

下水サーベイランス 海外事例

MRI 三菱総合研究所








2021年 9月

デジタル・イノベーション本部 ICT・メディア戦略グループ

下水サーベイランスの活用状況

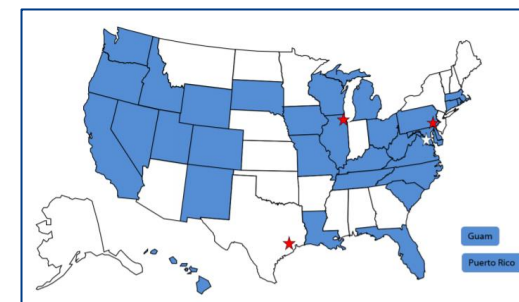
- 新型コロナウイルスに対する下水サーベイランスは50か国以上の国と地域で取り組まれているが、薬物や他の感染症のモニタリングを目的としたものを除き、実証的な取組が中心。
- 米国やオランダにおいて、一部対人PCR検査の先行指標として検出が行われた例もあったが、安定的な結果が得られておらず、下水中のウイルス濃度と感染者数の定量的な評価には至っていない。
- 他のモニタリング手法とともに活用することにより感染拡大早期検知につながることを期待されている。

各国における下水サーベイランスの概要

対象国	手法	概要
米国 	広域中心	<ul style="list-style-type: none"> ● アメリカでは、州・市ごとに必要に応じて独自に実施 ● 連邦政府では、地域間のデータを比較できるようサンプル採取・検査・分析方法をガイドラインとして公表し、各地域の検査結果を登録できる中央データベース構築・運用
イギリス 	広域中心	<ul style="list-style-type: none"> ● 地域ごとに下水道の管轄が異なり、各地で異なる検査体制で継続的にサーベイランスを実施 ● 中央政府機関(Defra, JBC)が本島3政府の検査結果をまとめて定期的に専門家グループ(SAGE:英国緊急事態科学諮問グループ)へ報告
オランダ 	広域	<ul style="list-style-type: none"> ● RIVMによる国家プロジェクトが進行中。また、民間企業(KWR水研究所)は独自のサーベイランスを実施し、主要空港など大都市拠点から採水し、研究を実施 ● パンデミックの早期から開始しており、諸外国のサーベイランスにおいても参考にされている
イタリア 	広域+施設	<ul style="list-style-type: none"> ● 国立研究機関が分析していた下水サンプルからコロナウイルスが検出できたことから、全国で拡大して研究を実施
スペイン 	広域	<ul style="list-style-type: none"> ● 国家プロジェクトとしてバルセロナ首都圏を中心とした広域調査が実施されており、カタルーニャ州などの一部の自治州ではそれぞれ独自のサーベイランス体制が敷かれている ● 下水中のウイルス濃度から流域の有病率と、ウイルスの検出に必要な感染割合を数値化
オーストラリア 	広域中心	<ul style="list-style-type: none"> ● 水事業にかかわる産官学で結成されたNPO法人・Water RAが中心となり、各州の検査データを集約し、検査方法の評価など実証的な研究を進めるColoSSoSプロジェクトを実施 ● 下水は州ごとの管理のため、各州で下水サーベイランスを運用
ニュージーランド 	広域	<ul style="list-style-type: none"> ● 対人PCR検査(発症者の検査や、入管施設等労働者向けモニタリング検査)と併用 ● MBIEの「COVID-19 Innovation Acceleration基金」の援助を受けた研究開発の側面もある

