

が、非フッ化物添加地区でもフッ化物添加地区でも増加し、1日の総フッ化物摂取量は有意差が認められなかったことを報告している。そこで、日本でも齲蝕予防のために使用するフッ化物の適正摂取量や摂取許容量を決定する際には、そのベースとして、日常の食生活で摂取する1日当たりのフッ化物摂取量を把握する必要がある。また、歯磨剤からのフッ化物の取り込み量を把握する必要がある。木村<sup>3)</sup>は日本の幼児(1~6歳)の1日あたりフッ化物摂取量に関して、実際に摂取した飲食物を陰膳法にて収集し、含有するフッ化物量を測定しているが、対象人数が各年齢児5~6名と少ない。

そこで、本研究は、うがいが可能で日本では歯磨剤の利用が一般的になる3~5歳児を対象にした。陰膳法<sup>4,5)</sup>にて飲食物を回収し、実際に飲食物から摂取する1日当たりのフッ化物摂取量を測定することと、歯磨剤からの摂取量を推定することにより、幼児の1日当たりの総フッ化物摂取量を知ることが目的として本研究を行った。

## B. 研究方法

調査対象は日本の三重県四日市市およびその近郊に在住する3歳児30名、4歳児30名、5歳児34名であった。飲食用の水源にミネラルウォーターか蒸留水を使用していた一人を除外し、他の者はすべて上水道であった。上水道の水源は5水源で、最高0.15ppm年平均0.12ppmの1水源を除き、他の4水源はすべて0.08ppm未満であった。

調査への参加協力依頼で、同意が得ら

れた対象児の父母には説明会を開催し、出席できない父母については、幼・保育園のお迎えの時間帯を利用して面談した。陰膳法の回収、秤量、食餌調査や歯磨剤調査の記入方法の資料を事前に配布し、数日後に確認を計った。面談時間がとれなかった父母には電話で内容確認を行った。同様に幼・保育園の保育士、教諭、調理師等にも説明会を行い、日中の陰膳法への理解と協力を得た。

飲食物の回収はChowdhuryら<sup>4,5)</sup>の方法に従い、1999年度の夏・秋・冬の各1日、計3日間の飲食物すべてを陰膳法にて回収した。摂取しなかったフルーツの皮や骨は取り除き、食べ残した量と同等量を除外してポリプロピレン捻蓋付ジャーに回収した。同時に飲食したもののすべての品目を記入し、秤量を記載してもらった。また、加工食品については栄養表示を添付してもらった。

回収中および輸送中の飲食物はすべて冷蔵容器中に保存した。各幼児が飲食した全摂取量は天秤(Mettler PE 3600)にて秤量し、1日(24時間)の摂取量(g/day)を求めた。蒸留水を加えて業務用ブレンダー(Warring HGB-SS)にて粉碎(19,000rpm 10分)後、自動真空包装機(Tospack V-222)で真空パックし、分析まで-30℃にて冷凍保存した。

サンプル中のフッ化物の測定には、Waterhouse<sup>6)</sup>により若干修正されたTaves<sup>7)</sup>によるHMDS-HCl微量拡散法を用いて、解凍したサンプル10.0g中のフッ化物を捕集し、Orion Model 96-09複合電極にてFイオン濃度を測定した。ホモジナイズした飲食物サンプルに添加した

フッ化物の回収率は、平均 98.4%、レンジ 95.5%~98.8%であった。

フッ化物の分析は夏の測定結果(乾燥桜海老による高値)がスミルノフの棄却検定<sup>8)</sup>で棄却された3歳男児1名を除外し、3歳児(男14:女15)、4歳児(15:15)、5歳児(男19:女15)の計93名で行った。

また、同日の歯磨剤の利用回数と使用量について調査した。1回分の歯磨剤を歯ブラシ上に上面観と側面観を図示してもらった。幼児の歯磨剤の口腔残留率はメタアナリシスが可能な過去の文献結果<sup>9-14)</sup>から、general variance-based method<sup>15)</sup>を用いて統合値を求めた。その結果より口腔残留率を25%として、歯磨剤からのフッ化物摂取量を算定した。

父母には、フッ化物の結果だけではなく、同時に行った蔗糖量や塩分、その他栄養分析の結果すべてをフィードバックし、希望者には栄養指導を行った。

### C. 研究結果

3~5歳児における全飲食物の1日あたりの平均摂取量±標準偏差は1305±247 g (76.9±14.0 g/kg body weight/day)であった。表1に示すように、フッ化物摂取量の平均±標準偏差は3歳児(29名):0.296±0.193 mg/day (0.020±0.013 mg/kg body weight/day)、レンジ:0.115-0.832 mg/day (0.007-0.052 mg/kg body weight/day)、4歳児(30名):0.275±0.186 mg/day (0.016±0.011 mg/kg body weight/day)、レンジ:0.113-0.824 mg/day、(0.007-0.048 mg/kg body weight/day)、5歳児(34名):0.303±0.187 mg/day (0.016±0.011 mg/kg body

weight/day)、レンジ0.136-1.013 mg/day (0.007-0.059 mg/kg body weight/day)であった。

表2は歯磨剤の使用状況を調査した結果である。歯磨剤を使用していた者は、3歳児で70.0%(21/30)、4歳児で73.3%(22/30)、5歳児で91.2%(31/34)であった。フッ化物添加の歯磨剤を使用していた者の割合は、3歳児66.7%(20/30)、4歳児70.0%(21/30)、5歳児85.3%(29/34)であった。

### D. 考察

表3左は父母が図示したと等量の歯磨剤を秤量し、1日あたりの歯磨剤使用量を求めたものである。3歳児で0.392±0.221 g、4歳児で0.360±0.221 g、5歳児で0.464±0.215 gであった。次に、図1は、3~6歳(2歳3名を含む)の歯磨剤の口腔内残留率<sup>9-14)</sup>から、general variance-based method<sup>15)</sup>を用いてメタアナリシスにて統合した口腔内残留率25%を求めたものである。

日本の幼児の口腔内残留率はMedlineでは検出されず、医中誌および日本口腔衛生学会誌と日本小児歯科学会誌のハンドサーチでメタアナリシス可能な資料として山口ら<sup>11)</sup>の抄録が1件検索できた。3-4歳(19名):16.4%、5歳(20名):14.3%で、Simardら<sup>9)</sup>の2-3歳(5名):59.4%、4歳(9名):48.06%、5歳(9名)34.04%、Naccacheら<sup>10)</sup>の3回目の測定値、3歳(23名):40.6%、5歳(25名):29.8%、Levyら<sup>12)</sup>の3.3-4歳(28名):62.45%、Ericssonら<sup>13)</sup>の2種類の歯磨剤による結果、4歳:26.1%

と 33.2%、6 歳 : 24.5% と 28.0%、Hargreaves ら<sup>14)</sup>の 4-6 歳(44 名):28.6%、などの欧米諸国の結果に比較してかなり低いものであった。つまり、この差は歯磨剤を使用した後の洗口習慣の違いによると推測できる。山口ら<sup>11)</sup>の結果は日本の幼児の実態と理解するが、ここでは安全をみこして、メタアナリシスで統合した 25%口腔内残留率から歯磨剤の飲み込み量を推定した。表 3 右に示すように、3 歳児は  $0.103 \pm 0.061$  g、4 歳児は  $0.103 \pm 0.075$  g、5 歳児は  $0.127 \pm 0.069$  g である。

