

海成粘土と硫化物をめぐって

①内湾成の地層—大阪層群を中心に—

市原実＝大阪市立大学理学部教授

②海成粘土の風化と粘土鉱物

市原優子＝大阪市立大学理学部助教授

③堆積物の微生物学的還元過程と硫化物

小山忠四郎＝名古屋大学名誉教授

④硫酸還元菌

石本 真＝北海道大学薬学部教授

⑤地中の還元状物質と地下掘削工事

林 久人＝秋田大学鉱山学部教授

①内湾成の地層—大阪層群を中心に—

千里丘陵の地質を調べる

編集 本日は、海成粘土と硫化物というテーマで、各先生方にお話しをお伺いしたいと思っています。最初に、市原実先生からお願いいたします。

市原(実) 私は、「内湾成の地層—大阪層群を中心に—」というテーマを与えられておりますが、本日の座談会のイントロダクションとしてお話しさせていただきます。いまから30数年前のことですが、当時の日本は燃料不足になやまされておりましたので、大阪の地下に天然ガスがあるかどうかを調べるために、地質調査をすることになりました。そのときに私が担当したのが千里丘陵東北部なんです。ここは、そのご万博会場となり、現在は公園などいろいろな施設ができておりますが、当時は、雑木林や竹やぶにおおわれ、谷ぞいには田畑が広がっていました。地質を調べるといっても、データが全くありませんでしたから、とにかく丘陵へ入って行って、ところどころに露出している地層を調べ始めたわけです。

そうしますと、同じような砂礫層や粘土層が何層も重なってでてくるのです。粘土層の厚さは、厚いものでせいぜい10m、薄いものと3mないし4mぐらいで、粘土層と粘土層の間には、礫まじりの砂の層がある。これらの砂礫層や粘土層を一つずつ識別し、調査地域全域にわたって追跡しなければならぬのですから、大変むずかしいのですが、そのうちに、いくつかの粘土層の中に火山灰の薄層が入っていることがわかりました。昔の大山系火山、あるいは昔の琉球系の火山から飛んできた火山灰が、粘土層の中に薄層として挟まっていて、しかもこれらの火山灰層は、それぞれの特徴をもっている。それで、こうした火山灰層を鍵層にして一つ一つの粘土層を分けていったのですが、それと同時に、粘土層にも性質のちがう2つの粘土のあることがわかってきました。今でいえば、海成の粘土と淡水成の粘土です。

海成粘土と淡水成粘土

海成の粘土は、表面に硫黄の黄色い粉をふいていたり、透明のジプサム＝石膏(硫酸カルシウム)の針状結晶を析出したりし、その割れ方は、貝殻状で、細かく割れます。これと対照的に淡水成の粘土は、その露頭が壁状で、割れ方は、

ブロック状で、大きく割れます。そして淡水成粘土には、硫黄や石膏はなく、しばしばきれいな藍色をした斑点状や塊状のビビアナイト——藍鉄鉱(磷酸第一鉄)が含まれています。粘土の色も、淡水成の粘土は明るい青緑～緑灰色ですが、海成粘土は暗い青色をしております。ですから、少し慣れてきますと露頭を観察してその場で、それぞれの粘土を見分けることができるようになりました。

また硫黄や石膏をふいている海成粘土層からは、現在の大阪湾の水深10～20mほどのところに棲むチヨノハナガイ(*Raeta pulchella*)やシズクガイ(*Theora lubrica*)などの貝の化石がでてくるので、この粘土層が内湾につもったものであること、一方、淡水成粘土層からは、現在の琵琶湖に棲むイケチヨウガイ(*Hyriopsis schlegeli*)などの貝の化石がでてくるので、この粘土層は潮につもったものであることもわかってきたわけです。

そうなりますと今度は、火山灰層とあわせてこれらの粘土層も鍵層にすることができるので調査もはかどり、さらには、植物化石も採集され、これらの地層の大体の様子がわかってきたのです。こうして千里丘陵を構成している砂礫や粘土の地層群は、一括して大阪層群と名づけられ、第三紀末の鮮新世から第四紀の更新世中期にかけて堆積したもので、それは、大阪平野の地下や周辺の丘陵地帯に広く厚く分布していることがわかってきたのです(注1)。

千里丘陵は、いまでも大阪層群の模式地の一つになっているのですが、そのご私は、千里丘陵の8層の海成粘土層を基準にして、大阪層群の海成粘土層に番号をつけました。一番下の海成粘土層が第1海粘土成層、これをMa1層(Marine Clay No.1層の略)とし、下位から上位へ順に、Ma1, Ma2, Ma3, ……Ma8層というように呼びました。山田火山灰層は、Ma2層中に、アズキ火山灰層は、Ma3層中に、八町池火山灰層は、Ma5層中にありますから、これらの火山灰層は、海成粘土層の番号をきめるのに非常に役にたちます。

こういう研究をしておりましたから、海成粘土と淡水成粘土とでは、どうして割れ方がちがうのだろかなど、これら2つの粘土のちがいに興味をもちました。海成粘土の方は、硫黄がふいていますし、ジプサム(石膏)もありますから、おそらくこれは、海水に多量に含まれてい

