

で、フッ化物応用によるう蝕予防は基本的かつ不可欠であり、多くの疫学調査から実証されている^{1,2)}。このようなフッ化物の摂取基準は、アメリカでは推定平均必要量（EAR：estimated average requirement）の推定が困難なことから、各年齢層別の一日あたりのフッ化物の目安量（AI：adequate intake）と上限量（UL：tolerable upper intake level）が提示されている³⁾。しかしながら、日本人の食事摂取基準では2005年版（2005年－2009年使用）現在においてもフッ化物の摂取基準は、いまだ設定されるに至っていない。フッ化物はあらゆる食品に含有されているため、その摂取基準の設定が困難であり、日本ではその基礎資料も示されていなかった。日本人の基準値を策定するには、フッ化物摂取のう蝕予防効果と過剰摂取による安全性、すなわち、日本の小児における歯の審美的副作用（adverse cosmetic effect）である「歯のフッ素症（enamel fluorosis）」の発現とその基準値設定の基礎資料が必要となる。また、食品に嗜好飲料水や居住地域の水道水を含めた食事からのフッ化物摂取量と歯磨剤からの飲み込み量を合わせた総フッ化物摂取量の把握が必要である^{4,6)}。

2000年4月に発足した厚生科学研究（現厚生労働科学研究）は「歯科疾患の予防技術・治療評価に関するフッ化物応用の総合的研究」（主任 高江洲義矩）から始まり、2003年度には「フッ化物応用による歯科疾患の予防技術評価に関する総合的研究」、2006年度には「フッ化物応用による歯科疾患予防プログラムの構築と社会経済的評価に関する総合的研究」（H18－医療－一般－019）（主任 眞木吉信）に改組され、口腔保健に関するフッ化物応用の総合的研究を実施している。フッ化物摂取基準の策定は歯科保健を推進する上で必須であり、ラ

イフステージごとに飲食物からのフッ化物摂取量と歯磨剤の口腔内残留量も加味して、目安量（AI）と摂取上限量（UL）を設定した。

フッ化物摂取の目安量の基準は、疫学的調査からう蝕罹患率を有意に減少させる体重1kgあたり0.02から0.05 mg/kgである事実に基づいて、その高い値である0.05 mg/kgとした^{3,7)}。また上限量（UL）の基準は、LOAEL値を参照した³⁾。すなわち、MO（Deanの分類のmoderate）の発現頻度が飲料水中フッ化物濃度2 ppm未満の場合では5%未満であるという疫学的事実に基づいている。上限量の明確な値は文献には示されていないが、次のような計算で推定されていると考えられる。

1) 飲料水中フッ化物濃度の最大値を2 ppmとし、一日飲水量を1.5 Lとする。

飲料水からのフッ化物量：

$$2 \text{ mg/L} \times 1.5 \text{ L} = 3 \text{ mg/day}$$

食事からのフッ化物摂取量：

$$0.25 - 0.3 \text{ mg/day}$$

フッ化物飲料水で調理した食事中フッ化物摂取量： $0.3 \times 2 = 0.6 \text{ mg/day}$ 、最大一日フッ化物摂取量＝ $3 + 0.6 = 3.6 \text{ mg/day}$

2) 飲料水中フッ化物濃度の最大値を2 ppmとし、一日飲水量を1.0 Lとする。

飲料水からのフッ化物量：

$$2 \text{ mg/L} \times 1.0 \text{ L} = 2 \text{ mg/day}$$

食事からのフッ化物摂取量：

$$0.25 - 0.3 \text{ mg/day}$$

フッ化物飲料水で調理した食事中フッ化物摂取量： $0.25 \times 2 = 0.5 \text{ mg/day}$ 、最小一日フッ化物摂取量＝ $0.5 + 2.0 = 2.5 \text{ mg/day}$

8歳児の体重を30kgと仮定すると、2)より、最小 $2.5/30 = 0.083 \text{ mg/kg/day}$ 、1)より、最大 $3.6/30 = 0.12 \text{ mg/kg/day}$ と計算される。すなわち、上限量の範囲は、 $0.08 - 0.12 \text{ mg/kg/day}$ となる。そして、その平均値をとると 0.1 mg/kg/day となる。なぜ8歳児を基準としたかは永久歯の発生の学的解

積から成熟期と密接に関連しており後に説明する。したがって上限量は 0.1 mg/kg/day と設定した。この上限量はフッ化物摂取による健康障害の発現ではなく歯の審美的副作用である^{3,7)}。この体重あたりの目安量と上限量に各年齢層の日本人の基準体重⁸⁾を乗じて男女別に 8 歳までの摂取基準値を設定した(表 1)。

さらに「歯のフッ素症」の moderate が進行する臨界副作用(critical adverse effect)の感受性年齢(susceptible age groups)は病理学的には 8 歳までである⁹⁾。したがって 10 歳以上の上限量は、成人の体重を 60 kg と仮定して、0.1 mg/kg × 60 kg = 6 mg/day と推定し、男女ともに 6 mg/day に統一した(表 1)。また、妊婦と授乳婦における目安量と上限量の範囲では、母乳にはフッ化物は移行しない事実、胎児への移行もほとんど認められていない事実から 15-29 歳の目安量と上限量と同じ値に設定した(表 2)。表 1、2 の目安量と上限量は、食品、飲料水、栄養補助食品およびフッ化物配合歯磨剤からの摂取量である。

2) 今後の検討課題

1. 将来、フッ化物を含む歯科製品・製剤が増加することも考慮して、総フッ化物摂取量をモニタリングする必要がある。
2. 食事中フッ化物摂取量を種々変化させた場合の日本人におけるフッ化物出納(代謝)によって必要量を求める研究を推進していくこと。
3. 日本における天然または人工的なフッ化物添加飲料水濃度とう蝕抑制効果と「歯のフッ素症」の発現頻度(種々の症度も含めた)との関係を、過去の文献値に基づいて、Benchmark Dose Method(BMD 法)によって精緻に解析する必要がある。
4. フッ化物摂取基準を設定しているアメ

リカ以外で食塩フッ化物添加を実施しているフランス、ドイツ、スイスなどの諸外国のフッ化物摂取基準の有無、あればその根拠を調査すること。

D.文献

- 1) McDonagh M., Whiting, P., Bradly M., Cooper J., Sutton A., Chestnutt I., Misso K., Wilson P., Treasure E., Kleijnen J. : A Systematic Review of Public Water Fluoridation, The University York, 2000.
- 2) Center for disease control and prevention: Recommendations for using fluoride to prevent and control dental caries in the United State. MMWR(Morbidity and Mortality Weekly Report) Vol.50, No. RR-14, August 17, U.S. Department of Health and Human Services, 2001.
- 3) Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes, Food and Nutrition Board, Institute of Medicine : Dietary reference intakes for calcium, phosphorus, magnesium, vitamin D, and fluoride.pp.301-309, National Academy Press, Washington., D.C.,1997.
- 4) Murakami T., Narita N., Nakagaki H., Shibata T., Robinson C. : Fluoride intake in Japanese children aged 3-5 years by the duplicate - diet technique. *Caries Res.* 36(6);386-390, 2002.
- 5) Nohno K., Sakuma S., Koga H., Nishimuta M., Yagi M., Miyazaki H. : Fluoride intake from food and liquid in Japanese children living in two areas with different fluoride

- concentrations in the water supply. *Caries Res.* 40:487-493, 2006.
- 6) Tomori T., Koga H., Maki Y., Takaesu Y.: Fluoride analysis of foods for infants and estimation of daily fluoride intake. *Bull Tokyo dent Coll.* 45(1):19-23, 2004.
- 7) 飯島洋一：フッ化物の健康リスク評価，フッ化物応用による歯科疾患の予防技術評価に関する総合的研究（H15-医療-020），35-42，厚生労働科学研究平成16年度研究報告書，2005.
- 8) 厚生労働省健康局総務課生活習慣病対策室調査係：日本人の食事摂取基準（2005年版）（概要），pp.3-6，医歯薬出版、東京、2005.
- 9) Fejerskov O., Thylstrup A., Larsen M.J.: Clinical and structural features and possible pathogenic mechanisms of dental fluorosis. *Scand J dent Res* 85: 579-587, 1977.
- 協力研究者
 飯島洋一 長崎大学医歯薬学総合研究科 助教授
 板井一好 岩手医科大学 衛生公衆衛生学 助教授
 佐藤 勉 日本歯科大学衛生学 助教授

