

オリジナル

大場忠道・T.-L. Ku: 深海底堆積物中の炭酸塩溶解量の測定…………… 1

時の話題

首藤次男: 群集古生態研究の現状と展望—底生群集を例として……………15

石崎国熙: 貝形虫研究の動向—メッシニアン危機の研究を例として……………27

中川久夫: 地中海地域上部新生界層序調査について(1)……………41

化石の世界

浜田隆士: 化石余聞 その1—クラゲが化石になる時……………61

インタナショナル・ニュース

小島郁生: 「白亜紀中期の地史的事変」(IGCP Project—MCE)

第2回国際研究集会に参加して……………77

浜田隆士: IGC—IUGS 日本開催(1984)の可能性について……………89

新しい本

新崎盛敏・堀越増興・菊池泰二: 海藻・ベントス(海洋科学基礎

講座第5巻)……………91

“化石”のお知らせ

本誌は従来、予約前払いの購読制をとってきましたが、前回より継続予約者名簿を作製し、登録された方々へは、発行の都度、雑誌をお送りし、誌代を後払いしていただく方法をとっております。御希望の方は、はがきに氏名および送本先住所を明記の上、お申込み下さい。

“化石”バックナンバーの在庫

(価格は送料込み)

- [11号] シンポジウム “脊椎動物”， その他……………(405円)
- [12号] 特集 “北陸地方の新生代古植物群”， その他……………(405円)
- [13号] マラヤ・タイ国産古植物化石， 古生物分類の理論と方法， その他(405円)
- [14号] 古生物分類の理論と方法， 相対成長， その他……………(405円)
- [15号] シンポジウム “日本における古生界・中生界境界付近のフォーナ間隙 ……
(405円)
- [16号] ダニアン問題， 鮮新統・漸新統論考， その他……………(405円)
- [17号] シンポジウム “日本新生代貝類化石群の時空分布 (その一)”， その他…
(470円)
- [18号] シンポジウム “日本新生代貝類化石群の時空分布 (その二)”， その他…
- [19・20号] シンポジウム “植物の分布と進化”， その他……………(770円)
- [21号] シンポジウム “化石硬組織内の同位体”， その他……………(770円)
- [22号] 特集 “中国地方新生界と古生物” ………………(770円)
- [23・24号] 特集 “化石硬組織内の同位体 (第3回シンポジウム)”， その他…
(1485円)
- [25・26号] シンポジウム “古植物の分布とその問題点”， その他……………(1485円)
- [増刊号] コロキアム：化石硬組織内の同位体……………(870円)

バックナンバーを御希望の方は、代金を払い込みの上、お申込み下さい。

大学研究機関等で購入の際は、見積請求書等必要書類をお送りしますので御請求下さい。

本誌に対する申込みと送金先：

〒 980 仙台市荒巻字青葉 東北大学理学部地質学古生物学教室内
化石編集部

送金は振替口座 (仙台 17141) を御利用願います。

表紙の写真は 浮遊性有孔虫

Globorotalia tosaensis

TAKAYANGI and SAITO

(提供者 尾田太良)

深海底堆積物中の炭酸塩溶解量の測定*

大場忠道** · TEH-LUNG KU***

はじめに

深海底のおよそ半分の面積は浮遊性有孔虫の死がいを含む有孔虫軟泥と呼ばれる炭酸塩堆積物でおおわれている。浮遊性有孔虫の殻は炭酸カルシウムからなり、水深2,000mまでの海底には比較的保存の良い個体が多いが、4,000mに達すると、殻に穴のある個体や破片が多くなり、化学的溶解及び機械的破壊を受けた形跡を示している。さらに深い深度、すなわち炭酸塩の補償深度(Calcium carbonate Compensation Depth)以深ではもはや浮遊性有孔虫の殻は存在していない。最近の海洋における炭酸カルシウムの溶解実験(PETERSON, 1966, BERGER, 1967)、飽和度の測定(BEN-YAAKOV *et al.*, 1974)、及び計算(TAKAHASHI, 1975)によると、太平洋の海水は数百mないし1,000m(海域により2,000m)以深で炭酸カルシウムに対して未飽和である。このことは深海底に堆積した炭酸塩が多少とも溶けていることを物語っている。いったいどの程度溶けているかという推定は今までもいろいろとなされてきた。例えば、底棲有孔虫の含有率が高ければ良く溶けている(ARRHENIUS, 1952)とか、アラレ石の殻を持つ翼足虫の産出が多ければ余り溶けていない(CHEN, 1968)とか、あるいは浮遊性有孔虫の溶け易い種と溶けにくい種の比率で炭酸塩の溶解の程度を表わそうとする努力(BERGER, 1968)などがある。しかし、いずれの方法も、溶解前のそれぞれの個体の頻度や群集組成がわからないので、炭酸塩の溶解の程度をごく大ざっぱに推定するにとどまっている。

もし、深海底堆積物中の炭酸塩の溶解量を定量的に求めることが可能になれば、古気候と炭酸塩の溶解との関係や、古気候と過去の浮遊性生物の生産力との関係など長年論議されてきた問題(ARRHENIUS, 1952; BROECKER, 1971)を解決することができる。また、深海底から得られた微化石群集の試料を溶解の程度によって相互に比較し、より正確な群集の解析を行なうことができる。さらには、過去の海洋における炭酸物質の収支や大循環について有力な手掛りを得ることも可能である。

この小論では、ある特定の浮遊性有孔虫を含む堆積物を実験的に溶かし、深海底堆積物中の炭酸塩の溶解量を定量的に求めるための溶解曲線を作成した。そして、実際の深海底コアに適用してみた。

* Measurement of CaCO_3 dissolution in deep-sea sediments.

** Tadamichi OBA 東京大学海洋研究所

*** Department of Geological Sciences, University of Southern California.

溶 解 実 験

約30種の現生浮遊性有孔虫の中には、殻の周囲を“keel”と呼ばれる厚い縁で囲まれた種がいる。*Globorotalia*属の内で*G. menardii*, *G. tumida*, *G. truncatulinoides*, それに*G. hirsuta*の一部がそれである。これらの種の殻が溶けると、最初に keel に囲まれた比較的殻の薄い部分“chamber”に小さな穴があく。通常、一番最後に形成された chamber はそれ以前のものより殻が薄く最初に穴があくことが多い。さらに溶解が進むと穴は別の chamber にもあき、それらは次第に大きくなる。その間 keel 自身も溶けて細くなり、やがて、keel も壊れて破片となる。このように、keel を持った浮遊性有孔虫の殻が溶けると、完全個体、chamber に穴のある個体、破片と殻の変化を3段階に分けて追跡することができる。そこで、実験室において深海底堆積物を溶かし、keel を持った種(指標種)の殻について上述の3段階の割合と溶解のために減少した堆積物の重さを用いて溶解曲線を作成しておけば、深海底堆積物中の指標種の殻の3段階の割合から炭酸塩の溶解量を定量的に求めることが可能である。本小論で定めた基準に従えば、この殻の3段階の判定は容易にかつ明確に行なうことができ、個人差も余り入らない。

指標種の完全個体と深海底堆積物を実験室内で溶かす幾度かの溶解実験によって、各溶解ごとに指標種の殻の3段階の割合の変化、すなわち減少していく完全個体の割合や増加していく穴のある個体及び破片の割合と、炭酸塩の溶解によって起こる堆積物の重量減少との関係をそれぞれ調べて溶解曲線を作成する。溶解操作を始める前と終了後に、堆積物中の炭酸塩含有率を測定すれば、減少した堆積物の重量変化を炭酸塩の溶解量の変化に直すことができる。そこで炭酸塩の溶解量に対する完全個体の減少曲線、穴のある個体や破片の増加曲線として、3本の溶解曲線が得られることになる。

本実験では種々条件を変えて全部で9回の溶解実験を行なった。各溶解実験においては以下に述べる項目について調べ、それぞれは用いた指標種、溶媒の違いによって前半(実験1から5)と後半(実験6～9)の実験に分けられる。

前半の実験(実験1から5)

堆積物: 深海底コア ANTP, 142, の100-103cmの層準の有孔虫軟泥。

指標種: 上述の堆積物中から拾い出した *Globorotalia menardii* 及び *Globorotalia tumida*。

溶 媒: 0.03規定の塩酸

実験1—crustを持つ *G. menardii* (246 μ ~417 μ) の溶解曲線を求める。

実験2—実験1と全く同じ条件でもう一度溶解実験を繰り返し、結果の再現性を調べる。

実験3—crustを持たない *G. menardii* (246 μ ~417 μ) の溶解曲線を求める。

実験4—crustを持つ *G. menardii* (>417 μ) を用い、殻の大きさの相違が溶解曲線にどのように反映されるかを調べる。

実験5—crustを持つ *G. tumida* (>417 μ) の溶解曲線を求める。

後半の実験（実験 6 から 9）

堆積物：深海底コア ANTP, 142の100—103cmの層準の有孔虫軟泥。

指標種：水深100mのプランクトン・ネットで採集された crust を持つ *G. menardii* ($> 417 \mu$)。

溶 媒：炭酸ガスに飽和した海水。

実験 6—実験 4 で得られた溶解曲線を炭酸塩溶解量の絶対値が算出できる曲線に修正するために、プランクトン・ネットで採集された指標種を用いて溶解実験を行なう。

実験 7, 8, 9—堆積物の粒度組成が溶解曲線に与える影響を調べるために、有孔虫軟泥の細粒堆積物 ($< 74 \mu$) の割合 (67%) をそれぞれ50%, 75%, 100%に変え、上述の指標種と共に溶かして実験を行なう。

堆積物：溶解実験に用いた堆積物は、多くの深海底堆積物資料中で最も炭酸塩の溶解が少ないと思われる有孔虫軟泥を使った。この軟泥は深海底コア ANTP, 142 ($10^{\circ}16.9'S$, $50^{\circ}58.0'E$, 2763 m) の100—103cmの層準のもので、含まれる浮遊性有孔虫の殻は完全個体ばかりで、破片や穴のある個体がほとんどない。各実験で用いた堆積物の量は乾燥重量で約 1 g, その炭酸塩含有率は約85%である。

指標種：前半の実験（1から5）では、指標種として上述の堆積物中から拾い出した *G. menardii* 及び *G. tumida* の完全個体を用いた。*G. menardii* の殻には、普通よく見られる crust を持った不透明なものと、産出は少ないが crust を持たずガラスのように透明なものがある（写真1）。後者は前者より溶け易いと考えられるので実験3の指標種とした。また実験5では、浮遊性有孔虫の中で最も殻が丈夫と見なされている (RUDDIMAN and HEEZEN, 1967; BERGER, 1968; PARKER and BERGER, 1971) *G. tumida* を用いた。後半の実験（6から9）で用いた指標種は水深 100 m のプランクトン・ネットで採集された crust を持つ *G. menardii* ($> 417 \mu$) である。水深100mでの海水は炭酸カルシウムに対して過飽和のため、その *G. menardii* の殻は全く溶けていない。このような環境下の殻を使って得られた溶解曲線は炭酸塩溶解量の絶対値を示すことになる。そこで、後半の実験で得られた結果は前半の結果を修正するのに使うことができる。プランクトン・ネットで採集された *G. menardii* の個体数が少なかったため、前半の実験ではほとんど溶けていないと思われる堆積物（コア ANTP, 142）中の *G. menardii* を用いた。

溶媒：前半の実験（1から5）では0.03規定の塩酸 (PH 1.5) で炭酸塩を溶かした。溶解実験において指標種の殻が溶けて chamber に穴があいたり、破片になったりする変化は、溶ける炭酸塩の量によって決まり、溶解量が一定ならば酸の強度とは無関係であると考えられる。しかし、強酸を用いれば反応が早いため、炭酸塩を不均一に溶かす危険性がある。そこで、後半の実験（6から9）では海水に炭酸ガスを通して炭酸ガスに過飽和な海水 (PH6—6.5) を作り、炭酸塩をゆっくり（2—3日かけて）溶かした。

溶解操作：各実験の溶解操作は次の実験1の例で示されるように行なわれた。

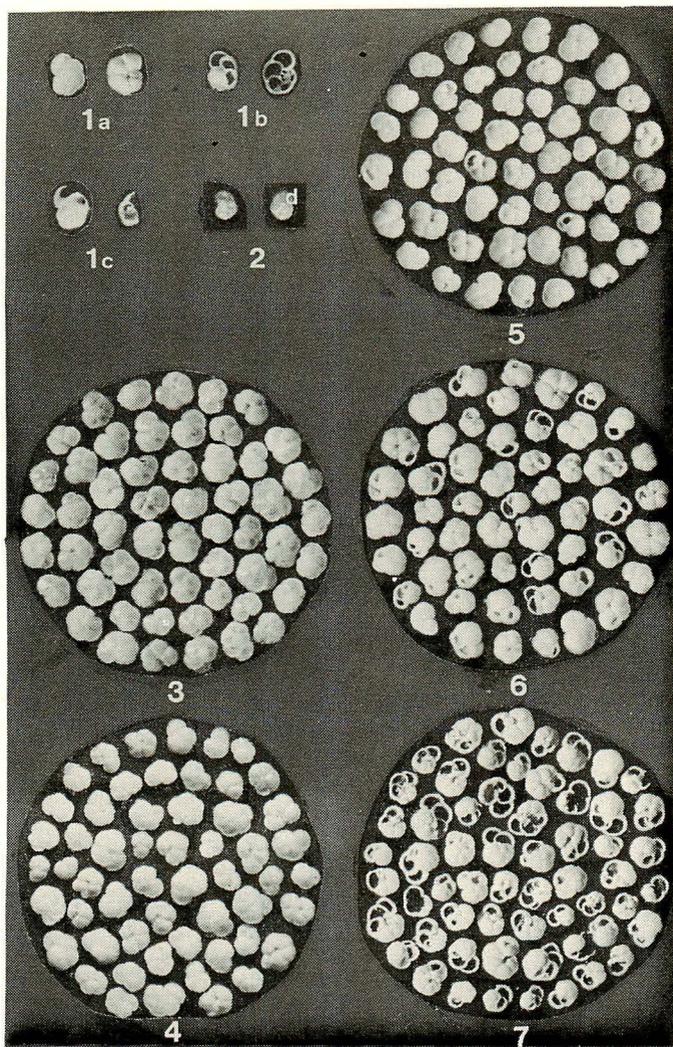


写真1 *Globorotalia menardii* の溶解結果

1 a…完全個体, 1 b…穴のある個体, 1 c…破片. 2 crustを持たない殻.
3 溶解前. 4 炭酸塩溶解量約50%. 5 約70%. 6 約80%. 7 約90%.

Plate: Tests of *Globorotalia menardii* and their changes in appearance during the dissolution experiments. 1a: Perfect tests ($>417\mu$); 1b: damaged tests ($>417\mu$); 1c: fragmented tests ($>417\mu$); 2: non-crustated type of perfect tests ($246\mu-417\mu$); 3: solution-free assemblage (before dissolution); 4: after 50% of carbonates have dissolved from the accompanying sediments; 5: after 70% of carbonates have dissolved from the accompanying sediments; 6: after 80% of carbonates have dissolved from the accompanying sediments; 7: after 90% of carbonates have dissolved from the accompanying sediments.

246 μ ~417 μ の大きさで crust を持つ *G. menardii* の完全個体だけを約100個体集めて74 μ の網で作った小さなバスケットに入れる。そのバスケットと約1g(乾燥重量)の有孔虫軟泥をピーカーに入れ0.03規定の塩酸約100mlを加えて炭酸塩を溶かす。反応は数分で大体終了するが、その間ピーカーを揺すり、堆積物と *G. menardii* の殻を一様に溶かす。懸濁物の沈下後上澄み液を捨て、蒸留水で堆積物とバスケットをすすぎ、遠心分離機に掛けて再び上澄み液を捨てる。堆積物は乾燥後計量し減少した重さを求める。一方、バスケット中の *G. menardii* を顕微鏡下で観察し、殻の3段階、すなわち完全個体、穴のある個体(chamberに20 μ 以上の穴のある個体)破片(keelが壊れているもので、幼年期の殻を持っている破片を一つと数える)の割合を求める(写真1, 1a, 1b, 1c)。このような溶解操作を完全個体が無くなるまで繰り返し(写真1), 各溶解操作ごとに *G. menardii* の殻の3段階の割合と重量減少によって示される炭酸塩の溶解量との関係を求め、それぞれの溶解曲線を作成する。

なお、実験2から5までは操作が同時に進行したものであり、実験2と3は溶解操作の始めから、4と5は炭酸塩が72%溶けてから、それぞれ殻の3段階の割合を調べたものである。また、後半の実験で1回の溶解操作しか行なわなかったのは次の2つの理由による。1 前半のそれぞれの実験のように堆積物を何回も溶かし、そのつど水洗い、遠心分離、計量を行なうと、そうした過程で堆積物を少量ずつ失い、後の溶解操作程誤差が集積されて大きくなる。2 1回の溶解操作の場合には、溶解の前後に求めた堆積物の重さ及び別に定量した炭酸塩含有率から、溶解前後の炭酸塩の重さが求まり、炭酸塩の溶けた量を正確に割出すことができる。同時に、堆積物の重さの減少が炭酸塩の溶解に因ることを確かめることもできた。このように、後半の実験で正確に求められた溶解曲線は前半の曲線を補正するのに使うことができる。

実験結果と考察

溶解実験1から9までの結果を第1表及び第1図に示す。

実験1では crust を持つ *G. menardii* (246 μ ~417 μ)の溶解曲線を調べた。この曲線を見ると(第1図)、炭酸塩溶解量の0%から約70%までの間では完全個体の減少する割合や穴のある個体及び破片の増加する割合が小さい。その後完全個体の急速な減少や破片の増加が見られ、炭酸塩の90%溶解時点では完全個体はもはや存在しない。穴のある個体は炭酸塩の85%溶解時点で最大値に達しその後減少する。破片は80%時点から急速に増加する。

実験2の結果も実験1と同じような溶解曲線を示す(第1図)。しかし、両実験とも堆積物を溶かす操作を繰り返すため、次第に誤差が大きくなり、完全個体が無くなる時点の両溶解曲線の差は炭酸塩溶解量にして6%に達する。そこで、両溶解曲線の中間を通る曲線を描き、それを crust を持つ *G. menardii* (246 μ ~417 μ)の溶解曲線とした(第1図)。

実験3及び5の結果を実験1—2の結果と比較すると、crust を持たない *G. me-*

第1表 各溶解実験の結果。(P—完全個体, D—穴のある個体, F—破片)。

Table 1: Results of carbonate dissolution experiments 1 through 9. In experiments 4 and 5, the counting of the specimens started after step 6, when about 72% of the original carbonate in the accompanying sediment has dissolved.

*Three of the four fragmented tests showed signs of formation from mechanical breakage (rather than solution) during dissolution step 3. Accordingly, they were removed from the calculation after step 3, when the data were plotted in Figure 1.

Experiment	1				2				3				4				5			
No. of tests	120				130				37				217				60			
Steps	%	CaCO ₃ loss	P	D	F	CaCO ₃ loss	P	D	F	P	D	F	P	D	F	P	D	F		
1		16	98	2	0	14	99	1	0	93	7	0								
2		30	95	3	2	28	96	3	1	84	15	1								
3		43	89	7	4*	41	94	4	2	74	24	2								
4		57	87	8	5	54	92	6	2	62	30	8								
5		69	79	15	6	64	87	10	3	41	33	26								
6		80	47	31	22	72	79	15	6	14	24	62	72	24	4	84	11	5		
7		86	25	34	41	78	52	30	18	3	12	85	64	32	4	76	15	9		
8		88	13	27	60	81	19	37	44				55	48	7	70	20	10		
9						85	3	25	72				28	60	12	61	29	10		
10						86							12	48	40	49	32	19		
11						89							3	36	61	37	34	29		

*120個体中3個の破片は機械的に壊れた形跡を示したので、第1図にはステップ3以降3個体を除いて再計算した値をプロットした。

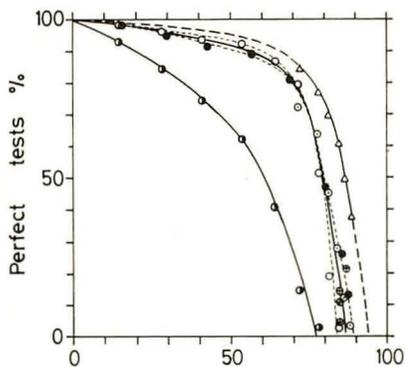
Experiment	6				7				8				9				
No. of tests	100				70				70				70				
Steps	%	CaCO ₃ loss	P	D	F	CaCO ₃ loss	P	D	F	CaCO ₃ loss	P	D	F	CaCO ₃ loss	P	D	F
1		85	14	80	6	86	4	94	2	88	21	76	3	86	11	86	3

P: Perfect tests, D: Damaged tests, F: Fragments

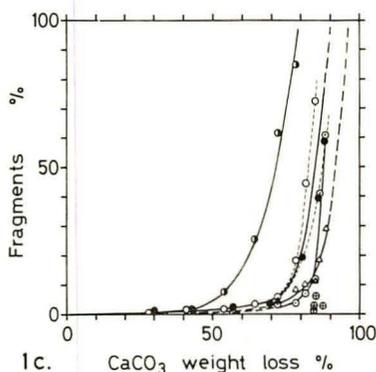
*menardii*の殻は持つものより溶け易く、また、*G. tumida*の殻は crust をもつ *G. menardii*よりも溶けにくいという予想通りの結果になった(第1図)。

実験4の結果を第1図にプロットしてみると、完全個体の減少曲線(1a)は実験1及び2のそれらの間に位置し、*G. menardii*の殻の大きさを変えても完全個体の減少曲線にはほとんど差がないことがわかる。しかし、炭酸塩溶解量85%付近に見られる穴のある個体の最大値は大きい個体ほど高く(第1図, 1b)、大きい個体の keel が丈夫で破片になりにくい傾向を示している。このことは、殻が成長する時、chamber (少なくとも最後の chamber) の厚さは変化しないのに、keel がたく丈夫に成長したことに因るものと考えられる。同様な現象は後半の実験においても観察される。後半の実験に用いた *G. menardii* は 417 μ 以上の殻とは言っても実験4で用いたものより遙かに大きい個体が多かった。そのため、炭酸塩が85%溶けた時点においてさえ、穴のあいた個体は非常に沢山残っている(第1図, 1b, 写真1, 7)。

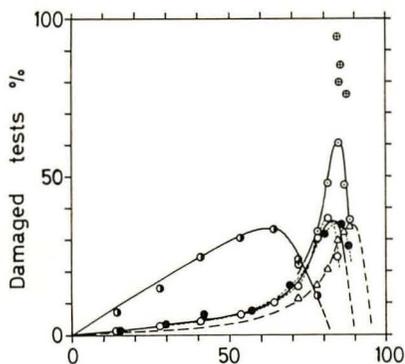
後半の実験では、一回の溶解操作しか行なわなかったため、結果は4つの点としてプロットされる(第1図)。完全個体のこれらの点を実験1及び2の曲線に沿って完全個体0の線に外そうとすると、点のばらつきは炭酸塩溶解量にして最大5%である。このことは細粒堆積物(<74 μ)の含有率を変えても溶解曲線にほとんど影響を与えないということを示している。有孔虫軟泥が余り溶けていない場合、その細粒堆積物(<74 μ)中の炭酸塩は大部分が浮遊性有孔虫の幼形とココリスからなる。一般に、浮遊性有孔虫の幼形の殻はその成体の殻より溶け易く、ココリスは反対に溶けにくいと考えられている(BERGER 1968; HAY, 1970, McINTYRE and McINTYRE 1971)。ところが、細粒堆積物の含有率を変えても溶解曲線にほとんど影響がないということは、ココリス、浮遊性有孔



1a. CaCO₃ weight loss %



1c. CaCO₃ weight loss %



1b. CaCO₃ weight loss %

legend

- | | |
|-----------------------------|----------------|
| Globorotalia menardii | Experiment |
| ● 246 μ ~ 417 μ | 1 |
| ○ 246 μ ~ 417 μ | 2 |
| ◐ 246 μ ~ 417 μ (non-crust) | 3 |
| ○ > 417 μ | 4 |
| ● > 417 μ | 6, 7, 8, and 9 |
| Globorotalia tumida | |
| △ > 417 μ | 5 |

第1図 *Globorotalia menardii* 及び *Globorotalia tumida* の溶解曲線。

1 a : 完全個体 (perfect test), 1 b : 穴のある個体 (damaged test), 1 c : 破片 (fragment).

Figure 1: Experimentally determined carbonate dissolution curves based on relative abundances of the perfect, damaged and fragmented tests of *Globorotalia menardii* and *Globorotalia tumida*. In experiments 6, 7, 8 and 9, the fine fractions (<74 μ) of the sediments used are 67%, 50%, 75% and 100% respectively.

虫の幼形及び成体の殻の溶け易さがそれ程違わないのか、それとも3者がそれぞれの堆積物に適当な割合で含まれていたことに原因するのか、どちらかと思われる。

前章で述べたように、前半の実験(1から5)で得られた溶解曲線を炭酸塩溶解量の絶対値を求める曲線に修正するためには後半の結果を基に補正しなければならない。その場合、直接比較できるのは実験4と6である。実験6の値、例えば完全個体の14%の時炭酸塩溶解量は85%であるが、この値を通るように実験4における完全個体の溶解曲線を移動させる必要がある。実験の結果、実験6の値がたまたま誤差範囲内で実験4の溶解曲線上にプロットされたので、前半の実験で得られた溶解曲線をそのまま炭酸塩溶解量の絶対値を求める曲線として使用できることになった。

各溶解曲線の精度は次の観察事実に基づいて炭酸塩溶解量70%以上で約±2.5%、以下で約±5%と見積られる。

1. 実験1と2の溶解曲線は炭酸塩溶解量±3%以内で一致する。
2. 実験4の完全個体の減少曲線(第1図, 1a)は実験1と2のそれらの間におさまり、実験1と2を平均した曲線から約1%ずれている。
3. 実験6の値は実験4の完全個体の減少曲線からやはり1%ずれており(第1図1a)、実験1-2の値を平均した溶解曲線上にプロットされる。
4. 実験6の値は、堆積物の計量及び炭酸塩含有率の定量誤差±2%と殻の3段階の識別誤差±1%(各溶解操作後殻の識別を2回行なうが、ほとんどの場合2回目は100個体中1-2個の変更である)を含む。

各溶解曲線は、炭酸塩溶解量70%以上で勾配が急になるため、殻の識別誤差(±1%)は無視でき、堆積物の定量誤差(±2%)と、2, 3で述べた1%のずれによって約±2.5%の精度を持つと考えられる。また炭酸塩溶解量70%以下では、溶解操作の回数数が少なく堆積物の定量誤差は小さい(±1.5%)が、殻の識別誤差(±1%)による炭酸塩溶解量の推定誤差は大きくなり(±3.5%)、約±5%の精度を持つものと思われる。

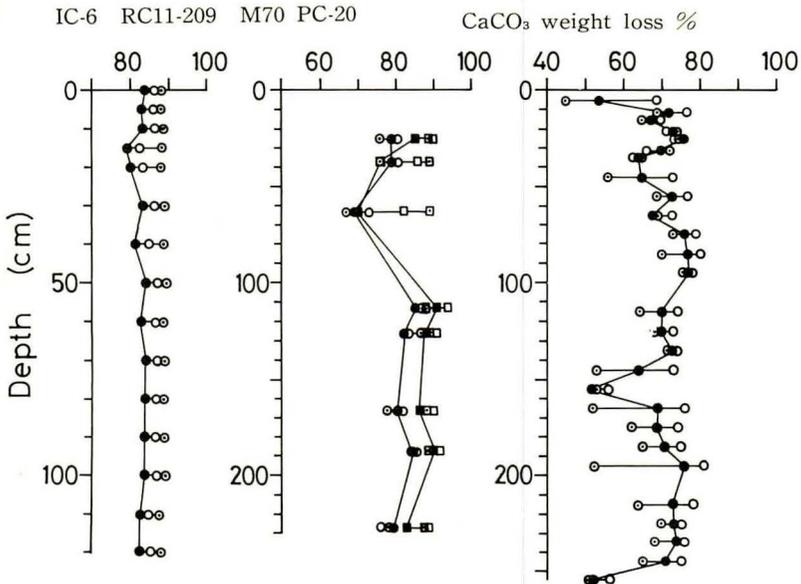
穴のある個体及び破片の溶解曲線は殻の大きさの相違が溶解曲線に反映され、炭酸塩溶解量80%以上で、完全個体の溶解曲線より精度が悪い。なお、穴のある個体の溶解曲線からは、炭酸塩溶解量として2つの値が得られるが、完全個体の溶解曲線から求められた値に近い方を採用すればよい。

以上は溶解曲線そのものの精度であるが、調べる試料によって精度はさらに異なる。例えば、指標種を豊富に含む試料では殻の識別誤差を小さくすることができる。その場合、 246μ - 417μ の殻が多ければ穴のある個体及び破片の溶解曲線からも完全個体の溶解曲線と同じ精度で炭酸塩溶解量を求めることができる。さらに crust を持つ *G. menardii* ばかりではなく、*G. tumida* あるいは crust を持たない *G. menardii* の産出も多ければ、それぞれの殻の3段階の溶解曲線から求めた炭酸塩溶解量を相互に比較し、結果の信頼度を高めることができる。しかし、細粒堆積物($<74\mu$)の含有率が50%から100%まで異なる試料について炭酸塩溶解量を比較する場合、最大

5%の誤差は入り得る。

深海底コアへの適用例

深海底とは全く条件の異なる実験室内で得られた溶解曲線を天然の試料に当てはめた場合、果して正確な炭酸塩溶解量を算出するだろうかという疑問が生じる。天然試料中の指標種の殻についてその3段階の割合を調べ、それらの値を実験的に得られた溶解曲線のそれぞれに当てはめて炭酸塩溶解量を算出した時、得られた3つの値が一致しなければ、実験的に得られた溶解曲線は天然に適用できないということになる。反対に、一致すれば、実験室と天然における炭酸塩の溶け方は基本的には同じと考えられる。BÉ, *et al.*, (1975)やHECHT *et al.*, (1975)による浮遊性有孔虫の殻の電子顕微鏡観察によると、実験室内で溶かした殻と天然のものとはほとんど区別ができないという。



第2図 3本の深海底コアに見られる炭酸塩溶解量。炭酸塩溶解量は次の溶解曲線から求めた。*Globorotalia menardii*の完全個体(●)、穴のある個体(⊙)、破片(○)、*Globorotalia tumida*の完全個体(■)、穴のある個体(⊠)、破片(□)。各コアの炭酸塩溶解量は信頼度の高い完全個体の溶解曲線から得られた値で代表される。

Figure 2: The carbonate weight losses in three deep-sea cores as estimated from the dissolution curves of Figure 1. At each level of the cores, several independent estimates are made, based on different curves: perfect tests (●), damaged tests (⊙) and fragmented tests (○) of *Globorotalia menardii*, and perfect tests (■), damaged tests (⊠), and fragmented tests (□) of *Globorotalia tumida*.

