

紹介

生鉱物に関する国際会議に出席して*

大森昌衛**

はじめに

筆者は、昨年7月1～3日に西ドイツのMainzで開催された「生鉱物に関する国際会議」(Intn'l Symp. on BiocrystalliteまたはBiomineralization)に出席し、その機会に北欧の関係研究者を歴訪してこの種の研究に関する知識を交換することができた。

本会議に出席するにあたって化石研究会および地質学研究連絡委員会からは推選の資格を提供された。また、本会議はボン大学古生物学研究室のErben教授によって組織されたもので、筆者の会議参加の費用はMainz Academyが支給された。これらの組織および関係者に対して、深く感謝する。

渡欧に際しては、化石研究会々員諸兄弟から多大の御協力を得た。ことに、同研究会有志のお世話で同研究会々員および周辺の方々からカンパをいただいたことに対して、この機会に改めて謝意を表したい。

ここに、同会議の内容ならびに筆者の集めた資料を紹介して、関係研究者の高資に供したい。

会議の内容

同会議には、16ヶ国から延約60名の研究者が参加し、その専門分野は古生物学のほか鉱物学、生物学、生理学、医学、歯学の各分野に跨っている。日本からは筆者のほか、北大水産学部教授小林新二郎氏と、国立真珠研究所和田浩爾氏が参加した。

会議は円卓式で、スライドによる話題提供が行なわれ、活発な質疑応答がかわされたため、毎日の終了は6時近くなり、最後には講演を一つ割愛するほどであった。

講演者と講演題目は、次の通りである。

7月1日(水) 8:30～18:00

開会式 Mainz Academy 総裁 Dr. ISELE, H.G.

○ SOJIBERT, K. F. (Mineral. & Petrol. Inst. Bonn Univ.)

"Matrizenprinzip und Biogenese des Kalks"

* Masae OMORI

Report on the "Intnl. Symp. on Biocrystallite", which were held at Mainz, Germany in the beginning of July, 1970

** 東京教育大学理学部地質学鉱物学教室

- HOHLING, H.J. (Med. & Physik. Inst. Westfale)
"Vorstadien und Fruchstadien der Hartgewebsbildung aus
Kristallographischer und Macromolekularer Sicht"
- TOWE, K.M. (Smithonian Inst.)
"Invertebrate shell structure and the organic matrix
concept"
- WILBUR, K.M., de ROIS & WATABE, N. (Dept. of Zool., Duke Univ.)
"Calcification in the marine algae Cymopolia"
- WESTBROCK, P. (Dept. of Biochem., Queen's Univ.)
"Calcification in Coccolithophoridae (Unicellular algae)"
- MALONE, Ph. (Dept. of Geol., Wright State Univ.)
"Aspects of microbial precipitation of phosphates from
seawater"
- LEUTERJITZ, K. (Geol. Landesamt Krefeld), PIETZNER, VAHL, J.
(Inst. Med. Physik., Univ. Munster) & ZIEGLER, W. (Geol. &
Paleont. Inst. Philipps Univ.)
"Aufbau and Entstehung von Calciumphosphat-Sphaeren aus
Palaozoischen Kalken"
- WATABE, N., HEATFIELD & WILBUR, K.M.
"Calcification in marine invertebrates"
- HEMLEBEN, Ch. (Geol.-Palaont. Inst. Tubingen)
"Ultrastrukturen rezenter und fossiler Foraminiferen"
- OLIVIER, R. (Lab. Geophysique, Geneve), VUAGNAT, P. & VERY, J.M.
(Univ. Geneve)
"Analyse statistique de micrographie digitalisees, app-
liquee aux parois de foraminiferes porcelanes actuels"
- PF LAUMANN (Geol. & Palaont. Inst., Univ. Kiel)
"Einflutz der Diagenese auf Biokristallite der Foramin-
iferen"
- WISE, W.Jr. (Dept. of Geol., Univ. Illinois)
"Microarchitecture, crystal formation and development
of faciculi in scleractinian corals"
- SCHUMANN, D. (Geol. & Palaont. Inst., Univ. Tubingen)
"Mesodermale Kalzite-Skelette bei Brachiopoden"

○ H A A S , W. (Palaont. Inst., Univ. Bonn)

"Ultrastruktüre der Schale bei Polyplachophoren"

7月2日(木) 8:30~18:00

○ G R E G O I R E , Ch. (Bruxelles)

"Alteration in nacreous conchiolin matrices during thermal conversion of aragonite into calcite"

○ V O S S - F O U C A R D , M. F. (Lab. Biochem., Univ. Liege) & G R E G O I R E

"On biochemical and structural alterations in fossil and pyrolysed modern mother-of-pearl"

○ W A D A , K.

