

危険な次亜塩素酸ナトリウムと適切な消毒

大 谷 修

国立大学法人 富山大学名誉教授
学校法人 敬心学園 日本福祉教育専門学校校長

Hazardous Sodium Hypochlorite and Proper Disinfection

Osamu Ohtani

Professor Emeritus, University of Toyama
President of Japan Welfare Education College

Abstract : Chlorine compounds for disinfection and bleaching frequently induce health hazards. Sodium hypochlorite undergoes hydrolysis in water to produce hypochlorous acid, which exerts an antiseptic effect. Hypochlorous acid also erodes metal waste pipes. When mixed with hydrochloric acid used for toilet cleaning or other acidic detergents, hypochlorous acid produces toxic chlorine gas, inhalation of which causes severe respiratory impairments such as pulmonary edema. In order to prevent infection of *Legionella pneumophila*, sodium hypochlorite may be dissolved in hot-spring water. However, hypochlorous acids react with nitrogen compounds to produce chloramine, which shows little antiseptic effect. Entering chlorinated swimming pools increases the risk of developing asthma and exacerbates allergic diseases. In order to prevent infection of noroviruses, the predominant cause of gastroenteritis outbreaks, it is important to refrain from eating raw foods such as oysters, to exclude infected persons from cooking and putting meals on the table, and to wipe contaminated toilets, door knobs, handrails, and wall switches with a sodium hypochlorite water solution. Vomitous matter and stools should be removed first, and then the floor should be wiped with a paper towel soaked in sodium hypochlorite water solution. Spraying with the solution is not recommended because inhalation of spray from aerosols containing sodium hypochlorite can cause impairment of health. Good hand hygiene is the most important action for preventing norovirus infection. As norovirus shows resistance to alcohol, frequent washing with soap and running water for a minimum of 20 seconds is the most effective method of maintaining good hand hygiene.

Key Words : sodium hypochlorite, chlorine, pulmonary edema, *Legionella*, hot-spring water, chloramine, swimming pool, asthma, allergic disease, norovirus, hand hygiene

要旨 : 消毒や漂白のために用いられる塩素系製剤はしばしば健康被害をもたらす。塩素系製剤である次亜塩素酸ナトリウム（ハイター）は水溶液中で加水分解して次亜塩素酸を生じる。この次亜塩素酸が殺菌効果を発揮する。次亜塩素酸は排水管などの金属を腐食させる。次亜塩素酸ナトリウムはトイレ掃除に使う塩酸や酸性洗剤と反応して有毒な塩素ガスを生じる。塩素ガスを吸引すると、肺水腫などの重篤な呼吸器障害を生じる。レジオネラ感染を予防する目的で温泉水に次亜塩素酸ナトリウムを加えても窒素化合物と反応してクロラミンを生じるので殺菌効果が小さい。塩素処理したスイミングプールにおいても喘息等を発症するリスクが高まり、アレルギー疾患を増悪する。急性胃腸炎を起こすノロウイルス感染を防ぐには、牡蠣などの生食を避けること、感染者に調理や給仕をさせないこと、およびトイレ、ドアノブ、手すり、壁面スイッチなどを適切な濃度の次亜塩素酸ナトリウム水溶液を含んだペーパータオルで拭くことが重要である。吐物や便は、まず拭き取ってから、床面を次亜塩

素酸ナトリウム水溶液を含んだペーパータオルで拭く。次亜塩素酸ナトリウム水溶液をスプレー等で噴射するのは次亜塩素酸を含んだエアロゾルを吸引するので健康被害をもたらす恐れがあり危険である。感染防止で最も重要なのは手指衛生を保つことである。ノロウイルスはアルコール抵抗性を示すので、頻回に石鹸と流水で少なくとも20秒間手を洗うことが重要である。