さらに、表 4 に 1 日あたりのフッ化物摂取量と体重当たりフッ化物摂取量について、飲食物のみからの摂取量(測定値)と歯磨剤と飲食物を合わせた摂取量(推定値)を一覧にした。

飲食物のみからの平均 1 日当たりフッ化物摂取量は 3 歳児(29 名) : 0.296 mg/day (0.020 mg/kg body weight/day)、4 歳児(30 名) : 0.275 mg/day (0.016 mg/kg body weight/day)、5 歳児(34 名) : 0.303 mg/day (0.016 mg/kg body weight/day)で、国民栄養調査による食品群別摂取量を利用した副島<sup>16)</sup>の算定値(3 歳児 0.95 mg、4 歳児 1.02 mg、5 歳児 1.02 mg、6 歳児 1.03mg)より低かった。一方、同様な陰膳法である木村<sup>3)</sup>の測定値(3 歳児 0.25 mg、4 歳児 0.26 mg、5-6 歳児 0.37mg)と同程度であった。

3-5 歳児の今回の結果は、諸外国のフッ化物添加地域における食事調査から算出した幼児の摂取量 0.42-1.11mg/day (McClure<sup>17)</sup>、Burt ら<sup>18)</sup>、Ophaug ら<sup>19)</sup>、Schamschla ら<sup>20)</sup>よりかなり低い。

しかし、Levy ら<sup>21)</sup>は、相対的により感度の良い方法といわれる陰膳法による分析値が、食事調査に比較して低い摂取量を示すことを指摘している。陰膳法で行った日本(非フッ化物添加地域)の幼児の摂取量 0.296-0.303mg/day は、陰膳法によるフッ化物添加地域の摂取量 0.33-0.36 mg/day (Brunetti ら<sup>22)</sup>、Chowdhury ら<sup>5)</sup>)よりやや低い程度であった。

一方、非フッ化物添加地域で比較すると、USA やハンガリーの食事調査値 0.21-0.22mg/day (Ophaug ら<sup>19)</sup>、Schamschla ら<sup>20)</sup>)やニュージーランドの陰膳法値 0.15 mg/day (Chowdhury ら<sup>5)</sup>)より高かった。しかし、水源に 0.30-0.39mgF/l を含む地域でのイランの摂取量 0.390mg/day(Zohouri ら<sup>23)</sup>)より低かった。

このことは、日本人は海藻、魚やお茶などフッ化物の多い食品を摂取する頻度が高い食文化をもっていることによると推測する。

## E. 結論

表 4 に示すように、飲食物と歯磨剤をあわせた 1 日当たりの総フッ化物摂取量の推定値は 3 歳児 0.352 mg、4 歳児 0.326 mg、5 歳児 0.386 mg、(レンジは各々、0.134-0.995mg、0.127-0.858mg、0.180-1.013mg)で、米国学術会議の Institute of Medicine による歯のフッ素症防止のための基準値 UL (1-3 歳 : 1.3mg/day, 4-8 歳 : 2.2mg/day)を超える者はいない。また、平均摂取量は適正摂取量 AI (1-3 歳 : 0.7mg/day, 4-8 歳 :

1.1mg/day) より低い、レンジではこのAIに達する者もいると推測できる。このことは、日本のフッ化物局所応用プログラムの推進には、現状では歯のフッ素症などのリスクはほぼ無いといえる。一方、上水道へのフッ化物の添加や補助剤などの全身応用の展開には、飲食物からの摂取量が欧米諸国より高いことや無糖茶などの飲料水の消費が急速に増加していることなどを配慮して考えていく必要があるだろう。

#### F. 文献

- 1) 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., Fluoride:301-311, 1997. 8.
- 2) Rojas-Sanchez,F., Kelly,S.A., Drake,K.M., Eckert,G.J., Stookey,G.K., Dunipace,A.J.: Fluoride intake from foods, beverages and dentifrice by young children in communities with negligibly and optimally fluoridated water: a pilot study, Community Dent Oral Epidemiol, Aug;27(4):288-97, 1999.
- 3) Kimura,T., Morita,M., Kinoshita,T., Tsuneishi,M., Akagi,T., Yamashita,F., Watanabe,T. : Fluoride intake from food and drink in Japanese children aged 1-6 years, Caries Res. ,35:47-49 , 2001.
- 4) Chowdhury, N.G., Brown,R.H., Shepherd

MG.: Fluoride intake of infants in New Zealand, J Dent Res. , 69(12):1828-33, 1990.

5) Guha-Chowdhury,N., Drummond,B.K., Smillie,A.C.: Total fluoride intake in children aged 3 to 4 years--a longitudinal study, J Dent Res., 75(7):1451-7, 1996.

6) Waterhouse,C., Taves,D., Munzer,A.: Serum inorganic fluoride: changes related to previous fluoride intake, renal function and bone resorption, Clin Sci (Colch), 58(2):145-52, 1980.

7) Taves,D.R.: Separation of fluoride by rapid diffusion using hexamethyldisiloxane, Talanta, 15:969-974, 1968.

8)市原清志：バイオサイエンスの統計学。南山堂、スミルノフの棄却検定；284-85、1991.

9) Simard,P.L., Lachapelle,D., Trahan,L., Naccache,H., Demers,M., Brodeur,J.M., The ingestion of fluoride dentifrice by young children, ASDC J Dent Child, 56(3):177-81, 1989.

10) Naccache,H., Simard,P.L., Trahan,L., Demers,M., Lapointe,C., Brodeur,J.M., Variability in the ingestion of toothpaste by preschool children, Caries Res.;24(5):359-63, 1990.

11)山口和巳、木本一成、平田幸夫、荒川浩久、飯塚喜一：フッ化物配合歯磨剤使

用後の口腔内残留フッ素量. III 幼稚園児の口腔内残留フッ素量の測定.、Journal of Dental Health、43:404-5,1993.

12) Levy, S.M., McGrady, J.A., Bhuridej, P., Warren, J.J., Heilman, J.R., Wefel, J.S.: Factors affecting dentifrice use and ingestion among a sample of U.S. preschoolers, *Pediatr Dent*, 22(5):389-94, 2000 .

13) Ericsson, Y. and Forsman, B.: Fluoride retained from mouthrinses and dentifrices in preschool children, *Caries Res*, 3(3):290-9, 1969.

14) Hargreaves, J.A., Ingram, G.S., Wagg, B.J.: A gravimetric study of the ingestion of toothpaste by children, *Caries Res*, 6(3):237-43, 1972.

15) Petitti, D.B.: Meta-Analysis, Decision Analysis, and Cost-Effective Analysis. Methods for Quantitative Synthesis in Medicine. Oxford University Press, Inc., 7.5 variance-based method, 1994..

16) 副島 孝 : 食品中のフッ素含有量に関する研究.、口衛誌、44:342-353, 1994.

17) McClure, F.J.: 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*, 66:362-9, 1943.

18) Burt, B.A.: The changing of systemic

fluoride intake, *J Dent Res*, 71:1228-37, 1992.

19) Ophaug, R.H., Singer, L., Harland, B.F.: Dietary fluoride intake of 6-month and 2-year-old children in four dietary regions of the United States, *Am J Clin Nutr*, 42:701-7, 1985.

20) Schamschla, R.G., Un, P.S.H., Sugar, E., Duppenhaler, J.L., Toth, K., Barmes, D.E.: Daily fluoride intake from the diet of Hungarian children in fluoride deficient and naturally fluoridated areas, *Acta Physiol Hung*, 72:229-35, 1988.

