

二酸化塩素 (ClO₂) の今後の展開

クリーンケアが考える二酸化塩素の有効性と今後の製品展開

I N D E X

1 : ClO₂の効果と特徴	3
二酸化塩素の効果	4
二酸化塩素による処理レベルと効果	5
二酸化塩素の安全性と法規	6
二酸化塩素と他の殺菌剤のCT値の比較	7
2 : ClO₂の今後の利用	8
ClO ₂ ソリューションマップ	9
3 : ClO₂水溶液による衛生管理	10
二酸化塩素による水処理	11
消毒レベルと最適CT値	12
レジオネラ菌対策	13
アメーバに対するCT値	13
4 : ClO₂による空間衛生管理	14
二酸化塩素による空間衛生管理の有効性	15
実証	15
試験機関による効果試験	16
市販空気清浄機の有効性	17
空間衛生管理に用いられる各種物質の特徴と比較	18
実際の空間における衛生管理	20
5 : 参考資料	25

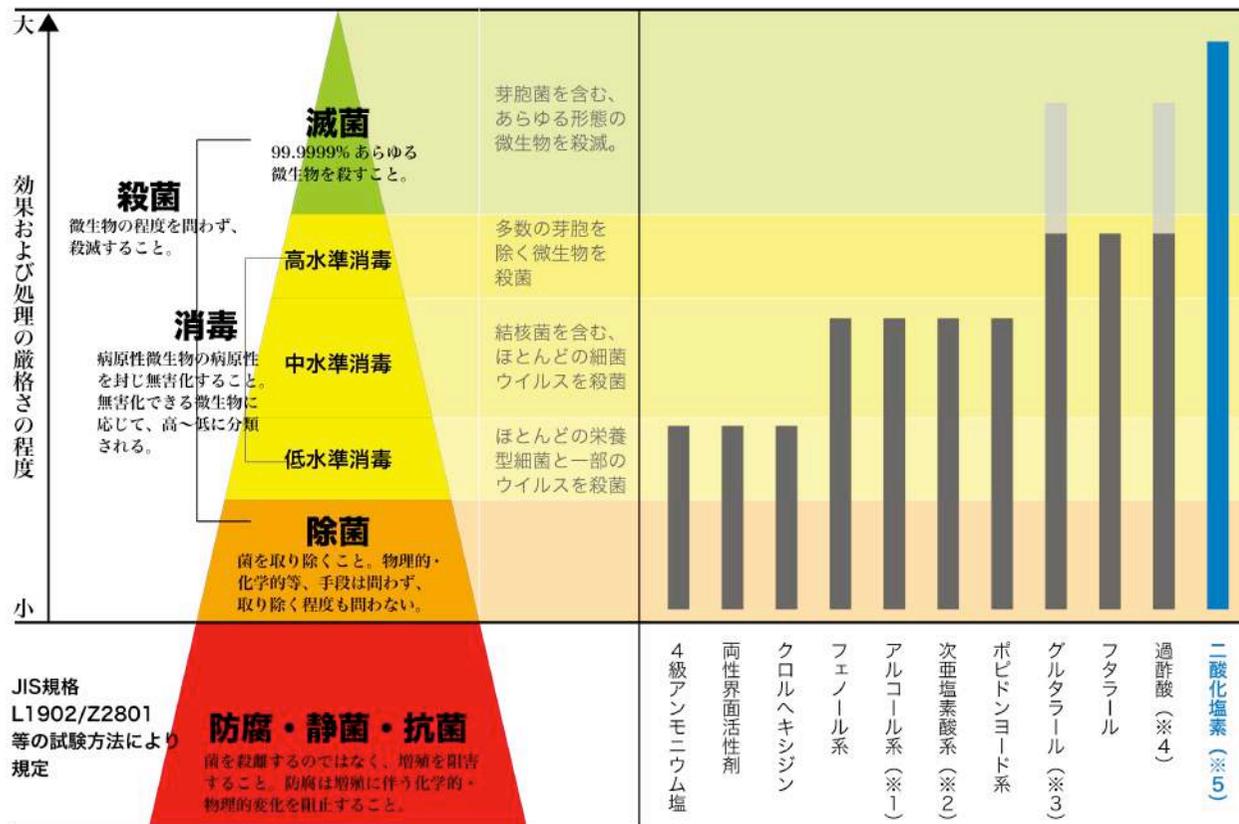
1 : ClO₂の効果と特徴

二酸化塩素の殺菌・不活化効果と安全性

二酸化塩素の効果

二酸化塩素は、20世紀半ばから欧米を中心に水処理の分野で消毒剤として使用され始めました。その後、レジオネラ菌対策や細菌テロ対策などでも使用されるようになり、日本でもレジオネラ菌の集団感染事故を契機に、広く温浴施設の衛生管理に用いられるようになっていきます。

殺菌・滅菌・消毒などの用語の違いと、それら用途に用いられる薬品の効果の違いを以下の図に整理しています。二酸化塩素は、滅菌レベルの処理が可能な化学物質です。



- ※1 エンベロープのないノロウイルス等に対しては、長時間の接触が必要な場合や効果が不十分な場合がある。
- ※2 結核菌に対しては、1000ppm以上の高濃度が必要とされ、芽胞菌においては、1000ppmかつ長時間の接触と濃度の維持が必要とされます。
- ※3 芽胞菌に対しては、長時間の接触が必要。
- ※4 芽胞菌に対しては、長時間の接触が必要。
- ※5 CT値6000以上で対細菌テロ対策の滅菌レベル処理を実施（米国環境保護局）局方および論文における滅菌処理レベルはCT値40～500

二酸化塩素による処理レベルと効果

二酸化塩素が殺菌に用いられてから、すでに半世紀が経過しています。その間に多くの国際機関・研究者・企業によって、その効果が検証され、報告されてきました。

水処理と空間処理の両方に用いることができ、実用性の高い物質は、通常ガス体であり、かつ溶解性に優れる二酸化塩素の右に出るものではなく、特に近年では空間処理における二酸化塩素の用途が広がってきています。

水処理レベル (CT=ppm×min)		
レベル	処理例と効果	典拠
CT \geq 10000	滅菌レベル 500ppm×30min	EPA
CT \leq 1000	ジョンズホプキンス レジオネラ菌対策 4ppm×240min	論文
CT \leq 100	アメーバ及び 原生生物の殺菌 1ppm×60min	
CT \leq 10	嘔吐物の ノロウイルス対策	
CT \leq 1	水の消毒	水道法

空間処理レベル (CT=ppm×hour)		
レベル	効果	典拠
CT \geq 10000	炭疽菌テロ対策時の 滅菌レベル CT=6000~9000	EPA 局方
CT \leq 1000	空間の滅菌処理	論文
CT \leq 100	大規模空間の衛生管理 CT \geq 48 (鶏舎等)	論文
CT \leq 10		
CT \leq 1	インフルエンザ対策 浮遊細菌対策	論文

