

目 次

第1章 水道水フッロリデーショとは何か 1

1	水道水フッロリデーショは自然が教えてくれたむし歯予防方法	1
1)	水道水フッロリデーショの定義／1	
2)	「水道水フッロリデーショ」という用語／2	
3)	栄養学的サプリメントの一形態として／2	
2	フッ化物は自然環境物質である	3
1)	自然界でのフッ化物の分布／3	
2)	フッ素の発見／4	
3)	フッ素の吸収・排出／5	
4)	フッ素は有益な栄養素／5	
3	近代における四大公衆衛生施策の1つ	7
1)	公衆衛生とは／7	
2)	上水道の塩素処理による消毒／8	
3)	牛乳の低温殺菌処理／8	
4)	予防接種／9	
5)	公衆衛生からみた水道水フッロリデーショ／10	
4	疫学研究に導かれた発見	10
1)	疫学とは／10	
2)	ジョン・スノーと水系伝染病コレラのロンドンブロード・ストリート事件／11	
3)	海軍カレーと脚気予防／11	
5	水道水フッロリデーショの特長	13
1)	社会的平等と公平／13	
2)	高い安全性／14	
3)	簡便性／14	
4)	経済性・費用対効果／14	
5)	生涯を通じた効果的なむし歯予防／15	
6)	拡散効果／15	
コラム	「フッ素とフッ化物」	18

第2章 水道水フッロリデーショの有効性 19

1	初期の水道水フッロリデーショ導入後の有効性	19
2	水道水フッロリデーショの有効性に関する研究成果	20
1)	マレーらによるフッロリデーショに関する研究成果の分析／20	
2)	ニューブランによるフッロリデーショに関する研究成果の検討／20	
3	乳歯のむし歯に対する水道水フッロリデーショの予防効果	21
4	成人と高齢者に対するむし歯予防効果	21
1)	フッロリデーショによる高齢者に対する研究成果／22	
2)	出生後より継続してフッロリデーショ水を飲むことは、最大のむし歯予防効果を発揮する／23	
5	拡散効果と希釈効果	23
1)	拡散効果／24	
2)	希釈効果／25	
6	フッロリデーショのむし歯予防メカニズム	25
1)	ボイド理論の提唱／26	
2)	ボイド理論と締めねじ／27	
3)	フッ素が歯を強くする原理の解明／28	
4)	歯の再石灰化と脱灰のバランス理論モデル／29	
5)	フッ化物の再石灰化促進作用と脱灰抑制作用、抗菌・抗酵素作用／29	
6)	フッロリデーショで観察された初期むし歯進行抑制効果／31	

第 1 章

水道水フロリデーションとは何か

1 水道水フロリデーションは自然が教えてくれたむし歯予防方法

健康な歯は何物にも代え難いものです。歯の喪失に至る原因の半分はむし歯です。20 世紀の前半には、ニュージーランドで嫁入り道具に入れ歯を持参するという信じ難い風習がありました。歯の喪失が著しい、不幸な時代だったのです。また、世界大戦時には、むし歯が原因で奥歯を抜いて噛めないため、兵士として不合格となる米国の若者がいました^{1,2)}。このようにむし歯が人びとの生活に深刻な影響を及ぼしていた時代背景もあり、世界の国々では、国民全体のむし歯予防となる水道水フロリデーションを国家的事業として実施し、成功を収めてきました。

20 世紀の歯科公衆衛生上のサクセスストーリーに水道水フロリデーションをあげることができます³⁾。この施策を行った地域では、画期的なむし歯予防効果をもたらしたからです。

私たちが毎日飲用する水にはわずかながら天然由来のフッ化物が含まれています。地球上でそのフッ化物濃度はまちまちですが、そのなかでむし歯予防にちょうどよいフッ化物濃度の水で暮らしている地域があることが発見されました。そうした地域と同じ環境を整えようと、水道水フロリデーションが始まったのです。自然が教えてくれたむし歯予防方法である所以です。

