

熱帯地域における歯牙フッ素症発症閾に関する研究

Indonesia (Java 島) における調査研究

美濃口 玄*・佐藤 匠*
吉武 一貞*・人見 権次郎*

A Study on the Threshold of Dental Fluorosis in a Tropical Area

—An Investigation of the Relationship between Dental Fluorosis
and the Fluorine Content of Drinking Water in Indonesia—

by

Gen MINOGUCHI, Takumi SATO, Kazusada YOSHITAKE,
and Gonjiro HITOMI

Dental caries is so widely spread and inflicting lifelong suffering upon so many people in the world that WHO is recommending to sanitary authorities concerned to take preventive measures against the disease by fluoridation of drinking water. Although the recommended method is accepted as an effective prophylaxis, the determination of the optimal dose for fluoridation is very difficult problem.

Since 1966, we have been conducting the field researches in Thailand, Taiwan and South India, and we have suggested that, with the increasing of annual mean temperature, dental fluorosis is appear at lower fluorine concentration of drink water, and also the limit of safety permissible range of fluorine content becomes narrower.

This time, in Indonesia, we have examined the incidence of dental fluorosis of some school children and determined the fluorine content of water taken daily by those children. As the result, we find out that the dental fluorosis in this country was appearing at very low fluorine content of drink water. Especially at Bantal area, East Java, severe dental fluorosis was observed, that is, the incidence of mottled teeth is 100%, fluorine content of drink water is 2.4 ppm, and community fluorosis index is 3.4.

When we consider the above findings and the precision that we can guarantee at present for fluoridation to water works, and also the individual variation in water consumption by race or place, the possibility of dental fluorosis occurring would be great in fluoridation in areas where the annual mean temperature exceeds 70°F. So, at least, it is required more careful consideration to determine the optimum dose of fluoridation in tropical area.

1 はじめに

歯牙う蝕症は、人類文明の発達と共に極めて罹患度が増加しつつある疾患である。この歯牙う蝕症を予防ないし抑制するためにフッ化物を利用することは、今日予防歯科学の大きな課題

* 京都大学医学部口腔外科学教室

であり、そのために種々の全身のおよび局所的適用法が考案され、また実施されて今日に至っている。特に上水道へのフッ素添加（フッ素化）は1945年アメリカにおいて初めて実施されて以来、現在1969年の WHO の公式報告書¹⁾によっても世界の多くの国々で採用されており、フッ素化飲料水飲用者数は約13,000万人に上っている。即ち上水道フッ素化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。しかしながら実際に上水道フッ素化に当たっては、飲料水中に混入添加されるフッ化物の至適濃度の決定が充分な検討の上でなされねばならないことは言をまたない。著者の一人美濃口は、1952年に始まるわが国における最初の飲料水フッ素化である京都山科地区の上水道フッ素化に参画して種々の基礎的研究を行なうと共に、Maier²⁾、Galagan^{3~5)}、Witkop⁶⁾の研究、さらに日本各地の斑状歯に関する調査研究⁷⁾、日本人食品中のフッ素量とその摂取量などの調査資料^{8~10)}をもとに、年間平均気温 50~70°F の地域に適用され得る至適フッ素化量の決定式を算出¹¹⁾¹²⁾して、その至適濃度の決定には気候的要素特に気温因子を考慮する必要があることを強く主張してきた。この主張に基づき、気温的因子を異にする地域における歯牙フッ素症発症閾に関する調査研究を、京都大学東南アジア研究センターの研究の一環として実施する機会を得、1966年1月より2月には美濃口と天野による第1回（乾季）の調査¹³⁾がタイ、台湾において行なわれ、続いて1966年8月より10月小野、佐藤、天野による第2回（雨季）の調査¹⁴⁾がタイ、台湾、南インドの各地において行なわれた。これら調査結果を基に、飲料水中フッ素濃度と地域フッ素症指数（Community Fluorosis Index, 以下 CFI と略記）との関連性および歯牙フッ素症発症傾向線式を求め、台湾における歯牙フッ素症の発症閾は飲料水中フッ素濃度約 0.5 ppm である事を定め得た。¹⁴⁾ 一方タイ、南インドでは発症閾値を決定するに至らず、さらに調査を行なう必要性を認めたが、以上の東南アジア熱帯地区の飲料水中フッ素濃度と歯牙フッ素症出現状況の検討から、実際に平均気温の高い地区ではより低いフッ素濃度で歯牙フッ素症の発現が見られ、かつ歯牙フッ素症発症閾の許容範囲が狭くなることを指摘して来た。

今回筆者らはさらに、同じく熱帯地域で年間平均気温 80°F (27°C)、南緯 6°~9° に位置するインドネシア国ジャワ島において1971年1月~3月（雨季）に数カ所の現地調査を行なう機会を得、非常に低濃度のフッ素含有飲料水飲用者に歯牙フッ素症の発症している地区のあることを認めるなど、興味ある資料を得ることが出来たのでその結果を報告する。

歯牙フッ素症発症閾の決定のためにはその地区の飲料水中フッ素濃度の適正なる測定が大切なことは言をまたないが、既に調査したタイなどの大陸東南アジアとは逆の関係ではあれ、ジャワ島もアジアモンスーン地帯にあってその雨季・乾季により水質即ち水源の条件が著しく影響を受ける場所も在ると予想され、年間の水質変動を知る必要があろう。このため少なくとも乾季の水質について、特に川水、泉水、露天井戸を飲料水として利用していた Sagalaherang 地区においては乾季の水のフッ素量分析が必要であったが、幸い後記のごとく Bandung の

Padjadjaran 大学の協力により同一水源についての試料を得ることが出来たので、該地区に関してはその分析結果をも併せて報告する。

II 調査方法

1. 学童検診による歯牙フッ素症発症状況の調査

歯牙フッ素症の確認とその発症状況調査のため、調査地区の主として小学校学童(7—16才)の口腔診査を行ない、Dean の分類¹⁵⁾による歯牙フッ素症(斑状歯)の程度とその発症頻度を診査記録した。

2. 飲料水の分析

一方、被検学童の常用する飲料水をその現場において、その常用する方法に準じて採取し、水中フッ素ならびにその他主要水質についての測定を行なった。

水源は調査地区によって異なり、西部ジャワ、Sagalaherang 地区では主として小部落別の共同水源があり、その水源別に調査対象学童を分類し得た。中部ジャワ Pakem 地区でも共用露天泉水によって被検学童を総括出来た。また東部ジャワ Bantal 地区では河川水を用いるものと各家屋別の有屋の深い掘井戸水を飲用するものが多かったが、いずれも日常の採水方法に従って採水し分析に供した。なお参考までに調査地区付近での幾つかの対象外の飲料水、河川水の水質測定も行なった。調査地区については別に詳記する。

採水した試料水は 100ml 入りポリエチレン瓶に密封して、帰国後下記の各項目について水質分析を行なった。

フッ素含有量の測定には、フッ素イオン電極(米国 Orion 社製 Model 94-09 A)およびイオンメーター(同社製デジタル表示 Model 801)を用いて行なった。ただし Sagalaherang 地区で採水した雨季試料水については、現地でフッ素イオン電極(同上)およびイオンメーター(同社製携帯式 Model 407)を用いて測定すると共に、日本帰国後再検を行なった。

水素イオン濃度(pH)は、ガラス電極(日立堀場製作所製 1026-05 T 型)および pH メーター(同社製、拡大目盛付 F 型)を用いて測定した。

導電率は京都府立衛生研究所に設置の導電率計(Denki Kagaku Keiki 社製 Model A0-2)を用いて測定した。

硬度、カルシウム含有量および塩素含有量についても、それぞれ米国 Orion 社製イオン電極法によった。即ちそれぞれ 2 価陽イオン電極(同社製 Model 92-32)、カルシウムイオン電極(同社製 Model 92-20)および塩素イオン電極(同社製 Model 94-17)を用い、イオンメーター(同社製 Model 801)に接続して測定した。

濁度、沈殿物については直視により、その程度を記録した。

3. CFI の算定

CFI (Community Fluorosis Index 地域フッ素症指数) は Dean¹⁶⁾ により, フッ素の生理作用を疫学的に評価する方法として発表されたもので, Dean¹⁵⁾ の斑状歯の分類に従い, 被検者各個人が持つ最も重症の斑状歯の程度によって, Negative 0, Questionable 0.5, Very mild 1.0, Mild 2.0, Moderate 3.0, Severe 4.0 と評価を設定し, 当該する各級群の人数をそれに乗じて, その総和を被検者総数で除して得た商を CFI としている。

III 調査地区

インドネシアにおける本研究の調査対象地区の選択に当たっては, 初回調査の便宜上ジャワ島を選んだ。即ちジャワにおける歯牙フッ素症調査研究は極めて文献に乏しいが,¹⁷⁾ 年間平均気温 70°F 以上の熱帯地区歯牙フッ素症発症閾の調査対象地区として選定したものである。

調査地区の概略は Fig. 1 上に示す通りで, おおむね西部, 中部および東部ジャワの3地区に分けられる。一方ジャワ島は11月～3月が雨季, 6月～9月が乾季とされており, 調査地区に近い主要地区の月別平均気温, 雨量は Table 1 の通りである。

