

【技術分類】 1 - 7 - 1 単位操作 / 酸化・消毒 / 消毒剤

【技術名称】 1 - 7 - 1 - 1 塩素

【技術内容】

水道法に基く水道法施行規則により、上水中の残留塩素の数値が定められ、さらに厚生労働省通知により「水の消毒は塩素による」と定められており、国内の浄水施設では塩素剤以外での消毒は認められていない。

塩素剤には、液化塩素、次亜塩素酸ナトリウム、次亜塩素酸カルシウム（高度さらし粉を含む）があるが、本項では液化塩素について記述する。

液化塩素は、塩素ガスを液化して容器に充填したものである。塩素ガスは空気より重く、刺激臭のガスであり、毒性が強い。高圧ガス保安法、その他の法律で規制されているので法令を遵守し、取扱いには十分に注意する必要がある。

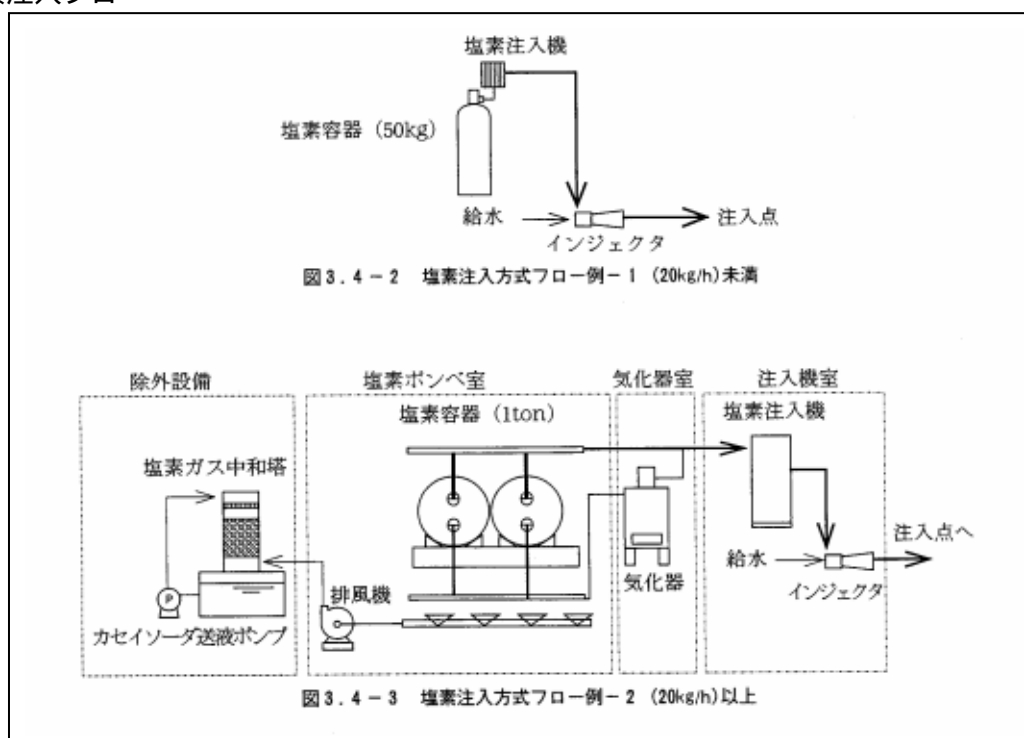
液化塩素中の有効塩素は、ほぼ 100%であるから他の塩素剤に比較して貯蔵容量は少なく済み、また品質は安定している。

液化塩素の注入は、20kg / h 未満では塩素容器から直接塩素注入機で注入でき、一方 20kg / h 以上の施設では気化器が必要となる。

注入装置は容器または気化器から供給される塩素ガスを安全かつ正確に注入する装置で、湿式真空式塩素注入機が一般的である。湿式真空式塩素注入機はインジェクタと圧力調整機構からなり、真空圧力を発生し、真空圧力状態で塩素ガスを計量、制御し、インジェクタ内で圧力水と混合し、塩素水として注入点に送る。インジェクタの給水圧力が低下して機内の真空圧力が正圧になると、自動的に塩素を停止するなどの機能を有している。

