

## フッ化物応用と公衆衛生

筒井昭仁

## Fluoride Uses as the Public Health Services

Akihito TSUTSUI

## 1. はじめに

フッ化物濃度が適量にコントロールされた水道水を日常の飲用、調理に利用することで、給水地域の子供たちのう蝕は半分以下に抑制され、成人、高齢者に特有の平滑面う蝕や、根面う蝕も大きく予防されることが知られている。しかもそれに関わる費用は年間1人あたり30～240円である<sup>1)</sup>。これほど公衆衛生特性に優れるフロリデーション(注参照)が我が国では未実施の状態にある。

我が国の平均寿命、健康寿命の伸びは、戦後の公衆衛生に関する基盤整備とその充実に負うところが大きい。しかしながら、歯科保健に関しては、治療および個人口腔衛生が優先され、公衆衛生施策であるフロリデーションは棚上げにされた状態が続いている。う蝕や歯周疾患が直接死につながる病気ではないことも関係しているかもしれないが、国民のほとんど全員が罹患している疾患であり、歯科に関わる医療費は2兆5千億円となっている。これはガン、脳血管疾患などの医療費を上まわる額である<sup>2)</sup>。また口腔疾患がQOLやADLの低下をもたらしていることはよく知られているところである<sup>3)</sup>。

上水道が97%にまで普及した日本においてはフロリデーションは最も優れた公衆衛生的なう蝕予防手段となりうる。フロリデーション以外にも適量のフッ化物を摂取する形のフッ化物全身応用としてフッ化物添加食塩の利用やフッ化物錠剤の服用があり、さらに萌出後の歯の表面からフッ化物を作用させるフッ化物局所応用法としてフッ化物配合歯磨剤の利用や、低濃度フッ化物溶液でうがいをするフッ化物洗口、比較的高濃度のフッ化物溶液を歯面に塗布する方法などがある<sup>4)</sup>。

厚生労働省は2000年12月に、「自治体から、水道水質基準(0.8mg/l)内でのフッ化物添加について技術支援の要請があれば、水道事業者、水道利用者、地元歯科医師会の理解等を前提に、厚生科学研究の成果を活用する等により歯科保健行政の一環として応じてまいりたい。」との見解<sup>5)</sup>を示しており、フロリデーションは、国がサポートする自

治体の公衆衛生施策の1つとして位置づけられた。

筆者は、昨年の公衆衛生学会で「自治体の水道水フッ化物濃度適正化(フロリデーション)の支援 第1報：わが国における至適フッ化物濃度の検討」のポスター発表<sup>6)</sup>を行ったが、ポスターの前の公衆衛生関係者の多くにフッ化物応用が知られていないことにショックを覚えた。歯科界からの公衆衛生関係者への情報提供の少なさを改めて思い知らされた。

ここでは公衆衛生施策としてのフッ化物応用に関する各種情報を紹介したい。

注 フロリデーション：う蝕予防のために水道水中のフッ化物濃度を適正に調整(adjust)する方法である。一般的には、水道水中のフッ化物濃度が不十分な地域で、フッ化物を添加して適正濃度になるように調整を行う。逆に、地域の水道水のフッ化物濃度が過量の場合には除去、あるいはほかの水源を利用して希釈することによって適正濃度になるように調整する。また、天然の状態で水道水中のフッ化物濃度が適正であれば、そのままフッ化物濃度をモニタリングしながら利用されることもある。今回はこれらの総てを含んでフロリデーションという語を使用する。

## 2. 各種フッ化物応用の普及

フロリデーションは1945年に米国、カナダで開始され、その後広く普及し、今では世界で約3億人がフッ化物濃度の適正化された水道水を利用している(図1)<sup>7)</sup>。特に米国では水道利用人口の66%にあたる1億6千万人が利用している(図2)。州単位で見ると、ワシントンDCの100%普及をはじめとして、半分近くの州で80%を超えている<sup>8)</sup>。アジアにおいても、100%のフロリデーションを実施しているシンガポール、香港があり、最近では韓国<sup>9)</sup>で新たな法整備が行われ急速な普及がみられている。

その他の全身応用であるフッ化物添加食塩は、水道施設の完備が遅れる中南米で広がりを見せている。またヨーロッパや、米国の一部のフロリデーション未実施地区では、医師、歯科医師の処方のもとにフッ化物錠剤の普及が図られている(図1)。

フッ化物局所応用法としても広く個人利用が進んだフッ化物配合歯磨剤や、保育園・幼稚園、小中学校の集団の場で実施されるフッ化物洗口、歯科診療所や保健所、市町村保健センター等で専門家により実施されているフッ化物歯面塗布などがある（図1）。

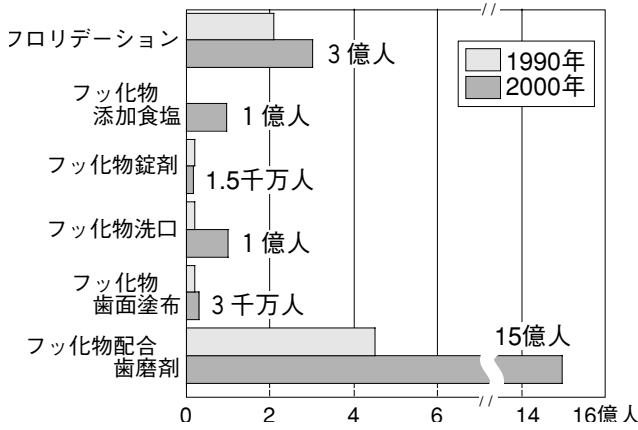


図1 世界のフッ化物利用状況

### 3. 公衆衛生施策におけるフッ化物応用法の位置づけ

米国CDC（疾病管理予防センター）<sup>10)</sup> は、20世紀100年の偉大な公衆衛生業績10の1つにフロリデーションを選んだ（表1）。公衆衛生局長官を務めたTerry<sup>11)</sup> も、フロリデーションをワクチン、低温ミルク殺菌、水道水の塩素消毒と並んで最も重要な公衆衛生施策であると述べている。Healthy People 2000および2010<sup>12)</sup> においても、達成すべき目標値の1つとしてフロリデーションが取り上げられ、保健行政が進める公衆衛生施策として2010年の実施率75%を目標としている。

また、施策選定の根拠とすべきEBM（Evidence-based Medicine）評価<sup>13)</sup> においても、フッ化物応用は根拠の確かさでA、推奨の強さでIと、共に最高ランクのう蝕予防法として位置づけられている（表2）。

