

総 説

細菌・ウイルス等微生物に対する次亜塩素酸水の効果とその活用

中村伸吾*, 栗原征宏**, 福田孝一*, 山中 望***, 石原雅之*

防医大誌 (2017) 42 (1) : 8 - 14

要旨：次亜塩素酸ナトリウム水溶液は微生物等の殺菌を目的として医療や食品製造の現場などで使用されている。次亜塩素酸ナトリウム水溶液は、次亜塩素酸イオン、次亜塩素酸、水酸化ナトリウムから構成されている。殺菌等の効力は、主に次亜塩素酸によって示されており、近年では、次亜塩素酸を大量に含む水溶液（微酸性次亜塩素酸水）の活用が注目されている。微酸性次亜塩素酸水の微生物等に対する殺菌効果や不活化効果は、次亜塩素酸ナトリウム水溶液のそれよりも極めて高い。加えて、微酸性次亜塩素酸水を作り出す既存の方法では塩素発生の危険が伴っていたが、これを回避する安全な方法が近年報告されている。したがって、微酸性次亜塩素酸水は病院の感染症対策などに対する有効なツールになっていくものと期待できる。本総説では、細菌やウイルス等微生物に対する微酸性次亜塩素酸水の効果とその応用について概説する。

索引用語： 次亜塩素酸 / 次亜塩素酸ナトリウム / 微酸性次亜塩素酸水 / 微生物殺菌効果 / ウイルス不活化

はじめに

次亜塩素酸は好中球が生成する殺菌因子の1つであり、我々の生体とは馴染みが深い物質である¹⁾。工業的に作り出されたのは1820年のことで、フランスの化学者 Antoine Germain Labarraque によってナトリウム塩の水溶液（次亜塩素酸ナトリウム水溶液）として作り出された²⁾。この方法は水酸化ナトリウム水溶液

に塩素ガスを混合するもので、以後、次亜塩素酸ナトリウム水溶液は殺菌用途で使用され続けている。例えば、抗生物質の無かった1915年には、イギリスの化学者 Henry Drysdale Dakin とフランスの外科医 Alexis Carrel が銃創感染の消毒目的（カレル・デーキン法）で使用した³⁾。昭和元年（1926年）からは我が国においても製造が開始され、医療現場での殺菌消毒（表1）、

表1. 次亜塩素酸ナトリウム水溶液による医療機器等の消毒

適用	濃度	使用方法
医療器具等の消毒	0.02 - 0.05% (200 - 500 ppm)	清拭, 或いは浸漬 (1分間以上)
手術室, 病室等の消毒	0.02 - 0.05% (200 - 500 ppm)	清拭
リネン類等の消毒	0.02% (200 ppm)	浸漬 (30分)
室内・便所等の消毒	0.02 - 0.05% (200 - 500 ppm)	清拭
排泄物に対する消毒	0.1 - 1% (1000 - 10000 ppm)	清拭
血液等の消毒	0.5 - 1% (5000~10000 ppm)	清拭

*防衛医科大学校防衛医学研究センター医療工学研究部門
Division of Biomedical Engineering, National Defense Medical College Research Institute, Tokorozawa, Saitama 359-8513, Japan

**防衛医科大学校病院形成外科
Department of Plastic and Reconstructive Surgery, National Defense Medical College Hospital, Tokorozawa, Saitama 359-8513, Japan

***防衛医科大学校外科学講座
Department of Surgery, National Defense Medical College, Tokorozawa, Saitama 359-8513, Japan

平成28年7月12日受付
平成28年10月20日受理

上水道供給施設における水の消毒，塩素系漂白剤として汚れの原因となるタンパク質を分解したり色素を落としたりする目的等，多岐にわたって使用され続けている。昭和25年（1950年）には食品添加物としての指定を受け，食品製造施設における洗浄および殺菌工程などでも使用され始めた。医薬品グレードや食品添加物として使用されるものについては，製造工程で発生する副生成物の塩化ナトリウム等の不純物が除去されたものが流通している⁴⁾。

