

表4 試験期間中の食事毎のフッ化物濃度およびフッ化物摂取量

日程	献立	食事	食事重量(g)	定容量(g)	試料重量(A) g	凍結乾燥後重量(B) g	濃縮率A/B	F濃度(μ g/g)	食事中F濃度(mg)	食事からの一日F摂取量(mg)
7月31日	No.1	朝	532	1217	31.64	3.61	8.76	0.365	0.123	0.328
	No.1	昼	567	1200	31.61	4.18	7.56	0.259	0.074	
	No.1	夜	678	1400	30.3	2.6	11.65	0.243	0.131	
8月1日	No.2	朝	596	1200	32.85	3.7	8.88	1.256	0.407	0.674
	No.2	昼	600	1200	33.87	3.6	9.41	0.703	0.234	
	No.2	夜	713	1400	38.94	4.26	9.14	0.099	0.033	
8月2日	No.3	朝	511	1200	35.22	3.73	9.44	0.271	0.087	0.271
	No.3	昼	638	1200	31.24	3.14	9.95	0.39	0.149	
	No.3	夜	731	1400	31.59	3.21	9.84	0.0804	0.035	
8月3日	No.4	朝	558	1200	31.78	2.66	11.95	0.732	0.330	1.405
	No.4	昼	739	1300	31.63	3.01	10.51	2.24	0.967	
	No.4	夜	759	1400	32.72	3.94	8.30	0.303	0.108	
8月4日	No.1	朝	532	1200	30.8	3.51	8.77	1.28	0.438	0.613
	No.1	昼	564	1200	30.71	4.11	7.47	0.176	0.051	
	No.1	夜	664	1400	31.26	3.01	10.39	0.266	0.124	
8月5日	No.2	朝	593	1200	35.31	3.93	8.98	1.28	0.391	0.645
	No.2	昼	606	1200	30.59	3.33	9.19	0.576	0.208	
	No.2	夜	705	1400	35.44	3.83	9.25	0.128	0.047	
8月6日	No.3	朝	534	1200	34.05	3.6	9.46	0.201	0.067	0.334
	No.3	昼	630	1450	34.65	2.85	12.16	0.432	0.220	
	No.3	夜	724	1400	36.21	3.92	9.24	0.131	0.047	
8月7日	No.4	朝	548	1200	30.8	2.46	12.52	1.06	0.517	1.514
	No.4	昼	725	1300	35.83	3.44	10.42	2.33	0.881	
	No.4	夜	759	1400	37.54	4.15	9.05	0.346	0.117	
8月8日	No.1	朝	531	1200	32.28	3.74	8.63	0.149	0.048	0.130
	No.1	昼	560	1200	33.23	4.39	7.57	0.102	0.028	
	No.1	夜	699	1400	34.62	3.38	10.24	0.132	0.055	
8月9日	No.2	朝	591	1200	35.13	3.84	9.15	0.822	0.257	0.451
	No.2	昼	605	1200	32.25	3.49	9.24	0.452	0.155	
	No.2	夜	709	1400	35.08	3.64	9.64	0.101	0.039	
8月10日	No.3	朝	540	1200	35.15	3.81	9.23	0.177	0.056	0.274
	No.3	昼	636	1400	33.25	2.69	12.36	0.367	0.191	
	No.3	夜	707	1400	35.57	3.89	9.14	0.076	0.027	
8月11日	No.4	朝	563	1200	32.64	2.8	11.66	0.632	0.271	1.197
	No.4	昼	727	1300	36.12	3.41	10.59	2.13	0.812	
	No.4	夜	700	1400	30.07	3.49	8.62	0.284	0.114	
8月12日	No.1	朝	532	1200	31.38	3.62	8.67	0.229	0.076	0.243
	No.1	昼	565	1200	33.7	4.46	7.56	0.173	0.047	
	No.1	夜	685	1400	33.4	3.25	10.28	0.279	0.120	

表5 食事摂取量(g)

摂取時	Mean	SD	Maximum	Minimum	n
朝食	551	27.5	596	532	12
昼食	593	51.9	727	534	12
夜食	710	28.1	759	664	12

表6 献立毎のフッ化物量(mg)

No.1	朝	昼	夜	Total
7月31日	0.123	0.074	0.131	0.328
8月4日	0.438	0.176	0.124	0.613
8月8日	0.048	0.102	0.055	0.130
8月12日	0.076	0.173	0.120	0.243
Mean	0.171	0.131	0.108	0.329
SD	0.181	0.051	0.035	0.206
CV(%)	94.5	38.9	32.4	62.6
No.2	朝	昼	夜	Total
8月1日	0.407	0.234	0.033	0.674
8月5日	0.391	0.208	0.047	0.645
8月9日	0.257	0.155	0.039	0.451
Mean	0.352	0.199	0.040	0.590
SD	0.082	0.040	0.007	0.121
CV(%)	23.4	20.2	17.7	20.6
No.3	朝	昼	夜	Total
8月2日	0.087	0.149	0.080	0.271
8月6日	0.067	0.220	0.131	0.334
8月10日	0.056	0.191	0.076	0.274
Mean	0.070	0.187	0.096	0.293
SD	0.016	0.036	0.031	0.036
CV(%)	22.5	19.1	31.9	12.1
No.4	朝	昼	夜	Total
8月3日	0.330	0.967	0.108	1.405
8月7日	0.517	0.881	0.117	1.514
8月11日	0.271	0.812	0.114	1.197
Mean	0.373	0.887	0.113	1.372
SD	0.128	0.078	0.005	0.161
CV(%)	34.5	8.8	4.1	11.7

表7 成人の食品からのフッ化物摂取量の比較(食品由来)

報告者	一日F摂取量(mg)	備考	分析法
飯塚(5)	0.4-0.8	マーケットバスケット方式	蒸留法
鮫島(3)	1.0-1.6	食事献立	蒸留法
斎藤(4)	0.6-1.4	食事献立	蒸留法
副島(8)	1.44	マーケットバスケット方式	灰化-拡散法
角田(6)	1.01	マーケットバスケット方式	***
村田(9)	0.56-1.38	食事献立(個別食品F測定)	蒸留法
友松(7)	1.74	マーケットバスケット方式	灰化-蒸留
Taves(10)	0.4	マーケットバスケット方式	灰化/非灰化-拡散法
本実験	0.27-1.37	食事献立	拡散法

食事以外の清涼飲料水や飲料水由来F摂取は除いている。
(文献番号)

