

ツイニング・プロジェクト PL2005/IB/EN/03

「レジオネラ属菌のサンプリング、監視および処置」セミナー
ワルシャワ 2007年7月11-12日

レジオネラ属菌の消毒における 二酸化塩素の使用

エマニュエル・フェレッチ

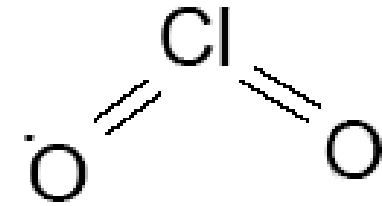
Emanuele Ferretti

イタリア高等厚生研究所

第一次予防・環境部

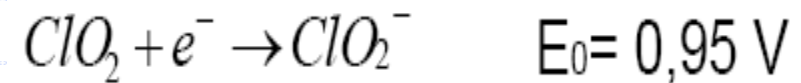


二酸化塩素

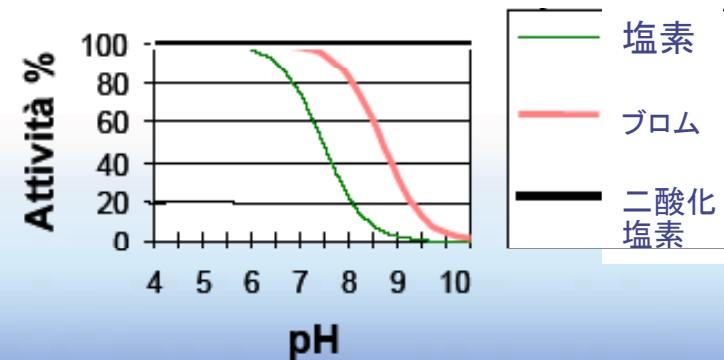


物理化学的性質:

- 二酸化塩素分子は塩素原子1つと酸素原子2個で構成される
- 沸点: 11° C
- 高い酸化還元電位
- 水への溶解度がとても良い(塩素やオゾンよりも高い)
- pHに対して感受性でない



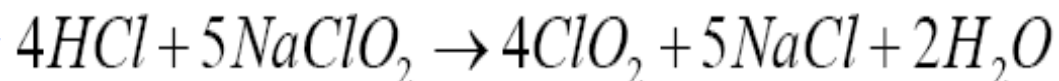
pHによる消毒活性の変化



二酸化塩素

- 発生

黄緑色のガスで、(ガスの)貯蔵や圧縮は不可能である。下記の反応の結果として作り出される。



- 形態:

液剤: 0.2~2% (2~20 g/l)

- 原料品:

| | | |
|----------------------|-----|-------|
| NaClO ₂ : | 希釈液 | 7.5 % |
| | 濃厚液 | 25 % |
| HCl: | 希釈液 | 9% |
| | 濃厚液 | 33% |



二酸化塩素

持続的な消毒を可能にするもので、微量の亜塩素酸イオンを残しながら、水を飲用適の状態に保つ

飲料水への基準

- WHO飲料水水質ガイドライン第3版:

ClO₂の推奨許容レベルは確立していないが、水中で亜塩素酸イオンに加水分解することから亜塩素酸としての暫定ガイドライン値がClO₂の毒性に対して十分な保護を与える。

亜塩素酸あるいは亜塩素酸イオン - 0.7 mg/l (ClO₂消毒にともなって生成)
“このガイドライン値は暫定のものである。二酸化塩素の使用が亜塩素酸の許容値を超過させてガイドライン値を保つことが必然的に困難になる場合があるが、そのために水の消毒効率を低下させるべきではない。”

