

申請者番号：1011

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 中核都市における新型コロナウイルス感染症の感染状況、
変異株流行状況の可視化実証および雨水処理方式による
データ補正のための検討（水戸市）

令和5年1月31日
代表機関 （株）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	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	6
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処理方法（分流、合流）の違いによる雨水の影響評価	7
3.2	テーマ②下水道部局および保健医療部局の連携と感染症対策への適用	9
4.	下水サーベイランス実証の結果	11
4.1	テーマ①処理方法（分流、合流）の違いによる雨水の影響評価	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	18
4.2	テーマ②下水道部局および保健医療部局の連携と感染症対策への適用	18
4.2.1	検討結果（達成したこと／分かったこと）	18
4.2.2	今後の課題	20
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	22
5.1	本事業を通じて把握された活用ニーズ（No. 1）	22
5.1.1	活用ニーズ概要	22
5.1.2	活用・実装の状況（試行、年度内準備中を含む）	22
5.1.3	活用・実装できなかった理由	22
5.2	本事業を通じて把握された活用ニーズ（No. 2）	23
5.2.1	活用ニーズ概要	23
5.2.2	活用・実装の状況（試行、年度内準備中を含む）	23
5.2.3	活用・実装できなかった理由	23
5.3	本事業を通じて把握された活用ニーズ（No. 3）	23

5.3.1	活用ニーズ概要	23
5.3.2	活用・実装の状況（試行、年度内準備中を含む）	23
5.3.3	活用・実装できなかった理由	23
6.	下水サーベイランス実証事業終了後の展開	25
6.1	事業終了後の継続・展開方針	25
6.2	事業終了後の実施体制	25
6.3	事業終了後の結果活用・公表方法	25
6.4	事業終了後の費用	25
7.	活用に向けた課題及び解決策	26
7.1	採水	26
7.2	輸送	26
7.3	分析・解析	26
7.4	活用	26
7.4.1	体制整備	26
7.4.2	ニーズ把握	27
7.4.3	活用イメージ具体化	27
7.4.4	試行	27
7.4.5	公表・情報提供	27
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

中核都市における新型コロナウイルス感染症の感染状況、変異株流行状況の可視化実証および雨水処理方式によるデータ補正のための検討

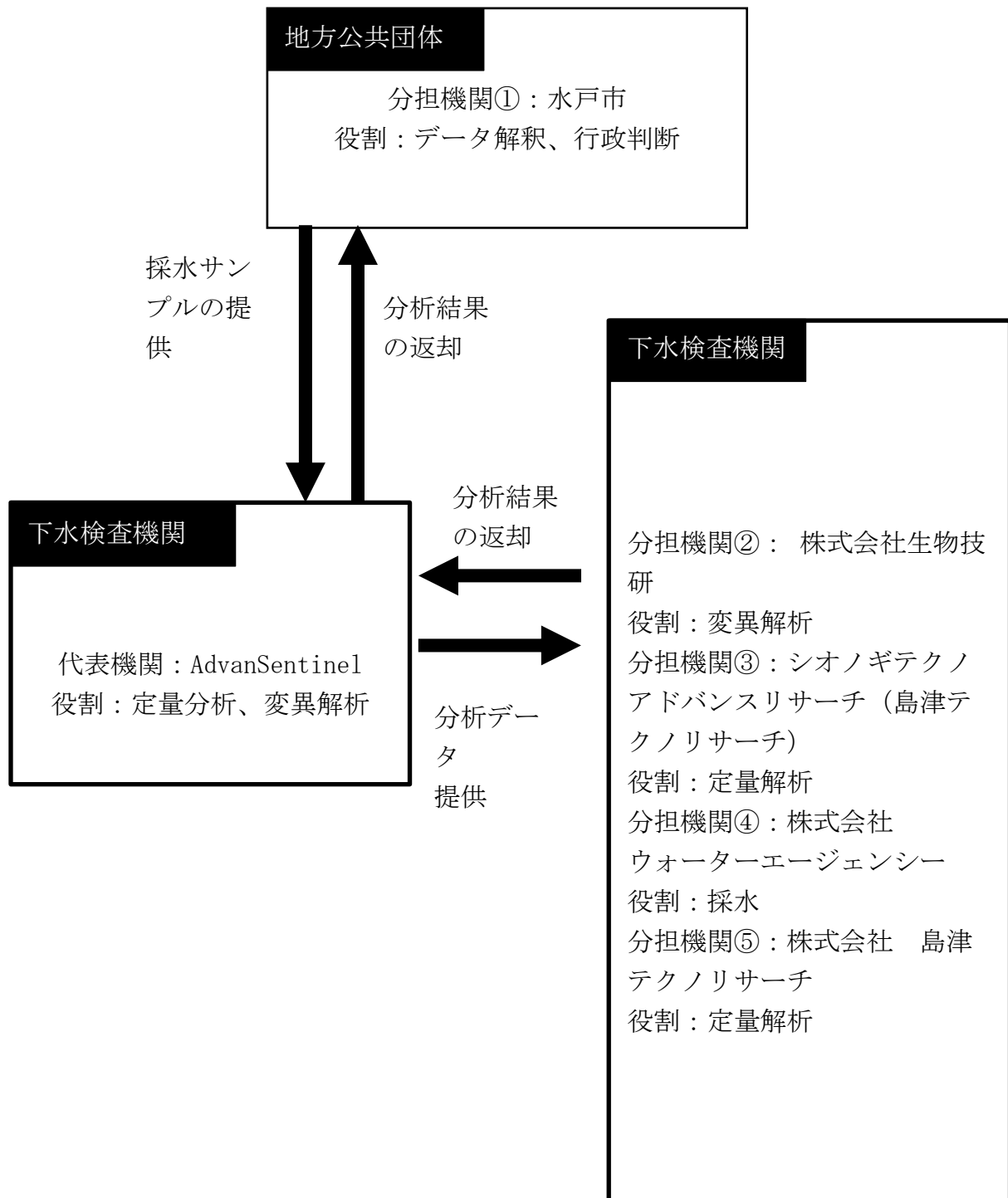
1.2 実証を行う期間

2022 年 7 月 21 日（木）～2023 年 1 月 30 日（月）

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	水戸市	■■■■■ ■■■■■	■■■■■	茨城県水戸市中央 1-4-1
分担機関 ②	株式会社生物 技研	■■■■■	■■■■■ ■	神奈川県相模原市緑区長竹 657
分担機関 ③	シオノギテク ノアドバンス リサーチ株式 会社	■■■■■ ■■■■■ ■■■	■■■■■	大阪府豊中市二葉町 3-1-1
分担機関 ④	株式会社 ウォーター エージェン シー	■■■■■ ■■■■■ ■■■■■ ■■■	■■■■■	茨城県水戸市堀町 1163-17
分担機関 ⑤	株式会社島津 テクノリサー チ	■■■■■ ■■■■■	■■■■■	〒604-8436 京都市中京区西 ノ京下合町 1 番地

(体制図)