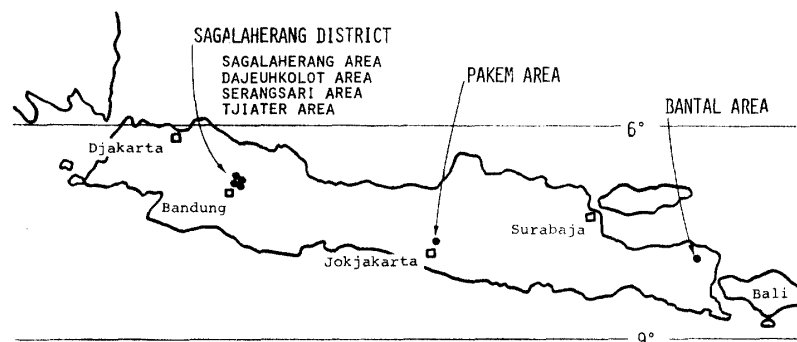


Fig. 1 Map of Investigated Areas in Java

西部ジャワでの調査地は, 現地 Padjadjaran 大学歯学部および Bandung 中央病院口腔外科に滞在中の東京女子医科大学口腔外科学教室今井忠治博士によって斑状歯様変化が見出されている地区を選んだ。すなわち海拔約 650m の盆地にある Bandung 市から北方のジャワ海の方 40~50km に散在する村々, 海拔約 250m の Sagalaherang市および Dajeuhkolot 村, 海拔約 350m の Serangpandjang 村および Tjiater 村である。これらを総称して Sagalaherang 地区とする (Fig.2)。このうち Tjiater 付近には, ごくゆるやかに噴煙をあげ続けている海拔約 2,000m の Tangkubanplau 火山があり, 麓には Tjiater および Maribaja の二つの温泉が湧出している。

Table 1 Monthly Mean Temperature and Rainfall in Some Places in Indonesia

Place above sea level	Djakarta* 8 m		Bandung** 730 m		Jogjakarta* 107 m		Surabaya** 3 m	
MONTH	mean temp. °C	rain fall mm	mean temp. °C	rain fall mm	mean temp. °C	rain fall mm	mean temp. °C	rain fall mm
1	26.2	335	23.5	305	25.6	307	26.6	268
2	26.3	241	23.8	132	25.6	287	26.6	246
3	27.1	201	24.0	360	25.9	239	26.6	272
4	27.2	141	24.2	280	26.4	185	26.9	215
5	27.3	116	24.2	225	26.1	119	26.9	131
6	27.0	97	23.7	107	25.6	79	26.4	87
7	26.7	61	22.7	88	25.0	33	25.8	72
8	27.0	50	23.4	95	25.3	36	26.1	3
9	27.4	78	24.0	144	26.1	33	26.8	4
10	27.4	91	23.9	165	26.7	91	27.7	34
11	26.9	151	23.9	294	26.1	203	27.8	107
12	26.6	193	23.8	167	25.9	236	27.0	239
YEAR	26.9 (80.4°F)	1755	23.8 (74.8°F)	2362	25.9 (78.6°F)	1849	26.8 (80.2°F)	1616

* 理科年表 1970¹⁸⁾

** 世界地理大系¹⁹⁾

*** 田辺製菓 (Bandung) 実測値 1970²⁰⁾

調査対象の学校は下記の通りである。

西部ジャワ

Bandung 市近郊, Subang 県, Sagalaherang 郡



Fig. 2 Map of Subang District

① Sagalaherang 市 (Fig. 3)

Sagalaherang 第2小学校

Sagalaherang 第3小学校

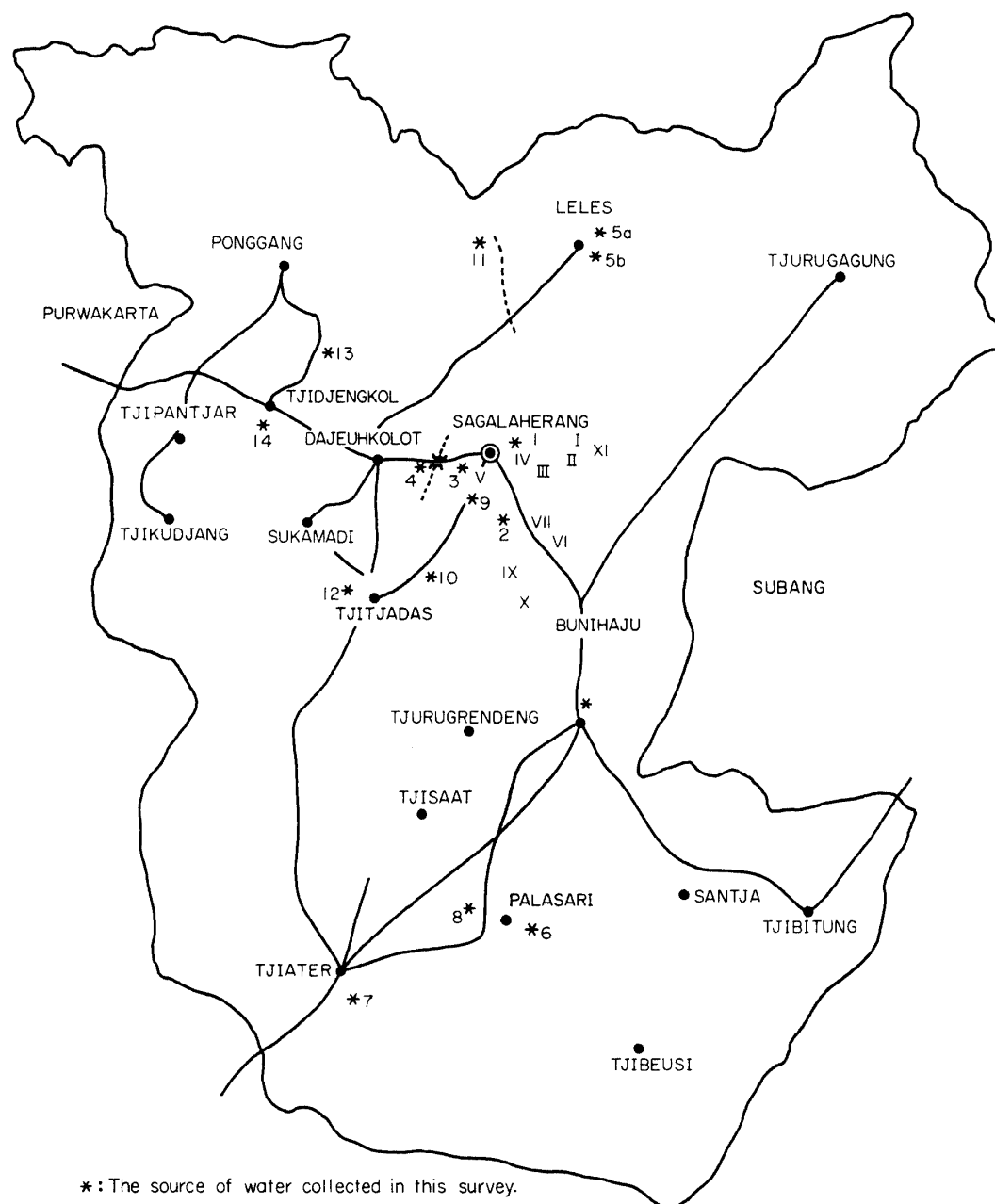


Fig. 3 Map of Sagalaherang District

② Dajeuhkolot 村 (Fig. 4)

Dajeuhkolot 第1小学校

Dajeuhkolot 第2小学校

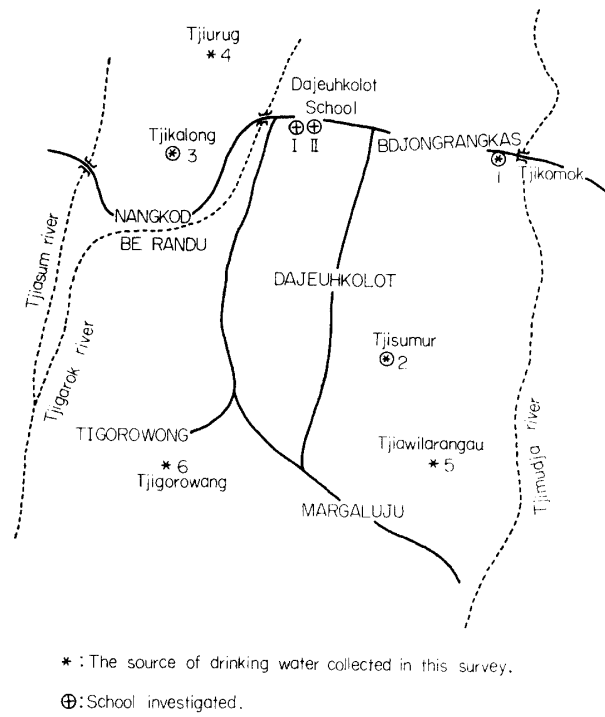


Fig. 4 Map of Dajeuhkolot Area

③ Serangpandjang 村 (Fig. 5)
Serangsari 小学校

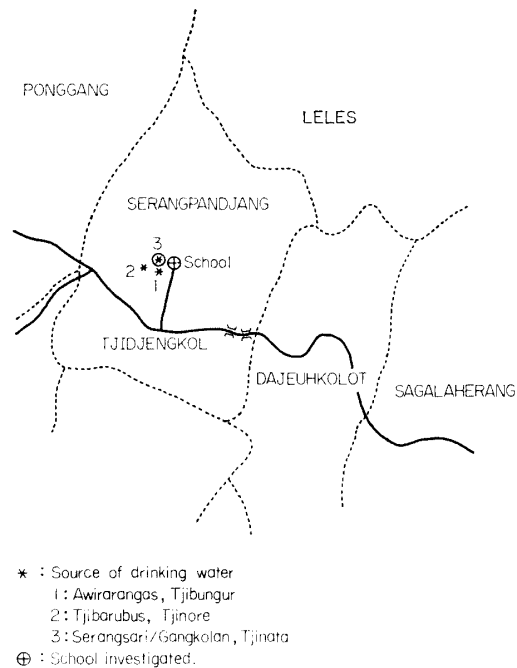


Fig. 5 Map of Serangpandjang Area

④ Tjiater 村 (Fig. 3)

Tjiater 小学校

中部ジャワの調査地は Jogjakarta にある現地水道局の水質分析により 0.3ppm のフッ素が検出されていた地区を選んだ。²¹⁾ 即ちこの古都から 北方へ約 25km, 火山の中腹にあり 海拔 800m といわれる Banteng 村である。調査地区は下記の通りである。

