

熱帯地域における歯牙弗素症発症閾に関する研究

——雨季における調査成績および乾季との比較——

美濃口 玄・小野 尊睦・佐藤 匠・天野 義彦

Investigation on the threshold of dental fluorosis in the tropical area

——Correlation of the dental fluorosis and fluorine content of drinking water——

by

Gen MINOGUCHI, Takatoki ONO, Takumi SATO and Yoshihiko AMANO

緒 言

上水道弗素化（上水道に弗化物を添加する）によるう蝕予防方法は、その予防効果、経済性、管理運営の簡便性などからいっても極めて有用な手段であるとされている。しかるに上水道弗素化に当たっては、飲料水中に混入される弗素化合物の濃度の決定、すなわちう蝕予防効果を最大にし、弗素中毒症の発症をきたさない、いわゆる適量の決定が充分な検討の上でなされなければならない。著者の1人美濃口は Maier¹⁾, Galagan^{2,3)}, Witkop⁴⁾ の研究、さらに日本各地の斑状歯に関する調査研究⁵⁾、日本人食品中の弗素量とその摂取量などの調査資料⁶⁾ をもととし、至適弗素化量の決定式を算出したのであるが⁷⁾、この計算式は年間平均気温 50°~70°F という比較的温暖な地域に適用され、またこの式からの計算によれば年間平均気温の高い地域では、歯牙弗素症の発症閾が低下するとともに、許容範囲が狭くなることが想像されたのである。そこで、かかる問題点を確認するためには、年間平均気温が 70°F 以上の熱帯地域における歯牙弗素症の発症の状況に関する実地調査が緊要となり、1966年1月より2月にかけて、美濃口と天野によって第1回の調査が行なわれた。⁸⁾ しかしこの時期における調査地域ではちょうど乾季に相当し、得られた飲料水中の弗素定量値をもって当該地域の平均弗素含有量と断定することは出来ず、雨季の調査を行なう必要のあることを課題として残していたのである。すなわち Dean^{9,10)} の調査によれば同一水源においても弗素量には変動があるという報告があり、また美濃口ら¹¹⁾、牛尾¹²⁾などの調査でも水中弗素量には時期的にかなり大きな変動もあるということが指摘されていることなどから、雨季、乾季の判然と区別されている熱帯地区での調査には、少なくとも雨期の調査成績を参考にすることにより、より正確な資料を得ることが想定された。そこで、第2回調査時期として、弗素量の変動が出ているとすれば十分にその可能性がある1966年8月、9月、10月の雨期の後半を選び、第1回調査とほぼ同様の現地調査を行な

った。なお、この第2回調査では一部調査範囲を拡げ、年間平均気温のより高いインド南部の現地調査もあわせ行なった。

I 調査方法

第1回調査と同様、歯牙弗素症発見のための10～13才学童の口腔調査、Dean¹³⁾の分類による斑状歯（歯牙弗素症）の分類、被検学童の常用する飲料水の採取、水中弗素量の測定（トリウム・アリザリン法¹⁴⁾）、同カルシウム硬度測定（EDTA法¹⁵⁾）を行なった。なお河川水の弗素量についても測定した。

II 調査地域

タイ(図1)——Chiengmai 地区 (Sang Pong, Ban Hon, Padat)

Ubon 地区 (Nong Manao, Surikai, Ban Kao)

台湾(図2)——文賢 Wenhsien, 仁德 Jente, 右昌 Yuchang, 内惟 Neiwei

インド(図3)——Salem (Neermullikuttai)

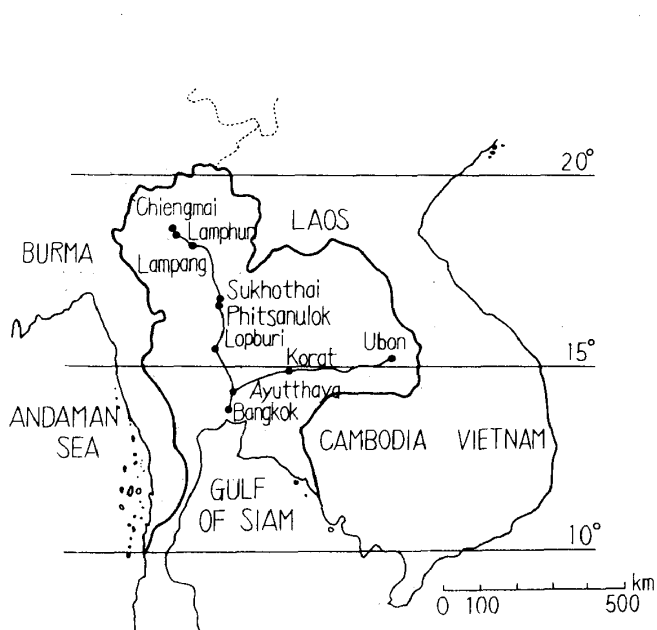


図1 タイにおける調査地区

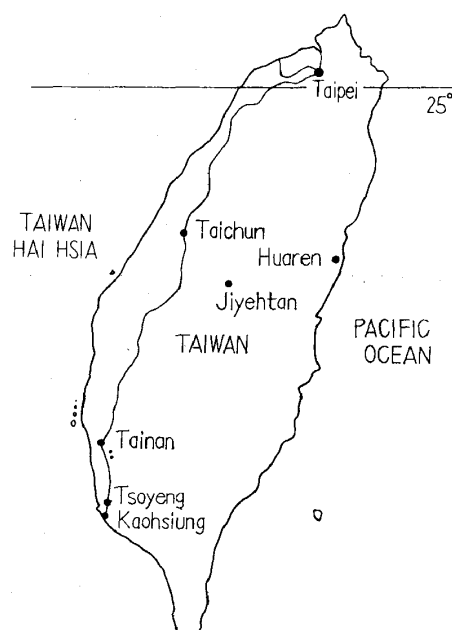


図2 台湾における調査地区

飲料水の採取は、タイ Chiengmai 地区、台湾においては、1966年1月～2月の第1回調査に採水した同一水源につき、水温、濁度、水位の測定とあわせ行ない、タイ Ubon 地区および南インドにおいては初めての調査であるために被検学童の飲用水源を採水し、弗素量測定に供した。なおタイでは若干の河川水についても参考までに調査した。

III 調 査 成 績

第2回調査は雨季のものであるが、歯牙弗素症の発症と飲料水中弗素量の関係についての成績を述べるに当たって、とくに飲料水中弗素量の測定結果は、乾季、雨季両季の成績を比較検討する必要上、本報告では乾季の調査成績を随時折り込んで記述することとする。

1. タイにおける成績

乾季における Chiangmai 周辺地区および雨季における Ubon 周

辺地区の小学校学童の歯牙弗素症検診成績を表1に示す。調査地点ならびに調査対象およびその水源の状況などは、先の乾季の調査報告⁸⁾に詳記したので省略する。

学童検診の結果から、歯牙弗素症を有する者の飲用する水源（地下水）より得た試水の乾季および雨季における弗素含有量ならびに両季の平均値および歯牙弗素症発症頻度との関係を表2a, 2bに示す。Ubon 地区については弗素中毒症発生地区と認め難いので省略、弗素含有量とその飲水硬度の測定結果を後記するにとどめる。

表2に見る通り、雨季における飲料水中弗素含有量は乾季のそれと比較すれば、Sang Pong 地区の水源ではいずれも弗素含有量が増加し、その上昇幅は0.10～2.51ppmで、上昇幅が1.0ppmを越えた極端な1例を除いても平均0.39ppmの上昇が見られた。Ban Hon 地区では、12水源中その弗素量が上昇した水源7例、下降したもの5例、その上昇幅は0.05～2.20ppmで、ここでも上昇幅が1.0ppmを越え

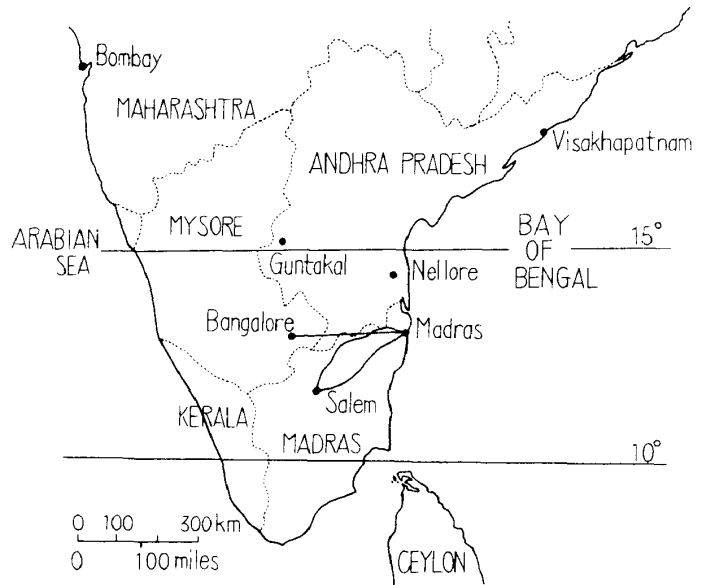


図3 南インドにおける調査地点とその関係図

表1 タイ (Chiangmai 地区および Ubon 地区周辺) の小学校学童の歯牙弗素症検診成績

Area-District	Number of children examined	Number of children with MT* (%)	Incidence of mottled enamel**				
			±	1	2	3	4
Chiangmai							
Sang Pong	126	16(12.7)	5	7	4	0	0
Ban Hon	41	18(43.9)	3	6	5	4	0
Padat	54	17(31.5)	7	4	3	3	0
Ubon							
Nong Manao	84	0(0)	0	0	0	0	0
Surikai	22	2(9.1)	2	0	0	0	0
Ban Kao	47	4(8.5)	3	0	0	1	0

*MT=mottled teeth (enamel)

**Mottled enamel incidence are correspondingly to Dean's classification, as following: ± Questionable

1 Very mild

2 Mild

3 Moderate

4 Severe

表2 a タイにおける飲料水弗素含有量と歯牙弗素症発症状況との関係 (1966)

