

図8. 塩素処理におけるTOBr生成量とその経時変化. 反応条件: TOC, 1000 mg/L; 塩素注入量, 1500 mg/L.

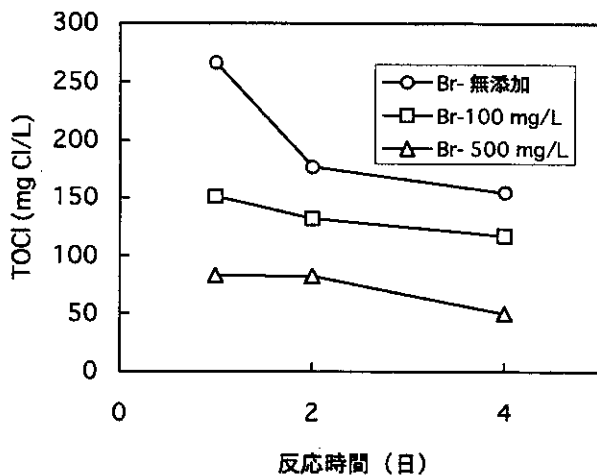


図9. 塩素処理におけるTOCl生成量とその経時変化. 反応条件: TOC, 1000 mg/L; 塩素注入量, 1500 mg/L.

4. Br⁻共存下での塩素処理副生成物の有害性に関する検討

4.1 実験方法

4.1.1 試料

50 mMリン酸緩衝液 pH7に調整した高濃度フミン酸水溶液 (Aldrich, TOC=750 mgC/L) に, 臭化カリウムを添加し, $Cl_2/TOC=2.0$ mg/mg で塩素処理またはオゾン/塩素処理したものを試料とした. オゾン/塩素連続処理は小型インピンジャー (試料容量 10 mL) 中のフミン酸水溶液に一定時間連続的にオゾンガスを送入し, HClまたはNaOHでpHを7.0に再調整した後, HOClを添加することで行った.

4.1.2 染色体異常試験

染色体異常試験の操作手順は2.1.2と同様である.

4.1.3 化学分析

TOClおよびTOBrは3.1.3に示す方法で測定した. 臭素酸イオン濃度はオゾン処理後の試料を50-100倍に希釈した後, o-ジアニシジンを用いたイオンクロマトグラフ・ポストカラム誘導体化法により測定した¹²⁾. ポストカラム反応液は4.0 mM o-ジアニシジン二塩酸塩 (和光純薬) を含む20%エタノール水溶液と200 mM臭化カリウム (和光純薬) を含む2 M硝酸水溶液を1:1(v/v)で混合することにより調製した. 分析システムはShimadzu LC-VP (島津製作所) を用いた.

4.2 実験結果と考察

図9にBr⁻を添加していないフミン酸水溶液をオゾン/塩素処理した場合の染色体異常誘発性を示す. いずれのpHにおけるオゾン処理でもオゾン注入率にともなって単調にオゾン/塩素処理水の染色体異常

誘発性は低減した。またその低減効果は弱い pH 依存性を示し、 $pH6.0 > pH7.0 > pH8.0$ の順で低減効果が大きかった。

図10にBr⁻を添加したフミン酸水溶液をオゾン/塩素処理した場合の染色体異常誘発性を示す。Br⁻無添加系(図9)の場合と同様にいずれのpHにおいてもオゾン注入率にともなって単調に染色体異常誘発性は減少した。またその低減効果は酸性側でより強く、Br⁻無添加系と比べるとpH8.0ではオゾン処理にともなう染色体異常誘発性の低減効果が小さかった(Br⁻が存在することでオゾン注入率が2.0 mg/mgであっても明確なpHによる低減効果の違いが維持された)。この理由としてまず考えられるのはラジカル反応が卓越する高pH側での臭素酸イオンの寄与であるが、試料に含まれる濃度(最大1 mg/L程度)と臭素酸カリウムの用量-反応関係¹³⁾を比較すると、本実験の条件では臭素酸イオン濃度の寄与は無視できる程度であり、染色体異常誘発性発現の主たる要因とはなりえない。また臭素酸イオン以外の臭素系副生成物、すなわち有機臭素化合物の総量も処理プロセスを通じた総量としてはpHによる大きな差異はなく(図12)、染色体異常数との直接的な関係は認められなかった。ただし、オゾン処理における生成量とその後塩素処理における生成量の比はpHに依存した。すなわちオゾン処理ではTOBrの生成量は $pH6 > pH7 > pH8$ の順であったが、後段の塩素処理では逆の傾向を示した。このため、

TOBrの総量は同じでもpHによって卓越する酸化反応のタイプは異なり、そのことが塩素注入にともなって生成する有機臭素化合物の毒性がpHに依存する一因となっていると推定された。なお、オゾン処理直後の塩素無添加のままの試料についても染色体異常試験を行ったが異常の程度は低かった(図11の■および●)。また塩素単独処理と比較するとオゾン/塩素処理で生成するTOBrとTOClはオゾン注入率2 mg O₃/mg Cで20%程度減少したが、オゾン添加の有無によらずTOBr/TOCl比はほぼ一定であっ

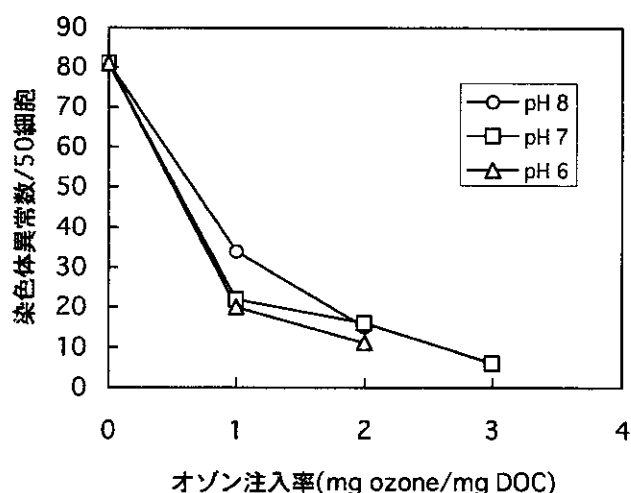


図10. オゾン処理による染色体異常誘発性に関する低減効果の比較 (Br⁻無添加の場合)。反応条件: TOC, 750 mg/L; オゾン注入率 2 mg/mg; 塩素注入率, 2.0 mg/mg. 図中のpHはオゾン処理中のpHであり塩素処理を行う前にpH 7に再調整を行った。

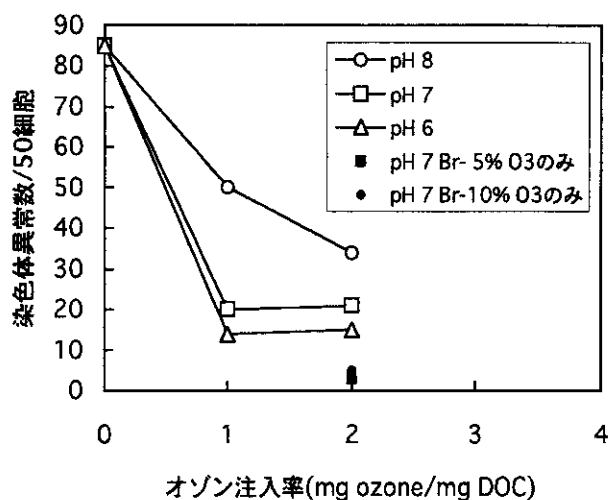


図11. オゾン処理による染色体異常誘発性に関する低減効果の比較 (Br⁻を添加した場合)。反応条件: Br⁻, 37.5 mg/L (TOC に対して5%)。それ以外は無添加時と同様(図10)。

た。

本実験では高濃度フミン酸水溶液を用いて試料の濃縮を行わずに染色体異常試験を行い、Br⁻が共存していても前オゾン処理は有効であることを示した。すなわち、従来より指摘されてきたオゾン処理による有害性の低減は有害性の高い副生成物の親水化による回収率の減少を含めたものであるという不確定要素はそれほど大きくないことを確認できたといえる。

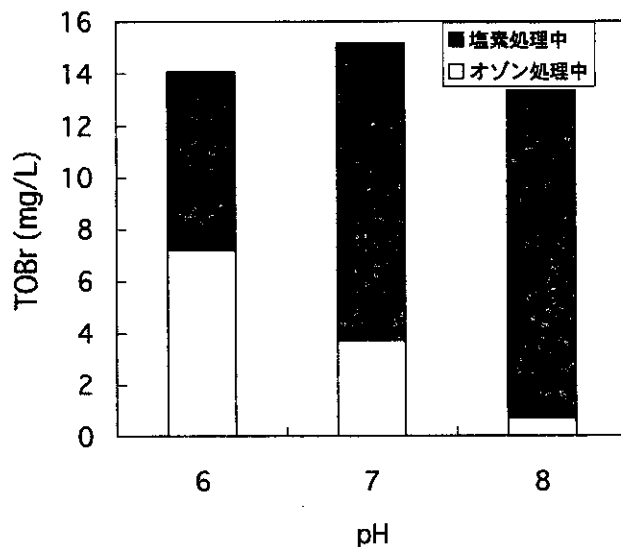


図 12. オゾン/塩素処理における TOBr 生成量。 反応条件: TOC, 750 mg/L; Br⁻, 37.5 mg/L; オゾン注入率 2.0 mg/mg; 塩素注入率, 2.0 mg/mg.

