原 著

飲料水中フッ素濃度と永久歯齲蝕罹患状況

The Caries Prevalence of Permanent Teeth in the Districts of Differing Fluoride Concentration in the Drinking Water

八 木 稔*

Minoru YAGI*

Received April 16, 1991; accepted May 16, 1991

Abstract: This study deals with the prevalence of dental caries of permanent teeth and dental fluorosis among 5th and 6th grade Japanese schoolchildren (aged 10-12), residing in 7 different communities in the Tohoku, Kanto, and Ko-Shin-Etsu districts, in relation to the differing concentrations ranging from 0.0 to 1.4 ppm of fluoride in the communities' drinking water supplies.

Information on dental health in school was obtained from school teachers, and data on dental habits at home were collected by a questionnaire filled out by parents.

In 1987, children were examined for dental caries by three dentists, adopting the 'Blind Recording Method' where the dentists had no information about the communities, such as the fluoride concentration in the drinking water, and for dental fluorosis by means of Dean's index by two dentists.

1,060 children, who were continuous residents in their communities since birth, were selected for analysis. Comparing the prevalence of dental caries at a fluoride concentration of below 0.2 ppm with that of above 1.0 ppm, the maximum reduction rate was 69.6 % in mean DMFS for 6th grade schoolchildren.

From Quantification theory (I), the highest factor was 'fluoride concentration in the drinking water', associated with the prevalence of dental caries of permanent teeth. The partial correlation coefficient of 'fluoride concentration in the drinking water' was -0.269. A secondary factor was 'community', and the other factors were very low. Thus, it became clear that there is an inverse relationship between the prevalence of dental caries and the fluoride concentration in the drinking water.

In this study the optimal fluoride concentration in the drinking water that most effectively prevents dental caries in permanent teeth was 1.1 ppm.

There was no public health problem regarding dental fluorosis, for CFI was under 0.30 at concentrations of 0.0 to 1.4 ppm of fluoride in the drinking water.

索引用語: フッ素, 水道水, 永久歯齲蝕, 疫学調査, 多変量解析

Key words: Fluoride, Drinking water, Dental caries of permanent teeth, Epidemiological survey, Multivariate analysis

* 新潟大学歯学部予防歯科学教室 (主任: 堀井欣一教授)

* Department of Preventive Dentistry, Niigata University, School of Dentistry (Director: Prof. Kin-ichi HORII)

緒 言

わが国の1987年度厚生省歯科疾患実態調査¹⁾によれば、12歳児 DMFT は4.93であり、その水準は、世界保健機構 (WHO) と国際歯科連盟 (FDI) が提唱する世界的目標値3以下の水準^{2,3)}にはまだ及ばない。また、12歳児のうち永久歯齲蝕のない者の割合は9.91%に過ぎず、実にこの年齢の9割が齲蝕に罹患している。一方、米国における1987年の同様の調査⁴⁾では、12歳児のうち永久歯齲蝕のない者の割合は41.7%であり、日本の結果との差は非常に大きい。米国における齲蝕抑制の成果は歴然としているが、この成果の主たる理由は、水道水フッ化物添加にあるとされている。

WHO は、コミュニティ・プログラムにおいて齲蝕予防に最も効果的な方法は、フッ化物の適用であると述べ、水道水フッ化物添加をはじめとする様々なフッ化物適用法をあげている⁵⁾。FDI は、齲蝕予防の地域レベルでの手段としてまず水道水フッ化物添加をあげ、至適フッ素濃度の範囲を0.7~1.2 ppm とし、その地域の気候によって至適濃度の値が決定されるとしている⁶⁾。

Dean らは、飲料水中フッ素濃度と歯牙フッ素症の臨床的重症度との間に正の相関があることを確立し、1.0 ppm のフッ素濃度の飲料水では審美的に問題となるような歯牙フッ素症が発生しないことを明らかにした⁷⁾。また、様々な濃度の天然フッ素地区の齲蝕罹患状況を調べ、飲料水中フッ素濃度と永久歯齲蝕罹患状況との間に負の相関があることをつきとめた⁷⁾。これらの知見をもとに1945年から1946年にかけて、米国とカナダの4地区において1.0ppm のフッ素濃度で世界最初の水道水フッ化物添加が開始され、15~18年後に50~70%の齲蝕の減少がみられた⁸⁾。この結果、WHO は加盟国に対し齲蝕予防のため水道水フッ化物添加を勧告した。その後、世界各国で水道水フッ化物添加が普及し、1984年現在 FDI が確認しているところによれば⁹⁾、41か国、10,000地区以上においてフッ化物添加が実施され、その水を飲んでいるものが2億3,000万人以上であるという。わが国において、水道水フッ化物添加は、京都府山科¹⁰⁾、三重県朝日町¹¹⁾、沖繩本島^{12,13)}の3か所で実施されたことがあるが、いずれも中止されており、現在では水道水フッ化物添加が実施されている給水施設は存在しない。

日本において水道水フッ化物添加が目下のところ実施されていない理由のひとつとして、飲料水中至適フッ素濃度を決定するための系統的な研究が不足していたこと

をあげなければならないであろう。飯塚¹⁴⁾は、わが国における飲料水中フッ素の至適濃度または許容濃度に関して決定的な値を出すには、まだ弱い部分があると述べている。日本において1959年に水道法が制定され、水道水の水質基準を定める際、飲料水中フッ素濃度の基準は、その上限が0.8ppm とされたが、これは問題となる歯牙フッ素症の発生を引き起こさない許容量を決める立場から設定された値のようであり¹⁵⁾、必ずしも、齲蝕抑制の見地から効果的なフッ素量に関して配慮したものではなかったようである。

これまでわが国において、飲料水中フッ素濃度と齲蝕ならびに歯牙フッ素症の発現状況に関する研究が限定された小規模の地域でいくつか行われているが、齲蝕予防に適したフッ素濃度の特定に関する研究は少ない^{10,16)}。そこで、本研究においては、これまで行われた他の研究よりも比較的広い地域を対象にして、様々な濃度の飲料水中フッ素と齲蝕経験の程度及び歯牙フッ素症の発現状況との関係を調べ、特に齲蝕が多因子性の疾患であることから、多様な要因を超えて飲料水中フッ素濃度がどの程度齲蝕罹患の抑制に関与するかを考慮しながら、日本における飲料水中フッ素の歯科保健にふさわしい量について考察することとした。

対象及び方法

1. 対象地域

調査対象地域として、東北、関東、甲信越地方に分布する5県のうち調査協力者を得ることのできた7市町村を選んだ。各市町村をひとつの地区とみなし、北から南へA~Gとした。これらの地区は、ほぼ北緯36度から38度30分に分布し、年間平均気温は、摂氏7.0度から14.0度の範囲にあった。また、これらの地区は、市街地区及び農村地区であり、山間部あるいは平野部と様々な地理的環境の中に分布していた。

対象地区の水道施設は、いずれも1976年4月以前に完備された上水道または簡易水道であり、1987年の歯科検診実施までの間、水源や水道施設に変更はなかった。

A~G地区における採水を1978年11月から1980年12月にかけて開始した (Table 1)。飲料水中フッ素濃度の測定は、採水を開始した当初の1年間、毎月1回の頻度で継続して行った。その後、フッ素濃度の変動をみるために頻度の多い地区で月1回、少ない地区では年3回の割合で測定した。

飲料水中フッ素濃度の測定は、イオン電極法 (オリオン社製電極: 96-09型) を用い、小数点下第2位を四捨

Table 1 Water supply systems and fluoride concentration

Water supply system		Measurement of fluoride concentration		Fluoride concentration (ppm)		
Community	Water group	Period	Frequency	Max.	min.	Mode
A	A-1	79. 8 - 86.10	33	0.6	0.4	0.5
B	B-1	79. 8 - 85.11	30	1.5	0.9	1.4
C	C-1	78.11 - 84. 9	24	0.5	1.2	1.1
D	D-1,3	80. 7 - 86.10	30	0.5	0.2	0.3
	D-2,4	80. 7 - 81.11	17	0.6	0.1	0.5
E	E-1	80. 1 - 86. 8	27	0.2	0.1	0.2
	E-2	80. 1 - 86. 8	32	0.4	0.3	0.4
	E-3	80. 1 - 86. 8	31	0.8	0.5	0.7
F	F-1	80. 3 - 86. 1	26	0.8	0.6	0.8
	F-2	80. 3 - 86. 1	27	0.9	0.7	0.8
	F-3,4	80. 3 - 86. 1	27	0.9	0.5	0.8
G	G-1,2	80. 8 - 86. 5	37	0.7	0.2	0.6
	G-3	80. 8 - 86. 5	22	0.7	0.5	0.6
	G-4	80.12 - 86. 5	22	0.4	0.1	0.4
	G-5	80.12 - 86. 5	21	0.3	0.2	0.2
	G-6	80.12 - 86. 5	21	0.3	0.2	0.2

五入して記録した。フッ素濃度は、その代表値として、測定を開始した当初1年間、毎月1回の頻度で測定した値の最頻値を用いることにした。その結果、各水道の飲料水中フッ素濃度は、0.0ppm (0.1ppm 以下)、0.2ppm から0.8ppm まで0.1ppm ごと、及び1.1ppm と1.4ppm のいずれかで代表されることになった。Table 1 に地区A～Gの水道施設のフッ素濃度を示した。

また、G地区以外では、同じ地区内において過去から0.1ppm 以下の低フッ素濃度の飲料水を供給している水道が確認されていたので、これらの水道を調査の対象に加えて対照群とした (Table 2)。

