

岡山県の水道水中のトリハロメタン濃度： 1992年度県水道水質資料の解析

Trihalomethanes contents in tap water in Okayama Prefecture:
Analysis of Prefectural Data on Tap Water Quality in 1992.

鷓 崎 実

緒 言

水道水中に変異原性や発癌性のあるトリハロメタン (THM) や有機ハロゲン化合物が含まれていることは、水道水への信頼感を損なわせている。水道水のTHM問題が世に明らかになるきっかけとなったのは、1974年のいわゆる「ハリスレポート」(Hariss 1974)であった。この中でアメリカ環境防衛基金 (USEDF) の水質部長ロバートハリスは、ニューオーリンズ (ミシシッピ川の最下流の都市) では、地下水を水源とする他の都市に比べ癌死者が多く、水道水中に発癌物質が含まれている可能性があることを指摘した。それ以来、浄水場で実施される塩素処理によってTHMや有機ハロゲン化合物などの変異原物質、発癌性物質が作り出されていることが知られるようになった (Bellar et al., 1974, 丹保 1983, Gray 1994)。THMの存在と問題点が次第に明らかになるにつれて、世界各国で水道水質監視項目に加えられるようになった。日本では1981年からTHMの制御目標値が設定された (正式の水質基準項目ではない)。1992年12月に、水道水質基準が34年ぶりに大改正され、1993年12月から施行されたが、この新水質基準によって水質基準項目に指定され、総THM量は、100ppb以下 (1リットル水道水に0.1mg以下) に保つことが義務付けられることになった。

日本の水道水にどの程度のTHMが含まれているかは、これまで散発的に測定結果が発表されている。東

京大学中西研究室が1986年7月に日本各地の水道水のTHMおよび有機ハロゲン化合物含有量を調べた。その結果は多くの雑誌、本などにしばしば引用されよく知られている (中西 1990, 松井 1992)。この他、最近では高橋ら (1992) が新潟県内26浄水場系について、田中ら (1993) が日本各地9地点について、また足立ら (1994) が大阪を中心に近畿地方の水道について、それぞれTHM濃度の測定を行っている。このような研究者による測定の他に、水道事業所が各浄水系ごとに年1回の検査を行っている (1994年度からは基準項目になったので年12回測定される)。その結果は管轄する都道府県の部署に提出され、更に厚生省に送られる。この測定結果の一部は、社団法人日本水道協会によって水道統計としてまとめられている。しかし、個々のデータは原則的に公にされず、行政上の目的に利用されるに留まっている。

今回、平成4年度 (1992年度) に岡山県下の水道事業所から提出された各浄水場ごとの浄水 (水道水) の総THM含有量のデータを閲覧することができた。本研究は、このデータをもとに岡山県内の水道水の平均THM濃度の算出、岡山県の水道水中のTHM量と水道水源の種別 (ダム直接水、ダム放流水、湖・貯水池、河川自流、河川伏流水、地下水) との関係、浄水方法の影響などの解析を行った。これまで、岡山県の水道のTHMについての研究はなく、THM濃度の水準なども明らかにされていない。

デ ー タ

本研究には、岡山県環境衛生部環境衛生課に保管されている1992年度（1992年4月1日から1993年3月31日まで）の県内水道の浄水（水道水）の水質検査データを用いた。水質試験は水道事業所自体もしくは依託検査機関が実施している。水質検査データ中の総THM量の項目は、前述のように1992年度時点でまだ基準項目に指定されていなかったために、総THM量の記載があるものはすべて年1回の測定値であった。また、一部は測定値が記されていない。そのため、県内の全浄水場系統273のうち今回の解析に利用できたデータは、223カ所であった。

尚、THMのデータは、各浄水系統ごとに年1回であるが、測定の日日、時間等の指定はされていない。また、採取地点は、配水システムの末端部ということになっているが、必ずしも厳密ではない（岡山県環境衛生部環境衛生課 personal communication）。

