

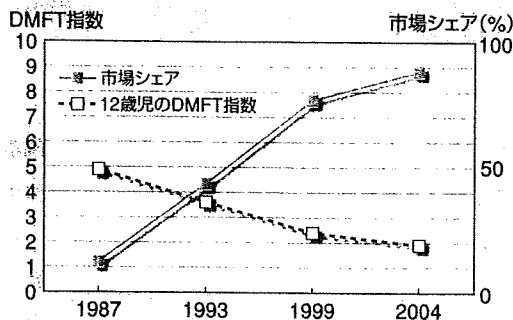
表 2 フッ化物配合歯磨剤による歯冠部および歯根面の 1 年後の齲蝕抑制率の比較 (Jensen ほか, 1988<sup>6)</sup>をもとに作成)

プラセボ群	406	1.24	3.02	—	0.43	1.87	—
テスト群	404	0.73	2.82	41%	0.14	1.91	67%

※テストグループとコントロールの違いは、歯冠部で  $p=0.006$ 、歯根面で  $p=0.014$  と、統計上意味のある値である

図 3 わが国のフッ化物配合歯磨剤のシェアと 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。また、2004 年は学校保健統計調査 (フッ化物応用研究会, 2006<sup>4)</sup>をもとに作成)



### 歯根面齲蝕に対する効果

これまでは、フッ化物配合歯磨剤の応用は、乳幼児期と学齢期の小児に対する齲蝕予防が主であり、成人の歯根面齲蝕に対する予防効果の情報は皆無であった。しかし、Jensen & Kohout は 54 歳以上の成人 810 名を対象とした 1,100 ppm のフッ化物配合歯磨剤に関する 1 年間の研究で、67% の歯根面齲蝕の予防効果を示し、この齲蝕抑制率は歯冠部の 41% より優れた効果であったことを報告している (表 2)<sup>11)</sup>。さらに、Baysan ら<sup>12)</sup>、北村ら<sup>13)</sup>、加藤ら<sup>14)</sup>も歯根面齲蝕に対する予防効果を報告している。これらの報告は、フッ化物配合歯磨剤の使用が、乳幼児期から高齢期まで生涯を通じたものであることを示唆している。

### わが国において期待される普及

わが国でフッ化物配合歯磨剤の市販が開始されたのは 1948 年で、世界的にみても早い時期であったが、その後は普及せず、1980 年代後半まで市場占有率が 10% 程度で推移し、欧米先進諸国の市場占有率の上昇より 20 年の遅れをとってしまった。

しかしながら、1990 年代から 12 歳児の DMFT 指数の減少が急激に進み、この要因をブラッシング習慣の定着に求めたり、キシリトールなど砂糖の代用糖によるものとしたり、果ては結核のように栄養状態や社会環境などに帰する者も現れた。図 3 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 DMFT

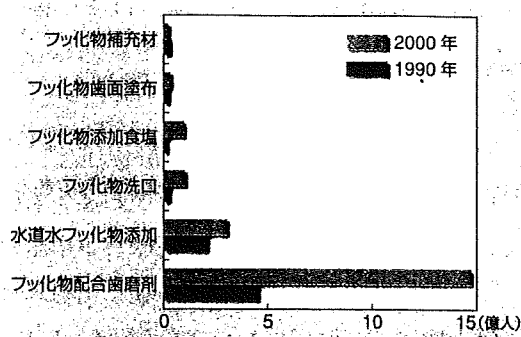


図4 世界におけるフッ化物応用の利用人口 (Rugg-Gunn, 2001<sup>5)</sup>をもとに作成)

指数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。

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齲蝕予防手段であり、世界の使用実績は60年に及ぶ。Rugg-Gunn<sup>5)</sup>によれば、フッ化物配合歯磨剤の利用者は、1990年の4億5千万人から10年後の2000年にはおよそ3倍の15億人に達したとしている。図4からわかるように、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描いている。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、学校でのブラッシング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べき義務が私たちにはあると考える。

#### 文 献

- 1) ライオン歯科衛生研究所編：一目でわかる口腔保健統計グラフ。2007。
- 2) 地域における健康日本21実践の手引き。健康・体力づくり事業財団。東京。2000。

- 3) 平田幸夫：歯磨き習慣に関するアンケート調査報告書(学齢期におけるフッ化物配合歯磨剤の使用状況)。8020推進財団。東京。2005。
- 4) フッ化物応用研究会編：う蝕予防のためのフッ化物配合歯磨剤応用マニュアル。社会保険研究所。東京。2006。
- 5) Rugg-Gunn A: Preventing the preventable—the enigma of dental caries. *Brit Dent J*, 191: 478-488, 2001.
- 6) Jensen ME, Kohout F: The effect of a fluoridated dentifrice on root and coronal caries in older adult population. *JADA*, 117: 829-832, 1988.
- 7) WHO expert committee on oral health status and fluoride use (高江洲義矩, 眞木吉信, 杉原直樹, 古賀寛訳): フッ化物と口腔保健—WHOのフッ化物応用と口腔保健に関する新しい見解(WHO technical report series No. 846)。一世出版。東京。2000。41-45。
- 8) ISO: Dentistry—Dentifrices—Requirements, test methods and marking. ISO/DIS 11609, 2008.
- 9) Sjögren K, Birlhed D, Rangmar B: Effect of a modified toothpaste technique on approximal caries in preschool children. *Caries Res*, 29: 435-221, 1995.
- 10) 眞木吉信: フッ化物応用の科学と実際(その2)。実際編。日歯医師会誌, 56: 1049-1064, 2004。
- 11) Jensen ME, Kohout F: The effect of a fluoridated dentifrice on root and coronal caries in an older adult population. *J Am Dent Assoc*, 117 (7): 829-832, 1988.
- 12) Baysan A, Lynch E, Ellwood R, Davies R, Petersson L, Borsboom P: Reversal of primary root caries using dentifrices containing 5,000 and 1,100ppm fluoride. *Caries Res*, 35: 41-46, 2001.
- 13) 北村雅保, 杉原直樹, 眞木吉信, 高江洲義矩, 武者良憲: 歯根面う蝕の診査成績に関連する口腔保健行動の要因。口腔衛生会誌, 44: 376-377, 1994。
- 14) 加藤まり, 深井浩一, 富井信之, 大森みさき, 長谷川明: 歯周メインテナンス患者の根面カリエス発生におよぼす因子の解明。日歯周誌, 43 (3): 308-316, 2001。

## フッ化物応用のために知っておきたいこと 栄養としてのフッ化物—日本人のフッ化物摂取基準の策定

眞木吉信 古賀 寛

Yoshinobu Maki Hiroshi Koga

### はじめに

フッ化物は齲蝕発病を抑制し、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、米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：諸外国の食事摂取基準、日本人の食事摂取基準 2005年版、第一出版、2005、（付録）16-19〕。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。

このような状況のなかで、2000年に立ち上がった厚生労働科学研究「フッ化物応用の総

合的研究」班では、日本の食品に含まれるフッ化物濃度の測定から日本人の年齢別のフッ化物摂取量調査に加えて、成人のフッ化物代謝の出納実験データまで、研究班の詳細な研究成果を示すとともに、フッ化物の齲蝕予防効果と健康リスクの評価に関する疫学データを提示し、「日本人のフッ化物摂取基準（案）」を作成した。

地域保健の現場で健康や栄養情報を伝える立場にある人はもちろん、病院や診療所など医療の現場で働く多くの方々に、「フッ化物は、齲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目的とした栄養である」ことを理解してほしい。