2. 対象者

1987年度のA～G地区における22小学校の5年生 (1976年4月から1977年3月までに出生；10～11歳)、及び6年生 (1975年4月から1976年3月までに出生；11～12歳) を歯科検診の対象者とした。

歯科検診対象者の総数は、5年生959名、6年生1,008名の計1,967名であった。この中から次に示す条件の全てを満たすものを解析対象者とした。すなわち、1) 現所在地に出生以来住んでおり転居の経験がない者、2) 飲料水中フッ素濃度が確認されている水道を利用してきた者、したがって、自家のみで使っている井戸水の飲用

者や利用している飲料水のフッ素濃度が不明の者は除外する、3) 学校と家庭が同じ給水系にない水道を利用している場合は、それぞれのフッ素濃度の差の絶対値が0.2ppm 以下であること、4) 生活環境に関わるアンケートに無回答や不明など不備のない者、及び5) フッ化物局所応用経験のない者、であった。以上の条件によって、5年生510名、6年生550名、計1,060名、歯科検診受診総数の53.9%が解析の対象者となった。なお、飲料水に関わる条件1)、2)、3) により除外された者886名、条件4) によって除外された者18名、5) に該当しない者3名であった。

また、各小学校における飲料水中フッ素濃度は、その水道の給水系を調査して決定した。家庭においては、同一水系あるいは同一フッ素濃度の水道水を飲用していても、その通学する小学校が異なっていた場合、それぞれ別の飲水グループに所属するものとして分類した。この飲水グループは、グループの設定条件により52グループとなった。地区及び飲水グループ別の歯科検診対象者と解析対象者の数を Table 2 に示した。

3. 歯科検診

1987年10、11月に永久歯を対象に齲蝕と歯牙フッ素症の検診を行った。

Table 2 Number of children examined and analysed

Communi- nity	Elemen- tary school	Water group	Fluoride concentration (ppm)		Number of children			
			Home	Elemen- tary school	5th grade		6th grade	
					examined	analysed	examined	analysed
A	A-a	A-1	0.5	0.5	19	12	29	12
	A-a	A-2	*	0.5	1	0	0	0
	A-b	A-3	*	0.0	2	0	0	0
	A-b	A-4	0.0	0.0	37	31	33	25
B	B-a	B-1	1.4	1.4	16	6	12	4
	B-a	B-2	*	1.4	0	0	2	0
	B-b	B-3	*	0.0	2	0	3	0
	B-b	B-4	0.0	0.0	11	6	14	4
C	C-a	C-1	1.1	1.1	84	56	88	50
	C-a	C-2	*	1.1	0	0	2	0
	C-b	C-3	*	0.0	5	0	3	0
	C-b	C-4	0.0	0.0	52	31	51	40
	C-b	C-5	**	0.0	0	0	1	0
D	D-a	D-1	0.3	0.3	70	46	92	62
	D-a	D-2	0.5	0.3	20	11	13	8
	D-b	D-3	0.3	0.3	33	25	36	25
	D-b	D-4	0.5	0.3	23	15	24	16
	D-c	D-5	0.5	0.0	25	0	20	0
	D-c	D-8	*	0.0	4	0	2	0
	D-c	D-9	0.0	0.0	53	42	54	44
	D-c	D-10	**	0.0	1	0	2	0
	D-a	D-6	0.0	0.3	28	0	14	0
	D-a	D-7	*	0.3	7	0	7	0
	D-b	D-11	0.0	0.3	11	0	21	0
	D-b	D-12	**	5.3	26	0	20	0
E	E-a	E-1	0.2	0.4	7	5	5	5
	E-a	E-2	0.4	0.4	13	9	9	8
	E-b	E-3	0.7	0.7	19	17	15	13
	E-b	E-6	0.4	0.7	0	0	1	0
	E-c	E-4	*	0.0	0	0	1	0
	E-c	E-5	0.0	0.0	19	16	25	18
	E-a	E-7	0.7	0.4	3	0	4	0
	E-a	E-8	0.0	0.4	2	0	4	0
	E-a	E-9	*	0.4	0	0	1	0
	E-d	E-10	0.0	0.0	38	28	56	47
	E-d	E-11	*	0.0	1	0	1	0
F	F-a	F-1	0.8	0.8	14	11	20	17
	F-a	F-2	0.8	0.8	13	11	9	7
	F-a	F-3	0.8	0.8	3	0	1	0
	F-b	F-4	0.8	0.7	16	13	21	17

	F-b	F- 5	0.7	0.7	1	0	1	0	
	F- c	F- 6	0.0	0.0	64	50	39	30	
	F- c	F- 7	0.7	0.0	4	0	3	0	
	F- c	F- 8	**	0.0	1	0	4	0	
	F- a	F- 9	0.7	0.8	0	0	2	0	
	F- a	F-10	0.0	0.8	5	0	7	0	
G	G- a	G- 1	0.6	0.5	26	17	29	23	
	G- b	G- 2	0.6	0.5	8	6	12	9	
	G- c	G- 3	0.6	0.6	23	17	33	26	
	G- d	G- 4	0.4	0.2	19	13	17	15	
	G- e	G- 5	0.2	0.2	16	11	25	17	
	G- f	G- 6	0.2	0.3	6	5	12	8	
Total	7	22	52	—	—	959	510	1,008	550

* not measured because the water came from a private well

** Unknown, or uncertain

齲蝕検診は、検診者頭部の左右両側に人工光を設置して、平面鏡と JIS-S 3008 の No. 1 メリケン針を用いて視診型で行った。レジン等充填物の有無を確認するために、必要に応じて 0.2% 中性紅綿球で歯面を染色した。

齲蝕の検診結果を記録するに際し、現在歯を歯面単位で健全歯面と齲蝕経験歯面とに分けることとした。齲蝕経験歯面は、小窩裂溝においては、探針の陥入時または撤去時に明らかに抵抗を感じ歯質の軟化壁か軟化底が確認されるもの、あるいは齲蝕による実質欠損が確認できるものとし、平滑面では、探針により齲蝕による軟化歯質や齲窩の確認ができるもの、また、隣接面では、透過光で明かに齲蝕に起因する異常な色調が確認できるものとした。喪失歯は、齲蝕以外の原因による場合これを齲蝕経験歯から除外した。充填や歯冠修復など齲蝕による処置歯面は齲蝕経験歯面に含めた。検診歯面は、前歯 4 面、小臼歯 5 面、大臼歯 6 面（智歯を除く）の計 136 歯面として記録した。

齲蝕検診は、歯科検診実施の年 1987 年 3 月に歯学部を卒業した歯科医師 3 名（a, b, c）によって行われた。歯科検診に先立ち上記の診断基準にそった検診のためのトレーニングを受けさせ、その後、1 小学校において同一診査者及び診査者間相互の診断の再現性と一致の程度を確認した。また、診査者には対象地区の飲料水中フッ素濃度を知らせることのない、いわゆる「診査者盲検法」を採用した。

歯牙フッ素症の基準は、WHO が勧める「Dean の指数」の基準¹⁾を採用した。

歯牙フッ素症検診は、充分トレーニングを受け、診査

経験のある 2 名の歯科医師（d, e）を診査者として自然光のもとで歯牙単位で行われた。1.1ppm フッ素濃度の飲料水を出生以来摂取してきた者を対象にして、この 2 名の歯牙フッ素症診断の再現性と一致の割合をみた。

4. 生活環境調査

対象者の飲水歴はもとより、家庭及び小学校における生活環境の差をみるために次のような調査を行った。

1) 小学校における歯科保健

対象となった小学校の歯科保健教育と歯科保健管理の実施状況をみるために、歯科検診に先立ち質問紙を小学校に送付した。検診時に回収したが、回答に不備があれば、このとき養護教諭か保健担当の教諭に口頭で質問し不備を補った。質問内容は、クラス数、在学児童数、へき地指定の有無、保護者の各産業区分（第 1 次、第 2 次、第 3 次産業）に従事する割合、一年間の歯科健診回数、一年間の歯科治療勧告回数、給食後の歯磨き実施の有無、フッ化物歯面塗布やフッ化物洗口等集団的フッ化物局所応用の有無、及び小学校における齲蝕の集団処置の有無、の 9 項目であった。これら以外に、歯科保健に係わる学校内での指導、行事、あるいは施策等を任意の形式でかかせ、それを次のような項目に集約した。すなわち、歯垢染色を用いた歯磨き指導、歯垢染色を用いない歯磨き指導、歯磨き指導以外の歯科保健指導、保護者に対する歯科的広報や講演、及び個別の歯科治療促進指導、の有無に関する 5 項目である。

2) 家庭における生活環境

検診前に検診対象児童の保護者に対し、質問紙を小学校を通して配布し、家庭における対象者の生活環境を調

Table 3 Consistency of detection of dental caries in Intra-examiner and Inter-examiner

	Intra-examiner			Inter-examiner		
	a-a	b-b	c-c	a-b	a-c	b-c
Number of children	26	26	26	61	58	56
Consistency of detection (%)*	99.4	99.8	99.8	99.4	99.0	99.3

* Including sound tooth surfaces

べた。質問内容は、対象者の生年月日、現住所、世帯主名及び保護者名、対象者の出生以来の転居経験の有無、転居経験のあるものについてその転居歴、対象者が出生以来飲用してきた飲料水の種類（公共水道、それ以外の井戸等、公共水道とそれ以外の両者）、家庭での歯磨き状況（ほとんど磨かない、ときどき磨くが毎日は磨かない、毎日歯を磨く）、毎日歯を磨くと答えたもののみその時間帯（朝食前、朝食後、夕食前、夕食後寝る前）、おやつへの配慮（特にしていない、かなり気をつけている）、フッ化物歯面塗布経験の有無とその回数、及びフッ化物洗口経験とその時期、の11項目であった。

