

A Study on the Securing of Safety and Sanitation in Bathing with Improved Comfort : With Particular Regard to Legionnaires' Disease

赤井, 仁志
Yurtec

<https://doi.org/10.15017/13531>

出版情報 : 九州大学, 2008, 博士 (芸術工学), 課程博士
バージョン :
権利関係 :

第6章

まとめ

本論文は、『入浴における安全・衛生の確保と快適性の向上に関する研究』に関して、多少広い範囲の研究内容で記述した。第1章から第5章までのつながりを持たせるために、「快適性」を軸として、「安全」と「衛生」に触れながら俯瞰的な見知からまとめとしたい。

第1章では、レジオネラ症集団発生前後の法規や行政の指導、国内外の浴槽の基準に触れた。

レジオネラ症対策で重要な塩素等による消毒の規定が、1991年8月の厚生省の通知に盛り込まれた。しかし残留塩素濃度等の具体的な基準値は示されなかった。通知の翌月の事務連絡で、「塩素系薬剤を用いて消毒を行う場合には、塩素濃度が低いと殺菌力が不十分となり、また、高すぎると塩素による刺激で不快感を起すことがあるため、自主管理の一環として、濃度測定を行わせることが望ましいため規定しました。塩素濃度については、先の水質基準改正案で触れたように、水質基準に採用する方向で検討しています」とした。

1991年の厚生省通知に漠然とした塩素消毒の規定を盛り込んだことに併せて、浴槽水温の規定が変更になり、温熱的安全性と快適性が向上した。91年に浴槽水温が「おおむね42℃」から、「適温」に変更した。通知の翌月に出された事務連絡に、「衛生管理上の必要事項として浴槽水温度『おおむね42℃』を削除しました。現在では、ほとんどの浴場で循環ろ過機が設置され、更に、浴槽水の消毒も行われており、浴槽水質は確保されています」と記載された。厚生省は、浴槽水温を高くすることにより、浴槽水の衛生管理をはかろうとしていたこと

が伺える。しかし浴槽水の消毒が普及したことで、高い浴槽水温を維持する必然性がなくなったと判断したようだ。

第1章では、海外と日本の基準や(社)空気調和・衛生工学会の『浴場施設のレジオネラ対策指針』も調査した。レジオネラ属菌対策として重要な消毒剤の濃度基準は、厚生労働省告示で、遊離残留塩素濃度を「通常 1L につき 0.2 から 0.4mg 程度に保ち、かつ、最大で 1L につき 1.0mg を超えないように努める」としている。海外では European Commission の『European Guidelines for Control and Prevention of Travel Associated Legionnaires' Disease』(2005) が、「塩素の場合 1~2mg/L、臭素の場合 2~3mg/L に残留濃度を供給して、ろ過と処理を行うべきである」としている。また The Chartered Institution of Building Services Engineers (London) の『Minimizing the risk of Legionnaires' disease』は、「遊離残留塩素濃度レベルは 3~5mg/L、結合残留塩素濃度は 1mg/L を超えてはならず、pH は 7.4~7.6 を目標として、pH7.2~7.8 の間とすべきである。」としている。

欧州の遊離残留塩素濃度の基準は、日本と較べるとかなり高い。英国の具体的な消毒手法、入浴者数、浴槽水の汚濁具合と換水割合等の施設の使われ方や管理法が明確ではないが、『Minimizing the risk of Legionnaires' disease』にある結合塩素濃度の 1mg/L は高すぎる基準値で、モノクロラミンによる異臭や肌の刺激等から、快適性を損なう。

しかし快適性を考慮すると結合残留塩素濃度の上限値は必要である。(社)空気調和・衛生工学会の『浴場施設のレジオネラ対策指針』の改定では、結合残留塩素濃度を取り入れるよう働き掛けたい。

第2章では、施設等の調査結果による課題の抽出を行った。

1998年に東京都目黒区内の特別養護老人ホームでの浴槽水を感染源としたレジオネラ症集団感染があった。これを受けて1999年に(財)ビル管理教育センターの委員会が社会福祉施設の浴槽の調査をした。294の試料のうち、159試料(54.1%)からレジオネラ属菌が分離された報告がある。

