

INCREDIBLE

21Century's water treatment agent

WATER-SOLUBLE GLASS WATER-TREATING AGENT

水溶解性ガラスによる銀イオン水処理剤

BS21

B: Bacteriostatic action

S: Silver ion

21: 21Century's water treatment

技術資料

快適環境を科学する

株式会社フルテック

水溶解性ガラス水処理剤“BS21”について

ガラスの起源については、古代ローマの博物学者・大プリニウス（23-79AD）が「博物誌」第36巻で「ガラス」起源について記しています。その内容は…「天然ソーダを商う何人かの商人たちの船が、シリアのフェニキア・ペルス河畔の浜に入ってきた。そして食事の用意をするために彼らは岸に沿って散らばった。しかし彼らの大鍋を支えるのに適当な石がすぐに見つからなかったため、彼らは積荷の中から取出したソーダの塊の上にそれを乗せた。このソーダの塊が熱せられ、その浜の砂と十分に混ざったとき、ある見たことのない半透明な液が何本もの筋をなして流れ出た。そしてこれがガラスの起源だという」。しかしこれは伝説的な話であり、実証的には、西アジア(メソポタミア)、エジプトやエーゲ海域などで、小さな装飾品が作られていて、ガラスの歴史は4000年とも5000年ともいわれています。

ガラスはもともと水や酸に侵される性質があり、その問題をどのように克服するかという歴史でもありました。その結果として、私たちが日常に使用している窓ガラスや瓶ガラスや装飾用のガラスなどは、みなすべて固いガラスであり、ガラスという概念は“水や酸に侵されないもの”であるということが常識化されています。

水溶解性ガラス水処理剤“BS21”を発明した経緯は、“プリニウスの博物誌”によって“ガラス”というものの原点を考えるきっかけとなるとともに、ガラスの着色に金属の酸化物が使用されているという事実を知りえたことでした。普通のガラスの成分(組成)から、“水や酸に侵されないように工夫された成分”をどんどん排除していくことによって、水に溶けるガラスを作ることが不可能ではないと思いつきました。

銀をガラス組成とともに溶解することによって、銀イオンを溶出させる技術についても、昔からガラスの着色剤として金属が用いられてきた事実を、水処理剤の技術として活用したものです。

“BS21”は、組成を水に溶けるように工夫したガラスに、銀を混入させ、藻や細菌など微生物の増殖を防止する優れた効果とともに、赤錆の防止、スライム、スケールの防止にも優れた効果が発揮される水処理剤の商品名です。

金属銀は、極微量ではありますが水に溶けます。この溶液は、非常に薄い濃度でも水中の微生物を抑制する作用があり、この作用を極微量作用 (Oligodynamic action) といいます。

水に溶けた銀イオンには、不思議な抗菌作用があり、この作用は長い間“謎”とされ、神秘的なものと考えられていました。1893年にスイスのナジェリ (Nägeli) が、ある種の金属塩極微量で藻類を殺滅する作用があることを発見し、その作用を“オリゴジナミー”と名付けました。この作用につきまちは種々の説がありましたが、1930年頃これは極微量の金属イオンが生物の細胞に作用するものであることが、ほぼ確かめられました。

1933年にドイツのクラウス (G.Krause) が、銀イオン (Ag^+) を飲用水に応用する装置を考案し、“Electro-katadyn” という名称で商品化しました。

1952年ニュージャージー州アトランチック市で開かれた米国化学会「水・廃水・衛生化学」分科会(水・空気・廃棄物)で、銀による水の消毒の論文が発表されました。発表後の討論で、故ウィレム・ルドルフ氏が、およそ20年経つごとに誰かが銀の殺菌作用を利用して、水を消毒する新しいプロセスまたは化合物について発表するであろうと述べました。その後多くの方が、銀の抗菌力を応用し、水の抗菌に挑戦しましたが、いずれも目的を達成することが出来ませんでした。いちばん困難なことは、銀の抗菌作用を、いつも継続して確実にに行わせることでありました。

このように銀の水処理への応用は、これまで困難とされてきましたが、ガラスの性質を利用して水に溶解させることにより、世界で初めて銀による水の浄化が可能となりました。その製品が“BS21”です。

“BS21”の特徴は、いかなる水の用量に対しても効果が確実であり、しかも継続的であるということでもあります。

製品を実用化するにあたり、困難であったことは、水の保有量に対してどれだけのガラスを投入すれば、確実な抗菌力が発揮されるのか、しかもそれが継続的な効果となるのかを確認することでした。



BS21

参考文献

- Plinius 著・中野定雄・中野里美・中野美代訳：プリニウスの博物誌・Ⅲ、第36巻「石の性質」p.1495、雄山閣出版 1986。
永沢 信：飲用水と食品用水「水の消毒」 恒星社厚生閣
A.S.Behrman 著・山根 登約：水はみんなのもの～「銀による水の消毒」 東京化学同人 1971。

“BS21”の組成と作用

“BS21”は、ガラスが水に溶けるに従って、銀イオン (Ag^+) を確実に継続的に溶出させ、水溶液中に安定した状態で存在させることに成功した画期的な水処理です。

この水溶解性ガラス水処理剤“BS21”は、ガラスの組成が $SiO_2-B_2O_3-Na_2O-Ag_2O$ で形成され、非晶質構造 (Amorphous) になっています。

“BS21”のガラス構造は、修飾イオンの酸素配位状態が不規則になっていて、結合関係が満たされない、陽イ

オンが散在する状態になっています。

このような状態になっているガラスの表面に水が作用すると、水酸イオン(OH⁻)または酸基イオンと親和力の強いアルカリその他の陽イオンが、ガラスの網目構造部分から抜き取られます。この現象は、表面から徐々に深層部に至り、結合状態の不安定な修飾イオンは順次液相に移行していきます。

しかし、初期の段階ではナトリウムイオン(Na⁺)が液相に移行し、液相中の水酸イオン(OH⁻)と結合されます。したがって、ガラス表面はNaOHを生成し、SiO₂の四面体を連結する酸素橋に作用し、これを打開し始める結果、構造が崩れてSiO₂も液相に移行していくことになります。

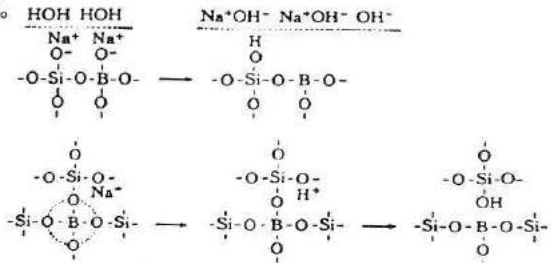
B₂O₃の水への溶出は、Na₂OやSiO₂に比べると時間的にズレが生じます。この理由は、BO₄四面体の安定なポテンシャル空孔が構造中に出来ているため、この空孔に取り込まれたNa⁺イオンがここを抜け去っても、その部分のB³⁺イオンが配位数を4から3に変えることによって、電気的に中性を保つためであるといわれています。

水溶解性抗菌ガラスの主役は銀イオン(Ag⁺)ですが、ガラス中のAg₂OはNa₂Oと同じように、SiO₂やB₂O₃の非架橋酸素と結合しています。≡Si-O⁻Ag⁺結合や=B-O⁻Ag⁺結合は、ガラスが水に溶解した状態でも水中で安定しているものと考えられています。