21) Levy, S.M., and Chowdhury, N.G.: Total fluoride intake and implications for dietary fluoride supplementation, *J Public Health Dent*, 59(4):211-23, 1999.

22) Brunetti, A., and Newbrun, E.: Fluoride balance of children 3 and 4 years old (Abstract)., *Caries Res*, 17:171, 1983.

23) Zohouri, F.V., and Rugg-Gunn, A.J.: Total fluoride intake and urinary excretion in 4-year-old Iranian children residing in low-fluoride areas, *British J of Nutrition*, 83:15-25, 2000.

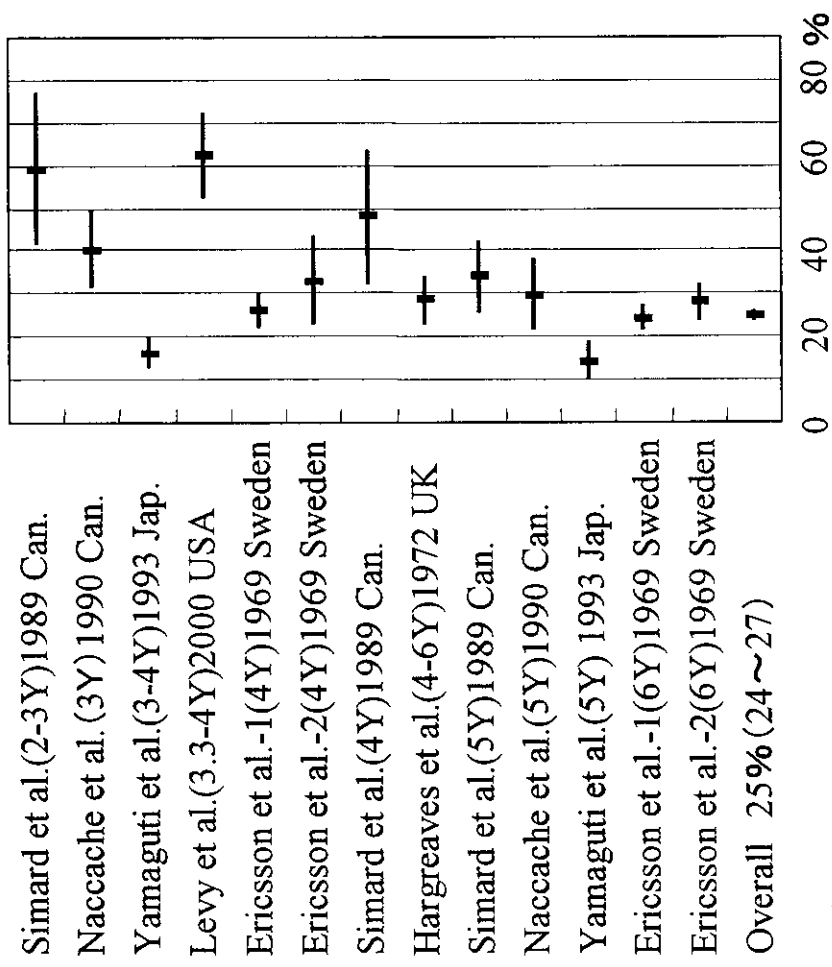


Fig.1. Overall mean percentage including 95% confidence of dentifrice ingestion by meta-analysis

**Table 1.** Fluorise intake from diet of 3-5 years old children in Japan

Age <sup>a</sup> (years)	Subject No.	mg/day				mg/kg bw			
		Mean	SD	Range	95%C.I.	Mean	SD	Range	95%C.I.
3	29	0.296	0.193	0.115-0.832	0.223-0.370	0.020	0.013	0.007-0.052	0.015-0.02
4	30	0.275	0.186	0.113-0.824	0.205-0.344	0.016	0.011	0.007-0.048	0.012-0.02
5	34	0.303	0.187	0.136-1.013	0.239-0.386	0.016	0.011	0.007-0.059	0.012-0.02

<sup>a</sup> As of the beginning of preschool years (April 2)

**Table 2.** Dentifrice use of 3-5 years old children in Japan

Age (years)	Subject No.	Using dentifrice		Not using dentifrice No.(%)
		With fluoride No.(%)	Without fluoride No.(%)	
3	30	20(66.7)	1(3.3)	9(30.0)
4	30	21(70.0)	1(3.3)	8(26.7)
5	34	29(85.3)	2(6.7)	3( 8.8)

**Table 3.** Estimated fluoride intake from dentifrice for 3-5 years old children using fluoride denti

Age (years)	Subject <sup>a</sup> No.	Fluoride dentifrice used per day (g)			Fluoride intake mg /day <sup>b</sup>		
		Mean	SD	Range	Mean	SD	Range
3	20	0.392	0.221	0.107-0.700	0.103	0.061	0.027-0.213
4	21	0.360	0.258	0.090-1.030	0.103	0.075	0.023-0.258
5	29	0.464	0.215	0.130-0.820	0.127	0.069	0.033-0.338

<sup>a</sup> Subject used fluoride dentifrice

<sup>b</sup> Fluoride intake based on 25% dentifrice ingestion found in meta-analysis( see Fig.1)

**Table 4.** Fluorise intake and body weight from diet alone, and diet and dentifrice of 3-5 years old children in Japan

	Diet alone				Diet and Dentifrice			
	Mean	SD	Range	95%C.I.	Mean	SD	Range	95%C.I.
3-year-olds(n=29)								
mg/day	0.296	0.193	0.115-0.832	0.223-0.370	0.352	0.215	0.134-0.995	0.270-0.434
mg/kg bw	0.020	0.013	0.007-0.052	0.015-0.025	0.024	0.014	0.010-0.062	0.018-0.029
4-year-olds(n=30)								
mg/day	0.275	0.186	0.113-0.824	0.205-0.344	0.326	0.189	0.127-0.858	0.255-0.397
mg/kg bw	0.016	0.011	0.007-0.048	0.012-0.020	0.019	0.011	0.007-0.050	0.015-0.023
5-year-olds(n=34)								
mg/day	0.303	0.187	0.136-1.013	0.239-0.386	0.386	0.181	0.180-1.013	0.323-0.449
mg/kg bw	0.016	0.011	0.007-0.059	0.012-0.021	0.021	0.011	0.010-0.059	0.017-0.024

厚生科学研究費補助金（医療技術評価総合研究事業）  
研究報告書

フッ化物の適正摂取量の推定

日本人における飲食物からのフッ化物摂取量に関する文献的考察

協力研究者 佐久間汐子 新潟大学歯学部予防歯科学講座

研究要旨：わが国の飲食物からのフッ化物摂取量に関する報告を年齢、食品のサンプリング法、フッ化物の定量方法などの項目別に整理し、総摂取量について総括することを目的とした。調査対象年齢に関しては、成人が11編、11、12歳児が3編、6歳児以下が5編あり、食品のサンプリング方式では、マーケットバスケット方式およびそれに準ずるものが13編、陰膳食法が6編であった。定量法では比色法が5編、イオン電極法が11編、不詳3編であった。

飲食物からの総摂取量は、以下の通りである。成人では0.89～5.4mgと報告間でレンジが大きいのが、1990年代の報告に限定すると0.89～1.29mgであった。また、乳児では、ドライミルクと乳児食品を摂取した場合0.09～0.27mg、幼児では1～4歳で0.23～0.27mg、5、6歳では0.38mgであった。乳幼児における総フッ化物摂取量は、諸外国の水道水フッ化物化が行われていない地域の摂取量とほぼ等しく、米国医学研究所食品栄養審議会がまとめた「Dietary Reference Intakes for Calcium, Phosphorus, Magnesium, Vitamin D, and Fluoride」における「Adequate intake」の約2分の1であった。