厚生科学研究補助金（医療技術評価総合研究事業）
分担研究報告書

フッ化物の適正摂取量

食品中フッ化物分析法の基礎的検討
—Collaboration Study—

分担研究者 高江洲義矩 東京歯科大学 名誉教授
西牟田 守 国立健康・栄養研究所栄養所要量研究部 室長

研究要旨：本研究は、汎用されている微量拡散-Fイオン電極によるフッ化物定量法を同一の食品試料を用いて、3研究室で比較・検討することにより、信頼性と妥当性の検索を行ったものである。コラボレーション・スタディの結果は次の通りである。①灰化しない微量拡散法のブランク値は、20hr 以内の拡散時間でも 0.03 μ g 以下であり、低濃度 F 試料にも適用可能であった。②灰化を行わない微量拡散法による低濃度 F 分析値の比較では、調整粉乳 2 種と「野菜がゆ」および bovine muscle においてほぼ同じような F 値が得られたので、3研究室による灰化しない微量拡散法による F 分析値は信頼できるものと考えられる。③「野菜がゆ」と bovine muscle では灰化を行った微量拡散法の方が F 分析値は高くなり、とくに bovine muscle ではその差が顕著であった。④F 添加回収実験では、NaF ならびに難溶性ハイドロキシアパタイトの F 添加において、灰化および灰化を行わなかった微量拡散法にかかわらず F 回収率は 91%から 110%の範囲となり良好であった。⑤食品のフッ化物分析において、灰化の有無については両法で比較・評価して、比率の傾向性を把握しておく必要性が認められた。これらの結果に基づき次年度では、各食品のフッ化物濃度の一覧表作成と各年群における一日フッ化物摂取量の推定値を検討し、フッ化物適正摂取量(AI)の閾値を評価する。

A.研究目的

フッ化物(以下 F と略記する)の全身応用による齲蝕予防効果と過剰摂取による歯のフッ素症を防ぐためには各年齢群の一日フッ化物摂取量を推定することにより、適正摂取量 (AI) および許容上限摂取量(ULI)を評価しておくことが重要である。それに先立って食品や食事の F

分析法を確立しておくことが要請されているが、食品や生体試料などの有機物を多量に含む試料についての F 分析法は、前処理も含めて煩雑な定量操作を必要とし、とくに食品や食事などの低濃度 F 試料を精度よく分析する統一的方法のコンセンサスが得られていないのが現状であった。従来から食品や生物試料などの F

分析は、検出器としてFイオン電極を使用することは共通していたが、食品の前処理、灰化法（有無）、拡散容器、酸の種類と濃度や温度などの緒条件は研究室ごとに異なっており、各研究室で同一試料を測定・比較した報告もほとんどなかった。そこで Project-1 では3研究室（A：愛知学院大学歯学部口腔衛生学、B：神奈川歯科大学口腔衛生学、C：東京歯科大学衛生学）で同一食品試料をそれぞれの F 分析法で測定して比較検討することにより、F 分析法の信頼性と妥当性を再評価することにした。

各研究室に与えられた F 分析評価項目は、①拡散法の概略と精度管理、②分析条件の検討および③共通の食品試料の F 分析値についてである。

B. 研究方法

食品試料を各研究室に配布後に、各研究室で実施した食品中フッ化物分析法の研究報告をもとにして、それぞれの評価項目について比較した。各研究室に配布された食品試料と微量拡散法の評価項目は次の通りである。

1. 食品試料

- 1) 調製粉乳 A（和光堂、レーベンス、Lot. No. 1F28）
- 2) 調製粉乳 B（明治乳業、Step, Lot. No. 1E08）
- 3) 野菜がゆ（和光堂、freeze dry）
- 4) bovine muscle：National Institute of Standards and Technology, Canada, 8414, 参照値 0.22ppm, method：extraction ion selective electrode）

2. 微量拡散法の評価項目

- 1) 微量拡散装置の構造

2) 拡散条件：

- ① 酸の種類と濃度(精製法)、量
- ② 拡散の方法（室温振盪、加温）
- ③ 拡散時間
- ④ 灰化の有無
- ⑤ 食品の採取量
- ⑥ Fイオン検出
- ⑦ F 添加回収
- ⑧ F 標準回収

3) 食品中 F 分析値

C. 研究結果と考察

1. 拡散容器の構造（表 1）

3 研究室で採用したフッ化物の微量拡散容器の構造は表 1 にまとめている。

微量拡散容器の構造は、各研究室の間では参考にした研究者によって若干異なっている。A 研究室では Watershouse ら¹⁾を基にして使い捨てのペトリデッシュを使用し、B 研究室では Sara ら²⁾を参考にして箱型のプラスチック容器を作製して微量拡散容器としている。また C 研究室においては樋出らの開発した Conway 型³⁾のテフロン製微量拡散容器を用いている。Waterhouse らや Sara らの微量拡散装置は、室温で振盪させて、F 拡散を行うことを目的に設計されているのに対して、Conway 型のテフロン製微量拡散装置は、加温に適用できる構造になっている。

2. F 拡散の原理

F 拡散の基本原理は、食品試料（または灰化試料）を強酸の条件下において Taves⁴⁾の見出した有機リシカ化合物である HMDS (hexamethyldisiloxane) 存在における F の選択的拡散と捕集液への吸収である。

この F 拡散反応メカニズムにおいては、強酸存在下において試料から放出されてきた F イオンが水素(H)イオンと結合するよりも HMDS と結合しやすく(すなわち結合エネルギーが低く)、結果として TMFS(trimethylfluorsilane)を形成する。この TMFS は溶液反応系(液相)から選択的に揮発して気相に移動していくようになるが、この一連の F 拡散反応は自発的に進行するという仮説に基づいている。このような液相から気相への F 拡散反応(相転位反応)に影響を与えるのが、振動や温度そして時間である。

3. 拡散条件の比較(表2)

3 研究室で実施した食品中 F 分析法の拡散条件については、表 2 にまとめてある。試料の灰化を実施して微量拡散法を行ったのは B 研究室のみであり、他の 2 研究室では灰化を行わない微量拡散法を採用している。以下順に拡散条件について説明していく。

①食品試料の処理: 今回の食品試料は、ほとんどが乾燥粉末試料であり、0.5g-4g 使用している。液状での拡散法をルーチン化している A 研究室では食事に蒸留水を適量加えて混和して、液状化して試料としており、個別食品ではなく、食事分析に特化しているのが特徴である。

②試料の灰化: これは B 研究室のみで実施している。その灰化条件⁵⁾は、灰化容器; 磁性ルツボ, 固定剤; 1M-Mg(CH₃COOH)₂ (コハク酸マグネシウム) 2ml, 固定は 80°C, 24 時間とし、灰化は電気マッフル炉を用いて、400°C で 24 時間行っている。