質問紙の反対側には、歯科検診チャートを印刷し、検診終了と同時に質問紙が回収できるようにした。

5. 資料の解析

得られた資料は、コード化して電算機（日本電気社製 ACOS-830）に入力し、付属の情報検索システムプログラム DATA-710¹⁸⁾ を用いてデータベースを構築した。また、データの解析には、同じく付属の解析用プログラム DAISY¹⁹⁾ を利用した。

結 果

1. 診断の一致率

1) 永久歯齲蝕診断

永久歯齲蝕診査者 a, b, c の3名がD地区の1小学校において5, 6年生を対象として歯科検診を行い、診査者内及び診査者間の診断の一致率を調べた。被検者は、同一の診査者によって2回、または2名の診査者によって2回の齲蝕検診を受けた。各診査者に対する被検者の配分は Table 3 の通りである。診断の一致率を、健全歯面を含めて、診断が一致した歯面数の全歯面数に対する割合で示した (Table 3)。診査者内及び診査者間とも一致率は、99%以上であった。

2) 歯牙フッ素症診断

C地区の1小学校の6年生を対象として、診査者 d, e の歯牙フッ素症診断の一致率を調べた。齲蝕検診の場

Table 4 Consistency of detection of dental fluorosis in Intra-examiner and Inter-examiner

	Intra-examiner		Inter-examiner
	d-d	e-e	d-e
Number of children	20	19	21
Consistency of detection (%)*	95.0	84.2	81.0

* Including normal tooth surfaces

合同様に、被検者は、同一またはそれぞれの診査者によって2度検診を受けた。

診断の一致率は、「正常」と評価された被検者を含めて、診査者内では95.0%及び84.2%、診査者間では81.0%であった (Table 4)。

2. 永久歯齲蝕罹患状況

1) 男女差

飲料水中フッ素濃度を0.0ppm から1.0ppm まで0.2ppm の幅で5群に分け、1.0ppm 以上の1群 (1.1及び1.4ppm 群) と共に6群に群別し、齲蝕罹患状況の男女差を平均 DMFS でみた。5年生、6年生とも、それぞれ全体としては、有意な男女差がみられたが、フッ素濃度群別にみると、男女差が有意にみられたのは、0.4~0.6ppm の5年生、0.2~0.4ppm の6年生のみであり、ほとんどの濃度群において差がなかった (Table 5, 6)。そこで以後の解析は、男女を区別せず行うことにした。

2) 飲料水中フッ素濃度と永久歯齲蝕罹患状況

飲料水中フッ素濃度と対象者個人の永久歯齲蝕経験歯数 (DMFT) との相関関係は、5年生 (510名): $r = -0.242$, また、6年生 (550名): $r = -0.266$ であり、いずれも、危険率1%以下で有意な負の相関を示した。同様に対象者個人の DMFS との相関関係は、5年生: $r = -0.229$, 6年生: $r = -0.250$, であった ($p < 0.01$)。

Table 5 Difference of mean DMFS between males and females (5th grade)

Fluoride concentration (ppm)	Males			Females			Percentage of difference	
	Number of children	Mean DMFS	S D	Number of children	Mean DMFS	S D		
0.0-0.2	103	4.62	5.06	101	6.05	5.77	23.6	NS
0.2-0.4	45	2.87	3.22	47	3.51	3.74	18.2	NS
0.4-0.6	26	1.81	1.98	34	3.21	3.03	43.6	*
0.6-0.8	30	3.37	4.18	27	4.30	4.09	21.6	NS
0.8-1.0	12	3.50	2.61	23	1.87	1.71	46.6	NS
1.0-1.4	33	1.88	2.72	29	3.14	3.40	40.1	NS
Total	249	3.44	4.16	261	4.35	4.66	20.9	*

NS: Not significant

*: $p < 0.05$

Table 6 Difference of mean DMFS between males and females (6th grade)

Fluoride concentration (ppm)	Males			Females			Percentage of difference	
	Number of children	Mean DMFS	S D	Number of children	Mean DMFS	S D		
0.0-0.2	113	6.50	5.65	95	7.08	9.33	8.2	NS
0.2-0.4	48	2.65	2.83	69	4.83	4.49	45.1	*
0.4-0.6	37	3.43	3.65	22	4.50	4.07	23.8	NS
0.6-0.8	44	3.52	3.88	27	6.67	8.84	47.2	NS
0.8-1.0	21	2.24	2.47	20	4.00	3.09	44.0	NS
1.0-1.4	30	2.43	3.09	24	1.58	1.69	35.0	NS
Total	293	4.31	4.68	257	5.46	7.10	21.1	*

NS: Not significant

*: $p < 0.05$

対象者の飲用する給水系とその所属する学校によって分類した26の飲水グループと、そのフッ素濃度及び齲蝕罹患状況を地区別に Table 7, 8, 9 に表わした。各飲水グループごとの齲蝕有病率は、5年生で53.8%~100%, 6年生では、56.3%~100%であり、全体として、5年生が77.8%, 6年生が82.0%であった。各飲水グループごとの平均 DMFT は、5年生では、1.20~4.19, 6年生では、1.54~6.28であり、同様に平均 DMFS は、5年生が1.60~6.13, 6年生が1.71~9.74であった。飲水グループごとの飲料水中フッ素濃度と平均 DMFT との間には、5年生: $r = -0.468$ ($p < 0.05$), 回帰直線 $Y = 3.20 - 1.01X$, 6年生: $r = -0.573$ ($p < 0.01$), 回帰直線 $Y = 4.41 - 1.90X$ の有意な負の相関がみられた。また同様に、フッ素濃度と平均 DMFS との間には、5年生: $r = -0.505$ ($p < 0.05$), 回帰直線 $Y = 4.38 - 1.88X$, 6年生: $r = -0.610$ ($p < 0.01$), 回帰

直線 $Y = 6.48 - 3.68X$ のそれぞれ有意な負の相関がみられた。飲水グループごとの飲料水中フッ素濃度と平均 DMFS との関係を学生別に Fig. 1, 2 に示した。

男女差の所で述べたように、飲料水中フッ素濃度を0.0ppm から1.0ppm まで0.2ppm の幅で5群に分け、1.0ppm 以上の1群と共に6群に群別し、学年ごとにフッ素濃度群別の齲蝕有病率、平均 DMFT, 及び平均 DMFS を表わした (Table 10, 11, 12)。これらフッ素濃度群のうち、0.2ppm 未満のフッ素濃度群を対照群とし、対照群以外の各フッ素濃度群との間の齲蝕罹患状況の比較を行った。

齲蝕有病率は、5年生では対照群に対し0.4~0.6ppm 群及び1.0ppm 以上群で有意な減少を示した。6年生では対照群に対し全ての濃度群で有意な減少がみられた (Table 10)。

平均 DMFT でみた場合、フッ素濃度が上がるにと

Table 7 Number of children and percentage of persons with DMF according to the fluoride concentration in the drinking water and water group

Fluoride concentration (ppm)	Water group	5th grade		6th grade	
		Number of children	Percentage of persons with DMF	Number of children	Percentage of persons with DMF
0.0	A- 4	31	83.9	25	92.0
	B- 4	6	100.0	4	100.0
	C- 4	31	80.6	40	85.0
	D- 9	42	73.8	44	93.2
	E- 5	16	87.5	18	94.4
	E-10	28	92.9	47	97.9
	F- 6	50	86.0	30	83.3
0.2	E- 1	5	80.0	5	100.0
	G- 5	11	81.8	17	82.4
	G- 6	5	100.0	8	100.0
0.3	D- 1	46	78.3	62	80.6
	D- 3	25	76.0	25	68.0
0.4	E- 2	9	77.8	8	87.5
	G- 4	13	53.8	15	93.3
0.5	A- 1	12	75.0	12	66.7
	D- 2	11	72.7	8	87.5
	D- 4	15	86.7	16	56.3
0.6	G- 1	17	76.5	23	73.9
	G- 2	6	100.0	9	66.7
	G- 3	17	70.6	26	92.3
0.7	E- 3	17	70.6	13	76.9
0.8	F- 1	11	90.9	17	94.1
	F- 2	11	90.9	7	71.4
	F- 4	13	53.8	17	58.8
1.1	C- 1	56	66.1	50	62.0
1.4	B- 1	6	83.3	4	100.0
0.0-1.4		510	77.8	550	82.0

もなつてその値が小さくなり、対照群との差が大きくなる傾向がみられ、5年生の0.6~0.8ppm群を除き、他の濃度群と対照群との間に有意な差を確認することができた。最大の減少率は、6年生の1.0ppm以上の濃度群において63.1%であった (Table 11)。

同様に、平均 DMFS でみると、0.2ppm以上のフッ素濃度群は、いずれの群も対照群より小さい値を示した。対照群との減少率が最も少なかったのは0.6~0.8ppm

のフッ素濃度群であり、5, 6年生ともそれぞれ28.5%, 30.3%であった。なお、0.6~0.8ppmの6年生女子1名に DMFS が47, DMFT 18という者が含まれていた。0.6~0.8ppm以外の濃度群でみると、フッ素濃度の上昇にともない平均 DMFS の減少率が拡大し、減少率の最高値は、6年生における1.0ppm以上群と対照群との間の69.6%であった。これらの差は、いずれも統計的に有意であった (Table 12)。

