



二枚介産殻の化学成分と結晶方位について（I）

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 北海道学芸大学 公開日: 2012-11-07 キーワード: 作成者: 外崎, 与之, 沢村, 浩光 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.32150/00001080

二枚介産殻の化学成分と結晶方位について (I)

沢村 浩 光

北海道学芸大学函館分校化学教室

外崎 与 之

北海道学芸大学函館分校地学教室

A Note on the Chemical Composition and Crystal Orientation
in Some Shells from a Pelecypoda (I)

Hiromitsu SAWAMURA

(Department of Chemistry, Hokkaido Gakugei University, Hakodate)

Yono TONOSAKI

(Department of Earth Sciences, Hokkaido Gakugei University, Hakodate)

軟体動物産貝殻はそのほとんどが組成的には炭酸カルシウム (CaCO_3) からなることは一般に周知するところであろう。そしてこの化学成分は産業上利用されることから、この点に関する限りにおいては疑問の余地がないようにみうけられる。ところが貝殻を実際に構成する物質は、巨視的には炭酸塩鉱物、とくにその大部分がホウカイ石結晶 (Calcite-crystals) に相当するにもかかわらず、当結晶の構造や光学的性質などの研究はこれまで等閑に付されてきた嫌がすくなくない。このことは、殻中におけるホウカイ石の結晶配列が、ある程度は貝そのものの成長因子と関連するうえからも遺憾なことといわなければならない。

筆者らは上述の観点にもとづき、貝殻の化学成分、ホウカイ石結晶のX線回折及びその結晶方位などについて調査を行なつたので、本報告では以下その概要について述べることにした⁽¹⁾。

