

う蝕予防とフッ化物利用

小 黒 章

明倫短期大学 歯科衛生士学科

Dental Caries Prevention and Fluoride Application

Akira Oguro

Department of Dental Hygiene and Welfare, Meirin College

要旨：う蝕予防にフッ化物応用が有効であると考えられ、導入されて半世紀以上になる。フッ化物利用は大別して、全身応用と局所応用に分けられ、前者では、上水へのフッ化物添加、錠（粒、粉、液）剤、食塩へのフッ化物添加、ミルク、果汁飲料への添加、後者では、歯面塗布、洗口、歯磨剤への添加、などが挙げられる。各方法それぞれに異なるう蝕予防率を示すが、局所応用でも純然たる局所作用のみに限定されるわけではない。

キーワード：う蝕予防、フッ化物応（利）用

Key words：Dental caries prevention, Fluoride application

1. はじめに

う蝕症と歯周疾患は罹患率または社会経済的損失ゆえに、歯科においては長い間、最優先順位を与えて取り組むべき二大歯科疾患と位置づけられてきた。この二大歯科疾患の罹患率低下とそれに伴う歯科医療の変容が近未来に予測され、必然的に歯科医学（療）教育を根底から見直す必要を生じると思われる¹⁾。

しかし、う蝕症と歯周疾患は古くから人類を悩ませ

て来た疾病であり、比較的短期間にある程度の罹患率ないし有病率の低下をもたらすことができていても疾病そのものを駆逐することは不可能に見える。加えて、予防の手を一度弛めれば罹患率の再燃は必至と考えられる。う蝕症の予防にフッ化物利用が有効であると考えられ、導入されて久しい。フッ化物応用に至る背景と実用手法について述べる。

2. 歯の喪失の原因

統計法に基づく国の承認統計として、1957年以来6年毎に続けられている歯科疾患実態調査報告という歯科疾患の罹患（有病）実態の調査がある。被調査者数は初回以来、表1（＝同報告²⁾、表3）のとおりである。1999年の調査では、一人平均のう蝕歯数（う蝕原因の喪失歯を含む）は表2（＝同²⁾、表11）に示されるとおり、年齢に伴って増加し、図1（＝同²⁾、図19）に示される一人平均の喪失歯数と表2のM歯数（う蝕原因の喪失歯数）は近似している。つまり、図と数字から推察されるように、日本人の歯の喪失原因は（依然として）大半がう蝕によるものである。

ただし、上述の喪失歯数の算定には上下顎第3大臼歯が除いてあり、う蝕歯数の算定には上下顎第3大臼

表1. 被調査者数

	昭和32年 (第1回)	昭和38年 (第2回)	昭和44年 (第3回)	昭和50年 (第4回)	昭和56年 (第5回)	昭和62年 (第6回)	平成5年 (第7回)	平成11年 (第8回)
総 数	30,878	24,340	20,415	15,816	14,462	12,474	9,827	6,903
男	14,144	10,523	9,036	6,851	6,232	5,209	4,210	2,865
女	16,734	13,817	11,379	8,965	8,230	7,265	5,617	4,038
乳歯 (15歳未満)	11,754	8,312	5,857	—	—	—	—	—
乳歯 (1～15歳未満)	11,386	8,040	5,542	4,457	3,999	3,081	2,073	1,104
乳歯+永久歯 (5～15歳未満)	8,688	6,254	4,021	3,047	2,983	2,256	1,533	771
永久歯 (5歳以上)	27,812	22,282	18,579	14,406	13,446	11,649	9,287	6,570

平成11年歯科疾患実態調査報告，口腔保健協会，2001のp14表3を許可を得て転載

原稿受付：2001年12月15日，受理：2002年1月16日

連絡先：〒950-2086 新潟市真砂3-16-10 明倫短期大学 小黒章 TEL. 025-232-6351 (内線145)

