

人体結石の鉱物学的研究の現状

—主として尿石について—

須藤俊男*・近喰利光**

I 結石一般について

人体内に石ができることはよく知られている。これは「……石」(Stone), または結石(Calcus, 複数Calculi)と呼ばれ, また人体内の mineral deposit とか human pathological concretion などと記述されることもあり, 一般に石灰化(calcification)という言葉も用いられている(たとえばUrist, 1964)。

人体内の石は見出される場所により, いろいろな名前では呼ばれている。腎石(renal calculi), 膀胱結石(urinary bladder stone; vesical calculi), 尿管結石(ureteral calculi), 前立腺結石(prostatic calculi), 胆石(gall stone), 唾液腺結石(salivary gland stone), 扁桃腺結石(tonsil stone), 膵臓結石(pancreas calculi)などである。これ以外に, 動脈, 静脈, 横隔膜, 関節周辺などに病的な石灰化が生ずることがある(たとえば, LeGeros, Contiguglia 等, 1973)。

人体内の石, または石灰化は, 病的なものであって, 骨とか歯の正常的な発達とは, 人体における意義を異にする。従って, これらの石または石灰化は, 医学の分野で, 病理, 診断, 治療などの各方面で研究が進められているが, 各の石について主として取扱い分野が異なっている。尿路系統に見出される石は, 一般に尿石(urinary calculi)と呼ばれているが, この研究は泌尿器科で行われ, また胆石の研究は外科で行われている。

人体内にできる石, または石灰化した部分の構成物質は, 種類においては, 無機, 有機物質両者が含まれていて多く, または結晶性においては, 非晶質から低結晶質, 高結晶質まであり幅が広い。肉眼的の大きさの結晶も見られるが, 一般に細かい粒が, 密集混合して結石をつくっている。そし

て結石の特性の中には, 鉱物学, 結晶学の分野の知見により解明できる問題も多いので, 古くから内外で, これらの分野の研究者の協力によって結石の研究が進められている。

胆石については, 大森啓一教授が, 日本医科大学松倉三郎教授の共同研究者の一人として, X線分析の研究をされている(松倉三郎・大森啓一, 1970)。なお, 松倉三郎教授とその共同研究者による研究は, X線分析, 赤外線分析, 偏光顕微鏡による観察などによる構成物質の種類の判別, 組織, 形成機構の詳細な研究を包含した胆石症の極めて大きい重要な研究であって, 鉱物学, 結晶学の分野の研究者も啓発されるところが多い。

(松倉三郎・松永睦郎, 1970; 松倉三郎・境一, 1970; 松倉三郎・松田明, 1970; 松倉三郎, 1974)。

尿石の研究については, 逸見吉之助教授が鉱物学の立場から協力された(逸見吉之助, 1963; 鳥越漸, 1955; 為政那輔, 1958), アメリカでは, 有名な鉱物学者, C. Frondel 教授が尿石について長文の論文を発表して(Prion and Frondel, 1947), 今日でも広く引用されている。イギリスの有名な結晶学者, K. Lonsdale 博士は, 結石の形成機構(結晶成長), 構成物質の種類と組合せによって示される結石の型, いろいろな型の結石を持つ患者の世界における地理的分布, 年齢, 性別との関係, 結石症の発生因などを興味深く論じている(Lonsdale, 1968, a, b, c)。

著書の1つにDie Harustein (Hienzsch and Schneider の編集, 1973)があり, また尿石の国際シンポジウムも開かれ, 報告が出版されている(例えば, Dellate, Rapado 等の編集, 1973)。これらの成書のおよそ半分は, 物理化学, 化学, 鉱物学, 結晶学の分野の研究者の協力結果であり, ウィーンの有名な結晶学者, H. Preisinger 教授の名前も見られる。このように

* 東京教育大学理学部地質学鉱物学教室

** 日本医科大学附属病院泌尿器科

して、最近、鉱物学専門誌上に human pathological mineralogy という表題の論文が掲載された (Gibson, 1974)。

ここで従来の研究報告に見られるいくつかの問題を整理して見ると次のようになるのであろう。

(1) 各種の分析方法の検討, その結果によって明らかにされた各種の結石 (尿石, 胆石など) の構成物質の種, 組合せ, 組織。

(2) 構成物質の形成機構, 結晶成長の促進因子, 抑制, 成長結晶化の防止, 結晶の溶解。ここで, 人体以外の動物体内において, または化学的実験容器の中で結石をつくる研究も多い (たとえば, Vermelen, 等, 1950~1954; 為政邦輔, 1958, a; Suby, Robina 等, 1947)。

