

厚生労働行政推進調査事業費補助金（新興・再興感染症及び予防接種政策推進研究事業）
「環境水を用いた新型コロナウイルス監視体制を構築するための研究」
分担研究報告書

下水中の新型コロナウイルス調査運用上の課題について

研究代表者：吉田 弘（国立感染症研究所）
研究分担者：田嶋 淳（国土技術政策総合研究所）

研究要旨 下水中の新型コロナウイルス調査実施にあたり、下水道に起因する要素、検出時の対応、感染者数の把握上の課題について国内外の情報収集を通じて整理した。

新型コロナウイルスに関わる下水調査は定点把握目的とハイリスク施設のモニタリング目的に大別される。定点把握を目的とした調査の場合では、下水道部局と衛生部局が連携し情報共有内容及び公表内容を検討する必要がある。

また、感染者数の推計を目的にする場合には、下水固有の特性を勘案した処理区内のウイルス量推計モデル開発に加え、新型コロナウイルス感染者側の因子（排泄期間、排泄量等）を踏まえた感染者推計モデルが望まれる。

A.研究目的

新型コロナウイルス感染症（COVID-19）は不顕性感染の割合が比較的高いとされる。一方糞便中にもウイルスが見出されることに着目し、集団レベルで感染者の存在を把握する下水調査・研究が、2020年春頃より、様々な国・地域で行われている。

COVID-19の起因ウイルスであるSARS-CoV-2は元来呼吸器ウイルスであり、主に上気道で増殖する。感染者の一部では腸管中で増殖後、ヒト糞便中にも見出される。しかし糞便中のウイルスについては、感染者の排出割合、排出期間、排出量、感染性の有無、顕性、不顕性の別による違いについて情報は限られている。文献上、ノロウイルス等に比べ2-3log低いことが報告されており、下水調査ではウイルス検出技術に加え、下水道の特性による影響（合流式分流式の別、採水時間、温度、decay等）を考慮する必要がある。

我が国では先行してポリオ（2類感染症）の環境水サーベイランスを感染症流行予測調査事業（予防接種法を根拠）にて2013年度より開始している。感染症法は届け出に基づき、公衆衛生上の対応を行うが、下水など環境由来のウイルス検出に関しては、感染者を対象としておらずウイルスそのもの

を扱うため対応について明示されていない。このため調査開始前に公表の在り方、ワクチン接種を視野に入れた公衆衛生上の対策といった検出時の対応など、国内外の状況を参照にしつつ、運営上の課題について整理が行われた経緯がある。

新型コロナウイルス感染症（当初指定感染症）は2021年の感染症法改正により新型インフルエンザ等感染症に法的に位置付けられた。今後下水中の新型コロナウイルス調査を行う場合、運営上の課題について整理する必要があると考えられ本研究班にて検討した。

下水調査の結果より、新型コロナウイルス感染者数を推計するためには、対象地域における感染者の疫学情報との分析が必要である。このため検査データと処理区内の感染者数を解析する場合の課題を検討した。

以上、下水道に起因する要素、検出時の対応、感染者数の把握上の課題について、国内外の情報収集を通じて整理した。

B.研究方法

下水中のウイルス調査時に考慮すべき技術的な要因を海外の調査事例より収集、国内で実施上の課題、感染者数推定時の課題について以下の通り整理することとした。

1) 海外の下水中の新型コロナウイルス調査情報の収集

インターネット上、政府機関のドメインに着目して wastewater-based surveillance, environmental surveillance の検索を行い、下水調査に関連するガイドラインを探索し、調査の状況、データ公開の状況等につき収集した。

2) 地方衛生研究所を通じた下水道部局のヒアリング

下水中の新型コロナウイルス調査を実施するにあたり、R2年8~9月に関係部局からの要望事項を研究協力者、分担研究者(地方衛生研究所の担当者)を通じ収集した。

3) 下水中の新型コロナウイルス量と感染者数の比較

調査で得られる下水中の新型コロナウイルス量と感染者数の比較には、調査対象の下水処理区内の自治体の感染者数のデータを収集する必要があり収集時の課題を整理した。

C. 研究結果

1) 下水中のウイルス調査時に考慮すべき要因の情報収集(海外事例)

