原 著

天然フッ素地区ならびに非フッ素地区の小児 (4~5歳および14~15歳)のプラーク中 フッ素濃度の測定

Determination of Fluoride Concentration in Dental Plaque
Obtained from Children Aged 4~5 yr and 14~15 yr in
Natural Fluoride and Non-fluoride Areas

長 田 齊* 飯 島 洋 一** 片 山 剛

Hitoshi OSADA*, Youichi IJIMA** and Tsuyoshi KATAYAMA

Received April 19, 1989; accepted September 26, 1989

Abstract: Total fluoride (F) concentrations in dental plaque obtained from children aged 4-5yr and 14-15yr in F area (0.3-1.8ppm F in natural drinking water) and non F area (under 0.1ppm F) were determined by the AIF molecular absorption spectrometry. The logarithmic normal distribution was showed in F concentration of dental plaque. The geometric means of F concentration in plaque obtained from the non F area were 25.7ppm (4-5yr) and 18.1ppm (14-15yr) as dry weight. The contents of plaque in F area, contrary, were significantly higher than those in non F area (4-5yr: 54.4ppm, 14-15yr: 24.3ppm).

The plaque F from 4-5yr group was significantly higher than that from 14-15yr group in both areas. A possible explanation for the different levels of F in dental plaque from two age groups might be due to the difference of plaque quality such as plaque age.

The present experiments confirmed the higher levels of F in dental plaque were acquired from naturally fluoridated drinking water.

索引用語: フッ素, プラーク, 天然フッ素地区, AIF 分子吸光法

Key words: Fluoride, Dental plaque, Natural Fluoride area, AIF molecular absorption spectrometry

---

岩手医科大学歯学部口腔衛生学講座 (主任: 片山 剛教授)

Department of Preventive Dentistry, Iwate Medical University School of Dentistry (Director: Prof. Tsuyoshi KATAYAMA)

* 現所属: 東京都大田区衛生部

* *Present adress: Department of Health, Ota Borough Office of Tokyo*

** 現所属: 長崎大学歯学部予防歯科学教室 (主任: 高木興氏教授)

** *Present adress: Department of Preventive Dentistry, Nagasaki University School of Dentistry (Director: Prof. Okiuji TAKAGI)*

緒 言

Hardwick と Leach¹⁾が1963年にブラーク中のフッ素(以下、F)を個人別に測定する試みを報告して以来、同じ目的で多くの研究者が様々な方法により定量を試みている。しかし、微量かつ低濃度のブラーク中の総F量を測定することの難しさが指摘されており²⁾、このため、ブラーク中のF濃度のレベルや分布、あるいはブラークF濃度に影響する因子などについては、不明な点が未だ多く残されている。著者らは前報³⁾において、AlF分子吸光法によるブラーク中の総F定量法を検討し、同法が微量かつ低濃度のブラークFの測定に適した方法であることを報告した。本報告では、飲料水中に天然のFを含む地区および含まない地区で採取したブラーク中の総F量をAlF分子吸光法により個人別に測定し、それぞれの群のブラーク中F濃度の分布ならびに濃度に影響する因子についての解析を試みた。

材料および方法

1. ブラークの採取対象者

本研究に供試したブラークは、飲料水中F濃度が0.1 ppm以下の地区(以下、非F地区)、および飲料水中に天然のFを含む地区(以下、F地区)に居住する年齢4～5歳の保育園児(以下、4～5歳群)ならびに14～15歳の中学校生徒(以下、14～15歳群)の口腔のそれぞれから採取した。なお、非F地区では4～5歳群の49名(男児26名、女児23名)および14～15歳群の47名(男子

29名、女子18名)からブラークを採取した。一方、F地区のブラーク採取対象者数は4～5歳群で52名(男児25名、女児27名)、14～15歳群の72名(男子37名、女子35名)であった。

1974年以来、飲料水中の天然F濃度をフッ素電極(Orion, 96-09)法により、定期的に測定してきたF地区(青森県北津軽郡板柳町)⁴⁾の飲料水F濃度は、簡易水道の水源別に異なっている。このためブラークの採取対象者が、家庭で実際に飲用していた飲料水中F濃度は0.33～1.79ppmであり、ブラークを採取した4～5歳群の52名および14～15歳群の72名の飲料水中F濃度別の分布はFig. 1に示したとおりである。