表1 ライフステージに応じたフッ化物摂取基準

年齢	フッ化物(mgF/日)					
	男			女		
	目安量(mg)	上限量(mg)	基準体重(kg)	目安量(mg)	上限量(mg)	基準体重(kg)
0-5(月)	母乳栄養児 0.01	0.66	6.6	母乳栄養児 0.01	0.61	6.1
0-5(月)	人工栄養児 0.33	0.66	6.6	人工栄養児 0.31	0.61	6.1
6-11(月)	0.44	0.88	8.8	0.41	0.82	8.2
1-2(歳)	0.60	1.19	11.9	0.55	1.10	11.0
3-5(歳)	0.84	1.67	16.7	0.80	1.60	16.0
6-7(歳)	1.15	2.30	23.0	1.08	2.16	21.6
8-9(歳)	1.40	2.80	28.0	1.36	2.72	27.2
10-11(歳)	1.78	6.0	35.5	1.79	6.0	35.7
12-14(歳)	2.50	6.0	50.0	2.28	6.0	45.6
15-17(歳)	2.92	6.0	58.3	2.50	6.0	50.0
18-29(歳)	3.18	6.0	63.5	2.50	6.0	50.0
30歳以上	3.40	6.0	68.0	2.64	6.0	52.7

注1：年齢層の区分は日本人の食事摂取基準（2005年版）に依拠している

注2：母乳栄養児は母乳中F濃度が0.01ppm（中央値）であり、摂取量1000mlとして算出した

表2 妊婦・授乳婦のフッ化物摂取基準（mgF/日）

妊婦/授乳婦	目安量(mg)	上限量(mg)
妊婦	2.5	6.0
授乳婦	2.5	6.0

厚生労働科学研究補助金（医療安全・医療技術評価総合研究事業）
分担研究報告書

研究課題 1-3 コミュニティ・ケアにおけるフッ化物応用プログラム

地域自治体におけるフロリデーション事業の展開

分担研究者 小林 清吾 日本大学松戸歯学部 教授

研究要旨：(Ⅰ) 群馬県下仁田町（人口約 10,000）において、フロリデーションの実現をめざした住民学習活動を展開した。平成 16 年 3 月、下仁田町健康づくり推進協議会からの「フロリデーションの推進に関する提言」、平成 18 年 3 月、町議会・社会常任委員会で趣旨採択された「フロリデーションの啓発活動に関する陳情書」を基本方針として、平成 17 年 9 月に設置された学習媒体、フロリデーション・モデル装置を活用し、講演会、展示会、種々パンフレットの作成と配付、飲用体験学習、料理実習など様々な工夫が行われ、それら活動の技術支援を行った。住民における知識・意識の向上が図られ、また町議会での検討が進展した。(Ⅱ) フロリデーション装置の中核部分を担うサチュレーターの新型機を設計開発した。本モデル装置は 5.5 ℓ容量の縮小型で、1 時間 600cc 以上の NaF 飽和溶液を作成でき、5,000～6,000 人規模の人口に対しては 30 ℓ容量、5～6 万人規模であれば 300 ℓ容量規模の装置で賄えると思われた。なお改良の余地があり、今後さらに 2～5 倍の機能向上が期待できる。

A. 研究目的

地域からの要望に応え、それら自治体でフロリデーションの実施がスムーズに行えるように、種々の学術的、技術的支援を行うことを目的とした。平成 17 年 2 月、下仁田町町長より厚生労働省へ、「フッ化物濃度調整にかかわる技術支援要請」が出された。町からの要請課題は、1. 住民に対する普及啓発に必要な資料の作成、2. 適正フッ化物濃度の設定、3. 薬剤および装置の取り扱い、4. フッ化物調整装置の取り扱い、5. フッ化物調整実

施後における濃度のモニタリング、である。本報告では、それら課題のうち、(Ⅰ) 住民学習活動の支援と、(Ⅱ) フロリデーション装置の中核となる新型サチュレーターの開発を行った。(Ⅰ) 住民学習活動は、フロリデーションのような、新しい健康施策の実施にとって必須といえる。正しい科学に基づいて「安全性」が確立されていても、新しい事に対して人々は「安心感」を求め、これらの橋渡しをする工夫が課題^{1),2)}となっている。(Ⅱ) 新型サチュレーターは継続的に、既存の装

置³⁾よりもはるかに急速に NaF 飽和溶液を作成する機能を持ち、小規模から数十万人規模の人口にも対応できることを想定しており、水道水のフッ化物濃度調整が、より高い精度で調整できることを目的とした。また、本方法はフッ化ナトリウムを用い、ケイフッ化水素酸やケイフッ化ソーダを用いる方式に比べると薬剤費用の面で劣るが、人々に安心感を与える効用があると期待される。

B. 研究方法

(1) 住民学習活動

下仁田町において、平成 15 年ころより行なってきたフロリデーションに関する住民学習活動の継続展開である。今年度も種々の啓発用資料を作成し、学習活動に用いた。今年度学習活動対象者は、町職員、町議会議員、保健推進員、乳幼児健診参加者、食生活完全推進員、料理実習参加者、男性料理教室参加者、独居老人給食サービス対象者、糖尿病友の会料理実習参加者、民生委員、出前健康講座参加者、リハビリ教室参加者、健康祭参加者の一般住民、などである。学習活動の方法として、講演会、展示会、希望者のフロリデーション水飲用体験、料理実習でのフロリデーション水利用など様々な工夫を行った。他、フロリデーション・モデル装置が設置されている保健センターを中心に、町内の歯科医院、薬局、整骨医院などにおいて、フロリデーション水の飲用体験が自由にでき、保健センターに空のペットボトルを持参すればフロリデーション水を無料で入手できるようにした。

住民のフロリデーションに関する知識度を評価するため、(1) 役場職員対象の講演会と(2) 母乳推進事業に参加した女性団体連絡協議会メンバー対象の講演会において、自己記入による 7 項目、または 10 項目の質問調査を行った。

(II) 新型サチュレーターの開発

独自に考案した仕組みを基にし、可及的に最小規模容量のモデル装置を作成することとした。作成した装置の稼動精度を評価するため、10 時間または 12 時間、継続稼動させ、経時的に回収した溶液のフッ化物イオン濃度をイオン電極法により測定した。測定に際し、回収液は 1,000 倍希釈とし、キャリブレーションの F 標準液は 10ppmF と 100ppm を用いた。

C. 研究結果

(1) 住民学習活動

住民学習活動の実施回数は、講演会：3 回、グループ学習会・説明会：7 回、定期的保健事業に合わせた説明会：42 回、フロリデーション水を使用した料理実習：48 回。参加対象人数は、概略で延べ 3,800 名。他、フロリデーション水の飲用体験は、保健センター、町内の 3 歯科医院、4 薬局、1 整骨医院、1 寄り合い所（「いこい処」）、1 こんにやく店において実施された。人数は不明であるが、これらは現在も日常的に実施されている。

フロリデーションに関する質問調査結果について、基本的な情報 7 項目、または 6 項目について、対象：町役場職員を表 1、対象：女性団体連絡協議会メンバ

一を表 2 に示す。表 1 では、フロリデーションに関する講演を受ける前と後で比較された調査結果である。いずれの質問項目についても、講演後の正答率が向上していた。しかし、質問 5：安価な方法であること、質問 7：高い安全性、については講義後も認識が期待するほど向上していない。表 2 については、講演後に質問した調査結果である。各質問項目とも、ほぼ満足できる高い正答率を示している。

住民学習活動が進展するとともに、議会に対する働きかけも新しい展開を生んできている。本年度 3 月議会には、「フロリデーション（水道水フッ化物濃度調整）の早期実施を求める陳情書」（陳情者：下仁田フロリデーション推進会議、代表、市川智旦；富岡甘楽歯科医師会、会長、鈴木 廣）と 276 名の署名を基にした一般住民からの「フロリデーション（水道水フッ化物濃度調整）の実現を願う要望書」が提出され、審議が予定されている。