### 基準案作成に至る経緯

そもそも日本人のフッ化物摂取基準を作成する契機となったのは、日本歯科医学会医療問題検討委員会のなかにフッ化物検討部会ができて、栄養としてのフッ化物の位置づけに関する議論がなされたことによる。その経緯は以下のようなものである。

日本歯科医学会医療問題検討委員会フッ化物検討部会は、日本歯科医学会齋藤毅会長の

東京歯科大学衛生学講座  
〒261-8502 千葉市美浜区真砂 1-2-2  
Tel. 043-270-3746  
E-mail : maki@tdc.ac.jp

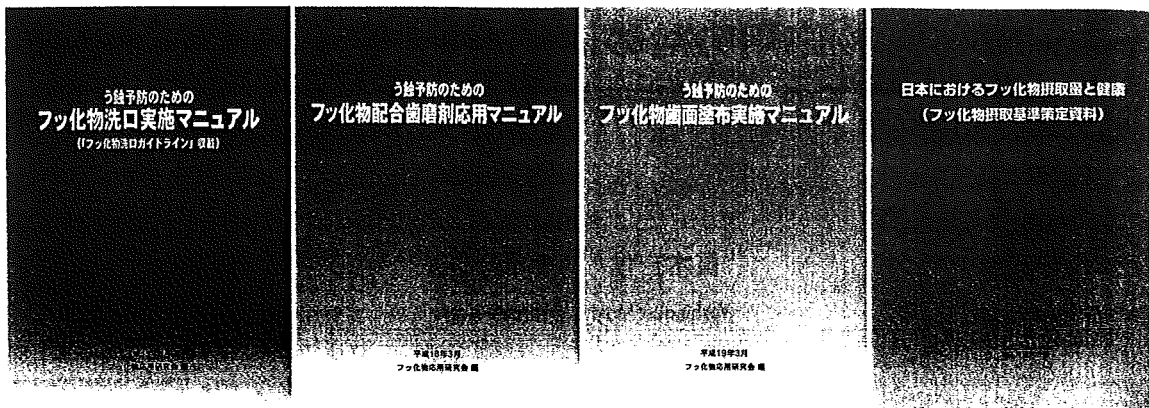


図 1 研究班における成果の一部

要請を受け、1998年1月、第一回の委員会を開催した。以来、1999年10月までに9回の会議を開催し、「フッ化物応用についての総合的見解」をまとめるために検討を重ねてきた。その結果、1999年11月に答申を行い、国民の口腔保健向上のために、齲蝕予防を目的としたフッ化物の応用を推奨するとともに、わが国におけるフッ素の適正摂取量を確定するための研究の推進を奨励することとなった。この答申に基づき、2000年4月に厚生省（現厚生労働省）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」（略称：フッ化物応用の総合的研究、主任研究者：高江洲義矩）を発足させた。

#### 「フッ化物応用の総合的研究」班による 基準の検討

発足した「フッ化物応用の総合的研究」班

は、3年後に厚生労働科学研究「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」班（主任研究者：高江洲義矩，眞木吉信）に引き継がれ、さらに3年間の研究として「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」班（主任研究者：眞木吉信）において継続されている（図1）。

研究班における「フッ化物の栄養所要量と健康」グループに課せられたテーマは、わが国において健康増進のためのフッ化物応用を推奨していくために、乳児から成人、老人に至る生涯を通じた齲蝕予防のためのフッ化物摂取の目安量および上限量を策定することにあった。

フッ化物の栄養学的評価は、近年の微量元素の摂取基準が米国から発信された栄養摂取概念をもとに展開されており、日本においても第6次栄養摂取基準改定から援用されて

いる。初期の厚生労働科学研究においては、各年齢群別におけるフッ化物摂取量に関する知見を収集するとともに、乳児、幼児および児童のフッ化物摂取に関する調査と実験研究を行った。また、母乳および日本において市販されている主な調製粉乳のフッ化物濃度の分析を通して乳児のフッ化物摂取量を推定した。その後、幼児（3～5歳児）のフッ化物摂取量を陰膳食法による食事調査から求め、さらに浄水場の平均フッ化物濃度も考慮して0.16ppm未滿の低フッ化物濃度飲料水地区でのフッ化物摂取量を実際に求めた。その結果、平均値0.28 mg/day（1～6歳児）、および0.29 mg/day（3～5歳児）、フッ化物配合歯磨剤を含めた総フッ化物摂取量でも0.35 mg/day、最大値で米国の上限量を超えることなく、目安量の1/2程度であった。

また、わが国におけるフロリデーション（水道水フッ化物添加）を考慮した幼児（3～5歳）のフッ化物摂取量を試算すると、食事からのフッ化物摂取量が米国の設定の目安量を満たし、上限量を超えない摂取量となり、0.8 ppmの飲料水において平均値0.73 mgと推定され、最大値でも上限量（1.7 mg/day）を超えることなく、3歳児の目安量程度と評価された。

次に、飲料水中フッ化物濃度が異なる2つの地域の小児において食事からのフッ化物摂取量を陰膳食法で検討したところ、飲料水中フッ化物濃度0.6 ppm地域の中学生は低濃度（0.1 ppmF以下）地域の生徒と比べ齲蝕経験歯数が有意に少なく、歯のフッ素症も審美的に問題となるレベルの発現はないことが示された。

食品中フッ化物分析については、まず、普

遍的なフッ化物分析法である微量拡散一フッ化物イオン電極による食品中フッ化物分析法の信頼性と妥当性を検証した。この方法では、無機のフッ化物添加回収実験で91%以上の回収率が得られ、数種類の食品を複数の研究機関で比較しても有意な差は認められないので、本法は食品のフッ化物分析法として適切であることが示された。

食品中フッ化物分析値においては、海産物を中心として、魚類32品目（可食部）のフッ化物濃度は、0.02～9.07 μg/g、変動係数0.7～39.4%の範囲であった。そのなかでフッ化物濃度1.0 μg/g以上の食品が、9品目あった。さらに、マーケットバスケット方式によって国民栄養調査成績表（平成11年度）の分類に準じた66品目を分析したフッ化物濃度では、米0.14 μg/g、小麦粉0.03 μg/gと低値を示した。麺類0.14 μg/g、砂糖0.07 μg/g、乳製品0.05 μg/g、魚介類（魚の可食部）0.44 μg/gで、魚介類が最も高い値を示した。肉や豆腐、野菜、果物、ジャガイモはおおむね0.1 μg/g以下の低値を示した。

これまでの日本における飲食物からのフッ化物摂取量の文献をレビューしたところ、飲食物からの1日あたりの総フッ化物摂取量は、成人では0.89～5.4 mg/dayと文献間のばらつきが大きい。1990年以降の報告では、0.90～1.28 mg/dayであった。また、乳児ではドライミルクと乳児用食品を摂取した場合0.09～0.27 mg/day、幼児では0.23～0.38 mg/dayであった。乳幼児における総摂取量は米国の設定基準（Dietary Reference Intakes：DRI）が示した目安量の約1/2であった。

以上の研究知見をまとめた結果が、「日本人におけるフッ化物摂取基準（案）」である。

## 日本人におけるフッ化物摂取基準 (案)

生涯にわたる健康を維持・増進するうえで、フッ化物応用による齲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<sup>1,2)</sup>。このようなフッ化物の摂取基準は、米国では推定平均必要量 (EAR: estimated average requirement) の推定が困難なことから、各年齢層別の一泊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<sup>3)</sup>。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<sup>4)</sup>。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、フッ化物摂取の齲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<sup>5-7)</sup>。