2. ブラークの採取

4～5歳群および14～15歳群のブラークを、保育園および中学校の定期歯科検診時に採取した。すなわち4～5歳群では、咬合面を除く上下顎全歯面に付着しているブラークを、14～15歳群では上下顎前歯部唇舌面に付着しているブラークを歯科用探針で採取し、対象者別にプールした。ただし両年齢群ともに、充填物や齲蝕の表面に付着しているブラークは採取対象から除外した。

3. 歯科検診

歯科検診は、歯鏡と探針を用いる視診型により自然光線下で実施し、初期齲蝕の検出はWHOの基準⁵⁾に従った。

4. ブラーク中F濃度の定量

蓋付きサンプルカップに採取し、実験室に持ち帰ったブラークを、デシケーター中に2～4週間放置するこ

Fig. 1 Distribution of fluoride concentration in drinking water and number of subjects at fluoride area

Table 1 Fluoride concentrations in dental plaque sampled from each groups

Area	Age group	Sex	N ¹	Plaque F concentration		
				Mean±SD (ppm)	Mean±SD (Log) ²	GM ³ (ppm)
Non fluoride area	4-5 yr	male	26	33.1±45.9	1.37±0.30	23.3
		female	23	34.7±24.2	1.46±0.27	28.6
		total	49	33.8±36.6	1.41±0.29	25.7
	14-15 yr	male	29	23.4±27.5	1.23±0.32	16.9
		female	18	28.8±28.1	1.31±0.36	20.3
		total	47	25.5±27.3	1.26±0.33	18.1
Fluoride area	4-5 yr	male	25	90.1±75.9	1.82±0.36	65.7
		female	27	52.7±41.8	1.66±0.31	45.8
		total	52	74.2±68.5	1.74±0.34	54.4
	14-15 yr	male	37	29.3±25.1	1.37±0.28	23.3
		female	35	32.5±25.4	1.40±0.30	25.4
		total	72	30.8±25.0	1.39±0.29	24.3

* Significant at $P < 0.05$ (*), $P < 0.01$ (**), estimated by Newman-Kauls test

1. Number of subjects

2. Logarithmic transformation

3. Geometric mean

4. Not significant, estimated by t-test

とにより自然乾燥させた。ついで80°C の電気オーブン中で3時間乾燥後、直ちに秤量し、得られた測定値を乾燥重量とした。プラーク中F濃度は、前述の乾燥プラークを、0.01mol/l の Sr および Ni を含む $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ の 0.01mol/l 溶液に、1 mg/ml 程度になるように浮遊させ、4分間の超音波処理したものを試料溶液として、 AlF 分子吸光法⁹⁾により定量した。得られた測定値から乾燥重量当たりのF濃度 (ppm) を算出し、これをプラーク中F濃度とした。

5. プラーク中F濃度に影響する因子の解析

1) 地区・年齢群・飲料水中F濃度

地区および年齢群間のプラーク中F濃度の平均値の比較は、個々のプラーク中のF濃度を対数変換した値をベースとして、Newman-Kauls の多重比較法¹⁰⁾により検定した。また、F地区の飲料水中F濃度とプラーク中のF濃度との関連性を相関分析した。

2) プラーク重量

各被検者の口腔より採取したプラークの重量(乾燥重量)とF濃度との相関を、各群別に分析した。

3) 齲歯所有状況

F地区および非F地区の14~15歳群を、プラーク採取対象部位(上下顎前歯部唇面)に齲歯を1歯以上所有する者と所有しない者の2群に分け、t検定または Welch

の検定により両群のプラーク中F濃度の比較を試みた。ただし、4~5歳群ではF地区・非F地区ともにほぼ全員が齲歯所有者であったため、前述の検定は行わなかった。なお、F地区では、4~5歳群および14~15歳群のそれぞれが飲用している飲料水中のF濃度別の分布(Fig. 1)を参考として両群をさらに2群(0.33~0.60 ppm 群および0.61~1.79ppm 群)に分け、それぞれの群の齲歯有病状況ならびにプラーク中F濃度との関連性を検討した。

