盆地内に形成された地層とみられるので、上総層群には含めない。

(3) 上総層群は地表および坑井の地質からすれば、南は勝浦—竹岡—浦郷—藤沢の線まで、西は中津付近から関東山地東縁部の諸丘陵まで、北は太田・大間々地域から少なくとも関東平野中央部をへて霞ガ浦・北浦付近まで、東は鹿島灘南部から銚子付近をへて九十九里浜沖まで、広大な地域に分布する（第1～5図第2・3表参照）。

(4) 江東砂層と呼ばれる地層は、多摩丘陵西端に露出する大矢部層付近に、また三浦半島北部に露出する大船層上部付近に、対比され（第3表参照）、それは国本層付近の層位の地層である可能性が大きい。

(5) 上総層群に対して基盤をなす地質系統は、第6図に示すような地質と構造（その上面は1つの大きな盆状構造）をなしている。なお、黒滝不整合は、九十九里地域北部・銚子付近・鹿島灘南部にわたる地域では、陸化・侵蝕によつてできた傾斜不整合と推定される。

(6) 内陸地域のうち、竜ガ崎・成田・多古・小見川を含む一帯では、黄和田層下部から野々塚層にわたる層位の上総層群が欠けており、黄和田層上部または大田代層付近の層位の地層が、直接先第三系基盤（古生層・變成岩）の上に乗っている（第4図参照）。

(7) 上総層群の地質構造は、第7図に示すように、大きくみて、八幡宿・千葉付近を中心とする大きな、か

つ傾斜のゆるやかな盆状構造であり、その大構造を修飾するものとして、三浦半島北部より東京付近にかけての地域と、小糸川以西東京湾に至る地域とには、波状構造があり、九十九里地域南部から夷隅川地域にかけての一帯と川崎付近とには、著しい断層構造がある。

(8) 成田層群およびそれに相当する下総累層群の地質構造は、大きくみて、八幡宿から草加にわたる地域を中心とする大きな盆状構造をなす(第8図参照)。またそれは、上総層群分布地域の東半部では、上総層群の地質構造と大局的に一致しているが、上総層群分布地域の西半部では上総層群の地質構造と全然一致しない。

(9) 上総層群の全体としてみた岩相は、第9図に示すように、砂・泥岩半々程度ないしやゝ泥岩勝ちである場所が多いが、養老川以西、とくに小糸川より大佐和付近に至る間は著しく砂勝ちである。多摩丘陵中部以西、とくに同丘陵西部においても著しく砂勝ちである。また、多摩丘陵北方の関東山地東縁部の諸丘陵および太田・大間々地域の上総層群は著しく砂礫勝ちである(第5表参照)。すなわち、上総層群分布地域の中央部付近から西方あるいは北方に向うにつれて、同層群の岩相は次第に砂勝ちとなり、さらに砂礫勝ちに変っていくものとみられる。

(10) 上総層群の岩相を層位的にみると、同層群が断片的にしか発達していないような場所を除き、一般に同層群の基底部または基底に近い部分には粗粒堆積物が発達し、その上位には砂・泥岩の互層状の厚い地層(一般に泥岩勝ち)が発達し(第2・4・5図、第2表参照)、その上位(上総層群のうちの最上位付近)には砂質の地層が発達する。なお基底部付近がほぼ大原層ないし野々塚層の層位の地層である場合には、その部分の粗粒堆積物は一般に火砕質である。

(11) 上総層群の岩相と堆積環境——堆積した場所の水深と陸岸からの距離を主眼とした堆積環境——とは、大きくみて相関している。同層群が全体として、砂・泥岩半々程度ないし泥岩勝ちであるような場所では、同層群の大部分が亜浅海帯以深の海底の堆積物によつて占められており、同層群の大半が深海区堆積物で占められている処も少なくない。また、同層群の岩相が全体として著しく砂勝ちであるような場所では浅海区堆積物が優勢で、著しく砂礫勝ちであるような処は、扇状地的または三角洲的の堆積物で占められている。

(12) 上総層群の岩相と堆積環境との間の相関は、両者を層位的にみても、見出される。同層群が断片的にしか発達していないような場所を除き、同層群の基底部付近に発達する粗粒堆積物と、同層群のうちの最上位付近に発達する砂質の堆積物とは、両者の間に厚く発達する

砂・泥岩の互層状の部分よりも、一般に浅い海底の堆積物である。このことは、同層群が1つの堆積輪廻をなすことを示すものである。

(13) 各地における上総層群の全層厚、同層群下部の層厚、同層群上部の層厚は、それぞれ第10図、第11図、第12図に示す通りである。すなわち、上総層群が全体として最も厚く堆積したのは夷隅川地域で、養老川流域と九十九里地域南部はそれに次いで厚く堆積した処であるが、これは、これらの地域において同層群下部が著しく厚く堆積したためである。とくに上総層群下部のうちで、ほぼ大原層から野々塚層にわたる層位の地層は、夷隅川地域において最も厚く、九十九里地域南部においてそれに次いで厚く、発達している。しかし上総層群上部は、八幡宿・千葉付近を中心として最も厚く発達している。

(14) 上総層群堆積の前期には、黒濁時階の運動に関連して、堆積・沈降は夷隅川地域(あるいはことによるとその東方)を中心として急速に行なわれた。とくにその初期においては、夷隅川地域・九十九里地域南部では泥をまかなりまじえた深海区堆積物が厚く堆積したが、それ以外の場所では、比較的浅い海底に粗粒物質に富む堆積物が比較的薄く堆積したに過ぎない。とくに、竜ガ崎・成田・多古・小見川にわたる地域では、上総層群堆積の初期には陸であつて、堆積は行なわれなかった。

(15) 上総層群を堆積させた海域は、その後次第に面積を広げ、海進の絶頂時はおおよそ大田代層堆積の頃から国本層堆積の頃までの間にあつた。この海進の絶頂時には、海は、西は関東山地東縁部近くまで、北は霞ガ浦・北浦付近から少なくとも関東平野中央部にまでおよぼ(房総半島南部から三浦半島南部にかけての地域、関東山地、足尾山地、筑波・鶏足山塊、足尾山地と関東山地との間の地域の少なくとも大部分、足尾山地と筑波・鶏足山塊との間の地域の少なくとも大部分、等は上総層群堆積前から引き続き陸であつた)、海は東から西へ湾入した海湾(湾口が東方に広く開いた外洋性の湾)であつた。そしてその頃、海岸線に近い処では縁辺相を有する堆積物が堆積したが、この海湾内の大部分は比較的深い海底であつて、多量の泥が砂をまじえて互層状に堆積した。しかし、それ以後(上総層群堆積の後期)には、堆積・沈降は主として八幡宿・千葉付近を中心として行なわれ、縁辺部は次第に隆起するとともに、海は全面的な海退に移つていった。

