

# 次亜塩素酸のトリセツ

## ～感染予防の切り札にする ための正しい選択と使い方～

亀田 剛<sup>1)</sup>, 田部井 裕介<sup>2)</sup>, 井川 淳一<sup>3)</sup>



### 1) かめだ たかし

▶日本歯科大学新潟生命歯学部歯科矯正学講座講師, 日本ベッグ矯正歯科学会副理事長 ▶博士(歯学) ▶1991年日本歯科大学歯学部卒業, 95年同大学歯学部大学院歯学研究科修了(歯科矯正学), 同年同大学新潟歯学部歯科矯正学教室助手, 同年明海大学歯学部口腔解剖学第一講座客員研究員, 97年米国ハーバード大学医学部マサチューセッツ総合病院内分泌部門客員講師, 99年日本歯科大学新潟歯学部歯科矯正学講座講師, 2001年同大学新潟歯学部先端研究センター講師, 同年横浜市立大学医学部微生物学教室非常勤講師, 11年より現職 ▶1967年生まれ, 東京都出身 ▶著書(共著):新版 歯科矯正学事典, 成人矯正歯科治療, 他 ▶受賞:2020年日本歯科理工学会論文賞, 21年同企業賞, 他 ▶主研究テーマ:感染予防および衛生管理対策, 歯科用器具・器材・治療方法・患者支援・治療支援デバイスの開発, 他

### 2) たべい ゆうすけ

▶次亜塩素酸化学工業会監事, 聖テクノロジー代表, 東京メディカルテクノロジーズ株式会社テクニカルアドバイザー ▶技術コンサルタント ▶1977年東京農業大学農学部卒業 ▶1955年生まれ, 愛知県出身 ▶業績(主研究テーマ):自治体に対するAED無償導入プログラムの実施(横浜市), 溜池除染システムの提案・導入(福島県), 真空脱水濾過による汚染物質除去システムの開発支援, 次亜塩素酸を用いた畜産用大型脱臭システムの開発・導入支援, バイオマス液体燃料化システム(BTL)の開発支援, 二酸化炭素資源化システムの開発支援, 他

### 3) いがわ じゅんいち

▶医療法人社団清蹊会井川歯科医院院長(東京都練馬区) ▶博士(歯学) ▶日本歯科大学校友会常務理事, 日本歯科大学生命歯学部口腔外科学講座非常勤講師, AHA BLS および ACLS インストラクター ▶1991年日本歯科大学歯学部卒業, 95年同大学歯学部大学院歯学研究科修了(口腔外科学), 96年井川歯科医院勤務, 2005年同院長 ▶1966年生まれ, 東京都出身 ▶著書(共著):HAコーティングインプラント その特性と優位性 ▶主研究テーマ:HAコーティングインプラント

## 要約

新型コロナウイルス感染症(COVID-19)の流行により,一時期,消毒用アルコールが不足した。代替として(独)製品評価技術基盤機構(NITE)により次亜塩素酸水の有効性が報告された。次亜塩素酸水は抗菌スペクトルが広く,安全で経済性の高い除菌剤であり,海外では医療でも広く使用されている。一部の報道が誤解を招き日本の感染予防をガラパゴス化させたが,数々の変異株が出現し長引くコロナ禍の現在,正しい選択と取り扱いにより,次亜塩素酸水を強力な武器にすべきである。

## はじめに

歯科医療は,感染症に対してハイリスクな職種であり,感染予防と衛生管理が極めて重要である。新型コロナウイルス感染症(COVID-19)の流行により,一時期,マスクや消毒液,特に消毒用アルコール(76.9~81.4%エタノール溶液)の品薄が続いた。感染対策・衛生管理には,マスク装着,三密回避,ソーシャルディスタンスの確保による飛沫感染予防,換気の励行による空気(エアロゾル)感染予防(特に変異株),手洗いや手に触れる部位の消毒や除菌による接触感染予防が重要である。

経済産業省の依頼により,2020年春に(独)製品評価技術基盤機構(NITE)が行った代替消毒方法の評価で界面活性剤や次亜塩素酸水の有効性が示された<sup>1)</sup>。次亜塩素酸水は海外で広く消毒剤として使われており,米国環境保護庁(EPA)はCOVID-19に対する有効な殺菌剤の一つとして推奨し<sup>2)</sup>,米国疾病対策予防センター(CDC)は高レベルの殺菌消毒剤と

## キーワード

次亜塩素酸／感染予防／衛生管理

位置付け<sup>3)</sup>、臨床での使用も承認されている<sup>4)</sup>。

## 1. 報道されない国内外の現状と問題 ～なぜ次亜塩素酸なのか？～

COVID-19の流行による海外往来制限やウイルス干渉のほか、感染対策としての手洗い、うがい、マスク装着などを励行した結果、2020～21年にかけてインフルエンザなどの感染症が驚異的に減少した。一方、学校や店舗、家庭などでの手指のアルコール消毒の励行が新たな問題を引き起こしている。

アルコールは、殺菌力は高い（細胞膜に穴をあけて不活性化）が、揮発性や引火性があり、6～7%程度の方が接触アレルギーを持つ<sup>5)</sup>。手指への健康被害は非アルコール系よりも悪化傾向にあり、揮発物の吸引も含め、危険性（特に12歳以下）が指摘されている<sup>6)</sup>。非アルコール系消毒剤は洗い流すことが基本であり、手荒れが出る上に殺菌効果も高くない。最も知られている「石けん」は、固体（pH10前後）よりも液体（pH11前後）のほうが手荒れしやすく、弱酸性のものは洗浄力の強い合成界面活性剤を使用するため皮膚を傷つけやすい。亜塩素酸水（ $\text{HClO}_2$ ：殺菌成分は二酸化塩素  $\text{ClO}_2$ ）についてはコスト面も含めて、次亜塩素酸水の適切な使用のほうが得策であろう。

