

JWSA

NEWS

vol.1

暮らしと健康を守る下水サーベイランス

Contents

- 2 暮らしと健康を守る下水サーベイランス
村上 雅亮
一般社団法人日本下水サーベイランス協会 (JWWSA) 会長
- 3 下水サーベイランスが持つ可能性と今後期待される技術開発
本多 了
JWWSA 理事
金沢大学 地球社会基盤学系・教授
- 7 下水サーベイランスに関する技術開発・実証と社会での活用
北島 正章
JWWSA 理事
北海道大学 大学院工学研究院環境工学部門准教授
- 13 パンデミックに備える社会インフラを築けるか
遠藤 礼子
京都大学 大学院工学研究科附属流域圏総合環境質研究センター
招聘研究員
- 17 社会のトランジションに貢献する
メタ AI 融合スマートシティに向けて
西村 敏弘
京都府 政策企画部 副部長
- 19 京都市における下水検査を活用した
高齢者施設等のモニタリングの取り組み
遠藤 洋一
京都市 保健福祉局
健康長寿のまち・京都推進室介護ケア推進課 課長
- 21 下水サーベイランス最新事例
北海道 札幌市
石川県 小松市
兵庫県 養父市
- 23 下水サーベイランスに関する国会質疑-1
山本 有二
自由民主党 衆議院議員
- 27 下水サーベイランスに関する国会質疑-2
塩田 博昭
公明党 参議院議員

JWWSA

暮らしと健康を守る下水サーベイランス

村上 雅亮

一般社団法人日本下水サーベイランス協会 (JWSA) 会長



日本下水サーベイランス協会は、下水サーベイランスの社会実装を目的として2022年5月に設立され、今日まで、下水サーベイランスに関する、調査・研究、普及・啓発、国等への要望・具申などを行ってきました。参加企業は、製薬会社、理化学機器会社、プラントメーカー、維持管理会社、コンサルタント、化学会社と幅広い業種で構成されています。また、学識経験者として大学の先生にも参加いただいています。

ここに、会誌を発行し協会の活動をご紹介します。下水サーベイランスに関する理解が進み、社会実装が促進されることを願っております。

下水サーベイランスとは、下水などの環境水を測定することにより感染症などの流行状況を集団レベルで把握し、市民の感染対策や保健医療機関の対応に役立てるものです。私たちの日々の暮らしや健康を守っていく大切な取り組みと言えます。下水サーベイランスは、一般の臨床検査と比べて次のような特長があります。

- 1 症状の有無や検査能力に関係なく感染状況を集団レベルで把握できる
- 2 数万人を対象とした検査が一度にで

- 3 コストパフォーマンスが高い
- 4 被検査者の身体的負担がなく、検査の匿名性も担保される
- 5 発症前の感染者も検知できることから、感染状況を早く把握できる

下水サーベイランスの社会実装に向けては、技術の確立、実施体制の整備、コンセンサスの形成などの課題があります。技術面については、わが国は10万人に1人の精度で検知できる高精度技術を実現しているほか、感染者数予測モデル、凍結による情報バンク、多様な病原体への適用など世界の最先端にあります。この技術を活用できる状況を創っていくことが今後の課題です。

実施体制については、サンプリング、分析、情報活用という一連の活動に対するシステム化、体制整備、人材育成が必要になります。コスト、スピード、情報の分かりやすさも課題です。これに対して本協会は、多様な業種で構成されている特性を生かして多面的で実践的な対策を進めていきます。

コンセンサスの形成については、国・地方自治体、保健・医療機関、下水道管理者そして市民レベルと、幅広い層のコンセンサスの形成に努める必要があります。特に新型コロナウイルス感

染症の5類移行を踏まえた下水サーベイランスの意義を明確にしていく必要があります。基本的な考え方は次の通りです。

- 1 5類移行に伴い感染対策は国民の自助努力となることから、感染対策に必要な情報提供の重要性が高まっている。
 - 2 感染状況の把握については、定点把握だけでなく下水サーベイランスを活用したタイムリーで重層的な調査方法が求められている。
 - 3 世界規模で感染症リスクが高まっていることから、インフル、ノロ、RSなど多様な病原体に対する監視体制が求められている。
 - 4 国民の健康に対する意識の高まりに対して、下水サーベイランスを活用した日常的な公衆衛生情報の提供体制が求められている。
- すでに下水サーベイランスを実施している都市の市民、医療機関、学校関係者から、下水からの情報の有用性、必要性の声を多くいただいています。
- 本協会は、地域の暮らしと健康を守る下水サーベイランスの社会実装を推進してまいります。ご理解とご協力を賜りますようお願い申し上げます。

下水サーベイランスが持つ可能性と 今後期待される技術開発



本多 了

JWWSA 理事
金沢大学 地球社会基盤学系・教授

はじめに

下水サーベイランスによる公衆衛生情報収集は、主にノロウイルスやポリオウイルス、違法薬物などを対象とした研究が10年ほど前から盛んに行われ、関連分野の研究者の間ではよく知られていたが、新型コロナウイルス感染症（COVID-19）の世界的流行を契機として、その有用性や可能性が専門家だけでなく広く市民に知られることになった意義は大きい。特に、2020年3月にオランダとオーストラリアの研究グループが下水から SARS-CoV-2 遺伝子の検出を報告してから3年のうちに世界各国で下水情報のダッシュボードが整備され、国内においても内閣官房の実証事業等で複数の自治体から下水サーベイランス情報の発信が始まるなど、国内外で社会実装に向けた動きが急速に進んでいることは感慨深い。

都市の地下に張り巡らされた下水道は、都市活動から排出されるものを収集・運搬する都市の静脈であり、必然的にそこには感染症流行情報だけでなく地域の活動に関するさまざまな情報が含まれている。地域の情報収集機能は、下水道インフラにおいて下水排除機能（下水管路）、下水処理機能（終末処理場）に続く3つ目の大きな変革を社会にもたらす可能性を秘めている。拙稿（※1）

表-1 次世代下水道システム「下水道 3.0」※注に期待される技術革新（※1）

4つのキーワードの頭をつなげると“SEWER”（下水道・下水管の意）となる。

1	Sewer network utilization (管路ネットワークの活用)	下水疫学による地域の感染症流行情報収集、5G+IoTを利用した管路センシング、内水氾濫早期検知、管路内下水処理、など
2	Water quality improvement (放流水の水質向上)	雨天時越流水負荷ゼロ(または最小化)、MBR導入等による処理水質安定化、放流先に合わせた処理水質デザイン、ウイルスや薬剤耐性菌の除去性能管理、など
3	Energy positive (エネルギー生産型下水処理)	メタン発酵によるエネルギー回収効率向上、微生物燃料電池、浸透圧発電、アナモックスによる高度処理の省エネルギー化、敷地利用による太陽光発電、など
4	Resource recovery (資源回収・資源生産)	再生水として水資源利用、汚泥堆肥や処理水を利用した食糧生産、処理水による藻類バイオマス生産、など

※注：拙稿（※1）では「下水道 2.0」として紹介したが、排除機能のみで始まった「下水道 1.0」、処理機能を付加された「下水道 2.0」に続いて、さらなる機能を付加されたことを意味して「下水道 3.0」と訂正したい。

で提案した次世代型下水道システムにおいても、下水管路ネットワークを用いた地域の情報収集は、下水道システムの技術革新の重要な一角を担うと考えている(表1)。本稿では、下水サーベイランスの今後の展開への期待も込めて、下水サーベイランスがもつ可能性と、それを実現するための技術開発の方向性について考えたい。

感染症流行や薬剤耐性の蔓延・拡散の監視

下水サーベイランスによる流行把握が特に有効な手段となりうるのは、(1)無症状や日和見感染などが一定割合で存在し、医療機関での検査・隔離だけでは封じ込めが困難な感染症

あるいは

(2)新興感染症等で有効な診断手法が医療機関に十分普及していない、もしくは検査キャパシティに限界がある感染症

に対する場合である。このような感染症としては、COVID-19のほか、ポリオウイルス、ノロウイルス、薬剤耐性などが挙げられる。

COVID-19については、感染症法の2類から5類への位置付けの変更に伴って、定点観測による流行把握となる。一方で、インフルエンザ等の他の5類感染症と比較して社会の関心

は依然高く、無症状感染者を含めた全数把握に近い流行状況の把握に対する社会のニーズに応える方法として下水サーベイランスは有用な手段であると考えられる。さらに、COVID-19を契機にインフルエンザやRSウイルスなどの他の5類感染症の流行把握への活用が広がることを期待したい。

薬剤耐性は、代表的なものとしてはMRSA(メチシリン耐性黄色ブドウ球菌)やVRE(バンコマイシン耐性腸球菌)が知られているが、細菌等の抗菌薬(いわゆる抗生物質)に対する耐性のことで、薬剤耐性を持つ感染症に感染すると治療が困難となり重篤な場合には死に至る。薬剤耐性による関連死は、2019年には推計500万人の世界最大の死亡要因となり(※2)、2050年には世界で毎年1000万人が薬剤耐性を原因として死亡すると予測されている(※3)。

薬剤耐性は、人類の健康に対する脅威として世界で広く認識され、WHO、WOAH、FAO、UNEPなどの国際機関が中心となって、さまざまな国際的な取り組みが推進されている。薬剤耐性の大きな特徴として、抗菌薬は医療だけでなく畜産業や水産業でも多く使用・排出されており、ヒト・動物・環境の三者間にポーターレスに存在・移動している点である(※4)。下水サーベイランスは、

地域の薬剤耐性の蔓延状況の把握だけでなく、ヒト・動物から環境への排出量を把握する手段としても非常に有効と考えられる。

一方で、多種にわたる薬剤・細菌種などのどれを対象とするかは、下水を含む環境中の薬剤耐性のモニタリングにおける国際的な議論の中心となっている。医療機関ではESCAPE病原体(※5)と呼ばれる複数の薬剤耐性菌がサーベイランス対象となっており、市中に蔓延する薬剤耐性の把握の目的では下水でのモニタリング対象の第一選択肢になりうる。

一方で、異なる細菌間での遺伝子のやり取りにより薬剤耐性が拡散すること(水平伝播)も知られており、下水から環境中への薬剤耐性の拡散・移動の全容を把握する目的では、それ以外の細菌が保有する薬剤耐性についても把握することが望ましく、国際的な議論を注視することが必要となる。

下水を含む環境中の薬剤耐性モニタリングの議論の現状を理解するために参考になるものとして、WHO、WOAH、FAO、UNEPの4者共同体による報告書(※6)およびLiguori(※7)らによるレビュー論文を脚注に挙げておく。

国内およびアジアにおいては、「薬剤耐性の環境面に関するアジア太平洋研究者ネットワーク(ENR-AMR-Asia)」を筆者が中心となって

2022年12月に立ち上げ、日本やアジア諸国における知識集約と情報発信を目的とした活動を開始した。現在、日本・中国・タイ・インド・インドネシア・ベトナム・スリランカで活発に研究活動を行っている専門家が参加し、アジア諸国の現状とニーズから環境中の薬剤耐性モニタリングの枠組みについて議論を始めている。欧米が主導する国際的なパネルでの議論においてアジア諸国からの視点と情報を反映させることを目指しており、今後の活動に注目いただければ幸いである。