1.4 実証を行う地域・範囲

水戸市：人口密度の高い商業地及び住宅地（市内人口の7割をカバー）で実証を行う。
市内の下水処理場、ポンプ場、計4か所で採水を実施

（採水施設一覧）

No.	採水施設名	処理人口	処理区域
1	水戸市浄化センター1 （合流式）	102,000 人	大塚町、河和田町、見川町、赤塚1丁目、赤塚2丁目、河和田1～3丁目、見川1～5丁目、見和1～3丁目、双葉台1～5丁目ほか
2	水戸市浄化センター2 （分流式）	144,000 人	大塚町、河和田町、見川町、赤塚1丁目、赤塚2丁目、河和田1～3丁目、見川1～5丁目、見和1～3丁目、双葉台1～5丁目、笠原町、小吹町、東野町、平須町、吉沢町、米沢町、大塚町、河和田町、見川町、赤塚1丁目、赤塚2丁目、河和田1～3丁目、見川1～5丁目、見和1～3丁目、双葉台1～5丁目ほか
3	那珂川ポンプ場	約 26,000 人	愛宕町、金町1～3丁目、末広町1～3丁目、袴塚1～3丁目、文京1丁目、文京2丁目、松本町、渡里町ほか
4	桜川第1ポンプ場	約 20,000 人	泉町1～3丁目、石川1～4丁目、上水戸1～4丁目、五軒町1～3丁目、新荘1～3丁目、大工町1～3丁目、天王町、常磐町1丁目、常磐町2丁目、東原1丁目～3丁目、備前町、松が丘1丁目、松が丘2丁目、

No.	採水施設名	処理人口	処理区域
			緑町1～3丁目、南町1～3丁目、宮町1～3丁目、元山町1丁目、元山町2丁目ほか

【地図】

水戸市公共下水と採取場所

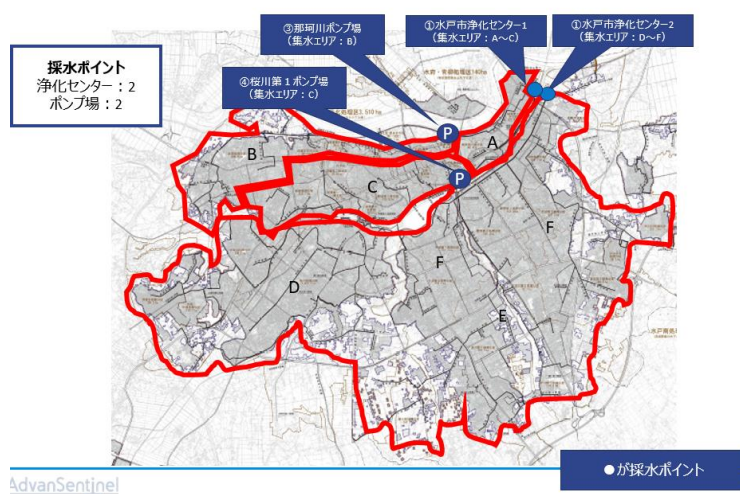


図 1. 採水場所の処理場・ポンプ場・マンホール

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

水戸市は、新型コロナウイルス感染症患者の発生（療養開始）から療養解除までの期間を全て管理しており日ごとの感染者総数を把握している。また、水戸市保健所では鼻腔スワブ検体によるリアルタイム PCR 検査を行っており、多くの患者で感染期間中のウイルス量を把握し感染対策に役立ててきた。変異株のモニターについては、国から示されている PCR 法により保健所で解析が可能であり、さらに同一検体を茨城県衛生研究所の次世代シーケンサーによる全ゲノム解析によりモニターしている。このような、患者のウイルス量と疫学データ、変異株のデータをセットで保持している中核市は極めて少ないと思われる。一方、第 6 波においては、感染者数の急激な増加から、濃厚接触者への検査が滞り、特に不顕性感染者の捕捉が困難となった。新規患者の発見の遅れはクラスターの発生と感染対策の遅れの一因となった。とりわけ、10 歳未満小児の罹患割合が高く、一人の小児の感染が家族全員の感染につながるケースが頻発し、学区内に患者が集積するいわば「地域クラスター」の様相を呈していた。糞便中への SARS-CoV-2 排出量は鼻咽頭への排出よりも長い期間持続することが知られている（Shantanu Prakash et al., Indian J Med Microbiol. 2021 Jan; 39(1): 122-124）ことから、集団状況の把握をサポートする下水疫学調査データと、臨床把握での感染者総数やその時間的な推移、患者の地域集積性などを以ってさらに有用かつ総合的な指標にできると思量している。

水戸市保健医療部保健予防課の行う新型コロナウイルス感染症対策において、下水サーベイランスデータは、真の感染者数をエリア別に推測するためのモニタリングデータという位置づけで、先述の患者発生状況と組み合わせることで、総合的な政策判断材料の一助となるものと考えている。

2.2 下水サーベイランスの課題

下水サーベイランスを活用する上での課題は、以下 2 点である。

① 下水処理方法（合流、分流）と雨水の影響

-下水道は雨水を排除して汚水を収集、処理する公衆衛生の観点から極めて重要な社会資本であると考えている。その上で、下水処理方法の合流式、分流式において検出される新型コロナウイルス濃度は、雨水の影響をどの程度受けるか検証されたデータはほぼない。水戸市は、合流式、一部合流式、分流式が混在した下水処理システムとなっており、採水ポイントで雨水の影響を検証するのに適した環境である。この雨水の影響を検討しながら下水サーベイランスデータと感染状況を反映した SARS-CoV-2 RNA 濃度の精度の信頼性を検証する必要がある。

② データの活用

-下水疫学調査は、確立した調査結果の活用方法はなく、専門家の意見を聞きながら調査結果データの解釈を検討する必要がある。そこで、河川によるノロウイルス調査で実績のある茨城県衛生研究所 [] にアドバイザーとして参加いただき、保健医療部と下水道部局でデータの解釈について検討会を実施する事でデータを活用したいと考えて

いる。

2.3 課題解決策

これらの課題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雨水の影響の確認②データの活用へ向けての検討会を実施する。

(本事業での実証テーマ一覧)

- ① 処理方法（分流、合流）の違いによる雨水の影響評価
- ② 下水道部局および保健医療部局の連携と感染症対策への適用

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処理方法（分流、合流）の違いによる雨水の影響評価

分流式に比べて、合流式の下水処理は雨水の影響で薄まってしまうが、雨水による希釈の検討は、内部標準物質である Pepper mild mottle virus (PMMoV) で補正を行う。PMMoV は、日本水環境学会で内部標準物質と定められている物質である。雨水の影響を補正する事で分流式と合流式で確認できる SAR-CoV-2 RNA 濃度を調整する係数を導きだし、効率的に精度を高めて感染者数のトレンド把握に繋げる。