A. 研究目的

日本人はフッ化物の栄養学的所要量への程度満たしているであろうか、全身応用を念頭に歯科保健環境の改善を推進しようとする現在、水道水フッ化物添加における至適フッ化物濃度の検討と同時に適正フッ化物摂取量の提示が求められている。

本報告は、わが国の適正フッ化物摂取量の設定に関する調査研究の実施に先立ち、わが国の飲食物からのフッ化物摂取量に関する報告を総括することを目的とする。

B. 研究方法

わが国のフッ化物摂取量に関する報告を調査方法に関して、「調査対象年齢、調査地域、地域の飲料水中フッ化物濃度、

食品のサンプリング方法（マーケットバスケット方式あるいは陰膳食方式）、参照した食品中フッ化物濃度値の出典、食品中フッ化物濃度の測定方法」別に整理し、摂取量については総摂取量の他、媒体として食品、水、お茶に分類して総括した。また、マーケットバスケット方式に準ずる方法として、食品選択およびその摂取量に関する情報を栄養調査報告、献立表、および食事アンケートから獲得し、それに既知の食品中フッ化物濃度を考慮して総摂取量を概算する方法を採る場合があるが、それらの報告については、情報源により分類した。

C. 研究結果

1. 食品中のフッ化物濃度

日本食品のフッ化物濃度の概要をわが



国の4つの文献から飯塚<sup>1)</sup>がまとめている。これらは諸外国のデータをまとめたものとほとんど一致する、という。その要約は次のようになる。穀類：0.1~2.5, 豆類：0.1~0.3, 果実類：0.1~1, 野菜類：0.1~1 (大部分は0.2~0.3), 茶葉：50~400 (対乾燥重量), 茶 (飲用)：0.4~2, 魚介類のなまもの：0.2~10, 肉類：0.1~2 (大部分0.6以下), 肉 (塩漬)：1~3, 肉 (骨を含む)：200~400, ソーセージ：0.2~1.5, 卵類：0.1~1, 牛乳：0.1, チーズ：0.1~1, バター：1.5, マーガリン：0.1~0.4 (対生体重量; mg/kg=ppm) である。他に友松ら<sup>12)</sup>, 副島<sup>13)</sup>の報告, また, お茶やミネラルウォーターに関する報告<sup>2,3)</sup>があるが, ほとんどがこの範囲に含まれる。

## 2. 日本人のフッ化物摂取量

日本人の総フッ化物摂取量については, 1950年代から19編<sup>4)22)</sup>の報告を参照できる。調査地域, サンプルング方法, フッ化物定量法など異なるが, 食品のサンプルングおよび摂取量の算定方法により分類すると, マーケットバスケット方式 (Market basket food collection) 4編, 国民栄養調査に基づく食品選択など6編, 献立表や食事アンケート3編, 陰膳食法 (Duplicate - portion sampling) 5編, である。これらの文献について1人1日当たりのフッ化物摂取量を年齢群別に概観する。

成人について表1-1に, 6歳以下の幼児について表1-2にまとめた。成人では, 斉藤<sup>5)</sup>は食品から0.6-1.4mg, 水と茶から1.5-2.1mg, 合計2.1-3.5mg, 飯塚<sup>9)</sup>は食品から0.4-1.8mg, 水と茶から0.08-0.94mg, 合計0.48-2.46mgとし, 友松<sup>12)</sup>はマーケットバスケット方式で行い, 平均フッ化物摂取量を2.5mg (1.6~5.4mg) としている。また, 1990年度以降の報告では, 陰膳食法を採用した調査が多く, 小山<sup>10)</sup>が行った魚肉, 獣肉摂取による出納実験での1日当たりの平均フッ化物摂取量は, 魚肉献立, 獣肉献立, それぞれ1.3mg, 0.9mgであった。また, 荒川他<sup>17)</sup>の報告では, 食品から0.14mg, お茶から1.04mg

で総摂取量は1.17mgであった。食品に限定した摂取量としては, 井川<sup>13)</sup>の出納実験における0.4mg, 渡辺他<sup>16)</sup>の実験における1.4mg (0.8~2.7mg) である。以上, 成人に関する全ての報告をまとめると, 食品から0.36~4.86mg, 水から0.01~0.11mg, お茶から0.07~1.09mg, そして総フッ化物摂取量は0.89~5.4mgとなる。

小学校6年生および12歳児を対象とした調査では, 献立表による鮫島<sup>4)</sup>, 食事アンケートに基づく副島の報告<sup>6,7)</sup>からフッ化物の1日摂取量の範囲は0.9~3.7mgであった。

6歳以下に関する報告は5編を参照できる。2~4ヶ月児で1日600mlの乳を摂取する場合, フッ化物摂取量は母乳栄養児では0.003mg, 人工乳では0.066mgとなる<sup>18)</sup>。3ヶ月児で人工乳を1日1,000ml飲用する場合0.074mgのフッ化物摂取量になり<sup>20)</sup>, 離乳食として乳児用食品が加わると0.175mgとなる<sup>21)</sup>。6ヶ月児では, 人工乳と乳児用食品で0.09~0.24mg<sup>19,21)</sup>と報告され, 同様に7, 8ヶ月児では0.27mg<sup>21)</sup>であった。また, 1歳から6歳までの幼児 (各年齢群5, 6名) を対象に陰膳食法による調査を行った木村<sup>22)</sup>は, 1日の総フッ化物摂取量 (平均値) を1~4歳では0.23~0.27mg, 5, 6歳では0.38mgと報告している。

## D. 考察

### 1. 飲食物からのフッ化物摂取量

総フッ化物摂取量は, 飲料水中フッ化物濃度と飲水量, 食品中フッ化物濃度とその摂取量の影響を受け, 飲水量や食品摂取量は, 地域の気候風土, 個人の食嗜好などの影響を受ける。わが国では, 主要54都市の上水道のフッ化物濃度は0.05~0.2ppm<sup>9)</sup>と報告されているので, 現状では, 一定レベル以上のフッ化物を天然に含む飲料水を利用する個人や地域は例外として, 飲料水中フッ化物濃度の摂取量への影響は小さいと考えられる。

フッ化物摂取量に関する既報告は, 調査地域, フッ化物定量法などが異なり, 算定の基礎となる食品中フッ化物濃度に

かなりの変動幅が認められるため、推定摂取量は 0.89~5.4mg (成人) とレンジが大きくなっている。飯塚<sup>1)</sup>は、日本食品中のフッ化物量について総括し、わが国の食品群別摂取量をもとに試算しているが、成人が1人1日で食品、水、お茶の合計で 0.75~2.15mg (平均 1.43mg) になるとし、成人が1日の飲食物からのフッ化物摂取量が 2mg を越すことは非常に少ないであろう、と述べている。