【図】

図 塩素注入フロー



出典：浄水技術ガイドライン、2000 年 5 月、浄水技術ガイドライン作成委員会著、財団法人水道技術研究センター発行、152 頁 図 3.4 - 2 塩素注入方式フロー例 - 1 (20kg/h) 未満、図 3.4 - 3 塩素注入方式フロー例 - 2 (20kg/h) 以上

【出典／参考資料】

「水道施設設計指針」、2000 年 3 月 31 日、水道施設設計指針改定委員会著、社団法人日本水道協会発行、268 - 275 頁

「浄水技術ガイドライン」、2000 年 5 月、浄水技術ガイドライン作成委員会著、財団法人水道技術研究センター発行、149 - 152 頁

【技術分類】 1 - 7 - 1 単位操作 / 酸化・消毒 / 消毒剤

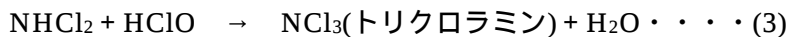
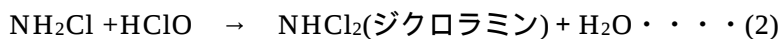
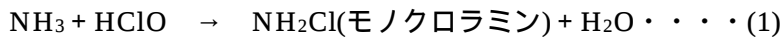
【技術名称】 1 - 7 - 1 - 2 クロラミン

【技術内容】

水中のアンモニア化合物が塩素と反応するとモノクロラミン、ジクロラミン、トリクロラミンが生成する。このなかで、モノクロラミン、ジクロラミンが結合塩素または残留結合塩素と呼ばれ消毒剤となる。

これに対し、塩素を水に溶解して発生する遊離塩素または遊離残留塩素はモノクロラミン、ジクロラミンと比較して 25 倍の殺菌力があるとされる。

クロラミンは水中のアンモニアと塩素の反応により、次式にしたがって生成される。

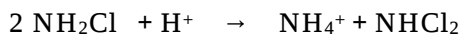


これらの反応は pH の影響を受け、(1)の反応は pH7.5 以上で顕著となり、pH8.3 で最高となる。

pH7 ではモノクロラミンとジクロラミンがほぼ同量できるといわれる。

モノクロラミンの生成(1)式は、pH7~9 では数秒以内に起こり、Cl₂ : N 比が 5 : 1 の時、最も容易に生成される。

ジクロラミンは(2) 式や、次式のモノクロラミンの不均化反応により生じるが、微量の HClO が存在する場合、ジクロラミンの純粋な溶液を作ることが困難で、物性がよく把握されていない点がある。



また、生成されたジクロラミンは複雑な挙動を示すがブレイクポイント付近(Cl₂ : N 比が 7.6 : 1)では単純化し、次式に従って分解する。



【図】

表 無機クロラミンの物性値

項 目	モノクロラミン	ジクロラミン	トリクロラミン
融点	－ 66	§	－40
沸点	+	§	70
臭い	微 臭	刺激臭 ‡	刺激臭 ‡
色	無 色	§	黄 色
(支配的な)pH 範囲	7 - 11	4.4 - 7	<4.4
(支配的な)Cl ₂ : N 比、pH7、25	<5 : 1	5 : 1 - 7.6 : 1	>7.6

高純度、高濃度溶液

+ 室温にて急激と推定される

‡ 0.8mgNHCl₂ / L 以上、または 0.02mgNHCl₂ / L 以上を含む飲料水にて、臭いが検出されると報告されている。

§ 特定されず

出典：浄水技術ガイドライン、2000 年 5 月、浄水技術ガイドライン作成委員会著、財団法人水道技術研究センター発行、158 頁 表 3.4 - 2 無機クロラミンの物性値