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うえで必須であり、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、疫学的調査から齲蝕罹患率を有意に減少させる体重 1kg あたり 0.02~0.05 mg/kg である事実<sup>6,8-12)</sup>に基づいて、その高い値である 0.05 mg/kg とした。また上限量 (UL) の基準は、LOAEL 値を参照した<sup>3)</sup>。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<sup>13)</sup>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: 0.25~0.3mg/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: 0.25~0.3mg/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 30kg<sup>4)</sup>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、0.083~0.12mg/kg/day となる。そして、その平均値をとると 0.1mg/kg/day となる。どうして 8~9 歳児を基準としたかは、永久歯の発生的解釈から成熟期と密接に関連<sup>13)</sup>しているからである。したがって、**上限量は 0.1mg/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<sup>3)</sup>。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<sup>4)</sup>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 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<sup>14)</sup>。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 60kg<sup>4)</sup>と仮定して、 $0.1\text{mg/kg} \times 60\text{kg} = 6\text{mg/day}$ と推定し、男女ともに 6mg/day に統一した (表 1)。

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					
	男			女		
	目安量(mg)	上限量(mg)	標準体重(kg)	目安量(mg)	上限量(mg)	標準体重(kg)
母乳栄養児	0.01	0.66	6.6	0.01	0.61	6.1
人工栄養児	0.33	0.66	6.6	0.31	0.61	6.1
	0.44	0.88	8.8	0.41	0.82	8.2
	0.60	1.19	11.9	0.55	1.10	11.0
	0.84	1.67	16.7	0.80	1.60	16.0
	1.15	2.30	23.0	1.08	2.16	21.6
	1.40	2.80	28.0	1.36	2.72	27.2
	1.78	6.0	35.5	1.79	6.0	35.7
	2.50	6.0	50.0	2.28	6.0	45.6
	2.92	6.0	58.3	2.50	6.0	50.0
	3.18	6.0	63.5	2.50	6.0	50.0
	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フッ化物濃度が0.01ppm(中央値)であり、摂取量1,000mlとして算出した

表2 妊婦・授乳婦のフッ化物摂取基準

	目安量(mg)	上限量(mg)
	2.5	6.0
	2.5	6.0

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<sup>15,16)</sup>、胎児への移行も制限されるという事実<sup>17,18)</sup>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。

文 献

- McDonagh M, et al : A systematic review of public water fluoridation, The University of York, York, 2000.
- 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.
- 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., 1997, 288-313.
- 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). 医歯薬出版, 東京, 2005, 1-14.
- Murakami T, et al : Fluoride intake in Japanese children aged 3-5 years by the duplicate-diet technique. *Caries Res*, **36** : 386-390, 2002.
- Nohno K, et al : 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.

- Tomori T, et al : Fluoride analysis of foods for infants and estimation of daily fluoride intake. *Bull Tokyo Dent Coll*, **45** : 19-23, 2004.
- McClure FJ : 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.
- Ophaug RH, et al : Estimated fluoride intake of average two-year-old children in four dietary regions of the United States. *J Dent Res*, **59** : 777-781, 1980.
- Ophaug RH, et al : 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.
- Dabeka RW, et al : Determination of fluoride in Canadian infant foods and calculation of fluoride intakes by infants. *Can J Pub Hlth*, **73** : 188-191, 1982.
- Featherstone JDB, Shields CP : A study of fluoride intake in New York State residents. Final report. Albany, NY, New York State Health Department, 1988.
- Dean HD : The investigation of physiological effects by the epidemiological method, Fluorine and dental health. American Association for the Advancement of Science, Washington, D.C., 1942, 23-31.
- Fejerskov O, et al : Clinical and structural features and possible pathogenic mechanisms of dental fluorosis. *Scand J Dent Res*, **85** : 579-587, 1977.
- Ekstrand J, et al : No evidence of transfer of fluoride from plasma to breast milk. *Br Med J*, **283** : 761-762, 1981.
- Ekstrand J, et al : Distribution of fluoride to human breast milk following intake of high doses of fluoride. *Caries Res*, **18** : 93-95, 1984.
- Gupta S, et al : Transplacental passage of fluorides. *J Pediatr*, **123** : 139-141, 1993.
- Leverett DH, et al : Randomized clinical trial of the effect of prenatal fluoride supplements in preventing dental. *Caries Res*, **31**(3). 174-179, 1997.

## 日本国内の学会における動き

### 1) 日本口腔衛生学会における検討と承認支援

日本口腔衛生学会では2007年3月、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」の主任研究者（眞木吉信）より上記案の承認支援の依頼を受けて、フッ化物応用委員会において検討を重ね、その結果を全理事へ諮ったところ、この提案を支援するに至った。

### 2) 日本歯科医学会における推奨

基準案が日本口腔衛生学会において承認と支援を受けたことで、学術的にも問題のない数字が提示されたと考えられ、日本歯科医学会としても、健康の推進と疾病のリスク低減の観点で、この摂取基準（案）を推奨する立場から、厚生労働省の策定する「2010年版日本人の食事摂取基準」に上記のフッ化物の摂取基準（案）の掲載を依頼している。

## 「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、齲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、齲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、現在は全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きわ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。

## 謝 辞

本論文は眞木吉信、荒川浩久、磯崎篤則、飯島洋一、田浦勝彦、古賀 寛、西牟田 守：う蝕予防のための日本人におけるフッ化物摂取基準（案）の作成、口腔衛生学会雑誌、58（5）：548-551、2008。を基に書き直したものである。



## フッ化物応用のために知っておきたいこと

### (2) フッ化物局所応用の問題点—チタン，ポーセレン， コンポジットレジン

眞木吉信

Yeshinobu Maki

#### フッ化物の齲蝕抑制効果

フッ化物の応用はライフステージ全体において、齲蝕予防と抑制の観点から最適な口腔保健を維持するためには欠かせない手段である。

全身的には、飲料水や食品として摂取したフッ化物が、胃や腸などの消化管から吸収され血液を介してエナメル質や象牙質など形成途上の硬組織に作用して、酸による脱灰に対して抵抗性の強い歯を作り上げる。局所的には、生涯を通して歯の表面のプラークとエナメル質や象牙質の表層に直接作用して、大きな齲蝕予防・抑制効果をもたらす。

したがって、フッ化物の作用は健康な口腔を維持する予防 (Prevention) と、疾病治療後のメンテナンスを主とする抑制 (Control) に優れた効果を発揮する。

しかしながら、このような効果の高いフッ化物でも、飲料水からの過剰な摂取では、フッ素症歯 (Dental Fluorosis, いわゆる斑状歯)

や骨硬化症 (Osteosclerosis) などの審美障害や健康障害をきたす場合がある。また、臨床の現場でも歯科医療に使用される充填物や補綴物のフッ化物による腐蝕反応などが報告されている。

特に、インプラント治療に多用されるチタン化合物については、日本の内外からフッ化物に関連した問題点を指摘した多くの報告がある<sup>1~4)</sup>。ポーセレンやコンポジットレジン修復歯に対するフッ化物応用にも注意を要する指摘がなされている<sup>5)</sup>。実際のところ歯科医療で応用されるフッ化物すべてに問題があるのか、特定のフッ化物のみなのか、さらには応用方法に問題があるのか、今のところこれらの疑問に明確に答えたものはほとんどない。本論文は、このような歯科医療現場の混乱に対する解決策の一つになればと思っている。