結 果

1. プラーク中F濃度の分布

F地区あるいは非F地区に居住する保育園児ならびに中学校生徒より採取したプラーク中F濃度の平均値は、乾燥重量当たり25.5~74.2ppm であった(Table 1)が、いずれの群もその標準偏差は大きく、プラーク中F濃度の分布は広い範囲に及んでいた(Fig. 2)。

しかし、個々のプラーク中のF濃度を対数変換することにより得られた分布には、いずれの群においても正規性が認められ($P < 0.05$)、プラーク中F濃度は対数正規分布を示すものとみなされた(Fig. 3)。ちなみに各群のプラーク中F濃度の幾何平均値は、非F地区の4~5歳群が25.7ppm、14~15歳群が18.1ppm であった。こ

Fig. 2 Distribution of fluoride concentration of dental plaque in each group
(■: Male, □: Female)

れに対し、F地区の4～5歳群は54.4ppm、14～15歳群が24.3ppmを示し、F地区のプラーク中F濃度が非F地区に比較して高かった (Table 1)。

なお、いずれの群内においてもプラーク中F濃度に性差は認められなかった。

2. プラーク中F濃度の地区・年齢群別比較

個々のプラーク中F濃度を対数変換して得た値をベースにして群間の差を比較した。その結果、F地区では4～5歳群および14～15歳群がともに非F地区の両年齢群よりも高いプラーク中F濃度であった (4～5歳群: $P < 0.01$, 14～15歳群: $P < 0.05$, Table 1)。ただし、F地区での飲料水中F濃度と対数変換したプラーク中F濃度との間の相関分析を試みたが、両者間に明瞭な関連性を認めることはできなかった (4～5歳群: $Y = 1.68 + 0.03X$ $r = 0.038$, 14～15歳群: $Y = 1.32 + 0.10X$ $r = 0.101$)。

一方、年齢群別には非F地区・F地区ともに、4～5歳群の方が14～15歳群より高いF濃度であった (非F地区: $P < 0.05$, F地区: $P < 0.01$)。

3. プラーク中F濃度と採取プラーク重量

採取したプラークの乾燥重量は、非F地区の4～5歳群が $0.97 \pm 1.48\text{mg}$ 、14～15歳群は $0.91 \pm 1.16\text{mg}$ であった。一方、F地区の4～5歳群は $0.62 \pm 0.34\text{mg}$ 、14～15歳群が $0.60 \pm 0.47\text{mg}$ であった。

採取プラーク量の分布には、対数変換したプラーク中F濃度とは異なり、正規性を示さない群が認められたことから、プラーク中F濃度と採取プラーク重量との間の関連性については、スピアマンの順位相関係数を算出することにより検定した。その結果、いずれの群においても負の相関係数が得られた (Table 2)。ただし、14～15歳群では、F地区・非F地区ともに得られた相関係数に有意性が認められたが、4～5歳群では両地区ともに有意性は認められなかった。

4. プラーク中F濃度と齲歯所有状況

非F地区においては齲歯を所有する者が、一方、F地区では齲歯を所有しない者が、それぞれ、およそ20ppm、7ppmほど高いプラーク中F濃度 (平均値) を示した (Table 3)。対数変換した値をベースにして、プラーク

Fig. 3 Distribution of fluoride concentration of dental plaque in each group by logarithmic transformation (▨: Male, □: Female)

Table 2 Correlation coefficient between fluoride concentration and dry weight of dental plaque

Area	Age group	N ¹	rs ²
Non fluoride area	4- 5 yr	49	-0.244 NS ³
	14-15 yr	47	-0.418**
Fluoride area	4- 5 yr	52	-0.226 NS
	14-15 yr	72	-0.649**

** Significant at P<0.01

1. Number of subjects

2. Spearman rank correlation coefficient

3. Not significant

採取対象部位に齲歯を所有する者と齲歯を所有しない者との間でプラーク中F濃度を比較したところ、非F地区においては齲歯を所有する者のプラーク中F濃度が有意に高かった (P<0.05)。なお、齲歯所有群のうち処置完了者は、非F地区では19人中4人、F地区で18人中3人と少なく、ほとんどの者が1歯以上の未処置歯を所有していた。