（Ⅱ）新型サチュレーターの開発

本課題については、現在、特許申請の準備であり、システムの具体的な仕組みと設計図は本報告において割愛する。開発した装置の稼働実績データを表 4 に示す。稼働開始より、10 時間後、または 12 時間後までの範囲で、回収液の NaF 濃度は実験 1) において、3.97g~4.00g、実験 2) において、3.96g~4.03g で安定していた。NaF の飽和溶液を 100cc 中に 4 g の NaF が溶解しているものとする、これに比べた飽和度は実験 1) において、99.3%~100%、実験 2) において、99.0%~100.1%

となる。

D. 考察

平成 15 年ころより今日まで行ってきたフロリデーションに関する住民学習の成果として、基本的な情報がかなり浸透してきているといえる。しかし、今回対象とした町役場職員において、講演の直前に行った質問調査では、なお半数に満たない正解率を示している項目が多く、学習活動の更なる展開が必要と考えられた。特に、経費の安価な点は予想以上に知られていない。また安全性に関する疑問については説明だけでは不十分であることが示されていた。他の点では、講演後にはほとんどの項目で 90% を越える正答率が得られており、講演による学習効果の高いことも示されていた。現在活用している、フロリデーション水の飲用体験を継続してゆくとともに、今後、DVD などの視聴覚に訴える方法で、まだ興味を示していない住民にも分かりやすく、インパクトある方法で学習活動を拡大してゆく予定である。また、町議会での審議の行方については深く関心を寄せられるところであり、近く表決される結果を受けながら、今後の住民学習活動の強化を図る予定である。

新型サチュレーターの開発に、明るい見通しができた。現在の縮小モデル（5.5 ㍓容量）で飽和 NaF 溶液の回収速度は 600cc/時間であった。この稼働能力から推定すると、下仁田町の下仁田地区（6,000 人）では約 30 ㍓容量の装置で賄えることになる。5~6 万人規模であれば 300 ㍓容量規模の装置でフロリデーション

ンの実施が可能であると見積もられた。
なお、装置の各部分において改良の余地
があり、将来、現在の2倍～5倍の回収速
度が可能であると予測される。

学会発表、学術論文、特許取得等につ
いては、来年度の課題としている。

E. 文献

- 1) 岡本浩一：リスク心理学入門 ヒュー
マン・エラーとリスク・イメージ，サ
イエンス社，東京，1992.
- 2) 二宮一枝：公衆衛生におけるインフォ
ームド・コンセント－齲歯予防と水道
水中のフッ化物－，慧文社，東京，
2004.
- 3) Thomas GR: Water Fluoridation A
MANUAL FOR ENGINEERS AND
TECHNICIANS, U. S. DEPARTMENT OF
HEALTH AND HUMAN SERVICES, CDC,
1991.

協力研究者

磯崎 篤則 朝日大学歯学部 教授

班外研究者

田浦 勝彦 東北大学 講師
佐久間 汐子 新潟大学 講師
八木 稔 新潟大学 助教授
田口 千恵子 日本大学松戸歯学部
助手

厚生労働省科学研究補助金（医療安全・医療技術評価総合研究事業）
分担研究報告書

研究課題 1-4 コミュニティ・ケアにおけるフッ化物応用プログラム

3～5歳児における陰膳法によるフッ化物摂取量とその他ミネラル摂取量（Ca、Mg、k、Na、Fe、Zn、Mn、Cu、とP）および食品群別摂取量の関連

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：日本における幼児の飲食物からのフッ化物摂取とその他ミネラル摂取量（Ca、Mg、k、Na、Fe、Zn、Mn、CuとP）および食品群別摂取量の関連を把握することを目的とした。

方法：今回の測定分析対象は、3～5歳児の各年齢群 30(男:15 女:15) 計 90 名とした。陰膳法により、1999年の夏、秋から2000年の冬の各1日、計3日間の全飲食物を回収し冷凍保存した試料¹⁾を硝酸(関東:UGR)と過酸化水素水(和光・原子吸光測定用)を用いて湿式灰化を行った後、0.5M硝酸で50mlにメスアップしたものを希釈して、原子吸光法を用いてミネラル(Ca、Mg、k、Na、Fe、Zn、MnとCu)濃度を定量した。フッ化物については微量拡散法とイオン電極法により測定した既報の値¹⁾を用いた。Pについては比色法²⁾を用いた。統計処理はSPSS 12.0Jを用いた。正規性の検定には、Shapiro-Wilkの検定を用いた。年齢間の差については、Kruskal Wallis検定を、男女差についてはMann-Whitney検定、また、相関についてはSpearmanの順位相関係数の各ノンパラメトリック検定を用いた。

結果：年平均摂取量の年齢間にはミネラルではNa、Zn、Mn、食品群では乳・乳製品、豆・豆製品、他の野菜について有意差が見られ、男女間については、ミネラルではZnとP、食品群では乳・乳製品に有意差を認めた。ミネラル間ではZnとF間を除いたすべてにSpearman $r=0.232$ (CaとF間)～ 0.901 (MgとK間)の有意な相関を認めた。また、食品群との関連においては肉、豆・豆製品、緑黄色野菜やその他の野菜などが多くのミネラルと有意な相関を示したが、魚介類はフッ化物と特異的に有意な相関($r=0.372$)を認めた。

考察：陰膳法による日本の幼児の栄養素摂取量の報告はほとんどない。フッ化物の食事摂取基準を設定していくにあたり、微量元素の摂取状況や食品群の摂取状況と合わせて日本の幼児の食事の傾向を把握することは重要である。

結論：日本の3～5歳児における飲食物からのミネラル摂取量は、ミネラル間（Ca、Mg、k、Na、Fe、Zn、Mn、Cu、PとF）において亜鉛とフッ化物間を除くすべてのミネラル間に有意な相関を認めた。また、食品群においては肉、豆・豆製品、緑黄色野菜やその他の野菜などが多くのミネラルと有意な相関を示したが、魚介類はフッ化物と特異的に有意な相関($r=0.372$)を認めた。

A. 研究目的

従来の栄養所要量は、集団を対象にして、栄養素欠乏症の解消を指標としてきたが、第6次改定日本人の栄養所要量では、食事摂取基準 (Dietary Reference Intakes: DRIs) として、推定平均必要量 (estimated average requirement: EAR)、推奨量 (recommended dietary allowance: RDA 平均必要量が推定される場合)、目安量 (adequate intake: AI 平均必要量の推定が困難な場合)、上限量 (tolerable upper intake level: UL) の4つの考え方が導入された(健康・栄養情報研究会, 2000)³⁾。さらに、日本人の食事摂取規準 (2005年版)⁴⁾では、生活習慣病の1次予防を専ら目的として、日本人の当面の目標量 (tentative dietary goal for preventing life-style related diseases: DG) も設定された。しかし、フッ化物の食事摂取基準 (DRIs) は、まだ設定されていない。

米国では、フッ化物の食事摂取基準 (DRIs) は、EAR (estimated average requirement) の推定が困難なことから、各年齢層別の1日あたりのフッ化物適正摂取量: AI (Adequate Intake) と摂取許容量: UL (Tolerable Upper Intake Level) を提示している (Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary reference Intakes, 1997)⁵⁾。

日本の食事摂取基準の策定においても、フッ化物応用のう蝕予防に対する有効性と過剰摂取による安全性すなわち小児における歯のフッ素症の発現とその基準値設定の基礎資料が不可欠である。また基準値の設定には食品に嗜好飲料水や居住

地域の水道水を含めた食事からフッ化物摂取量、および歯磨剤等からの飲み込みを合わせた総フッ化物摂取量の把握が必要で、Y市における測定結果を報告してきた^{5,6)}。また、水道水フッ化物濃度によるフッ化物摂取量の試算もおこなってきた⁷⁾。

