

1

2

3

4

5

新型コロナウイルスの広域監視に活用するための

6

下水 PCR 調査ガイドライン（案）

7

（令和 4 年 3 月 22 日版）

8

—参考資料編—

目 次

1	環境水サーベイランスに関する研究事例.....	1
1.1	国内動向.....	1
1.2	海外動向.....	3
1.3	EU 勧告（仮訳・全文）.....	11
1.4	CDC・NWSS 仮訳.....	17
2	自治体における下水サーベイランスに関する調査事例.....	49
2.1	東京都.....	49
2.2	京都市.....	58
2.3	京都府.....	58
2.4	札幌市.....	59
2.5	仙台市.....	59
2.6	埼玉県.....	61
2.7	船橋市.....	62
2.8	神奈川県.....	62
2.9	大阪府、大阪市.....	63
2.10	貝塚市.....	64
2.11	香川県、高松市.....	64
2.12	高知県.....	66
2.13	神戸市.....	67
2.14	大分市.....	67
3	ポリオ環境水サーベイランスの事例.....	68
4	感染症サーベイランス（人への検査）.....	71
5	ノロウイルスサーベイランス事例.....	73
6	国土交通省の調査事例.....	74
	<参考文献>.....	82

1 環境水サーベイランスに関する研究事例

1.1 国内動向

新型コロナウイルスをめぐる調査および環境水サーベイランスに関する取組については、国内外において事例が多く挙げられている。

新型コロナウイルスの下水中の調査が始まった初期の頃、kitajima らが新型コロナウイルス感染症の流行状況を把握する上での下水疫学の有用性を提唱した世界初の総説論文を *Science of the Total Environment* 誌に発表¹⁾している。

水環境学会タスクフォース（代表・大村達夫（東北大学シニアリサーチフェロー））が2020年5月に「下水及び水環境中の新型コロナウイルスの検出・除去・リスク管理に関する国内外の情報収集・発信」を目的として発足し、2021年9月の活動終了までに①自治体からの下水調査協力取り付け、②「下水中の新型コロナウイルス遺伝子分析マニュアル」の策定、③セミナーやメディアを通じた情報発信 という成果を挙げている。この中で②「下水中の新型コロナウイルス遺伝子分析マニュアル」の中でのウイルス濃縮法については、第3章において紹介した通り、3種類の濃縮法が挙げられている²⁾。

また、同様に3章において紹介した北大一塩野義法（仮）については、北海道大学の北島准教授と塩野義製薬株式会社が高感度検出技術として開発した下水を含む環境水中の新型コロナウイルスを検出するための分析手法であり、令和4年2月時点で特許出願中である。これは下水中の固形物を対象とした SARS-CoV-2 RNA 抽出を行い、前増幅（プレアンプ）を採用するなどして従来法よりも100倍程度感度の高い検出法であると言われている³⁾。合わせて、変異株に対するアプローチを行っており、調査時の注目すべき変異に合わせた複数のプライマーセットを用いることで、下水中の変異株の検出に成功したと言われている³⁾。

また、日本では海外と比較して下水を含む環境水中の新型コロナウイルス RNA 濃度が低く、定量的な結果を得られないことが多い。これに対しては、2章において紹介した陽性率を用いる方法については高知大学の井原准教授が提唱している。低コピー数の PCR 陽性数がポアソン分布に従うことから繰り返し qPCR 試験での陽性率を調べることで反応液中のウイルス遺伝子数の大きさを判別するという方法である⁴⁾。

これらの分析手法を用いた結果として、新規感染者数と下水中の新型コロナウイルス RNA 量との関係については、陽性率（n=12）と当該自治体の推定発症日における新規感染者数との間に Spearman の順位相関係数で 0.7588 ($p < 0.0001$) となり、関係があることが示されている⁴⁾。

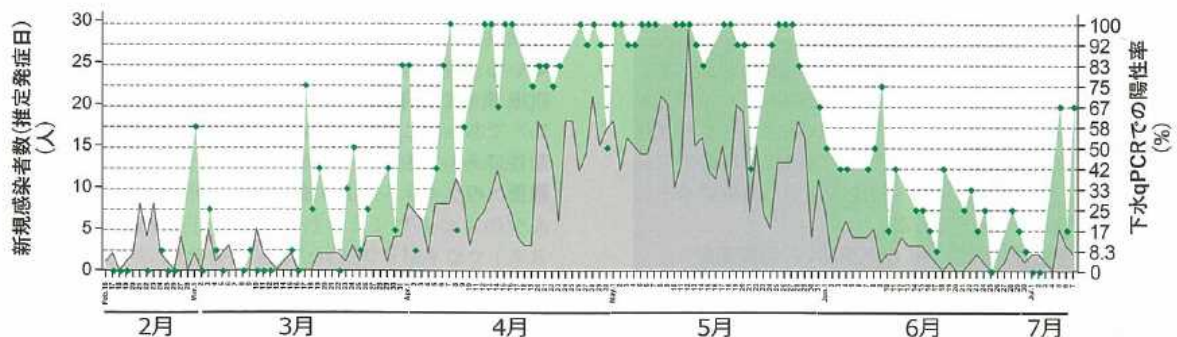
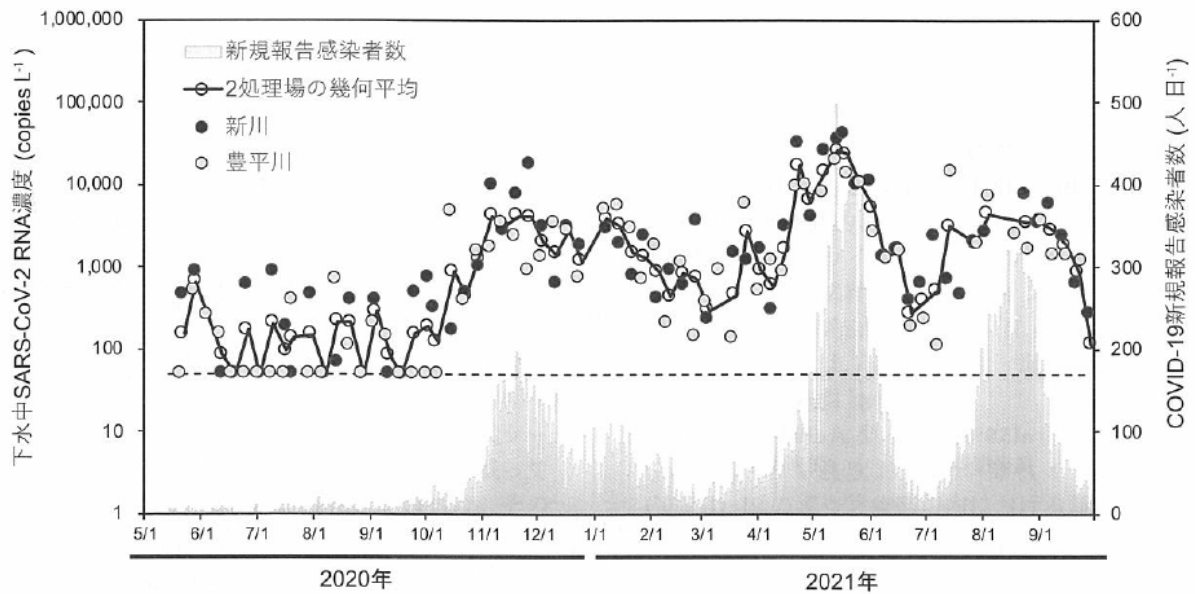


図 1.1 下水での SARS-CoV2 RNA 陽性率と新規感染者数の比較³⁾



1
2 **図 1.2 札幌市における下水中 SARS-CoV2 RNA 濃度と市内の新規報告感染者数の経時変化**³⁾

3
4 3 項において紹介するポリオ環境水サーベイランスを行っている国立感染症研究所を中心とする
5 厚生労働科学研究においてもポリオ環境水サーベイランスと同様の仕組みを用いた新型コロナ
6 ウイルスに対する調査を行っており、月 1 回の下水採取による地域ごとの感染者の有無を示すこ
7 とはでき、他方、採水頻度を上げた調査事例では感染者数の変動パターンよりモニタリングへの
8 適用可能性を示したが検査キャパシティが課題と指摘している。下水を用いた SARS-CoV2 調査の
9 今後として、ヒトの検査を補完する役割を前提として、①下水定点を設定し地域の感染の早期探
10 知、感染状況の把握、②ハイリスク施設（高齢者施設など）の感染の早期探知、感染管理の 2 つ
11 が想定されるとしている⁵⁾。

12 感染者数予測については、東北大学の佐野教授が機械学習を用いた過去 4 週間移動下水陽性率
13 を用いた翌 1 週間後の新規感染者数予測について研究⁶⁾を行っており、社会的な実装の実証とし
14 て仙台市と共同で希望者へのデータ公表と翌 1 週間の予測についてメール送信を行っている（詳
15 細は 2.5 項参考）。

16 また、どのような情報を与えるとまん延防止対策となるのかという視点からの研究として、滋
17 賀県立大学の平山准教授による下水モニタリングによる感染症流行予測情報が市民の感染防止行
18 動に与える効果の検証がある。後述する仙台市で発信されているノロウイルス情報を受けている
19 一般市民、および大阪市民へのアンケート調査結果より、ノロウイルス情報システム非利用者に
20 比べ、システム利用者の方が感染予防対策を取る実施頻度が高いと言われている。また、新型コ
21 ロナウイルス感染症への対策強化に有効な情報の与え方としては、1 週間後の感染拡大予測情報
22 により、個人の対策実施に動機付けられる調査結果が示されている。また、身近な地域の情報は、
23 より広い、市や県レベルでの情報と比較して対策を強化する効果に差が無いという結果も示され
24 ており、流域下水道等、比較的広範囲の下水を収集している施設でのモニタリング結果にもとづ
25 く情報も、住民の対策強化には有用であることを示している⁷⁾。

26 国内における新型コロナウイルスに関する下水サーベイランスの社会実装にあたっては、情報
27 提供のスピードや情報そのものの与え方等の課題がある。また、下水サーベイランスの役割とし
28 て感染症流行前や非流行期においては、その監視システムとして機能することも考えられるが、

1 感染症流行時においてはヒト検査との関係についてどのように保健衛生部局等と連携していくの
2 かも課題として挙げられる。

3 4 1.2 海外動向

5 海外においては、国及び地域において国の機関あるいは大学、民間企業を中心とした取組が行
6 われている。

7 EU においては EU 勧告 (COMMISSION RECOMMENDATION of 17.3.2021)⁸⁾が 2021 年 3 月 17
8 日に出されており、新型コロナウイルスと変異株の下水疫学の統一的なサーベイランスのための
9 共通アプローチを推奨している。具体的には 2021 年 10 月までに全国の新型コロナウイルスと変
10 異株の下水疫学調査システムを制定することを推奨しており、15 万人以上の都市に対しては感染
11 状況が著しいときには週 2 回以上の採水・分析を実施し、感染者数が少ないときには回数を削減
12 するとしている。また、下水流入水、及び関連する上流側の下水管きょ網において、早期警戒に
13 は採水後 48 時間以内に報告をすることとなっている。採水方法は 24 時間の等量または流量比例
14 コンポジットサンプルとし、濃度は RT-PCR において測定を行うが、変異株に対してはシーケン
15 サによる解析を行うこととしている。

16 これを受けて同年 5 月 11 日には ISO/TC 147/SC 4 に DIN から「下水中の新型コロナウイルス
17 と他のウイルスの検出方法」の新規規格作業提案 (NWIP) が提出されている。

18 EU 勧告内では、下水中の SARS-CoV-2 のモニタリングは、公衆衛生上の意思決定プロセスに
19 重要な補完的かつ独立した情報を提供すること等、下水疫学情報は補完的な役割であることが明
20 示されている。また、下水モニタリングは感染傾向を観察するためのツールであり、国内におけ
21 る COVID-19 の有病率を算出するための絶対的な手段ではないと示されている。

22 この EU 勧告により、EU 各国では下水サーベイランスに対する取組が行われており、各国の
23 HP 等で情報提示を行っている。

24 また、アメリカにおいては CDC (米国疾病予防管理センター) より NWSS(全国下水モニタリ
25 ングシステム)が構築されており⁹⁾、その中での目的としても効率的に蓄積されたコミュニティの
26 サンプル、タイムリーな COVID-19 臨床検査が十分に活用されていない、または利用できないコ
27 ミュニティのデータ、サブカウンティ (細分化されたコミュニティ) レベルのデータとして下水
28 疫学情報を用いるべきとしている。また、その中でコミュニティの感染レベルが低い場合、下水
29 モニタリングでは感染を把握できない可能性があることも示されている。

30 海外の取組事例を以下に示す。

1 (1)アジア区域

2 ①香港¹⁰⁾

3 香港では香港大学を中心とした研究チームにより下水中の新型コロナウイルス調査の研究プロ
4 ジェクトを2020年10月より実施している。これまでに、下水中のウイルス濃度が感染拡大の早
5 期警戒に役立つ可能性を見出している。

6 <体制>

- 7 ・実施主体：香港大学
- 8 ・支 援：環境局、食品衛生局（HMRF:健康医療研究資金）

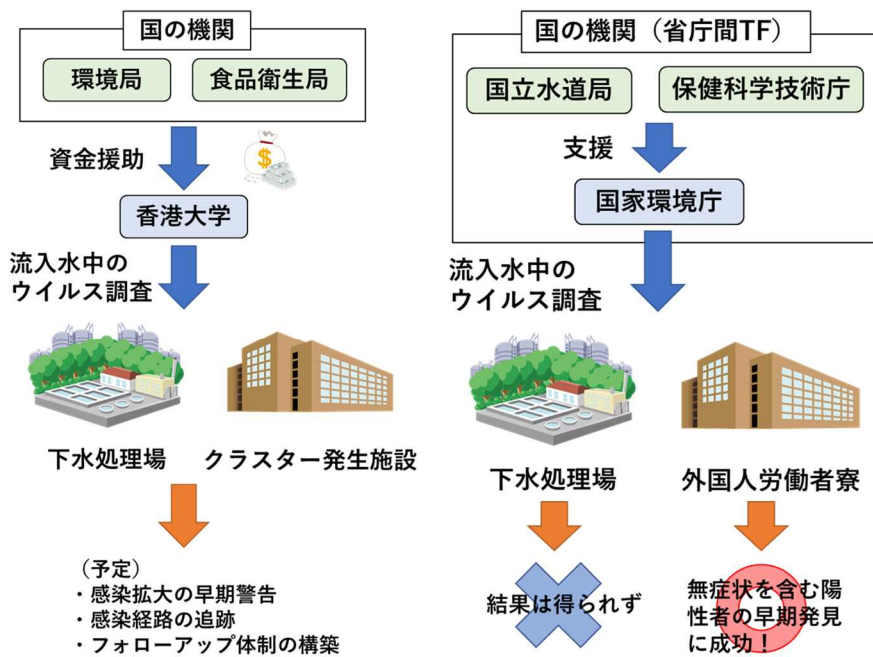
10 ②シンガポール¹¹⁾

11 シンガポールでは国家環境庁（NEA）主導のもと、全国の下水处理場からのサンプルに対して
12 調査を行ったが、有益な結果は得られなかった。一方で、大規模な外国人労働者寮を対象とした
13 排水調査では、排水中からウイルスが検出された寮の入居者から無症状を含む陽性者を早期に発
14 見し、感染拡大の抑制を行うことに成功している。

15 <体制>

- 16 ・実施主体：国家環境庁
- 17 ・支 援：PUB（国立水道局）、HTX（保健科学技術庁）

18



19

20

21

図 1.3 アジア地域取組概要（左・香港、右・シンガポール）

1 (2)ヨーロッパ

2 ①ベルギー¹²⁾¹³⁾

3 ベルギーでは、同国の人口の約45%を占める42の下水処理施設で週2回（月、水）の24時
4 間コンポジットサンプリングにて調査が行われている。

5 調査結果はSciensanoのダッシュボードにて、その他疫学情報とともに公開されている。

6 全期間を通じて、下水中のコロナウイルス濃度と症例数に正の強い相関（ $R^2 > 0.7$ ）がみられ
7 た。

8 <体制>

9 ・実施主体：Sciensano（国立衛生研究所）

10 ・協力：アントワープ大学、地域の公共衛生機関、水道局

11

12 ②エストニア¹⁴⁾¹⁵⁾

13 エストニアでは人口1万人を越える市町村の下水処理場に対して週1回の24hrコンポジット
14 サンプリングにて調査を実施している。

15 分析結果はHPにて濃度別に感染拡大状況を示すマップとして公開されている。

16 2022年初頭より、実施主体がタルトゥ大学から国の衛生委員会に引き継がれた。分析業務は国
17 立衛生研究所が実施している。

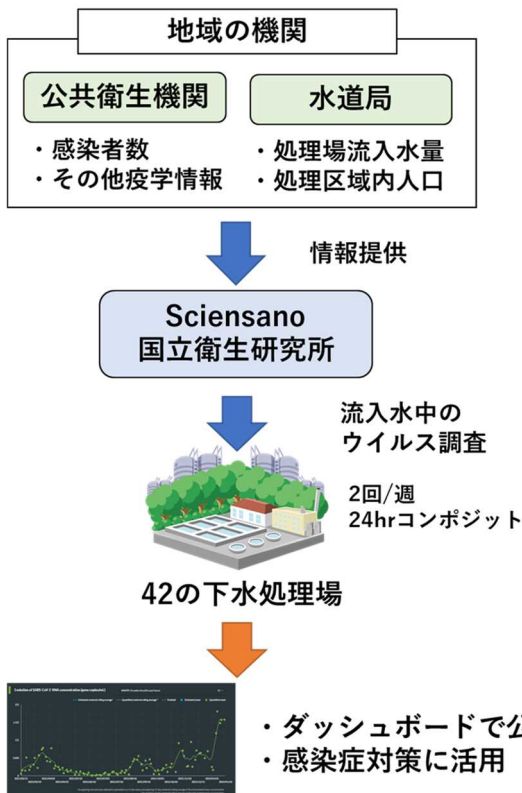
18 <体制>

19 ・実施主体：タルトゥ大学⇒国の衛生委員会

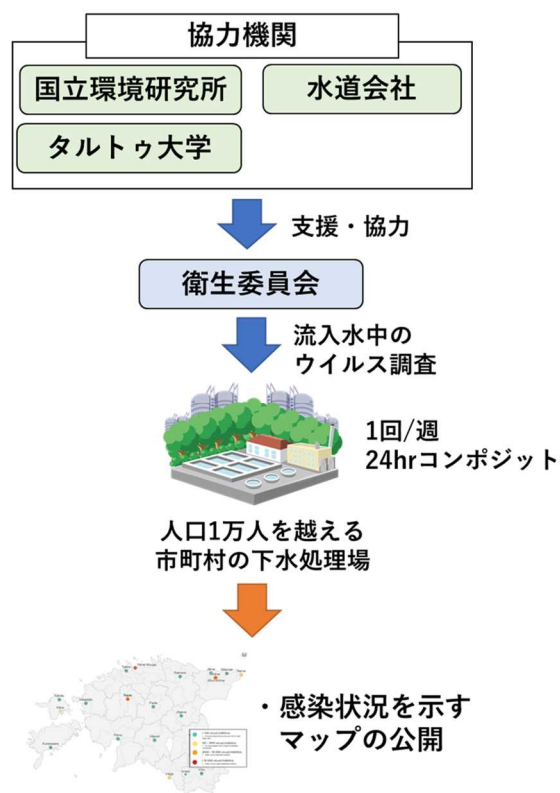
20 ・協力：エストニア国立環境研究所（EERC）、地域の水道会社

21

22 (ベルギー)



(エストニア)



23

24

図 1.4 ベルギー及びエストニアにおける取組概念図

1 ③フィンランド¹⁶⁾¹⁷⁾

2 フィンランドでは人口の約60%を占める28の下水処理場（毎週5処理場、隔週23処理場）を
3 対象に調査を実施している。現在は大都市圏を中心に14の下水処理場で調査を継続している。こ
4 れはフィンランドの約40%をカバーしている。（感染者数によっては対象地域を拡大する。）

5 分析結果はHPにて毎週金曜日に①前後2週間の分析結果、②地域別の動向、③ソースデータ
6 として公開されている。

7 <体制>

- 8 ・実施主体：フィンランド保健福祉機関
- 9 ・協 力：地域の病院、処理場

11 ④フランス¹⁸⁾

12 Obepine ネットワークはフランス全土150か所程度の下水処理場に対してモニタリングを実施
13 し、各処理場間のネットワークを構築する。今後はSARS-CoV-2のみならず、他の病原体もカバ
14 ーできるようなネットワークを構築する予定。

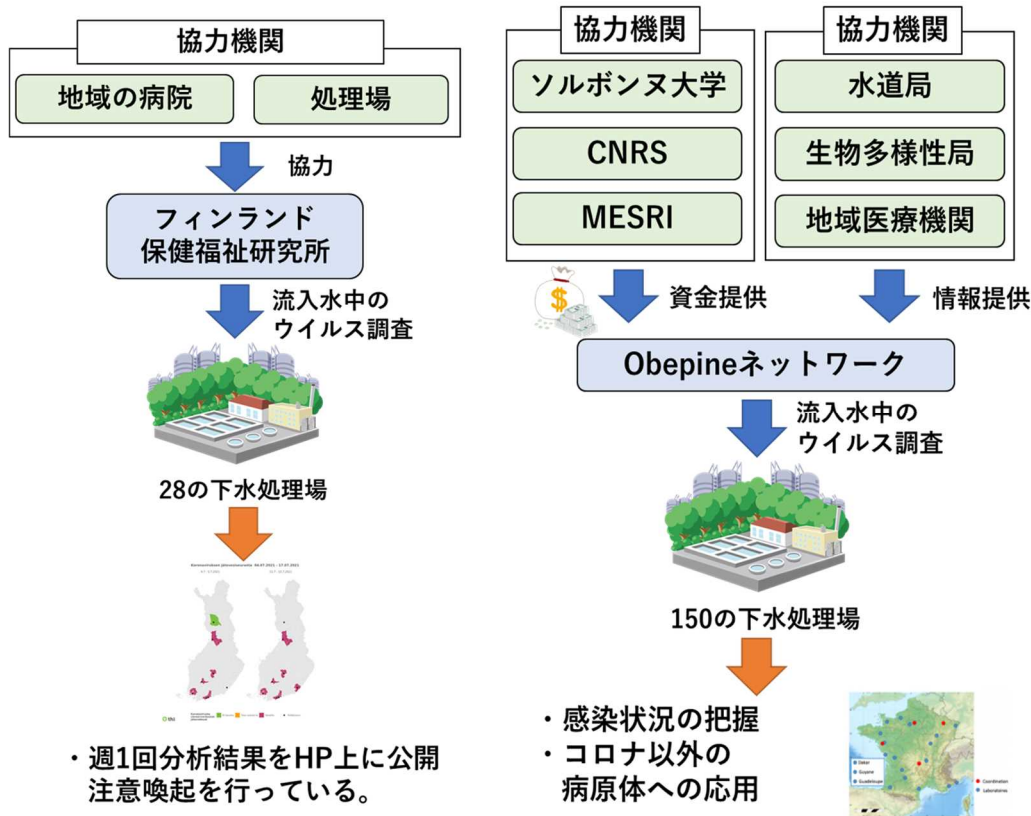
15 <体制>

- 16 ・実施主体：Obepine ネットワーク
- 17 ・協 力：水道局、フランス海外領土生物多様性局、ARS（地域医療機関）

18 ソルボンヌ大学、CNRS（フランス国立科学研究センター）、MESRI（高等教育・研究・イノベー
19 ション省）

21 (フィンランド)

(フランス)



22 図 1.5 フィンランド及びフランスにおける取組概念図

1 ⑤アイルランド¹⁹⁾²⁰⁾

2 アイルランドでは21年5月より下水道接続人口の約80%を占める68の処理区を対象に原則週
3 1回の調査を実施している。

4 分析結果は週1回のレポートとともに公開され、症例ベースのサーベイランスシステムを補完
5 することを目的としている。

6 <体制>

7 ・実施主体：HPSC（健康保護監視センター）

8 ・協 力：HSE（公的医療機関）、NVRL（国立ウイルスリファレンスラボラトリー）、UCD 生
9 物分子・生物医学学校、アイリッシュウォーター

10

11 ⑥ルクセンブルク²¹⁾

12 ルクセンブルグではLIST（ルクセンブルグ科学技術研究所）が国内の13処理場にて毎週調査
13 を実施している。

14 分析結果をHP上で公表しており、感染対策の判断の指標として使用されている。

15 感染者数との相関関係を導くモデルを開発中。

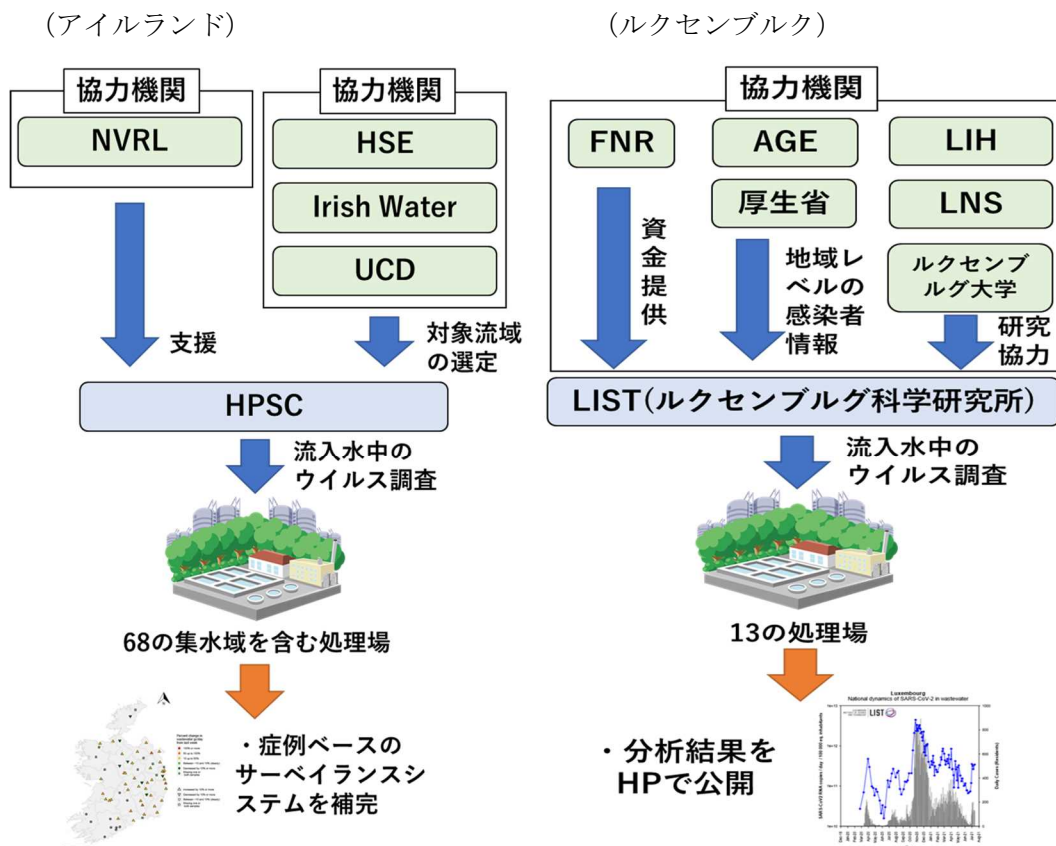
16 <体制>

17 ・実施主体：LIST（ルクセンブルグ科学研究所）

18 ・協 力：FNR（国立研究開発機構）、AGE（水質管理庁）、厚生省、LIH（ルクセンブルグ保
19 健研究所）、LNS（国立衛生研究所）、ルクセンブルグ大学

20

21



22 図 1.6 アイルランド及びルクセンブルクにおける取組概念図

23

24

1 ⑦オランダ²²⁾²³⁾

2 オランダでは RIVM（国立保健環境研究所）が国内にある 300 以上の下水処理場にて週 1 回調
3 査を実施している。

4 分析結果は人口（10 万人あたり）と下水の流量で補正され、国のダッシュボードにて公開され
5 ている。

6 自治体でのデータ利活用に関するプロトコルは現在作成中である。

7 <体制>

- 8 ・実施主体： RIVM
- 9 ・協 力： Union of Water Board（水管理委員会）、地域の水道局

11 ⑧スイス²⁴⁾²⁵⁾

12 スイスでは ETHZ（スイス連邦工科大学チューリッヒ校）が主体となって、国内の 10%の人口
13 をカバーする 6 つの処理場で調査を実施している。

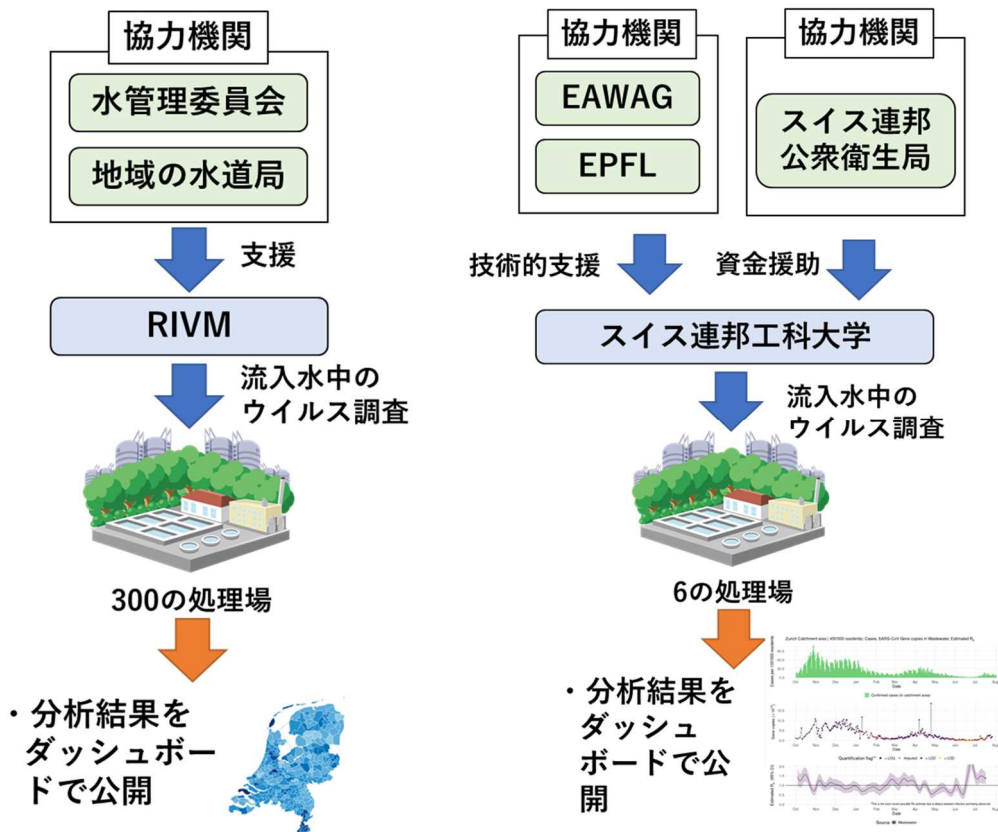
14 分析結果は国のダッシュボードで公開されており、感染症対策の補完的なツールとして活用さ
15 れている。