キーワード：次亜塩素酸ナトリウム、塩素、肺水腫、レジオネラ、温泉水、クロラミン、スイミングプール、喘息、アレルギー疾患、ノロウイルス、手指衛生

はじめに

1980年代の中頃、ある町内会で異臭騒動が起きた。町内会長の依頼で戸別訪問して調査したところ、ある家庭から次亜塩素酸ナトリウム（ハイター）の激しい臭いが発生していることが判明した。聞き取りの結果、妻は夫の血液の付着した白衣をバケツに溶かしたハイターと洗剤で洗っていたことが判明した。近隣住民の迷惑になるので、ハイターの使用中止を申し入れたが聞き入れられなかった。やがて彼女は体調をくずし、母親が来て同様の方法で洗濯していた。しばらく後の夜、母親は胸苦しさを訴え、搬送中の救急車上で口から泡を吹いて死亡した。病理解剖はされていない。死亡診断書には「急性心不全」と記載されていたとのことである。死因が解明されることはなかったが、死亡時の状況から肺水腫を起こしていたことは間違いなく、ハイターを洗剤に混ぜることによって発生した塩素ガスを吸入したために、肺水腫が起り死亡したものと考えられる。

1987年12月、徳島県海南町で、浴室を清掃する際に、酸性タイプの洗浄剤と塩素系製品を混ぜたために発生した塩素ガスが原因と思われる死亡事故が起きた¹⁾。1989年には長野県で、塩素ガスによる可能性が高い死亡事故が起こっている¹⁾。一般家庭のバス、トイレの清掃中に死亡事故が起こるケースは少なくない。

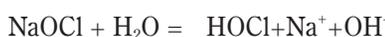
本稿は、塩素系製剤による健康被害に関する著者自身の経験と文献調査をもとに以下の事項について述べ、正しい消毒法を提示する。

- (1) 次亜塩素酸ナトリウムは水溶液中で次亜塩素酸になって殺菌効果を発揮する。
- (2) 次亜塩素酸ナトリウムは酸と反応して猛毒の塩酸を発生する。
- (3) 急性塩素ガス中毒による肺水腫を起こした症例
- (4) 肺水腫は過剰な液体が肺に貯留した状態である。

- (5) 水を介して感染するレジオネラ
- (6) 温泉水を次亜塩素酸で殺菌する愚行
- (7) 塩素処理したスイミングプールにおける健康障害
- (8) ノロウイルスによる急性胃腸炎
- (9) ノロウイルスの感染防止と消毒
- (10) 感染防止のための正しい手洗いの仕方

(1) 次亜塩素酸ナトリウムは水溶液中で次亜塩素酸になって殺菌効果を発揮する²⁾

「塩素系洗剤」の主成分は、次亜塩素酸ナトリウム(NaOCl) (ハイター) である。この物質は、加水分解によって次亜塩素酸(HOCl)になる。

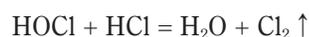


次亜塩素酸ナトリウム + 水 = 次亜塩素酸 + トリウムイオン + 水酸化イオン

したがって、塩素系製剤中の「塩素」は水溶液中で次亜塩素酸の形で存在している。この次亜塩素酸は、非常に酸化力が強く、漂白・殺菌に威力を発揮する。したがって、希釈することなく、原液で次亜塩素酸ナトリウムを漂白・殺菌の目的で使用することは効果が小さい。

(2) 次亜塩素酸ナトリウムは酸と反応して猛毒の塩酸を発生する

次亜塩素酸に塩酸を混ぜると、塩素ガス(Cl₂)を発生する^{2,3)}。



次亜塩素酸 + 塩酸 = 水 + 塩素 ↑

次亜塩素酸は、塩酸以外でも、酢酸や酸性の洗剤

など pH を低下させる働きのある物質の存在下においても塩素ガスを発生する。発生した塩素ガスは、眼、皮膚を腐食させ、全身の血管障害をもたらし、心筋の収縮能を低下させる⁴⁾。濃度が高いと冒頭に記したように死に至る健康被害をもたらす。また、次亜塩素酸は金属を腐食するので、金属の排水管の清掃のために用いると管が腐食してボロボロになり水漏れの原因となる。

塩素は人類初の本格的な化学兵器として第1次世界大戦の時ドイツ軍によって使用された。その時のドイツ軍化学兵器部隊司令官フリッツ・ハーバーは後年(1918年)ノーベル化学賞を受賞した⁵⁾。今日、塩素はプラスチック製造、廃棄物処理、水の処理、製薬等広範に使用されている。工場における塩素の漏洩事故のほか、冒頭に記したように、洗濯やトイレ掃除などで次亜塩素酸ナトリウムを酸性の洗剤や、塩酸と混ぜたために発生した塩素ガスによる事故も少なくない。特にトイレ掃除ではしばしば塩酸とハイターを使用するので、大量の塩素を発生する恐れがあり危険である。