National Wastewater Surveillance System(NWSS)¹

実施目的	地域間のデータを比較できるようにNWSSがサーベイランスの基準を示し、基準を満たすデータを収集・分析することにより地域の動向を把握し、保健政策の決定に反映する ¹ 。
実施主体	<p>・ 連邦政府〔CDC(疾病予防管理センター)、HHS(保健福祉省)〕 … 測定基準の提示・分析・各地域への助言²</p> <p>・ 州・市政府 … 各地域のデータ収集・検査・分析</p>
時期	2020年7月 ² ~ 現在継続中 ※NWSSの起動開始から
予算	<p>ガイドライン策定・システム構築・運用 … CDC予算で実施（金額は不明³）</p> <p>検査・分析 … 州・市予算で実施（各地域で異なる）総計約2億ドル（2020年～2021年5月）⁴</p>
検出方法	下水原液又は初沈汚泥に対するRT-qPCR又はRT-ddPCR分析から目的等に応じて選択 ⁵ 。
測定頻度	<ul style="list-style-type: none"> ・ ウイルス有無検出 … 週1回以上検査⁶ ・ 感染動向の早期把握 … 検査を希望する期間中3回以上⁶
精度・評価 ⁷	<ul style="list-style-type: none"> ・ 対人PCRによる同地域の感染者検知より6日早く下水サーベイランスでウイルスを検出 ・ 変異株の検出・追跡はできるが、発見は難しい。
課題	<ul style="list-style-type: none"> ・ 検出できなかったことが陽性者がいないことを示さないため、データの適切な解釈の検討が必要。 ・ 持続可能な実施方法の検討が必要。

NWSS参加36州(2021年6月時点)⁴

UK-wide Wastewater Monitoring¹

実施目的	北アイルランドを除く英国全土で、無症状及び発症前の人々の存在を検出し、政策(対人PCR検査の最適化、ロックダウン等規制の強化・緩和等)の決定に反映すること ¹ 。
実施主体	政府〔英国全体の取りまとめ: Defra(環境食糧農村地域省)、JBC(共同バイオセキュリティセンター)、環境庁] ² 。 ※ 英国のコロナ対応は、SAGEが医学的・科学的アドバイスをDHSC(保健社会福祉省)など政府機関に提供。各地域の保健衛生当局が管轄地域での感染対策を実施 ³ 。
時期	2020年5月～ 現在継続中
検出方法	RT-qPCR法でN1遺伝子のコピー数を定量化。
精度・評価 ⁴	<ul style="list-style-type: none">• 地域の配管状況、排出量の変動、水温、水中酸素量などにも影響を受けるため、現状では、下水中のウイルス濃度と実際の感染者数を定量的に関連付けるのは困難。• 1000人に1人程度の感染者がいれば、下水中からウイルスの存在を見つけ出せる感度。• 検出量の増減から、ロックダウン等措置の効果を評価ができる可能性。
今後の展開	<ul style="list-style-type: none">• Defra、JBCが、感染リスクの高い施設(刑務所や食品工場等)を対象とした検査を優先的に行うことを検討。• ウェールズでは、インフルエンザやノロウイルス、A/E型肝炎など他の感染症も対象に含め検査を拡大する可能性を検討。

地域別実施状況

地域	イングランド ¹	ウェールズ ²	スコットランド ³
実施主体	Defra、JBC、環境庁	ウェールズ公衆衛生局	スコットランド公衆衛生局・環境保護庁
検査、研究	環境庁スタークロス研究所、ミドルセックス大学等	カーディフ大学、バンガー大学	スコティッシュ・ウォーター社、CREW、エジンバラ大学等
採取	WaterUKなど各エリア水道事業者	ウェールズ・ウォーター社	スコティッシュ・ウォーター社
実施時期	2020年7月～	2020年6月～	2020年5月～
予算	100万ポンド(2020年7～10月)	50万ポンド(2020年6～12月) → 2021年1月に3か月分 追加資金10万ポンド	<ul style="list-style-type: none"> 開始初期の金額は不明 2021年度分追加資金230万ポンド (検査拡大のため別途都度追加資金あり)
検査対象	下水処理場、マンホール等を対象とした広域調査(500か所以上、イングランド人口約70%をカバー)	下水処理場を対象とした広域検査(20か所、ウェールズ人口約80%をカバー) ※バンガー大学学生寮を対象に施設検査も実施	下水処理場、マンホール等を対象とした広域調査(110か所、スコットランド人口約80%をカバー)
測定頻度	週4回(コンポジットサンプリングとグラブサンプリングを併用)	当初週4回→2021年6月以降平日5日に拡大(朝8～11時にグラブサンプリングで採取)	週3回(コンポジットサンプリングとグラブサンプリングを併用) ※感染拡大が確認できた地域では検査回数を増やす
結果の活用	地方自治体と保健局が、検出状況から感染拡大が懸念される地域に絞った対策を考察する(詳細不明)	詳細不明	詳細不明
変異株対応	変異株検出実証研究を進めている	変異株検出可能	変異株対応不明
現状	継続中	継続中	継続中