一方、F地区の4～5歳群および14～15歳群ともに、0.61ppm以上のFを含む飲料水を飲用する群は、プラーク中F濃度の平均値がやや高く、齲蝕が少ない傾向にあったが、統計学的に有意な差であるとは言えなかった (Table 4)。

考 察

1. プラーク中F濃度の分布

湿重量当たりのプラーク中F濃度は、初期の比色定量法により分析した研究^{1,7,8)}から、その平均値がおおよそ30～70ppmと報告されているが、Fイオン電極を用いた近年の研究では、概ね5ppm前後を平均値とする報告が多い⁹⁻¹²⁾。

ところで、プラークの湿重量は乾燥重量のおおよそ15～22%程度に相当する^{2,8,18-15)}。したがって、湿重量当たり5ppmのF濃度は、乾燥重量に換算すると22～33ppmとなる。事実、乾燥重量当たりの数値を記載した最近の報告でも、この範囲の測定値を示す例が多い¹⁸⁻¹⁶⁾。著者らの研究においても、F地区の4～5歳群では74.2ppmと高い値ではあったが、その他の群では22.5～

Table 3 Comparison of fluoride concentration in dental plaque sampled from 14-15 yr group with or without dental caries among anterior teeth

Area	Group	N ¹	Plaque F concentration	
			Mean $\pm$ SD (ppm)	Mean $\pm$ SD (Log) ²
Non fluoride area	I ³	28	17.4 $\pm$ 11.1	1.16 $\pm$ 0.26
	II ⁴	19	37.3 $\pm$ 38.9	1.39 $\pm$ 0.38
Fluoride area	I	54	32.5 $\pm$ 27.9	1.39 $\pm$ 0.31
	II	18	25.8 $\pm$ 13.7	1.30 $\pm$ 0.33

* Significant at $P < 0.05$, estimated by Welch's test

1. Number of subjects

2. Logarithmic transformation

3. Without dental caries in anterior teeth

4. With dental caries in anterior teeth

5. Not significant, estimated by t-test

Table 4 Summery of relations between plaque F concentration and caries experience (dft/DMFT) among children resided in fluoride area

Age group	Water F (ppm)	N ¹	Plaque F concentration		dft/DMFT
			Mean $\pm$ SD (ppm)	Mean $\pm$ SD (Log) ²	Mean $\pm$ SD
4-5 yr	0.33-0.60	28	67.1 $\pm$ 69.0	1.69 $\pm$ 0.33	7.25 $\pm$ 4.87
	0.61-1.79	24	82.4 $\pm$ 60.7	1.79 $\pm$ 0.35	6.88 $\pm$ 5.13
14-15 yr	0.33-0.60	37	27.3 $\pm$ 16.8	1.36 $\pm$ 0.27	7.08 $\pm$ 3.71
	0.61-1.79	35	34.6 $\pm$ 31.5	1.42 $\pm$ 0.31	5.51 $\pm$ 3.82

1. No. of subjects

2. Logarithmic transformation

3. Not significant, estimated by t-test

33.8ppm と、最近の報告例とほぼ一致した平均値であった。

プラーク中のF濃度は、非対称性の分布を示すことがすでに指摘されているが¹¹⁾、本研究においては対数正規型の分布 (Fig. 3) が示されており、そのため、集団のプラーク中F濃度レベルの代表値は、幾何平均値で示すのが適当ではないかと考えられた。

2. 飲料水由来のFの影響

プラーク中のFは (1) エナメル質表層 (2) 食品あるいは飲料類 (3) 唾液および歯肉溝滲出液などに由来すると考えられている¹⁷⁾。Bowen¹⁸⁾ は、F含有の飲料水 (2 ppm) を飲用した猿の高いプラーク中F濃度は、飲料水中のFがプラーク中に直接浸透することにより上昇するのではなく、むしろ低濃度ではあるが、プラークと常に接している唾液のF濃度が対照群に比較して、極く僅かではあるが上昇したためによるのではないかと考察

