

を給水している。配水区域では大腸菌の基準が一律に設定されており、給水人口に応じて四半期毎の最低検査数が定められている。

浄水場での消毒処理について下記の5つの場合を想定し、それぞれについて満足すべき大腸菌検査および他の技術的な要件を設定している。

(2) 浄水場出口の適合基準

表-12 プライオリティ2に分類された項目と事業体数(2008年12月)

(浄水場出口)

| 水質項目 | ヒ素 | 塩素酸 | フッ素 | 硝酸態窒素 |
|------|----|-----|-----|-------|
| 浄水場数 | 1  | 4   | 50  | 1     |

(配水区域)

| 水質項目 | アンモニ | ヒ素 | ホウ素 | プロピジクロロタン | ホムリム | 銅  |
|------|------|----|-----|-----------|------|----|
| 区域数  | 5    | 16 | 2   | 4         | 15   | 16 |

| 水質項目 | ジクロ酢酸 | フッ素 | 鉛  | マンガン | 総ハロ酢酸 | 総トリハロタン |
|------|-------|-----|----|------|-------|---------|
| 区域数  | 16    | 1   | 75 | 2    | 30    | 17      |

| 水質項目 | ニッケル | 硝酸態窒素 | トリクロアセトアルデヒド | トリクロ酢酸 |
|------|------|-------|--------------|--------|
| 区域数  | 31   | 4     | 32           | 10     |

- ①消毒なしまたは消毒されているが消毒剤が残留していない場合および結合塩素消毒(クライテリア1)
- ②塩素消毒しており塩素濃度を連続監視している場合(クライテリア2A)、給水人口が5000人以下で塩素消毒しており塩素濃度を連続監視していない場合(クライテリア2B)
- ③二酸化塩素消毒(クライテリア3)
- ④オゾン消毒(クライテリア4)
- ⑤紫外線消毒(クライテリア5)

それぞれのクライテリアに定められている大腸菌の最低検査頻度を表-13に示した。クライテリア1のうち、汚染されていないと認定された井戸水を水源とする場合は、他の場合と比べて検査頻度が大幅に緩和されている。一方、認定されていない井戸水などを水源とする水道において消毒されていない水道もしくは消毒剤が残留していない水道水は、この表の頻度で行う検査をすべて満足すれば供給することが可能である。クライテリア2Aでは、連続的な残留塩素濃度の監視を大腸菌の検査に置き換

えることができるとされており、大腸菌の検査は省略できる。残留塩素濃度の下限は0.2mg/Lとされており、この濃度を下回った場合はDWAに報告することとされている。また、0.1mg/L未満になった場合は大腸菌が陽性となった時と同じ対応を行うことが求められている。1日のうちで0.2mg/L以上の測定結果が98%以上の場合は水質基準に適合していると判定される。

クライテリア2Bでは大腸菌の検査に加え、残留塩素濃度、pH、濁度の測定が求められており、給水人口に応じて1週間に1~2回の測定頻度が定められている。塩素濃度が0.2mg/Lを下回った場合はクライテリア2Aの場合と同じ対応が求められている。

クライテリア3ではクライテリア2Aとほぼ同じ規定が設けられており、二酸化塩素の連続測定が求められている。クライテリア4ではオゾン消毒において一定のC.t値を確保することなどが規定されている。クライテリア5では紫外線消毒における線量などが定められている。

表-13 大腸菌の検査頻度

| 水道のタイプ<br>クライテリア                             | 給水人口         | 最低検査頻度              | 検査と検査の<br>最大間隔日数     | 検査を行う<br>曜日の数 <sup>1</sup> |
|--|--------------|---------------------|----------------------|----------------------------|
| 安全認定された井戸水<br>(クライテリア1)                      | すべて          | 1カ月に1回 <sup>2</sup> | 45(135) <sup>2</sup> | 3(1) <sup>2</sup>          |
| 消毒なし<br>消毒剤が残留していない場合<br>結合塩素消毒<br>(クライテリア1) | 500人以下       | 1週間に1回              | 13                   | 5                          |
|  | 501人~10,000人 | 1週間に2回              | 5                    | 6                          |
|  | 10,000人以上    | 毎日                  | 1                    | 7                          |
| 塩素消毒しており塩素濃度を<br>連続監視していない場合<br>(クライテリア2B)   | 500人以下       | 2週間に1回              | 22                   | 3                          |
|  | 501人~5,000人  | 1週間に1回              | 13                   | 5                          |
| オゾン(クライテリア4)<br>紫外線(クライテリア5)                 | すべて          | 2週間に1回              | 22                   | 3                          |

注、1) 例えば「3」は月曜日、水曜日、金曜日など最低3つの曜日に分散させて検査する。

2: 要件を満たせば最大3ヶ月に1回まで検査を省略できる。

大腸菌検査が陽性になった場合、残留塩素濃度が0.1mg/Lを下回った場合、オゾンのC.t値および紫外線線量が一定値を下回った場合、濁度が定められた濃度を超過した場合は、DWAへの報告、配水区域での大腸菌検査、原因の究明と是正、水源調査(浄水場に問題がない場合)、応急給水などを緊急に行うよう規定されている。

### (3) 配水区域の適合基準

配水区域の給水人口に応じた大腸菌の検査頻度が設定されている。配水区域の給水人口が500人以上で適切な残留塩素濃度が維持されている場合、大腸菌検査数の75%を配水区域で行う残留塩素検査で置き換えることが認められている。残留塩素濃度の下限は滞留部を除き0.2mg/Lで、これを下回った場合は大腸菌検査を行うこととされている。滞留部では0.1mg/Lを下回った場合に大腸菌検査を行うこととされている。いずれも、検査結果の陽性数が検査数に対して定められた数以下の場合、水質基準に適合していると判定される。大腸菌検査で陽性が確認された場合、浄水場で陽性が確

認された場合とほぼ同様の対応を配水区域について行わなければならない。

### (4) 汚染されていない井戸水(Secure Bore Water)の要件

①地表または気候の影響を受けていない井戸水

確認は次の3方法のいずれかによるとされている。滞留時間を要件とする場合、帯水層での滞留時間が1年未満の水の割合が0.005%未満であることが条件とされており、トリチウム、クロロフルオロカーボンもしくは六フッ化硫黄のいずれかを測定して判定する。水質項目の濃度変動による場合は、一定期間内(1年~3年)の測定における3つの水質項目の変動係数がすべて一定値を上回らないこととされている。対象水質項目は電気伝導率、塩化物イオン、硝酸態窒素で、変動係数の上限はそれぞれ3%、4%、2.5%である。確認に用いる化学物質が含まれていないなど、上記の方法で確認できない場合、根拠のある水理モデルを用いた方法の利用が認められる。

②防護された井戸からくみ上げた井戸水。

井戸の防護に関して、頭頂部の保護と周辺部 5m の範囲内での動物侵入防止措置および井戸の建設資材に関する規定がある。また、井戸の防護に関して定期確認するよう規定されている。深さが 10m 未満の井戸水、10m～30mの井戸水で大腸菌検査において陰性の結果が得られていない場合は「汚染されていない井戸水」とは認定されない。

## 1. 8 スイス

### 1. 8. 1 水道の概要

スイスにおける 2003 年の水道水の年間供給量は 10 億 8,500 万 m<sup>3</sup> で、その内訳は、工業用・営業用が 14.6%、家庭用及び小規模営業用が 65.7%、公共用が 5.3%、水道事業者用が 2.6%、漏水が 11.8%である。また、一人一日当たりの家事用水消費量は 162L である。水源の内訳は、地下水が 83% (およそ半量の 43.8%が湧水、残りの 39.2%が井戸水) で、残り 17%は湖沼水である。浄水処理に関しては、浄水処理なしが 38%、単段処理が 33%及び複数段処理が 29%である。

### 1. 8. 2 水道水質に関する規制と水道水質基準

水道水の水質については、連邦食品・日用品法 (Bundesgesetz über Lebensmittel und Gebrauchsgegenstände) に基づく飲料水、泉水及びミネラルウォーターに関する連邦内務省規則 (Verordnung des EDI über Trink-, Quell- und Mineralwasser) により、食品の一種として規制されており、水質基準などが定められている。

この規則によれば、飲料水の定義は、「飲用、煮炊き、調理、並びに、食品と接触す

る器物の洗浄に、そのままあるいは処理した上で用いられる水」である。飲料水の要件としては、その用に供する場所において、微生物学的、化学的及び物理学的観点から見て飲用に適うものでなければならず、また、衛生規則 (Hygieneverordnung) による衛生学的及び微生物学的要件を満たし、かつ、異物及び含有物規則 (Fremd- und Inhaltsstoffverordnung) による耐容値 (Toleranzwert) 及び限界値 (Grenzwert) を超えないもので、臭味及び外観に異常がないものでなければならぬと規定されている。