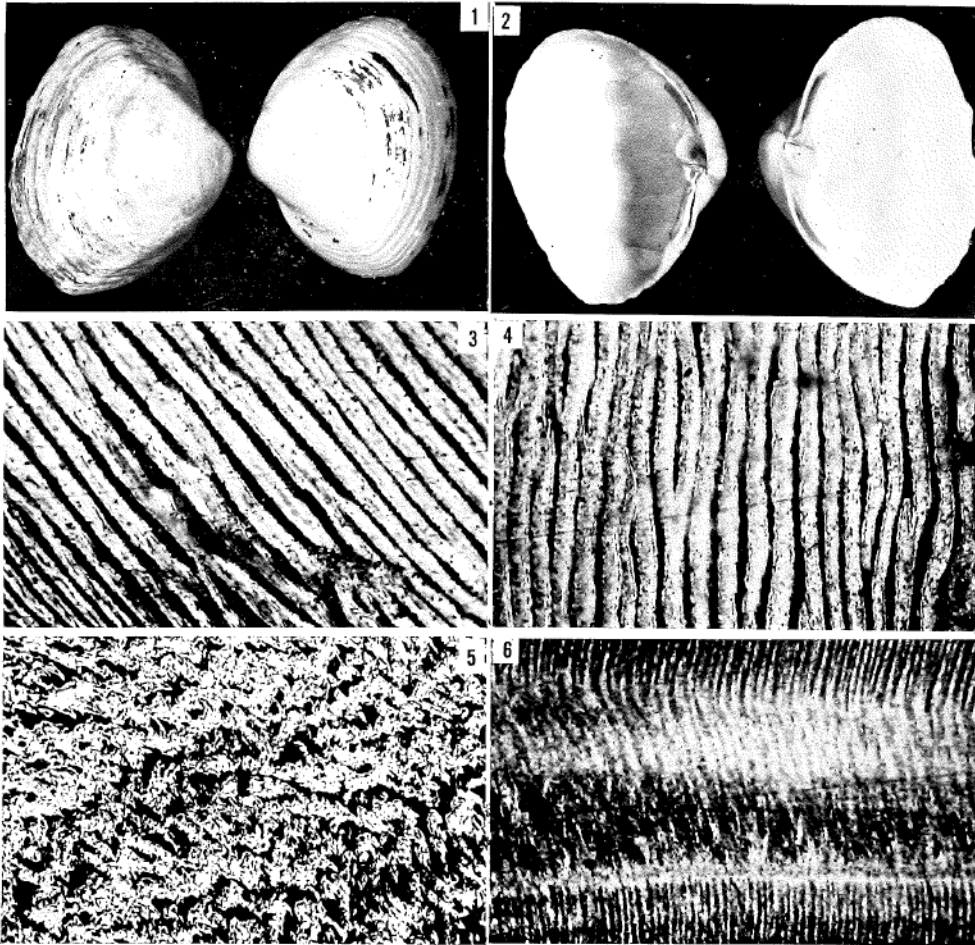
試 料

試料は函館市近郊七重浜から採取した二枚介貝殻を実験に供した。貝類図鑑 (吉良, 1961) に照会すると、本試料はウバガイ *Spisula sachalinensis* (SCHRENCK) とエゾタマキガイ *Glycymeris yessoensis* (SOWERBY) に相当することになる (第1図1・2及び第2図1・2参照)。貝殻試料を計測した結果は第1表に示してある。なお得られた試料のなかからは、成長線 (Growth lines) と放射条 (Radial costa) との構造が明確にあらわれるもの、また比較的厚い殻を有する個体を採用するようにした。以下に殻の外形的な特徴をかんとんに記載する。

第1表 観察個体の計測値 (単位mm)

	殻長(L)	殻高(H)	L/H	殻幅	殻厚
ウバガイ	98	83	1.18	66	6
エゾタマキガイ	43	46	0.93	15	3

(1) 化学成分及びX線回折の資料は本報告IIとして別の機会に発表することにする。



第1図 ウバガイ *Spisula sachalinensis* (SCHRENCK) とその偏光顕微鏡写真（顕微鏡写真は直交ニコル，倍率200倍にて撮影）。1，2：ウバガイにおける殻表（1）と殻内（2）を示している。3，4：殻表の成長線方向に直角な薄片試料（本文中ではV薄片と称している）。5，6：成長線方向に平行な薄片試料（P薄片）。

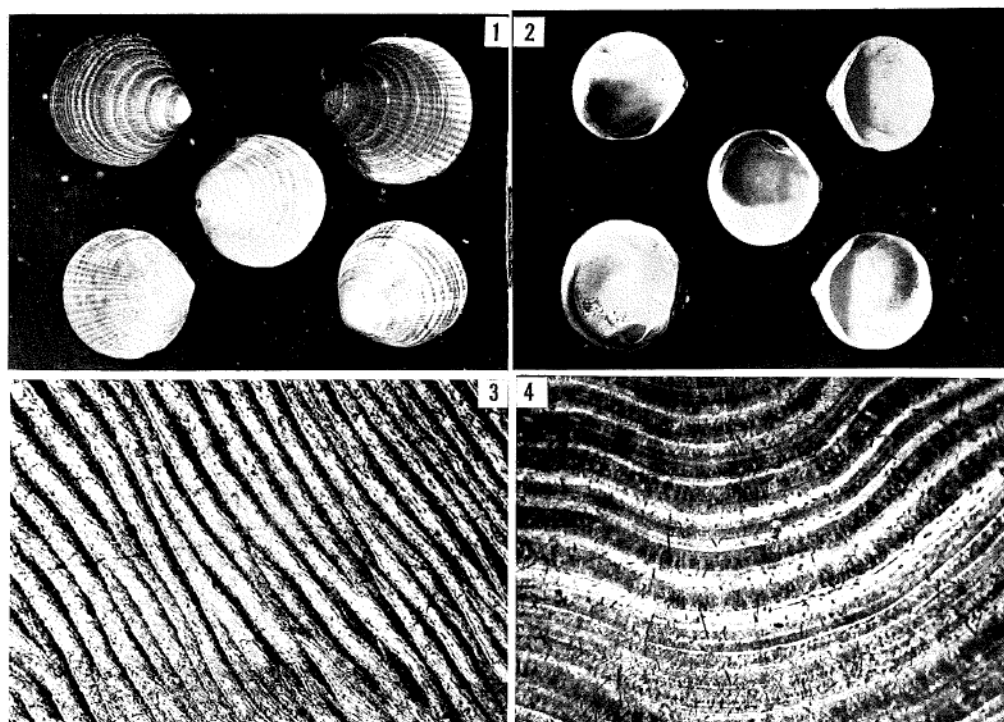
Spisula sachalinensis (SCHRENCK)：殻大，質やや厚く殻表は前方に偏する。殻のふくらみは強い。殻内面は光沢質，乳白色をおびる。殻表にはときに黒色もしくは黒褐色の殻皮を被り，明瞭な成長線とそれに伴う褶がある（第1図1・2参照）。