二酸化塩素の安全性と法規

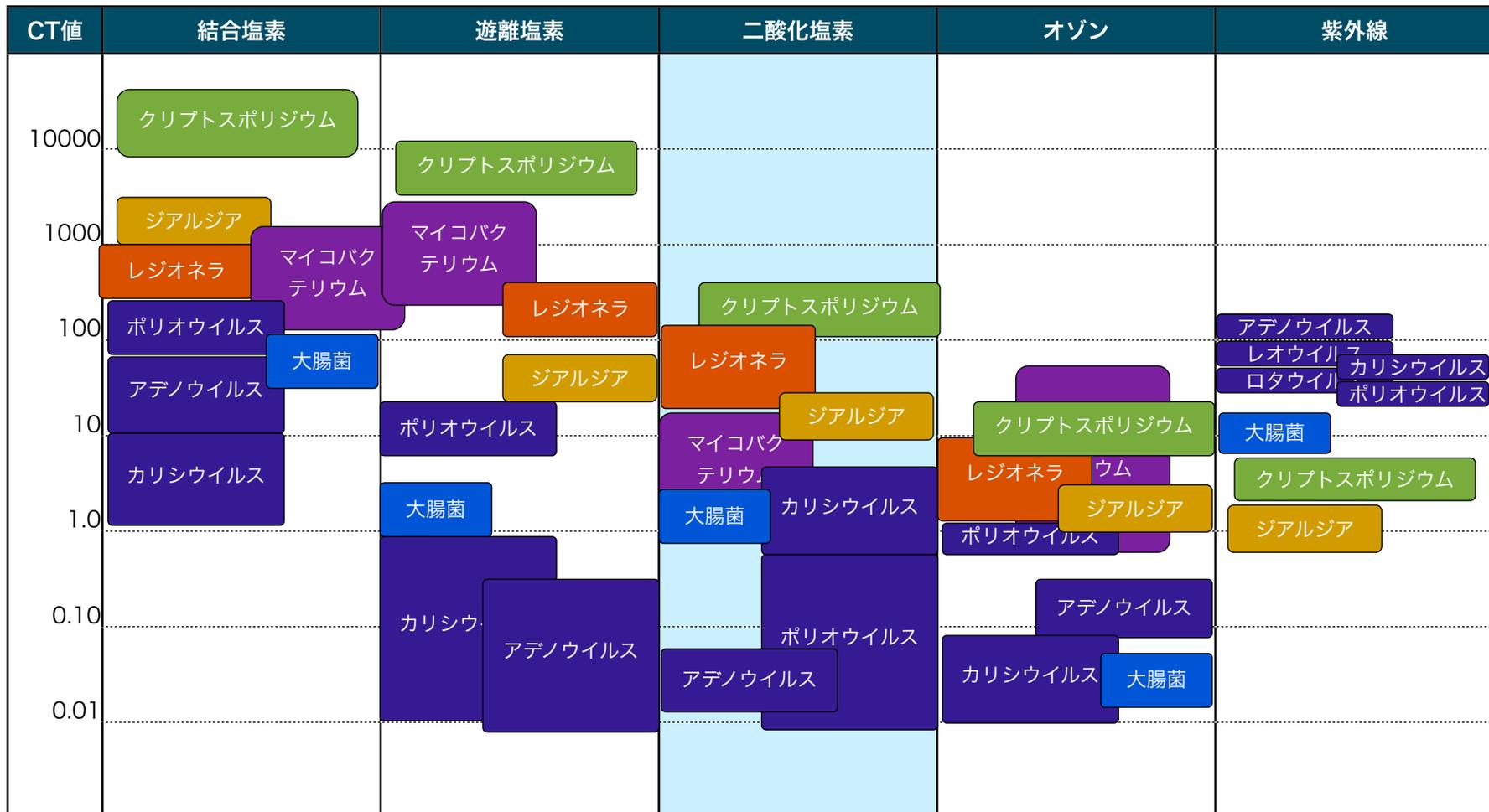
滅菌レベルで使用される様々な物質と二酸化塩素の安全性を比較すると、以下の表が示す通り、二酸化塩素は安全性が高く、特化則なども該当せず、簡便につ効果的に使用することができます。

	酸化エチレン	ホルマリン	オゾン	二酸化塩素
ACGIH【TWA】	1ppm		0.05ppm	0.1ppm
ACGIH【STEL】	未提案	0.3ppm		0.3ppm
EPA				0.15ppm
発ガン性	あり（グループ1）	あり（グループ1）	なし	なし
労働安全衛生法	特化則2類 ・局所排気装置の設置 ・記録を30年間保管 ・用後処理 他 特定化学物質特別管理物質	特化則2類 ・局所排気装置の設置 ・記録を30年間保管 ・用後処理 他	該当せず	該当せず
労働基準法	疾病化学物質			
毒劇法	劇物	劇物	該当せず	該当せず
PRTR法	第一種指定化学物質	第一種指定化学物質	該当せず	該当せず
備考		ホルマリン滅菌後の室内 濃度指標値 0.08ppm	空气中落下細菌の 殺菌可能濃度 6300ppm (国民生活センター)	空气中インフルエンザ ウイルスの不活化濃度 0.03ppm (論文)

二酸化塩素と他の殺菌剤のCT値の比較

殺菌剤を評価する場合、ChickモデルやChick-Watsonモデルなどが用いられます。最も基本的な考え方は殺菌剤の濃度と接触時間によって求められるCT値による考え方です。いずれのモデルの場合でも、ある殺菌剤が特定の微生物を殺菌するために必要なCT値は、殺菌剤毎に変わります。

代表的な殺菌剤のうち、結合塩素、遊離塩素、二酸化塩素、オゾン、紫外線の各種微生物に対するCT値を比較すると以下の表のようになります。



2 : ClO₂の今後の利用

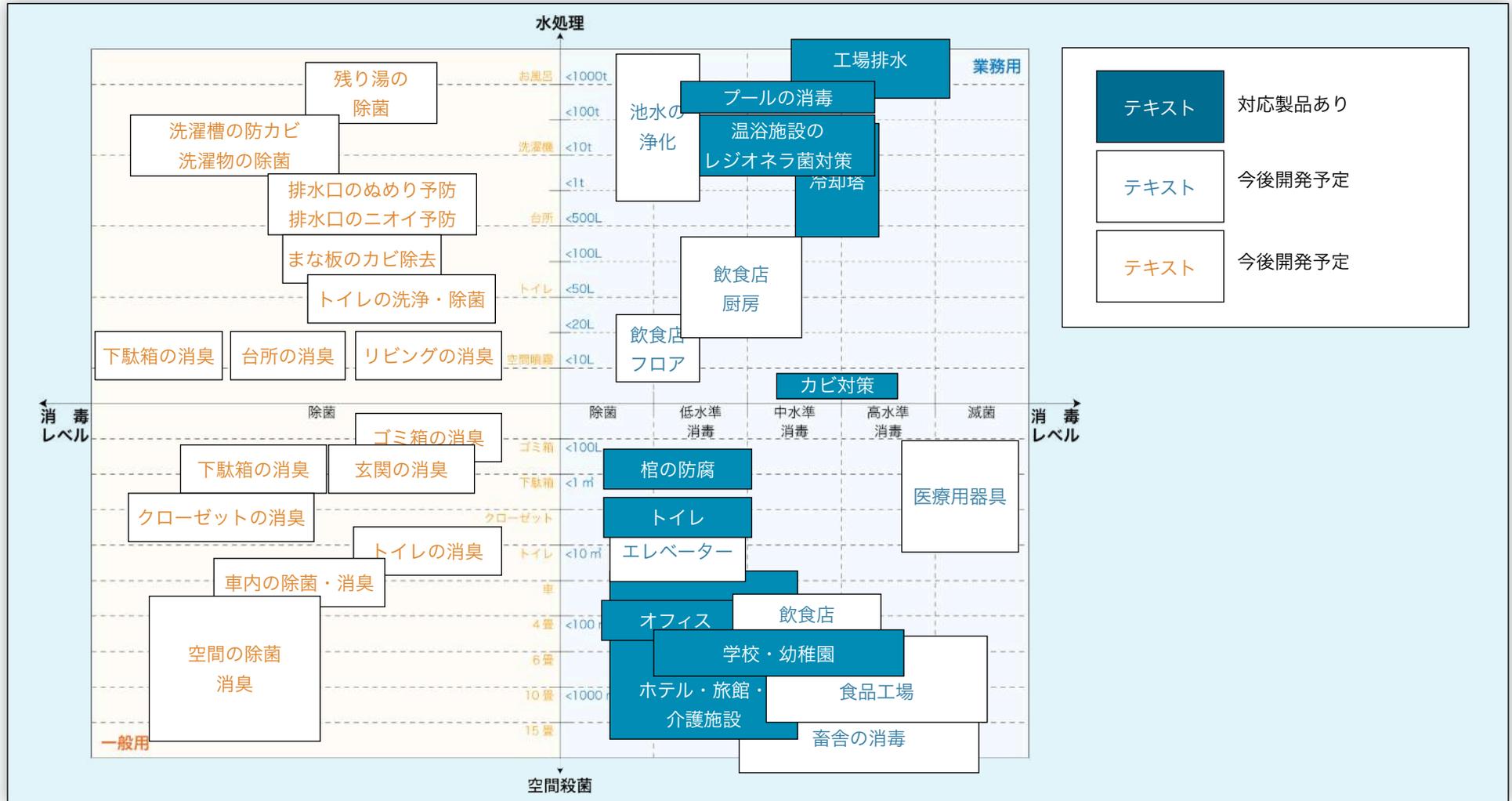
二酸化塩素の応用方法

ClO2ソリューションマップ

二酸化塩素を用途に応じて最適化することで、既存の殺菌消臭などの分野に広く応用することができます。

図は横軸の正領域が業務用、負領域が一般用を示し、縦軸は正領域が二酸化塩素を水溶液として用いる用途を、負領域は二酸化塩素をガスとして空間の衛生管理に用いる用途を示しています。