表2. 一人平均DMF歯数（DMFT指数）の年次推移、年齢階級別（永久歯）

（単位：本）

	平成5年	平成11年	D	M	F	別に示す基準に 基づく未処置歯
総 数	14.98	15.67	1.20	5.91	8.56	0.69
5	0.07	0.01	—	—	0.01	—
6	0.23	0.19	0.14	—	0.04	—
7	0.87	0.35	0.22	—	0.13	0.05
8	1.47	0.89	0.31	—	0.59	0.11
9	2.16	1.12	0.32	—	0.80	0.04
10	2.75	2.28	0.61	—	1.67	0.18
11	3.63	2.20	0.39	—	1.81	0.13
12	3.64	2.44	0.67	—	1.77	0.34
13	4.86	3.68	0.92	0.02	2.74	0.22
14	6.10	5.22	1.74	—	3.48	0.37
15～19	7.83	7.15	1.58	0.04	5.53	0.69
20～24	10.87	9.52	1.39	0.15	7.98	0.62
25～29	13.05	11.97	1.53	0.36	10.07	0.70
30～34	14.85	13.74	1.14	0.57	12.03	0.55
35～39	15.39	15.15	1.33	1.21	12.61	0.77
40～44	15.60	15.64	1.34	1.84	12.46	0.72
45～49	15.79	16.02	1.38	3.35	11.30	0.86
50～54	16.36	16.89	1.53	4.37	10.99	0.92
55～59	18.53	17.62	1.20	6.34	10.08	0.75
60～64	20.72	18.97	1.32	8.01	9.64	0.81
65～69	23.35	21.57	1.12	11.58	8.87	0.69
70～74	24.29	23.81	1.26	15.56	6.99	0.88
75～79	26.38	25.56	1.00	19.11	5.45	0.73
80～84	26.47	25.65	1.26	20.77	3.63	1.10
85歳以上	27.61	27.16	0.66	24.01	2.49	0.58

- 注1) D：Decayed teethの略＝永久歯のう歯で未処置のもの
 2) M：Missing teethの略＝永久歯のう歯が原因で抜去したもの
 3) F：Filled teethの略＝永久歯のう歯で処置を完了したもの
 4) DMF歯数＝D＋M＋F
 5) 平成11年の未処置歯の診断基準は、前回調査の診断基準とは異なる

平成11年歯科疾患実態調査報告，口腔保健協会，2001のp24表11を許可を得て転載

□ 喪失歯所有者 ■ 28本喪失者 ● 人平均喪失歯数

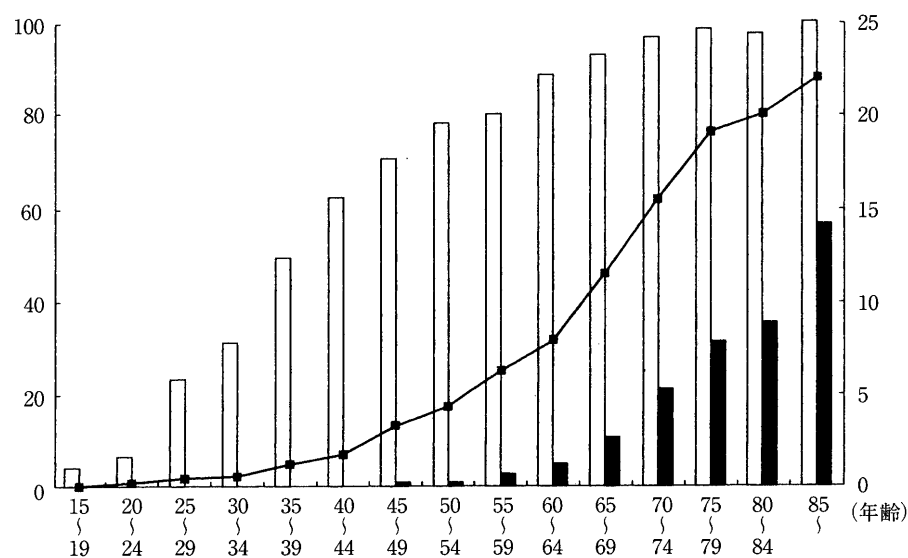


図1. 年齢と歯の喪失の関係（平成11年）

平成11年歯科疾患実態調査報告，口腔保健協会，2001のp27図19を許可を得て転載

歯が含まれている。日本人の場合、第3大臼歯（智歯、おやしらず）の何らかの萌出異常（智歯難生）が多く、下顎第3大臼歯のうち正常な萌出方向を示すものは、ある調査では、29.4%にすぎない³⁾。

