

特集 堆積岩のはなし

堆積岩グループ

とにしよう。日本列島の地質図をみてもその全面積の61.1%は堆積岩で以下火成岩は35.3% 変成岩は3.6%となっている。おもな鉱床も堆積岩に関連するものが多くその重要性は非常に大きい。そうした研究の面もすこぶる広いので今回は堆積岩の中に含まれている化石からその堆積岩のなり立ちを考える方面むずかしいことばでいえば古生物による古生態学研究の面からみたことをまとめてみた。次回以後には堆積岩についての堆積学や鉱物・岩石・物理・化学的な面についてそれぞれ専門の立場から解説し順をおってまとめてゆくことになるだろう。こうしたところは堆積岩をいろいろな角度からながめその実態をうきぼりにしてみようという試みでもある。

堆積岩のいろいろ

私たちが野外で見る岩石は一般に水成岩と火成岩それにそれらが変化してきた変成岩の3つに大きく分けられる。水成岩とは一般に水中に堆積してできた岩石であるが水の中ばかりでなく風の作用で鉱物の粒子が堆積してできた風成岩も考えの中に入れて水成岩と風成岩の2つをあわせて堆積岩(sedimentary rock)とよぶほうがふさわしい。この堆積岩をいろいろな要素にもとづいて分類するというところだけを取り上げてみても学者によって相当異なったまとめ方がある。たとえばクルンバイン(W. C. Krumbein)は堆積岩を粒度や質によって分けるほか組織(texture)すなわち岩石を作っている鉱物の配列・構成状態などによって分けたりさらに成分(composition)つまり岩石の化学成分によって分けたりしている。また見方を変えてみれば岩石をできた原因別にわけることつまり岩石を作った作用が機械的に起こったものか化学的に起こったのか岩石のできた環境が淡水か海水かなどによって分けることもできる。しかし一般には岩石をその組織によって分けた名称が使われることが多くこれを補うものとして色や円磨度 成層の程度などがある。こうした見方からすると堆積岩は次のようになる。

- 粗粒碎屑物・・・礫岩・角礫岩
- 中粒碎屑物・・・砂岩
- 細粒碎屑物・・・泥岩・頁岩
- 非碎屑堆積物・・・石灰岩・ドロマイト・その他

このように堆積岩の分類だけを例にとっても研究する面は多いのだがさらに堆積岩がどのような環境の下にできたのかどのような過程を経てそこにあるのかなどの地質学的解釈は新しい機器たとえばX線分光分析器その他この方面の研究に応用できるものが増えてきてますます研究面も多面的となっている。

地質調査所でも各課で堆積岩に関係のある研究が行なわれているのだがその状況は今までいく度か本誌にも紹介されているしまたその成果は多くの報告となって発表されている。ここではこれらの研究の方法や内容とは別に堆積岩という1つの対象についてその研究を横につないだ立場からあらためて見なおしてみるこ

堆積岩中の化石

堆積岩の中には多かれ少なかれ地質時代に生きていた生物の遺骸が入っていることがある。全然それが入っていないといわれる岩石でもよく調べてみると微細な生物の化石が見つかることはよくある。これらの生物化石は厳密に言えば地質時代に生きていた生物つまり古生物が残した証拠物件である。この化石を研究することによってその堆積岩がどのような環境でできたのかどの地質時代に形成されたのかなどわかることが多く化石は地層のでき方を解く1つのカギであることはいうまでもない。また同時にその化石から古生物がどんな環境の下で生活をいとなんでいたかすなわち古生態学という1つの研究分野が関連してうかび上がってくる。地層の堆積を多くカギとして使われているこの化石にはどんなものがあるだろうか。現在地球上に生息しまた繁茂している動植物の祖先がすべて化石として残っているとはいえないにしてもよく調べてみると意外に多くのものが発見されている。そのうち研究されているものを以下にあげてみよう。

- | | |
|-------------------------|---------------|
| 動物 | 化石として出るもの |
| 原生動物門……根足虫綱……有孔虫・放射虫その他 | |
| 海綿動物門…… | 海綿その他 |
| 腔腸動物門……ヒドロ虫綱…… | 筆石その他 |
| | 花虫綱……サング類その他 |
| 凝軟体動物門…… | 蘚虫綱……コケムシ類その他 |

- 棘皮動物門……海百合綱……海百合その他
- 海星綱……ヒトデその他
- 海膽綱……カシパンウニその他
- 節足動物門……甲殻綱……介形虫・カニその他
- 軟体動物門……雙殻綱……ヒザラガイその他
- 弁鰓綱……オオノガイ・マテガイその他
- 掘足綱……ツノガイその他
- 腹足綱……キサゴ・ツメタガイその他
- 頭足綱……アンモン貝その他
- 脊椎動物門……魚綱……ニシン・サメその他
- 両棲綱……カエルその他
- 爬虫綱……恐竜その他
- 鳥綱……始祖鳥その他
- 哺乳綱……マンモス・クジラ・原人その他

一方植物界においては化石として 次のものが見出されている (分類は木村陽二郎氏の体系による)。

葉状植物

- 原体植物 珪藻植物門・珪藻
- 菌体植物 ……各種菌類胞子
- 藻体植物 ……石灰藻その他
- 蘚体植物 蘚苔植物門・蘚苔類の胞子
- 有茎植物 羊歯植物 ……鱗木その他
- 裸子植物 ……セコイアその他多数
- 被子植物 ……ブナ・ヤナギその他多数

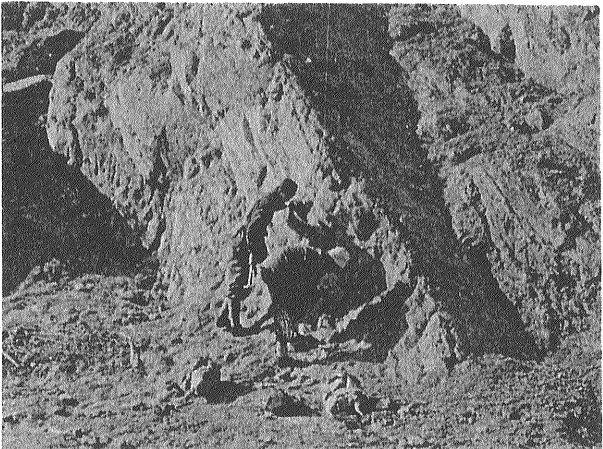
このように並べてみると 私たちが地層中から見出すことのできる古生物は かなり広い範囲のものであることがわかる。 こうした古生物の種類の特徴をまず明らかにして 次にこれと最も似ている現生種を調べて見ると両者全く同じ特徴を持っていることもあるし 少し異なるが属の範囲程度で 同じであると考えられる場合もある。 そこでその現生種の生息している環境を調べてみて たとえば ある貝が今の東京湾のような内湾だけにしか見られないものだったら その化石となっている貝もこうした環境の下で生きていたであろうと考えるのである。 しかし 誰も少し疑問に思うことは 貝は

似ていても現在生息している環境と地質時代のそれと差がなかったか ということである。 海水の成分 海底の堆積物状態 潮流・波の強さなどの物理・化学的条件も現在と全く同じであったかどうか? たとえば 場所的には同じ状況であったとしても 住む環境が化学的には異なることも考えられる。

こうした点を解決するためには 堆積物中の鉱物や地球化学的な分析鑑定などの手段によるのが普通であるが化石そのものを実験の材料とする研究が最近手がけられるようになってきた。 たとえば 貝化石の石灰質の殻からアミノ酸を取り出して その種類および残っている状態からその堆積の環境を考えたり 結晶の微細構造から生存当時の水域の状態などを明らかにしている。 こうした新しい分野の古生態学は 少しずつ進歩し用いられて行く傾向にある。 古生態学における従来のゆき方つまり化石の種類を明らかにして その古生物が生存していた環境を考えるという方法も次第に近代化してきて最近では古生物を群としてとらえるやり方が用いられている。 それら古生物群の内容ばかりでなくいくつかの古生物群 たとえば有孔虫と貝類というようにに関連する動物群の相関関係から これら古生物が生きていた当時のことを研究しようという考えである。 現生の生物群の間では 棲みわけ、の関係が学問的興味をひいているが 過去の地質時代においてもそれぞれの 棲みわけ、の立場から総合的に古生物群のあり方をとらえ ひいてはそれらが含まれている堆積岩の成因を明らかにしようという研究が進められている。 そこで地質調査所において研究している それぞれの専門の研究者たちにより 各分野で現在問題となっていること または最近研究していることなどについて 以下簡単に解説してもらおうことにしよう。 古生物についてもこれらのほか哺乳動物なども取り上げる必要はあるけれど 今回はふれないことにする。

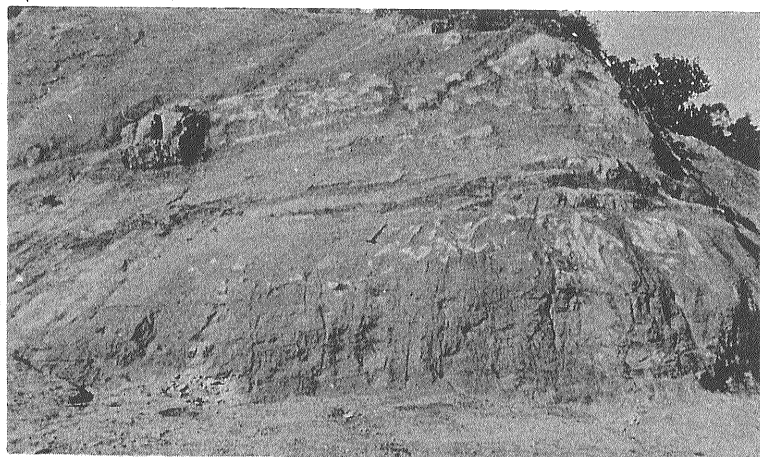


貝化石をとる (千葉県酒々井付近)

