

表1-2, 表1-3から明らかなように, 法定伝染病の消毒, 家畜や家禽の消毒, 医療消毒など, 汚染レベルが高い, あるいは汚染が著しいと想定される用途を除けば, 固体表面の一般的な消毒濃度として, おおむね有効塩素濃度 50~100ppm が使用されている。以下, 1970年代から厚生省環境衛生局長通知がなされた昭和58年(1983年)までに発表された関連資料を列挙する。

(2) 愛知県豊明市立保育所給食衛生管理要領, 1974年

表1-4 次亜塩素酸ナトリウム溶液による消毒 (豊明市立保育所, 1974をもとに作成)

適用部位	消毒方法
食器, 食缶類	有効塩素量 100ppm の液に 10分以上浸漬
調理台	使用前は必ず 200ppm の液で拭いた後, アルコールを噴霧
戸棚	200ppm の液で拭いた後, アルコールを噴霧
果物, 野菜等	流水でよくふり洗いし, 必要に応じて <u>50ppm 以上の有効塩素量</u> を含む液に 10分以上浸漬

(3) 最近の消毒薬の進歩, 月刊薬事, 1976年

表1-5 次亜塩素酸ナトリウム消毒薬の効果 (古橋ら, 1976をもとに作成)

有効塩素濃度	用途	消毒効果
0.1~1ppm	飲料水, プールの消毒	栄養型細菌, ウイルスに有効。
<u>50ppm</u>	器具類	細菌芽胞, HB 抗原には
500ppm	汚染器具など	<u>100ppm 以上</u> を用いる。結核菌
1,000ppm	汚染が著しい場合の消毒に適用	には無効。

(4) 院内感染防止対策ハンドブック②病院における滅菌・消毒の実際, 1978年

表1-6 次亜塩素酸ナトリウムの適応 (藤岡ら, 1978をもとに作成)

有効塩素濃度	消毒効果	適応部位
5ppm (pH7.5, 20°C・5分)	Ps. aeruginosa	法定伝染病発生時の器具 や手指の消毒
8ppm (pH7.5, 20°C・5分)	Pr. vulgaris	同上
10ppm (pH7.5, 20°C・5分)	Staph. Aureus	同上
100ppm (30~60分)	Asp. nigor	同上
125ppm (pH8.0, 30分)	M. tuberculosis	同上
500ppm (pH9.0 以下)	細菌胞子	同上
500ppm 以上	HB 抗原	同上

表 1-7 次亜塩素酸ナトリウムによる消毒法の実例 (藤岡ら, 1978 をもとに作成)

適応部位	消毒方法
室内消毒 (栄養型細菌, カビ, インフルエンザウイルス)	2,000ppm の 次亜塩素酸ナトリウム液
室内消毒 (結核菌, エンテロウイルス)	1%(10,000)ppm の 次亜塩素酸ナトリウム液
ガラス器具, 陶器, 木製品, プラスチック製品等の 平滑で硬い表面を持つ各種器具	50~100ppm の 次亜塩素酸ナトリウム液
便所, 手洗, 流し, じゃ口等	1%(10,000)ppm の 次亜塩素酸ナトリウム液で拭く

(5) 消毒剤の実例, 医薬ジャーナル, 1982 年

表 1-8 次亜塩素酸ナトリウムによる消毒法の適用部位と濃度  
(新谷, 1982 をもとに作成)

適用部位	濃度
手指	125ppm, 1,000ppm
術前の皮膚	500ppm
粘膜	250~500ppm
創傷部位	250~500ppm
医療器具	125ppm, 200ppm
衣類・シーツ	125ppm, 600ppm
患者食器	125ppm
室内	125ppm, 200~2,400ppm

(6) 医療品医薬品の再評価結果公示 ((独)医薬品医療機器総合機構, 2007; 都築, 1991)

- 昭和 58 年 4 月第 21 次再評価結果公示: 次亜塩素酸ナトリウム液 (有効塩素濃度 1~10w/v%)
- 日本標準商品分類番号: 872611
- 薬効分類名称: 外用殺菌消毒剤
- 商品例: テキサント消毒液 6% (製造販売元/シオエ製薬株式会社, 販売開始 1959 年 9 月), ヤクラックス D 液 1% (製造販売元/ヤクハン製薬株式会社, 販売開始 1996 年 7 月), 次亜塩 6% 「ヨシダ」 (製造販売元/吉田製薬株式会社, 販売開始 1999 年 10 月)

表 1-9 次亜塩素酸ナトリウム液の効能又は効果／用法及び用量

効能・効果	用法・用量
(a) 手指・皮膚の消毒	有効塩素濃度 100～500ppm 溶液に浸すか、清拭する。
(b) 手術部位（手術野）の皮膚の消毒， 手術部位（手術野）の粘膜の消毒	有効塩素濃度 50～100ppm 溶液で洗浄する。
(c) 医療器具の消毒	有効塩素濃度 200～500ppm 溶液に 1 分間以上浸漬するか、または温溶液を用いて清拭する。
(d) 手術室・病室・家具・器具・物品 などの消毒	有効塩素濃度 200～500ppm 溶液を用いて清拭する。
(e) 排泄物の消毒	有効塩素濃度 1,000～10,000ppm 溶液を用いる。
(f) HB ウイルスの消毒	7) 血液その他の検体物質に汚染された器具の場合は、有効塩素濃度 10,000ppm 溶液を用いる。 4) 汚染がはっきりしないもの場合は、有効塩素濃度 1,000～5,000ppm 溶液を用いる。
(g) 患者用プール水の消毒	残留塩素量が 1ppm になるように用いる。

昭和 58 年の公示後、1984 年の医療薬日本医薬品集第 8 版（財団法人日本医薬情報センター編，薬業時報社昭和 59 年 7 月 25 日発行）に初めて表 1-9 の濃度が収載された。

(7) 一般用医薬品の添付文書情報 ((独)医薬品医療機器総合機構, 2007)

- 成分：次亜塩素酸ナトリウム 6%
- 日本標準商品分類番号：877329
- 薬効分類名称：防疫用殺菌消毒剤
- 商品例：ピューラックス，（製造販売元／(株)オーヤラックス，販売開始 1973 年 10 月）

一般薬日本医薬品集第 5 版（財団法人日本医薬情報センター編，薬業時報社昭和 60 年 12 月 7 日発行）に初めて表 1-10 の濃度が収載された。

表 1-10 次亜塩素酸ナトリウム溶液の効能又は効果／用法及び用量

：公衆衛生に関する用法用量

効能・効果	用法・用量
飲食器，食品製造器具	300 倍液（200ppm）
畜舎	250 倍液（240ppm）
病院のシーツ，包帯等	100～200 倍液（300～600ppm）
飲料水	残留塩素 0.1ppm 以上
プール水	残留塩素 0.4ppm 以上

## 2. 次亜塩素酸ナトリウムによる塩素消毒の基準値の科学的根拠

### 2. 1 次亜塩素酸塩による塩素消毒

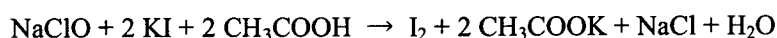
1951年(昭和26年)に作成された東京都水道局の上水道施設消毒要項、アメリカ規格国家衛生工事規準 ASA A40.8-1955 の作成の経緯から明らかなように、遅くとも1951年には、給水系統において、配管等の上水と接触する部分の表面は、有効塩素 50ppm あるいは 100ppm の濃度の塩素含有水で消毒することが示されていた。