【出典 / 参考資料】

「水道施設設計指針」、2000 年 3 月 31 日、水道施設設計指針改定委員会著、社団法人日本水道協会発行、270 頁

「浄水技術ガイドライン」、2000 年 5 月、浄水技術ガイドライン作成委員会著、財団法人水道技術研究センター発行、158 - 159 頁

【技術分類】 1 - 7 - 1 単位操作 / 酸化・消毒 / 消毒剤

【技術名称】 1 - 7 - 1 - 3 次亜塩素酸ナトリウム

【技術内容】

電解法によって自家製造して使用方法もあるが、通常は購入して使用する。

次亜塩素酸ナトリウムは、有効塩素濃度が 5～12%程度の淡黄色の液体で、アルカリ性が強い。濃度の高いものほど不安定で、貯蔵中に有効塩素が減少する。液化塩素に比べ、安全性、取扱い性はよいが、保存中に酸素を放出して気泡が配管やポンプ内に溜り、溶液の流れを阻害することがある。

次亜塩素酸ナトリウム溶液に含まれる食塩分により、一般食塩(12.5%以下)、低食塩(4%以下)、超低食塩(1～2%以下)次亜塩素酸ナトリウムに分類されが、食塩分が多い程、次亜塩素酸ナトリウムは分解されやすいので、水道施設では次亜塩素酸ナトリウムの食塩分は 4%以下が望ましいとされる。

自家製造次亜塩素酸ナトリウムは、隔膜法または無隔膜法により食塩水を電気分解して製造する。有効塩素濃度が 1%以下の薄い溶液であるので、気泡による障害は少ないが、製造設備は複雑となる。

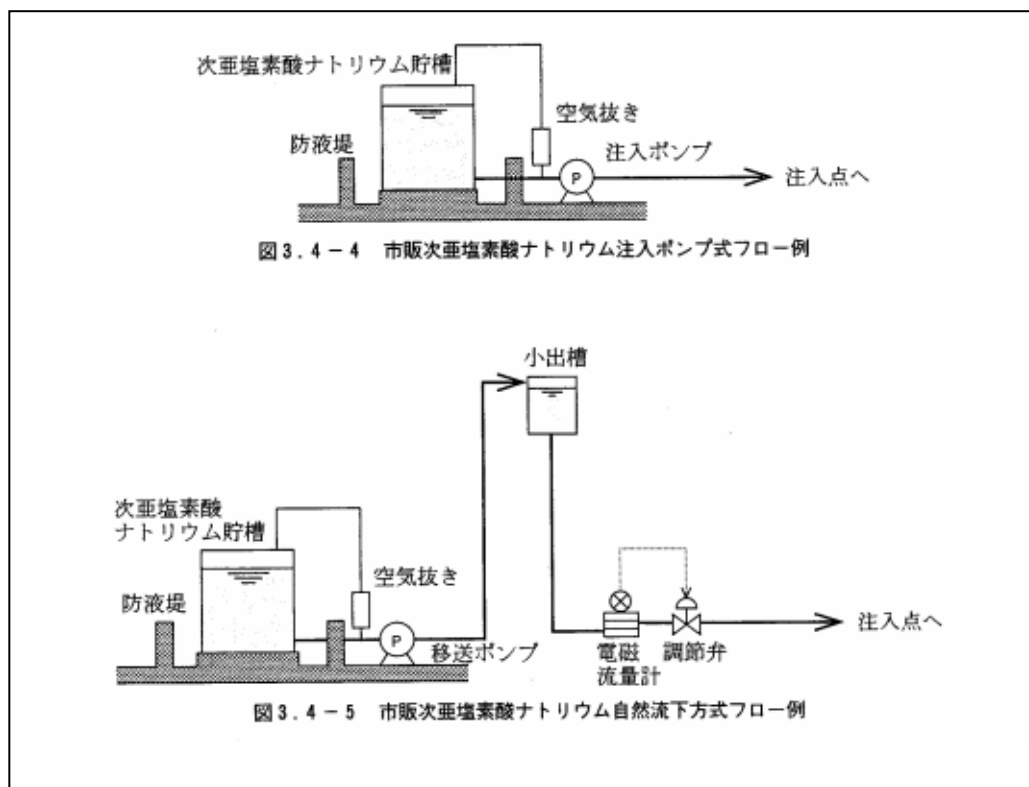
次亜塩素酸ナトリウム溶液の注入方式には、自然流下方式、インジェクタ方式、ポンプ方式がある。

