

コロナウイルス文献情報とコメント(拡散自由)

2022年9月29日

JAMA:

新しい下水サーベイランス技術により、市中感染確認の2週間前に懸念変異株流行をキャッチできるようになった

【松崎雑感】

天気予報で、2週間後の天気が結構正確にわかるとしたなら、革命的です。新型コロナではそれが可能です。下水のウイルスの断片（RNA）を検査すると、市中感染の2週間前に、流行する株が予測できることがわかってきました。

新型コロナだけでなく、多くの感染症に応用できるテクノロジーです。

下水流路をさかのぼることにより、ピンポイントで感染者を同定できる可能性もあるという事です。

下水サーベイランス、おそろべし！

新しい下水サーベイランス技術により、市中感染確認の2週間前に懸念変異株流行をキャッチできるようになった

Solis-Moreira J. **Study: New Wastewater Surveillance Method Detected SARS-CoV-2 Variants of Concern Up to 2 Weeks Before Clinical Tests** [published online ahead of print, 2022 Aug 24]. **JAMA.** 2022;10.1001/jama.2022.12563. doi:10.1001/jama.2022.12563

UCSDで新型コロナの下水サーベイランスを行った結果、懸念変異株を市中流行の2週間前に検出することができた。その報告がNatureに掲載された([Wastewater sequencing reveals early cryptic SARS-CoV-2 variant transmission | Nature](#))。

重要性

ほとんどの新型コロナ感染者は症状の有無にかかわらず糞便中にウイルスRNAを排出する。下水モニタリングで、その地域におけるウイルスや細菌の種類と流行量が推定でき、臨床データの補強に役立つ。

一個の下水検体だけで、ビル、街、郡全体の感染状況に関する多くのデータを知ることができる。

「1回の下水サーベイランスで鼻腔咽頭スワブを何前回、何万回行ったに匹敵するデータが得られる」とこの論文の筆頭著者でUCSDの医学博士でポストク
研究員スムルティ・カルティケヤン氏は本誌に語った。

この新しい手法による下水サーベイランスは、現在進行形の新型コロナ感染状
況を追跡できるだけでなく、まだその地域に流行していない変異株を一番先に
検出できることが示された。

背景

現在までに少なくとも55か国で新型コロナ下水サーベイランスが行われている。
アメリカではCDCが 2020年9月に National Wastewater Surveillance
System を立ち上げた。このシステムは保健当局と共同で、下水中の新型コロナ
ナサーベイランスを行うものだった。しかし、多くの種類の変異株が検出されるた
め、広い範囲での新型コロナ感染状況を把握するうえで、技術的経済的困
難が生まれていた。

UCSDの研究チームとCDC、カリフォルニア州公衆衛生局、カリフォルニア保健
福祉庁などの関連組織は、2, 3時間以内に調査データを解析して流行状
況を描き出す技術を開発した。

どのような技術か

ウイルス粒子と結合する力の強いナノマグネティックビーズを下水検体に投入し、新型コロナウイルスなどの呼吸器系ウイルス粒子と結合させる→磁石を装着したロボットアームによりウイルスの結合したビーズを1時間以内に採取する→PCRによりウイルスの種類を同定する。

カルティケヤン氏は、マグネティックナノビーズ法が、他の下水サーベイランスよりも損壊していないウイルスを多く集めることができ、高精度の遺伝子解析が可能となると述べている。

ちなみにウイルス量の少ない検体でも、ビーズ法が95%の遺伝子解析ができたが、他法では40%程度に過ぎないという。

この技術の長所は、コンピューター解析にもみられている。得られたデータをFreyjaというアルゴリズムで解析して、同定された株がどの変異株あるいは派生株由来かを判別することができる。

Freyjaは1000種類以上の新型コロナウイルスの遺伝子配列をバーコード化した「ライブラリ」を活用し、Freyjaアルゴリズムによって、下水中で寸断されたRNA断片からどの変異株かを同定する。

デザイン

研究チームはUCSDキャンパスが、共同生活の人々が多く、近隣地域と離れた環境であるため、臨床的流行状況と下水サーベイランスに基づくウイルス流行状況を調査しやすいという利点を持っていると考えた。

その後、サンディエゴ全体に調査を拡大し、21,383の下水検体（UCSD19,944検体、230万人のサンディエゴ市域1475検体）を採取し分析した。

学生寮の下水から新型コロナが検出された場合、学生にメールで通知をした。

毎夕、大学の（電子？）掲示板に最新の調査結果を地図とともに掲示した。

学生は今どこで感染が起きているかを知ることができるようにした。新型コロナが陽性となった場合、学生とスタッフは新型コロナ検査を受けることができる。

研究チームは市中感染状況と下水サーベイランスの結果を比較した（大学の下水検体600件、鼻腔スワブPCR検体759件、サンディエゴ市域下水検体837件、鼻腔スワブPCR検体31149件）。

明らかになったこと

- ① アルファ株とデルタ株がサンディエゴ市中で鼻腔スワブから検出される2週間前に、下水検体から検出された。
- ② オミクロン株が市中で検出される10日前に下水サーベイランスで検出された
- ③ オミクロン株BA.1 は、2021年末にデルタ株より多く検出された
- ④ 市中の遺伝子サーベイランスで発見できなかった新型コロナの流行が下水サーベイランスで明らかになった

ジョンズホプキンス大学の環境保健エンジニアリング部門専門家ナタリー・エクサム氏は、インタビューで、新たな変異株の早期発見のためには下水サーベイランスが極めて大きな役割を果たすだろうと述べた。彼女はこの研究には参加していない。

「ばらばらになったウイルス断片をつなぎ合わせて株を決定することは難しい仕事だ。しかし、これまで市中感染データをCDCに集約してやっとわかっていた感染状況を、下水サーベイランスにより、いち早く明らかにすることが可能なことが証明された」と彼女は語った。

解決すべきバリア

エクサム氏は、下水による遺伝子サーベイランスプログラムを全国に広げるためには、初期費用（機器、測定訓練など）は多額だが、長期的には、より速く新たな変異株出現を発見できるため、これまでのPCR検査などの臨床的アプローチに要する費用よりもずっと安くなるだろうと述べている。

もう一つの問題は、下水サーベイランスデータを活用することでウイルスの流行を防ぐことが実際に可能かどうかである。

エクサム氏は、CDCが下水サーベイランスデータを全国に公開しているとはいえ、個人レベルでのデータ活用の努力がほとんどなされていないことが問題だと述べた。

「人々はコロナ疲れのために、どうせ感染しても軽症だから、マスクも3密回避も行わないようになってきている。下水サーベイランスを参考にして行動を変える人々は全体の1割程度だろう」と語っている。

今後の方向

カルティケヤン氏のチームは、この下水モニタリングの手法をサル痘に応用しようとしている。手始めにUCSDとサンディエゴ郡で行う予定である。さらに、他のウイルスや病原体のサーベイランスも行う予定である。

根絶したはずのウイルスを発見することにも役立てたいと考えている。

イギリスでは、今年6月下旬にロンドンの下水からポリオウイルスが発見された。アメリカではこの7月に、ニューヨーク州ロックランド郡で2005年以降初めてのポリオ市中感染が発見された。

この事例では、ポリオワクチンを受けていない両下肢麻痺の患者の便からワクチン由来のポリオウイルスが検出されたのである。保健当局がストックされていた過去の下水検体を調査したところ、4月のニューヨーク市の下水からポリオウイルスが検出されたという。

したがって、現在もすでに過去のものだと思われていたウイルスが潜伏している恐れがあるため、下水サーベイランスを継続し、過去のサンプルも再検査する必要があるだろう。