

<報文>

埼玉県内の公共用水域（河川）における
大腸菌数環境基準超過地点の特徴*

渡邊 圭司**・宮崎 実穂**・池田 和弘**・柿本 貴志**・
見島 伊織**・梅沢 夏実**・田中 仁志**・木持 謙**

キーワード ①埼玉県 ②大腸菌数 ③河川 ④環境基準超過地点 ⑤生活排水

要 旨

埼玉県内の公共用水域（河川）における大腸菌数のモニタリングデータ（2013年開始）を環境基準値（2021年環境省告示）と照らし合わせ、超過地点についてその特徴及び原因を調べた。その結果、特定の汚染源が原因と思われる地点は少なく、その多くは塩素処理が不十分な生活排水の流入に起因するものであると考えられた。埼玉県内河川における大腸菌数の環境基準達成のためには、浄化槽法により定められた浄化槽の保守点検、清掃及び法定検査を推進し、適切に塩素剤が添加されるよう管理を徹底することが重要であると考えられた。

1. 緒言

環境省より、2021年10月7日に公共用水域の水質汚濁に係る環境基準に、衛生指標微生物としてこれまでの大腸菌群数を見直し、大腸菌数を新たに加えることが告示され、2022年4月1日より施行となった。大腸菌数の環境基準値（河川）は、AA類型の自然環境保全を利用目的としている地点では20CFU/100mL以下、AA類型の水道一級を利用目的としている地点では100CFU/100mL以下、A類型では300CFU/100mL以下及びB類型では1000CFU/100mL以下とし、年間の90%水質値のデータで評価する。

埼玉県では、公共用水域（河川）の測定地点は94地点あり（環境基準点のほか補助点も含む）、国土交通省、埼玉県、さいたま市、川越市、川口市、越谷市、熊谷市、所沢市、春日部市、草加市及び狭山市が分担して採水及び分析を行っている。大腸菌数が該当する一般項目は、AA類型の2地点（環境基準点でそれぞれ自然環境保全及び水道一級を利用目的としている）、A類型の33地点（環境基準点は20地点）及びB類型の11地点（環境基準点は10地点）で測定を行っている。埼玉県では、2013年度から公共用水域（河川）の水質調査に

おいて大腸菌数のモニタリングを継続して行っている。2013～2022年度までのモニタリングデータについて、環境基準値を超えた値が認められた地点を年度ごとにとまとめて表1に示した。なお、年に12回以上測定していない地点については、90%値が最大値をとることになるため評価から除外している（表中では空欄）。埼玉県では、AA類型とA類型の地点で大腸菌数（90%値）が環境基準値を超えた回数が多いという特徴があった。特に、環境基準値を超えた回数が多かった地点では、環境基準値を大きく上回る値を示した地点も散見された（例えば赤平川・赤平橋、小山川・一の橋や元小山川・新泉橋など）。今後は、このような大腸菌数が環境基準値を超過している地点に対して、対策を講じる必要がある。

そこで本調査では、大腸菌数（90%値）が環境基準値を超過した回数が多かった地点を中心に、これまで集積したデータのトレンド解析及び上流域の詳細調査を実施することで、環境基準の超過原因を明らかにすることを目的とした。

*Characteristics of sites exceeding environmental standards for coliform counts in public water bodies in Saitama Prefecture

**Keiji WATANABE, Miho MIYAZAKI, Kazuhiro IKEDA, Takashi KAKIMOTO, Iori MISHIMA, Natsumi UMEZAWA, Hitoshi TANAKA, Yuzuru KIMOCCHI (埼玉県環境科学国際センター) Center for Environmental Science in Saitama