"Crystal growth of aragonite in the nacre of some bivalves"

○ F L A J S , G. (Inst. Palaont., Univ. Bonn)

"Zur Struktur des Schlotzapparates einiger Pelecypoden"

○ O M O R I , M. K O B A Y A S H I . I. & M. S H I B A T A

"On the tubular structures in bivalvian shells"

○ C R E N S H A W M. A. (Dental Res. Centre, Univ. North Carolina)

"The soluble matrix from Mercenaria mercenaria shell"

○ E R B F N , H. K. & K R A M P I T Z , G. (Inst. Anatomie & Physiologie der Haustiere Univ. Bonn)

"Ultrastructure and amino acid patterns in living Pleurotomarian gastropods"

○ H U D S O N , J. D. (Dept. of Geol., Univ. Leicester)

"Comparative microstructure and preservation of some Jurassic mollusc shells"

○ P R E I S I N G E R , A. (Inst. Mineral. & Kristal., Univ. Wien)

"O/16O-Bestimmung an Aragonit Schalen"

○ H A N S E N , H. J. (Mineral. Mus. Kopenhagen)

"The ultrastructure of some ammonites from Greenland"

○ M U T V E L , H. (Geol. Palaeozool. Swedish Mus.)

"Ultrastructural variation of the nacreous in Nautilus"

○ B E I N D , W. (Geol.-Palaont. Inst. Univ. Gießen)

"Über die Schalenfeinstruktur im Bereich der cicatrix von Nautilus pompilius"

- TAZLOR, J.D. (Dept. Zool. Brit sh Mus.)
"Structure and function in the molluscan shells"
- MATHEJA, J. (Inst. Physikal. Chem. Kernforschungsanlage) &
DEGENS
"The formation of molluscan shells"

7月3日(金) 8:30~18:00

- NISSEN, H.U. (Lab. Electronenmikroskopie Tech.
Hochschule, Schweitz)
"Kristallorientierung und mikromorphologische Struktur der Echinodermen-Schale"
- MORNSTAD, H. (Inst. Oral Histopathology, Univ. Lund) & KJELL-
STROM (ditto)
"Der Zahnschmelz in physiko-chemischer Sicht"
- KOBAYASHI, S.
"Calcification and nucleation in fish-scales"
- BAUD, C.A. (Inst. Morphologie, Ecole de Medicine) & LEE
"Substitutions ioniques in vivo dans les biocristaux d'Apatite de l'os"
- MUNZENBERG, K.J. (Orthopädi Klinik, Univ. Bonn) & GEBHARDT, M.
(Mineral-Petrol. Inst., Univ. Bonn)
"Kristalline Calciumphosphate der Knochens"
- PREISINGER, A.
"Beziehungen zwischen Kollagen und Apatit"
- SIMKISS, K. (Dept. Zool. & Comparative Physiol., Queen Mary
Coll.)
"The physiology of egg shell secretion in the Fowl"
- KRAMPITZ, G., ERBEN, H.K. & H. NEWSELEY (Inst. Mineral. Tech.
Univ. Berlin)
"Ultrasstrukturen, Aminosäuren-Spektren und Mineralgehalt von Eischalen bei Vögeln und Reptilien"

閉会式

以上の話題提供者のほか、登録して参加したひとのなかに、ELLISON, S.P. Jr (Univ. Texas), ERMIN, R. (Inst. Biol. & Anthropol. Tech., Univ. Berlin), Heide, H. (Battele Inst. Frankfurt), KNIPRATH, E. (Inst. Cytologie,

Bonn), K LANS , Th. F. (Geol. Inst., Holland), P HLAUMANN , (Geol.-Palaeont. Univ. Kiel,) S EIPERT の息子 Seifert, K. F. などの顔がみられた。

3日間を通じて、生鉱物の形成に関するほとんどすべての問題が話題にされたのも、この種の会議がはじめての試みであったためであろう。それだけに、問題のなかには討論が不十分のうらみを抱かせられたものがあるのも止むを得まい。話題のなかで、とくに筆者の関心あるものを拾ってみよう。

(1) 生鉱物の構造解析にあたって、有機基質における結晶の seeding をどう考えるかという問題

(2) 結晶の unit をどうとらえ、その成長機構をどう考えるかという問題

Towe は、結晶成長の初期には epitaxy で、後期には epitacosis という言葉で説明していた。また、organic crystal というものを想定している。さらに、細胞外の calcite の形成を区別して扱う考えや、初期の無方位針状 calcite に注目する考え、Spiral dislocation の意義等が話題にされた。