塩素を吸引すると呼吸器の障害、皮膚の刺激、目や呼吸器の粘膜を刺激して咳や嘔吐を催し、重篤な場合には急性呼吸窮迫症候群 (ARDS) で死に至る場合もある^{4, 6, 7)}。呼吸器の障害には肺水腫、拘束性肺疾患、閉塞性肺疾患、反応性気道機能不全症候群 (RAD) などが含まれる⁷⁻⁹⁾。塩素ガスによる脳、肝臓、心臓を標的とした全身性の傷害、具体的には脳白質の出血、高トランスアミラーゼ血症、心肥大なども報告されている¹⁰⁻¹²⁾。

塩素の気中許容濃度は0.5ppm : 1.5mg/m³ (最大許容濃度) である。東京消防庁の危険物データブックによると、塩素による曝露濃度と症状の関係は以下のとおりである¹³⁾。

0.1~0.2ppm : 臭気を感じる。

0.2~3.5ppm : 臭いを感じるが耐性が生じる。

1 ppm : かなり刺激臭が強くなる。

3 ~ 6 ppm : 目、鼻、喉に刺激、頭痛を来す。

14~21ppm : 0.5~1 時間暴露すると生命が危険になる。

40~60ppm : 短時間で生命が危険になる。

100ppm : 1 分以上耐えられない。

430ppm : 30分以上で致命的となる。

900ppm : 即死する。

強い刺激臭を感じる時には既に許容濃度を越えていることに注意すべきである。また、嗅覚には個人差があるので、臭いを感じたときの塩素濃度は上記よりも高いこともあるので、注意を要する。

(3) 急性塩素ガス中毒による肺水腫を起こした症例¹⁴⁾

塩素を扱う作業場で急性塩素ガス中毒により肺水腫を発症した症例を紹介する。症例は54歳男性。主訴は呼吸困難。塩素を扱う工場で、バルブが壊れ、塩素が漏れだした。直ちに近くの人に退去を命じたが、患者は一息ガスを吸入してしまい、咽頭痛、咳、眼痛、流涙、呼吸困難が生じた。12時間様子をみていたが、呼吸困難が増悪したため来院、即入院となった。入院時、脈拍100/分、血圧154/94mmHg、口唇チアノーゼと眼瞼結膜充血を認め、右肺下部に湿性ラ音を聴取した。右乳頭腺上で肝臓を2横指触知した。入院時検査は、顕微鏡的血尿、白血球増多症を認めた。BUN 63.6mg/dL (基準値9~20mg/dL)、クレアチニン2.4mg/dL (基準値0.7~1.2mg/dL)、カリウム5.6 mEq/L (基準値3.6~5.0mEq/L) と高値を示した。胸部 X 線写真で右肺にうっ血像を認めた。血液ガス検査は動脈血酸素分圧53.8mmHg (基準値80~100mmHg) で低酸素血症を示した。経鼻カテーテルで酸素1L/分投与した。入院8日目には症状が改善し、酸素投与を中止した。肝・胆道系酵素、BUN、肺機能も改善した。

(4) 肺水腫は過剰な液体が肺に貯留した状態である¹⁵⁾

肺水腫とは過剰な液体が肺胞に貯留して呼吸困難になる状態である。心疾患が原因で起こる心原性肺水腫と非心原性肺水腫がある。心原性肺水腫は、心不全・虚血性心疾患・心臓弁膜症・重症高血圧症など、ほぼすべての心疾患が原因で生じる。なかでも左心不全が悪化した場合は、多くの場合、肺水腫が起きる。左心室の機能が低下して、全身へ血液を送る力が弱くなると、それより手前の肺静脈に血液がうっ滞するために肺胞内へ水分が漏出して肺水腫を引き起こす。

非心原性肺水腫の主な原因は肺炎・敗血症・重症

外傷などであるが、高山病や、肺塞栓症、塩素ガス等の有毒ガスの吸入などによっても引き起こされる。薬剤による全身性のアレルギーによるむくみに伴う一症状として、肺水腫を発症することもある。

