唾石の構造的解析 ——核構築を中心に——

山下 敏 康

Structural analysis of salivary calculus ——The build of core——

Toshiyasu YAMASHITA

Abstract: Ten salivary calculi in the submandibular duct, one salivary calculus in the submandibular gland, ten cholesterol gallstones, and ten renal calculi were used in this study. All were examined by the scanning electron microscope (SEM), computer aided microanalyser (CMA), and energy dispersive spectrometer (EDS).

The surface structure of salivary calculi was classified into three types. In one area a rock-like structure was observed. In another area there was a thickly polygonal-body type structure, and in another area a globular like structure was observed. In cholesterol gallstones, the surface was observed to have board-like crystals and in renal calculi, octahedron crystals.

The cut surface of salivary calculi was morphologically made of core and stratiform structure. The core was organized by the gathering together of micro-cores. The distribution of Ca and P in the micro-core area was different from that in the other area. It was observed that the structure of the cut surface was formed by circle-like or polygonal-like shapes accumulated in a comb like pattern. The surrounding of each micro-core organization unit was observed to be a radial arrangement of club type structures.

The cut surface of cholesterol gallstones showed shell type structures with high calcium density and low phosphorous density.

The morphology in the cut surface of renal stones was made up of core and stratiform structure, and each core organization unit had an ellipse-like structure in the cut surface but it was smaller than the one of the salivary calculi.

Key words: salivary calculus, scanning electron microscope, computer aided microanalyser

緒 言

生体内にはさまざまな異所性石灰化物が形成される。唾石は口腔外科領域で最も遭遇頻度の高い異所性石灰化物で、その成因はいまだ解明されていない。炎症説¹⁻³⁾、

細菌説⁴⁻⁶⁾、異物中心説⁷⁻⁹⁾、外傷説⁹⁾、自律神経異常説¹⁰⁾、体質説¹¹⁻¹³⁾ などさまざまな成因説が報告されており、構造についても、過去数多くの報告例¹⁴⁻¹⁷⁾ があるものの、いまだ定説をみるにいたっていない。

唾石の成分分析については、従来よりX線回折を用いた分析がなされており、その主成分はほぼ Calcium hydroxide orthophosphate [$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_3\text{OH}$]¹⁸⁾ または、Tricalcium phosphate [$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$]¹⁹⁾、Hydroxyapatite [$3\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2$]²⁰⁾ などの結晶形態を示すと結論づけられている。Electron probe microanalyser (以下 EPMA と略す) による検索では、Ca, P, S などの唾石の主構成元素の定量的研究やその元素分布を観察し

愛知学院大学歯学部第1口腔外科学教室

(主任: 深谷昌彦教授)

First Department of Oro-Maxillo-Facial Surgery,
School of Dentistry, Aichi-Gakuin University
(Chief: Prof. Masahiko Fukaya)

受付日: 昭和63年5月20日

た報告が多く認められる²¹⁻²⁴⁾。しかし、従来の EPMA を用いた特性X線像では、その元素分析は小範囲の測定にとどまり、また、元素分布は、輝点の密度による定性的表示方法しかもたなかったため、唾石中の微小な濃度変化を表すことは不可能で確定的な結果を得るにいたっていない。

他の異所性石灰化物との比較では、唾石構造は、胆石、腎石、外尿石などの中で、特に腎石との類似点が多く報告されている^{24,25)}。胆石は、その主成分の違いから多くの種類に分類され、コレステロール石灰石が多数を占め、このコレステロール石灰石中の石灰化物は、Ca, P で構成されているもの、または Calcite [CaCO₃] の形で存在していることが多い²⁶⁻²⁸⁾。尿路結石中腎石の占める割合は増加しており、構成成分による分類では、シュウ酸カルシウム結石が大半を占めている²⁹⁾。こうした生体内に形成されるさまざまな異所性結石は、唾石に類似した成分を含有しており、すべての生体内結石の主成分に何らかの形で Ca, P, O が関与している。

著者は過去幾多の検索が試みられながら、はっきりとした解明のなされていない唾石の構築構造およびその断面における層状構造について、日本電子社により開発された、Computer Aided Microanalyser (以下 CMA と略す) を用い Ca, P の分布をみることににより、唾石石灰化の起始点と考えられる核の観察を行い、それに伴う中心部構造の解明を走査電子顕微鏡 (以下 SEM と略す) によって試みた。得られた唾石の分析結果とその他の生体内結石である胆石、腎石の構築構造、石灰化程度、石灰化状態とその起始点についての比較を行い、それぞれについての Energy Dispersive Spectrometer (以下 EDS と略す) による結果も含めて若干の知見を得たので報告する。

分 析 材 料

唾石は昭和61年4月より昭和62年9月までに当科を受診した20歳から67歳までの顎下腺管 (ワルトン氏管) 内唾石症患者から得られた唾石10例 (男性6例, 女性4例, 平均年齢34歳), 29歳女性の顎下腺体内唾石1例を分析に供した。

表 1 Aschoff の分類 (肉眼的, 形態学的分類)

放射線状純コレステロール石
混合石 (被囊性放射状コレステロール石)
コレステロール石灰石
ビリルビン石灰石
総胆管石
稀石 (真珠石, 寄生虫石, 純ビリルビン石, 純カルシウム石)

胆石は名古屋大学病理学教室より供与を受けた胆石のうち Aschoff の分類²⁶⁾ に従って肉眼的所見からコレステロール石灰石と判定したもの10例を分析に供した (表1)。

腎石は胆石と同じく名古屋大学病理学教室より供与を受けた10例について分析を行った。

分 析 方 法

各結石を歯科用エンジンにより核領域をこわさないように機械的に切断し、一方を SEM による表面形態の観察を行い、他方は CMA, EDS のための試料とした。また、微小試料については、SEM による表面形態の観察後、包埋し、研磨により切断面を露出させた。

1. 走査電子顕微鏡による表面形態 および 切断面の検索

1) 試料作成法: 2.5% Glutar aldehyde 溶液にて固定した後、結石長軸方向に機械的切断をし、10% NaOCl にて有機質を可及的に除去した。十分な水洗を行い、通法に従ってアルコール脱水後、臨界点乾燥を施行、試料表面に金真空蒸着を行った後、検鏡した (図1)。

なお、胆石については表面および切断面の有機成分の検鏡を行うために、脱有機処理は行わなかった。また、切断面の観察は、後述する CMA 分析用に研磨した試料を用いて行った。

2) 分析方法: 日本電子社製 JCMA-733 における走査電子顕微鏡を用いて、表面観察および切断面の観察を行った。

2. CMA による検索

1) CMA の概要: 日本電子社製 JCMA-733 は、走査電子顕微鏡部門と元素分析部門の2つの機能を持ち、特に元素分析では、CMA 分析が可能であるという特徴を有している。この CMA 分析は、従来の EPMA を用いた特性X線像では、得られた輝点が定性的な位置関係を示すのみで、定量化ができず、また濃度差の表現は不可能であるのに対して、特性X線より得られた情報をもとに、コンピューターを用いて画面を適当な画素に分割し、各画素ごとにX線濃度を計数し、その強度にカラーコードを割り当てて表示しているため、従来の EPMA では検索しえなかった微小な濃度変化の分布をみることに可能となり、また比較的大きな試料についても分析が可能となった。