第2表 コア RC11-209と M70 PC-20に含まれる crustを持つ *Globorotalia menardii* (246 μ ~417 μ)の完全個体 (P), 穴のある個体 (D), 破片 (F) の割合と調べた個体数 (T). コア RC11-209については *Globorotalia tumida* (>417 μ)についても調べた.

Table 2: The abundance data for the tests of *Globorotalia menardii* and *Globorotalia tumida* in cores RC11-209 and M70 PC-20. Data for core IC-6 have been previously published (OBA, 1969, Figure 4 and p. 161).

RC 11 - 209					M70 PC - 20				
G. menardii (246 μ -417 μ)					G. menardii (246 μ -417 μ)				
Depth cm	%			T	Depth cm	%			T
	P	D	F			P	D	F	
25	53	23	24	97	5	91	5	4	21
37	53	24	23	117	11	72	14	4	36
63	81	12	7	94	15	84	11	5	138
113	12	21	67	96	21	75	18	7	84
126	34	25	41	186	25	70	21	9	68
186	41	27	32	140	31	79	18	3	63
187	11	33	56	9	35	86	11	3	100
227	54	32	14	142	45	86	7	7	98
G. tumida (>417 μ)					55	73	14	3	94
					65	78	14	8	120
					75	64	18	18	102
					85	63	14	23	79
					95	61	23	16	69
					115	81	10	9	67
					125	80	13	7	134
					135	74	18	8	102
					145	86	7	7	89
					155	91	6	3	79
					165	82	6	12	115
					175	80	10	10	123
					185	79	11	10	118
					195	66	6	28	51
					215	74	10	16	69
					225	75	15	10	78
					235	70	13	16	38
					245	79	11	10	28
					255	91	6	3	79

P: Perfect tests, D: Damaged tests, F: Fragments
T: Total specimens examined

れたということは、実験室で得られた溶解曲線を天然の試料に適用できることを示している。このコアでは、穴のある個体から求めた炭酸塩溶解量が常に高い値を示すが、これは、1969年に穴のある個体を数えた時、20 μ よりさらに大きい穴を持つ殻に限ったためと思われる。しかし、このコアの炭酸塩溶解量はいづれの溶解曲線を使っても同じような変化を示し、特に15~20cmの層準では3本とも最低値を示す(第2図)。この層準は底棲有孔虫の含有率が最も低く、炭酸塩の溶解が他の層準より少ないと予測された層準である(OBA, 1969)。

このコアでは採取深度が余り深くない(2523m)にもかかわらず、炭酸塩溶解量は非常に高い値(80~90%)を示している。この原因は、おそらくこのコアの採られた海域が非常に高い生物生産力を示し、その生物の死がいが海底で分解され、発生した炭酸ガスによって炭酸塩が多量に溶かされたことに因るのかも知れない。

RC11-209 (3°39' N, 140°04' W, 4400 m)

以下に3本の深海底コアに、実験的に得られた溶解曲線を適用して炭酸塩溶解量を求めた結果を示す。

IC-6 (5°56.2' N, 77°50.7' E, 2523 m)

このコアは低緯度インド洋の2523mの海底から採れた有孔虫軟泥であり、豊富に含まれる浮遊性有孔虫のほかに底棲有孔虫の頻度も高い(平均12%, OBA, 1969)。堆積物中の *G. menardii* の殻の3段階の割合は既に記録がある(OBA, 1969, Fig. 4)ので、crustを持つ *G. menardii* (246 μ ~417 μ)の溶解曲線(第1図, 1a, 1b, 1c)にそれらの値を当てはめて炭酸塩溶解量を求めた。その結果、3つの溶解曲線から得られた炭酸塩溶解量は大体一致する(第2図)。完全個体と穴のある個体の溶解曲線を使って求めた炭酸塩溶解量の差が最も大きいのが、それでも平均6%である。このように、溶解曲線の精度($\pm 2.5\%$)以内、あるいは精度に近い誤差で炭酸塩溶解量が求めら

このコアは東赤道太平洋の4400mの深海底から採られた石灰質粘土である。堆積物に含まれる *G. menardii* ($246\mu\sim 417\mu$) 及び *G. tumida* ($> 417\mu$) の殻の3段階の割合を調べ(第2表), それぞれの溶解曲線に当てはめて炭酸塩溶解量を求めた(第2図)。溶解実験では *G. tumida* の溶解曲線が炭酸塩溶解量の70~90%の間でしか求められなかったため、それ以外の部分は *G. menardii* の溶解曲線に沿って延長した。そのため延長した部分の精度は余り良くない。*G. menardii* の殻の3段階の割合をそれぞれの溶解曲線に当てはめ炭酸塩溶解量を求めたところ、3者は約4%以内で一致した。*G. tumida* については、コアの上部から37cmと63cmの層準を除けば5%以内で3つの値が一致する。37cmと63cmの層準では何らかの力で殻が壊れ、特に穴のある個体数が減少したものと考えられる。3つの溶解曲線の中で最も信頼度の高い完全個体の溶解曲線を使って、*G. menardii* と *G. tumida* について求めた炭酸塩溶解量はコアの上から下まで全く同じように変化し(第2図)、約5%以内で一致する。

M70 PC-20 ($14^{\circ}39.8' S$, $177^{\circ}11.6' W$, 2840 m)

このコアはフィジー海底台地から取られた有孔虫軟泥である。堆積物に含まれる *G. menardii* ($246\mu\sim 417\mu$) の殻の3段階の割合を調べ(第2表)炭酸塩溶解量を求めたところ第2図に示すような結果が得られた。このコアでは、6つの層準(5, 45, 145, 165, 195, 215cm)を除けば、殻の3段階の割合から求めたそれぞれの炭酸塩溶解量は、平均6%の誤差で一致する。上で除いた6層準では、穴のある個体の割合から求めた炭酸塩溶解量は常に小さく、破片から求めたものは大きい。そして両者を平均した値は完全個体から求めたものに近い。この事は次のように理由づけられる。完全個体と穴のある個体になんらかの力が加わると、既に殻が弱くなっている穴のある個体は完全個体より破片になり易く、その減少した個体数から求められた炭酸塩溶解量は小さく、増加した破片から求められた溶解量の値は大きくなる。もしこの解釈が妥当ならば、実験的に求めた溶解曲線は炭酸塩溶解量の絶対値を算出するばかりではなく、機械的に破壊を受けた層準を区別することができる。

本小論では、浮遊性有孔虫の殻を実験的に溶かして作成した溶解曲線を使って、深海底堆積物中の炭酸塩溶解量を定量的に求める方法を紹介した。この方法は目下 *G. menardii*, *G. tumida* を含む低緯度の深海底堆積物にしか適用できないが、別の種(例えば、*Globorotalia truncatulinoides*) を使えば中緯度についても同様な方法で炭酸塩溶解量を求めることができるであろう。深海底コアについて、この方法による溶解量の測定、酸素同位体比 ($^{18}O/^{16}O$) 法による古水温の測定、さらには正確な堆積速度の決定がなされれば、長年論議されてきた古気候と炭酸塩の溶解との関係並びに古気候と過去の浮遊性生物の生産力との関係について最終的な決着を与えることができる筈である。

この小論をまとめるに当たり、東京大学海洋研究所堀部純男教授、東京大学地質学教室鎮西清高助教授には有益なご助言を賜わった。また、ラモント・ドハティー海洋研究所の齋藤常正博士からサンプル(RC11-209)を、ハワイ大学の Dr. GILLIARD, T. 並びに Dr. ANDREWS, J. E. からサンプル(M70 PC-20)を頂いた。以上の方々

に厚く御礼申し上げます。

引用文献

- ARRHENIUS, G. (1952), Sediments core from the East Pacific. *Swedish Deep-Sea Expedition (1947-1948) Reports*, v. 5, fasc. 1, 227p.
- BÉ, A. W. H., MORSE, J. W., and HARRISON, S. M. (1975), Progressive dissolution and ultrastructural breakdown in planktonic foraminifera. In: "Dissolution of Deep-Sea Carbonates" SLITER, W. V., BÉ, A. W. H., and BERGER, W. H. eds. *Cushman Foundation of Foraminifera Research, Special Publication*. no. 13, p. 27-55.
- BEN-YAAKOV, S., RUTH, E., and KAPLAN, I., (1974), Calcium carbonate saturation in northeastern Pacific: *In situ* determination and geochemical implications. *Deep-Sea Res.*, v. 21, no. 3, p. 229-243.
- BERGER, W. H. (1967), Foraminiferal ooze: Solution at Depths. *Science*, v. 156, no. 3773, p. 383-385.
- , (1968), Planktonic Foraminifera: selective solution and paleoclimatic interpretation. *Deep-Sea Res.*, v. 15, no. 1, p. 31-43.
- , (1973), Deep-Sea carbonates: Pleistocene dissolution cycles. *J. Foraminif. Res.*, v. 3, no. 4, p. 187-195.
- BROECKER, W. S., (1971), Calcite accumulation rates and glacial to interglacial changes in oceanic mixing. In: "The Late Cenozoic Glacial Ages." Turekian, K. K., ed. p. 239-265, *Yale Univ. Press, New Haven*.
- CHEN, C., (1968), Pleistocene pteropods in pelagic sediments. *Nature*, v. 219, no. 5159, p. 1145-1149.
- HAY, W. W., (1970), Calcium carbonate compensation. *Deep-Sea Drilling Project Initial Reports*, v. 4, p. 672.
- HECHT, A. D., ESLINGER, E. V., and GARMON, L. B., (1975), Experimental studies on the dissolution of planktonic foraminifera. In: "Dissolution of Deep-Sea Carbonates" SLITER, W. V., BÉ, A. W. H., and BERGER, W. H., eds. *Cushman Foundation of Foraminifera Research, Special Publication* no. 13, p. 56-69.
- MCINTYRE, A., and MCINTYRE, R., (1971) Coccolith concentration and differential solution in oceanic sediments. In: *The micropaleontology of oceans*, FUNNELL, B. M., and RIEDEL, W. R., eds., *Cambridge Univ. Press*, p. 253-261.
- OBA, T., (1969), Biostratigraphy and Isotopic Paleotemperature of some Deep-Sea Cores from the Indian Ocean. *Tohoku Univ. Science Rep., 2nd series, (Geology)*, v. 41, no. 2, p. 129-195.
- PARKER, F. L., and BERGER, W. H., (1971), Faunal and solution patterns of planktonic foraminifera in surface sediments of the South Pacific. *Deep-Sea Res.*, v. 18, no. 1, p. 73-107.
- PETERSON, M. N. A., (1966), Calcite: Rates of Dissolution in a Vertical Profile in the Central Pacific. *Science*, v. 154, no. 3756, p. 1542-1544.
- RUDDIMAN, W. F., and HEEZEN, B. C., (1967), Differential solution of planktonic foraminifera. *Deep-Sea Res.*, v. 14, no. 6, p. 801-808.

TAKAHASHI, T., (1975), Carbonate chemistry of sea water and the calcite compensation depth in the oceans. In: *Dissolution of Deep-Sea Carbonates*, SLITER, W. V., BE, A. W. H., and BERGER, W. H. eds., *Cushman Foundation of Foraminifera Research, Special Publication* no. 13, p. 11-26.

Measurement of CaCO_3 Dissolution in Deep-Sea Sediments

T. OBA and T.-L. KU

ABSTRACT

The extent of dissolution of the tests of planktonic foraminifera, especially those with keels around their chambers (e.g. *Globorotalia menardii* and *Globorotalia tumida*) is used as an index to quantitatively estimate the amount of carbonate dissolved from a deep-sea sediment. The index is calibrated by a series of laboratory experiments which involves successive dissolution with acid of a *globigerina* ooze specimen alongside a "control" assemblage of perfect (solution-intact) tests of *G. menardii* and *G. tumida*; the latter are selected from a plankton-tow collection or from a sediment deposited above the lysocline. During the experiments, the carbonate weight losses from the ooze after each dissolution step are recorded against the concomitant decreases of the perfect tests and increases of the damaged tests (arbitrarily defined as those with holes $> 20\mu$ in diameter on the chambers) and the fragmented tests (those with broken keels and initial chambers) in the control assemblage. In this manner, a set of dissolution curves as shown in Figure 1 is obtained. By examining the relative abundance of perfect, damaged and/or fragmented tests of *G. menardii* or *G. tumida* in a sediment, the quantity of carbonate that has been dissolved away can be assessed from the Figure 1 curves. In this figure are also included data derived from varying the types (with crust and without crust) and sizes ($246\mu - 417\mu$ and $> 417\mu$) of the *G. menardii* control tests as well as the particle size of the ooze sediment (experiments 6 through 9, fine fraction ($< 74\mu$) varying from 50% to 100%) used in the dissolution experiments. Ideally, any one of the curves can be employed for estimation of the carbonate loss in sediments.

The Figure 1 data have been applied to three deep-sea cores (IC-6, M70 PC-20 and RC11-209) raised from the equatorial Indian and Pacific Oceans and found to be internally consistent (Figure 2). That is, the percent carbonate dissolved in the cores as determined from the various Figure 1 curves generally agree within $\pm 5\%$ which is about the experimental error for the individual dissolution curves. At several levels in core M70 PC-20, however, the carbonate losses estimated from the *G. menardii* damaged test and fragmented test curves appear to be respectively

smaller and larger than those from the perfect test curve by amounts falling outside the $\pm 5\%$ uncertainty. This may be due to the fact that sediments at these levels might have been subjected to physical disturbances on the sea floor (such as bottom turbulence and bioturbation), causing mechanical breakup of the solution - weakened damaged tests to form fragments. If such an interpretation is valid, then the method proposed here could also serve to indicate sea-floor physical conditions in the past.

群集古生態研究の現状と展望 —底生群集を例として—*

首 藤 次 男**

I 群集古生態研究の現状

群集古生態学とはいったい何か という問に対して、生態学から定義を借用してくれば、定義そのものはそれ程むづかしくはない。しかし、厳密な定義を下しても、私にとって“古生態学”につきものの何とも把みどころのなさは、いっこうに無くなりはない。四角ばって定義に振廻されるよりは、研究例に基づいて群集古生態研究の内容を考える方が実際的であるし、よりよい展望ができそうにも思える。

新しい古生態研究の先鞭として、今日ではすでに古典的な観さえある ZIEGLER (1965), ZIEGLER · COCKS · BAMBACH (1968) のシルル紀ランドベリ一期の古生態研究をまずみることにしよう。ウエールズのランドベリ一期のおもに腕足類から構成される浅海底生群集を、産出個体頻度に基づいて、*Lingula*, *Eocoelia*, *Pentamerus*, *Costistricklandia*, *Clorinda* の 5 化石群集に分け、これらの群集が、この順序で岸沿いから沖合いに帯状分布することを認めた。さらに腕足類の生活型の資料に、これらと共存する四放サンゴ、二枚貝、巻貝の資料を加えて、群集の生息環境を推定した。この研究で検討された項目には次のようなものが含まれる

第 1 表 群集古生態研究の調査項目

ZIEGLER · COCKS · BAMBACH (1969)

- ①層序, ②岩質, ③産状, ④産出種数, ⑤産出個体数, ⑥個体数に基づく優占順位, ⑦種組成パーセント, ⑧多様度, ⑨背殻/腹殻 (右殻/左殻) の産出頻度, ⑩合辨殻の比率, ⑪構成種の生活型, ⑫食性, ⑬殻形態

DUFF (1975)

- ①層位, ②岩質, ③産状, ④産出種数, 産出個体数, ⑥有機炭素含有量, ⑦非溶性残渣, ⑧食性核の種構成, ⑨種の食性, ⑩生活型, ⑪殻の大きさ, ⑫多様度, ⑬内生, 外生, 泥食, 濾過食の組合せでできる種群

ZIEGLER らは、*Lingula* 群集は内湾や河口のような外海からある程度隔離された場所での、内生種、外生種をともに含む多様度の低い群集、*Eocoelia* 群集は岸近くの、*Lingula* 群集と共通種が多いが、大型腕足類の殻に肉茎で付着する小型腕足類のような外生着生種に多様度が高く、*Pentamerus* 群集は泥底ないし礫質底で水の動きの比較的強い場所の、外生種がおもで多様度は中位の群集、*Costistricklandia* 群集はやや深い水動きはかなりの場所の、外生種を主とした、多様度の中位の群集、*Clorinda* 群集は沖合の、水の動きの少ない泥質底の、多様度の最も高い群集と

* A perspective of paleosynecologic studies on marine benthos

** Tsugio SHUTO 九州大学理学部地質学教室

した。ZIEGLERらは化石群集の性格とそれに対応する環境を識別したうえで、化石種について生活の復原を行った。復原に当っては、いかに体を保持するか、成員の間の競争がどのように小さく押えられるかという観点が作業原理になっていたように見える。

DUFF (1975)は上部ユラ系オックスフォード粘土層下部の底生群集の解析を行った。彼は瀝青質ないし石灰質粘土層の中の二枚貝を主とする底生群集が多様に分化しており、それぞれ食についての競争が最少限に食い止められるような構成になっていることを示した。これはTURPAEVA (1957)がパーレント海の大型底生群集で明らかにし、NEYMAN (1967)が補足した群集の食性核の食性についての構造の法則性を化石群集に適用しようと試みたものである。彼は食性核を構成する種群の食性についての異質性、均質性と群集の多様度の概念をより合わせて、一見同じような岩質の粘土層から産する化石群集の間の、機能的な違いを浮彫にしようと試みた。さらに、これが彼の本論であるが、古生代、中生代、現在の泥底の群集の比較をした。アパラチャ地域のオルドビス紀からペルム紀までにわたり、海岸近くのシルト質底の安定な群集として *Lingula* 類—貝類群集 (BRETSKY, 1969) があるが、これは内生泥食者の古多歯目二枚貝、内生瀆過食者の *Lingula* 類、外生草食者の *Bellerophon* 類を主構成要素としている。これに対してオックスフォード粘土層の化石群集では、英国の上部ライアスの粘土層の底生群集と同様に、瀆過食者が水管を持つ二枚貝、特に現生の *Pteria* 類のように底から枝状ないし塊状に突出している物に足糸で付着する、「耳」を持つ二枚貝で置きかえられている。オックスフォード粘土層の化石群集は、現在の泥底の、おもに古多歯目二枚貝と多毛虫から構成されている均質泥食者種群とも異なる。DUFFはそこに生態進化の意味を見出そうとしているように見える。

上記の2例が模範的というわけではないが、これらに、最近の古生態研究が目指しているものを見ることができ、またその研究に内在する現在主義的側面と歴史主義的側面を見ることができると思う。

II 群集古生態研究の発展のあと

FORBESはエーゲ海における観察から、「生態群集」に近い概念をつくりあげ、また主として貝類の分布と水温や底質との間に関連があること、底質は深度と関係があることを見出した(1844)。この考えを英国のおもに新生代の化石動物群、植物群と現生のものの比較に応用し、動・植物群の移動や変化が地質的現象による環境変化と対応していると考えた。このような業績によってFORBESは古生態学の開拓者と見なされている。その後MÖBIUSはキール湾の底生生物の研究に基づいて、生態群集 (biocoenose) の概念を確立して、近代生態学の方法論を展開した。PETERSENは食物連鎖の概念と、当時先行していたCLEMENTS, SHELFORDらの植物生態学の成果を取入れて、底生群集の機能・構造の認識を飛躍的に向上させ、それは現在の底生群集の研究に直接結びついている。他方、DOLLOやMILNE-EDWARDSらは個

体の機能形態から、行動、食性、生活場所など各個生態的研究法を深めた。

現生生物の研究に進んでいった人たちがあつたといふ、MARCOUはユラ地方のユラ系の化石群とその生息環境について考察し、ARKHANGELSKYは底生動物群とその環境を解析するのに岩相を検討するなど、群集古生態の研究を進めた人たちもあつた。

19世紀後半から20世紀前半には、底生動物化石は、他の化石同様もっぱら化石層序資料として研究された。従つて、系統分類と進化系列という面で立入つた解析を行う例は少なくなつたが、古生態にふれたものはきわめて稀であつた。古生態にふれる場合も、深度、水温、塩分濃度等の物理・化学的な環境条件を大まかに推論するに留つてゐる。

1950年代以降になると、意識的に古生態研究をとり入れるものが多くなつた。1950年代の代表的研究例としてSORGENFREI (1958)を挙げることができよう。彼はユトランド半島南部の中部中新統の貝化石群の環境解析を行つたさい、制限要因、環境と個成長、生殖、幼生生活型、成貝と底質との結びつきなどを検討し、生物の環境への適応という面を重視している。つまり1960年近くになるまで、群集古生態研究は環境を推定する、あるいは復原するところに志向してゐたと言へる。

環境の正確な把握はそれ自体、現在でも少しも意義は失われてゐない。それどころか、近年では物理・化学的な方法の進歩に応じて、ますます精細な環境論が展開されている(例えばSTANTON・DODD, 1970)。それはそれで積極的に進めなければならぬ研究分野であることは誰の目にも明らかである。

しかし、古生態研究が環境解析だけに終つてよいかといふと、明らかにそれでは困る。群集古生態は元來、生物の側の主体的な働きかけを無視しては成立たない筈のものである。

何故、われわれは環境論的視野からこんなに長い間抜け出せなかつたのであろうか。それは、対比というより押しせまつた課題が古生物研究者に課せられていたからだといふのは、確かに事実に違ひない。しかし、古生物研究者が古生物研究者であることを拒否したか、忘れた、つまり、化石は過去に生き、そして死んでいった生物の遺物であることを、空疎な観念としてではなく、實質的に認知しようとする努力を拒否してきた一面を否定できまい。われわれは生物を知ろうといふ努力をしない古生物研究者から脱皮しなければならぬ。

III 群集古生態研究の二、三の問題点

古生態学は対象として扱う生物が個体であるか、個体群であるかなどによって部門に分れると考えると、次のような階層構造の図式に構成することができよう。

この階層構造のどの段階でも生物と対応関係にある環境は、すでに多くの人によって指摘されているように堆積物に最も密に反映されている。堆積物は古底生生物の生息時、その体を保持し、食物を得るなど生存のための活動の場としての意義と、死後遺骸がいかに運搬され、堆積されるかといふ堆積の場としての意義を二重

第2表 古生態学の階層構造

個体レベル	各個古生態学	機能・形態 (生理)	} ←環境→堆積物
個体群レベル	個体群古生態学	変異性 (遺伝)	
異種個体群レベル	群集古生態学	群集構造 (機能)	
生態系レベル	古生態系進化学	—— 生物進化 —— 地史	

に持つので、群集古生態解析にあたり、最も基本的に重要である。

底生動物の形態や生理は底質の總体的な性質に適応していると言われる。他方、堆積物の性質はその粒度組成に最も集約的に表現されていると言う。堆積物粒子の粒度と、水の流速による沈積・侵蝕の関係で底質の安定性は異なる。よく知られるように細砂は最も侵蝕・運搬され易いため、不安定な純細砂底では底生動物、特に外生種の生活に適しない。泥底は含水量が多くふよふよで外生種のすみつきに不適な反面、有機デトライタスの含有量が多く、内生の泥食者はすすめる。余り細粒でなければ内生の濾過食者もすすめるが、極端に粘土質となると、底質は内生種の動きでわきたち、内生の濾過食者を窒息させることになる。よく洗われて締りすぎた中・粗粒砂は内生種がもぐり込むのを妨げる。このように食・住の面から底生動物は底質ときわめて緊密な対応関係を持たざるを得ない。

第3表 底質と底生群集の生活型、食性、遺骸破壊の難易

	岩 礫	礫・貝殻	粗・中粒砂	細 砂	泥 質 砂	泥
種 数	少	多	中	最 少	多	少
内生種と外生種の割合	外 ≧ 内	外 ≧ 内	外 > 内	外 ≪≪ 内	外 < 内	外 ≪ 内
濾過食者と泥食者の割合	濾 ≫≫ 泥	濾 ≧ 泥	濾 ≧ 泥	濾 ≧ 泥	濾 ≧ 泥	濾 ≪ 泥
水 の 運 動	最 大					最 小
殻の破壊され易さ 殻の洗い出され易さ	最 大	やや大	中	大	小	最 小

このような関係から、堆積相と化石相が緊密に結びついていることを解明した研究例は多い。

種レベルで見ると JOHNSON (1971) の例に見るように、種の分布と底質との関係には柔軟性がある。つまり底質に関して遍在種を除いても、例えば砂底を特徴づける種といえども、泥底や泥質砂底にすむし、泥底の特徴種も砂底にすむのが認められる(第4表)。また種のある場所への定着は機会の問題でもあるので、種レベルで底質との対応をあまり厳格に求めても無駄なことが多い。そのうえ、われわれが採集する化石集団標本は堆積物のある厚さ範囲に含まれ、その厚さはある時間を代表している。その間、環境条件が一定であった保証はない。従って化石集団標本は大

第4表 底質と種の分布

	泥 底	泥質砂底	砂 底
遍 在 種	2	2	2
泥 底 種	17	14	12
泥質砂底種	15	32	20
砂 底 種	3	11	14
計	37	59	48

Tomales Bay. JOHNSON, 1971.

なり小なり平均化された組成をもつと考える方が安全であろう。このような事情があるので底質との関連で群集組成を見る場合、種をそのまま処理するのではなく生活型や食性型などに類型化して処理する方が実際的であるだろう。

上に述べたのは化石集団が純原地性であることを前提としての話である。

化石集団が原地性のものか、異地性のものかは生息—堆積環境の性質にかかっている。すみ穴の中で生活姿勢で化石になっている *Callianassa* のような厳密な意味の原地性の化石に基づいて古生態研究を進めるのが望ましいのは申すまでもないが、群集古生態解析にあつては、個々の成員は異地性であっても、化石集団が全体として、あるいはその大部分がほぼもとの生態群集の分布域内に堆積している場合には素材として使えるのではないだろうか。つまり、群集の占有地域はある拡がりをもつので、個々の成員が「少しばかり」運搬されても、群集全体を扱う場合には致命的な支障にはならないのではないだろうか。「少しばかり」が問題であるが、これは個々の場合ごとに総合的に判断するよりほかによい方法はないように思われる。

Martin-Kaye (1951) を例にとつて、化石は死後かなりの距離を運搬されているのが常で、もとの群集を反映している化石集団など、内湾のような特殊な例を除いてはあり得ないという考え方があつた。また、現生種では生きものの分布と遺骸の分布は一般に重るといふ経験にてらして、化石の場合にも海浜沿いなど特殊な例を除けば、生息圏と堆積圏が重なることが多いだろうという考え方があつた。そこで化石個体および集団が現地性か異地性かを判断するのは、群集古生態研究の最も基本的な重要な作業であり、そのためさまざまな指標が用いられている(第5表)。それら各々の実技について述べるのは省略するが、大切なことはそれらの指標の一つ一つに絶対的な重みを置くのは避け、あくまで複数のものに基づいて総合的に判定を下すことであろう*。

群集を構成している種や個体は、物理・化学的環境条件に適応していると同時に、生物どうしの間で調整が働いていると見られている。生物の間では空間的な関係としての住(生活型)とエネルギー源としての食(食性)を通じてのかかわりあいが、最も基本的なものであろう。群集の構成は食や空間についての競争が最小限に押え

* FAGERSTROM (1964), BOYD・NEWELL (1972), DRISCOLL・WELTIN (1973), HILLAIRE-MARCEL (1972) etc. 参照。

第5表 化石集団の原地性・異地性を判断するための目安

- (1) 化石集団を構成している個々の種の同種個体の大きさの頻度分布.
- (2) 2枚の殻をもつ種(二枚貝類, 腕足類, 貝形類など)の(a)合辨個体と離辨個体の比率, (b)対になる殻の相対頻度.
- (3) 完全な個体と壊れた個体の比率.
- (4) 化石表面の保存状態.
- (5) 化石集団の種構成.
- (6) 化石集団の構成種の生活型と堆積物粒度組成の比較.
- (7) 化石と化石包含層の碎屑物粒子の方位.
- (8) 化石層の堆積構造, 組織, 分級度などの堆積的特性.
- (9) 化石層とそれを挟む地層群の岩相分化.

られるように調整されているらしいという現生生態研究の知識を, 化石群集にあてはめて検討してみようとする傾向が最近著しい. 楽観的な現在主義的研究に対して厳しい反省を求める声がある. 確かに現在の個々の種の生態が過去の近似種, 属等にどの時代まで遡って適用できるか, 誰も証明はできない. しかし生物の生態的特性は何もかも変動しやすく, 古生態研究の比較資料になり得ないというわけでもなさそうに思える.

Spondylus spinosus, CURTER (1972); *Waagenoconcha abichi*, GRANT (1966) などに見られるような, 化石種について機能形態的におさえられた生活型や, 現生の二枚貝の生活型と対応している套線湾入や足絲湾入の形態との比較から推定される化石種の生活型は, 最も信頼できるものの例であろう. 食性は柔軟性があるので, GRAHAM (1955) の程度かそれ以上に詳しく限定しようとするとは誤りを犯すおそれがある. しかし, 現生の古多歯目二枚貝や腕足類の摂餌構造と食性を系統進化にてらしてみると, 食性には著しい保守的な面があることが理解される. 瀟過食者, 泥食者といった次元での食性はかなり安定なものと考えてよいのではなかろうか. 問題はむしろ, それをどう使うかにありそうに思える.