耐容値は、これを超えていれば汚染されている又はその値を低減すべきと考えられる上限濃度、限界値は、これを超えることはヒトの栄養の面から不相当と考えられる上限濃度である。これらのうち限界値は、主として健康影響評価に基づいて設定されたものである。このほか、基準値が設けられていない基準項目もある。農薬については、有機農薬そのものだけでなく、その代謝物、分解生成物及び反応生成物も含めた合計量を対象に、基準値が設定されている。鉛については、5 分間フラッシュ後に採水することが定められている。

また、飲料水中の微生物については、衛生規則 (Hygieneverordnung) において耐容値と限界値が設定されている。特に、食品加工用水に配慮して、微生物学的水質基準を決めている点が特徴的である。

これらの水質基準については、いずれも遵守義務がある。

水質基準の項目数は表-14 に示すとおりである。

表-14 スイスにおける飲料水 (水道水) の水質基準

| 項目群   | 耐容値だけが定められているもの | 限界値だけが定められているもの | 耐容値又は限界値が定められていないもの |
|---|-----------------|-----------------|---------------------|
| Fremd- und Inhaltsstoffverordnung によって定められているもの |                 |                 |                     |

|                                 |                    |                    |                   |
|---------------------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| 金属                              | 6項目                | 6項目                | —                 |
| その他                             | 28項目 <sup>1)</sup> | 16項目 <sup>1)</sup> | 1項目 <sup>2)</sup> |
| 放射性核種                           | 7項目 <sup>3)</sup>  | 8項目 <sup>3)</sup>  | —                 |
| Hygieneverordnung によって定められているもの |                    |                    |                   |
| 微生物                             | 3項目                | 6項目 <sup>4)</sup>  | —                 |

注、1) 項目によっては、同一の物質（又は物質群）で条件により2通りに場合分けして耐容値が決められているもの（アンモニア還元状態の水とそうでない水、炭化水素—難溶解性のものと水溶性のもの、農薬—有機農薬の全量と個別量—など）や、同一の物質で耐容値と限界値が併せて決められているもの（EDTA など）がある。上表では、これらの場合、重複して数えた項目数を記載している。

2) 硫化物

3) 1項目を除いて残りの7項目については、すべて耐容値と限界値が併せて決められている。上表では、これらの場合、重複して数えた項目数を記載している。

4) 嫌気性芽胞については、採水箇所などの条件により3通りの異なる耐容値が示されている。上表では、これらの場合、重複して数えた項目数を記載している。

なお、水道事業の開始及び変更については事前の届出が必要であるが、国による認可の必要はない。水道の施設、装置及びシステムについては、承認された技術規則に沿ったものであって、常に飲料水に関する上記の要件を満たすものでなければならず、また、水道事業体の長は、常時、熟練者に運転・監視させなければならないと規定されている。浄水処理（消毒を含む）方法は、連邦保健省により承認されたものであることが必要である。

#### 1. 8. 3 浄水処理方法と浄水薬品

食品規則 (Lebensmittelverordnung) に基づき、飲料水の処理・消毒用薬品及び方法に関する通告書 (Informationsschreiben Nr. 109: Zulässige Mittel und Verfahren zur Aufbereitung und Desinfektion von Trinkwasser) において、浄水処理方法 (①消毒を除く浄水処理方法 13、②オゾン処理、UV を含む消毒方法 5 及び③腐食防止など施設保護のための処理方法 4) 及び浄水薬品 (①消毒を除く浄水薬品 63、②消毒剤 7、③腐食防止など施設保護のための特殊薬品 25) が指定されている。

#### 1. 8. 4 消毒

消毒処理の方法としては、二酸化塩素処理（現場生成による）、塩素処理（現場生成によるものを含む）、オゾン処理及び紫外線照射が、また、消毒剤としては、次亜塩素酸カルシウム、塩素ガス、二酸化塩素（現場生成による）、次亜塩素酸カリウム、次亜塩素酸ナトリウム、オゾン（現場生成による）及び過酸化水素が、上記の飲料水の処理・消毒用薬品及び方法に関する通告書において指定されている。消毒は義務づけられていない。

異物及び含有物規則 (Fremd- und Inhaltsstoffverordnung) における耐容値として、残留消毒剤の上限濃度、すなわち遊離塩素 0.1mg/kg、二酸化塩素 0.05mg/kg、オゾン 0.05mg/kg、亜塩素酸 0.2mg/kg が定められている。

#### 1. 9 アメリカ合衆国

##### 1. 9. 1 国及び水道の概要

(1) 人口、国土面積、自然条件

人口 3 億 110 万人、面積 984.2 万 km<sup>2</sup>。気候は、北部の冷帯から南部の熱帯まで変化が大きい。太平洋岸は地中海性気候で、西海岸北部は温暖な海洋性気候に属し、大

陸性気候の内陸部では寒暖の差が激しい。降水量は、太平洋岸北部や西海岸、南部では年間 1000mm を超えるが、中西部では 500mm に満たず蒸発量が降水量を上回るため、水資源確保のために数多くのダムが建設されている。

#### (2) 水道整備の歴史的経緯の概略

初期の植民地時代の個人の井戸から発展し、19 世紀には 94% が民間水道であったが、公平な配水地域、料金設定、水質・水量へ配慮などから、公営化が徐々に進んでいった。浄水処理技術では、1884 年に急速ろ過法が開発されるとともに、1900 年代初めにはフィラデルフィアなどの都市で緩速ろ過が導入された。これらの除濁処理に加えて、水系伝染病を抑えるための塩素消毒が、1908 年ニュージャージー州のジャージー市で始められた。その後、ろ過処理および消毒処理は、大規模都市水道のみならず小規模の水道にも拡大していき、1970 年代や 1980 年代には、これらに加えて膜処理やオゾン処理など高度な処理技術も導入されるようになった。連邦の水質規制は、1914 年公共保健事業法 (Public Water Service Act) により、飲料水の細菌学的な基準が定められたことに始まる。その後、水質基準は増強され、1974 年に安全飲料水法 (Safe Drinking Water Act : SDWA) による規制に移行するまで連邦水質基準として用いられた。

#### (3) 水道に関する法制度の概略

水道事業には 3 種の規制 (水質規制、水量規制、価格規制) がかけられており、表-15 に示すような各政府の機関が関係している。水質規制は、連邦法の安全飲料水法により環境保護庁 (Environmental Protection Agency : EPA) が水質基準を定め、SDWA の定めにより各州に設置された州飲料水監督庁 (Drinking Water Primacy Agencies) が実際の規制活動を行う。水量

規制は、利水権法 (Water Law) により、州の水利権管理庁 (Water Resource Agencies) が利害関係者の管理および調整を行う。市や郡または民間の水道事業者は、州の水利権管理庁から水利権を獲得し、その対価として年間利用料を支払っている。価格規制は、公共の水道に対しては、規制は設けられていない。私営または官民共同の水道に対しては、公益事業委員会

(Public Utility Commissions) が、経済的規制 (資本の額に対し許容される収益および運営コストの設定、料金の認可制) を行っている。

#### (4) 水道の定義、分類

水道の定義として、年間 60 日以上期間 15 栓以上の給水戸数または 25 人以上に給水する水道が、公共水道 (Public Water system) とされ、SDWA に基づく規制がかけられる。これ以外は個人所有の井戸がほとんどである。公共水道は、その形態により以下のように分類されている。

- ・ 市町村水道 (Community Water System) 同じ需要者に通年給水している水道。
- ・ 専用水道 (Non-Transient Non-Community Water System) 同じ需要者に年間 6 カ月以上給水するが、通年給水はしていない水道。例えば、学校、工場、オフィスビル、病院などの自己所有の水道。
- ・ 一時利用水道 (Transient Non-Community Water System) 6 か月を超えて同じ人に供給しない水道。たとえば、ガソリンスタンドやキャンプ場の水道。

#### (5) 水道普及率、水道事業体数、一人一日当たり平均給水量

表-16 に水道規模別の水道事業数を示す。全米で 155,000 の水道事業があり、このうち市町村水道は 52,000 で 292,000,000

人に供給している。給水人口1万人以上の大規模な水道は4,132(8%)で、82%の人口に給水している。普及率は97%で、一人一日あたり平均給水量は575ℓである。表