東京都水道局の上水道施設消毒要項では、50ppm 塩素含有水または 0.02% さらし粉溶液と明記されている。また、アメリカの ASA A40.8-1955 では、有効塩素 50ppm あるいは 100ppm を含む水溶液と標記されている。

さらし粉は、有効塩素を含む成分として次亜塩素酸カルシウムを含み、さらに他の不純物を含む。塩素含有水は、塩素ガスを水に注入する方法や、次亜塩素酸塩を水に溶解した水溶液などから得ることができる。塩素ガスは反応性が高いため共存物質によって消毒以外に消費される量が多い。従って、次亜塩素酸塩の水溶液の方が高い有効塩素濃度を得やすい(金子, 1996)。

次亜塩素酸塩 (hypochlorite) には、次亜塩素酸のナトリウム塩 (次亜塩素酸ナトリウム, 次亜塩素酸ソーダ, Sodium Hypochlorite: NaClO) とカルシウム塩 (次亜塩素酸カルシウム, Calcium Hypochlorite: Ca(ClO)<sub>2</sub>) がある。いずれも水溶性である。ナトリウムやカルシウム以外のアルカリ金属やアルカリ土類金属との次亜塩素酸塩は、熱や光で分解されやすい。従って、工業的にはナトリウム塩とカルシウム塩が利用されてきた。

有効塩素(available chlorine)とは、次の反応で遊離するヨウ素に対応する塩素量を表したものである。遊離したヨウ素は、チオ硫酸ナトリウム溶液で滴定される。従って、1分子の次亜塩素酸ナトリウムから1分子の有効塩素が生じる。有効塩素濃度が 100ppm になるためには、次亜塩素酸ナトリウム(NaClO)として 105ppm 含有する必要がある。



飲料水の消毒に関しては、1910年頃から塩素消毒が開始された。そして、小容量や断続的な使用では取り扱いが簡便なさらし粉や次亜塩素酸溶液、大規模な浄水場では塩素滅菌装置を用いて安価な塩素ガスを注入した液体塩素が使用されていた(北浦ら 1948, 石川ら 1957)。従って、東京都水道局の上水道施設消毒要項とアメリカの ASA A40.8-1955 は、さらし粉以外の塩素含有水として、主に次亜塩素酸ナトリウム液や次亜塩素酸カルシウム液の使用を示唆していたと考えられる。

## 2. 2 次亜塩素酸ナトリウムによる塩素消毒の歴史

次亜塩素酸ナトリウムは、水道水の腸チフス汚染対策として、1905年にイギリスで使用されている。また、1915年には創傷における感染の消毒剤として使用されている。1925年には長谷川が次亜塩素酸ナトリウムの消毒力について報告している。日本では、1926年11月から製造が開始され、1950年には食品添加物に指定されている。

以上のことより、およそ1900年から1950年の間に、次亜塩素酸ナトリウム溶液等の塩素含有水の消毒に対する有効塩素濃度が提案されていると推測される。そこで、その頃における次亜塩素酸塩の消毒に関する文献調査を行った。その結果を表1-11に示す。

表1-11 次亜塩素酸塩の消毒に関する文献一覧

調査時期	塩素消毒濃度に関する概要	出典
1861年～ 1910年頃	次亜塩素酸塩は、ロンドンの下水の脱臭処理を目的として研究され、1861年にその研究が王立下水処理委員会で報告された。しかしその後、水や汚水の殺菌を目的とした研究が多くの研究者によって活発に行われた。当時、通常レベルの有機物を含む水を効果的に殺菌（主に腸チフス菌、大腸菌）するためには、 <u>100万ガロンの水当たり5～15ポンド（0.5～1.5ppm）の濃度の次亜塩素酸塩が必要とされた。但し有機物や鉄分を多量に含む場合はさらに高濃度の次亜塩素酸塩が必要であった。</u> これらの用途は、 <u>水自体の消毒濃度</u> であり、配管やタンク等の設備の消毒濃度ではない。	Johnson (1911) Stokes et al. (1912)
1911年	アメリカのバルチモア市の上水用貯水池から採取した水で次亜塩素酸カルシウムによる消毒を行った。その対象は腸チフス菌、大腸菌であった。 <u>有効塩素濃度0.4～1.5ppm</u> で試験が実施された。最も細菌の消毒効果があったのは有効塩素1ppmであった。この事例も <u>水自体の消毒</u> であった。	Sokes et al. (1912) Thomas et al. (1913) Hachtel et al. (1913)
1912年	アメリカの4つの地域の水で次亜塩素酸カルシウムによる大腸菌や連鎖球菌等の細菌の消毒を行った。一般には <u>有効塩素濃度0.1～1ppm</u> で消毒可能であったが、色度や濁度の高い水では <u>2～3ppm</u> 必要であった。この事例も <u>水自体の消毒</u> であった。	Tully (1914)
1914年	アメリカのバルチモア市の上水用貯水池で次亜塩素酸カルシウムによる大腸菌等の細菌の消毒を行った。 <u>濁度が30未満の際は、夏場で有効塩素濃度2ppm、冬場で1.5～1.75ppm、濁度が30以上の場合は、夏場で2.5ppm、冬場で2ppmが推奨濃度</u> であった。この事例も <u>水自体の消毒</u> であった。	Sokes et al. (1916)

表 1 - 1 1 (続き)

調査時期	塩素消毒濃度に関する概要	出典
1914 年～ 1915 年	<p>Dakin は、1914 年にイギリスに行った後、創傷の処置に関する研究を行った。そこで Dakin は、次亜塩素酸塩での処置方法を開発した。一般的な消毒剤は、細菌のタンパクや他の成分との化学反応によって細菌を死滅する。水中に漂っている細菌を消毒剤で死滅させる際は、その細菌由来のタンパク以外のものが混ざっていないので、効果が得やすい。しかし、創傷部など、血清や他の滲出物が混ざった細菌を消毒剤で死滅させる場合、消毒剤が細菌だけでなく、他のタンパクにもよく反応するため、はるかに難しい。従って、創傷の処置に対する消毒剤の効果は、血清や他の同様の物質を混ぜた状態で試験する必要がある。次亜塩素酸ナトリウムの消毒効果を黄色ブドウ球菌 (<i>Staphylococcus aureus</i>) で試験した結果、<u>血清が存在しない状態では 1～2ppm (1:500,000-1:1,000,000)</u>、<u>血清存在下では 500～667ppm (1:1,500-1:2,000)</u> の濃度で 2 時間消毒に必要であった。一方、ピオシアネウス (<i>Pyocyanus</i>) では <u>同 1～10ppm (1:100,000-1:1,000,000)</u> 及び <u>同 200～400ppm (1:2,500-1:5,000)</u> 必要であった。</p>	<p>Dakin (1915) Frederick et al. (1916) Corman (1983)</p>
1925 年	<p>次亜塩素酸ナトリウムの消毒力について、枯草菌 (<i>B. subtilis</i>)、大腸菌 (<i>B. coli communis</i>)、チフス菌 (<i>B. typhosus</i>)、コレラ菌 (<i>Vibrio cholerae</i>)、炭疽菌 (<i>B. anthrax</i>)、ジフテリア菌 (<i>B. diphtheriae</i>)、<i>B. pyocyanus</i>、ブドウ球菌属 (<i>Staphylococcus</i>)、連鎖球菌 (<i>Streptococcus</i>)、<i>Pneumococcus</i> をブイオンで培養した溶液を消毒液に添加して試験した。消毒力は、枯草菌を除くその他の菌は、<u>遊離塩素量 42-48ppm</u> で 10 分以内であった。枯草菌は 45ppm で 2 時間、芽胞を増やした 48 時間培養の炭疽菌は 45ppm で 1 時間であった。</p>	<p>長谷川 (1925)</p>
1935 年頃	<p>次亜塩素酸カルシウムの消毒効果を血清が添加された <i>Bacillus metiens</i> で試験した。その結果、pH11.3 下の <u>有効塩素 1000ppm</u> 溶液で 64 分、pH7.3 下の <u>有効塩素 1000ppm</u> 溶液で 20 秒未満、pH10.4 下の <u>有効塩素 100ppm</u> 溶液で 70 分、pH8.2 下の <u>有効塩素 20ppm</u> 溶液を用いた場合は 5 分で 99% の細菌が死滅した。従って消毒効果は溶液の pH に大きく依存し、有効塩素が消毒効果の直接的な指標とはならなかった。</p>	<p>Charlton et al. (1935)</p>