表1 2013～2022年の大腸菌数（90%値）が環境基準値を超過した環境基準点及び補助点のデータ

測定機関	類型	基準値	河川	採水地点名	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
埼玉県	A	300	荒川	親鼻橋	95	210	220	220	37	830	240	5300	400	690
埼玉県	AA	20	荒川	中津川合流点前	45	20	34	66	80	110	110	56	53	56
狭山市	(A)	(300)	入間川	(富士見橋)	1800	420	280	1900	1600	580	190	420	1000	240
狭山市	(A)	(300)	入間川	(豊水橋)	2300	210	330	1400	1900	610	330	330	1400	870
埼玉県	A	300	入間川	給食センター前	180	150	320	140	260	280	230	700	240	100
埼玉県	A	300	越辺川	今川橋	210	600	380	230	900	2300	460	2100	1200	280
埼玉県	(A)	(300)	越辺川	(山吹橋)	220	320	310	170	250	700	430	400	660	430
埼玉県	(A)	(300)	都幾川	(川北橋)	250	110	290	1000	110	860	800	560	430	820
埼玉県	B	1000	槻川	兜川合流点前	240	170	450	370	170	1300	260	530	270	370
埼玉県	B	1000	槻川	大内沢川合流点前	67	220	270	580	92	1100	430	190	150	400
埼玉県	(A)	(300)	高麗川	(天神橋)	100	160	89	190	120	430	430	660	1300	260
埼玉県	B	1000	霞川	大和橋	510	460	380	180	220	1200	600	2700	2800	400
埼玉県	A	300	成木川	成木大橋	76	100	370	200	250	500	400	2100	560	320
埼玉県	B	1000	市野川	天神橋	430	420	900	1800	980	1900	1000	1200	530	480
埼玉県	AA	100	赤平川	赤平橋	60	53	340	280	110	800	860	530	600	500
埼玉県	A	300	横瀬川	原谷橋	400	190	240	640	110	730	630	350	700	580
埼玉県	B	1000	小山川	新明橋	330	460	1200	700	300	4300	730	2900	2100	1000
埼玉県	A	300	小山川	一の橋	250	470	410	960	240	4300	3600	7300	6600	1300
埼玉県	(A)	(300)	小山川	(新元田橋)	43	170	220	460	160	1000	400	390	500	270
埼玉県	B	1000	唐沢川	森下橋	340	870	1900	1000	390	3600	1100	3300	2400	1100
埼玉県	B	1000	元小山川	新泉橋	1000	3500	8900	20000	3000	56000	7000	7000	3600	1500
国土交通省	A	300	江戸川	流山橋										370
熊谷市	B	1000	福川	昭和橋										2800