Glycymeris yessoensis (SOWERBY)：小型な殻を有し左右両殻はほとんど等殻，殻は帯褐色～黄褐色厚質で円形にちかい外形を呈する。殻のふくらみは弱く，その内面は淡黄色・乳白色の色調をおびる。殻表には顕著な放射条と成長線とが認められ，これらはやや明瞭な布目状構造をしめしている（第2図1・2参照）。

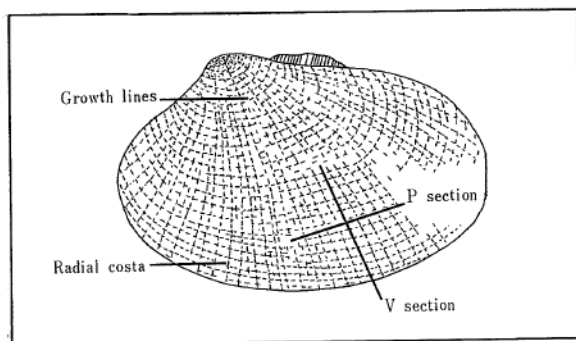
試料の処理

実験試料は光学顕微鏡による観察，X線回折及び化学分析などの作業を行なった。X線回折と化学分析との試料は貝殻殻面上の着色皮殻を削除し，その粒度300 mesh以下の粉末にしたものを用いた。

光学顕微鏡による観察には試料の定方向薄片を検鏡した。方向薄片の作製には第3図に示してあ



第2図 エゾタマキガイ *Glycymeris yessoensis* (SOWERBY) 数個とその偏光顕微鏡写真(顕微鏡写真は直交ニコル, 倍率200倍にて撮影). 1, 2: エゾタマキガイにおける殻表(1)と殻内(2)とを示している. 3: 殻表の成長線方向に直角な薄片試料(本文中ではV薄片と称している). 4: おなじく成長線の方向に平行な薄片試料(P薄片).



第3図 殻試料の薄片方向をしめす模式図

かつ、試料の熱処理にもとづく結晶の変質を最小限にとどめる配慮をはらった⁽²⁾。試料の封入剤には、それとホウカイ石結晶との屈折率の差が大きくあらわれるものほど、結晶の構造が明確に観察される利点があるから、その接着には Canada-balsam ($n_D \approx 1.52$ on 20°C) を使用した。検鏡に供した試料の標本面積は $2\text{ cm} \times 1\text{ cm}$ (P及びV薄片では $1\text{ cm} \times 0.5\text{ cm}$)、その厚さは 0.02 mm から 0.03 mm の範囲内にある⁽³⁾。

(2) Slide-glass 上にある程度加熱した Canada-balsam をその状態にしばらく放置し、温度による影響があらわれぬと思えたときに試料を接着させた。したがって、cover-glass によって試料を封ずる際には、Xylene で溶解した Canada-balsam を用い、その固定は Paraffine によった。

(3) Berek Compensator の測定にもとづく retardation の値から推定した。

実験方法

検鏡：実験試料は構成物質がホウカイ石結晶に相当するので、この光学観察には偏光顕微鏡 (Nikon POH) を使用した。観察される結晶は微細であつたから、その検鏡時には解像力がたかい光学レンズを高倍率 (600倍~400倍) に組みあわせ、単ニコル・直交ニコル下にて光学性を観測した。なおホウカイ石結晶における光学方向の解析には、顕微鏡載物台に universal stage (四軸式) を装置し、薄片を任意の方向に回転して殻中の結晶方位を検討した。薄片以外の観察には、slide-glass 上に Glyceline ($n_D \approx 1.475$ on 20°C) もしくは Cederwood oil ($n_D \approx 1.503$ on 20°C) を適量滴下し、その浸液中にホウカイ石結晶のへき開片を載せて検鏡した。