歯科保健的にフッ化物摂取量が注目される年齢群は、フッ化物のリスクインデキサーである「歯のフッ化物症」の発現が問題となる永久歯列の歯冠完成期以前の年齢層、即ち8歳未満児である。このような年齢群に対するわが国の報告は、1990年代に行われたものが多く、定量方法も同じである。なかでも乳児が飲用するドライミルクや乳児用食品のフッ化物濃度はメーカー別など詳細な報告<sup>18-21,23,24)</sup>を見ることができ、それに基づいて1日当たりの総フッ化物摂取量が推定されている(表1-2)。これらの推定値はアメリカ、カナダのフッ化物化が行われていない地域の乳児の摂取量<sup>25)</sup>とほぼ同じである。ドライミルクや乳児用食品は飲料水で溶解して利用することから、こうした食品に由来するフッ化物摂取量は飲料水中フッ化物濃度の影響を受ける。Chittaisong<sup>20)</sup>は、3ヶ月児、6ヶ月児について、フッ化物濃度 1ppm で水道水フッ化物添加が行われた場合を想定して1日総摂取量を併せて算定している。3ヶ月児では、フッ化物添加されていない場合の 0.074mg に対しフッ化物添加された場合 1.056mg、6ヶ月児では同様に 0.098mg から 0.971mg へ増加すると計算される。アメリカ、カナダのフッ化物添加地域に住む乳児の総フッ化物摂取量(6ヶ月児の場合 0.4~0.76mg)は、非フッ化物添加地域の乳児の約2倍である<sup>25)</sup>。しかし、Chittaisong<sup>20)</sup>の推定値は、フッ化物添加された場合10倍以上に増加し、また、アメリカ、カナダのフッ化物添加地域に住む乳児の摂取量の約2倍と大きい。この推定値はある仮定の下での計算上の数値で

はあるが、フッ化物添加が特に人工栄養児に与える影響については、ミルクや乳児用食品中のフッ化物の生物学的利用能も含め考察する必要があるだろう。水は、ドライミルクや乳児用食品の溶解のみならず、食品の調理や加工にも用いるので、そのフッ化物濃度が摂取食品のフッ化物濃度に関与し、総フッ化物摂取量に影響を及ぼす。荒川<sup>17)</sup>は、成人を対象に「水道水」と「フッ化物濃度を 1ppm に調製した飲料水(調製水)」をそれぞれ用いて同一の献立による食事を調製し、1日の総フッ化物摂取量を測定している。調製水で調理された食品のフッ化物濃度は上昇し、1日の総フッ化物摂取量は 1.2mg (水道水の場合)から 2.2mg に増加した。その増分の内訳は固形食品で 0.55mg、飲料で 0.49mg であり固形食品の方が多かった。しかし、調査期間中同時に採取された24時間尿の分析によると、尿中フッ化物排泄量は、水道水および調製水の両方で共に飲料からのフッ化物摂取量と殆ど等しく、固形食品から摂取されたフッ化物の生物学的利用能は低く、固形食品のフッ化物濃度が上昇した場合において、栄養学的、また、毒性学的いずれにおいても影響は小さいことが考えられた。

幼児を対象とした報告は、木村他<sup>22)</sup>の陰膳食法の報告に限定される。これらの数値も諸外国のフッ化物添加されていない地域の幼児の摂取量<sup>25)</sup>に近似している。

わが国の乳児・幼児の総フッ化物摂取量と、米国医学研究所食品栄養審議会(Food and Nutrition Board, Institute of Medicine)がまとめた「Dietary Reference Intakes for Calcium, Phosphorus, Magnesium, Vitamin D, and Fluoride: DRI」<sup>26)</sup>におけるフッ化物の「適正摂取量(Adequate intake: AI)」と比較してみたい(表2)。DRIでは、「AI」の定義を、「Dean分類でいう moderate タイプの歯のフッ素症をはじめとする不要な副作用を生じさせることなく、住民に最大のう蝕抑制効果をもたらした推定摂取量に基づくものである」とした。至適フッ化物濃度飲料水地域に住んでいる子どもが、

平均的に摂取する食事性フッ化物量「0.05 mg/kg (体重) /日 (0.02~0.10 mg/kg/日)」を参考値として、性別、年齢別に「AI」を設定している。わが国の報告では、表3に示したとおり6ヶ月児から6歳児までの総フッ化物摂取量は0.02~0.03 mg/kg (体重) /日<sup>21,22)</sup>であり、DRIが設定した「AI」のほぼ2分の1であった。

## 2. フッ化物の局所応用法からの摂取量

わが国ではフッ化物の局所応用(歯面塗布、洗口、配合歯磨剤)が普及している。局所応用法からのフッ化物摂取量、即ち応用後の口腔内残留フッ化物量は、総フッ化物摂取量に対してどれくらいの比率を占めるのであろうか。表3に各局所応用時の口腔内残留量の概算値をまとめた。残留率は一般に用いられている数値<sup>27-29)</sup>を参照した。表4に年齢別に利用できる局所応用の実践例にしたがって、局所応用からの摂取量(残留量)に食事からの摂取量を加算して、1日当たりの総フッ化物摂取量を試算した。総フッ化物摂取量は、日常個人的に利用する歯磨剤(レノビーゴを含む)のみ使用した場合と、フッ化物歯面塗布やフッ化物洗口との複合応用を実施した場合の2通りについて示した。DRIが設定した「AI」を参照すると、4、5歳児における週5回のフッ化物洗口の場合を除き、複合応用の実施日は「AI」を超過するが、日常的な総摂取量は年齢別の「AI」の50~70%に相当する。また、週5日実施され、ほぼ日常的な利用と考えられる園児のフッ化物洗口との複合応用で約「AI」に匹敵する量になる。したがって、歯科保健上フッ化物利用が特に要求される幼児期において、わが国の総フッ化物摂取量は現在適正量を満たしているとはいえない。

## 3. 今後の調査

適正量「AI」の提示において、根拠となる至適フッ化物濃度地域を特定しがたいわが国では、「う蝕有病状況・歯のフッ素症の発現状況・飲食物からのフッ化物摂取量」の関連性について調査研究がな

く、DRIの定義におけるフッ化物の「AI」を設定することは現在のところ困難である。ヒトのフッ化物摂取における「AI」は、人種により異なる筈はなく、先進諸外国の数値を日本人に適応させてよいとする意見もあろう。しかし、わが国におけるフッ化物摂取量等のデータは栄養学的側面からも経年的にモニタリングされる必要性は高く、特に、水道水フッ化物化実施後においては必須のモニタリング項目であろう。したがって、主要食品のフッ化物濃度については、マーケットバスケット方式での摂取量算定の際に、参照できるような信頼性の高い数値の提示が早急の課題である。分析食品のサンプリングについては、食習慣や気候の違い、季節変動などを考慮した地域や時期を設定することが望まれる。

また、飲料水中に或るレベル以上のフッ化物を天然に含む地域におけるフッ化物摂取量の現状を把握することの意義は大きい。当該地域において、15歳(8歳)以下の年齢層を対象に、う蝕有病状況、歯のフッ化物症の発現状況についても調査し3者の関連性を評価する必要がある。その結果は、適正摂取量の参考値として寄与する可能性が期待されるからである。そこでは、陰膳食法の採用が望ましい。陰膳食法は、実際の個人の食餌に基づいており、体重、年齢、性別などの属性とフッ化物摂取量が連動するので、集団における変動域など明瞭になる利点がある。なお、フッ化物定量法は、“微量拡散-フッ化物イオン電極法”を採用し、さらに、食品に含まれるフッ化物の生物学的利用能は各食品で異なるので、吸収フッ化物量を推定するために食品中のカルシウム濃度の測定や対象児の尿中フッ化物量を測定することも、可能な限り有効なフッ化物摂取量を推定するために要求される。

