

### (1) 北関東地区調査

北緯 36° 00'~36° 33'の北関東で、自然の状態水道水にフッ化物を含んでいる地域で調査が行われた。フッ化物濃度は 0ppm からほぼ連続して 1.4ppm まで分布しており、水道水中フッ化物濃度とう蝕および歯のフッ素症所有状況の関係が調べられている。4、5 歳の平均 dfs、および 10~12 歳の平均 DMFS は水道水中フッ化物濃度の増加とともに減少する負の関係を示し、逆に歯のフッ素症の所有状況は水道水中フッ化物濃度の増加とともに増える正の関係を示していた(表 1)<sup>20-23)</sup>。

4、5 歳児の乳歯う蝕の様子をみると、水道水中フッ化物濃度 0.0-0.2ppm の地域で出生し成長した群を対照として求めた差は、フッ化物濃度 0.8-1.0ppm 群までは 30%未満であった。しかし 1.1-1.4ppm 群になると差は 51.2%と大きくなっていった<sup>20)</sup>。永久歯う蝕についても 0.0-0.2ppm 群を対照に同様の比較を行うと 0.8-1.0ppm 群と 1.0-1.4ppm 群で平均 DMFS の差はそれぞれ 53.9、62.4%であった<sup>21)</sup>。

歯のフッ素症は Dean 分類で評価され、0.8-1.0ppm 群で所有者率は 7.8%、1.0-1.4ppm 群で 15.4%、CFI はそれぞれ 0.21、0.30 であった。また症度も moderate 以上のフッ素症の発現はみられなかった<sup>22)</sup>。

### (2) 北津軽地区調査

青森県北津軽地区では、数軒が共同して使う井戸がいくつかあり、自然の状態では 0.3ppm から段階的に 3.2ppm までのフッ化物を含む井戸が分布していた。

う蝕は 6~11 歳の平均 DMFT で評価され、0.31-0.38ppm 群は対照群との差が 19.6%であったが、0.54-0.63ppm 群以上では差が 44.3~55.2%と大きかった<sup>24)</sup>。また Dean 分類で評価された歯のフッ素症は 0.95ppm 群で所有者率は 17.7%、CFI は 0.33 であったが、1.72ppm 群、2.50ppm 群になると共に所有者は 50.0%となり、CFI も 0.86、0.88 と 0.6 を超えて、公衆

衛生上問題のある地域と判定される結果を得ている。いずれの群においても moderate 以上のフッ素症はみられなかった<sup>25)</sup>。

### (3) 笠岡市での調査

岡山県笠岡市では自然の状態では 1950 年代の初頭、水道水フッ化物濃度が 1.5ppm を超えて高かったが、漸次低減化が図られ、1970 年代初めには 0.1ppm 以下にまでなってしまった。このフッ化物濃度の変化は、水道の水源としていた井戸の変遷とその組合せによるものである。このフッ化物濃度が変化するなかで 1963 年、1967 年、1976 年の 3 回の調査が行われている。

1963 年調査<sup>26)</sup>における小学 5、6 年生は出生直後にフッ化物濃度 1.3-1.6ppm の水道水を経験し、その後はさらに高く 1.5-1.7ppm を経験していると推定されている。彼らのう蝕は、口腔衛生学会が 1961 年に山科の水道水フッ化物添加のう蝕予防効果を確認する目的で得た対照地区である修学院地区の学童の DMFT との間で比較が行われている。その結果 52.7、53.9%の差が認められた。歯のフッ素症は、小学 5、6 年生の CFI がそれぞれ 1.37、1.30 で高い値を示していた。

1967 年調査<sup>27)</sup>では、対象となった小学生高学年の歯は形成期中に主として推定フッ化物濃度 1.5-1.7ppm の影響を受け、低学年は主に 1.0-1.3ppm の影響を受けていた。CFI は小学 1、2 年生で、それぞれ「公衆衛生上問題なし」の 0.30、「境界域」の 0.45 であり、3 年生以上では「問題あり」と判定される 0.62~1.34 であった。

1976 年調査<sup>28)</sup>では小中学生を対象としている。中学生は主に 1.0-1.3ppm の影響を受けており 1、2 年生の CFI は境界域の 0.47、3 年生は 0.61 を示していた。また小学生では、高学年が 0.5-0.8ppm、低学年が 0.05-0.2ppm の影響を受けており、CFI はそれぞれ 0.3 前後、0.13~0.29 であった。いずれも問題なしの 0.4

以下であった。

なお、う蝕については 1967、76 年の 2 回の調査では正式な報告がみあたらない。

以上のように、歯のフッ素症の発現状況は歯牙形成期中に経験した水道水中フッ化物濃度の影響を色濃く反映していることがわかる。

### 3) ほかの媒体からのフッ化物摂取について

米国では広範囲に水道水フッ化物添加が実施され、またフッ化物添加地域外ではフッ化物錠剤が処方され、う蝕を大きく予防している。さらにこれらフッ化物全身応用に加えてほかのフッ化物局所応用も行われている<sup>9)</sup>。その結果、一部地域で過剰なフッ化物摂取がみられ、軽度の歯のフッ素症のわずかな増加が認められている。その原因としては、フッ化物添加地区で誤って処方される不適切なフッ化物錠剤投与がある。またそのリスクファクターとして乳幼児の多すぎる量のフッ化物配合歯磨剤使用によるフッ化物の過剰摂取、あるいはフッ化物添加された水道水で溶く人工乳を生後 10 カ月を過ぎても飲用していることなどが取り沙汰されている<sup>9)</sup>。

わが国では、フッ化物錠剤はほとんど出まわっておらず、フッ化物源としては、フッ化物配合歯磨剤利用、フッ化物洗口法、フッ化物歯面塗布が考えられる。

わが国のフッ化物配合歯磨剤のシェアは近年急速に増加し、1998 年時点でシェアは 77% となっている<sup>28)</sup>。しかし、いまだほかの先進諸国の 90% 以上という数字には及ばない。また歯のフッ素症発症の危ない時期である歯牙形成期のフッ化物配合歯磨剤の使用は、1 歳 6 カ月児、3 歳児でそれぞれ 5-13%、42-59% となっており<sup>29-32)</sup>、米国の 1 歳前後からの早期利用者が多くみられ、使用量も多いことから飲み込み量も多くなっている状況<sup>9)</sup>とは異なっている。また、うがいをせずに飲み込

む、あるいは食べるといった報告<sup>9)</sup>もみられていない。

フッ化物歯面塗布は、1999 年の歯科疾患実態調査で経験者が 15 歳未満で 42% となった<sup>33)</sup>が、これは 1 回でも受けたことのあるものの割合であり、実際継続的に塗布を受けているものはさらに少ないと思われる。フッ化物歯面塗布にはフッ化物濃度の高いものを使用するが、施術は専門家が行うこととなっており、頻度、量からみても問題になるものではない<sup>34)</sup>。

フッ化物洗口は、2000 年調査で約 25 万人の子供達が集団で実施している<sup>35)</sup>が、これは対象となる子供人口の 2% 弱であり、いまだ普及しているとはいいがたい。またフッ化物洗口が、前歯(永久歯)の形成がほぼ終了する時点からの開始となるため、審美的に問題となる歯のフッ素症との関係はない。さらに残留するフッ化物量も歯のフッ素症を発症させる量ではない<sup>36)</sup>。

ほかに人工乳と離乳食からのフッ化物摂取<sup>9)</sup>が懸念されるが、米国で問題になったようにフッ化物添加地域や天然フッ化物地区で、その地域の水をそのまま使用して生産加工されているものはみあたらない。これらについてもフッ化物量測定や、それらから摂取するフッ化物量は把握されており、現状においていずれの結果も問題となるものではない<sup>37-42)</sup>。

