

[Review]

Dental Fluorosis

— Fluorine Application and its State for Dental Treatment in Japan —

Masashi Shimahara*·**, Yasunori Ariyoshi***, Yoshihiro Kimura**·****, Takeshi Shimahara**
Tamotsu Yamaga***** and Takafumi Yamamoto****. *****

* Department of Dentistry and Oral Surgery, Aino Hospital

** Department of Dentistry and Oral Surgery, Ainohanazono Hospital

*** Department of Dentistry and Oral Surgery, Hirakata City Hospital

**** Department of Dentistry and Oral Surgery, Osaka Medical College

***** Yamaga Dental Clinic

***** Yamamoto Dental Clinic

Abstract

It is well known that fluorine has various concentration dependent effects on teeth. Although it has a prophylactic effect on dental caries, a disadvantage of treatment is the possibility of dental fluorosis. Fluoridated water has become largely established and problems caused by adverse effects of fluorine are nearly resolved. In daily dental clinical practice, it is rare to encounter a patient suffering from dental fluorosis and researchers are generally focused on the effect on fluorine as prophylaxis for dental caries. We recently had the opportunity to investigate the state of dental fluorosis on India. In the present report, we first discuss the current status of use of fluorine for dental treatment and then present the results of our investigation.

Key Words : Fluorine, Dental fluorosis, Prophylaxis of dental caries

Dental fluorosis について

—— フッ素応用と本邦における現況について ——

島原政司^{*,**}, 有吉靖則^{***}, 木村吉宏^{**,*^{****}}, 島原武司^{**}
山賀保^{*****}, 山本孝文^{****,*^{*****}}

【要 旨】 フッ化物は歯にとって濃度により有利に作用する場合と、不利に作用する場合が知られている。即ち、有利に作用する場合にはう蝕予防となり、不利に作用する場合には dental fluorosis (歯のフッ素症) を来すことである。しかしながら、本邦において上水道が完備された現在 dental fluorosis に関する問題はほぼ解決し、話題となることはほとんどなく、日常の歯科領域における臨床においては、dental fluorosis に関する症例を経験することは極めて稀である。現状ではう蝕予防効果に関する研究に重点が置かれている。

今回、インドにおいて dental fluorosis に関する調査を行う機会を得たので、その調査結果を述べるに先立ち、歯科領域におけるフッ素についての現況を述べる。

キーワード：フッ素, 歯のフッ素症, う蝕予防

I. はじめに

従来より歯科領域においてはフッ化物に関する種々の問題が論じられてきた。1940年代に米国において組織的に行われた調査の結果、天然の飲料水のフッ化物濃度が1 ppmでは軽度の歯のフッ素症(dental fluorosis: 以下DFと略す)が発症し、同時にう蝕が少ないことが判明した。DFは特定の地域に家族集団的に発生し、19世紀の終わりから20世紀にかけて、メキシコ、イタリア、アメリカなどでDFが地域的に発見され、同様にDFが発症した地域ではう蝕が少ないという疫学的結果が得られた。即ち、フッ化物には

歯にとって濃度により有利に作用する場合と、不利に作用する場合があることが知られていた。有利に作用する場合にはう蝕予防となり、不利に作用する場合にはDFの発生を来すことである。しかしながら、現在本邦においては、DFに関する問題はほぼ解決し話題となることはほとんどなく、日常の歯科領域における臨床においてはDFに関する症例を経験することは極めてまれであり、う蝕予防効果に関心が持たれ、それらに関する研究に重点がおかれているのが現状である。

著者らはインド・タミナルドゥ州(クリシュナギリ地区・ダルマプuri地区)、及びラジャスタン州(ジャ

* 恒昭会藍野病院歯科
** 恒昭会藍野花園病院歯科
*** 枚方市民病院口腔外科
**** 大阪医科大学口腔外科学教室
***** 山賀歯科医院
***** 山本歯科医院

イプール地区・アジミール地区・ナゴール地方)においてフッ素症 (DF, 骨フッ素症) ならびにこれらに関する環境調査を行う機会を得たので, これを機会に, 調査結果を報告するにあたり歯科領域におけるフッ化物応用の科学と実際について述べる。

II. 自然環境とフッ素

フッ素は他の元素と結合して, フッ化物として存在している。フッ素 (元素:F) は原子番号 9, 原子量 19 でハロゲン元素に属し, 反応性の高い元素である。

フッ化物は自然環境においては普遍的に存在し, 特に日常の生活環境と深いかわりがある。土, 水, 食品中には微量のフッ素が含まれており, 土壌中には平均 280 ppm, 茶葉には約 300 ppm, 食塩中には 25.9 ppm, 海水中には 1.3 ppm, 河川水には 0.1~0.2 ppm

