

下水疫学コミュニティの皆様:

もう年の瀬ですが、皆様いかがお過ごしでしょうか？ホリデーシーズンには人の動きが大きくなり、感染拡大リスクが高まる可能性がありますので、感染症流行に関する情報を正しく取り入れ、正しく恐れ、対策できるようにしましょう。さて、感染拡大リスクが高まるのは市中だけでなく個別施設も同様です。今回は個別施設における下水サーベイランスの留意点と、個別施設で下水サーベイランスを行う際に特に期待されるオンサイト検知技術のご紹介です。

## 個別施設における下水サーベイランスの留意点

下水サーベイランスは下水処理場のみならず、介護療養施設、刑務所、学校や学生寮、空港などの個別施設でも活用されています。下水処理場と個別施設では下水サーベイランスの行い方やデータの解釈方法が異なる場合があります、以下の注意が必要です。

### 1、なるべく”連続的な”採水を

レバーを引いてトイレを流すことを想像してください。水が流れるのは10秒間ほどです。ウイルス情報はその水と一緒に流れて行きますが、パイプを流れるうちに拡散され、徐々に長い時間下水管の中で確認できるようになります。しかし、建物を出たばかりでは、[ウイルス情報が確認できる時間は10分間程度しかない](#)かもしれません。このような情報を捉えるために、コンパクト採水であればポンプ間隔をできるだけ縮める、または[パッシブサンプラー](#)を使うなどするのが良いと考えます。

### 2、迅速にサンプル分析結果を出すことが特に重要

介護療養施設や刑務所といった接触密度の高い個別施設では、一人の感染者からクラスター感染が起こり、すぐに感染が広がってしまう可能性があります。その危険をなるべく早く察知し、感染拡大を予防するために、採水したサンプルの分析結果をなるべく早く出すことが大切です。このキーとなりうるオンサイト検知技術は次のセクションでご紹介します。

### 3、高いウイルス濃度は感染力のある患者が(一人または複数)いる可能性が高いことを示す。しかし、必ずしも複数の感染者の存在を示すものではない。

下水中から十分に高いウイルス濃度が検出されたときに新規感染者が少なくとも一人は存在することは、[様々な個別施設で確認](#)されています。そして、便中ウイルス排出量は新型コロナに感染したばかりの新規感染者に多く、この時期は感染力も高い傾向があることが知られています。高い下水ウイルス濃度が観測された場合、施設内に感染力のある患者がおりクラスター感染が起こるリスクが高まる可能性があるため、特に注意が必要です。

しかしながら、[便中のウイルス排出量には非常に大きな個人差や時間による変化がある](#)ため、非常に高い下水中ウイルス濃度が必ずしも感染者クラスターの存在を意味するわけでもなければ、濃度が10倍になったからといって感染者が10倍になったことを意味するわけではありません。

### 4、低いウイルス濃度の解釈は難しい。感染力のある新規感染者がいる可能性は否定できないが、感染力のない回復中の患者がいるだけかもしれないので、対応は対象施設のリスク許容度による。

新型コロナに感染した人の糞便からは平均で2週間ほど、長いときは1ヶ月も[ウイルスが検出される](#)ことが知られています。他方、感染から1週間も経てば、感染力もほとんどなくなり、感染者が排出するウイルス量も少なくなります。下水サーベイランスにて低濃度のウイルスが検出された場合、感染力のある新規感染者の排出ウイルスを部分的に検知した可能性は否定できませんが、一方で、感染力のある時期を過ぎた感染者のウイルスを検知しているだけである可能性もあります。

こういった不確実性のある情報をもとにどのような対応をするべきかは、対象施設のリスク許容度によるかと思います。例えば、リスク許容度の低い介護療養施設であれば、慎重を期して、低濃度の結果でもすぐに施設内患者及び職員に対し抗原検査を行う、一方でリスク許容度の高い大学寮であれば、次の下水サーベイランスの結果を待って対応を決める、などが考えられます。