## D. 考察

フッ化物添加地区、および天然フッ化物地区での飲料水中フッ化物濃度とう蝕、歯のフッ素症所有状況の関係(表 1)から、わが国の水道水フッ化物添加の至適フッ化物濃度を検討する。至適濃度の目安は、材料および方法の項で示したう蝕予防効果に関係する(1)と歯のフッ素症の(2)である。

南に位置する沖縄県那覇市の年平均気温は 22.6℃、日最高気温の年平均は 25.1℃である<sup>43)</sup>。沖縄本島南部での水道水フッ化物添加は夏 0.7ppm、冬 0.9ppm のフッ化物濃度

で実施されていた。う蝕予防効果はほぼ 50% であり、歯のフッ素症に関しても CFI は 0.4 以下、さらに moderate のフッ素症の発現もなく問題のない地域であった。よって、ここでのフッ化物濃度 0.7-0.9ppm は至適と判定される(表 2)。

中国地方の笠岡は年平均気温は 15.0°C、日最高気温の年平均は 20.1°C である<sup>43)</sup>。歯牙形成期にフッ化物濃度 0.5-0.8ppm の水道水を経験した子供達の CFI は 0.22-0.33 で至適フッ化物濃度の条件の 1 つを満たしていた。しかしう蝕のデータが示されておらず、もう 1 つの条件については不明である。フッ化物濃度 1.0-1.3ppm 経験者では中学 1、2 年生が 0.47 で境界域、3 年生が 0.61 と問題ありに分類された。1.3-1.7ppm 経験者は CFI が 0.6 を超えてしまい条件から外れてしまった。この歯のフッ素症発現状況から、この地域の至適フッ化物濃度は 0.8-1.0ppm の間のいずれかにあるものと考えられる(表 2)。

関西の京都市山科地区で行われた水道水フッ化物添加試験研究のフッ化物濃度は 0.6ppm であった。この年平均気温は 15.6°C、日最高気温の年平均は 20.4°C である<sup>43)</sup>。美濃口の調査では、永久歯う蝕予防効果が 38.1%、口腔衛生学会の調査では 24.3% であり、いずれも 50% という基準を満たしてはいなかった。歯のフッ素症については“発育不全歯”として評価されており、CFI 換算では 0.4 以下となり条件を満たしていた。しかし 0.6% に moderate 様歯牙を持つものがみられている。これは対照地区でもみられており、その割合は 1.2% で、むしろ多かった。これらの内容からこれを歯のフッ素症とするか、それともフッ化物以外の原因による形成不全歯とするかについては難しいところである。

以上の内容を考慮して、ここでの至適フッ化物濃度は 0.6ppm より上にあることが予測される(表 2)。

う蝕予防効果の低さについては、美濃口自

ら「京都山科地区の弗素化量 0.6ppm はやや低きに過ぎたようであって 0.70-0.75ppm 位まで、増量することがさらに予防効果を増大するために望ましく、かつ斑状歯発症の危険性もないものと思われる。」<sup>1)</sup>と述べている。

なお、歯のフッ素症に関する口腔衛生学会の調査結果<sup>15)</sup>はほかの研究結果との比較でも高すぎるが見て取れる(表 1)。報告書には「ここに検出した白濁様歯牙は、慢性弗素中毒症によるいわゆる斑状歯であるか、他の原因によるものであるかということについての保証は何も与えられていない」と記載されている。対照地区の修学院でも白濁様歯牙所有率が 17.0% と高い値を示しており、非フッ化物性の白斑も含めて積極的に検出したことが関係していると思われる。よって今回の至適フッ化物濃度を検討するための材料としては適当ではないと考えた(表 2)。

関東北部から一部東北地方を含む範囲で調査された結果は、1940 年代に米国において Dean が天然フッ化物地区で調査した結果<sup>44, 45)</sup>、すなわち飲料水中フッ化物濃度とう蝕、歯のフッ素症所有状況の関係とほぼ同じ傾向、結果を示していた。年平均気温は 13.0-13.7°C、日最高気温の年平均は 17.7-18.6°C である<sup>43)</sup>。永久歯う蝕抑制率をみると、フッ化物濃度 0.8-1.0ppm、1.0-1.4ppm 地域では対照群と比較して 50% 以上となっていた。また乳歯う蝕に関しても、1.0-1.4ppm 群の平均 dfs は対照群と較べて 51% 少なく、この値は Murray ら<sup>8)</sup>が集約した水道水フッ化物添加の乳歯う蝕予防効果の最頻値である 40-50% を超えていた。歯のフッ素症に関しては CFI がいずれのフッ化物濃度地域でも 0.4 以下であり、moderate 以上のフッ素症の発現もなく、条件を満たしていた。よって、この地域でのフッ化物濃度 0.8-1.4ppm は至適と判定される。なお 1.4ppm の地区は対象が 5、6 年生 10 名であり、結果の信頼度に不安が残るが、その下の 1.1ppm の地域では対象者は 100 名

を超え、信頼度はかなり高いものと思われる。これらの内容から北緯 36° 00' - 36° 33' の北関東地域における至適フッ化物濃度は 0.8 - 1.1ppm と考えられる(表 2)。

本州の北に位置する北津軽の年平均気温は 9.8°C、日最高気温の年平均は 14.1°C である<sup>43)</sup>。ここでは、フッ化物濃度 0.31-0.38ppm の井戸水経験者のう蝕は対照群との差が 20% であり、う蝕予防効果の条件を満たしていなかったが、フッ化物濃度 0.54-0.63ppm から 1.54-3.18ppm の井戸水経験者はう蝕がほぼ 50% 抑制されており、条件を満たしていた。しかし一方の歯のフッ素症に関しては 0.95ppm 群までは CFI が 0.4 以下であったが、1.72ppm 群、2.50ppm 群では 0.8 以上となり条件を大きく外れていた。この地域の至適フッ化物濃度は情報空白部分である 0.95 - 1.72ppm の範囲のいずれかにあるものと考えられる(表 2)。

わが国の水道水フッ化物添加の至適フッ化物濃度については、美濃口、飯塚らがそれぞれ言及している。また米国で使われている水道水のフッ化物濃度基準についても、ここで検討したい。

美濃口は、米国において Galagan ら<sup>11-13)</sup>の飲水量が日最高気温の年平均値の関数であることから求めた

$$\text{至適フッ化物濃度 (ppm)} = 0.34/E$$

$$\text{ただし } E = -0.038 + 0.0062t^{\circ}\text{F}$$

(t°F はフッ化物添加を予定されている地域の日最高気温の年平均)

を基に、日本人の食習慣、生活環境などから修正を加え、次の式を得ている<sup>46)</sup>。

$$\text{至適フッ素濃度} = \frac{\text{CFI} - 0.177}{\text{Tan}(1.4916t - 55.8975)} + 0.4137$$

t: 年間平均気温 (°)

CFI = 0.374: 至適

CFI = 0.4 : 下限

CFI = 0.6 : 上限

美濃口と Coffman の至適フッ素濃度算定式(1973)