のフッ化物が存在する。

従って, われわれは日常生活において, 常にフッ素を摂取していることになる。各報告者における日常生活において摂取しているフッ素量は表 1 のごとくである (表 1)¹⁾。飲料水そのもののフッ素量は, 水道水へのフッ化物の添加を行っていないため低いが, 日本人では多くの場合お茶を飲料水としているため, お茶も含めると水からの摂取フッ化物は 0.81~1.16 mg/day となる。さらに食品からのフッ化物摂取量を考慮すると, わが国では海産物を多く摂取するためにその摂取量は 2 倍近くになる。従って, 成人の摂取量は 1~3 mg/day と比較的多い。しかしながら, 3~5 歳の小児では 0.3 mg/day であり, 欧米諸国にくらべて少ないといわれている²⁾。

われわれの日常生活において関係のある主な食物のフッ素含有量は (表 2) の如くである³⁾ 茶葉中には約

表 1 各報告者による日本人の 1 日フッ素摂取量 (文献 1) より引用)

文 献	フッ素摂取量 (mg/day)		備 考
飯塚	食品から	0.4~1.8	成人 水は F0.05~0.2 ppm として
	茶 (飲用) から	0.07~0.86	
	水 (飲用) から	0.01~0.08	
鮫島	食品から	1.0~1.6	年齢 12 歳 水は F0.05~0.2 ppm として
	水・茶から	0.6~0.9	
斉藤	食品から	0.6~1.4	成年男子 水は F0.07~0.13 ppm として
	水・茶から	1.5~2.1	
村上	食品と歯磨剤から		
	3 歳	0.35 (0.13~1.00)	
	4 歳	0.33 (0.13~0.86)	
McClure (アメリカ)	食品から	0.05~0.56	年齢 10~12 歳 水は F1.0 ppm として
	飲料水から	0.81~1.16	

表 2 主な食物のフッ素含有量 (文献 3) より引用)

日本食品中の弗素量					
分類	食 品 名	弗素量 (ppm)	文 献 値		
			松 浦 ⁴⁻⁶⁾	鮫 島 ⁷⁾	齊 藤 ⁸⁾
穀 類	精白米	0.19; 0.35; 0.37	0; 17*	0.60	0.42
	もち米	0.32			0.42
	大麦 (精白)	0.78	2.0*	1.40	0.27
	小麦粉	0.18; 0.18; 0.48	4.0*	0.81	0.3
	食パン	0.54		0.28	1.65
	もち	0.23		0.13	
魚 介 類 ・ 海 草	しばえび	49.1	13	41.50	
	するめ	1.84			
	にぼし	54.0			
	めざし	39.3			
	さんま (肉)	4.5	4.4		
	いわし (肉)	8.0; 9.3; 19.2	5.8	3.58	
	まぐろ (肉)	4.4; 9.2; 9.82	7.8		
	あじ (肉)	6.6; 7.31; 12.8	4.7		
	はまぐり	1.48	5.5		
	あさり	1.72	5.2		
	あさくさのり	2.30; 5.82; 6.22	1.8	3.86	
わかめ (乾)	6.46; 6.93; 14.28	42*	18.00	4.2	

表2 主な食物のフッ素含有量 (文献3)より引用 (つづき)

日本食品中の弗素量					
分類	食品名	弗素量 (ppm)	文献値		
			松浦 ⁴⁻⁶⁾	鮫島 ⁷⁾	齊藤 ⁸⁾
陸上動物の肉・卵・乳	鶏肉	1.40	1.0		
	牛肉 (ロース)	2.00	3.6	0.30	1.2
	豚肉 (ロース)	0.80	1.7		1.65
	鶏卵 (卵黄)	0.60	0.1~2.5	0.63	
	鶏卵 (卵白)	0.30	0.1~1.3	0.26	
	牛乳 (Mo) (Me)	0.07; 0.22	1.3		0.15
	粉乳 (Mo)	2.12*			6.15
野菜類・いも類	大根 (根部)	0.65; 0.67; 0.84	0.5; 2.0	0.4; 0.6	0.2
	大根 (葉)	0.79; 0.93; 1.90			
	ねぎ (白部)	0.24	1.0	0.34	1.3
	たまねぎ	0.37	0.7	0.54	0.13
	きゅうり	0.13	3.0	0.22	2.1
	にんじん (根部)	0.50	1.0; 2.1	0.47	0.98
	白菜	0.04	0.6	0.09	0.3
	トマト	0.24	0.2	0.42	0.15
	なす	0.46	0.5	0.37	1.95
	さつまいも	0.43; 1.12; 1.45	1.0	0.35	0.69
	じゃがいも	0.80; 1.73; 2.80	2.0	0.58	0.36
果実類	みかん (食用部)	0.14; 0.34	1.0	0.12	
	りんご (食用部)	0.22; 0.82	0.8	0.39	痕跡
	なし (食用部)	0.19	0.8		
	かき (食用部)	0.24	0.9		
嗜好品	緑茶 (葉)	186; 374; 390		248~430	
	緑茶浸出液	0.13; 0.28; 0.66		0.14~0.57	0.54~0.69
	酒	0.07; 0.25; 0.75	0.56~2.4		
	ビール (A)	0.79	0.92~2.2		
調味料	酢	0.22; 3.2	0.96	0.13	
	しょうゆ	0.23; 0.50; 0.84	2.5	0.16	
	ソース	0.93; 1.28		0.25	
	みそ	0.92; 5.00; 11.74	13~17		
	さとう	1.73; 5.6	4~11		
	食塩	25.9	12~46		

