

房総半島における上総層群の堆積と構造運動

鈴木耐元* 小玉喜三郎* 三梨 昂**

SUZUKI, Yasumoto, KODAMA, Kisaburo and MITSUNASHI, Takashi (1983) On the sedimentation and tectonics of the Kazusa Group in the Boso Peninsula, central Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 34 (4), p. 183-190.

Abstract: The Kazusa Group was deposited under marine environments in Pliocene to middle Pleistocene age, and distributed mainly in the central and northeastern parts of the Boso Peninsula. It is divided into the Katsuura, Namihana, Ohara, Kiwada, Otadai, Umegase, Kokumoto, Kakinokidai, Chonan and Kasamori Formations in ascending order and attains more than 3,000 m in thickness. The Katsuura, Namihana and Ohara Formations were deposited in neritic sea and their depocenters were situated at east central part of the peninsula. The Kiwada, Otadai, Umegase, Kokumoto, Kakinokidai and Chonan Formations were deposited under bathyal environment in the main part and neritic sea in the western part of the peninsula. Their depocenters shift intermittently toward northwest with times. The uppermost Kasamori Formation was deposited in neritic sea and the depocenter was in the northeastern part of the peninsula and northern part of Tokyo Bay.

After the deposition of the group, the central part of the peninsula upheaved to a great extent, while the northern part to a small extent. In the area from Chiba to Mobara, the gradient of vertical displacement is large where gas-producing wells of Mobara-type are distributed. They are characterized by increasing in gas to water ratio when production of gas dissolved in water proceeds.

まえがき

房総半島北部に模式的に発達する鮮新世-中期更新世上総層群は、関東平野下にも広く分布し、その南東部では、豊富な天然ガス鉱床を胚胎している(河井・福田, 1973)。とくに九十九里沿岸では、現在も盛んに天然ガスの生産が行われ、南部の茂原地域では、生産に伴ってガス水比が上昇し、ガスの生産量も増加する茂原型と呼ばれる優れたガス鉱床が知られている。

この種のガス鉱床の開発に関連して、上総層群の層序や地質構造について、これまで数々の優れた研究が行われ、露頭条件の良さともあいまって、房総半島は、我が国の鮮新統-更新統の模式地の一つと見なされてきた。また、このような層序研究をもとに、堆積学や構造地質学の先駆的な研究も展開されている。

筆者らは、上記のような研究成果をふまえて、関東地方南部に広く分布する天然ガス鉱床の成因、特に茂原型ガス鉱床の形成機構を解明するために、最近数年間、層序・岩石物性・地質構造・地球化学など、総合的な研究を行ってきた。本小論は、そのうちの層序・堆積・地質構造に関するものである。

小論を書くにあたり、種々の御討論いただいた関東天然ガス開発株式会社の樋口 豊氏・明石 護氏、関東建設株式会社の品田芳二郎氏・村田順一氏、伊勢化学工業株式会社の三川逸郎氏に、感謝の意を表する。