### 4. フッ化物応用の歴史<sup>14)</sup>

フッ化物とヒトの健康に関する研究は、記述・分析・介入の疫学的手法に則って科学的に進められてきた。

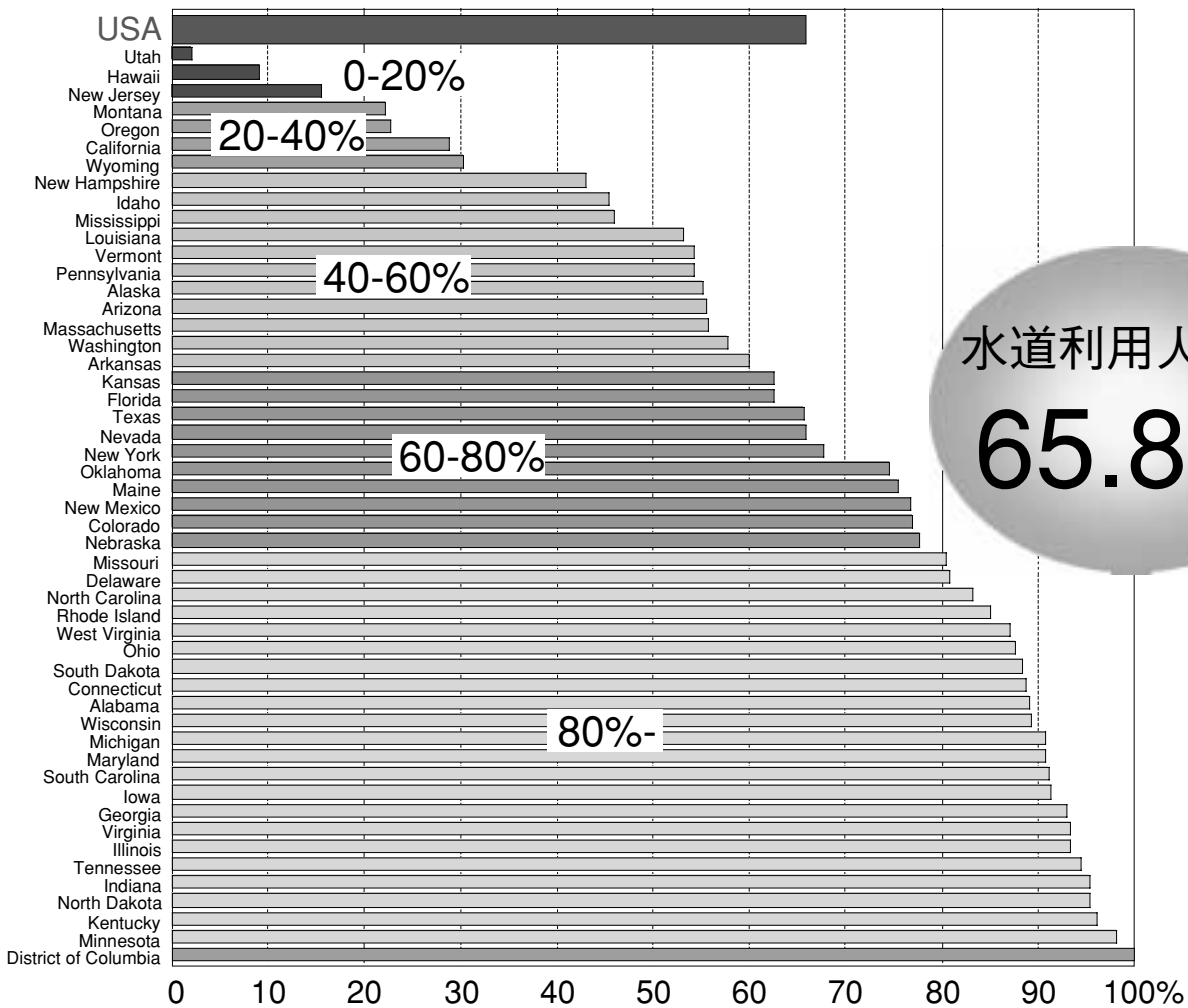


図2 米国のフロリデーション実施状況（2000年）

## 1) 記述疫学：斑状歯の流行と原因調査の時代

フッ化物と生体のかかわりについての最初の報告は風土病としてであった。今世紀初頭、イタリア・ナポリ在住のアメリカの検疫官Eger<sup>15)</sup>が、ナポリの港からアメリカへ出発する移民に黒色歯や傷のある歯が目立つことを報告している。原因については、ナポリが火山地帯であること、それに影響を受ける泉の水を飲料水として使用しており、これが原因らしいことなどを記述している。

1910年代になり、アメリカの歯科医McKayとBlack<sup>16, 17)</sup>がコロラド州を中心とする中西部一帯の斑状歯 (mottled teeth) 流行を報告している。彼らの広範な調査から、

- 1) 特定の水源利用者に限局している。
- 2) そこで生まれ育ったもののみみられる。
- 3) 永久歯の萌出が終わってからの転入者にはみられない。
- 4) 斑状歯流行地域ではう蝕が少ない。

などを明らかにし、飲料水中のなんらかの物質が原因であろうとの結論を出した。しかし、当時の水の分析技術では、

これ以上は無理で原因は特定できなかった。なお、これらの調査結果から、斑状歯が流行している町に対して飲み水の水源変更の指導を行い、斑状歯の発生予防に成功している<sup>18)</sup>。

1930年代になるとChurchillが斑状歯の流行しているアーカンサス州のBauxiteの水を分析し、13.7ppmという高濃度のフッ化物を検出した。同じころ複数の調査によっても、斑状歯流行地域の飲料水中のフッ化物濃度が異常に高いことが明らかにされている。その後、フッ化物を動物に投与することにより、実験的に斑状歯を発現させ、フッ化物量と症状が関連しているという結果が報告されている。斑状歯の原因が飲料水中のフッ化物であることが明らかとなった時点で、“斑状歯”という症状を主体にした名称から“歯のフッ素症 (dental fluorosis)”という原因を示す名称に変更された。

## 2) 分析疫学：飲料水中フッ化物濃度とう蝕有病状況の関係に関する疫学研究の時代

米国NIHのDeanは、歯のフッ素症を正常から重症までをnormal, questionable, very mild, mild, moderate, severe (moderate以上が審美的に問題となる)の6段階に分類する基準<sup>19)</sup>を作成し、歯のフッ素症の流行予防を目的とする広範な疫学調査を開始した。この調査では歯のフッ素症流行地域にう蝕が少ないという情報にもとづいて、う蝕有病状況についても同時に調べている。調査では飲料水中フッ化物濃度の異なる21地域の12~14歳の7,257人が対象となった。調査から、図3に示すように、飲料水中フッ化物濃度が高くなるに従い歯のフッ素症所有者率が増加していた。症状をみると、フッ化物濃度1.2ppmを超えるあたりから軽度の歯のフッ素症が発現しはじめ、1.8ppm以上になるとだれがみても異常と気づくmoderate以上の歯のフッ素症が発現していることがわかった。また、う蝕有

表1 CDC (米国疾病管理予防センター) が評価した20世紀の偉大な10大公衆衛生業績

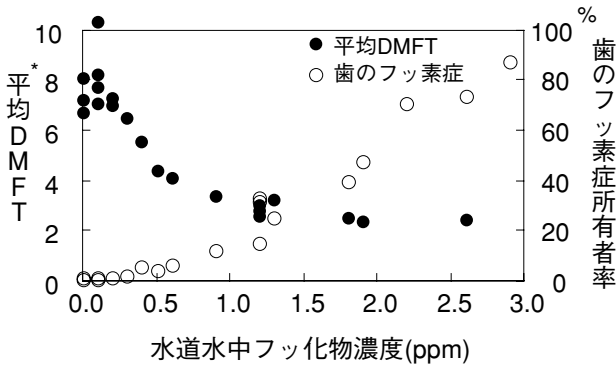
1. ワクチン
2. 交通安全
3. 職場の安全
4. 感染症のコントロール
5. 心疾患、脳卒中による死亡の減少
6. 安全で健康的な食品
7. 母子保健
8. 家族計画
9. フロリデーション
10. タバコの健康被害の認知

