

厚生科学研究費補助金（生活安全総合研究事業）

「新課題医療廃棄物の処理システムの構築に関する研究」

（H10 - 生活 - 043）

平成10年度総括研究報告書

平成11年3月

主任研究者：松島 肇
浜松医科大学医学部

総括研究報告書

主任研究者 松島 肇（浜松医科大学医学部教授）

分担研究者 配島 由二（国立医薬品食品衛生研究所薬品部第一室長）

分担研究者 保科 定頼（東京慈恵会医科大学医学部講師）

研究要旨：

医療機関などにおける消毒剤、PCR廃棄物、プリオン蛋白など細胞毒性廃棄物の取扱いに関して、消毒剤については活性汚泥処理、PCR廃棄物、プリオン蛋白については不活化処理の確立およびそれらのアンケート調査の解析などによって、それぞれの適正な処理システムを構築する。平成10年度は消毒剤の活性汚泥による毒性評価、PCR廃棄物、プリオン蛋白の酸化剤などによる不活化法を模索する。

消毒剤の活性汚泥処理への適用を検討するために、酸素吸収法を用いて消毒剤の酸素吸収量を測定して、活性汚泥に対する毒性を最大無作用濃度および半数致死濃度（阻害率50%濃度）で評価した。

最大無作用濃度で最も毒性の強い消毒剤は、ヘキサクロロフェンで推定6mg/lであり、つづいてトリクロサン、20%クロルヘキシジンジグルコネート、塩化ベンゼトニウム、ポビドンヨード、クレゾール石けん液などの順で20-320mg/lである。半数致死濃度で最も毒性の強い消毒剤は、トリクロサンで50mg/lであり、つづいてヘキサクロロフェン、クロルヘキシジンジグルコネート、塩化ベンゼトニウム、ポビドンヨード、アルキルジ（アミノエチル）グリシン塩酸塩、クレゾール石けん液などの順で110-920mg/lである。

PCR廃棄物、プリオン蛋白の新処理技術の文献検索を実施し、前者については次亜塩素酸ナトリウムによる酸化分解、後者についてはアルカリ化剤による加水分解が有力であると判断した。PCR廃棄物汚染の指標に、細菌16SリボソームRNAをコードするDNAの塩基配列を用いて遺伝子増幅を行い、実験室内の塵埃、オートクレーブ内でその汚染を確認した。

医療機関などにおける細胞毒性廃棄物のアンケート調査の解析結果については、別添資料編に記す。

目次

| | | |
|-----|---------------------------|----|
| 第一章 | 概要 | 1 |
| 第二章 | 消毒剤の活性汚泥処理に関する研究 | 7 |
| 第三章 | プリオン汚染廃棄物処理の現状と適正処理に関する研究 | 27 |
| 第四章 | PCR廃棄物の化学的分解法に関する研究 | 65 |
| 第五章 | 抗悪性腫瘍剤の活性汚泥に対する毒性に関する研究 | 77 |
| 第六章 | 参考資料 | 99 |

別 添 医療機関などにおける細胞毒性廃棄物の取扱いのアンケート調査結果

第一章

「概要」

主任研究者：松島 肇

浜松医科大学医学部環境科学研究室

研究目的

新課題医療廃棄物には、毎日、多量に排出される消毒剤、遺伝子増幅（PCR）法などで多量に複製されたDNAを含む廃棄物（PCR廃棄物）、狂牛病などの原因であると考えられているプリオン蛋白などの細胞毒性廃棄物などがある。消毒剤は有害性廃棄物であり、PCR廃棄物は発がん性、遺伝毒性などを示す可能性があり、プリオン蛋白は狂牛病、クロイツフェルト・ヤコブ病などの原因物質と考えられているが、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」では、特別に注意を要する廃棄物として規制されていないのが現状であり、医療廃棄物従事者などは慢性的に危険に曝されている可能性がある。

そこで、細胞毒性廃棄物の安全な処理法の確立を目指し、消毒剤については、医療機関などの排水処理に多用されている活性汚泥による毒性評価を通して、活性汚泥法の適用を探る。PCR廃棄物、プリオン蛋白などについては、酸化剤、アルカリ化剤などによる不活化法を確立して、それらの実用化処理装置を模索する。医療機関などに対して、細胞毒性廃棄物の処理についてアンケート調査および聞き取り調査を実施し、それらの実態と問題点を具体的に提示する。

平成10年度は、消毒剤の活性汚泥への適用を検討するために、ワールブルグ検圧計を用いて酸素吸収量を測定して、最大無作用濃度、半数致死濃度（阻害率50%濃度）で評価する。PCR廃棄物、プリオン蛋白などの廃棄物については、文献検索によって画期的な処理法を探るとともに、基礎的な実験法を模索する。医療機関などに対して、細胞毒性物質の取扱いのアンケート調査を実施して、その実態を明らかにする。

研究方法

ワールブルグ検圧計を用い、採取後、医療系廃水に特徴的な貧栄養下で馴養した活性汚泥の適量に、供試消毒剤希釈溶液などを添加し、活性汚泥の酸素吸収量（呼吸量）を測定した。反応容器の主室には供試消毒剤希釈溶液などを入れ、副室には呼吸によって発生する二酸化炭素吸収用の水酸化ナトリウム溶液を入れる。測定条件は、予備実験の結果から、水温20℃、振とう回数100回/分、活性汚泥濃度3,500 mg/l、基質（グルコース）濃度 100mg/l、pH 7.2（リン酸緩衝液使用）、測定時間 5 時間とした。