る硫酸イオンと関係があるんだろうという見当はつきます。この当時すでに、還元的な環境下にある内湾や潟の底泥中には、硫化鉄 (FeS) やパイライト=黄鉄鉱 (FeS₂) が含まれ、一方、同様に還元的な環境下にあっても湖沼の底泥には、しばしば藍鉄鉱=磷酸第一鉄 [Fe₃(PO₄)₂] が含まれていて、これらは、海成層と淡水成層を見分けるための有効な指標とされておりました。経験的には、こういうことはすでにわかっていたのです。

露頭で海成粘土と淡水成粘土を区別する方法というの、歩いて調べているうちに自然に覚えてしまうものです。たとえば明石海岸の屏風ヶ浦粘土層という大阪層群下部の淡水成 (湖成) 粘土層は、切りたった崖になっていて、風化をうけても殆んど崩れていない。一方、大阪層群の海成粘土層はもちろん、明石海岸の屏風ヶ浦粘土層を不整合におおっている西八木層 (中段丘層) の海成粘土層も、風化をうけると崩れやすいためにそんなに切りたった露頭はみられません。ですから、調査しているうちに、海成粘土と淡水成粘土の区別がつくようになるのですが、では一体どういうわけでこうした違いがでてくるのか——となるとさっぱりわからんわけです。

そうこうしているうちに、小山先生と亡くなられた菅原先生とが、名古屋大学の理学部地球科学教室の紀要に、1950年代の初めから半ばごろにかけて3つばかり論文を発表されました。これは大変すごい論文でして、還元状態の内湾・潟・湖沼の堆積物中の磷酸塩と硫化物の関係をはじめて明らかにした研究なんです。その論文を読みまして、これやと思ったわけです。そのときから、海成粘土と淡水成粘土の違いは、こういう見方で調べていかねはならないと思ったわけです。この点については、あとで小山先生のお話しや、さらに硫酸還元菌についての石本先生のお話しがありますから、私もこの機会にもう一度拝聴させていただこうと思っております(笑)。

内湾の泥と貝—大阪湾を中心に—

こういった問題が頭にあったものですから、私は、それでは問題の海成粘土は、現在の海ではどんなところにつもっているだろうかと、現在の海底堆積物に興味をもちました。大阪層群の海成粘土層の中には、さきほどふれましたように、チヨノハナガイやシズクガイという貝の

化石が入っております。いずれも現生の貝殻は半透明で、前が透けて見えるような薄い殻の小さな貝です。とくにシズクガイは、水滴をポロッと落としたような、非常にきれいな、涙粒のような薄い貝であります。京都大学の動物教室におられた宮地先生や波部先生^{はべ}の研究によりますと、これらの貝は、ただ内湾というだけでなく内湾奥部を特徴づける貝であるということがわかっておりました。

それを大阪湾で実際に見てみようと思ひまして、神戸の海洋気象台にお願いして、「春風丸」という観測船——現在は「春風丸Ⅲ」になっているはずですが、まだⅠ世の当時の「春風丸」に乗せてもらいました。大阪湾の定期観測が1ヶ月に1回行われる。観測日に、朝早く神戸の突堤へ行きまして、春風丸に乗せてもらい大阪湾の泥を何回も採取しました。

大阪湾は、図1・1のようなかっこうをしています。水深も図に示すとおりで、湾の奥部はほとんど平らで傾斜が緩い。そして、中央部で20m、30mと少しずつ深くなり、中央部より西でやや深くなり、その水深は40m~60mぐらいです。また湾の出口には、いわゆる瀬戸がありまして、北は明石ノ瀬戸(明石海峡)、南は由良ノ瀬戸(紀淡海峡=友ヶ島水道)と加太ノ瀬戸、

さらに播磨灘の南の出口には有名な鳴門ノ瀬戸(鳴門海峡)があります。

海峡は潮流によって激しい侵食をうけて深くなっていますが、海峡やその周辺のすり鉢状の深いくぼみが、いわゆる《かま》(海釜)です。

紀淡海峡の由良ノ瀬戸には細長い海釜、友ヶ島の北側には小さな海釜が、明石海峡と鳴門海峡には最狭部の両側に海釜があります。海釜の底の深度は、紀淡海峡の由良ノ瀬戸で196m深、友ヶ島の北側で118m深、明石海峡の西側で148m深、同海峡の東側で約80m深です。鳴門海峡では、最狭部に露出している岩盤がリッジをつくっているために、潮流がとくに激しくて、南側の海釜の底の深度は153mですが、北側のそれは217mと非常に深くなっています。

国鉄が明石海峡架橋調査のために小型の潜水艇を下ろしたとき、私、乗せてもらって、明石海峡の100m深ぐらいの海底を見物したことがあります。暗やみの海底に、物すごく大きなカキガイ (*Ostrea* sp.) や巨大な礫が電光に照らし出されて、あまり気持ちの良いところではありませんでした。大阪湾とその周辺の海底地形を大ざっぱにいうと以上ようになります。

さて、実際に湾内の堆積物をとってきて調べてみますと、チヨノハナガイとかシズクガイの生



①高槻丘陵の大阪層群、Ma.3層の露頭。中央部に突出しているのはアズキ火山灰層。②高槻丘陵の大阪層群、海成粘土層の露頭のアップ。③湖西滋賀丘陵の古琵琶湖層群、堅田累層(淡水粘土層)の露頭。④⑤⑥堅田累層の淡水成粘土にみられるビビアナイト。

