

熱帯地域における歯牙弗素症発症閾について

美濃口 玄・天野 義彦

Investigation on the Threshold of Dental Fluorosis in the Tropical Area

by

Gen MINOGUCHI and Yoshihiko AMANO

1 調査の目的

上水道水中に適量の弗化物を人工的に添加して、その地区住民のムシ歯の予防を行なう方法はアメリカ合衆国¹⁾その他の米大陸の各国で1945年来行なわれている。

一方この飲料水中の弗素量が過量である時は歯牙の形成期にその影響を受けて斑状歯または歯牙弗素症と呼ぶ發育不全歯を生じて、美容上支障を来たすような事も起きてくる。^{2), 3)}

またさらにそれ以上に量が多いと過量の石灰の沈着を骨、靱帯に起して運動の障害を表わすような弗素による骨硬化症を発症することも知られている。⁴⁾

アメリカ合衆国ではムシ歯の予防を行なうために同国の中西北部地区の斑状歯の調査から1.0 ppm (100万分の1) を至適な添加濃度とした。¹⁾

一方わが国でも1952年来、ムシ歯予防のために上水道に弗化物を添加することを試験的に京都市の山科地区で開始したのであるが、この添加濃度はアメリカで行なっている量より低く0.6 ppm であった。その理由は日本の近畿地区の調査から1.0 ppm では斑状歯発症の危険があると考えられたからである。⁵⁾

なおこの斑状歯発症濃度の差の起る理由としてはアメリカ中西北部に比して日本の近畿地区は気温が高いために飲水量が多く、必然的に同一濃度の弗素含有量でも多量の弗素を摂取することになると推定した。また食習慣の差、すなわち弗素含有量の高い海産物の摂取量の多いこと、アメリカ大陸に比して水の硬度が低く、Ca, Mg の含有量が少ないため等の理由も考えられた。このうち最も重大な要素は第一の気温差であるとした。

翌1953年 Galagan⁶⁾ は大体年間平均気温 70°F のアリゾナ州の各地での飲料水弗素濃度と斑状歯発症状況を調査して、既に調査されていた年間平均気温 50°F 下のアメリカ中北部地区の調査の結果とをまとめて、それぞれの地区内の各種弗素濃度の地域弗素症指数 (Community Fluorosis Index, 爾後 CFI と略記) からアリゾナ地区、中西北部地区に相当する2本の歯牙

弗素症発症傾向直線を作図し，アリゾナ地方がミンガン州・イリノイ州等アメリカ中西北部より非常に低い弗素量で歯牙弗素症が発症するものは結局気温差であり，これによる飲水量の差が弗素摂取の絶体量の差となって現われると結論して，われわれの推定の裏付けを行なった。

次いで著者の1人美濃口は，この Galagan の2本の傾向直線を基礎として年間平均気温と CFI との関係式ならびに傾向曲線を作図して年間平均気温 56°F の日本の近畿地区における歯牙弗素症の実際の発症状況もこれに大体適合することを述べ，かつ roughly な推定であることを前提として年間平均気温 70°F を越す地域において上水道弗素添加を行なうとするならばムシ歯予防適量と斑状歯発症量との間の安全性の幅が狭いため危険であることをのべた。⁷⁾

しかしながら熱帯地方においては，その数値はこのように推定値として計算できても実際の厳密な調査が行なわれていないため，それはあくまでも推定の域を出ることはなかった。

この点を熱帯地域での実地調査によって明らかにしようとした。

われわれは1966年1月中旬より2月中旬にかけて，北緯18度，年間平均気温 78°F のタイ国北部のチェンマイ市周辺地区と北緯22度，年間平均気温 72°F の台湾省高雄市周辺地区を調査地点に選んで次の研究調査を行なった。

2 調査対象ならびに調査方法

調査したタイ国の Sang Pong 村，Ban Hon 村，Padad 村は農業を主として行なうチェンマイ市からそれぞれ，北西，南西，南東約 15~20 km の位置にあり，生活環境としては水田に取囲まれた平野の中に椰子，バナナ，パパイヤ等を植えた，一見ジャングルを思わせる村落を形成して高床造りの木造家屋に住んでいる。

