

ウィズコロナ時代の実現に向けた主要技術の実証・導入に向けた調査研究業務 「下水サーベイランスの活用に関する実証事業」 下水処理場実証 レポート

本レポートは、「ウィズコロナ時代の実現に向けた主要技術の実証・導入に向けた調査研究業務」において得たデータ・情報に基づき、複数の専門家からの助言を受け、事業管理者である三菱総合研究所が分析した結果をまとめたものである。なお、本レポートは行政機関により内容の正確性や妥当性を精査・確認・保証したものではない。

目次

1. はじめに.....	1
1.1 実証事業の枠組み.....	1
1.2 報告されている感染者	2
1.3 下水から得られる情報.....	2
2. 各共同体における実証事業の実施結果	5
2.1 現在の感染状況等の把握.....	13
2.2 将来の感染状況の予測.....	20
2.3 変異株の検知	22
2.4 外部への公表	24
2.5 公表以外の活用	32
3. 事業管理者によるデータの考察	37
3.1 現在の感染状況等の把握.....	38
3.1.1 現在の感染傾向.....	38
3.1.2 現在の感染状況	45
3.2 将来の感染状況の予測.....	48
3.3 変異株の検知	51
3.4 ウイルス RNA 濃度の測定精度に与える要因の考察.....	52
3.4.1 水量.....	52
3.4.2 水温	52
3.4.3 ウイルスの検出精度.....	53
4. 自治体での活用の可能性	54
4.1 実証後の自治体内での活用ニーズ	54
4.1.1 外部への公表	54
4.1.2 公表以外の活用	56
4.2 活用に向けた課題と解決策.....	60
4.2.1 目的意識の共有や基礎知識の不足.....	61
4.2.2 関係する部署間の連携の不足・役割分担	61

4.2.3 データのばらつきの大きさ	62
5. 普及にあたっての課題と対応の方向性.....	63
5.1 技術的な課題と対応の方向性.....	63
5.1.1 疫学情報の不足	63
5.1.2 手法選択等の問題	63
5.2 その他の課題と対応の方向性	64
5.2.1 検査・分析体制のさらなる充実	64
5.2.2 感染症対策に向けた連携体制の構築	64
参考資料 本事業で採択した各共同体の報告書	66

図目次

図 1-1 下水中のウイルス RNA 濃度に影響を与える変動要因及び感染者数との関係(イメージ)	4
図 2-1 外部公表の例.....	29
図 2-2 外部公表の例	30
図 2-3 外部公表の例	31
図 3-1 下水中ウイルス RNA 濃度と報告日ベースの新規感染者数の増減一致の検討イメージ(1 週間単位).....	39
図 3-2 下水中ウイルス RNA 濃度と報告日ベースの新規感染者数の増減一致の検討イメージ(2 週間単位).....	39
図 3-3 各処理場における 1 週間単位・2 週間単位での増減の一致率	42
図 3-4 事業管理者が算出した各処理場における新規感染者数と下水中のウイルス濃度の相関係数	46
図 4-1 外部公表を検討した自治体の実証事業後の結果.....	54
図 4-2 公表以外の活用に関する実証事業後の結果.....	56
図 4-3 下水サーベイランスの活用に向けたプロセスと主な課題.....	60

表目次

表 2-1 本事業で採択した各共同体の報告一覧.....	5
表 2-2 各共同体の実施結果のまとめ	6
表 2-3 現在の感染状況等の把握に関連する基礎情報	14
表 2-4 将来の感染状況の予測に関連する基礎情報.....	21
表 2-5 変異株の検知に関連する基礎情報.....	23
表 2-6 外部への公表に関連する検討及び実施結果.....	25
表 2-7 公表以外の活用に関連する検討及び実施結果	33
表 3-1 本章で取り上げる論点	37
表 3-2 平均を取った範囲の例.....	40
表 3-3 1 週間・2 週間単位の増減の一致・不一致の考え方	40
表 3-4 処理人口別の 1 週間単位・2 週間単位の増減一致率の平均値.....	41
表 3-5 各フェーズでの下水中のウイルス濃度による傾向把握の一致率.....	43
表 3-6 事業管理者が算出した相関係数	45
表 3-7 各共同体の予測モデルの 1 週間後の増減傾向の一致率.....	49
表 3-8 新規感染者数を予測した各共同体の予測モデルの結果の精度	50

1. はじめに

1.1 実証事業の枠組み

(1) 実証事業の狙い

下水サーベイランス(下水中のウイルスを検査・監視すること)により、地域の新型コロナウイルス感染症(以下、感染症)の蔓延状況の把握や、特定の施設における感染有無の探知等を行い、効果的・効率的な対策につなげられる可能性があり、国内外で下水サーベイランスに関する研究・取り組みが行われている。下水中のウイルスの検査は、鼻咽頭ぬぐい液や唾液、鼻腔ぬぐい液を使う検査のように人から検体を採取する必要がないことから、利便性が指摘される一方、感染症対策に活用するうえでの課題もある。

下水サーベイランスの活用に関する実証事業 下水処理場実証(以下、本事業)では、これまでの知見・研究の成果を踏まえ、下水サーベイランスの実用的な活用が可能となるよう、実証に取り組んだ。

下水サーベイランスの感染症対策における活用ニーズは、地方公共団体(以下、自治体)ごとに多様と想定されるため、本事業では、自らの活用ニーズに応じた実証テーマ及び実証方法を提案いただき、その実証結果と実証で取得・使用したデータについての報告を求める形で公募を行ったところ、20 の自治体、検査機関、研究者からなる共同体を採択した。

(2) 本報告書の構成

本報告書は、各共同体の実証結果と実証で取得・使用したデータの報告を受けて、その要点をまとめるとともに、共同体の得たデータを事業管理者である三菱総合研究所(以下、事業管理者)が独自に解析し、下水サーベイランス普及に向けた課題と方向性について取りまとめたものである。

第2章では、採択した20の共同体それぞれが、何を目的とした実証を行い、どのような結果を取りまとめたのかを総括した。大別すると、各共同体は、自治体をフィールドとした技術的観点(現在の感染状況等の把握、将来の感染者状況の予測、変異株の検知)、自治体の感染症対策での活用の観点(外部への公表、公表以外の活用)から目的を設定し、実証を行った。

第3章では、特に、現在の感染状況等の把握、将来の感染者状況の予測、変異株の検知について、各共同体の実施結果等をもとに事業管理者が独自に解析するとともに、俯瞰的に評価を行った。

第4章では、実証を経て各自治体が考える活用の可能性や、活用のための問題と解決策について考察を行った。

最後の第5章では、本事業を経て、特に自治体において下水サーベイランスを普及させるための課題と対応の今後の方向性について取りまとめた。

1.2 報告されている感染者

「感染症の予防及び感染症の患者に対する医療に関する法律」(平成 10 年法律第 114 号。以下「感染症法」という。)に基づき、医師が新型コロナウイルス感染症の患者を診断した際には、直ちに最寄りの保健所長を経由して都道府県知事(保健所を設置する市又は特別区にあっては、その長)に届け出ることが義務づけられている。自治体は届け出られた情報に基づき新規感染者数等を公表している。

ただし、2022 年 9 月 26 日の全数把握見直しにより、医師から報告される情報が簡略化され、発生届の対象が、(a) 65 歳以上の者、(b)入院を要する者、(c)重症化リスクがあり、新型コロナウイルス感染症治療薬の投与又は新たに酸素投与が必要と医師が判断する者、(d)妊婦、の 4 類型に限定して発生届の提出が求められることとなった。65 歳未満の若い軽症者等は発生届の対象外となり、受診した医療機関や都道府県が運営している陽性者フォローアップセンターなどへ自ら申告して、それらを日次ごとに集計を行う運用となった。公表される情報も簡略化されたため、それまで公表されていた発症日ベースの新規感染者数のデータを入手することは困難となった。そのため、本事業に参加した共同体は、引き続き公表されている報告日ベースの新規感染者数と下水中ウイルス RNA 濃度の比較を行っている。

1.3 下水から得られる情報

下水には、うがい、手洗い、排泄等に伴って排出されるウイルスの RNA 情報が含まれ、この情報を分析することで、当該ウイルスに対する感染者の存在の有無や感染傾向を把握できる可能性がある。ただし、ある時点で下水中に含まれるウイルス量は、有症状感染者だけでなく無症状感染者、感染後治療した者を含めた全ての感染者に由来するウイルス量の累計^{2,3}である。

また、感染者から排出されるウイルス量は以下のように様々な要因によって異なることが知られている。

- 感染からの日数によってウイルス排出量が増加する⁴
- 患者の年齢によってウイルス排出量が異なる⁴
- 患者の重症度によってウイルス排出量が異なる⁵
- ウイルスの変異株ごとにウイルス排出量や経時的な排出パターンが異なる⁶

¹ 「With コロナの新たな段階への移行に向けた全数届出の見直しについて」(厚生労働省新型コロナウイルス感染症対策推進本部事務連絡 令和 4 年 9 月 12 日 令和 4 年 9 月 27 日最終改正)

² Environmental surveillance for SARS-CoV-2 to complement public health surveillance – Interim Guidance, WHO, <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-HEP-ECH-WSH-2022.1> [last accessed: 2023 年 3 月 7 日]

³ 厚生労働行政推進調査事業費補助金(新興・再興感染症及び予防接種政策推進研究事業)「環境水を用いた新型コロナウイルス監視体制を構築するための研究」分担研究報告書下水中の新型コロナウイルス調査運用上の課題について、厚生労働省, https://mhlw-grants.niph.go.jp/system/files/report_pdf/202019035A-buntan7.pdf [last accessed: 2023 年 3 月 7 日]

⁴ 検体中の SARS-CoV-2 ウイルスコピー数とウイルス力価に係る考察, 国立感染症研究所, <https://www.niid.go.jp/niid/ja/niid/ja/2019-ncov/2502-idsc/iasr-in/10133-491d01.html> [last accessed: 2023 年 3 月 7 日]

⁵ Zheng, Shufa, et al. "Viral load dynamics and disease severity in patients infected with SARS-CoV-2 in Zhejiang province, China, January–March 2020: retrospective cohort study." *bmj* 369 (2020). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7190077/> [last accessed: 2023 年 3 月 7 日]

⁶ Puhach, Olha, Benjamin Meyer, and Isabella Eckerle. "SARS-CoV-2 viral load and shedding kin

- 患者一人ひとりごとにウイルス排出量の個人差がある⁷

以上のように感染者一人当たりのウイルス排出量はばらつき⁸が大きい。

加えて、排出されたウイルスRNAは下水中を流れる過程で様々な要因(水温、化学物質、滞留時間、流量他)から影響(分解、希釈)を受け³、そのため下水中を流下する過程でウイルス RNA 濃度は時間とともに変化する。

さらに、感染者数については、発症から診断を経て行政に把握されるまでの時間差に起因する新規感染者数の報告日と下水の採水日が異なることによる影響や、週末などの検査件数の制約等に起因して曜日により報告される新規感染者数がばらつく影響、処理区域外から来訪した感染者(通勤・通学や大規模イベント開催時など)などの流入や逆に処理区域外への移動の影響もあり、行政機関に把握され公表される感染者数と、下水に含まれるウイルス RNA に由来する感染者数との間で乖離が生じる可能性がある。

このように、下水から得られるウイルス RNA 情報は行政機関が把握・公表している新規感染者数に相当する情報とは異なることに留意が必要である⁸。

etics.” Nature Reviews Microbiology 21.3 (2023): 147-161. ,<https://www.nature.com/articles/s41579-022-00822-w>[last accessed: 2023 年 3 月 12 日]

⁷ SARS-CoV-2 B.1.1.529 系統(オミクロン株)感染による新型コロナウイルス感染症の積極的疫学調査:新型コロナワクチン未接種者におけるウイルス排出期間(第 2 報),国立感染症研究所,<https://www.niid.go.jp/niid/ja/2019-ncov/2484-idsc/10899-covid19-67.html> [last accessed: 2023 年 3 月 7 日]

⁸ データのばらつきには①変動による不確実性と②そもそも捉えているものが異なるための差異、に分けて考えることができる。感染者一人当たりのウイルス排出量のばらつきは①に該当し、「行政機関に把握され公表される感染者数」と「下水に含まれるウイルス RNA に由来する感染者数」との間の乖離は②に該当する。

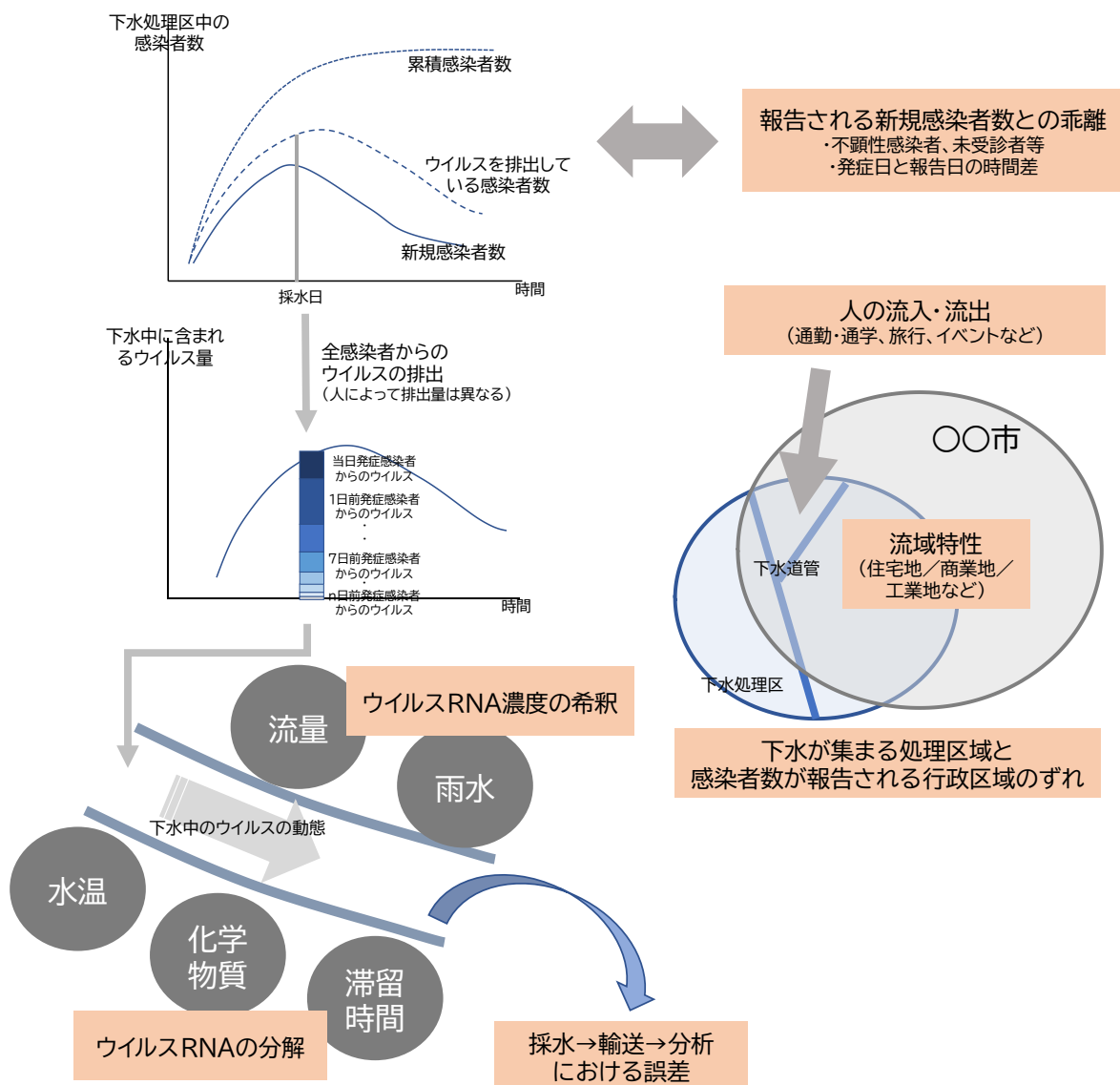


図 1-1 下水中のウイルス RNA 濃度に影響を与える変動要因及び感染者数との関係(イメージ)

2. 各共同体における実証事業の実施結果

本事業において、20 の共同体がそれぞれ作成した計画に基づき、地域性を有する様々な下水処理場やポンプ場等において実証に取り組んだ⁹。

本章では、採択した 20 共同体それぞれが、何を目的とした実証を行い、どのような結果を取りまとめたかを共同体の報告書や共同体へのヒアリング等をもとに要約した。

なお、本章の記載は、各共同体自身による分析・評価に基づくものであり、事業管理者の見解ではない。

表 2-1 本事業で採択した各共同体の報告一覧

共同体に参加した自治体	資料番号
北海道札幌市	参考資料 01
宮城県仙台市	参考資料 02
秋田県	参考資料 03
茨城県水戸市	参考資料 04
埼玉県・さいたま市・秩父市・飯能市・日高市	参考資料 05
埼玉県	参考資料 06
神奈川県	参考資料 07
石川県小松市	参考資料 08
山梨県甲府市	参考資料 09
静岡県浜松市	参考資料 10
三重県四日市市	参考資料 11
滋賀県・大津市	参考資料 12
京都府・京都市	参考資料 13
兵庫県養父市	参考資料 14
山口県宇部市	参考資料 15
香川県	参考資料 16
高知県・高知市	参考資料 17
福岡県久留米市	参考資料 18
大分県大分市	参考資料 19
沖縄県	参考資料 20

各共同体の実施結果とその分類は表 2-2 の通りであり、2.1 節以降では、この分類ごとに実施結果の情報を取りまとめた。

⁹ 下水処理場延べ 68 か所、ポンプ場 9 か所、マンホール等 9 か所が採水対象となった。

表 2-2 各共同体の実施結果のまとめ

自治体	#	実施項目	(1)感染傾向の把握 (傾向・相関係数)	(2)感染者数の将来の予測	(3)変異株の検知	(4)外部への公表 市民や医療機関、他の自治体等への公表	(5)公表以外の活用 自治体内部での政策判断等に用いる活用等
自治体A	1	下水サーベイランス結果からの感染 トレンドの把握に係る検討	報告日ベースの新規感染者数（市内 1日分）と比較	—	—	HPでの公表（市民向け、ウイルスRNA 濃度・解説文）	定期的な情報提供体制の構築（市長・ 副市長・保健衛生部局・危機管理部 局）
	2	下水調査結果を活用するにあたり適 切な採水方法・検査頻度の検討	—	—	—		
	3	下水調査結果からの将来の感染者数 （新規陽性者数）を推計する手法の 検討	—	報告日ベースの新規感染者数（市 内、採水日から5日後、1日分）を 予測	—		
自治体B	1	自治体における活用可能な下水情報 の特定と活用による効果	報告日ベースの新規感染者数（市 内、1週間分）と比較	報告日ベースの新規感染者数（市 内、採水日の次の月曜日から1週間 後、1週間分）を予測（※） ※予測自体は他プロジェクトで実 施、本事業では予測値の発信を受け た市民の行動変容をアンケート調査	—	情報拠点での公表（他の自治体向け、 予測値やウイルス濃度等）	定期的な情報提供体制の構築（市庁）
	2	下水情報の利活用を促進するための 体制（情報拠点）	—	—	—		
自治体C	1	下水中新型コロナウイルスの定量測 定を行い、感染トレンドを把握する	報告日ベースの新規感染者数（保健 所区域、1日分）と比較	—	—	公表には至らず（信頼性を高める必要 があり、公表に至らず）	自治体内部の関係部署に情報共有・説 明（健康福祉部他に情報共有・説明。 信頼性に懸念あり、5 類移行後の下水 データ活用は今後の課題）
	2	下水中新型コロナウイルスの変異解 析を行い、変異株の経時変化を把握 する	—	—	変異株の割合の把握		
	3	総合的な感染症対策の中での下水 サーベイランスの位置づけ・活用方 法を県下関連部局間で合意する	—	—	—		

自治体	#	実施項目	(1)感染傾向の把握 (トレンド・相関係数)	(2)感染者数の将来の予測	(3)変異株の検知	(4)外部への公表 市民や医療機関、他の自治体等への公表	(5)公表以外の活用 自治体内部での政策判断等に用いる活用等
自治体D	1	処理方法（分流、合流）の違いによる雨水の影響評価	報告日ベースの新規感染者数（市内、1日分）と比較	—	—	公表には至らず（「全数把握見直し」に伴い、県は、県全体の感染者数は公表しているが、風評被害対策として市町村別に新規感染者数を公表していないため、市内の感染状況について下水データを単独で公表する事はできず、公表に至らず）	自治体内部の関係部署に情報共有・説明（保健医療部他に情報共有・説明。5類移行後に保健部内でデータ活用を検討）
	2	下水道課および保健部局の連携と感染症対策への適用	—	—	変異株の割合の把握		
自治体E	1	県内全域の感染状況及び変異株の流行状況の早期確認を目的とした、SARS-CoV-2 RNA濃度解析	報告日ベースの新規感染者数（流域市町村、1日分）と比較	—	変異株の割合の把握	公表には至らず（下水データ公表の緊急性なしと判断し、公表に至らず）	自治体内部の関係部署に情報共有・説明（感染症対策課に情報共有・説明。報告日ベースの新規感染者数を継続して把握できているため参考に留まった）
	2	県下全域に対する感染症対策に繋がる効果的なアクションの検討	—	—	—		
自治体F	1	下水処理場、中流のポンプ場、更に上流のマンホールの新型コロナウイルス濃度、各地域の流行変異株の経時変化その連動性の確認	報告日ベースの新規感染者数（流域市町村、1日分）と比較	—	変異株の割合の把握	公表には至らず（下水サーベイランスのデータに対しては、測定値のばらつきや採水方法、測定時間など実証案件ごとに統一性はなく、信頼に足るエビデンスは構築されていないと考え、公表に至らず）	自治体内部の関係部署に情報共有・説明（感染対策課に情報共有・説明。学校担当部局等には展開できず）
	2	広域での感染状況との突合に加え、施設のコロナによる欠席数や学級閉鎖数などの感染状況と下水濃度を突合	—	—	—		