## E. 結論

飲食物からの1日当たりの総フッ化物摂取量日に関するわが国の報告によると、成人では0.89~5.4mgと報告間のレンジが大きい。しかし、1990年代の報告に限

定すると 0.89~1.29mg である。また、乳児では、ドライミルクと乳児食品を摂取した場合 0.09~0.27mg、幼児では 1~4 歳で 0.23~0.27mg、5、6 歳では 0.38mg であった。乳幼児における総摂取量は、アメリカ、カナダの水道水フッ化物添加が行われていない地域の摂取量とほぼ等しく、DRI が示した「AI」の約 2 分の 1 であった。

#### F. 文献

- 1) 日本口腔衛生学会フッ化物応用研究委員会編 (1998) : フッ化物応用と健康-う蝕予防効果と安全性-, 8~10 頁, 口腔保健協会
- 2) 市橋透, 斉藤邦男, 川村和章, 山崎朝子, 平田幸夫, 荒川浩久, 飯塚喜一 : 市販ミネラルウォーター類および缶入りお茶類中のフッ素濃度の実態調査, 口腔衛生学会雑誌, **45**:419-427, 1995.
- 3) 近藤武, 矢崎武, 奥寺元 : 緑茶に含まれるフッ素の吸収, 口腔衛生学会雑誌, **23**, 45-51, 1973.
- 4) 鮫島一男 : 日本人フッ素摂取量に関する研究, 口腔衛生学会雑誌, **8** : 37-45, 1958.
- 5) 斉藤博美 : 日本人成年男子の日常摂取する食餌の弗素含有量に関する研究, 防衛衛生, **7** : 13-25, 1960.
- 6) 副島侃二, 萩原兼志, 野瀬清 : 水道水フッ化物添加の適量に関する研究-京都山科山階小学校における斑状歯出現について-, 日本公衛誌, **9**:251-254, 1962.
- 7) 副島侃二, 萩原兼志 : 水道水フッ化物添加の適量に関する研究, 日本公衛誌, **10** : 17-20, 1963.
- 8) 美濃口玄 : 山科地区上水道フッ化物添加 11 年の成績ならびに上水道弗素化をめぐる諸問題, 京大口科紀要, **4** : 95-124, 1964.
- 9) 飯塚喜一 : フッ素に関する衛生学的研究第 2 編 : ヒト歯牙, 食品及び上水道水中のフッ素量, 日本衛生学雑誌, **19** : 1-7, 1964.
- 10) 佐藤匠, 吉武一貞, 中西久 : 日本人のフッ素摂取量に関する研究, 日本口腔科学会雑誌, **14** : 262, 1965.
- 11) 角田文男, 国田博子 : 動植物中のふっ素について-自然と汚染-, 公害と対策, **9** : 613-619, 1973.
- 12) 友松俊夫, 鈴木二郎, 中沢久美子, 木村康夫 : 食品中のフッ素の定量について (第 2 報) Market-Basket Study に準拠した摂取量の評価, 東京衛研年報, **26** : 192-195, 1975.
- 13) 井川友司 : 成人の実験的日常生活摂取によるフッ素の出納について, 日本口腔科学会雑誌, **40** : 2-23, 1990.
- 14) 小山徹 : 魚肉, 獣肉摂取による成人のフッ素出納に関する研究, 歯学, **81** : 153-169, 1993.
- 15) 副島隆 : 食品中のフッ素含有量に関する研究, 口腔衛生学会雑誌, **44** : 342-353, 1994.
- 16) 渡辺美鈴, 河野公一, 土手友太郎, 織田行雄, 白田寛, 吉田康久, 西牟田守, 児玉直子, 長家秀博 : フッ化物暴露指標としての尿中フッ素濃度に及ぼす食事摂取の影響とフッ素濃度の補正值についての検討, Biomed Res Trace Elements, **5**:93-100, 1994.
- 17) Arakawa H., Song W., Toda S., Usui S., Kimoto K., Hirata Y. : 24-hour fluoride intake and urinary fluoride excretion in Japanese adults, 4<sup>th</sup> AAPD in Beijing 2000.
- 18) 原康二, 平田幸夫, 谷武, 木本一成, 田中智子, 飯塚喜一 : 母乳中のフッ素に関する研究, 口腔衛生学会雑誌, **34** : 215-219, 1984.
- 19) Nishijima M.T., Koga H., Maki Y., Takaesu Y. : A comparison of daily fluoride intakes from food samples in Japan and Brazil, Bull. Tokyo dent. Coll., **34**: 43-50, 1993.
- 20) Chittaisong C., Koga H., Maki Y., Takaesu Y. : Estimation of fluoride intake in relation to F, Ca, Mg and P contents in infant foods, Bull. Tokyo dent. Coll., **36**: 19-26, 1995.
- 21) 古賀寛, 友利隆俊, 高江洲義矩 : 乳

- 児用食品摂取にもとづく1日フッ化物摂取量の推定, 口腔衛生学会雑誌, 45 : 680-681, 1995.
- 22) 木村年秀, 木下正良, 吉田雅智, 森田学, 渡邊達夫, 山下文夫 : 保育園児のフッ素摂取量, 口腔衛生学会雑誌, 46 : 468-469, 1996.
- 23) 渡辺猛, 椿田直也, 宮城昌治, 岩本義史 : 食品中のフッ素に関する研究 - 第1報 乳児用調製粉乳中の総フッ素の定量 -, 口腔衛生学会雑誌, 39 : 387-392, 1989.
- 24) Tomita M., Sugimura T., Koyama M., Kaneko Y. : Determination of total and ionic fluoride in formula milk produced in Japan, *Journal of Dental Health*, 42: 316-323, 1992.
- 25) Levy S.M., Kiristy M.C., Warren J.J. : Sources of fluoride intake in children, *Journal of Public Health Dentistry*, 55: 39-52, 1995.
- 26) 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, VIII FLUORIDE p.8-11~8-14.
- 27) 須藤明子, 小林清吾, 堀井欣一 : 歯ブラシを用いたフッ化物ゲル歯面塗布法の口腔内フッ素残留量, 口腔衛生学会雑誌, 42 : 387-392, 1992.
- 28) 日本口腔衛生学会フッ化物応用研究委員会編(1998) : フッ化物応用と健康 - う蝕予防効果と安全性 -, 口腔保健協会, 東京, 1998, 127頁.
- 29) 日本口腔衛生学会フッ素研究部会編 : 口腔保健のためのフッ化物応用ガイドブック, 口腔保健協会, 東京, 1994, 75頁.
- 30) 厚生省保健局医療局地域保健・健康増進栄養課生活習慣病対策室 : 国民栄養の現状平成8年国民栄養調査成績, 第一出版, 東京, 1998, 103頁.



