

「第19回日本臨床環境医学会学術集会特集」

(臨床環境20:11~22, 2011)

シンポジウム

フッ化物のう蝕予防効果と栄養としての考え方

眞木吉信

東京歯科大学 社会歯科学研究室

Preventive effectiveness of dental caries by fluoride application as a nutrient

Yoshinobu Maki

Dept. of Social Dentistry, Tokyo Dental College

要約

フッ化物は、う蝕発病から咀嚼機能の低下にいたる健康障害のリスク低減をもたらす、生涯にわたる健康の維持増進に不可欠な栄養である。アメリカ合衆国やイギリスなど欧米先進諸国では、年齢別に一日あたりのフッ化物摂取の目安量(AI)と上限量(UL)が国によって設定されている。しかしながら、日本におけるフッ化物応用は、歯面塗布、洗口剤および歯磨剤といった局所的な薬物としての応用手段に限られ、水道水や食品へのフッ化物の添加のように、フッ化物を栄養素として考えた全身的な応用方法は全く無いため、現在のところ「日本人のフッ化物摂取基準」は国によって設定されていない。

ここでは、フッ化物の局所応用および全身応用によるう蝕予防効果を明確に示すとともに、厚生労働科学研究「フッ化物応用の総合的研究」班が作成した「日本人のフッ化物摂取基準(案)」を提示した。

《キーワード》 フッ化物、局所応用、全身応用、う蝕予防、摂取基準

Abstract

Fluoride is the indispensable nutrient for total health promotion not only in dental caries incidence, but also in reducing issues to masticatory function throughout a person's life. The adequate intake (AI) and the tolerable upper intake level (UL) of fluoride have been decided and recommended by governments in developed countries (United States and European countries). However, at present there is no Japanese standard for fluoride intake and no systemic fluoride application- such as water fluoridation or salt fluoridation. The application of fluoride is limited to topical uses- such as tooth painting, mouth rinses and toothpaste.

別刷請求宛先：眞木吉信

〒261-8502 千葉県美浜区真砂1-2-2 東京歯科大学 社会歯科学研究室

Reprint Requests to Yoshinobu Maki, Dept. of Social Dentistry, Tokyo Dental College, 1-2-2 Masago, Mihama-ku, Chiba 261-8502, Japan

This paper shows how effective the topical application of fluoride is in preventing dental caries and makes a proposal for a Japanese standard of fluoride intake drafted by a scientific research group who were supported by a fund from the Ministry of Health, Welfare and Labor.

《Key words》 fluoride, topical application, systemic application, dental caries prevention, dietary reference intakes

I. フッ化物とう蝕

口腔保健におけるフッ化物の応用は、ここ数十年に及ぶ膨大な研究に支えられて、う蝕予防における基本的な施策として確固たる地位を築いてきた。その理由は、確実に大きなう蝕予防効果が保証されているというばかりでなく、天然フッ素地域で得られた自然の知恵を応用した水道水へのフッ化物添加（水道水フロリデーション）、自然食品中に含まれるフッ化物の日常的な摂取経験から見た安全性の保証、高い「費用便益率（cost-benefit ratio）」に代表される経済効果などが挙げられる。そして、これらの特徴によって支えられる優れた特性によって、広く地域住民を対象にした応用が可能である点が強調されている。更に近年では、ホームケアとしてのフッ化物配合歯磨剤の普及が著しく、歯科診療所等における局所応用とともに、より高いレベルのう蝕予防が実現可能となっている。

う蝕予防のためのフッ化物の応用については、今日に至るまで先進国を始め世界のほとんどの国において普及のための懸命な努力が続けられている。その結果、種々のフッ化物応用法が広範な地域において進められ、多くの地域や国のレベルにおいて、う蝕有病者率の減少が報告されている。

表1は日本におけるフッ化物応用の現状を示したものである。我が国においては水道水フロリデーションを始めとした全身的な応用は全く実施されておらず、局所応用もフッ化物配合歯磨剤の普及率が2008年に89%（ライオン歯科衛生研究所調べ）となった他は、フッ化物歯面塗布は59.2%¹⁾、フッ化物洗口は10%²⁾にも満たない普及率である。ヘルスプロモーションでいう「健康づくり」のための公共政策の実施や予防環境の整備といった観点からは、フッ化物応用の推進状況は十分とはいえないのが現状である。

現在でも世界的に見てまだかなり高いう蝕有病

表1 日本におけるフッ化物応用の現状

全身応用		局所応用	
・水道水フロリデーション	NO (日本での実施経験あり)	・フッ化物溶液・ゲル	YES (59.2% 2005)
・フッ化物添加食塩	NO	・フッ化物フォーム	YES (1種類)
・フッ化物添加ミルク	NO (日本での実施経験あり)	・フッ化物バーニッシュ	YES (2種類)
・フッ化物錠剤	NO	・徐放性フッ化物	NO
・フッ化物液剤	NO	・フッ化物洗口剤	YES (6% 2008)
・その他のフッ化物食品添加	YES (ガム、キシリデント+F [®])	・フッ化物配合歯磨剤	YES (89% 2008)

