JWSA NEWS vol.3

地域の暮らしと健康を守る

Contents

Page 2 地域の暮らしと健康を守る下水サーベイランス

的場　俊英
一般社団法人日本下水サーベイランス協会（JWWSA）副会長

Page 3 【第 3 回講演会】ポストコロナ社会における下水サーベイランスの活用と全国展開に向けて

北島　正章
一般社団法人日本下水サーベイランス協会（JWWSA）理事
東京大学 水環境工学研究センター 特任教授

Page 13 月刊下水道の投稿「特集 2050 年に向けて大胆予測」
下水サーベイランスの未来予想図

一般社団法人日本下水サーベイランス協会（JWWSA）
北島　正章、 小林　博幸、 岩本　遼、 谷戸　善彦

JWWSA

Page 19 月刊下水道の投稿「特集 2050 年に向けて大胆予測」
「下水道 3.0」を軸とした 2050 年に向けた下水道インフラの課題と展望

金沢大学 地球社会基盤学系 教授
一般社団法人日本下水サーベイランス協会 理事、博士（工学）
本 多　了

Page 22 2025 年 1 月 7 日 技術委員会主催 下水サーベイランス最新技術勉強会要旨

株式会社 AdvanSentinel　岩本　遼
東京大学 水環境工学研究センター 特任教授　北島　正章
金沢大学 地球社会基盤学系 教授　本多　了

Page 25 日本下水サーベイランス協会活動年表

Page 27 情報発信：全国自治体の動向、骨太の方針 2024、新型インフルエンザ等対策政府行動計画

Page 30 全国下水サーベイランス推進協議会（CPWS）活動年表

Page 31 協会概要

地域の暮らしと健康を守る下水サーベイランス

的場　俊英

一般社団法人日本下水サーベイランス協会（JWWSA）副会長

新型コロナウイルスのパンデミックが始まった 2020 年から早くも 5 年が経過しました。当協会はその 2 年後の 2022 年 5 月に設立され、政府への提言、技術情報の発信、コンサルティングなど、日本で下水サーベイランスを実装するために様々な活動を展開して参りました。

日本ではパンデミックの初期において、海外諸国と比較して感染拡大が抑制できていたため下水中のウイルス濃度が低く、従来の方法では検出することができませんでした。その結果、研究者の方々による技術革新が進み、世界一と言って過言ではないウイルス検出技術が生み出されました。一方、社会実装の面で言うと欧米豪、シンガポールなどの先進国では既に「有って当たり前」のインフラとなっているのに比べて、日本は未だにごく一部で実施されているに過ぎず、大きく後れをとっています。技術が「宝の持ち腐れ状態」になっているのは残念な話だと強く思います。

次なるパンデミックはいつ起こるでしょうか？それは誰にも分かりません。数 10 年後かもしれませんし、明日かもしれません。しかし、歴史を振り返っても、それは必ずやってきます。現に今季、鳥インフルエンザは猛威を振るっており、米国では鳥から牛へ、牛からヒトへ感染し 1 名死亡、カンボジアでも死亡者が出ました。これがヒトからヒトへの感染が始まればたちまちパンデミックです。そうなってからでは遅いのです。

日本でも昨年 8 月、概算要求、ガイドラインなどに「下水サーベイランス」という文言が記載され、機運は盛り上がって来ています。この機を逃してはいけないと思います。

その様に盛り上がりを見せた昨年 8 月、当協会は東京で開催された下水道展に合わせて、第 3 回講演会を開催いたしました。「ポストコロナ社会における下水サーベイランスの活用と全国展開に向けて」と題した同会は、約 100 人の方々にご来場いただき、活発な議論を交わすことができました。大勢の方々の、私共の活動へのご期待を感じることができて、思いを強くさせていただいております。

本広報誌は、当協会の活動状況をお伝えすることを主目的として発刊いたしました。当会の活動内容、下水サーベイランスの最新情報をお伝えできることを嬉しく思います。4 月には、いよいよ国立健康危機管理研究機構（Japan Institute for Health Security：JIHS）が設立されます。今が日本の下水サーベイランスを社会実装する好機です。皆様のご支援とご協力をよろしくお願いいたします。

一般社団法人日本下水サーベイランス協会（JWWSA）第 4 回講演会

関西・大阪圏からの下水サーベイランス社会実装に向けての発信（仮）

- 下水道展 '25 大阪併催企画 -

開催地：インテックス大阪国際会議場
＜住所＞〒 559-0034 大阪府大阪市住之江区南港北 1-5-102
＜アクセス＞コスモスクエア、トレードセンター前、中ふ頭の各駅から徒歩
開催日：2025 年 7 月 30 日（水）13 時～ 17 時

【第３回講演会】

ポストコロナ社会における下水サーベイランスの活用と全国展開に向けて

北島　正章

一般社団法人日本下水サーベイランス協会（JWWSA）理事
東京大学　水環境工学研究センター　特任教授

東京大学の北島です。まず下水サーベイランスの有用性について、本講演会にご参加の皆様はご存じかと思いますが改めてお話しいたします。

1. 下水サーベイランスの有用性

下水サーベイランスというのは、患者検体に依存しない感染症サーベイランスです。医学・公衆衛生の分野では、感染症サーベイランスまたは疾患サーベイランスという名前で、発生動向調査のことを指す用語として「サーベイランス」が使われております。

下水サーベイランスとは下水を使って病原体の発生動向を監視（サーベイランス）するというものでございます。これは、患者検体に依存しないため様々なメリットがございます（図１）。

ひとつは、下水処理場には様々な建物から出た下水が集まります。その中には感染者から排出されたウイルスが含まれているので、１つの検体の中に、時には数十万人分の病原体情報が含まれます。ですので、１つの検体を調べるだけで効率よく集団レベルの感染状況を把握することができます。

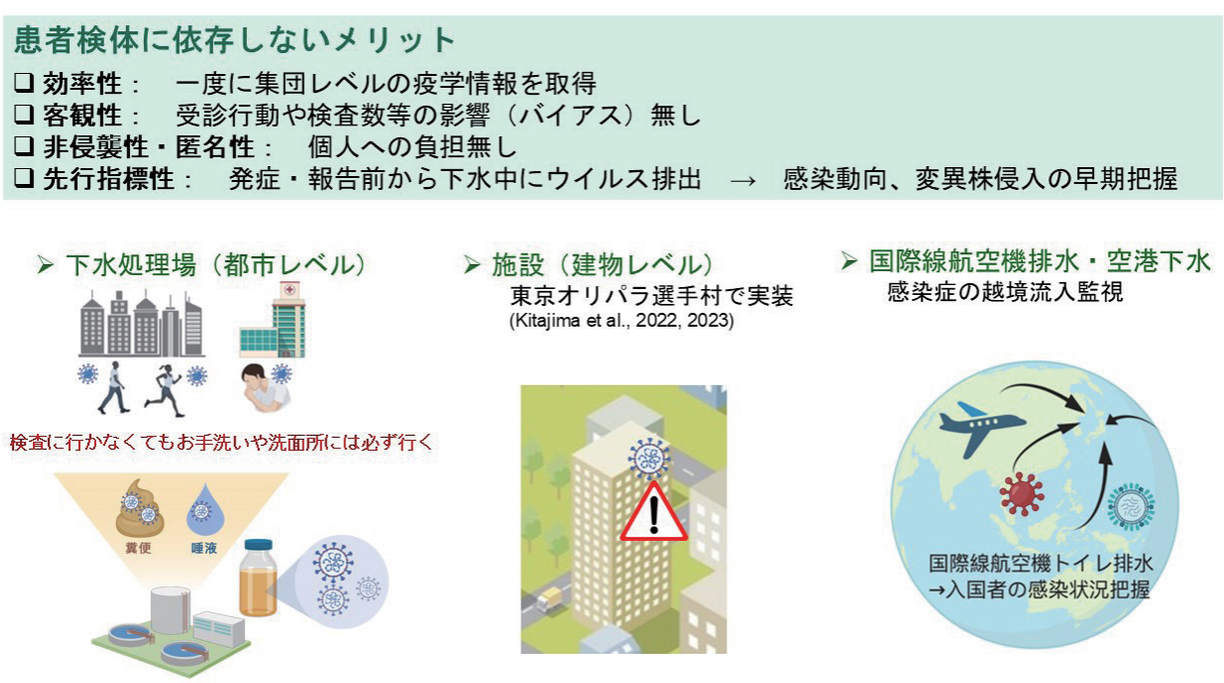


図１　下水サーベイランスの有用性と適用先

それから、客観性です。下水中には、検査に行かない人や検査を受けられない人のウイルスが含まれます。受診行動や検査数（臨床検査のバイアス）の影響を受けないという客観性があります。

もうひとつが非侵襲性・匿名性となります。検査を受ける人への負担が全くなく、侵襲性のない疫学調査となります。また、個人情報に踏み込まずに匿名性を保ったまま地域の感染流行動向を把握することができます。

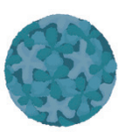
最後に先行指標性というものがあげられます。感染者は症状が出る前に下水中にウイルスの排出を開始することから、下水中にはウイルスの感染拡大の兆候が早めに現れます。新型コロナウイルス感染者の全数把握調査と比べ、下水中のウイルス濃度の動向のほうが５日から１週間程度早いというようなデータも出ています。このようなことで、感染動向とか変異株の侵入を下水サーベイランスによって早期に把握できることに期待が持たれており、実際に先ほど申し上げたような実証データも出ています。

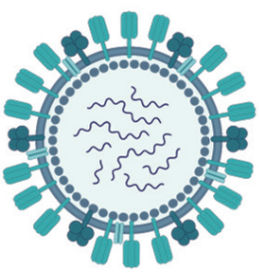
そして、この下水サーベイランスですが、よく知られているのは下水処理場で適用することによって都市レベルの感染動向を把握するということです。

これは施設レベルでも適用することができまして、病院、老健施設等でも活用できます。施設レベルでの下水サーベイランスの適用事例としまして、2021 年の東京オリパラ選手村での実装、選手村での感染動向の把握、クラスターの防止に貢献した事例がございます。

より最近になって注目されているのが航空機での排水や空港での検査です。我が国にどのような感染症が流入しているかといった感染症の越境流入を監視することができます。また、海外からは感染症の越境流入を空港での下水サーベイランスによって早期に把握できるというようなデータも出てきているところです。

このように、下水サーベイランスには様々な利点があります。コロナを教訓に、より重層的な感染症のサーベイランスを実施していくべきだというようなことが様々なところで言われております。サーベイランスも、死亡者、重症者、入院患者、陽性報告者、様々なレイヤーでの集計があり得ます。下水サーベイランスで確認できる感染者というのは検査で陽性にならない人も含めて、症状が出ない人や症状が出ても検査を受けない、受けられないような人も含めて幅広く確認できるというようなメリットがございます。





このように下水サーベイランスは、既存の感染症サーベイランスとはまた別の角度から感染症を把握するという、このデータにより政策決定の判断材料ですとか、根拠データが増えるということで個人検査とは別の観点からの感染動向指標として期待が持たれていて、国内外で既に活用が進んでいるところでございます。

そのような中で、実際にどのようなデータが得られているかということで、私の研究成果の中から、札幌市の例をお示しします（図 2）。

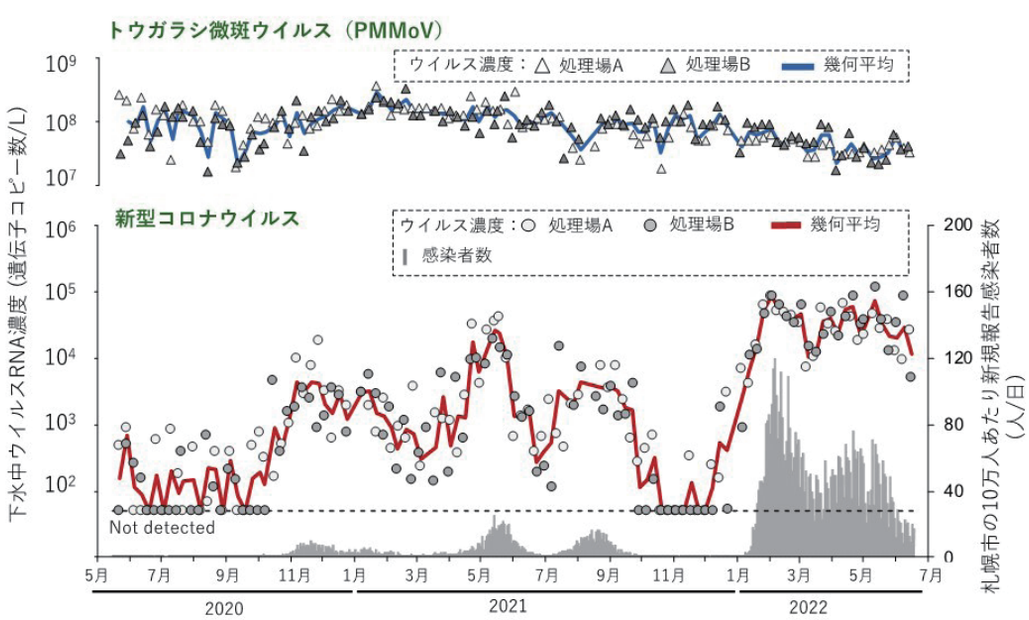
札幌市における全数把握時、2020 年から 2022 年の 2 年強にわたって取ったデータでございます。図の上の段に示しているのは、トウガラシ微斑ウイルスという、人の疾病とは関係なく唐辛子などに含まれるウイルスで、糞便中にはかなり高濃度で含まれるので、糞便負荷量の指標として広く使われています。また、分析上のインターナルコントロール（内部標準）として使うこともできます。このウイルスは、感染状況によらず年間を通して非常に安定して高濃度で検出されていることが分かります。