また、各領域は原点から離れるに従って、殺菌処理のレベルや処理水量または空間の規模が増大することを示しています。

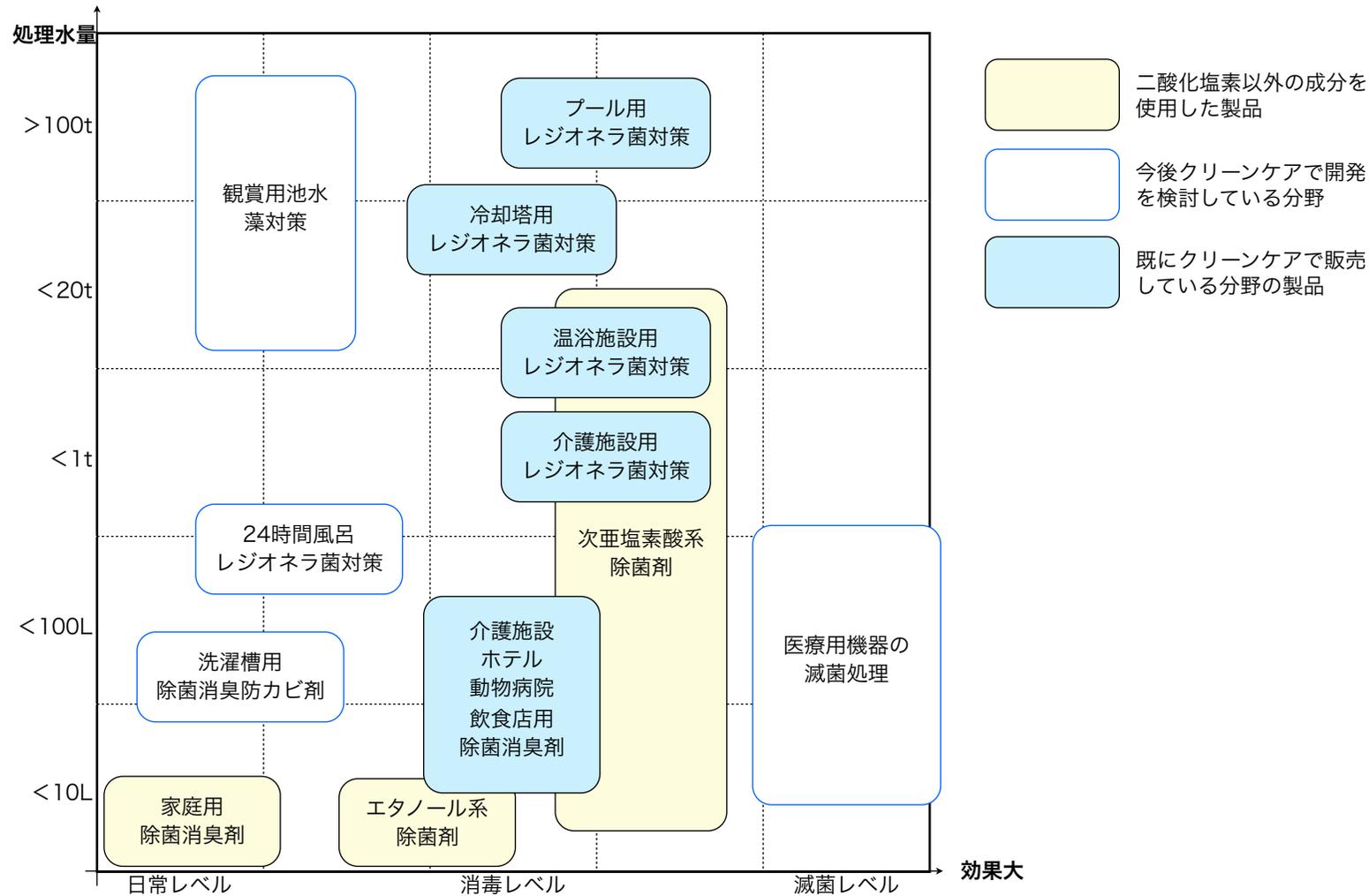


3 : ClO₂水溶液による衛生管理

循環システムのレジオネラ菌対策・飲食店等の衛生管理

二酸化塩素による水処理

二酸化塩素は、広い抗微生物スペクトルを持ち、日常的な除菌レベルから細菌テロ対策で行われるような滅菌レベルの処理まで、広く対応できます。下図は二酸化塩素を水溶液として使用する場合の水量と求められる処理レベルから、利用可能な分野や用途をマッピングしたものです。



消毒レベルと最適CT値

消毒効果は処理時の濃度【Concentration】と接触時間【Time(分)】の乗算によって得られた値【CT値】が高ければ高いほど、より確実な消毒効果が得られます。例えば、EPAによると二酸化塩素水溶液によって滅菌処理を行いたい場合は、500ppmの二酸化塩素濃度で30分の接触時間。すなわちCT値15000以上であれば可能であると明記されています。

一般的な水道水などの消毒で用いられる濃度は、通常、CT値にして1～10程度になります。殺菌効果試験などを行う場合、通常二酸化塩素を使用した場合、1ppmの濃度で、数分程度の接触時間でほとんどのグラム陰性菌およびグラム陽性菌を99.99%以上殺菌することができます。

実際の環境下では、二酸化塩素の殺菌効果を阻害する様々な要因があり、例えば、有機物や生物膜などによって二酸化塩素が消費されるため、その点を考慮した上で最適な処理濃度と処理時間を設定する必要があります。

CT値	用途	例	適応製品
1～10	清拭・噴霧などによる消毒用途。 厨房や病院などの衛生管理基準が、 求められる用途以外の場所での処理レベル	・飲食店の机などの清拭 ・商業施設、オフィス、家庭などの 空間噴霧等	・アクアソリッド ・アクアスピード
10～100	レジオネラ菌対策など一定の衛生基準を満た す法規に基づき、使用環境下の環境要因に よって、二酸化塩素が消費される恐れのある 場合の処理レベル	・ホテル・スーパー銭湯・フィットネスクラブ などの循環式温浴設備のレジオネラ菌対策 ・空調冷却塔のレジオネラ菌対策 ・飲食店のまな板など調理器具の消毒	・アクアレンジャー ・アクアクリーナー
100～500	極めて汚濁が激しく、使用時に大幅に二酸化 塩素が消費されることが予想され、 かつ、一定の衛生管理が求められる場合の処 理レベル	・嘔吐物に含まれるノロウイルス対策 ・家畜の糞処理過程における臭気および菌対策	・ゲロブロック ・ゲロブロックスピード パック
15000<	テロ対策としても運用可能な滅菌レベル	・医療用器具の滅菌処理 ・芽胞菌を含む細菌の滅菌	

レジオネラ菌対策

冷却塔や循環式温浴設備におけるレジオネラ菌対策の重要な課題は、生物膜とアメーバ対策です。配管内壁には、完全に滅菌した後、わずか数日で再び細菌の増殖が始まり、生物膜が形成されます。

その後、アメーバが増殖し、アメーバによって捕食されたレジオネラ菌は、アメーバ内で常時点滴の塩素から保護され、一定の数まで増殖すると、アメーバから放出し、循環水全体を汚染します。