NO：実施していない、市販製剤がない

YES：実施されている、市販製剤がある

() の数字は日本の普及状況と調査年を表わす。

状況にある我が国では、ヘルスプロモーションの観点から口腔保健の推進のために、歯科保健医療の担当者によるフッ化物応用の正しい情報提供と患者及び地域住民の積極的な参加による全身的並びに局所的なフッ化物応用を基本とした「歯の健康づくりプラン」をたて、「ライフステージに応じたフッ化物応用プログラム」を実施していく時期に来ていると思われる。

II. フッ化物局所応用によるう蝕予防効果

1) フッ化物配合歯磨剤

(1) フッ化物配合歯磨剤の特徴

市販の歯磨剤には化粧品と医薬部外品があり、フッ化物配合歯磨剤は薬用成分としてフッ化ナトリウム、モノフルオロリン酸ナトリウムおよびフッ化スズのいずれかを含むものをさしている。薬事法によるフッ化物イオン濃度は1,000ppm (0.1%) 以下と決められており、「むし歯の発生および進行の予防」という効能を明示することができる。

(2) フッ化物配合歯磨剤の普及とう蝕予防

フッ化物配合歯磨剤は、一般の生活者が最も簡単に入手できるホームケア（セルフケア）用のフッ化物応用法であり、世界的な応用実績も60年に達し、広範に普及している。Rugg-Gunn³⁾によれば、

図1に示したようにあらゆるフッ化物応用方法の中でフッ化物配合歯磨剤の普及状況は最も高く、1990年時点では4億5千万人であったものが、10年後の2000年の推計では約3倍の15億人に達したとしている。次に普及率の高い水道水フッロリデーションが3億人であることから、フッ化物配合歯磨剤の利用者は他のフッ化物利用者を圧倒しているといえる。確かに、飲料水中へのフッ化物の添加に対しては、個人の選択権の問題などがクローズアップされ、現在でもコミュニティ単位の導入はなかなか進まないのが現状である。これに対して、歯磨き習慣の広く普及している今日では、歯磨剤が歯へのフッ化物供給の最も主要な手段であることは周知の事実である。

フッ化物配合歯磨剤は、家庭や職場でのセルフケアによるう蝕予防手段として、欧米の先進諸国では1970年代から80年代にかけて急速に普及し、小児う蝕の急激な減少をもたらしたことは高く評価されている。その結果、歯磨剤に対する考え方も、これまでの「歯みがきの補助剤」から未成熟な歯に対応した「積極的な予防剤」へと変化してきている。欧米各国でのフッ化物配合歯磨剤の市場占有率（シェア）は95%以上で、それらの国々でのう蝕減少への貢献度は極めて高いといえる。

一方、わが国では、1980年代中期には市場占有

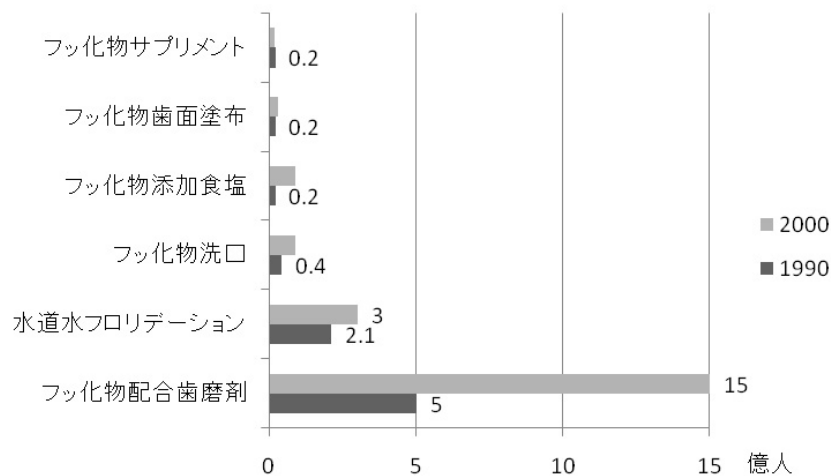


図1 世界におけるフッ化物の利用人口

(2000年は文献3) から、1990年はWHO1994のテクニカルレポートから引用したものを改変)