District	Fluorine content (ppm)			Number of subjects examined	Number of subjects with MT (%)	Incidence of mottled enamel				
	Dry s.	Rainy s.	Mean			±	1	2	3	4
Sang Pong	0.14	0.34*	0.24	4	2(50.0)	0	1	1	0	0
	0.21	0.90*	0.56	1	1(100.0)	0	0	1	0	0
	0.22	0.48*	0.35	3	2(66.7)	1	1	0	0	0
	0.22	0.32*	0.27	2	2(100.0)	1	1	0	0	0
	0.29	2.80*	1.55	2	1(50.0)	0	0	1	0	0
	0.44	0.80*	0.62	5	2(40.0)	0	0	2	0	0
	0.44	0.96*	0.70	1	1(100.0)	0	1	0	0	0
	0.52	0.80*	0.66	4	1(25.0)	0	0	1	0	0
	0.56	0.87*	0.72	1	1(100.0)	0	1	0	0	0
	0.57	1.35*	0.96	1	0	—	—	—	—	—
				24	13(54.2)	2	5	6	0	0
Ban Hon	0.08	0.79*	0.44	10	7(70.0)	3	2	0	2	0
	0.18	0.68*	0.43	5	4(80.0)	2	0	1	1	0
	0.26	0.04	0.15	0	—	—	—	—	—	—
	0.31	2.51*	1.41	4	1(25.0)	0	0	1	0	0
	0.33	0.42*	0.38	10	4(40.0)	0	3	0	1	0
	0.33	0.08	0.21	2	2(100.0)	0	0	2	0	0
	0.35	0.32	0.34	4	3(75.0)	0	1	0	2	0
	0.47	0.64*	0.56	5	3(60.0)	0	0	2	1	0
	0.48	0.15	0.32	7	4(57.1)	1	2	1	0	0
	0.51	0.56*	0.54	2	2(100.0)	0	0	2	0	0
	0.79	1.23*	1.01	3	3(100.0)	0	0	1	2	0
	0.91	0.76	0.84	3	2(66.7)	0	2	0	0	0
				55	35 (63.6)	6	10	10	9	0

* F concentration rised in rainy season

る極端な1例を除く平均上昇は0.33ppm, 下降幅は0.03~0.33ppmで, 平均0.20ppmの下降幅となっている。弗素定量に際する測定誤差は0.05~0.06ppmであるので明らかに季節変動のあることは認められる。Padat 地区では, 21水源中, 弗素含有量の上昇したもの18例, 下降したもの3例で, その上昇幅は0.05~1.10ppmである。同じく上昇幅が1.0ppm以上の極端な1例を除く平均は0.40ppm, 下降幅は0.05~0.38ppm, 平均下降幅は0.21ppmであって, 3地区を通じて飲料水中弗素量は上昇したもののほうが下降したものより水源数も多く, その変動幅も大きいといえる。従ってタイ (Chiangmai 地区) では乾季より雨季のほうが一般に飲料水弗素含有量が高い傾向にあるといえる。

濁度は各水源とも, あまり変化はなかったが, 変化したもののみについていえば, 雨季になって濁度の大きくなったもののほうが, 濁度が小となったものより多かった。

表2 b タイにおける飲料水弗素含有量と歯牙弗素症発症状況との関係 (1966)

District	Fluorine content (ppm)			Number of subjects examined	Number of subjects with MT (%)	Incidence of mottled enamel				
	Dry s.	Rainy s.	Mean			±	1	2	3	4
Padat	0.20	0.62*	0.41	1	1(100.0)	1	0	0	0	0
	0.25	0.35*	0.30	4	1(25.0)	1	0	0	0	0
	0.28	0.66*	0.47	2	0	—	—	—	—	—
	0.31	0.68*	0.50	2	1(50.0)	0	1	0	0	0
	0.36	1.08*	0.72	3	0	—	—	—	—	—
	0.37	0.68*	0.53	4	3(75.0)	0	1	1	1	0
	0.41	1.03*	0.72	2	1(50.0)	0	0	0	1	0
	0.41	0.72*	0.57	4	1(25.0)	1	0	0	0	0
	0.42	0.47*	0.45	11	7(63.6)	1	2	1	3	0
	0.44	0.25	0.35	6	3(50.0)	1	1	1	0	0
	0.45	1.02*	0.74	3	3(100.0)	1	0	2	0	0
	0.45	0.40	0.43	3	2(66.7)	2	0	0	0	0
	0.46	1.35*	0.91	3	0	—	—	—	—	—
	0.50	1.60*	1.05	2	1(50.0)	1	0	0	0	0
	0.53	1.07*	0.80	1	0	—	—	—	—	—
	0.59	0.68*	0.64	4	3(75.0)	2	0	1	0	0
	0.69	0.31	0.50	1	1(100.0)	0	0	1	0	0
	0.70	1.00*	0.85	1	1(100.0)	0	1	0	0	0
	0.73	1.40*	1.07	3	0	—	—	—	—	—
	0.82	1.12*	0.97	4	2(50.0)	0	0	2	0	0
	0.91	1.02*	0.97	4	2(50.0)	1	1	0	0	0
				68	33(48.5)	12	7	9	5	0

* F concentration rised in rainy season

水温は雨季では各地区別平均 2.0°~2.7°C 上昇し、水位も同じく各地区別平均 0.9m~1.1m 上昇したが、これらは各々、または相互にその飲料水中弗素量との関係を検討したところ、両者間に意味のある関係を認めることは出来なかった。後記する表 3 の Ubon 地区における測定値は雨季のみのものであるが、その飲料水中弗素含有量は Chiangmai 周辺地区地下水弗素含有量の季節的変動を考えると、この地区でも乾季に弗素含有量が上昇し、したがって平均値が極端に上昇するといったことはないものと思われる。それは表 1 に示した学童検診の結果に見る歯牙弗素症の発症が、この地区において極めて低い率を示していることから想像される。Ubon 地区の CFI (Community Fluorosis Index 地域歯牙弗素症指数) も Nong Manao 地区 : 0, Surikai 地区 : 0.05, Ban Kao 地区 : 0.10 と極めて低いところにあった。もちろんこのことについては成人の該地区民を含め、さらに多数の診査例を得た上で検討されねばならないであろう。

さて Chiangmai 周辺 3 地区の飲料水源の弗素含有量をその濃度順に整理し、0.05~0.14ppm

を 0.1ppm, 0.15~0.24ppm を
0.2ppm … 以下同様にして得
た弗素含有量 0.1ppm の階程
を作り, 各々の階程濃度に該
当する被検学童の歯牙弗素症
罹患者数を, Dean¹³⁾ による
斑状歯 (歯牙弗素症) 分類に
準じて分類集計し, Dean¹³⁾ の
定めた CFI を算定した。その
乾季, 雨季およびその平均弗

表3 Ubon 地区における飲料水弗素含有量とカルシ
ウム硬度 (雨季) (1966)

District	F content (ppm)	Ca hardness	District	F content (ppm)	Ca hardness
Nong Manao	0.16	1.4	Sri Kai	0.02	1.5
	0.20	1.4		0.01	0.6
	0.18	1.2		0.03	3.8
	0.08	0.2	Ban Kao	0.06	0.8
	0.09	—		0.00*	0.4
	0.12	—		0.28	0.9
	0.12	0.5			

* rain water

no mark: well water

素量に対する評価は表 4a, 4b, 4c の通りである。また表 4c の関係を図示すると図 4 の通りで
あって CFI と飲料水中弗素含有量との間には, 後者の季節による変動を加味しても, 一定の関

表4 a タイにおける飲料水中弗素含有量と歯牙弗素症罹患状態 (CFI) と
の関係 (乾季)

F in water (ppm)	Number of subjects examined	Number of subjects with MT (%)	Incidence of mottled enamel					CFI
			±	1	2	3	4	
0.1 (0.05-0.14)	2	2(100.0)	0	0	2	0	0	2.00
0.2 (0.15-0.24)	7	4(57.1)	1	2	1	0	0	0.64
0.3 (0.25-0.34)	17	11(64.6)	2	4	3	2	0	1.00
0.4 (0.35-0.44)	17	7(41.2)	3	3	0	1	0	0.44
0.5 (0.45-0.54)	14	9(64.4)	2	3	1	3	0	1.07
0.6 (0.55-0.64)	8	6(75.0)	1	0	4	1	0	1.44
0.7 (0.65-0.74)	21	12(57.1)	5	2	3	2	0	0.79
0.8 (0.75-0.84)	22	12(54.5)	3	4	3	2	0	0.80
0.9 (0.85-0.94)	2	2(100.0)	0	1	1	0	0	1.50
1.0 (0.95-1.04)	11	8(72.7)	2	3	2	1	0	1.00
1.1 (1.05-1.14)	7	2(28.6)	0	0	2	0	0	0.57
1.2 (1.15-1.24)	3	3(100.0)	0	0	1	2	0	2.63
1.3 (1.25-1.34)	—	—	—	—	—	—	—	—
1.4 (1.35-1.44)	7	0	—	—	—	—	—	0.00
1.5 (1.45-1.54)	—	—	—	—	—	—	—	—
1.6 (1.55-1.64)	2	1(50.0)	1	0	0	0	0	0.25
2.8 (2.75-2.84)	2	1(50.0)	0	0	1	0	0	1.00

表 4 b タイにおける飲料水中弗素含有量と歯牙弗素症罹患状態 (CFI) との関係 (雨季)

F in water (ppm)	Number of subjects examined	Number of subjects with MT (%)	Incidence of mottled enamel					CFI
			±	1	2	3	4	
0.1 (0.05-0.14)	14	9(64.3)	3	3	1	2	0	0.89
0.2 (0.15-0.24)	12	10(83.3)	5	2	2	1	0	0.95
0.3 (0.25-0.34)	26	10(38.5)	1	4	4	1	0	0.59
0.4 (0.35-0.44)	40	21(52.5)	3	6	5	7	0	0.96
0.5 (0.45-0.54)	30	16(53.3)	5	2	8	1	0	0.78
0.6 (0.55-0.64)	6	4(66.7)	2	1	1	0	0	0.66
0.7 (0.65-0.74)	5	2(40.0)	0	1	1	0	0	0.60
0.8 (0.75-0.84)	7	5(71.4)	0	0	3	2	0	1.71
0.9 (0.85-0.94)	7	4(57.1)	1	3	0	0	0	0.50

表 4 c タイにおける飲料水中弗素含有量と歯牙弗素症罹患状態 (CFI) との関係 (平均)

F in water (ppm)	Number of subjects examined	Number of subjects with MT (%)	Incidence of mottled enamel					CFI
			±	1	2	3	4	
0.1 (0.05-0.14)	—	—	—	—	—	—	—	—
0.2 (0.15-0.24)	10	5(50.0)	0	1	4	0	0	0.90
0.3 (0.25-0.34)	18	10(55.6)	3	4	1	2	0	0.75
0.4 (0.35-0.43)	37	23(62.2)	10	7	2	4	0	0.76
0.5 (0.45-0.54)	22	14(63.6)	1	4	5	4	0	1.20
0.6 (0.55-0.64)	19	10(52.6)	3	0	6	1	0	0.87
0.7 (0.65-0.74)	14	7(50.0)	1	2	3	1	0	0.82
0.8 (0.75-0.84)	4	2(50.0)	0	2	0	0	0	0.50
0.9 (0.85-0.94)	4	1(25.0)	0	1	0	0	0	0.25
1.0 (0.95-1.04)	12	7(58.3)	1	1	3	2	0	1.13
1.1 (1.05-1.14)	5	1(20.0)	1	0	0	0	0	0.10
1.6 (1.55-1.64)	2	1(50.0)	0	0	1	0	0	1.00

係を見出すことはできないようである。

一方、地表水である若干の河川水について参考までに調査したが、その結果は表 5 に示す通りである。雨量の多い雨季において川水中の弗素含有量は下降している結果を得、その乾季、