③分離拡散溶液: HMDS 過飽和 5M-HClO₄ または 6MHCl-HMDS を使用

している。塩酸は過塩素酸よりも蒸気圧が低く、しかも低温で揮発しやすいので、室温における拡散に適していると考えられる。一方、過塩素酸は熱に対して非常に安定しており、加温による拡散にも応用できる。

④フッ化物捕集液: いずれの研究室においても NaOH 溶液を使用しており、その濃度は、F イオン電極による最終測定段階において約 0.1M NaOH に調整されている。

⑤振動の有無: A および B 研究室では、室温で振動を行っており、その振動速度はそれぞれ 60 回/分と 70 回/分である。C 研究室では、振動はしないで(静置)、温度を 60°C にして拡散を行っている。

⑥F イオン検出: いずれの研究室でも、複合型 F イオン電極^{6,7)} (model 96-09, Orion Research Inc, MA) を使用している。全イオン強度補正緩衝液(TISAB)については、TISAB II あるいは TISAB III を使用している。

⑦F イオン標準液: F イオン標準液は、B・C 研究室では、外部標準として、低濃度閾 0.01-0.1ppm と高濃度閾 0.1-1.0-10ppm の系列を使用している。A 研究室では、内部標準を採用しているのでブランク値は相殺される。また試料量が 10g あるので回収 F 量も 0.1μg 以上あり、低濃度閾ではない F イオン標準液(0.1-1.0-10ppm) で評価できる利点がある。

⑧拡散時間: B および C 研究室では、3-20hr に設定して、灰化/灰化を行わない微量拡散法による F 分析値の時間的推移を観察した。A 研究室では、16 時間以上の拡散でサンプルからの F 回収が十分得られることが確認⁸⁾されているので、拡

散時間を 20hr に固定して評価している。

以上が、各研究室によって採用された微量拡散法の条件である。

4. 灰化を行わなかった微量拡散法による食品中 F 濃度の比較 (表 4)

調整粉乳 A (レーベンス, 和光堂) では、各研究室ともに、0.20-0.23ppm の濃度範囲であり、統計的な差は認められなかった。調整粉乳 B (ステップ, 明治) について 0.43-0.48ppm の濃度範囲であり、3 研究室ではほぼ同じ F レベルを示していた。

野菜がゆ (和光堂) では灰化を行わない微量拡散法による F 濃度は 0.19-0.195ppm となり、3 研究室でほぼ同じ値となっている。

一方、bovine muscle (参照値 0.22ppm) について F 値は、研究室 A:0.225ppm, B:0.21ppm (20hr) および C:0.217ppm (12hr) であり、3 研究室ともに差は認められず、さらに参照値 0.22ppm との比較でもほぼ同値であった。

このように、灰化を行わなかった微量拡散法によって測定された調整粉乳 2 種、「野菜がゆ」および bovine muscle の F 値を比較してみると、3 研究室では統計的差は認められなかった。

5. 灰化と灰化を行わなかった微量拡散法による食品中 F 濃度の比較 (表 5)

調整粉乳 A について、灰化を行った微量拡散法と行わなかった微量拡散法による F 値について大きな差はなかったが、微量拡散法による F 値は、拡散時間が長くなるにつれて上昇する傾向にあった。「野菜がゆ」では、灰化を行った微量拡散法では、振盪時間の延長と共に、フッ

化物値が上昇し、しかもピーク値 (0.53ppm, 20hr) は、灰化を行わなかった微量拡散法 (0.193ppm, 9hr) より高い値を示した。

bovine muscle は、「野菜がゆ」より、灰化を行わなかった微量拡散法のピーク値 0.211ppm(20hr)に対して、灰化を行った微量拡散法のピーク値 69.3ppm(20hr)と比較して顕著な差が認められた。

これに関して、Taves⁹⁾ は、黒胡椒 (black pepper)や市販穀類 (2 種) おいて両者の比率が 150%から 600%と非常に高率になったと報告しているが、それ以外の市販食品では概して約 80-120%の率であり、有機フッ素は考慮しなくてもよいと考察している。

6. フッ化物添加回収実験 (表 6)

F 添加回収実験で添加されたフッ化物は、NaF および HAP である。F 添加量は、秤取した食品の F 量と等量になるようにした。調整粉乳 A については、B 研究室で灰化の有無、添加物質の種類にかかわらず 94.9-110%と良好な F 回収率であった。また C 研究室では灰化を行わない HAP 添加 F 回収率は 95.1%であった。また調整粉乳 B に関して、A および C 研究室において灰化を行わない F 添加回収は、HAP 添加では、それぞれ 91.1%と 101%であり、NaF 添加においては 101%の値であった。同様に bovine muscle においても、99.7-104%と良好な F 回収率を得ている。

7. 微量拡散法のブランク値 (表 3)

微量拡散法におけるブランク値をみると、B 研究室においては、灰化を行わない拡散法について拡散時間 3・20hr で

は 0.01 μ gF 未満であり、ほとんどないともてよいが、灰化を行った拡散法のブランク値は 0.08-0.09 μ gF となり、両者を比較すると灰化を行った拡散法のブランク値がやや高くなっているものの既報値よりも若干低いようである⁸⁾。C 研究室では灰化を行わない 3-20hr の拡散時間では 0.011-0.026 μ g の F ブランク量となり、さらに A 研究室でも 20hr 拡散で 0.02 μ g 以下であった。したがって、3 研究室における灰化を行わない拡散法のブランク値は、いずれも非常に低いので低濃度 F 試料測定への影響も少ないと考えられる。

A 研究室では内部標準を採用し、その F イオン標準液の回収実験を行っている。F イオン濃度 0.1-10ppm の回収率は、89.6-101% の範囲となり、0.1ppm で変動係数 (CV) が 10.4% とやや高くなるものの、その他は 2.0-4.4% と低く、きわめて安定していた。したがって外部標準を用いても実際には評価が可能であると考察している。

D. 結論

本研究は 3 研究室において採用している食品中 F 分析法について、①拡散法の概略と精度管理、②分析条件の検討、および③共通の食品試料の F 分析値を比較し、F 分析法の信頼性と妥当性について検討することであり、以下のような結果が得られた。

- 1) 各研究室による F 拡散原理は、Taves³⁾の方法に準じていることは共通しているが、その構造は拡散条件である①室温・振動あるいは②加温/静置に適しているかで、選択される材質と形状がそれぞれ異なっていた。
- 2) フッ化物捕集液は、すべての研究室で

最終測定において 0.1M NaOH 溶液であった。

- 3) 灰化しない微量拡散法のブランク値は、20hr 以内の拡散時間でも、0.03 μ g 以下であり、低濃度 F 試料にも適用可能であった。
- 4) 灰化を行わない微量拡散による食品中 F の拡散時間は、60°C・振動なしでは 12-20hr 要し、一方、室温・振動でも 9-20hr 必要となる。
- 5) 灰化を行わない微量拡散法による F 分析値の比較では、調整粉乳 2 種と野菜がゆおよび Bovine muscle においてほぼ同じような F 値が得られたので、3 研究室による灰化を行わない微量拡散法による低濃度 F 分析値は信頼できるものと考えられる。
- 6) 一方、野菜がゆと bovine muscle では灰化を行った微量拡散法の方が、F 分析値が高くなり、とくに bovine muscle では、その差が顕著であった。
- 7) F 添加回収実験では、NaF ならびに難溶性 HAP による F 添加において、灰化および灰化を行わなかった微量拡散法にかかわらず 91% から 110% の範囲となり、良好であった。
- 8) 食品のフッ化物分析において、灰化の有無については両法で比較・評価して、比率の傾向性を把握しておく必要性が認められた。

E. 文献

- 1) 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) : 145-152, 1980.

