

知・分析法にある。部隊隊員の臭覚や小鳥（カナリア）等による有害化学物質の簡易検知や検知紙の適用から、現場検知器としては、初動対処部隊が所持し移動しながら検知する「小型携帯型」、現場で固定して検知する「可搬型」、設置場所に固定して連続モニタリングを目的とする「設置型」に区分される。化学剤検知のため現場で使用できる「小型携帯型」としての簡易現場検知資器材例<sup>7)</sup>を下記に示す（図1）。さらに設置型や携帯型を組み合わせ、化学剤・毒素の一斉現場検知システムの開発が望まれる。

適切な手段で除染が実施されたなら、負傷者が汚染された状態で病院等へ搬入される可能性は極めて低くなる。また医療者や周囲の人間が危険に曝露する可能性も一層激減する。

## 2. 生物剤の除染

生物剤の除染とは、個人の身体、衣類・装具、物品、床・壁等に付着ないし集積した汚染物質又は病原体を除去又は無害化することをいう。化学剤と異なり、生物剤は皮膚等に付着しても直ちには無害であり、除染の緊急性・必要性は低いと言える。生物剤対処における除染の主な目的は、防護衣や防護器材なしでも医療関係者が感染することなく安全に患者を取り扱えるようにすることである。秘匿的攻撃の場合は、テロ攻撃に気づいた頃には、すでに環境や体表から生物剤は消失し、除去の時期を失している可能性が高い。この場合は除染よりも病原

体を同定し疫学的感染症対策による感染防止の施策が必要となる<sup>6)</sup>。

## 最近の除染剤の動向

実際に運用されている除染方法に加えて、民間や米軍などで開発された除染剤、研究開発中で論文などに発表されている有益・有望技術について紹介する。

### (1) ハイパー・イオン水（ワールド・エコロジー（株））

深海からとった深層水を処理した粉末で、水で溶解したアニオンでは  $\text{Ph}^{-}$  13.6以上、カチオンでは1以下であり、強い殺菌作用及び加水分解作用がある。環境にやさしく、安全性も高いとされ、操作性に優れた除染剤として適用できないか、現在検討中である。

### (2) EasyDECON™DF200 (INTELAGARD Inc.)

EasyDECON™DF200は水溶性の除染剤でサリン (GB), マスタード (HD), ソマン (GD), V剤 (VX) 等のC剤や農薬等有機毒生物化学剤及び毒性物質を迅速に無毒化できると言われている。毒性や刺激性が少なく、自然分解されることから、大量に使用しても環境には大きな影響を与えないと言われている。あらゆる金属表面での使用が可能で泡沫剤、液体スプレー、及び噴霧剤として使用できる。本剤は各種C剤を有効に無力化すると言われ、炭疽菌を始めとした生物剤についても増殖を完全に抑制する

表5. 生物剤に対する除染剤

種類	適用対象	使用法	使用上の注意事項
クレゾール石鹼	・汚染物 ・手足	3%水溶液として使用。	糧食・水・食器類には使用できない。
石炭酸	・被覆, 寝具		
アルコール	・手指, 皮膚 ・小型器具 ・レンズ類	エチルアルコール 70—80% イソプロピルアルコール 30—50%	イソプロピルアルコールは、エチルアルコールよりも除染力が強い。
ホルマリン	・汚染物 ・車両類 ・被覆, 寝具	3%水溶液として使用。	皮膚, 眼, 鼻, 喉を刺激する。
逆性石鹼	・手指 ・食器調理具	3%水溶液として使用。	弱酸性の石鹼。
過マンガン酸カリ溶液	・うがい用	0.01%水溶液として使用。	飲み込まない。
さらし粉	・飲料水 ・野菜・果物 ・排泄物	5%水溶液として使用	野菜, 果物は消毒後, よく水洗いする。

文献7より引用, 改変。

ことが出来るとされる。本剤はすでに商品化 (INTELAGARD Inc., CO, USA)され、米国の対テロ分野を担う各機関に配備されている。

(3) FAST-ACT (NanoScale Materials, Inc.)