(16) 上総層群中の不整合あるいは顕著な侵蝕面の多くは、浅海区堆積物が優勢であるような地域(著しく砂勝ちの岩相が発達している地域)内に見出され、深海区堆積物が優勢な地域にはほとんど見出されない。

(17) 上総層群中の、深海区堆積物であるところの泥

岩, にはさまる砂層は, 浅海底に一旦堆積した砂が深海底にまで運ばれ再堆積してできたものであつて, 砂層形成のたびごとに浅海化が起つたことを意味するものではない。

次に, 天然ガスおよびガス鉱床はどんな分布・あり方をなすか, という問題について述べたことを要約すれば, 次の如くである。

(18) 少なくとも現在判明している限り, 南関東地方で稼行に値するようなガス鉱床は, ほとんどすべて上総層群中に成立しており, それ以外の地層中には, ごく貧弱なものしか知られていない。

(19) 上総層群の分布は(3)に述べたように広大であるが, 同層群中のガス鉱床は, 三浦半島北部・相模野・多摩丘陵・武蔵野台地・関東平野中央部を含む同層群分布地域の西半部において著しく発達不良で, 同層群分布地域の東半部においては, 木更津から五井にかけての地域を除き, 概してよく発達している(第1図参照)。そして同層群分布地域の東半部のうちでも, 九十九里地域南部でガスのポテンシャルは最も高い。このように, 上総層群の水平的分布に対して, 同層群中の天然ガスおよびガス鉱床は著しく片寄つた水平的分布をなしている。

(20) 前項において述べた上総層群中の天然ガスおよびガス鉱床の水平的分布は, 地層水の塩分濃度(Cl^- 濃度を測度とすることができる)の水平的分布(第16図参照)と大きくみて一致し, 地層水の塩分濃度が小さい処では一般に, ガス鉱床が無い, あつてもその発達は不良であつて, 上総層群中のガス鉱床は, 地層水の塩分濃度がある程度以上に大きい処にしか成立していない。このことは, 1地点における鉛直的分布(第13~15図参照)についても同様である。地層水の塩分濃度が小さいことは, 堆積物が海成である限り, 2次的な天水の浸透を意味するものであつて, 上総層群分布地域の西半部や木更津から五井にかけての地域では, 天水の浸透が著しく地下深处に達している。

(21) ただし, 地層水の塩分濃度が十分大きいにもかかわらず, ガスのポテンシャルがかなり低い場所もある。とくに夷隅川地域には, このような場所が少なくない。

(22) 上総層群中のガス鉱床について, 主要な産ガス地層の層位をみると, 夷隅川・房総中部地域では大田代層およびそれ以下であり, 九十九里地域と内陸地域(大半)では梅が瀬層相当層およびそれ以下である。また, 東京湾西岸地域と東京・市川地域西部では, 江東砂層よりかなり下位の部分に限られる。しかし, 八幡宿以南を除く東京湾東岸地域では, 他地域にくらべて, 産ガス地層の上限ははるかに上位の層位へずれており, 例えば千

葉では上総層群上限付近にまで及んでいる。内陸地域や東京・市川地域のうちでも東京湾東岸地域に近い場所では, 産ガス地層の上限が概して比較的上位の層位に達している。例えば八街・成田では国本層の層位に, 江戸川地区では江東砂層より上位に達している。

(23) 産ガス地層の下限は上総層群のほとんど最下位の層位にまで達しているが, 夷隅川地域・九十九里地域南部を除く各地では, 野々塚層から大原層付近までの層位の地層は, 地層水の塩分濃度が十分大きいにもかかわらず, ガスポテンシャルはそれより上位の地層のそれにくらべて劣る傾向がある。黄和田層相当層または大田代層付近に相当する地層が先第三系基盤(古生層または変成岩)を直接おおう内陸地域の各地(竜ガ崎・多古等)では, 上総層群の基底部付近も一般に高いガスポテンシャルを有する。

(24) 上記(18)および(23)のことからみて, 上総層群中のガス鉱床は, 少なくとも大部分が同層群中で生成したガスによつて成立したものであつて, 上総層群中のガスが下総累層群から供給されたものでないことはもちろんのこと, 上総層群より下位の地層から上総層群へガスの供給があつたにしても, それは同層群中のガス鉱床の成立の上に, 大きな役割を演じたものではない, と考えざるをえない。

次に, どのような地質学的要因によつて, 上総層群中の天然ガスおよびガス鉱床が, 上記のような分布・あり方をなすに至つたか, という問題については, おおむね次の如く考えられる。すなわち, 上総層群中の天然ガスは同層群堆積当時, 外洋性の比較的深い海底に, 多量の泥が急速に堆積した処に最も生じやすかつた。そして生じたガスのある部分は最寄りの多孔質層に移つたが, 同層群堆積当時より現在までの間に起つた引続いての地層堆積の状況, 地層形態の変遷ならびに古地理の変遷, にもとづく地層内の水の圧力分布の変化に応ずる動きに大きく支配されて, そのガスが挙動し, 現在見られるような天然ガスおよびガス鉱床の分布・あり方が生ずるに至つたのである。したがつて, 天然ガスおよびガス鉱床の分布・あり方を解明するためには, 上総層群堆積当時の状況のみならず, それ以後現在までの間に行なわれた地質学的事象の継起を考察する必要がある。それらについて述べたことを要約すれば, 次の如くである。

(25) 上総層群中のガス鉱床は, 水平的にみた場合, 同層群全体としての岩相が砂・泥岩半々程度ないし泥岩勝ちであるような地域に集中して発達しており, 著しく砂礫勝ちまたは著しく砂勝ちの処には一般にガス鉱床は発達せず, やや砂勝ちであるような岩相の場所において

も鉱床の発達とは概して不良である。このことは、ガス母層としては泥岩が最も大きい役割を果たしたこと、砂礫層あるいは砂層は泥岩層よりも天水の浸透を容易に許し、ガスの逸散をはばむことがより少ないこと、に負うところが大きい。

(26) 上総層群のうち産ガス地層付近の部分は、ほぼ亜浅海帯以深の海底の堆積物で、深海区堆積物が多い。そして陸成層中はもちろんのこと、浅海区上部の海底の堆積物中には、ほとんどガス鉱床は発達していない。浅海区上部の堆積物中でもガスが生成される場合はあるが、外洋性堆積物が対象となる南関東の場合は、比較的に深い海底の堆積物と浅い海底の堆積物とを比較すると、堆積環境が前者の方が後者より還元的になりやすかつたこと、前者の方が後者よりもガスの母層たりうべき泥に富んでいることとのために、前者の方がガスの生成に有利であつたと考えられる。のみならず、前者の方が後者に比べて地殻変動や海面の低下による陸化の可能性が少ないから、前者の方がガスの保存に有利であつたと考えられる。したがって、少なくともこれらの点では、前者の方がガス鉱床の形成に有利であつたと考えられる。

(27) 九十九里地域南部でガスのポテンシャルがきわめて高いことは、その付近において、上総層群のうちの梅が瀬層上限の層準以下の部分が、大きな堆積速度をもつて厚く堆積したことに負うところが大きい。