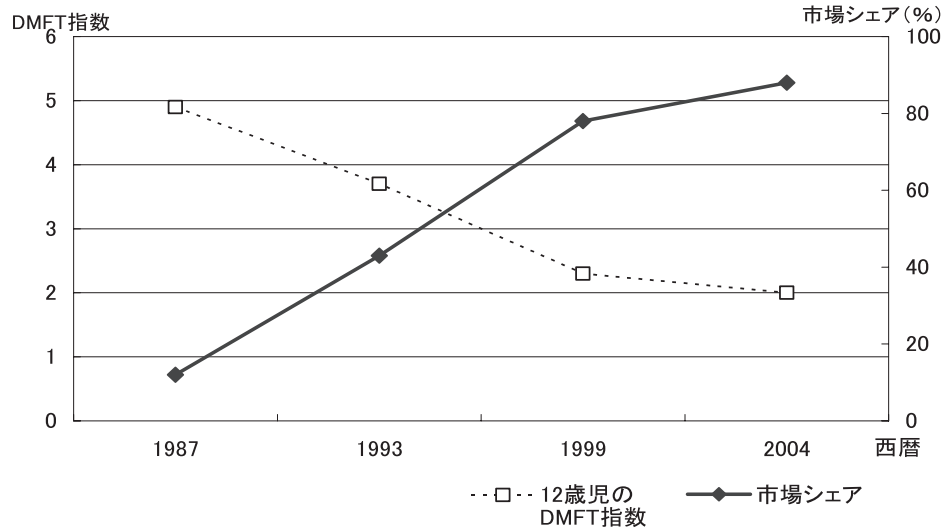


図2 わが国のフッ化物配合歯磨剤の市場シェアと12歳児のDMFT指数

12歳児のDMFT指数は歯科疾患実態調査による(2004年は学校保健統計調査)

率が10%まで低迷していたが、後半にかけては30%を超すまでに増加し、現在(2008年)では89%に達している。この間、厚生労働省が2000年に策定した国民健康づくり運動「健康日本21」⁴⁾にも、「学齢期におけるフッ化物配合歯磨剤の使用の増加」という行動目標が設定され、2010年までには、学齢期におけるフッ化物配合歯磨剤の使用率を90%以上にしようという目標を掲げている。学齢期の子どもたちに限って言えば、89.4%の者がフッ化物配合歯磨剤を使用しているという調査結果(平田幸夫ら、2011)⁵⁾があり、わが国でも永久歯う蝕の急激な減少へと結びつく気配を感じさせている。図2は1987年から現在までのフッ化物配合歯磨剤の市場占有率と歯科疾患実態調査による12歳児の一人平均う蝕(むし歯)経験歯数(未処置歯+処置歯+喪失歯(むし歯が原因で抜いた歯)の合計をいう。DMFT指数と簡略化する場合が多い)を示したものである。フッ化物配合歯磨剤の普及とDMFT指数は反比例して推移していることがわかる⁶⁾。

フッ化物配合歯磨剤は一般の生活者が最も簡単に入手できるホームケアとしてのう蝕予防手段であり、前述したように、世界の使用実績は60年に達し、2000年にはおよそ15億人が使用している。

水道水フッ化物添加(3億人)や他のフッ化物利用者を圧倒した普及率の上昇を示している。欧米先進諸国と比較して現在でもまだ遅れをとっている日本のフッ化物配合歯磨剤の普及状況であるが、学校での歯磨きタイムや職場でのエチケットとして、フッ化物配合歯磨剤の普及を進めていく義務が私たちにはあると考える。

2) フッ化物歯面塗布

フッ化物歯面塗布は、萌出後の歯のエナメル質表面に直接フッ化物を作用させることによって、う蝕抵抗性を与える方法である。しかし、我が国では歯科医師や歯科衛生士のような専門家が行うう蝕予防手段として位置付けられているため、歯科医院や保健所・区市町村保健センター等を中心として、個人的に応用されることが多くなっている。したがって、公衆衛生的手段としては、多くの費用や人手を必要とし、実施対象が制限されるという欠点がある。しかし、年数回の実施でう蝕予防効果があることから、小児自身にとっては負担の軽いフッ化物応用方法であるともいえる⁷⁾。

(1) 効果的な塗布時期

フッ化物歯面塗布は、萌出直後の歯に対して行うのが最も効果的である。これは、萌出して間もない歯は、反応性が高く、フッ化物塗布による歯

の表層へのフッ素の取り込み量が大きいからである。また、う蝕に最も罹患しやすいのは歯が萌出してから2～3年の間であるといわれているため、萌出直後からフッ化物歯面塗布を実施する必要がある。このためには、個々の歯が萌出するたびに塗布を行うことが望ましく、また、何度も繰り返して塗布することによって効果が上がると考えられる。したがって、歯の萌出時期に併せて、乳前歯が萌出する1歳ごろから永久歯第二大臼歯の萌出が終わる13歳ごろまでの間、6か月ごとに口腔内に萌出してくるすべての歯にフッ化物塗布を行うことが効果的である。

(2) フッ化物歯面塗布剤の種類

現在、フッ化物歯面塗布剤として数種類の溶液とゲルおよびフォームが用いられている。フッ化物第一スズ溶液（8%、4%）以外はいずれも製剤として販売されている。

① 2%フッ化ナトリウム溶液・フォーム (Sodium Fluoride, NaF)