雨季による変動は地下水とは逆の結果を示した。検査に供した試水は雨季，乾季とも同一地点で同一方法にて採取，定量したものである。

2. 台湾における調査成績

台湾の乾季における学童弗素症検診結果は表6に示す通りである。

この検診結果から得られた歯牙弗素症発症学童の飲用する水源（地下水）より採水し，乾季，雨季およびその平均弗素含有量を求め，歯牙弗素症発症状態と対比して表7a, 7b に示す。

これらの水源の雨季における弗素量を乾季のそれと比較するに，まず高弗素濃度地区である Wenhsien, Jente 地区と低弗素濃度地区である Yuchang, Neiwei 地区に分けて考えてみると，高弗素濃度地区の Wenhsien 地区では14水源中弗素含有量が雨季に上昇したもの8例で，その上昇幅は0.12～1.92

ppm, 弗素濃度上昇が1.0ppm以上を越える極端なものを除く平均では 0.42ppm, 下降したものは5例で，その幅は0.18～0.56ppm, 平均0.34ppmの下降があった。不変は1例であった。先にも記述した測定誤差を考慮すれば弗素量の変動は，台湾でもかなり広い範囲であると思われる。Jente 地区では14水源中弗素濃度の上昇したもの7例で，その幅は0.06～1.13ppm, 極端に1.0

ppm以上の上昇を示した1例を除くと，平均0.28ppmの上昇幅で，下降したものは6例，

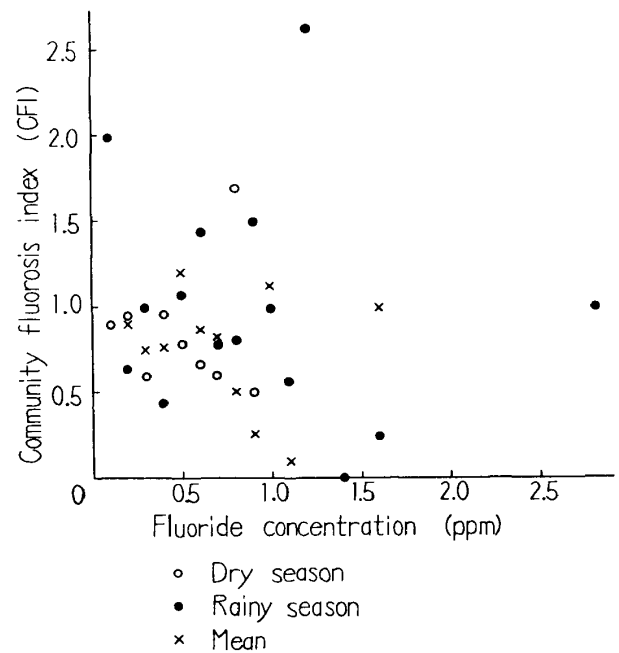


図4 タイ (Chiengmai 地区) における飲料水中弗素濃度と CFI の関係

表5 タイにおける二，三主要河川水の弗素含有量 (1966)

Name of river		Fluorine content (ppm)	
		Dry season	Rainy season
Pin	(at Chiengmai)	0.18	0.16
Wan	(at Lampang)	0.23	0.00
Yom	(at Sukhothai)	1.26	0.04
Nan	(at Pitsanulok)	0.08	0.01
Mun	(at Ubon)	—	0.04
"	(at Phimai)	—	0.37
Tha Kun Na	(at Lopburi)	—	0.14

表6 台湾 (文賢 Wenhsien, 仁德 Jente, 右昌 Yuchang, 内惟 Neiwei 地区) における小学校学童の歯牙弗素症検診成績

Area—District	Number of children examined	Number of children with MT (%)	Incidence of mottled enamel				
			±	1	2	3	4
Wenhsien	133	73(54.9)	17	17	23	16	0
Jente	120	49(40.8)	20	14	8	7	0
Yuchang	111	13(11.7)	8	3	2	0	0
Neiwei	103	19(18.4)	12	5	2	0	0

表7 a 台湾における飲料水弗素含有量と歯牙弗素症発症状況との関係

(1966)

District	Fluorine content (ppm)			Number of subjects examined	Number of subjects with MT (%)	Incidence of mottled enamel				
	Dry s.	Rainy s.	Mean			±	1	2	3	4
Yuchang	0.19	0.12	0.16	3	3(100.0)	2	1	0	0	0
	0.21	0.22*	0.22	2	1(50.0)	1	0	0	0	0
	0.26	0.52*	0.39	6	3(50.0)	2	1	0	0	0
	0.27	0.23	0.25	1	1(100.0)	1	0	0	0	0
	0.33	0.32	0.33	4	1(25.0)	1	0	0	0	0
	0.36	0.55*	0.46	4	3(75.0)	1	2	0	0	0
	0.38	0.16	0.27	2	0	—	—	—	—	—
	0.39	0.21	0.30	2	1(50.0)	0	1	0	0	0
	0.41	0.12	0.27	5	2(40.0)	2	0	0	0	0
	0.44	0.39	0.42	3	2(66.7)	2	0	0	0	0
	0.46	0.39	0.43	8	4(50.0)	1	3	0	0	0
	0.46	0.52*	0.49	4	3(75.0)	1	1	1	0	0
	0.50	0.60*	0.55	5	3(60.0)	2	0	1	0	0
	0.77	0.87*	0.82	3	1(33.3)	1	0	0	0	0
				52	28(53.8)	17	9	2	0	0
Neiwei	0.29	0.32*	0.31	3	2(66.7)	1	1	0	0	0
	0.38	0.44*	0.41	4	2(50.0)	0	1	1	0	0
	0.41	0.36	0.39	8	4(50.0)	2	2	0	0	0
	0.58	0.56	0.57	3	3(100.0)	0	1	2	0	0
	0.69	0.19	0.44	20	8(40.0)	4	3	1	0	0
	0.74	0.34	0.54	4	4(100.0)	3	1	0	0	0
	0.75	0.06	0.41	2	2(100.0)	2	0	0	0	0
	0.79	0.37	0.58	6	3(50.0)	1	2	0	0	0
	0.92	0.32	0.62	4	1(25.0)	1	0	0	0	0
	0.98	0.72	0.85	3	2(66.7)	2	0	0	0	0
	1.05	0.54	0.80	6	5(83.3)	3	2	0	0	0
	1.24	0.36	0.80	5	3(60.0)	3	0	0	0	0
	1.29	1.24	1.27	2	2(100.0)	0	1	1	0	0
				70	41(58.6)	22	14	5	0	0

* F concentration rised in rainy season

その幅は 0.01~0.36ppm で平均 0.13ppm, 不変 1 例で, ここでは雨季に飲料水中弗素量の増加傾向があったのはタイと同様である。

一方低弗素濃度地区である Yuchang 地区では14水源中, 飲料水中弗素含有量の上昇したものの6例, その上昇幅は 0.06~0.26ppm で 1.0ppm 以上のものはなく, 平均では 0.12ppm の上昇, 他方弗素含有量の下降したものは8例, その幅は 0.01~0.29ppm で平均では 0.12ppm と, 上下の変動は同等であった。Neiwei 地区では13の水源中弗素含有量の上昇したものの2例, その幅は 0.03~0.06ppm で, いずれも測定誤差限界内であり, 弗素含有量の減少した水源は11例で,

表7b 台湾における飲料水弗素含有量と歯牙弗素症発症状況との関係

(1966)

District	Fluorine content (ppm)			Number of subjects examined	Number of subjects with MT (%)	Incidence of mottled enamel				
	Dry s.	Rainy s.	Mean			±	1	2	3	4
Wenhsien	0.48	0.72*	0.60	11	4(36.4)	3	1	0	0	0
	0.54	0.54	0.54	1	0	—	—	—	—	—
	1.06	2.06*	1.56	27	24(88.9)	1	3	10	10	0
	1.17	0.80	0.99	30	19(63.3)	4	4	6	5	0
	1.20	1.02	1.11	3	3(100.0)	0	2	1	0	0
	1.21	2.40*	1.81	4	3(75.0)	0	1	2	0	0
	1.21	0.94	1.08	5	4(80.0)	3	1	0	0	0
	1.28	3.20*	2.24	2	2(100.0)	1	1	0	0	0
	1.48	1.60*	1.54	2	2(100.0)	0	2	0	0	0
	1.54	1.80*	1.67	11	8(72.7)	2	3	2	1	0
	1.60	1.04	1.32	3	3(100.0)	1	0	1	1	0
	1.60	2.36*	1.98	5	5(100.0)	2	1	1	1	0
	1.80	1.96*	1.88	5	3(60.0)	1	0	2	0	0
	2.29	1.93	2.11	1	1(100.0)	0	0	0	1	0
				110	81(73.6)	18	19	25	19	0
Jente	0.34	0.40*	0.37	5	2(40.0)	1	0	1	0	0
	0.49	0.48	0.49	3	3(100.0)	0	3	0	0	0
	0.80	0.68	0.74	7	7(100.0)	2	1	4	0	0
	0.89	1.20*	1.05	3	3(100.0)	1	1	1	0	0
	1.05	1.82*	1.44	2	2(100.0)	1	1	0	0	0
	1.10	1.38*	1.24	3	3(100.0)	1	1	1	0	0
	1.26	1.44*	1.35	3	1(33.3)	1	0	0	0	0
	1.33	1.33	1.33	5	4(80.0)	2	1	1	0	0
	1.35	1.23	1.29	5	5(100.0)	3	2	0	0	0
	1.51	2.64*	2.08	4	4(100.0)	0	2	2	0	0
	1.54	1.18	1.36	2	2(100.0)	0	0	0	2	0
	1.66	1.58	1.62	8	6(75.0)	3	1	2	0	0
	1.85	1.94*	1.90	5	2(40.0)	1	1	0	0	0
				55	44(80.0)	16	14	12	2	0

* F concentration rised in rainy season

その幅は 0.02~0.88ppm, 平均 0.40ppm であって, 低弗素濃度地区では, その弗素有含量が雨季に下降する例が多く, 前記のごとく高弗素濃度地区では雨季にその飲水中弗素濃度が上昇する傾向と相対する結果を得た。

濁度は雨季になってはあまり変化なく ただ Jente 地区においては全般的にわずかながら雨季の濁度が減少した。

水温は雨季において各地区とも平均 1.7°C~2.9°C の上昇が見られた。水位も雨季には各地区とも平均 2m 前後の上昇をみたが, これらについては水中弗素含有量の消長との間に関連性

は認め難かった。

以上、台湾における飲料水中弗素含有量とその水を飲用するものの歯牙弗素症発症状況を、タイにおけると同様、弗素濃度 0.1ppm の階程に分散して集計し、その弗素濃度に対する CFI を計算した結果は、乾季、雨季および雨季の平均それぞれ表 8a, 8b, 8c のごとくである。