表 1 - 1 1 (続き)

調査時期	塩素消毒濃度に関する概要	出典
1935 年	1935 年に設立されたカリフォルニアの水道会社による水道管の消毒方法に関する解説。この当時水道管は、 <u>塩素濃度 50ppm の次亜塩素酸塩溶液</u> で消毒されている。	Rossum (1969)
1967 年	新設水道管の消毒方法として液体塩素の使用方法が紹介されている。 <u>塩素濃度は 100ppm 近辺に調整</u> され、少なくとも 48 時間消毒されている。	Becker (1969)

1861 年～1910 年代にかけて、水や汚水の殺菌目的で次亜塩素酸塩の研究が進められた。一般には有効塩素濃度 0.1～1.5ppm で消毒可能であった。しかし、色度や濁度の高い水では、水の中の有機物や汚濁物で塩素が消費されるため、2～3ppm の有効塩素濃度が必要であった。

Dakin(1915)が創傷の処置に関して次亜塩素酸ナトリウム溶液の消毒効果を報告している。水中に漂っている細菌を消毒剤で死滅させる際は、その細菌由来のタンパク以外のものが混ざっていないので、効果が得やすい。しかし、創傷部など、血清や他の滲出物が混ざった細菌を消毒剤で死滅させる場合、消毒剤が細菌だけでなく、他のタンパクにもよく反応するため、はるかに難しい。Dakin の実験結果によると、血清存在下では、非存在下よりも黄色ブドウ球菌の消毒に数百倍、ピオシアネウスでは数十倍から数百倍の濃度の次亜塩素酸ナトリウム溶液が必要であった。

長谷川(1925)は、ブイヨンで細菌を培養した溶液に次亜塩素酸ナトリウム溶液を添加して、細菌の消毒効果を試験している。遊離塩素量 42-48ppm・10 分以内で大腸菌やチフス菌等に消毒効果があったが、ブイヨンが塩素を消費している可能性が考えられる。

1935 年には、カリフォルニアの水道管は、塩素濃度 50ppm の次亜塩素酸溶液で消毒されていた。従って、1920 年頃までの研究結果から、給水施設で水と接触する固体表面の消毒には、表面に付着する有機物等を除去することも含めて、有効塩素 50～100ppm 程度の濃度の次亜塩素酸塩が使用され始めたと推測される。

### 3. まとめ

1) 本調査によれば、日本で貯水槽の消毒に関して次亜塩素酸ナトリウム溶液の有効塩素濃度 50~100ppm が最初に示されたのは、1976 年の厚生大臣認定貯水槽衛生管理技術講習会テキスト「貯水槽の衛生管理」であった。

2) 東京都水道局が 1951 年に定めた「上水道施設消毒要項」において、濾過池の全内壁、浄水池、配水池、ポンプ吸水井などの内面を 50ppm 塩素含有水等でブラシ洗浄することが規定されていた。また、新設セメント造管渠の送配水管渠は 50ppm 塩素含有水を充水して消毒すること、コンクリート造管渠修理の場合は 5ppm 塩素含有水を充水して消毒すること、鉄管新設の場合は 50ppm 塩素含有水を充水して消毒のため 12 時間以上放置することなどが規定されていた。

1955 年にアメリカ規格協会が American Standard National Plumbing Code ASA A40.8-1955 を発表した。その中で、上水系統配管の消毒方法として、有効塩素 50ppm を含む水溶液で 6 時間以上放置、有効塩素 100ppm を含む水溶液で 2 時間放置、あるいはタンク内の全表面に有効塩素 200ppm を含む水溶液を塗りこすってさらに 2 時間放置するという条件が規定された。

これらのことから明らかのように、遅くとも 1951 年には、給水系統において、配管等の上水と接触する部分の表面は、有効塩素 50ppm あるいは 100ppm の塩素含有水で消毒することが示されていた。

3) 1961 年の食品添加物公定書において、次亜塩素酸ナトリウム溶液の一般的な使用例として、食品の消毒・殺菌・鮮度保持、医療分野での消毒、家畜や家禽分野での消毒における使用濃度が示された。この当時、次亜塩素酸ナトリウム液の原液の希釈倍率で消毒条件が示されていた。濃度に換算すると、野菜や果物の殺菌・消毒に 100ppm、うがい等に 50ppm、かまぼこ・はんぺん類の加工器具の消毒に 100ppm の濃度が示されていた。1973 年の食品添加物公定書解説書では有効塩素濃度(ppm)で標記されており、野菜な果物の消毒に 50~100ppm、食器類の消毒に 100ppm の濃度が示されていた。

従って、法定伝染病の消毒、家畜や家禽の消毒、医療消毒など、汚染レベルが高い、あるいは汚染が著しいと想定される用途を除けば、固体表面の一般的な消毒濃度として、おおむね有効塩素濃度 50~100ppm が使用されていた。

4) 1861 年~1910 年代にかけて、水や汚水の殺菌目的で次亜塩素酸塩の研究が進められた。一般には有効塩素濃度 0.1~1.5ppm で消毒可能であったが、水の中の有機物や汚濁物で塩素が消費される場合、2~3ppm の有効塩素濃度が必要であった。このことは、創傷の消毒でも同様の結果が得られており、血清存在下では、非存在下よりも数十倍から数百倍の濃度の次亜塩素酸ナトリウム溶液が必要であった。1935 年には、すでにカリフォルニアの水道管が塩素濃度 50ppm の次亜塩素酸溶液で消毒されていた。

従って、この当時までの研究結果から、給水施設で水と接触する固体表面の消毒には、表面に付着する有機物等を除去することも含めて、有効塩素 50~100ppm 程度の濃度の次亜塩素酸塩が使用され始めたと推測される。