(3) 各種の結石について, また, 特定の種の結石における構成物質の組合せによる各型について, 見出される頻度の統計, またこれらの各種, 各型の結石を持つ患者の地理的分布, 年齢, 性別, 年代についての統計の研究も多い。たとえば, Lonsdale (1968, a) には, 多くの文献によって紹介されて居り, Gibson (1974) の報告も多くの結石 (約15,000) についての統計に基くものであり, 日本における統計は, 尿石についてたとえば鳥越漸 (1955), 逸見吉之助 (1963) の報告に見ることができる。

II 尿石について

a. 構成物質の種類

以下に主として尿石に関する事柄を述べよう。

碳酸塩

Whewellite ($\text{Ca}(\text{COO})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) .

単斜 . $N_p=1.4909$, $N_m=1.554$, $N_g=1.6502(\text{Na})$
 $2V(+)=83^\circ 55'$. $a_0=1.28$, $b_0=14.57$, $c_0=10.11$, $\beta=109^\circ 4'$. $b=X$, 光軸面 $\perp 010$.

Weddellite ($\text{Ca}(\text{COO})_2 \cdot 2 \cdot 2.5\text{H}_2\text{O}$) . 正方 . $N_0=1.523$, $N_e=1.544$, $a_0=b_0=12.30$, $b_0=14.32$.
光学性, 正 .

磷酸塩

Apatite

Hydroxyl-apatite ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$) . 六方 . $N_0=1.651$, $N_e=1.644(\text{Na})$. $a_0=9.40$, $c_0=6.93$.
Carbonate-apatite ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{CO}_3, \text{OH})_3(\text{OH})$) .
六方 . $N_a=1.628$, $N_e=1.619$, $a_0=9.41$. $c_0=6.88$.

Brushite ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) . 単斜 . $N_p=1.539$,
 $N_m=1.546$, $N_g=1.551(\text{Na})$. $2V(-)=87^\circ$.

$a_0=5.81$, $b_0=15.18$, $c_0=6.24$, $\beta=116.4^\circ$.

光軸面 $\parallel (010)$.

Struvite ($\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 斜方 . $N_p=1.495$,
 $N_m=1.496$, $N_g=1.504$. $2V(+)=37^\circ$.

$a_0=6.94$, $b_0=6.14$, $c_0=11.20$. $l=Z$,
光軸面 $\parallel (100)$.

Newberyite ($\text{MgHPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) . 斜方 . $N_p=1.514$,
 $N_m=1.517$, $N_g=1.533$. $2V(+)=45^\circ$. $a_0=10.06$, $b_0=10.56$, $c_0=9.83$.
光軸面 $\parallel (010)$, $Z=c$

Struvite の2次的生成物であろうという考えもあるが (Lonsdale, 1968, c), 鳥越漸 (1955) は, 詳細な尿石の組織の観察から, 単に空気中に放置されている間とか, 薄片作成過程でできたものではなかろうという考えを述べている。

Whitlockite ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) . 六方 . $N_0=1.629$,
 $N_e=1.626$, $a_0=10.32$, $c_0=36.9$. 光学性, 負 .

Strengite ($\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) . 斜方 . $N_p=1.707$,
 $N_m=1.719$, $N_g=1.741$. $2V(+)=小$.
 $a_0=10.05$, $b_0=9.80$, $c_0=8.65$.

Bobierite ($\text{Mg}_3\text{PO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$) . 単斜 . $N_p=1.510$,
 $N_m=1.520$, $N_g=1.543$. $2V(+)=71^\circ$.
 $a_0=9.946$, $b_0=27.654$, $c_0=4.639$, $\beta=104^\circ 01'$.

Hopeite ($\text{Zn}_3\text{PO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) . 斜方 . $N_p=1.589$,
 $N_m=1.589$, $N_g=1.599$, $2V(-)=37^\circ$.
 $a_0=10.64$, $b_0=18.32$, $c_0=5.03$.