表8a の乾季について見るに、0.6 ppm の弗素濃度から、Dean¹⁶⁾ のいう Positive borderline たる CFI 0.6 を越えるものが現われるが、これは雨季についても同様に、0.6 ppm から同

表 8 a 台湾における飲料水中弗素含有量と歯牙弗素症罹患状態 (CFI) との関係 (乾季)

F in water (ppm)	Number of subjects examined	Number of subjects with MT (%)	Incidence of mottled enamel					CFI
			±	1	2	3	4	
0.1 (0.05-0.14)	—	—	—	—	—	—	—	—
0.2 (0.15-0.24)	5	4 (80.0)	3	1	0	0	0	0.50
0.3 (0.25-0.34)	19	9 (47.4)	6	2	1	0	0	0.36
0.4 (0.35-0.44)	32	17 (53.1)	8	7	2	0	0	0.46
0.5 (0.45-0.54)	28	14 (50.0)	6	7	1	0	0	0.42
0.6 (0.55-0.64)	3	3 (100.0)	0	1	2	0	0	1.66
0.7 (0.65-0.74)	24	12 (50.0)	7	4	1	0	0	0.39
0.8 (0.75-0.84)	18	13 (72.2)	6	3	4	0	0	0.77
0.9 (0.85-0.94)	7	4 (57.1)	2	1	1	0	0	0.57
1.0 (0.95-1.04)	3	2 (66.7)	2	0	0	0	0	0.33
1.1 (1.05-1.14)	38	34 (89.5)	6	7	11	10	0	1.63
1.2 (1.15-1.24)	47	32 (68.1)	10	8	9	5	0	0.97
1.3 (1.25-1.34)	12	9 (75.0)	4	3	2	0	0	0.75
1.4 (1.35-1.44)	5	5 (100.0)	3	2	0	0	0	0.70
1.5 (1.45-1.54)	19	16 (84.2)	2	7	4	3	0	1.31
1.6 (1.55-1.64)	8	8 (100.0)	3	1	2	2	0	1.50
1.7 (1.65-1.74)	8	6 (75.0)	3	1	2	0	0	0.81
1.8 (1.75-1.84)	5	3 (60.0)	1	0	2	0	0	0.90
1.9 (1.85-1.94)	5	2 (40.0)	1	1	0	0	0	0.30
2.0 (1.95-2.04)	—	—	—	—	—	—	—	—
2.1 (2.05-2.14)	—	—	—	—	—	—	—	—
2.2 (2.15-2.24)	—	—	—	—	—	—	—	—
2.3 (2.25-2.34)	1	1 (100.0)	0	0	0	1	0	3.00

表 8 b 台湾における飲料水中弗素含有量と歯牙弗素症発症状態 (CFI) との関係 (雨季)

F in water (ppm)	Number of subjects examined	Number of subjects with MT (%)	Incidence of mottled enamel					CFI
			±	1	2	3	4	
0.1 (0.05-0.14)	10	7(70.0)	6	1	0	0	0	0.40
0.2 (0.15-0.24)	27	11(40.7)	6	4	1	0	0	0.33
0.3 (0.25-0.34)	15	8(53.3)	6	2	0	0	0	0.33
0.4 (0.35-0.44)	39	20(51.3)	10	8	2	0	0	0.44
0.5 (0.45-0.54)	20	14(70.0)	6	7	1	0	0	0.60
0.6 (0.55-0.64)	12	9(75.0)	3	3	3	0	0	0.88
0.7 (0.65-0.74)	21	13(61.1)	7	2	4	0	0	0.64
0.8 (0.75-0.84)	30	19(63.3)	4	4	6	5	0	1.10
0.9 (0.85-0.94)	8	5(63.3)	4	1	0	0	0	0.38
1.0 (0.95-1.04)	6	6(100.0)	1	2	2	1	0	1.58
1.1 (1.05-1.14)	—	—	—	—	—	—	—	—
1.2 (1.15-1.24)	12	12(100.0)	4	4	2	2	0	1.33
1.3 (1.25-1.34)	5	4(80.0)	2	1	1	0	0	0.80
1.4 (1.35-1.44)	6	4(66.7)	2	1	1	0	0	0.67
1.5 (1.45-1.54)	—	—	—	—	—	—	—	—
1.6 (1.55-1.64)	10	8(80.0)	3	3	2	0	0	0.85
1.7 (1.65-1.74)	—	—	—	—	—	—	—	—
1.8 (1.75-1.84)	13	10(76.9)	3	4	2	1	0	0.96
1.9 (1.85-1.94)	6	3(50.0)	1	1	0	1	0	0.75
2.0 (1.95-2.04)	5	3(60.0)	1	0	2	0	0	0.90
2.1 (2.05-2.14)	27	24(88.9)	1	3	10	10	0	1.98
2.2 (2.15-2.24)	—	—	—	—	—	—	—	—
2.4 (2.35-2.44)	9	8(88.9)	2	2	3	1	0	1.11
2.5 (2.45-2.54)	—	—	—	—	—	—	—	—
2.6 (2.55-2.64)	4	4(100.0)	0	2	2	0	0	1.50
2.7 (2.65-2.74)	—	—	—	—	—	—	—	—
3.2 (3.15-3.24)	2	2(100.0)	1	1	0	0	0	0.75

様の傾向が見られた。もちろん測定調査例数の少ないこともあって分散は著しく不整であるが、全体的に見て飲料水中弗素濃度の高低と、これに対する CFI の間には、タイの場合に見られる関係と同様、雨季の弗素濃度に対する CFI の値が、乾季の時の同一弗素濃度に対する CFI より低い傾向はあった。しかして飲料水中弗素濃度雨季平均値に対する CFI の関係は、弗素濃度

表 8 c 台湾における飲料水中弗素含有量と歯牙弗素症発症状態 (CFI) との関係 (平均)

F in water (ppm)	Number of subjects examined	Number of subjects with MT (%)	Incidence of mottled enamel					CFI
			±	1	2	3	4	
0.1 (0.05-0.14)	—	—	—	—	—	—	—	—
0.2 (0.15-0.24)	5	4(80.0)	3	1	0	0	0	0.50
0.3 (0.25-0.34)	17	7(41.2)	5	2	0	0	0	0.26
0.4 (0.35-0.44)	56	27(48.2)	14	10	3	0	0	0.42
0.5 (0.45-0.54)	16	13(81.3)	5	7	1	0	0	0.72
0.6 (0.55-0.64)	29	14(48.3)	7	4	3	0	0	0.47
0.7 (0.65-0.74)	7	7(100.0)	2	1	4	0	0	2.00
0.8 (0.75-0.84)	14	9(64.3)	7	2	0	0	0	0.39
0.9 (0.85-0.94)	3	2(66.7)	2	0	0	0	0	0.33
1.0 (0.95-1.04)	30	19(63.3)	4	4	6	5	0	1.10
1.1 (1.05-1.14)	11	10(90.9)	4	4	2	0	0	0.73
1.2 (1.15-1.24)	3	3(100.0)	1	1	1	0	0	1.17
1.3 (1.25-1.34)	15	14(93.3)	6	4	3	1	0	1.07
1.4 (1.35-1.44)	7	5(71.4)	2	1	0	2	0	1.14
1.5 (1.45-1.54)	2	2(100.0)	0	2	0	0	0	1.00
1.6 (1.55-1.64)	35	30(85.7)	4	4	12	10	0	1.71
1.7 (1.65-1.74)	11	8(72.7)	2	3	2	1	0	1.00
1.8 (1.75-1.84)	4	3(75.0)	0	1	2	0	0	1.25
1.9 (1.85-1.94)	10	5(50.0)	2	1	2	0	0	0.60
2.0 (1.95-2.04)	5	5(100.0)	2	1	1	1	0	1.40
2.1 (2.05-2.14)	5	5(100.0)	0	2	2	1	0	1.80
2.2 (2.15-2.24)	2	2(100.0)	1	1	0	0	0	0.75

0.5ppm を越すと CFI 0.6 を越えるようになり、その後は弗素濃度の上昇とともに CFI も高くなって、いちおう F 濃度と CFI の間には相関的關係が存するといえそうである。以上の関係を図示すれば図 5 のごとくである。さらに CFI と水中弗素量 (乾季, 雨季の平均値) との相関を最少自乗法により求めると、 $y=0.300+0.625X$ が得られた。美濃口ら⁷⁾が乾季において得た実測値線の代わりに、両季の平均値をそれに置き換えて図 6 に示す。

この図からも分かるように、台湾地域では飲料水中弗素量が 0.2ppm のごとく低い場合にも、ある程度の歯牙弗素症の出現が見られ、年間平均気温の低い $50^{\circ}\sim 70^{\circ}\text{F}$ の範囲にある関係式よ

りはるかに左に寄っており、気温 70°F のアリゾナに比して CFI 0.4 では約 0.4ppm, CFI 0.6 のところでは約 0.2ppm の差が見られる。しかし X の係数 0.625 はアリゾナのそれ 1.132 より小であるため、弗素濃度の上昇に伴う CFI の増加は緩慢で、年間平均気温 57.6°F のわが国京都附近と同じ傾向をたどるようである。またこれで見ると、雨季、および乾雨両季の平均ともに、美濃口ら⁷⁾ が乾季の調査で述べているように、多少のバラツキはあるが、日本、アメリカと同様、いちおう弗素量の増加とともに CFI の数値も増してくるものと認められた。

3. 南インドにおける調査成績

上記の通り、熱帯地区における歯牙弗素症発症閾に関する調査研究の目的に基づき、またタイ、台湾の調査によって得られた結果と対比するため、年間平均気温がさらに高く、人種、習慣、地質等の環境条件も異にする南インドにおける調査を行なった。

選んだのは Madras 州, Salem 地区で、年間平均気温の最高は 92.2°F, 最低 74.9°F の Madras 西南180マイルの、おおむね南緯 11°30', 東経78°の Salem 市近郊 Neermullikuttai 地区である。(図3, 図7)

Neermullikuttai 地区は Salem の東、約 15マイルの農村で brick と tile より成る家屋が多く、附近は岩山と丘陵畠および池沼などがあってかなり起伏に富んでいる。村落内には比較的立派な共同の draw well があって、バケツで汲み上げて飲料水とし