オランダ、カナダ、スペイン、英国、米国、フィンランドの事例について、取り組み概要、検査方法、データの公開について整理した(付属資料 海外の事例整理)。

① 調査目的と公表方法

調査目的は、地域におけるウイルス量のモニタリングと、施設を対象としたモニタリングに大別できる。前者は自治体が定点モニタリング結果として公表しているが、後者はリスク施設を対象としたリスク管理(大学、企業による調査)として実施されている。

国、地域によって、調査結果の公表内容が異なっていた。即ち、下水中の新型コロナウイルス検出限界値(リアルタイムPCR)を示したうえで新型コロナウイルスの測定値を公表している例(米国の州政府、オランダ

等)と、定性的な公表の場合(オーストラリア、スペインなど)がみられる。

また公表主体も、調査主体独自の公表の場合(スペイン・環境部局)と、感染状況の疫学データと同時に公表(カナダ・オタワ州)する場合がみられた。

② 新型コロナウイルス検出時に考慮すべき下水道に関連する要因について

新型コロナウイルス調査結果に与える可能性がある下水道の特性として、水量他多くの要因について各国のガイドラインにて示されており、感染者数の推計にはこれらの要因を踏まえた解析が必要とされている。(下水道に関連した要因の例)

採水方法(グラブ、コンポジットの別)、糞便当たり正規化、水量、下水中のDecay、滞留時間、採水時間、化学物質、など

これらの要因は非常に複雑であり、下水中のウイルス量から地域全体のウイルス量を把握するためには、各々の変動因子を考慮した推計モデルの研究が必要であるとされている。なおオランダでは下水量を補正した測定値を示すことで地域間の感染者が排出するウイルス総量の比較データを示している。

③ 検出時の対応について

環境系の調査実施主体では調査結果の公表や衛生部局への情報提供を主としているが、オーストラリア州政府のように具体的に検出地域住民へのPCR検査の奨励等の取り組み事例も見られる。

2) 地方衛生研究所を通じた下水道部局のヒアリング

12 地方衛生研究所の分担研究あるいは研究協力者を通じて、下水調査の実施上の要件をヒアリングした。調査開始時には風評被害の防止の観点から処理場の匿名化に加え、データ公表時の事前の協議が求められている。

2020年10月以降、調査を開始し、データ分析時にさらに以下の課題を認識するこ

ととなった。

感染者数と下水中のウイルス量の相関を分析するためには、処理区内の自治体の感染者数が必要となるが、処理区の人口、感染者が滞在する処理区内の軽症者療養施設、感染症指定医療機関の所在の有無から、調査対象地域が特定できる可能性がある。調査結果の解釈には様々な課題があることも考慮のうえ、あらかじめ下水道部局と衛生部局と情報共有内容、公表内容についても協議を行うことが望ましい。

3) 下水中の新型コロナウイルス量と感染者数の比較時の考慮点

①感染者数情報の収集

新型コロナウイルスは上気道に感染後、感染者の一部では腸管で増殖し、糞便へ排出されるため、発症日より下水中の検出時期は遅れることとなる。このため下水中の新型コロナウイルス量と比較するためには、感染者の発症日、あるいは推定感染日データを入手する必要がある。研究開始時（令和2年8月）は、感染者情報データが限定的であったこともあり、研究協力いただいている12地方衛生研究所が属する地方公共団体の公表日を基準とした新規感染者数を収集した。

その結果、下水中の新型コロナウイルス量と処理区内の感染者数を比較するにあたり以下の要因を考慮する必要があると考えられた。

②新規感染者公表日と発症日の関係

下水調査では不顕性、顕性感染者より排出されたウイルスを検出するが、これらのウイルスは、採水日より以前の感染者が糞便中に排出したものである。

新型コロナウイルス感染の検査には、鼻咽頭ぬぐい液、唾液等が用いられ、発症者の場合は感染日を推定できるが、不顕性感染者（積極的疫学調査による接触者や自費検査によるPCR陽性者等）の場合は困難である。また鼻咽頭ぬぐい液などに比べ、糞便中

のウイルス排泄期間、排泄量の経時的変化の情報も限られており、糞便中には数週から3か月程度ウイルスRNAが検出されるという報告もある。このように採水日には感染日が異なる顕性、不顕性感染者から排泄されたウイルスが下水中に含まれる。