歯周疾患の罹患実態が表3（＝同²⁾、表15）に示される。歯周ポケットとは、歯肉の縁から歯肉上皮が歯根セメント質に付着する部位（歯肉嚢底）までの距離を指す。健康状態ではこの距離は2～3mmであり、その場合、歯周ポケットとは呼ばず、歯肉溝と呼ぶ。歯周ポケットは歯肉嚢（病的）を言い、6mm以上では歯痛や自然脱落の原因となるような歯の動揺の原因になると考えられるが、歯の動揺がどの程度生じ、また、どの程度歯痛や自然脱落を伴うかの正確な数字はない。

8020運動に表徴されるごとく、現在歯が20歯を欠くと咀嚼機能が十分に果たされなくなる⁴⁾、と言われる。具体的基準値として20歯を念頭に置くことは日常生活あるいは臨床経験に照らしあわせ、受け入れられるひとつの目安を設定する意義がある。ヒトの成長過程を歯科的に追う場合、永久歯（列）に至る前段階として乳歯（列）に目を向けることが必要になる。乳歯う蝕の罹患状態を図2（＝平成11年歯科疾患実態調査報告²⁾、図13）に示す。上顎乳中切歯、上下顎乳臼歯う蝕率が高い。これらは隣在／後継永久歯のう蝕罹患／歯冠形成に影響する要因である。

3. 歯科医療費

1999年（平成11年）の国民総医療費推計額は30兆9337億円であり、そのうち歯科医療費は2兆5444億円（8.2%）である。1人あたりの医療費は65歳以上では年間73万700円で65歳未満の約5倍、1人あたりの歯

科医療費は65歳以上では年間2万9500円、65歳未満では1万8200円である。歯科医療費の総医療費に占める割合を年を追って拾ってみると、1962年6132億円に対して12.4%、1965年1兆1224億円に対して10.2%、1975年6兆4779億円に対して8.8%、1985年16兆159億円に対して10.5%、1990年20兆6074億円に対して9.9%、1995年26兆9577億円に対して8.8%とその割合は漸減している。国民医療費はそれまでの伸び率に比較すると、1971、1972年を境に1999年まで直線的かつ高率に伸び、対国民所得比では1970年の4.09%から1999年では8.08%を示す。

以上は全て2001年版厚生省の指標増刊「国民衛生の動向」⁵⁾によった。然るに、適正な医療費とは、ひいては適正な歯科医療費とは何か？との命題に対して明確に答えることは難かしい。純然たる医学（療）的要件を満たすことは勿論のこと、比較対照として国民所得が妥当か、社会経済状況が良くなければ医療を満足に受けられない、多くの疾病の罹患率／有病率は年齢依存（加齢増加）するが、歯科疾患の加齢増加曲線は他の疾患と同型であるか、時代的、地域的影響は？など主たる要因と考えられるだけでもいくつか有り、これらの因子の相互関係、あるいはその他の交絡因子に想い至る故に平明な方程式には行き着かない。

4. う蝕症、歯周疾患の病因論と疾病予防⁶⁾

LeavellとClark（1958、1965）によれば、疾病の自然史を表4のように3相、5段階に見ることができる。巷間、予防と称するのは第一次予防のうち特異的疾病预防を指す。