考 察

1. 水道の水源の種別

この解析に用いた223カ所の水道を水道原水の種別毎に分類した結果を表1に示す。

ダム貯水池から直接取水している浄水場（ダム直接）が3カ所、ダム放流水を原水としている浄水場（ダム放流）が5カ所、貯水池や湖沼水を原水としている浄水場（湖・貯水池）が8カ所、河川の表面を流れている水を原水としている浄水場（河川自流）が22カ所、河川の地下を流れる伏流水を原水としている浄水場（伏流水）が41カ所、地下水を原水としている浄水場（地下水）が136カ所、これ以外に様々な原水がブレンドされている浄水場が8カ所であった。

地下水を原水とする浄水場が全体の約60%を占めている。これは、簡易水道（給水人口101人以上5,000人以下の水道と定義される）などの比較的小規模な（取水、配水量の小さい）事業所が多いために数の上では多くなるが、年間取水量から見ると、地下水は県全体の31.8%（85,760千 m^3 /年、環境保健部環境衛生課1992）となる。一方、河川自流を原水としている浄水場は全体の10%に過ぎないが、規模の大きい水道の水源となっていることが多いために取水量から見ると、県全体の33.9%（91,288千 m^3 /年、環境保健部環境衛生課1992）を占める。

表2に、1992年度の岡山県の水道の水源別取水量比率と1991年度の日本全国の取水比率を示した。本県は、ダム水の利用率が低いことと、地下水および伏流水の比率が高い点に特色がある。地下水と伏流水を合わせると60%近くに達している。

表1. 本研究の対象とした岡山県内の浄水（水道水）の水源種別と浄水方法の分布

水源種別：	ダム直接	ダム放流	湖・貯水池	河川自流	伏流水	地下水
	3	5	8	22	41	136
浄水処理法：						
急速ろ過法	2	4	2	11	8	30
急速ろ過法 +活性炭処理	1	0	0	0	0	0
緩速ろ過法	0	0	4	7	3	15
消毒のみ	0	0	0	0	16	83
その他	0	1	2	4	4	8

表2. 日本全国および岡山県の水道水源別取水比率

水源の種類	日本全国 ⁽¹⁾	岡山県 ⁽²⁾
ダム直接	11.5%	0.5%
ダム放流	24.0	10.0
湖・貯水池	1.4	0.5
河川自流	35.0	33.9
伏流水	4.1	23.4
地下水	23.0	31.8
その他	2.0	0.0

(1) 1991年度水道統計(1992)から計算

(2) 岡山県の水道の現況1992年度(1993)より

これは全国都道府県の中で12位に位置する(平成3年度水道統計(1992)から計算)。特に、伏流水の比率の高さは同じく全国で第3位(表3:平成3年度水道統計(1992)から計算)となっており、吉井川、旭川、高梁川の3大河川を抱える本県の際立った特徴となっている。

表3. 伏流水の水道水源に占める割合
全国上位5位まで

1. 鳥取	43%
2. 高知	42
3. 岡山	24
4. 宮崎	18
5. 岐阜	14
全国平均	4.1%

1991年度水道統計(1992)より

2. 浄水処理方法

表1には本研究の対象とした浄水場の浄水方法を併せてまとめた。尚、その他の浄水方法の項には、1つの配水系に2つ以上の浄水法によって処理した浄水が混じっているもの(例えば、急速ろ過法と緩速

ろ過法など)が分類されている。

原水の種別によって浄水方法は大きく異なっている。ダム直接、放流、湖・貯水池、河川自流など地表面に存在する水を原水としている浄水場では、主として急速ろ過法を用いている。急速ろ過法は日本の水道浄化システムの主流で、給水人口50万以上の規模の水道事業所ではろ過処理(急速ろ過法と緩速ろ過法)の94%以上が急速ろ過法である(厚生省水道環境部水道整備課と日本水道協会水道統計編纂専門委員会1994)。岡山県でも急速ろ過法を用いている浄水場は大規模なところが多いので、配水量ベースでは主要な浄水システムとなっている。