#### チタンおよびチタン化合物に対するフッ化物の影響

チタン (Titanium, Ti) は実用金属として地球上にあるアルミニウム、鉄、マグネシウムに次いで4番目に多く存在し、比重が4.54

東京歯科大学歯生物学講座  
〒261-8502 千葉県美浜区真砂 1-2-2  
Tel. 043-270-3746  
E-mail: maki@tdc.ac.jp

と軽く、優れた耐蝕性、生体適合性、機械的性質を有するため、人工骨代替材料や骨固定装置をはじめ生体用金属材料として広く利用されている。歯科医療領域では、口腔インプラント、義歯床、歯冠修復、矯正用として純チタン、Ti-6Al-4V、Ti-6Al-7Nb合金、Ni-Tiワイヤーが臨床応用されている。特に、1960年代から始まったチタンインプラントの応用は、表面処理法の改良により骨との結合性が向上し、埋入症例は急激に増加している。しかしながら、チタンの臨床症例が増加するにつれ、チタン材料の変色やチタンインプラントの破折などの報告も増えてきた。

一般に、チタンおよびチタン化合物は体液のなかで優れた耐蝕性を示すために「チタンは腐蝕しない」と信じられてきたが、近年になってフッ素イオンの存在する環境ではチタン材料の腐蝕や変色が生じることが報告され、歯科臨床の領域では大きな問題となっている<sup>6~9)</sup>。

高価なインプラント治療を受けた患者で、天然歯が残っている場合には、メンテナンス時（高濃度フッ化物の歯面塗布）と日常の口腔保健ケア（フッ化物配合歯磨剤、フッ化物洗口剤）としてのフッ化物応用は欠かせない。しかし、チタンおよびチタン化合物のインプラントは、酸性のフッ化物や高濃度のフッ化物により腐蝕されることがあるので、応用時には細心の注意を要することは事実である<sup>1,2)</sup>。ここではこれまでの研究成果を基に、フッ化物の適切な応用方法を考えたい。

### 1) フッ化物の存在下におけるチタン腐蝕のメカニズム

チタンおよびチタン化合物の腐蝕作用は、

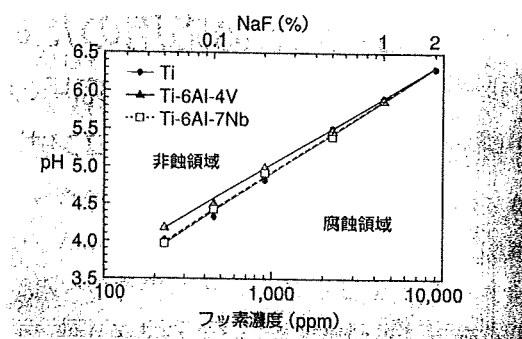


図1 フッ素イオン濃度とpHの関連から見たチタンの腐蝕領域（中川, 2005<sup>4)</sup>をもとに作成）

応用されたフッ化物のF<sup>-</sup>イオンと酸性溶液中のH<sup>+</sup>イオンが結合してフッ化水素酸(HF)を形成し、チタンおよびチタン化合物表面の酸化膜(酸化チタン, TiO<sub>2</sub>)を溶解することによって始まる。したがって、チタンの耐蝕性は表面に形成される酸化チタンの皮膜に依存しており、大気中であれば、破壊されても酸素とすぐ結合して酸化皮膜を形成するが、口腔内では大気中と異なり酸素濃度が低いため、酸性環境下でフッ化物が繰り返して応用されれば、チタンの酸化皮膜の溶解が著しく促進され、その再生は遅れることになる。

図1は、フッ素イオン濃度とpH環境の関連からチタンの腐蝕・非腐蝕領域を考えたものである<sup>4)</sup>。フッ化物イオン濃度が低くpHが高ければ問題ないが、高濃度では高いpHでも腐蝕を生ずることが理解できる。

### 2) フッ化物製剤によるチタンの腐蝕と変色

齲蝕予防を目的としてインプラント装着者のメンテナンスに用いられるフッ化物製剤の代表的なもので、チタンおよびチタン合金との反応性をみた研究がいくつか報告されて

表 1 フッ化物含有齲蝕予防剤と歯磨剤 (小田, 2003<sup>3)</sup>)

商品名	製造会社	略号	用途	フッ化物	フッ素濃度 ppm	pH
フッ化ナトリウム液	ネオ製薬	Neo	歯面塗布	NaF	9,000	7.55
フルオール N	東洋製薬	Flu	歯面塗布	NaF, H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	9,000	3.70
ミラノール	東洋製薬	Mir	洗口剤	NaF	450	5.45
クニカライオン	ライオン	Cli	歯磨剤	Na <sub>2</sub> PO <sub>3</sub> F	1,000	7.60
ラカルトマイルド	エスエス	Lac	歯磨剤	NaF	900	4.75
Gel-Tin	Young	Gel	歯磨剤	SnF <sub>2</sub>	970	2.95

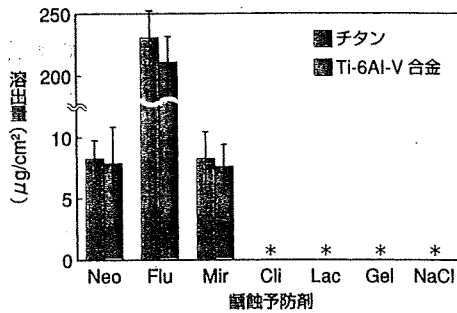


図 2 チタンの溶出量 (小田, 2003<sup>3)</sup>)

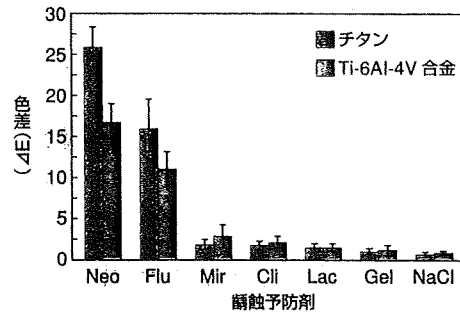


図 3 チタンの変色 (小田, 2003<sup>3)</sup>)

いる。表 1 と図 2, 3 は小田らの研究報告<sup>3,8)</sup>を基に作成したものである。

表 1 は、実験に供した齲蝕予防に用いられる一般的なフッ化物歯面塗布溶液、フッ化物洗口剤およびフッ化物配合歯磨剤の一覧である。チタンおよびチタン化合物を、これらのフッ化物製剤の中に 24 時間浸漬した後のチタンの溶出量を示したのが図 2 である。酸性化した高濃度フッ化物製剤であるリン酸酸性フッ化ナトリウム溶液 (フルオール N) からは、239 μg/cm<sup>2</sup>の顕著なチタンイオンの溶出を認めた。中性ではあっても高濃度フッ化ナトリウム溶液 (フッ化ナトリウム液) と、フッ素濃度は低い酸性溶液の洗口剤 (ミラノール) からは 7~8 μg/cm<sup>2</sup>の溶出があったが、3 種類の歯磨剤とコントロールの生理食塩水からのチタンの溶出は検出限界以下 (0.5 μg/cm<sup>2</sup>) であつた。

cm<sup>2</sup>) であつた。

同様に、チタンとチタン化合物の 24 時間浸漬後の変色を見たものが図 3 である。変色については濃度依存性が強く、高濃度のリン酸酸性フッ化ナトリウム溶液 (フルオール N) とフッ化ナトリウム溶液 (フッ化ナトリウム液) では著しい変色を示したが、洗口剤と歯磨剤の変色の程度は、コントロールの生理食塩水と変わらないわずかなものであつた。特に、歯磨剤のフッ素イオン濃度は洗口剤より高いにもかかわらず、チタンの溶出も変色もほとんどなかったのは、歯磨剤の基本的な成分として含まれている研磨剤、保湿剤ならびに結合剤のためにペースト状で電荷移動が容易でないだけでなく、同じく含まれている界面活性剤などがチタンの腐蝕抑制剤として作用することによると考えられる<sup>3)</sup>。