FAGERSTROM (1964) の意味の化石群集に相当するノースカロライナのベルグロード・チャンネルのカキ群集(漸新世)と現生のビュフォート湾のカキ群集の比較(LAWRENCE, 1968)からも計算されるように, 最も保存のよい例と考えられるカキ化石群集でさえ, 情報のつかめる種数はもとの種数の $\frac{1}{2}$ 以下に減少している. だから, 現生生態群集で認められる食・住についての群集構造の法則性を, 機械的に化石群集にあてはめるのは無意味だというのは正しい. 法則性が, 化石として保存された成員の間でも成立しているのであれば, 何故そのようなことが起りうるかを明らかにする必要がある. このことによってこの「法則性」の意義を再発掘できる可能性があると思える.

化石群集をどのようにして認識するか. 現生生態群集の認識のしかたが多様であるように, 化石群集の認識にもさまざまなやり方がありうる. (1)底質は生態群集の

第6表 現生・化石カキ群集の比較

	ビュフォート湾 カキ群集			化石カキ群集*
	A	B	C	D
門 の 数	9	7	7	5
種 数	80	45	18	16 ~ 18
もとの群集の何%が 保存されているか	100	56	23	?
体部以外で残された 情報の占める%	0	7	33	~ 44

LAWRENCE, 1968

A：もとのカキ群集のうちの主要種80種。

B：固い部分を持たぬ種を引きさったもの。

C：キチン質、磷酸石灰、硅酸質殻をもつものをBから引きさったもの。

* ベルグレード・チャンネル、漸新世。

組成を規制するので堆積物を基本として、貝殻砂岩群集、シルト質泥岩群集のような識別をする。(2)生物だけに基づいて認識する。(3)これらの組合せで識別する。(1)は最も簡単であり、しかもこうして識別した群集は生活型・食性についての群集構造がかなり反映されている。その反面種レベルで見ると同名の群集の中で構成内容は無限に変わりうる。群集というものが生物的な現象であるからには(3)が望ましい。(3)を実現するのに大まかに二通りの迫り方がある。まず個々の産出地点のしっかりした産出表を作る。第1の方法は、種の随伴度を評価し、随伴性の高い種を組合せることにより、理想的な化石群集を構成する。随伴性の評価にはさまざまな数理係数が考案されているが、化石、とくに大型化石を扱う者にとって、地点による標本サイズのばらつきや、標本サイズが必ずしも十分大きくないことがあるので、係数の選択は慎重さを要する。つまり上記のような場合にも偏りが少ないような係数を利用しなければならない。

他の方法は、個々の集団標本の間類似性を比較し、類似度の高いものをまとめることにより群集を構成する。群集の境は種分布の漸移性を反映して一般に鮮明ではないから、どのレベルで群集を区切るかという厄介な判断を求められる。

どの方法にも種の産出表には量的な表現が要求される。量を個体数で表現するのは最も簡便であるが、例えば、長さ2mmの *Microcirce gordonis* や *Carditella hanzawai* などと30~50mmの *Dosinia japonica* や *Clinocardium californiense* などとは 10^3 台の違いがあるのに、個体を等価に見ることに非常に弱点がある。もう一つ厄介なことは、2枚の殻で1個体ができている種の、離辨した殻片をどう評価すべき

かという問題である。

化石では生物量は測定しようがないので、それに近いものを出す方法として、殻の容積でもって代え、これを生物量と見なすやり方がある。殻の容積の測定は必ずしも容易でないので、線的な量でそれを代替することもある。生態群集の食の問題は生物量に、住の問題は生物容量に関係しているであろうから、食・住についての法則性を検討しようとする場合には、ほぼ大きさの等しい個体で構成されている例を除いては、個体数で量を代表させることは合理的ではないだろう。

第7表 群集の優占順位

生物容量順位		個体数順位		食性核種
s	<i>Glosus</i> (s.s.) <i>humanus</i>	食 d	<i>Nucula</i> (s.s.) <i>nucleus</i>	
s	<i>Venus</i> (<i>Ventricoloidea</i>) <i>multilamella</i>	性 d	<i>Saccella fragili</i>	
s	<i>Laevicardium</i> (s.s.) <i>rybnicensis</i>	核 s	<i>Ervilia pusilla</i>	
s	<i>Thracia</i> (s.s.) <i>ventricosa</i>	種		
d	<i>Saccella fragili</i>			
d	<i>Nucula</i> (s.s.) <i>nucleus</i>			
s	<i>Corbula</i> (<i>Varicorbula</i>) <i>gibba</i>			
s	<i>Ervilia pusilla</i>			
c	<i>Natica</i> sp.			
c	<i>Ringicula</i> sp.			

s: 濾過食者 d: 泥食者 c: 肉食者

HOFFMAN・SZUBZDA (1976) バデニアン砂層

生物容量で生物量を表現するのと、個体数でするのとでは異なる解析結果を導く。

これまで述べた堆積物と群集構成を比較検討することにより、環境を大まかに再構成することが可能である。この点で底生群集古生態の研究と、陸の群集古生態とは研究条件が違う。陸の現生生態群集の研究では、直接対象を詳細に観察し、測定し、採集することにより、精度を高くするのは困難ではない。これに比べると底生群集の研究は目かくしして手探りしているようなもので、当然高い精度は望めない。化石の場合は逆に、陸のものはすべて「運搬化石集団」であり、海の化石底生群集の研究よりずっと条件が厳しく、違った方法論が要求されよう。

さきに環境の大まかな再構成—復原が可能であると述べたが、これはあくまで部分復原であることを忘れてはなるまい。

IV 群集古生態研究の最終目標

群集古生態研究の最終目標といっても、人それぞれ違った内容を考えているだろうが、私は、現生生態群集の研究で出せないもの、つまり地質的な時間系の中での生態群集や生態系の変化と、それにもし法則性があるならそれを明らかにすることを最終目標と考えている。

生態群集の地質的時間系の中での変化は、(1)物理・化学的環境条件の主要なものは実質的に変わらない場合と(2)変る場合に分けて考えることができる。

(1)のなかで、(a)時間系が比較的短い例に、現生の生態遷移に相当するものがある。これには薄層単位のもの(WALKER・ALBERSTADT, 1975)から、生物礁(Le COMPTE, 1959)などの実例が報告されている。(b)かなり長い時間系の中では群集は同じような属構成を保ちながら、種の入れかえによって異時相同群集を継続させていく(CHINZEI・IWASAKI, 1967; BRETSKY, 1969)。(c)さらに大きな時間系の中では、かなり大きな分類群の消滅や出現があって、群集構造そのものに変化を生ずるのは、前にあげた DUFF の例で理解できる。

(2)の中で(a)比較的短い時間系としては、海浸の輪廻に伴うものが普通に見られる例と考えられる(ITOIGAWA, 1960)。さらに長大な時間系のもものは、環境も生物群も変化する生態系の変化として扱えられる。地史的な現象を背景として、ニッチェが多様化し、かつニッチェの利用率が高まることで生物群が多様化するという VALENTINE 流(1968, 1969, 1973)の考え方は一つの進み方であろう。

10数年前のことであるが、古生態や進化に関するある討論会の席上、「古生態学は生態学からの借りものだけで動いている。独自の原理を何一つ持たない古生態学に、学問としての進路があるのか。」という意味の厳しい批判を受けたことを、今も強烈な印象で思い出す。それ以来、古生態学とは何かというのは、常に私の最も重要な課題の一つであった。地質学的時間系での古生態群集の進化、とくに古生態系の進化については、まだ十分な研究法も確定していない。しかし、これらの分野で明らかにされる事実や原理こそ、古生態学の側から生態学の側に贈ることのできる最大の貢献であろう。

引 用 文 献

- BOYD, D. W. and NEWELL, N. D., (1972), Taphonomy and diagenesis of a Permian fossil assemblage from Wyoming. *Jour. Paleont.* **46**, (1), 1-14.
- BRETSKY, P. W., (1969), Evolution of Paleozoic benthic marine invertebrate communities. *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.* **6**, (1), 45-60.
- CHINZEI, K. and IWASAKI, Y., (1967), Paleoecology of shallow sea molluscan fauna in the Neogene deposits of Northeast Honshu, Japan. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan*. N. S. (67), 93-113.
- CURTER, R. M., (1972), Adaptations of British Chalk Bivalvia. *Jour. Paleont.* **46**, (3), 325-340.
- CRAIG, G. Y. and JONES, N. S., (1966), Marine benthos, substrate and palaeoecology. *Palaeontology*, **9**, (1), 30-38.
- DRISCOLL, E. G. and WELTIN, T. P., (1973), Sedimentary parameters as factors in abrasive shell reduction. *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.* **13**, (4), 275-288.
- DUFF, K. L., (1975), Palaeoecology of a bituminous shale—the Lower Oxford Clay of central England. *Palaeontology*, **18**, (3), 443-482.

- FAGERSTROM, J. A., (1964), Fossil communities in paleoecology: their recognition and significance. *Bull. Geol. Soc. Amer.* **75**, 1197-1216.
- FORBES, E., (1844), On the molluscus and Radiata of the Aegean Aea and on their distribution, considered as bearing in geology. *Brit. Assoc. Rep.* (not accessible).
- , (1845), On the connection between the distribution of the existing fauna and flora of the British Isles and geologic changes. *Mem. Geol. Surv.*, **1**, (not accessible).
- GRAHAM, A., (1955), Molluscan diets. *Proc. Malacol. Soc. London*, **31**, 144-159.
- GRANT, R. E., (1968), Structural adaptation in two Permian brachiopod genera of Salt Range, West Pakistan. *Jour. Paleont.* **42**, (1), 1-32.
- HILLAIRE-MARCEL, C., (1972), Note sur une population Pleistocène de *Mya arenaria* (LINNÉ), St-Joseph-du-Lac, Québec. *Palaogeogr., Palaoclim., Palaeoecol.* **12**, (4), 275-283.
- HOFFMAN, A. and SZUBZDA, B., (1976), Paleoecology of some molluscan assemblages from the Badenian (Miocene) marine sandy facies of Poland. *ibid.* **20**, (4), 307-332.
- ITOIGAWA, J., (1960), Paleoecological studies of the Miocene Mizunami group, central Japan. *Jour. Earth Sci., Nagoya Univ.*, **8**, (2), 246-300, 6 pls.
- JOHNSON, R. G., (1971), Animal-sediment relation in shallow water benthic communities. *Mar. Geol.* **11**, 93-104.
- LAWRENCE, D. R., (1968), Taphonomy and information losses in fossil communities. *Bull. Geol. Soc. Amer.* **79**, (10), 1315-1330.
- LE COMPTE, M., (1959), Certain data on the genesis and ecological character of Frasnian reefs of the Ardennes. *Int. Geol. Rev.* **1**, 1-23.
- NEYMAN, A. A., (1967), Limits to the application of the trophic group concept in benthic studies. *Oceanology, Acad. Sci. USSR*, **7**, 149-155.
- SORGENFREI, T., (1958), Molluscan assemblages from the marine Middle Miocene of South Jutland and their environments. *Geol. Surv. Denmark*, II Ser., (79), 1-503, 76 pls.
- STANTON, R. J. and DODD, J. R., (1970), Paleoecologic techniques—comparison of faunal and geochemical analyses of Pliocene paleoenvironments, Kettleman Hills, California. *Jour. Paleont.* **44**, (6), 1092-1121.
- TURPÆVA, E. P., (1957), Food interpretations of dominant species in marine benthic biocoenoses. *Trans. Inst. Oceanology*, **20**, Mar. Biol. [English translation, *Amer. Inst. Biol. Sci.* 137-148]
- VALENTINE, J. W., (1968), The evolution of ecological units above the population level. *Jour. Paleont.* **42**, (2), 253-267.
- , (1969), Niche diversity and niche size patterns in marine fossils. *ibid.* **43**, (4), 905-915.
- , (1973), *Evolutionary Paleoecology of the Marine Biosphere*. 1-511. Prentice-Hall, Inc., New Jersey.
- WALKER, K. R., (1972), Trophic analysis: A method for studying the function of ancient communities. *Jour. Paleont.* **46**, (1), 82-93.

WALKER, K. R. and ALBERSTADT, L. P., (1975), Ecological succession as an aspect of structure in fossil communities. *Paleobiology*, **1**, (3), 238-257.

ZIEGLER, A. M., (1965), Silurian marine communities and their environmental significance. *Nature*, **207**, 270-272.

—————, COCKS, L. R. and BAMBACH, R. K., (1968), The composition and structure of Lower Silurian marine communities. *Lethaia*, **1**, (1), 1-27.

貝形虫研究の動向—メッシニアン危機 の研究を例として—*

石 崎 国 熙**

は じ め に

1976年7月30日—8月8日の期間、オーストリーの西部、ザルツブルグ近くのSaalfeldenにおいて、貝形虫の国際シンポジウムが開催された。今回のシンポジウムは第6回目にあたり、「現生および化石貝形虫類の生態および動物地理 (Ecology and Zoogeography of Recent and fossil Ostracoda)」を主題としたものであった。世界各国 (17ヶ国) から約 100 余名の参加者が集まり、幸い、私もその末席を汚す機会を得た。

このシンポジウムでは、約50編の論文が紹介されたが、その中で I. G. SOHN (U. S. Geological Survey) の「貝形虫研究者の動物地理 (Zoogeography of ostracodologists)」と題した論文は、異彩であったが、世界各国における貝形虫研究の現状を端的に示すものとして要を得ていたと思われる。それによると、1966年以降の10年間に2,295編以上の貝形虫の論文が出版されており、そのうちの少なくとも1編以上の原著論文を書いた者を研究者と見なした場合、貝形虫の研究者は世界中に566人いることになる。それらは45ヶ国に分散しているが、特に、ソ連、米国、西ドイツ、フランス、インド、英国、東ドイツ、イタリア、ポーランドの9ヶ国に、全研究者の約68パーセントが集中しているということである。

日本では、ここ2、3年の間に、貝形虫の研究に取り組もうとする人がかなり増えてきたものの、現在のところは、まだ10人足らずにすぎず、これは世界の貝形虫研究者人口の1パーセント余りにしか当らない。

このような現状に至るには、いくつかの理由があったと思われるが、微古生物学を専攻する多くの人が、近年、BLOW (1969) の成果を基体とする浮遊性有孔虫を中心に、堆積物または地層の時間対比に主力を注ぎ、化石層位学のもう一つの側面—化石群集の時間的・空間的分布と古環境との関連を追求する分野—をややもすると軽視する風潮にあったことが大きく災していると考えられる。

しかし、より最近になって、IDOE (国際海洋研究10ヶ年計画) における QUNOP (第四紀海洋古環境の研究) や米国を主体とした CLIMAP (気候の長期研究・凶化・予測計画) など、いろいろなプロジェクトで、古環境またはその変遷を明らかにしようとする努力が払われるようになってきている。

* A sketch of current ostracode studies—A precedent of studies of the Messinian Crisis—

** Kunihiro ISHIZAKI 東北大学理学部地質学古生物学教室

このような研究においては、物理・化学的手法によるアプローチは、もとより非常に重要であるが、加えて、過去の環境のもとで生息していた生物群の記録(化石)を通して考察することも欠かすことができない。特に堆積面—底質とその直上の水塊とが接する面—における環境条件によって直接支配され、あるいはそのような環境条件に対応して生息していた底生生物の化石は、古環境を考察するうえで絶好の材料となろう。

ごく最近、台湾では HU (1976), HU and YANG (1975) が鮮新統の貝形虫化石の研究結果を相次いで公表しており、また、西ドイツのキール大学に留学し、KRÖM-MELBEIN 博士の指導のもとにベルシャ湾の貝形虫の研究を続けてきた PAIK 氏も、筆者が今夏オーストリーで会った際、今秋 (1976年) には大韓民国に帰国し、上部新生界の貝形虫化石の研究に専心したいということであった。従って、太平洋北西部の貝形虫の研究は、今後急速に推進されるものと思われる。このような時点にかんがみ、本文では、底生微化石として非常に重要な貝形虫の研究によって、古環境がどのように示唆されるかを、地中海地域の上部中新統—メッシニアン階—の塩度危機 (salinity crisis) を例として紹介する。これにより、この方面に関心を持たれるむきが一人でも多くなるならば、筆者は無上の喜びとするものである。

メッシニアンについて

ヨーロッパの地史に関する文献をひもとくと、新第三紀には、テチス地向斜は崩壊に向い、アルプス山地が形成され、それとともに、堆積盆が著しく分化したとされている。すなわち、中新世後期には、アルプス山地の隆起をはじめとする、テチス地域の隆起によって、地中海地域は、その東方のパラテチス (Paratethys) 地域と分離したのである。この時期は、海退期のピークにあたるが、この後、鮮新世に至り、地中海西部地域には海侵があり、多くの地域で海成の鮮新統が、中新統を覆っている。

MAYER (1867) のメッシニアン階 (Messinian) は、ちょうど鮮新世初期の海侵が始まる直前の、海退のピークにあたり、この時期には、広範囲にわたって膨大な量の塩類を主とする蒸発岩を堆積させている (これは、当時の堆積盆が 2,000 m 以上の深さにあったとして、10回の海水の侵入—蒸発を繰り返して形成され得る塩類量に匹敵すると言われている)。

RUGGIERI (1967) は、この時期の地中海は、一連の潟 (lago mare) と化し、干上ったり、あるいは段々と淡水化し、中新統の海生生物群の大部分が、破壊されるような「塩度危機 (crisis of salinity)」となり、その後、鮮新世に至り、Gibraltar 海峡が開き、大西洋の水が新たに地中海に注ぎ込むこととなり、海洋条件が再びよみがえったと考えている。以後の章では、このような塩度危機が、この地域の生物界の変遷にどのような影響を及ぼしたか、また、この危機の後、生物群が地中海地域でどのように再び繁栄したかの概要を、貝形虫化石を例として述べることにする。

メッシニアン階の問題については、すでに、I. U. G. S. (国際地質学連合) のジ

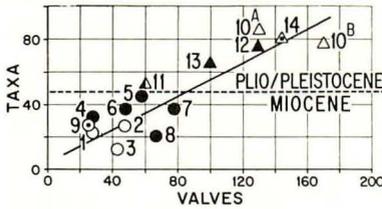
オダイナミックス計画で、組織的な研究が進められており、1973年には、DROOGERがユトレヒトで「地中海におけるメッシニアン事変(Messinian Events in the Mediterranean)」と題するコロキウムを開き、その際の成果の要約は、すでに *Geodynamics Scientific Report No. 7* として公表されている。このコロキウムに刺戟され、メッシニアン階の問題については、その後多方面で関心が高まるようになり、1974年4月にはツニジアの首都 Tunis で第6回アフリカ微古生物学コロキウム(The Sixth African Micropaleontological Colloquium)が開かれたが、その最終日に、地中海地域の微古生物の研究者の集いもたれた。それは、「メッシニアン塩度危機の及ぼしたバイオダイナミックな結果(Biodynamic Effects of the Messinian Salinity Crisis)」という標題のシンポジウムで、この討論に付された論文の大部分は、*Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.*, 20巻, 1~2号に特集されている。

地中海地域における資料

地中海地域における貝形虫の研究は、18世紀に始まり、中新世から現世にわたる貝形虫関係の論文は、ゆうに200編を超えている(SISSINGH, 1976)。従って、本地域は、貝形虫に関する限り、情報が非常に豊富であるといえる。しかしながら、メッシニアン期の塩度危機の問題が一般に認識される以前の資料は、地質学的にみて、極めて短期間であるメッシニアン期における群集の変遷を十分把握していない場合が多いように見受けられる。従って、以下には、ごく最近の主要な資料に基づいて、地中海地域における中新統から鮮新統にわたる貝形虫群集の概要を紹介することにする。

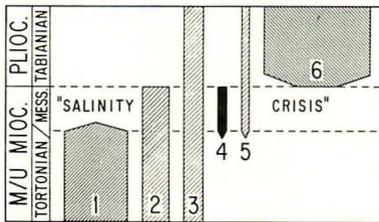
SISSINGH (1976) は、地中海東部、エーゲ地域南部の主要な島々—Gavdos, Crete, Rhodes—に産出する、主として浅海性の貝形虫化石の研究において、一定容積の試料中に含有する貝形虫の種数と殻数、時代とともにどのように変化するかを調べている。その結果は、第1図のように示されている。この図から明らかのように、中新世では、トートニアン初期から晩期にかけて、種数、殻数ともに一般に増加し、トートニアン晩期からメッシニアン期にかけて、急激に減少している。更に、鮮新世においては、種数、殻数ともに、中新世に比べかなり増加している。すなわち、タビアニアン期(鮮新世初期)の最大値は、メッシニアン期の最小値からの急激な変化の結果であり、そしてタビアニアン—ピアセンジアン期の境界では、いったんかなり衰退するが、以後ピアセンジアン期を経て、カラブリアン—ティレニアン期にかけて漸次増加の一途をたどっていることが分かる。

以上のような検討により、貝形虫化石群集の多様性(diversity)、密度(density)が、メッシニアン期に急激に減少していることが明示されている。このような変化は、化石群集の連続性にも反映されていると期待される。SISSINGH (1976) は、6つの化石貝形虫群集を認定し、それらの時代的な消長を第2図のように示している。1の群集は、*Argilloecia kissamovenss*, *Aurila cicatricosa*, *Callistocythere antonietae*, *Cytherella vandenboldi*, *Krithe citae* など19の貝形虫種よりなり、それらは、



PLEISTOCENE ▲ CALABRIAN-TYRRHENIAN
 PLIOCENE { ▲ PIACENZIAN
 ▲ TABIANIAN/PIACENZIAN
 △ TABIANIAN
 MIOCENE { ● MESSINIAN
 ● LATE TORTONIAN
 ○ EARLY TORTONIAN

第1図 エーゲ地域南部における中新世—更新世の貝形虫化石群集の多様性と密度 (SISSINGH, 1976 による)。



第2図 エーゲ地域南部における中新世後期—鮮新世の貝形虫化石群集の消長 (SISSINGH, 1976 による)。

浅海から深海にわたって分布する。この群集は、トートニアン期に限って産出し、メッシニアン期の始まりとともに完全に消失している。2の群集は、*Aurila deformis deformis*, *Cyprideis mehesi*, *Loxocochia cristatissima*, *Neomonoceratina laskarevi*, *Quadracythere mediterranea* などの15種よりなり、これらは、浅海ないし汽水域に分布する。トートニアン期からメッシニアン期にわたって産出するが、タビアニアン期の始まりとともに完全に消滅している。3の群集は、*Acanthocythereis hystrix*, *Callistocythere pallida*, *Caudites calcealatus* などの6種からなり、深海とともに浅海にも生息し得るものである。トートニアン期からタビアニアン期にかけて連続して産出している。4の群集は、*Loxocorniculina djafarovi* と *Cyprideis panonica* の2種よりなり、これらは、浅海および汽水性の種であり、メッシニアン期に限って産出が認められている。5の群集は、*Buntonia subulata subulata*, *Callistocythere intricatoides*, *Eucytherura gibbera*, *Hemicytherura videns* の4種よりなり、メッシニアン期以降、地中海地域東部に連続して産出している。6の群集は、相対的に深い海域に分布する *Aurila convexa emathiae*, *Buntonia giesbrechtii robusta*,

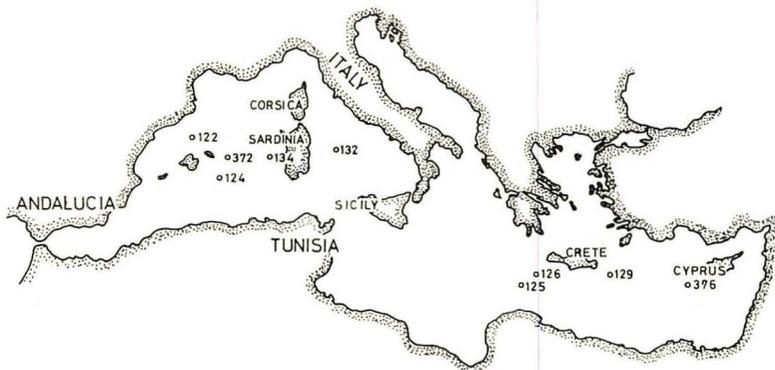
Costa punctatissima, *Cytherella terquemii*, *Krithe monosteracensis* などの21種からなり、タビアニアン期の始まりとともに多産している。

以上のように、メッシニアン期の始まりまたはその終末における群集の不連続性は、かなり明瞭に認められる。顕著な特徴として、次のような点が指摘されるように思われる。第一に、中新世の時代に浅海から深海域にわたって分布していた貝形虫群集は、3の群集を除き、メッシニアン期の始まりとともに、完全に消滅したこと；一方、浅海および汽水性の群集は、メッシニアン期にまで連続していたこと、メッシニアン期に限って産出する浅海ないし汽水性の貝形虫類は、中新世末期に地中海地域から分離したパラテチス地域のボンシャン期やパノニアン期の地層中に多

産し、カスピ海や黒海などでは、しばしば生体現存量 (biomass) の50パーセント以上に達していることがあると言われており (CASPER, 1957; KRSTIĆ, 1971), メッシニアン期が、現在のカスピ海のような汽水性 (caspibrackish) の環境下にあったことを示唆すること; 更に、タビアニアン期の始まりとともに、比較的深い海域に特有な6の群集が突然多産するようになってきていることなどである。

現在の太平洋は、その表層である温暖圏 (thermosphere) と深部である寒冷圏 (psychrosphere) との2層からなっているとされている。この2層構造は、新生代に入って、始新世の頃から発達し始めたとの見解 (BENSON, 1973b) があるが、その形成時期はともかく、現在の寒冷圏に生息する動物群は、600—800 m 以上の水深、8°C 以下の温度といった条件のもとに限られている。貝形虫に限ってみると、一般に、温暖圏の群集に比べて、寒冷圏の群集の構成種数は非常に少なく、現在のところ、わずか50~60種が知られているにすぎない。そして、一般に、殻は薄くかつ大型で、殻表:容積比が大きく、殻表には眼瘤を欠き、デリケートな網状装飾が発達するなどの特徴が見られる (BENSON and SYLVESTER-BRADLEY, 1971)。重要なことは、それらは、温暖圏の群集に比べて時間的なレンジが長く、かつ地理的に非常に広い分布を持ち、ほとんどが汎布型 (cosmopolitan) である点である (BENSON, 1972)。

スミソニアン研究所の R. H. BENSON は、10年来このような寒冷圏の貝形虫群集をずっと精力的に研究してきており、彼自身あるいは彼と彼の共同研究者は、地中海地域の特に上部新生界の陸上における層序および DSDP (深海掘削計画) の13, 42Aの2航海で採集された10地点 (site) のコアに認められるこのような群集と、それと著しい対照をなす *Cyprideis* (ハラテチス地域特有の要素) の消長からメッシニアン期の問題を解きほごそうと努力している (BENSON and SYLVESTER-BRADLEY, 1971; BENSON, 1972, 1973a; BENSON and RUGGIERI, 1974; BENSON, 1976b)。これらの努力は、かなりの程度まで実っているように見られるので、以後に、まず



第3図 地中海における DSDP 13航海 (100代) および12A航海 (300代) の地点位置図。

それらの基礎的資料を簡単に紹介することにしよう。

Crete 島では、中新統の上限は SISSINGH (1972) の *Loxococoncha hodonica* 帯の上限に位置し、その上位の Asteri 層 (鮮新統下部) は、*Aurila convexa emathiae* 帯によって代表されている。BENSON (1976b) は、Crete 島における貝形虫群集を詳しく検討し、Asteri 層の基底は、Tabiano セクションの基底よりも若く、また、鮮新世になってから寒冷圏群集が出現したことを記録している DSDP の地点 132 やザンクリアン統の stratotype となっている Capo Rosello セクションの下部よりもかなり若く、一方、Khairitiana 層は、メッシニアン期よりも古いものと判断し、中新統の最上部と鮮新統の最下部との間に欠如があると結論している。従って、Crete 島には、典型的なメッシニアンおよびその化石群集を欠如し、また、鮮新世新期の寒冷圏群集の出現した記録を欠いていることになる。

イタリアーでは、JIŘIČEK (1975) によると、トートニアン階下部に *Loxocorniculum sarmaticum* が産出し、同階上部で *Cyprideis ruggierii* が出現し始めるとのことである。そしてメッシニアン階上部で、*Cyprideis agrigentina* を伴うようになり、その更に上の部分では *Cyprideis decimae*—*carbonneli* が産出している。つまり、トートニアン階上部以上の中新統には、パラテチス地域に特徴的な群集が産出していることが分る。

一方、アペニン北部の鮮新統一更新統の貝形虫群集は、深海性から浅海性に向けて変化している。すなわち、鮮新統下部 (Tabianian 階下部) で *Cytherella vulgata* が産出している (COLALONGO and RUSSO, 1971)。これは、この地域における最初の深海性群集を代表するものであるが、その上の鮮新統中部および上部には、それぞれ *Leptocythere bacescoi* 帯および *Leptocythere transcens* 帯 (特に Santerno において) が認められている (BENSON, 1976b)。これらは、いずれも浅海性の群集である。

また、Bologna の San Ruffillo 近くの鮮新統や更新統 (Le Castella セクションのカラブリアン階) においては、*Agrenocythere pliocenica*, *Bythoceratina scaberrina*, *Quasibuntonia radiatopora* などによって特徴づけられる深海性 (寒冷圏) の群集が認められている (BENSON and SYLVESTER-BRADLEY, 1971)。

Sicily 島では、BENSON and SYLVESTER-BRADLEY (1971) によると、中新統 (BENSON (1976b) によるとセラバリアン階) に *Agrenocythere pliocenica*, *Bythoceratina scaberrina*, *Oblitacythereis* などの寒冷圏の群集が産出し、Capodarso や Pasquasia におけるメッシニアン階のマール中に *Cyprideis* が産出し始め、その上方に向けて段々と多産している。BENSON (1973a, 1976b) は、鮮新統の Trubi 層中に寒冷圏の要素である *Agrenocythere pliocenica* が多産し、カラブリアン階で消滅することを報告しているが、それは中新統のものとは別種であることを認め、後者を *Agrenocythere antiqua*? とし、前者との間に系統上の断絶のあることを主張している。

BENSON (1976b) によると、ツニジア北部、Tunis の西方では、中新統上部—鮮新統下部は、陸成の砂岩、礫岩、頁岩、セッコウの薄層や石灰岩を挟在するマール

