

申請者番号：1009

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 下水サーベイランスの社会実装に向けた、
埼玉県全域の新型コロナウイルス感染症感染状況、
変異株流行状況可視化実証事業（埼玉県）

令和5年1月31日
代表機関 株式会社 AdvanSentinel

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	3
2.	下水サーベイランス実証事業の目的・概要	6
2.1	下水サーベイランスの位置づけ	6
2.2	下水サーベイランスの課題	7
2.3	課題解決策	7
3.	下水サーベイランス実証事業における実施方法	8
3.1	テーマ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.....	8
3.2	テーマ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	9
4.	下水サーベイランス実証の結果	11
4.1	テーマ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.....	11
4.1.1	検討結果（達成したこと／分かったこと）	11
4.1.2	今後の課題	19
4.2	テーマ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 ...	20
4.2.1	検討結果（達成したこと／分かったこと）	20
4.2.2	今後の課題	23
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）	24
5.1.3	活用・実装できなかった理由	24
5.2	本事業を通じて把握された活用ニーズ（No. 2）	25
5.2.1	活用ニーズ概要	25
5.2.2	活用・実装の状況（試行、年度内準備中を含む）	25

5. 2. 3	活用・実装できなかった理由	25
6.	下水サーベイランス実証事業終了後の展開	26
6. 1	事業終了後の継続・展開方針	26
6. 2	事業終了後の実施体制	26
6. 3	事業終了後の結果活用・公表方法	26
6. 4	事業終了後の費用	26
7.	活用に向けた課題及び解決策	27
7. 1	採水	27
7. 2	輸送	27
7. 3	分析・解析	27
7. 4	活用	27
7. 4. 1	体制整備	27
7. 4. 2	ニーズ把握	28
7. 4. 3	活用イメージ具体化	28
7. 4. 4	試行	28
7. 4. 5	公表・情報提供	28
7. 4. 6	評価・改善	28
8.	採水から分析結果を出すまでの時間・費用	29

1. 基本項目

1.1 実証名

下水サーベイランスの社会実装に向けた、埼玉県全域の新型コロナウイルス感染症感染状況、変異株流行状況可視化実証事業（埼玉県）

1.2 実証を行う期間

2022 年 7 月 19 日（火）～2022 年 10 月 14 日（金）

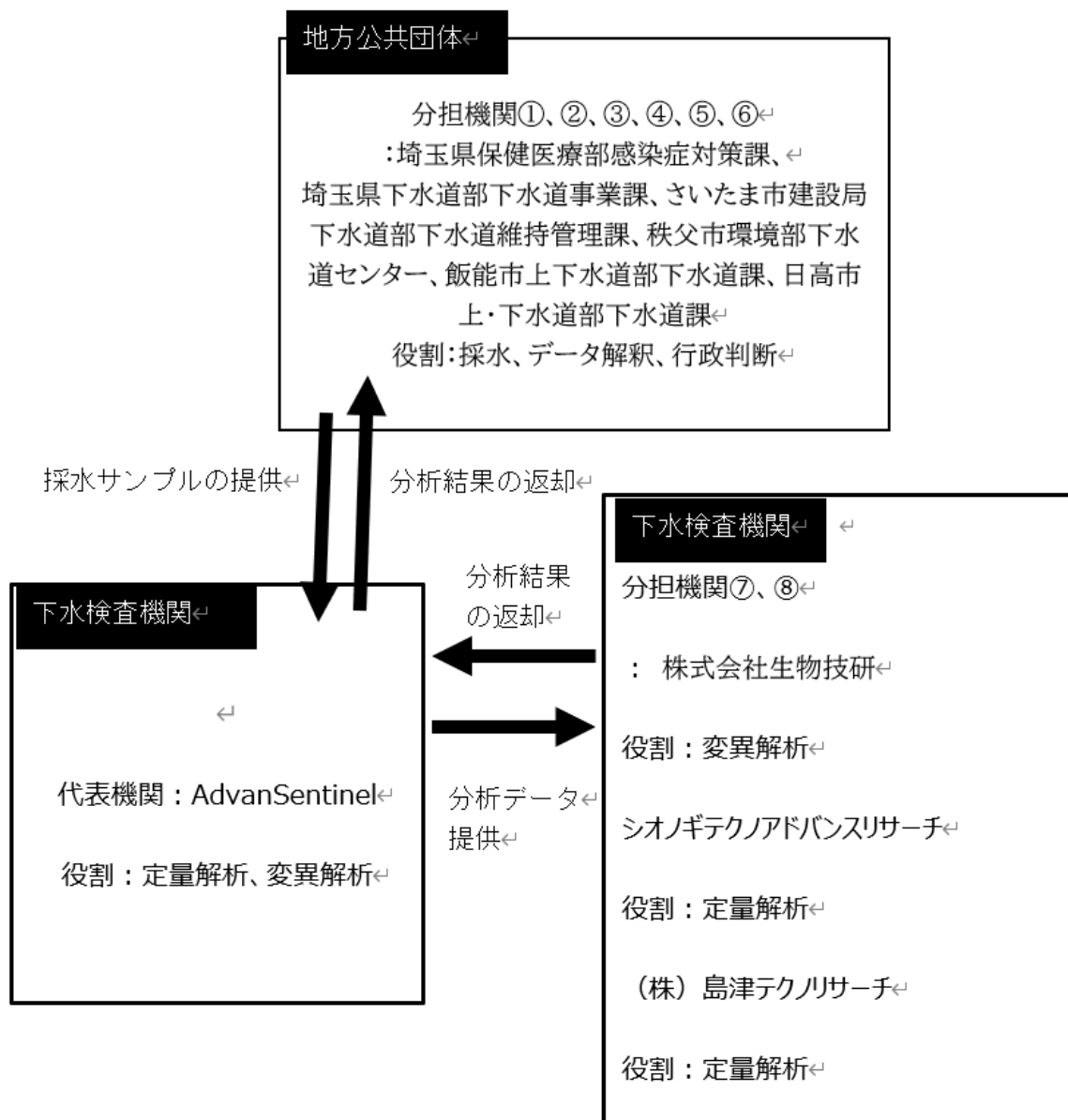
1.3 事業実施体制

区分	機関名	所属部署・役職	代表者	住所
代表機関	株式会社 AdvanSentinel	■■■■■■■■■■ ■■■■	■■■■■■■■■■	大阪府大阪市中央区道修町 3 丁目 1 番 8 号
分担機関 ①	埼玉県	■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■ ■■■■	■■■■■■■■■■	さいたま市浦和区高砂 3- 15-1
分担機関 ②	埼玉県	■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■	■■■■■■■■■■	さいたま市浦和区高砂 3- 13-3
分担機関 ③	さいたま市	■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■ ■■■■	■■■■■■■■■■	埼玉県さいたま市浦和区常 盤 6-4-4
分担機関 ④	秩父市	■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■ ■■■■	■■■■■■■■■■	埼玉県秩父市金室町 19 番 7 号
分担機関 ⑤	飯能市	■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■	■■■■■■■■■■	埼玉県飯能市双柳 1-1

区分	機関名	所属部署・役職	代表者	住所
分担機関 ⑥	日高市	<div></div> <div></div> <div></div>	<div></div>	埼玉県日高市大字高萩 1 3 8 5 番地 1
分担機関 ⑦	シオノギテクノロジーアドバンスリサーチ株式会社	<div></div> <div></div> <div></div>	<div></div>	大阪府豊中市二葉町 3-1-1
分担機関 ⑧	株式会社生物技研	<div></div>	<div></div> <div></div>	神奈川県相模原市緑区長竹 657

1
 2
 3
 4
 5
 6
 7
 8
 9
 10
 11
 12
 13
 14
 15
 16
 17
 18
 19
 20
 21
 22
 23
 24
 25
 26
 27
 28
 29
 30
 31
 32
 33
 34
 35
 36
 37
 38
 39
 40
 41
 42
 43
 44
 45
 46
 47
 48
 49
 50
 51
 52
 53
 54
 55
 56
 57
 58
 59
 60
 61
 62
 63
 64
 65
 66
 67
 68
 69
 70
 71
 72
 73
 74
 75
 76
 77
 78
 79
 80
 81
 82
 83
 84
 85
 86
 87
 88
 89
 90
 91
 92
 93
 94
 95
 96
 97
 98
 99
 100