フッ化ナトリウム (NaF) 2g を、100ml の蒸留水に溶解させて調製する。この溶液は無味、無臭、無色の液体で、ポリエチレン容器に入れ冷所に保存すれば、かなり長期間使用することができる。現在はフォーム状の塗布剤も市販されているが、1週間に1～2回の塗布間隔で、連続4回塗布を年1回実施することで予防効果があらわれる。

② 8%、4%フッ化第一スズ溶液 (Stannous Fluoride, SnF₂)

この溶液は不安定であり、長時間放置すると白色沈殿を生じ、効力が失われるので使用できない。したがって、使用の都度調製し、1時間以内に使用し終わるようにする。また、この溶液は酸性で pH2.8 付近であるが、渋みがあり収斂性を持っている。歯肉や粘膜に付着すると白斑を生じたり、塗布後日時が経過すると歯面に褐色の着色を生じることがある。通常年1～2回塗布を実施する。

③ リン酸酸性フッ化ナトリウム溶液・ゲル (酸性フッ素リン酸、 Acidulated Phosphate Fluoride, APF)

2%フッ化ナトリウム溶液を正リン酸で酸性 (pH3.4～3.6) にしたもので、溶液とゲル状の塗

布剤が市販されており、年1～2回の塗布でう蝕予防効果がある。

(3) 保健指導の際の注意点

フッ化物歯面塗布法は歯質強化を目的として行われるものであり、その効果も確認されている。しかし、その効果について過信されないように指導する必要がある。塗布に当たっては、次の a～d のような保健指導が必要と考えられる。

- 日常の歯口清掃を十分行うようにする。
- 含糖甘味食品の摂取制限を含めた食生活習慣について指導する。
- フッ化物歯面塗布の効果とその作用機序について分かりやすく説明する。
- う蝕の早期発見や早期治療のため、また、定期的塗布のために歯科医院の定期受診を薦める。

3) フッ化物洗口

フッ化物洗口法は、毎日または週1回の頻度で、萌出後の歯の表面にフッ化物イオンを作用させることをねらいとした局所応用法の一つである。また、洗口の動作は本人が主体的に行うもので、代表的な自己応用法といえる。さらに、この方法は家庭で個人的に行うこともでき、学校などの施設単位で集団的に実施することもできる。

この方法の特徴としては、第一に方法が簡単で歯科医師のかかわる部分が非常に小さく、安価で確かなう蝕予防効果が得られ、局所応用法の中では費用便益率に最も優れていることが挙げられる。一方、この方法は4歳以上に適した方法なので、乳歯に対するう蝕予防方法としては不十分であり、主に萌出直後の永久歯のう蝕予防手段と考えるべきである。十分なう蝕予防効果を得る鍵は、永久歯萌出期の数年以上にわたって継続実施することであり、家庭で個人的に実施するよりも、幼稚園や学校など集団の場で、より好ましい結果が得られている^{2,6～8)}。

このフッ化物洗口の公式な見解としては、平成15年1月に厚生労働省が、厚生労働科学研究「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 (H12—医療—003)」の取りまとめた「フッ化物洗口実施要領」⁸⁾に基づき、医政

局長・健康局長連名の通知として「フッ化物洗口ガイドライン」を以下のとおり公表した。

(1) 対象者

フッ化物洗口法は、とくに、4歳児から14歳までの期間に実施することがう蝕予防対策として最も大きな効果をもたらすことが示されている。また、成人の歯頸部う蝕や根面う蝕の予防にも効果があることが示されている。

① 対象年齢

4歳から成人、老人まで広く適用される。特に、4歳（幼稚園児）から開始し、14歳（中学生）まで継続することが望ましい。その後の年齢においてもフッ化物は生涯にわたって歯に作用させることが効果的である。

② う蝕発生リスクの高い児（者）への対応

修復処置した歯のう蝕再発防止や歯列矯正装置装着児の口腔衛生管理など、う蝕の発生リスクの高まった人への利用も効果的である。

(2) フッ化物洗口の実施方法

フッ化物洗口法は、自らでケアするという点では自己応用法（セルフ・ケア）であるが、その高いう蝕予防効果や安全性、さらに高い費用便益率等、優れた公衆衛生的特性を示している。特に、地域単位で保育所・幼稚園や小・中学校で集団応用された場合は、公衆衛生特性の高い方法である。なお、集団応用の利点として、保健活動支援プログラムの一環として行うことで長期実施が確保される。

① 機材の準備、洗口剤の調製

施設での集団応用では、学校歯科医等の指導のもと、効果と安全性を確保して実施されなければならない。家庭において実施する場合は、かかりつけ歯科医の指導・処方を受けた後、薬局にて洗口剤の交付を受け、用法・容量に従い洗口を行う。