下段に示しているのが新型コロナウイルスのデータでございます。赤線が札幌市内の 2 ヶ所の下水処理場から得られた下水中のウイルス濃度を対数スケールで示したもので、グレーのバーで示しているのが札幌市の全数報告時の 1 日当たりの報告感染者数です。これを見ていただくと、感染者数の動向と下水中のウイルスの動向というのは非常によく合致しているということがおわかりいただけるかと思います。言い換えますと、感染者数の動向と下水中のウイルス濃度というのはパラレルに動いているということです。

後ほど、最近のデータではこれがパラレルに動かなくなってきている、というお話をします。これが非常に重要なポイントだと思います。全数報告の際、かなり多くの人が検査を受け、検査体制もしっかりしていた時はパラレルに動いておりました。ということは、下水中のウイルス濃度を測ると、地域の感染流行動向を精度よく把握することができることがおわかりいただけるかと思います。

2. ポストコロナ社会における下水サーベイランスの活用

ポストコロナ社会での下水サーベイランスの活用のお話をさせていただきます。ポストコロナ社会では、コロナだけではなく様々な感染症への適用が現在議論されていて、



Ando H, Murakami M, Ahmed W, Iwamoto R, Okabe S, Kitajima M*. Wastewater-based prediction of COVID-19 cases using a highly sensitive SARS-CoV-2 RNA detection method combined with mathematical modeling. *Environment International*, 173, 107743, 2023.

図 2　水中ウイルス濃度の動向は感染者数と合致（全数把握時）：札幌市の例

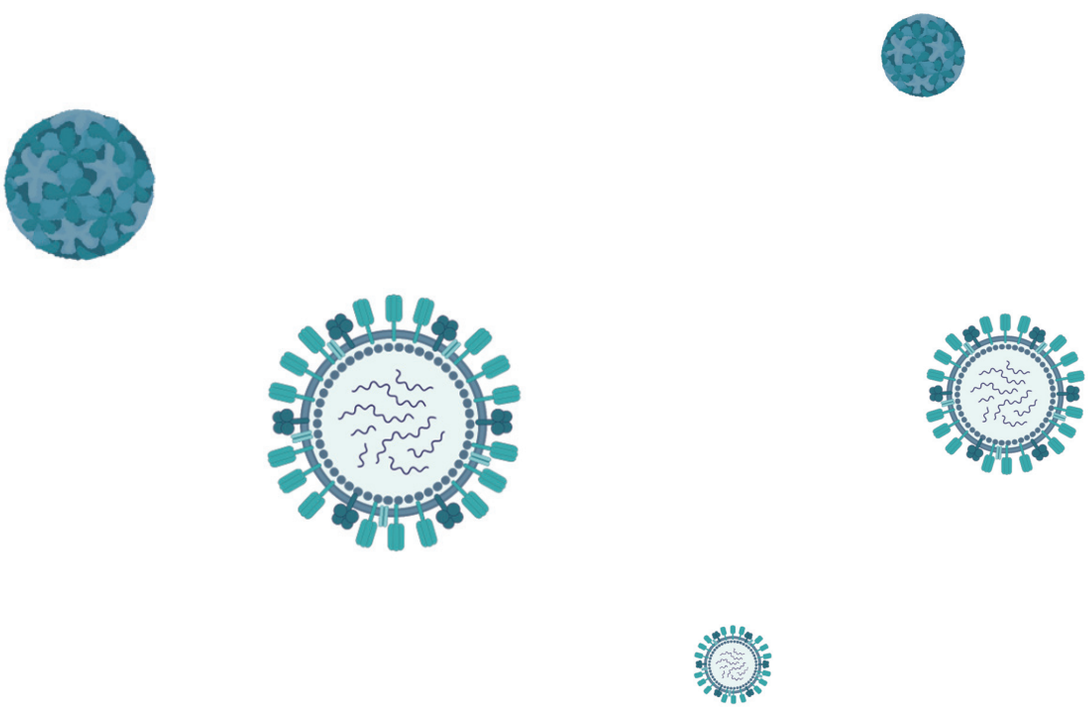
技術実証も進んでいるところでございます。例えば、季節性インフルエンザや鳥インフルエンザ、RS ウイルス、エムポックス（サル痘）、それから熱帯感染症（例えばデング、ジカウイルス、マラリアなど）です。これは地球温暖化（沸騰化）の影響で感染症を媒介する蚊の生息域の北限がより北に進んできているというのも背景としてあります。

このような中で、どの感染症を下水サーベイランスの検出対象とすべきかというのは、優先順位としては公衆衛生上の重要性、それぞれの地域によってどのような感染症が今、リスクが高いかということです。それと医療分野からのニーズというのが非常に重要になってくるかと思います。

もうひとつ、現在社会的に非常に重要になってきているのが薬剤耐性の問題でございますが、下水サーベイランスは薬剤耐性菌にも適用できるということが既に実証されてきているところです。

それと現在は、平時に向かってきているところですけれども、やはり平時で下水サーベイランスを活用しながら有事に備えていくというところもポストコロナ社会では非常に重要になってくると思います。つまり、平時では検査インフラとして常時稼働させておいて、エンデミック（一定の周期で繰り返される流行）を起こすような感染症に対しても活用していくということになります。現在コロナもエンデミックに移行してきていると言われていますが、自治体様ではコロナに加えて季節性インフルエンザやノロウイルスなどについて既に活用されているというところがございます。

このように平時で検査インフラとして稼働させていく中で、パンデミック（世界的な流行）が発生した際に、迅速に発動できるという体制を作っていくことが必要だと思います。言い換えますと、平時からこのような検査インフラを稼働していなければ、有事の際に迅速な対応ができませんので、やはり平時のときから有事を見据えた社会実装が非常に重要になってくると思います。有事が起こってから新しく下水処理場を選定し下水の採水を開始するとなると、ロジスティック的にもかなり難しいというところがあります。一方で平時から稼働することで、普段下水試料を取っている下水処理場でのサンプリング頻度を増やすとか、検出対象にパンデミックを起こしている病原体を加えるということで、比較的容易に対応が可能かと思います。



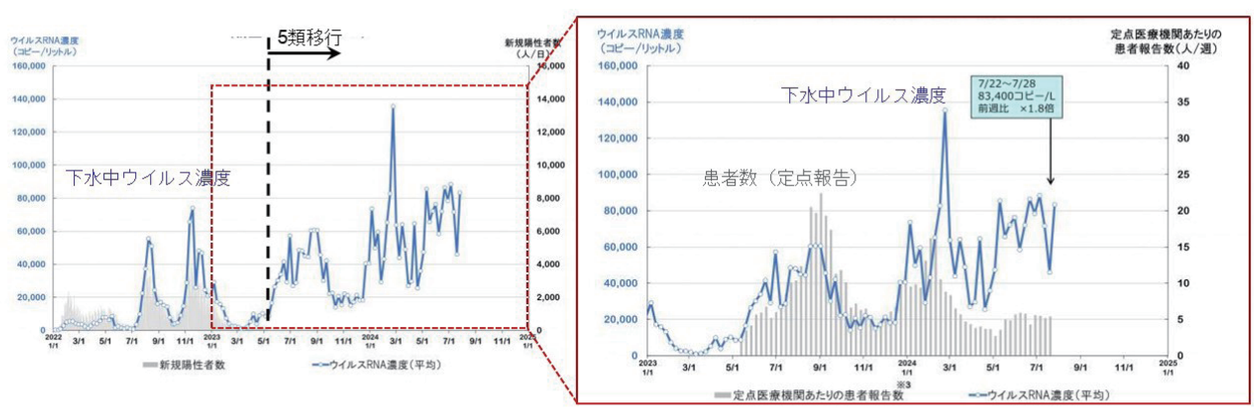
このような中で、平時のもう一つの活用としまして、下水バンクというのも非常に重要と考えています。これは過去にさかのぼって公衆衛生上どのような変化が起こったかということを解明することができるものでして、網羅的公衆衛生情報手段として活用が期待されております。後ほど紹介させていただきますけれども、当方ではその実証データも得ているところです。

現在ポストコロナと言われており、この講演タイトルにも「ポストコロナ」をつけていますけれども、まだコロナは終わっていません。現在いわゆる第 11 波が起こっており、全国的に感染者報告が増えてきているという中で、2023 年 5 月より定点把握に感染者の報告が移行しましたので、市中の感染流行動向がリアルタイムでは分かりづらくなってきているということと、報告されている感染者数も実は本当の感染者よりも下振れしているのではないかということも分かってきています。そのデータをお示ししたいと思います。

こちらに札幌市のウェブサイトより拝借したデータを示しています（図 3）。

札幌市では毎週下水サーベイランスのデータを更新されておりますけれども、こちらは 2024 年 7 月 30 日のデータです。横軸が時間、縦軸の青い線が下水中のウイルス濃度です。約 1 年前に新型コロナが 5 類に移行しましたが、こちらに 2023 年 1 月以降のデータを拡大します。こちらも札幌市のウェブサイトに公開されている図です。グレーのバーで 5 類移行後の定点報告数が示されています。このグレーの定点報告数のバーと青いラインの下水中のウイルス濃度を見ると、最近のデータでは、下水中のウイルス濃度に対して定点報告のバーが下振れしてきているということがお分かりいただけるかと思います。これは、やはり 5 類移行となり、感染していても検査を受けないというような方が増えてきていることをうかがわせるようなデータでございます。これには検査費用の自己負担化ですとか社会全体のコロナに対する関心の低下なども考えられるかと思います。

このデータが裏付けるように、下水疫学調査の大きな利



下水疫学調査の大きな利点は、客観的かつ連続的なデータを提供できること
➢ 特に最近は、感染者の定点報告数が下振れ

札幌市「下水サーベイランス」ウェブサイト（https://www.city.sapporo.jp/gesui/surveillance.html）

図 3　札幌市の下水サーベイランスデータ（2024 年 7 月 30 日）

点というのは、客観的かつ連続的なデータを提供できることです。感染者の集計の方法は変わっていますけれども、下水中のウイルス濃度の測定法とは全く変わっておりません。下水からは連続的に同じデータをずっと取り続けることができますので、このようなことが公衆衛生上非常に重要なサーベイランスのデータになると考えています。

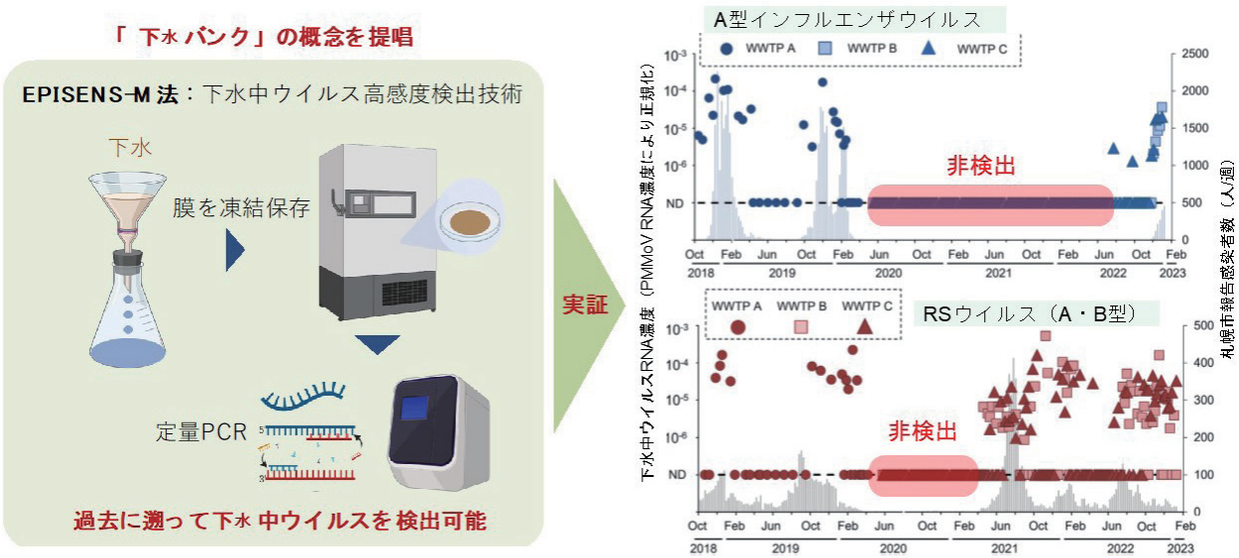
先ほど申し上げました、下水試料を定期的に保存し、遡及的な調査を可能にする「下水バンク」について紹介させていただきます（図 4）。