自治体	#	実施項目	(1)感染傾向の把握 (トレンド・相関係数)	(2)感染者数の将来の予測	(3)変異株の検知	(4)外部への公表 市民や医療機関、他の自治体等への公表	(5)公表以外の活用 自治体内部での政策判断等に用いる活用等
自治体G	1	下水中新型コロナウイルスの定量値と、流域の（臨床PCR検査等に基づく）新規感染者数相関の実証、及び変異株検出実績・割合データと臨床検体からのゲノム解析結果の突合	報告日ベースの新規感染者数（流域市町村、1日分）と比較	—	変異株の割合の把握	HPでの公表（市民向け、ウイルスRNA濃度・解説文）	定期的な情報提供体制の構築（医療危機対策本部室他）
	2	下水中新型コロナウイルスの定量値を用いた1週間後の流域の（臨床PCR検査等に基づく）新規感染者数を予測	—	報告日ベースの新規感染者数（県内、採水日から1週間後、1週間分）を予測	—		
	3	下水データと他の臨床データの統合解析による、1—2週間後の流域の（臨床PCR検査等に基づく）新規感染者数・入院者数・重症者数を予測	—	報告日ベースの入院者数、重症者数（流域市町村、採水日から1—2週間後、1日分）を予測	—		
自治体H	1	個別検査のキャパシティや検査対象者選定方針に左右されない恒常的な流行状況の把握	—	—	—	HP・SNSでの公表（市民向け、ウイルスRNA濃度・解説文）	定期的な情報提供体制の構築（新型コロナウイルス対策本部他）
	2	流行の予兆検知や流行トレンド（増加傾向・ピークアウト・減少傾向）の早期検知の検討	報告日ベースの新規感染者数（市内、10万人あたりの1日分）と比較	—	—		
	3	ポンプ場などの小流域を対象としたサーベイランスによる流行拡大地域の特定	報告日ベースの新規感染者数（市内、10万人あたりの1日分）と比較	—	—		
自治体I	1	地元の検査機関を活用した地域での新型コロナウイルスの分析体制の検討	報告日ベースの新規感染者数（市内、1日分）と比較	—	変異株の存在・割合の把握	公表準備中（HPでの公表）	自治体内部の関係部署に情報共有・説明（保健福祉部に情報共有・説明。新たな変異株への置き換わりがなかったため期待された利用はできず）
	2	1週間先までの新規感染者数を予測するための最適採水頻度と必要モデルパラメーターの検討	—	報告日ベースの新規感染者数（市内、採水日から1週間後、1日分）を予測	—		

自治体	#	実施項目	(1)感染傾向の把握 (トレンド・相関係数)	(2)感染者数の将来の予測	(3)変異株の検知	(4)外部への公表 市民や医療機関、他の自治体等への公表	(5)公表以外の活用 自治体内部での政策判断等に用いる活用等
自治体J	1	下水サーベイランスを実施するに当たり必要な検査結果を得る上で適切な処理区（下水処理場）及び採水方法の選定	報告日ベースの新規感染者数（流域市町村、1日分）と比較	—	—	公表には至らず（信頼性に懸念あり、公表に至らず）	自治体内部の関係部署に情報共有・説明（健康福祉部に情報共有・説明。信頼性に懸念があり利用はできず） 未知の感染症対策への活用可能性はあり
	2	下水調査結果を市民に情報発信する方法の検討や課題の抽出	報告日ベースの新規感染者数（流域市町村、1日分）と比較	—	—		
自治体K	1	下水サーベイランスデータを市の感染症対策に活用するための体制構築	—	—	—	公表には至らず（県への提供、市民への情報提示について、結論には至らず）	自治体内部の関係部署に情報共有・説明（健康福祉部に情報共有・説明。5類以降対応含めて継続検討）
	2	持続可能な下水サーベイランス活用方策の検討	報告日ベースの新規感染者数（市内10万人あたりの1週間平均）と比較	—	変異株の存在・割合の把握		
	3	最適な活用方策を検討するためのサンプリング方法の検討	—	—	—		
自治体L	1	下水サーベイランスのデータを採水日翌日に結果を出す体制の構築	—	—	—	公表には至らず（技術的、制度的、財政的課題を整理したが、結論には至らず）	自治体内部の関係部署に情報共有・説明（健康医療福祉部に情報共有・説明。技術的、制度的、財政的課題を整理したが、結論には至らず利用はできず）
	2	下水サーベイランスの方が医療機関の新規感染者数よりも数日早く感染者数の増加を捉えられることの実証	報告日ベースの新規感染者数（流域市町村、1日分）と比較	—	—		
	3	下水サーベイランスの情報を県の感染症対策に活かす方策	—	—	—		

自治体	#	実施項目	(1)感染傾向の把握 (トレンド・相関係数)	(2)感染者数の将来の予測	(3)変異株の検知	(4)外部への公表 市民や医療機関、他の自治体等への公表	(5)公表以外の活用 自治体内部での政策判断等に用いる活用等
自治体M	1	予測モデルの理論的妥当性の実証	報告日ベースの新規感染者数（県内/市内、1日分）と比較	報告日ベースの新規感染者数（県内/市内、月末時点で翌1ヶ月分）を予測	変異株の存在・割合の把握	公表には至らず（公表主体が決まっておらず、予測の信頼性の基準が決められていないため公表に至らず）	自治体内部の関係部署に情報共有・説明（新型コロナウイルス感染症対策本部に情報共有・説明。信頼性に懸念があり利用はできず）
	2	特性の異なる地域ごとの予測	報告日ベースの新規感染者数（別の市内/町内、1日分）と比較	（中止）	変異株の存在・割合の把握		
	3	精度を維持するために最低限必要となるデータの前提条件の明確化	—	—	—		
自治体N	1	都市部と異なる排水システムにおける下水サーベイランスの検証	—	—	—	「HPでの公表・市庁舎壁へのライトアップ表示（市民・市内事業者向け、ウイルスRNA濃度・解説文）」	定期的な情報提供体制の構築（新型コロナウイルス感染症対策本部・危機管理室防災安全課）
	2	地域住民への情報発信および効果測定	—	—	—		
	3	下水サーベイランスデータを活用した観光産業の活性化	—	—	—		
自治体O	1	バッシブサンプル（脱脂綿法とDC法）を用いた下水サーベイランス計画法の立案と検証	—	—	—	公表準備中（HPでの公表）	自治体内部の関係部署に情報共有・説明（健康増進課に情報共有・説明。オンタイムでの情報提供ができないため利用はできず）
	2	下水中の新型コロナウイルス濃度流行状況の早期検知の可能性、ニーズに沿った活用方法の精査	報告日ベースの新規感染者数（市内、1日分）と比較	—	—		
	3	感染症に関する情報についての市民ニーズ調査の実施及び情報提供の検討	—	—	—		

自治体	#	実施項目	(1)感染傾向の把握 (トレンド・相関係数)	(2)感染者数の将来の予測	(3)変異株の検知	(4)外部への公表 市民や医療機関、他の自治体等への公表	(5)公表以外の活用 自治体内部での政策判断等に用いる活用等
自治体P	1	下水調査結果の活用法の検討	報告日ベースの新規感染者数（対象市及び対象流域市町、1日分）と比較	—	—	公表には至らず（アラート発出は今後の課題と整理し、公表に至らず）	自治体内部の関係部署に情報共有・説明（健康福祉部に情報共有・説明。5類移行の動向を踏まえ、必要に応じて検討）
	2	下水調査結果を活用した感染者数（新規陽性者数）の推計手法の検討	—	報告日ベースの新規感染者数（対象市、採水日から1週間後、1週間分）を予測	—		
自治体Q	1	下水サーベイランスデータを迅速に結果を出す体制の構築	—	—	—	公表には至らず（ヒト検査による感染者数データに比べて信頼性に劣る）	自治体内部の関係部署で情報共有・説明
	2	下水サーベイランスの活用方策の検討	報告日ベースの新規感染者数（県内10万人あたり1週間平均）	—	—		
	3	繁華街など人が集まる地域でのマンホールでの調査による安全性の確認	—	—	—		
自治体R	1	下水サーベイランスを市の感染症対策に活用するための連携体制構築	—	—	—	公表には至らず（オミクロン株が主流であり、新たな変異が見られないため、すぐに活用策を実施する必要性が無く、公表に至らず）	自治体内部の関係部署に情報共有・説明（オミクロン株が主流であり、新たな変異が見られないため、すぐに活用策を実施する必要性が無い）
	2	継続的な下水サーベイランス活用方策の検討	報告日ベースの新規感染者数（市内、10万人あたりの1日分）と比較	—	—		
	3	実用的な活用方策を検討するためのサンプリング方法の検討	—	—	—		

自治体	#	実施項目	(1)感染傾向の把握 (トレンド・相関係数)	(2)感染者数の将来の予測	(3)変異株の検知	(4)外部への公表 市民や医療機関、他の自治体等への公表	(5)公表以外の活用 自治体内部での政策判断等に用いる活用等
自治体S	1	下水調査結果を活用するに当たり、必要な検査結果を得る上で、適切な採水・検査頻度、下水処理場の選定	報告日ベースの新規感染者数（市内、1日分）と比較	—	—	公表準備中（HP・アプリでの公表）	自治体内部の関係部署に情報共有・説明（保健所に情報共有・説明。報告日ベースの新規感染者数を継続して把握できているため参考に留まった）
	2	下水調査結果を基本的な感染症対策の検討に用いるための基準の検討	—	—	—		
自治体T	1	高感度検出法による定量分析の検討	—	—	変異株の割合の把握	公表には至らず（データのばらつき等課題が残り、公表に至らず。県HPでの報告を検討）	自治体内部の関係部署に情報共有・説明（信頼性に懸念があり利用はできず）
	2	下水サーベイランスデータの活用法の検討	報告日ベースの新規感染者数（県内、1週間分） 入院者数、重症者数（流域市町村、1日分）と比較	—	—		
	3	技術移管による現地検査機関での解析委託	—	—	—		

2.1 現在の感染状況等の把握

把握された下水中のウイルス RNA 濃度と感染者数の変化の傾向(トレンド)の一致や相関関係といった感染状況等の把握に関して、各共同体の実施結果は表 2-3 の通りである。また、感染傾向の把握に関連する、濃縮方法・把握対象等の基礎情報を同表に示す。

表 2-3 現在の感染状況等の把握に関連する基礎情報

自治体	採水地点数（排除方式）	採水方法／濃縮方法 ／qPCR系	検出下限値 ／定量下限値*	把握対象	比較対象	把握対象と比較対象の相関係数**	自治体のコメント
自治体A	5箇所の下水処理場の流入水 【排除方式】 合流式（全て）	【採水方法】 コンボジット 【濃縮方法】 EPISENS-S法 【qPCR系】 CDC_N1	【検出下限値】 93 [GC/L] 【定量下限値】 93 [GC/L]	ウイルス濃度 検出率	報告日ベースの新規感染者 数（市内、1日分）	【スビアマン】 － 【ピアソン】 － （算出せず）	第4波（令和3年3月～6月頃）から第8波（令和4年10月頃）のいずれの期間においても、新規陽性者数とウイルスRNA濃度の変動傾向が概ね一致している。市全体の感染動向を把握するという観点においては、複数の処理区の調査結果の平均値を用いて評価することが適切と考えられる。 令和4年7月の感染拡大期（第7波）や10月の感染拡大期（第8波）に着目すると、市内の新規陽性者数の増加より、1週間程度早く下水中のウイルスRNA濃度が上昇している。 5施設はいずれも合流式の処理場であることから、降雨時及び融雪時に雨水の影響を受け、ウイルスRNA濃度の分析値が極端に低い値を示すことがあるため、本市では、分析値に対して雨水補正を行った値を公表。 新型コロナウイルスRNA濃度をPMMoV RNA濃度で除して正規化した値は新規陽性者数と同様の増減傾向を示しており、感染拡大及びピークアウトの傾向をよく反映していることから、正規化を行うことの有用性が示された。
自治体B	2箇所の下水処理場の流入水 3箇所のポンプ場の下水 【排除方式】 合流式（1地点） 分流式（1地点） 分流式・合流式が半々（2地点） 分流式・一部合流式の所あり（1地点）	【採水方法】 グラブ 【濃縮方法】 EPISENS-S法 【qPCR系】 CDC_N1	【検出下限値】 2,778 [GC/L] 【定量下限値】 5,556 [GC/L]	ウイルス濃度 検出率	報告日ベースの新規感染者 数（市内、1週間分）	【スビアマン】 － 【ピアソン】 － （算出せず）	市内における過去1週間の合計陽性報告者数と両採水地点の下水中の新型コロナウイルス遺伝子の定量PCR結果を比較すると有意水準1%で有意な相関が得られた。
自治体C	1箇所の下水処理場の流入水 2箇所のポンプ場の下水 【排除方式】 分流式・一部合流式の所あり（3地点全て）	【採水方法】 グラブ/コンボジット 【濃縮方法】 EPISENS-S法 【qPCR系】 CDC_N1	【検出下限値】 93 [GC/L] 【定量下限値】 463 [GC/L]	ウイルス濃度	報告日ベースの新規感染者 数（保健所区域、1日分）	【スビアマン】 0.27～0.93 【ピアソン】 0.33～0.93	3点平均、PMMOV補正を行う事でばらつきが補正されて新規感染者数と高い相関を確認する事が確認できた。 ウイルス濃度は、4または5日後の新規感染者数との相関が高いとの結果。
自治体D	2箇所の下水処理場の流入水 2箇所のポンプ場の下水 【排除方式】 合流式（3地点） 分流式（1地点）	【採水方法】 グラブ（一時期コンボジット） 【濃縮方法】 EPISENS-S法 【qPCR系】 CDC_N1	【検出下限値】 93 [GC/L] 【定量下限値】 463 [GC/L]	ウイルス濃度	報告日ベースの新規感染者 数（市内、1日分）	【スビアマン】 0.32～0.80 【ピアソン】 0.52～0.71	測定値を3点平均、PMMOV補正を行う事でばらつきが補正されて新規感染者数と高い相関を確認する事が確認できた。 新規陽性者数の報告日を平均5-8日間を後ろにずらすことで、相関係数はより向上した。

*各濃縮法における検出下限、定量下限の値は事業管理者は確認していない。*一つの処理場につき複数の補正が報告された場合は、それら全てを掲載

自治体	採水地点数（排除方式）	採水方法／濃縮方法 ／qPCR系	検出下限値 ／定量下限値*	把握対象	比較対象	把握対象と比較対象の相関係数**	自治体のコメント
自治体E	12箇所の下水処理場の流入水 【排除方式】 合流式（4地点） 分流式（5地点） 分流式・一部合流式の所あり（3地点）	【採水方法】 グラブ/コンボジット 【濃縮方法】 EPISENS-S法 【qPCR系】 CDC_N1	【検出下限値】 93 [GC/L] 【定量下限値】 463 [GC/L]	ウイルス濃度	報告日ベースの新規感染者数（流域市町村、1日分）	【スピアマン】 0.83～0.99 【ピアソン】 0.81～0.94	本県ではそれぞれの測定地点、また流域別単位でも新規感染者数と下水SARS-CoV-2濃度は高い相関性を有する事が示された。 合流式、分流式どちらの処理方法においても下水中ウイルス濃度と新規感染者数は高い相関を示す事が確認でき、処理方式による大きな違いが認められなかった。 新規感染者数と下水中ウイルス濃度の相関はいずれも0.8以上の高い相関を示したことから、本県のような都市部における下水サーベイランスにおいて処理人口の大小の影響は小さい事が確認できた。流入量は100倍の処理量の差があったが、共に0.8以上の高い相関を示したことから下水サーベイランスにおいて流入水量の大小の影響は小さい事が確認できた。
自治体F	1箇所の下水処理場の流入水 2箇所のポンプ場の下水 教育関連施設SとUの2箇所のマンホールの下水 【排除方式】 合流式（5地点全て）	【採水方法】 グラブ/コンボジット/バッシブ 【濃縮方法】 EPISENS-S法 【qPCR系】 CDC_N1	【検出下限値】 グラブ：93 バッシブ：8[GC/cotton] 【定量下限値】 グラブ：463 バッシブ：42[GC/cotton]	ウイルス濃度	報告日ベースの新規感染者数（流域市町村、1日分）	【スピアマン】 － 【ピアソン】 － （算出せず）	処理場、ポンプ場別の感染者数とSARS-CoV-2濃度、3点平均値、SARS-CoV-2濃度/PMMOVで補正した値は同様のトレンドを示した。 施設Sについて実証期間中最も感染者数が多かった期間において、下水中ウイルス濃度が高いことが明らかとなった。 施設Uについては、感染者数が落ち着いている1月中旬においても下水濃度が確認され両者の傾向に乖離が認められた。 処理場とポンプ場Aは連動してトレンドが動く事が確認できたが、ポンプ場Bについてはその傾向が弱い。
自治体G	2箇所の下水処理場の流入水 【排除方式】 分流式・一部合流式の所あり（2地点全て）	【採水方法】 グラブ 【濃縮方法】 EPISENS-S法 【qPCR系】 CDC_N1	【検出下限値】 93 [GC/L] 【定量下限値】 463 [GC/L]	ウイルス濃度	報告日ベースの新規感染者数（流域市町村、1日分）	【スピアマン】 0.87～0.95 【ピアソン】 0.68～0.86	下水中SARS-CoV-2濃度は8日後の新規陽性者数との相関性が最も高いことがわかった。 PMMOV補正をすることで、より下水データと新規感染者数の相関係数が高まる。

各濃縮法における検出下限、定量下限の値は事業管理者は確認していない。 *一つの処理場につき複数の補正が報告された場合は、それら全てを掲載

自治体	採水地点数（排除方式）	採水方法／濃縮方法 ／qPCR系	検出下限値 ／定量下限値*	把握対象	比較対象	把握対象と比較対象の相関係数**	自治体のコメント
自治体H	4箇所の下水処理場の流入水 【排除方式】 合流式（1地点） 分流式（3地点）	【採水方法】 グラブ 【濃縮方法】 沈殿物抽出法 【qPCR系】 CDC_N1/N2 N1とN2を個別に計測	【検出下限値】 100 [GC/L] 【定量下限値】 1000 [GC/L]	ウイルス濃度 ウイルス負荷量	報告日ベースの新規感染者数（市内、10万人あたりの1日分）	【スピアマン】 － 【ピアソン】 0.87～0.94	本実証事業以前のデータ（2021年10月～2022年6月）を含めた全数把握見直し前の9月25日までの期間（第6波～第7波）について市内の感染者数と採水場所の選別と特徴を考慮して感染者数と比較すると十分に高い相関性のあるデータを得ることができ、下水中のウイルス量が市内の感染状況（流行規模および流行トレンド）を概ね反映していることが確認された。 処理場へのウイルス負荷量が市内の感染者数の傾向をよく反映していることがわかった。 平滑化した下水ウイルス濃度（およびウイルス負荷量）は、採水日直前1週間の感染者数よりも、採水日直後1週間の感染者数により高い相関を示し、下水サーベイランスが個別検査による感染者報告よりも早く兆候を捉えることができることが示された。 ウイルスRNA抽出、検出方法については、日本水環境学会COVID-19タスクフォースのマニュアルに基づく分析方法のうち、濃縮法としてはPEG沈殿法、検出法としてはCDCN1,N2プローブによるリアルタイムPCR法で実証開始より連続して安定したデータを得ることができていることがわかった。
自治体I	1箇所の下水処理場の流入水 【排除方式】 分流式・一部合流式の所あり（1地点全て）	【採水方法】 グラブ 【濃縮方法】 沈殿物抽出法 【qPCR系】 CDC_N1+N2 N1とN2を同一チューブで反応させてPCRを実施	【検出下限値】 約120 [GC/L] 【定量下限値】 約600 [GC/L]	ウイルス濃度	報告日ベースの新規感染者数（市内、1日分）	【スピアマン】 － 【ピアソン】 0.55～0.81	下水中のPMMoV遺伝子や大腸菌の濃度データ等のパラメーターを用いた新型コロナウイルス遺伝子濃度の補正を検討したものの、下水中の新型コロナウイルス濃度のみを用いた場合の相関係数が最も高く、1日後が ^a 0.81、2日後が ^a 0.80、3日後が ^a 0.76、4日後が ^a 0.73、5日後が ^a 0.75、6日後が ^a 0.75、7日後が ^a 0.71、8日後が ^a 0.72であった。
自治体J	2箇所の下水処理場の流入水 【排除方式】 合流式（1地点） 分流式（1地点）	【採水方法】 グラブ 【濃縮方法】 EPISSENS-S法 【qPCR系】 CDC_N1	【検出下限値】 93 [GC/L] 【定量下限値】 463 [GC/L]	ウイルス濃度	報告日ベースの新規感染者数（流域市町村、1日分）	【スピアマン】 0.59～0.77 【ピアソン】 －	12月までのPMMoV濃度の平均値を算出し、これを定数として、SARS-CoV-2濃度 / PMMoV濃度 × (定数)により補正値を導出した。補正後のデータは統計的に有意な相関が見られる。