② 洗口練習

フッ化物洗口法の実施に際しては、事前に水で練習させ、飲み込まずに吐き出させることが可能になってから開始する。

③ 洗口の手順

洗口を実施する場合は、施設職員等の監督の下で行い、5～10mlの洗口液で約30秒間洗口（ブ

クブクうがい）する。洗口は下を向いた姿勢で行い、口腔内のすべての歯にまんべんなく洗口液がゆきわたるように行う。吐き出した洗口液は、そのまま排水口に流してよい。

④ 洗口後の注意

洗口後30分間は、うがいや飲食物をとらないようにする。また、集団応用では、調整した洗口液（ポリタンクや分注ポンプ）の残りは、実施のたびに廃棄する。家庭用専用瓶では、一人あたり約1か月間の洗口ができる分量であり、冷暗所に保存する。

(3) 関連事項

① フッ化物洗口法と他のフッ化物応用との組み合わせ

フッ化物洗口法と他の局所応用法を組み合わせで実施しても、フッ化物の過剰摂取になることはない。すなわちフッ化物洗口とフッ化物配合歯磨剤及びフッ化物歯面塗布を併用しても、特に問題はない。

② 薬剤管理上の注意

集団応用の場合の薬剤管理は、歯科医師の指導のもと、歯科医師あるいは薬剤師が、薬剤の処方、調剤、計量を行い、施設において厳重に管理する。

家庭で実施する場合は、歯科医師の指導のもと、保護者が薬剤を管理する。

③ インフォームド・コンセント

フッ化物洗口を実施する場合には、本人あるいは保護者に対して、具体的方法、期待される効果、安全性について十分に説明した後、希望の有無を確認して行う。

(4) 洗口に用いる薬剤と溶液

洗口に用いるフッ化物として、現在はフッ化ナトリウム（NaF）溶液が一般に用いられている。フッ化物イオン濃度は洗口頻度と対応して決められる。標準的な処方として、1日1回洗口する毎日法では、0.05%NaF（226ppm F）又は0.1%NaF（450ppm F）の溶液を用い、週1回法では0.2%NaF（900ppm F）溶液を用いる。これらの標準的なフッ化物溶液を用いた洗口法の臨床試験から、土曜日及び日曜日以外の毎登校日に行う毎日法と週1回法とではう蝕予防効果に大きな差は見

られなかったことから、スクールベース洗口法としては、週1回法が推奨される。洗口回数が増えた分の努力と経費に見合うう蝕予防効果の差がないためである。一方、家庭で個人的に行う場合は、毎日の歯磨き習慣と組み合わせて、ついでに洗口法も実施できるため、毎日法が推奨できる。また、保育所・幼稚園の場合にも同様に毎日法が推奨される。

(5) フッ化物洗口のう蝕予防効果

図3は千葉県天津小湊町(現在の鴨川市)における、4歳から小学校6年までの8年間にわたるフッ化物洗口事業のう蝕予防効果を示したものである。非洗口群に比べて一人平均むし歯歯数(DMFT指数)は半分以下であり、う蝕抑制率は60%を超える。また、当該年齢の歯科医療費も図4に示したように、4年間で40%は削減すること

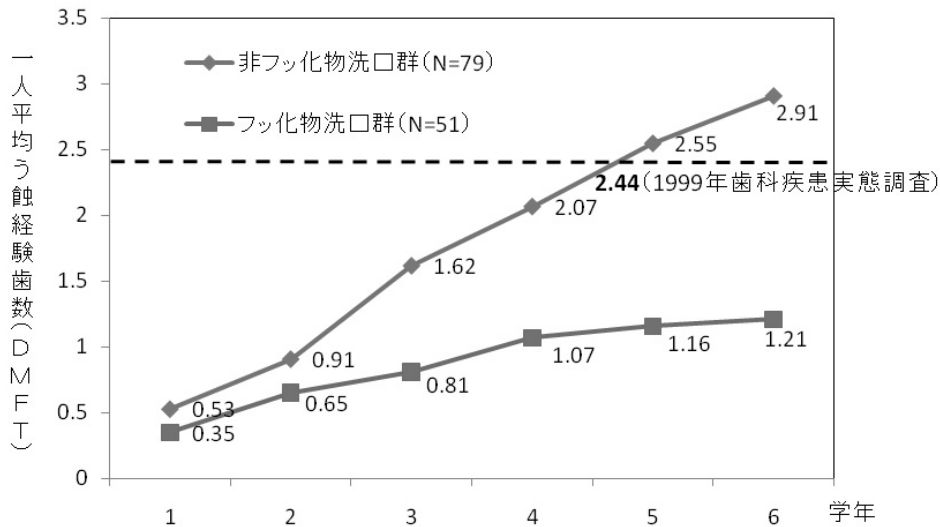


図3 天津小湊町におけるフッ化物洗口群と非洗口群における DMFT 指数の経年的推移 (コホート調査：群間比較)