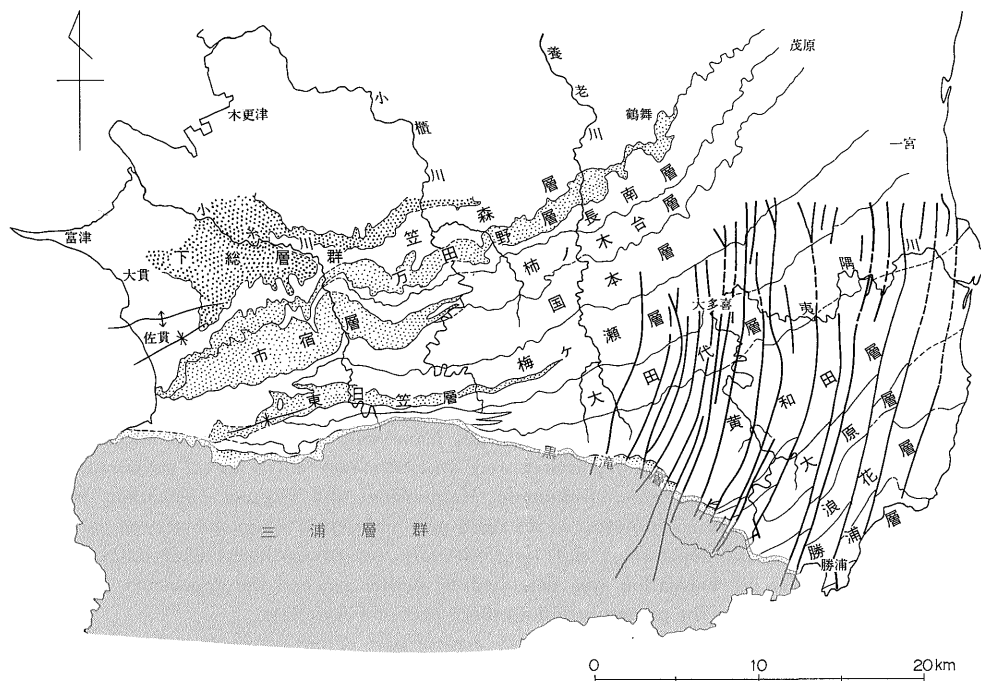
1. 層序と堆積環境

上総層群は、房総半島中・北部に広く分布する海成の鮮新世-中期更新世の地層である(三梨ほか, 1979)。下位の三浦層群に不整合に重なり、上位の下総層群に不整合に覆われる。これらの不整合は、それぞれ黒滝不整合、長沼不整合と呼ばれ、関東地方南部に広く追跡される。黒滝不整合は、房総半島西半部では平行不整合であるが、東半部では、西北西-東南東に延びる不整合面に対して、上総層群が、北東-南西ないし東北東-西南西の走向で斜めにぶつかるような形態を示す(第1図)。

上総層群は、分布域の中・東部では下位から黒滝層・勝浦層・浪花層・大原層・黄和田層・大田代層・梅ヶ瀬層・国本層・柿ノ木台層・長南層・笠森層に区分される(三梨ほか, 1959, 1961, 1979)。次にこれら各層の岩相を簡単に述べる。

黒滝層：凝灰質砂礫岩からなり、東縁では、泥岩の巨礫が含まれる。基底部には、安山岩質の礫が含まれる。

* 燃料部 ** 元燃料部 (現島根大学)



第1図 房総半島中央部の地質図

本層は、黒滝不整合に直接する上総層群の基底礫岩であるが、黄和田層以下の各層と同時異相の関係にあり、それらは、不整合に近づくと黒滝層に移化する。

勝浦層(約250m)：砂岩と泥岩の互層からなり、砂岩優勢部と泥岩優勢部が繰り返す。層間異常層を挟む。

浪花層(220m)：主として泥岩からなるが、薄い砂岩及び凝灰岩を挟む。

大原層(200m)：泥岩と砂岩との互層である。一般に泥岩が優勢であるが、層準によっては、砂岩優勢のこともある。

黄和田層(最大800m以上)：泥岩を主とし、薄い砂岩を挟む地層である。東部では、砂岩優勢互層や深層地入り型層間異常層を挟む。

大田代層(最大540m)：泥岩優勢互層と砂岩優勢互層が、数10mないしそれ以上の単位で互層する。

梅ヶ瀬層(最大600m以上)：主として砂岩優勢互層からなり、泥岩優勢互層を挟む。中部に、東日笠砂礫層と呼ばれる含細礫粗粒砂岩と、それに重なる含泥岩や流状シルト岩などの表層地入り型層間異常層が発達する。東日笠砂礫層は、半島中部から西部に発達し、西部では、下位の地層と不整合関係で重なる。

国本層(最大300m)：砂岩優勢互層と塊状砂質泥岩とが、数10m以上の単位で互層する地層である。

柿ノ木台層(76m)：主として塊状の砂質泥岩から成る

が、上部に厚い砂岩が発達する。柿ノ木台層と国本層中・上部は、半島西部で、細礫を含む粗ないし中粒砂岩から成る市宿砂層に移化する。

長南層(76m)：主として泥岩と砂岩との細互層から成り、中部に砂岩優勢互層が発達する。

笠森層(300m)：泥質砂岩から成る。下部に粗-中粒砂岩から成る万田野砂礫層が発達し、西部では下位層をけずりこむが、北東部では、笠森層中に尖滅する。なお層厚は、この万田野層を含む値である。

これら各層の堆積環境が、貝化石や有孔虫化石の研究から論じられている。大山(1959)は、貝化石の群集組成から、養老川・小櫃川地区では、梅ヶ瀬層と国本層は深海相、柿ノ木台層は深海相と浅海相との混合相、長南層以上は浅海相であり、とくに笠森層上部の中位付近から上浅海区になる。また、北東部の茂原付近では、黄和田層から国本層にいたるまで、深海相であることを示した。