Monetite (CaHPO_4) . 三斜 . $N_p=1.587$,
 $N_m=1.615$, $N_g=1.642$, $2V(+)=大$. $a_0=6.90$,
 $b_0=6.65$, $c_0=7.00$. $\alpha=96^\circ 21'$,
 $\beta=103^\circ 54'$, $\gamma=88^\circ 44'$.

Hannayite ($\text{Mg}_3(\text{NH}_4)_2\text{H}_4(\text{PO}_4)_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$) .
三斜 . $N_p=1.555$, $N_m=1.572$, $N_g=1.575$.
 $2V(-)=42^\circ$. $a_0=7.70$, $b_0=11.11.51$,
 $c_0=6.70$, $\alpha=70^\circ 0'$, $\beta=99^\circ 48'$,
 $\gamma=115^\circ 48'$.

Octacalcium Phosphate ($\text{Ca}_8\text{H}_2(\text{PO}_4)_6 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) . 三斜 . $a_0=19.87$, $b_0=9.63$, $c_0=6.88$,
 $\alpha=89^\circ 3'$, $\beta=92.2'$, $\gamma=108.9^\circ$

炭酸塩

Calcite (CaCO_3) . 六方 . $N_0=1.658$, $N_e=1.486$.
 $a_0=4.99$, $c_0=17.06$. 光学性, 負 .

Aragonite(CaCO_3). 斜方. $N_p=1.531$, $N_m=1.681$, $N_g=1.685$ (Na). $2V(-)=180^\circ$. $a_o=4.946$, $b_o=7.947$, $c_o=5.724$. 光軸面 $11(100)$, $b=Z$.

Vaterite(CaCO_3). 六方. $N_o=1.550$, $N_e=1.640\sim 1.650$. $a_o=7.16$, $c_o=16.98$. 光学性, 正.

硫酸塩

Gypsum($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). 単斜. $N_p=1.5207$, $N_m=1.5230$, 1.5299 (Na). $2V(+)=58^\circ$. $a_o=5.67$, $b_o=15.15$, $c_o=6.25$, $\beta=113^\circ 50'$. 光軸面 $11(010)$, $b=Y$,

なお, これ以外に, $\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{MgSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ の存在も報告されている (Gibson, 1974) ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ - epsomite - が安定であるが, 6水化物は, 人体温の溶液から準安定で結晶化したか, または, 取り出した後に, epsomite の脱水により生じたものと考えられている).

有機物質

Uric acid (anhydrous) ($\text{H}(\text{C}_5\text{H}_3\text{N}_4\text{O}_3)$)
単斜. $N_p=1573$, $N_g=1.830$. $a_o=13.12$, $b_o=7.04$, $c_o=6.21$, $\beta=90.5^\circ$.

Uric acid (dihydrate) ($\text{H}(\text{C}_5\text{H}_3\text{N}_4\text{O}_3) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). 斜方. $a_o=17.52$, $b_o=7.40$, $c_o=6.35$,

Ammonium urate ($\text{NH}_4(\text{C}_5\text{H}_3\text{N}_4\text{O}_3)$)

Calcium urate ($\text{Ca}(\text{C}_5\text{H}_3\text{N}_4\text{O}_3)_2$)

Sodium urate monohydrate ($\text{Na}(\text{C}_5\text{H}_3\text{N}_4\text{O}_3) \cdot \text{H}_2\text{O}$)

Calcium citrate

l-cystine ($(-\text{SCH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH})_2$).
六方. $N_o=1.700$, $N_e=1.640$. $a_o=5.42$, $c_o=56.28$.

Xanthine ($\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_2$)

Guanine ($\text{C}_5\text{H}_5\text{N}_5\text{O}$)

Indigo ($\text{C}_{16}\text{H}_{10}\text{N}_2\text{O}_2$)

Oxamide (Oxalic acid amide) ($\text{C}_2\text{N}_4\text{N}_2\text{O}_2$)

Cholesterol ($\text{C}_{27}\text{H}_{46}\text{O}$)

A cetylsulfapyridine (関村平, 1944)

その他, acetylsulfonamides, hematin, fibrin, などがある。

(1) 以上の記載の中で, $N_o, N_e; N_p, N_m, N_g$ は屈折率で, "Na" はナトリウム単色光で測定

した値である。 a_o, b_o, c_o , などの格子恒数の単位は Å (オングストローム) である。数値は報告者により多少異なるが, ここでは主として次の文献によった: Palache, Berman and Frondel (1951), Lonsdale (1968, c).

