

## 利用状況の異なる水浴プールにおける 健康関連微生物の存在実態

端 昭彦（富山県立大学工学部 環境・社会基盤工学科）

この度は、栄誉ある論文奨励賞（廣瀬賞）を授与いただき誠にありがとうございます。選考委員会の先生方、学会の関係者の皆様に心より御礼申し上げます。私は学生時代より水中の健康関連微生物、とくに腸管系ウイルスを中心とした研究に取り組んできました。とくに濃縮倍率の向上と遺伝子検出の精緻化による検出感度・精度の向上や、遺伝子検出と培養検出を組み合わせたウイルスの不活化率評価を主な課題とし、水環境でのウイルス汚染状況を調べてきました。本研究は、これまでに培ってきた技術・知見を活用し、プール水中の健康関連微生物の存在状況を調べたものとなります。

プールを含むレクリエーション水域の微生物汚染の特徴として、遊泳者自身が汚染源となることが挙げられます。実際に、感染者が水と接触することで発生した集団感染事例が多く報告されています。このような感染リスクへの対応として、国内では遊泳用プールの衛生基準（厚生労働省）や学校環境衛生基準（文部科学省）においてプール水の水質基準が設定されています。本研究と関連の深い項目として遊離残留塩素濃度や大腸菌濃度の基準が設定されており、とくに大腸菌については、100 mLを対象に「検出されないこと」と定められています。細かな条件の違いはあれど、水道水質基準と同程度の水準が要求されていると解釈でき、一般的には塩素消毒に加えて循環水のろ過による病原微生物対策がなされています。一方で、このような状況下においてもとくに塩素耐性があり、粒径の小さな病原微生物、例えばノロウイルスなどの腸管系ウイルスに由来するリスクは懸念されます。プール水において病原微生物や汚染指標微生物（水質基準項目は除く）の存在状況が調べられるのは、基本的にプールが原因と考えられる集団感染が発生したときのみで、集団感染のない、いわば平常時のプールにおける微生物存在状況は知られていませんでした。また、小学校のプールは主に夏季のみ利用されますが、利用期間外においても、消化用水などの非常時利用のためプール水は張ったままにしておくのが通常です。当然利用期間外には、水処理は行われませんし、冬季の低水温条件では微生物が長期生存可能となります。屋外プールでは鳥類の糞等に起因する微生物汚染の可能性もあり、非常時利用の際のリスク因子となることが考えられました。

これらを背景に、本研究では平常時プール水の微生物汚染の実態調査、汚染の要因検証、汚染指標の有用性評価を目的とした調査研究を試みました。富山県内の小学校プール、市民プールなどの遊泳用プール複数施設にて、微生物の存在状況を調べさせていただきました。小学校プールにおいては夏季の利用期間ならびにその他の非利用期間に採水しました。調査期間中には、新型コロナウイルス感染症まん延防止等重点措置の実施により遊泳用プールの利用者数が著しく減少していた時期もありました。調査事例が

限られており、微生物濃度が低いと想定されることから、高濃縮倍率かつ高感度の微生物検出技術を適用するとともに、多様な微生物の検出を試みました。また、バクテリオファージや大腸菌を培養法とPCR法の両方で検出することで、消毒による微生物不活化の効果検証も試みました。

ノロウイルス等の病原ウイルスは全く検出されませんが、指標微生物は低濃度ながらいくつかの試料から検出されました。とくに新興の汚染指標であるトウガラシ微斑ウイルスなどは比較的多くの試料で検出され、ヒト汚染指標としてとくに有用だと考えられました。指標微生物群は利用者の多い時期に検出されやすく、関連して利用時のプールにおいても、培養法により大腸菌やバクテリオファージが検出されることがありました。水質管理下にあっても、微生物の完全な除去・不活化が困難であることを示す結果です。プールの利用は塩素の消費速度を上昇させることも考えられたため、利用者の多いプールにおいては、汚染の強度増ならびに塩素の消毒効果の低下が同時に起こることが想定されます。病原微生物の感染者が利用した際には感染力を保持した微生物が滞留する可能性が示されたと言えます。

非利用時の小学校プールからも指標微生物は検出されました。先述のように、非利用時は微生物やその遺伝子が残存しやすい条件ができていたためと考えられます。小学校プールはすべて屋外でしたので、鳥類の糞等が汚染に寄与していたことも考えられます。10月頃のものを中心に、いくつかの試料からはレジオネラ属菌が高濃度で検出されました。10月頃の水温はレジオネラ属菌にとって好適であり、かつ水質管理の停止が重なり、プール内で菌の増殖が生じたものと考えられます。レジオネラ属菌は必ずしも病原性があるわけではありませんが、非利用時プールの非常時利用に際してはこのような病原微生物によるリスクがあることは念頭に入れておくべきでしょう。本研究でも示唆されたように、水環境はヒト以外の動物による汚染の影響も受けます。現在は、水環境の微生物汚染をより深く理解し、改善に役立てていくため、動物全般からの汚染を可視化するための研究にも取り組みはじめています。

今回の受賞成果は平常時プールという微生物濃度の低い環境において、これまで培ってきた知識・技術を最大限活用して得られたものとなります。学生時代よりご指導いただいている片山浩之先生をはじめ、今まで私の研究生活を支えていただいた皆様に感謝申し上げます。調査にお誘いいただいた黒田啓介先生、調査に携わった学生の皆さん、コロナ禍において微生物の調査というセンシティブな研究にご協力をいただきましたプールの関係者各位にも感謝申し上げます。最後に、本研究は基盤研究（C）（21K04320）および基盤研究（B）（20H02284）の助成を受けて実施しましたことをお記しします。