コロナに加えて様々なウイルスについて、下水疫学調査（下水サーベイランス）が適用可能ということは分かってきておりまして、私どものグループでは A 型インフルエンザウイルスや RS ウイルス、その他の呼吸器感染症ウイルスについて下水サーベイランスを適用してきています。

こちらに示しているのは下水バンクの一例で、私どもが札幌市から試料提供をいただきまして、コロナ前の 2018 年から下水処理場で流入下水を取って研究室の冷凍庫に保管しています。これを遡って過去のサンプルを調べます。

コロナのパンデミックを経て、下水中ウイルスの高感度検出法を開発することができましたので、これまで下水から検出が難しかったインフルエンザウイルスや RS ウイルスも検出することができるようになってきています。これを見ますと、コロナ前の 2018 年から 20 19 年はバーで示している感染者が増えると同時に、下水中のウイルス濃度も増えてきていることが分かります。一方でコロナ開始後の 2020 年以降、A 型インフルエンザウイルスについては 2 年間、RS ウイルスについては 1 年間にわたって下水から全く検出されませんでした。この期間中、市中で感染者は報告されていませんが、下水中からも検出されなかったということは、やはりこれらのウイルスは新型コロナウイルスへの感染対策の副次的効果として流行が低減されたと考えられます（図 5）。

同じサンプルについて、下痢症などのウイルス性胃腸炎を引き起こすノロウイルス G II、サポウイルス、A 群ロタウイルス、アイチウイルスについても調べました。そうすると、ノロウイルス G II、サポウイルス、A 群ロタウイル



Ando H, Ahmed W, Iwamoto R, Ando Y, Okabe S, Kitajima M*. Impact of the COVID-19 pandemic on the prevalence of influenza A and respiratory syncytial viruses elucidated by wastewater-based epidemiology, *Science of the Total Environment*, 880, 162694, 2023.

図 4　網羅的公衆衛生情報保管手段としての「下水バンク」

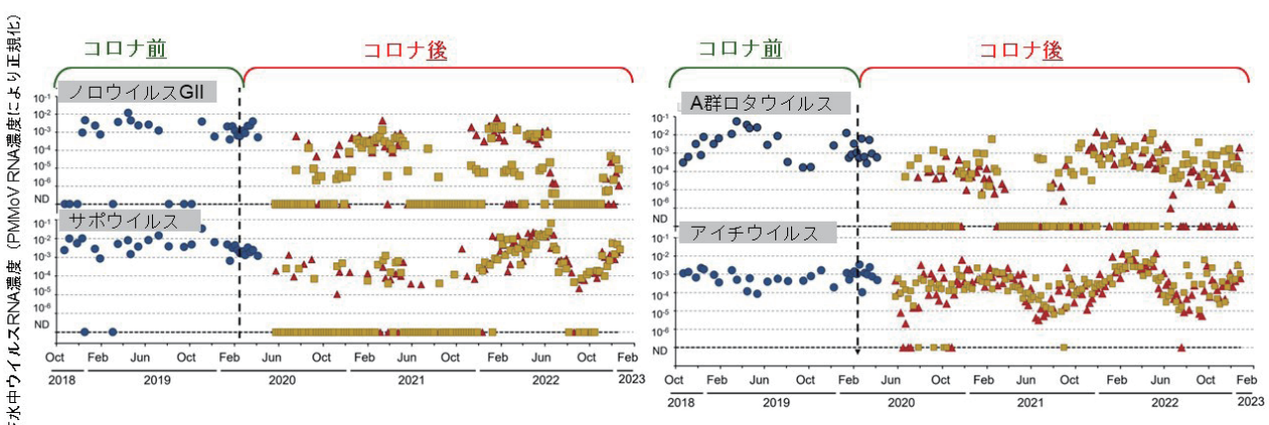
スというのは、パンデミック中に少し濃度が下がるような傾向が見られましたけれども、アイチウイルスはパンデミックの影響をほとんど受けていませんでした。

先ほどの呼吸器ウイルス（A 型インフルエンザウイルス、RS ウイルス）のデータと見比べると、パンデミックの影響の受け方がかなり緩いというのがお分かりいただけるかと思います。このように横に並べると非常にクリアなんですけど、左側は先ほどの呼吸器系ウイルス、右側が胃腸炎ウイルスです。胃腸炎ウイルスは呼吸器ウイルスについてコロナパンデミックの影響をあまり受けていないように見えます。

これがどうしてかというのを考察しますと、呼吸器ウイルスはエンベロープを持っています。コロナもインフルも RS ウイルスも全てエンベロープウイルスで、アルコール消毒が有効です。私どももアルコール消毒を励行しているわけですけれども、このアルコール消毒の効果はノンエンベロープウイルスである胃腸炎ウイルスについては非常に限定的というのがひとつの理由としてあろうかと思います。もうひとつの理由としては、呼吸器ウイルスは呼吸器の経路ですので、コロナ対策（マスクや換気など）が有効だと考えられます。一方で、胃腸炎ウイルスは糞口経路（水とか食べ物を介した経路）により感染しますので、前述のコロナ対策の効果は限定的だと考えられます。このようなことから、呼吸器ウイルスと胃腸炎ウイルスでコロナの影響の受け方が変わったと考えられます。例えばこのようなことが下水バンクによって分かってくるということで、ポストコロナ社会では公衆衛生情報のアーカイブとして活用できると考えています。

もうひとつ、これも下水バンクを活用した成果ですが、呼吸器系ウイルスについて、平時でどのような下水サーベイランスデータの活用ができるかという一例です（図 6）。

こちらに上段に示している 3 つのグラフは、新型コロナ、A 型インフル、RS ウイルスの 3 種類の呼吸器感染症ウイルスでございます。これらは現在 5 類に分類される感染症の原因ウイルスですが、それぞれ定点報告のデータをバーで示し、下水中のウイルス濃度を重ねたグラフとな



❑ ノロウイルスGII, サポウイルス, A群ロタウイルス: パンデミック中に濃度低減
❑ アイチウイルス: パンデミックの影響をほとんど受けず

Ando H, Ahmed W, Okabe S, Kitajima M*. Tracking the effects of the COVID-19 pandemic on viral gastroenteritis through wastewater-based retrospective analyses, *Science of the Total Environment*, 905:166557, 2023.

図 5　ウイルス性胃腸炎にＣＯＶＩＤ-19 流行が与えた影響

ります。いずれのウイルスも、下水中のウイルス濃度と定点報告の動向が合致していることが分かります。

また、ヒトメタニューモウイルスというウイルスがあり、これも呼吸器系ウイルスで前述の 3 つのウイルスと同じような症状を引き起こすのですが、5 類感染症に入っていませんので定点報告のデータが上がってこないウイルスです。これらのウイルスを調べたところ、札幌市の下水処理場から取ったデータですけれども、非常に面白い現象が見られました。

2023 年の 1 月から 10 月のデータですけれどもコロナ以外の A 型インフル、RS ウイルス、ヒトメタニューモウイルスの下水中のウイルス濃度を重ね合わせたグラフが右下の図です。これを見てみますと、2023 年の秋口（8 月から 9 月にかけて）に RS ウイルスと A 型インフルエンザウイルス濃度の下水中濃度は非常に低かったのに対して、これを見計らったようにヒトメタニューモウイルスの濃度が上がってきたという現象が見られました。

これはウイルスの干渉等もあろうかと思いますが、こういうデータを臨床現場にフィードバックできれば、検査前の確率がある程度わかりますので、どのようなウイルスが地域で流行っているのかというようなデータを 5 類に分類されていないウイルスについても提供できることになります。これは臨床においても非常に有用な情報になるだろうと考えています。すなわち、こういうデータを提供できれば、検査効率または医療の効率化等に繋がると考えています。

このような研究対象の拡張が海外でも進んでおりまして、海外では実際に実装レベルで下水サーベイランスの対象病原体の拡張が進んでいます。例えばアメリカの CDC が主導している全国レベルの下水サーベイランス（NWSS）では新型コロナに加えて、インフルエンザ A 型 B 型、RS ウイルス、エムポックスが調べられておりますし、カリフォルニアで行われている WastewaterSCAN というプロジェクトでは、実装レベルで既にダッシュボードで公開されており、ここにリストしているような多数のウイルスが既に調べられているという状況です。ウイルスに加えてカンジ

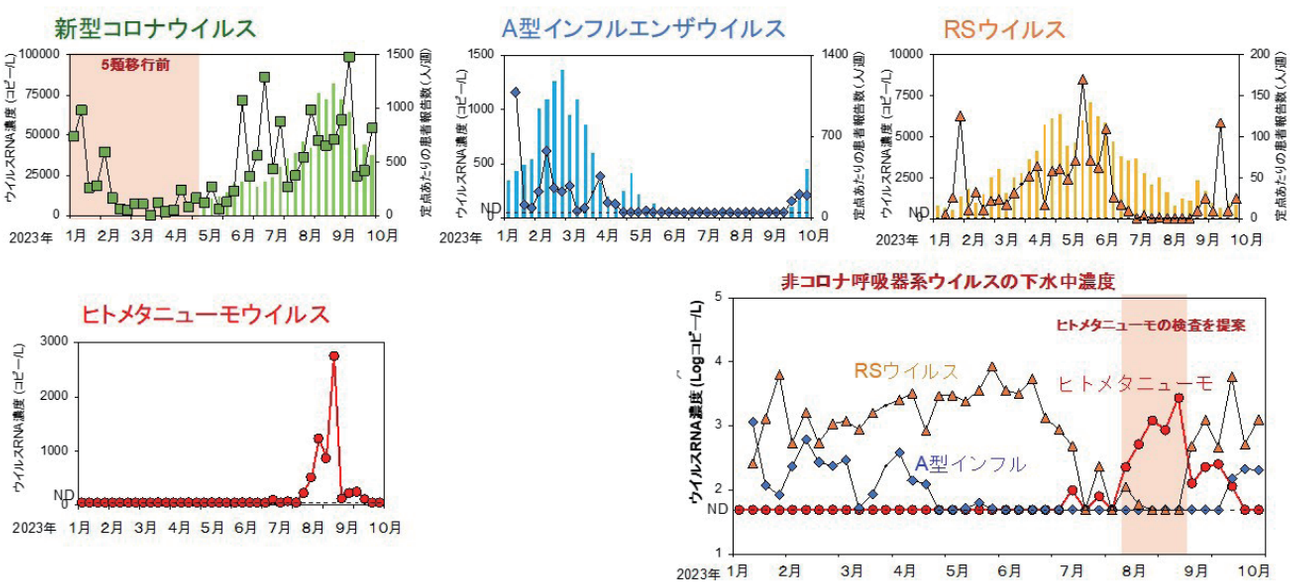


図 6　平時における下水疫学データの臨床検査へのフィードバック

タなども調べられています。

鳥インフルエンザについても下水からの検出が可能そうだというデータも出てきています（図 7）。

アメリカでは先ほどもお話があったように鶏から牛に感染し、牛から人に感染したという疑い事例も報告されてきている中で、下水サーベイランスで鳥インフルエンザが検出できないかということで、研究も進められています。実際に、アメリカの流入下水から H5 遺伝子（鳥インフルエンザが持っている遺伝子の一部）が検出されたということも報告されています。

3. 全国展開に向けて

現在は、様々なウイルスへの下水サーベイランスの適用可能性が示されてきているという状況にあります。そこから全国展開に向けてということですけれども、最近全国レベルでの動きがあります。ひとつは東京都医師会から全国展開に関する意見が出されたということがございます。

2024 年 3 月の東京都医師会の定例記者会見で先ほどお見せしたようなデータ、すなわち下水サーベイランスと定点報告が乖離してきているというような文脈の中で、やはり下水サーベイランスを全国的に展開すべきだというような意見を出していただいております。2024 年 7 月 16 日の尾﨑会長の記者会見の中でも、札幌市の下水サーベイランスのデータに言及されており、医療関係者の中でもこの下水サーベイランスのデータが常時注視されているということをうかがわせるようなコメントをいただいております。