遺伝子増幅のためのプライマーとして大腸菌 16SリボソームRNAの519-536番目と907-926番目に相当する配列を DNA合成し、16Sリボソームユニバーサルプライマー

#1 (16SRRI : CAGCAGCCGCCGTAATAC) と #2 (16SRRI : CCGTCAATTCCTTTGAGTTT) を用いて実験を行った。この二つのプライマーは、各菌種の16SリボソームRNAに広く保存された塩基配列を示し、それをコードしている細菌DNAの存在を検出できる。PCRによる細菌16SリボソームDNAの検出には Gene Amp PCR Reagent Kit (ABI) を用いた。検体を98℃3分加熱急冷し、DNAを十分熱変性された後、前述したキット試薬を添加し、94℃1分、60℃2分、72℃3分で30サイクルDNA増幅を行った。反応終了後、6%ポリアクリルアミドゲル電気泳動し、エチジウムブロマイド染色して紫外線をあて約400塩基のバンドを確認する。

プリオン蛋白汚染物の不活化に応用できる新処理技術については、各種の論文調査およびインターネットホームページにアクセスして必要な情報を収集した。また米国の関係企業の協力によりアルカリ加水分解装置の資料の入手を試みた。

医療機関などにおける細胞毒性廃棄物の取扱いの実態についてアンケート調査を実施した。

結果と考察

活性汚泥に対する消毒剤の毒性については、ワールブルグ検圧計を用いて測定して、5時間後の活性汚泥の酸素吸収量が正常値と同じ値になったときの消毒剤の濃度を最大無作用濃度として評価した。また、同様に、5時間後の活性汚泥の酸素吸収量が正常値の半分(50%)になったときの消毒剤の濃度を半数致死濃度(阻害率50%濃度)として評価する方法を用いた。最大無作用濃度または半数致死濃度(阻害率50%濃度)の値が小さいほど、活性汚泥に対する毒性(阻害)が強いことになる。

各種消毒剤の活性汚泥に対する毒性試験の結果、最大無作用濃度でみると、最も毒性の強い消毒剤は、ヘキサクロロフェンで推定6mg/lであり、つづいてトリクロサンで20mg/lであり、20%クロルヘキシジンジグルコネートで110mg/l、塩化ベンゼトニウムで120mg/l、ポビドンヨードで130mg/l、クレゾール石けん液で320mg/lなどの順である。

また、半数致死濃度(阻害率50%濃度)でみると、最も毒性の強い消毒剤は、トリクロサンで50mg/lであり、つづいてヘキサクロロフェンで110mg/lであり、4%クロルヘキシジンジグルコネートで140mg/l、5%クロルヘキシジンジグルコネートで200mg/l、20%クロルヘキシジンジグルコネートで220mg/l、塩化ベンゼトニウムで290mg/l、ポビドンヨードで300mg/l、アルキルジ(アミノエチル)グリシン塩酸塩で640mg/l、クレゾール石けん液で920mg/lなどの順である。今後は、こ

これらの値を活性汚泥処理装置で実験的に評価して、活性汚泥による実用化処理の方向性を探る。

PCR廃棄物に関して、前述したユニバーサルプライマーを用いた研究で、実験室内が広範に汚染されている実態が認められた。DNA診断によって生じる同じ塩基配列をもった多量のPCR廃棄物については、同じ塩基配列を含んでいることが多く、正常細胞に曝露されることは問題が多いと考える。このようにPCR廃棄物の処理には、感染性廃棄物容器への封じ込めと中間処理、とくに次亜塩素酸ナトリウムによる酸化分解、活性汚泥、紫外線による分解、また作業には手袋の着用が有効と考えられる。

プリオン蛋白汚染物の不活化法として、文献およびインターネットで検索した結果、アルカリ加水分解法が最も有力であると考えられるので、米国の関係企業の協力により入手したアルカリ加水分解装置の資料を基に、その基礎的実験の検討に入っている。

医療機関などにおける細胞毒性廃棄物のアンケート調査については、解析中である。

結 論

医療系廃水に特徴的な貧栄養下にある活性汚泥を用いて、ワールブルグ検圧計による酸素吸収量から、各種消毒剤の活性汚泥に対する毒性（阻害）を求めた。

最大無作用濃度では、ヘキサクロロフェンで推定 6mg/lと最も毒性が強く、つづいてトリクロサン、20%クロルヘキシジンジグルコネート、塩化ベンゼトニウム、ポピドンヨード、クレゾール石けん液などの順で、20-320mg/lである。半数致死濃度（阻害率50%濃度）では、トリクロサンで50mg/lと最も毒性が強く、つづいてヘキサクロロフェン、クロルヘキシジンジグルコネート、塩化ベンゼトニウム、ポピドンヨード、クレゾール石けん液などの順で、110-920mg/lである。

ユニバーサルプライマーにより実験室内のPCR廃棄物汚染が観察された。このようにPCR廃棄物の処理には、感染性廃棄物容器への封じ込めと中間処理、次亜塩素酸ナトリウムによる酸化分解、活性汚泥、紫外線による分解、また作業には手袋の着用が有効と考えられる。

PCR廃棄物、プリオン蛋白などの新処理技術の文献検索から、前者については次亜塩素酸ナトリウムによる酸化分解、後者についてはアルカリ剤による加水分解がそれぞれ有力であると判断した。