*印は乾燥重量に対して

100~400 ppm のフッ素が含まれている。緑茶を浸漬すると約 70~80% が抽出されるが、飲料水としての「お茶」は約 1 ppm を含むことになるが、同じ「お茶」を数回使用することを考慮すると 0.1~0.7 ppm となる。なお、食品から摂取するフッ素の吸収は、一般に飲料水よりも低いと言われている。

これらの食物はわれわれが日常生活に欠かせないものであり、日常フッ化物を微量栄養素として摂取していることになる。しかしながらフッ化物の過量摂取が生じると審美的に問題となる DF がみられ、適量であればう蝕の発生を抑制し、フッ化物の不足によりう蝕の発生を惹起することもある。一般に食物を飲食することにより、酸産生菌の代謝により産生した有機酸の作用で、エナメル質表層下の脱灰が生じる。しかしながら、唾液中、口腔粘膜表面あるいは歯垢中に微量のフッ化物が存在する場合には、フッ化物はエナメル質の脱灰を抑制し、脱灰された部位の再石灰化を促進する。この場合フッ化物は歯にとって有益な微量栄養素

となる。

Ⅲ. 飲料水中のフッ素濃度

水道水には微量のミネラル元素であるフッ素が含まれている。日本の水道水は、水道法第4条の規定に基づき、「水質基準に関する省令」で規定する水質基準に適合することが必要であるとされている。それによればフッ素は 0.8 ppm をこえてはならないと規定されている。飲料水中のフッ化物は、90% 前後が吸収されると言われている。飲料水の硬度が高くなるとフッ素の吸収が低くなり、1 ppm 前後の場合には影響はないとされている。

日常飲用するミネラルウォーターの需要は日増しに増加し、国内生産、輸入品も含めると、その量は 2008 年では 2515000 kL である。販売されている銘柄は 2006 年で 320~330 種類に達する。これは現在ではミネラルウォーターは比較的安価であり、衛生上安全

表3 フッ素濃度と毒性（文献5）より引用）

フッ素濃度, 量	媒体	時間	影響
1 ppb (0.001 ppm)	空気	生涯	感受性動物の生存限界
1 ppm	水	生涯	う蝕減少
2 ppm 以上	水	歯の形成期	歯のフッ素症
5 ppm	水, 空気	数年	骨硬化症は現れない
8 ppm	水	数年	10% に骨硬化症発生
20~80 mg/日, 以上	水, 空気	数年	運動機能障害性フッ素症
50 ppm	食物, 水	数年	甲状腺障害
100 ppm	食物, 水	数ヶ月	成長遅延
125 ppm	食物, 水	数ヶ月	腎障害
2.5~5.0 g	急性量	2~4 時間	死

(Smith & Hodge 1959)

性が高く容易に入手することができ、さらに健康志向、災害時の備蓄、旅行時の携帯品としてなどの理由により近年その利用が急速に増加する傾向にある。

ミネラルウォーター類のフッ化物濃度基準：

ミネラルウォーター類の製造基準については厚生労働省食品衛生法で示されており、原水については、水道法の規定で供給される水または一般細菌、大腸菌群、カドミウム、水銀など 18 項目につき規定された検査方法において基準に適合する水であることが義務づけられている。フッ化物も基準項目として設定されている。水道法によれば、フッ化物濃度の基準値は 0.8 mg/L 以下であることとされているが、ミネラルウォーター類の基準によれば、2 mg/L 以下である水でなければならないとされている。

また、平成 6 年食品添加物の規格基準が一部改正され、通達によれば「0.8 mg/L を越えるフッ素を含有する原水を用いて製造されたミネラルウォーター類にあつては、〈7 歳未満の乳幼児は、このミネラルウォーターの飲用を控えること。〉旨の表示をするように指導されたい。」となっている。水道法でフッ化物濃度 0.8 mg/L 以下とされていること、ならびに DF の発現の危険性を考慮しての指導と考えられる。本邦においてはかなり厳格な条件の基に製造されている。