CDC, MMWR, 48(50), 1999

表2 EBMでみたう蝕予防

う蝕予防法	証拠の質	勧告の強さ
フッ化物応用		
全身応用	フロリデーション フッ化物錠剤	I A
局所応用	フッ化物洗口 フッ化物歯面塗布 フッ化物配合歯磨剤	I A
シーラント		I A
食事コントロール		
甘食を控える		II-1 A
就寝時の哺乳瓶使用をやめる		III B
家庭における予防法		
フッ化物配合歯磨剤を使わない歯磨き、フロス利用		III C
定期的な歯科検診		III C

各種予防法の評価と推奨 (米国予防医学研究班, 1989)



\*平均DMFT：一人平均う蝕経験歯数(未処置歯：D, 喪失歯：M, 処置歯：Fのすべてを含む)

図3 水道水中フッ化物濃度とう蝕，歯のフッ素症の関係に関する疫学調査 (Dean HT et al., 1941, 42)

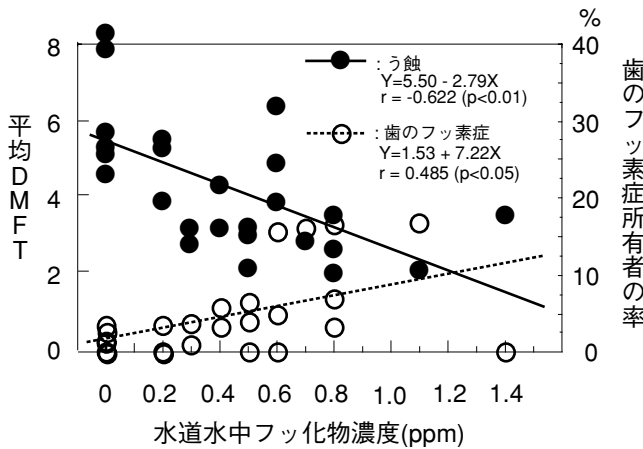
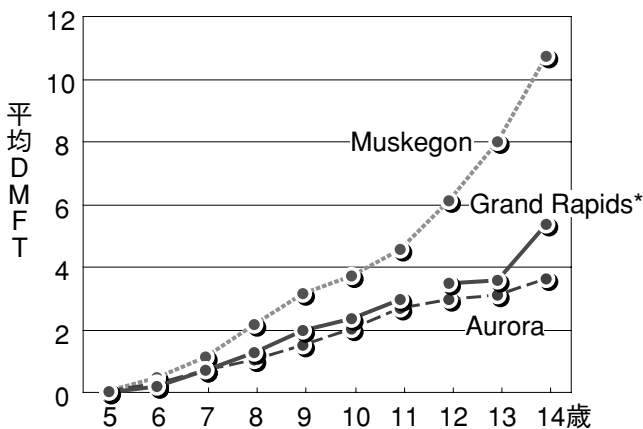


図4 北関東の水道水中フッ化物濃度とう蝕，歯のフッ素症の関係に関する疫学調査 (八木, 1991, 筒井ら, 1994)



Grand Rapids：1945年フロリデーション開始 \*：5～11歳は9年後調査結果  
Muskegon：対照地区 12～14歳は14年後調査結果  
Aurora：自然状態でフッ化物濃度1.2ppm

図5 フロリデーションのう蝕予防効果 (Arnold FA et al., 1957, 62)

病状は飲料水中フッ化物濃度が0～1.2ppmの範囲で急勾配で減少し，それ以上のフッ化物濃度になると減少傾向は緩慢になっていた (図3)<sup>20, 21)</sup>。

以上の歯のフッ素症の流行状況，う蝕有病状況に関する調査結果をふまえ，Deanは以下の結論を導き出した。

飲料水中フッ化物濃度が1ppm以下であれば歯のフッ素症の流行がなく，また，1ppm前後のフッ化物を含む飲料水は，う蝕の発生を大きく抑制する<sup>22)</sup>。

ここに歯のフッ素症流行予防の方法が確立すると同時に，現状のう蝕が半分以下になるという新しいう蝕予防の方法が発見された。

これらの飲料水中フッ化物濃度と歯のフッ素症，う蝕の関係については，イギリス<sup>23)</sup>，日本 (図4)<sup>24)</sup> などでも同様の結果が確認されている。

### 3) 介入疫学：各種フッ化物応用法研究の時代

1945年に，米国ミシガン州のGrand Rapids，ニューヨーク州Newburgh，カナダのBrantfordの3カ所で飲料水中のフッ化物濃度を人工的に1ppmに保つというフロリデーションが開始された。これらはそれぞれ対照地区をもつ研究として実施され，10年後には，それぞれの地区で乳歯う蝕を30～70%，永久歯う蝕を約60%予防するという結果を得ている (図5)。同時に，これらの結果は自然の状態では1.2ppmのフッ化物を含むAuroraで得られたう蝕有病状況と同じであった (図5)<sup>25, 26)</sup>。

### 4) 公衆衛生性施策として普及の時代へ

1964年にはFDI (国際歯科連盟) がフッ化物応用を推奨し，1969年にはWHO (世界保健機関) が第22回世界保健会議において加盟国の全会一致の決議でフッ化物応用の実施勧告を行い，フロリデーションは，世界規模で公衆衛生施策としての普及が始まった。日本はこの議案の共同提案国でもあった。

Murray<sup>27)</sup> は，世界23カ国からフロリデーションの乳歯う蝕予防効果，および永久歯う蝕予防効果に関する研究，それぞれ66編，86編を収集し，国の違い，民族の違い，生活の違い，さらにはう蝕有病状況などの違いを超えてフロリデーションが現状のう蝕有病状況を半分以下にするという効果を確認している (図6)。

### 5. 日本におけるフッ化物応用研究

#### 1) フッ化物全身応用

##### (1) フロリデーションの実施

戦後，わが国においてもフロリデーションの試験研究が行われている。厚生省，文部省の補助を得て京都大学医学部の美濃口が中心となり，1952年に京都市山科地区でフロリデーションが開始された (図7)。出生から永久歯の生え揃う12歳まで追跡調査を行うという意図から12年間の実施を目標に0.6ppmで実施され，永久歯う蝕の予防効

