原 著

ヒト永久歯セメント質フッ素濃度分布と組織構造との関係

Relationship between Fluoride Distribution and Histological Structure of Permanent Human Cementum*

河 合 圭 子**

Keiko KAWAI**

Received December 22, 1986; accepted March 30, 1987

Abstract: The relationship between fluoride distribution and histological structure of human cementum was studied.

The materials used were cementum of the root apex of thirty canine teeth which were extracted from nine subjects averaging 55.9 years of age.

Distribution of fluoride in cementum was obtained from ground cementum specimens through the abrasive micro-sampling method (Weatherell, et al., 1985). Histological findings were obtained from microscopic observation of specimens without stain and with hematoxylin stain.

X-ray micro-analysis on the specimens indicated that the phosphorus concentration was constant at approximately 12.2% in all specimens, regardless of depth or structure of the cementum. This phosphorus concentration was used to calculate the mass of each specimen.

The graphs of fluoride distribution were superimposed on the photographs of the magnified image of histological structure of cementum.

The results and conclusion were as follows:

1. Each individual had approximately the same distribution of fluoride concentration in all his canines, which means that each subject has his own characteristic pattern of fluoride distribution.
2. Fluoride concentration was high in the acellular cementum and was low in the cellular cementum.
3. Fluoride concentration was relatively high on "the incremental lines" but it was relatively low between the lines.
4. There was a close relationship between the pattern of fluoride distribution and histological structure of the cementum within each individual.

索引用語: フッ素, セメント質, 非露出セメント質, 組織

Key words: Fluoride, Cementum, Unexposed cementum, Histology

* 本論文の要旨は第28回歯科基礎医学会総会(1986. 9. 14. 東京)で発表した。

** 愛知学院大学歯学部口腔衛生学教室(主任指導: 神原悠紀田郎教授)

** *Department of Preventive Dentistry and Dental Public Health, School of Dentistry, Aichi-Gakuin University (Head and Director: Prof. Yukitarou SAKAKIBARA)*

緒 言

ヒト生体組織中で、フッ素濃度がもっとも高い部位はセメント質であることを、すでに Yoon ら (1960)¹⁾ や Singer と Armstrong (1962)²⁾ が報告している。しかし、セメント質におけるフッ素濃度分布が、どのような状態であるかについては最近まで知られていなかった。

Weatherell ら (1985)³⁾ が開発した abrasive micro-sampling 法による、ヒトセメント質のフッ素濃度分布について詳細な分析結果が、Nakagaki ら (1985)⁴⁾、村上 (1986)⁵⁾、小山 (1986)⁶⁾ によって報告されている。それによると、ヒトセメント質のフッ素濃度は、表層部もしくは表層下でもっとも高いこと、同一歯のセメント質におけるフッ素濃度分布の状態 (パターン) は、根尖部、歯根中央部、歯頸部においても、または、近心側、遠心側、頰側、および舌側など、どの部位においてもその分布が類似していることが明かとなった。また、同一口腔 (個体) 内の歯は、一般に類似したフッ素濃度分布を示すこと、即ち、個体によって分布パターンがあることが明かにされた。

しかし、そのフッ素濃度分布パターンが、どのような機構によって生ずるかについては不明である。

そこで著者はその機構を探索する一つとして、ヒト永久歯 (犬歯) を用いて、セメント質のフッ素濃度分布プロファイルとその組織構造との関連性について検討した。

材料および方法

1. ヒト永久歯セメント質

本実験に用いたセメント質は、40歳、50歳、50歳、55歳、59歳、63歳、64歳の男性7名、55歳、67歳の女性2名、計9名 (平均年齢55.9歳) から得られた上下顎左右側犬歯、30歯より採取されたものであった。対象者の内訳は、同一個体で上下顎左右側4犬歯のもの5名、3犬歯2名、2犬歯2名であった。本実験に用いた全てのセメント質は、健全で口腔内に露出していなかったいわゆる非露出セメント質で、犬歯の近心歯根面の根尖から5mm以内のものを試料とした。

2. 試料の作製

歯に付着していた軟組織を除去した後、硬組織切断機 (マルトースライサー MC-501, マルトー社製) を用いて各歯の近心面中央部を歯の長軸を基準とし、近遠心方向に縦断し、約200 μ m の切片を2枚作製した。中央の切片をフッ素濃度の測定に用い、他の切片をヘマトキシ

