

平成28年度 生活衛生関係技術担当者研修会
於：厚生労働省 2階講堂

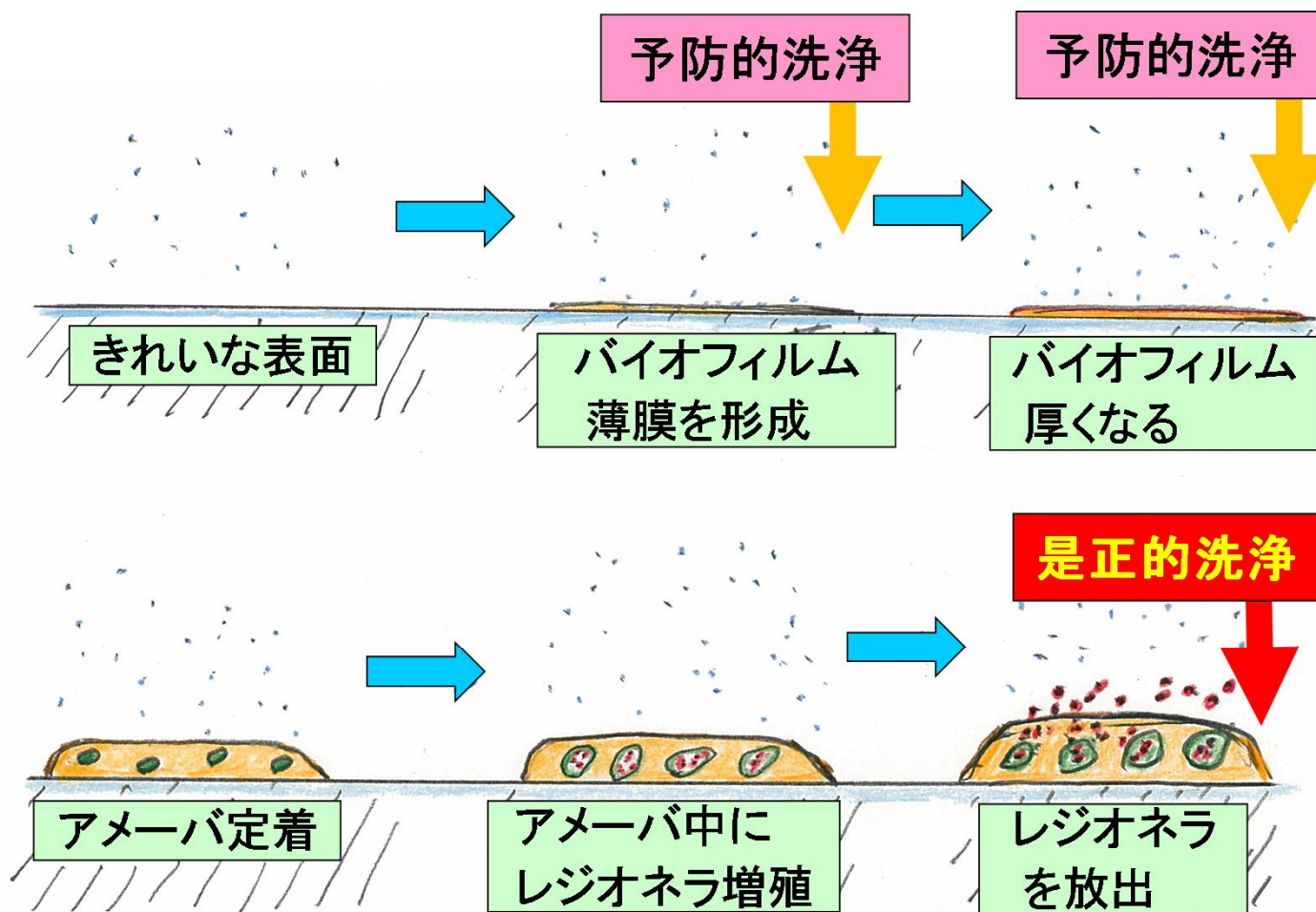
配管洗淨の方法

平成29年 2月 6日
アクアス株式会社
つくば総合研究所
縣邦雄

配管洗淨の目的

- ◆各種水系で、**レジオネラ属菌対策**
として実施される「**化学洗淨**」を解説
- ◆レジオネラ対策における位置づけ
 - ① 原則は、水自体に殺菌効果を持たせて
レジオネラを含む浮遊菌を殺菌する
同時にバイオフィルムを防止する
 - ② バイオフィルムが生成した場合、
「洗淨」により**BFを消毒**する
- ◆洗淨はタイミングにより
予防的洗淨と**是正的洗淨**と考える

バイオフィルムの状態と 洗浄のタイミング



予防的洗浄と是正的洗浄

- ◆ 予防的洗浄（浴槽水）
 - 1週間に一回以上、ろ過器（ろ材）と配管系のバイオフィルム消毒
- ◆ 予防的洗浄（冷却塔水）
 - 1年以内毎に、冷却塔と水管を洗浄
 - 冷却塔の使用開始時と終了時に洗浄
- ◆ 是正的洗浄（リセット洗浄）
 - レジオネラ属菌が検出された場合、清掃・消毒（洗浄）して、不検出を確認（対象は、浴槽水、給水・給湯、冷却水、加湿水、修景水など）

浴槽水系の予防的配管洗浄

- ◆ 1週間に一回以上、ろ過器(ろ材)と配管系のバイオフィルムを消毒する

- ◆ 循環式浴槽

浴槽水に残留塩素を維持していてもバイオフィルム生成のリスクがある

- ① 夜間の循環停止による残塩消失
- ② ろ材、水の流れの悪い配管、隙間

- ◆ 掛け流し式浴槽

残留塩素を維持していない場合は、バイオフィルムは生成する

⇒ 1週間に一回以上の洗浄は必須

浴槽水系の予防的配管洗浄

- ◆ 1週間に一回以上実施するので、バイオフィルムは、厚くない
- ◆ バイオフィルムの量が少ないので、添加する薬品の量は、少なくて良い
- ◆ 通常営業しているときに行うので、時間的制約、人的制約がある
 - ⇒ マニュアルを作成する
 - ⇒ タイムチャートを作成する
 - ⇒ 取り扱いやすい薬品を使用する

浴槽水系の週一回の洗浄の工程（例）

工程	時間
浴槽の水位を調節、薬品準備 （同時にろ過器の逆洗）	20分
循環しつつ薬品を投入	10分
浴槽配管系を循環する 薬品の濃度測定、追加投入	120分
中和（必要に応じて実施）	30分
排水（同時にろ過器の逆洗）	20分
浴槽の湯張り	60分

浴槽水系の週一回の洗浄の薬品（例）

薬品名称	内容、使用法等
塩素剤	遊離残留塩素濃度を維持（5～50mg/L） 供給は、次亜塩素酸ナトリウム（液体）、ジクロロイソシアヌル酸ナトリウム（顆粒状） 中和は、亜硫酸ナトリウム、チオ硫酸ナトリウム
モノクロラミン （MC処理時）	モノクロラミン濃度を維持（10～50mg/L） 次亜塩素酸ナトリウムとアンモニウム塩を、 使用時に希釈混合して調製 中和は、亜硫酸ナトリウム、チオ硫酸ナトリウム
二酸化塩素	亜塩素酸ナトリウムと酸（塩酸等）を混合して調製、 10mg/L以下の低濃度で使用するが多い 中和は、亜硫酸ナトリウム、チオ硫酸ナトリウム
有機系薬品	4級アンモニウム塩（液体）が代表的、 酸化性物質でないので還元力を有する温泉水での 使用を推奨する場合がある、 数10mg/L添加、中和剤はなし