一般に、疾病病因論を三元論、すなわち、宿主・病因・環境3連環（Host-Agent-Environmental

表3. 歯肉の所見の有無、年齢階級別（5歳以上・永久歯）

（単位：%）

	所 見 の あ る 者							所見の ない者	対象歯の ない者
	総 数	ブロービン グ後の出血	歯石の新着＊ (歯周ポケット 4 mm以上で 歯石沈着のあ る者を除く)	歯周ポケット 4 mm以上 6 mm未満		歯周ポケット 6 mm以上			
				歯石沈 着あり	歯石沈 着あり				
総 数	72.88	11.33	29.06	25.36	11.48	7.14	4.07	16.91	10.21
5～14	36.51	18.80	17.44	0.27	0.00	0.00	0.00	52.59	10.90
15～24	65.17	20.57	34.22	10.39	4.28	0.00	0.00	34.83	－
25～34	79.17	17.10	40.55	19.86	7.31	1.66	1.10	20.83	－
35～44	84.27	12.00	40.82	25.69	10.56	5.76	3.36	15.73	－
45～54	88.44	9.39	35.60	33.23	14.04	10.22	5.88	10.11	1.44
55～64	85.79	7.51	28.24	37.35	18.14	12.69	7.42	7.86	6.34
65～74	72.73	6.95	20.24	34.31	16.21	11.23	6.26	4.80	22.47
75歳以上	45.82	3.97	13.81	21.13	12.13	6.90	3.35	4.39	49.79