※環境基準を超過した値は太文字に下線をつけグレーハイライトで表した。

※補助点はカッコで記載した。

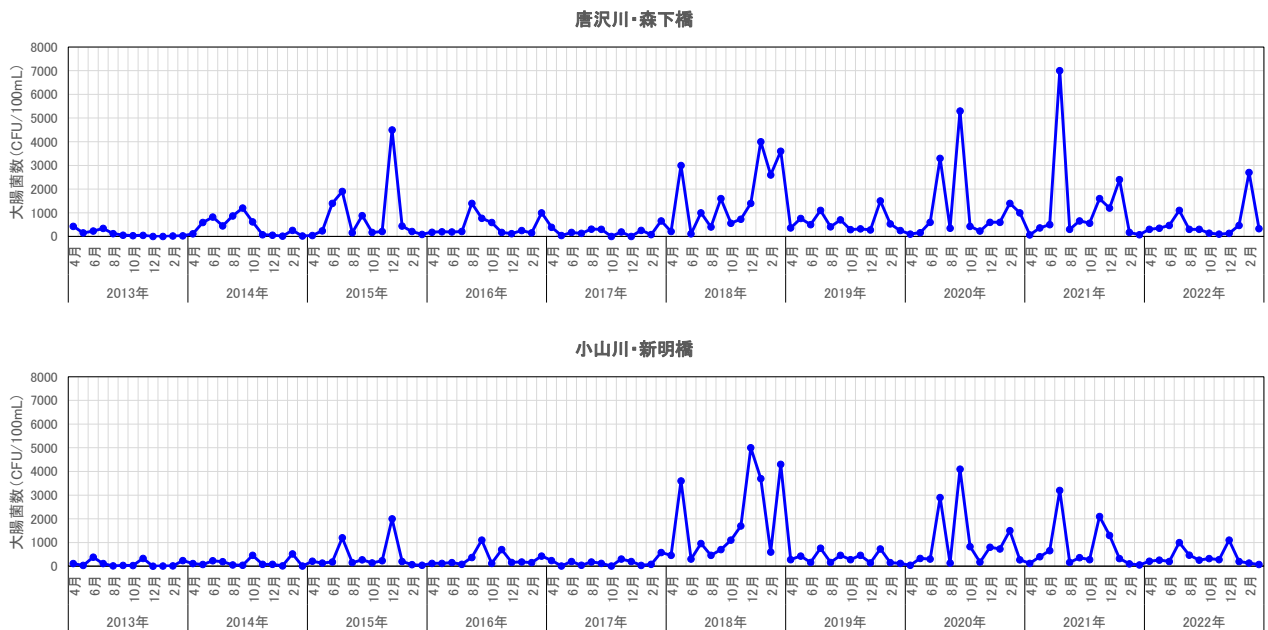


図1 小山川・新明橋とその上流の支川の唐沢川・森下橋の大腸菌数モニタリングデータ（B類型）

2. 方法

2.1 試料採取

調査は、2021～2023年度の3年間で行った。採水地点は、一回の調査で基準超過地点を含む上流もしくは支川を3～5地点程度選定した。採水は、これまでのモニタリングデータをグラフ化し、特定の月もしくは特定の期間に基準超過するような傾向を示す地点については、その

月もしくは期間内にあわせて採水を行った。また、基準超過地点の上流域の地点で（例えば支川の地点など）、図1に示したような基準超過地点と同様のトレンドパターンを示した地点については、その上流域地点のさらに上流の複数地点で採水を行った。試料は、河川の表層水を橋上からロープに繋いだバケツで採取するか、もしくは川岸から伸縮式のひしゃくで採取した。大腸菌数が環



図2 生活排水が主な流入源の水路



図3 採水時の高麗川の中着田

境基準値を超過していた場合は、2～3日以内に基準超過地点の上流域を4～5地点程度選定し、詳細調査による汚染源の特定を行った。試料は、超純水洗浄済みの500mL容量のポリプロピレン製広口容器（アズワン）に入れ、クーラーボックスで保冷し実験室に搬入後、速やかに分析に供した。

2.2 大腸菌数の測定

メンブレンフィルターは平均粒子保持径0.45μmの直径47mm格子入りセルロース混合エステルフィルターを用い（メルクミリポア製）、特定酵素基質寒天培地はクロモアガーECC（関東化学製）を用いた。測定方法については、環境省の資料¹⁾に従い行った。検水の希釈は、原液、10倍及び100倍希釈の系、もしくは100倍、1000倍及び10000倍希釈の系の2系列とし、各地点の大腸菌数に合わせ希釈倍率の系列を選択した。各試料につき、3回の繰り返し試験を行った（1試料につきn=9）。大腸菌に由来する青色コロニーの計測には、ライトボックス及び拡大鏡（3.5倍）を使用した。

2.3 特定負荷源の大腸菌数に関する調査

生活排水が河川の大腸菌数に及ぼす影響を調べるため（2021年11月25日採水）、熊谷市内の水路（主な流入源は単独処理浄化槽からの排水）の大腸菌数を測定した（図2）。

また、水浴の影響を調べるため、行楽シーズンである2022年8月15日に日高市の高麗川の中着田で、上流と下流地点で採水を行い大腸菌数の測定を行った。上流地点では、堰が設けられており水は停滞していた。採水時は、中着田の上流と下流の区間では大勢の行楽客が訪れて水浴に興じており、大変な賑わいを見せていた（図3）。

入浴の影響を調べるため、2022年3月8日に5人家族のお風呂の残り湯を採取し、大腸菌数を測定した。

2.4 大腸菌の生育可能温度範囲

大腸菌が河川環境中で生育することが可能であるかを調べるため、独立行政法人製品評価技術基盤機構（NITE）から、ヒト糞便由来大腸菌の*Escherichia coli* NBRC 3301株を入手した。この大腸菌株を、LBブロス（Lennox）培地（pH7.0）に植菌し、培養温度5、10、15、30、37、45及び50℃で培養し、大腸菌がどの温度範囲で生育可能か調べた。

3. 結果と考察

3.1 2013～2022年度までの大腸菌数のモニタリングデータから見た大腸菌数の変動傾向

モニタリングデータを並べて地点間の比較してみると、図1に示したように小山川・新明橋では、上流にある支川の唐沢川・森下橋と大腸菌数の変動パターンが類似しており、小山川・新明橋の大腸菌数は、上流支川の唐沢川の影響を強く受けていることが明らかとなった。

また、図4に示したように、荒川・親鼻橋及び小山川・新元田橋では、7月、9月及び時折10月に大腸菌数が高い値を示す年が多く見られた。一方、8月は大腸菌数が少なくなる傾向があり、調査を行ったがその原因は特定できなかった。