2) 試料作成法: SEM による試料作成と同様に臨界点乾燥まで施行した後、エポキシ樹脂包埋を行い、分析面の研磨をし、カーボン真空蒸着を行い分析に供した。なお、核領域の精査では、0.5 mm の厚さの連続研磨面による分析を行った (図1)。

胆石については、CMA 分析も SEM と同様に脱有機処理は行わなかった。

図 1 試料作製法と CMA, EDS の分析条件

3) 分析方法: 測定元素を Ca, P に設定し, 加速電圧 15 KV, 試料電流 $2 \times 10^{-7} A$, Dwell Time 30 msec. で分析を行った。

今回は, 唾石, 胆石, 腎石, について, その切断面の CMA 分布の検索を行うとともに, その分布領域の Ca, P 分布がきわめて微量な胆石については, 特性 X 線像および Line Profile による分析を加えた。concentration map (以下 C-map と略す) では測定された濃度について 8 段階に Level 分けをし, そのおのおのを濃度の低い方より Black, Blue, Cyan, Green, Yellow, Red, Magenta, White に色分けして CRT 表示を行った。個々の結石の CRT 表示条件は, その Ca, P 濃度を唾石, 胆石, 腎石でそれぞれの分布領域に一致するように任意に設定した。以下の CMA 写真はすべて表 2 に示す CRT 表示条件で表した (図 1, 表 2)。また Multi element complication map (以下 M-map と略す) では Ca に濃度分布の偏った領域を Green, P に分布の偏った領域を Red, 双方ともにはほぼ均一に分布している領

域を Yellow で CRT 上に表示した。

3. EDS による検索

1) EDS 概要: EDS は, リチウムをドープしたシリコン半導体に X 線量子が入射すると, そのエネルギーに対応する一定数の量子と正孔の対を作る。これに高圧を印加した電極で倍増して集め, 電気パルスとして取り出したものである。この出力パルス信号は特殊な電気回路を経た後, 多チャンネルの波高分析器でパルス高を識別し, あらかじめチャンネルごとに割り当てたメモリーに積算記憶させ, これらカウントされた値をブラウン管上に, 横軸にチャンネル番号すなわち X 線のエネルギー, 縦軸にメモリー内の値を表示し, X 線スペクトルとして観察する。

2) 試料作成法: CMA 分析に用いた試料と同様なものを分析に供した (図 1)。

3) 分析方法: 日本電子社製 JCMA-733 に検出器として Tracor Northern 社製 TN-2000 を装着して, 分析を行った。分析は $K\alpha$ 線を用い, 有効面積 0.064 mm^2 ,

表 2 唾石、胆石、腎石おのの CMA における CRT 表示条件

Level	唾 石		胆 石		腎 石	
	Ca	P	Ca	P	Ca	P
— : Black	<10,000	< 7,000	< 2,000	< 2,000	<40,000	< 2,000
1 : Blue	<13,333	<10,833	< 3,333	< 3,333	<42,500	< 3,333
2 : Cyan	<16,667	<14,667	< 4,667	< 4,667	<45,000	< 4,667
3 : Green	<20,000	<18,500	< 6,000	< 6,000	<47,500	< 6,000
4 : Yellow	<23,333	<22,333	< 7,333	< 7,333	<50,000	< 7,333
5 : Red	<26,667	<26,167	< 8,667	< 8,667	<52,500	< 8,667
6 : Magenta	<30,000	<30,000	<10,000	<10,000	<55,000	<10,000
+ : White	>30,000	>30,000	>10,000	>10,000	>55,000	>10,000

加速電圧 15 KV，試料電流 1.2×10^{-10} A で行った．検出された特性X線は ZAF 補正（Z：原子番号補正，A：吸収補正，F：蛍光励起補正）を行いバックグラウンドの処理をした後，Atomic %で表示した（図1）．

結 果

1. 各種結石の SEM による表面形態の観察

1）唾石（導管内唾石，腺体内唾石）

唾石表面は凹凸不整でほぼ 100 μm ～500 μm 程度の大小さまざまな岩様構造を示す領域，多角形の構造物が密に集合している領域，細顆粒状構造物の散在している領域のほぼ3つの形態の特徴をもった像が観察された．腺体内唾石の表面構造は，ほぼ岩様構造を示し，導管内唾石では7例が岩様構造を示していたものの，2例は岩様構造と多角形の構造物が密に集合している領域があり，また1例は岩様構造と細顆粒状構造物の散在している領域の2領域が認められた．岩様構造領域の $\times 600$ 所見では，個々の岩様構造の表面は比較的平滑であり，その断面にはそれぞれに，数層の層状構造が観察された．多角形の構造物が密に集合している領域の $\times 300$ 所見では 5 μm ～10 μm 前後の類長方形から類三角形の構造物の集合が認められ，これらは，さらに互いに融合して，敷石状に認められる．さらにこの1つを拡大（ $\times 10,000$ ）すると，この多角形の構造物は，0.1 μm 以下の微小顆粒の集合である所見が認められた．細顆粒状の構造物が認められる領域の $\times 6,000$ 所見では，2～4 μm の類球形の細顆粒の間隙には 1～2 μm ほどの長さで 0.5 μm の太さを持つ棒状構造物が存在した．個々の類球形顆粒の表面はやや凹凸不整で，微小な球形の構造物が集積し，一部にはこの細顆粒が2つ～3つ融合したような所見も観察された（写真1a, b, c, d, e）．

2）胆石（コレステロール石灰石）

種々の方向に密集した板状構造物が認められ，個々の板状構造物の長さは 30 μm 前後で，厚さ 3 μm 程度の

結晶であった．また，板状構造物の重積している所見も認められた．板状構造物を認めなかった領域では，一部表面に直径 5 μm 前後の類球形構造物が散在しており，その2～3個は融合している所見が観察された．類球形構造物の存在する底部は，凹凸に富んだレース状構造を示した（写真2a, b, c, d）．

3）腎石

多数のピラミッド状の多面体結晶が無構造な比較的平滑な面上に集積しており，ところどころに類球形の結晶が認められた． $\times 3,000$ 所見では，各多面体結晶は一辺 10 μm ～30 μm 程度であり，また，板状に認められる結晶構造も観察された（写真3a, b, c, d）．

2. CMA, SEM を用いた結石断面所見

1）導管内唾石

唾石断面をみるとその構造は主に核と層状構造領域の2つの領域があり，核は全例に認められ，1核のもの，2～3核が存在したものもあり，また核が唾石中に占める位置より，中心部に核の存在したもの，核が偏在していたものの2種類が認められた．

(1) 断面全体の CMA 所見

i. 唾石のはほぼ中央に核が1つ存在した例

Ca 分布では唾石核領域と，その周囲層状構造領域に分けられ，核領域は，Ca の存在しない領域により明確に区別された．核領域では一部に高い濃度を示す領域と，層状構造領域に比較し，やや濃度が低い領域が存在した．層状構造領域では写真4a 左側に示す高い Ca 分布を示す領域と右側にみられた低い Ca 分布を示す領域を認めた．写真4a 左側は腺体側，右側は開口部側であった．また，一層ごとの濃度変化はみられなかったが，核を取り巻くように年輪状に分布する所見が観察された．P分布は Ca 分布とほぼ同様な濃度分布を示していたが，核領域では，周囲層状構造領域と同等の比較的高い濃度で示される領域が多く含まれており，唾石腺体側と開口部側でP分布における差を認めなかった．