RIVM下水研究におけるコロナモニタリング

(Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu; 国立公衆衛生研究所)

実施目的	対人検査などの他のモニタリングツールを補足する調査で、感染状況の早期検知によりGGD(市立公衆衛生サービス)と自治体当局の対策を支援するため。
実施主体	<ul style="list-style-type: none"> • VWS保健・スポーツ省 … 検査結果の取りまとめ • RIVM国立公衆衛生環境研究所 … 検査・分析 • 各下水処理場 … サンプラーの設置・引揚 <p style="text-align: right;">※ 下水道管理は自治体事業</p>
時期	2020年3月～現在継続中
検査対象	オランダ全土の300以上の下水処理場を対象とした広域調査。事実上、オランダすべての世帯(人口1700万人以上)をカバーするとされる。
測定頻度	週2回採取。オートサンプリングによる。
検出方法	<ul style="list-style-type: none"> • 遠心分離・限外濾過後、RT-qPCR法で住民10万人当たりのウイルス粒子数を算出¹。 • 人口分布統計と自治体にサービスを提供する下水処理場の測定値を組み合わせ、独自の処理場がない市町村についてもウイルス粒子の数を計算。
精度・評価	<ul style="list-style-type: none"> • 2020年の第1波、第2波では、対人PCR検査や入院などの指標に先行して下水サーベイランスの値が上昇したのを確認。しかし、2021年現在は、対人検査の陽性数・入院数の変動と同期している。 • 民間研究とも情報共有しているが、検出方法が異なり指標の統一化はできていない。
今後の展開	<ul style="list-style-type: none"> • 2021年4月に、2025年末までの取組に関する契約をVWS、RIVM、水道当局で締結²。 • 毎日検査を実施するためのロジスティクスを調整中で、2021年中に実現できる見込み。

SARI¹: 都市排水を通じたコロナ疫学監視プロジェクト

(Sorveglianza Ambientale Reflue in Italia)

実施目的	感染拡大を早期検知し、市民への早期警告に役立てるため。
実施主体	<ul style="list-style-type: none">国立疾病予防管理センターCCM … 資金提供イタリア国立衛生研究所(ISS) … プロトコルの設計・検査・分析大学、研究機関、民間企業(Arpaなど)、Utilitalia(水・環境・エネルギー企業連盟)に加盟するマネージャー(計50名以上) … 研究・技術協力
時期	2020年2月～ミラノとローマで先行実施。同年7月～全国展開、現在継続中。
検査対象	イタリア全土の下水処理場を対象とした広域調査と、観光地などを対象とした施設調査(少なくとも27の下水処理場で実施。2021年4月から検査対象をさらに拡大)。
測定頻度	詳細不明(採取地点によって異なるとみられる)。Grabサンプリングで採取する。
検出方法	限外濾過で濃縮し、RT-PCR法により検出する。
精度・評価 ²	<ul style="list-style-type: none">感染拡大以前の凍結サンプルにも同様の検出方法を適用したところ、2019年12月時点で国内に新型コロナウイルスが存在していたことが確認できた。リアルタイム検知では、採取から24時間経過した下水中にもウイルスの存在が確認できる。