(2) 上記の各物質は尿石の中に従来報告されているのであるが, いうまでもなく, 見出される頻度は各物質で著しく異なる。中でも Whewellite, Weddellite, Apatite などは最もふつうに見出される。上記の例の中で, 極めて珍しいものも多く, それらの中には, 判定が不十分なものもあると思われる。

(3) 上記の例の中では, 尿石以外の結石中に見出されるものもある。Cholesterol は胆石の構成物としてふつうに見られるものであるが, 尿石中にも報告があるので, ここに記した (Prien and Frondel, 1947)。アメリカでの統計の結果によれば (Gibson, 1974), 次のように報告されている。前立腺結石は, 多くの場合 Witlockite で, 若干の Apatite を伴う。唾液腺結石, 扁桃腺結石はほとんど Apatite からできていて, 膵臓結石の1つの例は Calcite であったという。Apatite の特性は, なお今後詳細な検討が必要と思はれるが, 尿石については, hydroxyl-, または Carbonate-Apatite と思はれる。

b 構成物質の研究方法及び特性

研究方法としては, 現今, 鉱物学, 結晶学で用いられているすべての方法が用いられている。

(1) 形, 大きさはさまざまで, 表面は比較的滑らかなものから, 凹凸の著しいものまでである。特別の名前でよばれているものがある。たとえば, "Staghorn" というのは, 腎臓の凹部にまでとどいている不規則な枝状部の発達したものである。"Jackstone" という名前は, あまり用いられないが, 対称的に枝分かれした伸びた突起のあるものをいう。

(2) 偏光顕微鏡による観察: 人体石の中から1つの物質をとり分けて判別するのみで終ることは, 単に鉱物学上の興味にとどまる。石の成因を考え, 少しでも医学の方面に協力する立場を考えると, まず偏光顕微鏡によって物質の種類を判別し, その種類の組合せ, 組織を明らかにしていくことが大切である。この方面では, Randall (1942), Prien and Frondel (1947) の報告があり, 日本では関村平 (1944, 1949), 鳥越漸 (1955) の, 詳細な

研究がある。特に鳥越漸(1955)の研究では、偏光顕微鏡による観察その他の分析法について、特性、長所、短所、知り得られる限度など、また分析試料の調作成について、周到な考察が行われている。たとえば薄片の作成については、まずX線単純撮影により結石の中心部を求め、中心を通る面で石を2分し、その1方につき、できるだけ中心を通る部分の薄片をつくり、片方は、他の研究に用いて、残りを保存用とし、また突起物の多い石では、形態上必要に応じ、3~4等分して薄片が作製されている。

WhewelliteとWeddelliteは、尿石中に最も普通に見出される。Weddelliteは、尿石の構成物の中で、最も良好な結晶として見出されることが多く、肉眼的の大きさの結晶として見出されることもあれば、顕微鏡下でも、大きい自形の結晶(角筒筒形)として見られることが多い。柱状の形を示すことがあるが、伸長方向が負であるから、1軸性正号結晶であるところから見ると、この伸長方向はc軸に直角であると思われる。複屈折は、Stravite, Brushiteと同じぐらい低く、干渉色は灰色を示す。Whewelliteの複屈折は、Weddelliteより高く、またuric acidより低い。Whewelliteの結晶は一般に、Weddelliteより細かく、しかも葡萄状、球状、放射状の集合体として見出される。放射状の部分は消光角が小さい。このとき伸長方向に準ずる方向を見ると、負である。l = X, 光軸面⊥010の光学的方位からみると、この伸びの方向は、b軸方向と考えられる。