次亜塩素酸イオンと次亜塩素酸

次亜塩素酸ナトリウム水溶液は，商標名「ハイター」や「ミルトン」などの製品として市販されている。殺菌効果やウイルス不活化効果に優れ⁵⁾，芽胞菌の一部においても殺菌効果が確認されている⁶⁻⁸⁾。また，液性がアルカリ性であるが故に皮膚刺激性を有していることや，酸性薬剤との混合で塩素が発生する危険性などが知られている^{9,10)}。

次亜塩素酸ナトリウム水溶液中には，次亜塩素酸イオン (ClO^-)，次亜塩素酸 (HOCl)，水酸化ナトリウム (NaOH) が含まれている。殺菌効果等は塩素の酸化力によってもたらされるが，仮に， ClO^- と HOCl の有効塩素濃度が同じであったとしても HOCl の方が強い殺菌効果等

をもたらす¹¹⁻¹³⁾。何故に HOCl が ClO^- よりも強い殺菌効果等を示すことになるのかは不明であり，詳細なメカニズムは研究の途上にあるものの， ClO^- と HOCl のウイルス等微生物内部への透過性の違いが鍵であるとする次の様な考え方が提唱されている。これは，微生物等のリン脂質二重層を基本構造としている形質膜などの生体膜が，疎水性故にイオン等の極性分子の自然拡散による透過を阻むためにこの様な結果が生じているとする考え方である¹⁴⁾。即ち， ClO^- は脂質二重層に阻まれて細胞内部へ侵入できないため細胞表面にのみダメージを与えるだけであるが，電荷的に中性である HOCl は脂質二重層を透過して細胞内部から細胞機構を破壊できるため， HOCl の方が殺菌効果が強くなることになる（図1）。

次亜塩素酸ナトリウム水溶液中における HOCl の濃度は，水溶液の pH に依存している（図2）。 HOCl の pKa は7.5であり，pH 4.0-6.0 ではほぼ100% が HOCl として存在する。pH 7以上のアルカリ領域では解離によって ClO^- の存在比率が増え，pH 4以下の酸性領域では塩素分子となって気散してしまう¹⁵⁾。したがって，アルカリ性の次亜塩素酸ナトリウム水溶液では，殺菌の主力因子である HOCl の存在はわずかであり，多くは ClO^- として存在している。

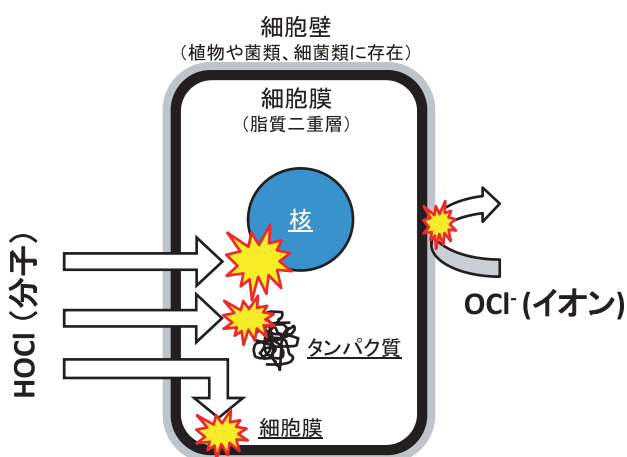


図1. HOCl は細胞膜を透過するため殺菌効果強い（モデル図）

脂質二重層から構成されている細胞膜は， OCl^- や低分子量の親水性分子は透過できない。一方，電氣的に中性である HOCl は受動拡散で細胞壁と細胞膜を通過しう。その結果，細胞内の核酸・タンパク質・膜輸送系などを酸化作用で破壊して細胞等を死滅させる。