「下水ゲノム疫学」による地域の総合的な健康情報把握

下水に含まれる遺伝子情報には、医療機関等で把握できていない病原体の動態や地域の総合的な健康情報が豊富に含まれており、これらを活用した「下水ゲノム疫学」への発展により、さらなる総合的な地域の健康管理や医学・公衆衛生分野の発展に貢献できる可能性を秘めている。具体的な例としては、Kazama(※8)らが医療機関で検出されていない遺伝子型のノロウイルスを下水から検出している。また、新型コロナウイルスでも、不顕性感染による「Dark Epidemics(隠れ流行)」が感染症の市中流行に重要な役割を果たしている。ノロウイルスや新型コロナウイルス

下水サーベイランスが持つ可能性と今後期待される技術開発

ルスに限らず、多くの感染症は無症状や日和見感染などが存在し、医療機関で把握できる病原体の動態はその一部ではない。

下水サーベイランスで得られる遺伝子情報から、不顕性感染を引き起こす遺伝子型を含めた病原体の動態を把握できるようになれば、これまで医療サーベイランスでは理解できなかった不顕性感染を含む感染症の流行動態や不顕性感染を前提とした感染予防策の策定、また、顕性感染を引き起こす要因（感染者の体質、食習慣、衛生状態、気候など）の特定などが可能になる可能性がある（図1）。

さらに、下水には病原体の情報だけでなく、人間の体内から排出されるさまざまな遺伝子情報や代謝物質が含まれている。よく知られているものとしては腸内細菌叢があるが、アルコール・タバコ等の嗜好品の摂取状況や、生活習慣病、食習慣、体質に関わる情報も下水に含まれている可能性がある。そのような遺伝子情報を地域または世帯ごとに集合的に収集することで、感染症対策にとどまらない総合的な健康増進に活用できる技術に発展することを期待したい。

災害・テロ等の早期検知や被害状況の把握

下水は、汚水だけでなく雨水も収集している。雨水管や合流式下水管で水位モニタリングすれば内水氾濫の早期警戒が可能である。河川で行われている水位監視の下水版である。下水管路内に水位監視ネットワークを構築すれば、雨天時不明水の出所や老朽化による漏水・浸水箇所の特定期にも応用できる可能性がある。

また、福島原発事故では、放射性セシウムが降水時に地表から下水に流入したことが知られている。放射性物質や化学物質、爆発物による事故やテロによる被害状況を、危険な現地に立ち入ることなく把握する手段として考えられる。

下水管路の自動走行ドローンでの採水や、センシングネットワークの構築などが可能となれば、被害地区や規模をリモートで特定することも可能であろう。また、同様の手法は、平時においては、管路腐食のシグナルとなる物質の監視に利用すれば、広い管路ネットワークのうち改修優先度が高い管路の特定などに利用できる。と期待できる。

まとめ

下水サーベイランスに期待されることは、現在の技術では知ることが

困難で、かつ有用な情報を得ることである。本稿では、すでに技術的に可能であるものから、今後の技術開発によって実現が期待されるものまで広く考えを巡らせた。ここに挙げたもの以外にも、まだまださまざまな応用可能性が残っていると考えられる。どの応用においても、求められる技術開発として、

(1) 分析の迅速化・自動化

(2) 採水の時空間的制約の除去

究極的には、これらを同時に実現するセンシングとIoTネットワークによるリアルタイム監視が最終形態であると思われるが、(1)については、それに準ずるオンサイト分析などオフ・ラボラトリー分析が多くの応用においてブレイクスルーになるであろう。(2)については、管路走行ドローンやマンホール自動採水器など、管路終末の下水処理場だけでなく、都市に張り巡らされた下水管路のさまざまな場所を面的にカバーできるようにすれば、情報の価値が飛躍的に大きくなると思われる。

あるいは、下水処理場での監視においても、連続的な時系列監視と下水の流達時間の地理的分布、排出源の位置情報などを組み合わせれば、監視対象指標の起源となる場所や時間がある程度絞り込める可能性もある。新型コロナウイルスの下水サーベイランスの実装が目の前にある今、

その活用範囲を広げるための検討と技術開発が活発になることを期待したい。

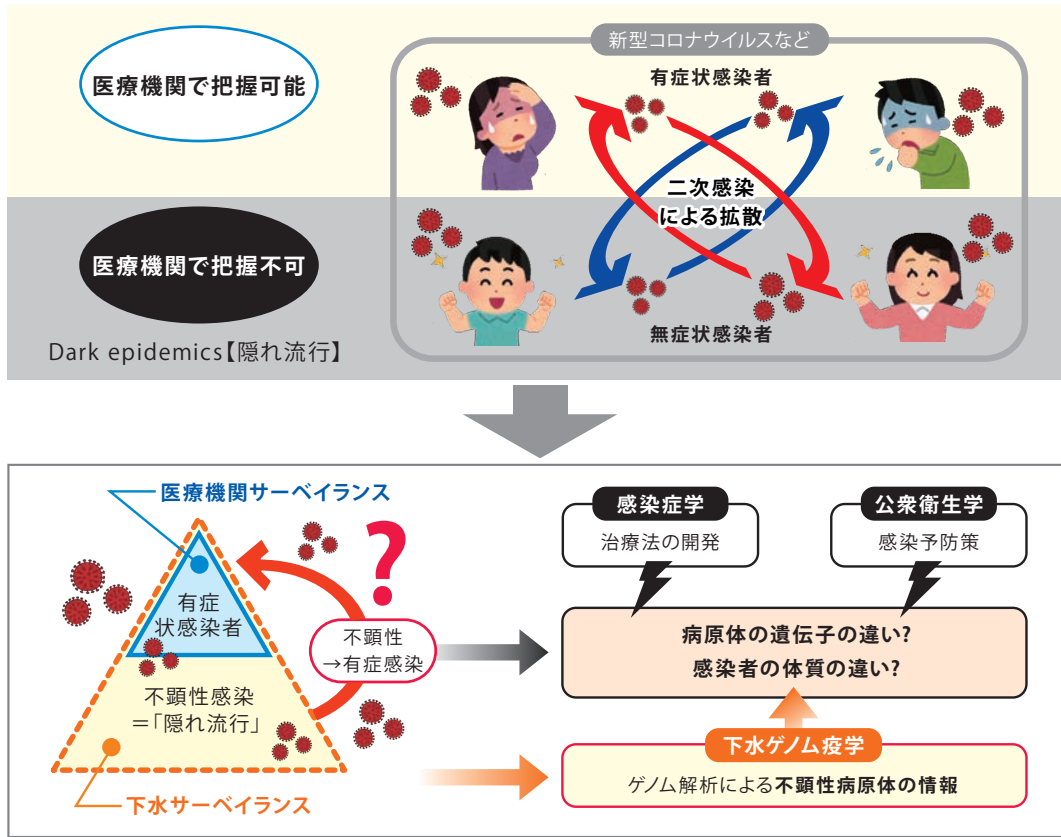


図-1 下水サーベイランスによる「隠れ流行」の把握による公衆衛生・医学分野への発展

(※1) 本多 了 (2022) 下水道 2.0 : 付加価値を生む下水道の技術革新を目指して. 月刊下水道 Vo. 45, No.5, pp. 81-85.

(※2) Murray, C. J. et al. Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: a systematic analysis. Lancet 399, 629-655 (2022).

(※3) O' Neil, J. Review on Antibiotic resistance. Antimicrobial Resistance: Tackling a crisis for the health and wealth of nations. Health and Wealth Nations (2014).

(※4) ヒト・動物・環境の三者の健全性を一体として保つことを目指した取り組みを「ワンヘルス (One Health)」と呼び、WHO、WOAH、FAO、UNEP の 4 者共同体が薬剤耐性について国際的な取り組みを推進している。

(※5) 院内感染の主要な原因となり薬剤耐性が問題となっている病原菌 (Enterococcus faecium, Staphylococcus aureus, Klebsiella pneumoniae, Acinetobacter baumannii, Pseudomonas aeruginosa, Enterobacter 属) で、頭文字を取って「ESKAPE」病原体と総称されている。

(※6) United Nations Environment Programme (2022). Environmental Dimensions of Antimicrobial Resistance: Summary for Policymakers. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/38373/antimicrobial_R.pdf

(※7) Liguori, K. et al. Antimicrobial Resistance Monitoring of Water Environments: A Framework for Standardized Methods and Quality Control. Environ. Sci. Technol. 56, 9149-9160 (2022).

(※8) Kazama, S. et al. Environmental surveillance of norovirus genogroups I and II for sensitive detection of epidemic variants. Appl. Environ. Microbiol. 83, (2017).

下水サーベイランスに関する 技術開発・実証と社会での活用

北島 正章

JWWSA 理事

北海道大学 大学院工学研究院環境工学部門准教授



はじめに

新型コロナウイルス感染症（COVID-19）の世界的感染流行は、国内外においてヒトの健康や生命のみならず社会経済活動にも甚大な損害を与え、世界の人々の生活を激変させてきた。COVID-19の流行開始から3年以上が経過した今もお終息には至っていないものの、有効性の高いワクチンや治療薬が上市されたこともあり、世界的に社会経済機能の正常化が進んでいる。

国内ではCOVID-19感染者数の把握が昨年9月下旬に簡便化されてから半年以上が経過し、今年5月には感染症法上の位置付けが5類相当に変わった。感染者数の把握は定点医療機関からの週ごとの報告（定点把握）に移行することになり、社会における下水サーベイランスの重要性が今後更に増すと考えられる。

下水サーベイランスは、受診行動や検査数等の影響（バイアス）を受けることなく一度に集団レベルの疫学情報を取得可能な画期的な感染症サーベイランス手法であると言える（※1）。下水サーベイランスを全国的に社会実装する上では技術面のみならず制度面の課題もあるが、今後公衆衛生上の危機に対抗する上で社会として必要とされる重層的・多面的なサーベイランス体制を構成するひとつの要素として位置付けられつつある。

著者は、ちょうど18年前に卒業研究に着手してから今日まで一貫して水中ウイルスに関する研究に携わってきているが、学術研究として概念実証から始まった下水サーベイランスが現在では社会で実際に活用されていることには大変感慨深く感じている。その詳細は他稿に譲るとして、本稿では、本協会の設立1周年を迎えるにあたり、昨年度以降の下水サーベイランスに関する技術開発・実証の動向と社会での活用事例について、著者らの研究グループの成果を中心に紹介したい。

下水サーベイランスに関する技術開発・実証

昨年5月の協会設立の後、著者らは複数の重要な研究成果を論文として発表してきている。ここでは、主な成果として以下の4つの技術・方法論を紹介する。

1-1、EPISENS-S法（※2、3）

EPISENS-S法は、以前は「北大・塩野義法（仮称）」と呼んでいた下水中ウイルス高感度検出法であり、正式名称として著者が考案した手法名（Efficient and Practical virus Identification System with Enhanced Sensitivity for Solids）の略称である。なお、「EPISENS™

（北海道大学の登録商標）」には「疫学（epidemiology）情報を高感度（sensitive）に検知（sensing）する手法」という意味が込められている。

EPISENS-S法は、下水試料を遠心分離することにより得られた固形物の沈渣から市販のキットを用いてRNAを抽出し、逆転写・前増幅反応後に定量PCRにより試料中の新型コロナウイルス（SARS-CoV-2）RNA濃度を測定するものである。シンプル・迅速なプロトコルで、特別な機器を必要とせず費用対効果も高く、かつ高感度な水中SARS-CoV-2 RNAの検出・定量を実現している（図-1）。