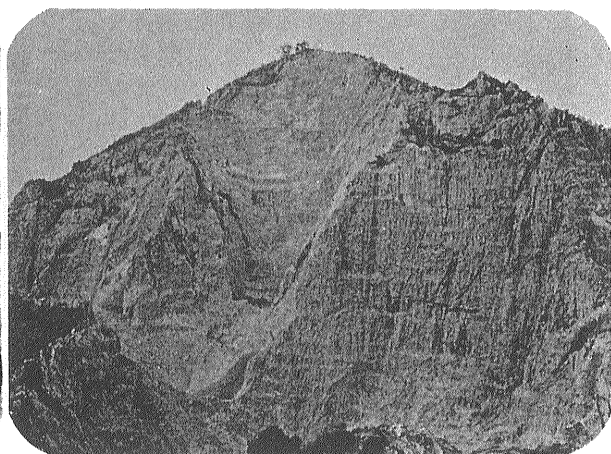


植物化石をとる (山口県油谷湾付近)

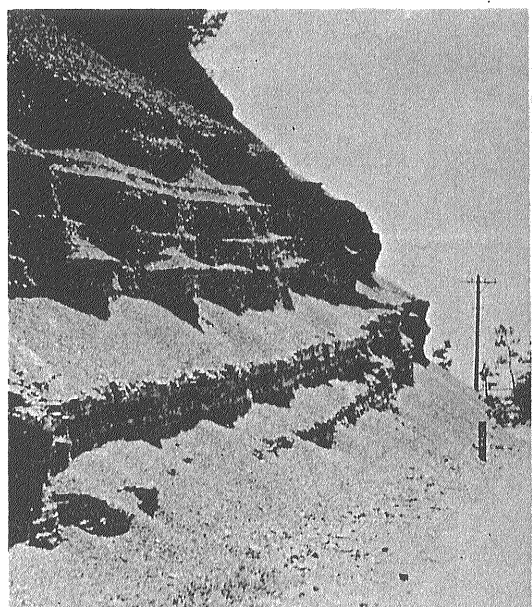
砂岩層
(北海道
白糠郡
白糠町)



凝灰岩層 (愛知県知多半島)



石灰岩層 (大分県津久見)



頁岩層 (愛知県知多半島)



礫岩層 (長崎県伊王島)

貝化石と古生態学

貝化石と有孔虫

堆積岩を古生態学的に検討する場合 私たちはその中に含まれている貝化石と有孔虫化石を2本立として研究している。なぜ2本立としているのかその理由について次にのべてみよう。海底で生産されたこれら生物の個体数を比較してみると有孔虫類は貝類に比べておびただしく多く地層(海成層)の中には至る所に孔虫化石が含まれている。このため石油会社その他ではボーリングのコアの対比などに孔虫化石を利用している。しかしながら貝類には有孔虫とは異なる研究方法やまたその利用法がある。たとえば貝類は海水にも淡水にも陸上にも棲んでいるが化石として残りうる有孔虫類は汽水(半鹹半淡)域を含む海域におもにすんでいる。したがって湖成層や洞窟の堆積物でも貝類によっては古生態学的な検討ができる。しかし陸成層中には貝化石は少ない。一方有孔虫は深海にも多産する。貝類は深海にはまれでありまた浅海でもほとんどいないという地域的な生息場所の差がある。この差があるため地層いかにによってその研究対象をかえなければならない。次に化石の石灰質の殻は空気中の炭酸ガスがとけこんでいる地下水のため失われてしまうことが少なくない。有孔虫は小さいので溶けてしまえば調べられなくなるが貝化石はカスト(殻痕)として残ることがあるのでまずまず調べることができる。たとえば釧路地方で釧路層とよばれる地層中には化石の殻がそのまま残っている層準があるが釧路市付近をのぞいて大部分の層準に含まれる貝化石は殻がとけて型だけになっている。この中にとけてしまった貝化石の型そっくりに酸化鉄の沈澱していることが多いがこの酸化鉄は固まっていることはむしろまれでたとえ沈澱していたとしてもボロボロになっていて採集して持ちかえることはまずまず難しい。現地では貝化石を鑑定し名称や数量を調べてみたがその結果はある大学で出した「釧路層は温暖水域の堆積物である。」という結論を改めて「化石の殻がとけて有孔虫化石もとれない層準は現在の釧路に似た寒冷水域で形成されたものであり化石の残っている釧路市付近では寒冷ならびに温暖な両水塊が存在しそれらが消長していた」と推測したい。貝化石では野外で採集してすぐその属・種を決定できることが多いが有孔虫はふつう持ちかえりサンプルを整理してから研究することが多い。このことから見ても貝化石は野外で即座に層準をきめ

る時などに便利である。以上のように貝化石と有孔虫化石を古生態学上の検討や地層の対比に使いわけすれば目的に応じた成果が期待されよう。

沿岸水と外洋水の貝類

陸地の沿岸近くにある海水や陸地から遠い所にある海水などにすむ貝類については地質ニュース84号でのべたことがあるが今回は東京湾を例にとって古生態学的な調べ方について解説してみよう。

東京湾は南北に長い湾でその奥部では外洋の影響がほとんどない。しかし湾口では黒潮の小分岐やまた黒潮から影響をうけた沿岸水に洗われるからこうした環境の相違は生物群にも当然影響を与えている。この相違を調べる目的で執筆者の1人石山は千葉県西海岸10地点から貝類の遺骸を採集して比較検討を行なった。採集地点は北から幕張・市原町八幡(八幡宿)・姉ヶ崎・木更津市・桜井・富津・天羽町湊(上総湊)・保田・富浦町多々良・館山市坂田・同市富崎である。

まずこうして採集した貝類の中から外洋水要素と沿岸水要素を代表するものそれぞれ4種づつ選んでこれら外洋水・沿岸水の影響というものを調べてみることにしよう。東京湾口に限ったことではないが北半球では黒潮のような右巻き(時計回り)の海流から外側に出た枝の流れは地球の自転の関係で左巻き(反時計廻り)となる。したがって黒潮の枝からさらに出た小枝も左巻きになって千葉県南側から西にむかうのが普通である。このためオキニシやナガザルガイのような水温が低下するような地域には棲まない貝でも千葉県南部では採集することができたりする。採集地点は第1図で示す。

しかし黒潮の小枝の勢力には消長があるのでこれら二つの種は以前採集した場所へ行っても再び必ず採れるとは限らずオキニシならば南の富崎や坂田の方でとれる可能性もありナガザルガイならば多々良か富崎でとれることもありうる。今回ボウシュウボラは湊・多々良・富崎などで採集されなかったが潮勢の分布から見れば今後とれる可能性はあり今回とれた保田・坂田などへ行ってもまだとれると思われる。エガイについても多々良・坂田・富崎などでは再び行ってもとれると思われるが桜井より奥の湾内ではこれらを捜しても特別の原因でもないかぎり入手できないと思う。

次に沿岸水の要素を示す貝類はどうだろうか。オオノガイとヘタナリとでは分布の上で相違がみられ前者は姉ヶ崎と八幡で後者は桜井と富津で採集可能と思われるが富津の岬より南では入手困難のようである。

サルボウは幕張から湊まで採集されたがこれもその辺までしか分布していないと思われる。シホフキは

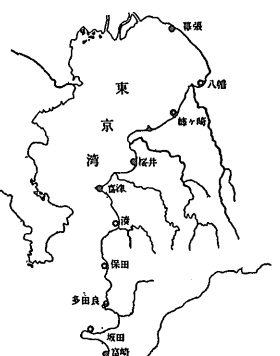
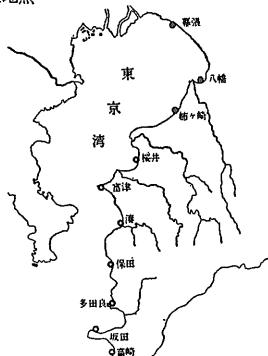
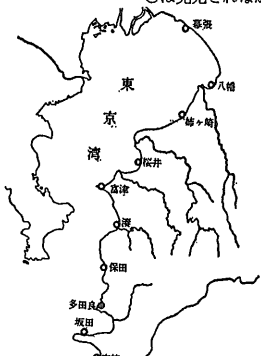
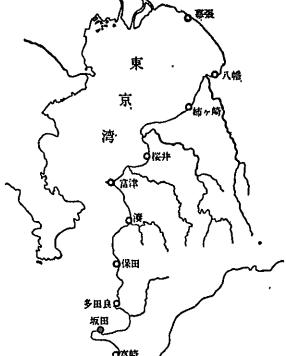
サルボウと同様湊までに分布し その他富崎でも採集された。沿岸水にすむ貝類には 湾の形をした所ならば 比較的各地に棲む種類があり たとえば アサリは伊豆

大島の波浮港にも棲み 今回の調査では全地点から採集された。ただアサリやハマグリ・シジミ類は 食用に供した残りの殻である時もあり 海岸で拾ってもその生

第1図 外洋水の貝類

注 ●は採取した地点
○は発見されなかった地点

第2図 沿岸水の貝類

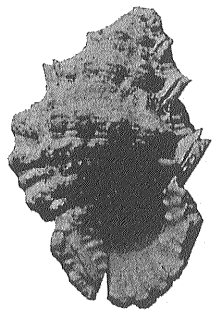
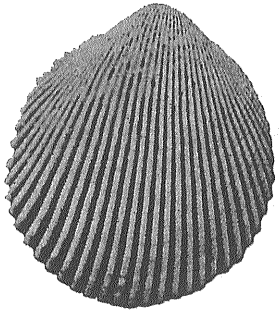


ナガザルカイ採取地点

オキニシ採取地点

ヘタナリ採取地点

オオノガイ採取地点

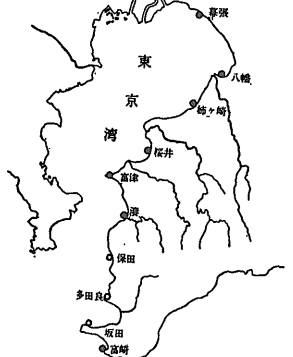
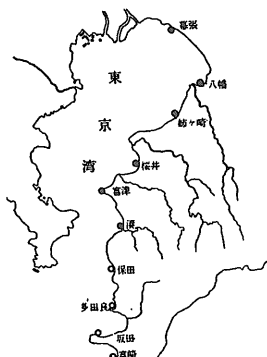
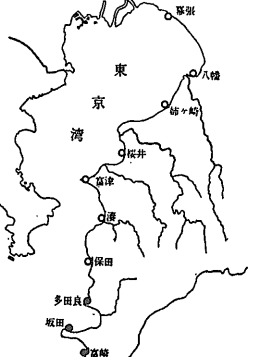
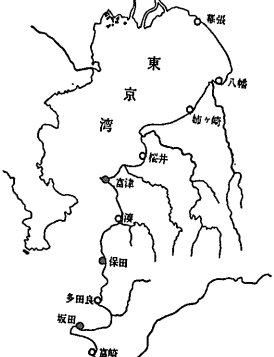


