

申請者番号：1014

ウィズコロナ時代の実現に向けた主要技術の実証・導入に係る事業企画  
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 報告書

実証名 石川県小松市における病原性ウイルス感染拡大の  
未然防止に向けた下水サーベイランスの活用

令和5年1月31日  
代表機関 株式会社クボタ

---

## 目次

---

1.	基本項目 .....	1
1.1	実証名 .....	1
1.2	実証を行う期間 .....	1
1.3	事業実施体制 .....	1
1.4	実証を行う地域・範囲 .....	2
2.	下水サーベイランス実証事業の目的・概要 .....	5
2.1	下水サーベイランスの位置づけ .....	5
2.2	下水サーベイランスの課題 .....	5
2.3	課題解決策 .....	5
3.	下水サーベイランス実証事業における実施方法 .....	7
3.1	テーマ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 .....	7
3.2	テーマ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 .....	9
3.3	テーマ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 .....	10
4.	下水サーベイランス実証の結果 .....	12
4.1	テーマ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 .....	12
4.1.1	検討結果（達成したこと／分かったこと） .....	12
4.1.2	今後の課題 .....	17
4.2	テーマ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 .....	17
4.2.1	検討結果（達成したこと／分かったこと） .....	17
4.2.2	今後の課題 .....	21
4.3	テーマ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 .....	22
4.3.1	検討結果（達成したこと／分かったこと） .....	22
5.	地方公共団体の活用ニーズを踏まえた活用・実装に関する検討 .....	24

5.1	本事業を通じて把握された活用ニーズ（No. 1）	24
5.1.1	活用ニーズ概要	24
5.1.2	活用・実装の状況（試行、年度内準備中を含む）	26
5.1.3	活用・実装できなかった理由	27
5.2	本事業を通じて把握された活用ニーズ（No. 2）	28
5.2.1	活用ニーズ概要	28
5.2.2	活用・実装の状況（試行、年度内準備中を含む）	30
5.2.3	活用・実装できなかった理由	33
6.	下水サーベイランス実証事業終了後の展開	34
6.1	事業終了後の継続・展開方針	34
6.2	事業終了後の実施体制	34
6.3	事業終了後の結果活用・公表方法	34
6.4	事業終了後の費用	34
7.	活用に向けた課題及び解決策	35
7.1	採水	35
7.2	輸送	35
7.3	分析・解析	36
7.4	活用	36
7.4.1	体制整備	36
7.4.2	ニーズ把握	36
7.4.3	活用イメージ具体化	36
7.4.4	試行	37
7.4.5	公表・情報提供	37
7.4.6	評価・改善	37
8.	採水から分析結果を出すまでの時間・費用	38

1. 基本項目

---

1.1 実証名

石川県小松市における病原性ウイルス感染拡大の未然防止に向けた下水サーベイランスの活用

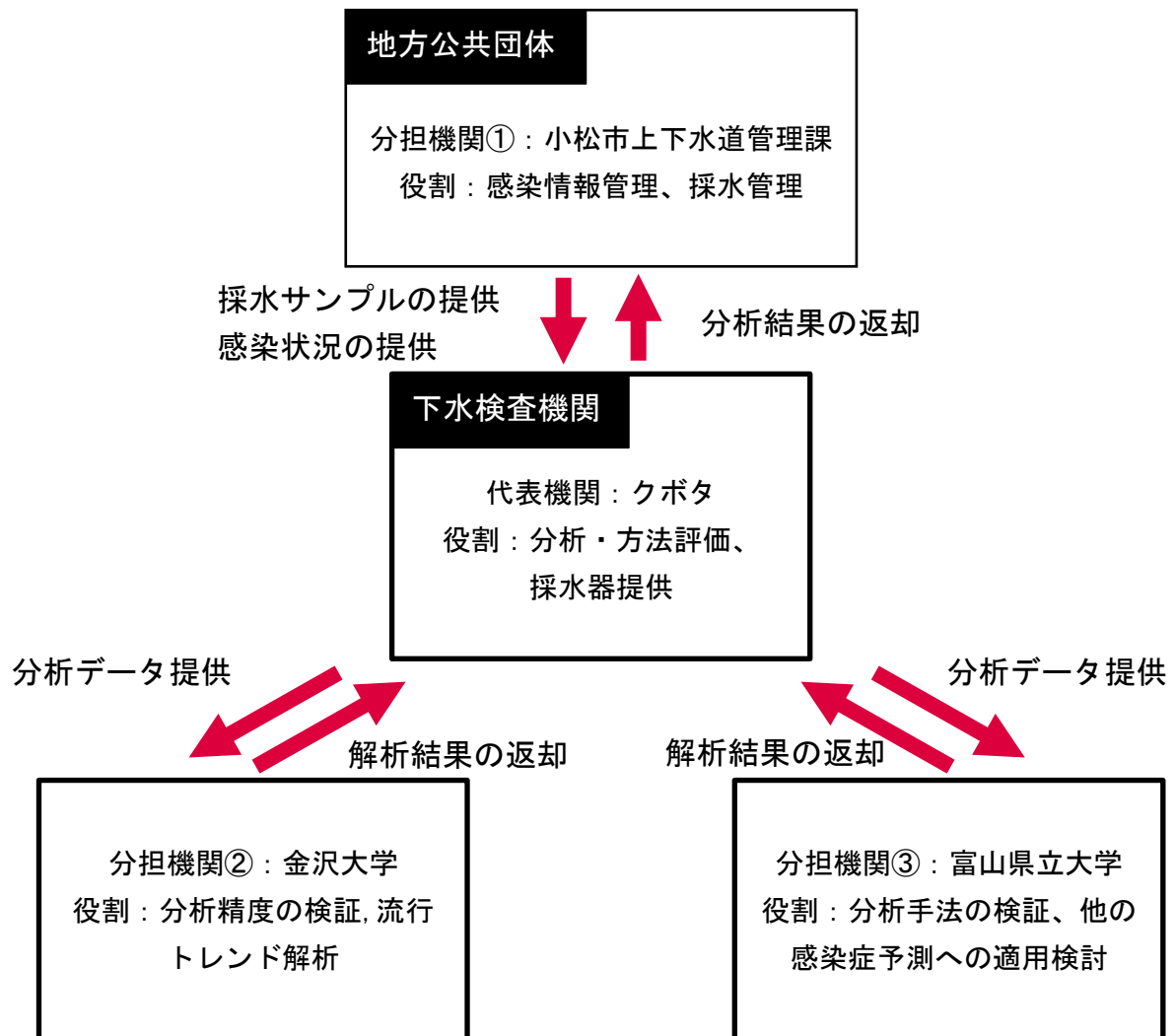
1.2 実証を行う期間

令和4年7月1日～令和5年1月31日

1.3 事業実施体制

区分	機関名	所属部署・役職	代表者	住所
代表機関	株式会社クボタ	■■■■■ ■■■■■	■■■■■	兵庫県尼崎市浜1-1-1
分担機関 ①	小松市役所	■■■■■ ■■■■■ ■■■■■	■■■■■	石川県小松市小馬出町91番地
分担機関 ②	金沢大学	■■■■■ ■■■■■	■■■■■	石川県金沢市角間町
分担機関 ③	富山県立大学	■■■■■ ■■■■■ ■■■■■	■■■■■	富山県射水市黒河5180

(体制図)



#### 1.4 実証を行う地域・範囲

石川県小松市(公共下水道の普及範囲)、

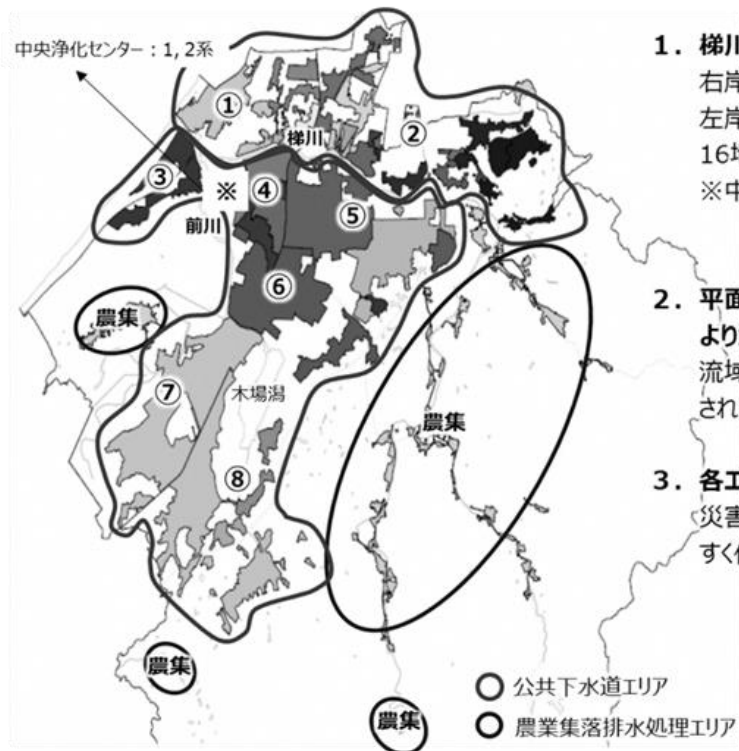
- (1) 小松市中央浄化センター：中央処理区
- (2) 石川県加賀沿岸流域下水道幹線：梯川処理区

(採水施設一覧) ※①～⑧は地図中の地域番号を示す。

No.	採水施設名	処理人口	処理区域
1	小松市中央浄化センター	61、623 人	中央処理区
1-1	小松市中央ポンプ場 (1 系合流)	11、281 人	中央排水区 ④
1-2	東部ポンプ場(2 系分 流)	12、546 人	第一分区・東陵分区 ⑤
1-3	松陽ポンプ場(2 系分 流)	12、713 人	松陽分区 ⑥
1-4	御幸ポンプ場(2 系分 流)	9、205 人	御幸分区 ⑦
1-5	南部第 1 ポンプ場(2 系 分流)	13、643 人	木場潟分区(駅前)・木 場潟分区(温泉)・木場 潟第 1 処理区・木場潟第 2 処理区 ⑧
1-6	鶴ヶ島マンホールポン プ(2 系分流)	2、235 人	西部分区・城南分区 ③
2	石川県加賀沿岸流域下 水道幹線	17、939 人	梯川処理区
2-1	小松 1 (M4-2、分流)	3、853 人	安宅処理分区 ①
2-2	小松 2 (M5-1、分流)	14、086 人	梯処理分区・平面処理分 区・ 川辺処理分区・荒屋処理 分区・ 国府処理分区・千代北処 理分区 ②

【地図】

## こまつの下水処理 3つの特徴



- 1. 梯川を挟み大きく2つに分かれた下水処理と農集**  
右岸：県流域公共下水道→翠ヶ丘浄化センター  
左岸：単独公共下水道 →中央浄化センター  
16地区17施設の農業集落排水処理  
※中央浄化センター：1系…合流式(④中心市街地)  
2系…分流式(上記以外)
- 2. 平面的な地形的特徴から複数の中継ポンプ場**  
より汚水を処理場まで圧送  
流域(一部自然流下)と単独で8つのエリアに分類  
され各処理場まで送られる
- 3. 各エリア・農集17施設毎にリスク分散**  
(災害等においてエリア・施設毎の事象の整理がしや  
すく他のエリア・施設に影響を与えない)