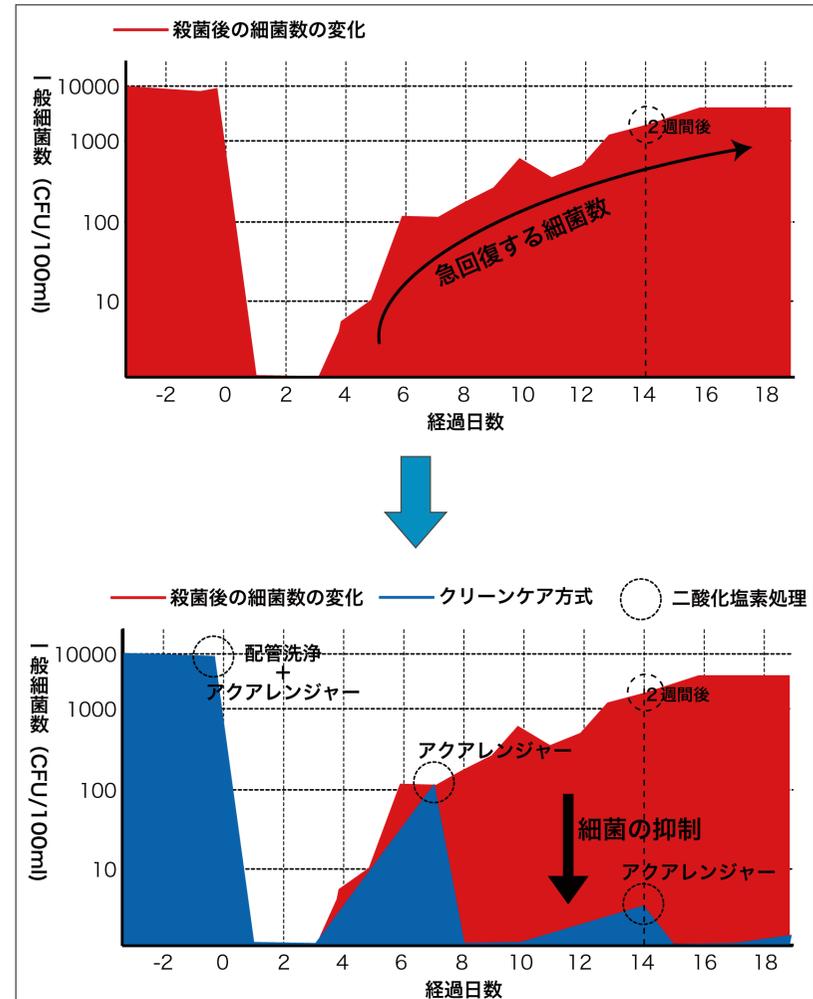
このような事態を防ぐ最良の方法は、右図のように定期的な二酸化塩素処理を行うことで、生物膜の形成初期の段階で二酸化塩素により生物膜の破壊と内部の菌を殺菌し、結果的にレジオネラ菌の増殖を抑制することです。

アメーバに対するCT値

EPAや研究者がまとめた報告書では、二酸化塩素はアメーバやジアルジアなどの原生生物の消毒に必要なCT値は、論文などによって異なりますが、およそ以下の表のようになります。

クリーンケアはこれらのデータに基づき、温浴施設のレジオネラ菌対策は、1時間後1ppm以上、すなわちCT値60<の処理を推奨しています。

対象	処理条件	ClO ₂ : CT値 (出典)
アカントアメーバ		
ジアルジア	22~24°C PH7	10< (WHO/EPA)
クリプトスポリジウム	20°C PH7	約43< (EPA)



4 : ClO₂による空間衛生管理

病院・介護施設・学校・鶏舎内の細菌・ウイルスに対する効果

二酸化塩素による空間衛生管理の有効性

クリーンケアでは二酸化塩素による空間の衛生管理を提案します。厨房・学校・社会福祉施設・病院・食品加工場・畜舎など本当に衛生管理の必要のある箇所では二酸化塩素が最良の選択肢となりえます。

実証

クリーンケアでは、二酸化塩素による効果を実証するために、経済産業省ものづくり実証支援事業の一環として、多くの試験を実施するとともに、実際の鶏舎・学校・病院など他社ではあまり実施していない実際の空間でも効果を検証しています。

これらの試験により、二酸化塩素による管理によって、試験機関などの小規模な試験だけでなく、実際の使用空間においても、十分な効果が発揮できることを確認しています。

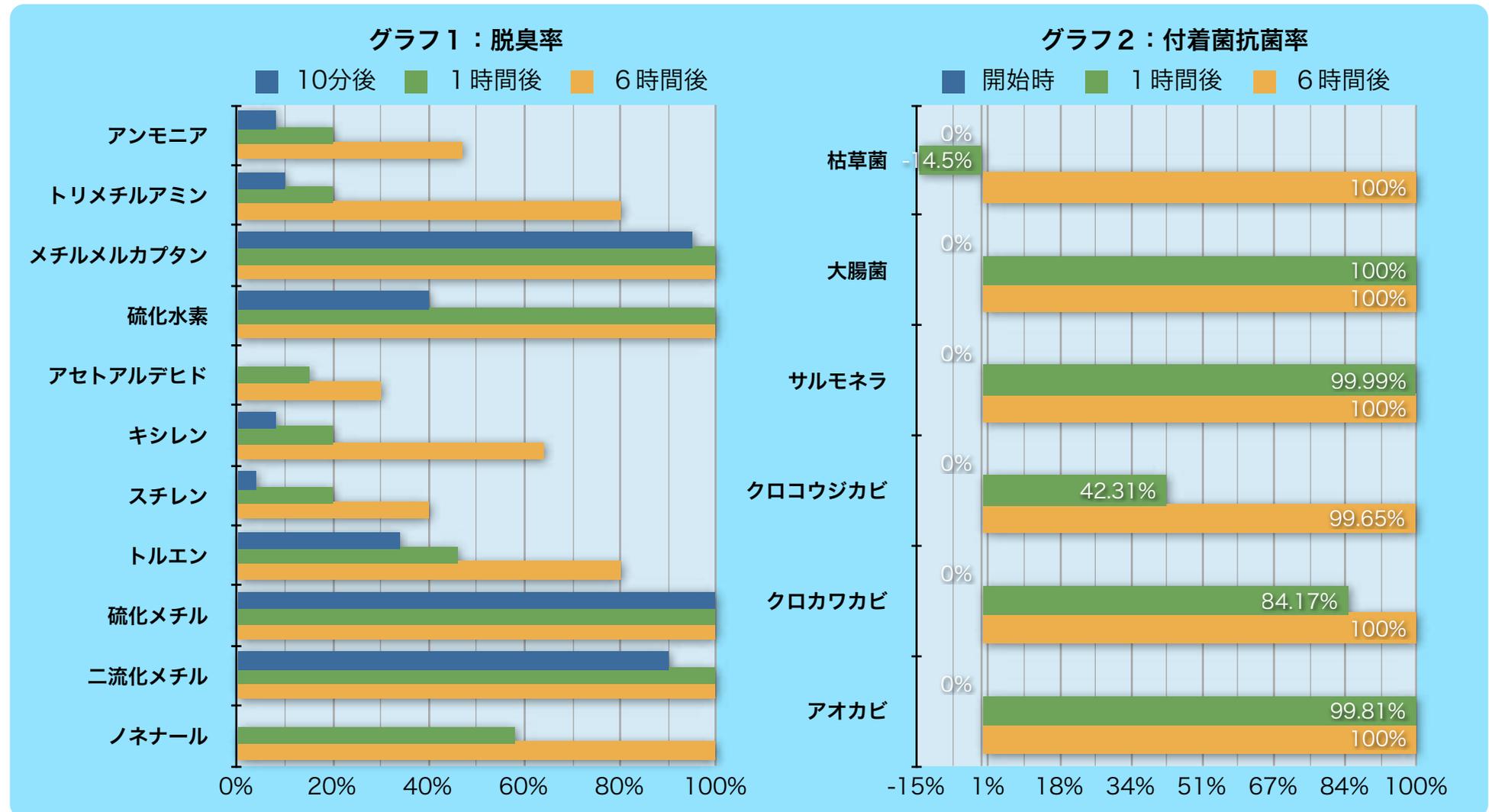
実施試験リスト

-
- (財) 日本食品分析センター「A型インフルエンザウイルス不活化効果試験」
 - (財) 日本食品分析センター「ネコカリシウイルス不活化効果試験」
 - (財) 日本食品分析センター「抗菌力試験ークロコウジカビ」
 - (財) 日本食品分析センター「抗菌力試験ーアオカビ」
 - (財) 日本食品分析センター「抗菌力試験ークロカワカビ」
 - (財) 日本食品分析センター「抗菌力試験ー芽胞菌」
 - (財) 日本食品分析センター「抗菌力試験ー大腸菌」
 - (財) 日本食品分析センター「抗菌力試験ーサルモネラ」
 - (財) 日本食品分析センター「脱臭効果試験ーメチルメルカプタン」
 - (財) 日本食品分析センター「脱臭効果試験ーアンモニア」
 - (財) 日本食品分析センター「脱臭効果試験ー硫化水素」
 - (財) 日本食品分析センター「脱臭効果試験ー硫化メチル」
 - (財) 日本食品分析センター「脱臭効果試験ー二流化メチル」
 - (財) 日本食品分析センター「脱臭効果試験ーアセトアルデヒド」
 - (財) 日本食品分析センター「脱臭効果試験ートリメチルアミン」
 - (財) 日本食品分析センター「脱臭効果試験ーキシレン」
 - (財) 日本食品分析センター「脱臭効果試験ートルエン」
 - (財) 日本食品分析センター「脱臭効果試験ースチレン」
 - (財) 日本食品分析センター「脱臭効果試験ーエチルベンゼン」
 - (財) 日本食品分析センター「脱臭効果試験ーノネナール」
 - (財) 日本食品分析センター「二酸化塩素徐放性試験ーゲルタイプ」
 - (財) 日本食品分析センター「二酸化塩素徐放性試験ーゲル生成タイプ」
 - (財) 日本食品分析センター「二酸化塩素徐放性試験ークリーンケアタイプ」
 - (財) 日本食品分析センター「殺菌効果試験ーレジオネラ菌」
 - (財) 日本食品分析センター「殺菌効果試験ー大腸菌O157」
 - (財) 日本食品分析センター「殺菌効果試験ーサルモネラ」
 - (財) 日本食品分析センター「殺菌効果試験ー腸炎ビブリオ」
 - (財) 日本食品分析センター「殺菌効果試験ー黄色ブドウ球菌」
 - (財) 日本食品分析センター「二酸化塩素濃度の測定」
 - 畜産試験所「鶏舎空間の浮遊落下細菌・アンモニア濃度の検証」
 - 学校教室内の二酸化塩素管理による欠席児童数の変化
 - 病院内空間の付着細菌数検査
-