16 <体制>

- 17 ・実施主体： ETHZ
- 18 ・協 力： EAWAG（スイス連邦水生科学技術研究所）、EPFL（スイス連邦工科大学ローザン
19 ヌ校）、スイス連邦公衆衛生局

21 (オランダ)

(スイス)



22 図 1.7 オランダ及びスイスにおける取組概念図

1 ⑨スコットランド²⁶⁾

2 スコットランドでは SEPA（スコットランド環境保護局）が、国内にある 106 の処理場にて毎
3 週調査を行っている。

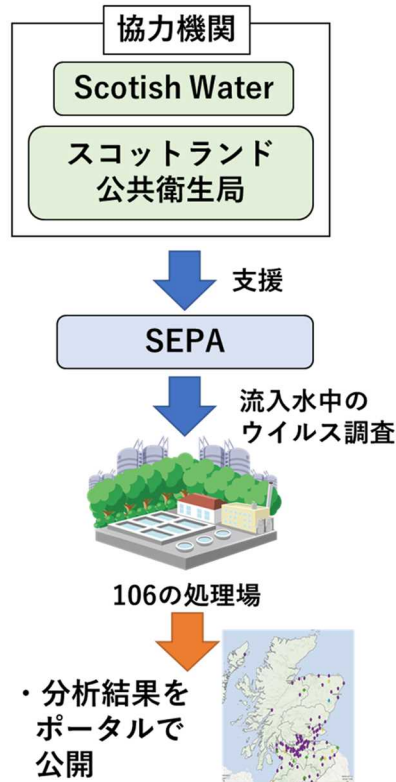
4 分析結果は、関連機関と共有され、公共ポータルで公開されている。

5 <体制>

6 ・実施主体：SEPA

7 ・協 力：Scottish Water（上下水道サービス提供公社）、スコット公共衛生局

8



9

10

図 1.8 スコットランドにおける取組概念図

11

12 (3)アメリカ⁹⁾

13 アメリカでは CDC(米国疾病予防管理センター)と HHS(米国保健福祉省)が連邦政府内の各機関
14 と協力して、NWSS(全国排水監視システム)を実施している。

15 NWSS は州・地域・準州の保健局が排水検査データを管轄地域を越えた全国規模での比較が可能
16 なポータルとなっている。

17 所轄の保健局に排水検査データが送られそこから CDC に提出され、データの解析を行い、ポー
18 タルに結果が公表されます。

19 NWSS は COVID-19 だけではなく、そのほかの疫病に対しても柔軟に対応できるプラットフォーム
20 として活用される予定。

21 <体制>

22 ・実施主体：CDC

23 ・協 力：HHS、地域の保健局

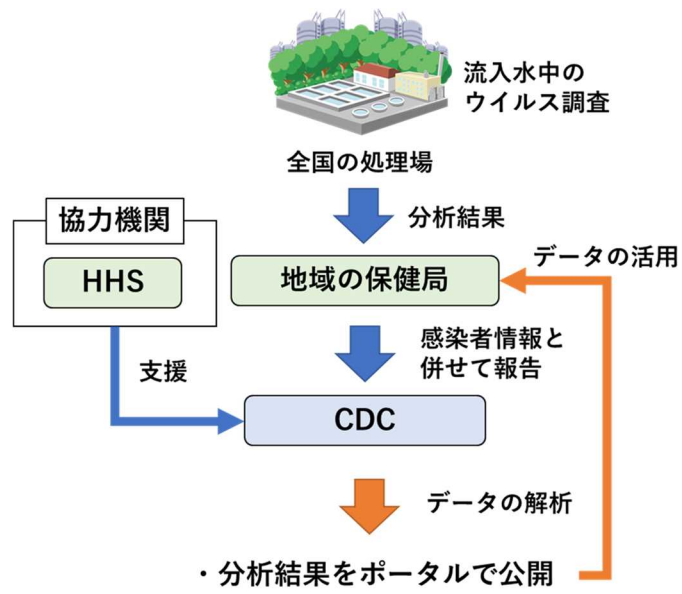


図 1.9 アメリカ合衆国における取組概念図

1
2
3

1 1.3 EU 勧告（仮訳・全文）

2 COMMISSION RECOMMENDATION of 17.3.2021⁸⁾

3 2021 年 3 月 17 日付 EU 勧告

4

5 on a common approach to establish a systematic surveillance of SARS-CoV-2 and its variants in wastewaters
6 in the EU

7 EU における下水中の SARS-CoV-2 とその変異株の体系的なモニタリング方法を確立するための
8 共通のアプローチについて

9

10 THE EUROPEAN COMMISSION,

11 Having regard to the Treaty on the Functioning of the European Union, and in particular Article 292 thereof,
12 Whereas:

13 EU は、

14 以下のように、EU の機能に関する条約（Treaty on the Functioning of the European Union）、特に第
15 292 条を考慮に入れ、本勧告を採択した。

16

17 (1) EU の機能に関する条約第 168 条 7 項によると、「健康に関する政策の定義」および「健康サー
18 ビスと医療の構築および提供」は、依然として国家の権限である。したがって加盟国は、それ
19 ぞれの国の疫学的、社会的状況を考慮して、自国における SARS-CoV-2 に対する戦略を決定す
20 る責任を持つ。

21 (2) 2020 年 11 月 11 日に発表されたとおり、欧州委員会は、人々の健康に対する国境を越えた新
22 たな脅威に対する EU の対応能力を強化するため、健康危機準備・対応機関（Health Emergency
23 Preparedness and Response Authority、HERA）の設立を提案する意向である。HERA の使命は、
24 公衆衛生上の緊急事態が発生した場合に、EU 及び EU 加盟国が最先端の医療およびその他の
25 対策を迅速に展開できるように、その構想から普及、活用までの全体をカバーすることである。

26 (3) 欧州委員会は今年、HERA の基礎を築き、公衆衛生上の緊急事態に対する EU の長期的な備え
27 への準備を開始する。2021 年 2 月 17 日、欧州委員会は欧州の生体防御準備計画「HERA Incubator」
28 を採択した。この計画は、SARS-CoV-2 変異株の脅威の拡大に備えるための緊急提案を提示し
29 ている。

30 (4) ヨーロッパをはじめ、世界各地で変異株が進化し、拡散している。感染力が高く、より重篤な
31 疾患を引き起こす傾向があるものもあり、ウイルス対策が試されている。したがって、適切かつ
32 タイムリーな対応のために、あらゆる手段を用いてこれらの変異株をできるだけ早く検出す
33 ることが重要である。

34 (5) HERA Incubator が重点的に取り組む活動分野の 1 つに、懸念される現在および将来 SARS-CoV-
35 2 の変異株を迅速に検出が挙げられる。この分野における加盟国の経験から、下水中の SARS-
36 CoV-2 およびその変異株のモニタリングは、国内における SARS-CoV-2 の蔓延に関する情報源
37 として、費用対効果が高く、迅速で信頼性の高いものであり、またゲノムおよび疫学的モニタ
38 リングを強化する上で重要な役割を果たすことがわかっている。

39 (6) 下水モニタリングは、COVID-19 のモニタリングと検査戦略を補完する独立したアプローチと
40 して考慮されるべきである。2020 年 10 月 28 日の欧州委員会勧告「迅速抗原検査の使用を含
41 む COVID-19 検査戦略」に強調されているように、確実な検査戦略と十分な検査能力は、

1 COVID-19 への対応に不可欠な要素である。また、欧州委員会が 2020 年 12 月 2 日に発表した
2 通達「冬期における COVID-19 対策と安全確保」や、2021 年 1 月 19 日に発表した通達「COVID-
3 19 に対抗するための団結」でも強調されているように、COVID-19 パンデミックのモニタリン
4 グ・抑制・緩和のためには、検査が依然として重要な要素である。つまり、各国の検査戦略は
5 COVID-19 対策の中心となるものであるため、新しい変異株を考慮して早急に更新する必要が
6 ある。下水中の SARS-CoV-2 のモニタリングは、COVID-19 の現状において、公衆衛生上の意
7 思決定プロセスに重要な補完的かつ独立した情報を提供することができる。そのため、SARS-
8 CoV-2 ウイルスを検出するための国の検査戦略に、下水モニタリングをより体系的に組み込む
9 必要がある。

10 (7) 2020 年 11 月 30 日、世界保健機関（WHO）は、下水中の SARS-CoV-2 のモニタリングに関連
11 する公衆衛生上のニーズに関する専門家協議を開催し、下水中の SARS-CoV-2 のモニタリング
12 は公衆衛生に関する各機関に重要な補完的かつ独立した情報を提供できると結論付けた。しか
13 かし、これは既存の COVID-19 検査のアプローチや戦略に取って代わるものではない。下水モニ
14 タリングは感染傾向を観察するためのツールであり、国内における COVID-19 の有病率を算出
15 するための絶対的な手段ではない。また、感染の流行の各段階において、異なる目的を果たす
16 ことができる。

17 (8)具体的には、下水中のウイルスの検出をパンデミックの（再）発生の可能性を示すシグナルと
18 とらえ、下水モニタリングを予防や早期警戒の目的で活用することができる。同様に、下水中
19 にウイルスが検出されない場合は、その地域の感染リスクが低いことを示す。また、検査結果
20 の傾向を分析することは、ウイルスの感染を抑制するための対策の有効性を確認するためにも
21 活用できる。したがって、下水中の SARS-CoV-2 のウイルス濃度の傾向をモニタリングするこ
22 とは、準備と対応策の参考となる。

23 (9)そのため、加盟国が効果的な下水モニタリングシステムを導入し、管轄の保健機関に関連デー
24 タを迅速に提供することが重要である。これまでの経験から、下水事業者は施設内の様々なパ
25 ラメータをモニタリングすることに慣れているため、新しい下水モニタリングシステムの構築
26 は 6 ヶ月以内に達成できると考えられる。

27 (10)収集されたデータの信頼性と比較可能性を確保するために、サンプリング、測定、および分析
28 には共通の手法が使用されるべきである。

29 (11)加盟国間におけるベストプラクティスの共有は非常に重要であるが、通常の検査結果へのデー
30 タアクセスが容易ではない第三国とのベストプラクティスの共有も重要である。このために
31 は、加盟国が将来の欧州 IoT プラットフォームに参加することを奨励する。

32 (12)必要に応じて、また本勧告にて提案された活動を促進・支援するために、EU の資金を利用し
33 て下水モニタリングおよび、下水中の変異株の系統的な分析を支援することが可能となる。こ
34 れにより加盟国は、下水中の SARS-CoV-2 と変異株の定期的な分析を確実なものとしつつ、下
35 水モニタリング・分析を加速することができる。

36 (13)下水モニタリングのためのデータ収集インフラは、現在のパンデミックに対応するため
37 SARS-CoV-2 のモニタリングに焦点を当てているが、推奨されるモニタリングシステムを導入
38 することは、SARS-CoV-2 モニタリング以外の付加価値もある。つまり、SARS-CoV-2 モニタ
39 リングにとどまらず、将来、他の病原体の発生や、懸念される他の汚染物質の脅威に対しても
40 早期に警告を発することができる。

41 (14) EU 理事会指令 91/271/EEC の見直しが進行中であることを考慮すると、下水中の公衆衛生関

1 連パラメータのモニタリングに関する加盟国の情報を収集することも重要である。これは、下
2 水中で定期的にモニタリングすべき公衆衛生関連パラメータの特定に役立つと考えられる。

3 (15)本勧告は、2021年3月17日付の本件に関する通達で発表された、欧州委員会が採用する
4 COVID-19措置の一部である。この勧告で奨励されている活動は、より広範なEUのイニシア
5 チブのために活用されるべきであり、また加盟国や世界中の国々における現在のベストプラク
6 ティスを基礎として、追加の活動として行われるべきである。また同様に、下水モニタリング
7 に関する欧州委員会のプロジェクトで得られた知見や、下水中のSARS-CoV-2モニタリングに
8 関連する公衆衛生上のニーズに関するWHOのコンサルティングも考慮するべきである。

9
10 HAS ADOPTED THIS RECOMMENDATION EUは本勧告を採択した（結句）

11 PURPOSE OF THE RECOMMENDATION

12 本勧告の目的

13
14 (1)本勧告の目的は、SARS-CoV-2の変異株の出現と拡散に焦点を当てたCOVID-19パンデミックの
15 補完的なデータ収集・管理ツールとして、加盟国における下水モニタリングシステムの確立を
16 支援することである。

17 (2)本勧告は、加盟国が下水モニタリングをより体系的に活用し、各国の検査戦略に含めることを
18 奨励する指針である。

19 (3)具体的には、SARS-CoV-2の下水モニタリングシステムの構築と運営および、収集したデータ
20 を管轄保健当局へ迅速に伝達するためのガイダンスを示す。また、効率的な下水モニタリング
21 戦略のための最低要件や、サンプリング、検査、データ分析に用いるべき共通の手法を推進す
22 る。さらに、欧州のIoTプラットフォームを通じて、分析結果やベストプラクティスの共有を
23 支援する。

24
25 WASTEWATER SURVEILLANCE

26 下水モニタリング

27
28 (4)加盟国には可能な限り早く、遅くとも2021年10月1日までに、下水中のSARS-CoV-2とその
29 変異株のデータ収集を目的とした下水モニタリングシステムを導入することを強く推奨する。

30 (5)モニタリングシステムは、加盟国の人口の大部分をカバーする必要がある。具体的には少なく
31 とも人口15万人以上の大都市からの下水を含める必要があり、最低でも週に2回のサンプリ
32 ングを行うことが望ましい。必要に応じて、人口の十分な部分をカバーするため、あるいは異
33 なる地域での人の移動に関連したウイルスの流行をよりよく理解するために、追加のサンプリ
34 ングサイトを選択する（例：夏季の観光地等）。

35 (6)最低限のサンプリング頻度と地理的な範囲は、疫学的な状況に応じて調整する必要がある。

36
37 (a)管轄の公衆衛生当局が、パンデミックが地域住民にとってのリスクではないと地域の疫学
38 的状況に基づいて評価した場合には、最低サンプリング頻度を1週間に1回に減らすべき
39 である。

40 (b)国内の一部でしか病気が発生していない場合は、状況に応じて最低サンプリング回数を増
41 減する。

- 1
2 (7)サンプルは、下水処理施設の流入口、または関連する下水ネットワークの上流で採取すべき
3 である。SARS-CoV-2 と変異株の存在を定期的に、理想的には月に 2 回分析する必要がある。
4 (8)高リスクコミュニティなど、ウイルスと変異株の存在をより正確に把握するための具体的な情
5 報が必要な場合には、該当地域の中心地をカバーする下水収集ネットワークにて、適宜追加の
6 サンプルングと分析を実施すべきである。サンプルング場所と頻度は、地域のニーズに合わ
7 せるべきである（例えば、都市の特定の地域、病院、学校、大学、空港、その他の主要交通機
8 関、高齢者センター、刑務所などに接続する流入口、等）。
- 9 (9)加盟国は、下水モニタリングの結果データを管轄の公衆衛生当局に速やかに送信し、さらに将
10 来、欧州 IoT プラットフォームが稼働した際には、同プラットフォームにも送信することを保
11 証すべきである。モニタリングを早期警戒に活用するために、各サンプルの結果は、できるだ
12 け早く、可能であればサンプル採取後 48 時間以内に提供されるべきである。
- 13 (10)分析結果を適切に解釈するためだけでなく、モニタリングシステムを公衆衛生上のニーズに
14 適合させるために、加盟国は関連する各種データをリンクさせ、分析結果の解析と伝達のため
15 に、保健所と下水処理場の管轄当局を含む適切な組織を導入することが推奨される。
- 16 (11)加盟国は、倫理的配慮に特に注意を払う必要がある。下水モニタリングは公衆衛生モニタリ
17 ングの一部であり、したがって、公衆衛生モニタリングにおける倫理的問題に関する 2017 年
18 の WHO ガイドラインに示されている倫理原則を遵守する必要がある。

19 20 SAMPLING AND ANALYSIS METHODS

21 サンプルングと分析方法

- 22
23 (12)サンプルングおよび分析方法の比較可能性と信頼性を確保するために、加盟国は以下のこと
24 に留意する必要がある。
- 25 (a)サンプルは 24 時間かけて採取すること。等量もしくは流量比例のコンポジットサンプラー
26 を使用し、気象現象等の影響を補正し流量が少ない時間を含めた 24 時間の下水流量と下水
27 処理場がカバーする人口規模から、1 日あたりの一人当たりのウイルス負荷を算出する。
- 28 (b)分析は、標準的な品質管理のもと、適切な RT-PCR 法を用いている研究室で行うこと。
- 29 (c)変異体の検出は、正式に文書化された遺伝子配列決定法に基づいて行うこと。
- 30 (d)研究室は認定された適切な技能試験に参加し、可能な限り（認証された）指定物質を使用す
31 る。
- 32 (e)附属資料（後述）の特定の品質基準を順守すること。

33 34 SUPPORT TO UNION COORDINATION

35 EU 加盟国間調整の支援

- 36
37 (13) EU 加盟国は、適切でタイムリーな公衆衛生対応を可能にするベストプラクティスや分析結
38 果、およびその解釈や活用方法を確実に共有するため、欧州疾病予防管理センター（ECDC）
39 やその他の EU 機関と緊密に協力することが奨励される。欧州委員会が設立する予定の欧州
40 IoT プラットフォームには下記の点を実現するため、加盟国の参加が強く奨励される。

- 1 (a)加盟国やその他の国からのベストプラクティスの収集と共有。
2 (b)下水モニタリング活動の結果の収集。
3 (c)サンプリングと分析方法の公開と定期的な更新。
4 (d)下水モニタリングおよびモニタリングを利用した疾病予防・制御に携わる専門家のリスト
5 作成。
6 (e)協調的な環境を整え、アプローチの相互調整を促進し、ベストプラクティスを共有する。
7
8 (14)欧州委員会が下水中の定期的なモニタリングが必要となる公衆衛生関連のパラメータを定義
9 するために、加盟国にはフィードバックを送るよう奨励している。このためには公衆衛生にと
10 どまらず、より広範なモニタリングも考慮する必要がある。特に、新規の汚染物質、新しい病
11 原体、薬物、医薬品、マイクロプラスチック、抗菌剤の摂取等、下水モニタリングにより得ら
12 れた情報の提供が奨励されている。

14 INTERNATIONAL DIMENSION

15 国際的側面

17 (15)加盟国には以下のことが強く求められる。

- 19 (a)国際的なレベルでベストプラクティスを共有し、下水中の SARS-CoV-2 のモニタリングのさ
20 らなる調和を促進すること。
21 (b)情報源へのアクセスが限られている第三国が、下水モニタリングによって国内のウイルス
22 の流行を追跡できるように支援すること。
23 (c)WHO とだけでなく、独自のモニタリングシステムを導入している先進的なパートナーとも
24 緊密で恒久的な協力関係を築くこと。

25 REPORTING - SHARING BEST PRACTICES

26 報告 - ベストプラクティスの共有

- 28 (16) 本勧告に対応するために、加盟国には 2021 年 4 月 1 日までに、公衆衛生と下水の管轄当局
29 を代表する連絡先を 2 か所まで指定することが奨励される。
30 (17) 加盟国は 2021 年 5 月 15 日までに、本勧告に基づく活動を欧州委員会に報告することが奨励
31 される。

33 Done at Brussels 17.3.2021

34 2021 年 3 月 17 日、ブリュッセル

36 ANNEX

37 附属資料

39 Specific Quality standards

40 規格と基準

1 (1) PCR/Digital-PCR (ポリメラーゼ連鎖反応) の規格

- 2
- 3 (a) qPCR 分析でサンプルを陽性と認定したり、シーケンシングで利用するためには、リアルタイムポリメラーゼ連鎖反応 (RT-qPCR) の閾値サイクル値が 40 以下であること。
- 4
- 5 (b) RT-qPCR と同等の結果が得られ、RT-qPCR と同等の品質要件が適用されるのであれば、RT-qPCR に代わる定量化手法 (デジタルポリメラーゼ連鎖反応 (dPCR) など) を使用することができる。
- 6
- 7
- 8 (c) すべてのサンプルは、偽陽性または偽陰性の結果を避けるために、少なくとも二重に分析する必要がある。
- 9
- 10 (d) 使用する RT-qPCR の分析手順には、少なくとも濃縮/検出ステップの効率性と有意な反応阻害がないことを評価するための適切なコントロールが含まれている必要がある。
- 11
- 12 (e) PCR/qPCR 分析の信頼性を評価するために、すべての分析には、適切な基準 (合成 SARS-CoV-2 RNA を用いた 3 回の連続希釈を少なくとも 3 回) と、ポジティブコントロールおよびネガティブコントロールを含める必要がある。
- 13
- 14
- 15 (f) 陽性検体の定量サイクル (Cq) のカットオフ値は、遅れて発生する蛍光シグナルの誤判定を避けるため、増幅プロトコルの終了の 5 サイクル前に設定する。
- 16
- 17 (g) RNA 検出時の汚染を考慮して、ネガティブな検出コントロールを使用する。
- 18

19 (2) 次世代シーケンシングの規格

- 20
- 21 (a) 1 サンプルあたり少なくとも 100 万リードを生成し、リードの長さは 100 塩基対以上とする。
- 22
- 23 (b) 下水の High Throughput Sequencing 解析で変異株の特徴をより明確にするために、変異株ごとに少なくとも 3 つの遺伝子マーカーを報告する。
- 24

25 (3) 正規化規格

- 26
- 27 (a) ウイルスの遺伝子コピー数は、異なる場所での測定値の比較を容易にするために、下水道がカバーしている人口と下水の流量を考慮してノーマライゼーションする。
- 28
- 29 (b) crAssphage (クロスアセンブリーフェージ) (c) または pepper mild mottle virus ((PMMoV) を用いた追加のノーマライゼーション・コントロールが推奨される。
- 30
- 31 (c) (b) のウイルスのデータが得られない場合は、パンデミックとは関係なくウイルス量の変動を引き起こす気象影響やその他の影響を同等にノーマライゼーションできるものであれば、降水量等、代替のパラメータを使用することができる。
- 32
- 33
- 34

1 1.4 CDC・NWSS 仮訳 (2022. 2. 4. Ver)
2 National Wastewater Surveillance System (NWSS)⁹⁾
3 全国下水モニタリングシステム (NWSS)

4
5 **コミュニティにおける COVID-19 の感染状況を把握するための新しい公衆衛生ツール**
6

7 COVID-19 の大流行を受けて、CDC (米国疾病予防管理センター、以下「CDC」) は 2020 年 9
8 月に全国下水モニタリングシステム (NWSS) を立ち上げた。CDC は、全国で採取された下水サ
9 ンプル中の COVID-19 の原因ウイルスである SARS-CoV-2 を検出するための検査体制の構築を目的
10 として NWSS を開発した。

11 CDC の NWSS は、保健所と協力して下水中の SARS-CoV-2 濃度を調査し、コミュニティが
12 COVID-19 の感染拡大を防ぐために迅速に行動できることを目的としている。NWSS は、各コ
13 ミュニティの独立した取り組みを、強固で持続可能な全国規模のモニタリングシステムへ統合させ
14 ることを目指している。

15 下水モニタリングにより、コミュニティ内における COVID-19 の拡散に対する早期警告を発す
16 ることが可能になる。

17 SARS-CoV-2 に感染した人は、症状がなくても糞便中にウイルスを排出することがある。この
18 ウイルスは下水から検出されるため、症状有無に関わらず、SARS-CoV-2 の存在を下水モニタ
19 リングシステムで把握することができる。このため、下水モニタリングは、COVID-19 がコ
20 ミュニティで広がっていることを早期に察知する役割を果たすことができ、COVID-19 の蔓延を防ぐた
21 めに公衆衛生機関が迅速に行動することが可能となる。また下水検査のデータは、コミュニティ
22 における COVID-19 の流行に関する重要な追加情報として、公衆衛生機関の感染拡大防止戦略を
23 サポートできる。

24 下水検査のデータは、以下の情報をもたらすことにより既存の COVID-19 モニタリングシス
25 ムを補完するものである。

- 26 -効率的なコミュニティのサンプル
- 27 -タイムリーな COVID-19 臨床検査が十分に活用されていない、または利用できないコ
28 ミュニティのデータ
- 29 -同一郡内の異なるコミュニティのデータ

30
31 **下水モニタリングの運用方法**
32

33 SARS-CoV-2 感染者は、糞便中にウイルス RNA (ウイルスの遺伝物質) を排出し、この RNA は
34 地域の下水から検出されることがある。下水には、人の糞便が含まれる家庭や建物の廃水 (トイ
35 レ、シャワー、流し台など) と、家庭以外からの廃水 (雨水、工業用水など) が含まれます。

36 -下水道区域 (下水収集システムが設置されている地域) からの廃水は、処理施設に流入する際
37 に収集する。

38 -サンプルは、SARS-CoV-2 検査のために環境関連または公衆衛生関連の研究所に送られる。

39 -保健機関は、NWSS Data Collation and Integration for Public Health Event Response (DCIPHER) の
40 オンラインポータルを通じて、CDC に検査データを提出する。

41 -NWSS の DCIPHER システムは、データを分析し、結果を保健機関に報告し、COVID-19 の対応

1 に利用される。結果は、CDC の COVID データトラッカーを通じて一般に公開される。

2
3 SARS-CoV-2 は COVID-19 感染者の糞便中に排出されるが、処理済みまたは未処理の下水に直
4 接触れたことが原因で COVID-19 に感染したという報告は現在のところ無い。

6 下水モニタリングの重要性

7
8 - SARS-CoV-2 の排出状況を症状の有無に関わらず把握することができる。公衆衛生当局は未
9 処理下水中の SARS-CoV-2 濃度を経時的に測定することで、下水道区域内の感染の増減を判
10 断することができる。

11 -下水モニタリングは、コミュニティにおける COVID-19 の感染者数の増減を早期に示す指標
12 となりえる。

13 -下水モニタリングは他の COVID-19 モニタリング方法と異なり、医療機関の受診状況や
14 COVID-19 検査の受診状況に依存しない。

15 -米国の約 80%の世帯が自治体の下水回収システムを利用しているため、下水モニタリングは
16 多くの地域で実施することが可能である。

18 自コミュニティにおいて NWSS を導入するために

19
20 下水を利用したモニタリングシステムを導入する際に考慮すべき事項に関する質問と回答を以
21 下に掲載する。

23 下水モニタリングが適しているコミュニティ

24
25 COVID-19 の原因ウイルスの下水モニタリングは、未だ発展途上である。ウイルスを検出する
26 ために下水モニタリングシステムを立ち上げる保健機関は、公衆衛生対応に有用なデータを収集
27 するために、以下の点を考慮する必要がある。

28
29 -長期にわたる下水モニタリングは、他のモニタリングデータを補完するトレンドデータを提供
30 することができ、公衆衛生活動上の意思決定に役立てることが可能である。しかし現時点で
31 は、下水モニタリングのみでコミュニティ内の感染者数を確実かつ正確に測定することはで
32 きない。

33 -下水処理場を介したコミュニティレベルの下水モニタリングでは、浄化槽等を使用している家
34 庭の情報は取得できない。

35 -下水処理場を介したコミュニティレベルの下水モニタリングでは、刑務所、大学、病院など、
36 排泄物を処理する他の分散型排水処理システムが提供されている施設は対象とならない。

37 -コミュニティの感染レベルが低い場合、下水モニタリングでは感染を把握できない可能性があ
38 る。下水モニタリングでの検出下限値（現在の検査方法で検出可能なウイルス排出者数の最
39 小値）は、わかっていない。検出限界の理解を深めるためには、感染の経過における感染者
40 の糞便内ウイルス排出量に関するデータがさらに必要である。

41 -下水処理場の運営方法によっては、モニタリングに適していない場合がある（下水が処理場に

1 到着する前に前処理されている場合など)。

2
3 低リソース下水システムを利用している地域での下水モニタリングの実施に関する情報はこ
4 ちらをご覧ください（7項へリンク）。

5 保健機関は、CDC の NWSS、研究所、地元の下水事業者と提携し、公衆衛生を守るために高品
6 質な地域レベルのデータを利用できます。CDC のファクトシート（PDF）を読んで、CDC NWSS
7 による COVID-19 下水モニタリングの運用についてもっと学びましょう。

8 9 **NWSS 参加について**

10
11 公衆衛生活動のため下水モニタリングを利用する際には、学際的なアプローチが必要となる。
12 COVID-19 を対象とした下水モニタリングに関心のあるコミュニティは、サンプルの収集、検査、
13 公衆衛生活動に必要なコミュニティの機関の協力を得る必要がある。