表1-2. 日本人のフッ化物摂取量に関する報告 (6歳以下)

著者	発表 年度	対象 年齢	被験 者数	地域	飲料水中 F濃度 (ppm)	摂取量測定における食品のsampling方法				食品中フッ化 物濃度の測 定(引用)	測定方法						1人1日当たりフッ化物摂取量 (mg)		
						market basket food collection	設立数 7ネット	国別栄養調査 に基づく (調査年度)	duplicate- portion sampling		灰化	蒸留	拡散	比色	イオン 電極	食品	水	お茶	総摂取量
原康二 他 <sup>(1)</sup>	1984	2-4ヶ月児	4		0.05					著者								母乳: 0.005ppm. 摂取量は600ml/日とする ドライミルク: 0.06ppm (蒸留水に溶解). 摂取量は600 ml/日とする.	
Marcelo Tatsumi Nishijima 他 <sup>(2)</sup>	1993	6ヶ月児				液体体重730 kg(安原)の エネルギー 重量239kcal に基づく				著者							人工乳のみ(1日1,120mlの飲用)		
Chalermpong Chittaisong 他 <sup>(20)</sup>	1995	3ヶ月児				体重当たりエ ネルギー濃 度110kcal として(標準 体重5.28kg)				著者							ミルク1,000ml/日		
		6ヶ月児				体重当たりエ ネルギー濃 度100kcal として(標準 体重7.68kg)				著者							ミルク600ml/日 (0.058mg) + 乳児食 (0.04mg)		
古賀寛 他 <sup>(21)</sup>	1995	3-4ヶ月児 5-6ヶ月児 7-9ヶ月児			0.1	月齢別乳児 用食品採取 に基づく				著者							ドライミルク+乳児用食品(49種)の合計 の推定値. ドライミルク: 0.18ppmF (0.1ppmFの水に溶解した場合を想 定)		
		1歳	6														0.23 (0.10-0.57)		
		2歳	5														0.26 (0.19-0.32)		
木村年秀 他 <sup>(22)</sup>	1996	3歳	6	宮崎県新城市 および隣接町						著者							0.24 (0.17-0.36)		
		4歳	5														0.27 (0.20-0.35)		
		5-6歳	7														0.38 (0.17-0.60)		

表2. 乳幼児の食事からの総フッ化物摂取量—AI fromDRI との比較—

日本のフッ化物摂取量報告 <sup>21,22)</sup>			AI ( from DRI ) <sup>26)</sup>		
	フッ化物摂取量 /日(mg/day)	体重当たりフッ 化物摂取量/日 (mg/kg/day)		フッ化物摂取量 /日(mg/day)	体重当たりフッ 化物摂取量/日 (mg/kg/day)
5~6ヶ月児	0.20	0.02	6~12ヶ月児	0.5	
7~8ヶ月児	0.27	0.03			
1歳	0.23	0.02	1~3歳児	0.7	0.05
2歳	0.26	0.02			
3歳	0.24	0.02			
4歳	0.27	0.02			
5~6歳	0.38	0.02	4~8歳児	1.1	



表3. フッ化物局所応用時の口腔内残留フッ化物物量の試算

応用形式	フッ化物塗布		レノビーゴ		フッ化物配合歯磨剤		フッ化物洗口	
	2~3カ月に1回	1日3回	(幼児) 1日3回	(小学生) 1日3回	(週5回法)	(週1回法)		
フッ素濃度	9000 ppm	100 ppm	1000 ppm	1000 ppm	225 ppm	900 ppm		
1回の使用量	0.8 g	0.02*5=0.1ml	0.3 g	0.5 g	7 ml	10 ml		
口腔内残留率	25% 27)	100%	30% 28)	14% 28)	10~15 % 29)	10~15 % 29)		
1回のフッ素摂取量	2.1 mg	0.01 mg	0.09 mg	0.07 mg	0.16~0.24 mg	0.9~1.35 mg		
1日のフッ素摂取量	2.1 mg	0.03 mg	0.27 mg	0.21 mg	0.16~0.24 mg	0.9~1.35 mg		

表4. フッ化物の局所応用からのフッ素摂取を考慮した1日当たりの総フッ化物摂取量の試算

年齢	年	個人的に応用する方法	フッ化物応用からの摂取フッ化物物量(残留フッ化物物量)		食事から 22)		総フッ化物摂取量		適正フッ化物摂取量 (AI)	平均体重 (kg) 30)
			日常的に個人応用の場合 (mg/日)	医療機関、または施設単位で実施する場合 (mg/日)	日常 (mg/日)	食事から 22) (mg/日)	日常 (mg/日)	複合応用日 (mg/日)		
1歳未満		レノビーゴ	0.03	2.1	0.23	0.26	2.36	0.555	11.1	
1歳~2歳		レノビーゴ	0.03	2.1	0.26	0.29	2.39	0.64	12.8	
3歳		フッ化物配合歯磨剤	0.27	2.1	0.24	0.51	2.61	0.74	14.8	
4歳~5歳		フッ化物配合歯磨剤	0.27	0.24	0.27	0.54	0.78	0.815	16.3	
6歳		フッ化物配合歯磨剤	0.21	1.35	0.38	0.59	1.94	1.025	20.5	

厚生科学研究費補助金(医療技術評価総合研究事業)  
研究報告書

フッ化物の適正摂取量の推定

水道水フッ化物添加の至適フッ化物濃度に関する研究

協力研究者 筒井 昭仁 福岡歯科大学予防歯科学講座 助教授  
協力研究者 八木 稔 新潟大学歯学部予防歯科学講座 助手

研究要旨:わが国の水道水フッ化物添加経験地域、天然フッ化物地域における調査研究結果、および美濃口の至適フッ化物濃度算定式、米国における至適フッ化物濃度基準、さらには至適フッ化物濃度を検討する際、不適と判断される因子は除外した。以上の手法で検討した結果、わが国の飲料水中の至適フッ化物濃度として、  
(1)東海地方から西、南の地域では 0.7~0.9ppm  
(2)陸、甲信越から北の東北地方では 0.8~1.1ppm  
(3)北海道では 1.0~1.2ppm  
の設定が考えられた。

A. 研究目的

わが国においては、京都市山科地区で 1952 年から 1965 年<sup>1)</sup>、沖縄の本島で 1957 年から 1972 年<sup>2)</sup>、三重県朝日町で 1967 年から 1971 年<sup>3)</sup>の 3 地区の水道水フッ化物添加の経験がある。しかし山科では試験研究の終了により、沖縄では日本への復帰にともなって、朝日町では水量不足による給水施設の変更の際に中断し、そのまま経過している。現在、わが国では水道水フッ化物添加は未実施の状態となっている。

水道水フッ化物添加再開に向けての条件整備を考えると、歯科医学的、機械工学的、社会学的な観点からいくつかの不十分な項目が挙げられようが、ここでは水道水フッ化物添加のための至適フッ化物濃度を歯科医学的に検討し、総括する。

B. 研究方法

わが国には、水道水フッ化物添加を実施し

た地域、あるいは自然の状態で飲料水中にフッ化物をある程度含んだ地域(以下、天然フッ化物地区とする)でいくつかの疫学調査が行われており、これらの報告・文献に基づいた二次資料について検討を行った。以下のように不備な部分があるものについては除外した。すなわち朝日町の水道水フッ化物添加は 3 年半の実施であり、その影響を評価する上では期間が不足していた<sup>3)</sup>。また天然フッ化物地区調査においても、宝塚市<sup>4,5)</sup>のように歯牙形成に影響した過去のフッ化物濃度が不明であったり、飲水歴がわからない、あるいは対象者数の不足、対象年齢が不適、歯のフッ素症の分類基準が独特であるなどの理由から至適フッ化物濃度を検討する上で情報不足となるものがあり、これらは検討材料から除外した。

以上の条件から、至適フッ化物濃度を検討する材料として表 1 に示した地域、その調査結果を二次資料として採用した。

至適フッ化物濃度検討項目は、飲料水中フッ化物濃度、平均 DMFT (DMFS)、平均 df (dfs)あるいは deft、歯のフッ素症所有者率 (Dean の分類基準<sup>6)</sup>で very mild 以上のフッ素症歯を持つと判定されたものの割合)、CFI (Community Fluorosis Index: 地域フッ素症指数)<sup>7)</sup>の 3 つの指標を採用した。また地域における至適フッ化物濃度判定の目安として、