5. まとめ

本研究で得られた成果を以下にまとめる。

(1) フミン酸とHOBrの反応生成物はフミン酸とHOClの反応生成物に比べて染色体異常誘発性が高く、浄水プロセスで生成する有機臭素化合物は低濃度であっても有害性への寄与は高い場合があることを指摘した。

(2) Br⁻の共存下で塩素処理を行った場合、有機臭素化合物の有害性全体に対する寄与率が塩素化合物の寄与に比べて無視できない可能性をほ乳類細胞を用いた染色体異常試験により指摘した。

(3) TOBr/TOCl比と反応開始時のBr⁻/HOCl比との比較からHOBrの反応はフミン酸とHOClとの反応に優先し、添加するHOCl濃度に比べて初期Br⁻濃度が低くても、塩素処理中においてはHOBrとフミン質の反応は無視できない。

(4) TOBrと染色体異常誘発性の間には反応時間一定の場合は対応関係が認められた。すなわちTOBrが高い方が染色体異常誘発性が高い。

(5) TOBrとTOClともに定性的には染色体異常誘発性の経時変化の傾向に対応した。

(6) Br⁻の共存下でオゾン/塩素処理を行った場合、染色体異常誘発性は塩素単独処理に比べて低減することを試料濃縮過程にともなうバイアスの可能性を排除して確認した。

(7) オゾン/塩素処理水の有害性に関する臭素酸イオンの寄与は有機塩素化合物有機臭素化合物のそれ

に比べて無視できることを指摘した。

参考文献

- (1) Plewa, M. J., Kargalloglu, Y., Vakerk, D., Minear, R. A., Wagner, E. D. 2002. Mammalian cell cytotoxicity and genotoxicity analysis of drinking water disinfection by-products. *Environ. Mol. Mutagen.* 40:134-142.
- (2) Beckwith, R. C. 1997. Characteristics of aqueous bromine and hypobromous acid and the kinetics and mechanism of the reaction of bromine and hydroxylamine, Ph.D. Dissertation, Purdue University.
- (3) Snoeyink, V. L. and Jenkins, D. 198. *Water Chemistry*. John Wiley & Sons, New York.
- (4) 伊藤禎彦 1993. 染色体異常試験, 環境微生物工学研究法 (土木学会衛生工学委員会編), 技報堂出版, 東京, pp. 397-382.
- (5) Echigo, S., Zhang, X., Plewa, M. J., and Minear, R. A. 2000. Differentiation of TOCl and TOBr in TOX measurement. In Barrett, S., Krasner, S., and Amy, G., editors, *Natural Organic Matter and Disinfection By-Products*, pages 330-342. CRC Press, Boca Raton, FL.
- (6) 眞柄泰基 (主任研究員) 2000. 水道における化学物質の毒性, 挙動及び低減化に関する研究 報告書. pp. 2-160-168.
- (7) Nobukawa, T. and Sanukida, S. 2001. Effect of brominated ions on genotoxicity of halogenated by-products from chlorination of humic acid in water. *Water Res.* 35:293-4298.
- (8) Larson, R. A. and Weber, E. J. 1994. *Reaction Mechanisms in Environmental Organic Chemistry*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- (9) 伊藤禎彦 1993. 染色体異常誘発性と大腸菌ファージ不活化からみた上水消毒剤の比較研究. 京都大学大学院工学研究科衛生工学専攻博士論文.
- (10) Echigo, S. and Minear, R. A. (2001). Chemical quenching method for the kinetics of the reactions between hypobromous acid and phenolic compounds. *Proc. of American Chemical Society Annual Conference, Division of Environmental Chemistry, Chicago, IL.*
- (11) 夏井智毅. 2001. 強変異原物質 MX の水道水中での挙動に関する基礎的研究. 京都大学工学部地球工学科環境工学コース特別研究報告書.
- (12) Wagner, H. P., Pepich, B. V., Frebis, C., Hautman, D. P., and Munch, D. J. 1999. Analysis of 500 ng/l level of bromate in drinking water by direct-injection suppressed ion chromatography coupled with a single, pneumatically delivered post-column reagent. *J. Chromatogr. A*, 850:119-129.
- (13) 祖父尼俊雄 1998. 染色体異常試験データ集 (改訂1998年版). LIC, 東京.

V. サンプルング方法分科会 報告書

分担研究報告書

「WHO 飲料水水質ガイドライン改訂等に対応する水道における化学物質等に関する研究」

—— サンプリング方法分科会 ——

主任研究者	眞柄泰基	北海道大学大学院工学研究科	教授
分担研究者	国包章一	国立保健医療科学院水道工学部	部長
分担研究者	米沢龍夫	社団法人日本水道協会工務部	課長

研究要旨

給水栓における水道水の定期的水質検査に関して、水道事業体の規模・水道水源の種別等に応じた試料の採水箇所数並びに検査頻度の科学的に妥当な設定方法につき、全国の水道事業体における過去の検査実績も踏まえて検討した。この結果、定期的水質検査を行う給水栓は、配水池（配水系統）ごとに少なくとも1ヶ所を選ぶことを基本とすることが妥当であること、検査の対象とする給水栓の箇所数については、水道事業体の規模等に応じて全国一律に基準とすべきレベルを提示することは必ずしも妥当でないなどを明らかにした。また、検査頻度については現行規制では月1回が原則とされているが、一般細菌、大腸菌群、塩素イオン、有機物等（過マンガン酸カリウム消費量）、pH、味、臭気、色度及び濁度の9項目を除く他の水質項目については、硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素も含めて、年4回の検査を行うことによって現状の月1回の検査とほぼ同等の評価が可能であることを示した。

A. 研究目的

本サンプリング方法分科会では、水道事業体の規模・水道水源の種別等に応じた、水質検査試料の採取箇所及び箇所数並びに頻度の科学的に妥当な設定方法につき調査検討することを目的とする。さらに、これらの結果に基づき、平成15年度には試料サンプリングガイドラインを作成する。

B. 研究方法

1. 給水栓検査箇所数に関する検討

水道水の定期的水質検査を行う給水栓の箇所数について、現在は法令によって特に規制されていない。そのため、このことに関して今後は何らかの形で規制すべきではないかとの議論がある。そこで、水道事業体における給水栓検査箇所数設定の現状並びにその科学的に妥当な設定方法につき以下のとおり検討した。

(1) 水道事業体における現状

日本水道協会が平成12年度に行った「水道事業体における水質検査の実態アンケート調査」の結果に基づき、給水栓水試料の採水箇所数に関する全国の実態につき整理した。このアンケート調査は、上水道事業84、水道用水供給事業59及び簡易水道事業94の計237事業体を対象に行っ