公開されている新規感染者数（公表日ベース）と下水中のコロナウイルス量とで比較する場合、不顕性感染者、顕性感染者の割合、発症日情報の有無などの制約要因を考慮しつつ、解析を行う必要性が認められた。

④ 下水処理区と届け出が行われた保健所管轄地域の関係

下水中のウイルス量と感染者数を比較する場合、下水処理区と感染者の届け出を行う保健所管轄は、行政区分が必ずしも一致していないことに留意する必要がある。さらに行政検査以外の自費検査の拡大により、居住地と異なる保健所へ届け出が行われる場合があることや、届け出後の感染者が病院へ搬送、軽症者療養施設に滞在するか自宅療養の別により、下水中のウイルス量に与える影響などにも留意する必要性が認められた。

D. 考察

下水中のウイルス調査時に以下のような複雑な要因を想定しつつ、下水中のウイルス量を求め、感染者を推計するための研究が必要である。

1) 下水の特性

感染者数と下水中のウイルス量の相関を解析するには、下水に関連する様々な要因が測定値に影響を与える可能性があるため、これらの要素を考慮した測定のあり方を検討するとともに、下水中のウイルス量を推定するためのモデルを開発する必要性がある。

2) 結果の公表

感染がコントロールされている状況下で

は下水中のウイルス量は少なく、かつ下水固有の要因で減衰する可能性がある。このような条件下では、検査結果の再現性には困難が生じる。よって検査系の検出限界値に留意の上、信頼性を確保しないかぎり検査結果の定量値の公表は慎重にすべきである。同時に情報共有内容及び公表内容に関して、下水道部局と衛生部局との十分な連携が必要である。

3) 感染者と下水中のウイルス量の比較

下水には顕性、不顕性感染者由来のウイルスが含まれているが、不顕性感染者の発症日の推定は困難であり、また感染日が異なる糞便由来ウイルスが含まれる。このため下水調査時のウイルス量は採水日前の感染者由来ウイルスの累積量である。よって下水中のウイルス量から感染者数を推定するためのモデル開発が必要である。

E. 結論

新型コロナウイルスにかかわる下水調査では、定点把握を目的とした調査の場合でも、下水道部局と衛生部局が連携し情報共有内容及び公表内容を検討する必要がある。

感染者数の推計を目的とする場合、下水固有の特性を勘案した処理区内のウイルス量推計モデル開発に加え、新型コロナウイルス感染者側の因子(排泄期間、排泄量等)を踏まえた感染者推計モデルが望まれる。

F. 健康危険情報

特になし

G. 研究発表

論文発表

1. 小澤広規 井上嵩之 櫻井 光 川上 千春 清水耕平 宇宿秀三 田中伸子 大久保一郎 吉田 弘 環境水調査による新型コロナウイルスの下水からの検

出 病原体検出情報 2020年,41(7): 122-123.

2. Kitamura K, Sadamasu K, Muramatsu M, Yoshida H. Efficient detection of SARS-CoV-2 RNA in the solid fraction of wastewater. *Sci Total Environ.* 2021;763:144587. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.144587
3. 吉田弘 ポリオの概要と世界の状況 バムサージャーナル 32(4),13-16,2020

学会発表

1. 吉田弘、三好龍也、小澤広規、木田浩司、後藤明子、筒井理華、高橋雅輝、濱島洋介 5年間の環境水サーベイランスにより検出されたエンテロウイルス伝播の解析 第79回日本公衆衛生学会 令和2年10月20-22日、京都(オンライン開催)、ポスター
2. 吉田弘、三好龍也 堺市における環境水サーベイランスにて検出されたエンテロウイルスについて 第79回日本公衆衛生学会 令和2年10月20-22日、京都(オンライン開催)、ポスター
3. 小澤広規、吉田弘、大久保一郎 環境水サーベイランスにおける新型コロナウイルスの検出 第79回日本公衆衛生学会 令和2年10月20-22日、京都(オンライン開催)
4. 吉田弘 「水環境における病原性ウイルスモニタリング技術の動向」第66回日本水環境学会セミナー(オンラインセミナー) 2021.01.22、口頭
5. 吉田弘：下水中のポリオウイルスと新型コロナウイルス検査 日本薬学会第141年会 環境・衛生部会衛生試験法シンポジウム：微生物検査による食品・環境衛生管理の新展開(オンラインシンポジウム) 2021.03.29、口頭