試験機関による効果試験

日本食品分析センターでは、衣服やマスク、壁や器具に付着した細菌・ウイルスに対する有効性を確認するために、不織布に菌液・ウイルス液を付着させた状態で効果を検証しています。

以下のグラフ1、グラフ2は各種細菌・悪臭物質に対する二酸化塩素ビーズの効果を食品分析センターで測定した結果です。



市販空気清浄機の有効性

近年、春にはスギ・ヒノキなどの花粉による花粉症、夏にはアデノウイルスや食中毒原因菌による感染症、冬にはインフルエンザやノロウイルスなど様々な細菌やウイルスによる感染症が流行しています。

このような社会背景を受けて、様々な家電メーカーからインフルエンザウイルス対策などを謳った空気清浄機が販売されていますが、残念ながら、これらの製品の多くは日常生活で十分な感染症対策とはなりえないことが明らかになりつつあります。

下図は雑誌「家電批評2010年1月号」がダイキン・シャープ・三洋の各社に新型インフルエンザ対策としての効果を質問した際の回答です。（※：家電批評の文章をそのまま引用しています。）

雑誌「家電批評」による各種空気清浄機の新型インフルエンザに対する効果について

ダイキン

ウイルスの100%除去には、ストリーマ放電を4時間あてなければならない。

メーカーの回答

「あくまで新型インフルエンザウイルスにストリーマ放電をあてて感染力をなくす実験なので、空気清浄機の効果を実証とは言ってません。」

結論

**空気を流動させる
清浄機では実現不可能！**

シャープ

実験は市販の約43倍のプラズマクラスター濃度での結果

メーカーの回答

「空気清浄機ではなく、イオン発生装置で行った実験なので、感染予防を保証するものではないですが、期待はできると思います。」

結論

**市販の空気清浄機では、
同じ効果は得られない！**

三洋

イオン電解水の実験は浮遊しているウイルスではなくビーカー内での効果

メーカーの回答

「イオン電解水をミスト状にして行った実験ではありません。空気清浄機は手洗いやうがいなどを行ったうえでより安心できる、というものです。」

結論

**空気中のウイルスへの
対策にはならない**

※各メーカーの製品に対する結論は「家電批評」の結論でクリーンケアの見解ではありません。

空間衛生管理に用いられる各種物質の特徴と比較

二酸化塩素以外にオゾン、クラスターイオン、光触媒など様々な物質が空間の衛生管理として提案されています。

そこで、微生物に対する効果、悪臭やアレル物質に対する効果、安全性。さらに対象となる微生物が水中に存在するのか、空中に浮遊しているのか、あるいは器物に付着している状態なのかといった空間衛生を提案する上で必須の視点から、各物質を比較します。

評価軸

評価	説明
◎	試験機関による効果検証・実際の使用を想定される空間での効果検証・利害関係者以外の国際機関などでの評価試験・実用上の安全性の各点で有効性が確認されている。（例：製造元の試験だけでなく、WHOなどから有効性を検証した報告がある。国際的に利用実績があるなど）
○	試験機関による効果検証はあるが、実際の空間や利害関係者以外の機関における評価などがなく、効果があることが推定されるが、有効性が示されていない場合。（例：製造元が依頼した殺菌効果試験などはあるが実際の使用現場におけるテストなどはない。）
△	有効性を示す試験が試験機関による小規模なものにとどまり、実際の空間で有効性を示すためには何らかの特別な条件が必要とされる場合 （例：試験での濃度が実際の製品濃度より高い場合や、効果を発揮するために長時間必要な場合など）
×	試験自体が十分ではなく、有効性も使用空間において限定的であるかまたはあまり期待できない場合。 （例：殺菌作用ではなく静菌作用であったり、室内での使用でありながら紫外線が必要であるなど）
?	試験自体実施していないか、公開されておらず評価自体が困難である場合

※評価にあたっては、国内外の文献や公的機関等の公開されている資料をもとに作成しています。

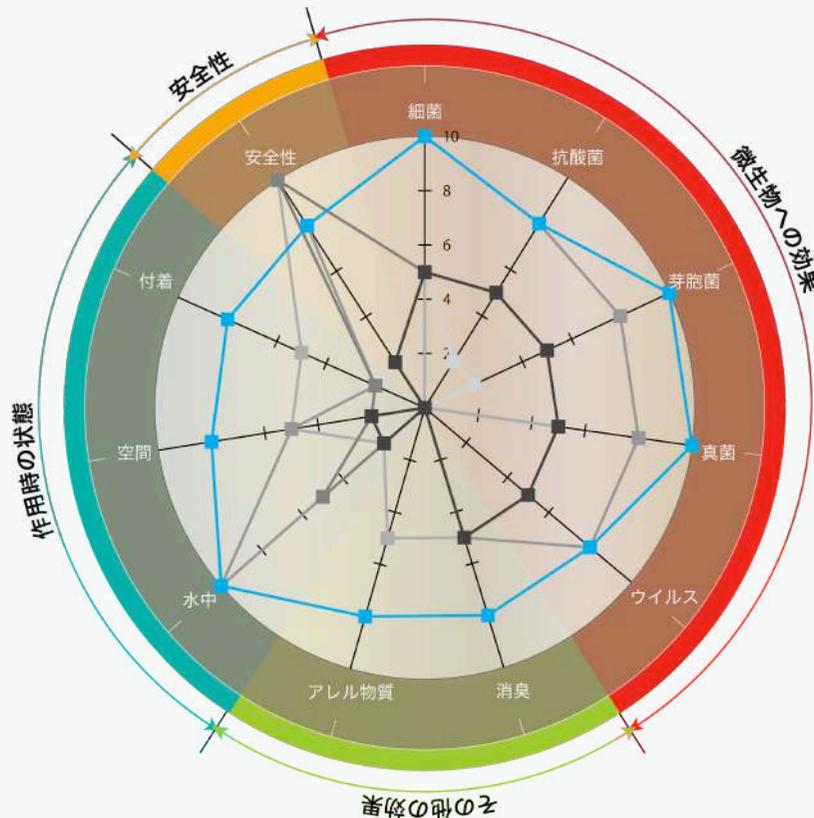
例えば、オゾンであれば、水道水の消毒や食品添加物としての安全性が認められている一方で、日本オゾン協会の安全性基準値などでは、0.1ppm以上であきらかな人体への影響が明記されており、家庭用のオゾン発生器ではこれらの濃度を超えてしまう製品の危険性が国民生活センターから発表されています。

そのため、家庭用として手軽に使えないなどの点も考慮して評価を行っています。光触媒の場合、可視光応答性光触媒ではない通常の光触媒製品についての評価です。光触媒作用は基本的にその加工を施した表面でのみ発生する作用であるため、その点を考慮して評価を行っています。電解次亜塩素酸は電気分解によって次亜塩素酸を作るため、基本的な作用は次亜塩素酸と同様と考えています。p4でサンヨー社のものがそうであったように効果は明らかであるものの、実際の空間での試験や気体として利用できるものなのかといった点も踏まえて評価しています。これらの評価はあくまでも個々の物質についての評価であって、これらの物質を利用した製品を販売している、各製造元の製品に対する評価ではありませんので、詳しくは各自で調べて必要であれば製造元などに問い合わせしてください。

