

〔原著〕 松本歯学 14 : 170~175, 1988

key words : Threshold Limit - Fluoride - Drinking Water

飲料水中フッ素の許容濃度に関する研究
第1編 麻積村の水道水中フッ素濃度

近藤 武, 笠原 香, 樋口寿英, 中根 卓, 安藤三男

松本歯科大学 口腔衛生学講座 (主任 近藤 武 教授)

Threshold Limit of Fluoride in Drinking Water
Part 1 Fluoride concentration of drinking water in Omi village

TAKESHI KONDO, KAORU KASAHARA, HISAHIDE HIGUCHI,
TAKASHI NAKANE and MITUSO ANDO

Department of Community Dentistry, Matsumoto Dental College
(Chief : Prof. T. Kondo)

Summary

The aim of this study is to determine the threshold limit of fluoride naturally contained in drinking water. It is established that the threshold limit of fluoride in drinking water is less than 0.8 ppm in Japan. But this threshold has come under question, as some reseachers have reported the occurrence of mild dental fluorosis caused by drinking water containing naturally less than 0.8 ppm of fluoride. In those reports it was difficult to determine what concentration of fluoride was in the water when the teeth calcified, because it was not required that such records be kept. It is most important to know the relationship between fluoride concentration in drinking water and teeth calcification period for deciding the threshold limit of fluoride.

It is knwon that Omi village, which was studied, contains rich fluoride in water supplied by an artesian well. The community authority has started to supply new water which contains 0.6~0.7 ppm of fluoride since 1973. We have tried to determine the precise concentration of fluoride in the drinking water during the teeth calcification period of schoolchildren living in this village for 7 years.

As a result, we did not have any changes in concentration by collecting the water samples twice a month by all year around.

緒 言

飲料水のフッ素濃度に関する基準は昭和47年の水道法に基づいての水道基準に関する省令により「0.8 mg/ℓ以下であること」になっている。この基準値が長い間広く認められてきたが、昭和49年7月6日発表の宝塚市斑状歯科専門調査会（会長大平昌彦）による「宝塚市の斑状歯をめぐる健康問題に関する答申書（最終報告書）」ではこれまでの基準値と異なった答申がなされた¹⁾。この暫定基準値の決定にあたっては、児童における斑状歯発現状況と過去に宝塚市の下水道で給水された飲料水中のフッ素濃度を推定し両者の関係から求められている。

過去のフッ素濃度の推定には2つの方法が用いられており、前者は斑状歯の発現状況より地域フッ素症指数（Community Fluoride Index）を求めこれよりディーン-美濃ローコフマンの実験式より求める方法、後者は現在の水源のフッ素濃度から管網計算により過去の給水状況を算出し、末端フッ素濃度を推定する方法である²⁾。宝塚市の場合では地域フッ素症指数から求めた濃度の方が高い傾向があり1 ppm以下では2倍の差が生じ、両者の結果についてはあまり一致しなかった。このくい違いについては今後の研究成果に待つとしながらも、管網計算より求められた濃度を採用して宝塚地区においては暫定の管理基準フッ素濃度0.4~0.5 ppmを上限とすることを決定した。

そして中間報告書では多くの市民が斑状歯をめぐる健康問題について不安をもっている理由の一つに厚生省基準に対する科学的根拠の欠如をあげている。以上のように飲料水中のフッ素の基準値について、現行の水質基準と宝塚市斑状歯専門調査会がそれぞれ示した値のくい違いは、この問題に関して社会的混乱を惹起し、このため専門的立場からの対応が緊急の課題となっている。

これまでの飲料水中フッ素濃度と斑状歯発現に関する研究では、歯牙石灰化期に飲用した飲料水中フッ素濃度が明確な例は少ない。すなわち多くは斑状歯調査時に斑状歯発現者がかつて飲用した既応のある水源の水のフッ素を測定して過去を推定する方法がとられている。これではあくまでも推定濃度と斑状歯発現との関係は推測にすぎないので、宝塚市の場合のようにフッ素濃度の算出方

法によりその基準値が異なることになる。

従って今回は実際に住民（幼児及び児童）の歯牙石灰化期に飲用した飲料水中のフッ素濃度をまえもって測定し、フッ素濃度と斑状歯発現との関係を求めることにした。そして宝塚市で用いられた2方法の結果と比較検討することにした。