この式は日平均気温の年平均(華氏)と CFI からなる関数である。この式に基づいて沖縄から北海道までの至適フッ化物濃度をみると、那覇は年間平均気温が 72.7°F (22.6°C) で至適フッ化物濃度は 0.56ppm となる。福岡は 61.2°F (16.2°C) で 0.70ppm、京都、東京は同じく 60.1°F (15.6°C) で 0.71ppm、新潟は 56.1°F (13.4°C) で 0.79ppm、青森は 46.9°F (9.8°C) で 1.02ppm、札幌は 46.8°F (8.2°C) で 1.21ppm、旭川は 34.7°F (6.4°C) で 1.61ppm などとなる。これらの値はわれわれが実際の調査から求めた至適フッ化物濃度(表 2)と比較すると、中央部ではほぼ同じ値を示しているが、南では低く、北では高い傾向にあった。美濃口<sup>46)</sup>はこの式の適用できる範囲を年間平均気温 50°F - 70°F (摂氏換算で 10°C - 21°C) と但し書きを加えている。これからすると名瀬、那覇は 70°F 以上で、また青森以北は 50°F 以下で適用外となってしまふ。範囲内の本州、九州、四国においても中央から北あるいは南に離れるに従い不正確になり、適用が難しくなるものと考えられる。

次に、米国で採用されている水道のフッ化物濃度基準(表 3)<sup>47)</sup>をわが国に適用してみよう。これは 1950 年代に Galagan ら<sup>11-13)</sup>が米国各地で飲水量調査を行い、飲水量が最高気温の年間平均値(華氏)の関数で表されるという結果を基につくられたもので、推奨フッ化物濃度として下限値、至適値、上限値、さらには超えてはいけない限界値を定めている。ここには日本の「フッ化物濃度は 0.8mg/l 以下」とする基準<sup>48)</sup>とは異なり、飲料水中のフッ化物濃度を適量にコントロールしようとする考え方が示されている。

那覇は年間平均気温が 77.2°F (25.1°C) で、至適フッ化物濃度は 0.8ppm となる。福岡は 68.5°F (20.3°C) で 0.9ppm、同じく京都 68.7°F (20.4°C)、東京 67.3°F (19.6°C) も至適フッ化物濃度は 0.9ppm となる。新潟は 62.4°F (16.9°C) で 1.0ppm が、青森は 57.4°F

(14.1°C)で 1.1ppm が至適フッ化物濃度となる。北海道では札幌が 54.5°F (12.5°C) で 1.1ppm、旭川が 52.5°F (11.4°C) で 1.2ppm となる。しかし、さらに北になると年間の最高気温の平均値は 50°F (10°C) 未満となり、米国の基準で表されている気温から下に外れてしまう (表 3)。

これら米国における至適フッ化物濃度を決定している方法をわが国に適用して求めた値は、結果で紹介した各地域の問題となる歯のフッ素症の発現がなく、う蝕を約半分にする飲料水中フッ化物濃度 (表 2) に近似していた。

飯塚は<sup>27)</sup>、1977年に口腔衛生学会総会で「いわゆる”斑状歯”について」と題する宿題報告を行い、それまでの情報を整理し、年間平均気温 14-15°Cの地域 (注:本州の関東から西の地域) においては、飲料水中至適フッ化物濃度が 0.8-0.85ppm という推定値が得られるが、もう少し例数を追加して確かなものとする必要があると述べ、最後に「0.5-1.5ppm ぐらいのFを含む飲料水地区の情報を会員諸氏に提供していただきたい」と結んでいる。この後、北津軽<sup>24,25)</sup>、沖縄<sup>17-19)</sup>の疫学研究データが発表され、1989年には「南から北まで年間平均気温にかなりの幅があるわが国においても、沖縄、北津軽、笠岡のデータを基に、0.80-0.95ppm のフッ化物濃度は、公衆衛生上全く問題ないと言えるのである。従って、至適F濃度はこれよりもわずかに上の濃度になるものと考えられる」と述べている<sup>49)</sup>。さらにその後、北関東の疫学研究データ<sup>20-23)</sup>が発表されており、飯塚が必要とした「0.5-1.5ppm ぐらいのFを含む飲料水地区の情報」がほぼ揃ったと考えられる。今回はそれらの情報を基に至適フッ化物濃度を検討している。

また至適フッ化物濃度検討の際にいわば雑音因子となる可能性のあるほかの媒体からのフッ化物摂取も現状においては影響は少ないものと考えられた。ただし米国で行われているように「乳幼児期の歯磨剤使用量はえんどう

豆サイズで」といった教育を行うことや、その使用状況やほかの媒体からのフッ化物摂取状況を定期的にモニタリングしていく<sup>9)</sup>ことは言うまでもない。

#### E. 結論ならびに提案

入手可能な水道水フッ化物添加地域、天然フッ化物地域における調査研究結果、および美濃口の至適フッ化物濃度算定式、米国における至適フッ化物濃度基準、さらには至適フッ化物濃度を検討する際に雑音として影響する可能性のある情報などを整理し、わが国の飲料水中の至適フッ化物濃度として、

(1) 東海地方から西、南の地域では 0.7-0.9ppm

(2) 北陸、甲信越から北の東北地方では 0.8-1.1ppm

(3) 北海道では 1.0-1.2ppm

を提案する (表 4)。

このフッ化物濃度で行われる水道水フッ化物添加は、地域で問題となるような歯のフッ素症を発現させることなく、乳歯、永久歯う蝕をほぼ半減させることができる。ただし米国などのフッ化物利用先進国で歯のフッ素症のリスクファクターとして取り沙汰されている項目については、定期的にモニタリングし、注意を払っていかなければならない。