第二章

「消毒剤の活性汚泥処理に関する研究」

主任研究者：松島 肇

浜松医科大学医学部環境科学研究室

1. はじめに

医療廃棄物には、病原微生物などで汚染され、感染症を生じるおそれのある感染性廃棄物、ガラス・金属くずなどによる傷害の危険性のある損傷性廃棄物、毒性物質を含有する有害性廃棄物などがある。

消毒剤は、毎日頻繁に使用され、多量に排出される有害性廃棄物の一つであり、廃棄物区分としては難燃性廃液として分別回収して、焼却処理することが考えられる。

しかしながら、医療関係機関などに設置されている焼却炉は、主として固形状のものが対象であり、消毒剤廃液に適用することはできない。研究機関を有する大学医学部附属病院などに一部設置されている噴霧燃焼炉は、焼却処理能力が低く、消毒剤廃液に適用することは困難である。たとえば、浜松医科大学（以下「本学」という。）医療廃棄物処理センターに設置されている噴霧燃焼炉の処理能力は、可燃性廃液で20l/hr、難燃性廃液で16.5l/hrであり、本学で使用される消毒剤の20%未満しか処理できず、可能なかぎり噴霧燃焼処理するには人件費を含めて数千万円の経費が必要になることが著者らの試算で明らかになった。

しかもトリクロサン（グリンス）などの消毒剤を難燃性廃液として噴霧燃焼処理すると、毒性の非常に高いダイオキシン類が生成することが報告されている^{1, 2)}。

消毒剤は、短時間の接触によって病原微生物を死滅され、その効果が持続され、化学的に安定で保存による薬効効果の低下が少ないなどの基本的な事項のほかに、被消毒物を損傷しない、あるいはヒトなどに対して毒性が低いことなどが望ましい条件である。しかし、消毒剤の薬効効果と毒性が低いということは、背反することが多い。

「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」（廃棄物処理法）では、感染性廃棄物の中間処理には、焼却施設で焼却、熔融設備で熔融、滅菌装置で滅菌する方法が規定されているが、そのほかB型肝炎ウイルスに有効な薬剤または加熱による方法で消毒する方法もある。したがって、B型肝炎ウイルスに有効な薬剤として次亜塩素酸ナトリウム（ミルトンまたはピューラックス）、グルタールアルデヒド（ステリハイド）、エチレンオキサイドガス、ホルムアルデヒド（ホルマリン）が使用されており、前二者は医療系廃水中に排出されるものと考えられる。

医療行為で使用された消毒剤および感染性廃棄物の中間処理に使用された消毒剤は、医療系廃水に排出されることが多いことから、医療関係機関などで利用されている好気性微生物処理である活性汚泥に対して、消毒剤の性質から影響を与えることも考えられるばかりでなく、活性汚泥による代謝によって新しい毒性物質が生成される可能性もある。

そこで、消毒剤の活性汚泥に対する毒性を評価するとともに、医療系廃水として活性汚泥処理することが可能であるかどうかを、活性汚泥を用いて評価することを検討した。

2 供試材料など

1) 供試消毒剤

消毒剤としては図1に示したトリクロサン、ヘキサクロロフェン（ファイゾヘックス）、クロルヘキシジン（ヒビテン）、塩化ベンゼトニウム（ハイアミン）などを取り上げた。

ここでは、いくつかの消毒剤の性質などについてつぎに示す。

① 20%クロルヘキシジンジグルコネート

商品名ヒビテン・グルコネート液（主剤濃度20%）を用いた。消毒剤の分類として、一つの項を成すジグアニド系化合物であり、親水性にするためにジグルコネートとして使用されている。手指・手術部位、医療器具、手術室・病室などの消毒に広く用いられ、グラム陰性菌、グラム陽性菌、真菌類、藻類などに有効とされている。

② 塩化ベンゼトニウム

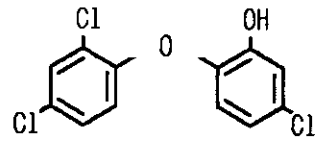
商品名ハイアミン液（主剤濃度10%）を用いた。従来からあるカチオン性アルキルベンゼン型の第四級アンモニウム塩で、手指・手術部位、医療器具、手術室・病室などで、芽胞を生成しない細菌、真菌類、グラム陽性菌などの消毒に広く使用されている。

③ ジデシルジメチルアンモニウムクロライド

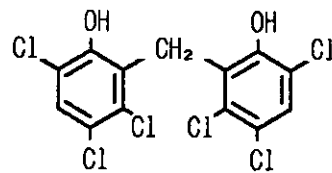
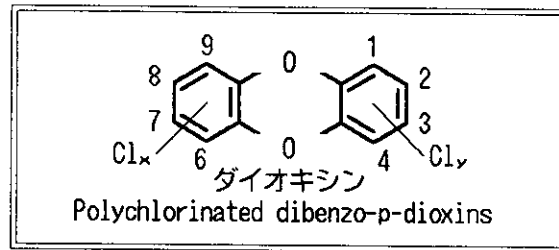
商品名バーダック2280（主剤濃度80%）を用いた。消毒剤は化学的性質で10種類程度に分類されるが、本品は4価のアンモニウムイオン（第四級アンモニウム塩）を有するカチオン性の界面活性剤である。

従来から使用されているアルキルベンゼン型の消毒剤との明らかな違いは、アルキル基が脂肪族アルキル鎖のツイン型であるということで、この構造によって消毒の対象は塩化ベンゼトニウムや塩化ベンザルコニウム（オスバン）と同様であるものの、これらアルキルベンゼン型の不得手としたカルシウムやマグネシウムを多く含んだ硬水、有機物の存在、アニオンの残留にも有効とされている。