H. 知的財産権の出願・登録状況
(予定を含む。)

1. 特許取得
なし
2. 実用新案登録
なし
3. その他
なし

海外事例の整理

下水中の SARS-CoV-2 検出に当たっては、海外でも同様の試みが行われている。本章では海外での検出方法やその取り組み事例について国ごとに整理した。

1. オランダ

1.1 取り組み概要

国立公衆衛生環境研究所（RIVM）では下水調査により SARS-CoV-2 の拡散をモニタリングすることを目的とし、オランダ全土の下水サンプルを採取し、下水中の SARS-CoV-2 を検査している。

1.2 検査方法

9 月以降オランダ国内では 300 ヶ所以上の下水処理場で毎週 1 回以上のサンプリングを実施、RIVM で分析を実施している。

オランダにおける下水サンプルからは RNA が検出されているものの、これらがヒトへの感染力を持つという証拠は得られていない。しかしながら下水作業への従事者は下水との直接接触を避けるとともに、SARS-CoV-2 を含む様々な病原体から効果的に身を守るために個人用の防護装置を適切に使用することが重要であるとしている。

1.3 データの公開

検出結果については政府が提供する SARS-CoV-2 ダッシュボード (<https://coronadashboard.rijksoverheid.nl/>) にてデータを毎日公開している。データは住民 10 万人当たりの下水に含まれるウイルス量として公表されている。

【出典】

National Institute for Public Health and the Environment (RIVM) Coronavirus monitoring in sewage research

<https://www.rivm.nl/en/covid-19/sewage> (2021 年 3 月 12 日閲覧)

2. カナダ

2.1 取り組み概要

オタワ大学と東オンタリオ小児病院（CHEO）は共同で下水中の SARS-CoV-2 検知に係る共同研究を実施している。下水を分析することで、検査によって得られる情報よりも早く、コミュニティ内の COVID-19 の感染状況が把握出来る可能性がある。例えば 7 月中旬のデータでは、検査数が急増する 3 日前から下水中のコロナウイルスのシグナルが 580%増加していたことが明らかになるなど、早期警告システムとして役立つ可能性についても示唆している。

2.2 検査方法

オタワには人口の 90%以上の下水を処理する ROPEC と呼ばれる処理場があり、このサンプルを解析に用いている。サンプルは週 5 日 24 時間、1 時間ごとに採取している。本調査に関する課題としてヒト由来の排泄物と雨水などの割合を把握することが重要であるとしているが、この課題に対しては季節的に安定した糞便のバイオマーカーであるトウガラシ微斑ウイルス（PMMoV）を使用して正規化を行っている。

2.3 データの公開

データはウェブページ上で (<https://613covid.ca/wastewater/>) 日々更新されており、新規感染者数のみならず病院の入院数や現在の感染者数などの指標と比較して閲覧することが出来るようになっている。

【出典】

Ottawa Public Health Wastewater COVID-19 Surveillance

https://www.ottawapublichealth.ca/en/reports-research-and-statistics/Wastewater_COVID-19_Surveillance.aspx (2021 年 3 月 12 日閲覧)

Ottawa COVID-19 Ottawa covid-19 wastewater surveillance

<https://613covid.ca/wastewater/> (2021 年 3 月 12 日閲覧)

Ottawa COVID-19 Methods

<https://613covid.ca/model/#projection-models> (2021 年 3 月 12 日閲覧)

3. スペイン

3.1 取り組み概要

スペインでは下水中の SARS-CoV-2 測定を実施している VATar COVID-19 プロジェクトから、データの活用や結果の解釈に当たっての考慮事項が提示されている。

下水中の SARS-CoV-2 の有無によりコミュニティ内にウイルスが存在するかを判断し、発生しうる流行を予測することが出来るとしている。また、流行が進んだ段階では、感染者の増減やコミュニティ内でどのように広がっているかを知ることが出来るとしている。サンプル分析によって得られた結果について、対数スケールで表示しこれらの値について前週と比較した際の感染の増減の目安については以下の通り提示している。

Variación	Unidades logarítmicas de diferencia
Aumento significativo	Más de +1 unidad logarítmica
Aumento	Entre +0,4 y +1
Estable	Entre -0,4 y +0,4
Disminución	Entre -0,4 y -1
Disminución significativa	Más de -1