部落の中に小川等流水はあるが，これを使用せずにはかならず井戸を掘り，多くは数軒が共同井戸として所有し独特のザルでこの水を汲み上げて飲料水として使用しており，雨期でも乾期でもこの地方では天水を使用しない。

また調査した台湾省の仁徳村，新田村，保安村，成功村，三甲村，田厝村，中生村は台南市と高雄市の間にあり水田，畑に取囲まれた平野の中に一族が煉瓦造りの家のグループを作って住み，ほとんどはその集団ごとに打抜の手押ポンプを備えた井戸水を上水として使っているが高雄市周辺地区の右昌地区，内惟地区では近年地域工業化が著しく田園風景は急速に消えつつある。

このような部落の住民の子供の通学している小学校において，その最上級生でその土地で生まれて育った学童の口腔診査を行なって斑状歯の発症する飲料水源を求めて各その水源に至り，その水源のみを飲用して成育した人を対象として歯牙の診査を行ない，Dean⁸⁾ の斑状歯分類法に従って各段階に分類した。同時にその水源の水を通法通り採水して，帰国後その弗素含有量を Willard Winter の蒸溜法により蒸溜後，吉田氏 Th-Alizaline⁹⁾ 法に従って，発色，光

電比色計を用いて定量した。

3 調査成績

1) タイ国の調査成績

3つの村の小学校の学童221名について口腔診査を行なった結果は表1に示すごとくである。

表1 小学校学童の調査成績(タイ)

地 区	被検者総数	MT* 罹患者数 (%)	程 度 別 罹 患 者 数**				
			±	1	2	3	4
Sang Pong	126	16 (12.7)	5	7	4	0	0
Ban Hon	41	18 (43.9)	3	6	5	4	0
Padad	54	17 (31.5)	7	4	3	3	0

* MT: 斑状歯

** Dean の分類に従い次のように略記する ±: Questionable, 1: Very Mild, 2: Mild, 3: Moderate, 4: Severe, 爾後の表にも同様, 説明を省略する

斑状歯 (MT と表に略記) 所有者は疑似症を含めて 221 名中 51 名, 23% で全体としてはそれほど発育不全歯の頻度は高くない。ただ Ban Hon 地区が 43.9% でやや高いようである。

次にこの中から斑状歯学童をチェックして, その家族を訪ね, その井戸水を採水して得た弗素含有および水素イオン濃度ならびにその同じ井戸水を飲んで育った者の中で検診できた人の数, その中の斑状歯所有者数, その程度別の罹患者数を表 2 に示す。

その弗素含有量は最低の 0.8 ppm を除いて, 0.20~0.91 ppm の間にある。

次にこの弗素量を 0.1 ppm の階程で現わすために, 例えば 0.05~0.14 ppm を 0.1 ppm の

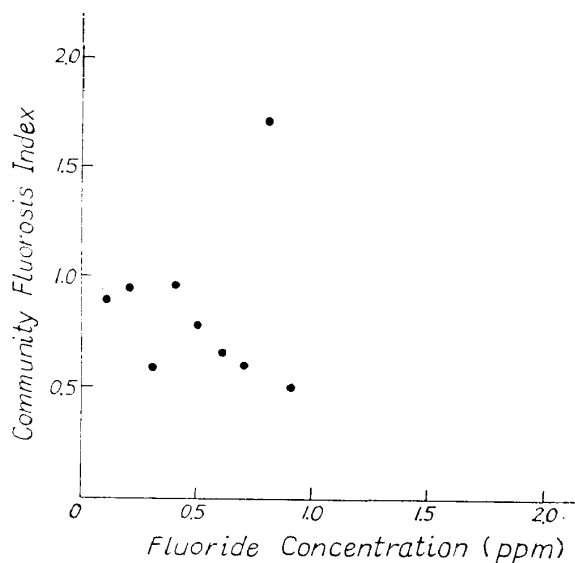


図1 チェンマイ周辺地区における飲料水中弗素濃度と CFI の関係図

階程として, また 0.15~0.24 ppm を 0.2 ppm の階程として代表させて, それぞれの階程の罹患者数を程度別に分けて分類し, Dean の定めた地域弗素症指数 (CFI)¹⁾ を算出して, 並記したものを表 3 に示す。