棲域は、内湾の奥の図のBの部分で、そこは細かい泥の堆積域です。海岸ぞいの図のAの部分では、水深10～5mの砂質泥域にヒメカノコアサリ（*Veremolpa micra*）、水深5m以浅の砂質域にアサリ（*Tapes japonica*）やハマグリ（*Meretrix lusoria*）など潮干狩でおなじみの貝がすんでいます。播磨灘でも、図のBと記した付近に細かい泥が分布していて、ここにはシズクガイやチヨノハナガイがすんでいます。図のEで示したところには瀬があります。沖ノ瀬・鹿ノ瀬・室津ノ瀬と呼ばれていますが、こういうところは、潮流によって海峡部で削られた岩屑が篩分をうけながら運ばれ、砂がおちつく場所です。だから、瀬よりも海峡部よりに砂礫が、瀬よりも海峡部から遠ざかると砂まじりの泥が、みられるわけです。また潮の流れは、図のように往復するので、湾の奥部はその影響をほとんどうけません。

海峡付近の砂質・砂礫質の図のE・Fの部分は、リグダミス（*Lygdami giardi*）という環形動物で特徴づけられますが、鹿ノ瀬のような浅い砂地の瀬では、砂の中にイカナゴがいっぱいめぐりこんでおります。砂をドレッジしていたら、魚と砂が一緒にとれるんです。そして砂質泥がつもっている図のCの付近には、ベケリア（*Beechelia dubia*）といまして、ちょうどナメクジウオとそっくりのかっこうをした小さなナマコがいます。泥がつもっている湾奥部、図のBには、シズクガイ、チヨノハナガイのほかに、テレプサーブス（*Telepsavus costarum*）という海の泥の中にすんでいる多毛類の巣穴——ストローの曲がったようなキチン質のパイプですが、これがたくさんできてきます。

また、泥を篩にかけ水洗すると、貝やテレプサーブスの、パイプと共に、2～3mm長の楕円形をした貝の糞（ペレット）がたくさん篩に残ります。丘陵の大阪層群の海成粘土でも、このペレットは白い斑点としてよくみかけます。このように、現在の湾の状態を調べていきますと、大阪層群でみられた海成粘土は、その典型的な場所としては湾奥部にたまったものだろうということが、推定できるわけです。

ついでに、紀伊水道はどうかといえますと、ここには大阪湾奥部のような細かい泥はないのです。湾奥部の泥は、粒度分析して粒径の中央値を求めると、その値は $1/256$ mm内外です。これは、湾奥部の泥が粘土からシルトにわたる粒

子であることを示しています（注2）。

これに対し、紀伊水道の堆積物は案外粗いんです。私はもっと細かいと思っていたのですが、紀伊水道の大部分をしめる図のHの部分の堆積物の粒度は、ちょうど図のC・Dの部分と同じ程度です。粒径の中央値が $1/16$ ～ $1/64$ mmですから、砂まじりのシルト（砂まじりの泥）ということです。ここにすんでいる貝は、ヒメカノコアサリやハナムシロ（*Zeuxis caelatus*）などです。ヒメカノコアサリは、内湾奥の海岸沿いにもすんでいます。紀伊水道の南部から水深200mの大陸棚のはしにかけての図のIの部分の堆積物は砂質で、ここには細かい泥はありません。

では、外洋側ではどこに泥がでてくるかといえますと、大陸斜面（図のJ・K）なんです。私が、水産講習所の蒼鷹丸が昭和のはじめに採ったこの付近のサンプルを分析した結果や、また最近の地質調査所の研究結果によっても、大阪湾奥部と同じ程度の泥がでてくるのは、水深800m～1,000mより深いところ（図のK）で、ここには、中央粒径が $1/256$ mm内外からより細粒、つまり粘土質の泥がつもっています。

それから私は、浜名湖でも採泥を行ないました。浜名湖は、ちょうど手のひらを開いたようなかたちをしています。浜名湖へは京都大学におられた波部先生と一緒にいき、ウナギの養殖試験所から船を出してもらって採泥しました。浜名湖の入口は砂地で水深は数m。そして貝をはじめいろいろな生物がすんでいます。ところがこの奥へ入り館山寺の西方までできますと、水深は10mをちょっとこす程度ですが、物すごい泥です。しかもこの泥は真っ黒けで、泥というよりもほこりという感じです。パァーッと水中に小片になって散っていく真黒なものです。そして、そこには生物は何もすんでいません。もちろん、目にみえるような生物ということで、恐らくこういうところでは硫酸還元菌が大活躍しているのだろう（笑）とは思いますが、とにかくそういう状態です。この泥を研究室に持って帰って空気にさらしますと、だんだん色が青ずんで、青暗色に変わってきます。

それから東京湾でも採泥しました。ここでも、水深20～30mから奥のところは、大阪湾と同じような青暗色の細かい泥がつもっていて、チヨノハナガイやシズクガイがすんでいます。浜名湖は別格としても、だいたい日本で内湾といわ

れているところは、同じような状況だと思えます。特に瀬戸内海には、こういうタイプの灘や湾がっつらなっているわけです。

大阪平野地下の海成粘土

海成粘土は、大阪の地盤沈下対策と関連して非常に問題になりました。1962年（昭和37年）の地下水規制にともなって、大阪ではボーリングが行われました。そのボーリング（OD-1）のデータが図1・2です。これは西大阪の港区の田中元町で行われたもので、大阪市が5,000万円の費用をかけて907mまでボーリングしたものです。その深さでもまだ基盤岩に達していないのですが、このデータが大阪の地盤対策の決め手となりました。

