

下水サーバイランスの活用に関する実証事業 (下水処理場実証)

報告書

MRI 三菱総合研究所

2023年3月

ヘルスケア&ウェルネス本部

本資料は、「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、本資料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。

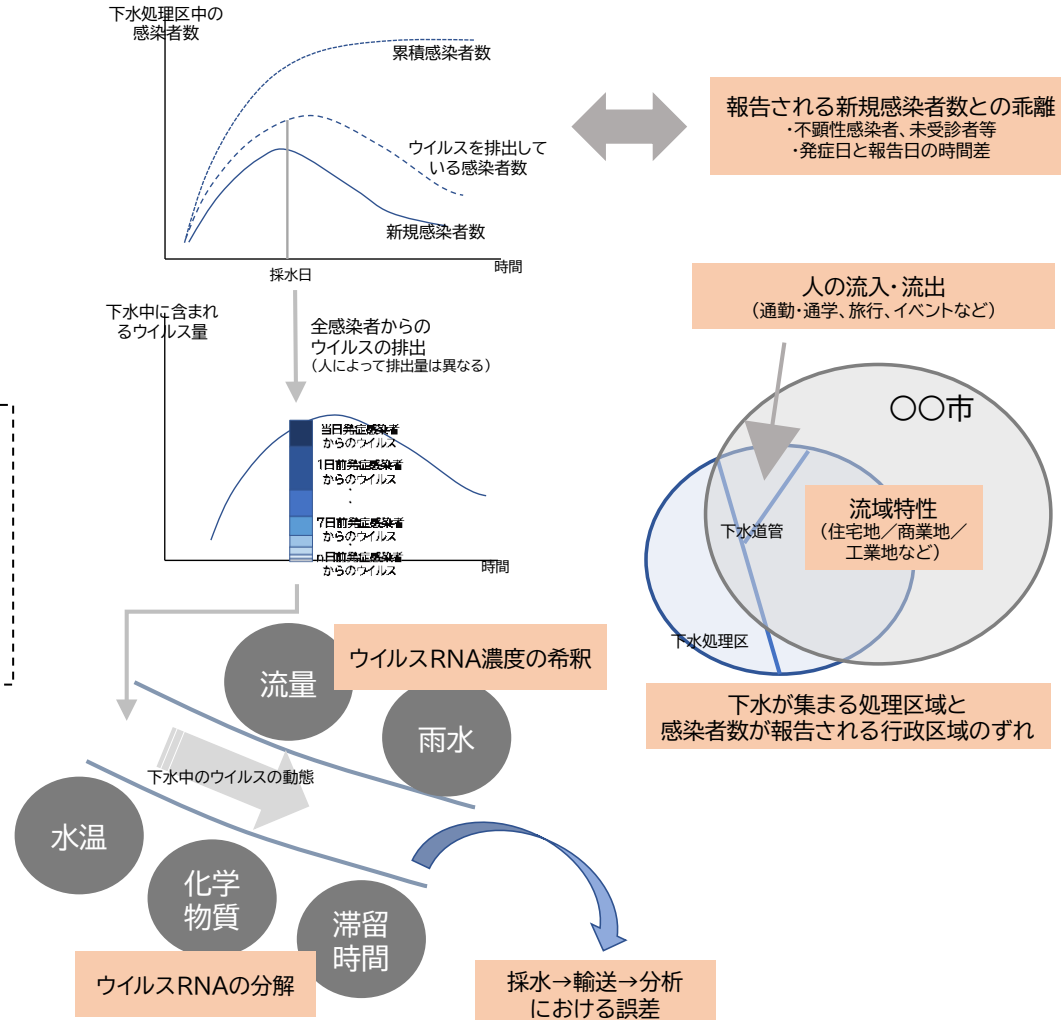
下水から得られる情報

- 下水に含まれるウイルスのRNA情報は、うがい、手洗、排泄等に伴って排出される、有症状感染者、無症状感染者、感染治癒者に由来するものの累計である
- 加えて、以下の性格を有するため、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