### 3) プロフェッショナルケアとしてのフッ化物製剤

チタンインプラント治療後のメンテナンス、およびチタン材料による補綴物のプロフェッショナルケアとして、酸性化した高濃度のフッ化物製剤は避けるのが望ましい。

禁忌：リン酸酸性フッ化ナトリウム溶液、

フッ化物バーニッシュ

高いカリエスリスク：中性フッ化ナトリウム溶液（年数回）

低いカリエスリスク：不使用

### 4) ホームケアとしてのフッ化物製剤

ホームケアにはフッ化物製剤を毎日使用するべきである。

カリエスリスクにかかわらず毎日の使用：

フッ化物配合歯磨剤

高いカリエスリスク：フッ化物洗口剤（ただし、中性のフッ化物洗口剤であればリスクにかかわらず毎日使用可）

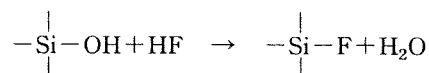
### ポーセレンとコンポジットレジンに対するフッ化物の影響

ポーセレンやコンポジットレジン修復歯には、酸性化した高濃度フッ化物の使用は避ける。

これらの修復物にリン酸などで酸性化したフッ化物を繰り返し使用すると、表面が粗造になり劣化しやすくなる<sup>5)</sup>。したがって、ポーセレンジャケットクラウンやコンポジットレジン修復物がある患者には、粘性の低い溶液タイプの、低濃度中性フッ化物製剤の使用を勧める。

### 1) フッ化物の存在下における劣化のメカニズム

リン酸酸性フッ化ナトリウム（APF）のような酸性化した高濃度のフッ化物は、蝕蝕予防効果が高い反面、ケイ素（Si）を主成分とするガラス質から構成されているポーセレンやコンポジットレジンに影響を与えることがよく知られている。ポーセレンやコンポジットレジンに繰り返し APF を作用させると、表面のザラツキや材質の劣化などが生じてくる。これは、ガラスの表面にフッ化物を作用させた時の変化に酷似した現象と考えられる。つまり、酸性条件下でフッ化水素酸（HF）を形成してフッ素がガラス表面のケイ素（Si）と結合して OH 基と置換するため、エッチング効果が現れると考えられる<sup>10)</sup>。



さらにフッ素が深部まで達すると、ガラスの主成分  $\text{SiO}_2$  の酸素イオンがフッ素イオンにより置換され、劣化が進むことになる<sup>11)</sup>。

### 2) プロフェッショナルケア

- ① メンテナンス時に応用されるフッ化物としては、中性の 2% フッ化ナトリウム溶液またはフォームが最適で、定期的な塗布が望ましい。
- ② リン酸酸性フッ化ナトリウム溶液・ジェルやフッ化スズは、レジンのフィラーやポーセレンの材質に影響を与え、レジンの変色やポーセレンの劣化の原因となるので使用しない。
- ③ 歯根面蝕蝕のリスクの高い者や知覚過敏症の既往を有する患者には、中性の 2% フッ化ナトリウム溶液またはフォームの

定期的な塗布が必須である。

- ④ 口腔内にあるポーセラミックジャケットクラウンやレジン修復物が、1 歯または 2 歯程度の場合には、その修復歯または補綴歯にワセリンやワックスなどをあらかじめコーティングしてから、フッ化物を応用することも可能である。

### 3) ホームケア

フッ化物配合歯磨剤とフッ化物洗口剤の併用が望まれる。これらの製剤の酸性度は APF 製剤に比較して中性域に近いので、1 日に複数回繰り返して使用しても問題ない。

### 新たな問題点と今後の課題

歯科領域における生体材料に対するフッ化物応用の影響を考えたが、チタン材料とフッ化物の反応については、まだいくつかの問題が残されている。たとえば、口腔内においてチタンイオンが溶出した場合の生体への影響である。金属チタンそのものは無毒であるものの、フッ化チタン ( $TiF_4$ ) などの有毒なチタン化合物も報告されており、多量のチタンの溶出は材料の劣化のみならず生体への影響も考慮する必要がある<sup>12)</sup>。

また、矯正用の Ni-Ti ワイヤではチタンの腐蝕だけでなく、ニッケルアレルギーの発現も予測される。

さらに、チタン製剤の腐蝕や変色に関して、フッ化物配合歯磨剤では影響が現れないのは歯磨剤の成分や唾液による希釈のためと説明されてきたが、肉眼的には確認できなくともミクロレベルでは腐蝕や変色が進行し劣化につながる可能性は否定できない。特に、口腔

管理が悪くプラークが堆積しているような場合には、乳酸菌やレンサ球菌などプラーク中の酸産生菌の活動により、口腔内が常に酸性化していれば、低濃度のフッ化物によっても腐蝕や変色は進行すると考えられる。

このようなマイナス要因を考えると、酸性環境下でも高濃度フッ化物の影響下でも、口腔内で問題なく応用できるチタン化合物や補綴物、修復物の開発や従来品の改良が望まれるところである。

### 文 献

- 1) Sirilä HS, Könönen M : The effect of oral topical fluorides on the surface of commercially pure titanium. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 6 (1) : 50-54, 1991.
- 2) Probst L, et al : Effect of fluoride prophylactic agents on titanium surfaces. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 7 : 390-394, 1992.
- 3) 小田 豊 : バイオマテリアル“チタン”は腐食・変色しないか? 日歯医師会誌, 55 (12) : 15-24, 2003.
- 4) 中川雅晴 : 口腔という環境におけるチタンの問題点. 日歯医師会誌, 58 (6) : 17-27, 2005.
- 5) Status report : effect of acidulated phosphate fluoride on porcelain and composite restorations. Council on Dental Materials, Instruments, and Equipment. Council on Dental Therapeutics. *J Am Dent Assoc*, 116 (1) : 115, 1988.
- 6) Lausmaa J, et al : Accelerated oxide growth on titanium implants during autoclaving caused by fluorine contamination. *Biomaterials*, 6 : 23-27, 1985.
- 7) Boere G : Influence of fluoride on titanium in an acidic environment measured by polarization resistance technique. *J App Biomater*, 6 : 283-288, 1995.
- 8) 小田 豊ほか : チタンおよびチタン合金の腐食に及ぼすフッ素イオン濃度の影響. 歯科材料・器械, 15 : 317-322, 1996.
- 9) Toumelin-Chemla F, et al : Corrosive properties of fluoride-containing odontologic gels against titanium. *J Dent*, 24 : 109-115, 1996.
- 10) 國分信英 : フッ素の化学. 裳華房, 東京, 1988, 36-40.
- 11) 渡辺信淳 : フッ素化学と工業. 化学工業社, 東京, 1973, 185-197.
- 12) Curzon MJE, Cutress TW : Trace elements and dental disease. John Wright PSG, Bristol, 1983, 325-338.