17に各水道の水源を示す。地下水を水源とする水道事業数は多いが(78%)、多くの人が地表水を水源とする水道を利用している(70%)。

表-15 各政府のレベルと水道事業への規制

|      | 連邦            | 州間    | 州       |
|------|---------------|-------|---------|
| 水質規制 | 上院、EPA (SDWA) | 流域委員会 | 州飲料水監督庁 |
| 水量規制 | なし            | 流域委員会 | 水利権管理庁  |
| 価格規制 | なし            | なし    | 公益事業委員会 |

表-16 水道規模別の水道事業数(上段:水道事業数,下段:給水人口):2008年度

|        | 25-500<br>(極小規模)    | 501-3300<br>(小規模)    | 3301-10000<br>(中規模) | 10001-100000<br>(大規模) | >100000<br>(極大規模)  | 計                     |
|--------|---------------------|----------------------|---------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|
| 市町村水道  | 29,160<br>4,857,104 | 13,858<br>19,868,795 | 4,838<br>28,134,557 | 3,728<br>106,310,834  | 404<br>133,128,786 | 51,988<br>292,300,076 |
| 専用水道   | 15,954<br>2,234,688 | 2,641<br>2,701,807   | 130<br>702,369      | 16<br>412,160         | 1<br>203,300       | 18,742<br>6,254,024   |
| 一時利用水道 | 81,324<br>7,197,477 | 2,705<br>2,625,850   | 101<br>542,458      | 17<br>482,151         | 2<br>2,725,000     | 84,149<br>13,572,936  |
| 合計     | 126,438             | 19,204               | 5,069               | 3,761                 | 407                | 154,879               |

表-17 水道水源(上段:水道事業数,下段:給水人口):2008年度

|        | 地下水                  | 地表水*                  | 合計                    |
|--------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 市町村水道  | 40,301<br>88,039,047 | 11,671<br>204,094,646 | 51,972<br>292,133,693 |
| 専用水道   | 18,041<br>5,462,056  | 688<br>788,360        | 18,729<br>6,250,416   |
| 一時利用水道 | 82,126<br>11,036,800 | 2,010<br>2,534,900    | 84,136<br>13,571,700  |
| 合計     | 140,468              | 14,369                | 154,837               |

\*地表水には地表水の影響を直接受ける地下水を含む

(6) 水道水の水質管理に関連する制度と仕組みの概略

1974年に、公共水道の規制により公衆衛生を守ることを目的として、SDWAが定められている。この法に基づきEPAが水質基準を定め、EPA、州、水道事業が、水質基準に適合する水道水が供給されるようそれぞれの責務を果たす。SDWAは、当初

は水質基準設定及び浄水処理が中心であったが、1986年及び1996年の改正により、水道水源保全、水道施設改善のための基金、水質に関する情報公開に関する条項も追加されている。

(7) その他、水道に関連する重要な規制・制度

水質汚濁の規制に関して、水域の化学

的・物理的・生物学的状態を回復し維持することを目的として水質浄化法（Clean Water Act）が定められている。

#### 1. 9. 2 水道水質に関する基準又はガイドライン

①水質基準は、第1種飲料水規則(National Primary Drinking Water Regulations)に定められている。公衆衛生上維持することが望ましいとされる目標最大許容濃度（Maximum Contaminant Level Goal: MCLG）と、健康に関する項目で法的拘束力（検査、遵守、消費者への報告）のある最大許容濃度（Maximum Contaminant Level: MCL）がある。また、MCL と同等に扱われる概念として処理技術条件（Treatment Technique: TT）があり、汚染物質を低減化するプロセスが示されている項目もある。また、第2種飲料水規則（National Secondary Drinking Water Regulations）では、感覚的性状や使用上の障害がある項目について、目標値として第2種最大許容濃度（Secondary Maximum Contaminant Levels: SMCL）が定められている。

②実際の規制活動は、各州の飲料水計画（Drinking Water Program）により、州飲料水監督庁が行う。州ごとに、基準の設定（より厳しい基準も可能）、水道システムの衛生調査（Sanitary Survey）、水質検査機関の認定、危機管理計画、規則違反時の行政罰の設定などがされる。この他に州の健康衛生担当局や郡の水資源担当局と協力している例もある。

③銅及び鉛規則（1991年）、ヒ素規則（2001年）、放射性核種規則（2001年）が定められ、個別に基準値、モニタリング、制御方法等が記載されている。また、未規制物質モニタリング規則（1:2001～2005, 2:2007～2010）により、モニタリングすべき物質がリストアップされている。

④モニタリング計画の標準的枠組み（1991年）により、物質グループ毎に、検出レベルに応じたモニタリング場所、モニタリング頻度が示されている。

⑤水道水が水質基準を満たさない場合には、EPA および州は、水道事業に対し、行政命令や法的措置を行う。また水道事業は、第1種飲料水規則を満たさない場合やそれ以外の健康リスクを持つ場合には、住民周知規則(2000年)により、消費者に公表しなければならないとされている。

#### 1. 9. 3 水道施設の計画・設計などに関する規制

地表水処理規則及び地下水規則で、浄水処理技術の要件が定められており、水源のモニタリング結果に応じた追加の浄水処理や配水池の覆蓋（地表水処理規則）やウィルスの99.99%除去または不活性化の達成のための処理(地下水規則)が求められる。

#### 1. 9. 4 資機材・浄水薬品に関する規制

米国衛生財団（National Sanitation Foundation International: NSF）規格があり、多くの州でその規格に適合するものを使用することが義務付けられている。NSFは、1944年ミシガン大学内に設立され、1990年検査所と統合してNSF Internationalとなっている。米国規格協会（American National Standards Institute: ANSI）の認定を受け、オランダのKIWA等と協力関係にあり、WHOの飲料水安全性及び処理に関する協力センターに指定されている。

①資機材規格はNSF/ANSI 61で、水道管、栓弁、継ぎ手、シール材、機械部品、配管材料等の水と接する資機材の基準が定められている。44の州が規格に適合することを義務付けている。

②薬品規格はNSF/ANSI 60で、防蝕剤、凝集剤、消毒剤・酸化剤、PH調整・軟

水化剤・凝析剤・錯化剤等水処理薬品の基準が定められている。45の州が規格に適合することを義務付けている。

#### 1. 9. 5 水道施設の維持管理に関する基準

地表水処理規則および地下水規則が定められ、水源に応じた処理方式や維持管理の規制がされている。

①地表水処理規則(1989年)では、地表水および地下水(地表水の影響を直接受けるもの)を水源とする水道システムについて、消毒及び水質(クリプトスポリジウム、ジアルジア、ウィルス、レジオネラ、濁度、従属栄養細菌)の制御が求められている。特にクリプトスポリジウム対策に重点がおかれ、暫定地表水処理強化規則(1998年)、ろ過池逆流洗浄水リサイクル規則(2001年)、長期第1次地表水処理強化規則(2002年)長期第2次地表水処理強化規則(2006年)と順次規制が強化されてきている。水道事業の規模(給水人口10000人以上又はそれ以下)、浄水処理方式(消毒のみ、緩速ろ過その他のろ過、急速ろ過)に応じて、クリプトスポリジウム、ジアルジア、ウィルスの病原微生物の除去率又は不活性化率、配水系統入口又は配水系統内での残留塩素保持濃度、ろ過水濁度、プロセス変更前の消毒効果の確認、州による衛生調査、配水池の覆蓋、州で認証されたオペレーター(1999年にガイドライン作成)による運転が定められている。

②地下水水源の水道については、糞便汚染のリスク低減を目的とした地下水規則(2006年改正)が定められており、140,000の公共水道が対象となっている。州による衛生調査、水源のモニタリング(大腸菌、腸球菌、大腸菌ファージ)、糞便汚染に対する対応(汚染除去、代替水源、浄水処理)により、ウィルスの

99.99%除去または不活性化が求められている。

#### 1. 9. 6 給水装置

水道メーターより下流の屋内配管は、州または地方の配管規則(Local Plumbing Code)で規制されている。多くの配管規則はNSF/ANSI 61を適用しているが、特別な規制を課しているところもある。

#### 1. 9. 7 消毒

##### (1) 消毒効果

地表水処理規則では、クリプトスポリジウムは99%の除去、ウィルス99.99%の除去または不活化、ジアルジア99.9%の除去または不活化、従属栄養細菌500個/ml以下が求められている。クリプトスポリジウム対策に主眼をおいた長期第2次地表水処理強化規則では、水道の規模に応じた、水源のモニタリング(大腸菌、クリプトスポリジウム)、モニタリング結果に応じた目標除去率と追加処理(ろ過処理を行わない場合は二酸化塩素、オゾン、UV消毒)、浄水が非覆蓋施設に貯留される場合の対応などが求められる。