各濃縮法における検出下限、定量下限の値は事業管理者は確認していない。 *一つの処理場につき複数の補正が報告された場合は、それら全てを掲載

自治体	採水地点数（排除方式）	採水方法／濃縮方法 ／qPCR系	検出下限値 ／定量下限値*	把握対象	比較対象	把握対象と比較対象の相関係数**	自治体のコメント
自治体K	3箇所の下水処理場の流入水 および混合サンプル（1サンプル） 【排除方式】 合流式（1地点）、分流式（2地点）	【採水方法】 グラフ 【濃縮方法】 EPISSENS-S法 【qPCR系】 CDC_N1	【検出下限値】 93 [GC/L] 【定量下限値】 463 [GC/L]	ウイルス濃度	報告日ベースの新規感染者数（市内、10万人あたりの1週間平均）	【スピアマン】 0.35～0.76 【ピアソン】 0.17～0.82	1週間平均濃度に対し、採水1日後～7日後の新規感染者数の1週間平均（対象日±3日間平均）を比較すると、最も相関が高いのが0日後、すなわち採水日を中心とする1週間平均であった。 流量×ウイルス濃度のウイルス量と新規感染者数比較しても、ウイルス濃度と比較した相関からはば変わらない結果となり、ウイルス量算出によるばらつきの補正等は行わない。 PMMoVあたりのデータ補正を行っても、補正をしない相関と同程度が低くなるため、PMMoVを用いた補正は行わない。
自治体L	5箇所の下水処理場の流入水 【排除方式】 分流式（4地点） 分流式・一部合流式の所あり（1地点）	【採水方法】 グラフ 【濃縮方法】 Direct Capture法 【qPCR系】 CDC_N1/N2 N1とN2を個別に計測	【検出下限値】 200 [GC/L] 【定量下限値】 1000 [GC/L]	ウイルス濃度	報告日ベースの新規感染者数（流域市町村、1日分）	【スピアマン】 0.43～0.76 【ピアソン】 0.46～0.72	DirectCapture法とPEG沈殿法で測定された濃度範囲が重なっており、ほぼ同じ濃度が得られ、相互に比較可能であることがわかる。N1プライマーでもN2プライマーでも同様の結果である。 5施設の新規感染者数と下水ウイルスRNA濃度の相関係数を解析した。結果、採水地点A：p=0.0000000000082、採水地点B：p=0.0000017、採水地点C：p=0.000020、採水地点D：p=0.000079、採水地点E：p=0.025となり、5施設の平均と県内全体の新規感染者数で解析を行うと、p=0.0000000013となった。 全施設でp<0.05となり有意な相関が取れていることが分かった。採水地点Aが最も良い相関とれていることが分かった。
自治体M	4箇所の下水処理場の流入水 【排除方式】 合流式（1地点） 分流式（2地点） 分流式・一部合流式の所あり（1地点）	【採水方法】 コンボジット 【濃縮方法】 EPISSENS-S法 【qPCR系】 CDC_N1	【検出下限値】 93 [GC/L] 【定量下限値】 463 [GC/L]	ウイルス濃度	報告日ベースの新規感染者数（市内、県内の別の市内／町内、1日分）	【スピアマン】 0.58～0.92 【ピアソン】 0.42～0.91	3地点の定量解析値を、正規化としてPMMoVによる補正をした値を求め、さらに幾何平均を実施しエリアの代表値とした。この代表値と7日間移動平均した新規陽性者数との相関解析による結果では強い正の相関がある。 採水日を固定し、7日間移動平均による新規陽性者数の報告を4～9日間、後ろにずらすことで、市内3地点の幾何平均値との相関係数はより向上した。 なお、採水地点の違いにより、RNA正規化を行うと相関係数が高くなる結果と低くなる結果が得られた。低くなる採水地点では、本実証期間中の新規陽性者数が100名以上になった日は1日のみで、それ以外は100名以下であったことや、処理場の流入水量が少ないことにより、日内変動が大きく、サンプル間にばらつきが発生していることが影響しているものと推察している。

各濃縮法における検出下限、定量下限の値は事業管理者は確認していない。＊一つの処理場につき複数の補正が報告された場合は、それら全てを掲載

自治体	採水地点数（排除方式）	採水方法／濃縮方法 ／qPCR系	検出下限値 ／定量下限値*	把握対象	比較対象	把握対象と比較対象の相関係数**	自治体のコメント
自治体N	5箇所の下水処理場の流入水 【排除方式】 分流式（5地点全て）	【採水方法】 グラブ 【濃縮方法】 EPISENS-S法 【qPCR系】 CDC_N1	【検出下限値】 93 [GC/L] 【定量下限値】 463 [GC/L]	ウイルス濃度	報告日ベースの新規感染者数（市内、1日分）	【スピアマン】 0.54～0.72 【ピアソン】 0.53～0.77	市内で最も処理人口の多い採水地点は比較的新規陽性者数とのトレンドが見られたのに対し、最も処理人口の小さい採水地点では新規陽性者数とのトレンドがほとんど見られなかった。 下水中ウイルス濃度は相関解析にて5日後の新規陽性者数との相関性が最も高いことがわかった。
自治体O	4箇所の下水処理場の流入水 【排除方式】 合流式（2地点） 分流式（2地点）	【採水方法】 グラブ/バッシブ 【濃縮方法】 Direct capture法/ 脱脂綿-Direct capture法 【qPCR系】 CDC_N1/N2 N1とN2を個別に計測	【検出下限値】 グラブ・CDC_N1：1375[GC/L] グラブ・CDC_N2：687.5[GC/L] バッシブ・CDC_N1：110[GC/cotton] バッシブ・CDC_N2：55[GC/cotton] 【定量下限値】 グラブ・CDC_N1：2750 [GC/L] グラブ・CDC_N2：1375 [GC/L] バッシブ・CDC_N1：220[GC/cotton] バッシブ・CDC_N2：110[GC/cotton]	ウイルス濃度	報告日ベースの新規感染者数（市内、1日分）	【スピアマン】 － 【ピアソン】 0.05～0.88	脱脂綿サンプルの濃度の増加は、グラブサンプルよりも早く、また、新規感染者数の増加よりも早い時期に確認された。新規感染者数（7日間移動平均）の最小値は、10月4日であったが、脱脂綿サンプルの最小値は9月29日で、以降増加傾向に転じている。一方、グラブサンプルの最小値は、10月13日であった。脱脂綿サンプルがより流行の増加傾向を早い段階で捉えており、流行の早期検知を把握するのに適している試料採取法であることが分かった。 グラブサンプルにおける新型コロナウイルス濃度の最低値は、CDC_N1、N2共に10月13日に確認された。脱脂綿サンプルにおける新型コロナウイルス濃度の最低値は、CDC_N1、N2共に9月29日に確認された。
自治体P	2箇所の下水処理場の流入水 【排除方式】 分流式（1地点） 分流式・一部合流式の所あり（1地点）	【採水方法】 グラブ/コンボジット 【濃縮方法】 EPISENS-S法 【qPCR系】 CDC_N1	【検出下限値】 93 [GC/L] 【定量下限値】 463 [GC/L]	ウイルス濃度	報告日ベースの新規感染者数（対象市及び対象流域市町、1日分）	【スピアマン】 0.82～0.94 【ピアソン】 0.46～0.83	新規感染者数（7日間移動平均）と下水中ウイルス濃度の経時的推移について確認した結果、新規感染者数の増減と共に、下水中ウイルス濃度のトレンドが一致する形で変動している。 第6波からの立ち上がりや、第7波に移行する過程も捉えられており、下水サーベイランスによって市中の感染状況を把握できる事が確認できた。 3点平均法を導入する事によりグラフのばらつきが軽減され、SARS-CoV-2濃度と新規感染者とのトレンドが一致しており、トレンドがより判断しやすくなった。 下水中のウイルス濃度は6日後の新規感染者数との相関性が最も高く、1～6日程度の先行指標性が期待できる結果となった。 分流、一部合流である処理場ではPMMoV補正によって相関性が改善する事が予想されたが、単体での相関解析と比較して相関係数に変化を与えなかった。

各濃縮法における検出下限、定量下限の値は事業管理者は確認していない。＊一つの処理場につき複数の補正が報告された場合は、それら全てを掲載

自治体	採水地点数（排除方式）	採水方法／濃縮方法 ／qPCR系	検出下限値 ／定量下限値*	把握対象	比較対象	把握対象と比較対象の相関 係数**	自治体のコメント
自治体Q	4箇所の下水処理場の流入水 3箇所のマンホール地下水 【排除方式】 分流式（4地点） 分流式・一部合流式の所あり（2地点） 合流式（1地点）	【採水方法】 グラブ/バッシブ 【濃縮方法】 沈殿物抽出法 【qPCR系】 CDC_N1/N2 N1とN2を個別に計測	【検出下限値】 83 [GC/L] 【定量下限値】 830 [GC/L]	ウイルス濃度	報告日ベースの新規感染者数（県内、10万人あたりの1週間平均）	【スピアマン】 － 【ピアソン】 0.62～0.90	雨天時流入水量補正後の下水中新型コロナウイルス濃度と新規感染者数を比較すると、補正前のウイルス濃度の相関係数とほぼ変わらない。 採水日の濃度データよりも2回平均濃度の方が新規感染者数と相関が良くなった。 3処理場の1週間（2回）平均値が新規感染者数と最も相関係数が高くなる。 試薬の関係上N1が検出できない場合あり。
自治体R	2箇所の下水処理場の流入水 2箇所の下水処理場の返流水 【排除方式】 分流式（2地点）	【採水方法】 グラブ 【濃縮方法】 EPISSENS-S法 【qPCR系】 CDC_N1	【検出下限値】 93 [GC/L] 【定量下限値】 463 [GC/L]	ウイルス濃度	報告日ベースの新規感染者数（市内、10万人あたりの1日分）	【スピアマン】 － 【ピアソン】 0.55～0.81	感染者数が多い7月～9月初旬では、下水中のRNA濃度が他期間と比較して高い濃度を示しており、感染者数が少ない9月中旬～11月中旬までは、下水中のRNA濃度が低い濃度を示している。このことから、感染者数の多寡をRNA濃度が表していると示唆された。 流量補正よりもPMMoVを用いた補正を行った方が、また、データについては、1週間平均を行った方が、より相関係数が高まることが分かった。
自治体S	3箇所の下水処理場の流入水 【排除方式】 分流式（3地点）	【採水方法】 コンボジット 【濃縮方法】 PEG沈殿法 【qPCR系】 CDC_N1/N2 N1とN2を個別に計測	【検出下限値】 390 [GC/L] 【定量下限値】 3900 [GC/L]	ウイルス濃度	報告日ベースの新規感染者数（市内、1日分）	【スピアマン】 0.68～0.84 【ピアソン】 0.66～0.73	各処理場のウイルス濃度と市内新規感染者数及びその7日間移動平均には有意な相関が見られる。 3処理場は流域特性に応じて傾向の示し方に違いが見られる。より市全体の傾向に対して代表性のある処理場を選定する場合には、相関が最も強い処理場を選定することが望ましい。
自治体T	4箇所の下水処理場の流入水 2箇所の施設の汚水樹の下水 【排除方式】 分流式（6地点全て）	【採水方法】 グラブ/バッシブ 【濃縮方法】 EPISSENS-S法 【qPCR系】 CDC_N1	【検出下限値】 グラブ：93[GC/L] バッシブ：8[GC/cotton] 【定量下限値】 グラブ：463[GC/L] バッシブ：42[GC/cotton]	ウイルス濃度	1日分の新規感染者数（流域市町村）	【スピアマン】 0.57～0.64 【ピアソン】 0.62～0.69	4下水処理場のSARS-CoV-2 RNA濃度の幾何平均は6日後の新規陽性者数との相関性が最も高いとわかった。 市内空港では国際線、国内線ともに、空港の利用状況やその時期の県内や全国の感染状況に応じて、空港の下水から検出されるウイルス濃度も変化していることから、一定程度空港内における感染状況を把握することができる可能性が示唆された。空港におけるSARS-CoV-2 RNA濃度の継続的変化と4下水処理場のSARS-CoV-2 RNA濃度の幾何平均との間に、明確なトレンドの相関性は見られなかった。

各濃縮法における検出下限、定量下限の値は事業管理者は確認していない。＊一つの処理場につき複数の補正が報告された場合は、それら全てを掲載

2.2 将来の感染状況の予測

いくつかの共同体では、予測モデルに基づいた感染者数の将来の予測に取り組んだ。各共同体の実施結果は表 2-4 の通りである。また、感染者数の将来の予測に関連する、入力値、出力値等の基礎情報を同表に示す。

表 2-4 将来の感染状況の予測に関連する基礎情報

自治体	入力値	出力値（予測値）	正解値	自治体のコメント
自治体A	・下水中のウイルスRNA濃度	採水日を起点として5日後の1日分の新規感染者数	報告日ベースの新規感染者数（市内、1日分）	波により精度が異なる。予測値と正解値のずれ（予測値の上振れ）は、PCR等の検査数が足りなかった等で行政が把握できていなかった感染者がいた可能性を示している。5類変更となり直近の感染者数に依存せず推計する手法の検討が必要。12日後を予測するモデルを構築中。
自治体B	・報告日ベースの新規感染者数 ・下水中のウイルスRNA濃度	採水日の次の月曜日から1週間の累計新規感染者数	報告日ベースの新規感染者数（市内、1週間分）	予測値が感染陽性者数を上回る結果が得られた。全数把握が行われていた時期のデータで学習した機械学習モデルを、全数把握が行われなくなった時期の感染陽性者数予測に用いたことが原因であると考えられる。
自治体G	・下水中のウイルスRNA濃度	採水日を起点として1週間後の1日分の新規感染者数	報告日ベースの新規感染者数（右岸・左岸下水流域内、1日分）	高い相関。予測値と正解値のずれ（予測値の上振れ）は、PCR等の検査数が足りなかった等で行政が把握できていなかった感染者がいた可能性を示している。政策に資すると考えられる。
	・下水中のウイルスRNA濃度 ・臨床データ	採水日を起点として1～2週間後の入院者数	入院者数（県全体）	高い相関。精度向上のため、採水場所を増やす必要あり。
	・下水中のウイルスRNA濃度 ・臨床データ	採水日を起点として1～2週間後の重症者数	重症者数（県全体）	同上
自治体I	・下水中のウイルスRNA濃度	採水日を起点として1週間後の1日分の新規感染者数	報告日ベースの新規感染者数（市内、1日分）	正解が分からないため評価は困難だが、予測値と正解値のずれはあるものの増減の傾向はおおむね予測できている。
自治体M	・下水中のウイルスRNA濃度 ・PMMoV濃度 ・人流データ ・報告日ベースの新規感染者数	月末時点で翌1ヶ月後までの1日分の新規感染者数	報告日ベースの新規感染者数（県内・市内、1日分）	当てはまりは良好だが、汎用性・再現性の観点は継続検討
自治体P	・報告日ベースの新規感染者数 ・下水中のウイルスRNA濃度 ・PMMoV濃度	採水日を起点として1週間の累計新規感染者数	報告日ベースの新規感染者数（対象市、1週間分）	ずれあり。予測値と正解値のずれ（予測値の上振れ）は、PCR等の検査数が足りなかった等で行政が把握できていなかった感染者がいた可能性を示している。分析にかかる日数を踏まえると1週間先では活用困難。

2.3 変異株の検知

いくつかの共同体では、変異株の検知に取り組んだ。各共同体の実施結果は表 2-5 の通りである。また、変異株の検知に関連する、把握対象、比較対象のヒト検体等の基礎情報を同表に示す。

表 2-5 変異株の検知に関連する基礎情報

自治体	把握対象	比較対象のヒト検体	分析にかかる日数	自治体のコメント
自治体C	変異株の割合	なし	15営業日	変異解析については、7月にBA2からBA5に移り変わりBA5の高い存在割合が続いたが、11月に入りBA2.75、BQ1といった感染性の高い新種の変異株を下水から確認するに至った。また変異株の存在割合もエリアにより偏りがある事が確認できる、注目すべき変異株が増加しているのかもしくは一定量で留まり続けているのかを全体として把握するのに有用であることが示された
自治体D	変異株の割合	なし	15営業日	期間中概ねBA5が主流であり続けたものの、タイミングによってはBA2.75、BQ1が確認された。一方でそれぞれが継続して拡大する様子は認められなかった。現状県内の衛生研究所で変異解析用に150臨床検体を毎週測定しているが、県全体の変異株の測定となる事、また5類への変更を受けて検体の収集が非常に大変になることから、下水を使って簡便に市内の変異株の存在割合を継続的に測定する事は有用との同衛生研究所からの評価が得られた
自治体E	変異株の割合	国立感染研究所（自治体データ）	15営業日	定量値を示したサンプルは全て変異解析が実施出来た。変異株の存在割合は、県全体一様ではなく、オミクロンBA4BA5の移り変わりに地域差がある事が確認出来た。 県内の衛生研究所でゲノム解析を行っているが、変異解析は一度の解析で処理区域全体の変異状況を確認できる点、臨床で1検体ずつ変異株の解析を行うので、希少な変異株は検査数を多くしないと発見できない可能性があるが、下水による変異解析は効率的に変異状況を確認出来る点で有用と考える。
自治体F	変異株の割合	国立感染研究所（自治体データ）	15営業日	変異解析に関しては、オミクロンBA5が高い存在割合を示しているが11月以降BQ1が、12月に入りBA2.75の存在割合が高くなっている事を確認した。 県は、県内の衛生研究所にてNGSによるゲノム解析を毎週100検体以上実施している。この衛生研究所のゲノム解析結果と下水による変異解析と同様にオミクロンBA5の高い存在割合を示した。一方、衛生研究所はBA2の亜系統、BA5の亜系統であるBA2.75やBQ1については公表されていない。 今後新しく重症化率の高い変異株や、新しいパンデミックが発生した際には、今回の施設サーベイランスが有効に活用できる可能性がある
自治体G	変異株の割合	GISAID（自治体データ） 県内衛生研究所（自治体データ） 国立感染研究所（自治体・東京都データ） 東京都健康安全研究センター（東京都データ）	15営業日	変異株検出の結果は、GISAIDや県及び東京都に報告されている臨床検体からの変異株検出結果と、経時的な傾向が合致した。変異解析の結果を県ホームページで公表。 変異解析について市民向けの情報提供として公表を行い、市民が行動する判断指標のひとつとなることを期待している。
自治体I	変異株の存在・割合	県（自治体データ）	4時間 (変異株の存在) 1～4週間 (変異株の割合)	新たな変異株の出現が下水中でも確認することができた。 次世代シーケンスを用いた変異株解析は操作が煩雑で日数を要するため、迅速には分析できないという課題が見出された。 迅速なスクリーニングを目的としたリアルタイムPCRと、詳細な変異株解析を目的とした次世代シーケンスを組み合わせた分析体制の構築を検討していくことが今後有効になると考えられる。
自治体K	変異株の存在・割合	なし	2週間程度	7月以降のBA4,BA5株の優占により感染拡大が生じていることを確認している。
自治体M	変異株の存在・割合	GISAID（自治体データ）	15営業日	下水サーベイランスによる変異解析は主流株や拡大が広まりつつある株については確認でき、地域内において主流となっている変異株を表すデータとして信頼性があることが確認できた。しかし、感染者が少ないと思われる亜型の変異株の捕捉には向いておらず、エリア内の主流株を把握することに適した手法であるといえる。 今後、新型コロナウイルス感染症が定点観測となり、地域一帯の変異株の発生動向が把握しにくい場合には、下水サーベイランス結果が保環研のゲノム解析結果の情報を補完できるツールとなる可能性が示された。ただし、下水サーベイランス結果により補完するためには、保環研と同程度の期間で解析結果を出す必要があるため、現在のサンプル採取から結果返却まで2-3週間を要している期間を短縮することが必要となる。
自治体T	変異株の割合	国立感染研究所（自治体データ）	15営業日	変異株の存在割合が変化する推移や、新規変異株を下水中より検出出来ることが確認できた。