また大山(1952)は、上に分析した地域北東方の茂原一鶴舞地域において貝化石群集を検討し、黄和田層から柿ノ木台層までは、親潮潜流に浅の群集からなり、千葉県東方の親潮潜流の洗うような環境が想定されるのに対して、長南層と笠森層の大部分は親潮系の半深海性群集、笠森層の最上部は、親潮系の浅海性群集からなることを示した。また、万田野砂礫層は、黒潮系の下浅海区に自

生する群集からなることをもっている。

IDA(1952)は、上総層群中の *Turritella* の分布を調べ、勝浦、大多喜及び茂原を結んだ線以东には、*Turritella* が産出しないことを見出した。この属は、中浅海から上深海に棲み、より深い所には産出しない。このことから、*Turritella* を産しない房総半島中部から東部の上総層群は、上深海に堆積したものであることを指摘した。さらに、そのような堆積物は、天然ガスの有力な母層であることも、同時に指摘した。

一方、ISHIWADA(1964)は、底棲有孔虫化石群の検討から、上総層群の上半部は浅海成で、親潮と黒潮が共存する環境を示すのに対して、梅ヶ瀬層中部に見られる *Uvigerina akitaensis* 群集は、亜北極中層水の存在を示すことを述べている。

樋口(1964)は、主として地表に上総層群の分布する地域より北方に掘られた坑井から得られた底棲有孔虫群集を検討し、大原層以下の地層はやや浅海成、黄和田層から梅ヶ瀬層までは深海成、国本層以上の地層は浅海成であること、千葉市以西では、大田代層以上の地層は浅海成であることを示した。

青木(1964)は、大田代層中部から笠森層までの浮遊性有孔虫の組成を調べ、変動幅は小さいけれども、大田代層上部・梅ヶ瀬層上部・長南層・笠森層上部から、寒冷的な群集を産することを示した。

以上をまとめると、上総層群下部はやや浅海、中部は深海、それから上部に向かって次第に浅海の堆積物に移化していくことがわかる。平面的に見ると、西方に浅く、東方に深い堆積環境にあり、千葉市以西では、中部の深海成層も、浅海成層に移化する。このような古地理的な条件は、大田代層の砂質堆積物が、西から東に向かって運搬され堆積したという事実と調和的である(平山・鈴木, 1968; HIRAYAMA and NAKAJIMA, 1977)。

上総層群は、鮮新世から中期更新世にわたる時代の地層とされているが、鮮新統と更新統の境界、すなわち新第三系と第四系の境界については、様々な議論がなされてきた。房総・三浦研究グループ(1958)は、底棲有孔虫による古環境の変化から、梅ヶ瀬層の凝灰岩鍵層 U₁ 付近とした。しかし近年、微化石や地磁気による年代論が盛んになり、様々な意見が提出されている。中川ほか(1969)は、梅ヶ瀬層中部に Olduvai 亜期を認め、それ以後を更新世としているのに対し、新妻(1976)は、黄和田層中の凝灰岩鍵層 Kd₃₈ 付近を鮮新-更新統の境界とし、高山・池野(1977)も、上部黄和田層以上の地層を更新統としている。

2. 地質構造

上総層群は、北東-南西ないし東北東-西南西の走向をもち、北西ないし北北西にゆるく傾いている。国本層以上の地層は 10° 以下、梅ヶ瀬以下の地層は 10°-20° の傾きをもつ。なお、富津東方及び大貫と佐貫間に、小規模な東西性の背斜構造、その間の佐貫付近に北東-南西方向の向斜構造が発達する。

上総層群分布地域の北方には、更新世後期の下総層群が広く分布する。下総層群は、一般に北東-南西の走向で、北西方に 5° 以下で緩傾斜する。その最上部をしめる下末吉層相当の常総層について、近年、くわしい構造が明らかにされた(小玉ほか, 1981)。それによると、常総層は元来湖水あるいは河川水面近くの平坦面に堆積したものであるが、現在の分布高度は、関東平野中央部で海拔数m、茂原付近では130m以上に達し、この地層が、堆積後の地殻変動によって大きく変位している(第10図)。