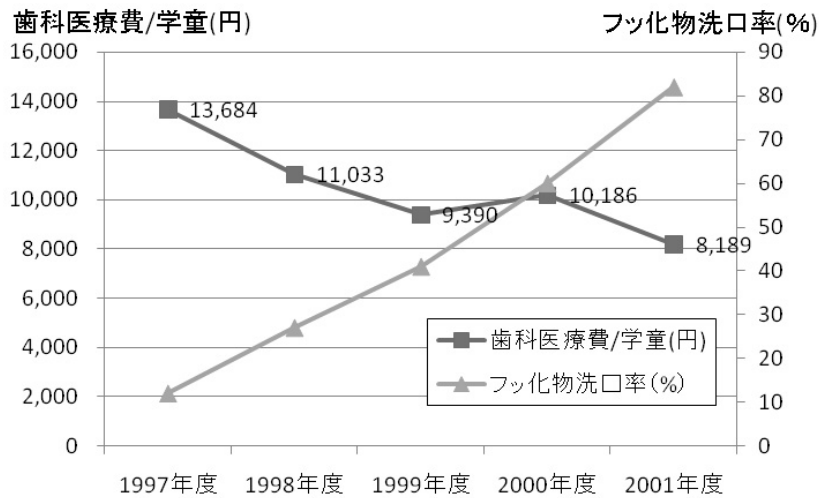


図4 天津小湊町における国民健康保険加入学童1人あたりの歯科医療費とフッ化物洗口率の経年推移

ができた。

4) その他の局所応用フッ化物製剤

(1) フッ化物パーニッシュ

高濃度のフッ化物を局所へ長期間停滞させることによって、う蝕予防を図ることを目的としてヨーロッパで開発されたものがフッ化物パーニッシュである。我が国では象牙質知覚過敏症の治療薬として市販されている。これらのフッ化イオン濃度は22,600ppmで、カリエスリスクの高い小児と成人・老年者の歯根面う蝕の予防に有効であると考えられる。応用方法としては、綿球や綿棒による塗布だけでなく、探針やトゥースピックによる添付やデンタルフロスとの併用も可能である。

(2) フッ化物添加デンタルフロスとトゥースピック

近年、外国ではデンタルフロスやトゥースピックにもフッ化物の添加されたものが市販されている。我が国でもようやく入手することができるようになった。

Ⅲ. フッ化物応用による組み合わせ予防の考え方

2種類以上のフッ化物応用を組み合わせることは、一般的には相乗効果をもたらす。しかし場合によっては、費用便益率が低かったり、また、全身応用法との併用によって、歯のフッ素症の潜在的な増加も考慮しなくてはならないことが海外では報告されている⁹⁾。

日本では全身応用が実施されていないので、フッ化物洗口と他の局所応用法を組み合わせる実施しても、フッ化物の過剰摂取になることはない。すなわち、幼稚園で週5回フッ化物洗口を行っている子どもが、家庭で毎日フッ化物配合歯磨剤を使用して歯をみがき、歯科医院で年に数回フッ化物歯面塗布を受けても、とくに問題はない。

毎日法（週5回法）によって0.05%フッ化ナトリウム溶液5～10mlで30秒～1分間洗口した場合、洗口後の口腔内フッ化物残留率は、3歳で15%、5歳で10%、8歳で11%であると報告されている。すなわち、1日平均のフッ素摂取量は約0.2mgとなる。また、歯磨剤の口腔内残留率は幼児では約30%と報告されており、1,000ppmの

フッ化物が配合された歯磨剤を0.5g使用した場合、約0.15mgのフッ化物が口腔内に残留することになる。したがって、フッ化物洗口とフッ化物配合歯磨剤を毎日併用しても、フッ化物の口腔内残留量、すなわち体内に取り込まれる量は、米国歯科医師会が非水道水フッ化物添加地域に住む3～6歳の子どもに推奨している1日0.5mgのフッ化物の投与量よりも少ない。正しい使用方法をしている限り、慢性中毒となる歯のフッ素症を引き起こす危険性はなく、併用することでう蝕予防効果は高くなると考えられる。

さらに、年に数回行われるフッ化物歯面塗布では、2%フッ化ナトリウム溶液（NaF溶液）、8%フッ化第一スズ溶液（SnF₂溶液）、リン酸酸性フッ化ナトリウム溶液（APF溶液）とゲル（APFゲル）などが用いられている。使用薬剤は約9,000ppmとフッ化物濃度が高いが、これは歯科医師や歯科衛生士などの歯科専門家によって実施されるものである。1回の塗布で1～2ml使用されるが、その口腔内残留量は約15%程度であるので、口腔内残留フッ化物量は1～3mgとなる。塗布対象となる幼児の体重は10～15kg以上なので、急性中毒を引き起こす量20～30mg（2mg/体重1kg）と比較しても、安全性は十分に確保されている。