1-2、EPISENS-M法（※4、5）

EPISENS-M法は、EPISENS-S法を改良し更に高感度かつ安定的な下水中ウイルス検出を可能にしたものである。EPISENS-S法は、下水中の固形物量が少ない場合（雨水で下水が希釈された場合など）には検出率が低くなってしまうことが課題であった。一方、陰電荷膜で下水を濾過することでSARS-CoV-2を効率よく捕捉できることが分かってきたため、EPISENS-S法の遠心による固形物回収工程を陰電荷膜による濾過に置き換え、本手法を完成させた（「EPISENS-M」は、EPISENS for Membraneの略称）。

EPISENS-M法は下水中の固形物画分だけでなく水画分に含まれるウイル

Estimation of cases with Sewage-based Enhanced Surveillance) の略称であり、「事前 (pre-) に検知 (sensing) するモデル」という意味も込められている。

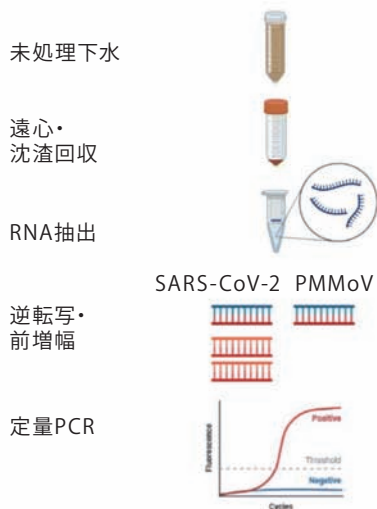
「PRESENS」特許モデル名 (Predictive Estimation of cases with Sewage-based Enhanced Surveillance) の略称であり、「事前 (pre-) に検知 (sensing) するモデル」という意味も込められている。

入も効率良く回収・検出できることから、固形物が非常に少ない下水処理水等からも高感度にウイルスを検出可能であり、EPISSENS-M法により測定した下水中ウイルスRNA濃度は感染者と非常に強い相関を示すことも確認している (図1-2, 3)。

人口10万人あたり新規報告感染者0・69人/日で50%の確率で下水からSARS-CoV-2 RNAを検出可能であり (図1-4)、現時点で世界最高レベルの感度を誇る手法である。

2、PRESENSモデル (※4、5)

1. EPISSENS-S法の開発

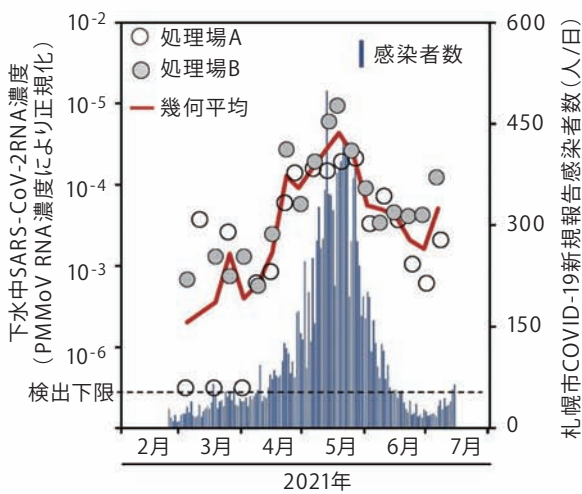


2. 検出感度の評価・比較

RNA数/L	EPISSENS-S法	PEG-qPCR
2.11×10^6	+	+
2.11×10^5	+	-
2.11×10^4	+	-
2.11×10^3	-	-

2桁 (約100倍) 高感度

3. 都市下水への適用



4. 感染者数との相関

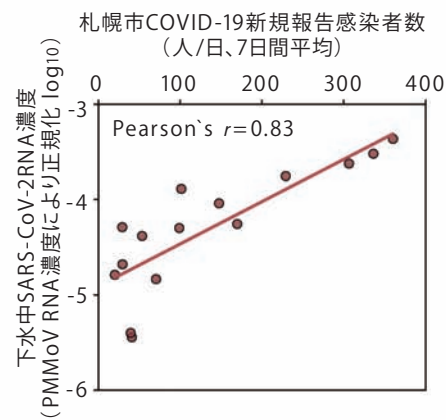


図-1 EPISSENS-S法の開発と技術実証 (※6)

下水サーベイランスに関する技術開発・実証と社会での活用

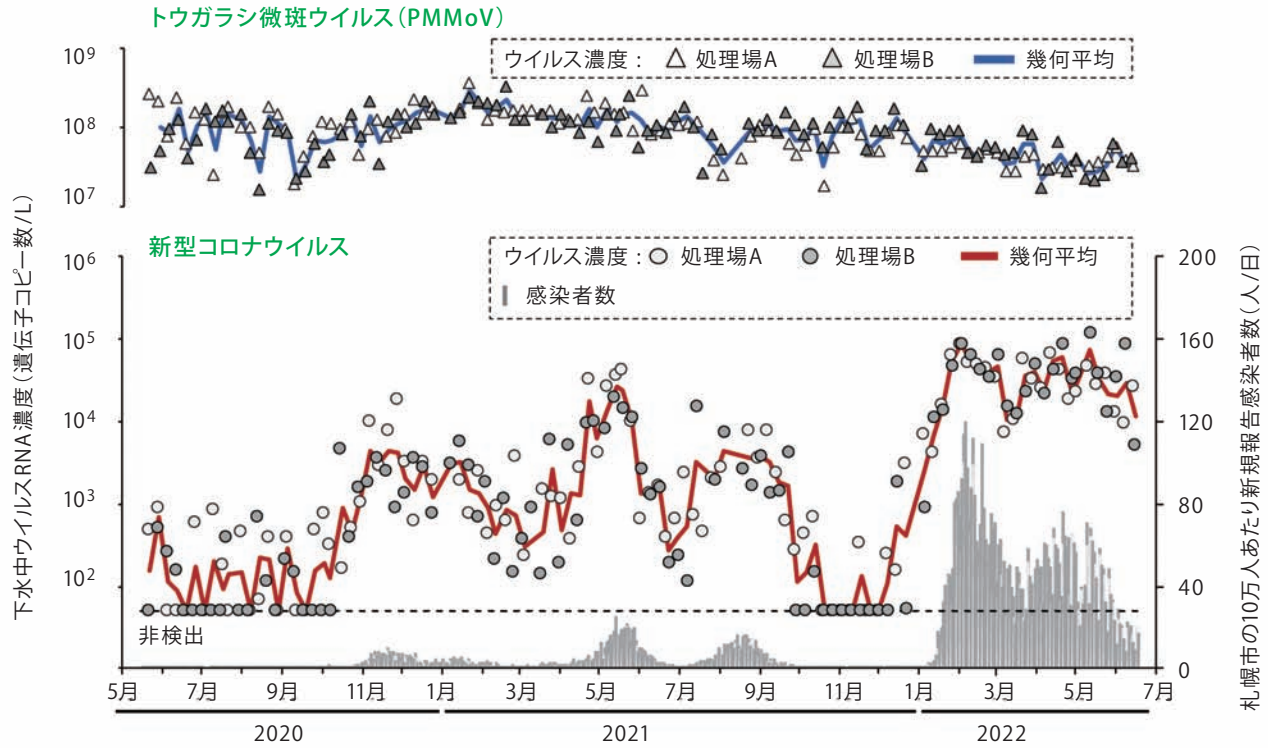


図-2 EPISENS-M 法により測定した下水中ウイルス RNA 濃度と COVID-19 新規報告感染者数の推移 (※ 5)

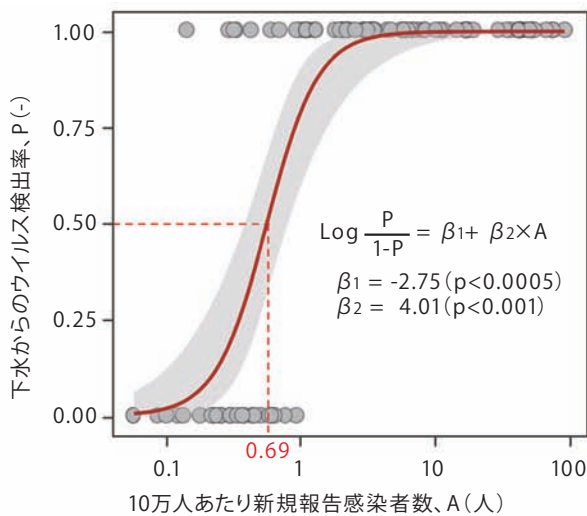


図-4 ロジスティック回帰分析による EPISENS-M 法の感染者数ベースの検出感度の評価 (※ 5)

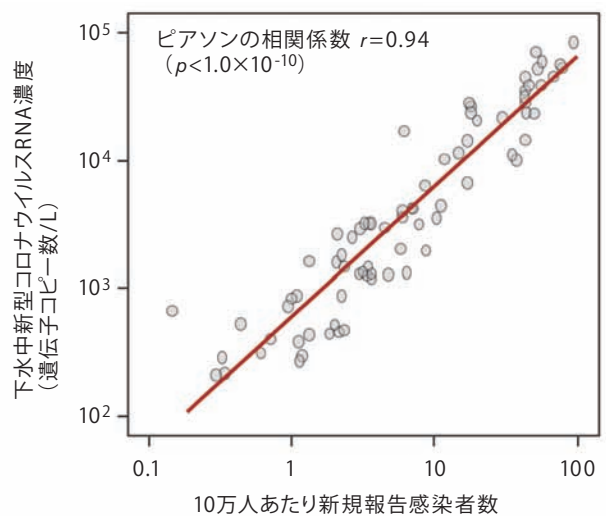


図-3 下水中 SARS-CoV-2 RNA 濃度と COVID-19 新規報告感染者数の相関 (※ 5)

EPISSENS-M法により測定した、下水中ウイルス濃度の長期的データを用いて感染者数予測精度を検証したところ、採水日から5日後までの新規報告感染者数を高い精度で予測可能であることが実証された(図-5)。更に、感染者の全数把握の取り止めを想定し、直近の報告感染者数データに依存せずに、下水中ウイルス濃度データのみから5日後までの新規報告感染者数を高い精度で予測可能なモデルを構築した(図-5)。

PRESENSモデルは、下水中ウイルス濃度を市民にとってより分かりやすい情報である感染者数に変換した上で、その動向の予測を可能にするものであると言える。著者らが開発したEPISSENS-M法とPRESENSモデルの組み合わせによる一連の感染者数予測手法(図-6)は、特に感染者の定点把握移行後における感染動向の予測ツールとして、社会的活用が期待される。

下水バンク(※6、7)

著者らは、集団レベルの公衆衛生・疫学情報を含む下水を定期的に採取し凍結保存することにより過去の感染状況の解明を可能にする「下水バンク」の概念を提唱するとともに、実証することにも成功している。