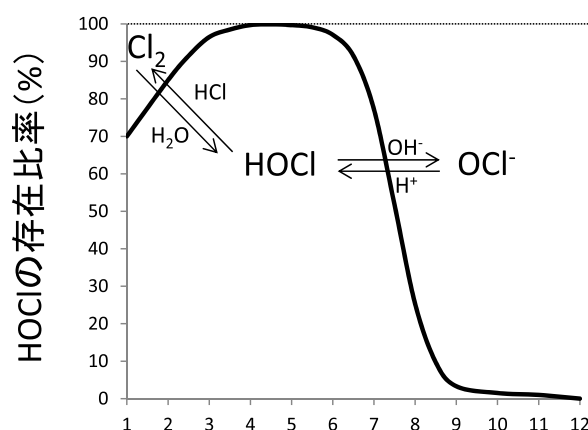


図2. HOCl の pH 依存性

アルカリ性である次亜塩素酸ナトリウム水溶液などでは， HOCl よりも OCl^- の存在比率が高い。pH の低下にともなって HOCl の存在比率が増加し，pH 6から4では HOCl がほぼ全体を占める（pH 4.5：99.9%）。pH が4以下になると塩素が発生する。

そこで近年では、HOClが多量に含まれた水溶液（微酸性次亜塩素酸水）をpHの調整によって作りだして殺菌等の目的で使用する試みがなされている。この様に、単純に「次亜塩素酸」と呼ばれることの多い次亜塩素酸ナトリウム水溶液は次亜塩素酸イオンをメインとする水溶液であり、HOClからなる水溶液とは全くの別物であることを認識する必要がある。

微酸性次亜塩素酸水

HOClの存在比率が90%以上である水溶液を次亜塩素酸水と呼ぶ。我が国では、液性の違いにより強酸性次亜塩素酸水（pH 2.7以下）、弱酸性次亜塩素酸水（pH 2.7-5.0）、微酸性次亜塩素酸水（pH 5.0-6.5）に区別されている¹⁶⁾。このうち、微酸性次亜塩素酸水は中性領域に最も近く、毒性試験及び刺激性に関する試験を実施しても問題となる所見は認められていない¹⁷⁾。殺菌効果は次亜塩素酸ナトリウム水溶液のおよそ80倍とされており¹⁸⁾、低濃度でも次亜塩素酸ナトリウム水溶液と同等あるいはそれ以上の殺菌効果を得ることができる¹⁹⁾。

殺菌等の効果も特徴的である（表2）。例えば、培養した大腸菌、黄色ブドウ球菌、MRSA、サルモネラ、緑膿菌、レンサ球菌、カンジダ、黒コウジカビの各種微生物を、微酸性次亜塩素酸水（pH 5.2、有効塩素濃度57 ppm）に添加し、経時的に生菌数を測定して殺菌効果を検討したところ、低い有効塩素濃度でも1分以内で

ほとんどが死滅している¹¹⁾。次亜塩素酸ナトリウムや塩化ベンザルコニウムなどの一般的な消毒剤で効果が弱い枯草菌などの芽胞菌に対する殺菌効果¹¹⁾やノロウイルスなどに対する不活化効果も認められている²⁰⁾。また、塩素消毒に対して強い耐性があるクリプトスポリジウムに対する効果があるとする報告も出されている²¹⁾。この様な結果から、微酸性次亜塩素酸水の衛生面における活用に期待が寄せられている。

微酸性次亜塩素酸水の製造

HOClは、光や熱に弱く、空気との接触面積が大きいほど短時間で分解してしまう安定性の悪い物質である¹⁷⁾。そのため、微酸性次亜塩素酸水を利用するには、その都度用事調製する必要がある。調製方法としては、食塩などを原材料とする電解技術を用いた製造方法（電気分解法）²²⁾と次亜塩素酸ナトリウムなどを原材料として強酸を用いて溶液のpHを低下させて製造する方法（二液法）²³⁾が知られている。これらの方法では、人体に有害な塩素ガスの発生事実が知られており、閉鎖空間での調製には危険が伴うため換気等に十分配慮する必要がある。この様な危険性を回避する方策など、調製技術に関する研究開発も進められており、例えば、緩衝法と呼ばれる技術が報告されている²³⁾。これは、製造工程にpH緩衝能を持った陽イオン交換樹脂を組み込んだ方法であり、塩素発生の主原因である薬液のpH低下を防ぐことで塩素