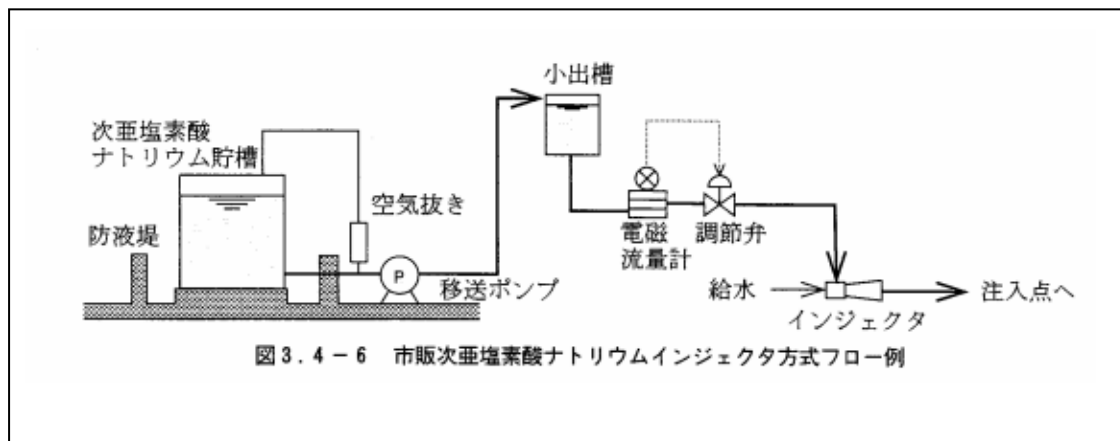
1. 自然流下方式；貯蔵槽又は小出し槽を注入点近辺に設置する。原液注入するため、注入量変更時に対して応答性がよく、注入遅れが少ない。
2. インジェクタ方式；注入機インジェクタに圧力水を供給し、次亜塩素酸ナトリウムと希釈混合して注入点に送液する方式である。注入点での混合効果はよい。
3. ポンプ方式；計量ポンプ(ダイヤフラム式、一軸偏心ネジ式、ギヤ式等)により注入点に送液する方式で、注入量の制御範囲は広い。ポンプの吸い込み側で気泡障害を起こしやすい。

1-11-3-4 次亜塩素酸ナトリウム製造装置（無隔膜・隔膜）参照

【図】

図 次亜塩素酸ナトリウム注入フロー





出典：浄水技術ガイドライン、2000 年 5 月、浄水技術ガイドライン作成委員会著、財団法人水道技術研究センター発行、152 頁 図 3.4 - 4 市販次亜塩素酸ナトリウム注入ポンプ式フロー例、図 3.4 - 5 市販次亜塩素酸ナトリウム自然流下方式フロー例、153 頁 3.4 - 6 市販次亜塩素酸ナトリウムインジェクタ方式フロー例

【出典 / 参考資料】

「水道施設設計指針」、2000 年 3 月 31 日、水道施設設計指針改定委員会著、社団法人日本水道協会発行、268 - 278 頁

「浄水技術ガイドライン」、2000 年 5 月、浄水技術ガイドライン作成委員会著、財団法人水道技術研究センター発行、149 - 154 頁

【技術分類】 1 - 7 - 1 単位操作 / 酸化・消毒 / 消毒剤

【技術名称】 1 - 7 - 1 - 4 二酸化塩素

【技術内容】

二酸化塩素は、欧米諸国においては浄水処理に使用されているにもかかわらず日本では消毒剤として認められていなかったが、「水道施設の技術的基準を定める省令」の施行により使用可能となった。

二酸化塩素は、トリハロメタンが生成しにくい、マンガンの酸化、除去にも使用できる、水中のアンモニアとは反応しない等の特徴がある。しかし、二酸化塩素のみでは規定されている残留塩素の要件を満たすことができないため、最終的に消毒用塩素の注入が不可欠である。