- 2) Sara, R., Wanninen, E. : Separation and determination of fluoride by diffusion with hexamethyldisiloxane and use of fluoride-sensitive electrode, *Talanta*, 22 : 1033-1036, 1975.
- 3) Singer, L. and Armstrong : Modified diffusion method for analysis of fluoride, *J dent Res.*, 40 : 910, 1956
- 4) Taves, D.R. : Separation of fluoride by rapid diffusion using hexamethyldisiloxane, *Talanta*, 15 : 969-974, 1968.
- 5) 原康二, 飯塚喜一, 堀内俊孝 : フッ化物の灰化に関する基礎的検討, *口腔衛生会誌*, 44 : 122-124, 1994.
- 6) Frant, M.S., Ross, J.W. : Electrode for sensing fluoride ion activity in solution, *Science*, 154 : 1553-1555, 1966.
- 7) Thermo Orion : Fluoride/fluoride combination electrode instruction manual, Orion Research Inc, MA.
- 8) 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) : 1451-1457, 1996.
- 9) Taves, D.R. : Dietary intake fluoride ashed (total fluoride) vs. unashed (inorganic fluoride) analysis of individual foods, *Br J Nutr*, 49 : 295-301, 1983.
- 10) 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量の定量, *口腔衛生会誌*, 38: 387-392, 1989.

F. 研究発表

論文発表

- 1) 西牟田守, 萩原清和, 山下光雄, 渡邊智子: 100kcal/100g 日本食品成分表、(株) 建帛社、東京、2001.
- 2) 渡邊智子, 鈴木亜夕帆, 西牟田守: 液状食品の 100ml 成分表 -五訂成分表 収載食品について-. *栄養学雑誌*: 59(4): 197-202, 2001.
- 3) 西牟田守: 「五訂日本食品標準成分表」その特色と効果的活用 *栄養学研究の立場から-ビタミン・ミネラル-*. *臨床栄養*: 98(5): 530-534, 2001.5
- 4) 西牟田守: マグネシウムの必要量と中毒量 (輸液も含める), *JJPEN*: 23(9): 471-475, 2001.

G. 知的財産権の出願・登録状況

特になし。

Project-1 フッ化物の適正摂取量 食品中フッ化物分析法の基礎的検討 Collaboration Study

分担研究者

高江洲義矩	東京歯科大学 名誉教授
西牟田 守	国立健康・栄養研究所 栄養所要量研究部室長

協力研究者

古賀 寛	東京歯科大学 衛生学 助手
村上多恵子	愛知学院大学歯学部 口腔衛生 講師
戸田 直司	神奈川歯科大学 口腔衛生学 助手

表1 拡散容器の構造

研究室	拡散容器の原型	形状	捕集容器
A	Waterhouseら(1980)	ペトリデッシュ(φ90×20mm) (デイスポーターザブル)	ポリプロピレンサンプルチューブ(MURUEMU φ21mm)
B	Saraら(1975)	外形:58×87×14mm 内室:30×30×14mm 蓋部分:58×87×8mm	内室を捕集容器とする。
C	Conway(1956)	テフロン製拡散装置 外形:φ50×27.5mm 外室:幅10mm 蓋部材:φ60×18.5mm	内形:φ13×13mm (容量約1.5ml、テフロン製)

A: 村上(愛知学院大学歯学部口腔衛生学講座)

B: 戸田(神奈川歯科大学口腔衛生学講座)

C: 古賀(東歯大歯衛生学講座)

表2 拡散分析条件(微量拡散-Fイオン電極)

項目	研究室		
	A	B	C
試料の灰化	なし	あり/なし 灰化: 固定剤 $Mg(CH_3COO)_2$	なし
拡散分析容器	ペトリシャーレ拡散容器(ディスプレイザブル)	Saraらの改良型拡散容器	テフロン製微量拡散容器
分離拡散液	6M HCl/ HMDS, 2ml	HMDS過飽和5M過塩素酸, 6ml	HMDS過飽和5M過塩素酸, 4ml
フッ化物捕集液	1M NaOH, 0.1ml → 105°C dry 3hr → 1ml water + 0.2ml TISAB III	0.1M NaOH, 4ml → 2ml + TISAB II	0.1M NaOH, 1ml + TISAB III
拡散時間	16 hr 以上	3, 6, 9, 20hr	3, 6, 12, 20 hr
拡散温度	室温	室温	60°C
振蕩	60回/分	70回/分	なし
フッ化物検出	複合型Fイオン電極(Orion 9609)	複合型Fイオン電極(Orion 9609)	複合型Fイオン電極(Orion 9609)
TISAB	TISAB III	TISAB II	TISAB III
F標準液	内部標準	外部標準	外部標準
フッ化物添加回収	HAP	NaF, HAP	HAP
試料の状態	液状が主	乾燥, 液状	乾燥, 液状
試料の重量	液状: 10g	0.5-1.0g	液状2g, 粉末0.5g

A: 村上(愛知学院大学院歯学部口腔衛生学講座)

B: 戸田(神奈川歯科大学口腔衛生学講座)

C: 古賀(東歯大歯学部口腔衛生学講座)

表3 拡散法によるブランク値(μg)

研究室	拡散時間 処理法	3hr	6hr	9/12hr	20hr
A	非灰化	—	—	—	0.02μg
B	非灰化	0.01 未満	0.01 未満	0.01未満*	0.01 未満
	灰化	0.08 (0.00)	0.07 (0.00)	0.06*(0.01)	0.09 (0.01)
C	非灰化	0.0140 (0.01)	0.0112(0.001)	0.0194(0.0027)	0.0259(0.0039)

* 9hr

表4 非灰化—拡散法による食品中F濃度(ppm)