たもので、このうち各 73、52 及び 81 の計 206 事業者から回答が得られている。回答率は 86.9% である。

(2) 給水栓検査箇所数の設定方法

給水栓の検査箇所数設定において、統計学的考え方を導入することの可否を含めて、合理的な検査箇所数設定方法につき検討した。

2. 検査頻度に関する検討

水道水の定期的水質検査における頻度について、現行規制では月 1 回が原則とされている。しかしながら、過去の検査実績等から見て水道水の水質が水質基準を超えて特に問題となるような事例は極めてまれであり、水道水の品質検査としては、日常的な水質管理が適切に行われている限り、一般細菌、大腸菌群、塩素イオン、有機物等（過マンガン酸カリウム消費量）、pH、味、臭気、色度及び濁度の 9 項目を除く他の水質項目については、硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素を含めて年 4 回の検査頻度を原則とすれば良いのではないかと考えられる。そこで、水道事業者における給水栓検査箇所数設定の現状、並びに、検査頻度を原則月 1 回から年 4 回に下げることの妥当性に関して、過去の実績データに基づき以下のとおり検討した。

(1) 水道事業者における現状

上記 1 (1) に記した日本水道協会によるアンケート調査結果に基づき、全国の水道事業者における水質項目別の検査頻度の現状につき整理した。

(2) 全水質項目についての変動特性

検査頻度を月 1 回から年 4 回に下げた場合における最大値の低下率を推定するため、全国主要 8 都市の給水栓 17 ヶ所での全基準項目に関する水質検査実績データを用いて検討した。水質検査実績データとしては、過去 5 年間の月 1 回、計 60 組のデータを基本としたが、検査箇所や水質項目によってはこの条件と異なるデータも用いた。

これらのデータに基づき、全データの最大値と、年 4 回に頻度を下げたと仮定した場合における推定最大値、並びに、前者を 100 とした場合における後者の比率を求めた。頻度を年 4 回に下げたと仮定した場合の推定最大値は、1) 1月、4月、7月及び10月、2) 2月、5月、8月及び11月、3) 3月、6月、9月及び12月の3通りの方法で、月 1 回のデータを 3 ヶ月ごとに読み取って、それぞれの組み合わせの中での最大値を拾い上げ、その中の最小値とした。

なお、この検討に用いたデータは表流水及びダム・湖沼水を主な原水とする場合のデータであり、地下水を主な原水とする場合のデータは含まれていないので、地下水の場合にはほぼ限って問題となる硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素に関しては、別途以下のとおり検討した。

(3) 地下水を水源とする場合の硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素濃度の変動特性

硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素については、他の大半の基準項目と異なり、特に乳児が短期間でも基準を超える暴露を受けると健康影響のおそれがあるとされている。そのため、特に硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素に限って、前記 (2) と同様のことにつきさらに詳しく検討した。硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素の高濃度汚染が認められるケースは、表流水やダム・湖沼水の場合でなく地下水の場合にほぼ限られる。そこで、地下水を主たる水源とする水道の給水区域における給水栓での水質検査実績データを用いて、その濃度変動特性を検討した。使用したデータは、東京都の多摩地区における給水栓 14 ヶ所における過去 5 年間の月 1 回定期水質検査データ、各 60 個であ

る。

C. 研究結果及び考察

1. 給水栓検査箇所数に関する検討

(1) 水道事業体における現状

水道事業体による給水栓検査箇所数の設定においては、配水系統ごとに1箇所、その他行政区の違い等を考慮して、さらにそれぞれ1箇所ずつ加えるなどといった考え方が採用されている。この結果、現状におけるいくつかの水道事業体の給水栓検査箇所数は、例えば一般細菌の場合を取り上げて給水人口と関係付けて示すと図-1のとおりであり、両者の間に必ずしも明確な関係が認められなかった。

(2) 給水栓検査箇所数の設定方法

まず、定期の水質検査における給水栓の最小検査箇所数を、統計学的な考え方に基づいて割り出すことができないか検討した。

ここで重要な前提として考慮に入れておかなければならないのは、わが国の水道水質基準の基本的な考え方である。わが国の水質基準は、一度たりとも超えてはならない値として定められているものであり、基準を超える確率がある一定の値以下であることとして定められているわけではない。そのため、給水区域における最小試料数や最小検査箇所数を設定する際に、その裏付けとして統計学的な考え方を導入することはもともとなじまない。

また、給水区域における最小試料数や最小検査箇所数を、統計学的な根拠に基づいて、給水人口等水道の規模を表す指標と関連付けることも不可能である。例えば、(平均値+2×標準偏差)の値の95%信頼区間を検査箇所数と関連付けることはできるが、このことと給水人口等を関係付けることはできない。

以上のように、最小検査箇所数を統計学的な考え方に基づいて設定することが不可能であることから、これとは別に次のような考え方について検討してみた。

基本的な考え方として、水道利用者個々人の健康リスク等の面から見た水道水質の信頼度は、給水サービスを行う水道事業の規模と関係なく公平であるべきである。したがって、他の条件が全く同じであれば、水道事業の規模に関わらず、給水人口当たりの最小検査箇所数は同一であるべきである。しかしながら、現実には、例えば小規模水道の場合に比べて大規模水道の場合には施設の単位が大きくなり、しかも技術力や組織力が十分に確保されて、運転・維持管理や水質管理が行き届くので、単位給水量当たりの信頼度はより高くなると考えられる。そのため、上記のような意味における公平性を確保するとすれば、給水区域における定期の水質検査箇所の密度は、水道事業の規模が小さくなるほど高くすべきであると考えられる。以上のような考え方は、WHO等による最小試料数の設定においても認められるところである。

また、わが国の現状における水道施設の整備やその運転・維持管理の水準が十分に高いことを考慮すると、WHOやUSEPAが定めているような程度にまで最小試料数を多く確保する必要は必ずしもないと判断される。

しかしながら、上記のような水道事業の規模と水道水質の信頼度との関連付けは、あくまでも定性的なものにとどまり、両者を定量的に結びつけることは非常に困難である。このような中で、検査箇所設定の一つの明確な根拠となり得るものは配水池(配水系統)である。一般に水道水は

配水池（配水系統）を起点として各給水栓まで供給されるので、配水池（配水系統）ごとに少なくとも1ヶ所の給水栓を選んで定期的水質検査を行うことは、科学的に見て極めて妥当である。しかも、現在わが国においては、一般に配水施設の整備水準が高いだけでなく漏水率も低いレベルにとどまっているので、配水過程における水質の変化は最小限のレベルに抑えられていると考えてよい。

以上のことから、定期的水質検査における給水栓の最小検査箇所数を給水人口等に応じて全国一律に決めるのではなく、むしろ配水池（配水系統）ごとに少なくとも1ヶ所の給水栓を選ぶことを基本とすべきであると考えられた。

なお、定期的水質検査の給水栓の検査箇所数設定に関して、以上述べたように、今回の検討では全国一律に基準とすべき考え方を提示するには至らなかったが、この点に関してはさらに検討を重ねることが重要である。そのためには、今後、各水道事業体ごとに、水質検査計画の作成や検査結果の取りまとめを通じて、給水区域における各回ごとの測定値の分布等につき、データの整理と評価を行って科学的な情報を蓄積することが必要である。このことは、配水過程における水質管理上の問題点を明らかにする上でも有用であると考えられる。

2. 検査頻度に関する検討

(1) 水道事業体における現状

上水道事業、水道用水供給事業及び簡易水道事業における水質基準項目等に関する検査頻度につき、図-2～4にまとめて示す。

この結果より明らかなように、現行規制において月1回の検査を省略することができないとされている10の水質項目、すなわち一般細菌、大腸菌群、硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素、塩素イオン、有機物等（過マンガン酸カリウム消費量）、pH、味、臭気、色度及び濁度に関しては、水質項目や水源の種別にかかわらず80%前後の水道事業体においてこの規定が遵守されていた。また、この割合は、水道事業体の規模にはほとんど関係なくほぼ一定であった。しかしながら、過去の検出実績に応じて省略可能とされている他の水質項目については、水質項目、水道事業体の規模、水源の種別等によって検査頻度がまちまちであった。

(2) 全水質項目についての変動特性

全国主要8都市の給水栓17ヶ所での全基準項目に関する水質検査実績データを用いて、全データの最大値と、年4回に頻度を下げたと仮定した場合における推定最大値、並びに、前者を100とした場合における後者の比率を表-1にまとめて示す。これより、一般細菌等を除く他の水質項目のうちいくつかの項目については、年4回に検査頻度を下げたと仮定した場合の推定最大値がかなり小さくなるがあったが、これらのうち多くはもともと比較的低い濃度レベルで推移しているケースであった。また、過去の実績から、一部の水質項目に関しては水質基準を超えて検出されることがあるが、そのようなケースは極めて限られていた。さらに、今後は水道事業体ごとに水質検査計画を作成して検査結果を公表することになるので、このような問題とすべきケースについては個別に十分な配慮が払われるものと期待することができる。