M-map 所見においても核，層状構造領域ともに Ca，

Pは均一に分布していた(写真4a, b, c).

ii. 唾石中に2つの核が存在した例

Ca 分布は2つの核領域と、それを取り囲む不規則な層状構造領域で示されており、核領域では、その周囲と比較して、低い濃度を示し、中間層状構造領域は、核領域よりも高い濃度分布を示していた。唾石最外殻が最も高いCa濃度分布を示した。また、個々の層状構造領域では各層に濃度差が認められた。P分布は、ほぼ均一に分布し、Ca ほどはっきりした核領域、層状構造領域が区別されなかった。M-map 所見で、核領域、層状構造領域、外殻領域ともに Yellow で占められており、ほぼ全領域にわたって Ca, P は均一に分布している所見が認められた(写真5a, b, c)。

(2) 層状構造領域所見

i. CMA 所見: 層状構造領域では Ca 分布、P 分布ともに、おのおのの層による差ではなく2~3層ごとに濃度変化が認められ、濃度の高い領域と低い領域が交互に存在するような所見が観察された。M-map 所見では、ほぼ全体にわたり Ca, P が均一に分布していた。この所見は検索した全唾石に認められたことより、層の重積する時期に一定の Ca, P 濃度が存在するものと思われた(写真6a, b, c)。

ii. SEM 所見: 割断研磨面は、均質無構造な層の重積を示し、SEM 像において特記すべき事項は認められなかった(写真7a, b)。

(3) 核領域所見

核領域の CMA 所見では、写真8に示すように、さまざまな形態の元素分布が認められた。特に核領域には、さらに微小な核が認められ写真8dのシェーマに示した1領域にみられる Yellow で示された楕円型の領域が存在した(以下この領域を微小核 micro-core と呼ぶ)ものと、核領域は無構造で、微小核をもたないものの2種類の核形態が認められた。

i. 微小核存在例

i) 核領域の CMA 所見

Ca 分布では、シェーマに示した1領域(微小核)より細かな層状構造が同心円状にみられ Cyan, Blue の構造が認められた。また、不完全な形ながら層の流れの変化により、シェーマに示す2, 3領域に微小核と思われる Ca 分布が存在し、1領域微小核を同心円とする層状構造とこれら層状構造との融合した所見が観察された。核外方に White, Magenta で示される領域が存在し、核外殻(特に写真下方部)には Ca がごく低濃度の層状構造を持った領域が存在した。また、P 分布では、微小核領域は Ca と同様にその部分が明瞭に認められた。Ca 分布において核外殻領域で非常に低い濃度で示されているところは、P 分布は高濃度でありそのほとんどが White の分布を示していた。また、微小核を取り囲む層状構造領域は Ca と同様に Blue, Cyan で示され、低

いP分布であった。M-map 所見では、Ca, P 分布の重なりが明瞭に表示され、核外殻領域およびその上方に至るまで Red で示されるP濃度に偏った領域が存在し、微小核を取り囲む層状構造領域は Green で示され Ca に分布が偏っていた。微小核領域では Yellow で示されており、ほぼ均一な Ca, P 分布が認められた(写真8a, b, c, d)。

ii) 微小核領域の CMA 所見

微小核領域の Ca 分布は、ほぼ4層に分かれており、中心部には Tear Drop Pattern の形態で Magenta, Red, Yellow の分布を示していた。その外層に、Green, Cyan, Blue で示される領域が存在し、さらに Yellow で示される領域に取り囲まれ、最外層は、Magenta で示されていた。全体に類楕円形を示し、これより外に向って同心円状に層状構造が存在しているため、この領域が本唾石の石灰化の起始点であると推定できる。P 分布についてもほぼ Ca 分布と同様の所見が示され、M-map 所見で、全体に Yellow で表示され、微小核領域における Ca, P 分布は、均一である所見が認められた(写真9a, b, c)。

iii) 微小核領域の中心部の SEM 所見

Ca 分布が Magenta で示された Tear Drop Pattern 領域の中心付近における SEM 所見($\times 2,000 \sim \times 3,000$)は、直径 $10 \sim 30 \mu\text{m}$ の類円形から多角形、比較的平坦で、均質無構造な構造物が蜂巢状に密集している所見がみられ、さらに $\times 20,000$ 所見では、その辺縁は不明瞭ながら $1 \mu\text{m}$ 程度の長さの棒状小体が放射状にならんでいる所見が得られた。こうした構造は他の割断面と明瞭に区別された(写真10a, b, c)。

ii. 核領域の無構造を示す例

i) 核領域の CMA 所見

Ca 分布は、全体に粗造であり小孔が無数存在し、無構造な所見を示しており、一部に Yellow で示されたやや Ca 濃度の高い領域が認められたが、形態的には不規則で、この所見は、P 分布も Ca 分布と類似していた。M-map 所見では全体に Yellow で表示され、Ca, P 分布はほぼ均一であった(写真11a, b, c)。

ii) 核領域の SEM 所見

核領域の $\times 40$ の SEM 所見では、多数の小孔を有し、粗造で均質無構造な所見が観察された(写真12)。

2) 腺体内唾石

(1) 割断面の CMA 所見

Ca 分布をみると有機成分が存在したと思われる2つの類三角形の空洞があり、その周囲を取り囲むように比較的 Ca 濃度の高い領域が認められた。この領域の一部にはルーズな層状構造を認めるも、顎下腺管内唾石のような、おのおのの層による石灰化の差はほとんどなく、また核の明らかな存在はみつけられなかった。この領域より外側には、Cyan, Green で示される Ca 濃度分布

の低い領域が認められた。P分布では、Ca分布とほぼ同様の分布を示し、Ca分布が存在しない領域にはP分布も存在しなかった。M-map 所見では、全領域にわたり Yellow で示されており、Ca、P 分布はほぼ均一であると思われた(写真13a, b, c)。

(2) 断面の SEM 所見

断面では、層状構造もあまりはっきりした所見は認められず、ほぼ均質無構造であった(写真14)。

3) 胆石(コレステロール石灰石)

(1) 断面の CMA 所見

Ca 分布をみると胆石の最外殻から内方にかけて数層の Ca 含量の高い領域が点在しており、中心部にむかって、その分布は粗像となり、中心領域では Ca は含まれていなかった。写真15は、胆石の代表的所見であり、他の胆石においてもおおむね外側に Ca 分布の偏った結果が得られた。P分布では、写真上に認められる点は、noise 程度であり、この程度の所見から、Pはほとんど認められないと判断した。Ca のみの分布が認められたため、Ca、P の複合所見である M-map は得られなかった(写真15a, b)。

胆石では Ca 分布領域がきわめて小範囲で、P 濃度は微量であったため次に述べる Line Program、特性X線像、Line Profile をつけ加えた。

(2) Line Program 所見

CMA 所見によって Ca 濃度分布の認められたコレステロール石灰石についてその一部(写真15矢印を結んだ線)の Line Program による分析では、胆石辺縁部において50%程度の Ca 濃度が認められ、その内側にはまったく Ca は存在していなかった。Pは辺縁部において若干の濃度が得られた(写真16)。