Uric acidの複屈折は極めて大きく、高次の帯黄色を示す。屈折率もCystineと共に高いが、Cystineの複屈折はuric acidよりはるかに小さい。もしコノスコープで像が観察できるならば、Cystineは1軸性負号結晶であることが認められる。Weddelliteの一部ないし全部がWhewelliteに変っていることが多く、特にWeddelliteの単結晶がそのまま全部細かいWhewelliteの結晶集合体に変化し、仮像をなしていると思われるものが多い。Jensen(1940)は、WhewelliteはWeddelliteの脱水口より生じたものとし、Prien and Frondil(1947)、関村平(1944)はこの両鉱物は、独立に結晶したものと考えている。鳥越漸(1955)はWeddelliteの結晶化がはじまってから、晶出条件がWhewelliteのものになると、WeddelliteはWhewelliteにより交代されはじめ、仮像を生ず

が、場合によっては、仮像の輪郭より外方に向けてWhewelliteの晶出が続くこともあると述べている。

Apatiteは、常に極めて細かい結晶の集合体として、尿石中に見られ、複屈折が低いため、十字ニコル下では、ほとんど暗黒に見えることが多い。X線分析によると、多くの場合、明らかな回折ピークを示すので、非晶質とはいえないようである。しかし尿石以外の研究報告の中には、石灰化の途中において、非晶質の磷酸塩(Apatiteの生成する時期の前段階に見られる一物質として)の生成の報告があるから、尿石中のApatiteについても、この方面から検討する必要があるだろう(Wuthier, Bisaz等, 1972; Francis and Well, 1971)。

X線粉末回折パターン：物質判定に用いた研究例は極めて多い。Jensen(1940)、Huggins and Bear(1944)、Prien and Frondel(1947)、Carr(1953)、Hendenberg, Engfelol等(1953)、鳥越漸(1955)、為政邦輔(1958.a)、Morris and Bealer(1967)、Brien and Braun(1973)などである。この方法は、尿石中の有機物質の判別(結晶質)にも有効である。X線ディフラクトメーターが普及している今日では、X線分析は迅速に細かく、しかも、的確に物質判定ができる方法として広く利用されている。

熱分析：日本では、尿石について(結石一般についても)、未だ印刷された論文は見られないが、(後述)、国外では主としてハンガリーの学徒の活発な研究がある。従って、世界で最初にハンガリーで開発されたデリバトグラフ(示差熱分析(DTA)、熱重量測定(TG)、微分熱重量測定(DTG)の同時記録装置)のデータが報告されている(たとえばBereny, Liptay等, 1967, 1968; Heide, 1973)。Heide(1973)がマイクロとマクロの方式を注意深く比較検討している点、Bereny, Liptay等(1967)が、Uric acid, Urate, Xanthineなどプリン核を持った物質のDAT曲線を、空气中で記録し比べた結果、これら物質の相互の区別を検討している点は重要なことである。特に有機物の熱分析においては、特定のガス気流中で実験を行うことが望ましい。

赤外線吸収スペクトル：内外で報告されている(たとえば、Beischer, 1955; Yean-Chin Tsay, 1961; Otsugi等, 1968; Haux and Natelson, 1970;)。主としてオキシアニオン($(\text{SiO}_4)^{4-}$ 、

(PO_4)³⁻, (SO_4)²⁻の区別に有効である。

電子線分析その他：電子顕微鏡像—透過，走査方式 (Alonso and Somacarrera, 1973), 蛍光X線分析, EPMA, 電子回折も，近年尿石の研究に用いられるようになった。

再結晶法 (Marscek and Burchardt, 1970): この方法は尿石を再蒸溜水で浸解し，濾過し，濾液をスライドガラス上で乾燥し，濾液中に溶けてきた成分を再結晶させて，その結晶特性を検鏡し，分析を行う趣旨である。尿石の構成物質は大部分が細かく，顕微鏡観察だけでは十分判定できない場合が多いが，再結晶させると，比較的大きい自形の結晶が得られるので，判定を的確に行うことができる場合がある。金子直之 (1975) は，この方法とX線分析で得られた結果と比較検討した。

c 2, 3の結果と今後の問題

以下にこれまで筆者の一人 (T.S.) が鉱物学，結晶学の立場から協力してきた過程で得られた2, 3の結果と，考えられた今後の問題点を述べる。

(1) 東京警察病院整形外科，原親夫教授より分析を依頼された静脈結石2例のうち，1つはBrushiteで，他はApatiteであった。この結果から血管腫に併発した静脈結石の生成過程が考察された (原親夫・林弘道, 1975)。