中部ジャワ

Jogjakarta 市近郊

⑤ Pakem 郡 Hargabinangun 村

Banteng 小学校

東部ジャワの Bantal 村は, Surabaya 市の Airlangghah 大学歯学部を卒業し Situbond 市に駐在したインドネシア人歯科医により著明な斑状歯様変化が報告されていた地区でありながら, 未だその原因が詳らかにされておらず, 今回の調査に当たりインドネシア厚生省側からも調査を推薦された村であり, ここを調査地を選んだ。この村は東ジャワの有名な Merapi 火山北山麓の扇状台地に当たり, 海岸より約 10km 南に入った所で, 同火山山上湖に発する Banjuputih 川の流域に位置している。調査対象の小学校は下記の通りである。

東部ジャワ

Situbond 市近郊, Banjuputih 県 (Fig. 6)

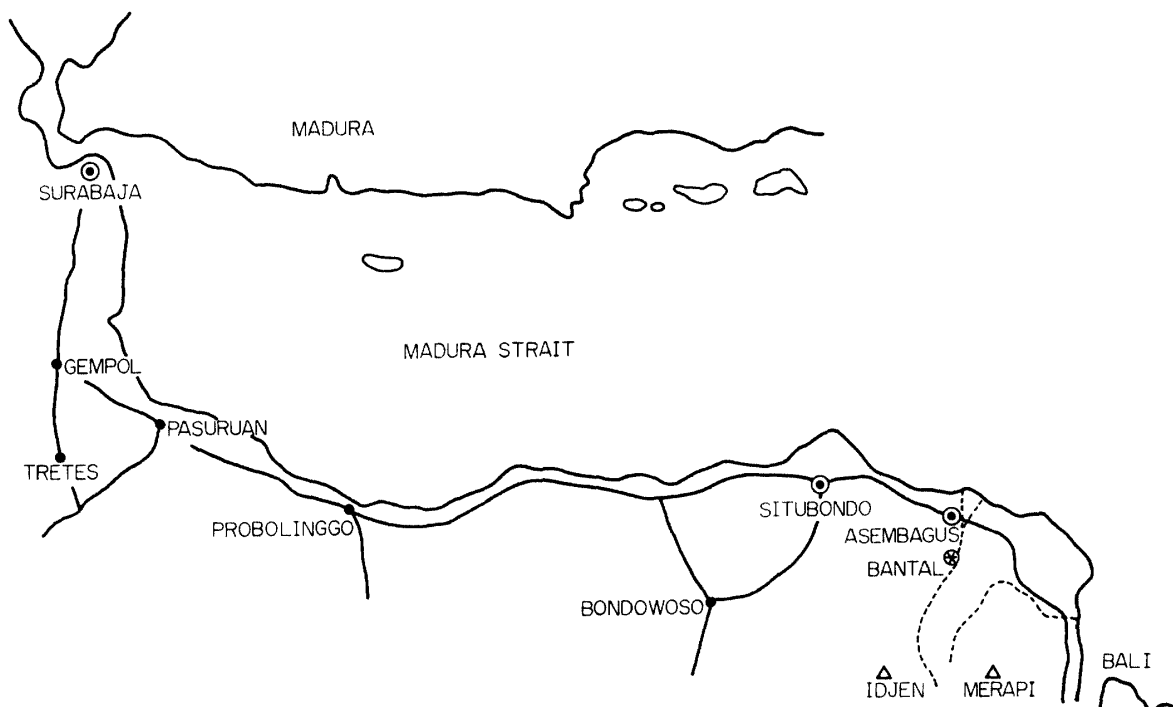


Fig. 6 Map of Asembagus District

⑥ Asembagus 郡, Bantal 村 (Fig. 7)

Bantal 小学校

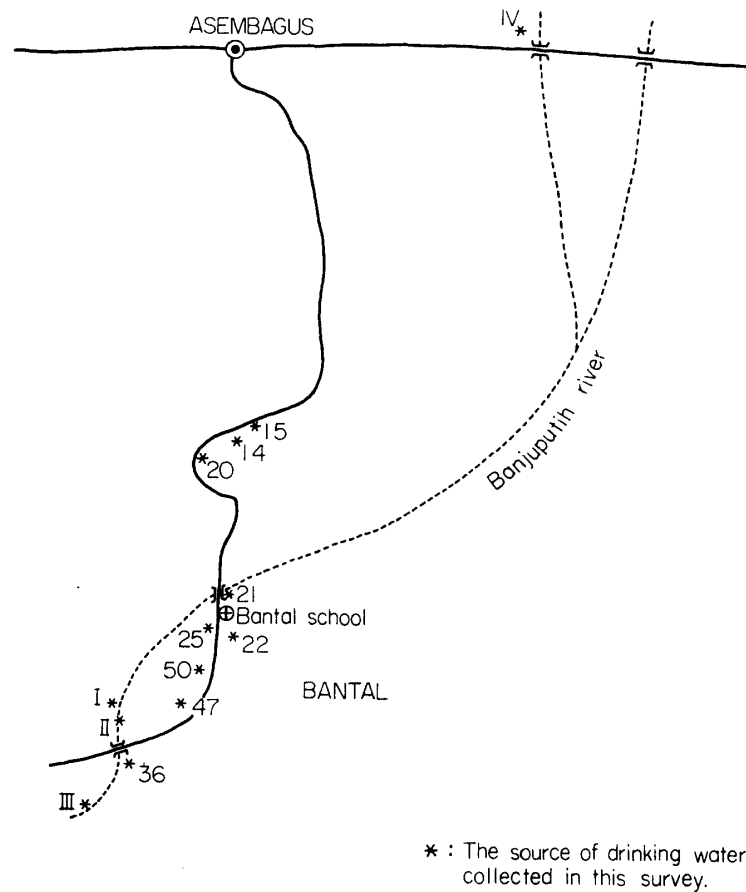


Fig. 7 Map of Bantal Area

IV 調査成績

1. 歯牙フッ素症発症状況

(1) 西部ジャワ調査成績

Sagalaherang 地区, 4 カ村 6 小学校の学童696名について口腔診査を行なった結果は Table 2 に示すごとくである。

歯牙フッ素症(斑状歯, 表中 MT と略記)所有者は Questionable を含めて696名中290名, 41.7%でかなりの高率を示し, 特に Tjiater 小学校では61.3%と高かった。

次にこれら調査学童が日常飲用している水源(井戸, 泉または川)を訪ねてその日常の採水法に準じて採水した。一部の者については担当教師を通じて充分採水方法についての注意を与え, 学童によりポリエチレン瓶に採水持参せしめた。Sagalaherang 第2および第3小学校の

Table 2 Name of Schools and Number of Children Examined and Appearance of Mottled Teeth in School Children at Sagalaherang District

Area	Name of School	Source of drinking water of children examined	Number of children examined	Number of children with MT* (%)	Incidence of MT**				
					±	1	2	3	4
SAGALAHERANG	Sagalaherang II	(See table 5)	209	63 (30.1)	28	2	25	8	0
	Sagalaherang III		158	63 (40.0)	36	5	19	3	0
	Total		367	126 (34.3)	64	7	44	11	0
DAJEUHKOLOT	Dajeuhkolot I & II	Tjikomok	45	18 (40.0)	9	7	2	0	0
		Tjisumur	63	29 (46.3)	12	5	7	5	0
		Tjikalong	47	25 (53.2)	12	6	5	2	0
	Total		155	72 (46.5)	33	18	14	7	0
SERANGPANDJANG	Serangsari	Tjinata	94	43 (45.9)	14	8	15	4	0
TJIATER	Tjiater	Tjitjenang	80	49 (61.3)	13	8	22	6	0
Total			696	290 (41.7)					

* MT: Mottled teeth

** Dean^{15,16)} の分類に従い次のように略記する。以下の表も同様、説明を省略する。

±: Questionable, 1: Very mild, 2: Mild, 3: Moderate, & 4: Severe

Table 3 Name of School and Number of Children Examined and Appearance of Mottled Teeth in School Children at Paken (JOGJAKARTA) District

Name of school	Number of children examined	Number of children with MT (%)	Incidence of MT				
			±	1	2	3	4
Banteng	70	11 (15.7)	8	2	1	0	0

Table 4 Name of School and Number of Children Examined and Appearance of Mottled Teeth in School Children at Asembagus District

Name of school	Number of children examined	Number of children with MT (%)	Incidence of MT				
			±	1	2	3	4
Bantal	75	75 (100.0)	0	0	14	33	28

学童居住地区の飲料水は若干の住居敷地内の堀井戸（すべて露天）を除き、ほとんど小部落ごとの共同露天井戸または共同露天河川水あるいは湧水であり Table 5 および Fig. 3~5 に示すごとくである。図中の算用数字およびローマ数字はそれぞれ表記せる水源を示す。

Dajeuhkolot 第1・第2小学校では、学童をその飲用水源別に6群に分けることが出来た。

その内 Table 2 に示す三つの水源について調査したものである。同じく Serangsari 小学校では被検学童を水源別に三群に分けられたが、表に示す一群について、Tjiater 小学校についても同じく三群中一群について調査したものである。水源の名称およびその所在はいずれも Table 5, Fig. 3~5 に示す通りである。

(2) 中部ジャワ調査成績

Pakem 地区、Banteng 小学校の学童70名についての口腔診査結果は Table 3 に示すごとくである。この地区の飲料水水源は、ほとんどの者が同一の泉を共用しており、他の水源の利用者を除外して、その一つの水源 Banteng spring の水を飲用している者について検診した。採水法は前に同じである。

(3) 東部ジャワ調査成績

Asembagus 地区、Bantal 小学校の学童75名についての口腔診査結果は Table 4 に示す通りである。この地区は前述のごとく、数年前インドネシアの歯科医により住民に多数の斑状歯様変化があるとして Surabaya にある Airlanggah 大学歯学部へ報告がなされ、水質分析が関連機関に依頼して行なわれたが、その際の結果ではフッ素を認めなかったとされている地域であった。²²⁾ なお、その分析結果は Table 14 上段に示す通りである。ここは Banjuputih 川が Bantal 村を貫いて流れており、この川の源はジャワ島東端近くに位置する Merapi 火山の火口からの流入のある山頂近くの池と言われ、その名称の Banjuputih は白い川の意で、名のごとく川水は帯茶白色に濁っており、流域に存在する唯一の部落がこの Bantal 村で、下流では分岐して田畑の灌漑水路に取水されており、事実下流で国道との交差部を調査したが雨季にもかかわらず、本流には全く流水がなく、分岐流には灌漑に使用されたものか、濁水が満々と流れていた。