Ⅳ. フッ化物全身応用によるう蝕予防効果

う蝕予防のためのフッ化物全身応用には、水道水フロリデーション、食品へのフッ化物添加、錠剤・液剤（サプリメント）がある。このうち水道水フロリデーションは、水道水へ人工的にフッ化物を添加し、フッ化物イオン濃度を適正な値に調整することによって、何の健康障害も無く最大多数の住民に、高いう蝕予防効果をもたらす方法で、全身応用による最も効率的な予防手段である。また、米国で始められた水道水フロリデーションに関する研究はその後の局所応用法の開発にも大きな影響を与えることになった。

特に、WHOはじめ欧米先進諸国では、フッ化物が栄養素として位置づけられ、年齢ごとに目安量と上限量が定められ、水道水フロリデーション

の導入とそのサプリメントとしてのフッ化ナトリウム製剤が市販されている。日本においても、歯の健康のリスク低減の観点から『日本人の食事摂取基準』の中に「フッ素」を明確に位置づけて、水道水フッ化物濃度の実施とサプリメントの市販を期待したいところである。

V. 栄養素としてのフッ化物

フッ化物は、う蝕発病を抑制し、生涯にわたる健康の維持増進に不可欠な「栄養」である。この観点から、アメリカ合衆国やイギリスなど欧米先進諸国では、国の機関が年齢別の一日あたりのフッ化物摂取の目安量 (AI: adequate intake) と上限量 (UL: tolerable upper intake level) を設定している (厚生労働省策定 日本人の食事摂取基準 2010年版、付録4、諸外国の食事摂取基準、第一出版、2010年)。しかしながら、日本ではフッ化物応用が歯面塗布、洗口および歯磨剤といった薬物としての局所応用手段に限られ、水道水や食品へのフッ化物添加のような、フッ化物を健康の維持増進のための栄養として考えた全身応用法が全くないため、現在のところ欧米先進諸国のようなフッ化物摂取基準は策定されていない。

VI. 日本人のフッ化物摂取基準案の提言

(「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) の報告書を改変)

生涯にわたる健康を維持・増進する上で、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^{10,11)}。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¹²⁾。しかしながら、日本人の食事摂取基準では2010年版 (2010年-2014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¹³⁾。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

表2 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 (mg F/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

(厚生労働科学研究「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」、2007)

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フッ化物濃度が0.01ppm (中央値) であり、摂取量1000mlとして算出した

**表3 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「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」、2007)

た、食品に嗜好飲料水や居住地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^{14~16)}。

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0.05mg/kgである事実^{15,17~21)}に基づいて、その高い値である0.05mg/kgとした。また上限量(UL)の基準は、LOAEL値を参照した¹²⁾。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2ppm未満の場合では5%未満であるという疫学的事実²²⁾に基づいている。上限量の明確な計算過程は文献には示されていないが、推考すると次のような計算過程で求めら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2ppmとし、一日飲水量を1.5Lとする。

①飲料水からのフッ化物量:

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

②食事からのフッ化物摂取量:

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

③フッ化物飲料水で調理した食事中フッ化物摂取量:

$$0.3 \times 2 = 0.6 \text{ mg/day}$$

①+③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2ppmとし、一日飲水量を1.0Lとする。

①飲料水からのフッ化物量:

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

②食事からのフッ化物摂取量:

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

③フッ化物飲料水で調理した食事中フッ化物摂取量:

$$0.25 \times 2 = 0.5 \text{ mg/day}$$

①+③最小一日フッ化物摂取量=

$$0.5 + 2.0 = 2.5 \text{ mg/day}$$

8~9歳児の体重を約30kg¹³⁾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、 $0.083 - 0.12 \text{ mg/kg/day}$ となる。そして、その平均値をとると 0.1 mg/kg/day となる。どうして8~9歳児を基準としたかは、永久歯の発生の学的解釈から成熟期と密接に関連³⁰⁾しているからである。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¹²⁾。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¹³⁾を乗じて男女別に8~9歳までの摂取基準値を設定した(表2)。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²³⁾。したがって日本人の食事摂取基準の年齢区分における10歳以上の上限量は、成人の体重を約60kg¹³⁾と仮定して、 0.1 mg/

kg×60kg=6 mg/day と推定し、男女ともに6 mg/day に統一した(表2)。

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^{24, 25)}、胎児への移行も制限されるという事実^{26, 27)}から15~29歳の目安量と上限量と同じ値に設定した(表3)。表2、3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。

Ⅶ. 「日本人におけるフッ化物摂取基準」の活用

このような日本人の年齢に応じたフッ化物摂取基準の策定は、現在のところ日本には見られないフッ化物の全身的な応用を促進し、う蝕を中心とした歯科疾患の予防に著しい貢献をなすとともに、将来的には無駄な歯科医療費の削減にもつながる国家規模の施策であると考えられる。具体的な効用としては、以下に示した項目が推測される。