## 参考文献

- 石川政吉, 他 8 名 (1957) 衛生工業便覧, 社団法人衛生工業協會, 昭和 32 年版
- 岩戸武雄, 森村武雄 (1976) 貯水槽の衛生管理, 厚生大臣認定・貯水槽衛生管理技術講習会・テキスト, 財団法人ビル管理教育センター
- 金子光美 (1966) 水質衛生学, 技報堂出版
- 刈米達夫, 他 15 名 (1968) 第一版食品添加物公定書注解, 金原出版
- 刈米達夫, 他 16 名 (1968) 第二版食品添加物公定書注解, 金原出版
- 刈米達夫 監修(1973) 第三版食品添加物公定書解説書, 廣川書店
- 河北義平 (1975) 貯水槽の清掃手順と注意事項, 設備と管理, 9 (6), pp. 46-50
- 北浦重之, 他 24 名 (1948) 衛生工業便覧, 上巻, 社団法人衛生工業協會, 昭和 23 年版
- 紀谷文樹, 他 9 名 (2005) 新 貯水槽の衛生管理, 厚生労働大臣登録・貯水槽清掃作業監督者講習会テキスト, 財団法人ビル管理教育センター
- 財団法人日本医薬情報センター (1976) 日本医薬品集(1976), 薬業時報社
- 財団法人日本医薬情報センター (1977) 医療薬日本医薬品集第 4 版(1978), 薬業時報社
- 財団法人日本医薬情報センター (1979) 一般薬日本医薬品集第 2 版, 薬業時報社
- 財団法人日本医薬情報センター (1981) 医療薬日本医薬品集第 6 版(1982), 薬業時報社
- 財団法人日本医薬情報センター (1981) 一般薬日本医薬品集第 3 版, 薬業時報社
- 財団法人日本医薬情報センター (1983) 医療薬日本医薬品集第 7 版(1983), 薬業時報社
- 財団法人日本医薬情報センター (1983) 一般薬日本医薬品集第 4 版, 薬業時報社
- 財団法人日本医薬情報センター (1984) 医療薬日本医薬品集第 8 版(1984), 薬業時報社
- 財団法人日本医薬情報センター (1985) 医療薬日本医薬品集第 9 版(1985), 薬業時報社
- 財団法人日本医薬情報センター (1985) 一般薬日本医薬品集第 5 版, 薬業時報社
- 財団法人日本医薬情報センター (1986) 医療薬日本医薬品集第 10 版(1986), 薬業時報社
- 財団法人ビル管理教育センター (1977) 給水施設の維持管理及び補修に関する調査研究報告書, 昭和 52 年度
- 桜川貞雄 訳 (1967) 衛生工事規準解説, 日本管工事工業協会 (原著: Vincent, T. and Manas, P.E. (1957) NATIONAL PLUMBING CODE HANDBOOK, Standards and Design Information, McGraw-Hill Book Company, Inc.)
- 佐藤鉄雄 (1974) 給排水設備の衛生管理について, 第 1 回建築物環境衛生管理全国大会研究集会および特別講演集録, 財団法人ビル管理教育センター, 昭和 49 年 1 月 21 日, 22 日, pp. 17-34
- 社団法人空気調和・衛生工学会 (1967) 空気調和衛生工学便覧 II, 社団法人空気調和・衛生工学会
- 新谷洋三 (1982) 消毒剤の実際 (その 1), 医薬ジャーナル, 18 (7), pp. 1217-1222
- 東京都水道局水道研究会 (1962) 上下水道実務ハンドブック, 朝倉書店
- 独立行政法人 医薬品医療機器総合機構, 医療用医薬品の添付文書情報, accessed 11 December 2007, available at: <http://www.info.pmda.go.jp/index.html>
- 都築正和 (監修) (1991) 殺菌・消毒マニュアル, 医歯薬出版
- 豊明市立保育所 (1974) 給食衛生管理要領, 1974 年 9 月 13 日決済
- 長神憲司, 合田俊司, 安田 健, 宇佐見豊, 久保田明利, 毛利隆美 (1979) ビル給水施設の実態調査について, 第 6 回建築物環境衛生管理全国大会研究集会講演集, 財団法人ビル管理教育センター, 昭和 54 年 1 月 30 日, 1 月 31 日, pp. 22-23
- 長谷川善司 (1925) 次亜塩素酸「ナトリウム」ノ消毒力ニ就テ, 衛生伝染病雑誌, 20, pp. 433-442
- 藤岡一郎, 他 8 名 (1978) 院内感染防止対策ハンドブック②病院における滅菌・消毒の実際, 菜根

出版

- 藤田 実 (1977) 高層ビルの給水設備及び飲料水の実態調査結果, 第4回建築物環境衛生管理全国大会研究集会講演集, 財団法人ビル管理教育センター, 昭和52年1月31日,2月1日, pp. 9
- 古橋正吉, 宮前卓之 (1976) 最近の消毒薬の進歩, 月刊薬事, **18** (4), pp. 639-646
- 榎木文行, 大城賢吉, 石田誠良 (1981) 貯水槽の衛生的な掃除について, 第8回建築物環境衛生管理全国大会研究集会講演集, 財団法人ビル管理教育センター, 昭和56年1月29日,1月30日, pp. 23-24
- 間宮富士雄 (1976) 食品工業における洗浄と殺菌問題, 食品工業, **19** (4), pp. 39-49
- 宮治保富 (1978) 共同住宅における給水管理の実態調査について, 第5回建築物環境衛生管理全国大会研究集会講演集, 財団法人ビル管理教育センター, 昭和53年1月30日,1月31日, pp. 23-24
- 森村武雄 (1965) 衛生設備の基礎知識, 建築設備と配管工事, **3** (9), pp. 79-85
- 森村武雄 (1975) 給排水設備規準の必要性, 建築設備と配管工事, **13** (10), pp. 69-75
- 森村武雄 (1976) 給排水設備基準の制定について, ビルディングレター, No. 80, pp. 1-6
- 森村武雄 (1977) 衛生総論, 空気調和・衛生工学, **51** (10), pp. 1033-1040
- 森村武雄, 他12名 (1979) 給排水設備の維持管理指針, 厚生省環境衛生局企画課監修, 財団法人ビル管理教育センター
- Becker, R.J. (1969) Mains Disinfection Methods and Objectives, Part I, Use of Liquid Chlorine, *Journal of American Water Works Association*, **61** (2), pp. 79-81
- Charlton, D.B. and Levine, M. (1935) Some Observations on the Germicidal Efficiency of Chloramine-T and Calcium Hypochlorite, *J. Bacteriol.*, **30** (2), pp. 163-71
- Corman, M.L. (1983) Classic Articles in Colonic and Rectal Surgery, *Diseases of the Colon & Rectum*, **26** (5), pp. 354-358
- Dakin, H.D. (1915) On the use of certain antiseptic substances in the treatment of infected wounds. *British Medical Journal*, **28**, pp. 318-320
- Frederick, J. A. and Dalton, R. N. (1916) Sodium hypochlorite in the treatment of septic wounds, *British Medical Journal*, **i**, pp. 126-128
- Hachtel, F. W. and Freas, R. (1913) Experimental disinfection of water with calcium hypochlorite, *Science*, n. s., **xxxviii**, pp. 411-412
- International Code Council (2006) *2006 International Plumbing Code*, International Code Council, INC., ISBN-13: 978-1-58001-259-1
- Johnson, G.A. (1911) Hypochlorite treatment of public water supplies; its adaptability and limitations, *J. Am. Pub. Health Ass.*, **i**, pp. 562-574
- Plumbing-Heating-Cooling Contractors Association (2006) *2006 National Standard Plumbing Code*, 306 pages
- Rossum, J.R. (1969) Mains Disinfection Methods and Objectives, Part II, Tablet Method, *Journal of American Water Works Association*, **61** (2), pp. 81-82
- Stokes, W.R. and Hachtel F.W. (1912) THE TREATMENT OF THE BALTIMORE DRINKING WATER BY MEANS OF CALCIUM HYPOCHLORITE, *American Journal of Public Health*, **2** (4) pp. 288-295
- Stokes, W.R. and Hachtel F.W. (1916) SOME RESULTS OF THE TREATMENT OF THE BALTIMORE DRINKING WATER BY CALCIUM HYPOCHLORITE, *America Journal of Public Health*, **6** (11), pp. 1224-1235.
- Thomas, J. B. and Sandman, E. A. (1913) Some results of the hypochlorite disinfection of the Baltimore