(28) ガスポテンシャルの層位的な差について (23) に述べたことは、(14) および (15) に述べたところの上総層群堆積時における初成的地質条件に帰因している。

(29) 上総層群中の不整合や著しい侵蝕面については (16) に述べたが、一般に含ガス地質系統内に不整合や著しい侵蝕面が発達する場合は、多少ともガス鉱床成立に不利な条件となると考えられる。とくに陸化・侵蝕によつてできた不整合あるいは顕著な侵蝕面 (例えば多摩丘陵西部の上総層群中より報告されたもの) は、(16), (25), (26) に述べたことと相まつて、それらの形成過程がその付近一帯におけるガス鉱床の成立をさまたげたことを意味する。

(30) ガス層の主力をなす砂層の砂は、一部に発達する凝灰質砂を除き、一般に sorting がきわめてよく、泥分の含有が少なく (第6表参照)、未凝固の状態を保っている。このため、粒度が比較的に細かい割には、孔隙率・滲透率が小さくなく、貯溜岩たるに適している。これは、(17) に述べたところの砂の堆積のしかたに、負うところがきわめて大きい。

(31) 大きくみて、堆積・沈降は、上総時代 (上総層群の堆積した時代、すなわち鮮新世から更新世の中途に至る時代) の後期には、主として八幡宿・千葉付近を中心

として行なわれ、下総時代 (上総時代の終り以後現在まで、すなわち更新世中途から現世に至る時代) になると、主として八幡宿から草加にわたる地域を中心として行なわれるようになり (ただし下総時代後期になると沈降の中心はそれよりさらに他へ移りつつある)、上総時代後期以後、時の経過につれて、海は外洋性から内湾性へと変つていくとともに、上総層群分布地域の縁辺部は隆起、陸化して、上総層群も下総層群も大きな盆状構造を呈するようになった。上総層群のこの大構造を修飾する波状構造や断層構造 ((7) 参照) は、ほとんど上総時代最末期頃に形成された。上総時代後期以後現在までの間の地史は、三浦半島北部・相模野・多摩丘陵・武蔵野台地を含む上総層群分布地域西半部と下総台地を中心とする地域とは著しく異なる。また下総台地を中心とする地域と、房総半島中部・夷隅川・九十九里の諸地域とは地史を異にしている。上総層群の分布地域内において、上総時代後期以後現在までの地史および古地理が各地域において異なることが、上総層群中の天然ガスおよびガス鉱床の分布・あり方を、むしろ初成的地質条件より以上にさえ支配した。

(32) 一般的にいつて、上総時代のはじめに既に陸であつた処 ((15) 参照) は一部 (東京湾々口部等) を除いて、その後現在まで引続き陸地をなしていた。また、上総時代に浅海底だつた処はその後比較的に早期に陸化した傾向がある。そのような処はまた、上総層群の岩相として粗粒堆積物がよく発達し、粗粒堆積物が細粒堆積物よりも侵蝕に対する抵抗が大きく、そのため高い地形を現出しやすいことと相まつて、比較的に早期から天水の受水地となり、その地域ならびにそれに隣接する地層の下り傾斜方向の地域のガスポテンシャルを著しく低いものにした。この場合、堆積盆地の中心部付近では、上総層群の堆積がまだ終了しないうちに、既に周縁部では天水の浸透がはじまつていたと解せられる。

(33) 上総層群分布地域の西半部では、長沼・下末吉・沖積の各統の堆積前にそれぞれ著しい陸化期間があつた。これら各統の堆積時にはそれぞれ海進があつたが (第17図参照)、それぞれの海はいずれも地域全体をおおうことなく、また各海進期間も著しく長期であつたとは考えられない。したがって、上総時代後期以後、上記海退期を中心としてその都度、地表から鉛直方向への天水の浸透は繰り返して行なわれた。そののみならず関東山地東縁部、多摩丘陵西部、三浦半島中南部は上総時代後期以来現在まで徐々に隆起して比較的高い地形を現出し、海面下に没した形跡はない。このためそれらの場所は上総時代後期以来天水の受水地となり、天水は鉛直方向へ浸透したばかりでなく、地層の下り傾斜方向へも著しく浸透

し、広い地域にわたってガスポテンシャルを著しく低下させる結果を招いた。天水の浸透は、地層面に沿う方向の方が、鉛直方向へよりも大きかったと考えられる。

(34) 川崎付近にガス鉱床が生じたのは、その付近の上総層群に著しい断層構造が発達したこと、圧緊水流による水押し、あるいは天水による水押し（(41)参照）に負うところが大きい。

(35) 関東地方北西部ならびに北部については、関東山地、足尾山地、筑波・鶏足山塊はもとより、それらの間にある平野部もまた上総時代のはじめから少なくとも大部分は陸地であつたと考えられるから、その当時から、それらの地域より上総層群の堆積盆地の中心部へ向う天水の浸透と、それによるガス鉱床破壊が起つていたと考えられる。

(36) 五井以南を除く東京湾東岸地域と、それに隣接する東京・市川地域東部、および内陸地域の西部では、一般に上総層群の上に引続き海成の下総累層群が整合的に厚く堆積した。そしてこれらの地域がはじめて広く陸化した時期は、およそ下末吉ローム層堆積の頃で、他地域よりも遅い。また陸化後の隆起量も比較的小さく、高い地形を現出しなかつた。これらのことがこの地域にガス鉱床を保存する上に、大いに役立った。

(37) ただし鹿野山から万田野にわたる地域は、それ以南の地域とともに、上総時代末期には陸化をはじめ、今日まで急速な隆起を続け、侵蝕に対する抵抗が比較的大きい砂勝ちの岩相がよく発達することと相まつて、高い地形を現出した（第18図参照）。その結果この地域は上総時代末期以来今日まで天水の浸透を受け続けてきたが、とくに、よく発達する粗粒地層を通して、その下り傾斜方向への天水の浸透が著しく行なわれ、木更津・五井を中心とする地域のガスポテンシャルは低いものになつた。

(38) 夷隅川流域から九十九里にかけての地域は、(36)に述べた地域よりも早期に陸化した。夷隅川地域は少なくとも笠森層の堆積した時期には、既に大部分が陸化しており、九十九里地域もそれにやや遅れて陸化した。九十九里地域南部の少なくとも一部は、笠森層の堆積した時期には陸化していたであろう。これらのことは、東金からの象化石の産出、泥岩の含水比（第19図参照）、地形、上総層群上部から成田層群にかけての堆積相の変化等から推定できる。ただしこれらの地域は、上総層群が侵蝕に対して比較的弱いと思われる泥岩に富み、かつ太平洋側からする波蝕の影響等もあつて、陸化しても高い地形を現出しなかつた。また天水の浸透を促進するような地形的に高い受水地が、地層の上り傾斜方向に現在存在しないし、かつて存在していたとも考えられな