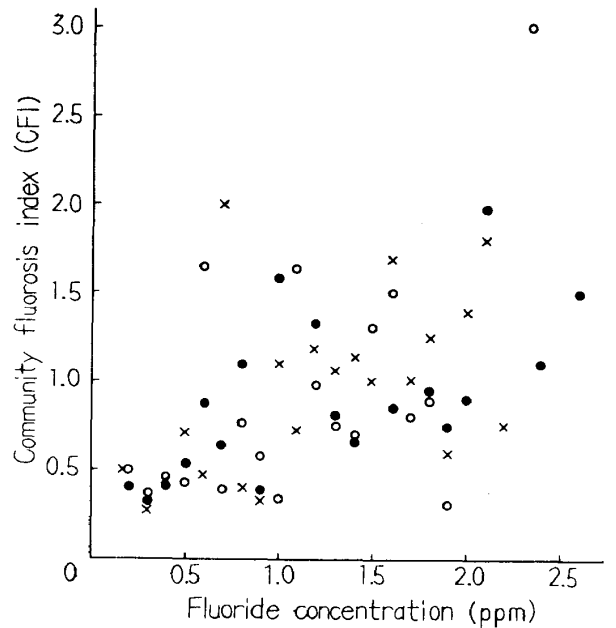


図5 台湾における飲料水中弗素濃度と CFI の関係

○ Dry season ● Rainy season × Mean

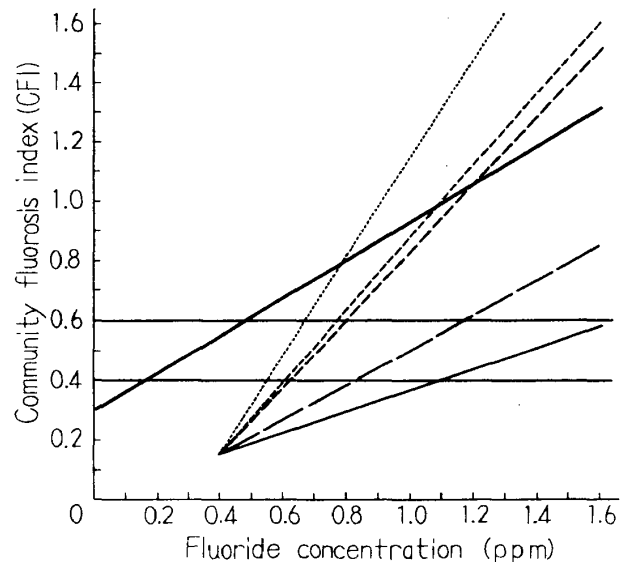


図6 歯牙弗素症発症傾向線式

地域	年間平均 気 温	歯牙弗素症 発症傾向線式
台湾 台南, 高雄周辺	72.0°F	$Y = 0.300 + 0.625X$
アメリカ アリゾナ州	70.0°F	$Y = -0.291 + 1.132X$
アメリカ 中北部 イリノイ・ ミシガン州	50.0°F	$Y = 0.021 + 0.353X$
..... タイ推定計算値 ----- 台湾推定計算値 - - - - - アリゾナ実測値 - - - - - 京都附近推定計算値 - - - - - アメリカ中北部実測値 ——— 台湾実測値		

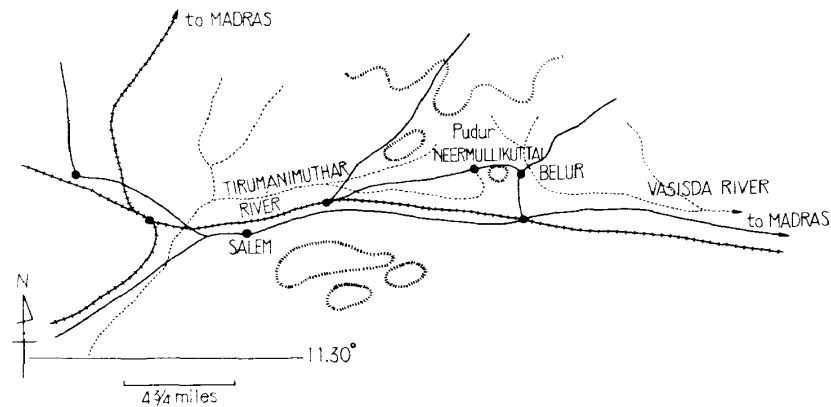


図7 南インドにおける調査地域

で使用している。井戸によっては捲き上げ式の well bucket を附設したものもあった。

調査は前記タイ、台湾と同様、まず Neermullikuttai の highly elementary school における11才～14才学童の口腔診査を行ない、歯牙弗素症ならびに口腔状態を調査記録するとともに、歯牙弗素症の程度分類の各群相当の代表者を選ばず、その飲用する水源に至ってかれらが常用する手段によって採水した。この結果、飲用水源は本学区に属する Neermullikuttai, Pudur および Pallathatanur の3部落、計9井戸から採水した。なおその内 Neermullikuttai の1カ所は簡単な tap water も併用していた。試水の定量測作などに関しては、前記のタイ、台湾の場合と同じである。

Neermullikuttai の highly elementary school の学童265人中、調査した男子学童50人の歯牙弗素症発症状況は表9のごとくである。

表9 南インド (Neermullikuttai) 小学校学童の歯牙弗素症検診成績

District	Number of children examined	Number of children with MT* (%)	Incidence of mottled enamel				
			±	1	2	3	4
Neermullikuttai	45	37 (82.2)	2	8	9	14	4
Pallathatanur	2	2 (100.0)	0	0	1	1	0
Pudur	3	2 (66.6)	1	0	2	0	0

* MT: mottled enamel

次にこれら3部落の井水調査成績は表10の通りである。採水 1966年10月6日、曇、気温 88.2°F (max), 71.6°F (min)。

この内、Neermullikuttai の no. 3, 4 のほかはそれぞれ学童1人の飲用井水で、該地区は計45名、Pudur は3名、Pallathatanur は2名の学童のみであり、後2者は少数例であるので弗素含有量および Ca 量をそれぞれ平均値 1.33ppm, 7.26me/l, および 1.65ppm, 10.25me/l として取り扱う。

ここでタイ、台湾で試みた
と同じように、歯牙弗素症発
症傾向線式を求めるべく、南
インドにおける飲料水中弗素
濃度と歯牙弗素症発現に関す
る Venkateswarlu ら¹⁸⁾の報
告を参考にして仮設したもの
が表11、表12、および図8で
ある。
もっとも Venkateswarlu
ら¹⁸⁾の報告はVisakhapatnam
地区におけるものであって、
該地は北緯17°~18°のBengal
湾に面する Andhra Pradesh

表10 南インド (Neermullikuttai) 飲料水調査成績

Source as per label		Turbidity (macroscopic)	F content (ppm)	Ca content (me/l)
Neermullikuttai	1 D.W.*	±	2.88	6.09
	2 D.W.	+	3.02	7.26
	3 D.W.	—	2.09	10.56
	4 T.W.**	—	2.29	6.00
	(average)		(2.57)	(7.45)
Pudur	1 D.W.	—	1.10	8.08
	2 D.W.	±	1.87	5.95
	3 D.W.	—	1.02	7.76
	(average)		(1.33)	(7.26)
Pallathatanur	1 D.W.	±	1.73	7.65
	2 D.W.	—	1.56	12.84
	(average)		(1.65)	(10.25)

*D.W.: draw well

**T.W.: tap water

の一都市であり、かれらはこの地区の12の村落において総数 1,009 名の子供について検査する
とともに、39の異なった水源から計173の試水を得、その飲料水中の弗素量を測定している。
それによるとこの地区の飲料水中弗素濃度は trace より 11.0ppm にわたっているが、公衆衛
生学的う蝕抑制手段としての至適濃度の検討の目的で、0.3~1.6ppm の範囲のものについて特

表11 南インドにおける飲料水弗素含有量と歯牙弗素症発症状況との関係

District	Fluorine content (ppm)	Number of children examined	Number of children with MT (%)	Incidence of mottled enamel				
				±	1	2	3	4
Madhavadhara*	0.3	40	0	0	0	0	0	0
Peddannarava*	0.5	100	12(12.0)	0	12	0	0	0
Waltair uplands*	0.5	50	38(76.0)	0	38	0	0	0
Isakathota*	0.5-0.8	95	73(76.8)	0	57	0	12	4
Peddawaltair*	0.9	52	25(48.5)	0	25	0	0	0
Gopalapatnam*	0.9	120	5(4.2)	0	5	0	0	0
Marrepalem*	0.9	130	45(34.6)	0	26	0	19	0
Chintanippulagraharam*	0.9	50	24(48.0)	0	24	0	0	0
Naravakota*	1.0	109	14(12.8)	0	14	0	0	0
Chenulagraharam*	1.3	101	52(51.5)	0	37	0	12	3
Pudur	1.33	3	2(66.6)	1	0	1	0	0
Kothapalem*	1.4	60	56(93.3)	0	25	0	31	0
Pallathatanur	1.65	2	2(100.0)	0	0	1	1	0
Neermullikuttai	2.57	45	37(82.2)	2	8	9	14	4

* P. Venkateswarlu, D. Narayana Rao & K. Ranganatha Rao, *Ind. Jour. Med. Res.* 40 (4): 535-548, 1952.

表12 南インドにおける飲料水中弗素含有量と歯牙弗素症罹患状態 (CFI) との関係

F in water (ppm)	Number of children examined	Number of children with MT (%)	Incidence of mottled enamel					CFI
			±	1	2	3	4	
0.3 (0.25-0.34)	40	0(0.0)	—	—	—	—	—	
0.4 (0.35-0.44)	—	—	—	—	—	—	—	
0.5 (0.45-0.54)	150	50(33.3)	—	—	50	0	0	0.67
0.6 (0.55-0.64)	—	—	—	—	—	—	—	
0.7 (0.65-0.74)	95	73(76.8)	—	—	57	12	4	1.75
0.8 (0.75-0.84)	—	—	—	—	—	—	—	
0.9 (0.85-0.94)	352	99(28.1)	—	—	80	19	0	0.62
1.0 (0.95-1.04)	110	15(13.6)	—	—	15	0	0	0.27
1.3 (1.25-1.34)	101	52(51.5)	—	—	37	12	3	1.21
1.4 (1.35-1.44)	60	56(93.3)	—	—	25	31	0	2.39
1.7 (1.65-1.74)	3	3(100.0)	0	0	2	1	0	2.33
1.9 (1.85-1.94)	1	1(100.0)	1	0	0	0	0	0.50
2.6 (2.55-2.64)	45	37(82.2)	2	8	9	14	4	1.89

に精査している。なお歯牙弗素症の評価法として Dental Fluorosis Index を作っているが、その基準を次のごとく定めている。

Grade or mottling	Description of mottling	Valuation
Normal	No mottling	0
Mild	White opacities or patches on the enamel; very faint line (yellow)	1
Moderate	Distinct brown stain becomes well established	2
Severe	Besides the well established brown line, the tooth is worn out, edge are chipped off and there is considerable pitting all over the enamel	4

これはわれわれの評価法即ち Dean^{13~16)} のそれとやや異なっているが、幸い上記のごとく評価の基準の記載があって両者を対比することが出来る。それによると Venkateswarlu ら¹⁸⁾ の

mild はおおむね Dean の very mild の程度で valuation 1, 同じく moderate は Dean の moderate で valuation 3 と考えてよいであろう。(従ってここに作った表11, 表12および図8の歯牙弗素症の評価は Venkateswarlu ら¹⁸⁾の原著のそれとは異なっている。)しかし上の調査ならびに文献から作製した南インドにおける飲料水中弗素濃度と CFI の相関性を求める分散図, 即ち図8からは Galagan ら²⁾の示唆したごとき傾向を思わせる所もあるが, もとより明確に認知するには至らなかった。またしかし