* 歯周ポケット4 mm以上6 mm未満並びに6 mm以上で歯石沈着のある者を除く

平成11年歯科疾患実態調査報告、口腔保健協会、2001のp29表15を許可を得て転載

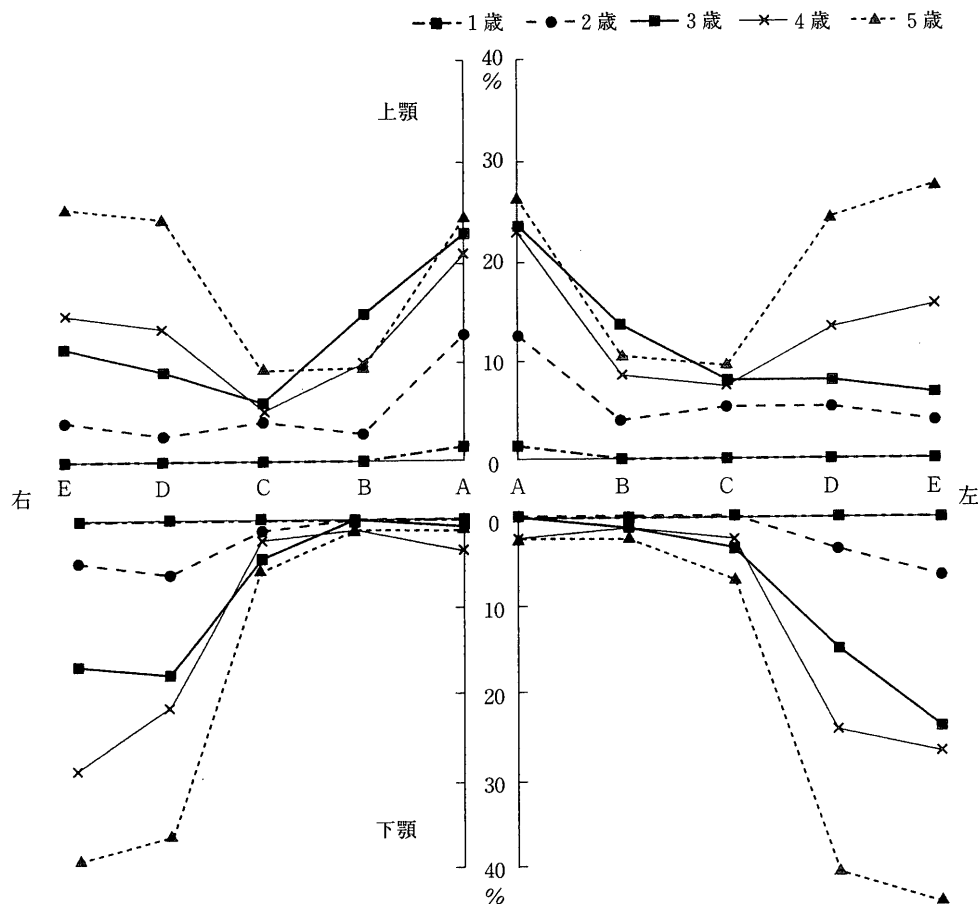


図2. 乳歯歯種別う蝕率（平成11年）

平成11年歯科疾患実態調査報告，口腔保健協会，2001のp23図13を許可を得て転載

表4. 疾病の自然史における予防の概念（LeavellとClark）

第一次予防（Primary prevention）
健康増進（Health promotion）
特異的予防（Specific protection）
第二次予防（Secondary prevention）
早期発見（早期診断）・即時処置（即時治療）
（Early diagnosis & Prompt treatment）
病勢拡大阻止／機能障害防止（Disability limitation）
第三次予防（Tertiary prevention）
リハビリテーション（Rehabilitation）

Relationship) に集約する。それに従えば、う蝕症は宿主とエナメル質のう蝕感受性が高く、う蝕原性細菌叢によって食物中の糖を基質として有機酸を生じ、歯表面の脱灰が繰り返されるうちに発症する（う蝕病因論）^{6, 7)}。これに対して、歯周疾患の病因論には未解明の部分がまだあり、究極的には三元論に集約されるとしても、現状では現象論に終始する。宿主・病因・環境要因が協調する時、疾病に働き、3要因のどれか、または複数個を働かないようにすることが特異的疾病预防の原則である。う蝕症に適用される場合、現にう蝕予防策として採られている方法を踏まえ、表5のように体系化されるが、同一項目でも複数の位置づけを

考えられる場合がある。

歯周疾患の予防処置として、リコール・ベースで毎回の歯科保健指導に加え、歯石除去を標準的に6か月毎、沈着量が多ければ3か月、少なければ1年毎に行う。逆に、リコール間隔は歯石沈着量によって決められる。必要あれば PMTC (Professional Mechanical Tooth Cleaning)、不適当な修復物の改善を指示する。

5. う蝕予防へのフッ化物応用

う蝕予防のためのフッ化物利用に至る経緯を年表として表6に示す⁸⁾。Eagerは米公衆衛生局検疫官であったが、ナポリ（周辺）出身のイタリア人アメリカ移民のなかに著しい歯の異常を示す者のいることに気づいた。歯科医学校を卒業したばかりのMcKayは開業のためにColorado Springsに移り住み、以後、斑状歯（コロラド褐色斑と同じもの）と関わりあうことになる。高名なBlackの協力を得、斑状歯の仮説に行きつくが、1920年代になってこの仮説は、斑状歯発生地域上水源が非発生地区水源に代えられ、斑状歯の発生が止むというIdaho州オークレーでのエピソードによって裏づけられた。Churchillはアルミニウム会社の研究所の化学部門の主任であったが、斑状歯の原因がフ

表5. う蝕予防法

・健康増進
栄養, 運動, 休養
・特異的予防(法)
①ブランク・コントロール
物理的, 化学的, 免疫学的
セルフ・ケア
プロフェッショナル・ケア
②間食, 砂糖摂取の知識と実践行動
摂取頻度
歯口清掃
③生活習慣の改善
生活習慣(栄養, 間食, 歯口清掃)
定期的口腔健診
④フッ化物応用
全身
局所
⑤う蝕予防処置
小窩裂溝填塞
フッ化物塗布
(フッ化ジアンミン銀塗布)