(2) 筆者の一人 (T.S.) は日本医科大学附属病院泌尿器科所蔵の尿石と，その分析結果を見せていただく機会をもっているが，その間，次のような作業がなされ，2, 3の結果が得られている。これらの結果は，筆者の一人 (T.K.) を中心とするメンバーで数回学会に発表されているが，論文として今后印刷公表される予定である。

(2-1) 従来報告されている尿石の構成物質のすべての特性一覧表を作成した。

(2-2) 構成物質の判別を便利にするため，これらの主要X線粉末回折パターンの比較表を作成した。

(2-3) 以上の総合データに照してみると，特に有機物の判別が，従来より一歩前進して，解明されると考えられる。たとえば，従来指摘されているように，Uric acid, Urate, Uric acid dihydrateなどの区別は勿論であるが，新しくXanthineと共に，Hypoxanthineの存在する場合が指摘できるような結果が得られている。

(2-4) 調べた範囲内では，静脈結石は，何れも磷酸塩 (Brushite, またはApatite) が主で，

それに非晶質の有機物質が伴っていて，構成物の種と組合せについては，尿石より一般に比較的単純であるように思われる。

(2-5) 示差熱分析のデータを日本ではじめて記録した。

(2-6) 「単一結晶粒の平均の大きさ」が極めて重要と思われる (X線的に coherent なドメインの大きさの意味)。なるべく簡単な方法を選ぶ趣旨から Johns の方法 (Klug and Alexander, 1974) を用いた。厳密な補正は省略し，また強度分布函数の形も平均的に取扱った結果，apatite の (0002) の回折線より求めた結晶子の大きさ L の値は， $\pm 50 \text{ \AA}$ の範囲で，大部分は 500 \AA の程度であった。

(2-7) 労働衛生研究所，神山宣彦博士の御協力で，尿石の1例の走査型電子顕微鏡像と点分析 (HITACHI KEVEX SEM) の結果が得られた。この写真では，Apatite は， $0.01 \sim 0.05 \text{ mm}$ の球体の集合で，大きい粒では同心円状の模様が見られ周辺には1面に極めて細かい毛状の粒が立ちならんでいるように見える。この集合体と，Weddellite (またはWhewellite か，または両者か) の自形の結晶が，はっきりした直線的の境界で接しているところが多い。

Lonsdale (1968, c) は，尿石中の多くの結晶形成過程に，エピタクシーを強調しているが，この写真からは確認できないように思われる。最近，日本大学文理学部深見章教授により，特定の水蒸気下に置かれた試料について観察できる電子顕微鏡の活用が行われているが，これは加熱や真空状態により変化し易い物質 (粘土鉱物，生体組織など) の研究に将来極めて有効であろう。

尿石の研究には構成物の判別や組織の解明がまず必要であって，この方面では，鉱物や結晶についての研究方法が十分活用できる。しかしいまでもなく，これは尿石の研究の一端であって，最終目標は，医学の分野で展開される諸問題に見ることができる。そして全体にわたり，医学といろいろな関連分野との間の境界領域の研究課題が多い。その一つに尿石の形成機構，尿石症の発生病の問題がある。この方面でも，物理化学，化学の広い研究協力がなされ，鉱物学，結晶学と共に，地質，地理の知識も導入され論議されている。頁の都合でこの方面の概観はここで省略したが，付言すれば次のようである。

尿石の形成機構をさぐるために、結晶をつくったり成長させたりする研究が行われていても、それは同時に、結晶成長の防止(たとえばCuervo, Pita等, 1973)結晶の溶解, 結晶の発達途中の破壊, 変形などの研究と密接に関連させて行われている。コロイド化学, 界面化学, レオロジー, 生化学, 組織化学などが重要な役割を果している。陰, 陽の両イオンが生体組織内で, またゲル, コロイド溶液中で, どのような存在状態であるかが先づ重要な問題である。保護コロイド, キレート結合, ゲルからの結晶形成機構が, 多くの論文で論ぜられている。結石とともに, その周辺の組織を含めた場所でのイオンや分子の挙動が活発に研究されているように見受けられる。