伏流水や地下水など地下に存在する水を原水としている浄水場では消毒のみのところが多い。これらの原水はそのままでも十分飲料に堪えうる質をもっていることが多く、複雑な処理を必要とせず、簡単な塩素消毒で配水することができることが多い。しかし、伏流水、地下水でも所によっては急速ろ過あるいは緩速ろ過法を行っている場合もある。

3. 岡山県内の水道水中のTHM濃度

図1に、岡山県内223の浄水系の総THM濃度の頻度分布を示した。

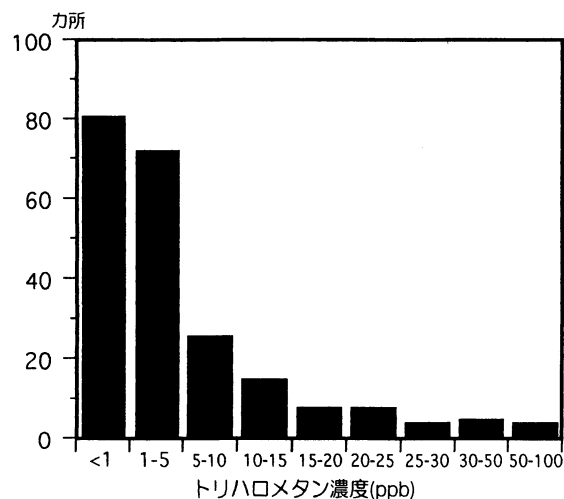


図1 水道中の総THM濃度の頻度分布
(岡山県223ヶ所, 1992年)

1992年度の県内の水道は、T H M濃度<1ppbが全体の36%、1 - 5 ppbが32%を占めた。T H M濃度5 ppb以下の水道が全体の7割近くを占めている。また、10ppb以下の水道が83%であった。水道統計（日本水道協会）に日本全国の水道のT H M濃度の頻度分布がまとめられている。これは全国の水道事業者から都道府県を通して厚生省に提出されたデータを基礎につくられている。この頻度分布には、<1ppb、1 - 5 ppbなどのように詳しく分類されていないのでこれらについては比較できないが、T H M濃度10ppb以下については浄水系4,194のうち2,621（79%）と記載されている（平成3年度水道統計 1993）。これと比較すると、岡山県は、全国平均濃度分布並み、あるいはT H M濃度の低い水道の比率が多少高いと言える。