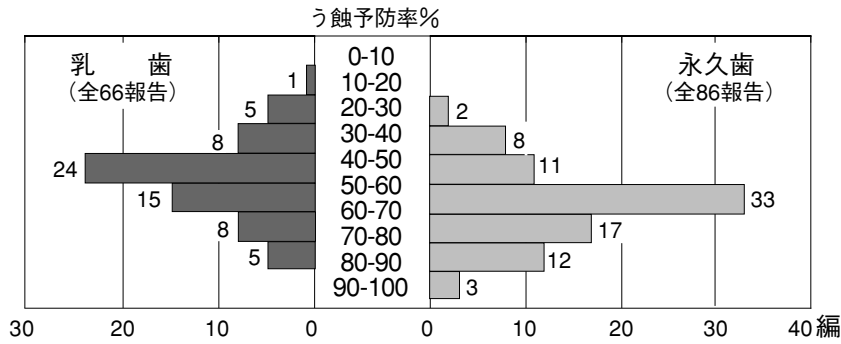


図6 フロリデーシンのう蝕予防効果 (Murray, JJ, 1996)

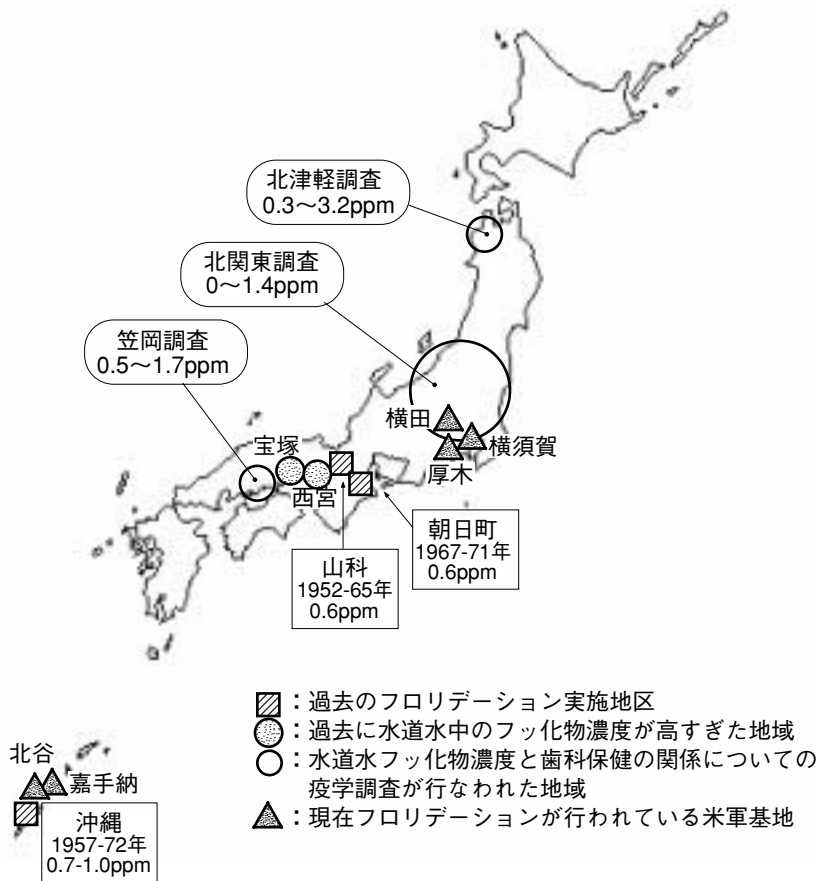


図7 日本におけるフロリデーション, 他 (歴史と現状)

果38.1%を得ている (表3)。このやや低い効果はフッ化物濃度が至適とされた0.76ppmではなく0.6ppmで実施されたことが関係していると考察されている<sup>28)</sup>。他にも医科領域および水道工学, さらには実施に関する法的解釈などの数々のデータを得て, 所期の目的を達成したとして13年間継続して中止した<sup>29)</sup>。沖縄県では1957年から米軍によって広い範囲で実施されていたが, 1973年の日本への返還の際に中断となっている (図7)。沖縄のフロリデーションも詳しく調査が行われ, 永久歯う蝕の予防効果50.2%が報告されている (表4)<sup>30, 31)</sup>。その他, 三重県朝日町では

1967年から3年9カ月実施されたが, 浄水場施設の拡充にともなって中断された (図7)<sup>32)</sup>。

現在, わが国では, 各地に点在する米軍基地内ではフロリデーションが実施されているが, その他の地域では未実施の状態である (図7)。

(2) 飲料水中フッ化物濃度とう蝕有病状況の関係に関する疫学研究

筒井, 八木ら<sup>33-35)</sup>は, 北関東一円の水道水を調べ, フッ化物濃度0~1.4ppmの26の給水地域を特定し, 水道水のフッ化物濃度と乳歯, 永久歯う蝕および歯のフッ素症の関

係について調査を行った。乳歯、永久歯のう蝕はフッ化物濃度と負の相関関係にあり、歯のフッ素症については正の関係がみられ、北米でDeanらが行った研究結果とほぼ同じ結果が得られている(図4, 表5)。う蝕抑制率は1.0~1.4ppmの地区で62%であった。審美的に問題とされる moderate や severe の重度の歯のフッ素症はいずれのフッ化物濃度地域でも認められていない(図8, 表5)。

田沢, 飯島ら<sup>36, 37)</sup>は、北津軽地方で、飲料水中0.31~2.50ppmのフッ化物濃度地区で調査を行い、フッ化物濃度0.90-1.06ppmで54%のう蝕抑制率を報告している。それ以上のフッ化物濃度になるとう蝕抑制率に変化がなく、審美的に問題となる重度の歯のフッ素症が発現している(表6)。

筒井, 八木<sup>38, 39)</sup>は、以上の山科, 沖縄, 北関東, 北津軽他の調査研究データを材料に、下記のう蝕予防率と歯のフッ素症の発現状況の2つを条件として、わが国における水道水の至適フッ化物濃度の検討を行った(表7)。

至適フッ化物濃度の判定条件

- ・う蝕：平均DMFT(一人平均う蝕経験歯数)の抑制効果が、Murrayらが整理したフロリデーシヨンの予防率50~60%(図6)とほぼ同等か、それを超えていること
- ・歯のフッ素症：公衆衛生的に問題のない地域と判定されるCFI(communitary fluorosis index: 地域歯のフッ素症指数)0.4以下であること。さらに補助的に審美的に問

表3 京都市山科地区のフロリデーシヨンのう蝕予防効果

年齢	平均DMFT		予防効果(%)
	山科地区	修学院地区	
7	0.40	1.03	61.2
8	0.95	1.70	44.1
9	1.21	1.44	16.0
10	1.34	2.36	43.2
11	2.39	3.59	33.4
12	2.46	3.73	34.0
13	2.64	4.46	40.8
14	3.50	5.77	39.3
15	4.44	6.27	29.2
全体			38.1

(美濃口ら, 1986)