論文に詳述した2004年度と2005年度の調査では、循環式ろ過装置を設けた浴槽で、47検体のうち10検体(21.3%)からレジオネラ属菌が分離された。

1999年の調査結果から考えると、かなり衛生管理がされるようになった。

調査対象とした福島県会津地方の介護老人保健施設では、オゾンと塩素によって消毒していた。臭いから浴槽水にオゾンが残留していると推測された。オゾン消毒を主にしていることから、遊離残留塩素濃度を低めにしていた。微生物検査では、レジオネラ属菌は検出されなかったものの、大腸菌群や緑膿菌が検出されたことから、消毒システムは微生物に対して脆弱な状態であった。オゾン消毒は強力な酸化力を持っているが、調査した施設では有効に性能を発揮しているとは言えない。また浴槽水にオゾンが残留することにより、人体の粘膜等への悪影響を指摘している研究者もいる。これらのことから、浴槽ろ過循環方式では、オゾン消毒が有効かつ安全な方法とは考えにくい。快適性に対する評価では、オゾン臭と塩素臭の嗜好も調査する必要があると考える。

第2章には、2000年の厚生省通知にあった「浴槽水の消毒に用いる塩素系薬剤は、浴槽水中の遊離残留塩素濃度を1日2時間以上0.2~0.4mg/Lに保つことが望ましいこと」の妥当性に対する行政研究調査結果を記載した。1日2時間だけの遊離残留塩素濃度の維持では、循環ろ過系統に生物膜が生成しやすいことがわかった。また生成した生物膜によって塩素が消費されることもわかり、長時間の遊離残留塩素濃度維持の必要性がわかった。

この結果を参考に、2002年に「浴槽水の消毒に当たっては、塩素系薬剤を使用し、浴槽水中の遊離残留塩素濃度を頻繁に測定して、通常1L中0.2ないし0.4mg程度を保ち、かつ、遊離残留塩素濃度は最大1L中1.0mgを超えないよう努める」と、厚生労働省通知が出された。

生物膜生成の抑制と生物膜での塩素の消費を考えると、高い濃度の消毒剤を短期間維持するより、安定した濃度で長時間消毒することが大切なことがわかった。また循環系統に生成した生物膜を除去することも重要であることもわかった。安定した消毒剤の濃度維持と生物膜除去により、高すぎない消毒剤濃度で衛生面が担保できるようになり、入浴施設の快適性につながる。

第3章は、安全性と快適性の向上を目指して、塩素等の消毒剤の濃度管理をするための手法の研究である。

ヒトの入浴により浴槽水中の結合残留塩素濃度が上がると、異臭や肌の痒み

などの原因となる。このために衛生面や快適性が損なわれる。しかし、これまで遊離残留塩素濃度測定の主流である DPD 試薬を用いた簡易測定器（比色法や吸光光度法）による測定法では、結合残留塩素分の一部をも遊離残留塩素として認識してしまう。つまり快適性を損なう結合残留塩素濃度を正確に測定できない。そこで遊離残留塩素濃度測定の際に、結合残留塩素を拾いにくい SBT 試薬の有効性を科学的論証によって研究した。

さらに消毒によってクロラミンが生成しないとされている二酸化塩素濃度の測定法の基礎的な研究も行った。このように入浴施設で安全性と快適性の向上に寄与するために、浴槽水中の正しい消毒剤の濃度測定法を立証、確立した。

第3章では、浴槽の残留塩素濃度を保つために、自動制御方式を採用することが重要であることが調査による解析でわかった。また浴槽内での残留塩素の時系列分布も調査した。単純な矩形の平面を持つ浴槽形状が、遊離残留塩素濃度の分布で均一になりやすいことの知見を得た。また社会福祉施設の浴槽内に設置されているスロープ部で結合残留塩素濃度が高いことがわかり、快適性と安全性を損なうことがわかった。

第4章は、消毒剤の損失と入浴による汚濁の実験室での実験結果の研究である。また入浴による汚濁負荷から、浴槽への必要補給水量の算定を行った。

飲料水系統では消失の要因がなく、浴槽系統特有の消毒剤の消失の要因として、ろ過器での消失、気泡浴槽や超音波浴槽で浴槽水中に空気を吹き込んだときの消失やヒトの入浴による消失、温泉水を補給した時の消失がある。

有機物が塩素と化合してできる発癌性物質のトリハロメタン生成も、塩素の消失の一部と捉えることができる。またヒトの入浴では、ヒトから浴槽水に供給されるアンモニア性窒素と浴槽内の遊離残留塩素が化合して、快適性を損なう結合残留塩素に変化する。

浴槽循環水がろ過器を通ると、遊離残留塩素が結合残留塩素に変化する現象が見られた。一方、二酸化塩素を消毒剤とした場合、二酸化塩素そのものは、ろ過器ではほとんど消費されないことがわかった。