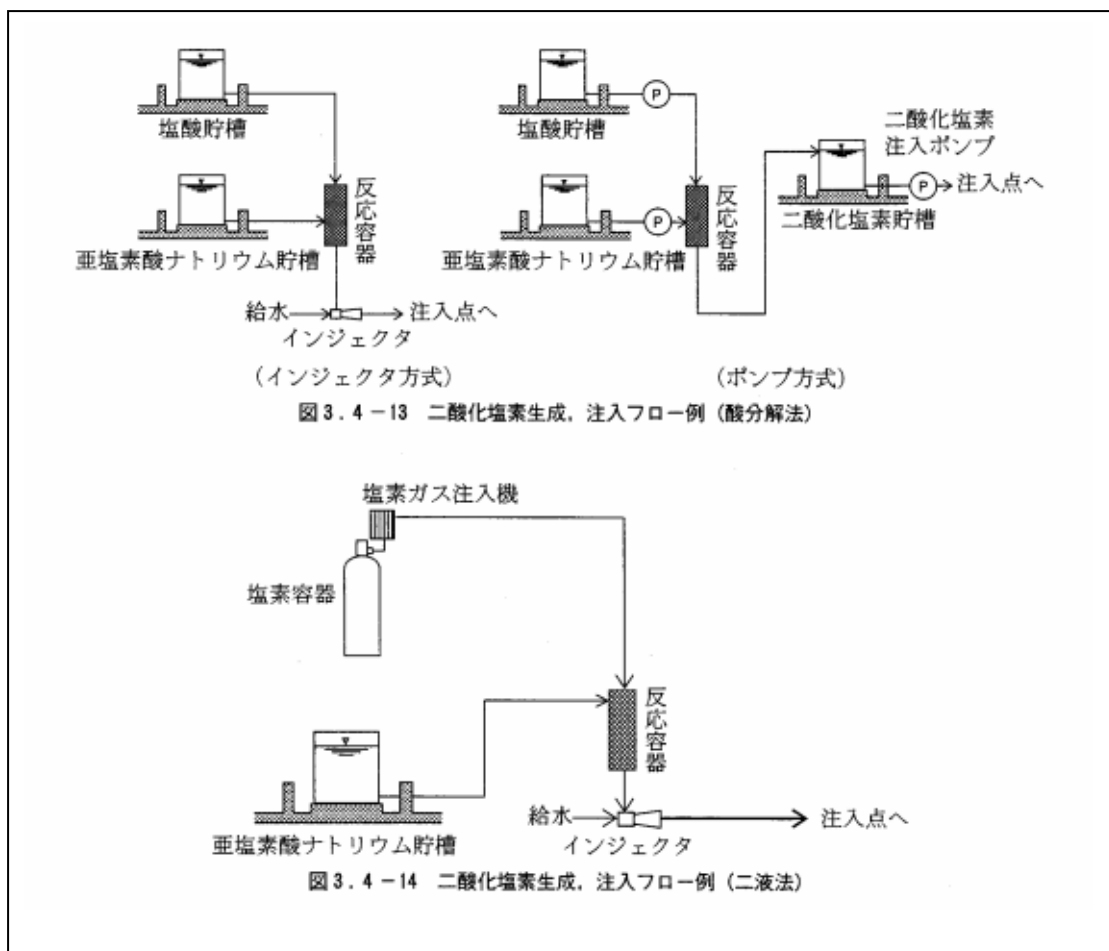
二酸化塩素は常温で刺激臭のある不安定な気体で、爆発の危険性があるが、水への溶解度は塩素の5倍と高く、二酸化塩素は ClO_2 の状態の水溶液中に存在し、強い酸化力がある。二酸化塩素は一般的には浄水場内で生成させるが、その生成方法には亜塩素酸ナトリウムまたは塩素酸ナトリウムを出発原料とする2種類の方法があり次の方式がある。注入方法はポンプまたはインジェクタによる場合が一般的である。