FAST-ACTは、米国で開発された有害化学物質処理剤で、一剤で多品種の有毒物質の効果があるとされている。二酸化チタン及び酸化マグネシウムを原材料とした無毒性、速効反応性のナノ材料配合製品であり、広い範囲の有害化学薬品を無害化するのに有効で、化学剤も無力化する能力があるとされている。本剤もすでに商品化され、米国の対テロ分野を担う各機関や毒物を扱う事業所に配備されている。

(4) 酸化チタンナノ粒子を用いた光触媒技術

光接触技術はわが国の得意とする基盤技術であり、基礎的研究に加えて、環境・衛生分野への応用研究も盛んであり、光触媒技術・素材・装置がすでに市場化され、普及している<sup>8)</sup>。本研究では、毒性は低く、比較的安価である酸化チタンナノ粒子を光触媒素材として適用し、化学剤除染システムの構築を提案し、試作品の調製を開始している。酸化チタンは紫外線等光触媒により、水や酸素と反応し、強力な酸化力を

有する活性酸素を発生し、有毒物質を酸化・無毒化するとされている (図2)。我々は酸化チタンナノ粒子を多孔性無機担体に包埋させ線維と組み合わせた除染剤を試作、化学剤 (毒物) 除染への適用の可能性を検証している。これらの技術は、現場の活用する資機材 (防護服・防護マスク等) に適用して、自然除染作用を付加させ、より軽量・安全で高性能な装備品として開発していく。加えて、現場で紫外線を照射する条件下で生物化学剤を効率よく除去するシステムを設計し、救護所等で用いる空気清浄装置、自走式除染ロボットなどの試作 (図3) を検討する。

(5) 銀ナノ粒子/キトサン複合体を用いた新規生物化学剤除染材料

我々は易溶解性ガラスに硝酸銀を含有させその粉体 (粒径 10-100 $\mu$ M) を調製した。その粉体を生理食塩水に入れて、還元剤及び安定剤としてグルコースを添加したコロイド溶液を 120 $^{\circ}$ C, 20分, 5気圧でオートクレーブすることで安価、高収率で 5-15nm の均一な銀ナノ粒子を生成できることを見出している (図4)<sup>9)</sup>。この銀ナノ粒子はキトサン線維に強く吸着し、