### 5、検出下限値以下は感染者の不在を必ずしも示すものではない

下水サンプル中のウイルス濃度が検出下限値以下になった場合、i) 対象地域内に新型コロナ感染者がいない、ii) 対象地域内に新型コロナ感染者がいても、採水日に採水区域内で十分な量のウイルス排出をしなかった(例: 外出先でしか便をしなかったなど)、iii) 対象地域内に新型コロナ感染者がいて、かつ採水日に採水区域内で十分な量のウイルス排出をしても、採水でそのシグナルを掴むことができなかった(項目1参照)などの可能性があり、検出下限値以下という結果は[必ずしも感染者の不在を証明するものではありません](#)。

### 6、個別施設ごと、分析機関ごとに下水疫学データ解釈や対応マニュアルの作成を

どれくらいの下水中ウイルス濃度が見られれば「施設内での感染リスクが高く対応が求められる」といえるか、という判断は、個別施設ごとのリスク許容度の特性、分析会社の用いる分析手法等に依存します。下水サンプル分析から対応検討・実行まで迅速に進められるよう、個別施設ごと、分析機関ごとに下水疫学データ解釈や対応ガイドラインを作成しておくことが重要で

す。[米国Biobot Analytics社が出しているガイドライン](#)も参考になります。

## オンサイト検知技術

国内外で、下水中のウイルスをオンサイトで検知する技術が開発されています。注目している技術や会社は沢山ありすぎて紹介しきれないので、今回はその中でも3つだけ選んでご紹介いたします。

### 自動qPCR検査を提供するGeneXpert by Cepheid

[Cepheid社のGeneXpert](#)は元々臨床試験用に開発された技術ですが、唾液サンプルだけでなく、下水サンプルにも適用可能なことがわかってきています。PCRベースの技術で、マルチチャンネルを持つカートリッジにサンプルを加え、専用のマシンにセットすれば、40分後には検査結果が出ます\*。しかも、1つのカートリッジでSARS-CoV-2, Flu A, Flu B, RSVと4つのウイルスが検知可能です。マシン自体の値段が高いことは課題ですが(臨床試験で使用できるほどなので。)、カートリッジの値段は手頃で、トレーニングなしで使える技術であることから、すでに[カナダのリモートコミュニティ](#)などで使われています。

\*下水サンプルを直接使用することも可能ですが、[フィルタレーションや濃縮をかけると精度、感度が上がる](#)こともわかっており、その際には工程が完了するのに4時間ほどかかります。

### アプタマーとマイクロチップを使ったMicrotox PD by DeepVerge

[DeepVerge社のMicrotox PD](#)は、アプタマーを付着させたマイクロチップを使い、下水中のSARS-CoV-2を特異的に、リアルタイムで検知できる技術を開発しています。元々環境水中の汚染物質を測る装置を世界中に提供しており、そういった知見とネットワークもあるのもDeepVerge社の特徴です。[UKをはじめとしてパイロットテスト](#)が2022年に始まったそうで、その結果に期待しています。

### イムノクロマト法を使った研究

抗原検査で使用するようなイムノクロマト法(別名ラテラルフローテスト、LFT)を下水中ウイルスの定性検査に用いる方法も研究されています。この方法では感度が問題になることが多く、ゲノム情報を増幅するために、簡易な[等温PCRと組み合わせる](#)ことも多いようです。

### その他

ニュースレターで取り上げて欲しい話題、解説して欲しい内容などありましたら京都大学遠藤([endo.noriko.3p@kyoto-u.ac.jp](mailto:endo.noriko.3p@kyoto-u.ac.jp))までご連絡ください。できるだけ正しい情報をわかりやすくお伝えすることを心がけておりますが、記載している情報に間違い等お気づきの際にもご連絡いただければ幸いです。

メーリングリストへのご登録は[こちら](#)、解除は[こちら](#)からお願いします。