ナガザルカイ
Vasticardium enode
(Sowerby)

オキニシ
Bursa bufonia dunkei
Kira

ヘタナリ
Cerithidea fluviatilis
(Potiez et Michaud)

オオノガイ
Mya oonogai Makijama

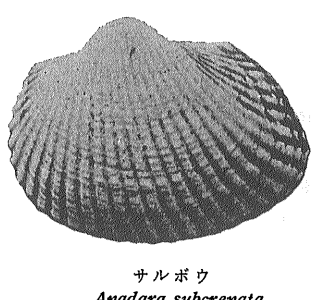


ボウシュウボラ採取地点

エガイ採取地点

サルボウ採取地点

シホフキ採取地点

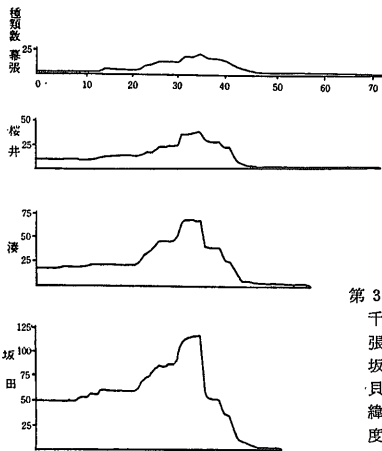


ボウシュウボラ
Charonia sauliae
(Reeve)

エガイ
Barbatia lima
(Reeve)

サルボウ
Anadara subcrenata
(Lischke)

シホフキ
Mactra veneriformis
Reeve



第3図
千葉県西海岸幕張・桜井・湊・坂田で採集した貝類分布が各の緯度に産する頻度

態を論ずることを控えなければならないことがある。以上の色々な例から 外洋水要素を示す貝類やまた沿岸水要素を示すものにも 2~3のタイプがあることがうかがわれる。次に1地点で採集された種類全体をみて名称の査定さえすれば 誰にでもそこが沿岸水が発達した所か 外洋水の影響が強いかなどを区別できる方法を示そう。少なくとも東京湾(北緯30度)の奥の沿岸水は 夏と冬とは温度差が外洋水に比べてかなり著しく 湾の奥では冬の低温に耐えられる種類に限って生息している。これに反し 房総半島の南部では 外洋水または外洋水系の沿岸水が水温の低下を防いでいるため 貝類には熱帯との共通種がみられ また種類も豊富である。これらの相違は第3図のグラフで比較すれば簡単にわかる。このグラフはおのおのの分布の南限(または赤道以南にまで分布するものは赤道まで)と北限とを黒田・波部(1952)両氏の作ったチェックリストから求め これらが南限または赤道から北限までに普遍的にすむと仮定して作った。すなわち 北緯33度から35度までの間のどこかに分布が知られている種類では たとえ34度においてその存在が知られていなくても あるいはそこに棲める環境がなくても 一応33度から35度までにすむと仮定して おのおのの緯度に合計何種類いるか数えてグラフを描いてある。たとえば沿岸水が発達する湾の奥にある幕張では 種類数は20しかなく 北緯22度のあたりから45度までの種類でゆるい山を作り また赤道付近にも産する種類つまり熱帯性のものは少ない。東京湾口に近い坂田では それが122種にも達し 赤道付近からこの辺にまで分布する種類が半分にも近いことは曲線の最高と 左端の赤道のものとは比べれば 一目りよう然である。また北緯35度から36度の間で 種類が半減することもグラフに示したとおりである。すなわち沿岸水が発達する幕張の外洋水が影響する坂田とは

- (1) 全体の種類の数が著しく異なり
- (2) 赤道まで分布する種類の数も明りように異なり
- (3) 北緯35度と36度の間で減少する種類の数も著しく 35度までしか分布しない種類数の状態を示す

坂田における122種のもは幕張の約6倍の種類があるから 幕張の20種を6倍の高さにし同じ種類にしても 坂田に比べ(2)と(3)に指摘した相違がみとめられる。また坂田・湊・桜井・幕張などの4地点を比較すれば 湾口に近い坂田から湾奥の幕張に向かって(1)全体の種類数も(2)赤道にまで及ぶ分布をもっている種類の数も(3)35度を分布の北限とする種類の数も 漸次減っていることがわかる。しかし湊でとれた72種を2倍の高さにした図を掛けば 坂田のものに比較的近い曲線となり また桜井の38種の曲線は 半分の高さになるように掛けば 比較は幕張に近い形となる。しかも湊と桜井との距離は 湊と坂田との距離よりもまた桜井と幕張との距離よりも近いことが注目される。つまり湊では 距離が近い桜井よりも遠い坂田に環境が近似し 桜井でも遠距離の幕張と近似の環境が そのような曲線を作らせることを示している。したがって黒潮系の外洋水の影響をうける坂田と 坂田ほどではないが同様に影響をうける湊と 主として沿岸水が卓越する桜井と さらに沿岸水が発達する幕張とは 以上のように生物群の相違がみられる。上にのべた例から 沿岸水がよく発達する所では 種類の総数が少なく 赤道まで分布する種類もまた少なく 北緯35度を北限とするものもわずかである。これに反し黒潮系の外洋水が強く影響すれば種類は多くなり 赤道まで分布する共通種が増し 35度を北限とする種類も増加する。このことを現生種を含む化石層の古生態学的解析に應用すれば その地質時代における沿岸水が発達状況や 外洋水の影響度合について暗示が与えられる。化石種にはこれと相当する現生種の分布を参考として解析するが当然精度は低い。

地層の深度の推定

海底に棲んでいた生物が 棲んでいた場所で死んでそれが後になって 化石として採集されれば その化石の種類から知られる生息場所の深度や温度 その他の生態学的条件は それと同じ種類の現生の個体が示す生態学的条件と比較してもあまり相違しないと考えられる。しかしながら 海底に棲んでいた生物が 棲んでいた場所から遠くに運ばれてから砂泥中に埋まり 後になって地層から採集されれば その化石が示す生態学的条件は 実際棲んでいた場所とは別の場所の環境条件を示すので 誤解を生ずることがある。このことについては 本誌51号に述べたから詳しくはここでふれないが ただ化石の産出状態には何も考慮を払わずに 化石を持ってきて

生態条件を推定したため 無用の苦勞をする場合が案外多いから 警告しておく。海底の深度は一般的に次の表のように区分されている。

浅海区	潮間帯	N ₀	満潮線から干潮線 (海拔0m)
	上浅海帯	N ₁	干潮線から20~30mまで
	中浅海帯	N ₂	20~30mから50~60mまで
	亜浅海帯	N ₃	50~60mから100~120mまで
	下浅海帯	N ₄	100~120mから200~250mまで
深海区	(半深海帯)	Bn	100~120mから200~250mまで
	中深海帯	B	200~250mから800~1,200mまで
	大深海帯	A	800~1,200mから遠洋底まで
遠洋区		H	

海底では 海拔0m 以外は 厳密な線を引くことができないから ある程度重複した部分のあるほうが かえって便利である。また 半深海帯について説明すると教科書などに泥線といって 200m 付近に砂と泥との境界があるように書いてあることもあるが 実際には場所によってさまざまであり適当でない。事実200m以深(深海)からそれ以浅(浅海)まで泥が連続して分布する所は本邦各地に見られ 深海区の生物が 200m 以浅にまで分布していることがあるので 必要ある時には半深海帯といって区別する。

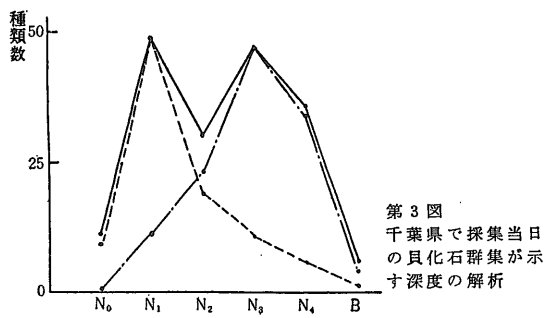
次に地層の深度について解説しよう

千葉県下にはあちこちに貝化石の密集した地層が知られている。とくに下総層群(木下層・瀬又層・地藏堂層)分布地域にその例が多いが このような産状は横浜市金沢区から三浦半島にかけても その他全国各地に広く見られるものである。この様な産地では 地層の上部と下部の化石でそれぞれの示す生息深度が相違することがあり 連続する露頭でも注意して採集することが必要である。たとえば 千葉県君津郡富来田町当日で見られる露頭には 一見不整合かと思われるような偽層があって その不整合のような面の直上には遠くから運ばれてきた要素が多いが 他の部分にはほとんど見られない。他の例は 横浜市戸塚区にある中里層と長沼層との不整合である。長沼層は中里層を削って堆積したため 岩質は良く似ている。しかし 貝化石を見れば N₄ つまり 100m より深い中里層と N₂ すなわち 20~50m位の深度を示す長沼層とは 1つの面を境界にして容易に区別され また地層の堅さも相違する。しかもこの面の直上から殻がとけて型だけになった カキやヘナタリの類など潮間帯の要素を産するから こうした点からみればこの面を境界面とする不整合の存在を疑う余地はない。従来この中里層と長沼層との関係を整合にしたり また地層の境界を誤っている地質図を見ているが 当時の調査においても貝化石を用いて深度の検討をしておれば