Table 8 Number of children and mean DMFT according to the fluoride concentration in the drinking water and water group

Fluoride concentration (ppm)	Water group	5th grade			6th grade		
		Number of children	DMFT		Number of children	DMFT	
			Mean	S D		Mean	S D
0.0	A- 4	31	3.68	2.73	25	4.16	2.56
	B- 4	6	3.33	1.63	4	5.50	1.91
	C- 4	31	3.32	2.45	40	3.30	2.75
	D- 9	42	3.55	3.51	44	3.50	2.50
	E- 5	16	4.19	2.97	18	5.72	5.15
	E-10	28	4.14	2.79	47	6.28	4.72
	F- 6	50	3.94	3.33	30	4.43	3.20
0.2	E- 1	5	2.60	2.70	5	5.00	4.12
	G- 5	11	3.00	2.32	17	3.82	3.73
	G- 6	5	1.20	1.79	8	4.50	2.88
0.3	D- 1	46	2.41	2.18	62	2.82	2.21
	D- 3	25	2.28	2.13	25	2.08	1.87
0.4	E- 2	9	2.56	2.40	8	4.88	3.23
	G- 4	13	1.77	2.42	15	3.47	2.77
0.5	A- 1	12	2.17	1.70	12	2.75	2.73
	D- 2	11	1.91	1.64	8	2.38	1.60
	D- 4	15	2.80	1.66	16	2.19	2.32
0.6	G- 1	17	3.88	3.31	23	2.96	2.70
	G- 2	6	2.83	1.72	9	4.33	5.79
	G- 3	17	2.94	2.56	26	3.77	2.69
0.7	E- 3	17	2.29	2.20	13	2.92	2.72
0.8	F- 1	11	2.09	1.45	17	3.76	2.44
	F- 2	11	2.45	1.57	7	3.14	2.67
	F- 4	13	2.38	2.69	17	1.59	1.66
1.1	C- 1	56	1.61	1.58	50	1.54	1.89
1.4	B- 1	6	3.00	1.79	4	3.25	1.50
0.0-1.4		510	2.91	2.61	550	3.49	3.19

3. 数量化理論第I類による解析

1) 齲蝕の多寡に係わる要因の分析

対象児童の家庭及び小学校に対して行った質問調査の結果から、歯科保健に関する項目や地域特性を表す項目をもちいて、DMFSを指標として齲蝕の多寡に影響するとおもわれる要因の分析を行った。

まず、飲料水中フッ素濃度、居住する地区（市町村）、診査者の3項目を選んだ。次に、児童個人に関する項目

として、性別、所属する学年、一日の歯磨き回数、家庭におけるおやつへの配慮の有無、の4項目、また、小学校に対して行った質問項目の中から、フッ化物局所応用の1項目のみを除く13項目を選んだ。なお、フッ化物局所応用の項目は、すでに対象を除外する条件項目の1つとして用いていた。

これら合計20項目のうち、内部相関の高いものは除外され、独立性の高い項目及び齲蝕発生に対し理論的に関

Table 9 Number of children and mean DMFS according to the fluoride concentration in the drinking water and water group

Fluoride concentration (ppm)	Water group	5th grade			6th grade		
		Number of children	DMFT		Number of children	DMFT	
			Mean	S D		Mean	S D
0.0	A- 4	31	5.13	4.35	25	5.28	2.93
	B- 4	6	3.83	1.83	4	8.50	4.65
	C- 4	31	4.26	4.07	40	4.98	5.88
	D- 9	42	6.05	7.31	44	5.55	4.73
	E- 5	16	6.13	5.35	18	9.50	12.33
	E-10	28	5.96	4.91	47	9.74	10.52
	F- 6	50	5.08	5.70	30	5.67	4.81
0.2	E- 1	11	4.73	4.22	17	5.94	5.98
	G- 5	5	1.60	2.30	8	5.50	3.93
	G- 6	5	3.00	3.54	5	7.20	6.57
0.3	D- 1	46	3.02	3.36	62	3.47	3.17
	D- 3	25	3.20	3.58	25	2.56	2.97
0.4	E- 2	9	3.33	3.77	8	5.50	4.11
	G- 4	13	2.00	3.11	15	4.33	4.17
0.5	A- 1	12	2.83	3.07	12	3.67	3.75
	D- 2	11	2.00	1.73	8	2.50	1.85
	D- 4	15	2.93	1.91	16	3.31	4.14
0.6	G- 1	17	5.88	6.08	23	4.22	4.32
	G- 2	6	3.17	2.48	9	8.67	15.00
	G- 3	17	3.18	2.77	26	4.50	3.61
0.7	E- 3	17	2.59	2.53	13	3.31	3.35
0.8	F- 1	11	2.27	1.68	17	4.47	3.26
	F- 2	11	2.45	1.57	7	3.14	2.67
	F- 4	13	2.54	2.99	17	1.71	1.90
1.1	C- 1	56	2.32	3.14	50	1.96	2.63
1.4	B- 1	6	3.83	2.48	4	3.25	1.50
0.0-1.4		510	3.91	4.44	550	4.85	5.96

与すると思われる項目、すなわち、「飲料水中フッ素濃度」、「地区」、「診査者の別」、小学校における「歯科保健指導」、「一年間の歯科治療勧告回数」、保護者の従事する産業区分のうち「第3次産業従事者の割合」、児童の「性別」、所属する「学年」、家庭における「おやつへの配慮」、の9項目が選択された。これら選択された9項目を説明変数とし、対象者個人のDMFSを目的変数として、数量化理論第I類による解析を行った。「地区」

のみ名義尺度として処理し、他の変数は、質的データに属するものであっても、カテゴリーの平均DMFSの値に応じて順位づけを行い、量的データとして処理した。

Table 13 に選択された9項目とそのカテゴリー、カテゴリー・スコア、回帰係数、偏相関係数、及び偏相関係数の絶対値の順位を示した。重相関係数Rは、0.34であった。

偏相関係数の絶対値は、「飲料水中フッ素濃度」が最

Fig. 1 The relationship between mean DMFS and fluoride concentration in the drinking water (5th grade)

Fig. 2 The relationship between mean DMFS and fluoride concentration in the drinking water (6th grade)

Table 10 Number of children and percentage of persons with DMF according to the fluoride concentration and grade of elementary school

Fluoride concentration (ppm)	5th grade		6th grade	
	Number of children	Persons with DMF (%)	Number of children	Persons with DMF (%)
0.0-0.2	204	83.8 Control	208	90.9 Control
0.2-0.4	92	76.1 NS	117	80.3 **
0.4-0.6	60	73.3 *	59	76.3 **
0.6-0.8	57	75.4 NS	71	80.3 *
0.8-1.0	35	77.1 NS	41	75.6 **
1.0-1.4	62	67.7 **	54	64.8 ***
Total	510	77.8	550	82.0

NS : Not significant

* : $p < 0.05$

** : $p < 0.01$

*** : $p < 0.001$

も大きかった (偏相関係数 $r = -0.269$)。次に「地区」($r = 0.193$)であり、以下順に「歯科保健指導」($r = 0.139$)、「性別」($r = 0.108$)、「学年」($r = 0.090$)、「一年間の歯科治療勧告回数」($r = 0.081$)、「診査者の別」($r = 0.045$)、「第3次産業従事者の割合」($r = 0.044$)、そして「おやつへの配慮」($r = -0.027$)であった。

2) 齲蝕の多寡に対する飲料水中フッ素の影響力

飲料水中フッ素濃度が、他の要因を超えて、どの程度まで齲蝕の多寡に影響を与えることができるかを調べるために、最も高濃度のフッ素を飲用する対象者から順次対象者を除外し、上記と同様の方法で、数量化理論第I

類による解析を行った。Table 14 にその結果を示した。偏相関係数の絶対値でみた場合、0.0~0.7ppm の範囲までは、「飲料水中フッ素濃度」が最も大きく「地区」が2位であった。0.0~0.6ppm 及び 0.0~0.5ppm の範囲では、「地区」が最大となり「飲料水中フッ素濃度」は2位となった。しかし、0.0~0.4ppm 及び 0.0~0.3ppm の範囲では、再び「飲料水中フッ素濃度」が最も大きい値を示し「地区」がそれに続いた。さらに0.0~0.2ppm では、「飲料水中フッ素濃度」の偏相関係数の絶対値がやはり最も大きかったが、2位は「学年」であり、「地区」は3位に退いた。重相関係数は、0.0~0.3

Table 11 Number of children and mean DMFT according to the fluoride concentration in the drinking water

Fluoride concentration (ppm)	5th grade				6th grade			
	Number of children	DMFT		Percentage of difference	Number of children	DMFT		Percentage of difference
		mean	S D			mean	S D	
0.0-0.2	204	3.75	3.00	Control	208	4.53	3.67	Control
0.2-0.4	92	2.39	2.17	36.3 ***	117	3.02	2.63	33.3 ***
0.4-0.6	60	2.25	1.95	40.0 ***	59	3.02	2.65	33.3 ***
0.6-0.8	57	3.02	2.66	19.5 N S	71	3.42	3.20	24.5 **
0.8-1.0	35	2.31	1.98	38.4 **	41	2.76	2.36	39.1 ***
1.0-1.4	62	1.74	1.64	53.6 ***	54	1.67	1.90	63.1 ***
Total	510	2.91	2.61		550	3.49	3.19	

N S : Not significant

** : $p < 0.01$

*** : $p < 0.001$

Table 12 Number of children and mean DMFS according to the fluoride concentration in the drinking water