WHO 2005 飲料水中の亜塩素酸および塩素酸 WHO/SDE/WSH/05.08/86

二酸化塩素

飲料水の管理基準

- EPA (米国環境保護庁):
二酸化塩素として 0.8 mg/l 以下 亜塩素酸イオンとして 1.0 mg/l
- HSC (英国安全衛生委員会):
二酸化塩素 + 亜塩素酸イオン + 塩素酸として 0.5 mg/l 以下
- ドイツ飲料水ガイドライン:
二酸化塩素として用量 : 0.4 mg/l 以下 残留: 0.2 mg/l 以下
亜塩素酸イオンの残留 : 0.2 mg/l 以下
- イタリア (D.Lgs. 31-2001):
亜塩素酸イオンの残留 : 0.7 mg/l 以下

二酸化塩素

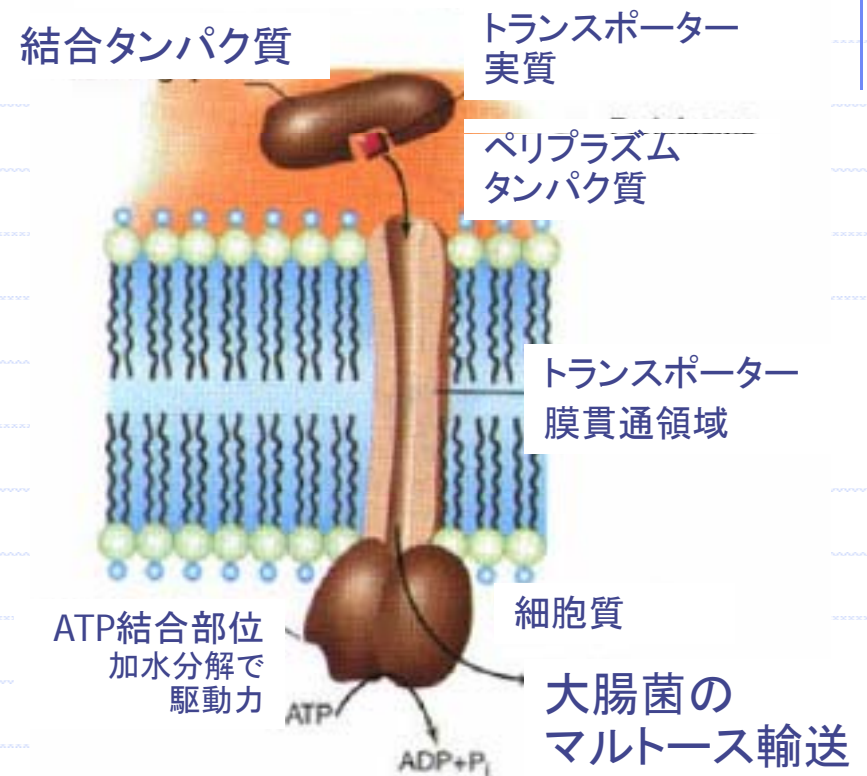
細菌やウイルスの不活化作用

他の酸化剤に比較して作用の選択性が高く、細菌やウイルスの不活化に適する。

細胞膜のレベルで栄養(マルトース)補給機序に対して作用する。

細菌やウイルスの栄養補給を損なうことによって、それらの増殖を防ぐ。

膜タンパク質である ABC トランスポーター



二酸化塩素

細菌・ウイルスの不活化作用: 低いC_xT(濃度 × 感作時間)値

| | 除菌率 | 塩素 | 二酸化塩素 | オゾン | 紫外線 |
|---|-----------------|---------|-----------------|-----------|------------------|
| | % | | c × t (ppm × 分) | | J/m ² |
| 大腸菌 <i>Escherichia Coli</i> | >99.9 | 3-4 | 1.2 | 0.012-0.4 | 128 |
| パン酵母 <i>Sacch. cerevisiae</i> | | | 0.8 | 0.5 | |
| 黒カビ <i>Aspergillus nigar</i> | 10 ⁵ | | 1.6 | | |
| 枯草菌 <i>Bacillus subtilis</i> | 10 ⁴ | | >>5 | >>5 | |
| ランブル鞭毛虫 <i>Giardia Lamblia</i> | 99.9 | 104-122 | 23 | 1.4 | 100-200 |
| クリプトスポリジウム パルブム <i>Cryposporidium paravum</i> | 99.9 | 1440 | >120 | >5 | 100-200 |