い。これらのことは、上記の地域のガス鉱床成立のための初成的条件がすぐれていたこと、とくにこの地域の上総層群が主に泥岩勝ちの岩相を呈すること、九十九里地域北部を除いては、同層群が厚く堆積したこと、さらには九十九里地域北部・中部を除き断層が著しく発達したと相まつて、陸化が比較的早期にはじまつたにもかかわらず、現在までガス鉱床を保存する上に役立った。

(39) 夷隅川地域は九十九里地域より早くから現在まで傾動・隆起をつづけ、長期にわたって削剝を受けてきた。（21）に述べた如き、この地域のガス鉱床の特異性は、同地域の上総層群の岩相その他の初成的条件や地質構造のほか、このような地史的経過が大いに関係した結果と考えられる。

(40) 下総累層群および上総層群上部が厚く堆積した処では、上総層群の泥岩の圧緊はとくに進んでいる（第19図参照）。圧緊によつてしぼり出された水のうち考慮すべき量が上方に向つたと解されるが、そのような現象は八幡宿から草加にわたる地域内で最も著しく、かつ他の地域よりも遅い時期まで続いたはずである。このこともまた、この地域内にガス鉱床を形成ないしは保持するのに役立った。（22）に述べた如く、この地域内では一般に産ガス地層の上限が他地域におけるよりも上位の層位へずれていることは、（36）に述べたこととともに、上記のことも関与したためと考えられる。

(41) またその圧緊水流の一部が上総層群の多孔質層を通つて、その上り傾斜方向へ動くことがありえたのであるが、その場合その水流は静水圧の低い九十九里・川崎・鹿島灘等へ向う傾向があつたと考えられる（また、上総層群の堆積盆地の縁辺部で浸透した天水による水押しも、大局的には九十九里・川崎・鹿島灘等へ向う傾向があつたであろう）。このようなこともまた、九十九里地域・内陸地域・川崎地区等にガス鉱床を成立させる上に役立ったであろう。

筆者はこの論文において、南関東ガス田地帯を巨視的にみて、天然ガスおよびガス鉱床はどんな分布・あり方をなすか、そうなるに至つた地質学的要因は何かという2点を主題として論じた。“水溶性”といわれる天然ガスは、一般に生化学的作用で生成されと考えられ、その鉱床の地化学的研究の重要性はここに改めていうまでもないことである。また、ガス層内におけるガス・水の移動や坑井からの産出状態は、油層工学的な多くの要因にも支配されるので、その方面の研究ももちろんきわめて重要である。しかしながら、ガス鉱床の成立やその性格には、地化学的あるいは油層工学的な諸要因を含め、それらを大きく支配する地質学的背景というものがある

ことを見逃してはならない。すなわち、天然ガスおよびガス鉱床の分布とあり方を大きく支配するものとして、堆積・古地理・地殻変動というような、地層の堆積からはじまって現在に至る地史的経過を忘れてはならない。現在のガス鉱床は地質学的な初成的要因と、それに加うるに地史的な経過とによつて成立しているのである。そしてこれらのことは、地表の地形・地質についての資料はいかに及ばず、物理探鉱資料を含めた地下地質資料等を十分集め、それらをあらゆる角度から検討しつつ総合することによつて、はじめて明らかになるものであるということ、ならびに、天然ガスおよびガス鉱床の分布・あり方を考える上に、含ガス地質系統堆積当時の地質学的諸要因はもとより、従来ほとんど考慮されていなかったところの、含ガス地質系統堆積時以後現在までの地史（古地理の変遷、地形発達史をも含む）をもきわめて重視しなければならないこと、を筆者はとくに強調するものである。そしてこのような問題のとりあげ方とその究明とは、単に学問的興味を満足させるに止らず、南関東のガス鉱床の探鉱・開発にきわめて重要な指針を与えるものであり、さらにはこのような着眼と考え方が、他地域のガス鉱床あるいは石油鉱床の探鉱・開発にも資するところが大きいであろうことを、筆者は確信するものである。

(1961年2月稿)

文 献

- 1) 赤嶺秀雄他8名(1956):三浦半島の三浦層群について, 地球科学 30 号, 1~8頁
- 2) 赤土研究グループ(1959):東京地方の洪積統の層序について(予報), 新生代の研究 29 号, 10~19 頁
- 3) Aoki, N. (1960): Molluscan Fossils from the Nakazato Formation in Yokohama, *Trans. Proc. Paleont. Soc. Japan*, N. S., No. 39, pp. 301~306
- 4) 浅野 清(1938):三浦半島の化石有孔虫群, 東北大地質古生物邦文報告 31 号, 1~56 頁
- 5) 房総研究グループ(1953):黒滝問題について(I), 地球科学 15 号, 1~9 頁
- 6) 地質調査所編(1957):日本鉱産誌 BV-b (石油および可燃性天然ガス), 266~404 頁, 硯書房
- 7) 地質調査所地質部(1958):地質調査所付近で発掘された象歯化石, 地質ニュース 45 号
- 8) 地質調査所石油課(1951):東京都江東区天然ガス井の成功に就いて, 石技誌 16 巻 4 号, 211~218 頁
- 9) 地質調査所石油課(1959):南関東のガス田, 地質ニュース 64 号, 1~7 頁
- 10) Emery, K. O. and Rittenberg, S. C. (1952): Early Diagenesis of California Basin Sediments in Relation to Origin of Oil, *Bull. A. A. P. G.*, Vol. 36, No. 5, pp. 735~806
- 11) 淵田隆門他3名(1949):立地的観点よりみた関東地方の重力異常分布, 東大立地研報 2 号, 33~36 頁
- 12) 淵田隆門(1952):千葉県茂原ガス田におけるガムマ線探鉱法による潜在断層の探査, 石技誌 17 巻 1 号, 68~76 頁
- 13) 福田理・高野貞(1951):東京都青梅町東北方阿須山丘陵の地質, 地質雑 57 巻 674 号, 459~472 頁
- 14) 福田 理(1953):初期鮮新世における関東地方の古地理(演旨), 地質雑 59 巻 694 号, 319 頁
- 15) 藤原昭・生越忠(1952):千葉県佐貫町付近の新生代層, 地質雑 58 巻 683 号, 387~399 頁
- 16) 藤原昭他2名(1952):いわゆる“笹毛層”およびその化石群について, 地質雑 58 巻 684 号, 411~421 頁
- 17) 藤原健一・下河原達哉(1948):ガス鉱床に対する地化学探査の新方法, 石技誌 13 巻 4 号, 75~80 頁
- 18) 藤本治義(1951):関東地方(日本地方地質誌), 朝倉書店
- 19) 藤田至則・陶山国男(1951):黄和田泥岩層の堆積機構(予報)(演旨), 地質雑 57 巻 670 号, 323 頁
- 20) 藤田至則・陶山国男(1952):小櫃川・養老川上流地域の中部鮮新統の堆積機構(その1), 地質雑 58 巻 687 号, 553~561 頁
- 21) 藤田至則(1953):地層の将棋倒し構造について, 新生代の研究 18 号, 4~13 頁
- 22) 藤田至則・陶山国男(1953):小櫃川・養老川上流地域の中部鮮新統の堆積機構(その2), 地質雑 59 巻 688 号, 25~31 頁
- 23) 藤田至則(1955):海底侵蝕の地史的な意義, 堆積学研究 9 号, 9~11 頁
- 24) 藤田至則(1958):地層の将棋倒し構造についての一試論, 藤本治義教授還暦記念論文集, 294~303 頁
- 25) 復興局建築部(1929):東京及び横浜地質調査報告・同付図
- 26) Geological Survey of Japan (1960): Geologic Map of Mobara Gas Field
- 27) Geological Survey of Japan (1960): Geology and Mineral Resources of Japan, 2nd ed., pp. 275~280
- 28) Hanzawa, S. (1950): Tertiary Paleogeography of North Japan, *Short Papers Inst. Geol. Paleont. Tohoku Univ.*, No. 2, pp. 74~98
- 29) Hatai, K. (1958): Boso Peninsula, Chiba Prefecture, *Jubilee Publication in the Commemoration of Prof. H. Fujimoto Sixtieth Birthday*, pp. 183~201
- 30) 羽鳥謙三・寿門晋吾(1958):関東盆地西縁の第四紀地史(I)―多摩丘陵の地形発達―, 地質雑 64 巻 751 号, 181~194 頁
- 31) 羽鳥謙三・寿門晋吾(1958):関東盆地西縁の第四紀地史(II)―狹山, 加住丘陵の地形と地質―, 地質雑 64 巻 752 号, 232~249 頁