14 協力が必要な機関には以下の機関が含まれる：

15
16 -州・準州・地域・自治領の保健局および COVID-19 の疫学者や環境衛生の専門家。

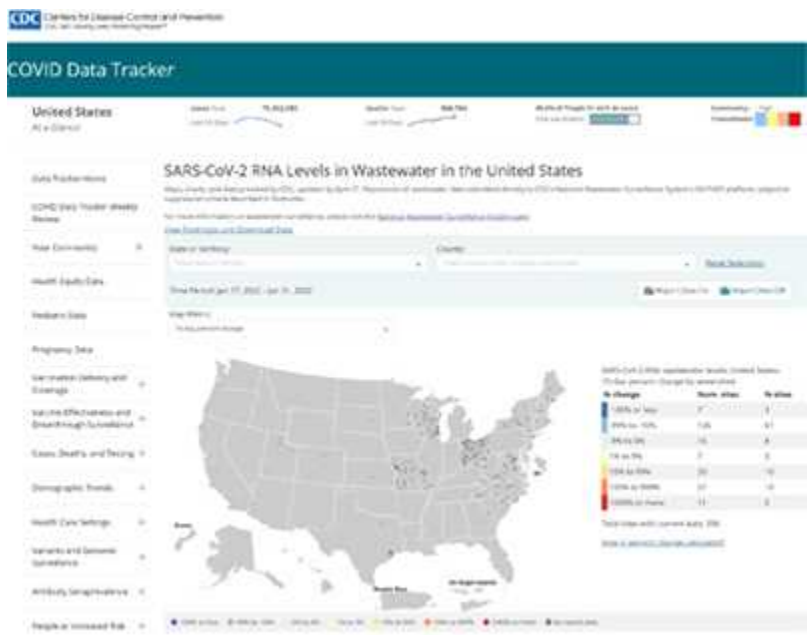
17 -下水処理場管理職や一般職員。

18 -実験室（公衆衛生、環境、学術、民間等）（注：CDC は現在、検査のための下水サンプルを受
19 け付けていない。）

20
21 NWSS への参加は、保健所や公衆衛生研究所が、疫学、データ分析、検査室のサポートなど、
22 下水モニタリングを実施するキャパシティを開発するにつれて増加すると予想される。詳細はこ
23 ちら（pdf）「NWSS による下水モニタリングの運用について。」

24 下水モニタリングに関心のある下水道事業者には、水環境連盟（WEF）が主催する NWSS Utilities
25 Community of Practice (CoP)に参加することを推奨します。Utilities CoP は毎月オンラインミーティ
26 ングを開催し、ウェブサイト上で下水モニタリングに関する情報を提供しています。CoP に関す
27 るご質問は、WEF までお問い合わせください。

1 全国下水サーベイランスデータ



- 2
- 3 CDC の COVID データトラッカーには、全国で調査を行っている処理場の新型コロナウイルス RNA
- 4 レベルを表示します。
- 5

1. Developing a Wastewater Surveillance Sampling Strategy

下水モニタリングのためのサンプリング戦略の策定

下水モニタリング実施に当たり、このガイダンスを利用してください。下水ベースのモニタリングは急速に発展している科学であり、CDC は今後も情報を更新していきます。

サンプリング戦略の概要

COVID-19 の下水モニタリングのサンプリング戦略は、下水処理施設の全面的な協力のもと、州、準州、地域、および自治領の公衆衛生上のニーズによって策定されるべきである。下水モニタリングデータ取得の目的は、公衆衛生に関わる活動に必要なとされる COVID-19 に関する情報を補完することである。したがって、これらのデータのみに基づいた公衆衛生活動や活動への介入は行われるべきではない。サンプリング戦略は、利用可能なリソースと、検査キャパシティや公衆衛生データのニーズとのバランスを考慮する必要があり、科学的知見や公衆衛生のニーズの変化に応じて、更新する必要がある。

「sewershed」とは、一つの下水処理場がカバーする特定の区域のことを指す。

COVID-19 下水モニタリングのサンプリング戦略の策定には3つのステップがある。

1. 公衆衛生活動に必要なデータを特定する。公衆衛生活動に必要なデータは、区域の感染症の状況やその他の利用可能な健康指標によって異なる。現状では、下水モニタリングによって得られるデータは以下のように活用できる。
 - 特定の下水処理場がカバーする区域にて SARS-CoV-2 RNA を検出する。この場合、すでに確立されている他の検出方法よりも早期に検出できる可能性がある。実際、区域内で感染が報告される数日前に、ウイルスが下水から検出されたこともある。下水中のウイルスの存在の有無を知ることは、報告された患者がいない高リスクコミュニティをモニタリングする際の重要な指標となる。しかし、下水中のウイルス RNA が検出されないからといって、その区域での感染を否定することはできない。
 - 報告されている感染者と報告されていない感染者の両方を含めて、特定下水処理場区域内の COVID-19 のトレンドをモニタリングする。下水データを分析することで、SARS-CoV-2 の濃度の推移を把握することができる。下水中のウイルス濃度が増加すると、下水処理場区域内の新規感染報告症例数が数日以内に増加することが示されている。COVID-19 の先行指標として下水モニタリングを利用することは、新規感染者数の動向が変動している場合や、地域の対策の効果を評価する際に有用である。
 - 現在のところ、下水中の SARS-CoV-2 RNA 濃度は、区域における感染者の総数や、人口に占める感染者の割合を判断するためには使用できない。下水中の SARS-CoV-2 RNA 濃度と下水処理場区域内の感染者数との関係を理解するためには、感染者の糞便中の SARS-CoV-2 濃度に関するデータの蓄積がさらに必要である。
2. 下水サンプリングキャパシティと検査キャパシティを評価する。下水サンプリングと検査キャパシティを評価するには、環境微生物学や下水システムの専門知識を持つ人々を含める

1 ことが重要である。コミュニティ内でのウイルス排出量などといった、下水中のウイルス
2 RNA を正確かつ精密にサンプリングし、定量する方法は、まだ開発中である。このため、米
3 国内の検査キャパシティは限られており、その多くは持続的なモニタリング機能を持たない
4 学術機関に設置されている。限られた下水処理場の検査キャパシティを有効に活用するため
5 には、人口カバー率と、より頻繁なサンプリングを必要とするタイムリーなトレンド情報の
6 バランスを取る必要がある。

7
8 3. サンプリング戦略の策定 サンプリング戦略では、以下検討すること。

- 9 ・ どこでサンプリングするか？
- 10 ・ どのくらいの頻度でサンプリングを行うか？
- 11 ・ 何をサンプリングするか？
- 12 ・ どのようにサンプリングするのか？
- 13 ・ サンプルを安全に収集、保管、輸送する方法は？

14
15 **どこでサンプリングするか？**

16 17 **コミュニティの下水モニタリング**

18 処理場に流入する下水（以下では未処理流入水とする）をサンプリングして SARS-CoV-2 を検
19 出する方法は、当該下水処理場の区域内の感染傾向を評価するために使われる方法である。地域
20 の公衆衛生データのニーズと利用可能なリソースに基づいて、コミュニティレベルの下水モニタ
21 リングを行う処理場の数を決定する。また、コミュニティにおける COVID-19 の発生率やトレ
22 ンド、人口分布、下水道の特徴なども考慮する必要がある。

23 コミュニティの下水モニタリングでは、以下のような下水処理施設が候補とされる。

- 24 ・ 人口の一定割合をカバーしている。
- 25 ・ COVID-19 のリスクが高い、または COVID-19 による重症化のリスクが高い区域のデータを
26 提供できる。
- 27 ・ タイムリーな COVID-19 臨床検査が十分に行われていない、あるいは利用できない区域のデ
28 ータを提供できる。
- 29 ・ 密集した都市部など、より大きな人口をカバーしているいくつかの区域を代表している。

30
31 コミュニティの下水モニタリングのための下水処理場を選択する前に、下水エンジニアや施設
32 管理者と情報交換をし、以下を理解することが重要である。

- 33 ・ 処理場がカバーする地理的エリアと人口
- 34 ・ 流入する下水の種類（工業、商業、家庭など）の相対的な割合
- 35 ・ SARS-CoV-2 の検出に影響を与える可能性のある運転上の要因（例：流入する下水の前処理や、
36 サンプリング地点の上流で流量を調整するための下水の迂回など）
- 37 ・ 処理場内のサンプリング可能な場所
- 38 ・ サンプリング、資料作成、輸送に関する処理場のキャパシティ
- 39 ・ データ分析に必要な処理場データの利用可能性（例：流入流量測定値、化学的/物理的水質測
40 定値、カバーしている区域の地理情報など）。

1 対象を限定した下水モニタリング

2 対象を限定した下水モニタリングでは、下水ネットワークの上流（リフトステーション、イン
3 ターセプター、マンホールなど）から下水をサンプリングする。対象を絞った下水モニタリング
4 により、SARS-CoV-2 感染者が下水処理場区域内にどのように分布しているかをより深く理解で
5 きる可能性がある。

6 対象を限定した下水モニタリングが公衆衛生活動に役立つかどうかを判断する際には、以下の点
7 を考慮する。

8 -SARS-CoV-2 の RNA 濃度は、下水処理場の取水口よりも上流側の方が変動しやすい。これは、
9 上流側の下水は混合する時間が短く、より少ない人数の排泄物が含まれているためである。

10 -意図した対象者のみを対象とした下水道へのアクセスは、インフラの変更が必要であったり、不
11 可能であったりする場合がある。

12 -対象人口の規模にもよるが、効果的に対象を絞った下水モニタリングを実施することは、症例モ
13 ニタリングよりもコストがかかり、運用上難しい場合がある。

14

15 どのくらいの頻度でサンプリングを行うか？

16 下水サンプリングの頻度は、分析結果を公衆衛生のために活用する方法や、コミュニティにお
17 ける COVID-19 の発生状況によって異なる。検査頻度が高ければ、下水モニタリングは長期間に
18 わたり流行状態を把握するために活用できる。1 回のみや、月 1 回などの不定期なサンプリング
19 では、流行状態を把握するための情報として活用しにくい。コミュニティにおける COVID-19
20 の有無を確認することは可能である。

21 下水モニタリングの目的が下水中の SARS-CoV-2 の有無を確認することであれば、1 週間に 1
22 回のサンプリングで十分であると考えられる。感染傾向の早期把握が目的であれば、モニタリン
23 グの対象となる期間内に少なくとも 3 回のサンプリングが必要である。NWSS の分析では、トレ
24 ンド報告のために 15 日間のモニタリング期間を設けている。現時点では、感染症の流行の各段階
25 において下水中のウイルス濃度がどのように変化するかを解明できるデータはほとんどない。

26

27 サンプリング頻度を決定する際には、以下の点を考慮すること。

28 ・ 下水中のウイルスの推移を把握するためには、最低 3 回のサンプリングが必要である。サン
29 プリングの間隔によって、ウイルスの傾向を把握するために必要なモニタリング期間が算出
30 される。例えば週に 2 回サンプリングをした場合、必要とされる最短モニタリング期間は 8
31 日間となる。

32 ・ サンプリング頻度は研究所の検査や輸送のキャパシティにより制限される場合がある。

33 ・ 1 回限りのサンプリングでは、下水モニタリング区域内での SARS-CoV-2 感染の有無以外の、
34 実用的なデータを得ることはできない。

35

36 何をサンプリングするか？

37 サンプルの種類は、サンプリングにおける重要な検討事項であり、サンプルを収集する場所や
38 下水処理施設特有の要因によって異なる。モニタリング区域を代表する適切なサンプルタイプを
39 決定するためには下水処理場のスタッフと情報交換することが必要である。またサンプルは、下
40 水処理場で化学物質の添加や廃棄物の混合が行われる前の場所で採取することが望ましい。

41

1 下水のモニタリングサンプルには以下の2種類ある。

2 1. 未処理の下水

3 未処理下水には、家庭や建物からの排水（トイレ、シャワー、流し台など）と、家庭以外から
4 の排水（雨水、工業用水など）が含まれる。これらは、下水処理施設の流入口（一次処理前）、
5 または下水道管渠の上流で採取される。下水処理場の流入渠から採取した下水サンプル中の
6 SARS-CoV-2 RNA 濃度の変化は、報告された感染者数の傾向と相関関係があることが示されて
7 いる。多くの場合、未処理の下水は、RNA 抽出の前に濃縮が必要となる。未濃縮の下水中のウ
8 イルス検出を可能にする感染者数を決定することは、現時点ではデータが限られている検出の
9 限界値と糞便中のウイルス量という情報に依存するため、困難である。

10 2. 初沈汚泥

11 初沈汚泥とは、下水処理場の最初の固形物除去（「沈殿」）工程で下水から分離する固形物を指
12 す。初沈汚泥は、SARS-CoV-2 RNA を除去する初期処理を施した二次汚泥とは区別される。二
13 次汚泥を下水モニタリングに使用しないこと。初沈汚泥サンプル中の SARS-CoV-2 RNA 濃度
14 の変化は、報告された感染者数の傾向と相関することが示されている。未処理の下水と比較し
15 た場合の初沈汚泥サンプルの利点は、SARS-CoV-2 が汚泥に濃縮されることで、ウイルス検出
16 に必要なサンプル量が減り、定量前にサンプルを濃縮する必要がない場合がある、ということ
17 である。しかし、汚泥中の SARS-CoV-2 の RNA 濃度がどの程度なのかはよくわかっていない。
18 また汚泥サンプルには、処理場で添加される化学物質、分析阻害物質の濃度上昇、処理場の他
19 の部分からの廃棄物の流入など、下水処理場ごとに評価しなければならない分析結果に関わる
20 問題がある場合もある。

21
22 **サンプル種類の選定**

23 未処理下水と初沈汚泥は、どちらもコミュニティの下水モニタリングのサンプルとして有効で
24 ある。上流域を対象とした下水モニタリングでは、未処理の下水サンプルのみが利用可能である。
25 研究所での検査が可能な場合、既知の患者が少ない下水道区域内での感染の有無を評価するため
26 に、CDC は汚泥のサンプリングを推奨している。

27 CDC は、以下の場合に未処理の下水サンプルを使用することを推奨している。

- 28 ・ 汚泥サンプルが採取される前の段階で、下水処理場において殺菌剤が用いられている場合。
- 29 ・ 汚泥検査において、高いアッセイ阻害率または低いウイルス回収率が示された場合。
- 30 ・ 一次沈殿池内の固形物滞留時間が不明である場合。

31
32 **サンプリング方法**

33 下水モニタリングのためのサンプリング方法は以下の2種類ある。

34 1. グラブ・サンプリング：グラブ・サンプリングは、専用の機器を必要とせず、迅速に採取す
35 ることができる。しかし、コンポジット・サンプリングに比べて糞便の含有率が低いと考えら
36 れている。未処理の下水や汚泥の場合、グラブ・サンプリングは瞬間的な採取方法であるため、
37 下水の流量や成分の日々の変動に大きく影響される。処理場レベルでは、コミュニティの感染
38 率が一定以上の場合、グラブ・サンプリングでもコンポジット・サンプリングと同様の濃度が
39 得られる可能性がある。しかし現時点では、グラブ・サンプリングとコンポジット・サンプリ
40 ングで同等の濃度を得るために必要なコミュニティの感染率は分かっていない。

41 2. コンポジット・サンプリング：コンポジット・サンプリングは、一定期間（下水モニタリング

1 では通常 24 時間) に特定の頻度で複数のグラブサンプルを収集する方法である。手動で未処
2 理下水のサンプルを収集するか、流量加重サンプル (例: 200,000 ガロンの流量につき 1 つの
3 サンプル) を収集する冷蔵機能のある自動サンプル採取機を使用して収集する。連続したコン
4 ポジット・サンプリングは (流量比例方式と比較して)、サンプルが下水道に流入する地域の
5 特性をよりよく表すと考えられている。また、コンポジット・サンプリングは、グラブ・サン
6 プリングよりも糞便の含有率が高いと考えられる。

8 **サンプリング量の決定**

9 採取するサンプルの量は、サンプルの種類 (未処理下水または汚泥) によって異なる。1 回の
10 検査に必要な量は、1 リットル (L) の未処理下水のコンポジット・サンプルまたは 100 ミリリット
11 ル (ml) の汚泥のグラブ・サンプルとされている。直接抽出できる汚泥固形物の最大量は、通常
12 約 2 グラム程度である。残りのサンプル (もしあれば) は、繰り返し測定したり、生物学的変動
13 性を評価するために使用することができる。

14 濃縮して定量するサンプルの量によって、検出可能な SARS-CoV-2 RNA の最小値が決まる。1L
15 以上の下水を濃縮すると、検出率が低下したり、ウイルスのシグナルが阻害されたりする可能性
16 がある。グラブ・サンプルを採用する場合は、糞便含有量のピーク時のサンプルを収集し、汚泥
17 の固形物滞留時間を把握するために、下水処理施設のスタッフと確認すること。

19 **サンプルを安全に収集、保管、輸送する方法は？**

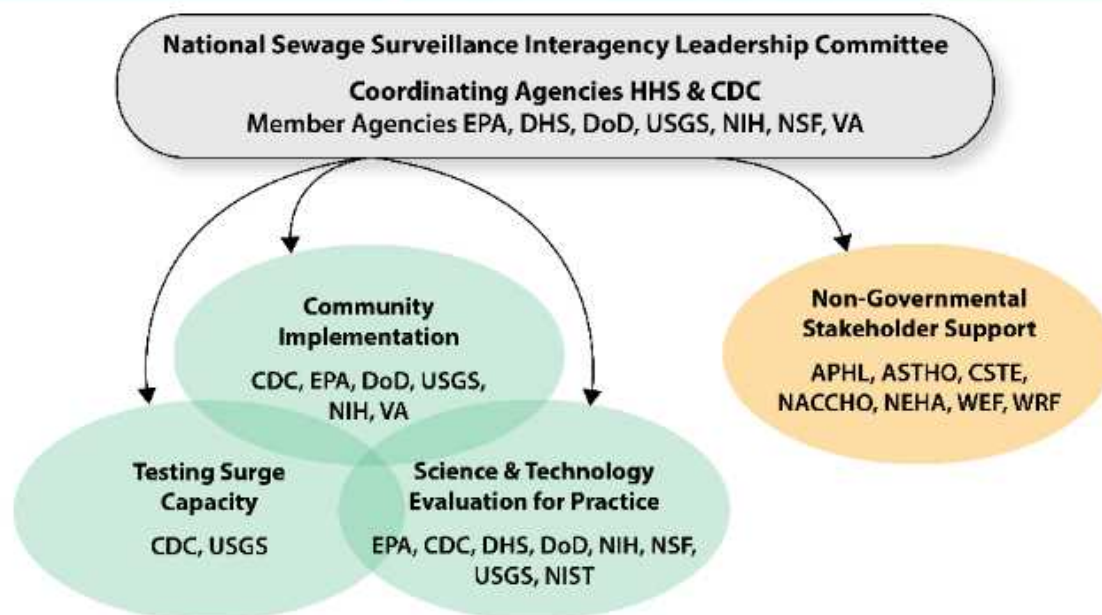
- 20 ・ サンプリングの安全性: これまでのところ、下水に触れたことが原因で COVID-19 に感染し
21 た人がいるという証拠はない。SARS-CoV-2 から下水作業員を守るには、下水処理施設の運
22 転管理に伴う標準的な安全対策で十分だと考えられる。これらの標準的な対策には、技術・運
23 営上の管理、手洗い、特定の安全作業、未処理の下水を扱う際に通常用いられる個人用保護具
24 などが含まれる。CDC が推奨する COVID-19 対策を超えて、下水処理施設を含む下水作業
25 者に COVID-19 に特化した追加の対策を推奨することはない。
- 26 ・ 保管の安全性: サンプルを 4°C以上の温度で保存しないこと。採取中もサンプルは都度冷蔵保
27 存する。効果的な下水モニタリングには迅速なデータ収集が不可欠であるため、可能であ
28 れば採取後 24 時間以内にサンプルを処理すること。残ったサンプルは、-70°Cで冷凍保存す
29 ることができる。2 回以上の凍結融解サイクルは避ける。試験的なデータによると、凍結により
30 ウイルス信号が失われる可能性がある。
- 31 ・ 輸送の安全性: サンプルを検査機関に送る際には、サンプルをコールドパック (4°C) で梱包
32 し、当日または夜間の配送を利用することを CDC は推奨している。米国運輸省の危険物規則
33 および国際航空運送協会の危険物規則に従い、サンプルをカテゴリー B の感染性物質 (UN
34 3373) として包装して発送すること。

2. Federal Coordination and Partnering for Wastewater Surveillance

下水モニタリングのための連邦政府との調整と提携

下水を検査することによって SARS-CoV-2 (COVID-19 の原因ウイルス) を検出することは、既存の COVID-19 のモニタリングシステムを補完する新しい手法として、公衆衛生機関や政府当局にとって有用である。SARS-CoV-2 は症状の有無にかかわらず感染者の糞便中に排出されるため、下水道モニタリングは有症状者・無症状者両方の感染に関するデータを取得することができる。さらに、検査の頻度によっては、下水モニタリングはコミュニティにおける COVID-19 の傾向の変化を示す先行指標となり得る。連邦政府の各機関が連携して、州・準州・地域・自治領の各コミュニティが下水ベースの COVID-19 モニタリングを実施することを支援するために協調して取り組んでいる。

Federal Partnering Framework for Wastewater Surveillance



全国下水モニタリング機関指導者委員会

連邦政府の調整を促進するため、米国保健福祉省 (HHS) と米国疾病対策センター (CDC) は、全国下水道モニタリング機関指導者 (NSSIL) 委員会を召集している。NSSIL のメンバー機関は、全国下水モニタリングシステム (NWSS) の開発および実施において CDC を支援し、州やローカル・パートナーによる対応策定のため、下水モニタリングにて得られた COVID-19 データを COVID-19 症例や臨床データと収集、分析、統合している。

NSSIL 委員会は、以下の連邦政府機関の代表者によって構成されている。

- ・米国疾病対策センター (CDC)
- ・米国保健福祉省 (HHS)
- ・米国環境保護庁 (EPA)
- ・米国国土安全保障省 (DHS)

- 1 ・ 米国国防総省 (DoD)
- 2 ・ 米国地質調査所 (USGS)
- 3 ・ 米国国立衛生研究所 (NH)
- 4 ・ 米国国立科学財団 (NSF)
- 5 ・ 米国退役軍人省 (VA)

6

7 2020年7月29日以降、NSSIL 委員会は毎月開催され、下水ベースの COVID-19 モニタリング
8 に関連する連邦機関固有のミッション、役割、活動、ステークホルダーとの関わりについて情報
9 交換し、議論している。NSSIL 委員会には、以下のような連邦省庁間ワークグループやサブユニ
10 ャットも含まれている。

11

12 ・ 計画・実施ワークグループ

- 13 ・ 全国下水モニタリングシステム (NWSS)、下水のサンプリングおよび検査キャパシティ、
14 下水のサンプリングおよび検査や公衆衛生活動におけるデータ分析のためのガイダンス
15 を開発・実施する。
- 16 ・ メンバー機関：CDC, EPA, DoD, DHS, USGS, NIH, VA

17

18 ・ 実施のための科学技術評価ワークグループ

- 19 ・ 研究開発活動の優先順位付けと調整のため、SARS-CoV-2 の下水サンプリング、検査、デ
20 ータ分析に関する連邦機関の情報共有、一般市民およびパートナー機関向けの科学的フォー
21 ラムを開催する。
- 22 ・ メンバー機関：CDC, EPA, DHS, DoD, NIH, NSF, USGS, NIST：米国立標準技術研究所

23

24 ・ 下水検査サージキャパシティ

- 25 ・ 適宜、必要とされる下水検査キャパシティを提供する。
- 26 ・ メンバー機関：CDC, USGS

27

28 また、連邦政府は、以下のような NGO 機関と連携している。

- 29 ・ 米国公衆衛生試験所協会 (APHL)
- 30 ・ 州・準州保健当局者協会 (ASTHO)
- 31 ・ 州・準州疫学者協議会 (CSTE)
- 32 ・ 全米市・郡保健当局協会 (NACCHO)
- 33 ・ 全米環境保健協会 (NEHA)
- 34 ・ 水環境連盟 (WEF)
- 35 ・ 水研究財団 (WRF)

36

37 **COVID-19 下水モニタリング、SARS-CoV-2 サンプリングおよび検査や、関連研究に関する以下の**
38 **連邦機関のリソースも利用可能となっている。**

- 39 ・ EPA (米国環境保護庁)
 - 40 ・ 環境中の COVID-19 に関する研究
 - 41 ・ コロナウイルスと飲料水・下水

- 1 • NIH（米国国立衛生研究所）
- 2 • 検査の高速化
- 3 • NIST（米国立標準技術研究所）
- 4 • 水および人糞中の SARS-CoV-2 測定に関する NIST 主催のウェビナー「指針の必要性」
- 5 • NSF（米国国立科学財団）
- 6 • COVID-19 の研究を支援するために即時対応の助成金の支給している
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11

1 3. Wastewater Surveillance Testing Methods

2 下水モニタリング試験方法

3

4 試験方法の概要

5 米国では、下水に含まれる SARS-CoV-2 の定量化には、複数の検査方法と実験室のワークフローが用いられている。分析結果の比較が可能になるよう、実験室コントロールで検査のパフォーマンスとデータの質を一定に保つようになっている。下水中の SARS-CoV-2 のレベルに応じて、検出限界値を調整することも可能である。例えば、下水中の SARS-CoV-2 RNA のレベルが十分に高ければ、濃縮工程を追加することなく、少量の下水（1ml 程度）での検査が可能だ。検査方法には、データを公衆衛生活動で利用できるようにするため、サンプルの処理、実験室コントロール、バイオ対策、などが含まれる。

12

13 下水サンプルの処理および SARS-CoV-2 検査方法の概要

14 サンプル採取後：

- 15 1. 最初のステップは SARS-CoV-2 の下水検査のサンプルの前処理である。このステップでは、
- 16 matrix recovery control（プロセスコントロール）をサンプルに注入する。
- 17 2. 2 番目のステップは、サンプルの濃縮である。
- 18 3. 3 番目のステップは、濃縮された下水サンプルからの RNA 抽出である。
- 19 4. 最後のステップは、RNA の測定である。このステップでは、SARS-CoV-2 の RNA を測定するとともに、matrix recovery control（プロセスコントロール）、人糞濃度の正規化、定量的測定コントロール、阻害を評価するなど、いくつかの実験室コントロールを取り入れる必要がある。

23

24 サンプル処理

25 下水中の SARS-CoV-2 の RNA を測定するためのサンプル処理には、サンプルの前処理、サンプルの濃縮、RNA の抽出、RNA の測定方法などが含まれる。各ステップで選択する方法は、化学的にも生物学的にも複雑で変化しやすい混合物である下水での処理に合わせて調整する必要がある。適切な実験室コントロールを用いて、これらの下水サンプル処理手順を評価するべきである。また、SARS-CoV-2 が含まれている可能性のある下水サンプルを処理するための適切なバイオセーフティプロトコルに従う必要があり、詳細は後述する。

31

32 サンプルの前処理

33 下水サンプルを適切に保管・前処理することで、下水中の SARS-CoV-2 RNA 測定値の正確性を高めることができる。

35

- 36 ・保存方法： SARS-CoV-2 の RNA の減少を抑え、検査の有用性を高めるため、サンプルは採取後すぐに 4°C で冷蔵し、可能であれば 24 時間以内に処理をする。採取後 24 時間以内に処理できない場合は、matrix recovery control をサンプルに注入後、サンプルを 4°C で冷蔵するか、-20°C または -70°C で凍結する。
- 40 ・均質化：液体状の下水サンプルも初沈汚泥のサンプルも、収集したサンプルの一部を次の処理に移す前に、よく混合する必要がある。サンプルを数回反転させる（液体サンプル

41

1 の場合) か、機械を使って混合する。サンプルの均質化には、超音波処理のように、
2 下水中の固形物を分解したり、ウイルス粒子を分解したりする方法も含まれる。

- 3 ・ サンプルのろ過：大きな固形物を除去して液体のサンプルを清澄化することは、その後の濃縮
4 工程の補助となる。しかし固形物を除去する際、その固形物に付着した SARS-CoV-
5 2 RNA も除去されてしまう。孔径の大きなフィルター (5 μ m 以上) や遠心分離を用
6 いたサンプルをろ過が推奨される。

8 **サンプルの濃縮**

9 下水サンプルを濃縮することで、SARS-CoV-2 RNA の検出率が向上する。濃縮は、初沈汚泥サ
10 ンプルよりも未処理の下水サンプルにおいて重要な場合がある。サンプルの種類に関する
11 詳細は、「サンプリング戦略の策定」の「何をサンプリングするか？」を参照すること (前項)。

12
13 下水中の SARS-CoV-2 を適切に検出するための濃縮方法には、以下の手法があげられる。

- 14 ・ 限外ろ過
- 15 ・ MgCl₂ の添加や酸性化によるサンプルの前処理後、陰電荷膜を利用したろ過
- 16 ・ ポリエチレングリコール (PEG) による沈殿
- 17 ・ スキムミルクによる凝集
- 18 ・ 超遠心

19
20 ウイルスの濃縮方法を選択する際には、以下の点を考慮すること。

- 21 ・ サンプルの種類：未処理の下水サンプルの場合、上記を含めいくつかのろ過や沈殿の方法があ
22 る。初沈汚泥サンプルの場合、固形物を濃縮するには遠心分離が最も効果的である。
- 23 ・ サンプル量：大量の未処理廃水サンプルは、膜ろ過 (ろ過速度が遅いため) や PEG 沈殿 (遠心
24 分離機の容量に制約があるため) の前にサンプルの分割が必要になる場合がある。
25 5L を超えるサンプル量では、大容量の限外ろ過など、大容量を濃縮するように設計
26 された方法による前濃縮が必要となる場合がある。
- 27 ・ サプライチェーンの課題：ろ過用の膜や限外ろ過用カートリッジなど、市販のろ過製品を必要
28 とする方法は、他の方法に比べてサプライチェーンの影響を受けやすい可能性があ
29 る。
- 30 ・ サンプル処理時間：濃縮方法の選択は、濃縮方法の処理時間や実験室の人員などのリソースよ
31 って制限される。濁った下水サンプルの膜ろ過には数時間かかることがある。
- 32 ・ 実験装置の有無：遠心分離機の容量や吸引力、膜ろ過装置の有無なども、方法の選択に影響す
33 る。

35 **RNA の抽出**

36 核酸の抽出・精製は、下水の混合物から SARS-CoV-2 の RNA を分離するために不可欠なステ
37 ップである。下水は、分子ウイルス定量法を妨害することが知られている物質を含む複雑な混合
38 物であるため、抽出方法を選択する際には以下の点を考慮する必要がある。

- 40 ・ 環境サンプルから高純度の核酸抽出物を得るための抽出プロトコルを選択すること。環境サ
41 ンプルの抽出に利用できる市販のキットもある。

- 1 • RNA 精製に特化した、溶解前に RNase 変性剤を含む抽出キットまたはプロトコルを使用す
2 ること。
- 3 • 抽出液を別のチューブに分注し、-70°C以下で保存することで、何度も凍結融解を繰り返すこ
4 とによる抽出 RNA の劣化を防ぐことができる。