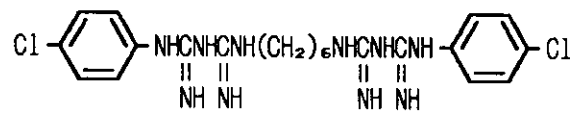
作用機序は、第四級アンモニウム塩の陽電荷を持つ原子団が、陰電荷を帯びる菌体表面に吸着・集積され、菌体蛋白を変性させ、消毒作用を表すとされている。こ



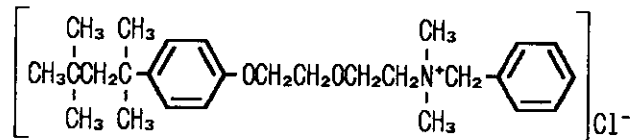
トリクロサン
2,4,4'-Trichloro-2'-hydroxydiphenyl ether



ヘキサクロロフェン
2,2'-Methylenebis[3,4,6-trichlorophenol]



クロルヘキシジン
1,6-Di(4'-chlorophenyldiguanido)hexane



塩化ベンゼトニウム
N,N-Dimethyl-N-[2-[2-[4-(1,1,3,3-tetramethylbutyl)phenoxy]ethoxy]ethyl]benzenemethanaminium chloride

図1 構造式 (消毒剤4種 + ダイオキシシン)

のような広い抗菌スペクトルと強い抗菌力を有することから、欧米では医療器具、手術室・病室、リネン類、吐物・排出物などの消毒に広く使用されている。わが国においても類似の製剤が、現在までに少なくとも3社から販売され、使用が開始されており、今後、その使用量が増大することが予想される。

本学では、医療系廃液・廃水を図2に示したように、医療系廃水、生活系廃水、重金属系廃液、廃油・廃溶剤等の廃液（可燃性および難燃性廃液）にそれぞれ分けて処理している。

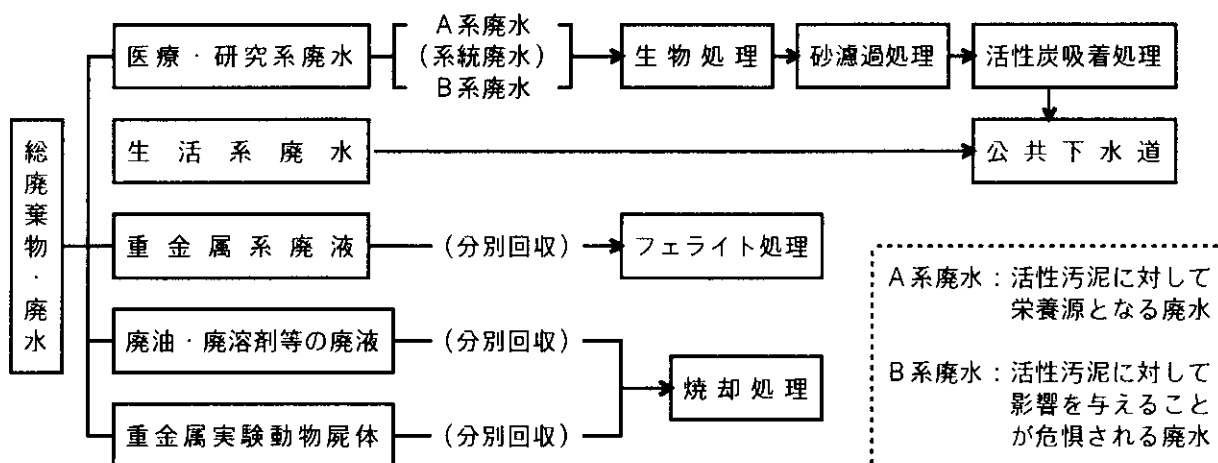


図2 浜松医科大学廃液・廃水処理系統

本学医療系廃水処理施設の概要を図3に示す。各排出単位から流入したA系廃水は、パースクリーン槽Bに受け入れ、粗大固形物などを除去した後、原水貯留槽Bに貯留される。B系廃水は、パースクリーン槽Aに受け入れ、粗大固形物などを除去して一旦、原水貯留槽Aに貯留された後、24時間以上かけて原水貯留槽Bに送られてA系廃水と混合される。原水貯留槽Bから原水ポンプで揚水された廃水は、原水計量槽で流入量を調整された後、中和槽に送られてpH指示調節計による測定を受ける。

pHが中性領域を逸脱している場合は自動的に硫酸または水酸化ナトリウム溶液が注入されてpHを中性付近（6-8）に調節された後、廃水は原水分配槽で均等に分配されて好気性微生物処理装置の曝気槽AおよびBに流入する。曝気槽では可変速式表面曝気機により長時間曝気を行い、活性汚泥によりBOD源物質を酸化分解される。

次に、沈殿槽AおよびBに流入して活性汚泥を沈殿分離し、得られた生物処理水は二次処理水槽に流入する。沈殿槽の沈殿汚泥は返送汚泥ポンプでそれぞれの曝気槽に返送される。活性汚泥が異常に増殖して余剰汚泥を生じた場合は、余剰汚泥槽