表4 日本のフロリデーシヨン実施経験地区におけるう蝕と歯のフッ素症発現状況

地域 (緯度) 気温(平均/最高) <sup>1)</sup>	報告者	調査年	フッ化物濃度 (ppm)	対象年齢	う蝕		歯のフッ素症								
					index	抑制率%	所有率% (Mo & S*)	CFI <sup>+</sup>							
山科 (35° 01') 15.6 / 20.4	美濃口	1963	0.6	7-8	deft	12.3									
					DMFT	38.1									
		1962					9.8 <sup>+1)</sup>	(0.6) 0.29							
沖縄 (26° 12') 22.6 / 25.1	口腔衛生学会	1961		12-14	DMFT	24.3	22.9 <sup>+2)</sup>								
	上田ら	1977	0.7-0.8	12-13	DMFT	50.2	7.9(0.0)	0.19							
									Kobayashi et al.	1985	0.7-1.0 <sup>+4)</sup>	DMFS	26.2		
											重度う蝕 <sup>+3)</sup>	81.8			
眞木ら			非フッ素地区	18-22			1.0(0.0)	0.03							
										0.7-1.0 <sup>+4)</sup>	18-22		7.8(0.0)	0.18	

Mo & S\*: moderate, severeを持つ者(%)

(筒井, 八木, 2001)

CFI+: Community Fluorosis Index

<sup>1)</sup>: 日平均気温の年平均/日最高気温の年平均(°C)

<sup>+1)</sup>: 発育不全歯

<sup>+2)</sup>: 白濁様歯牙(左右対称に持つもののみ)

<sup>+3)</sup>: 出生から5, 8歳まで0.1-1.0ppmFのフロリデーシヨンを経験

<sup>+4)</sup>: 歯髄処置を必要とした重度う蝕の平均

表5 北関東の自然状態で水道水中フッ化物濃度が0~1.4ppm 地区におけるう蝕と歯のフッ素症発現状況

地域 (緯度) 気温(平均/最高) <sup>†</sup>	報告者	調査年	フッ化物濃度 (ppm)	対象年齢	う蝕		歯のフッ素症	
					index	抑制率%	所有率% (Mo & S*)	CFI <sup>+</sup>
北関東 (36° 00'- 36° 33') 13.0 / 17.7- 13.7 / 18.6	筒井	1983	0.0-0.2	4-5	dfs	control		
			0.2-0.4	4-5	dfs	12.3		
			0.4-0.6	4-5	dfs	24.6		
			0.6-0.8	4-5	dfs	20.4		
			0.8-1.0	4-5	dfs	27.0		
			1.0-1.4	4-5	dfs	51.2		
八木 (う蝕)	筒井ら (歯のフッ素症)	1987	0.0-0.2	10-12	DMFS	control	1.6(0.0)	0.04
			0.2-0.4	10-12	DMFS	40.5	1.9(0.0)	0.07
			0.4-0.6	10-12	DMFS	47.0	4.1(0.0)	0.10
			0.6-0.8	10-12	DMFS	28.8	10.6(0.0)	0.19
			0.8-1.0	10-12	DMFS	53.9	7.8(0.0)	0.21
			1.0-1.4	10-12	DMFS	62.4	15.4(0.0)	0.30

Mo &amp; S\*: moderate, severeを持つ者(%)

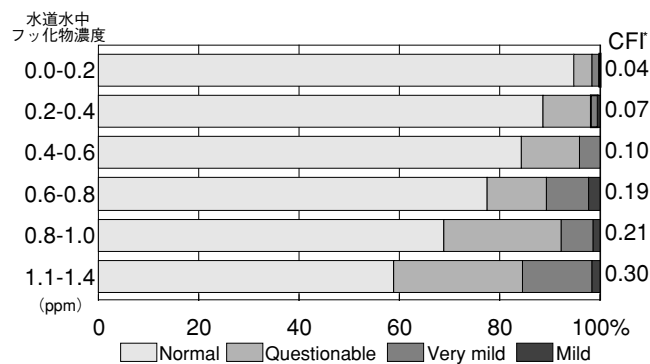
(筒井, 八木, 2001)

CFI<sup>+</sup>: Community Fluorosis Index (地域フッ素症指数)

CFI: 0.4以下--公衆衛生上, 問題なし。

CFI: 0.4~0.6-境界域

CFI: 0.6以上--公衆衛生上, 問題あり。歯のフッ素症が出ているということで水道水のフッ化物濃度を下げる必要がある。

<sup>†</sup>: 日平均気温の年平均/ 日最高気温の年平均(°C)

Moderate, Severeは、いずれのフッ化物濃度群においても発現なし

図8 北関東の自然状態で水道水中フッ化物濃度が0~1.4ppm 地区における歯のフッ素症発現状況 (筒井ら, 1994)

題とされる Dean 分類の moderate 以上のフッ素症の発現がないこと

全体的にはフッ化物濃度 0.7ppm から 1.4ppm 地区の永久歯う蝕は、低フッ化物濃度地区と較べて 50~60% 少なく、乳歯う蝕は 1.1~1.4ppm 地区で 51% 低くなっていた。歯のフッ素症は 0.8~1.4ppm の範囲で 7.8~28.1% の発現であったが、いずれも審美的に問題とならない軽度なもの (mild 以下) であった (表 7)。

以上の結果から、日本を南から北の 3 つの地域に分け、

中部以西では 0.7~0.9ppm、関東から青森までが 0.9~1.1ppm、そして北海道で 1.0~1.2ppm の至適フッ化物濃度を提案している (図 9)。これらの値は、飲水量の違いを考慮して地域の気温によって濃度を算定している米国の至適フッ化物濃度<sup>14)</sup>とも整合性が認められた。

### (3) 社会問題としての飲料水中フッ化物

飲料水中の過剰フッ化物が原因となり社会問題化した事例がある。わが国で初めて斑状歯の流行を報告した正木の報告<sup>40)</sup>にも流行地域として名前が出ている宝塚や西宮においてである。両地域は地質的にフッ化物を多く含む六甲

表6 自然状態で飲料水中フッ化物濃度が高い地域におけるう蝕と歯のフッ素症発現状況

地域 (緯度) 気温(平均/最高) <sup>†</sup>	報告者	調査年	フッ化物濃度 (ppm)	対象年齢	う蝕		歯のフッ素症	
					index	抑制率%	所有率% (Mo & S*)	CFI <sup>+</sup>
北津軽 (40° 45') 9.8 / 14.1	田沢ら	1976	0.31-0.38	6-11	DMFT	19.6		
			0.54-0.63	6-11	DMFT	53.4		
			0.82-0.85	6-11	DMFT	44.3		
			0.90-1.06	6-11	DMFT	54.3		
			1.54-3.18	6-11	DMFT	55.2		
飯島ら	1985, 87		0.34±0.04(SD)	6-9			0.0(0.0)	0.03
			0.64±0.13	6-9			7.9(0.0)	0.16
			0.95±0.19	6-9			17.7(0.0)	0.33
			1.72±0.20	6-9			50.0(0.0)	0.86
			2.50±0.52	6-9			50.0(0.0)	0.88
笠岡 (34° 39') 15.0 / 20.1	上田ら 飯塚	1963 1967 1976	1.3-1.7* <sup>1)</sup>	10-11	DMFT	53.1	48.3(0.0)	1.33
			1.0-1.3(1.14±0.16) * <sup>2)</sup>	12-14				0.47-0.61
			0.5-0.8(0.63±0.11) * <sup>3)</sup>	9-11				0.22-0.33

Mo &amp; S\*: moderate, severeを持つ者(%)

(筒井, 八木, 2001)