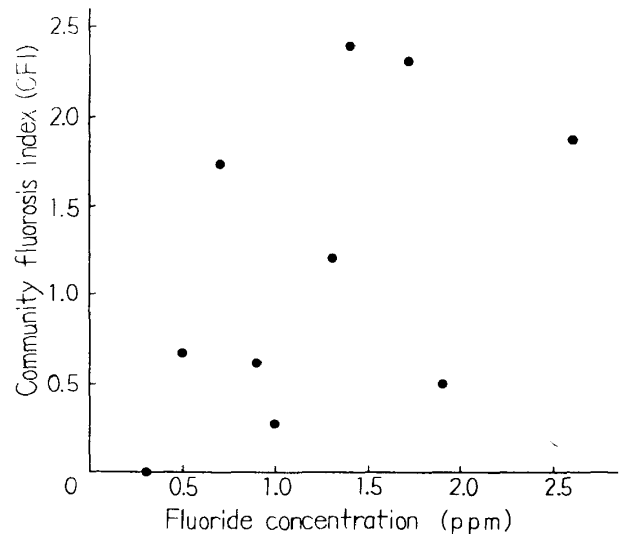


図8 南インドにおける飲料水中弗素濃度と CFI の関係

南インドにおいてはなにぶん実測例数も少なく, このことに関してはさらに多数の実測によって解明されるべき必要があり, 表, 図を呈示するにとどめる。

4. 飲料水中弗素含有量と水の硬度および CFI

雨季に採水した試料については, その Ca 硬度を EDTA 法¹⁵⁾により測定したので, それを弗素含有量および CFI 値との関係において検討した。

1) タイの飲料水における硬度

Chiangmai 地区の試水について, 乾雨雨季平均弗素濃度, 雨季(硬度測定時)弗素濃度, Ca 量 (me/l) および CFI を表記すると表13の通りである。

2) 台湾の飲料水における硬度

タイと同様の測定値を表 14a, 14b に呈示する。

3) 南インド (Salem 地区) における硬度

南インドは雨季のみの弗素量測定であり, また CFI は前記のごとき Venkateswarlu ら¹⁸⁾の調査結果を加えない Neermullikuttai とその周辺のわれわれの実測値のみである。表15に呈示する。

Ca 測定値 (me/l) に2.8を乗ずれば, いわゆるドイツ硬度に匹敵するが, その硬度20以上は硬水, 10以下は軟水とされている。¹⁹⁾これで見るとタイでは硬水は全試水中10%以下であったが, 軟水は50%を越え, 従って硬水が少なく軟水の多い結果を得たが, 台湾では硬水, 軟水がいずれも全試水中30%程度に認められ, 個々について見ると, おおむね硬水地区と軟水地区に分けられるようである。南インドでは少数例であるがいずれも硬度は高かった。

Ⅳ 考 案

美濃口ら⁸⁾の乾季における報告中、一般には晴天日数が長く続くと降雨時に比して水中弗素含有量の増加が見られることから、乾季においては雨季よりも高い弗素濃度が飲料水に認められると推定しているが、これはわが国、日本列島における調査成績からの類推であって、大陸や、日本と同じ火山島であっても熱帯に属する台湾では、今回のわれわれの調査即ち雨季における調査成績は、この推定とは逆に、2地区を除いてすべて乾季より雨季において全般に飲料水中弗素濃度が高い結果を得た。このことを、全調査地区で雨季に高い傾向を見たタイについて考察するに、東南アジアの地下水の最も大きな特色の一つは、地下水位の高い（地下水面が地表に接近している）ことであって²⁰⁾、かつタイの土層の厚さは極めて大で数百メートルにおよぶといわれ、バンコクなどではまだボーリングが基底岩盤に達した記録がないといわれるほどであり、また比較的微粒子の土質で構成されている。²⁰⁾しかも地質は弗素を含むと考

表13 タイ (Chiangmai 地区) 飲料水弗素含有量とCa量およびCFIの関係

District	F content (Mean)	F content (Rainy season)	Ca hardness (me/l)	CFI
Sang Pong	0.24	0.34	2.1	0.75
	0.56	0.90	0.8	2.00
	0.35	0.48	3.7	0.50
	0.27	0.32	1.7	0.75
	1.55	2.80	4.4	1.00
	0.62	0.80	2.4	0.80
	0.70	0.96	2.2	1.00
	0.66	0.80	4.9	0.50
	0.72	0.87	3.5	1.00
	0.96	1.35	3.7	0
Ban Hon	0.44	0.79	5.0	0.95
	0.43	0.68	3.2	1.20
	1.41	2.51	1.7	0.50
	0.38	0.42	2.9	0.60
	0.21	0.08	7.3	2.00
	0.34	0.32	2.5	1.75
	0.56	0.64	5.1	1.40
	0.32	0.15	0.4	0.64
	0.54	0.56	3.0	2.00
	1.01	1.23	3.5	2.67
Padat	0.84	0.76	3.8	0.27
	0.41	0.62	1.7	0.50
	0.30	0.35	3.1	0.13
	0.47	0.66	7.0	0
	0.50	0.68	1.8	0.50
	0.72	1.08	3.2	0
	0.53	0.68	4.6	1.50
	0.72	1.03	7.9	1.50
	0.57	0.72	2.4	0.13
	0.45	0.47	6.0	1.23
	0.35	0.25	1.8	0.58
	0.74	1.02	6.0	1.50
	0.43	0.40	2.1	0.33
	0.91	1.35	3.3	0
	1.05	1.60	8.0	0.25
	0.80	1.07	4.3	0
	0.64	0.68	3.4	0.75
	0.50	0.31	3.9	2.00
	0.85	1.00	3.7	1.00
	1.07	1.40	10.8	0
	0.97	1.12	6.9	1.00
	0.97	1.02	4.3	0.38

えられる火成岩，新期花崗岩である。²¹⁾ 従って地下水は地表に近づくまでに微粒子の弗素含有土壌との接触時間が長く，弗素溶出の機会が多くなるので，かなり高濃度の弗素含有地下水があっても当然であるが，雨季にその含有弗素量が増加するというのは，降雨のために地下水位の上昇があった場合に温泉の湧出量が増大することがしばしば観察されているように，地下水位によって表層下の基盤中の割れ目や弱線を通して深部の地下水の上昇をきたすことが考えられる。²²⁾ また水温が雨季に高いのも大気温の上昇のみならずこのような原因があるためと考えられる。このことは，水温の高い深部地下水が弗素含有土壌に接触してより多量の弗素が溶解し，しかも深層の地下水は地表に近い地下水より上の理由から弗素含有量が高いと考えられるので，両者あいたすけて乾季よりも雨季に弗素濃度が上昇するのではなかろうか。雨季に飲料水中弗素含有量が減少する場合は，土壌や岩石の含有する弗化物が水に難溶の型の場合などで，水温上昇による

表14a 台湾における飲料水弗素含有量と Ca 量および CFI の関係

District	F content (Mean)	F content (Rainy season)	Ca hardness (me/l)	CFI
Wenhsien	0.60	0.72	10.6	0.23
	0.54	0.54	3.1	0
	1.56	2.06	5.5	1.98
	0.99	0.80	3.0	1.10
	1.11	1.02	0.9	1.33
	1.81	2.40	1.1	1.25
	1.08	0.94	2.3	0.50
	2.24	3.20	1.8	0.75
	1.54	1.60	1.7	1.00
	1.67	1.80	2.0	1.00
	1.32	1.04	1.0	1.83
	1.98	2.36	1.9	1.40
	1.88	1.96	1.9	0.90
	2.11	1.93	1.7	3.00
Jente	0.37	0.40	3.7	0.50
	0.49	0.48	3.8	1.00
	0.74	0.68	5.8	1.43
	1.05	1.20	9.2	1.17
	1.44	1.82	5.3	0.75
	1.24	1.38	4.7	1.16
	1.35	1.44	16.6	0.17
	1.33	1.33	10.5	0.80
	1.29	1.23	5.0	0.70
	2.08	2.64	6.2	1.50
	1.36	1.18	11.1	3.00
	1.62	1.58	6.2	0.81
Yuchang	1.90	1.94	7.6	0.30
	0.16	0.12	4.6	0.67
	0.22	0.22	3.7	0.25
	0.39	0.52	3.4	0.33
	0.25	0.23	6.1	0.50
	0.33	0.32	3.5	0.13
	0.46	0.55	5.3	0.63
	0.27	0.16	4.9	0
	0.30	0.21	5.5	0.50
	0.27	0.12	6.6	0.20
	0.42	0.39	4.9	0.33
	0.43	0.39	6.7	0.44
	0.49	0.52	5.5	0.88
	0.55	0.60	3.5	0.60
	0.82	0.87	5.2	0.17

溶出度の増加が地表水の補給による水量増加による希釈に追いつけない場合もあるのではないかと思われる。

次に地表水についてみると、表5に示すごとく、水量の多い雨季のほうが、その弗素含有量は減少しているが、これはタイにおいては低水位の時の河川水は地下水によって補給され、この時は河川岸においては河水位と地下水位はほぼ一致していると見られる。増水時になると地下水位も上昇するが、これは河水位の上昇によるものであって、地下水は河水より補給されていることになる。このようなときには河川への地下水流出

はなくなるので²³⁾、雨季においてはこれが大量の雨水による増水と相まって河川水弗素含有量を減少するゆえんとなるものと考え得る。このことは各地の上水道においてもいえると思う。今回の調査に際し、ついでながら測定したものを表16に示す。

表のうち、台中、台南は水源は地下水、他は河川水を使用しているが、地下水使用分には弗素量の増加がみられ、河川水使用分には台北市以外は減少がみられている。台北市の地下水は被圧地下水であって、この被圧地下水が河川の増水と同時に増圧して増水時にも地下水流出として河川水に入るのか、あるいは台北市は既に亜熱帯であって、雨季採水時はたまたま相当長期間雨に恵まれていなかった時であったので、日本において見られると同様な傾向から水中弗素量の増加が起こったのかも知れない。

さて飲料水弗素含有量と CFI の関係について見るに、高弗素濃度地区でも CFI のひじょうに低い、中には0のものもあるが、これは同一水源について少なくとも20名以上の検診者を得るよう望んだのであるが、南インドの調査地区と異なり、今回の調査範囲のタイ、台湾では部落内に多数の水源があつて、同一水源を使用する人数はごく限られたものであり、問診により、さらにその中でその水源だけの水で育った人を選び、不在者、出稼者、長期転居者、幼少者な

表14b 台湾における飲料水弗素含有量と Ca 量および CFI の関係

District	F content (Mean)	F content (Rainy season)	Ca hardness (me/l)	CFI
Neiwei	0.31	0.32	4.9	0.50
	0.41	0.44	9.2	0.75
	0.39	0.36	8.3	0.38
	0.57	0.56	8.0	1.67
	0.44	0.19	4.5	0.35
	0.54	0.34	9.1	0.63
	0.41	0.06	12.8	0.50
	0.58	0.37	13.9	0.43
	0.62	0.32	10.5	0.13
	0.85	0.72	18.0	0.33
	0.80	0.54	7.8	0.58
	0.80	0.36	6.7	0.30
	1.27	1.24	9.7	1.50