リン染色後に組織構造の観察に用いた。また、切片を作製した残りの歯根部の中央切片に隣接する切断面をX線マイクロアナライザーによるリン濃度の測定に用いた。

3. 組織の観察

約200 μ m に切断した2枚のうちの1枚の切片を、砥石で研磨し約100 μ m の厚さにした後、ヘマトキシリン単染色を行った。染色された切片を、100倍率と200倍率の顕微鏡下 (MODEL PM-10-A, オリンパス社製) で観察し、写真撮影 (ネオパン SS, 富士写真フィルム社製) を行った。

フッ素測定に用いる他方の1枚の切片については、根尖より5mm 以内の近心側セメント質の表面が平坦である部分を、実体顕微鏡下で外科用メスを用いて上下2本の線 (印) を約1mm 幅でつけた。この印が付いた部位を中心に、組織像を100倍率、200倍率の顕微鏡下で観察し、同様に写真撮影を行った。

4. X線マイクロアナライザーによるリン濃度分析

リン濃度を分析する切断歯を、直径1インチの埋込リング内にエポキシ樹脂 (試料埋込用樹脂27-770, 笠井社製) を用いて包埋し、エポキシ樹脂の重合を確認後、アルミナ (アルミナ懸吊液C: 1 μ m, A: 0.3 μ m) を用いて回転砥石上で表面を研磨し、カーボン蒸着を行った。この試料について、X線マイクロアナライザー (JCMC733型, 日本電子社製) により、リン元素の半定量分析を行ないリンの重量%を求めた。そのとき本体に付属したコンピューター (Tracer Northern TN2000) を利用してエネルギー分散 (E. D. S.) の数値を得た。その操作条件は、加速電圧15kv, 電流 2.0×10^{-9} A であった。リン濃度分析の部位は、フッ素測定をする部位に可及的に接近する部位を選んだ。リン濃度分析は、20 μ m $\times$ 20 μ m の面積を1単位として、セメント質表層よりゾウゲ・セメント境 (以下 DCJ と記す) まで行った。

5. セメント質試料の研削と試料分画の採取

セメント質試料の研削と試料の採取は、abrasive micro-sampling法に改良を加えた Nakagaki ら (1985)⁴⁾ の方法に準じて行った (Fig. 1)。スライドガラス上に両面接着テープで接着させた切片を、事前にメスで印をつけた部位で実体顕微鏡下にて、薄いダイヤモンドディスク (86XXSI, Horiko 社製) を用いて切断し、微小歯片 (約1000 μ m $\times$ 200 μ m) を作製した。その微小歯片の DCJ 側を Mikrokator (C. E. Johanson 社製, Sweden) のロッド先端に接着剤 (クイックボンド5, 小西六社製) を用い、セメント質表面と DCJ がロッドの長軸と垂直になるように固定した。

Fig. 1 Experimental procedure

次に、その微小歯片をロッドに固定し、ラッピングフィルム (#1000, 3M 社製, U.S.A.) をストリップ状に切断したもので、各試料を 20 μm ずつの間隔で研削し、粉末試料を得た。

このラッピングフィルム上の粉末試料からミネラル成分を除去するために、マイクロピペットを用いて 1M 過塩素酸溶液を 3 μl 滴下して溶解させ、キャップ付きの 0.1 ml ポリエチレンカプセル (Taab Laboratories 社製, UK) 内にその溶液を吸引した。その後、ラッピングフィルム上の残留試料を回収するために、1M 酢酸ナトリウム緩衝液 4 μl をマイクロピペットで滴下することにより洗浄し、同じカプセル内に吸引させた。これを 3 回行い合計約 15 μl の試料溶液を回収した。

6. セメント質試料中のリン量およびフッ素量の定量

試料中のリンの定量は、試料溶液のうち 4 μl を使用し、Chen ら (1956)⁷⁾ の比色法を用いて行った。フッ素の定量については、残りの試料を用いて Hallsworth ら (1976)⁹⁾ のフッ素イオン電極法によって行った。

7. セメント質試料中のフッ素濃度の算出と表現法

フッ素濃度は、セメント質のリン濃度が 12.2% であるという Lazzari (1968)⁹⁾ の報告に従って、フッ素濃度 (ppm) を算出した。算出されたフッ素濃度に関し、縦軸にフッ素濃度 500 ppm をグラフ上 10 mm の割合で、横

Fig. 2 Total fluoride, average fluoride and maximum fluoride

Total fluoride: equal to the area under the distribution curve

Average fluoride: the quotient of the Total fluoride divided by the thickness of the cementum

Maximum fluoride: the highest concentration throughout the distribution curve.