このような誤りをしなかったであろうと思われる。

ある地層の堆積した当時の深度を調べるには 化石が密集した地層では 必要があれば 同じ露頭でもいくつかの層準に分けてとらねばならない。そして 各々の部分の化石群に含まれる種類の表を作って その地層の各部分の深度を検討すべきである。化石が散見される程度の時でも 同じ層準ごとに種類の表を作り 種類が少なれば鍵層などで同じ層準と考えられている近くの露頭からも採集してつけ加え それらの種類も考慮に入れて推定する。採集された化石の種類によっては 生息深度の区間に幅があるもので N₁ ないし N₃ とか N₁ ないし N₄ とか 差が見られるから 深度区分の単位ごとに検討される。たとえば N₀~N₂ の種類が 3種と N₁が 3種と N₁~N₂が 3種と N₁~N₃が 2種あるとき N₀の種類は 3種 N₁は11種 N₂は 8種 N₃は 2種とおのおのの深度単位における頻度を数え その最大値をとりここでは N₁にその化石群が棲んでいたと考える。ただし その地層の堆積当時の深度が 即座にその貝類の生息深度と推定して良いかどうかについては 産出状態その他から検討しなければならない点もある。次にその例を示そう。まづ ある化石がかつて生きていた地質時代においても 現在化石として採集された露頭の位置に棲んでいたであろうと考えてさしつかえないような例としては 内湾の奥などがある。内湾奥のように泥が広く分布する所では 遺骸は一般にあまり移動しないことが知られている。このような環境で第4図にあげたようなシヅクガイやヨコハマチノハナガイしか棲まない所がある。また木更津市の犬成や伊豆島には この兩種または片方しか採れない化石産地があり 岩相も内湾によく見られる陶汰の悪い泥相であるから 化石産地が生息場所そのままを示す例と考えられ 岩質も普通上浅海帯 N₁に見られる堆積物である。

しかし 必ずしもこのように化石から推定される深度を即座に地層の堆積当時の深度と断定することは適当でない場合もあるから注意を要する。海底には生息場所の近くに遺骸の堆積する場所があるが 岩礁に棲む生物の遺骸は 岩礁上に堆積せずに 近くの砂底にたまるのが普通である。また 海底地すべり 津浪 などが遺骸を遠くに運ぶこともある。千葉県市原郡加茂町の蕪来(かぶらい)化石帯(坂倉命名)は 深海性の泥層でそこには砂層の夾みがあり その砂層に含まれる貝化石は浅海の砂相の化石である。これは浅海に一度堆積した貝類の遺骸が 海底地すべりその他の原因で 深海底に運ばれたことを示すが この結論は 砂層や泥層の分布からもうなずける。また 深度が異なる化石群が混合した例も少なくない。上に述べた千葉県当日の地蔵



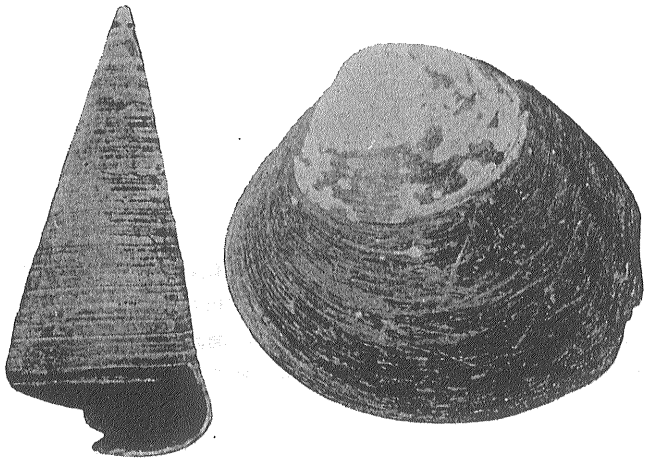
堂砂層に産する貝化石は 潮間帯 N₀ に棲む種類から中深海帯 B に及ぶ種類まであって 深度を考える時に種々の要素があるようだが 頻度分布を見ると 上浅海帯 N₁ と亜浅海帯 N₃ とに 2 コのピークが見られる。しかも 上にも述べたように不整合に似た侵蝕面の直上に位置する粗い砂の部分には N₁ を中心とする種類と N₃ を中心とする種類が含まれ 多少泥質の部分の化石は主として亜浅海帯 N₃ ないし下浅海帯 N₄ の要素から成る。この産地の深度の頻度分布の中で N₁ に及ぶ種

類と N₃ に及ぶ種類の頻度の図を見れば 両要素の混合であると解釈される。そして N₁ の要素は 侵蝕面に似た面の側面に含まれること いかえれば 強い流れに運ばれて生じた面の上にとまっていることから N₁ 位の所から N₃~N₄ 位の所に運ばれてきたものと思われる。房総半島にも 三浦半島にも これに似た N₁ と N₃~N₄ との両要素が混合する例が少なくない。以上のように 堆積当時の深度の推定には 化石の産状を慎重に調査研究することが必要で 化石が示す深度を調べ その結果と層位学的諸事実とを じゅうぶん検討した上で はじめて結論が得れる。

塩分の濃度

塩分の濃度は 詳細に検討すれば 黒潮と親潮とでも相違するが今回は 淡水の注入その他によって塩分が薄くなった海水の貝類についてだけ述べよう。内湾でも淡水が流れこむ湾と 外洋水が潮汐作用その他でいつも侵入してくる湾とでは 生物相にちがいがみられる。河川の注入により塩分の濃度が薄くなれば 生物体は体液が薄まる危険にさらされてこれは一見よい環境ではないようだが実は 河川が運んでくる栄養塩類を植物プランクトンが同化し繁殖しさらに 動物プランクトンもこの植物プランクトンを餌として多くなるから 餌の多い環境という利点がある。そのため海水よりも塩分のうすい水つまり汽水に特有な種類というのも少なくない。汽水のうちでも塩分が高い汽水では 沿岸水が発達する所に見られる種類が多いが 塩分の薄い所では シジミ等のごく少数の種類に限られる。また 熱帯地方の内湾のような環境には マングローブが茂り その樹下に発達する沼沢地には センニンガイ・ヒルギシジミ などが特徴的である。富山県婦負郡八尾町付近にはこれらの近似種の化石が知られ マングローブの沼沢地に似た環境が推定された。

第6図 マングローブ沼沢地の代表的な貝類



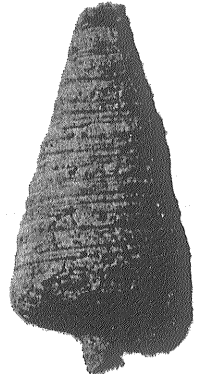
センニンガイ
Telescopium telescopium
(Linnaeus)

ヒルギシジミ
Geloina sinuosa (Deshayes)

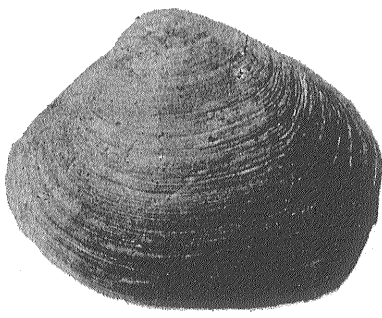
八尾尾群に産した上の両種の近似種

むすび

貝化石を利用した古生態学研究は 現生貝類の生態をもとにして種々の古生態学的検討が加えられる。地質時代における沿岸水の影響・外洋水の影響・深度・水温・塩分濃度の推定などの他 地質時代の判定など まだ多くの用途があるが ここでは省くことにする。ただ 地質学者の中には化石を見てもらえば 環境が何でもわかるように考える人がいるが 化石の産状や 岩質変化の仕方などについても じゅうぶん考察した上でないと よい結論が出ないことを指摘してこの編の結びとしたい。



ヤツオセンニンガイ
Telescopium schencki
(Hatai et Nisiyama)



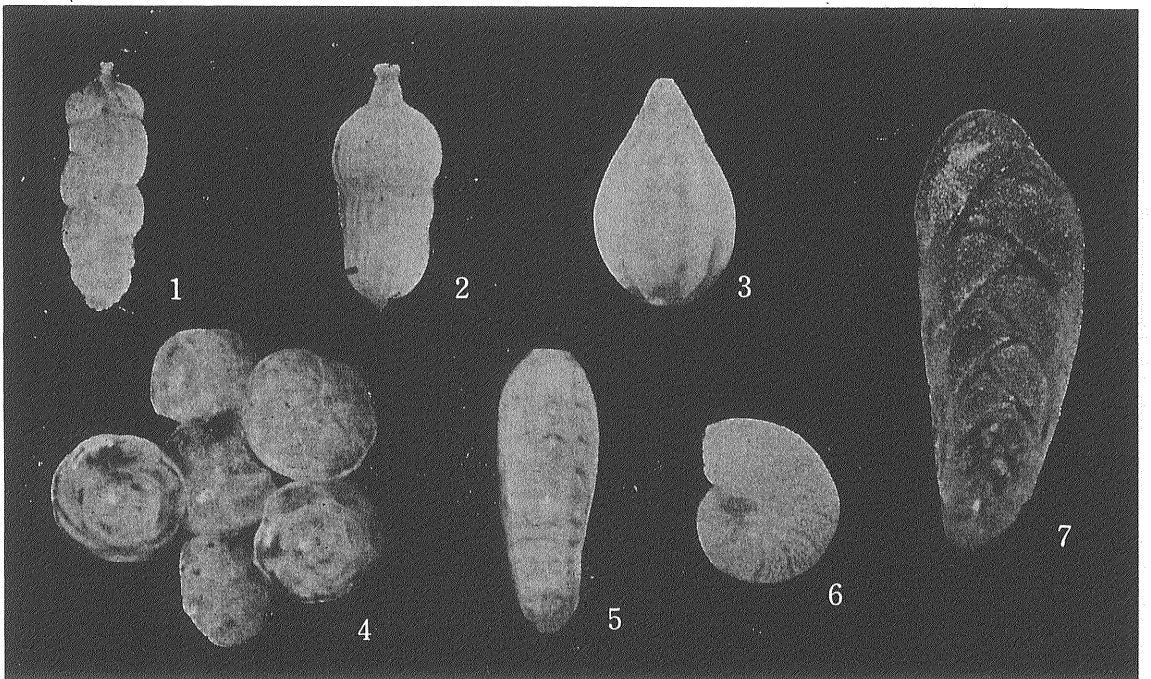
スタックヒルギシジミ
Geloina stachi Oyama

殊な問題である地表に露出している部分の研究にとりか
 かなければならない。このような対比に有孔虫類が
 もつとも有効に使われていることは いまさら述べるま
 でもないことであろう。 実例について見ると 南関東
 ガス田地帯や 日本海岸の油田・ガス田地帯においては
 坑井の掘さくに際して得られる掘屑中に含まれている有
 孔虫類の調査・研究が第1に行なわれ その結果をたて
 糸とし 電気検層その他の検層結果および掘屑の岩石・
 鉱物学的所見をよこ糸として 鍵層その他の時面の深度
 分布が ほとんどコア掘りを行なうことなく 正確に把
 握されているのである。 このような情勢下において
 さらに慾をいえば 地表および地下を含めた全体として
 の地層の堆積学的研究こそ 今後推進されなければならない
 ものである。 また 止むを得ず地表に露出してい
 る部分だけを取り扱う場合には その特殊な性格をよく
 把握してから 研究にとりかかなければならない。
 それと同時に 若い地層の地表に露出している部分は
 堆積盆地の周縁部に堆積したものである場合が多く そ
 こには堆積盆地の中心部に堆積した地層からは 読みと
 り難い地変の結果が記録されているなど この部分の研
 究にはそれなりの長所もあることを忘れてはならない
 (地質ニュース 95号 1962—5参照)。