CFI+: Community Fluorosis Index

†: 日平均気温の年平均/ 日最高気温の年平均(°C)

\*<sup>1)</sup>: 水源とした井戸水のフッ化物濃度から推定\*<sup>2)</sup>: 出生から3, 4歳まで1.3-1.6ppmF, それ以降は1.5-1.7ppmFの水道水を飲用\*<sup>3)</sup>: 歯牙形成期に経験した水道水中フッ化物濃度

表7 至適フッ化物濃度の判定目安に基づき各疫学調査から得られた結果を判定

地域	平均気温(°C) 日平均 / 日最高	フッ化物濃度 (ppm)	う蝕抑制率	歯のフッ素症		至適フッ化物濃度	
				CFI	Mo & S(%)	判定	予測値
北津軽	9.8 / 14.1	0.31-0.38ppm	20%			×	0.95ppmから
		0.54-0.63ppm	53%			○	1.72ppmの間の
		0.82-0.85ppm	44%			○	いずれか
		0.90-1.06ppm	54%			○	
		0.95ppm		0.33	0%	○	
北関東	13.0 / 17.7 - 13.7 / 18.6	0.6-0.8ppm	29%	0.19	0%	×	0.8~1.1ppm
		0.8-1.0ppm	54%	0.21	0%	○	
		1.0-1.4ppm	62%	0.30	0%	○	
		0.6ppm	38%	0.25-0.31	0.6%	△	0.6ppmより上
笠岡	15.6 / 20.4	0.5-0.8ppm	20-32%	0.22-0.33		○	0.8ppmから
		-				?	1.3ppmの間のい
		1.0-1.3ppm		0.47, 0.61		×	ずれか
沖繩	22.6 / 25.1	1.3-1.7ppm	53%	1.33		×	
		0.7ppm	48-52%	0.19	0%	○	0.7~0.9ppm
		-0.9ppm		0.18	0%		

(筒井, 八木, 2001)

判定結果

○: 上記条件をほぼ満たしているもの

△: 上記条件を満たしていないもの

×: 上記条件から外れるもの

?: フッ素濃度の空白によって判定できない





図9 日本のフロリデーションのための至適フッ化物濃度\* (筒井, 八木, 2001)

山系の南斜面に位置しており，以前は水道水，井戸水などに自然の状態で，水道法の基準値0.8ppmをはるかに超えるフッ化物が含まれていた。その結果，歯の外観を損なう重度の歯のフッ素症の発現がみられた。1970年代はじめに責任の所在について市当局が訴えられ，表面化した。

宝塚市はダムや井戸などの複数の水源を持ち，それぞれの水源から供給される水道水は途中でお互いに混じり合っており，ある人がある時期にどのくらいのフッ化物濃度の水道水を利用していたかを特定することはできていない。

現在，「宝塚市における給水中の暫定管理基準フッ化物イオン濃度は，0.4～0.5ppmを上限とする」という宝塚市フッ素問題調査研究会の最終答申（1974年<sup>41)</sup>を受け，フッ化物濃度0.4～0.5ppm以下で給水されており，問題となる歯のフッ素症の発現はみられなくなった。過去の過剰フッ化物による歯のフッ素症被害については，認定された患者で治療を受けた者に対して補償が行われている。

## 2) フッ化物局所応用

### (1) フッ化物洗口<sup>4)</sup>

低濃度フッ化ナトリウム水溶液で週1回，または週5回（あるいは毎日），1分間の洗口を行う方法で，保育園・幼稚園，小中学校の集団の場で行われている。またう蝕多発傾向児の個人応用が保険で認められたこともあり，歯科医

師による指導にもとづいて各家庭でも洗口が行われている。2003年1月には厚生労働省からフッ化物洗口ガイドライン<sup>42)</sup>が出され，う蝕予防法としての術式や使用環境の整備が行われた。すでにいくつかの県（新潟県，滋賀県，静岡県，佐賀県など）では，県行政の公衆衛生施策として普及が図られている。

日本における実施状況は，1970年代はじめに小学校で開始され，現在では40道府県の約3,000施設で30万人の子ども達が実施している<sup>43)</sup>。また歯科診療所で指導された個人応用35万人を合わせると約65万<sup>44)</sup>人となるが，この数字は，わが国の4歳から14歳までの対象児の約5%にしかない（表8）。

4歳から開始し14歳まで継続実施した子ども達のう蝕予防効果は50～60%である（図10）。

### (2) フッ化物歯面塗布<sup>4)</sup>

フッ化物歯面塗布はフッ化物濃度が高く，歯科医師，歯科衛生士の専門家によって主に歯科診療所で年に2～4回の塗布が行われている。市町村保健センターなどでも行政施策として乳児健診の場などを利用して実施されている（図11）。継続して塗布を受けた場合のう蝕予防効果は20～30%である。

### (3) フッ化物配合歯磨剤<sup>4)</sup>

わが国で最も利用度の高いフッ化物応用はフッ化物配合歯磨剤である。1980年代後半から急速に普及し，現在，

表8 わが国の集団フッ化物洗口実施状況 (2002年3月末調査)

都道府県	施設数	人数	都道府県	施設数	人数	都道府県	施設数	人数
北海道	146	8,915	福井県	48	2,345	山口県	40	5,043
青森県	19	4,696	山梨県	14	701	徳島県	9	240
岩手県	3	508	長野県	61	18,220	香川県	44	7,194
宮城県	33	3,705	岐阜県	23	3,232	愛媛県	86	13,893
山形県	77	8,596	静岡県	172	21,278	高知県	22	712
福島県	65	7,148	愛知県	108	16,720	福岡県	26	2,167
栃木県	17	1,848	三重県	1	24	佐賀県	234	13,486
群馬県	31	1,351	滋賀県	45	7,316	長崎県	111	8,236
埼玉県	33	3,678	京都府	120	17,287	熊本県	99	3,381
千葉県	7	384	兵庫県	9	521	宮崎県	57	2,050
神奈川県	12	1,262	和歌山県	19	1,658	鹿児島県	58	11,000
新潟県	781	79,378	島根県	43	2,035	沖縄県	26	1,444
富山県	151	15,807	岡山県	6	1,326	全国40道府県	2,951施設	303,182人
石川県	43	2,255	広島県	52	2,142			