以上のようなことから、一般細菌等を除く他の水質項目については、年4回に検査頻度を下げることにに関して特に支障はないものと考えられた。

(3) 地下水を水源とする場合の硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素濃度の変動特性

東京都の多摩地区における給水栓14ヶ所における過去5年間の月1回定期水質検査データを用いて、硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素濃度の長期変動特性につき整理した結果を表-2に示す。この表では、1) 1月、4月、7月及び10月、2) 2月、5月、8月及び11月、3) 3月、6月9月及び12月の3通りの方法で、月1回のデータを3ヶ月ごとに読み取って、それぞれの組み合わせの中での最大値を拾い上げ、そのうち2番目と3番目の値を⑦の欄に示した。さらに、⑧の欄には、前記のようにして拾い上げた2つの最大値を、全データの最大値で割った値を相対比(%)で示した。

その結果、年4回に頻度を下げたと仮定した場合における最大値の推定値は、この表から明らかのように、大半の地点で80%以上、よほど小さくても70%程度にとどまっており、各地点において検査頻度を月1回から年4回に変更したとしても、重大な濃度ピークを見逃すおそれはほとんどないものと考えられた。

なお、地点1については、これらの測定値を得た5年間のある時期から濃度が有意に低下しているが、現場ではその理由につき、この系統の配水量が元々少なく、工事の影響で周辺の他水系の影響を受けたことによるものと推定していた。また、全地点の中で最高濃度7.10mg/lを記録した地点8については、地下水であるにもかかわらず濃度変動が著しいが、このことについては、浅井戸の停止で深井戸のみの運転に切り替わったことによるものと推定していた。

以上のほか、先と同様に、今後は水道事業体ごとの水質検査計画の作成を通じて、硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素についても、問題とすべきケースについては十分な配慮が払われると期待し得るので、年4回に検査頻度を下げることにに関して特に支障はないものと考えられた。

D. 結論

給水栓における水道水の定期の水質検査に関して、水道事業体の規模・水道水源の種別等に応じた試料の採水箇所数並びに検査頻度の科学的に妥当な設定方法につき、全国の水道事業体における過去の検査実績も踏まえて検討した。この結果、定期の水質検査を行う給水栓は、配水池(配水系統)ごとに少なくとも1ヶ所を選ぶことを基本とすることが妥当であること、検査の対象とする給水栓の箇所数については、水道事業体の規模等に応じて全国一律に基準とすべきレベルを提示することは必ずしも妥当でないなどを明らかにした。また、検査頻度については現行規制では月1回が原則とされているが、一般細菌、大腸菌群、塩素イオン、有機物等(過マンガン酸カリウム消費量)、pH、味、臭気、色度及び濁度の9項目を除く他の水質項目については、硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素も含めて、年4回の検査を行うことによって現状の月1回の検査とほぼ同等の評価が可能であることを示した。

今後、原水や浄水処理過程にある水の水質検査のあり方についても検討するとともに、これらの成果に基づいて試料サンプリングガイドラインを作成するようになりたい。

E. 研究発表

特になし

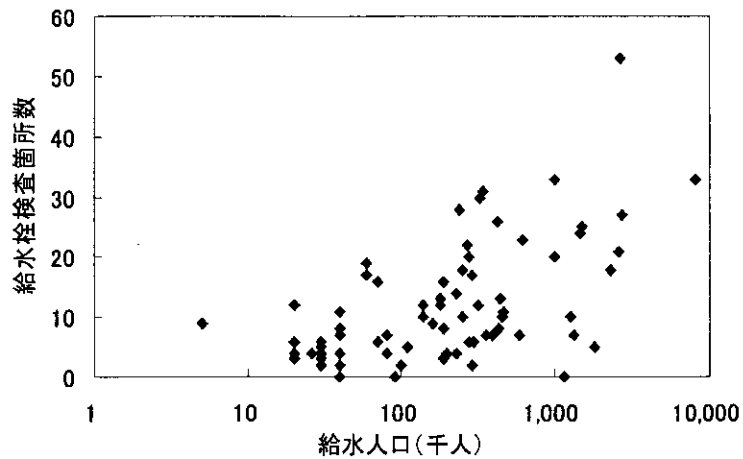


図-1 現状における給水栓検査箇所数と給水人口の関係
 注) 上水道約 100 事業体の一般細菌についての給水栓検査箇所数。

表-2 地下水の硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素濃度の長期変動特性、並びに、検査頻度を月 1 回から年 4 回に変更したと仮定した場合の年間最大値の推定値
 (東京都多摩地区の事例)

地点 番号	5年間の月1回の実測値					左記のデータに基づき 年4回に頻度を下げたと 仮定した場合の推定値		
	① データ 数 (個)	② 最大値 (mg/l)	③ 最小値 (mg/l)	④ 平均値 (mg/l)	⑤ 標準偏差 (mg/l)	⑥ データ 数 (個)	⑦ 3通りの最大値の うち2番目・3番目 の値 (mg/l)	⑧ =⑦/② (%)
1	60	5.50	0.60	4.19	1.25	20	5.20 / 5.00	95 / 91
2	60	1.80	0.84	1.25	0.23	20	1.80 / 1.60	100 / 89
3	60	2.20	0.83	1.50	0.32	20	2.10 / 2.10	95 / 95
4	60	5.40	0.70	3.98	0.87	20	5.40 / 5.00	100 / 93
5	60	1.60	0.45	1.09	0.15	20	1.60 / 1.20	100 / 75
6	60	4.30	0.47	1.53	1.24	20	4.00 / 3.90	93 / 91
7	60	1.40	0.55	0.93	0.19	20	1.30 / 1.20	93 / 86
8	60	7.10	0.03	2.97	1.28	20	6.80 / 5.80	96 / 82
9	60	2.80	1.10	1.78	0.36	20	2.50 / 2.30	89 / 82
10	60	1.10	0.40	0.83	0.10	20	0.93 / 0.92	85 / 84
11	60	2.30	0.00	0.12	0.44	20	1.80 / 1.80	78 / 78
12	60	1.30	0.05	0.50	0.26	20	0.99 / 0.89	76 / 68
13	60	2.60	0.61	1.98	0.37	20	2.60 / 2.50	100 / 96
14	60	1.80	0.32	0.95	0.27	20	1.50 / 1.40	83 / 78

注) 地点 1~11 は地下水が 100%、地点 12~14 は地下水の比率が 75~76%。

表-1(1) 検査頻度を月1回から年4回に変更した場合に
おける推定最大値の比率(主要都市の事例)

事業体	地点	水源	1:一般細菌	4:水銀	5:セレン	6:鉛	7:ヒ素	8:六価クロム					
A	1	表流水					0.006	12					
							0.005	4					
							83						
2	表流水												
3						0.001	12						
						0.000	4						
						0							
B	4	ダム・湖沼水	1	12		0.004	12						
			0	4		0.002	4						
			0			50							
	5	表流水	1	12									
			0	4									
	5	ダム・湖沼水	0										
0													
6	表流水					0.002	12						
						0.001	4						
						50							
7	表流水												
7	ダム・湖沼水												
8	表流水				0.006	12							
					0.000	4							
					0								
9	表流水		1	12	0.000	4							
			0	4									
			0										
10	表流水		1	12									
			0	4									
			0										
10	ダム・湖沼水		0	4									
			0										
			0										
11	表流水		1	12									
			0	4									
			0										
11	ダム・湖沼水		0	4									
			0										
			0										
D	12	表流水		2	12		0.001	12					
				0	4		0.000	4					
				0			0						
E	13			1	12		0.004	12					
				0	4		0.003	4					
				0			75						
F	14	表流水				0.001	4	0.001	4				
F	15	ダム・湖沼水	0	12		0	12	0.001	12	0	12		
			0	4		0	4	0.000	4	0	4	0	4
			-			-		-		0		-	
G	16	表流水											
G	16	ダム・湖沼水											
H	17												
最大値			0	0	0	75	83	0					
最小値			0	0	0	0	0	0					
平均値			0	-	-	31	33	-					