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	<p>定量解析するために処理場、ポンプ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。9 月 22 日よりオートサンプラーによる採水を中止し、グラブサンプリング採水に変更。</p> <p>オートサンプラー 14 回、グラブサンプリング 26 回</p> <p>（採水場所：下水処理場、ポンプ場、採水頻度：週 2 回、採水回数：期間中に合計 40 回）</p> <p>2023 年 1 月 30 日まで 7 回分の採水期間を延長する。</p> <p>ただし、EPISENSE 法（北大 - 塩野義法）による浄化センター 1・2 のみで、那珂川 P, 桜川 P の採水及び PEG 沈殿法での採水は終了とする。そのため、浄化センター 1, 浄化センター 2 の採</p>	ウォーターエージェンシー	週 2 回：採水実施

No.	実施項目	実施方法	担当機関	マイルストーン
		水回数のみを追加しそれぞれ合計 47 回とする。		
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。	ウォーターエージェンシー	週 2 回：検体輸送実施
③	採取検体の分析	<p>右担当機関が、北大 - 塩野義法を用いて新型コロナウイルス RNA 濃度を、PEG 沈殿法を用いて、PMMoV 濃度を測定する。</p> <p>SARS-CoV-2 RNA 濃度は、沈査に吸着しやすい特性を利用して北大 - シノギ法で測定。</p> <p>内部標準物質である PMMoV は、上澄み液にも分散して存在するので、PMMoV の回収率の高い PEG 沈殿法を用いて測定する</p> <p>別途 NGS 解析により変異解析を実施する。</p>	<p>北大一塩野義法についてシノギテクノアドバンスリサーチ株式会社が 7 月末まで行い、8 月以降は島津テクノリサーチが行う。</p> <p>PEG 沈殿法については、全て島津テクノリサーチが改正を行う。</p> <p>変異解析は全て生物技研が行う。</p>	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	<p>水戸市が管理している新型コロナウイルス感染症新規感染者数をエリア毎に把握する。</p> <p>水戸市全域の感染者数を把握していたが、全数把握見直しに伴い水戸市の HP 経由でエリア別の感染者数把握が困難となったため、9 月 2 日以降は、水戸市に直接報告された感染者数を週 1 回</p>	水戸市	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
		保健予防課より AdvanSentinel に共有して感染者の動向分析に活用する。		
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	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 ① 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 ② 内部標準物質である PMMoV による補正を行う。	Advansentinel	分析結果が出る都度（採水から 2～3 日後）：比較結果 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	2 か月に 1 回検討会を実施する。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。	水戸市、茨城県衛生研究所、 AdvanSentinel	分析結果が出る都度（採水から 60 日後）：情報の共有 2 か月に 1 回：活用を目指した検討会議 2022 年 10 月：中間報告書 2023 年 1 月：最終報告書

3.2 テーマ②下水道部局および保健部局の連携と感染症対策への適用

市の連携および、データの共有により、データ解釈と周辺地域住民の行動変容へのアプローチ方法など、効果的なアクションを検討する。茨城県衛生研究所 [] にアドバイザーとして参画いただきデータ解釈を検討する。

No.	実施項目	実施方法	担当機関	マイルストーン
①	下水道部局、保健医療部局の連携による感染対策	2 か月に 1 回検討会を実施	水戸市、茨城県衛生研究所、AdvanSentinel	2 か月に 1 回：活用を目指した検討会議 2022 年 10 月：中間報告書 2023 年 1 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処理方法（分流、合流）の違いによる雨水の影響評価

4.1.1 検討結果（達成したこと／分かったこと）

サンプルの解析状況は、実証事業期間中に採水した計 160 サンプルを EPISENSE-S 法（北大-塩野義法）と PEG 沈法（ポロエチレングリコール沈殿法）でそれぞれ検討を行った。

EPISENSE-S 法は、154 サンプルにて定量検出、4 サンプルにて定性検出、2 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 98.7%、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 96.3%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った。一方、PEG 沈法は、36 サンプルにて定量検出、86 サンプルにて定性検出、38 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 76.3%、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 22.5%となった。（図 4-6）

各手法の前提として、EPISENSE-S 法が主として沈査から PMMOV を回収するのに対して、PEG 沈殿法は主に液体画分の方から PMMOV を回収するため、水系に多く含まれるとされる PMMOV については PEG 沈殿法の方が回収率が高いという特性がある。下水中に含まれる糞便量の指標である PMMOV を用いた正規化の妥当性を検討する事を目的に、EPISENSE-S 法 SARS-CoV-2 濃度及び PEG 沈法にて採取したサンプルを PMMOV で補正して新規感染者数との相関係数をピアソン、スピアマンにて算出した。

上記から算出される相関係数は、 $\rho:0.324$ $R:0.515$ となり、同じサンプルを持ち EPISENSE-S 法で検出された PMMOV で正規化した値を用いた相関係数（ $\rho:0.722$ $R:0.804$ ）より低い結果となった。

PEG 沈、EPISENSE-S 法は濃縮プロセスが異なる手法であり、ウイルスの回収率も異なるので、PEG 沈で定量した PMMOV の濃度で補正することでは、EPISENSE-S 法で回収される SARS-CoV-2 濃度と感染者数との相関関係は改善されなかったと考えられる。

（図 4-7）

次に、下水処理システムにおいて、水戸 1 が合流式、水戸 2 が分流式であることに着目して水戸 1 と水戸 2 の流入量、降水量による影響を検討した。合流式の方が分流式と比較して流入水量は 3 倍程度多いが、回収できる PMMOV は処理人口が異なっている、処理人口が増えると使用する水量も増え、薄まるので 1 リットル当たりで算出するとほぼ同量検出されており、降水量および処理方式による明確な違いは今回認められていない。（図 4-8）降水量は、測定期間中最大 80 mm の日が 1 日、40 mm の日が 2 日あったが、ほぼ 20 mm 以下であったので PMMOV の濃度については降水量の影響はほとんど受けていない（なお、降水量に応じて特に合流式の浄化センター 1 のほうで流量の増加が増えていく）。上記のように実証期間中に降水日が少なかったため、処理方法

の違いによる雨水の影響を十分に評価出来なかった。合流式と分流式の違いが下水サーベイランスに与える影響については継続した調査が必要と考える。(図 4-1-1, 2)

EPISENSE-S 法による測定値と新規感染者数との突合結果

水戸 1、水戸 2、那珂川ポンプ場、桜川ポンプ場と新規感染者数について相関性解析を行った。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）、および PMMOV（糞便に含まれるウイルスにより、採取した糞便量の補正）による補正を行っている。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。そこで今回実測値、3 点平均、実測値を PMMOV で正規化する 3 項目でピアソン、スピアマンを用いた相関係数を算出した。

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。(実測値/PMMOV・3 点平均にてピアソン 0.60-0.65、スピアマン 0.80-0.71)。

エリアごとで見た時には水戸 1 がより高い相関性を示していた。

新規感染者数は水戸市全域の感染者数を用いており、エリアごとの感染者数は加味されていない。水戸 1 エリアに感染者が多く存在したので水戸 1 SARS-CoV2 RNA 濃度上昇と感染者数が相関したので相関性が高かったものと考えられる。水戸 2 エリアの感染者数が少なかったため下水中 SARS-CoV2 RNA 濃度と新規感染者数は相関しなかったと考える。(図 4-2~5)