軸にセメント質表層から DCJ までの距離 100 μm をグラフ上 10 mm の割合で表し、フッ素濃度分布プロファイルを描いた。

フッ素濃度やフッ素量の表現は、Nakagaki ら (1985)⁴⁾ に準じ、総フッ素量 (Total Fluoride)、平均フッ素濃度 (Average Fluoride)、最高フッ素濃度 (Maximum Fluoride) という指標を用いて行った。

総フッ素量は、対象者が生涯にわたって取り込みまた消失したフッ素の現在の量を示すもので、フッ素濃度プロファイル下の面積 (mm²) で表現したものである。平均フッ素濃度は、微小歯片 1 μm 幅あたりの平均フッ素濃度を示すもので、総フッ素量を試料の厚さ (セメント質表層より DCJ までの距離) で除した値で表される。また、最高フッ素濃度は、各試料分画中で測定されたフッ素濃度の最高値を表している。以上 3 者を図で示すと Fig. 2 のようになる。

結 果

1. X線マイクロアナライザーによるセメント質リン濃度の分布

X線マイクロアナライザーのエネルギー分散によって分析したリン濃度は、セメント質表層より DCJ までほぼ一定の値を示し、30 歯各々全てが約 12.2 重量%であっ

Fig. 3 Phosphorus distribution of cementum in four canines from a 55-year-old female

た。Fig.3は、55歳の女性の場合を一例として示した。縦軸は重量パーセント (WT%)、横軸はセメント質表層より DCJ までの距離 (μm) である。

2. セメント質のフッ素濃度分布プロファイル、総フッ素量、平均フッ素濃度および最高フッ素濃度

1) フッ素濃度分布プロファイル

30歯全てのフッ素濃度分布プロファイルについて、縦軸にフッ素濃度 (ppm) を、横軸にセメント質表層より DCJ までの距離 (μm) をグラフに表した。そのプロファイルの形態を比較すると、上下顎左右側歯間のフッ素濃度分布が、個体毎に類似していた。すなわち、“個体のパターン”があった。また、フッ素濃度は、セメント質表層もしくは表層下でもっとも高い値を示した。

55歳女性、63歳男性、40歳男性の3名の対象者についてフッ素濃度分布プロファイルをそれぞれ Fig. 4, Fig. 5 および Fig. 6に例として示す。すなわち、Fig. 4の55歳の女性はいずれの歯も表層下 (3)は30 μm 、3は110 μm 、3|3は50 μm) がもっともフッ素濃度が高く、深層にかけて急激に減少し、再び約200 μm のところでピークが存在し、以後しだいに減少し、DCJ 直前でやや高まるパターンを示した。

Fig. 5 の63歳の男性では、表層から急激に増加し約100 μm のところで約2,500から3,000ppm の大きなピークを示し、以後深層にかけて急激に減少し、約350 μm のところで小さなピークを示して DCJ へ達している。この変化は、4歯ともほぼ共通して見られた。Fig. 6の40歳の男性では、表層より50 μm のところでピークを示し、以後急激に減少し、深層150 μm 以降横ばいとなって DCJ に達している。ただし、3は横ばい部がなかった。

2) 総フッ素量

総フッ素量を表す濃度プロファイル下の面積 (mm^2) を縦軸に、年齢 (年) を横軸にとってグラフに表したも

のが Fig. 7である。楕円で囲まれた部分は同一個体であることを示し、歯の番号は FDI 方式で表示した。そのグラフより、年齢が増すごとに総フッ素量も増加する傾向を示すとともに、同一個体では、上下顎左右各犬歯の総フッ素量が類似していることが見られた。