CFI は甚だ高い数値を示していて, 斑状歯発症危険量を越さないが 0.6 以下のものは 9 区分のうち 2 区分に過ぎない。またその数値は弗素含有量に比例して高くなることはなく, 非常にバラツキが多い。

この分散状態を図 1 に示す。

弗素の低濃度地区に非常に CFI が高く, 一般

表 2 採水水源別調査成績 (タイ)

地区	弗素含有量 (ppm)	PH	被検者数	MT 罹患者数 (%)	程 度 別 罹 患 者 数				
					±	1	2	3	4
Sang Pong	0.14	3.3	4	2 (50.0)	0	1	1	0	0
	0.21	4.0	1	1 (100.0)	0	0	1	0	0
	0.22	3.2	3	2 (66.7)	1	1	0	0	0
	0.22	2.3	2	2 (100.0)	1	1	0	0	0
	0.29	3.4	2	1 (50.0)	0	0	1	0	0
	0.44	5.4	5	2 (40.0)	0	0	2	0	0
	0.44	4.0	1	1 (100.0)	0	1	0	0	0
	0.52	4.0	4	1 (25.0)	0	0	1	0	0
	0.56	3.0	1	1 (100.0)	0	1	0	0	0
	0.57	3.0	1	0	0	0	0	0	0
			24	13 (54.2)	2	5	6	0	0
Ban Hon	0.08	5.1	10	7 (70.0)	3	2	0	2	0
	0.18	4.4	5	4 (80.0)	2	0	1	1	0
	0.26 } 混用	4.2	4	1 (25.0)	0	0	1	0	0
	0.31 }	4.7							
	0.33	4.3	10	4 (40.0)	0	3	0	1	0
	0.33	4.3	2	2 (100.0)	0	0	2	0	0
	0.35	4.2	4	3 (75.0)	0	1	0	2	0
	0.47	2.9	5	3 (60.0)	0	0	2	1	0
	0.48	3.5	7	4 (57.1)	1	2	1	0	0
	0.51	3.8	2	2 (100.0)	0	0	2	0	0
	0.79	3.2	3	3 (100.0)	0	0	1	2	0
	0.91	3.1	3	2 (66.7)	0	2	0	0	0
			55	35 (63.6)	6	10	10	9	0
Padad	0.20	3.0	1	1 (100.0)	1	0	0	0	0
	0.25	3.9	4	1 (25.0)	1	0	0	0	0
	0.28	2.8	2	0	0	0	0	0	0
	0.31	4.2	2	1 (50.0)	0	1	0	0	0
	0.36	3.8	3	0	0	0	0	0	0
	0.37	3.4	4	3 (75.0)	0	1	1	1	0
	0.41	3.6	2	1 (50.0)	0	0	0	1	0
	0.41	3.5	4	1 (25.0)	1	0	0	0	0
	0.42	3.1	11	7 (63.6)	1	2	1	2	0
	0.44	3.6	6	3 (50.0)	1	1	1	0	0
	0.45	3.0	3	3 (100.0)	1	0	2	0	0
	0.45	4.4	3	2 (66.7)	2	0	0	0	0
	0.46	3.4	3	0	0	0	0	0	0
	0.50	3.3	2	1 (50.0)	1	0	0	0	0
	0.53	3.8	1	0	0	0	0	0	0
	0.59	3.3	4	3 (75.0)	2	0	1	0	0
	0.69	3.3	1	1 (100.0)	0	0	1	0	0
	0.70	3.7	1	1 (100.0)	0	1	0	0	0
	0.73	2.5	3	0	0	0	0	0	0
	0.82	2.9	4	2 (50.0)	0	0	2	0	0
	0.91	3.1	4	2 (50.0)	1	1	0	0	0
			68	33 (48.5)	12	7	9	5	0

表3 タイ国の弗素含有階程別罹患状況

区 分 (弗素含有量 ppm)	被検者数	MT 罹患者数 (%)	程 度 別 罹 患 者 数					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

に高濃度になると低くなっており、その間の相関関係が日本、アメリカに見られるものと逆になっているようである。

2) 台湾の調査成績

タイ国におけると同様、4つの村の小学校の学童467名についての口腔診査を行なった結果は表4に示すがごとくで、罹患者率は32%で余り頻度は高くない。

表4 小学校学童の調査成績(台湾)