## 2. 下水サーベイランス実証事業の目的・概要

---

### 2.1 下水サーベイランスの位置づけ

本事業では、下水サーベイランスの目的を次のように位置付ける。

- 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
- 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
- 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

下水サーベイランスから得られた情報は、他の感染状況指標と合わせて自治体の警戒レベルや対策立案に活用する。また、これらの情報は、新型コロナウイルス感染症の指定感染症 5 類相当への引き下げ時における市中流行状況の把握と流行拡大予兆検知への利用も想定する。さらにサーベイランスの解析データから感染拡大の未然防止策を講じることで、医療の負担軽減と地域社会・地域経済の維持を目指していく。

昨年 10 月より小松市、クボタ、金沢大は共同で下水道における新型コロナウイルスのモニタリングを行い、感染者数との相関について検討している。その過程での後述する課題（流行状況の把握、早期検知、医療体制や検査体制の整備、採水作業者の安全確保、簡便な分析方法の開発）があることも認識しており、それらを踏まえて社会実装に向けた分析評価方法について検討していきたい。

### 2.2 下水サーベイランスの課題

- ・自治体における具体的な活用方法の検討（流行状況の把握、早期検知、医療体制や検査体制の整備）
- ・採水作業者の安全確保、分析が煩雑・分析機関が限られているので、簡便な分析方法の検討が必要。
- ・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

### 2.3 課題解決策

上記の課題のうち、流行状況の把握、早期検知を行うために流行トレンド早期検知のためのリードタイム分析と、流行の増加・減少傾向を把握するトレンド指標の有効性評価を行う。

採水作業者の安全確保、簡便な分析方法の検討については、流入原水の採取方法を安全かつ省力化、最適化することで分析にかかる時間を短くする必要がある。クボタ独自で開発したオートサンプラーでのコンポジット（複数回）サンプリングと PEG 濃縮機能を利用して、分析工程の簡略化、低コスト化する。この装置はサンプルボトルの脱着が非接触で行えるため、作業者の安全にも配慮されている。採取した検体に対しては、日本水環境学会 COVID-19 タスクフォース記載の PEG 沈殿法、RT-PCR で分析を行う。

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には、小松市の特徴ある下水道網を活用する。市の下水流域には上流に複数のポンプ場があり（地図）、それぞれ人口の密集する駅中心の繁華街や観光地、一般住宅地などの特徴のある地域の排水が採取できる



環境にある。現在は流域ごとのクラスターの発生状況が報告されているが、将来的にこれらの流域の感染状況を把握することで、病原体がどこを中心として拡散していくのかをあらかじめ知ることができ、感染初期の対策により感染拡大を未然に防ぐことが可能になるかもしれない。きめの細かいモニタリングができることは実証試験を行う上で重要な要素と考えている。

（本事業での実証テーマ一覧）

- 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
- 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
- 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

### 3. 下水サーベイランス実証事業における実施方法

#### 3.1 テーマ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

新型コロナウイルス感染症は感染力が強い場合は感染者数が一気に増加する場合があります、個別検査のキャパシティを超えてしまう例がこれまでも多く見られた。また、無症状の感染者がいることが知られており、検査対象によっては感染者数を正確に把握することが困難であることも課題の一つである。一方で下水のサーベイランスはこのような制約に関係なく、流域地域の感染者数をモニタリングすることが可能である。

No.	実施項目	実施方法	担当機関	マイルストーン
①	処理場での採水 (単独公共下水道 2 系統、流域公共下水道 2 ヶ所)	新型コロナウイルスを定量分析するために採水を行う (採水場所: 単独公共下水道 2 系統、人口カバー率 60%、3 回/週、6 ヶ月間: 期間中に 144 回) 流域公共下水道 (2 ヶ所、人口カバー率 20%、3 回/週、6 ヶ月間: 期間中に 144 回)	小松市役所 クボタ	3 回/週: 採水実施
②	採水方法と採取検体の輸送	手動でのスポットサンプリングまたはクボタ独自で開発したオートサンプラーでのコンポジット (合計 72 回) サンプリングとする。また、採水時は作業者の安全を確保するためにサンプルボトルの脱着は水試料に非接触で行えるようにする。試料は冷凍庫-20℃にて保存しておき、1 回/週に冷凍宅配便にて検査機関に送付する。流入下水量の時間変動と合わせて、検出感	クボタ	採水試験: 24 時間連続採水を 3 日間実施 1 回/週: 検体輸送実施

No.	実施項目	実施方法	担当機関	マイルストーン
		度の向上に有効な採水時間帯を決定する。		
③	採取検体の分析	クボタ自社内のBSL2+設備を使い、最短での分析、あるいは外注分析によりウイルスの定量分析を行う。	クボタ 金沢大学 富山県立大学	分析結果が出る都度（最短で採水から2日後）：分析結果データ
④	感染状況の情報入手	石川県健康福祉部健康推進課感染症対策室よりメールにて毎日の感染状況（石川県内各自治体の感染者数・検査件数・療養状況等）が小松市の危機管理課に届く。危機管理課では日、月年毎等に集計し小松市関係部署にて共有すると共に、共同体連絡網により情報を共有し集計する。	小松市	毎日、夕刻にその日の感染者数が集計される。
⑤	感染状況情報と採取した検体の分析結果との比較分析	金沢大学では分析精度の検証と流行トレンド解析を行い、富山県立大学にて分析手法の検証、他の感染症予測への適用検討をする。分析データの信頼性はプロセスコントロールの回収率により評価する。下水由来のPCR阻害物質がある場合には必要に応じ、PCR試薬の比較検討等による分析精度の向上についても検証する。	金沢大学 富山県立大学	分析結果が出る都度最短でウイルス定量結果次第で比較結果を出せるように試みる。 2022年10月：中間報告書 2023年1月：最終報告書
⑥	共同体における情報共有・活用を目指した検討	小松市役所・クボタ・金沢大学 ・富山県立大学で情報共有の在り方や解析結果の	小松市役所・クボタ 金沢大学	分析結果がまとまる際に情報共有を行う。

No.	実施項目	実施方法	担当機関	マイルストーン
		精度、情報発信方法などを総合的に検証する。検討会は月一回開催するものとする。	富山県立大学	月に1回：活用を目指した検討会議(Web 会議)を行う。 2022 年 10 月：中間報告書、2023 年 1 月：最終報告書に反映させる

### 3.2 テーマ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

下水サーベイランスから得られた情報は、他の感染状況指標と合わせて自治体の警戒レベルや対策立案に活用する。そのためには、流行予兆の早期検知や減少傾向の予測が市民への注意喚起、経済活動等の施策決定には重要な要素技術となる。そこで、これまで蓄積されたデータや本事業で取得される情報から後述する分析手法を適用して地域特有の感染拡大・収束傾向を予測できるか検証する。また、他の新型コロナウイルス感染症以外の感染症等への対策についても同様に可能かを検討する。

No.	実施項目	実施方法	担当機関	マイルストーン
①	下水サーベイランスによるリードタイム分析	対象とする地域（および小流域）において、新規 PCR 陽性者数の報告日に対して何日前に下水に増減トレンドの兆候が表れるか（＝リードタイム）を推定する。基準となる報告日の感染者数の7日間移動平均値から、下水中ウイルス濃度との相関係数が最も高くなる採水日との日数差から対象地域における下水サーベイランスのリードタイムを推定する。	金沢大学	2022 年 10 月：中間報告書、2023 年 1 月：最終報告書に反映させる
②	流行トレンド指標分析	下水サーベイランスから感染拡大・収束傾向を	金沢大学	2022 年 10 月：中間報告書、2023 年

No.	実施項目	実施方法	担当機関	マイルストーン
		把握するための指標として、下水中ウイルス濃度／感染者数比の有効性の評価を行う。実際の感染者数の増減傾向を比較して、対象とする地域（および小流域）における流行トレンド指標としての有効性・妥当性を評価する。		1月：最終報告書に反映させる
③	新型コロナウイルス感染症以外の感染症等への対策	ノロウイルス等の腸管感染病原体に加え、インフルエンザウイルス等一部の呼吸器系ウイルスも下水へ混入することが知られている。これらのウイルスも併せてモニタリング可能かを検証し、新しい感染症対策を進める上での下水サーベイランスの有効性を確認する。	富山県立大学	2022年10月：中間報告書、2023年1月：最終報告書に反映させる
④	分析手法の検証	トウガラシ微班ウイルス(PMMoV)を内部標準に用いて、検出操作や精度の検証を行う。	富山県立大学	2022年10月：中間報告書、2023年1月：最終報告書に反映させる

### 3.3 テーマ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

小松市の下水流域には上流に複数のポンプ場があり、それぞれ人口の密集する駅中心の繁華街や観光地、一般住宅地などの特徴のある地域の排水が採取できる環境にある。それぞれの集水地域ごとの感染者数は分からないが、学校や特定施設の感染者情報、クラスター発生等の情報は入手できるため、病原体がどの地域を中心に拡散していくのかをあらかじめ知ることができる。きめの細かいモニタリングができることは実証試験を行う上で重要な要素と考えている。

No.	実施項目	実施方法	担当機関	マイルストーン
①	各ポンプ場での採水	<p>以下、市内の 6 カ所のポンプ場にて採水を行う。</p> <p>小松市中央ポンプ場 東部ポンプ場 松陽ポンプ場 御幸ポンプ場 南部第 1 ポンプ場 鶴ヶ島マンホールポンプ場</p>	小松市役所 クボタ	3 回/週：採水実施 1 ヶ月間
②	採水方法と採取検体の輸送	冷凍庫-20℃にて保存しておき、1 回/週に冷凍宅配便にて検査機関に送付する。	クボタ	1 回/週：検体輸送実施
③	採取検体の分析	クボタ自社内の BSL2+設備を使い、最短での分析、あるいは外注分析によりウイルスの定量分析を行う。	クボタ	分析結果が出る都度（最短で採水から 2 日後）
④	感染状況情報と採取した検体の分析結果との比較分析	金沢大学、富山県立大学にて検体分析結果と感染者情報を解析、市全体の感染状況は処理場ごとに、クラスター発生状況などの地域情報はポンプ場ごとに比較する。	金沢大学 富山県立大学	<p>比較結果</p> <p>2022 年 10 月：中間報告書</p> <p>2023 年 1 月：最終報告書</p>

## 4. 下水サーベイランス実証の結果

---

### 4.1 テーマ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

#### 4.1.1 検討結果（達成したこと／分かったこと）

下水サーベイランスで得られたウイルス量について、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）について小松市内の感染者数と採水場所の選択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確認された（図4.2-1 ウイルス濃度2系の2週間平均値と新規陽性者数の1週間平均値の相関係数  $R^2 \approx 0.89$ ）。

対象処理場には流入系統が2系統あるため、処理場へのウイルス負荷量（＝ウイルス濃度×流入流量の2系統合計、1日に処理場に流入するウイルス総量を表す）と市内感染者数との比較を行った。その結果、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（図4.1-2）。また、流入系統1系と2系の比較を行った結果、小松市人口の約47%をカバーしている2系の濃度の方が、人口の約10%をカバーしている1系の濃度よりも、市内全体の感染者数の動向と比較的一致した傾向を示していた（図4.1-3）。このことから、市全体の感染状況を把握するためには、下水サーベイランスにおいて、人口の約半分程度以上をカバーすることが必要であると考えられた。