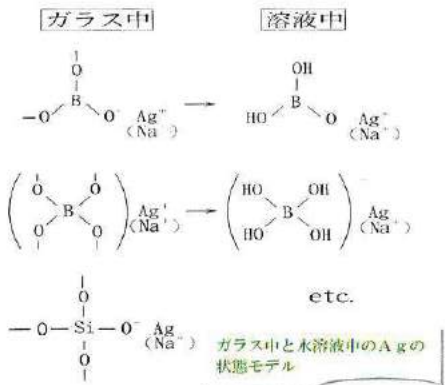
それは、これらの結合が≡Si-O⁻Na⁺結合や=B-O⁻Na⁺結合に比べて共有結合性が強く、結合強度も大きいからと考えられるからです。このため銀イオン(Ag⁺)は水中でも安定的に存在し、防藻効果やスライム抑制効果、水溶性切削油剤・研削油剤の腐敗防止効果などに実績を挙げています。

このように“BS21”は、不規則な網目構造の水溶解性からなり、銀イオン(Ag⁺)を確実に継続的に溶出させ、水溶液中に銀イオン(Ag⁺)を安定した状態で長期的に存在させることに成功した画期的な水処理剤であります。このような銀を含有する水溶解性水処理剤の概念は、ガラスに対する旧来からの固定概念を覆すものであります。

銀を含有する水溶解性ガラス水処理剤“BS21”の組成は、SiO₂-B₂O₃-Na₂O-Ag₂O(銀含有ホウケイ酸ガラス)です。ガラス成分中のSiO₂は網目形成酸化物であり、網目構造単位の水への溶解によって、銀イオン(Ag⁺)を搬送する役割があります。B₂O₃はガラスの水への溶出を容易にし、銀イオン(Ag⁺)を安定した状態で存在させる効果があります。Na₂Oは銀をガラスに取り入れる役目と、ガラスの網目を切断して水溶解性を促進させる役割があります。SiO₂・B₂O₃の網目構造単位の溶出によって銀イオン(Ag⁺)となり、微生物を抑制します。



硼珪酸ガラスの水による侵食における反応機構
 a) ガラス面と水との界面のイオン交換
 b) ガラス表層部における構造の転換



ガラス中と水溶液中のAg⁺の状態モデル

SiO ₂	SiO ₂ の網目構造単位の水中への溶解によって、銀イオン(Ag ⁺)を搬送する役割があります。水中においては、活性ケイ酸による凝集沈澱作用に優れ、硬度成分の沈降による電気伝導率の安定化に寄与します。防錆効果及び赤水対策に顕著な効果が立証されています。 ※鋼、亜鉛メッキ鉄、鉛、亜鉛、七三黄銅を保護するために、ケイ酸ナトリウムを使用することは、70年以上にわたり慣例となっています。ケイ酸塩の錯体には被膜の形成と吸着及び分散作用があります。また、活性ケイ酸には、水に含まれる不純物を沈降させる働きがあり、濁度や懸濁物質(SS)の減少、硬度成分の減少に伴う電気伝導率の安定化などの効果が得られます。
B ₂ O ₃	B ₂ O ₃ はガラスの水への溶出を容易にし、水に溶けるとホウ酸B(OH) ₃ となります。塩基と反応すればホウ酸塩となり、銀イオン(Ag ⁺)を安定した状態で存在させる効果があります。また、ホウ素の化学的性質は、ケイ素と類似する点が多いので、微生物の抑制及び防錆作用、スケール化予防作用に関与しているものと思われる。 ※骨粗しょう症の予防サプリメントで「ホウ素」が注目されています。「ホウ素」を服用することによって、カルシウムの尿からの排出が44%と激減するという事です。このことから、ホウ素が水中でカルシウムの析出を抑制する作用があることが予測できます。
Na ₂ O	Na ₂ Oは銀をガラスに取り入れる役目と、ガラスの網目を切断して水溶解性を促進させる役割があります。水中においてはpHの調整と防錆、防スケール作用に関与しているものと予測されます。
Ag ₂ O	SiO ₂ ・B ₂ O ₃ の網目構造単位の溶出によってAg ⁺ となり、微生物の抑制に優れた効果を発揮します。スライムの剥離やスケールの剥離作用にも微生物制御に関与しているものと思われる。

“BS21”の特徴と効果

私たちの意識の中では、水は豊富に存在し、無限の資源とされていました。その意識があるがゆえに、水を粗末に扱ってきました。しかし、水はいまや無限の資源ではなく、ごく限られた資源であることを強く認識しなければならない状況になっています。すでに工業用水の割り当ての強化や、地下水の汲み上げ規制など、水を自由に使用できないさまざまな条件が付与され、生産プロセスに重大な影響を与えつつあります。

あらゆる場合において、水は大切に使用し、出来る限り再利用、再循環を図るよう工夫することが必要であると思えます。とはいうものの…水処理に関する認識の低さや、知識や経験の不足、そもそも水を管理することについて重要性を感じていない慣習のため、この問題に人手をかけたくない風潮など克服すべき幾多の問題点があり、なかなか容易にすることがすまないのが現状です。

水処理に関わる問題点には、大きく分けて ①藻の繁殖問題 ②赤錆・赤水問題 ③スライム形成の問題 ④スケール問題の4つに集約されます。

これらの問題を、何種類もの薬剤を駆使して行おうとすると、それらの薬品が相乗効果をもたらさずに、むしろ相殺的に働いて、さして効果の無いままに取り扱いの煩わしさや費用の割には報われないケースが多いと思えます。

こうした状況の中で、21世紀の水処理剤としてクローズアップされてきたのが“BS21”であります。“BS21”は、水質を管理するうえで生じる4つの問題に対して、ただ単に水に浸漬するだけで満足な状態が得られるだけでなく、長期間メンテナンスフリーであり、水処理に関する諸問題を総合的に管理できるところに大きな特徴があります。管理の方法についても、薬液の定量注入方式に比べて設備を必要とせず、薬液の定期的な補充を必要としないため、取り扱いが簡単で、効果が確実に大きいことが特徴です。

“BS21”は、保有水量1トンに対して1kg（1㎡に対して1g）を水に浸漬させるだけで、防藻、防スライム、防スケール、防錆と水処理の全ての問題点に優れた効果を発揮するため、21世紀の新しい水処理剤として注目されています。

銀イオン（Ag⁺）を安定した状態で存在させるのに、水溶性ガラスが注目を集める理由について…

- ①銀イオン（Ag⁺）が、ガラスとともに溶け出したときに、有効なイオン状態で長期間にわたり安定である。
- ②ガラスの溶出により、銀イオン（Ag⁺）が連続的に供給されるので、補給や交換などの手間が少ない。
- ③必要に応じてガラスの組成を変更することにより、銀イオン（Ag⁺）の溶出速度を調節することが出来る。
- ④人体などの生態系に無害である。
- ①抗菌力が強い。
- ②取り扱いが簡単である。
- ③長期間継続的な効果がある。
- ④管理に手間がかからず安全である。
- ⑤微生物を制御し、スライム、藻の発生を防止する。
- ⑥スケールを防止する。
- ⑦防錆効果が顕著である。
- ⑧濁度、鉄分、SS、BOD、CODを減少させ、水が清澄化する。