などよりなり、Bel Khedim 層と呼ばれている。この上位には、海成の雑色マール (Raf Raf 層) が重なる。Djebel Kechabta の Raf Raf 南西には、Bel Khedim 層とその上位の Raf Raf 層 (黄色の海浜砂) とのシャープな境界が観察され、この間で層序の欠如していることが示唆されている。

Bel Khedim 層のマールには、*Cytheridea acuminata*, *Hirschmania* sp. とともに *Cyprideis pannonica* が産出し、その最上部近くには、完全に淡水性の Cyprids の産出する層序が認められている。更には、海域—河口域の漸移帯で普通に認められる *Leptocythere* が、所々の層準に認められている。本層の正確な時代は、今のところよく分っていないが、少なくとも、いわゆる“メッシニアン動物群”の産出することは確実である。

一方、Raf Raf 層中で産出し始める貝形虫は、陸棚外部ないし陸棚斜面上部に特有な群集で、その中では *Henryhowella asperrima*, *Acanthocythereis hystrix*, *Krithe* sp., *Pterygocythereis “ceratoptera”*, *Echinocythereis* sp., *Buntonia sublatissima* などが卓越している。これより更に上位に向うと、陸棚中部に特有な群集がより多産するようになっていく。

スペインでは、BENSON (1976b) によると、Andalucia の Guadalquivir Basin 南西部に発達する El Lomo Pardo セクション (トートニアン階下部) に *Bradleya dictyon* をはじめとする典型的な寒冷圏の貝形虫群集が産出し、上位に向い漸次浅海相へと移化する傾向が認められている。そして、メッシニアン期の生物相は、Andalucia の西と東でかなり異なっており、西の Carmona に発達する Caliza Tosca 層には、浅い沿岸性の群集が産出し、一方、東の Vera Basin のメッシニアン階では、*Cyprideis* がその基底から中新統一鮮新統の境界にかけて、ほとんど普遍的に産出している。

また、SISSINGH (1976) によると、アルジェリアの Cheliff Basin におけるメッシニアン階には、*Acanthocythereis hystrix*, *Aurila*, *Loxoconcha*, *Xestoleberis* などの産出が認められている。これらは、SISSINGH がエーゲ地域で認定した2の群集 (浅海から汽水域にかけて分布) と3の群集 (深海—浅海に分布) とによって構成されており、地中海地域中部—東部のメッシニアン階に広く産出する *Cyprideis* を全く含まない。

地中海の東部、Crete 島と Cyprus 島との間の Levantine ベースンでは、深海掘削計画42A航海の地点376と同13航海の地点129 (および地点129A) で得られたコアが調べられている (BENSON and SYLVESTER-BRADLEY, 1971; BENSON, 1973a, 1976b)。これらの地点の水深は、2,100m から3,048m にわたっているが、それらのいずれのコアにも、中新統上部にパラテチス特有の要素である *Cyprideis pannonica* の産出することが認められている。

地中海の中央東部、Sicily 島と Crete 島との間の Ionian ベースンでは、深海掘削計画13航海の地点125と126で得られたコアが調べられている (BENSON and SYLVESTER-BRADLEY, 1971; BENSON, 1972)。これらの地点の水深は、それぞれ、2,782

m, 3,730 mである。このように深い地点のコアーのいずれにも、メッシニアン統に相当する蒸発岩が記録されている。更に、地点 125 の鮮新統—更新統のセクションには、わずかに微小底生生物を産出するが、貝形虫化石は全く含まれておらず、完全に腐植栄養的な条件 (dystrophic condition) にあったことが示唆されることは注目に値する。

地中海の中央西部、Corsica-Sardinia 島と Sicily 島との間の Tyrrhenian ベースンの深部では、深海掘削計画 13 航海の地点 132 (水深 2,835 m) で得られたコアーが調べられている (BENSON and SYLVESTER-BRADLEY, 1971; BENSON, 1972, 1973a, 1976b)。このコアーの最下部には蒸発岩が認められ、中新統—鮮新統の境界の 2, 3 m 上位から更新統下部にかけて寒冷圏の群集が産出している。特に、鮮新統の中・下部には *Agrenocythere pliocenica* が、鮮新統最上部には *Bythoceratina scaberrima* が、更新統下部には *Bathycythere vanstraateni* が、それぞれ特徴的に産出している。

地中海の西部、Corsica-Sardinia 島の西の Balearic ベースンでは、深海掘削計画 13 航海の地点 122, 124, 134 と同 42 A 航海の地点 372 で得られたコアーが調べられている (BENSON and SYLVESTER-BRADLEY, 1971; BENSON, 1976b)。これらのうち、地点 124 (水深 2,726 m), 122 (同 2,146 m), 134 (同 2,864 m) では、いずれもメッシニアン統に相当する蒸発岩が認められている。また、地点 134 では、中新統—鮮新統の境界の直上で、*Agrenocythere pliocenica* によって特徴づけられる寒冷圏の貝形虫群集が産出している。地点 372 (水深 2,699 m) では、トートニアン統下部に *Bradleya dictyon* を始めとする寒冷圏の群集が産出している。

寒冷圏貝形虫の深度分布

BENSON および彼の共同研究者らが寒冷圏の貝形虫群集としたものは、主として、*Agrenocythere*, *Bythoceratina*, *Quasibuntonia*, *Bathycythere* などの属によって特徴づけられる。*Bathycythere vanstraateni* は彼らにより寒冷圏の要素とされているが、時として、現在の地中海深部の現世堆積物中にも準化石 (subfossil) として産出することが報告されている。しかしながら、*Agrenocythere pliocenica* と *Bythoceratina scaberrima* とは現在の地中海からは全く産出しなない。

BENSON (1972) によると、現在知られている上にあげた 4 属の深度分布は、500 ~ 2,000 m の範囲で共通して頻度が高くなっている。そして、それら 4 属の産出頻度のピークは、1,000 ~ 1,500 m (4 ~ 6°C) の範囲内にあり、また、従来報告されている *Agrenocythere* の 30 パーセント以上は、1,000 ~ 1,500 m の範囲の水深に産出している。

従って、これらの寒冷圏群集は、半深海の要素 (bathyal element) を代表するものと考えられ、これらの化石の産出により、地質時代の深度がかなり狭い範囲で示唆されるように考えられる。

一方、これらの寒冷圏群集と対照的な *Cyprideis* の分布は、いわゆる“正常な海洋条件”のもとになかったパラテチス地域のポンシャン統やパノニアン統に多産す

るもので、一連の潟 (lago mare) の環境が、当時の地中海地域にも延長していたことを示唆する資料として非常に重要であると考えられる。

地中海地域の中新世以降の環境史

従来報告されている資料 (PURI, BONADUCE and GERVASIO, 1969; BENSON and SYLVESTER-BRADLEY, 1971; BENSON, 1972) によると、現在の地中海の水温は、表層で15~16°C、底層で最低12~13°Cであり、いわゆる寒冷圏の貝形虫群集が生息し得る水温 (8°C以下) よりもずっと高い。そのため、このような寒冷圏の群集は、現地地中海では、その深部においても、わずかに *Bathocythere vanstraateni* が時として準化石として産出する以外はほとんど認められていない。

現在の Gibraltar 海峡は約 320 m の水深にあるが、この付近における 8°C の等温面は、1,500 m 以上の深さにある。従って、大西洋の寒冷圏の水塊が地中海へ流入することは、著しく阻害され、典型的な寒冷圏の貝形虫群集も現地地中海地域には存在し得ないものと考えられる。

更に、地中海のほぼ中央に位置するシシリア海峡は 400 m の水深であり、地中海内の水塊、特に寒冷圏の水塊の様な分布を阻害する要因として重視される。

次に、このような地中海地域が地質時代にどのような状態であったかを、すでに述べた資料をもとに概観してみよう。

塩度危機となる以前、すなわち、トートニアン期またはその直前では、Crete 島—Cyprus 島の地域には非寒冷圏の群集が分布していて、Sicily 島—Balearic ベーソンの地域とスペイン南部、Andalucia の Guadalquivir 盆地南西部 (El Lomo Pardo セクション; トートニアン階下部) では、典型的な寒冷圏の貝形虫群集が産出している (BENSON, 1976b)。一方、イタリアーでは、トートニアン階下部に浅海性の群集が産出し、同階上部で、パラテチス地域の要素である *Cyprideis ruggierii* が出現し始めている (JIŘIČEK, 1975)。

これらの資料に基づくと、スペイン南部では、El Lomo Pardo セクションの上位に向って浅海相に漸移してはいるが、概して、スペイン南部から Sicily にわたる地中海西部の中軸部に沿って、先メッシニアン期に寒冷圏群集が分布していたことが分る。しかしながら、中軸部の北に位置するイタリアーやシシリア海峡より東に位置する Crete 島—Cyprus 島においては、先メッシニアン期の寒冷圏群集の分布は認められていない。

このような寒冷圏貝形虫群集の分布上の特徴は、Gibraltar 海峡が、先メッシニアン期に大西洋の寒冷圏の水塊の地中海地域への流入を妨げなかったのに対して、シシリア海峡が、すでに、その流入の閾 (threshold) よりも浅くなっていたことを示唆するものと考えられる。

メッシニアン期は、広範に及ぶ塩度危機によって特徴づけられ、具体的には、蒸発岩の発達やパラテチス地域の代表的な要素である *Cyprideis* の産出によって認識される。陸上のセクションについてみると、地中海地域の南部、ツニジア北部—

Crete 島—Cyprus 島では、浅海性の貝形虫群集に伴って *Cyprideis* が産出している。しかし、イタリー、Sicily 島、Andalucia 東部などでは、*Cyprideis* が排他的に産出している。

一方、DSDP により現地中海から採集されたコアーについてみると、*Cyprideis* そのものは、地中海地域東部の Levantine ベースンに限って産出しているに過ぎないが、そのすぐ西の Ionian ベースン、Tyrrhenian ベースン、Balearic ベースンなどでは、水深が 2,000 m から 3,000 m 以上にわたる地点の海底下に、例外なく蒸発岩の発達していることが認められている。このことは、DSDP の 13 航海 (Scientific Staff, 1970; FINETTI and MORELLI, 1972; NESTEROFF, 1973) により、蒸発岩が現地中海深部の海底下に広範にわたって分布している事実が明らかにされたこととともに注目すべきことである。

以上のように、メッシニアン期には、蒸発岩の発達や *Cyprideis* の分布が、地中海地域で広い範囲にわたっているが、*Cyprideis* は、決して、全域に一樣に及んではない。Levantine ベースン付近、イタリー—Sicily 島—ツニジア北部の地域、Andalucia 東部などに限られて分布し、しかも、ツニジア北部、Crete 島、Cyprus 島などでは、浅海性の貝形虫群集を伴って産出している。特に、アルジェリアや Andalucia 西部では浅海性の群集のみが認められている。

地中海地域の蒸発岩は、Sr の同位体比の研究から陸水の影響 (NORBERT, 1976)、炭酸塩岩類の研究から浅海の環境 (SCHREIBER and FRIEDMAN, 1976) などを示唆すると考えられているが、*Cyprideis* の産出によって指示される当時の環境 (34 頁参照) も、広範に発達した一連の潟 (lago mare) である。同時に、以前の寒冷圏の水塊が閉ざされ、大陸の温度によって暖められたことによって、トートニアン期またはその直前に分布していた寒冷圏の貝形虫群集は消滅したと考えられる。このような考え方は、地中海地域の西端にあった Gibraltar 海峡が、寒冷圏の水塊流入の閘よりも浅くなっていたために、特に寒冷圏の深度において、大西洋との連絡が、完全に断たれていたとの推論と関連してなり立っている (BENSON and SYLVESTER-BRADLEY, 1971; BENSON, 1972, 1973a, 1976b; BENSON and RUGGIERI, 1974)。

BENSON and RUGGIERI (1974) によると、DSDP によって地中海から採集されたコアーでは、メッシニアン期の蒸発岩よりも上位のセクションには化石が産出せず、礫質や砂質の部分がしばしば発達し、一般に堆積の中断が認められている。

メッシニアン期以後、地中海地域の鮮新統一更新統のセクションに産出している貝形虫化石に基づき、その分布上の特徴を概観してみよう。

アペニン北部の鮮新統一更新統のセクションでは、貝形虫群集は、深海性から上部に向けて浅海性へと変化しているが、典型的な寒冷圏の群集は認められていない。また、地中海地域の東部 (シシリア海峡以东) やツニジア北部では貝形虫化石を産出しているが、その中には寒冷圏の群集は全く含まれていない。

一方、Bologna 近くの鮮新統一更新統、Sicily 島の鮮新統 (Trubi 層) には、典型的な寒冷圏の貝形虫群集が産出している。しかし、Sicily 島の更新統 (カラブリア

ン階)では全く認められない。また、DSDPによって Tyrrhenian ベースンと Balearic ベースンとで採集されたコアにも、同様な寒冷圏の群集が認められている。

以上のような寒冷圏群集の分布上の特徴は、メッシニアン期の後に、大西洋の寒冷圏の水塊が地中海に流入し、地中海地域西部の中軸部に沿って寒冷圏の貝形虫群集を分布せしめたが、この時期にも、シシリー海峡の水深は寒冷圏の水塊の流入の岡よりも浅かったため、寒冷圏の群集がそれよりも東の地域へ侵入することは不可能であったことを示しているものと考えられる。地中海西部における寒冷圏の水塊は、その後更新世(カラブリアン期)にかけて閉ざされ、大陸の温度によって暖められたことによって、鮮新世の時期に分布していた寒冷圏の貝形虫群集は消滅するに至ったと考えられている。カラブリアン期に引き続き、現在の地中海では、本節の冒頭で述べたように、典型的な寒冷圏の群集はほとんど認められていない。

このような貝形虫化石の分布によって示唆される環境の違いは、DSDPによって Ionian ベースンおよび Tyrrhenian ベースンで採集された代表的な2本のコアに明瞭に示されている。Ionian ベースンのコアでは、鮮新統—更新統のセクションは貝形虫化石を全く含んでおらず、完全に腐植栄養的な条件下にあったことが示唆される。対照的に、Tyrrhenian ベースンでは、鮮新統下部から更新統下部にかけて、典型的な寒冷圏の貝形虫群集が産出しており、しかも、鮮新統の中・下部は *Agrenocythere pliocenica*, 鮮新統最上部は *Bythoceratina scaberrima*, 更新統下部は *Bathycythere vanstraateni* と、それぞれ異なった属種によって特徴づけられており、上位に向かって同セクションの群集が変化していることが認められる。

以上に述べたような変遷は、メッシニアン期の時期について試みた推論—Gibraltar 海峡の深度が浅かったため、寒冷圏の深度において大西洋との連絡が断たれた—と軌を一にして起ったと想定することができるであろう。

その変遷のモデルは、1,500m以上の深さにある現在の寒冷圏の水塊、水深320mの現在の Gibraltar 海峡、表層で15~16°C、底層で12~13°C(最低)の現在の地中海の水温などの環境条件を、かつてのメッシニアン期の塩度危機と類似した状態に向う過程の一時点における地文学的・水文学的な特性であるとみなすことによって考案されるのではなかろうか。

引用文献

- BENSON, R. H., 1972: Ostracodes as indicators of threshold depth in the Mediterranean during the Pliocene. In: STANLEY, D. J. (ed.), *The Mediterranean Sea*, 63-73, Dowden, Hutchinson and Ross, Inc., Stroudsburg, Pennsylvania.
- , 1973a: An ostracodal view of the Messinian salinity crisis. In: DROGER, C. W. (ed.), *Messinian events in the Mediterranean*, 235-242, North-Holland, Amsterdam.
- , 1973b: The origin of the psychrosphere as recorded in changes of deep-sea ostracode assemblages. *Lethaia*, 8 (1), 69-83.
- , 1976a: Testing the Messinian salinity crisis biodynamically: An in-

- roduction. *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.*, **20** (1, 2), 3-11.
- , 1976b: Changes in the ostracodes of the Mediterranean with the Messinian salinity crisis. *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.*, **20** (1, 2), 147-170.
- , and RUGGIERI, G., 1974: The end of the Miocene, a time of crisis in Tethys-Mediterranean history. *Ann. Geol. Surv., Egypt*, **4**, 237-250.
- , SYLVESTER-BRADLEY, P. C., 1971: Deep-sea ostracodes and the transformation of ocean to sea in the Tethys. In: OERTLI, H. J. (ed.), *Paléoécologie d'Ostracodes, Pau 1970, Bull. Centre Rech. Pau-S.N.P.A.*, **5**, 63-91.
- BLOW, W. H., 1969: Late Middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy. In: BRÖNNIMANN, P. and RENZ, H. H. (ed.), *Proceedings of the first international conference on planktonic microfossils*, **1**, 199-421, Brill, Leiden, Netherlands.
- CASPERS, H., 1957: Black Sea and Sea of Azov. *Geol. Soc. Amer., Mem.*, **67** (1), 801-890.
- CITA, M. B., 1973: Mediterranean evaporite: Paleontological arguments for a deep-basin desiccation model. In: DROOGER, C. W. (ed.), *Messinian events in the Mediterranean*, 206-228, North-Holland, Amsterdam.
- COLALONGO, M. L. and RUSSO, A., 1971: Stratotypes of the Pliocene and Santerno River section—Comparisons on the ostracofaunas. *V Congr. Néogene Mediterran.*, **2**, 595-601.
- DROOGER, C. W., 1973: *Messinian events in the Mediterranean*. 272 p., North-Holland, Amsterdam.
- FINETTI, I. and MORELLI, 1972: Wide Scale digital seismic exploration of the Mediterranean Sea. *Boll. Geol. Petrol. Congr. Rome*, [I/A], 121-122 (*vide* CITA, 1973).
- HU, C. H., 1976: Studies on the Pliocene ostracodes from the Cholan Formation, Miaoli district, Taiwan. *Proc. Geol. Soc. China*, (19), 25-51.
- , and YANG, L. C., 1975: Studies on Pliocene ostracodes from the Chin-Shui Shale, Miaoli district, Taiwan. *ibid.*, (18), 103-114.
- JIŘIČEK, R., 1975: Paratethys and Tethys Neogene correlation according to Ostracoda. *VI Congr. Reg. Comm., Mediterran. Neog. Strat., Bratislava 1975*, 331-335.
- KRSTIĆ, N., 1971: Ostracode biofacies in the Pannone. In: OERTLI, H. J. (ed.), *Paléoécologie d'Ostracodes, Pau 1970. Bull. Centre Rech. Pau-S.N.P.A.*, **5**, 391-397.
- MAYER-EYMAR, K., 1867: Catalogue systématique et descriptif des fossiles des terrains Tertiaires qui se trouvent au Musée fédéral de Zürich. Schabelitz, Rürich. (*vide* SELLI, 1971).
- NESTEROFF, W. D., 1973: Mineralogy, petrology, distribution, and origin of the Messinian Mediterranean evaporites. *Init. Rep., DSDP*, **13**, 673-694.
- NORBERT, C., 1976: $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ composition of evaporitic carbonates and sulphates from Miocene sediment cores in the Mediterranean Sea (D. S. D. P., Leg 13). *Sedimentology*, **23**, 133-140.
- PURI, H. S., BONADUCE, G. and GERVASIO, A. M., 1969: Distribution of Ostracoda in the Mediterranean. In: NEALE, J. W. (ed.), *The taxonomy, morphology and ecology*

of recent Ostracoda, 356-411, Oliver and Boyd, Edinburgh.

- RUGGIERI, G., 1967: The Miocene and later evolution of the Mediterranean Sea. In: *Aspects of Tethyan biogeography. System. Assn.*, 7, 283-290 (*vide* BENSON, 1976a).
- SCHREIBER, B. C. and FRIEDMAN, G. M., 1976: Depositional environments of Upper Miocene (Messinian) evaporites of Sicily as determined from analysis of intercalated carbonates. *Sedimentology*, 23, 255-270.
- Scientific Staff, 1970: Deep-sea drilling project: Leg 13. *Geotimes*, 15, 12-15.
- SELLI, R., 1971: Messinian. In: CARLONI, G. C., MARKS, P., RUTCH, R. F. and SELLI, R. (ed.), *Stratotypes of Mediterranean Neogene Stages. Giorn. di Geol.*, [2], 37, Fasc. 2, 121-133.
- SISSINGH, W., 1972: Late Cenozoic Ostracoda of the South Aegean island arc. *Utrecht Micropal. Bull.*, 6, 1-187.
- , 1976: Aspects of the late Cenozoic evolution of the south Aegean ostracode fauna. *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.*, 20 (1, 2), 131-145.
- SOHN, I. G., 1976: Zoogeography of ostracodologists. In: Limnologisches Institut Österreichische Akad., Wissensch. (ed.), *International Symposium on ecology and zoogeography of recent and fossil Ostracoda, Abstracts*, 14.

地中海地域上部新生界層序調査について(1)*

中 川 久 夫**

I. 経過の概要と方針

昭和46年(1971年)7月21日,羽田を飛び立った一行はモスクワ・パリ経由で,その夜おそくミラノに着き,一泊して,翌朝汽車でボロニヤに向かった.一行は文部省科学研究費(海外学術調査)の補助を受けて,地中海沿岸の階(stage)模式地を含む上部新生界層序の標準地域で精密編年を試みようとして出発した浅野 清・北村 信・高山俊昭・新妻信明・中川久夫の5人で,新妻の提げた大型トランクには,予備の部品を含めると1台半ばかりになる携帯用ドリルが入っていた.

ボロニヤ大学の地質学古生物学教室では主任教授の R. SELLI をはじめ, S. SARTONI, M. L. COLALONGO, C. ELMI, M. MANZONI らが待ちうけていて,一行が着くと早速翌日からの調査計画の相談相手をつとめた.その結果,カラブリアからはじめてシチリアへ渡り,ロマニヤへ戻ってピエモンテへ行くという順序が決まり,カラブリアへは MANZONI が同行,シチリアではパレルモの R. SPROVIERI が一行と落ち合うことになり,ピエモンテではミラノの I. PREMOLI SILVA が下見につきあってくれる手筈がととのった.

これより一年半あまり前の昭和44年(1969年)秋,第四系の対比を主目的として,文部省在外研究員としてドイツに滞在していた中川はイタリアの下部更新統を見るため,ボロニヤを訪れて SELLI に協力を求め, Santerno 河谷と le Castella で地磁気層序子察のための試料を採取した.イタリアの上部新生界の層序に関する研究は百数十年の歴史があり,新生代後期の編年はイタリアを中心とする地中海沿岸の海成層の層序区分に基づいている.このため,例えば日本の新第三系に世界共通の地質年代区分を適用しようとするなら,それは地中海地域と日本との直接の対比を意味する.日本の新第三系・第四系の層位学的研究は1950年代後半から1960年代にわたって著しい進歩を遂げたが,その間,世界的対比は常に考慮されていて,対比基準となりそうなものには注意を怠らなかつた.深海底堆積物の研究が大きく進んだのも同じ頃からで,日本の上部新生界をこれに対比することはある程度可能であった.しかし,地中海沿岸の標準層序との対比には幾多の困難があった.同じ困難が深海底と地中海沿岸の間の対比にもあった.層序区分の古典的な模式地には近代的手法による再検討の必要があった.なぜなら,その層序区分は今なお世界的地質年

* On the investigation on the Mediterranean Upper Cenozoic stage stratotypes made under auspice of the Japanese Ministry of Education and Japan Society for the Promotion of Science, 1971-1977 (1).

** Hisao NAKAGAWA 東北大学理学部地質学古生物学教室

代区分の標準となっていて、将来もこれに代わるものは現われそうにないからである。

世界的な地史における日本の新生代の位置づけに関心の深かった浅野らは前々からとくにヨーロッパの標準地域に注目していた。1961年に浅野らはその一部を現地に見る機会を得た(浅野, 1962)。1964~1966年に高山はウィーンで超微化石の研究を始め、日本と地中海地域の上部新生界に材料を求めた(TAKAYAMA, 1967)。1967年に北村は構造地質学研究のためスイスに滞在したが、新生界の層序には大いに関心をもっていた。同じ年の秋、浅野・高山は高柳洋吉とともにボロニヤで開催された地中海地域新第三系層位学委員会(CMNS, IUGS)の第4回国際会議に出席した(浅野, 1968)。現地におけるこれらの見聞は、当時は全く予定していなかったが、後に本調査を計画するための敷石となった。

1969年春に中川は渡欧するときから、近い将来、本格的に模式層準を検討したいという希望をもっていた。秋になってボロニヤを訪れ、後期新生代の階および統の境界の模式層準を再検討したいという希望を話したとき、地中海地域層位学界の有力者のSELLIが全面的に協力することを約束してくれたのは、おそらく、2つの点に興味があったからである。すなわち、他地方との対比のための基準を求めることと、地磁気層位学を適用することである。地磁気層位学的対比は、火山岩についてはHOSPERSによって1951年に、レスなどの陸成層についてはKHRAMOVにより1958年にはじめられていたが、1966年になってOPDYKEらはこれを深海地堆積物に適用した。陸上に露出する海成層への適用は中川らによって1969年に房総半島で始められたばかりで、ヨーロッパではまだ試みられたことがなかった。また、地質年代区分の模式地をかかえていることに地元の研究者は一種の誇をもっていて、イタリアの標準地域へ層位学を修得するために来た者は数え切れぬほどであるが、自分たちの研究している地域と対比するために精査しようというのは貴君らがはじめてであろう、とSELLIは言った。実際にはESSOのL. A. SMITHらが少し前からカラブリアの鮮新統・更新統境界付近を、自分たちの油田と対比するために、調べ始めていた。

堆積残留磁化の極性と浮遊性微化石群集とによって海成層を区分し、対比することの有効性はすでに実証されていたし、実際にSanternoとle Castellaで予察的に採取した試料の測定・解析も終り、成果を得ていた(NIITSUMA, 1970; NAKAGAWA *et al.*, 1971)。その成果について、SELLIらと討論を重ねながら本調査の準備を進めていたのである。その頃、CMNSではSELLIが中心になって、地中海地域の階の模式層準の整理・総括が行なわれていて、ボロニヤには諸資料が揃っていた。このことも本調査にとって全く好都合であった。なお、SELLIらの整理した成果は後に*Stratotypes of Mediterranean Neogene Stages* (CARLONI *et al.*, ed., 1971)として出版された。

ボロニヤで調査計画を練った一行5人は国内線のイタピアで、ローマ経由でカラブリアのクロトーネへ向かった。こうして始まった調査は昭和48年(1973年)度に

表1 調査地域一覧表

1967～1969年度は準備期間，1971・1973年度は文部省海外学術調査(代表者浅野・北村)，
1974～1976年度は学術振興会国際共同研究事業(代表者浅野)。

〔A〕 フランス Aquitaine, 〔B〕 スイス Bern, 〔C〕 イタリア Calabria, 〔ER〕 イ
タリア Emilia-Romagna, 〔P〕 イタリア Piemonte, 〔RH〕 フランス Lhone, 〔S〕
イタリア Sicilia.

P—予察, M—地磁気層序調査, B—微化石層序調査, S—補足調査.