Tabla 2. Categorías de variación aplicadas e intervalos de variación entre semanas

図 1-1 週間の増減による変動カテゴリー (VATar COVID-19/Table2)

3.2 検査方法

SARS-CoV-2 の検出には IP4 (RdRp 遺伝子)、エンペロープ (E 遺伝子)、ヌクレオカプシド (N1 遺伝子) を標的としてリアルタイム PCR を実施し Cq 値が 40 を超える場合は陰性であると評価している。

糞便中の SARS-CoV-2 は、感染者が臨床症状を呈する前から排出されることから、下水中から検知されたレベルに応じて早期警告システムとして利用出来るとしている。排出量や排出期間については個人差があり今後の研究課題であるが、鼻咽頭サンプルよりも糞便サンプルのほうがウイルスを長期間検出することが出来るとしており、下水での測定はコミュニティにおける COVID-19 の予防的モニタリングと診断のための有効なツールとなる可能性があるとしてい

る。これらのツールとして活用するための考慮事項として、臨床症例通知システムや集団内の感染を報告する際の指標が不確実性をもたらすことから、以下の制限については注意する必要があるとしている。

- ・ データ報告の遅れ。
- ・ 通知日（検査を実施した日、または結果を得た日）を割り当てるための自治州ごとの異なる基準。
- ・ 使用した診断検査、各コミュニティの診断能力、及び流行開始時からの変動。
- ・ 週末には報告がされないこと。
- ・ 過去のデータの統合。
- ・ 下水道ネットワークや下水処理場に排出する集団。多くの場合、それは自治体の全体とは一致しない上、基礎保健地域の全体とも一致しない。このためより良い近似値を得るためには、処理場に行き着く正確な地域について報告されている症例を使用する必要がある。

また、その他の環境要因についても下水中の SARS-CoV-2 検出に関連する不確実性要素となることを指摘している。

a. 環境要因

- ・ 下水温度：温度が高いほど RNA 分解が進む他、検出前の精製プロセスにも影響を及ぼす。
- ・ 降水量：降雨があれば、流域の流出水が下水ネットワークに入ることで循環水量が増加し希釈される。大規模な流域の場合は降雨と処理場の流量の関係や希釈率割合を一定の精度で判定することは困難であるとしている。

b. 処理場の支流域と下水道ネットワークの特徴

- ・ 流域のサイズ：各処理場の流域は独自の特性を持っている。流域が大きくなり下水道ネットワークが長くなるほど RNA が劣化する可能性が高くなる。解決策としてはネットワークのセクター化と排出源により近い地点でのサンプル採取が挙げられる。
- ・ 下水道ネットワーク：流域サイズと同様に各下水道のネットワークにも独自の特性がある。雨が降った場合など、ネットワークの容量によっては他の施設を介して環境に排出される可能性やネットワーク内の下水の移動

時間の変更、RNA 劣化に影響を及ぼす揚水場の存在も考慮に入れる必要がある。

c. 下水の標準特性の変動

- ・ ネットワークへの侵入：地面に存在する水が下水道ネットワークへ流入すると流量が増加し希釈が生じる。降雨に関連しない流量の増加で識別出来るが、降雨がない場合でも発生する流量の変化についての知識が必要になる。
- ・ 塩分侵入：沿岸地域で発生する事象であり、下水道ネットワークに塩水が侵入した場合ウイルス RNA の分解、精製プロセスに影響を及ぼす可能性がある。
- ・ この他産業関連など特殊な施設からの排水は、処理場に到達する下水の物理化学的特性を変化させ、検出されるウイルス RNA を劣化させる可能性がある。これらの可能性がある影響を検出するためにはサンプル採取時に pH や導電率を合わせて測定しモニタリングすることが必要である。さらに動物由来の SARS-CoV-2 検出のための下水モニタリングやコミュニティへの拡散を防ぐために動物由来の変異を検出するためには、次世代シーケンスを用いた検出等を検討する必要がある。

d. 処理場でのサンプル採取

- ・ サンプルの種類：サンプルの種類を選択はウイルス検出と定量に影響を及ぼす。
 - ◎コンポジット
ある期間の複数サンプルが統合されたサンプル。採取時の流入流量に比例する。欠点としてはサンプルが希釈される可能性がある。
 - ◎単一
下水中に存在する糞便物質として認識されている微生物や大腸菌などの分析によって糞便の負荷が最も大きくなるタイミングを選択する。
- ・ 採取ポイント：汚泥再循環、汚泥脱水還流など、処理場のプロセスによる影響を受ける可能性がある。
- ・ 採取プロトコルの逸脱または人為的ミスによるサンプルの汚染