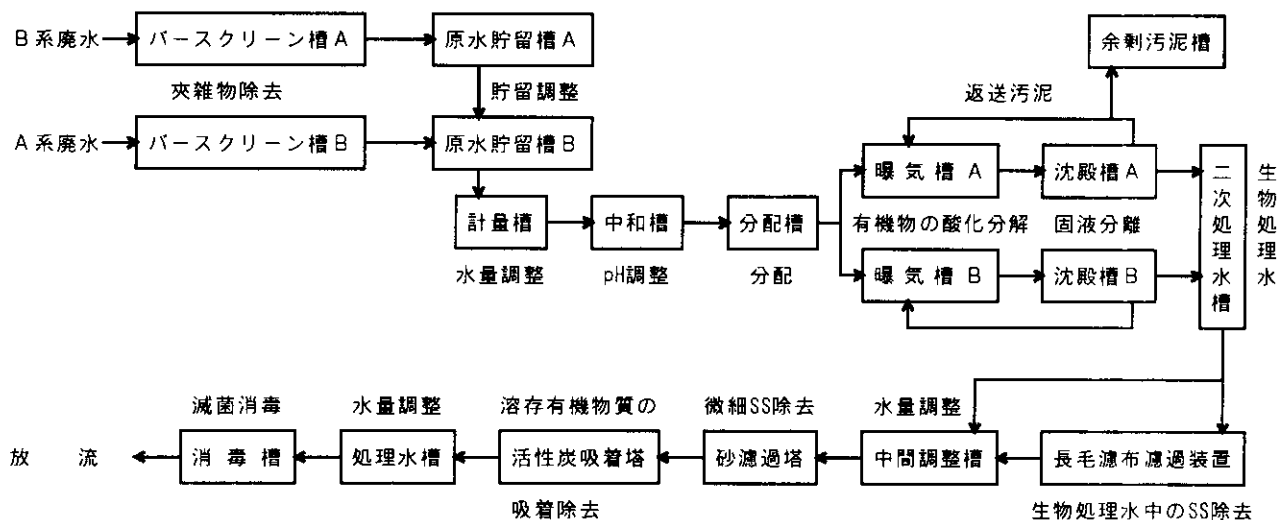


図3 浜松医科大学医療系廃水処理施設系統

で濃縮して貯留し、別途処理処分することになっている。生物処理水は、活性汚泥がバルキング（膨化現象）などによって沈殿分離が悪化した場合、二次処理水槽から揚水されて二段式長毛濾布濾過装置に送られ、長毛濾布で二段階にわたって濾過される。

しかしながら、通常は二次処理水槽から中間調整槽に流入し、揚水されてアンスラサイトと砂の二層式砂濾過装置を通して、水中の浮遊物質が除去される。処理水中には溶解性COD（化学的酸素要求量）源物質などが存在しているので、活性炭吸着装置でそれらの物質を除去した後、処理水槽に送水され、消毒槽で滅菌処理されて放流される。

2) 活性汚泥

本学医療系廃水処理施設から採取した実装置汚泥を用いた。採取時濃度 4,500mg/lのものを15リットルの円筒容器に入れ、エアープンプによる曝気・攪拌を行い、実装置と同じ貧栄養下におくための低BOD（生物化学的酸素要求量）容積負荷に相当する人工下水を与え、馴養した。

この汚泥の適量に蒸留水を加えて遠心分離（3,000rpm、5分間）し、3回繰り返して汚泥に付着している有機物を除去した。汚泥濃度は、予備実験の結果から反応容器中の供試濃度で 3,500mg/l前後とした。この値は本学で採用している長時間曝

気活性汚泥法の標準値でもある。

3. 方法

1) 実験方法

ワールブルグ検圧計を用い、採取後、馴養した活性汚泥の適量に、供試消毒剤希釈溶液などを添加し、活性汚泥の酸素吸収量（呼吸量）を測定した。検圧計の主要部分を図4に示す。検圧計は反応容器と毛細ガラス管（目盛付）のマノメーターから成っており、反応容器は恒温槽に浸っている。マノメーターは最大 $300\mu\text{l-O}_2$ まで計測でき、閉塞液は水銀ではなく赤色のプロディ液である。

反応容器の主室に供試消毒剤希釈溶液などを入れ、副室には呼吸によって発生する二酸化炭素吸収用の水酸化ナトリウム溶液を入れる。測定条件は、予備実験の結果、水温 20°C 、振とう回数 100 回/分、活性汚泥濃度 $3,500\text{mg/l}$ 、基質（グルコース）濃度 100mg/l 、 $\text{pH}7.2$ （リン酸緩衝液使用）、測定時間 5 時間とした。反応容器およびマノメーターの容量が小さいので、クーロメーターのように長時間の測定はできないが、実務レベルで必要とされる比較的急性の阻害程度を短時間で把握するには簡便な方法である。

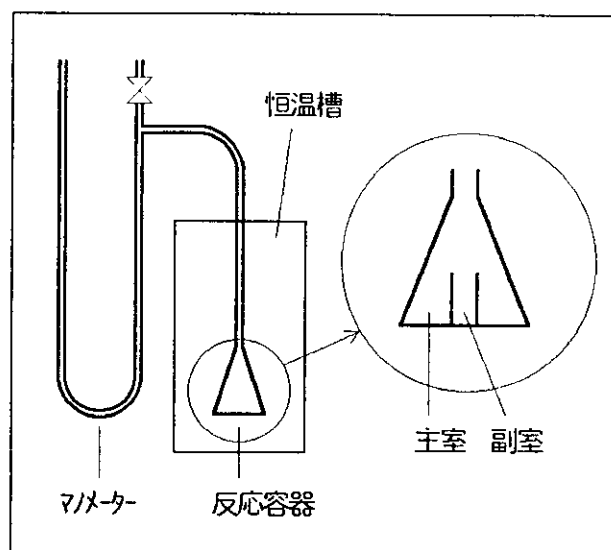


図4 ワールブルグ検圧計の主要部分

2) 脱水素酵素活性

種々の脱水素酵素は有機化合物の生物学的酸化におけるもっとも重要な酵素の1つであり、しかも水素受容体としてテトラゾリウム塩を使用することで、その活性度を容易に測定することができる。