3.2 特定負荷源の大腸菌数

主な流入源が生活排水である熊谷市内の水路の水の大腸菌数を測定したところ、大腸菌数は7800CFU/100mLであった。この試料では、大腸菌が検出されたことから、浄化槽処理水に対して塩素剤が十分に添加されていないことが考えられ、浄化槽の維持管理が適切に行われていないと推察された。

次に、水浴が大腸菌数に及ぼす影響を調べるため、お盆休みの時期を狙い、大勢の行楽客が訪れ水浴を楽しんでいる高麗川の中着田の上流と下流で大腸菌数を測定した。その結果、上流地点が600CFU/100mLであっ

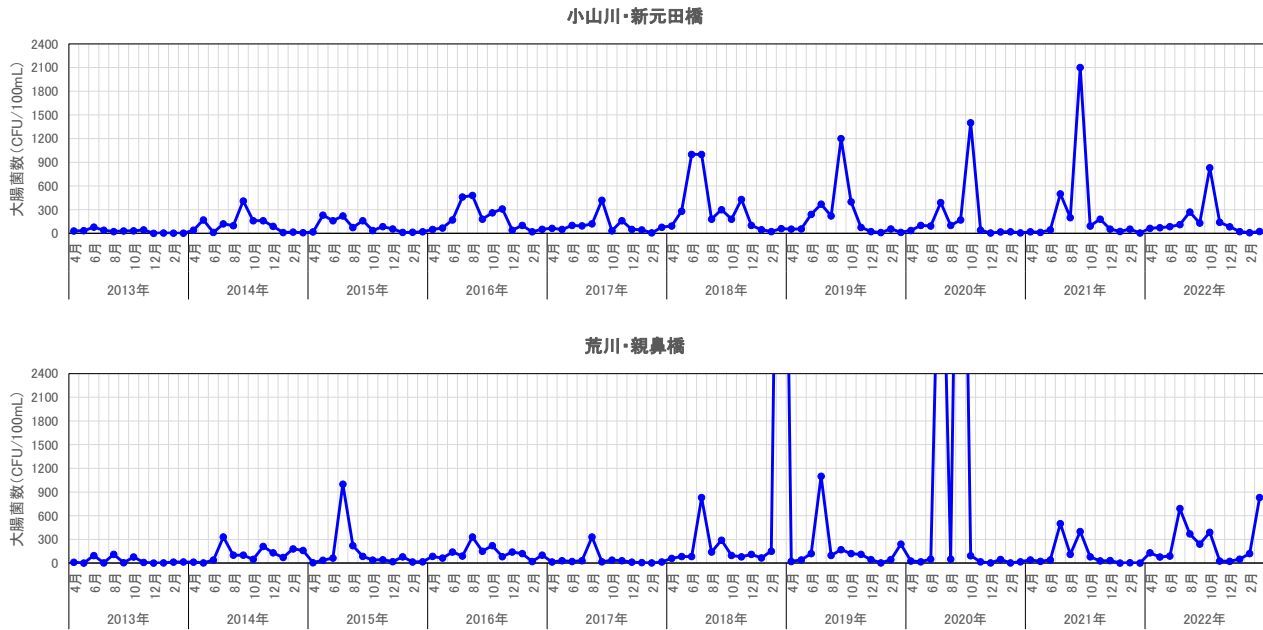


図4 小山川・新元田橋と荒川・親鼻橋の大腸菌数モニタリングデータ（A類型）

たのに対して、下流地点は152CFU/100mLであり、大勢の行楽客が入水し水浴しても、下流域の地点の大腸菌数の増加は認められず、水浴の影響は無かった。

なお、今回の調査とは別に、大勢の行楽客が集まり、一時的に大量の汚水が浄化槽に流入する場合、十分に処理されないことも考えられるため、河川に放流される排水の水質の影響を注視する必要がある。

また、入浴による排水が大腸菌数に及ぼす影響を調べるため、5人家族のお風呂の残り湯を採取し大腸菌数を調べた。その結果、大腸菌及び大腸菌群は全く検出されなかった。採水した家屋では、水道水を温めて浴槽に注水し利用しているため、水道水に含まれる塩素の影響により、大腸菌及び大腸菌群ともに不検出であったと考えられた。