とくに、軟体動物の殻体の成長機構について、M UTVEI , MATHEJA , H ANSEN , および H UDSON らが実例によって、それぞれ多少異なった見解を披瀝した。

(3) TAYLOR は、軟体動物の貝殻構造と機能、生活型との関係を論じたが、この問題はかつて NEWELL が試案的な対応図を作成しており、今後の重要な課題となる。貝殻構造の系統図に関して、E RBEN が会議の最後に Gastropods の一試案を紹介した。会議では公表しなかったが、会議後に筆者が London Mus を訪ねた時に、Taylor は二枚貝の貝殻構造の系統図を筆者に提示された。

(4) 続成作用による生鉱物の変化は、G REGOIRE , Voss-Foucard らが 150°~400°C、150°~900°C で熱処理した試料（開管および閉管）について、粉末法による X 線解析を試みた結果が報告され、また電顕によってコンキオリンの変化が検討されている。

3日間の会議の途中に Coffee break があり、参加者の懇談を助け、昼は毎日 Academic hall で会食が行なわれた。とくに、第2日夜はバスで Mainz から1時間ほど行ったライン河沿いの古い町 Bodenheim のXVI世紀の農家を改造したレストランで Reception が行なわれた。葡萄畑の上の、Rein Schiefer の尾根に映えた残照が印象的であった。

会議の後、駆足で Bonn Univ, Brussel Mus, Liege Univ, London Mus, Stockholm Univ 等を廻って、7月18日に羽田に帰りついた。

欧米における研究事情

Bonn Univ. の ERBEN 教授は、1966年頃からこの種の研究に着手し研究室の整備に努めながら、精力的に成果を蓄積してきた。この間 Mainz Academy から "Biomineralization" (F.K. Schattauer Verlag, Stuttgart-New York) を主宰し、3号まで発刊されている。その過程で、生理学や、医・歯学の研究者と交流しながら研究を進めていることは、日本の事情と同じである。ただ、筆者らの管状構造の論文(1962)を読んでいるひと

が多く、日本では10年前に既にこの種の研究を手がけていることに敬意を払ったことは、お世辞とは知りながらも嬉しかったし、井尻氏が戦前に着手していたことを誇ることができる。しかし、Bonn大学を始め、ヨーロッパの多くの研究室が、各種電顕とくに走査型電顕を備えつけつゝあり、研究発表には必らずといっていいほど走査型顕微鏡写真が登場してくることは、日本よりも進んでいる。“Biomineralization”に掲載されている。論文題目著者は次の通りである。

FRBEN, H.K.(1970):Ultrastrukturen und Mineralisation rezenter und fossiler Eischalen bei Vögeln und Reptilien.

MAUNZENBERG, K.J.(1970):Untersuchungen zur Kristallographie des Knochenminerals.

KNIPRATH, E.(1970):Electronenmikroskopische Morphologie der Periostracum-Grube von Lymnaea stagnalis.

MUTVEL, H.(1970):Ultrastructure of the organic and mineral components of the molluscan nacre.

NEWESLEY, H.(1970):Die mineralogische-geochemische und die biogene Kristallisation des Apatits.

SORAUF, J.E.(1970):Microstructure and formation of dissimilants in the skeleton of the recent Scleractinia.

FRMIN, R.R., R. und H. REIBEDANZ (1971):Der submikroskopische Aufbau der Ganoidschuppe von Polypterus im Vergleich zu den Zahngewebe der Säugetiere.

FRBEN, H.K.(1971):Anorganische und organische Schalenkomponenten bei *Cittarium pica*(L.)(Archaeogastropoda).

----- and R.F.H. REID (1971):Ultrastructure of shell, origin of conellae and siphuncular membranes in an ammonite.

V AHI, J. and H.D. MIERAU (1971):Das Stanzerfahren als Präparationsmethode für biokristallographische Untersuchungen am Beispiel von Zahnhartsubstanzen.

AKIYAMA, M.(1971):The amino acid composition of shell scallop shell proteins and non-proteins.

NEWSLEY, H. und J.G. HELMCKE (1971):Dünnschnittpräparation kompakter Kristalle und mineralisierter Hartgewebe für Röntgenfluoreszenz-Analysen mit dem Elektronenmikroskop (Elmiskopsonde)

G REGOIRE にすて、Liege Univ.を離れブラッセルで仕ごとをしている。Prof.