地 区	被 検 者 総 数	MT 罹患者数 (%)	程 度 別 罹 患 者 数				
			±	1	2	3	4
文 賢	133	73 (54.9)	17	17	23	16	0
仁 徳	120	49 (40.8)	20	14	8	7	0
右 昌	111	13 (11.7)	8	3	2	0	0
内 惟	103	19 (18.4)	12	5	2	0	0

次にこの中の斑状歯学童を手掛りとして、住民についての罹患状況、飲料水含有弗素量、水素イオン濃度については表5に示される。

弗素含有量は0.19~2.29 ppm と非常に幅の広い含有量を示している。

この結果を前項同様の0.1 ppmの階程に分けて集計して、その各濃度におけるその地域弗素症指数を計算して、表6に示す結果を得た。

弗素濃度0.6 ppmを越すと斑状歯発症危険量CFI 0.6以上のものが現われてくる。またその結果を図示して図2を得た。

表5 採水水源別調査成績（台湾）

地区	弗素含有量 (ppm)	PH	被検者数	MT 罹患者数 (%)	程 度 別 罹 患 者 数				
					±	1	2	3	4
文 賢 校 区	0.48	3.3	11	4 (36.4)	3	1	0	0	0
	0.54	3.2	1	0	0	0	0	0	0
	1.06	2.4	27	24 (88.9)	1	3	10	10	0
	1.17	2.0	30	19 (63.3)	4	4	6	5	0
	1.20	2.7	3	3 (100.0)	0	2	1	0	0
	1.21	2.5	4	3 (75.0)	0	1	2	0	0
	1.21	2.6	5	4 (80.0)	3	1	0	0	0
	1.28	2.5	2	2 (100.0)	1	1	0	0	0
	1.48	2.1	2	2 (100.0)	0	2	0	0	0
	1.54	2.5	11	8 (72.7)	2	3	2	1	0
	1.60	2.6	3	3 (100.0)	1	0	1	1	0
	1.60	2.5	5	5 (100.0)	2	1	1	1	0
	1.80	2.8	5	3 (60.0)	1	0	2	0	0
	2.29	2.9	1	1 (100.0)	0	0	0	1	0
			110	81 (73.6)	18	19	25	19	0
仁 德 校 区	0.34	3.4	5	2 (40.0)	1	0	1	0	0
	0.49	4.0	3	3 (100.0)	0	3	0	0	0
	0.80	3.1	7	7 (100.0)	2	1	4	0	0
	0.89	3.3	3	3 (100.0)	1	1	1	0	0
	1.05	2.5	2	2 (100.0)	1	1	0	0	0
	1.10	3.1	3	3 (100.0)	1	1	1	0	0
	1.26	1.8	3	1 (33.3)	1	0	0	0	0
	1.33	2.6	5	4 (80.0)	2	1	1	0	0
	1.35	2.2	5	5 (100.0)	3	2	0	0	0
	1.51	3.0	4	4 (100.0)	0	2	2	0	0
	1.54	2.8	2	2 (100.0)	0	0	0	2	0
	1.66	2.6	8	6 (75.0)	3	1	2	0	0
	1.85	2.7	5	2 (40.0)	1	1	0	0	0
			55	44 (80.0)	16	14	12	2	0
右 昌 校 区	0.19	3.3	3	3 (100.0)	2	1	0	0	0
	0.21	3.1	2	1 (50.0)	1	0	0	0	0
	0.26	2.7	6	3 (50.0)	2	1	0	0	0
	0.27	3.0	1	1 (100.0)	1	0	0	0	0
	0.33	2.7	4	1 (25.0)	1	0	0	0	0
	0.36	2.6	4	3 (75.0)	1	2	0	0	0
	0.38	3.3	2	0	0	0	0	0	0
	0.39	2.3	2	1 (50.0)	0	1	0	0	0
	0.41	2.5	5	2 (40.0)	2	0	0	0	0
	0.44	3.0	3	2 (66.7)	2	0	0	0	0
	0.46	2.9	8	4 (50.0)	1	3	0	0	0
	0.46	3.0	4	3 (75.0)	1	1	1	0	0
	0.50	2.7	5	3 (60.0)	2	0	1	0	0
	0.77	2.8	3	1 (33.3)	1	0	0	0	0
			52	28 (53.8)	17	9	2	0	0
内 惟 校 区	0.29	3.6	3	2 (66.7)	1	1	0	0	0
	0.38	2.6	4	2 (50.0)	0	1	1	0	0
	0.41	2.6	8	4 (50.0)	2	2	0	0	0
	0.58	2.0	3	3 (100.0)	0	1	2	0	0
	0.69	3.6	20	8 (40.0)	4	3	1	0	0
	0.74	2.3	4	4 (100.0)	3	1	0	0	0
	0.75	2.6	2	2 (100.0)	2	0	0	0	0
	0.79	2.0	6	3 (50.0)	1	2	0	0	0
	0.92	2.3	4	1 (25.0)	1	0	0	0	0
	0.98	2.8	3	2 (66.7)	2	0	0	0	0
	1.05	3.0	6	5 (83.3)	3	2	0	0	0
	1.24	3.3	5	3 (60.0)	3	0	0	0	0
	1.29	2.4	2	2 (100.0)	0	1	1	0	0
			70	41 (58.6)	22	14	5	0	0