凡例)

①	④
②	⑤
③	

- ① 全データの最大値
- ② 年4回に頻度を下げたと仮定した場合の推定最大値
(3つの最大値のうちの最小値)
- ③ ②/①(%)
- ④ 年間検査回数
- ⑤ 頻度を下げたと仮定した場合の年間検査回数(=4回)

表-1(2) 検査頻度を月1回から年4回に変更した場合における推定最大値の比率(主要都市の事例)

事業体	地点	水源	10:亜硝酸性窒素及び硝酸性窒素		11:フッ素		12:四塩化炭素		14:1,1-ジクロロエチレン		15:ジクロロメタン		16:シス-1,2-ジクロロエチレン		
			①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	
A	1	表流水													
	2	表流水			0.15	12									
					0.10	4									
	3					67									
						0.14	12								
4					0.09	4									
					64										
B	4	ダム・湖沼水			0.62	12									
					0.54	4									
					87										
	5	表流水	ダム・湖沼水			0.29	12								
						0.26	4								
	6	表流水				90									
						0.76	12	0.00	4						
	7	表流水	ダム・湖沼水			0.63	4								
						83									
	8	表流水				0.42	12								
						0.38	4								
	9	表流水				90									
					0.42	12									
10	表流水	ダム・湖沼水			0.29	4									
					69										
C	9	表流水			3.80	12									
					3.60	4									
					95										
	10	表流水	ダム・湖沼水			3.40	12								
						3.10	4								
	11	表流水	ダム・湖沼水			91									
					3.70	12									
12	表流水				3.30	4									
					89										
D	表流水				0.64	12	0.12	12	0.00006	4		0.0002	4		
					0.49	4	0.11	4							
					77		92								
E	表流水				1.80	12	0.15								
					1.60	4									
					89										
F	14	表流水	ダム・湖沼水			1.33	4	0.68	4		0.0005	4			
	15	ダム・湖沼水				0.62	12	0.28	12	0	12	0.0002	12	0	12
						0.52	4	0.09	4	0	4	0.0000	4	0	4
16	表流水	ダム・湖沼水			84		32				0				
					0.70	12	0.13	12							
17	表流水	ダム・湖沼水			0.67	4	0.10	4							
					96		77								
H	表流水				0.86	12									
					0.77	4									
					90										
最大値					96		92		0		0		0		
最小値					69		32		0		0		0		
平均値					87		66		-		0		-		

凡例)

①	④
②	⑤
③	

- ① 全データの最大値
- ② 年4回に頻度を下げたと仮定した場合の推定最大値(3つの最大値のうちの最小値)
- ③ ②/①(%)
- ④ 年間検査回数
- ⑤ 頻度を下げたと仮定した場合の年間検査回数(=4回)

表-1(3) 検査頻度を月1回から年4回に変更した場合における推定最大値の比率(主要都市の事例)

事業体	地点	水源	17:テトラクロロエチレン		19:トリクロロエチレン		20:ベンゼン		21:クロロホルム		22:ジブromクロロメタン		23:ブromジクロロメタン	
			推定最大値	年間検査回数	推定最大値	年間検査回数	推定最大値	年間検査回数	推定最大値	年間検査回数	推定最大値	年間検査回数	推定最大値	年間検査回数
A	1	表流水	0.014	12					0.014	12	0.015	12		
			0.011	4					0.000	4	0.011	4		
			79						0		73			
	2	表流水	0.013	12							0.009	12		
			0.007	4							0.007	4		
			54								78			
3		0.019	12							0.011	12			
		0.014	4							0.010	4			
		74								91				
B	4	ダム・湖沼水	0.038	4					0.002	4	0.011	4		
	5	表流水 ダム・湖沼水	0.029	4					0.001	4	0.005	4		
6	表流水	0.034	4					0.010	4	0.016	4			
7	表流水 ダム・湖沼水	0.025	4					0.002	4	0.009	4			
8	表流水	0.024	4					0.001	4	0.005	4			
C	9	表流水	0.017	12					0.013	12	0.017	12		
			0.014	4					0.011	4	0.014	4		
			82						85		82			
	10	表流水 ダム・湖沼水	0.026	12	0.0003	12			0.0076	12	0.015	12		
			0.020	4	0.0001	4			0.0067	4	0.013	4		
			77		33				88		87			
11	表流水 ダム・湖沼水	0.032	12	0.0001	12			0.0088	12	0.019	12			
		0.025	4	0.0001	4			0.0070	4	0.016	4			
		78		100				80		84				
D	12	表流水	0.0243	4	0.00003	4	0	4	0.0022	4	0.0068	4		
E	13		0.025	4					0.007	4	0.013	4		
F	14	表流水 ダム・湖沼水	0.018	4			0.0002	4	0.009	4	0.013	4		
	15	ダム・湖沼水	0.039	12	0.0003	12	0.0001	12	0.0002	12	0.007	12	0.015	12
			0.025	4	0.0000	4	0.0000	4	0.0001	4	0.0030	4	0.011	4
			64		0		50		84		43		73	
G	16	表流水 ダム・湖沼水	0.012	12					0.004	12	0.008	12		
			0.008	4					0.0030	4	0.007	4		
			67						75		88			
H	17		0.008	12					0.0040	12	0.006	12		
			0.006	4					0.0040	4	0.005	4		
			75						100		83			
最大値			0		100		50		82		100		91	
最小値			0		0		50		54		0		73	
平均値			0		44		50		72		67		82	

- 凡例)
- | | |
|---|---|
| ① | ④ |
| ② | ⑤ |
| ③ | |
- ① 全データの最大値
 - ② 年4回に頻度を下げたと仮定した場合の推定最大値
(3つの最大値のうちの最小値)
 - ③ ②/①(%)
 - ④ 年間検査回数
 - ⑤ 頻度を下げたと仮定した場合の年間検査回数(=4回)

表-1(4) 検査頻度を月1回から年4回に変更した場合に
おける推定最大値の比率(主要都市の事例)

事業体	地点	水源	24:プロモホルム		25:総トリハロタン		30:亜鉛		31:鉄		32:銅		33:ナトリウム			
A	1	表流水			0.039	12							18.2	12		
					0.029	4								14.1	4	
					74									77		
	2	表流水			0.025	12								14.6	12	
					0.017	4								13.7	4	
					68									94		
	3					0.034	12							14.7	12	
						0.026	4								13.0	4
						76									88	
B	4	ダム・湖沼水			0.051	4	0.10	12	0.04	12			9.1	12		
							0.00	4	0.00	4			7.7	4		
							0		0				85			
	5	表流水			0.033	4	0.02	12	0.07	12			12.4	12		
							0.00	4	0.04	4			10.7	4		
			ダム・湖沼水			0		57				86				
	6	表流水			0.055	4			0.12	12			25.1	12		
									0.08	4			19.9	4		
									67			79				
	7	表流水			0.036	4			0.05	12			14.4	12		
									0.03	4			12.6	4		
			ダム・湖沼水					60				88				
8	表流水			0.029	4			0.02	12			6.0	12			
								0.00	4			5.5	4			
								0			92					
C	9	表流水		0.0028	12	0.049	12	0.000	4	0.02	12					
				0.0024	4	0.040	4			0.01	4					
				86		82			50							
	10	表流水		0.0012	12	0.044	12	0.000	4	0.04	12					
				ダム・湖沼水	0.0008	4	0.038	4			0.02	4				
			67		86				50							
11	表流水		0.0010	12	0.051	12	0.004	4	0.04	12						
			ダム・湖沼水	0.0008	4	0.048	4			0.03	4					
		80		94				75								
D	12	表流水		0.0001	4	0.0323		0.014	12	0.03	12	0.024	12	11	12	
							0.013	4	0.021	4	0.016	4		10	4	
							93		70		67		91			
E	13			0.0030	4	0.038	4						36.5	12		
													25.3	4		
												69				
F	14	表流水		0.0030	4	0.039	4	0.01	4	0.03	4			28.4		
		ダム・湖沼水														
15	ダム・湖沼水		0.0000	12	0.047	12	0	12	0.02	12			14.9	12		
			0	4	0.039	4	0	4	0.01	4			12.7	4		
			—		83		—		50			85				
G	16	表流水			0.022	12	0.004	12	0.04	12			10.5	12		
							0.018	4	0.002	4	0.02	4		8.8	4	
				82		50		50			84					
H	17				0.017	12							8.3	12		
					0.013	4							7.6	4		
					76								92			
最大値			86		94		93		75		67		94			
最小値			67		68		0		0		67		69			
平均値			77		80		36		48		67		85			