3) 平均フッ素濃度

平均フッ素濃度 (ppm) を縦軸に、年齢 (年) を横軸にとって、上記の総フッ素量と同様にグラフに表したものが Fig. 8である。同一個体では、各犬歯ともほぼ類似した値を示した。これは、総フッ素量よりも類似性が一層明瞭であった。年齢によるその変化は、他の2つの指標にくらべ僅かに差が見られた。

4) 最高フッ素濃度

30歯全ての最高フッ素濃度を、平均フッ素濃度と同様にグラフに表したものが Fig. 9である。年齢が増すごとにフッ素濃度 (ppm) も増加するとともに、同一個体内では、各歯とも最高フッ素濃度がほぼ同じ値を示した。

3. セメント質の組織構造所見

セメント細胞が殆ど認められない、秋吉 (1962)¹⁰⁾ の分類でいう線維細胞セメント質は、一般に表層側半部にあり、無線維多細胞セメント質は、深層側半部にある傾向が見られた。しかし、細部をさらに詳しく観察すると、表層側半部でも僅かに細胞が認められたり、深層側半部でも細胞が殆ど認められない歯もあった。

歯によってセメント質の厚さがやや異なるものも存在したが、同一個体内では、細胞が多い無線維多細胞セメント質と細胞が少ない線維細胞セメント質の分布がよく類似していた (Fig. 4, 5, 6)。

4. セメント質のフッ素濃度分布と組織所見

すでに述べたように、フッ素濃度分布および組織所見の両者において、同一個体の歯では類似性が認められた。即ち、“個体のパターン”が認められた。

フッ素濃度分布プロファイルと組織像とを重ね合わせてみると、フッ素濃度は、細胞が殆どない線維細胞セメント質で高く、細胞の多い無線維多細胞セメント質で低いという関係が一般に認められた。

また、無線維多細胞セメント質でも、比較的細胞の少ない成長線を示す部分では、フッ素濃度が高くなる傾向も認められた。

上記のフッ素濃度分布プロファイルの項で述べたように、Fig. 4は55歳女性、Fig. 5は63歳男性、Fig. 6は40歳男性におけるフッ素濃度分布プロファイルと組織像を重ね合わせたものである。表層のフッ素濃度は一般に表層下より低い傾向があった。

Fig. 4 Fluoride distribution and histological structure of cementum of four canines from a 55-year-old female

Fig. 5 Fluoride distribution and histological structure of cementum of four canines from a 63-year-old male

upper right canine (3)

upper left canine (3)

lower left canine (3)

Fig. 6 Fluoride distribution and histological structure of cementum of three canines from a 40-year-old male

Fig. 7 Total fluoride varied with age in the canines of each subject (Tooth numbers are shown by FDI numbering.)

Fig. 8 Average concentration of fluoride varied with age in the canines of each subject (Tooth numbers are shown by FDI numbering.)

Fig. 9 Maximum concentration of fluoride varied with age in the canines of each subject (Tooth numbers are shown by FDI numbering.)

55歳女性 (Fig. 4) では、4犬歯ともセメント質の厚さはほぼ同一であり、フッ素濃度分布は、セメント質表層下でもっとも高く、その後 DCJ に至るまで、高低を

upper right canine (3)

lower right canine (3)

Fig. 10 Fluoride distribution and histological structure stained with hematoxylin (A 67-year-old female)

くり返ししながら減少をした。表層側半部でセメント細胞の少ない部位、特に成長線ではフッ素濃度が高く、セメント細胞の多い部位では低いフッ素濃度を示した。

63歳男性 (Fig. 5) では、上顎右側犬歯を除き、他の3犬歯はフッ素濃度分布状態に特徴がみられた。すなわち、セメント質表層下で最高フッ素濃度を示し、その後急激に減少し DCJ に至った。一方、フッ素濃度とセメント細胞数の関係では、セメント細胞が増加するにつれて、フッ素濃度が減少していた。

40歳男性 (Fig. 6) では、両側の犬歯は非常に似たフッ素濃度分布状態を示し、セメント質表層下で最高フッ素濃度に達した後、セメント細胞が多数存在する層になると急激にフッ素濃度が減少していた。一方、下顎では左側犬歯はセメント質の厚さが薄く、急激にフッ素濃度が減少した。