4. 水源種別と水道水中のT H M含有量

図2-1から図2-6にと水源の種別毎の総T H M濃度の頻度分布を示した。

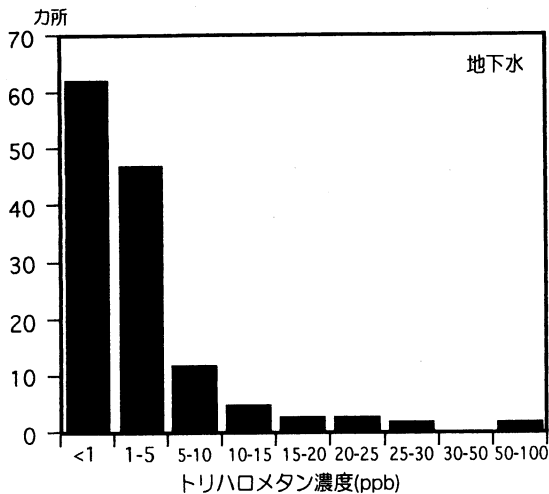


図2-1 地下水を原水とする水道（136ヶ所）の総T H M濃度の頻度分布

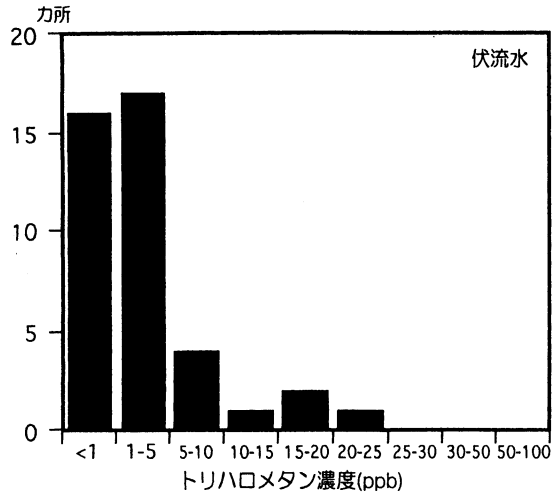


図2-2 伏流水を原水とする水道（41ヶ所）の総T H M濃度の頻度分布

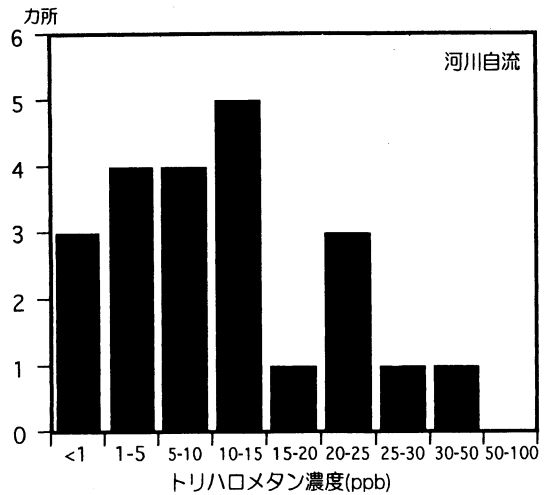


図2-3 河川自流を原水とする水道（22ヶ所）の総T H M濃度の頻度分布

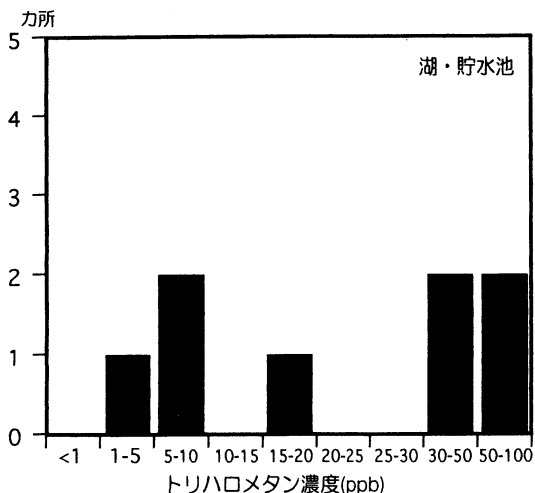


図 2-4 湖・貯水池を原水とする水道（8ヶ所）の総THM濃度の頻度分布

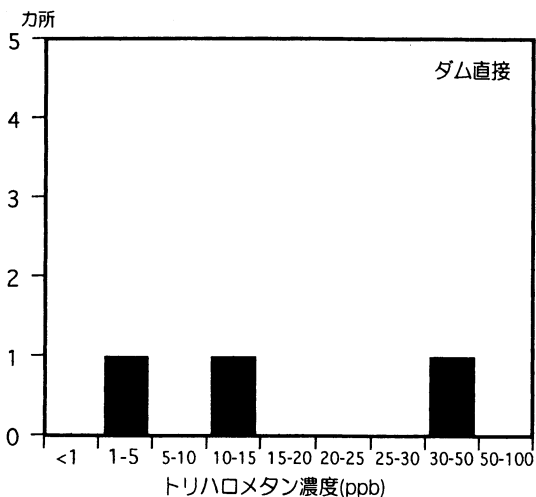


図 2-6 ダム貯水（ダム直接）を原水とする水道（3ヶ所）の総THM濃度の頻度分布

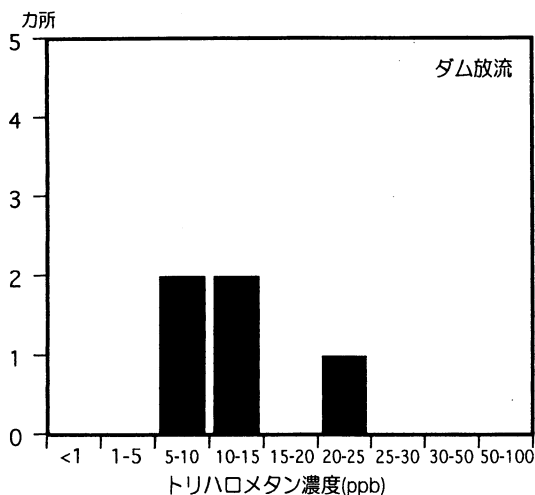


図 2-5 ダム放流水を原水とする水道（5ヶ所）の総THM濃度の頻度分布

地下水を原水とする水道は、THM濃度<1ppbが50%近くを占め、5ppb以下で80%を占める。地下水を水源としている水道水の大多数はTHM濃度が非常に低いことがわかる。伏流水を水源とする水道は、地下水の場合と良く似てTHM濃度の低い所が多く、5ppb以下がやはり80%を占める。これに対し、ダム直接、ダム放流、湖・貯水池、河川自流など地表面に存在する水を水源とする水道では、THM濃度は様々な濃度範囲にばらついている。これらの水源を用いている水道は合わせて38カ所であるが、このうち<1ppb以下の所はわずか3カ所（8%）に過ぎず、5ppb以下が24%、10ppb以下でも45%で、明らかに地下水および伏流水とは異なる分布となった。

表4に、水源の種別ごとに水道水中の総THM量の平均値を示した。浄水の水質検査データのTHM濃度は、最小値が<1と表わされている。平均値を求めるにあたって、<1で表わされた水道水のTHM濃度は0として計算した。したがって、<1のデータが多く含まれる伏流水、地下水については今回求めた平均値がわずかに過小評価になっている可能性がある。しかし、過小評価の程度は大きく見積もつ