付近一帯はサトウキビの産地であるが、Bantal 村の主要農産物は大豆とトウモロコシであり、付近の企業としてはいくつかの砂糖工場が存在するのみで、いずれも川から遠く離れて川水の水質に影響を及ぼす事はないとの事であった。

この様な周囲環境の村の小学校学童の調査結果は Table 4 に示したごとく被検者の 75名全員 (100%) に斑状歯、しかも Moderate, Severe の多い高度の斑状歯を見出したのであり、後記のごとく CFI は 3.0 を越える値を示した。

村民の飲料水としては多くの家が井戸を有し、部落全体で53カ所の井戸が在るが、この内9カ所を無作為に選出して採水した。これらの井戸はいずれも水面まで約 20m の深いもので、水質外観は無色透明であった。一方一部の村民は濁った川水を飲用しており、現にわれわれの川水試料は、折りしも水がめを荷って水を汲みに来た現住民に、彼らの方法で川の中流部および川辺からポリエチレン瓶に直接採集してもらうことが出来たものである。このほか、この上

下流併せて3カ所で川水を採取した。

Bantal 村の位置および Bantal 村での井戸水，川水採水地点は Fig. 6, 7 に示した通りである。

2. 水質調査結果

採水試料は，前記のごとくすべて 100ml 入りのポリエチレン瓶に分割採水し一部のフッ素定量を除いてすべて帰国後，京都大学医学部口腔外科学教室において以下の各項について分析を行なった。

試料は調査対象学童の飲用している水のほか，調査地区付近のいくつかの水源およびその他ジャワ島の数カ所で採水した水についても参考までに同様の分析を行なった。

(1) フッ素含有量

a) 西部ジャワ調査地区，Sagalaherang における飲料水中フッ素含有量

調査した飲料水源の所在は Fig. 3, 4, 5 の地図上に * 印および数字で示したもので，そのフッ素含有量は Table 5 に示す通りである。表の左から雨季，乾季および平均値を示してある。Kradjan (9)，Timar Agung など一，二の水源を除き，一般にほとんどの水源において井水，川泉水とも乾季においてはほぼ2倍の値を示したことは興味がある。非飲用の Tjiater 温泉ではその変動は高度であった。

b) 中部ジャワ調査地区，Pakem における飲料水中フッ素含有量

この地区では，前述のごとく Banteng 小学校学童のうち大部分の者が飲用する共同泉水一カ所の利用者を対象としたもので，その水源 Banteng のフッ素含有量は 0.22ppm であった。(Table 6)

c) 東部ジャワ調査地区，Bantal における飲料水中フッ素含有量

飲料水中フッ素含有量は Table 6 に示すが，試料として採取したすべての井戸水，川水が約 2ppm 以上の高濃度のフッ素含有を示し，最高 3.47ppm，日を改めて採取した井戸水では 3.96ppm を示すものがあった。

先にも述べたごとく，部落には飲料水源としての深い堀井戸がほとんど各戸ごとにあって，ほぼ1水源当り1学童となるので，井戸水については若干の代表的なものから得た平均値を，又川水については通常飲用として採水されている川の中央流と雑用に供されている川岸沿いの流水の平均値を，それぞれの代表値として取り扱った。以上の結果をまとめたのが Table 6 である。

d) ジャワ島内非検診地区における飲料水中フッ素含有量

参考までに分析した Djakarta 市および Bandung 市の上水道水，Surabaya 近郊 Prigen 簡

易水道水，同じく Surabaya 近郊 Tretes の Hotel 内自家上水についての分析値は Table 7 の通りである。

Table 5 Source and Fluorine Content of Drinking Water Collected in Sagalaherang District, West Java

	source of water		Fluorine content (ppm)		
	kind	mark on map & name	wet season	dry season	mean
Sagalaherang area	well	I Betok	0.04	0.10	0.07
		II Gembong	0.03	0.04	0.04
		III Kradjan III	0.02	0.04	0.03
		IV Kradjan II	0.02	0.05	0.04
		V Nangkoda	0.02	0.04	0.03
		VI Kaum	0.02	0.04	0.03
		VII Borondong	0.02	0.06	0.04
		VIII Kiripik	0.02	0.07	0.04
		IX Timar Agung	0.05	0.06	0.05
		X Tangsi	0.02	0.12	0.07
		XI Tjitalutug	0.09	0.18	0.13
	spring or river	1 Kradjan I	0.03	0.05	0.04
		2 Tjibinong stream	0.11	0.28	0.19
		3 Tjikiara	0.03	0.07	0.05
		4 Tjimudja river	0.07	0.12	0.09
		9 Kradjan	0.10	0.05	0.07
Dajeuhkolot area	spring	10 Borondong	0.03	0.05	0.04
		Tjiawi Larangan	0.06	0.08	0.07
Serangsari area	spring	1 Tjikomok	0.05	0.08	0.06
		2 Tjisumur	0.06	0.11	0.08
		3 Tjikalong	0.04	0.06	0.05
Tjiater area	spring	1 Tjibungar	0.05	0.07	0.06
		2 Tinore	0.06	0.08	0.07
	river	3 Tjinata	0.07	0.07	0.07
Tjiater area	spring	7 Tjitjenang	0.24	—	(0.24)
	river	Tjiater, irrigated water way	0.04	0.31	0.17
	spring	Tjiater Hot Spring	0.05	0.20	0.13
at random sampling	spring	5 a Leles I	0.05	0.07	0.06
		5 b Leles II	0.05	0.09	0.07
		6 Palasari	0.03	0.12	0.07
		Sumur Bandung	0.07	0.09	0.08
	river	Tjiasena river	0.05	0.09	0.07

Table 6 Source and Fluorine Content of Drinking Water
Collected in Central and East Java

source of water			depth (m)	Fluorine content (ppm)
kind	mark on map & name			
Central Java				
Pakem area	spring	Banteng		0.22
East Java				
Bental area	well	14 Ko Hong	19	2.56
		15 Baisinten	19	2.40
		20 P. Ahnajok	20	3.47
		21 P. Soenemanoer	21	1.96
		22 Ardjodikaro	21	3.47
		25 P. Rasoc	21	2.45
		36 B. Dathani	25	2.36
		47 Namea	22	2.82
		50 P. Djoinawija	22	2.71
		/ average		
Banjuputih river				
river	I	side stream		2.31
	II	central stream		2.13
	III	upper reach		2.20
	IV	branch (irrigated water)		2.11
	/ average			/ 2.19

Table 7 Fluorine Content of Drinking Water Collected at Random in Indonesia

Source of drinking water	Fluorine content (ppm)
City water of DJAKARTA (Mr. Nishihara's)	0.06
City water of BANDUNG (Dr. Imai's)	0.09
PRIGEN, simple water supply	0.12
PRIGEN, river water	0.10
TRETES, (Hotel Tandjung)	0.09

(2) 水素イオン濃度 (pH)

pH はほとんどすべての水源で酸性側の値を示したが、多くは弱酸性であった。酸性度の最も高いのは Tjiater 温泉であり、これは飲用に使用されていない。次に酸性の高いのは Saga-laherang 地区の「酸っぱい水」として現地でも知られている Palasari の泉で、これも最近では飲用に使用されずもっぱら水浴や洗濯に利用されているとのことであった。

Bantal 村の各井戸水は弱酸性であったが、同村を流れる Banjuputih 川は、今回の調査地

の中では唯一の弱アルカリ性のものであった。Table 8 は Sagalaherang の雨季、乾季の pH を示している。雨季調査のみの Pakem および Bantal については他の分析結果と共に Table 13 に示してある。

Table 8 Water Analysis of Drinking Water in Sagalaherang District
[pH]

	source of water		pH	
	kind	mark on map & name	wet season	dry season
Sagalaherang area	well	I Betok	4.9	6.6
		II Gembong	5.4	6.4
		III Kradjan III	4.9	6.2
		IV Kradjan II	5.6	6.1
		V Nangkoda	5.2	6.2
		VI Kaum	5.8	6.3
		VII Borondong	5.2	6.4
		VIII Kiripik	5.3	6.4
		IX Timar Agung	5.5	6.4
		X Tangsi	6.0	6.5
		XI Tjitalutug	5.3	6.6
	spring or river	1 Kradjan I	4.9	5.5
		2 Tjibinong stream	6.5	6.5
		3 Tjikiara	5.4	6.6
		4 Tjimudja river	5.9	6.6
		9 Kradjan	6.5	6.3
Dajeuhkolot area	spring	10 Borondong	5.7	6.5
		Tjiawi Larangan	6.5	6.7
		1 Tjikomok	6.4	6.8
Serangsari area	spring	2 Tjisumur	4.9	6.8
		3 Tjikalong	6.2	6.8
		1 Tjibungar	—	6.9
Tjiater area	spring	2 Tinore	6.4	7.0
		3 Tjinata	6.4	7.0
	river	7 Tjitjenang	6.5	—
other places in West Java	spring	Tjiater Hot Spring	2.1	2.2
		Tjiater, irrigated water way	2.8	7.0
		5 a Leles I	5.2	6.3
		5 b Leles II	5.9	6.6
	river	6 Palasari	4.3	3.5
		Sumur Bandung	6.0	6.5
		Tjiasena river	6.4	6.7

(3) 導 電 率

導電率は電導度とも言い、水中に溶存しているイオンの量と各イオンの電気を運ぶ速さによって支配され、大まかに水中の溶存イオン量を比較することが出来る。即ちこの数字によりほぼ各溶質量 ppm の合計を知り得ると言われる。