6 RNA 計測

- 7 • 検出方法：下水中の SARS-CoV-2 RNA 定量には、RT-qPCR（逆転写-定量ポリメラーゼ連鎖反
8 応）または RT-ddPCR（RT-droplet digital PCR：他の形式のデジタル PCR も可能だが、
9 一般的ではない）を用いる。どちらの方法も、RT と PCR が同じ反応混合物で行わ
10 れる 1 ステップ反応、または RT と PCR が別々の連続した反応で行われる 2 ステッ
11 プ反応のいずれかとして実行することができる。1 ステップの RT-ddPCR プロトコ
12 ルは、RT が個々の液滴で行われるため、2 ステッププロセスや RT-qPCR のように
13 バルク溶液中で RT を行う場合と比較して、RT の阻害を減らすことができるため、
14 下水サンプルに有効である。
- 15 • ターゲットとなる遺伝子：SARS-CoV-2 の N 遺伝子 (N1 と N2, CDC 発行) と E 遺伝子 (E_sarbeco、
16 Corman ら、2020 EuroSurveillance) の領域を標的としたプライマーとプローブは、下
17 水中の SARS-CoV-2 RNA を定量するのに感度と特異性が高いことが報告されてい
18 る。可能であれば、同じ標的遺伝子を用いて下水の測定値を比較する。

20 実験室コントロール

21 下水の SARS-CoV-2 の RNA 濃度を時系列的に、また異なる下水源で比較するためには、特に
22 異なる検査方法を使用する場合、実験室コントロールが不可欠である。CDC は、SARS-CoV-2 の
23 下水モニタリングにおいて、以下の実験室コントロールを推奨している。

- 24 • マトリクスリカバリーコントロール（プロセスコントロール）
- 25 • 人糞量の正規化
- 26 • 定量的な測定コントロール
- 27 • 阻害評価
- 28 • ネガティブコントロール

30 マトリクスリカバリーコントロール

31 マトリクスリカバリーコントロール（プロセスコントロールとも呼ばれる）を用いて、サンプ
32 ル処理中に失われたウイルスの量を把握する。これは、異なる検査方法で得られた濃度を経時的
33 に比較するために重要である。下水は化学的にも生物学的にも複雑で変化しやすく、サンプルの
34 濃縮、核酸の抽出、分子の定量化などの方法に支障をきたす成分が含まれていることが多いため、
35 回収率を定量的に評価することが重要となる。検証方法には、マトリクスリカバリーコントロ
36 ル（プロセスコントロール）を含める必要があり、可能であれば、下水の組成の予期せぬ変化を
37 考慮して、各サンプルに含めるべきである。下水の状態（雨水の流入など）や実験方法が変更さ
38 れた場合は、必ずマトリクスリカバリーコントロール（プロセスコントロール）を含めること。

39 SARS-CoV-2 と生物学的に類似したマトリクスリカバリーコントロール（プロセスコントロ
40 ル）は、下水サンプルから SARS-CoV-2 をより正確に検出することができる場合がある。matrix
41 recovery control（プロセスコントロール）の候補としては、ネズミコロナウイルス（ネズミ肝炎ウ

1 イルスとも呼ばれる)、ウシコロナウイルス、ウシ呼吸器シンシチアルウイルスなど、一本鎖の
2 RNA ゲノムを持つエンベロープウイルスがあげられる。

3 人糞含有量の正規化

4 トレンドを計算する前に、SARS-CoV-2 排水濃度の正規化を行うのは、下水の希釈率の変化と
5 相対的な尿尿注入量の時間的な違いを考慮するためである。下水道の利用人数がモニタリング期
6 間中に変化することが予想される場合（観光客、平日の通勤者、派遣労働者など）、SARS-CoV-2
7 濃度を解釈したり、下水サンプル間の濃度を経時的に比較したりする上で、SARS-CoV-2 濃度を
8 下水中の人糞の量で正規化することは重要である。人糞量正規化コントロールとは、人糞の含有
9 量を推定するために下水中で測定できる人糞に特異的な生物または化合物のことである。人糞含
10 有量正規化コントロールには、以下のものが例として挙げられる。

11

12 ・人糞指標ウイルスの分子ターゲット：PMMoV1（Pepper Mild Mottle virus・トウガラシ微斑ウイ
13 ルス）、crAssphage

14 ・人糞性インディケーターバクテリアの分子ターゲット：バクテロイデス HF183、Lachnospiraceae
15 Lachno3

16

17 SARS-CoV-2 濃度を人糞コントロールで正規化（例：SARS-CoV-2 と人糞コントロール濃度の比
18 率）することで、人糞が下水に投入されてから実験室で定量されるまでの間に発生するウイルス
19 の損失を考慮することができる。しかし、人糞含有量の正規化は、分析法の性能評価におけるマ
20 トリクスリカバリーコントロール（プロセスコントロール）に代わるものではない。

21

22 定量的な測定コントロール

23 すべての SARS-CoV-2 RNA 定量化方法において、定量的な測定コントロールを含める必要が
24 ある。RT-qPCR の場合は、濃度既知のコントロールから検量線を作成する。RT-ddPCR の場合は、
25 各装置の実行時に既知の量のコントロールを含める。特定 RNA を正確に定量するためには、DNA
26 コントロールよりも RNA コントロールの方が好ましい。定量的な測定コントロールは、凍結融
27 解のサイクルを避けるためにアリコートし、-70°C以下で保存すること。

28

29 阻害の評価

30 RNA 定量化プロセス（RT および PCR）が想定通りの性能を発揮しているかどうかを判断する
31 ために、阻害試験を行う。下水は複雑で変化しやすい混合物であり、しばしば RNA 定量法を妨害
32 して正確な測定を妨げる化合物が含まれている。

33 阻害についてはいくつかの方法で評価することができる。

34 ・ SARS-CoV-2 の RNA 濃度が高い場合、抽出した RNA を異なる濃度に希釈して測定した濃度
35 が想定通りに希釈されているかを評価することで、阻害を評価する。この方法は、サンプル
36 中の SARS-CoV-2 を定量するのと同じ反応で、阻害を直接評価できるため好ましい。

37 ・ SARS-CoV-2 の RNA 濃度が低すぎて希釈しても定量できない場合は、ウイルス RNA（マト
38 リクスリカバリーコントロールに記載されているように、合成 SARS-CoV-2 RNA や非ヒトコ
39 ロナウイルスから精製した RNA など）を下水抽出液に注入し、測定した濃度を分子陰性（テ
40 ンプレートなしのコントロール）に注入したウイルス RNA、または注入した抽出液の希釈液
41 と比較することで、阻害を評価する。

1 阻害が見られる場合は、抽出液を希釈することで解消できることが多い。阻害が頻繁に見られ
2 る場合は、サンプル処理や定量方法を最適化する必要がある。

3 4 **ネガティブコントロール**

5 抽出ブランクは、下水サンプルを加えずに RNA を抽出したものである。これらのコントロー
6 ルは、抽出試薬の汚染を検出するために使用される。抽出したサンプルのセットごとに入れて利
7 用する。

8 "No template controls" は、下水サンプルの核酸抽出物が添加されていない分子反応試薬である。
9 これらのコントロールは、分子試薬の汚染を検出するために使用し、すべての PCR 装置に利用す
10 る。

11 12 **バイオセーフティ**

13 SARS-CoV-2 を下水から濃縮するためには、バイオエアロゾルを発生させるプロセスが必要で
14 ある。CDC では、これらのプロセスを一方向流動のバイオセーフティレベル 2 (BSL2) の施設
15 で行い、呼吸器系の保護具や個人用保護具を着脱するための指定された場所を含む BSL-3 の予防
16 措置を講じることを推奨している。SARS-CoV-2 を含む可能性のある下水サンプルからの実験廃
17 棄物は、オートクレーブ滅菌し、BSL2 バイオセーフティガイドラインに従って管理する必要が
18 ある。

19 20 **パスチャライゼーション (低温殺菌)**

21 下水サンプルの加熱殺菌は、下水サンプル処理中のバイオエアロゾル発生手順によるバイオセ
22 ーフティリスクを低減するために実施されている。低温処理を含めるかどうかを決定する際には、
23 以下の点を考慮する。

- 24 ・ 加熱殺菌が PCR で標的とした短鎖 RNA 断片にどの程度ダメージを与えるかは、下水中では
25 不明である。
- 26 ・ 呼吸器系検体を 56°C で 30 分間熱処理すると、RNA の測定値にごくわずかな変化が生じるこ
27 とが、専門家による報告で明らかになっている。
- 28 ・ 一部の研究者は、下水を 60°C で熱処理することで SARS-CoV-2 の RNA 測定値が向上すると
29 報告しているが、確証を得るためにはさらなるデータが必要である。

4. Wastewater Surveillance Data Reporting & Analytics

下水モニタリングデータの報告と分析

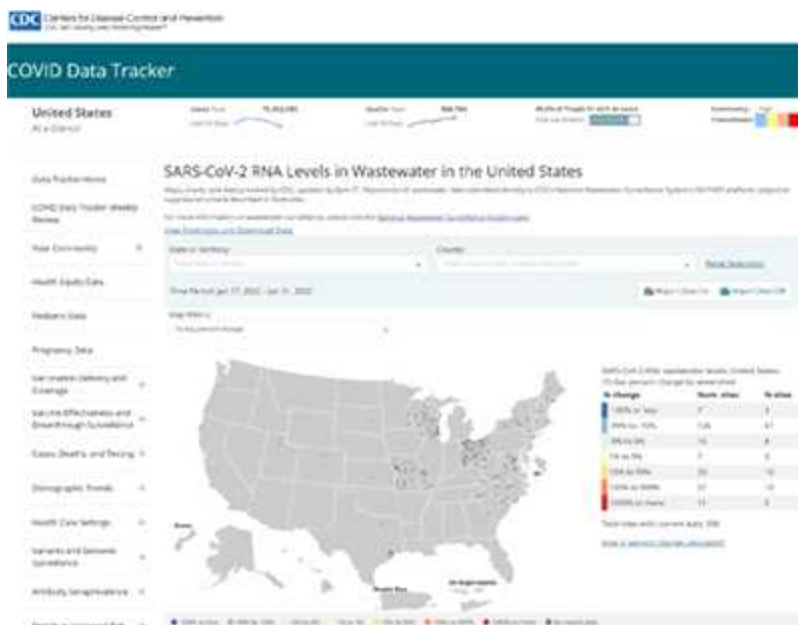
下水モニタリング実施に当たり、このガイダンスを利用してください。下水ベースのモニタリングは急速に発展している科学であり、CDC は今後も情報を更新していきます。

公衆衛生活動のためのデータ報告

SARS-CoV-2 の下水モニタリング結果を COVID-19 の対応策として活用するためには、最低限必要とされるデータがある。これらのデータは、サンプリングと検査の複数の段階で収集される。

1. 下水処理場：汚水処理対象地域を把握するためには、下水処理施設の区域、区域内の人数、処理プロセスに関する情報が必要となる。
2. サンプリング：サンプル採取条件を把握するためには、サンプリングの日時や場所、サンプルの種類（グラブまたはコンポジット）、サンプリング時の下水流量などが必要となる。
3. 検査：複数の場所から採取され、異なる検査機関で分析された下水を比較するためには、サンプルの濃度、抽出方法、定量化の方法、ウイルスの回収効率や阻害の測定に関する情報が必要となる。

全国下水サーベイランスデータ



CDC の COVID データトラッカーには、全国で調査を行っている処理場の新型コロナウイルス RNA レベルを表示します。

NWSS へのデータ提供

全国下水モニタリングシステム (NWSS) に参加するためには、下水処理施設や実験室が下水モニタリングに適した場所かどうかを評価するために、州の保健局と調整する必要があります。NWSS 参加団体は、公衆衛生活動に必要なデータを収集できなければならない。

1 データディクショナリ

2 州、準州、地域、および自治領（STLT）の保健機関は、NWSS の DCIPHER プラットフォーム
3 に、NWSS データディクショナリで指定された標準的な収集方法とフォーマットを使用してデー
4 タを提出することになります。

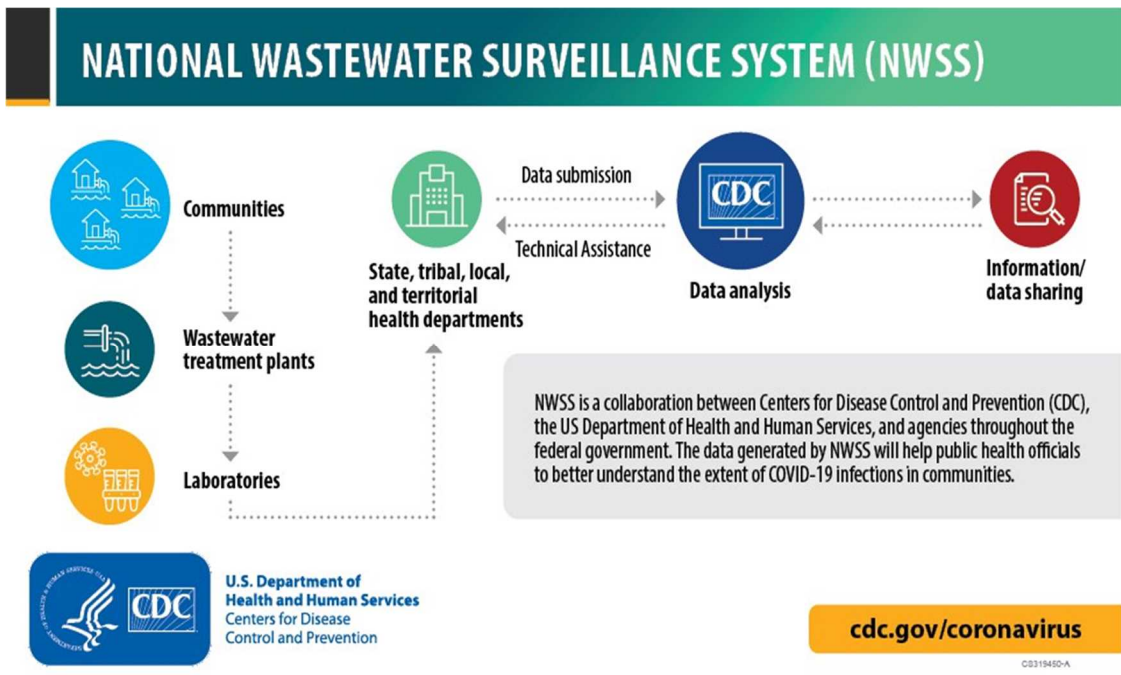
5 (Excel ファイル)

6 CDC は NWSS に報告されたデータを分析し、公衆衛生活動のための各州のレポートやダッシ
7 ュボードなどを通じて結果を報告している。

8

9 CDC 下水モニタリングデータのライフサイクル

10



11

12 このフローチャートは、NWSS の仕組みを示している。コミュニティからの下水は、下水道シ
13 ステムによって集められ、下水処理場に運ばれる。NWSS 参加団体は、それぞれの下水処理場の
14 未処理の下水や初沈汚泥サンプルを採取する。これらのサンプルは NWSS の環境研究所に送ら
15 れ、SARS-CoV-2 の分析が行われる。検査データは、関連する団体のメタデータとともに、所属す
16 る州などの保健局に提出される。保健所はこれらのデータを NWSS DCIPHER ポータルを通じて
17 CDC に提出する。CDC はデータをリアルタイムで分析し、その結果を保健局に報告し、COVID-
18 19 への対応に役立てている。CDC はまた、COVID Data Tracker (データ追跡) システムを通じて、
19 全国のデータを要約して他の関連機関や一般市民に報告する。NWSS システムは 2020 年 9 月に
20 ローンチされる。

21

22 データ分析

23 SARS-CoV-2 の下水モニタリング結果を解釈するためには、ポリメラーゼ連鎖反応 (PCR) ベー
24 スの測定値をサンプル濃度に変換し、検査条件と下水条件を調整する必要がある。これらの条件
25 は、下水道区域内のサンプルごと、あるいは下水道区域間で変化する可能性がある。PCR 測定値
26 を下水濃度に変換する作業は、NWSS にデータを提出する前に行う必要がある。ウイルスの検出
27 と人糞含有量の正規化は、以下に示すように NWSS の分析エンジンによって評価される。

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

サンプル濃度計算

SARS-CoV-2 RNA は、逆転写定量 PCR (RT-qPCR)、逆転写デジタル PCR (RT-dPCR)、またはドロップレットデジタル PCR (RT-ddPCR) のいずれかの PCR 技術を用いて定量される。実験室では、PCR ソフトウェアで作成された濃度推定値 (反応あたりのコピー数または反応体積あたりのコピー数の単位) を、濃縮されていない下水または汚泥サンプルの体積あたりのウイルス濃度に変換する。この変換は、PCR (個別の場合は逆転写酵素反応) で使用される鋳型の体積、核酸抽出の濃縮係数、およびサンプルの濃縮工程において考慮される。

RNA の有無

下水サンプル中のウイルス RNA の有無は、RT-qPCR 測定の場合、増幅の指数段階におけるサイクル数 < 40 で閾値を超える信号として定義される。RT-dPCR や RT-ddPCR 測定では、3 つ以上の陽性の液滴が存在すると定義される。1 つのサンプルに対して複数の assay または複数の PCR 複製を実行した場合、assay または複製のいずれか 1 つで検出された場合、ウイルスはサンプル内に存在すると考えられる。ウイルスの検出率とサンプルの処理量によって、サンプル中のウイルスの最低検出量が決定される。

マトリックスリカバリー

マトリックスリカバリーコントロール (プロセスコントロールとも呼ばれる) とは、処理前の下水サンプルに既知の濃度で非 SARS-CoV-2 ウイルスを添加したものである。このコントロールは、サンプル処理中に失われたウイルスの量と定義されるウイルス検出率を把握するために使用され、下水中の SARS-CoV-2 濃度の推移を比較するために重要である。ウイルス検出率の推定値は、測定された SARS-CoV-2 の濃度をマトリックスリカバリーコントロール (プロセスコントロール) の検出率で割ることで、SARS-CoV-2 の下水データに組み込むことができる。マトリックスリカバリーコントロール (プロセスコントロール) の検出率とは、処理後に測定された非 SARS-CoV-2 ウイルスの量を、処理前にサンプルに注入された非 SARS-CoV-2 ウイルスの量で割ったものである。

正規化

下水中のウイルス濃度の推移を比較するためには、下水量の変化を考慮して、推定ウイルス濃度を 1 日の下水量で正規化する。この正規化により、1 日あたりのウイルス遺伝子コピーの単位でデータが得られる。サンプリング地点間のウイルス濃度を比較するためには、さらにウイルス濃度を下水処理人口で正規化し、1 日の下水道区域内 1 人あたりのウイルス遺伝子コピーの単位を算出する。

下水道区域内の人数がモニタリング期間中に変化することが予想される場合 (観光客、平日の通勤者、派遣労働者など)、SARS-CoV-2 濃度の分析や下水サンプル間の推移を比較する上で、人糞含有量の正規化が重要となる可能性がある。人糞含有量の正規化のための指標は、人糞が含有されるときに計測される特異的な有機物や化合物のことで、これらを測定することで下水中の人糞含有量を推定できる。確定された方法はまだないが、正規化されていない下水中の SARS-CoV-2 濃度を人糞の指標とする物質の濃度で割ることで、単位のない比率となり、ヒトの糞尿量で正規化することができる。この比率により、下水道でのウイルスの減少や、実験室でのプロセスによるウイルスの回収率を説明することもできる。

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

モニタリング結果分析

トレンド

下水のトレンド分類とは、下水中の SARS-CoV-2 の正規化濃度の変化を統計的に分析することである（つまり、定性的な目視評価ではない）。これらの下水モニタリングデータのトレンドは、下水道区域内の COVID-19 感染の傾向（報告されたものとされていないもの両方を含む）を評価するために使用できる。下水中の SARS-CoV-2 濃度のトレンドは、3 つ以下のサンプルポイントからでは判断できない（例：週 1 回のサンプリングでは、トレンドを分析するために 15 日分のデータが必要）。データの解釈や公衆衛生活動に利用のために、ウイルス濃度の変化の期間や方向性に基づいて、トレンドをカテゴリーに分類することができる。

トレンドの分析：ウイルス濃度のトレンドを計算する際には、下水中の SARS-CoV-2 濃度の分布を考慮することが重要である。トレンドを計算する前に濃度を正規化し、下水の希釈率の変化や、時間の経過に伴う相対的な尿尿投入量の違いを考慮する。

- トレンドは、最低 3 回の測定で線形回帰を用いて算出することができ、その傾きがトレンドを表す。
- トレンド回帰の独立変数は、測定ごとではなく 1 日あたりの変化を推定するために、測定番号ではなく日付にする必要がある。
- 下水中の SARS-CoV-2 濃度は対数正規分布していると推測されるため、トレンドやその他の統計を計算する前に、SARS-CoV-2 を正規化した濃度を対数変換する。
- 対数 10 変換した濃度を用いて算出したトレンドの場合、傾きからウイルス量の日変化率（PDC）を次のように算出する。 $PDC = (10^{\text{slope}} - 1) \times 100$ 。
- SARS-CoV-2 濃度が検出限界以下の下水サンプルをトレンド計算に含める。これは、サンプル濃度として検出限界の半分の値を割り当てることで可能となる。

測定の変動性：下水データをより正確に評価するために、トレンド計算では、加重最小二乗回帰を用いた統計的な重み付けにより、各 SARS-CoV-2 測定値の変動性を組み込むことができる。これにより、サンプリング、処理、定量化の各段階における変動性を考慮することができる。

トレンドの分類：トレンドは、短期的なものか持続的なものかという期間と、増加、減少、横ばいといった方向性によって大別される。

- 期間：トレンドの分類方法は、サンプリング頻度に依存する。例えば、SARS-CoV-2 の短期的な下水トレンドは 2 週間未満、持続的なトレンドは 2 週間以上のトレンドと定義することができる。週 2 回の下水採取頻度に基づいて、短期トレンドは 8 日間で採取された 3 つのサンプルから、持続的トレンドは 15 日間で採取された 5 つのサンプルから算出することができる。
- 方向性：正規化された SARS-CoV-2 濃度のトレンドの統計的有意性を検証することで、「増加」「減少」「横ばい」に分類することができる。統計的有意性は、SARS-CoV-2 データの変動性を考慮した上で、増加または減少の傾向が存在することを示す。また、統計的有意性と合わせ、日変化率の最小値を使用してトレンドの方向性を割り当てることもできる。

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

感染状況の推定

現時点では、下水モニタリングに基づいたコミュニティ内感染の限定的な推定値は使用すべきではない。このような推定値は、感染期間中の人糞中の SARS-CoV-2 濃度や、重症度の異なる個人における糞便中の SARS-CoV-2 濃度を記述した臨床データに依存しており、そのような臨床データは現在のところほとんどない。より多くの臨床データが得られるようになれば、下水中の SARS-CoV-2 データを使って、コミュニティ内の COVID-19 の総量（すなわち、有症状者、無症状者、有症状前者）を推定することは、下水モニタリングの有用な応用例となるだろう。

5. Public Health Interpretation and Use of Wastewater Surveillance Data

下水モニタリングデータの公衆衛生活動における解釈と活用

下水モニタリング実施に当たり、このガイダンスを利用してください。下水ベースのモニタリングは急速に発展している科学であり、CDC は今後も情報を更新していきます。

下水モニタリングデータの解析と活用の概要

下水モニタリングデータを公衆衛生活動のために適切に活用するためには、モニタリングのサンプリング戦略と検査の限界を理解し、データの処理と分析を適切に行うことが重要となる。下水モニタリングのデータは、主に次の3つの方法で活用できる。

1. コミュニティ内での感染症の存在をモニタリングする。
2. 地域内の感染症のトレンドを把握する。
3. 対象となる場所（建物や施設など）で感染をスクリーニングし、個人レベルの追加検査や対策のきっかけとする。スクリーニングに下水モニタリングのデータを使用するためには、下水サーベイランスのターゲットに関する CDC のガイダンスを確認すること（次項、<https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/cases-updates/wastewater-surveillance/targeted-use-case.html>）。

下水モニタリングデータの解析

市町村レベルで収集された下水モニタリングデータを適切に分析することにより、以下の情報を得ることができる。

1. 下水道区域内の感染者の有無。
2. 下水道処理区（下水処理場に流入する下水を排出しているコミュニティ）内のトレンド。観光業が盛んな地域など、一時的に人口が増加する下水処理区は、ウイルスシグナルが安定していない可能性があるため、この点について公衆衛生活動のための下水モニタリング計画を立案する際に考慮する必要がある。

感染者の有無

下水から SARS-CoV-2 が検出されるかどうかは、サンプリング種別、検査方法の感度、サンプリングされたコミュニティから排出される SARS-CoV-2 の量によって決まる。下水から SARS-CoV-2 が検出された場合、その区域には SARS-CoV-2 を排出している個人が少なくとも1人いることになる。その人（たち）が感染しているか、症状が出ているかどうかは、下水モニタリングデータからは判断できない。下水から SARS-CoV-2 が検出されない場合は、サンプリングされた地域に SARS-CoV-2 が存在しないか、下水中のウイルス濃度が検査で検出できるレベル以下であることを示している。

コミュニティの下水中のウイルス濃度が低い場合、次のいずれかが考えられる。1) 下水道にウイルスを排出している人の総数が少ない、2) 感染者や最近感染した人1人あたりのウイルス排出量が少ない。下水中のウイルス RNA シグナルを検出するために必要とされる SARS-CoV-2 を下水道に排出している人の最小数は、現時点では分かっていない。糞便中のウイルス排出量に関するより多くの情報が収集されれば、下水中の SARS-CoV-2 の RNA を検出するために必要な

1 下水道内でのウイルス排出者の数を特定できるかもしれない。

2

3 **トレンド**

4 下水のトレンド分類とは、下水中の SARS-CoV-2 の正規化濃度の変化を統計的に分析すること
5 である（つまり、定性的な目視評価ではない）。これらの下水データの傾向は、下水道コミュニテ
6 ィ内の COVID-19 の傾向（報告されたものとされていないもの両方）を評価するために使用でき
7 る。トレンドは、ウイルス量の変化の期間と方向性に基づいて分類できる。下水サンプリングの
8 頻度によって、トレンドを把握できる期間が算出される。

9

10 **トレンド分析のメリットは：**

- 11 ・ 人口規模や排水量の違いがあっても、下水処理場のデータを比較することができる。
- 12 ・ 廃水中の SARS-CoV-2 濃度を正規化することにより、下水道区域内で新たに報告された症例
13 と数日単位で一致または先行することが示されていることから、COVID-19 の報告症例の動
14 向よりも先に感染の動向が判明する可能性がある。

15

16 **COVID-19 対策のための下水モニタリングシステムの活用**

17 SARS-CoV-2 の下水モニタリングデータは、州・準州・地域・自治領の保健局が COVID-19 の
18 パンデミックを検知、把握、対応するのに役立つ。下水モニタリングは、コミュニティにおける
19 COVID-19 感染者の存在やその傾向を早期に把握することに活用できる。

20 下水モニタリングは、既存の COVID-19 のモニタリングシステムを補完するものであり、単独
21 で解釈して公衆衛生活動に利用するべきものではない。また下水モニタリングは、感染状況の変
22 化の背景にある社会的・行動的要因についての洞察を提供するものではない。

23

24 下水モニタリングでは以下の情報を提供できる。

- 25 ・ コミュニティにおけるサンプルの蓄積。
- 26 ・ タイムリーな COVID-19 の臨床試験が十分に活用されていない、または利用できない地域で
27 利用するためのデータ。
- 28 ・ 下水処理施設レベルのデータ。これは多くの場合、1つの郡（county）よりも小さいものであ
29 る。
- 30 ・ 症例が報告される前のコミュニティ内での感染症の出現および再出現に関する情報。
- 31 ・ 医療機関を訪れる行動のばらつきなど、臨床指標の限界に影響されない追加の情報。

32

33 SARS-CoV-2 の下水モニタリングデータは、以下のような臨床検査やコミュニティの対策に活用
34 することができる。

- 35 ・ 感染が確認された地域の住民を対象とした検査の増加。
- 36 ・ 個人が COVID-19 から身を守る方法についての公衆衛生上のコミュニケーションを強化し、
37 影響を受けているコミュニティへの支援の実施。
- 38 ・ コミュニティにおける対策緩和戦略のモニタリングとインパクト評価。

39

40 コミュニティ内の SARS-CoV-2 感染レベルの変化について、下水に基づく評価をする際には、以
41 下の点を考慮すること。

- 1 • COVID-19 のリスクが高い集団のロケーションなど、他の疫学的知識も必要であり、下水道
- 2 処理施設の区域内のどこに臨床検査のリソースを配備すべきかを決定する必要がある。
- 3 • 下水から SARS-CoV-2 が検出されなかったという点だけで、コミュニティの感染症対策を緩
- 4 和することを正当化してはならない。
- 5 • 下水処理場の上流にあるサンプリングポイントを使って区域内の感染傾向をモニタリング
- 6 するためには、その区域の境界や特徴を理解するための追加調査が必要となる。

7

8 **国民へのデータ提供**

9 モニタリングデータの共有は、公衆衛生活動における重要なポイントである。下水モニタリン

10 グデータの活用範囲は拡大しつつある。下水データを解析し、一般公開する際には、以下の点を

11 考慮すること。

- 12 • ウイルス濃度に関するデータではなくトレンド分類を提示することで、異なる下水道処理区
- 13 域間での比較が可能となり、多くの人々にとってより直感的に解釈しやすくなる。
- 14 • 流量や人口規模で正規化されていない下水濃度データの変化は、濃度や方向性といった点に
- 15 おいて意味のある違いを示さない可能性があるため、下水処理施設間で比較することはでき
- 16 ない。
- 17 • 統一された数字のスケールにより、正規化された濃度データを適切に視覚的に解釈すること
- 18 ができる。
- 19 • 分析した下水データを他の COVID-19 症例のモニタリング指標と合わせて提示することで、
- 20 コミュニティにおける疾病の傾向をはっきりと理解することができる。
- 21 • 下水中に測定されたウイルスの量は、患者の総数やコミュニティにおける患者数の増減とは
- 22 一致しないということを、常に強調する。

23

24

6. Targeted Wastewater Surveillance at Facilities, Institutions, and Workplaces

特定の施設や機関におけるターゲットを特定した下水モニタリング

下水モニタリング実施に当たり、このガイダンスを利用してください。下水ベースのモニタリングは急速に発展している科学であり、CDC は今後も情報を更新していきます。

標的型下水モニタリングの概要

COVID-19 のスクリーニングを補完する方法として、施設や機関などにターゲットを絞った標的型下水モニタリングが提案されている。米国では現在までのところ、主に高等教育機関や矯正施設などをターゲットとして絞り込んだ下水モニタリングを行っている。標的型モニタリングでは、建物の外にあるマンホールなど、下水ネットワークの中で対象となる住民からの下水が流入する場所でサンプリングを行う。