実証例として、COVID-19流行開始前の2018年10月から2023年1

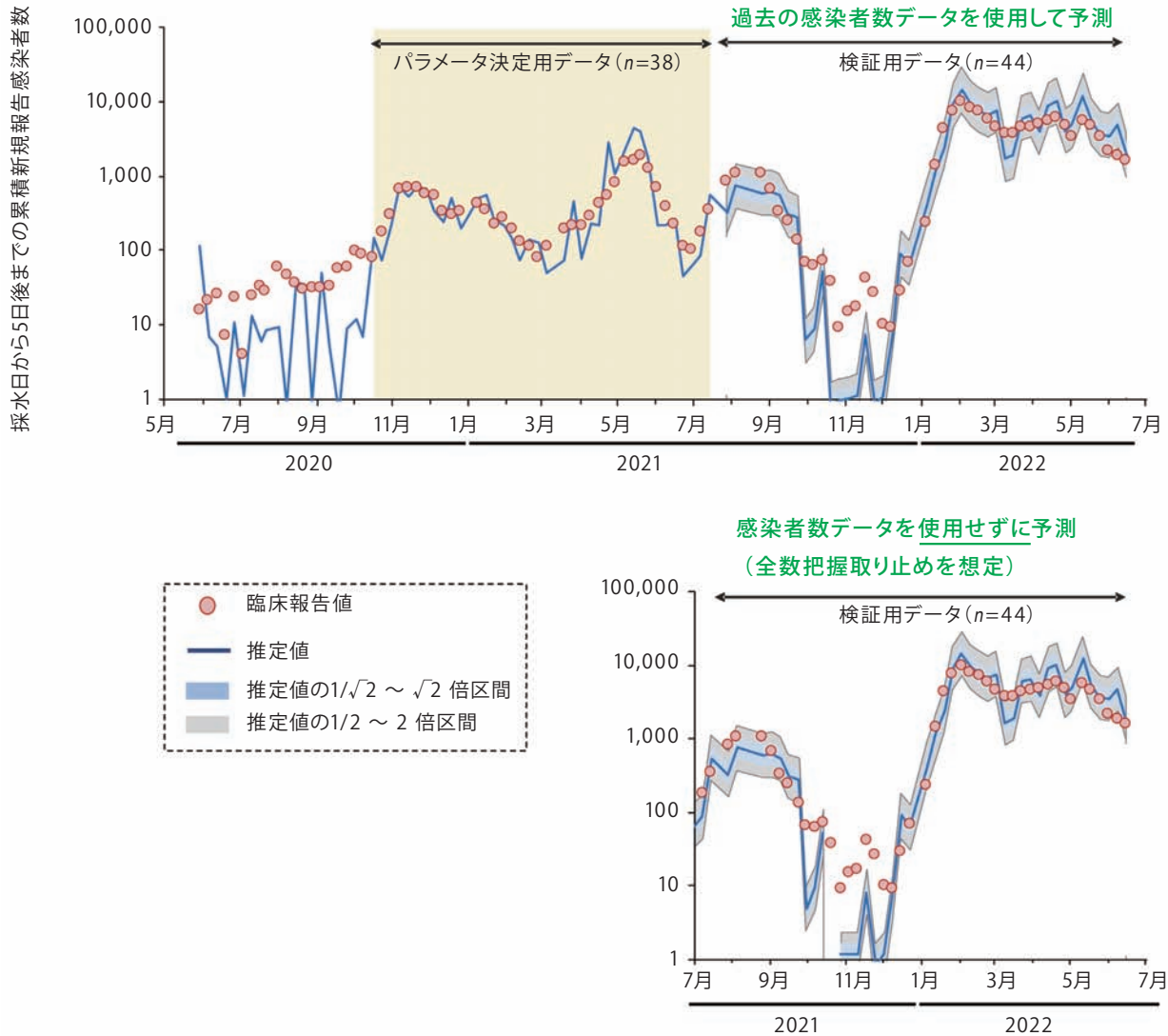


図-5 PRESENSモデルによる下水中SARS-CoV-2 RNA濃度からの報告感染者数推定値と実際の報告値(※5)

下水サーベイランスに関する技術開発・実証と社会での活用

月までの4年以上にわたって札幌市にて採取し冷凍保存していた流入下水試料に対して、EPISENS-M法を用いたA型インフルエンザウイルス及びRSウイルスの検出調査を実施した(図-7)。

その結果、COVID-19流行前の下水からはこれらのウイルスが高頻度に検出されたのに対してCOVID-19流行開始後は検出率が激減し、COVID-19対策の副次的効果によりインフルエンザ及びRSウイルス感染症が抑制されたことが裏付けられた。下水をろ過した膜(省スペースでの効率的な冷凍保存が可能)からのウイルスの高感度検出が可能なEPISENS-M法は下水バンクにも適している。「下水バンク」は、集団レベルの公衆衛生情報アーカイブとしての活用が期待される。

札幌市での下水サーベイランス活用事例

札幌市においては、自治体からの予算支出を伴う形で全国に先駆けた官学連携の調査研究として、2021年2月中旬より札幌市から北海道大学への委託研究の形で下水サーベイランスを実施している。この委託研究は、下水中のSARS-CoV-2 RNAの濃度と感染者数等との関連性について解析・評価を行い将来的な情報活用方策の検討に繋げることを主な目的としたものであり、札幌市が市内3処理場(創成川、

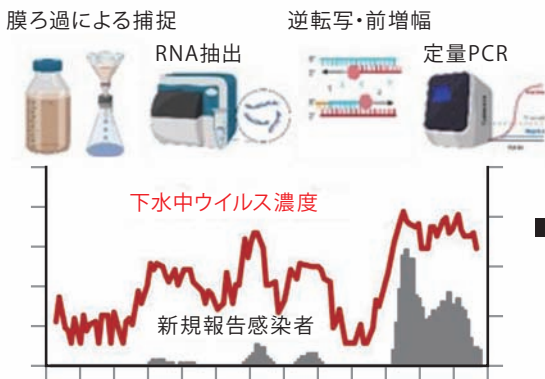
豊平川、新川水再生プラザ)の5施設において週3回流入下水を採取し、北海道大学が試料中のSARS-CoV-2 RNAの検出・定量分析を受託する形で調査を実施している。

なお、調査対象施設の合計処理人口は同市人口全体の52%をカバーしており、採水手法は24時間コンポジットサンプリングを、分析にはEPISENS-M法を用いている。調査開始後1年半ほどは毎週の調査結果を市内部で共有し感染状況把握の補助的な指標として活用されていたが、昨年8月に同市ウェブサイト(※8)での調査結果の公表が始まった。

同市は、雨水や融雪水による希釈を流量により補正(補正濃度=測定濃度×流入水量÷晴天時水量)した後、1週間の全測定結果の幾何平均値をウェブサイトで公開している。昨年10月からは、下水中インフルエンザウイルスRNA濃度も測定しており、同ウェブサイトで公開されている。

同市の下水サーベイランスの取り組みは、頻繁にテレビや新聞等のメディアに加えて市長の記者会見でもその結果が参照され、SNSでも認知が広まっている様子がうかがえる。これは下水サーベイランスが自治体や市民にとって有用な情報を提供していることを示す好例であると言える。

1. 検出技術(EPISENS-M法)開発



2. 感染者数予測モデル(PRESENS)開発

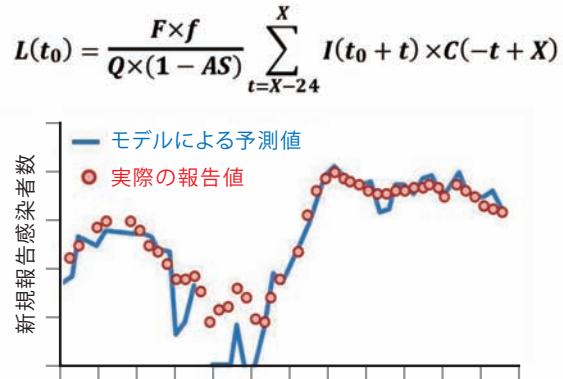
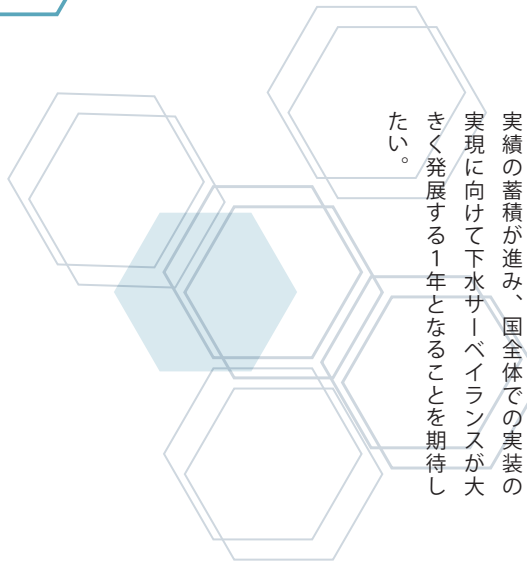


図-6 EPISENS-M法とPRESENSモデルの組み合わせによる感染者数予測(※5)

(※6) H. Ando, A. Warish, R. Iwamoto, Y. Ando, S. Okabe, M. Kitajima, "Impact of the COVID-19 pandemic on the prevalence of influenza A and respiratory syncytial viruses elucidated by wastewater-based epidemiology," *Science of the Total Environment*, 880, 162694.
(※7) 北海道大学プレスリリース, "COVID-19 流行が他のウイルス性呼

吸器感染症に与えた影響を遡及型下水疫学調査により可視化~ポストコロナ社会における公衆衛生情報アーカイブとしての「下水バンク」の活用に期待~," 2023年3月28日。[オンライン]。Available: <https://www.hokudai.ac.jp/news/2023/03/covid-19-6.html>.
(※8) 札幌市, "下水サーベイランス," [オンライン]。Available: <https://www.city.sapporo.jp/gesui/surveillance.html>.



おわりに

最近は何国でも下水サーベイランスに関するやり取りが幾度となくなされるなど、国での議論も進んできているが、国レベルで実装していく上での大きな課題は検出手法の統一化である。加えて国民の理解の醸成が必要であり、国内でも実測データの蓄積が進んだ結果として下水からのウイルス結果が地域の感染状況を反映することが広く理解されてきつつある。このような状況だからこそ、これまで以上に科学的根拠に基づいた正しい情報発信が重要となってくる。

協会の活動が2年目を迎える今年度は、手法の統一を含む技術基盤の整備と会員企業等による全国各地での調査実績の蓄積が進み、国全体での実装の実現に向けて下水サーベイランスが大きく発展する1年となることを期待したい。

「下水バンク」の概念を提唱

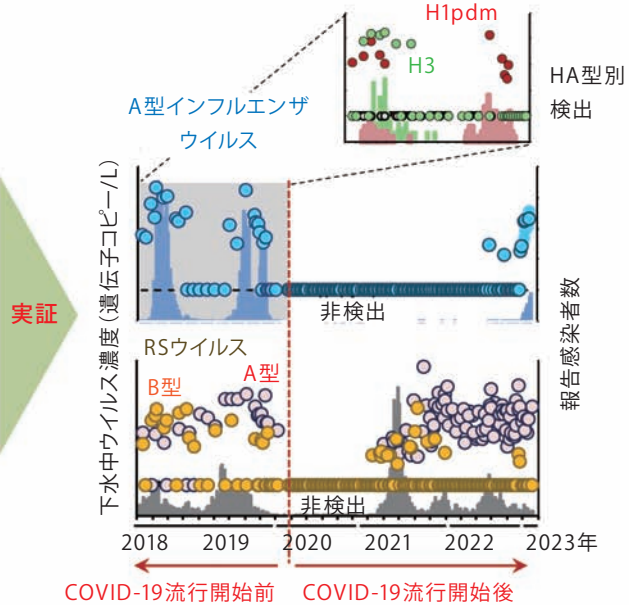
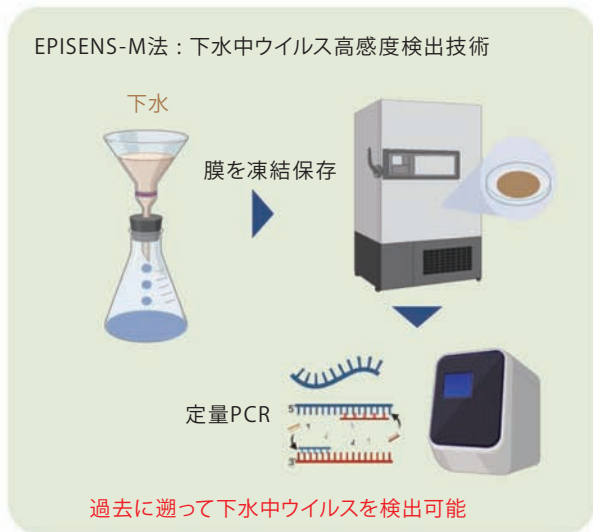


図-7 「下水バンク」の概要と EPISENS-M 法を用いた遡及型下水サーベイランスによるインフルエンザウイルスおよび RS ウイルスの検出結果 (※ 7)

(※ 1) M. Kitajima, W. Ahmed, K. Bibby, A. Carducci, C. P. Gerba, K. A. Hamilton, E. Haramoto, J. B. Rose, "SARS-CoV-2 in wastewater: State of the knowledge and research needs," Science of the Total Environment, 739, 139076, 2020.