(下水中に含まれるウイルスのRNAの性格)

- 感染者のウイルス排出量は個人差がある他、感染からの日数などによっても異なる
- 下水中に排出されたウイルスRNA濃度は水温、化学物質、流量などの影響を受ける

※ 行政機関が把握・公表している新規感染者数は、実際の感染者数の一部である他、発症から報告までの時間差や処理区域外からの流入・流出などにより差異が生じる



《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)》

地方公共団体を中心とした共同体が行った実証

(概要)

- 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多様
- そのため、それぞれの活用ニーズに応じた実証テーマ及び実証方法を設定し実施
- 20共同体(26地方公共団体)が参加
- 実証期間:2022年7月～2023年1月 (※共同体により異なる)

(実施内容)

- 「下水サーベイランスを感染症対策に活用するための連携体制の構築」、「実用的なサンプリング方法/採水地点/採水回数の検討」、「感染トレンドの把握/予測」、「変異株の経時変化の把握」等
- 主な採水対象は下水処理場、一部ポンプ場やマンホールでも実施(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)

地方公共団体を中心とした共同体が行った主な工夫等

- “下水道部局”と”保健衛生部局”等による連携会議を開催し、下水から得られる情報の活用を議論
- 各地方公共団体は「体制構築」、「採水」、「データ分析」、「ニーズ把握」等の観点で様々な工夫を行い、ノウハウを蓄積

《各地方公共団体が行った工夫の例》

区分	工夫例
体制構築	・採水、輸送、分析・解析に関わる関係者間の役割分担の明確化 ・近隣の分析機関の発掘、育成(技術移転)による所要時間短縮
採水	・採水地点・時間・頻度を検証し、最適化あるいは効率化
データ分析	・データの補正や平滑化によりデータのばらつきを抑える ・1週間平均を取ることで曜日による感染者数のばらつきを抑える
ニーズ把握	・市民や自治体職員を対象とした利用意向に関するアンケート調査の実施

実証事業の結果の分析

- 各共同体の実証で得られたデータを用いて事業管理者にて分析を行った
- 以下のような制約により、必ずしも一般化可能な結果ではないことに留意が必要
なお、活用の判断は地方公共団体によって異なると思われる
 - ・ 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
 - ・ 各共同体で、期間及び検査手法等が異なる