日本発祥の次亜塩素酸水は経済的で効果が高い上に手荒れを起こしにくく、広く海外で使われている<sup>7)</sup>。国内では一部の報道が誤解を招き、日本の感染予防をガラパゴス化させてしまった。数々の強力な変異株が出現し世界的に長引くコロナ禍の中、次亜塩素酸水を正しく理解し適切に使用して、早急に感染予防に尽力すべきである。

## 2. 次亜塩素酸の基礎知識とその問題点

### 1) 次亜塩素酸水と次亜塩素酸ナトリウムは別モノである

次亜塩素酸水と次亜塩素酸ナトリウムは混同されやすい。次亜塩素酸水を次亜塩素酸ナトリウム溶液の一部、次亜塩素酸ナトリウム溶液を次亜塩素酸と記載することがあるためである。確かに次亜塩素酸ナトリウ

ム溶液も強酸性電解水も pH 調整すると、同一 pH で同一 UV スペクトルを示す<sup>8)</sup>。しかし、次亜塩素酸水と次亜塩素酸ナトリウムは pH も溶液の動態も大きく異なる。

「次亜塩素酸ナトリウム溶液」は強アルカリ性（pH 9～12）で、「家庭用漂白剤」として使用され、塩素臭が強く、油污れや皮脂などを強力に分解するため、使用時にゴム手袋の着用が必須である。次亜塩素酸としての殺菌能は低い（ほぼ次亜塩素酸イオン  $\text{ClO}^-$  のため）が、強アルカリ性によるタンパクや脂質の分解も含めた殺菌能はそれなりに高い（生体為害性も高い）（図1）。

一方、「次亜塩素酸水（生成方法は問わない）」は酸性～中性（ $\leq \text{pH}7.5$ ）を示し、アルコールよりも抗菌スペクトルが広く、耐性菌の報告もない。また塩素臭も少なく、手荒れもほとんど起こさず、万が一誤飲しても全身や臓器に問題が出ない<sup>9)</sup>。殺菌能と消臭効果も高く、海外では広く空間噴霧に使用される<sup>10)</sup>。日本では、用時生成した次亜塩素酸水に空気を通す空気洗浄タイプのみが容認されている。

感染力の強い変異株が出現し COVID-19の空気感染が明らかになった現在<sup>11)</sup>、減少傾向にはあるがクラスター発生の危険性のある医療機関や福祉施設では、換気の励行のみならず空間噴霧（空気洗浄を含む）の導入が必要になるであろう。為害性の問題から、アルコールも非アルコール系消毒剤も次亜塩素酸ナトリウムも空間噴霧には使用できない。使用の可能性があるものは次亜塩素酸水のみである<sup>12)</sup>。そのためには、用時生成と水道水質基準51項目のクリア（＝食品製造用水（飲用適の水））、そして器具・器材や備品に錆や腐食を起こさないことが重要なポイントになる。

### 2) 殺菌力は有効塩素濃度と pH で決まる…… のは劣化していない場合のみ

次亜塩素酸は pH により異なる動態を示し、それに伴い殺菌能（殺菌のスピード）も変わる。次亜塩素酸（ $\text{pK}_a=7.53$ ）は、 $\text{pH}7.5$ で  $\text{HOCl} : \text{ClO}^- = 1 : 1$  となる。 $\text{pH}5$  付近ではほぼ  $\text{HOCl}$  になるが、 $\text{pH}4$  以下になると有毒な塩素ガスを発生する。 $\text{HOCl}$  は有機物を酸化（＝殺菌作用）して自身を分解し、窒素化合物（アンモニ

アなど)が存在するとそれらと結合して結合塩素(クロラミン類)となり、殺菌力が著しく低下する。殺菌能は、HOCl(100とする) >> ClO<sup>-</sup>(約1.3) >モノクロラミン等の結合塩素(約0.3)となる。例えば、pH8.5の次亜塩素酸溶液の90%はClO<sup>-</sup>であり、その殺菌力は同濃度のpH6のもの(95%以上がHOCl)の約1/9になる。つまり、殺菌力は溶液中のHOClとClO<sup>-</sup>の存在比率で決まる。生成後は、劣化とともに

次亜塩素酸は分解され、強酸の塩酸や塩素酸などに変化しpHも殺菌力も低下する。そのため、溶液のpHそのものだけで殺菌力は判断できない(図1)。劣化に伴う溶液の実際の動態や効力の把握には、成分分析や殺菌能テストが必要となる。

いずれにしても、生成後は劣化する前に速やかに使用すべきである。

### 3) 容器詰め次亜塩素酸水の問題点

消費者庁の厳しいチェックもあり、いい加減な容器詰め製品は減った。容器詰めのは多くは2液混合型であり、イオン交換型、電解型や炭酸混合型は少数派である(図2)。次亜塩素酸水は光(主に紫外線)や温度(高温)で劣化が加速し、その程度は保管状態や生成方法で異なる(図3)。容器詰めでは、イオン交換型と2液混合型が比較的劣化しにくい。冷暗所保管が基本であるが、5~10℃以下では殺菌能が発揮されにくい。

保存性が高い消毒用アルコールも光や温度などで劣化する(図3)。密閉容器に入れておいたアルコールワッテ(75%エタノール)が21日後に47%であったと報告されている<sup>13)</sup>。きちんとしたものを正しく保管・使用しなくては、有効な効能は引き出せない。この傾向は次亜塩素酸水でより顕著であり、取り扱いには注意を要する。使用前には残留塩素濃度とpHの計測が必須となる。