2.4 外部への公表

各共同体では、実証の結果について自治体の外部(市民や医療機関、他の自治体など)の公表することについて検討を行った。外部への発表における提供内容や提供対象等、各共同体の検討・実施結果は表 2-6 の通りである。

表 2-6 外部への公表に関連する検討及び実施結果

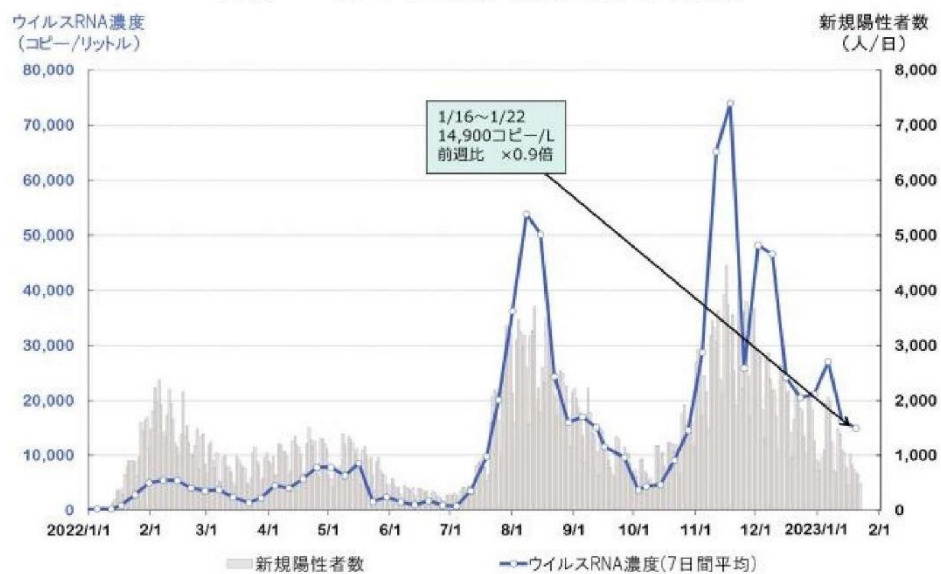
自治体	検討・実施状況	提供内容	提供対象	提供方法	自治体のコメント
自治体A	実施	下水中ウイルスRNA濃度、検出率、新規陽性者数を示した表及びグラフ、コメント	市民	市ホームページ	・本実証事業開始前から、下水サーベイランスの結果を保健衛生部局や危機管理部局、市長副市長にも毎週情報提供し、市内の感染状況を把握するための補助的な指標として活用。 ・令和4年7月ごろの第7波による感染拡大を受け、市民への情報提供と注意喚起を目的に、令和4年8月からホームページ上で下水サーベイランスの結果公表を開始
自治体B	実施	実施済：下水中ウイルスの検出状況、新規感染者数の予測値 検討中：流行地域、流行株の情報、収束判定、特定施設の感染状況	市民	大学ホームページ	・市内における下水調査結果および1週間感染陽性者数予測結果は、市内の大学の「下水ウイルス情報発信サイト」を通じて公表 ・既に公開されている下水情報（2種類）及び今後情報提供が可能な下水情報（4種類）について支払い意思額の調査を行った。0円/年の回答が多い。回答は200円/年～2,500円/年の範囲で、それ以上の支払い意思は得られなかった。「市内における新規感染者の予測値」が500円/年、「市内における流行株の情報」が492円/年と高い。今後の感染者数等の広がりに係る情報に期待されていると考えられる。
自治体C	継続検討 （来年度未定）	定量解析、変異解析	医療機関、市民	調査結果	・信頼性獲得のためにはさらなるデータの積み上げが必要。 ・医療従事者に的確にデータを伝えていくためには、測定値の持つ意味を医療関係者に説明してトレンドの読み方や下水サーベイランスデータの背景を把握してもらう手順が必要。 ・アカデミアや医師会の医療者の意見を聞きながら改善を進めて、認知向上を図っていく必要がある。
自治体D	継続検討 （来年度未定）	感染状況	市民、医療従事者	—	・5類化に伴い感染状況が捉えにくくなる中では市内での感染状況の可視化ツールとして有効。 ・現時点で測定結果の公表は行わないとの判断。理由として「全数把握見直し」に伴い、県は、県全体の感染者数は公表しているが、風評被害対策として市町村別には公表していないため。公表に際しては市内でもさらに理解を深めていく必要があり、今後はさらにデータを蓄積が必要。 ・病床確保や患者受け入れ体制整備の観点から、医療従事者に対して結果を提供することも考えられるが、現状医療従事者の下水サーベイランスの認知度は低く、データの信頼性確保に至っていない状況から、今後認知度や信頼性を高めつつ段階を追って発信することが必要。 ・変異解析については、今後の感染状態の把握に対して有用な可能性。5類への変更で臨床検体の収集が大変になった場合、下水から簡便に変異株の存在を把握できることは有用。
自治体E	継続検討 （来年度未定）	感染状況、変異株の状況	県民	県ホームページ	・全数把握見直し後も市町村別に感染者数が公表されているため、現状、下水データへの緊急的なニーズはない。今後5類へ移行した際に、感染状況を把握する手段の一つとなる可能性はあるが、国の方針次第。 ・データの公表のためにはさらなる信頼性の確認が必要。 ・変異解析についても、県全体の変異の状況が効率的に捉えられることが示された。一方、結果返却まで2～3週間かかるため時間の短縮が課題である。 ・以上踏まえてすぐに下水サーベイランスデータを公開するという判断に至らなかった。
自治体F	継続検討 （来年度未定）	—	施設（学校）	—	・これまでのいくつかの報告より、学校では自覚症状のない不顕性感染した学生が学内感染を起こしていたとされている。 ・今回対象とした2施設は感染対策に力を入れており、新規感染者数が1日10人未満と低レベルで、すでに感染対策が定着。 ・そのため、すぐの現場のニーズ喚起には繋がっていない。 ・今後重症化率の高い変異株や、新しいバンデミックの際には、今回の施設サーベイランスが有効に活用できる可能性。

自治体	検討・実施状況	提供内容	提供対象	提供方法	自治体のコメント
自治体G	実施	定量分析 週次、変異解析 月次、 予測 随時（準備中）	県民	県ホームページ	・定量分析、変異解析を県HPで県民を対象として公表済み。 ・新型コロナウイルス対策に活用するために、更にモデルの精度を高めるなど、今後も議論を続けることが必要。
自治体H	実施	下水ウイルス濃度、先週比、感染状況・感染トレンドのアラート	市民等	市ホームページ、LINE	・2022年11月25日より社会実装として週1回市民への公表を実施。 ・全数把握見直しや今後の定点観測への移行後、市内の感染者数が把握できない状況でも、下水サーベイランスによる流行状況の把握が有効。 ・早期警戒情報として発信するためには、分析費用として本実証事業よりも大きな予算の確保や、分析後のデータのSNSやウェブでの発信の自動化による期間短縮も検討の余地がある。
自治体I	準備中 （来年度未定）	新型コロナウイルス感染者の増減傾向の把握	市民	大学ホームページ	・感染者数予測については、公表データから予測が正しいかどうかを判断することが困難。予測結果は示さずとも下水中のウイルス濃度データが増減どちらの傾向にあるのかという情報だけでも十分ではないかと判断。 ・情報発信については市のウェブサイトでは更新に際して毎回決済が必要となり即日性が失われることから、年度内に市内の大学のウェブサイトに試行的に掲載することを検討中。
自治体J	継続検討 （来年度未定）	下水ウイルス濃度等	市民	市ホームページ	・将来的に全数把握が終了しても、これまでの定点観測数との比などからおおよその全数を推定可能、採水から検査結果を得るまでに数日を要し情報の早期性は乏しい、他の感染症においても不顕性陽性者は把握しておらず新型コロナについても把握のニーズがないなどの理由により実用化判断に至らず。 ・検査結果の信頼性を担保できないため、他の感染症情報と横並びで掲載することが難しいとの判断。 ・検査結果の信頼性向上や時間短縮、検査方法の共通化、より早い検知・予測等についての検討が必要。自治体ごとに下水処理場の特性が異なり、検査手法も異なるため、自治体間の結果の比較ができない点も課題。 ・今後、未知の感染症が流行した際、感染状況把握の非常に有用な手段となる可能性

自治体	検討・実施状況	提供内容	提供対象	提供方法	自治体のコメント
自治体K	継続検討 (来年度継続予定)	①新型コロナウイルス濃度情報及び 変異株情報 ②他のウイルス感染症状況	①周辺市、県 ②医療機関等	—	①来年度、実証を行うことで市内部、活用できそうな見通しが立った場合には県および衛生研究所と情報共有を行い、県の施策や準備等に活用することを検討予定 ②下水サーベイランスの有用性を確認できたため、他のウイルスも合わせた情報を病院等に提示できると有用と考えられる。他のウイルスに対する実証については再来年度以降実施する方向で準備中。
自治体L	継続検討 (来年度未定)	・感染状況 ・他のウイルス感染症	市民	—	・現時点で県民、市民への公開は予定していない。 ・データ取得や本実証の下水サーベイランスのノウハウ・体制の維持が今後の課題。維持には人の課題や財政的な課題がある。施設を絞り分析対象を減らすことで、負担を低減できる可能性。 ・定点報告対象の医療機関は非常に少ないため、変異株の発生動向を下水により推定できれば、現状のサーベイランスを補完する有効な手段となりえる。 ・新興感染症発生初期に発生動向を推定する目的で利用できる可能性。薬剤耐性菌感染症などの多くの人で無症状であるが、発生動向を把握する意義がある疾患に対しての応用も期待。
自治体M	継続検討 (来年度未定)	—	県民	—	・実証事業の結果を公開セミナー等で公表し、実証事業で得た知見等を普及。 ・来年度、感染状況の変化に対応して活用ニーズを早期に把握し、下水サーベイランスの特性及び限界を正しく理解するための手引書を作成の上府民に分かりやすい形で公表する方法を検討。
自治体N	実施	下水ウイルス濃度、新規感染者数、 信号機表示	市民、市内事業者	市ホームページ、市 庁舎ライトアップ	・11月25日より市HP上での公表を開始。12月9日より感染アラート状況の市庁舎ライトアップを開始。 ・全数把握の見直しによって感染者情報が得られなくなったことから、相関係数の解析に十分なデータが得られず、市民への結果の公表は一時保留となった。その後、学級閉鎖の発生した学校の区において下水中ウイルス濃度の上昇が検出できたことなどから公表を決定。市民へのアンケートでは「データ公表を受けて、感染対策に気を付ける等の具体的な行動変容に繋がった人が60%」という結果。 ・下水サーベイランスの結果について広く公表を行うことはできたものの、実証事業の課題の一つとして個別具体の活用や活用方策の検討、および施行等には至らなかった。その理由として、下水中からウイルスが検出されない期間が観測できることを期待していたが、実証期間中にそのような期間はほとんど確認できず、非流行期が判断できなかった。新型コロナウイルス感染症はすでに通年に一定レベルの感染者が継続して発生する疾患になりつつあり、非流行期を捉えることは困難。観光産業の活性化への活用について今後議論が必要。
自治体O	準備中 (来年度継続予定)	下水ウイルス濃度、新規感染者数、 前週比	市民	大学ホームページ	・市民アンケートにより、下水中のコロナウイルス濃度の提供に加え、警戒レベルや警戒アラート等、直接の注意喚起など行動変容のきっかけとなる情報提供が望ましいことを把握。 ・警戒レベルや警戒アラート等、直接、注意喚起や行動変容に繋がる情報を市のWebサイトやSNS、防災メール等で発信して情報提供することが望ましい。 ・今後、データの確実性の検証を行ったうえで、情報提供の開始を目指す。また、試験的運用として、山口大学HPでの情報提供を目指して準備中。

自治体	検討・実施状況	提供内容	提供対象	提供方法	自治体のコメント
自治体P	継続検討 (来年度未定)	—	県民	県ホームページ	・新型コロナウイルス感染症の新規感染者数の動向について捉えられる可能性が示唆されたものの、県民に公表できるレベルのデータの信頼性には至っていない。 ・県民に公表するためには、採水箇所・回数を増やし、より高い信頼性のデータを蓄積することが必要。
自治体Q	継続検討 (来年度未定)	感染状況	県民、市民	—	・週2回の定期レポートで関係部署に情報共有を試行。 ・実装に至らなかった理由は、ヒト検査による感染者数の全数把握を行っている現状で、ヒト検査に比べて信頼性に劣るため。 ・繁華街下流側マンホール調査は繁華街における行動制限や安全性のアピールなどに活用できる可能性。ただしマンホール調査には時間とコストがかかる上、繁華街の経済活動への影響が懸念されるため、例えばイベント前に行い安全を確認する等、適切な実施のタイミングや結果の活用についてさらに検討を行うことが必要。
自治体R	—	—	—	—	(外部公表の検討に先立って、自治体の内部利用に関する検討を実施)
自治体S	準備中 (来年度継続予定)	下水ウイルス濃度と新規感染者数のグラフ、3段階の警戒レベル、コメント	市民	市ホームページ、公式アプリ	・下水サーベイランスのデータを市公式アプリ等と連携したHPにおいて公表し、市民への注意喚起としての感染症対策に用いることを検討中。 ・内容が決定次第、市長及び議員への説明と了承の後に公表ページを開設する予定
自治体T	継続検討 (来年度未定)	—	県民	—	・地上PCR検査による疫学調査に対して下水サーベイランスが代替もしくは補完できるか、今後新型コロナウイルスの感染症法上第5類への変更を想定し、感染症の警戒レベルを判断する上で参考指標の1つとして機能するかを検討した。 ・下水サーベイランスによってある程度の感染状況を捉えることができることはわかったが、一方で採水日ごとのばらつきが大きく、ばらつきが発生している要因が明確となっていないことから、さらなるデータの蓄積が必要。

下水サーベイランスの結果（新型コロナウイルス）



新型コロナウイルス	1月16日～1月22日	前週比
下水中のウイルスRNA濃度※ ¹	14,900コピー/リットル	×0.9倍
下水からの検出率※ ²	100%（15検体/15検体）	±0ポイント
新規陽性者数	4,870人/週	×0.7倍

- ウイルス濃度は緩やかに減少していますが、高い水準を継続しており、引き続き注意が必要です。
- 検出率は100%を継続しており、市内の広範囲に感染が拡大していると推察されます。

図 2-1 外部公表の例

出所)当該自治体報告資料

下水モニタリング

下水モニタリングとは

- 新型コロナウイルスなどの感染者は症状の有無にかかわらず、糞便や唾液中にウイルスを排出することが知られています。
- 新型コロナウイルスの感染傾向を把握するために、下水をモニタリングすることで、受診行動や検査数等の影響を受けることなく、無症状感染者を含めた感染状況を反映する客観的指標としての活用が期待されています。
- 本市では、市中の感染状況を把握し、感染症対策への活用の可能性について検討を目的として、下水をモニタリングしています。

下水モニタリング結果



下水モニタリング結果

モニタリング 項目	下水中のウイルス濃度（※）	先週比	今週の アラートレベル
新型コロナウイルス	205,590コピー/リットル (検出限界：約1000コピー/リットル)	×1.13倍	高水準 特別警戒レベル ほぼ横ばい

（※ データの傾向を把握するため、直近2週間のデータの平均値とする）

分析精度を向上させ、より正確な情報をお伝えべく、分析データの再測定・測定グラフの訂正等を行うことがございます。ご了承いただけますようよろしくお願いいたします。

【下水中のウイルス濃度とは】

定量PCR法によって検出された下水1リットルに含まれるウイルスの遺伝子数（コピー）であり、この値が大きいほど下水の処理区域内に感染者が多く存在していると推定されます。

【アラートレベル】

下水中のコロナ濃度の直近2週間の平均値を基に、「濃度レベル」4段階、「増減トレンド」3種類に分類して判定しています。

[アラート内容\(PDFファイル492KB\)](#)

「濃度レベル」は現在の市内の流行状況を反映し、「増減トレンド」は感染者の増減傾向を反映していると考えられます。なお、判定の基準値は、今後の分析結果を踏まえて市内の流行状況をより適切に反映するために変更になる可能性があります。

ご質問にカブッキーが
お答えします！



図 2-2 外部公表の例

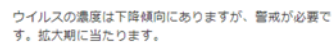
出所)当該自治体報告資料

【1月18日現在】下水サーベイランス採水結果

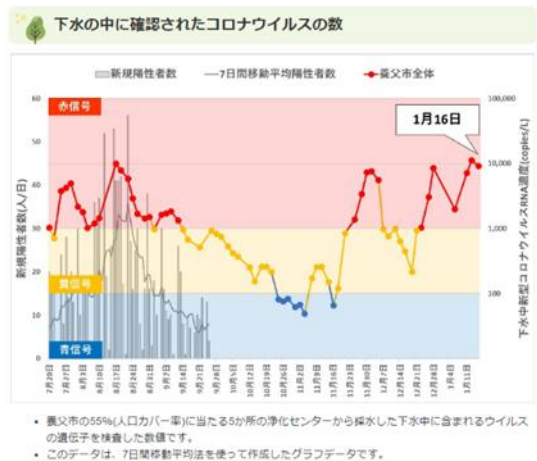
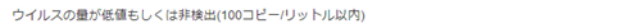
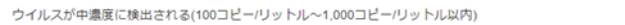
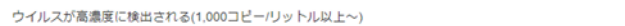
新型コロナウイルスの感染者は、症状の有無にかかわらず、糞便や唾液中にウイルスRNAを排出することが知られています。

本市では、市中の感染状況を把握するためのひとつの指標として、感染症対策への活用、可能性について検討を行うことを目的とした下水サーベイランスで得られたデータを市民へ情報として提供しています。

現在の養父市の状況



下水1リットルに含まれるウイルスの数を表しています。



防災安全課 電話 079-662-2899
経営政策・国家戦略特区課 電話 079-662-7602

出所)当該自治体報告資料

2.5 公表以外の活用

各共同体では、実証の結果の「公表以外の活用」として、自治体内部での政策判断等に用いるなどの活用について検討した。活用目的、活用(が想定される)部署等、各共同体の検討・実施結果は表 2-7 の通りである。

表 2-7 公表以外の活用に関連する検討及び実施結果

自治体	検討・実施状況	活用目的	活用部署	活用情報	自治体のコメント
自治体A	実施	感染状況の把握	市長、副市長、保健衛生部局、危機管理部局等	ウイルス濃度、新規陽性者数	・本実証事業開始前から、下水サーベイランスの結果を保健衛生部局や危機管理部局、市長、副市長へ毎週情報提供し、市内の感染状況把握のための補助的な指標として活用。
自治体B	継続検討 (来年度継続予定)	感染状況の把握	保健部局	—	・5類に引き下げにより定点での一週間ごとの感染者数の把握となり、不顕性感染者を含む実態の把握が困難になるが、今後急激な感染拡大や新たな変異株の蔓延により病床ひっ迫も想定される。下水情報が使えれば有用であるが、法的にガイドライン等で活用方法を明確にされていることが必要。 ・国外で新規変異株が確認された段階で、下水情報から新規変異株の流入の状況（有無）をモニタリングできると良い。 ・自治体内で下水情報を共有するための「下水情報共有DXプラットフォーム」において、学習用の動画として「下水情報の概要」、「下水調査方法の概要」、「下水調査結果の解釈」、「下水調査結果に基づく感染動向予測」、「下水情報共有プラットフォームについて」を掲載。
自治体C	継続検討 (来年度未定)	変異解析 感染対策本部会議への情報提供	健康福祉部、健康環境センター	定量解析、変異解析	・全数把握を見直し後も保健所管轄別に新規感染者数を公表しており、別の感染状況把握ツールへのニーズは高くない。 ・一方で今後定点観測への移行を見据え、下水から把握されるエリアごとの感染動向や変異株の動向を活用できる可能性。 ・ただしその為にはさらなるデータの積み上げ、国としての保健行政における位置づけ明確化、医療従事者や自治体内での認知度の向上が必要。 ・臨床とは変異株の同定手法や解析している核酸の配列が異なる。医療従事者や自治体関係者に伝える際には適切な説明が必要。
自治体D	継続検討 (来年度未定)	地域感染状況の可視化 感染の予測 変異解析 インフルエンザなどの横展開	—	—	・実装のためには継続的なデータの積み上げが必要であるが、本実証では約半年と十分でなかった。 ・5～8日程度の先行指標性について確認されたが、2週間後の予測には至っていない ・下水サーベイランス自体のさらなる信頼性獲得が必要。 ・下水サーベイランスにより耐性菌やインフルエンザも一緒に測定できると実装に近づく。特に定点観測されていて一定の答え合わせが出来るものが良い。 ・今後全国の自治体のデータとの比較の上、市のデータの見方について見識を深めるが必要。
自治体E	継続検討 (来年度未定)	感染状況の把握・予測	感染症対策課	下水ウイルス濃度から把握される感染状況	・全数把握見直し後も新規感染者数を市町村別に集計して公表しており、感染状況は把握できている。 ・今後、5類移行後に下水サーベイランスを定点観測の補助資料として活用できるか継続検討することが必要。