Fluoride concentration (ppm)	5th grade				6th grade			
	Number of children	DMFS		Percentage of difference	Number of children	DMFS		Percentage of difference
		mean	S D			mean	S D	
0.0-0.2	204	5.33	5.46	Control	208	6.77	7.54	Control
0.2-0.4	92	3.20	3.49	40.0 ***	117	3.93	4.03	42.0 ***
0.4-0.6	60	2.60	2.70	51.2 ***	59	3.83	3.81	43.4 ***
0.6-0.8	57	3.81	4.13	28.5 *	71	4.72	6.37	30.3 **
0.8-1.0	35	2.43	2.17	54.4 ***	41	3.10	2.90	54.2 ***
1.0-1.4	62	2.47	3.10	53.7 ***	54	2.06	2.58	69.6 ***
Total	510	3.91	4.44		550	4.85	5.96	

* : $p < 0.05$

** : $p < 0.01$

*** : $p < 0.001$

ppm までは0.31以上であったが、0.0~0.2ppm では0.26まで下がった。

4. 歯牙フッ素症の発現状況

飲料水中フッ素濃度を0.0ppmから1.0ppmまで0.2ppmの幅で5群に分け、1.0ppm以上の1群と共に6群に群別し、それぞれの群における歯牙フッ素症の発生状況を症度別にその発現率及び地域歯牙フッ素症指数(CFI)で示した(Table 15)。このCFIの評点法は、DeanのいうIndex of dental fluorosisの評点法に相当するものである²¹⁾。

「正常」歯発現者の割合は、フッ素濃度の上昇にともない減少したが、その割合は0.2ppm未満では94.7%、1.0ppm以上でも58.6%であった。フッ素濃度が増加すると、「非常に軽度」以上発現者の割合は上昇する傾向にあるが、最も症度の高いフッ素症発現者であっても「軽度」までであり、「中等度」以上のフッ素症歯を有する者はいなかった。飲料水中フッ素濃度1.0ppm以上の群における「軽度」歯牙フッ素症発現者の割合は、1.7%であった。CFIも同様に、フッ素濃度の上昇にともない上昇した。その値は、0.6ppm未満では0.10以下、

Table 13 Factors which have an influence on the number of DMFS, partial correlation coefficient, regression coefficient, and category score

Item	Partial correlation		
	Regression coefficient	Coefficient	order
Fluoride concentration in the drinking water	-0.43	-0.269	1
Category			
Community	category	score	
	A	-6.10	0.193 2
	B	-7.40	
	C	-7.13	
	D	-9.42	
	E	-6.29	
	F	-7.94	
	G	-7.40	
	Regression coefficient		
Dental health instruction in elementary school	2.47	0.139	3
Sex	1.09	0.108	4
Grade of elementary school	0.90	0.090	5
Times of recommendation of treatment per year	0.53	0.081	6
Examiner	0.27	0.045	7
Percentage of the 3rd industrial population	0.02	0.044	8
Sweets at home	-0.51	-0.027	9

Multiple correlation coefficient=0.34

Mean DMFS=4.40 (SD; 5.30)

0.6ppm 以上1.0ppm 未満では約0.2, また1.0ppm 以上では0.30であった。飲水グループごとの飲料水中フッ素濃度と CFI との間には, $r=0.691$ ($p<0.001$) の有意な正の相関関係があった。

考 察

1. 対象地域

飲料水中フッ素濃度と齲蝕罹患状況との関係を調査する場合, 飲料水中フッ素濃度の変動を調べ, 対象地域のフッ素濃度を決定する必要がある。Dean ら²¹⁾は, 天然フッ素地域の調査を実施した際, 飲料水中フッ素濃度を12か月間月1回測定して, そのフッ素濃度を決定している。この度の調査では, 飲料水中フッ素濃度の代表値として, 測定を開始した当初の1年間, 毎月1回の頻度で

測定した値の最頻値を用いることにした (Table 1)。

今回調査を行った地域は, 北緯約36.0~38.3度の範囲にあり, 特に飲料水の摂取量の差を考慮しなくてもよい地域であると考えた。

2. 対象者

歯科検診時, 飲料水中フッ素濃度が確定している地域に居住している児童であっても, その飲料水を歯牙形成期から歯科検診時まで, 一貫して飲用していなければ, 調査の対象に含めることはできない。

今回の研究においても, 一定濃度のフッ素を含有する飲料水を出生以来飲用していなかった者, またアンケート解答に不備があった者は, 歯科検診を受けても, 解析の対象に含めなかった。この度の調査の歯科検診受診者の総数は1,967名であったが, 上記の理由により907名

Table 14 Factors which have an influence on the number of DMFS, partial correlation coefficient, and multiple correlation coefficient according to the range of the fluoride concentration in the drinking water

Fluoride concentration in the drinking water (ppm)	Number of children		Order				Multiple correlation coefficient
			1	2	3	4	
0.0 - 1.4	1,060	Item Partial corr. coeff.	F. conc. -0.269	Community 0.193	D. H. I. 0.139	Sex 0.108	0.34
0.0 - 1.1	1,050	Item Partial corr. coeff.	F. conc. -0.283	Community 0.195	D. H. I. 0.156	Sex 0.108	0.34
0.0 - 0.8	944	Item Partial corr. coeff.	F. conc. -0.246	Community 0.193	D. H. I. 0.118	Sex 0.116	0.33
0.0 - 0.7	868	Item Partial corr. coeff.	F. conc. -0.202	Community 0.195	Sex 0.119	D. H. I. 0.118	0.31
0.0 - 0.6	838	Item Partial corr. coeff.	Community 0.199	F. conc. -0.127	Sex 0.120	T.R.T. 0.103	0.31
0.0 - 0.5	740	Item Partial corr. coeff.	Community 0.163	F. conc. -0.115	Sex 0.109	Grade 0.103	0.34
0.0 - 0.4	666	Item Partial corr. coeff.	F. conc. -0.191	Community 0.145	Sex 0.106	Grade 0.103	0.32
0.0 - 0.3	621	Item Partial corr. coeff.	F. conc. -0.217	Community 0.108	D. H. I. 0.105	Sex 0.104	0.32
0.0 - 0.2	463	Item Partial corr. coeff.	F. conc. -0.131	Grade 0.110	Community 0.101	Examiner 0.085	0.26

Partial corr. coeff.=Partial correlation coefficients

F. conc.=Fluoride concentration in the drinking water

D.H.I.=Dental health instruction in elementary school

T.R.T.=Times of recommendation of dental treatment per year

Table 15 Distribution of mottled enamel scores and Community Fluorosis Index

Fluoride concentration (ppm)	Number of children	Distribution of mottled enamel scores (%)				Community Fluorosis Index
		Normal	Questionable	Very mild	Mild	
0.0 - 0.2	412	94.7	3.6	1.5	0.2	0.04
0.2 - 0.4	209	89.5	9.1	1.0	0.5	0.07
0.4 - 0.6	119	84.0	11.8	4.2	0.0	0.10
0.6 - 0.8	128	77.3	12.5	7.8	2.3	0.19
0.8 - 1.0	76	69.7	22.4	6.6	1.3	0.20
1.0 - 1.4	116	58.6	25.9	13.8	1.7	0.30
Total	1,060	84.6	10.5	4.2	0.8	0.11

(46.1%) が解析対象から除外された (Table 2)。

Dean ら²²⁾ は天然フッ素地域の調査の際、対象者の60～70%を除外し、また、筒井²³⁾ は天然フッ素地域の乳歯齲蝕罹患状況を調査したとき30.3%を除いたと報告している。今回、解析対象から排除された者の割合は、これら2つの報告の中間にあり、こうした疫学調査において、しばしばみられる程度のものであるといえよう。

3. 歯科検診

1) 永久歯齲蝕診断

WHO は、歯科的調査の集団評価においては、診断の高い一致度が必要であるとし、診査者にあらかじめ訓練をしておくことが必須の前提条件であるとしている。その上で「納得のいく一致度」として診査結果の一致度は、85～90%の範囲であると述べている¹⁷⁾。

今回の齲蝕検診に先立ち、歯科医師3名に前述の診断基準にそった検診のためのトレーニングを受けさせた。その結果、診査者内及び診査者間とも一致率を99%以上まで高めることができた (Table 3)。また、診査者には、いわゆる「診査者盲検法」を採用し、対象地区の飲料水フッ素濃度を知らせずに、検診に際する先入観を排除した。

一致率が高かったことは、数量化理論Ⅰ類による分析において、項目としての「診査者の別」が齲蝕発生に影響の大きいものではなかったことから証明された (Table 13)。

2) 歯牙フッ素症診断

WHO は、歯牙フッ素症の基準として、Dean の提唱した基準を適用することを勧めている¹²⁾。しかし、Dean 基準の「疑問」型、「非常に軽度」型及び「軽度」型は、非フッ素性の形成不全歯との鑑別診断が困難であり、集団検診においては、経験と慎重さが要求される²⁴⁾。そこで今回の歯牙フッ素症診断には、かつて歯牙フッ素症検診のトレーニングを受け、実際に診査経験のある2名の歯科医師を当てた。1.1ppm フッ素濃度の飲料水を出生以来摂取してきた者を対象にして、この2名の歯牙フッ素症診断の一致率をみたが、診査者内及び診査者間とも一致率は81%以上であり、今回の歯牙フッ素症診断の信頼性は高いものと考えた。

4. 永久歯齲蝕罹患状況の解析

1) 飲料水中フッ素濃度と永久歯齲蝕罹患状況

天然フッ素地区の調査報告としては、Dean⁷⁾ が米国4州21市12～14歳児7,257人を対象にして天然フッ素地区の疫学調査を行い、飲料水中フッ素濃度と永久歯の齲蝕罹患状況との間に負の相関関係があることを認めた。