凡例)

①	④
②	⑤
③	

- ① 全データの最大値
- ② 年4回に頻度を下げたと仮定した場合の推定最大値
(3つの最大値のうち最小値)
- ③ ②/①(%)
- ④ 年間検査回数
- ⑤ 頻度を下げたと仮定した場合の年間検査回数(=4回)

表-1(5) 検査頻度を月1回から年4回に変更した場合に
おける推定最大値の比率(主要都市の事例)

事業体	地点	水源	34:マンガン		35:塩素イオン		36:硬度		37:蒸発残留物		38:陰イオン界面活性剤		39:1,1,1-トリクロロエタン	
A	1	表流水	0.002	12	34.5	12	42	4	137	4				
			0	4	31.5	4								
			0		91									
	2	表流水			21.8	12	55	4	145	4				
					17.9	4								
					82									
3				18.3	12	44	4	132	4					
				15.7	4									
				86										
B	4	ダム・湖沼水	0.000	12	14.2	12	35.0	12	88	12				
			0.000	4	12.0	4	32.7	4	75	4				
			—		85		93		85					
	5	表流水 ダム・湖沼水			14.1	12	31.9	12	90	12				
					11.7	4	28.3	4	76	4				
					83		89		84					
	6	表流水	0.008	12	44	12	58.6	12	158	12				
			0.003	4	32.4	4	47.0	4	131	4				
			38		74		80		83					
	7	表流水 ダム・湖沼水	0.002	12	18.4	12	39.4	12	106	12				
			0.000	4	16.8	4	36.1	4	96	4				
			0		91		92		91					
8	表流水	0.002	12	9.7	12	37.3	12	85	12					
		0.000	4	7.8	4	30.7	4	68	4					
		0		80		82		80						
C	9	表流水	0.003	12	43.7	12	102.0	12	200	4	0.03	4		
			0.001	4	32.5	4	89.5	4						
			33		74		88							
	10	表流水 ダム・湖沼水	0.002	12	34.7	12	86.5	12	160	4	0.05	4	0.0005	12
			0.001	4	32.1	4	77.0	4					0.0004	4
			50		93		89						80	
11	表流水 ダム・湖沼水	0.002	12	39.7	12	99.0	12	190	4	0.03	4			
		0.001	4	32.6	4	85.0	4							
		50		82		86								
D	12	表流水	0.001	12	10.8	12	27.1	12	69	4			0	4
			0	4	9.1	4	26.6	4						
			0		84		98							
E	13				22.6	12	50.0	12	141	12				
					19.3	4	47.0	4	125	4				
					85		94		89					
F	14	表流水 ダム・湖沼水	0.003	4	31.9	4	107.0	4	210	4	0.04	4		
15	ダム・湖沼水	0.003	12	11.3	12	29.7	12	96	12	0.02	12			
		0.002	4	10.6	4	29.0	4	78.4	4	0.01	4			
		67		94		98		82		50				
G	16	表流水 ダム・湖沼水			14.9	12	25.2	12	78	4	0.02	12		
					11.4	4	23.7	4			0.01	4		
					77		94				50			
H	17				15.0	12	33.0	12	83	12				
					11.6	4	31.9	4	74	4				
					77		97		89					
最大値			67		94		98		91		50		80	
最小値			0		74		80		80		50		80	
平均値			26		84		91		85		50		80	

凡例)

①	④
②	⑤
③	

- ① 全データの最大値
- ② 年4回に頻度を下げたと仮定した場合の推定最大値
(3つの最大値のうちの最小値)
- ③ ②/①(%)
- ④ 年間検査回数
- ⑤ 頻度を下げたと仮定した場合の年間検査回数(=4回)

表-1(6) 検査頻度を月1回から年4回に変更した場合における推定最大値の比率(主要都市の事例)

事業体	地点	水源	40:フェノール類		41:KMnO4消費量		42:pH値		45:色度		46:濁度			
			①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩		
A	1	表流水	2.3	12	7.1	12								
			2.1	4	6.9	4								
			91		97									
	2	表流水	2.2	12	7	12								
			1.6	4	6.9	4								
			73		99									
3		2.2	12	7	12									
		1.8	4	6.9	4									
		82		99										
B	4	ダム・湖沼水	1.9	12	7.8	12								
			1.7	4	7.6	4								
			89		97									
	5	表流水 ダム・湖沼水	1.7	12	8.4	12								
			1.5	4	8	4								
			88		95									
	6	表流水	2.8	12	7.8	12	2	12	0.1	12				
			1.9	4	7.5	4	2	4	0	4				
			68		96		100		0					
	7	表流水 ダム・湖沼水	2.7	12	7.5	12								
			1.8	4	7.4	4								
			67		99									
8	表流水	1.6	12	7.9	12	1	12							
		1.5	4	7.8	4	0	4							
		94		99		0								
C	9	表流水	2.9	12	7.65	365	0.36	365	0.07	365				
			2.0	4	7.46	12	0.19	12	0.03	12				
			69		98		53		43					
	10	表流水 ダム・湖沼水	2.9	12										
			2.0	4										
			69											
11	表流水 ダム・湖沼水	3.0	12	7.33	365	0.38	365	0.08	365					
		2.2	4	7.22	12	0.21	12	0.02	12					
		73		98		55		25						
D	12	表流水	2.4	12	7.33	12	2	12	0	12				
			1.9	4	7.22	4	0	4	0	4				
			79		98		0		-					
E	13		3.1	12	7.6	12	3	12	0.2	12				
			2.9	4	7.6	4	1	4	0	4				
			94		100		33		0					
F	14	表流水 ダム・湖沼水	0.001	4	3.6		7.4		1					
	15	ダム・湖沼水	0.002	12	2.2	12	7.5	12	0	12				
			0.001	4	1.8	4	7.3	4	0	4				
			50		82		97		-					
G	16	表流水 ダム・湖沼水	1.4	12	7.4	12	0	12	0.2	12				
			1.3	4	7.4	4	0	4	0	4				
			93		100		-		0					
H	17		1.1	12	7.5	12								
			1.1	4	7.4	4								
			100		99									
最大値			50		100		100		100		43			
最小値			50		67		95		0		0			
平均値			50		82		98		40		14			

凡例)

①	④
②	⑤
③	

- ① 全データの最大値
- ② 年4回に頻度を下げたと仮定した場合の推定最大値
(3つの最大値のうち最小値)
- ③ ②/①(%)
- ④ 年間検査回数
- ⑤ 頻度を下げたと仮定した場合の年間検査回数(=4回)