取り扱いや効果の面では次の特徴が挙げられる。

殺菌剤と“BS21”の相違

	殺菌剤	“BS21”
殺菌効果	即効的に殺菌する	長期間増殖を抑制する
効果の持続性	短期間	長期間
管理上の問題	常時管理、手荒れ、皮膚の炎症、公害	メンテナンスフリー、無公害

参考文献

成瀬 省：ガラス工学、「ガラスの侵食機構」 共立出版 1963。
 大田陸男：ガラスの新しい用途、材料、第38巻 日本材料学会 1989。
 大田陸男：ニューガラスハンドブック「殺菌用ガラス」 丸善 1991。
 山部邦宏：銀含有ガラスの水溶液中への溶出挙動 京都工芸繊維大学・研究論文 1994。
 久野豊彦：水処理技術、Vol.32, No.5, 日本水処理技術研究会 1991。
 久野豊彦：環境資源対策、Vol.28, No.3, 公害対策技術同友会 1992。
 A.Takaat El-Mallan, et al Corrosion Prevention&Control October
 丸元淑生・丸元康生：最新ミネラル読本 p.135-138 新潮文庫 1992。

銀は微生物に対して抗菌作用を示すことから、何世紀にもわたって、種々の疾病を治療する目的で医療に利用されてきた歴史がある。尿道殺菌剤、鼻用剤、点眼剤、腸内殺菌剤、抗感染薬などがその一例であるが、抗生物質の開発により、銀はごく限られた医療にのみ使用されることとなった。

現在でも、緑膿菌に対して顕著な効果があることから、火傷の療法として欧米で利用されている。これまでの多くの臨床例から、銀化合物には毒性を示す証拠はほとんど認められず、発ガン性もないと言われている。

銀の抗菌作用については、長い間神秘的なヴェールに包まれていたが、多くの科学者の長年にわたる研究の結果、やっと解かった事実は、銀の抗菌作用は銀イオン (Ag^+) によるものであり、銀の化合物がなにであるかは重要ではないという事であった。

1952年アトランチック市で開かれた米国化学会の「水・廃水・衛生化学」分科会<水・空気・廃棄物>で、銀を含む新しい物質による水の消毒の論文が発表された。発表後の討論で、故ウィレム・ルドルフ氏が、およそ20年経つごとに誰かが銀の殺菌作用を利用して、水を消毒する新しいプロセスまたは化合物について発表するであろうと述べた。しかし、銀の抗菌作用が明確になった後にも、その抗菌作用を、いつも継続して確実に行わせることについては、誰も目的を達成させたものはいなかった。

このような事実と経過に基づき、これまで困難とされていた水処理への銀の応用を、ガラスを水に溶解させ、搬送させる技術によって、世界で初めて実用化できた製品が“BS21”である。

“BS21”の特徴は、いかなる水の容量に対しても、投入量を適量に比例させることによって、目的の効果が確実に得られることである。

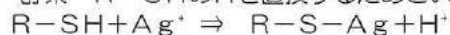
また、水処理以外にもこの素材の微粉末を樹脂に混入させたり、対象物の表面にコーティングすることにより、抗菌・防カビ効果を発揮させることが可能であり、応用範囲は極めて幅広いのが特徴である。

銀の抗菌作用

銀イオン (Ag^+) は、微生物などの下等生物に対して抗菌作用を示すものである。微生物 (microorganism) とは、狭義には細菌 (bacteria)、菌類 (fungi)、ウイルス (virus) をいい、広義には、更に原生動物 (protozoa)、藻類 (algae) などを含める。

銀イオン (Ag^+) は、これらの微生物に対して、極微量で細胞の活動を奪うことから、極微量作用 (oligodynamic-action) といわれている。

この作用は、銀イオン (Ag^+) が 酵素 $R-SH$ の H を置換するためといわれ、次式のように表される。



この $S-Ag$ の不可逆的生成が、細菌の呼吸を阻害するとされ、この作用を静菌作用 (bacteriostatic-action) という。銀の静菌作用については、菌体内に取り込まれた銀イオン (Ag^+) が細胞中のDNAと直接結合して、細菌の増殖を抑制するという報告や、核酸に作用するのではなく、細胞膜及び細胞壁に作用して、静菌作用を示すという報告などもあるが、おそらく銀イオン (Ag^+) によって差異が生じるものと考えられる。しかし、銀による静菌作用については、未だに定説がなく、今後の研究課題とされている。銀に関する文献では、殺菌作用と記載されているものが多いが、この技術資料では、一般的には抗菌作用と記し、水処理に関しては、数多くの分析結果に基づいて静菌作用と記すこととする。

銀イオン (Ag^+) 濃度と水の清澄度の関係や微生物の菌数との関連で、微生物を死滅に追い込む殺菌作用を示す場合もあるが、“BS21”の投入現場では、微生物によってかなり水が汚染されていて、かなり厳しい使用条件のため、“BS21”の作用は、微生物を完全に死滅させるのではなく、いわば仮死休眠状態に似た状態で、微生物の増殖活動を抑制阻止する静菌作用を表す場合が多い。したがって、この技術資料では、“BS21”の作用を静菌作用と表現することとした。

“BS21”の静菌作用

“BS21”は、一定期間(約6ヶ月間)確実に、しかも継続して銀イオン (Ag^+) が水に溶出するように、材料であるアモルファス体の組成が設計されており、微生物及びこれに関連する水処理の問題点に対して、長期間にわたり継続的效果が得られる。銀イオン (Ag^+) の作用は、本来的には静菌的に働くものとされているが、水溶液中の微生物の状態や銀イオン (Ag^+) の濃度によっては殺菌効果も得られる。

比較的水質の良い状態で、“BS21”を水の保有水量に対して、1トについて1kg (1g/リットル=1,000ppm) 投入で、増殖抑制から殺菌という結果が得られている。

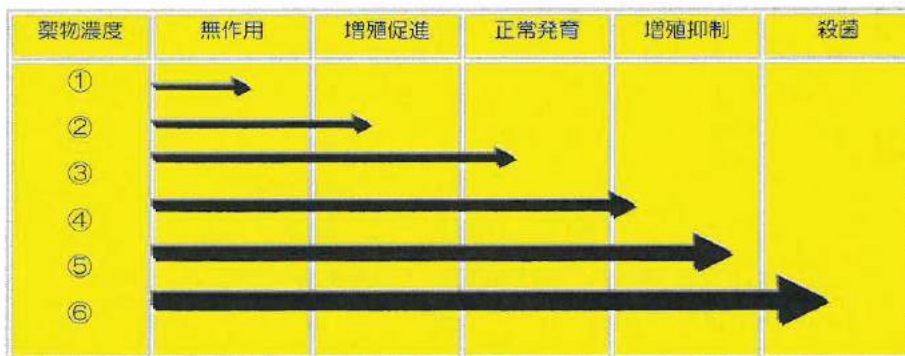
しかし、同じ投入量であっても、水質が汚染されやすい冷却塔では、増殖を抑制しているが殺菌効果は得られない。このように汚染された現場でも、“BS21”を1トについて2~3kgと増量することによって、殺菌効果を期待することができる。特殊な例ではあるが、レジオネラ症(在郷軍人病: Legionnaires' Disease) 対策として、本病の原因菌である *Legionella sp.* の増殖を抑制するために殺菌作用をもたらすように対処しなければならない場合が