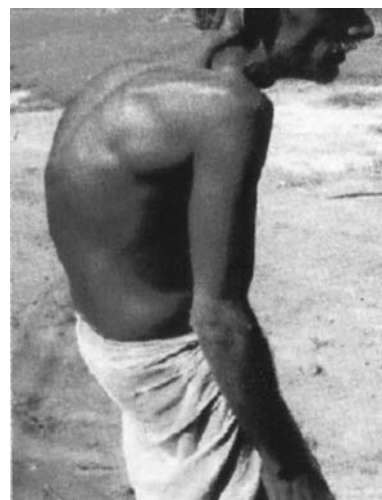
IV. フッ化物の毒性について

フッ化物の慢性毒性ならびに急性毒性については河野ら⁴⁾により詳細に述べられている。また、フッ素の濃度別毒性ならびに暴露期間別毒性については、Smith ら⁵⁾の論文で述べられており、歯科領域に関しては 1 ppm では生涯に渡ってう蝕予防効果があり、2 ppm 以上で、歯の形時期においては DF が認められると述べている。すなわち、DF は歯の形成時期（お

およそ 0~8 歳）に、長期に高濃度、すなわち [2 ppm] 以上のフッ化物に暴露された場合に発生するとの考えが一般的である（表 3）。

フッ化物による腎臓ならびに甲状腺、さらに発育などへの障害は高濃度のものが長期間作用した結果である。現在このような大量の高濃度のフッ化物を取り入れる機会は、特に本邦においてはほとんどみられない。従って、誤って大量のフッ化物を一時的に摂取した場合（急性中毒）を除いて、問題になるのは硬組織に対する傷害であり、骨フッ素症としての骨硬化症（osteosclerosis）と DF である（写真 1, 2, 3）。DF は飲料水中における高濃度（1~2 ppm）のフッ素で発症するといわれているが、骨フッ素症は本邦では 8 ppm 前後が発現する境界域と考えられている^{6,7)}。

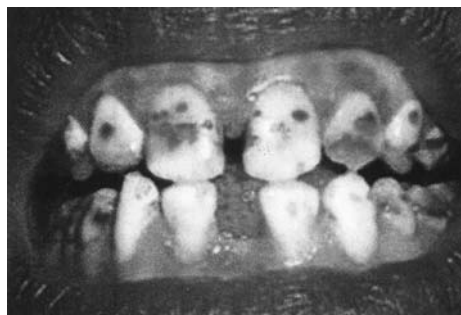
長期間の高濃度フッ素含有飲料水ならび高濃度フッ素含有食などによるフッ素摂取量が増加すると、地方病的な骨病変の発生が認められるようになる。いわゆる



(Fluorosis mitigation component : Training manual for doctors より引用)
写真1 骨フッ素症 (Hunchback)



(Fluorosis mitigation component: Training manual for doctors より引用)
写真2 骨フッ素症 (Bow leg)



白濁し着色が見られる。
写真3 Dental fluorosis (歯のフッ素症)

る endemic fluorosis といわれるもので、インド北部パンジャブ地方、南部タミナルドゥ地方、中国内モンゴル自治区、アフリカリン灰石地帯などの住民での発症が報告されている。カルシウム摂取や栄養状態の程度により骨軟化症、くる病、二次甲状腺機能亢進症さらに腎障害など様々な合併症が認められることがある。また、甲状腺腫や各臓器の腫瘍、免疫系への影響、不妊、先天異常などの報告も認められるが、一方で、これらの疾患へのフッ化物の関与を否定するものもあり、現時点では結論がでない⁸⁾。

V. DF について

DF とは、歯の形成期、特に歯の石灰化期間中に、過剰なフッ化物を継続的に摂取した場合に、主としてエナメル質に生ずる歯の形成障害とされている。成長中の歯に対するフッ化物の影響に関して Robinson

ら⁷⁾により詳細に述べられている。この論文では歯の組織のなかでもエナメル質の特徴として不透明性がみられるが、これは不完全なアパタイト結晶構造の成長によるものであると記載されている。今回調査を行った現地での検討会議（タミナルドゥ州）では、8歳時にフッ素に関する検診を行うとのことであった。しかしながら、胎盤はフッ素に対してある程度は防御の役割をはたすため、少量のフッ素は通過させないが、濃度がある程度以上になると胎盤を通過するといわれている⁶⁾。これらの事実からフッ素の歯への影響を論じる場合には、母親の妊娠中のフッ素摂取状態も考慮し検討する必要があると考えられる。さらに DF は疾病ではなく、一つの状態であり、生体のフッ化物摂取についての有用なバイオ・マーカーであるとする考えもある⁹⁾。実際臨床においては軽度の DF では問題になることは少なく、進行するにつれて多くの場合審美的問題が生じるが、機能障害が生じることは少なく、疾病ではないとする考えもある。このような事実からフッ化物摂取の重要なバイオ・マーカーとする考えは一理あると考えられる。