3.3 大腸菌数が環境基準を超過している地点の詳細調査

これまでの大腸菌数のモニタリングデータより、環境基準値を超過していた地点の周辺（主に複数回環境基準非達成が認められた地点）、2021年度は83地点、2022年度は52地点及び2023年度は55地点の延べ190地点（一部重複調査点あり）について詳細な調査を行い、各地点の環境基準超過原因の解明を目指した。

図1に示されているとおり、小山川・新明橋（B類型）の大腸菌数は、上流支川の唐沢川・森下橋と同様の変動パターンを示すため、唐沢川の影響を強く受けていると推察された。そこで、唐沢川上流の詳細調査を行ったところ、大腸菌数が $1.5 \times 10^5 \sim 1.1 \times$

10^7 CFU/100mLを示す水路を発見した。この水路の水の排出元が汚染原因と考え、近隣の食品工場の排水を調べたが、大腸菌数は 1.4×10^4 CFU/100mLであり、下流地点の大腸菌数と比較すると1桁～2桁少なく、排出元の特定には至らなかった。

赤平川・赤平橋（AA類型[水道1級]）では、流域に民家が多かった。10km以上離れた上流の民家が数軒点在する程度の場所までさかのぼった地点で測定しても、大腸菌数は120CFU/100mLであり、環境基準を下回る値は示さなかった。モニタリングデータを見ても、年間の半分近くの月で大腸菌数が環境基準値を超えているため、流域に民家が存在し生活排水が流入しているような地点では、AA類型（水道1級）の基準を満たすことは現状では難しいという実態が見えた。

埼玉県内で最も厳しい環境基準が設定されている荒川・中津川合流点前（AA類型[自然環境保全]）は、直上に二瀬ダムがあり、ダムと採水地点の間には民家が点在している。2021～2023年度の3年間詳細調査を行ったが、ダム直下の大腸菌数が3～16CFU/100mLで基準値以下の水質であったのに対し、中津川合流点前では6～1900CFU/100mLであり、環境基準値を大きく上回った試料も見られた。モニタリングデータを見ても、年3～4回くらい大腸菌数が環境基準値を超過している年が多く見られ、赤平川・赤平橋（AA類型[水道1級]）と同様に民家からの生活排水の流入が影響していると推察した。

元小山川・新泉橋（B類型）は、主な水源を上流の御陣場川からの導水としている。導水元の御陣場川の大

腸菌数は1100～1300CFU/100mLを示し、環境基準値を既に超えた水質であったことから、環境基準達成のためには、導水元である御陣場川の水質改善が必須と考えられた。

入間川・富士見橋（A類型）は、入間川・豊水橋（A類型）の下流に位置しており、大腸菌数の変動パターンも豊水橋と同様なトレンドを示すため、調査は豊水橋のみで行った。入間川・豊水橋の上流支川である成木川・成木橋（A類型）の上流で詳細調査を行ったところ、成木橋の上流についても流域に民家が多く見られた。大腸菌数は260～1500CFU/100mLを示し、2年間の詳細調査を通じてA類型の環境基準値を下回ったのは、1試料しかなかった。また、支川の成木川と入間川の合流地点には浄化センターがあるが（下水道整備区域の約6割は分流式）、台風後の2022年8月18日の試料では、浄化センター下流で1800～8200CFU/100mLと大腸菌数が高い値を示していた（平水時の浄化センター放流口下流の大腸菌数は6CFU/100mL）。一般的に、台風などの水害時に、下水処理施設に流入する汚水量は急激に増加するため、一部の汚水を簡易処理で放流する場合がある。そのため、大雨時、下水処理施設からの放流水の影響を受ける河川の地点において監視する必要がある。しかしながら、入間川・豊水橋では、支川の成木川の10km以上離れた上流域においても、大腸菌数が環境基準を満たす水質ではなく、A類型指定が厳しい設定であると考えられた。

越辺川・今川橋（A類型）及びその上流の山吹橋（A類型）についても、流域に民家の多い地点であった。2021～2023年度に3回にわたり上流域の詳細調査を行ったが、およそ半数の試料でA類型の環境基準を満たしていなかった。しかしながら、特定負荷源の存在が疑われるほどの高い値を示した地点はなく、これらの地点についても生活排水の流入が主な基準超過原因であると推察された。