VATar COVID-19プロジェクト¹

実施目的	集団内の感染拡大を早期検知し、政府の公衆衛生上の意思決定を支援するため。
実施主体	<ul style="list-style-type: none">環境保護省・保健省 … プロジェクト会合等取りまとめバルセロナ大学等複数研究機関(詳細不明) … 検査・研究
時期	2020年4月～バルセロナ2大処理場を対象に先行実証開始。 同年7月～全国展開され、現在継続中。
検査対象	国内38か所の下水処理場を対象とした広域調査。 首都圏の人口約85%をカバーする2大処理場を含む(全体での人口カバー率は不明)。
測定頻度	週1回採取
検出方法	PEG沈法により濃縮し、RT-qPCR法で検出する。
精度・評価 ²	<ul style="list-style-type: none">2大処理場流域内の有病率は2.0～6.5%と算定できる。全人口の約0.09～0.12%が感染していれば、サンプルからウイルスが検出できる。

ColoSSoS¹: コロナ下水サーベイランスにおけるコラボレーション

(Collaboration on Sewage Surveillance of SARS-CoV-2)

<p>実施目的</p>	<ul style="list-style-type: none"> 下水サーベイランスの結果と症例データなど他の情報を統合したものを提供することで、政府の決定を支援すること。 下水サーベイランスによる感染状況の監視、早期警告システムの構築。政府が必要に応じて、ノウハウを活かし近隣途上国のコロナ対策を支援すること。 下水サーベイランス技術の研究開発を促進すること。
<p>実施主体</p>	<ul style="list-style-type: none"> Water RA(ウォーター・リサーチ・オーストラリア) … イニシアチブ取りまとめ 水道事業者、保健当局、大学等研究機関、民間企業等(計50団体以上) … 検査・研究協力(検査の実施方法、予算等は各州で対応が分かれる)
<p>時期</p>	<p>2020年4月～、現在継続中(ビクトリア州では、2020年4月1日に実証開始、8月～運用開始)。</p>
<p>検出方法</p>	<p>RT-qPCR法(濃縮方法は不明)。</p>
<p>測定頻度</p>	<p>原則週1回。パッシブサンプリングで採取する。</p>
<p>精度・評価</p>	<p>下水処理場によって集水域に含まれる世帯数が異なり、絞り込みの精度は地域による。Water RAの研究チームによれば、</p> <ul style="list-style-type: none"> サンプリングの最適化には2年以上の継続的な実施が必要²。 ビクトリア州では、少なくとも4つのコミュニティ・クラスターを検知することに役立った³。エッピング地域の下水で陽性が検出され、地域住民に積極的な検査受検を奨励する呼びかけをしたところ、少なくとも13人と連絡が取れ検査を行い⁴、その後受検した人たちの中から感染者が確認された。

オーストラリア各州対応(一部)

地域	ビクトリア州 ¹	クイーンズランド州 ²	ニューサウスウェールズ州 ³	南オーストラリア州 ⁴
実施主体	州保健局	州保健局	州保健局	州保健局
検査研究	Australian Laboratory Services、モナッシュ大学、Walter and Eliza Hall研究所	クイーンズランド大学、CSIRO	州保健局CHO・研究室	SA Water社
採取	各エリア水道事業者	詳細不明	シドニー・ウォーター社、自治体	SA Water社
時期	2020年4月～実証、同年8月～運用	2020年7月～	2020年7月～	詳細不明
予算	不明	不明	不明	不明
検査対象	下水処理施設や下水道地点(120か所)を対象とした広域調査。 (実証開始当初、メルボルンの下水の大半を処理する2大処理場と、メルボルンから200km以内の複数地点で採取された。州人口660万人のうち、約71%をカバー)	下水処理場(67か所、州人口70%以上をカバー)を対象とした広域調査	下水処理場(最大約80か所、州人口65%以上をカバー)を対象とした広域調査(実施場所は専門家委員会で都度検討)	下水処理場10か所、郊外の集水域22か所を対象とした広域調査(人口カバー率不明)
測定頻度	週1回以上採取	週1回採取	週1回採取	週1回採取
結果の活用	感染者未確認の地域で陽性検出の際は個人検査受検を推奨	検出状況に応じて専門家会議を招集(その後の詳細は不明)	詳細不明	陽性が確認された場合CDCB(州感染症予防管理支部)が感染者の有無を調査する
現状	継続中	継続中	継続中	継続中