ある。しかし通常、冷却塔の管理は、設備を正常に稼働させるために、藻の発生を防止し、スライムやスケール及び赤錆の問題に主眼がおかれている。

殺菌作用と静菌作用

微生物の発育を阻害しようとする場合、薬物の濃度によって作用の強さが決定される。「模式図」からも分かるように、薬物の濃度が高くなるに従って、無作用、増殖促進、増殖抑制、さらには殺菌というように、作用は次第に強くなる。

抗菌スペクトル



※薬物の濃度と抗微生物作用の強さとの関係を示す模式図
矢印の太いものほど濃度が大きいことを示す

増殖を抑制する作用を増殖静止作用(static-action)あるいは静菌作用と呼ぶ。濃度を増せば増殖は完全に停止し、増殖速度ゼロとなる。それ以上に薬液濃度を高めれば、増殖は負となり、いわゆる殺菌作用(cidal-action)となる。

したがって、一つの薬物の静菌作用と殺菌作用とは、あくまでも濃度との相関関係である。

薬物によっては、わずかな濃度の上昇によって、無作用域から、いきなり殺菌域に達してしまうものがあるが、これを殺菌的称する。一方、広い濃度範囲にわたり、増殖抑制作用を示すものを、一般的に静菌的と呼ぶ習慣になっている。

参考文献

医学大辞典：朝倉書房
 高野一夫：新薬学，広川書房
 A.S.BEHRMAN 著，山根 登訳：水はみんなのもの，～水をきれいにする化学～ 東京同人，1984.
 須藤隆一編：環境浄化のための微生物，講談社，1986.
 萩原耕一編著：水質衛生学，光生館，1985. 堀口 博：防菌防黴の化学，三共出版，1986.
 柳田友道：微生物科学2，～成長・増殖・増殖阻害～，学会出版センター，1985.

銀の安全性について

銀は古くから医療に用いられ、その歴史は1000年以上に遡る。これまでの多くの臨床例から、銀化合物には毒性を示す証拠はほとんど認められず、発ガン性もないと言われている。

WHO飲料水水質ガイドラインでは、一般的には飲料水中の銀は、ヒトの健康には無関係であり、飲料水を細菌学的な安全性を維持するために、0.1mg/lに達する高濃度で使用されたとしても、健康へのリスクはないものとしている。したがって、銀については健康の観点からのガイドライン値は提示しない。…と述べている。

しかし、銀化合物を静注したり、銀を含む薬を多量に摂取し、体内に銀が1g以上蓄積された場合、銀沈着症が生じると判断されている。銀沈着症は、皮膚の色素沈着であり、これにかかると皮膚が灰青色になるが、その以外の健康障害とは関連しないと考えられている。

人の銀沈着症の場合には、皮膚や体内器官の真皮及び基底膜の電子密度粒子に銀が含まれる。こうした粒子は、硫化銀かセレン化銀からなるものである。

飲料水、食物、空気による人の銀による暴露については、限られたデータしかないが、おそらく食物から摂取する量が主で、その量は70μg/dayと推察される。銀は人の全組織に見られるが、その濃度は非常に少なく、検出限度の下限に近い場合が多い。

米国環境保護庁飲料水規則によれば、水質基準である $50\mu\text{g}/\ell$ ($0.05\text{mg}/\ell$)は、飲料水に含まれる銀が、全て体内に吸収された場合でも、銀の体内蓄積量が 1g を超えることがないという推定に基づいている。何年もの間、無機塩やコロイド銀を治療のために大量に使用しても、銀沈着症以外の有害作用は報告されていないし、急性暴露、慢性暴露による影響や発癌性についても否定されている。

参考文献

WHO飲料水水質ガイドライン(Guidelines for drinking-water quality) (社)日本水道協会, 1995.
米国環境保護庁飲料水規則(銀の飲料水基準) DRINKING WATER CRITERIA DOCUMENT FOR SILVER U.S.EPA.

“BS21”の安全性

“BS21”の安全性を調べる目的で、急性(経口)毒性、皮膚一次刺激性、変異原性及び急性眼刺激性/腐蝕性試験を実施していますので、その結果を示します。

急性毒性試験 (OECD 化学物質毒性指針<1987>に準拠)

試験群には検体を $2000\text{mg}/\text{kg}$ の用量で、対照群には精製水を、雌雄マウスに単回経口投与したところ、試験動物に異常及び死亡例は認められなかった。本指針では、 $2000\text{mg}/\text{kg}$ の用量で死亡例が認められた場合は、LD50値を求める詳細な試験が必要と指示している。

しかし、本試験では死亡例は見られず、剖検時にも異常は認めなかった。したがって、検体マウスにおける単回経口投与による致死量は、雌雄ともに $2000\text{mg}/\text{kg}$ 以上であるものと認められた。

(財)日本食品分析センターにて試験実施 報告:No. OS56090880-1 報告:No. OS56020783-2

皮膚一次試験 (OECD 化学物質毒性指針<1981>に準拠)

検体をウサギ3匹の皮膚に4時間閉鎖貼付けした結果、3匹のいずれにも、パッチ除去後の各観察時間(1, 24, 48, 72時間)において、皮膚刺激性は認められなかった。

(財)日本食品分析センターにて試験実施 報告:No. OS56090880-2

急性眼刺激性/腐蝕性試験 (OECD 化学物質毒性指針に準拠)

ニュージーランドホワイト種雄ウサギを用い、試験前1週間以上予備飼育を行い、健康な体重 $2.69\sim 2.89\text{kg}$ のウサギを3匹使用した。各試験動物の左眼結膜嚢内に試験液 0.1mL を点眼し、約1秒間上・下眼瞼をおだやかに合わせ保持した。無処理の右眼を対照とした。

点眼後、1, 24, 48及び72時間にスリットランプを用いて、角膜、虹彩、結膜などの観察を行った。この結果、試験液点眼後の各観察時点で、眼刺激反応または腐蝕反応は観察されなかった。このことから、供試品は $1\text{g}/\ell$ の割合で、 60°C 、3時間溶出した水溶液において、眼刺激性または眼腐蝕性は有さないものとする。

(財)日本食品分析センターにて試験実施 報告:No. 40050672-2

変異原性試験 (労働省告示77号<昭和63年9月1日>に準拠)

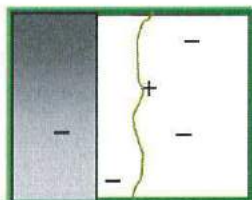
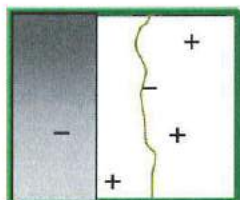
検体について、*Escherichia coli* wp2 uver A株及び *Salmonella typhimurium* TA系4菌株を用いて、復帰変異試験を行ったところ検体は、予備試験及び本試験ともにいずれの場合も、陰性対照に比べ復帰変異コロニー数の増加を誘発しなかった。以上のことから、本試験条件下における検体の突然変異誘起性は陰性であると結論した。

(財)日本食品分析センターにて試験実施 報告:No. OS56090880-3

スケールについて

循環冷却水系では、水の蒸発に伴い炭酸カルシウムなど、水中でわずかしか溶けない塩類がその水質の溶解度以上になると水中に析出してスケールになります。スケールが付着すると、冷房能力の低下、凝縮圧力の低下、電力費の増加、高圧カットなどの障害となります。