- (1) う蝕については Murray ら<sup>8)</sup>がまとめた水道水フッ化物添加の平均 DMFT の予防効果の最頻値である 50-60% とほぼ同等か、それを超えていること
- (2) 歯のフッ素症については所有者や症度の高いものを極力抑えたいという観点から、境界域の CFI 0.4-0.6 ではなく、公衆衛生的に問題のない地域と判定される CFI 0.4 以下であることとした。さらに補助的に審美的に問題とされる Dean 分類の moderate 以上のフッ素症の発現がないこと

を採用した。

また、う蝕予防効果や歯のフッ素症の発現に影響を及ぼす可能性のあるほかのフッ化物媒体についてもあわせて検討した。これらは至適フッ化物濃度を整理する際の雑音因子となりうるからである<sup>9)</sup>。

## C. 研究結果

### 1) 水道水フッ化物添加地域での調査結果

#### (1) 京都市山科地区での水道水フッ化物添加

ここでは 1952 年に京都大学が研究主体となり、文部省、厚生省が援助する形で、わが国初のフッ化物添加試験が行われた。当初より、実施期間は水道水フッ化物添加開始後に生まれ、その影響を受けながら成長し、永久歯列が完成するまでの 12 年間を目途に実施された<sup>10)</sup>。結果的には一部地域で 13 年間実施されて終了している。

フッ化物濃度については、京都府北部の自然状態で飲料水中フッ化物濃度 0.8ppm の岩滝の調査結果と、美濃口が当時米国の水道水フッ化物添加のフッ化物濃度決定に使われていた Galagan ら<sup>11-13)</sup>の 1 日の飲水量から算定する方法を日本の状況に合わせて若干アレンジした内容を参考に 0.72ppm が適当であろうとされた。しかし、わが国初めての試験研究ということで 0.6ppm におさえて添加を開始している。対照地区には京都市東北部に位置し、山科地区と土地、環境、住民、職業別人口構成の類似した修学院地区が選ばれている。この水道水中のフッ化物濃度は 0.05-0.09ppm であった<sup>1)</sup>。

研究内容は幅広く、歯学関係の情報はもとより、医学関係、水道工学関係の情報が収集され、後には実施に関係した法的な解釈も示されている<sup>14)</sup>。

山科地区では美濃口が中心となってまとめた調査報告書と日本口腔衛生学会が調査した結果が残されている。

美濃口ら<sup>1)</sup>はフッ化物添加 11 年目に大規模な調査を行い、その調査結果を表している。永久歯う蝕については対照地区との比較で、12-14 歳の平均 DMFT が 38.1% 予防され、乳歯については 7、8 歳で平均 deft の差はそれぞれ 11.4、13.3% の減少が確認されている。

歯のフッ素症については、Dean の分類基準に沿いながらもフッ素症と特定せず“発育不全歯”として評価を行っている。これは飲料水中にほとんどフッ化物を含まない対照地区でも歯のフッ素症様白濁斑がみられたことから、これらも含めて評価したことによるものである。10 年目の 12-14 歳で very mild 相当以上の割合は 7.8-12.7% であった。対照地区のそれは 7.7-8.9% で、両者間に差はなかった。同年齢群の CFI はフッ化物添加地区で 0.25-0.31、対照地区で 0.24-0.32 であり、いずれも公衆衛生上問題のない地域と判定されて

いる。それぞれの地区で335人中2人(0.6%)、589人中7人(1.2%)に moderate 相当をもつものがみられている。severe 相当のフッ素症を持つものはいずれの地域にもみられなかった。

日本口腔衛生学会の調査<sup>15)</sup>はフッ化物添加9年目の1961年に行われている。診査項目はう蝕、白濁様歯牙で、ここでもフッ化物によるものか否かを判定せずに、白線、白斑、白濁を持つ歯牙を全て白濁様歯牙とし、厚生省分類<sup>16)</sup>を用いて評価している。また集計に際しては白濁様歯牙を左右対称に持つもののみを所有者としている。

中学生のう蝕をみると平均 DMFT は山科地区で対照のそれと較べて20.4-31.5%少なかったが、有意の差ではなかった。白濁様歯牙については山科地区中学生に21.5-24.1%、対照地区で10.6-20.8%であり、山科地区に多かったが有意ではなかった。

## (2) 沖縄本島での水道水フッ化物添加

沖縄では、米陸軍が所有していた本島南部のコザ、天願、知念、與座の各浄水場で1957、58年に、また石川、登川浄水場でも1967年より水道水フッ化物添加が開始され、そのまま地域住民にも給水されていた。さらに那覇市に返還されていた泊浄水場でも米陸軍の要請によって1967年から開始されている。最も広く行われていた1972年当時、範囲は19市町村に及び給水人口は約60万人(県人口の約60%)であった。フッ化物濃度は飲水量を勘案して夏は0.7ppm、冬は0.9ppmでコントロールされていた。なお一時期1.0ppmとなったこともあった。ただし泊浄水場だけは那覇市の管轄で0.6ppmを超えないよう配慮され、その濃度は0.3-0.6ppmの範囲であった。しかし、沖縄の本土復帰にともない1973年には全てが中止に至っている<sup>2)</sup>。

ここでも複数の調査が行われている。

上田ら<sup>17)</sup>は、中止4年後の1977年にう蝕、歯のフッ素症について調査を行っている。出

生から7、8歳頃までフッ化物添加を経験した中学1、2年生の平均 DMFT は対照地区のそれと比較して47.5、52.3%少なく、差は有意であった。また、歯のフッ素症調査では厚生省分類<sup>16)</sup>の M1 を M1 と M1' の細目に分け、Dean 分類と整合性を持たせて診断に使用している。小学4年生から中学2年生を一まとめにした評価で、フッ化物添加経験者の歯のフッ素症所有者割合は7.9%、対照群のそれは1.1%で、差は有意であった。しかし moderate 相当以上のフッ素症はなく、CFI もそれぞれ0.19、0.08で問題のない範囲であった。

フッ化物添加中断から13年経過した1985年に Kobayashi et al.<sup>18)</sup>が18-22歳の看護学生を対象に調査を行っている。この調査はう蝕に関していえば、フッ化物添加中断後の予防効果の持続を検討するものであるが、歯のフッ素症については、ほとんどの歯が歯牙形成期中にフッ化物添加を経験していることから、そのまま所有状況の評価を行うことが可能である。

う蝕に関しては、出生から5、7歳までフッ化物添加を経験した者の平均 DMFS が未経験者群に較べて26.2%少なく、有意であった。同じく平均 DMFT も小さかったが、差は有意ではなかった。また一人当たりの歯髓まで進行した重度う蝕経験歯数についてはフッ化物添加経験者に81.8%少なく、高度に有意であった。

歯のフッ素症については Dean の分類を用いて評価し、視診による診断とスライドをみての診断を行っている<sup>19)</sup>。視診ではフッ化物添加経験者の歯のフッ素症所有者は7.81%であり、未経験者のそれは1.02%で、差はみられなかった。いずれの群も moderate 以上は発現しておらず、CFI はそれぞれ0.18、0.03で問題のない地域と判定されている。スライド判定でもフッ素症所有者率に差はなかった。

## 2) 天然フッ化物地区での調査結果