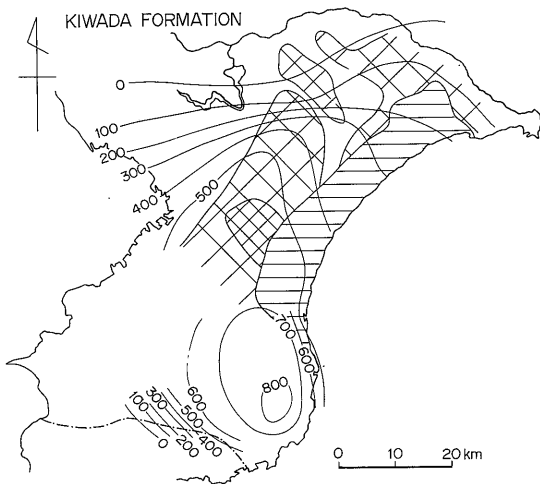
さらにこまかく見ると、常総層は房総半島北部の木更津から千葉にかけての地域では、海岸線にほぼ平行に北東-南西の走向をもち、北西方に傾動する傾向を示す。このような変形様式は、北東方の成田から佐原付近まで認められる。すなわち、この地域においても、北東-南西の走向をもち北西方に傾くが、その傾きは、木更津から千葉に至る地域に比較してずっと緩い。ただし、九十九里浜に沿った地域は北東-南西の走向をもって南東方に緩く傾き、房総半島にそって北東-南西方向の緩い背斜構造が形成されている。

このような一般走向に直交して、北西-南東方向の撓曲ないしうねり構造が認められる。最も顕著なものは、千葉から大網白里に至るものと東金付近を通るもので、これらの構造を境に、常総層の分布高度は階段状に変位している。

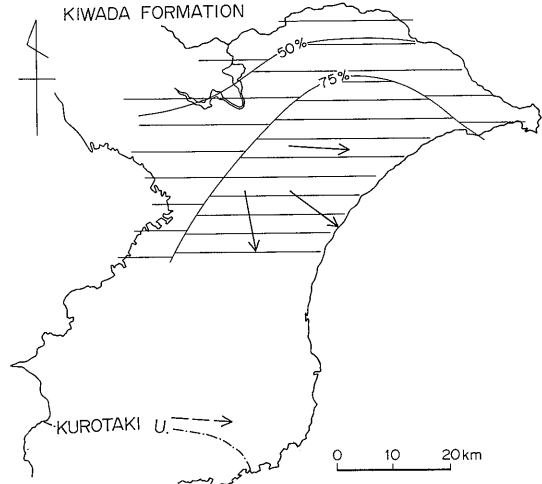
このような常総層の分布高度は、地表面とほぼ平行する。このことは、現在の地形を形成する運動が、下末吉期以後の極めて新しい時代のものであることを示している。

一方、上総層群の分布高度は、最高200m以上に達するが(河井, 1961)、このことは、上総層群分布地域が、最近非常に大きく隆起したことを示していると考えられる。

なお、房総半島東部の国本層以下の地層分布地域には、南北ないし北北東-南南西方向の正断層が、多数発達している(石和田ほか, 1971)。これらの正断層群には、東落ちの断層が多く、全体として、地層は階段状に



第2図 黄和田層の等層厚線図(単位はm)
格子縞模様は最近の隆起単元, 横線は九十九里平野を示す。



第3図 黄和田層堆積時の古環境
%は深海棲の底棲有孔虫の割合(樋口, 1964による), 矢印は砂層の推定供給方向。

太平洋側に落ちていく(垣見・小玉, 1975; KAKIMI, 1980). このような断層変位は, 上記の地形から推定される最近の地殻変動と調和的である(小玉, 1974).

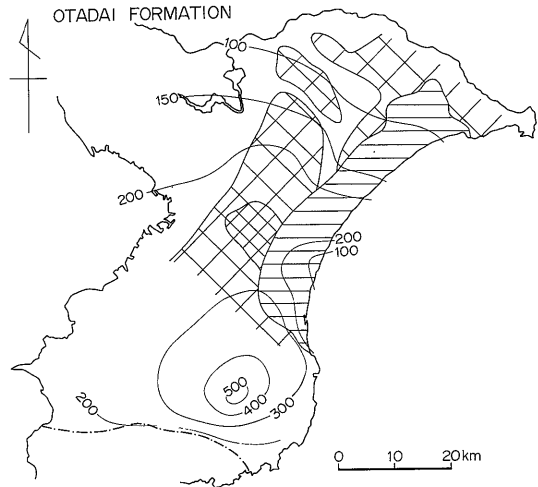
3. 堆積運動

上総層群は, 地表では北北西ないし北西に傾く単斜構造を示すが, 北方に多くの天然ガス開発のための坑井が掘さくされているために, 各累層の層厚や層相などについて, 地域的变化の検討が可能である. ここでは, 房総半島北部については, 主として樋口(1964)の報告に基づいて, 上総層群の堆積運動を検討することにする.