表6. う蝕予防へのフッ化物応用

1901	Eager, J.M. denti di Chiaie (chiaie teeth) と呼ばれる, エナメル質実質欠損, 着色歯を報告, mottled enamel と命名
1908	McKay, F. Colorado Springs, El PasoのColorado brown stain (コロラド褐色斑) を調査
1916	McKay, F. & G. V. Black mottled enamel (斑状歯) は歯の形成期に飲料水に含まれる何らかの成分により発生する, という仮説を導く
1931	Churchill, H. V. McKayの飲料水サンプルに13.7ppm F を測定
1933	Ainsworth, N. J. Essex州Maldonの白斑 (4.5 - 5.5ppm F) のう蝕罹患率が低いことに注目
1941	Dean, H. T. 飲料水中のフッ素濃度と, DMFT指数, 斑状歯所有者率の関係を著す
1942~3	Bibby, Cheyne フッ化物歯面塗布
1945, 6	上水フッ化物添加 (水道水フッ素化)
	米Michigan州Grand Rapidsと対照Muskegon
	New York州Newburghと対照Kingston
	Illinois州Evanston
	加Ontario州Brantford

ッ素であることを初めて明らかにした。

Ainsworth以前に, Black とMcKayはすでに, 斑状歯のう蝕罹患率が低いことに気づいていた。1941年, 米公衆衛生局の初代歯科部長H.T. Deanの研究班は21都市, 2832名の12~14歳児歯科検診結果⁸⁾ から, 飲料水中のフッ素濃度と, DMFT指数, 斑状歯所有者率の関係を検討し, 飲料水中のフッ素濃度とDMFT指数は逆相関を示し, 飲料水中のフッ素濃度と斑状歯所有者率は順相関を示すことを見出した。DMFT指

数が低く, 斑状歯所有者率も低いのは飲料水中のフッ素濃度にして1 ppm近辺である(飲水量により若干異なり, 気温が影響する)。

6. う蝕予防とフッ化物利用

1) 全身応用

年表(表6)の4都市, Grand Rapids, Newburgh, Brantford, Evanstonにおける, 上水へのフッ化物添加(Fluoridation) 14~15年後の永久歯う蝕抑制率は50~70%であった。また, 1954年のGrand Rapids における調査では, 1945~46年の同地における調査に比較し, 4~10歳の年齢群に49~17%の乳歯う蝕減少が認められた。しかし, Evanstonでは, 対照地区のOak Parkにおいて10%程度の乳歯う蝕の増加のみられた時期にあたり, 6, 7, 8歳群において-35.91~16.87%の増加率であった⁶⁾。食塩への添加, フッ化物錠剤の効果はFluoridationに多少劣るとされる。

Fluoridationの際, 標準的には, フッ素イオン濃度を1 ppmに調節するが, 日本では水道法による上水フッ素上限度(0.8 ppm)に伴い, 0.8 ppm以上にすることはできない。歯の形成期に2 ppmを継続的に摂取して歯牙フッ素症(斑状歯)が, 8 ppmの長期摂取で骨硬化症が出現するといわれている。

新潟市の上水供給中には0.11~0.15 ppmのフッ素が含まれ(無処理, 緩衝液TISABⅢ添加, 測定はフッ素イオン電極96-09; Orion Research, Boston, MA, U.S.A.), この20年間変わらない。上水中のフッ素は測定条件下において, はほぼ全てイオン化と思われる。同様に, 茶(緑茶, 紅茶, ウーロン茶浸出液)に0.1 から2ないし3 ppm含まれ, 浸出液のF濃度は産地土壌のフッ素濃度による。また, 海水に1.3 ppm含まれるといわれる。

2) 局所応用

フッ化物歯面塗布には2%NaF (9000 ppm F⁻), 8%SnF₂, 酸性フッ素燐酸溶液(APF: acidulated phosphate fluoride)などが用いられ, 20~40%のう蝕抑制率を示す⁶⁾。日本ではAPFが最もよく用いられている。フッ化物洗口には一般的に, 0.2%NaF (900 ppm F⁻) 週1回法, 0.1%週2~3回法, 0.05%毎日法が行われ, う蝕抑制率はフッ化物歯面塗布と上水へのフッ化物添加の中間と考えてよい⁶⁾。その他のフッ化物局所応用の代表的なものにフッ化物配合歯磨剤があり, 我が国では市販の歯磨剤の半数近くにフッ化物が添加されている。う蝕予防効果は塗布より低い⁶⁾。