“BS21”を投入すると、管壁に薄く付着しているスケール成分が剥離する現象が起こります。管はアースされているマイナス（-）になっていて、管壁のスケールは、管に接する面がプラス（+）に帯電します。したがって、水に接する側はマイナス（-）になっています。ケイ酸やホウ酸のような、無機質のイオンに自由電子（-）のついた水が増えると、スケールの（+）と（-）が変化し、管壁側はマイナス（-）になります。ここで（-）と（-）はお互いに反発してスケールは剥離されることとなります。



また、銀イオンやナトリウムイオンは、水分子の水素結合を断ち切る作用があり、 $(H_2O)_n$ のnが小さくなります。このことにより、炭酸カルシウム ($CaCO_3$) は水分子を多量にとり込んで柔らかい羽毛状あるいは繊維状のフロックとなって、管壁に固着することなく速度の小さいところに沈積します。 $(H_2O)_n$ が小さくなることによって、分子間引力、表面張力、粘性、誘電率が低下するため水中の物質は析出したり凝集したりします。

$(H_2O)_n$ が小さい ⇒ 分子間引力の低下 ⇒ スケール防止になります

スライム及び藻について

循環冷却水系では各種の微生物が繁殖しやすい条件になっていて、冷却塔の散水盤や充填材、熱交換器のチューブなどに付着しやすい。微生物が付着すると、その分泌する粘着性物質に土砂や錆などの微粒子がからまり、軟泥状の付着物となります。このような付着物をスライムと呼びます。

スライムが付着すると、スケールの付着と同様に伝熱障害に伴う各種の障害が発生します。

スライムの原因となる微生物には、*Zoogloea* がもっとも多く、これに次いで *Sphaerotilus* が多い。細菌数が 10^5 個/ml以上が増殖するとスライム障害が発生しやすい環境となります。

真菌類としては *Trichoderma* と *Penicillium* が多い。また、開放循環冷却水系のピット部分には充分光が当たるため藻類が発生します。冷却水系に多く発生する藻類は、藍藻類としては *Oscillatoria*、緑藻類としては *Ulothrix*、*Chlorella* 属が多い。

“BS21”より溶出される銀イオンは、単独で存在するのではなく、ホウ素やケイ酸などとひとりの単位ごとに存在し、銀イオンと反応しやすい塩化物や硫化物が存在していても、銀イオンと挙動が類似しているナトリウムイオンが露排的に先に反応するため、電気分解によって得られる銀イオンの状態と比較して水中にイオンとして存在する状態が長いと考えられます。

銀イオン (Ag^+) の効果は、その濃度の割合と水の清澄度の度合いによって結果が異なります。また、微生物の菌数との関連で、微生物を死滅に追い込む殺菌作用を示す場合もあります。しかし、“BS21”の投入現場では、微生物によってかなり水が汚染されていて、使用条件が厳しい場合が多いので、“BS21”の作用は、微生物を完全に死滅させるのではなく、いわば仮死休眠状態に似た状態で、微生物の増殖活動を抑制阻止する静菌作用を表す場合が多い。

微生物膜形成のメカニズム

微生物膜は以下のようなメカニズムで形成されるものと思われます。

液体と固体の界面に微生物が付着する

微生物が増殖し多糖類の粘着性物質を分泌する

粘着性物質に懸濁物質が付着する → 微生物膜化

さらに付着が進行する → 微生物も付着し微生物層が出来る → 微生物膜形成

“BS21”の防藻効果



藻が繁殖する前に“BS21”を投入する。防藻された状態はいつまでも維持されます。



藻が繁殖した後に“BS21”を投入し経時変化を観察する。



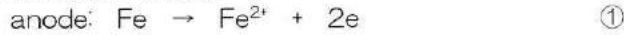
藻は完全に死滅した。

赤錆及び赤水について

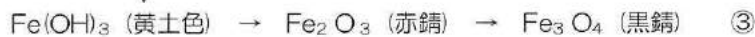
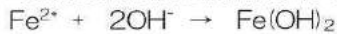
冷却水配管や熱交換器チューブには、軟鋼、ステンレス、銅系金属など各種の金属が使用されています。軟鋼は配管材料として多用されていて、腐蝕の障害が最も多い材料です。

腐蝕は金属が冷却水に接すると、金属の表面状態や水の不均一などによって、金属表面に局部的に電位の高い部分(カソード)と低い部分(アノード)が形成されます。

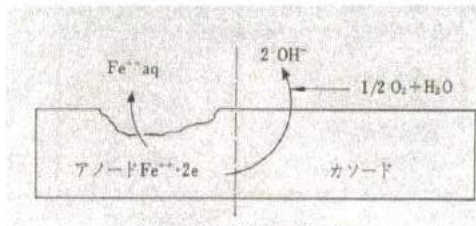
この局部電池では次のように反応が進行します。



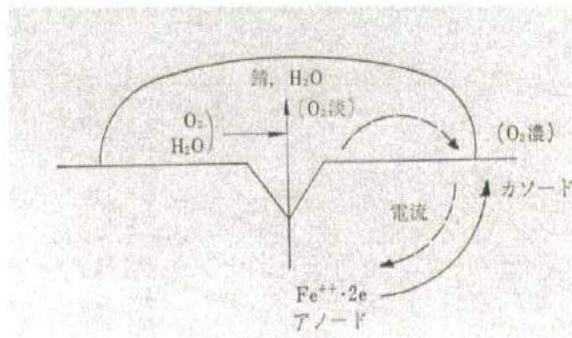
続いて次の反応により腐蝕は進行します。



また、アノードでは鉄が溶出するため錆の下では孔食が生じることもあります。



鉄の腐蝕初期のモデル

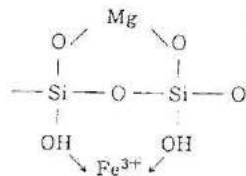
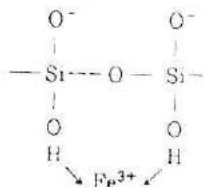


酸素濃淡電池モデル(錆の付着した場合の例)

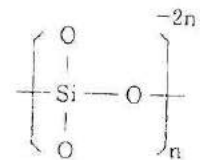
“BS21”を循環冷却水系で使用した場合、ケイ酸塩の錯体は次のように考えられます。

(1) 錯体 (2) O⁻にCa, Mgが結合します

(3) 中性ではアノードに吸引されて皮膜を形成します



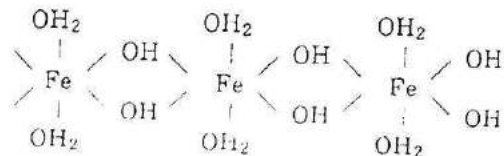
Ca, Mgが結合すると、プラスの高分子となり、カソードに吸引されて吸着し、そこに皮膜を形成することになります。



※アノード(anode)：陰イオンの向かっていく電極、あるいは電子をとりこむ電極、電解では陽極、電池では陰(負)極にあたる。

※カソード(cathode)：陽イオンの向かっていく電極、あるいは電子が放出される電極、電解では陰極、電池では陽(正)極にあたる。

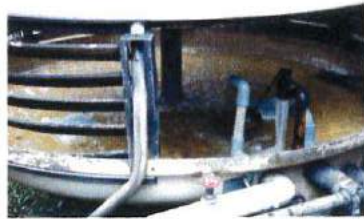
(4) 水中に溶出した鉄のうち、(1)のような錯体にならなかったものは、水和してこのような錯体となります