9月26日以降の全数把握見直しによって、市内の感染者数のデータが得られなくなった。しかし、下水ウイルス濃度から市内において第8波の始まりから感染拡大、ピークアウトまでを捉えることができ、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が可能であることが実証された（図4.1-4）。9/26以降は感染者数が都道府県レベルの集計データのみとなって小松市内の感染者数に関するデータが得られないため定量的な比較はできなくなったが、市内の医療機関小松市医師会へのヒアリングからを行い、市内の流行状況や医療機関の状況と下水サーベイランスで得られた情報との比較を依頼した。その結果、下水サーベイランスで得られた情報が、感染者の発生状況・医療現場の逼迫状況と概ね傾向が合致しているとの意見を得た（表4.1-1）。これらの意見から、全数把握見直しや今後の定点観測への移行後において個別検査から小松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って流行状況の把握に有効であることが示された。

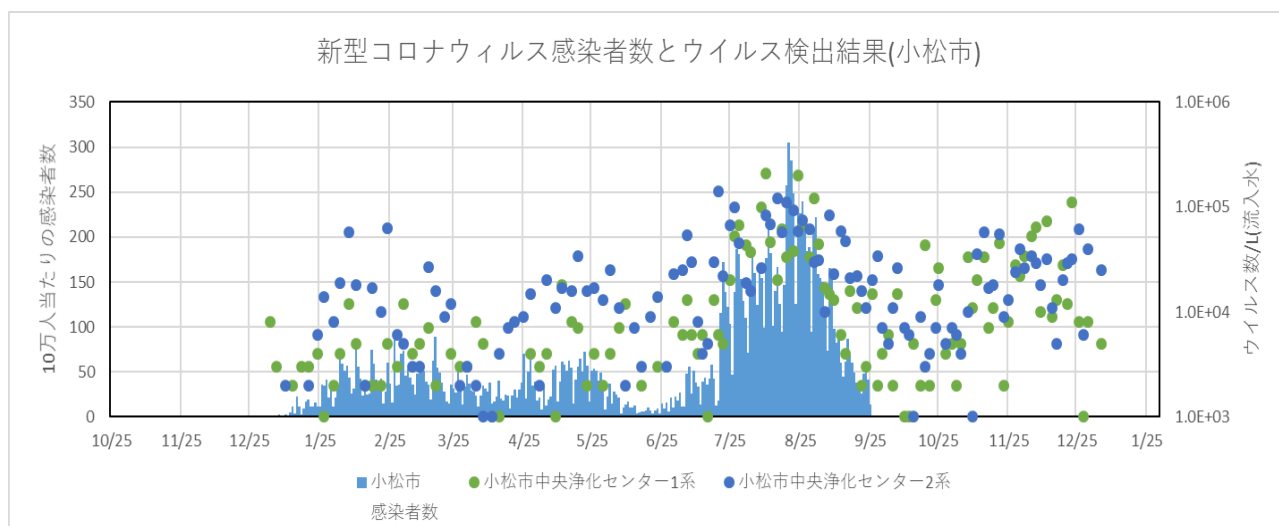


図 4.1-1 新型コロナウイルス発症日ベースの感染者数とウイルス濃度との比較(小松市)

注) 2021 年 10 月 25 日～2022 年 6 月 30 日までは小松市、金沢大学、クボタの共同研究成果、2022 年 7 月 1 日～2022 年 12 月 31 日までは本実証事業のデータによる。

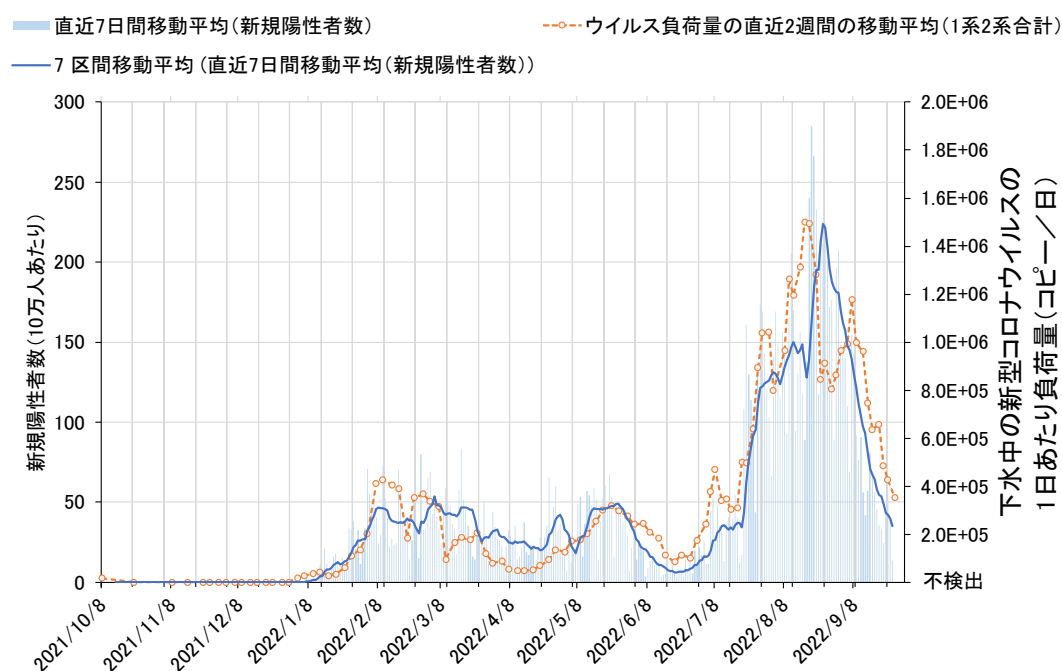


図 4.1-2 新型コロナウイルス報告日ベースの感染者数とウイルス負荷量(=ウイルス濃度×流入流量の1系と2系の合計値)の2週間移動平均値との比較(小松市)

注) 2021 年 10 月 25 日～2022 年 6 月 30 日までは小松市、金沢大学、クボタの共同研究成果、2022 年 7 月 1 日～2022 年 12 月 31 日までは本実証事業のデータによる。



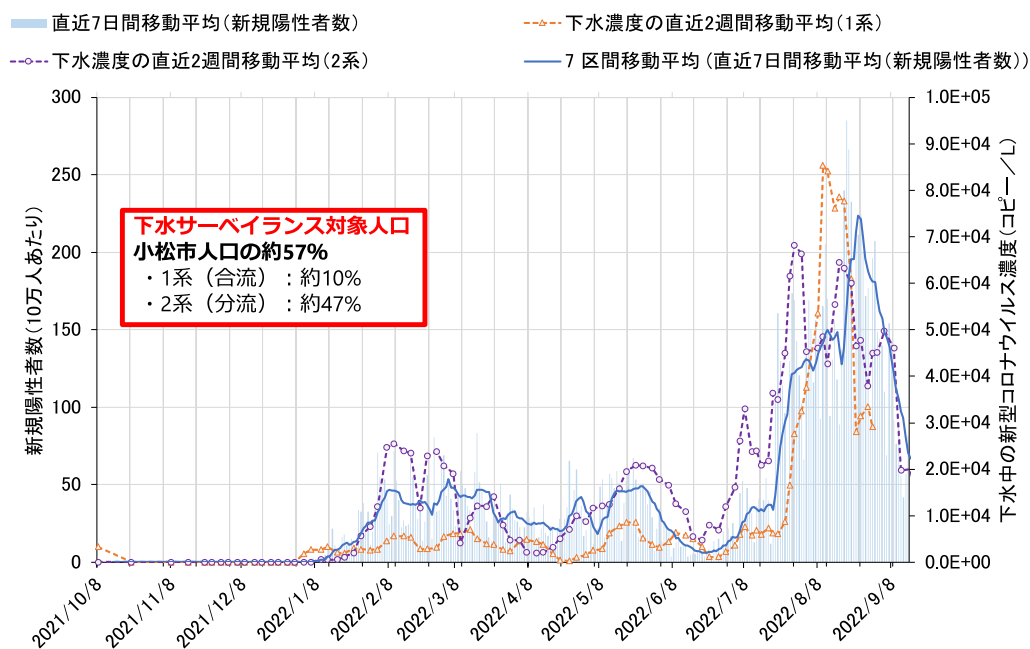


図 4.1-3 新型コロナウイルス報告日ベースの感染者数と、流入系統ごとのウイルス濃度（2週間移動平均値）との比較（小松市）

注）2021年10月25日～2022年6月30日までは小松市、金沢大学、クボタの共同研究成果、2022年7月1日～2022年12月31日までは本実証事業のデータによる。

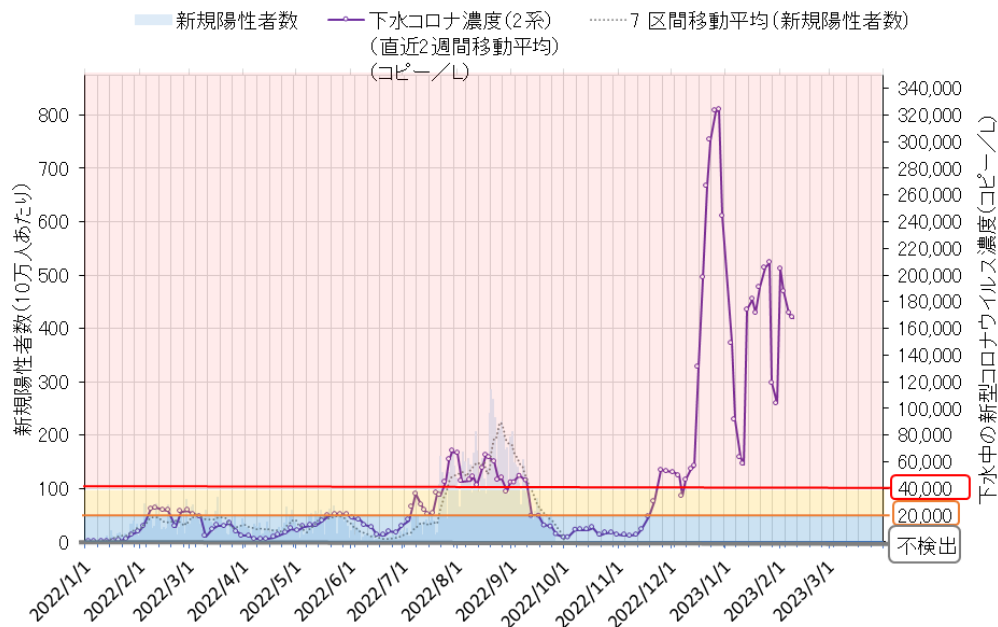


図 4.1-4 全数把握見直し（9/26）以降のウイルス濃度（2系、2週間移動平均値）の推移（小松市ウェブサイト、2023年2月10日）

注）2021年10月25日～2022年6月30日までは小松市、金沢大学、クボタの共同研究成果、2022年7月1日～2022年12月31日までは本実証事業のデータによる。