図には、珪藻化石によって判定した各粘土層の海成・淡水成の区別と、それぞれの粘土に含まれている硫黄の含有量を示してあります。海成粘土層には例外なしに硫黄が含まれ、一方、淡水成粘土からは、ごく微量含有の1例をのぞいて硫黄は検出されません。この状況は、千里丘陵でも大阪平野の地下でも全く同じです。

このボーリングでは、海成粘土層が全部で14層みつかりました。Ma1層の下位の海成粘土層、これをMa0層と名づけました。それから、Ma8層の上にMa9層とMa10層、ここまでは大阪層群です。そして段丘堆積層に相当するのがMa11層とMa12層、さらに沖積層中の海成粘土層がMa13層ということになります。

それから、これは今年（1983年）になってわかったことですが、Maマイナス1層という海成粘土層が、Ma0層の約10m下位に見つかりました。番号をつけ直すと混乱しますので、いたしかたなくMa-1層（笑）という好ましくない名前をつけたわけですが、現実にものあるんだから仕方ありません。私たちは、岸和田市の津田川流域でMa-1層を見つけましたが、Ma-1層はどこでも見つかる海成粘土層ではないのです。しかしいまでは、大阪盆地には海成粘土層が全部で15層あるということになりました。そして大阪港の付近では、一番下位の海成粘土層、ここではMa0層ですが、それは図1・2にみられるように地下約550m深にあります。

地盤沈下対策の一環として

図1・2からわかるように、大阪の地下では500～600m深までの粘土層は、そのほとんどが海成粘土層です。これらの海成粘土層と海成粘土

《各海峡の潮流》

● 鳴戸瀬戸



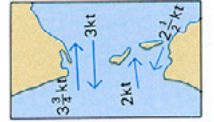
● 明石瀬戸



● 鹿ノ瀬の北東

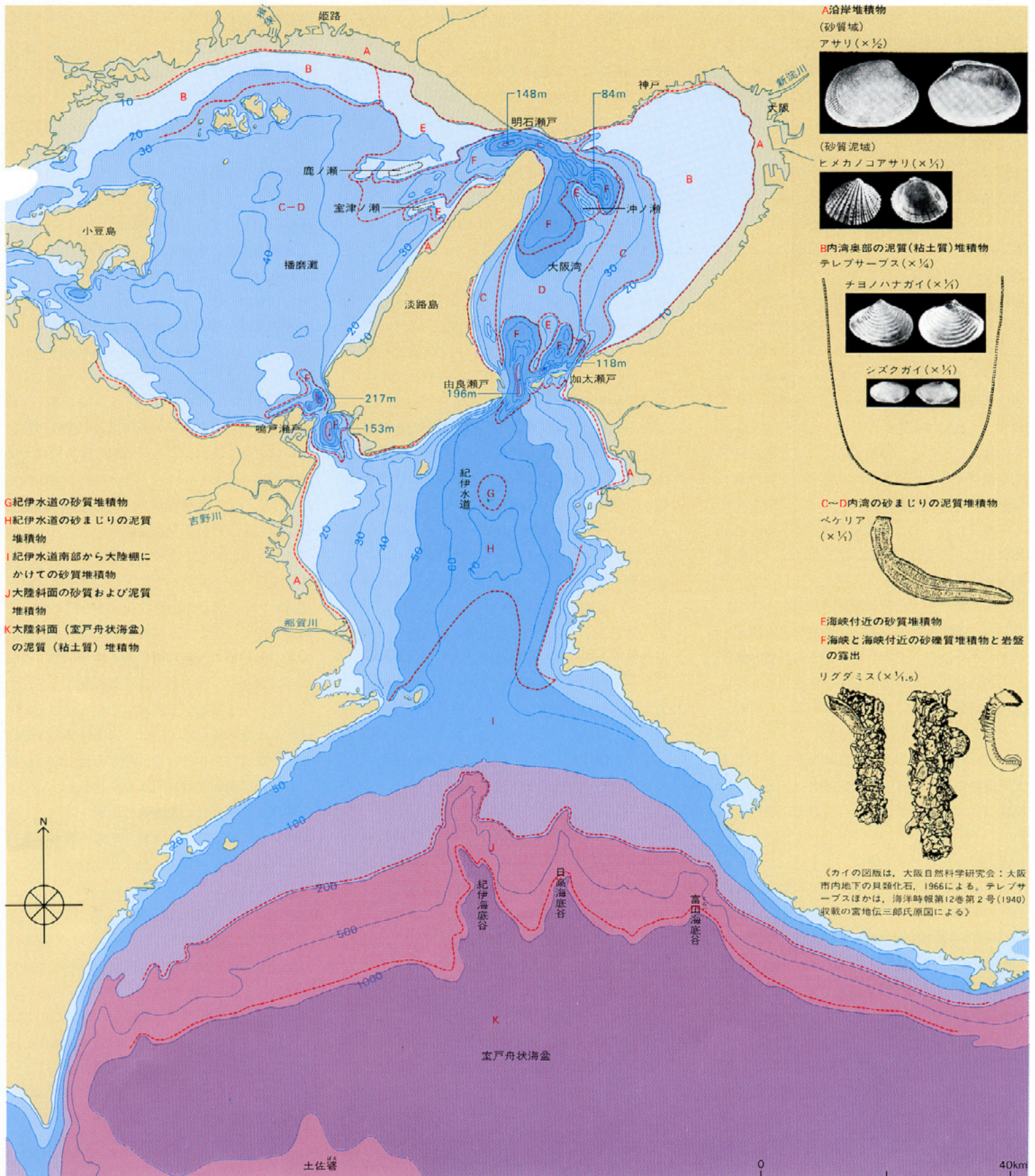


● 由良瀬戸，加太瀬戸



kt (knot) 海里毎時 (nautical mile/h) = 1852m/h (mile = 1609,344m)