つぎに述べておきたいのは 現在行なわれている堆積
 学的研究の大きな欠陥の1つとして 地質学的現象をと
 もすれば物理・化学的な現象中に解消してしまいがちな

ことが挙げられるが この問題も 有孔虫類の特性を活
 用することによって 容易に解決される。 たとえば
 砂および泥の互層の生成の問題1つをとり上げて見ても
 物理・化学的に考えられる生成過程は多数あるが 実際
 の地層を研究対象としてとり上げる場合には それは浅
 海あるいは深海といった特定のところで生成されたはず
 であり それと相反する資料をもとにして考えられる生
 成過程は たとえ物理・化学的には可能であっても 地
 質学的にはまったく無意味といわなければならない。
 砂・泥の互層の中には 貝類の少ない深い海底で生成さ
 れたものもあるが このような堆積環境も 地層中に含
 まれている有孔虫類を研究することによって 容易に知
 られるのである。 泥層その他の生成過程の研究に際し
 ても同様な注意が必要であり 海成層であるかぎり 堆
 積学的研究の第1段階として その中に含まれている有
 孔虫類の研究は 欠くことのできないものである。

ドロマイトのような特殊な堆積岩の生成過程を考える
 上にも 同様な注意が要求される。 1934年から1936年
 にかけて 東北大学の矢部長克博士の立案・指導のもと
 に行なわれた北大東島試錐は 珊瑚礁の成因論に大きな
 進歩をもたらしたものとして 世界的に知られているが
 そのコアに関する半沢正二郎博士の古生物学的研究 なら
 びに太田恭博士の岩石学的研究の結果を整理しなおし
 て見ると ドロマイトの生成過程を考える上に重要な事
 実が浮かび上がってくる。 それらは以下述べるように



第9図 美しい有孔虫類(倍率不同) 1. *Uvigerina akitaensis* Asano 2. *Lagenonodosaria scalaris* (Batsch)
 3. *Lagena apiopleura* Loeblich and Tappan 4. *Buccella inusitata* Anderson 5. *Siphogenerina raphana* (Parker and Jones)
 6. *Nonion nikobarensense* Cushman 7. *Bolivinita quadrilatera* (Schwager)

興味深い関連性を示している。

北大東島試錐のコアは 岩質およびその中に含まれていた有孔虫類を主とする化石によって 第1表ならびに第8図のように区分される。有孔虫類は その殻の構成物質によって キチン質有孔虫 砂質有孔虫 珪質有孔虫および石灰質有孔虫にわけられるが このコアに見られるものは *Textulalia* sp. を除いて すべて石灰質有孔虫である。また 有孔虫類には 浮游生活をいとむものと 底棲のものがあるが このコアに見られるものは *Globigerina bulloides* d'Orbigny を除いてすべて後者に属する。さらに 底棲のものは 偽足によって自由に運動できるもの (free forms) と 他のものに付着しているもの (attached forms) とにわけられるが このコアには つぎに挙げるような後者に属するものが 多数含まれている。

- Borodinia septentrionalis* Hanzawa
- Planorbulinella larvata* (Parker and Jones)
- Acervulina inhaerens* Schultze
- Gypsina globulus* Reuss
- Carpenteria proteiformis* Goëss
- C. sp.
- Homotrema rubrum* (Lamarck)
- Sporadotrema cylindricum* (Carter)
- Miniacina miniacea* (Pallas)

第1表から明らかなように この試錐コアのドロマイト化作用が進んでいる部分は 上に挙げた付着性の有孔虫類が多いところである。しかも これは大きな不整合をはさんだ下部中新統と更新統という非常にへだたった時代のものが重畳する場合に共通な事実である。

一方 珊瑚礁を構成している生物遺体の $MgCO_3$ 含有率について見ると そのとくに高い値を示すものは *Lissotamium* とそれに近縁な石灰藻類および石灰質有孔虫類である。北大東島試錐のコアのドロマイト化作用が進んでいる部分も この両者 とくに前者が多いところである。しかし 上に挙げたような石灰藻においても $MgCO_3$ の含有率は約 10~25% とされており また石灰質有孔虫類のそれは約 2~12% とされているので いずれにしても ドロマイトの初生有機沈でん説をとるには無理な値である。したがって 以上の事実は海棲生物起原の石灰岩の中には ドロマイトになりやすい素質をそなえたものがあることを示すものと考えてよからう。また 海棲生物の骨格や殻を構成する石灰質物質の $MgCO_3$ 含有率は 水温の上昇とともに大きくなるといわれているが これもドロマイトになりやすい素

岩質による区分		深さ(m)	化石による区分
I ドロマイト		0~約45	<i>Acervulina inhaerens</i>
		約45~約105	<i>Amphistegina radiata</i>
II 石灰質ドロマイト	1. 石灰岩 (未固結)	約105~約107	<i>Cardium frugum</i>
	2. 石灰岩	約107~約110	
	3. ドロマイト質石灰岩 (未固結)	約110~約119	
	4. ドロマイト+石灰石	約119~約132	<i>Acervulina inhaerens</i>
	5. ドロマイト	約132~約137	<i>Amphistegina radiata</i>
	6. 石灰岩	約137~約174	Attached forms
	7. ドロマイト+石灰岩	約174~約193	
III 石灰岩	1. 石灰岩	約193~約209	<i>Miogypsinoides-Miogypsina-Lepidocyclus</i>
	2. 石灰岩 (未固結, 粗粒)	約209~約366	
		約366~約395	<i>Miogypsinoides-Spiroclypeus</i>
	3. 石灰岩 (未固結, 細粒)	約395~431.67	<i>Rotalia calcar</i>

第1表 北大東島試錐コアの岩質および化石による区分

質を与えるものとして考えてよからう。

以上に述べたことから このコアに見られるドロマイト化作用は 原岩の堆積当時にその大部分の過程を終わっていたことがわかる。何となれば 先に述べたようにこのコアのドロマイト化作用が進んでいる部分に含まれている有孔虫類その他の化石には はっきりした特徴があり 他の部分との堆積環境の相違があることを示しているが 堆積環境の影響は堆積当時限りのものであるはずだからである。すなわち このコアに見られるドロマイトの生成過程を考えるに当たっては それが堆積当時に大部分終わったとなし得るものだけをとり上げるべきである。また このコアには火山岩および火山碎屑物質が全く見られないので 少なくともこの場合については 石灰岩をドロマイトに変える交代作用に必要な物質と熱の供給源を 海底火山あるいは海底温泉に求めることも不可能である (石膏と石灰 36号 48~56頁 参照)。

最後に この解説シリーズの第3回に詳細な説明が与えられる予定になっている乱泥流について 少し触れておきたい。戦後 わが国においても 乱泥流の知識が一般化し いわゆる異常堆積を含む地層の生成過程の説明等に この概念が使われる場合が少なくないが その判定がすべてじゅうぶんな裏づけをもってなされているとはいえない。乱泥流を考える以上 異なった環境に堆積した地層が相接して存在しているはずであるがこの判定に有孔虫類が有効であることは 改めて述べるまでもないであろう。乱泥流の概念が 水溶性ガスの採鉱に当たってすでに実用化されていることは 筆者が別の機会に述べたとおりである (地質ニュース 95号 1962-5 参照)。

珪藻

珪藻は単細胞の植物で およそ水のあるところ 日光のおよぶ範囲内には常に しかもおびただしく生存している。大きさは 10ミクロン～数100ミクロンの微細なものであるが その珪質の殻には 無数の孔隙 点紋がまことに美しい配列をしており 顕微鏡で見る楽しみはまた格別である。前世紀末にはいいねいな筆写によるみごとな図鑑があい次いで発表され 最近では 5000倍ほどの電子顕微鏡によって きわめて繊細な構造が見出され写真にとられている。なお最近カール・ツァイス社では9000倍まで観察可能の光学顕微鏡 “ダブルマイクロスコープ” を作ったとのことで 珪藻の同定はこれであらう容易になるのではないと思われる。

現在では化石種を含めて 600属 2000種以上が知られているというが 1枚のスライドにのせた珪藻質泥岩粉末に数10種を見出すことができ 変化に富むことはまた楽しみである。わが国では前世紀末に J. Tempère あるいは J. Pantocsek が江戸 仙台 遠別 網走などで多くの新種を見出して以後 化石珪藻の研究は久しくとだえていたので 今後も多くの新種 珍種が見だされるものと思われる。米国ではアマチュアの間で写真の交換が行なわれているとのことであるが わが国でも浮遊珪藻類 (厚生閣1960年再版) を書かれた日本大学教授小久保清治氏が同好会を作っておられると聞いている。また最近では地質家の間でも地層のあり方と結びつけた珪藻の研究が盛んで 海成層については金沢大学 市川渡教授 東北大学 金谷太郎助教授 (両氏による文献等の紹介が地球科学33号 1957年にある) 海洋底質については 北海道学芸大学函館分校 押手敬博士 淡水層については 京都工織大学 奥野春雄教授 宇都宮大学 阿久津純博士 熊本商業高等学校 林敏氏等が論文を書いている。世界的にも Hustedt の Kieselalgen V. Heurck の Synopsis などの古典が再版され 珪藻研究の隆盛期に入ったもようである。