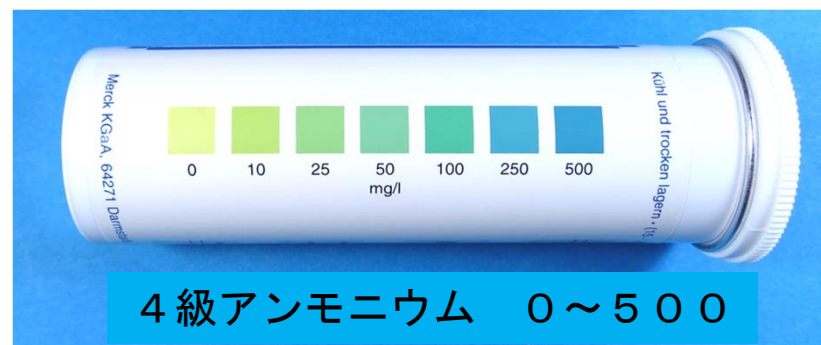
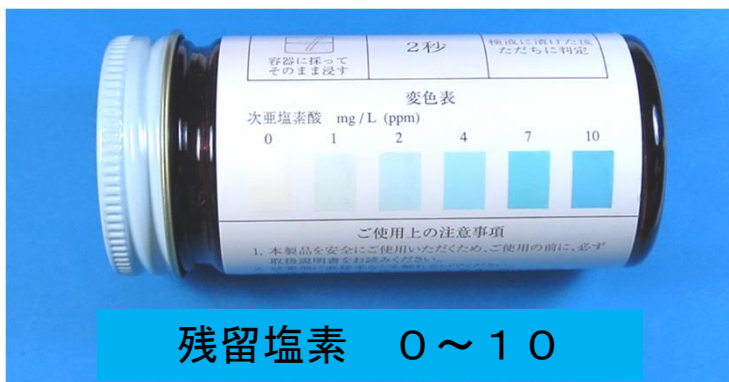
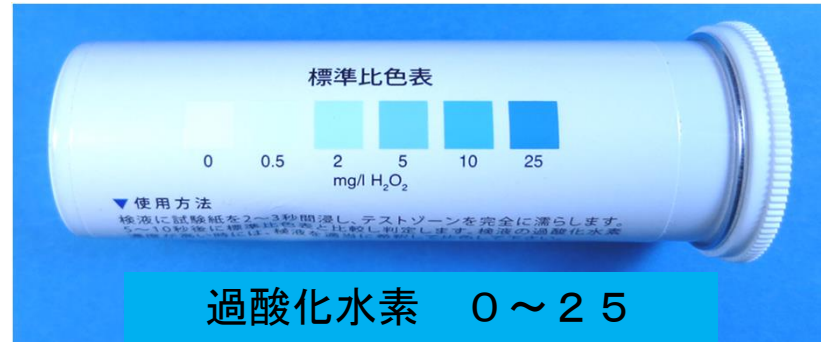
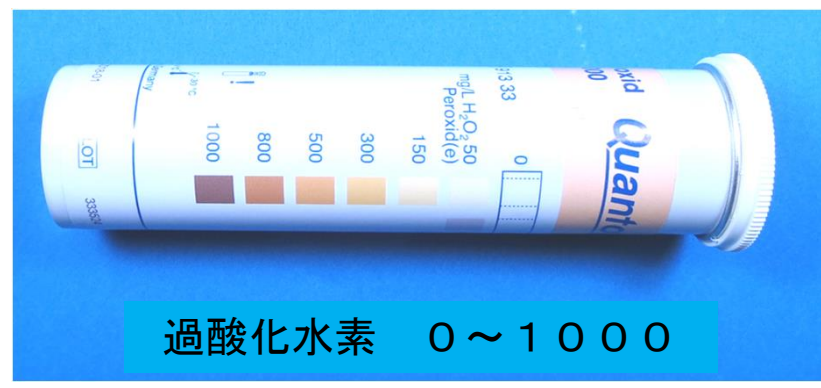
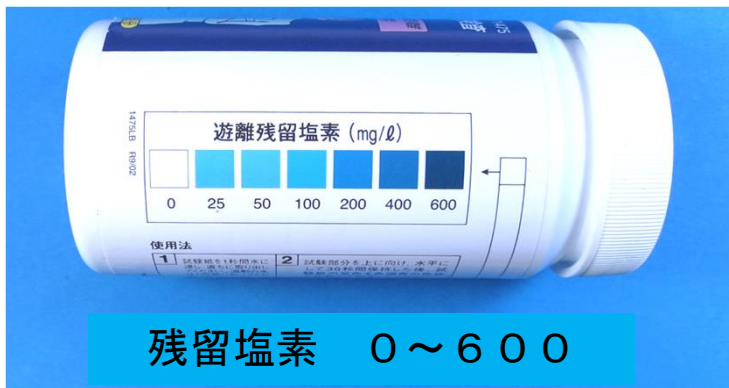
浴槽水系の週一回の洗浄のポイント

- ① 洗浄時の**薬品濃度の維持**
 - ◆ 保有水量 × 薬品濃度を正確に計算
 - ◆ 洗浄循環時の、薬品濃度の変化を確認
- ② **ろ過器のろ材**は念入りに逆洗する
- ③ 普段、**循環しない配管**などにはバイオフィルムが溜まるので、洗浄する
- ④ **設備構造**上、洗浄が難しい場合がある
- ⑤ 洗浄の効果を評価して、洗浄方法を必要十分な内容に**改善**する

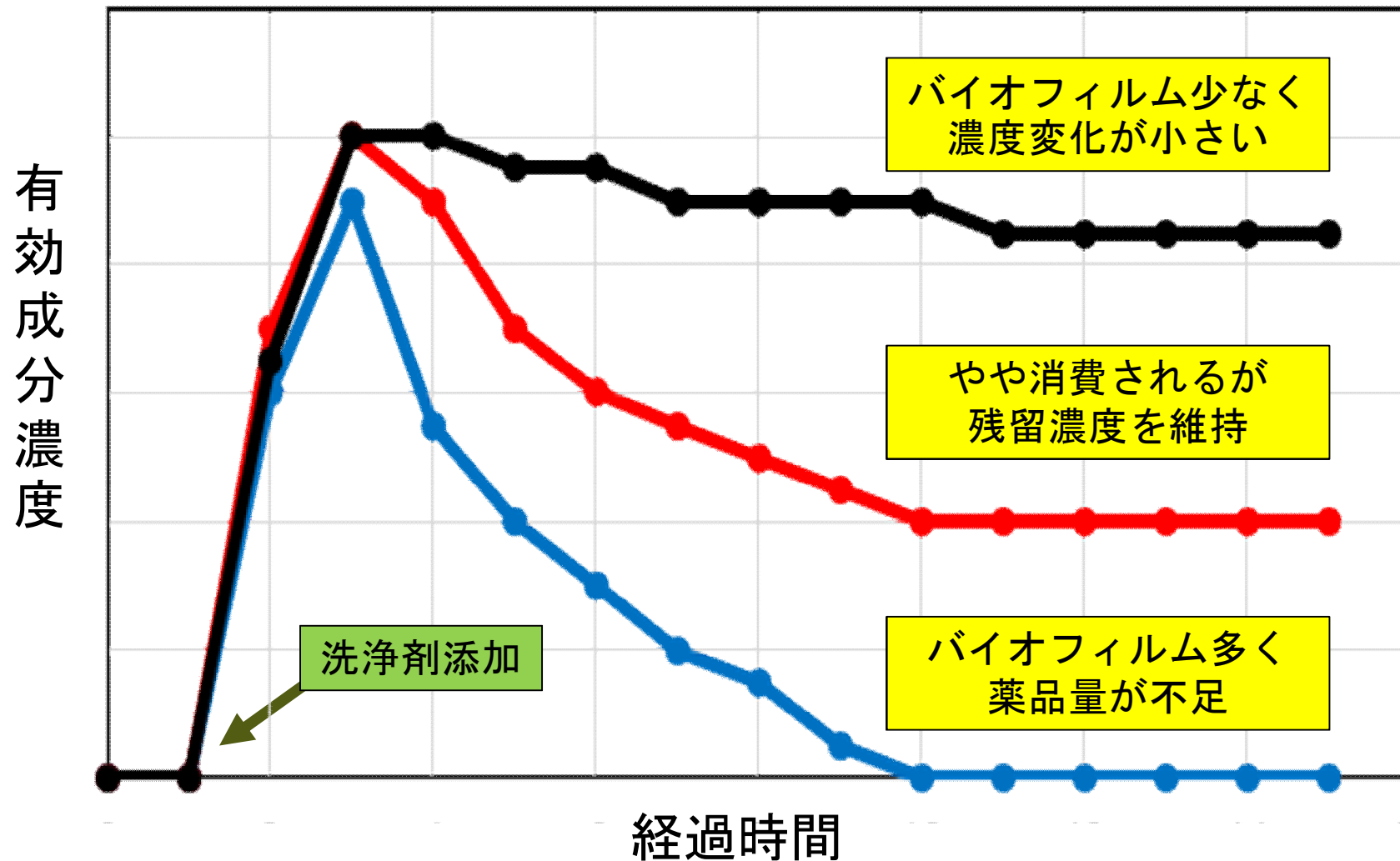
① 薬品の有効成分濃度の確認

- ◆ 浴槽水系内に**バイオフィームがあると薬品の有効成分が消費**される
- ◆ 循環時の濃度変化を調査する
 - ◆ 高濃度の遊離残留塩素は試験紙（各種濃度レンジ）での測定が便利
 - ◆ 4級アンモニウム塩も試験紙を使用できる
- ◆ 濃度が不足していれば追加投入する
- ◆ 濃度が無ければ、長時間循環しても消毒効果がない

残留濃度測定試験紙 (単位:mg/L)