- 32) 樋口 雄 (1956) : 三浦半島北部の有孔虫化石群について, 地質雑誌 62 巻 725 号, 49~60 頁
- 33) 平山次郎 (1954) : 互層の問題, 堆積学研究 7 号, 2~5 頁
- 34) 伊田一善 (1955) : 東京付近の植物化石新産地, 地調月報 6 巻 8 号, 19~22 頁
- 35) 伊田一善他 2 名 (1956) : 関東南部の地層の大区分について, 地調月報 7 巻 10 号, 1~2 頁
- 36) 伊田一善 (1958) : 地層の系列化の一方法とその基礎的考察, 地調月報 9 巻 5 号, 1~14 頁
- 37) 井口正男 (1951) : 東京都青梅町付近の礫層について一関東山地東麓における礫層形成の 1 例一, 地理評 24 巻 4 号, 131~134 頁
- 38) 池辺展生 (1952) : 地質学的立場からみた日本のいわゆる第四紀の編年について, INQUA 日本支部連絡紙 1 号, 3~11 頁, (謄写印刷)
- 39) 石井基裕 (1958) : 関東平野の基盤について (演旨), 石技誌 23 巻 4 号, 136~137 頁
- 40) 石和田靖章 (1951) : 本邦油田・ガス田における有孔虫化石の応用について, 石技誌 16 巻 6 号, 335~348 頁
- 41) 石和田靖章・品田芳二郎 (1953) : 東京ガス田江戸川試掘井におけるコア試験について, 石技誌 18 巻 1 号, 21~27 頁
- 42) 石和田靖章他 2 名 (1953) : 千葉市における天然ガス試掘井のコア試験について, 石技誌 18 巻 2 号, 66~74 頁
- 43) 石和田靖章 (1954) : 本州東方海域の有孔虫遺骸群集の分布, 有孔虫 2 号, 1~4 頁
- 44) 石和田靖章 (1954) : 房総半島を中心とした微化石層位学, 日本古生物学会講演要旨 (謄写印刷)
- 45) 石和田靖章・品田芳二郎 (1956) : 九十九里ガス田東金試掘井について, 石技誌 21 巻 1 号, 13~21 頁
- 46) 石和田靖章 (1956) : 東京ガス田, 石技誌 21 巻 4 号, 132~142 頁
- 47) 石和田靖章・品田芳二郎 (1957) : 房総半島東岸ガス田の含ヨード鹹水の産状について, 地調報告 171 号
- 48) 石和田靖章 (1958) : 日本の天然ガス開発の近況, 化学工業資料 26 巻 2 号, 43~52 頁
- 49) 石和田靖章 (1957) : 外房ガス田について (演旨), 石技誌 22 巻 3 号, 110~111 頁
- 50) 石和田靖章 (1958) : 九十九里沿岸の 1 断面, 有孔虫 8 号, 43~48 頁
- 51) 石和田靖章 (1958) : 南関東水溶性ガス鉱床北部のガス地質 (演旨), 石技誌 23 巻 4 号, 142~143 頁
- 52) 石和田靖章 (1959) : 千葉県横芝 R 1 号井の試掘結果について, 地調月報 10 巻 6 号, 55~66 頁
- 53) 石和田靖章・品田芳二郎 (1959) : 千葉県飯岡 R 1 号天然ガス試掘井調査報告, 地調月報 10 巻 6 号, 86~90 頁
- 54) 石和田靖章 (1959) : 現世有孔虫類の分布について (演旨), 石技誌 24 巻 4 号, 145~146 頁
- 55) 石和田靖章 (1960) : 南関東のガス田 (日本の天然ガス, その 7), 天然ガス 3 巻 3 号, 113~119 頁
- 56) 石和田靖章 (1960) : 本邦の天然ガス鉱床の種類と分布, 石油誌 3 巻 3 号, 172~173 頁
- 57) 石和田靖章 (1960) : 本邦の“水溶性”天然ガス鉱床, 石油誌 3 巻 3 号, 174~178 頁
- 58) 石和田靖章・本島公司 (1960) : 茂原ガス田における坑底圧測定結果, 地調月報 11 巻 3 号, 41~45 頁
- 59) 寿田晋吾 (1951) : 多摩丘陵の地形学的研究, 地理評 24 巻 11 号, 391~403 頁
- 60) 貝塚爽平 (1955) : 関東南岸の陸棚形成時代に関する一考察, 地理評 28 巻 1 号, 15~26 頁
- 61) 貝塚爽平 (1957) : 武蔵野台地の地形変位とその関東造盆地運動における意義, 第四紀研究 1 巻 1 号, 22~30 頁
- 62) 貝塚爽平 (1958) : 関東平野の地形発達史, 地理評 31 巻 2 号, 59~85 頁
- 63) 貝塚爽平・成瀬洋 (1958) : 関東ロームと関東平野の第四紀の地史, 科学 28 巻 3 号, 128~134 頁
- 64) 神奈川県 (1955) : 神奈川県下の天然ガス地下資源, 神奈川県出版物
- 65) 金原均二他 9 名 (1949) : 千葉県茂原町付近の天然ガス, 石技誌 14 巻 6 号, 245~274 頁
- 66) 金原均二 (1952) : 東京ガス田について, 石技誌 17 巻 3 号, 162~166 頁
- 67) 金原均二他 2 名 (1958) : 天然ガス—調査と資源一, 朝倉書店
- 68) 兼子 勝 (1956) : 本邦天然ガス鉱床の地質学的研究, 地調報告 169 号
- 69) 金子徹一・小川健三 (1954) : 千葉県および神奈川県三浦半島重力調査報告, 地調月報 5 巻 2 号, 37~45 頁
- 70) 関東ローム研究グループ (1956) : 関東ロームの諸問題, 地質雑誌 62 巻 729 号, 302~316 頁
- 71) 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, 1~18 頁
- 72) 河井興三他 3 名 (1950) : 千葉県大多喜町付近の天然ガス, 石技誌 15 巻 4 号, 151~219 頁
- 73) 河井興三 (1951) : 茂原ガス田の地下地質調査に適用せる重鉱物分析について, 石技誌 16 巻 5 号, 252~256 頁
- 74) 河井興三 (1952) : 茂原ガス田西方周辺地域の地質及び天然ガス, 石技誌 17 巻 1 号, 1~21 頁
- 75) 河井興三・保月光五郎 (1952) : 天然ガス試掘井のコア試験—川崎 R 1 号井についての一例—, 石技誌 17 巻 4 号, 236~241 頁
- 76) 河井興三・石和田靖章 (1954) : 天然ガスの地化学的研究におけるコアの利用, 石技誌 19 巻 6 号, 201~210 頁
- 77) 河井興三 (1957) : 千葉県鴨川町付近の地質, 石技誌 22 巻 6 号, 190~197 頁
- 78) 河井興三 (1958) : ガス田の凝灰岩層, 千葉県出版物
- 79) 河井興三・戸谷嗣津夫 (1959) : 天然ガスの化学組成について (予報) (演旨), 石技誌 24 巻 4 号, 153 頁
- 80) 河井興三・山田博 (1960) : 群馬県太田・大間々地域の第三系と後期中新世における関東西北部