このような形で、参考情報として医療関係の方々にも活用いただけると思っています。新型インフルエンザ等対策政府行動計画の中にも下水サーベイランスが書き込まれています。

これらは、非常に大きな動きだと思います。特に重要な点と私が思いますのは、平時に行う感染症サーベイランスに加えて有事の感染症サーベイランスでも、下水サーベイランスをサーベイランスのひとつとして活用するというところが書き込まれているというところでございます。

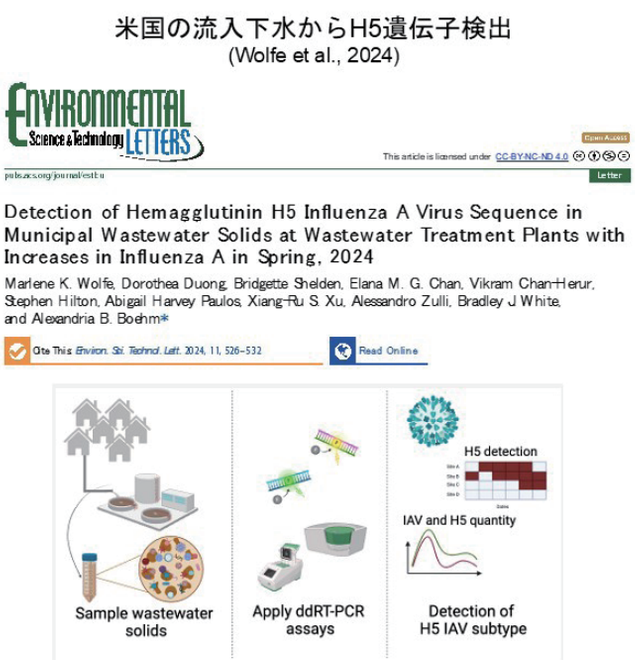


図 7　H5N1 高病原性鳥インフルエンザへの適用可能性

もうひとつ､骨太の方針にも記載がなされておりまして、今後全国レベルで展開していく上では一つの根拠になると考えております。非常に重要な動きと思います。このような中で自治体において、下水サーベイランスを実装される例が、増えてきております。

本日来場されている方の中には、自治体の方々もいらっしゃると思います。実際に主体的に実施されているご担当の方もいらっしゃると思いますし、大学の先生方等で関われている方もいらっしゃるかと思いますけれども、下水サーベイランスの実装事例が増えてきているという状況にあります。

このような中で、自治体と大学の関係者から成る全国下水サーベイランス推進協議会がちょうど１年前の 2023 年８月に設立されまして､本協会とも連携しています。現在、メンバーとしては札幌市、小松市、養父市が加盟されております（図８)。

前述のように現在既に下水サーベイランスを実施されている自治体に加えて、これから下水サーベイランスを使いたいというような自治体もあろうかと思います。そういった自治体からの問い合わせに対応する窓口､それから経験、ノウハウを提供するという役割を担う組織として本協議会を立ち上げたところでございます｡具体的な活動としては、予算化等に向けた意見交換、提案活動を国会議員等の先生方へ行うということも現在までに精力的に進めてきているところでございます。

今後、全国展開に向けては非常に重要な点がいくつかあろうかと思います。

ひとつは予算の確保です。それから制度整備、法的根拠などに加えて、技術面でもまだまだ検討すべき点があるかと思います。このような中で産学官の連携協力がますます重要になってきているかと思いますので本講演会にご参加の皆様も含めて、今後とも下水サーベイランスの実装にご協力をいただければと思いますし、私としても尽力していきたいと思っているところでございます。ちょうど時間になりましたので、以上とさせていただきます。ありがとうございます。

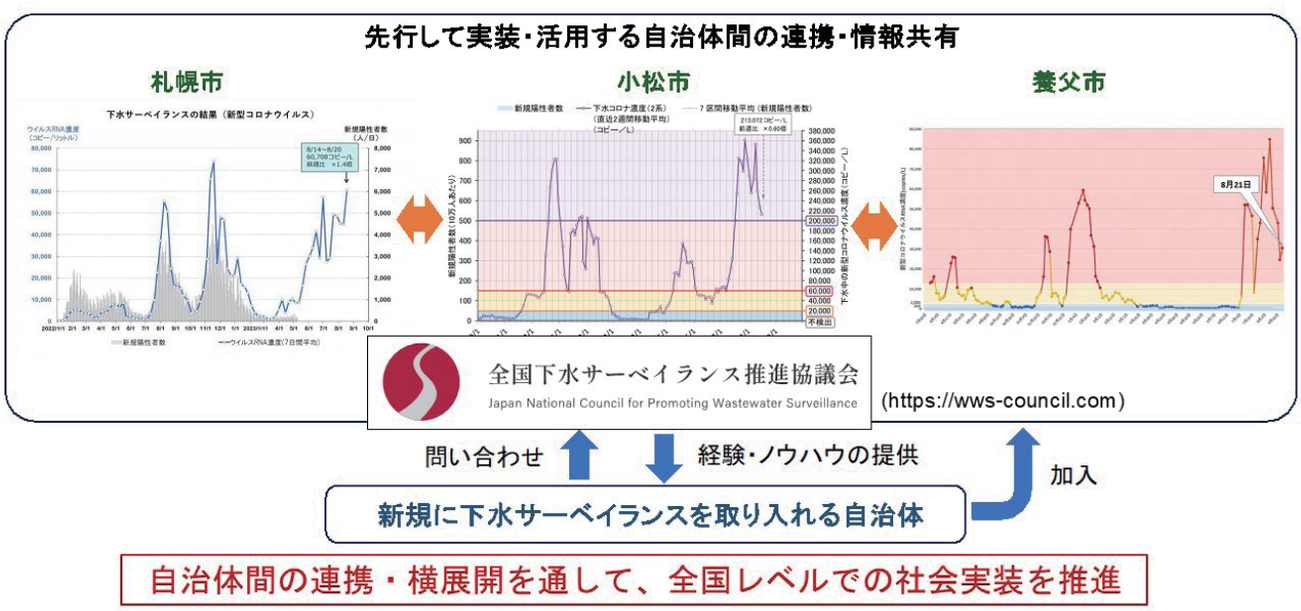


図８ 「全国下水サーバイランス推進協議会」の設立（2023 年 8 月）

特集

2050年に向けて大胆予測

2050 年を大胆予測

下水サーベイランスの未来予想図

日本下水サーベイランス協会
東京大学
北島　正章

日本下水サーベイランス協会
塩野義製薬㈱
小林　博幸

日本下水サーベイランス協会
㈱ AdvanSentinel
岩 本　遼

日本下水サーベイランス協会
㈱ NJS
谷戸　善彦

1 はじめに

本誌読者の皆さんは「下水サーベイランス」あるいは「下水疫学（調査）」という言葉を見聞きしたことがあるはずです。新型コロナウイルス感染症の拡大に伴い、「PCR検査」と同様に新聞やニュースで大きく取り上げられ、その有用性が一躍脚光を浴びました。新型コロナウイルスの下水サーベイランスは、まさにこのPCR技術を応用して下水中のウイルスの濃度を測定することで地域の感染状況を把握する新たな疫学調査手法です。さらに、下水中のウイルス遺伝子の塩基配列をシークエンシング技術により解読することで変異株の検出も可能であり、特定の地域における変異株の侵入を早期に検知できることも、すでに示されています。現在、下水サーベイランスは、国内外の数多くの都市で実装が進んでおり、感染症の監視ツールの一つとして確固たる地位を築きつつあると言えるでしょう。

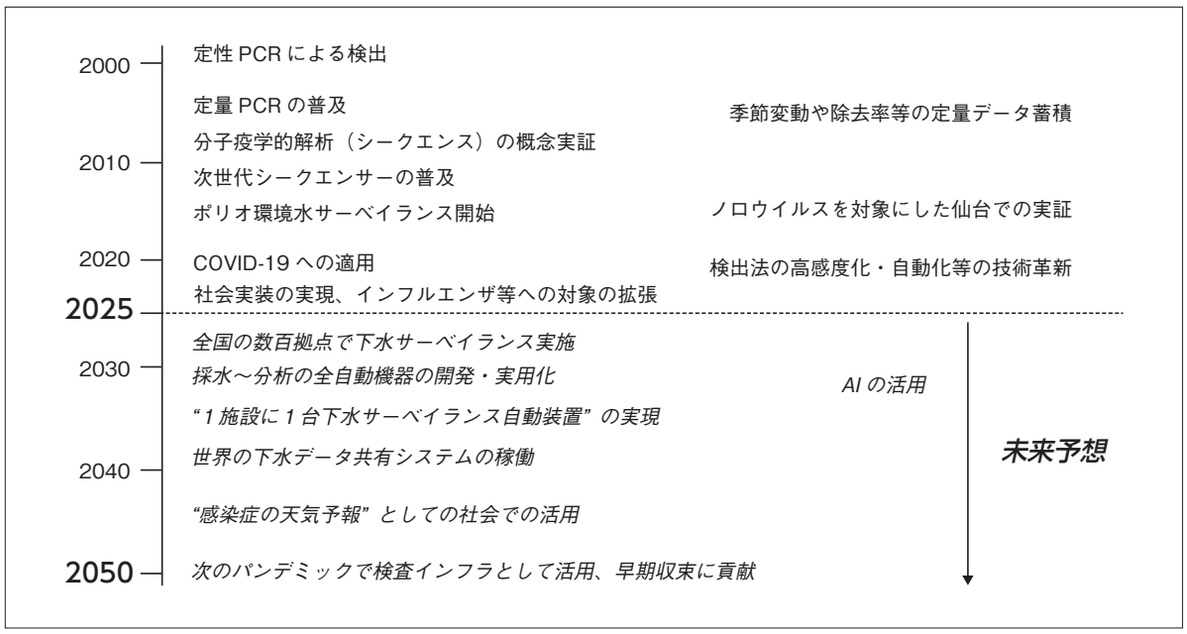
本稿では、下水サーベイランスの技術開発の最新動向や国内外の実装事例を紹介し、2050年に目指すべき技術的到達点や未来社会への貢献のあり方などについて「未来予想図」として提言します。

2 下水サーベイランスの歴史からの未来予想

ミレニアム（2000年）から本年で25年、2050年まで25年です。2050年の未来を予想するうえで、2000年からの25年の歩みを振り返ってみます。

図－1に、下水サーベイランスをめぐるこれまでの経緯と未来予想の概要を示しています。

2000年当時、「下水サーベイランス」や「下水疫学（調査）」という言葉は存在しませんでした。下水からの病原体検出が、感染症サーベイランスや疫学調査の一つとして市民権を得ていなかったからです。技術的にも本分野にPCRの導入が進む前の過渡期でした。当時、下水からの病原体検出の「ゴールドスタンダード」は培養法であり、エンテロウイルスなどの腸管系ウイルスを対象にPCRでの検出が技術的に可能であることが研究段階として報告されていたころでした。現在となっては当たり前となっている下水中のウイルスのPCRによる定量（濃度測定）のデータや、コロナウイルスやインフルエンザウイルスといった呼吸器系ウイルスの下水からの検出事例の報告は皆無でした。



図－１　下水サーベイランスをめぐるこれまでの経緯と未来予想

それから25年の間、PCRをはじめとした分子生物学的手法の飛躍的な進歩および普及と相まって、下水サーベイランスも技術的に大きな進展を遂げ、社会実装が実現することとなりました。上述のとおり、現在では当たり前のように定量PCRにより下水中の新型コロナやインフルエンザなどの呼吸器ウイルスの濃度を測定することが可能になり、シークエンス技術による変異解析も社会実装されています。研究機関に限らず、民間企業や自治体でもこのような技術を活用した下水サーベイランスの事業が実施されています。25年前とは、文字どおり隔世の感があります。