標的型下水モニタリングのメリット

- ・ 対象コミュニティでの新たな症例を早期に検出できる。
- ・ COVID-19 のリスクが高い集団を重点的にモニタリングできる。
- ・ 1 つのサンプルが多数のプールを構成するためコストや時間を抑えてスクリーニングを行うことができ、個別の検査を補完することができる。

標的型下水モニタリングの課題

- ・ 下水モニタリングで確実にウイルスを検出できる最小の感染者数がわかっていない。
- ・ 下水の移動時間が短く、糞便量が少ない場合（例：下水が建物から排出される場所でのサンプリング）には SARS-CoV-2 の下水内濃度が変動しやすく、コミュニティにおける COVID-19 のトレンドを把握することが難しくなる可能性がある。
- ・ コミュニティのモニタリングを目的とした処理場レベルでの下水モニタリングに対する需要が高い場合、実験室のキャパシティが限られてしまう可能性がある。
- ・ 建物の下水をサンプリングするためには、下水の流れを変える必要がある場合もある。
- ・ 人間の排泄物以外の産業排水や施設排水が、下水中の SARS-CoV-2 の検出を妨害する可能性がある。

臨床モニタリングとの統合

標的型下水モニタリングは、州、準州、地域、および自治領（STLT）の法律と規制に従った臨床モニタリング手法を補完するものであり、代替するものではない。標的型下水モニタリング戦略を策定する際には、STLT の保健局の意見を含めること。また、標的型下水モニタリングを実施する前に、コミュニティレベルの下水モニタリングに関する CDC のガイダンスを確認すること。このガイダンスには、サンプリング戦略の策定、サンプル検査、データ分析、公衆衛生上の解釈に関する考慮すべき事項が含まれている。標的型下水モニタリング計画に建物のサンプリングを含める場合、建物のウイルスシグナルを把握するために、コミュニティレベルで同条件のサンプルを収集することを CDC は推奨している。なお、下水から SARS-CoV-2 が検出されなかったという点のみで、コミュニティの COVID-19 対策の緩和を正当化しないこと。

1 **高等教育機関およびキャンパス内に寮がある学校**

2 高等教育機関やキャンパス内に寮がある学校では、独自の下水処理施設が設置されている場合
3 がある。これらの処理施設は多くの場合、住宅、非住宅、実験施設等からの排水も受け入れてお
4 り、場合によっては、キャンパス内の病院からの排水も受け入れている。

5 キャンパスでの下水モニタリングの実施を検討する際には、対象となる高等教育機関は、キャン
6 パスの保健サービスと協力し、「Guidance for Institutions of Higher Education」や「Considerations
7 for Institutions of Higher Education and Interim Guidance for Case Investigation and Contact Tracing in
8 Institutions of Higher Education (IHEs)」を参照して、キャンパスでの COVID-19 モニタリングと
9 COVID-19 対策を策定する必要がある。サンプリングを開始する前に、学内の下水から SARS-CoV-
10 2 が検出された場合の影響と、それに伴う公衆衛生上の措置を決定する。特に高等教育機関は、
11 下水から SARS-CoV-2 が検出された場合、学内の COVID-19 対策や症例モニタリングにどのよう
12 な影響があるかを考慮する必要がある。

13

14 **更生施設**

15 更生施設において排泄物を排出しているのは、主にその施設の収容者となる。そのため、下水
16 モニタリングデータは、施設内の収容者における COVID-19 症例の存在を示す代表的な指標とな
17 りうる。

18 CDC が支援する矯正施設の下水中の COVID-19 モニタリングのパイロットプログラムについ
19 てはこちら（リンク）をご参照ください。

20

21

22

23

24

1 7. Wastewater Surveillance in Low-Resource Waste Systems

2 低リソース下水システムにおける下水モニタリング

3

4 下水モニタリング実施に当たり、このガイダンスを利用してください。下水ベースのモニタリ
5 ングは急速に発展している科学であり、CDC は今後も情報を更新していきます。

6

7 低リソース下水システムにおける下水モニタリングの概要

8 COVID-19 を引き起こすウイルスである SARS-CoV-2 の下水モニタリングとは、下水を戦略的
9 にサンプリングして検査し、SARS-CoV-2 の RNA の存在を確認することで、コミュニティにおけ
10 る COVID-19 の有無を調べるためのものである。低リソース下水システムとは、非効率的な下水
11 道システム（インフラが老朽化しているシステムなど）や、下水の影響を受けた環境水をさす。
12 低リソース下水処理システムは、疾病モニタリングが困難なコミュニティに存在することが多い
13 ため、下水モニタリングはこれらのコミュニティにおける COVID-19 対策に有益であると考えら
14 れている。

15 下水モニタリングによる SARS-CoV-2 データは、以下の理由から、既存の COVID-19 モニタリ
16 ングシステムに代わるものではなく、むしろ既存のシステムを補完するものである。

- 17 • SARS-CoV-2 は、有症状および無症状の感染者の糞便中に排出されるため、報告された症例
18 のみでは得られないコミュニティの感染情報を SARS-CoV-2 の下水モニタリングで把握でき
19 る可能性がある。
- 20 • 下水中の SARS-CoV-2 の検出は、コミュニティにおける COVID-19 の存在を示す有力な指標
21 であることが実証されているが、低リソース下水処理場ではあまり報告されていない。
- 22 • 低リソース下水処理場の処理区では個人ベースの疾病モニタリングデータが少なく、タイム
23 リーな SARS-CoV-2 臨床検査が十分に活用されていないか、利用できない環境であることが
24 多い。下水モニタリングは、このようなコミュニティに疾病情報を提供できる。

25

26 定義

- 27 • 下水とは、トイレ、シャワー、洗面台など家庭・建物で使用され、人の排泄物が含まれる可
28 能性のある水と、雨水や工業用水などの家庭外で使用される水を指す。
- 29 • 下水モニタリングとは、下水を戦略的に採取・検査し、収集したデータ（病原体の有無や濃
30 度、物理的・化学的測定値など）を分析・解析することで、コミュニティにおける疾病への
31 理解を深めることである。下水の影響を受ける環境水には、未処理の糞便が直接流入する排
32 水路、運河、地表水などがある。
- 33 • Centralized wastewater system（または sewerage system）とは、下水が管路ネットワ
34 ークを通じて中央の下水処理施設に送る、多くの場合都市コミュニティで利用されているシ
35 ステムである（参照先 <https://www.unwater.org/publications/wastewater-management-un-water-analytical-brief/>）。
- 36 • 簡易トイレや浄化槽のような分散型排水処理システムとは、下水の排出地点の近くで下水を
37 収集、処理、廃棄するもので、多くの場合、小規模なコミュニティや個々の家庭で利用され
38 ている。
- 39 • 低リソース下水処理システムとは、非効率的な下水道システム（例：インフラが老朽化して
40 いる下水システム）、または下水の影響を受けた環境水のことである。これらのシステムでは、
41

1 糞便の流入量や減衰が不明であり、太陽光、他の微生物、pH や温度の変化など、システム全
2 体にわたり SARS-CoV-2 RNA の保存性に予測できない影響を与える環境となっている。

4 低リソース下水処理システムにおける下水モニタリングの活用

5 SARS-CoV-2 の下水モニタリングは、医療機関の受診の有無に関わらずコミュニティにおける
6 COVID-19 の有無に関するデータを提供し、症例の臨床報告よりも先に報告される可能性がある
7 ため、臨床モニタリングの補完として有用である。このため、特に臨床モニタリングのリソース
8 がないコミュニティでは、低リソース廃水物処理システムにおける SARS-CoV-2 の下水モニタリ
9 ングが重要な補完データになる可能性がある。下水道における下水モニタリングに関する情報は、
10 CDC National Wastewater Surveillance System を参照してください。

11 効果的な下水道(通常の整備された下水道)における SARS-CoV-2 のモニタリングとは異なり、
12 低リソースの下水処理システムにおける下水モニタリングは、以下のような独特の課題を抱えて
13 いる。

- 14 ・ 非効率的な下水道システムでは、インフラの老朽化が進んでいることが多く、下水が周囲の
15 環境に流れ込んだり、不明水やその他の汚染物質が下水システムに混入する可能性があるた
16 ため、糞便の流入量や損失量が不明である。
- 17 ・ コミュニティからの未処理の下水が、開渠や運河、地表水に間接的に流れ込むと、下水は地
18 下水や地表水(河川水、流出水、降水)と混ざり合う。これらの下水の影響を受けた環境水
19 は、下水システム内の SARS-CoV-2 RNA の減衰に予測できない影響を与える環境にさらされ
20 ている。
- 21 ・ 低リソース下水処理システム内での糞便の滞留時間は、糞便の流入・損失量や腐敗プロセス
22 が不明のため、特定できない場合が多い。
- 23 ・ 人口の大部分が分散型排水処理システム(簡易式トイレ、浄化槽など)で処理されている場
24 合、小規模または不特定多数の家庭からの下水の流入があり、また有効なサンプリングを可
25 能にするほど混合されていないため、下水モニタリングに向いていないことが多い。

26
27 これらの点を考慮すると、低リソースの下水処理システムにおける SARS-CoV-2 の下水モニタ
28 リングは、以下のように活用することができる。

- 29 1. 臨床モニタリングによってコミュニティの感染がすでに判明している場合、コミュニティ内
30 で COVID-19 の存在を確認する。
 - 31 ・ SARS-CoV-2 の RNA の確証は、臨床検査やコミュニティでの COVID-19 対策(感染したコミ
32 ュニティの人々に対する検査の強化や公衆衛生活動上のコミュニケーションの強化など)に
33 役立てることができる。臨床モニタリングでコミュニティレベルの感染が確認されていない
34 場合、SARS-CoV-2 の有無がコミュニティにおける COVID-19 の先行指標となる可能性はあ
35 るが、低リソースの下水処理システムではまだ実証されておらず、単独のアプローチとして
36 頼ることは推奨されない。
- 37
38 2. 病院などの特定の施設からの下水を対象とすることで、COVID-19 について特定の集団をス
39 クリーニングすることが可能である。
 - 40 ・ 現在のところ、この手法の公衆衛生活動や組織運営への活用を評価したデータはほとんどな
41 く、さらなる研究が求められている。

- 1 ・ 標的型下水モニタリングに関する CDC の考察は前項を参照のこと。
- 2
- 3 3. コミュニティに存在するさまざまな SARS-CoV-2 変異株への理解を深めるために活用できる
- 4 SARS-CoV-2 のゲノム配列データを生成する。
- 5

6 低リソース下水処理システムにおける下水モニタリングの限界

7 SARS-CoV-2 の排泄物中の濃度については、一人の人間が罹患している間だけでなく、異なる
8 人間が排泄した場合のデータも不足している。さらに、低リソース下水処理システムにおける
9 SARS-CoV-2 の濃度と残存度合いは、場所や経過時間によって大きく変化する可能性がある。

10 そのため、低リソース下水処理システムにおける SARS-CoV-2 の下水モニタリングは以下の用
11 途には利用できない。

- 12 1. コミュニティ内に COVID-19 が存在しないことを証明すること。低リソース下水処理場から
13 採取したサンプルに含まれる SARS-CoV-2 RNA の量は、採用した検査法における検出可能な
14 最低量以下である可能性がある。これは、コミュニティで SARS-CoV-2 を糞便中に排出して
15 いる人が少ないこと、感染者が排出するウイルス量が少ないこと、またはコミュニティの住
16 民が糞便中に排出した SARS-CoV-2 が、非効率的な下水道システムや下水の影響を受ける環
17 境水等の要因によって希釈または分解されていることが原因と考えられる。
- 18 2. コミュニティ内の新規感染者の傾向を把握すること。SARS-CoV-2 濃度のトレンドを判断す
19 るためには、下水処理システム内での糞便流入量とウイルスの持続性が長期間にわたって比
20 較的安定している必要があるが、低リソース下水処理システムではその可能性は低い。
- 21 3. コミュニティ内の感染者数（COVID-19 の疾患有病率）を推定すること。感染数を推定する
22 モデルを開発・利用するためには、糞便の投入量とウイルスの持続性が時間的に比較的安定
23 している必要があるが、低リソース下水処理システムではその可能性は低いと考えられる。

24

25 感染数を推定するモデルを開発・利用するためには、糞便の投入量と低リソース下水処理シス
26 テム内でのウイルスの持続性が時間的に比較的安定している必要がありますが、低リソース下水
27 処理システムではその可能性は低いと考えられる。

28

29 低リソース下水処理システムにおける下水モニタリング

30 低リソース下水処理システムにおける SARS-CoV-2 に対する下水モニタリングの公衆衛生活動
31 上の有用性は、まだ十分に実証されていない。これらのシステムで下水モニタリングを実施する
32 前に、持続可能なサンプリングと分析方法を開発する必要があり、有用なデータを提供するため
33 のサンプリングと検査のロジスティックス（サンプルの収集能力や検査結果の所要時間など）を
34 確立するための予備研究が必要である。これらの研究には、環境工学や微生物学の専門知識、実
35 験室のキャパシティ、公衆衛生に利用できるデータを生成するための疫学者や他の公衆衛生専門
36 家との協力が必要となる。低リソース下水処理システムからの SARS-CoV-2 下水モニタリングデ
37 ータのサンプリング、検査、公衆衛生活動上の利用に関しては、以下の点を考慮する必要がある。

38

39 サンプルング

- 40 ・ 未処理の下水を取り扱う際に必要な技術的・管理的コントロール、衛生上の注意事項、特定
41 の安全作業方法、個人用保護具（PPE）など、未処理の下水を取り扱う作業者のための標準的

1 な安全対策に従うべきである。また、追加のバイオセーフティ予防策が必要かどうかを判断
2 するために、現場および活動に応じたバイオセーフティ・リスク評価を行うべきである。

- 3 ・ -感染性ポリオウィルスの下水モニタリング (pdf) は、急性弛緩性麻痺 (ポリオ) の補足とし
4 て数十年前から使用されている。下水道システムと低リソース下水処理システムの両方を含
5 む長期的なポリオモニタリング用サンプリングサイトは、当該下水の対象集団に関する情報
6 はすでに存在するため、SARS-CoV-2 の下水モニタリングにも利用できると考えられる。
- 7 ・ -コミュニティにおける SARS-CoV-2 の存在を評価するためのサンプリング頻度やサイトの
8 選択に関する詳細は、NWSS Sampling Strategies (1 章) を参照のこと。

9 10 検査

- 11 ・ 下水中の SARS-CoV-2 を検出するための専用の機器や消耗品の調達が困難な場合がある。ま
12 た、コミュニティによっては、特に農村部などでは安定した電力供給が課題となる場合があ
13 る。
- 14 ・ 環境分子微生物学研究所は一般的ではないため、SARS-CoV-2 の RNA を検出するために環境
15 サンプルを処理・検査するには、臨床微生物学者がトレーニングを受ける必要があるかもし
16 れない。
- 17 ・ サンプル中のヒト特有の糞便に係る指標を測定することが、サンプル中のヒト糞便の全量を
18 定量化することに役立つ場合があり、検出される SARS-CoV-2 RNA に対する糞便の相対量を
19 理解するのに役立つと考えられる。食生活や場所によって測定値が異なる可能性があるため、
20 これらの指標は個々のコミュニティで確立する必要があるとも考えられる。
- 21 ・ 下水や下水の影響を受けた環境水などの複雑なサンプルタイプから信頼性の高い SARS-
22 CoV-2 データを得るためには、確実な実験室コントロールと品質管理システム
23 (https://www.who.int/ihr/publications/lqms_en.pdf) が必要となる。

24 25 公衆衛生上の解釈

- 26 ・ SARS-CoV-2 の下水モニタリングは、単独で利用できるモニタリング手段ではない。疫学者、
27 環境エンジニア、その他の公衆衛生活動上のパートナーと協力し、公衆衛生対応やその他の
28 健康指標との関連でこれらのデータを活用することが重要である。
- 29 ・ SARS-CoV-2 の RNA が検出されないからといって、コミュニティに COVID-19 がないとは言
30 えない。SARS-CoV-2 の感染過程における糞便中のウイルス濃度に関するデータが不足して
31 おり、低リソース下水処理システムにおける糞便の流入とウイルスの持続性の特徴を明らか
32 にすることは困難である。SARS-CoV-2 の RNA が低リソース下水処理施設のサンプルから検
33 出されるのは、臨床モニタリングによってコミュニティにおける感染がすでに明らかにされ
34 た後になるかもしれない。
- 35 ・ 非効率的な下水道システムから得られたデータは、下水処理区内の住民を反映していない可
36 能性がある。例えば、処理区内の住民の大部分は、下水配管に接続できていない場合がある
37 (非合法的な居住地に住んでいる住民や、浄化槽どの分散型排水処理システムを使用している
38 住民など)。

1 8. Resources

2 リソース

3

4 出版物ハイライト

5

6 Kirby AE, Welsh RM, Marsh ZA,ら、メモ「コミュニティ廃水における SARS-CoV-2B.1.1.529 (オミ
7 クロン) 変異体の初期エビデンス-米国、2021 年 11 月から 12 月」MMWRMorbMortal Wkly Rep
8 2022; 71 : 103-105

9

10 論文及び出版物

11

12 ・ Douglas MG, Amadei CA, Campbell JR ら 2021 「下水調査による公衆衛生サーベイランスの強化：
13 COVID-19 パンデミックおよび将来の健康への脅威に対する不可欠な投資」ワシントン DC、ワ
14 ールドバンク

15 ・ Kirby AE, Walters MS, Jennings WC ら「COVID-19 レスポンスをサポートするための下水疫学デ
16 ータの使用-アメリカ、2020-2021」MMWR Morb Mortal Wkly2021, 70:1242-1244. DOI:
17 <http://dx.doi.org/10.15585/mmwr.mm7036a2>

18 ・ Kirby AE, Welsh RM, Marsh ZA ら、メモ「地域の廃水における SARS-CoV-2B.1.1.529 (オミクロ
19 ン) 変異体の初期エビデンス-アメリカ、2021.11-12」、MMWR Morb Mortal Wkly2022、71:103-
20 105. DOI: <http://dx.doi.org/10.15585/mmwr.mm7103a5>

21 ・ McClary-Gutierrez JS, Mattioli MC, Marcenac P, Silverman AI, Boehm AB, Bibby K ら「公衆衛生活
22 動のための SARS-CoV-2 下水サーベイランス」Emerg Infect Dis. 2021;27(9):1-8.

23

24 動画

25

26 ・ Debrief ディレクター：全国下水サーベイランスシステムデータ、2022.2

27 ・ Amy Kirby 博士が語る COVID に対する下水サーベイランス、2021.10

28

29 図

30

31 CDC の下水サーベイランスの図はダウンロードしてご利用下さい。

32

33 ・ フロー・NWSS の仕組み

34 ・ 下水サーベイランスは、新しい Covid-19 亜種がコミュニティに蔓延している可能性があること
35 を早期に警告することができます

36

37 ウェビナー

38

39 ・ オミクロン株蔓延時の下水ユーティリティ管理、2022.1

40 ・ 水中の抗菌剤耐性を理解する、2021.11

41

2 自治体における下水サーベイランスに関する調査事例

日本国内の自治体においても、下水サーベイランスに関する調査・取組事例がある。

2.1 東京都

東京都では、複数処理場に対する採水を行い水環境学会タスクフォースへの試料提供を行っている。また、感染の第2波にあたる2020年6月から8月末、11月に処理場流入水及び放流水の新型コロナウイルスRNA濃度の調査および感染性の有無に対する調査を行っている²⁷⁾²⁸⁾。流入下水の一部検体から新型コロナウイルスRNAの検出はあったものの、感染性は無いという結果であり、放流水からは新型コロナウイルスRNAの検出が無かったと報告している。

(1) 調査内容

第1回調査

場所：芝浦水再生センター及び落合水再生センター

対象：流入下水及び放流水

実施日数：令和2年6月30日から8月26日のうち流入水は9日、放流水は4日

第2回調査

場所：東京都下水道局が所管する全20水再生センター

対象：流入下水及び放流水

実施日：令和2年11月18日

(2) 調査方法

第1回調査に関し、試料採取は流入下水について週1回、放流水について2週に1回とし、降雨の影響を受けていない平日の午前10時頃に流入下水と放流水、各400mL採取し放流水については採取後速やかにチオ硫酸ナトリウムを添加し残留塩素を除去した。試料は東京都健康安全研究センターに運搬し分析を行った。検査・調査フローを図2.1に示す。

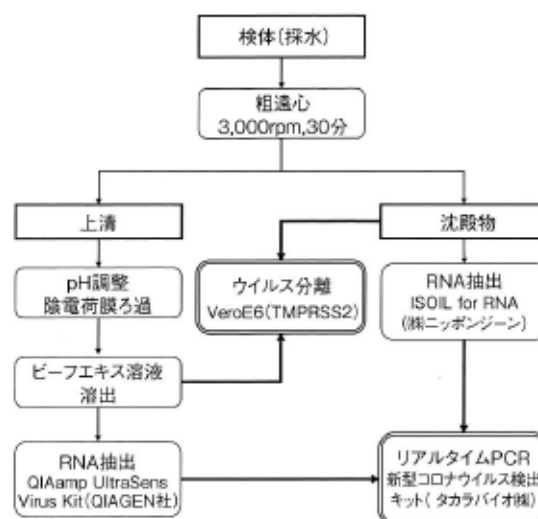


図 2.1 検査・試験フロー²⁹⁾

上清または沈殿物のいずれかからウイルスRNAが検出された試料について、感染性の有無を

1 調べるため、培養細胞を用いたウイルス分離を行った。培養細胞には国立感染症研究所の開発し
 2 た TMPRESS2 発現 VeroE6 細胞を使用し、ウイルス濃縮液（上清）と遠心分離沈殿物の両方につ
 3 いて試験した。培地を用い 37.5℃、5%CO2 下で 3 週間培養（1 週間ごとに新たな培養細胞を培
 4 養上清に加えた）。培養中は毎日、倒立顕微鏡で細胞編成効果（CPE）を観察した。

5
 6 (3) 調査結果

7 第 1 回、第 2 回の調査を通じて、

- 8 ・ 流入下水の一部検体から新型コロナウイルス RNA が検出されましたが、感染性の有無を調
 9 べる細胞培養試験の結果はすべて陰性（感染性なし）だった。
- 10 ・ すべての放流水から新型コロナウイルス RNA は検出されなかった。

11
 12 培養試験結果については、試験を行った 1 反応あたり 5 コピーの試料において新型コロナウイルス
 13 特融の細胞変性効果（CPE）は観察されず、感染性は失われていることが推察された。

14 RNA が検出されているにもかかわらず、培養試験で陰性となった理由としては、RNA 濃度が
 15 低いことに加え、脂質二重膜に包まれたエンベロープウイルスは、ノロウイルス等ノンエンベロ
 16 ープウイルスと比べ、一般的に水環境中で不安定であり、感染力を失いやすいことが影響したと
 17 考えられる。

18
 19 表 2-1 第 1 回調査（芝浦水再生センター及び落合水再生センターの流入下水の結果）²⁹⁾

芝浦水再生センター	6/30	7/7	7/16	7/22	7/29	8/5	8/12	8/19	8/26
PCR検査	不検出	不検出	検出	検出	検出	検出	検出	検出	検出
細胞培養試験	陰性	陰性	陰性	陰性	陰性	陰性	陰性	陰性	陰性
落合水再生センター	6/30	7/7	7/16	7/22	7/29	8/5	8/12	8/19	8/26
PCR検査	不検出	不検出	不検出	検出	検出	不検出	不検出	不検出	不検出
細胞培養試験	陰性	陰性	陰性	陰性	陰性	陰性	陰性	陰性	陰性

20
 21 表 第 2 回調査（東京都下水道局が所管する全 20 水再生センターの流入下水の結果）

水再生センター名	芝浦	三河島	砂町	有明	中川	小菅	葛西
PCR検査	検出	検出	検出	不検出	不検出	不検出	不検出
細胞培養試験	陰性	陰性	陰性	—*	—	—	—
水再生センター名	落合	中野	みやぎ	新河岸	浮間	森ヶ崎	
PCR検査	不検出	不検出	検出	不検出	検出	不検出	
細胞培養試験	—	—	陰性	—	陰性	—	
水再生センター名	北多摩一号	南多摩	北多摩二号	浅川	多摩川上流	八王子	清瀬
PCR検査	不検出	検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出
細胞培養試験	—	陰性	—	—	—	—	—

22
 23
 24 また、東京都下水道局および東京都下水道サービス株式会社は「下水中の新型コロナウイルス
 25 分析調査における施設管理者向け下水採取手順書」を令和 3 年 12 月に公表しており、施設管
 26 理者が自らの施設で分析調査を行う一助として提示している²⁹⁾。

下水中の新型コロナウイルス分析調査における 施設管理者向け下水採取手順書

令和3年12月

東京都下水道局
東京都下水道サービス株式会社

まえがき

- 本手順書は、下水中の新型コロナウイルスの分析調査などについて、東京都下水道局及び東京都下水道サービス株式会社における知見を取りまとめたものです。
- 施設管理者が自らの施設で、下水中の新型コロナウイルスの分析調査を行う場合に、一助となるように手順書の作成を行いました。
- これまで蓄積したノウハウを手順書に反映しましたが、個々の施設によって、施設固有の対策が必要となる可能性があることに留意してください。
- なお、対象施設で陽性者がいた場合でも、必ずしも下水調査の結果が陽性になるとは限りません。
- また、陽性者がいない場合でも、下水調査の結果が陽性となるケースもまれにあると言われています。
- このため、下水中の新型コロナウイルス分析調査は、施設内の感染者の有無を把握する一つのツールとして、活用することを推奨します。

1

本手順書について

1 下水中の新型コロナウイルス遺伝子分析の特徴

- 新型コロナウイルスのクラスター対策の一つとして、施設から排水される下水中の新型コロナウイルス遺伝子分析の取り組みが注目されています。
- 施設から排水される下水を定期的に分析することで、施設内の感染状況を早期に把握することができます。
- 本手法は、一度の検査で集団の調査が可能であり、個人が特定されない条件で施設の感染状況をモニタリングできる可能性があります。
- 下水調査で陽性になった場合には施設内の対象者全員にPCR検査を実施する等、より詳しい感染状況の調査に繋げることができます。
- なお、対象施設で陽性者がいた場合でも、必ずしも下水調査の結果が陽性になるとは限りません。

下水中の新型コロナウイルス遺伝子分析の流れ

※陽性者がトイレを使用した場合の流れを記載しています。



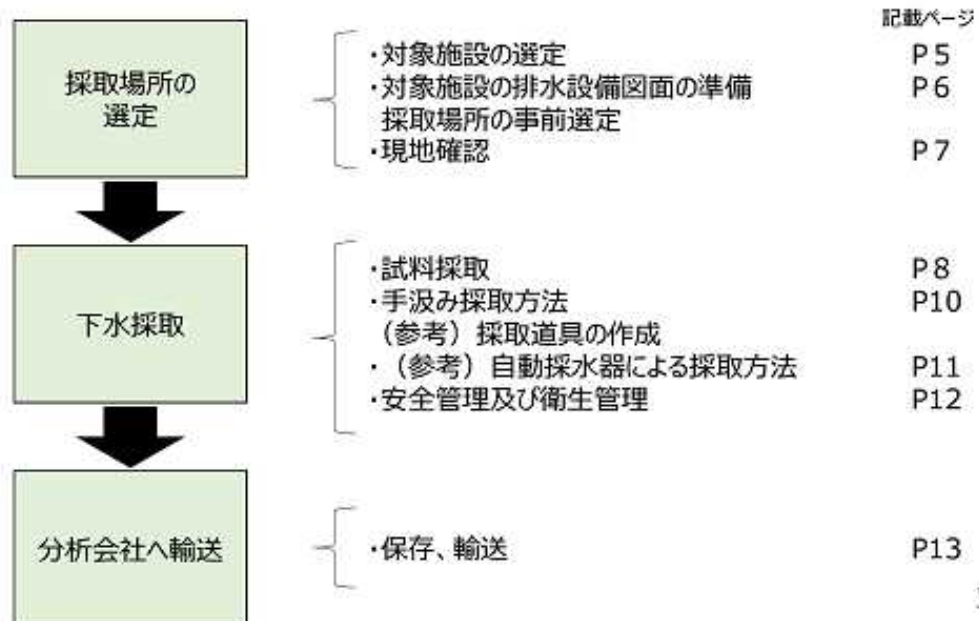
※ 経験や準備が不足している場合は外部業者の委託により実施

2

本手順書について

2 下水中の新型コロナウイルス分析調査フロー

- 標準的なフローである、下水中の新型コロナウイルス分析調査フローを以下に記載します。



3

1

2

本手順書について

3 調査に関する経験や準備が不足している場合について

- 本手順書は、施設管理者自らが採取作業ができるように、わかりやすく記載しています。
- 調査に関する経験や準備が不足している場合は、**作業を外部業者へお願いすることを推奨**します。
- 前項のフローの中で、どういった調査（作業）をお願いするかは、本手順書の内容を踏まえた上で、各施設管理者の実情に併せて検討して下さい。

4

採取場所の選定

1 対象施設の選定

- 下水調査に適した施設かどうか検討のうえ、対象施設を選定します。

下水調査に適している	適していない
特定の人が利用する、利用者を把握できる人が密集しやすい	調査時の利用者を把握できない人があまり立ち入らない 不特定多数の人が利用する
(例) 大学寮、介護施設等	(例) スーパー、商業施設等

- 下水調査に適していない施設で調査を実施する場合、陽性者の特定が難しくなる可能性があります。
- 下水調査により陽性反応が検出された場合、施設関係者全数PCR検査等を検討します。事前に調査実施機関と施設管理者で、陽性反応検出時の対応手順を決めておく必要があります。

(参考) 下水調査のコストメリット

施設関係者全数PCR	下水調査
1人あたり約2,500円※1	1回約7万円※1※2

施設の入居者の規模（人数）等を踏まえてコストメリットなどを比較し適切な方法を選択してください。

※左表の価格は参考にお示しているものです。委託を検討する際には、見積りを取得するなど費用の確認が必要です。

※1実勢価格を参考
※2分析のみの価格。試料採取等に別途費用がかかる。

5

1

2

採取場所の選定

2 対象施設の排水設備*1 図面の準備・採取場所の事前選定

- 現地確認を効率的に行うために、トイレから公共汚水ますまでの排水ルートを事前に図面で確認し、下水採取候補の施設内のマンホール等*2を複数選定しておきます。
(排水設備の管理を業者に委託している場合は、そちらから入手できます。)