図1-1-大阪湾周辺の海底地形



層の間には、一般に滯水層である砂礫層があって、当時は、これらの砂礫層から地下水をくみあげていたのです。砂礫層から地下水をくみあげると、海成粘土層は圧密をうけ収縮します。つまり、海成粘土層に含まれている水が砂礫層へしぼり出されてしまうのです。勿論、淡水成粘土層も同様に圧密をうけるのですが、海成粘土層はその発達が著しいので、全体として地盤沈下におよぼす影響が大きいわけです。

ですから、大阪で地盤沈下対策がたてられたとき、西大阪では600m、東大阪では500mよりも浅いところの地下水をくむことまかりならぬと、具体的にはまかりならぬではないのですが、くむならば、西大阪では600m、東大阪では500mよりも深いところからくみなさい、その場合のパイプの最大径は2インチでありますよと、地下水規制をしたわけです。まことに細いパイプです。これでは採算が合わないんですね。結局くむなということなんです。このように、地下水を規制するための基準に、海成粘土層の地下での伏在深度が使われたわけです。大阪市大の地学教室は、そのためにサク泉業者から大変恨まれました(笑)。しかし、結果的には、大阪の地盤沈下はそれでピタリととまったわけです。西大阪の港区田中元町の深層ボーリング(OD-1)でも、実際どこまで掘ったら基盤岩に当たるのかわからなかったのですが、物理探査の結果から恐らく1,500m深くらいで基盤岩にあたるだろうと考えられております。それにしても、まだ西大阪で基盤岩にまで達するボーリング調査が行われていないのは大変残念なことです。

大阪層群の年代と・陸の変遷

石本 火山灰層の年代決定もできているのですか。

市原(実) できております。フィッシュン・トラック法による年代値です。Ma9層とMa10層間の和田火山灰層が約34万年前、Ma3層とMa4層間の狭山火山灰層が約70万年前です。Ma1層のちょっと上のピンク火山灰層が約90万年前、Ma0層中の下位イエロー火山灰層が約105万年前です。OD-1ボーリングでは、Ma0層より下位には顕著な火山灰層は見つかっていないのですが、泉南丘陵では、Ma-1層の約10m下位の千石橋Ⅲ火山灰層(千里山Ⅱ火山灰層に相当)が約125万年前、福田火山灰層が約160万年前、大阪層群の基底より約90m上位の土生^{はふみ}産^{うみ}Ⅰ火山灰層が約270万年前です。

編集 丘陵地で、海成粘土層の上・下にある砂や礫の層は、どういう環境でたまったものなのでしょう。

市原(実) この問題は大変に難しく、じつはいままで私は、海成粘土層あるいは海成粘土層とそれにひきつづく淡水成粘土層があって、これらの粘土層の上に砂や礫の層が重なるだけについて、砂や礫の層の堆積環境についてはあまり詳しく説明したことがありません。

この砂礫層は、丘陵地では海成粘土層の上面を削りこんで堆積している場合が多いんです。ただ普通は、その削り込みはきわめて部分的で、多少でこぼこしているという感じでしか観察できないのですが、まれに大きな崖で、こうした削り込みが谷のかたちをしていることがあります。場合によると、粘土層が削られ粘土の大きな礫が砂礫層の中に入っていることもある。

また、こうした海成粘土の上面を削りこんでいる砂礫層の中には、泥炭層が入っていることがあります。しかもその泥炭層の中には、寒冷気候を示すミツガシワ(*Menyanthes trifoliata*)やチョウセンマツ(*Pinus koraiensis*)などが入っている。泥炭というのは、もちろん低湿地(沼地や河川の蛇行した跡にできる河跡湖など)に堆積するものです。

こうしてみますと、この砂礫層というのは、寒冷気候下の河成(一部は沼成)の堆積物と考えざるを得ないわけです。ところがこの砂礫層から上方へ地層をたどりますと、堆積物の粒径はだんだん細くなり、やがて砂質シルト層やシルト層に移り変っていくのですが、その砂質シルト層やシルト層の中に淡水貝の化石が入っているのをみかけます。

ですから、海成粘土層を削りこんでいる砂礫層は河成の堆積物で、その上の砂質シルト層やシルト層はおそらく湖沼成の堆積物、さらにその上はまた海成の堆積物に変っていく。つまり一つの堆積サイクルを示しているわけです。大阪層群の、少なくともMa-1層をともなうサイクルより上位の地層群は、こういうサイクルの繰り返しによって形成されているのです。

中国の河北省には、哺乳動物化石の産出で有名な泥河湾層という大阪層群に相当する地層があります。中国の研究者は、この地層は、河湖成層であるといっているのですが、大阪層群のすべての淡水成の砂礫・シルト・粘土層に対しても、この河湖成層という表現がぴったりとくる