今回は、フッ化物の食事摂取基準策定の基礎資料として、さらにその他ミネラル (Ca, Mg, K, Na, Fe, Zn, Mn, Cu と P) 摂取量について測定し、フッ化物摂取量とミネラル間および食品群の関連について検討する事を目的とした。また、食事摂取基準の検討資料として、3~5歳児のフッ化物摂取量について散布図 (図1) や度数分布表 (図2) も付加し、フッ化物摂取量 (cf-表1) についても再掲した。

B. 研究方法

今回の測定分析対象は、陰膳法により、1999年の夏、秋から2000年の冬の各1日、計3日間の全飲食物を回収し冷凍保存した94名の試料¹⁾より5歳児男子4名を無作為に除外した各年齢群30(男:15女:15)計90名とした。conc.硝酸(関東:UGR)と過酸化水素水(和光・原子吸光測定用)を用いて湿式灰化を行った後、0.5M硝酸で50mlにメスアップしたものを希釈して、原子吸光法を用いてミネラル(Ca, Mg, k, Na, Fe, Zn, MnとCu)濃度を定量した。Pについては比色法²⁾を用いた。フッ化物については既に測定した同サンプル結果を用いた。統計処理はSPSS 12.0Jを用い、有意確率 $p < 0.05$ で検定を行なった。正規性の検定には、Shapiro-Wilkの検定を用いた。正規分布

をしないものがあるため、年齢間の差については、Kruskal Wallis 検定を、男女差については Mann-Whitney 検定、また、相関については Spearman の順位相関係数の各ノンパラメトリック検定を用いた。

C. 研究結果

季節平均摂取量は、表 1 に示すとおりであった。年齢間について、ミネラルでは Na, Zn と Mn、食品群では乳・乳製品、豆・豆製品と他の野菜について有意差が見られ、男女間については、ミネラルでは Zn と P、食品群では乳・乳製品に有意差を認めた。ミネラルの一日摂取量では Zn と F 間を除いたすべてに Spearman $r=0.232$ (Ca と F 間) ~ 0.901 (Mg と K 間) の有意な相関を認めた (表 2)。ミネラルと食品群間の関係においては、Ca : ①乳・乳製品 ($r=0.686$)、②緑黄色野菜 (0.314)、③その他の野菜 (0.219)、④果物 (0.217)、Mg : ①豆・豆製品 (0.542)、②緑黄色野菜 (0.489)、③果物 (0.374)、④乳・乳製品 (0.353)、⑤その他の野菜 (0.345)、⑥肉 (0.307)、⑦穀物 (0.233)、⑧きのこ・海藻類 (0.221)、K : ①緑黄色野菜 (0.498)、②乳・乳製品 (0.488)、③果物 (0.454)、④豆・豆製品 (0.395)、④その他の野菜 (0.395)、⑥肉 (0.357)、⑦芋 (0.209)、Na : ①その他の野菜 (0.550)、②肉 (0.543)、③穀物 (0.494)、④緑黄色野菜 (0.416)、⑤豆・豆製品 (0.315)、⑥油脂 (0.252)、Fe : ①肉 (0.488)、②豆・豆製品 (0.371)、③その他の野菜 (0.310)、④乳・乳製品 (0.232)、⑤緑黄色野菜 (0.228)、Zn : ①乳・乳製品 (0.393)、②肉 (0.322)、③その他の野菜 (0.284)、④穀物 (0.278)、⑤豆・

豆製品 (0.242)、Mn : ①豆・豆製品 (0.448)、②穀物 (0.354)、③緑黄色野菜 (0.337)、④その他の野菜 (0.295)、⑤肉 (0.227)、Cu : ①豆・豆製品 (0.362)、②穀物 (0.341)、③肉 (0.320)、④その他の野菜 (0.271)、⑤芋 (0.236)、⑥緑黄色野菜 (0.217)、P : ①乳・乳製品 ($r=0.470$)、②豆・豆製品 (0.0.408)、③緑黄色野菜 (0.389)、④肉類 (0.322)、⑤果物 (0.266)、⑥他の野菜 (0.250)、F : ①豆・豆製品 (0.384)、②魚介類 (0.372)、③緑黄色野菜 (0.234) と各々に有意な相関を認めた (表 3)。

D. 考察

飲食物からのフッ化物摂取量は、おもに、飲料の摂取量とそのフッ化物濃度、食品の摂取量とそのフッ化物濃度および、調理に使用する水の量とそのフッ化物濃度に拠る。

季節平均での各飲料の総摂取量は調査対象 94 名すべての調査⁶⁾では、平均 548 g (standard deviation 162 g) : 茶系飲料 313 g (緑茶 ; 73 ± 95 g、ウーロン茶 ; 23 ± 92 g、紅茶 ; 4 ± 13 g、混合茶 ; 29 ± 75 g、麦茶 ; 184 ± 136 g)、牛乳 136 g (101 g)、乳・乳酸菌飲料 32 g (43 g)、その他飲料 54 g (57 g) と飲用した水道水 13g (32 g) で、飲食物からのフッ化物摂取量 (mg / 1 日) は魚介類、豆・豆製品、緑黄色野菜などの摂取量と有意な正の相関があることを報告している。また、緑茶やウーロン茶と正の相関 (Spearman $\gamma = 0.406$, $p = 0.000$; $\gamma = 0.274$, $p = 0.000$)、麦茶と負の相関 ($\gamma = -0.243$, $p = 0.000$) がある。緑茶やウーロン茶摂取量から推定したフッ化物摂取量と飲食物

から実測したフッ化物摂取量の重回帰分析は、重相関係数 $R=0.73$ ($p=0.000$)、調整済み決定係数 $R^2=0.53$ である。麦茶も含めた茶系飲料からのフッ化物の摂取は平均 0.08mg (水道水 0.07ppmF 、緑茶 0.54ppmF で試算) $\sim 0.12\text{mg}$ (水道 0.13ppmF 、緑茶 0.84ppmF) でそれぞれ 1 日総摂取量の $24\% \sim 33\%$ 、牛乳から 0.01mg (3%)、他飲料から $0.00 \sim 0.01\text{mg}$ (1 $\sim 2\%$)、および歯磨剤から 0.06mg (16%) で、緑茶やウーロン茶の摂取量は日本の幼保育園児の総フッ化物摂取量に有意に関連すると結論できる。

そして、飲料の摂取量や食品摂取量は村上ら(2003)⁶⁾の調査では 3 - 5 歳児においては、飲食物の総摂取量も飲料の総摂取量も、ともに最高気温 ($r_s=0.299$, $p<0.001$; $r_s=0.472$, $p<0.001$) と最低気温 ($r_s=0.278$, $p<0.001$; $r_s=0.442$, $p<0.001$) に相関し、飲料は、夏 580g (SD 200)、秋 697g (269g)、冬 367g (SD 176) で、有意な季節差がみられる ($p<0.01$)。Zohouri FV と Rugg-Gunn AJ (2000)^{8,9)} のイランの 4 歳児の結果でも、飲料の摂取量は気温に影響を受け夏に多く、フッ化物摂取量に季節差がある。しかしながら、Y 市 ($<0.16\text{ppmF}$) での飲食物からのフッ化物摂取量 ($F\text{ mg/day}$) そのものは最高気温や最低気温と相関していない。有意な季節差も認められない^{5,6)}。Kimura ら (2001)¹⁰⁾ の 1-6 歳児の結果でも同様に有意な季節差はみられない。年間の四季気温の変化が近似する日本の両地域の幼児の場合には、夏や秋にはフッ化物濃度の低い麦茶が多飲され、冬にはフッ化物濃度の高い緑茶が飲用されている食文

化が影響することで、飲料の摂取量には季節差や温度差がありながらフッ化物摂取量ではそれらの差が相殺されたと推測する。

陰膳法による日本の幼児の食事からのフッ化物摂取量は、Y 地区 (年平均気温 16.4°C , $<0.16\text{ppmF}$ -, 3-5 歳児) で、平均 0.29 mg/day (0.017 mg/kg BW)⁵⁾、これは年平均気温がほぼ同じ (16.3°C) である Kimura ら (2001)¹⁰⁾ の報告に一致し、同じく非フッ化物添加地域での USA やハンガリーの食事調査値 $0.21\text{-}0.22\text{mg/day}$ (Ophaug ら¹¹⁾、Schamschla ら¹²⁾) やニュージーランドの陰膳法値 0.15 mg/day (Chowdhury ら¹³⁾) より高い。