City water supply, *Science*, n. s., xxxviii, pp. 410-411

Tully, E.J. (1914) A STUDY OF CALCIUM HYPOCHLORITE AS A DISINFECTANT OF WATER, *American Journal of Public Health*, 4 (5), pp. 423-435

## II. 微生物の消毒に関する科学的知見

飲料水の水質は、水道法の水質基準で管理されている。その水を建築物内で使用する際には、貯水槽で貯留された水が各階もしくは各家庭に給水される。貯水槽は、受水槽、高置水槽、貯湯槽などの総称である。貯水槽の水は、一時的に貯水槽内で滞留する。従って、水道の凝集剤等がわずかずつ受水槽で集積し、汚泥となって溜まってくる。そのため、汚泥を取って受水槽をたえず清潔な環境に保持する必要がある(佐藤, 1974)。

貯水槽内の汚れは細菌等の格好の栄養源となり繁殖を促進する。貯水槽清掃時の付着物には細菌類やその死骸がある。これらが貯水槽の底部に堆積して異臭を発するが、これは嫌気性発酵によるものである。従って、建築物の貯水槽に係わる衛生的管理は、清掃と消毒が最も重要である。

「I. 1. 2 貯水槽の消毒の目的」でも述べたように、当初、貯水槽の清掃と消毒は、汚泥等の集積物中の細菌繁殖による異臭対策が主な目的であったと考えられる。本章では、これらの汚泥、貯水槽に係わる微生物汚染、微生物に対する消毒効果等について調査した。

### 1. 貯水槽内に発生する汚泥等の集積物

貯水槽の清掃と消毒は、貯水槽内に沈殿している汚泥等の排出から行われる。清掃による汚泥等の排除には限界があり、作業者の出入りによる汚染の可能性もある。そのため、清掃後に消毒作業が入念に行われる。消毒は、有効塩素濃度 50~100ppm の次亜塩素酸ナトリウム溶液等の強塩素水で行うとされている。そして、貯水槽内を水で洗浄した後に使用される。

受水槽内の堆積物は、100 トンの水槽では 1 回転の給水で底部に 1.5~2cm の堆積物ができる。例えば、スライムと呼ばれる泥状・粘液状のぬるぬるとしたものは、主に細菌類(スフェロチルス、ズーグレア)や真菌類の繁殖によって形成される。貯水槽内壁のスライム形成、沈殿汚泥の発生要因は、以下のように分類されている(岩戸ら, 1976)。

- (1) 物理化学的汚泥の形成
- (2) 細菌微生物学的スライム・結節の生成
- (3) 事故による汚泥発生

(1)は、浄水作業で用いられた硫酸アルミニウム等の凝集剤や石灰等の凝集補助剤などの微細な粒子、あるいはそれらの未反応分子が集積したものである。

(2)は、鉄バクテリア、一般細菌、真菌類、藻類などの生物代謝物の集積である。鉄バクテリアは、管内に結節(こぶ)を形成する。貯水槽底面で異常繁殖すると、にぎりめしの大きさの鉄こぶができることもある。一般細菌は、貯水槽内に沈着した有機物を栄養源として繁殖し、増殖により集落を形成し、スライムとなって貯水槽内に堆積する。貯水槽の内壁のぬらぬらした寒天質は、これらの集落である。スライムなどによる汚泥が蓄積すると、その下面は嫌気性状態になる。そのため、有芽胞菌が繁殖しはじめ、その代謝作用でガスの発生を促し、水に異臭味を与える。真菌類では、水性菌に属するミズカビによるスライム形成が著しい。また、ワタカビが発生すると、それらの集落が多量の汚泥となって沈降する。不完全菌類のうち、ある種のペニシリウムは水中でも繁殖可能で、スライムを形成する。藻類では、藍藻類オツシラトリアやアナバーナがス

ライムを形成する。アナバーナの死骸には放線菌類が寄生増殖しやすく、これに伴う悪臭味を伴う。貯水槽に日光があたると、珪藻類や緑藻類の発育を促進し、スライム発生の要因となる。

(3)は、ネズミ、は虫類、昆虫類等の侵入事故である。これらの死骸は、汚泥となって残存する。

最近では、受水槽内の壁面の汚れとバイオフィーム（生物膜）形成の関係について研究がなされている。バイオフィームは、細菌等の微生物とその菌体外の多糖類を構成成分とする構造体である。細菌由来の多糖類やその他の有機汚染物質で形成されたスライムの中に細菌類、真菌類、藻類等が入り込んで複合体を形成し、壁面等の表面に付着した状態の膜となる。細菌等の微生物が多糖体で覆われたまま固まって形成されているため、その中の細菌等の増殖に良い環境となる。そのため、殺菌剤に対する耐性がもたらされると考えられている。

小澤ら(2003)は、集合住宅、学校、公共施設などの簡易専用水道の34箇所の受水槽内の壁面の汚れを採取し、微生物に関する調査を行った。その結果、受水槽内の有効塩素濃度が水質基準を満たしているにも関わらず、調査した34箇所の受水槽のうち29箇所の試料から微生物が検出された。同定された微生物は、ムコイド生成菌を含む細菌8種、真菌7種であった。いずれもいわゆる水場から検出される微生物とほぼ同種類であった。

## 2. 貯水槽の汚染に係わる水の微生物

表2-1に貯水槽の汚染に係わる水の微生物を示す。水系感染症を引き起こす微生物と障害微生物の大きく2つに分類される。障害微生物とは、水に異臭味を与えるもの、濁度や色度を増すもの、スライムを形成するもの、残留塩素を消費するものなど、水質や設備に障害を与える微生物である。貯水槽の水は、河川水や海水と異なり自然の浄化作用がない。そのため、清掃と消毒が衛生管理上最も重要である。

表2-1 貯水槽の汚染に係わる水の微生物 (岩戸ら, 1976; 紀谷ら, 2005)