T = 20 – 30° C

二酸化塩素

細菌およびウイルスの不活化作用

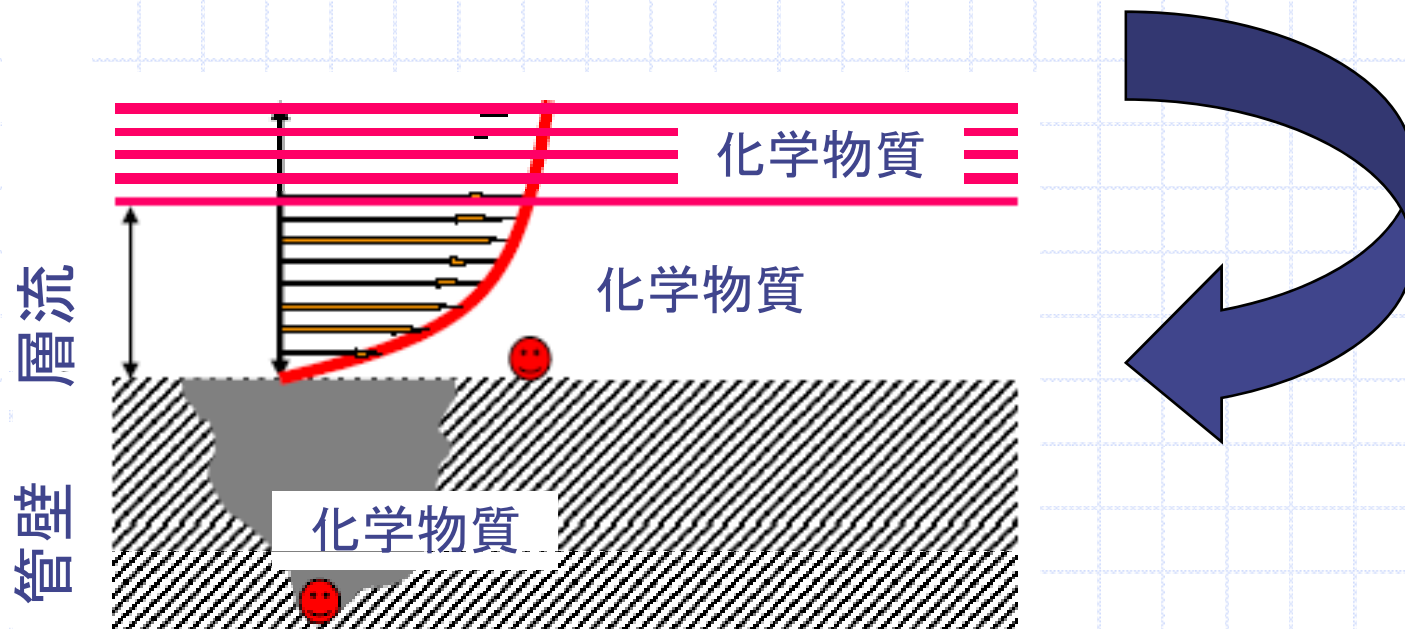
低濃度 (0.2-0.4 mg/l) 短時間の感作であっても
病原体を4-5 log (1万分の1から10万分の1) 減少させる。

| 微生物 | ClO ₂ ppm | 感作時間 | 除菌率 |
|---|----------------------|------|---------|
| 黄色ブドウ球菌 <i>S. aureus</i> | 1 | 60秒 | 99.999 |
| 大腸菌 <i>E. coli</i> | 0.15 | 5分 | 99.9 |
| 大腸菌 <i>E. coli</i> | 0.25 | 60秒 | >99.999 |
| 連鎖球菌ファエカリス <i>Streptococcus faecalis</i> | 1 | 15秒 | >99.999 |
| ラブレ菌 <i>Lactobacillus brevis</i> | 0.15 | 5分 | 99.9 |
| ラブレ菌 <i>Lactobacillus brevis</i> | 1 | 5分 | >99.999 |
| 緑膿菌 <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | 1 | 60秒 | >99.999 |