このことは、日本人は海藻、魚やお茶などフッ化物の多い食品を摂取する頻度が高い食文化をもっていることによると推測する。

今回の結果を見ても、他のミネラルが相互にかなり相関するのに比較して、フッ化物は Mn ($r=0.45$) と Mg ($r=0.43$) とはかなりの相関があるものの他はやや相関がある程度で低く、食品群との相関でも他のミネラルと比較して特異的である。日本の幼児のフッ化物摂取量は、他のミネラルと異なり、魚介類の摂取量に特異的に相関していると言える。

E. 結論

1) 日本の 3 ~ 5 歳児における飲食物からのカルシウム、マグネシウム、カリウム、ナトリウム、鉄、亜鉛、マンガン、銅、リンおよびフッ化物の各ミネラル摂取量は、亜鉛とフッ化物間を除くすべてのミ

ネラル間に有意な相関を認めた。

2) 他のミネラルが相互にかなり相関しているのに比較すると、フッ化物は Mn ($r=0.45$) と Mg ($r=0.43$) とはかなりの相関があるものの他とはやや相関がある程度で低い。3) 食品群においては肉、豆・豆製品、緑黄色野菜やその他の野菜などが多くのミネラルと有意な相関があったが、魚介類はフッ化物と特異的に有意な相関 ($r=0.372$) を示した。

F. 文献

- 1) Murakami T, Narita N, Nakagaki H, Shibata T, Robinson C.: Fluoride intake in Japanese children aged 3-5 years by the duplicate-diet technique. *Caries Res.* 36(6):386-90, 2002.
- 2) Chen P.S., Toribara T. Y. and Warner H.: Micro-determination of phosphorus. *Analyt. Chem.*, 28: 1756-1758, 1956.
- 3) 健康・栄養情報研究会 編集：第六次改定 日本人の栄養所要量—食事摂取基準—, p21-26, 258-259. 2000.
- 4) 第一出版編集部 編集：厚生労働省策定 日本人の食事摂取基準 [2005年版], 第一出版, 2005.
- 5) Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes Food and Nutrition Board Institute of Medicine. : Dietary reference intakes for calcium, phosphorus, magnesium, vitamin D, and fluoride. NATIONAL ACADEMY PRESS Washington, D.C., Fluoride:301-311, 1997. 8.
- 6) 村上多恵子：日本の 3~5 歳児におけるフッ化物摂取量（陰膳法による測定値）への茶系飲料を中心とした飲料および食品別摂取量（食事調査値）の影響、厚生科学研究費補助金「フッ化物応用の総合的研究」平成 14 年度研究報告:43-59, 2003.
- 7) 村上多恵子ら：幼児における食事からのフッ化物摂取量 文献値からみる水道水フッ化物濃度とフッ化物摂取量および水道水フッ化物濃度によるフッ化物摂取量の試算. 厚生科学研究費補助金「フッ化物応用の総合的研究」平成 15 年度研究報告:65-77, 2004.
- 8) Zohouri FV, Rugg-Gunn AJ.: Total fluoride intake and urinary excretion in 4-year-old Iranian children residing in low-fluoride areas. *Br J Nutr.* 83(1):15-25, 2000-a.
- 9) Zohouri FV, Rugg-Gunn AJ.: Sources of dietary fluoride intake in 4-year-old children residing in low, medium and high fluoride areas in Iran. *Int J Food Sci Nutr.* 51(5):317-26, 2000-b.
- 10) Kimura T., Morita M., Kinoshita T., Tsuneishi M., Akagi T., Yamashita F., Watanabe T.: Fluoride intake from food and drink in Japanese children aged 1-6 years. *Caries Res.*, 35:47-49, 2001.
- 11) Ophaug,R.H., Singer,L., Harland,B.F.: Dietary fluoride intake of 6- month and 2-year-old children in four dietary regions of the United States, *Am J Clin Nutr*, 42:701-7, 1985.
- 12) Schamschla,R.G., Un,P.S.H., Sugar,E., Duppenthaler,J.L.,Toth,K., Barmes,D.E.: Daily fluoride intake from the diet of

Hungarian children in fluoride deficient and naturally fluoridated areas, *Acta Physiol Hung*, 72:229-35, 1988.

- 13) Guha-Chowdhury N, Drummond BK, Smillie AC. Total fluoride intake in children aged 3 to 4 years--a longitudinal study. *J Dent Res*. 75(7):1451-7, 1996.

G. 学会発表

1. Murakami T., Narita N., Nakagaki H., Shibata T., Goshima M., Robinson C.: Sucrose and Glucose Intake in Japanese Pre-School Children. *Caries Research*, 39: 292 2005. (52th ORCA Congress, July 6-8, 2005. Indianapolis, Ind., USA).
2. 芝田登美子、村上多恵子、中垣晴男、成田直樹、西牟田 守：陰膳法における3～5歳児のCa, Mg, K及びNa摂取量. 第64回日本公衆衛生学会・総会, 2005.9.15, 札幌市.
3. Goshima M, Murakami T., Nakagaki H., Shibata T. and Nishimuta M.: Fe, Zn, Mn and Cu Intake in Japanese Pre-School Children. (53th JADR Congress, November 26-27, 2005. Okayama, Japan).
4. 杉山知子、村上多恵子、芝田登美子、五島三保、成田直樹、中垣晴男、西牟田 守, 日本の3～5歳児における陰膳法によるPの年平均1日摂取量と、他のミネラルおよび食品群別摂取量の関連, 第55回日本口腔衛生学会総会 2006.10.8, 大阪, 口腔衛生会誌, 56(4):589, 2006.