## ライフステージに応じたフッ化物応用

—妊娠期と高齢期のフッ化物応用を中心に—

眞木吉信

Yoshinobu Maki

フッ化物による齲蝕予防手段は、小児期の応用のみならず成人や高齢者の齲蝕予防にとっても高い効果を示すことが、近年広く知られるようになった。しかしながら、エビデンスに基づく具体的な応用方法や製剤の特徴などは、一般にまだ知られていない。また、フッ化物には常にリスクイメージが伴い、その毒性を問題にして効果的な応用を封じ込めてしまうことがあるのも事実である。特に、今回取り上げた齲蝕リスクの高い妊娠期や、コンプロマイズドホストの多い高齢期には、誤った理解でフッ化物の応用を遠ざけている場合がある。このような誤解を早い時期に取り除いて、欧米先進国並みのフッ化物応用を実施していただきたいと思う。

### 妊娠期の患者に対するフッ化物の応用

妊婦と授乳婦については、胎盤がフッ化物通過のバリアになるため、胎児への移行は認められておらず、母乳へのフッ化物の影響もほとんどないとされてきた。確かに、妊娠

東京歯科大学衛生学講座  
〒261-8502 千葉市美浜区真砂 1-2-2  
Tel. 043-270-3746  
E-mail: maki@tdc.ac.jp

5～6カ月では、フッ化物は胎盤を通過して胎生期の乳歯エナメル質に蓄積されるという報告<sup>1)</sup>があるにもかかわらず、現実には、出生前に母親が摂取したフッ化物によって子どもの齲蝕発病率が減少したという証拠は認められていない<sup>2～4)</sup>。

### 1) 妊娠期の女性に対するプロフェッショナルケア

妊娠期の女性に対するプロフェッショナルケアとしては、この時期の歯周病予防に必須であるスケーリング・ルートプレーニングの後に、フッ化物溶液、ジェルまたはバーニッシュの局所応用が効果的である。特に、修復物の多い患者には、フッ化物の定期的な局所応用が必要である。

### 2) 妊娠期の女性に対するホームケア

すべての妊婦にフッ化物配合歯磨剤の毎日の使用を勧めるべきである。その他のフッ化物応用については、患者の口腔内状況によって決めればよいが、フッ化物洗口剤などは歯磨剤と組み合わせて用いることで、安全性にも問題なく効果的な齲蝕予防と抑制が可能となる。妊娠している思春期の女性には、特に

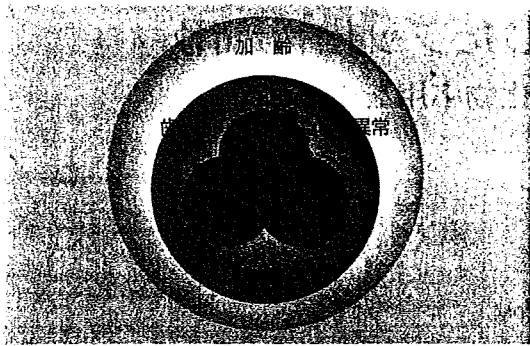


図 1 根面齲蝕の病因 (眞木, 2000<sup>7)</sup>)

包括的なフッ化物応用が必要とされる。

### 高齢者に対するフッ化物の応用

成人期の後半から高齢期にかけて問題となる齲蝕は、「根面齲蝕」といわれる特徴的な病態を示す疾患である。特に、口腔保健ケアの不十分な在宅療養中の高齢者や、病院に入院中、または施設に入居している介護を要する高齢者に蔓延する根面齲蝕に対する予防処置として、露出歯根面や歯頸部へのフッ化物製剤（フッ化物歯面塗布溶液、フッ化物バーニッシュ）の局所応用を実施することは、健康の維持と増進を図るうえで効果的である。

#### 1) 根面齲蝕とは

根面齲蝕とは、セメント-エナメル境 (CEJ) あるいは歯根面に限局した、歯科用探針によって明らかなソフト感（軟化質）が探知される、着色のある明瞭な欠損部位をいう<sup>5)</sup>。根面齲蝕の発病は成人期以降で、日本人の有病者率は50歳代がピークである。しかし、有歯顎者だけでいえば、高齢者の有病率は成人を超え、日常の口腔保健ケアのままならな

い要介護高齢者では大きな問題となる。一般的に、女性より男性に多く、上顎は前歯部、下顎は臼歯部に多発する傾向がある<sup>6)</sup>。

#### 2) 根面齲蝕の要因, 処置, 予防の考え方

歯冠部の齲蝕に関しては、Keyesの3つの輪に表現された宿主 (host)、細菌叢 (microflora) および食餌性基質 (substrate) の3つの要因のいずれかをターゲットにした予防手段によって、かなりの予防効果を得ることができるが、根面齲蝕の場合は、歯肉退縮による歯根面の露出が第一の要因となる。

このような歯肉退縮をきたす病的要因としては、歯周病、咬合異常さらには全身疾患とも関連する口腔乾燥などがあげられる。この露出した歯根面に齲蝕が形成されるメカニズムはKeyesの病因論によって説明することができるが、根面齲蝕は乳幼児期および青少年期にはほとんど見られないことから、最終的には加齢 (aging) の問題、つまり加齢とともにリスクが増大する特異的な疾病であると位置づけることもできる (図1)<sup>7)</sup>。

このような複雑な病因をもつ根面齲蝕の予防手段としては、一般的な歯冠部齲蝕に対す

表 1 根面齲蝕に対するフッ化物応用の予防効果を示す臨床研究 (眞木, 1992<sup>9)</sup>)

フッ化物	研究者	研究対象/有病・発病	人数/フッ化物濃度	年齢	結果	齲蝕抑制率
水道水 フッ化物 添加	Brustman 1986	ボランティア/有病	① 162 / 0.1ppmF ② 103 / 1.0-1.2ppmF	>60	根面齲蝕の有病率: ① 7.8% ② 1.8%	
	Burt et al. 1986	2つの地域住民/有病	① 151 / 0.7ppmF ② 164 / 3.5ppmF	27 ~ 65	根面齲蝕の有病率, 1人平均未処置齲蝕窩数: ① 23.8% 0.69 ② 35.9% 0.08	88%
	Stamm et al. 1990	2つの地域住民/有病	① 465 / 0.2ppmF ② 502 / 1.6ppmF	17 ~ 60+	根面齲蝕の有病率, 1人平均未処置・処置齲 蝕窩数: ① 20.3% 4.71 ② 35.9% 2.32	51% (一生涯)
	Hunt et al. 1989	無作為抽出(30年以上 居住する者)/発病	① 174 / 0.5ppmF ② 101 / 0.7ppmF	74 ~ 75	18カ月後の発病歯数: ① 1.11 (1.65) ② 0.56 (0.99)	49.5% (40%)
歯磨剤	Jensen & Kohout 1988	ボランティア/1年間の 臨床研究	① 406 / プラセボ歯 磨剤 ② 404 / 1,100ppmF 歯磨剤 (NaF)	>54	12カ月後の発病歯数: ① 0.43 (1.87) ② 0.14 (1.91)	根面齲蝕 67% 歯冠部齲蝕 41%
	Baysan et al. 2001	大学病院の患者/6年 間の臨床研究	① 84 / 1,100ppmF 歯 磨剤 (NaF) ② 102 / 5,000ppmF 歯磨剤 (NaF)	59 (2790)	6カ月後の停止性齲蝕: ① 28.6% ② 56.9%	1,100ppm 25.6% 5,000ppm 56.9%
洗口剤	Ripa et al. 1993	ボランティア/3年間の 臨床研究	① 350 / プラセボ洗 口剤 ② 381 / 0.05% NaF 洗 口剤	18 ~ 65	45 ~ 65歳の近遠心の根 面齲蝕のみ統計上の有意 差がみられた	ND
口腔剤と ゲル	Wallace et al. 1993	48カ月間の臨床研究	① 171 / プラセボ歯 磨剤 ② 147 / 1.2% F APF ゲル ③ 148 / 0.05% NaF 洗 口剤	>60	48カ月後の発病齲蝕/健 全状態に戻った齲蝕窩数/ DMFS: ① 1.99 / 1.11 / 0.91 ② 1.36 / 1.01 / 0.27 ③ 1.72 / 1.53 / 0.26	①と②の比較 74% ①と③の比較 73%
口腔内フッ 化物徐放装 置 (IFRS)	Meyerowitz & Watson 1988	放射線治療の患者/ 6カ月間の臨床研究	① 10 / 1.1% NaF ゲル ② 13 / IFRS (35mg NaF ベレット)	① 50.9 ② 42.8	6カ月後の発病: ① 0 ② 0	