調査方法

1. 調査地域の気象状況と地質（表1）

長野県東筑摩郡麻績村（北緯36度，東経138度）は長野県のほぼ中央に位置する農村で気象条件は表1のように隣接する松本市と長野市から推測すると年平均気温11.5~11.6℃（最高35.3~35.4℃，最低-13.3~-14.0℃）の間にあると思われる。麻績村の標高は638 m，総面積33.83 km²である。

昭和50年の世帯数1,089戸，人口4,159人で世帯数，人口ともに年々僅かながら減少傾向にある。産業別就業状況についてみると，就業人口は2,716名でそのうち農業従事者は1,426名で約50%を占めている。

地質の面からみると，フォッサマグナ地域の第三紀層で今から2500万年前から日本海方面から入り込んできた海にたい積してできた地層である。地層は泥岩，砂岩，れき岩，凝灰岩から構成されており，凝灰岩は流紋岩質で裾花凝灰岩とよばれ小川層堆積時の海底火山の活動を示している³⁾。

2. 水源及び配水地域（図1，表2）

麻績村簡易水道の水系は番場，高，上井堀の3つに分れている。そのうち図1のように番場水系の水源は聖山麓湧水を利用した頭無し水源であった。しかし，給水人口の増加にともない水量が不

表1：調査地区隣接地の気象状況（昭和52年）

		長野	松本
気温 (°C)	全年平均	11.5	11.6
	最高	35.3	35.4
	最低	-13.3	-14.0
湿度 (%)	全年平均	74	68
	最小	12	12
降水量 (mm)	全年平均	736.5	874.5
	日最大	33.0	56.5
	1時間最大	25.5	25.5
風 (m/sec)	全年平均風速	2.1	1.8
	最大平均風速	12.0	12.9
全年日照時間 (h)		2,100.3	2,359.5
日最深積雪 (cm)		25	14

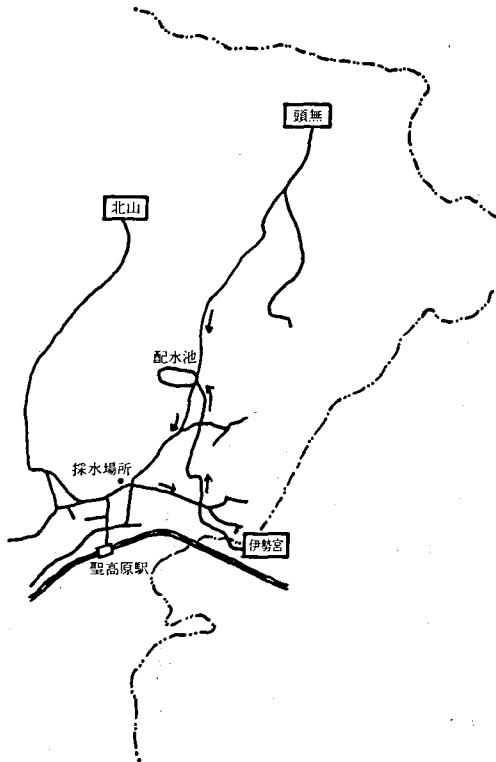


図1：番場水系の給水地域

足、また湧水のため表2のように水量が季節により変動するためなどの理由により、新たな水源を求めることになった。

新水源は伊勢宮水源（東筑摩郡坂井村字布田4362-3）とよばれ、昭和47年5月6日に工事を開始し、同年6月20日に竣工した。井戸の深さは85m、揚水水位は13.2m、揚水水量は1,377ℓ/分であった。給水施設は48年1月25日に完成し給水を開始した。番場水系の1日給水量は従来の頭無し水源より約230m³、伊勢宮水源より450m³の割合で混合して計680m³で給水を開始した。当初の給水地域は梶浦、宮本、本町、明治町、仲町、上町、叶里、野口、高畑、砂原、女淵、矢倉、下井堀の13地域であったが、54年には水量の減少により梶浦、宮本、本町、明治町の4地域に減少した。