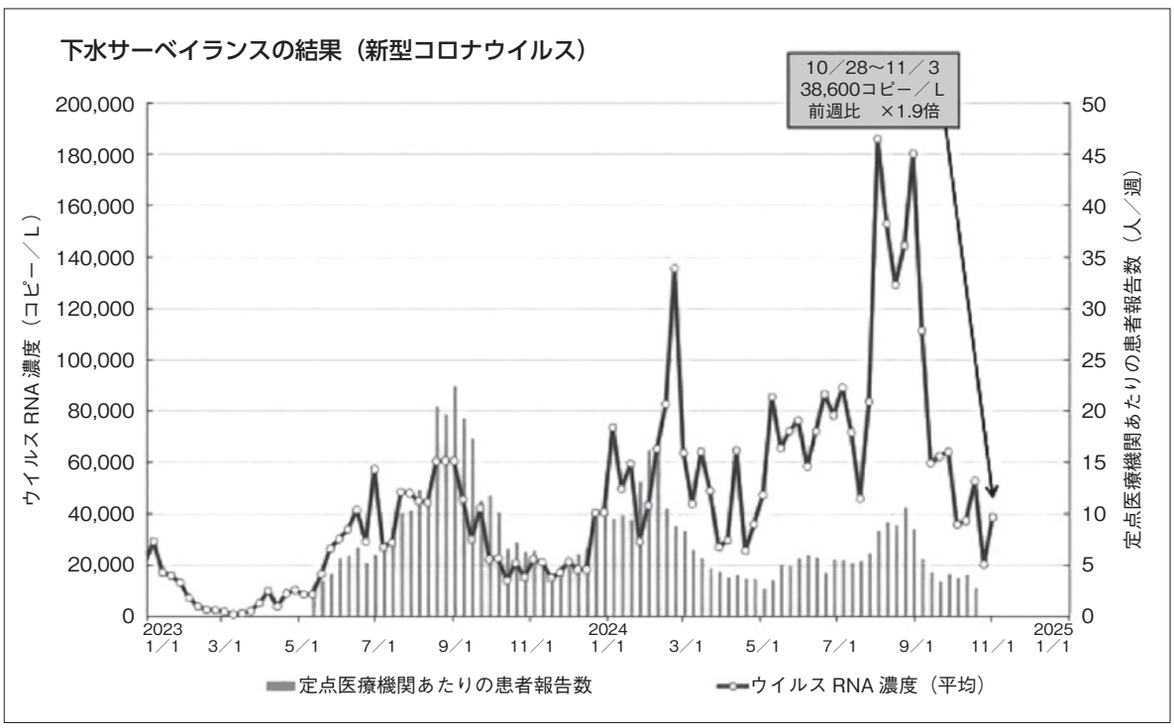
それでは、2025年までのこれから25年で、どのような進展が期待・予想できるでしょうか。これまでの25年の歩みを振り返ると、25年後には現在とはまったく異なる次元まで技術が進化し、天気予報のように市民が当たり前に参照する情報になっていることも、決して夢物語ではないでしょう。

都市を一つの生命体、そして都市水循環を血液の流れに見立てるならば、下水道は都市における代謝産物が流れる「静脈」に相当し、下水サーベイランスはまさに都市全体の健康診断と言えるでしょう。我々が健康管理のために定期的に静脈から採血をして健康診断をするように、あらゆる自治体で都市全体の感染リスク管理のために下水サーベイランスが実施される未来もそう遠くはないかもしれません。

3 国内での下水サーベイランスの実情

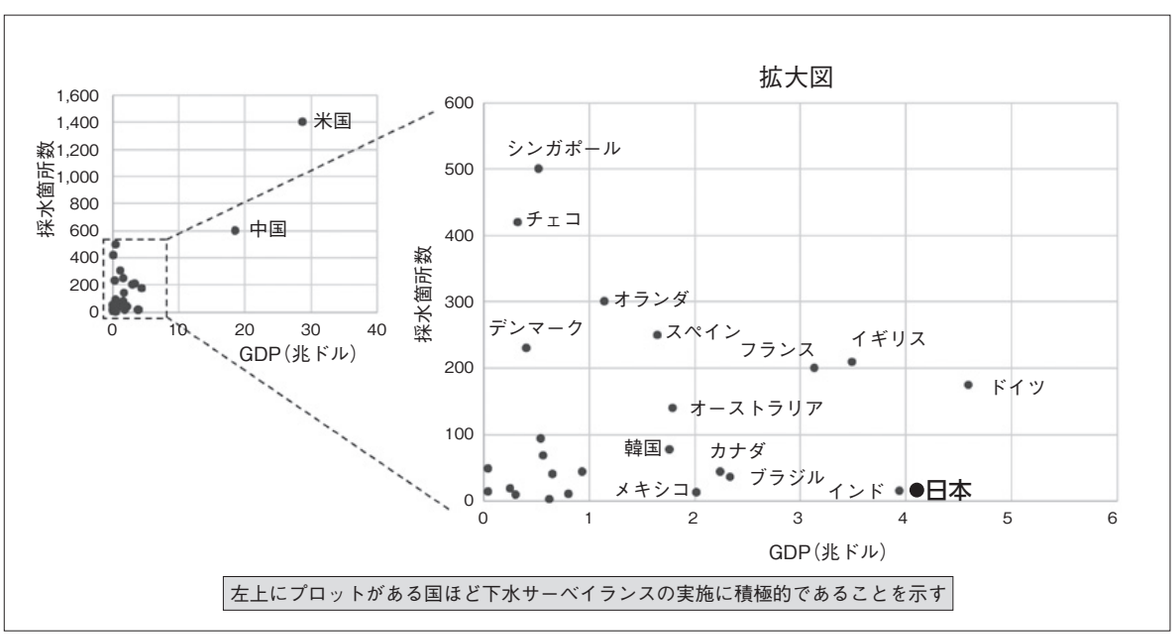
国内では、札幌市、神奈川県、石川県小松市、兵庫県養父市などが定期的・継続的に下水サーベイランスを実施・公表しており、市民からの期待と信頼を得ています(図－２)。これらの自治体では、下水サーベイランスの結果を行政施策や市民の行動変容に活用し、感染症対策に大きく寄与しています。さらに、今年度より、SARS-CoV-2下水サーベイランスは厚生労働省の感染症流行予測調査事業感染源調査に新たに加わりました。上記自治体に加えて、国立感染症研究所が調査する13の自治体のデータがウェブサイト（https://nijis.jp/）で公表されています。

2024年６月21日に閣議決定された「骨太の方針2024」では、「下水サーベイランスを含め、次なる感染症危機への対応に万全を期す」と明記され、



出典：札幌市ホームページ（https://www.city.sapporo.jp/gesui/surveillance.html）

図－２　札幌市の下水サーベイランスデータ



図－３　各国の下水サーベイランスの採水箇所数とGDP

下水サーベイランスの実施が明確に位置付けられました。一方、日本は下水道普及率が80％を超え、高度な検出技術等を有しており、さらにGDPも先進国のなかでも高い水準にあるにもかかわらず、下水サーベイランスの実施規模は世界的に見て極めて小さい状況です（図－３）。他の先進国並みに

実装をするのであれば、現在の実装規模の10倍以上に当たる200～400処理場あたりが目標レンジになるでしょう（図－３）。今後、厚生労働省、国土交通省等の連携による下水サーベイランスの拡充と社会実装が強く期待されます。

4 技術の進化

4.1　世界最高水準の高感度検出系の開発

新型コロナウイルスが世界的に猛威を振るった2020年当初、日本の感染者数は諸外国と比較して極端に少ない状況でした。そのため、下水中に排出されるウイルス濃度も低く、海外で用いられていた従来法では検出が困難でした。日本での社会実装のためには、検出感度の飛躍的な向上が必要でした。そこで、筆者らは産学連携の共同研究を実施し、世界最高水準の高感度検出系（EPISENS™、COPMAN™など）の開発に成功しました。現在、これらの高感度検出系を自動化する取組みも進んでいます。

4.2　グローバルでのデータ共有

欧州を中心に、Global Consortium for Wastewater and Environmental Surveillance for Public Health（GLOWACON）などの国際的なコンソーシアムが発足しました。この活動は、下水や環境監視を通じて公衆衛生の維持を目的としており、以下の方法でビッグデータの活用を目指しています。

- データ統合と解析

下水サンプルから得られる遺伝情報や化学物質のデータを統合・解析することで、地域社会や空港・港湾など交通ハブの健康リスクを評価

- リアルタイム監視

収集されたデータをリアルタイムに監視し、異常を早期に検出することで、迅速な対応システムを構築

今後パンデミックが発生した際には、グローバルで迅速にデータが共有され、現在の感染状況がリアルタイムに把握できることが期待されます。

5 環境と健康への影響

5.1　気候変動によるパンデミックやAMRへの対応

地球温暖化による生態系の変化やグローバル化に伴う人の移動の増加は、新たな感染症のリスクを高めています。下水サーベイランスは、これらの変化を追跡し、パンデミックの早期発見や薬剤耐性菌（AMR）の監視に役立ちます。

5.2　化学物質モニタリング

下水からはウイルスだけでなく、麻薬や覚せい剤などの化学物質も検出可能です。通常、麻薬等の使用実態を把握することは困難ですが、下水サーベイランスを用いることで、重点的な対策エリアの絞り込みに成功しています。そのほかにも、栄養状態を反映する化学物質のモニタリングなども研究されており、応用範囲のさらなる拡大が期待されます。

6 社会的・経済的影響

6.1　国際連携と国際標準化の動き

次なるパンデミックに備え、国際的な連携や標準化が加速しています。GLOWACONの主導により、グローバルでのデータ共有に向けて具体的なルール形成が進行し、ISOでも議論が進んでいます。また、世界同時航空機サーベイランス調査が実施され、次のパンデミックを想定したグローバルでの協調した監視体制網の構築など、国際的な実装が進んでいます。

6.2　経済的効果

下水サーベイランスは費用対効果が高いと直感的に考えられてきましたが、近年、経済性に関

する研究が複数発表されています。筆者らと早稲田大学のYoo教授らとの共同研究では、下水サーベイランスの経済性が示されました。

日本国内の長期介護施設においてCOVID-19のスクリーニング検査を実施する場合、一次スクリーニングの手法として抗原検査よりも個別施設における下水サーベイランスを用いるほうが、経済効率を改善し、費用削減を実現する可能性が高いことをシミュレーションで提示しました。また、費用便益分析を実施した結果、支払っても構わない金額（支払い意思額）は１世帯あたり平均で年間2,100円（中央値800円）であることも発表しました。さらに、米国RAND研究所も疾患早期検知による死亡率減少の費用対効果を報告しています。

このように、下水サーベイランスの導入により、投入するコスト以上の効果が得られることが、複数の研究グループから明らかにされています。

7 2050年の目指すべき社会像と下水サーベイランスの役割

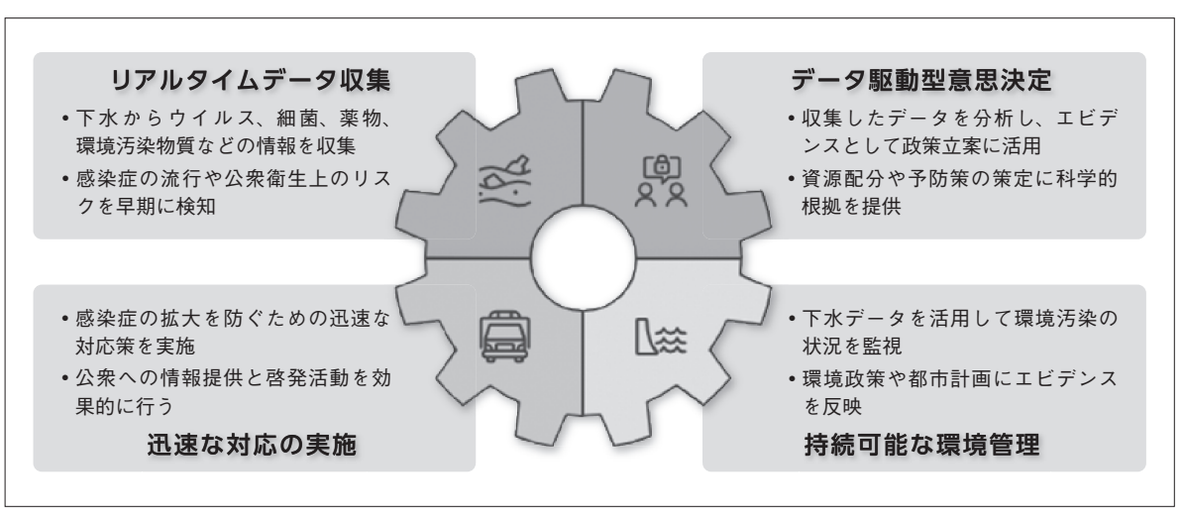
現在我々は、感染症の脅威、気候変動、人口減少など、多くの社会課題に直面しています。2050年に向けて、「人類の幸福度の最大化」と「持続可能な社会の実現」の両立が目指すべき社会像の一つであると考えられますが、下水サーベイランスを通じてその実現に貢献することが筆者らの大きな目標です。下水サーベイランスは、公衆衛生の向上、環境保護、そしてエビデンスに基づく政策立案（EBPM）を通じて、これらの目標に大きく貢献する可能性を有しています（図－４）。