食品	機関	試料量	n	3hr	6hr	9/12hr*	20hr
調整粉乳A (レーベンス)	A	1.0g	4	—	—	—	0.20 (0.01)
	B	0.5g	3	0.14 (0.00)	0.15 (0.02)	0.15 (0.00)	0.23 (0.06)
	C	0.5g	3	0.148(0.008)	0.182 (0.028)	0.225 (0.036)	0.177 (0.010)
調整粉乳B (ステップ)	A	1.0g	4	—	—	—	0.43 (0.01)
	B	0.5g	3	0.35 (0.08)	0.47 (0.03)	0.46 (0.03)	0.48 (0.02)
	C	0.5g	3	0.415(0.020)	0.402(0.027)	0.452(0.021)	0.423(0.016)
野菜がゆ	A	1.0g	4	—	—	—	0.19 (0.01)
	B	0.5g	3	0.13 (0.03)	0.16 (0.02)	0.19 (0.03)	0.16 (0.00)
	C	0.5g	4	0.154(0.022)	0.183(0.035)	0.195(0.022)	0.168(0.017)
Bovine muscle (R : 0.22ppm)	A	1.0g	4	—	—	—	0.225(0.005)
	B	0.5g	3	0.17 (0.01)	0.17 (0.01)	0.18 (0.01)	0.21 (0.02)
	C	0.5g	3	0.176(0.008)	0.210(0.026)	0.217(0.018)	0.255(0.002)

* : B ; 9hr, C; 12hr, ():SD

表5 灰化/非灰化—拡散法による食品中F濃度(ppm)*

食品	前処理	試料量	n	3hr	6hr	9hr	20hr
調整粉乳A (レーベンス)	非灰化	0.5g	3	0.14 (0.00)	0.15 (0.02)	0.15 (0.00)	0.23 (0.06)
	灰化	1.0g	3	0.13 (0.02)	0.14 (0.02)	0.14 (0.01)	0.14 (0.03)
野菜がゆ	非灰化	0.5g	3	0.13 (0.03)	0.16 (0.02)	0.19 (0.03)	0.16 (0.00)
	灰化	1.0g	3	0.38 (0.02)	0.34 (0.12)	0.50 (0.00)	0.53 (0.05)
Bovine muscle (R : 0.22ppm)	非灰化	0.5g	3	0.17 (0.01)	0.17 (0.01)	0.18 (0.01)	0.21 (0.02)
	灰化	1.0g	3	59.4 (3.71)	63.4 (0.82)	55.8 (3.78)	69.3 (1.55)

* B 研究機関
():SD

表6 食品へのフッ化物添加回収率*

食品	研究室	前処理	試料量	添加量, 添加物	回収率(%)**
調整粉乳A (レーベンス)	A	-	-	-	-
	B	非灰化	0.5g	0.1 μ g NaF	94.9 (3.69)
	B	非灰化	0.5g	0.148 μ gF HAP	110 (11.2)
	B	灰化	1.0g	0.2 μ gF NaF	94.9 (7.96)
	B	灰化	1.0g	0.295 μ gF HAP	95.6 (0.03)
	C	非灰化	0.5g	0.1 μ gF HAP	95.1 (12.3)
調整粉乳B (ステップ)	A	非灰化	1.0g	0.1 μ gF HAP	91.1 (1.9)
	A	非灰化	1.0g	0.1 μ gF NaF	101.0(10.3)
	B	-	-	-	-
	C	非灰化	0.5g	0.2 μ gF HAP	100.7 (4.75)
Bovine muscle (R : 0.22ppm)	A	非灰化	2.0g	0.4 μ gF NaF	102.8 (0.5)
	A	非灰化	2.0g	0.59 μ gF HAP	103.9 (2.8)
	B	-	-	-	-
	C	非灰化	0.5g	0.1 μ gF HAP	99.7 (5.0)

* HAP中F濃度 ; A, B 9.36ppm, C; 9.60ppm

** mean (SD), n=4

厚生科学研究補助金（医療技術評価総合研究事業）
分担研究報告書

沖縄県島尻郡具志川村（久米島）における水道水フッ化物添加事業
（Water Fluoridation）の学術的・技術的支援に関する予備的調査

分担研究者 高江洲義矩 東京歯科大学 名誉教授

研究要旨：平成 13 年度の新たな研究テーマとして、沖縄県久米島の具志川村における水道水フッ化物添加事業の技術支援を、Project 3「久米島 Water Fluoridation Project」として設定した。その技術支援の内容は、具志川村からの依頼に基づき以下の 8 項目とした。

1. 水道水フッ化物添加開始の前後における住民健康調査の実施
2. 住民に対するフッ化物情報の提供資料の作成
3. 水道水フッ化物添加の適正フッ素濃度の設定
4. 水道水フッ化物添加装置と添加するフッ化物の選定
5. 水道水フッ化物添加装置の操作法
6. 実施後のフッ素濃度モニタリングシステムの構築
7. 内外研究機関との情報交換体制の確立
8. その他必要な支援項目

とくに、住民の健康調査に関しては、平成 13 年 10 月から 11 月にかけて、久米島の 2 つ村の幼稚園児、小学校児童および中学校生徒全員 1,212 名と具志川村の成人および老年者 126 名を対象として、健診と質問紙調査により口腔領域の健康状態を把握することができた。また、この間には住民に対するフッ化物情報の資料提供として、「フロリデーション問答集」と「フロリデーションと健康」の作成と水道水フッ化物添加に関する説明会を地域ごとに開催した。さらに、具志川村の水道行政の担当者に対しては、水道水フッ化物添加装置の選定およびフッ化物イオン濃度モニタリングのための研修「水質試験のためのフッ化物イオン濃度測定法」を実施した。

A. 研究目的

本研究は、平成 13 年度の新たな研究テーマとして、沖縄県久米島の具志川村における水道水フッ化物添加事業の技術支援を、Project 3「久米島 Water

Fluoridation Project」として設定したものである。この水道水フッ化物添加事業は、沖縄県島尻郡具志川村より沖縄県行政および厚生労働省をとおして本研究班に依頼のあったものであり、沖縄県歯科

医師会もこの事業を支援協力すると回答している。その実施に関する条件としては「厚生労働省の見解に準じて、水質基準以下での水道水へのフッ化物添加」とされ、前提として、①水道利用者である住民に対して判断のための十分な情報提供が行われ、住民の合意が得られていること。②沖縄県歯科医師会の協力が得られていること。③厚生労働省、厚生科学研究班の技術支援の下、適正に実施していくこととの沖縄県行政の方針が示された。この方針に基づく厚生労働省からの具体的な技術支援内容は以下の6項目であった。