そこで、本実験に供した活性汚泥については下水試験方法に準拠しての脱水素酵素活性を可視吸光光度計を用いて測定した¹⁾。そして、本実験における活性汚泥の活性度条件をほぼ一定にするために、脱水素酵素活性をその指標とし、 10^{-3} オーダー $\mu\text{molTF}/\text{mgVSS}$ のものを用いた。

4 結果と考察

1) 消毒剤の使用量

本学附属病院で調査（1995年4月から1996年3月）したアルコール類を除いて、おもに手指、医療器具に使用された消毒剤の年間使用量を表1に示す。

それによると、年間使用重量では、次亜塩素酸ナトリウム、アルキルジアミノエチルグリシン塩酸塩（テゴ-51）、グルタルアルデヒドが100kg以上使用されていることが明らかになった。そのほか、第四級アンモニウム塩である塩化ベンゼトニウム、クロルヘキシジンジグルコネート、ポビドンヨード（イソジン）、クレゾール石鹼液などの順で使用されていた。

一方、その年間使用容量では、次亜塩素酸ナトリウム、グルタルアルデヒド、ポビドンヨード、アルキルジアミノエチルグリシン塩酸塩の使用が多く、そのほかクロルヘキシジンジグルコネート、チオ硫酸ナトリウム、塩化ベンゼトニウムなどの順で使用されていた。

著者らが、1988年4月から1989年3月までの1年間に使用された消毒剤の重量を調査した結果では、クレゾール石鹼液、塩化ベンゼトニウム、クロルヘキシジンジグルコネートの使用が多く、主として手指消毒に使用されているものが上位を占めたが、今回の調査では、主として医療器具などの消毒に使用される消毒剤が上位を占めていた。このことは、院内感染の防止対策などとして消毒剤が多用されていることを反映しているものと推定される。

2) 活性汚泥に対する消毒剤の評価

表1 浜松医科大学附属病院における消毒剤年間使用量
(1995年4月～1996年3月)

| 消 毒 剤 | 年 間 使 用 量 | |
|------------------------|-----------|------|
| | (ℓ) | (kg) |
| クロルヘキシジンジグルコネート 20% | 35 | 7.0 |
| クロルヘキシジンジグルコネート 5% | 465 | 23.3 |
| クロルヘキシジンジグルコネート 4% | 354 | 14.2 |
| チオ硫酸ナトリウム 2% | 730 | 14.6 |
| ポビドンヨード (ヨウ素換算) 1% | 1453 | 14.5 |
| ポビドンヨード (ヨウ素換算) 0.75% | 247 | 1.9 |
| トリクロサン 0.3% | 194 | 0.6 |
| 次亜塩素酸ナトリウム 6% | 2145 | 129 |
| 次亜塩素酸ナトリウム 1.1% | 1959 | 21.5 |
| グルタールアルデヒド 20% | 188 | 37.6 |
| グルタールアルデヒド 2.25% | 3401 | 76.5 |
| ヘキサクロロフェン 3% | 0 | 0 |
| クレゾール 42～52% | 33 | 15.8 |
| 塩化ベンザルコニウム 0.2% | 198 | 0.4 |
| 塩化ベンゼトニウム 10% | 541 | 54.1 |
| オキシドール 2.5～3% | 90 | 2.5 |
| アクリノール 0.1% | 24 | 0.02 |
| アルキルジアミノエチルグリシン塩酸塩 10% | 1303 | 130 |

クレゾール 48%、オキシドール 2.8%として計算

① 評価方法

活性汚泥に対する消毒剤の評価については、ワールブルグ検圧計を用いて測定して、5時間後の活性汚泥の酸素吸収量が正常値と同じ値になったときの消毒剤の添加濃度を最大無作用濃度（阻害率0%濃度； IC_{0} ）として評価した。

また、同様に、5時間後の活性汚泥の酸素吸収量が正常値の半分（50%）になったときの消毒剤の添加濃度を半数致死濃度（阻害率50%濃度； IC_{50} ）として判断する方法を用いた。

IC_{0} または IC_{50} の値が小さいほど、活性汚泥に対する阻害（毒性）が強いことになる。

② 酸素吸収量

ここでは、ジデシルジメチルアンモニウムクロライドを供したときの活性汚泥による酸素吸収量を例として図5に示す。実線の試料には消毒剤が入っておらず、汚泥の基礎酸素吸収量とした。適切な濃度の栄養塩存在下で馴養された汚泥の基礎酸素吸収量は時間の経過とともに一定の吸収量を示し直線となるが、貧栄養下の汚泥では酸素吸収量の増加が鈍くなった。また、脱水素酵素活性も 10^{-3} オーダー $\mu\text{molTF}/\text{mgVSS}$ と低い値を示した。