ポンプ場においても浄化センター同様に桜川ポンプ場で高い相関を示した一因として、対象エリアと水戸市全域の感染者数の相関性が高かったためと考えられる。(図 4-5)

また、水戸市における先行指標性の検討として以下の検討を行った。新規陽性者数は実際に感染が発症してから報告されるまでに数日かかる傾向にある。一方で、下水中には感染成立時点より排出される可能性があることも示されている。採水日を固定し、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、上記した相関係数はより係数は向上した。(図 4-8-2) 以上より、下水の定量解析は新規陽性者数と強い正の相関関係があり、下水の採水日と新規陽性者数の報告日では下水サーベイランスの結果は採水日に対して 5-8 日間程度、先行して変動することが期待できる。

入手できる「感染者情報」が水戸市全域なので、水戸 1 + 水戸 2 の SARS-CoV2 RNA 濃度との測定情報との相関を検討した。

水戸 1 + 水戸 2 の測定データと水戸市全域の「新規感染者数」は高い相関を示した。(ρ :0.722 R:0.804) (図 4-4、図 4-8-1)

1 つの可能性として水戸 1 に新規感染者が偏在したため、水戸 1 は高い相関を示し、水戸 2 は低い相関を示したと考えられる。新規感染者数は水戸市全体でカウントしている。今後継続的に

実施する場合には水戸1と水戸2の幾何平均をとって水戸市全体の感染状況を把握、および各エリアの感染動向を把握する事が有用と考える。

処理場の規模に応じたPMMOVへの影響の検討

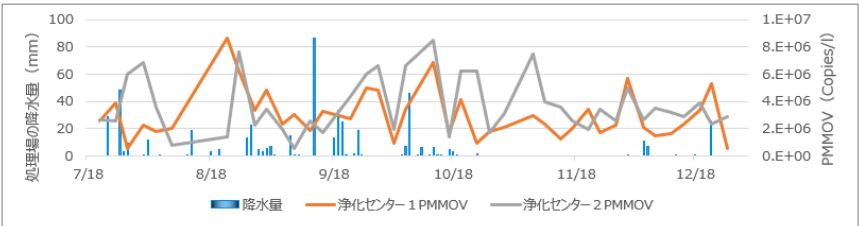
水戸1、水戸2における人口1人当たりが1リットル中に排出するPMMOV濃度を比較した結果、大きな差が無い事が確認された

	水戸1 (合流式)	水戸2 (分流式)	比率
処理人口	102,000	144,000	1.41
流入量	42,635	15,522	0.36
PMMOV	2.9.E+06	3.6.E+06	1.24
一人当たりPMMOV	2.84.E+01	2.50.E+01	1.14

図 4-0 処理場規模に応じた PMMOV の検討

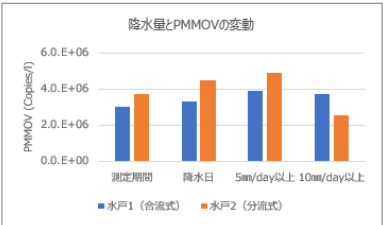
合流式と分流式の検討

▼PMMOVと降水量の経時変化



▼PMMOVと降水量の関係

	日数	PMMOVの平均値 (Copies/l)		
		水戸1 (合流式)	水戸2 (分流式)	比率
測定期間	40	3.0.E+06	3.7.E+06	0.80
降水日	11	3.3.E+06	4.5.E+06	0.73
5mm/day以上	6	3.9.E+06	4.9.E+06	0.80
10mm/day以上	2	3.7.E+06	2.5.E+06	1.48

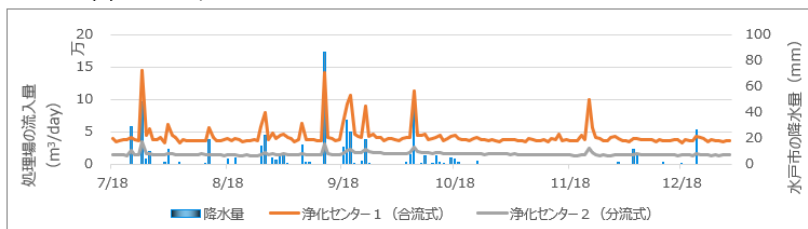


PMMOVの変動に対して降水量がダイレクトに強く影響を受けている訳ではない事が示唆された

図 4-1-1 合流式・分流式の検討

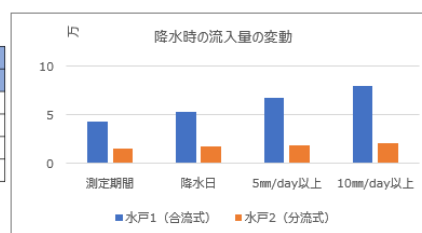
合流式と分流式の検討

▼流入量と降水量の経時変化



▼降水量と流入量の関係

	日数	流入量 (m³/day)		
		水戸1 (合流式)	水戸2 (分流式)	比率
測定期間	162	42,635	15,522	2.75
降水日	48	53,060	17,264	3.07
5mm/day以上	23	67,200	18,986	3.54
10mm/day以上	15	79,456	20,495	3.88



水戸市における合流式も分流式も降水量に応じて流入量は増加する
処理水量の比率も降水量に応じて拡大する

AdvanSentine

24

図 4-1-2 合流式・分流式の検討

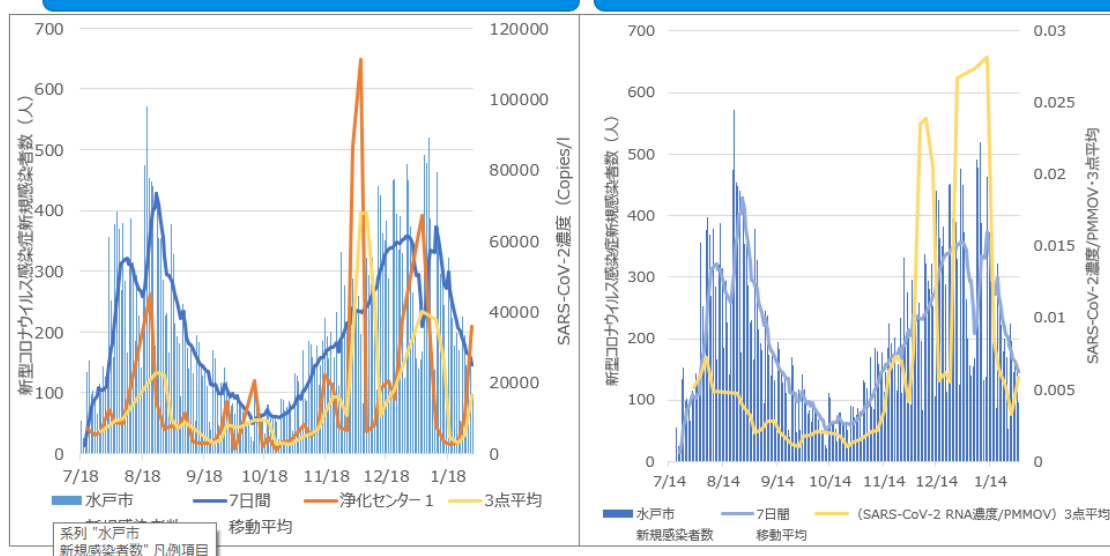
下水中SAR-CoV-2 RNA濃度と水戸市の新規感染者数 【水戸1】

(感染者数は水戸市全域)