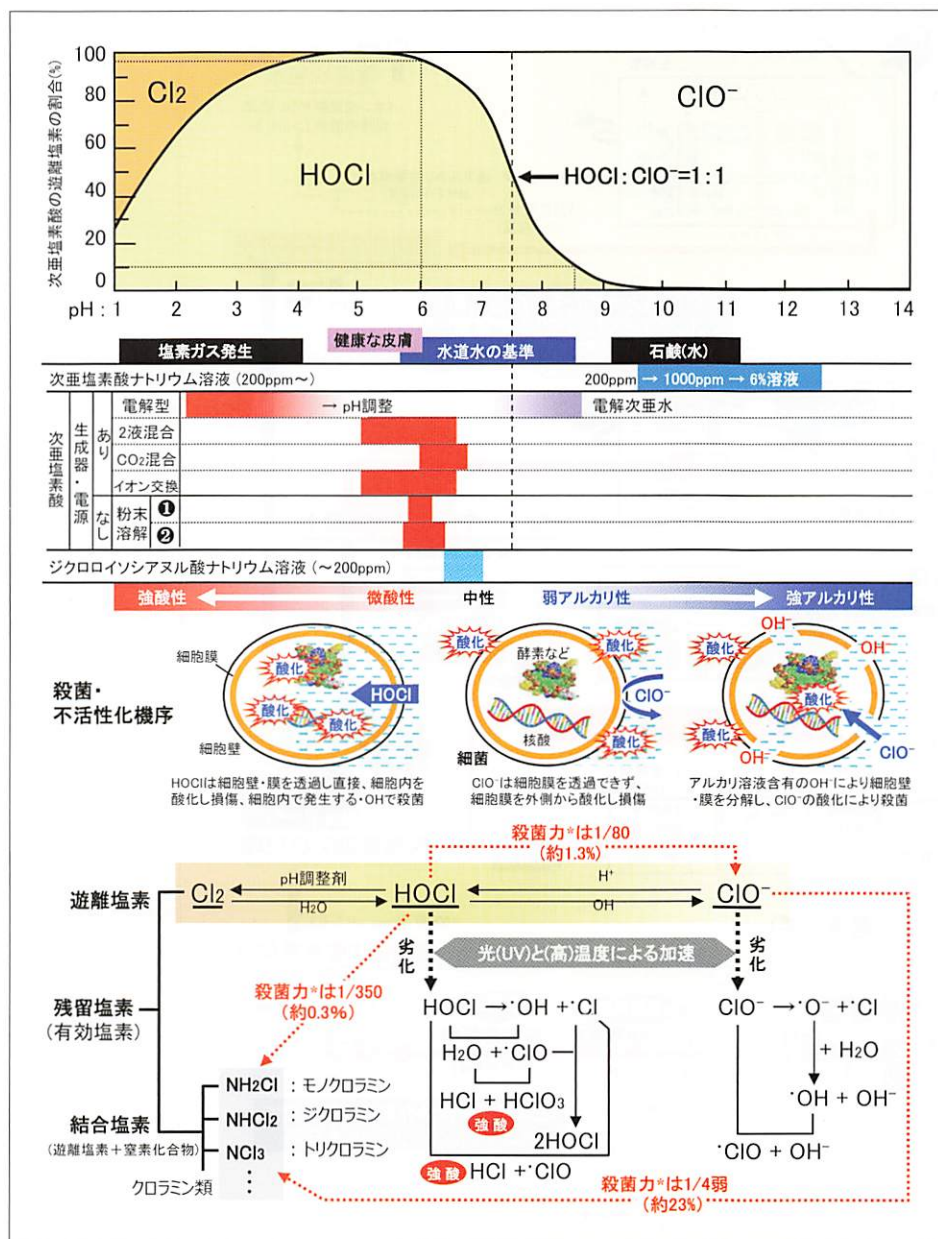


図1 次亜塩素酸のpHと殺菌機序およびその動態  
次亜塩素酸水の生成方法に関しては、本稿「3. 次亜塩素酸水のパフォーマンスを最大限に発揮させるために 1) 次亜塩素酸水の生成方法」および図2を参照のこと。