二酸化塩素によるレジオネラ除菌

利点:

- ・ pHに非依存性で(pH4~10の広い範囲にわたって)、高い消毒能力がある。
- ・ 長時間(48時間以上)にわたって有効で、水が微生物学的に高度に安定する。
- ・ 腐食性は最小限である(低濃度で使用された場合)。
- ・ 有効な添加量: 0.2 - 0.4 mg/l; 多くの国々で飲料水に対する ClO_2 の添加量はおよそ: 0.4 -1.0 mg/lである。
- ・ バイオフィルムの除去にたいへん効果的である。



二酸化塩素によるレジオネラ除菌

利点:

- 副生成物がきわめて少ない:
 - 塩素化合物(有害!!!)を生成しない。
 - アンモニアと反応しない(すなわち、クロラミンを作らない)。
 - 実用量でトリハロメタン(たとえば、クロロホルム)を生成しない。

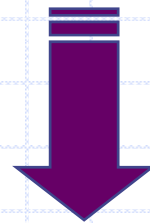
| 添加量 | クロロホルム CHCl ₃ (ppb) | ブロモジクロロメ タンCHBrCl ₂ (ppb) | ジブロモジクロ ロメタン CHBr ₂ Cl (ppb) | ブロモホルム CHBr ₃ (ppb) | トリハロメタン THM (ppb) |
|---------------|--------------------------------------|--|---|-----------------------------------|----------------------|
| 塩素 1ppm | 0.6 | 1.4 | 9.4 | 53.8 | 65.2 |
| 塩素 5ppm | 1.7 | 5.0 | 30.6 | 90.6 | 127.9 |
| 二酸化塩素 1ppm | 0.2 | < 0.1 | < 0.1 | 0.4 | 0.8 |
| 二酸化塩素 5ppm | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 1.9 | 2.2 |

(Prof. Sontheimer, 1980)

二酸化塩素によるレジオネラ除菌

欠点:

- ・ 塩素やヨウ素に比べてコストが高い。
- ・ ClO_2 を発生させることには化学的健康リスクがある。
- ・ 銅製の配管で使用することはできない。



現在の科学や技術の知見に基づいて、経済学的な分析を行うと、二酸化塩素は給水施設に存在するレジオネラ属菌を取り除き、レジオネラ症を抑圧するために効果的なプログラムを遂行できる解決手段であり、上記の欠点については妥協し得る。

二酸化塩素によるレジオネラ除菌

流量が $>25 \text{ m}^3/\text{h}$ の場合の装置

| 装置形式 | 生成量 最大g/h |
|-----------|-----------|
| CDVb 15 | 15 |
| CDVb 35 | 46 |
| CDVb 60 | 66 |
| CDVb 120 | 130 |
| CDVb 220 | 225 |
| CDVb 400 | 400 |
| CDVb 600 | 600 |
| CDVb 2000 | 2000 |

- ・ 設置はそれほど複雑ではない。
- ・ ClO_2 の生成・監視装置は複雑ではない。
- ・ 冷水でも温水循環でも使用可能である。



二酸化塩素によるレジオネラ除菌

流量が < 25 m³/h の場合の装置

- ・ 発生装置:
レジオネラに汚染された水を消毒するための
一体式分注ポンプを使う。
ClO₂ 用量 : 0 -5 g/h
- ・ 非定常的な運転モードに備えた分注モードで
希釈した製品を注入する。
- ・ ClO₂濃度: 2 g/l (0.2 %)
希釈した低濃度で操作者に無害である。
- ・ 安定性は実用上問題ない
(3日間後に15%減少する)。



事例研究 No. 1 (2003)