新規感染者数と下水中ウイルス濃度は同様のトレンドを示した

SARS-CoV-2 RNA濃度実測値と3点平均を表示

SARS-CoV-2/PMMOV RNA濃度かつ3点平均を表示



AdvanSentine

* 水戸市内新型コロナウイルス新規感染者数は水戸市のホームページより記載 (9月2日以降は別途集計)
新型コロナウイルス感染症患者の市内発生について (過去の発表資料) - 新型コロナウイルス感染症 - 水戸市ホームページ (mito.lg.jp)

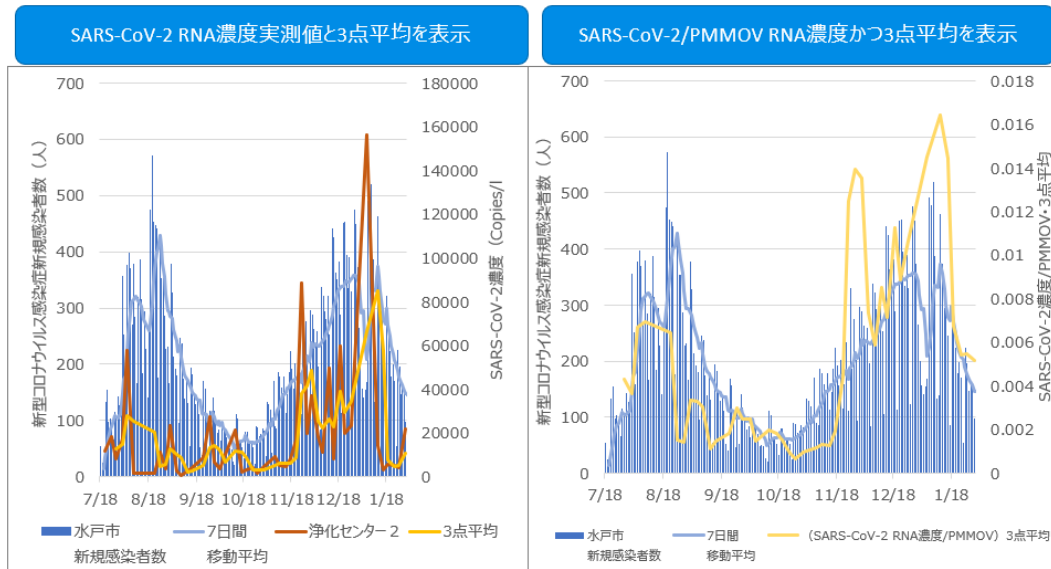
10

図 4-2 下水中 SARS-CoV-2 RNA 濃度と新規感染者数の関係【水戸1】

下水中SAR-CoV-2 RNA濃度と水戸市の新規感染者数 【水戸2】

(感染者数は水戸市全域)

新規感染者数と下水中ウイルス濃度は同様のトレンドを示した



AdvanSentine

* 水戸市内新型コロナウイルス新規感染者数は水戸市のホームページより記載 (9月2日以降は別途集計)

新型コロナウイルス感染症患者の市内発生について (過去の発表資料) - 新型コロナウイルス感染症 - 水戸市ホームページ (mito.lg.jp)

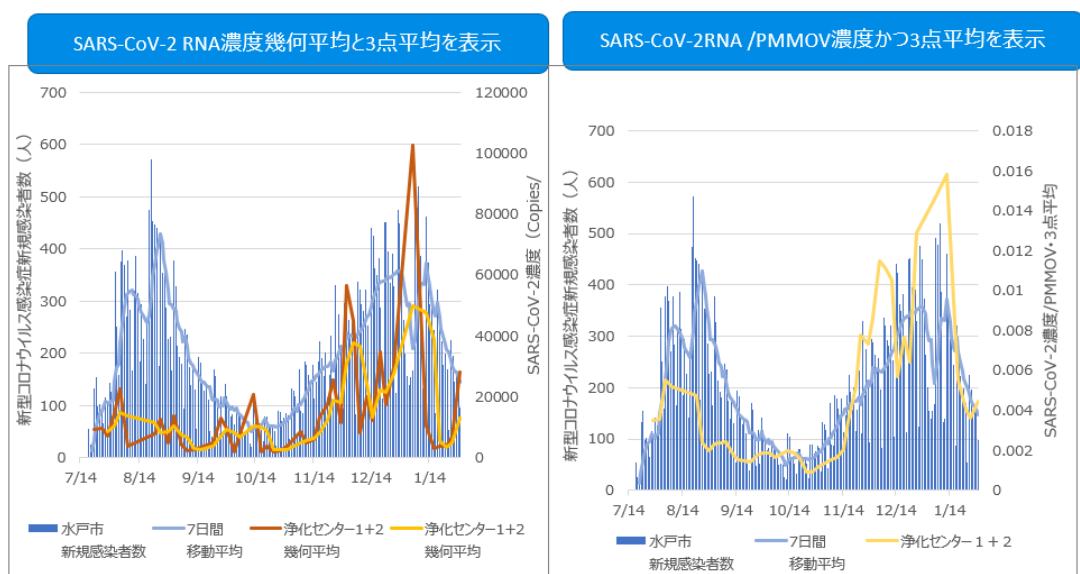
11

図 4-3 下水中 SARS-CoV-2 RNA 濃度と新規感染者数の関係【水戸 2】

下水中SAR-CoV-2 RNA濃度と水戸市の新規感染者数 【水戸1+水戸2】

(感染者数は水戸市全域)

下水中SARS-CoV-2 RNA濃度は第8波で大きく上昇している



AdvanSentine

* 水戸市内新型コロナウイルス新規感染者数は水戸市のホームページより記載 (9月2日以降は別途集計)

新型コロナウイルス感染症患者の市内発生について (過去の発表資料) - 新型コロナウイルス感染症 - 水戸市ホームページ (mito.lg.jp)

15

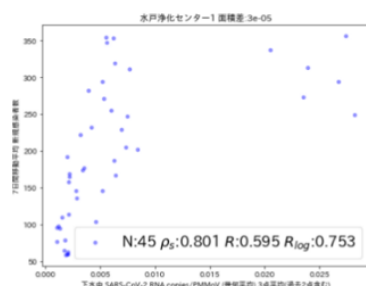
図 4-4 下水中 SARS-CoV-2 RNA 濃度と新規感染者数の関係【水戸 1+2】