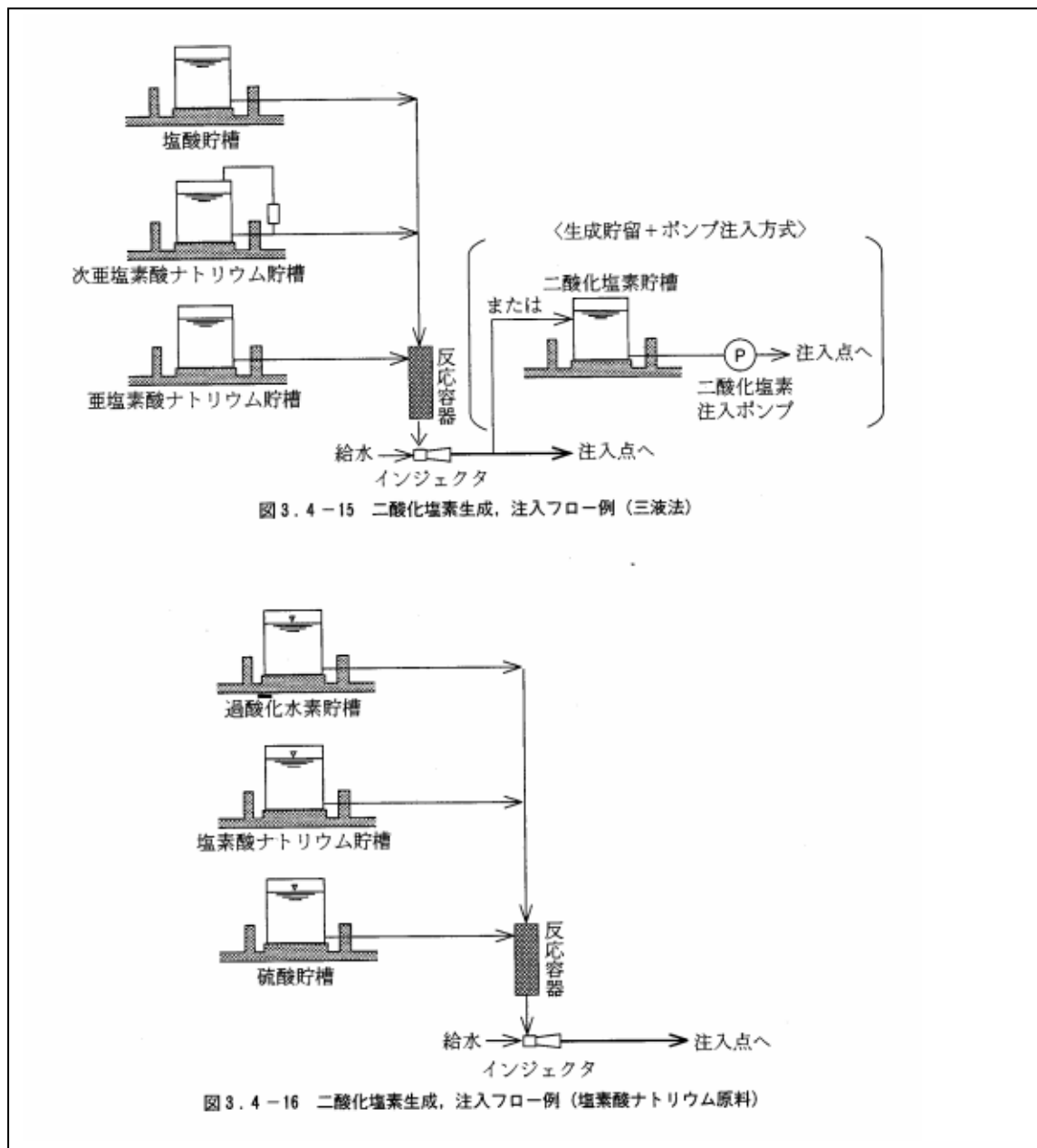
1. 亜塩素酸ナトリウムと塩酸を直接反応させる方法（酸分解法）
2. 亜塩素酸ナトリウムと塩素ガスを使用する方法（二液法）
3. 次亜塩素酸ナトリウムと塩酸、亜塩素酸ナトリウムを使用する方法（三液法）
4. 塩素酸ナトリウムを出発点とする方法（塩素酸法）

注入方法はポンプまたはインジェクタによる場合が一般的である。

【図】

図 二酸化塩素生成、注入フロー





出典：浄水技術ガイドライン、2000 年 5 月、浄水技術ガイドライン作成委員会著、財団法人水道技術研究センター発行、165 頁 図 3.4 - 13 二酸化塩素生成、注入フロー例（酸分解法） 図 3.4 - 14 二酸化塩素生成、注入フロー例（二液法） 166 頁 図 3.4 - 15 二酸化塩素生成、注入フロー例（三液法） 図 3.4 - 16 二酸化塩素生成、注入フロー例（塩素酸ナトリウム原料）