- の古地理について、石技誌 25 巻 2 号, 67~75 頁
- 81) 河井興三 (1960): 南関東ガス田地帯における天然ガスの分布について, 石油誌 3 巻 3 号, 213~218 頁
 - 82) 河井興三 (1960): 南関東ガス田地帯の地質学的考察, 石技誌 25 巻 4 号, 190~191 頁
 - 83) 菊地良樹 (1960): 保土ヶ谷試掘井の化石有孔虫 (演旨), 石技誌 25 巻 4 号, 174~175 頁
 - 84) 木野義人他 2 名 (1959): 荒川水系流域 (埼玉県および一部東京都) 工業用水源地域調査報告—関東西部地域調査第 9 報一, 地調月報 10 巻 5 号, 1~38 頁
 - 85) 北沢五郎他 4 名 (1959): 東京基盤図, 技報堂
 - 86) 清野信雄 (1935): 1/75,000 地質図幅「東京」・同説明書
 - 87) 小池 清 (1949): 房総半島中部の地質 (II), 東大立地研報 3 号, 1~6 頁
 - 88) 小池清・村井勇 (1950): 関東地方南部における凝灰岩の基礎的研究 (1)—Tephrozone について一, 東大立地研報 5 号, 22~26 頁
 - 89) 小池 清 (1951): いわゆる黒滝不整合について, 地質雑 57 巻 667 号, 143~156 頁
 - 90) 小池 清 (1952): 南関東の生いたち, 東大立地研報 10 号, 5~11 頁
 - 91) 小池 清 (1952): 不整合について, 堆積学研究 1 号, 3~4 頁
 - 92) 小池 清 (1953): 黒滝不整合こんごの問題, 地質雑 59 巻 688 号, 33~34 頁
 - 93) 小池 清 (1953): 勝浦から清澄まで, 房総 1 巻 4 号, 36~38 頁 (謄写印刷)
 - 94) 小池清・西川泰 (1955): 千葉県演習林内の地質, 演習林 10 号, 1~6 頁
 - 95) 小池 清 (1955): いわゆる層間異常の地史的意義について, 地質雑 61 巻 723 号, 566~582 頁
 - 96) 小池清・佐藤任弘 (1955): 地質学のたちばからみた海底谷 (予報), 堆積学研究 8 号, 3~6 頁
 - 97) 小池清・佐藤任弘 (1955): 藤田氏の御批判にこたえて, 堆積学研究 9 号, 11~12 頁
 - 98) 小池 清 (1956): 東京湾の生いたち, 堆積学研究 12 号, 1~3 頁
 - 99) 小池清・成瀬洋 (1957): 南関東における鮮新・更新両世の境界問題に関係した 2・3 の考察, 第四紀研究 1 巻 1 号, 11~17 頁
 - 100) 小池 清 (1957): 南関東の地質構造発達史 (遺稿), 地球科学 34 号, 1~16 頁
 - 101) 小島伸夫 (1954): 大磯地塊の地質について, 地質雑 60 巻 709 号, 445~454 頁
 - 102) 小島伸夫 (1955): 中津累層に含まれる貝化石群について, 地質雑 61 巻 720 号, 449~456 頁
 - 103) 久保田敬介 (1952): 茂原ガス田の特性, 石技誌 17 巻 1 号, 77~88 頁
 - 104) 久保田敬介 (1956): 茂原ガス田の重力押性と開発上の諸条件 (その 1), 石技誌 21 巻 2 号, 69~71 頁
 - 105) 久保田敬介 (1959): 遊離型及び水溶型混合ガス鉱床の生産特性に対する 1 考察, 天然ガス 2 巻 7 号, 232~238 頁及び 8 号, 344~345 頁
 - 106) 久保田敬介 (1960): 千葉県天然ガス開発の問題点, 天然ガス 3 巻 1 号, 35~38 頁
 - 107) 蔵田延男 (1955): 水理地質学, 朝倉書店
 - 108) 三川逸郎 (1933): 千葉県大多喜町付近の天然ガス及びこれらに伴う地下水の地化学的研究, 日鉱誌 49 巻 576 号, 197~209 頁
 - 109) 三川逸郎 (1933): 千葉県大多喜町の瓦斯井, 石技誌 1 巻 1 号, 49~51 頁
 - 110) 三川逸郎 (1942): 千葉県茂原鉱山及び大多喜鉱山の現況について, 石技誌 10 巻 3 号, 202~209 頁
 - 111) 三川逸郎 (1948): 千葉県茂原町及び大多喜町付近の天然瓦斯, 石技誌 13 巻 4 号, 234~239 頁
 - 112) 三川逸郎 (1958): 千葉県成田における試掘井成功について, 天然瓦斯協会報 122 号, 1~2 頁
 - 113) 三川逸郎 (1960): 成田ガス鉱床と R 2 号井の猛噴, 天然ガス 3 巻 10 号, 390~394 頁
 - 114) 三土知芳 (1932): 1/75,000 地質図幅「八王子」・同説明書
 - 115) 三土知芳 (1933): 両総地方に於ける鮮新・更新両統の境界に就いて (演旨), 地質雑 40 巻 477 号, 400~401 頁
 - 116) 三土知芳 (1933): 両総地方の更新統に就いて (演旨), 地質雑 40 巻 483 号, 794~796 頁
 - 117) 三土知芳 (1935): 1/75,000 地質図幅「千葉」・同説明書
 - 118) 三土知芳 (1937): 1/75,000 地質図幅「茂原」
 - 119) 三土知芳 (1955): 石油鉱床の成因, 日本鉱産誌 A 総論, 280~323 頁, 硃書房
 - 120) 三土知芳 (1960): 石油の移動についての考察—特に日本の油田に言及しつつ—, 石技誌 25 巻 5 号, 200~239 頁
 - 121) 三土知芳 (1960): 関東平野における構造的天然ガス鉱床探鉱の必要性, 天然ガス 3 巻 9 号, 347~350, 382 頁
 - 122) 三梨 昂 (1954): 房総半島鬼涙山南部の地質, 地質雑 60 巻 710 号, 461~472 頁
 - 123) 三梨昂・矢崎清貴 (1958): 火砕鍵層による房総・三浦両半島の新生代層の対比 (第一報), 石技誌 23 巻 1 号, 16~22 頁
 - 124) 三梨昂他 2 名 (1959): 千葉県養老川・小櫃川の上総層群の層序, 地調月報 10 巻 2 号, 9~24 頁
 - 125) 三梨 昂 (1959): 房総・三浦両半島の新第三系—地層の堆積形態からみた 2, 3 の問題—, 地質調査所北海道支所調査研究報告会講演要旨録 11 号, 1~4 頁
 - 126) 本島公司他 5 名 (1953): 東京ガス田の地球化学的調査について, 石技誌 18 巻 5 号, 341~346 頁
 - 127) 本島公司 (1959): 天然ガス鉱床の成因的研究, 地調報告 183 号
 - 128) 村井 勇 (1952): 茂原町及び大多喜町付近に於ける天然ガス鉱床と地質構造との関係—特に節理系及び断層との関係について—, 石技誌 17 巻 1 号, 38~49 頁
 - 129) 永沢謙次 (1960): 南関東におけるメニアンツスを含む地層の地質時代について, 地質雑 66 巻 777 号, 384~392 頁