7.1 リアルタイムで街の「健康診断」を実現

下水は、ウイルスや細菌、薬物、さらには環境汚染物質に関する貴重な情報を含む「健康指標」の宝庫です。最新のセンサー技術やAIによる自動化とオンサイト分析により、下水中のデータをリアルタイムで網羅的に収集・解析することで、まるで「街の健康診断」のように住民の健康状態や栄養状況、さらには服薬のトレンドまで把握することが可能です。これにより、感染症の流行や公衆衛生上のリスクを、天気予報のように予測し、迅速な対応策が可能になります。

7.2 データ駆動型の意思決定と政策立案

収集した下水データを科学的エビデンスとして活用し、地域ごとの健康状態に応じた柔軟な政策立案が可能になります。「１処理場に１台」の下水サーベイランス装置の配備によって全国規模でリアルタイムの健康情報を集約し、政策に反映することで、資源配分や予防策の策定においてもデータ駆動型の意思決定が実現します。



図－４　2050年の下水サーベイランス像

7.3　感染症リスクの予測と迅速な対応策

下水サーベイランスによる早期検知は、感染症の拡大を防ぐための迅速な対応策の一つとして実施を可能にします。さらに、公衆への情報提供と啓発活動を効果的に行うことで、市民の意識向上と行動変容を促進し、感染症対策の効果の最大化に貢献します。

7.4　環境に優しい社会の構築

下水データを活用して環境汚染物質の状況を継続的に監視することで、マイクロプラスチックやPFASなどの問題にも対処できます。これらのデータを環境政策や都市計画に反映させることで、持続可能な環境管理が実現し、より環境に優しい社会を構築できます。

7.5　エビデンスに基づく包括的ガバナンスの実現

下水サーベイランスによって取得されたデータをリアルタイムで公開し、AIが分析することで、エビデンスに基づいた政策決定が支援されます。多様な価値観を考慮しつつ、客観的な根拠に基づいた政策立案が可能となり、社会課題の解決に大きく貢献できます。

8　結論

コロナ禍を経て、下水サーベイランスは公衆衛生における革新的なアプローチとして、その重要性が国際的に認識されました。日本が技術的・研究レベルで世界をリードするこの分野において、産官学連携のもと、研究開発と実装をさらに加速させることが求められます。それは、感染症対策のみならず、環境モニタリングや社会課題の解決にも大きく貢献する可能性を秘めています。持続可能な未来を実現するために、下水サーベイランスのさらなる発展と社会実装が強く期待されます。

※　※　※

本稿では、これまでの下水サーベイランスの経緯を振り返り、技術開発や社会実装の現状を整理したうえで、2050年の姿を「未来予想図」として描き議論しました。25年後に本稿を振り返り、「答え合わせ」をする際、どの程度その予想が実現しているか楽しみです。同時に、著者らもこの未来像の実現に向け、産学協働による取組みをさらに加速させていく決意です。

本稿が、ミレニアムから四半世紀を迎える今、今後の下水サーベイランスの羅針盤となることを期待しています。

なお、本稿は日本下水サーベイランス協会を代表して執筆したものではありません。本稿に関するお問い合わせは、下記の執筆者電子メールアドレス宛にお寄せください。

北島（kitajima@env.t.u-tokyo.ac.jp）
小林（hiroyuki.kobayashi@shionogi.co.jp）
岩本（ryo.iwamoto@advansentinel.co.jp）
谷戸（Yoshihiko_Yato@njs.co.jp）

特集
2050年に向けて大胆予測

2050 年を大胆予測

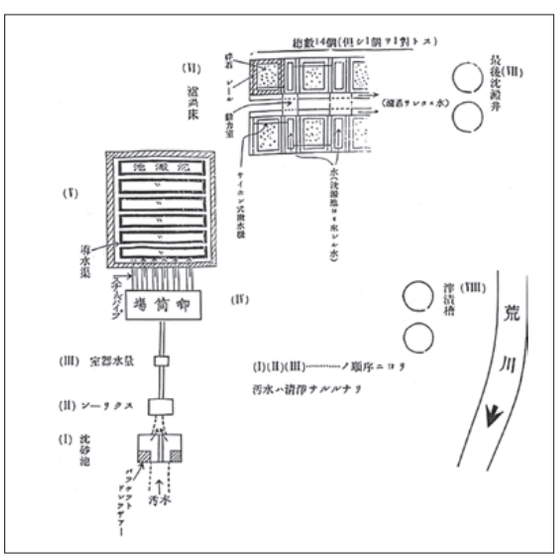
「下水道3.0」を軸とした2050年に向けた下水道インフラの課題と展望

金沢大学 理工研究域 地球社会基盤学系 教授
日本下水サーベイランス協会 理事、博士（工学）　本多　了

1 新たな時代に備えた下水道システムの必要性

近代下水道のはじまりは、18世紀に遡る。欧州のコレラ流行を発端として、都市の衛生状態を改善するために飲用水源とし尿の分離を目的とした下水管路網の整備が1840～1860年代にかけて急速に進められた。この頃、卵形下水管や各戸給水を前提とした水洗式トイレなどがEdwin Chadwickらによって開発され[1]、その設計思想は現代の下水道システムの基礎として受け継がれている。

当初、下水の排除機能のみで始まった下水道システム（ここでは「下水道1.0」と称する）であったが、19世紀後半には沈殿による終末処理がアメリカやイギリスで導入され、続いて1914年に活性汚泥法による生物処理が開発されて1916年にテキサス州で初めて導入された[2),3)]。日本で最初に終末処理が導入されたのは1922年の三河島汚水処分場である（図－1）。ご存知のとおり、活性汚泥法は現在まで下水道の終末処理における中心的役割を果たしている。このように18世紀半ば～19世紀前半にかけて、汚水排除のための「下水道1.0」から終末処理場による処理機能を付加された「下水道2.0」までおよそ50～60年間で現代の下水道システムの基礎ができあがったと考えてよい。その後現在まで100年の間に、高度処理による栄養塩除去などの発展を遂げてきているものの、下水道システムに革新的な機能や価値を導入するまでには至っていない。



出典：研土会（金沢高等工業学校［のちの金沢大学工学部］土木工学科同窓会）会報第弐号（1923）の視察報告より。処理方式は散水ろ床法

図－1　三河島汚水処分場の施設配置図

都市を縦横無尽に走る管路網によって人々の営みから生じた老廃物を一手に収集している下水

表－１　次世代下水道システム「下水道 3.0」に期待される技術革新[4)]
四つのキーワードの頭をつなげると「SEWER」（下水道・下水管の意）となる

①　**Se**wer network utilization （管路ネットワークの活用）	下水疫学による地域の感染症流行情報収集、5G＋IoTを利用した管路センシング、内水氾濫早期検知、管路内下水処理、など
②　**W**ater quality improvement （放流水の水質向上）	雨天時越流水負荷ゼロ（または最小化）、MBR導入等による処理水質安定化、放流先に合わせた処理水質デザイン、ウイルスや薬剤耐性の除去性能管理、など
③　**E**nergy positive （エネルギー生産型下水処理）	メタン発酵によるエネルギー回収効率向上、微生物燃料電池、浸透圧発電、アナモックスによる高度処理の省エネルギー化、敷地利用による太陽光発電、など
④　**R**esource recovery （資源回収・資源生産）	再生水として水資源利用、汚泥堆肥や処理水を利用した食糧生産、処理水による藻類バイオマス生産、など

道インフラには、まだまだ大きな可能性が秘められているはずであり、「下水道1.0」から約200年となる2050年以降の新たな世代に向けたインフラとして、それらを昇華する技術革新が望まれる。

本誌に寄稿させていただいた2022年の拙稿[4)]にて付加価値を生む下水道の技術革新を目指した「下水道3.0」の考えについて提案をさせていただいた（**表－１**）。「下水道3.0」の詳細については前稿に譲るが、人口減少や激甚災害の増加にも対応した次世代の下水道システムのあり方について、本稿で考えたい。

2 2050年以降に向けた下水道システムの課題と展望

2050年以降に向けたインフラ維持管理の中長期的な課題は、気候変動と人口減少への対応であろう。気候変動については、2050年には全球平均気温＋１℃の上昇（1977年比）で上昇し、それに伴って豪雨の頻度が増加することが予測されている。産業革命以前比で約＋1.8℃の全球平均気温上昇によって、異常降水の頻度が2050年には＋1.5倍（1977年比）になると予測されており[5)]それに対応した雨水排除･貯留機能の強化が求められる。また、豪雨の頻度増加によって、雨天時越流水（CSO）の増加による水環境への汚濁負荷の増加も懸念される。国内のある合流式処理区おいては、合流式下水のうち流量ベースで23％が未処理で放流され、それによる放流先への大腸菌および薬剤耐性菌の年間負荷は、下水処理場放流水の約5,000倍（+3.7log）に相当することを報告した[6)]。「下水道3.0」においても、CSOを最小限に抑制する新しい収集・処理方式の開発が急務である。具体的には膜ろ過を導入した一次処理や下水管路の貯留機能の強化などが挙げられる。

人口減少については、接続人口の減少による料金収入の低下が見込まれる。料金値上げが実現できなければサービス水準の低下は免れない。現在でも料金収入だけで汚水処理費用を賄うのが困難ななか、今後の状況を改善する見込みは小さく、下水道サービスと料金に対する考え方を大きく転換する必要があるであろう。

一つは、下水道インフラの付加価値を向上することである。これは「下水道3.0」で提案する基盤思想である。料金値上げや追加的な公的予算の導入について、これまでと同様のサービス水準で利用者や行政の納得を得るのは難しい。利用者や行政が好意的に対価の支払いを欲するような下水の収集・処理以外の新たな価値・サービスを付加することでインフラの経済的価値を向上させることが求められる。そのためには、官民連携パートナーシップ（PPP）の深化、すなわち現行の維持管理事業の委託によるコスト削減やアセットマネジメントにとどまらず、例えば、運営効率化と技術向上を目的とした民間企業から事業体への出向や、民間企業のアイデアによる下水道インフラを活用した多角的運営に対する投資や挑戦的意欲を促すような法整備・規制緩和などが考えられる。

もう一つは、上下水道会計の一体化である。下

水道普及率が81％であるいま、水道を使ったら81％の人が下水道に排水していることを意味する。一方、料金体系は、水道料金は独立採算制なのに対して、汚水処理は料金収入以外の財政に依存せざるを得ない構造となっている。水道料金は160円／m^3（平成28年全国平均）[7]で、料金回収率は平成29年の全国平均が98.7％[8]であり、ほぼ水道料金≒浄水原価となっている。それに対して、下水道の汚水処理原価は平成25年全国平均で154円／m^3（うち資本費80円／m^3）であるが、経費回収率は全国平均で76.7％にとどまっている[9]。上水道と下水道を含む汚水処理は一体的なインフラと考えることで、水循環基本法で謳われている健全な水循環の一翼を担うインフラとして機能することができる。その考えに基づけば、水を引いてから使って処理して返すまでを一体とした水利用全体に対して料金設定をするのが妥当ではないだろうか。水利用料金（水道と汚水処理の一体料金）を下水道整備区域かどうかに関わらず導入することは、下水道未普及地域における水環境の保全にも資することができる。例えば、下水道未接続の地域や世帯では徴収した水利用料金から、下水道接続工事や合併浄化槽の維持管理、単独浄化槽からの切替への財政的補助を行うことで、下水道接続率の向上や浄化槽の適切な管理運営や高度処理化による処理水質の向上などを促すことが可能になると考えられる。水道事業が国土交通省に移管されたことは、これまで以上に上下水道の一体運営が進む好契機である。

事業連携の潜在的可能性は上下水道分野に留まらず、例えば、上下水道一体による水利用の料金設定を流域の水資源の過不足に連動させることによる水資源保護、流域治水と連携した下水道の雨水排除機能の強化・活用と制御なども期待される。

3 おわりに

本稿では2050年に向けた大胆予測ということで、大胆で自由な意見を書かせていただいた。筆者の理解不足や大胆すぎて抵抗を感じる内容もあるかもしれない。ただ、2050年は遠いようですぐ目前である。人口減少と施設老朽化が進む日本において、現在の運用の延長では、下水道インフラは社会にとって大きなコストになってしまう。新しい発想と考え方に基づいたシステムの根本的な設計思想の見直しについて、次の時代を担う若い世代が中心となって新しい知恵を出し合い、さらにみながそれを後押しすることによって、次世代の下水道インフラの新たな道が拓けていくと期待したい。

〈参 考 文 献〉

1） Metropolitan Sanitary Commission (1848) First Report of the Commissioners Appointed to Inquire Whether Any And What Special Means May Be Requisite for the Improvement of the Health of the Metropolis, with Minutes of Evidence. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5199393/

2） L. Metcalf & H.P. Eddy (1928) AMERICAN SEWRAGE PRACTICE. Vol. I -Design of Sewers. Second Edition. McGRAW-HILL BOOK COMPANY. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/45/American_sewerage_practice_%28IA_cu31924004084855%29.pdf

3） L. Metcalf & H.P. Eddy(1935) AMERICAN SEWRAGE PRACTICE. Vol.Ⅲ-Disposal of Sewage. Third Edition. McGRAW-HILL BOOK COMPANY. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e9/American_sewerage_practice_%28IA_cu31924004084871%29.pdf

4） 本多了（2022）下水道2.0：付加価値を生む下水道の技術革新を目指して．月刊下水道 Vol. 45, №. 5, pp.81-85.