協力研究者

村上 多恵子：愛知学院大学歯学部
口腔衛生学講座 講師

表1. 3~5歳児における飲食物からの年平均一日あたりのミネラル(Ca, Mg, K, Na, Fe, Zn, Mn, CuとP)摂取量 N=90人

無機質	年齢	Ca, Mg, Fe, Zn, Mn, Cu and P: mg/day K and Na: g/day				年齢間有意水準 Kruskal-Wallis検定	mg/day/BW				年齢間有意水準 Kruskal-Wallis検定
		パーセントイル値		レンジ	平均±SD		パーセントイル値		レンジ	平均±SD	
		50(中央値)	25-75				50(中央値)	25-75			
Ca	3	424	300-507	129-760	416±150	P=0.065	27.9	20.7-33.5	10.3-49.3	27.8±10.2	P=0.001**
	4	461	367-621	100-875	477±177		29.0	19.8-35.1	6.13-52.5	28.1±10.7	
	5	364	270-463	190-812	383±151		19.1	13.5-24.8	10.3-43.9	20.2±7.98	
	Total	432	292-533	100-875	425±163		25.2	17.3-31.1	6.14-52.5	25.4±10.3	
Mg	3	108	76.8-125	61.4-161	104±27.7	P=0.092	7.04	5.78-7.89	3.87-11.9	6.97±1.88	P=0.362
	4	110	93.4-135	62.7-194	115±31.1		6.27	5.77-7.60	3.84-11.6	6.76±1.90	
	5	115	103-141	87.7-154	120±21.5		5.97	5.36-7.13	4.66-9.82	6.35±1.30	
	Total	110	92.0-135	61.4-194	113±27.6		6.38	5.49-7.54	3.84-11.9	6.69±1.71	
K	3	1.18	0.872-1.36	0.690-1.66	1.13±0.310	P=0.407	71.0	62.5-89.3	41.5-122	75.8±22.0	P=0.093
	4	1.13	1.00-1.40	0.654-2.22	1.22±0.355		65.2	56.3-82.0	40.0-133	72.3±22.3	
	5	1.21	0.993-1.41	0.793-1.87	1.22±0.280		61.7	53.1-73.4	38.6-109	64.4±15.5	
	Total	1.18	0.960-1.41	0.654-2.22	1.19±0.316		66.8	56.3-81.4	38.6-133	70.9±20.5	
Na	3	1.37	1.08-1.86	0.909-3.84	1.53±0.65	P=0.002**	85.0	73.5-124	63.3-282	102±43.3	P=0.320
	4	1.56	1.31-1.77	0.930-2.78	1.60±0.433		89.1	79.4-107	54.2-167	93.9±24.0	
	5	1.93	1.55-2.32	1.15-3.27	1.95±0.536		103	85.0-117	47.3-158	103±28.0	
	Total	1.60	1.28-1.98	0.909-3.84	1.70±0.572		94.1	77.8-115	47.3-282	99.8±32.7	
Fe	3	2.8	2.1-3.5	1.5-4.4	2.8 ± 0.93	P=0.109	0.18	0.14-0.23	0.094-0.30	0.19 ± 0.057	P=0.506
	4	3.1	2.5-3.5	1.6-6.0	3.2 ± 1.0		0.19	0.15-0.21	0.086-0.36	0.19 ± 0.060	
	5	3.2	2.8-3.6	1.9-6.1	3.3 ± 0.82		0.17	0.14-0.18	0.11-0.28	0.17 ± 0.041	
	All	3.1	2.4-3.6	1.5-6.1	3.1 ± 0.94		0.17	0.15-0.22	0.086-0.36	0.18 ± 0.053	
Zn	3	3.4	2.6-4.4	1.7-5.8	3.5 ± 1.1	P=0.003**	0.22	0.18-0.28	0.13-0.36	0.23 ± 0.065	P=0.516
	4	4.1	3.7-4.5	2.8-5.5	4.1 ± 7.9		0.24	0.21-0.27	0.16-0.35	0.24 ± 0.050	
	5	4.2	3.7-4.8	2.6-7.2	4.4 ± 1.0		0.23	0.20-0.26	0.14-0.33	0.24 ± 0.046	
	All	4.0	3.4-4.7	1.7-7.2	4.0 ± 1.0		0.23	0.20-0.27	0.13-0.36	0.23 ± 0.054	
Mn	3	1.1	0.95-1.4	0.63-2.2	1.2 ± 0.41	P=0.005**	0.075	0.062-0.094	0.054-0.15	0.082 ± 0.0026	P=0.926
	4	1.2	1.1-1.5	0.89-2.7	1.4 ± 0.43		0.074	0.063-0.094	0.048-0.16	0.080 ± 0.0024	
	5	1.4	1.2-1.7	0.97-2.5	1.5 ± 0.35		0.073	0.069-0.091	0.053-0.13	0.079 ± 0.0017	
	All	1.3	1.1-1.6	0.63-2.7	1.4 ± 0.41		0.074	0.064-0.092	0.048-0.16	0.080 ± 0.0022	
Cu	3	0.43	0.29-0.50	0.21-0.66	0.42 ± 0.13	P=0.064	0.029	0.020-0.031	0.014-0.045	0.028 ± 0.0087	P=0.907
	4	0.45	0.34-0.60	0.26-0.86	0.48 ± 0.17		0.025	0.020-0.034	0.017-0.055	0.028 ± 0.010	
	5	0.48	0.40-0.56	0.33-1.0	0.51 ± 0.15		0.027	0.022-0.028	0.014-0.038	0.026 ± 0.0058	
	All	0.45	0.35-0.56	0.21-1.0	0.47 ± 0.15		0.027	0.021-0.032	0.014-0.055	0.027 ± 0.0084	
P	3	643	477-752	319-1654	677 ± 289	P=0.180	39.9	33.9-57.7	23.8-115.4	44.9 ± 18.1	P=0.523
	4	702	536-973	352-1635	778 ± 317		41.2	31.5-56.8	21.6-94.3	45.8 ± 18.8	
	5	771	549-923	456-1728	783 ± 284		38.4	28.6-48.1	26.9-93.4	41.6 ± 16.7	
	All	674	534-900	319-1728	746 ± 298		39.4	31.1-50.9	21.6-115.4	44.1 ± 17.8	

表2. ミネラル間におけるSpearmanの相関 (陰膳法による飲食物からの年平均一日摂取量) n = 90人

	Ca	Mg	K	Na	Fe	Zn	Mn	Cu	P	F
Ca	1.000									
Mg	0.621***	1.000								
K	0.656***	0.901***	1.000							
Na	0.276**	0.615***	0.524***	1.000						
Fe	0.462***	0.624***	0.555***	0.533***	1.000					
Zn	0.481***	0.644***	0.662***	0.522***	0.688***	1.000				
Mn	0.279**	0.586***	0.526***	0.498***	0.548***	0.625***	1.000			
Cu	0.361***	0.592***	0.554***	0.431***	0.581***	0.642***	0.622***	1.000		
P	0.634***	0.758***	0.756***	0.507***	0.561***	0.639***	0.412***	0.497***	1.000	
F	0.232*	0.441***	0.266*	0.359**	0.332***	0.152	0.449***	0.233*	0.259*	1.000

*: p<0.05
***: p<0.01
***: <0.001

表3. ミネラルと食品群間におけるSpearmanの相関 (陰膳法による飲食物からの年平均一日摂取量) n=90人 *p.0.05, **p<0.01, ***p<0.001

	飲食物 g/day 平均	乳・乳製 品平均	卵平均	魚介類平 均	肉平均	豆・豆製 品平均	緑黄色野 菜平均	他の野菜 平均	きのこ・海 藻平均	芋平均	果物平均	穀物平均
Ca	0.436	0.688	-0.182	-0.033	0.172	0.203	0.314	0.219	-0.046	0.038	0.217	-0.069
Mg	0.756	0.353	-0.030	0.175	0.307	0.542	0.489	0.345	0.221	0.161	0.374	0.233
K	0.749	0.488	-0.105	0.048	0.357	0.395	0.498	0.395	0.142	0.209	0.454	0.132
Na	0.650	0.039	0.089	0.200	0.543	0.315	0.416	0.550	0.112	0.059	0.041	0.494
Fe	0.552	0.232	0.170	0.006	0.498	0.371	0.228	0.310	0.063	0.014	0.142	0.153
Zn	0.668	0.393	0.134	0.097	0.322	0.242	0.172	0.284	0.144	0.033	0.142	0.278
Mn	0.578	0.145	-0.033	0.172	0.227	0.448	0.337	0.295	0.171	0.084	0.076	0.354
Cu	0.555	0.180	-0.016	0.101	0.320	0.362	0.217	0.271	0.033	0.236	0.066	0.341
P	0.641	0.470	-0.038	0.201	0.322	0.408	0.389	0.250	0.137	-0.011	0.266	0.089
F	0.368	0.001	0.065	0.372	0.011	0.384	0.234	0.103	0.100	0.009	0.099	0.090