\*殺菌力=殺菌のスピード

### 3. 次亜塩素酸水のパフォーマンスを最大限に発揮させるために

#### 1) 次亜塩素酸水の生成方法

人の命を扱う医療現場では、スペックを確実に担保できるオンサイト（その場）でオンデマンド（用時）生成するのが安全・安心かつ経済的である。生成方法

は、生成器の有無で大きく分類され、さらに細分化される（図2）。

#### (1) 生成器を使用する方法（電源必須）

##### ①電解（電気分解）型

電解型は、水道水に食塩（または塩酸：あまり使用されていない）を電解助剤として加えた溶液を電気分

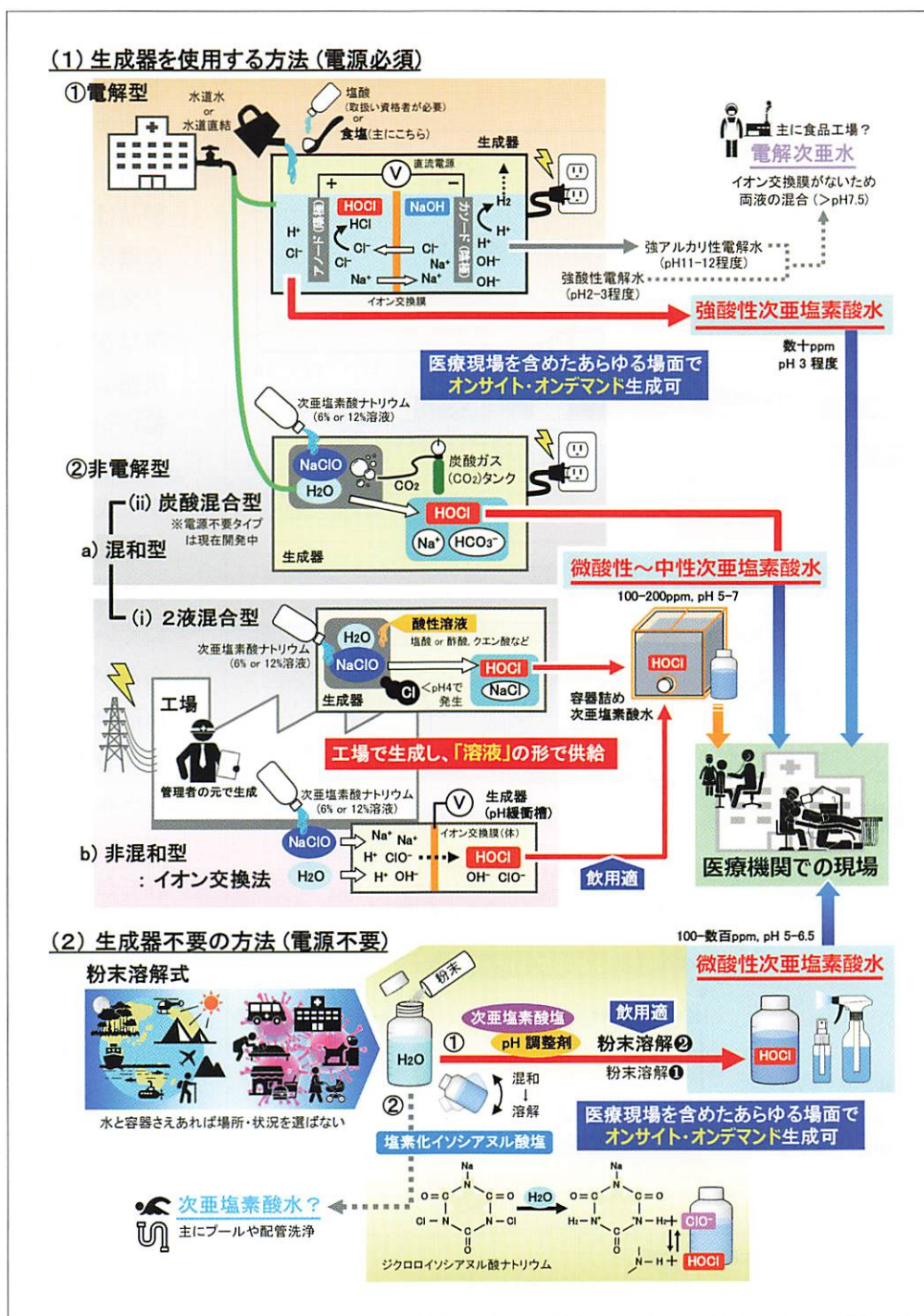


図2 次亜塩素酸の生成方法

解するものである。タンク（貯水、バッチ）型と水道直結（連続流水）型があり、アノード（正極）側に強酸性水として次亜塩素酸が生成される(図2(1)①)。pHは2~3程度、塩素濃度は20~80ppm程度となる。アノード槽とカソード槽の間にはイオン交換膜(槽数は膜数による)を、通電には白金または酸化イリジウムを被覆したチタン電極を使用する。電解型は温度や光に対して劣化しやすく(図3)、保管に適さない。強酸性のためか、塩素濃度が低い割には金属に錆が出やすい(図4)。医療現場では生成器を設置して強酸性電解水をオンデマンド生成して使用する。高濃度への対応は難しいが、低pHによる塩素ガス発生は低濃度のために少なく済む。

イオン交換膜なしで単純に食塩水を電気分解する電解次亜水(> pH7.5)は簡便で高濃度に対応できるが、酸性水とアルカリ水を分離できず、殺菌能が低く医療現場には向かない。pHを基準内(5.8~8.6)に合わせたものの中には水道水の水質基準をクリアしたものもある。用時生成した殺菌能のある水で大量に洗い流すという意味で、食品工場で使用される。