相関係数のまとめ

**SARS-CoV-2濃度は、実測値を3点平均して
PMMOVで補正する事で新規感染者数と強い相関を示した。**

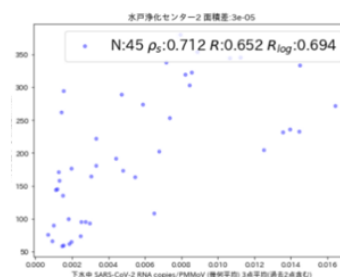
▼Pearson

	3点平均	(実測値 /PMMOV) ・3点平均
水戸1	0.56	0.595
水戸2	0.629	0.652



▼Spearman

	3点平均	(実測値 /PMMOV) ・3点平均
水戸1	0.682	0.801
水戸2	0.633	0.712



AdvanSentinel

14

図 4-5 相関解析のまとめ

水戸市における分析状況

- 実証期間（2022.7.22～2023.1.30）の2処理場及び2ポンプ場で採取した下水検体の検出割合**

▼EPISENSE-S法（北大-塩野義法） 検体数：174検体

	非検出	定性	定量
検体数	2*	4*	168
割合	1.1%	2.3%	96.6%
検出率		98.9%	

▼PEG沈殿法 検体数：160検体

	非検出	定性	定量
検体数	38	86	36
割合	23.8%	53.8%	22.5%
検出率		76.3%	

**EPISENSE-S法は、SARS-CoV-2濃度検出において、検出率98.7%
定量検出率96.3%であり下水サーベイランスに有用な手法と考える**

AdvanSentinel

*非検出・定性検出となった6検体は全てポンプ場での採水であり浄化センターで採取した154検体は全て定量検出された。
**EPISENSE-S法、PEG沈殿法共にPMMOV検出率は100%となっています。

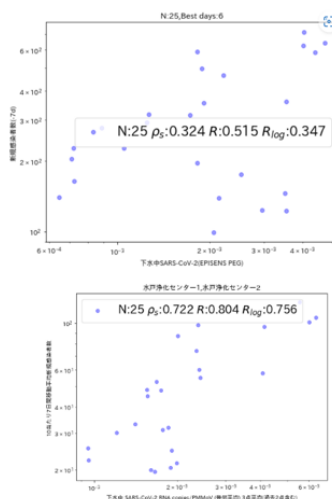
8

図 4-6 測定手法と検出率

下水中SAR-CoV-2 RNA濃度の幾何平均値と水戸市の新規感染者数
【浄化センター1・2：EPISENS-S法SARS-CoV-2濃度／PEG沈PMMOV】

相関係数
 $\rho:0.324$ $R:0.515$

(参考)
EPISENS-S法
SARS-CoV-2濃度/PMMOV
相関係数
 $\rho:0.722$ $R:0.804$



- PEG沈、EPISENS-S法は濃縮プロセスが異なる手法で回収したウイルスなので、PEG沈で定量したPMMoVの濃度で補正することで相関は改善されなかった

図 4-7 EPISENS-S 法 SARS-CoV-2 濃度／PEG 沈 PMMOV の相関

下水中SAR-CoV-2 RNA濃度及び幾何平均値と水戸市の新規感染者数
【浄化センター1・2：EPISENS-S法（北大-塩野義法）】

測定値
 $\rho:0.716$ $R:0.613$

測定値をPMMOVで補正
 $\rho:0.798$ $R:0.702$

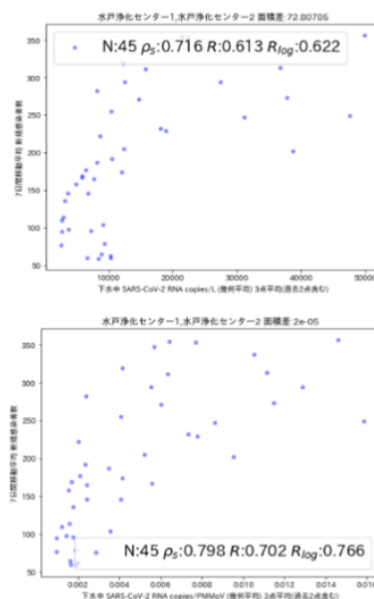
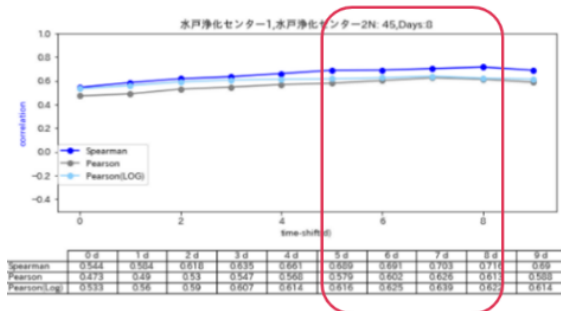


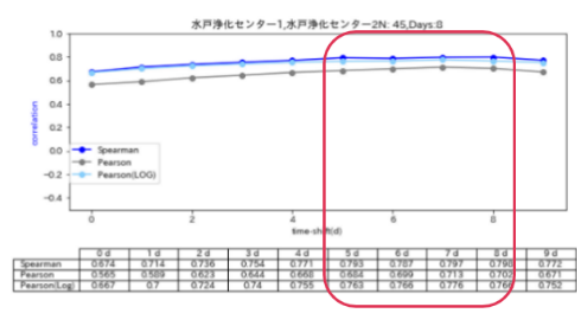
図 4-8-1 下水中 SARS-CoV2 RNA 濃度と新規感染者数の相関
【水戸 1+水戸 2】

水戸 1・2 の下水中ウイルス濃度は、何日後の新規感染者数と相関を示すのかを検討

▼PMMoV補正なし



▼PMMoV補正あり



相関解析の結果、浄化センター 1・2 の下水中のウイルス濃度は、補正なし、補正ありでも 5-8 日間程度の新規感染者数の先行指標性が示された

図 4-8-2 先行指標性の検討

4.2 今後の課題

今回の実証では合流式と分流式の比較を実施した。結果として大きな相関係数の違いは認められず、また処理方式だけでなく処理人口・流量等も異なることから、今回の結果からどちらの方式が良いと結論づけるだけの情報は得られていない。また降水量による合流式、分流式それぞれの SARS-CoV 分析に対する影響についても今回クリアには認められなかった。考察として測定期間の降水量は決して多くなかったことから、測定誤差も含めて N 数を増やすことでばらつきを含めて検討していくことが必要と考えられるが、少なくとも今回の実証からは水戸市の処理インフラ環境下では、処理方式によって大きな影響を受けないことが示唆された。

4.3 テーマ②下水道部局および保健部局の連携と感染症対策への適用

4.3.1 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データについて、県より情報提供を受ける地上の感染情報から、水戸市分を按分して突合することによって、現状の地上 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ものか検討を行った。加えて、今後新型コロナウイルスが第 5 類へと変更されることを想定し、下水サーベイランスが感染症の警戒レベルの判断の参考指標の 1 つとして機能するか、合わせて検討を行った。検討会議は下記の通りに実施した。