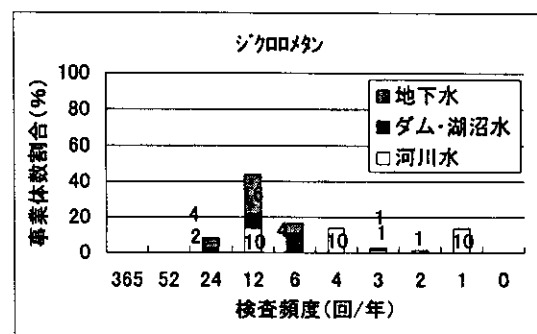
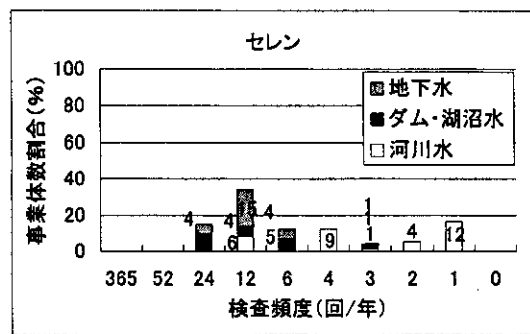
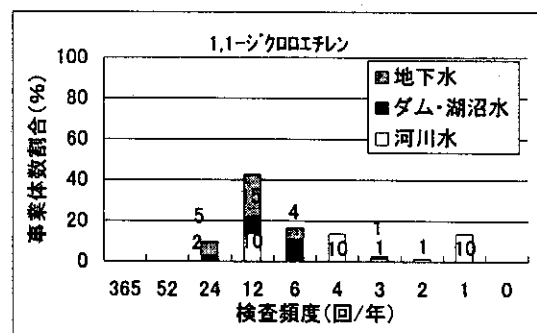
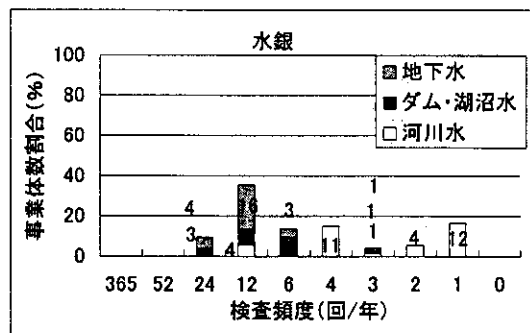
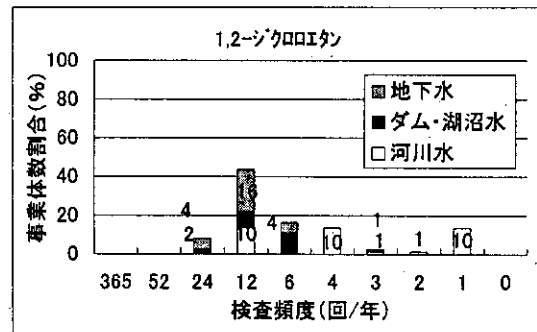
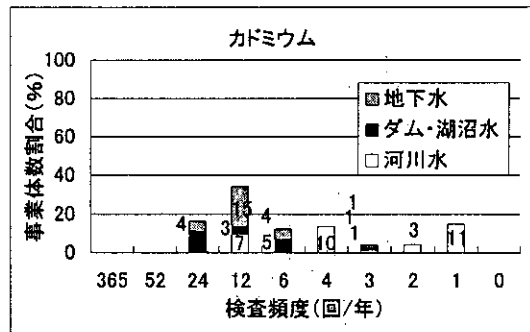
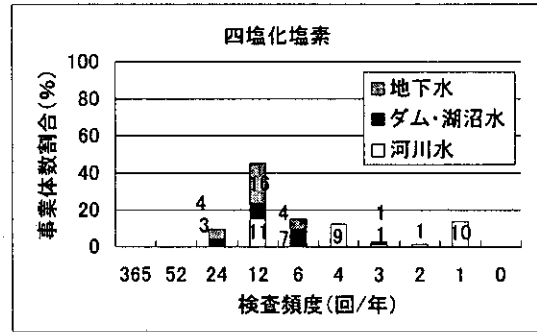
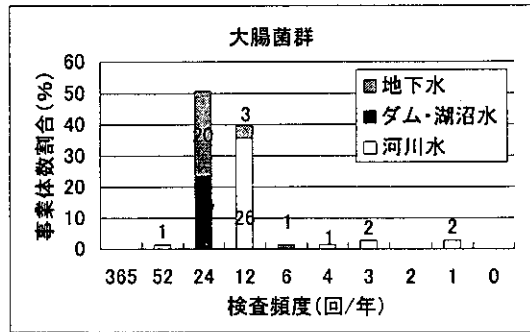
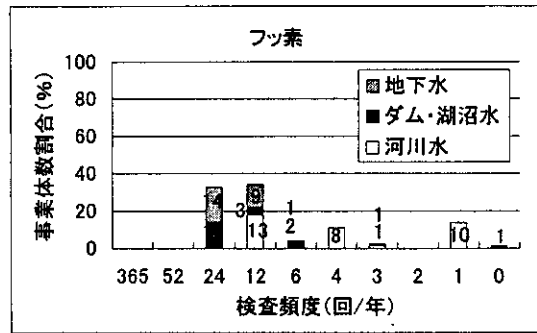
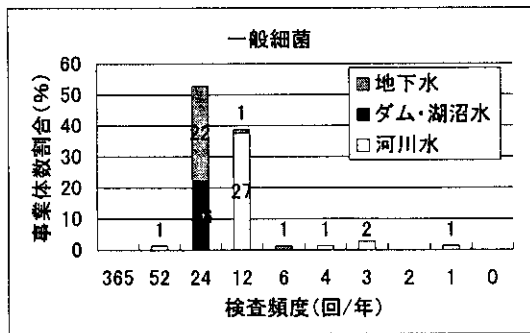


図-2 (1) 上水道事業における検査頻度

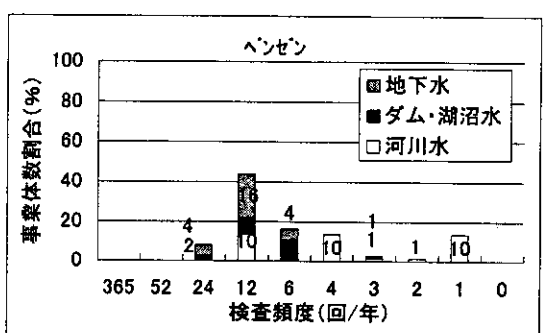
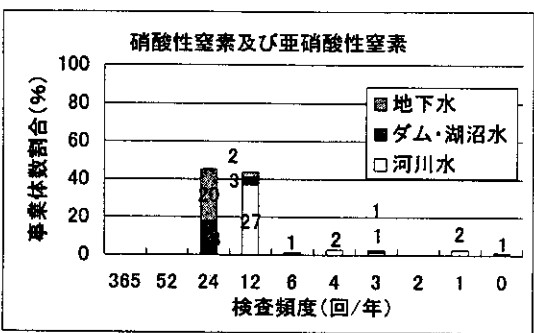
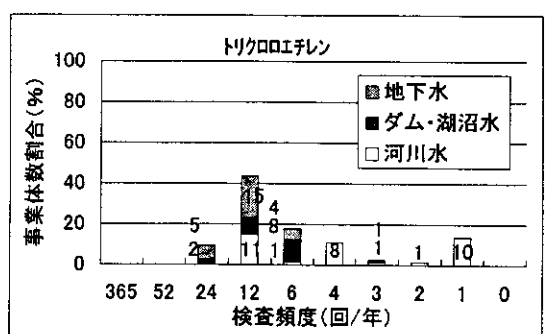
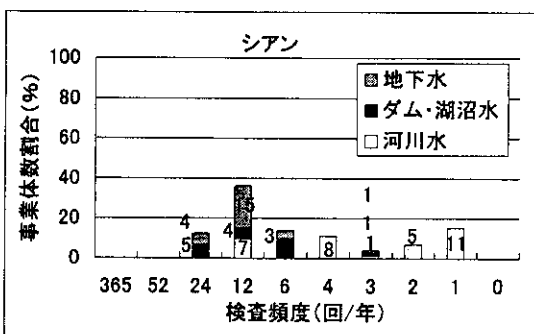
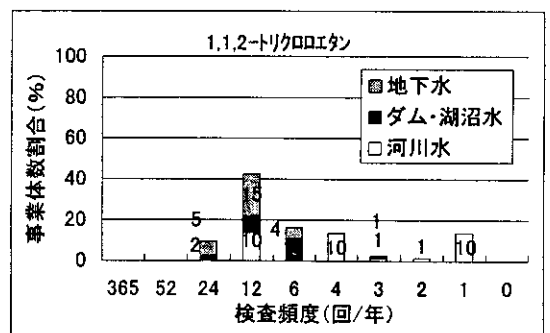
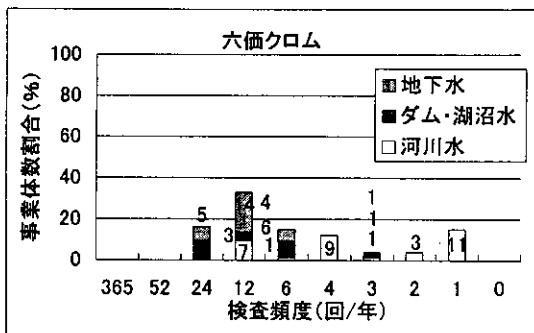
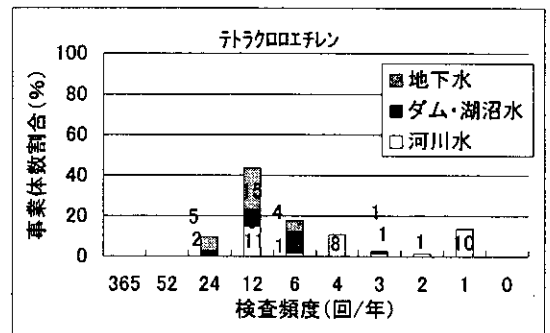
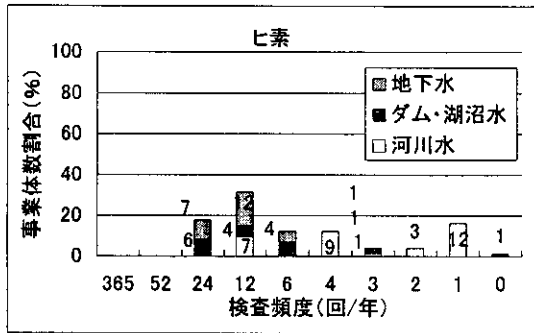
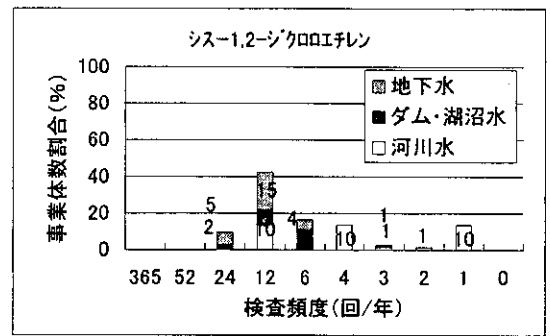
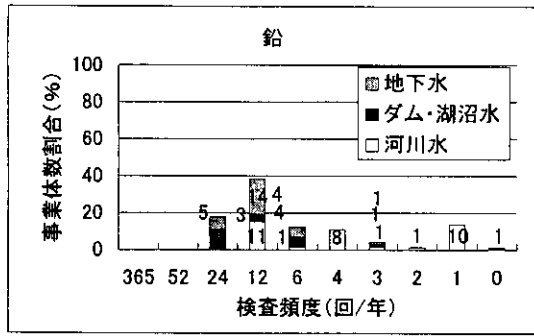