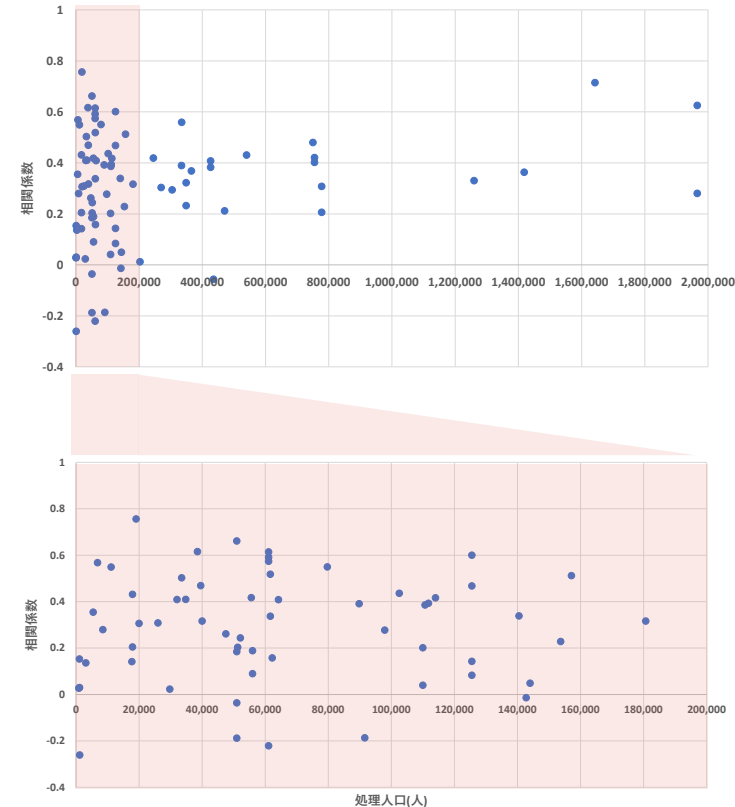
①現在の感染状況等の把握

現在の感染状況

- 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、感染状況の把握によって、市民への注意喚起や地方公共団体の体制整備等に活用できる可能性があるため、下水中のウイルスRNA濃度と新規感染者数※1の相関を算出
 - ・ 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い
 - ・ 処理人口の大きい処理場を中心に相関が高い傾向
 - ・ 処理人口の小さい処理場では、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
- 処理人口が小さい処理場で分散が大きいのは、感染者数※1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
- ✓ ある程度のばらつきを前提にアラートや既存のサーベイランスの補完的位置づけでの利用の可能性



≪事業管理者が算出した各処理場における相関係数の分布※2≫

※1 行政機関が把握・公表している当該報告日の新規感染者数

※2 ポンプ場やマンホールの結果を含む

実証事業の結果の分析

①現在の感染状況等の把握

現在の感染傾向

- 感染傾向の把握によって、市民への注意喚起や地方公共団体の体制整備等に活用できる可能性があるため、下水中のウイルスRNA濃度の増減と新規感染者数※¹の増減を比較

《 処理人口別の一一致率の平均値 》

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%

- 1週間単位の平均値の増減は59%一致
- 2週間単位の平均値の増減は66%一致

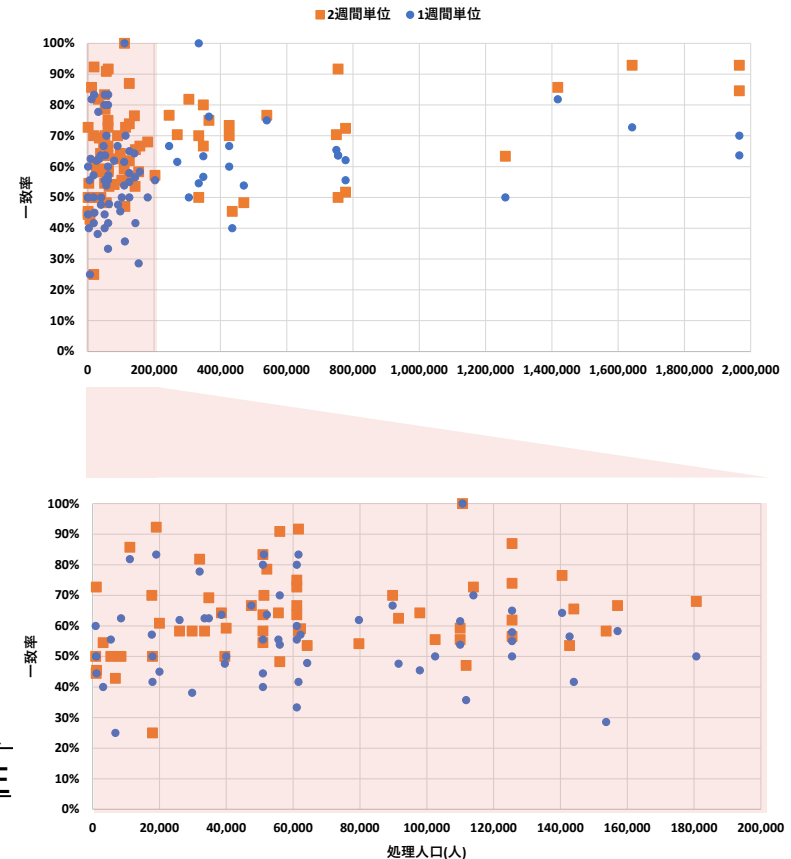
(特に100万人以上の処理人口を抱える下水処理場)