洗淨時の有効成分の濃度変化モデル



② ろ過器のろ材は念入りに逆洗

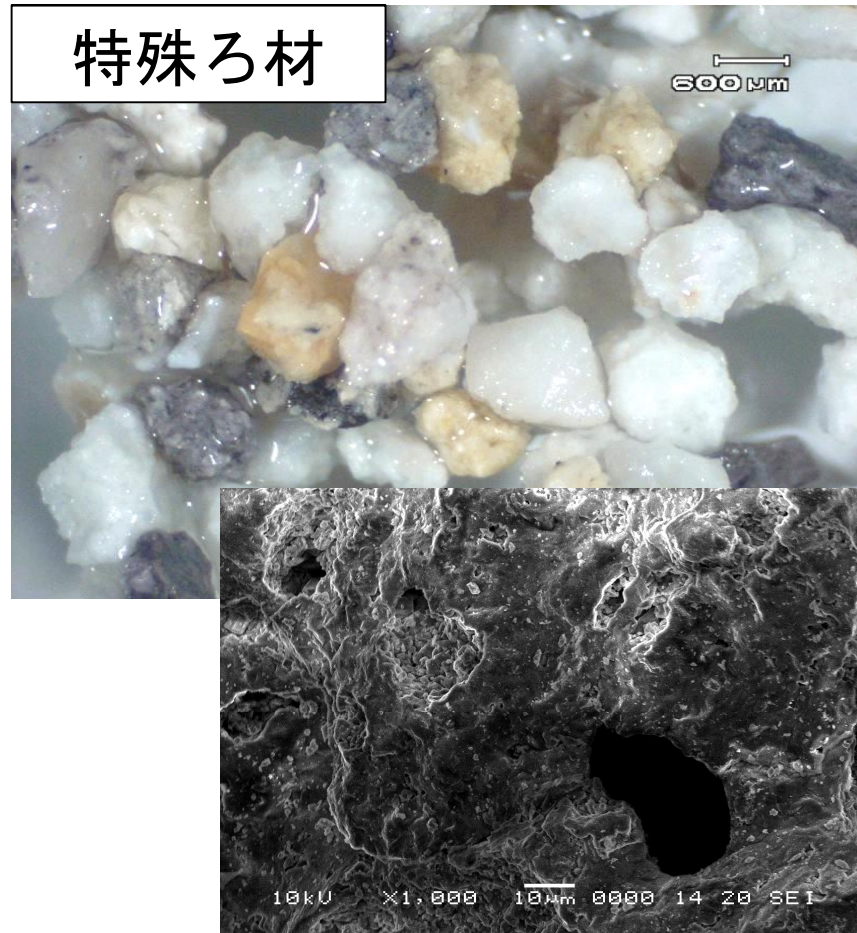
- ◆ろ過器のろ材は、**レジオネラ属菌増殖**の場として**最大のリスク**要因
- ◆ろ過器のろ材（0.6mm径の球として）の表面積は、浴槽内壁、配管内壁などを含む**浴槽全体の表面積の98%以上**
- ◆浴槽水中の汚れが、ろ材に捕捉される
⇒**毎日逆洗**をする必要がある
- ◆薬品洗浄により消毒するとともに、逆洗により、ろ過砂同士を擦り合わせて汚れを排出
- ◆洗浄工程の排水実施時に逆洗する