5） Murakami,H., Delworth,T.L., Cooke,W.F., Kapnick, S.B.& Hsu, P.-C.(2022) 'Increasing frequency of anomalous precipitation events in Japan detected by a deep learning autoencoder', Earth's Future, 10(4), p.e2021EF002481. https://doi.org/10.1029/2021EF002481

6） Ryo Honda*, Chihiro Tachi, Keisuke Yasuda, Tatsuki Hirata, Mana Noguchi, Hiroe Hara-Yamamura, Ryoko Yamamoto-Ikemoto, Toru Watanabe(2020) Estimated discharge of antibiotic resistant bacteria from combined sewer overflow of urban sewage system. npj Clean Water 3, 15. https://doi.org/10.1038/s41545-020-0059-5

7） 総務省自治財政局公営企業経営室(2016)水道事業経営の現状と課題．https://www.soumu.go.jp/main_content/000555182.pdf

8） 総務省自治財政局公営企業経営室(2017) 水道事業の課題と取組について．https://www.soumu.go.jp/main_content/000618172.pdf

9） 総務省自治財政局公営企業経営室(2015)下水道財政のあり方に関する研究会(平成26年度～平成27年度)資料2. https://www.soumu.go.jp/main_content/000365822.pdf

2025 年 1 月 7 日技術委員会主催

下水サーベイランス最新技術勉強会要旨

下水サーベイランスのグローバル動向と QuickConc 法の紹介

岩本　遼

株式会社 AdvanSentinel

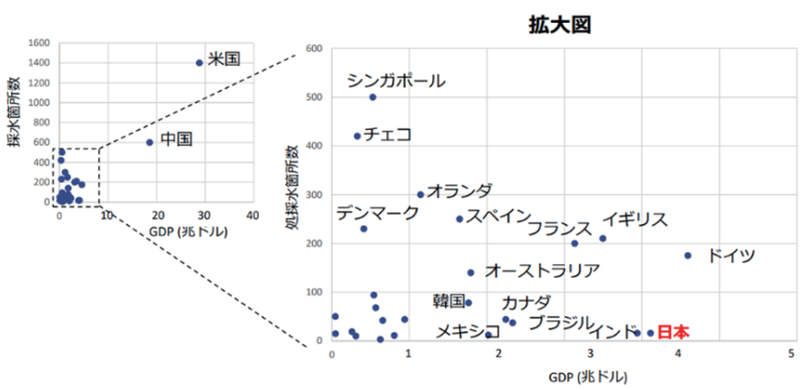
要旨

本講演では、下水サーベイランスのグローバルな動向と、新たな環境水濃縮法である QuickConc 法について紹介した。まず、下水サーベイランスの現状について概観すると、世界では 72 ヶ国、約 4,650 ヶ所で実施されており、パンデミックが終息した現在も調査実施規模に大きな変化はない。欧米では、EU 全体で約 1,300 処理場、米国では約 1,400 処理場が調査対象となっており、その対象も SARS-CoV-2 だけでなく、インフルエンザやエムポックスなど多岐にわたり、各地域で平時でのユースケースが開発されている。欧州委員会では、Urban Waste Water Treatment Directive が議会で承認され、いわゆる「下水道法」の中の検査項目の一つとして、SARS-CoV-2 を含む公衆衛生上重要な病原体の監視項目が追加され、加盟国での下水サーベイランスの義務化が決定された。アジア地域においてもシンガポール、中国、韓国などで積極的に展開されているが、日本は諸外国と比較して実施数、予算規模ともに極めて少ないのが現状である。下水サーベイランスは、英米のバイオセキュリティ戦略に組み込まれる等、バイオセキュリティの観点からも重要性が増している。 今後は下水サーベイランスのグローバルコンソーシアムである GLOWACON を中心に、途上国での導入も進む見込みである。

次に、本講演の後半では、新しい環境水濃縮法である QuickConc 法について述べる。QuickConc 法は、従来の濃縮法とは異なる新しい原理に基づいており、下水だけでなく、海、川、泥水など様々な環境水にも適用可能である。下水に適用した場合、従来の COPMAN 法と比較して核酸回収量では劣るものの、十分なウイルス検出が可能である。QuickConc 法の特徴として、濃縮産物が常温でも 1 週間程度安定であり、電源やコールドチェーンが確保できない環境下でも使用できる点が挙げられる。このため、途上国で輸送を避ける必要がある場合、輸送コストを削減したい場合などにも有用である。

まとめとして、下水サーベイランスはグローバルに展開されており、今後その重要性はさらに増すと予測される。QuickConc 法は、下水サーベイランスにおける課題を解決する可能性を秘めており、従来の濃縮法では困難であった環境での活用が期待される。これらの技術を組み合わせることで、より効果的な感染症対策が実現できると考える。

下水サーベイランス実施数とGDPの比



- 日本は諸外国と比べて下水サーベイランス実施数が**顕著に少ない**。
- 諸外国並みに実施すると**200〜400処理場**が目標レンジ（現在は**16**処理場）

2025 年 1 月 7 日技術委員会主催

下水サーベイランス最新技術勉強会要旨

下水サーベイランスの方法論：知見のアップデート

北島　正章

東京大学 水環境工学研究センター 特任教授

要旨

1. サンプリング（パッシブサンプラー）

パッシブサンプリングは、水中病原微生物の検出において古くから適用事例があるものの、近年の下水サーベイランスにおいても注目されており、“古くて新しい” サンプリング法であると言える。我々の研究グループでは、EPISENS 法をパッシブサンプラーに適用した高感度ウイルス検出技術である EPISENS-P (EPISENS for Passive sampler) 法を開発した。実環境を模擬した室内実験によりサンプラーの SARS-CoV-2 捕捉・保持性能を評価し、下水からの SARS-CoV-2 検出における有効性を確認した。東京オリパラ選手村での下水疫学調査の結果を解析したところ、パッシブサンプリング（EPISENS-P 法）はグラブサンプル（EPISENS-S 法）よりも高いウイルス検出を示した（Kitajima et al., 2025）。

2. 検出（デジタル PCR）

デジタル PCR は、検量線が不要で絶対定量が可能、高い精度、PCR 阻害の影響を受けにくいなど、qPCR と比較していくつかの利点がある。本研究室ではプレート式の QIAcuity（Qiagen 社）とドロップレット式の QX600（Bio-Rad 社）という 2 種類のデジタル PCR 装置を有している。それぞれ利点と欠点があるが、いずれも欧米では下水サーベイランスに広く使用されている。結核菌等の陽性コントロール DNA を使用してこれらの定量性、精度、検出下限を比較したところ、同等であった。QIAcuity の方がよりシンプルな操作工程であることから、QIAcuity を使用して計 28 種類のターゲットを 9 種類のマルチプレックスデジタル PCR で定量（2~4 種類のターゲットを 1 回のデジタル PCR 反応で検出・定量）可能な分析系を構築した。これにより、下水中の多数の病原体の効率的な絶対定量が可能であり、我々のグループでは実際に下水疫学調査に活用している。

3. 調査方法（検出手法、頻度、期間）

札幌市主体で実施された下水サーベイランス（EPISENS-S 法でウイルス分析）のデータを解析し、調査を実施するにあたり望ましい条件（検出手法、頻度、期間等）を明らかにした（Murakami et al., 2024）。まず、札幌市の長期連続データを解析したところ、下水中 SARS-CoV-2 濃度と新規感染者数の間には強い正の相関があり、5 類移行後は下水中 SARS-CoV-2 濃度に対して患者数（定点報告ベース）が有意に下振れしていることが明らかとなった。また、この高い相関は検出感度の高い EPISENS-S 法を使用しているが故である（言い換えれば、もし感度の悪い手法を使用すれば、いくら調査頻度を高めても低い相関しか得られない）ことが示された。さらに、EPISENS-S 法であれば、相関の観点からは週あたり 5 検体で十分であるものの、1 年以上は継続して調査を実施することが望ましいということも明らかになった。さらに、PMMoV 濃度で補正をしても相関はほとんど向上しないことも分かった。以上の結果は、他の自治体が下水サーベイランスの実施計画を立てる上でも参考になる知見であると言える。

2025 年 1 月 7 日技術委員会主催

下水サーベイランス最新技術勉強会要旨

下水からのウイルス変異株解析および微量化学物質との同時濃縮技術

本多　了

金沢大学 地球社会基盤学系 教授

要旨

下水疫学は，下水中の病原体濃度の推移の監視による感染症の流行規模の把握だけでなく，下水中に含まれるさまざまな微量化学物質の監視によるアルコール・タバコ・違法薬物の使用状況や地域住民の健康状態の把握も可能とされている。また，新型コロナウイルスでは流行変異株の推移を把握することが，流行トレンドの把握や高病原性変異株の流行に備えた医療機関における準備に有効であると考えられる。本講演では，下水サーベイランスによって新型コロナウイルスの流行変異株を把握するための手法と、下水からのウイルス・微量化学物質の同時濃縮技術について紹介した。

医療検体による新型コロナウイルスの変異株サーベイランスと比較して，下水による変異株サーベイランスでは少ない検体数によってシーケンス解析に必要なコスト・労力が抑えられることや検体選択のバイアスによる流行変異株の取り逃がしが少ないことが利点として挙げられる。石川県小松市および静岡県浜松市の下水処理場の流入下水（2023 年 5 月～ 2024 年 3 月）について（株）クボタ，ヴェオリア・ジェネッツ（株）から冷凍保存試料のご提供をいただき，S タンパク領域を標的とするアンプリコンシーケンシング法（AdvanSentinel 社）によって変異株の推移を解析した。その結果、XBB 系統から EG.5.1 を経て JN.1 へと遷移する動向が医療サーベイランスと一致していた。また、小松市では国内の医療検体では未検出の XBT 株を最大 2% 検出し、2024 年 1 月には BA.2 の再増加が確認された。また，プローブ・キャプチャー法を用いた全ゲノム領域を対象とした変異株解析においては，2023 年 5 月ごろに欧州で流行した JN.1 株が小松市の下水から検出されていた。JN.1 株の流行が医療検体で確認されたのは 2023 年 10 月以降であり，いずれの結果も、下水サーベイランスによって医療サーベイランスよりも早期に変異株の流入を捉えられる可能性を示している。

また、（株）島津テクノリサーチ，（株）島津製作所との共同研究として，ウイルス・微量化学物質を同時に濃縮する技術（ERA-CoV 法）の開発にも取り組んだ。下水にはウイルスのみならず、医薬品、農薬、合成化学物質などの微量化学物質も含まれており、これらを同時に濃縮することで包括的な公衆衛生モニタリングが可能となる。ERA-CoV 法では固相抽出法を用いることで，従来の PEG 沈殿法よりも迅速かつ高感度の新型コロナウイルスの濃縮に成功した。さらに，濃縮液を LCMS 分析に供することで，複数の抗菌薬を含む残留医薬品類を検出することができた。

これらの技術によって，下水サーベイランスは感染症モニタリングのみならず、新規の病原体・変異株の動向や市民の健康状態の把握といった用途への拡張によってより付加価値の高い技術への発展することが期待される。

日本下水サーベイランス協会活動年表

2022 ～ 2024 年度の活動状況

2022 年度

5 月	JWWSA 設立
	JWWSA 設立発表会
6 月	内閣官房、国土交通省、厚生労働省 へ設立挨拶
7 月	委員会活動開始
8 月	国土交通省への提案書提出、意見交換
	自由民主党下水道・浄化槽対策特別委員会委員長へ提案書提出、意見交換
	自由民主党下水道事業促進議員連盟幹事長へ提案書提出、意見交換
	厚生労働省へ提案書提出、意見交換
12 月	協会設立記念講演会開催
	技術委員会「チェックリスト」完成
2 月	自由民主党政務調査会下水道・浄化槽対策特別委員会において「下水サーベイランスの社会実装に向けての提案」と題して提案実施
	山本有二衆議院議員が衆議院予算委員会で下水サーベイランスについて質問
	自由民主党政務調査会下水道・浄化槽対策特別委員会で「下水サーベイランスの推進に関する決議」が採択される
3 月	下水サーベイランス活用の手引き (Q&A) を一般公開