のです。

気候変動の指標

ついでに、大阪層群が堆積した時代以降の氣候のことについてつけ加えさせていただきます。過去の氣候変動を調べる方法として、太平洋からピストン・コアで10mとか20mぐらいのサンプルをとってきてその中から浮遊棲有孔虫を洗い出して、その有孔虫のからを使ってO¹⁸/O¹⁶の比を測定する方法があります。詳しいことは省略いたしますが、この比の値が大きければ、当時の海水温は寒冷で、この値が小さければ暖かいということになるのです。最初にこの方法を発想したのは、シカゴ大学にいた有名なユーリーですが、そのご、アメリカの他の大学や英国の大学など、最近では日本の大学でも研究が行われています。

図1・3はケンブリッジ大学のシャックルトンほかの研究結果です。この図には、氣候の温暖な時期と寒い時期、いわゆる間氷期と氷期の何回もの繰り返し、みごとなカーブで描かれています。一方、大阪層群・段丘堆積層・沖積層は、第三紀末の鮮新世から第四紀にかけての地層ですから、大阪の海成粘土層を、O¹⁸/O¹⁶法によるカーブとくらべることができます。海が進入してきたというのは、海水面が高く暖かい時期ですし、そのほか植物化石のデータなども参考にしてこの大阪の海成粘土層を図1・3のシャックルトンほかのカーブに合せますと、完全とはいえませんが、大変よく合うのです。ですから大阪の海成粘土層は、過去の氣候変動の指標であるばかりでなく、世界各地の第四紀層と日本の第四紀層の対比にも役立つわけです。

内陸深くに侵入した海とその地層

編集 海成粘土層のうちで、分布の最も広域的なものについていうと、海はどのあたりまで入り込んでいたんですか。

市原(実) どの海成粘土層も内陸の相当深くまで入りこんでいますが、なかでもMa1層時代の海は広いんです。この海は、明石地域から大阪盆地・奈良盆地・京阪奈丘陵地域、さらには猪名川ぞいの多田周辺、六甲山の南側の山腹にまで広がっていました。またMa5層時代の海も広く、それは、大阪盆地・京都盆地に広がっていました。しかし、Ma1層時代の海は京都盆地には侵入せず、またMa5層時代の海は奈良盆地には侵入しなかったようです。

編集 その場合、現在の内陸の奥深いところに、

水の動きの少ない、たとえばいけばさきほどの
お話しの浜名湖のような、より還元的な潟があ
ったということになりませんか。

市原(実) 当然そういうことが考えられます。ですから、かつて内陸の奥深くまで進入した海と、そこでの海成粘土層の堆積を考えないといけないのです。私、前に、ガス会社の人でしたか詳しいことは忘れましたが、鉄管の腐食は大阪よりも京都の方がひどい場所があるという話を聞いたことがあるのですが、それは昔の海のことを考えれば当り前のことなんです。恐らく古大阪湾よりも古京都湾（潟）の方が、より還元的で、硫酸還元菌がすみやすいような条件にあったのだろーと思います。

琵琶湖への海の侵入はなかった

編集 京都盆地へ入った海が、昔の琵琶湖—古琵琶湖にまで侵入したということはないんですか。

市原(実) その問題は、実は以前から私どもの研究課題の一つだったのです。というのは、琵琶湖は海に関連のある種を伴っているのです。琵琶湖特産のセタシジミは汽水棲のヤマトシジミ系統で、淡水棲のマシジミ系統ではないんです。大阪湾でもヤマトシジミがすんでいるのは半鹹半淡のところで、淀川の河口とか新大和川の河口なのですが、セタシジミは、このヤマトシジミに形も味も似ていて海に起源をもっているわけです。そのほかにも、琵琶湖には海と関連のある生物がいるのです。

私たちは、琵琶湖周辺の地層を約20年前から調べているのですが、堅田丘陵で海成粘土層を見つけたと言って飛んで帰ってきた学生がいたんです。それは大変やと、数日後みんなで見にいったんです。そうしますと、本当に海成粘土とそっくりな粘土があるんです。これはえらいものが見つかったというので、どっさりサンプルをとって帰ってきて、珪藻の化石を調べました。珪藻はシリカでできておりますので、粘土が風化を受けてもわりによく残っている。それでチェックできるのですが、海成粘土の面つきをしていますから、海のタイプのものが出てくることを期待して検鏡したんです。

ところが、ステファノディスカス (*Stephanodiscus*) など淡水棲の珪藻の化石しか出てこないのです。ですから珪藻化石では淡水成の粘土なんです。なのに、^{つぎ}面つきは海成です。それで、露頭の写真を見なおしたりいろいろしたんです