Locality	Stratotype (Reference) section of	1967	1969	1971	1973	1974	1975	1976
Ficarazzi [S]	Sicilian			P		P	P	
Santerno [ER]	Emilian, (Milazzian-Serravallian)	P	MB	MB	MB		MB	
Vrica [C]	(Pliocene/Pleistocene)		P				P	MB
Craffa di Catanzaro [C]	(Calabrian)		P				P	
S. Maria di Catabzaro [C]	Calabrian		P	MB			S	PB
Le Castella [C]	(Pliocene/Pleistocene)		MB	MB			S	SB
Villafranca di Asti [P]	Villafranchian			P	P			SB
Valleandona di Asti [P]	Astian			P	P			P
Castell'Arquato [ER]	Piacenzian	P		P	P			P
Tabiano Bagni [ER]	Tabianian	P		P	P			P
Messina [S]	Messinian, Zanclean			P				P
Favarella [S]	(Messinian/Zanclean)						PB	
Eraclea Minoa [S]	(Messinian/Zanclean)						PB	
Port Empedocle [S]	(Messinian/Zanclean)						PB	
Falconara [S]	(Messinian/Zanclean)						PB	
Capo Rossello [S]	(Messinian/Zanclean)						PB	
Pasquasia-Capodarso [S]	Messinian neostatotype, (Zanclean)			P				
Mazzapiedi-Castellania [P]	Tortonian, (Serravallian)			MB	MB	S		
Imhubel [B]	Helvetian			P				
Serravalle Scrivia [P]	Serravallian, (Langhian)	P		P	PB			
Cassinasco [P]	(Serravallian)			P	MB			
Cessole [P]	Langhian, (Tortonian)			P	P	MB	MB	
Vessime [P]	(Langhian)			P	P	MB	MB	S
Cortemilia [P]	Cortemilian, main part, (Langhian-Burdigalian)			P	MB	MB	S	S
Serole [P]	Cortemilian, lowest part, (Aquitanian)			P	P	PB	MB	S
Gavi [P]	(Oligocene-Aquitanian)				P		PB	S
Le Coquillat [A]	Burdigalian					PB		
Moulin de l'Eglise-						PB		
Lariev-Moulin de	Aquitanian					PB		
Bernachon [A]						PB		
Carry-Le-Rout [RH]	(Aquitanian-Burdigalian)				PB			

継続され、それまでに得た成果をもとに、昭和49年(1974年)度からは学術振興会の国際共同研究事業として、地元研究者との共同研究を続け、昭和51年(1976年)度末の現在、一段落しようとしている。1971-1973両年度は、イタリアの研究者の協力を仰いだり、既存の資料と現地を受けた助言を参考にして、本研究グループ独自の調査を進めた。その後はイタリア・フランスなどの研究者と、双方の成果をもちよっての討論を通じて、共同研究を続け、必要に応じて独自の調査を行なってきた。各年度の現地調査地域は表1に示すとおりである。調査の対象としたのは新第三系と下部更新統の階の模式層準または重要な参考層準で、それぞれの地区の一般的地質構造・層相・層序の調査と、模式または参考層準の精査・試料採取を行なった。試料は残留磁化測定用の定方位試料と微化石群解析用の無定位試料で、精査によって作製した1/2500~1/1000のルート・マップと1/50の柱状図によって位置と層準を選定して採取した。調査結果はその年度内に解析・測定を終えるようにつとめたが、思うようにゆかない事柄もあった。

このように調査を進めている間に、地中海地域における層位学研究にはかなりの変化があった。本調査を始めた頃、地中海では深海掘削計画(DSDP)が実施された。一方、国際地質対比計画(IGCP)は国際地質学連合(IUGS)が1970年頃から実施していたものであるが、1972年からはUNESCOとの共催となり、1~2年の後に活動が盛になった。地中海沿岸地域でもいくつかのワーキング・グループが組織されたが、後期新生代に関する限り、国際的対比の標準地域は地中海沿岸であるため、IGCPの実際の活動に先行する結果となった日本の研究グループの成果は当然注目を集めた。そして、後半の国際共同研究の相手であった地元の研究者は、個々あるいは所属機関ごとに、いくつかのIGCPのワーキング・グループへと拡大されていった。

このような状況の下で、本研究グループは、日本ないし太平洋地域との対比を主目的とすること、したがって地中海地域内のローカルな問題にはなるべく深入りしないこと、本グループ独自の調査研究を進め、その成果にもとづいて他の研究者またはグループとの共同研究を行なうこと、という方針を貫いた。このことは、とくに国際的組織の錯綜する中で、共同研究を有効に進める上で、よい結果をもたらした。

II. イタリア南部での調査

(1) カラブリア

イタリア半島南端のカラブリアには海岸段丘がよく発達している。イオニア海に面するクロトーネの南はとくに段丘の分布が広いところで、後背のシーラ山塊と海岸の間、幅約2kmの地帯に平頂面が広がっている。傾斜の緩い段丘崖に露出しているのは白っぽいPlioceneとCalabrianoの粘土質シルト岩で、表面は風化と小崩壊が著しい。植生は疎で、一行の訪れた時は乾季のため、麦畑も乾ききっていた。段丘構成層は石灰砂岩で、これはオリブ畑に適地を提供している。オリブのほか

表 2 地中海沿岸地方の階名一覧表

統	階名	提唱者・提唱年	模 式 地
完新統	Versilian	Blanc, 1934-1935	La Spezia の東の Magra 川と Pisa 付近の Serchio 川の間の Toscana 海岸平野 (Versilia) 一帯
更新統	Monastirian	De Lamothe, 1905	Africa の Tunisia の Monastir
	Tyrrhenian	Issel, 1914	Sicilia. Sardegna. Italia 半島の Tirrenia 海沿岸一帯
	Milazzian	Déperet, 1918-1920	Sicilia 北東部の Milazzo 岬
	Sicilian	Doderlein, 1872	Sicilia 北西部の Palermo 東郊の Ficarazzi
	Emilian	Ruggieri & Selli, 1949	Emilia 地方の Appennini 山脈北麓一帯
	Calabrian	Gignoux, 1910-1913	Calabria の Catanzaro 南郊の Santa Maria di Catanzaro
鮮新統	Villafranchian	Pareto, 1865	Asti の西方の Villafranca d'Asti 付近
	Astian	De Rouville, 1853	Asti の西郊の Valle Andona 付近
	Piacentian	Mayer, 1867	Piacenza (フランス名 Plaisance) 南東の Castell'Arquato
	Tabianian	Mayer, 1867	Parma 南西の Tabiano Bagni
	Zanclean	Sequenza, 1868	Sicilia 北東部 Messina (古名 Zanca) 市内の Gravitelli
中新統	Messinian	Mayer, 1867	Sicilia の Messina 付近. Selli は1960年に Sicilia 中央の Pasquasia-Capodarso を新模式地として提唱
	Tortonian	Mayer, 1858	Tortona 南方の Scrivia 川の支流 Mazzapiedi-Castellania 川沿岸
	Serravallian	Pareto, 1865	Scrivia 川沿岸の Serravalle Scrivia
	Helvetian	Mayer, 1858	Swiss (ラテン名 Helvetia) の Bern 南郊の Imhubels
	Langhian	Pareto, 1865	Bormida di Millesimo 川沿岸 Langhe 地方の Cessole
	Cortemilian	Gelati & Robba, 1970	Bormida di Millesimo 川沿岸の Cortemilia 付近
	Burdigalian	Déperet, 1892	France 南西部 Bordeaux (古名 Burdigala) の南の Leognan 郊外の Coquillat
	Aquitanian	Mayer, 1858	France 南西部 Aquitainé 地方の Bordeaux の南の Saucats 東郊の Moulin de l'Eglise と Moulin de Bernachon の間の Saucats 川沿岸

は所々に松などが生えているだけの荒漠たる風景であった。最高位の段丘は高さ140～230mで Milazziano に属し、クロトーネ以南の丘陵頂面をなして最も広く、クロトーネ空港もこの上にある。その外側には2～3段の中間段丘を隔てて、高さ20～45mの Tirreniano の主面がやや広い。le Castella はその外端の海に面した段丘崖上にある小さな部落で、1971年頃は窓の小さい石積みの家々が寄りそって一塊をなしていた。段丘構成層の石灰砂岩の下底は部落のあたりからやや急に海側へ傾斜し、一部は段丘崖下の砂浜に覆われている。その石灰砂岩が波打際に露出している上に築かれた古城があって、部落の名はこれに由来している。

ギリシャ・ローマの昔から、この一帯は海賊に襲われることが多かったそうで、見張りの塔が各所にある。海水浴場になっている砂浜を距てて、le Castella の部落の西側にもそのような塔のあとがあって、のろしをあげたものらしく、Telegrafo と呼ばれている。この塔あとの直下の海崖を SELLI は鮮新統・更新統境界の模式地にしようと考えた。露出しているのは青灰色の粘土質シルト岩で、厚さ50cmほどの貝殻を多く含む砂層がはさまっている。この砂層の下底が彼の考えた更新統の下限である。この崖から採取した有孔虫の殻について、同じポロニヤ出身の C. EMILIANI が古水温を測定し、その結果を連名でまとめた論文 (EMILIANI *et al.*, 1961) の中で、SELLI は le Castella が鮮新統・更新統境界部の研究に最も適した場所であることを強調した。その後、COLALONGO, O. BANDY, H. M. BOLLI, 齋藤常正等々、多くの微化石研究者がいろいろな機会にここを訪れ、一時は更新統下限の模式地は le Castella に決まったかのようであった。

1969年の秋、中川が ELMI とともにカラブリアへ出かけたのは10月末であったが、11月4日 (Quattro November) はイタリアでは唯一の戦勝記念日 (第一次欧州大戦) にあたり、この日を中心に一週間は店も工場も、交通機関さえ休みとなる。その間

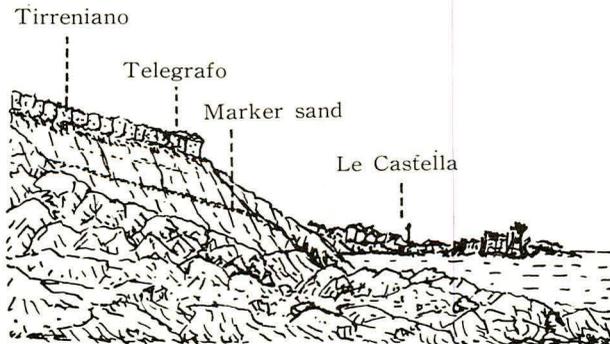


図2. Le Castella 海岸

に le Castella 海岸で Pliocene medio 上部から Calabriano までの13の層準から定方位試料を採取した。風化と崖くずれのため、層準を確かめ、新鮮な試料をとることはもともと容易ではなかったが、その時はドリルを持っていなかったため、作業は難渋をきわめた。現地で借りた自動車の三角窓がよくしまらなかったために駐車中に内部を荒らされ、嚴重に包装してあったためか、岩石試料も盗まれるなどということもあって、結局この作業に丸1週間かかった。運送屋もすべて休んでいて、採取した試料を送るのにはただ一つ、航空便で日本へ直送する方法しかなかった。ボロニヤへ引揚げるとき乗ったのは、カラブリアへ来るとき乗ってきた飛行機で、これも休暇中ずっとクロトーネ空港にとまっていた。送った試料は1週間ほどで日本へ着き、待ち構えていた新妻が直ちに残留磁化を測定した。この際、ボール盤でシルト岩塊から定形の測定試料を抜いたが、軟質のシルト岩を押さえるのに一苦労があった。

このような経験から、1971年には万全の準備をしたつもりであったが、この年の8月、カラブリアは特別の暑さであった。連日晴天の le Castella 海岸に日かげといえば崖の上から崩れ落ちた Tirreniano の石灰砂岩塊のかげしかない。干からびた草は棘だらけである。スランプ型の崖くずれが多く、まるで地すべり調査をしているような感じで層序を確かめ、シルト岩が青緑色になるまで風化部を掘りおこし、そこからドリルで定方位のコアを切り出すのである。ウォータ・スイベルに使う海水をポリタンクに汲んで崖の上まで担ぎあげる。ドリルの燃料はたちまち沸き上がる。夕方になってやっと能率が上がるという有様であった。

予察の結果 (NAKAGAWA *et al.*, 1971) では、問題の砂層から下位にかけて何回かの正・逆の極性変化が予想され、Matuyama 期前半に相当するように思われた。放散虫・珪藻・石灰質ナンノプランクトンの解析結果もこの予想を裏づけていた。しかし、Telegrafo 下の部分より下位の露出する部分にはかなり大規模なスランプがあり、また、上位の部分はこの時には人手が加わって土留めが施され、露頭が失われていた。このため、Pliocene superiore 上半と Calabriano については試料を十分に採取することができなかった。

Le Castella の次は Santa Maria で同じ作業にとりかかった。S. Maria は le Castella の西方約35km, Sila 山塊の南西麓のカタンザロから直線状に海岸の Lido Cantanzaro へ流れる Fiumarella 川の西岸にある小さな部落で、背後の丘陵が Calabrian の模式地である。GIGNOUX (1913) の断面図風スケッチは川の東側から見たもので、鉄道の駅が描きこんである。この図の説明によれば、下位から、1)可塑性粘土、2)粘土質砂および粘土、G-*Cyprina islandica* を含む含化石石灰質砂岩層、3)含化石礫および砂となっていて、1)は Pliocène ancien, 2)と3)は Pliocène supérieur である。G は2)のうちとくに記号を付して書き出してあるが、本文中に、これこそ確実な Calabrien と言っている。なお、GIGNOUX は終始 Calabrian を Pliocene とし、1948年に Calabrian を Pleistocene の最下部層とするという IGC の勧告が出された後に、もしみんながそうしたのなら、Pleistocene にいれてもよいと言ったこ

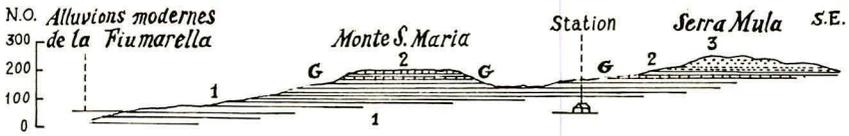


図3. S. Maria di Catanzaro
Gignoux (1913)の図による (説明: 本文)

とがあるという。

S. Mariaの部落から西へ、峠を越して通じている道はこのスケッチのほぼ中央に位置している。この道ぞいには、下位から、砂岩(厚さ約15m)、シルト岩(約20m)、砂岩シルト岩互層(25m)と重なり、その上にGの石灰質砂岩(約18m)がある。このGは西方へ2~3mに薄くなり、峠までの間で、小断層でその上位の砂岩を伴うシルト岩(約70m)と接している。前記のCMNSの模式層準集の中で、Calabrianを受けもったSELLIの地質図によれば、G以下が弱固結砂(Calabriano)、その上位が粘土(Calabriano)となっていて、部落から峠に至る道ぞいにPlioceneは出ていないことになっている。部落の南北両側でPlioceneとされているものは粘土質シルト岩である。岩相層序区分としてのCalabrian Formationはおそらく上記の砂岩以上で、後に同地区を調べたSPROVIERI *et al.* (1973)も同じ見解であった。また、これより少し前にS. Mariaとその西方のCraffaで微化石の産出層準を調べたBAYLISS (1969)は、この道路ぞいで、*Hyalinea balthica*が砂岩の下部からすでに出ていることを報告していた。

S. Mariaで作業を始めると、近所の子供たちが集まってきた。ドリルで試料をとる作業はとくに子供たちの気に入ったようで、彼等は見物がてら毎日水運びを手伝ってくれた。その水は部落のはずれの泉から汲んだ。すでに作業衣は泥まみれ、高山は運動靴、新妻は地下足袋をはいていたが、これも破れてみすぼらしい姿になっていた。一日、作業を終えて泉で顔を洗い、迎えの車を待っていた兩名は村の人たちに取りかこまれてしまった。2人を乞食と違って人々は親切にも身の上を尋ね、小銭を与えようとしたのである。

Le CastellaとS. Mariaの調査結果は1973年の第24回万国地質学会議(IGC)の討論会で予報した(NAKAGAWA *et al.*, 1975)が、両地点とも露出が不十分なことで、風化がはげしいため残留磁化が弱く、さきのle Castellaの子察結果を大きく改めることはできなかった。その後、LAMB and BEARD (1972)がle Castellaの、またWATKINS *et al.* (1974)がS. MariaのPliocene-Calabrianoの残留磁化について報

告したが、いずれも正磁極のみを測定している。おそらく二次成分によるもので、試料の採取と消磁方法とに欠陥があったようである。

1975年秋、中川は三度カラブリアを訪れた。本調査はすでに地元との共同研究にはいって、このとき、相手側の SELLIらはソビエトの M. N. NIKIFOROVAをリーダーとする IGCP の新第三系—第四系 (N/Q) 境界問題のワーキング・グループを案内していた。この一行には日本からの参加者、池辺展生・市原 実・土 隆一も加わっていた。le Castella の地磁気層序がうまくゆかず、その理由が露出状態によることを知った SELLI は G. C. PASINI らとともにカラブリア地域を再検討し、その年の春には le Castella より良いセクションを見つけたことを中川に予告していた。そのセクションが Vrica であった。

Vrica はクロトーネのすぐ南で最高位段丘の Milazziano がイオニア海に面した部分にある。PASINI らの調査したのは厚さ 200 m たらずの部分で、その中部約 100 m のうちに N/Q 境界が設けられるだろうと予想していた。これは *Globigerina pachyderma* が左まきになるところから *Hyalinea balthica* の出現層準までの間である。IGCP の巡検旅行は S. Maria, Craffa, le Castella とまわり、最後にとっておきの Vrica が始めて公開された。N/Q 境界の模式層準候補地の選定は 1948 年の IGC 以来、イタリア地質学会に与えられた宿題であった。1952 年の第 19 回 IGC に 4 か所の候補地を提示した。ローマの Monte Mario——バチカンの北にあたり、有名な天文台のある丘で、イタリア国内の緯度・経度はここを原点としている。付近は公園になっているが、都市拡大の波はとっくにここを通り越し、現在、自動車道路わきに南西に緩傾斜する総厚約 50 m のシルト岩砂岩互層が露出している。Musone 河谷——北伊アドリア海沿岸のアンコナ付近にあり、アペニン山麓にあたる。Santerno 河谷——ボロニヤ東方イモラ付近、同じくアペニン山麓にあたる（後述）。Castell'Arquato——ピアチェンツァ南東にあり、Piacentian の模式地（後述）、これもアペニン北麓である。このように、カラブリアからは候補地は 1 か所もあげられなかった。このことが一般の賛同を得難くし、結局、候補地選びは差戻された。その後 SELLI が le Castella を暗示し、EMILIANI もこれを正式に模式地として提案しようとしたが、手続の問題などで見送られ (RICHMOND——EMILIANI, 1967)、一般の注目もややそらされたかのようであったが、本研究グループによる地磁気層序の予察 (NAKAGAWA *et al.*, 1971; NAKAGAWA *et al.*, 1975) などによって le Castella は再び注目を集めた (VENZO, 1975 など)。しかし本調査の結果、むしろ他の条件で模式地として必ずしも好適ではないことが判明し (NAKAGAWA *et al.*, 1976, 1977MS)、またも棚ざらしの恰好になった。一方、第三紀・第四紀の境界をいつまでも未決のままにしておくわけにはゆかず、IUGS, INQUA の各専門委員会もややあせり始め、IGCP の実施に際してこれらのメンバーが中心となって N/Q 境界のワーキング・グループを結成した。SELLI は地元のみならず、国際的な層位学関係の有力者である。ここで何とか新しい候補地を挙げたいところであった。

Vrica の露出状態は le Castella より数等すぐれているように思われた。そこで翌

1976年に中川は的場保望・北里 洋とともに Vrica を精査し、試料を採取した。この年は天候異常といわれた年で、前と同じ8月半ばであったにもかかわらず、涼しい日が続き、しかも雨ばかり降った。1968年以来愛用してきたドリルもすでに損耗はなはだしく、思うように働いてくれない。かなり難渋しながらも、PASINI らの調査した部分より下位まで延長し、結局、層厚約450mのセクションについて1/1000ルート・マップ、1/50柱状図を作り、層位間隔約10mで定方位試料と微化石用試料を採取した。

この付近一帯は南北方向の軸をもち Cronone Trough と呼ばれている向斜構造の東翼にあたり、地層の一般走向はN10~15°Eで、西方に6~12°傾斜している。岩相はやや石灰質の粘土質シルト岩で、凝灰岩・砂岩・トリポリを伴っている。このトリポリ (tripoli) は le Castella でも Pliocene superiore を特徴づけているが、一見珪藻土のような薄層理の堆積物で、以前は diatomite と英訳していた。しかし、実際には珪藻はほとんど含まれていない。セクションの最下部は Semaforo 層 (Pliocene medio) とされている粘土質シルト岩で、ごく薄い砂層が稀にはさまれている。ここで Semaforo 層の最下部は断層によって東側に再び現れる Tripolacea 層と接している。Tripolacea 層 (Pliocene superiore) は Semaforo 層の上位に重なるが、両層の境界は厚さ35cmの淡ピンク色を呈し、斜交葉理をもつ細粒凝灰岩である。この凝灰岩からは3.4 m.y. (SELLI, 1970) の K-Ar 年代が得られている。凝灰岩の上位3mには50cmのトリポリがあるが、これが最下位の厚いトリポリである。Tripolacea 層の厚さは約250~300mで、上限はN/Q境界とされているため、未確定である。下部の層厚約100mのうちに、上記のものも含め、10層準にトリポリまたはトリポリ質シルト岩をはさむ。中部の層厚約100mの間は厚いトリポリを含まない。上部からその上位の Papanice 層 (Pleistocene Calabriano) にかけて、再び頻繁に厚さ20~150cmのトリポリをはさむほか、薄い砂層がある。ポロニヤでは上部のトリポリなどはさみを、下位より順に a, b, c, ……と名づけているが、その h のトリポリの上位4.5mに細粒ガラス質の白色~淡紫色火山灰薄層がちぎれながらはさまっている。このあたりがN/Q境界の予想範囲の中央である。Papanice 層の厚さは60~120mで、岩相は Tripolacea 層上部と同様である。最上部は傾斜と平行に発達した緩斜面ぞいに谷底平野下に没し、対岸には再び下位層が現れている。

Vrica では Tripolacea 層の上部と最下部を切る断層があるほかは、構造的には安定した感じである。これらの地層は Milazziano の段丘の基盤をなしていて、露頭は外縁の段丘崖と、段丘を開析する谷ぞいにある。トリポリなどはさみを鍵層として追跡し、4か所を連ねて総厚約450mのセクションとなった。

Vrica の試料は解析・測定中で、まだ結果は出ていない。1977年は INQUA の国際会議の年であり、N/Q境界問題が討議される予定で、Vrica が注目的となることは確実である。今までに化石層位学的予察として、ポロニヤでは有孔虫・軟体動物・貝形虫を、当方では高山が石灰質ナンノプランクトンを調べているが、これらの結果から、le Castella との対比を予想すると、やはり前記の火山灰薄層のあたり

が Telegrafo 下の崖の砂層付近に当たっているようである。地磁気層序と組み合わせ、対比のためのよい目安 (datum level) があれば N/Q 模式境界の候補地となり得るが、怒を言えばもう少し上位まで露頭がほしい感じであった。

2) シチリア

1971年、カラブリアでの調査を終えた一行は自動車でシチリアへ向かったが、折しも8月15日、日本のお盆と同様に、北イタリア、さらにはスイスやドイツへ出稼ぎに行っていた人たちが一斉にシチリアへ帰ってゆく。メッシナ海峡を渡るフェリーの港に近づくと、長い車の列は遅々として進まない。炎天下に2時間余りも待ってやっと船に乗りこんだ。対岸にメッシナの街が見えてくると、地形図と照らしあわせて Zanclean の模式地の Gravitelli を捜した。

シチリア側のメッシナ海峡の海岸線はほぼ直線状に北東—南西にのびている。メッシナの背後にはこれと平行に連なる、高さ500~900mのペロリタニ山脈があって、島の北端に達している。山脈の主部は片麻岩で、その両側に新第三系がはりつくように分布している。その部分は山麓の丘陵になっていて、海岸までの間に数階の段丘状を呈している。メッシナの街は裏山へ拡がりつつある。Gravitelli はそのような位置にあり、丁度、高速道路がその上に建設されている最中であった。

SEGUENZA (1868) の記載した露頭は見るとよしもない。

メッシナに着くと、Messinian, Zanclean がよく発達するとされていたメッシナの北からペロリタニ山脈の北端をまわり北海岸へ出た。このあたり一帯が MAYER—EYMAR (1867) の Messinian の模式地であると考えられている。

中新統の最上部または Tortonian と Zanclean—Tabianian の間の階としてはこのほかに Pontian, Sarmatian, Sahelian などがあるが、それらの相互関係と、階としての有効性などはしきりに議論されたが、CMNS は1959年に年代層序区分単位として Messinian を採用することが最も適当であるという結論に達した。しかし、MAYER—EYMAR は Messinian の模式地を明確に示さず、また Messina 付近の Messinian に含ませていたもののなかには鮮新統に属するものがあることが後に判明した。このため、新たに模式層準を選定することになり、SELLI がそれを引受けた。SELLI (1960) は Messina 付近に模式地を求めたが、堆積相・含有化石・露出状態の点で適当な場所がなく、やむなく Messina からは離れるが、シチリア島中央部のエンナとカルタニセッタの間に新模式地を選んだのである。SELLI の助言によってエンナへ直行することにして一行は、時々徐行しながら、北海岸を西へ向かい、Milazzian の模式地 ミラッツォ岬のつけ根を通り、途中一泊して、北海岸のほぼ中央サン・ステファノから内陸へ入った。カラブリアにも増して荒蕪たる感じのシチリア中央部を炎天下に走り続け、午後にやっとエンナについた。

シチリアは夏季乾燥気候でケスタの発達が著しい。ケスタを作るのは石灰砂岩・石灰岩・石膏などの蒸発残留岩で、エンナの街もそのようなメーサの上にある。周囲の低地との比高は約300mで、頂上の平坦部には建物が密集し、その隙間である

道路は迷路のようであった。一度宿に入った一行はすぐに Messinian の新模式地へ下見に出かけた。

SELLI の選んだ新模式地は2か所の組合せで、下半が Monte Capodarso, 上半が Pasquasia にある。地層は一般に南南東へ緩傾斜し、Messinian は厚さ約180mで、中部と最上部とに石膏を主とする特徴的な部分があって、それぞれ下部石膏層・上部石膏層と呼ばれている。両者の間は石灰質シルト岩(泥灰岩)、また下部石膏層は下位にトリポリを伴い、そのさらに下位は石灰質シルト岩となる。このうち、Pasquasia には下部石膏層以上が、また、Capodarso には下部石膏層以下が露出している。Messinian の上位には Trubi と呼ばれる灰白～青灰質シルト岩があり、これは鮮新統である。また下位には Tortonian 相当の青灰色粘土質シルト岩がある。これらにはさまれて Messinian はケスタを作り、荒野に延々と伸びている。

パレルモから SPROVIERI が着く時間になったので、一まずエンナへ引返し、MANZONI はボロニヤへ引きあげた。SPROVIERI は現れず、日はまだ高く、結局、浅野・中川が待つことにして、北村ら3人は再び Pasquasia へ出かけ、蒸発残留岩の累重状態を観察し、ドリルで試料採取を試みた。SPROVIERI は日の暮れる頃エンナに着いたが、Pasquasia へ出かけた3人はなかなか帰って来ない。8時頃になって、あまりおそいので SPROVIERI と中川が様子を見に行ったが、現地には人影もない。近くの透石膏採掘場にいた人に尋ねると、日の暮方までその方角でエンジンの音がしていたよさだという。もしヤマフィアにでもという心配もでて、一応宿に戻り、もしまだ帰っていなかったらカラビニエーリに届けるのが一番よさだろうということになった。カラビニエーリというのはイタリア独特の軍事警察で、国内いたる所に駐在しているが、この辺りでは実にふさわしい存在のように思われた。2人が宿に戻ったのは9時頃であったが、北村らは2人と入れちがいに帰ってきたという。クロトーネでもそうであったが、エンナでは夕方、街中の人々が食事前のひと時を戸外で過ごすのである。散策というよりは立話を楽しみに出てくる。この時刻に迷路のような道を車で通りぬけるのは至難のわざで、結局3人はエンナに着いてから宿に戻るまで2時間余、人々が家にひっこむのを待っていたのであった。

その翌日は SPROVIERI とともに Capodarso で Messinian の下半を見た。石膏層がつくるケスタの崖下にトリポリとシルト岩の互層および乱堆積気味のシルト岩が露出している。現場で SPROVIERI の説明を聞いた上で討論した結果、Messina 付近よりはよいものの、現在目的としている古地磁気と微化石による精密編年のためには、Messinian の新模式層準も好ましくないということになった。SPROVIERI によれば、この地区から南西方、海岸までの間にもっとよい地点がいくらかあるということでもあったので、彼の勧めのままにパレルモへ行き、Sicilian の模式地を見て引き揚げることにした。当時、シチリア中央の自動車道路はまだ完成していなかったため、エンナからパレルモまではかなり時間がかかった。日本出発以来の疲れも積もって、パレルモに着いた時は何よりも一息つきたかった。途中、MANZONI と交代はしたものの、カラブリアから車を運転し続けてきた北村はとくに目の疲れを

訴えていた。

パレルモでは SPROVIERI の案内で近郊を一巡し、Sicilian の模式地とされている Ficarazzi へ行った。もし状態がよければ、次回に本調査の対象にしようという期待があった。行ってみると、土採り場あとと思われるごみ捨場がその模式地であった。海岸の低地に掘りこまれた比高 3 m ばかりの砂層の崖で、下位にシルトがあり、周囲とは全く孤立した露頭である。寒冷種とされている二枚貝 *Arctica islandica* を地中海沿岸から最初に報告したのは PHILIPPI (1844) で、これに注目した DODERLEIN (1872) がこのあたりを模式地として Sicilian 階を提唱したという。カラブリアで同じ種の出現に注目した GIGNOUX (1910) が Calabrian 階を提唱したことは前述のとおりである。とすれば、両階名は同義で、Sicilian に優先権があるのではないかという疑問があったが、このことは後に RUGGIERI e SPROVIERI (1975) によって論評された。彼らは Calabrian は無効で、更新統下部は *Arctica islandica*, *Hyalinea balthica*, *Globorotalia truncatulinoides* がこの順に出現することによって Santernian, Emilian, Sicilian に 3 分され、S. Maria の Calabrian 主部はパレルモ付近の Sicilian 同様にこれら 3 種を含むので、Sicilian であるというのである。

このあとパレルモで 1 日休養し、ポロニヤへ引揚げたが、シチリア中央～南西部の中新統・鮮新統境界付近の状態はやはり気がかりであった。鮮新統・更新統境界がカラブリアを中心に議論されるのと同様に、中新統・鮮新統境界はシチリアが標準地域となりそうであった。そして、ミラノの M. B. CITA らは 1972 年になって、シチリア南西岸の Capo Rosello を中新統・鮮新統境界の模式地にしようと提唱し始めた。

1974 年夏、地元との共同研究の第 1 年目に、中川は再びシチリアを訪れ、SPROVIERI に案内してもらって、シチリア中央～南西部の主要な地点を一巡する機会を得た。それまでに、北イタリアの Mazzapiedi—Castellania と Santerno など中新統中～上部と鮮新統の大部分の層準の調査を終えていたが、Messinian 付近では十分な試料が得られなかった。北イタリアと対比が可能で、地磁気層序の調査に適したセクションを求めるのにはやはりシチリアがよいように思われたのである。

エンナ付近を頂点とし、南西海岸の中部を底辺とする三角形の地域は新第三系の分布地で Caltanissetta Basin と呼ばれている。地質構造はかなり複雑で、Messinian・Zanclean も断層によって頻繁に繰返し露出している。この時はパレルモから南下して南西海岸ぞいに Eraclea Minoa, Capo Rossello, Porte Empedocle, Falconara と巡り、内陸へは行って Favarotta, Favarella を見た。シチリアでは石膏などの鉱山や土採り場で永年慣用されてきたという独得の岩石・地層名がある。Trubi は有名で、これはパレルモ南東 Villabate 付近の土採り場から始まったということであったが、有孔虫殻の多い石灰質シルト岩で、表面が case-hardening 的に灰白色に固結するものの名称で、現在では鮮新統のものに主として用いられている。Messinian の構成層では tripoli は珪質薄層理の堆積物、balatino はリズミカルに成層する細～粗粒結晶の石膏層（粗粒部が小さな道化師が踊っているような形に

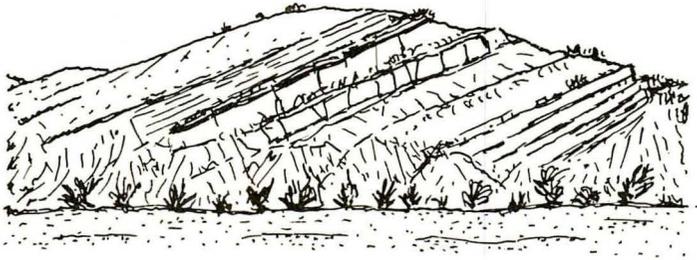


図4. Eraclea Minoa の Messinian 上部.