表 4. 1-1 第 8 波における市内の感染状況と下水サーベイランス情報に関する小松市医師会へのヒアリングによる意見（実施時期：1 月下旬）

項目	意見
患者の発生状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>下水モニタリングで急激に値が低下後、数値の再上昇があったが、当院の新規患者数および陽性者数の減少と増加の傾向とあっている印象。</li> </ul>
医療現場の状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>12 月～1 月は、小松市内の高齢者施設でのクラスターが数多く報告され、病院が救急搬送を受け入れ困難な状況が発生。この時期と下水モニタリング（の濃度が高い時期）が一致している印象。</li> <li>12 月～1 月に当院でクラスター発生し、当直可能な看護師数が減り発熱外来も一時期出来なくなった。この時期が、下水モニタリングが急上昇した時期に一致。現在も、下水モニタリングで高い値が維持されているが、小松市民病院の退院調整も難渋している。</li> </ul>
市民への情報提供	<ul style="list-style-type: none"> <li>市民は自分の身の回りの極々狭い範囲（噂話、実体感）か、石川県や日本と言った大きな範囲（公表数字）しか状況を知るすべがない。保健所の患者数の公表も何となく遅い印象です。その点、下水モニタリングは より即時性が高い印象</li> <li>研究の結果を元に市民に啓発するのは効果があると思う。4 段階くらいに示すのがよいと思う。（下水濃度が）急激に減ったところは参考になるかもしれない。</li> </ul>

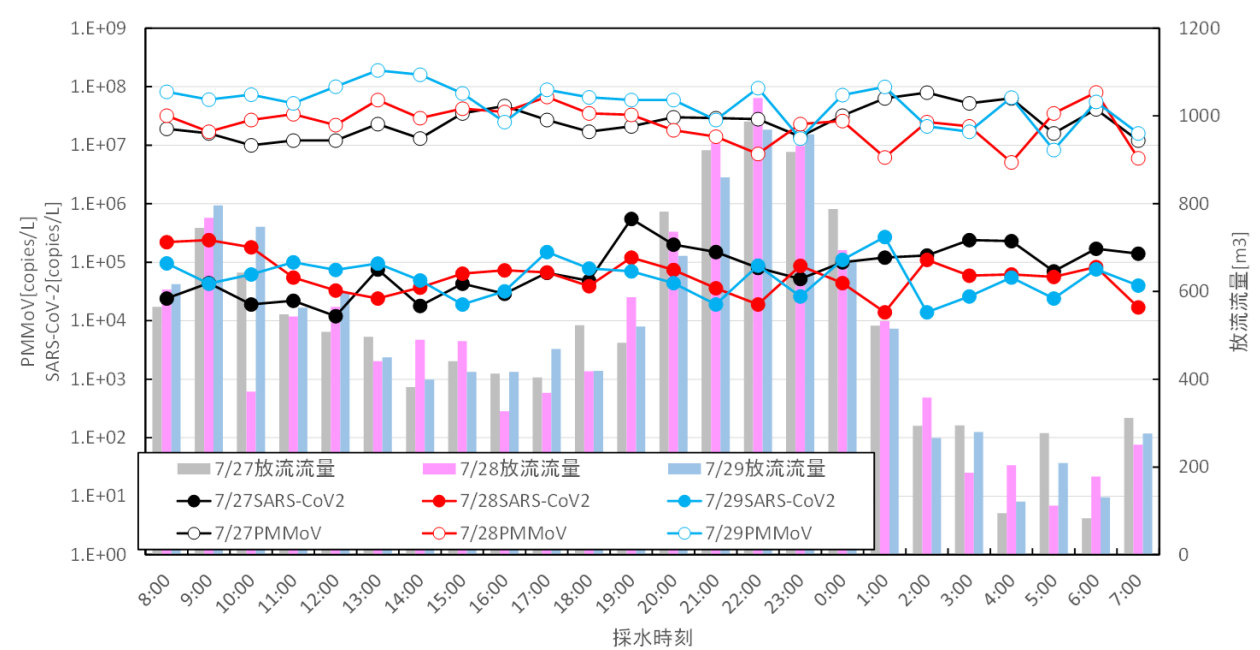
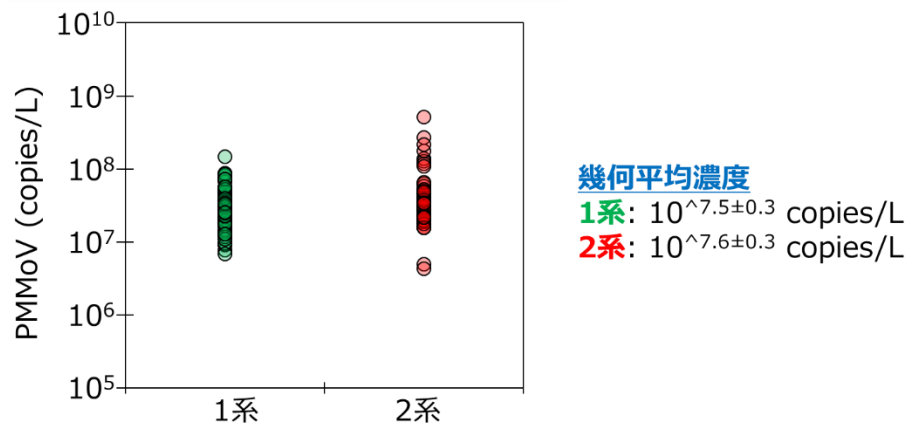


図 4. 1-5 小松市 24 時間採水結果

合わせて、流行状況を反映するための採水時間およびウイルス RNA 抽出、検出方法についての検討を行った(図 4.1-5)。最適な採水時間については、24 時間のウイルス濃度変化からはウイルス濃度がある程度一定であったことが示唆された。すなわちスポット採水で定時に採水しても市内の流行状況を表す結果を得られると考えられた。ただし水量変化があることを考慮に入ると、コンポジット採水を行い、水量と合わせてウイルス絶対量を測定できるようにした方がより厳密な測定が可能になることが推測される。このような採水を行うには自動採水装置の導入を検討すべきである。

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たことがわかった。



- 幾何平均値の1/10を下回る試料はなし  
→ 概ね良好にウイルスが検出できたと考えられる。
- ただし2系では2試料で $10^{6.6}$  copies/L 程度の検出濃度  
→ 濃縮, RNA抽出, RT-qPCRが非効率的だった可能性がある。

図 4.1-6 トウガラシ微斑ウイルス (PMMoV) による解析結果の精度

トウガラシ微斑ウイルス (PMMoV) は小松市中央浄化センター1系および2系にてそれぞれ幾何平均値  $107.5 \pm 0.3$  copies/L および  $107.6 \pm 0.3$  copies/L と概ね同等の濃度で検出された。ただし、2系の2試料(2022年3月3日および4月25日採水)では PMMoV が幾何平均値の概ね 1/10 にあたる  $106.6$  copies/L 程度での検出となった。これら試料で PMMoV の検出濃度が低くなった理由の1つとして、ウイルス濃縮、RNA抽出、RT-qPCR といったウイルス検出プロセスのいずれかが夾雑物質により非効率となったことが挙げられる。この場合は SARS-CoV-2 の検出濃度が過小評価されている可能性が疑われる。しかしながら、これら2試料は SARS-CoV-2 陽性であり、かつ、検出濃度も前後数試料の示すトレンドから外れるものではない。このため、仮にこれら試料で SARS-CoV-2 検出濃度の過小評価が生じていたとしてもその影響は軽微であったと考えられる。

プロセスコントロールを用いた検出効率評価においては、試料に添加したウイルスの検出濃度が真値の10%（個別プロセスを対象とする場合）もしくは1%（全プロセスを対象とする場合）未満であった場合に、特に深刻な検出効率低下が生じていたと判断されることが多い（Haramoto et al., 2018、Water Res. 135, 168-）。本研究での PMMoV は試料に添加したものではなく、濃度の真値はわからないが、全プロセスを対象とするものである。これらおよび検出濃度の幾何標準偏差が  $0.3 \log_{10}$  であったことを踏まえ、幾何平均値の10%未満を検出効率低下の1つの判断基準とした。

以上の結果より、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について、次の結論を得た。

- 全数把握見直し後においても、市内の流行状況（流行波の始まり、ピークアウト）を下水サーベイランスによって把握することが可能であった。
- 下水サーベイランスで得られた流行状況は、市内の医療機関における患者数や医療現場の逼迫状況と一致しており、今後の定点観測への移行後も市内の流行状況把握に有効である。
- 市全体の感染者数の動向を把握するためには、下水サーベイランスの対象人口が全人口の約半分をカバーすることが望ましい。
- 採水及び分析方法について、小松市においては、定時採水・PEG 沈殿法による濃縮・CDCN1 によるリアルタイム PCR 定量が妥当であることが分かった。

#### 4.1.2 今後の課題

今後、データの連続性を維持するためにも基本的な手法を変えずに、効果的な採水ポイントで安定的なデータ収集を行っていきたいと考えているが、水量、採水ポイントを追加する際にはデータの連続性が失われるので、新しいデータ種や分析方法などを追加する際に過去のデータとある程度の比較ができるようにする必要がある。また、医師会へのヒアリングより、相対的な推移として評価できるが、絶対値を他の自治体と比較できない点が課題であるとの意見があった。流入流量や PMMoV などの糞便ウイルス濃度による標準化を行うことで絶対比較が可能であることが学術論文等で提案されており、今後の検討が可能である。

### 4.2 テーマ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

#### 4.2.1 検討結果（達成したこと／分かったこと）

まず、下水ウイルス濃度のばらつきを平滑化するための検討を行った。下水ウイルス濃度については、(A) 採水日直近1週間の移動平均値、および (B) 採水日直近2週間の移動平均値を算出し、市内感染者数については、(1) 採水日直前1週間の平均値、および (2) 採水日直後1週間の平均値をそれぞれ算出し、最も相関の高い組み合わせを検討した。その結果、下水ウイルス濃度については、(B) 採水日直近2週間の移動平均値が、感染者数のいずれの平均値についても高い

相関が得られた。この傾向は、ウイルス負荷量の場合と 2 系のウイルス濃度のいずれの場合にも共通であった。次に、平滑化した下水ウイルス濃度（およびウイルス負荷量）と感染者報告数との相関を比較した。その結果、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（図 4.2-1, 4.2-2）。このことは、前項図 4.1-1 においても、第 6 波の立ち上がり、および第 7 波の立ち上がりとピークアウトが市内の感染者報告数よりも早く流行トレンド（＝感染者の増減傾向）の兆候が顕れており、相関分析の結果を支持するものとなっている。