ある地域における流行を評価する場合、出来るだけ多くの変数を安定させることが推奨される。同じサンプル採取ポイント内で比較し、同じ採取、分析手法を利用することで検出されたレベルに対するこれらの要因の影響を軽減させることが出来る。

e. 最適なサンプル採取時間

VATar COVID-19 プロジェクトでは、午前中の処理場で最も糞便負荷の高い瞬間と一致するように確立された。正確なサンプル採取を行う時間を決定することは重要だが、下水道ネットワークや流域の特性により処理場ごとに異なることに注意する必要がある。サンプル採取と同時に取得すべき物理/化学/微生物学パラメータとして以下の項目が挙げられている。

- ・ pH
- ・ 水温
- ・ 導電率
- ・ 溶存酸素
- ・ 酸素飽和度
- ・ 大腸菌
- ・ 全大腸菌群
- ・ SARS-CoV-2 検出

f. ロジスティクス

検査室への配達の違いやサンプルの保存温度が高い場合にはウイルス RNA の分解が発生する。

g. 感染者によるウイルス排泄の変動

前述のようにウイルスの排出パターンや量、感染者の割合については不明である。また、コミュニティに循環している遺伝子型でこれらの要因に起こりうる変動を追加する必要がある。

社会的レベルでは、特にサンプル採取方法に特定のサンプルの採取が含まれる場合、検出されるレベルに影響を与える可能性のある要因もある。休日、移動性、または集団の自宅待機は、監視対象のコミュニティの行動パターンに影響を及ぼす可能性があり、下水で検出されるレベルとその使用に影響を与える。

h. ウイルス RNA の分解

極端な pH の変化や温度、下水の組成や浮遊物質の有無、産業界など特定の領域から排出される物質により RNA の分解に影響を及ぼす可能性があるとしている。

i. 分析手法に関する要因

プロトコルの変更や下水中の特定の事象が発生することにより異なる日付の結果を慎重に比較する必要があることを示している。濃縮及び抽出段階では、プロセス制御ウイルスとして機能する、既知の他のウイルス量をサンプルに添加、測定のために定量化され、結果を導入された量と比較して測定プロセスの効率を把握し、結果の信頼性を確保する必要があるとしている。

3.3 その他

処理場レベルで検出されたウイルスカ価に合わせて相関関係を確立するため、統計学的分野で様々な調査が行われている。

例) 米国環境保護庁 (USEPA : The United States Environmental Protection Agency) では、SARS-CoV-2 検出レベルと母集団レベルの疫学データとの相関関係を確立するために、ベイジアンネットワーク上で数学的モデルを実行している。さらに、「回帰及び感受性-曝露-感染-除去モデリング」に関する数学的研究が実施された。

しかしながら現在の研究開発の段階では、下水道ネットワーク間で検出されたレベルを比較することは推奨されていない。ネットワークの長さ、排出する集団、特定の環境要因、または測定に関与する検査室や手法などの決定要因の影響によるものである。ある場所または別の場所でより高いレベルが検出されたからといって、必ずしもその集団で感染者が多いことを意味するわけではないことや、数学的モデルの発展により将来的にこれらが可能になることを意味するものではないと結論付けられている。

【出典】

VATar COVID-19 CONTROL MICROBIOLÓGICO EN AGUAS RESIDUALES
COMO INDICADOR EPIDEMIOLÓGICO DE ALERTA TEMPRANA DE

PROPAGACIÓN DE COVID-19 -NOTA TÉCNICA EXPLICATIVA SOBRE LA TÉCNICA Y VARIABILIDAD DE LOS RESULTADOS-

https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/concesiones-y-autorizaciones/nota-tecnica-vatar-miterd_tcm30-517518.pdf (2021年3月12日閲覧)