表4. 水源の種類による水道水中の平均トリハロメタン含有量

	総トリハロメタン量, ppb
ダム直接 (3)	18.3
ダム放流 (5)	13.2
湖、貯水池 (8)	31.2
河川自流 (22)	11.7
河川伏流水 (41)	3.8
地下水 (136)	4.4

() 内の数字は、平均値計算に用いた浄水の数を示す。

ても伏流水、地下水のどちらも、0.4ppb程度となる。この方法で求めたTHMの平均値は、伏流水および地下水を原水とする水道水ではともに4ppb前後で、前に述べた頻度分布からも予想されるように非常に低濃度であった。地下水を水源とする水道水中のTHM濃度が、他の水源を原水とする水道に比べ低濃度であることは従来から知られており、今回の結果は従来の知見とよく一致している。また、伏流水が地下水並みに低いTHM濃度を示したことから、地下水に匹敵する良質の水源であることが示された。伏流水は岡山県の水道に特徴的な水源であるが、水質から見ても貴重な水源であることがわかる。

ダム放流と河川自流を水源とする水道水のTHM平均値はそれぞれ13ppb, 12ppbで、両者似たような値となった。ダム放流水はダムからの取水権に関わる概念であり、実際にはダムから下流の河川表流水を取水している。したがってダム放流が河川自流の値とほぼ同じ値となるのは当然と言える。ダム直接と湖・貯水池を原水とする水道水のTHM平均値は、それぞれ18ppbと31ppbとなり、他の水源に比べ高い値を示した。これらはいずれも溜まった水を原水としている点で共通している。ダムや湖沼に溜まった水はTHM生成能が非常に高く、THMの起源となる有機物が多く含まれているものと思われる。これらはTHM濃度から考えると、水道の原水としての質は決して良いとは言えない。

5. 浄水方法と水道水中のTHM含有量

表5に湖・貯水池およびダム直接など溜まった水を水源としている水道水と、河川表流水を取水している水道水(自流およびダム放流)についてそれぞれ急速ろ過法と緩速ろ過法の間で総THM量を比較した。

表5. ダム直接・貯水池および河川自流・ダム放流水を原水とする水道水中の総トリハロメタン含有量の浄水方法別平均値

	総トリハロメタン量, ppb	
	急速ろ過法	緩速ろ過法
湖・貯水池 およびダム直接	44.8 (4)	24.0 (4)
河川自流 およびダム放流	13.7 (15)	11.0 (7)