Fig. 10 は67歳女性についてヘマトキシリン染色した組織像にフッ素濃度分布プロファイルを重ね合わせたものである。成長線で高く、その間の部位では低いという関連性が認められた。

考 察

1. 材料および方法

1) 本研究に用いたセメント質材料

本研究には40歳から67歳まで (平均55.9歳) の9名より抜去した上下顎左右側犬歯30歯を用いた。永久犬歯を選んだ理由は、歯の残存率が高く、比較的セメント質が厚く、そのため abrasive micro-sampling 法での試料分画が多くとれ、詳細な分布を得るのに適し、組織学的検索を容易にするためであった。試料は全て根尖より5

mm 以内の部位より採取し、口腔からの諸々の影響を受けていない部位を選んだ。

フッ化物歴については、対象者が比較的高齢であり、対象者の成長期の時代には、フッ素の局所塗布法は一般的ではなく、対象者がその影響を受けていた可能性は少ないと考えられる。なお、対象者が、高濃度のフッ化物含有の天然水飲用地域に居住していたかどうかは、不明であった。

2) Abrasive micro-sampling 法とフッ素濃度の算出法

Weatherell ら (1985)⁹⁾ が開発した abrasive micro-sampling 法は、Mikrokator を使用する分画法であるため、表層より一定の深さを正確に知ることができ、表層より内層にかけて詳細な濃度分布を得ることが可能である。

一方、セメント質中のフッ素濃度を算出するためには、試料組織の総重量を知る必要があった。そこで、X線マイクロアナライザーで、30歯につきフッ素濃度分布測定に用いた切片と隣接する試料を用い、フッ素濃度測定部位と同様の部位でリン濃度を分析した。その結果、表層からDCJにかけてほとんど均一な濃度分布が見られた。したがって、リン濃度を12.2%として、試料の総重量を求め、それによりセメント質中のフッ素濃度を計算しても問題ないと考えられた。なお、リン濃度分布がセメント質中で均一であるという報告は、Selvig と Selvig (1962)¹¹⁾、Nakataら (1972)¹²⁾、Hals と Selvig (1977)¹³⁾、Tödal と Hals (1985)¹⁴⁾、Lazzari (1968)⁹⁾ も報告している。しかしながら、上記のリン濃度に関する報告は、その測定部位の間隔が広く、そのため算出されたフッ素濃度は、正確さに欠けるところがあった。そこで本研究においては、abrasive micro-sampling 法の微細分画術式とあいまって、リン濃度分析を詳細かつ正確に行うことができ、従って、フッ素濃度算出もより正確なものとなっていたと考えられる。

2. 本研究に用いたセメント質の名称

セメント質の組織構造についてはいろいろな名称が用いられているが、ここでは秋吉 (1962)¹⁰⁾ の分類を用いて次のように分類した。

1) 原生 (第一) セメント質 primary cementum もしくは無細胞セメント質 acellular cementum: 歯根の形成や歯の萌出に伴って形成し、歯頸側¹⁾/sを被う。

2) 第二セメント質 secondary cementum もしくは有細胞セメント質 cellular cementum: 歯の萌出後および機能的な要求に対する反応として形成し、根尖側²⁾/sを被う。また第二セメント質 (有細胞セメント質) を

秋吉 (1962)¹⁰⁾ に従って、さらに次の2つに分けた。

a) 線維細胞セメント質

ヘマトキシリンに染色する線維膜様が見え、少数のセメント細胞の封入がある。

b) 無線維多細胞セメント質

エオジンに染まり、多数のセメント細胞を有するもの。本研究のセメント質試料は40歳以上の高齢者対象のものであり、根尖より5mm以内のものである。そこで本研究では秋吉 (1962)¹⁰⁾ に従って、細胞を含むセメント質を無線維多細胞セメント質、細胞をほとんど含まないセメント質を線維細胞セメント質とよぶことにした。また、第二セメント質の中には成長線が認められた。

3. セメント質中のフッ素濃度分布

1) フッ素濃度分布パターン

セメント質はヒトの生体組織中でもっともフッ素濃度が高いことは、Yoon ら (1960)¹⁾、Singer と Armstrong (1962)²⁾ の報告によって明らかとなったが、セメント質中でのフッ素濃度分布については殆ど知られていなかった。最近になって Nakagaki ら (1985)⁴⁾、村上 (1986)⁵⁾、小山 (1986)⁶⁾ の研究によって、同一歯ではほぼ同じ分布を示すこと、個体によってその分布パターンに特徴があることが明らかにされた。