地下水規則では、水源のモニタリング(大腸菌、腸球菌、大腸菌ファージ)結果に応じた対応により、ウィルスの99.99%除去または不活性化の達成のための処理が求められている。

大腸菌群規則(1989年)では、大腸菌群及び糞便性大腸菌群と大腸菌の監視について規定されている。大腸菌群について、給水人口に応じた定期検査試料数(1~480か所/月)が定められており、月40試料以下の場合1試料以下の検出、それ以外の場合は5%の検出率が基準値である。これを超過した場合24時間以内に再検査を行い、さらに再検査でも超過した場合、州に翌営業日までに報告し、14日以内に消費者に知らせなければならない。また、大腸菌群が検出されたサンプルについて、糞便性大腸菌群



又は大腸菌を検査する必要がある。糞便性大腸菌群又は大腸菌が再検査サンプルで検出された場合、糞便性大腸菌群又は大腸菌が定期サンプルで検出され大腸菌群が再検査サンプルで検出された場合には緊急基準値違反となり、州に翌営業日までに報告し、72 時間以内に消費者に知らせなければならない。

## (2) 消毒剤及び消毒副生成物の規制

消毒剤及び消毒副生成物規則（1998 年）では、消毒剤（塩素、クロラミン、二酸化塩素）の目標最大残留消毒剤濃度 (Maximum Residual Disinfectant Level Goal: MRDLG) と最大残留消毒剤濃度 (Maximum Residual Disinfectant Level: MRDL)、消毒副生成物（トリハロメタン類、ハロ酢酸類、臭素酸、塩素酸、二酸化塩素）の MCLG と MCL が定められている。消毒剤、消毒副生成物、消毒副生成物前駆物質（TOC、UV254、アルカリ度）のモニタリング頻度が定められている。残留塩素のモニタリングは、大腸菌と同じ地点で同じ頻度で実施する。消毒副生成物は、年平均値で評価されるが、第 2 段階消毒剤及び消毒副生成物規則（2006 年）では、2012～13 年以降、モニタリング地点ごとの連続年平均値（Locational Running Annual Average: LRAA）による評価となる予定である。

### 1. 9. 8 残留塩素保持

地表水処理規則では、残留消毒剤濃度のモニタリング及び報告について要求事項が定められている。配水システムの入り口において、連続測定（給水人口 3300 人以下の場合、規模により 1 日 1～4 回）で「4 時間以上 0.2mg/l 以下にならないこと」とされている。翌月の 10 日までに、毎日の最低値、0.2mg/l 以下であった日付と期間等を州に報告する。また、配水区域では、大腸菌と同じ場所で同じ頻度で測定し、「不検

出が月に 5% 超えないこと及び 2 月連続で不検出とならないこと、また従属栄養細菌が 500 個/ml 以下であれば、残留消毒剤の検出と考える。」とされている。また、月ごとの残留消毒剤又は従属栄養細菌の測定数、2 カ月連続で不検出となった数を州に報告する。

地下水規則では、消毒剤を使用している水道においては、残留消毒剤濃度を連続測定（給水人口 3300 人以下の場合、1 日 1 回測定）し、州で定める最低濃度を保持する必要があるとされている。

### 1. 9. 9 水道水質のサーベイランス

水道水質のサーベイランスは、州で実施される衛生調査の中で行われる。衛生調査は、大腸菌群規則、地表水処理規則及び地下水規則の規定により、水道システムが質・量ともに十分な水道水を安定的に消費者に供給し続ける能力があることを評価すること、及び水道システムが連邦の飲料水に関する規制を遵守していることを確認することを目的としている。地表水処理規則では、水源、浄水処理、配水管網、配水池、ポンプ設備と制御、水質モニタリングと報告、施設の維持管理と運転、オペレーターの要件の調査項目がリストアップされ、公共水道では 3 年毎、公共水道でない水道は 5 年毎の調査頻度が定められている。地下水規則では、細菌汚染への持続的な対応を確認するために、公共水道では 5 年毎、公共水道でない水道は 5 年毎の調査頻度が定められている。

### 1. 9. 10 水質検査結果（基準適合状況など）の公表

消費者に水質検査結果等を公表することを求める規則として、消費者信頼規則 (Consumer Confidence Rule) と住民周知規則 (Public Notification Rule) がある。

①消費者信頼規則（1998 年）は、公共水道に、年度毎消費者信頼レポートを公表す

ることを求めている。レポートの内容は、水源の種類及びその評価結果(汚染源等)、水道水の汚染物質に関する情報(モニタリング状況、検出された物質、諸規則の遵守状況、教育的な記述)などで、毎年6月1日までに公表する。公表手段としては、インターネット、郵送、新聞掲載、掲示などがある。

②住民周知規則(2000年)は、水道水が第1種飲料水規則を満たさない場合やそれ以外の健康リスクを持つ場合に、消費者に公表することを目的としている。リスクのレベルに応じて、3レベルの公表が定められている。第1レベルは、24時間以内にラジオ、テレビ、配布物等で公表する必要がある緊急性の高いもので、大腸菌、硝酸、亜硝酸、二酸化塩素等の項目が規準値を満たさない時や水系伝染病などが発生した時である。第2レベルは、30日以内に公表すべきもので、第1レベル以外の項目で水質基準値を超えた時などが該当する。第3レベルは、1年以内に公表すべきで、モニタリング方法に違反があった場合などが該当する。消費者が理解しやすいよう、必要に応じて英語以外の言語も使用するように求められている。

#### 1. 9. 1.1 水道水源保護区域の指定又は集水域における立地・土地利用規制 (1) 水源評価

SDWAの1996年の改正により、州は各水道のために水源評価計画(Source Water Assessment Plan: SWAP)を作成する義務を負い、1997年に作成のためのガイドラインが出され、現在52の計画がEPAに認められている。その内容は、水源図の作成、水質汚染源のリストアップ、汚染に対する公共水道の継続可能性、評価結果の消費者信頼レポート等での公表からなっている。

例えば、カリフォルニア州では、州健康

衛生局により、水道事業体の水源ごとの評価結果が公表されている。地下水源では、汚染源としてし尿処理、下水処理、排水処理、ゴルフ場等について、リスクの大きさ、汚染源の近接度、汚染防止対策の効果から、総合的な点数評価をしている。また表流水源では、工場排水、廃棄物処分場、鉱山廃水等汚染源をリストアップし、そこからの物質の浄水処理施設による除去性から評価を行っている。

#### (2) 水源保護

水源評価計画により得られた情報により水源保護計画を作成している。郡や市の地方政府はその範囲内の保護を、複数の行政範囲にわたる場合は州や連邦政府が担当する。保護のための施策の例としては、水源地域で汚染源となるような土地利用の制限又は禁止、住民や企業へのPR(油のリサイクル、農薬の低減、水源の清掃活動への参加など)、水源地域の保護区域の設定等であり、これらを組み合わせた保護計画が有効とされている。

表流水源地域保護としては、水質浄化法303節の環境基準の設定(目的に応じて3年毎の見直し可)がある。

地下水源保護としては、地下水環境基準を設定している州もあれば、地下水汚染を規制している州もある。連邦レベルでは、SDWAの地下注入制御(Underground Injection Control)プログラムがあり、廃棄物の地下注入を管理している。また、資源保護及び回復法(Resource Conservation and Recovery Act)では、地下水を汚染する有害廃棄物の規制をしている。

#### 1. 9. 1.2 危機管理

バイオテロリズム法(2002年)に基づきSDWAが修正され、3300人を超える給水人口を有する水道は、脆弱性評価(Vulnerability Assessment: VA)を行い

EPA に提出するとともに、緊急対応計画 (Emergency Response Plan: ESP) を作成または修正し、その完了を提示しなければならない。VA に含むべき要件として、水道システムの特長、回避すべき敵対行為の特定と優先度、敵対行為の影響を受ける可能性のある資産の特定、テロリスト等による敵対行為の可能性評価、対応策の評価、リスク低減のための分析が示されている。ERP には作成のためのガイドラインが示されており、水道システムの情報、代替水源の設定、地方緊急計画委員会 (Local Emergency Planning Committee) との連携時の指揮命令系統、情報連絡網の確立、オペレーターの安全確保、影響回避のための設備、防御方法、訓練、評価があげられている。

国家安全保障に関する大統領指令 9 に応じて、EPA は、水セキュリティイニシアティブ (Water Security Initiative) を進めている。これは、公衆衛生や経済に影響を与える水道水中の汚染物質を迅速検知し適切に対応する警報システムで、試験的に導入した後、実用レベルのガイドラインを作成するものである。また、国家安全保障に関する大統領指令 5 により、事故対応に関する国家の枠組み (National Incident Management System) が作成され、危機に対応する各機関が効率的に協働するが、水道もその中で重要な役割を果たすとされている。