②非電解型

a) 混和型

(i) 2液混合型

次亜塩素酸ナトリウム溶液に酸性物質(塩酸、酢酸、クエン酸など)を混合し、pHを微酸性から中性

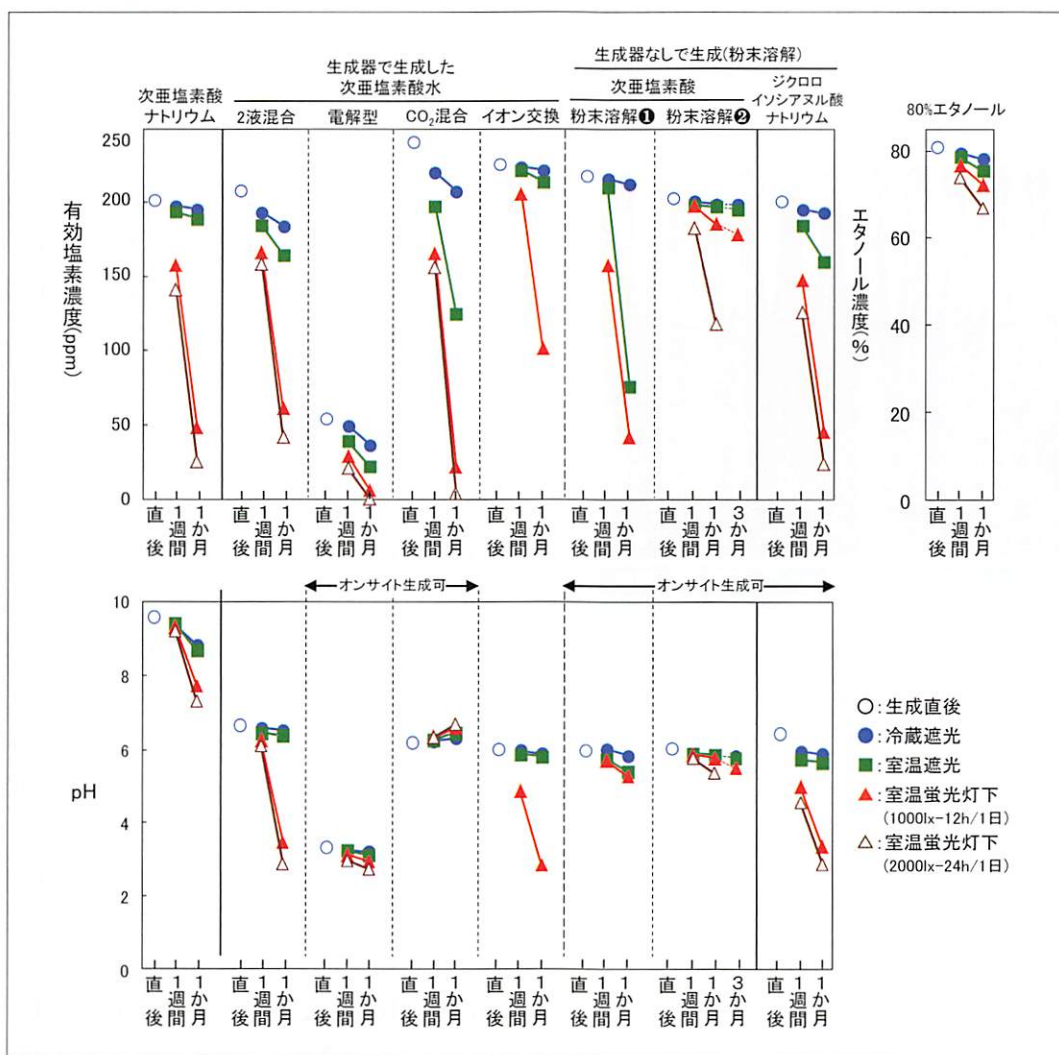


図3 次亜塩素酸とエタノールの保管条件と経時的劣化  
 溶液はそれぞれ15ml チューブに12ml 入れ、きっちり蓋をして室温は22℃、冷蔵は4℃にて保管(1日1分間、蓋を解放)。エタノール溶液は有機溶媒であるため、pHは計測不能。

に調整したものである (図2 (1) ② a) (i))。高濃度 (>数百 ppm) に対応できるが、酸性物質の混合による過剰な pH の低下は塩素ガスを発生させ死亡事故につながる (= 「混ぜるな危険」)。管理者のいる工場での生成が基本であり、患者のいる医療機関でのオンサイト生成には適さない。温度や光に対する劣化は比較的軽度な部類である (図3)。金属に錆は出やすい (図4)。混合する酸性物質により劣化が異なるので注意が必要である。容器詰めでの供給となる。

### (ii) 炭酸 (CO<sub>2</sub>) 混合型

生成器を水道に直結し、次亜塩素酸ナトリウム溶液を希釈しながら、ボンベから供給される CO<sub>2</sub> で pH 調整するものである (図2 (1) ② a) (ii))。高濃度にも対応でき、供給速度も速い (>数 L/分) が、

ボンベ圧のチェックと調整・交換は必要である。水圧や水質によっては使用できない。また、基本的に要電源であるが、現在開発中のものには中規模の飲食関係や小～中規模の食品工場向けの、水道の水圧を利用した電源不要タイプの生成器がある。気体での pH 調整のため、過剰な pH の低下は起こらないが、生成された次亜塩素酸水は、温度や光に対して比較的劣化しやすく運搬にも保管にも適さない (図3)。生成器使用タイプの中では、錆はやや少ないほうである (図4)。現場に設置した生成器で生成した次亜塩素酸水のうち、食品の殺菌料として認められているのは、電解型と炭酸混合型および2液混合型 (管理者が必要) である。中でも炭酸混合型は高濃度への対応が可能で、医療現場に必要な安全性も備えている。

### b) 非混和型：イオン交換による生成方法 (図2 (1) ② b))

次亜塩素酸ナトリウム溶液をイオン交換膜に通して、ナトリウムイオンを可及的に除去するタイプで、pH 調整剤を使用しないために純度が高く、高濃度への対応も可能である。NITE が消毒効果のあるとする有効塩素濃度35ppm 以上<sup>1)</sup> において水道水質基準をクリアしているもの (= 飲用適) もある。遮光状態では比較的劣化しにくい (図3)。酸化力が強く殺菌能も高い (後述の表1) 反面、金属に錆や腐食が出やすい (図4)。専用の生成装置が必要であり、容器詰めとして供給される。

### (2) 生成器不要の方法 (電源不要)

粉末溶解式であり、次亜塩素酸塩 + pH 調整剤もしくは塩素化イソシアヌル酸塩の粉末や錠剤を水 (水道水) に溶かすものである。高温多湿と直射日光を避ければ溶解前の粉末は長期間室温保管でき、保管場所に困らない。また、時間と場所、状況を選ばず必要量をオンサイトでオンデマンド生成 (高濃度対応可) するため、常にフレッシュなものを使用できる。

前者 (図2 (2) ①) の次亜塩素酸塩 + pH 調整剤には、既販の①と、最近製品化された新開発の②がある。①も②もその生成物は副産物も含めて食品添加物であり、過剰な pH 低下も起こらない。②で生成した



図4 歯科用切削スチールバー (炭素鋼製) の錆発生テスト  
歯科用切削スチールバー (ELA スチールバー CA 6, 松風) に対して、各溶液中に15分浸漬→蒸留水で水洗→30分自然乾燥を10回繰り返した (合計浸漬時間: 2時間30分)。

もの (50ppm 以下) は水道水質基準 51 項目をクリアしている (飲用適)。また, ② は超硬水 (硬度 > 1,500mg/L) でも問題なく生成でき, 世界中どこでも簡単に次亜塩素酸水を手に入れることができる。① の次亜塩素酸水 (室温保管) は経時的に大幅に有効塩素濃度が低下したが, ② ではあらゆる条件下で劣化が少なかった (図 3)。