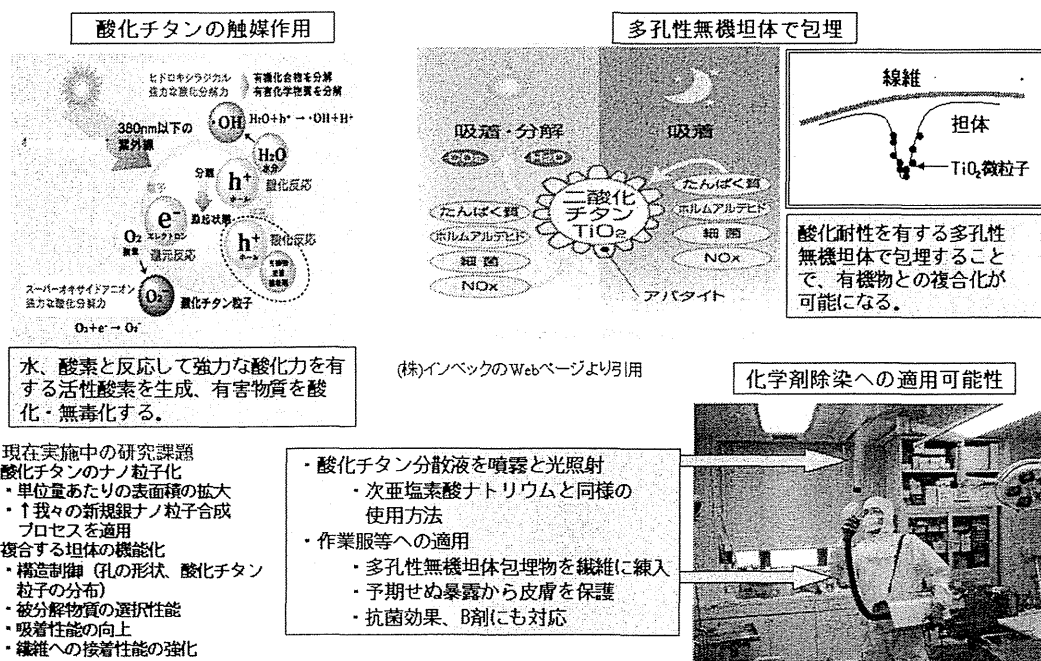


図2. 酸化チタンの光触媒機能を利用した除染システム  
酸化チタンは、光触媒反応により各種有機毒を分解・無力化する。

一部文献8より引用, 改変。

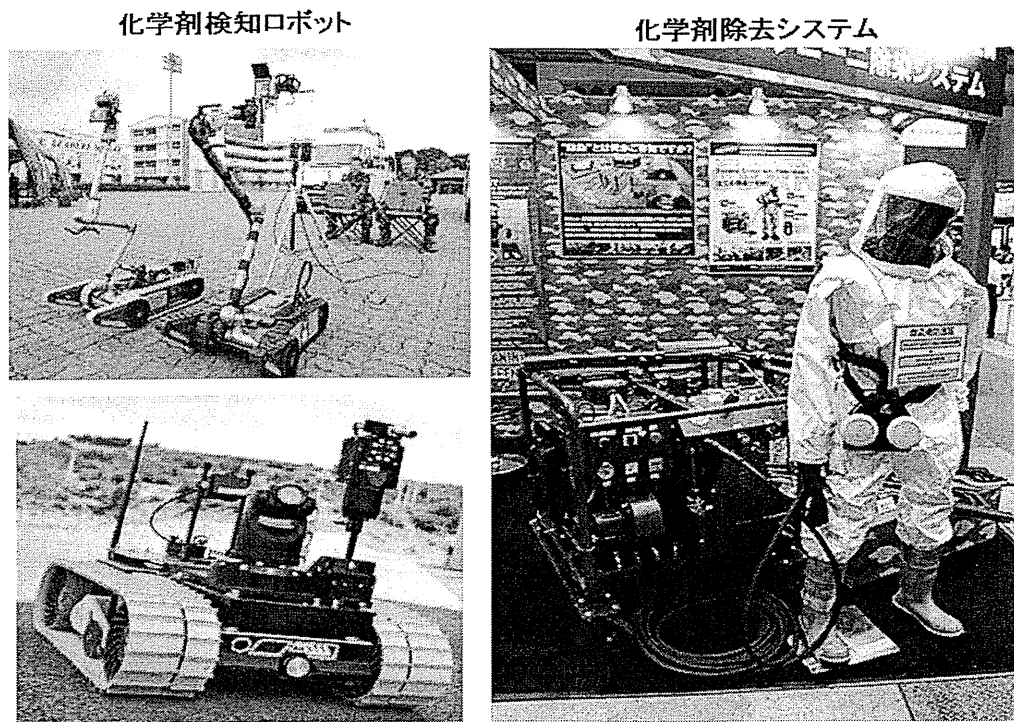


図3. 検知・除染ロボットシステム  
 現在、実用化されている検知・除染用ロボットのイメージを示す。  
 一部文献7より引用、改変。

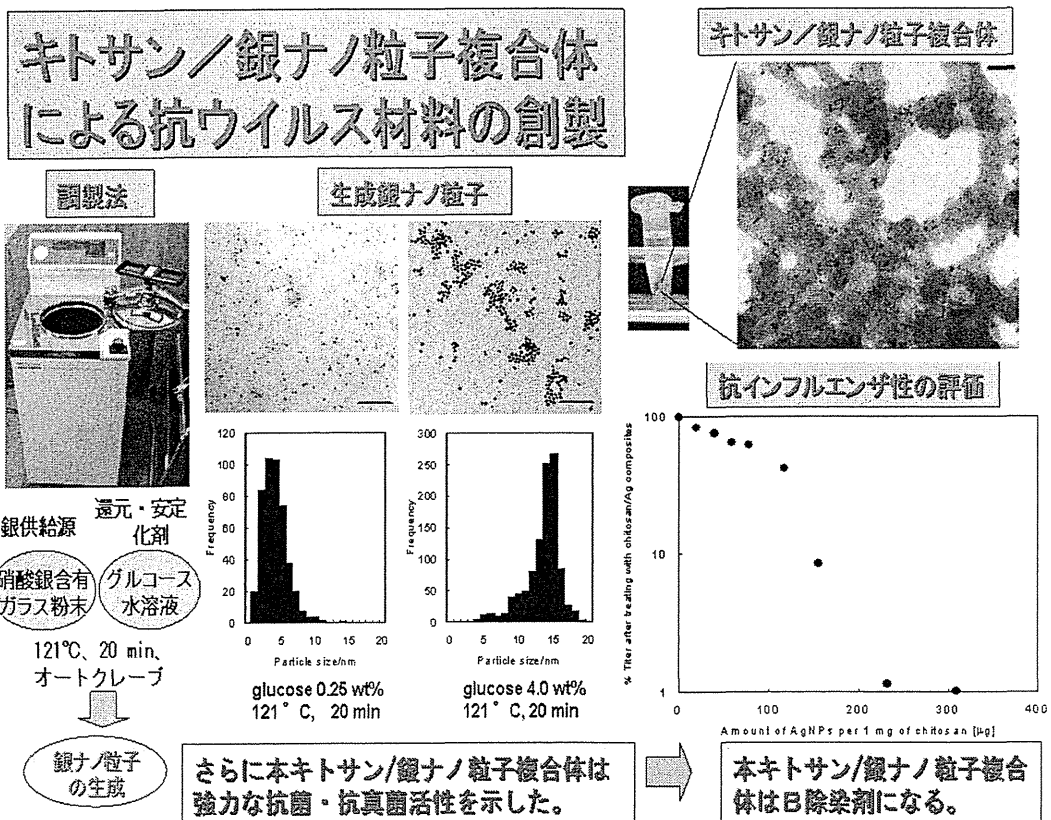