○図面から採取場所を事前選定する際のポイント

- ビル内に排水槽がある場合は、排水槽で手汲み採取を行う。
- できる限りトイレ排水のみが流下している施設内のマンホール等を選定する。
- トイレ排水ルートが複数ある場合は、排水ルートが合流する地点の施設内のマンホール等を選定すると効率的に実施できる。
- 道路交通等への支障を避け、安全に作業を行うため、施設内のマンホール等の設置場所状況（道路上に設置されているのか、植樹帯の中に設置されているのか等）を確認しておく。
また、施設内のマンホール等の蓋の種類、大きさ（内径）及び深さを確認しておく。

※ 1 敷地内の排水を公共下水道に流入させるための設備

※ 2 マンホール等：マンホールや、より小型のますなど

6

採取場所の選定

3 現地確認

- 事前に図面で選定した施設内のマンホール等を現地で確認した上で、採取場所を最終決定します。
- 蓋の種類によって開閉用の鍵が異なるため、現地確認前に蓋の種類ごとに鍵の用意が必要となります。
- 大きさ（内径）及び深さによっては、転落防止等の安全対策が必要となります。

○現地確認する際のポイント

- 施設内のマンホール等の設置場所状況を確認します。
 - ・ 採取作業が安全かつ支障なくできるかを確認
- 施設内のマンホール等の蓋の種類、大きさ（内径）及び深さ並びに水量を確認します。
 - ・ 蓋の開閉が可能かを確認
 - ・ 転落防止等の安全対策が必要かを確認
 - ・ 採取可能な水量が流れているかを確認
- 水量が流れていない場合は時間を変えて確認もしくは別の採取場所を検討します。



▲ 施設内に設置されたますの例

7

1

2

下水採取

1 試料採取

手汲み採取

柄しゃくなどを使ってその場で採取を行います。

メリット

- 排水がある場合にはいつでも、何回でも採取可
- スペースが狭くても採取可能

デメリット

- 採取頻度を上げる場合の労力が大きい



採取に用いる伸縮性の柄しゃく (例)

自動採水器 (参考)

自動採水器を使用し、設定した時間に自動的に採取を行います。

メリット

- タイマー設定により夜間休日等も採取可能
- 1時間毎に採取する等の任意の時間設定が可能

デメリット

- 設置スペースが必要
- 手汲み採取に比べ、採取に多くの水量が必要
- 採取時に稼働音あり



機器一式

- ① 採水瓶 (24本)
- ② 操作盤
- ③ チューブ、ストレーナ
- ④ バッテリー

※直径50cm、高さ70cm程度
※1カ月のレンタル料：¥100,000程度
(実勢価格を参考)

その他 (参考)

民間企業では、独自に開発した下水の採取器具 (パッシブサンプラー等) を活用している場合があります。

8

下水採取

1 試料採取

採取準備

手汲み採取の場合

- ・柄しゃくなどの採取道具



自動採水器の場合 (参考)

- ・機器一式



共通して必要なもの

■ 採取容器



■ 運搬用具

- ・クーラーボックスや保冷バッグ
- ・保冷剤



■ 保護具

- ・ゴーグル
- ・手袋
- ・マスク など



- そのほか：手指消毒用アルコールや工具、カラーコーンなどを必要に応じて用意

ポイント

手汲み採取と自動採水器のどちらを採用するかは、施設からの排水状況や機材準備の可否、採取場所周辺の状況等を考慮して適切な方を選択します。

9

下水採取方法

2 手汲み採取方法

- 作業員が柄しゃく等の採取道具で採取を行います。
- 採取作業はまず手汲み採取で実施できないか検討します。

トイレ排水が採取しやすい時間帯（例）

- ①朝：7時～9時頃
- ②お昼：12時～13時頃
- ③夕方～夜：18～20時頃

ポイント

採取時間は施設利用者が滞在する時間帯や生活パターン等を考慮して検討する。



▲手汲み採取状況

（参考）採取道具の作成

- 材料（100円均一のお店などで購入可）
つっぱり棒等、バケツ状の容器、ワイヤー

- 組み立て
ワイヤーを棒に通し、容器にくりつけ固定



10

下水採取

3 （参考）自動採水器による採取方法

①自動採水器の設置

- 採取の数日前～当日の間に設置作業を行います。
- 設置作業
 - ・採水準備
 - ・タイマー等の機器設定
 - ・安全対策、臭気対策設置場所の周りをカラーコーンで囲う等の安全対策を行う。「調査中 さわらないでください」等の表示を行う。臭気が漏れないようにますの上部をビニール等で覆う



▲自動採水器設置状況

②試料回収

- 自動採水器では複数の試料を採取できます。必要に応じて各試料を混合してから検査に供します。

トイレ排水が採取しやすい時間帯（例）

- ①朝：7時～9時頃
- ②お昼：12時～13時頃
- ③夕方～夜：18～20時頃

ポイント

採取時間は施設利用者が滞在する時間帯や生活パターン等を考慮して検討する。



▲自動採水器（ボトル24本）

混合する場合



▲混合試料

11

1

2

下水採取方法

4 安全管理及び衛生管理

マンホール等の蓋を開閉する際の注意点

- マンホール等に第三者が近寄らないようカラーコーン等で周囲を囲む。
- 通行人が多い、車両が通行する箇所では誘導員を配置する。
- ポケットに入れた携帯電話等を落とさないよう注意する。
- 蓋を開ける際には足元を確認しながら、ケガに十分に注意する。

採取をする場合の注意点

- マンホール等の大きさ、深さに応じて転落防止の措置を行う。
- 保護具（手袋、マスク、ゴーグル等）を着用する。
- 作業中は安全対策や周囲の安全確認を怠らない。
- 作業後は手洗い、うがい、手指消毒等を行う。
- 採水用具は洗って消毒する。
- 安全対策、臭気対策
 - ・設置場所の周囲をカラーコーンで囲う等の安全対策を行う。
 - ・「調査中 さわらないでください」等の表示を行う。
 - ・臭気が漏れないようにますの上部をビニール等で覆う



▲ ます蓋と開閉用の鍵



▲ 転落防止のための仮蓋

12

分析会社へ輸送

保存・輸送

保存

- 採取場所から運搬する際は密閉したうえで冷蔵（または保冷剤等で保冷）します。
- 24時間以内に検査に供する場合は冷蔵（10℃以下）、それ以降に検査をする場合は冷凍保存を行います。

輸送

- 分析会社へ輸送する際は試料を三重以上にこん包することが望ましいです。
 - 一次容器：密閉した採水びん
 - 二次容器：チャック付き袋等（ペーパー類などの防漏緩衝材を同封することが望ましい）
 - 三次容器：輸送に耐えうる強度の段ボール箱等
- ※冷蔵・冷凍等の輸送方法については分析会社の指示に従ってください。



参考：日本水環境学会COVID-19タスクフォース 下水中の新型コロナウイルス遺伝子検出マニュアル

13

1
2
3
4

2.2 京都市

(1) 京都モデルについて⁴⁾

京都市では、京都大学および(株)島津テクノリサーチと共同で、施設排水を対象とした「京都モデル」を構築している。個別施設では利用者が限定的であるため、下水での陽性反応は、施設の利用者に感染者が存在したことを示し、ここには症候性に加えて不顕性感染者に由来する反応も含まれる。

個別施設に下水疫学を適用し陽性反応が得られた場合、この結果は施設利用者における症候性かつ/もしくは不顕性感染者の存在を示す情報となる。この情報をもとに、さらに唾液等を用いた臨床 PCR 検査を行えば、感染者個人を特定することが可能となる。この2つの検査を融合させた2階建て検査システムを「京都モデル」と名付け、その有効性を検証するために検証実験を行っている。

サンプリング方法としては、施設排水のため感染者がいつウイルスを排出するかが不明であり、グラブサンプリングでは難しいこと、またコンポジットサンプリングを行うにはオートサンプラーを設置する必要があることが挙げられる。そこで(株)島津テクノリサーチ開発の PoP-CoV サンプラーを施設排水枥やマンホールに取り付け、排水の流れる部分に浸漬することで、①グラブサンプリングでの陽性反応の取り逃しの可能性を減少させ、濃度の時間変動に左右されなくなるとともに、②オートサンプラーの費用面でのデメリットをキャンセルし、多くの施設での同時適用の可能性が高まった。

(2) 実証試験結果⁴⁾

PoP-CoV サンプラーを使って個別施設で実証試験を行ったところ、100名程度が利用する施設 A,B のトイレ排水を含む下水から SARS-CoV2 RNA 陽性反応を得た。施設 A では、下水陽性から数日遅れて行政の唾液による臨床 PCR で陽性が確定しており、施設 A で得られた下水陽性の反応からは、個別施設での下水疫学によって SARS-CoV-2 感染者を陽性確定日より前に捉えた可能性が示唆されている。

2.3 京都府

(1) Disease X 感染症対策プロジェクト³⁰⁾

2021年度、京都府において DX 推進体制が新たに構築された。DiseaseX 感染症対策プロジェクトは、府民の安心・安全やエビデンスに基づく政策決定等の実現を目指した社会課題解決モデルプロジェクトとして2021年5月に企画・検討が開始された。

(2) ワーキンググループ³⁰⁾

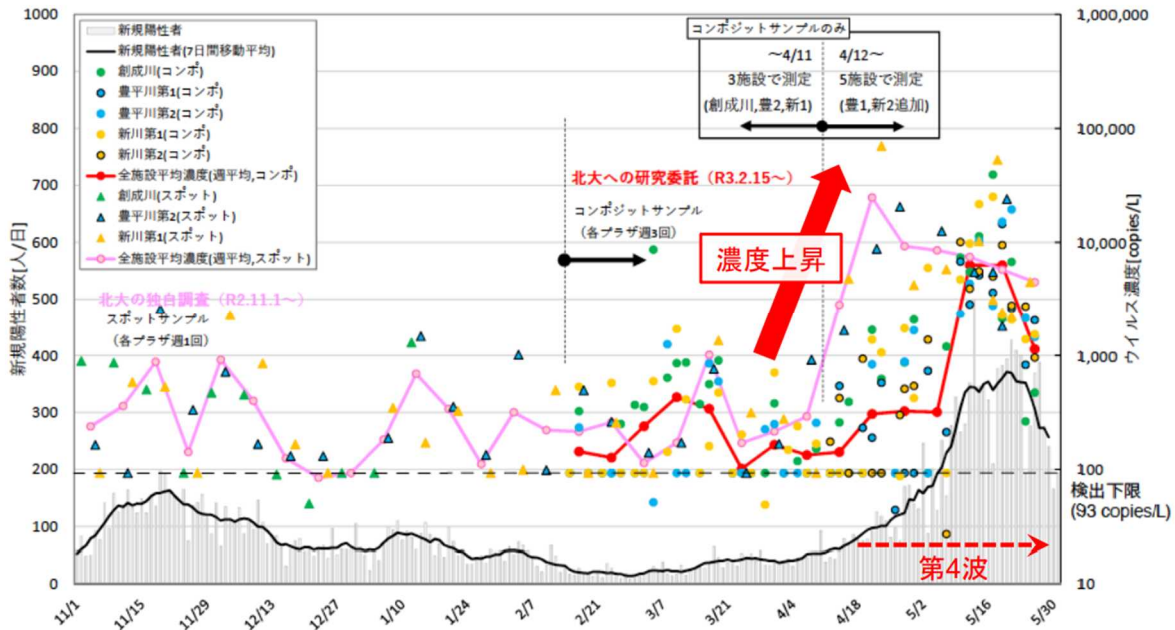
京都府では感染症対策のための分野横断的な協力の仕組みをワーキンググループとして発足させた。この中には下水疫学も含まれる。ワーキンググループの活動内容としては最終的には AI による複合解析等を行う予定となっている。

1 2.4 札幌市

2 2021年2月より、長期にわたり北海道大学と官学連携による実証実験を実施している。札幌市
3 は北海道大学に試料を提供し、北海道大学は社会実装のための実証試験を行っている³¹⁾。

4 図2.2に示すとおり、新規感染者と下水中新型コロナウイルスRNA濃度の変動パターンが類似
5 していることを示している。なお、下水中ウイルス濃度の不均一性に起因する非検出や測定値の
6 ばらつきも認められるため、下水データの解釈については引き続き調査研究により検討する必要
7 があるとしている³¹⁾。

8



9

10 図 2.2 札幌市における新規感染者数と下水処理場下水中新型コロナウイルス RNA 濃度の関係³¹⁾

11

12 2.5 仙台市

13 仙台市では、東北大学等による感染症の研究新型コロナウイルス感染症、ノロウイルス等によ
14 る感染性胃腸炎に協力している。新型コロナウイルス感染症に関しては、東北大学、仙台市等が
15 共同で行う下水中ウイルス検出結果から算出した新型コロナウイルス感染陽性者数予測値の公開
16 検証実験が実施されている。

17 東北大学らの研究グループは、下水中の新型コロナウイルスの調査結果に基づき、向こう 1 週
18 間に発生する新規感染陽性者数の推定を行う予測モデルを構築した。この予測モデルは、過去 1
19 年以上の仙台市内における感染陽性報告者数と市内下水処理場に流れてくる下水中新型冠状
20 ウイルス調査結果をもとに機械学習（ニューラルネットワーク）を用いて、予測値を導き出すもの
21 である³²⁾。

22

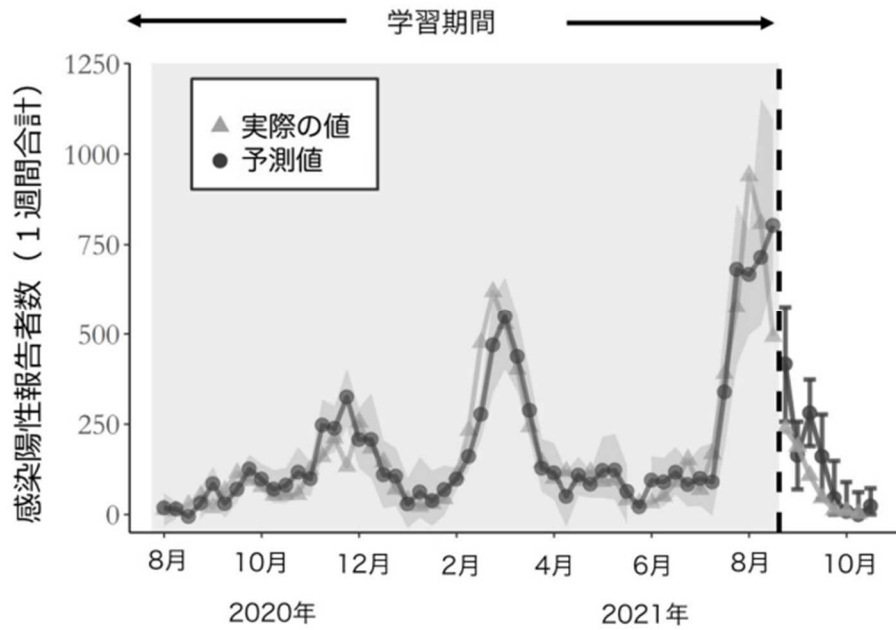


図 2.3 感染陽性者数予測モデルによる予測結果³³⁾

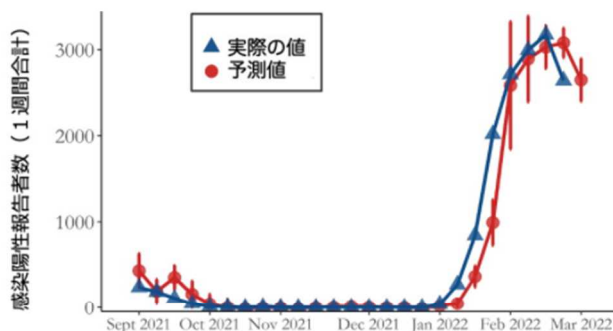
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12

この予測値については、「下水中ノロウイルス濃度情報発信サイト」(<https://novinsewage.com/>)
を活用し、当該サイトでのメールアドレス登録者を対象に、2021年11月8日から週に1度、
上記予測モデルで得られた仙台市における新規感染陽性者数の週間予測値をメールで通知してい
る。

今回の検証実験では、このサイトを活用し、メールアドレス登録者宛に、新型コロナウイルス
新規感染陽性者数の週間予測値を、週に1回配信している。メールには、予測値の精度を見極め
る目安となるよう、1週間前の予測値と実際の感染陽性者数も合わせて掲載している。ニューズ
レター例を図 2.4 に示す。

下水調査結果をもとに得られた2022年2月28日-3月6日の仙台市内における新規感染陽性者数の予測値は：2647人です。

2022年2月21日-27日の予測値は3079人であったのに対し、実際の値は2639人でした。



検証段階の予測システムであり、将来的な結果と必ずしも一致しない可能性がありますことについてご了承ください。

先週（2月21日-27日）の下水調査（4サンプル）では、ウイルス濃度は比較的高いレベルで維持されていました。この結果は、感染者の中で症状が軽いなどの理由により検査されていない方の人数が一定数存在している状況を示していると考えられます。

図 2.4 COVID-19 新規感染陽性者数 1 週間予測（2 月 28 日-3 月 6 日の例）（試行版）³³⁾

2.6 埼玉県

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」（研究代表：塩野義製薬株式会社）が採択され、埼玉県荒川左岸南部流域下水道をフィールドとして提供している³⁴⁾。

本調査では、下水処理場やポンプ場、マンホールから採取した下水に含まれる新型コロナウイルス RNA を分析することによって、感染拡大地域の早期検知が可能か社会実装に向けた検証が行われている。概要を以下に示す。

- ・目的：新型コロナウイルス感染拡大地域の早期検知に、マンホール廻り下水疫学調査が有益か検証する。
- ・期間：令和3年11月8日(月曜日)から12月17日(金曜日)の6週間
- ・採水場所：荒川水循環センター（戸田市笹目 5-37-14）
荒川左岸南部流域の中継ポンプ場 4箇所
荒川左岸南部流域（関連公共下水道含む）のマンホール 6箇所
- ・研究実施機関：北海道大学、塩野義製薬株式会社

1 2.7 船橋市

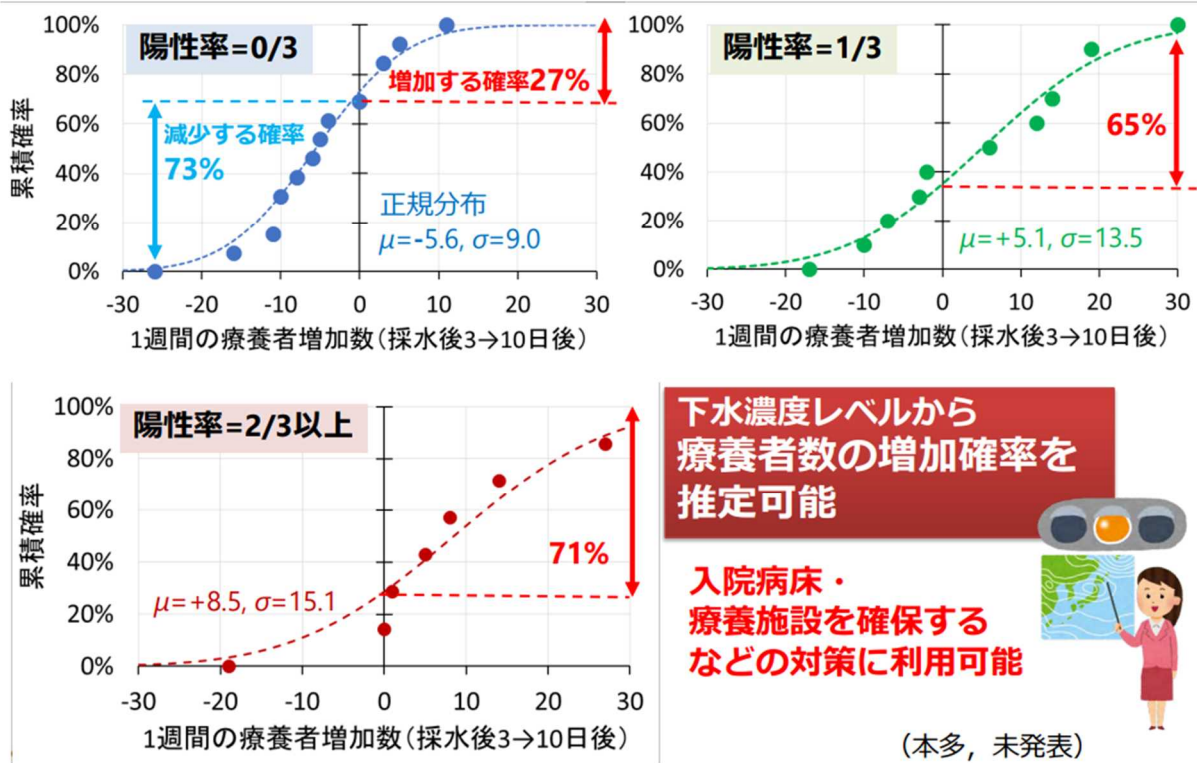
2 市と金沢大学が締結する協定に基づく調査研究は、(公社)日本水環境学会の取組みにも参加し
 3 ている同大学と民間企業(株式会社建設技術研究所・株式会社環境総合リサーチ)が共同研究で
 4 実施している。市は、市内2カ所の下水処理場に流入する下水を週2日採水し、下水処理区域内
 5 の感染者数データとともに金沢大に送付している³⁵⁾。

6 令和3年9月に開催された日本水環境学会 COVID-19 の WEB セミナーにて、金沢大学より以
 7 下の点について報告している。

- 8 ・採取した試料を3回に分けて検査し、その陽性カウント数(0~3回の4値化)によって濃度
 9 レベル分けを行い、その後の療養者数との関係について推定を行った。
- 10 ・3つのうち2つが陽性だった場合、採水した日から3日後~10日後までの1週間の療養者数
 11 が増える確率が約7割、1つも検出されなかった場合には療養者数が約7割の確率で減少
 12 していた。
- 13 ・この結果は、下水処理区は市内の一部に過ぎないが、下水を調査することで、約1週間後の
 14 療養者数の増加・減少の傾向を予報できる可能性を示している。

15

下水検査陽性カウント数ごとの療養者増加数の確率分布(2020.7.27-2021.3.29)



16

17 図 2.5 下水分析データと療養者数の関係定量化³⁶⁾

18

19 2.8 神奈川県

20 神奈川県では、神奈川県立保健福祉大学大学院ヘルスイノベーション研究科と連携して、「感染
 21 者情報分析 EBPM プロジェクト」を実施し、その一環として下水中の新型コロナウイルス遺伝子
 22 の検出による感染状況把握を実施している。2021年11月から2022年3月まで(予定)の期間に
 23 において、2箇所の下水処理場において調査を実施しており、分析結果を保健衛生部局のホームペ
 24 ージにて公表している³⁷⁾。

1 下水処理場は、柳島水再生センター、四之宮水再生センター（いずれも相模川流域下水道）の
2 2か所である。

3

4 表 2-2 下水中新型コロナウイルス RNA 濃度と新規感染者数の公表例（左岸）³⁷⁾

日付	採取日	下水中の 新型コロナウイルスRNA (Copies/L)	新規流域感染者数 (人)
2月6日			1,258
2月7日	○	5,460	1,369
2月8日			1,818
2月9日	○	25,600	1,587
2月10日			1,481
2月11日			1,276
2月12日			1,032

5

6 ※1 新規流域感染者数は、保健所設置市である相模原市、藤沢市、茅ヶ崎市（寒川町含む）が発表した新規感
7 染者と、県所管域発表の相模原市、藤沢市、茅ヶ崎市、寒川町、海老名市、座間市、綾瀬市に居住の合計
8 （令和4年2月12日現在）
9 ただし、保健所設置市発表分には当該市・町以外の感染者が含まれる。

10

11 2.9 大阪府、大阪市

12 大阪府および大阪市は北海道大学と民間企業（塩野義製薬株式会社）の行う研究に対し、協力
13 を行っている³⁸⁾。研究の概要および協力概要は以下の通りである。

14 (1) 研究目的：下水疫学に基づき、新型コロナウイルス感染症の流行予測について、ウイル
15 スの定量・変異解析を実施

16 (2) 期間：令和3年4月15日から6月14日

17 (3) 場所・頻度 大阪府流域下水処理場（下記処理場）：流入下水を全平日サンプリング

18

19 鴻池水みらいセンター（東大阪市）、川俣水みらいセンター（東大阪市）、

20 今池水みらいセンター（松原市）、中央水みらいセンター（茨木市）、

21 高槻水みらいセンター（高槻市）、渚水みらいセンター（枚方市）

22 （ただし、渚は下水汚泥を火曜日・金曜日の週2回）

23 大阪市内下水処理場（海老江、大野、津守、住之江）

24 ※：流入下水を週3回サンプリング

25 (4) 研究主体 塩野義製薬株式会社

26 (5) 技術開発 北海道大学・塩野義製薬株式会社

27

28 <府および市の協力内容>

29 (1) 下水処理場における採水協力

30 (2) 市町村ごとの新規陽性者数（公表ベース）の提供

31 (3) 府の感染状況の把握に繋がる有効性を確認

32 (4) その他必要事項

1 2.10 貝塚市

2 広範囲の下水が集中するマンホールより週1回職員により採水し、業者に遺伝子分析を依頼し
3 ている。2021年10月から2022年3月まで実施予定であり、分析結果については、今後の感染対
4 策の資料として、貝塚市新型コロナウイルス対策本部に報告しており、合わせて週ごとの結果に
5 ついて陽性か不検出であるかの情報を上下水道部のHPに公表している³⁹⁾。

6

最新の分析結果

20回目の令和4年2月24日採水分の分析結果は「陽性」でした。

新型コロナウイルスの感染が引き続き拡大しています。市民の皆様一人ひとりが感染予防対策を徹底して
ください。

過去の分析結果

- 1～13回目（令和3年10月14日～令和4年1月5日）採水分：陰性
- 14～19回目（令和4年1月12日～令和4年2月16日）採水分：陽性

7

8

図 2.6 公表データ（3月1日の例）⁴⁰⁾

9

10 2.11 香川県、高松市

11 水環境学会タスクフォースの取組や国土交通省の取組より、香川県においても下水中に含まれ
12 る新型コロナウイルスの濃度を測定することにより、流行の早期検知への可能性を検討するため、
13 本調査を実施した。香川県土木部下水道課において香川県管理の処理場及び高松市管理の処理場
14 の各1箇所の流入下水を対象に、2021年10月より2022年3月まで実施されている。

15 対象処理場は以下の通りである⁴¹⁾。

- 16 ・香川県管理：中讃流域下水道大東川浄化センター
- 17 ・高松市管理：東部下水処理場

18

19 結果は週2回更新しており、

1 表 2-3 のように公表している。

2

3

4

1 表 2-3 下水処理場における流入下水の新型コロナウイルス RNA 濃度について 41)

高松市東部下水処理場					(参考)
箇所	採水日	新型コロナウイルスRNA濃度 (copies/L)	分析手法	備考	新規感染者数 (関係市全体)
高松市 東部下水処理場 (高松市)	令和3年10月25日	未検出	北大-シオノギ法(仮称)		25日:0人
	令和3年10月27日	未検出		27日:0人	
	令和3年11月1日	未検出		1日:0人	
	令和3年11月4日	未検出		4日:0人	
	令和3年11月8日	未検出		8日:0人	
	令和3年11月10日	未検出		10日:0人	
	令和3年11月15日	定量下限値未満		15日:0人	
	令和3年11月17日	定量下限値未満		17日:0人	
	令和3年11月22日	未検出		22日:0人	
	令和3年11月24日	未検出		24日:0人	
	令和3年11月29日	未検出		29日:0人	
	令和3年12月1日	未検出		1日:0人	
	令和3年12月6日	未検出		6日:0人	
	令和3年12月8日	未検出		8日:0人	
	令和3年12月13日	未検出		13日:0人	
	令和3年12月15日	未検出		15日:0人	
	令和3年12月20日	未検出		20日:0人	
	令和3年12月22日	定量下限値未満		22日:0人	
	令和3年12月27日	定量下限値未満		27日:1人	
	令和4年1月4日	定量下限値未満		4日:3人	
	令和4年1月6日	定量下限値未満		6日:10人	
	令和4年1月11日	定量下限値未満		11日:23人	
	令和4年1月13日	1,110		13日:35人	
	令和4年1月17日	463		17日:41人	
	令和4年1月19日	833		19日:57人	
	令和4年1月24日	741		24日:106人	
	令和4年1月26日	1,020		26日:166人	
	令和4年1月31日	2,780		31日:140人	
	令和4年2月2日	30,800		2日:207人	
	令和4年2月7日	2,310		7日:157人	
	令和4年2月9日	10,900		9日:174人	
	令和4年2月14日	7,690		14日:204人	
令和4年2月16日	7,960	16日:215人			
令和4年2月21日	9,170	21日:192人			
令和4年2月24日	2,690	24日:173人			

※定量下限値未満:定量値は得られていないが陽性の分析結果
・関係市町への直接のお問い合わせはお控えください。

2
3

4 2.12 高知県

5 2021年10月より水環境学会タスクフォースメンバーであった井原賢准教授が高知大学へ赴任
6 し、2022年1月に「高知から発信する下水の未来 第5回シンポジウム「コロナ禍における下水
7 処理場の役割」」を高知県(高知県土木部)、高知市、高知大学の共催で開催した 42)。

8 招待講演では京都大学・田中宏明名誉教授、東北大学・佐野大輔教授、京都府政策企画部 企画
9 参事・吉岡信吾氏、高知大学・井原准教授が、下水疫学に対する日本政府の動きや、下水疫学に

1 より得られる情報、自治体による下水疫学を活用した感染症対策の事例などを講演し、パネルデ
2 スカッションでは、京都大学・藤原拓教授をコーディネーターとし、コロナ禍における下水処理
3 場の役割、およびコロナ感染拡大が下水道へ与えた影響について、議論を深めた。

4

5 2.13 神戸市

6 神戸市健康科学研究所では、同市建設局下水道部の協力を得て、神戸市内の下水処理場で流入
7 下水を採水している。採水後は、-20℃で保存し、健康科学研究所まで冷凍で輸送し、健康科学研
8 究所において RNA 濃度を測定している⁴³⁾。

9 市下水道部と連携して 2020 年末から週に 1 回、市内 6 カ所の下水処理場のうち複数箇所で、流
10 流入水を採取している。2021 年 2 月～5 月の分析結果からは、下水中の遺伝子量と患者数の増加
11 が同じような傾向をたどることが分かった⁴⁴⁾。