肺水腫の症状は息切れ、喘鳴（呼吸時に発するヒューヒュー、ゼーゼーという音）、咳、痰（ピンク色で泡を多く含んだ痰が特徴的）、呼吸困難などである¹⁶⁾。横になると呼吸が苦しくなるという自覚もあるため、座った体勢を好む（起座呼吸）¹⁶⁾。また夜間就寝中に呼吸困難が強く現れる（発作性夜間呼吸困難）こともある¹⁶⁾。進行すると、呼吸不全、チアノーゼ、ショック状態になり、死亡することもある¹⁴⁾。肺水腫は生命の危機にかかわる疾患であり、迅速な診断と高度な処置が行える医療機関で、一刻も早く治療を行うことが大切である¹⁶⁾。

肺水腫になると聴診で水泡音（湿性ラ音ともいい、水がブツブツというような音）が聞こえるようになる¹⁷⁾。胸部X線写真において、心陰影の拡大や両側肺野の血管陰影増強がみられる。動脈血ガス分析により低酸素血症が示される¹⁶⁾。

(5) 水を介して感染するレジオネラ

温泉や公衆浴場において、あるいは空調設備の循環水を介してレジオネラによる重篤な肺炎が集団発生することがある。1976年ペンシルベニア州米国在郷軍人会の大会の際、参加者と周辺住民が原因不明の肺炎に罹患し、多数の死者が出た。肺から起炎菌である新種のグラム陰性桿菌が分離された¹⁸⁾。在郷軍人 (legionnaire) にちなんで *Legionella pneumophila* と名付けられた。種形容詞の *pneumophila* は、ギリシャ語で肺 (*pneumōn*) を好む (-*phil*) を意味する。

レジオネラは環境中に普通に存在する菌であり、通常では感染症を引き起こすことは少ない。高齢者、喫煙者、慢性肺疾患のある人、免疫力の弱い人または臓器移植後などで免疫力を弱める薬品を投与されている人、がんのある人、糖尿病・腎不全・肝不全などの基礎疾患のある人などは、レジオネラ肺炎に罹患しやすい¹⁸⁾。

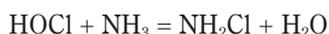
水を利用する際に発生する微小な水滴（エアロゾル）を介してレジオネラ菌がヒトに感染する。レジオネラ肺炎は非定型肺炎のひとつで、咳、息切れ、高熱、筋肉の痛み、頭痛などの症状を示す¹⁸⁾。吐き

気、嘔吐、下痢を伴うこともある。これらの症状は曝露後2日から10日後に現れる¹⁸⁾。

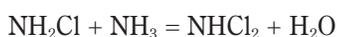
(6) 温泉水を次亜塩素酸で殺菌する愚行¹⁹⁾

浴槽などの表面に形成されるバイオフィームに付着して生活しているアメーバにレジオネラが寄生しているため、循環式の濾過処理設備から逃れて増殖することができる。レジオネラ単独でもバイオフィームを形成する。バイオフィームの存在と、アメーバの細胞内に寄生していることのために、消毒薬がレジオネラに直接到達しにくく、消毒薬の効果が妨げられる。さらに、アメーバの中には、生育環境が悪化するとシスト（嚢子）という耐久型の構造を形成するものがあり、この状態では熱や消毒薬に対する抵抗性が増加して、内部のレジオネラが保護されるため、完全な除菌が難しくなる。

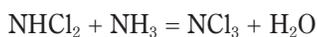
温泉水を殺菌するために、次亜塩素酸ナトリウムを風呂に入れると、汗に含まれるアンモニアや尿素などの窒素化合物 (N) と次亜塩素酸が結合してクロラミンになり殺菌効力は100分の1になる (表1)。