化石珪藻の所在

工業的にも利用されている珪藻土がほとんど珪藻殻のみからなり おもに湖成層できれいな木の葉の化石をも埋蔵していることはよく知られているが 品質の悪い海成層が珪藻質泥岩として地層の一単位をつくり 意外に広く分布することはあまり知られていないようである。見かけは凝灰質岩のようであるが 乾燥すればきわめて軽く淘汰がやや悪く (細粒砂とシルトの混合) ポクと愛称

され (北海道では上部中新統にある) 層理は不明りょうで広い崖をつくる。その岩相の表面は厚板状にはげ落ち また薄膜状に硫黄を析出し あるいは酸化鉄が年輪状の縞をつくる傾向がある。これより若い鮮新統では砂岩にも珪藻が含まれることがあり 第四紀の段丘砂礫層中の泥中にあることも珍しいことではない。古い地層中にはなかなかみられないが 珪質頁岩とか硬質頁岩層が部分的に岩相変化した軟質泥岩中に豊富である。また粗粒の凝灰岩で風化してぼろぼろになるものにも豊富に含まれていた例があり 注意を要する。水成岩の岩石薄片中から見出すとき 400倍以上の高倍率で見れば容易に検出することができ これによって予想外の新産地を発見する例もある。普通はナイフで岩石を削り その粉をスライドにとり 水で浸して高倍率で観察すれば珪藻の存在の有無は判定できる。珪藻殻は薄弱なので 保存不良の際にはほとんど存在せず 良好の場合にはきわめて多量に見出される。ただし 幌内層などは泥岩から有孔虫を抽出する際に 大形珪藻がしばしば硫化鉄によごされた状態をもって検出されることがあるが 量が少なく その利用は今後の問題であろう。

わが国では 現在のところ漸新統最上部の白坂頁岩 (常磐炭田) の珪藻がもっとも古いものであるが 世界的には古第三系の珪藻質泥岩も少なくない。ソ連のウラル・米国のカリフォルニアでは上部白亜系からも知られており わが国でも探求の余地があるものと考えられるが なお この際には石灰質団塊に注意すべきである。

化石珪藻スライドの作成

化石珪藻の観察に当たっては 化石を純化し (その他雑物の除去) また清浄化する必要がある。珪質なので強酸 ときには王水を用い 電気炉で数100度に加熱 硫黄鉱石では二硫化炭素を使うなど 種々の方法が用いられているが まだ理想的な方法はないようである。筆者は次のような金谷太郎 (東北大学) が女川層の研究に用いた方法の簡略法を採用している。

試料約2グラムを鉄臼にとり 水を加えてもみほぐし または軽くたたき 適宜懸濁部をピーカーに移してゆく。最後は 静かにゆすって砂と泥をよく分離させ すべてをピーカーに移し 少量のピロリン酸ソーダを加え1～2時間以上放置する。次いで1.5時間ごとに濁った水をすててゆき 上澄み透明になるまでこの操作を繰り返す。次に数秒で沈む砂を残して 他のピーカーに移すが 残した砂に大型珪藻の有無を調べる必要がある。こうして10ミクロン～数100ミクロンの粒度のもののみを濃縮させ スライドにのせる段階に入るが 比重 2.3

前後の重液で遠心分離すればさらに純化できるだろうがこれはまだ筆者は行っていない。次にスライドの作り方であるが まず定量の水をピーカー中の試料に加えて懸濁させ スポイトで一部をとり カバーガラス上に一様に分布するよう滴下し 自然乾燥させる。次にじゅうぶん流動するまでキシロールで薄めたバルサムを滴下し アルコールランプで焼きあためたデッキグラスに貼布する。しかしバルサムより屈折率の高い Hyrax などを使用の方が好ましい。なお1000倍にして観察する際には Anisol を用いればあとの清掃は不用である。

化石群集の定量的研究には以上の操作を厳密にし 顕微鏡下で200個体を算定し その走査距離から原試料中の珪藻含有量を知ればよいであろう。顕微鏡写真にはポジフィルムを用いても印画紙用現像液でよい結果が得られる。1000倍ではトランス全開のとき10秒露出を規準にして試写する。顕微鏡用露出計を用いればもっともよい。

珪藻の特質と地質学

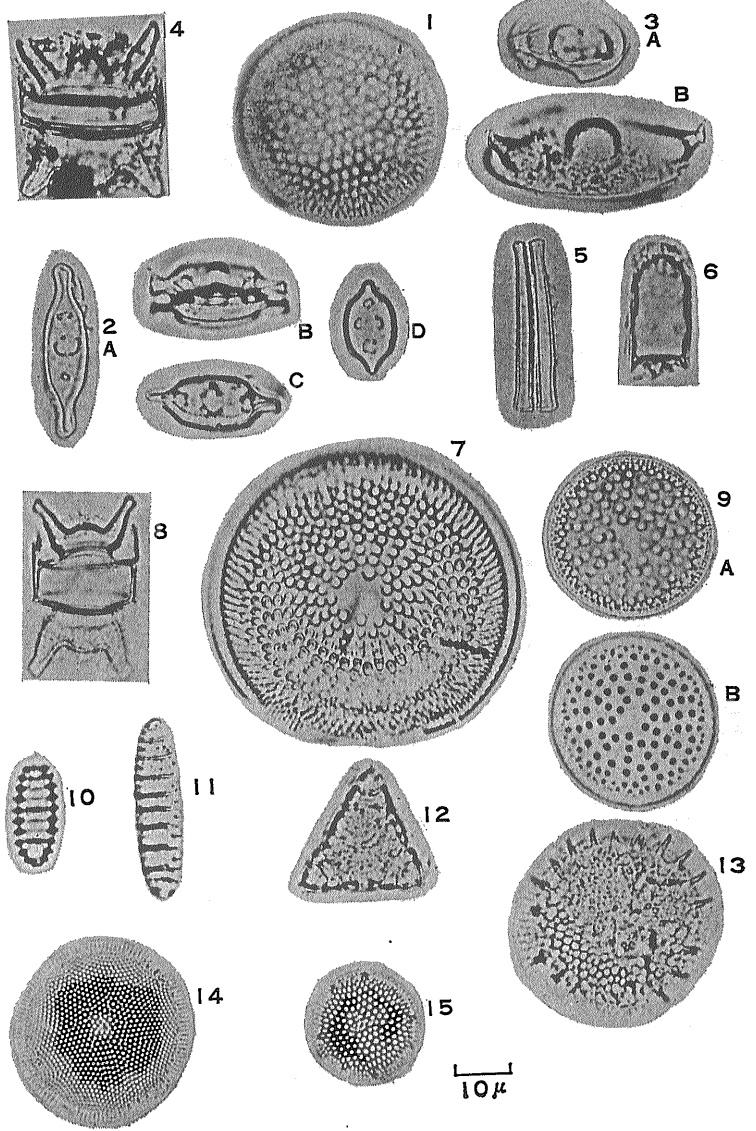
珪藻の殻は不定形珪酸なので 酸には強いがアルカリには容易にとける。また薄弱で破碎されやすく 淘汰作用に弱いなどの欠点がある。これが珪藻質泥岩などとして地層の単単位をつくることは 化石礁とも異なる堆積学上の一課題と考えられるが この点についての研究は 少なくともわが国では行なわれていないようである。現在珪藻は地表のあらゆる所にみられ その生息場所に応じて異なった種が分布している。おおまかには淡水性のもは舟形 円筒形あるいは薄い円盤形を呈し 汽水性では長円形 海洋性では釣鐘形 厚い円盤形などで 化石珪藻から容易に地層の堆積環境を知ることができる。近年は海洋底質中の珪藻の研究が飛躍的に発展し 海洋種にも沿岸種 近海種 遠洋種の区別がまた寒帯性 温帯性などの区別がますます詳細にわかってきている。また頻度分布をみると 湾の地形とよく一致するとか 千島列島のような孤島には無関係に むしろ大陸地からの距離に支配されて遠洋種が分布するというような成果も得られている。

珪藻群集の分布から 北太平洋の海底

下の地層は5分帯され その間に2回の温度低下 海面降下を伴った氷期が認められている。北欧では間氷期の海進を珪藻によりみごとに実証している。筆者らは阿寒湖北西の津別地域で 津別層群と上里層群の2回の堆積輪廻があって 珪藻によれば先の海進は急激でその海退期にはむしろ堆積盆地の狭小化が顕著で 後の海進海退のゆるやかであったのと異なることを見出した。

珪藻は海面変化の検出に有効であり 底棲有孔虫 貝化石は堆積時の海底の状況を 花粉からは陸地の気候状況 堆積岩そのものからは陸地の地質 地殻の動揺が知られるもので 互いにあい補うものといえよう。

ところで珪藻質泥岩には有孔虫 貝化石がまれにしか産せず したがってその地質時代の推定には珪藻を利用



津別付近新第三紀化石珪藻 (写真のNo.は14頁下表右はし参照のこと)

せざるを得ない。さらに底棲種は 日光の到達範囲内の沿岸の浅所のみに限られるが 珪藻の大部分は浮遊性であり 微細なために広い範囲に分散させられることも考えられ 遠く離れた地域の地層対比に有効であろうと推定される。

石油資源開発株式会社小林精一氏は 石狩平野周辺の新第三系上部を5分帯し これが十勝平野でも可能であり対比に役立つことを述べており これを私たちが行なった津別付近の分帯と比べて表示する。筆者らのA群は *Rutilaria?* sp. の存在で識別され A₁には *Biddulphia aurita*, B. sp. が A₂には *Rutilaria?* sp. A₃には *Melosira granulata*, *Xanthiopyxis* sp. がそれぞれ顕著である。B群についてみれば B₁には *Actinocyclus ingens* など *Coscinodiscus elegans* 型のものが B₂には *Coscinodiscus marginatus* が B₃には *Thalassiosira* spp が顕著である (付表参照)。筆者が予察したところをこの付表に示したが 優勢種に注目してのいわゆる Assemblage Zone でも 中部日本以北の対比に珪藻の有効なことを示すものと考えられる。網走から釧路炭田西縁の例については 地質調査所月報第12巻第11号をみていただきたい。