1) 水道水フロリデーションの定義

水道水フロリデーションとは、「飲料水に天然に含まれるフッ化物濃度が低く、むし歯予防のための至適濃度に達していない地域で、歯の健康のために推奨されるフッ化物濃度に調整すること」です^{4~6)}。わが国の水質基準では上限値 0.8 ppmF ですが、世界保健機関（WHO）ではフッ化物推奨濃度を 0.5~1.0 ppm としています。なお、気温が高くなるほど水分摂取量が多くなることを考慮して、至適フッ化物濃度は各地域における 1 日の最高気温の年間平均値で決定されます。

飲料水のフッ化物濃度を高めてむし歯予防にちょうどよい濃度に調整する方式が水道水フロリデーションと理解されていますが、この方法とは別に、むし歯予防に好都合な場合があります。天然の飲料水中に含まれるフッ化物がちょうど至適濃度に近似する場合です。この場合は、飲料水をそのままむし歯予防に利用できます。世界ではこのような条件に見合っ

しかしながら、フロリデーションは強制的に大衆に薬物を投与する形態や医療の社会化の形態ではありません。飲料水中の天然由来のフッ化物濃度を調整することによって、むし歯を予防するからです。後述するように、WHO や国連食糧農業機関（FAO）、米国、英国、カナダ、オーストラリアなど多くの国々ではフッ化物を栄養素として取り扱っています（p.5）。

2 フッ化物は自然環境物質である

1) 自然界でのフッ化物の分布

水道水フロリデーションのキーワードのひとつに、フッ化物があります。フッ化物は元素であるフッ素に由来します。フッ素は地殻に豊富に存在し、含有率は13番目に多い元素です。自然界では他の元素と化学結合してフッ化物として存在しています。フッ化物は太古の昔から地球上にあまねく分布しています。地殻、土壌、海水、大気の中に存在します。なかでも地殻と土壌中には比較的多くのフッ化物を含み、その量は地殻でフッ素として約300 ppm、土壌中は約200 ppmの値です。螢石 CaF_2 や氷晶石 Na_3AlF_6 などの岩石に含まれるフッ化物が水に溶解するとフッ化物イオンとして存在します。そのため、すべての水は幾分かのフッ化物を含んで地球上に分布しています。ヒトをはじめ地球上に生きとし生けるものと深く関わっているのです。海水には約1.3 ppmのフッ化物イオンが含まれているので、海産物類には比較的多くのフッ化物が含まれています。天然塩は1 kgあたり約25 mgのフッ化物を含んでいます。図1に示すように、量の多少の違いこそあれ、すべての食べ物や飲み物

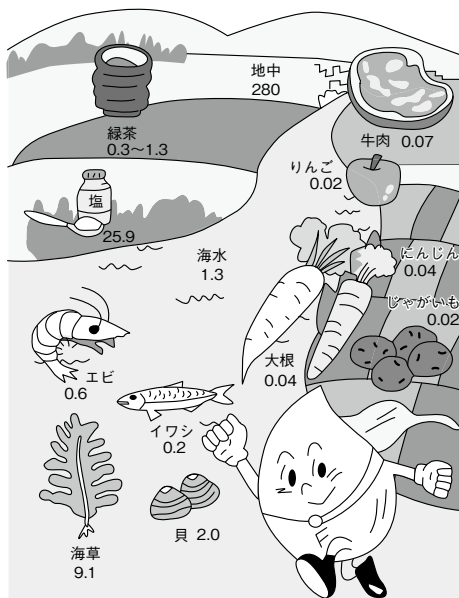
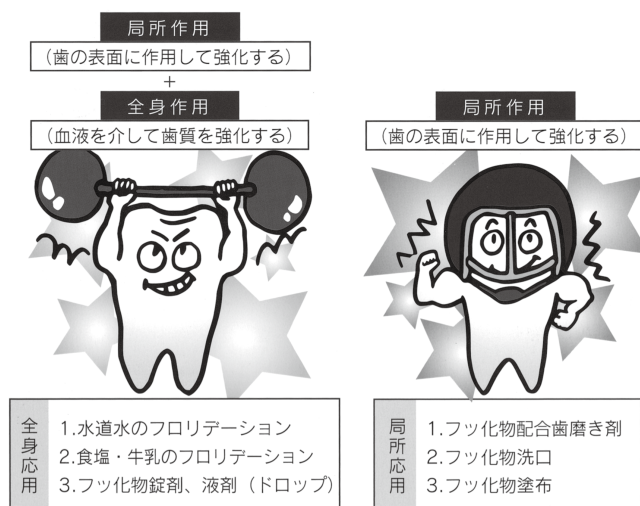