F. 文献

- 1) 美濃口 玄: 山科地区上水道弗素化 11 カ年の成績ならびに上水道弗素化をめぐる諸問題. 京大口腔紀要, 4: 55-124, 1964.
- 2) 新里真美子, 藤井信男, 眞木吉信, 高江洲義矩, 小林清吾, 中村宗達, 川崎浩二, 高木興氏: 沖縄県における水道水フッ素化中断 13 年後の歯科的影響 (1) - 水道水フッ素化の経緯 -. 口腔衛生会誌, 36: 408-409, 1986. (第 35 回日本口腔衛生学会・総会, 塩尻)
- 3) 加藤久二, 中垣晴男, 石井拓男, 榊原悠紀田郎: 三重県朝日町における上水道フッ素化 3 年 9 ヶ月の齲蝕抑制効果について. 口腔衛生会誌, 25: 13-28, 1975.
- 4) 美濃口 玄: "いわゆる斑状歯" 考く下 > -Chiaie 歯、斑状歯、斑状エナメル、歯牙フッ素症についての史的考察ならびにフッ素性と非フッ素性エナメル不全について-. 歯界展望, 49: 549-557, 1977.
- 5) 青山英康: 美濃口論文に対して. 歯界展望, 49: 407-420, 1977.
- 6) Dean, H.T.: Classification of mottled enamel diagnosis. J. Am. Dent. Assoc., 21: 1421-1427, 1934.
- 7) Dean, H.T.: The investigation of physiological effects by the epidemiological method. In "Fluorine and dental health" edited by Moulton, F.R., American for the Advancement of Science, Washington DC, 1942, 23-31 頁.
- 8) Murray, J.J.: Prevention of oral disease 3rd edition. Oxford University Press, Oxford, 1996. 37-38 頁.
- 9) 筒井昭仁: 米国の水道水フッ化物添加を中心としたフッ化物利用の歴史と現状 - う蝕、歯のフッ素症の状況に関するレビュー -. 口腔衛生会誌, 51: 2-19, 2001.
- 10) 美濃口 玄: 山科上水道弗素化始終経緯. 口腔衛生会誌, 30: 1, 1980.
- 11) Galagan, D.J., Lamson, G.G.: Climate and endemic dental fluorosis. Public Health Rep., 68: 497-508, 1953.
- 12) Galagan, D.J., Vermillion, J.R., Nevitt, G.A., Stadt, Z.M., Dart, R.E.: Climate and fluid intake. Public Health Rep., 72: 484-490, 1957.
- 13) Galagan, D.J., Vermillion, J.R.: Determining optimal fluoride concentrations. Public Health Rep., 72: 491-493, 1957.
- 14) 美濃口 玄, 小野尊睦, 今川真吾, 杉村敏正, 岩井重久, 西尾雅七: 齲蝕予防のための上水道への弗化物添加について 第 14 回口腔衛生学会パネルディスカッションの記録. 京大口腔紀要, 6: 1-22, 1966.
- 15) 口腔衛生学会上水道弗素化調査委員会: 上水道弗素化の齲蝕予防効果に関する調査報告. 口腔衛生会誌, 12: 27-41, 1962.
- 16) 上田喜一: 研究報告書: 飲料水中フッ素の許容量に関する研究. 厚生科学研究, 総第 208 号: 1-12, 1978.
- 17) 北 博正, 三村 二: 斑状歯原色写真図譜解説. 口腔衛生会誌, 1: 39-44, 1953.
- 18) Kobayashi, S., Kawasaki, K., Takagi, O., Nakamura, M., Fujii, N., Shinzato, M., Maki, Y., Takaesu, Y.: Caries experience in subjects 18-22 years of age after 13 years' discontinued water fluoridation in Okinawa. Community Dent. Oral Epidemiol., 20: 81-83, 1992.
- 19) 眞木吉信, 高江洲義矩, 小林清吾, 中村宗達, 川崎浩二, 高木興氏, 藤井信男, 新里真美子: 沖縄県における水道水フッ素化中断 13 年後の歯科的影響 (3) - Enamel Mottling -. 口腔衛生会誌, 36: 412-413, 1986. (第 35 回日本口腔衛生学会・総会, 塩尻)
- 20) 筒井昭仁: 飲料水中フッ素濃度と乳歯う蝕り患状況の関係に関する研究. 口腔衛生会誌, 36: 189-214, 1986.
- 21) 八木 稔: 飲料水中フッ素濃度と永久歯齲蝕罹患状況. 口腔衛生会誌, 41: 323-343, 1991.
- 22) 筒井昭仁, 瀧口 徹, 斎藤慎一, 田村卓也, 八木 稔, 安 雄一, 岸 洋志, 小林秀人, 矢野正敏, 葭原明弘, 渡辺雄三, 小林清吾, 佐久間汐子, 野上成樹, 小泉信雄, 中村宗達, 渡辺 猛, 堀井欣一, 境 脩: 飲料水中フッ素濃度と歯牙フッ素症および非フッ素性白斑発現の関係. 口腔衛生会誌, 44: 329-341, 1994.
- 23) Tsutsui, A., Yagi, M., Horowitz, A.M.: The Prevalence of dental caries and fluorosis in Japanese communities with up to 1.4 ppm of naturally occurring fluoride. J. Pub. Hlth Dent., 60: 147-153, 2000.
- 24) 田沢光正, 飯島洋一, 久米田俊英, 宮沢正

- 人, 蔡 玉清, 高江洲義矩: フッ素地区および非フッ素地区における永久歯の歯種別ウ蝕罹患性についての疫学的分析. 口腔衛生会誌, 29: 62-73, 1979.
- 25) 飯島洋一, 高江洲義矩, 稲葉大輔, 宮沢正人, 田沢光正: 天然フッ素地区・北津軽における飲料水中フッ素濃度別の歯牙フッ素症発現に関する疫学的研究. 口腔衛生会誌, 37: 688-696, 1987.
- 26) 上田喜一, 飯塚喜一, 藤村 豊, 大橋和夫, 森 崇, 高江洲義矩, 近藤 武, 江川隆通, 樋出守世, 塚脇篤太郎, 金平 清, 井上 執: 高濃度天然フッ素水道給水地区の疫学的研究 第1報 学童のう蝕および斑状歯罹患状況. 口腔衛生会誌, 18: 35-45, 1968.
- 27) 飯塚喜一: いわゆる"斑状歯"について. 口腔衛生会誌, 28: 63-74, 1978.
- 28) 編集部: '99 フッ化物配合歯磨剤シェア77% 液体歯磨剤、洗口剤は減少傾向 フッ化物配合歯磨剤、液体歯磨剤、洗口剤の動向. 新聞クイント, 58, 2000.
- 29) 高德幸男, 小林清吾, 佐久間汐子, 鍛冶山徹, 安藤雄一, 矢野正敏, 堀井欣一: 新潟県内におけるフッ化物配合歯磨剤の利用状況. 口腔衛生会誌, 44: 267-276, 1994.
- 30) 石曾根典久, 磯崎篤則, 横井健二, 可児徳子, 可児瑞夫: フッ化物配合歯磨剤の利用状況と親子による歯磨剤の共用. 口腔衛生会誌, 44: 300-307, 1994.
- 31) 荒川浩久, 黒羽加寿美, 山崎朝子, 川村和章, 小宮山まりこ, 飯塚喜一: 年齢の異なるグループにおけるフッ化物配合歯磨剤の利用状況. 口腔衛生会誌, 45: 175-183, 1995.
- 32) 筒井昭仁, 藤井東次郎, 松尾忠行, 本郷啓成, 境 脩: フッ化物配合歯磨剤の使用状況 -福岡市内の幼児およびその保護者を対象とした質問紙法調査-. 口腔衛生会誌, 45: 257-265, 1995.
- 33) 厚生省健康政策局歯科保健課: 平成11年歯科疾患実態調査の概要. 厚生省, 東京, 2000. 17頁.
- 34) 須藤明子, 小林清吾, 堀井欣一: 歯ブラシを用いたフッ化物ゲル歯面塗布法の口腔内残留フッ素量. 口腔衛生会誌, 42: 387-392, 1992.
- 35) 日本むし歯予防フッ素推進会議: 全国フッ素洗口実態調査報告. 日本むし歯予防フッ素推進会議平成12年度理事会資料, 東京, 2000.
- 36) 小林清吾, 大沢汐子, 筒井昭仁, 榎田中外, 境 脩, 堀井欣一: 低年齢児におけるフッ素洗口時の口腔内フッ素残留量について. 新潟歯学会雑誌, 7: 13-19, 1977.
- 37) 渡辺 猛: 食品中のフッ素に関する研究 第1報 乳児調製粉乳中の総フッ素量の定量. 口腔衛生会誌, 39: 387-392, 1989.
- 38) 富田美佐子, 杉村たか子, 金子芳洋, 他: 乳児用調製粉乳中のフッ素の測定. 口腔衛生会誌, 40: 454-455, 1990. (第39回日本口腔衛生学会・総会, 徳島)
- 39) 富田美佐子, 杉村たか子, 金子芳洋, 他: Determination of total and ionic fluoride in formula milk produced in Japan. 口腔衛生会誌, 42: 316-323, 1992.
- 40) 古賀 寛, 友利隆俊, 高江洲義矩: Bioavailability からみた乳児用食品のフッ化物分析. 口腔衛生会誌, 44: 458-459, 1994. (第43回日本口腔衛生学会・総会, 東京)
- 41) 古賀 寛, 友利隆俊, 高江洲義矩: 乳児用食品摂取にもとづく一日フッ化物摂取量の推定. 口腔衛生会誌, 45: 680-681, 1995. (第44回日本口腔衛生学会・総会, 札幌)
- 42) 木村年秀, 木下正良, 吉田雅智, 森田 学, 渡邊達夫, 山下文夫: 保育園児のフッ素摂取量. 口腔衛生会誌, 46: 468-469, 1996. (第45回日本口腔衛生学会・総会, 岡山)
- 43) 西内 光, 桑田 晃: 日本気候環境図表. 保育社, 大阪, 1987.
- 44) Dean, H.T., Jay, P., Arnold, F.A., Elvove, E.: Domestic water and dental caries II. A study of 2,832 white children, aged 12-14 years, of 8 suburban Chicago communities, including Lactobacillus Acidophilus studies 1,761 children. Public Health Rep., 56: 761-792, 1941.
- 45) Dean, H.T., Arnold, F.A., Elvove, E.: Domestic water and dental caries V. Additional studies of the relationship of fluoride domestic waters to dental caries experience in 4,425 white children, aged 12 to 14 years, of 13 cities in 4 states. Public Health Rep., 57: 1155-1179. 1942.
- 46) 美濃口 玄: 各年間平均気温地域におけ

る CFI (地域弗素症指数-Dean) に対応する飲料水中弗素(ppm)濃度表. 京大口腔科学紀要, 13: 101-111, 1973.