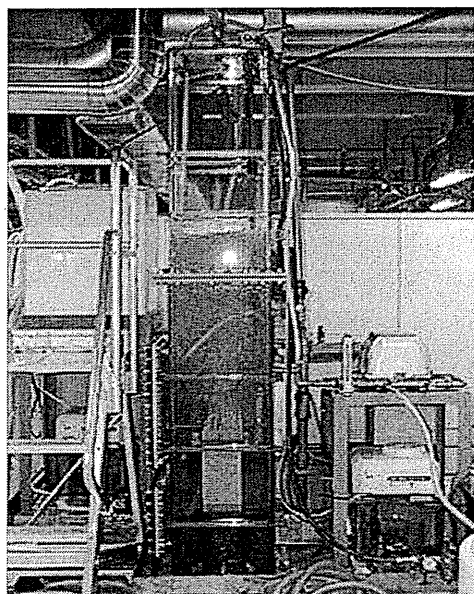
図4. キトサン／銀ナノ粒子複合体の抗ウイルス活性  
 一部文献9より引用、改変。

銀ナノ粒子／キトサン複合体を形成する。この新規銀ナノ粒子／キトサン複合体には抗真菌や抗菌性のみでなくインフルエンザ等の強い抗ウイルス活性や防臭性が見出されている。我々は、生物化学剤の除去のためキトサンを適用した新規多孔性吸着剤の開発を進めているが、これに銀ナノ粒子を包含させることで、有機物である化学剤及びウイルスを含んだ生物剤両者を除染できるマテリアルの開発を進めている。