自治体	検討・実施状況	活用目的	活用部署	活用情報	自治体のコメント
自治体F	継続検討 (来年度未定)	感染状況の把握	感染症対策課	—	・今回の検証デザインでは、十分な連動性を示せなかった。一方で各施設での感染者情報と連動した下水情報を確認することができ、一定程度小康状態における施設のサーベイランス動向に関する情報は蓄積できた。 ・こうした知見は今後新しいパンデミックの時に同様の施設でのサーベイランスに有効となる可能性。
自治体G	実施 予測については継続検討	対策の基礎資料	健康医療局	定量分析 週次、変異解析 月次、 予測 随時（準備中）	・変異解析結果（変異株の存在割合の経時的な推移）を対策の基礎資料として活用している。 ・将来の感染予測結果を対策の基礎資料として検討中。更にモデルの精度を高めるなど、今後も議論を続ける必要。
自治体H	実施	感染症対策	新型コロナウイルス対策本部	下水ウイルス濃度、先週比、感染状況・感染トレンドのアラート	感染状況の把握、感染トレンドの把握、得られたデータの関係部局との共有により、新型コロナウイルス対策を的確かつ迅速に立案
自治体I	継続検討 (来年度未定)	①新しい変異株の流入監視 ②感染者の増減傾向の把握 ③他の感染症への適用	福祉保健部	①変異株割合、濃度 ②下水中ウイルス濃度 ③下水中ウイルス濃度（未実施）	①変異株の流行状況監視への活用の可能性を検討したが、実証事業期間中は新たな変異株への置き換わりが見られず、具体的な活用は実施できなかった。また、次世代シーケンス解析には最短でも1週間を要するため、リアルタイムでの監視には適さないと判断された。 ②通常はRT-qPCRでのスクリーニングを実施し、他の地域で新たな変異株が出現した際には集中的に次世代シーケンス解析を実施するような対応が有効となると期待。 ③新型コロナ以外のウイルスや、サルモネラ等の病原細菌を測定対象とした下水サーベイランスを組み入れることで将来の拡張を期待
自治体J	①公表しない ②継続検討 (来年度未定)	①市内感染傾向の把握と早期検知 ②他のウイルス感染症への流用	健康福祉部（保健環境研究所、保健所）	下水中ウイルス濃度	①全数把握を継続しており市内の感染状況は把握できており、全数把握が終了しても、これまでの定点観測数との比から全数を推定可能。採水から結果を得るまでに数日かかり情報の早期性は乏しい。信頼性および早期検知性が不足している。 ②過去にポリオ下水サーベイランスに参加し有用性は承知。今後、未知の感染症が流行した際に非常に有用な手段になる可能性。 ・検査の信頼性向上や時間短縮、検査方法の共通化、より早い検知・予測等を検討する必要。下水サーベイランスは自治体ごとに下水処理場の特性が異なり、異なる検査手法を用いているため、得られたデータの自治体間比較が困難という課題がある。
自治体K	継続検討 (来年度継続予定)	①変異株の状況把握 ②感染者動向の把握（定点観測後） ③他のウイルス感染症の把握	健康福祉部	①変異株割合、濃度 ②下水中ウイルス濃度 ③下水中ウイルス濃度	①次世代シーケンスを用いる方法は最短で2週間程度の時間がかかる。特定の株のゲノムの存在を確認する方法であれば3～6日で済む。来年度市及び大学での連携協定を締結し継続することを検討中。 ②保健所の人員配置等の準備に用いるためには1週間前の検知では間に合わず、早期検知は行わないこととなった。今後、定点観測となった場合に臨床検査データと補完することも想定。時間、コストの観点から地元分析機関等の活用が課題。 ③新型コロナウイルスに対する下水サーベイランスの有用性が確認でき、他のウイルスも合わせた情報を病院等に提示できると有用との評価。

自治体	検討・実施状況	活用目的	活用部署	活用情報	自治体のコメント
自治体L	継続検討（来年度未定）	感染症対策	県	下水ウイルス濃度と新規感染者数のグラフ、直近3回分の前回比、コメント	・変異株の発生動向を下水から推定できれば、現状のサーベイランスを補完する有効な手段となりえる。特に新興感染症発生初期の医療機関の外来や検査の体制が構築される前に発生動向を推定するために利用できる可能性。また、薬剤耐性菌感染症など多くの人で無症状であるが発生動向を把握する意義がある疾患に対しての応用も期待。 ・事業継続するためには、定点把握によるサーベイランスと比較して効果や有用性があることを示すことが必要。また、必要な予算等に見合う有用性も重要。本実証においてこれらについて結論することができなかった。 ・入院ベッド確保等の感染症対策に活用する場合、現在の結果だけでなく新規感染者数の早期予測を行うことが必要。
自治体M	継続検討（来年度未定）	医療提供体制の検討	新型コロナウイルス感染症対策本部	予測結果	・内部活用を検討したが、下水サーベイランス結果にはばらつきが見られた。下水サーベイランスの特性を正しく理解するための知見がなく、活用に踏み切れなかった。 ・ただし、実証期間を通じた予測モデルの結果は、一定の評価ができるものであったことから、今後の活用に期待が持てるものとなった。 ・当初の活用ニーズは「医療提供体制の早期整備」だったが第7・8波で重症化率が低下したことから「発熱外来窓口の調整や相談窓口の電話回線の拡充調整」へニーズが変化。今後、感染状況の変化に対応して活用ニーズを早期に把握し、必要なタイミングで情報を提供していくことが必要。 ・新型コロナウイルスの5類移行後、従前の全数把握に替わる手法としての下水サーベイランス結果の活用等について模索をしていく
自治体N	①実施 ②継続検討（来年度未定）	①感染状況の把握 ②観光産業活性化策への活用	新型コロナウイルス感染症対策本部	下水ウイルス濃度、新規感染者数	①新型コロナウイルス感染症対策本部会議において、意思決定を行う判断材料のひとつとして活用。加えて、感染状況に応じて市民に対して市長メッセージを発信するタイミングを計るなど、行政判断への活用も行われた。 ②下水サーベイランスの結果について広く公表を行うことはできたものの、実証事業の課題の一つとして個別具体の活用や活用方策の検討、および施行等には至らなかった。その理由として、下水中からウイルスが検出されない期間が観測できることを期待していたが、実証期間中にそのような期間はほとんど確認できず、非流行期が判断できなかった。新型コロナウイルス感染症はすでに通年に一定レベルの感染者が継続して発生する疾患になりつつあり、非流行期を捉えることは困難。観光産業の活性化への活用について今後議論が必要。

自治体	検討・実施状況	活用目的	活用部署	活用情報	自治体のコメント
自治体O	継続検討 (来年度継続予定)	・ イベント開催時の 庁内調整 ・ 勤務体制等の早期 対策	関係部署	ー	・ 市職員を対象にアンケート及びヒアリングを実施。庁内での活用について、市民イベント開催時の庁内調整や、業務停止が重大なリスクに繋がる部署での勤務体制の早期対策等に生かせるなどの活用ニーズを把握。 ・ 本事業終了後、継続・展開する事業の中で引き続き活用・実装に取り組む。
自治体P	継続検討 (来年度未定)	流行状況の把握 変異株の検知	健康福祉部健康福祉総務課（新型コロナウイルス感染症対策本部事務局）	ー	・ 臨床検査から情報が豊富に得られている現時点では下水サーベイランスの必要性は高くない。 ・ 5類に移行し全数把握がなくなった場合、流行の兆しを測るという意味では意義があるが、5類になった場合の対応が未定であるため、現状では判断が困難。 ・ 株の病原性によって重症化率は変化する。変異解析は、今後、臨床検査データが少なくなることから必要性が出てくる可能性。
自治体Q	継続検討 (来年度未定)	①感染状況の把握 ②なるべく早期の検知 ③新型コロナウイルス以外のウイルスへの活用	危機管理部局、保健部局	下水ウイルス濃度と新規感染者数のグラフ、直近3回分の前回比、コメント	①週に2回、県及び市の下水道部局、危機管理部局、保健衛生部局に情報共有。感染者数の急増期にあるかを判断することは困難であるという結論。ただし、感染者数と相互補完的な活用については可能性あり。データのバラツキが大きく、ヒト検査による感染者数の全数把握に努めている現状では、ヒト検査による感染者数データに比べて信頼性に劣る。 ②第7波、第8波ともに、感染者数の急増期に遅れてウイルス濃度が急増。臨床検査による新規感染者数の増加より2週間前の検知は難しいと判断。 ③今後、変異株を含めた他のウイルスに対する把握について分析方法を含む実証方法の検討が必要。
自治体R	①不要判断 ②継続検討 (来年度未定)	①将来（概ね1か月先）の流行状況把握 ②新たな変異株の検知	保健所	①下水ウイルス濃度から把握される 将来の流行状況 ②変異株の状況	①1か月先の感染状況の予測を行うことは不可能との結論。 ②現在オミクロン株が主流であり、新たな変異が見られないため、すぐに活用策を実施する必要性がない。また、変異株調査に則した最適な採水方法の検討が必要。
自治体S	継続検討 (来年度継続予定)	全数把握簡略化後の 市内感染者数増減傾向の把握	保健所	下水ウイルス濃度	・ 全数把握の代替としての具体の活用検討には至っていない。 ・ 結論を導き出すにはデータ数が十分ではないため、今後報告件数の更なる減少等、傾向が変化する可能性について、引き続き注視する必要がある。
自治体T	継続検討 (来年度未定)	①第5類移行後、現在の感染者情報の代替もしくは補完 ②空港における水際対策 ③高齢者施設におけるモニタリング調査	保健衛生部局	・ 下水ウイルス濃度 ・ 下水ウイルス濃度、変異株 ・ 下水ウイルス濃度、変異株	①データのばらつきが大きく、またその要因が明確とならなかったことから、疫学情報としての代替もしくは補完としての活用は難しいと判断。さらなるデータの蓄積が必要。 ②③下水サーベイランスは水際対策を目的とする空港での検査体制の補助としての役割（現状行っているPCR検査場の代替）、また感染拡大が課題となっている高齢者施設等における定時モニタリングとしての活用の可能性。一方で、県独自の警戒レベルへの組み入れについては、採水日ごとのばらつきが大きく、またそのようなばらつきが発生している要因が明確となっていないことから、さらなるデータの蓄積が必要。

3. 事業管理者によるデータの考察

2章で要約した各共同体の報告に基づいて、表3-1の通り論点を整理した。1章で述べたように下水のウイルス情報と行政が捉えている感染者情報は異なるため、本章では、共同体が実証を目指した目的のうち、3つの事項(感染傾向の把握、感染者数の将来の予測、変異株の検出)について、各事項検証の背景や共同体の実証結果への解釈¹⁰、今後の課題について事業管理者として考察を行った。さらに追加的な考察としてウイルスRNA濃度の測定自体に対する考察を行った。

表 3-1 本章で取り上げる論点

区分		論点
現在の感染状況等の把握	現在の感染傾向	●下水中ウイルスRNA濃度と報告日ベースの新規感染者数の増減は一致するのか ●どのような特性が一致する割合に影響を与えるか ●立ち上がり/収束を捉えることはできるか
	現在の感染状況	●下水中ウイルスRNA濃度と報告日ベースの新規感染者数には相関関係があるのか ●どのような特性が相関に影響を与えるか
将来の感染状況の予測		●下水中ウイルスRNA濃度から将来の感染傾向を捉えられるのか ●下水中ウイルスRNA濃度から将来の感染者数を予測できるのか
変異株の検知		●下水中ウイルスRNAから変異株を検知できるのか ●下水中ウイルスRNAから変異株の存在割合の変化を検知できるのか

なお次の理由により事業管理者による考察は、必ずしも一般化可能ではないことに留意が必要である。

【留意点】

事業管理者による考察は、次の点で限界があることに留意する必要がある。

- 実証期間は最長でも6ヶ月(2022年7月～2023年1月)という限られた期間である。
- 当該期間では、「感染者数がほとんどいない時期からの増加」「感染者数が多い時期からの収束」は観測できていない。
- 各共同体は自らの実証テーマに応じて実証を行ったため、採水地点(下水処理場、ポンプ場、マンホール)、採水結果と比較する感染者数の定義、採水期間、採水頻度、検査手法が異なる。

¹⁰ 各共同体は自ら定めるテーマ(表2-2)に基づいて採水を行う処理場を定め、異なる条件で実証を行っており、条件を揃えて統計的に分析を行うことには限界がある点に注意されたい。

3.1 現在の感染状況等の把握

下水から得られる情報は、当該報告日の新規感染者に当たるものではないが、自治体は「下水から感染傾向を探知し、市民への注意喚起や自治体の体制整備等に活用したい」というニーズを持っている（2 章及び実証事業に参加していない自治体へのヒアリング¹¹）。それらのニーズを受けて共同体ごとに「下水中ウイルス RNA 濃度と報告日ベースの新規感染者数の増減は一致するのか」「下水中ウイルス RNA 濃度と報告日ベースの新規感染者数には相関関係があるのか」という観点から検証が行われた。なお、WHO のガイダンス¹²にも下水サーベイランスによる感染の増加傾向や減少傾向の把握可能性について言及されている。

3.1.1 現在の感染傾向

(1) 短期間の傾向

本事業に参加した共同体の中には、下水中ウイルス RNA 濃度¹³と報告日ベースの新規感染者¹⁴をグラフ上にプロットし、スピアマンあるいはピアソンの相関係数を確認のうえ、下水中ウイルス RNA 濃度の増減と報告日ベースの新規感染者の増減（変動）が一致していると報告したところもあった（自治体 P: 表 2-3 参照）。

はじめに、各共同体の報告した下水中のウイルス濃度と報告された新規感染者数のデータに基づき、事業管理者にて、処理場ごとに下水中ウイルス RNA 濃度と報告日ベースの新規感染者数の増減一致率¹⁵を算出した（図 3-1、図 3-2、表 3-2、表 3-3）。

¹¹ 本事業に参加していない自治体へのヒアリングでは、「下水から感染拡大の傾向が把握できれば、自治体の体制強化の判断材料になりうる」「サーベイランスで感染者が把握されていない時期に下水から感染の立ち上がりや収束が把握できればとても有効ではないか」「患者が把握しにくい疾患、ほとんど発生していない疾患を捉えるのに適しているのではないか」「感染終息後に次の感染拡大の前兆をとらえることが可能ではないか」「早期検知でなく患者の報告と同時期に下水から分かるというだけでも公衆衛生上有意義ではないか」との期待が聞かれた一方で、「日本では感染者を十分に早く把握しているため、下水中のウイルス濃度の増減は感染者数の増減と同時期に見られている」「保健部局では感染症法上に基づくサーベイランスに注力しており、それ以外のことでできていない」「現状、患者個人を特定する形での対応を行っているが、個人の特定は下水サーベイランスが苦手とするところ」「通常業務もある中でマンパワーや予算が課題」といった課題も聞かれた。また、「厚労科研、国交省、内閣官房の取り組みが整合するように期待する」との声もあった。

¹² Environmental surveillance for SARS-COV-2 to complement public health surveillance – Interim Guidance, WHO, <https://www.who.int/publications-detail-redirect/WHO-HEP-ECH-WSH-2022.1> [last accessed: 2023 年 3 月 7 日]

¹³ 表 2-3 に整理した通り各共同体は下水中のウイルス RNA 濃度 [GC/L] を測定した。なお、自治体 B は下水中ウイルス RNA 濃度ではなく Ct 値と報告日ベースの新規感染者数を比較している。

¹⁴ 表 2-3 に整理した通り各共同体は採水日の報告日ベースの新規感染者を整理した。

¹⁵ 下水中ウイルス RNA 濃度と報告日ベースの 1 週間単位・2 週間単位の算術平均（以下、平均）の前週からの増加/減少が、事業期間中毎週一致しているか否かを判定し、一致した場合のサンプル数を全サンプルで割った比率を一致率と定義。

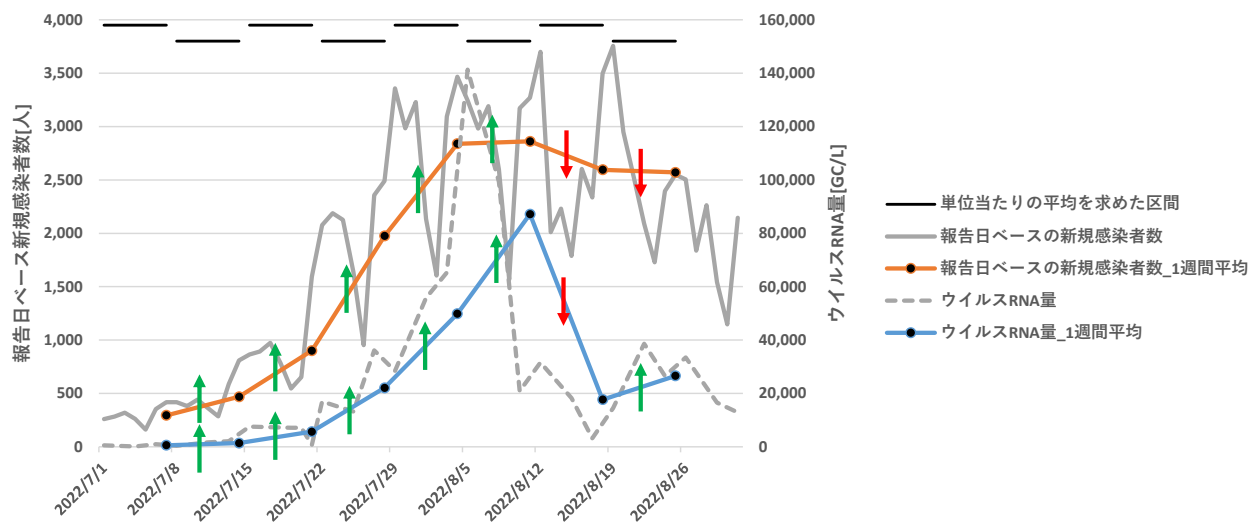


図 3-1 下水中ウイルス RNA 濃度と報告日ベースの新規感染者数の増減一致の検討イメージ(1 週間単位)

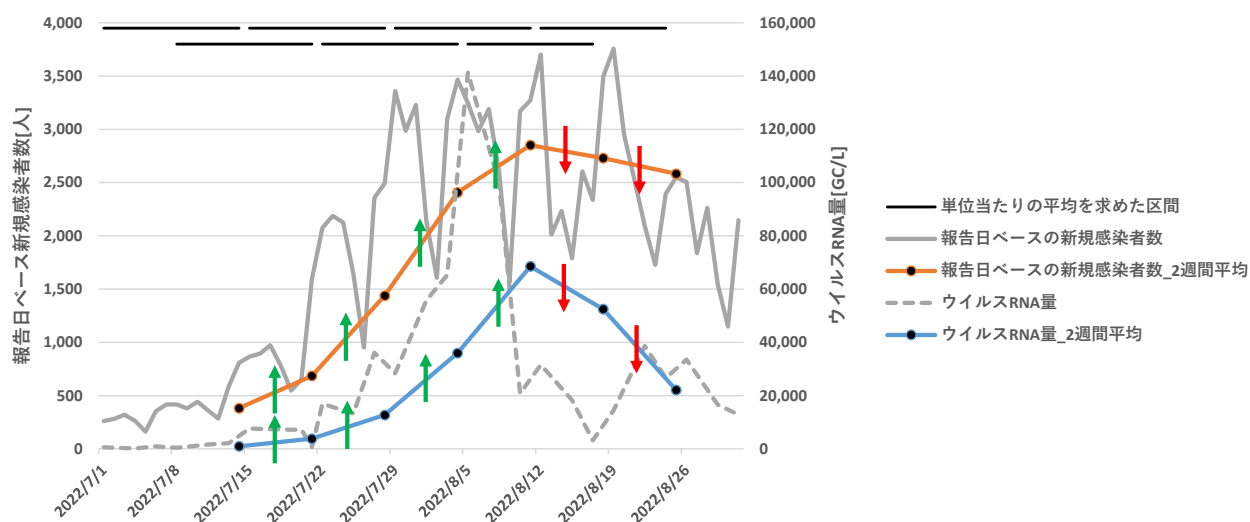


図 3-2 下水中ウイルス RNA 濃度と報告日ベースの新規感染者数の増減一致の検討イメージ(2 週間単位)

表 3-2 平均を取った範囲の例

1 週間単位	2 週間単位	報告日ベースの 新規感染者数(人)	下水中の ウイルス RNA 濃度[GC/L]
2022 年 7 月 1 日～ 2022 年 7 月 7 日 ¹⁶	2022 年 7 月 1 日～ 2022 年 7 月 14 日	A:左記期間中の平均値	α :左記期間中の平均値
2022 年 7 月 8 日～ 2022 年 7 月 14 日	2022 年 7 月 8 日～ 2022 年 7 月 21 日	B:左記期間中の平均値	β :左記期間中の平均値