DF は摂取される飲料水のフッ化物濃度によってさまざまな状態を呈する。正常な状態と識別がほとんどできないものから、明らかに識別でき、審美性に問題を呈するものまでさまざまである。

DF は以下の項目が特徴とされている⁶⁾。即ち、(1) 飲料水中に高濃度 (1~2 ppm 以上) のフッ素イオンを含む地域で生まれ育ったもの (6~8 歳ぐらいまでに) に発生する、(2) 一定の地域に限局し、集団に現れることが多い、(3) 歯面の白濁または境界が比較的不鮮明で水平の縞を作りやすく、左右対称的に現れ、1 歯列に数歯以上現れることが多い、(4) 主として永久歯に現れるが、フッ素が高濃度になると乳歯にも現れる、(5) 一般にう蝕罹患率が低い、(6) ある程度以上のフッ素濃度 (8 ppm 以上) では、骨硬化症その他の症状が随伴してくるなどである。

DF の分類は 1934 年に発表された Dean¹⁰⁾ の分類が現在も国際的に用いられている。一方、本邦では昭和 28 年に厚生省 (現厚生労働省) が DF の調査を行うために独自の分類法 (厚生省の分類) を設けたが、Dean の分類に類似したものである¹¹⁾ (表 4) (写真 4, 5, 6)。

今回調査を行ったインド・ダルマプリー地区におけるフッ素対策コンポーネント従事者のための“TRAINING MANUAL FOR DOCTORS” (写真 7) の中に記載されている診断の項目において DF を 5 段

表4 フッ素症歯の分類

Dean (1934)	厚生省 (1953)
疑問型 (questionable)0.5	M₀ (M±) : 疑問型
極めく軽度 (very mild)1 白濁部が歯面の25%以下。 着色は見られない。	M₁ : 白濁部が全歯面にまでいたらない。 着色の見られることがある (M₁-B)
軽度 (mild)2 白濁部が少なくとも歯面の50%前後を占める 着色が見られることがある。	M₂ : 白濁部がほとんど全歯面に及んでいるもの。 着色の見られることがある (M₂-B)
中等部 (moderate)3 白濁部が歯面のほとんどに及ぶ。 小さな凹陷部 (pitting)が見られることもある。 着色の見られることがある。	M₃ : M₂の変化に pitting 形式が加わる。さらに 高度の実質欠損を示すものもある。 着色も著明 (M₃-B)
重度 (severe)4 不連続あるいは合流した pitting 形成。エナメル 形成不全著明。 着色も著明なものが多い。	

(口腔衛生学 一世出版 2002)



写真4 フッ素症歯 (Dean の分類: 軽度, ダルマプリ地区の小学生)

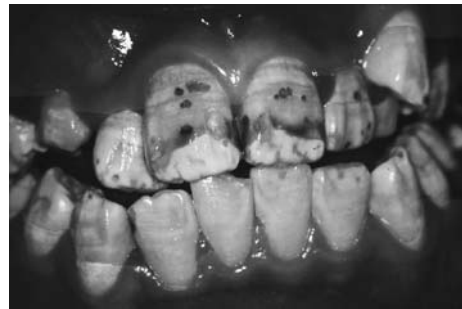


写真6 フッ素症歯 (Dean の分類: 重度, ダルマプリ地区の小学生)



写真5 フッ素症歯 (Dean の分類: 中等度, ダルマプリ地区の小学生)

階に分類し, さらに疼痛, 歯周病の症状などを加え9段階に分類している。DFが進行し強度となった場合には最終的に歯の崩壊が生じ歯髄炎, 歯周炎が生じ, 場合により歯が自然脱落し, 機能障害が生じることが推察される。これらはむしろDFの継発症と考えるべきであって, DFの分類に加えることにはやや無理があると考えられる。