1. 水道水フッ化物添加開始の前後における住民健康調査の実施
2. 住民に対するフッ化物情報の提供資料の作成
3. 水道水フッ化物添加の適正フッ化物濃度の設定
4. 水道水フッ化物添加装置と添加するフッ化物の選定
5. 水道水フッ化物添加装置の操作法
6. 実施後のフッ化物濃度モニタリングシステムの構築

本研究班では、この内容にさらに7. 内外研究機関との情報交換体制の確立と8. その他必要な支援項目を追加して、具志川村に対する水道水フッ化物添加の技術的支援を行うこととした。今年度は、とくに、幼児・児童・生徒を中心とした水道水フッ化物添加開始前の口腔領域の健康状態の把握とフッ化物情報の提供および水道水フッ化物添加装置の選定とフッ化物イオン濃度モニタリングシステムの構築ならびに至適フッ化物濃度

設定の基礎資料となる飲料水フッ化物濃度調査と一部の食品中フッ化物分析評価を目的として研究を行った。

B. 研究方法

1. 園児・児童・生徒および成人・老年者の水道水フッ化物添加開始前の口腔領域の健康状態の把握

1) 口腔診査の対象者（園児・学童・生徒・成人）

久米島の具志川村と仲里村の幼稚園児と小中学校の児童・生徒の全員を対象とした口腔領域の健康調査を実施した。成人と老年者については、具志川村の老人保健法による基本健康診査に参加した者を対象として可能な範囲で実施した。期間はいずれの調査も平成13年10月～11月であった。

2) 口腔診査の方法

基本的にはWHOの診査基準(1987、1997)に基づいたものとする。齲蝕の検診は、人工照明の下で、歯科用探針とミラーを用いた方式を採用する。また、齲蝕の検出は、乳歯については歯種別に、永久歯は歯面別に行う。

3) 口腔診査のキャリブレーション（標準化）

齲蝕、歯周疾患（成人のみ）とエナメル斑に関するキャリブレーションは、診査基準の解釈、理解および適用を統一し、複数の診査者が一致度の高い診査を可能にするために、口腔診査の前に行う必要がある。今回、口腔診査を担当する者は、これまで口腔診査の方

法には習熟した研究者であるので、診査者内の一致度（診査者内再現性）は省略し、診査者間のばらつき（診査者間再現性）を評価するために、事前に口腔診査の基準を十分理解したうえで、初回の診査時に学童10名を被検者とし、それぞれの担当者が同じ10名を相互に検診し、一致率（DMF、CPI、エナメル斑の有無と種類）の結果をもとめる。一般的に、齲蝕の診査結果の一致度は85%以上の範囲で実施される。一致度が低い場合には、診査者の熟練度の検討か、または、検診基準の見直しをしなければならない。重要なことは、各診査者の共通の診査基準に対する習熟度と診査技術の熟練度である。もし、修正不可能な診査者がいる場合には、検診からははずすことも考慮しなければならない。また、今回はキャリブレーションの対象とはしないが、永久歯では要観察歯（CO）も検出の項目とした。

（ア）口腔診査の項目

（1）園児・児童・生徒の健康診査 ORAL HEALTH CHART (for children)

①齲蝕：探針とミラーによる触診で、軟化質を伴う齲窩の形成を認めるものを未処置歯（D）とする。修復してある歯は（F）とするが、新たな齲窩が認められた場合は未処置歯（D）として取り扱う。欠損歯は（M）とする。歯面のチェックは修復歯面は（○）、未処置歯面は（レ）の記号で行う。「要観察歯（CO）」は次の場合とする。小窩裂溝において、エナメル質の軟化した実質欠損は認められないが、褐色の小窩裂溝および粘性

（sticky 感）が探針で触知されるもの。平滑面において、歯質の脱灰を疑わしめる白濁や褐色斑が認められるが、エナメル質の軟化した実質欠損の確認ができないもの。「小窩裂溝填塞（シーラント、St）」が施されている歯は、元々健全歯か、あるいは初期齲蝕があったのか判定できないので、すべて健全歯とする。「フッ化ジアンミン銀（サホライド、Sa）」が塗布されていても、軟化質の触知されない歯は健全歯または要観察し（CO）として経過を見る。乳歯は歯種別、永久歯は歯面別に記録する。

②エナメル斑：歯のフッ素症は Dean の分類に基づく。それ以外の白斑は、IM (idiopathic mottling：特発性白斑)、IS (injury spot：乳歯障害性白斑)、WS (white spot：歯垢脱灰性白斑)、EH (enamel hypoplasia：エナメル減形成)の種類に分類して記録した。

③口腔清掃状態（別紙）：今回は Quick Impression Index (QI index, Bratthall 1994)をもちいて、歯垢染色なしに別紙の4段階で評価する。

④歯肉炎：学童・生徒の歯肉炎は、明らかな炎症症状を示すものの範囲をチェックする。

⑤咬合異常：咬合異常（顎顔面の異常）については、WHO（1997年）が採用している DAI (Dental Aesthetic Index) の診査基準を用いる。今回は小学校6年生と中学生に限定して用いる。

⑥口腔内写真－エナメル斑と歯肉炎の判定：口腔内写真は①メデイカルニッコールと②デジタルカメラの2種類で同一被検者を撮影する。撮影記録は写真撮

影、票に記入し、後日、エナメル斑と歯肉炎（PMA）の写真判定用に供する。

（2）成人の口腔診査

ORAL HEALTH CHART (for adults)

①歯冠部齲蝕：園児・児童・生徒の齲蝕検診に同じ。

②歯根面齲蝕：歯根面齲蝕の診断基準は次のとおりである。

未処置歯根面（S）：セメント・エナメル境（CEJ）あるいは歯根面に限局する、明らかな soft 感（軟化質）が探知される、着色のある明瞭な欠損部位を面別に記録する。2次齲蝕もこの基準に従うものは未処置歯（S）とする。

処置歯根面（F）：充填された欠損歯面については、以下のものを処置歯根面と判定する。歯根面部に限局したもの。CEJを含む部位に充填処置がなされているもので、あくまでも歯根面に原発すると考えられるもの。原発部位が不明瞭な場合は、修復面の 1/2 以上が歯根面部にあるもの。

③くさび状欠損（H）： abrasion（磨耗）または erosion（酸蝕）など齲蝕以外の要因により形成されたと考えられる、表面が滑沢で soft 感（軟化質）の探知されない欠損部位をくさび状欠損（H）とする。着色（C）の有無についても記録する。