4. 英国

4.1 取り組み概要

英国では2020年初頭から下水中のSARS-CoV-2の分析を実施、もともとはポリオウイルスのサーベイランスのために採取したサンプルを活用し調査が開始された。その後イングランド、スコットランド、ウェールズでも同様にサーベイランス活動が実施され、下水サンプルから確実に定量出来ることが示された。

4.2 検査方法

イングランドのモニタリングプログラムは2020年7月から開始され、イングランド全土の44の下水処理場からサンプル採取を始めている。現在は人口の80%をカバー出来るようプログラム範囲の拡大を目指している。また、ポンプ場でのサンプル採取による下水集水域のモニタリングも進めており、中核都市とグレーターロンドンを対象とするために拡大していく予定である。2020年7月からこれらのデータは利用可能になっており、流域における感染者数の症例数との整合性により、不確実性に考慮している。

スコットランドでは3月より開始され、6つの下水処理場を対象にSARS-CoV-2排泄が検出されるかを調査した。これらの初期データを活用して人口の50%以上をカバーする28ヶ所に情報を提供、主に8月以降に採取されたデータをもとに下水中のコロナウイルス量や集団内の症例数、下水中の無機物量などのデータと共に活用されている。

ウェールズでもスコットランドと同様3月よりモニタリングプログラムが開始された。北部・南部の主要都市の他ウェールズへの観光客の往来が多いイングランドの都市を対象として下水中のコロナウイルス量とCOVID-19の症例数や死亡者数と共にマッピングされた。また、局所的に症例発生率が高い特定の場所（アングルシーやレクサム食品加工工場）においても同様に調査が行われた。

現在では人口の70%をカバーする範囲まで調査対象が広がり、採水も週3回実施されている。データからは観光客によって SARS-CoV-2 がウェールズに持ち込まれている可能性が示唆され、全国的なロックダウン実施に当たっての根拠となるポートフォリオにも活用された。また、ハンガー大学では学生寮の下水中の SARS-CoV-2 濃度を監視する取り組みがなされており、感染者だけでなく症状が顕在化していない感染者についても検出することが出来たことが明らかになった。ウェールズでは全国的な感染スポットでの大規模検査を支援するためにも利用されており、検査の場所や時期については地方の意思決定者に情報を提供している。また、インフルエンザやノロウイルス、A/E 型肝炎など公衆衛生上問題となる他のウイルスもプログラムに含まれるように拡大しつつある。

4.3 その他

コミュニティ規模でのホットスポットの特定のみならず、建物規模でのモニタリングによって集団におけるアウトブレイクを管理することが出来るとしており、刑務所や食品サプライチェーンにおける検査を優先的に行う可能性についても検討されている。

【出典】

Matthew Wad et al. Wastewater COVID-19 Monitoring in the UK: Summary for SAGE – 19/11/20

https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/940919/S0908_Wastewater_C19_monitoring_SAGE.pdf

(2021年3月12日閲覧)

5. 米国 (CDC)

5.1 取り組み概要

米国では疾病対策予防センター (CDC) と米国保健福祉省 (HHS) が連邦全体の期間と協力して COVID-19 のパンデミックに対応するために全国下水サーベイランスシステム (NWSS) を開始した。収集されたデータはコミュニティにおける COVID-19 感染の拡大を公衆衛生当局担当者が理解するのに役立つことが想定される。

5.2 検査方法

現在のところ、コミュニティにおける感染者の総数や感染者がその人口に占める割合を測定するために使用することは出来ない。下水中の SARS-CoV-2 RNA 濃度と下水域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 濃度に関してさらに多くのデータを収集する必要があるとしている。

- ・ SARS-CoV-2 は、コミュニティ内で症例が報告される数日前に下水から検出されている。ことから、下水域内での検出の有無はおそらく既成の症例サーベイランスよりも早期に検出出来る。下水中にウイルスが存在していることを把握すれば、感染患者の存在は認知されていないもののリスクの高いコミュニティを監視するために重要な指標となる。一方で下水中にウイルス RNA が検出されなかったからといって、コミュニティ内に感染症は存在しないと結論づけてはならない。
- ・ 下水域内の COVID-19 の傾向を、報告症例と未報告感染の双方を含めて監視できること。分析された下水データから、SARS-CoV-2 濃度の経時的な傾向を得ることが出来る。下水中のウイルス濃度の傾向は、下水域内で報告された新規感染者数の傾向よりも、数日先行することが実証されている。下水サーベイランスは COVID-19 の傾向の主要な指標として、新規感染者数の傾向に変動が見られる場合や、コミュニティの感染抑制対策の効果を評価する際に有用と考えられる。