本研究において、飲料水中フッ素濃度と対象者個人のDMFT 及び個人の DMFS との間には、それぞれ有意な負の相関関係があった。これらの値は、いずれも統計的に有意であった。また、Dean の報告と同様、飲水グループごとの飲料水中フッ素濃度と平均 DMFT との間には、5年生 $r = -0.468$, 6年生 $r = -0.573$, 平均 DMFS との間には、5年生 $r = -0.505$, 6年生 $r = -0.610$, のそれぞれ有意な負の相関がみられた。

今井¹⁰⁾ は北海道と九州を除く日本の48地区の飲料水中フッ素濃度と55の小学校における「齲蝕者率」(齲蝕有病率) との関係を調べ、0.1ppm から0.5ppm へ向かって齲蝕有病率の急激な減少が直線的にみられたという。この濃度範囲の内、0.30～0.39ppm で齲蝕有病率が最低になり、これより高濃度では齲蝕有病率が徐々に増加する傾向を示したと述べている。この齲蝕有病率が最低になったという0.30～0.39ppm という値は、著者自身が他の研究結果より低濃度であることを認めており、考察においてその理由を測定方法の相違及び生活環境の変化に求めている。今井の研究では齲蝕罹患状況を比較するために、齲蝕有病率を指標として用いている。しかし、この度の調査において5年生では、齲蝕有病率を指標として用いた場合、フッ素濃度別の罹患状況の差を明瞭に表すことは困難であった (Table 7)。このことから齲蝕有病率のみをこの種の研究における指標に用いることが必ずしも妥当であるとは思われない。また、今井は、0.5ppm 以上の濃度群 (0.64, 0.84, 1.46, 1.83, 及び2.38ppm) については、飲用人口が少なかったという理由で一括して処理しているが、これら0.64～2.38ppm のフッ素濃度群は、飲料水中フッ素濃度と齲蝕罹患状況との関係を調べるには重要な範囲の濃度であると思われるので、これらの濃度群に対応する齲蝕罹患状況についてさらに詳細な考察が望まれる。以上の事柄から、0.30～0.39ppm の範囲で齲蝕有病率が最低になるという今井の研究の結論には、なお考慮すべき面が存在していると考えられる。

飲料水中フッ素濃度と齲蝕減少率に関しては、多くの研究が存在する。

Dean らには様々な報告があるが^{3,7,8,20,22)}, 12～14歳児を対象に、0.5ppm 未満の地区 (3,867名) と1.0以上1.4ppm 未満の地区 (1,403名) を DMFT で比較すると減少率60.3%であった。

Lewis²⁵⁾ は米国 Georgia 州内の3地区 (0.11, 0.38, 0.75ppm) の6～15歳児9,301人を調査し0.11ppm を対照としたとき減少率は、0.38ppm で35.6%, 0.75ppm

で60.8%であったと報告している。

英国では、Forrest²⁶⁾ が0.1, 0.1~0.2, 0.9, 2.0, 3.5, それに5.8ppm の6地区における12~14歳児583人を調べ、その平均 DMFT が0.1~3.5ppm までは減少していくが、5.8ppm になると返ってやや増加することを報告した。この中で DMFT の差は0.1ppm 地区と0.9ppm 地区を比較すると減少率60.6%であった。

James²⁷⁾ は英国3か所の天然フッ素地区を調査したが、男女を合わせて平均 DMFT で比較すると、0.2ppm 以下の地区(396名)と1.45ppm の地区(296名)との間では、11歳児で減少率34.0%, 12歳児で36.2%であった。

Murray²⁸⁾ は、英国における0.2ppm 地区と1.5~2.0ppm 地区の15歳児(それぞれ381人, 386人)の平均 DMFT の減少率が約45%であったと報告している。

わが国において報告された天然フッ素地区調査では、上田ら²⁹⁾ が調査当時までの飲料水中フッ素濃度が1.2~1.3ppm あるいはそれ以上であったと思われる1地区と対照地区とを平均 DMFT を用いて比較したとき減少率は、5年生で52.8%, 6年生で53.4%であった。

田沢ら³⁰⁾ は様々な濃度の天然フッ素地区と非フッ素地区の永久歯齲蝕罹患状況を比較した。対照地区と0.90~1.06ppm 地区とを DMFT で比べたところ、5年生で減少率50.0%, 6年生で55.8%であった。

水道水フッ化物添加に関する報告をみると、Arnoldら³¹⁾によれば世界で初めて1.0ppm で水道水フッ化物添加が行われた地区のひとつである米国の Grand Rapids においてフッ化物添加してから10年後に12歳児で予防率52.0%であった。

Ireland では人口の60%が0.8~1.0ppm でフッ化物添加された水を飲んでいるが、Lemasney ら³²⁾の報告によると11歳児で減少率42%の予防効果がみられたという。

金ら³³⁾はこの度の調査地区とほぼ同緯度に相当する韓国の2都市におけるフッ化物添加(0.8ppm)の永久歯齲蝕予防効果を報告し、鎮海市では6年後に7歳児で予防率47.2%, 清州市では5年後に6歳児で予防率45.8%の効果があつたと述べている。

郭ら³⁴⁾は、台湾におけるフッ化物添加(0.6ppm)9年後の効果について12歳児で予防率50.0%, 沈³⁵⁾は中国華南地方東莞市の水道水フッ化物添加(0.6ppm)16年後の効果は13歳児では予防率52%であったとそれぞれ報告している。

わが国では、美濃口¹⁰⁾が0.6ppm で11年間フッ化物添加した京都山科地区における齲蝕予防効果を DMFT

の減少率でみた場合、10歳で43.2%, 11歳で33.4%, 12歳で34.0%であったと報告した。

Murray ら³⁶⁾は1980年に水道水フッ化物添加の効果をみるため世界18か国から永久歯に関する58編を集め、予防効果が50~60%とする文献が23編と最も多かったとしている。

この度の調査において、0.2ppm 以上のフッ素濃度群は、フッ素濃度が上昇するにともない、平均 DMFT 及び平均 DMFS 両者とも減少し、対照群との差が大きくなる傾向がみられた。5, 6年生を通してみた場合、その減少率の最高値は、平均 DMFT では、6年生の1.0ppm 以上の濃度群において63.1%であり約1/3に齲蝕が減少した。同様に、平均 DMFS では、6年生の1.0ppm 以上群における減少率69.6%であった。また、C地区に存在する0.0ppm (0.1ppm 以下)グループと1.1ppm グループの齲蝕罹患状況を比較した場合、5年生における DMFT の差は減少率51.5%, DMFS の差は減少率45.5%であり、6年生においてはそれぞれ減少率が53.3%, 60.6%であった(Table 11, 12)。以上の結果は先に引用した文献の報告と比較したとき、James²⁷⁾の報告を除き、ほぼ同様の永久歯齲蝕減少傾向を示した。

2) 永久歯齲蝕罹患状況に影響を及ぼす飲料水中フッ素濃度とその他の要因

齲蝕は多くの要因によって引き起こされる疾患であり、その罹患状況には、口腔内環境はもとより、生活行動様式や社会環境に属する要因が、互いに影響し合いながら関与していると考えられる。

飲料水中フッ素もまた齲蝕の発生に影響を与える重要な要因のひとつであるが、その影響力は、やはり個人の行動とそれを取りまく環境によって多様に発現されるであろう。今回の調査の目的は、飲料水中フッ素濃度と齲蝕罹患状況との関係を明らかにすることであったが、対象者は多くの地区や学校にわたって存在しており、その地区及び学校の特性は様々であった。そこで、これらの特性によって成立する社会環境や対象児童の行動のうち、齲蝕罹患状況に影響を与えると思われる要因を調べ、飲料水中フッ素濃度及び他の要因がどの程度まで齲蝕罹患状況に関わっているか解析を試みた。

要因としてあげた項目の中に「地区」という質的データが存在するので、多変量解析手法のひとつであり質的データの処理のために開発された数量化理論第I類を用いて解析を行った。まず、対象者個人の DMFS を齲蝕罹患状況を表す指標とし、これを目的変数とした。次に、DMFS に影響を与えると思われる要因を表す項目のう

ち、重相関係数 R の値をより大きくすることを目的にして、相互に内部相関の高いものの内の1つを説明変数から除外あるいは編入し説明変数の選択処理を行った。その結果、Table 13 に記した9項目の説明変数が選ばれた。

解析の結果、 R は0.34であった。この値は、同様に数量化理論第Ⅰ類の手法で天然フッ素地区の乳歯齲蝕の要因を検討した筒井³⁸⁾の研究 ($R=0.46$) より低い値であったが、同じ手法を用いて永久歯齲蝕の要因分析を3都市の小学生を対象に行った石井³⁷⁾の研究 ($R=0.25\sim 0.42$) とほぼ同じ値であった。

偏相関係数の値では、「飲料水中フッ素濃度」が-0.269と最も高く、DMFSの多寡に影響を与える要因として最も大きいものであった。

また、飲料水中フッ素濃度0.0~1.4ppmの間では、「飲料水中フッ素濃度」が永久歯齲蝕罹患状況に最も大きな影響を与えていたが、どの程度の濃度までこのような影響が維持されるかをみるために、対象者を飲料水中フッ素濃度の高い方から順に除外し、数量化理論第Ⅰ類の手法により0.0~1.4ppmの範囲で解析した場合と同じ説明変数を用いて同様の解析を行っていった。0.7ppm以上の範囲では、「飲料水中フッ素濃度」が最も大きな要因であった。0.0~0.6ppm 及び0.0~0.7ppm の範囲では一旦「飲料水中フッ素濃度」は2位に落ちるが、0.0~0.4ppm になると再び最も大きな要因となり、それは0.0~0.3ppm 及び0.0~0.2ppm でも同様であった。