また、相関分析より小松市においては 2 系のウイルス濃度 10,000 コピー/L が市内の感染者数約 30 人に相当することも分かった。

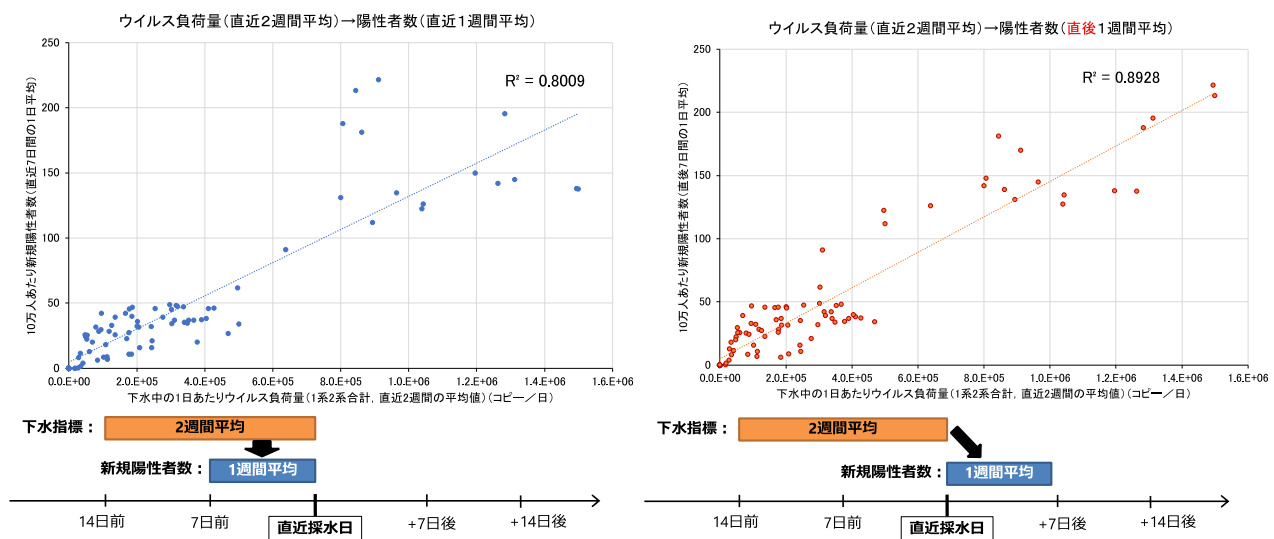


図 4.2-1 下水ウイルス負荷量（直近 2 週間移動平均値）と市内感染者数（左：採水日直前 1 週間平均，右：採水日直後 1 週間平均）との相関比較

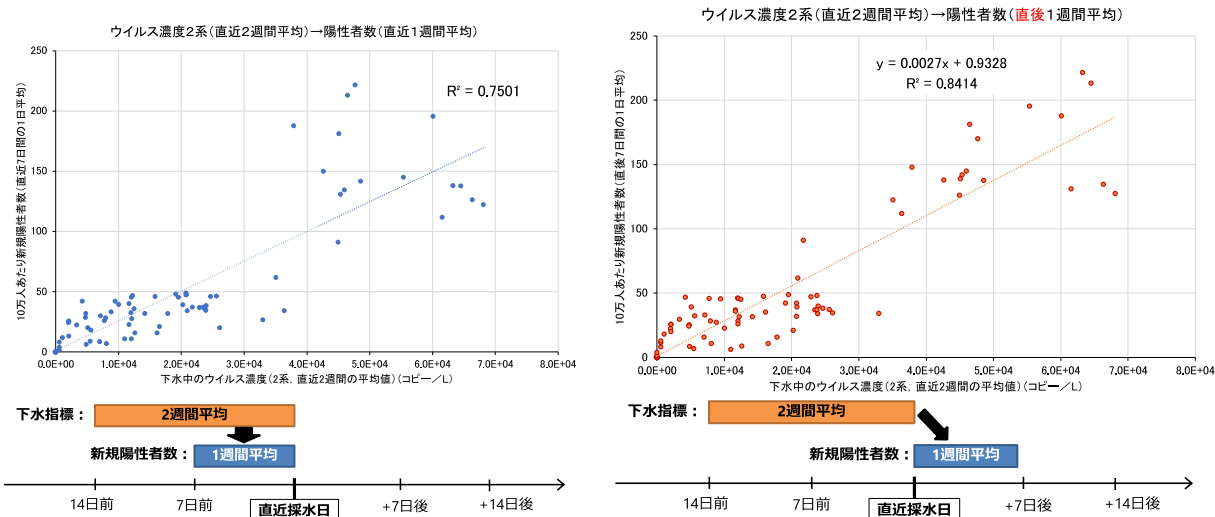


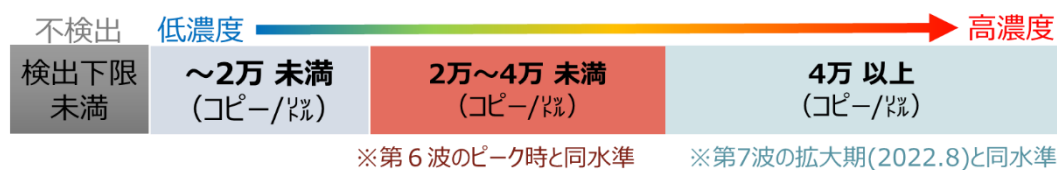
図 4.2-2 下水ウイルス濃度（2系、直近2週間移動平均値）と市内感染者数（左：採水日直前1週間平均，右：採水日直後1週間平均）との相関比較

以上の結果は、下水サーベイランスによって、感染者報告よりも1週間程度早期に流行に関する2つの情報が得られることを示している。一つ目は、①**流行規模**，すなわち「現在，市内にどれくらい感染者が多いか」を示す情報で，ウイルス濃度の高低によって表される。2つ目は，②**流行トレンド**，すなわち「流行が拡大傾向か縮小傾向か」を示す情報で，ウイルス濃度の直近データと比較した増減によって表される。

小松市での市民向けの情報発信に当たり，①流行規模と②流行トレンドの2つの情報を下図4.2.-3のようにレベル分けすることとした。なお，レベル分けの基準値はこれまでの濃度の推移や市内の感染状況を参考に暫定的に設定したものであり，今後，市内の感染状況や医療機関の状況と照合して適切な警戒レベルに適宜調整することを想定している。

### ①流行規模 = 現在どれくらい感染が広がっているか

※下水中のウイルス濃度レベルは，  
現在発生している感染者（未診断・未報告を含む）の多さを反映している。



### ②流行トレンド = 流行は拡大傾向か／収束傾向か

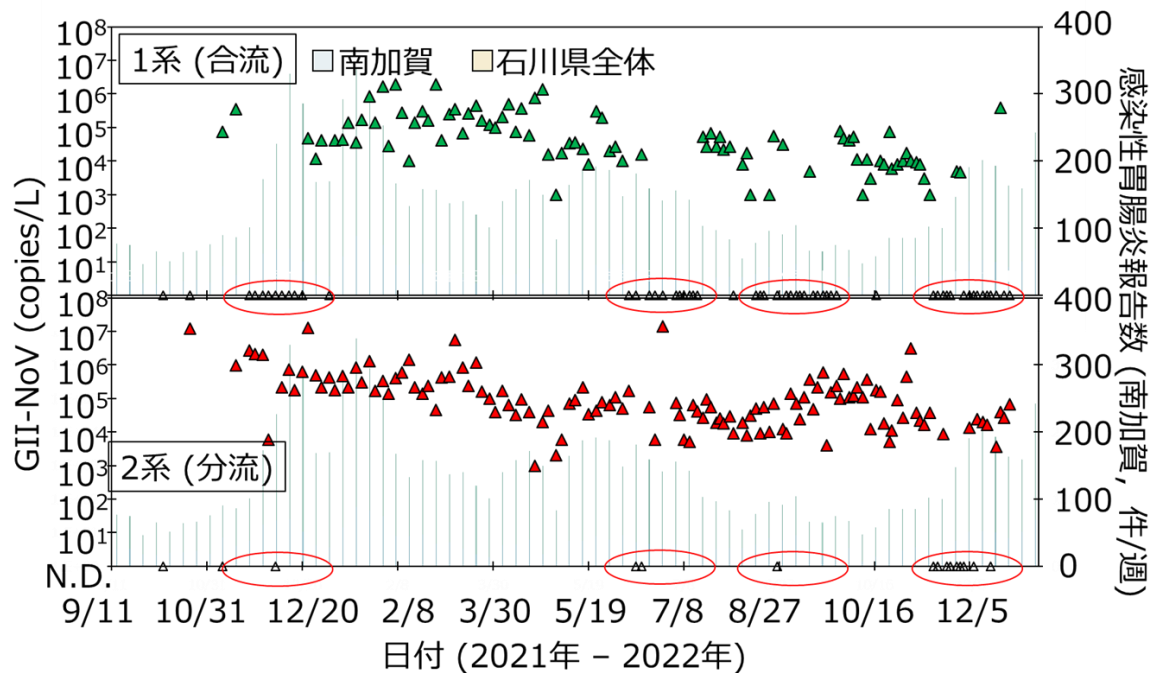
※下水中のウイルス濃度の変化率は，  
感染者が増加傾向にあるか減少傾向にあるかを反映している。



図 4.2-3 下水モニタリングに基づく流行状況のレベル分け



この図からウイルス濃度 2 系の 2 週間平均値と新規陽性者数の 1 週間平均値との相関が高いことが分かった。これによりウイルス濃度と感染者数の間にどの程度のタイムラグが生じているのかを検証すると、期間によるがおおむね 5-10 日ほど下水コロナウイルス検出の時期が感染者数のピークより早く上がってくることが示唆された。このことは下水サーベイランスの結果がコロナウイルス感染の予見的データとして活用できることを示している。



**1系:** 87/133陽性 (65%)。陰性試料は短期間に集中して現れる。流行状況を反映していると考えられるが、胃腸炎報告数との関連は薄い。  
**2系:** 127/133陽性 (95%)。陰性は1系と概ね同時期に出現。流行状況の差異というよりは、希釈倍率等が影響?

図 4.2-4 他の感染症予測への適用検討-GII-NoV の検出状況

小松市中央浄化センター1系および2系における GII-NoV の検出状況について、2系の方が1系よりも高陽性率かつ高検出濃度となる傾向が見られた (図 4.2-4)。一般に GII-NoV による胃腸炎は冬季に流行するとされており、下水での存在濃度も冬季に高まる例が多数報告されている。しかしながら、本事業で得られたデータでは、冬季の GII-NoV 検出濃度や陽性率は他季節より必ずしも高くはなかった。一方で、小松市を含む南加賀での感染性胃腸炎報告数は冬季に多く、特に8月から10月頃に少なくない傾向にあり、下水からの GII-NoV 検出状況と明確な関連は見られなかった。これは、感染性胃腸炎には GII-NoV 以外を原因とするものも含まれることや、GII-NoV 感染者の中に、受診しない集団がいたことが考えられる。GII-NoV は複数の遺伝子型やさらに遺伝子型に分類でき、その症状の重さは多様なため、軽症あるいは無症状に終わりやすい株が流行していた場合、胃腸炎報告数としてはカウントされず、下水からは検出される、といった状況は生じ得る。実際に下水からは医療検体よりも多様な型の GII-NoV が検出されることが報告されている。また、1系では GII-NoV 陰性試料は、2021 年 11 月下旬から 2022 年 1 月初旬、6 月中旬から 7 月中旬、8 月初旬から 9 月下旬、11 月中旬以降といった短期間に集中して現れたことが挙げられる。2系での GII-NoV 陰性であった 15 試料のうち 13 試料がこの期間に現れていた。1系、2系では GII-NoV の流入濃度は異なるものの、定性的な検出傾向は概ね一致していることがで

きる。これらを踏まえると小松市中央浄化センターでの GII-NoV の検出状況は地域内での感染流行状況をある程度は反映していると考えられ、胃腸炎患者としては報告されない未診断感染者に由来する GII-NoV も検出されていたと考えられる。

以上の結果より、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）の早期検知について、次の結論を得た。

- 下水サーベイランスによって、個別検査による感染者報告よりも 1 週間程度早く流行の開始およびピークアウトの兆候を捉えることが可能であった。
- 下水ウイルス濃度（および下水ウイルス負荷量）は、採水日直後 1 週間の感染者報告数と高い相関を示した。
- 下水サーベイランスによって、①流行規模（市内の感染者がどのくらい多いか＝ウイルス濃度の高低）と、②流行トレンド（感染が拡大傾向か縮小傾向か＝ウイルス濃度の増減）の 2 つの情報を得て早期警戒に活用することができる。
- ノロウイルスについても、市内の流行状況の把握に下水サーベイランスを活用することが可能。