(3) 断面の SEM 像、特性X線像、Line Profile 所見

写真17a は×60の胆石辺縁領域の SEM 像を示しており、辺縁にそって他の領域とは異なった形態を示す構造物が点在していた。この構造物の×2,000に拡大した SEM 像(写真17b)では、大きさはほぼ $45\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$ 程度であり、 $13\mu\text{m} \sim 20\mu\text{m}$ の3～4層の構造をもった貝殻状の形態を示していた。これは、周囲のコレステロール結晶の中に散在していた。

写真17c, d は上記 SEM 像において認められた領域の Ca の特性X線像で、SEM によって認められた形態と一致した Ca 分布の輝点の集合がみられ、この領域に Ca の存在が確認された。P分布の特性X線像は、ほとんど輝点はみられず、この領域にはPは存在しないか、または存在してもきわめて微量であることが確認された。これ以外の領域の Ca、P 分布の特性X線像は得られなかった。写真17e, f に示すこの構造物の長軸に対して5本の Line Scanning を行った Profile(写真17bの矢印を結んだ直線)では、やはりこの構造物に一致し

た Ca 分布が認められ、前述の Line Program 所見と考え合せ、この形態を示す領域は Ca が沈着した領域であると考えられた。

4) 腎石

(1) 断面の CMA 所見

Ca 分布では、明瞭に各層に分かれた数層の層状構造が認められ、核を除きその濃度分布はほぼ均一に Magenta から Yellow の所見を示し、また、おのおのの層間は、Ca の存在しない領域ではっきりと区切られていた。核領域は、層状構造領域より粗造な主に Yellow, Green で表示される長楕円形の領域が認められた。P濃度はきわめて微量であったものの、P分布は Ca 分布と同様に明瞭な層状構造が認められ、Ca 分布を認めない層間の一部にP濃度の高い領域が認められた。また、核領域では、Ca に比較し、層状構造領域より高いP濃度分布がみられた。M-map 所見では層状構造領域は、ほぼ Ca に分布の偏った Green で示され、層状構造領域の一部と核領域は、Ca、P が均一に認められる Yellow の所見で、一部は Red で示される所見も認められた(写真18a, b, c)。

(2) 断面全体の SEM 像

層状構造を示す領域の層間には、Ca、P の存在しない領域がみられ、ここでは、SEM 像でも完全にこの間に区切りが存在し、Ring が3～4層重なっているような所見を呈していた。また、核領域は、周囲とやや異なった類楕円形の構造を示した。核領域の×3,000の SEM 所見では、3～5 μm 程度の類円形から楕円形の断面をもつ均質無構造な構造物が密集し、一部では融合しているような所見であった(写真19a, b)。

3. 唾石、胆石石灰化領域、腎石の EDS による比較

すべての結石について Ca, P, Si, S, Cl, Na, K, Mg および理論値より算出したOの検索を行った。唾石では、Ca、P に強いピークが認められ、Ca、P、Oではほぼ構成元素の大半を占めていた。Ca/P は、1.54 (SD±0.5) であった。他の元素は、Si, S, Na がほんの微量認められたものの、Cl, K, Mg は痕跡程度であり、ほとんど存在していないものと思われた。胆石石灰化領域では、Ca、O が大半を占め、Pは少量認められたにすぎなかった。他の元素では、Si, S が微量に認められた。腎石では、Ca、O がその構成元素の大半を占め、Pは少量ながら含まれていた。その他の元素は、Si, S が痕跡程度認められたが、他は存在していなかった(表3, 図2, 3, 4)。

考 察

1. 唾石構造—胆石、腎石の構造との比較—

1) 結石表面構造

唾石は、それ自身がほぼ結晶体の集積であり、唾石石

表 3 EDS による唾石, 胆石石灰化領域, 腎石の比較

	Atomic %		
	唾 石	胆石石灰化領域	腎 石
Ca	22.57 (0.89)	43.09 (5.39)	46.52 (2.28)
P	14.68 (0.41)	3.17 (2.32)	1.83 (1.28)
Si	0.70 (0.29)	1.41 (1.21)	0.31 (0.14)
S	0.34 (0.16)	1.07 (1.13)	0.24 (0.07)
Cl	0.14 (0.12)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)
Na	0.31 (0.44)	0.18 (0.39)	0.00 (0.00)
K	0.15 (0.13)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)
Mg	0.19 (0.26)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)
O	60.90 (0.47)	51.03 (0.52)	51.11 (0.91)

() 内は±SD

図 3 胆石石灰化領域 EDS 所見

図 2 唾石 EDS 所見

図 4 腎石 EDS 所見

灰化物中にはほとんど細胞成分を認めないなどの理由より, その構造的解析を困難なものとしてきた. 構造解析に最も一般的に走査電子顕微鏡が用いられ, 唾石表面形

態の観察では, 森永²¹⁾は, 凹凸不整で大小種々の岩石様膨隆を認め, 平出ら³⁾は, 唾石の大部分の表面は, 粗な顆粒状を呈し, 顆粒は, 比較的明確に輪郭が判明するも

のから、これらが融合して、さらに大きな塊を形成していく過程が観察されたと報告している。本検索では、岩様構造領域、多角形の構造物が密に集合している領域、細顆粒状の構造物が認められる領域の大きく3つの領域にわけられ、唾石の大半は、岩様構造領域で占められていた。岩様構造領域がほとんどの唾石に認められるという所見は、諸家の報告^{30,31)}と一致したものであり、細顆粒状の構造物が認められる領域は平出ら³⁾の報告に類似し、この顆粒が融合し、岩様構造を形成してゆくのではないかと推測された。また、内田ら³²⁾は、唾石表面に0.4 μm 前後の線毛状結晶を多数認め、森永²¹⁾も同様に線状微生物と思われる構造物の堆積を報告している。本検索では、1~2 μm の長さで0.5 μm 程度の太さを示す棒状構造物が細顆粒状構造物の認められる領域に密集しており、この構造物は、内田ら³²⁾、森永²¹⁾の報告による線毛状結晶と類似していた。唾石と放線菌との関連は古くから述べられており⁵⁾、戸田ら³³⁾は、*Actinomyces* 属は長糸状の真性分岐を示す桿状体で径1 μm 以下、長さおよび分岐の程度はまちまちであるとしている。本検索で得られた棒状結晶が、放線菌であるかどうかの証明は不可能であるが、何らかの桿菌に類似した形態的特徴を有する構造物であった。

胆石の走査電子顕微鏡による微細構造の観察では、山本ら³⁴⁾は、コレステロール石、コレステロール色素石灰石とともに種々の方向に発育する板状構造物がみられたと報告し、遠藤²⁴⁾も類似した所見を述べている。本検索でもコレステロール結晶と思われる板状構造物が表面に集積している所見が得られ、常岡ら²⁶⁾、Brian ら³⁵⁾の実験的に形成された胆石中のコレステロール板状結晶にきわめて類似した所見であった。また、Yamamoto ら³⁶⁾は表面構造において、うろこ状、葉状の表面を持った微小顆粒を認めており、本検索において板状構造の欠如した領域に認められた類球形構造物と類似していたが、本構造物の由来については不明であった。