(※ 2) H. Ando, R. Iwamoto, H. Kobayashi, S. Okabe, M. Kitajima, "The Efficient and Practical virus Identification System with ENhanced Sensitivity for Solids (EPISENS-S): A rapid and cost-effective SARS-CoV-2 RNA detection method for routine wastewater surveillance," Science of the Total Environment, 843,157101, 2022.

(※ 3) 北海道大学・塩野義製薬プレスリリース, "普及に適した下水中新型コロナウイルスの高感度検出技術 (EPISENS-S 法) を開発～本技術の普及による下水疫学調査の社会実装の加速に期待～," 2022 年

8月4日. [オンライン]. Available: <https://www.hokudai.ac.jp/news/2022/08/episens-s.html>.

(※ 4) H. Ando, M. Murakami, R. Iwamoto, S. Okabe, M. Kitajima, "Wastewater-based prediction of COVID-19 cases using a highly sensitive SARS-CoV-2 RNA detection method combined with mathematical modeling," Environment International, 173, 107743, 2023.

(※ 5) 北海道大学・大阪大学プレスリリース, "下水疫学に基づく COVID-19 感染者数予測モデルを開発～定点把握への移行後における感染動向予測ツールとしての社会的活用を期待～," 2023 年 1 月 23 日. [オンライン]. Available: <https://www.hokudai.ac.jp/news/2023/01/covid-19-5.html>.

パンデミックに備える社会インフラを築けるか ～海外における行政と民間企業の下水疫学ビジョン～

遠藤 礼子

京都大学 大学院工学研究科附属流域圏総合環境質研究センター
招聘研究員

本稿は2022年12月21日に開催した「設立記念講演会」での講演をまとめたものです



交通渋滞の緩和策からの
示唆を活かす

私は学部の卒業論文で、スウェーデンのストックホルムで実施された交通緩和事業が如何に成功したのか、その成功要因分析と事業を担った民間企業IBMの戦略を研究しました。ストックホルムは、長年交通渋滞に悩まされ、その渋滞緩和施策のひとつとして交通課金事業を行うことに決めました。まずは2006年に数カ月のパイロット実証事業を行い、その結果、綺麗に渋滞が解消されたのです。

しかし実は、この事業の成功は誰も予測していなかったのです。このスキームを担った交通経済学者はインタビュで「事業の成功はない」と言っており、市の関係者にも「市長にとって政治的な自殺行為に等しい」と言う人がいました。この事業を担ったIBMですら成功しないとみていました。にもかかわらず何故成功したのかというのが、私の学部論文です。

成功要因としてまず挙げられるのは、2006年に行った実証事業が成功したこと。事業開始前は、市民の大半がこの事業に反対していたにもかかわらず、事業開始後には大半が賛成に変わりました。

もし交通渋滞を緩和することだけが目的なのであれば大きな課金をし

て交通量は減らせるでしょうが、それでは市民の賛成を得ることはできません。この事業では、市民の交通利便性を高めることも目的と捉え、課金により運転を控えてもらう一方で、公共交通機関も同時に拡充し、課金による支払システムもスムーズにするよう考えられました。きちんと事業の成功を定義して、その成功に向けて包括的なアプローチが取られていた、ということ。包括的なアプローチを取ると、ステークホルダーが多くなり管理が面倒になります。それでもきちんと考えて実施できていたのが大きかったと思います。

また、重要な成功要因のひとつには、技術的に困難な事業であり納期が短かったにもかかわらず、IBMが相当頑張ったことも挙げられます。当該事業の約10年前にIBMは当時米国で最大と言われる赤字を出し、それまでの顧客囲い込みを得意としたハードウェア戦略を転換する会社変革の最中でした。現在、IBMのウェブサイトをみると、その戦略は包括的なソリューション提供に重きを置くことになったことが分かります。IBMとしては、会社変革期にあつて、ソリューション提供会社になるのだというトップの思いから、そういった新しいサービスの成功例を作るためにさまざまナリソースをつぎ込み、全力でこの事業

に取り組んだのだと思います。

本件は、下水サーベイランスについても示唆に富むものだと思つています。即ち、今後下水サーベイランスを日本にシステムとして導入しようというのであれば、現在行われている実証事業の成功は大変重要だということ。そして、事業の成功には、単に下水中のSARS-CoV-2ウイルス濃度の定量化ではなく、濃度情報から疫学的な知見を得て、市民にどう情報提供できるか、行政にどう判断材料を提供できるかなど考える必要があります。

目的に合わせてどういうアウトプットをしたのかを考えた上で、包括的なアプローチをすることが重要だと思つています。もし目的としていることが下水データだけではできないのであれば、同時に、例えば病床数の情報を得るだとか、新株の情報をもとめて提供していくことも考えられます。情報が、事業が、本当に使える形になっているか考え、その達成を目指してもらいたいと思つています。

また、下水サーベイランスの成功において、民間企業の役割もかなり大きいと思つています。民間企業の役割は下水中のウイルス濃度を定量するだけでなく、それがどのように使われるのかを考えることも含むと思つています。下水はヘルス情報の宝庫ですが、どうやってその貴重な

情報を使ってより良い社会を創って
いくのか、そういったところをきち
んと意識して取り組んでもらいたい
と思います。以上が、本稿で私がお
伝えしたかったメインポイントです。

下水疫学ビジョン：G7

ここからは、パンデミックに備える
社会インフラを築けるかという題で、
海外における行政と民間企業の下水
疫学ビジョンを紹介します。行政に
関してはG7・EU・米国の事例を
取り上げ、民間企業4社を紹介しま
す。

まず、G7ですが、2022年5
月にドイツで開かれたG7の保健大
臣宣言があった保健大臣会合の中で
下水サーベイランスが言及されてい
ます。

ここでは、2024年までに感染
症、流行の早期検知、新型コロナウイルス
変異株のモニタリング、ポリオ・イン
フルエンザ・薬剤耐性菌などの拡大
をモニタリングするための非侵襲的
な手法を各国が導入するように頑張
ろうといったことが書いてあり、そ
の手法として下水サーベイランスが
唯一例示されています。努力目標で
あり法的拘束力はありませんが、G
7の宣言において導入に向けて頑張
ろうと記載されていることは、かな
り意味のある一歩だと思っています。

下水疫学ビジョン：EU

更に法的拘束力を持つ制度を作り
始めているのがEUです。EUは下
水サーベイランスに関する法的制度、
財政、そして実施体制も着々と整え
ております。

2021年3月には、同年10月ま
での下水サーベイランス導入を全て
のメンバー国に対して推奨しました。
人口15万人を超える市であれば、少
なくとも週2回の下水分析を推奨し
ています。

2022年10月には推奨が指令と
いう形に変わり、新型コロナウイルス、
Sとその変異株、ポリオウイルス、
インフルエンザウイルス、その他新
興感染症のモニタリングのため下水
サーベイランスを2025年までに
全メンバー国が導入しなければなら
ないと記載されました。具体的には、
2025年1月までに下水サーベイ
ランスのシステムを構築するため公
衆衛生局と下水道が協力体制を築き、
新型コロナウイルス感染症蔓延が市
民にとってリスクでないことを確認さ
れるまで、人口の70%以上を下水流を
通じてモニタリングしなければなら
ない、また処理人口が10万人を超え
る下水処理場では処理水における薬
剤耐性菌を定期モニタリングしなけ
ればいけないということが書いてあ
ります。

2022年11月からは制度をサ

ポートするように、ECHOEプログラム
の中で財政的なサポートの枠組
みも決定しています。

EUにおいては既にかんりの国で、
下水サーベイランスのシステムが確
立されています。現段階ではデータ
管理体制は各国が作っています、
噂ではEUは国を超えたデータベ
ース構築も検討しているとのこと。

下水疫学ビジョン：アメリカ

米国については、具体的にどう下
水サーベイランス体制が構築され、
どのように稼働しているのか、少し
詳しく紹介します。

米国における下水サーベイレ
ンス体制はNWS (National
Wastewater Surveillance System)
と呼ばれます。NWSは2020年
12月に始まり、新型コロナウイルス
の定量分析が対象でした。主に民間
企業に下水分析が委託されていまし
たが、国内人口の10%カバー率を目
標に国内の下水処理場100カ所
下水サーベイランスが実施されまし
た。民間企業に委託と言いましたが、
同時にCDC (Centers for Disease
Control and Prevention：疾病対
策センター) は州公衆衛生局が独自
に下水サーベイランスを実施できる
ようになるためのキャパシティビル
ディングも開始しました。

2021年7月にはフェーズIIが

始まり、定量分析に加え変異解析も
仕様書に追加されました。

現在はフェーズIIIで2021年12
月に始まりましたが、仕様書には単
にコロナの定量解析と変異株の解析
だけではなく、CDCとしてサン
プルのバイオバンキングを求める旨記
載されています。バイオバンキング
の記載に関しては、私としては、C
DCが他の感染症についても下水の
可能性を見始めたと感じ、大変嬉し
かったことを覚えております。

実際、米国では、2022年の夏
辺りからサル痘やポリオが拡がっ
たので、下水を使ったそれらの解析
も始まっています。現時点では、全
米1250カ所超において下水サー
ベイランスを実施、うち民間企業の
BioBot社が500カ所程度を担当し
ています。このデータは米人口の
約50%をカバーしています。

また、CDCがNWSをどう運
営しているかをみるとCDCのリー
ダーシップが見てとれます。ひとつ
目には、CDCは採水、分析におけ
るガイドラインを自身のウェブサイ
トに掲載しています。また、各州の
衛生局や民間企業から上がってくる
1250カ所を超えるデータを一元
管理しやすいよう、データフォーマッ
トを提供してデータを管理していま
す。そして、それらデータをプラッ
トフォームの中できちんと解析し、
データの補正やトレンド分析などを

パンデミックに備える社会インフラを築けるか

行なっています。

更に、データは適当な空間や時間解像度で公開されて、誰でも使用可能な形でダウンロードできます。データは、単にウェブサイトで公開したから終わりではなく、データ利用やデータ解釈のガイドラインもCDCは提供しています。