見える), spicchiolino は燕尾状の大型双晶の透石膏, marmorigno は大理石様の雪花石膏, partimento ははさみのシルト岩~泥灰岩, arenazzolo は不規則な塊状を呈する砂岩~シルト質砂岩またはそれらのいりまじるもの, lumachella は化石床などである. gessareniti (gypsarenite) という語は俗称ではないが, よく使われ, 再堆積した砂粒大の石膏結晶の集合をさしている. なお, 石膏を主とする蒸発残留岩層を gessoso-solfifera と呼び, Messinian Formation と同義に使っていることもある.

Eraclea Minoa (DECIMA e SPROVIERI, 1973) の露頭は砂浜の背後にある. 地層は南西方へ $15\sim 50^\circ$ 傾斜していて, 厚さ250m の Messinian がかなりよく露出している. その下位は Tortonian~ Sahelian の灰白色泥灰岩で, これは Langhian~ Tortonian を含むオリストストロームと断層で接している. Messinian の最下部は gessarenite で, 斜交層理が発達し, tripoli などの薄層を不規則にはさんだり, 石膏などの岩塊をとりこんだりする層準があり, 下部の主体をなす透石膏層となり, その上位に層理の明瞭な gessarenite があって層理面に flute cast なども見られる. 下部の層厚は約 250 m で, 地下探査結果ではこの上位に岩塩のレンズがあるということであったが, 地表ではスランプ構造をもつ石膏がその層準を幾分けずりこんだ上によって, そのすぐ上に Siciliano の石灰砂岩が不整合にのる. この石灰砂岩は Messinian の中部の泥灰岩にきざまれた谷を埋めている. 上部の層厚 150 m はやや砂質の泥灰岩と石膏などとの互層で, 石膏は 6 層あり, 累積状態に周期性が認められる. 例えば, 下位から順に, 泥灰岩・arenazzoro・有孔虫石灰岩砂岩トリポリ互層・balatino—marmorigno 互層・Spicchiolino—balatino 互層といったようで, 石膏層の最上部には Cavolfiori (カリフラワ) と称している. 上に開いたそのような断面をもつ構造が発達している. ここの Messinian の最上部は arenazzoro である.

Messinian と下部鮮新統 Zanclean との関係は, Eraclea Minoa のみならずシチリア全域にわたって不整合で, 境界面はかなりの起伏をもっている. Zanclean の主

部は trubi であるが、下底部に礫や岩片をもち、再堆積化石を含んでいる。

Eraclea Minoa の南東方約20kmに Capo Rossello がある。白い Trubi の海崖がよく発達し、独特の景観を呈している。地中海で実施された DSDP の結果と比較するためにシチリアの鮮新統を検討した CITA はここを Zanclean の新模式地として提唱し、同時にその下底が中新統・鮮新統の模式境界として適当であろうと考えた (CITA, 1972 など)。高い海崖に露出する trubi は硬く固結していて、ぼんやりした層理がうねっている。そのうねりの高まる部分の下位に厚さ 3.5 m の Spicchiolino 層をはさむ Messinian の泥灰岩・シルト岩が出ている。Lido Rossello の部落から岬へゆく途中の崖に赤ペンキで Miocene/Pliocene と書きつけてあった。その傍に同じ赤ペンキで X の字を鍵十字にした NIXON BO (boia の略) という落書もあって、CITA に同行したアメリカの N. WATKINS がドリルで古地磁気用のコアを抜いたあとがあった。高さ 3 m くらいのところまで Messinian のシルト岩の上に張り出している硬い trubi の表面へ、いきなり水平にドリルを突っ込むのは大男の彼だけにできる技である。あとで本人に結果を聞いたが、予想通り二次成分しか測れなかったということであった。

互に不整合関係の Messinian の最上部と Zanclean の最下部が、それぞれ、どこに出ているか、ということは中新統・鮮新統境界問題をつめてゆくときに問題になりそうである。CITA (1972 など) は深海底・陸上を通じて地中海域の鮮新統最下部は *Sphaeroidinellopsis acme-zone* で、その上位が *Globorotalia margaritae margaritae lineage-zone* であるとした。この *Sph. acme-zone* を SPROVIERI (1975 など) は層準に関係なく不整合の上位に認められ、古環境に支配されたものであると主張している。

一方、Messinian の方は浮遊性有孔虫では *Globorotalia tumida plesiotumida Zone* とされている。Falconara には Tortonian から連続する層厚 100 m くらいの Messinian 下部が露出していて、Tortonian 上部から Messinian 最下部にかけて *Globorotalia acostaensis*—*G. merotumida Zone*、その上位、すなわち Messinian 下部の上半が *G. tumida plesiotumida Zone* とされている (CATALANO e SPROVIERI, 1971)。岩相はシルト岩を主とし、砂岩とトリボリの薄層を数 m おきにはさんでいるが、上記の *G. tumida plesiotumida Zone* の上半はトリボリが主となる。その上位には蒸発残留岩相の石灰岩が重なり、それ以上の層準からは浮遊性種の化石は産出しない。このような状況は他の地点でもほぼ同様で、厳密に言えば、*G. tumida plesiotumida Zone* は Messinian の下部である。Sahelian (POMEL, 1858) という階名はほぼこの層準をさしている。模式地はアルジェリアのアルジェの南とされている。現在この階名は一般には使われていないが、地中海地域南部では有用なようで、SPROVIERI にも、非蒸発残留岩相の部分にこれを慣用している。

Messinian の上部のいわゆる gessoso-solfifera 相の部分は泥灰岩質の partimento や arenazzolo から産する *Ammonia beccarii tepida* などの底棲有孔虫や *Cyprideis* などの貝形虫を特徴とし、他に多数の再堆積微化石を含んでいる。複雑な配置の鹹

水湖盆群というのが大方の意見のようであるが、この Messinian 後半の環境については現在最も議論の盛なところであって、Hsü *et al.* (1973) の地中海が完全に干上がったという大胆な仮説はかなり人気を得ている。一方、この時期に地殻変動が活発であったことも知られているが、おそらく、上記の仮説に対してこの面からの検討もさらに必要であろう。

地中海の DSDP での地磁気層序調査 (RYAN and FLOOD, 1973; RYAN, 1973) はあまりよい結果が得られなかった。1971・1973年度に筆者らが北イタリアで調査した結果 (NAKAGAWA *et al.*, 1974 など) では、模式地の Tortonian 上部は、深海底堆積物の層序における、Epoch 7 の大部分を含み、Santerno 河谷の Pliocene inferiore 最下部は Epoch 4 の末期に当たっている。RYAN *et al.* (1974) はこの結果を参照して Messinian をほぼ Epoch 5 と 6 に当て、期間を150万年くらいと見つめている。

さて、1971年、シチリアでの調査を終えた一行5人はカタニア・ローマ経由でボロニヤへ戻ったが、そこで車を借りようとしてドルの暴落を知った。一行は外貨はドルをもってきていたので、それから先は専ら節約を強いられることとなった。この年の最終予定地は第5回 CMNS 開催地のリヨンであったが、残り少ない財布の中味を気にしながらそこに着いた中川と新妻は、高値になった円をもって悠々と現れた高井冬二・池辺展生夫妻に会った。この会議にはフランスに滞在中の森下 晶も出席した。地中海の DSDP の成果と、Messinian における地中海乾陸化の仮説はここで発表されたのである。

(未完)

引用文献

- BAYLISS, D. D., 1969: The distribution of *Hyalinea bathica* and *Globorotalia truncatulinoides* in the type Calabrian. *Lethaia*, **2**, 133-143.
- EMILIANI, C., MAYEDA, T., and SELLI, R., 1961: Paleotemperature analysis of the Plio-Pleistocene section at le Castella, Calabria, Southern Italy. *Geol. Soc. Amer., Bull.*, **72**, 679-688.
- CARLONI, G. C., MARKS, P., RUTSCH, R. F., and SELLI, R., 1971: Stratotypes of Mediterranean Neogene stages. *Giorn. Geol.*, [2], **37**, 1-266.
- CATALANO, R., e SPROVIERI, R., 1971: Biostratigrafia di alcune serie Saheliane (Messiniano inferiore) in Sicilia. *Proc. II Planktonic Confer., Roma 1970*, 211-249.
- CITA, M. B., 1972: Studi sul Pliocene e sugli strati di passaggio dal Miocene al Pliocene. I. Il significato della trasgressione pliocenica alla luce delle nuove scoperte nel Mediterraneo. *Riv. Ital. Paleont.*, **78**, 527-594.
- DECIMA, A., and SPROVIERI, R., 1973: Comments on Late Messinian microfaunas in several sections from Sicily. In DROOGER, C. W., ed., *Messinian events in the Mediterranean*, 272p., North-Holland Publ. Co., Amsterdam-London, 229-234.
- DODERLEIN, P., 1872: Note illustrative della carta geologica del modenese e del Reggiano. *Memoria*, **3**, 74p., Gaddi, Modena.

- GIGNOUX, M., 1910: Sur la classification du Pliocène et du Quaternaire dans l'Italie du sud. *C. R. Acad. Sci.*, **150** (1), 841-844.
- GIGNOUX, M., 1913: Les formations marines pliocène et quaternaires de l'Italie du sud et de la Sicile. *Ann. Univ. Lyon, NS.*, **1** (36), XXIV-693.
- HSÜ, K. J., CITA, M. B., and RYAN, W. B. F., 1972: The origin of the Mediterranean evaporites. *Init. Rep. DSDP*, **13**, 1203-1231.
- LAMB, J. L., and BEARD, J. H., 1972: Late Neogene planktonic foraminifers in the Caribbean, Gulf of Mexico, and Italian stratotypes. *Univ. Kansas, Pal. Contr.*, **57** (Protozoa 8), 1-67.
- MAYER-EYMAR, K., 1867: *Catalogue systématique et descriptif des terrains Tertiaires qui se trouvent au Musée fédéral de Zürich*. Schbelitz, Zürich.
- NAKAGAWA, H., 1976: Magnetostratigraphy of the Pliocene-Pleistocene boundary. *IGCP, II Symp. N/Q Boundary, Sci. Papers*, (22), 1-20; *Gior. Geol.*, in Press.
- , KITAMURA, N., TAKAYANAGI, Y., SAKAI, T., ODA, M., ASANO, K., NIITSUMA, N., TAKAYAMA, T., MATOBA, Y., and KITAZATO, H., 1977MS: Magnetostratigraphic correlation of the Neogene and Pleistocene between the Japanese Islands, Central Pacific, and Mediterranean regions. *Proc. 1st Internat. Congr. Pacific Neogene Stratigr.*, Tokyo, 1976. In press.
- , NIITSUMA, N., and ELMI, C., 1971: Pliocene and Pleistocene magnetic stratigraphy in the Castella area, Southern Italy—A preliminary report. *Quaternary Res. (New York)*, **1**, 360-368.
- , —————, KIMURA, K., and SAKAI, T., 1975: Magnetic stratigraphy of Late Cenozoic stages in Italy and their correlatives in Japan. *Micro-paleontology, Spec. Rub.*, **1**, 64-70.
- , —————, KITAMURA, N., MATOBA, Y., TAKAYAMA, T., and ASANO, K., 1974: Preliminary results on magnetostratigraphy of Neogene stage stratotype sections in Italy. *Riv. Ital. Paleont.*, **80**, 615-630.
- , —————, —————, TAKAYAMA, T., MATOBA, Y., SAKAI, T., ODA, M., and ASANO, K., 1976: Magnetostratigraphic correlation of the Neogene and Pleistocene between Japanese Islands, Central Pacific, and Mediterranean region. *Abstracts of Papers, 1st Internat. Congr. Pacific Neogene Stratigr.*, Tokyo, 1976, 147-150.
- NIITSUMA, N., 1970: Some geomagnetic stratigraphical problems in Japan and Italy. *Jour. Marine Geol.*, **6**, 99-112.
- PHILIPPI, R. A., 1844, *Enumeratio molluscorum siciliae* [2]. 298p., Berlin.
- POMEL, A., 1858: Sur le système des montagnes de Mermoucha et sur le terrain Sahélien. *C. R. Séances Acad. Sci.*, **47**, 852-855.
- RICHMOND, G. M., — EMILIANI, C., 1967: The Pliocene-Pleistocene boundary. *Science*, **156**, 410.
- RUGGIERI, G., e SPROVIERI, R., 1975: La definizione dello stratotipo del Piano Siciliano e le sue conseguenze. *Riv. Min. Siciliana*, **151-153**, 8-14.
- RYAN, W. B. F., 1973: Paleomagnetic stratigraphy. *Initial Rep. DSDP*, **13**, 1380-1387.

- RYAN, W. B. F., CITA, M. B., DREYFUS RAWSON, M., BURCKLE, L. H., and SAITO, T., 1974: A paleomagnetic assignment of Neogene stage boundaries and the development of isochronous datum planes between the Mediterranean, the Pacific and Indian oceans in order to investigate the response of the world ocean to the Mediterranean "salinity crisis". *Riv. Ital. Paleont.*, **80**, 631-688.
- RYAN, W. B. F., and FLOOD, J. D., 1973: Preliminary paleomagnetic measurements on sediments from the Ionian (Site 125) and Tyrrhenian (Site 132) basins of the Mediterranean Sea. *Initial Rep. DSDP*, **13**, 599-603.
- SEGUENZA, G., 1868: La formation zancléenne, ou recherches sur une nouvelle formation tertiaire. *Bull. Soc. Géol. France*. [2], **25**, 465-486.
- SELLI, R., 1960: Il Messiniano Mayer-Eymar 1867. Proposta di un neostratotipo. *Giorn. Geol.*, [2], **28**, 1-33. [1964: The Mayer-Eymar Messinian 1867. Proposal for a neostratotype. *Int. Geol. Congr., Proc., Ses. 21*, pt. 28, 311-333].
- SELLI, R., 1970: Report on absolute age. CMNS. *Giorn. Geol.* [2], **35**, (1) 51-59.
- SPROVIERI, R., D'AGOSTINO, S., e DI STEFANO, E., 1973: Giacitura del Calabriano nei dintorni di Catanzaro. *Riv. Ital. Paleont.*, **79**, 127-140.
- SPROVIERI, R., 1975: Il Limite Messiniano-Pliocene nella Sicilia centro-meridionale. *Boll. Soc. Geol. Italia*, **94**, 51-91.
- VENZO, S., 1975: Remarks on the stratigraphic and paleontological sequence of the proposed Plio-Pleistocene boundary type-section of Le Castella. *Ateneo Parmese, acta nat.*, **11**, 423-447.
- WATKINS, N. D., KESTER, D. R., and KENNET, J. P., 1974: Paleomagnetism of the type Pliocene-Pleistocene boundary section at Santa Maria di Catanzaro, Italy, and the problem of post-depositional precipitation of magnetic minerals. *Late Cenozoic Magnetostratigraphy, IGCP Workshop Conf., Tokyo-Otsu, 1974*, 84-86.

化石余聞 その一—クラゲが化石になる時*

浜田隆士**

プロローグ

余暇、余計、余白、余録、余裕…等々、余が頭につく言葉は、いずれも本体や本筋から離れた、いわば余分な事柄や事態を表わしていることはいうまでもない。しかし、何が本来のことかと改めて問われてみると、それは必ずしも一律には決め難いものであって、どこからを余分とみるかは、むしろ立場や条件によって違うのかもしれない。例えば、化石屋にとって余聞であっても、生物屋にとっては本筋そのものであることもあるだろうし、化石屋の間にだって余聞というものについてきちんとした枠があるわけでもなかろう。だから、聴く耳と視る眼とを広くもっている場合と、そうでない場合とを比べたら、同じ事柄に対してもずい分ととらえ方が違ってくるのは当然である。専門外のことをなべて余聞と考え、不要とみる人もあるかもしれない。

化石とは、「地質時代の過去に生きた古生物の生のあかし」である。その化石を研究するためにたどらねばならない道は長く、また多岐にわたっている。歩き疲れて途中で一服したいこともあるだろうし、つい興味につられて脇道に入り、そのままとりこになってしまうケースもあるだろう。いずれにしても、自然を相手の気長な仕事であるから、いろいろと“雑学”的側面や廻り道の要素が多いことは否定できない。生命というものが、現代のこの精緻な諸科学をもってしても解き明かすことのできない高度の謎として残されている以上、その生命を宿した物体、しかも遠い地質時代の昔のものとなれば、一筋縄でいかぬのは当たり前といってよいかもしれない。あちらへ曲がりこちらへ突き当たりして調べてゆくのが、古生物学のむしろ普通の在り方ではないかとさえ思える。

話は変わるが、ランニングには、ラストスパートという鉄則がある。最初からとばし過ぎてても続かないし、とって前半なまけて最後にと思ってもそうはいかない。練習でよく走りこんだときには、はじめて前半にも十分な力を出したうえ、なおかつラストにスパートがかかるようになる。積み重ねた練習によってもたらされる本当の余力なのである。苦しいレースの最中にも、周りの情景や相手の走りっ振りが目に入ってくるようになれば、それは余力が出てきた証拠である。何事をやるにしても、一心不乱とか無我夢中とかいうが、本当に何も分からずにやっているときは、

* Miscellaneous notes on fossils and fossilization, 1. Medusae and their conditions to be fossilized.

** Takashi HAMADA 東京大学教養学部宇宙地球科学教室

やはりゆとりがない。あのスピードのある白球が、名バッターの眼には一瞬静止して見えると伝えられるのも、あながち誇張とはいえないだろう。やはり培われた余力の賜物であることは疑いない。

さて、この化石余聞では、化石や化石化作用にまつわる諸々の話題をとりあげて、古生物学周辺の楽しみのようなものを浮き彫りにできたら、と考えている。とはいうものの、これは決して筆者の余力から生まれてきたものではないことを断っておかねばなるまい。筆者にとってはもちろん余分な事柄ではないし、また同時に読者の方々にとって、余計なものと思われるようなものにならないことを願ってやまない。

その1 クラゲが化石になる時

古い話になるが、昭和2年(1927年)発行の日本動物図鑑(北隆館)の1907頁に、鉢水母類の大家内田亨先生がこう記しておられる。『水母ノ化石ハ、きあんぶりあん紀ノ末ヨリ、てぼにあん紀地層ニ互リテ産スレドモ、我が国ヨリハ、未ダ発見サレタルコトナシ』 てぼにあんはデボニアン(Devonian)の誤植であり、今ではもっと広い地質時代の範囲にわたって産出が知られていることはいうまでもない。それはともかくとして、確かにそれ以来ちょうど半世紀が過ぎ去った今日に至るまで、わが国から確かなクラゲの化石が見つかったというニュースを耳にしたことがない。同じ腔腸動物でありながら、サンゴ類とは著しい対照をなしている。

クラゲ類が化石として少ない理由は、いわば常識に照らしても納得のゆくところである。硬組織をもたず、水分が100%に近いようなこの動物が化石となるには、何かよほど特殊の条件下でなければ無理であることを理解するのはたやすい。事実そうなのであって、日本ならずとも化石クラゲの産出は決して多くない。例の先カンブリア時代最後期とか始カンブリア紀とかいって騒がれた、オーストラリアのエディアカラ動物群や、始祖鳥化石をはじめとする珍奇な化石で名の高い、ジュラ紀後期のゾレンホーフエン石版石動物群などにクラゲ化石が多産するのは、まったく例外的といつてよいのである。

ところで、クラゲ(jelly-fish, Qualle, méduse, медуза, 水母)とひとくちにいつても、これは通称であり、分類学的にはヒドロ虫のライフサイクルの一環をなすヒドロクラゲ類、四放射の対称性が著しい鉢クラゲ類、先カンブリア時代にとくに栄えたプロトメデューサ類、同じ頃のもので相称性の明瞭なダイブリュウロゾア類といったいろいろの綱(class)に属するものを含んでいる。前の2者については、本当に化石であるのかどうかをめぐってかつて分議論されたことがあるが、今ではこれらをクラゲ類として認める学者が多い。もっとも、ニューヨーク州のカンブリア紀前期の地層から産する有名な *Dactyloidites* のように、今もってクラゲ説と植物(海藻)説とがあつて、正体のつかめないクラゲ様化石というものも少なくない。クラゲ化石であることを確認するためには、クラゲの基本体制である半球状~円盤状の傘の中に体腔を有し、紐状ないしフリル状の吸口(口腕)や触手をもっているこ

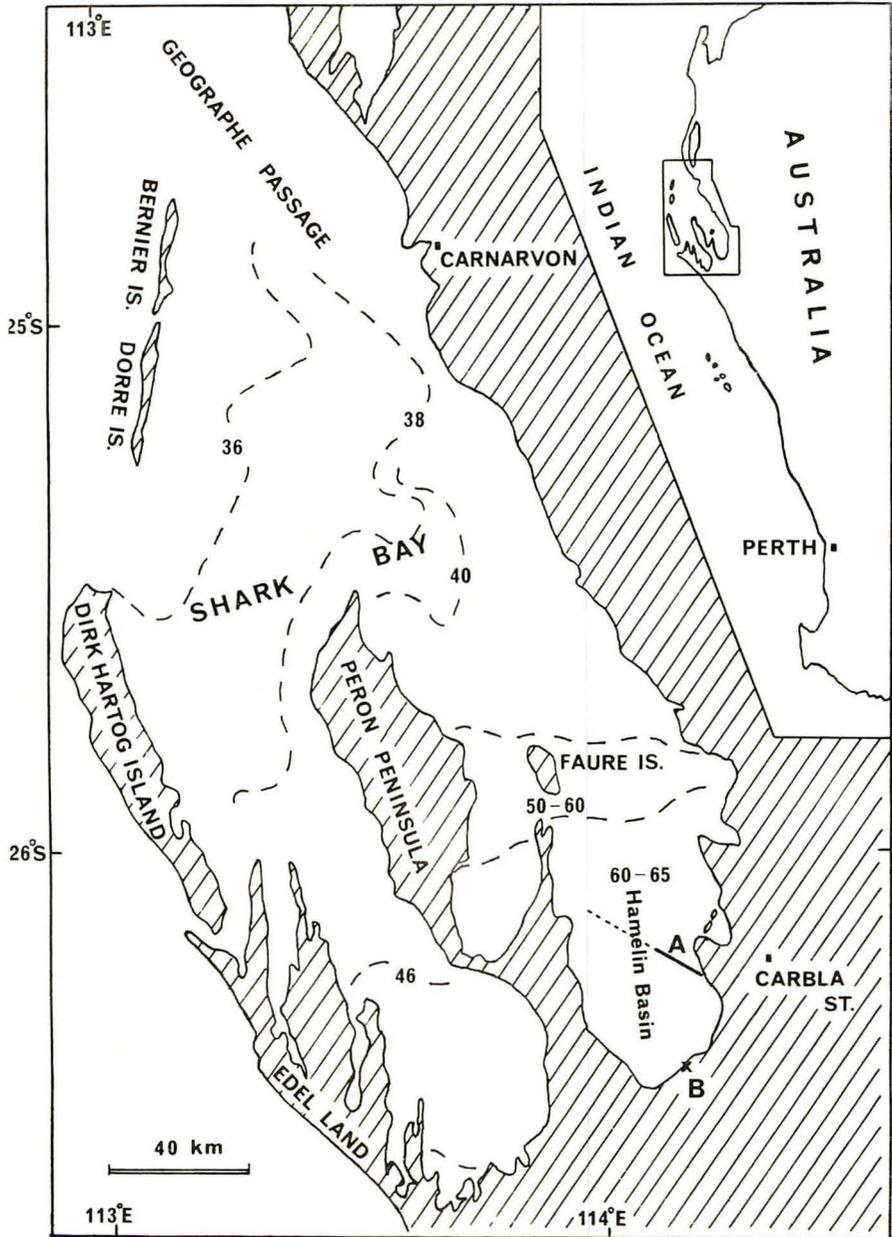


図1. 西オーストラリア、シャーク・ベイとハメルン・ベイソン。
 数字は1965年2月における海底塩分(‰)を示す。

とを判定できるような保存状態である必要があり、それらの軟体部の形状が地層中に型として残されていることが何よりも大切である。

1976年の冬(たゞし南半球での)、シドニー市で開かれた第25回万国地質学会議(25th IGC)に出席したのを機会に、西オーストラリアの現生ストロマトライト形成地を見学してきたが、その際いわば副産物として多くのクラゲを生きたままあるいは渚に打ち上げられて死んだ状態で、かなりゆっくりと観察することができた。その結果、今まであまり注意が払われていなかった面白い現象のいくつかに気が付いたので、この機会にクラゲの化石化の条件についてちょっと考えてみた。

クラゲは、オーストラリアに限らず、ときに大集団をなして出現し、いろいろと話題を投げかける。例えば、土用波が立つ頃になると、夏の海水浴場では“デンキクラゲ”の異名をもつクラゲどもの襲来におびやかされ、刺胞にやられた海水浴客で救護所は大いに繁昌する。また、クラゲによる“公害”もよく耳にする話である。火力発電所などの工業用水取水口に、クラゲがいっぱいにひっかかって水を通さなくしてしまうのである。淡水クラゲは、小さいながら物珍しきの故か、どここの用水池に大量発生した云々、といった記事が新聞にぎわす。

ところで、大量発生とか大群とかいってはいるものの、普通の海域にクラゲ類がどのくらいの密度で分布しているのか、そうしたポピュレーションに関するデータは実に少ない。もっとも、潮時とか季節とか地理的条件とか、クラゲの分布を規制しそうな要因がいくつか考えられるから、たとえ数例のデータがあったとしても、それを全面的に信頼して議論を進めてよいものかどうかは分からない。それにしても、有るのと無いのとでは大違いであるから、この際ラフではあろが自前の資料を使って、先ずクラゲ類の分布密度の一例を紹介しておこう。

西オーストラリアに位置するシャーク・ベイの一番奥にあるハメルン・ベイ(ハメルン・プールともいう)(図1)は、塩分が50~60%にもなる広いが奥まった、しかも全面10mよりも浅く、そのうえ素晴らしく水のきれいな内湾である。ここをUniwest号という西オーストラリア大学の海洋調査ボートで、何回か横切りながら底質を見てまわったのであるが、その際観察ステーションに着くまでは何もすることがない。そこで一番眺めのよい所ということで舳先に陣取って、著しく透明度の高い湾底を見るとはなしに眺めていたところ、大小無数のクラゲが流れ去ってゆくのに気がついた。

船はかなり速く走ってはいたが、両舷側10mづつ位の範囲を過ぎてゆくクラゲは何とか数えられそうである。そのうえ、水深は6~7mなので、底の方を泳いでいるものもよく見えている。カウンターの用意がなかったので、20計数毎にマークする方法をとった。その結果、岸からやや離れた部分から数えはじめて約45分間、図1に示した測線Aに沿った10kmほどを走る間に、合計2,273個のクラゲを勘定することができた。しかし、波の動きに隠されたり、陽の反射に邪魔されたりして、実際の数よりはかなり少なく数えているであろうから、約2,500個というあたりがより正しい見積りとなろう。この種の作業の精度は、もちろん高くはない。けれども、

ラフ・エスティメーションには十分役立つと思われる。実際あとで知ったことであるが、このやり方は、原理や方法としては、集団移動をすることで有名な砂漠のトビバッタ群集の密度を求めるのにしばしば用いられるランドローバー法に準じるものであって、その妥当性は容認されうるものと判断している。

こうして、ほぼ偶然ともいえるチャンスを使って得られたクラゲの数は、いろいろと面白い推測への材料として使えそうである。まず、この計数はたまたま湾岸の平均的な方向とほぼ45度斜交した測線について得られたので、岸から沖への方向と岸に平行な方向との両成分の合成をみたことになる。しかも、この10km地点はほぼ湾軸部に近く、全航路に沿ってほとんどムラがなかったことも併せ考えると、この計数場所がハメリン・ベイシンの特殊な部分を表わしているとは思えない。したがって、得られたデータは、この湾のこの時期（7月29日の満潮に近い時間）に共通するクラゲ分布と見なしてよいであろう。そこでこの計数値をもとに計算すると、10km平方の水域内に存在が予想されるクラゲの数は125万個。したがってハメリン・ベイシン全体(1,350km²位とみて)に一律に分布しているとすれば、その数は実に1,700万個オーダーに達するのである。魚でも貝でも、海生生物の群はもっと大きな群集であるにちがいないが、粗いとはいえ、このような見積りしてみると、生物というものがいかに大きな集団をなしているかに改めて感心させられる。

さて、この多数のクラゲどもは、どうやら一つの種に属するものであるらしい。詳しく調べてみたわけではないが、大きなもので上傘の直径20~25cm、その円蓋表面にきれいな小円紋をもつ特徴があり(図3, 7, 8など)、太い十字型に透けてみえる胃腔(図4, 6, 9など)、厚いフリル状の吸口(図1, 5, 15など)、下傘の内側にある同心円状の環状筋(図12, 15など)等から判定すると、おそらくオーストラリア海域の港湾水に普通といわれる根口水母目の *Phyllorhiza punctata* に近い種ではないかとみられる。観察したところでは、このクラゲの行動力はそれほど強くなく、潮ののって波間を漂う移動方式のようであるが、ときには体を斜めあるいは横倒しにして、ジェットにより少しずつ進行することもある(図2)。

別の日に、同じ湾のさらに奥まった部分の海岸(図1のB地点)を調査しているとき(たまたま朝の干潮であった)、一番高い波打ち際に沿ってたくさんのクラゲが打ち上げられ、半ば日干しになっているのを目撃する機会に恵まれた。形や斑紋からみて、Uniwest 上で数えた例のクラゲである。つまりあの大群の一部が満ち潮で岸に近寄せられ、退く潮ののりおくれってしまったと考えてよさそうである。

この付近の海岸は、貝殻砂を主体とした、小さなビーチ・カスブの発達する砂浜と、ストロマタイトの形成されつつある、遠浅で比較的微粒の堆積物が卓越するインター・タイダル部分とに分けられる。面白いことには、日干しクラゲのほとんど大部分が前者に集中しており、その他は、後者のタイド・プールに分解しかかったものがとり残されているのを時折見かける程度である(図3, 4, 5)。泥質底あるいは岩盤上に残ったクラゲは数も少なく、また後述のようにあまり保存のよくないケースがほとんどのものである。