評価結果

前ページの評価軸に基づいて各物質を評価したのが表1です。

表1	微生物への効果					その他の効果		作用の状態			安全性
	細菌	抗酸菌	芽胞菌	真菌	ウイルス	消臭	アレル物質	水中	空間	付着	
二酸化塩素	◎	○	◎	◎	○	○	○	◎	○	○	○
オゾン	△	△	△	△	△	△	△	×	×	△	×
光触媒	△	△	△	△	△	△	△	△	×	×	◎
電解次亜塩素酸	◎	○	○	○	○	△	△	◎	△	×	○
クラスターイオン	△	△	△	△	△	△	△	×	△	△	◎
納豆菌	△	×	×	△	△	△	△	×	×	×	◎



◎10点 ○8点 △5点 ×2点 ?0点
 として、表1を点数化し、
 レーダーチャートを作成

- 二酸化塩素
- オゾン
- 光触媒
- 電解次亜塩素酸
- クラスターイオン
- 納豆菌

結論

二酸化塩素は、もっとも多様な効果があり、
 実用上の安全性も高く、空間衛生管理において、
 もっとも有用な物質であるといえます。

実際の空間における衛生管理

病院内空間の衛生管理試験の概要

図1 病院俯瞰図の○の場所で環境微生物測定用試薬「ぺたんチェック標準寒天培地」を使用し、付着細菌数を測定。その後、ガス透過性フィルムを装着したアクアキューブを★の箇所に設置し、1週間後同様にぺたんチェックを使用し付着細菌数の変化を測定。

試験結果

図2および図3は培養結果をTen Cateの汚染度評価に基づいて色分けした結果、すべての箇所で設置後は付着菌数の顕著な減少が見られた。使用時の二酸化塩素濃度は、1週間後ガステック社ガス検知管の検出濃度以下 (<0.05ppm) であり、安全性の点でもまったく問題ない結果が得られました。

図1：病院俯瞰図

測定場所	設置後除菌率
待合いホール	98.3%
事務室	99.3%
診察室1	99.9%以上
処置室	99.9%以上
CT室	99.8%
操作室	99.9%以上
X線室	99.9%以上
男子便所	99.8%
内視鏡室	99.0%
超音波検査室	99.3%
倉庫	99.9%以上