る手段のほかに、歯周病、咬合異常、口腔乾燥といった歯肉退縮を生ずるリスクの増大に対する有効な予防手段が必要となる。実際には、プロフェッショナルケア、ホームケアおよびコミュニティケアの3つの場における根面齲蝕の予防方法と予防場面が考えられる。しかし、現在のところ、効果が実証されている予防方法は少なく、推測の域を出ない

ものや、水道水フッ化物添加やクロルヘキシジンのように、わが国では応用できないものもあり、いずれにしても満足できる研究結果報告は非常に少ない。

さらに、根面齲蝕の治療処置に関しては、アマルガムや金属の充填処置からコンポジットレジンやガラスアイオノマーセメントによる練成充填まで、種々の手段が用いられてき



表 2 フッ化物配合歯磨剤による歯冠部と歯根面の 1 年後の齲蝕抑制率の比較 (Jensen and Kohout, 1988<sup>9)</sup>)

歯磨剤使用グループ	N	歯冠部			歯根面		
		平均	標準偏差	抑制率	平均	標準偏差	抑制率
		プラセボ群	406	1.24	3.02	—	0.43
テスト群	404	0.73	2.82	41%	0.14	1.91	67%

テスト群とコントロール群の違いは、歯冠部で  $p=0.006$ 、歯根面で  $p=0.014$  と統計学上意味のある値であった

たが、いずれにしても満足できる処置方法は現在のところ開発されていない。

### 3) フッ化物応用による根面齲蝕の予防の実際

#### (1) フッ化物配合歯磨剤による根面齲蝕の予防効果

表 1 は根面齲蝕に対するフッ化物応用の予防効果を示す臨床研究を一覧表にしたものである<sup>8)</sup>。成人の根面齲蝕に対するフッ化物配合歯磨剤の効果を、1 年間にわたる介入疫学的手法によって明らかにしたのは Jensen and Kohout の報告<sup>9)</sup>である。アメリカ・アイオワ州の、水道水にフッ化物が添加されていない地域に居住する 54 歳以上の健常で 10 歯以上の天然歯を有する成人 810 名を被験者として、フッ素濃度 1 ppm 未満のプラセボ群と、1,100 ppm のフッ素を配合したフッ化ナトリウム配合歯磨剤を使用させたテスト群に分け、1 日 2 回の歯磨剤使用を義務づけた。完全な二重盲検法の下で 1 年間にわたり実施された結果は、プラセボ群の一人平均根面齲蝕の増加が 0.43 歯であったのに対して、テスト群は 0.14 歯となり、67% の齲蝕抑制効果

表 3 フッ化洗口剤と APF ゲルの応用による根面齲蝕の 48 カ月後の予防効果 (Wallence, 1993<sup>15)</sup>)

グループ	n	平均 (SD)		
		New Lesions	Reversed Lesions	Incremental DMFS
コントロール	171	1.99 (2.65)	1.11 (1.74)	0.91 (2.99)***
APF ゲル	147	1.36 (2.00) *	1.01 (1.86)	0.27 (2.71)
フッ化物洗口	148	1.72 (2.42)	1.53 (2.03) **	0.26 (2.72)

\*APF ゲル VS コントロール:  $P<0.05$ , \*\*フッ化物洗口 VS コントロールと APF ゲル:  $P<0.05$ , \*\*\*コントロール VS APF ゲルとフッ化物洗口:  $P<0.05$

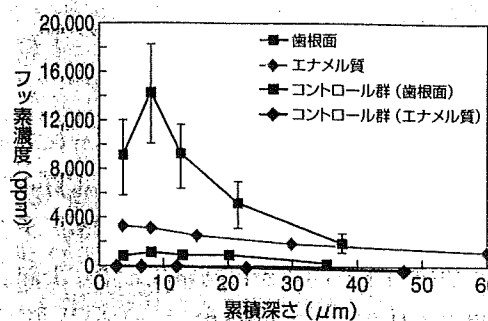
を示した ( $p=0.014$ )。この値は歯冠部の齲蝕抑制率 41% より優れた効果であった (表 2)。

また、Baysan らは 1,100 ppmF と 5,000 ppmF を含む歯磨剤を使用した研究により、フッ化物配合歯磨剤の初期根面齲蝕に対する 6 カ月後の予防効果が、濃度依存性であり、なおかつ根面齲蝕の病巣に対して進行を停止し石灰化度を高める、リバーシブルな効果のあることも明らかにしている<sup>10)</sup>。

わが国の成人集団における北村らの調査<sup>11)</sup>でも、フッ化物配合歯磨剤の使用は、予防的な意味で根面齲蝕との関連性が指摘されている。最近では、加藤ら<sup>12)</sup>が歯周メンテナンス患者の根面齲蝕の発病要因に関する臨床疫学調査のなかで、フッ化物配合歯磨剤の使用が根面齲蝕の発病抑制に効果的であることを明確に示している (齲蝕抑制率 62%)。

ただし、フッ化物配合歯磨剤を使用していた患者のほとんどは、常用している歯磨剤にフッ化物が配合されていることを認識していなかったと指摘している。この事実は、成人・高齢者に対する健康教育や保健指導のなかに、フッ化物応用の科学的な位置づけの周知が求められることを示唆している。

図 2 フッ化物洗口液（オラブリス FMOB：250 ppmF）作用後のエナメル質および歯根面へのフッ化物取り込み（古賀，2002<sup>16)</sup>）



## (2) フッ化物歯面塗布による根面齲蝕の予防効果

口腔保健ケアの不十分な高齢者に蔓延する根面齲蝕に対する予防処置として、露出歯根面や歯頸部に高濃度フッ化物製剤（フッ化物歯面塗布溶液、フッ化物バーニッシュ）の局所応用を実施することが望まれる。

### ① フッ化物歯面塗布溶液（9,000ppmF）

小児の齲蝕予防処置に応用される溶液で、露出歯根面を対象に3～4分間綿球または綿棒による塗布を行う一般的な方法。残存歯数が多ければトレー法でも可能である。年間2～4回の塗布を実施する。

### ② フッ化物バーニッシュ（22,600ppmF）

フッ化物歯面塗布溶液のおよそ2.5倍の濃度で、成人または高齢者に適した製剤であり、1回の塗布による局所への停滞性が高く、毎月一回の露出歯根面への局所塗布が望ましいが、年間複数回の塗布でも高い予防効果が期待される。

日本口腔衛生学会が編集した『フッ化物応用ガイドブック』（口腔保健協会，1994），『フッ化物応用と健康』（口腔保健協会，1998）

ならびに厚生労働科学研究「フッ化物応用の総合的研究」班（主任：眞木）が出版した『う蝕予防のためのフッ化物歯面塗布実施マニュアル』（社会保険研究所，2007）によって、フッ化物歯面塗布製剤とバーニッシュの応用方法は確立されている。また、歯科医師のみならず歯科衛生士でも齲蝕予防処置として熟知しているので、診療施設外（在宅など）での応用も十分可能である。