導電率の高いものは2倍および5倍希釈して測定したが、得られる数値をそのまま2倍または5倍しては正しい値が得られないことが経験的に知られているので、直接読み取った数字と、 $\times 2$ 、 $\times 5$ の記号を併記して表示してある。〔ちなみにある試料での実験的測定によると 765m Ω （希釈なし）、474m Ω （2倍希釈）、233m Ω （5倍希釈）という値を示した。〕

最高値は西部ジャワ Tjiater 温泉水であったが、飲料水の中では東部ジャワ Bantal 村の各水源が高い値を示した。一方 Sagalaharang 地区の飲料水は全般に低い導電率を示すものが多かった(Table 9)。

(4) 硬 度

一般に水の硬度は水中に溶存するカルシウムおよびマグネシウムの塩類のために生ずるので、これらの金属の含有量で表わされるが、ここでは二価陽イオン電極によっており、2価陽イオンの全濃度、即ち水の全硬度として測定したものを対応する炭酸カルシウムの ppm に換算したものである。

Table 10 は Sagalaharang 地区の雨季、乾季およびその平均値を示している。フッ素含有量とは逆に雨季において特に井水で硬度が増す傾向があったが、いずれも軟水の範囲内であった。Pakem, Bantal は別表13に呈示してある。

Bantal の井戸水はやや硬水の範疇に入り、一つの井戸では硬水に属するものがあった。

(5) カルシウム含有量

水中のカルシウムイオンは淡水のもっとも重要な主成分で硬度の主原因となるものであり、硬度とはほぼ同様の傾向を示し Sagalaharang 地区では低値であった(Table 11)。

カルシウム源は主として硅酸塩に由来し、次いで炭酸塩、硫酸塩に由来するが、硅酸塩は水に難溶であり、一般に炭酸塩に支配されるが Tjiater の温泉鉱泉の高価は当然であり、また Bantal の高価も他の成分と共に Merapi 火山の影響を思わせる。

(6) 塩素イオン含有量

塩素イオンはすべての天然水に見出されるが、岩石の風化による供給などは普通わずかなこと、および塩化物のほとんどは水に溶け易いことから、人類による汚染や雨および風送塩による供給の他に温泉および火山からの供給が主要要因であり、Sagalaharang では季節変動を含めて一般に低値であったが(Table 12)、Tjiater 温泉では極端に高値を示し、Bantal でも高値

を示した。ただ試水量の関係から硫酸イオンの測定が出来なかったことは水質分析結果の判定に関して問題を残した(Table 13)。

なお、参考までに前述のごとく Airlangguh 大学で呈示された現地による Bantal 水分析結果およびインドネシア文献による各地の水中フッ素含有量分析結果を抜粋し、Table 14 に示す。

Table 9 Water Analysis of Drinking Water in Sagalaherang District
[Specific Conductivity]

source of water			specific conductivity (m mho/cm)		
	kind	mark on map & name	wet season	dry season	mean
Sagalaherang area	well	I Betok	45.2	61.3	53.3
		II Gembong	74.7	30.9	52.8
		III Kradjan III	56.6	73.2	64.9
		IV Kradjan II	54.7	84.5	69.6
		V Nangkoda	56.0	61.0	58.5
		VI Kaum	57.0	52.4	54.7
		VII Borondong	54.0	39.9	46.9
		VIII Kiripik	41.9	54.4	48.2
		IX Timar Agung	34.0	35.7	34.9
		X Tangsi	41.5	68.7	55.1
		XI Tjitalutug	174.	85.0	130.
	spring or river	1 Kradjan I	82.3	74.8	78.6
		2 Tjibinong stream	68.0	131.	100.
		3 Tjikiara	53.7	61.9	57.8
		4 Tjimudja river	64.3	79.1	71.7
		9 Kradjan	110.	96.6	103.
Dajeuhkolot area	spring	10 Borondong	31.2	65.2	48.2
		Tjiawi Larangan	83.4	87.8	85.6
		1 Tjikomok	68.0	71.1	69.6
Serangsari area	spring	2 Tjisumur	68.4	67.8	68.1
		3 Tjikalong	50.4	52.2	51.3
		1 Tjibungar	—	98.2	(98.2)
Tjiater area	spring	2 Tinore	86.6	99.0	92.8
		3 Tjinata	89.2	99.2	94.2
		7 Tjitjenang	98.7	—	(98.7)
other places in West Java	spring	Tjiater Hot Spring	809. × 5	996. × 5	903. × 5
		Tjiater, irrigated water way	721.	121.	421.
		5 a Leles I	61.0	74.0	67.5
Tjiater area	spring	5 b Leles II	62.4	73.0	67.7
		6 Palasari	401.	509.	455.
		Sumur Bandung	86.1	90.9	88.5
Tjiater area	river	Tjiasena river	55.1	85.0	70.1

Table 10 Water Analysis of Drinking Water in Sagalaherang District
[Hardness]

source of water			water hardness (as CaCO ₃ ppm)		
kind	mark on map & name		wet season	dry season	mean
Sagalaherang area	well	I Betok	16.6	7.3	12.0
		II Gembong	16.0	2.2	9.1
		III Kradjan III	6.6	8.4	7.5
		IV Kradjan II	8.3	5.6	7.0
		V Nangkoda	8.1	3.9	6.0
		VI Kaum	3.7	2.5	3.1
		VII Borondong	10.5	0.7	5.6
		VIII Kiripik	4.7	0.9	2.8
		IX Timar Agung	2.1	0.6	1.4
		X Tangsi	1.1	1.7	1.4
		XI Tjitalutug	39.5	3.0	21.3
	spring or river	1 Kradjan I	15.0	13.6	14.3
		2 Tjibinong stream	2.4	8.6	5.5
		3 Tjikiara	5.9	9.4	7.7
		4 Tjimudja river	12.9	8.3	10.6
		9 Kradjan	7.5	9.8	8.7
Dajeuhkolot area	spring	10 Borondong	7.1	7.6	7.4
		Tjiawi Larangan	15.1	3.6	9.4
		1 Tjikomok	2.1	6.9	4.5
Serangsari area	spring	2 Tjisumur	2.4	2.4	2.4
		3 Tjikalong	2.9	0.8	1.8
		1 Tjibungar	—	6.7	(6.7)
Tjiater area	spring	2 Tinore	18.1	10.3	14.2
		3 Tjinata	20.0	10.8	15.4
	river	7 Tjitjenang	15.5	—	(15.5)
other places in West Java	spring	Tjiater Hot Spring	62.7	53.5	58.1
		Tjiater, irrigated water way	22.1	12.6	17.4
		5 a Leles I	11.5	16.7	14.1
		5 b Leles II	3.9	4.0	4.0
	river	6 Palasari	10.6	50.4	30.5
		Sumur Bandung	6.6	13.7	10.2
		Tjiasena river	0.8	9.0	4.9

Table 11 Water Analysis of Drinking Water in Sagalaherang District
[Calcium]

source of water		Calcium content (ppm)			
kind	mark on map & name	wet season	dry season	mean	
Sagalaherang area	I	Betok	2.3	1.8	2.1
	II	Gembong	2.8	0.7	1.8
	III	Kradjan III	4.6	3.4	4.0
	IV	Kradjan II	1.0	3.5	2.3
	V	Nangkoda	1.0	2.2	1.6
	well VI	Kaum	0.7	1.1	0.9
	VII	Borondong	2.4	0.6	1.5
	VIII	Kiripik	3.6	0.9	2.2
	IX	Timar Agung	0.7	0.8	0.8
	X	Tangsi	1.0	1.4	1.2
	XI	Tjitalutug	6.6	2.2	4.4
	1	Kradjan I	6.5	2.0	4.2
	2	Tjibinong stream	0.7	6.4	3.6
	spring or river 3	Tjikiara	4.9	3.7	4.3
	4	Tjimudja river	1.5	3.1	2.3
	9	Kradjan	1.3	14.6	8.0
Dajeuhkolot area	10	Borondong	0.8	5.8	3.3
		Tjiawi Larangan	1.3	2.3	1.8
	spring 1	Tjikomok	0.9	3.3	2.1
Serangsari area	2	Tjisumur	4.6	3.5	4.1
	3	Tjikalong	0.5	2.7	1.6
	1	Tjibungar	—	8.9	(8.9)
Tjiater area	spring 2	Tinore	2.1	6.5	4.3
	3	Tjinata	4.1	6.2	5.2
	spring 7	Tjitjenang	3.4	—	(3.4)
other places in West Java		Tjiater Hot Spring	25.9	15.0	20.5
	river	Tjiater, irrigated water way	4.7	8.3	6.5
	5 a	Leles I	3.0	2.8	2.9
	spring 5 b	Leles II	3.1	2.6	2.8
	6	Palasari	1.1	4.6	2.9
		Sumur Bandung	3.4	3.5	3.5
	river	Tjiasena river	0.3	2.8	1.5

Table 12 Water Analysis of Drinking Water in Sagalaherang District
[Chlorine]

source of water			Chlorine content (ppm)		
	kind	mark on map & name	wet season	dry season	mean
Sagalaherang area	well	I Betok	10.3	9.7	10.0
		II Gembong	16.0	4.6	10.3
		III Kradjan III	9.4	14.4	11.9
		IV Kradjan II	8.8	18.6	13.7
		V Nangkoda	9.9	11.0	10.5
		VI Kaum	10.1	7.5	8.8
		VII Borondong	7.3	3.8	5.6
		VIII Kiripik	6.6	6.8	6.7
		IX Timar Agung	3.2	3.5	3.4
		X Tangsi	5.5	8.8	7.2
		XI Tjitalutug	61.7	10.6	36.2
	spring or river	1 Kradjan I	24.3	24.4	24.4
		2 Tjibinong stream	11.4	30.5	21.0
		3 Tjikiara	9.0	10.7	9.8
		4 Tjimudja river	8.3	6.6	7.5
		9 Kradjan	22.9	10.6	16.8
Dajeuhkolot area	spring	10 Borondong	2.9	6.4	4.7
		Tjiawi Larangan	12.0	5.1	8.6
		1 Tjikomok	9.7	5.1	7.4
		2 Tjisumur	12.3	4.7	8.5
Serangsari area	spring	3 Tjikalong	5.5	3.5	4.5
		1 Tjibungar	—	6.0	(6.0)
		2 Tinore	12.8	6.1	9.1
		3 Tjinata	14.7	5.8	10.3
Tjiater area	spring	7 Tjitjenang	16.3	—	(16.3)
		Tjiater Hot Spring	614.	580.	597.
	river	Tjiater, irrigated water way	151.	11.7	81.
other places in West Jave	spring	5 a Leles I	8.6	8.1	8.4
		5 b Leles II	9.3	7.4	8.4
		6 Palasari	94.6	148.	121.
		Sumur Bandung	16.3	11.8	14.1
	river	Tjiasena river	9.3	10.7	10.0