なお, 頻繁に使用されている「斑状歯 (mottled

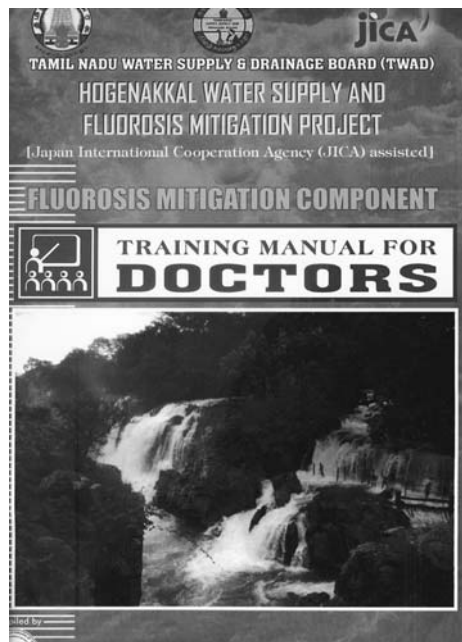


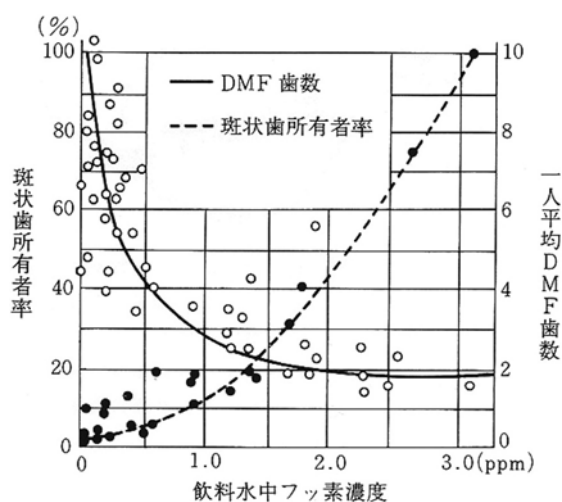
写真7 TRAINING MANUAL FOR DOCTORS

teeth)」という言葉は、「白い模様のある歯」の総称のことである。歯の形成期に何らかの因子がエナメル芽細胞に影響を及ぼすことにより、歯の表面、特にエナメル質が斑点状に白濁または着色した状態を「斑状歯」と称する。これらの原因としては、外傷、炎症、熱性疾患、内分泌疾患、ならびにビタミン、薬剤、フッ化物などの過剰摂取などがある。臨床においては非フッ素性の斑状歯の大部分は、特発性 (idiopathic mottling) であり、エナメル質減形成 (enamel hypoplasia) がみられる。フッ素が原因の斑状歯に対しては、「歯のフッ素症」または「フッ素症歯」 (dental fluorosis : DF) という言葉を使用することが適切であり、現在はこの用語が使用されている。これらの用語が混同されて使用されていることがあり、特に、斑状歯=DF と理解されていることがあるため、文献的考察を行う場合にはこれらのことを考慮する必要がある。

VI. フッ化物によるう蝕予防について

前述のごとく飲料水中のフッ素濃度が高く、DFの罹患率が高い地域では、同時にう蝕の罹患率が低いことが古くより経験的に知られてきた。実際、過剰摂取は歯のフッ素症をもたらすが、適量ではう蝕予防に効果があることが明らかとなっている^{12,13)} (図1)。

フッ素イオンの抗う蝕作用は主に歯質ならびに歯垢に対する作用である。歯質に対しては、ハイドロキシアパタイトの結晶性の改善、フルオロアパタイトの生



(DMF 指数：永久歯のう蝕経験を表す指標。)

図1 飲料水中フッ素濃度と DMF 指数 (永久歯のう蝕経験を表す指標) および歯牙フッ素症重症度との関係 (文献 13) より改変引用)

成、初期脱灰部の再石灰の促進させることによる歯質および耐酸性を強化することである。歯垢に対しては歯垢中の細菌の酸産生を抑制することである。その他多糖体の合成阻害ならびに抗菌作用などである⁶⁾。

フッ化物を応用したう蝕予防の方法としては、全身投与と局所的投与方法がある。全身的投与方法としては、水道水フッ化物添加がある。本法は公衆衛生特性の最も優れたう蝕予防法として広く国際社会に認められている。現在では WHO, FDI (International Dental Federation : 国際歯科連盟) などの専門機関により、その実施が推奨されている¹⁴⁾。水道水にフッ化物を投与する場合、水道水フッ化物濃度調整 (水道水フロリデーション) が必要である。水道水フロリデーションとはう蝕予防と DF 予防のために水道水のフッ化物濃度を適正に調整することである。水道水中のフッ化物濃度が低い場合にはフッ素を加えフッ化物濃度適正に調整する。濃度が高い場合には除去あるいは希釈して調整する。水道水中のフッ素濃度が適正な場合にはその状態で利用するが、この場合にはモニタリングを行う (図2)¹⁵⁾。水道水フロリデーションの結果に関し、Murray は 23 カ国における水道水フロリデーションにおける乳歯う蝕予防効果に関する文献 66 編、ならびに永久歯う蝕予防効果に関する文献 86 編を集計し考察を加えた結果、う蝕有病状況が半分以下になったと報告している¹⁶⁾。