小児の多数歯齲蝕治療後の予防処置においては、フッ化物歯面塗布が保険適用対象として認められている。しかしながら、65歳以上の日本人高齢者の20～30%<sup>13)</sup>、欧米では40～50%<sup>6)</sup>に見られる根面齲蝕に対しては、これまで何ら有効な予防処置がとられてこなかった。口腔保健ケアが乏しく、根面齲蝕による歯の喪失が急激に進む在宅高齢者への高濃度フッ化物製剤の定期的な応用は、食物咀嚼や栄養摂取による全身の健康維持の観点からも欠かせない手段である。

## (3) フッ化物洗口剤による根面齲蝕の予防効果

フッ化物洗口剤の予防効果については、

Ripa ら<sup>14)</sup> がプラセボ群とテスト群の比較で、統計学的な有意差は認められなかったと報告しているが、後年、Wallence ら<sup>15)</sup> は、フッ化物洗口剤の継続的な使用によるリバーシブル効果を報告している(表 3)。また、古賀ら<sup>16)</sup> は歯根面表層へのフッ化物取り込みが、エナメル質表層より明らかに高いことで、上記の効果を支持している(図 2)。

#### 4) 根面齲蝕に対するフッ化物応用のエビデンス

自分の歯を有している 65 歳以上の高齢者の 90% は露出歯根面を有し<sup>6)</sup>、これが根面齲蝕のリスクを増大させることは 5 年間の根面齲蝕発病に関するロジスティック回帰分析から明らかにされている<sup>17)</sup>。しかしながら、成人と異なり高齢者ではフッ化物応用による介入研究が少なく、5,000 ppmF の APF ジェルの応用による 48 カ月間の臨床研究によれば、プラセボ群に比較して 74% の齲蝕抑制効果が得られたと報告されているもの<sup>15)</sup> と、同じ APF ジェルによるオーバーデンチャー支台歯の齲蝕予防効果が報告されている程度である<sup>18)</sup>。これらの研究報告のエビデンスレベルは高いとはいえない。

また、根面齲蝕の治療のガイドラインが日本歯科保存学会から出されているが、予防手段に関してはその一部として記載されているにすぎない。

#### 5) フッ化物応用の安全性

フッ化物の過剰摂取による副作用には慢性毒性と急性毒性があげられる。乳幼児期のフッ化物応用には、長期間の過剰摂取によるフッ素症歯の発現(慢性毒性)とフッ化物歯

面塗布溶液の誤飲による一過性の急性中毒発現の危険性が伴う。しかしながら、エナメル形成の終了した高齢者にはフッ素症歯のような慢性毒性の発現の可能性は皆無であり、また、応用フッ化物の誤飲による急性毒性についても報告例がない。

#### ライフステージに応じたフッ化物応用の勧め

齲蝕をエコロジーの観点から考えると、乳幼児期から学齢期、成人期さらには高齢期へと大きな変遷の過程をたどるので、それぞれのライフステージごとに発病する齲蝕の部位と要因が異なることは周知の事実である。乳幼児期では乳歯齲蝕が問題となり、学齢期では徐々に永久歯齲蝕へと変換していく。さらに、成人期から高齢期にかけては、根面齲蝕や二次齲蝕が台頭してくるため、ライフステージごとの加齢変化に対応した予防手段とその組み合わせが必要となる。

表 4 はフッ化物の応用例をホームケア、プロフェッショナルケアおよびコミュニティケアの 3 つの場に分けて、ライフステージに応じた応用プログラムを考えたものである。

##### 1) 青少年期～成人期

コミュニティケアとしてのフッ化物洗口は中学生までは継続すべきであり、ホームケアとしての各種フッ化物応用法と組み合わせて齲蝕予防を推進すべきである。

成人期以降の齲蝕予防は、根面齲蝕の予防が第一であり、また、歯周病など齲蝕以外の歯科疾患を念頭に置く必要がある。したがっ

表 4 ライフステージ別の予防のポイント～フッ化物の応用

年 齢	プロフェッショナルケア	ホームケア	ヘルスケア
0～2歳	低濃度フッ化物の応用	フォーム(泡) 歯磨剤 (950ppmF) NaF 歯磨剤 (500ppmF) NaF スプレー (100ppmF)	低濃度フッ化物の歯面塗布
3～5歳	フッ化物洗口 フッ化物歯面塗布 (9,000ppmF) フッ化物徐放性シーラント	フォーム(泡) 歯磨剤 (950ppmF) NaF 歯磨剤 (500ppmF) MFP 歯磨剤 (1,000ppmF) SnF <sub>2</sub> 歯磨剤 (1,000ppmF) フッ化物添加フロス フッ化物洗口	4歳以上フッ化物洗口 (保育園・幼稚園) フッ化物歯面塗布
6～12歳	フッ化物洗口 フッ化物歯面塗布 (9,000ppmF) フッ化物徐放性シーラント フッ化物配合バーニッシュ (22,600ppmF)	フォーム(泡) 歯磨剤 (950ppmF) NaF 歯磨剤 (1,000ppmF) MFP 歯磨剤 (1,000ppmF) SnF <sub>2</sub> 歯磨剤 (1,000ppmF) フッ化物添加フロス フッ化物洗口	フッ化物洗口(小学校) フッ化物歯面塗布 フッ化物配合歯磨剤
13歳～成人	フッ化物洗口 フッ化物歯面塗布 (9,000ppmF) フッ化物徐放性シーラント フッ化物配合バーニッシュ (22,600ppmF)	フォーム(泡) 歯磨剤 (950ppmF) NaF 歯磨剤 (1,000ppmF) MFP 歯磨剤 (1,000ppmF) SnF <sub>2</sub> 歯磨剤 (1,000ppmF) フッ化物+抗菌剤配合歯磨剤 (1,000ppmF) フッ化物添加フロス フッ化物洗口	フッ化物洗口(学校・ 職場)
中高年～ 高齢者	フッ化物洗口 フッ化物歯面塗布 (9,000ppmF) フッ化物配合バーニッシュ (22,600ppmF) NaF ゲル剤 (5,000ppmF)	フォーム(泡) 歯磨剤 (950ppmF) NaF 歯磨剤 (1,000ppmF) MFP 歯磨剤 (1,000ppmF) SnF <sub>2</sub> 歯磨剤 (1,000ppmF) フッ化物+抗菌剤(抗炎症剤) 配合歯磨剤 (1,000ppmF) フッ化物洗口	

て、ホームケアとしてのフッ化物配合歯磨剤も、抗菌剤や抗炎症剤を含んだものを選択することが望ましく、さらにフッ化物添加フロスや洗口剤との併用も推奨される。健全な歯根面に対するフッ化物バーニッシュの応用も、成人・高齢者には必須のアイテムとなるだろう。

## 2) 壮年期～高齢期

この時期は、歯周病の好発時期でもあるこ

とから、プロフェッショナルケアとして歯周病の治療後はフッ化物配合研磨剤で歯根面の研磨を行い、フッ化物歯面塗布またはフッ化物バーニッシュを応用することが推奨される。

さらに、アメリカではオーバードデンチャーを装着している高齢者には、ホームケアとして高濃度フッ化物を配合したNaFゲル(5,000 ppm)の応用も効果的であるとされている<sup>18)</sup>。