(体制図)



1.4 実証を行う地域・範囲

埼玉県下全域 8 流域下水道及び 4 単独公共下水道（さいたま市、秩父市、飯能市、日高市）を同時に測定

(採水施設一覧)

No.	採水施設名	処理人口	処理区域
1	荒川水循環センター（合流式）	1,966,153 人	上尾市、さいたま市、戸田市、蕨市、川口市
2	元荒川水循環センター（合流式）	334,647 人	熊谷市、行田市、鴻巣市、北本市、桶川市
3	新河岸川水循環センター（合流式）	1,642,591 人	川越市、所沢市、狭山市、入間市、朝霞市、志木市、和光市、

No.	採水施設名	処理人口	処理区域
			新座市、富士見市、ふじみ野市、三芳町、川島町、吉見町
4	中川水循環センター（分流式）	1,418,354 人	幸手市、杉戸町、宮代町、白岡市、蓮田市、伊奈町、春日部市、松伏町、越谷市、吉川市、草加市、三郷市、八潮市、さいたま市（一部）、川口市（一部）
5	古利根川水循環センター（合流式）	110,700 人	加須市、久喜市
6	荒川上流水循環センター（分流式）	17,708 人	深谷市、寄居町
7	市野川水循環センター（分流式）	38,541 人	小川町、嵐山町、滑川町
8	小山川水循環センター（分流式）	52,151 人	上里町、神川町、本庄市、美里町
9	さいたま市下水処理センター（分流式・一部合流式）	11,148 人	さいたま市
10	秩父市下水道センター（分流式・一部合流式）	34,806 人	秩父市
11	飯能市下水道センター（分流式・一部合流式）	55,609 人	飯能市
12	日高市浄化センター（分流式）	33,517 人	日高市

【地図】

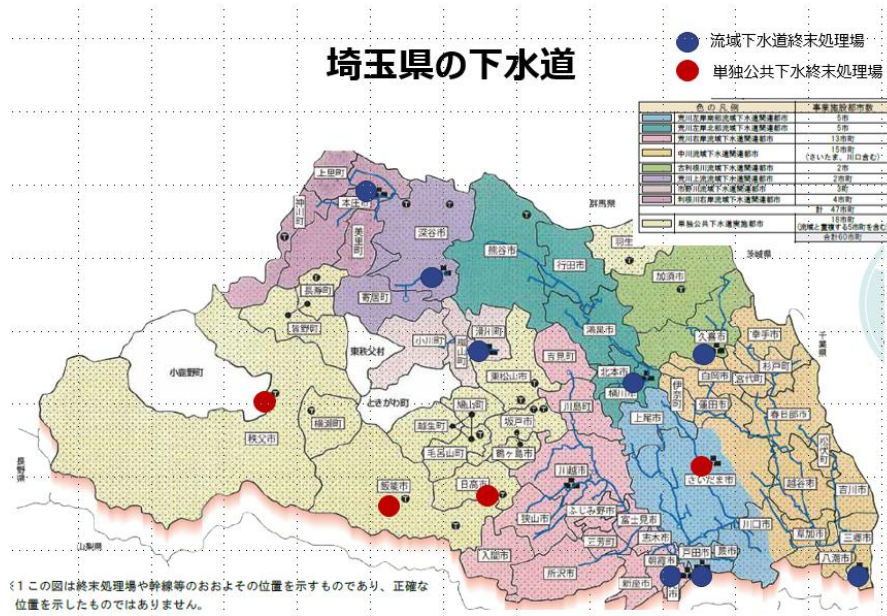


図 1. 採水場所の処理場

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

埼玉県は昨年度内閣官房が公募した「ポスト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」に、「高感度検出系を用いた下水疫学調査によるエピセンターの推定」を通じて、2021年11月から2022年3月まで、さいたま市を中心とした5市に跨る流域下水道で測定調査（以下、本調査とする。）を行ってきた。本調査結果概略は以下のとおりである。

① 日本最大規模の荒川水循環センターでは SARS-CoV-2 の定量検出が可能であった。

国内最大の処理人口（約 200 万人、さいたま市、上尾市、戸田市、蕨市、川口市）を誇る荒川水循環センターで第五波の感染小康期から調査を開始した。従来手法比 100 倍程度高感度な EPISense-S 法（旧北大・塩野義法）を用いることで、第六波で感染が拡大する感染初期での SARS-CoV-2 RNA 上昇の早期検知に成功した。調査結果から約 10 万人に 1 人の感染レベル以上での検出に成功している。

② オミクロン株 BA.2 の検出に成功した。

埼玉県は検体（臨床/下水）問わず、変異株調査に積極的に取り組み、解析スピードを上げるために、県下の衛生研究所で臨床検体の変異株解析を実施できる体制を整えている。本調査中は下水からの SARS-CoV-2 変異解析を塩野義製薬が実施し、変異株の存在割合の定量調査を実施した。その結果、デルタ株⇒オミクロン BA.1⇒オミクロン BA.2 への変遷を捉えることができた。埼玉県は本調査内容を臨床検体の変異解析と並べてホームページ上で公開しており、県衛生研究所と下水道事業課・感染症対策課が連携して、県内へ広く情報を発信して県民の注意喚起に繋げた。調査結果を踏まえて埼玉県としては、エピセンターの絞り込みも重要であるが、より実装に近づけるために広域で広く感染症の流行状況を監視する手段として下水サーベイランスを位置づけている。

埼玉県感染症対策課は、これまで市町村別の新型コロナウイルス感染症発生状況、人口 10 万人当たりの新規陽性者数等をホームページで感染者数に応じて色分けして可視化する事で県民に対してアラートを送ってきたが、全数把握見直しに伴い 9/26 に終了。本実証事業では、これらの臨床検査データと並行して下水サーベイランスデータを県のホームページに掲載する事を検討している。自治体全域で「定時モニタリング」となる必要があるが、これまで実証経験のない自治体では難しい取り組みである。本自治体では採水からデータ解析の一連のフローを実施できる体制が既に構築できていることに加え、下水サーベイランスデータについても、採水場所の選定や下水中の SARS-CoV-2 RNA 濃度など参考となるバックグラウンドデータ等も豊富である事が強みと考えられる。

下水データを医療対策判断の一つとして取り扱い、流域別新規感染者数と照らし合わせて政策判断の一つとする。これらのデータを用いて飲食店営業の時間検討や重傷者用病床の確保などの対策を講じる。埼玉県では下水サーベイランスの活用へ早期に取り組んできたことから、感染症対策課、下水道事業課、下水道公社の連携が確立されている。加えて県と市町村が連携して本事業に取り組む事が合意できている。よって、埼玉県は自身のための実証であることはもちろん、本実証事業にとって重要な役割も果たせるものと思量している。

2.2 下水サーベイランスの課題

県下全域の感染状況を下水サーベイランスによって可視化する取り組みは未実施であり、社会実装に向けて県下全域での流域下水処理場及び単独公共下水道で下水サーベイランスを実施した際にどのような問題が発生するのか確認する必要がある。また、市町村単独では人の動きを捉えきれず下水サーベイランスの効果は限定的となってしまうため、県が主体となり市町村を巻き込んで全域で調査を行う事についても課題が想定される。

上記を踏まえ、埼玉県で下水サーベイランスを活用する上での課題として以下の3点が挙げられる。

- ①都市部と非都市部で同様に感染状況を反映した SARS-CoV-2 RNA 濃度が検出できるか
- ②埼玉県保健医療部と下水道事業課の連携、県と市の連携によるデータの共有により効果的なアクションに繋げられるか
- ③データ解釈と地域住民の行動変容へのアプローチ方法

2.3 課題解決策

これを解決するためにはエリア別感染状況及び流行変異株の可視化及び効率的な調査手法を確立することであると考ええる。

そこで、本事業では、以下の2項目①地域ごとの感染状況を反映した SARS-CoV-2 RNA 濃度の検出②データ解釈と地域住民の行動変容へのアプローチ方法を検討する