- 47) Environmental Protection Agency, Office of Water Supply: National interim primary drinking water regulations. US Government Printing Office, Washington DC, 1978, 66-68 頁.
- 48) 水道協会: 水質基準に関する省令の改正について. 水道協会雑誌, 529: 82-83, 1978.
- 49) 飯塚喜一: 人類の英知の所産 -フッ化物応用の歯科保健手段- (1). 歯界展望, 73: 1141-1147, 1989.



表1 日本の fluoridation 実施経験地区および天然フッ化物地区におけるう蝕とフッ素症歯の状況

地域 (緯度) 気温(平均/最高) <sup>1</sup>	報告者	調査年	フッ化物濃度 (ppm)	対象年齢	う蝕		フッ素症歯	
					index	抑制率%	所有率% (Mo & S*)	CFI <sup>†</sup>
北津軽 <sup>‡</sup> (40° 45') 9.8 / 14.1	田沢ら(24)	1976	0.31-0.38	6-11	DMFT	19.6		
			0.54-0.63	6-11	DMFT	53.4		
			0.82-0.85	6-11	DMFT	44.3		
			0.90-1.06	6-11	DMFT	54.3		
			1.54-3.18	6-11	DMFT	55.2		
	飯島ら(25)	1985, 87	0.34±0.04(SD)	6-9			0.0(0.0)	0.03
			0.64±0.13	6-9			7.9(0.0)	0.16
			0.95±0.19	6-9			17.7(0.0)	0.33
			1.72±0.20	6-9			50.0(0.0)	0.86
			2.50±0.52	6-9			50.0(0.0)	0.88
北関東 <sup>‡</sup> (36° 00'- 36° 33') 13.0 / 17.7- 13.7 / 18.6	筒井(20, 23)	1983	0.0-0.2	4-5	dfs	control		
			0.2-0.4	4-5	dfs	12.3		
			0.4-0.6	4-5	dfs	24.6		
			0.6-0.8	4-5	dfs	20.4		
			0.8-1.0	4-5	dfs	27.0		
			1.0-1.4	4-5	dfs	51.2		
	八木(21, 23) (う蝕)	1987	0.0-0.2	10-12	DMFS	control	1.6(0.0)	0.04
			0.2-0.4	10-12	DMFS	40.5	1.9(0.0)	0.07
			0.4-0.6	10-12	DMFS	47.0	4.1(0.0)	0.10
			0.6-0.8	10-12	DMFS	28.8	10.6(0.0)	0.19
			0.8-1.0	10-12	DMFS	53.9	7.8(0.0)	0.21
			1.0-1.4	10-12	DMFS	62.4	15.4(0.0)	0.30
山科 <sup>‡</sup> (35° 01') 15.6 / 20.4	美濃口(1)	1963	0.6	7-8	deft	12.3		
			0.6	12-14	DMFT	38.1		
	口腔衛生学会(15)	1961		12-14	DMFT	24.3	9.8 <sup>+1)</sup> (0.6)	0.29
							22.9 <sup>+2)</sup>	
笠岡 <sup>‡</sup> (34° 39') 15.0 / 20.1	上田ら(26)	1963	1.3-1.7 <sup>*1)</sup>	10-11	DMFT	53.1	48.3(0.0)	1.33
	飯塚(27)	1967	1.0-1.3(1.14±0.16) <sup>*2)</sup>	12-14			0.47-0.61	
		1976	0.5-0.8(0.63±0.11) <sup>*3)</sup>	9-11			0.22-0.33	
沖縄 <sup>‡</sup> (26° 12') 22.6 / 25.1	上田ら(17)	1977	0.7-0.8	12-13	DMFT	50.2		
	Kobayashi et al. (18)	1985	0.7-1.0 <sup>*4)</sup>	9-13			7.9(0.0)	0.19
					DMFS	26.2		
					重度う蝕 <sup>+3)</sup>	81.8		
眞木ら(19)			非フッ化物地区	18-22		1.0(0.0)	0.03	
			0.7-1.0 <sup>*4)</sup>	18-22		7.8(0.0)	0.18	

<sup>‡</sup>: 天然フッ化物地区, <sup>‡</sup>: fluoridation 地区, Mo & S\*: moderate, severe を持つ者(%), CFI<sup>†</sup>: Community Fluorosis Index

<sup>1</sup>: 日平均気温の年平均 / 日最高気温の年平均(°C), ( ): 文献番号

<sup>\*1)</sup>: 水源とした井戸水のフッ化物濃度から推定

<sup>\*2)</sup>: 出生から3, 4歳まで1.3-1.6ppmF, それ以降は1.5-1.7ppmFの水道水を飲用

<sup>\*3)</sup>: 歯牙形成期に経験した水道水中フッ化物濃度

<sup>\*4)</sup>: 出生から5, 8歳まで0.1-1.0ppmFの水道水フッ化物添加を経験

<sup>+1)</sup>: 発育不全歯

<sup>+2)</sup>: 白濁様歯牙 (左右対称に持つもののみ)

<sup>+3)</sup>: 歯髄処置を必要とした重度う蝕の平均

表2 至適フッ化物濃度の判定目安（下記）に基づき各疫学調査から得られた結果を判定

地域	平均気温(°C) 日平均 / 日最高	フッ化物濃度 (ppm)	う蝕抑制率	歯のフッ素症		至適フッ化物濃度	
				CFI	Mo & S(%)	判定	予測値
北津軽 (24, 25)	9.8 / 14.1	0.31-0.38ppm	20%			×	0.95ppm から
		0.54-0.63ppm	53%			○	1.72ppm の間の
		0.82-0.85ppm	44%			○	いずれか
		0.90-1.06ppm	54%			○	
		0.95ppm		0.33	0%	○	
		-				?	
		1.72ppm		1.86	0%	×	
北関東 (20-23)	13.0 / 17.7	0.6-0.8ppm	29%	0.19	0%	×	0.8~1.1ppm
	-	0.8-1.0ppm	54%	0.21	0%	○	
	13.7 / 18.6	1.0-1.4ppm	62%	0.30	0%	○	
山科 (1, 15)	15.6 / 20.4	0.6ppm	38% <sup>*1)</sup> 20-32% <sup>*2)</sup>	0.25-0.31	0.6%	△	0.6ppm より上
笠岡 (26, 27)	15.0 / 20.1	0.5-0.8ppm		0.22-0.33		○	0.8ppm から
		-				?	1.3ppm の間の
		1.0-1.3ppm		0.47, 0.61		×	いずれか
		1.3-1.7ppm	53%	1.33		×	
沖縄 (17-19)	22.6 / 25.1	0.7ppm	48-52% <sup>*2)</sup>	0.19 <sup>*2)</sup>	0% <sup>*2)</sup>	○	0.7~0.9ppm
		-0.9ppm		0.18 <sup>*4)</sup>	0% <sup>*4)</sup>		