日本むし歯予防フッ素推進会議調査

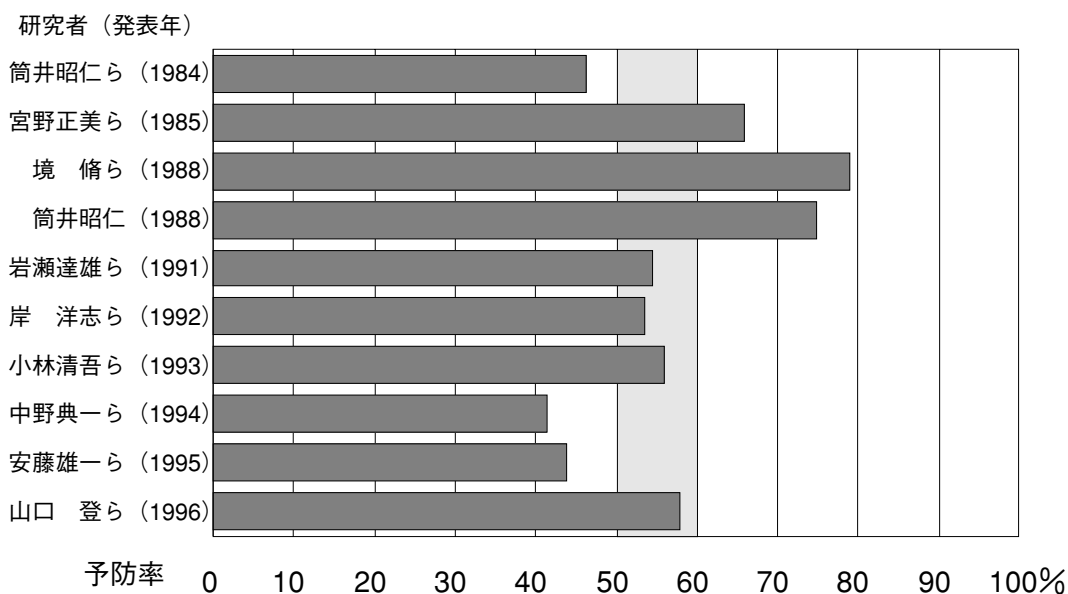


図10 フッ化物洗口の永久歯う蝕予防効果 (4歳開始群, 1980年以降の研究から)

歯磨剤市場の約80%を占有している (図12)。予防効果は20~30%である。

個人ベースの利用ではあるが、小児用の歯磨剤のほとんどが、また成人用の歯磨剤にもフッ化物配合が増えており、広く見渡せばほとんどの子ども達、多くの大人が利用するフッ化物応用となっている。

## 6. フッ化物応用を公衆衛生施策に

「健康日本21」<sup>3)</sup>における口腔保健戦略の中で、フッ化物配合歯磨剤の利用、フッ化物歯面塗布受療については目標値が設定されたが、フロリデーション、フッ化物洗口など

の地域、集団でのフッ化物応用は採用されなかった。

上述のごとく、フロリデーションについては3つの地域で経験があり、詳細な記録が残されている。それとは別に、自然状態で飲料水にフッ化物を含む地区で調査が実施され、すでに十分な情報が蓄積されている。2000年に出された厚生労働省の支援見解<sup>5)</sup>を受け、現在複数の自治体で実施が検討されている。フッ化物洗口も厚生労働省からガイドライン<sup>42)</sup>が示されたう蝕予防法である。

「健康日本21」の総論において、施策選定の根拠とすべきである<sup>45)</sup>とされたEBM評価 (表2)においても、フッ化物応用は根拠のしっかりしたう蝕予防法として位置づけら

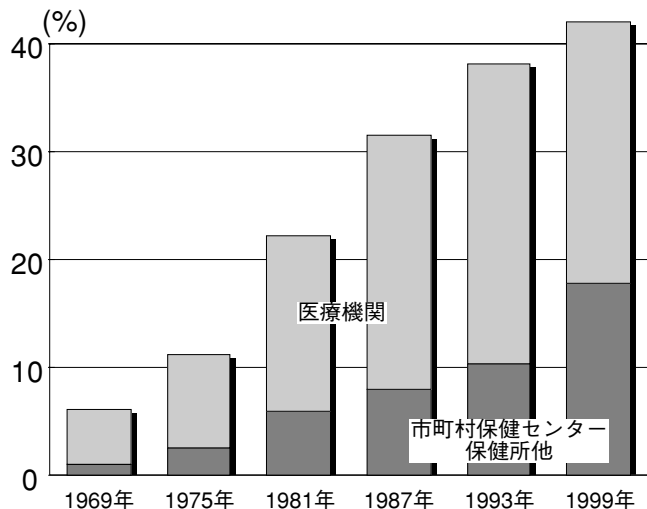


図11 フッ化物歯面塗布経験者の推移 (15歳未満-1回でも経験者)

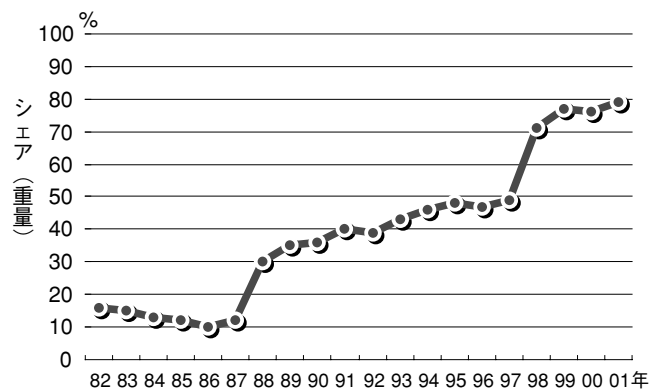


図12 フッ化物配合歯磨剤の市場占有率の推移

れており、強く推奨されている。2005年の「健康日本21」見直しの折には、フロリデーション、フッ化物洗口が、地方自治体の施策選定のメニューに掲載されることを期待したい。加えて、地方行政の採用検討の際には、歯科専門職はもちろん、他の保健行政関係者、公衆衛生関係者の理解、協力をお願いしたい。