珪藻でも biozone の設定は可能であり 今後の重要

な課題と考えられる。金谷らは北米カリフォルニアの *Denticula* 属を詳しく検討して 中新世前半には *D. lauta* のみが 中新世後半には *D. hustedtii* が出現して優勢であり 鮮新世には *D. kamtschatika* が出現し 第四紀にはすべて消滅して *D. seminae* のみとなっており この分帯は わが国にも適用されるとの結果を得ている。

最後に海洋地質に珪藻の寄与した例をあげてみる。

Kolbe (Science 1957年) はアフリカ南西 900km の深度 7,300m の Romanche 海溝海底下 5.5m に淡水性珪藻群集を見だし 陸上の湖水が沈下したとも考えられると述べている。オホーツク海盆中央部2カ所の隆起部 (深度約900m) の海底下数m以深には 第三紀の種類が顕著となっているという (Jousé 1961年)。あるいは第三紀末に隆起陸化して 最後の氷期直前に沈水したとも考えられよう。飯島・加賀美 (地質学雑誌1961年) は三陸沖の大陸棚斜面 (深度 2,300m) に露出する基盤が 珪藻からみて中新世末ないし鮮新世初期のもので これが隆起陸化して礫層を被って後 日本海溝の深化にともない再び沈降したものと結論しており 海洋底にも大きな変動のあったことが 推定されるに至っている。

地層区分	津 別 層 群															上 里 層 群							参 照 文 献	写 真 番 号							
	達 堀 層 下 部				達 堀 層 上 部				津 別 層 上 部							美 都 層 上 部		里 里 美 層													
	Ala		Alb		A2a		A2b							B1		B2	B3														
資料(地点)番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	Yb	2155		
原試料番号	454	1300	1233	267	1190	1741	1744	1221	2432	2442	2291	2297	2300	16	17	KS	Yb	Yb	306	2015	2016	2519	Yb	Yb	Yb	Yb	Yb				
<i>Rutilaria</i> sp.	○	○	○	●	○	○	●	●	—	—	○	—	○	●	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
<i>Biddulphia</i> sp.	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○				
B. <i>aurita</i>	○	○	○	○	●	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—				
<i>Coscinodiscus marginatus</i>	●	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○	—	○				
C. <i>radiatus</i>	○	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
C. <i>stellavis</i>	—	—	—	—	—	—	○	●	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
<i>Stephanopyxis</i> cfr. <i>ferox</i>	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○	○	—	—	—	—	○	—				
S. <i>turtis</i>	○	○	○	○	—	—	—	—	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○	—	—	—	—	—	—				
<i>Actinocyclus ehrenbergii</i> & var	○	—	—	—	—	—	○	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
<i>Archinodiscus ehrenbergii</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
<i>Coscinodiscus avrus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
<i>Fragilaria</i> sp.	—	—	—	—	—	—	○	○	—	○	○	—	○	○	○	○	—	—	○	—	—	—	○	—	—	○	—				
<i>Melosira granulata</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	●	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
<i>Xanthiopyxis</i> sp.	—	—	—	—	—	—	○	—	○	○	●	○	—	○	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
<i>Archinodiscus ornatus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
<i>Cocconeis antiqua</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
<i>Lithodesmium</i> sp.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
<i>Thalassiosira marjamicus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
Th. sp.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
Th. <i>elegans</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	○	○	○				
<i>Actinocyclus ingens</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	●	●	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
<i>Chaetoceros cinctus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—				
<i>Coscinodiscus elegans</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
C. <i>excentricus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
C. <i>lincatus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
<i>Denticula hustedtii</i> & <i>D. lauta</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	●	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
<i>Rouxia pergallii</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
<i>Stephanopyxis scheukii</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○				

注) 1) —: 2%まで ○: 10%まで ●: 20%まで ○: 30%まで ●: 30%以上

2) Ybは山口 KSは沢村 Miは北海道支所石田技官の採集資料

大形植物化石と古生態学

大形の植物化石による古生態学的研究は 動物化石のそれにくらべてかなり遅れていた。しかし最近多くの研究成果が発表され 古生態学的重要性はましてきている。植物化石は おもに湖や潟などの浅水堆積層に含まれ とくに炭田地域から保存のよい化石が産出されている。こうした面に利用できる植物化石の研究法の概観をのべてみよう。

研究法

植物化石の採集はなるべく完全な標本を多く取ることがのぞましい。化石そのものがきわめて薄いものであり こわれやすい凝灰質岩などに含まれていることが多いから 現地ですでにできるだけ大きなブロックのまま採集し研究室へもちかえて 落ちついて ていねいに清掃 (cleaning) し研究を開始する。これらの化石植物によって地質時代 古気候などを論ずるには少数個の化石を取り扱うよりも 最近ではできるだけ数多くの個体を研究すること できれば 3,000~5,000個の標本が必要であるといわれている。このような大掛かりな方法をとる場合にはそれらの全標本を研究室に持ち帰って鑑定することは運搬などの点から不可能に近い。それで現地で鑑定できるものは現地で種別から個数まで詳しくしておく。また葉化石だけでは その種名が決められない場合もあるので 種子・果実・毬果などの化石も採集するようにとくに心がけてほしいものである。

植物化石は 動物化石に比べると比較にならないほど破損しやすい。その理由としては その葉化石自体が非常に薄いものであること 含まれている地層そのものは非常に薄く成層しているものが多く 層理というよりも葉理の単位ぐらい薄いものにも注意をむけなければ なかなか化石が見つからないことにもよる。葉化石の鑑定の要素でとくに重要な葉縁を破損すると 鑑定不能のものを生ずることも往々にしてある。

葉化石の鑑定に当たっては 現生植物の要素をじゅうぶんに理解することがまず大切である。

第三紀以降の化石についてはこうした現生植物の葉についての知識が非常に役立ち その他果実・毬果を対象とした研究においても同様のことがいえよう。

葉化石鑑定の要素

葉化石鑑定の1例をとり上げてみると まずその化石葉の外形が卵形であるとか 掌状(手のひらの形)である

とかを定める。その大きさなどでは それらの種を決めることはできない。むしろ 葉の長さとの幅の比(葉形指数)によって 種の区別ができる場合がある。

その次に葉の頂部 基部の特徴をつかんでこれを調べ とくに葉縁については“切れ込み”の有無だけでなく その“切れ込み”が波状であるとか 鋸歯状であるとか さらにその粗さなどが問題となる。また二次脈が葉縁に対してどういう配列になっているかなど 注目して調べなければならぬことだろう。こうした見地から植物の種類が明らかになった上は それらの化石種にもっとも似ている現生種(近似現生種)の生活条件・地理的分布状態などを検討した上 それらが堆積した当時の古気候を究明することになる。

また化石植物群全体の中における絶滅種やその化石がとれた地域には 現在自生していない外国種などの比率によって その化石が含まれていた地層の地質時代を考えるということなどが 大形植物化石研究の常道ともいうものである。また見方をかえてみると その化石の保存状態がどうであったか たとえば きわめて保存のよい地層中にみごとに残っていた時は 静かな水流の乱れない環境を暗示しているし 化石葉の帯びている色も非常に特色のあるものであれば 考えに入れる必要がある。濃い褐色を帯びている化石葉は よく新第三紀の炭田の夾炭層の中から見出されるが 堆積した当時沼沢地などで 濃いフミン酸の沈んでしている環境の下に埋もれたことを 一面においては示しているのではなからうか。

植物化石からわかること

大形の植物化石から判明するいくつかの地質学的資料については すでに本誌37・43・93号などに述べられてあるので詳しくはくり返さないが 地質時代別にその要点を拾ってみることにしよう。わが国の夾炭層には豊富に植物化石を産し 諸外国に比べても 決して保存は少ない方ではないことがわかってきた。地質調査所では そのうちおもに第三紀層について研究しているが 古第三系において重要な産地は 北九州や北海道だけでなく常磐・宇部炭田なども調査するにつれ よい産地がたくさんみつかった。わが国の古第三紀植物群を通じてかねて特徴があるといわれているものは *Nelumbo* (ハス) や *Salvinia* (サンショウモ) などの水生植物が多く出ること *Sabalites* のような 現在わが国では自生がみられないヤシ科の植物が限られた分布ではあるが みられることなどである。

その他広葉樹としては *Populus* (ポプラ) *Juglans* (クルミ) *Alnus* (ハンノキ) *Betula* (カバノキ) *Zelkova*

(ケヤキ) *Ulmus* (ニレ) *Cercidiphyllum* (カツラ)
Alangium (ウリノキ) *Platanus* (プラタナス) *Tilia* (シ
 ナノキ) *Magnolia* (ホホノキ) *Acer* (カエデ) などが普
 遍的に見出されるもので、また *Metasequoia* (メタセ
 コイア) *Taxodium* (スイショウ) などの針葉樹 *Osmunda*
 (ゼンマイ) *Equisetum* (トクサ) などのシダ植物などの
 温帯性植物も普通に産出する。その他古第三紀の植物
 群中には *Cinnamomum* (クス) *Quercus* (カシ) *Liqui*
dambar (フウ) などの暖帯性植物がみられ、以上のほ
 か種々の検討が行なわれた結果から、古第三紀の気候は
 現在よりも暖かく多湿であったと考えられている。地
 質時代がさらに新しくなると、植物化石の方からみても
 古第三紀時代とは異なった構成が示されている。

わが国では新第三紀植物化石の産出は非常によく調べ
 られており、北海道大学棚井助教授によれば下位から相
 ノ浦・阿仁合・台島・三徳・新庄・明石の6層準にわけ
 られている。