(本事業での実証テーマ一覧)

- 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
- 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

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

昨年度の検証で活用した北大-塩野義法により、採水エリアに限らず県下全域の感染状況を把握可能か検討する。

No.	実施項目	実施方法	担当機関	マイルストーン
①	処理場での採水	定量解析するために処理場はオートサンプラーにて 24 時間コンポジットサンプルを生成して回収。 (採水場所：下水処理場、採水頻度：週 2 回、採水回数：期間中に合計 23 回)	自治体及び JV	週 2 回：採水実施
②	採取検体の輸送	採水した検体は、50ml Tube に入れ、ジップロックで 2 重包装、ダンボール箱で 3 重包装して測定日に発送	自治体及び JV	週 2 回：検体輸送実施
③	採取検体の分析	シオノギテクノアドバンスリサーチが、EPISENSE-S 法（旧北大 - 塩野義法）を用いて、新型コロナウイルス RNA 濃度と PMMoV 濃度を測定する。 生物技研が NGS 解析を用いて変異解析を行う。	シオノギテクノアドバンスリサーチ株式会社（島津テクノリサーチ分析機関は現在調整中。測定金額は同額予定） 生物技研	分析結果が出る都度（採水から 2~3 日後）：分析結果データ
④	感染状況の情報入手	埼玉県は市町村別に新型コロナウイルス感染症新規感染者数を公表しており、流域毎に感染者数を集計する	AdvanSentinel	分析結果が出る都度（採水から 2~3 日後）：採水時点の感染者数

No.	実施項目	実施方法	担当機関	マイルストーン
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	感染状況に関する情報と採取した検体分析結果の比較は、Advansentinelが実施する。検討内容は下記の通り 実施項目は、各処理場における下水中 SARS-CoV2-RNA 濃度と処理区域内における感染者数の比較分析	Advansentinel	分析結果が出る都度（採水から 2~3 日後）：比較結果 2022 年 9 月：中間報告書 2022 年 11 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	毎月検討会を実施する。PCR 検査結果、下水定量解析結果、変異解析結果を元にトレンド分析を行う。	埼玉県保健医療部 感染症対策課、埼玉県下水道局 下水道事業課、さいたま市、秩父市、飯能市、秩父市 AdvanSentinel	分析結果が出る都度（採水から 30 日後）：情報の共有 毎月：活用を目指した検討会議 2022 年 9 月：中間報告書 2022 年 11 月：最終報告書

3.2 テーマ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

保健所で集計された新型コロナウイルス感染症新規感染者数は、県のホームページに市町村別に感染者数に応じた色分けでアラートを送っていたが、全数把握見直し以降廃止している。今回の下水サーベイランスの実証結果も同様に県のホームページに流域ごとに掲載する事で県民に広くアラートを発信していきたい。

No.	実施項目	実施方法	担当機関	マイルストーン
①	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	県のホームページへの掲載及び毎月検討会を実施して流行状況、変異株の存在割合について現状とトレンドの目線合わせを行う事で共通の解釈を行い感染対策に繋げる。	埼玉県保健医療部 感染症対策課、埼玉県下水道局 下水道事業課、さいたま市、秩父市、飯能市、秩父市	分析結果が出る都度（採水から 30 日後）：情報の共有 毎月：活用を目指した検討会議 2022 年 9 月：中間報告書

No.	実施項目	実施方法	担当機関	マイルストーン
			市、 AdvanSentinel	2022 年 11 月：最終 報告書

4. 下水サーベイランス実証の結果

4.1 テーマ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

4.1.1 検討結果（達成したこと／分かったこと）

- 埼玉県管轄の 8 処理場及びさいたま市、日高市、飯能市、秩父市が所有するそれぞれ 1 処理場の合計 12 処理場にて採水したサンプルを用いて SARS-CoV-2 RNA 濃度解析を実施した。なお人から排泄される糞便や唾液中に含まれるウイルス量は感染から経時的に変動することが知られており、個人差もある。加えて、下水のサンプリング時に下水中の不均一性、採水量、天候等によりデータのばらつきが起こることが知られており、このばらつきによる影響を最小化する目的で、今回の分析では一般的な手法として知られている 3 点平均法（最新のサンプルに加え、過去 2 回分のデータを加えて平均）を行っている。また、米 CDC はトレンド解析において、8 日間にわたって収集された 3 つのサンプルから短期的なトレンドを把握することを推奨しており (<https://www.cdc.gov/nwss/reporting/index.html>)、同 3 点平均による下水中ウイルス濃度のトレンド図示は米 Biobot 社 (<https://biobot.io/data/>) も採用している。
- **サンプルの検出状況**：実証事業期間中に採水した計 276 サンプルのうち、240 サンプルにて定量検出、35 サンプルにて定性検出、1 サンプルにて非検出となった。このことから、サンプルからウイルスを検出できた割合となる検出率は 99.6%、サンプルからウイルスを定量的に検出できた割合となる定量率は 87.0%と、非常に高い割合でウイルスの検出および定量分析を行うことが可能であると示された。
- **臨床の感染者情報との比較**：下水から得られる SARS-CoV-2 のデータと県より情報提供を受ける臨床の感染情報と比較することによって、現状の臨床 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ものか検討を行った。感染情報との突合は、以下の 2 つの方法にて実施した。
 1. 下水処理場の SARS-CoV-2 RNA 濃度、3 点平均補正、PMMOV による正規化値と、流域別もしくは市別の新規陽性者数との相関関係をスピアマン及びピアソンによる解析を測定期間の全ての結果を用いて行った。12 測定地点ではスピアマンでは $\rho=0.984$ 、ピアソンで $r=0.926$ 、県の流域下水のみの 8 測定地点でもスピアマンで $\rho=0.979$ 、ピアソンで $r=0.919$ と高い相関係数を示した。同様にさいたま市、秩父市、日高市、飯能市のピアソン、スピアマン解析の結果は、それぞれ 0.7 以上を示し高い相関を示した。

人から排泄される糞便や唾液中に含まれるウイルス量は感染から経時的に変動することが知られており、個人差もある。加えて、下水のサンプリング時に下水中の不均一性、採水量、天候等によりデータのばらつきが起こることが知られており、このばらつきによる影響を最小化する目的で、今回の分析では一般的な手法として知られている 3 点平均法（最新のサンプルに加え、過去 2 回分のデータを加えて平均）を行っ

ている。また、米 CDC はトレンド解析において、8 日間にわたって収集された 3 つのサンプルから短期的なトレンドを把握することを推奨しており(<https://www.cdc.gov/nwss/reporting/index.html>)、同 3 点平均による下水中ウイルス濃度のトレンド図示は米 Biobot 社(<https://biobot.io/data/>)も採用している。(図 4-1~7)

2. 下水処理場の SARS-CoV-2 RNA 濃度の幾何平均値、3 点平均補正、PMMOV による正規化値と、県全体の新規陽性者数との相関関係をスピアマン及びピアソンによる相関解析の結果、12 測定地点ではスピアマンでは $\rho=0.984$ 、ピアソンで $r=0.927$ 、県の流域下水のみの 8 測定地点でもスピアマンで $\rho=0.979$ 、ピアソンで $r=0.92$ と高い相関係数を示した。(図 4-8・9)
3. 上記 1.2 の結果から、埼玉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。この一因としては埼玉県では全数把握中止後もエリアごとに感染者の情報を収集し続けており、突合する情報の精度が高かったことが挙げられる。

- **下水処理方法の違いが下水サーベイランスに与える影響**

流域下水 8 処理場においては、4 カ所が合流式、4 カ所が分流式で下水を処理している。合流式と分流式の違いにより下水サーベイランスの結果に影響があるか否かを評価することを目的に、新規感染者数とウイルス濃度の相関性に両処理方式間で差があるか検討した。結果として合流式、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。(図 4-8・9)

- **採水頻度の検討**

採水頻度が相関に与える影響を評価するため、今回週 2 回で採水を行った下水サーベイランスを試算として週 1 回で採水したことを想定した場合の相関性に与える影響を評価した。今回週 2 回：火曜日と金曜日に採水を行ったことから、それを週 1 回採水を行った場合として新規感染者数との相関性の変動を検討した。(図 4-10)