分類	具体的な微生物	
1. 水系感染症 水系感染症を引き起こす病原性微生物	1) 細菌類	赤痢菌, コレラ菌, エルトールコレラ菌, 腸チフス菌, パラチフス, 腸管出血性大腸菌, レジオネラ属菌
	2) ウイルス類	流行性肝炎ウイルス, 伝染性下痢症ウイルス, ポリオウイルス, コクサッキーウイルス
	3) 原虫	クリプトスポリジウム, ジアルジア, 赤痢アメーバ
2. 障害微生物 水に異臭味を与えるもの, 濁度や色度を増すもの, スライムを形成するもの, 残留塩素を消費するものなど, 水質や設備に障害を与える微生物	1) 細菌類	鉄バクテリア (レプトスリックス, クレノスリックス, スフェロチルス, ガリオネラ, シデロカプサ), 硫酸塩還元菌, 硫黄細菌
	2) 放線菌	直径約 1 $\mu$ の盛んに分枝する隔膜をもたない繊細な菌糸を生じる分裂菌類
	3) 真菌類	藻菌類 (ワタカビ, サプロレグニア, レプトミタス等), 不完全菌類 (チラチリデイウム, フサリウム, アルテルナリア, ペニシリウム, アスペルギルス, トリコデルマ等), 子のう菌
	4) 藻類	藍藻類, 珪藻類, 緑藻類など
	5) 耐塩索性細菌	メチロバクテリウム属菌等

### 3. 貯水槽と水系感染症

貯水槽への混入・汚染リスクに係わる病原微生物としては、主として経口・腸管感染症を引き起こすものがあげられ、「感染症の予防と感染症の患者に対する医療に関する法律（以下、感染症法）」及び感染症法施行規則においては以下のものが該当する。

二類感染症：急性灰白髄炎(ポリオウイルス)

三類感染症：「コレラ」、「細菌性赤痢」、「腸管出血性大腸菌感染症」、「腸チフス」及び「パラチフス」(すべて細菌感染症)

四類感染症：「A型肝炎」(A型肝炎ウイルス)、「レジオネラ症」(レジオネラ属菌)

五類感染症：「感染性胃腸炎」(ウイルス性胃腸炎、三類感染症以外の細菌性胃腸炎など)、「アメーバ赤痢」(赤痢アメーバ原虫)、「咽頭結膜熱」(アデノウイルス)、「ジアルジア症」(ジアルジア原虫)、クリプトスポリジウム症(クリプトスポリジウム原虫)

これらが貯水槽を汚染するルートとしては「保因者」、「保有動物」、「保有昆虫」、「汚水混入」があげられる。動物や昆虫に対してはいわゆるペスト・コントロールを実行することで、汚染リスクは著しく減少する。汚水混入についてはこれまで細菌性赤痢やノロウイルス性感染性胃腸炎、クリプトスポリジウム症などが事例として散見されたが、汚水管理の徹底や施設・システムの見直しにより、このリスクも軽減されてきた。

保因者による貯水槽汚染及び感染事故については確認されていないが、「汚水混入」によるケースを踏まえた場合可能性は否定できない。また、上記感染症法による二類および三類感染症については法律上の就業規制が適用可能であるが、四類及び五類感染症に関しては、各事業主にゆだねられることになる。その際には、食品加工従事者に準ずる頻回な便検査などは必要となるかもしれない。特に、近年冬季に流行するウイルス性胃腸炎や腸管出血性大腸菌、一部のサルモネラ菌感染症などは少量の病原体(数 10～数 100/body)で、感染・発症が成立するので、注意が必要である。

したがって、こうした水系感染症の基礎知識、特に流行時期、感染ルート、症状などについて、清掃作業従事者はもちろん、監督者も正しく理解するとともに健康管理等への配慮が必要である。例えばノロウイルス感染症や腸管出血性大腸菌感染症、アデノウイルス感染症は保育児童や小・中学生での集団発生例が多く、前2項については家庭内感染も高率で発生するといった知識をもつことで、作業員自身の体調管理はもちろんその家族内での健康管理にも生かすことができるであろう。また、現行推奨されている「健康診断」について、目的はあるものの項目等についてはあいまいである。少なくとも食品加工従事者と同様のチフス・赤痢・寄生虫卵検査といった基本的な糞便検査とともに、塩素ガスなどの暴露を踏まえた、特定有害物質を取り扱う者のための健康診断の受診も有効と考える。多少の体調不良でも「消毒をするから大丈夫」という考えは水の安全を考える上で、リスクを招く第一要因ということを常に認識しなくてはならない。

そして、総括的な作業員の健康管理とサーベイ、情報提供を目的とした「健康情報ネット」のようなシステムを将来に向けて準備することで、事業者や作業員への意識啓発などもより潤滑に推進できるものと考えている。

#### 4. 貯水槽における汚泥や微生物汚染に関する調査事例

貯水槽における汚染の実態について文献調査した結果を表2-2に示す。1979年以降、沈殿物や微生物の調査が行われてきた。

表2-2 貯水槽における汚泥や微生物汚染に関する調査結果の一覧

調査時期	汚染の概要	出典
1979年～ 1980年	神奈川県内の58の貯水槽の沈殿物を調査した。その結果、貯水槽の沈殿物の主成分は鉄化合物であった。 <u>コンクリート、小石、砂、木片、神、塗料片等の異物の存在するものがあり、特にコンクリート、小石、砂等が高置水槽に比べて地下受水槽に多く観察された。鉄製の高置水槽は鉄の割合が多く錆が発生しやすい。FRP製の高置水槽には外観が灰緑色や暗緑色のものがあり、藻の発生等の有機性物質の存在が考えられた。</u>	長谷川ら(1980)
1980年頃 (推定)	神奈川県内の受水槽の洗浄水76件と高置水槽の洗浄水64件について、一般細菌、大腸菌群、かびの調査を実施した。その結果、高置水槽の方が汚染の程度がやや大きかった。優先かびとしては、 <i>Cladosporium</i> , <i>Aspergillus</i> , <i>Penicillium</i> , <i>Trichoderma</i> , <i>Fusarium</i> が認められた。また、 <i>A. versicolor</i> が140件中13件(9.3%)から分離された。	高橋ら(1981)
1980年	神奈川県で47件の受水槽、43件の高置水槽の藻類を調査した。高置水槽43件のうち34件がFRP製で、そのうち9件で藻類が発生していた。藻類の種類は、藍藻(Cyanophyceae)11種、珪藻(Bacillariophyceae)4種であった。藍藻では <i>Aphanosapsa biformis</i> , <i>Phormidium foveolarum</i> , <i>P. luridum</i> が同定された。珪藻では、 <i>Ashnanthes</i> 属3種と <i>Nitzschia palea</i> であった。	綿貫ら(1984, 1986)
1983年～ 1986年	藻が発生している貯水槽は、光透過性の大きい水槽で、日当たりの良い場所に設置されたFRP製高置水槽。残留塩素が十分検出される水槽でも藻の発生がみられる。清掃後1年以内の水槽でも藻の発生がみられる。発見された藻類は、緑藻類の <i>Coccomyxa</i> , <i>Chlamydomonas</i> , 藍藻類の <i>Oscillatoria</i> , <i>Phormidium</i> , <i>Synechococcus</i> , 珪藻類の <i>Achnanthes</i> で、いずれも耐塩素性のある藻類であった。	原田(1987) 村瀬(1988)