## 2. 水道における次亜塩素酸ナトリウム溶液の適切な管理に関する研究

今回調査を実施した水道事業者の概況は表-18 (1) 及び (2) のとおりであり、次亜塩素酸ナトリウムの注入率は塩素換算で、大規模事業者が 14.0~0.4mg/L (平均 3.3 mg/L)、高注入事業者が 29.8~9.4mg/L (平均 17.4 mg/L) であった。

## 2. 1 次亜塩素酸ナトリウムの管理状況等に関する調査結果

### 2. 1. 1 次亜塩素酸ナトリウムの納入～貯蔵

#### (1) 納入方法

大規模事業者は全て(49/49)がタンクローリーによるもので、そのほとんど(46/49)が 10 t を超える大型車であり、2 施設を除いてメーカーからの直送であった。

高注入事業者はほとんど(23/24)がタンクローリーであるものの、半数以上(13/23)が 10 t 以下であり、メーカーからの直送は 75%(18/24)にとどまっていた。

また、残存次亜塩素酸ナトリウムへの注ぎ足しは、大規模事業者で 84%、高注入事業者で 100%と高い値を示していた。これは、タンクローリーによることに加え、受入タンクや小出しタンクの設置数が既存のままであることが影響しているものと考えられる。

#### (2) 納入サイクル

大規模事業者の納入サイクルは 40~1 日 (平均 12 日) で、30 日を超えていたのは 2 施設のみ、次亜塩素酸ナトリウムの使用量は日平均で 12,000~5 L (平均 2,122 L) であった。

高注入事業者の納入サイクルは 40~6 日 (平均 17 日) で、30 日を超えていたのは 1 施設のみ、次亜塩素酸ナトリウムの使用量は日平均で 1,465~11 L (平均 378 L) であった。

また、塩素酸対策として納入サイクルを早めた施設は、大規模事業者 20%(10/49)、高注入事業者 29%(7/24)であった。

#### (3) 貯蔵槽

貯蔵槽の屋内設置は、大規模事業者 94%(46/49)、高注入事業者 100%(24/24)と極めて高かった。設置場所の変更は、調査した全施設が実施していないことから、貯蔵規模よりも当初設置時の事業者の方針が影響

表-18(1) 大規模事業体の概況

| 大規模事業体<br>47施設 | 有効塩素        | 塩素酸<br>含有率      | 次亜<br>注入率     | 次亜<br>使用量 | 納入<br>サイクル | 浄水量               |
|----------------|-------------|-----------------|---------------|-----------|------------|-------------------|
|                | 仕様書:<br>%以上 | 仕様書:<br>mg/kg以下 | 塩素換算:<br>mg/L | L/日       | 年平均:<br>日  | m <sup>3</sup> /日 |
| 平均値            | 12          | 3,685           | 3.3           | 2,122     | 12         | 186,020           |
| 最大値            | 12          | 6,000           | 14.0          | 12,000    | 40         | 1,241,690         |
| 最小値            | 12          | 1,000           | 0.4           | 5         | 1          | 1,340             |

表-18(2) 高注入事業体の概況

| 高注入事業体<br>24施設 | 有効塩素        | 塩素酸<br>含有率      | 次亜<br>注入率     | 次亜<br>使用量 | 納入<br>サイクル | 浄水量               |
|----------------|-------------|-----------------|---------------|-----------|------------|-------------------|
|                | 仕様書:<br>%以上 | 仕様書:<br>mg/kg以下 | 塩素換算:<br>mg/L | L/日       | 年平均:<br>日  | m <sup>3</sup> /日 |
| 平均値            | 12          | 2,983           | 17.4          | 378       | 17         | 4,487             |
| 最大値            | 12          | 10,000          | 29.8          | 1,465     | 40         | 15,735            |
| 最小値            | 12          | 1,000           | 9.4           | 11        | 6          | 68                |

しているものと考えられる。

貯蔵槽への冷房の設置は、大規模事業体 45%(22/49)、高注入事業体 54%(13/24)とほぼ半数であった。新たに冷房を設けた施設は、大規模事業体ではその 4%(1/23)であったのに対して、高注入事業体では 57%(8/14)と高かった。冷房設備は、いずれの施設もエアコンによるものが極めて多かった。なお、地域の気候や、貯蔵場所により、冷房設備を必要としない施設もある。

また、保管温度の状況を図-2(1)及び(2)に示す。貯蔵槽の温度管理を行っている施設では、大規模事業体及び高注入事業体ともに、保管温度は 20℃以下が多かった。

貯蔵槽の清掃は、大規模事業体 22%(11/49)であったのに対して、高注入事業体では 58%(14/24)と高かった。なお、新たに清掃を行った施設も、大規模事業体がその 9%(1/11)であったのに対して、高注入事業体では 36%(5/14)と高く、塩素酸対策の一環と考えられる。

## 2. 1. 2 次亜塩素酸ナトリウムの仕様・品質

### (1) 次亜塩素酸ナトリウムの購入仕様

購入仕様書については、大規模事業体で 100%(49/49)、高注入事業体では 92%(22/24)が作成していた。今回から仕様書を作成した施設は、高注入事業体でその 18%(4/22)にみられ、また、今回内容を見直した施設が、大規模事業体で 73%(36/49)、高注入事業体では 22%(4/18)あった。対応の方法に、大規模事業体と高注入事業体とで差違がみられたが、いずれも、塩素酸の基準化や仕様書例が公にされたことが影響しているものと思われる。

### (2) 有効塩素濃度の購入仕様

有効塩素濃度と分解速度の関係は、初濃度が高いと分解速度が速くなる二次反応であることを既に示した。今回の調査では、購入仕様を変更した施設はなく、全てが有効塩素 12%以上の仕様であった。これは、貯蔵槽の規模・温度管理、次亜塩素酸ナトリウムの使用量・注入率の関係、更には、注入ポンプ・注入ソフトの関係等によるものと推察される。

### (3) 塩素酸濃度の購入仕様

塩素酸濃度の購入仕様の状況を図-3(1)及び(2)に示す(塩素酸について

の定めがないものが大規模事業体に2施設あった。)

大規模事業体では、4,000～2,001mg/kgが62%(29/47)と過半数を超え、続いて

4,000 mg/kg 超が 26 % (12/47)、2,000 mg/kg 以下が 12%(6/47)と、比較的高品質の仕様であった。

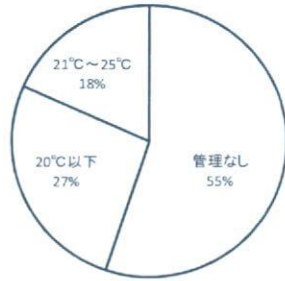


図-2 (1) 保管温度の管理 (大規模事業体)

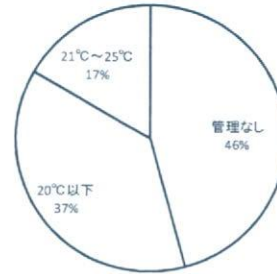


図-2 (2) 保管温度の管理 (高注入事業体)

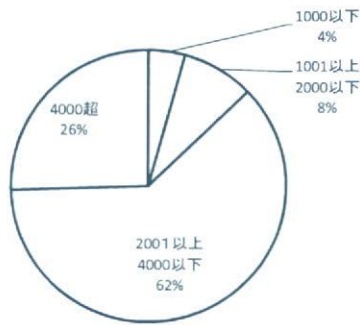


図-3 (1) 塩素酸含有率 : mg/kg (大規模事業体)

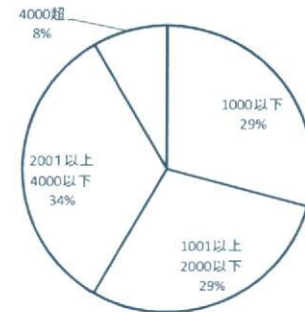


図-3 (2) 塩素酸含有率 : mg/kg (高注入事業体)

一方、高注入事業体は、4,000～2,001mg/kgが34%(8/24)、4,000mg/kg超が8%(2/24)と少なく、2,000mg/kg以下が58%(14/47)と過半数を占め、1,000mg/kg以下もその50%(7/14)もあった。これは、次亜塩素酸ナトリウムが高注入であるがための高品質仕様と推察される。