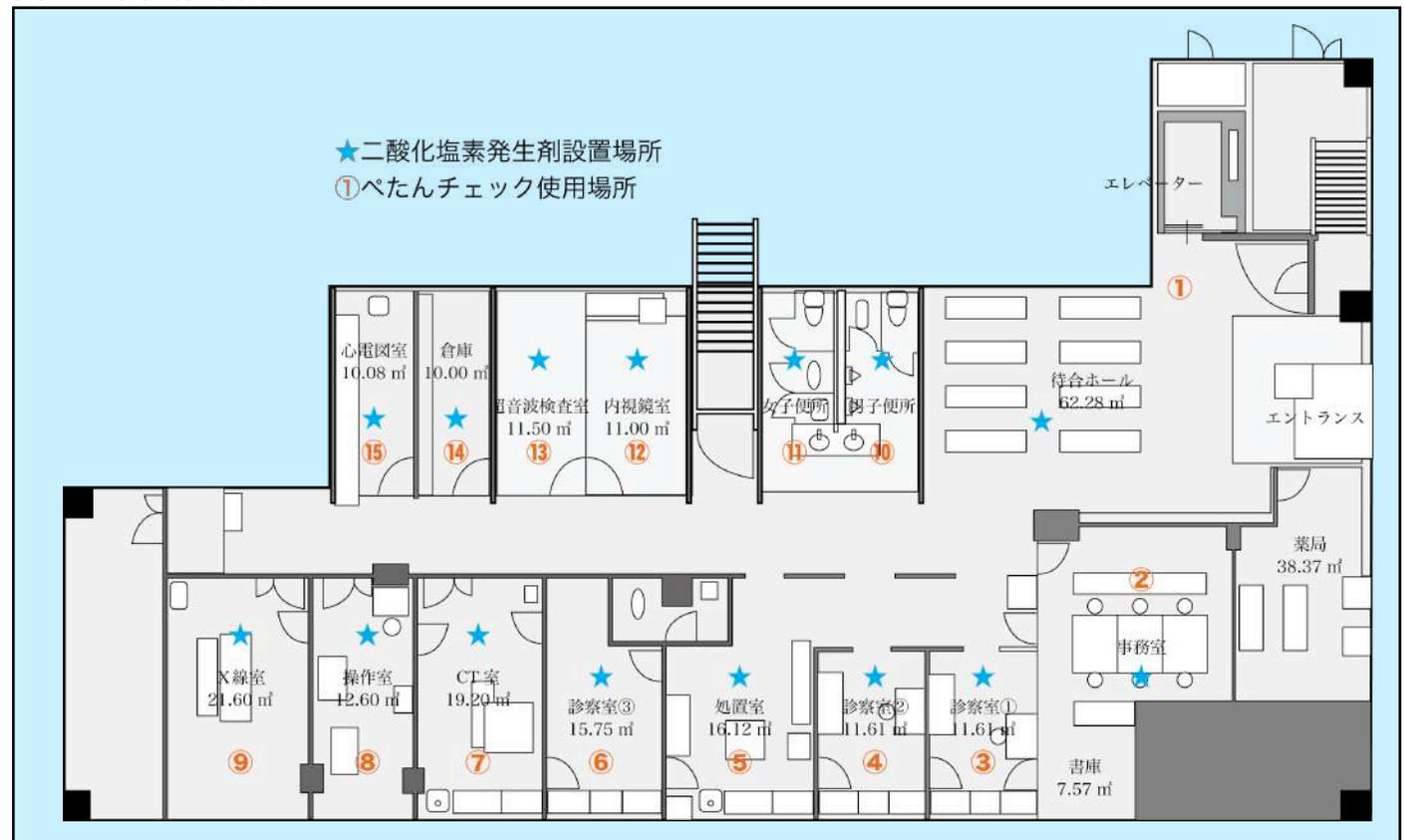


図2：CIO2設置前の病院汚染状況

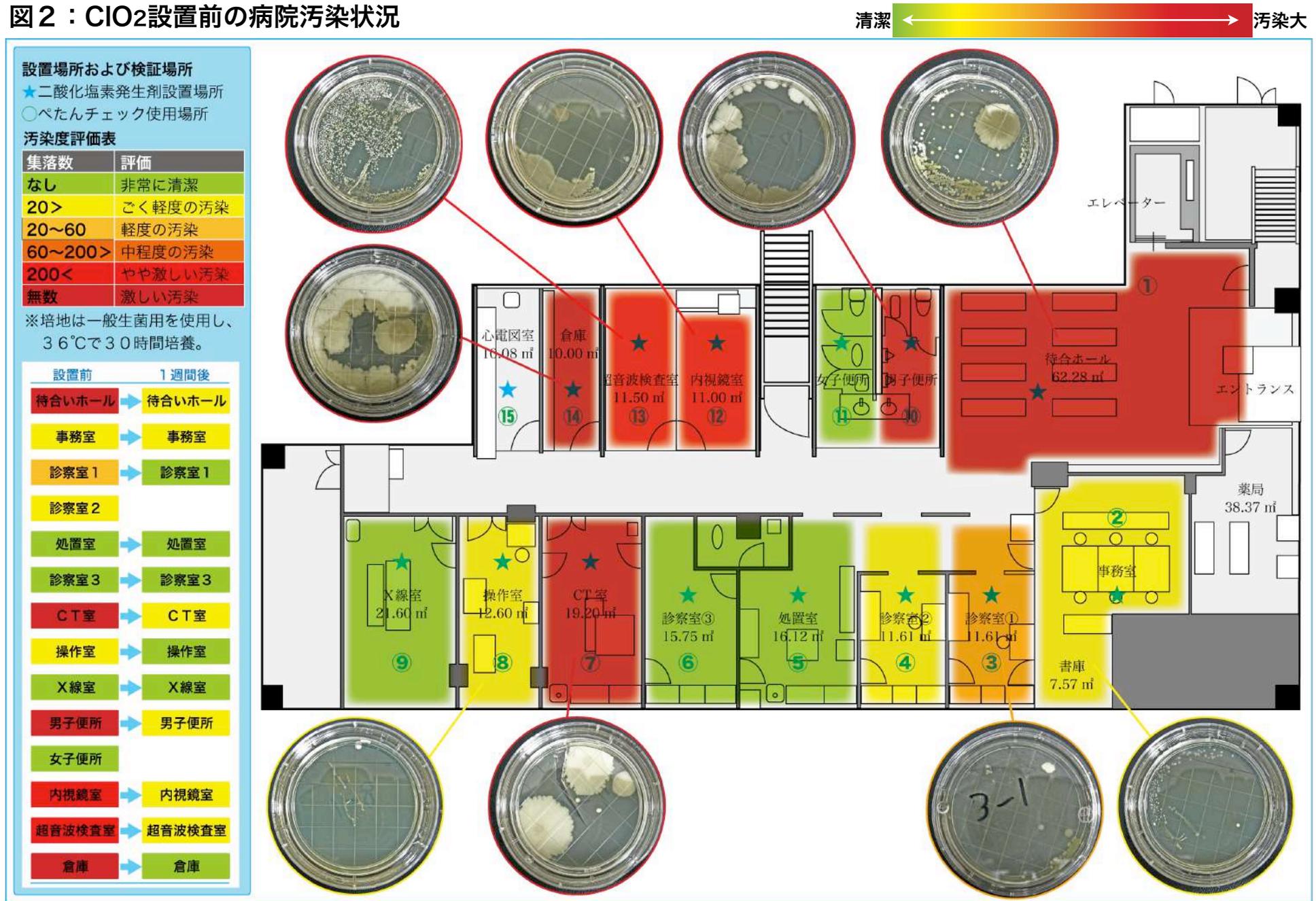
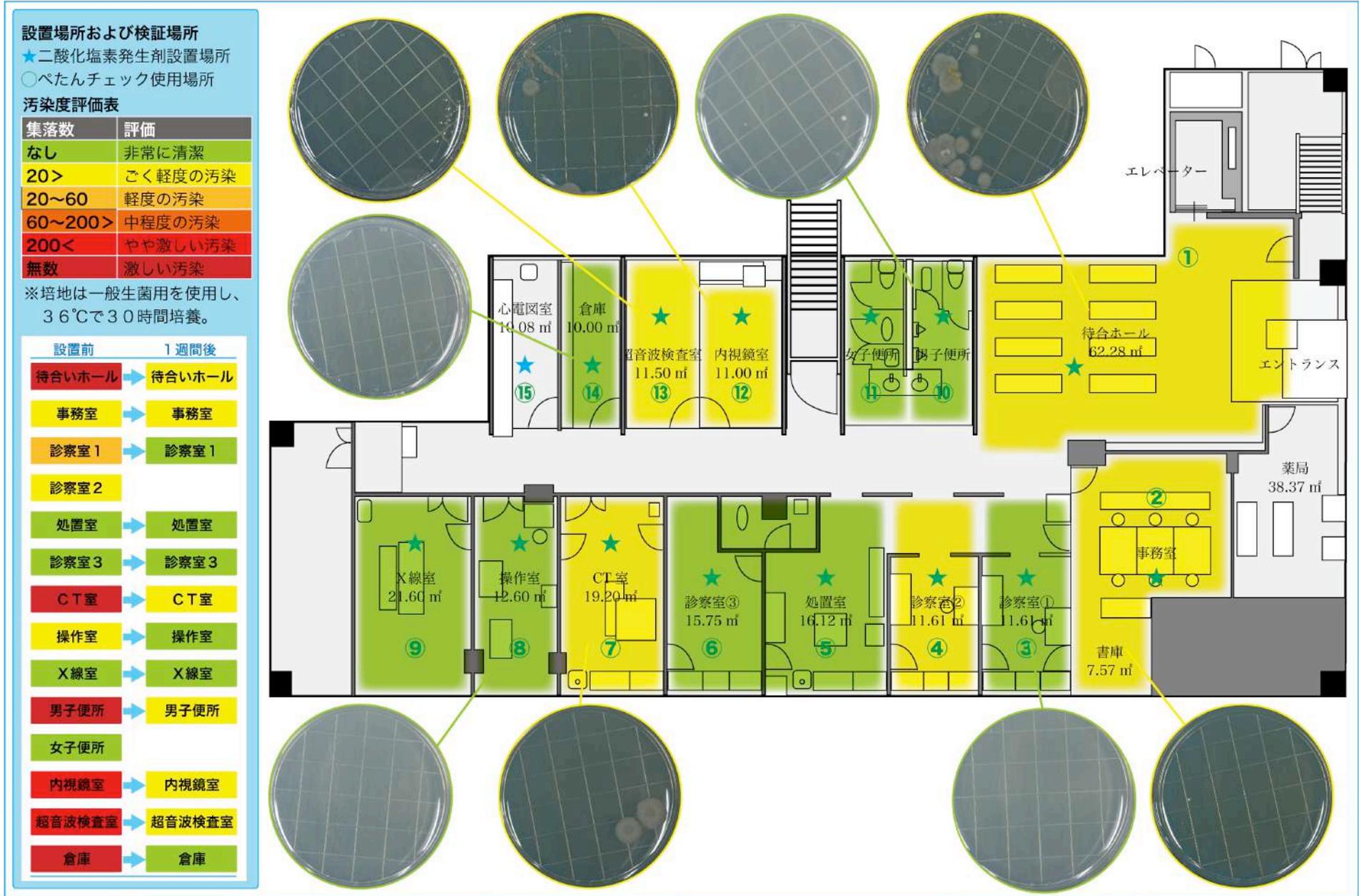


図3：ClO₂設置1週間後のの病院汚染状況

清潔 ← → 汚染大



ClO₂熱蒸散器「とるとる」による空間衛生管理

試験の概要

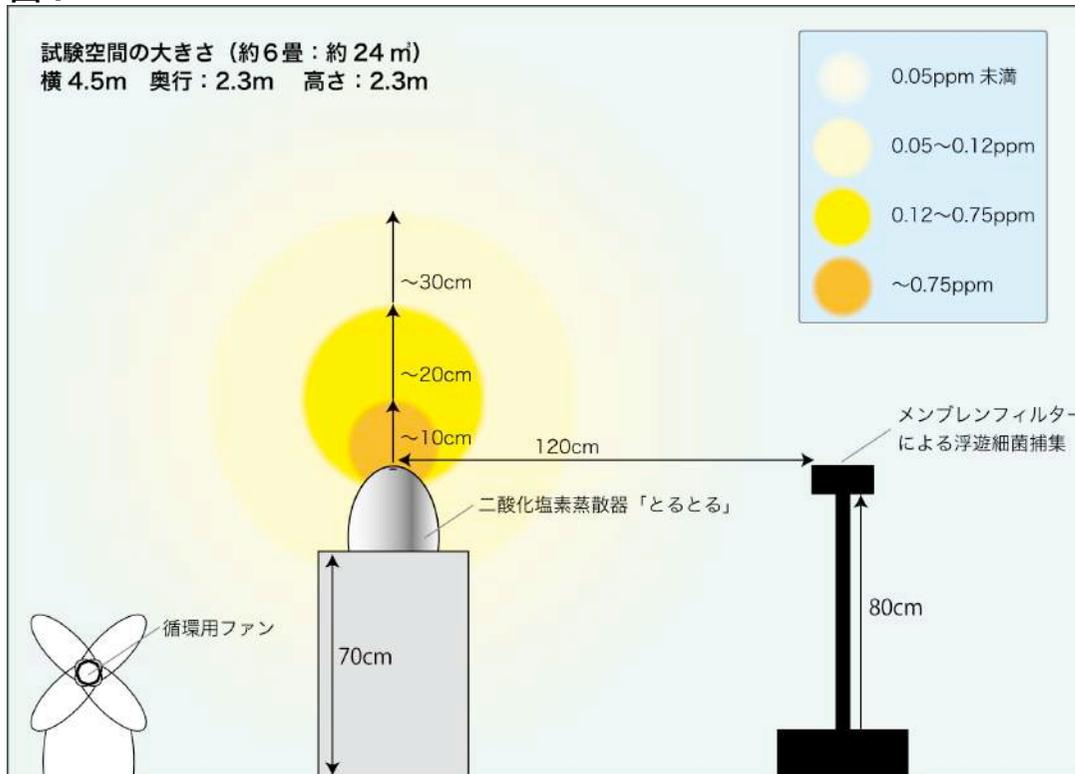
約6畳の空間に図1のように設置した「とるとる」を使用し、浮遊細菌数の経時変化を測定。浮遊細菌数の測定はメンブラン法にて実施。