「飲料水中フッ素濃度」の次に大きな要因は「地区」であった。これら2項目以外の7項目は、いずれも偏相関係数が0.15未満であり、DMFSの多寡に対し影響が非常に少ないものと考えた。

岸³⁸⁾は乳歯齲蝕罹患状況の要因分析を行い、市町村間並びに生活圏間で大きな地域差を確認している。この度の研究においても、地域差をみるために「地区」を市町村別の行政単位で区分した。また、筒井³⁸⁾は天然フッ素地区における調査で乳歯齲蝕罹患傾向に最も大きかった要因が「飲料水中フッ素濃度」であり、次に地域特性の影響が大きかったと報告している。こうした傾向は、この度の研究でも同様であった。本研究では、「飲料水中フッ素濃度」及び「第3次産業従事者の割合」が、それぞれ地区の特性を表す指標として選ばれたが、地区に属する不可知ないし未知の特性、あるいは地区の特性群が総体として発揮する齲蝕への影響、これらがなお存在しているものと考え、「地区」という項目を立てて、これ

を総合的な地域差を表すための指標として扱った。齲蝕罹患状況の分析を多変量解析の手法を用いて地域単位で行う場合、この「地区」という指標は有用であると考えた。

乳歯齲蝕罹患傾向を解析するために多変量解析の手法を用いた研究は多くみられるが^{28,38-41)}、永久歯齲蝕罹患傾向の解析に同様の手法を用いた研究は少なく^{37,42)}、特に飲料水中フッ素濃度を変数に加えて解析したものは稀である⁴³⁻⁴⁵⁾。

Szpunar ら⁴³⁾は0.0, 0.8, 1.0, 及び1.2ppm の4地区を調査し、飲料水中フッ素濃度とその他いくつかの項目を説明変数として重回帰分析を行った結果、齲蝕なしの児童の割合と飲料水中フッ素濃度との間に有意な関連があったと報告した。しかし、フッ素地区の飲料水中フッ素濃度は、0.8, 1.0, 1.2ppm の至適フッ素濃度の範囲に限られており多様なフッ素地区を対象としたものではなかった。

Stockwell ら⁴⁴⁾は、水道水フッ化物添加地区 (0.8ppm) と非フッ素地区 (0.1~0.4ppm) の5~15歳児の齲蝕有病率を目的変数とし、社会経済状態等数項目を説明変数として回帰分析を行い、フッ素地区における居住期間の割合と齲蝕経験との間には負の相関があることを見いだした。この研究においては、フッ素地区は1か所であり、やはり様々なフッ素地区に関するものではなかった。

米満⁴⁵⁾は、約0.3ppm のフッ素地区1村と0.1ppm以下の非フッ素地区2村における小学校児童の生活行動要因と永久歯齲蝕罹患状態との関連を多変量解析の手法を用いて調べたが、齲蝕の少なかった村については、その理由として飲料水中のフッ素濃度と「良好な生活」をあげている。この研究においてもフッ素地区は0.3ppmのみであり、それ以外の濃度のフッ素地区を含んではいなかった。

以上の様に、様々な飲料水中フッ素濃度と永久歯齲蝕罹患状況との関係の解明に、多変量解析の手法を適用した研究はみあたらない。本研究の解析により多様な飲料水中フッ素濃度と永久歯齲蝕罹患状況との関係がより明らかになったと考える。

5. 歯牙フッ素症の発現状況

Dean⁶⁾によれば、1.3ppm以下で審美上問題となる「中等度」の歯牙フッ素症は発現せず、CFIは0.9ppmで0.31, 1.2ppmで0.32, 1.3ppmで0.46であった。しかし、1.8ppmを超えると「中等度」の歯牙フッ素症が出現し、このときのCFIは0.67であったと報告してい

る。この Dean の調査結果より、CFI が0.6以上ならば過剰フッ素地域、0.4~0.6ならば borderline、また0.4以下であれば歯牙フッ素症の非流行地域であり公衆衛生的に問題のない地域とされている。

Forrest²⁶⁾ の調査では、2.0ppm 以上の地区では CFI が0.7以上であり、公衆衛生的に問題があったが、0.9 ppm では0.2であり問題はなかった。

美濃口¹⁰⁾によれば、0.6ppm でフッ化物添加した地区の CFI は、10歳児が0.23、11歳児が0.28、12歳児が0.25であり、今回の調査結果と比べるとやや高い値であったが、いずれも歯科保健上問題となるものではなかった。

沖縄での水道水フッ化物添加は、0.7~0.9ppm で行われたが、その CFI は0.18ないし0.19であった^{12,13)}。

飯島ら⁴⁰⁾は、北津軽における天然フッ素地区での歯牙フッ素症の発現を調査している。その際、0.34~2.50 ppm の間で「中等度」以上の歯牙フッ素症は存在しなかったが、0.34~0.95ppm の CFI は、0.03~0.33で borderline 未満、1.72ppm、2.50ppm の CFI は、それぞれ0.86、0.88であり borderline を超えていた。

歯牙フッ素症の分類は、飲料水中フッ素濃度が比較的高い地区に適用するべきものであり、低フッ素地区にみられるエナメル質の白斑や減形成は、非フッ素性のものとして歯牙フッ素症とは区別するべきものである⁴⁷⁾。しかし、今回の検診においては、低フッ素地区から相対的に高い濃度のフッ素地区まで様々な飲料水中フッ素濃度の変化に伴う歯牙フッ素症発現の傾向をみるために、全ての対象地区において、Dean 基準を適用して検診を行った。

フッ素濃度が増加するとフッ素症発現者の割合は上昇する傾向にあるが、最も症度の高いフッ素症発現者であっても「軽度」までであった。「中等度」以上の歯牙フッ素症と判定される者はいなかった。また、CFI も同様に、フッ素濃度の上昇にともない上昇したが、その値は、1.0ppm 以上群の対象者では0.30であった (Table 15)。今回の調査結果は、美濃口の報告を除くと、歯牙フッ素症に関するこれまでの研究結果とほぼ一致していた。

この度の調査において、1.0ppm 以上の場合、「中等度」以上の歯牙フッ素症の発現がなく、その CFI は0.30であったが、その内訳をみると、1.4ppm の対象者は、5、6年生合わせて10人であり対象数が少なかった。一方、1.1ppm の対象者は106人であり対象数として不足のないものとみなされた。従って、1.1ppm 以下のフ

ッ素を含む飲料水は歯牙フッ素症の発生に関して公衆衛生的に問題がないと考えた。

6. 齲蝕予防に適するフッ素濃度

飲料水中フッ素濃度の変化に伴う、平均 DMFT、平均 DMFS、「非常に軽度」型以上の歯牙フッ素症発現率、及び CFI の関係を Fig. 3 に示した。0.0ppm~1.4ppm の範囲ではフッ素濃度が上昇すると、平均 DMFT 及び平均 DMFS は減少して負の相関を示し、歯牙フッ素症発現率及び CFI は増加していく傾向にあり正の相関が確認された。

Dean ら⁷⁾は、飲料水中フッ素濃度が増加しても、およそ1.0ppm を超えれば、齲蝕減少の程度がそれ以上あまり大きくならないことを報告している。今回の研究において、1.1ppm と1.4ppm の対象者の平均 DMFT 及び平均 DMFS を比較すると、1.4ppm の対象者の方が平均 DMFT 及び平均 DMFS とも高い値を示したと有意差はなく、また先に述べたように1.4ppm ではその対象者数も少なかった。従って、本研究により明らかに効果的な齲蝕抑制を発揮する濃度は、1.1ppm であるということができよう。

飯塚⁴⁸⁾は、日本における調査データに基づきわが国においても、0.80~0.95ppm の飲料水中フッ素濃度は、公衆衛生上全く問題がないといい、日本における至適フッ素濃度は、この値より僅かに上の濃度になるものと考えられるとしている。この度の研究結果もこれを支持するものであった。

結 論

飲料水中フッ素濃度と齲蝕罹患状況との関係を調べるために、東北、関東、甲信越地方に分布する7市町村を調査対象地区として、飲料水中フッ素濃度の測定、歯科検診、及び歯科保健行動と生活環境の調査を行った。水道施設は、1987年における歯科検診の11年前までに整備されていたが、検診の時点まで施設上の変化はなかった。対象地区の水道の飲料水中フッ素濃度は、0.0~1.4 ppm の範囲にあった。検診対象者は、飲水歴の確定された小学校5、6年生1,967名であった。歯科検診は、この調査のため齲蝕診断のトレーニングを受けた3名の歯科医師が、いわゆる「診査者盲検法」を用いて永久歯齲蝕検診を行った。また、歯牙フッ素症検診経験のあった別の歯科医師2名が歯牙フッ素症検診を行った。解析対象者数は、飲水歴や質問への回答を満足させる1,060名であった。その結果、以下の結論を得た。

1) 小学校5、6年生ともに飲料水中フッ素濃度と永

Fig. 3 The prevalence of dental caries and dental fluorosis according to the fluoride concentration in the drinking water

久歯齲蝕罹状況との間に有意な負の相関関係が示された。

2) 数量化理論第Ⅰ類を用いて、永久歯齲蝕の多寡に係わる要因の大きさを解析したところ、「飲料水中フッ素濃度」が最も大きな要因であった。次に「地区」があげられたが、それ以外の要因は極めて小さいものであった。