水道水フロリデーションを行い、う蝕予防を行っている主な国は約 60 カ国であり、約 6 億人がその飲料水を使用している。水道水フロリデーションではなく、食塩フロリデーション (食塩のフッ化物濃度調整) を行っている国は 36 カ国であり、その人口は約 1 億人である。米国では、2006 年には約 1 億 8400 万人が水道水フロリデーションされた水道水を飲用しており、これは米国の給水人口の 69.2% である。オーストラリアでは約 1200 万人 (約 61%)、カナダでは約 1400

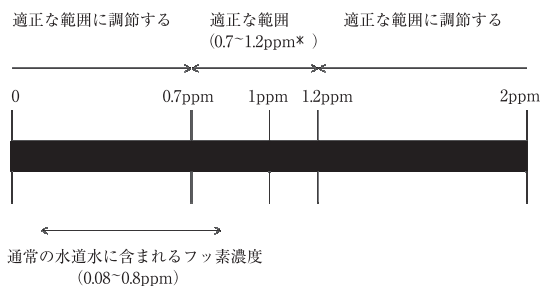


図2 水道水フロリデーションの適正濃度 (適正範囲が 0.7~1.2 ppm であるのは、温暖な地域と寒冷な地域では水を飲む量が異なるためである)

万人(約43%)、アジアにおいては中国(香港行政区)、シンガポールでは100%が水道水フッ化物の行われている水道水を飲用している¹⁵⁾。本邦においては、現在水道水フッ化物は行われていない。しかしながら過去において3か所において水道水フッ化物が実施されている。最初は京都大学医学部口腔外科学教室美濃口玄教授のグループが行った京都山科地区でのものであり、フッ化物濃度の関係から諸外国の成績に比しう蝕予防効果は低い結果であった。次いで沖縄で実施されたが、沖縄の米国からの日本返還により中断されている。次いで三重県朝日町において実施されたが、フッ化物期間が短期間であったため、う蝕予防効果は確認されていない。その後、本邦ではこの種の研究は行われていない。

局所投与としてはフッ化物歯面塗布剤、フッ化物配合歯磨剤、フッ化物洗口剤、フッ化物配合予防充填剤、フッ化ナトリウム製剤(フッ化物配合バニッシュ)、フッ化ジアン銀製剤、フッ化物除放射性セメント・レジンおよびボンディング材、フッ化物配合研磨ペースト、フッ化物配合補助的清掃用具などがある。フッ化物歯面塗布は、「弗化物局所歯面塗布実施要領(1949年。厚生省・文部省)」および「弗化物歯面塗布実施要領(1966年、厚生省医務局歯科衛生課)」に示された公的見解にもとづき、歯面に直接フッ化物を作用させる方法であり、歯科医師ならびに歯科衛生士による専門的な局所応用法である。フッ化物配合歯磨剤は本邦においては一般向ならびに子供向として約140種類が販売されている。すべての歯磨剤の安全性と品質は、薬事法で厳しく管理されている。薬効成分として配合されるフッ化物の濃度の上限は1000ppm(歯磨剤1g中フッ化物が1mg)に規定されている。また、ISO(国際標準化機構)の歯科部会(TC106)には、口腔衛生用品に関する規格がある。そのうちのフッ化物配合歯磨剤に関するISO11609(Toothpastes- Requirements, test methods and marking: 1995)の規格には、配合されるフッ化物濃度とフッ化物全量の項目が記載されている。すなわち、歯磨剤に配合されるフッ素化合物の上限は、各国の法律または規則によって定められている限度を越えてはならず、1500ppm(0.15%; m/m)を決して越えてはならないとされている。厚生労働省(当時厚生省)は2000年から2010年にかけての健康目標を具体的に示した「健康日本21」の設定と歯科保健目標を提示した。このなかの「歯の健康」の項目には、フッ化物の局所応用が明確に位置づけられ、一部具体的な目標が明示されている。たとえ

ば、フッ化物歯面塗布を受けたことのある幼児(3歳)で50%以上、学齢期のフッ化物配合歯磨剤の使用目標90%以上などである。フッ化物洗口は手技が簡便で、う蝕予防効果が高く、安全性があり、費用が安価で、効果率に優れているのが特徴である。なお、わが国では現在まで中毒などの事故が起こったという報告はない。

フッ化物の局所応用に関しては、2003年から2007年にかけて厚生労働科学研究「フッ化物の応用の総合的研究」班により「フッ化物歯面塗布実施マニュアル」、「フッ化物配合歯磨剤応用マニュアル」、「う蝕予防のためのフッ化物洗口実施マニュアル」が出版されている。この内容をもとに、2010年の第59回日本口腔衛生学会において、フッ化物応用委員会が中心となってシンポジウム「フッ化物局所応用の効果的で安全な使用法に関する合意」を開催し、厚生労働科学研究班が出版したフッ化物の局所応用法について解説し、さらに安全性ならびに毒性の観点から検討を加え、学会会員の理解を得た¹⁷⁾。