その間51年後半より伊勢宮水源の水質中に鉄分の混入が生じ生活水として使用上不快をきたすようになり、約200m³を他の水源に求め250m³に減じたが、しかし鉄分の混入が著しくなったため、鉄除去装置完成まで約1年間給水を停止した。完

表2：頭無し水源の湧水量（m³）

月	昭和52年	昭和53年
1	432	302
2	367	333
3	461	312
4	615	402
5	486	456
6	480	402
7	395	388
8	486	376
9	410	360
10	367	298
11	591	260
12	293	260

成後は以前と同様に給水を再開したが水量の減少にともない新水源を求め55年1月には伊勢宮水源からの給水を中止し現在に至っている。

3. 採水及びフッ素測定法

末端水の採水は葦沢歯科（麻績村明治町8249）の台所で毎日使用している蛇口より行なった。また伊勢宮水源の採水については麻績村役場職員によって行なわれた。採水後直ちに松本歯科大学口腔衛生学教室に郵送して測定した。

測定方法は、フッ素電極法により、使用した電極はOrion社製96-09複合電極、また測定部は、Orion社製601A型Ion meterを使用した。測定順序は検水に等量のTISAB（全イオン強度調整用緩衝液）を加え、スターラーで攪拌しながらレコーダー上で2分間以上電位の変動のない時点を測定値とした。

結 果

1. 伊勢宮水源のフッ素濃度の経年的変動(表3)

水源用井戸は昭和47年6月20日に竣工し、その時の水質検査ではフッ素濃度は0.65ppmと保健所に報告されている。給水開始後はフッ素濃度の測定は定期的に行われず、51年8月11日に採水した源水には1.00ppmであった。その後、昭和52年までは測定されなかったが、53年には18回測定を行い平均濃度は0.84ppmであった。そして54年には24回測定を行い平均濃度は0.81ppmであった。

55年2月には水量豊かな、そして水質が良い水源が他に確保されたため、約9年間にわたって行ってきたこの水源からの給水を中止した。そして給水中止後、4月まで7回の測定を行ないその

表3：源水、末端水のフッ素濃度の年間変動

年	測定回数	伊勢宮水源	末端水
47	1	0.65	使用せず
48*	0	—	—
49	1	—	0.74
50	4	—	0.70
51	3	1.00	0.64
(昭和51年後半～52年前半は給水中止)			
52	2	—	0.77
53	18	0.84	0.62
54	27	0.88	0.66
55	7	1.03	0.05

*昭和48年1月25日より給水開始

表4：源水、末端水のフッ素濃度の月間変動
(昭和53年1月～54年12月に採水)

月	昭和53年		昭和54年	
	源水	末端水	源水	末端水
1	0.81	0.59	0.81	0.74
2	0.83	0.65	0.79	0.75
3	0.84	0.70	0.93	0.79
4	0.91	0.63	0.88	0.75
5	0.86	0.47	0.91	0.72
6	—	—	0.32*	0.53
7	0.84	0.57	0.87	0.60
8	0.86	0.54	0.84	0.62
9	0.83	0.66	0.87	0.60
10	0.79	0.70	0.83	0.66
11	0.85	0.72	0.96	0.59
12	0.84	0.68	1.03	0.59
平均	0.84	0.62	0.88	0.66
S.D.	0.03	0.08	0.07	0.08

*測定値より除外

平均濃度は1.03 ppm, 標準偏差0.11 ppmであった。

2. 伊勢宮水源のフッ素濃度の月間変動(表4)

53年より2年間、1ヵ月に1～2回の定期的採水を行ないフッ素濃度を測定することにより月間の変動を調べることにした。53年には19回測定し、その平均濃度は0.84 ppm, 標準偏差0.03 ppmでフッ素濃度は一定した値であった。54年には24回測定を行なったが、6月の2回と7月の1回は末端水濃度より低い値を示した。これは異なった井戸より採水したのではないかと推定し、平均値を求める値から除外した。

その結果0.88 ppm, 標準偏差0.07 ppmで前年より僅かながら高値を示している。2年間における最小値は0.79 ppm, 最大値は1.03 ppmであっ

た。

3. 末端水(伊勢宮水源+頭無し水源)のフッ素濃度の経年的変動(表3)