表 3-3 1 週間・2 週間単位の増減の一致・不一致の考え方

	下水中のウイルス RNA 濃度の 1 週間/2 週間平均が前週から増加 ($\beta - \alpha > 0$)	下水中のウイルス RNA 濃度の 1 週間/2 週間平均が前週から減少 ($\beta - \alpha < 0$)
報告日ベースの新規感染者数の 1 週間/2 週間平均が前週から 増加($B - A > 0$)	一致 (図 3-1、図 3-2 の矢印が緑と緑)	不一致 (図 3-1、図 3-2 の矢印が緑と赤)
報告日ベースの新規感染者数の 1 週間/2 週間平均が前週から 減少($B - A < 0$)	不一致 (図 3-1、図 3-2 の矢印が赤と緑)	一致 (図 3-1、図 3-2 の矢印が赤と赤)

下水中ウイルス RNA 濃度の増減と報告日ベースの新規感染者数の増減が一致したのは、全ての処理場での一致率を算出すると、1 週間単位では 59%、1 週間より長期的な 2 週間単位では 66%であった。1 週間単位よりも 2 週間単位の方が一致率は高く、また、1 週間単位よりも 2 週間単位の一一致率が大きな処理場の数は、全体の 73%であった。平均を取る期間が長い 2 週間単位の方が一致率が大きくなったのは、1.3 節に記載した下水中のウイルス濃度や新規感染者数が持つばらつき¹⁷が小さくなったためと考えられる。下水ウイルス RNA 濃度の 1～2 週間程度の平均値の増減と新規感染者数の同期間の増減が、ある程度は一致することが示唆された。

次に、一致率の高い処理場の特性を検討した。下水中のウイルス RNA 濃度に影響を与えと考えられている要素(処理人口、採水回数、採水量、採水方法、濃縮方法、プライマー)の 1 週間単位・2 週間単位の増減一致率への影響を確認したところ、有意水準 5%未満にて差が認められた要素は処理人口のみであった。処理人口を「1 万人未満」「1 万人以上 10 万人未満」「10 万人以上 50 万人未満」「50 万人以上 100 万人未満」「100 万人以上」の 5 つに層別化して比較したところ、1 週間単位・2 週間単位の増減の一致率はともに、処理人口が大きくなるほど向上する傾向があった(表 3-4)。また、処理人口が 1 万人未満は一致率が 50%程度に留まるところが多いが、1 万人を超えると一致率は処理人口の増加に伴って上昇している。

¹⁶ 平均を算出する期間は横並びで比較するため、金曜日から木曜日の週間とした。

¹⁷ 3 章以降では 1.3 節で議論した①変動による不確実性と②そもそも捉えているものが異なるための差異に基づくばらつきを区別せず解析を行った。

表 3-4 処理人口別の 1 週間単位・2 週間単位の増減一致率の平均値

処理人口	1週間単位の 増減一致(平均)	2週間単位の 増減一致(平均)
1万人未満(8施設)	48%	51%
1万人以上10万人未満(36施設)	59%	65%
10万人以上50万人未満(29施設)	59%	66%
50万人以上100万人未満(6施設)	64%	69%
100万人以上(5施設)	68%	84%

処理人口が多い処理場ほど、下水中のウイルス RNA 濃度の増減が報告日ベースの新規感染者数の増減と一致する可能性が示唆された。特に、100 万人以上の処理人口を抱える下水処理場では 2 週間単位の一致率は 80%を超えた。処理人口が多い場合、下水中のウイルス RNA 濃度から感染傾向を把握できる可能性が示唆された。処理人口が少ない処理場の一致率の平均は 1 週間単位・2 週間単位ともに 50%程度と低いが、図 3-3(下)に示す通り分散が大きく、高い一致率をほこる処理場もある¹⁸。処理人口が少ない処理場の一致率の分散が大きい理由を本事業では明らかにしていないため、その理由の解明や一致率の改善は今後の検討課題である。

¹⁸ 処理人口が少ない場合でも自治体の判断により定性的な感染者の有無の判断に活用できる可能性はあると考えられる。

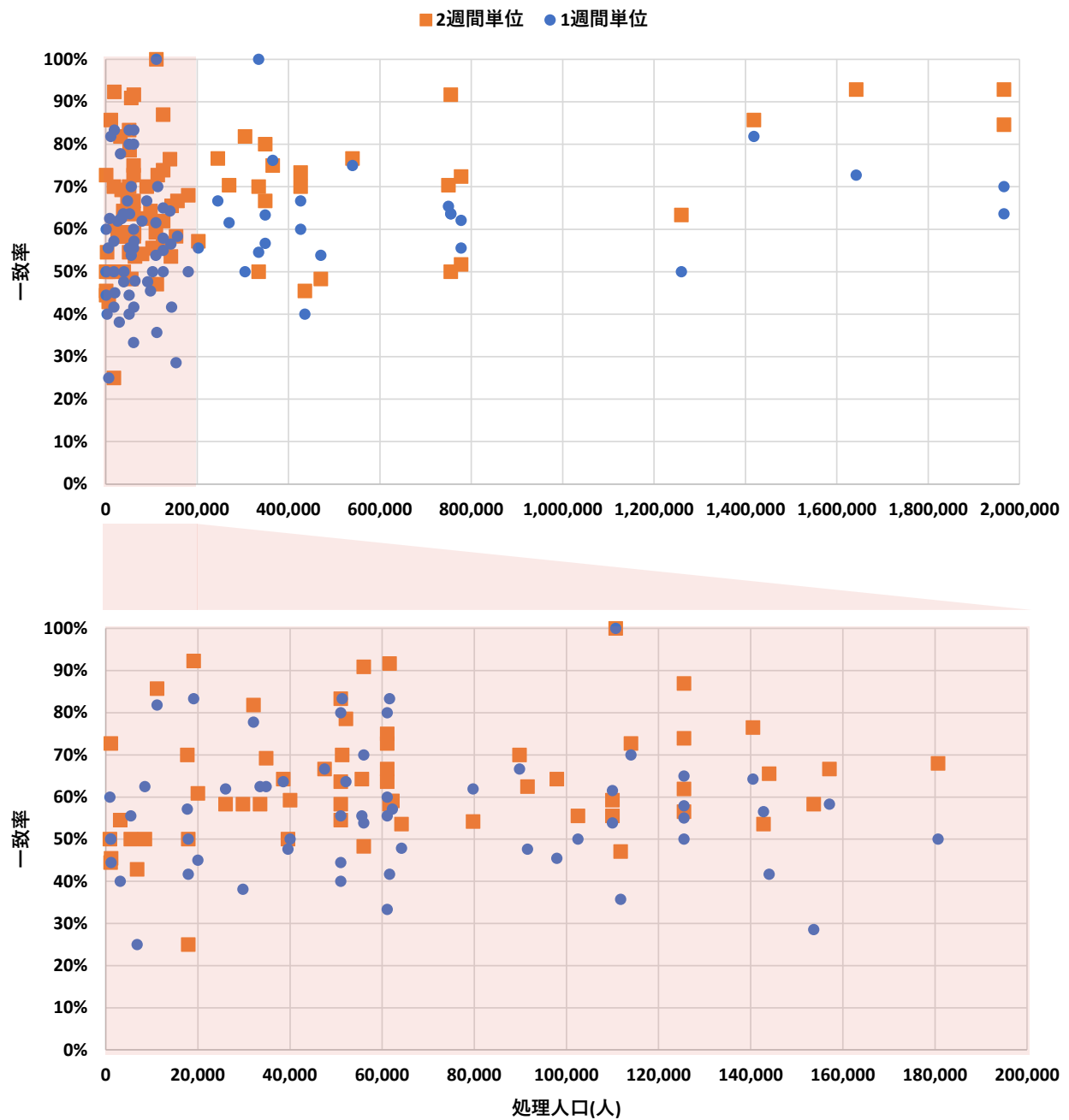


図 3-3 各処理場における 1 週間単位・2 週間単位での増減の一致率¹⁹

¹⁹ 一部ポンプ場、マンホール等での採水結果を含む。

最後に、立ち上がり/収束の一致率を検討した。まず、報告日ベースの新規感染者数の1週間単位・2週間単位の前週からの増減の移り変わりを「減→増」「増→増」「増→減」「減→減」の4つのフェーズに分けた。次に、該当するフェーズにおける、下水中のウイルス濃度の1週間単位・2週間単位の増減と、報告日ベースの新規感染者数の増減の一致率を算出した(表3-5)。その結果、報告日ベースの新規感染者数の傾向が変わる「減→増」「増→減」のフェーズでは、1週間単位では56%と53%であるのに対して、傾向が変わらない「増→増」「減→減」のフェーズでは1週間単位では60%、57%と一致率が上昇した。また2週間単位では52%と66%であるのに対して、63%と64%と特に「減→増」のフェーズは低下した。この「減→増」のフェーズで一致率が低下した理由の一つとして、新規感染者数が少ないため、下水中のウイルス濃度もばらつきが大きくなり、傾向把握が困難となり、一致率が低くなることが考えられる。また、別の理由として、新規感染者数が把握できていない処理区域の感染者の動向を示している可能性も考えられる。報告日ベースの新規感染者数が1週間あるいは2週間で継続して増加・減少しているタイミングと比較して、減少から増加に転じるタイミングで、下水中のウイルスRNA濃度から報告日ベースの新規感染者数の増加のフェーズを捉えることは他のフェーズよりも難しいことが示唆される。

表3-5 各フェーズでの下水中のウイルス濃度による傾向把握の一致率

フェーズ	1週間単位		2週間単位	
	期間中に発生した回数	一致率	期間中に発生した回数	一致率
減→増	263	56%	153	52%
増→増	697	60%	998	63%
増→減	293	53%	203	66%
減→減	602	57%	841	64%

下水中ウイルスRNA濃度と報告日ベースの新規感染者数の増減は1週間単位で59%、2週間単位で66%が一致し、処理人口が多い処理場では少ない処理場と比較して一致率が向上する。下水中のウイルスRNA濃度及び新規感染者数の絶対値が大きくなり得る処理人口の多い地域では、下水サーベイランスによって感染者数のトレンドが一致しやすく、処理人口が小さい地域ではデータのばらつきを考慮しておく必要がある。また、報告日ベースの新規感染者の減少から増加に転じるタイミングでは、増減が変化しないタイミングと比較して一致率が低下する。

わが国では新型コロナウイルス感染症の感染症法上の類型を5類に変更された後も定点方式で感染者数の動向を把握していく予定のため、下水サーベイランスには患者サーベイランスの補完的な役割が期待されると考えられるが、活用の判断は自治体によって異なると思われる。

(2)立ち上がりの傾向

本事業に参加した共同体の中には、立ち上がりの傾向を捉えるために、表 2-3 に整理した通り、検出率²⁰の増加を確認する方法(自治体 A)下水中ウイルス RNA の濃度が検出下限値以下から定量下限値以上(3.4 節参照)に移り変わるタイミングを確認する方法(自治体 P)の検討を計画した共同体があった。

しかし、本事業期間の 2022 年 7 月～2023 年 1 月では下水中のウイルス濃度が低くなり、検出率が大きく低下するほど感染者数が低減しなかった²¹ため、確認できなかった。

【留意点】

感染傾向の把握における分析には、次の点で限界があることに留意する必要がある。

- 下水中ウイルス RNA 濃度は、1.3 に記載した通り、発症からの日数に関わらず、また不顕性感染者、未受診者、軽症患者、重症患者、治癒者の区別なく、処理区内に存在する全ての感染者から排出された合計であるが、各共同体及び事業管理者は行政が把握・公表している報告日ベースの新規感染者数と比較している。処理区内に存在する全ての感染者の数と報告日ベースの新規感染者数の関係は明らかになっていない。
- 報告日ベースの新規感染者の報告範囲(行政区域)は、各処理場の処理区域とずれがある。
- 本事業期間の 2022 年 7 月～2023 年 1 月では、感染者数がほとんどいない時期から感染者数が増多い時期(立ち上がり)、感染者数が多い時期から感染者数がほとんどいない時期(収束)への変遷が少なかった。

²⁰ ある期間内の採水において新型コロナウイルス RNA が検出された割合。

²¹ データからわかる－新型コロナウイルス感染症情報－,厚生労働省,<https://covid19.mhlw.go.jp/> [last accessed: 2023 年 3 月 31 日]

3.1.2 現在の感染状況

2章で示したように本事業に参加した共同体は、下水中ウイルス RNA 濃度²²と報告日ベースの新規感染者の相関係数を確認し、相関係数が向上する補正方法²³等を検討した。その相関係数²⁴の値はピアソンの相関係数で 0.05～0.94(平均:0.66、分散:0.04、n=119)、スピアマンの相関係数で 0.27～0.99(平均:0.78、分散:0.03、n=90)と、下水のウイルス RNA 濃度は、感染治癒者、有症状者、無症状者から排泄されるものを反映しているために、採水日における新規感染者数とは必ずしも高い相関ではなかった。

はじめに、事業管理者にて、共同体から報告されている下水中のウイルス濃度と採水日の新規感染者数の間でピアソンの相関係数²⁵を処理場ごとに算出したところ、-0.26～0.76 となった。

次に、相関係数の高い処理場の特性を検討した。下水中のウイルス RNA 濃度に影響を与えている要素(処理人口、採水回数、採水量、採水方法、濃縮方法、プライマー)の相関係数への影響を確認したところ、有意水準 5%未満にて差が認められた要素は処理人口²⁶であった。処理人口を「1 万人未満」「1 万人以上 10 万人未満」「10 万人以上 50 万人未満」「50 万人以上 100 万人未満」「100 万人以上」の 5 つに層別化して比較したところ、処理人口が少ない処理場(1 万人未満)と比べて処理人口が多い処理場(50 万人以上)は相関係数が高い傾向にあった(表 3-6)が、やや相関があるという程度に留まる。処理人口の少ない処理場ではばらつきが大きく、処理人口の多い処理場ではばらつきが小さい。(図 3-4)

3.1.1 の結果と同様に、処理人口が多い処理場では、下水中のウイルス RNA 濃度と報告日ベースの新規感染者数の相関が高い傾向にあるが、処理人口が少ない処理場では、処理人口が大きい処理場と同程度に相関係数が高いところもあれば、相関係数が非常に低い処理場もあり、分散が大きい。処理人口が少ない処理場で分散が大きいのは、感染者数が少なく、下水中のウイルス RNA 濃度がばらつくためと考えられる。ばらつきには複数の要因が関わっており今後解決すべき課題といえる。

表 3-6 事業管理者が算出した相関係数

処理人口	相関係数 (平均)
1万人未満(8施設)	0.16
1万人以上10万人未満(36施設)	0.32
10万人以上50万人未満(29施設)	0.29
50万人以上100万人未満(6施設)	0.37
100万人以上(5施設)	0.46
平均	0.32

²² 自治体 B は下水中ウイルス RNA 濃度ではなく Ct 値と報告日ベースの新規感染者数を比較している。

²³ 各共同体においては、下水中のウイルス RNA 濃度の補正として、①複数の処理場での同一採水日の採水結果の合計・平均値の算出、②同一処理場の採水結果の複数回分の平均、③PMMoV 濃度で除する補正、④流量を掛け合わせウイルス負荷量の算出等が行われた。また、報告日ベースの新規感染者の補正として、①複数日の合計・平均値の算出、②採水日から数日後の報告日ベースの新規感染者との比較等が行われた。その結果や結果に対する評価は各共同体によって様々であった。

²⁴ 下水処理場、ポンプ場、マンホールで行われた全ての採水結果に基づく。下水処理場での採水結果のみの相関係数の値はピアソンの相関係数で 0.05～0.94(平均:0.66、分散:0.04、n=113)、スピアマンの相関係数で 0.32～0.99(平均:0.79、分散:0.02、n=84)。

²⁵ 共同体から報告された下水中のウイルス RNA 濃度と採水日の報告日ベースの感染者数のピアソンの相関係数を求めた。

²⁶ 採水量についても、採水が 500ml は 100ml を比較して有意水準 5%未満で有意に相関係数が高い結果となったが 500ml の採水を行った 16 処理場のうち最も相関係数が高く外れ値である 1 処理場の結果(500ml の採水を行った処理場における相関係数の平均との差が 2 標準偏差以上)を除くと、有意差はみられなくなったため、信頼性に欠ける。

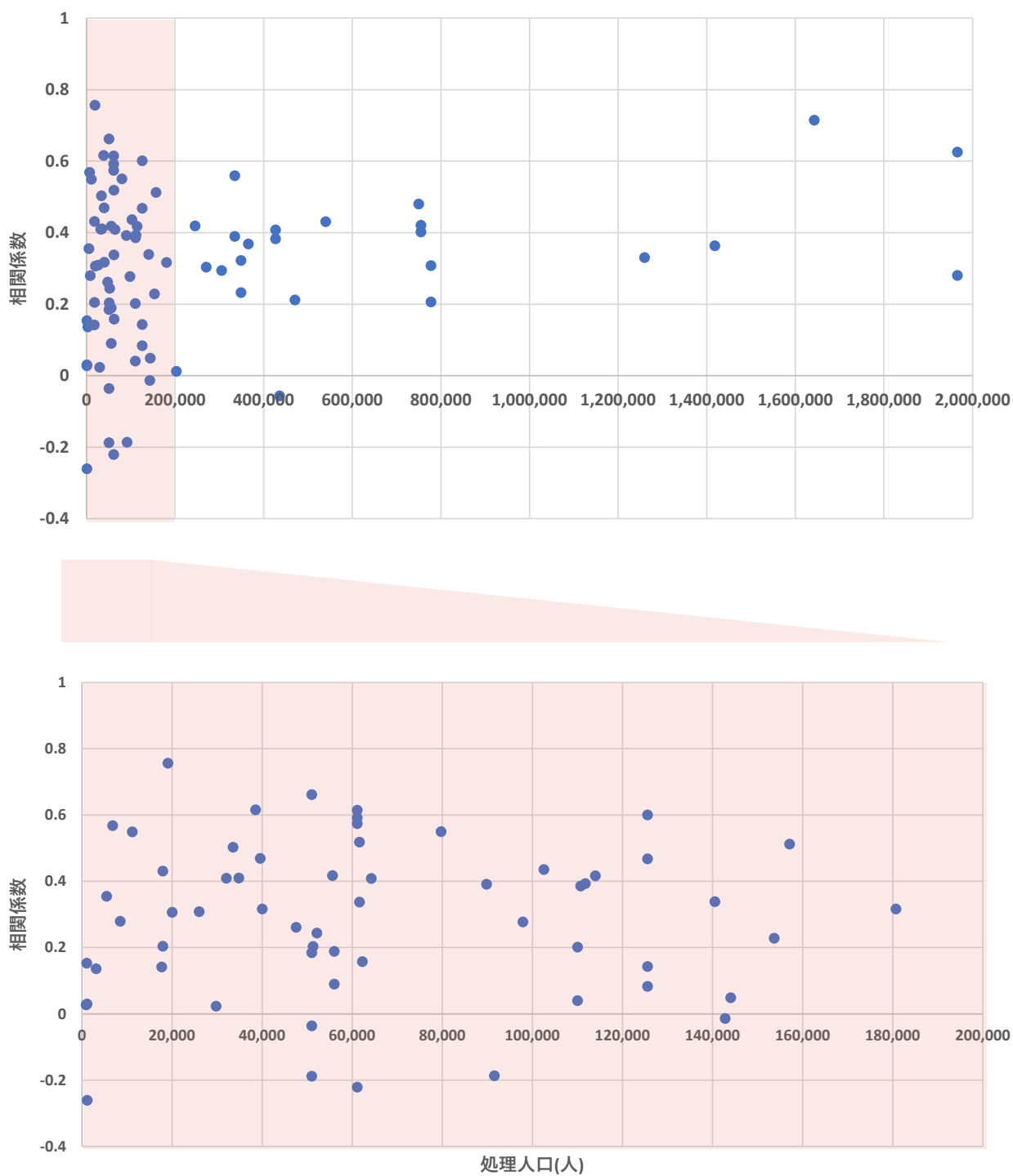


図 3-4 事業管理者が算出した各処理場における新規感染者数と下水中のウイルス濃度の相関係数²⁷

²⁷ 一部ポンプ場、マンホール等での採水結果を含む。

【留意点】

現在の感染状況の把握における分析には、次の点で限界があることを留意する必要がある。

- 下水中ウイルス RNA 濃度は、1.3 に記載した通り、発症からの日数に関わらず、また不顕性感染者、未受診者、軽症患者、重症患者、治癒者の区別なく、処理区内に存在する全ての感染者から排出された合計であるが、各共同体及び事業管理者は行政が把握・公表している報告日ベースの新規感染者数と比較している。処理区内に存在する全ての感染者の数と報告日ベースの新規感染者数の関係は明らかになっていない。
- 報告日ベースの新規感染者の報告範囲(行政区域)は、各処理場の処理区域とずれがあり、同一自治体で複数の処理場では、異なる下水中のウイルス濃度と同じ新規感染者数で相関係数を算出している場合があるもので解析を行っている。
- 限られた期間のデータセットであり新規感染者数と下水中ウイルス RNA 濃度には偏りが存在している。このため両者の関係を相関係数だけで判断するのは避けるべきであり、感染者の疫学カーブや、散布図などと総合的に判断することが求められる。