図1 自然界に分布するフッ化物量（単位 ppm）

この図の原型は1970年代に池主憲夫先生（新潟県）が作成されたものです。その後、日本各地にこのキャラクター（フックン）の兄弟が誕生して活用されています。



(田浦勝彦ほか：フッ素の上手な使い方，口腔保健協会，東京，2009，p.32 より)

図 15 フッ化物によるむし歯予防メカニズム (米国テキサス州衛生局)

という局所的な効果も実証されてきました。現在では，フッリデーションは全身的と局所的の2つのフッ化物の作用によって歯を守ることが解明されています (図 15)^{11,17,23,24)}。

フッリデーション水で生活すると，摂取されたフッ化物が血中を介して体内に運ばれ，歯の形成期（萌出前）に適量摂取されると歯の構造の一部として取り込まれ，歯質が強化された歯が形成されます。さらに，萌出歯に対してフッ化物は体内に吸収された後に唾液を経由して局所的にも働きます。

局所的応用では，口腔内に微量に存在するフッ化物がむし歯予防効果を発揮します。歯垢中の細菌が糖を分解して酸を産生すると，フッ化物は脱灰を抑制します。さらに歯垢内に取り込まれたフッ化物は「酸で溶かされた，でき始めのむし歯」の再石灰化を促進します^{25~32)}。

フッ化物のむし歯予防効果を発揮するメカニズムとして2つのモデルを使って説明します。

1) ボイド理論の提唱

当初，全身的応用のむし歯予防メカニズムとして提唱された理論として登場したのは，1966年のヤング (Young) とエリオット (Elliott) の「ボイド理論」でした^{33~35)}。この理論を理解するため，エナメル質の結晶構造やその周囲環境の特性を知る必要があります。

(1) **ハイドロキシアパタイトの結晶構造**：エナメル質はハイドロキシアパタイトという結晶からできています。この結晶は，主に，カルシウム (Ca)，リン (P)，酸素 (O)，水素 (H) の元素からなる構造をしています (図 16)。

(2) **エナメル質結晶周囲のイオン吸着層・水和層**：エナメル質結晶周囲のイオン吸着層と

表7 各種むし歯予防方法の評価と推奨（米国予防医学研究班）

むし歯予防方法		根拠の質	勧告の強さ
フッ化物	全身応用：水道水フッ化物濃度調整 フッ化物錠剤	II-1	A
	局所応用：フッ化物配合歯磨剤	I	A
	フッ化物洗口，フッ化物歯面塗布	I	A
シーラント		I	A
食事のコントロール	甘い食品を控える	II-1	A
	就寝時の哺乳瓶使用を止める	III	B
個人的な歯科衛生	空磨きとフロス	III	C
定期的な歯科検診		III	C

根拠の質 I：無作為コントロール研究の証拠あり II-1：無作為でない III：臨床的経験，記述的研究，委員会の報告に基づく社会的地位のある権威者の意見

勧告の強さ A：勧告を指示する確かな証拠あり B：勧告支持 C：証拠に乏しい，しかし，他の団体からは勧告される可能性あり

(U.S. Preventive Services Task Force: Guide to Clinical Preventive Services: Report of the U.S. Preventive Services Task Force. DIANE Pub. 1989. p.277, 米国国立疾病管理センター (CDC), 日本口腔衛生学会フッ化物応用委員会訳：米国におけるう蝕の予防とコントロールのためのフッ化物応用に関する推奨，口腔保健協会，東京，2002，p.44 より)



図34 むし歯予防とフッ化物の応用

するすべての地域住民の歯の健康を守ります。フッロリデーションはフッ化物利用の原点であり，大規模で長期間の調査を根拠として，実施を勧告するレベルが最も高い方策とされています。

フッ化物洗口は学校や保育園で集団利用され，参加している子どもに有益です。歯科医院や保健センターでは，フッ化物歯面塗布が行われています。歯磨きには，フッ化物配合歯磨