した。また Agus ら¹⁶⁾ は、歯の形成期から飲料水由来のFの影響を受けたことにより、歯質が高いF濃度を獲得し、その結果、高F濃度となったエナメル質表層からプラークへFが供給される可能性を示唆している。

このようなことから、本研究で得られた成績、すなわち4~5歳群・14~15歳群ともに、F地区のプラーク中F濃度が非F地区のプラーク中F濃度に比較して統計学的に有意に高かったのは、飲料水中に天然に含まれるFが、プラーク中のF濃度を高める要因の一つになりえた結果ではないかと考えられた。

ただし、F地区の対象者を飲料水中F濃度により2群に分けた場合、高濃度群 (0.61-1.79ppm) にやや高いプラーク中F濃度が検出されたが、相関分析の結果、両者の間に明らかな関連性を認めることが出来なかった。このことは、本研究の対象者が飲用する飲料水中F濃度分布に偏りがあったこと (Fig. 1)、あるいは、プラー

ク中F濃度が飲料水中のF以外の様々な要因に影響を受ける可能性のあることに起因するものと考えられた。

3. 年齢群および採取プラーク重量の影響

F地区・非F地区ともに、4～5歳群が14～15歳群よりも有意に高いプラーク中F濃度であった。飲料水中F濃度の異なる3地区での6～7歳群および12～13歳群の調査¹⁹⁾においても、著者らの実施した研究成績と同様に、低年齢群に高いプラーク中F濃度が認められている。

本研究で対象となった4～5歳群には、齲窩や充填歯面を有する者が多く、プラーク採取可能な健全部位が少なかった。このため、下顎乳臼歯舌面や隣接面を初めとして、口腔全体からプラークを採取しプールした。このため4～5歳群のプラークには、上下顎唇舌面からのみ採取した14～15歳群のプラークと比較して、量的には同程度であったが、付着期間の長い、より成熟したプラークが多く含まれていた可能性が考えられる。

Grønら¹⁸⁾は、形成後2日目のプラークと4日目のプラークのF濃度を比較し、歯面への付着期間が長くなるほどプラーク中F濃度が低くなる傾向にあることを示した。しかし、Grønらの実施した定量法では、付着日数の長いプラークの結合型のFが十分に回収され得なかった可能性も指摘されている²⁰⁾。一方、細菌を用いた*in vitro*の実験では、F含有培地で育成する菌のF取込み量は経時的に増加することが観察されており²¹⁾、蓄積日数がプラーク中F濃度を増加させる要因となる可能性も示唆されている。

本研究で著者らは、採取プラーク重量とプラーク中F濃度の間には、いずれの群においても負の相関を認めている。この両者の負の相関関係は、Grønらの報告と同様に、プラークの成熟がF濃度を低下させたためではないかとも考えられる^{11,14,16,22)}。しかしながら、プラークの量は、前述の時間要因の外に、食品の種類²³⁾あるいは歯冠や歯列の形態も関与している。プラーク中のFは、プラークを構成する菌体中に主として存在しており²⁴⁾、糖の摂取量や頻度が多く、成長速度が速いプラークでは細菌の密度が小さく²⁵⁾、したがって、相対的にF濃度が低くなるのではないかと考えられる。このように、採取プラーク重量とプラーク中F濃度の間には多くの因子が関与しており、両者に負の相関関係が認められていたことは、プラーク形成後の日数や成熟度が、プラーク中F濃度を増加させる要因となる可能性を必ずしも否定するものではない。

すなわち、両年齢群の間に、飲料水由来のFの有無に

かわらず認められた、プラーク中F濃度の差ならびに採取プラーク重量とF濃度の関係の強さの違いは、採取部位の違いなどによるプラークの質的な違いによってもたらされたものと推察された。

4. 齲歯所有状況との関係

外来性のFの影響を受けない地区においては、プラーク中F濃度とDMF歯面数および脱灰性白斑の数が正の相関関係にあることをVan Dickら²⁶⁾が報告している。一方、プラークによる脱灰性の白斑エナメル質表層(white spot)は健全エナメル質表層に比較して高いF濃度であることも明らかにされている²⁷⁾。