地表で見られる上総層群下部の勝浦層・浪花層・大原層は, 北方に層厚が薄くなり, 含砂岩率が大きくなる(樋口, 1964). したがって, 堆積の中心は, 房総半島東部ないしそれ以东にあったと考えられる. また, 半島北部では, 北方からの砂質堆積物の供給があったと考えられる.

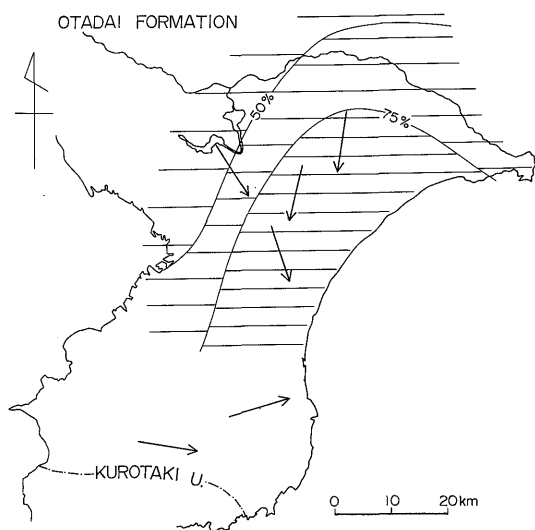
黄和田層では, 堆積の中心は房総半島中東部にあり, そこでの層厚は, 800m以上に達する(第2図). その付近から比較的厚く堆積する地帯が, 房総半島中央部を南北方向に延びる. 堆積環境は深海であるが, 底棲有孔虫群集の分析によると, 九十九里沿岸から北西方に, 次第に浅くなるような古環境が推定される(第3図). 黄和田層の含砂岩率及び砂岩層の層厚が北方に大きくなることから, 北部では, 砂質堆積物が北方から供給されたものと考えられる.

大田代層では, 堆積の中心はやはり房総半島北東部にあるが, 黄和田層よりも多少北西方にずれている(第4

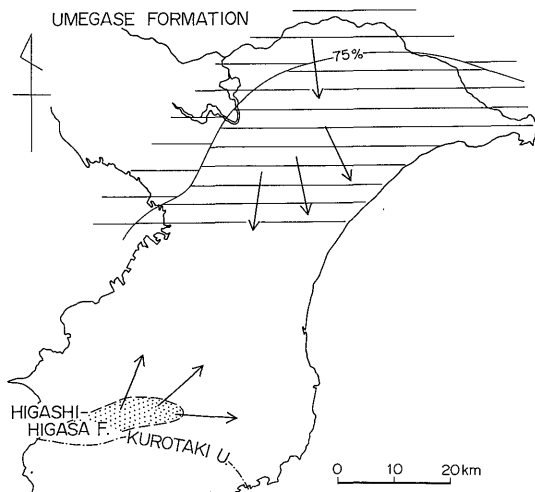


第4図 大田代層の等層厚線図(単位はm)

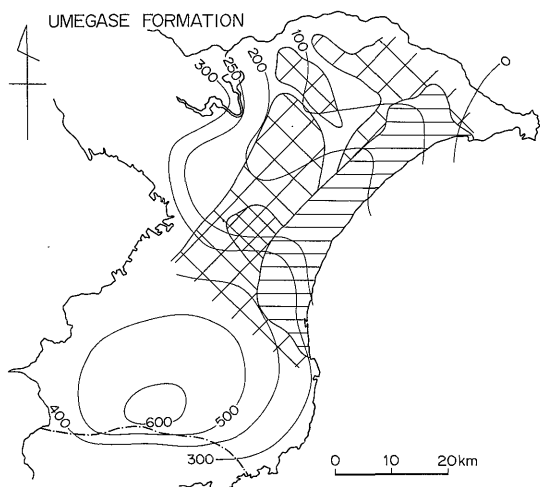
図). その付近に, 最大500m以上の地層が堆積し, 黄和田層同様に, 房総半島中央部に沿って比較的厚い堆積が見られる. 大田代層は, 房総半島では深海成であるが, 千葉市以西では浅海成になる. 底棲有孔虫群集組成から見ると, 第5図に示すように, 九十九里沿岸から北西西に向かって, また利根川に向かって北方ないし北北東方向に海底深度は浅くなっていく傾向がある(樋口, 1964). 地表に露出する大田代層の砂岩の底痕などから, 砂質堆積物は, 西方から供給されたことがわかっている(平山・鈴木, 1968; HIRAYAMA and NAKAJIMA, 1977). また, 北西方に砂岩の割合及び層厚を増す傾向がある(樋口, 1964)ことから, 砂質堆積物は, 北西方からも供給された