3) 本研究において最も効果的な齲蝕抑制を発現する飲料水中フッ素濃度は、1.1ppmであった。

4) 飲料水中フッ素濃度1.1ppmにおいて、公衆衛生的に問題となる歯牙フッ素症の発生はなかった。

謝 辞

稿を終えるに当たり、終始懇切なる御指導と御校閲を載しました堀井欣一教授に深く感謝の意を表します。また、本研究を纏めるに当り、御援助と御助言を惜しまれなかった現教室員及び教室の諸先輩の皆様、ならびに調査地区において御協力載しました方々に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) 厚生省医務局歯科衛生課：昭和62年歯科疾患実態調査報告，口腔保健協会，東京，1989。

- 2) WHO expert committee: Prevention methods and programmes for oral diseases, Technical Report Series 713, WHO, Geneva, 1984, p. 12-18.
- 3) FDI: Global goals for oral health in the year 2000, *Int. Dent. J.*, **32**; 74-77, 1982.
- 4) Brunelle, J. A., Carlos, J. P.: Recent Trends in dental caries in U. S. children and the effect of water fluoridation, *J. Dent. Res.*, **69**; 723-727, 1990.
- 5) FDI: The prevention of dental caries and periodontal disease, Technical Report Series No. 20, FDI, London, 1984, 142-143.
- 6) Dean H. T., Arnold, F. A. and Elvepe, E.: Further studies on the minimal threshold of chronic endemic dental fluorosis, *Pub. Health Rep.*, **52**, 1249-1264, 1937.
- 7) Dean, H. T.: Domestic water and dental caries, *Pub. Health Rep.*, **57**; 1155-1179, 1942.
- 8) Dean, H. T.: Fluoride in the control of dental caries, *Int. Dent. J.*, **4**; 325-329, 1954.
- 9) Ahlberg, J. E.: Basic Fact Sheets, FDI, London, Appendix III, 1984.
- 10) 美濃口 玄: 山科地区上水道弗素化11か年の成績ならびに上水道弗素化をめぐる諸問題, 京大口腔科紀要, **4**; 27-46, 1964.
- 11) 加藤久二, 中垣晴男, 石井拓男, 柳原悠紀太郎: 三重県朝日町における上水道フッ素化3年9か月の齲蝕抑制効果について, 口腔衛生会誌, **25**; 13-28, 1975.
- 12) 飯塚喜一, 安彦良一, 伊波賢雄, 石田覚也, 原 康二, 高江洲義矩, 飯島洋一, 田沢光正, 中尾俊一, 上田五男, 安井利一, 大原 裕, 安部英雄, 近藤 武, 笠原 香, 上田喜一, 黒岩 茂, 古山公英, 長島 章: 沖縄本島における上水道フッ化物添加9年間実施後の歯科検診成績, 口腔衛生会誌, **28**; 62, 1978.
- 13) 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, 新里眞美子: 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), 口腔衛生会誌, **36**; 412-413, 1986.
- 14) 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.
- 15) 岡本清櫻: 新口腔衛生学, 医歯薬出版社, 東京, 1967, 181-185頁.
- 16) 今井良次: わが国における飲用水の齲蝕予防に適するフッ素イオン濃度に関する研究, 口腔衛生会誌, **22**; 24-76, 1972.
- 17) 石井俊文, 吉田 茂, 高橋義一訳: 口腔診査法 3 (1987), 口腔保健協会, 東京, 1988, 13-15, 39-40, 42-43頁.
- 18) NEC: データ応用システムデータベース 作成説明書, 日本電気株式会社, 東京, 1988.
- 19) NEC: データ解析システム利用の手引統計解析システム編, 日本電気株式会社, 東京, 1985.
- 20) Dean, H. T.: The investigation of physiological effects by the epidemiological method, In “Fluorine and dental health,” edited by Moulton, F. R., American Association for the Advancement of Science, Washington, 1942, p. 23-31.
- 21) Dean, H. T. and Elvepe, E.: Some epidemiological aspects of chronic endemic dental fluorosis, *American. J. Public Health*, **26**; 567-575, 1936.
- 22) Dean, H. T., Jay, P., Arnold, F. A. and Elvepe, E.: Domestic water and dental caries, *Pub. Health Rep.*, **56**; 761-792, 1941.
- 23) 筒井昭仁: 飲料水中フッ素濃度と乳歯う蝕罹患状況の關係に関する研究, 口腔衛生会誌, **36**; 189-214, 1986.
- 24) 高江洲義矩, 飯島洋一, 田沢光正, 松田和弘: 斑状歯の疫学的解釈 —特に Milder forms の分類について—, 歯界展望, **50**; 1005-1023, 1977.
- 25) Lewis, F. D. and Leatherwood, E. C.: Effect of natural fluorides on caries incidence in three Georgia cities, *Pub. Health Rep.*, **74**; 127-131, 1959.
- 26) Forrest, J. R.: Caries incidence and enamel defects in areas with different levels of fluoride in the drinking water, *British dent. J.*, **17**; 195-200, 1956.
- 27) James, P.M.C.: Dental Caries Prevalence in high and low fluoride areas of East Anglia, *British dent. J.*, **7**; 165-169, 1961.
- 28) Murray, J.: Caries experience of 15-year-old children from fluoride and non-fluoride communities, *British Dent. J.*, **5**; 128-131, 1969.
- 29) 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 敏: 高濃度天然フッ素水道給水地区の疫学的研究, 口腔衛生会誌, **18**; 35-45, 1968.
- 30) 田沢光正, 飯島洋一, 久米田俊英, 宮沢正人, 祭 玉清, 高江洲義矩: フッ素地区及び非フッ素地区における永久歯の歯種別う蝕罹患性についての疫学的分析, 口腔衛生会誌, **29**; 62-73, 1979.
- 31) Arnold, F. A., Likins, R. C., Russel A. L., and Scott, D. B.: Fifteenth year of the Grand Rapids fluoridation study, *J. American Dent. Association*, **65**; 780-785, 1962.
- 32) Lemasney, J., O'Mullane D. and Coleman M.: Effect of fluoridation on dental health in 5- and 11-year-old Irish schoolchildren, Co-

- mmunity Dent. Oral Epidemiol., 12; 218-222, 1984.
- 33) Kim Jin-Bom and Kim Johng-Bai: A study on the evaluation of water fluoridation in the Republic of Korea, J. Dent. College Seoul National University, 12; 10-13, 1988.
 - 34) Guo, M., Hsieh, C., Hong, Y. and Chen, R.: Effect of water fluoridation on prevalence of dental caries in Chung-Hsing New Village, Taiwan, after 9 years, J. Formosan Medical Association, 83; 1035-1043, 1984.
 - 35) 沈 彦民: 中国広東省広州と莞城鎮の水道水フッ化物添加, 口腔衛生会誌, 38; 223-228, 1988.
 - 36) Murray, J. J. and Rugg-Gunn: A review of the effectiveness of artificial water fluoridation throughout the world, J. Caries Res., 14; 170, 1980.
 - 37) 石井 香: 児童の永久歯齲蝕と生活環境の関係についての数量化理論による検討, 福岡歯科大学学会雑誌, 14; 226-248, 1987.
 - 38) 岸 洋志, 瀧口 徹, 佐久間沙子, 筒井昭仁, 堀井欣一, 境 脩, 佐々木健: 乳歯う蝕罹患傾向と地域特性に関する研究, 口腔衛生会誌, 37; 273-282, 1987.
 - 39) 大橋健治: 数量化による幼児育児環境と齲蝕罹患傾向の評価, 小児歯科学雑誌, 24; 704-724, 1986.
 - 40) 佐久間沙子, 瀧口 徹, 八木 稔, 筒井昭仁, 堀井欣一, 境 脩, 小林清吾, 小泉信雄, 貴船悦子: 3歳児う蝕罹患状況に関わる多要因分析および歯科保健指導の効果に関する研究: 口腔衛生会誌, 37; 261-272, 1987.
 - 41) 佐久間沙子: 乳歯齲蝕の罹患状況に関する疫学的研究, 口腔衛生会誌, 40; 678-694, 1990.
 - 42) 安藤雄一, 小林秀人, 筒井昭仁, 境 脩, 堀井欣一, 永瀬吉彦: フッ化物洗口のコミュニティ・エフェクトに関する研究, 口腔衛生会誌, 37; 106-118, 1987.
 - 43) Szpunar, S.M. and Burt, B.A.: Dental caries, fluorosis, and fluoride exposure in Michigan schoolchildren, J. Dent. Res., 67; 802-806, 1988.
 - 44) Stockwell, A. J., Medcalf, G. W., Rutledge, G. J., Holman, C. D. J. and Roberts, M.: Dental caries experience in schoolchildren in fluoridated and non-fluoridated communities in Western Australia, Community Dent. Oral Epidemiol., 18; 184-189, 1990.
 - 45) 米満正美, 鶴本明久, 岡田昭五郎, 佐塚仁一郎, 高江洲義矩, 藤井信男, 山城正宏: う蝕発生に関与する生活行動因子の多変量分析, 口腔衛生会誌, 37; 30-41, 1987.
 - 46) 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.
 - 47) 筒井昭仁, 瀧口 徹, 斉藤慎一, 境 脩, 堀井欣一: 斑状歯診断のむずかしさについて, 歯界展望, 61; 785-786, 1983.
 - 48) 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—, 歯界展望, 73; 1145-1147, 1989.