② バイオフィォルムが付着したろ材

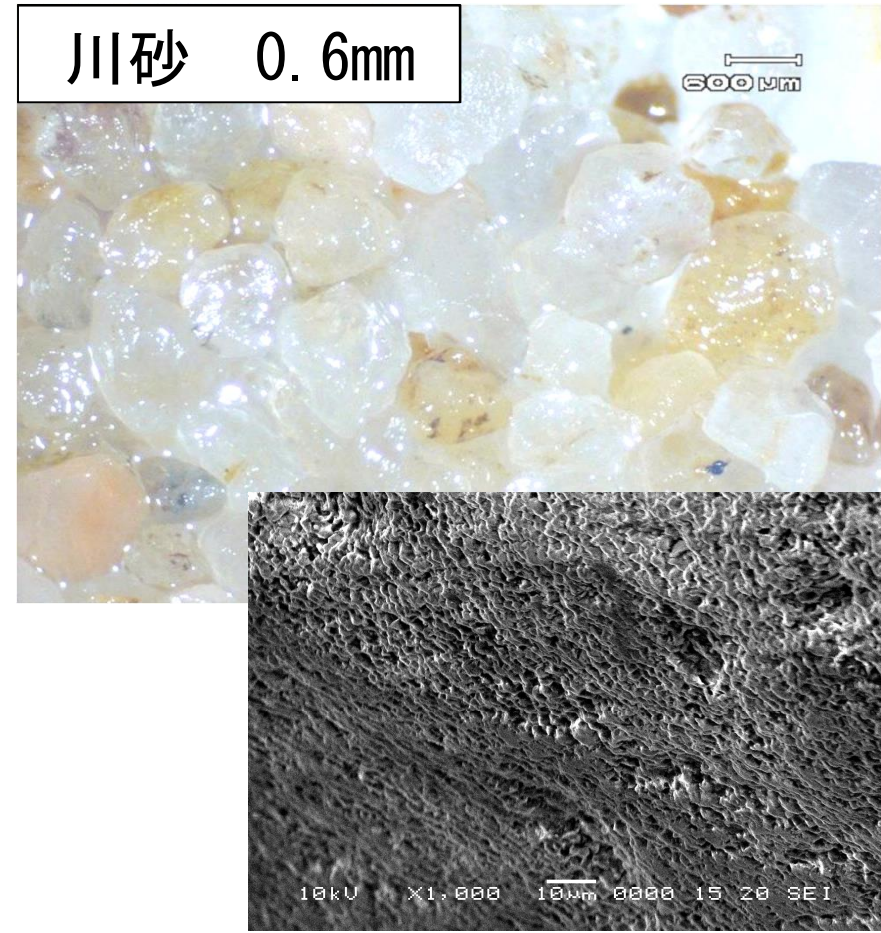


ろ材の拡大写真
汚れが付着してバイオフィォルムを形成

ろ材の種類による違い



凹凸が多く、数 $10\mu\text{m}$ の穴が存在



凹凸が少なく、比較的滑らか

③ 普段循環しない箇所の洗浄

リストアップして、抜けの無いように洗浄する

A) **連通管**

- ◆男・女の浴槽をつなぐ配管
- ◆営業時も水流がほとんど無く、
排水管が無いこともある

B) **水位計**

- ◆行き止まり配管、浴槽水が滞留する
- ◆普通は循環による洗浄ができない

C) バイブラ浴槽の**気泡板**裏側

D) 浴槽の破損部、隙間、木製浴槽材

A) 連通管

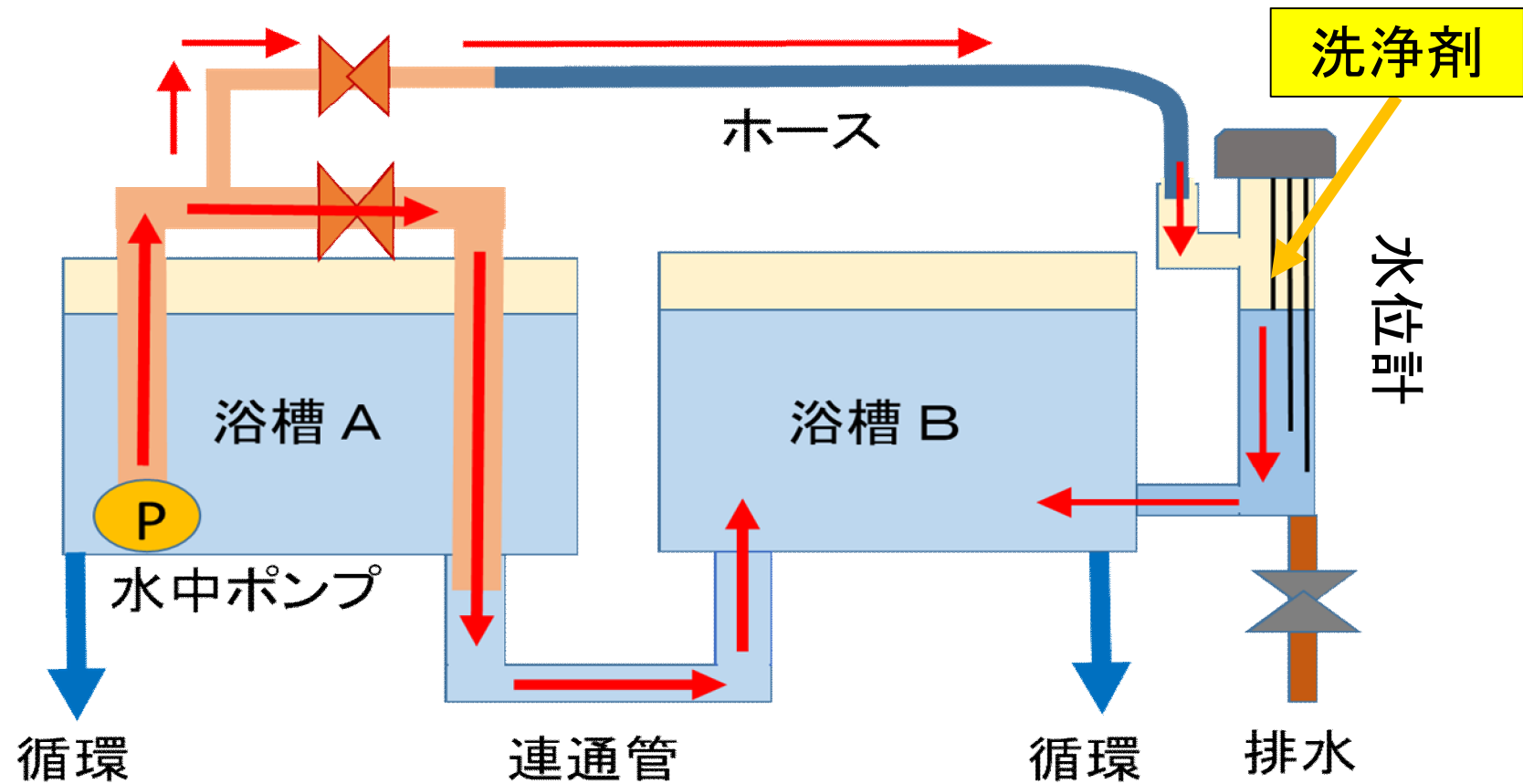


通常は、目皿ねじ止め



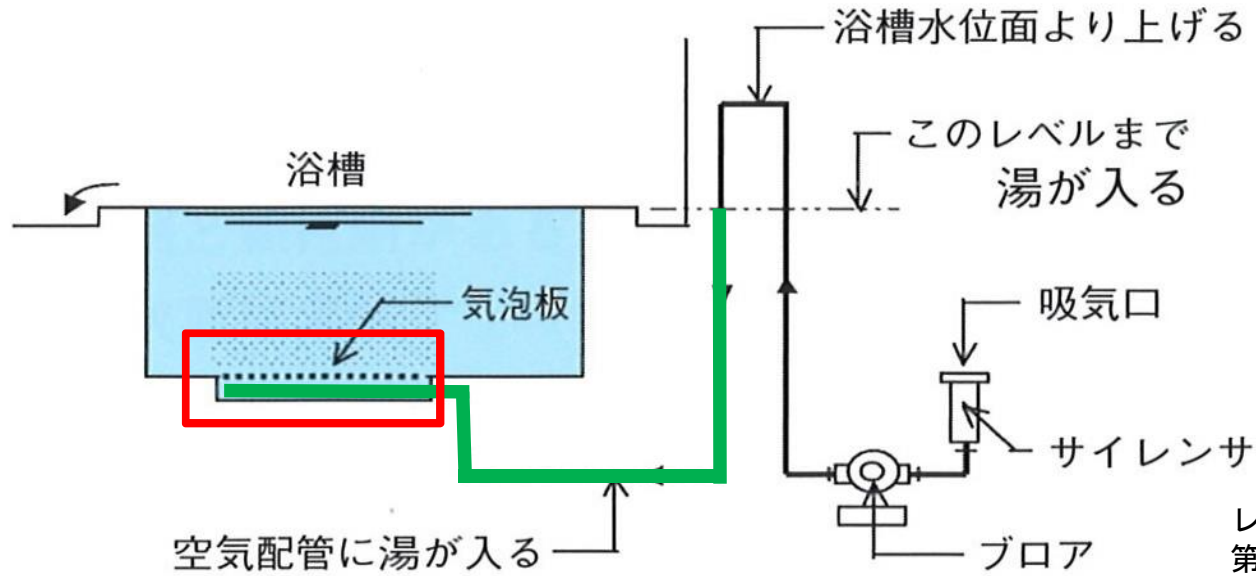
内部が汚れている

A) 連通管 B) 水位計 の洗浄

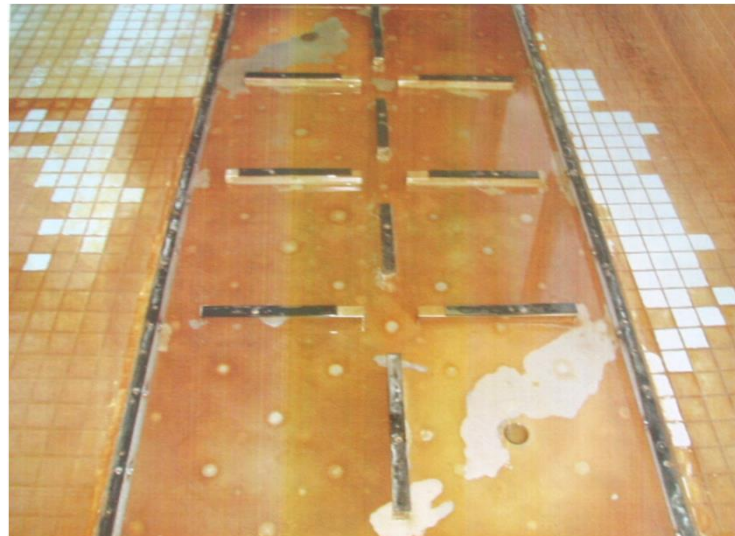


浴槽に水中ポンプを入れ、洗浄液（高濃度塩素水）を連通管、水位計配管に流し込み循環させる
水位計配管に洗浄剤を入れ、水道水で流す方法もある。

C) バイブラ浴槽の気泡板裏側



レジオネラ症防止指針
第3版から転載



気泡板を外して、清掃できるようにした例

D) 浴槽の破損部、隙間、木製浴槽材



浴槽内壁の木製タイル、
ところどころ目地が破損、木の板が剥がれ、隙間がある

④ 設備構造上、洗浄が難しい場合

A) 粒径の大きいろ材

- ◆径が10～20mm程度と大きく重いので逆洗効果が期待できない（隙間にBFが定着）
- ◆洗浄水が均一に流れない場合がある

B) カートリッジ式フィルター

- ◆汚れ、バイオフィルムがフィルターに蓄積
- ◆低濃度の洗浄ではきれいにしきれない

C) オーバーフロー式回収槽浴槽

- ◆回収槽内部の壁面上部が洗浄しにくい
- ◆水量を減らせないので、水張り、水抜きに時間がかかり、薬品使用量が多くなる

A) 粒径の大きいろ材



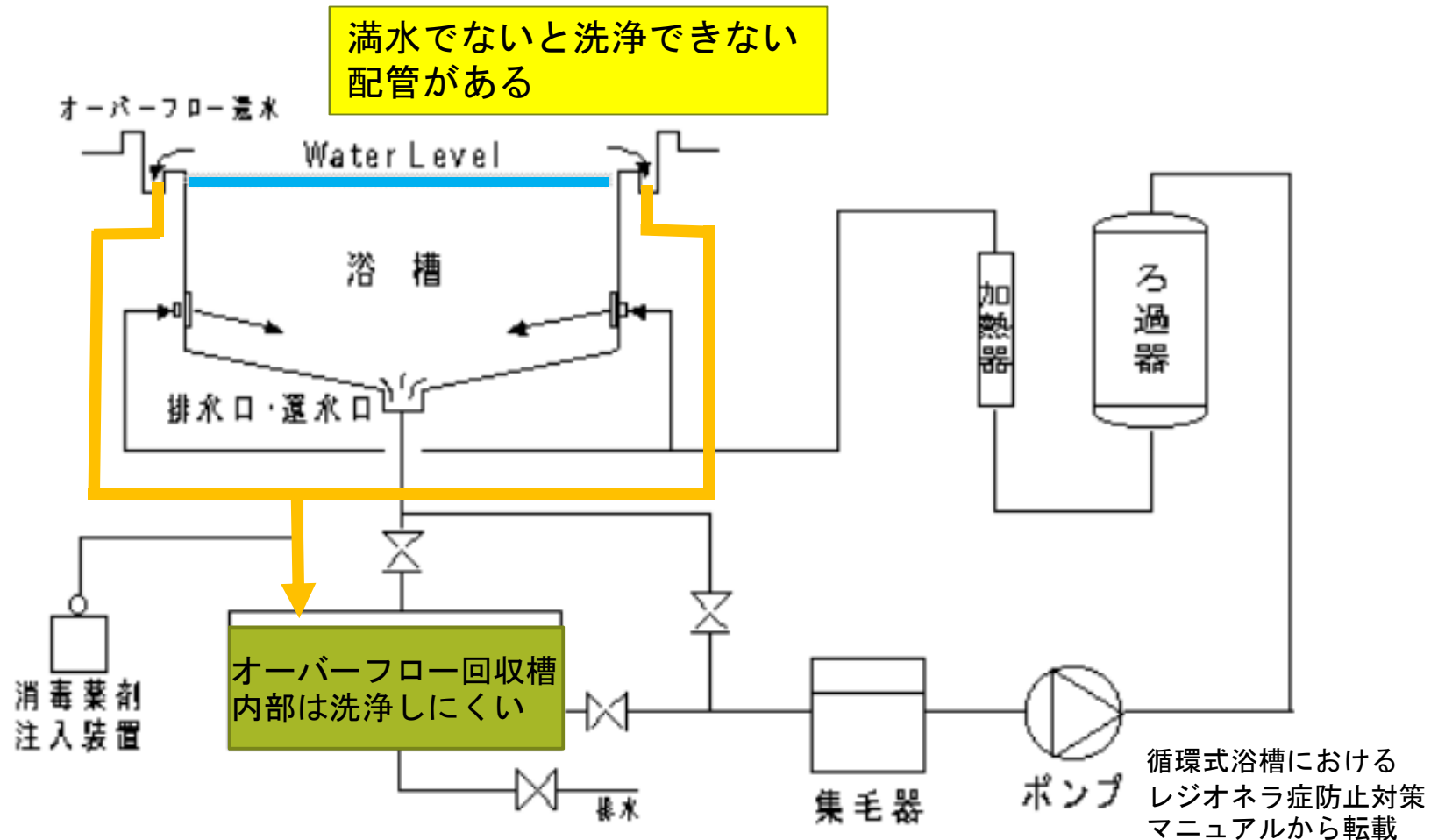
通常の逆洗や洗浄では、汚れが取れにくい
ろ材を取り出して、洗浄する（毎週は困難）

B) カートリッジ式フィルター



汚れが蓄積し、取り除けない
フィルターの交換頻度を多くする(毎週交換)