12

13 2.14 大分市

14 大分市上下水道局は、水環境学会タスクフォースメンバー（京都大学、高知大学）および民間
15 企業（ヴェオリア・ジェネッツ）と共同で原川水資源再生センターでの流入水に対する新型コロ
16 ナウイルス RNA 濃度分析の実証事業を行った。期間は 2021 年 5 月～8 月に行った。

17 流入下水を週 1 回の頻度で採水し、異なる分析機関 2 箇所に送付し分析を行った。

18 結果として、下水の繰り返し PCR での陽性率と人検査による感染者数の推移に相関関係がある
19 ことが判明し、下水疫学情報を市内感染状況のモニタリングに活用できることが実証されている
20 ⁴⁵⁾。

21

22

23

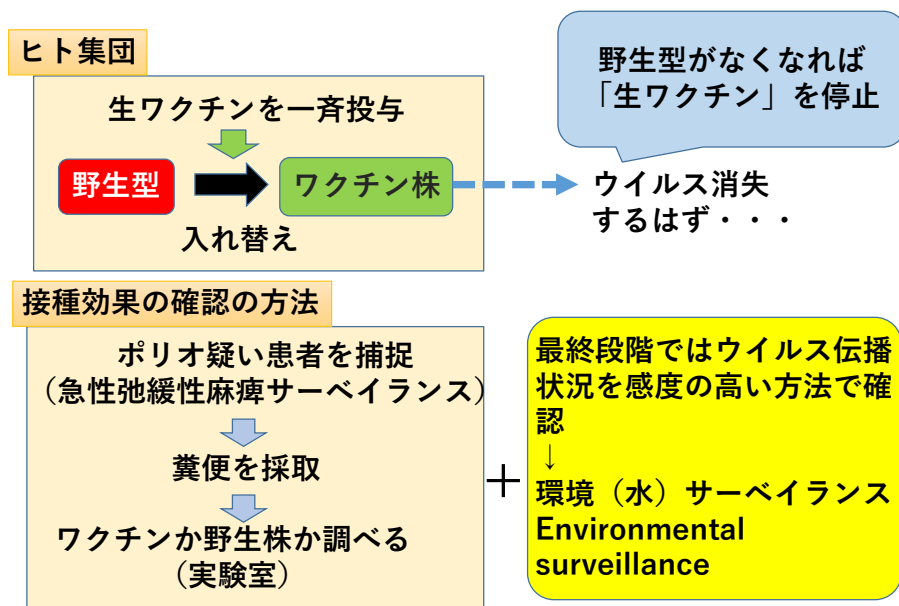
1 **3 ポリオ環境水サーベイランスの事例**

2 ポリオに対する環境水サーベイランス⁴⁶⁾については、厚生労働省主導にて全国 19 か所の地方
3 衛生研究所において行われている。

4 かつて第二次大戦前に米国ではポリオの水系感染の証明のためサルへ下水濃縮物を接種するこ
5 とで、季節周期性も証明していた。その後、細胞培養法が発明され、国内外で少しずつ調査が開
6 始された。(東京都は 1967 年)。

7 一方、1970 年代には環境汚染が深刻となり、国内で主に地方衛生研究所による調査研究が進め
8 られた。これに関しては、富山県衛生研究所が最後まで継続していた。

9 ポリオ根絶戦略としては、生ワクチンを接種していた時代には人集団への生ワクチン接種によ
10 り、野生株が人工株に置き換わることで野生ポリオの根絶を証明していた。その後生ワクチンか
11 ら不活化ワクチンへ置き換わったことにより環境水サーベイランスとポリオ疑い患者の糞便を調
12 べることでポリオ根絶計画を達成しようとしている。



13
14 **図 3.1 ポリオ根絶計画 模式図**

15
16 ポリオは感染症法における 2 類感染症に分類されており、日本国内では 1980 年以降野生型ポ
17 リオウイルスは見つかっておらず、海外からの輸入による感染が生じる可能性はある。かつては
18 感染源調査として乳幼児の糞便検査を行い検出の有無を把握していたが、海外から侵入する可能
19 性のあるポリオウイルスを効率よく捕捉するべく環境水サーベイランス(下水調査)を 2013 年度
20 より感染症流行予測調査事業として開始した。

21 環境水サーベイランスの概要について図 3.2 に示す。

22

環境水サーベイランスとは

環境水サーベイランスは顕性、不顕性に関わらず、ヒトから排出されたウイルスを検出でき、かつ下水道を使用する人口全体を対象としたウイルス監視法

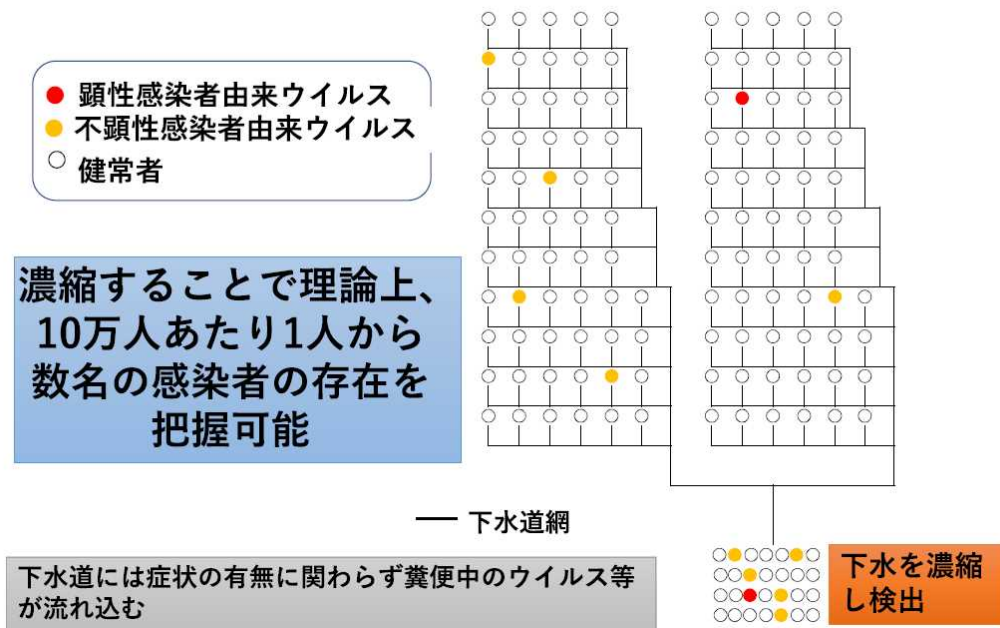


図 3.2 環境水サーベイランスの概要

実施方法については以下の通りである。

- 定点となる下水処理場（人口 10-30 万人を対象。下水普及率 7-8 割）を定め、月 1 回流入下水（0.5L を目安）を採取し、濃縮処理後、ポリオウイルス分離/同定を行う。
- 調査期間は通年を想定。
- ポリオウイルスが万が一検出された場合は、速やかに結核感染症課、感染症疫学センターへ連絡し、ウイルス行政検査を感染症研究所で実施

環境水中からポリオウイルスが検知された場合は、患者が地域に存在し、他の患者が発生することを想定し、医療機関等に対し、急性弛緩性麻痺（AFP）患者のポリオウイルス感染を疑うように周知する。

人から検出された場合には直ちに二類感染症として届出を行うよう周知に努めるなど、地域において、患者サーベイランスを強化する。

（R1 年度流行予測調査事業実施要領 より）

なお、月 1 回頻度調査において野生株の検出があった場合には、採水頻度の増加及び他の処理場での採水を行うこととなっている。（図 3.3 参照）

野生株（VDPV）検出時、環境水サーベイランス強化による対応（実施要領参考資料）

採水頻度を増やす
 (例：月1回→週1回)
 別の下水処理場でも採水/検査

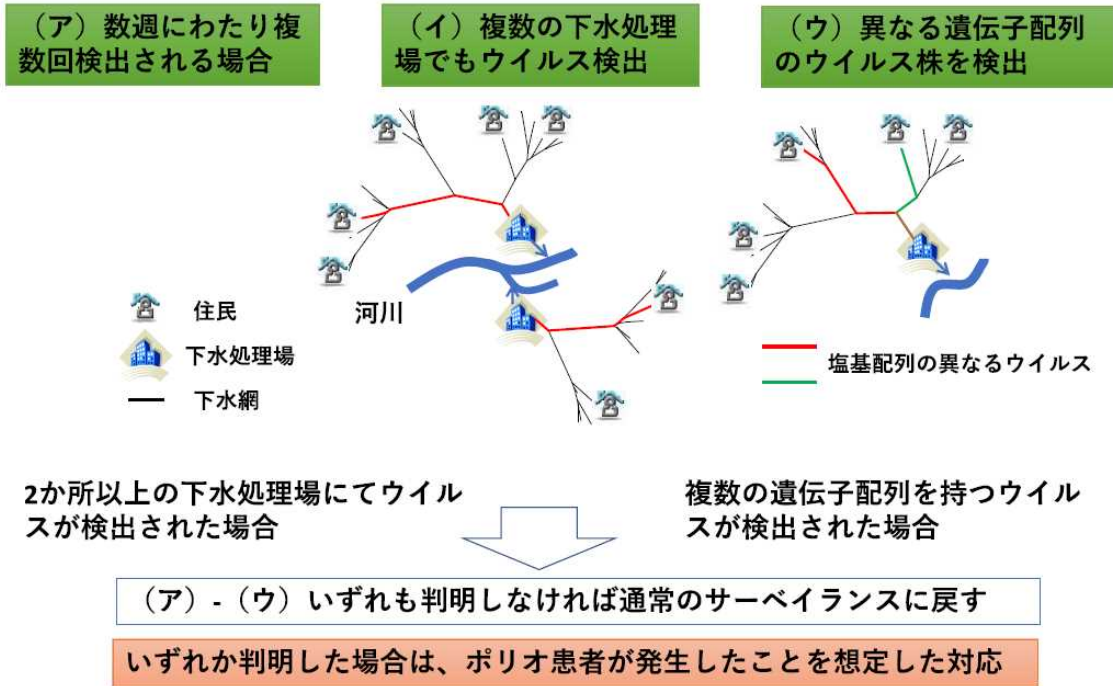


図 3.3 ポリオ野生株検出時の対応

1
2
3

1 **4 感染症サーベイランス（人への検査）**

2 感染症発生動向調査事業とは、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（以
3 下「法」という）第12条から第16条に基づき、

- 4 ・ 感染症に関する医師等からの情報収集【法第12～14条】
 - 5 ・ 専門家による解析（必要に応じ、感染症の発生の状況、動向及び原因を明らかにするための
6 の調査（積極的疫学調査））【法第15条】
 - 7 ・ 国民・医療関係者への情報提供及び公開【法第16条】
- 8 を行うことにより、感染症に対する有効かつ確かな予防対策を図り、多様な感染症の発生・拡
9 大を防止することを目的とする。

10 <感染症発生動向調査事業の概要>

- 11 ・ 創設年度：平成11年度
- 12 ・ 実施主体：都道府県、政令市、特別区
- 13 ・ 負担率：1/2
- 14 ・ 関連規定

15 法第12条（全数把握）…医師から都道府県知事に届け出
16 法第13条（動物由来感染症の全数把握）…獣医師から都道府県知事に届け出
17 法第14条（定点把握）…都道府県知事が開設者の同意を得て指定届出期間を指定
18 指定届出期間の管理者は都道府県知事に届け出
19 法第15条（積極的疫学調査）…感染症の発生の状況、動向及び原因を明らかにするための
20 調査
21 法第16条（感染症情報の公表）…収集した情報の分析、インターネット等の方法による公
22 表
23 注）氏名等の個人を識別できる情報を除く。

24 感染症の分類と考え方を示す。

25 表 4-1 感染症の分類と考え方⁴⁷⁾

感染症の分類と考え方			
分類	実施できる措置等	分類の考え方	
一類感染症	・ 対人：入院（都道府県知事が必要と認めるとき）等 ・ 対物：消毒等の措置 ・ 交通制限等の措置が可能	感染力と罹患した場合の重篤性等に 基づく総合的観点から見た危険性 の程度に応じて分類	
二類感染症	・ 対人：入院（都道府県知事が必要と認めるとき）等 ・ 対物：消毒等の措置		
三類感染症	・ 対人：就業制限（都道府県知事が必要と認めるとき）等 ・ 対物：消毒等の措置		
四類感染症	・ 動物への措置を含む消毒等の措置	一類～三類感染症以外のもので、主 に動物等を介してヒトに感染	
五類感染症	・ 発生動向調査	国民や医療関係者への情報提供が必要	
新型インフルエンザ 等感染症	・ 対人：入院（都道府県知事が必要と認めるとき）等 ・ 対物：消毒等の措置 ・ 政令により一類感染症相当の措置も可能 ・ 感染したおそれのある者に対する健康状態報告要請、外出自粛要請 等	新たに人から人に伝染する能力を有 することとなったインフルエンザで あって、国民が免疫を獲得していな いことから、全国的かつ急速なまん 延により国民の生命及び健康に重大 な影響を与えるおそれ	
指定感染症	一類から三類感染症に準じた対人、対物措置（延長を含め最大2年間に限定）	既知の感染症で、一類から三類感染 症と同等の措置を講じなければ、国 民の生命及び健康に重大な影響を与 えるおそれ	
新感染 症	症例積み 重ね前	厚生労働大臣が都道府県知事に対し、対応について個別に指導・助言	ヒトからヒトに伝染する未知の感染 症であって、重篤かつ、国民の生命 及び健康に重大な影響を与えるおそ れ
	症例積み 重ね後	一類感染症に準じた対応（政令で規定）	

1 一般的な病原体サーベイランスの実施体制を示す。

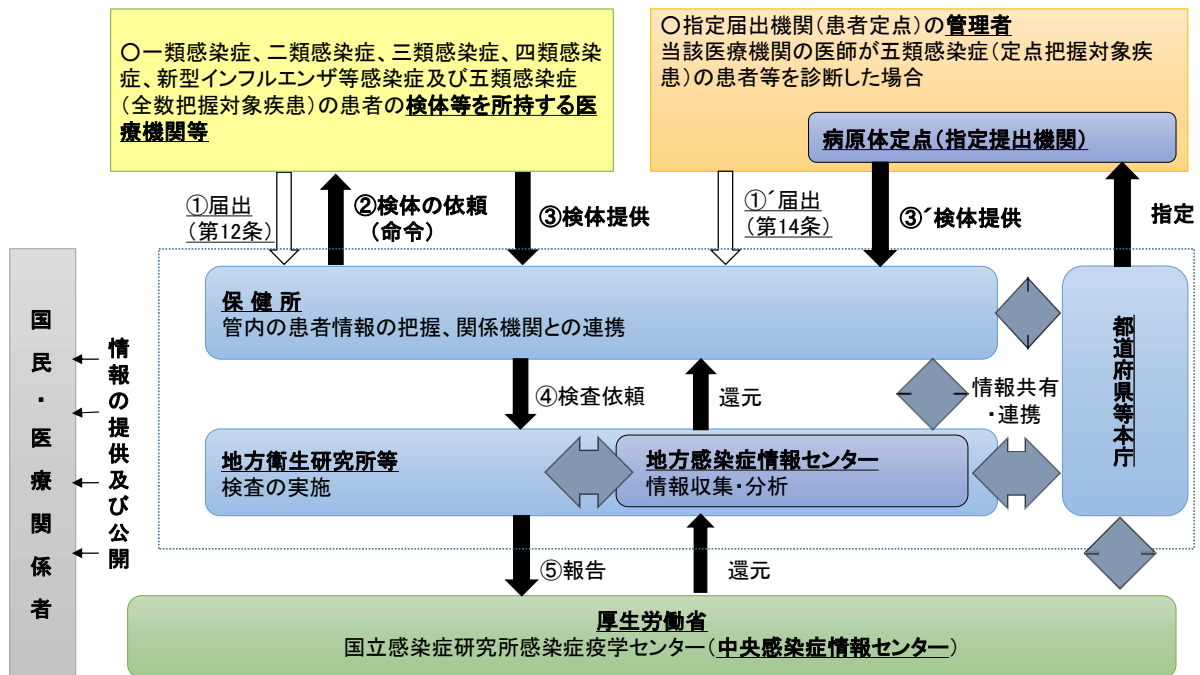


図 4.1 一般的な病原体サーベイランスの実施フロー⁴⁸⁾

2
3
4
5 なお、病原体定点の報告については、表 4-2 に示す季節性インフルエンザの場合は平成 27 年
6 の法改正以前は法第 15 条における積極的疫学調査対象であったため、調査単位や報告のタイミ
7 ングに対する規定が無かったが、法改正後は法 14 条の対象となり、流行期には週単位、非流行
8 期には月単位での調査を行うことが定められている。現在、新型コロナウイルス感染症は 2 類と
9 なっているが、流行収束後は 5 類となる可能性があり、5 類の場合の扱いは法第 15 条の対象と
10 なるため調査単位は月単位となる。

11
12 表 4-2 病原体定点に係る取扱いの法改正前後変更点（季節性インフルエンザ）⁴⁸⁾

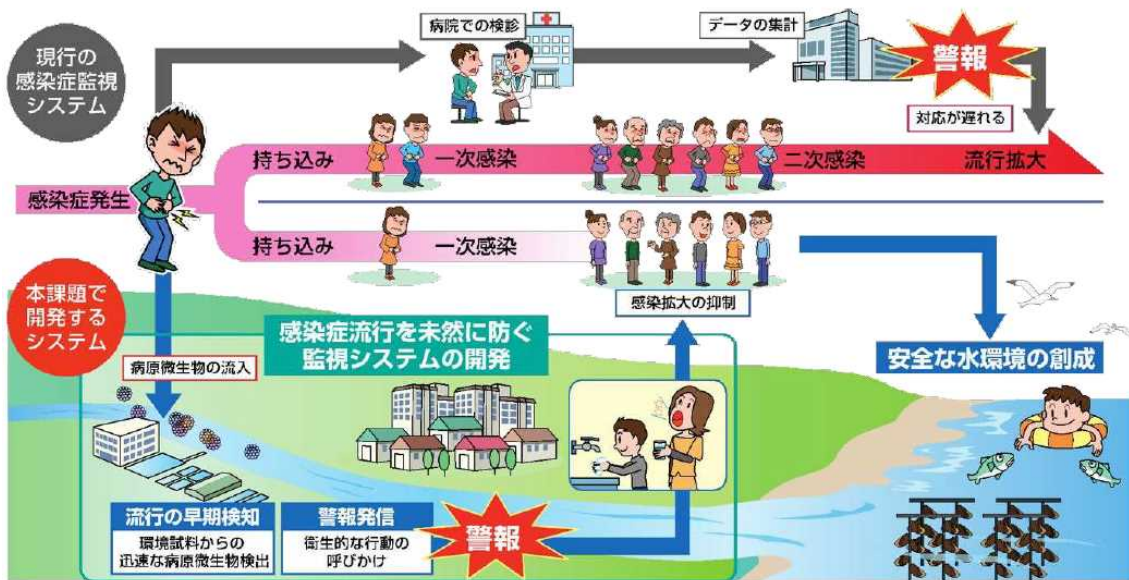
	改正前	改正後
根拠	感染症法第15条 (積極的疫学調査)	感染症法第14条の2 (指定提出機関制度)
病原体定点の選定	・患者定点の概ね10% ・医療機関のみの指定	・人口、医療機関の分布を考慮 ・患者定点の概ね10% ・ただし小児科定点から10%以上、内科定点 から10%以上をそれぞれ3定点、2定点を下 回らないように選定 ・医療機関及び衛生検査所の指定可
調査単位	規定なし (自治体毎に異なる)	・流行期 → 週単位 ・非流行期 → 月単位
検体提出数	規定なし (自治体毎に異なる)	調査単位ごとに、少なくとも1検体/定点(イン フルエンザ様疾患含む)
報告のタイミング	原則として結果がまとまり次第	結果判明後速やかに
報告事項	規定なし (NESIDの入力項目)	・患者の性別、年齢 ・管轄保健所、都道府県名 (その他NESIDの入力項目)

13

1 5 ノロウイルスサーベイランス事例

2
3
4
5
6
7

東北大学、山形大学、仙台市、日水コン共同体では、仙台市の南蒲生浄化センターにおいてノロウイルスに対する下水サーベイランス⁴⁹⁾を実施しており、流入下水から一定濃度以上のノロウイルスが検出された場合には、登録したユーザーに対し注意喚起情報を発信する仕組みを構築している。(図 5.1 参照)



8

9 図 5.1 ノロウイルスサーベイランス（水監視システム）概要³⁵⁾

10

11 このシステム構築時には、感染性胃腸炎の流行状況と下水中に含まれる NoV (GI、G II) の量
12 的な関係を調査し、その結果として流行期 (11 月～3 月) にそれまでの平均濃度+2σを超えた
13 後に流行が生じていることを把握した。

14 現在、システムは試験運用中であるが新型コロナウイルス感染症流行の影響によりノロウイル
15 ス濃度が低いままであり、注意喚起情報の利用事例はまだない。

16

17

6 国土交通省の調査事例

国土交通省は「下水道における新型コロナウイルスに関する調査検討委員会」を令和3年3月に設置し、下水処理場への流入下水、放流水等における新型コロナウイルス RNA 濃度の測定結果に基づき、下水処理場内の処理過程における新型コロナウイルスの挙動実態を整理するとともに、保健衛生部局の感染拡大防止対策に寄与できるよう、下水道部局におけるウイルス RNA 濃度の測定のあり方等について検討を行ってきた。

調査検討委員会の委員及び開催概要は、以下のとおり。

なお、詳細については国土交通省ホームページを参照頂きたい。

https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewerage/mizukokudo_sewerage_tk_000708.html

○委員

委員長 京都大学 名誉教授	田中 宏明
東北大学未来科学共同研究センター シニアリサーチフェロー	大村 達夫 (R3.4.1～)
東京大学大学院工学系研究科 教授	片山 浩之
横浜市環境創造局下水道施設部 下水道施設管理課 課長	大橋 洋明
横浜市健康福祉局健康安全部 医務担当部長 (健康安全課長兼務)	船山 和志
京都市上下水道局技術監理室水質管理センター水質第2課 課長	勢川 利治
国立研究開発法人土木研究所 水環境研究グループ 上席研究員	山下 洋正
国立感染症研究所ウイルス第二部 主任研究官	吉田 弘

オブザーバー：厚生労働省健康局結核感染症課
事務局：国土交通省水管理・国土保全局下水道部流域管理官付

○開催概要(令和4年3月22日時点)

- 第1回委員会 (令和3年3月5日)
- 第2回委員会 (令和3年4月28日)
- 第3回委員会 (令和3年8月24日)
- 第4回委員会 (令和3年12月20日)
- 第5回委員会 (令和4年2月16日)
- 第6回委員会 (令和4年3月22日)

○調査結果概要

2021年度に国土交通省で行われた6都市に対する処理場定期モニタリング及びマンホール調査結果を示す⁵⁰⁾。

国土交通省における調査結果では

- ・新規感染者数の増加に合わせて、下水処理場への流入水の新型コロナウイルス RNA 濃度あるいは陽性率の増加傾向が見られた。また、新規感染者数の減少に伴って、流入水の新型コロナウイルス RNA 濃度あるいは陽性率が低下している傾向がみられるが、一部の下水処理場では新規感染者数の減少が見られた後も、流入水の新型コロナウイルス RNA 濃度あるいは陽性率が減少しない場合もあった。
- ・一部の都市において、10万人あたりの新規感染者数が数人程度以上の場合に、下水処理場へ

の流入水の新型コロナウイルス RNA 濃度あるいは陽性率が検出される場合があった。

- 推定発症日と公表日のタイムラグを考慮するとともに、新規感染者数の7日間移動平均値を用いた順位相関により分析した結果、定量値や陽性率が得られている多くの都市においては、新規感染者数の7日間移動平均値と下水中の新型コロナウイルス RNA 濃度または陽性率との間に有意な相関があることが確認できた。

表 6-1 定期モニタリング処理場諸元

対象都市	処理区面積[ha]	処理人口(H30)[人]	排除方式	日平均処理水量(H30)[m3/日]	生活系・営業系の水量割合(事業計画)
札幌市	3,700	336,000	合流一部分流	152,000	生活系：44%、営業系：43%
仙台市	11,000	750,000	分流一部合流	275,000	生活系：56%、営業系：14%
横浜市	900	112,000	分流一部合流	54,000	生活系：41%、営業系：25%
H市	1,400	107,000	分流一部合流	48,000	生活系：69%、営業系：1%
I市	2,700	365,000	合流一部分流	201,000	生活系：75%、営業系：8%
J市	3,200	341,000	合流一部分流	170,000	生活系：47%、営業系：10%

(1) 札幌市

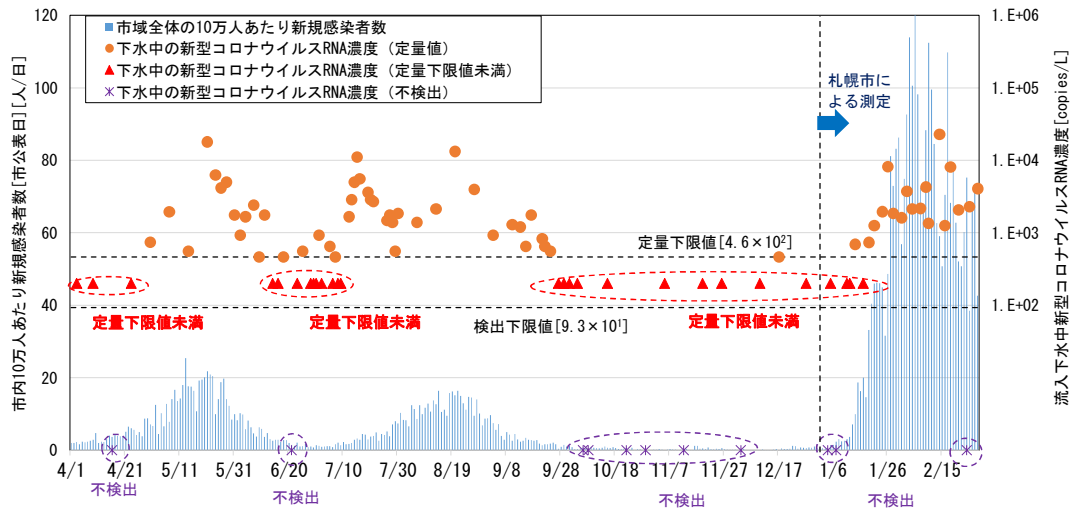
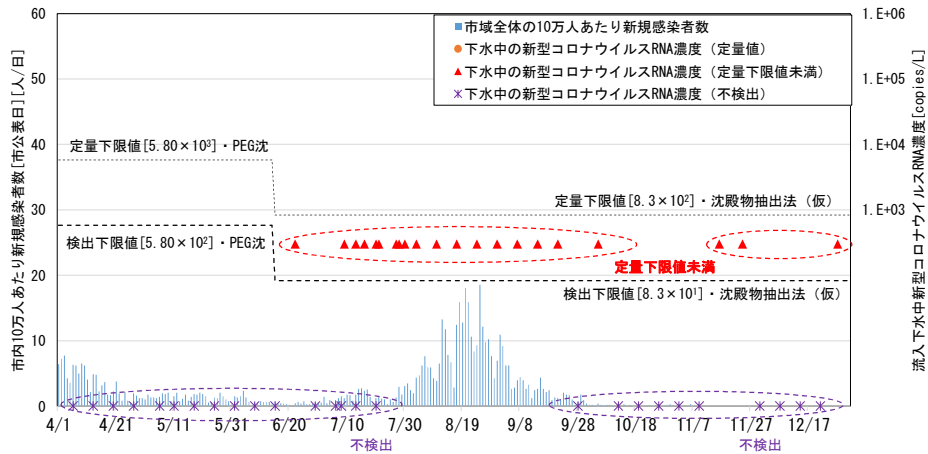


図 6.1 新規感染者数と処理場流入水中新型コロナウイルス RNA 濃度の推移（札幌市）

※分析方法：北大一塩野義法、採水方法：コンポジットサンプリング

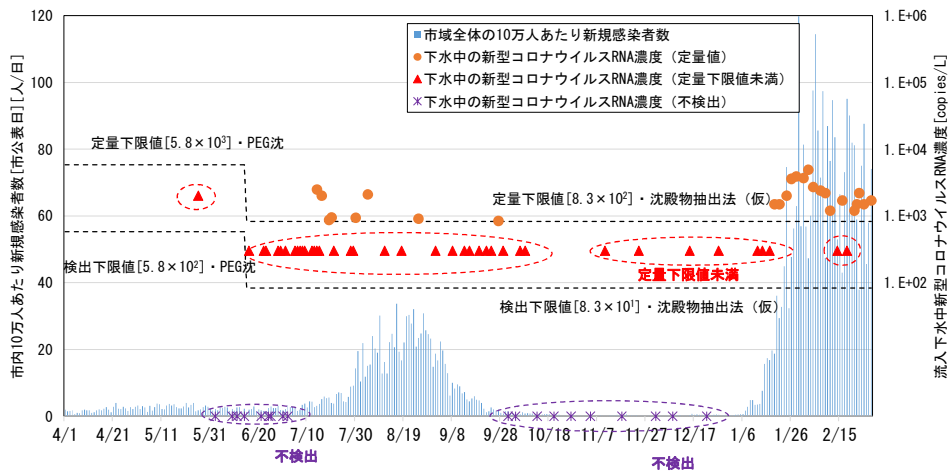
1 (2) 仙台市



2
3 図 6.2 新規感染者数と処理場流入水中新型コロナウイルス RNA 濃度の推移 (仙台市)