“BS21”による赤水・赤錆防止対策



かなり古いクーリングタワー(CT)

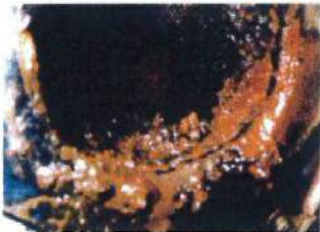


“BS21”使用前のCTの状態
配管内の赤錆のため赤水で悩まされていた



“BS21”使用后3ヶ月使用后CTの状態
“BS21”投入直後に配管内より“浮き錆”が剥離され、すごい赤水状態となった。この状態は、しばらく続き、2回水を張り替えた結果赤水は出なくなった

P.C.W(Process Cooling Water)/Wafer 生産工程(Photo,Etching,Diffusion etc)で生産設備を循環水で冷却する設備(24hr稼働)の配管内部の状態



化学洗浄前の配管内部の状態



化学洗浄後の配管内部の状態



“BS21”使用后8ヶ月設備稼働後の WATER JACKET 部の状態
赤錆及びスケール除去効果が確実

循環冷却水回路の配管内部は、スライムや鉄バクテリアの影響や局部的電位差の影響などによって、赤錆や浮き錆が発生しています。

金属の表面に微生物の生育及びスライムが形成されると、濃淡電池が生じ腐蝕の原因となります。金属の表面に密着したコロニーによって生成された有機酸によっても腐蝕は進行されます。

また“錆びコブ”の下部では、硫酸還元菌の絶好の生育場所となり、パイプ内部より外部に向かって腐蝕が進行し、金属の重量低減(weight loss)や孔食(pitting)の原因となります。

水酸化鉄からなる固い“錆びコブ(tubercle)”は鉄バクテリアに起因しています。これらの微生物は、CO₂ 固定エネルギーを Fe²⁺ → Fe³⁺ の酸化によって得ており、その結果 Fe(OH)₃ が蓄積されます。

“BS21”を投入すると、配管内部が静菌作用や剥離や洗浄作用によって通水が良くなるため、冷却効果が高まるとともに設備の保全に効果があります。



水道水に“BS21”添加



水道水のみ

10日目の結果

参考文献

大熊正恒：熱交換器の付着物除去と防止技術、化学装置、Vol.28、No.10、1986。
メンテナンス Jun、1986-65、スケールの剥離
武田福隆：水に対する磁気の効果、水処理技術、1989。Vol.30、No.10
武田福隆：給用水防錆剤の作用機構、水処理技術、1988。Vol.29、No.3

BS21のレジオネラ属菌に対する効果

■ レジオネラ属菌の由来と症状

在郷軍人病の病原菌です。症状は急性肺炎に似ており、1976年に米国フィラデルフィアのホテルで開催された米国在郷軍人大会で集団発生したことによりこの名が付けられました。元来土壌中菌の一種ですが、冷却塔でもごく一般的に生息しています。繁殖したレジオネラ属菌は、冷却塔の飛散水とともに大気に放出され直接人体に感染するか、ビルの外気取り入れ口よりダクトを経由して室内に持ち込まれ感染するものと考えられています。

■ レジオネラ属菌の増殖とアメーバやバイオフィルムの関係

冷却水や浴槽水にレジオネラ属菌が定着・増殖する要因として、アメーバなどの細菌捕食性原生動物やバイオフィルム（微生物膜）が重要であることがわかってきました。

● アメーバ類との共生

レジオネラ属菌は各種原生動物に寄生する事が知られており、アメーバなどの食胞内で増殖し、最終的には宿主を破壊して多数のレジオネラ属菌が水系に放出されます。

1994年7月から9月の調査では、日本全国180冷却水の90%からアメーバ類が検出されています。*アメーバ類検出時のレジオネラ属菌検出率が43%、一方アメーバ類不検出時のレジオネラ属菌検出率は17%と大きな差があることから、アメーバ類がレジオネラ属菌の増殖の要因となっていることが容易に推察できます。

● バイオフィルムでの増殖

微生物は増殖しやすい環境を自ら作り出すために、体外は膜（ぬめり）を形成します。バイオフィルムは数多くの細菌や微生物から成り、ぬめりを帯びその内部は外部の影響を受けにくくなっています。レジオネラ属菌もバイオフィルム中で増殖することが知られており、増殖したレジオネラ属菌は、少しずつ水系に放出されます。

冷却水や浴槽水などで薬品処理を行っても、レジオネラ属菌が十分に殺菌されない場合があります。そのような水系にはアメーバ類が生息したりバイオフィルムが存在するため、レジオネラ属菌に対する薬品の効果が行き届かないと考えられます。

冷却水や浴槽水などのレジオネラ属菌対策を検討する際にはアメーバなどの原生動物やバイオフィルムの存在を考慮し、それらもあわせて除去する対策を行う必要があります。

参考文献

*遠藤卓郎：レジオネラとアメーバ類の共生（寄生）関係に関する調査研究。平成6年度ヒューマンサイエンス基礎研究事業研究報告第4分野，162-170，1995。

アメーバに捕捉にされたレジオネラ属菌の様子



アメーバ



アメーバに捕捉されたレジオネラ



アメーバ内で増殖し破裂

参考文献

NHK クローズアップ現代、24時間風呂はどこまで安全か ～検証レジオネラ対策～
アメーバに捕捉されたレジオネラ菌 1997.2.13

水質の汚染が進行し藻類が発生している冷却塔では、かなり高い確率でレジオネラ属菌が生息していることが判明しています。

調査の結果では、レジオネラ属菌の生菌数の多いときは、水温、pH、一般細菌数、細菌捕食性原生動物(アメーバ、テトラヒメナなど)の数値も高いので、正の相関関係があることが判明しています。冷却塔水中におけるレジオネラ属菌生息の可能性を知る指標は下表の通りです。

冷却塔水中におけるレジオネラ属菌の生息の目安

水温	pH	一般細菌数	原生動物
20℃	8.0前後	10 ⁴ /ml以上	10~10 ² /100ml以上

レジオネラ属菌の生態

レジオネラ属菌は土壌菌の一種で、多形性の桿菌であり、さまざまな環境に生息して藻類・原生動物・従属栄養細菌などの微生物と共生関係にあります。

レジオネラ属菌の共生関係

共生生物	<i>Legionella sp.</i>	共生関係
従属栄養細菌	共生動物の代謝産物を栄養源として利用する。	片利共生
微細藻類		共利共生
原生動物	食胞内で増殖する。	致命的

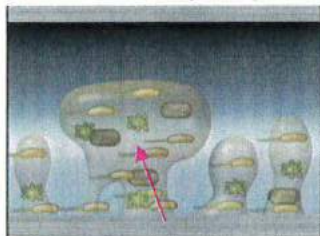
微細藻類とレジオネラ属菌との共生関係では、レジオネラ属菌は藻類の代謝産物を利用し、その呼吸より生じた二酸化炭素を利用しているともいわれています。これとは逆に細菌捕食性原生動物に対しては、レジオネラ属菌は、その食胞内で消化しきれずに増殖し、多数の菌体が放出されます。レジオネラ属菌はヒトやモルモットの単球、マクロファージに取り込まれても殺菌されずに増殖し原生動物の食胞内増殖と同様の挙動を示すことが知られています。