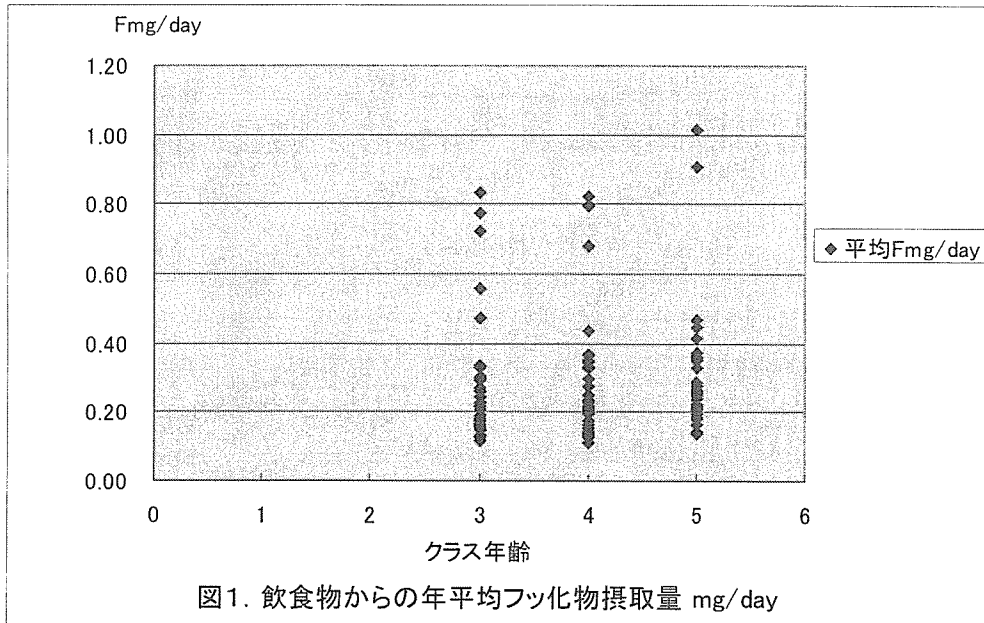


図1. 飲食物からの年平均フッ化物摂取量 mg/day

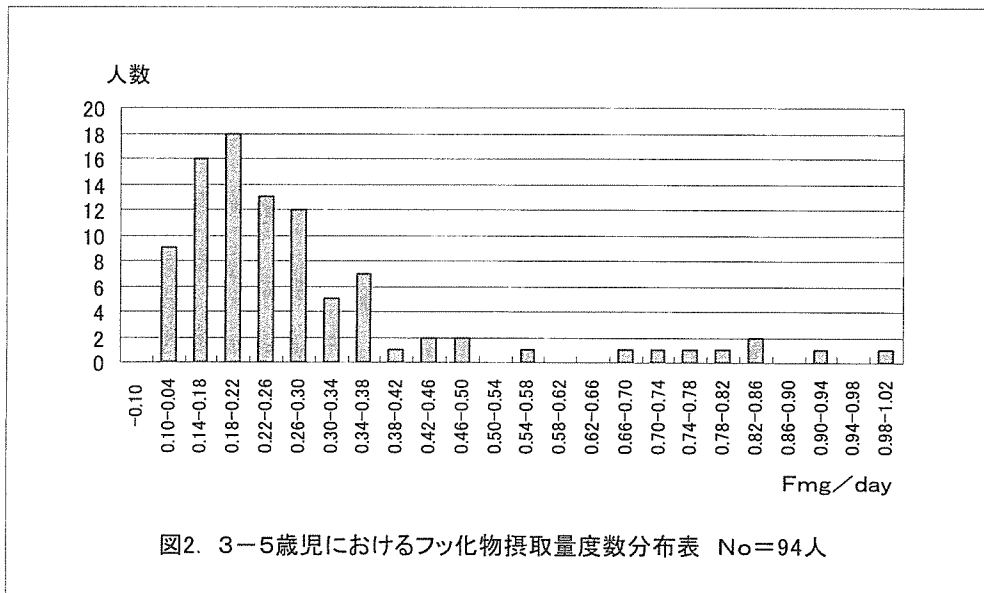


図2. 3-5歳児におけるフッ化物摂取量度数分布表 No=94人

(Murakami et al. Caries Res 2002;36:386-390)

cf-表1. 日本(Y市)の3~5歳児における飲食物からのフッ化物摂取量

Age ^a (years)	No. of Subjects	mg/day			mg/kg BW					
		Mean	SD	Range	95%C.I.	Mean	SD	Range	95%C.I.	
3	29	0.30	0.19	0.12-0.83	0.22-0.37	0.020	0.013	0.007-0.052	0.015-0.025	
4	30	0.28		0.11-0.82	0.21-0.34					0.016
5	34	0.30		0.14-1.01	0.24-0.39					
All	93	0.29	0.19	0.11-1.01	0.25-0.33	0.017	0.011	0.007-0.059	0.015-0.020	

^a As of the beginning of the preschool year (April 2, 1999).

Note: Values within brackets are not significantly different ($p > 0.05$) as determined by one-way ANOVA.

厚生労働科学研究費補助金（医療安全・医療技術評価総合研究事業）
分担研究報告書

研究課題 2-1 プロフェッショナル・ケアとしてのフッ化物応用による予防プログラム

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
真木 吉信 東京歯科大学衛生学 教授

研究要旨：研究課題 2-1 は、プロフェッショナル・ケアとしてフッ化物応用の予防プログラムの中で実験研究 2 報告（高橋、今里の共同報告、福島報告）から構成されている。それらの課題は、1) フッ化物徐放性修復材料からの溶出フッ素イオンがう蝕関連菌 *Streptococcus mutans* 及び *Streptococcus sanguinis* の酸産生に及ぼす影響（高橋、今里）、2) フッ化物徐放性合着用セメントに関する研究—セメント表面の構造変化および歯質被着面に与える影響について—（福島）、それらの結果は、1) GIC 溶出液はう蝕関連菌である *Streptococcus mutans* 及び *Streptococcus sanguinis* の両菌種の糖代謝を阻害し、酸産生を抑制することが明らかになった。2) 合着用セメントからのフッ化物の徐放と歯質への取り込みが認められ、その結果、歯質耐酸性の向上が確認された。

以上の研究結果では、GIC はう蝕原性菌の酸酸性を抑制すること、フッ化物徐放性合着用セメントはエナメル質の歯質耐酸性を増強することが期待される。

A. 研究目的

本研究課題 3 のプロジェクトは、プロフェッショナル・ケアにおけるフッ化物応用の予防プログラムを如何に作成していくかというものであった。フッ化物応用におけるプロフェッショナル・ケアは、臨床の場におけるフッ化物局所応用のう蝕予防プログラムを如何に作成することでもある。フッ化物局所応用としてフッ化物洗口が推奨されている。フッ化物洗口法については、ここ 30 年の幼稚園・保育園から小学校での経験と知見をもとにして、平成 15 年 3 月に「う蝕予防のためのフッ化物洗口実施マニュアル」（社会保

険研究所）としてまとめられた。さらに 18 年 3 月に「フッ化物配合歯磨剤実施マニュアル」（社会保険研究所）に発刊された。

一方で、プロフェッショナル・ケアとしてのフッ化物応用のう蝕予防に関する様々な製品と応用法も試みられており、それらのう蝕予防効果がどの程度あるのかを明確にする必要があったので、実験的に検討した。特に、GIC のう蝕原生菌の増殖に関する検討と、エナメル質に対する耐酸性について実験的検討を行った。

B. 研究方法

本研究課題は 3 つの研究において次のような方法で実施した。

1) フッ化物徐放性修復材料からの溶出フッ素イオンがう蝕関連菌 *Streptococcus mutans* 及び *Streptococcus sanguinis* の酸産生に及ぼす影響

1. 従来型の充填用 GIC (Fuji IX, GC) を 粉液比 3.6 で練和し、30 分間室温で放置して硬化させ、ディスク状の試料を得た。各ウェルに硬化 GIC 試料を 1 枚ずつ浸漬した。37°C で 24 時間静置保管した後、溶出成分を含む PBS を回収し、直径 0.22µm のフィルター (MILLEX GP, MILLIPORE) にて濾過滅菌を行った。得られた溶出液中のフッ素イオン濃度を測定した。

2. GIC 溶出液及び同等のフッ素イオン濃度を含むフッ化物溶液による *S. mutans* 及び *S. sanguinis* の酸産生に対する阻害作用の検討：*S. mutans* NCTC10449 株 及び *S. sanguinis* ATCC10556 を、0.5% グルコースを含む複合培地で嫌気条件下 (窒素 80%, 二酸化炭素 10%, 水素 10%) で培養し、集菌、洗菌後、PBS に懸濁し菌懸濁液を調整した。菌懸濁液 ($OD_{660\text{ nm}} = 100$, 0.3 ml) に 2.65 ml の PBS, GIC 溶出液もしくは 0.43 mM フッ化カリウム PBS 溶液を加えた後、30% グルコース (0.05 ml) を加え、36°C で pH 低下を経時的に計測した。測定はすべて嫌気条件で行った (窒素 90%, 水素 10%)。