④歯肉退縮（R）：歯肉の退縮が明らかな歯については歯単位で記録する。

⑤エナメル斑：園児・児童・生徒の診査基準に順ずる。

⑥口腔内写真撮影：学童・生徒と同じ条件で、写真撮影を行う。

⑦歯周疾患： CPI の Index teeth 法で

記録する。

⑧義歯の状態：義歯を装着していれば検診表にその範囲と種類を記録する。

FD：総義歯，PD：局部義歯，

Br：架橋義歯

（イ） 飲水歴調査票（Chart 3）

エナメル斑の要因を追究するために、口腔診査の対象となった全員に配票調査を実施した。

2. 口腔の健康に関する質問紙調査

齲蝕およびエナメル斑発症に関連する要因についての情報を得るために質問紙調査を実施した。質問紙の主な項目は表 4 に示すように、歯・口腔の自覚症状、飲水歴、浄水器使用、病歴、清涼飲料水摂取状況、歯磨回数、フッ化物配合歯磨剤の利用状況などである。

また調査対象者は、久米島小中学校生徒で具志川村 5 1 7 人、仲里村 6 3 4 人、合計 1151 人であった（表 5）。

3. フッ化物情報の提供と資料の作成 および住民説明会の開催

2001 年から具志川村で行われた主として地域住民を対象とした説明会の経過を記録し、その中で出された質問への対応などを通じ、水道水フッ化物添加に関する公衆衛生施策への住民の同意および合意納得のあり方などについて考察した。

4. 水道水フッ化物添加装置の選定とフッ化物濃度モニタリングシステムの構築

フッ化物添加装置の選定に関して水道行政担当者、委託業者との情報交換を行った。米国疾病対策センターの上席技

術員を招聘して意見交換を行った。さらにフッ化物濃度測定法についての技術支援を実施した。

5. 久米島（具志川村・仲里村）の飲料水と食品中フッ化物分析

フッ化物イオン濃度測定の技術支援と併せて、歯科健診においてエナメル斑と診断された生徒の飲料水や久米島における水道水や簡易水道水、井戸水のフッ化物イオン濃度を測定した。さらに沖縄における一部食品のフッ化物分析を行った。

C. 研究成果

1. 園児・児童・生徒の水道水フッ化物添加開始前の口腔領域の健康状態の把握

久米島の具志川村と仲里村の幼稚園児と小中学校の児童・生徒の全員を対象とした口腔領域の健康調査を受けた人数は表1に示した。これを両村に分けて学年・性別に対象者数を示したものが表2、3である。小中学生ともに両村の規模はほぼ同様であった。

図1は調査対象全体の学年別・性別のDMFTを表したもので、図2は小学校から中学校まで各学年ごとにDMFTをまとめたものである。さらに、図3、図4はそれぞれのDMFSを示したものである。久米島全体の児童・生徒の齲蝕は、歯牙別にみても歯面別にみても齲蝕の有病状況は全国的なレベルに比較して一般的に低い状況にあると考えられる。ただし、男女別の分析で見ると、小学校高学年から中学校にかけては、いずれの学年も男子に比べて女子の齲蝕レベルが明らかに高い状況にあった。この傾向は、具志川

村と仲里村でほぼ同じようであった。図5~7は中学1年生~3年生のDMFTを各学校ごとに示したものである。具志川中学校は具志川村で、他の3つの中学は仲里村に位置する。両村ともに中学1年男子のDMFTは平均して1~2の範囲にあるが、中学1年女子は久米島中を除いてDMFT3~4という高いレベルにあった。

また、エナメル斑の検出については、水道水フッ化物添加後の状況を追跡調査するため、疫学的ベースラインを確認することを目的に口腔内写真によって精査を行っている。表4は本調査によって得られた久米島における小中学校生のエナメル斑の検出者数を示したものである。歯垢による脱灰で生じたwhite spot (WS)は、小学生で32%、中学生で42%であり、さらに、乳歯根端病巣の影響あるいは小児期の熱性疾患と投薬によって形成されたと考えられるエナメル斑(IM, IS)は、小学生で14%、中学生で12%であった。原因は不明であるが、フッ素症歯様のエナメル斑が認められた者は、小学生8名と中学生4名で、全体の1%程度であった(Q:8名, VM:2名, M:2名)。いずれもQuestionableからMildの範囲であったが、その成因がフッ化物摂取に起因するかは不明である。これらのフッ素症歯様エナメル斑は、従来からフッ素摂取やフッ素地帯とは関係なく散見されている。現在、飲水歴の調査票による検討や色調分析などにより、要因の確定作業中である。

歯周疾患、咬合状態および口腔粘膜に関しては、上顎前歯部歯肉炎の他には特記される所見は認められなかった。

さらに、成人と老年者を対象とした口腔領域の調査も同じ時期に実施したが、20歳代から90歳代までの成人・老年者126名の参加者であった。現在、年代別・性別の齲蝕、歯周疾患さらには義歯や対咬関係の状態など分析中である。

2. 口腔の健康に関する質問紙調査

(表 5,6, 図 8-18)

表 5, 6 および図 8~図 18 は、久米島幼小中学校生徒の口腔の健康に関する調査結果の一部を示したものである。

最近、とくに米国では浄水器を使用したり、ボトル水を飲用する割合が増加していることから、水道水フッ化物添加の齲蝕予防効果に影響を与えていることがしばしば指摘されている。今回の質問紙調査で、これらの項目を調査したところ、浄水器の利用者は14%ボトル水を毎日飲用している割合は14~20%であった。これらの数値が外国および国内の平均的な地域に比べて高いのか低いのか、今後調査していく必要がある。

飲水歴（居住地、利用していた飲料水の種類）と今までに罹患した疾患などについては、今回のアンケート調査と同じ対象者に行われたエナメル斑に関する口腔診査の結果と関連させて解析していく方針である。

フッ化物配合歯磨剤については、明らかにこれを使用している割合が具志川村・仲里村ともに全対象者の56%であった。しかし、使用している歯磨剤の名称を回答していない割合が比較的高いことから、実際にフッ化物配合歯磨剤を用いている割合は、この数値よりも高いと推

測される。

フッ化物配合歯磨剤以外のフッ化物応用では、歯科医院でフッ素塗布を定期的に受けている割合が約4分の1、また、それ以外の利用者の割合も比較的高かった。具志川村ではすべての保育園、幼稚園、小中学校でフッ化物洗口が実施されており、ほとんどすべての年中児~中学生がこれに参加している。今後、水道水フッ化物添加を実施する前準備として、今まで全身応用がなされていない中で積極的に実施されてきた局所応用法のあり方などについて、検討を進めていく必要があると考えられる。

今回示したアンケート調査の結果は予備的な報告であり、今後、齲蝕およびエナメル斑の調査結果と関連づけて分析を進めていく予定である。

3. フッ化物情報の提供と資料の作成 および住民説明会の開催（別紙資料）

住民に対するフッ化物情報の資料提供として、「フロリデーション問答集」と「フロリデーションと健康」のパンフレット作成を行い、住民の理解と合意形成に向けて水道水フッ化物添加に関する説明会を地域ごとに開催した。