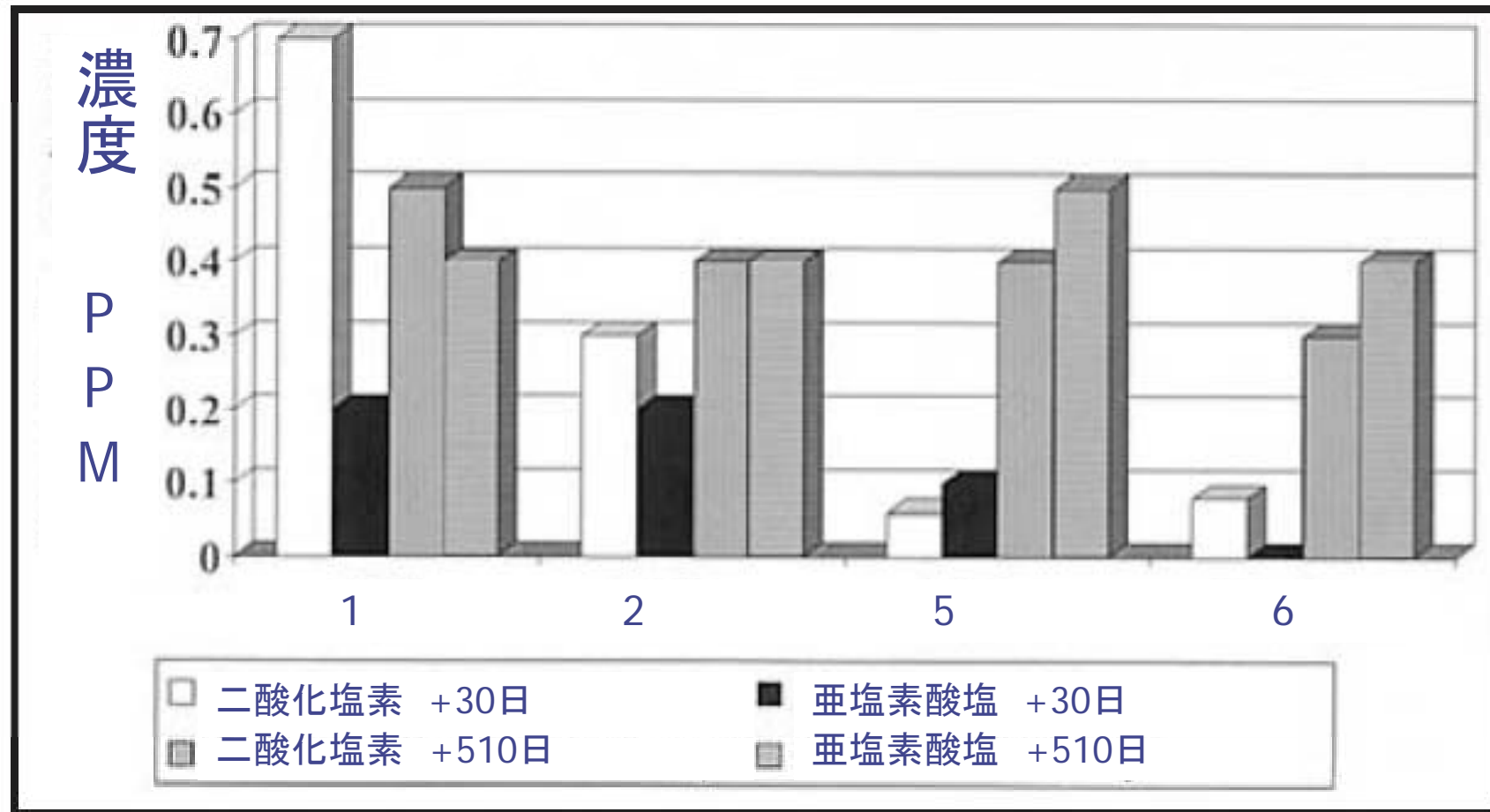
病院の給水系においてレジオネラ属菌をコントロールするために導入された二酸化塩素による水処理システムの17ヶ月間の評価