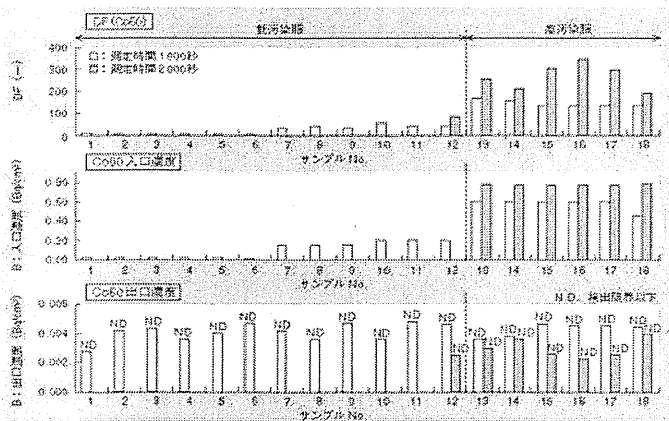
(6) 微生物を用いた膜分離活性汚泥式洗浄・排水処理システムの化学剤・放射性物質除染への適用<sup>10)</sup>

化学剤、農薬、放射性物質、ダイオキシン、砒素、有機金属、環境ホルモン等、汚染が広がっている。これらは単なる安全保障上の要請だけではなく、地球環境の問題であり、一刻も早い適切な対策が必要である。ここで紹介する膜

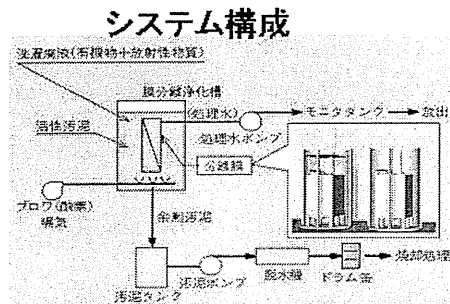
分離活性汚泥式洗浄排水処理設備は、自然界における自浄作用を利用することにより、省ランニングコストを実現したもので、タンクとポンプを主体とする構成で加圧、昇温の必要もなく安全かつ簡便な設備となっている。二次廃棄物発生量も少なく、水質浄化、毒物及び放射性物質除去性能を有している。活性汚泥は、主としてバクテリア、真菌などから構成されている微生物群集であり、活性汚泥法とはこれら微生物群集の代謝機能を利用して排水を浄化する方法である。本システムでは浄化槽内に分離膜を設置し、従来の標準活性汚泥法の浄化槽と沈降分離槽を一つの膜分離浄化槽に統合しており、装置のコンパクト化と膜を通してろ過するため、曝気槽内の汚泥濃度を高く維持することが可能となり、処理能力も高い(図5)。さらに本システムの主な二次廃棄物発生源は有機物を分解



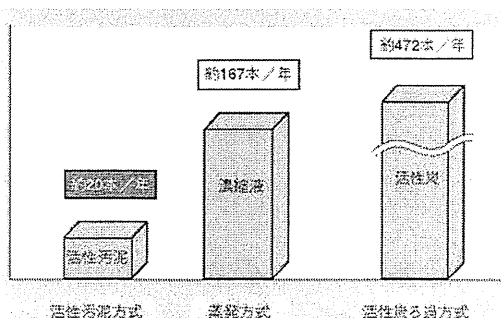
膜分離活性汚泥式洗浄排水処理設備



放射線実廃液を用いた性能試験



システム構成



二次廃棄物量の比較(ドラム缶換算)

図5. 膜分離活性汚泥式洗浄排水処理システムと能力  
本システムにより、効果的に汚染水や汚泥を濃縮・除染できる。

一部文献11より引用、改

することによる活性汚泥の増加のみであり、二次廃棄物発生量の低減も実現している。

#### おわりに

生物化学剤が用いられるテロの現場において、有害・猛毒であり種類が多岐にわたる生物化学剤を、安全・効率的、効果的に除去することが被害の拡大防止、現場の復旧に求められている。現状で行なわれている生物化学剤の除去方法は十分とは決して言えない。問題点としては、1) 方法と効果の科学的検証が不十分で、科学的データがない、2) 次亜塩素酸塩などの除染剤は毒性が高くしかも環境への負担が大きい、3) すべての生物化学剤に有効ではなく、長持続性・高抵抗性の剤が存在する、4) 持続性が低く、その効果は一過性に過ぎない、5) 大量の洗浄排水が発生しその処理は困難である、などがあげられる<sup>11)</sup>。テロ現場での除染ニーズは、ヒト・環境に安全で、剤全般に有効で、効率的・持続性があり、それらが科学的データによって十分に検証されており、洗浄排水の心配が少ないものである。我々は現在、生物化学剤の除染のためハイパー・イオン水の適用、新規吸着性材料として銀ナノ粒子／キトサン複合体の適用、そして光触媒技術として酸化チタンナノ粒子の応用の可能性を検証し、生物化学剤除染のための上記目的達成に向けて研究を推進している。さらにバクテリア（活性汚泥）を適用する化学剤、有機毒、及び放射性物質洗