- 1週間単位の平均値の増減は68%一致
- 2週間単位の平均値の増減は84%一致

- ✓ 処理人口が大きい場合、感染傾向を把握できる可能性
- ✓ 処理人口が小さくてもアラート等の活用に至った地方公共団体もあり、小規模な場合も定性的な感染者の有無の判断には活用できる可能性

＜事例＞(処理人口1,000～5,000人程度)

- ✓ 疫学情報の代替手段として下水ウイルス濃度に基づき感染傾向を把握し、市民へのアラートとしてHPや市庁舎ライトアップ(信号機表示)を実施
- ✓ 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



《 処理人口別の一一致率の分布※² 》

※¹ 行政機関が把握・公表している当該報告日の新規感染者数
 ※² ポンプ場やマンホールの結果を含む

②将来の感染状況の予測

- 将来の感染状況の予測によって、市民への注意喚起や地方公共団体の体制整備に活用できる可能性がある
- 今回の実証で、感染者数の予測に取り組む共同体があり、「1週間程度後の新規感染者数^{※1}の予測値」と「実数値」の平均誤差^{※2}を算出
 - 平均誤差^{※2}は44～392%であった

《共同体による予測値と実績値の平均誤差》

共同体	平均誤差(%) ^{※2}
i	44
ii	53
iii	71
iv	172
v	392

※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他、今後予測精度向上のための研究が必要と思われる

※1 行政機関が把握・公表している当該報告日の新規感染者数
 ※2 平均誤差:「予測値と正解値との差を正解値で割った値」の絶対値の平均

- 感染者数の予測は誤差が大きい共同体もあったため、新規感染者数の予測に取り組んだ共同体の「1週間程度後の新規感染者数の予測値」の増減と「実数値」の増減を比較

《共同体による予測と実数値の増減傾向の一致率》

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

- 1週間単位の平均値の増減は72%が一致
- ↓
- ✓ 1週間程度先の感染傾向を把握できる可能性

③変異株の検知

- 変異株の検知によって、市民への注意喚起や地方公共団体の体制整備に活用できる可能性がある

<変異株の検知や存在割合の把握を試みた共同体>

- 各共同体はヒト検体の結果や流行株の状況と概ね一致することを確認

<検査事業者のヒアリング>

- 下水中のウイルスRNAを用いた変異株解析は、変異株の存在の検知に数日程度、下水中の存在割合の把握には3週間程度を要する

<先行研究等>

- 下水中のウイルスRNAを用いた変異株解析はヒト検体の解析と比較すると精度が低い



- ✓ 分析にかかる時間や精度の課題もあるため、今後さらなる迅速化・精度向上のための研究が必要

④検出精度

- 各検査方法の検出下限値・定量下限値を算出する規格は定められていない他、下水中のウイルスRNAは、採水方法、濃縮・抽出時の試料量や回収率、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困難
- 標準的な下水試料は存在しないため、化学分析のような客観的な検出下限値・定量下限値を求めることは困難であり信頼性を確保した算出法が課題
- 感染状況が落ち着いている時期に、高感度で検出された事例もあったが、逆に感染が蔓延している時期に下水から検出されなかった事例も見られた



- ✓ 検出精度にはばらつきがあり、感染者数が少ない場合の検出可能性には注意が必要

実証後の自治体での用途

外部への公表

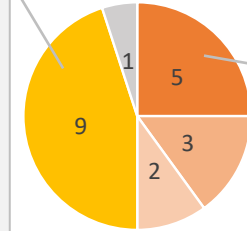
- 住民への結果公表による注意喚起は重要な活用策の1つ
- 本事業を通じ、2共同体が新たに外部公表を開始、3共同体は準備中。それら含めた8共同体が公表済みまたは公表予定

<事例>

- ✓ 市内の感染者数が把握できなくなり公表のニーズが高まった
- ✓ あらかじめ地方公共団体上層部や議会への説明を通して認知や理解を高めることで、円滑な公表の判断に至った