表 2-2 (続き)

調査時期	汚染の概要	出典
1985年～ 1986年	別府市のホテル街に所在するビルの高置水槽でダニの調査を行った。イエニクダニ、ケナガコダニ、ヤケチリダニ、ホコリダニの1種が見つかった。これらのダニは、高置水槽の水位変動に伴う大気の吸排気によって高置槽内に侵入したと推測された。	菊屋(1986)
1985年～ 1986年	都内のタンク水 500 件について細菌調査を実施した。これらのうち一般細菌と大腸菌群は検出されず、水道法水質基準に適合していた。しかしながら、基準値以上に残留塩素が存在するにも関わらず、355 件の試料からさまざまな従属栄養細菌が検出された。検出率が 20%を超えた細菌は、 <i>Protomonas</i> , <i>Pseudomonas</i> , <i>Flavobacterium</i> , <i>Xanthomonas</i> , <i>Corynebacterium</i> であった。	古畑ら(1989)
1985年～ 1987年	調査した 431 件の受水槽、424 件の高置水槽のうち、異物や沈積物等が維持管理上不適と判断されたのは、それぞれ 25.8%, 24.8% であった。	山口ら(1987)
1988年	受水槽 31 件、高置水槽 9 件における藻類の実態を調査した。受水槽 (FRP18 件、RC モルタル 9 件、RC ライニング 4 件) のクロロフィル検出率は、保有水、壁面、底面で 75～100%の間であった。 <u>RC モルタルのクロロフィル検出率が 100%であり、粗面なため比較的汚れやすいと考えられた。検鏡されたのは珪藻類のみであった。受水槽の材質の光透過率が低いため、緑藻や藍藻類は発生しなかったと考えられた。</u>	木村(1988)
1989年	FRP 製の受水槽 8 件、高置水槽 6 件における藻類の実態を調査した。すべての槽でクロロフィルが検出された。また、クロロフィルの分解物であるフェオ色素は、それぞれ 37.5%, 33%の検出率であった。	木村(1989)
1999年	都内のマンションにおいて、貯水槽清掃時に細菌汚染の状況を調査した。その結果、わずかではあるが、 <u>ブドウ球菌、緑膿菌、枯草菌</u> などが主に底面から検出された。	財団法人ビル管理教育センター (2000) 杉山ら(2000)
2002年頃 (推定)	集合住宅、学校、公共施設などの簡易専用水道受水槽 34 件の槽内壁面を調査した。受水槽内の有効塩素濃度が水質基準を満たしているにも関わらず、29 箇所の試料から微生物が検出された。同定された微生物は、 <u>ムコイド生成菌を含む細菌 8 種、真菌 7 種</u> であった。いずれもいわゆる水場から検出される微生物とほぼ同種類であった。	小澤ら(2003)



長谷川ら(1980)が1979年から1980年にかけて行った調査では、貯水槽内の沈殿物として、コンクリートや砂などの異物が観察されていた。また、鉄製の高置水槽からは錆が発生しやすいことが示唆されていた。さらに、ガラス繊維で強化された樹脂であるFRP(fiber-reinforced plastic)製の高置水槽では、藻の発生等の有機性物質の存在が示唆されていた。

FRPは、コンクリートや鉄に比べて光透過率が高い。そのため藻の光合成を促進し、藻が増殖しやすくなる。日当たりの良い場所に設置されたFRP製の高置水槽では、藻の発生が多く観察されていた(原田, 1987; 村瀬, 1988)。また、これらの藻類は、塩素消毒がなされた貯水槽の水で増殖しており、耐塩素性のあるものであった。従って、貯水槽内で通常は十分とされる残留塩素量では藻類を必ずしも死滅できない。また、清掃しても1年以内に藻が発生する場合のあることが観察されていた(原田, 1987; 村瀬, 1988)。

社団法人強化プラスチック協会が主催した調査研究によると、FRP製貯水槽の光透過性に関しては、藻類の増殖限界内に照度を抑えるため、水槽内の照度率(槽内照度/槽外照度×100%)を0.1%以下にすることが有効とされている(紀谷, 2005)。社団法人強化プラスチック協会は、この照度率を製品基準として定めた「FRP製水槽藻類増殖防止のための製品基準: FRPS-WT-001-86」を1986年に作成し、検査に合格した水槽には「水槽照度率: 基準適合」が表示されている。そこで各メーカーは、その基準に従って貯水槽を製造している。

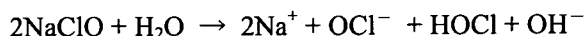
木村(1988)の調査によると、RCモルタル製の貯水槽では、槽壁面が粗面なため比較的汚れやすく、藻類等による汚染が生じやすいことが示唆されている。そのため、RC構造におけるライニングの実施、貯水槽の清掃回数の増加、給水管内部の定期清掃を勧告している。また、田崎(1985)によると、FRP製タンクで槽壁内の表面が粗雑なタンクは、凹部に侵入して付着した藻類の除去は、圧力水による洗浄だけでは十分ではないことから、タワシやスポンジ等を併用した手作業を実施していると報告している。これらのことから、貯水槽タンク内の藻類の発生防止と除去は貯水槽の衛生管理上の重要課題であり、そのためには貯水槽の清掃と消毒が重要であることがわかる。

その他の微生物に関しては、貯水槽の洗浄水から真菌類(高橋ら, 1981)、高置水槽でダニ類(菊屋, 1986)、都内のタンク水から従属栄養細菌(古畑ら, 1989)、都内のマンションの貯水槽清掃時にブドウ球菌、緑膿菌、枯草菌(杉山ら, 2000)、簡易専用水道の受水槽からムコイド生成菌を含む細菌や真菌類(小澤ら, 2003)が検出されている。

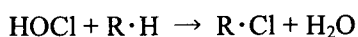
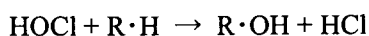
## 5. 次亜塩素酸塩の消毒効果

### 5. 1 次亜塩素酸塩の消毒効果

次亜塩素酸ナトリウム (NaClO) は、水で希釈して使用される。その際の反応式は、以下のようになる。すなわち、次亜塩素酸(HOCl)と次亜塩素酸イオン(OCl<sup>-</sup>)に解離される。



塩素系の消毒剤では、無機化合物、有機化合物を問わず、次亜塩素酸が消毒作用の主体とされている。次亜塩素酸イオンの消毒作用は、次亜塩素酸の数分の1とされている(日本防菌防黴学会, 1986)。次亜塩素酸は、タンパク質である有機物(R·H)に接すると、以下の酸化反応と塩素化反応を生じる。これらの反応によって、微生物のタンパク質を酸化、あるいは塩素化し、微生物を死滅させることができる(太田, 2006)。



次亜塩素酸塩は、広範囲の微生物に対する破壊、殺滅作用力を有している。ウイルス、無孢子細菌、抗酸性細菌、細菌孢子、糸状菌、藻類、原虫類に対して有効に作用する。一般に、有機物が存在しない条件下では、10ppm 以下の低濃度で短時間に微生物を死滅することができる。しかし、細菌孢子やかび孢子は抵抗性が大きい。また、有機物などの存在下では、次亜塩素酸の殺滅作用は著しく低下する。そのため、有効塩素量を 50 倍、100 倍と変化させなければならない(日本防菌防黴学会, 1986)。