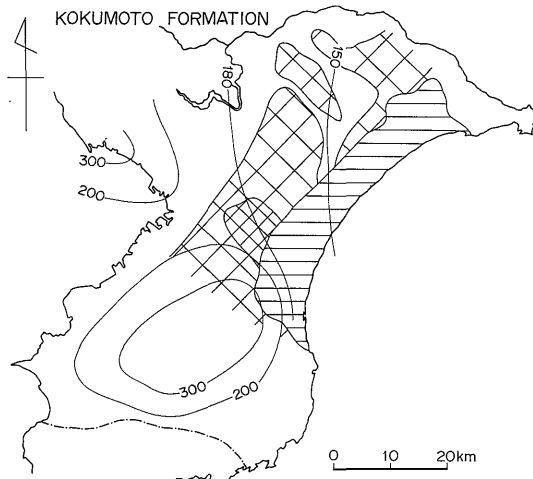
第5図 大田代層堆積時の古環境



第7図 梅ヶ瀬層堆積時の古環境



第6図 梅ヶ瀬層の等層厚線図 (単位はm)



第8図 国本層の等層厚線図 (単位はm)

と考えられる。

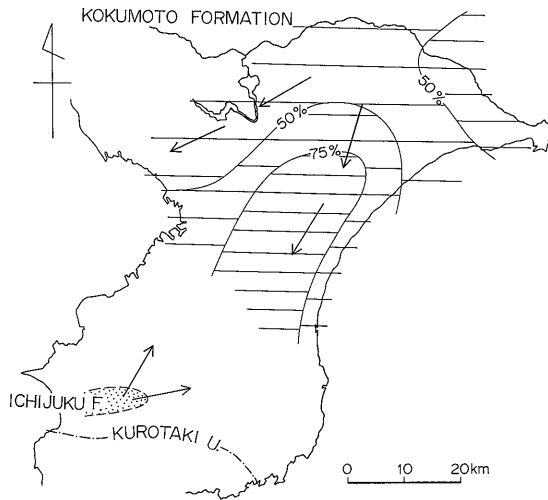
梅ヶ瀬層では、堆積の中心は大田代層よりも西方に移動して房総半島中央部に達し、その付近に600m以上の地層を堆積する(第6図)。黄和田層・大田代層が厚く堆積した房総半島の中軸部では、梅ヶ瀬層の堆積は周辺地域よりも小さくなっている。すなわち、100, 200, 300 mの等層厚線は、黄和田層・大田代層とは逆に、房総半島中央部に沿って南方に張り出したような分布をとる。梅ヶ瀬層は、半島中央部では深海成であるが、千葉以西では浅海成となり、底棲有孔虫群集組成に基づく古環境は、北西方に浅くなる古海底地形が考えられる(第7図)(樋口, 1964)。梅ヶ瀬層は、粗粒堆積物からなる東日笠

層に移化するが、これは、粗粒堆積物の供給源が西方にあったことを示していると考えられる。そのほか、北ないし北西方に砂岩の層厚及び割合を増すことから、北ないし北西方からの砂の供給もあったと思われる。

国本層では、堆積の中心は房総半島の北部にまで移動し、そこに300m以上の堆積を見た(第8図)。国本層は、半島部では深海成であるが、千葉市付近より西では浅海成の堆積環境を示す。底棲有孔虫化石群集に基づく古環境は、半島中央部に、北北東-南南西に延びる相対的に深い海底が形成され、そこから南東、北西及び北北東に浅くなるような古地理が想定される(第9図)(樋口, 1964)。国本層は、西方に向かって粗粒な市宿層に移化することから、国本層分布域の南部では、西方から粗粒堆

積物は供給されたものと考えられる。北部では、北西方に砂岩の層厚と割合を増すことから、北西からの供給が考えられる。

柿ノ木台層以上の地層については、坑井資料に基づく平面的な層厚分布や古環境が公表されていないので、累層単位での検討はできない。しかし、柿ノ木台層以上の地層の場合、沈降の中心は国本層よりもさらに北西及び北東方に移動し、房総半島中央部は、相対的に隆起に転ずる(関東新生代構造研究グループ, 1977)。古環境は、柿ノ木台層は深海成と浅海成の混合相、長南層以上は浅海成相となり、笠森層の上部からは、浅海区の上部の環境となる。