【出典 / 参考資料】

「水道施設設計指針」、2000 年 3 月 31 日、水道施設設計指針改定委員会著、社団法人日本水道協会発行、271 頁

「浄水技術ガイドライン」、2000 年 5 月、浄水技術ガイドライン作成委員会著、財団法人水道技術研究センター発行、162 - 168 頁

【技術分類】 1 - 7 - 1 単位操作 / 酸化・消毒 / 消毒剤

【技術名称】 1 - 7 - 1 - 5 臭素系

【技術内容】

臭素系消毒剤は、BCDMH (1-Bromo-3-chloro-5,5-dimethylhydantoin) を主成分とする固形薬剤である。BCDMH は、2 つのハロゲン原子を有し、酸化作用を有する化合物で、1970 年代に米国で開発された。

従来から合流式下水道雨天時越流水 (CSO) の下水処理水の消毒に用いられている次亜塩素酸ナトリウムは、15～20 分程度の接触時間が必要とされており、接触槽のスペースを確保できないといった問題がある。さらに、アンモニアや SS の高い下水では消毒剤の消費が著しく、多量な薬品注入を伴う可能性がある。

BCDMH の保存期間は、6 ヶ月以上であり (最大で 3 年以上) この期間は有効ハロゲンの低下がなく安定である。

臭素系消毒剤のおもな用途としては、プールやスパ用の消毒剤、冷却塔用・製紙用白水のスライムコントロール剤、家庭台所用のぬめり取り剤などある。

BCDMH は、加水分解によって、ジメチルヒダントイン (DMH) 次亜臭素酸 (HOBr) 次亜塩素酸 (HOCl) を生成する。生成した次亜塩素酸は、臭素イオンの酸化に寄与し、生成された次亜臭素酸が消毒に関与する。

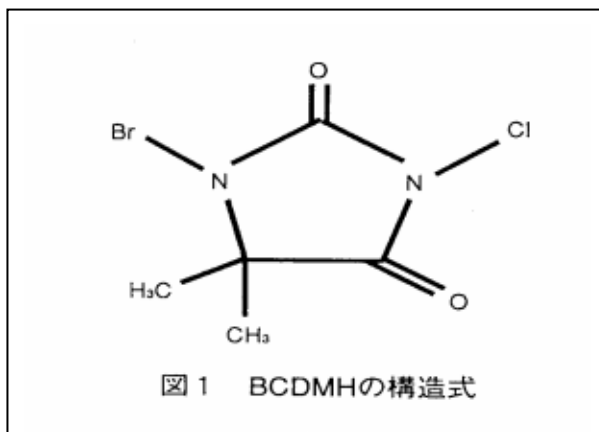
次亜臭素酸の特徴を、次亜塩素酸と比較して示すと以下のとおり。

1. 次亜塩素酸は、pH が 7 を超えるとイオンに解離し、消毒力が低下する。これに対し、次亜臭素酸は同様の条件においても、イオンに解離しにくく、解離しても消毒力が低下しない。
2. 次亜塩素酸は、アンモニアの存在下でクロラミンを生成するため、消毒力が数十分の 1 に低下する。一方、次亜臭素酸はプロモアミンを生成しにくく、またプロモアミン自体の消毒力が次亜臭素酸と同等である。

このことから、BCDMH は pH やアンモニア濃度の変動に影響されず、次亜塩素酸ナトリウムに比べて安定した消毒効果が期待できるとされる。

【図】

図 BCDMH の構造式



出典：臭素系消毒剤による CSO の消毒技術、用水と廃水 Vol.45 No3、2003 年 3 月 1 日、山本央著、株式会社産業用水調査会発行、19 頁 図 1 BCDMH の構造式

【出典 / 参考資料】

「用水と廃水」、2003 年 3 月 1 日、山本央著、株式会社産業用水調査会発行、Vol.45 No3 18 - 23 頁