C) オーバーフロー式の回収槽浴槽



浴槽を満水にして洗浄、回収槽内壁面は物理的に汚れを清掃

⑤ 洗淨の効果評価による改善

◆ 評価方法

- ◆ **配管内面**を、洗淨前／後で一定面積を
ふき取り

A T P 測定、細菌数測定

- ◆ **ろ過器の逆洗水**を、洗淨前／後で採水
逆洗開始後、一定時間（例：1分、3分）
経過した逆洗水を採水

A T P 測定、細菌数測定

◆ 洗淨法の改善

- ◆ 効果が不十分の場合は、処理を強化
- ◆ 薬品濃度を上げる、洗淨時間を長くする
- ◆ ろ過器の逆洗回数を増す

ATP測定、ふき取り検査



目標例：ATP 10 RLU未満（10cm² ふき取り）
一般細菌数 1 CFU/mL 未満
（10cm²ふき取り、10mL に懸濁）

※ 逆洗水も含めて、レジオネラ属菌は不検出

浴槽水系の是正的配管洗淨

- ◆ レジオネラ属菌の培養検査により、
10 CFU/100mL以上の菌数を検出した場合、
清掃・消毒(洗淨)して不検出を確認する
- ◆ 緊急に実施することが多く、営業
(お客様) への影響が大きい
- ◆ 洗淨が大掛かり、薬品の使用量が多い、
コストがかかる、ので
是正的洗淨は行わないことが望ましい
- ◆ 日常管理と予防的洗淨で、常時レジオネ
ラ属菌が検出しないように管理すること
が基本

浴槽水系の是正的配管洗淨

- ◆バイオフィルムが厚い(多い)ことが予想されるので、**薬品の使用量を多くする**必要がある
- ◆洗淨の前後で、レジオネラ属菌数を評価する、**洗淨後は必ず不検出**とする
- ◆温泉では、検出箇所によっては、浴槽系に加えて、ガスセパレータ、源泉タンク、温泉供給配管の洗淨を行う
- ◆温泉では、鉄・マンガン、炭酸カルシウム**スケール**の付着があるのでその場合は**酸性洗淨剤**による除去を行う

浴槽水系の是正的配管洗淨の工程（例）

工程	時間
薬品準備（洗淨剤、中和剤） 仮設配管	60分
浴槽の水位を調節（ろ過器の逆洗）	20分
循環しつつ薬品を投入	30分
浴槽配管系を循環、濃度測定、追加投入	120分
中和	30分
排水、水張り（半分水量）	60分
循環して水洗	30分
排水（ろ過器の逆洗）	30分
配管・浴槽内壁のブラシ、ジェット洗淨	40分
浴槽の湯張り	60分

浴槽水系の是正的配管洗淨の薬品（例）

薬品名称	内容、使用法等
過酸化水素	過酸化水素濃度として、2~3%を投入し、2時間程度循環する。供給は、35%過酸化水素水（劇物） 中和は、酵素（カタラーゼ）、亜硫酸ナトリウム
塩素剤	遊離残留塩素を高濃度維持（50~数100mg/L以上） 供給は、次亜塩素酸ナトリウム（液体）、 ジクロロイソシアヌル酸ナトリウム（顆粒状） 中和は、亜硫酸ナトリウムを使用
過炭酸ナトリウム	炭酸ナトリウム過酸化水素物（粉末）、0.3~1%程度 で使用する事が多い、過酸化水素として32%含有、 使用時はpH 10以上のアルカリ性、 中和は、pHは酸、過酸化水素は酵素（カタラーゼ）
塩酸	鉄、炭酸カルシウムスケールの洗淨に使用（HClとして2~5%程度）、供給は、35%塩化水素水（劇物） 中和は、アルカリ剤（水酸化ナトリウムなど）
スルファミン酸	鉄、炭酸カルシウムスケールの洗淨に使用（10%程度） ステンレス鋼を含む水系で使用可能、粉末品 中和は、アルカリ剤（水酸化ナトリウムなど）

浴槽水系の是正的配管洗淨のポイント

- ①洗淨時の**薬品濃度を高くする**
 - ◆バイオフィルム量が多いので高濃度とする
 - ◆**消毒に加えて、BFの剥離除去**を行う
- ②ろ過器のろ材は、念入りに逆洗する
- ③循環しない配管、洗淨しにくい箇所も、もれなく洗淨する
- ④**粒径の大きい**ろ材は、ろ過器から取り出して洗淨する
- ⑤洗淨後は、**配管、水槽をジェット洗淨**する

⑥洗浄後のレジオネラ属菌検査には、
迅速検査法も適用する

⑦施工上の注意事項

- ◆ワンパス配管の場合は、仮設で循環配管を設けて、洗浄液を循環する
- ◆洗浄に伴う、金属の腐食に留意する
- ◆水抜き、水張りに時間がかかる場合は、仮設水槽を設けて、時間短縮を図る
- ◆過酸化水素は、発泡して配管に溜まり、水の循環を妨げる（ガスロック）ことがあるので、適宜エア抜きを行う

① 使用薬品とコスト（イメージ）

厚いバイオフィルムを剥離除去するために、濃度を高くする

薬品名	使用濃度	薬品コスト	中和廃液コスト
過酸化水素水 (35%)	10%	高い	安い（酵素）
過炭酸ナトリウム	5% (推奨)	高い	中間的 (pH中和の酸、酵素)
次亜塩素酸Na (12%)	2%	安い	中間的 (亜硫酸Na)
塩酸 (35%)	10%	安い	高い (水酸化Na, 産廃)
スルファミン酸	10%	高い	高い (水酸化Na, 産廃)

コストは、使用濃度・供給者により変化する。界面活性剤、インヒビター、反応促進剤などの配合により効果を強化しているものもある

過炭酸ナトリウム

- ◆炭酸ナトリウム・過酸化水素物
 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 1.5 \cdot \text{H}_2\text{O}_2$
- ◆68%炭酸ナトリウム、32%過酸化水素
- ◆粉末なので溶解して使用する
- ◆使用濃度は供給者にもよるが、0.3~1%程度
(H_2O_2 として0.1~0.3%) とする場合が多い
- ◆洗浄液のpHは10.2~10.5付近
ペルヒドロキシアニオン生成により
 H_2O_2 単独より酸化力は増す
- ◆中和は、
アルカリの中性化と、過酸化水素の分解

⑥ 配管洗浄後の不検出の確認

- ◆ 是正的洗浄実施後は、レジオネラ属菌の不検出を確認する
- ◆ 培養法
 - ◆ 不検出の確認に1週間以上を要する
- ◆ 迅速検査法
 - ◆ LAMP法、PCR法の遺伝子検査
 - ◆ 数時間で不検出を確認できるので有効
 - ◆ **注意点**
 - A) **遺伝子法陽性、培養法不検出が起きる**
 - B) **遺伝子法陰性、培養法検出が起きる**

A) 遺伝子法陽性、培養法不検出

安全方向の判定ではあるが、不一致である

原因：死菌の遺伝子を増幅している場合がある

対策：EMA-qPCR法の採用で不一致が半減

Legionella counts (CFU/100 ml)	No. of samples	PCR		EMA-PCR	
		Positive	Negative	Positive	Negative
<10	81(73.0%)	56(65.9%)	25(96.2%)	23(46.9%)	58(93.5%)
10-40	14(12.6%)	13(15.3%)	1(3.8%)	10(20.4%)	4(6.5%)
50-90	2(1.8%)	2(2.4%)	0(0%)	2(4.1%)	0(0%)
100-990	11(9.9%)	11(12.9%)	0(0%)	11(22.4%)	0(0%)
1000-9900	3(2.7%)	3(3.5%)	0(0%)	3(6.1%)	0(0%)
Total	111(100%)	85(100%)	26(100%)	49(100%)	62(100%)

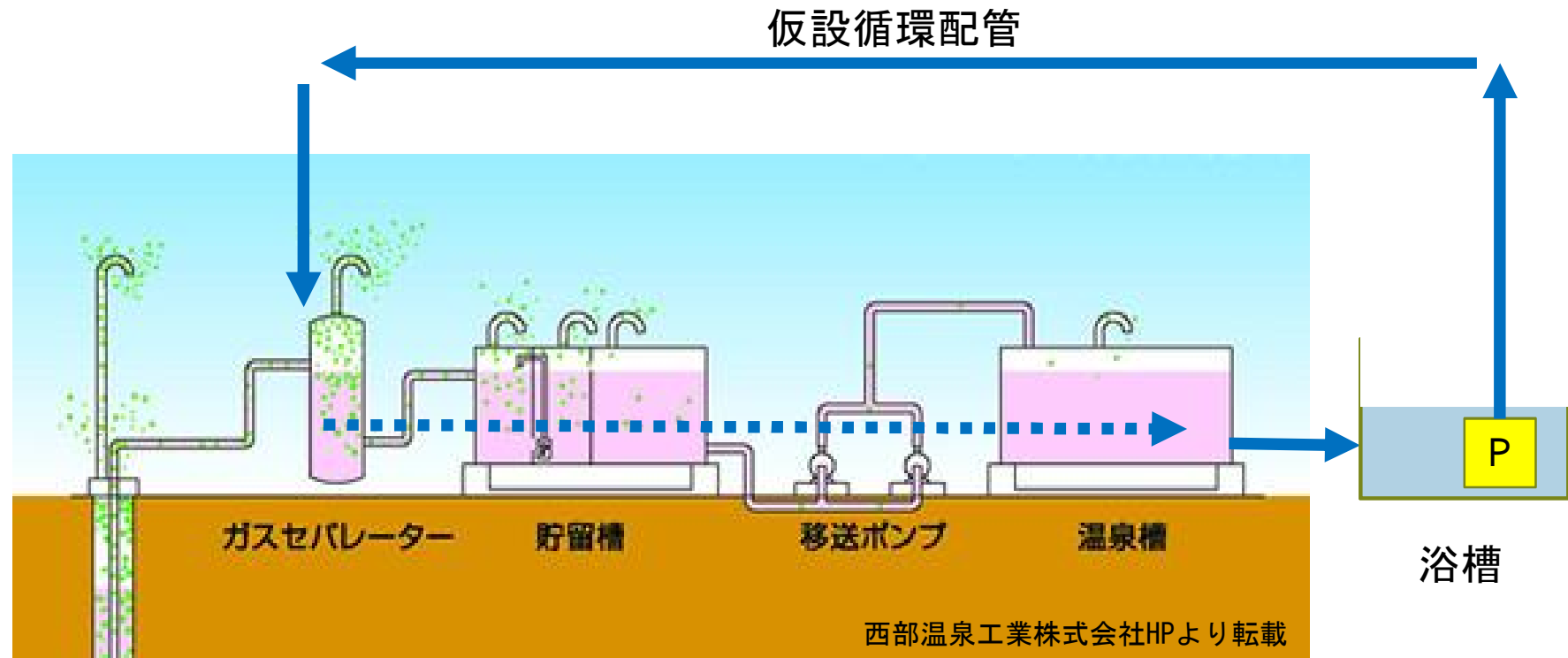
Biocontrol Science.Vol.20,No.1,pp.71-74(2015)