表15 南インド (Salem 地区) における飲料水弗素含有量と Ca 量および CFI の関係

Salem 地区	F (ppm)	Ca hardness (me/l)	CFI
Neermullikuttai	2.57	8.48	1.89
Pallathatanur	1.65	10.3	2.33
Pudur	1.87	7.0	0.50

どを除外したのでその人数が極端に減ったためであると思われる。即ち例数過少による分散の大きいことが想像される。今後の検診調査に当たっては、長期にわたる同一地区での精度の高い調査が望まれる。タイ、台湾それぞれに集めた飲料水弗素含有量と CFI の関係は表 4a, 4b, 4c および図 4, および表 8a, 8b, 8c および図 5, 図 6 に示した通りである。

次に水の硬度と水中弗素含有量ならびに CFI の関係について見ると、インドは除外して、タイおよび台湾について、表13および表14a,14bから、

いわゆる硬水（ドイツ硬度20以上）と非硬水に分け、それぞれの分散を図示すると図9, 図10, 図11, 図12の通りである。硬度を測定したのは雨季の試料よりであって、飲料水弗素含有量は当然雨季のものである。

硬水の場合は、タイ、台湾両地域とも弗素濃度と CFI の間に一定の相関性を認め難かった。軟水の場合、タイにおいてはやはり弗素濃度と CFI の間に相関は掴み難かったが（図10）、台湾においては飲料水弗素濃度の上昇と CFI 値の増加には関連があるように思われる。タイ、台湾における水の硬度が、弗素濃度と CFI の関係に及ぼす影響について考察したが、飲料水中弗素含有量が少ない場所では、水の硬軟は歯牙弗素症発現に直接の影響を与えるとは考えられなかった。

さて今回調査を追加した南インド Salem から北部、北東海岸（Madras, Nellore）地区は、1936年来高弗素濃度地帯であることが知られており^{24,25)}、現在インドにおいて知られている飲料水弗素地帯を挙げると次のような所がある。

Madras	Salem, Coimbatore
Mysore	Chintamani, Madhugiri
Kerala	

表16 タイ、カンボジア、ホンコン、台湾各国の都市における水道水弗素含有量 (1966)

Name of city	Fluorine content (ppm)	
	Dry season	Rainy season
<i>Thailand</i>		
Chiengmai	0.28	0.00
Sukhothai	0.18	0.02
Pitsanulok	0.24	0.03
Bangkok	0.35	0.02
Ubon	—	0.11
Khorat	—	0.38
Lopburi	—	0.14
Ayutthaya	—	0.09
<i>Cambodia</i>		
Siem-Reap	0.00	—
Phnom-Penh	0.17	—
<i>Hongkong</i>		
Kawloon	1.13	0.85
<i>Taiwan</i>		
Taipei	0.26	0.32
Taichun	0.12	0.32
Tainan	0.40	0.80
Kaohsiung	0.45	0.40
Huaren	—	0.26

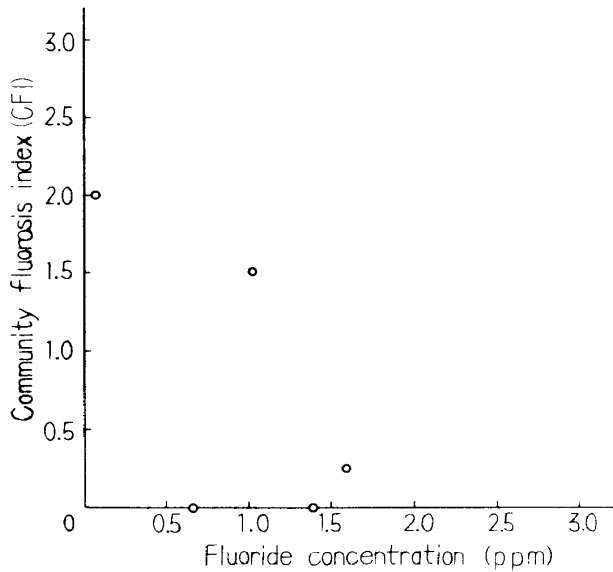


図9 タイ (Chiangmai 地区) 硬水水源の飲料水弗素濃度と CFI の関係 (Ca 7.0me/l 以上)

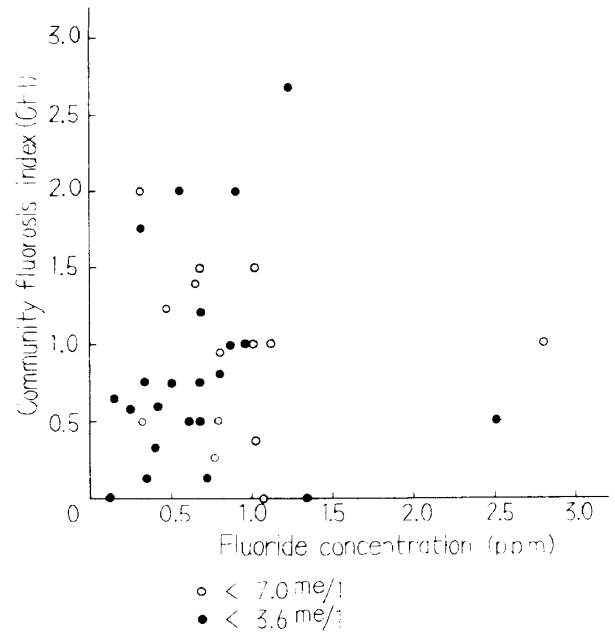


図10 タイ (Chiangmai 地区) 非硬水水源の飲料水弗素濃度と CFI の関係 (Ca 7.0me/l 以下)

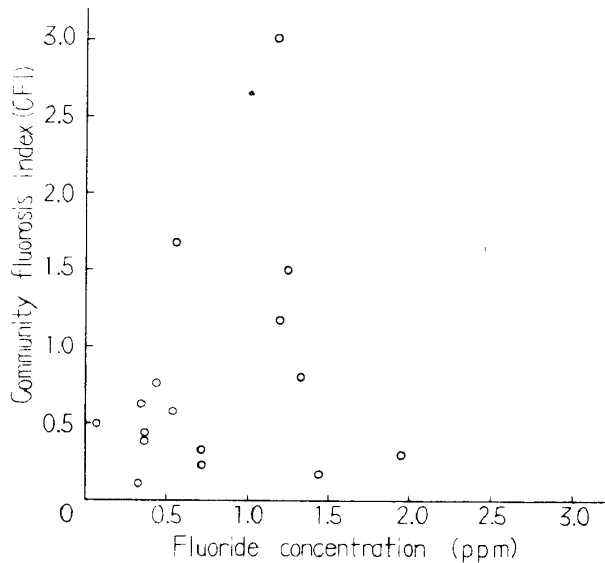


図11 台湾硬水水源の飲料水弗素濃度と CFI の関係 (Ca 7.0me/l 以上)

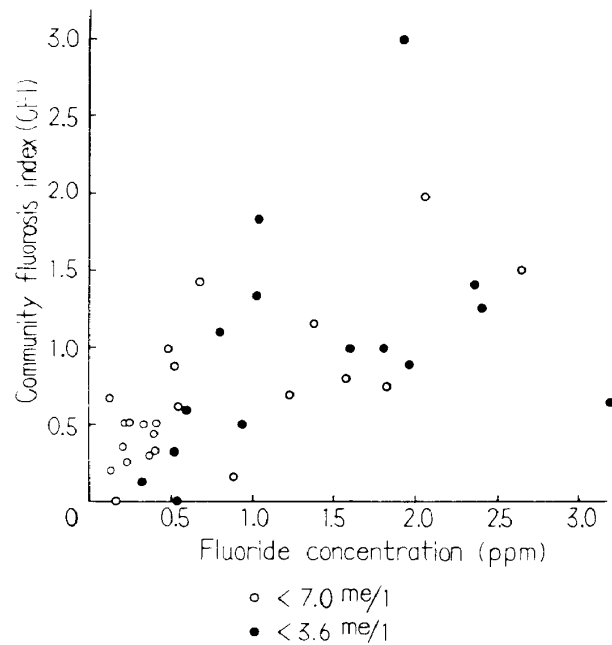


図12 台湾非硬水水源の飲料水弗素濃度と CFI の関係 (Ca 7.0me/l 以下)

Andhra Pradesh Anantapur, Cuddaph, Karnool, Nellore, Nalgonda, Warrangel
Gujarat Bhavnagar
Punjab Bhatinda, Ferozepur, Sangrur, Hissar

また Nellore 地区では子供の歯牙弗素症や成人の骨疾患因子に関する詳細な報告があって、歯牙弗素症が常に存在するのは弗素が 1ppm 以上含まれる水を飲用する所、その程度は飲料水

中弗素濃度と比例し、6ppm 以上では乳歯も弗素中毒症を示すことが報告されている。²⁶⁾

しかしこの疾患の発現の重篤さは、住民の経済力と栄養状態にも関係があり、職業や食品中の Vitamin C の欠乏も見逃がすことが出来ない。²⁶⁾ また飲料水弗素と弗素中毒症の深いことはもちろんながら、同じ弗素量でも英米と異なりインドにおいてははるかに高度の症状を示すことも知られている。²⁴⁾ 既にこのような歯牙弗素症と飲料水弗素との関係には介在すべき多くの因子のあることはここにおいてもよく検討されている。また表層水源は一般にわずしか弗素化合物を含んでいないが、種々の鉱物質と結合した弗化物の存在が極めて不規則に分布しているインドのような土地²⁷⁾においては、今回調査したような水源の深い井水の地帯などでは、特に弗化物含有量が多くて、弗素症の改善には州政府の援助の下に種々の弗素除去方法が考案、実施されているようであり、また実際その方面の業績は枚挙にいとまがない。^{28,29)} 従ってわれわれはこれらの文献を参考に、今回の調査研究の目的たる歯牙弗素症の発症閾の検討のための調査地を、これら弗素中毒地帯の周辺の低弗素地帯に求めたのであるが、なお 1.5ppm 以上の弗素含有地帯であり、本論文の所期の目的たる発症閾を解明するには不適當であり、今後の調査にまつ所が多いが、文献的に種々の検討が可能であった。ここに引用した Venkateswarlu ら¹⁸⁾ による Visakhapatnam およびその suburban 地区の 3~14才の 1,009 人に及ぶ子供の検査では、う蝕と歯牙弗素症の発生頻度は、飲料水の弗素量が同じでも大きい差があることを示している。しかしう蝕の発生率はその CFI と逆比例的に変わるとし、至適弗素濃度は 0.5~0.8ppm としているが、今回の文献的算定を加えたわれわれの作った分散図に仮に傾向線を引くとすれば、図 8 からおよそ CFI 0.4 の borderline で似たような値が得られるのではないだろうか。