ニュージーランド全土プログラム

実施目的	<ul style="list-style-type: none"> ・ 感染拡大の早期検知や地域への早期警告を可能にすること。 ・ 感染対策における環境モニタリングの効果を明らかにすること。
実施主体	<ul style="list-style-type: none"> ・ 予算・プロトコル設計 … 保健省COVID-19対応ハブ・ヘルスインテリジェンスチーム¹。 ・ 検査・研究 … ESR(環境科学研究所)²、オタゴ大学他研究機関。 ・ 資金援助 … MBIE(ビジネス・イノベーション・雇用省)、COVID-19 Innovation Acceleration基金の一環として。 <p>※ 豪 ColoSSoSにも参画している。</p>
時期	2020年7月12日～ (2020年8月現在継続中)。
予算	1年半の研究に対し、MBIEから約166万ドルの支援。
検査対象	<p>下水処理場、マンホール27か所を対象とする広域調査(人口カバー率は不明)。</p> <p>※ 実施都市: ウェリントン、ハミルトン、クライストチャーチ、クイーンズタウン、オークランドなど。</p>
検出方法	濃縮された固形物にPCR検査を適用する(濃縮方法の詳細は不明)。
測定頻度	<p>最低週1回採取、予期せぬ陽性反応があった場合は2日以内に再度採取する。</p> <p>ほとんどの地点ではコンポジットサンプリングを用いる。</p>
精度・評価	<ul style="list-style-type: none"> ・ 10万人の流域で約10人感染者が存在すれば発見できる。 ・ 患者一人当たりどれだけのウイルスを下水に排出するかは不明。

Reference

P3

- 1 [National Wastewater Surveillance System \(cdc.gov\)](https://www.cdc.gov/nwss/)
- 2 [Wastewater Surveillance Data Reporting and Analytics \(cdc.gov\)](https://www.cdc.gov/nwss/data-reports/)
- 3 [FY 2022 CDC Congressional Justification \(cdc.gov\)](https://www.cdc.gov/nwss/congressional-justification/)
- 4 [National Wastewater Surveillance System: Implementation for COVID-19 and Beyond \(nist.gov\)](https://www.nist.gov/news-events/news/2020/04/national-wastewater-surveillance-system-implementation-for-covid-19-and-beyond)
- 5 [Wastewater Surveillance Testing Methods \(cdc.gov\)](https://www.cdc.gov/nwss/testing-methods/)
- 6 [Developing a Wastewater Surveillance Sampling Strategy \(cdc.gov\)](https://www.cdc.gov/nwss/developing-a-wastewater-surveillance-sampling-strategy/)

P4

- 1 [S0908 Wastewater C19 monitoring SAGE.pdf \(publishing.service.gov.uk\)](https://publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/530908/wastewater-c19-monitoring-sage.pdf)
- 2 [Group to measure for coronavirus prevalence in waste water - GOV.UK \(www.gov.uk\)](https://www.gov.uk/government/news/group-to-measure-for-coronavirus-prevalence-in-waste-water)
- 3 [Coronavirus action plan: a guide to what you can expect across the UK - GOV.UK \(www.gov.uk\)](https://www.gov.uk/government/news/coronavirus-action-plan-a-guide-to-what-you-can-expect-across-the-uk)
- 4 [Hillary, L. et al. Monitoring SARS-CoV-2 in municipal wastewater to evaluate the success of lockdown measures for controlling COVID-19 in the UK](https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116111)