そしてこのCDCのプラットフォームは、SARS-CoV-2だけでなく、今後さまざまな感染症に対応できるように作られています。実際、CDCは、今後どんな感染症を下水から検知していきたいかということを考えており、現在の検討中のリスト、パネル1・0には30種類くらいの感染症を挙げていると言われています。更に、パネル1・0は毎年更新されるという話になっています。

また、下水サーベイランスは感染対策の部署であるCDCだけでなく、政府ホワイトハウスの戦略の中にも位置付けられています。この戦略の重要な点は、将来のあらゆる感染症パンデミックに対し、事後的な対応ではなく事前の対応準備ができるよう目指すということであり、下水サーベイランスはその戦略のひとつとして位置付けられています。

下水疫学ビジョン：Biobot Analytics社

ここからは少しギアを変えて、民

間企業の取り組みを紹介していきます。

まず、私が前職で働いていたBiobot Analytics社という会社です。2017年に設立された世界で初めて下水疫学を事業化したスタートアップです。

当時、米国では公衆衛生の関心事として、オピオイドという鎮痛作用があるが中毒性のある物質による死亡が大問題になっていました。誰が何処でどの薬剤を使っているのかほとんどデータが無かったことから、下水データを利用すればより良い対策に繋げていけるのではないかというアイデアでした。

新型コロナウイルスが広まってきたのはいち早く下水疫学を適用し、2020年の3月から5月にかけて米国全土で100カ所をカバーするようなプロボノでの下水サーベイランスを実施しました。プロボノと言ったのは、課金なしで慈善活動のひとつとして実施したためです。その目的は基本的にふたつありました。

ひとつ目は、2020年初めの下水サーベイランスという言葉を知る自治体がほとんどいなかった状況で、スタートアップ企業が「下水サーベイランスというサービスを購入して下さい」と言っても誰も買う筈はなかったため、まずは課金せずに下水の分析をして、下水疫学の利用価値と潜在性を示したい、というもの

です。

ふたつ目は、SARS-CoV-2の挙動が明らかになっていない新たなウイルスであるために下水から疫学的な解釈を行うことがまだ難しかった状況で、ウイルスの挙動に関する情報を1〜2年かけて論文などで徐々に得ていくのでは対応が遅く、クリニカルスタディを待つのでなく下水データから経験則的に知見を得ていく、というものです。

マサチューセッツ工科大学との共同研究があったとは言え、社員5名で当時PCRを行うような設備も無い小さな会社が、全米100カ所からのサンプルを毎週解析するのは大変でした。しかし、ビジョンを持って取り組んだことが重要だったと思います。

下水疫学データ解釈に関する学びはウェビナーを通じて毎週、プロボノに参加してくれた自治体と共有しました。こうして下水サーベイランスのコミュニティを積極的に作ると、内部から「下水にどのくらいの早期性があるのか」「新規感染者数を予測できるのか」「下水処理場だけではなく個別施設でも使えるか」といった質問が上がってきました。そうした声に対応して、分かったことをブログ、ホワイトペーパー、セミナー等で公開もしました。

こうした活動を通じて、現在Biobot社はNWSプログラムを

フェーズII以降継続的に契約受注しています。最近ではインフルエンザやサル痘の解析も始めました。

もう1点ですが、Biobot社はデータ活用における下水サーベイランスのネットワークの重要性を意識して、戦略的に下水サンプルを取得することも行なっています。例えて言うと、Biobot社が京都府にサービス提供していたとすると、京都府での定点分析だけではなく、その感染者数や感染動向が大阪や東京の影響を受けるということが分かっているのであれば戦略的に大阪・東京からもデータを取得して京都府にフィードバックするといったことです。

下水疫学ビジョン：Verily社

ふたつ目に挙げるのはVerily社と言う、さまざまな情報を使って精度高く健康衛生に関する意思決定を手助けする会社です。同社はAlphabet、Google関連の会社です。

下水サーベイランスに参入してきたのは早くはありませんが、2021年7月くらいから主に西海岸の大学と共同研究を始め、いち早く新型コロナウイルス以外の感染症に対する下水疫学調査手法を開発して、今では全米ベースでのサーベイランスを行なっています。

この会社は、単に下水中の新型コロナウイルス解析ではなく、下水と

いう情報の宝庫からさまざまな情報を引き出したい、それを使っていきなりたいという思いがあり、ある意味では下水を買ってでも解析を行いたいという考えです。ビジョンがあってもいいなと思う一方、やはりGoogleというテックジャイアントが下水を使ってさまざまな情報を引き出し始める可能性に対して少し怖いと思う方もいるのではないかと思います。

ニューヨーク州で下水サーベイランスを行っている方がツイートしていましたが、すでに下水サーベイランスに取り組んでいるニューヨーク州の下水処理施設にも、Veolia社から協力を支払うので下水サンプルを送って欲しいと打診があったそうです。もし今後、協力をもらえらるVeolia社には下水を提供するが、同様の解析をするが協力費がもらえないニューヨーク州には提供しない、などということが起これば、州としての下水サーベイランスシステムに影響が出るという懸念があるところとです。良い面もありますが、注意が必要なのもあるということを紹介しました。

下水疫学ビジネス：Kando社

3つ目に取り上げるのは、waste water intelligence platform (下水情報プラットフォーム)を運営するイスラエルのKando社です。Kando

とは日本語の「感動」から来ているそうです。2012年に設立された会社で、下水中の環境モニタリングを得意とし、自社のハードウェアやAIを駆使して、下水管内の異常なイベント(例えば排水装置の不具合)をオンサイトでリアルタイムに検知するサービスを提供しています。

そういった知見を生かして新型コロナウイルスの分析も始めており、現時点で可能なのではないですが、オンサイトでウイルス分析にも取り組んでいくということです。新型コロナウイルス以外にAMR薬剤耐性菌のソーストラッキングを行ったり、禁煙キャンペーンに効果があるのか調査したり、特定地域における肥満度も測れると言っています。こちらはイスラエルに本社がある会社ですが、事業は英国、米国、豪州、フランス等で行っています。

下水疫学ビジネス：Resimap社

最後にResimap社という薬剤耐性菌のグローバルマッピングを行っている会社を紹介します。2019年にフィンランドで設立された会社ですが、既に230以上のプロジェクトを遂行し、世界400カ所以上で7000超のサンプル解析を行なったそうです。

メンバーもフィンランド以外にインドネシア、イタリア、スウェーデン

等において、タカラバイオのハイスルーブットPCRとスマートチップを使って分析しているようです。分析結果は、自社デジタルプラットフォームであるレジスタアップを使ってデータ活用を促しています。

濃度測定にとどまらず、データ活用の「成功」の定義を

以上、かなり駆け足でいろいろご紹介しました。申し上げたかったポイントはずっとあります。

まずひとつ目は、国際的に下水疫学・下水サーベイランスの有効性は認知されていて、国で取り組む、または国を超えて国際的にサーベイランス体制を構築していくといった取り組みが実際に始まっているということです。

ふたつ目は、民間企業に関しても、ビジョンを持って下水にある貴重な情報を引き出し事業化するところが出てきているということです。

最後に私から3つのお願いをして、本稿を終わります。

ひとつ目は「Make the pilot test success」です。日本で下水サーベイランス体制が導入されるかというのは、今行われている下水サーベイランスの実証事業が成功するかにかかっていると思います。実証事業の期間も残り少ないですが、取得した情報を再度解析(濃度測定だけで

はない知見を得て、その活用を検討すること)して、さまざまなステークホルダーとの対話を通じてエンドユーザー(一般市民、自治体、国)にどう伝達するかを考え、「成功」の定義を考えながら、実証事業を成功させて欲しいと思います。

ふたつ目は「Be bold and transformative」です。民間企業が下水サーベイランスに取り組む意義として、単にその中に新型コロナウイルスの濃度を測定するだけでなく、下水が持つ貴重な情報を引き出し、その情報から市民生活を良い方向に変革するのだというビジョンを持って大胆に取り組んで欲しいと思います。

3つ目は「Let me help」です。私は京都大学の招聘研究員として1年間、日本で下水疫学を押し進める活動を行っていますが、特定の民間企業の利益のために活動している訳でもなく、学会に残るべく論文を書くための研究をしなくてはいけない訳でもないので、中立的な立場から日本での下水疫学の普及活動をしたと思っています。その意味で私が助けられるようなことがあればお声掛け下さい。最近、下水疫学ニュースレターというものも始めたので、興味があれば登録下さい。

社会のトランジションに貢献する メタAI融合スマートシティに向けて

西村 敏弘

京都府 政策企画部 副部長



本稿は2022年12月21日に開催した「設立記念講演会」での講演をまとめたものです

DiseaseX感染症対策 ワーキンググループについて

京都府では平成30年から京都ビッグデータ活用プラットフォームという約160団体が参加しているプロジェクトを運営しています。交通問題、環境問題といった社会課題の解決に向けた産学連携プロジェクトの組成に向けた地ならしをするような活動をしているのですが、私はDiseaseX感染症対策ワーキンググループ(以下WG)という、WHO公表の対策を優先すべき感染症リストの決定に沿った形で未知の疾病危機対策を考えていこう、というWGを担当していますので、今回はその内容を簡単に紹介させていただきます。

この感染症対策WGを結成するまで、既存のスマートシティ関連施策で培ったさまざまな要素技術を、コロナ対策に転用するプロセスについての話が大変多くあり、デジタル庁関係の団体で講演すると多くはこの話になるのですが、ここではさまざまな方にお願いをしてWGを運用している、とだけ説明しておきます。

公共下水の解析をされている方、施設対策にも活かそうとしている方、下水試験法に基づいて民間で環境測定装置等を海外等へ販売している方、必要な要素技術を開発するバイオベンチャーやAI解析の方が参加しています。行政では、京都市は公共下水を担っている上下水道局の方、京都府は流域

下水を担当している関係者と、感染症法に基づいて設置されている府感染症情報センターの中核機関である保健環境研究所が、ゲノム解析や他府県の感染動向把握、特養等への対策を直接担われているため、そういった方々にも協力を得ています。

感染症対策WGでは、主に人流データ、下水疫学データ、CO₂データ、その他には報道でも公開されているオープンデータ(陽性者数)を中心に、一部は報道できないクロズドデータも使っています。CO₂濃度は、コロナ対策時に市内飲食店の約3000店舗にCO₂センサーを設置して飲食店指導をしていた時があり、これにより取得したCO₂濃度データが後に人流の活性化を測る指標として大変有効な説明変数であることが研究で分かりました。

予測モデルで一定の成果を確認

私が1年程前に感染症対策WGの中で、「こういうことをやりたい」と言っていた内容をご紹介します。

何らかの対策を決定する日を真ん中だとしますと、3〜4週間後に、感染が増加するのか、横這いか、減少するのかが分かれば非常に有難いというのは経験的に感じているところです。その予測に向けたアプローチでは、①人流指標(因果量、CO₂影響、広域移動等を内包)、②陽性者数、③RNA濃度・変異株の3つのデータを活用します。

人流指標は、判断する日の3日前ぐらいには入手できます。陽性者数は前日のものが分かれます。しかしRNA濃度については、判断したい日の前日データは入手できません。そこで、データの解析に3週間ぐらいはかかるだろうと仮定しまして、判断する日の3〜4週間後の感染者数を予測するには、1週間後の下水のRNA濃度が予測できれば良いのではないかと考えました。5〜3週間前のRNA濃度から予測するのですが、かなり前の時間軸になるので、その時点でステイホームしていたのか、それとも全国旅行支援をやっていたのか、などにより影響を受けます。