屈折率の測定：ホウカイ石結晶における主屈折率 (ϵ , ω) の測定には、試料を乳鉢中で適度にくだき、得られたへき開片を浸液法 (Immersion method) によつて決定した。浸液は α -Monobromonaphthalene ($n_D \approx 1.662$ on 20°C) に Kerrosine ($n_D \approx 1.448$ on 20°C) を添加し、0.005間隔の混合液数種を作製しそれに使用した。屈折率測定時の実験室温度はほぼ恒温 (17°C 前後) に保ち、かつ、使用浸液の屈折率値は測定ごとに Abbe refractometer によつて補正した。

実験結果

実験に供した二種類の殻試料は、その厚さが 3 mm から 5 mm、ときに最大 7 mm を有する。注意を要する点は、これらの殻はそのいずれもが脈幅 0.5 mm~1.0 mm 前後の白色部と淡灰色もしくは淡褐色をおびる数枚の薄層が一種の層状構造をなしていることであろう。殻試料によつては、この層状構造におけるそれぞれの薄層が色調、結晶度及び結晶粒度などに若干の差を生ずることがある。殻はすべてホウカイ石結晶から構成されるので、試料別の各薄片にみられる結晶の方位 (構造) の特徴をふれるまえに、その結晶の光学的性質について記述しておこう。

(1) ホウカイ石結晶の光学的性質

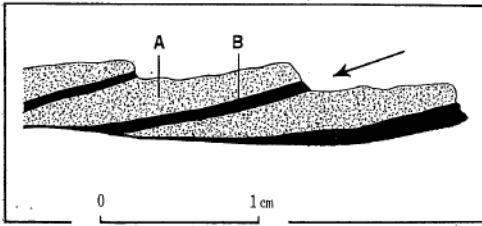
殻を構成するホウカイ石結晶は、単ニコル下では、その色調がほとんど無色、ときに、わずかに緑色をおびることがある。顕微鏡載物台を回転すると、結晶体、とくにその周縁には複屈折現象 ($\epsilon-\omega$) に基づくホウカイ石結晶特有のチリメン状構造を呈する⁽⁴⁾。

結晶個体はその形態がほとんど不定形、ときに、せんい状結晶の集合よりなる。光軸 (結晶軸 c に相当する) に平行もしくは垂直な結晶個体ではつねに直消光、前者は一般に赤・青の高次の干渉色を呈し、伸長方向の光学性負 (X') なるのにたいし、後者では灰色~黄色の干渉色をなし、伸長方向の光学性正 (Z') を示している。へき開やや明瞭、双晶構造は認められない。主屈折率 $\epsilon_D = 1.486$, $\omega_D = 1.658$, 複屈折率 $\epsilon_D - \omega_D = (-)0.172$ 。以下に実験試料二種の各薄片にみられる顕微鏡観察について述べる。

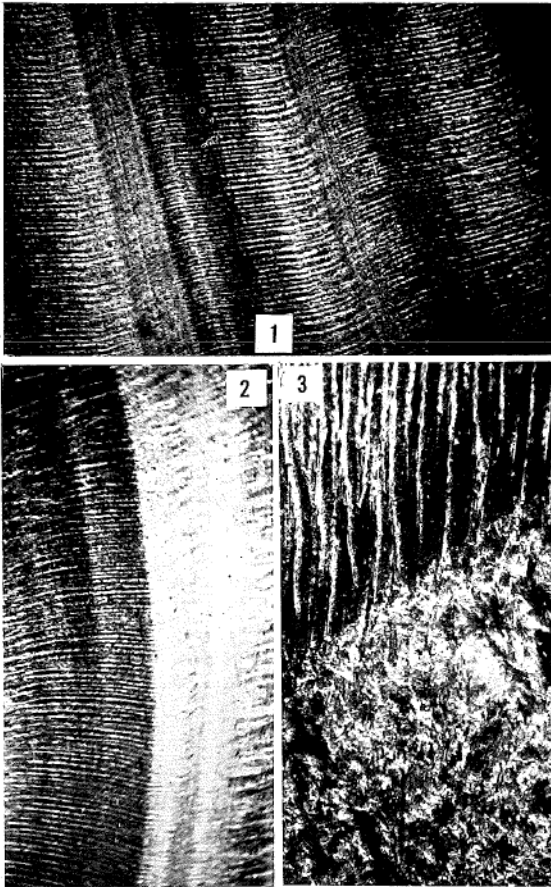
(2) *Spisula sachalinensis* (SCHRENCK) 産殻中の結晶方位