図2-1に示すように、pH(水素イオン濃度)に依存して次亜塩素酸と次亜塩素酸イオンの存在比が大きく変化する。従って、pH は次亜塩素酸塩の消毒作用に大きく影響する。

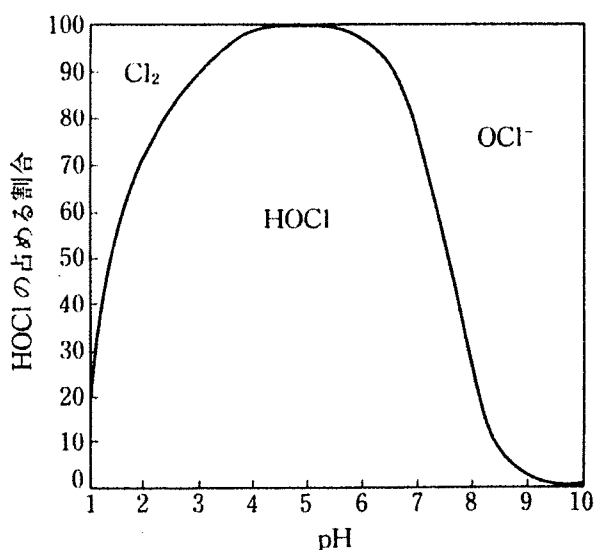


図2-1 遊離有効塩素の存在比と pH の関係 (金子, 1996)

代表的な微生物に対する次亜塩素酸塩の殺滅作用力を表2-3, 図2-2に示す。また, 藻類等の殺菌に必要な標準塩素濃度を表2-4に示す。表2-5には塩素による細菌の不活性化, 表2-6には塩素によるウイルスの不活性化, 表2-7には塩素による原虫シストやオーシストの不活性化を示す。一般的には, 細菌 < ウイルス, フェージ < 原虫シスト, 芽胞の順に塩素に対する抵抗性が高くなる。微生物間に差異が認められる。また, 有機物の存在量が増えるに従って, 次亜塩素酸の殺滅作用は著しく低下する。従って, そのような場合には, さらに有効塩素濃度を増加させる必要がある。

塩素消毒は, スライム発生防止, 除鉄, 除マンガン等の消毒以外の効果がある。水処理施設における前塩素処理は, この効果が利用されている(金子, 1996)。

表2-3 次亜塩素酸塩の殺菌作用力 (日本防菌防黴学会, 1986)

微生物	pH	温度(°C)	有効塩素(ppm)	時間(min)	死滅率(%)
<i>Klebsella pneumonia</i>	7.0	20	0.01	5	99.8
<i>Escherichia coli</i>	7.1	25	1.0	30 s	90.0
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	7.0	20	13.0	15 s	90.0
火落菌	7.0	20	7.5-20	5-10	100.0
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	8.0	20	2	7.5 s	90
<i>Shigella dysenteriae</i>	7.0	20	0.02	5	99.9
<i>Salmonella paratyphi</i>	7.0	20	0.02	5	99.9
<i>Sal. Derby</i>	7.2	20-25	12.5	1.5 s	90
<i>Staph. Aureus</i>	7.0	20	0.07	5	99.8
<i>Streptococcus faecalis</i>	7.5	20-25	0.6	12 s	90
<i>Str. Lactis</i>	8.4	25	6.0	1	100
<i>Lactobacillus plantarum</i>	5.0	25	3.0	15 s	100
<i>Pediococcus cerevisiae</i>	8.5	25	12.0	30 s	100
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	8.4	50-60	50	0.5-2.5	100
<i>Bacillus cereus</i>	6.5	21	50	3	99
<i>B. subtilis</i>	8.0	21	100	60	99
	7.0	20-25	1,000	0.12	90
<i>B. metiens</i>	7.0	20	25	1.8	90
<i>B. macerans</i>	6.5	25	7.5	8	99.99
<i>B. coagulans</i>	6.8	20-25	20	6	90
<i>B. stearothermophilus</i>	6.5	25	200	9	99.99
<i>B. stearothermophilus</i>	7.0	25	2,000	0.78	90
<i>Clostridium sporogenes</i>	8.3	10	5	8.5	90
<i>C. sporogenes PA 3679</i>	6.5	25	6.5	7	99.9
<i>C. botulinum type A</i>	6.5	25	4.5	2	90
<i>C. botulinum type E</i>	6.5	25	4.5	0.9	90
<i>C. perfringens</i>	8.3	10	5	>30	90
<i>C. bifermentans</i>	8.3	10	5	4.5	90
<i>C. histolyticum</i>	8.3	10	5	10	90
<i>C. tertium</i>	8.3	10	5	20	99.9
<i>Aspergillus niger</i> 孢子	5.0	20	10	2	90
<i>Asp. niger</i> 孢子	7.0	20	20	1.3	90

表 2 - 4 藻類および微生物の種類と殺菌に必要な標準塩素濃度

(日本水道協会, 水道施設設計指針・解説(1977)をもとに作成(田崎, 1985; 原田, 1987))

種類	塩素(ppm)	種類	塩素(ppm)		
藍藻	<i>Anabana</i>	0.5-1.0	緑藻類	<i>Ankistrodesmus</i>	
	<i>Microcystis</i>	1.0	<i>Chlamydomonas</i>		
	<i>Aphanizomenon</i>	0.5-1.0	<i>Closterium</i>		
	<i>Oscillatoria</i>	1.2	<i>Coccomyxa</i>	2.5-3.0	
	<i>Phormidium</i>	3.0	<i>Cosmarium</i>	1.5-2.0	
珪藻類	<i>Achnanthes</i>	2.0-3.0	<i>Eudorina</i>		
	<i>Asterionella</i>	0.5	<i>Palmella</i>	2.5-3.0	
	<i>Attheya</i>		<i>Scenedesmus</i>		
	<i>Cyclotella</i>	1.0	<i>Sphaerocystis</i>		
	<i>Fragilaria</i>	2.0	<i>Spirogyra</i>	0.7-1.5	
	<i>Melosira</i>	0.5-2.0	<i>Staurastrum</i>		
	<i>Navicula</i>		<i>Tetraspora</i>	1.0-1.5	
	<i>Nitzschia</i>		<i>Ulothrix</i>		
	<i>Rhizosolenia</i>		<i>Volvox</i>	0.3-1.0	
	<i>Stephanodiscus</i>		<i>Zygnema</i>		
	<i>Synedra</i>	1.0	黄藻類	<i>Dinobryon</i>	0.3-1.0
	<i>Tabellaria</i>	0.3-1.0	<i>Mallomonas</i>		
	渦鞭藻類	<i>Ceratium</i>	0.3-1.0	<i>Synura</i>	0.3-1.0
		<i>Peridinium</i>		<i>Uroglenopsis</i>	0.3-1.0
硫黄バクテリア	<i>Beggiatoa</i>	0.5	鉄バクテリア	<i>Cronothrix</i>	0.5
	<i>Thiothrix</i>	0.5-1.0	ア	<i>Sphaerotilus</i>	0.25
真菌類	<i>Leptomitus</i>				
	<i>Saprolegnia</i>				