腎石表面では、遠藤²⁴⁾は、八面体結晶様構造物が密に集積している所見を報告している。景山ら³⁷⁾は実験的に形成された腎石中の尿酸カルシウムの正八面体結晶を証明しており、本検索で得られた表面構造はこれにきわめて類似した結晶構造を示していた。

唾石表面構造と、胆石、腎石表面構造とを比較してみると、胆石では、明らかにコレステロール結晶と思われる板状構造物の集積が認められ、また、腎石ではシュウ酸カルシウム結晶に類似した構造を示しており、胆石、腎石がともに、主成分であるものの形態的特徴が、表面構造に反映しているのに対して、唾石では、構成成分はどの唾石でもほぼ同一であるにもかかわらずその構造は、多彩な所見を呈していた。

2) 結石断面

唾石成分についての検索をみると、その成分が Hy-

droxyapatite に類似したものであるため、Ca, P を指標としたものが多く認められる。田縁³⁸⁾は、唾石 Ca 分布を Ca 染色にて観察し、陰性層を外殻として、同心円状に陽性度の異なった層により形成され、中心部では、陰性3例、陽性1例、弱陽性2例であったとしている。久野²²⁾は、Microradiogram による検索から摘出唾石の石灰化状態は開口部側と腺体側で異なった石灰化を示すと述べているが、これは、本検索写真4と比較的類似した所見であった。従来の EPMA を用いた検索では、亀山ら³⁹⁾は、Compo 像および面分析において Ca, P は層に関係なく均一に分布しているとし、また、北川ら⁴⁰⁾は、耳下腺管内唾石ではあるが、Ca, P は全体に同様な密度で分布し、中央部で P が Ca より多い分布を示している。森永²¹⁾は、Ca, P の密な分布が観察されたものの構造と成分の相関関係についてははっきりした結論は得られなかったとし、倉地ら²³⁾は、Ca, P の唾石内における分布状態をみると多少の偏りはあったが、ほぼ均一に分布していたと報告している。本検索では、唾石全体の断面をみた場合、腎石に比較し層状構造領域における層間は、はっきりせず、ややルーズな層状構造を呈していたものの、層状構造領域の CMA 所見では、2~3層ごとの濃度変化が認められた。また断面研磨面における SEM 像では均一無構造にみられた。個々の層の Ca, P 濃度分布は、それぞれの唾石によって異なっており、ほとんどの唾石で、最外郭で最も Ca, P 濃度の高い分布を示していた。これらの所見は、前述の亀山ら³⁹⁾、北川ら⁴⁰⁾の所見をうらづけ、さらに精度の高い所見を得たものと思う。

唾石核領域に関する形態学的検索は、過去に少数の報告をみるにとどまり、いずれも結論づけるような詳細なものとは思われない。遠藤²⁴⁾は、機械的に得られた断面より、境界明瞭な唾石核を1個ないしは、2個認め、核の大きさは約0.1 mm であり、その表面および断面では、径0.2 μm 程度の小顆粒状構造物の緻密な配列が常に認められたと述べ、また、倉地ら²³⁾は、凍結断面した唾石は、核の存在したものと核の認められなかった唾石とがあり、核の認められたものでは、均質な塊状緻密な物質で占められており、直径1 μm 前後の球形の顆粒状構造が多数融合し、大きさ不定の顆粒塊を形成していたと述べている。また、森永²¹⁾は唾石中心部はさまざまな像を呈し形態的な統一性は認めなかったものの、結石全体が同心円層状構造を呈す唾石では微細顆粒状結晶からなる均質緻密な構造を呈したと述べている。こうした諸家の検索は、核をみつけたすために、何らかの断面方法を取り、肉眼的にも核と判別しうる領域を核としているだけで、その領域が唾石の石灰化の中心であるとの断定はできない。著者の用いた CMA による断面石灰化領域の Ca, P 分布をみる検索方法では、その断面における Ca, P の微小濃度変化により核とそれを取

り巻く層の流れから、石灰化の起始点と考えられる領域を明瞭に表示することを可能とし、導管内唾石の核であろうと類推されていた領域が明らかにいくつもの微小核の合成であることを明らかにした。微小核領域の SEM 所見では、直径 $10\ \mu\text{m}$ ~ $30\ \mu\text{m}$ の類円形から多角形の断面を示す構造物が蜂巣状にみられ、この構造物が唾石灰化の起始点であると思われた。しかし、一部試料では、核領域が無構造な所見を示していたが、この領域がはたして、完全に核領域を割断しているかどうかは明らかではないため、必ずしも 2 種類の核形態が存在するとは断定できなかった。また、腺体内唾石では、層状構造領域の層の流れより核の存在したであろうと思われる領域は空洞としてみられたが、脱有機処理をした試料であるため、この領域には有機質が存在したのではないかと推測できる。平出ら³⁾は、核は均質な硬いゲル状物質である必要はなく、粘稠性の高いゾル状態でも核となりうると考え、この核は剥脱した上皮細胞、細菌などの有機物体が混じりあい、変形、変質したものと述べており、本検索における腺体内唾石の結果をうらづけるものと思われた。しかし、腺体内唾石は 1 例を検索しただけであるため、明確な結論はできない。

導管内唾石で得られた核とその周囲との Ca, P 分布の差は腎石についても認められ、竹内ら⁴⁾は、核部と外層部が同一成分で、Ca・P の結晶成分により形成されているものと、核部が Ca・OX であり、これを取り巻くように Ca・P の層状添加の認められる結石との 2 つに分類し、前者を primary infection stone、後者を secondary infection stone と命名し、primary infection stone の核は、多数の球形の apatite が集合しており、結晶と結晶の間隙は、さらに小さな結晶で満たされ、多数の細菌の集塊が認められたとしている。本検索で得られた 10 例の腎石は、層間に有機成分であろうと思われる Ca, P を含まない領域が一層存在し、また、核と層状構造領域では、層状構造領域において P 含有量がきわめて少なかったのに対し核領域では、層状構造領域に比較し、やや高い濃度の P が検出された。核領域と層状構造領域で、P 濃度の差は認めたものの Ca・P の結晶で構成されていたため、primary infection stone であると判断した。核領域の SEM 所見では、 $3\sim 5\ \mu\text{m}$ 程度の類円形から楕円形の断面をもつ構造物の集積が認められ、これは、竹内ら⁴⁾による球形の apatite の断面に類似していた。腎石の核所見は、導管内唾石における微小核とは形態的には異なっていたものの唾石、腎石ともに表面形態と核形態が大きく異なり、また、互いに類似した層状構造を呈すことより、核形成とその後の石灰化は異なった機序により形成されるのではないかと推測された。