Table 13 Water Analysis of Drinking Water in Central and East Java

source of water			specific conductivity (m mho/cm)	water hardness (as CaCO ₃ ppm)	pH	Calcium content (ppm)	Chloride content (ppm)
kind	mark on map & name						
Central Java							
Pakem area	spring	Banteng	115	25.3	6.5	2.9	18.0
East Java							
	14	Ko Hong	902×2	459	6.6	174.7	518
	15	Baisinten	511×2	273	6.2	93.4	269
	20	P. Ahnajoc	892	221	6.3	74.3	251
	21	P. Soenemanoer	794×2	363	6.4	94.0	512
	well 22	Ardjodikaro	809	226	6.6	71.8	247
	25	P. Rasoc	851	216	6.2	94.9	262
	36	B. Dathani	916	244	5.8	96.7	296
Bantal area	47	Namea	613×2	254	6.3	99.3	376
	50	P. Djoinawija	838	203	6.4	92.7	264
	Banjuputih river						
	I	side stream	583	125	7.2	52.7	200
	II	central stream	600	130	7.2	52.3	190
	river III	upper reach	594	145	7.1	43.3	188
	IV	branch (irrigated water)	610	149	7.0	45.3	185

3. 各調査地区における CFI

(1) 西部ジャワ調査地区, Sagalaherang における CFI

採取した飲料水を, その雨季乾季の平均フッ素濃度の等しい水源別に集めて当該する飲料水を飲用して生まれ育った者の内, 検診出来た学童数, その内の斑状歯所有者数, その程度級別罹患者数から Dean¹⁶⁾ の定めた方法に従い CFI を算定した。Table 15 はその結果である。CFI は 0.0~2.50 まで分散が大きく, フッ素濃度 0.10ppm 以下でも CFI 0.6 を越える地区があって, 飲料水中フッ素濃度を CFI の間に一定の関係を見出し難かったが, Tjiater ではフッ素濃度 0.24ppm と比較的高く CFI も 0.96 と他の地域に比して高い値を示した。

(2) 中部ジャワ調査地区, Pakem における CFI

Table 16 に示す通りで, フッ素含有量は 0.22ppm で Sagalaherang 地区の Tjiater に近似したが, CFI は 0.11 と低い値であった。

(3) 東部ジャワ調査地区, Bantal における CFI

Table 17 に示す通りである。水中フッ素濃度は前記のごとく, 井水および河川水とも平均値を用いてある。いずれもフッ素濃度が 2ppm を超えているが, 極めて高い CFI が算定された。

Table 14 Result of Water Research * mg/l

place	source of water	PH	Ca	Mg	Fe	Mn	SO ₄	Cl	As	Cu	J	F
Bantal	Well	7.3	38.9	78.8	0.0	0.0	600	950	0.0	0.0	0.0	0.0
Bantal	River	7.3	22.0	68.9	1.0	0.22	700	900	0.0	0.0	0.0	0.0

Fluoride Content of Indonesian Waters **

place	source of water	F in ppm
Djakarta	Central water supply from spring	0.15
Djakarta	// artesian	0 - 0.7
Bandung	// spring	0 - 0.15
Bandung	// artesian	0.15 - 0.25
Subang	// spring	trace
Jogjakarta	// well	0.25
Surabaja	// spring	0.15 - 0.25
Surabaja	// river	trace
Madium	// well	0.6
Situbondo	// artesian	0.3
Djangkar, Situbondo	artesian well	0.25
Dajeuhkolot	artesian well	0.2
Tjitarum, Dajeuhkolot	surface water	0.15
Maribaja, Lembang	hot spring	absent

* : from the data kept by Faculty of Dentistry, Airlangga University, 1970 ²²⁾

** : C. O. Schaeffer; J. Indonesian Dental Association, 1953 ¹⁷⁾
Table 15 Relationship Between Fluorine Content of Drinking Water and Appearance of Mottled Teeth in Sagalaherang School Children

Fluorine content of drinking water (ppm)	Number of children examined	Number of children with MT (%)	Incidence of MT					CFI	Name of school
			±	1	2	3	4		
0.03	44	23 (52.3)	9	0	12	2	0	0.78	Sagalaherang
0.04	159	66 (41.3)	37	5	19	5	0	0.48	Sagalaherang
0.05	52	16 (30.8)	10	2	3	1	0	0.31	Sagalaherang
	47	25 (53.2)	12	6	5	2	0	0.61	Dajeuhkolot
0.06	45	18 (40.0)	9	7	2	0	0	0.34	Dajeuhkolot
0.07	42	19 (45.3)	8	0	9	2	0	0.67	Sagalaherang
	94	41 (45.9)	14	8	15	4	0	0.61	Serangsari
0.08	63	29 (46.3)	12	5	7	5	0	0.63	Dajeuhkolot
0.09	4	0 (0.0)	0	0	0	0	0	0.00	Sagalaherang
0.13	2	2 (100.0)	0	0	1	1	0	2.50	Sagalaherang
0.24	80	49 (61.2)	13	8	22	6	0	0.96	Tjiater

Table 16 Relationship Between Fluorine Content of Drinking Water and Appearance of Mottled Teeth in Banteng School Children

Fluorine content of drinking water (ppm)	Number of children examined	Number of children with MT (%)	Incidence of MT (%)					CFI
			±	1	2	3	4	
0.22	70	11 (15.7)	8 (72.7)	2 (18.2)	1 (9.1)	0	0	0.11

Table 17 Relationship Between Fluorine Content of Drinking Water and Appearance of Mottled Teeth in Bantal School Children

Kind & fluorine content of drinking water	Number of children examined	Number of children with MT* (%)	Incidence of mottled teeth** (%)					CFI***
			±	1	2	3	4	
Well								
2.27	64	64 (100.0)	0	0	14 (21.9)	29 (45.3)	21 (32.8)	3.11
River water								
2.21	11	11 (100.0)	0	0	0	4 (36.4)	7 (63.6)	3.64
Total	75	75 (100.0)	0	0	14 (18.7)	33 (44.0)	28 (37.3)	3.19

* MT: Mottled teeth

** Incidence of MT are correspondingly to Dean's classification, as follow;

±: Questionable, 1: Very mild, 2: Mild 3: Moderate & 4: Severe

*** CFI: Community fluorosis index

V 考 察

はじめにも述べたごとく、飲料水中フッ素濃度と斑状歯即ち歯牙フッ素症の出現状況の検討結果、平均気温の高い地域では歯牙フッ素症の発症閾が低下すると共に、許容範囲が狭くなることが指摘され、今回のインドネシア (Java 島)、年間平均気温 80°F (27°C) の調査に至ったものである。

その結果、準備資料のほとんど皆無に近いこの地において、幸い関係者の支援もあり、場所を異にする3地区において程度の差の著しい違いはあるが、歯牙フッ素症を発見し得た。残念ながら調査地区は海拔を異にし、正しい意味での 80°F 相当地区とすることは出来ないが、予想以上の低濃度フッ素含有飲料水地区において、歯牙フッ素症の発症を見ることが出来た。

Table 15~17 に示した各地の飲料水中フッ素濃度と CFI の関係を集約すると以下のごとくである。

1) インドネシア (Java) における飲料水中フッ素濃度と CFI の関係

Table 18 はフッ素濃度の階程を 0.01ppm にして集計したものであり、非常に例数の少ない

Table 18 Relationship Between Fluorine Content of Drinking Water and Appearance Rate of Mottled Teeth in School Children of Java Examined in this Survey

Fluorine content of drinking water (ppm)	Number of children examined	Number of children with MT (%)	Incidence of MT					CFI	Name of school & place
			±	1	2	3	4		
0.03	44	23 (52.3)	9	0	12	2	0	0.78	Sagalaherang
0.04	159	66 (41.3)	37	5	19	5	0	0.48	Sagalaherang
0.05	99	41 (40.4)	22	8	8	3	0	0.43	Sagalaherang & Dajeuhkolot
0.06	45	18 (40.0)	9	7	2	0	0	0.34	Dajeuhkolot
0.07	136	62 (45.6)	22	8	24	6	0	0.63	Sagalaherang & Sarangsari
0.08	63	29 (46.3)	12	5	7	5	0	0.63	Dajeuhkolot
0.09	4	4 (0.0)	0	0	0	0	0	0.00	Sagalaherang
0.13	2	2 (100.0)	0	0	1	1	0	2.50	Sagalaherang
0.22	70	11 (15.7)	8	2	1	0	0	0.11	Banteng
0.24	80	49 (61.2)	13	8	22	6	0	0.96	Tjiater
2.19	11	11 (100.0)	0	0	0	4	7	3.64	Bantal
2.69	64	64 (100.0)	0	0	14	29	21	3.11	Bantal

部分もあるが、0.1ppm 以下の極めて低濃度でも CFI 0.6 以上の場合があり、さらにフッ素濃度 0.1ppm の階程に集計してみると、Table 19 に示すごとく、0.2ppm 以下のフッ素濃度ではほぼ等しく 0.5 の値が得られた。しかしいずれにしてもかかる低濃度において、Dean^{16,23)}らの言う borderline (CFI 0.6~0.4) に属していることになる (Fig. 8)。