また、サンプル採取に当たっては、サンプル採取の場所や頻度、方法についてそれぞれ検討し方法を決定すべきであるとしている。

下水サーベイランスデータはコミュニティにおける COVID-19 感染者の有無や動向についての早期な指標となるが、既存のサーベイランスシステムを補完するものであり、単独で解釈して公衆衛生活動に情報提供すべきものではないとしている。以下のような臨床検査及びコミュニティの感染抑制対策の戦略などの情報提供に利用されうるとしている。

- ・ コミュニティにおける個人検査件数の増加。
- ・ COVID-19 からどのように自分の身を守るかについて公衆衛生上のコミュニケーションの増加と、感染の影響があるコミュニティ内での積極的対策。

- ・ コミュニティ感染抑制対策の戦略のモニタリングと影響評価。

また、コミュニティ内の感染レベルの変化に対して下水に基づくシグナルを評価する際には以下の点を考慮することが必要である。

- ・ 臨床検査のためのリソースを準下水域のどの地域に配備するかを決定するためには、リスクが高い集団の所在地などの他の疫学的知識が必要である。
- ・ 下水中に SARS-CoV-2 が検出されなかったことだけを根拠にして、コミュニティの感染抑制対策を緩和すべきではない。
- ・ 下水処理場から上流のサンプル採取地点を使用して準下水域の感染傾向を監視する場合は、下水サーベイランスに使用する前に、そのサブエリアの境界線並びに固有の特性を理解するための追加作業が必要となる。

5.3 その他

下水処理場でのサンプリングの他に、COVID-19 のスクリーニングを補完する目的として、施設、機関、及び高密度重要インフラ事業所での標的型下水サーベイランスが提案されている。これまでのところ、標的型下水サーベイランスの取り組みは、主に高等教育機関、矯正施設、及び食品加工施設などの事業所を対象としている。標的型下水サーベイランスでは、建物の外にあるマンホールなど、標的とする集団のみからの下水を扱う下水ネットワーク内の地点でサンプル採取を行う。これらのメリットとしては、対象地域の感染者の早期感染者を早期に警告出来る他、リスクの高い集団でのモニタリング、コスト及び時間的に効率の良いスクリーニング方法の一つであることが挙げられている。

【出典】

Centers for Disease Control and Prevention (CDC) Wastewater Surveillance
<https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/cases-updates/wastewater-surveillance.html> (2021年3月12日閲覧)

6. フィンランド

6.1 取り組み概要

フィンランドの国立健康福祉研究所 (THL) が行っているプロジェクトでは、下水処理場に流入する未処理下水を分析し、SARS-CoV-2 の RNA を調査し下水中における検出状況を調査している。

6.2 検査方法

8 月下旬に採取した 5 つの地域 (ユヴァスキュラ、ハメーンリンナ、クオピオ、ラッペーンランタ、及びコウヴォラ) の下水サンプルから SARS-CoV-2 が検出された。8 月 24 日のサンプル採取前の 5 週間には、コウヴォラ地域において COVID-19 感染者が検出されていなかった。下水中にコロナウイルスが存在していたにもかかわらず、感染者が検出されていなかったことから、その地域には未確認の感染者がいること及びその地域にウイルスが広がっている可能性が示唆された。軽症であっても検査を受けるように住民に促すなど警戒が必要であるとしている。

THL では処理場でのサンプリング採取を強化し、コロナウイルスの拡大を的確に検出することを目指している。また一方では、下水の温度や PCR に用いる酵素の活性を低下させる成分が下水中にどの程度含まれているか等下水道ネットワーク感の違いによっては手法の感度に差が生じている可能性があるとしている。

【出典】

Finnish Institute for Health and Welfare (THL) The presence of coronavirus in waste water may be a warning of increased infections – the number of waste water findings increased in August

<https://thl.fi/en/web/thlfi-en/-/the-presence-of-coronavirus-in-waste-water-may-be-a-warning-of-increased-infections-the-number-of-waste-water-findings-increased-in-august> (2021 年 3 月 12 日閲覧)