供試消毒剤を添加した試料では、消毒剤濃度が高くなるほど酸素吸収量が低下して、阻害を受けていることが分かる。

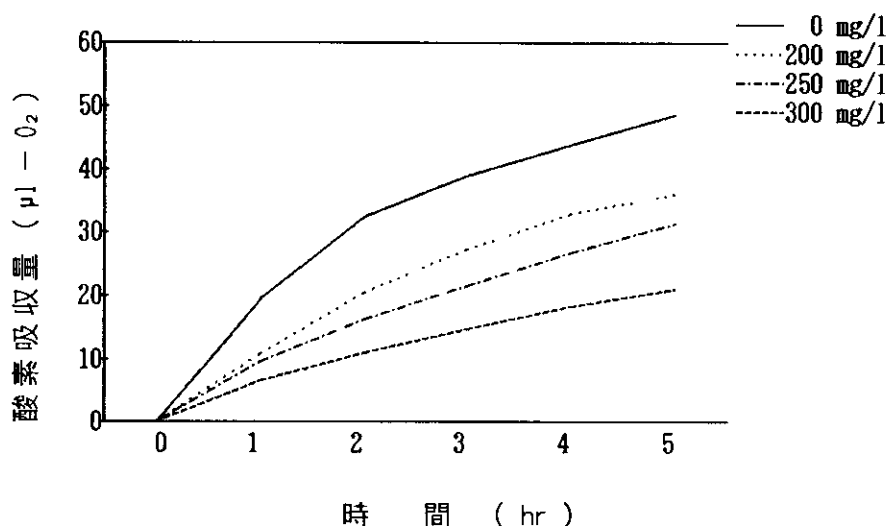


図5 ジデシルジメチルアンモニウムを供した時の酸素吸収量

③ 活性汚泥に対する阻害

供試消毒剤を添加した試料について、5時間後の基礎酸素呼吸量を100%としたときの状況を図6に示す。図の左右を横切る線の上部が IC_0 、下部が IC_{50} の評価線である。これらの評価線にクロスするときの消毒剤濃度がそれぞれ IC_0 または IC_{50} となる。

ここでは、ジデシルジメチルアンモニウムクロライドの IC_{50} について説明することとする。ジデシルジメチルアンモニウムクロライドの基礎酸素吸収量に対する比率は供試濃度200mg/lのときに72.2%、250mg/lのときに62.8%、300mg/lのときに42.1%となることから、50%のときの供試濃度、すなわち、 IC_{50} は280mg/lとして求めることができる。このようにして供試消毒剤の IC_0 または IC_{50} を算出することになる。