\*1) : 美濃口ら調査(1), \*2) : 口腔衛生学会調査(15), \*3) : 上田らの調査(17), \*4) : 真木らの調査(19)

( ) : 文献番号

#### 判定基準の目安

- (1)う蝕については Murray らがまとめた水道水フッ化物添加の平均 DMFT の予防効果の最頻値である 50~60% とほぼ同等か、それを超えていること
- (2)歯のフッ素症については所有率や症度の高いものを極力抑えたいという観点から、境界域の CFI 0.4 ~0.6 ではなく、公衆衛生的に問題のない地域と判定される CFI 0.4 以下であることとした。さらに補助的に審美的に問題とされる Dean 分類の moderate 以上のフッ素症の発現がないこと

#### 判定結果

- : 上記条件をほぼ満たしているもの
  - △ : 上記条件を満たしていないもの
  - ×
  - ?
- ?: フッ化物濃度の空白によって判定できない

表3 米国の水道水中フッ化物濃度基準<sup>47)</sup>

最高気温の 年間平均値(F°)	推奨されるフッ化物濃度 (mg/l)			是認できるフッ化物 濃度限界(mg/l)
	下限	至適	上限	
50.0 - 53.7	1.1	1.2	1.3	2.4
53.8 - 58.3	1.0	1.1	1.2	2.2
58.4 - 63.8	0.9	1.0	1.1	2.0
63.9 - 70.6	0.8	0.9	1.0	1.8
70.7 - 79.2	0.7	0.8	0.9	1.6
79.3 - 90.5	0.6	0.7	0.8	1.4

表4 日本におけるう蝕予防のための至適フッ化物濃度\*

地 方	地 域	都道府県	水道水中の至適フッ化物濃度
北海道	北海道	北海道	1.0 - 1.2 ppm
東北・関東 甲信越・北陸 地方	東北	青森、岩手、秋田、宮城、山形、福島	0.8 - 1.1 ppm
	関東	東京、神奈川、埼玉、千葉、茨城、 栃木、群馬	
	甲信越 北陸	新潟、富山、石川、福井、山梨、長野	
東海・近畿 中国・四国 九州地方 南西諸島	東海	岐阜、静岡、愛知、三重	0.7 - 0.9 ppm
	近畿	滋賀、京都、大阪、兵庫、奈良、 和歌山	
	中国	鳥取、島根、岡山、広島、山口	
	四国	徳島、香川、愛媛、高知	
	九州	福岡、佐賀、長崎、熊本、大分、宮崎、 鹿児島	
	沖縄	沖縄	

\*：水道水フッ化物添加地区調査、天然フッ化物地区調査、美濃口の至適フッ化物濃度算定式、米国の至適フッ素濃度算定基準からもとめた

## Project-2

フッ化物の予防技術の検討と開発

分担研究報告書

フッ化物の予防技術検討・開発

分担研究者 中垣晴男 愛知学院大学歯学部口腔衛生学講座 教授

研究要旨：近年、う蝕という疾患とそれを取り巻く状況が大きく変化しつつある。とくに先進諸国におけるう蝕経験の減少傾向と、初期う蝕の検出手段の開発進歩があげられる。この中で再石灰化を促進するフッ化物応用はう蝕予防にとって大切な手段となってきた。ここでは近年のう蝕学・再石灰化の科学的根拠に立脚した上でのフッ化物応用法の検討と、具体的応用法マニュアル（ガイドライン）を作成することが必要とされている。そこで本研究班は本年度①初期う蝕の診断基準の変遷と初期う蝕検出技術の進歩、②歯質ミネラル濃度分布の評価法、③フッ化物応用と歯質・再石灰化の科学、④フッ化物局所応用の方法と進歩・フッ化物洗口法の評価、⑤フッ化物配合歯磨剤の評価、⑥フッ化物塗布の評価、⑦成人・老人へのフッ化物応用とその意義について検討し、それらを含めたマニュアル作成の検討を行った。その結果①CO, C<sub>1</sub>のフッ化物の応用を伴う積極的予防管理が必要であること、②う蝕学分野で簡便に用いることのできる画像定量法の開発、③低濃度フッ化物による脱灰抑制と再石灰化促進がう蝕予防機序であること、④フッ化物洗口、⑤フッ化物配合歯磨剤、⑥フッ化物塗布、の各有用性、⑦成人・老年期における歯根面う蝕の予防にフッ化物は有用であることが明らかになった。以上からフッ化物の今日的意義と近年の科学的根拠に基づいたマニュアル作成が必要であると結論される。

A. 研究目的

本研究班は次の目的で研究を行った。

- ①初期う蝕の診断基準の変遷と検出技術の進歩：フッ化物の予防技術を検討開発するには初期う蝕の診断基準の変遷とそれに伴う検出技術の進歩について正しい情報の上に実施されなければならない。ここでは近年の初期う蝕の診断基準の考え方と検出技術について検討すること。
- ②歯質ミネラル濃度分布の評価法（その1）：TMRによる歯質ミネラル濃度分布評価方法をう蝕学分野で標準化することを目的として、簡便かつ凡用性の高い画像定

量法を構築し、その特性を検討すること。

- ③フッ化物応用と歯質・再石灰化の科学では、主要な報告論文の事実から、歯質・再石灰化のメカニズムについて低濃度フッ化物と高濃度フッ化物の作用機序を含めて解析すること。
- ④フッ化物局所応用の方法と進歩—フッ化物洗口法の評価では、わが国におけるこれまでのフッ化物洗口法の臨床的研究を集約して、洗口液の種類、洗口術式とう蝕予防効果を分析し、フッ化物洗口法の評価を行うこと。
- ⑤フッ化物配合歯磨剤の評価では、安全で効果的なフッ化物配合歯磨剤のフッ化

物濃度、フッ化物の種類、剤型、使用方法などを究明してマニュアル化すること。

⑥フッ化物歯面塗布の評価では、成書の内容を参考にしながら、他にもわが国におけるフッ化物歯面塗布のう蝕予防効果に関する文献を検索し、わが国におけるフッ化物歯面塗布の効果について評価すること。そして最後に、⑦成人・老人へのフッ化物応用とその意義では成人および高齢者に対するフッ化物の応用効果を、歯根面う蝕の予防の観点から文献的に考察するとともに、フッ化物洗口剤を応用した場合の歯根面へのフッ化物の取り込みの検討を目的とした。

## B. 研究方法

①初期う蝕の診断基準の変遷については、厚生省の歯科疾患実態調査(1957、1963-1981、1987)、口腔衛生学会上水道フッ素化調査委員会基準(1962)、島田の基準(1971)、Jacksonの基準(1950)(1969)、学校保健法施行規則(第3号様式)(1958)、WHOの基準(1971)(1987)、平成5年歯科疾患実態調査(1993)、WHO口腔診査法(1997)、平成11年歯科疾患実態調査(1999)、日本学校歯科医会(要観察歯C0)(1986)、日本歯科医学会(1991)、学校保健法施行規則(1994)、日本口腔衛生学会作業部会検討会(2000)の診断基準を調査した。また、初期う蝕の検出技術については、近年の初期う蝕の検出法を文献的に調査し診断の有効性(敏感度と特異度)、再現性、一致率(カッパー値)にて評価した。

②歯質ミネラル濃度分布の評価法は、材料には純度99.99%のアルミニウム箔

で作製したステップウェッジ(ALW;15.45 $\mu\text{m} \times 10$ 段階)、ならびに0.1M乳酸ゲル(pH5、6wt%カルボキシメチルセルロース含有)で2週間脱灰したヒト歯根象牙質の平行研磨切片(厚さ約100 $\mu\text{m}$ )を用い、MRの撮影、画像入力、画像変換回帰式の決定、画像変換、ミネラルパラメーターの計測の手順で、画像定量を行った。