#### (4) 出荷時及び納入時における有効塩素濃度等の把握

出荷時の有効塩素濃度については、納品書等により確認している施設が、大規模事

業体が100%(49/49)、高注入事業体で96%(23/24)と高い状況であった。

しかし、納入時の有効塩素濃度については、分析を伴うため、大規模事業体で63%(31/49)あったものの、高注入事業体では全くなかった(0/24)。

一方、塩素酸濃度の把握については、分析が容易でないこともあり、大規模事業体で35%(17/49)しかなく、高注入事業体では全くなかった(0/24)。また、大規模事業体においても今回から新たに対応した施設が多く、その71%(12/17)に及んでいる。

(5) 使用時における有効塩素濃度等の把握

次亜塩素酸ナトリウムは、保管状況によって速さは異なるものの分解が進み、品質が劣化することは既に示したとおりである。先に示したが、有効塩素濃度及び塩素酸濃度の把握には分析が伴い、中でも、塩素酸の分析は、一定の設備と技術が必要となる。このことから、使用時の有効塩素濃度については、大規模事業者で 20%(10/49)と低く、高注入事業者では全くなかった(0/24)。また、塩素酸濃度については、大規模事業者で 4%(2/49)と極めて低く、高注入事業者では全くなかった。

全体を通して、塩素酸の水質基準化等に伴う対応は、できるものから対応していると言ってよい。すなわち、購入仕様書につ

いては、仕様書例や次亜塩素酸ナトリウムのグレード等が示されたことにより、新たに仕様書を作成したり、仕様書の内容を吟味・変更するなどの強化措置がとられている。また、次亜塩素酸ナトリウムの保管時の冷房設備は、高注入事業者において新たな対応が目立った。

一方、薬品の実濃度の把握は、分析を伴うことから、その難易さによる影響がみられる。

2. 2 高注入事業者における実調査結果  
(平成 20 年 7 月 28 日～8 月 11 日分析調査)

使用中の次亜塩素酸ナトリウムの状況を表-19に、浄水水質等の状況を表-20に示す。

表-19 使用中の次亜塩素酸ナトリウムの状況 (高注入事業者)

| 高注入事業者<br>9施設 | 次亜塩素酸ナトリウム |      |         |         |      |
|---------------|------------|------|---------|---------|------|
|               | 納入<br>サイクル | 有効塩素 | 塩素酸     | 臭素酸     | 比重   |
|               | 年平均<br>(日) | (%)  | (mg/kg) | (mg/kg) |      |
| 平均値           | 16         | 12.4 | 3,162   | 8       | 1.13 |
| 最大値           | 30         | 13.3 | 6,900   | 23      | 1.14 |
| 最小値           | 6          | 11.3 | 440     | 2       | 1.12 |

表-20 浄水水質等の状況 (高注入事業者)

| 高注入事業者<br>9施設 | 浄水施設               |                |           |                |               |               |                     |
|---------------|--------------------|----------------|-----------|----------------|---------------|---------------|---------------------|
|               | 原水                 | 次亜<br>注入率      | 次亜<br>使用量 | 浄水場出口水         |               |               | 浄水量                 |
|               | アンモニア態窒素<br>(mg/L) | 塩素換算<br>(mg/L) | (L/日)     | 残留塩素<br>(mg/L) | 塩素酸<br>(mg/L) | 臭素酸<br>(mg/L) | (m <sup>3</sup> /日) |
| 平均値           | 1.65               | 18.5           | 266       | 0.41           | 0.46          | 0.002         | 2,139               |
| 最大値           | 2.75               | 27.6           | 1,116     | 0.86           | 0.66          | 0.005         | 9,828               |
| 最小値           | 0.86               | 10.8           | 11        | 0.06           | 0.09          | 0.000         | 68                  |

注)残留塩素は持ち帰り後測定

(1) 有効塩素濃度と塩素酸濃度

有効塩素濃度と納入サイクルの関係を図-4に示し、有効塩素濃度と塩素酸濃度の実態を図-5に示す。

使用中の次亜塩素酸ナトリウムの有効塩素濃度は13.3~11.3%（平均12.4%）と比較的高く、購入仕様（12%以上）を下回っていたものは2施設のみで、ほとんどが満足していた。下回った2施設は、納入間隔が30日と25日で調査施設の中では比較的長く、しかも冷房設備は整えていなかった。

また、有効塩素濃度と塩素酸濃度の関係は、昨年度に示した関係式

$$Y = -3,517 X + 49,628$$

で表され、有効塩素濃度が12%以上あれば、塩素酸濃度も概ね4,000mg/kgを下回っており、良質の次亜塩素酸ナトリウムが納入されているものと推察される。

なお、調査した施設において、使用時に

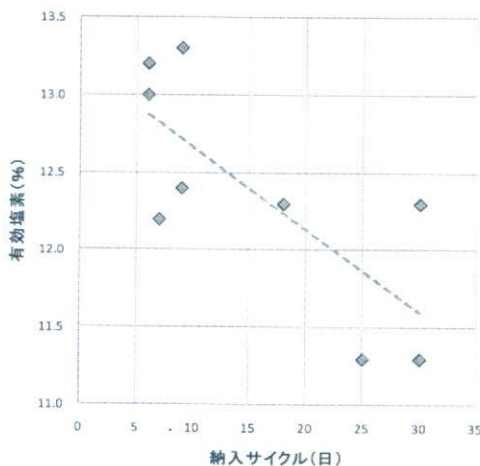


図-4 納入サイクルと有効塩素濃度の関係

における有効塩素濃度の測定や、塩素酸濃度を測定しているところはなかった。

## (2) 塩素酸含有率

次亜塩素酸ナトリウム中の塩素酸含有濃度について、購入仕様と使用中のものとの関係を図-6に示す。

使用中の次亜塩素酸ナトリウム中の塩素酸濃度は6,900~440mg/kg（平均3,162mg/kg）と比較的低く、1,000mg/kg以下のものも2施設あった。

使用中の次亜塩素酸ナトリウム中の塩素酸濃度が、購入仕様を下回っていたのは4施設で、中には、1,000mg/kg以下の購入仕様が3,200mg/kgに、2,000 mg/kg以下が6,900mg/kgと3倍超になっているものもあった。これらの施設は冷房設備を整えていない。

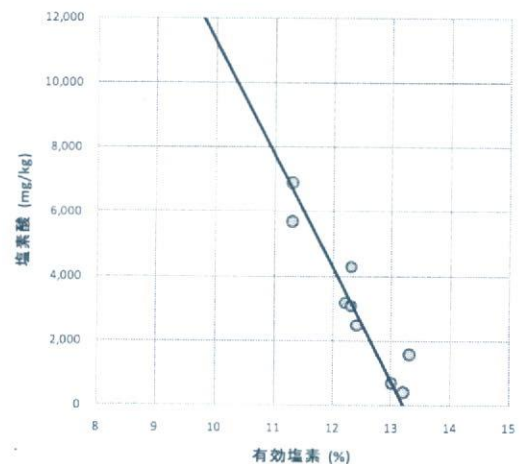


図-5 有効塩素濃度と塩素酸濃度の実態

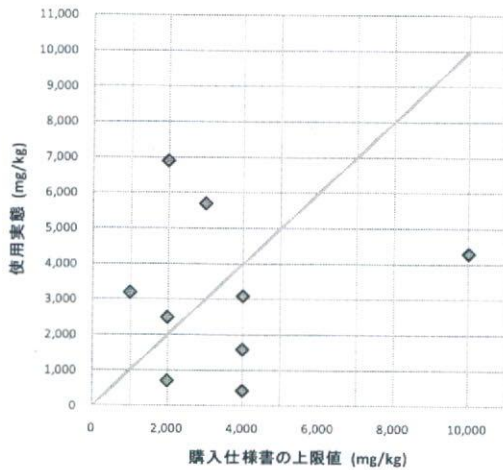


図-6 塩素酸濃度の購入仕様と使用実態

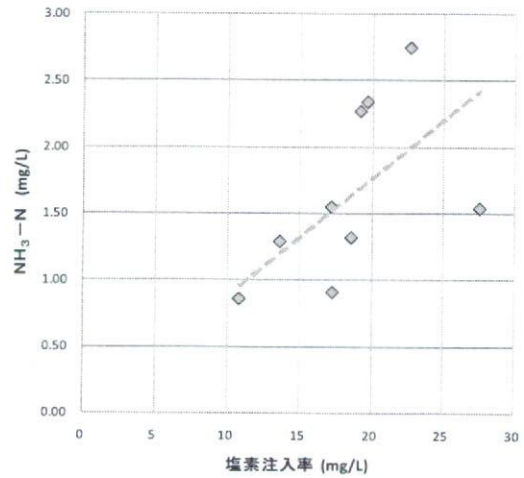


図-7 塩素注入率と原水アンモニア態窒素の関係

### (3) 塩素注入率と原水アンモニア態窒素

今回の調査では、次亜塩素酸ナトリウム注入率の高い施設として、原水アンモニア態窒素の高い(概ね 1mg/L 以上)施設を選定した。このことから、次亜塩素酸ナトリウム注入率(塩素換算)と原水アンモニア態窒素の関係を図-7に示す。