具志川村では2001年までに村当局、商工会議所などを対象の説明会が散発的に開催された。2001年12月~2002年1月には、具志川村内の14地区（字：あぎ）を単位として住民対象の説明会が行われた。この説明会では福岡歯科大学・境 脩、筒井昭仁、長崎大学・飯島洋一、新潟大学・八木 稔、日本大学松戸歯学部・小林清吾などの教官・教員、国立感染症研究

所口腔科学部・安藤雄一がこれを担当した。また、地元の玉城民雄歯科医師がこれまでの経緯について説明し、必要に応じて村の水道課の課長が水道水へのフッ化物添加について技術的な解説をした。説明会をコーディネートしたのは具志川村の福祉課である。

具志川村主催の説明会は各字にある公民館を会場として、昼夜2回行ったところを含めて、延べ13回行われた。参加人数は合計の延べ人数で298人であり、内訳は一般住民182人、行政担当者65人、講師陣は51人であった。別表に、実施日、会場、参加者数、講師陣などについてその詳細が示す。

住民説明会のなかで出された水道水フッ化物添加に関する質問は多種多様であった。フッ化物についての効果・安全性はもとより、フッ化物添加装置や地域産業に対する影響、水道を利用する必要性、個人の選択と住民合意、さらには村行政の姿勢についてなどにも及んだ。これらについては一連の住民説明会が終了した後、直ちに問答集というかたちで編纂作業がすすめられ、「フロリデーション問答集・久米島バージョン」として発刊された。編纂作業には、全国20の大学、研究所などの25名の研究者などが関与し、本研究班員も含まれている。内容は、説明会において出された内容を中心に124の質問に対して標準的な回答、解説がなされており、他の地域でも活用が可能である。

しかし、これとは別の観点から、一連の住民説明会を通じて、住民がもつ根本にある共通の疑問をはっきり集約できた。

1つ目は、「どうして他の大都市からでなくこの久米島の具志川村から始めるのか?」、であり、もう1つは、「どうしてそんな良いことがこれまで日本では行われてこなかったのか?」、という素朴な疑問である。いずれも当然の疑問ではあるが、第1の疑問に対しては妥当な回答が可能である。すなわち、当地には公衆衛生的なフッ化物添加に特段の熱意を持って取り組む玉城民雄歯科医師の活動に関連するものである。そしてこれを理解し、住民の健康を考えることのできる行政の対応によるものである。一方、第2の質問に対する回答はそう簡単ではない。田辺功氏（朝日新聞編集委員）による近著「ふしぎの国の医療」では、この問題点について、「日本でフッ素が普及しなかった背景としては、歯科医学会が積極的でなかったことが大きいと思う。歯科医師はむし歯が減ると仕事が無くなると心配し、国民のフッ素に対する誤解を解消する努力をほとんどしなかったのは事実だ」と記されている。この内容を住民説明会で紹介したところ、大きな説得力があった。

4. フッ化物添加装置の選定とフッ化物イオン濃度モニタリングシステムの構築

具志川村の水道行政の担当者に対しては、水道水フッ化物添加装置の選定に関するアドバイスを求めるために、行政担当者、水道業者および研究班のプロジェクトメンバーの同席の下に米国 CDC の Thomas G. Reeves 氏 (National Fluoridation Engineer) を招致して、添加装置と添加フッ化物の選定に関する研修と会議を具志川村で開催した。現在のと

ころ、フッ化物添加装置はアップフロー型のサチュレーター方式のもので、添加フッ化物としてはフッ化ナトリウムを使用する計画である。さらに、住民の理解を得るために水道水フッ化物添加に関する講演も企画された。

また、具志川村の水道行政担当者には、フッ化物イオン濃度モニタリングのための研修「水質試験のためのフッ化物イオン濃度測定法」を実施した。その内容は①複合型フッ化物イオン電極法による測定の原理・操作法と維持管理の支援、②フッ化物イオン電極とスパンズ法（比色法）の測定器具と③フッ化物イオン濃度測定マニュアルの提供である。

5. 飲料水フッ化物濃度測定と食品中フッ化物分析の検討（表 7, 8）

中学校における歯科健診調査において 3 人の生徒にエナメル斑がやや強く認められたので、問診で居住歴、フッ化物応用歴を確認した後、実際に飲料水の採水を行ってフッ化物イオン濃度を測定した。その結果は 0.06ppm（仲里村）、0.05ppm（具志川村鳥島）を示し、0.1ppm 以下の低フッ化物イオン濃度であった。他の一人は保護者不在のため採水が出来なかった（具志川村鳥島）。現在、いずれの家庭においても井戸水は飲料水として使用されていないということである。

具志川村の飲料水の歴史について、現在の浄水場は昭和 45 年に開始されたが、それ以前には、地区ごとの簡易水道、米軍統治下の簡易水道および井戸などから供給されていたとのことであった。現在では、ほとんど（99.9%）が村の水道水

を使用しているが、一部の地区では独自の簡易水道あるいは水道と井戸（ポンプ汲み上げ）を併用している家庭もあるので、成人歯科健診時に問診を行い、井戸水使用の家庭を調査した（具志川、山側；海岸より約 800m）。さらに海側の比較的井戸の多い地区（鳥島；海岸より約 100m）での採水も行い、フッ化物イオン濃度測定を実施した。鳥島地区の調査ではほとんどの家庭の庭先に井戸が見られるが、汲み上げが可能であるのは、ごく一部であり、その他はそのまま放置してあるか、石板で塞いである井戸であった。井戸は他の地区にも散見するので継続調査の必要があると思われる。

井戸水、簡易水道水、水道水中のフッ化物イオン濃度は表 7 に示している。久米島の水道水フッ化物イオン濃度は、0.04ppm（具志川村）と 0.06ppm（仲里村）で極めて低値であった。一方、井戸水では具志川では 0.03ppm と 0.05ppm であり、鳥島地区でも 0.19-0.22ppm を示していた。飲水歴に照合してみても中学生徒 3 人のエナメル斑は飲料水由来ではないと考えられた。

食品中フッ化物分析の検討では、1997 年 11 月に沖縄県那覇市の市場で購入した一部の食品と食塩などを分析した（表 8）。購入した食品を分類すると、穀類 3、野菜 3、海産物 3 さらに調味料としての食塩 6 種類である。食品中フッ化物分析はテフロン製微量拡散装置を用いて 60°C・12hr の拡散条件で実施した。本実験の F 分析結果は、表 8-1 から表 8-4 に食品分類毎にまとめて示した。さらに水道水フッ化物濃度は表 8-5 に表している。穀類については、さつまい