- ・本検証期間においては、2 回を 1 回に変更しても相関係数は大きく影響を受けなかった。
- ・埼玉県の 8 流域においては、火曜日も金曜日も高い相関を示す事が確認出来た。
- ・ただし今回は、火曜日と金曜日しか検討していないことから、他の曜日での影響度合いは不明であり、一般化できるものではまだない。
- ・日高市や秩父市は週 1 回にすると曜日によるばらつきが大きくなる事が確認された。週 2 回採水する事でばらつきを平滑化できる。特に秩父市は、火曜日の感染者数とウイルス濃度の相関が低い。これは、土日を利用した全国旅行支援の再開により、同エリアでは日帰り観光客が増加し、感染者数としてカウントされていない感染者が多く存在する事を示唆している。観光客の糞便を含む土日の下水を火曜日に回収して測定するので、火曜日の下水中ウイルス濃度と地域の感染者数との間に乖離が発生したものと推測される。
- ・なお今回の結果からは採水を週 1 回としても相関性については大きな影響がないという下水中ウイルスの立ち上がりや変化率を捉える可能性を高めるためには、3 回の採水が必要と CDC では提唱されている

- **処理人口による影響**

埼玉県は、市町村別に感染者を発表している。また、下水処理エリアも全て公表されているので、さいたま市の 65%が荒川、34%が中川、1%が市の処理場というように行政区と処理区域は可能な限り一致するように算出して突合している。

その上で、埼玉県の流域下水では最小処理人口が 18,494 人から、最大処理人口が 1,977,794 人で新規感染者数と下水中ウイルス濃度の相関をピアソン、スピアマンで実施した。いずれも 0.8 以上の高い相関を示したことから、埼玉県の様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。(図 4-11)

- **流入量による影響**

流入量も 2,548 m³—222,635 m³と 100 倍の処理量の差があったが、新規感染者数と下水中ウイルス濃度の相関をピアソン及びスピアマンで実施した。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。(図 4-11)

- **変異解析**

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 (図 4-12)。測定期間を通して、オミクロン BA4BA5 が高い存在割合を示した。埼玉県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。