さて台湾、タイ、南インド各地における歯牙弗素症の発症と飲料水中弗素量との関係につき、その調査成績を総括整理してみると、台湾においては弗素濃度と CFI との間には相関が認められ、歯牙弗素症の negative borderline である CFI 0.4 の弗素濃度は 0.15ppm, positive borderline である CFI 0.6 の弗素濃度は 0.47ppm となっている。ところがタイでは低弗素濃度、例えば 0.2~0.5ppm の間でも CFI は高く 0.75~0.90 となり、既に positive borderline をはるかに越えている所がある。さらに弗素濃度の高い場合でも必ずしも CFI は大とならず、弗素濃度と CFI との間に一定の関係を認めることが出来なかった。インドにおいてもタイにおけると同様、CFI と弗素濃度の間に相関を思わせる関係を掴むには至らず、0.5ppm で既に CFI 0.67, 0.7ppm で CFI 1.75 と高く歯牙弗素症の borderline を決定することは出来なかったが、かなり低いものであることは推測される。これらの結果を総括すると次のようである。即ち年間平均気温 72°F の台湾南部では飲料水弗素濃度と CFI とは相関するが、歯牙弗素症発症閾値は negative borderline 0.47ppm とかなり低い。しかし台湾よりさらに年間平均気温の高いタイ (78°F), 南インド (84°F) では飲料水弗素濃度と CFI は相関を認められず、かなり低い弗素

濃度においても歯牙弗素症発現が観察され、その閾値を決定することは困難であった。このことから気温の高い熱帯地域における歯牙弗素症の発症には、水中弗素の存在はもちろん第一義的意味をもつものであるが、高温環境における水分摂取の問題、これら地域における栄養の特殊条件などが副次的な影響因子として重要な関係を持っていることも考えられる。

われわれの今回の目的が、歯牙弗素症発症閾の決定であるとともに、この値を基礎にこれら地域における上水道弗素化の可能性を検討することであったが、台湾を除いて、タイ、南インドのごとき高温地域では発症閾の決定は困難であり、ごく微量の弗素さえも歯牙弗素症の成因子ともなりうるので、う蝕予防方法としての上水道弗素化に当たっては慎重な前調査、住民の栄養の厳重な管理が必要であろう。さらに換言すれば、歯牙弗素症発症閾が決定出来ないということは、水道弗素化の不可能性を少なくとも現状では示唆するといつて過言ではなからう。しかしまた一方 Dean ら³⁰⁾、牛尾¹²⁾なども示すごとく同一水源においても年間にその弗素含有量を変動し、今回の調査のごとく乾、雨季それぞれ1回の調査結果で論ずるのも早計であろうし、また上記のごとく広く他の環境因子、栄養、経済状態をふまえた長期にわたる調査研究により、弗素化至適濃度決定のための重要な一因を解明する期待を放棄するものではない。

む す び

- 1) 飲料水弗素化の至適弗素濃度決定のための基礎的資料を得るため、熱帯地域における歯牙弗素症発症閾を求める実地調査を行なった。

年間平均気温 78°F のタイ、Chiangmai 附近および同じく 72°F の中華民国台湾省、台南、高雄附近の熱帯地域において、84カ所の水源（地下水）の水中弗素量を乾季、雨季の2回にわたり測定し、これと歯牙弗素症発症状態との関係につき調査検討した。雨季に採取した水については硬度も測定した。なお、さらに熱帯の年間平均気温 84°F の南インド Madras 州 Salem 附近において雨季后の採水による飲料水弗素量と学童歯牙弗素症の調査を追加検討した。

- 3) 雨季における地下水弗素含有量は、全般的に乾季より増加する傾向があった。ただし、台湾の低弗素濃度地域では雨季のほうが乾季よりその弗素量は減少の傾向があった。参考までに調査した地表水は、おおむね雨季のほうが乾季より弗素含有量が低い値を示した。
- 4) 飲料水濁度は雨季、乾季不変のものが多く、水温および水位はほとんどが雨季に上昇したが、これらは水中弗素含有量の増減との間に一定の関係はなかった。
- 5) 台湾においては水中弗素量が 0.5ppm を越えると歯牙弗素症危険量たる CFI 0.6 以上のものが現われてくるが、タイにおいてはひじょうに低い弗素量でも異常に高い CFI を示すところがある。南インドでは限られた場所だけの測定値でいずれも水中弗素量が 1.5ppm 以上あり、従って CFI も高く歯牙弗素症発症閾値の研究には不向きであった。

- 6) タイおよび台湾では硬水でない水源の弗素含有量と CFI は相関性を認めたが、硬水の場合にはその弗素含有量に対する CFI の分散は大きく相関性が見出し難かった。
- 7) 年間平均気温 72°F の台湾、台南、高雄附近では、水中弗素含有量と CFI 値は相関するが、年間平均気温 78°F のタイ Chiangmai 附近では両者間に相関を認めなかった。一方年間平均気温 84°F の南インドについては文献的考察を加えて水中弗素量と CFI の相関性について調査したが、弗素量 0.5ppm 以上では両者の関係に一定の傾向を見出し得なかった。
- 8) 以上の結果を総合すると、歯牙弗素症の発症は台湾では飲料水弗素濃度約 0.5ppm であったが、タイ、南インドでは発症閾値を決定出来なかった。

謝 辞

おわりにあたり、本調査に御援助を賜った京都大学東南アジア研究センター所長岩村忍教授ならびに本岡武教授、現地にあって関係官庁との連絡および公私共に終始御協力、御指導をいただいた石井米雄教授に深甚なる謝意を表します。

文 献

- 1) Maier, F.J. "Fluoridation of Public Water Supplies," *J.A.W.W.*, 45: 1120-1132, 1950.
- 2) Galagan, D.J. and G.G. Lamson, Jr. "Climate and Endemic Dental Fluorosis," *Pub. Hlth. Rep.*, 68: 497-508, 1953.
- 3) Galagan, D.J. "Climate and Controlled Fluoridation," *J.A.D.A.*, 47: 159-170, 1953.
- 4) Witkop, C.J., Jr., L. Barros, and P.A. Hamilton. "Geographic and Nutritional Factors in Dental Caries," *Pub. Hlth. Rep.*, 77: 928-940, 1962.
- 5) 天野義彦「日本各地における飲料水中弗素量と斑状歯に関する調査研究」『京大口科紀要』1: 435-480, 1959.
- 6) 佐藤匠, 吉武一貞, 中西久「日本人の食品弗素摂取量に関する研究」『口科誌』14: 262-263, 1965.
- 7) 美濃口玄「山科地区上水道弗素化11ヶ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: 45-124, 1964.
- 8) 美濃口玄, 天野義彦「熱帯地域における歯牙弗素症発症閾について」『東南アジア研究』4: 268-276, 1966.
- 9) Dean, H.T. and E. Elvove. "Studies of the Minimal Threshold of the Dental Sign of Chronic Endemic Fluorosis," *Pub. Hlth. Rep.*, 50: 1719-1729, 1935.
- 10) Dean, H.T. and E. Elvove. "Some Epidemiological Aspect of Chronic Endemic Dental Fluorosis," *Am. J. Pub. Hlth.*, 26: 567-575, 1936.
- 11) 美濃口玄, 天野義彦, 坂本哲夫, 竹村幸一「斑状歯と飲料水中弗素量の変動」『京大口科紀要』1: 679-683, 1959.
- 12) 牛尾光国「斑状歯（歯牙弗素症）の発現についての考察—特に水中弗素量の変動と斑状歯発現との関係についての基礎的研究」『京大口科紀要』4: 99-129, 1965.
- 13) Dean, H.T. "Classification of Mottled Enamel Diagnosis," *J. Am. Dent. Assoc.*, 21: 1421-1426, 1934.
- 14) 吉田康久「慢性弗素中毒症の実験的研究, II 微量弗素の定量法」『産業医学』1: 691-699, 1959.

- 15) 半谷高久『水質調査法』218-220, 東京：丸善, 1960.
- 16) Dean, H.T. "The Investigation of Physiological Effects by the Epidemiological Method in Fluorine and Dental Health," *A.A.A.S. Pub. No. 19*, edited by F.A. Moulton, 23-31, Lancaster: Science Press, 1942.
- 17) *A India, A Reference Annual*. Publication Division, Ministry of Information and Broadcasting, Government of India, 1962, 1963, 1964.
- 18) Venkateswarlu, P., D. Narayana Rao and K. Ranganatha Rao. "Studies in Endemic Fluorosis, Visakhapatnam and Suburban Areas, Fluorine, Mottled Enamel and Dental Caries," *Ind. J. Med. Res.*, 40: 535-548, 1952.
- 19) 井上敏, 小谷正雄, 玉虫文一, 富山小太郎編「岩波理化学辞典」増訂版; 454, 東京：岩波書店, 1960.
- 20) 松尾新一郎「タイ国における地下水開発の構想とそれに伴う土質改良について」『東南アジア研究』3(2): 47-61, 1965.
- 21) 滝本清「タイ・マレーシアの地質鉱床」『東南アジア研究』3(1): 65-81, 1965.
- 22) 瀬野錦蔵「別府市街温泉の湧出量に及ぼす降雨影響度分布」『地球物理』2(2): 152-157, 1938.
- 23) 瀬野錦蔵, 小林純, 湯原浩三「タイ国河川の化学成分の溶出機構」『東南アジア研究』3: 55-65, 1964.
- 24) Shortt, Pandit, R.S. Raghavachari and K. Venkataraman. "Notes on Fluorosis in India," *J.A.I.D.A.*, 37 (May), 1965.
- 25) Raghavachari, R.S. and K. Venkataraman. "Endemic Fluorosis in South India, The Occurrence of Fluorides in Drinking Water Supplies with a Note on Attempts at their Removal," *I.J.M. Res.*, 28(2): 517-532, 1940.
- 26) Pandit, C.G., R.S. Raghavachari, R.S. Subba Rao, and V. Krishnamurti. "Endemic Fluorosis in South India," *I.J.M. Res.*, 28(2): 533-558, 1940.
- 27) Spate, Oscar, H.K. *India and Pakistan*. 80-92. London: Methven and Co. Ltd., 1954.
- 28) Pillai, S.C. and G.J. Mohanrao. "Biochemistry of Sanitation with Special Reference to Water, Sewage and Industrial Waters," *Ann. Rev. Biochem. Allied Res. Ind.*, 24: 155-190, 1953.
- 29) Venkataraman, K. "Notes on Fluorosis in India-Meeting of National Nutrition Advisory Committee," *J. All. Ind. Dent. Assoc.*, 37: 1-3, 1965.
- 30) Dean, H.T. and F.S. McKay. "Production of Mottled Enamel Halted by a Change in Common Water Supply," *Am. J. Pub. Hlth.*, 29: 590-596, 1939.