③フッ化物応用と歯質・再石灰化の科学として、再石灰化現象の発現を、それぞれ異なる場面で最初に報告された主要論文を経年的に紹介・解説した。

④フッ化物局所応用の方法と進歩—フッ化物洗口法の評価は、1960年代から現在までのわが国におけるフッ化物洗口法の集団応用についての報告を収集し、対象者の年齢、洗口の術式、洗口期間などの条件を考慮に入れたう蝕予防効果の評価を行う。また、日本むし歯予防フッ素推進会議により実施されたフッ化物洗口実施状況調査(1998年3月現在)を参考資料として、年齢層別のフッ化物洗口術式を評価し、う蝕予防効果と合わせて対象者に適した実施方法の検討を行った。

⑤フッ化物配合歯磨剤の評価は、1. 応用の歴史、使用状況、市場占有率とう蝕状況との関連、2. 軽度の歯のフッ化物症発現とフッ化物歯磨剤の使用との関連、3. 安全性、4. 臨床効果、5. う蝕予防のメカニズム、について国内外の文献をレビューした。

⑥フッ化物歯面塗布の評価は、フッ化物歯面塗布のう蝕予防効果に関するわが国における報告文献を収集した。引用さ

れたいくつかの文献を収集し、さらにその文献の引用文献欄に掲載されていた文献を手作業で収集した。その中からフッ化物歯面分塗布に関する効果についての報告が記入されておりその効果の程度がデータとして示されてある文献を採用した。

⑦成人・老人へのフッ化物応用とその意義について、歯根面う蝕の予防手段としてのフッ化物応用法とその効果に関する文献的考察、およびフッ化物洗口剤オラボリスとミラノールによる歯根面へのフッ化物の取り込みを評価した。

### C. 研究結果

①初期う蝕の検出基準の流れは(1)病理所見に近づけようとしたもの、(2)処置の要否で検出しようとしたもの、(3)要観察を検出するものの3つに大別された。また、初期う蝕の検出法の進歩では、初期う蝕の診断法を、主観的(S)・客観的(O)、定量的(q)か半定量(sq)、および D1(C0)か D3(C2)への応用性でまとめたものがあった。また手段を臨床的、分離・x-ray透視、および電氣的・光学的方法で分類したものがあつた。

②歯質ミネラル濃度分布の評価法では、今回試作したソフトウェア(MDA for Macintosh, ver. 0.9)では、自動計測ルーチンを採用したため、計測手順でのオペレーター内/間の誤差は完全に解消された。

③フッ化物は初発が確認されたエナメル白斑に応用する方が、健全歯に応用するよりもフッ化物取り込み量が多くなる効果があること、エナメル白斑に対して

低濃度フッ化物であっても高頻度応用することが、高濃度フッ化物であっても低頻度応用よりも効果が望まれた。再石灰化のメカニズムはエナメル質に限局して、三つの側面、1) 化学反応論、2) 結晶論、3) 平衡関係論から考察できた。また、低濃度フッ化物イオンが歯面あるいは結晶周囲に常に存在し、脱灰抑制と再石灰化促進機能を発揮することがフッ化物による主なう蝕予防機序であつた。

④フッ化物洗口法実施状況実態調査(1998年3月末現在)によると、フッ化物洗口法は39都道府県で実施されており、1986施設において220,206人が実施していた。フッ化物洗口法のう蝕予防効果は洗口液の種類や洗口頻度よりも、洗口開始年齢と洗口期間に影響されることが明らかになった。また、保育園、小学校、中学校などにおいて継続実施すると、得られたう蝕効果は持続することが確認された。う蝕予防率は長期間実施群では70~80%の予防効果が得られた。

⑤フッ化物の全身的応用の普及した国々では、その不適正な使用も相まって、歯のフッ化物症のリスク要因の一つとなっているが、わが国ではそのような現状にはない。また、フッ化物配合歯磨剤によるう蝕予防効果は20~40%程度と評価できるが、使用方法によって効果が変動していた。

⑥フッ化物歯面塗布の乳歯に対するう蝕抑制効果は、2%フッ化ナトリウムの統合して分析した結果で、統計的に有意な予防効果があつた(オッズ比 0.66, 95% CI; 0.56-0.77)。予防効果が最も高く示されたのは、4%フッ化第一錫の(オッズ比



0.45, 95%CI:0.40-0.50) であり、それぞれの塗布剤は、いずれも統計的に有意なう蝕予防効果を示した。地域歯科保健事業におけるフッ化物歯面塗布の乳歯に対するう蝕抑制効果は、いずれの文献でも予防効果を示しており（オッズ比は0.23-0.48）、統計学的に有意なう蝕予防効果を示した。一方、永久歯う蝕に対する効果は、岩本らのデータにおいて、対照群に対する塗布群のDMFTにおける平均値の差は、2%フッ化ナトリウムのみ群が最も小さかった。異なる塗布条件をこえた永久歯に対するフッ化物歯面塗布のう蝕抑制効果は、平均値の差の95%CIが0を含まず、統計的に有意であった。

⑦歯根面う蝕の最初の報告は19世紀のAbbott(1879)およびDarby(1884)によるものとされているが、それ以降1984年までは年間の報告数が0または1桁の数値であった。しかしながら1985年から1990年代にかけての研究論文数の増加は著しいものがある。1980年以降に報告された歯根面う蝕に対するフッ化物の応用効果に関する実験的ならびに臨床的な研究論文の推移を示した。また、歯根面う蝕の予防効果が比較的低いとされてきたフッ化物洗口法でも、実験的な研究成績からは、root surfaceへのフッ化物取り込み量は、250 ppmFと450 ppmFの2種類の洗口剤で比較した場合、enamelよりも明らかに高い結果であった。

#### D. 考察

①う蝕の対策法として、切削、小窩裂溝填塞（シーラント）処置、再石灰化の促進、抗菌的なアプローチなどが考えら

れる。この処置を選択するために早期の診断が必要である。例えば、う蝕病変がエナメル質に局限している場合は、小窩裂溝処置、再石灰化の促進が適当である。象牙質に到達したう蝕には切削が適当であるとすれば、病変が象牙質に及んでいるか否かを診断する必要がある。う蝕の有無を知るには電気抵抗を利用する方法が優れている。そしてその病巣が象牙質まで達しているかの判定は、FOTI法やX線による方法がある。しかし、X線照射は出来るだけ避ける方向にある。このような観点からすると、レーザー光を用いる方法と電気抵抗を利用するインピーダンス法とFOTI法の併用が適当であろう。

② Transversal Microradiography (TMR)は測定精度および再現性に優れ、操作の簡易性から、脱灰・再石灰化を定量的に評価するための標準法として応用が可能と考えられた。

③フッ化物応用によるう蝕予防効果は、Public health care を基盤に Professional care と Self care の両方から、いかに日常的にバイオフィームであるデンタルプラークのない歯面あるいは結晶周囲を低濃度フッ化物イオンが作用できるかがポイントである。

④フッ化物洗口剤の種類（オラブリスのデータはない）と洗口頻度はう蝕予防効果にあまり大きな影響はないと思われる。う蝕予防効果に影響を与えるのは洗口開始年齢と洗口期間であって、洗口可能な4歳から週5回洗口を開始し、少なくとも小学校の期間は継続する。さらに可能であれば、中学校3年生まで継続するのが望ましいということである。幼・

少年期に長期間継続実施することによって60～80%のう蝕予防効果を得ることが可能であり、学校歯科保健への導入を行うとともに飲料水フッ化物添加と並んで地域歯科保健の場でもフッ化物洗口法を推進すべきであろうと考える。