原因：培養法検査の精度が低い⇒検査精度の向上

B) 遺伝子法陰性、培養法検出

- ◆本判定は、「ゼロ」にする必要がある
- ◆原因と対策
 - ◆遺伝子の増幅阻害が起きる
 - ⇒抽出遺伝子の精製を強化する
 - ⇒陽性コントロールを加えて、阻害の無いことを確認
 - ◆検出下限付近では、確率的に発生する
 - ⇒遺伝子検査法の検出感度を高くする
 - ◆増幅しにくい菌種が存在する
 - ⇒広い菌種を検出できる特定のPCR法を採用する
- ◆本質的には、レジオネラ属菌の生菌が残らないように洗浄することが大切

⑦ 温泉施設の上流設備の洗浄



温泉施設で、浴槽よりも上流でレジオネラを検出した時は上流から配管、各種水槽の洗浄を行う 仮設配管を設けて、洗浄液（スケールがある場合は酸洗浄）を循環させる

給水・給湯配管の是正的洗淨

- ◆病院、ビルなどの給水・給湯配管（蛇口、シャワー）からレジオネラ属菌を検出
- ◆蛇口からの初流水で、残留塩素がなくなっていて検出
- ◆自動混合水栓からの検出率が高いという報告*がある
- ◆配管内にレジオネラ属菌を含むバイオフィルムが生成しているので**是正的洗淨**を行う

* Electronic Faucets Unsafe for Use in High-Risk Patient Hospital Settings: Study Shows Automatic Faucets Carry High Levels of Bacteria : SHEA 2011 ANNUAL SCIENTIFIC MEETING

給水・給湯配管の洗浄方法

- ◆給湯は、**高温水** (例: 60°C × 1時間) で洗浄する
 - ◆高温水は、貯湯槽の温度を調整する
- ◆給水は、**高濃度遊離塩素** (例: 100mg/L × 2時間) で洗浄する
 - ◆受水槽で高濃度塩素水を調製する
 - ◆循環できる配管系は、循環する
 - ◆循環できない配管系は、洗浄液の通水、ホールドを繰り返し行う
 - ◆蛇口数が多いので、図面でフローを確認し、計画を立てて、実施する (多人数を要する) 洗い残しの無いように蛇口の識別を行う

給水・給湯配管の洗浄のポイント

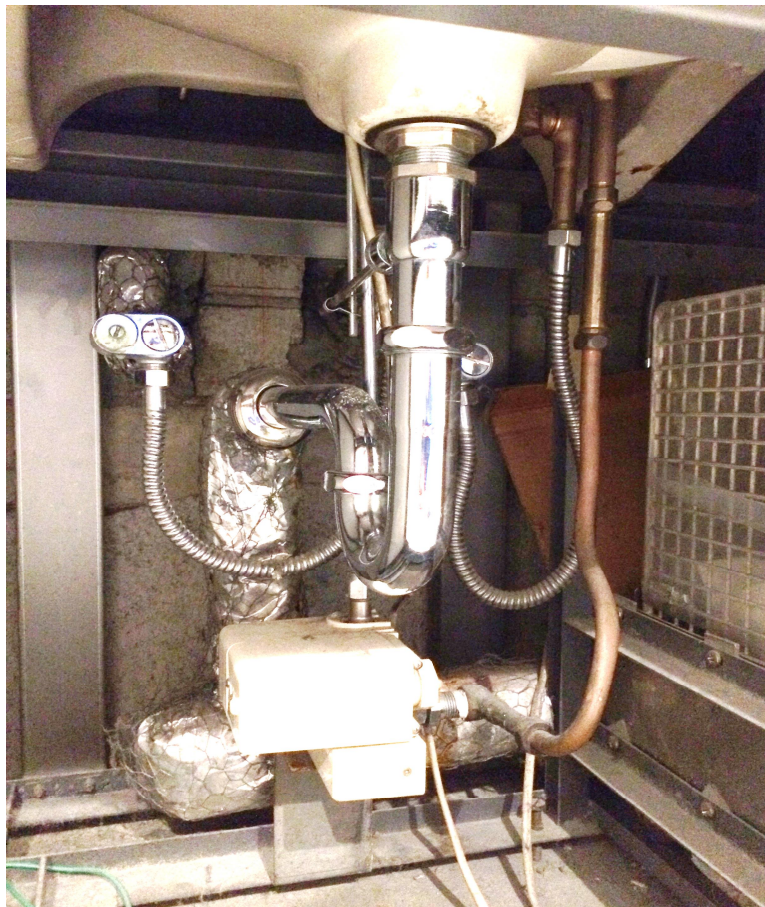
- ◆ **配管内に腐食生成物**がある場合は塩素剤による洗浄の効果が得られにくいので、高温洗浄、あるいは酸洗浄を行う
- ◆ **自動混合水栓**は、高温設定、流量設定して、強制的に一定時間の通水を行う
- ◆ 高濃度塩素による洗浄後は、十分に水洗し、高濃度の薬剤が残留しないようにする
- ◆ レジオネラ属菌不検出は、洗浄実施後、一晩ホールドした水栓の初流水で確認する
- ◆ 検査は、遺伝子検査法、培養法とする