1) フッ化物添加食品の開発

フッ化物添加食品の評価基準を決定し、「キシリッシュプラスF」(明治製菓)のようなフッ化物添加食品のメニューを増やし、う蝕予防効果を上げる。

2) フッ化物サプリメント (tablet, drops) の導入

日本でも栄養補助食品としてのフッ化物錠剤や液剤が店頭に並ぶことが可能になる。

3) 水道水フッ化物添加の促進

日本においては、水道水へのフッ化物の人工的な添加による歯科疾患の予防は過去の経験だけで、現在はまったく導入されていない。しかし、フッ化物が「病気に対する薬剤」ではなく「健康のための栄養」と位置づけられるならば、水道水への0.8ppm以下のフッ素の添加は広く普及する可能性が高いと思われる。さらに、この方法は医療格差を是正する極めて平等な公衆衛生的な手段であり、乳幼児から高齢者まですべての人々に恩恵をもたらすことになる。

文献

1) 解説 平成17年度歯科疾患実態調査：歯科疾

患実態調査報告解析検討委員会(編)：口腔保健協会、2007

- 2) 田浦勝彦、他：フッ化物洗口剤の都道府県別にみた普及の推移、国の政策が果たした役割の検討。口腔衛生会誌60：556-562、2010
- 3) Rugg-Gunn A: Preventing the preventable-The enigma of dental caries. Brit Dent J 191: 478-488, 2001
- 4) 地域における健康日本21実践の手引き：(財)健康・体力づくり事業財団、2000
- 5) 平田幸夫、他：歯磨き習慣に関するアンケート調査第二報(健康日本21を見据えた学齢期におけるフッ化物配合歯磨剤の使用状況)、(財)8020推進財団、2011
- 6) う蝕予防のためのフッ化物配合歯磨剤応用マニュアル：フッ化物応用研究会(編)：社会保険研究所、2006
- 7) う蝕予防のためのフッ化物歯面塗布実施マニュアル：フッ化物応用研究会(編)：社会保険研究所、2007
- 8) う蝕予防のためのフッ化物洗口実施マニュアル：フッ化物応用研究会(編)：社会保険研究所、2003
- 9) 高江洲義矩、眞木吉信、杉原直樹(監訳)：フッ化物と口腔保健、p52-53、一世出版、1995(WHO Technical Report Series No.846 “Fluoride and Oral Health”の日本語訳)
- 10) McDonagh M, Whiting P, Bradley M, Cooper J, Sutton A, Chestnutt I, Misso K, Wilson P, Treasure E, Kleijnen J: A systematic review of public water fluoridation, The University of York, York, 2000
- 11) U.S. Department of Health and Human Services: 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, Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta, 2001
- 12) 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, pp288-313, National Academy Press, Washington, D.C, 1997
- 13) 厚生労働省「日本人の食事摂取基準」策定検討会：日本人の食事摂取基準（2010年版）、p218-275、付録38-41、第一出版、第2版、2010
 - 14) 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: 386-390, 2002
 - 15) 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
 - 16) 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: 19-23, 2004
 - 17) McClure F J: Ingestion of fluoride and dental caries. Quantitative relations based on food and water requirements of children one to twelve years old. *Am J Dis Child* 66: 362-369, 1943
 - 18) Ophaug R H, Singer L, Harland B F: Estimated fluoride intake of average two-year-old children in four dietary regions of the United States. *J Dent Res* 59: 777-781, 1980
 - 19) 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: 701-707, 1985
 - 20) Dabeka R W, McKenzie A D, Conacher H B S, Kirkpatrick D C: Determination of fluoride in Canadian infant foods and calculation of fluoride intakes by infants. *Can J Pub Hlth* 73: 188-191, 1982
 - 21) Featherstone J D B, Shields C P: A study of fluoride intake in New York State residents. Final report. Albany, NY, New York State Health Department, 1988
 - 22) Dean H D: The investigation of physiological effects by the epidemiological method. Fluorine and dental health, pp23-31, American Association for the Advancement of Science, Washington, D.C, 1942
 - 23) 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
 - 24) Ekstrand J, Boreus L O, de Chateau P: No evidence of transfer of fluoride from plasma to breast milk. *Br Med J* 283: 761-762, 1981
 - 25) Ekstrand J, Spak C J, Falch J, Afseth J, Ulvestad H: Distribution of fluoride to human breast milk following intake of high doses of fluoride. *Caries Res* 18: 93-95, 1984
 - 26) Gupta S, Seth A K, Gupta A, Gavane A G: Transplacental passage of fluorides. *J Pediatr* 123: 139-141, 1993
 - 27) Leverett D H, Adair S M, Vaughn B W, Proskin H M, Moss M E: Randomized clinical trial of the effect of prenatal fluoride supplements in preventing dental