現在、人流データから未来のRNA濃度を計算して、そこから陽性者数を予測するというアプローチを行っています。プログラム自体はPythonで書いている普通のAIのコードですが、特徴としては過去大体1年分ぐらいの人流やRNA濃度といったデータをAIに与えて学習させています。但し、解析上時系列データが必要ですので、下水データに関しては相当な割合がコンピュータで作ったクロンデータです。

今回、令和4年11月の約1カ月分の感染者数の予測を立て、日々の実際の感染者数との答え合わせをしましたが、十分実用に耐えられるレベルという結果が出ています。面白いのは、最初の2週間分よりも後半の方が誤差が

少なかったりします。そして何よりも、明日は今日より増えるだろうとか、明後日はまた減るだろうといった増減だけで言うと、1日も外れていないという結果が出ています。

この手の研究では移動平均が使われ、1週間あたりの陽性者数を予測するという例がよく見られますが、私共の方は分かります、「毎日の陽性者数」を出しているところが特徴です。

また、日本は世界で1番祝日が多いので、曜日バイアスを積極的に予測に使えないか、ということでもカレンダー情報を自動で取り込むなどの改良が続けています。結果的にクロンデータを沢山作った前処理の方に沢山ノウハウがあるのですが、そんな形で予測モデルには一定の成果が出つつあります。

下水疫学データの「取扱説明書」が必要

さて、これに至るまで2年弱ぐらい下水データに触れて感じるのですが、ひとつは下水疫学データの「取扱説明書」みたいなものがないと日本ではなかなか辛いのかなと思っています。単純にRNA濃度の増減を言って府庁内でも誤解を生んだことが何回もあったのですが、普通の人は濃度が増える、陽性者が増えると思うのですが、実際には濃度が増えても陽性者数が1週間減っていくことがさらにあります。

下水疫学データとはこういうもの、というのを全国標準で普通の人が分かる「取扱説明書」がないと、デジタル政策同様に、政策立案側から「こんなことがしたいのでデジタルという道具が使えるか」と依頼があっても、デジタル政策側は「いろいろな道具があるのもう少しやりたいことを教えてくれないとわからない」、さらには政策立案側が「逆にどういう道具があるのか知りたい」と、ニワトリと卵の会話になります。下水サーベイランスを道具と仮定すると、まずはユーザーが道具の特性を知った上でないと、なかなか活用に行きつかない部分が日本ではまだまだあるというのがひとつ目です。

感染症対策WGの中では専門家からいろいろなデータ分析の方法論の話がありますが、私は分析の方法論というのは現実を踏まえた選択を早くしたいというだけの話であり、データの生成も含めて予測性能に最も貢献した方法論というのが正解になると思っています。

但し、これは人工知能学会だと正解でも、環境学会だと間違いということかもしれません。分析方法は、それぞれの価値観の中で判断していくものではないかと思っています。医療分野で効果が上がっているのはディープラーニングよりスパースモデルなので、私はデータのスパース性に着目した上で、緊急事態宣言を発生していた頃のデータの方が有効ではないかと思っており、今後理化学研究所等の専門家にも相談す

るかもしれません。

それから感染症対策WGではデータは3種類あるという話をしています。ひとつ目は行政の内部用。ふたつ目は、政府のオープンデータ基本方針に基づいてベースレジストリーとして公開されているもの。京都府で言えば、800種類、1万5000件程度公開していますが、それらの規格統一についても従来から議論があり、現在デジタル庁で令和7年度に向けて官民の規格を統一するといった動きがあります。

3つ目は、政策目的達成のために、こうして欲しいということがあるのであれば、そのための公開用データというのがあると思います。

私共は、新型コロナウイルス対策だけではなくて中長期的視点で感染症に対してという建付けがあるので、データ活用は感染症の種類（1類、2類）、対策ごと（検疫法に基づき行動制限、就業制限が可能な）、感染状況ごと（拡大期、維持期）、医療圏ごと、といったマトリックスの中で検討しないと議論が混乱することがあります。

結論的にどういった目的のデータがどういった場面で活用可能か、俯瞰的な整理と目標設定が今の日本にはないと思っています。また、政策というものは、多種多様なデータに基づいた総合的な判断だということを忘れてはいけません。

最後に

最後に、私はスマートシティ関連などのデジタル向きの仕事をしています。下水サーベイランスのデータなり、河川や街中にあるセンサーから取れる現実のリアルデータをデータ連携基盤によりいろいろ掛け合わせて行政分野・社会分野のサービスを提供していると、さまざまなデータがデジタルツイン側に回って行き、情報銀行ができていきます。

今の人工知能のトレンドは、ビッグデータとAIのトレンドというより、シミュレーションとAIのトレンドに移行しており、実際のデータ収集にコストをかけるよりシミュレーションからデータが生まれてそれをAIで解析するトレンドになってきています。シミュレーションのデータとAIを使って、それがメタバースの中の現実と認識され、予測をしたり新しい拡張をするということが起こり、それが現実のリアルバースに干渉して、更にデータが増えていってグルグルと回るといのが、ひとつの流れになっています。

日本が世界で1番の少子高齢化の中で、人口の半分まで50歳以上、2年後には1/3が65歳になっていくことから、快適な社会を築くには、AIを活用したスマートシティがなくては難しいという思いで取り組んでいます。皆様のご意見や、ご協力をいただければ幸いです。

京都市における下水検査を活用した 高齢者施設等のモニタリングの取り組み

遠藤 洋一

京都市 保健福祉局
健康長寿のまち・京都推進室介護ケア推進課 課長

本稿は2022年12月21日に開催した「設立記念講演会」での講演をまとめたものです



第6波、7波で感染者数が大幅増

京都市では下水検査を活用して高齢者施設でのモニタリングへの取り組みを実施しました。高齢者施設を所管して高齢者施設で新型コロナウイルス感染者が発生した際にはPCR検査対応もしていたことがあり、下水検査にも関わるようになったので、本稿でご紹介します。

まず京都市の概要ですが、政令指定都市で11の行政区があります。保健所は京都市保健所1カ所で、11行政区全てに対応する形になっています。人口は145万人弱、高齢化率は28・5%で日本の大都市の中でかなり高い方になります。

京都市においては令和2年4月が市内高齢者施設で初めて新型コロナウイルス感染者が発生した時になります。そこから直近令和4年11月までの感染発生状況を見ますと、第6波、第7波のふたつの山が非常に大きくなっています。施設数・感染者数も第7波は第6波の2倍になっています。第7波ではピークが8月で、318施設で感染者が発生し感染者数は2355人ということになります。

直近令和4年11月では149施設で感染者数1033人ですが、第6波の初月である令和4年1月の水準を超える感染規模になっています。

高齢者施設などに下水検査の有効性を丁寧に説明

下水検査に関しては、京都市では京都市立病院で令和3年3月に実証実験に取り組んでいます。これは島津テクノリサーチより協力したいとの申し出があり、同社が開発したサンプラーを用いて下水サンプルを抽出し、PCR検査を実施したところ、実際にウイルスが検出できました。

そこから少し時期が開きましたが、京都市でも令和3年10月に第6波に備えるために島津テクノリサーチの下水検査とPCR検査からなる京都モデルを活用し、高齢者・障害者が入所する施設等のモニタリング検査を実施することにより無症状感染者の把握、施設内感染の情報の早期探知を行う実証事業に取り組みことを発表しました。

下水検査の特性として大規模施設の方がメリットがあることから、対象施設は大規模施設を地域がばらけるように8カ所選定しました。施設種別では、高齢者入所施設、障害者入所施設、感染制御行動が難しい方が入院する精神科病院で実証事業を実施しました。

対象施設の下水検査を週1回実施するということですが、高齢者施設については国がまん延防止等重点措置を適用した場合には個別検体のPCR検査（唾液等）を高齢者施設の職員等に週1回実施するようにとの要請があり、その期間は下水検査と唾液検査を二重

にやるのではないよう下水検査は休止する扱いにしました。

下水検査で陽性が出た場合、施設の職員、入所者全員の個別検体によるPCR検査を実施し感染者の特定を行う対応をしました。個別検体によるPCR検査については、元々高齢者施設で新型コロナウイルス感染が発生した時の対応で京都大学医学部附属病院の感染症研究室の協力を得てPCR検査を実施していたので、そちらに依頼する形としました。

令和3年12月から令和4年3月まで実施しましたが、10月に発表したので実施まで少し時間が開いています。施設選定に少し時間がかかったのは、事業者団体や当方で候補先である施設や病院を回ったのですが、断られたことがあり。例えば病院では、下水検査はOKでも陽性になった時に500病床が埋まっていれば一律全員にPCR検査をするのかといったことが理由です。こちらとしては、下水を採取した箇所によりPCR検査の対象を絞り込めるので、そういったことを丁寧に説明しつつ協力施設を探して行きました。

数字が与えてくれた
「収束に向かっている」実感

検査までの流れとしては、まず施設を訪問しカウンセリングを実施しますが、マンホールの位置、建物内の排水

管構造、大量排水のタイミング等を確認します。その内容に基づきサンプラーの設置と回収日を決め、週1回のペースで進めました。やはりウイルスが含まれているかもしれないので、サンプラーの設置・回収にあたっては感染防御服を着て実施しています。

検査結果の通知ですが、なるべく早く検査結果を出すということで、検体採取日の夜には検査に回してもらい夜間にも連絡をもらうといった形で島津テクノリサーチには協力をしてもらいました。陽性者を検出した場合には、建物内の入所者と職員にPCR検査を実施しますが、検体の採取場所から遡って検査対象者の居場所を絞り込んで検査を実施しています。

また、検査結果は陽性が陰性かだけを記録するのではなく、陽性が出た場合にはPCR検査のCT値も確認するようにしました。CT値とはざっくり言うとウイルス量を示す数値で、PCR検査を何回したら陽性になったかといった数値なので、早く陽性になればそれだけウイルス量が多い形になり、ウイルス量と反比例するような数値です。

では何故この数値を検査結果に入れるようになったかということですが、施設で陽性者が出れば下水検査はしないというイメージで事業を始めましたが、関係者で協議したところ、下水検査で感染動向が拾えるのではないかということになりました。陽性と陰性と

いうだけでは感染者の便から長期にわたりウイルスが排出される可能性も指摘されていたので、CT値も記載してモニタリングして行こうということになりました。

そうすると、高齢者施設において唾液によるPCR検査では陽性者が出続けていけばクラスター収束が見えなくても、下水検査をして検査ゾーンまで見ていくと感染制御は一定程度できていたのに家族から感染した職員が出て施設全体では収束していないといったことも見えてきました。

それから驚いたのは、伏見の精神科病院でかなりのウイルス量が検知されましたが、CT値を見ると時間経過と共に大きくなってきたので収束に向かっていることが分かりました。第6波は高齢者施設の担当者にとり未曾有の規模で感染が拡大し、次から次に新しい感染者が同じ施設内で出てくるものでしたが、事態が収束に向かっているのか実感できないところでも、数値を見ていけば良い方向に向かっていると意識を共有できたので、その点は有意義だったと思います。

全数把握しない今後こそ 下水検査が有効

令和4年度の取り組みとしては、京都市から手を離れてしまいましたが、内閣府による「ウイズコロナ時代の実現に向けた主要技術の実証・導入にかか

る事業企画下水サーベイランスの活用に関する実証事業」という形の処理場と個別施設を対象にした事業があります。下水処理場については京都市内の下水処理場、個別施設の方については京都市内の高齢者施設等6施設で引き続き下水検査の実証事業をしています。