冷却塔水中でレジオネラ属菌が増殖するプロセス

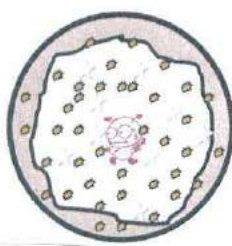
- ① 初期の段階は水質も良く微生物数も少ない。
- ② 大気中の微粒子が種々の成分を吸収し汚濁が進行する。
- ③ 無機及び有機の成分の濃度が高くなるにつれ微細藻類や細菌類、原生動物が増加し水質が富栄養化状態となる。
- ④ スライムや微細藻類の生物膜(バイオフィルム)が形成され、微生物を捕食する原生動物が増加する。
- ⑤ ②~④に至る過程のうちどこかでレジオネラ属菌が侵入し定着する。
- ⑥ 共生相手となる微生物が増殖するとともに、レジオネラ属菌も増殖していく。

微生物膜形成のメカニズム

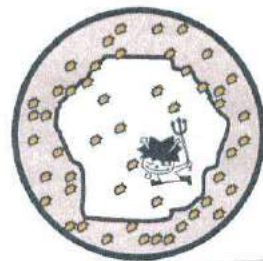
微生物膜の形成は次のようなメカニズムであると考えられます



微生物膜の模式図 塩素が効かない!
'03.2.6 NHK クローズアップ現代
細菌から温泉を守れ!
~広がるレジオネラ感染~より



現状の配管内部イメージ



BS投入・初期段階の模式図



BS投入で増殖できないレジオネラ菌
(イメージ)

“BS21”は微生物膜(バイオフィルム)を剥離させレジオネラ菌の増殖を抑制します!!

レジオネラ属菌対策 “BS21” の効果

レジオネラ症は、レジオネラ属菌が生息する冷却塔水の飛沫や環境水中の飛沫などが感染源と推定されます。レジオネラ属菌は、共生関係にある藻類の増殖を抑制するとともに、アメーバやテトラヒメナなど細菌捕食性の原生動物の減少を図る必要があります。

レジオネラ属菌は約2週間で増殖するので、月2回必ず定期的に清掃することが、最良の方法ですが、現実にはこの作業を確実に励行することは困難であると思われます。

レジオネラ属菌の防除対策としては、次亜塩素の投入や抗レジオネラ菌の薬注、紫外線やオゾン殺菌などが提案されています。

しかし、循環冷却水の水質維持や設備の保全対策を考えたとき、どの方法を選択しても、ひとつの方法ですべての問題を管理することが出来ません。

その点“BS21”は前述したように、藻の対策、赤錆・赤水対策、スライム対策、スケール対策が、ただ単に水に浸漬しておくだけで、メンテナンスフリーであるため人気があります。また、水中の微生物の増殖を抑制する効果にも優れているため、レジオネラ属菌対策を含めた総合水処理剤として注目されています。

<岐阜大学医学部：調査>

冷却塔水中の *Legionella pneumophila* に対する殺藻・殺菌剤

殺藻・殺菌剤 (biocides)	濃度 mg / ℓ	接 触 時 間			
		0	3	6	24
Soluble glass Ag ⁺	50	4.7	4.0	ND	ND
	500	4.7	3.8	1.6	ND
Isothiazolones	5	2.4	2.5	ND	1.8
	10	2.4	2.4	2.3	ND
Bromide	10	5.1	2.3	2.3	ND
	100	5.1	1.3	ND	ND
ClO ₂	2	2.4	2.3	2.3	ND
	10	2.4	2.7	2.6	ND

※表中の数字は生菌数 (CFU/ml) の対数値 ND: 検出されず

冷却塔水中の一般生菌数に対する殺藻・殺菌剤

殺藻・殺菌剤 (biocides)	濃度 mg / ℓ	接 触 時 間			
		0	3	6	24
Soluble glass Ag ⁺	50	4.7	3.7	1.8	ND
	500	4.7	2.8	1.0	ND
Isothiazolones	5	4.1	4.2	4.4	3.4
	10	4.1	3.6	3.6	3.4
Bromide	10	4.9	4.4	4.0	3.8
	100	4.9	4.2	3.3	2.5
ClO ₂	2	4.1	4.7	4.8	4.0
	10	4.1	4.1	4.1	4.9

蒸留水に懸濁した *Legionella pneumophila* に対する“BS”の効果

作用時間	TOTAL濃度 (glass wt/ℓ)			
	0.4mg	2mg	10mg	100mg
0	1.8×10 ⁹	1.8×10 ⁹	1.8×10 ⁹	1.8×10 ⁹
3	1.0×10 ⁹	1.0×10 ⁹	0	0
6	1.6×10 ⁹	1.8×10 ⁹	0	0
24	0	0	0	0

冷却塔水に懸濁した *Legionella pneumophila* に対する“BS”の効果

作用時間	TOTAL濃度 (glass wt/ℓ)			
	0.4mg	2mg	10mg	100mg
0	5.02×10 ⁴	5.02×10 ⁴	5.02×10 ⁴	5.02×10 ⁴
3	1.06×10 ³	9.00×10 ³	6.20×10 ³	2.00×10 ³
6	6.60×10 ²	0	4.00×10 ²	0
24	2.08×10 ⁴	0	0	0

冷却塔水の微生物に対する“BS21”の効果

微生物の種類	作用日時	TOTAL濃度 (glass wt/ℓ)								
		10mg			50mg			100mg		
<i>Legionella sp.</i> (CFU/ml)	0 hr	2.8×10 ²			2.8×10 ²			2.8×10 ²		
	6 hr	1.2×10 ²			3.0×10 ²			9.3×10 ¹		
	24 hr	2.9×10 ¹			1.5×10 ¹			0		
	3 day	6.5×10 ¹			1.8×10 ¹			0		
	7 day	1.5×10 ²			2.2×10 ²			0		
一般生菌数 (CFU/ml)	0 hr	2.0×10 ⁴			2.0×10 ⁴			2.0×10 ⁴		
	6 hr	2.0×10 ⁴			3.3×10 ³			6.4×10 ³		
	24 hr	2.8×10 ⁴			3.0×10 ⁴			2.4×10 ²		
	3 day	4.1×10 ⁵			3.1×10 ⁵			2.2×10 ⁴		
	7 day	5.1×10 ⁴			4.1×10 ⁴			6.9×10 ⁴		
原生動物	0 hr	C	F	Am	C	F	Am	C	F	Am
	3 day	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	7 day	-	+	+	-	+	+	-	-	-
	7 day	-	+	+	+	+	+	-	-	-

※ C: 繊毛虫 F: 鞭毛虫 Am: アメーバ

レジオネラ属菌が生息する冷却塔水(300ml)に“BS21”を添加し、30℃で7日間保存したところ、100mg/ℓの添加量でレジオネラ属菌と原生動物が検出されなくなった。また、一般細菌数も24時間では1/100に減少していた。上記の結果から、冷却塔水中に100mg/ℓの“BS21”が常に存在していれば、その一般細菌数は1/100以下に抑制され、さらにレジオネラ属菌並び原生動物の定着を防止できると考えられる。

1987. 3. 14
岐阜大学医学部
教授: 藪内英子
助手: 山本啓之

試験の結果では、通常使用量 (0.1% = 1 kg/m³) の1/10以下であっても、良好な結果が得られてい (12)