本報告では、齲窩に付着しているプラークは採取対象に含めなかったが、採取部位を限定した14～15歳群についても、初期齲蝕や脱灰性白斑エナメル部からの採取を厳密に排除することはできなかった。また、齲歯所有群のほとんどが未処置歯を有していたことから、非F地区においては、F濃度の高い脱灰性の白斑部エナメル質表層がプラークへのFの供給源となり、齲歯所有群のプラーク中F濃度を上昇させた可能性は排除できない。

一方、外来性のFの影響を受けている場合と受けていない場合とでは、個人の齲蝕有病状況とプラーク中F濃度との関係が異なるという成績が、F含有飲料水飲用群と非飲用群を比較したAgusらの報告¹⁶⁾および、F洗口群と非洗口群を比較した荒川の報告²⁸⁾に認められる。このことは、外来性のFを摂取することが、Fの影響を受けない場合の齲蝕有病状況とプラーク中F濃度の関係を変化させたことに結果するのではないかと推察される。すなわち、F地区では飲料水由来のFによってエナメル質表層のF濃度が高められることにより、齲蝕抵抗性が獲得され、かつプラーク中F濃度も高められる。事実、本研究において齲歯を所有しない群に高いプラーク中F濃度が認められる傾向にあり(Table 3)、また飲料水中のF濃度により2群に分けた場合には高濃度群にやや高いプラーク中F濃度と低い齲蝕有病状況が認められている(Table 4)。いずれも、統計学的に有意な差は認められなかったが、これらのことから、飲料水中のFがプラーク中F濃度と齲蝕の両者に影響を与え、さらに両者の関係に影響を及ぼしている可能性があることが示唆された。

結 論

F地区(飲料水中F濃度:0.33-1.79ppm)および非F地区(飲料水中F濃度:0.1ppm以下)の幼児および生徒から採取したプラークの総F量をAlF分子吸光法

により測定し、プラーク中F濃度に影響を与える要因を考察した。すなわち、

1) プラーク中F濃度は対数正規型の分布を示し、乾燥重量当たりの幾何平均値は、非F地区・4～5歳群：25.7ppm, 14～15歳群：18.1ppmであった。これに対して、F地区・4～5歳群：54.4ppm, 14～15歳群：24.3ppmであった。