FLORKIN には、appointment をとり損ねて会えなかったが、若い女性 Voss - FOUÉARD

とともに精力的に行動を続けている。筆者の手許にある最近の研究報告には、次のようなものがある。

- GREGOIRE, Ch. (1957): Topography of the Organic Components in Mother-of-Pearl, Jour. Biophysical & Biochem. Cytology, Vol. 3, No. 5, pp. 797-808
- (1958): Essai de detection au microscope electronique des organiques dans les nacres fossiles (Cephalopodes, gasteropodes et pelecypodes), Arch. Intn'l de Physiol. et de Biochem., Vol. LXVI, Fas., 4, pp. 674-676.
- (1959): A study on the remains of organic components in fossil mother-of-pearl, Bull. de l'Inst. Royal Sci. Nat. de Belgique, Tom. XXXV, no. 13, pp. 1-14. (reproduction)
- (1959): ditto, Inst. royal des Sci. nat. de Belg., Bull. Tom. XXXV, no. 13, pp. 1814.
- (1960): Further studies on structure of the organic components in mother-of-pearl, especially in pelecypodes. Pt. I, Bull. de l'Inst. Royal Sci. Nat. de Belg., Tom. XXXVI, no. 23, pp. 1-22.
- (1961): Structure of the Conchioline cases of the Prisms in Mytilus edulis Linne, Jour. Biophysical & Biochem. Cytology, Vol. 9, No. 2, pp. 395-400
- (1961): Sur la structure submicroscopique de la conchioline associee aux prismes des coquilles de mollusques, Bull. de l'Inst. Royal Sci. Nat. de Belg., Tom. XXXVII, no. 3, pp. 1-34.
- (1961): Sur la structure de la nacre septale des Spirulidae, etudiee au microscope electronique, Arch. Intn'l de Physiol. et de Biochem., Vol. 69, Fas. 3, pp. 374-377.
- (1962): On submicroscopic structure of the Nautilus Shell, Inst. royal des Sci. nat. de Belg., Tom. XXXVIII, no. 49 pp. 1-71.
- GRANDJEAN, J., GREGOIRE, Ch. and A. LUTTS (1964): On the mineral components and the remnants of organic structures in shell shells of fossil moll., Bull. de la Classe des Sci., Belg., 5 Serie, Tom. I, pp. 562-595

- GREGUIRE , Ch. & C. TEICLERT (1965): Conchiolin Membranes in Shell and Cameral Dep. of Pennsylv. Cephalopods, Oklahoma, Oklahoma Geology Notes, Vol. 25, No. 7, pp. 175-198.
- (1966): On organic remains in shell of paleozoic and mesozoic cephalopods (Nautiloids and Ammonoids), Inst. royal des Sci. nat. de Belg., Vol. 42, No. 39, pp. 1-36.
- (1967): Sur la structure des matrices organiques des coquilles de mollusques, Biol. Rev., Vol. 42, pp. 653-688.
- (1968): Experimental alteration of the Nautilus shell by factors involved in diagenesis and metamorphism, Pt. I, Thermal changes in conchioline matrix of mother-of-pearl, Inst. royal des Sci. nat. de Belg., Vol. 44, no. 25, pp. I-69
- VOSS -FOUCARD , M.F. (1968): Essai de solubilisation et de fractionnement d'une conchioline (Nacre murale de Nautilus pompilius, mollusque Cephalopode), Comp. Biochem. Physiol. Vol. 26, pp. 877-886.
- , L. AURENT , Cl. and Ch. GREGUIRE (1969): Sur les constituents organiques des coquilles d'etherides, Arch. Intn'l de Physiol. et de Biochem., 77, pp. 901-915
- GREGUIRE , Ch. and M.F. VOSS -FOUCARD (1970): Proteins in shells of fossil Cephalopods (Nautiloids and Ammonoids) and experimental simulation of their alterations, Arch. Intn'l de Physiol. et de Biochem., Vol 78, fasc. 2, pp. 191-203.
- ブラッセル博物館のある VANDERKAMMEN は、コツコツと腕足類の形態研究を行なっている。傍で老夫人がタイプを打っておられ、タイプ打つ手をやめてコーヒーを入れながらにこやかに筆者とご主人の対談を聞くとともに耳を傾けていた姿が印象的であった。ブラッセルを訪れた地質学者で、VANDERKAMMEN 氏にお世話になったひとは多いことと思う。
- ストックホルム博物館では、MATVEL が無脊椎動物(とくに軟体動物)の貝殻構造の研究にあっているほか、KJELLSTROM もこの種の研究を行なっている。MATVEL には上述の Biomineralization に掲げた論文のほか、次のような労作がある。
- MUTVEL , H. (1963): On the shell of *Nautilus* and *Spirula* with notes on the shell secretion in non-cephalopod moll., Ark. for Look., Band 16 , no. 14, pp. 221-278.
- (1969): On the Micro- and Ultrastructure of the