本研究において、同一個体の上下顎左右側犬歯が、ほぼ同じフッ素濃度分布パターンを示したことは、彼らの報告を支持するものである。

2) 総フッ素量、平均フッ素濃度および最高フッ素濃度
本研究による総フッ素量、平均フッ素濃度および最高フッ素濃度は、同一個体でよく類似して、年齢とともに増加したことは、やはり Nakagaki ら (1985)⁴⁾、村上 (1986)⁵⁾、小山 (1986)⁶⁾ の結果と一致した。

4. セメント質におけるフッ素濃度分布と組織構造所見

1) 線維細胞セメント質および無線維多細胞セメント質とフッ素濃度分布

すでに述べたように、セメント質のフッ素濃度は、表層下もしくは表層で高く、深層にいくにしたがって減少すること、同一歯のどの部位のセメント質においてもほぼ同じ分布をすること (Nakagaki ら (1985)⁴⁾)、さらに同一口腔内の歯はほぼ同じ分布パターンがあること (村上 (1986)⁵⁾) が、明かにされた。

そこで今回、その組織構造との関連性を検討した結果、同一個体では、フッ素濃度分布パターンは類似しており、線維細胞セメント質ではフッ素濃度が高く、無線維多細胞セメント質で低いという傾向が認められた。ま

た成長線ではフッ素濃度が高く、その間の部位では低いという傾向がみられた。

線維細胞セメント質が無線維多細胞セメント質にくらべてフッ素濃度が高かった理由として、次のようなことが考えられる。すなわち、線維細胞セメント質は、無線維多細胞セメント質と比較して ①石灰化がよいこと ②形成速度が遅いこと ③結晶が小さいこと ④非固有線維（シャーピー線維）の石灰化がよいこと ⑤歯根表面からのフッ素の取り込みが大であることなどである。すなわち、藤井（1969）^{15）} は、線維細胞セメント質のほうが無線維多細胞セメント質より石灰化がよいと述べている。したがってフッ素は、石灰化のよい方へ沈着する性質がある（Weatherell と Robinson（1982）^{16）}）ため、前者に高くなる傾向があると考えられる。Mjör と Pindborg（1975）^{17）} は、線維細胞セメント質が、無線維多細胞セメント質にくらべて形成が遅いと述べている。このことから、成長線は、形成速度が遅いと推察される。したがって、エナメル質や象牙質も含めてすでに述べられているように（Jackson と Weidmann（1959）^{18）}、杉本（1981）^{19）}、Nakagaki ら（1985）^{4）}、村上（1986）^{5）}、小山（1986）^{6）}）、ゆっくり形成されることによって相対的にフッ素のとりこみが多くなり、フッ素濃度が高くなったと考えられる。Selvig（1965）^{20）} は、セメント質表層（最表層 5 μm を除く）は、深層に比べてその結晶が小さいと報告している。したがって線維細胞セメント質は、フッ素のとりこみが大であることが十分考えられる。Awazawa（1963）^{21）} はセメント小腔の壁で石灰化が良いと述べている。また須田ら（1985）^{22）} によると、無線維多細胞セメント質中の非固有線維（シャーピー線維）は周辺部のみが石灰化が低いと述べている。したがって無線維多細胞セメント質でのフッ素の沈着は、やはり少なくなるものと考えられる。Nakagaki ら（1985）^{4）} は、フッ素濃度分布パターンは年齢によっても変わらないが、表層からのとりこみによって高齢者のフッ素レベルは高くなり、とくに表層で著明であると述べている。したがってセメント質表層部、すなわち線維細胞セメント質ではフッ素のとりこみが大であると考えられる。