表6 台湾の弗素含有階程別罹患状況

区 分 (弗素含有量 ppm)	被検者数	MT 罹患患者数 (%)	程 度 別 罹 患 者 数					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

多少のバラツキはあるが、日本、アメリカに見られると同様に一応弗素濃度の増加にともない地域弗素症指数も増しているのが見られる。

なおこの成績を基礎として最小自乗法により指数直線を計算して $Y=0.309+0.563X$ を得た。

Galagan の得たアメリカのアリゾナ年間平均気温 70°F, 中西北部年間平均気温 50°F, 地区の2傾向直線および美濃口がこれを基礎として算出した京都附近, 年間平均気温 57.6°F, 台湾台南附近年間平均気温 72°F, タイ, チェンマイ附近, 年間平均気温 78°F に引かれた3本の推

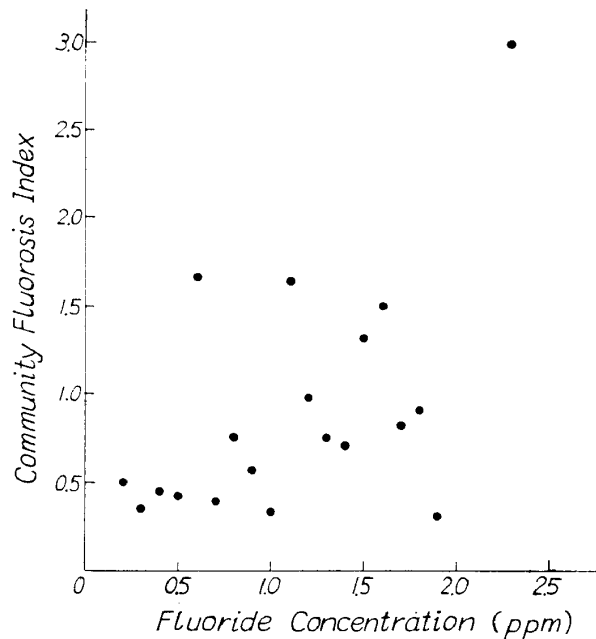
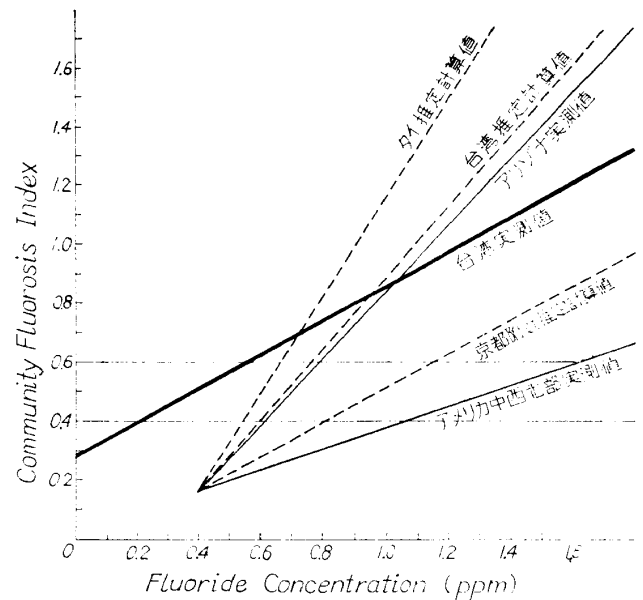