3.2 将来の感染状況の予測

自治体には「2 週間程度先のトレンドを捉え感染症対策の強化の判断に活用したい」というニーズがある(2 章及び本実証に参加していない自治体へのヒアリング²⁸)。それらのニーズを受けて共同体では「下水中のウイルス RNA から将来の感染傾向を捉えられるのか」「下水中のウイルス RNA から将来の感染者数を予測できるのか」という観点から検証が行われた。

(1) 将来の感染傾向

1.3 に整理した通り、感染者は感染後からウイルスを排出するが、その排出は発症前の潜伏期間からはじまるとされている²⁹。そのため、下水中のウイルス RNA から得られる情報が報告日ベースの新規感染者数の状況を把握できる指標となるのであれば、感染者が発症し診断を受け行政に報告された結果の集計である報告日ベースの新規感染者数としての情報より先に、つまり将来の報告日ベースの新規感染者数の状況を把握できる可能性がある。

表 2-3 に整理した 8 共同体(自治体 C、自治体 D、自治体 G、自治体 K、自治体 M、自治体 N、自治体 P、自治体 T)は下水中のウイルス RNA 濃度がスピアマンあるいはピアソンの相関係数において最も高くなる報告日ベースの新規感染者を検討し、採水日とのずれ日数を確認した。そのずれ日数は 0～8 日と差異があり、同じ自治体においても処理場が異なれば 0～6 日と結果が異なった共同体(自治体 P)もあった。

感染してから発症するまでの日数(潜伏期間)は株により異なり、診断にかかる日数も診断方法により異なり³⁰、医療機関から行政に報告され行政から公表されるまでの日数も各自治体により異なるため、ずれ日数の理由は本事業にて明らかにすることはできず、今後の検討課題である。

また、本事業において、表 2-4 に整理した通り手法は様々であるものの、将来の新規感染者数を予測する予測モデルを作成した共同体も複数あった(自治体 A、自治体 B、自治体 G、自治体 I、自治体 M、自治体 P)。

3.1.1 項での感染傾向の議論と同様に、6 共同体の予測した新規感染者数と行政が把握・公表している新規感染者数のデータに基づき、予測モデルから出力される感染者数の 1 週間後の平均の増減と報告日ベースの新規感染者数の 1 週間後の平均の増減の一致率を事業管理者が算出した(表 3-7)。予測モデルの結果の増減と報告日ベースの新規感染者数の増減が一致したのは、1 週間単位だと 72%で、下水中のウイルス RNA 濃度の増減に基づく 1 週間単位の一一致率(3.1.1 項)と大きく変わらず、同程度の精度で一致できることが示唆された。下水中のウイルス濃度から感染傾向を把握する場合、分析に要する時間後に感染傾向を把握することになるのに対して、予測モデルを用いた場合は、下水中

²⁸ 本事業に参加していない自治体へのヒアリングでは、「現時点では下水の情報から感染者の数を把握することはできていないが、できるようになれば相当有効ではないか。」「医療現場の状況と下水中のウイルス濃度には相関性があるように見える」との期待が聞かれた一方で、「感染者数と下水中のウイルス濃度が比例するかどうかはまだ実験段階。感染者が多いから下水からも多く検出されるとは限らない。」といった課題も聞かれた。

²⁹ アルファ株では 3.4 日、オミクロン株では 2.9 日という報告がある。(SARS-CoV-2 の変異株 B.1.1.529 系統(オミクロン株)の潜伏期間の推定: 暫定報告, 国立感染症研究所, <https://www.niid.go.jp/niid/ja/2019-ncov/2551-cepr/10903-b11529-period.html> [last accessed: 2023 年 3 月 31 日])

³⁰ PCR 検査は分析に数時間を要し、感染者数が多い場合は検査結果の返却は遅くなる。抗原定性検査はキットがあれば、数十分で結果が判明する。(新型コロナウイルス感染症に関する検査について, 厚生労働省, https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000121431_00132.html [last accessed: 2023 年 3 月 31 日])

のウイルス RNA 濃度と同程度の精度で、1 週間程度先の感染傾向を把握できる可能性が示唆された。

表 3-7 各共同体の予測モデルの 1 週間後の増減傾向の一致率³¹

共同体	1週間後の増減の一致率(%)
I	48
II	57
III	61
IV	70
V *	60
	85
VI *	67
	83
平均	72

*予測する期間、地域等の条件の異なる 2 種類の予測を実施

(2)将来の感染者数

本事業において、予測モデルを作成し予測を行った共同体(自治体 A、自治体 B、自治体 G、自治体 I、自治体 M、自治体 P)は、下水中のウイルス RNA 濃度を説明変数として将来の報告日ベースの新規感染者数を予測³²している。

事業管理者にて、予測結果と新規感染者数(正解)との平均誤差(平均絶対パーセント誤差)を算出した(表 3-8)ところ、下水中のウイルス RNA 濃度から 1 週間程度先の報告日ベースの新規感染者数を予測した共同体の結果は、誤差が 44~392%と差異があった。各共同体で、実証の地域・期間及び検査手法等が異なる他、予測に用いたモデルも異なるため、差異の原因について一律的な分析は難しい。

また、下水中のウイルス RNA 濃度と臨床データ等を用いて 2 週間先の入院者数・重症者数を予測した自治体では、1 週間先の入院者数の誤差は 4%、重症者数の誤差は 20%、2 週間先の入院者数は 6%、重症者数は 32%という結果となり、1 週間以上先の予測は 1 週間先の予測結果と比較すると精度が落ちる。

1.3 に記載した通り、下水中のウイルス RNA 濃度と報告日ベースの新規感染者数の双方が不確実性を持つため、2 週間後の予測はもとより、1 週間後の予測も容易ではなく、下水中のウイルス RNA 濃度を用いた予測の精度向上は今後の課題であり、活用の判断は自治体によって異なると思われる。

³¹ 同一条件下の結果の比較ではないため匿名化を行なった。なお、自治体名は 2 章と対応していない。

³² 1 週間以上先の新規感染者数を予測しているのは自治体 G と自治体 M。自治体 G では、下水中のウイルス RNA 濃度から予測した 1 週間先の新規感染者数に臨床データ等を組み合わせることで 2 週間先の入院者数・重症者数を予測している。自治体 G では、下水中のウイルス RNA 濃度から予測した 8 日間先の新規感染者数に人流データ等を組み合わせることで 30 日先の新規感染者数を予測している。

表 3-8 新規感染者数を予測した各共同体の予測モデルの結果の精度³³

共同体	平均誤差(%)
i	44
ii	53
iii	71
iv	172
v	392

【留意点】

将来の感染状況の把握における分析には、次の点で限界があることを留意する必要がある。

- 本事業にて用いられた統計的な予測モデルに加えて、感染症の数理モデル³⁴に下水中のウイルス RNA 濃度を組みあわせる予測モデルも考案されているが、いずれのモデルも最も適応する条件の検討はなされておらず³⁵、汎用的な予測モデルは提出されていないのが現状。
- 報告日ベースの新規感染者の報告範囲(行政区域)は、各処理場の処理区域とずれがある。

³³ 同一条件下の結果の比較ではないため匿名化をおこなった。なお、自治体名は 2 章と対応していない。

³⁴ 人口集団を、免疫を持たない人(susceptible)、現在感染している人(infected)、回復して免疫を持つ人(recovered)に分類し、感染率等の係数を用いて感染動態を予測する SIR モデル等。

³⁵ Du, Hongru, et al. "Incorporating variant frequencies data into short-term forecasting for COVID-19 cases and deaths in the USA: a deep learning approach." EBioMedicine 89 (2023). ,[https://www.thelancet.com/journals/ebiom/article/PIIS2352-3964\(23\)00047-6/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/ebiom/article/PIIS2352-3964(23)00047-6/fulltext) [last accessed: 2023 年 3 月 31 日]

3.3 変異株の検知

自治体には「検査を受けない人も含めて処理区内の全ての感染者を把握できる可能性がある下水中ウイルス RNA から、感染者が少ない段階で感染力が強い株や重症化率が高い株の存在検知や存在割合の変化の検知を行い、感染対策に活用したい」というニーズがある(2 章及び本事業に参加していない自治体へのヒアリング³⁶)。それらのニーズを受けて共同体では「下水中のウイルスから変異株を検知できるのか」「下水中ウイルス RNA から変異株の存在割合の変化を検知できるのか」という観点から検証が行われた。

本事業で、変異株の検知³⁷、変異株の割合の把握³⁸に取り組んだ共同体は、各地域におけるヒト検体の結果、あるいは当時報道等されていた流行株と下水中から得られた変異株の結果が概ね一致していることを確認し、下水から変異株を捕捉することは可能と報告している。一方で、本事業期間中は、一貫してオミクロン株が優勢であったため、株の入れ替わりまでは確認ができなかった。また、本実証期間中に検査結果の信頼性は検証できず、今後の課題である。

下水検体はヒト検体に比べて濃度が低く³⁹、部分配列のみの分析となる下水検体は、全ゲノムの解析が可能なヒト検体と比較して得られるゲノム上の情報が少なくなる^{40 41}。また、検査事業者のヒアリングでは、スクリーニング目的で変異株を検知するためには数日程度、変異株の詳細を解析し下水サンプル中の割合を把握するためには 3 週間の分析期間を要する。そのため、割合の変化をタイムリーに把握し、感染症対策に活用することは難しく課題がある。今後、さらなる迅速化・精度確認のための研究が必要と考えられる。

一方で下水検体による変異株の検知は、検査を受けない人も含めて処理区内の全ての感染者を把握できるというメリットを踏まえて、ヒト検査の補完としての活用が考えられる。なお、活用の判断は自治体によって異なると思われる。

³⁶ 本事業に参加していない自治体へのヒアリングでは、「変異株は感染者の検体からある程度把握されており、それとずれていないことを確認する指標になりうるのではないか」といった声が聞かれた。

³⁷ 変異株に特徴的な変異箇所の検出を行うリアルタイム PCR を用いた解析。

³⁸ 詳細な変異解析を行う次世代シーケンサーを用いた解析。

³⁹ ヒト検体は検体 1μL 当たり数万～数十万ウイルスコピー数。下水検体は検体 1L 当たり数百～数千ウイルスコピー数。検体中の SARS-CoV-2 ウイルスコピー数とウイルス力価に係る考察,国立感染症研究所,<https://www.niid.go.jp/niid/ja/niid/ja/2019-ncov/2502-idsc/iasr-in/10133-491d01.html>

下水中から検出される新型コロナウイルス変異株の塩基配列解析について,国立感染症研究所,<https://www.niid.go.jp/niid/ja/2019-ncov/2502-idsc/iasr-in/11634-513c01.html>[last accessed: 2023 年 3 月 31 日]

⁴⁰ ただし、ヒト検体の結果と下水検体の結果を定量的に比較して、下水検体に基づく変異解析の精度を検討した共同体はなかった。

⁴¹ Karthikeyan, Smruthi, et al. "Wastewater sequencing reveals early cryptic SARS-CoV-2 variant transmission." *Nature* 609.7925 (2022): 101-108.,<https://www.nature.com/articles/s41586-022-05049-6>[last accessed: 2023 年 3 月 31 日]

3.4 ウイルス RNA 濃度の測定精度に与える要因の考察

本節では、実証事業の根幹であるウイルス RNA 濃度の測定精度に与える要因について、検討を行った。

前節までに、各共同体で実施された事項の評価を行っているが、その前提となる最も重要なデータであるウイルス RNA 濃度の測定に関して考察を加える。

ウイルス RNA 濃度の測定自体、それぞれの共同体で別々の方法が取られており、横並びで評価することが難しいこともあるが、自然環境等の様々な要因がどの程度影響していたのかを検証することが困難であったことも事実である。

3.4.1 水量

CDC の Wastewater Surveillance Testing Methods⁴²では、雨水の流入等で排水の状況が変わった場合には、新型コロナウイルスと生物学的に似た特性を持つ一本鎖 RNA ゲノムを持つエンベロープウイルスをプロセスコントロールに用いることが推奨されている。

本事業においては、水量補正を検討した共同体は 10 か所であり、今後使用すべき補正として採用したのは 1 か所(自治体 A)のみとなった。採用しなかった共同体では、事業期間中に雨天が少なくその影響を十分に検討することが困難だった(自治体 D)、雨天時の流入量の変化(最大でも数倍程度)と下水中ウイルス RNA 濃度の変化(最大で 100 倍程度)とを比較した場合に相対的に影響が小さかった(自治体 Q 等)といった声がある。

湿潤である日本において、雨天時や融雪時の合流式下水道などのように、雨水流入時の影響を大きく受ける情報を解析する場合には、考慮しないことは課題があると思われ、下水道の排除方式などの地域や時期に応じて検討が必要である。

3.4.2 水温

下水中の RNA は微生物や化学物質などに曝され、時間とともに RNA が低減する可能性があり、その程度は水温や滞留時間の関数でモデル化されている場合がある。本来であれば、下水中の水温と採水地点までの滞留時間を踏まえて、ウイルス RNA 濃度への影響を検討する必要がある。

先行研究のモデルに従うと、新型コロナウイルスは水温 15℃に 2 時間曝されると約 0.9%減衰、4 時間だと約 1.9%減衰、水温 25℃に 2 時間だと約 1.5%減衰、4 時間だと約 3.0%減衰、水温 37℃に 2 時間だと約 2.3%減衰、4 時間だと約 4.7%減衰すると報告⁴³されている。高温であるほど減衰率が高いことが示されている。

一方、日本における下水の水温は、事業期間において、北の北海道では 13.5℃から 24℃(2022 年 7 月 1 日～2023 年 1 月 27 日)、南の沖縄では 23.8℃から 31.2℃(2022 年 7 月 20 日～2022

⁴² Wastewater Surveillance Testing

Methods ,CDC,<https://www.cdc.gov/nwss/testing/index.html>[last accessed: 2023 年 3 月 31 日]

⁴³ Ahmed, Warish, et al. "Decay of SARS-CoV-2 and surrogate murine hepatitis virus RNA in untreated wastewater to inform application in wastewater-based epidemiology." *Environmental research* 191 (2020): 110092.,<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935120309890>[last accessed: 2023 年 3 月 31 日]

年 11 月 30 日)であり、極端な高温に曝される状況にはない。

また、日本の下水処理場への流下時間は、下水管の延長は排除面積に影響されるが、流速は 0.6～3m/s となるように計画されており、滞留時間が極端に長くなることもない。そのため、水温と滞留時間による新型コロナウイルス RNA の破壊の影響は軽微であると考えられる。

3.4.3 ウイルスの検出精度

特に感染者数が少ないときにウイルス検出結果に影響を与えるのが検出精度である。

しかし、現状、PCR の検出下限値・定量下限値を算出する規格は定められておらず、さらに、実際の下水のウイルス濃度の測定では、採水方法、濃縮や抽出時の使用する試料量や回収率、下水に含まれる阻害物質の影響を受けるため、検出精度を一意に定めることは難しい。また算出に当たり標準的な下水試料が存在しないことから、下水中のウイルス濃度の検出性や正確性、再現性について化学分析のような客観的な値を求めることは現状では困難である。信頼性を確保した検出下限値・提供下限値の算出法の検討が課題である。

実際、実証期間中の下水ウイルス RNA 濃度と当該サンプル採水日の新規感染者数を比較すると、感染状況が落ち着いている時期にウイルスが高感度で検出されたサンプルもあったが、逆に感染が蔓延している時期に下水からウイルスが検出されなかったサンプルも見られた。

以上から、下水からのウイルスの検出精度にはばらつきがあり、特に検出下限値付近での数値の取り扱いや、感染者が少ない場合の検知の可能性については、その定量性も含め留意が必要である。

4. 自治体での活用の可能性

4.1 実証後の自治体内での活用ニーズ

本章では、2 章で整理した共同体のニーズの活用に関する検討結果を概観し、自治体における下水サーベイランスに関する活用可能性について考察した。

なお、活用之际には 2 章で整理した 5 つの区分のうち、「感染傾向の把握」「感染者数の将来の予測」「変異株の検知」は「外部への公表」「公表以外の活用」に包含されることから、本章では「外部への公表」「公表以外の活用」の 2 つの観点で整理を行った。

4.1.1 外部への公表

(1) 実証結果のまとめ

実証期間中に外部への公表を行ったのは、本実証の開始前から公表していた共同体を含めて 5 共同体(自治体 A、自治体 B、自治体 G、自治体 H、自治体 N)、今後の公表に向けて準備中は 3 共同体(自治体 I、自治体 O、自治体 S)であった。いずれも、感染傾向や変異株の状況、将来予測の結果を住民に情報提供することで注意喚起をしたり、住民の判断材料にしたりすることを目的としていた。

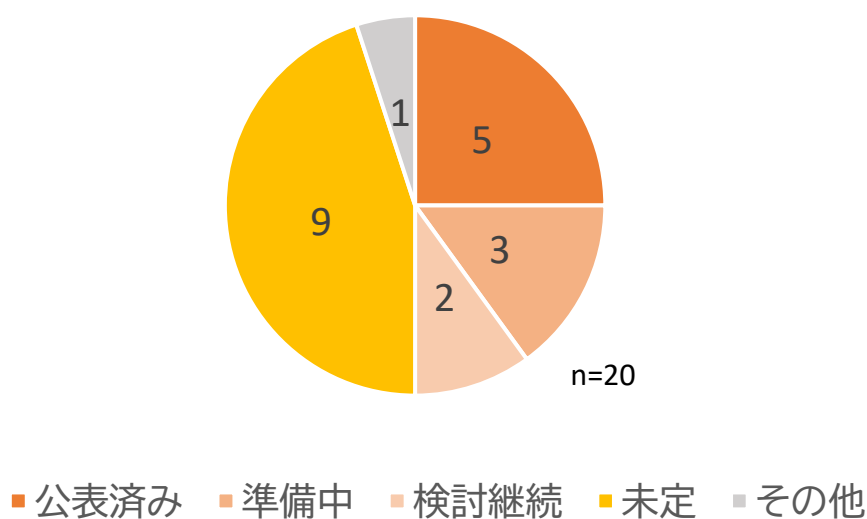


図 4-1 外部公表を検討した自治体の実証事業後の結果

本実証期間中に初めて公表を開始した共同体(自治体 H、自治体 N)の、公表を行うことにした理由・背景としては、

- 1) 首長、議会、市民に取り組みが認知されていた
- 2) SNS での情報発信というゴールが庁内で合意されていた(以上、自治体 H)

- 3) 全数把握見直しにより市の感染者数ができなくなった
- 4) 十分なデータが得られず公表が保留される中、学級閉鎖の発生した学校がある処理場の下水ウイルス濃度が上昇していることが分かり、公表を判断した(以上、自治体 N)などが伺われた。

一方、公表していないのは 11 共同体あり、そのうち来年度の継続を予定しているのは 2 共同体(自治体 K、自治体 L)、予定していない(未定)は 9 共同体(自治体 C、自治体 D、自治体 E、自治体 F、自治体 J、自治体 M、自治体 P、自治体 Q、自治体 T)であった。活用できなかった理由としては、

- 1) 公表するに足るデータの信頼性が得られていない
- 2) 疫学情報により必要な情報が把握されている
- 3) 結果を得るまでに数日を要するため下水サーベイランスの先行性が活かせない
- 4) 風評被害対策のため市町村別の感染者数を公表しないという県の方針があるためなどが挙げられた⁴⁴。

(2)事業管理者としての考察

1)活用に関する検討の経緯・背景

公表の判断に至った背景としては、

- 1) 首長をはじめとした自治体内部の関係部局への情報共有を通じて、下水サーベイランス情報に対する自治体内の意識・知識が共有され、意思決定のための素地が形成されていたこと
- 2) 首長のリーダーシップのもとで取り組みが行われたこと
- 3) 特に小規模な自治体では全数把握見直し以降、市内の感染者数が把握できなくなったことで、下水サーベイランスによる感染状況の把握の有用性が高まったことなどがあった。

2)活用ニーズの可能性

外部公表という観点では、本事業において公表の事例が把握された、「感染傾向の把握」「感染者数の将来の予測」「変異株の検知」について活用の可能性があると考えられる。

なお、約半数の共同体は、実証終了後もデータの公表に慎重な姿勢であった。本事業においては情報の利用主体である保健部局やその先の住民、医療機関等のニーズにまで必ずしも十分に踏み込めなかった可能性もあり、今後他の自治体での活用を推進するには、本実証に取り組んだ自治体の実現した具体的なニーズや、進め方のノウハウや課題を、下水サーベイランスに関心を持つ他の自治体に共有することが必要と考えられる。

⁴⁴ 本事業に参加していない自治体へのヒアリングからも、「保健部局では感染症法上に基づくサーベイランスに注力しており、それ以外のことまでできていない」「日本では感染者を十分に早く把握しているため、下水中のウイルス濃度の増減は感染者数の増減と同時期に見られている」(再掲)といった声が聞かれた。

4.1.2 公表以外の活用

(1) 実証結果のまとめ

本実証を通じて、全ての共同体において、下水サーベイランスの結果が下水道部局、保健部局、危機管理部局等で構成される共同体会議において共有され、下水から得られる情報の活用の在り方について議論され検討された。