#### 4.2.2 今後の課題

本実証事業において、下水サーベイランスによって得られる流行情報（流行規模・流行トレンド）が採水日ベースで医療サーベイランスによる感染者報告数よりも先行して兆候を捉えられることが示された。一方で、本実証事業では、予算等の都合により、実際に市民に情報が届くのはちょうど市内の感染者報告数と同程度のタイミングであった（前週の金曜日～水曜日までの試料をまとめて水曜日に発送し、木曜日に 1 週間分の分析データが届き、金曜日に発信するスケジュール）。最も大きな要因は、分析費用のスケールメリットによるもので、採水ごとに逐次運搬・分析を行うと費用が大きくなる。したがって、早期警戒情報として下水サーベイランス情報を発信するためには、分析費用として本実証事業よりも大きな予算を確保する必要がある。また、分析後のデータの SNS やウェブでの発信の自動化なども発信までの期間短縮する手段として検討の余地がある。

一方で、全数把握見直し後はそもそも市内の感染状況が把握できない状態であり、必ずしも早期検知でなくても、オンタイムでの市内流行状況を把握する唯一の手段として市民にとって十分に有用な情報となると考えられた。



### 4.3 テーマ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

#### 4.3.1 検討結果（達成したこと／分かったこと）

市内の 6 ヶ所のポンプ場についてウイルス検出を行い、それぞれの集水区にある小中学校の感染者数と相関を取った。その結果、一部のポンプ場では相関がみられており、場所による検出量の違いを確認することが可能となった。

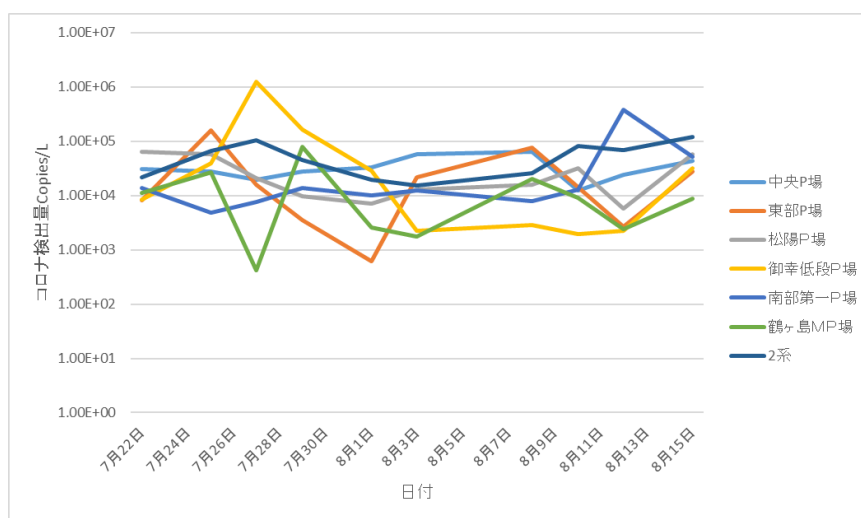


図 4.3-1 各ポンプ場におけるコロナウイルス検出(1 か月間)

この結果は各ポンプ場のデータがそれぞれ地域の異なる傾向を示しており、どこで採水するかにより、結果が異なる可能性があることを示している。また、処理場のフロー、水路の水深などを考慮して採水場所を決定する必要がある。

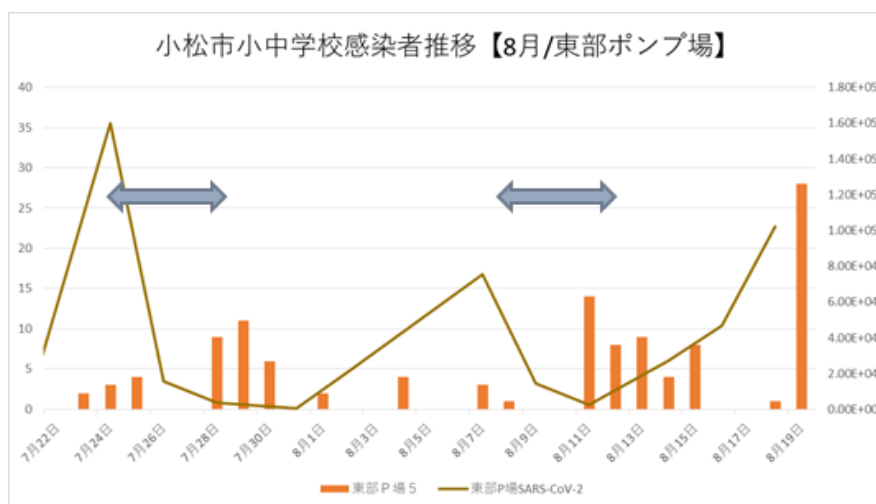


図 4.3-2 小松市小中学校の感染者数との相関（東部 P 場）

ポンプ場でのウイルス検出量と小中学校の感染者数との間で、公共下水道で見られたような

ピークが 5 日程度ずれて推移する傾向が確認できた。これは地域の家庭内での感染から小中学校の感染者数が増加し、感染者数を代表している可能性もあると考えられる。さらに、統計的に有意であるかを検証するため、データ蓄積と感染状況との突合を継続する必要があると考えられた。

以上の結果より、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について、次の結論を得た。

- 各ポンプ場のデータがそれぞれ地域の異なる傾向を示しており、どこで採水するかにより、結果が異なる可能性がある。
- ポンプ場によっては流域の小中学校や病院などの施設からのウイルス濃度を示している可能性があり、地域ごとの感染者数だけでなく、関連施設の感染指標にできるかもしれない。

## 5. 地方公共団体の活用ニーズを踏まえた活用・実装に関する検討

- ・下水サーベイランスを活用した感染症の拡大未然防止と地域社会・地域経済の維持、および下水サーベイランス情報の活用に向け「小松市新型コロナウイルス対策本部」にて実証結果の共有を図ると共に、その成果をもとに小松市独自の新型コロナアラート【4段階】を設定した。また、市民周知に向けた記者発表を実施。「LINE で防災」・「HP」等の独自ツールを活用し、市民に向けたアラートを発信している。

表 5-1 本事業を通じて把握された活用ニーズ

No.	活用ニーズ名称	活用主体（部署名）	ニーズ概要
1	下水サーベイランスを活用した感染症の拡大未然防止と地域社会・地域経済の維持	小松市新型コロナウイルス対策本部	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する。
2	下水サーベイランス情報の活用	小松市新型コロナウイルス対策本部	市民への周知により、不安要素を軽減し、各自の行動計画に役立てる。また、医療機関の準備態勢を整える。

### 5.1 本事業を通じて把握された活用ニーズ（No. 1）

下水サーベイランスを活用した感染症の拡大未然防止と地域社会・地域経済の維持、感染状況の把握、感染トレンドの把握を行うことにより、感染拡大期には感染防止策を市民に注意喚起して、できる限りの防止策を早期に実施する。また、感染終息期には経済活動の制限となるような規制を解き、地域経済の正常化に資する対策を実施する。

#### 5.1.1 活用ニーズ概要

下水サーベイランスを活用した感染症の拡大未然防止と地域社会・地域経済の維持

⇒下水サーベイランス情報の活用に向け「小松市新型コロナウイルス対策本部」にて実証結果の共有（中間報告）を図ると共に、その成果をもとに小松市独自の新型コロナアラート【4段階】を設定した。

⇒11月18日には市民周知に向けた記者発表を実施。11月25日より、「LINEで防災」・「HP」等の独自ツールを活用し、市民に向けたアラートを発信した（「LINEで防災」登録者約27,000人）。「防災行政無線（お茶の間ガイド）」は、アラートの最高レベルで放送を行うことを検討中。

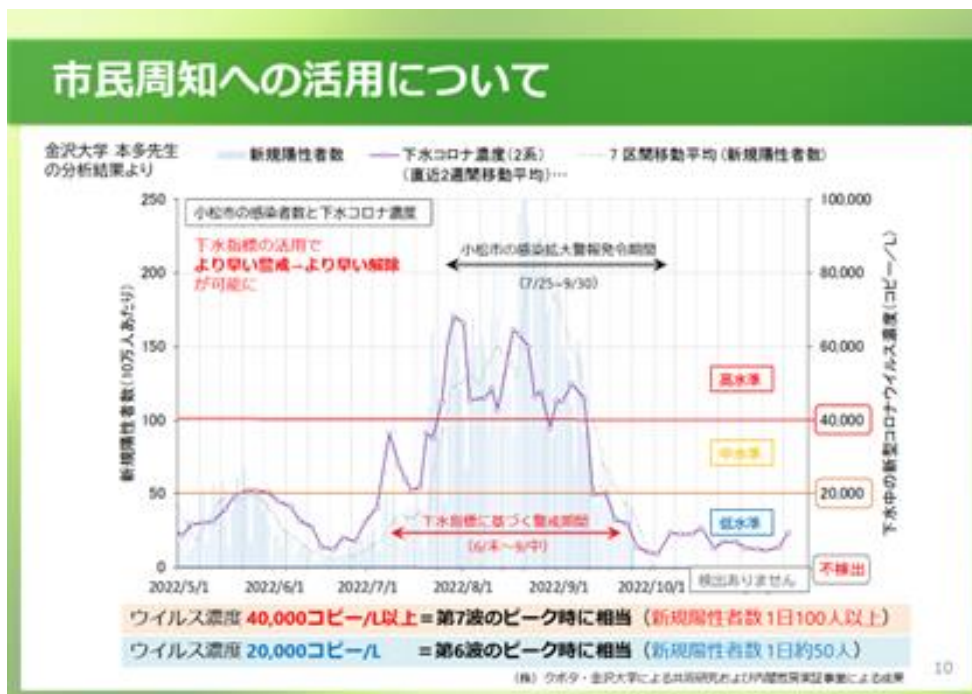


図 5-1 市のホームページによる下水サーベイランス結果



図 5-2 小松市 「LINEで防災」の各レベル表示

### 5.1.2 活用・実装の状況（試行、年度内準備中を含む）

2022年11月25日より社会実装として週1回の本事業を通じて市民への公表を行っている。

小松市ホームページアクセス数 令和4年12月1日～12月31日		
総アクセス数：414,778		
★ページ別アクセス数 トップ25		
順位	ページ タイトル	アクセス数
1	ライブカメラ	22,053
2	下水モニタリング	16,874
3	いい街こまつプレミアム取扱店の一覧について	12,938
4	新型コロナワクチン接種の予約について	12,526
5	新型コロナウイルス感染症について	9,401
6	新型コロナワクチン4回目・5回目接種について	7,923
7	こまつ宿泊応援割事業について	7,266
8	バス路線図・時刻表	6,089
9	新型コロナウイルス感染症に関するお知らせ	5,746
10	新型コロナワクチン接種会場一覧（3回目・4回目・5回目用）	5,539
11	小松市プレミアム付商品券「いい街こまつプレミアム」について	5,167
12	エコロジーパークこまつへのごみの持ち込み	2,964
13	令和4年8月4日の大雨による災害支援制度	2,825
14	あなたの町のごみ出しカレンダー	2,158
15	マイナンバーカードの申請方法について	1,980
16	時間利用駐車場	1,957
17	新型コロナワクチン接種について	1,944
18	家庭ごみ(あなたの町のごみの分け方・出し方)	1,884
19	小松市議会	1,563
20	蔵書検索	1,514
21	あなたの考える“こまつの未来”を教えてください（新しいビジョンの策定等に向けて）	1,465
22	休日・夜間当番医・AED設置場所検索	1,284
23	年末年始における公共施設の開庁・開館について	1,259
24	成人式	1,257
25	ハニベ巖窟院	1,253
※市トップページ、各課連絡先などの情報を探すためのページ、ユーザーが限定されるページ（入札関係など）は除外しています。		