### 参考文献

- 1) 米国国立疾病管理予防センター (CDC), 日本口腔衛生学会 フッ化物応用研究委員会訳: 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.
- 2) 厚生統計協会: 国民医療費, 国民衛生の動向 (厚生指針臨時増刊号), 49: 224-228, 2002.
- 3) 健康日本21企画検討会, 健康日本21計画策定検討会: 21世紀における国民健康づくり運動 (健康日本21) について. 報告書, 東京, 2000. 6/1-15頁.
- 4) 日本口腔衛生学会 フッ化物応用委員会編: フッ化物ではじめるむし歯予防, 医歯薬出版, 東京, 2002.
- 5) 厚生労働省 全国厚生労働関係部局長会議資料 (平成14年1月16日 (水)), 医政局, 連絡事項, 歯科保健課 4. フッ化物応用に関する動向について, 厚生労働省ホームページ.
- 6) 筒井昭仁, 八木 稔: 自治体の水道水フッ化物濃度適正化 (フロリデーション) の支援 第1報わが国における至適フッ化物濃度の検討. 日本公衛誌, 49: 530, 2002.
- 7) Rugg-Gunn A.: Preventing the preventable—the enigma of dental caries. Br Dent J, 191: 478-485, 2001.
- 8) Apanian D, Malvitz D, Presson S: Populations Receiving Optimally Fluoridated Public Drinking Water --- United States, 2000. MMWR, 51: 144-147, 2002.
- 9) 金 鍾培: 韓国における最近の歯科保健戦略, 口腔衛生会誌, 49: 450-451, 1999.
- 10) Centers for Disease Control and Prevention: Ten great achievements of the century to be touted. The Nation's Health, 5, 1999.
- 11) American Dental Association: ADA's Fluoridation Facts, Public Policy, 34. Valuable measure? ADA Home Page.
- 12) 石濱信之, 野呂千鶴子, 中垣晴男: 「Healthy People 2010」と口腔保健. 日本歯科評論 690: 205-208, 2000.
- 13) 福井次矢, 箕輪良行監訳: 予防医療実践ガイドライン. 医学書院, 東京, 1993, 435頁.
- 14) 筒井昭仁: 米国の水道水フッ化物添加を中心としたフッ化物利用の歴史と現状 —う蝕, 歯のフッ素症の状況に関するレビュー—. 口腔衛生会誌, 51: 2-19, 2001.
- 15) Eager JM: Denti di Chiaie Teeth. Publ Hlth Rep. 16: 2576-2577, 1901.
- 16) McKay FS, Black, GV: An investigation of mottled teeth: An endemic developmental imperfection of the enamel of the teeth, heretofore unknown in the literature of dentistry. Dental Cosmos 58: 477-904, 1916.
- 17) McKay FS: Progress of the year in the investigation of mottled enamel with special reference to its association with artesian water. Journal of the National Dental Association, 5: 721-750, 1918.
- 18) McKay FS: Mottled enamel the prevention of its further production through a change of the water supply Oakley, IDA. J Am Dent Assoc, 20: 1137-1149, 1933.
- 19) Dean HT: Classification of mottled enamel diagnosis. J. Am. Dent. Assoc., 21: 1421-1427, 1934.
- 20) Dean HT, Jay P, Arnold FA, Elvove E: Domestic water and dental caries II. A study of 2,832 white children, aged 12-14 years, of 8 suburban Chicago communities, including Lactobacillus Acidophilus studies 1,761 children. Publ Hlth Rep 56: 761-792, 1941.
- 21) Dean HT, Arnold FA, Elvove E: Domestic water and dental caries V. Additional studies of the relationship of fluoride domestic waters to dental caries experience in 4,425 white children, aged 12 to 14 years, of 13 cities in 4 states. Publ Hlth Rep 57: 1155-1179, 1942.
- 22) Dean HT: The investigation of physiological effects by the epidemiological method, In "Fluorine and dental health" edited by Moulton, F.R., American for the Advancement of Science, Washington DC, 1942, 23-31頁.
- 23) Forrest, JR: Caries incidence and enamel defects in areas with different levels of fluoride in the drinking water, Br Dent J, 100: 195-200, 1956.
- 24) Tsutsui A, Yagi M, Horowitz AM: The Prevalence of

- dental caries and fluorosis in Japanese communities with up to 1.4 ppm of naturally occurring fluoride. J. Pub. Hlth Dent., 60 : 147-153, 2000.
- 25) Arnold FA : Grand Rapids fluoridation study- results pertaining to the eleventh year of fluoridation. American J. of Public Health, 47 : 538-545, 1957.
- 26) Arnold FA, Likins RC, Russell AL, Scott DB : Fifteenth year of the Grand Rapids fluoridation study. J Am Dent Assoc, 65 : 780-785, 1962.
- 27) Murray JJ : Prevention of oral disease 3rd edition. Oxford : Oxford University Press, 1996. 37-38頁.
- 28) 美濃口玄 : 山科地区上水道弗素化11カ年の成績ならびに上水道弗素化をめぐる諸問題. 京大口腔科紀要, 4 : 55-124, 1964.
- 29) 美濃口玄, 小野尊陸, 今川真吾, 杉村敏正, 岩井重久, 西尾雅七 : 齲蝕予防のための上水道への弗化物添加について第14回口腔衛生学会パネルディスカッションの記録. 京大口腔科紀要, 6 : 1-22, 1966.
- 30) 上田喜一 : 研究報告書 飲料水中フッ素の許容量に関する研究. 厚生科学研究総第208号 : 1-12, 1978.
- 31) Kobayashi S, Kawasaki K, Takagi O, Nakamura M, Fujii N, Shinzato M, Maki Y, Takaesu Y : Caries experience in subjects 18-22 years of age after 13 years' discontinued water fluoridation in Okinawa. Community Dent. Oral Epidemiol., 20 : 81-83, 1992.
- 32) 加藤久二, 中垣晴男, 石井拓男, 榊原悠紀田郎 : 三重県朝日町における上水道フッ素化3年9ヶ月の齲蝕抑制効果について. 口腔衛生会誌 25 : 13-28, 1975.
- 33) 筒井昭仁 : 飲料水中フッ素濃度と乳歯う蝕り患状況の関係に関する研究. 口腔衛生会誌 36 : 189-214, 1986.
- 34) 八木 稔 : 飲料水中フッ素濃度と永久歯齲蝕患状況. 口腔衛生会誌 41 : 323-343, 1991.
- 35) 筒井昭仁, 瀧口 徹, 斎藤慎一, 田村卓也, 八木稔, 安藤雄一, 岸 洋志, 小林秀人, 矢野正敏, 葎原明弘, 渡辺雄三, 小林清吾, 佐久間汐子, 野上成樹, 小泉信雄, 中村宗達, 渡辺 猛, 堀井欣一, 境 脩 : 飲料水中フッ素濃度と歯牙フッ素症および非フッ素性白斑発現の関係. 口腔衛生会誌 44 : 329-341, 1994.
- 36) 田沢光正, 飯島洋一, 久米田俊英, 宮沢正人, 蔡 玉清, 高江洲義矩 : フッ素地区および非フッ素地区における永久歯の歯種別う蝕罹患性についての疫学的分析. 口腔衛生会誌 29 : 62-73, 1979.
- 37) 飯島洋一, 高江洲義矩, 稲葉大輔, 宮沢正人, 田沢光正 : 天然フッ素地区・北津軽における飲料水中フッ素濃度別の歯牙フッ素症発現に関する疫学的研究. 口腔衛生会誌 37 : 688-696, 1987.
- 38) 筒井昭仁, 八木 稔 : 水道水フッ化物添加の至適フッ化物濃度に関する研究. 厚生科学研究報告書 (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) : 87-105, 2001
- 39) 筒井昭仁, 八木 稔, 平田幸夫, 境 脩 : 日本における水道水フッ化物添加の実現に関する論考 —関係者の合意形成と環境整備—. 口腔衛生会誌, 51 : 138-144, 2001.
- 40) 正木 正, 三村勝隆 : 日本に於ける所謂斑状歯 Mottled teethの地理的分布. 歯科医学, 36 : 875-893, 1931.
- 41) 宝塚市フッ素問題調査研究会 : 宝塚市の斑状歯をめぐるフッ素問題調査研究に関する最終報告書, 宝塚市水道局, 宝塚, 1988.
- 42) フッ化物応用研究会 : う蝕予防のためのフッ化物洗口実施マニュアル (「フッ化物洗口ガイドライン」収録). 社会保険研究所, 東京, 2003.
- 43) 日F会議 事務局だより, 2002-No. 3, 2002.
- 44) 安藤雄一 : フッ化物洗口の普及に関する実態調査, 厚生労働科学研究報告書 (健康総合科学)
- 45) 健康日本21企画検討会, 健康日本21計画策定検討会 : 21世紀における国民健康づくり運動 (健康日本21) について. 報告書, 東京, 2000, 11-13頁.