検討の結果、実証期間中に自治体内部における判断材料として活用するまで至ったのは、本実証の開始前から取り組んでいた共同体を含めて 4 共同体(自治体 A、自治体 G、自治体 H、自治体 N)であった。いずれも、下水から把握された情報をもとに、感染者数や変異株といった感染状況の把握や変異株の検知のため、あるいは感染症対策立案のための資料として活用していた。

上記の活用に至った主な背景・理由としては、

- 1) 市長をはじめとして町内の連携ができていた
- 2) 全数把握見直しにより市の感染者数が把握できなくなったなどが伺われた。

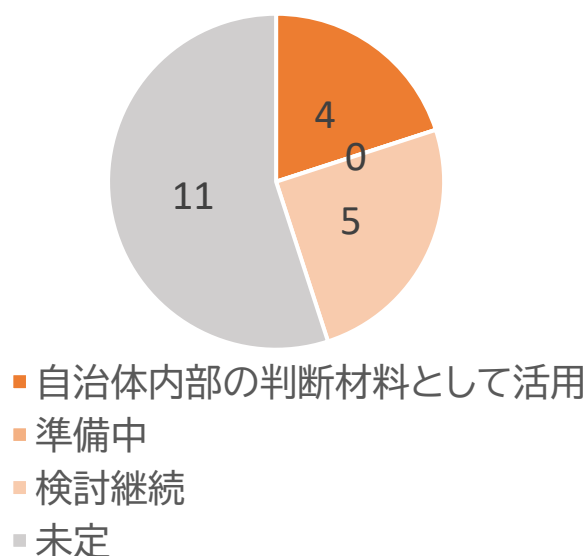


図 4-2 公表以外の活用に関する実証事業後の結果

一方、16 共同体では自治体内部の判断材料としての活用には至らず、そのうち来年度の事業継続を予定しているのは 5 共同体(自治体 B、自治体 K、自治体 L、自治体 O、自治体 S)、予定していないのは 11 共同体であった。

活用に至らなかった理由としては、

- 1) 活用するに足るデータの信頼性が得られていない
- 2) 疫学情報により必要な情報が把握されている
- 3) 行動制限をしなくなりニーズ自体がなくなった
- 4) 下水情報の位置づけが不明確

などが挙げられた⁴⁵。

また、当初下水から得られる情報で臨床から得られる感染者数を代替することを検討した共同体では、

- 1) 全数把握見直し以降も疫学情報から感染者数が概ね把握できている
- 2) 個々の感染者のフォローアップのためには疫学情報が必要であり下水から得られる処理区内全体のマクロな情報は適さない

といった理由から内部利用の判断に至らなかった。

また、当初イベント開催等の行動制限の判断基準や観光戦略検討の基礎資料の目的で検討した共同体では、

- 1) 実証事業期間中に、感染状況に応じたイベント開催制限等の政策を行うことがなくなり、活用ニーズに変化が生じた
- 2) 新型コロナウイルス感染症は既に通年に一定レベルの感染者が継続して発生する疾患になりつつあり、当初想定していた非流行期を捉えることは困難

といった理由から内部利用の判断に至らなかった。

また、5 類移行後の定点把握に変わった場合の可能性についても報告された。感染状況の把握が不十分になるとの懸念から、あるいは定点把握を補完するツールとして下水サーベイランスへの期待の声も聞かれた。しかし、1 月の事業期間終了時点では国の方針を含めた具体的な運用が不明であり、いずれの共同体も判断に至らず、今後の検討課題とされた。

新型コロナウイルスを取り巻く状況が変化する中、変異株の検知(自治体 I、自治体 K、自治体 D など)や新型コロナウイルス以外の感染症の検知(自治体 I、自治体 K、自治体 J)について期待する意見が見られた。ただし、変異株検知の今後の活用に向けて、コストや時間の問題(自治体 K)、データの信頼性の問題(自治体 C、自治体 D)などが指摘された。新型コロナウイルス以外の感染症については、いずれの共同体も本実証の中では取り組んでいなかったことから今後の活用に向けた具体的な課題等の指摘は見られなかった。

(2)事業管理者としての考察

1)活用に関する検討の経緯・背景

活用に至った背景としては、外部公表と同様に、

- 1) 首長のリーダーシップのもとで取り組みが行われたこと
 - 2) 特に小規模な自治体では全数把握見直し以降、市内の感染者数が把握できなくなったことで、下水サーベイランスによる感染状況の把握の有用性が高まったこと
- などがあった。

⁴⁵ 前述の通り、本事業に参加していない自治体へのヒアリングでも、「保健部局では感染症法上に基づくサーベイランスに注力しており、それ以外のことまでできていない」(再掲)といった声が聞かれた。

2)活用ニーズの可能性

内部利用という観点からは、「感染傾向の把握」「変異株の検知」について、実際に活用に至ったケースがあり、「感染者数の将来の予測」については活用に至ったケースは見られなかった。「感染傾向の把握」「変異株の検知」に関しては、他の自治体においても同様に活用の可能性があると考えられる。

このうち「感染傾向の把握」については、疫学情報から把握される感染状況に上乗せして感染状況をモニタリングする利用ニーズのある自治体(比較的規模の大きな自治体など)、あるいはサーベイランス網から離れた地域において地域の感染状況を把握しアラートとして利用したいというニーズのある自治体(比較的規模の小さな自治体など)での活用が考えられる。

次に「感染者数の将来の予測」については、今後定点把握方式に移行後も患者サーベイランスを行う(後述)ことから、利用できる疫学情報資源を有用に活用しつつ研究が進むことが期待される。

また「変異株の検知」については、新型コロナウイルスを取り巻く状況が変化中、感染状況の把握から変異株の検知へニーズの重点が移ってきた様子も伺われる。一方で、次世代シーケンサーを用いた分析は結果を得るまでに2-3週間を要することから、未知の変異株の流入初期に早期に検知する目的や、感染性の強い変異株の割合の増加をタイムリーに把握する目的としての活用可能性は、現時点の技術と検査体制では見出しにくい。海外など別の地域で既に流行しており、ゲノム情報が入手可能で、今後流入することが予想されている特定の変異株の存在の有無をPCRを用いて検知する目的であれば、結果を得るまでの所要時間は数日程度であり、活用の可能性があり得る。また、市中に流行している変異株の割合の変動を後から振り返って検証するという目的であれば活用可能性があり得る。

また、今後、新型コロナウイルス感染症の5類移行に伴い定点報告となった後、特に、感染性や病原性の高い新たな変異株が発生、国外から流入した際に、限られた医療機関から報告を受ける定点報告では、地域ごとの感染拡大の状況を的確に把握できなくなる可能性があるのではないか、との懸念から下水サーベイランスへの期待が示されている。

これに関連して、2023年1月27日の第70回厚生科学審議会感染症部会取りまとめ⁴⁶においても、「位置づけの変更後も、流行を繰り返すことが想定されることから、発生動向の正確な把握は引き続き重要である。このため、患者の発生動向や変異株の発生動向などの重層的なサーベイランス体制を構築し、監視体制を維持する方向で検討が必要である。」「新たな変異株等の発生を引き続き監視するため、COVID-19に対する病原体サーベイランスについては、自治体の負担等にも配慮しつつ、継続する方向で検討すべきである。」とされ、それを受けて「新型コロナウイルス感染症に関する今後の患者の発生動向等の把握方法について」(令和5年2月9日、厚生労働省)⁴⁷において、流行状況の把握に関して、「患者等の報告を補完する目的で、血清疫学調査や下水サーベイランス研究を引き続き実施し、重層的な流行状況の把握体制を構築する」とされた。

今後取り組まれる下水サーベイランス研究等の状況を注視しつつ、既存のサーベイランスを補完し、重層的な監視体制を構築する観点から、必要性や有効性を検討していくことが求められる。

新型コロナウイルスを取り巻く環境が変化し、保健部局など情報の利用主体の活用ニーズも変化する場合、活用ニーズを正しく把握することが重要であり、ニーズの深掘りのための取り組みが求められる。ま

⁴⁶ 第70回厚生科学審議会感染症部会(令和5年1月27日)取りまとめ(本編)
<https://www.mhlw.go.jp/content/10906000/001045762.pdf> [last accessed: 2023年3月11日]

⁴⁷ 新型コロナウイルス感染症に関する今後の患者の発生動向等の把握方法について(令和5年2月9日、厚生労働省)
<https://www.mhlw.go.jp/content/10906000/001055463.pdf> [last accessed: 2023年3月11日]

た、そうしたニーズを取り込んだ自治体のノウハウ共有も有効と考えられる。

4.2 活用に向けた課題と解決策

自治体における下水サーベイランスの活用プロセスは、

- 1) ニーズの把握
- 2) 連携体制の構築
- 3) データの収集・分析(採水、輸送、分析・解析)
- 4) 活用イメージの具体化
- 5) 試行
- 6) 情報提供
- 7) 評価・改善

の7つのステップで構成される(図4-3)。

下水サーベイランスデータ活用のステップ			課題
STEP1	ニーズの把握	下水サーベイランスデータの特性も考慮しつつ活用部署や住民のニーズを把握	- 下水サーベイランスデータの特性に関する理解が十分でない(データの精度等の問題) - 利用主体の適切なニーズを引き出せない
STEP2	連携体制の構築	- データ提供部署(下水道)とデータ活用部署(保健、危機管理等)の連携 - 検査・分析事業者、大学等外部との連携	- データ提供元とデータ利用者が異なり連携が進まない - どちらの部署が主導(予算計上なども含む)するか - 役割分担の明確化
STEP3	STEP 3-1 採水	下水からサンプルを採水	- 適切な採水方法、場所、時間、頻度 - 安全管理、品質管理 - 採水に関わる不具合
	STEP 3-2 輸送	- 梱包、輸送、保管を行う - 運送事業者に依頼する方法と、採水または分析を行う事業者が直接行う方法がある	- 運送事業者に下水サンプルを受け入れてもらえない - 輸送に関わる不具合
	STEP 3-3 分析・解析	- PCRなどの分析を行う - 得られたデータを解析し結果を共有する	- 精度管理 - データのばらつきへの対応 - 所要時間の短縮、コスト削減
STEP4	活用イメージの具体化	把握されたニーズの実現方法を具体的に検討	- 感染症対策としての位置づけの不明確さ - データの信頼性や標準化の課題 - アラートの閾値を決めることが難しい
STEP5	試行	小規模なトライアルを通じてより効果的な方法を検討	試行の方法が分からない
STEP6	情報提供	実際に公表あるいは情報提供を行う	- 公表に向けた自治体内の合意形成 - 決済に時間を要し自治体HPでの迅速な公表が難しい
STEP7	評価・改善	効果やコストを測定し必要に応じて見直し	- 効果測定の方法 - 行動変容につながっているか

図4-3 下水サーベイランスの活用に向けたプロセスと主な課題

それぞれのステップにおいて解決すべき課題が考えられるが、自治体において下水サーベイランスの活用に取り組もうとする際、下水サーベイランスを実施する情報の利用主体にとっての目的や意義(何のために下水サーベイランスに取り組むのか)を明確にする必要がある。STEP1で把握されるニーズはこの目的・意義に関わるもので、取り組みの方向性を決定づけるという意味で、7つのステップの中で最も重要と考えられる。

一方、本事業においては、データの提供主体(下水道部局)とデータの利用主体(保健、危機管理、教育などの部局)が異なり、部局を超えた問題意識の共有や適切なニーズの見極めがなかなか進展しなかった。また、利用主体に感染症対策上の必要性が伝わらず、そのため利用主体を中心にした検討が難しかった、という課題を抱える共同体も見られており、利用ニーズを十分に引き出すことができない一因になったと考えられる。利用ニーズの把握のためには、

- 1) 下水サーベイランスに関する目的意識の共有や活用事例などの基礎知識の不足
- 2) 関係する部局の連携が不十分で目的意識の共有や意思疎通が円滑に行われない
- 3) 得られたデータのばらつきが大きいためにニーズの議論ができない

といった課題があると考えられる。

そこで以下では、上記 1)、2)、3)について解説し、解決策を示す。

4.2.1 目的意識の共有や基礎知識の不足

下水サーベイランスに関する目的意識が共有されていない、あるいは下水サーベイランスをどのように活用できるかなど基礎的な事柄が理解されていないために、ニーズの議論に至らないケースが見られている。

そのため、取り組みを開始する際には、下水サーベイランスの目的や意義について共有したり、その前提となる下水検体の特性や感染症サーベイランスに関する基礎知識について関係機関で横断的に習得する段階を設定したりするべきである。

具体的には、下水サーベイランスによってできることや限界を理解するために、ターゲットとする SARS-CoV-2 ウイルス RNA がヒトと下水の間ではどのような動態であるのか、新型コロナウイルス感染症サーベイランスをどのように補完するのかについて検討する必要がある。専門家からの講義の機会を設けること、あるいはどんな場面、どんな目的であれば活用可能か、自治体職員が自分ごととして考えられるような議論の場を設定することなどが考えられる。また、教育プログラムの開発・提供を行った事例(自治体 B)なども参考になる。

上記について自治体職員だけで実施することは難しい場合が多いと考えられる。積極的に、大学・研究機関、民間事業者との連携を検討するのがよいと考えられる。

なお、活用ニーズは人口規模や地域特性、感染症を取り巻く環境等によって異なり、個別に検討することが必要である点にも留意が必要である。

4.2.2 関係する部署間の連携の不足・役割分担

下水道部局、保健部局、政策部局などの横断的な連携が不足するために活用に至らない場合がある。

本実証においては、下水道部局が主導するケースが多かったが、保健部局や政策部局が主導するケースも見られた。

活用を考えた場合、利用主体である保健部局や政策部局が主体的に関与することが望ましい。部署間の連携が円滑に進むためには、首長や政策部局がリーダーシップを発揮することが期待される。特に、感染拡大期には部局間での情報交換の機会が限られ、感染が落ち着いた時期によりやく情報交換が行われる例も多く見られた。これは新型コロナウイルス感染症対策が感染者や接触者を対象としたものであることを考えると、ある意味当然のことであると考えられる。一方で新型コロナウイルス感染症サーベイランスは変異株の出現、ワクチン接種、保健所業務の重点化、医療体制への影響など様々な要因で変化し、その際には、一部の自治体から報告されたように、あるタイミングではサーベイランスの連続性が困難になったこともあった。次のパンデミックに備える面からは、平時から自治体内において、効果的な活用に向けて、採水、輸送、分析・解析の各フェーズにおける部署間の役割分担を明確化することが必要である。加えて、関係する都道府県、国の部局間でも体制構築の意見交換を行っておくことが望まし

い。

なお、下水サーベイランスを検討する際に、感染症対策を含む公衆衛生の観点を持つことは不可欠である。自治体の保健部局はもちろん、体制構築に当たっては、地方衛生研究所、地方感染症情報センターなどの機関と適切に連携を図ることが重要である。公衆衛生や下水道の専門家等とも連携できることが望ましい。

また、採水や分析を担う大学や民間事業者が下水道部局と保健部局等の仲介役となって連携を進める場合があることも伺われた。下水サーベイランスの意義や事例、調査方法や得られたデータの解釈などの専門性を有する立場での役割を果たすことは重要と考えられる。自治体と大学や民間事業者との連携体制構築の一環として、例えば連携協定を締結し、役割分担の明確化や目的の共有を図ることも一案である。

4.2.3 データのばらつきの大きさ

下水から得られるデータのばらつきが大きいために、新規感染者数との相関やトレンド把握が十分でない、あるいは大きなトレンドとして一致していたとしても、突然トレンドに合致しない数値の大きな変動が観察され、対外的な説明性が低下してしまい、そのためニーズの議論になかなか進めない、という問題がある。

例えば、適切な採水地点や採水方法、データの補正の方法が分からない、下水データの蓄積が少ないために新規感染者数との明確な関係性が見られないといった事例が考えられる。

1 章で述べた通り、データのばらつきには①変動による不確実性と②そもそも捉えているものが異なるための差異、に分けて考えることができる。①のうち一部は精度管理⁴⁸等により低減させることが可能であるが、それでも除外しきれない不確実性は必ず残る。1 章で述べた通りある程度のデータのばらつきは下水の特性であり、ばらつきを前提として検討を進めることが必要である。

結果を解釈する際には、担当する自治体職員が、下水サーベイランスで得られるデータの特性や限界を十分理解していることが重要になる。現状は下水サーベイランスに精通した職員はごく少数であるため、ゲノム解析やデータの取り扱いに精通する地方衛生研究所や地方感染症情報センターとの連携が必要である。また、自治体内では限界があるために、大学や民間事業者との連携も重要であると考えられる。

なお、どの程度のばらつきまでを許容するかはデータの使い方や地域特性等によって異なる。客観的な基準を定めることは困難で、活用ニーズや地域の特性を踏まえ自治体ごとに判断されるべきである。

また、同様に外部への公表を行う際、市民や医療従事者への情報提供に当たっても、誤解や混乱が生じないよう、データの特性や結果の解釈の仕方を正しく伝える必要があり、そのための説明やコンテンツの工夫も必要と考えられる。

⁴⁸ 精度管理としては、採水、輸送、分析のそれぞれの段階において適切な手順や操作方法によって行われるよう教育、評価を行うこと、定められた通りにデータの精度管理を行い、必要に応じて再分析を行うことなどが挙げられる。

5. 普及にあたっての課題と対応の方向性

本事業の結果を踏まえ、今後の下水サーベイランスの普及に向けた課題について、技術面及びそれ以外の面の両面から整理すると以下の通りである。

5.1 技術的な課題と対応の方向性

5.1.1 疫学情報の不足

今後、新型コロナウイルス感染症は感染症法上の 5 類への移行が見込まれており、それに伴い感染者数の把握方法も見直され、定点サーベイランスに移行する見通しである。本実証期間中も全数把握見直しにより、必要なデータが取得できなくなったり、データが得られた場合でも同じように扱うことができるか確認が必要だったりといった課題があった。同様に、5 類移行に伴って、これまでと同じような疫学情報が得られなくなり、積み上げてきたデータの連続性が担保できなくなる可能性がある。例えば、下水の情報から感染状況を把握する際の新規感染者数の捉え方がこれまでと異なるために、従来の調査結果と同様な一致率や相関係数が算出できなくなったり、感染状況を予測しようとする際にこれまでのロジックをそのままでは適用できなくなったりする可能性もある。

今後、活用を継続するためには、過去のデータと入手可能なデータ両方を勘案して活用可能性を検討するなど、データの取り扱いや結果の評価に関する検討が必要と考えられる。

5.1.2 手法選択等の問題

下水処理場ごとに、処理人口の規模、処理区の状況（住宅地が多いか、工業地が多いかなど）、排除方式（合流／分流など）といった特性が異なり、それらは下水中のウイルス RNA 濃度に影響するため、採水する処理場の選択や採水時間の設定、あるいは複数ある採水・分析・解析手法からの選択は各地域の特性を踏まえて判断する必要があるが、そのための判断基準や判断のための考え方は明確なものが確立しているわけではない。

そのため、今後、地域特性・処理場特性を踏まえた下水サーベイランスに関わる手法選択の考え方について、さらなるノウハウの蓄積が求められる。

また、下水サーベイランスに関わる手法に関連して、下水から把握されるウイルス RNA 濃度の信頼性や再現性に関する課題や、変異体解析における分析の精度や所要時間の課題等が指摘された。今後の普及に向けて、関連技術の進展状況を注視しつつ、活用可能な技術を下水サーベイランスに取り込むことも必要と考えられる。

5.2 その他の課題と対応の方向性

5.2.1 検査・分析体制のさらなる充実

下水サーベイランスに取り組む際には、自治体が検査・分析を行う機関と適切な連携体制を構築する必要がある。加えて、検査・分析機関には専門的な観点から自治体に対して必要な情報提供等を行う役割も期待されている。しかし、現在下水サーベイランスに関する支援・情報提供の方法論は確立されておらず、そのため自治体のニーズに沿った情報提供が必ずしも十分に行われていない可能性がある。

下水サーベイランスに関する専門的な観点、特に感染症対策の観点から適切な助言・情報提供ができるよう、公衆衛生等の専門家との連携を含め、検査事業者等へのノウハウの蓄積が必要である。

また、普及に向けては、検査・分析に関する費用の低減も課題である。費用は、採水回数（＝採水地点数×採水頻度）と 1 回当たりの採水・検査・分析費用からなる。費用低減の観点からは、地域特性・処理場特性を踏まえた採水頻度や地点の効率化等のノウハウの蓄積や 1 回当たり採水・検査・分析費用の低減に向けた技術革新なども期待される。

5.2.2 感染症対策に向けた連携体制の構築

本実証においては、参加した 20 の共同体を対象とした「意見交換会」が複数回開催され、課題やノウハウの共有が行われたが、下水サーベイランスに関心を持つ関係者間の情報共有の機会是十分とはいえない。

より有効な下水サーベイランスの活用に向けて、関連する知見を蓄積、共有するため、下水サーベイランスに関心を持つ自治体間含め、自治体、研究機関、検査機関等との間の情報交換の強化が必要である。