V 薄片：成長線に垂直な断面であるから、その構造は第 4 図にしめしているように殻表の褶ともほぼ垂直な関係を生ずることになる。第 4 図の褶と褶との幅約 1 cm 範囲は不透明質な乳白色層 (図の A) からなるのにたいし、他方、褶に相当する 1 mm~2 mm 幅の部分 (図の B) では光沢がつよく、かつ、透明度のたかい珧瑯質白色層 (図ではその部分を黒色にぬりつぶしてある) からなる⁽⁵⁾。観察された V 薄片面は、第 4 図からも伺われるように、珧瑯質白色層は貝殻殻面上の褶 (殻

- (4) 薄片をユニバーサル・ステージにかけて回転軸を操作するときには、その構造がなお一層よくあらわれるようになる。
- (5) 貝殻個体によっては、上述の乳白色層・珧瑯質白色層とも、その結晶度・光沢度・透明度及び粒度などの諸性質には若干の差異があらわれている。



第4図 殻試料のV薄片面 (図はV薄片に相当する殻断面を複写した写真資料からスケッチしたものである)。
A: 不透明質乳白色層, B: 珽瑯質白色層, 矢印は褶方向をしめしている



第5図 ウバガイ *Spirula sachalinensis* (SCHRENCK) におけるV薄片の顕微鏡写真(いずれも直交ニコール)。図はとくに殻層中の褶方向と成長線との関係をしめしている。褶方向は写真1・2ではそのほぼ上下方向にあらわれ、また成長線はその構造に直角方向にみられる。(1): 褶方向がほぼ平行配列し、それと直交して成長線がみられる。倍率50倍, (2): 褶方向がいくらか湾曲している。倍率50倍, (3): 珽瑯質白色層(写真上方, 縞状組織)と不透明質乳白色層(写真下方, 不規則形結晶の集合)との関係。両層の境界面が褶方向に相当する。倍率100倍

表のくぼみ)の位置を極とし、不透明質乳白色層中に角10度(最大値)以内のゆるい傾斜をもつていりこむ構造⁽⁶⁾を有する。したがって貝殻殻内の光沢面は、この珽瑯質白色層周縁部の表面に相当することになるわけである⁽⁷⁾。つぎに、それぞれのV試料薄片を検鏡したところ、殻層中における褶方向と成長線の方位、およびそれに伴なわれる結晶の配列などを観察することができる。すなわち殻層中の褶方向と成長線方位とはほとんど直角に交叉しているため、成長線に伴なわれるホウカイ石結晶の長軸配列は褶方向にたいし直交すること

をその特徴的な構造として指摘できる(第5図参照)。この事實は、褶方向が湾曲したときにも、成長線に伴なわれるホウカイ石結晶はそれに対応して直交する関係からも明瞭であろう(第5図2参照)。この観察はホウカイ石結晶の光軸が貝殻殻面、とくにその内殻面上にはほぼ垂直に直立する状態にあることをうらがきする上からも重要である。また、殻層のなかでもそれぞれの薄層によつてはホウカイ石の結晶度をいくらか異にし、その差異の極端な場合がさきの珽瑯質白色層と不透明質白色層とにあらわれている。すなわち珽瑯質白色層の薄片では、第1図3・4にみられるように、その全体が極めて明瞭な縞状組織をしめし、この縞(脈といつてもよい)を構成するホウカイ石の結晶度もたかいことがその1特徴になつている。ところが不透明質乳白色層では、その鉱物の結晶度が概してひくいから、高倍率下の検鏡においても結晶の外形(輪郭)を識別しがたいことが少なくなく(まれに非晶質のこともある)、かつその組織においても、微弱な縞状を認めうる部分もあるものの、全体としてはむしろ結晶の配列が不規則な場合が多く、ときには波形状に褶曲する、