表2. 消毒剤作用1分後における微生物等の減少率（文献19を改変）

	微酸性次亜塩素酸水 (57 ppm)	次亜塩素酸ナトリウム (200 ppm)	塩化ベンザルコニウム (500 ppm)
大腸菌	99.99%	99.99%	99.99%
黄色ブドウ球菌	99.99%	99.99%	99.99%
MRSA	99.99%	99.99%	99.99%
サルモネラ	99.99%	99.99%	99.99%
緑膿菌	99.99%	99.99%	99.99%
レンサ球菌	99.99%	99.99%	99.99%
カンジダ	99.99%	99.99%	99.89% (3分で99.99%)
黒コウジカビ	99.99%	0% (5分で99.99%)	99.87% (5分で99.99%)
枯草菌(芽胞)	91.96% (3分で99.99%)	4.3% (5分後でも2.2%)	8.7% (5分後でも8.7%)

ガスの発生を防止した方法である。今後、このような新たな調製技術も微酸性次亜塩素酸水の製造方法として注目を浴びていくものと考えられる。

微酸性次亜塩素酸水の活用

これまでに概説したように、微酸性次亜塩素酸水は次亜塩素酸ナトリウム水溶液とは異なる特徴を有している（表3）。微酸性次亜塩素酸水は平成14年（2002年）に食品添加物としての指定を受け、カット野菜などの消毒で使用されている²⁴⁾。また、残留性の低さなどの特徴から環境に優しく安全性が高い殺菌剤として認識されつつあり、多くの分野での利用が検討されている（表4）²⁵⁾。例えば、微酸性次亜塩素酸水をスプレーしてウイルス等微生物を殺菌・不活化する検討が行われており、濃度を20 ppm以上にして直接噴霧することで 10^5 オーダーの大腸菌が2分以内に検出限界以下となること

や²⁶⁾、固体表面上のノロウイルス²⁷⁾ やインフルエンザウイルス²⁸⁾ の不活化にも有効であることが報告されている。スプレーの際に発生する微酸性次亜塩素酸水の霧化粒子についても動物実験レベルでその安全性が確認されており、ラットを用いた90日間亜慢性吸入毒性試験では特段の変化が無いことが報告されている²⁹⁾。微酸性次亜塩素酸水は一般的な薬剤耐性菌に対しても殺菌効果があることから、微生物等による感染を厳格に制御する必要のある動物実験施設において、飼育室内の床や壁の噴霧ならびに清拭、ラックやケージの清拭、に実際に使用されている^{25, 30)}。我々は、この事例を応用して、病院施設内等の閉鎖空間における感染症制御や生物剤に対する除染等への応用を企図した検討を計画している（図3A, 3B）。また、前述の微酸性次亜塩素酸水を作り出す緩衝法の原理を応用した簡易型浄水装置の開発を行い、汚染水の簡易浄化について検討をしている（図3C）。

表3. 微酸性次亜塩素酸水と次亜塩素酸ナトリウム水溶液の比較

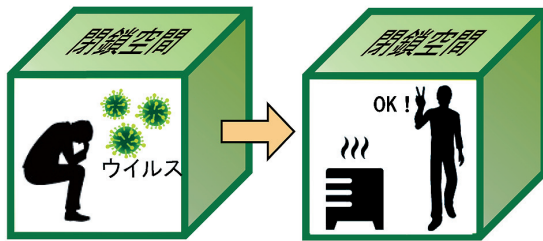
	微酸性次亜塩素酸水	次亜塩素酸ナトリウム水溶液
有効成分	HOCl (分子)	OCl ⁻ (イオン)
pH	pH 5-6付近	pH 8-12付近
有効塩素濃度	50 - 200 ppm (0.005 - 0.02%)	200 - 10,000 ppm (0.02 - 1%)
製法	電気分解法、二液法、緩衝法などによる用事調製	主に、水酸化ナトリウム水溶液に塩素ガスを混合する工業的手法
効果	次亜塩素酸ナトリウムでは効果の弱いものも殺菌・不活化可能	一部芽胞菌、ウイルスに弱い
空間噴霧	可能	不可
原液使用	可能	不可
残留性	低（除菌後水となる）	塩を形成し安定であるため残留し易い
毒性	なし	皮膚刺激等
トリハロメタン	生成なし	生成あり