以上述べたような諸因子によって、線維細胞セメント質中のフッ素濃度は、無線維多細胞セメント質より高くなっていると考察される。

2) 成長線とフッ素濃度

線維細胞セメント質および無線維多細胞セメント質いずれにおいても、成長が一時的に休止する成長線（Mjör と Pindborg（1975）^{17）}）が認められる。Mjör と Pind-

borg（1975）^{17）} によると無機質が多く、コラーゲン線維が少ないと言われている。したがってこの部位では、フッ素が多いと考えられる。また、すでに形成速度との関係で考察したように、ゆっくり形成されたものは相対的にフッ素濃度が高くなる（Jackson と Weidmann（1959）^{18）}、杉本（1981）^{19）}、Nakagaki ら（1985）^{4）}、村上（1986）^{5）}、小山（1986）^{6）}）。以上のことから成長線はフッ素濃度が高く、その間の部位は低い傾向にあったと考えられる。

3) 最表層のフッ素濃度分布と組織構造

上記のように、フッ素濃度分布と組織構造は密接な関係にあったが、厳密にみると、最表層では線維細胞セメント質であるのにフッ素濃度が低いという傾向にあった。この理由として次のようなことが考えられる。すなわち、セメント質表層では、比較的石灰化が不良のセメント前質が存在している可能性があること（酒井（1969）^{23）}）、および結晶が未熟であったりさらに結晶が大きかったり（Selvig（1965）^{20）}）することなどの理由で、フッ素の沈着が少なかったものと考えられる。

4) 同一個体におけるフッ素濃度と組織構造のパターン

結果は、同一個体ではその線維および無線維多細胞セメント質の組織中の濃度分布が類似していた。

藤田（1957）^{24）} は、セメント質がつくられるときの個体の全身的、局所的条件によってセメント質の組織構造が多彩性となると述べている。また、歯根に作用する刺激の量と回数によっても第二セメント質（有細胞セメント質）の構造が左右されると述べている。Jenkins（1981）^{25）} も咬合のストレスによりセメント質の量、配列に影響すると述べている。須田ら（1985）^{22）} も PTH などのホルモン変化によってセメント細胞によるセメント溶解などが生ずると述べている。これらは、個体のある時点での条件が同一口腔内の全歯のセメント質組織構造への影響が同様に及ぼされる可能性があることを示している。

一方、フッ素濃度分布も、同一個体内では上下顎左右側犬歯とも同じ分布を示していたことと組織構造と密接な関係があったことを考え合わせると、結局フッ素濃度分布パターンは、組織構造パターンと一致していると考えられる。

まとめ

ヒトセメント質フッ素濃度分布パターンが生じる機構を解明するために、9名の対象（平均年齢55.9歳）より得られた上下顎左右側犬歯30歯の根尖側5mm以内の

セメント質を試料とし、厚さ200 μ mの切片を作製した。その200 μ mの無染色切片および厚さ100 μ mに研磨したヘマトキシリン染色切片を観察して組織学的検索を行った。一方、X線マイクロアナライザーにてセメント質中のリン濃度を分析した。また、Weatherellらのabrasive micro-sampling法を用いて分画試料よりフッ素の定量を行った。その定量値と、リン濃度分析より求められた試料重量からフッ素濃度を算出した。ここで得られたフッ素濃度プロファイルと組織像とを重ね合わせ検討した。

その結果、次のような結論を得た。

- 1) 同一個体のフッ素濃度分布は類似しており、個人パターンが認められるという報告を支持する。
- 2) 線維細胞セメント質はフッ素濃度が高く、無線維多細胞セメント質は低かった。
- 3) 成長線はフッ素濃度が高く、一方成長線の間の部位はそれが低かった。
- 4) 同一個体のヒトセメント質フッ素濃度分布パターンは、同一個体のセメント質の組織構造パターンを反映していた。