とるとるの内容液は280ppmのクリーンケア製二酸化塩素溶液を使用。二酸化塩素蒸散量は約0.14g/h。

試験結果

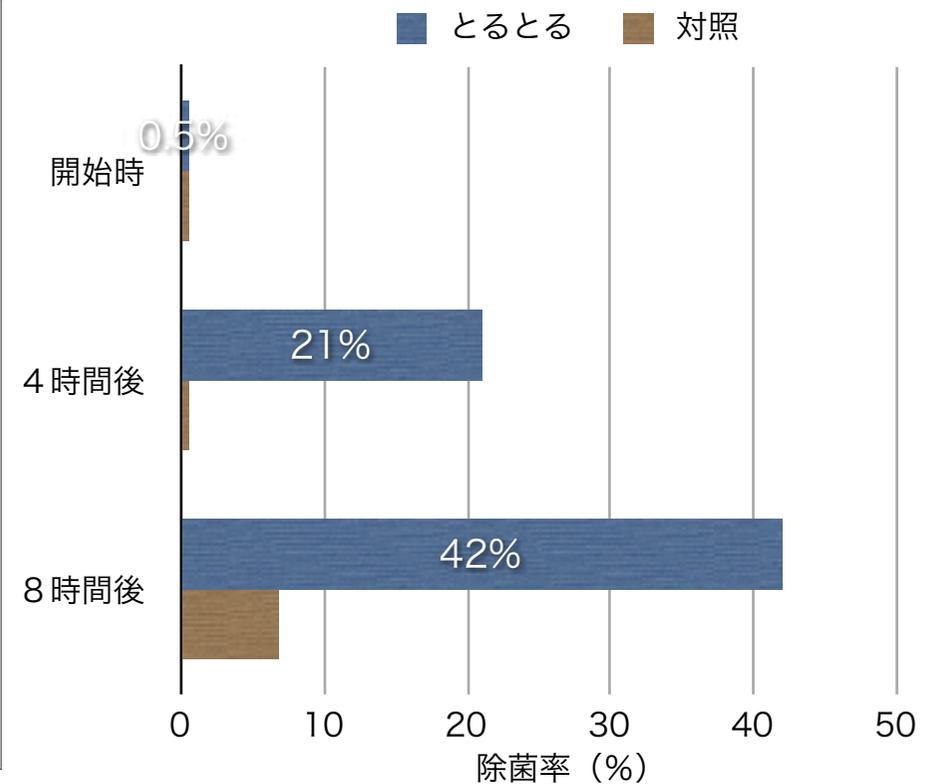
図1から二酸化塩素濃度は30cm以上離れると0.05ppm未満（検出下限以下）になり、安全基準を満たす一方で、グラフ1が示すように時間経過に伴って、浮遊細菌数は低下していることがわかります。

図1



厚生労働省登録検査機関：株式会社分析センター調べ

グラフ1：空間除菌率



空快による学校教室の空間衛生管理

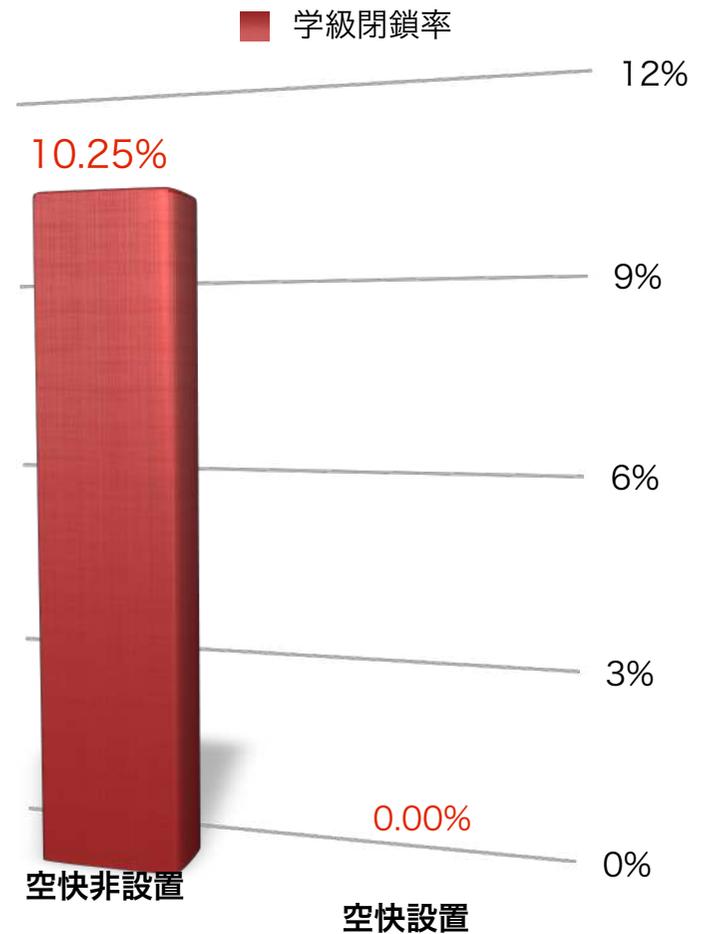
試験の概要

大阪府下の学級において空快を設置した学級としていない学級におけるインフルエンザによる学級閉鎖の発生率比較を行った。設置した学級数は25クラス、過去4年間の大阪府下学級数が73015クラス。空快を設置したクラスの12月から4月までの結果を集計し、非設置のクラスは過去同時期の集計データをもとに計算しました。

試験結果

空快を設置したクラスでは、学級閉鎖はありませんでした。一方、非設置のクラスでは、約10%の学級において学級閉鎖が発生していることが明らかになりました。この違いを統計的に処理した結果、 $Z=1.69$ となり、有意水準10%で有意差があるという結論が得られました。

	大阪府学級数	学級閉鎖数	学級閉鎖率
空快非設置	73015	7487	10.25%
空快設置	25	0	0.00%



結論

空快を設置したクラスとしていないクラスのインフルエンザによる学級閉鎖率の差は、90%の確率で意味のある差であり、低濃度二酸化塩素による学校空間の管理は、インフルエンザなどによる学級閉鎖を防ぐ有効な手段になり得る可能性が示されました。

5：参考資料

- ・ 労働安全衛生法
- ・ 労働安全基準法
- ・ 毒物および劇物取締法
- ・ 労働安全衛生センターモデルMSDS－オゾン
- ・ 労働安全衛生センターモデルMSDS－ホルムアルデヒド
- ・ 労働安全衛生センターモデルMSDS－酸化エチレン
- ・ 日本薬局方
- ・ 上水試験法解説
- ・ 水道法
- ・ 食品衛生法
- ・ 公衆浴場法
- ・ 旅館業法
- ・ 独立行政法人国民生活センター「二酸化塩素による除菌をうたった商品一部屋等で使う据置タイプについて」
- ・ Water treatment: Principles and design
- ・ Unit processes in drinking water treatment, W. Masschelein
- ・ Water quality and treatment, AWWA 1999
- ・ Water treatment and pathogen control, WHO 2004
- ・ Assessing microbial safety of drinking water, WHO 2003
- ・ Water disinfection, CEPIS-PAHO/WHO 2003
- ・ EPA Guidance Manual Alternative Disinfectants and Oxidants
- ・ EPA Health Effects Support Document for Acanthamoeba
- ・ EVALUATION OF CHLORINE DIOXIDE IN POTABLE WATER SYSTEMS FOR LEGIONELLA CONTROL IN A ACUTE CARE HOSPITAL ENVIRONMENT
- ・ Environmental Protection Agency, National primary drinking water regulations. Federal Register 2002;67:14502. Codified at 40 CFR 141.53 and 141.54.
- ・ Environmental Protection Agency, National primary drinking water regulations. Federal Register 2002;67:14502. Codified at 40 CFR 141.64 and 141.65.
- ・ Efficacy of Chlorine Dioxide, Ozone, and Thyme Essential Oil or a Sequential Washing in Killing Escherichia coli O157:H7 on Lettuce and Baby Carrots
- ・ Benefits and Risks of the Use of Chlorine-containing Disinfectants in Food Production and Food Processing
- ・ The key to understanding and controlling bacterial growth in Automated Drinking Water Systems, Second Edition by Paula H. Dreeszen - June 2003
- ・ Concise International Chemical Assessment Document No.37 Chlorine Dioxide(Gas) (2002)
- ・ CDC Guideline for Disinfection and Sterilization in Healthcare Facilities, 2008