2023 年度

4 月	全国下水サーベイランス推進協議会の設立に向け、札幌市・小松市・養父市（以下「先行 3 市」という）と協議開始
	公明党塩田博昭議員が参議院本会議で下水サーベイランスの推進につき質問
5 月	兵庫県に対し下水サーベイランス実証実験に関わる支援事業開始
6 月	第 1 回定時社員総会
	原本英司氏（山梨大学国際流域環境研究センター教授）による講演会及び会員意見交換会開催
8 月	下水道展’23 札幌の併催企画として北海道大学にて第 2 回講演会開催
	全国下水サーベイランス推進協議会発足
	公明党下水サーベイランス推進 PT へのプレゼンテーション実施

10 月	技術委員会による技術情報共有会開催
11 月	全国下水サーベイランス推進協議会が国会議員 5 名に対して「下水サーベイランスの社会実装の推進に向けての提案」を実施
	徳島県に対し下水サーベイランス実証実験に関わる支援事業開始
12 月	厚生労働省感染症対策部と意見交換
1 月	兵庫県に対する支援事業完了
3 月	兵庫県案件につき報告会開催
	徳島県に対する支援事業完了

2024 年度

4 月	国土交通省上下水道審議官グループに下水サーベイランス説明・意見交換
	財務省国土交通・公共総括担当に下水サーベイランス説明・意見交換
	全国下水サーベイランス推進協議会と連携して提案活動を実施
5 月	全国下水サーベイランス推進協議会と連携して提案活動を実施
6 月	内閣感染症危機管理統括庁と意見交換
	「骨太の方針 2024」閣議決定、下水サーベイランス掲載
7 月	「新型インフルエンザ等対策政府行動計画」閣議決定、下水サーベイランスの平時・有事での実施明示
	令和 7 年度概算要求に向けての提案活動を、全国下水サーベイランス推進協議会と連携して実施
8 月	下水道展’24 東京の併催企画として第 3 回講演会開催
9 月	厚生労働省感染症対策部長と意見交換
11 月	月刊下水道に北島理事他が「下水サーベイランスの未来予想図」を寄稿
12 月	EU 都市排水処理指令改正の動きにつき調査
	新ホームページ立ち上げ
1 月	技術委員会による下水サーベイランス最新技術勉強会開催
2 月	下水道展’25 大阪の併催企画として第 4 回講演会の開催を決定

2023 年 11 月 8 日

60 件を超える「下水サーベイランス事業の実施を求める意見書」が全国の自治体議会で採択されましたので、ご報告します

全国 8 府県、59 市区町(計 67 自治体)において 9 月初旬から 10 月末にかけて、各自治体の秋の議会で「下水サーベイランス事業の実施を求める意見書」が採択されました。今後、内閣官房長官、厚生労働省、国土交通省宛に意見書が送付される見込みです。

●秋の議会(9月初旬～10月末） で「意見書」を採択した自治体
（日本下水サーベイランス協会調べ）
札蜆市、北海道小樽市、北海道旭川市、北海道室蘭市、北海道岩見沢市、北海道芦別市、北海道歌志内市、北海道登別市、北海道恵庭市、北海道伊達市、北海道北広島市、北海道七飯町、北海道八雲町、北海道余市町、青森市、仙台市、福島県、茨城県牛久市、群馬県前橋市、埼玉県春日部市、埼玉県草加市、千葉県市川市、千葉県松戸市、千葉県八千代市、東京都新宿区、東京都文京区、東京都墨田区、東京都葛飾区、東京都江戸川区、東京都立川市、東京都調布市、東京都町田市、東京都東久留米市、東京都多摩市、神奈川県座間市、富山市、石川県、長野県、岐阜県大垣市、滋賀県、滋賀県甲賀市、京都市、京都府向日市、京都府長岡京市、大阪府、大阪市、堺市、大阪府豊中市、大阪府枚方市、大阪府泉佐野市、大阪府寝屋川市、大阪府松原市、大阪府羽曳野市、大阪府摂津市、大阪府高石市、大阪府藤井寺市、兵庫県加古川市、兵庫県宝塚市、和歌山県、高知県、高知県南国市、北九州市、福岡県大牟田市、福岡県直方市、大分県、大分県別府市、宮崎市

2024 年 6 月 24 日

「骨太の方針 2024」（令和 6 年 6 月 21 日閣議決定）に「下水サーベイランス」に関する記述が記載されました

6 月 21 日(金)、「経済財政運営と改革の基本方針 2024(いわゆる骨太の方針 2024)」が閣議決定されました。「本文第 2 章　6．幸せを実感できる包摂社会の実現（２）安全・安心で心豊かな国民生活の実現」の中の、「(安全・安心)」(p30)に「新型コロナウイルス感染症のり患後症状やワクチンの副反応についての実態把握に資する調査・研究等を進める。平時からの情報収集・分析、ワクチン・診断薬・治療薬の研究開発、人材育成、下水サーベイランスを含め、全面改定後の「新型インフルエンザ等対策政府行動計画」に基づき、次なる感染症危機への対応に万全を期すとともに、2025 年 4 月に、国立健康危機管理研究機構を創設し、質の高い科学的知見を迅速に提供する。」と記載されました。
詳しくは内閣府のホームページをご覧ください。【経済財政運営と改革の基本方針 2024】
https://www5.cao.go.jp/keizai-shimon/kaigi/cabinet/honebuto/2024/decision0621.html
https://www5.cao.go.jp/keizai-shimon/kaigi/cabinet/honebuto/2024/2024_basicpolicies_ja.pdf

「新型インフルエンザ等対策政府行動計画」（令和 6 年 6 月 17 日時点案）においても「下水サーベイランス」が記載されています

6 月 17 日（月）、第 13 回「新型インフルエンザ等対策推進会議」が新藤 義孝大臣（感染症危機管理担当）の下で開催されました。昨年 9 月から推進会議において政府行動計画改定の議論を重ね、今春のパブリックコメントを通じて得られた国民の意見を反映した政府行動計画の改定案が公表されました。
その行動計画の中で、「下水サーベイランス」は、「新技術」として p48 に記載されるとともに、「1-2. 平時に行う感染症サーベイランス」(p80)に「国は、感染症サーベイランス体制の強化に向けた研究の一環として、JIHS 等と連携し、下水サーベイランス等の患者からの直接的な検体採取を伴わないサーベイランスを平時から実施し、その分析結果等について定期的に公表する。(厚生労働省、国土交通省)」と記載されています。
また、注釈(p82)に「101 有事の感染症サーベイランスにおいても、(中略)下水サーベイランス等の複数のサーベイランスを実施する。」と記載されています。

新型インフルエンザ等対策政府行動計画　（令和 6 年 6 月 17 日時点案）
https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/ful/taisakusuisin/dai13_2024/gijisidai_2.pdf

2024 年 7 月 3 日

「新型インフルエンザ等対策政府行動計画」（令和 6 年 7 月 2 日閣議決定）に「下水サーベイランス」が記載されました

次なる感染症危機へ行動計画をまとめた「新型インフルエンザ等対策政府行動計画」が令和 6 年 7 月 2 日に閣議決定されました。昨年 9 月から政府の新型インフルエンザ等対策推進会議において政府行動計画改定の議論を重ね、今春のパブリックコメントを通じて得られた国民の意見を反映し、2013 年の策定以来、初めて抜本的に改正されました。政府行動計画は、次なる感染症危機への平時の備えを充実させるとともに、平時から有事への移行をスムーズなものとし、国民の皆様に安心と安全を届けるために必要不可欠なものです。

その行動計画の中で、「下水サーベイランス」は、「新技術」として p47 に記載されるとともに、「1-2. 平時に行う感染症サーベイランス」(p79)に「国は、感染症サーベイランス体制の強化に向けた研究の一環として、JIHS（注：国立健康危機管理研究機構　2025 年 4 月に設立予定）等と連携し、下水サーベイランス等の患者からの直接的な検体採取を伴わないサーベイランスを平時から実施し、その分析結果等について定期的に公表する。(厚生労働省、国土交通省)」と記載されています。

また、注釈(p81)に「101 有事の感染症サーベイランスにおいても、(中略)下水サーベイランス等の複数のサーベイランスを実施する。」と記載されています。

詳しくは内閣感染症危機管理統括庁のホームページをご覧ください。

新型インフルエンザ等対策政府行動計画　（令和 6 年 7 月 2 日閣議決定）

https://www.caicm.go.jp/action/plan/files/gov_action_plan.pdf

全国下水サーベイランス推進協議会（ＣＰＷＳ）活動年表

2023 ～ 2024 年度の活動状況

2023 年度

8 月	CPWS 設立
	CPWS 設立発表会
10 月	第 1 回幹事会開催。幹事長選任
11 月	遠藤利明議員、山本有二議員、田村憲久議員、佐々木紀議員、塩田博昭議員へ、予算確保・法律制度拡充・全国モニタリング体制構築等を提案
2 月	第 2 回幹事会開催。幹事会の定期的開催決定。ロゴマークを決定。ホームページ協議

2024 年度

4 月	遠藤利明議員、山本有二議員、田村憲久議員、佐々木紀議員、塩田博昭議員へ、予算確保・全国モニタリング体制構築等を提案
	国土交通省上下水道審議官グループと下水サーベイランス意見交換
5 月	日本下水サーベイランス協会と連携して提案活動を実施。山本有二議員、田村憲久議員、厚生省感染症対策部、国土交通省上下水道審議官グループに予算確保・法律制度の拡充・全国実施体制の構築等を提案、意見交換
6 月	「骨太の方針 2024」閣議決定、下水サーベイランス掲載
7 月	「新型インフルエンザ等対策政府行動計画」閣議決定、下水サーベイランスの平時・有事での実施明示
	第 3 回幹事会開催。年会費の徴収決定
	令和 7 年度概算要求に向けての提案活動を、日本下水サーベイランス協会と連携して実施 予算確保・データプラットフォームの構築・全国実施体制の構築等を提案
1 月	第 4 回幹事会開催。会員の拡大について協議

協会概要

一般社団法人日本下水サーベイランス協会
〒105-0023　東京都港区芝浦 1-1-1　浜松町ビルディング（株式会社 NJS 内）14 階
Tel：03-6373-6847　Fax：03-6373-6848
URL：https://www.jwwsa.or.jp
Email：association-info@jwwsa.or.jp

正会員（21 社）

（50 音順）

株式会社 AdvanSentinel
ヴェオリア・ジェネッツ株式会社
株式会社 N JS
一般財団法人沖縄県環境科学センター
管清工業株式会社
株式会社クボタ
株式会社建設技術研究所
JNC 株式会社
塩野義製薬株式会社
株式会社島津製作所
株式会社島津テクノリサーチ
株式会社水道アセットサービス
中外テクノス株式会社
株式会社東京設計事務所
東芝インフラシステムズ株式会社
株式会社日水コン
株式会社日吉
株式会社 FINDi
株式会社フソウ
株式会社三井開発
横河電機株式会社

2025 年 3 月 1 日現在

特別会員（5 名）

（50 音順）

井原　賢　　高知大学　農林海洋科学部　農林資源環境科学科　生産環境管理学領域水環境工学研究室　准教授
北島　正章　東京大学　大学院工学系研究科附属　水環境工学研究センター　特任教授
舘田　一博　東邦大学　医学部　医学科　微生物・感染症学講座　教授
原本　英司　山梨大学　大学院総合研究部附属　国際流域環境研究センター　教授
本多　了　　金沢大学　地球社会基盤学系　教授

2025 年 3 月 1 日現在

特別顧問

山本　有二　弁護士（前衆議院議員）

2025 年 3 月 1 日現在

理事及び監事

会長	村上　雅亮	副会長	谷戸　善彦	理事	古賀　正敏	理事	本多　了
副会長	小林　博幸	理事	伊藤　万葉	理事	那須　基	監事	田村　一郎
副会長	的場　俊英	理事	大塚　信之	理事	服部　博光		
副会長	八十島　誠	理事	大月　伸浩	理事	北島　正章		

設立経緯

下水サーベイランスとは、下水など環境水の測定により感染症などの流行状況を把握し、市民の感染対策や医療機関の対策に活用することにより暮らしや健康を守っていく取り組みです。日本下水サーベイランス協会は、下水サーベイランスの社会実装を目的として 2022 年 5 月に設立されました。

事業内容

- 下水サーベイランスの社会実装に関する調査・研究・支援
- 下水サーベイランスの社会実装に資する指針の策定、基準の策定、資格の制定等
- 下水サーベイランスの全国的展開の体制整備と普及推進方策の確立・実施
- 下水サーベイランスに関し、関係官公庁の施策等に対する協力、要望提出、意見具申等
- 下水サーベイランスに関する国内外の情報の収集と会員への提供、機関誌の発行等
- 下水サーベイランスに関する研究発表会、講習会等の開催
- 前各号に掲げる事業に付帯又は関連する事業

2025 年 3 月 発行