() 内の数字は、平均値計算に用いた浄水の数を示す。

湖・貯水池およびダム直接の場合、緩速ろ過法は総THM量が急速ろ過法の半分ほどで、この処理法の効果ははっきり認められる。河川自流およびダム放流では、わずかに低い値を示してはいるが、有意の差であるかどうかは微妙である。緩速ろ過法では砂ろ過池でバクテリアによる有機物分解が行われる。この過程でTHMの起源有機物が分解され、その結果浄水のTHM濃度を低下させているものと思われる。

表6には、伏流水、地下水を水源とする水道水について浄化法別にTHM濃度を示した。伏流水と地下水のどちらの場合も、特別な浄化処理をしないで消毒のみで配水されている水道のTHM濃度が最も低く、約3ppbであった。この平均値は、今回の検討した中で最も低いものがある。すなわち、①地下に存在する水を原水とし、且つ、②特別な浄水処理をしない水道というパターンが、最も低いTHM濃度をもつ水道の条件であることが認められた。

表 6. 地下水又は伏流水を原水とする水道水中の
総トリハロメタン含有量の浄化方法別平均値

	総トリハロメタン量, ppb		
	消毒のみ	急速ろ過法	緩速ろ過法
地下水	3.0 (83)	6.3 (30)	8.4 (15)
伏流水	3.2 (26)	5.9 (8)	3.7 (3)

() 内の数字は、平均値計算に用いた浄水の数を示す。

一方、伏流水、地下水の中でも何等かの処理（急速ろ過、緩速ろ過）を行った水道はむしろ THM 濃度が高いという結果が得られた。伏流水や地下水を水源としている浄水場では、大部分が消毒だけで配水しており、通常ならそれ以上の処理を必要としない。追加的に浄水処理を実施しているところは、水質に問題があるか、あるいは伏流水や地下水を取水する過程で THM 生成能の高い地表面の水源からの混入があり、結果的に THM 濃度が高くなるようだ。

6. 県内水道の平均総 THM 濃度

県内223箇所の水道の THM 濃度を単純平均すると、6.4ppbとなる。単純平均は取水配水量の少ない小規模浄水場のデータの重みが大きくなり、河川自流水を水源とする水道等、浄水場の数は少なくとも取水、配水量が大きい水道の THM 濃度が等分に評価されない。そこで、水源別の平均総 THM 濃度を岡山県環境衛生部が発表している水源別取水比率（1992年度）によって加重平均した。加重平均値は7.8ppbとなった。これは県内の全ての水道水を混ぜあわせた時の THM 濃度となる。この値は、現在の水質基準法による総 THM の基準値100ppbの1/10以下である。これまで都道府県単位での平均 THM 濃度については報告されていない。地下水、伏流水の利用度の低い東京、近畿地方の水道についてこれまで報告され

ている THM 濃度は、15-50ppbの範囲（田中ら1993、足立ら1994）にあることを考えると、この平均値はかなり低い値である。これは、岡山県の水道の半分以上（56%,1992年度）を地下水や伏流水の様な地下に存在する水を水源として利用しているためであると思われる。

7. 本解析の限界性および結論

本研究の対象としたデータには、いくつかの問題点がある。問題点の一つは、この THM データが1年のうちどの時期に採水したものについて不明であることである。水道水中の THM 濃度は季節変動することが知られている（五百井 1991）。冬に低濃度で、夏に高濃度という傾向がある。すなわち採水時期がいつであるかで測定値は大きく異なってくる。第二の問題点は、水質検査の報告書に記載されている水源の種別が一部正確さに欠けていることである。かつて伏流水を取水していた浄水場で現在実際には河川自流水となっているところで、記載の変更がなされていないケースがあった。今回、必ずしも記載について確認を取っていないので、このような誤りが一部含まれている可能性がある。これらの問題点は、議論の根拠となるデータの信頼性を損ない、結果的に十分な議論を不可能にする。しかし、上記のような問題点はあるものの、このデータは岡山県内のほとんどの浄水場の検査結果を網羅している。この豊富なデータ数は様々な問題点をカバーする価値を持っている。この豊富なデータ数は岡山県の水道全体の THM 濃度の水準を明らかにすることを可能にしている。また地下水、伏流水が本県にとって貴重な水道水源であることを示すと共に、THM 濃度への浄水方法の影響を明らかにすることを可能にした。