4 ※分析方法：PEG 沈殿法および沈殿物抽出法 (仮)、採水方法：グラブサンプリング

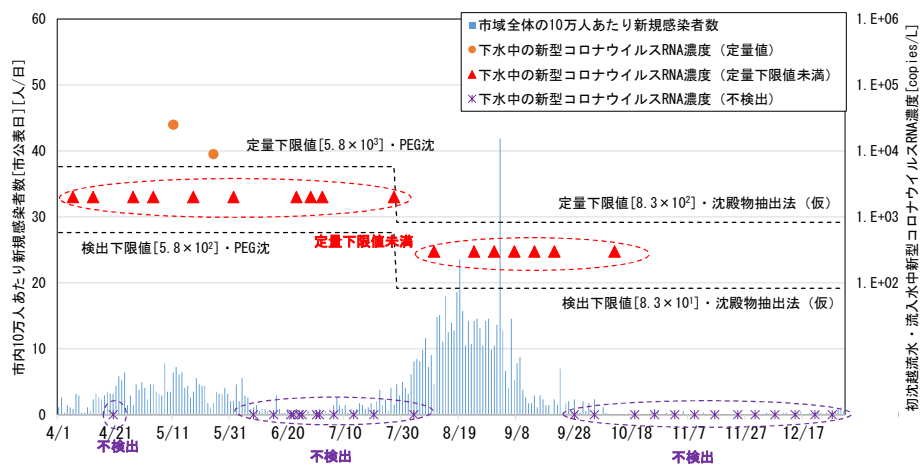
5 (3) 横浜市



6
7 図 6.3 新規感染者数と処理場流入水中新型コロナウイルス RNA 濃度の推移 (横浜市)

8 ※分析方法：PEG 沈殿法および沈殿物抽出法 (仮)、採水方法：グラブサンプリング

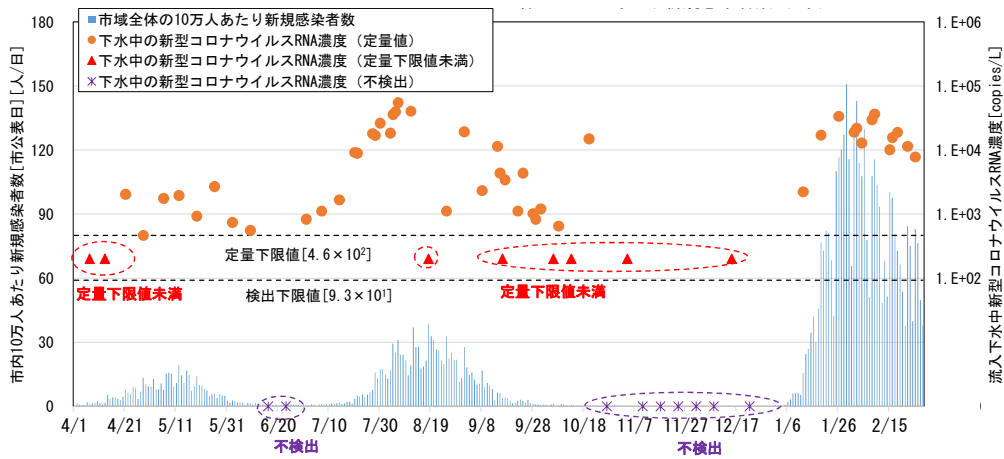
9 (4) H 市



10
11 図 6.4 新規感染者数と処理場流入水中新型コロナウイルス RNA 濃度の推移 (H 市)

12 ※分析方法：PEG 沈殿法および沈殿物抽出法 (仮)、採水方法：グラブサンプリング

1 (5) I市

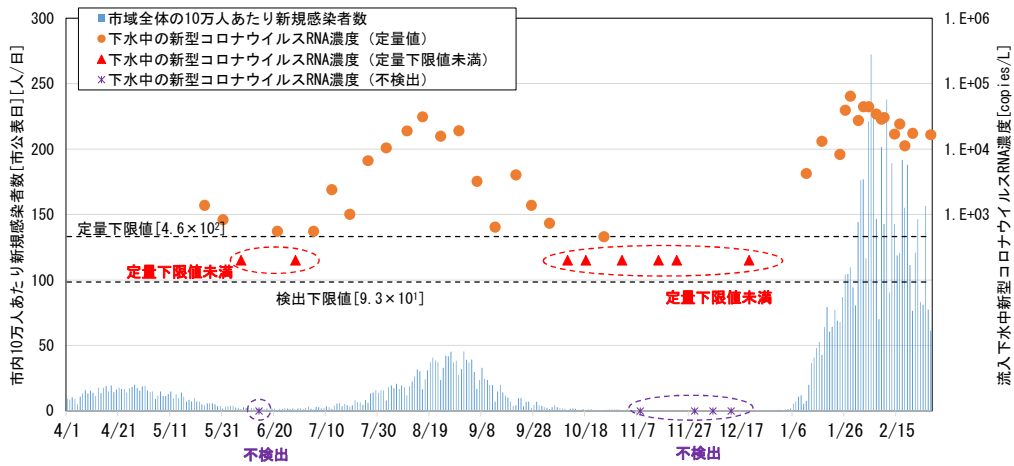


2

3 図 6.5 新規感染者数と処理場流入水中新型コロナウイルス RNA 濃度の推移 (I 市)

4 ※分析方法：北大一塩野義法、採水方法：グラブサンプリング

5 (6) J市



6

7 図 6.6 新規感染者数と処理場流入水中新型コロナウイルス RNA 濃度の推移 (J 市)

8 ※分析方法：北大一塩野義法、採水方法：グラブサンプリング

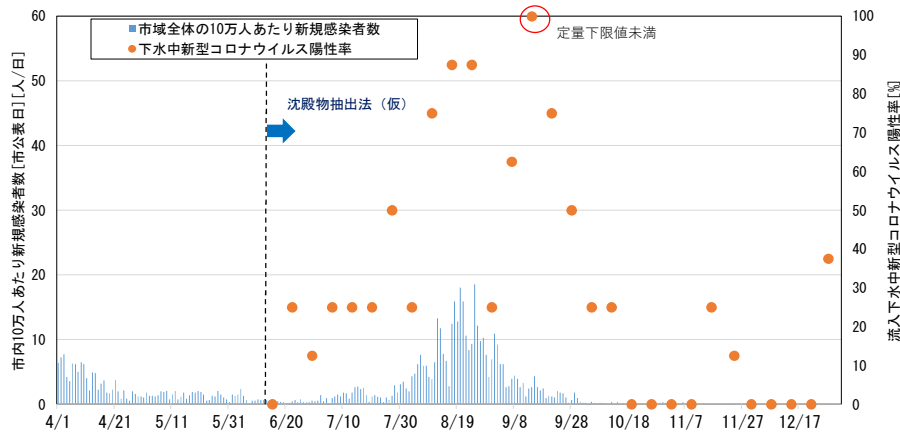
9

10 定量値として検出されないが、陽性と判断された場合に対し、井原ら⁴⁾の提唱する陽性率を用
 11 いた場合の調査結果を示す。なお、複数回数の分析を行っているのは仙台市、横浜市、H 市のみ
 12 であり、この3市の結果を示す。

13

14

1 (1) 仙台市



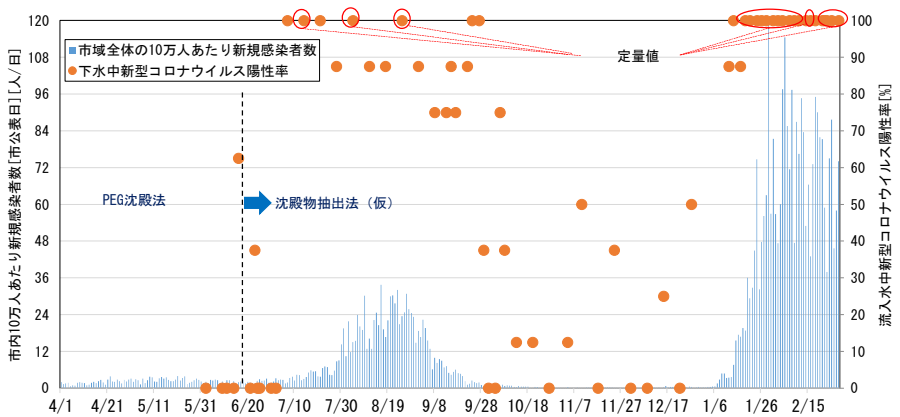
2

3 図 6.7 新規感染者数と処理場流入水中新型コロナウイルス陽性率の推移 (仙台市)

4

※分析方法：PEG 沈殿法および沈殿物抽出法 (仮)、採水方法：グラブサンプリング

5 (2) 横浜市



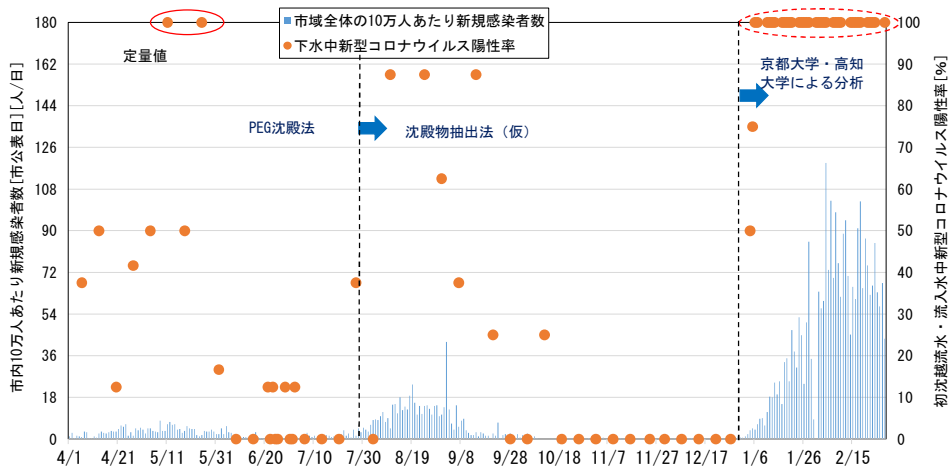
6

7 図 6.8 新規感染者数と処理場流入水中新型コロナウイルス陽性率の推移 (横浜市)

8

※分析方法：PEG 沈殿法および沈殿物抽出法 (仮)、採水方法：グラブサンプリング

9 (3) H市



10

11 図 6.9 新規感染者数と処理場流入水中新型コロナウイルス陽性率の推移 (H市)

12

※分析方法：PEG 沈殿法および沈殿物抽出法 (仮)、採水方法：グラブサンプリング

13

14 下水中新型コロナウイルス RNA 濃度または陽性率と順位相関があり、両者の関係性が得られた。

1 表 6-2 下水中の新型コロナウイルス濃度と 7 日間平均新規感染者数の順位相関

自治体	下水中の新型コロナウイルス RNA 濃度 2月公表時					下水中の新型コロナウイルス RNA 濃度 3月				
	データ数 ※1	順位相関 係数 Rs	p 値※2	相関の有無	相関性の 高いずれ 日数※3	データ数 ※1	順位相関 係数 Rs	p 値※2	相関の有無	相関性の 高いずれ 日数※3
札幌市	90	0.68	1.1×10^{-13}	正の相関	1日	98	0.67	7.1×10^{-14}	正の相関	1日
I市	54	0.83	7.6×10^{-15}	強い正の 相関	1日	61	0.83	6.6×10^{-17}	強い正の 相関	1日
J市	37	0.94	3.7×10^{-18}	強い正の 相関	2日	47	0.95	1.1×10^{-23}	強い正の 相関	5日

赤字：3月更新箇所

2 ※1：いずれのデータ数も不検出を含むデータ数。

3 ※2：相関係数の信頼を示す値。今回、 <0.05 （5%棄却）であれば解析上問題ない。

4 ※3：p 値の最も低いずれ日数。自治体により異なる。

5 表 6-3 下水中の新型コロナウイルス陽性率と 7 日間平均新規感染者数の順位相関

自治体	陽性率 12月公表時					陽性率 2月				
	データ数 ※1	順位相関 係数 Rs	p 値※2	相関の有無	相関性の 高いずれ 日数※3	データ数 ※1	順位相関 係数 Rs	p 値※2	相関の有無	相関性の 高いずれ 日数※3
仙台市	25	0.75	1.9×10^{-5}	正の相関	1日	29	0.71	1.8×10^{-5}	正の相関	1日
横浜市	26	0.35	0.028	弱い正の 相関	4日	50	0.70	1.3×10^{-8}	正の相関	4日
H市 ※4	11 7	0.56 0.75	0.076 0.051	相関なし	— —	11 7	0.56 0.75	0.076 0.051	相関なし	— —

6 ※1：いずれのデータ数も不検出を含むデータ数とするが、H市のみ陽性率がプラスとなっているデータ数。

7 （H市は分析法が感染傾向情報の途中で変わっているため、p 値が極端に高くなり、関係性が得られないため）

8 ※2：相関係数の信頼を示す値。今回、 <0.05 （5%棄却）であれば解析上問題ない。

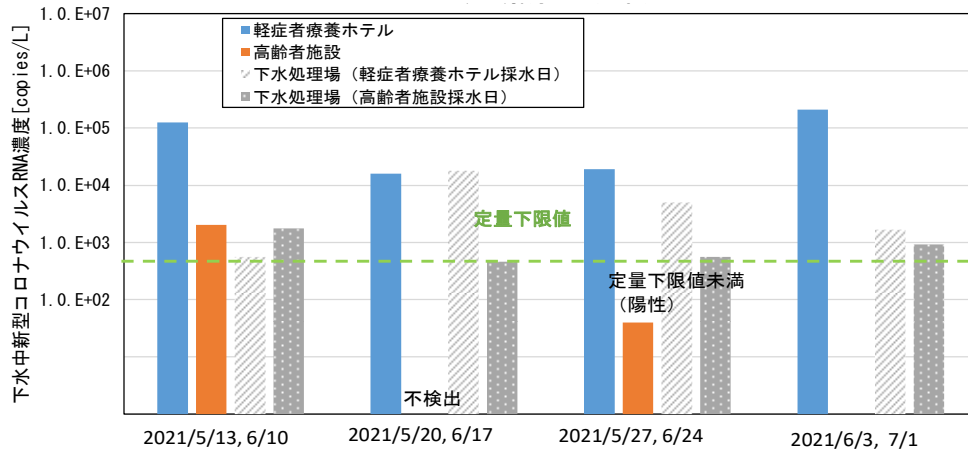
9 ※3：p 値の最も低いずれ日数。自治体により異なる。

10 ※4：上段：PEG 沈殿法、下段：沈殿物抽出法 による結果

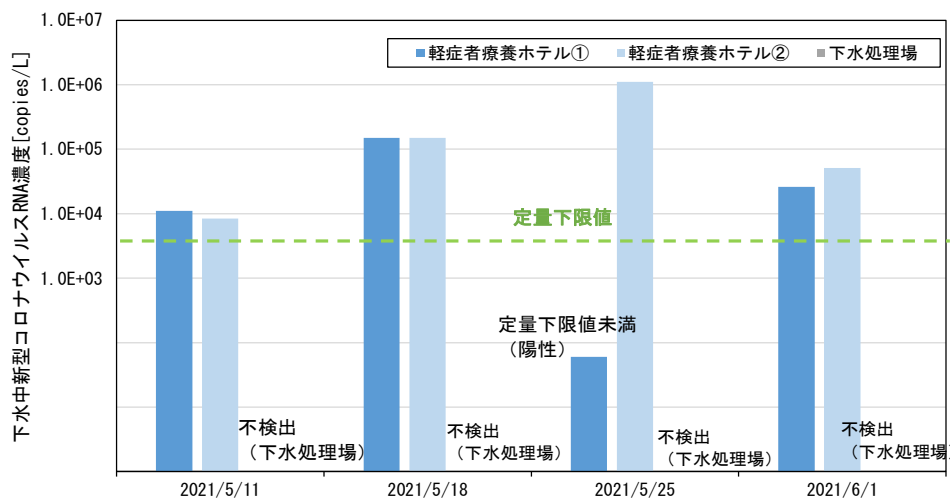
1 マンホール排水の調査結果を示す。当該マンホール上流側に感染者がいる軽症者療養ホテル排
 2 水が流入するマンホールと、実際に調査対象マンホールとして選定される可能性のある高齢者施
 3 設の排水が流入するマンホール（感染者の有無は不明）に対し調査を行った。1自治体に対し2か
 4 所のマンホール調査を行った結果と、採水日と同日の処理場流入水について、新型コロナウイルス
 5 RNA濃度のデータを図 6.10 および図 6.11 示す。

6 マンホール排水については、感染者が上流にいる場合に、排水中の新型コロナウイルス RNA 濃
 7 度が定量値で検知された。

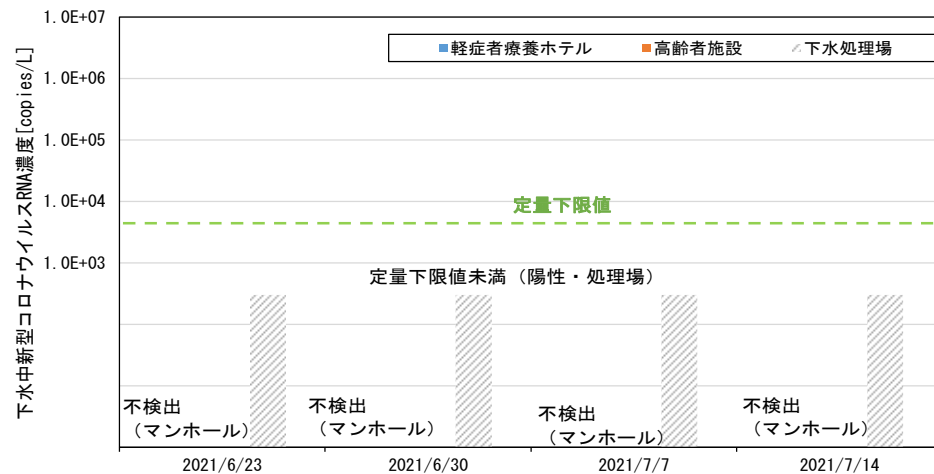
8



9



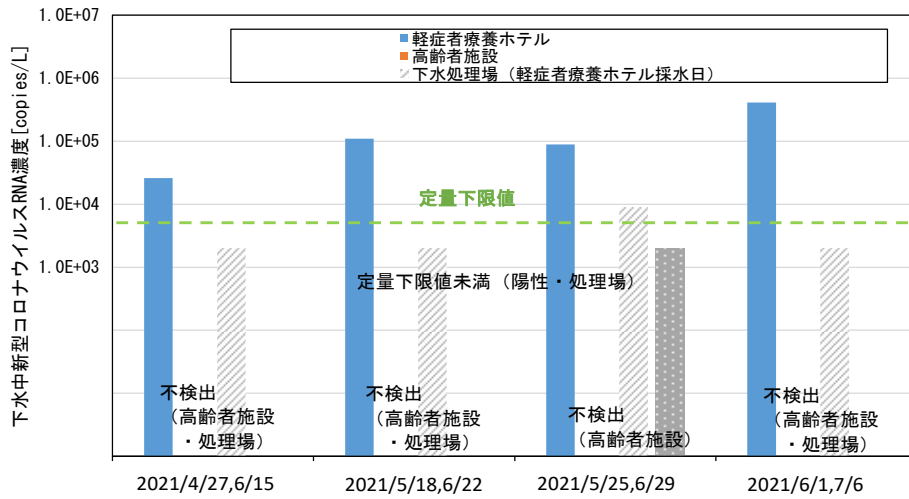
10



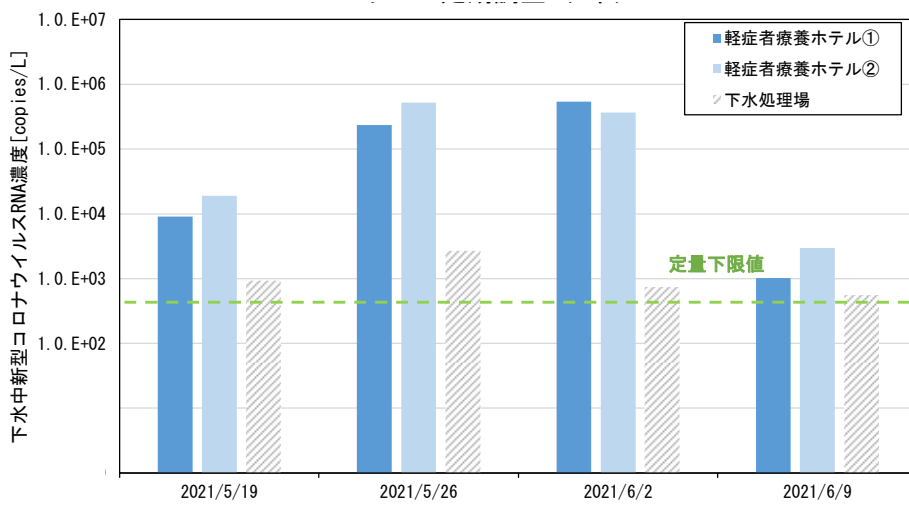
11

12

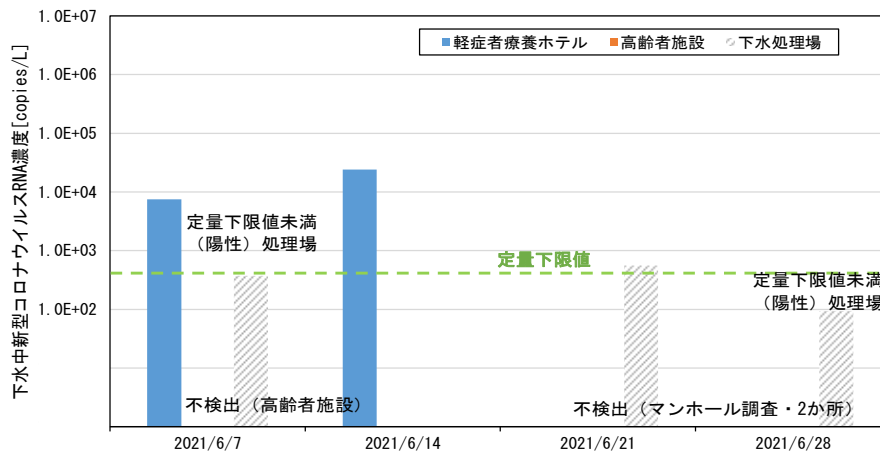
図 6.10 マンホール排水の調査結果



1



2



3

4

5

図 6.11 マンホール排水の調査結果

1 <参考文献>

- 2 1) Kitajima, M., Ahmed, W., Bibby, K., Carducci, A., Gerba, C.P., Hamilton, K.A., Haramoto, E., Rose, J.B.,
3 SARS-CoV-2 in wastewater: State of the knowledge and research needs, Science of the Total
4 Environment, 739, 139076. 2020
- 5 2) 本多亮「COVID-19 タスクフォース活動の成果と産学官での社会実装に向けた動き」、水環境
6 学会誌、Vol.44、No.11、2021
- 7 3) 北島正章、岩本遼「下水中の新型コロナウイルスの高感度検出および変異解析法の開発」、水
8 環境学会誌、Vol.44、No.11、2021
- 9 4) 井原賢、八十島誠「近畿地方の下水処理場および個別施設を対象とした新型コロナウイルスの
10 下水疫学調査」、水環境学会誌、Vol.44、No.11、2021
- 11 5) 吉田弘「ポリオ環境水サーベイランスと新型コロナウイルス調査」、水環境学会誌、Vol.44、
12 No.11、2021
- 13 6) 佐野大輔「下水中新型コロナウイルス調査結果に基づく感染陽性判定者数予測」、水環境学会
14 誌、Vol.44、No.11、2021
- 15 7) 平山奈央子、森永晃司、大村達夫、渡部徹「下水モニタリングに基づく感染拡大予測情報が個
16 人の感染症対策に与える影響」、土木学会投稿中 (Applied November 1, 2021)
- 17 8) EUROPEAN COMMISSION “on a common approach to establish a systematic surveillance of SARS-
18 CoV-2 and its variants in wastewaters in the EU”, COMMISSION RECOMMENDATION of 17.3.2021
19 https://ec.europa.eu/environment/pdf/water/recommendation_covid19_monitoring_wastewaters.pdf
- 20 9) <https://www.cdc.gov/healthywater/surveillance/wastewater-surveillance/wastewater-surveillance.html>
- 21 10) <https://www.hku.hk/press/press-releases/detail/22201.html>
- 22 11) [https://www.nea.gov.sg/media/news/news/index/nea-leads-scientific-team-in-wastewater-surveillance-
23 trials-for-assessment-of-covid-19-transmission](https://www.nea.gov.sg/media/news/news/index/nea-leads-scientific-team-in-wastewater-surveillance-trials-for-assessment-of-covid-19-transmission)
- 24 12) [https://covid-19.sciensano.be/sites/default/files/Covid19/National%20surveillance%20of%20Sars-Cov-
25 2%20in%20wastewater_May%202021.pdf](https://covid-19.sciensano.be/sites/default/files/Covid19/National%20surveillance%20of%20Sars-Cov-2%20in%20wastewater_May%202021.pdf)
- 26 13) [https://datastudio.google.com/embed/reporting/c14a5cfc-cab7-4812-848c-0369173148ab/page/
27 p_ggbfgsqtmc](https://datastudio.google.com/embed/reporting/c14a5cfc-cab7-4812-848c-0369173148ab/page/p_ggbfgsqtmc)
- 28 14) <https://www.ut.ee/en/research/detecting-coronavirus-waste-water>
- 29 15) [https://www.terviseamet.ee/en/news/health-board-taking-over-university-tartus-work-analysing-
30 wastewater-coronavirus](https://www.terviseamet.ee/en/news/health-board-taking-over-university-tartus-work-analysing-wastewater-coronavirus)
- 31 16) [https://thl.fi/fi/tutkimus-ja-kehittaminen/tutkimukset-ja-hankkeet/sars-cov-2-jatevedenpuhdistamoilla
32 /koronaviruksen-jatevesiseuranta](https://thl.fi/fi/tutkimus-ja-kehittaminen/tutkimukset-ja-hankkeet/sars-cov-2-jatevedenpuhdistamoilla/koronaviruksen-jatevesiseuranta)
- 33 17) <https://thl.fi/en/web/thlfi-en/-/coronavirus-waste-water-monitoring-will-now-focus-on-the-largest-cities>
- 34 18) <https://www.reseau-obepine.fr/>
- 35 19) [https://www.hpsc.ie/a-z/respiratory/coronavirus/novelcoronavirus/surveillance/
36 wastewatersurveillanceprogramme/](https://www.hpsc.ie/a-z/respiratory/coronavirus/novelcoronavirus/surveillance/wastewatersurveillanceprogramme/)
- 37 20) [https://www.hpsc.ie/a-z/respiratory/coronavirus/novelcoronavirus/surveillance/
38 wastewatersurveillanceprogramme/WWSP_weekly%20report%20_Week_49.pdf](https://www.hpsc.ie/a-z/respiratory/coronavirus/novelcoronavirus/surveillance/wastewatersurveillanceprogramme/WWSP_weekly%20report%20_Week_49.pdf)
- 39 21) <https://www.list.lu/en/covid-19/coronastep/>
- 40 22) <https://www.rivm.nl/en/covid-19/sewage>
- 41 23) <https://coronadashboard.government.nl/>

- 1 24) https://sensors-eawag.ch/sarscov2/ARA_Werdhoelzli_ddPCR.html
- 2 25) <https://ibz-shiny.ethz.ch/wastewaterRe/>
- 3 26) <https://informatics.sepa.org.uk/RNAmonitoring/>
- 4 27) 東京都下水道局「下水中の新型コロナウイルスの感染性に関する調査結果について」
5 https://www.gesui.metro.tokyo.lg.jp/about/e12/coronavirus/gesui_kansenn/index.html
- 6 28) 山田欣司「下水中の新型コロナウイルスの感染性に関する調査」、月間下水道 Vol.45、No.1,2022
- 7 29) 東京都下水道局ホームページ https://www.gesui.metro.tokyo.lg.jp/news/2021/1224_5898.html
- 8 30) 吉岡信吾「X-Tech で挑む未知なる感染症対策～京都発 産学官連携による DiseaseX 感染症
9 対策ワーキンググループ～」、月間下水道、Vo.45、No.1、2022
- 10 31) 北海道大学 HP
11 https://www.hokudai.ac.jp/introduction/pdf/R3_3_teireishiryol.pdf
- 12 32) 仙台市建設局下水道調整課 HP
13 <http://www.city.sendai.jp/chose-kanri/kurashi/kenkyukyoryoku.html>
- 14 33) 「下水中ノロウイルス濃度情報発信サイト」(<https://novinsewage.com/>)
- 15 34) 2021年11月5日 埼玉県記者発表
16 <https://www.pref.saitama.lg.jp/c1502/news/page/news2021110501.html>
- 17 35) 船橋市下水道河川計画課 HP
18 <https://www.city.funabashi.lg.jp/kenkou/korena/004/p084673.htm>
- 19 36) https://www.city.funabashi.lg.jp/kenkou/korena/004/p084673_d/fil/siryous3.pdf
- 20 37) 神奈川県 健康医療局 医療危機対策本部室 HP
21 <https://www.pref.kanagawa.jp/docs/ga4/covid19/simulation.html>
- 22 38) 大阪府プレスリリース
23 <https://www.pref.osaka.lg.jp/hodo/index.php?site=fumin&pageId=41190>
- 24 39) 貝塚市上下水道部 HP
25 <https://www.city.kaizuka.lg.jp/kakuka/jogesuido/gesuisuisin/topics/gesuisaisui.html>
- 26 40) <https://www.city.kaizuka.lg.jp/kakuka/jogesuido/gesuisuisin/topics/31127.html>
- 27 41) 香川県土木部下水道課 HP
28 <https://www.pref.kagawa.lg.jp/gesuido/gesuido/topics/20211020ekigaku.html>
- 29 42) シンポジウム案内
30 <https://ihara-lab.jp/wp/wp-content/uploads/2022/01/f7852e7cf335838b645528f85259d490.pdf>
- 31 43) 神戸市健康科学研究所 HP
32 https://www.city.kobe.lg.jp/a26304/kenko/health/kensa/kih/gyoumu/biseibutu/corona_gesui.html
- 33 44) 神戸新聞記事
34 <https://www.kobe-np.co.jp/news/sougou/202111/0014815394.shtml>
- 35 45) 日本下水道新聞記事（令和4年1月19日）
- 36 46) 吉田弘「ポリオ環境水サーベイランスを活用した新型コロナウイルス調査」令和2年度 下水道
37 における新型コロナウイルスに関する調査検討委員会資料、2021.3.5
- 38 47) 第3回 厚生科学審議会感染症部会（平成26年3月19日）資料
- 39 48) 感染症法改正及び平成28年度感染症発生動向調査事業に関する担当者説明会（平成27年
40 12月22日開催）
41 <https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-10900000-Kenkoukyoku/0000115942.pdf>

- 1 49) 大村達夫「ノロウイルス感染症の流行防止のための水監視システムの紹介」令和2年度 下水道における新型コロナウイルスに関する調査検討委員会資料、2021.3.5
- 2
- 3 50) 国土交通省「第4回 下水道における新型コロナウイルスに関する調査検討委員会」資料