3. *S. mutans* 及び *S. sanguinis* の pH 7.0, 5.5 における酸産生能の測定

菌懸濁液 ($OD_{660\text{ nm}} = 3.5$, 0.3 ml) に

2.65 ml の脱イオン水, GIC 溶出液もしくはフッ化物水溶液を加えた後、30% グルコース (0.05 ml) を加え、36°C で pH 5.5, 7.0 における酸産生速度を pH スタット (AUT-211S, 東亜ディーケーケー) で計測した。測定はすべて嫌気条件で行った (窒素 90%, 水素 10%)。

4. *S. mutans* 及び *S. sanguinis* の pH 5.5 における終末代謝産物の分析

(3) においてグルコース添加 10 分後の反応液 1 ml を採取し、過塩素酸 (6 N, 0.1 ml) を加え固定後、細胞残渣を濾過にて除去し、そこに含まれる終末代謝産物をカルボン酸分析計 (Eyela S-3000, 東京理科) で分析した。

2) フッ化物徐放性合着用セメントに関する研究—セメント表面の構造変化および歯質被着面に与える影響について— (福島)：1. 本研究に用いた合着用セメント：酸-塩基反応により硬化する従来型ガラスアイオノマーセメント 1 種 (HY-Bond Glasionomer CX, 松風, 以下 HBG), レジン添加型ガラスアイオノマーセメント 3 種 (Fuji LUTE, GC, 以下 FL; HY-Bond Resiglass, 松風, 以下 HBR; および Vitremer Luting Cement Fast Set, 3M ESPE, 以下 VT), およびコンジット系レジンセメント 1 種 (Panavia F2.0, クラレメディカル, 以下 PF) の 5 種である。2. 合着用セメントの pH 測定：pH 試験紙 (ADVANTEC, 東京) を用いて、各セメントの液材、練和物および付属の歯面処理材の pH をそれぞれ測定した。3. 合着用セメント硬化試片の表面観察：セメント試片について金蒸着を行い、走査型電子顕

微鏡 (SEM ; 日立 430, 東京) を用いて表面の微細構造観察を行った。4. 合着用セメント練和物が被着歯面に与える影響 : ヒト抜去歯 (0.1%チモール溶液中, 4°Cで保管 1 年以内) を歯頂側歯冠最大豊隆部で横断し, 露出したエナメル質と象牙質面を被験面とした。一定の処理後に SEM を用いて歯質処理面の微細構造を観察した。5. 合着用セメントの歯質接着界面の観察 : 各合着用セメント材料の練和物をエナメル質および象牙質の横断面 (実験 3 と同様) に載せて硬化させた。これらの試片は, 37°Cの恒温箱の中で蒸留水中に 60 日保管した。その後, 試片を樹脂 (Technovit 4071, Kulzer, Wehrheim) 包埋後, 縦断して, SEM により象牙質の接着界面の観察を行った。6. 合着用セメントから歯質へのフッ化物イオンの取り込み元素分析 : 試片作製は, 実験 4 と同様に行った。その後, 波長分散型マイクロアナライザー (EPMA8507, Shimazu, 京都) により接着界面付近における歯質へのフッ化物イオンの取り込みについて元素分析を行った。

C. 研究結果

1) フッ化物徐放性修復材料からの溶出フッ素イオンがう蝕関連菌 *Streptococcus mutans* 及び *Streptococcus sanguinis* の酸産生に及ぼす影響

1. 溶出フッ素イオン及びその他の金属濃度

24 時間後, 溶出量が多い順にケイ素 (1.24 ± 0.26 mM), フッ素 (0.493 ± 0.0155 mM), アルミニウム (0.06 ± 0.00 mM) が検出された。

2. pH 5.5 及び 7.0 における酸産生能

S. mutans 及び *S. sanguinis* の pH 5.5 及び 7.0 における菌懸濁液の酸産生能を 100 とすると, GIC 溶出液及びこれと同等のフッ素イオン濃度をもつ 0.43 mM フッ化カリウム PBS 溶液が存在する場合には, pH 7.0 では両菌種ともに 93-96 を示した。

3. pH 5.5 における終末代謝産物

GIC 溶出液及びこれと同等のフッ素イオン濃度を有する 0.43 mM フッ化カリウム PBS 溶液の濃度が高くなるに従い, 両菌種ともに乳酸の割合が減少し, ギ酸と酢酸の割合が増加した。

2) フッ化物徐放性合着用セメントに関する研究—セメント表面の構造変化および歯質被着面に与える影響について— (福島)

1. 合着用セメントの pH

合着用セメントの液材の pH は, VT (液 : pH3.6, 練和物 : pH4.0) を除いて pH0.4-1.8 であり, いずれもセメント練和物より低かった。また, 歯面処理材の pH は, セメント液材の pH と同程度であった。一方, セメント練和物の pH は, 練和直後ではいずれも 4.0 前後であった。

2. 合着用セメント硬化試片の表面劣化

VT の表面ではクラックや粉末粒子の脱落などはほとんど観察されなかったが, FL および HBR では試片表面において粉末粒子の脱落が観察された。また, HRG においても, 試片表面にクラックや粉末粒子の脱落が確認された。さらに, PF の表面には多数の小孔が見られた。

一方, アセトン溶液中に浸漬された

HBG と FL の表面では、粉末粒子の脱落やクラックが見られた。VT では、酢酸ナトリウム溶液に浸漬した試片に比べて、表面荒れが観察された。さらに、PF では、酢酸ナトリウム溶液中に浸漬した試片と同様、表面に多数の小孔が観察された。しかし、HBR では、酢酸ナトリウム溶液に浸漬した試片のような粉末粒子の脱落やクラックは観察されなかった。

3. 合着用セメント練和物および歯面処理材の被着歯面への影響

合着用セメントを接触させたエナメル質や象牙質の表面観察は次のように説明できる。PF の歯質処理面では、歯面処理材の作用で脱灰が生じた結果と思われるエナメル小柱の露呈や象牙細管の開口などが明瞭に示された。また、FL、HBG、HBR および VT の歯質処理面では、いずれも、エナメル質と象牙質の脱灰構造が確認されたが、エナメル小柱の露呈や象牙細管の開口は、PF に比べて、明瞭ではなかった。

4. 歯質接着界面の観察

合着用セメントの象牙質接着界面の観察結果を図 3 に示す。PF と FL の象牙質接着界面において、薄いハイブリッド層が観察された。また、HBG はセメントと象牙質の間にハイブリッド層がみられたものの、接着界面の一部に剥離によると思われる間隙が観察された。一方、HBR と VT では、接着界面における間隙の存在がより明瞭に観察された。

5. 歯質へのフッ化物イオンの取り込み

水中保管 60 日後ではいずれの試片においても歯質へのフッ化物イオンの取り込みが観察された。HBR と VT からのフ

ッ化物イオンの取り込みは、比較的広範囲に渡っており、エナメル質に比べ象牙質に多く取り込まれていることが確認された。また、PF では、エナメル質へのフッ化物イオンの取り込みは少ないものの、象牙質へは HBR や VT と同程度の取り込みがみられた。FL と HBG においても HBR および VT と同程度の取り込みが観察された。

D. 考察

1) フッ化物徐放性修復材料からの溶出フッ素イオンがう蝕関連菌 *Streptococcus mutans* 及び *Streptococcus sanguinis* の酸産生に及ぼす影響

GIC 溶出液は *S. mutans* 及び *S. sanguinis* の糖代謝を阻害し、酸産生を抑制することが明らかになった。この抑制効果は、GIC 溶出液に含まれるフッ素イオンと同等の濃度のフッ化カリウムとほぼ同等であることから、GIC 溶出液のもつ酸産生抑制効果は、同溶出液に含まれるフッ素イオンに由来するものと考えられた。また、pH 7.0 に比べ pH 5.5 における酸産生抑制効果が高いことから、菌体外の酸性化が菌体内へのフッ化水素の取り込みを促進し、糖代謝による酸産生が抑制されたものと考えられた。さらに、終末代謝産物の割合の変化が同様であったことは、糖代謝の阻害メカニズムが同様であること、すなわち、フッ素イオンによる阻害であることを支持している。

GIC 溶出液に含まれるフッ素イオン濃度は、*S. mutans* 及び *S. sanguinis* の増殖阻止には至らないものの、その基本的エネルギー産生系である糖代謝を抑制