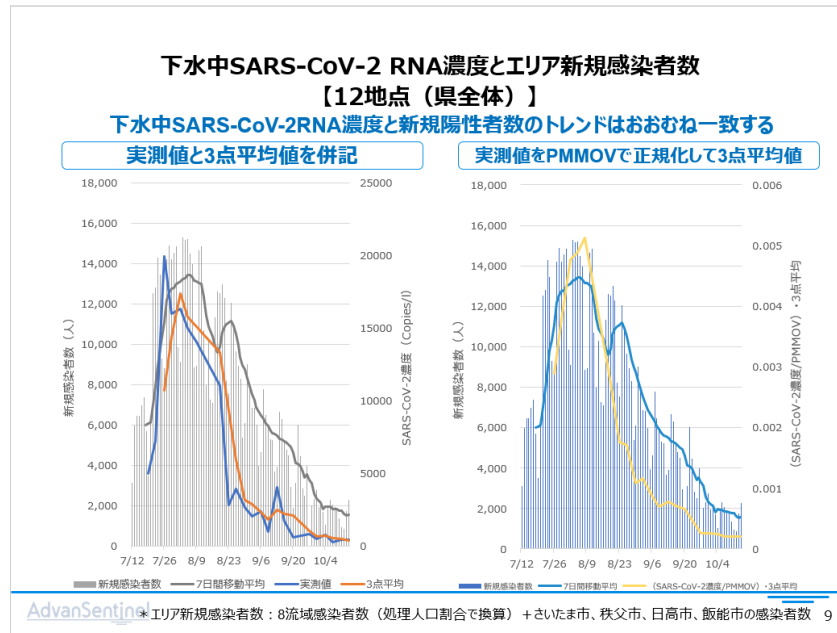


図 4-1 下水中 SARS-CoV-2 RNA 濃度とエリア新規感染者数（12 地点）

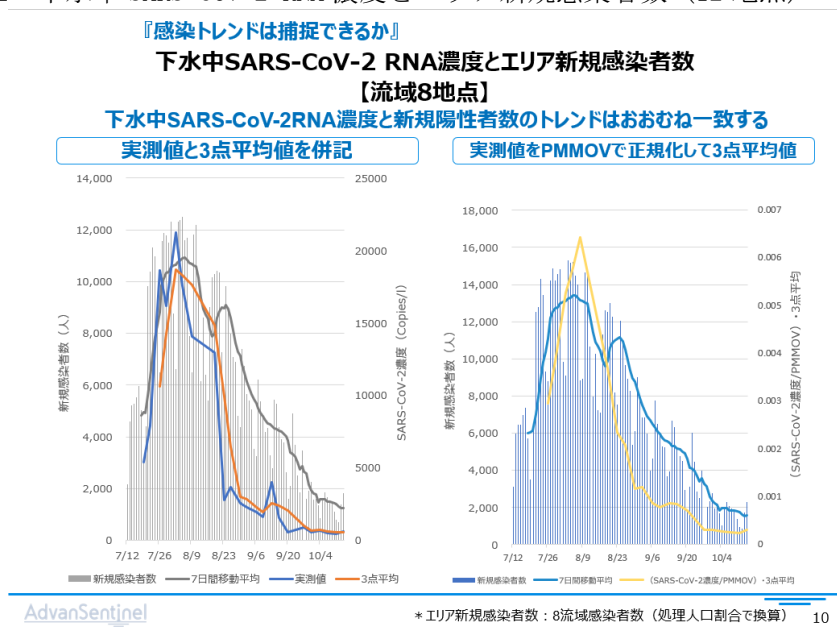


図 4-2 下水中 SARS-CoV-2 RNA 濃度とエリア新規感染者数（8 地点）

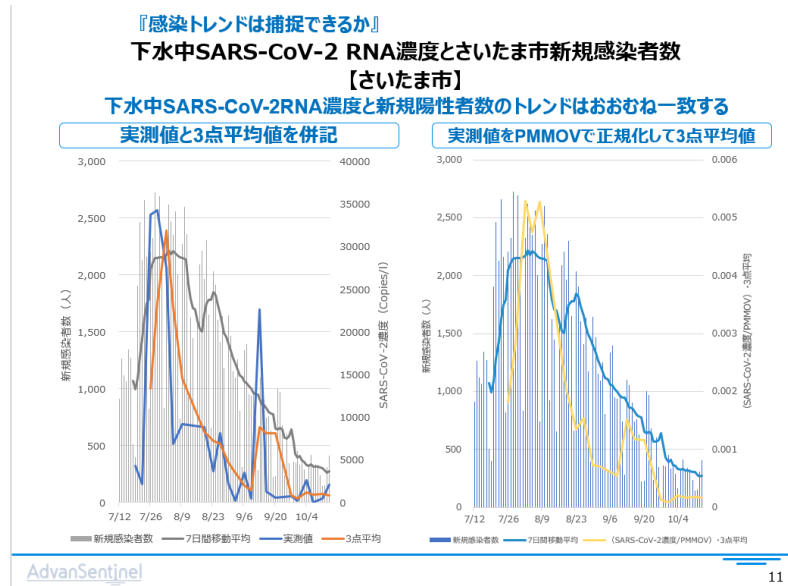


図 4-3 下水中 SARS-CoV-2 RNA 濃度とエリア新規感染者数（さいたま市）

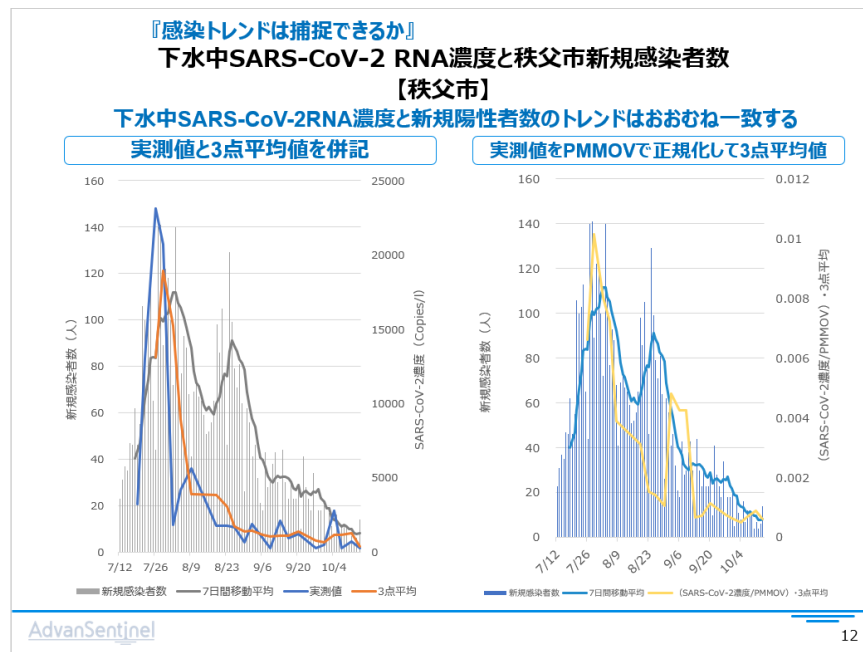


図 4-4 下水中 SARS-CoV-2 RNA 濃度とエリア新規感染者数（秩父市）

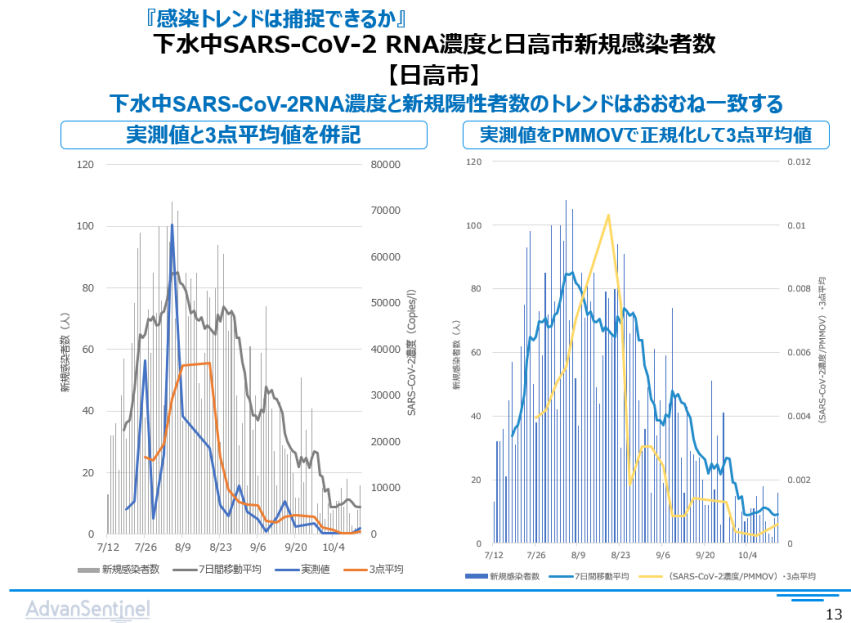


図 4-5 下水中 SARS-CoV-2 RNA 濃度とエリア新規感染者数（日高市）

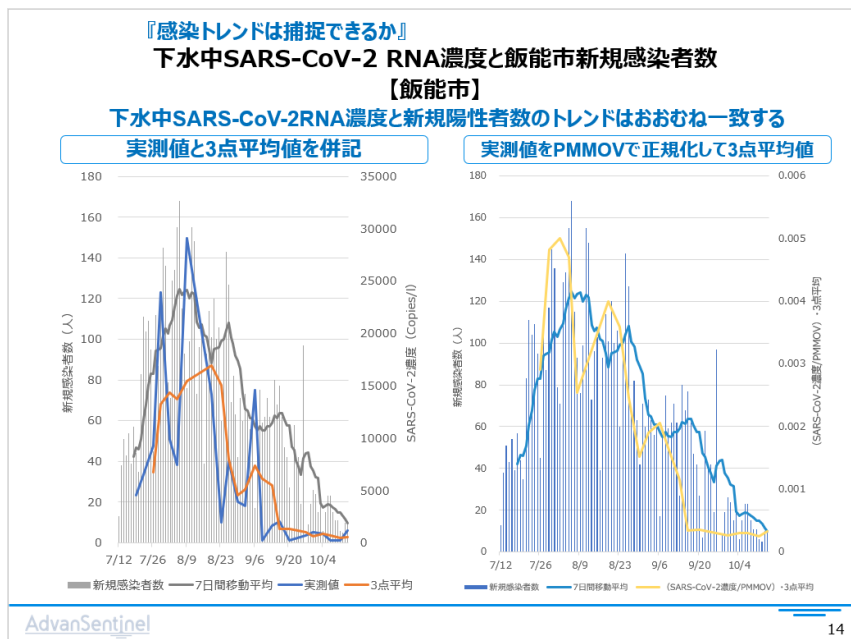


図 4-6 下水中 SARS-CoV-2 RNA 濃度とエリア新規感染者数（飯能市）

『新規陽性者と相関するのか』

12地点・8地点でのデータを用いて新規陽性者数との相関性を確認

▼ Pearson

▼ Speaeman

	実測値	3点平均	(実測値/PMMOV) 3点平均		実測値	3点平均	(実測値/PMMOV) 3点平均
12地点 エリア感染者数	0.873	0.938	0.926	12地点 エリア感染者数	0.948	0.975	0.984
12地点 県全体感染者数	0.875	0.941	0.927	12地点 県全体感染者数	0.952	0.974	0.984
8地点 エリア感染者数	0.883	0.916	0.919	8地点 エリア感染者数	0.961	0.974	0.979
8地点 県全体感染者数	0.883	0.917	0.92	8地点 県全体感染者数	0.961	0.974	0.979

相関係数	相関の強さ
1.0	強い正の相関
0.7～0.9	強い正の相関
0.5～0.7	中程度の相関
0.3～0.5	弱い正の相関
0.1～0.3	弱い正の相関
0.0	相関なし
-0.1～-0.3	弱い負の相関
-0.3～-0.5	弱い負の相関
-0.5～-0.7	中程度の負の相関
-0.7～-0.9	強い負の相関
-1.0	強い負の相関

- ◆ それぞれのエリア感染者数との高い相関性を示す。
- ◆ また、県全体の感染者数と突合をした場合も、いずれも同様に強い正の相関を示した。
- ◆ 3点平均、およびPMMOV補正を行う事でより高い相関性を示す。

AdvanSentinel

20

図 4-7 下水中 SARS-CoV-2 RNA 濃度とエリア新規感染者数

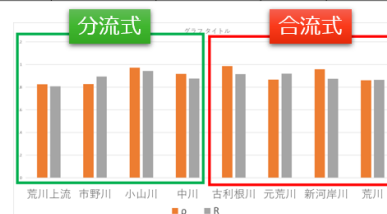
『埼玉県全体を効率的にトレンド把握するための採水条件とは？』

各処理場比較

合流式と分流式で新規感染者数とウイルス濃度の相関に差があるか検討した

合流式・分流式ともに高い相関を示す事を確認

処理所	年間流量	処理人口	p	R	処理場式
荒川	222653.0	1,977,794	0.861	0.865	合流式
新河岸川	210762.0	1,643,008	0.96	0.875	合流式
中川	159089.0	1,424,595	0.918	0.877	分流式
元荒川	55751.0	335,876	0.868	0.92	合流式
古利根川	16409.0	110,946	0.988	0.916	合流式
小山川	5656.0	53,052	0.974	0.943	分流式
市野川	4564.0	38,789	0.828	0.895	分流式
荒川上流	2548.0	18,494	0.826	0.809	分流式



p: スピアマン
R: ピアソン

AdvanSentinel

41

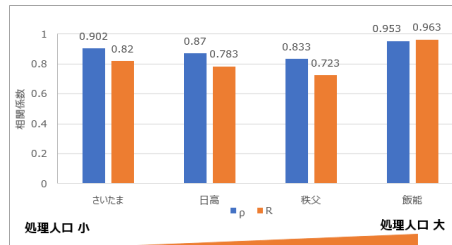
図 4-8 下水処理方式の違いによる下水中 SARS-CoV-2 RNA 濃度と
エリア新規感染者数の相関の影響の検討（埼玉県）