アンモニア態窒素と塩素注入率の関係は、アンモニア態窒素 1 に対して、塩素 10.1 倍量や 7.6 倍量が知られている。調査施設は、19.0~8.2 倍(平均 12.3)とやや多めであるが、地下水を水源とし、溶存鉄や溶存マンガンを多量に含有すること等から妥当な数値といえる。

### (4) 浄水塩素酸

浄水中の塩素酸濃度は、前述したとおり、消毒剤等として用いられる次亜塩素酸ナトリウム中に含まれる不純物としての塩素酸によるところが大きい。すなわち、浄水塩素酸濃度は次亜塩素酸ナトリウムの分解と塩素酸の生成、更には、次亜塩素酸ナトリウム分解による注入量増と相まって相乗効果的に高まる。

塩素注入率と浄水塩素酸の関係を図-8に示す。図から、塩素酸の水質基準

(0.6mg/L 以下)を超えたところが 9 施設中 4 施設、薬品基準(0.5mg/L 以下)を超えたところが更に 1 施設あることが分かる。特徴的なのは点線で囲んだ 5 施設である。塩素注入率は、19.2~17.2mg/L の狭い範囲にありながら、浄水塩素酸は水質基準値を超えたのが 2 施設、基準値以内が 3 施設と分かれた。これらの違いは、当然、次亜塩素酸ナトリウム中の塩素酸含有率の違いによるもので、超過した 2 施設の塩素酸含有率は 6,900 mg/kg と 4,300mg/kg であり、満足した 3 施設は高いところで 2,500 mg/kg、低いところでは 720mg/kg であった。

今回の調査で、塩素酸が水質基準を超えた 4 施設は、①「使用中の塩素酸含有率が購入仕様の 3 倍を超過している(2 施設)」②「塩素酸の購入仕様を 10,000mg/kg 以下や 4,000mg/kg 以下とするなど、塩素注入率と購入品質とに乖離がみられる(2 施設)」であった。また、薬品基準を超えた 1 施設においても、使用中の次亜塩素酸ナトリウムの塩素酸含有率が購入仕様の約 2 倍を示すなど、施設側が的確な管理を行えば回避することが可能な内容であった。



今回の調査で、改めて施設における薬品注入率の把握、品質の良好な薬品の購入と適切な保管の重要性を感じた。すなわち、塩素酸基準を遵守するため、塩素酸含有率の低い次亜塩素酸ナトリウム購入し、次亜塩素酸ナトリウムの分解を抑えること等が浄水中の塩素酸濃度を抑えるための重要な要素といえる。

#### (5) 浄水臭素酸

浄水臭素酸濃度も、次亜塩素酸ナトリウムの注入量と含有率に影響される。しかし、臭素酸は保管によって濃度変化がないため、次亜塩素酸ナトリウムが分解した場合、有効塩素濃度の低下分だけが次亜塩素酸ナト

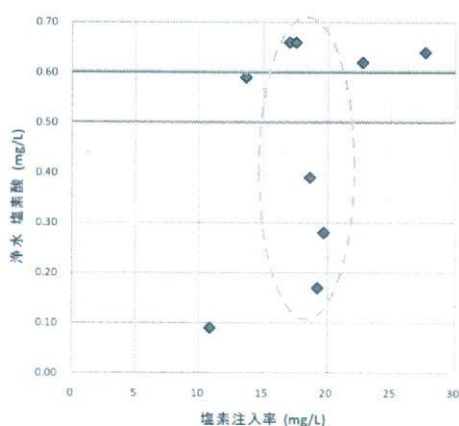


図-8 塩素注入率と浄水塩素酸の関係

トリウム中の臭素酸を低減する技術は既に多くの製造業者が保有しており、浄水臭素酸濃度の更なる低減化は可能と考える。

#### D. 結論

昨年度に引き続き、カナダ、ヨーロッパ連合 (EU)、ドイツ、イギリス、韓国、オランダ、ニュージーランド、スイス及びアメリカ合衆国を対象に、水道の水質管理及び集水域の管理につき、ウェブ情報等に基づき調査した。調査結果の中で、いくつかの国について特徴的な点を記すと以下のとおりである。

リウムの注入増につながり、その分だけ臭素酸濃度を単純に増加させることになる。

塩素注入率と浄水臭素酸の関係を図-9に示す。

今回の調査では、塩素注入率が 27.6mg/L であるにもかかわらず、臭素酸の水質基準値 (0.01 mg/L 以下) 及び薬品基準 (0.005 mg/L 以下) を超えた箇所はなかった。

使用中の次亜塩素酸ナトリウムの臭素酸含率は、23~2 mg/kg (平均 8 mg/kg) と低いレベルであった。今回の調査施設が、次亜塩素酸ナトリウム高注入ということで品質の良好な次亜塩素酸ナトリウムを購入していたことも考えられるが、次亜塩素酸

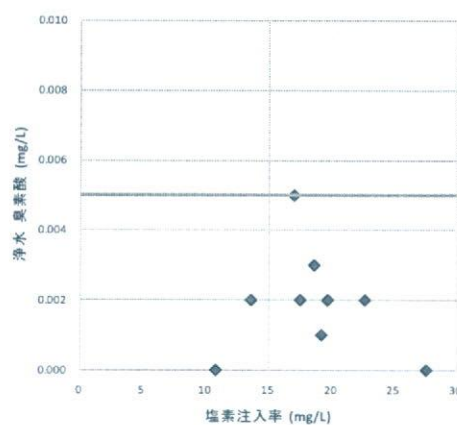


図-9 塩素注入率と浄水臭素酸の関係

ドイツでは、水源保護区域を指定しているほか、浄水薬品や浄水処理方法、保健監督官庁の役割などについて詳細に規定している。イギリスでは、ドイツと同様に水源保全に力を入れており、地下水の汚染を防ぐために広範な地域を硝酸塩監視区域として設定している。韓国では、水源保全について進んだ制度を取り入れているほか、浄水場の運転管理を国自らが評価するユニークな制度を設けている。オランダでは、通常の水質基準項目の他に、浄水処理の管理に関する項目及び原水監視のための項目を定めているニュージーランドでは、全

面的な法改正により、水安全計画策定の義務づけや、公衆衛生面から見た水道事業者の格付けの実施などを含む、新たな水道水質管理制度を施行している。水道水質基準に関しても、全国一律でなく水道ごとにその状況に応じて基準項目をきめ細かく指定している。

最終年度に当たる次年度には、本年度までの調査で不十分であった点につき継続して調査するとともに、これらの結果を踏まえて、水道水の安全性を確保するための集水域管理及び水質管理につき、諸外国の優れた点を整理し、水源から給水栓に至るまでの水道システム全体のリスク低減方策を検討する。

また、塩素酸に関して水質基準が制定された後の水道事業者における次亜塩素酸ナトリウムの購入実態、保管方法などについて明らかにするため、アンケート調査などを行った。調査対象は、大規模の水道事業者及び水道用水供給事業者の18事業者49施設と、次亜塩素酸ナトリウムの注入率の高い水道事業者21事業者24施設である。高注入事業者のうち9事業者9施設については、試料の分析を含む実調査も行った。本年度調査により得られた結果の要点は以下のとおりである。

塩素酸の水質基準化等に伴う対応は、できるものから実施しているといえる。すなわち、購入仕様書については、仕様書例や次亜塩素酸ナトリウムのグレード等が示されたことにより、新たに仕様書を作成したり、仕様書の内容を吟味・変更するなどの強化措置がとられている。また、次亜塩素酸ナトリウムの保管時の冷房設備は、高注入事業者において新たな対応が目立った。反面、薬品の実濃度の把握は、分析を伴うこと等から大きく制約されている。

高注入事業者のうち9施設での実態については、使用中の次亜塩素酸ナトリウム

の有効塩素濃度は13.3～11.3%（平均12.4%）と比較的高く、購入仕様（12%以上）を下回っていたものは2施設のみで、ほとんどが満足していた。また、塩素酸濃度は6,900～440mg/kg（平均3,162mg/kg）と比較的低く1,000mg/kg以下のものも2施設あったが、購入仕様を満足していない施設も約半数みられた。塩素酸が水質基準を超えた4施設は、①使用中の塩素酸含有率が購入仕様を大幅に超過しているもの、②塩素酸の購入仕様が、塩素注入率と購入品質とに乖離がみられるもので、施設側の確かな管理によって十分回避できるものであった。