表 5-2 小松市ホームページアクセス数

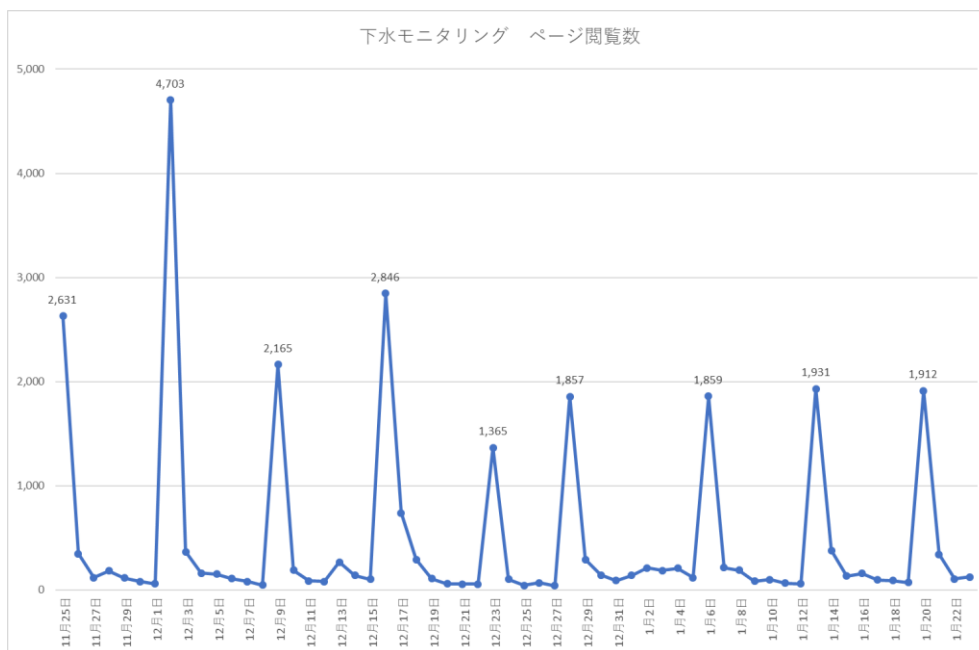


図 5-3 小松市 HP 下水モニタリング 閲覧数  
(グラフ中のピークは毎週金曜日の LINE の発信日と相関している。)

### 5.1.3 活用・実装できなかった理由

特になし。

## 5.2 本事業を通じて把握された活用ニーズ（No. 2）

### 下水サーベイランス情報の活用

#### 5.2.1 活用ニーズ概要

市民への周知により、不安要素を軽減し、各自の行動計画に役立てる。また、医療機関の準備態勢を整える。 図 5-4 に小松市医師会のヒアリング結果、コメントを示した。

#### **感染者の発生状況** = 新規患者数の状況とよく合致している

- 下水モニタリングで急激に値が低下後、数値の再上昇があったが、当院の新規患者数の減少と増加の傾向とあっている印象

#### **医療現場の状況** = 医療現場の逼迫状況とよく合致している

- 12月～1月は、小松市内の高齢者施設でのクラスターが数多く報告され、病院が救急搬送を受け入れ困難な状況が発生。この時期と下水モニタリング（の濃度が高い時期）が一致している印象。
- 12月～1月に当院でクラスター発生し、当直可能な看護師数が減り発熱外来も一時期出来なくなった。この時期が、下水モニタリングが急上昇した時期に一致。現在も、下水モニタリングで高い値が維持されているが、病院の退院調整等も難渋している。
- 札幌市同様、インフルエンザも解ると嬉しい。

#### **市民への情報提供** = 小松市内の流行情報を知りたい

- 市民は自分の身の回りの極々狭い範囲（噂話、実体感）か、石川県や日本と言った大きな範囲（公表数字）しか状況を知るすべがない。保健所の患者数の公表も何となく遅い印象です。その点、下水モニタリングは より即時性が高い印象
- 4段階くらいに示すのがよいと思う。（下水濃度が）急激に減ったところは参考になるかもしれない。

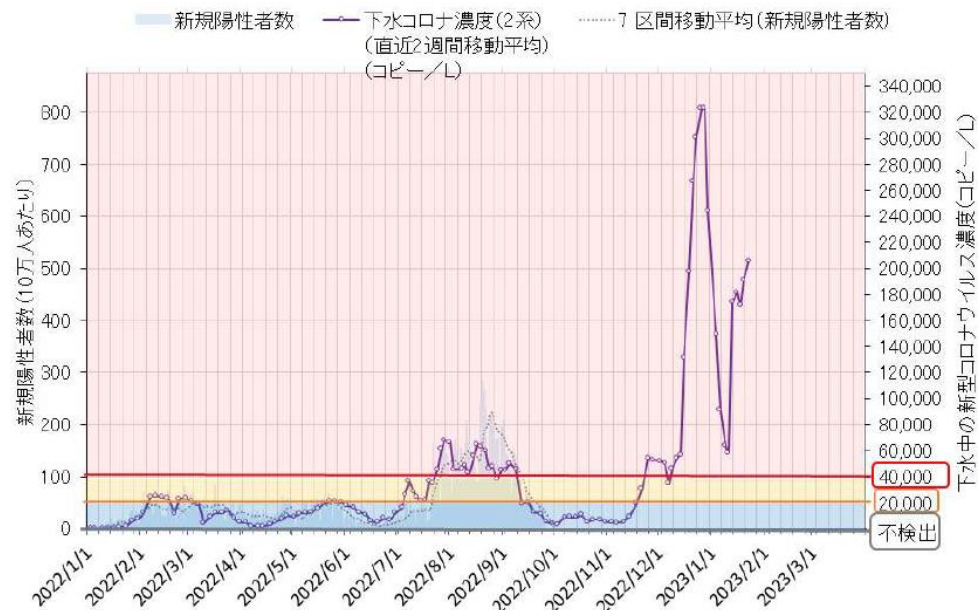
図 5-4 小松市医師会へのヒアリング結果

## 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 5-3 小松市下水モニタリングのホームページ



## 5.2.2 活用・実装の状況（試行、年度内準備中を含む）



図 5-4 情報発信フロー

下水処理場から採水された試料は直ちに凝集剤(PEG)入りの遠沈管に移され、宅配便で検査機関

に送付される。翌日には即日分析を行い、検査結果を民間機関で確認、解析されたのち、翌々日の午前 10 時までには自治体にデータが送付される。市の上下水道管理課にて当日の正午までにホームページの更新、情報共有を行い、危機管理課から 14 時には LINE で防災のシステムを用いて市民へ情報発信される。

データの解析結果から前週の検査結果と比較して図 5-6 に示すように 9 通りの警報ラベルが手元のスマホに表示され、注意喚起を促すと同時に、より詳細なデータをホームページ上で確認できるようにリンクされている。