『埼玉県全体を効率的にトレンド把握するための採水条件とは？』

処理場間比較（4市の処理人口）

実証事業に参加した4市の新規感染者数と下水中ウイルス濃度の相関は処理人口の大小により影響を受けるかの検討

処理人口の大小に関係なく強い相関を示した



AdvanSentinel

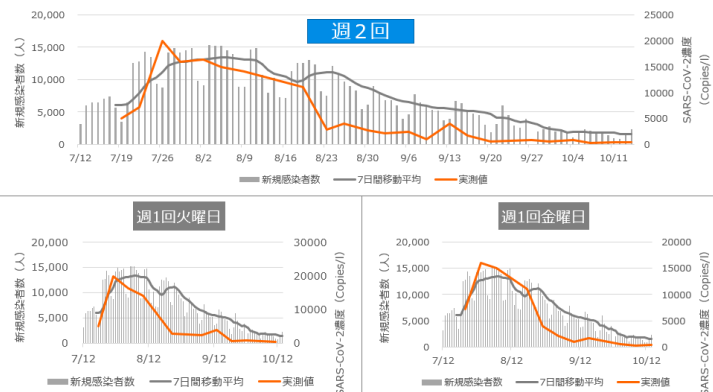
40

図 4-9 下水処理方式の違いによる下水中 SARS-CoV-2 RNA 濃度とエリア新規感染者数の相関の影響の検討（4市）

『埼玉県全体を効率的にトレンド把握するための採水条件とは？』

測定回数を変更した場合の感染トレンド把握について

週2回と1回の測定、また測定曜日（火）と（金）による下水中ウイルス濃度と新規感染者数との相関に与える影響を検討



週2回と比較すると週1回では実測値と新規感染者数のトレンドは乖離する

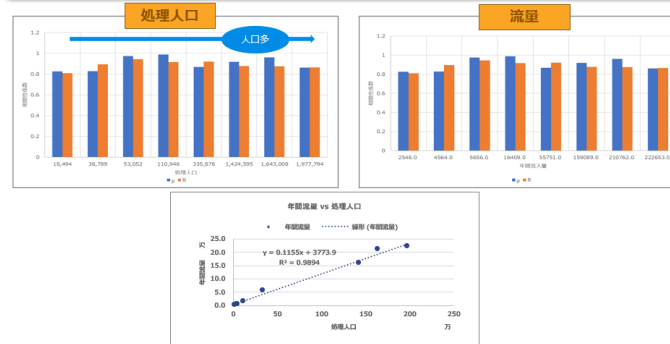
図 4-10 測定回数の違いによるトレンド比較

『埼玉県全体を効率的にトレンド把握するための採水条件とは？』

処理場間比較（8流域／流量・処理人口）

下水サーベイランスに流入水量や処理人口の大小がどの程度影響するのかを流域8処理場で検討

処理人口・流入量はSARS-CoV-2濃度と新規感染者とは統計的に影響はない



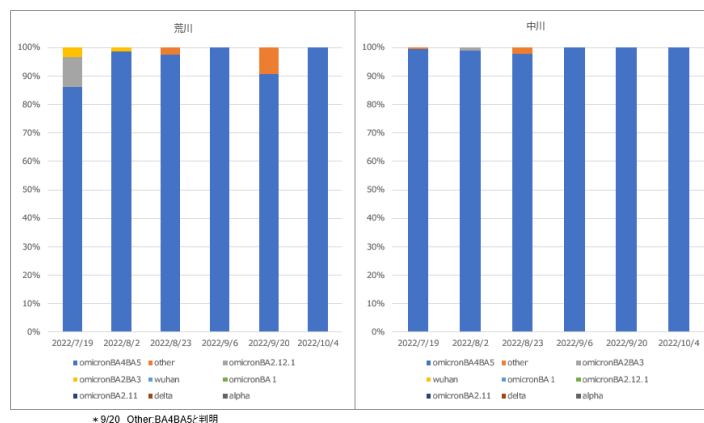
AdvanSentinel

39

図 4-11 処理人口・流入量別の比較

変異解析（荒川・中川）

測定期間を通してBA4BA5が高い存在割合を示した事を確認



AdvanSentinel

26

図 4-12 変異解析結果

4.1.2 今後の課題

今回の実証では、県内 12 測定地点全てで下水中 SARS-CoV2 RNA 濃度と新規感染者は高い相関を示し、エリア別の感染状況の確認ができた。一方、測定値の持つ意味や価値に対してまだ信頼性が十分には確認出来ていない項目も残る。例えば、「SARS-CoV2 RNA の値が処理場間で互換性（地域を超えて数値を比較できる）があるのか」。「SARS-CoV2 RNA 値は何人くらいの感染者がエリアに存在している事を意味するのか。」などの項目が課題として挙げられる。現在数理モデルを用いて SARS-CoV2 RNA を推定感染者数に置き換える検討を進めている。下水サーベイランスを用いた感染者数予測に関するモデルは複数報告があるが、SEIR モデルをベースにした予測モデル(Proverbio et al., 2022)を活用して検証を行った。試験的に荒川水循環

センターのデータを用いて検証を行ったが(図 4-13)、臨床データ(報告感染者数)のトレンドを捉えることが出来ることが示唆された。また、実行再生産数という指標を用いて、疫学の観点から感染状況を把握することが可能であることが示された。結果は本実証事業終了後に関係者へ共有し、「活用に期待できる」とのコメントを頂戴した。

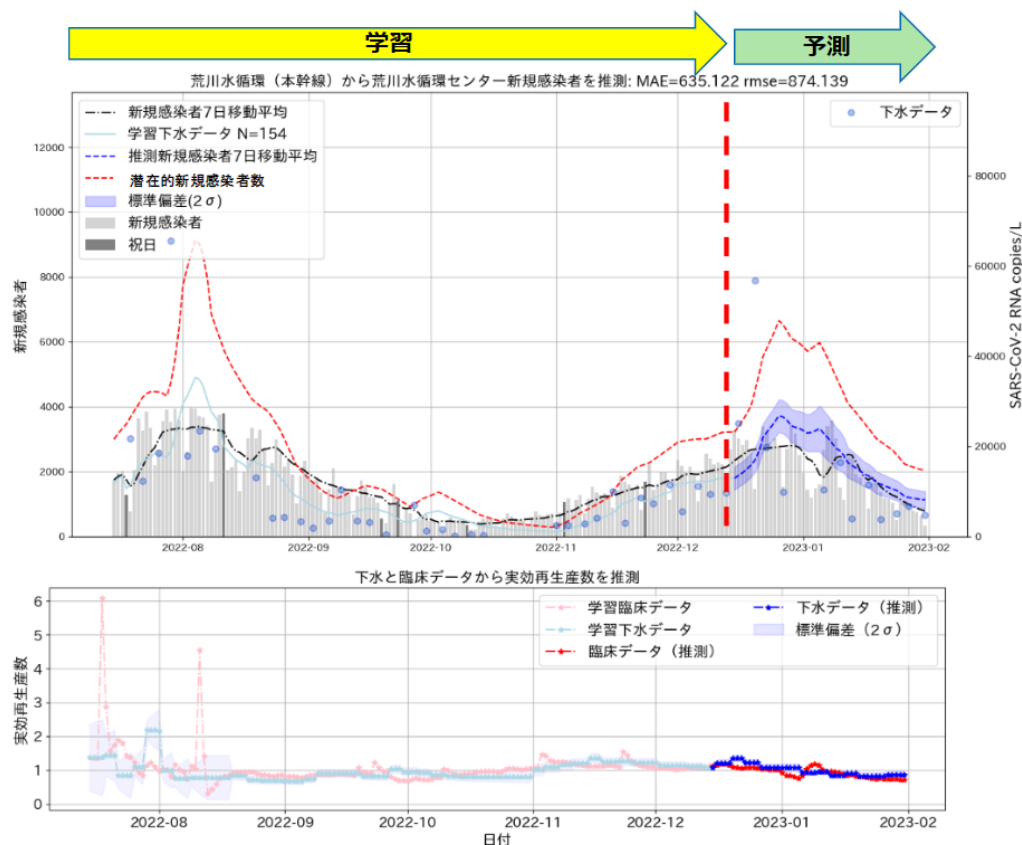


図 4-13. 荒川水循環センターにおける新規感染者数の予測結果

4.2 テーマ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

4.2.1 検討結果(達成したこと/分かったこと)