次亜塩素酸 + アンモニア = モノクロラミン + 水



モノクロラミン + アンモニア = ジクロラミン + 水



ジクロラミン + アンモニア = トリクロラミン + 水

表1 バクテリアに対する殺菌効力¹⁹⁾

1000	次亜臭素酸/次亜塩素酸
100	次亜臭素酸塩/次亜塩素酸塩
10	クロラミン

我が国の温泉水のほとんどはアルカリ性である。次亜塩素酸のまま存在できたとしても、温泉のPHがアルカリ域の場合、その殺菌効力は著しく低下する。さらに、次亜塩素酸のみでの殺菌は、塩素耐性菌を生じるようになる。結局、次亜塩素酸ナトリウムによる殺菌効果を発揮させるためには、投入量を増やさなければならなくなる。しかし、アンモニア

等の窒素化合物と次亜塩素酸とのバランスが崩れ、塩素リッチになりすぎると、モノクロアミンではなく、ジクロアミンやトリクロアミンとなり人間への「皮膚刺激性」「塩素臭」が上昇する。湯治のために温泉につかるつもりが「塩素風呂」¹⁹⁾につかって、皮膚や呼吸器を障害してしまうことになる。レジオネラ感染を防ぐためには、何よりもバスタブや温泉の浴槽はよく洗うことが重要である。

(7) 塩素処理したスイミングプールにおける健康障害

アトピーのある若者が塩素処理したプールで水泳をすると、喘息、枯草熱、アレルギー性鼻炎等を発症するリスクが高まり^{20, 21)}、アレルギー疾患を増悪する^{22, 23)}。水泳選手が気道過敏性 (respiratory hyperresponsiveness; AHR) を示すことは繰り返し報告されている²⁴⁾。実際、富山大学医学科の高度にアトピー様の皮膚障害を示していた数名の水泳部の学生に、プールでの水泳を中止するよう指導したところ、皮膚症状が改善した。

塩素処理した水を満たしたスイミングプールでは激しい塩素臭 (ハイター臭) がする。これは、次亜塩素酸が汗や垢や尿などの窒素化合物と反応してできたトリクロアミン (NCl_3) の臭いである。水面に浮いているエアゾルに加えて、トリクロアミンが、気道上皮を障害すると考えられている²⁴⁾。

(8) ノロウイルスによる急性胃腸炎²⁵⁾

近年、ノロウイルスによる急性胃腸炎がしばしば流行し、感染防止のための消毒が問題になる。そこで、まず、ノロウイルスとその感染について概観する。ノロウイルスとは1968年 Ohio, Norwalk で発生した胃腸炎から分離され、当初ノロウィーク様ウイルス (Norwalk like virus) と呼ばれた。乳幼児から成人まで幅広い年齢層に胃腸炎を引き起こすウイルスである。年間を通して流行するが、特に冬季の11月から4月頃にかけて流行する。僅か18個のウイルスでも感染するほど、感染力が強く、しばしば集団発生する。

潜伏期12時間から48時間の後、急に、嘔気、嘔吐、下痢、腹痛の症状が出る。嘔吐または下痢のみのこともある。特別な治療をしなくても1～2日で回復

する。幼児、高齢者、入院患者などでは回復までに4～6日を要する。感染者の30%は無症状である。乳幼児や高齢者では下痢や嘔吐による脱水や窒息に注意を要する。特効薬はなく、整腸剤や嘔気止めなどの対症療法と脱水防止のために水分摂取や補液を行う。下痢を薬剤で止めると治癒が遅れるので、止痢剤 (下痢止め) の投与はしない。感染後4週間は便や吐物にノロウイルスが出るが、ピークは2～5日である。

(9) ノロウイルスの感染防止と消毒²⁵⁾

感染の仕方には、食中毒型と二次感染型がある。食中毒型は、牡蠣などの二枚貝等汚染された食品を生食または十分加熱することなく食べたとき、および感染した人が調理または給仕したために汚染した食品を食べたとき感染する。二次感染型は、感染者の糞便・吐物などから、直接または間接的に、手や環境表面すなわちドアノブ・手すり・壁面スイッチを介した感染である。

食品は、85°C以上1分間の加熱で消毒できる。医療施設の従業員や患者、および食品を扱う人が感染した場合、回復後も48～72時間は勤務させない。ノロウイルスは主に手指を介して感染が拡大するので、トイレを使用した後、調理や食事の前には石鹸と流水で少なくとも20秒間、十分に手洗いを励行することが重要である。