P5

- 1 [Wastewater testing coverage data for the Environmental Monitoring for Health Protection \(EMHP\) programme - GOV.UK \(www.gov.uk\)](https://www.gov.uk/government/news/wastewater-testing-coverage-data-for-the-environmental-monitoring-for-health-protection-emhp-programme)
- 2 [WEWASH - Wales Environmental Wastewater Analysis & Surveillance for Health \(wastewatersurveillance.com\)](https://www.wewash.org.uk/)
- 3 [RNA Monitoring \(sepa.org.uk\)](https://www.sepa.org.uk/news/2020/04/23/monitoring-rna-in-wastewater/)

P6

- 1 計算方法の詳細。 [Berekening cijfers rioolwatermetingen COVID-19 | RIVM](https://www.rivm.nl/en/coronavirus-monitoring-in-sewage-research-expanded-and-extended)
- 2 [Coronavirus monitoring in sewage research expanded and extended | RIVM](https://www.rivm.nl/en/coronavirus-monitoring-in-sewage-research-expanded-and-extended)

P7

- 1 [Istituto Superiore di Sanità \(ISS\) - ISS](https://www.iss.it/en/istituto-superiore-di-sanita-iss)
- 2 [SARS-CoV-2 has been circulating in northern Italy since December 2019: Evidence from environmental monitoring - ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/S0950268820301111)

P8

- 1 [Vigilancia microbiológica en aguas residuales y aguas de baño como indicador epidemiológico para un sistema de alerta temprana para la detección precoz de SARS-CoV-2 en España \(miteco.gob.es\)](https://www.miteco.gob.es/en/contaminacion-atmosferica-y-suelo/contaminacion-agua/contaminacion-agua-residual/contaminacion-agua-residual-y-aguas-de-bano-como-indicador-epidemiologico-para-un-sistema-de-alerta-temprana-para-la-deteccion-precoz-de-sars-cov-2-en-espana)
- 2 [Time Evolution of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 \(SARS-CoV-2\) in Wastewater during the First Pandemic Wave of COVID-19 in the Metropolitan Area of Barcelona, Spain | Applied and Environmental Microbiology \(asm.org\)](https://www.asm.org/journal/article/doi/10.1016/j.apmbio.2020.105111)

P9

- 1 [COVID-19 CoI | WaterRA](https://www.waterquality.gov.au/monitoring-and-reporting/monitoring/COVID-19-CoI)
- 2 [SARS-CoV-2 known and unknowns, implications for the water sector and wastewater-based epidemiology to support national responses worldwide: early review of global experiences with the COVID-19 pandemic | Water Quality Research Journal | IWA Publishing \(iwaponline.com\)](https://www.waterquality.gov.au/monitoring-and-reporting/monitoring/COVID-19-CoI)
- 3 [ColoSSoS Method evaluation and optimisation \(waterra.com.au\)](https://www.waterra.com.au/colosso-method-evaluation-and-optimisation)
- 4 [Department of Health and Human Services Victoria | Coronavirus update for Victoria - 23 May 2021 \(dhhs.vic.gov.au\)](https://www.dhhs.vic.gov.au/coronavirus-update-for-victoria)

P10

- 1 [Department of Health and Human Services Victoria | Wastewater testing \(dhhs.vic.gov.au\)](https://www.dhhs.vic.gov.au/wastewater-testing)
- 2 [Wastewater surveillance program results | Health and wellbeing | Queensland Government \(www.qld.gov.au\)](https://www.qld.gov.au/health-and-wellbeing/wastewater-surveillance-program-results)
- 3 [COVID-19 Sewage Surveillance Program - COVID-19 \(Coronavirus\) \(nsw.gov.au\)](https://www.nsw.gov.au/coronavirus/covid-19-sewage-surveillance-program)
- 4 [COVID-19 Wastewater Surveillance Program | SA Health](https://www.sa.gov.au/health/covid-19-wastewater-surveillance-program)

P11

- 1 [COVID-19: Wastewater testing | Ministry of Health NZ](https://www.health.govt.nz/our-work/covid-19-wastewater-testing)
- 2 [Wastewater \(FAQs\) | ESR](https://www.esr.govt.nz/wastewater-faqs)