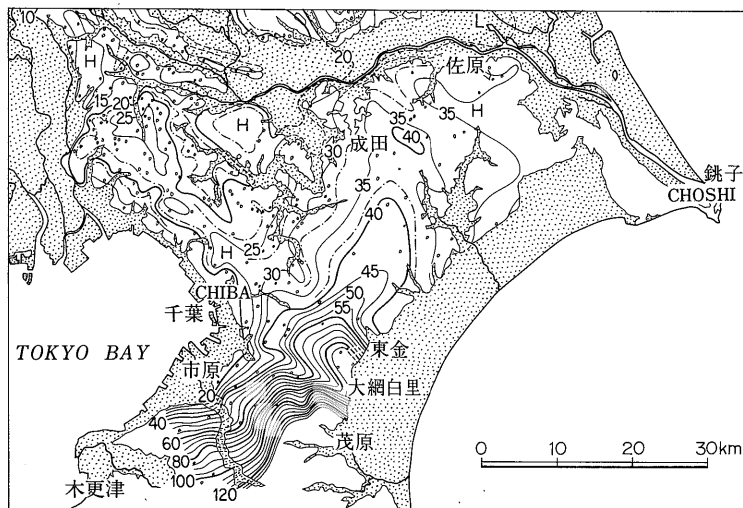
第9図 国本層堆積時の古環境

4. 上総層群堆積後の構造運動

前節で述べたように、上総層群は房総半島中・北部に厚く堆積したが、堆積の中心は、時代とともに北西方に移っていく。上総層群の中・下部が厚く堆積した地域は、現在地表に上総層群が分布し、高い所は200m以上の標高をもつ房総丘陵を形成している(河井, 1961)。

さきにも述べたように、関東平野とその周辺地域の地形形成は極めて新しい時代の隆起運動によるものであるが、上総層群の堆積運動との関係で見てみると、上総層群が厚く堆積した地域、つまり上総層群の堆積時に大きく沈降した地域が、その後反転して大きく隆起したことが分かる。さらに房総半島北部の、九十九里浜に接して北北東-南南西に走る隆起帯(第10図)は、黄和田層・大田代層堆積時にはかなり大きく沈降した地帯であって、相対的に厚い地層が堆積した。すなわち、上記の隆起單元も、周辺に対して沈降した後隆起に転じたことが分かる。しかし、その水平的な拡がり、隆起・沈降運動の規模は、第一のものに比して小さい。

房総半島北部では、上総層群が北北東-南南西に延びる緩い背斜構造を形成するが、それに直交して、北西-南東方向の撓曲あるいはうねり構造の見られることは、さきに述べた。最も大きなものは、千葉から大網白里付近にかけてのもので、これを境に南西側が地形的に高くなっていく。上総層群の層厚分布との関係で見ると、この付近は隆起・沈降運動のヒンジの様な部分に当たると考えられる。茂原型ガス鉱床が、この付近に分布するのは興味ある事実である。



第10図 常総層上限の等高線 (小玉ほか, 1981による)。(単位はm)

なお、常総層の等高線は、一般に直線的に走り、非常に角張った概形をとる。これは、上総層群あるいは三浦層群を堆積させた盆地の基盤が、断裂によって地塊化していることを示していると考えられる(小玉ほか, 1981)。上総層群の堆積も、それら地塊の運動にともなって行われたであろう。

5. ま と め

上総層群は、海成の鮮新世-中期更新世の地層で、地表に露出する各層の累積層厚は、4000m近くに達する。下部の勝浦層・浪花層・大原層・黄和田層の堆積の中心は、房総半島中東部に位置するが、中部の大田代層・梅ヶ瀬層・国本層では順次半島中央部に移り、最上部の笠森層では、房総半島北東部と東京湾北部に移動する。

これら各層の堆積環境は、下部から上部に向かってやや浅海成から次第に深海成となり、最上部は浅海成へと変化する。一方、同一時代の地層についてみると、それぞれの堆積環境は房総半島西部からさらに西方に向かって、浅海成の環境へと変化する。

上総層群は、いわゆる水溶性ガス鉱床を胚胎しており、房総半島北東部ないし九十九里浜の沿岸地域では、現在も盛んに生産されている。主要な産ガス層は黄和田層・大田代層・梅ヶ瀬層・国本層であるが、九十九里浜北部では、さらに下位の大原層・浪花層・勝浦層が、東京湾沿岸地域では、柿ノ木台層・長南層も産ガス層となっている。