Conchioline in the Nacreous layer of some Recent and Fossil Moll., *Acta Univ Stock Stock Contribut in Geol.*, Vol XX:1, pp.1-17

また、Stock Univ.の Prof. HESSLAND の研究室を訪れたが、同教授のところで Microbiology と地質学との境界領域を開拓しつつある実験装置と研究内容が注目された。次のような興味深い論文が出されている。

RICKARD, D.T. (1968): The microbiological formation of iron sulphides, *Acta Univ. Stock. Contribution Geol.*, Vol XX, 3, pp.49-66.

-----: The chemistry of iron sulphide formation at low temperatures, *ibid*, 4, pp.67-95.

HALLBERG, R. (1965): Notes on Biosynthesis of Pyrite, *ibid*, Vol. XIII, 4, pp.35-37.

SANDKVIST, A. (1967): Microbiological investigation of modern Dutch tidal sediments, *ibid*, Vol. XV:5, pp.69-113.

イギリスには、YANGE OWEN らの軟体動物の生理、生態、解剖についての重要な貢献を基にして、貝殻構造を解析するという正統的な学風がある。

らが研究成果を蓄積している。London Musは整理された標本の管理事情や、走査型電顕の設備に恵まれている。Taylor の主な論文には、次のものがある。

TAYLOR, J.D., KUDSON, W.J. and A.HALL (1969): The shell structure and mineralogy of the Bivalvia, *Introduction. Moll. -Trigonacea, (Brit. Mus. (Nat. Hist.) Zoology, Suppl* pp. 1-125.

----- and W.J.KENNEDY (1968): The Influence of the Periostracum on the Shell Structure of Bivalve Moll., *Cal. Tiss Res* 3, pp.274-283.

スイスの NISSEN は、先年京都で開かれた電顕学会の折に来日したが、走査型電顕による軟体動物の構造解析 (Crystal Orientation and Plate Structure in Echinoid Skeletal Units, *Science* vol 166, pp.1150-1152, 1969) を行なっている。

無脊椎動物の石灰化については、Duke Univ.の WILBUR 研究室の功績は大きい。

WATABE, TOWE, CRENSHAU らの研究成果と討論内容は流石に充実している。このひとたちの一連の石灰化に関する論文は省略するが、TOWE は若い野性味のある斗士型で、温厚な紳士風の WILBUR とは対照的である。二枚貝の貝殻構造について、モノグラフを出した OBERLING (Observations on some structural features of the pelecypod

shell, Natur, Ges Bern, 20, p.63, 1964)がこの会議には顔をみせないで消息を尋ねたところ、研究費の都合で他の研究に切りかえたとのことであったが、アメリカらしい事情を知ることができる。また、IllinoisのWiseは、走査型電顕によって軟体動物の貝殻の構造解析に努力していることが注目される。

Wise, Sh.W.Jr.(1969): Study of molluscan shell ultrastructures
*Proc. of the 11th Annual Scanning Electron Microscope
Symp., IIT Res. Inst., Illinois*, pp.205-216.

----- (1970): Microarchitecture and Deposition of Gastropod Nacre, *Science*, Vol.167, pp.1486-1488

----- (1970) Scleractinian Coral Exoskeletons: Surface Microarchitecture and Attachment Scar Patterns, *ibid*, Vol.169, pp.978-980.

----- (1970): Microarchitecture and Mode of Formation of Nacre (Mother-of-Pearl) in Pelecypods, Gastropods, and Cephalopods, *Ecologiae Geol. Helvetiae*, Vol.63, No.3, pp.775-797.

----- (1971): Shell Ultrastructure of the Taxodont Pelecypod *Anadara notabilia* (Roding), *ibid*, Vol.64, No.1, pp.1-12.

このほか、Arizona UnivのProf.Wyckoffのところで化石のなかの有機物の研究を進めているが、ここには秋山雅彦氏が直接滞在して同教授のところで仕事をしてきているので、詳細は同氏に譲る。今回の会議にWyckoffおよびAbelsonのところからの参加者がなかった。

結 び

今回の会議には、共産圏からの参加はなかったし、Combinorが無脊推動物を対象としているためか、研究発表の比重が無脊推動物に偏る傾向があった。また、筆者自身も無脊推動物を専攻しているため、討論内容や研究事情の紹介も無脊推動物に偏っていることをお断りしておく。短期間ではあったが、筆者にとって誠に有益な旅行であった。改めて、関係者に深く感謝して筆を擱く。