Ⅶ. 結 語

飲料水中のフッ素濃度とDF(歯のフッ素症、フッ素症歯)の発生との関係は、その地方の気温、その他の環境、住民の個人的差異などによって必ずしも一定でない。さらにその国・地方の風習、経済状態などが大きな要因になると考えられる。しかしながら一般にDFの発症がフッ素が1ppm以上で上昇し、1ppm以下では低下もしくは発生しないことから1ppmを「最大の効果で、最大の安全な点」(point of maximum safety with minimum caries)と言われている。わが国では経済状態が良好になるとともに上水道などがほぼ完備された現在、DFの問題はほとんど解決され論議されなくなり、う蝕予防のみが注目されている。我が国においてDFの発生が今日では最後の報告(非公開)から20年以上たつ。その結果日本の歯科大学でDFを学ぶ科目である口腔衛生学の教科書から姿を消し、現在ではDFについては詳しく講義しない傾向にあり、DFの専門家がいなくなる傾向にあるのが現状である。1999年11月、日本歯科医学会は「フッ化物応用についての総合的な見解」を公表し、フッ化物応用の有効性とその積極的な普及について答申した。厚生労働省(当時厚生省)はこの答申を受ける形で、2000年度より3年計画で厚生科学研究「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研

究」を発足させ、フッ化物の具体的指針の検討を開始した。これらの状況を踏まえ、日本歯科医師会は「水道水のフッ化物添加が、各種フッ化物の応用の中で、有効性、安全性、至便性、経済性などに対する公衆衛生学的に優れた方法と認識するとの見解を示した。わが国においてはDFを含め歴史的に長期間のフッ素に関する研究を経て、現在のような結論を得ている。

しかしながら、本邦においては、歴史的にフッ化物の応用に関しかなり厳しい論議がなされており、未だ検討がなされている。

参 考 文 献

- 1) 松久保隆, 眞木吉信. 口腔衛生学. 東京: 一世出版; 2005. p.154-8.
- 2) 柘植紳平, 眞木吉信. フッ化物が歯に及ぼす効果と毒性. 歯界展望 2006; 107: 1050-5.
- 3) 飯塚喜一. フッ素に関する衛生学的研究: 第2編——日本におけるヒト歯牙, 食品および上水道水中のフッ素量, 日本衛生学雑誌 1964; 19: 1-7.
- 4) 河野公一, 白田寛, 清水宏泰, 渡辺美鈴, 谷本芳美, 林江美, 藤本圭一, 土手友太郎, 河野令, 今西将史, 辻洋志, 三井剛. フッ素と化合物の健康影響について. 大阪医科大学雑誌 2011; 70: 26-38.
- 5) Smith FA., Hodge HC. Fluorine and dental health, the pharmacology and toxicology of fluorine. Bloomington: Indiana Univ. press; 1959. p. 11-37.
- 6) 眞木吉信. フッ化物応用の科学と実際 その1 基礎編. 日本歯科医師会雑誌 2004; 56: 25-35.
- 7) Robinson C, Connell S, Kirkham J, Brookes SJ, Shore RC, Smith AM: The effect of fluoride on developing tooth. Caries Res 2004; 38: 268-76.
- 8) Teotia SPS and Teotia M. Endemic fluorosis in India: a challenging national health problem. J Assoc Physicians India 1984; 32: 347-52.
- 9) 境脩, 八木稔. 口腔保健のためのフッ化物応用と骨の健康. THE BONE 2003; 17(4): 393-6.
- 10) Dean HT. Classification of mottled enamel diagnosis. J Am Dent Assoc 1934; 21: 1421-6.
- 11) 北博正, 三村二. 斑状歯原色写真図譜解説. 口腔衛生学会誌 1953; 1: 39-44.
- 12) Hodge HC, Smith FA. Fluoridation as a public measure. Washington: American Association for the Advancement of Science; 1954. p. 79-109.
- 13) 板井一好, 岡山明. フッ素をめぐる最近の話題. 臨床栄養 2000; 97(2): 136.
- 14) Sakai O, Horii K. Spreading the effect of caries prevention by community organization in schoolchikiren in Japan. J Dent Res 1980. 59: 2226-32.
- 15) 日本むし歯予防フッ素推進会議編. 水道水フッ化物濃度調整——日本におけるフッ化物製剤 第8版. 東京: 口腔保健協会; 2010. p. 52-61.
- 16) Murray JJ. The prevention of oral disease 3rd ed. Oxford: Oxford University Press; 1996. p. 37-8.
- 17) 眞木吉信, 田浦勝彦, 荒川浩久, 磯崎篤則. フッ化物応用の最新エビデンス. デンタルハイジーン 2011; 31: 956-77.