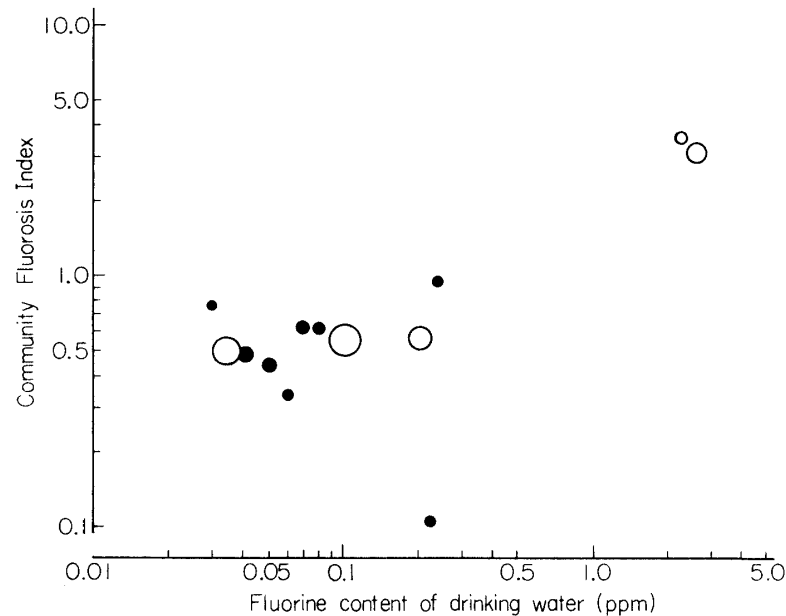
Table 18 の下段 2 者は、東部 Java の Bantal 村の結果で、被検学童 75 名全員に重症斑状歯が見られたもので、飲料水中フッ素濃度が平均 2.53ppm で、CFI 3.19 と算定出来る高度の歯牙フッ素地帯であった。

フッ素濃度 2.53ppm は、例えば Dean²³⁾ (1939) の報告にある米国 Eastern South Dakota

Table 19 Relationship Between Fluorine content of Drinking Water and Appearance Rate of Mottled Teeth in School Children of Java

(by range of 0.1 ppm sub-groups, under rounded 0.2 ppm fluorine content)

Fluorine content of drinking water (ppm)	Number of children examined	Number of children with MT (%)	Incidence of MT					CFI
			±	1	2	3	4	
0.035 (0.03 - 0.04)	203	89 (43.8)	46	5	31	7	0	0.55
0.1 (0.05 - 0.14)	349	156 (44.7)	65	28	42	15	0	0.55
0.2 (0.15 - 0.24)	150	60 (40.0)	21	10	23	6	0	0.56



注：○は 0.1ppm 階程での、●は 0.01ppm 階程での例数の大小を面積で表わしたもの

Fig. 8 Relation Between Fluorine Content of Drinking Water and Appearance Rate of Mottled Teeth in School Children in Java

の Gettysburg のフッ素濃度 2.4ppm 飲用児童での CFI 1.0 や、同じく Miller のフッ素濃度 2.2ppm の飲料水飲用児童における CFI の 0.83 などの歯牙フッ素症発症状況と比較してもはるかに高く、稀に見る高い歯牙フッ素症発症指数であって、同じく Dean²⁴⁾ による Iowa 州 Ankeny における飲料水フッ素濃度 8.0ppm の CFI 2.67 や、Texas 州 Post の 5.7ppm, CFI 3.30 に匹敵する価である。換言すれば、平均気温 80°F 地域の飲料水フッ素濃度 2.5ppm は、平均気温 50°F 前後の地域の 6~8ppm に匹敵すると言える。今回の調査からも、飲料水中のフッ素による歯牙フッ素症の発症が、年間平均気温の高い地域において、今日までわれわれが計算推定していたよりもさらに高い発症指数を示すことが考察された。Fig. 9 は上記 Dean^{23,24)} らの資料を基に、太線で示した今回のインドネシアにおける調査結果に匹敵する斑状歯地区をフッ素濃度と共に併記し比較したものである。ちなみに Ankeny, Galesburg に近い Iowa 州 Des moines における観測²⁹⁾によると年間平均気温は 10.8°C (51.2°F) であり、Post, Lubbock に近い Texas 州 Midland の年間平均気温は 17.8°C (64.0°F) で、同じく Gettysburg, Miller, Aberdeen に比する South Dakota 州 Huron の当時のデータは 8.2°C (46.8°F) となっている。²⁸⁾

はじめにも記した通り、気候、風土、年間平均気温など気候的变化による水消費の増減と、飲料水フッ素至適含有量の関係が Maier²⁾ によって論じられて以来、Galagan ら³⁾ によるアメリカ大陸での 50°F と 70°F の年間平均気温の異なる Arizona および Mid-west の二つの

美濃口ほか：熱帯地域における歯牙フッ素症発症閾に関する研究

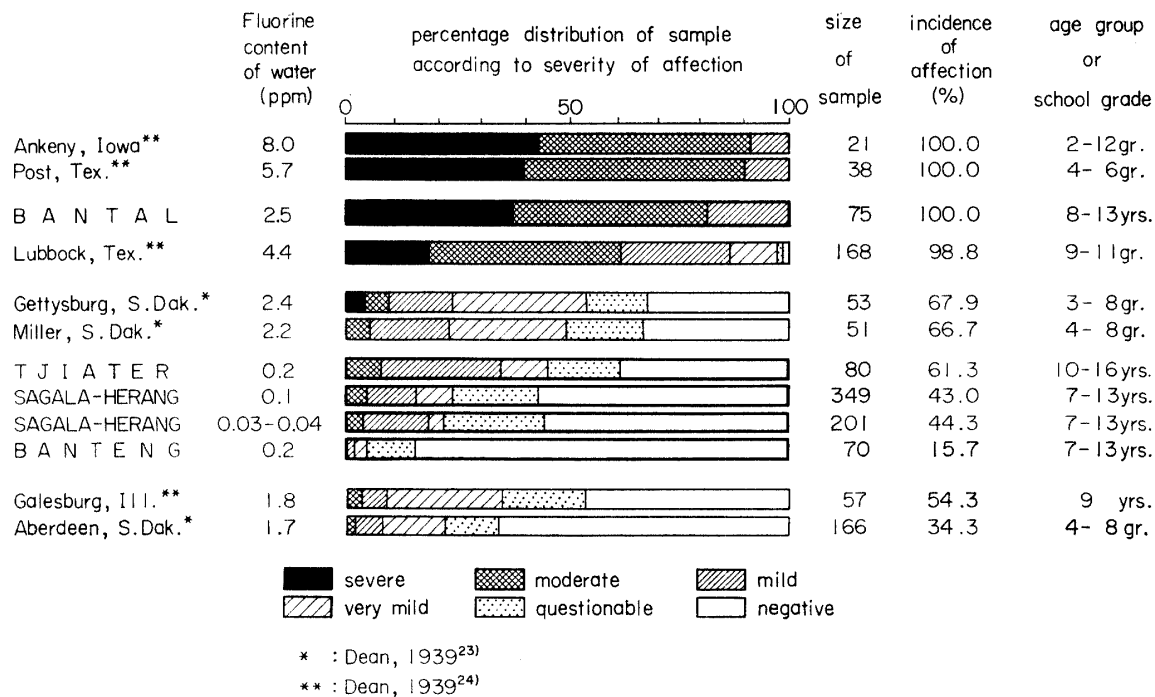


Fig. 9 Comparison of Fluorine Content of Drinking Water and Severity of Dental Fluorosis

地区における飲料水中フッ素含有量を異にする地の CFI を二つの直線にまとめた研究や、さらに Galagan および Vermillion⁴⁾ の子供の飲料水消費と気温の関係の検討からの至適フッ素濃度算定式の誘導などが発表され、この様な基礎的研究の上に、著者の一人美濃口は先の Galagan ら³⁾ の年間平均気温 50°F, 70°F の両地区にだけ通ずる 2 本の傾向線から、その直線の交差点のフッ素濃度 0.4ppm 以下、CFI 0.162 以下では歯牙フッ素症の発現を認めず、この 2 直線のなす交角の中に、この交差点を通過して引かれ得る直線は、50°F と 70°F の間にある平均年間気温の傾向線であるという仮説をたて、CFI と年間平均気温から飲料水の至適フッ素濃度を算定する考えを確立した。¹¹⁾

しかし 70°F あるいは 50°F の年間平均気温の地域に関しては理論的算定の枠外にあり、特に 70°F 以上ではその許容範囲が極めて狭少であって、熱帯地区の実地調査研究の必要かつ重要性が指摘され、一連の調査研究が実施されるに至ったのである。しかし先の調査研究結果¹⁴⁾ は、年間平均気温 70°F の台湾、高雄付近では、水中フッ素含有量と CFI は相関するが、理論値とは一致せず、タイ、南インドでは水中フッ素量と CFI の相関性は認められない結果を得た。

もちろん歯牙フッ素症の発現が水中フッ素量と気温のみの函数ではなく、例えば Massler および Schour²⁵⁾ も指摘するごとく栄養の問題、即ち低栄養地区における歯牙フッ素症が低フッ素濃度において発現していることや、気候の相違に加うるに高温地区に生まれ育った人々に

おける生理学的な特性, 例えば久野^{26,27)}によって報告されている発汗条件の相違など考慮すべき問題点はある。その他 water work に対してもフッ素を供給する装置に現在保障出来る精度と, 水消費量の個人的相違を考える時, 歯牙フッ素症発症に対し 恕限度の低い 年間平均気温 70°F 以上の地区における飲料水フッ素の添加には極めて難しい点があると言わざるを得ない。

以上の調査結果から見ても, WHO で勧告推奨された上水道フッ素化によるう蝕予防に当たって, 従来より主張して来たごとく 年間平均気温が 70°F 以上の熱帯地域においては予想以上の低濃度のフッ素摂取で, 歯牙フッ素症の発症する危険があり, さらに一層の検討の必要なことが痛感させられた。