歯科用切削スチールバー (炭素鋼製) を用いた錆発生テストでは, ① は大量に錆を発生させたが, ② は蒸留水よりも錆が少なかった (図 4)。よりシビアな条件 (8 時間浸漬) においても同様であった (図 5A)。また, ② を 8 か月間連続使用したスプレーヘッドの金属バネにおいても錆は認められなかった (図 5B)。他の金属についても, 錆, 変色, 腐食を確認できなかった。このことは金属を含む器具・器材などに問題なく使用できることを示す。銅系金属での結果は電子機器への使用において重要である (図 5C)。空気洗浄としては, 高濃度の 100ppm の② を通風気化式加湿装置にセットし 1 か月連続稼働させたが, 装置に錆や

腐食は認められなかった。また, ② で生成した溶液を室温非遮光下で 1 か月放置した後に殺菌能を調べたところ, 十分な殺菌能を示した (図 6, 表 1)。様々な器具・機器を使う医療・介護現場では, 劣化しにくく錆や腐食を起こしにくい② が最適な選択となる。

後者 (図 2 (2) ②) の塩素化イソシアヌル酸塩 (主にジクロロイソシアヌル酸ナトリウム) は窒素を含む有機塩素化合物であり, 殺菌特性はシアヌル酸 ( $C_3H_3N_3O_3$ ) の影響により遅行型であり, 速効型の「次亜塩素酸水」よりも低い (図 1, 表 1)。NITE の報告書では, 新型コロナウイルスに有効な次亜塩素酸水の有効塩素濃度は 35ppm 以上, ジクロロイソシアヌル酸ナトリウムでは 100ppm 以上とされている<sup>1)</sup>。毒性は低い, 動物実験でいくつかの臓器への影響が報告されている。光 (紫外線) に強くプールの塩素処理などに使用されるが, 我々のテストでは錆を大量に発生させ, イオン交換型や 2 液混合型の次亜塩素酸水よりも光で劣化した (図 3, 4)。塩素臭がかなり強いことも含め, 医療や介護現場での使用は推奨しかねる。



図5 粉末溶解②を用いた錆・腐食発生テストと実際

- A: 歯科用切削スチールバー (ELA スチールバー CA 6) を, 粉末溶解②の溶液 (210ppm, pH6.3) 中に 8 時間浸漬 (4 本 / 40mL) し, その後有効塩素濃度と pH の変化を測定した。
- B: 粉末溶解②の溶液 (210 ~ 240ppm, pH5.8 ~ 6.3) を 8 か月連続で使用したスプレーヘッドとそのバネ。構造上, バネは溶液に常に晒された状態になっている。
- C: 純銅 (ねじ) と真鍮 (電子顕微鏡用試料台) を, 飲用適のイオン交換型次亜塩素酸水 (210ppm, pH6.0) と粉末溶解②の溶液 (210ppm, pH6.3) に 3 時間浸漬した。

## 2) 医療現場で使用するための保管方法

生成された次亜塩素酸水は、その生成方法にかかわらず化学的には全く同じもの<sup>8)</sup>であるが、副産物と保管条件による経時的な劣化は大きく異なる(図3)。その反面、蒸発しやすい状況(高温や容器内の残量が極少量など)では劣化が加速化される傾向にある。

いずれにしても、次亜塩素酸水の使用に際しての留意点としては、

- ・オンサイト(その場)でオンデマンド(用時)生成
- ・生成したものは遮光容器に入れ、その日のうちに使い切る

が基本であり、残った場合、

- ・冷暗所保管
- ・翌日(～数日以内)には使い切り、余ったら廃棄
- ・使用前に有効塩素濃度とpHを計測(スペックを満たさない場合は廃棄)

すべきである。なお、廃棄する場合は流水下

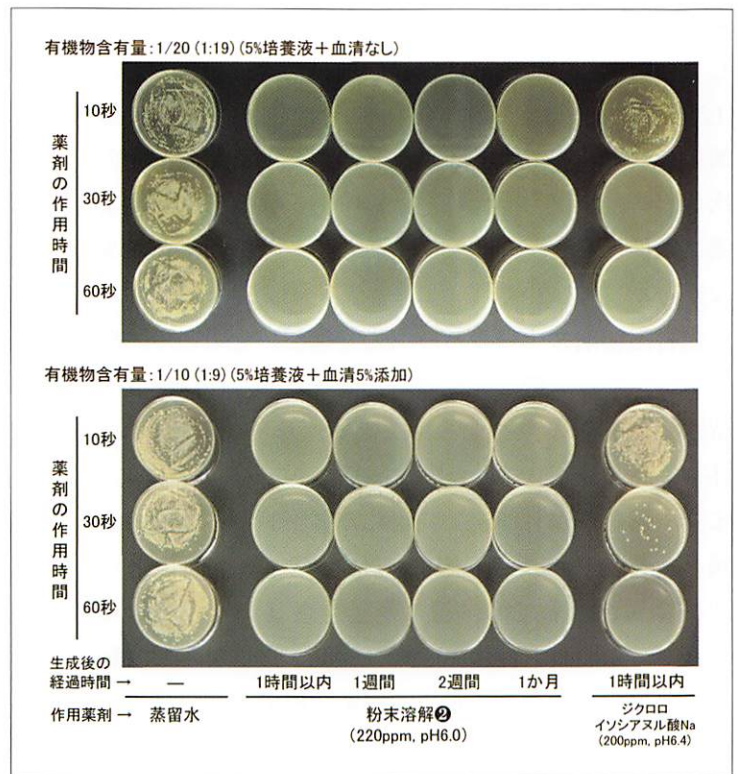


図6 大腸菌 (*Escherichia coli*) を用いた殺菌能試験 (ASTM E2315-03 Time-Kill test)

粉末溶解<sup>②</sup>の溶液は生成後に透明ペットボトルにて室温(18～22℃)で、非遮光下(400～600lx/1日12時間)にて放置した。

表1 大腸菌 (*Escherichia coli*) を用いた殺菌能試験 (ASTM E2315-03 Time-Kill test)