次に胆石のように不安定な石灰化構造をもつ結石では、その断面のどこに石灰化物が存在するかを判定で

きるのみで、とくに、今回検索を行ったコレステロール石灰石では、すべてが外側付近に Ca 分布が集っていたため核領域と比較はできず、また核領域ではコレステロール結晶が集合していたにすぎなかったため、他の結石との比較も困難であった。胆石中の Ca 分布について、Wosiewicz²⁷⁾は、コレステロール石中にみられた Ca の堆積は、薄板状、小塊状、針状、立方体状の形態を示し、Ca の堆積は結石のいたるところに堆積していたと述べ、また、Yamamoto ら³⁶⁾は、胆石周辺部に Ca の強いピークを示す微小顆粒を認め、この領域では P のピークはなく CaCO_3 の結晶であったと報告している。本検索で得られた結果では、形態的には、貝殻状を示していたため、異なっていたものの、Yamamoto ら³⁶⁾の所見とは、その分布において同一性を認めた。常岡²⁸⁾は、Ca は胆石個々により異なる分布状態を示し、一定の規則性はないと述べているが、いずれも顆粒状を呈していたと述べていることを考えれば納得できる。本検索で得られた胆石石灰化物には P がほとんど含まれておらず、Yamamoto ら³⁶⁾の報告による微小顆粒の集積がより多数となり、個々の顆粒が集積、成熟してゆく過程において、唾石、腎石などのように層状構造物として、貝殻状構造が形成されたのではないかと推測された。

2. 唾石構成元素—EDS 結果による胆石、腎石との比較—

EDS を用いた唾石構成元素の検索では、遠藤²⁴⁾は、Ca/P は、ほぼ $1.5\sim 2.2$ を示したとし、本検索における 1.54 とほぼ類似した結果が示され、Hydroxyapatite の理論値である 1.64 よりやや低い値を示していた。倉地ら²³⁾は、中心核部と層状構造部では Ca, P が大部分であったとし、表面において Ca, P を主体として Mg, Si, Cl, Zn, Cu などの元素を認め、表面に付着した物質より由来していると述べている。本検索においては Si, S, Na が若干微量認められ、Cl, K, Mg は、ほとんど存在していなかった。これは、本検索が脱有機処理をした試料であるため、倉地ら²³⁾の所見と異なっていたのではないと思われる。細井ら⁴²⁾の検索によれば、EDS により検出された Si, S などは、分析中に付着した有機質などの可能性もあるため、本検索程度の微量値では、その存在の有無などは不明な点が多かった。胆石では、CMA 所見においてほとんど Ca のみの分布が得られたが、個々の石灰化物の EDS 値をとってみると、P も少量含まれていた。しかし、Ca, P 濃度ともにそのばらつきが大きく、唾石のようにほぼ安定な結晶体ではなく、個々の胆石により若干の結晶構造に差がありうると思われる。腎石は、その表面構造などより尿酸カルシウム結晶に類似した形態を認めたが、CMA 所見を併せ考えると P 濃度は少量あり、尿酸カルシウムに一部リン酸基のついた唾石に比べ低い結晶性を示していると思われた。

3. 唾石成因—胆石、腎石成因との比較—

唾石成因については、過去さまざまな学説が報告されているが、従来より炎症説¹⁻³⁾、細菌説⁴⁻⁶⁾、の2つの説が主体を占めている。炎症説では、池田¹⁾は、炎症が1次的原因であると述べ、石川²⁾は、局所の炎症により、分泌液のコロイド溶液状態に異常が起こり、無機質が析出して生ずるもので、唾液の化学的性状の変化、唾液の停滞が起こり、唾石が形成されると述べている。また、平出³⁾は、ゾル状の核を指摘し、これは剥脱した上皮細胞、細菌などの有機物が混じりあっていたが結石化が進むにつれて本来の形が失われて、変形、変質してしまったものと考え、本来はこの後に硬いゲル状の核となるとしている。こうした炎症説では、唾石石灰化の起始点と考えられる核領域は、無構造であり、形態的特徴を示さないと思われるが、本検索から、多くの導管内唾石微小核に特徴ある構造を示し、観察し得た類円形から多角形の構造物が唾石形成の起始点となっているように思われた。竹内⁴⁾は、腎石の構築において、primary infection stone としたものは、初発結石の形成の原因は尿路感染であり、尿素分解細菌の感染により、アンモニア濃度の上昇、尿 pH の変化（アルカリ化）、尿中 Ca, P, Mg の濃度あるいはクエン酸、ムコ蛋白などの濃度変化が複雑にからみあい、1個の細菌を中心とし、これに顆粒状の apatite の小結晶が沈着し、1個の apatite の球形体を形成するとし、この球形体が多数凝集し、核を形成したのと考え、これが核構成の基本単位であるとしている。また、secondary infection stone では、始めに尿酸結石が形成され、のちに尿路感染が加り、結石として発育したと述べている。

本検索で得られた唾石断面構造は、腎石のうちで primary infection stone に類似した核と周囲層状構造との関係を示しており、微小核領域と層状構造領域では明らかに形態的に異なっていた。primary infection stone の成因を唾石にあてはめるならば、唾液腺または唾液管感染により、唾液性状の変化をきたし、1個の細菌を中心に apatite 結晶が形成され、これが、多数蜂巢状に凝集し、唾石核を形成したとも考えられるが、唾石微小核形態は、primary infection stone とは異なり、10~30 μm の断面をもつ、かなり大きな構造物であり、形態的にも大きさ的にも腎石における核構成の基本単位とは異なっていた。

唾石成因のうち細菌説では、Grabner⁶⁾は唾石中に多数の微生物を認め、特に放線菌は石灰塩類の沈着に重要な関連性をもつと報告し、Naeslund⁵⁾も同様に放線菌に着目している。また、北村⁴³⁾は、唾石の構造は、唾液中の無機塩の析出により、自然に形成されるとは思われがたく、そこには、放線菌類似の菌様物を含めたなにか微生物の関与が推測されるとし、この微生物は Actinomyces の疑いが強く、これらが石灰化現象を伴っ

て石灰化物を形成し、あるいは微細顆粒化されて堆積し、積極的に唾石形成に関与しているのではないかと推測している。また、北村⁴³⁾の報告では、唾石断面において Actinomyces と思われる構造物が微細顆粒と一体化し、石灰化様物の表面に圧平され密着している所見を認めている。高添⁴⁴⁾は、Leptotrichia の菌体内石灰化を、赤羽⁴⁵⁾は、Bacteroides matrucotii の菌体内石灰化を証明しており、放線菌および桿菌の一部に、それ自身石灰化を生じることを報告している。本検索では、北村⁴³⁾のような所見は認めなかったものの表面構造において細顆粒状の構造物が認められる領域に桿菌様の棒状構造物が認められたことはこの構造物が、脱有機処理した試料で観察されたことより、菌体内石灰化を示す菌の唾石への関与も推測できる所見であった。本検索では、断面に細菌を思わせる構造物は認めなかったものの、微小核を構成している円形から類円形の断面をもつ構造物辺縁には、1 μm 程度の棒状小体が放射状に並んでいる所見が得られた。Actinomyces の菌塊は、直径 0.1 mm 程度で、辺縁はこん棒状小体が放射状に並んで菊花状外観を示すとされており、また、新藤⁴⁶⁾は、植物繊維と思われる異物の介在により、放線菌が蜂巢状集積をきたした顎放線菌症を報告し、1つの蜂巢状放線菌塊は約 50 μm であったと述べている。本検索で得られた所見は、10~30 μm の構造物であり、大きさは異なっていたものの、形態的に何らかの桿菌の菌塊に類似した特徴を示していた。また、大きさの差は上記のものが成熟集落を示す大きさであるため、問題はないと思われた。以上のことより、唾石核形成についてまとめれば、primary infection stone のように、唾液腺または、唾液管感染により、唾液性状の変化および桿菌のそれ自身による石灰化現象を伴い、直径 10~30 μm の類円形から多角形で示された構造物が形成され、これが、核形成の基本単位となり、この基本単位が蜂巢状集積をきたし、微小核を形成したのではないかと推測される。核形成後の唾石の成熟、増大について、久野²²⁾は、はじめに何かが核となり、そのものに円形、層状の石灰沈着が起こり、導管を満たすようになり、その後唾液の流れに沿って、鱗片状、層状の石灰化が起こると述べている。本検索では、唾石表面構造において、2~4 μm の微小顆粒が互いに融合し、岩様構造を呈してゆくような所見が得られ、この岩様構造は、層状構造の最表面である所見が得られた。また、岡田⁴⁷⁾は実験的無菌的唾液から Hydroxyapatite を証明しており、こうした唾液中の apatite が、この微小核を起始点として、周期的に沈着しつつ、唾液管中の剥脱上皮、細菌などを取り込み層状構造を形成し、唾石の形態を形成することも推測される。