吐物の処理に際しては、まず処理者は感染防止のためにマスク、手袋、ガウンを着用し、ペーパータオル等で吐物をふき取る。吐物に次亜塩素酸ナトリウム水溶液を直接かけても、次亜塩素酸が窒素化合物と結合してクロアミンになるために殺菌効果は著しく低下する。したがって、まず吐物をふき取った後に、0.1%次亜塩素酸ナトリウムを含ませたペーパータオルで床面を拭く。吐物を拭き取ったペーパータオル等と床面を拭いたペーパータオルをビニール袋に密閉する。ガウン、手袋、マスクを外した後、石鹸と流水で十分に手を洗う。汚染したりネン類は80°Cの温水で10分処理するか、0.02～0.05%次亜塩素酸ナトリウム溶液に30分～60分浸漬して消毒する。トイレ、ドアノブ、手すり、壁面スイッチなどは0.02～0.05%次亜塩素酸ナトリウム液で拭消毒する。すでに述べたように、次亜塩素酸ナト

リウムは水溶液中で加水分解して生じた次亜塩素酸が殺菌効果を発揮するので、次亜塩素酸ナトリウムを適切な濃度に希釈することが重要である。

(10) 感染症防止のための正しい手洗いの仕方^{25, 26)}

ノロウイルスは主に手指を介して感染が拡大するので、手指を清潔に保つことが重要である。ノロウイルスはルコール消毒に抵抗性があるので、擦式アルコール手指消毒は効果が乏しい。吐物や便などの排泄物の処理後、トイレの使用後、調理・配膳・食事の前等には石鹼と流水で十分に手洗いを励行することが重要である。それぞれの処置、作業ごとに手を洗う。図に示す手順で少なくとも20秒間洗う(図)²⁶⁾。



図 手洗いの仕方

①流水で手を濡らす。②石鹼を手掌に取る。③手掌を洗う。④手背を洗う。⑤背側から指間を洗う。⑥掌側から指間を洗う。⑦親指とその周囲を洗う。⑧指尖と爪を洗う。⑨手首もよく洗う。⑩流水で洗い流す。⑪ペーパータオル等で拭く。

おわりに

本論文は、次亜塩素酸ナトリウムによる健康被害と正しい消毒法について以下の通り解説した。(1) 次亜塩素酸ナトリウムは水溶液中で加水分解して次亜塩素酸を生じ、それが殺菌効果を発揮する。(2) 次亜塩素酸ナトリウムに塩酸などの酸を混ぜると有害な塩素ガスを発生する。(3) 塩素ガスを吸入すると肺水腫等の重篤な健康障害をもたらす。(4) 塩素ガスを吸引して肺水腫を起こした症例を提示した。(5) 低濃度の次亜塩素酸ナトリウムでも繰り返し、長期にわたって暴露するとアレルギー性疾患が増悪

する。(6) レジオネラ菌は水を介して感染する。(7) レジオネラ感染防止のために温泉水に次亜塩素酸ナトリウムを溶かすことは有害なクロラミンを発生させ、消毒効果は少ない。(8) ノロウイルスによる急性胃腸炎について解説した。(9) ノロウイルス感染防止のためには、吐物や便を適切に処理すること、感染者も接触するドアノブ、手すり、壁面スイッチなどを適切に消毒すること、および十分な手洗いを励行して手指を清潔に保つことが重要である。(10) 石鹼と流水による正しい手指の洗い方を示した。

本論文がレジオネラ肺炎やノロウイルスによる急性胃腸炎の発生防止に役立つことを期待する。特に、介護・福祉・医療に携わる人は、効果的で、しかも被介護者や患者だけでなく、周囲の人々や自身の健康を害さない消毒法を実施するよう十分注意すべきである。