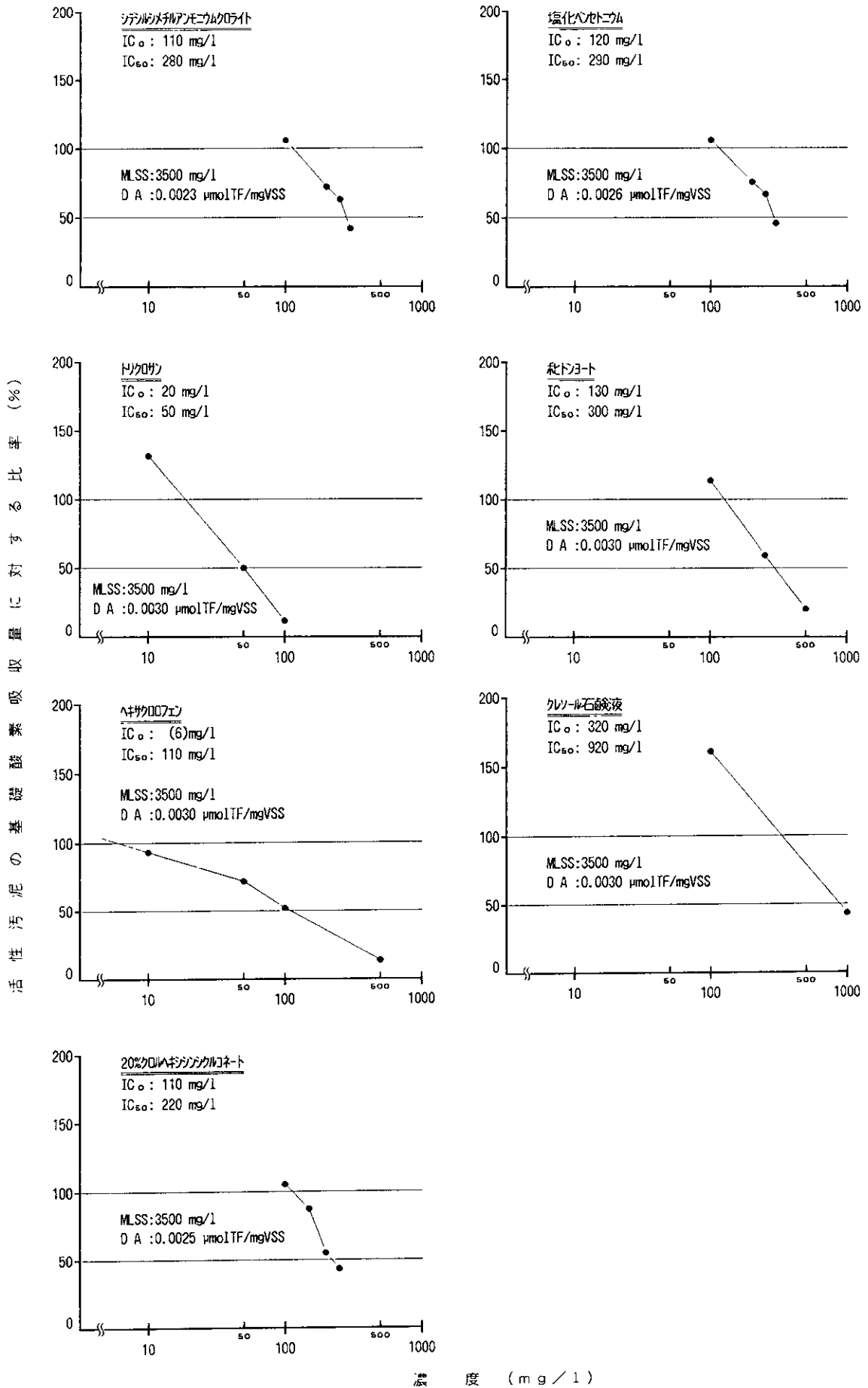


図6 各種消毒剤の活性汚泥に対する影響

MLSS: 反応容器中の調製活性汚泥濃度
DA: 脱水素酵素活性

④ 活性汚泥に対する IC_0 および IC_{50}

各種消毒剤の活性汚泥に対する IC_0 および IC_{50} を表 2 に示す。

その結果を IC_0 でみると、最も毒性が強い消毒剤は、ヘキサクロロフェン：推定 6 mg/l であり、つづいてトリクロサン：20mg/l であり、20% クロルヘキシジンジグルコネート：110mg/l、塩化ベンゼトニウム：120mg/l、ポピドンヨード：130 mg/l、クレゾール石鹼液：320mg/l などの順であった。

また IC_{50} でみると、最も毒性が強い消毒剤は、トリクロサン：50mg/l であり、つづいてヘキサクロロフェン：110mg/l であり、4% クロルヘキシジンジグルコネート：140mg/l、5% クロルヘキシジンジグルコネート：200mg/l、20% クロルヘキシジンジグルコネート：220mg/l、塩化ベンゼトニウム：290mg/l、ポピドンヨード：300mg/l、アルキルジ（アミノエチル）グリシン：640mg/l、クレゾール石鹼液：920mg/l などの順であった。

これらの値と実際に医療系廃水中に含有されている消毒剤濃度などから、今後、活性汚泥による消毒剤への実用化処理の検討を実施して行く。

表 2 各種消毒剤の活性汚泥に対する IC_0 および IC_{50} (mg/l)

| 消 毒 剤 | IC_0 | IC_{50} |
|----------------------|--------|-----------|
| トリクロサン | 20 | 50 |
| ヘキサクロロフェン | (6) | 110 |
| クロルヘキシジンジグルコネート 4% | 20 | 140 |
| クロルヘキシジンジグルコネート 5% | 110 | 200 |
| クロルヘキシジンジグルコネート 20% | 110 | 220 |
| ジデシルジメチルアンモニウムクロライド | 110 | 280 |
| 塩化ベンゼトニウム | 120 | 290 |
| ポピドンヨード | 130 | 300 |
| アルキルジ（アミノエチル）グリシン塩酸塩 | 300 | 640 |
| クレゾール石鹼液 | 320 | 920 |

⑤ 有機概念図上の消毒剤の阻害の予測

この供試消毒剤間の阻害性の強弱については、実験を行う前のある程度、予測することができるかもしれない。そこで、いくつか消毒剤を有機概念図上にプロットしたものを図 7 に示す²⁾。

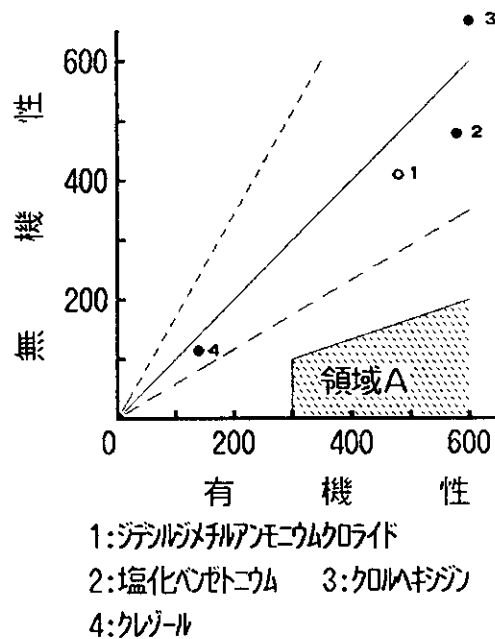


図7 有機概念図上の各種消毒剤

有機概念図は有機化合物の性質の早見表であり、有機化合物の無機性値と有機性値を求めて表している。ここでは値の算出方法には触れないが、消毒剤の場合、一般的に分画線（実線）より無機性側で親水性、生分解性が良好、活性汚泥処理に適しており、有機性側で疎水性、難分解性、活性炭吸着、分子量が大きければ凝集沈殿処理に向いていると判断できるという。多くの消毒剤は無機性側である。ジデシルジメチルアンモニウムクロライドの場合、塩化ベンゼトニウム、クロルヘキシジンジグルコネートより阻害性が弱い可能性が高く、アルキル基の炭素数を調整すればさらに生分解性が良好になるものと推察される。また、塩化ベンゼトニウム、クロルヘキシジンジグルコネートは、分子量が大きく微生物分解は容易とはいえないが、著しく有機性側の難分解性領域（領域A）に入っていないので、ある程度、小さい分子量に分解できればその後は問題ないものと推察される。クレゾール石鹼液は容易に分解可能であることが図中の位置から推測され、実際のIC₅₀も高い。実験の結果と比較した場合、ジデシルジメチルアンモニウムクロライドより塩化ベンゼトニウムの方がわずかに阻害性が弱い、その相違は、有機概念図では供試消毒剤の主剤以外の不活性成分の影響が考慮されていないことにある。したがって、実験によって実際に測定する必要があるわけである。