ヒト血中の濃度は0.01~0.05 ppm F⁻⁹⁾, 他にゆるくアルブミンに結合したフッ素と炭素骨格に強固に結びついた結合型フッ素が存在するといわれ, 生体内においてはフッ素イオンのみ生物活性を示す。自然界では, 局所応用に供するフッ化物(溶液)のように濃縮

した形で存在する例はなく、フッ化物の局所応用後30分ないし2時間で血中の濃度は1.5 ppm F⁻ に達することがあり、4ないし8時間で定常濃度0.01～0.05 ppm F⁻ (上述) に復帰する¹⁰⁾。これは、フッ化物の局所利用が純然たる局所作用のみに限定されるものではないことを示し、局所応用後、飲み込み量は30～65%を現実を示す^{11, 12)}。

7. おわりに

フッ化物利用は全身応用と局所応用に大別され、各方法それぞれに異なるう蝕予防率を示す。しかし、局所応用でも局所作用のみに限定されるわけではなく、それはフッ化物局所利用後の血中フッ素イオン濃度の上昇によって明らかである。生理的血中濃度を越えた亜毒性域の症候は、これまで、歯牙フッ素症と骨硬化症のみであるとされていた^{6, 12)}。が、10年前には発癌性に対する疑問に答えるため、広範な研究がとり行なわれ¹³⁾、その後も生体への害作用に対する疑問は燦々している。そうした疑問に答え、安全にフッ化物局所応用を行うためには、研究がさらに必要とされる。

文 献

- 1) 小黒章：歯科医療の変容と米国の歯科衛生士教育。明倫歯誌 4：9-15, 2001.
- 2) 厚生労働省医政局歯科保健課編：平成11年 歯科疾患実態調査報告 - 厚生省健康政策局調査 -。口腔保健協会, 2001.
- 3) 伊藤秀夫：最新口腔外科学 (中村平蔵監修), p365, 医歯薬出版, 東京, 1971.
- 4) Budtz-Jorgensen E, Chung J P, Mojon P : Successful aging - the case for prosthetic therapy. J Public Health Dent, **60** : 308-312, 2000.
- 5) 厚生統計協会：国民衛生の動向・厚生指標 臨時増刊・第48巻第9号・通巻752号, 2001.
- 6) 島田義弘編：予防歯科学, 改訂版, 第5, 6章 (森岡俊夫著), 第7章 (堀井欣一著), 第8章 (常光旭著), 医歯薬出版, 東京, 1983.
- 7) Keyes P H : Present and future measures for dental caries control. J Am Dent Assoc, **79** : 1359-1404, 1969.
- 8) 可児瑞夫, 小林清吾：別冊 歯科衛生士 (可児瑞夫監修), p23, クイントエッセンス出版, 東京, 1996.
- 9) Singer L and Ophaug R: Ionic and nonionic fluorides in plasma (or serum) . CRC Crit Rev Clin Lab Sci, **18** : 111-140, 1982.
- 10) Ekstrand J : Pharmacokinetic aspects of topical fluorides. J Dent Res, **66** : 1061-1065, 1987.
- 11) Levy S M : Review of fluoride exposures and ingestion. Community Dent Oral Epidemiol, **22**: 173-180, 1994.
- 12) Stooky G K : Review of fluorosis risk of self-applied topical fluorides: dentifrices, mousses and gels. Community Dent Oral Epidemiol, **22** : 181-186, 1994.
- 13) U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, National Institutes of Health : Toxicology and carcinogenesis studies of sodium fluoride (CAS NO. 7681-49-4) in F344/N rats and B6C3F₁ mice (drinking water studies) ; National Toxicology Program, Technical Report Series No. 393-NIH Publication No. 91-2848 ; Public Health Service, National Toxicology Program, Public Information Office, P.O. Box 12233, MD B 2 -04, Research Triangle Park, NC 27709, 1990.