- 埼玉県は、PCR 検査により確定診断を受けた市町村別の感染者数をホームページ上にて県民に発信してきた。それをと置き換わる、もしくは並行して使う補完的位置づけとして下水による地域別の感染状況の可視化についての検討を行った。測定地点の下水 SARS-CoV-2 濃度(実測値、PMMOV による補正、処理人口 10 万人当たりで補正した値)を円の大きさを用いて 3 パターンで提示する検討を行った。しかし 4.1.2 に記載する課題もあるため、結果として市のホームページ掲載までには至らなかった。(図 4-14~16)
- 今回の実証では県下流域下水 8 か所、市 4 か所の 12 か所の下水処理場において測定を行う事で、感染状況の把握検討を行った。今後の費用対効果や継続性を考慮すると 12 か所の測定は難しい。今後測定を継続するために、測定ポイントを集約した影響度、すなわち県の感染状況を反映していると言える最低限の測定ポイント数について検討した。処理

人口の多い順に処理場 3 か所では、カバー率 69 %、処理場 5 か所では 75 % の人口をカバーする事が確認できた。それぞれの感染者数と SARS-CoV-2 濃度の相関係数も 0.9 以上と高い事より最低 3 処理所以上、5 処理場で測定する事で県の感染状況把握に繋がる事が示された。(図 4 - 17)

- 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。一方変異解析の分析結果の返却まで 2～3 週間かかるため、より短期間での返却が課題である。

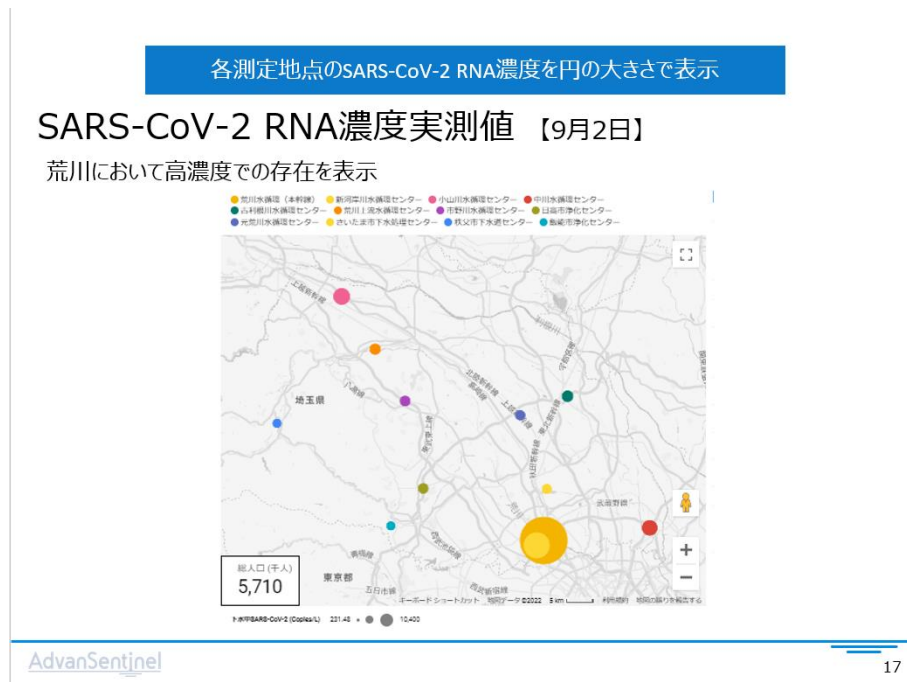
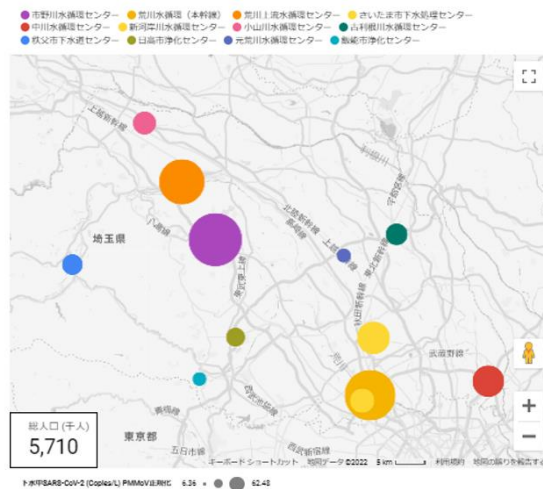


図 4-14 感染状況可視化ツールの提案資料
(SARS-CoV2 RNA 測定値)

SARS-CoV-2 RNA濃度：PMMoVで補正

PMMoV補正を行うと市野川・荒川・荒川上流の順に高濃度での存在を表示



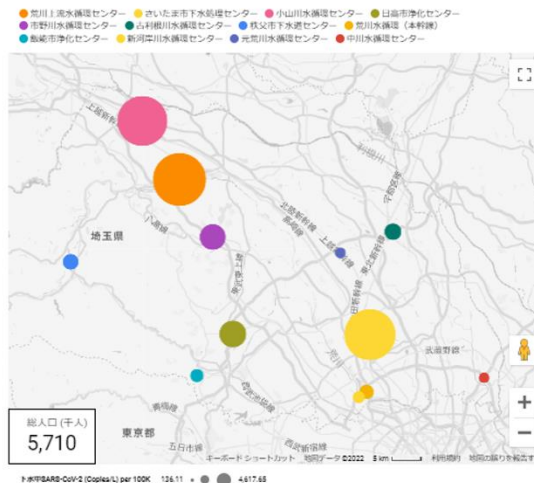
AdvanSentinel

19

図 4-15 感染状況可視化ツールの提案資料
(SARS-CoV2 RNA 濃度 PMMOV 補正あり)

SARS-CoV-2 RNA濃度：処理人口10万人あたりで補正

人口補正を行うと荒川上流・さいたま市・小山川流域の順に高濃度での存在を表示



AdvanSentinel

18

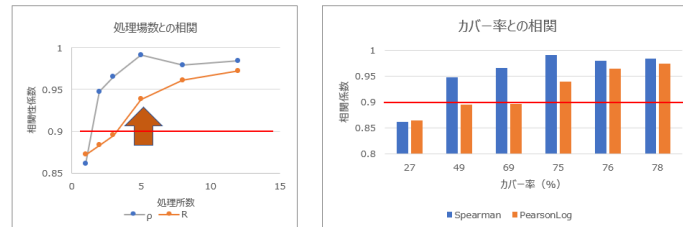
図 4-16 感染状況可視化ツールの提案資料
(SARS-CoV2 RNA 濃度処理人口 10 万人補正あり)

『埼玉県全体を効率的にトレンド把握するための採水条件とは？』

何か所の処理場を測定する事で代表性を得られるか？

5処理場で測定すると75%のカバー率となり
下水中ウイルス濃度と埼玉県の新規感染者は高い相関を示した

処理所数	カバー率	Spearman			PearsonLog		
		補正なし	補正なし(三点平均)	補正あり(三点平均)	補正なし	補正なし(三点平均)	補正あり(三点平均)
1	27	0.855	0.844	0.861	0.793	0.851	0.865
2	49	0.904	0.937	0.947	0.878	0.904	0.895
3	69	0.929	0.968	0.965	0.868	0.899	0.896
5	75	0.97	0.984	0.991	0.917	0.943	0.939
8	76	0.961	0.974	0.979	0.942	0.963	0.964
12	78	0.948	0.975	0.984	0.929	0.969	0.974