浄除去のためのシステムとして、膜分離活性汚泥式洗浄・排水処理設備について記述した。

#### 文 献

- 1) 瀬戸康雄：生物化学剤の除染法. YAKUGAKU ZASSHI 129: 53-69, 2009.
- 2) Stewart, C.E. and Sullivan, Jr. J.B.: Hazardous Materials Toxicology -Clinical Principles of Environmental Health, ed. by Sullivan, Jr. J.B. and Krieger, G.R. Williams&Wilkins, Baltimore, 1992, pp. 986-1014.
- 3) Taylor, P.: Goodman&Gilman's Pharmacological Basis of Therapeutics, 9<sup>th</sup> ed, ed. by Hardman, J.G., Limbird, L.E. McGraw-Hill, New York, 1995, pp. 161-176.
- 4) 穴田敬雪：化学剤攻撃・テロへの対応. 防衛医学. 防衛医学編さん委員会編, 防衛医学振興会, 所沢, 2007, pp. 676-699.
- 5) Zajchuk, R. (ed): Medical aspects of chemical and biological warfare. Textbook of Military Medicine. Office on the Surgeon General; 1997.
- 6) 作田英成：生剤攻撃・テロへの対応. 防衛医学. 防衛医学編さん委員会編, 防衛医学振興会, 2007, 所沢, pp. 656-662.
- 7) NPO 法人 NBCR 対策推進機構. :— NBC 兵器の偽剤及び諸外国の除染装置に関する調査— (報告書). IHI (株) 防衛事業連携統括室 (2007)
- 8) Hashimoto, K, Ohtani, F, Kudo A.: Photocatalysis Fundamentals, Material Development and Applications. Enu Thi Esu Corp., Tokyo, 2005.
- 9) Mori, Y., Tagawa, T., Fujita, M., Kuno, T., Suzuki, S., Matsui, T. and Ishihara, M.: Simple and environmentally friendly preparation and size control of silver nanoparticles using an inhomogeneous system with silver-containing glass powder. *J. Nanopart. Res.* 13: 2799-2806, 2011.
- 10) 三菱重工・原子力事業本部原子力部新型炉・新製品課, 原子力向け膜分離活性汚泥式洗浄排水処理設備. 三菱重工技報 43: 58-60, 2006.
- 11) 特殊災害対処ハンドブック—中毒・化学剤・生物剤・放射線障害—, 東京, 2003.

## Clearance technology of biological and chemical agents

Masayuki ISHIHARA, Masanori FUJITA, Yasutaka MORI, Satoko KISHIMOTO,  
Hidemi HATTORI, Yoritsuna YAMAMOTO, Shoichi TACHIBANA and Yasuhiro KANATANI

*J. Natl. Def. Med. Coll.* (2012) **37** (1) : 8–17

**Abstract:** In a field of terrorism used a wide variety of biological and chemical agents which are harmful and deadly poisonous, it is important to effectively and efficiently clear those agents for prevention of expanded damages and retrievals from the damage. The needs for their clearances in the disaster areas are safe for human body and easy on the environments as well as efficiencies, endurances and versatilities for those clearances. Furthermore, they are required evaluations based on scientific data. We are currently studying on applications of hyper-ion water, nano-silver particles/chitosan complexes as a functional absorbent and nano-titanium oxides as an optical catalyst for clearances of biological and chemical agents. We also introduce in this review a membrane-separation system using bioactive muddiness for drainage and irrigation.

**Key words:** Clearance of biological and chemical agents / nano-silver particles/chitosan complexes / functional absorbent / nano-titanium oxides / optical catalyst.