従来の頭無し水源(フッ素濃度0.04 ppm)に伊勢宮水源を加えての給水開始は48年1月25日からであるが、末端水のフッ素濃度の測定は一度も行なわれなかった。最初に測定したのは、49年12月5日で0.74 ppmであった。採水場所は前述のごとくで、50年には4, 6, 9, 11月の4回で平均濃度は0.70 ppm, 標準偏差は0.06 ppmであった。51年は4, 5, 8月の3回で平均濃度は0.64 ppmであった。

8月以降は伊勢宮水源に鉄分の混入がおり生活水として不適當になったので、使用を中止し52年10月の除鉄装置の完成の後再び給水を開始した。再開後は11, 12月の2回測定を行ないフッ素濃度は0.77 ppmで以前とほぼ同様な結果が得られた。

53年には18回測定を行ない平均濃度は0.62 ppmであった。54年には24回測定を行ない平均濃度は0.68 ppmであった。そして55年1月までは伊勢宮水源より給水していたが、2月には他に水量豊富な、そして水質のよい水源が確保されたため、混水を中止した。従って2月以降のフッ素濃度は0.05 ppmに低下したので、7年間にわたった測定を終ることにした。

4. 末端水(伊勢宮水源+頭無し水源)のフッ素濃度の月間変動と源水濃度との関係(表4)

53年より2年間、1ヵ月に1～2回の定期的採水を行ないフッ素濃度を測定することにより月間変動を調べることにした。53年には19回測定し、その平均濃度は0.62 ppm, 標準偏差0.08 ppmでフッ素濃度は一定した値であった。54年には24回測定を行ない平均濃度0.66 ppm, 標準偏差0.08 ppmで前年より僅かながら高値を示している。2年間における最小値は0.44 ppm, 最大値0.88 ppmであった。

源水と末端水のフッ素濃度の差は約0.2 ppmであったが、これは頭無し水源のフッ素濃度が0.04 ppmであることから、両水の混合により源水中のフッ素が稀釈されるからである。

また、測定時に生じる濃度の差は両水の混合比が異なることによる。

5. 配水地域内におけるフッ素濃度分布(表5)

表5：各部落別の末端水道水中のフッ素濃度（昭和51年7月12～14日間に採水）

No.	部落名	フッ素濃度(ppm)
1	中町	0.50
2	明治町	0.39
3	叶里	0.46
4	宮本	0.54
5	上町	0.50
6	小東	0.41
7	梶浦	0.46
8	下井堀	0.48
9	砂原	0.56
10	本町	0.56
11	日	0.50
平均		0.49
標準偏差		0.06

配水途中から湧水を混入しているため配水地域のフッ素濃度分布状況を調べてみた。配水地域は11か所の部落にわけられるので、51年7月12～14日の3日間に各々の部落で採水を行いフッ素濃度を測定した。平均濃度は0.49 ppm、標準偏差0.06 ppmであり Range は0.17 ppm であった。

6. 併用地域の井戸水中のフッ素濃度（表6）

水道水を専用に使用している地域と水道水の外に井戸水を併用している地域があった。そのため併用地域の児童が使用している井戸水中のフッ素濃度測定を行った。採水箇所は20か所であるが、1か所は0.21 ppmであったが、他は0.1 ppm以下であり平均濃度は0.05 ppmであった。

考 察

1. 伊勢宮水源のフッ素の由来について

麻績村の斑状歯に関する調査は葦沢⁴⁾によって詳細なされている。この中でフッ素を含有する井戸についての地質的考察を行っている。麻績地方の地層は第三紀にあるのではなく、火山性の泉水によるとしている。伊勢宮水源は葦沢が調査した宮本地区に隣接した地域であることから、同一の地層に由来するものと思われる。現在は使用されていないが、宮本の大潮の湯、坂井村の草湯の温泉水にも高濃度のフッ素が（1～2 ppm）含有されていることから、裏づけることができる。