図2 台南，高雄地区における飲料水中弗素濃度と CFI の関係図



地 域	年間平均気温	歯牙弗素症発症傾向線式
台湾	72.0°F	$Y = 0.309 + 0.563X$
台南，高雄周辺		
アメリカ	70.0°F	$Y = -0.291 + 1.132X$
アリゾナ州		
アメリカ中北部	50.0°F	$Y = 0.021 + 0.353X$
イリノイ・ミシガン州		

図3 歯牙弗素発症傾向直線

定傾向直線，今回の台湾地区の調査で得られた実測値線を図3に示す。

4 調査成績についての考察

今回の調査はタイ，台湾の両地域ともに雨量の少ない乾季での飲料水中弗素含有量を基礎としたものである。時として例外はあるが一般に晴天日数が永いと地表水の蒸発による乾燥のため地下水量の減少，流速遅延のため，降雨時に比して弗素量の増加が見られる。このことから一般に乾季の水中弗素量は年間平均弗素含有量に比して高い弗素量を示すものと推定される。

それにもかかわらず美濃口が推定算出した年間平均気温，78.2°F¹⁰⁾のチェンマイ附近のCFI 0.4に匹敵する弗素量，0.65 ppmより，また年間平均気温72°Fの台南，高雄周辺地区の0.7 ppmよりはるかに低い弗素濃度の所にCFI, 0.4があるようで，台湾の実測傾向直線からCFI, 0.4の弗素濃度0.55 ppmと推定理論よりさらに約0.2 ppmも少ない実測値が出ているようである。

同一地区での雨期飲料水中弗素量の調査を終って，後に明確なその間の差異を求め，弗素に対する感受性の人種の差異の有無，または食習慣を含めて生活習慣の差異が飲料水中の弗素に対する人体の感受性にどのような影響を与えるかの調査研究を今後進める予定であるが，一応

乾季における熱帯地域タイ，亜熱帯地域台湾での飲料水中弗素量を定量して，斑状歯発症状況との関連についておよその状況を知り得たので，今後の研究の予報として報告する。

終りに当り，本調査に当って御援助をいただいた京都大学東南アジア研究センター所長岩村忍教授，現地において，関係官庁との連絡，かつ終始御協力，御指導をいただいた本岡武教授ならびに飯島茂助手に感謝の意を表する。

参 考 文 献

- 1) Moulton, F. R., ed. "Dental Caries and Fluorine," *Amer. Assoc. for the Advancement of Science*. Lancaster : Science Press, 1946.
- 2) Churchill, H. V. "Occurrence of Fluorides in Some Waters of the United States," *Ind. Eng. Chem.*, Vol. 23 (1931), pp. 996~998.
- 3) Smith, M. C., E. M. Lantz and H. V. Smith "Cause of Mottled Enamel, a Defect of Human Teeth," *Tech. Bull. Univ. Ariz.*, No. 32 (1931).
- 4) Roholm, Kaj *Fluorine intoxication ; A clinical hygienic study*. London : H. K. Lewis, 1937.
- 5) 正木 正「第3回日本歯科医師会学術会議総合学会，基礎部会主催，弗素公聴会記録(1)」『歯科時報』6 (1952), pp. 199~205.
- 6) Galagan, Donald J. and Glenn G. Lamson, Jr. "Climate and Endemic Dental Fluorosis," *Pub. Health Rep.*, 68 (1953), pp. 497~508.
- 7) 美濃口 玄「山科地区上水道弗素化11カ年の成績ならびに上水道弗素化をめぐる諸問題」『京大口科紀要』4 (1964), pp. 45~124.
- 8) Dean, H. Srendley "Classification of Mottled Enamel Diagnosis," *J. Am. Dent. Assoc.*, 21 (1934), pp. 1421~1426.
- 9) 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 (1959), P. 641.
- 10) 牛尾光国「斑状歯の発現についての考察，第1編 水中弗素量，降水量の経時的調査と斑状歯所見との関係について」『京大口科紀要』5 (1965), pp. 99~114.