- 130) 中川久夫 (1960): 地蔵堂層および藪層, 地質雑 66巻776号, 305~310頁
- 131) 中世吉幸次郎・沢井清 (1949): 中津層の化石有孔虫群について (日本新生代微化石層序学的研究, その1), 地質雑 55巻 650-651号, 205~210頁
- 132) 成瀬洋他2名 (1951): 房総南端一新第三紀層一, 地質雑 57巻675号, 511~526頁
- 133) 成瀬 洋 (1952): 相模野台地東縁部の地質, 地質雑 58巻 684号, 423~432頁
- 134) 成瀬 洋・戸谷洋 (1957): 相模野台地南東部の関東ローム, 地質雑 63巻 737号, 126~136頁
- 135) 成瀬 洋 (1959): 成田層群の層序とそれに関連する問題 (演旨), 地質雑 65巻 766号, 432頁
- 136) 成瀬 洋 (1959): 古東京湾の形成について—南関東上部新生界の地史学的研究 (1)—, 第四紀研究 1巻 5号, 143~155頁
- 137) Nasu, N. (1956): The Origin of Sand and Silt Alternations (Discontinuous Graded Bedding), *Jour. Fac. Sci., Univ. Tokyo, Sect. II*, Vol. 10, Part I, pp. 109~131
- 138) 蛭川親治 (1956): 千葉県多古町付近地震探査報告—関東地方における地震探査 (I)—, 地調月報 7巻 5号, 5~12頁
- 139) 日本地質学会編 (1954~): 地層名辞典, 日本新生界の部, 東大出版会
- 140) 小川健三・田中章介 (1955): 神奈川県西部重力測定報告, 地調月報 6巻 7号, 69~73頁
- 141) Ogoose, S. (1954): Stratigraphical Boundary between the Pliocene and Pleistocene Strata in the Bōsō Peninsula, South Kantō, Japan, *Jour. Fac. Sci., Univ. Tokyo, Sect. II*, Vol. 9, Part II, pp. 287~299
- 142) 生越 忠 (1959): 百分率法についての2, 3の問題, 地質雑 65巻 761号, 90~105頁
- 143) 生越 忠 (1959): 軟体動物化石からみた房総半島における鮮新・更新両世の境界について, 地質雑 65巻 762号, 139~153頁
- 144) 生越 忠 (1959): 軟体動物化石からみた房総・三浦両半島の三浦層群の年代および対比の問題 (その1), 石技誌 24巻 2号, 29~38頁
- 145) 生越 忠 (1959): 軟体動物化石からみた房総・三浦両半島の三浦層群の年代および対比の問題 (その2), 石技誌 24巻 3号, 81~87頁
- 146) 生越 忠 (1959): Letter Nomination の I_1 および I_2 の両階の区分にまつわる2, 3の問題について, 地質雑 65巻 771号, 766~783頁
- 147) 生越 忠 (1960): Letter Nomination の I_1 および I_2 の模式層から産する軟体動物化石について, 地質雑 66巻 773号, 71~86頁
- 148) 大西 弘 (1940~1): 武蔵野台地西南縁部の地質について, 矢部教授還暦記念論文集 2巻, 661~675頁
- 149) 大塚弥之助 (1931): 第四紀 (岩波講座地質学), 岩波書店
- 150) 大塚弥之助・望月勝海 (1932): 地形発達史 (岩波講座地理学), 岩波書店
- 151) 大塚弥之助 (1932): 多摩丘陵の地質 (其の1), 地質雑 39巻 469号, 641~655頁
- 152) Otuka, Y. (1936): Marine Lower Pleistocene of the Central Kwanto Plain (An Evidence of Basin Forming Force of the Kwanto Plain), *Earthq. Res. Inst., Tokyo Imp. Univ.*, Vol. 14, No. 1, pp. 75~82
- 153) 大塚弥之助 (1937): 関東地方南部の地質構造 [横浜—藤沢間], 東大震研彙報 15巻 4号, 974~1040頁
- 154) Otuka, Y. (1949): Fossil Mollusca and Rocks of the Kiyosumi Group exposed at Minatomachi, Chiba Prefecture, and its Environs (1st paper), *Jap. Jour. Geol. Geogr.*, Vol. 21, Nos. 1-4, pp. 295~309
- 155) 大塚弥之助 (1952): 日本島の生いたち, 同文書院
- 156) 大山 桂 (1951): 小柴層の化石群集について (予報), 資源研彙報 24号, 55~59頁
- 157) 大山 桂 (1952): 海産貝類の垂直分布について, ヴィナス 17巻 1号, 27~35頁
- 158) 大山 桂 (1952): 茂原・鶴舞間の長南・笠森累層の貝化石群集, 石技誌 17巻 1号, 59~67頁
- 159) 大山 桂 (1953): 沿岸水の化石群集 (その1), 資源研彙報 31号, 54~59頁
- 160) 大山 桂 (1959): 千葉県養老川・小櫃川地区の化石群, 地調月報 10巻 2号, 25~28頁
- 161) Ozaki, H. (1958): Stratigraphical and Paleontological Studies on the Neogene and Pleistocene Formations of the Tyōsi District, *Bull. Nat. Sci. Mus., Tokyo*, Vol. 4, No. 1
- 162) 坂倉勝彦 (1935): 千葉県小櫃川流域の層序 (その1), 地質雑 42巻 506号, 685~712頁
- 163) 坂倉勝彦 (1935): 千葉県小櫃川流域の層序 (その2), 地質雑 42巻 507号, 753~784頁
- 164) 佐藤任弘・小池清 (1957): 房総半島の地層中にみつかつた化石海底谷, 地質雑 63巻 737号, 100~116頁
- 165) 沢田秀穂 (1939): 千葉県夷隅郡勝浦町・興津町・上野村・安房郡小湊町・天津町の地質, 地質雑 46巻 551号, 445~450頁
- 166) 鹿間時夫 (1952): 第四紀 (地学叢書3), 地団研
- 167) 島田忠夫他2名 (1952): 茨城県新利根川流域天然ガス調査報告, 地調月報 3巻 6号, 35~48頁
- 168) 品田芳二郎他3名 (1951): 千葉県国吉町付近鹹水沃度調査, 石技誌 16巻 6号, 312~326頁
- 169) 品田芳二郎 (1952): 千葉県国吉町付近の地質および鹹水沃度調査報告, 地調月報 3巻 1号, 10~21頁, および 4-5号, 61~62頁
- 170) 品田芳二郎 (1954): 千葉県国吉町における民家井の水位低下およびガス徴について, 地調月報 5巻 10号, 61~64頁
- 171) 品田芳二郎他2名 (1955): 房総半島中部に分布する地層間の相互関係について (概報), 新生代の研究 22号, 20~23頁
- 172) 品田芳二郎・平沢清 (1958): 千葉県北東部における地震探査結果の地質学的解釈—特に浅層部