外部公表できなかった主な理由

- ・ 公表するに足るデータの信頼性が得られていない
- ・ 疫学情報により必要な情報が把握されている
- ・ 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



外部公表に至った背景

- ・ 議会、市民に取り組みが認知されていた
- ・ SNSでの情報発信というゴールが庁内で合意されていた
- ・ 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

● 公表済み ● 準備中 ● 検討継続 ● 未定 ● その他
 ≪ 外部への公表についての検討結果 ≫

公表以外の用途

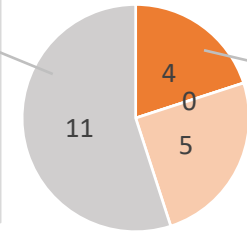
- 公表以外にも、下水から得られる情報を庁内体制の拡充等の判断材料とする活用があり得る
- 実際に、地方公共団体内部の判断材料として用いられたのは「感染状況」や「変異株」に関する情報であったが、変異株については結果が出るまでの時間が制約となるという課題もある
- 新型コロナウイルスを取り巻く状況が変化中、変異株の検知や既存のサーベイランスの補完へニーズの重点が移ってきた様子もうかがわれる

<事例>

- ✓ 感染症対策部署の主体的な関与や関係部署間の円滑な連携を基盤に地方公共団体内部の判断材料として活用

内部の判断材料に用いなかった主な理由

- ・ データの信頼性が得られていない
- ・ 疫学情報により必要な情報が把握されている
- ・ 行動制限をしなくなり当初のニーズ自体がなくなった



内部の判断材料に用いた主な背景

- ・ 市長をはじめとして町内の連携ができていた
- ・ 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

● 自治体内部の判断材料として活用 ● 準備中 ● 検討継続 ● 未定
 ≪ 内部の判断材料としての活用についての検討結果 ≫

外部への公表及び公表以外の用途について、上記のようなノウハウ・事例が地方公共団体に共有されることにより、活用につながる可能性が広がると思われる

活用・普及にあたっての課題と対応の方向性

活用に向けた課題

(目的意識の共有や基礎知識の不足)

- 下水サーベイランスの目的・意義の共有や基礎知識等の不足により活用の議論が進まない場合がある
- 外部の専門家等による講義や地方公共団体職員による議論の場の設定等の工夫が考えられる

(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
- 「保健部局、政策部局の主体的な関与」、「首長のリーダーシップ」、「外部の専門機関との連携」が必要
- また、効果的な活用のために、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の明確化が必要

(データのばらつきの大きさ)

- 下水から得られるデータはその特性からばらつきが大きいため活用の妨げとなる場合がある
- 精度管理や解析上の工夫により一定程度ばらつきを低減することが可能だが、除外しきれないばらつきは残るため、活用目的や地域の特性に応じて活用する必要

普及に向けた技術的な課題

(疫学情報の不足)

- 今後、定点サーベイランスに移行する見込みデータの連続性が担保できずこれまでの方法がそのままは適用できなくなる可能性
- 継続的な活用のためには、データの取り扱いや結果の評価に関する検討が必要

(手法選択等の問題)

- 下水処理場ごとに特性が異なるため、採水する処理場や採水時間、複数ある採水・分析・解析手法は各地域の特性を踏まえて判断する必要がある
- 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、ノウハウの蓄積が必要

普及に向けたその他の課題

(検査・分析体制のさらなる充実)

- 下水サーベイランスに関する情報の分析は様々な手法が試みられている状況にあるものの、現在は地方公共団体が求める情報提供が十分に行われていない可能性
- 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、検査事業者等のノウハウの蓄積が必要。また、費用低減のため、採水頻度や地点の効率化等のノウハウの蓄積や技術革新にも期待

(関係者間の情報共有)

- 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とは言いえない
- より有効な下水サーベイランスの活用に向けて、地方公共団体間含め、地方公共団体、研究機関、検査機関等との間の情報交換の強化が必要