図1・2-大阪市田中元町のボーリング柱状図
(OD-1)と各層準の粘土に含まれている硫黄
含有量

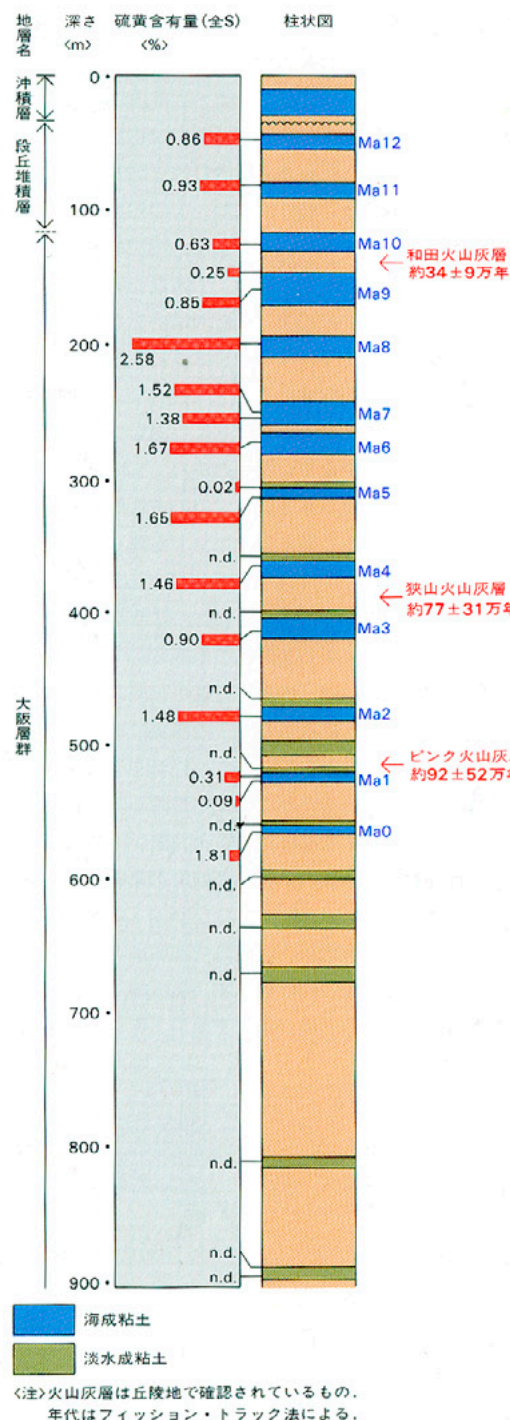
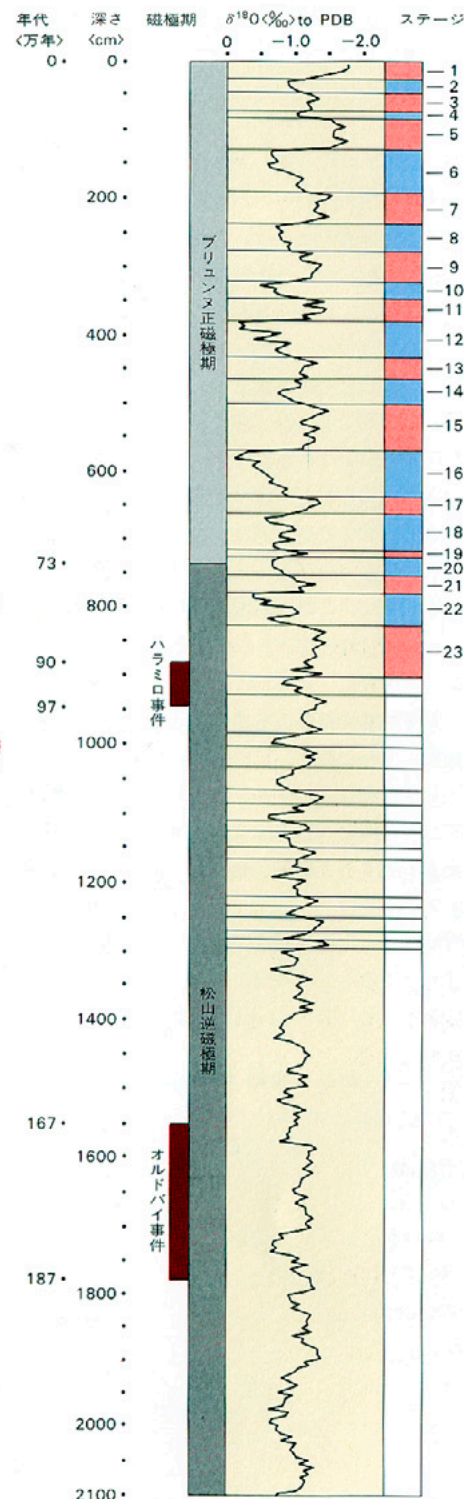


図1・3－西部赤道太平洋深海底コアV28-239
(3°15'N, 159°11'E, 水深3,940m)から得ら
れた第四紀全期間にわたる $\delta^{18}\text{O}$ 変化

<シャックルトンほか,1976>



注1: $\delta^{18}\text{O}(\text{‰})$ to PDB=標準物質としてペレムナイト (U.S. A. の白亜紀ビーディ層中のイカの一種の甲羅の化石) を用いて測定した試料の酸素同位体組成.