- ・2022 年 9 月 13 日 第一回検討会議
- ・2022 年 12 月 1 日 第二回検討会議

・2023年2月8日 最終検討会（予定）

検討会議の結果

下水道部局及び保健医療部局の連携については、下水道部局と AdvanSentinel で立案した採水・測定計画を保健医療部局が確認し、下水道部局が万全の態勢でバックアップする形で進める事が出来た。また水戸市の[]、および茨城県衛生研究所の[]も検討に加わっていたが、水戸市の検討体制については理想に近い形で行うことが出来た。

今回の実証事業に対してもともと水戸市として下水サーベイランスに期待していたのは、水戸市のように人口数十万人クラスでの都市の感染状況の可視化、特に定点把握のような状態になって感染者の情報が県全体としてしか分からなくなった状況の際に、下水サーベイランスが有効なツールとなるという期待であった。水戸市の今回の実証結果から、上述のように5類化に伴い感染状況が捉えにくくなる中では、水戸市での感染状況の可視化ツールとして有効であることが示されたという結論に至っている。しかし、そのまますぐに実装化するというよりも、さらに他自治体とのデータ等も比較しながらデータの深堀を続けるべき、との見解である。

検討会議の結果、感染症対策への下水サーベイランスの適用について、現時点で測定結果の公表は行わないとの判断に至っている。理由として「全数把握見直し」に伴い茨城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出来ないとの判断に至った。また上述の通り、公表に際しては下水サーベイランスのデータについても水戸市の中でもさらに理解を深めていく必要があり、今後はまず自治体内でさらにデータを蓄積しながら自治体内での感染対策に向けた協議のための材料として活用するところから、との見解であった。

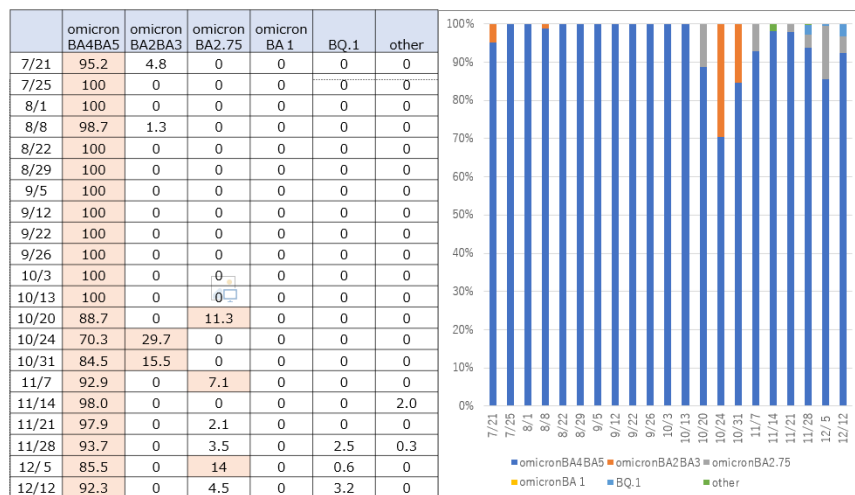
検討会議の中では、重症患者用の病床確保や臨床医の患者受け入れ体制整備の観点から、保健所が発信する医療従事者へのメーリングリストの中で、下水サーベイランス結果を掲載するというアクションは今後の1つの活用先としての候補に挙げられた。

ただし、現状医療従事者の下水サーベイランスの認知度は低く、そのデータの信頼性確保に至っていない状況を鑑みると、下水サーベイランスの測定結果の共有については、認知や信頼性を得ながら段階を追って発信する必要があるとの水戸市保健所の判断となった。

変異解析については、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。本結果について水戸市からは下水を用いた変異解析についても今後の感染状態の把握に対して有用な可能性が示された、との見解である。現状、茨城県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事から、下水を使って簡便に水戸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。（図4-9、10）

以上の結果から下水サーベイランスについてはさらに実証の形でデータを積み重ねていく必要があるが、5類となる状況の中で変異も含めた感染状況の可視化については有用なツールとしての可能性が示されたというのが検討会議の結論であった。

変異解析の結果報告 水戸1

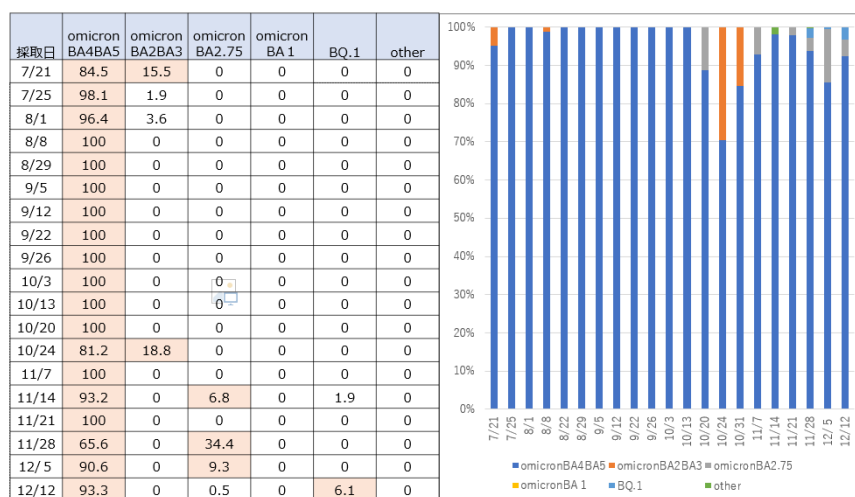


AdvanSentiinel

3

図 4-9 変異株の存在割合（水戸 1）

変異解析の結果報告 水戸2



AdvanSentiinel

4

図 4-10 変異株の存在割合（水戸 2）

4.3.2 今後の課題

データの活用については、感染症法上の新型コロナウイルス感染症が5類に移行後、保健医療部内でコロナ対策用のデータの一つとして活用できるかさらなるデータの積み上げ検討が必要である。そのためには水戸市内でのデータの積み上げ、および信頼性の積み上げデータが必要であり、また今後全国の自治体のデータとの比較の上、水戸市のデータの見方について見識を深めていく必要がある。すなわちサーベイランスデータの公開と共有が重要である。

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	地域感染状況の可視化	保健医療部、保健所	エリアの中での細かい感染動向の情報
2	感染の予測	保健医療部、保健所	1・2週間後感染状況の把握
3	変異解析	保健医療部、保健所、衛生研究所	変異株の存在割合の現状把握
4	インフルエンザなどの横展開	保健医療部、保健所	コロナウイルスに加えてインフルエンザやノロウイルスなどの同時測定

5.1 本事業を通じて把握された活用ニーズ（No. 1）

地域感染状況の可視化

5.1.1 活用ニーズ概要

現行の感染サーベイランスは、広域の地域を代表したデータをとっているが、水戸市のような狭い地域を詳細に見ることまでは出来ておらず、地域での感染状況については見えにくくなっている。また5類化を見据えて、今後さらに感染状況の可視化へのニーズが増すものと考えられる。水戸市全体の感染状況、およびその中でのエリアやさらに個別施設（学校や病院、老人施設など）のような感染状況を把握したい。