III おわりに

この報告をまとめるにあたって, 下記の方々から試料, 文献, 実験などについて御協力いただいた。ここに厚く謝意を表す次第である。日本医科大学附属病院泌尿科川井博教授, 同外科松倉三郎名誉教授, 東京警察病院整形外科原親夫教授, 労働省労働衛生研究所神山宣彦博士, 岡山大学理学部逸見吉之助教授, 筑波大学大学院生西尾寿子さん, 東京教育大学大学院生寒河江登志郎氏。また化石研究会より寄稿のおすすぬをいただいたこと, ここに厚くお礼申し上げます。

あとがき: 本稿を書き終ったとき, Mansfield and Griffith (1976) (*American Mineralogist*, 61, 1031) の論文に接した。第1の著者は, 南部イリノイ大学の地質学教室に, 第2の共著者は, テキサス州の病院の外科, 泌尿器科に所属されている研究者である。内容はGibson(1974)の論文に対する批判である。将来, 本稿を増補する機会に紹介しようと思うが, この内容を見ると, 構成鉱物についての研究ひとつをとってみても, まだまだ問題点が多いということが感じられる。

参考文献

- Alonso, J. and Somacarrera, E. (1972): *Urinary, Calcium. Inter. Symp. Renal Stone Res., Madrid, 1972, S. Karger, 1973.*
- Beischer, D. E. (1955): *J. Urol.* 73, 653.
- Berenyi, M., Liptay, G., Babies, A., and Erdey, L. (1967): *Z. Urol., Heft 6, 361.*
- Berényi, M., Liptay, G., and Babies, A. (1968): *Z. Urol., Heft 4, 209.*
- Brien, G. and Braun, E. (1973): *Z. Urol., 66, 345.*
- Carr, J. A. (1953): *Brit. J. Urol., 25, 26.*
- Cuervo, L. A., Pita, J. C., and Howell, D. S. (1973): *Calc. Tiss., 13, 1.*
- Dellatte, Z. C., Rapado, A. R., and Hodgkinson, A. (Editors) (1973): *International Symposium on Renal Stone Research. Fundacion Jiméneiz Díaz, Madrid, September, 1972, S. Karger.*
- Francis, M. D. and Webb, Ned. C. (1971): *Calc Tiss., 6, 335.*
- Gibson, R. I. (1974): *Amer. Miner., 59, 1177.*
- Haux, P. and Natelson, S. (1970) *Microchem. J., 15, 126.*
- Heide, K. (1973): *Die Harnstein (E. Hienzsch und H. - J. Schneider, (Editors), 5-4, 157,* 原親夫・林弘道 (1975): *臨床放射線, 20, 179.*
- Hendenberg, I., Engfeld, B., and Engström, A. (1953): *Brit. J. Urol., 25, 33.*
- 逸見吉之助 (1963): *日本鉱物趣味の会創立 31 周年記念, 地学研究特別号, 120.*
- Herring, L. C. (1962): *J. Urol., 88, 545.*
- Morriss, R. H. and Bealer, M. F. (1967): *Amer. J. Clin. Path., 48, 413.*
- Hienzsch, E. und Schneider, H. - J. (Editors) (1973): *Die Harnstein. VEB, GUSTAV FISCHER, VERLAG, JENA.*
- Huggins, C. and Bear, R. S. (1944): *J. Urol., 51, 37.*
- Jensen, A. T. (1940): *Acta Chirurgica Scandinavica, 84, 204.*
- 金子直之 (1975): *臨床泌尿器科, 29, 7号, 595.*
- Klug, H. P. and Alexander, J. E. (1954): *X-ray Diffraction Procedures for Polycrystalline and Amorphous Materials, John Wiley & Sons, New York.*
- LeGeros, R. Z., Contiguglia, S. R., and Alfrey, A. C. (1973): *Calc. Tiss., 13, 173.*
- Lonsdale, K. (1968, a): *Science, 159, 1199.*
- Lonsdale, K. (1968, b): *Sci. American, 104.*
- Lonsdale, K. (1968, c): *Nature, 217 (Jan. 6),*

松倉三郎・本森啓一(1970):松倉三郎教授開講
三十周年記念論文集, 179.

松倉三郎・松永睦郎(1970):同上, 193, 201。

松倉三郎・境一(1970):同上, 236.

松倉三郎・松田明(1970):同上, 250.