消毒液	実験直前のスペック (有効塩素濃度, pH)	有機物 含有量 <sup>1</sup>	生成(調整) 後の時間	作用時間			
				10秒	30秒	60秒	
次亜塩素酸ナトリウム	200ppm	1/10	<1h	未計測	+++	+++	
	1,000ppm	1/10	<1h	+	+++	+++	
次亜塩素酸水 生成器 使用	電解式	57ppm, pH3.0	1/10	<1h	未計測	—	
	2液混合	204ppm, pH6.7	1/10	不明 <sup>2</sup>	±	+++	
	CO <sub>2</sub> 混合	127ppm, pH6.5	1/10	<1h	未計測	—	±
		241ppm, pH6.2	1/10	<1h	+	+++	+++
	イオン交換	216ppm, pH5.8	1/10	不明 <sup>2</sup>	+++	+++	+++
次亜塩素酸水 生成器 なし	粉末溶解 <sup>③</sup>	220ppm, pH6.0	1/10	<1h	+++	+++	+++
		1/10	1週間 <sup>4</sup>	+++	+++	+++	
		1/10	2週間 <sup>4</sup>	+++	+++	+++	
1/10	1か月 <sup>4</sup>	+++	+++	+++			
塩素化イソシアヌル酸塩 <sup>5</sup>	200ppm, pH6.4	1/10	<1h	—	+	++	
エタノール	80%	1/10	—	+++	+++	+++	

消毒液の代わりに蒸留水(DW)+5%血清を作用させたコントロール群でのコロニー形成数に対する作用群(消毒液+5%血清)のコロニーの減少率(%)で殺菌レベルを評価した。

殺菌レベル: 100%=+++ (殺菌可), 100> ++≥99.9% (一応殺菌できている), 99.9> +≥99.5% (殺菌できているとは言い難い), 99.5> ±≥99% (殺菌できていない), 99%> - (全く殺菌できない)

※100%はコロニー数がゼロ。99.9%はコントロールに対してコロニー数が1/1000になったもの

<sup>1</sup> 5%容量の菌を含む培養液に上記の消毒液(5%血清を含む)を作用させるため、有機物含有量は合計10%(1/10)となる

<sup>2</sup> ボトル詰め商品のため不明

<sup>3</sup> 市販前サンプルにてテスト

<sup>4</sup> 生成した溶液は非遮光下(400～600lx/1日12時間照射)で透明プラスチックボトルにて室温(18～22℃)で放置

<sup>5</sup> ジクロロイソシアヌル酸ナトリウムを使用



で十分に希釈しながら生活排水として処理する。

### 3) 臨床の現場で実際に有効な塩素濃度は？

NITEの最終報告<sup>1)</sup>を受けた経済産業省・消費者庁・厚生労働省の合同発表<sup>14)</sup>によると、有効な次亜塩素酸水は

- ・流水で掛け流す場合、有効塩素濃度35ppm以上(20秒以上)
- ・拭き掃除には、有効塩素濃度80ppm以上(十分な量で表面をヒタヒタに濡らす)(原文)

さらに、元の汚れがひどいもので汚れを落としたものに対しては200ppm以上が望ましい、とされている(いずれも流水量やpHの記載はなし)。

しかし、我々の実験結果<sup>15)</sup>(表1)や海外の公的機関(EPA:>170ppm)<sup>2)</sup>のデータからは、

- ・有効塩素濃度100~150ppm以上、できれば200ppm程度
- ・pHは5.0~6.5程度

は必要と考える。

溶液の有効塩素濃度には残留塩素計、pHにはpHメーターの使用で正確に計測できるが、より簡便で安価な方法としては、有効塩素濃度には次亜塩素酸試験紙(高濃度用)、pHにはpH試験紙、酸化力にはヨウ化カリウムでんぶん紙で、ある程度の目安はつく。

## 4. 医療現場に適しているのはどれか？

生成器を使用するタイプは、大きな病院の同じ場所で毎日大量(>数十L)に使用するケースに適している(水道直結に限る)。ただし、停電や断水などの有事には稼働できない。医療現場には、高濃度対応でpHが過剰に下がらない炭酸混合型が適している。

容器詰めものは有事にも使用できるが、大容量のものは保管・設置や移動が面倒(20L:30cm角で20kg程度)であり、スペックの担保のために使用毎に塩素濃度やpHの計測が必須となる。医療現場では比較的劣化しにくいイオン交換型と2液混合型が適している。

これらに対して、粉末溶解式は水への溶解が必要なため、一度に大量に使用し続けるケースには向かな

い。反面、水と容器さえあればカタログスペックのものを、状況に左右されずにいつでもどこでも生成できる。粉末状態では長期保存が可能で、置き場所にも困らず(20L生成分:掌に乗る大きさで~100g程度)、溶液よりも高温に強い。粉末状態で50℃で1か月保管した粉末溶解<sup>②</sup>(前述)で生成した次亜塩素酸水は、既定のスペックの数%の有効塩素濃度の低下であった。このタイプでは、劣化、錆や腐食を起こしにくい<sup>②</sup>が医療現場に適している。

## おわりに

~感染予防の切り札にするための正しい選択と使い方~

医療現場の使用には有効塩素濃度100~200ppm、pH5.0~6.5の次亜塩素酸水をオンサイトでオンデマンド生成し、その日のうちに使い切ることが原則である。そのためには、高濃度対応の次亜塩素酸水生成器(炭酸混合型)を用意するか、粉末溶解<sup>②</sup>を使用すべきである。特に高価な金属製の器具・器材や電子機器を使用し、命を預かる医療現場では後者が最適である。