図-2 (2) 上水道事業における検査頻度

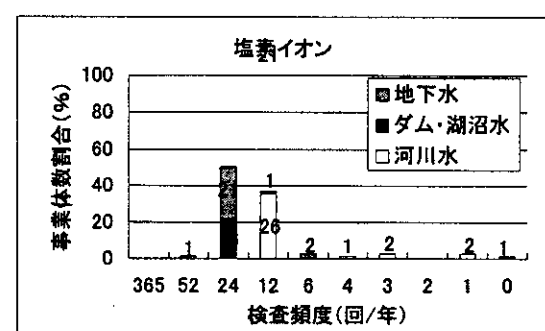
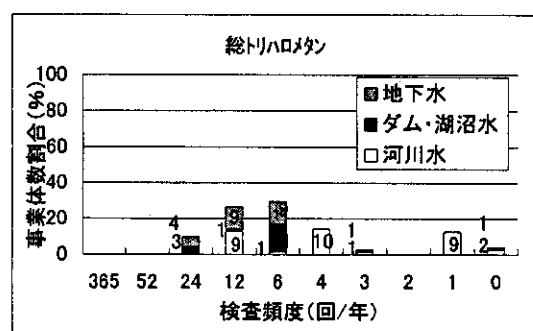
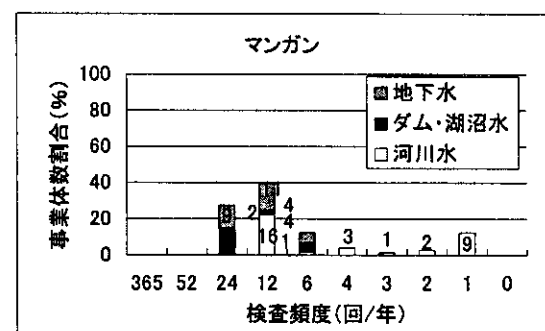
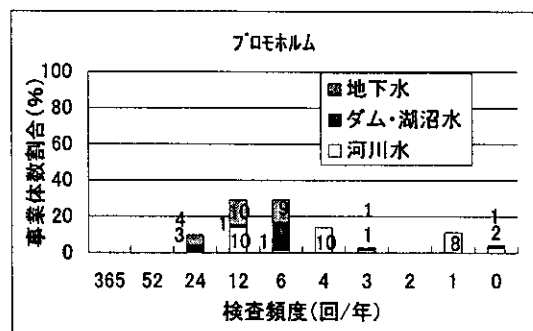
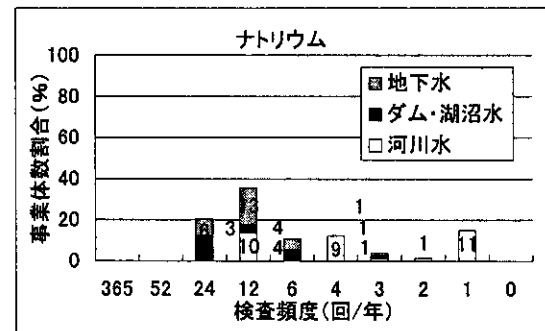
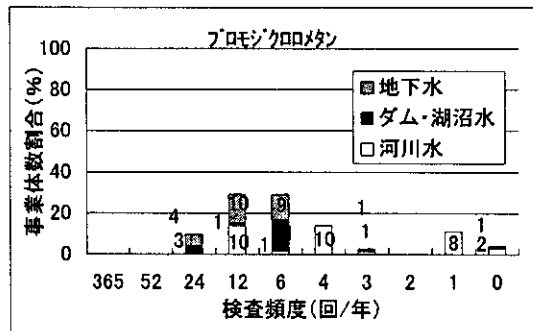
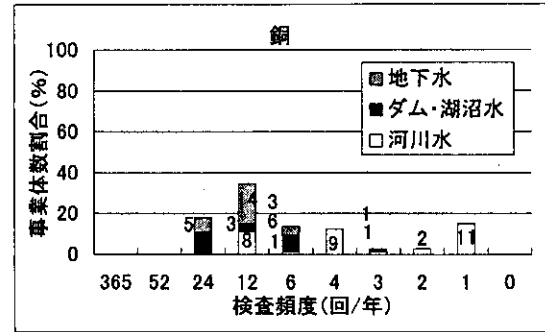
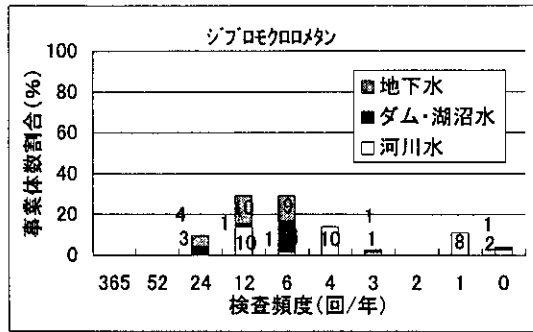
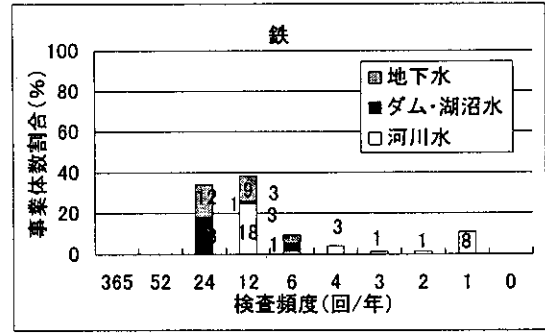
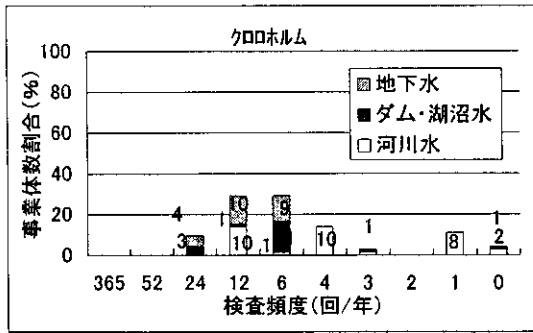


図-2(3) 上水道事業における検査頻度