鉄さびが生成した給水配管



ポリエチレンライニング管のひび割れによる鉄さび
鉄さびを検査すると、レジオネラ属菌を検出
塩素や過酸化水素では、除菌は難しい

給水管の洗浄の状況



バルブ類を調整

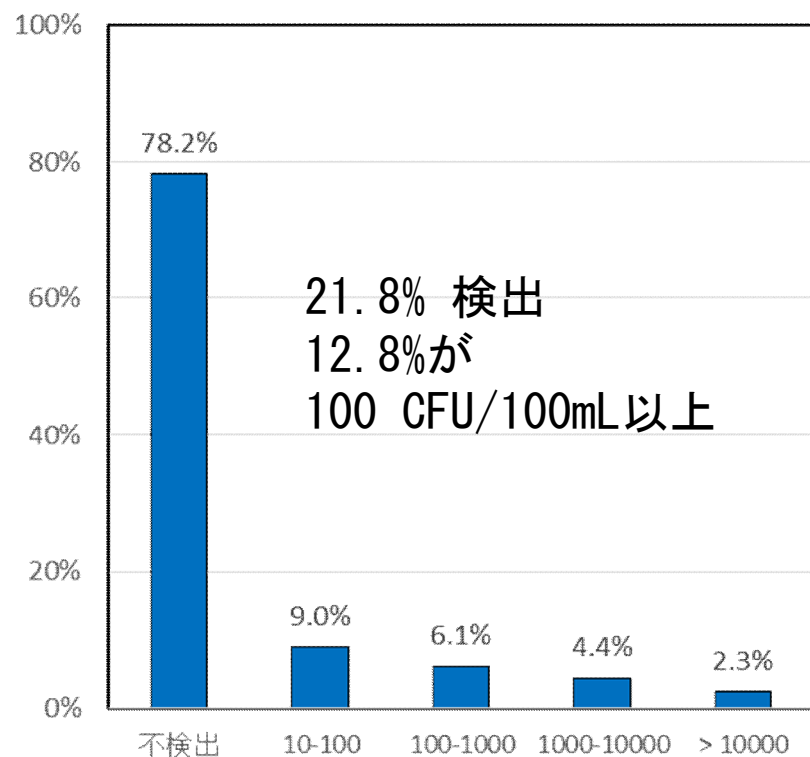
水栓を開け、残留塩素濃度を確認

給湯管の場合は、高温水の温度を確認する

冷却塔、冷却水配管の洗浄

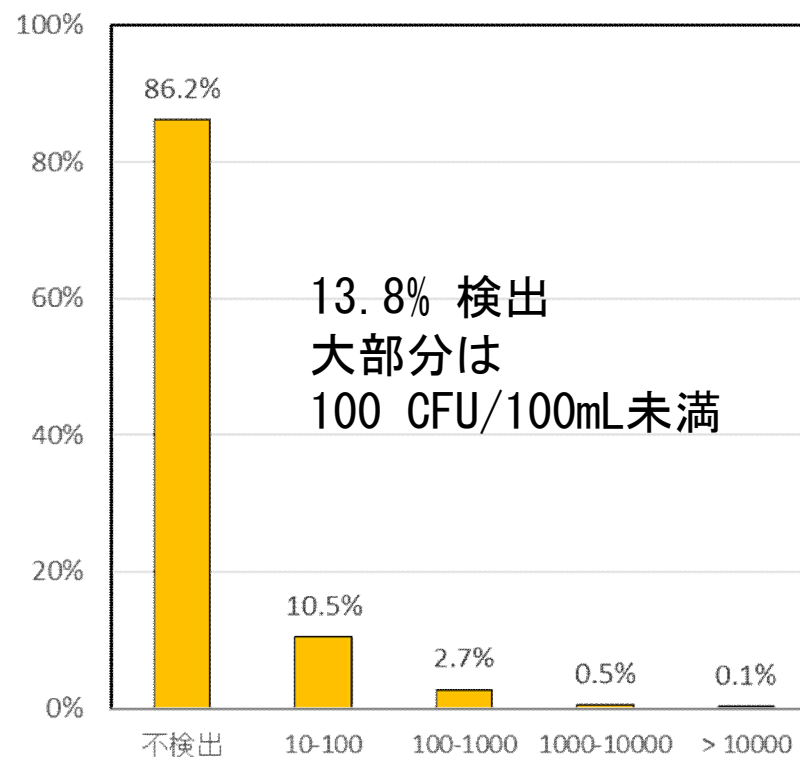
- ◆空調用をはじめ、冷却塔を有する冷却水はレジオネラ症の重要な感染源である
- ◆冷却水のレジオネラは検出率、菌数とも高い
- ◆市街地の空気からレジオネラの遺伝子を検出
- ◆冷却水のレジオネラ対策は、継続的な殺菌剤（バイオサイド）の添加と、冷却塔と冷却水管の洗浄（予防的洗浄）である
- ◆定期的な検査で、レジオネラ属菌を100 CFU/100mL以上検出した場合は、清掃・消毒（是正的洗浄）を行い、不検出を確認する
- ◆対象は、開放式冷却塔を含む循環式冷却水系、密閉式冷却塔の散布水系

冷却水と浴槽水の レジオネラ属菌の菌数別分布 (2012年アクアス)



冷却水

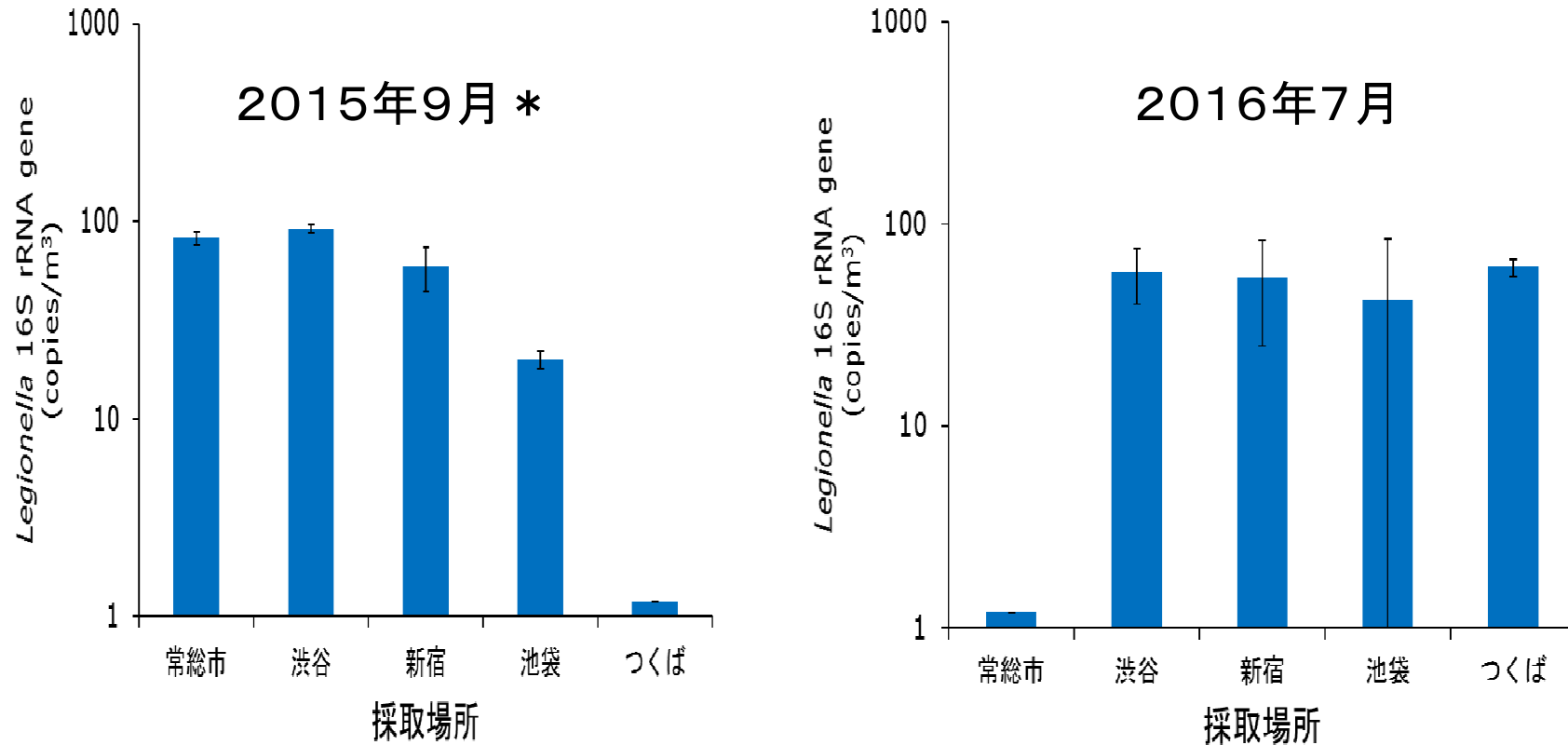
1000 CFU/100mL以上は 6.7%



浴槽水

1000 CFU/100mL以上は 0.6%

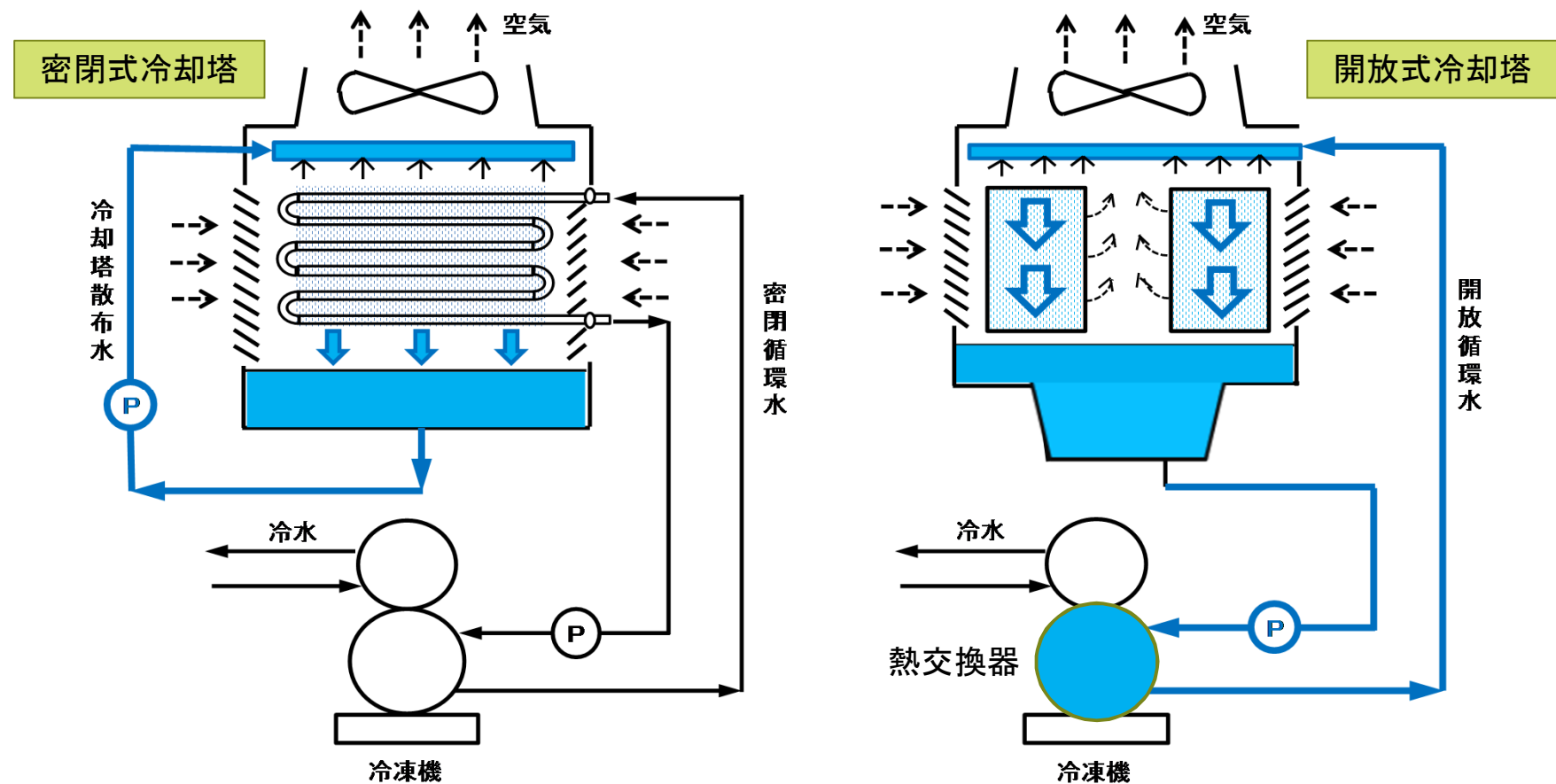
市街地空気中のレジオネラ属菌検出



市街地の空気から、100 copies/m³程度のレジオネラ遺伝子を検出、冷却塔由来が疑われる

* 日本防菌防黴学会誌, Vol. 44, No. 9, pp. 451-455 (2016)