2) 水中フッ素含有量の乾季, 雨季による変動

今回の調査は雨季に行なわれたが, Sagalaherang 地区については, 同一水源について乾季の試料水を採取, 入手する事が出来た。その分析結果は, フッ素含有量については Table 5 に示すごとく, わずか数例を除き, ほとんどがちょうど約 2 倍の濃度をもって乾季に濃度が高まる結果が得られた。例外的な変動を示したのは, Tjiater の温泉, 同灌漑用水, Leles の水源や Palasari の酸性泉など今回の調査の対象学童の飲水になっていないものがほとんどであった。

河川水, 湖沼水など地表水は一般に鉱物質を溶解することが少なく, 軟質の水とされている。しかし特に河川水は, その河川の大小, 降雨量, 季節などにより水量, 水質が変動することは容易に推測される。一方地下水はその水質が地形, 地質と密接な関係を持っており, 地表水に比べて鉱物質を多く溶解しているのが普通である。Bantal の川水, 井戸水のいずれもが高度の溶質を存在することは明らかに前記の特殊な地質によるものであろう。しかし Sagalaherang 地区では, 井戸水といえども浅層でかつやや低地で河川に準じることや, 多くが露天であることなど, 本質的にはあまり泉水, 河川水と異なることがなかったのではないと思われるが, どちらかといえばやはり井戸水のほうが硬度はやや高かった。従って今回の調査では, 一般に井戸水に導電率がやや高い結果を得たが顕著な差はなかった。また井水, 河川水を通じ, おおむね乾季に導電率が高い傾向があった。しかしフッ素含有濃度以外はバラツキが大きく Berondong, Kiripik, Tjitalutug, Palasari など Ca 含有量, 従って硬度とか, Cl の含有量にかなりの季節差を認めたものがあったが, フッ素含有量に関しては, 先にも述べたごとく比較的よく乾季に 2 倍量に増加した傾向が得られ, フッ素源の乾季雨季に受ける影響に井水, 河川水に共通の性状のあることが推測されたが, 残念ながら該 Sagalaherang 地区の地質についての資料を得られず, 今後の研究に興味が続がれた。

Pakem および Bantal 両地区については, 乾季の試料水を得られなかったが, Pakem は Sagalaherang と同じ様に露天泉水で同じ様な乾季雨季の影響を受けることが推測され, 一方 Bantal の井戸水はいずれも深くて(水深約 20m) 年間変動はあまり受けないのではないかと思考されるが, いずれも推測の域を出ないことはもちろんである。

しかし Sagalaherang 地区および Pakem 地区ではいずれも Ca 含有量、硬度などから問題とすべき硬水でなく、特に今回の調査に当たってはフッ素の影響に対する硬度の問題は取り上げなかった。Bantal では河川水でやや硬水、井水で明らかに硬水の範疇に属するが、それにもかかわらず、Dean^{23,24)} の報告にあるアメリカでの同程度濃度フッ素地帯での歯牙フッ素症発症に比してはるかに高度の発症を認めたことは前記の通りである。

以上の結果から、WHO で勧奨されている上水道フッ素化によるう蝕予防に際しては、われわれが従来より主張して来たごとく、年間平均気温 70°F 以上の熱帯地区においては想像以上に低いフッ素濃度で歯牙フッ素症の発症する危険が立証され、単純な理論や方程式で熱帯地区での飲料水至適フッ素化濃度を 0.5ppm 程度と WHO が定めているのは危険であり、その地区の気温その他広い環境因子との関連の下に、さらにきめの細かい配慮により至適フッ素化濃度の決定が行なわれる必要のあることを認める。

VI 結 び

1) う蝕予防手段としての上水道フッ素化に際し、その至適フッ素化量決定には気温的因子を考慮すべきであるとの主張から、一連の東南アジア熱帯地区歯牙フッ素症発症閾の調査研究を、1971年1～3月にわたりインドネシア (Java) において実施した。

2) Java は年間平均気温 27°C(80°F) で、西部 Java では Bandung 近郊 Sagalaherang 地区、中部 Java では Jogjakarta 近郊 Pakem 地区、東部 Java では Situbond 近郊 Bantal 地区について、各地学童の歯牙フッ素症発症状況とその飲料水中フッ素濃度の定量を行なった。

Sagalaherang 地区については、同じ水源の乾季(1971年8月)の試料水についても分析した。

3) 今回の調査の結果、Java においては極めて低濃度の飲料水中フッ素濃度で歯牙フッ素症の発症することが認められた。

4) 東部 Java の Bantal では、飲料水中フッ素濃度平均 2.5ppm で被検学童75名全員に重症歯牙フッ素症を認め、CFI は 3.19 であった。

5) Sagalaherang の飲料水中フッ素含有量は、乾季では雨季の約2倍量であった。

6) 今回の調査結果は、年間平均気温の高い地域においては、飲料水中のフッ素による歯牙フッ素症の発症が、われわれの計算推定していたよりもさらに高度の発症指数をもって発現することを推測させた。

7) 以上の結果から、WHO が推奨する上水道フッ素化によるう蝕予防に際し、私共は従来の研究とも鑑み、年間平均気温が 70°F 以上の熱帯地区では、いっそうの慎重な配慮が必要であることを主張する。

終りに当たり、本調査に際し御援助を戴いた京都大学東南アジア研究センター 市村真一所

長をはじめ石井米雄教授、本岡武教授に深く感謝致しますと共に、現地に在って関係官庁との連絡および公私共終始絶大な御支援を戴いた同センタージャカルタ事務所 西原正氏並びに Padjadjaran 大学滞在中の東京女子医科大学口腔外科今井忠治博士に深甚なる謝意を表します。

また本研究のため特別の便宜と支援を戴いたインドネシア厚生省歯科衛生局の主任 R. Noon 博士、同副主任 Stanto 博士をはじめ Padjadjaran 大学歯科 S. Soemantri 博士, Gadj Mada 大学歯学部長 M. Soeragi 博士, 東ジャワ歯科衛生局主任 H. Iksan 博士その他関係各位に感謝致します。

参 考 文 献

- 1) "Fluoridation and Dental Health," *WHO Chronicle*, 23: 505-511, 1969.
- 2) Maier, F. J. "Fluoridation of Public Water Supplies," *J. Am. Water Works Ass.*, 45: 1120-1132, 1950.
- 3) Galagan, D. G., Vermillion, J. R., Nevitt, G. A., Stadt, Z. M. & Dart, R. E. "Climate and Fluoride Intake," *Pub. Health Rep.*, 72: 484-490, 1957.
- 4) _____. "Climate and Controlled Fluoridation," *J. Am. Dental Ass.*, 47: 159-170, 1953.
- 5) Galagan, D. G. & Vermillion, J. R. "Determining Optimum Fluoride Concentration," *Pub. Health Rep.*, 72: 491-493, 1957.
- 6) Witkop, C. J., Jr., Barros, L. & Hamilton, P. A. "Geographic and Nutritional Factors in Dental Caries," *Pub. Health Rep.*, 77: 928-940, 1962.
- 7) 天野義彦「日本各地に於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.
- 8) 鯨島一雄「日本人弗素摂取量に関する研究」『口衛誌』7: 37-45, 1959.
- 9) 大迫 登「弗素の微量定量法並びにそれによる測定結果について」『歯科月報』34: 19-30, 1960.
- 10) 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(3): 262-263, 1965.
- 11) 美濃口 玄「山科地区水道弗素化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(2): 45-124, 1964.
- 12) Minoguchi, G. "Japanese studies on water and food fluoride and general and dental health," *WHO Monograph Series No. 59. Fluorides and Human Health*, 294-304, 1970, WHO, Geneva.
- 13) 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(2): 268-276, 1966.
- 14) 美濃口 玄, 小野尊睦, 佐藤 匠, 天野義彦「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——」『東南アジア研究』5(2): 353-379, 1967.
- 15) Dean, H. T. "Classification of Mottled Enamel Diagnosis," *J. Am. Dental Ass.*, 21: 1421-1426, 1934.
- 16) Dean, H. T. "The investigation of physiological effects by the epidemiological method in fluorine and dental health," edited by F. A. Moulton, *AAAS Pub. No. 9: 23-31*, Science Press, Lancaster, 1942.

- 17) Schaeffer, C. O. "Caries en Fluor in Drinkwater," *J. Indonesian Dental Association*, 12-21, 1953.
- 18) 『理科年表』 気 97-169, 丸善 k.k. 東京, 1969.
- 19) 『世界地理大系, II 東南アジア』 インドネシア 283-299.
- 20) 在バンドン, 田辺製薬 k.k. 実測データー, 1968年～1970年実測値.
- 21) Mr. Soeripto Be, (Officer of Laboratory for Health, Jogjakarta) の呈示資料による.
- 22) Turunan Hasir Pemeriksaan Air (=Copy of the result of water research). Determined by Laboratory for Health in Jogjakarta. Sbj. 22-7-1970 Dr. Hartono (Dean of Faculty of Dentistry, Airlanggha University) の呈示資料による.
- 23) Dean, H. T., Elvove, E., Poston, R. F. & Richard, F. "Mottled Enamel in South Dakota," *Pub. Health Rep.*, 54: 212-228, 1939.
- 24) Dean, H. T., McKay, F. S. & Frederick, S. "Production of Mottled Enamel Halted by a Change in Common Water Supply," *Am. J. Publ. Health*, 29: 590-596, 1939.
- 25) Massler, M. & Schour, I. "Relation of Endemic Dental Fluorosis to Malnutrition," *J. Am. Dental Ass.*, 44: 156-165, 1952.
- 26) Kuno, Y. *Human perspiration*, 327-335, Springfield, Ill. Thomas, 1956.
- 27) 久野 寧『汗の話』 東京, 光生館, 142-151, 1968.
- 28) U. S. Dept. of Commerce. *World Weather Records* 1951-60, Vol. 1 (Vol. of North America) Washington D. C., 1965.