5.1.2 活用・実装の状況（試行、年度内準備中を含む）

下水サーベイランスの検証を継続したい意向はあるものの、まだ実証の段階との認識であり、自治体として独立してサーベイランスを続ける判断には現時点では至っていない。

5.1.3 活用・実装できなかった理由

自治体での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ものの、今回の実証では期間が約半年と、積み上げが十分ではない。積み上げをしていくうえで必要なエリアごとの感染者数の情報が、9月の政府の全数把握中止の方針見直しにより入手できなくなり、水戸市の求めるデータの信頼性の積み上げに十分至ることが出来なかったことも一つの要因である。また実装に向けては長期のサーベイランスの積み上げ、他自治体とのデータ筆画を通じた信頼性も獲得していく必要がある。またサーベイランスとしては継続こそが重要であり、国側で継続のための予算を獲得して続けるべき施策と考える。

5.2 本事業を通じて把握された活用ニーズ（No. 2）

1～2 週間後の感染状況の予測

5.2.1 活用ニーズ概要

1～2 週間後の感染状況の予測に使いたい。通常の感染サーベイランスは必ず報告の遅れがあるので、下水から早めのアラートとして情報が発信できれば有用だと考えられる。

5.2.2 活用・実装の状況（試行、年度内準備中を含む）

すぐの活用を検討出来ている状況ではない。

5.2.3 活用・実装できなかった理由

上述のニーズについては実証の開始時ではなく、実証を進める中で新たに把握したニーズであり、水戸市の実証の中には予測モデルの構築検討は含まれていなかった。今回の実証の結果から、5～8 日程度の先行指標性について確認された点については前向きに水戸市内でも捉えてもらったものの、2 週間後の予測までには至っていない。AdvanSentinel 側でもまだ高精度の予測モデルを確立できておらず、検証を別途進めている段階である。

5.3 本事業を通じて把握された活用ニーズ（No. 3）

下水からの地域全体での変異情報の収集

5.3.1 活用ニーズ概要

変異解析の活用

5.3.2 活用・実装の状況（試行、年度内準備中を含む。）

茨城県では現在毎週 100 のサンプルにて変異解析を実施しているが、全数把握の中止を受けて、水戸市では少しずつ変異株の情報が集まりにくくなっている。また今後 5 類化への変更を受け、検体を採取するプロセスがとても大変になる事が予想されている。下水から地域の変異株の流行状況、かつ不顕性患者も含めた状況が概況として簡便に情報取得できるのであれば有用である。活用・実装の状況（試行、年度内準備中を含む。）

5.3.3 活用・実装できなかった理由

5.1.3 記載の内容と同じく、自治体として独立して下水サーベイランスを実施するためには下水サーベイランス自体のさらなる信頼性獲得が必要との判断である。実証用の予算が獲得されるのであれば継続の可能性はある。

5.4 本事業を通じて把握された活用ニーズ (No. 4)

下痢症ウイルスやインフルエンザなどの他ウイルスへの横展開

5.4.1 活用ニーズ概要

下水サーベイランスはノロウイルスやポリオで実施されておりコロナウイルスに限定されたものではない。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と考える。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。

5.4.2 活用・実装の状況（試行、年度内準備中を含む。）

別途実証が必要。

5.4.3 活用・実装できなかった理由

コロナ以外の実証が行われていないため。

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

サーベイランスは継続こそが重要であり、下水サーベイランスについても今回の実証期間では短すぎるため、今回のような実証の形で国に継続して欲しいと希望している。

現状において年度内、令和5年度共に事業継続費用の見通しは立っていない。

6.2 事業終了後の実施体制

継続するのであれば、水戸市単独ではなく茨城県として検討すべきと考える。

単独市ではデータの解釈も難しいケースがあり、周辺市町村からの影響度も大きいため、茨城県全体でのデータが集まることを希望する。

6.3 事業終了後の結果活用・公表方法

5の課題を更に検討することが出来れば、将来的には医療者関係者にデータの見方について啓発を行ったうえで、定点観測の補完資料として活用を検討できる可能性がある。

6.4 事業終了後の費用

[REDACTED]

[REDACTED]

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	オートサンプラーの採水部のスクリーへの巻き込み事案発生	オートサンプラーの撤収	スクリーの無い場所へのオートサンプラーの設置の設置。 採水部が流されないようにしっかり固定する。
2	ポンプ場での採水は、普段無人の場所での採水作業になるので鍵の受け渡しや安全確認	採水実施計画書を下水処理場管理事務所に提出。	ポンプ場の採水の必要性を吟味する。

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	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	
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のと検体輸送時間の短縮に繋がる。 COPMAN法のような全自動測定を導入が進めば、データ返却に時間短縮に繋がる。

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	誰が予算申請をして議会を通すのか決まっていない。	検討していない。	水戸市2役の判断が必要であり、エビデンスが蓄積されたのちに改めて上申。
2	国の方針提示と自治体の後方支援		現在内閣官房が行っている実証事業が厚生労働省、国土交通省に引き継がれていくのであれば、担当省庁が指針を定める事で自治体の

		取るべき道が決まってくる。また、新しい技術の導入に前向きな自治体を資金面からも援助する体制があると導入が進んでいくと考える。
--	--	----------------------------------------------------------------

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	（水戸市としては保健所、衛生研究所、保健医療部局が連動しての検討体制となっており、活用ニーズについてもクリアにフォローすることが出来た。）		継続については興味を持って頂いており、予算が対応できれば前向きに検討が続けられる。

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	下水中ウイルス測定のパ精度向上とフィードバックの時間短縮、エビデンスを蓄積したうえで・また第5類を見据えた活用イメージの具現化。	特になし	全自動測定法の導入による時間短縮とウイルス濃度から感染者数の予測を行う。エビデンスを蓄積し、協議を重ね、活用イメージを具現化する。

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	試行の具体的な進め方については今後検討が必要。	特になし	エビデンスを蓄積しながら試行の方法についても協議を続ける。

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	医療関係者には下水サーベイランスの認知度が低くこのテクノロジーを誰も知らない。	特になし	医療者への認知拡大を目指し、医師会幹部に下水サーベイランスの周知活動。

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	公表していないので市民の評価を受けられない。	特になし	まずは自治体内での信頼性を獲得し、公表について合意する。その上で下水サーベイランスの認知拡大を図る事で住民の認知喚起に努める。
2	水戸市上層部に下水サーベイランスの取り組み状況、中間報告がなされていない。	特になし	実証事業終了後に水戸市2役に結果報告を行う。

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	10 分程度→5 分 (1 か所)	ポンプ場込み5か所採水：■■■■円程度 処理のみ■■■■円程度	作業時間は、慣れてくると短縮できる。 金額は、ポンプ場等の採水が加わると移動や安全管理面の配慮が必要になり大きな負担になるが、処理場のみであれば、外部委託先の処理場管理会社の作業員が行うので費用は格段に抑えられる。
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	