が、実際には冷却塔水の稼働条件が過酷であったり、周囲の環境にも影響されたりして、通常の使用量（0.1%＝1kg/m³）以下では実験データのような結果は得られていないのが実情です。長年の経験と実績から判断して、レジオネラ属菌の抑制には“BS21”の投入量は、0.2%（2kg/m³）くらい増量する必要があると考えています。

レジオネラ属菌防除対策

“BS21”の投入量 ⇒ 2kg/m³（0.2%）

これまでの実績では、通常使用量（0.1%＝1kg/m³）であっても、藻の繁殖を抑制し、アメーバが増殖するような水質にならないため、ほとんどの場合はレジオネラ属菌の防除効果は得られています。

しかし、絶対的な効果を求める場合には、月2回ほどパッチ式で次亜塩素を投入することをお奨めします。

レジオネラ属菌対策としての次亜塩素の使用量について

レジオネラ属菌がクーリングタワー循環冷却水中に発生し、緊急的に基準値内数値にする対応策として、次亜塩素を保有水量に対して1.0ppm使用する。

約5分間の循環運転で基準値内数値（10未満CFU/100ml）となる。

冷凍トン (RT)	循環水量		平均保有水量 (ℓ)		接続管径(mm)		次亜塩素 投入量
	m ³ /hr	ℓ/min			循環水管	吸水管	
3	2.3	39	20	40	40	15	0.1g
5	3.9	65	60	80	40	15	0.1g
10	7.8	130	100	130	50	15	0.2g
20	15.6	260	280	360	65	15	0.4g
30	23.4	390	500	700	80	20	0.7g
50	39.0	650	1,000	1,300	80	20	1.3g
60	46.8	780	1,300	1,600	100	20	1.6g
70	54.6	910	1,700	2,200	100	20	2.2g
100	78.0	1,300	2,300	3,000	125	20	3.0g
150	117.0	1,950	3,400	4,300	150	25	4.3g
200	136.0	2,600	5,000	6,600	150	25	6.6g
250	195.0	3,250	6,500	8,300	200	32	8.3g
300	234.0	3,900	7,500	10,000	200	32	10.0g
400	312.0	5,200	8,500	11,000	150×2	50	11.0g
500	390.0	6,500	10,000	13,000	200×2	50	13.0g
600	468.0	7,800	13,000	17,000	200×2	50	17.0g
700	546.0	9,100	15,000	22,000	200×2	50	22.0g
800	624.0	10,400	20,000	30,000	150×4	50×2	30.0g
1000	780.0	13,000	25,000	35,000	200×4	50×2	35.0g

（注）この表の次亜塩素投入量は100%溶液に対する投入量を示しています。したがって、次亜塩素濃度が12%溶液であれば、この表の投入量に対して8.4倍の量を投入して下さい。

10%溶液であれば10倍にします。6%溶液であれば、この表の投入量に対して約1.7倍の次亜塩素を投入するという事です。

参考文献

- 藪内英子：レジオネラ感染症とその対策、呼吸、4巻、1985.
- 藪内英子・山本啓之：冷却塔とレジオネラ症、設備と管理、1986.6.
- 日本生命シンポジウム：レジオネラ症の予防、1987.1.17
 - ・藪内英子：レジオネラ症とは～その細菌学的特性
 - ・山本啓之：冷却塔水でのレジオネラ属細菌の生態
- NHK クローズアップ現代、細菌から温泉を守れ！～広がるレジオネラ感染、2003.2.6

“BS21”の使用法



冷却塔・循環冷却水系回路

- ① 冷却塔及び循環冷却水系回路の保有水量を確認する。
 - ② 冷却塔の保有水量は、冷却塔に貼ってあるプレートで冷凍トン（RT）ないしは循環水量（ m^3/hr & l/min ）で確認する。 → 「冷却塔保有水量早見表」を参照。
 - ③ 工場などの機械冷却の場合には、大容量の冷却水槽の割には冷却塔が小さい場合がある。その場合には、冷却水槽の容量(保有水量)に対して、“BS21”を0.1%（ $1kg/m^3$ ）の割合で投入する。
- ② 全保有水量に対して、 $1m^3$ あたり $1kg$ （0.1% = g/l ）の割合で“BS21”を投入する。

冷却塔保有水量早見表及び“BS21”投入量

冷凍トン (RT)	循環水量		平均保有水量		接続管径(mm)		“BS21” 投入量
	m^3/hr	l/min	(l)		循環水管	吸水管	
3	2.3	39	20	40	40	15	100g
5	3.9	65	60	80	40	15	100g
10	7.8	130	100	130	50	15	200g
20	15.6	260	280	360	65	15	400g
30	23.4	390	500	700	80	20	800g
50	39.0	650	1,000	1,300	80	20	1.5kg
60	46.8	780	1,300	1,600	100	20	1.5kg
70	54.6	910	1,700	2,200	100	20	2.0kg
100	78.0	1,300	2,300	3,000	125	20	3.0kg
150	117.0	1,950	3,400	4,300	150	25	4.0kg
200	136.0	2,600	5,000	6,600	150	25	7.0kg
250	195.0	3,250	6,500	8,300	200	32	8.0kg
300	234.0	3,900	7,500	10,000	200	32	10.0kg
400	312.0	5,200	8,500	11,000	150×2	50	11.0kg
500	390.0	6,500	10,000	13,000	200×2	50	13.0kg
600	468.0	7,800	13,000	17,000	200×2	50	17.0kg
700	546.0	9,100	15,000	22,000	200×2	50	22.0kg
800	624.0	10,400	20,000	30,000	150×4	50×2	30.0kg
1000	780.0	13,000	25,000	35,000	200×4	50×2	35.0kg

- ③ 投入場所は、丸型のクーリングタワーの場合には、ベッセルの底(皿)の部分に静置させる。角型のクーリングタワーについては、下部水槽に静置させる。保有水量が多く、冷却水槽の場合は、出来るだけ水がよく循環する場所に、“BS21”を何ヶ所かに分散させて吊るすようにして投入する。
- ④ 既に藻やスライムが多量に存在している場合には、あらかじめ、それらを取り除いてから“BS21”を投入すること。“BS21”の効果を長期間にわたり安定した状態で継続させるには、最初の段階で悪い状態を排除し、必ず水質の良い状態からスタートすること。
- ⑤ “BS21”の効果は約6ヶ月間安定的に継続される。約6ヶ月間経過した後には、新しい“BS21”と交換する。その間は、メンテナンスフリーで効果が持続するので、水質管理にはとても便利である。

水溶性油剤

- ① 保有水量を確認し、全保有水量に対して $1m^3$ あたり $1kg$ （0.1% = g/l ）の割合で“BS21”を投入する。
- ② 投入場所はクリーンタンク内で、液がよく循環する場所を選択する。
※ダーティータンク内はチップコンベアがあるので要注意。
- ③ “BS21”の効果は約6ヶ月間安定的に継続される。水溶性油剤の腐敗を抑制し、悪臭の発生を長期間継続的に防止する。
※配管内やノズルから堆積していたスラッジやスライムが剥離され、一時的に油剤が変色する場合があるが、液の性状には影響がないため、継続使用をお勧めします。

レジオネラ属菌防除対策

- ① 保有水量を確認し、全保有水量に対して、 $1m^3$ あたり $2kg$ の割合で“BS21”を投入する。
- ② 藻・スライムがなくなり、水は透明になって、レジオネラ属菌の増殖を防止する。