表4. 微酸性次亜塩素酸水の使用例（文献25を改変）

領域	用途	代表的な使用対象
医療	洗浄, 消毒, 治療	手指や口腔, 医療施設, 医療機器（内視鏡, 透析装置）
食品	洗浄, 除菌	野菜, 製造施設, 製造装置
農業	殺菌, 洗浄	種苗, 減農薬野菜
水産	洗浄, 除菌	水揚げ後の海産物, 販売施設
畜産	洗浄, 除菌	畜舎施設, 牛の乳房
家庭	洗浄, 除菌	手指, 食器, 風呂, トイレ

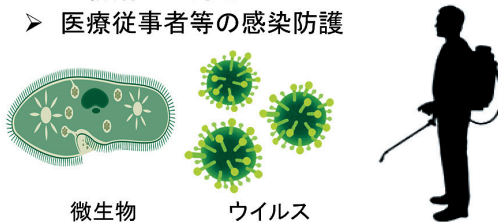
(A)超微粒子噴霧による空間殺菌法の検討

- 院内感染等への対応
- 感染症隔離患者等の後方移送への対応



(B)液体噴霧による除染・殺菌法の検討

- 生物剤への対応
- 医療従事者等の感染防護



(C)HOCl発生樹脂による浄水装置の開発

- 飲用水の確保



市販飲料水のペットボトル (500mL)

図3. 微酸性次亜塩素酸水を使用した我々の研究

(A) 超微粒子を作製して緩やかに噴霧し続けることで閉鎖空間におけるウイルス等微生物を死滅させる (イメージ図)。(B) 液体を直接噴霧して除染等のツールとしての使用する (イメージ図)。(C) 次亜塩素酸ナトリウムから HOCl を作り出せる吸着緩衝樹脂を内装したラックを市販のペットボトルに挿入することで、ペットボトル内で簡易浄水が行える。

おわりに

次亜塩素酸ナトリウム水溶液の有用性は古くから良く知られており、殺菌消毒を目的とした用途には欠かせない薬液である。他方、本論で述べた微酸性次亜塩素酸水については、次亜塩素酸ナトリウム水溶液よりも高い殺菌消毒効果を有することが明らかになってきた。薬液の安定性が悪いため用事調製が必要になるものの、作製方法の簡便化に関する報告も出始めている。今後、HOCl の反応対象となり得る有機物存在下での殺菌効果や至適濃度に関する検討、作製方法の一層の簡便化、殺菌機序に関する詳細な検討などが進むことで、院内感染の制御や防疫業務等に使用出来る利便性の高いツールになって行くものと期待される。

文 献

- 1) Babior, B. M.: Phagocytes and oxidative stress. *Am. J. Med.* **109**: 33-44, 2000.
- 2) Broze, G.: Handbook of Detergents: Properties. Marcel Dekker Inc; 1999.
- 3) Manring, M. M., Hawk, A., Calhoun, J.H. and Andersen, R. C.: Treatment of war wounds: a

historical review. *Clin. Orthop. Relat. Res.* **467**: 2168-2191, 2009.