- (6) 以下この構造方向を殻層中の褶方向と称することにしたい、第4図ではその方向に矢印を付してある。
(7) 内殻面はほとんど珽瑯質白色層から構成されているのであるが、ときには内殻表面によわいおうとつが生じ、そのくぼみの位置にすじ条に数条の不透明質乳白色層(黄色味をおびる。幅2mmから4mm)があらわれることもある。

うねりの構造を認めることもある。以下に結晶度が比較的に高い部分の観察について記載しよう。

珧瑯質白色層：本層は第5図にみられるように、ホウカイ石結晶による典型的な縞状組織の部分に相当する。この縞状脈の幅は0.02 mm 程度のものから0.06 mm 範囲のものまであつて、それらの幅は、ときに同一薄片においても必ずしも一定してはいない。ホウカイ石結晶はその長軸方向（結晶軸cに平行）が観察される縞状脈の壁面にたいし、ほとんど平行的に配列するものと、この方向にほぼ直交する場合とがあり、これらは交互に織りあつて一種の層状組織を強調していることになるわけである。この両層のなかで注意を要することは、前者に相当する脈中の結晶は、その光学方向（X'・Z'）の方位が比較的に同一の傾向を有するのにたいし、後者の結晶では、その光学性質の不同性がみられ、結晶の配列は不規則になつてゐることが1つの特徴と思われる。なお、ホウカイ石結晶の長軸が縞状方向（層状方向）に平行する脈層においても、それを仔細にみると若干のちがいが生じている。すなわち、鉱物の結晶長軸が脈方向に平行し、直消光（伸長性 Z'）をしめすものと、その結晶長軸が脈方向にいくらか斜交し、斜消光をしめすものがあるが、これらの間のくわしい関係は現在のところ不明になつてゐる⁽⁸⁾。

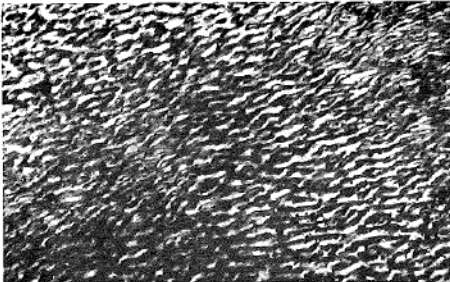
不透明質乳白色層：第5図の2・3は本層中における結晶度の比較的に高い部分をしめしている。ホウカイ石結晶は概して交叉状に織りあつて組織をつくつてゐるが、珧瑯質白色層のそれにくらべて、その配列が不規則になつてゐる場合が多い。また、おのおの結晶粒度についてみても、このなかには識別しがたい程度に微粒な個体から粗粒結晶（0.2 mm 前後）に成長するものなどがあつて、それらにはある特定の規則性は認めがたいようである。第5図3はホウカイ石結晶が粗粒化したその極端な例をしめしている。

P薄片：本試料の断面が良好であるときには、その観察面には、珧瑯質白色層と不透明質乳白色層とはそれぞれ互層状にあらわれることになる。また、このP薄片は二枚介における成長度の垂直変化を表示することになるから、対応する薄層およびそれを構成する結晶粒の変化が最も鋭敏に観察されるはずである。事実、殻層とくに不透明質乳白色層ではこの傾向が顕著に認められるが、第1図の5・6は同一P薄片中の層における組織や結晶粒の差異をしめしている。またV薄片で観察されたと同じように、粗粒化したホウカイ石結晶（粒径0.2 mm 前後）は、その長軸（高次の干渉色と著しい復屈折をしめすことから結晶軸cに平行する断面と考へてよい）を殻表面上の成長線の方にたいし直交させてゐる。したがつて、ホウカイ石結晶の光軸は殻表面に垂直な関係に、すなわち、それにはほぼ直立することになるわけである。