黄和田層・大田代層・梅ヶ瀬層・国本層について、等層厚線図及び古地理を示したが、これら各層の堆積の中心は、その後大きく隆起し、相対的にあまり沈降しなかった北部地域は、その後の隆起運動もあまり大きくなかった。そのような運動の変換点が、千葉と茂原を結ぶ線付近に形成された。水溶性ガスの生産に伴ってガス水比の増大する茂原型ガス鉱床が茂原付近に分布するのは、このような堆積運動・構造運動と密接な関係があると考えられる。

文 献

- 青木直昭(1964) 房総半島の鮮新世更新世の有孔虫。地質雑, vol. 70, p. 170-179.
- 房総・三浦研究グループ(1958) 房総半島並に三浦半島新生代地層群の浮遊性有孔虫による対比。有孔虫, no. 10, p. 34-42.
- 樋口 雄(1964) 千葉県ガス田地域における微化石層位学的研究。東北大地質古生物邦文報告, no. 61, p. 1-48.
- HIRAYAMA, J. and NAKAJIMA, T. (1977) Analytical study of turbidites, Otadai Formation, Boso Peninsula, Japan. *Sedimentology*, vol. 24, p. 747-779.
- 平山次郎・鈴木尉元(1968) 単層の解析—その実際と堆積学的意義について。地球科学, vol. 22, p. 43-62.
- IDA, K. (1952) A study of fossil *Turritella* in Japan. *Rept. Geol. Surv. Japan*, no. 150, p. 1-62.
- ISHIWADA, Y. (1964) Benthonic foraminifera off the Pacific coast of Japan referred to biostratigraphy of the Kazusa group. *Rept. Geol. Surv. Japan*, no. 205, p. 1-45.
- 石和田靖章・三梨 昂・品田芳二郎・牧野登喜男(1971) 日本油田・ガス田図10, 茂原(1:15,000)。地質調査所。
- KAKIMI, T. (1980) Magnitude-frequency relation for displacement of minor faults and its significance in crustal deformation. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 31, p. 467-487.
- 垣見俊弘・小玉喜三郎(1975) 断層の規模別頻度分布と地殻ひずみおよび地震活動との関連性。地調月報, vol. 25, p. 75-87.
- 関東新生代構造研究グループ(1977) 関東地方の新生代末期における構造運動の特徴。地団研専報, no. 20, p. 241-256.
- 河井興三(1961) 南関東ガス田地帯についての鉱床地質学的研究。石油技協誌, vol. 26, p. 212-266.
- ・福田 理(1973) 燃料鉱床。日本地方鉱床誌・関東地方, p. 301-416, 朝倉書店。
- 小玉喜三郎(1974) 断層の発達と地殻の変形—南関東の南北性正断層の発達機構。関東地方の地震と地殻変動(垣見・鈴木編), p. 71-86, ラティス。
- ・鈴木尉元・三梨 昂(1981) 関東堆積盆地の形成機構に関する一試論。地質学論集, no. 20, p. 233-246.
- 三梨 昂・奈須紀幸・楡井 久ほか(1979) 東京湾とその周辺地域の地質。特殊地質図(20), 10万分の1地質説明書, 地質調査所, 91p.
- ・安田 昇・品田芳二郎(1959) 千葉県養老川・小櫃川の上総層群の層序。地調月報, vol. 10, p. 83-98.

三梨 昂・矢崎清貫・影山邦夫・島田忠夫・小野暎
・安国 昇・牧野登喜男・品田芳二郎・藤
原清丸・鎌田清吉(1961) 日本油田・ガス
田図4, 富津—大多喜(1:50,000). 地質
調査所.

中川久夫・新妻信明・早坂 功(1969) 房総半島新
生代地磁気編年. 地質雑, vol. 75, p. 267-
280.

新妻信明(1976) 房総半島における古地磁気層序学.
地質雑, vol. 82, p. 163-181.

大山 桂(1952) 茂原・鶴舞間の長南・笠森累層の

貝化石群集. 石油技協誌, vol. 17, p. 55-
59.

大山 桂(1959) 千葉県養老川・小櫃川地区の化石
群. 地調月報, vol. 10, p. 99-102.

高山俊昭・池野紀男(1977) 房総半島養老川ルート
における石灰質ナンノ化石群集の時代的変
遷. 藤岡一男教授退官記念論文集, p. 413-
424.

(受付: 1982年6月25日; 受理: 1982年11月24日)