気泡浴槽と超音波浴槽は、空気を供給するために水中の消毒剤の発散を促進させる。消毒剤の濃度管理をしないと消毒剤の濃度が下がる。また打たせ湯と

同様にエアロゾルを大量に発生させるために、レジオネラ症に対して脆弱である。欧米では超音波浴槽でのレジオネラ症感染が報告されており、とくにベルギーとオランダでは、超音波浴が関与した地域流行があるとされている。気泡浴槽と超音波浴槽に空気を吹き込んだときの実験結果の解析により、気泡浴槽と超音波浴槽での残留塩素の消失を特定した。

消毒剤の消費実験に併せて、入浴前後の水質分析による汚濁のデータも採取した。実測データを解析して、男女とも有機物である過マンガン酸カリウム消費量の汚濁原単位を 400mg/人、濁度の原単位を 50mg/人の汚濁量として提案した。

汚濁原単位と割り増し率から、循環ろ過装置がある場合の設計計画上の（実務上の）必要補給水量を 40.0 L/人と提案した。この値が、現時点での日本の基準値になっている。実験データに基づく補給水量で、浴槽汚濁を希釈によって水質を維持することは、快適性と衛生を確保するために重要である。

第5章は、温泉の消毒と快適性である。

温泉は、上水と異なり様々な成分を含有している。このために温泉水に消毒剤を添加しても、温泉成分と反応して消費されることがある。消毒剤の消失は、温泉泉質と消毒剤の種類によって異なる。また消毒剤の添加により、水素イオン濃度 (pH : potential Hydrogen) や酸化還元電位 (ORP : Oxidation-reduction Potential) が変化する。

消費の少ない消毒剤の選択により、効率的な消毒が可能となる。また消毒剤の消費が少なく、温泉水の pH や ORP の変化が少ない消毒剤は、ある面から見ると温泉泉質を変化させない消毒剤ということができる。

消毒剤の消費率、pH や ORP の変化を実験によって求めて、消毒剤残留濃度係数と ORP 移動係数を定義して、値と回帰式、決定係数（寄与率） R^2 を示した。温泉泉質と消毒剤の組み合わせの中は、特異な傾向を示すことがあった。

温泉水の泉質と消毒剤の違いによるレジオネラ属菌の不活化実験も行い、それぞれに異なった不活化傾向を得た。これまで一般に消毒剤による細菌の消毒効果を評価は、不活化に必要な消毒残留濃度時間積 Ct 値 [C:消毒剤残留濃度 [mg/L]、t:作用時間 [min]] が用いられてきた。しかし試料を温泉水とした場合、

添加した消毒剤が温泉水により消費されてしまう。このために残留する消毒剤濃度が低い値となり、Ct値は低い値で算出されていた。

そこで本実験では添加する消毒剤濃度を採用して、消毒剤添加濃度時間積Cat値〔Ca：消毒剤添加濃度[mg/L]、t：作用時間[min]〕として定義して、評価した。これにより、実務に用いやすくした。

日本は、世界屈指の温泉大国で、源泉総数は27,866である（2006年3月末日時点）。温泉法や「鉱泉分析法指針」で温泉、鉱泉や療養泉が規定されている。また泉質名、泉温、滲透圧等による分類もあり、泉質によって適応症や禁忌症も定められている。

温泉の多さと高温多湿の気候、きれい好きは、風呂好き、入浴文化と多様な温泉文化を創り上げた。また入浴・温泉文化は、産業としても発達した。産業と結びついたために、より広がりを見せた。

道後温泉本館の《坊ちゃんの湯》に塩素投入を保健所が指導したことが、塩素消毒の賛否に一石を投じた。道後温泉本館への塩素投入の件だけでなく、温泉水を稀釈すること、ろ過することを温泉文化の破壊だという論調が一般国民に広まっている。

温泉と技術を情緒的な感情論に支配されず、科学的思考による検証や論議が必要な時期に差しかかっているように感じる。外来語を容易に取り入れられる言語を持つ日本人の感覚が、日本酒や宗教、温泉への異物の混入を容認する私たちの文化なのかも知れない。また国民の求めるものは、温泉原理主義的なものより、一応温泉であれば良い程度の『温泉らしさ』であると推測する。

現代日本の温泉文化である『温泉らしさ』は、過去の温泉原理主義的な文化とは異なることを認識しながら、今後も入浴施設の安全、衛生と快適性の研究を続けていく所存である。