殻表面に平行（//PV）な薄片：ホウカイ石結晶は普通は結晶軸cに平行もしくはそれに近い断面を単ニコルで検鏡するときには、当鉱物特有の高い復屈折に基づき、結晶のへき開、とくにその輪郭のあらわれかたが方向によつてはいちじるしくちがつてみえる。ところが本試料の薄片を観察すると、結晶体には上述の復屈折現象は認めがたく、かつ、個々のホウカイ石結晶に関しても、V薄片・P薄片に観察された場合にくらべて、その干渉色が低くなつてゐる。この事実は先にもふれておいたように、本試料の薄片では、ホウカイ石結晶の光軸方向（結晶軸c方向）が殻面にほぼ直交しているのであるから、その軸方向に垂直な面を観察することに原因していることになるわけである。

薄片の組織は第6図にあげてあるように、微粒なホウカイ石結晶は不規則形の鱗片状（粒径0.01 mm 程度）ないしは柱状（長径0.04 mm 程度）をなし、それらは成長線方向にほぼ平行に配列している。これらの組織をこまかくみると、光学方向がちがつた結晶個体は相互に織りあつていて

(8) おなじ薄片のなかでも、上述のちがいをあらわす場合もあるから、その現象が光学方向の差異をどの程度に表示するものかは個々について検鏡しなければ明確には述べられないであろう。



第6図 ウバガイ *Spisula sachalinensis* (SCH-RENCK)における殻面に平行な薄片(J/P/V)の顕微鏡写真(直交ニコル, 倍率100).

一種の層状構造をつくっていることがわかる。この種の層状構造は同一薄片中においても粗粒になつたり、あるいは細粒となり、ときには1mm幅に光学方向(X'・Z')がちがつてあらわれる場合も観察することができる。そしてこれらの変化のなかでも、とくに著しい点は、組織そのものが層状をしめさず、部分的には微粒状結晶(粒径0.01mm以下)⁽⁹⁾からなるために、その組織がモザイク状をあらわすことがある。これらの組織のちがいは、同一平面(殻面)内における相の変化と理解するには若干の疑義があるから、このことはいずれ別の機会にふれる

予定である。

あとがき 本報告では二枚介産殻にみられるホウカイ石結晶の光学方向に関する調査結果をかたんに記述してきた。顕微鏡観察の筆者らの試みは、殻面にたいする結晶の配列、とくに貝殻中におけるホウカイ石結晶の光軸の位置と、その分散程度とを明らかにすることにあつたが、この点の吟味は本文では不十分に終つた。なお二枚介産殻は、さきにもふれてあるように、その構造が数層の薄層からなるため、この種の問題解析には殻中の層と薄片中の観察面との関連等を考慮して作業をすすめる必要が生じよう。また殻の層状構造は、一般的にいつて、二枚介の成長過程を表示するものと思われるので、この層中の結晶配列ないし層そのものにおける結晶度の差異はこの種の観点から重視されてよいはずである。

つぎに筆者らは殻試料の化学分析及びX線回折に関する実験の1部はすでに完了しているから、この結果はいずれ本報告Ⅱとして公表の予定である。ただ、ここでとくに付記しておきたい点は、殻の化学組成がCaCO₃以外に、極く微量ながらも、Fe, Mg, Mnその他の金属元素が検出されることである。これらの金属元素の出現には、二枚介の種類もしくはその成長時のちがいに基づく変異が期待でき、事実、この点が化石種分類の1基準になりうることを強調する研究(Blackmon, P. D. and Todd, R. 1959)もある。以上表題下におけるこんごの問題点を指摘し本報告の結語にかえることにしたい。

終りに臨み、本文作製に貴重な御教示を寄せられた北海道大学水産学部川原鳳策博士並びに本学函館分校坂上澄夫博士に謝意を表する次第である。

文 献

- 1) Blackmon, P. D. and Todd, R.: Mineralogy of some Foraminifera as related to their classification and Ecology. *Journal of Paleontology*, Vol. 33 (1959), No. 1, pp. 1-15.
- 2) 吉良哲明: 原色日本貝類図鑑(増補改訂版), 保育社(1961), pp. 1-239.
- 3) 鹿間時夫: 日本化石図譜, 日本礦物趣味の会(1944), pp. 1-282.

(9) 光軸の方位関係をシュミッド氏網に投影して、その間の傾向をあらわすことに努めたのであるが、結晶が微粒であったため、この試みは今回は不成功に終つた。