- 4) 福崎智司: 次亜塩素酸ナトリウムを用いた洗浄・殺菌操作の理論と実際. *調理食品と技術* **16**: 1-14, 2010.
- 5) Rahimi, S., Janani, M., Lotfi, M., Shahi, S., Aghbali, A., Vahid, P., M., Salem, M. A. and Ghasemi, N.: A review of antibacterial agents in endodontic treatment. *Iran. Endod. J.* **9**: 161-168, 2014.
- 6) 斎藤章暢, 小野冷子, 柴田穰, 濱田佳子, 山口正則, 小沼博隆: 炭疽菌芽胞に対する各種殺菌剤の有効性. *感染症学雑誌* **76**: 291-292, 2002.
- 7) 尾家重治, 小林晃子, 古川裕之: Clostridium difficile の芽胞に対する次亜塩素酸ナトリウムおよびジクロロイソシアヌール酸ナトリウムの消毒効果. *日本環境感染学会誌* **27**: 119-122, 2012.
- 8) March, J. K., Cohen, M. N., Lindsey, J. M., Millar, D. A., Lowe, C. W., Bunnell, A. J., O'Neill, K. L., Schaalje, B. J. and Robison, R. A.: The differential susceptibility of spores from virulent and attenuated Bacillus anthracis strains to aldehyde and hypochlorite-based disinfectants. *Microbiologyopen* **1**: 407-414, 2012.
- 9) 日本ソーダ工業会技術・保安常任委員会: 安全な次亜塩素酸ソーダの取扱い 初版. 1982年7月15日 (改訂 2006年11月20日).
- 10) ヤクハン製薬株式会社: 医薬品インタビューフォーム「次亜塩素酸ナトリウム製剤: ヤクラックス消毒液0.1%」(第1版). 2009-5. http://www.yakuhan.co.jp/seihin/pdf_i/i_0148.pdf

- (参照2016-06-20).
- 11) 太刀川貴子, 渡理英二, 染谷健二, 池田年純, 荒明美奈子, 藤巻わかえ, 金井孝夫, 内山竹彦, 宮永嘉隆: 各種病原微生物に対する弱酸性電解水の効果. *環境感染* **14**: 255-263, 1999.
 - 12) Horiuchi, I., Kawata, H., Nagao, T., Imaohji, H., Murakami, K., Kino, Y., Yamasaki, H., Koyama, A. H., Fujita, Y., Goda, H. and Kuwahara, T.: Antimicrobial activity and stability of weakly acidified chlorous Acid water. *Biocontrol. Sci.* **20**: 43-51, 2015.
 - 13) Ono, T., Yamashita, K., Murayama, T. and Sato, T.: Microbicidal effect of weak acid hypochlorous solution on various microorganisms. *Biocontrol. Sci.* **17**: 129-133, 2012.
 - 14) Fukuzaki, S.: Mechanisms of actions of sodium hypochlorite in cleaning and disinfection processes. *Biocontrol. Sci.* **11**: 147-157, 2006.
 - 15) Le Dantec, C., Duguet, J. P., Montiel, A., Dumoutier, N., Dubrou, S. and Vincent, V.: Chlorine disinfection of atypical mycobacteria isolated from a water distribution system. *Appl. Environ. Microbiol.* **68**: 1025-1032, 2002.
 - 16) 官報第3378号: 次亜塩素酸水. 2002-6-10. <http://www.mhlw.go.jp/shingi/2009/08/dl/s0819-8m.pdf> (参照2016-06-20)
 - 17) 内閣府食品安全委員会農薬専門調査会: 特定農薬評価書「電解次亜塩素酸水」. 2013年7月.
 - 18) 厚生労働省: 次亜塩素酸水と次亜塩素酸ナトリウムの同類性に関する資料. 2009-8. <http://www.mhlw.go.jp/shingi/2009/08/dl/s0819-8k.pdf> (参照2016-06-20).
 - 19) 薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会: 食品添加物の成分規格改正に関する薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会添加物部会報告について(資料1-1-2次亜塩素酸水の成分規格改正に関する添加物部会報告書). 2007-11-7. http://www.mhlw.go.jp/shingi/2008/01/dl/s0118-5_a.pdf (参照2016-06-20).
 - 20) 森功次, 林志直, 秋場哲哉, 野口やよい, 吉田靖子, 甲斐明美, 山田澄夫, 酒井沙知, 原元宣: Norovirusの代替指標としてFeline Calicivirusを用いた, 手指に添加したウイルスの速乾性消毒剤による擦式消毒, ウェットティッシュによる清拭および機能水を用いた手洗いによる除去および不活化効果の検討. *感染症学雑誌* **81**: 249-255, 2007.
 - 21) Korich, D. G., Mead, J. R., Madore, M. S., Sinclair, N. A. and Sterling, C. R.: Effects of ozone, chlorine dioxide, chlorine, and monochloramine on *Cryptosporidium parvum* oocyst viability. *Appl. Environ. Microbiol.* **56**: 1423-1428, 1990.
 - 22) 内閣府食品安全委員会: 添加物評価書次亜塩素酸水. 2007-1-25. https://www.fsc.go.jp/fscis/attachedFile/download?retrievalId=kya20071024002&fileId=06_001_001 (参照2016-06-20)
 - 23) エヴァテック株式会社: 弱酸性次亜塩素酸, 並びにその製造装置および製造方法. 公開特許公報; 特開2013-1620.
 - 24) 厚生労働省医薬局食品保健部基準課長: 食品衛生法施行規則及び食品, 添加物等の規格基準の一部改正について(食基発第0610001号). 2002-6-10. <http://www.ffcr.or.jp/zaidan/MHWinfo.nsf/0/2d5f83bd6420da8449256bdb00243ec0?OpenDocument> (参照2016-06-20)
 - 25) 鈴木政美: 実験動物用飲料水としての酸性電解水応用の可能性. *LABIO21* **39**: 33-36, 2010.
 - 26) 浦野博水, 福崎智司: 固体表面上の *Escherichia coli* に対する次亜塩素酸水溶液の超音波霧化の殺菌効果. *防菌防黴* **38**: 573-580, 2010.
 - 27) Park, G. W., Boston, D. M., Kase, J. A., Sampson, M. N. and Sobsey, M. D.: Evaluation of liquid- and fog-based application of Sterilox hypochlorous acid solution for surface inactivation of human norovirus. *Appl. Environ. Microbiol.* **73**: 4463-4468, 2007.
 - 28) 福崎智司, 浦野博水, 中山幹男: pH調整次亜塩素酸ナトリウム水溶液の超音波霧化による固体表面上のA型インフルエンザウイルスの不活化. *防菌防黴* **41**: 11-17, 2013.
 - 29) 鈴木大輔, 野澤康平, 米崎孝広, 高田勇人, 吉住正和, 塚越博之, 杉本治義, 黒川奈都子, 星野利得, 木村博一, 莊司 顯, 小澤邦壽: 中性電解水で加湿した空気供給によるラット亜慢性吸入毒性. *実験動物と環境* **21**: 99-108, 2013.
 - 30) Taharaguchi, M., Takimoto, K., Zamoto-Niikura, A. and Yamada, Y. K.: Effect of weak acid hypochlorous solution on selected viruses and bacteria of laboratory rodents. *Exp. Anim.* **63**: 141-147, 2014.