小山川・一の橋（A類型）及びその上流の新元田橋（A類型）については、地点間の距離はそれほど離れておらず、他のA類型の地点と同様に流域に民家が多かった。新元田橋の上流域について詳細調査を行ったところ、最上流の民家のない地点では大腸菌数が1 CFU/100mLであったのに対し、その直下の民家が点在するようになった地点では440CFU/100mLと環境基準を上回る値となった。以上の結果から、新元田橋の超過原因については、民家からの生活排水の流入であることを強く支持する結果が得られた。一の橋については、新元田橋と比較すると大腸菌数が1桁高く、またモニタリングデータの変動パターンも異なる傾向を示していたことから、汚染原因は新元田橋と別にあると推測さ

れたが、詳細調査を行っても汚染原因を特定することはできなかった。

入間川・給食センター前（A類型）、槻川・兜川合流点前（B類型）、槻川・大内沢川合流点前（B類型）、霞川・大和橋（B類型）及び市野川・天神橋（B類型）では、表1に示されているように、10年間のモニタリングで環境基準非達成の回数が1～3回と少なく、詳細調査を行った際にも、調査地点の大腸菌数が環境基準値を上回っていることがほとんどなかったため、超過原因の解明は困難であった。また、都幾川・川北橋（A類型）は、10年間で6回環境基準を超過しており、2021～2023年度に3回にわたり詳細調査を行ったが、いずれのタイミングで採水しても環境基準を超える値を示さなかったため、超過原因の解明には至らなかった。高麗川・天神橋（A類型）及び横瀬川・原谷橋（A類型）についても同様であった。

埼玉県内のB類型の河川における大腸菌数（90%値）とBOD（75%値）の関係を図5に示した（2013～2022年度のデータを使用して作図）。B類型の河川では、大腸菌数と有機汚濁の指標であるBODとの間に相関関係が見られた（ $R^2=0.42$ ）。以上の結果より、埼玉県内のB類型河川の大腸菌数は、BODの値からおおよそその数を推測することが可能であることが示された。AA類型及びA類型の河川では、BODの値は多くの試料で $0.5\sim 1\text{mg/L}$ の狭い範囲に集中しているが（埼玉県ではBODの定量下限は 0.5mg/L としている）、大腸菌数の値には幅が見られたため、B類型の河川ほどは高い相関関係が得られなかった（図は示していない）。

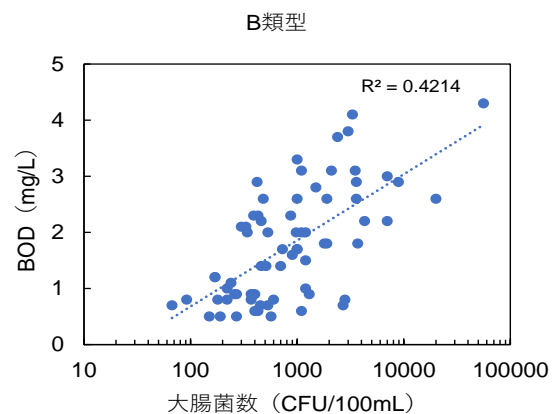


図5 埼玉県内河川（B類型）の大腸菌数とBODの関係

埼玉県内の公共用水域（河川）の大腸菌数は、AA類型及びA類型で環境基準超過の地点が多いという特徴がある（表1）。詳細調査の結果、そのほとんどの地点で上流域に著しく高い大腸菌数を示すような特定汚染源（事業場など）の存在は確認できず、公共下水道未接

続の地域で流域に民家が多く、築年数の古い家屋も見られるような地点が大部分を占めていた。そのような地点では、大腸菌数は概ね100～1000CFU/100mL前後の値を示すという傾向があった。一回の調査結果ではあるが、特定負荷源の大腸菌数に関する調査結果で述べたとおり、生活排水が主な流入源である水路の大腸菌数は7800CFU/100mLであった。河川に合流して1/10に希釈されると仮定した場合、値は780CFU/100mLとなり、前述のような地点の値に近い。この大腸菌数は、AA類型及びA類型の環境基準値を超過している値である。