謝辞

塩素中毒症例¹⁴⁾の情報提供と本論文の校閲をして頂いた大谷裕子博士(医学)に感謝します。

文献

- 1) 洗浄剤・漂白剤等安全対策協議会：洗浄剤・漂白剤等安全対策協議会の自主基準制定日 2003年6月11日(平成15年・II版)
- 2) (株)アピリティジャパン：SANIFA. http://www.sanifa.net/hygiene_calfa_regi4.html
- 3) 化学の質問と疑問：塩素系洗剤と酸性洗剤を混ぜると、どうして危険? https://www.chemistryquestion.jp/situmon/shitumon_kurashi_kagaku_8_acidbasedetergent.html
- 4) Carlisle M et al.: Chlorine-induced cardiopulmonary injury. *Ann N Y Acad Sci.* 2016 Jun; 1374(1): 159-167. doi: 10.1111/nyas.13091
- 5) 『ウィキペディア (Wikipedia)』：塩素 <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E5%A1%A9%E7%B4%A0>
- 6) Winder C: The toxicology of chlorinate. *Environ Res.* 2001; 85: 105-114.
- 7) Evans RB: Chlorine: state of the art. *Lung* 2005; 183: 151-167.
- 8) White CW: Chlorine gas inhalation. Human clinical evidence of toxicity and experience in animal models. *Proc Am Thorac Soc.* 2010 Jul 1; 7(4): 257-263 doi: 10.1513/pats.201001-008SM
- 9) Massa CB et al: Acute Chlorine Gas Exposure Produces Transient Inflammation and a Progressive Alteration in Surfactant Composition with Accompanying Mechanical Dysfunction. *Toxicol Appl Pharmacol.* 2014; 278(1): 53-64.

- doi: 10.1016/j.taap.2014.02.006
- 10) Baader EW: Anhydrous chlorine poisoning: catastrophe of Walsum. *Med Deporte Trab.* 1952; 17: 5252-5259
 - 11) Buckley RL et al: A case study of chlorine transport and fate following a large accidental release. *Atmos Environ.* 2012; 62: 184-198. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.08.025>
 - 12) Leube G et al: Acute chlorine poisoning: Case report of 90 patients with acute poisoning. *Med Klin.* 1971; 66: 354-357.
 - 13) 東京消防庁警防研究会：危険物データブック、2000。
 - 14) 大谷裕子：塩素ガス中毒の1例。第106回岡山外科会、1988。
 - 15) Mayo Foundation for Medical Education and Research (MFMER): Pulmonary edema. <https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/pulmonary-edema/symptoms-causes/syc-20377009?p=1>
 - 16) 辻田賢一：肺水腫の治療法 — 薬物治療や酸素療法について *Medical Note* <https://medicalnote.jp/contents/170725-004-BQ>
 - 17) 片岡仁美：呼吸困難・息切れはどのように診断するのでしょうか？ *Medical Note* <https://medicalnote.jp/contents/170725-004-BQ>
 - 18) Center for Disease Control and Prevention (CDC): Legionella (Legionnaire's Disease and Pontiac Fever)
 - 19) 株式会社アビリティージャパン：SANIFA. http://www.sanifa.net/hygiene_calfa_regi4.html
 - 20) Bernard A et al: Impact of chlorinated swimming pool attendance on the respiratory health of adolescents. *Pediatrics.* 2009 Oct; 124(4): 1110-8. doi: 10.1542/peds.2009-0032.
 - 21) Uyan ZS et al: Swimming pool, respiratory health, and childhood asthma: should we change our beliefs? *Pediatr Pulmonol.* 2009 Jan; 44(1): 31-7. doi: 10.1002/ppul.20947.
 - 22) Bernard A: Chlorination products: emerging links with allergic diseases. *Curr Med Chem.* 2007; 14(16): 1771-82.
 - 23) Kanikowska A et al.: Influence of chlorinated water on the development of allergic diseases — An overview. *Ann Agric Environ Med.* 2018, Vol 25, No 4, 651-655.
 - 24) Bougault V et al: Is there a potential link between indoor chlorinated pool environment and airway remodeling / inflammation in swimmers? *Expert Rev Respir Med.* 2012; 6(5): 469-471.
 - 25) Center for Disease Control and Prevention (CDC) : Morbidity and Mortality Weekly Report Recommendations and Reports (MMWR) / Vol. 60 / No. 3 Updated Norovirus Outbreak Management and Disease Prevention Guidelines. <https://www.cdc.gov/mmwr/pdf/rr/rr6003.pdf>
 - 26) 日本環境感染症学会：日本環境感染症学会教育ツール Ver. 3(感染対策の基本項目改訂版)http://www.kankyokansen.org/modules/education/index.php?content_id=5

受付日：2019年2月20日