謝辞：稿を終るにあたり、終始御指導および御校閱を頂きました榊原悠紀田郎教授に深謝致します。

また、御校閱を頂きました本学第一解剖学教室酒井琢朗教授および本学学生化学教室早川太郎教授に謝意を表します。

実験に際し、御教示頂きました中垣晴男助教授および本学第一解剖学教室大野紀和助教授に感謝致します。

さらに、あたたかいご援助を頂きました村上多恵子講師はじめ口腔衛生学教室各位およびX.M.A.室 出石豊彦氏、水本朱美氏に御礼申し上げます。

文 献

- 1) Yoon, S. H., Brudevold, F., Gardner, D. E. and Smith, F. A.: Distribution of fluoride in teeth from areas with different levels of fluoride in the water supply, *J. Dent. Res.*, **39**; 845-856, 1960.
- 2) Singer, L. and Armstrong, W. D.: Comparison of fluoride contents of human dental and skeletal tissues, *J. Dent. Res.*, **41**(1); 154-157, 1962.
- 3) Weatherell, J. A., Robinson, C., Strong, M. and Nakagaki, H.: Microsampling by abrasion, *Caries Res.*, **19**; 97-102, 1985.
- 4) Nakagaki, H., Weatherell, J. A., Strong, M. and Robinson, C.: Distribution of fluoride in human cementum, *Archs oral Biol.*, **30**; 101-104, 1985.
- 5) 村上多恵子：ヒトセメント質のフッ素濃度分布第2編5個体についての検討, *口腔衛会誌*, **36**; 264-275, 1986.
- 6) 小山芳和：エナメル質、象牙質およびセメント質におけるフッ素濃度分布, *口腔衛会誌*, **36**; 276-289, 1986.
- 7) Chen, P. S., Toribara, T. Y. and Warner, H.: Microdetermination of phosphorus, *Anal. Chem.*, **28** 11; 1756-1758, 1956.
- 8) Hallsworth, A. S., Weatherell, J. A. and Deutsch, D.: Determination of subnanogram amounts of fluoride with the fluoride electrode, *Anal. Chem.*, **48**(12); 1660-1664, 1976.
- 9) Lazzari, E. P.: Dental biochemistry, Lea & Febiger, Philadelphia, 1968, p. 6-7.
- 10) 秋吉正豊：歯周組織の構造と病理, 医歯薬出版(東京), 1962. p. 42-53.
- 11) Selvig, K. A. and Selvig, S. K.: Mineral content of human and seal cementum, *J. D. Res.*, **41**; 624-632, 1962.
- 12) Nakata, T. M., Stepnick, R. J. and Zipkin, I.: Chemistry of human dental cementum: The effect of age and fluoride exposure on the concentration of ash, fluoride, calcium, phosphorus and magnesium, *J. Periodontol.*, **43**; 115-124, 1972.
- 13) Hals, E. and Selvig, K. A.: Correlated electron probe microanalysis and microradiography of carious and normal dental cementum, *Caries Res.*, **11**; 62-75, 1977.
- 14) Tödal, B. and Hals, E.: Electron probe study of human and red deer cementum and root dentin, *Scand. J. Dent. Res.*, **93**; 4-12, 1985.
- 15) 藤井仁毅：セメント質の石灰化像, *歯学*, **57**; 570-592, 1969.
- 16) Weatherell, J. A. and Robinson, C.: Action of trace elements in the mineralization of hard tissues, *Proc. Finn. Dent. Soc.*, **78**; 81-92, 1982.
- 17) Mjör, I. A. and Pindborg, J. J. (久米川正好ら訳)：人の歯の組織学 第6章セメント質, 書林(東京), 1975. p. 101-123.
- 18) Jackson, D. and Weidmann, S. M.: The relationship between age and the fluoride content of human dentine and enamel: A regional survey, *Brit. Dent. J.*, **107**; 303-306, 1959.
- 19) 杉本めぐみ：ヒトの象牙質内のフッ素とマグネシウム分布のX線マイクロアナライザーによる観察, *歯基礎誌*, **23**; 790-808, 1981.
- 20) Selvig, K. A.: The fine structure of human

- cementum, *Act. Odont. Scand.*, **23** ; 423-441, 1965.
- 21) Awazawa, Y.: Electron microscopy of human cementum, *J. Nihon Univ. Sch. Dent.* **5** ; 127-137, 1963.
- 22) 須田立雄, 小澤英浩, 高橋栄明: 骨の科学, 医歯薬出版 (東京), 1985, p. 102-105.
- 23) 酒井琢朗: 解剖 / 3 ; 医歯薬出版 (東京), 1969. p. 118-122.
- 24) 藤田恒太郎: 歯の組織学, 医歯薬出版 (東京), 1957, p. 133-146.
- 25) Jenkins, J. N. (河村洋二郎監訳): 口腔の生理, 生化学, 医歯薬出版 (東京), 1981. p. 138-139.