- 度層について, 物探 11 卷 1 号, 16~25 頁
- 173) 品田芳二郎 (1959): 神奈川県大船付近天然ガス調査報告, 地調月報 10 卷 6 号, 81~85 頁
- 174) 杉村 新 (1950): 関東地方周辺の海底段丘その他について, 地理評 23 卷 1 号, 10~16 頁
- 175) Sugimura, A. and Naruse, Y. (1954): Changes in Sea Level, Seismic Upheavals, and Coastal Terraces in the Southern Kantō Region, Japan (I), *Jap. Jour. Geol. Geogr.*, Vol. 24, pp. 101~113
- 176) 杉村 新 (1956): 関東南部の沖積世に関する諸問題, 石器時代 3 号, 12~24 頁
- 177) 陶山国夫・成瀬洋編 (1959): 千葉県地質図 (1/200,000), 内外地図
- 178) 鈴木好一 (1932): 神奈川県厚木町北方の鮮新統 (その 2), 地質雑 39 卷 462 号, 97~131 頁
- 179) 鈴木好一 (1934): 東京府北多摩郡府中町に於ける礫井によつて知られたる海成沖積層, 地質雑 41 卷 493 号, 628~632 頁
- 180) 鈴木好一 (1934): 柿生層の化石群 (1 貝類), 地質雑 41 卷 495 号, 701~712 頁
- 181) 鈴木好一 (1935): 房総半島鮮新層産 *Ancistrolepis trochoideus* (DALL) の化石, ヴィナス 5 卷 4 号, 187~194 頁
- 182) 鈴木好一 (1935): “府中町に於ける海成沖積層”の補遺, 地質雑 42 卷 497 号, 106 頁
- 183) 鈴木好一・北崎梅香 (1951): 神奈川県横浜一逗子一片瀬地方の新生代有孔虫群の研究, 地質雑 57 卷 665 号, 65~78 頁
- 184) 鈴木康司他 11 名 (1957): 関東ローム層中の生痕の化石について, 地質雑 63 卷 746 号, 651~652 頁
- 185) 鈴木 信 (1958): 銚子地塊の第三系一特に夫婦ガ鼻名洗面層の不整合について, 藤本治義教授還暦記念論文集, 209~212 頁
- 186) 高井冬二 (1938): 本邦に於ける新生代哺乳動物 (予報), 地質雑 45 卷 541 号, 745~763 頁
- 187) 田中正三・谷口啓之助 (1953): 茂原ガス田の相対的滲透率, 石技誌 18 卷 2 号, 52~55 頁
- 188) 田代修一 (1959): 水溶性天然ガスの母層とガス量との関係, 鉱山地質 9 卷 37 号, 297~298 頁
- 189) 立石哲夫・平沢清 (1957): 千葉県横芝町付近地震探査報告—関東地方における地震探査 (II)—, 地調月報 8 卷 1 号, 41~50 頁
- 190) 田山利三郎 (1930): 房総半島の地形特に侵蝕面の対比に就いて, 斎藤報恩会学研報 9 号
- 191) 徳永重元他 2 名 (1949): 多摩丘陵の地質, 資源研彙報 14 号, 43~60 頁
- 192) 東京都 (1952): 1/100,000 東京都及び近郊地質図
- 193) Trask, P. D. (1939): Recent Marine Sediments, A. A. P. G.
- 194) 内尾高保 (1951): 千葉県大多喜町付近の化石有孔虫群 (其の 1), 地質雑 57 卷 664 号, 13~20 頁
- 195) 内尾高保・村井勇 (1951): 房総半島中部の養老川以東の地質 (演旨), 地質雑 57 卷 670 号, 287 頁
- 196) 内尾高保 (1952): 千葉県茂原町西方の天然ガス地質, 石技誌 17 卷 1 号, 22~37 頁
- 197) 上野道文他 3 名 (1952): 茂原ガス田の地下構造, 石技誌 17 卷 1 号, 50~58 頁
- 198) 渡部景隆他 3 名 (1950): 関東山地北東縁部第三紀層の地質学的研究 (寄居—小川—山一児玉地域), 秩父博物館報 1 号, 93~146 頁
- 199) Yabe, H. (1930): The Great Kantō Earthquake of September 1, 1923, and the Geotectonic of the Meizoseismic Area, *Proc. Imp. Academy*, Vol. 6, No. 3, pp. 105~108

石油技術協会誌 第 26 卷 第 5 号 (6 月号)

昭和 36 年 6 月 25 日 印刷

昭和 36 年 6 月 30 日 発行

発行兼
編集者 橋本 克巳

印刷所 田中幸和堂

発行所 石油技術協会

東京都新宿区河田町 8 地質調査所東京分室内

振替口座 東京 63168