⑤フッ化物歯磨剤のように、使用フッ化物量、応用時間、応用後の洗口方法などのパラメーターが個人間で大きく変動する手段は、それに応じて予防効果も変動することが予測される。1992年にChestersらは、約3,000名の子どもを対象にフッ化物歯磨剤による3年間のう蝕予防効果の追跡調査を行ったところ、ブラッシング後に広口コップを用いて十分に洗口する習慣のある子どもより、手ですくって洗口したり、蛇口に口を近づけて洗口する子どもの方が有意にう蝕が予防されていることを見出した。このように洗口程度を低くすることは、安全性の点から推奨できるものではないが、フッ化物歯磨剤の応用法についてある程度基準化することが必要であることを示唆するものである。

⑥今後調査すべきこととしては、フッ化物歯面塗布のより有効な使用方法とその適切な普及のために、わが国におけるフッ化物歯面塗布の普及または需要状況の定期的なモニタリング、市町村における乳歯う蝕対策への取り組みのあり方、他のフッ化物応用との関係、および歯のフッ化物症リスクへの寄与の有無や程度などをあげることができる。

⑦歯根面う蝕の予防手段としてのフッ化物応用に関する研究は、幅広い分野の疫学的な臨床成績が示されてきた。実験

的な研究においては、局所応用法を中心とした再石灰化現象の解明や最近ではレーザーとフッ化物の共用効果に関する報告もなされている。しかしながら、これらの実験的な研究成果を反映させた疫学的な臨床応用研究のすくないことが今後の課題であろう。また、root surfaceにとりこまれたFが、どのような結晶生成をするのか、あるいはenamelと比較してどの程度耐酸性を獲得するかを検証する必要がある。

#### E. 結論

以上より本研究から次の結果と結論がえられた。①エナメル質表面に限局した小う窩が認められるう蝕(C1)やエナメル質にう窩がないが、白濁・白斑や着色が認められるう蝕(C0)を、補助的初期う蝕診断法を利用した初期う蝕の診断と各種のフッ化物の応用法を用いて積極的予防管理をしていくことが大切である。

②TMRによる歯質ミネラル濃度分布評価方法をう蝕学分野で標準化することを目的として、簡便かつ凡用性の高い画像定量法を構築し、必要なソフトウェアを開発した。

③低濃度フッ化物イオンが歯面あるいは結晶周囲に常に存在し、脱灰抑制と再石灰化促進機能を発揮することがフッ化物による主なう蝕予防機序である。

④理想的には、永久歯萌出開始時から永久歯列完成までの期間、スクールベースでフッ化物洗口法を実施すれば、その効果は持続し、生涯を通じて健康な歯を持ち続けることが可能であるとの結論に達した。

⑤フッ化物歯磨剤の応用歴史は古く、国内外のう蝕減少の大きな要因の一つに挙げられ、世界的に見てもう蝕予防に対する貢献度が最大のフッ化物応用であると評価できる。しかしながら、低年齢児の不適正な使用が歯のフッ化物症のリスクを高め、また、応用のされ方でう蝕予防程度が大きく変動することから、使用量、応用時期、応用後の処理の方法などに関しマニュアルを作成し、健康教育や患者指導に利用することが必要である。

⑥いずれのフッ化物歯面塗布の塗布剤においても統計的に有意な乳歯のう蝕予防効果をみることができ、フッ化物歯面塗布の塗布剤の種類による乳歯のう蝕予防に差があるとはいえなかった。地域歯科保健事業にフッ化物歯面塗布を組み込むことが、う蝕予防の効果をより確実にもたらすといえる。フッ化物歯面塗布の永久歯に対するう蝕予防効果を歯面別に新生DMFSを統合して分析したところ、効果を示したといえるものとそうとはいえないものがあった。これは、報告ごとに評価の指標が違うことがその理由のひとつと考えられ、フッ化物歯面塗布の永久歯に対するう蝕予防効果を否定するものではない。

⑦成人期から始まり老年期では歯の喪失の脅威となる歯根面う蝕の予防を考えたときに、フッ化物の全身的ならびに局所的な応用が小児期のみならず生涯に渡る口腔の健康にとって必須であることを示唆している。また、歯根面う蝕の予防効果が比較的低いとされてきたフッ化物洗口法でも実験的な研究成績からは、root surface へのフッ化物取り込み量は

enamel よりも明らかに高く、臨界 pH6.7 の歯根面に対する耐酸性効果は疑う余地がないと考える。

以上より、報告した近年の科学的根拠に基づいた応用マニュアル(ガイドライン)の作製が必要であると結論された。

#### Project2

##### 分担研究者

中垣晴男 (愛知学院大学歯学部口腔衛生学、教授)

##### 研究協力者

稲葉大輔 (岩手医科大学歯学部予防歯科学、助教授)

飯島洋一 (長崎大学歯学部予防歯科学、助教授)

可児徳子 (朝日大学歯学部社会口腔保健学、教授)

荒川浩久 (神奈川歯科大学口腔衛生学、教授)

八木 稔 (新潟大学歯学部予防歯科学、助手)

真木吉信 (東京歯科大学衛生学、助教授)

村上多恵子 (愛知学院大学歯学部口腔衛生学、講師)

フッ化物の予防技術検討・開発

初期う蝕の診断基準の変遷と検出技術の進歩

分担研究者 中垣晴男 愛知学院大学歯学部教授  
協力研究者 稲葉大輔 岩手医科大学歯学部助教授

研究要旨：フッ化物の予防技術の検討開発についての基礎として近年の初期う蝕の診断基準の考え方と初期う蝕の診断技術の進歩とフッ化物応用の役割についてまとめた。その結果、最近のう蝕診断法としては、視診法、視診触診法および各種の機器を用いる方法などが開発されつつある。しかし、現在、いずれの目的においても、有用性と応用性において十分に満足させる条件を具備した単一のう蝕診断法は開発されていない。う蝕の診断基準は初期う蝕に対する基準が細分化する傾向にあり、その基準に従ってう蝕の管理必要度や管理方法の決定が行われる。集団検診におけるう蝕の診断は、各種初期う蝕診断法の生体への影響およびその有用性の研究結果に基づき、国際的には、原則として先端の鋭利な探針は使用しない視診法によって、明らかにう窩を認めるものをう蝕としている場合が多い。いずれにしても、エナメル質表面に限局した小う窩が認められるう蝕(C1)やエナメル質にう窩がないか、白濁・白斑や着色が認められるう蝕(C0)を補助的に初期う蝕診断法を利用した初期う蝕の診断と各種のフッ化物の応用法を用いて積極的予防管理をしていくことが大切である。

A 研究目的

近年、う蝕という疾患とそれを取り巻く状況が大きく変化しつつある。欧米を中心にう蝕の有病は激減しており、それに伴う蝕の症状も軽症化し、う蝕の進行も緩徐化しているといわれている。その一方、潜在性う蝕(hidden caries)や高齢化に伴う歯根面う蝕が問題化してきている。また、う蝕は不可逆的に進行する蓄積性の疾患と考えられていたが、再石灰化の機構が明らかになるにつれて、この初期う蝕病変は進行を停止したり回復

したりする動的なものと考えられるようになった。これらの状況の変化により、初期う蝕診断の場においては、エナメル質の表層下脱灰の状態、すなわち、う窩を形成していない状態である初期う蝕を対象とする場合が多くなり、より有用性の高い診断法とその基準が求められている。

フッ化物の予防技術を検討開発するにはこのような初期う蝕の診断基準の変遷とそれに伴う検出技術の進歩について正しい情報の上に実施されなければならない