相ノ浦植物群ではカンパ・ニレ・パラ・マメ・シナ
 ノキ・ウリノキ・エゴノキ科に属する温暖および温帯広
 葉樹を主体としており、スギ科に属する針葉樹を混交し
 ている。阿仁合植物群ではヤナギ・クルミ・カンパ・
 ニレ・ブナ・カツラ・カエデ・シナノキ科などに属する
 温帯性落葉樹を主体とし、これにスギ・マツ科の温帯針
 葉樹を混交している。台島植物群は温帯落葉樹は減少
 し、温暖帯広葉樹が優勢となる。こうした地質時代の
 経過による植物群の変遷というものが古気候の変化に関
 連しているという立場から、大形化石植物群の研究は古
 生態学的には、気候変化を知る手掛かりとして用いら
 れている。今後も化石植物群の研究が進むにつれ、さら
 にこうした関連の問題が検討されるだろう。

花粉・胞子化石と古生態学

微古植物のうちでも、花粉・胞子化石については本誌
 上で、その価値や応用またはその古生態的意味などにつ
 いていく度かふれてきたので、ここで改めて取り上げる
 こともないが、ただこれらを古生態学的にみる場合どん
 な見方があるか、実例によってふれてみよう。

花粉学のうちでも、堆積物の中から花粉・胞子化石を
 取り出す花粉分析の研究では、その発達の初期において
 はこれをむしろ古生態学的に取り扱う面がつよかった。
 化石の種類を調べ、その植物の示す温度低下や森林の植
 物生育の状態などを明らかにするのに重点がおかれてい
 った。ところが最近これらの化石を形態により分別し表
 現し、その組み合わせによって示す図形をもって、炭層の
 対比や地層の地質時代の判定などを行なう方面がさかん
 となって、さらにそれが燃料資源の開発への応用という
 脚光をあびてきたため、むしろ実際には古生態的な研究
 面と所をかえつつあるような感じさえる。

しかしこうした花粉・胞子化石の産出傾向はやはり古
 植物の生育していた状態の結果が示されているのであつ

て、産出傾向と古植生は無関係でありえないのは当然の
 ことである。そこで、こうした花粉分析の結果からわか
 った花粉化石を、その形態分類による表現から、さらに
 植物名として表現する段階まで行なえば、古植生を考
 察することができる。もちろんこのような研究は大形
 植物化石の研究と併用して行なうことが必要である。

常磐炭田における実例

最近こうした見方から行なった常磐炭田の研究につい
 て2、3の点をのべてみよう。常磐炭田の中部勿来町
 のやや西よりに中新統湯長谷層群に含まれる滝夾炭層が
 分布している。そこは黒田盆地と通称いわれており、
 夾炭層中からは大形植物化石の産出が知られており、紫
 竹植物群といわれている。すでに棚井助教授らによつ
 て研究されており、その構成は49種で、そのうち大部分
 は双子葉類、4種は裸子植物である。これを植物の生
 育形態からみると、16は灌木、2は蕁性植物、残りは樹
 木種である(棚井 1959)。

そして樹木種のうちでもカバノキ科(Betulaceae)の
 ものが種の数でもっとも多く、さらに詳しく見ればその
 うちでもクマシデ(*Carpinus*)がもっとも多い。

次に多いのはカエデ(*Acer*)である。その他この研
 究によればメタセコイア(*Metasequoia*)、ヘミトラップ
 (*Hemitrapa*)、ニレ(*Ulmus*)などが普通にみられる。
 そしてスイショウ(*Glyptostrobus*)、ラクウショウ
 (*Taxodium*)、モミ(*Abies*)、ポプラ(*Populus*)、ヤ
 ナギ(*Salix*)などはみられない。化石葉では、またブ
 ナ科(*Fagaceae*)に属するものがほとんど見られず、そ
 の結果、この紫竹の植物群は落葉広葉樹林と針葉樹のま
 ざりあったものであることを示している。そして種数
 の構成は、樹木 61.2%、灌木 32.6%、蔓など他物にか
 らまる種類 4.1%、草本類 2%の割合である。以上は
 大形植物化石の研究成果である。

これと同じ地域のほぼ同一層準の地層を私たちが花粉
 分析した結果によると、これら植物化石が産した同じ炭
 質頁岩中からは、3溝孔型の花粉化石がもっとも多く産
 出する。つまり単溝型・無孔型の順となっている。その他
 黒田盆地内4地点で同じ地層中に含まれている炭質堆積層
 を花粉分析してみると、個数的には一番多く出るのは双
 子葉類広葉樹のものと考えられる三溝孔型で、次は草本
 類花粉と考えられるものであった。こうした微古植物
 の方面からみても、大形・小形両植物化石では互いに非
 常に多く産出するものについては共通しているが、それ
 以下のもの出方となると必ずしも一致していない。
 それは葉と花粉という器官のちがいが、堆積の仕方およ
 び保存の上で差をもたらしただけであって、古生態的考察
 の上で、じゅうぶん考えに入れなければならない問題であ
 る。このような差は私たちが行なった他の場所、たと
 えば、中新世の愛知県下の亜炭田で行なった例でも知ら
 れている。そこでは、かねて大形植物化石研究の上で
 夾炭層からは、カンパ・ブナ・カエデ科のものがとくに

優勢であることが知られていたが、花粉分析の結果もやはりブナ・カンパ科のものが著しく多かった。ところがカエデ科のものは花粉では非常に少なかった。その原因として考えられることの1つは、カエデの花粉の生産量というものが著しく少ないことが知られているので、こうしたことも考えに入れるべきかもしれない。

紫竹のこの植物化石層からは、また隠花植物の胞子化石が非常に多く産した。とくにこれら胞子のうちでは無口型 (Alete) のものが多く、蘚苔類の胞子である可能性がよい。また単溝型 (Monolete) のものもありウラボシ科 (Polypodiaceae) のものが多い。このようにして樹木種以外の植物の生育状態も、胞子の形および量によって推測がつくのであり、先にあげた樹林の野草としてウラボシ科の植物が多く茂り、蘚苔類もまた非常に繁茂していたという環境が想像できる。こうしたことはこの黒田盆地の夾炭層というものが限られた分布をもっている点および堆積上炭層もうすく数多いことなど、いろいろ結びあわせて考えられる点である。

一方また釧路炭田のような大規模な炭田では、1炭層の水平的追跡が可能であり、こうした時その炭層の花粉分析の水平的変化ということが、炭層の堆積環境の解明に役立つだろう。いづれにしても、大形の植物化石とともに古植生の状態を考えるのは、この花粉・胞子化石の古生態学的研究の目的の1つである。

バクテリア

海底および湖底における沈でん物中にはいろいろの微生物が生息しているが、それらの微生物中には多くのバクテリア (Bacteria) がいる。これらのバクテリアは沈でん堆積機構の中でどのような働きをしているのだろうか。最近研究の進歩が問題の一部解決に役立ち、石油や鉱業部門でも微生物の研究が大いに進められている。もちろん研究の内容については、特許や秘密事項が多いためそれらの全貌をすることは困難だが、これらの研究方法についてみれば、わが国でも技術的に決して不可能なことではない。そしてこれらの研究を押しすすめることによって、堆積学上の根本問題にふれることもでき、資源的にも重要な研究課題としての認識が高まるのは当然のなりゆきと思われる。沈でん堆積作用を単に物理的・化学的現象のみを重要視して積み上げてきた現在の地学的知識は、今後次第に改められることになるだろう。地質調査所で行なっている研究は、こうした地質学的現象とバクテリアがどんな関係にあるのか、また地質学的な考えにバクテリアの作用というものをに入れてみた場合、どのように解釈できるのか、こうした点を究明しようとしている。

研究の方法

まず沈でん・堆積物中またはその途中の過程における対象物から各種微生物の採集を行なわなければならない

がその微生物の性質上、土壌微生物学方法よりもむしろ次にのべるような海洋微生物学で用いている方法をとるべきであろう。

試料の採集

沈でん物・堆積物・水などの採集を行ない現地での培養地中に直接接種を行なうものと、持ち帰った試料を実験室の中で接種するものとに分けることができる。また作業の途中では光をさえぎって行なうものと、さえぎらず行なえるものの2方法に分けることができる。

微生物の分離

微生物を試料から分離するには、種々の培地によって特定の苗種を分ける。一般的に、栄養培養地 (Nutrient agar) は一般好気性菌の分離に、合成培養地 (Synthetic agar) は土壌微生物学での常用培地で土壌中の微生物の性質をみるのに用いられている。チオグリコール塩培養地 (Thioglycolate Nutrient) やナトリウム・チオグリコール塩を加えたものなど、一般の嫌気性菌を分離するのに使われている。そのほか、硫酸還元菌の分離には Starkey の培養地が使われ、メタン酸化菌の分離には Kaserer の培養地が使われたりしている。また、鉄細菌や硫黄細菌のための培地などは、それぞれ考えなければならぬ問題である。こうした好気性と嫌気性に2大別される菌が培地上でどうなっていくかを詳しく観察し、培地上での株の数・発育状態・色素を作り出す性質などに基づいて分類すると、今まで知られていたものとの比較がよくわかってくる。そうした培養の方法には、培地の表面で培養する平面培養法と液体を用いる液体培養法とがある。

微生物の同定

微生物の種類を固定するにはその発育の良・不良、運動性、コロニーの状態、数、色、エネルギー代謝作用などについてその有無しをらべる。また純粋培養をした種を用いてそれが各種溶液の中でどう変ってゆくか見る方法もある。このように種々の方法がとられているわけだが、地質調査所では、目下鳥取・岡山両県境にある人形峠から産する頁岩層中のバクテリアの研究を行なっている。まだ内容は発表の段階ではないが、要するに鉱床の形成について、バクテリアがどのような働きをしているかということを考えることが、当面の研究目標といえるだろう。

以上、堆積岩の古生態学的の専門分野について、そこにある問題や実例などをあげたわけだが、今回は、堆積岩の鉱物・岩石学的方面について、まとめてみることにしよう。

この編の執筆者

貝化石と古生態学 大山 桂・石山 尙珍 (燃料部石油課)
有孔虫類と堆積学 福田 理 (燃料部石油課)
珪 藻 沢村 孝之助 (地質部四幅2課)
大形植物化石と古生態学 尾上 亨 (燃料部石炭課)
花粉・胞子化石と古生態学 徳永 重元 (燃料部石炭課)
バクテリア 中沢 次郎 (地質相談所)
この回の編集 徳永 重元