埼玉県が公表しているデータ（2022年度）によると、浄化槽法第11条検査の単独処理浄化槽及び合併処理浄化槽の実施率は、秩父市（荒川・親鼻橋や中津川合流点前の流域）はそれぞれ6.0%及び64.4%，飯能市（成木川・成木大橋の流域）は4.3%及び70.1%，本庄市（小山川・新明橋、一の橋及び新元田橋の流域）は4.6%及び25.1%，越生町（越辺川・今川橋及び山吹橋の流域）は5.0%及び25.5%，ときがわ町（都幾川・川北橋の流域）は5.3%及び47.9%，横瀬町（横瀬川・原谷橋の流域）は13.0%及び70.9%，及び小鹿野町（赤平川・赤平川の流域）は4.4%及び75.8%であった。埼玉県では、単独処理浄化槽家屋の浄化槽法第11条検査の実施率が極めて低いという問題がある。また、単独処理浄化槽の放流水や生活雑排水中の大腸菌数は、合併処理浄化槽の放流水よりも多いという報告もある²⁾。

以上のことから、埼玉県内のAA類型及びA類型地点の大腸菌数の環境基準を達成するための対策の一つとして、浄化槽の保守点検、清掃及び法定検査の実施を推進し、処理水に対して適切に塩素剤の添加が行われるように管理を徹底するなど、生活排水処理が重要であると考えられた。

3.4 大腸菌の生育可能温度範囲

大腸菌株は、15～45℃で良好な生育、10℃で生育可能、5℃でわずかに生育すること及び50℃で生育できないことが明らかとなった。埼玉県内の河川環境にあてはめてみると、冬季を除く春季～秋季の水温環境で良好に生育が可能であると推測された。しかし、大腸菌の生育に必要な栄養源が河川水中に十分含まれているかは不明である。

4. まとめ

埼玉県内の公共用水域（河川）で、大腸菌数が環境基準を超過する地点について、その原因を調べた。本調査から得られた要点を以下にまとめる。

- ・埼玉県内の公共用水域（河川）では、特定負荷源（事業場など）の存在が疑われるような著しく高い

大腸菌数を示すような地点はほとんどなかった。

- ・埼玉県内のAA類型及びA類型の環境基準超過の主要な原因の一つとして、浄化槽の維持管理の不備に起因する、塩素剤の添加が不十分な生活排水の、河川への流入が疑われる。
 - ・埼玉県内の公共用水域（河川）の大腸菌数の環境基準超過対策として、浄化槽の保守点検、清掃及び法定検査の実施を徹底することによる塩素剤添加の適切な管理が求められる。
 - ・図1の小山川・新元田橋のように、年々大腸菌数が増加しているような傾向を示す地点がいくつか見られた。しかし、今のところ原因は不明であり、今後も注視してモニタリングを継続する必要がある。
 - ・大腸菌数の環境基準超過原因を調べるための調査では、採水時に環境基準を超過している試料を採取できるかが重要なポイントである。
- その他、調査を行う際に参考になるとと思われる情報を以下に記載する。

- ・環境基準を超過している試料を採取するためには、モニタリングデータから大腸菌数の変動パターンをあらかじめ把握し、超過時期を狙って採水することが重要である。
- ・測定した試料が環境基準を超過していた場合には、速やかにその上流域の詳細調査が行えるよう（2～3日以内）、予定を確保しておく必要がある。
- ・採水後、分析室に戻り一人で測定準備をする場合を想定すると（1試料につきn=9[希釈倍率3系列で繰返し数3連の場合]）、4～5試料が無理なく作業を進められる試料数である。

最後に、本調査では大腸菌数の環境基準超過地点の原因究明を目指したが、ここで取扱った大腸菌そのものは、一部の0157などの病原性大腸菌（腸管出血性大腸菌）を除き、人畜無害である。大腸菌は、恒温動物の消化管に生息し糞便中に多量に存在することから、糞便汚染由来で水を介して人間に感染する恐れのある病原微生物（クリプトスポリジウム、ジアルジア、赤痢菌、サルモネラ属細菌及びカンピロバクター属細菌など）のリスク管理のために、衛生指標菌として公共用水域の水質監視の中で測定を行っているという点を強調したい。

5. 引用文献

- 1) 環境庁告示59号：水質汚濁に係る水質環境基準の見直しについて（概要）
- 2) 一般社団法人埼玉県環境検査研究協会：平成29年度単独処理浄化槽環境影響実態調査業務報告書