2. 伊勢宮水源のフッ素濃度の季節的変動について

表6：各部落にある井戸水中のフッ素濃度（昭和51年7月12～14日間に採水）

No.	部落名	フッ素濃度(ppm)	No.	部落名	フッ素濃度(ppm)
1	坊平	0.03	11	麻	0.05
2	北山	0.06	12	桂	0.05
3	市野川	0.04	13	和合	0.05
4	野田沢	0.06	14	中芝	0.04
5	桑関	0.05	15	横辻	0.04
6	日	0.05	16	西ノ久保	0.06
7	丸山	0.05	17	西ノ久保	0.04
8	日向	0.05	18	横尾	0.06
9	高	0.04	19	女淵	0.21*
10	下田	0.04	20	市野川	0.06
				平均	0.05
				標準偏差	0.01

*Dixonの棄却検定により棄却

松田ら⁵⁾は、月間変動の著しい水源について、毎日採水し28日間の変動を調査している。その結果では、連日不規則な変動を示すことを明らかにしている。末端水のフッ素のもとになる伊勢宮水源のフッ素濃度を月2回の測定では変動がみられなかった。この理由としては1 ppm以下の低濃度であったことが原因と推測される。

3. 末端水中のフッ素濃度の変動について

Dean等は⁶⁾、斑状歯の発現と飲料水中フッ素濃度の関係を検討する場合、飲料水中フッ素濃度の変動と被験者の飲水歴をとくに重視している。そして同一水源での経時変動による濃度変化の例をあげていることから、いずれも検診時に1回だけ測定した濃度からは信頼できる結論を引き出すことは不可能であろうとしている。

このような結論に従って7年間にわたって末端水の濃度を測定してきたが、ほぼ0.6 ppmであった。しかし濃度の変動は伊勢宮水源と頭無し水源の混合比によるもので、頭無し水源の水量の減少は伊勢宮水源の給水の増加に関係、従ってフッ素濃度の上昇になってくる。

地下水の揚水の場合は、湧水と比較して変動がすくないが、湧水量は季節による変動が著しいので、定期的な測定が是非とも必要であろう。

4. 併用地域の井戸水中のフッ素濃度について

麻績村は既に葦沢が報告しているように斑状歯の発現地域であるので、他にフッ素源があるのか調査した。全部落で使用されている井戸水のフッ素濃度を測定したが、1箇所を除いて低濃度であり、今後の斑状歯の調査には影響ないことを確認

した。以上のように、井戸水を併用する場合は農村では多いため使用されている井戸水のフッ素濃度測定も欠くことはできない条件となる。

結 論

1. 伊勢宮水源のフッ素濃度は0.8~0.9 ppmであり季節的変動はほとんどみられなかった。

2. 末端水は伊勢宮水源と頭無し水源を混合したものであり、0.6 ppmで現在の水質基準の0.8 ppmより低かった。

3. 末端水のフッ素濃度は給水地区によつての差はみられず、平均して給水されていた。

4. 給水併用地区で使用されている井戸水中のフッ素濃度は0.05 ppmであり、他のフッ素源にはならないことを確認した。

本研究の一部は昭和51~54年度の厚生省医療研究の助成補助金及び昭和54年度文部省科学研究費補助金の一般研究(D)によって行なわれた。調査の途中で逝去

されました故葦沢悠先生に感謝し、御冥福を御祈りいたします。

文 献

- 1) 宝塚市斑状歯専門調査会編(1974)宝塚市の斑状歯をめぐる健康問題に関する答申書(最終報告書), 1-59. 宝塚市斑状歯専門調査会, 宝塚市.
- 2) 美濃口玄(1977)いわゆる斑状歯考(上). 歯界展望, 49: 407-420.
- 3) 田中邦雄監修(1980)長野県地学図鑑, 279-288. 信濃毎日新聞社, 長野.
- 4) 葦沢悠(1956)水道水飲用による斑状歯の歯科衛生学的研究. 歯科学報, 56: 171-195.
- 5) 松田和弘, 飯島洋一, 田沢光正, 高江洲義矩, 久米田俊英(1978)北津軽郡の歯牙フッ素症発現地域における飲料水中フッ素濃度の変動について. 口衛誌, 28: 295-300.
- 6) Dean, D. H. and Elvove, E. (1937) Further studies on the minimal threshold of chronic endemic dental fluorosis. Pub. Health Rep. 52: 1249-1264.