2) F地区のプラーク中F濃度は両年齢群ともに非F地区より高く、飲料水由来のFがプラーク中の高いF濃度と関連することが示された。

3) F地区・非F地区ともに、4～5歳群が14～15歳群より高いプラークF濃度であったが、この差はプラークの成熟度などの質的な差に関連しているものと考えられた。

4) 非F地区では、齲蝕を所有する群のプラーク中F濃度が所有しない群より高く、F地区では、逆に齲蝕を所有しない群が高いプラーク中F濃度であった。

文 献

- Hardwick, J. L. and Leach, S. A.: The fluoride content of the dental plaque; in *Advances Fluorine Reserch and Dental Caries Prevention*, Pergamon Press, Oxford, 1963, p. 151.
- Birkeland, J. M.: Direct potentiometric determination of fluoride in soft tooth deposits, *Caries Res.*, 4; 243, 1970.
- 長田 斉, 飯島洋一, 片山 剛: AIF 分子吸光法によるプラーク中総フッ素の定量, *口腔衛生会誌*, 39; 59, 1989.
- 松田和弘, 飯島洋一, 田沢光正, 高江洲義矩: 弘前市西部簡易水道地域における飲料水中フッ素の分布, *口腔衛生会誌*, 28; 295, 1978.
- WHO: Oral health surveys. Basic methods, Geneva, 1971, p. 22.
- Winer, B. J.: Statistical principles in experimental design, McGraw-Hill Kogakusha LTD, 2nd ed., Tokyo, 1971, p. 185.
- Hardwick, J. L.: The fluoride content of the plaque: Its possible anti-enzymatic action; in *Caries Symposium*, Hans Huber, Bern, 1961. p. 112.
- Dawes, C., Jenkins, G. N., Hardwick, J. L. and Leach, S. A.: The relation between the fluoride concentrations in the dental plaque and in drinking water, *Br. dent. J.*, 119; 164, 1965.
- Jenkins, G. N. and Edgar, W. M.: Distribution and forms of F in saliva and plaque, *Caries Res.*, 11 (Suppl. 1); 226, 1977.
- Agus, H. M., Un, P. S. H., Cooper, M. H. and Schamshula, R. G.: Ionized and bound fluoride in resting and fermenting dental plaque and individual human caries experience, *Archs oral Biol.*, 25; 517, 1980.
- Rugg-Gunn, A. J., Edgar, W. M., Cockburn, M. A. and Jenkins, G. N.: Correlations between fluoride concentration, sample weight and acid production in dental plaque from children, *Archs oral Biol.*, 26; 61, 1981.
- Gaugler, R. W. and Bruton, W. F.: Fluoride concentration in dental plaque of naval recruits with and without caries, *Archs oral Biol.*, 27; 269, 1982.
- Grøn, P., Yao, K. and Spinelli, M.: A study of inorganic constituents in dental plaque, *J. dent. Res.*, 48; 799, 1969.
- 中尾俊一, 上田五男, 安倍英雄: 歯垢に関する衛生学的研究, (1) 歯垢のフッ素濃度について, *城歯大紀要*, 2; 99, 1973.
- Schamushula, R. G., Adkins, B. L., Barmes, D. E., Charlton, G. and Davey, B. G.: WHO study of dental caries etiology in Papua New Guinea, in WHO offset publication, No 40, Geneva, 1978.
- Agus, H. M., Schamshula, R. G., Barmes, D. E. and Bunzel, M.: Associations between the total fluoride content of dental plaque and individual caries experience in Australian children, *Community dent. oral Epidemiol.*, 4; 210, 1976.
- Jenkins, G. N.: The Physiology and Biochemistry of the Mouth, Blackwell, Oxford, 1978, p. 488.
- Bowen, W. H.: The effect of fluoride and molybdate on caries activity in monkeys (*Macaca Fascicularis*), *Br. dent. J.*, 135; 489, 1973.
- Globler, S. R., Reddy, J. and van Wyk, C. W.: Calcium, phosphorus, fluoride, and pH levels of human dental plaque from areas of varying fluoride levels, *J. dent. Res.*, 61; 986, 1982.
- Birkeland, J. M. and Speirs, R. L.: Distribution and forms of F in Saliva and plaque, discussion for Jenkins and Edgar, *Caries Res.*, 11 (Suppl. 1); 237, 1977.
- 宮沢正人, 長田 斉, 稲葉大輔, 田沢光正, 飯島洋一, 片山 剛: *Str. sanguis* H7PR3 の菌体内フッ素の経時変化と糖代謝阻害, *口腔衛生会誌*, 31; 296, 1981.
- Birkeland, J. M., Jorkkjend, L. and von der Fehe, F. R.: The influence of fluoride rinses on the fluoride content of dental plaque

- in children, *Caries Res.*, **5**; 169, 1971.
- 23) Carlsson, J. and Egelberg, J.: Effect of diet on early plaque formation in man, *Odont. Revy*, **16**; 112, 1965.
- 24) Jenkins, G. N. and Edgar, W. M.: The distribution and metabolic effects of human plaque fluorine, *Archs oral Biol.*, **14**; 105, 1969.
- 25) Carlsson, J. and Sundstrom, B.: Variations in composition of early dental plaque following ingestion of sucrose and glucose, *Odont. Revy*, **19**; 161, 1968.
- 26) van Dijk, J. W. E., Flissebaalje, Th. D. and Groeneveld, A.: Plaque composition and caries, *Caries Res.*, **19**; 176, 1985.
- 27) 高江洲義矩, 飯島洋一: エナメル質表層におけるフッ素とその反応様式, 齲蝕感受性—エナメル質表層の構造と組成, 口腔保健協会, 東京, 1976, p. 117.
- 28) 荒川浩久: 低濃度フッ化物溶液 (F: 100ppm) 洗口によるう蝕抑制効果—第2報: エナメル質及びプラークに及ぼす影響—, 口腔衛生会誌, **35**; 158, 1985.