胆石の成因は、ほぼ明らかにされ、肝における代謝異常による胆汁中のコレステロール過飽和と、胆嚢の機能低下および核としての剝離細胞、小結晶、細菌の存在の

3つの因子の存在によって形成されると判明しており、胆石予防にこれらの防止が重要な意味をもっている。唾石は、唾液中に含まれる Ca, P は常に過飽和であるため、上述のごとく核となるものの存在があれば、唾石は常に形成されるのではないかと考える。

結 論

1. 表面構造の走査電子顕微鏡的観察所見

1) 導管内唾石表面構造：導管内唾石は、岩様構造領域、多角形の構造物が密に集合している領域、細顆粒状の構造物が散在している領域の3つの構造的特徴を示す領域が認められ、一部に棒状構造物が含まれていた。

2) 腺体内唾石：岩様構造領域のみが認められた。

3) 胆石の表面構造：板状構造物と球形構造物が認められた。

4) 腎石の表面構造：多数のピラミッド状の多面体結晶が無構造な比較的平滑な面状に所々集積していた。

2. 結石断面所見

1) 導管内唾石：核とその外側の層状構造領域に分けられ、核はその中に微小核をもつものともたないものの2種類が認められた。微小核の存在するものでは、核領域は2～3個の微小核により1つの核が形成され、微小核は、直径10 μm ～30 μm の類円形から多角形の構造物が蜂巣状に密集している所見が得られ、個々の構造物辺縁は1 μm 程度の棒状構造物の放射状配列がみられた。微小核をもたないものでは、多数の小孔を有した粗造で均質無構造な所見であった。

2) 腺体内唾石：層状構造、核領域ともにはっきりとは区別できず、また有機質が存在したと思われる空洞が認められた。

3) 胆石（コレステロール石灰石）：結石外層部に数層の Ca の高い領域を認め、その領域の形態は貝殻状で、数層の層状構造を有していた。

4) 腎石：有機質によって明瞭に区切られた層状構造を認め、層状構造領域では主に Ca 濃度がたかく P は少量であったが、核領域では、周囲に比較し、高い P 分布を認めた。また核領域は、3 μm ～5 μm 程度の類円形から楕円形の断面をもつ構造物が密集、融合している所見が示された。

3. 結石 EDS 所見

1) 唾石：Ca, P に強いピークが認められ、Ca/P は1.54であった。微量元素では Si, S, Na, が若干認められた。

2) 胆石灰化領域：Ca, O が大半を占め P は少量存在していた。また、Si, S が微量に認められた。

3) 腎石：Ca, O が主成分であり、P は少量ながら Si, S は痕跡程度認められた。

稿を終えるにあたり、終始ご指導、ご校閲を賜りました教室主任深谷昌彦教授に深く感謝致します。また、CMA 分析において、技術的ご指導、ご教示を賜った歯科理工学教室出石豊彦先生、およびご協力をいただいた第1口腔外科学教室員に謝意を表します。

本論文の要旨は、第41回日本口腔科学会総会（昭和62年4月6日、東京）、第32回日本口腔外科学会総会（昭和62年11月19日、東京）において発表した。

引 用 文 献

- 1) 池田裕彦：顎下腺組織と唾石症（抄）。日耳鼻 62: 595 1959.
- 2) 石川梧朗監修：口腔病理学Ⅱ。改訂版、永末書店、京都、1982、425-429頁。
- 3) 平出文久、野村恭也：唾石の形態学的観察。耳喉 50: 241-248 1978.
- 4) Thoma, K.H. and Goldman, H.M.: Oral Pathology, 5th Ed, Mosby Co, St. Louis, 1960, P 1145-1149.
- 5) Naeslund, C.: Studien über Speichelsteinbildung. Acta path Microbiol 2: 244-276 1925.
- 6) Grabner, A.: Aktinomykose in Speichelsteinen. Zschr f Stomatol 34: 862-865 1936.
- 7) 久野吉雄、木邑知義、他：顎下腺管内に迷入した異物を核として形成されたとと思われる唾石の1例について。日口外誌 17: 52-55 1971.
- 8) 金田式世、波多野吉人、他：魚骨を核として形成されたとと思われる顎下腺管唾石症の1例について。日口外誌 30: 139-145 1984.
- 9) 綾仁信夫、島野圭司、他：多発性耳下腺唾石症。耳喉 50: 59-62 1978.
- 10) 新国俊彦、小土肥信良、他：結石症成因に関する臨床的研究（第二法）、血清電解質（K, Ca, K/Ca 値）および血清 Lipoprotein との関係（抄）。口科誌 10: 268 1961.
- 11) Bahn, S.L., Thomas, T., et al.: Sialolithiasis of minor salivary glands. Oral Surg 32: 371-376 1971.
- 12) 亀山忠光、喜多清基、他：腎石を有する唾石症の1例（偏光顕微鏡による観察）。口科誌 30: 270-275 1981.
- 13) 熊谷京子、亀山忠光、他：胆石を伴った唾石症の1例—胆石と唾石の化学分析による比較—。口科誌 32: 606-612 1983.
- 14) 向山正秋：唾石の構造とその形成経過に就いて。歯科学報 48: 688-695 1955.
- 15) 梶山 稔：唾石の構造に関する研究。九歯会誌 20: 143-179 1967.
- 16) Tandler B.: Electron Microscopical Observations on Early Sialolith in Human Submaxillary Gland. Arch Oral Biol 10: 509-523 1965.
- 17) Isacson G. and Persson N.: The gigantiform