次亜塩素酸水は安全で経済的かつ強力な除菌剤であり、耐性菌の報告もない。正しい知識に基づいた選択と使い方が、あらゆる場面で次亜塩素酸水を感染予防や衛生管理の切り札にする。様々な変異株が報告されているCOVID-19についてはワクチン接種や有効な治療薬も重要であるが、まずは可及的に感染経路を断っていくべきである。次亜塩素酸水はそのための最強の武器となる。

## 謝辞

本稿の執筆に際して、新開発した粉末溶解<sup>②</sup>(HipOClates™, <https://www.hipoclates.jp/>)の市販前サンプルを供与いただきました。東京メディカルテクノロジー株式会社白石隆吉医師に深謝いたします。殺菌能試験(ブライントテスト)にご協力いただきました。日本歯科大学新潟生命歯学部生物学教室の岡俊哉准教授に深謝いたします。

\* \*

本稿に関連し、開示すべき利益相反は以下の通りである。

田部井裕介

テクニカルアドバイザー（兼任）：東京メディカルテクノロジー株式会社

#### 参考文献

- 1) 独立行政法人製品評価技術基盤機構 (NITE) : 新型コロナウイルスに対する代替消毒方法の有効性評価 (最終報告). 2020年6月25日, (<https://www.nite.go.jp/data/000111315.pdf>), 最終アクセス日: 2021年7月30日.
- 2) US Environmental Protection Agency : About List N for coronavirus (COVID-19), Disinfectants for use against SARS-CoV-2. 2020年4月29日, (<https://www.epa.gov/pesticide-registration/list-n-disinfectants-use-against-sars-cov-2>), 最終アクセス日: 2021年7月30日.
- 3) Centers for Disease Control and Prevention, The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) : Health and safety practices survey of healthcare workers, high-level of disinfectants. 2018年12月3日, (<https://www.cdc.gov/niosh/topics/healthcarehsp/disinfect.html>), 最終アクセス日: 2021年7月30日.
- 4) Block MS, Rowan BG: Hypochlorous acid: a review. *J Oral Maxillofac Surg.* 78 (9) : 1461 ~ 1466, 2020.
- 5) Stotts J, Ely WJ: Induction of human skin sensitization to ethanol. *J Invest Dermatol.* 69 (2) : 219 ~ 222, 1977.
- 6) Bonner L: CDC report calls attention to hand sanitizer risk in children. *Pharmacy Today.* 23 (5) : 34, 2017.
- 7) U.S. National Library of Medicine, ClinicalTrials.gov : Use of hypochlorous acid as prophylaxis in health personnel at high risk of infection by SARS-CoV2 (COVID19). 2020年12月28日, (<https://clinicaltrials.gov/ct2/show/record/NCT04684550>), 最終アクセス日: 2021年7月30日.
- 8) Nakagawara S, Goto T, Nara M, et al. : Spectroscopic characterization and the pH dependence of bactericidal activity of the aqueous chlorine solution. *Anal Sci.* 14 (4) : 691 ~ 698, 1998.
- 9) Morita C, Nishida T, Ito K : Biological toxicity of acid electrolyzed functional water: effect of oral administration on mouse digestive tract and changes in body weight. *Arch Oral Biol.* 56 (4) : 359 ~ 366, 2011.
- 10) Park GW, Boston DM, Kase JA, et al: Evaluation of liquid- and fog-based application of Sterilox hypochlorous acid solution for surface inactivation of human norovirus. *Appl Environ Microbiol.* 73 (14) : 4463 ~ 4468, 2007.
- 11) Greenhalgh T, Jimenez JL, Prather KA, et al: Ten scientific reasons in support of airborne transmission of SARS-CoV-2. *Lancet.* 397 (10285) : 1603 ~ 1605, 2021.
- 12) 三宅真名, 那須玄明, 山下光治, 他 : ラットにおける噴霧弱酸性次亜塩素酸水吸入による血液一般及び生化学値に及ぼす影響. *実験動物と環境.* 11 (1) : 42 ~ 47, 2003.
- 13) 佐藤 征, 工藤せい子, 金丸すゝな, 他 : 消毒用アルコール綿作製後における殺菌力の経時的変化. *日本環境感染学会誌.* 6 (2) : 35 ~ 39, 1991.
- 14) 厚生労働省, 経済産業省, 消費者庁 : 新型コロナウイルス対策「次亜塩素酸水」を使ってモノのウイルス対策をする場合の注意事項. 2020年6月26日, (<https://www.meti.go.jp/press/2020/06/20200626013/20200626013-4.pdf>), 最終アクセス日: 2021年7月30日.
- 15) Kameda T, Oka S, Igawa J, et al.: Can hypochlorous acid be a powerful sanitizer to replace alcohol for disinfection? -Its bactericidal, degradation of the solutions under various storage condition, and steel rust effects. *Dent Mater J.* in press.

## Instruction manual for hypochlorous acid: a review for appropriate selection and usage for extremely effective infection prevention in a clinical environment

Takashi KAMEDA<sup>1)</sup>, Yusuke TABEL<sup>2)</sup>, Jun-ichi IGAWA<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Department of Orthodontics, the Nippon Dental University School of Life Dentistry at Niigata

<sup>2)</sup> Hypochlorous acid Chemical Industrial Association

<sup>3)</sup> Igawa Dental Office, Nerima-ku, Tokyo

#### Abstract

Due to the novel coronavirus disease (COVID-19) pandemic, there has been a shortage of disinfectant alcohol for some time in Japan. The National Institute of Technology and Evaluation (NITE) reported on the effectiveness of hypochlorous acid as an alternative. Hypochlorous acid has a broad antibacterial spectrum, is a safe and economical sanitizer, and is widely used and approved for medical use throughout the world. Misleading news reports from certain sources on overseas measures have led to Japan taking a narrow approach of its own; but, with several new variants having appeared, the COVID-19 crisis is likely to last longer. With the correct selection and handling, hypochlorous acid is a powerful tool against infection and therefore needs to be used.

**Keywords :** Hypochlorous acid, Infection prevention, Hygiene management