今回の調査で、大規模事業者及び高注入事業者における水質基準等に関する意識は、極めて高いものと推察された。また、塩素酸の水質基準化等に伴う、厚生労働省からの通知やHPへの掲載、日本水道協会の次亜塩素酸ナトリウム規格の改正や仕様書例・Q&Aの作成、及び業界紙による座談会や特集記事など、様々な情報提供により基準等は遵守されつつある。今後、更なる幅広い調査と的確な情報提供が必要である。

#### E. 研究発表

- ・寺嶋勝彦：ニュージーランドにおける水道水質の管理。水道協会雑誌（投稿中）。
- ・山田俊郎，金京柱，崔宰熏，福士謙介，滝沢智，国包章一：大韓民国における水道水質管理制度。水道協会雑誌（投稿中）

#### F. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む。）

なし

飲料水の水質リスク管理に関する統合的研究

—リスク評価分科会—

|       |        |                      |       |
|-------|--------|----------------------|-------|
| 研究分担者 | 長谷川 隆一 | 国立医薬品食品衛生研究所・医薬安全科学部 | 部長    |
|       | 広瀬 明彦  | 国立医薬品食品衛生研究所・総合評価研究室 | 室長    |
|       | 平田 睦子  | 国立医薬品食品衛生研究所・総合評価研究室 | 主任研究官 |
| 研究協力者 | 鎌田 栄一  | 国立医薬品食品衛生研究所・総合評価研究室 | 主任研究官 |
|       | 高橋 美加  | 国立医薬品食品衛生研究所・総合評価研究室 | 研究員   |
|       | 松本 真理子 | 国立医薬品食品衛生研究所・総合評価研究室 | 研究員   |
|       | 川村 智子  | 国立医薬品食品衛生研究所・総合評価研究室 | 研究員   |

研究の要旨

最新のリスク評価のための毒性情報収集及び安全性評価に関する研究を行った。本年度は、昨年度に毒性情報の収集及び整理を行った perfluorooctanoic acid (PFOA)及び perfluorooctane sulfonic acid (PFOS)以外の perfluoroalkylcarboxylic acid (PFAC)や perfluoroalkylsulfonic acid (PFAS)類について、その毒性情報を収集し整理すると共に、最新の安全性評価手法に関する研究として、新規の不確実係数 (Uncertainty Factor: UF)を提案する。PFAC/PFAS 類の毒性情報としては、ラットを用いた反復投与毒性試験において、貧血、肝臓、甲状腺及び腎臓等への影響が、さらに、ラットやマウスを用いた生殖発生毒性試験では、生存胎児数や児重量の低下、生後発達や性成熟の遅れなどが報告されており、これらの影響は炭素数の長い PFAC/PFAS 類で強い傾向が見られた。PFAC/PFAS 類の血清/血漿排出半減期は、炭素数に依存して長くなる傾向がみられ、その値には明確な種差が見られた。PFOA や PFOS 以外の PFAC/PFAS 類については、慢性毒性/発がん性試験の報告はなく、さらに、特に強い影響が懸念される炭素鎖の長い PFAC/PFAS 類については生殖機能や生後発達への影響を調べた報告もないため、さらなる研究や試験の実施が望まれる。最新の安全性評価手法に関する研究では、新規 UF を提案するために、最も適切な実験的実データを用いて確率論的アプローチによる計算を実施した。その結果から、2 主要素 (種差とヒトのばらつき)に対応する UF としては、各々の要素の中央値と幾何標準偏差値を用いた計算により、掛け合わせ後の分布の 95% タイル値を用いるのが適切であると考えられた。

A. 研究目的

本研究では、化学物質の安全性評価に資するために、食品安全委員会や WHO が新たに健康影響を評価した化学物質や、新たに健康影響が懸念される化学物質の毒性情報を収集すると共に、最新の毒性評価手法や最適な安全性評価手法の水質基準策定への適用性などを検討している。

昨年度は、WHO において評価対象物質とされたニトロベンゼンについてベンチマークドース (BMD)手法を用いた安全性評価手法を検討すると共に、近年その環境汚染濃度の上昇が懸念されている perfluorooctanoic acid (PFOA)及び perfluorooctane sulfonic acid (PFOS)について、体内動態及び毒性に関する文献情報を収集した。

PFOA及びPFOSに関しては多くの毒性情報を入手することができ、これらの物質が、比較的低用量で、肝臓への影響や生殖発生毒性を引き起こし、さらに、肝臓、甲状腺、膵臓や精巣に発がん性を示すことが明らかとなった。近年、PFOSやPFOAに対する規制導入の動きが世界的に高まってきており、このため、PFOAやPFOSについては、製造量の減少に伴い、近い将来、環境中濃度が減少することが予測される。一方で、その代替物質となりうる、その他のperfluoroalkylcarboxylic acid (PFAC)やperfluoroalkylsulfonic acid (PFAS)類については、その製造量や環境中濃度の増加が予測され、これらの物質についてもヒトの健康への影響が懸念される。そこで、本年度はPFOA及びPFOS以外のPFAC類及びPFAS類について体内動態及び毒性に関する情報の収集及び整理を行った。

さらに、最新の安全性評価手法を検討するために、最も適切な実験的実データに基づいた、確率論的アプローチによる新規不確実係数 (Uncertainty Factor: UF)の提案を試みた。環境汚染物質等によるヒトの健康への有害影響を回避するために、対象物質の毒性情報を収集・整理し、ヒトが生涯摂取し続けても健康に影響を与えないと推定される摂取量 [耐容一日摂取量 (Tolerable Daily Intake: TDI)]を求め、飲料水や各種食品中の基準値などが設定されている。通常、TDIは毒性情報の中から適切な無毒性量 (No Observed Adverse Effect Level: NOAEL)を選び、UFで除することにより算出する。UFの主要な2つの要素は、種差 (実験動物からのヒトへの外挿)と個体差 (ヒトでのばらつき)であり、従来はそれぞれUF 10とし、10 x 10で100を用いてきた。また、それ以外の追加UFとして、長期暴露が行われていない場合や、NOAELが求まっていない場合もそれぞれUF 10が用いられてきた。しかしながら、これらのUF 10の根拠は必ずしも適切あるいは明確ではなかった。一方、最近これらに関連する適切な実験情報が集積してきた。そこで、本研究ではこれらの実験デー

タを用いて確率論的アプローチによる計算を実施し、それに基づいた適切な新規UFを提案する。

## B. 研究方法

### 1. PFAC 及び PFAS 類の毒性情報収集・整理

PFOA及びPFOS以外のPFAC/PFAS類について体内動態及び毒性に関する情報の収集及び整理を行った。対象物質は、環境中やヒトの血中/組織中からの検出の報告があるPFAC/PFAS類 (Lau et al., 2007; Jahnke, 2007)とした (表-1)。文献検索は、2007年にまで公表されたreview (Lau et al., 2007)を基に、関連するoriginal文献を入手し、それ以後の最新情報についてはMedlineを用いて検索を行った。さらに、最近のSOT Abstract (2007-2008)集から関連情報収集を行い、整理した。

表-1: 対象化学物質名

| 化学物質名                        | 略称    | 炭素数 |
|------------------------------|-------|-----|
| パーフルオロアルキルカルボン酸類             |       |     |
| Perfluorobutanoic acid       | PFBA  | 4   |
| Perfluoropentanoic acid      | PFPA  | 5   |
| Perfluorohexanoic acid       | PFHxA | 6   |
| Perfluoroheptanoic acid      | PFHpA | 7   |
| Perfluorononanoic acid       | PFNA  | 9   |
| Perfluorodecanoic acid       | PFDeA | 10  |
| Perfluoroundecanoic acid     | PFUA  | 11  |
| Perfluorododecanoic acid     | PFDoA | 12  |
| Perfluorotridecanoic acid    | PFTrA | 13  |
| Perfluorotetradecanoic acid  | PFTeA | 14  |
| Perfluoropentadecanoic acid  | PFPPA | 15  |
| パーフルオロアルキルスルホン酸類             |       |     |
| Perfluorobutanesulfonic acid | PFBS  | 4   |
| Perfluorohexanesulfonic acid | PFHxS | 6   |
| Perfluorodecanesulfonic acid | PFDeA | 10  |

### 2. 確率論的アプローチによる新規不確実係数 (UF)の提案

実験動物からヒトへの外挿に関する実験的情報