注2：年代はマンキネンほか(1979)による

が、結局、結論はどういうことになったかといえますと、かつてそこに野つばあり(笑)。硫安の余ったものなどがほうりこまれたにちがいない。その後宅地造成され、野つばのまわりの淡水成粘土層が、海成粘土層と同様の風化をうけたのであろう。だから、よく露頭を見て判断せんといかんということになった(笑)、後でもう一度確かめに行って、大体野つばの跡を確認した次第ですが、いろいろ注意をする必要がある(笑)。ただそのときは、これはすぐ学会に発表せんといかん、みな張り切っていたのが全部パアになってがっかりしたのを覚えております(笑)。

そういうこともありまして、琵琶湖は、クローズされた湖であった。海の侵入をうけていないというのがいまの結論です。恐らく昔は、宇治のあたりからかなり広い水路があって、この水路をとおして古琵琶湖は、古京都湾・古奈良湾、さらには古大阪湾とつながっていたと判断されます。また、この水路を通してセタシジミのご先祖が琵琶湖に進入したのであろう、そういうぐあいに考えているわけです。

大阪層群堆積時の古地理

編集 当時の海は、紀伊水道から入ってくるのでしょうか、そこはまだ閉ざっていて、瀬戸内沈降帯から別府―熊本陥没地帯をへて有明海へ続く、ものすごく細長い海は考えられないのですか。

市原(実) その問題は、ずい分と以前に考えたことがあるんです。図1・4は、私が1966年に描いたもので、図1・4Aは、鮮新世後期(大阪層

群最下部の時代)の古地理図、図1・4Bは、更新世前期(大阪層群下部・上部の時代)の古地理図です。有明海から瀬戸内海をへて、播磨、大阪、京都、奈良、近江～伊賀の各盆地を連ね、伊勢湾にいたる東西に細長くのびる地域は、瀬戸内沈降帯とよばれています。鮮新世後期には、この地域に大阪層群最下部やその相当層が堆積しました。しかし、大阪層群最下部の堆積域は湖や河であったわけですし、その相当層の堆積域も同様の環境にありました。ですから、図のように湖が延々とつながって大きく広がっていたのではないのです。この図は、その点を描き直す必要があり、ほんとうは改訂版をださないといけないんです。

ただ、こうした東西に配列する湖をつなぐ水系が、南の方でなく、西へ向かって有明海の方へ流れていただろうという、この古地理図を描いたときの基本の考え方はいまでも変わっておりません。というのは、そう考えないと説明できない事情があるんです。ご存知のように、和歌山の紀ノ川沿いから淡路島の南端をかすめ四国の吉野川沿いには、中央構造線が東西に走っていますが、これに並行してその南側には、結晶片岩が帯状に分布しています。いわゆる三波川変成帯です。ところが、この中央構造線の南側にしかないはずの結晶片岩、その礫が中央構造線よりずっと北側の大阪層群の最下部にでてくるのです。

大阪では泉南地域、淡路島では西岸の五色ヶ浜、それから北端の松帆岬です。松帆岬には灯台のそばに砂利取り場がありますが、そこに結晶片

岩の礫がたくさんでてくる。なかには人間の頭ぐらいの大きな礫もあります。五色ヶ浜では紅簾石片岩というきれいなピンク色の結晶片岩のほか、色とりどりの結晶片岩の礫がでています。紅簾石片岩の礫は、大阪の泉南地域にもあります。また高松付近の三豊層という大阪層群相当層からも結晶片岩の礫がでます。

これらの事実は、中央構造線よりずっと南側に分水嶺があって、そこに源を発した当時の河川が北流し、結晶片岩の岩盤を削って、現在の大阪湾地域や播磨灘地域に、その礫を運んできたと考えないと説明がつかんのです。つまり、この時代は、大阪湾地域から紀伊水道を南流する河川は考えられず、図1・4Aのように紀伊水道は閉ざっていたと考えられるのです。

では、これらの北流して大阪湾地域に流入した河川は、そこから東と西のどちらに向かったのか。この点になると若干の議論はありますが、私は、西の有明海の方へ流れていたのだろうと考えております。琵琶湖固有の淡水魚・貝類と大陸系の淡水魚・貝類との関連からそうように考えているのです。またマチカネワニの祖先も、水系が西へ流れていたと考えなければ、移動してくることは不可能だと思うのです。

更新世に入ると、瀬戸内沈降帯に海が侵入してきます。大阪層群のMa-1層をはじめとし、多くの海成層が堆積する時代です。この時期の海は、単純に有明海の方から入りこんできたと考えられないこともないのです。しかし、これらの海成粘土層に含まれる貝化石は、現在の大阪湾の貝類の生態と殆んど同じものです。もし

図1・4A ―鮮新世後期の古地理図

<市原, 1966>

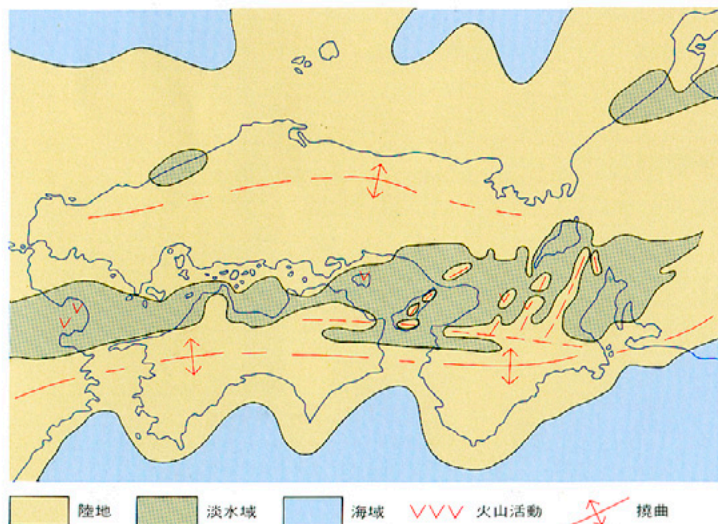


図1・4B ―更新世前期の古地理図

<市原, 1966>