目的: 病院の給水系におけるレジオネラ属菌のコントロールについて二酸化塩素による水処理システムの安全性と有効性を評価すること。

計画: システムを導入後17ヶ月間にわたって、建物の至るところで定期的に水の培養を行い、二酸化塩素および亜塩素酸塩を測定し、金属の腐食を観察した。

事例研究 No. 1 (2003)

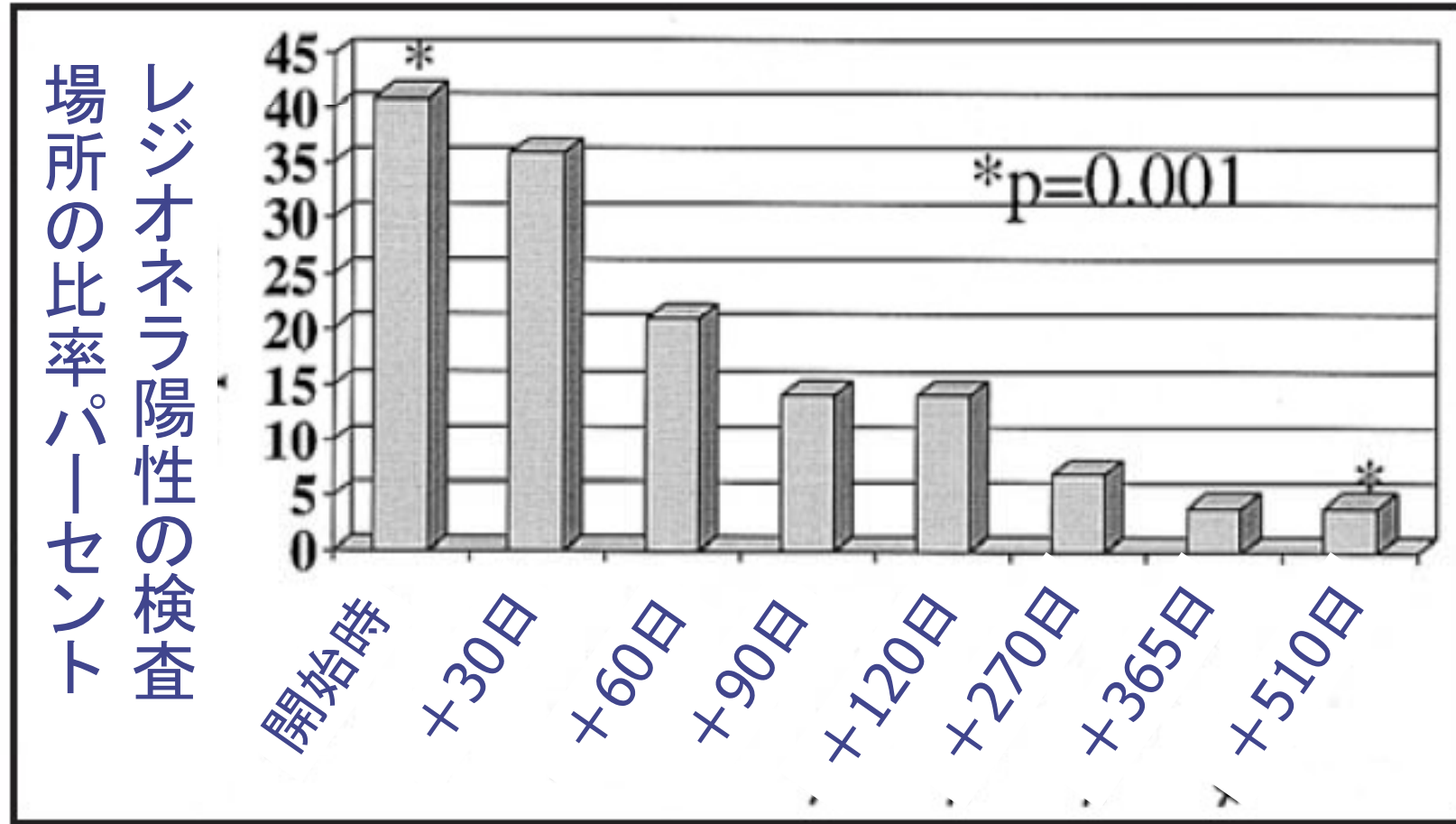
病院の給水系においてレジオネラ属菌をコントロールするために導入された二酸化塩素による水処理システムの17ヶ月間の評価