上部汀線に沿う大ざっぱな分布をみると、数mおきとときに数個体(図6)、ときに1個体ずつ、といった具合に散在している。観察できた部分はほぼ直線状の僅か200m程度の長さにはすぎないが、その間においては比較的均一な打上げられ方をしているようであった。つまり、直線成分にして10km換算で3,000~4,000個程度の密度となる。この値は、汀線での海水の移動幅とか、おそらく複数回の潮による打ち上げであることなどを考慮に入れると、前述の推定ポピュレーションとは同規模の密度であると思われる。これは、偶然の一致ではなく、やはりボートからの計数とそれに基づく見積りが、このクラゲ集団の湾内分布密度推定として、かなり高い妥当性をもつものであった証左と考えてよいように思う。ちなみに外国での類例からひろってみると、北海性根口水母の一種 *Rhizostoma* の打ち上げについての記録があって、海岸線の2~3m幅で10km当り20万個と見積られている(LINHE, 1956 in SCHAFFER 1962: *Aktuo-Paläontologie nach Studien in der Nordsee*, p. 213)。この値は今回のハメリン・ベイスンよりはるかに大きい点で注目される。

さて、ここでそれらの打ち上げクラゲがどのような状態になっていたか、少し詳しくみてみることにしよう。ハメリン・ベイスンの海岸は遠浅で、しかも調査地はストロマトライトの形成されるような場所であるため、大潮のときでなくても干潮時には相当に広い潮間帯が露出する。そこには丸椅子型(沖合)から長椅子型(岸寄り)のストロマトライトや、その間の低くて平坦なアルガル・マットが広がっていて、ところどころに潮だまりができていて、そのようなタイド・プール中にも、退き潮にのれなかったクラゲがとり残され、おそらくその後襲ってきた高温のために死んで、もう腐りかかっている。死体は触手やフリル状の吸口を縮め、正常位で水底に沈んでいた(図3)、あるいは発生したガスのためか水面近くに浮いたり(図4)している。また逆さまの姿となり吸口も千切れてバラバラになりかかったもの(図5)も見かけられた。このような水没状態のクラゲ遺体は、そのままであればやがて腐敗分解してしまうか、あるいは次の上げ潮の時どこかへ運ばれるか途中で壊されてしまう運命をたどるのは明らかである。

それに比べて、露出した堆積物上にとり残されたクラゲの方はかなり違った経過を辿るようである。そのうち、泥質の堆積物上にとどまったものはかなり早く乾燥し、まわりの泥土にサン・クラックができる頃、クラゲ自身も収縮して堆積物との間にギャップができたり(図7)、それ自身も割れたりしている。サン・クラックができないような時には、クラゲの乾燥もおおそく、まわりにガスの逃げ道ができないせいか、体腔中にガス・バブルが発生し(図8)、それがやがて破れて構造が壊される。

硬い岩盤上に残ったクラゲの破壊はもっと早いようにみえる。岩盤が吸収する熱も大きいためであろう。早めに乾ききってたちまち薄いフィルム状になってしまう(図10)。このフィルム上にも環状筋などの構造は残されているが、風に吹かれると発泡部や岩角の当たっている部分から破れ、バラバラになってしまう。

ところが、砂泥上に置き去りになったクラゲについては、これまでに述べてきた

ようなものとはいささか異った経緯がみられる。すなわち、多少なりとも海水の影響が一番あとまで残るような堆積物、例えばリップル・マークのできているような部分では、ふつうあまりクラゲはとり残されないものであるが、観察された一例(図11)では、水が退いた直後、まだ生きていたクラゲは海へ向かって必死の脱出を試みたようである。リップル・マークをかき消しながら細砂底上を1m余り這ったあげくに、力尽きてかあるいは水分が尽きてか、ついにその生命の燈火を消している。このようなケースは決して多くはないが、もし底質がもっと凝固性の高い石灰泥に富むようなものであったなら、ちょうどゾレンホーフェンの生痕のように、いろいろと面白い化石ができる条件が揃うことになるであろう。ここでも、リップル・マーク上には種々の糞や這い跡がたくさんのこっていた。

打ち上げクラゲの中でも、最も面白い乾き方をするのは、波打ち際の砂上に置かれたものである。この場合の砂は、主として貝殻の小破片からなり、有孔虫、ウーライト片等の混じる中粒砂で、粘結性はほとんどなくサラサラした感触を与える。砂粒や貝殻片のために、乾からびたクラゲの体にはかなり凹凸ができていて、面白いことに、水分やガスの脱出が容易であることもあって、全体としての形態保存度は、上に述べた他のどの場合よりも良いのである。平坦な泥土上ではセンペイのように平らになってしまうのが、砂上ではかなり元の形状を残して、傘のふくらみとか周縁の刻みなども、むしろ立体的に保たれているのである。触手なども、漂着後しばらくは水に揺り動かされていたにちがいないが、その水の動きを示す細かい泡の跡とともに、きれいに砂上にプリントされるケースが多い(図12, 14, 15)。十字型の胃腔の跡もよく残る。もちろん他の場合と同様、乾燥とともに体の収縮がおこっているが、泥質物とちがって砂粒が動くことによってその力を解消することができるので、むしろクラゲ体の全形は大きく壊されることがないらしい。上下逆になって乾からびたものでは、吸口の總や下傘内側に記された環状筋が美しく保存され、見事な出来栄とさえいえる(図15)。

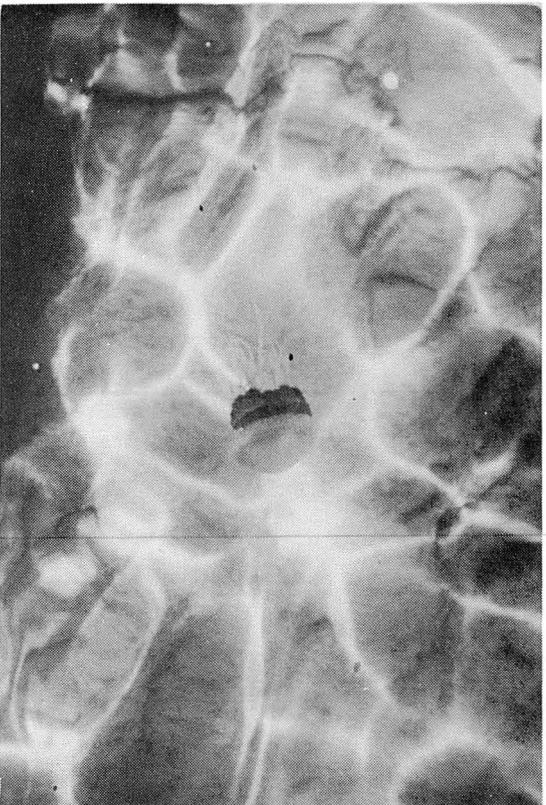
このようにクラゲの打上げは、その定着した場所の、主として底質条件に左右されたいろいろの経過をたどることが分かった。とりわけ砂上に置かれたものは、クラゲ体の形態保持という意味ではもっとも好条件を得ているといってよい。実際問題としては、これら打上げクラゲが化石化に直結するわけでももちろんない。そのあとに起るべき埋没条件が一層クリティカルであり、もしそれが不十分であれば、折角のクラゲの型も結局は分解霧散して後世にまでその形態をとどめるまでには至らない。しかしながら、化石化への一つの可能性として、クラゲのような軟弱繊細な体制のものが都合よく残されるには、むしろやや粗い堆積物上においてその前提条件が整えられるということが分っただけでも意義があるのではないだろうか。実際その眼でふりかえてみると、各地の先カンブリア時代に多いクラゲ類化石は大半が砂質岩上に記されていることに気付く。例のエディアカラ動物群も、パウンド石英砂岩上に印されたものであることは、広く知られた事実である。

一方、ゾレンホーフェンのクラゲ化石の場合には、おそらく何か別の要因が強く

支配したことは確かであろう。石版石の堆積環境は完全に調べ尽されたわけではないが、一種のラグーン条件での形成といわれ、細粒の石灰泥原が広がっていて、そこへ落ち込んだ生物は、鳥であろうが昆虫であろうが、あるいは上げ潮にのってやってきた頭足類であろうが、低潮位時に水面から出るや否やまるで石膏のように速やかに粘結固化する、といった化学環境にあったのではないかと考えられている。だから、このクラゲ化石の場合は、砂質岩でなく泥灰岩上に美しく保存されているというわけである。

さて、今回ここに記したクラゲについての観察は、あるいはいささか化石びいきの眼が過ぎているかもしれない。実際に化石となるべき埋没作用が起ったわけでもないし、そのような事態が引き続いて起る可能性すらそれほど大きくはない。しかしながら、少なくとも従来報告されているクラゲ化石と砂質岩との組合せを一応理解できる材料には使えると思う。もしそうであるとすれば、速やかな乾燥ということも大切なファクターであることになり、前にふれた北海での大量の打ち上げクラゲとどう違ってくるのか、大へん興味の持たれるところである。そして更に、もし差があるとすれば、クラゲ化石化の古気候学的条件を探る有力なヒントにもなるに違いない。クラゲの化石化というものが、本当にこうした汀線条件のもとで起るものとすれば、クラゲ化石の少ない理由の一つには、このようなストランド・ラインが保存され難いということもつけ加える必要がありそうである。等々、スペキュレーションは尽きない。

だが一方、水中でクラゲのような動物の化石化する可能性については、ただ何となく無理だろうと考えられてきただけで、何ら具体的なデータは示されていない。いずれにしても、古代の姿や環境を復原する道というものは、やはり遠くかつ容易ではないようにみえるのである。



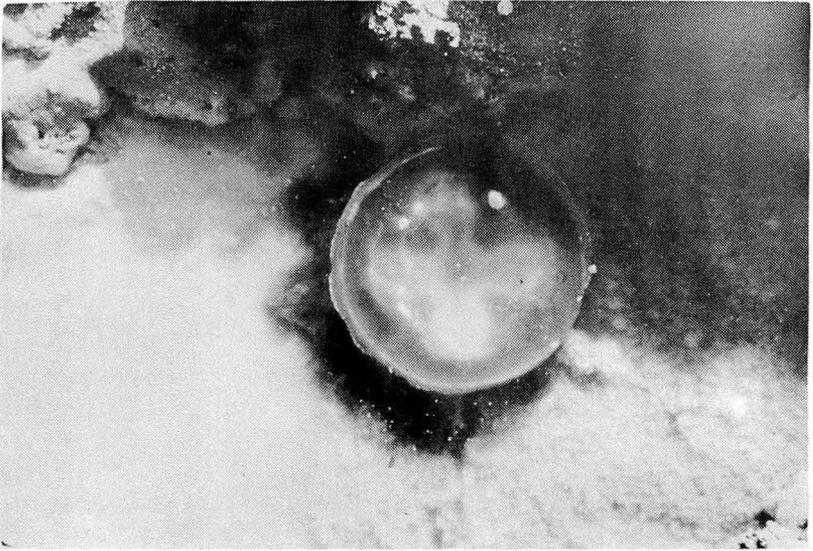
2



3

図2. 遊泳中のクラゲ、ハムリン・ベイヌン湾にて Uniwest 号上より撮す。
(偏光マイルター使用)

図3. 干潮時にストロマトライト・マウンド間隙のゲールにとり残された死体(その1)。



4



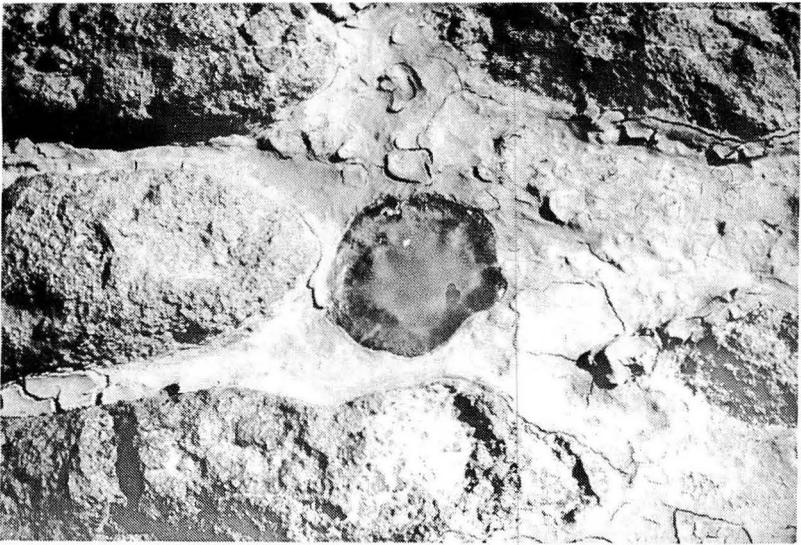
5

図4．ストロマトライト・マウンド間のプールにとり残された死体（その2）．
十字型の胃腔がみえる．

図5．同上（その3）．裏返しとなり吸口の一部がはずれている．左側はその一部．



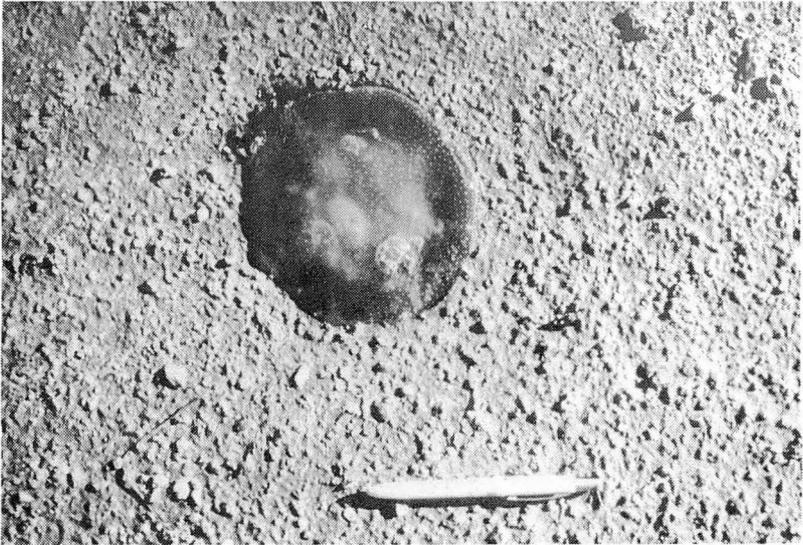
6



7

図6．波打ち際に集まって日干しになっているクラゲ（6個体）．左が砂浜，右が海側．

図7．ストロマトライト・マウンド（湾奥型）の間の泥質底で干からびかかっている個体．

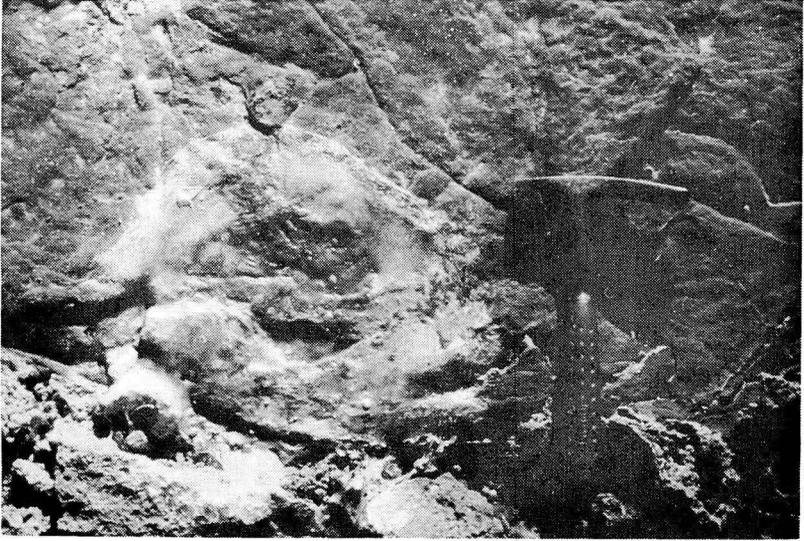


8



9

図8．貝殻片を含む泥質底上で腐敗し、体腔中にガスを発生している個体。
図9．リップル・マークのある細砂～泥底上で乾きかかっている個体。



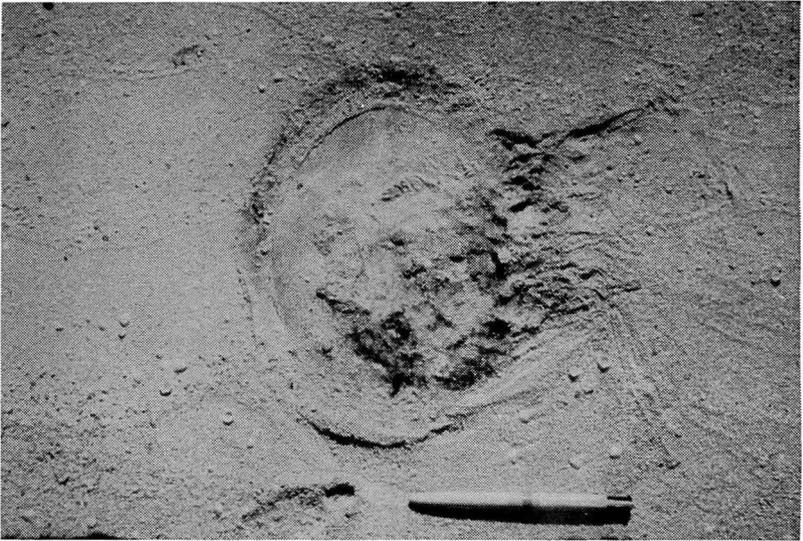
10



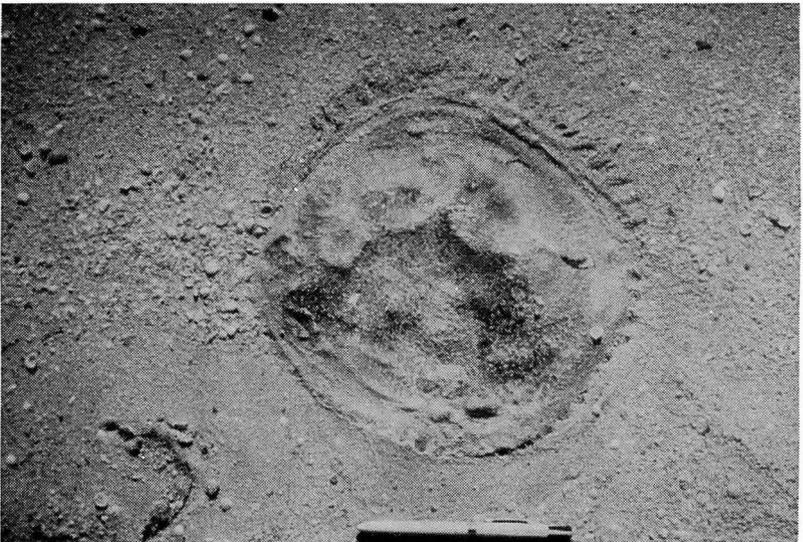
11

図10. 岩盤上にとり残され、速やかに乾燥して薄いフィルム状となった個体。環状筋の条がみえる。

図11. リップル・マークを消しながら水のある方へ逃れようとして力尽き、干からび始めた個体。



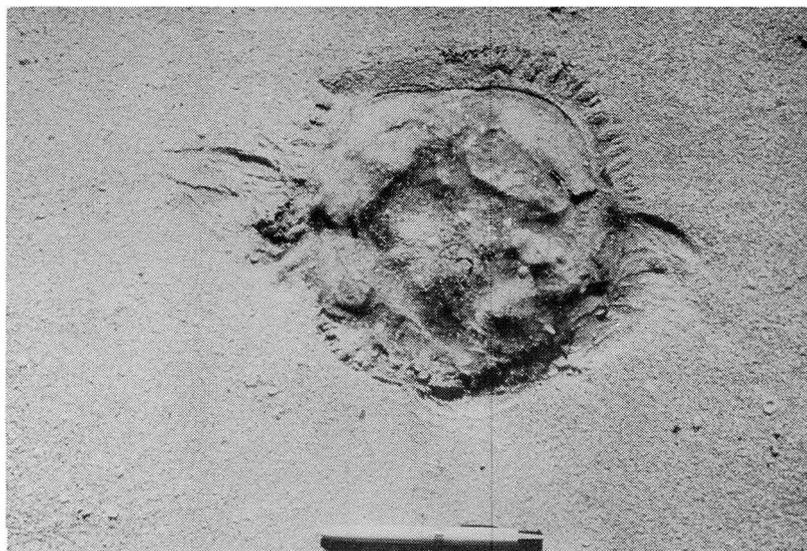
12



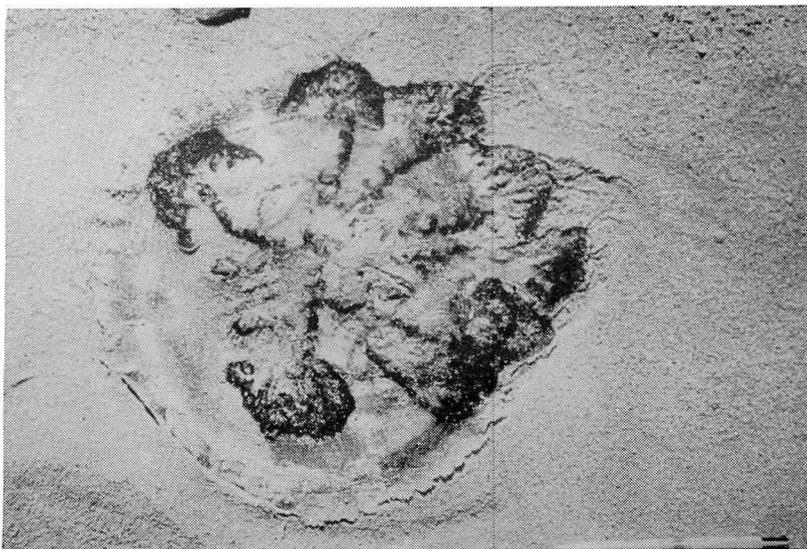
13

図12. 波打ち際の砂上で干上った個体（その1）。触手が右側にプリントされている。

図13. 同上（その2）。十字状の胃腔や上傘周縁の刻みがプリントされている。



14



15

図14. 波打ち際の砂上で干上った個体 (その3). 触手が両側から出ている.

図15. 同上 (その4). 裏向きになって干上った個体. 總状の腕口と下傘の環状筋がよくプリントされている.

「白亜紀中期の地史的変遷」(IGCP
Project-MCE) 第2回国際研究集会
に参加して*

小 島 郁 生**

は し が き

1976年8月29日から9月6日まで、北海道三笠市周辺で、国際地質対比計画(IGCP)「白亜紀中期の地史的変遷」(MCE)の第2回国際研究集会が開催された。形式上の主催母体は国際地質学連合(IUGS)で、実質的には古生物学研究連絡委員会・地質学研究連絡委員会が共催し、九州大学理学部の松本達郎教授が実行委員長を勤められた。また、日本古生物学会と三笠市教育委員会が後援した。

そもそも開催の目的と意義は、約9千万年昔の白亜紀中頃の地史的変遷を究明することである。特に世界的海進・海退や古地理の変化等の解明を主目標とし、そのために先ず国際的に適用出来る地質時代尺度を詳細かつ正確に設定し、地史の対比を正確に行う。会議では、これらにつきよく研究されている国の専門家が集まって、最近の研究成果を講演し、互いに検討し合う。日本で開催することの意義は、日本の研究素材が優れており、太平洋地域を代表する点で特色があつて、かつ日本の専門研究者の今までの貢献が評価されているからである。日本の成果に中心を据え、広く国際的視野からこれを討議することが、日本の国際的研究水準を一層高めるだけでなく、課題の解決に対し大きく寄与すると予想されたからである。そこで、昭和51年度の研究集会をぜひ日本で、しかも現地検討や討議の出来る北海道で開催されるよう、欧米諸国の研究者たちから強く要望されていたというわけである。

初 日 の 論 文 発 表

北海道での集会内容は、現地の受入態勢などを考慮してミニ集会とし、出来るだけ、総花的なお祭騒ぎを避けて、実質的内容の濃いものが企画された。初め欧米各国の指導的研究者の参会申込があつた。ところが、諸国の経済情勢を反映してか、あるいは少し前に日本で行われたIGCP-CPNSのマンモス集会参加者数の影響を受けてか、開催日直前に、アメリカ・ソ連・ドイツ・フランスの参加不可能が判明して、残念であつた。

それでも、スエーデンのREYMENT, R. A. (ウプサラ大学)、イギリスのHANCOCK, J. M. (キングス・カレッジ)、同じくKENNEDY, W. J. (オクスフォード大学)、カナダのJELETZKY, J. A. (カナダ地質調査所)の参会を得た。迎える日本側は、松

* Attending at the 2nd International Conference of Mid-Cretaceous Events.

** Ikuwo OBATA 国立科学博物館

本達郎 (代表者, 九大), 平野弘道・棚部一成 (九大), 野田雅之 (大分), 高柳洋吉・岡村 真 (東北大), 木村敏雄 (東大), 蟹江康光 (横須賀博), 米谷盛寿郎・猪間明俊 (石油資源), 大嶋一精 (アブダビ石油) と私の12名である. このほかに, Mrs. JELETZKY と村本辰雄 (三笠) が参加し, 宮田雄一郎と原口善光 (九大学生) が会の運営を助けた. 結局, 出席者数は20名, 論文参加を含めて9国25名という数である.

かねての予定通り, ホテル・サンブラザ (岩見沢市1丁目4条) を宿所とし, 8月29日夕刻, ロビーで参加者登録が行われた. 部屋は2名ずつトウインを割り当てられ, 私のルーム・メイトは蟹江氏となっていた. 彼とは昨年のマダガスカル調査以来, 常に同室のめぐり合わせとなる. 29日の夜遅く, イギリスの HANCOCK と KENNEDY が到着したらしく, 廊下の方から話声が聞こえる. アメリカの KAUFFMAN らが来たかどうかを気にしていたらしく, 来ないと分かって笑い声になったのは, あるいは英米対抗の競争意識に根ざしたものかと, 邪推したような次第であった. PERGAMENT が来れないのは, 誰かの話によれば, 彼は学問的にはソ連国内で評価が高いが, ユダヤ人なので出国が難かしいためではないかという.

8月30日は日本人研究者の講演日で, 討論会場には三笠市民会館が提供された. 三笠市差し回しの20人乗りマイクロバスがホテルから私たちを会場へ運んでくれる. 机には三笠市が作ってくれた立派なネーム・プレートが並ぶ. JELETZKY が私のネームを見付け, 両手を広げて挨拶に近寄る. 間もなく, 九時半となり, 松本教授の挨拶をもって, 講演は始まった. その題目と演者は次の通りである.

0. Opening Address (T. MATSUMOTO)

1. H. HIRANO, K. TANABE and T. MATSUMOTO: Mid-Cretaceous biostratigraphic succession in the Oyubari area, central Hokkaido.
2. K. TANABE: Mid-Cretaceous scaphitoid ammonites from Hokkaido.
3. I. OBATA and M. FUTAKAMI: Cretaceous sequence in the Manjii dome, central Hokkaido.
4. Y. TAKAYANAGI and M. OKAMURA: Mid-Cretaceous planktonic microfossils from the Obira area, Rumoi, Hokkaido.
5. S. MAIYA and Y. TAKAYANAGI: Cretaceous foraminiferal biostratigraphy of Hokkaido, Japan.
6. Y. KANIE: Succession of Cretaceous patelliform gastropods in the northern Pacific region.
7. T. MATSUMOTO: Zonal correlation of the Upper Cretaceous in Japan.
8. T. MATSUMOTO: On the so-called Cretaceous transgression.