対象者	「LINEで防災」登録者（約27,000人に配信）	実施方法	オンライン
実施期間	2023年1月27日（金）～2月5日（日）まで	回答数	632件

回答者の属性

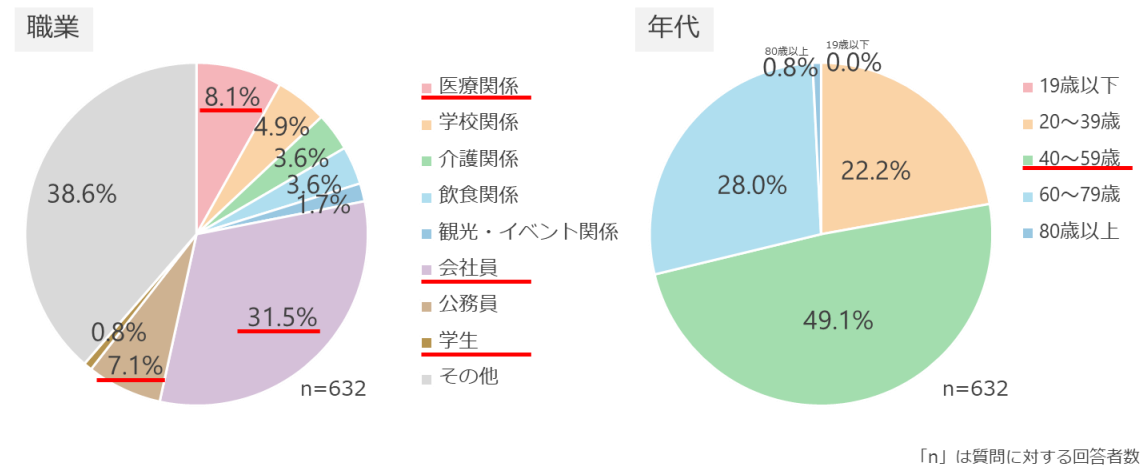


図 5-7 下水モニタリング情報利用者アンケート結果

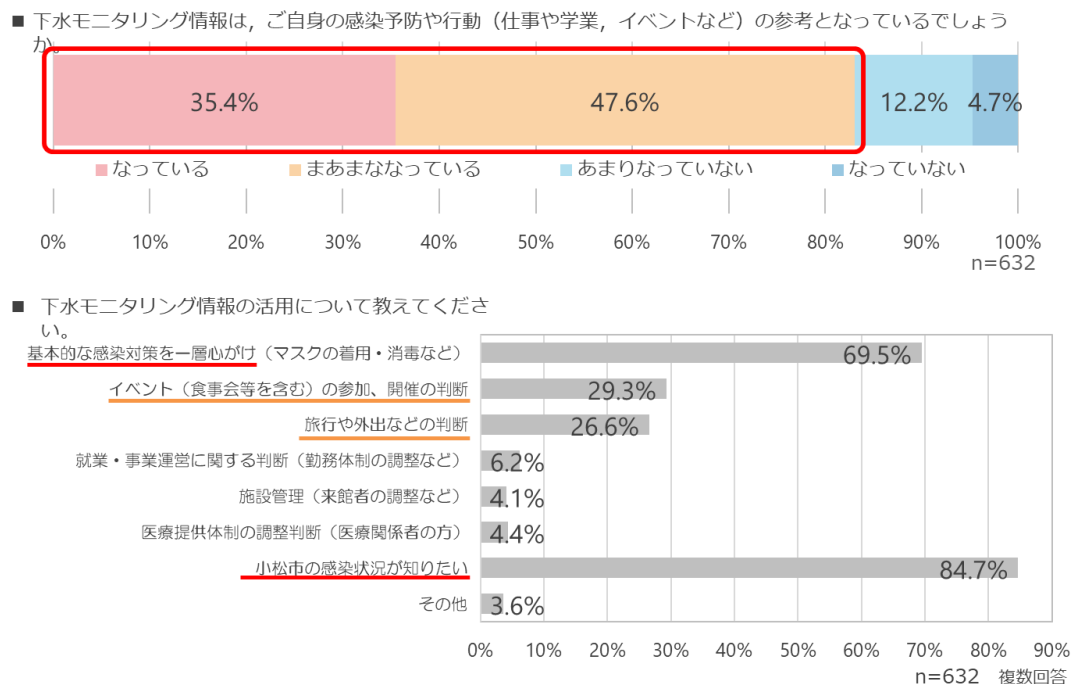


図 5-8 下水モニタリング情報の参考度・活用状況

### 発信回数・欲しい情報

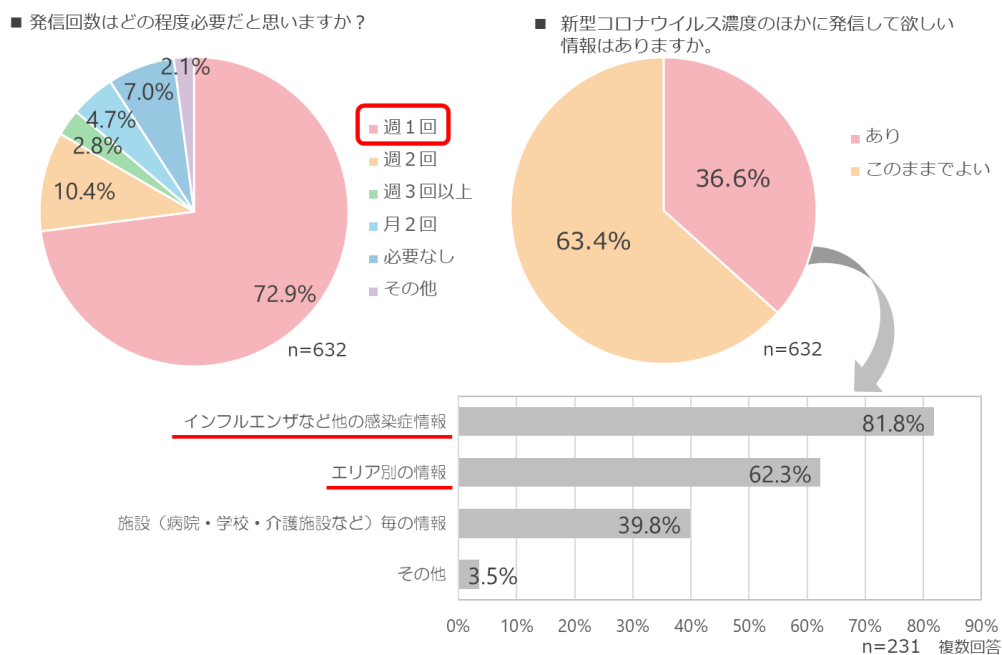


図 5-9 下水モニタリング情報のアンケート結果(今後の要望)

- ◆ 90歳超えの祖母、まだまだ風邪等ひきやすい子供の為に知ることが出来て、より一層対策が出来るようになりました。大変だと思いますが、続けて頂けたら嬉しく思います。大切な人を守る行動がしたいです。
- ◆ 変異株についてもわかることがあれば発信してほしい。
- ◆ 濃度と感染リスクの関係をグラフ等で見える化していただきたい。関係を知らない。
- ◆ 自分の地域の状況がピンポイントで把握出来るのでありがたい。
- ◆ 実際情報が届くと、ピリッと身が引き締まる思いがしました。定期的に発信してくださることで、私のように気をつけないと、と注意する方がいると思うのでしばらく続けていただきたいです。5類に引き下げられても続けてもらいたいです。早くコロナが終息することを祈るばかりです。
- ◆ 下水を調べられるのは気持ちが良いものではありません。なるべくやめていただきたいです。

図 5-10 下水モニタリング情報のアンケート結果(市民からの意見、期待すること等)

### 5.2.3 活用・実装できなかった理由

特になし。

## 6. 下水サーベイランス実証事業終了後の展開

---

### 6.1 事業終了後の継続・展開方針

年度内（令和 5 年 2～3 月）

事業継続有。

① 令和 5 年度

事業継続有（予定）。

令和 5 年度下水サーベイランス活用の継続に向けて予算計上中。

3 月議会にて承認後継続予定。

- ・ 下水サーベイランスを活用した感染症の拡大未然防止と地域社会・地域経済の維持。
- ・ 下水サーベイランス情報の活用。

### 6.2 事業終了後の実施体制

① 年度内（令和 5 年 2～3 月）

現共同体にて実施。

② 令和 5 年度

現共同体にて契約書の締結及び協定書の締結を予定している。連携スキームについては現在調整中である。

### 6.3 事業終了後の結果活用・公表方法

①年度内（令和 5 年 2～3 月）

「小松市下水モニタリング情報」として小松市独自の情報発信ツール「LINE で防災」「防災行政無線（お茶の間ガイド）」及び「市 HP」を活用し情報発信中。

②令和 5 年度

「小松市下水モニタリング情報」として小松市独自の情報発信ツール「LINE で防災」「防災行政無線（お茶の間ガイド）」及び「市 HP」を活用し情報発信予定。

### 6.4 事業終了後の費用


## 7. 活用に向けた課題及び解決策

### 7.1 採水

表 7-1 採水に関する課題と解決のための工夫

No.	把握された課題	実施した解決策	今後考えられる解決策
1	採水する時間帯をどうするのか、スポットあるいはコンポジット採水のどちらにするのか?	時間帯ごとのウイルス量を水量データと比較し、コンポジット採水が適していることを明らかにした。	自動採水機の採用により、適した時間にコンポジット採水を行う。
2	採水の業務負担（通常業務のルーチンの中でできるか、人件費）	自動採水装置を設置して、その有用性を確認した。	自動採水機の設置と運用。
3	作業者の衛生管理	採水者が試料に触れなくても採水できる自動採水機により、非接触で操作できることを確認した。	自動採水機の使用と作業者の安全作業手順を定める。

### 7.2 輸送

表 7-2 輸送に関する課題と解決のための工夫

No.	把握された課題	実施した解決策	今後考えられる解決策
1	感染性のため宅急便で送れない	日本水環境学会 COVID-19 タスクフォース記載の漏洩対策を施したうえで輸送する（下水処理場外の施設へ輸送する場合は、三重梱包の上で冷蔵または冷凍輸送を行う。三重梱包では、密閉した一次容器（＝採水容器）を緩衝材・防漏用吸収材（キムタオルなど）とともに密閉性・気密性を有する二次容器（バイオパウチ、ジップロックなど）に入れる。さらに二次容器を輸送に耐える強度を持つ三次容器（堅牢な段ボール箱など）に入れて輸送する。）。	解決済み
2	輸送（準備）の業務負担	下水処理場維持管理業者へ採水費用を業務依頼(有償)	自動採水機設置による人件費低減、ヒューマンエラーの排除
3	輸送時間の有効利用	輸送中にウイルス濃縮が完了するように、あらかじめ凝集剤(PEG)を入れておく。	解決済み

### 7.3 分析・解析

表 7-3 分析・解析に関する課題と解決のための工夫

No.	把握された課題	実施した解決策	今後考えられる解決策
1	どこまで精度があれば十分かの判断	PMMoV を用いた標準化	デジタル PCR による定量化
2	自治体と分析・解析会社との役割分担	役割分担を明確に切り分け、自治体、大学、分析機関の間に調整役ができる民間会社を配置した。	特になし

### 7.4 活用

#### 7.4.1 体制整備

表 7-4 活用（体制整備）に関する課題と解決のための工夫

No.	把握された課題	実施した解決策	今後考えられる解決策
1	上下水道部局が中心となり内部調整・情報発信	・情報共有・連絡・相談 ・下水モニタリング情報利用者アンケートの実施	市全体の問題として認識しそれぞれの部局の対策として施策等に反映
2	外部の関連機関（保健所、衛生研究所、医師会、周辺の市/県 等）との連携が進まない	市役所の各部局の担当者と医師会等の外部関連機関との良好な関係性が築かれており、スムーズな情報交換が行われた。	特になし

#### 7.4.2 ニーズ把握

表 7-5 活用（ニーズ把握）に関する課題と解決のための工夫

No.	把握された課題	実施した解決策	今後考えられる解決策
1	市長をはじめ、衛生部局との関係が良くできており、ニーズ把握が問題なくできていた。		

#### 7.4.3 活用イメージ具体化

表 7-6 活用（活用イメージ具体化）に関する課題と解決のための工夫

No.	把握された課題	実施した解決策	今後考えられる解決策
1	現在活用中であり、課題を抽出中		

#### 7.4.4 試行

表 7-7 活用（試行）に関する課題と解決のための工夫

No.	把握された課題	実施した解決策	今後考えられる解決策
1	現在、試行中		

#### 7.4.5 公表・情報提供

表 7-8 活用（公表・情報提供）に関する課題と解決のための工夫

No.	把握された課題	実施した解決策	今後考えられる解決策
1	実装に向けた自治体内の合意形成がうまくいき、関係者の努力により、定期的な議会説明も問題なく行われた。特に下水サーベイランスの担当部局から市長、保健衛生部局への情報共有が初期の段階からスムーズに情報共有が行われた。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・本事業以前に下水疫学の社会実装に向けて小松市と金沢大学・㈱クボタとの研究協定を締結し、既に取り組んでいたこと（R3.10～）。その時点で議会へ報告済みであったこと。地元マスコミが記事として取り上げ、新聞に掲載されたことにより早くに市民に周知できたこと。市民に分かりやすい分析結果・情報整理であったこと。</li> <li>・当初より、既にある小松市独自の情報発信ツール「LINEで防災」を活用し、情報発信をする目的であったことなどが市内部の連携、議会への説明、合意形成が可能であった要因。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・何をどうしたいのか目的を明確にすること。</li> <li>・市民に分かりやすく複雑化しないこと。</li> <li>・市内部の会議体を活用前もって情報共有、報告すること。</li> </ul>
2	公表する際のアラートの基準も過去のデータに基づき、大学主導で決定された。	大学・民間研究機関・自治体でデータを持ち寄り、市民へのデータ公表について議論を繰り返し行った。	変異ウイルスによる状況変化に迅速に対応する体制を検討する。
3	新型コロナアラートの基準を更新	第8波の終わりに市関係部局や医療関係者等とのミーティング（予定）	情報共有・連絡・相談・整理

#### 7.4.6 評価・改善

表 7-9 活用（評価・改善）に関する課題と解決のための工夫

No.	把握された課題	実施した解決策	今後考えられる解決策
1	市民ニーズ	下水モニタリング情報利用者アンケートの実施	情報共有・連絡・相談・整理



## 8. 採水から分析結果を出すまでの時間・費用

---

表 8-1 採水から分析結果を出すまでの時間・費用の検討結果

プロセス	時間（最長→最短）	費用（最大→最小）	課題／解決のための工夫
1 採水	一回 0.5 時間→5 分×24 回	検討していない。	自動採水機の作成と運用
2 輸送	約 20 時間程度	検討していない。	宅配便の輸送時間をウイルス濃縮工程に利用することにより、分析時間を短縮。
3 分析・結果提示	ウイルス濃縮 15 時間、RNA 抽出 1 時間、PCR 2 時間、	費用は検討中。	変異体解析のニーズがあるが遺伝子配列解析 (NGS) に時間・費用を要する。
4 その他			