密閉式冷却塔と開放式冷却塔



密閉式冷却塔の散布水系
充填材の面積は大きい

開放式冷却水、冷却塔に加え、
配管、熱交換器がある

冷却水の予防的洗浄

- ◆冷却水はバイオフィルムが生成しやすい環境なので、継続的にバイオサイドを添加して水中のレジオネラ属菌の検出を抑制していても、徐々にバイオフィルムが生成するので洗浄は重要
- ◆1年以内毎に一度、冷却水管の清掃（化学洗浄）を行うことが定められている
- ◆冷却塔の運転開始時と終了時に洗浄する
- ◆夏季の高負荷時にも洗浄を行う
- ◆バイオサイドの処理効果を発揮させるためにも洗浄は有効

冷却水の是正的洗淨

- ◆冷却水のレジオネラ属菌定期検査で、100 CFU/100mL以上検出した場合に清掃、消毒を実施して、その後不検出を確認することとする
- ◆この際の清掃・消毒は、物理的清掃では除菌できず、化学洗淨（是正的洗淨）を行う
- ◆冷却水のレジオネラ対策は、バイオサイドの使用が前提なので、洗淨実施後バイオサイドを継続的に添加した状態で不検出を確認する
- ◆洗淨後のレジオネラ属菌不検出の確認は、培養法で行う（遺伝子法は適さない）

冷却水の洗浄の工程（過酸化水素の場合）

工程	時間
薬品準備（洗浄剤、中和剤）	60分
冷却塔下部水槽の水位を調節	20分
冷却水を循環しつつ薬品を投入 （冷凍機、冷却塔ファンを停止）	30分
冷却水系を循環、エア抜き実施	120分
カタラーゼで中和、エア抜き実施	30分
排水、水張りして循環水洗	60分
排水、冷却塔のブラシ、ジェット洗浄	90分
水張り	60分
バイオサイド、水処理剤を添加して循環、その後採水	

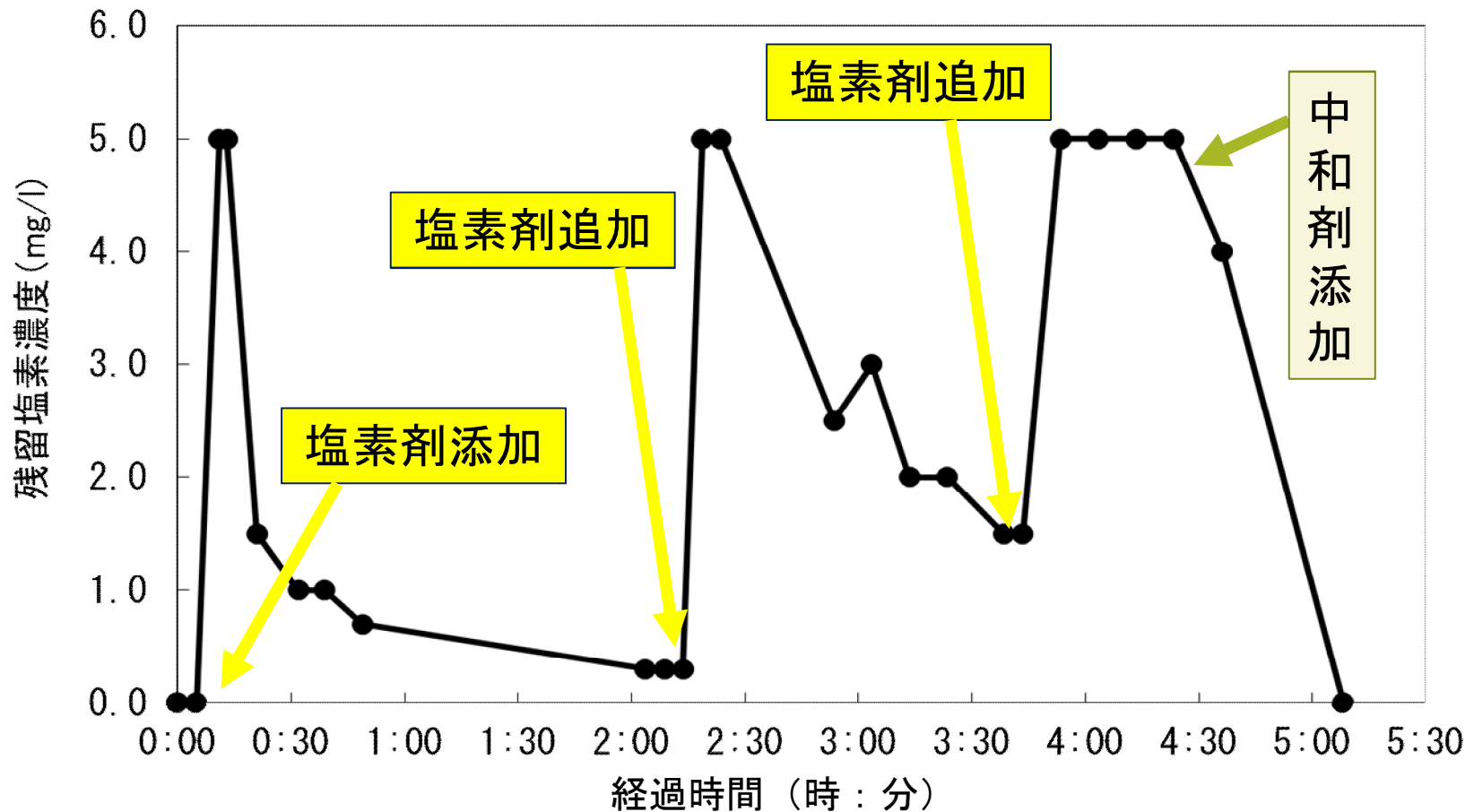
冷却塔、冷却水配管の洗浄の薬品

薬品名称	内容、使用法等
過酸化水素	過酸化水素濃度として、1~3%を投入し、2時間程度循環する。35%過酸化水素水（劇物） 中和は、酵素（カタラーゼ）
塩素剤	遊離残留塩素濃度を維持（5~10mg/L程度） 冷却水中で濃度が低下するので、継続的に補給する 次亜塩素酸ナトリウム（液体）、 ジクロロイソシアヌル酸ナトリウム（顆粒状）
グルタルアルデヒド	100~500mg/L程度の濃度を冷却水に添加する 殺菌効果が強く、バイオフィルムの消毒に適する 添加したのちブロー量を多めにして運転
有機系殺菌剤	イソチアゾリン、4級アンモニウム塩など 抗レジオネラ用殺菌剤を高濃度で添加する 薬剤の種類や濃度はメーカーにより異なる
消泡剤	アルコール系、シリコン系の消泡剤を用意 冷却水は洗浄時に発泡しやすく、冷却塔から周辺に飛散することがあるので消泡剤を添加する

冷却塔、冷却水配管の洗浄のポイント

- ◆過酸化水素による洗浄・中和では、酸素ガスが多く出る場合があるので、**ガスロックに注意**する
- ◆過炭酸ナトリウムを0.5%程度の濃度で使用する場合は、緩和するが、pH中和も必要となる
- ◆冷却水の洗浄時は、発泡により、ビルの屋上から**泡が飛散**することがあるので、必要に応じて消泡剤を使用する
- ◆**塩素剤による洗浄は、濃度の変化が大きいの**ので、頻繁に濃度を測定して追加投入する
 - ◆銅、軟鋼の金属に対する防食剤の添加を行う
- ◆グルタルアルデヒド、有機系殺菌剤使用時は、換水せずにブロー量増により水洗する場合もある

冷却水の塩素洗浄時の濃度（実施例）



保有水量に対して、塩素剤を10mg/L (Cl₂) 添加、循環して、残留塩素濃度が一定時間維持するまで追加投入

配管洗浄時のリスクセサメント

- ◆夜間作業、高所作業、密閉空間（水槽内）
バイオフィルムに接触する作業、電気・
ポンプ使用作業などが有るので、
危険予知、リスクアセサメントを行う
- ◆化学薬品を使用するので、必ずSDSを
参照し、化学物質リスクアセサメント
を行う
- ◆必要な保護具の着用を徹底する
- ◆洗浄廃液の処理を確実にを行う