本年度以降、年に12回の THM の測定がすべての浄水系に対し実施される。本年度以降のデータを用いることによって、今後解析の精度は一層高まることが期待できる。

要 約

本研究は、平成4年度(1992年度)に岡山県下の水道事業所から提出された各浄水場ごとの浄水(水道水)の総THM含有量のデータに基づいて、岡山県内の水道水の平均THM濃度の算出、岡山県の水道水中のTHM量と水道水源の種別(ダム直接水、ダム放流水、湖・貯水池、河川自流、河川伏流水、地下水)との関係、浄水方法の影響などの解析を行った。その結果、次のような知見が得られた。

(1) 岡山県水道の平均THM濃度は、約7.8ppbと求められた。

(2) 水道水源の種別で濃度に大きな差が認められた。伏流水や地下水のような地下に存在する水を原水とする水道の平均THM濃度は約4ppbであるのに対し、ダム直接、ダム放流、湖・貯水池、河川自流などの地表面に存在する水を原水とする水道の平均THM濃度は11~31ppbであった。

(3) 地表面に存在する水を原水とする水道において、急速ろ過法は緩速ろ過法より浄水のTHM濃度が約2倍大きかった。また、地下に存在する水を原水とする所で特別な浄水処理をしない水道が最もTHM濃度が低く、平均約3ppbであった。

謝 辞

平成4年度の県内水道水の水質検査の結果を閲覧させて戴くにあたり、岡山県環境衛生部環境衛生課の中島順氏に大変お世話になりました。厚くお礼申し上げます。また、東京都環境科学研究所の嶋津暉之氏には多岐にわたり助言を頂き誠にありがとうございました。

引用文献

- 足立昌子, 上田順子, 舟倉由紀子, 小林正 (1994) 近畿地方における水道水中のトリハロメタン濃度. 衛生化学 40(4),388-392.
- Bellar, T.A., Lichtenberg, J.J. and Kroner, R.C. (1974) The Occurrence of Organohalides in Chlorinated Drinking Waters. J. American Water Works Association, 66, 703-.
- Gray, N. F. (1994) Drinking Water Quality. John Wiley & Sons p.315.
- Hariss, R. H., Brecher, E. M. and the Editors of Consumer Reports (1974) Is the Water Safe to Drink?, Consumer Reports, p.436.
- 平成3年度水道統計業務施設編 (1992) 日本水道協会
- 平成3年度水道統計水質編 (1992) 日本水道協会
- 五百井正樹 (1991) 水汚染の構造 北斗出版 p.205.
- 厚生省水道環境部水道整備課, 日本水道協会水道統計編纂専門委員会 (1994) 水道統計の経年分析 水道協会雑誌 63(8),40-78.
- 松井覺進 (1992) 水 朝日新聞社 p.246.
- 中西準子 (1990) いのちの水 新しい汚染にどう立ち向かうか 読売科学選書 p.227.
- 岡山県環境保健部環境衛生課 (1993) 岡山県の水道の現況 (平成4年度) p.120.
- 高橋敬雄, 田中一浩, 鹿田雄喜, 松田哲, 守田康彦 (1992) 新潟県下主要都市の水道水中のトリハロメタン量 環境化学 2, 53-63.
- 田中一浩, 守田康彦, 鹿田雄喜, 高橋敬雄 (1993) 種々の条件下における水道水中の全有機塩素およびトリハロメタン量について (第1報) -煮沸の効果と全国各地のTOX, THMs量 環境化学 3 (1), 85-89.
- 丹保憲仁 (1983) 水道とトリハロメタン 技報堂出版 p.273. (1994年12月1日 受理)