松倉三郎(1974):内科シリーズ, 17, 11.
(南江堂発行)

Otsuji, S., Kamisage, T., Maeda, S., and
Sukimoto, S. (1968) Acta Medica Univ.,
Kagoshima, 10, 169.

Palache, C., Berman, H., and Frondel, C.
(1951): System of Mineralogy, II, John
Wiley & Sons, London.

Prien, E. L. and Frondel, C. (1947): J.
Urol., 57, 949.

Randall, A. (1942): J. Urol., 48, 642.

(論文紹介)

C. L. Smith, C. S. Rand, B. Schaeffer and J. w. Atz. (1975):

Latimeria, the Liviog Coelacanth, is Ovoviviparous.

Science, Vol 190, 1105-1106.

本論文によって、ラチメリアが卵胎生であった
事実は、すでに一般新聞をはじめ多くの雑誌類に
紹介されており、いささかニュース性を欠くが、
改めて論文の要点と卵胎性のもつ系統学上の問題
点を反省する機会としたい。

今回の発見をもたらした個体は、アメリカ自然
史博物館の標本で、全長1.6m, 捕獲時の体重が
65Kgのものであった。“胎児”は発育した状態
で右卵管内に5個体発見されたもので、これらの
胎児は哺乳類の胎盤や一部の軟骨魚にみられるよ
うな、母体との結合器官はなく遊離した状態で、
泌尿生殖孔とは反対方向に頭を向けて並んでいた。
胎児の外形はおよそ成魚のミニチュアといったも
のだが、大きな卵黄囊をもつこと、目が比較的大
きく、体全体が下さがりの輪郭をもつといった特
徴がある。胎児の全長は301~327mm, 卵黄囊の
最大径は80~129mmの範囲にある。その他に、
鱗は形成されていたものの、成魚にみられる鱗の
小歯(棘)はまだできていなかった。

今回のメスは一月に捕えられたもので、同じ1
月に卵巣より卵管に排卵している別個体が捕えら
れていることから、ラチメリアの妊娠期間が一年
以上におよぶと想像される。

関村平(1944):日尿会誌, 35, 407.

関村平(1949):日泌尿会誌, 40, 113, 116.

為政邦輔(1958 a):日泌尿会誌, 49, 1.

為政邦輔(1958, b):日泌尿会誌, 49, 12.

Suby H. I., Robina, M., and Suby, B. A.
(1947): J. Urol., 57, 994.

鳥越漸(1955). 日泌尿会誌, 46, 190, 251, 263.

Urist, M. R. (1964) J. Bone Joint Surgery,
46 - A, 4, 889.

Vommeulen, C. W. 等(1950~1954) J. Urol.,
64, 542, 549; 66, 1, 6; 68, 790; 69, 354
; 72, 93.

Wuthier, R. E., Bisaj, S., Russell, R. G.
G., and Fleisch, H. (1972) CaCc. Tiss.,
10, 198. Yean - Chin Tsay (1961) J. Urol
, 86, 838.

(1976年12月10日受理)

また卵胎生であるためには体内受精、すなわち
交接器を必要とするが、すでに Millot et Ar-
thony (1960)によって、2対の勃起性肉阜が総
排出腔にあることが報告されており、これがサメ
のクラスパーのようなはたらきを考えると考えられる。

シーラカンスは硬骨魚類の中でも四肢類と関係
の深い扇鰭類に近縁のものと考えられているが、
はたして他の総鰭類や原始四肢類でも卵胎生であ
ったか否かは不明である。しかし少なくとも、化
石シーラカンスが卵胎生であったと仮定しても、
それは従来の報告と矛盾するものではない。

以上が本論文の要点である。哺乳類以下の下等
脊椎動物の一般的な生殖方法が卵生であり、哺乳
類にいたったこれら下等脊椎動物の直系も卵生で
あったという従来の暗黙の常識といったものがあ
った。ところがここにみるように、ラチメリアが
卵胎生であったという事実は、脊椎動物全体の生
殖方法の進化について反省する必要がでてきたの
ではないだろうか。

卵生(無脊椎動物~アカントーデス)→卵胎生
(板鰓類~総鰭類~両生類)→有羊膜卵胎生
(爬虫類)→胎生(哺乳類)。このような図式を
一応たててみることにする。板鰓類では17科が