システムの運営後30日と510日に建物の各所で二酸化塩素と亜塩素酸塩の濃度を計測。30日には計測値は2階以上よりも1階で高かったが、しかし、510日ではその差は著しく減少した。

事例研究 No. 1 (2003)

病院の給水系においてレジオネラ属菌をコントロールするために導入された二酸化塩素による水処理システムの17ヶ月間の評価



二酸化塩素システムの評価期間中のレジオネラ属菌の陽性率。
41% から 4%への減少は統計学的に有意な差である (P =0.001)。

事例研究 No. 1 (2003)

病院の給水系においてレジオネラ属菌をコントロールするために導入された二酸化塩素による水処理システムの17ヶ月間の評価

結果

レジオネラ属菌が陽性だった場所は、開始時の41%から4%に減少した ($P = .001$)。分離された菌株は *L. anisa* だけだった。その菌株は冷水からも温水からも分離された。この結果は二酸化塩素システムの運用がレジオネラ属菌を病院の給水系から効果的に除去したことを示している。

このシステムは安全であり、二酸化塩素および亜塩素酸塩のレベルは公的基準以下だった。

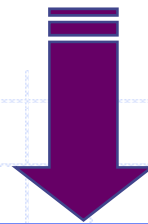
このシステムは銅製配管の腐食を増加させたようには思われなかった。

この結果は病院の給水系におけるレジオネラ属菌の汚染問題に対して二酸化塩素が解決策として期待できることを示している。

事例研究 No. 2 病院の給水系における *Legionella pneumophila* の 10年間にわたるコントロール

レジオネラ症： 1984 -89

- ・ 19 症例のレジオネラの院内感染
- ・ 16 症例は1985年に発生
- ・ 冷却塔（クーリングタワー）に関連
- ・ 他 3 例は古い病院施設内で散発的な発生
- ・ Lp1, Lp3 & Lp6



二酸化塩素消毒

事例研究 No. 2 病院の給水系における *Legionella pneumophila* の 10年間にわたるコントロール



事例研究 No. 2 病院の給水系における *Legionella pneumophila* の 10年間にわたるコントロール



事例研究 No. 2 病院の給水系における *Legionella pneumophila* の 10年間にわたるコントロール



事例研究 No. 2 病院の給水系における *Legionella pneumophila* の 10年間にわたるコントロール



事例研究 No. 2

結論

10年以上の期間にわたって、我々は 0.5 mg/l のClO₂ がプランクトン様の *Legionella pneumophila* のコントロールにきわめて有効であることを観察してきた。

複雑な、古い給水システムで。

水質はpHの高い軟水であった。

連続的な注入を始めてから全面的な効果が現れるまでは6週間以内であった。

その使用は病院スタッフからも患者からも容認された。

腐食の問題はまったく起きていない。

事例研究 No. 2

結論

しかしながら、配管の長大な引き回しや水流の淀みなど重大な技術上の問題が存在すると、効果が低下した。

そのような技術的な問題の存在が、Lp1の検出、ClO₂濃度の低下、*L. anisa* 陽性かつ／または一般細菌数の増加につながった。

すなわち二酸化塩素は万能薬ではなく、良好なエンジニアリング業務の実践（たとえば、ダブルチェック値を使うこと、温水と冷水の混入を検討すること、など）が付随してこそ、いっそう有用なものである。

ご清聴ありがとうございました！