- salivally calculus. *J Oral Surg* 11: 135-139 1982.
- 18) 木下靖朗, 高田良彦, 他: 両側性 (多発性) 顎下腺唾石症の3症例. *日口外誌* 29: 1113-1118 1983.
- 19) 中村博司: 歯石と唾石との硬組織の組成に関する物理化学的比較研究. *歯科医学* 25: 246-264 1962.
- 20) 岡田充弘: 生体内結石のX線回折 (第2報) 歯石, 唾石, 胆石, 腎石, 外尿石. *日口外誌* 8: 1-8 1962.
- 21) 森永 太: 走査電子顕微鏡による唾石の微細構造の観察. *口科誌* 29: 254-267 1980.
- 22) 久野吉雄, 東 俊雄, 他: 長大な顎下腺管唾石症の1症例とその Electron Microprobe X-ray Analyzer による分析成績. *日口外誌* 16: 189-193 1970.
- 23) 倉地洋一, 松本英彦, 他: 走査電子顕微鏡による唾石の観察. *日口外誌* 26: 945-951 1980.
- 24) 遠藤 隼: 唾石の走査電顕ならびにエネルギー分散型X線分析による研究. 胆石, 腎結石, 膀胱結石との比較検討. *岩手医誌* 32: 837-848 1980.
- 25) 堀越達郎, 土屋半七郎, 他: 唾石症の5例とその分析所見. *日口外誌* 8: 164-168 1962.
- 26) 常岡健二編: 内科シリーズ 17 胆石症のすべて. 南江堂, 東京, 1974, 43-52頁.
- 27) Wosiewicz U.: Scanning Electron Microscopy in Gallstone Research. *Scanning Electron Microscopy* 419-430 1983.
- 28) Kim K.M.: The Stones. *Scanning Electron Microscopy* 1635-1660 1982.
- 29) 八竹 直: 尿路結石. *総合臨床* 29: 1098-1102 1980.
- 30) Yamamoto H., Sakae T., et al.: Weddellite in Submandibular Gland Calculus. *J Dent Res* 62: 16-19 1983.
- 31) 八島幸子, 石川武憲, 他: 耳下腺唾石症3例と唾石の組織構造的観察. *口科誌* 35: 712-722 1986.
- 32) 内田 實, 石井雅良, 他: 細菌が成因と思われる巨大な顎下腺内唾石の走査電顕的観察. *耳喉* 51: 235-245 1979.
- 33) 戸田忠雄, 武谷健二, 編: 戸田新細菌学. 4版, 南山堂, 東京, 1981, 468-471頁.
- 34) 山本広嗣, 寒河江登志朗, 他: 胆石の走査電子顕微鏡的観察. *日大口腔科学* 11: 158-162 1985.
- 35) Brian R., Ramjeet S., et al.: Experimental Cholelithiasis in the Ground Squirrel. *Lab Inv* 56: 138-145 1987.
- 36) Yamamoto H., Sakae T., et al.: Analysis of vaterite microspherulith deposits on a pure cholesterol gallstone by X-ray diffraction, X-ray microanalysis and infrared absorption techniques. *Virchows Arch* 405: 463-471 1985.
- 37) 景山鎮一, 桑原正明, 他: 光学顕微鏡及び走査電子顕微鏡による腎結石発生の研究. *日泌尿会誌* 77: 1310-1317 1986.
- 38) 田縁 昭, 児玉圀昭: 過去3年間における唾石症の10例について. *日口外誌* 18: 341-346 1972.
- 39) 亀山忠光, 森永 太, 他: 自然排出した大きな唾石症の1例. *口科誌* 28: 269-275 1979.
- 40) 北川博一, 二見正人, 他: 耳下腺管内唾石症の2例. *口科誌* 29: 125-132 1980.
- 41) 竹内秀雄, 小西 平, 他: 感染結石の構築—とくに核部構築について. *泌尿紀要* 30: 1579-1587 1984.
- 42) 細井光輝, 西森利数, 他: 分析電顕による硬組織の元素分析 I. エナメル質結晶の Ca/P 比の測定法. *広大歯誌* 13: 128-134 1981.
- 43) 北村勝也, 谷口邦久, 他: 唾石の走査電顕による観察. *口科誌* 32: 279-290 1983.
- 44) 高添一郎: 口腔内好気性 *Leptotrichia* の菌体内石灰化に関する研究. *歯科学報* 61: 394-400 1961.
- 45) 赤羽章司, 中村 武, 他: 唾石内線状菌の生物学的性状とその石灰化能 (抄). *口科誌* 36: 906 1987.
- 46) 新藤潤一, 笹倉真理, 他: 蜂巢状構造を示した2例の放線菌菌塊について—症例報告と病理組織学的検討—. *口科誌* 36: 535-540 1986.
- 47) 岡田充弘: 生体内結石のX線回折 (第3報) 歯石の実験的研究. *日口外誌* 9: 10-13 1963.

写真 1 唾石表面形態の SEM 所見

- a. 岩様構造領域 (×40) b. 岩様構造領域 (×600)
 c. 多角形の構造物が密に集合している領域 (×300) d. 多角形の構造物が密に集合している領域 (×10,000)
 e. 細顆粒状構造物の散在している領域 (×600) f. 細顆粒状構造物の散在している領域 (×6,000)

写真 2 胆石表面形態の SEM 所見

- a. 板状構造物の集積している所見 (×600) b. 板状構造物が重積している所見 (×3,000)
 c. 類球形構造物の存在する領域 (×1,000) d. 類球形構造物の存在する領域 (×6,000)

写真3 腎石表面形態の SEM 所見

- a. 多面体結晶が集積している所見 (×300) b. 多面体結晶中に一部板状結晶の認められる所見 (×100)
c. 多面体結晶 強拡大 (×1,000) d. 多面体結晶 強拡大 (×3,000)

写真4 導管内唾石割断面の CMA 所見
唾石のほぼ中央に1つの核が存在した例
a. Ca 分布 b. P 分布 c. M-map

写真5 導管内唾石割断面の CMA 所見
唾石中に2つの核が存在した例
a. Ca 分布 b. P 分布 c. M-map

写真 6 層状構造領域の CMA 所見
a. Ca 分布 b. P 分布 c. M-map

写真 7 層状構造領域の SEM 所見
a. 割断研磨面 (×100) b. 自然割断面 (×1,000)

写真 8 微小核が存在した唾石の核領域の CMA 所見
a. Ca 分布 b. P 分布 c. M-map d. シェーマ

写真 9 微小核領域の CMA 所見
a. Ca 分布 b. P 分布 c. M-map

写真 10 微小核領域の SEM 所見
a. 類円形から多角型を示す構造物が蜂巢状に集積している所見 ($\times 3,000$)
b. 類円形から多角型を示す構造物が蜂巢状に集積している所見 ($\times 2,000$)
c. 類円形を示す構造物辺縁の強拡大 ($\times 20,000$)

写真 11 核領域の無構造であった唾石の核領域の CMA 所見
a. Ca 分布
b. P 分布
c. M-map

写真 12 核領域の無構造であった唾石の核領域の SEM 所見 (×40)

写真 14 腺体内唾石断面の SEM 所見 (×40)

写真 13 腺体内唾石断面の CMA 所見
a. Ca 分布
b. P 分布
c. M-map

写真 15 胆石断面の CMA 所見
a. Ca 分布
b. P 分布

写真 16 胆石断面の Line Program 所見

写真 17 胆石断面の SEM 所見, 特性X線像, Line Profile

- a. 断面辺縁付近の SEM 所見 ($\times 60$) b. 貝殻状構造物の SEM 所見 ($\times 2,000$)
 c. 貝殻状構造物の Ca 分布の特性X線像 d. 貝殻状構造物の P 分布の特性X線像
 e. 貝殻状構造物の Line Profile (Ca) f. 貝殻状構造物の Line Profile (P)

写真 18 腎石断面の CMA 所見

- a. Ca 分布
- b. P 分布
- c. M-map

写真 19 腎石断面の SEM 所見

- a. 腎石断面の SEM 所見 弱拡大 (×40)
- b. 腎石断面の SEM 所見 強拡大 (×3,000)