講演時間は各自20分を厳守ということで, 講演1~3までの座長を KENNEDY が勤め, 4~8までの座長を JELETZKY が勤めた. これらの内容には, 1975年9月にウブサラで開催の第1回研究会で報告された日本の白亜系の化石層序に関する

成果に追加されるべきものが、ほぼ含まれている。日本側としては、これらの講演は、翌日より4日間にわたる地質巡検のガイドも兼ねて、その地域を中心にした化石層序と古生物学上の課題例や白亜紀地史の問題点を指摘し、日本の白亜系研究者の水準を示したものであった。これに対し、外人からは、欧米の実例に根ざした活発な質問が発せられ、1講演につき2~4の質問が許された。

これらの講演・討論の間に、午前11時から20分間と午後3時半からの20分間は休憩時間となり、講演室の隣のロビーの一角に設けられたスタンドで、茶菓の接待を受ける。コーヒー・紅茶・ジュース・日本茶・せんべい・アメなどよりどり見どりで、三笠市の女性職員3人がかいかいしく働いて感じがよい。研究者はお互いに充分歓談の機会を得た。昼食事は三笠市主催の正式のレセプションで、北海道知事代理・三笠市長代理(助役)・三笠市教育長・三笠市議会議長など多くの出席があり、司会役を勤めた三笠市教育委員会の村本喜久雄氏の手ぎわの良さもあって盛会であった。数テーブルを研究者と市代表者とが交互に囲んで談笑した。聞くところでは、炭鉱の街・三笠市は相次ぐ閉山でさびれる一方、そこへ昨50年11月には幌内鉱の重大事故で24人も死者を出し、このところ沈滞ムードとのこと。特産物は、レセプションのデザートにも出された三笠メロンと三笠スイカぐらいという話である。三笠市は札幌からそう遠くない点や自然の山河に恵まれている点などを考えて、芸術大学か体育大学を誘致して文化都市として再出発したいという意向もあると伺い知った。今回の国際研究集会へ寄せられた市側の厚意が、上記のような今後の市政の方向への布石となって欲しいと、ひそかに思う。

三笠市や岩見沢市が、いわゆる大都市でないために、若干不便な点が無かったわけではない。例えば、トラベラーズ・チェックはホテルで使用出来ず、岩見沢の銀行で現金化するにも、ロンドン・パリ・東京などでは5分ですむのに、1件につきたっぷり20~30分かかるとか、ホテルの門限が12時であるとかである。もっともそのような不便はささいなことであって、今回三笠市の示してくれた暖い歓迎の好意は、幸先よい滑り出しを暗示しているかのように思われた。夜、町に出て、若い仲間と一緒に焼き鳥で一杯飲みながら、講演会の反省かたがた大いに論じ語り合う。日本はかつて世界に武力侵攻を企て、現在は経済進出で名をあげているが、ともに基本的にはアニマル的な方法であること……。白人社会の中で体色による差別をなくし人種平等の思想を徹底させるためには、何よりも日本人が学問や文化の上で実績を積み上げる方法しかないこと……。大嶋さんから、9月4日の外人講演にまじってアブダビ国のチューロニアンの話をしてよいという提案がある。

幾春別巡検始まる

翌8月31日から9月3日までの野外討論集会は、好天に恵まれて、滞りなく進行した。岩見沢営林署・大夕張営林署ともに全面的な協力を惜しまなかった。

8月31日：幾春別川の桂沢ダム周辺の巡検。岩見沢から桂沢ダムまでバスで直行する。はじめダム南岸の山腹に登り、対岸の露頭全般を眺望し、松本先生により、

三笠層・上部エゾ層群の細かい層序区分と示準化石の説明がある。各自、配布ずみのプリントと照合する。このフィールドは矢部長克先生以来、松本達郎先生に代表される九大学派の長年にわたる研究対象となっている。外人の間で最上部チューロニアンを示準化石種 *Reesidites minimus* が話題の一つとなる。よい露頭が桂沢ダム湖に水没してしまったためこういう種類が今日採集される可能性は少ないということをも必ずしも理解していないように見受けられて少々落ち着かない。説明終了後は、南岸の層序を観察し、上部チューロニアンの化石採集を行う。若い人たちが道路際の砂岩の露頭から *Inoceramus teshioensis* や *Baculites undulatus* の良い標本を一杯たたき出して外人にプレゼントしたので彼等も大喜びであった。対岸のダム堤横で昼食をとった後、山道を北西へ抜け、以後は道路沿いに地層の上位から下位にかけチューロニアンからセノマニアンまでの層序観察と化石の採集を行う。最初の露頭に二枚の緑色砂岩があり、上位の緑色砂岩は *Baculites yokoyamai* を産出しコニアシアンの基底部だと聞く。二枚の緑色砂岩の間のシルトに含まれるノジュールを村本喜久雄氏がハッシとたたくと、*R. minimus* が飛び出てきた。恐るべき神通力と皆感心する。結局、同種は数個産出して、外人も大喜び。三笠層中部のシルト上部から *Kanabicerases septemseriatum* 発見の一番乗りは九大学生の宮田君。*Sciponoceras kossmati* も多産する。パラパラと小雨が降り出すが間もなく止む。HANCOCK が上半身裸となり鉢巻をしてヒッピーまがいの服装で頑張る。若い KENNEDY は大股にどんとどんと先の方へ進む。JELETZKY も熱心に露頭にへばりつく。一般に外人はフィールドでも非常に真面目だ。ルートが三笠層下部層の砂岩に入ろうとする辺りから皆川床へ降り昔 *Kanabicerases* が最初に出たという露頭を見、その付近を叩いて巡検を終了する。Mrs. JELETZKY は絵心があるらしく、化石採集の横で、その辺の景色や植物をスケッチする。誰かに植物の名前を聞いて毒草のトリカブトと教わっていた。

9月1日：奔別川流域の巡検。前日のルートは幾春別背斜の東翼の白亜系を観察することを目的としたが、この日は背斜軸の西翼を見て、両者の層相変化と化石内容を比較するのが狙いであった。奔別川沿いの連続露頭は上位から下位にかけコニアシアンからアルビアンに至るものである。はじめダム堤直上の道路から奔別川を見下して、層序と化石について松本先生の説明があった後、道路の南とつぎの緑色砂岩の上の頁岩から化石採集をする。ここは第三系との不整合直下に当たり、コニアシアンであるという。案の定 *Inoceramus uwajimensis* のほか *Didymotis akamatsui*, *Nanonavis* sp. など二枚貝を多産し、すべて小型だ。私どもが一昨日の講演で述べた万字地域の堆積相と生物相が南方の夕張地域や北方の奔別地域と類似的でエゾ地向斜中相対的に海岸線に近いという点について、参考となる露頭が奔別五ノ沢にあることを、松本先生が教えて下さる。道を少し歩いた所で土手を降り河原に出る。対岸の上部エゾ層群の基底部から、*Sciponoceras intermedium* や *Inoceramus teshioensis*, *I. teshioensis* と *I. uwajimensis* の中間的形態を示すもの、殻口の保存良い *Scaphites* など、皆化石採集に興じる。この付近は細砂質シルト岩で化石も小型のものが多いかのように感じられる。露頭が川の土手斜面に当たるので現地での

化石産状を平面的に確認できないのが残念である。川底をルートマップに沿って歩き、三笠層上部の粗粒岩中の横ずれ断層や三角貝 *Steinmanella* の密集した地層などを観察する。昼食後、三笠層下部のシルト質砂岩に達すると、先発の数名が河床露頭よりかなり大型の *Calycoceras* の一部を掘り出し、幸先の良いスタートを切った。その辺りの河床に貝殻化石の断面が密集して連続するのを目ざとく見付けた KENNEDY が、含化石薄層の延長部と思われる生い茂った土手にするするとよじ登り、ハッシ・ハッシと巨体から繰り出すハンマーの二・三発で、*Inoceramus concentricus* が躍り出るように飛び出す。張り切る KENNEDY には、この日遂にターザンの異名が奉られた。その露頭から *Calycoceras* の中型標本も採集されて、めでたしめでたし、一同満足する。河床がすべり易く、ハッスルした若い人が二・三名、ザンプと水中で腰まで濡れるという一幕もあって、にぎやかなことであった。奔別ダム上流のせき堤の手前に、中部エゾ層群下部の砂岩・頁岩薄互層部があるが、そこから *Anagaudryceras* (?) の中型標本を産する。かなりつぶれていて、決して保存が良いとはいえないが、フリッシュ相からの産出といえ、まあこの程度であろう。せき堤の左岸を垂直によじ登って道路に上り、あとはアルビアン頁岩の化石産地まで直行し、大きな露頭で思い思いに化石採集を楽しむ。アンモナイトも採集された。幾春別川流域の西翼では、東翼とは堆積相が異なり、堆積物は各層とも薄く粗粒化しているが、要所要所に然るべき示準化石を産することを知り大きな収穫であった。

快晴の大夕張巡検

9月2日：大夕張の白金沢巡検。この日から巡検地は幾春別の南東20kmの大夕張地域に移された。ここではエゾ地向斜内で幾春別よりも沖合相の堆積物が発達している。時代的にも、前二日間とほぼ同様のチューロニアンからアルビアンにわたるルートが予定されていた。8時20分に岩見沢のホテルを出て9時50分到大夕張に着く。大夕張富林署の署長ほか幹部の方が現地に出迎えて、種々御配慮頂いた。はじめ道路添いに300mも歩くと、露頭のノジュールから早速 *Inoceramus hobetsensis* が顔を出す。これはチューロニアン中部の示準化石だ。思わず松本・野田両先生の顔がほころびる。今回は論文でしか参加できなかったソ連の PERGAMENT やアメリカの KAUFFMAN が予定通り参加できていれば、イノセラムスの専門家が四名そろって、今日の巡検も一層有意義であったろうと惜まれる。このあたりは左側に開けた谷を見ながら進む。微化石専門の連中は崖を下へ降りて河床で新鮮な泥質岩を探している。さらに400mほど進んだ所で、全員川つぶちへ降りて層序の観察と化石採集に時間をかける。KENNEDY が *Collignonicer as woollgari* を得た後、このところ化石についている大嶋氏からやや上流で採集の *Romaniceras cf. deverinoide* をプレゼントされ、大喜び。装飾の著しいアンモナイトはヨーロッパ人に人気があるのだ。*Inoceramus*, *Mesopuzosia*, *Tetragonites*, *Neophylloceras*, 魚の椎骨等々、たくさんの採集品を前に昼食。川の左岸の露頭で、背斜軸に沿う断層が見られる。軸の右翼で砂岩の薄層が階段状のずれを示し、層序は正常と判定される。ここで木村

先生の説明を伺う。午後はいったん道路沿いに戻り層序を観察しつつ進む。一般に級化層理や流痕が多く観察され、地層の逆転している例の多いことを知る。ある小さな露頭の解釈をめぐる、背斜軸部説とクリーブ説が出され討論されたが、両論あい譲らず、熱心な討論に花が咲いた。歩き始めの橋から数えて三つ目の橋、道路が白金沢を再び横切ろうとする地点で川に降りる。この辺りからやや上流にかけての層序が逆転していることは、観察される堆積構造から明瞭であった。凝灰岩が顕著に夾まれている。ここの狙いは、頁岩の岩盤に付いた *Inoceramus labiatus* であった。チューロニアン下部の示準化石だ。 *Allocrioceras* に似た異常巻アンモナイトの断片も見付かる。ここから上流 300 m ほどの踏査が始まる。川べりの崖っぶちを歩いて、100 m 余りの所がチューロニアンとセノマニアンの境界とされている所であった。事実、 *Tragodesmoceroides subcostatus* が出なくなったあと、 *Sciponoceras kossmati* を初め、 *Inoceramus yabei* や *I. concentricus* が出始める。この付近では帯緑色の凝灰岩が極めてひんぱんに入ってくる。流痕が目につき、地層が逆転していることが知られる。沢の東端で先導隊が何か叫んでいる。行ってみると、小沢の入口で、子熊の足跡が砂の上にくっきりと印されており、点々と続いていた。足跡の様子では、かなり新しいものようである。この辺で、帰るにふさわしい時間となった。外人部隊は化石探しに熱心で、沢の中を下流へ下っていった。KENNEDY が *Romaniceras ezoense* の良い標本を得ていた。JELETZKY も *Mesopuzosia* や *Eubostriochoceras* などを得た模様であった。彼は下流の方でも熊の足跡を見たと言っていた。本日も無事終了した。セノマニアン後期およびチューロニアン前期・中期にかけての同一時代に、前日まで見て来た幾春別地域と本日見た白金沢とでは、如何に岩相層序を異にするか、私たちは自分の眼で確かめることができた。

9月13日：大夕張の滝ノ沢巡検。昨日と同じく快晴に恵まれて、8時20分にホテルを出る。滝ノ沢は白金沢の流れとほぼ直角の方向つまり北東方向から流れてきているので、地層の走向とはほぼ平行したルートであるから、地層の観察という点でも化石の採集という点でも詳細な作業を行えるという利点がある。聞くところによれば、四万十帯のように一般に化石の少ない地域での化石産地をふやす秘けつは、このような走向方向の谷に入ることだそうだ。さて、バスを降りて、だらだら坂を北東へ登って行くのだが、今日も大夕張営林署の方がこの方向に入ろうとするトラックやタクシーの規制を行う。最初の露頭から *Inoceramus labiatus* が出始める。地層を観察しながら進むと、200 m 余り歩いた所で、また大きな露頭がある。級化層理やドラッグ褶曲が観察できて、地層は逆転していると判断される。ここも木村先生の出番だ。露頭が大きいので皆崖をよじ登って化石探しに熱が入り、 *Inoceramus labiatus*, *I. aff. tesioensis*, *Puzosia intermedia* など得られるが、もう一つぱっとしない。だが JELETZKY のような老大家が崖にへばりついて熱心に採集を続けて動こうともしない一途さには頭が下がる。もっとも私自身、昨年マダガスカル調査、一昨年の北ドイツでの巡検の経験からすると、外人がどんよくなまでに化石を求めるのは、むしろ自然なのではないかと思う。砂頁互層部や白色凝灰岩を見

た後、見晴らしのよいカーブで昼食となる。谷を隔てた南東部に見事な露頭があり、代る代る双眼鏡で眺望しては議論に興ずる。そこを出発した後、左手の露頭を叩きながら、*Tragodesmocerooides subcostatus*や*Pseudoaspidoceras* sp., *Fagesia* sp.などが得られた模様である。セノマニアンとチューロニアンの境界は、昼食地点から屈曲した道を400 m余り北上した地点にあった。この付近に昨日見たような緑色凝灰岩があり、それ以東では褐色砂岩が増す。その露頭より約200m北の地点では、セノマニアンの*Inoceramus concentricus*, *I. pennatulus*を産出する。従って、問題の境界部はその緑色凝灰岩付近のどこかにあるという説明がなされた。全員その付近を叩くが、目ぼしい収穫は得られない。いずれにしろ、この滝ノ沢と南部の白金沢では、岩相層序が、かなりの細部にわたり一致していることを知る。帰途、北海道炭礦汽船株式会社鹿ノ谷鉱業所に、地質調査所標本室を訪ね、特に展示されたアンモナイト標本を見学する。展示標本点数約80に及び、産地地図も添付された貴重なものであった。

外 人 講 演

9月4日は、再び三笠市民会館で、主に外人による講演が行われた。内容は、北米西部や日本、ソ連太平洋側など環太平洋地域の白亜系化石層序ならびに欧米やマダガスカルなどの白亜系との対比を主眼とした論文、アジア南部の白亜系に関する論文、国際対比に基づいた白亜紀海進・海退についての論文である。講演題目と演者は次の通り。

9. M. A. PERGAMENT*: Biostratigraphy and correlation of the Middle Cretaceous of the USSR Pacific region.
10. J. A. JELETZKY: Mid-Cretaceous (Albian to Coniacian) history of Pacific slope of Canada.
11. W. J. KENNEDY and J. M. HANCOCK: Towards a correlation of the Cenomanian sequences of Japan with those of north-west Europe.
12. P. JUIGNET*: Faunes d'ammonites du Cenomanien des environs du Mans (Sarthe, France).
13. J. M. HANCOCK and W. J. KENNEDY: Towards a correlation of the Turonian sequences of Japan with those of north-west Europe.
14. E. G. KAUFFMAN*: Biostratigraphic relationships between Cretaceous Eurafrican and Pacific Inoceramidae and their biostratigraphic implications.
15. M. COLLIGNON*: Comparaison des faunes d'ammonites crétacées malgaches avec celles du Japon.
16. A. A. KURESHY*: The Cretaceous planktonic foraminiferal biostratigraphy of Pakistan.
17. K. OSHIMA: Structural growth and time of migration of oil in the Mubarras oil field, Arabian Gulf.
18. J. A. JELETZKY: Tectonic causes and general implications of Cretaceous oscillations of sea level in western and arctic Canada.

19. R. A. REYMENT and N. A. MÖRNER: Cretaceous epicontinental transgressions, seafloor spreading and geomagnetic reversals.

20. Closing Address (R. A. REYMENT; J. M. HANCOCK). (*: 論文参加)

講演 9～13までの座長を REYMENT が勤め、14～19までの座長を HANCOCK が勤めた。討論の詳細は省略するが、会の最後に、REYMENT と HANCOCK が、感謝の辞と合わせて、松本教授や後継者による日本の白亜紀地史や古生物学的研究水準を高く評価したのは、社交辞令の域をはるかに脱しており、日本の実力が再確認されたものと卒直に考えて良いだろう。

今後は、日本を含む環太平洋地域のような造山帯と、欧米の安定地域のそれぞれで、化石層序・古地理・放射性年代測定・地磁気強度変化など、実証的資料に基づいた総括的議論がますます盛んとなるであろう。

この日、講演の休憩時間に、地元の裏千家流による御手前の披露があった。きらびやかに盛装した和服の若い御婦人方のもてなしで、特に外人諸氏は大喜びであった。聞くところによれば、三笠市の会館を利用する文化団体は合計40数団体に及び、お茶のグループだけで3つもあるという。

午後6時から、三笠市文化協会主催の公開講演会が行われ、松本教授の「三笠の地層と化石について」、REYMENT 教授の「白亜紀時代の海のように」という話があった。三笠市をはじめ近接市町村からの約250名にのぼる聴衆が会場を埋めた。講演後の質問では、アンモナイトの色がいろいろある理由、アンモナイトを割ると空房が方解石でつまっている場合と空き部屋になっている場合とがあるがその理由、アンモナイトの殻の炭酸塩について年代測定は出来ないか、というようなものであった。質問のレベルが相当なことから察すると、市民の古生物学に対する関心の程度も分かる。

9月5日には、三笠市民会館で、地元愛好家の採集による標本が特別展示されていた。数多くの逸品があったが、なかでも、マダガスカルと日本に特産するアンモナイト、昔から所属未決定の鞘形類の標本などもあって、標本中心に時ならぬ討論会が再現された。2階では市民のダリア・グラジオラス展が始まり、眼を楽しませてくれた。一方、市民会館から少し離れた所に、三笠市郷土資料室があって、ここもすぐれたアンモナイトの常設展示で充実しており、自由に見学することができた。ここは、村本喜久雄氏の採集品を主としたコレクションを保管しており、昭和50年の12月1日に開設されたものである。同日午後、ホテルでダンボール箱が配布され、各自、標本のこん包を終了した。翌6日朝、石油資源開発のジープを米谷氏が運転し、蟹江・岡村氏など若い人たちの活躍で、荷物はすべて無事発送される。この日、午前中に散会し、三々五々帰途についた。終りに、本集会のお世話をされた九大の松本達郎教授・平野弘道・棚部一成両博士や地元の三笠市関係各位とくに郷土資料室の村本喜久雄氏、ならびに参会者各位にお礼申し上げる。蟹江康光氏は写真を提供された。



Fig. 1. 8月30日の講演会場での討論

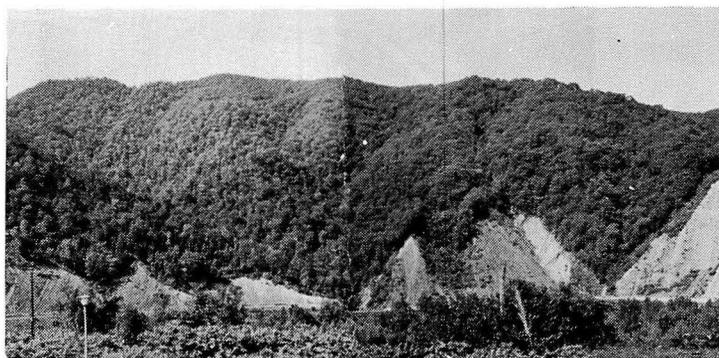


Fig. 2. 桂沢ダム南岸より北方の露頭を眺望

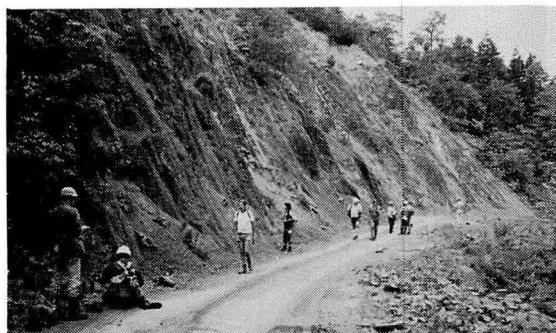


Fig. 3. 幾春別川沿いの白亜系の見学



Fig. 4. 奔別川を見下ろし地質の説明を聞く



Fig. 5. 北炭汽船地質調査所の玄関



Fig. 6. 9月4日の外人講演



Fig. 7. 市民への公開講演会

IGC-IUGS 日本開催 (1984) の

可能性について*

浜田 隆士**

1972年、モントリオールで開かれた第24回万国地質学会議 (24th IGC) を機会に、諸外国の間から、日本でも是非開催してほしいという声が起こってきている。日本が経済的に大国の仲間入りを果たしたということだけでなく、アジア地域での主催国がIGC 過去 100年に近い歴史を通じてインド (1964年、ニューデリー) だけであることもその大きな理由となっている。さらに、今の日本の地質学界のレベルからもそれを期待できるとする向きも少なくない (地質学雑, 79-2, 130-140, 1973)。

こうした空気をふまえて、地質学研究連絡委員会の中に、IGC-IUGS 開催検討小委員会が設置され活動を開始したのは、一昨年 (1975年) 4月、京都における地質学会総会・年会の時のことであった。古生物研連からは筆者が委員に選出され、委員長には北大の八木健三教授が就任した。その後数次にわたる委員会あるいは各方面との折衝、意見交換などを経て、先ず経済的な見通しとして、日本で1984年に開催可能であろうという検討結果が公表された (地質学雑, 81-6, 396-7, 1975: 同 82-3, 221-222)。

国際的な慣例としては、IGC 主催を希望する国は、開催予定年度の2期 (8年) 前に一応の意志表示をすることになっている。したがって日本の場合、仮りに1984年を念頭におくとすれば、1976年のシドニー会議で名乗り出しておく必要があった。もちろん、他の国からの申し出もあるので、シドニー会議での登録は一応の検討材料としての立候補手続きであることはいうまでもない。1980年の第26回 IGC は、1878年にハリで第1回が開かれて100周年会期に当るので、モントリオール会議で申し出ていたいくつかの国も、シドニー会議ですべてフランスにこれを譲り、再びパリで開催することに満場一致で同意した (地質学雑, 83-1, 65-74)。そして、その次の1984年の開催希望国としては、トルコ、日本、ソ連の3ヶ国の名が並ぶことになったのである。ソ連の場合、過去にモスクワですでに主催しているのであるが、やはりアジア地区でという意義を強調して、今回はノビシビルスクを開催予定地としてあげている。

地質学研連ではシドニー会議に出席したわが国の代表団のメンバーを交え、1976年9月18日に上記検討小委、学協会、地質調査所等との懇談会を開いて、それまでの経緯を説明し、これから進むべき方向に関して各方面からの忌憚のない意見を聞いた。その際指摘された重要な点の一つは、IGC は元来研究者個人の参加する会議であるが、IUGS は国際的な常置組織であるから、いつも同時に開かれるという点

* Looking forward to a possibility of 27th IGC-IUGS, Japan, 1984

** Takashi HAMADA 東京大学教養部宇宙地球科学教室

を除いて、この二者を同じレベルで論じることは筋が通らないのではないか、という見解であった。その後、各研連での討議でもこの認識は強まり、組織としての研連は IUGS ならびにその傘下にある各種コミッション、コミッティー、ワーキンググループ等の常置組織との対応を計るのがよいとする方向がでてきている。

同様の見解は1976年12月19日の地質学会評議員と地質学研連有志との懇談会、12月の地質学研連、古生物学研連でも確認され、従って従来の検討小委の役割りはひとまず終了し、今後は学協会、大学・研究機関、調査所等の動向をみつめながら、地道に可能性を探るべきであろうという点で意見は一致した。なお、古生物学研連では、小委員会が解散した場合、これまでの氏家、佐藤(正)、鎮西、浜田各委員の代りに、この問題に関して学会と研連との連絡委員をおいて、さらに慎重に検討することになり、連絡委員として浜田がこれに当ることになった。

なお、古生物学会や古生物学研連としてのIGC—IUGS 1984年開催に対する正式見解は、当初から、学界活動をよりアクティブにする努力が必然的に日本開催の実力養成につながり、その機会を得ることに結びつくという主旨が堅持されており、この姿勢は今も変わっていない。

シドニー会議中の IUGS 総会においては、中国が正式にメンバーに加入することが決定され、アジアに世界の眼が集中する中で、8名の副会長の1人に、日本から立見辰雄教授(日大文理)が就任されるなど、全体としてアジアムードが流れていることは否定できない。国際古生物学連合(IPA)総会では、前期に副会長をつとめられた松本達郎教授(九大理)は今回退かれたが、高井冬二教授(農工大)は評議員としてこれからも重責を担い続けてゆかれる。IUGS 傘下の各種コミッティーなどに参加してきた日本の研究者はこれまでも少なくないし、別枠ではあるが、これからは IGCP や IDOE を通じて日本人の活躍する場面が一層広くなっていくことは間違いない。

こうした事情を背景にして、今後は来る1980年のバリ会議において1984年日本開催の正式招待ができるかどうかについて、各方面で活発な議論が展開されるであろう。そのような機会の参考として、これまでに指摘されている問題点を、未整理ではあるが列記しておくことは意義があると思われる。

- 1) モントリオール会議をピークにして、参加者数は減少する傾向がある。
- 2) シドニー会議では経費の節減に努力し、モントリオールでの費用の約4分の1で済ませることができた。
- 3) Proceedings を発行しなくなった点、ひじょうに不便である。
- 4) 講演・討論も大切だが、参加者の最大の関心事は会期前後の巡検にあるらしい。
- 5) 会場問題は多くの国が頭を悩ますところであり、大学キャンパスの利用状況が事態を大きく左右する。
- 6) 地質調査所の果たす役割りが大へん大きいことはいままでもないが、わが国の

場合所轄官庁がちがっている点問題が残る。

7) 少数のリーダーシップをとる人がいないと事態が進展しないのは、どこの国でも同様であるらしい。

8) 平均したマン・パワーを養成すること。また日本の地質学界のコンセンサスに支えられた開催準備が望ましい。

9) 1984年とすると、現在20才～30才台の研究者にもっとも働きが期待され、今中・高年にいる人達の余計な心配がかえって邪魔をする可能性はある。

10) 語学上の諸問題は、主催国の特に事務的な運営能力に大きく作用する。

11) 開くとすれば、日本ならではの、特色ある魅力にあふれたテーマがなければならない。

12) アジアの国際情勢をよく認識し、近隣諸国との種々の関係をおろそかにしてはならない。

(地質学研連、古生物学研連委員)

新崎盛敏・堀越増興・菊池泰二：海藻・ベントス (海洋科学基礎講座第5巻)。

東海大学出版会。 3,500円

本書はベントス研究者待望のテキストの一つであろう。

テキストは、第I編 海藻(新崎盛敏著)と第II編 ベントス(堀越増興・菊池泰二共著)に分れているが、新崎は第I編の序で、「海は生物の発源場といわれる。始原の生物が、どんな形状で、どんな生き方をしていたか?とにたく、今でいう動物とか植物とかに、はっきり分け得るものではなかつただろう。そういう始原の生物あるいは生物群を祖先にして、形態や生き方の相違する種々雑多の生物群が出現し、植物(plant)とか動物(animal)とかの特徴をもつようになり、またさらに、植物、動物のそれぞれにおいて、多種多様のものが次々と出現し、さらにそれらの中から陸上生活に移るものもでてきて、現生の水圏と陸圏・気圏の動・植物属種に分かれてきたものであろう」と述べているように、また、海藻類が、多くのベントスに生活の場を提供していること、ベントスの栄養源として食物連鎖の基底になっていることなどを考え合わせると、両者を一巻のテキストに合わせた編集者の意図をくみとることができる。

第I編は、序論、海藻の分類および海藻の生態の3章よりなる。序論では、海藻の基本的性質(生長や増殖の様式など)についてのべ、第2章には、藍藻植物門から紅藻植物門にいたる8植物門の概説に加えて海産顕花植物(海草類)についての解説もある。第3章では、生態因子を非生物的要因と生物的要因とに分けて、海藻

の生態，地理的分布に関連する問題，生活形，海藻相，海藻景観，さらに，藻場（海中林）などについて論じている．この章は浅海底生動物に基づいた環境復原を試みようとする古生物学徒に興味深い資料を提供するであろう．

第II編 ベントスは，ベントスの定義にはじまる第1章 ベントス序論より筆をおこし，

- 第2章 ベントス研究史
- 第3章 ベントス研究調査法
- 第4章 ベントス群集
- 第5章 浅海の群集
- 第6章 ベントスの生物生産
- 第7章 メイオベントス
- 第8章 潮間帯のベントス群集
- 第9章 藻場のベントス群集
- 第10章 汽水域のベントス群集
- 第11章 陸棚
- 第12章 深海系

など12章よりなる．前半は，ベントス群集の概念規定など，ベントスの基本構造や群集の時間的変遷にもふれている．後半では，種々な海域におけるベントス群集の詳細な解説についやされているが，とくに，潮間帯や藻場，汽水域および陸棚のベントス群集に関する章は，化石底生群集の解析を志す学徒にとって必読の章であろう．底生生物は，環境の有力な指標であるとされてきたが，著者らは，海水の運動や底質と底生群集とのかかわり合いを処々に示し，そのかかわり合いは必ずしも固定的ではなく，流動的であることを強調している．古生物学徒も学ぶべき態度といえよう．

本書の一つの特徴は，各章毎に，その末尾につけられた文献集である．群集生物学文献集として貴重なパートを形づくっており，本書が単なる解説書，入門書ではなく，著者らの一つの研究結果の体をもなさしめている．著者と編集者の努力を意を表したい．

(小高民夫)

化石投稿規定

1. 古生物学・層位学を中心としたシンポジウム報文・論説・解説・評論を主体とし、これに国際会議・学会の報告、伝記・旅行記などの短報を掲載する。
2. 原稿は日本古生物学会会員のものを主とするが、一般からも募集することがある。内容については編集者または世話人の責任において改訂を求めることがある。
3. 原稿は、400字詰横書原稿用紙を用い、1論文の長さは30枚をこえないものとする。表題の欧文訳およびローマ字書きの著者名は著者の所属とともに脚注にに入れる。学名のイタリック、人名の小キャピタル等の指定は著者自身が行ない、参考文献はページ数まで完記するなど、原稿の体裁は日本地質学会誌にならう。図版および折り込み図表は原則として著者の負担とする。
4. 別刷は30部までを無償とし、それをこえる分は著者の負担とする。必要の部数・表紙の必要の有無は原稿に明記する。
5. シンポジウム特別号の編集については世話人を依頼し、特別の規定を設けることがある。

+++++

1977年4月25日印刷

1977年4月30日発行

化石第27号

古
物
誌

編集者 高柳洋吉・石崎国熙
発行者 日本古生物学会
東京大学理学部地質学教室内
印刷者 東光印刷株式会社
伊 東 暁

+++++

購読申し込み先：〒980 仙台市荒巻字青葉

東北大学理学部地質学古生物学教室内

化石編集部

(振替口座 仙台 17141 番)

Fossils

No. 27 April 30, 1977

Contents

T. OBA and T.-L. KU: Measurement of CaCO ₃ dissolution in deep-sea sediments	1
T. SHUTO: A perspective of paleosynecologic studies on marine benthos	15
K. ISHIZAKI: A sketch of current ostracode studies—A precedent of studies of the Messinian Crisis—	27
H. NAKAGAWA: On the investigation on the Mediterranean Upper Cenozoic stage stratotypes made under auspice of the Japanese Ministry of Education and Japan Society for the Promotion of Science, 1971-1977 (1)	41
T. HAMADA: Miscellaneous notes on fossils and fossilization, 1. Medusae and their conditions to be fossilized	61
I. OBATA: Attending at the 2nd International Conference of Mid-Cretaceous Events	77
T. HAMADA: Looking forward to a possibility of 27th IGC-IUGS, Japan, 1984	89
Book review	91