Bactericidal effect of HOCl aqueous solution on microorganisms such as viruses and its application

Shingo NAKAMURA *, Masahiro KUWAHARA **, Koichi FUKUDA *,

Nozomu YAMANAKA*** and Masayuki ISHIHARA *

J. Natl. Def. Med. Coll. (2017) **42** (1) : 8 – 14

Abstract: Sodium hypochlorite aqueous solution is widely used in the field of medical and food production as a germicidal disinfectant. Sodium hypochlorite is dissociated in water into hypochlorous ion (ClO⁻), sodium hydroxide (NaOH), and a small amount of hypochlorous acid (HOCl). Out of those substances, HOCl is well known to possess anti-bacterial/viral activity and the aqueous solution of HOCl has recently attracted public attention for its high anti-bacterial/viral activity. The aqueous solution of HOCl has significant effectiveness of killing spore-forming bacteria while sodium hypochlorite solution hardly kills the bacteria. Although existing methods of preparing HOCl aqueous solution usually generate chlorine gas, which is harmful to the environment and humans, a new safe method reported recently generates no chlorine gas in the process. HOCl aqueous solution is thus considered to be a convenient and promising tool for the infection control in hospitals. In this article, the anti-bacterial/viral activity of HOCl aqueous solution and its applications are described.

Key words: hypochlorous acid / sodium hypochlorite / HOCl aqueous solution / anti-bacterial activity / anti-viral activity