AdvanSentinel

38

図 4-17 処理場数とカバー率

4.2.2 今後の課題

埼玉県は全数把握見直し後も継続してエリアごとの感染状況把握が出来ているので、下水データを公表して感染状況を可視化したいという緊急的なニーズは現状ない。感染症法上新型コロナウイルスが 5 類移行後、定点調査となった際の補完資料として下水サーベイランスが庁内資料として活用できるについては引き続き検討の余地がある。ただしその場合でも 4.1.2 に記載のように、下水から採取される SARS-CoV2 RNA の信頼性を高めていく必要がある。例えば濃度だけでは情報として市民に理解されにくいため、得られた濃度を感染者数に換算するなどの取り組みが必要である。

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

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	庁内情報	感染症対策課	感染状況の把握・予測
2	県の HP 掲載	感染症対策課	県民へ感染状況の発信

5.1 本事業を通じて把握された活用ニーズ（No. 1）

感染状況の把握・予測

5.1.1 活用ニーズ概要

県庁内で感染症対策課での内部利用を目的とする。

下水中 SARS-CoV-2 濃度の増減を捉えて感染者数の増減を現状の感染者数の推移の補助資料として活用する。第 7 波のピーク時には PCR 検査が枯渇して実際の感染者数の把握が出来ていなかった可能性も示唆されており、下水によるウイルス濃度の変化が現状の得られているデータを補完する可能性がある。また、下水による早期検知が可能であれば 1 週間後の新規陽性者数を算出して医療が逼迫しないような体制構築に繋げられる可能性がある。

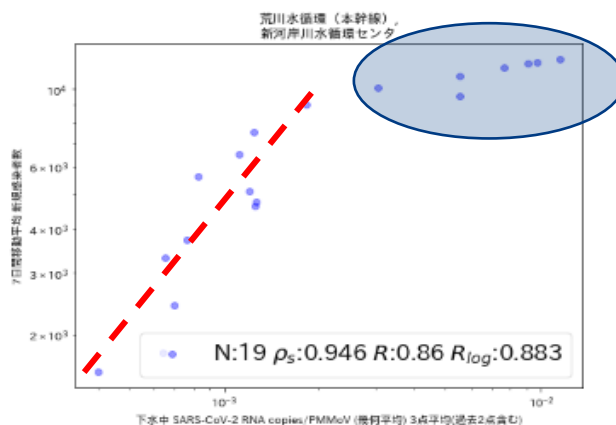


図 5-1 SARS-CoV-2 RNA 濃度と新規感染者数の相関

5.1.2 活用・実装の状況（試行、年度内準備中を含む）

下水測定結果は、感染症対策課内での回覧に留まり、庁レベルまでの活用・実装には至らなかった。

5.1.3 活用・実装できなかった理由

蔓延期に PCR 検査不足によりどの程度実際の感染者が報告より上振れした可能性があるかは不

明である(図 5-1)。感染者から RNA が一定量排出されているとするならば、下水濃度と感染者数は比例関係になるはずである。大まかな傾向は一致しているが正確な予測までできていたかの検証には至っていない。(図 4-1 他)

一方、全数把握見直し後も、全数把握見直し以前同様に PCR 検査による確定診断による新規感染者数を市町村別に集計して公表を継続しており、感染状況は把握できている。また、下水サーベイランスを 5 類移行後に定点観測の補助資料として活用できるか今後継続して検討していく必要がある。なお埼玉県としては県独自の判断で下水サーベイランスを続けるというのではなく、国の指針がまず先にあったうえで下水サーベイランスの実施を判断するべき、と考えている。

5.2 本事業を通じて把握された活用ニーズ (No. 2)

県民への感染状況の発信

5.2.1 活用ニーズ概要

9/26 の全数把握見直し後も以前と変わらず市町村別に感染者数を公表しており、感染状況は可視化出来ている。今後 5 類へ移行して定点把握となった際には、現在のような感染状況の把握が出来なくなる。その時には感染状況を把握する手段の一つとして「流行状況の速報性・信頼性」が確保できれば県民への下水サーベイランスの訴求力が増してくる可能性は考えられるが、こちらも国の方針次第との埼玉県の見解である。

5.2.2 活用・実装の状況(試行、年度内準備中を含む)

現状活用・実装には至っていない

5.2.3 活用・実装できなかった理由

5.1 に記載のようにデータの公表のためにはさらなる信頼性の確認が必要である。また県としては現在も臨床の感染者情報が豊富に入手出来ていることに加え、5 類化以降は感染者の把握についても見つめなおしと考えており、その状況も踏まえて現状すぐ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。

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

今回の結果から下水サーベイランスのデータには一定の有用性を認めたものの、5 までの結果を受け、下水サーベイランスのデータの精度、信頼性に足りるエビデンスはまだ更に積み上げが必要と考えられるので、年度内、令和 5 年度の自治体費における事業継続検討は行っていない。一方で国の方針として下水サーベイランスを実施するという方針になってくれば埼玉県としては協力を検討したい。

6.2 事業終了後の実施体制

上記理由により検討に至っていないが、必要に応じて今回の検討メンバーを中心に検討する

6.3 事業終了後の結果活用・公表方法

5 類に移行する事で新型コロナウイルスは定点観測へと移行する。

その際に、定点観測に加えての補完資料としての検討については余地があるが、自治体独自というよりも国としての指針があつての活動を想定している。

6.4 事業終了後の費用

[REDACTED]
 [REDACTED]
 [REDACTED]
 [REDACTED]

7. 活用に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	1. 採水回数は週何回が適正なのか 2. 測定のばらつき	1. 週 2 回で実施したが、週 1 回採水した場合と比較検討を行った。週 1 回採水でもトレンドは把握できる事が確認できた。 2. 上澄みをすくわずに、水流の中の偏りのないサンプルを採取する。	1. 感染の立ち上がりや収束を確認するためには、週 2 回以上の採水が必要であり、CDC は週 3 回を推奨している。各自治体の要望、およびその時の感染状況に応じた採水頻度を決定する 2. オートサンプラーの設置

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	特になし		

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	測定結果のばらつき	3 点平均・PMMOV による正規化	モデリングによる感染者数の推定
2	データ返却までの時間短縮	4 日以内でのデータ返却	測定現場で簡易解析ができるようになると検体輸送時間の短縮に繋がる。

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	県上層部への報告システムの構築	特になし	実証事業終了後、どのような実証を行い、有用であったのかの報告を上位者報告する事を事前合意しておく。

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	5 類移行後、現在の HER-SYS による感染状況の可視化を中止して定点観測となれば感染状況把握のためにニーズは生まれる可能性がある。	実証事業で感染者数と下水中ウイルス濃度の相関は確認できた。	環境の変化を想定した議論をあらかじめ進めておく

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	下水サーベイランスの精度向上	特になし	測定値からエリア感染者数を算出するモデル構築 全自動測定機の導入や3点平均、PMMOV 補正のオーソライズへの働きかけ
2	測定値のばらつき改善		

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	エビデンスの積み上げが必要	検討していない	オーソライズされていないものは予算化出来ない。試行を繰り返す事で実装につなげる。

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	エビデンス構築、信頼性の積み上げがさらに必要	検討していない	5 類に移行して、現状の感染状況の可視化が出来なくなった際の代替方法や定点観測の補完資料として活用

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	住民に公表していないので評価は行っていない	検討していない	5 類に移行して、現状の感染状況の可視化が出来なくなった際の代替方法として活用に対する住民の評価を得る。

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	15 分→5 分（1 か所）	■■■■円程度	時間に関しては、安全に配慮しながらも作業の慣れによる効率アップが可能 費用に関しては、施設内保守点検を委託している会社に依頼するが、当初の契約外の業務になるので費用が発生する。
2 輸送	1 日（翌日午前中着荷）	■■■■円程度	近隣の測定期間が利用できれば時間・費用共に改善は可能
3 分析・結果提示	定量解析：着荷後 4 営業日 変異解析：PCR 結果確認後、定量値である検体という条件付きで 15 営業日	定量解析：■■■■円 変異解析：■■■■円	全自動測定機を導入する事で人件費を抑える事が出来るので、コスト削減に繋がる。 変異解析は、サンプル数が増える事で大量処理になればサンプル単価は下がってくる
4 その他	特になし	特になし	