今回、下水検査に関わった感想ですが、下水検査は地域全体の状況を見るには非常に優れたツールだと考えますが、特に感染症法の全数把握の見直しが行われ軽度者の届け出が不要になり、無症状者で検査を受けない方も増えているので、実際の市中感染者数と行政が発表する感染者数が本当に一致しているのかという疑問は出てくるかと思っています。全数把握の見直しが行われた時には下水サーベイランスを通じて状況把握が有効になってくるというのが個人的な感想です。



下水サーベイランス最新事例

兵庫県 養父市の
コロナ関連ホームページ



石川県 小松市の
コロナ関連ホームページ



北海道 札幌市の
コロナ関連ホームページ



病原性微生物

- ポリオウイルス
- ノロウイルス
- 新型コロナウイルス (SARS-CoV-2)
- インフルエンザウイルス
- サル痘ウイルス
- RSウイルス
- A型肝炎ウイルス
- カンジダ・アウリス
- 薬剤耐性菌

化学物質

- 麻薬物質
- 覚せい剤
- 医薬品
- 農業

図-1 下水サーベランスで検知できる病原体・化学物質

下水サーベイランスとは

病原性微生物の中には、排泄物（糞便や尿）もしくは上気道分泌物（唾液など）等から下水中に排出されてくる場合があることが知られています。下水中にはこの病原性微生物もしくはその由来の遺伝子物質（RNA）が微量含まれています。

下水が集約してくるポイント（下水処理場や個別施設のマンホールなど）から下水サンプルを採取し、病原性微生物の情報を分析することを「下水サーベイランス」と言います。

下水サーベイランスにより、個別施設や下水処理区での病原性微生物の感染動向を把握することができます。すでにこれまでポリオやノロウイルスを中心としたサーベイランス活動（感染症を注視深く監視する活動）が続けられてきました（図-1）。また近年では新型コ

ロナウイルス（SARS-CoV-2）の世界的流行の中で、同ウイルスに対する追跡の新しいツールとして下水サーベイランスが注目を集め、世界的に社会実装が進んでいます。

最新事例 1 札幌市

〈目的〉

札幌市では、感染者数と下水中の新型コロナウイルスRNA濃度の関連性解明と下水サーベイランスの感染状況把握等への活用を目指し、2021年2月から調査研究が開始されました。

〈対象と検証頻度〉

市内10カ所の下水処理場のうち都部に近く大規模な3処理場5系統を対象とし、週3回、コンポジットサンプル分析が実施されました。

〈検証結果〉

下水中の新型コロナウイルスRNA濃度と新規陽性者数の増減パターンは概ね合致していることが確認されました。

〈調査結果の活用〉

1週間の検出率およびウイルスRNA濃度を算出し、検出率は市内の感染者の面的な広がりを把握するための指標として、ウイルスRNA濃度は市内の感染者数の変動を把握するための指標として札幌市の保健衛生部局や危機管理部局と共有されています。

そのほか、毎週実施している市長副市

長ミーティングにおける経営層への情報提供や、市内の感染状況を把握するための補助的な資料として、さらに市長記者会見における注意喚起にも活用されています。

また、調査結果は毎週、札幌市ホームページでも公表されています。ここではインフルエンザウイルスに関する調査と同時に結果に対する簡単な考察（解釈）を記載し、市民へ分かりやすく情報提供をすることが心掛けられています。アクセス数も2022年8月の192回から同年12月には1427回に増加し、市民の下水サーベイランスへの興味関心の高さが伺えます。

最新事例 2 小松市

〈目的〉

小松市では、下水サーベイランスから得られた情報を他の感染状況指標と合わせて小松市の警戒レベルや対策立案に活用することを目的としています。また、指定感染症5類相当に引き下げられた場合の市中流行状況の把握と流行拡大予兆検知への利用も想定し、さらに解析データから感染拡大の未然防止策を講じて医療の負担軽減と地域社会・地域経済の維持を目指していくことも目的とし、2021年10月から開始されました。

〈対象と検証頻度〉

小松市中央浄化センター（中央処理



図-2 小松市独自の分類によるアラートイメージ（一部抜粋）

区）、石川県加賀沿岸流域下水道幹線（梯川処理区）の内、8カ所の処理場・ポンプ場等を対象とし、週3回、コンボジットサンプルとPEG濃縮機能を利用した分析が行われました。

〔検証結果〕
下水サーベイランスで得られたウイルス量と感染者数を比較すると十分に高い相関性のあるデータが得られました。2022年9月26日の全数把握見直し以降も第8波の始まりから感染拡大、ピークアウトまでを捉えることができ、個別検査のキャパシティや検査対象者選定方針に左右されない恒常的な流行状況の把握が可能であると確認。全数把握

見直しや定点観測への移行後、個別検査から感染状況が把握できない状況でも下水サーベイランスによって流行状況の把握に有効性が示されました。

〔調査結果の活用〕

小松市では、感染症拡大の未然防止と地域社会・地域経済の維持および下水サーベイランス情報の活用に向け「小松市新型コロナウイルス対策本部」にて結果の共有を図るとともに、小松市独自の新型コロナウイルスアラート（「濃度レベル」4段階、「増減レベル」4段階の16種類に分類）（図-2参照）を設定しました。それに基づく流行規模と流行トレンドは「JWS公式アカウント」「LINEで防災」で通知したり、ホームページでの公表、記者会見などを活用して市民周知に尽力されています。

アンケート結果では「実際に情報が届くと、ピリッと身が引き締まる思いがしました。（中略）私のように気をつけたいと、と注意する方がいると思うのでしばらく続けていただきたいです」等、感染対策に気を付けるなど市民の行動変容が確認されました。また、下水モニタリングに関するページは、小松市ホームページ アクセシビリティ2位となり、検査結果が有効に活用されていることが確認されました。

最新事例

3

養父市

〔目的〕

普通市である養父市には市の保健所がないため、2022年9月の全数把握見直し以降、地域での感染者の正確な動向把握が困難になりました。そこで、下水サーベイランスによって感染流行状況を正確に捉え、市内の感染状況に応じたメリハリのある情報発信によって市民の安心安全につなげることを、非流行期には積極的な観光客の呼び込みのための客観的データとして下水疫学調査の結果を利用することを旨とし、2022年7月から取り組みが始まりました。

〔対象と検証頻度〕

単独公共下水道、特定環境保全公共下水道や農業集落排水など多様な排水システムの計5つの浄化センターを対象とし、週3回、採水・分析が実施されました。

〔検証結果〕

汚水のみを処理する都市部の分流式下水道とは異なり、養父市の排水システムの一部には雨水が流入します。そのため、都市部と同様に検査およびSARS-CoV-2 RNA 検出検査を実施することができたものの、処理人口の少ない浄化センターでは検証対象としての下水濃度にばらつきがみられました。

〔調査結果の活用〕

2022年11月25日よりホームページ

ジ上で下水サーベイランスの結果の公表を開始し、さらに12月9日より市内の感染状況を市役所の庁舎に信号機を模して赤、黄、または青でライトアップする取り組みも開始されました（図-3）。

〔市民の反応等〕

市民への「JWS」によるアンケート結果では、下水サーベイランスの結果を確認している人のうち60%（135/225人）が「生活の変化につながった」と回答しました。また、直接のヒアリング（対象：病院、消防署、市区長会、教育委員会）からも、「全数把握がなくなって養父市における感染者の情報がなくなったため、このような形で地域の感染情報が把握できることは有益だと考える」と、下水サーベイランスによって地域の感染流行状況を発信することについて前向きな意見が収集されました。



図-3 養父市市役所のライトアップの様子

下水サーベイランスに関する国会質疑-1

山本 有二

自由民主党 衆議院議員



下水サーベイランスをテーマに 2023 年 2 月 13 日衆議院予算委員会において山本有二衆議院議員(自由民主党 比例四国、JWWSA 特別顧問)が質問に立たれましたので紹介します。

誌面の都合上、参考資料の掲載は割愛させていただいておりますことご了承ください(インターネット国会中継より抜粋。なお、本掲載に関しては、衆議院事務局より掲載の許諾を得ております)

山本有二衆議院議員 (以下、山本氏)
下水サーベイランスというテーマで
ご質問させていただきました。

コロナが2類から5類に移行されました。これは適切な措置だと認識しています。しかし国民の中にはこれを不安だと感じる人が沢山います。コロナの感染状況はHERSYSという一元管理システムを通じて医療機関や自治体からの感染者数の報告を受けています。これを都道府県ごとに毎日感染者数を見ることができました。

これは継続できないので中止になってしまいます。代替措置として定点観測、季節性のインフルエンザと同じ扱いをするということですが、全国5000の医療機関からの報告を集計しても医療機関に限られます。国立感染症研究所のホームページにこれを週1で公表するだけで国民の皆さんが安心できるかという問題に対して、下水サーベイランスを今こそ活用するべきだとご提案します。

感染者の構成はピラミッドで示すことができます(本誌P26参照)。ピラミッドの一番下がすべての感染者で、その次が下水サーベイランスで確認できる感染者。無症状の方や検査を受けていない方の感染も把握できます。

これまではピラミッド内の「陽性報告者」「検査による陽性者」より上の人が報告されておらず、5類移行後はその中のさらに一部分、病院に駆け込んだ方しか報告されないことになりま

す。それに比べ、下水サーベイランスの方がカバーされる人口が多いということが肝です。それゆえに、下水サーベイランスが2類から5類に代わる際の不安解消になると思います。

佐原康之厚生労働省健康局長

(以下、佐原氏)

2類から5類に変わる際、今後の感染動向の把握については令和5年2月9日の厚生科学審議会においてどのようになりサーベイランスを行っていくか議論をしています。これまでの全数把握を終了し、ご指摘のインフルエンザ定点を基本とする定点把握へ移行すること、そして患者等を補完する目的で血清疫学調査や下水サーベイランス調査を引き続き実施し、多様な手法による多面的な流行状況による把握体制を構築することについてご議論をいただいたところでございます。

下水サーベイランスは新型コロナウイルスに対応する為に検証を進める事が非常に大事だと思えます。関係省庁で下水サーベイランスに関する推進計画に基づき、現在取り組んでいます。厚生労働省は国立感染症研究所において、人では無く下水検体からの新型コロナウイルスの検出方法、下水ウイルス濃度、地域の感染状況の相関関係の分析調査を行ってきています。

成果と課題があり、成果は患者数が少なかった流行の初期(令和2年の夏頃)に下水中のウイルス濃度と感染者

数は当時は相関が認められず感染者数の予測は困難でした。しかし最近の結果では両者に有意な正の相関関係があり、下水流域の感染状況をモニタリングできる可能性が示唆されています。

一方で課題は、仮に下水サーベイランスを運用した場合にはひとつは正の相関はありますが、下水中のウイルス濃度と感染者数の定量的な関係が不明。例えば、下水中の濃度が2倍になったからといって患者数が2倍になるのか、4倍になるのか、その辺がまだ分からないという所。ふたつ目は下水中のウイルス濃度は降雨による流量の変化等、下水固有の影響を受けること。例えば、雨が沢山降るとウイルス濃度が薄まります。こういう場合はどうなるのか等の課題があると認識しています。

厚生労働省では、内閣官房で実施している令和4年度の実証事業の結果が今年度末にまとまる事も踏まえて、新型コロナウイルスの監視体制の強化にどの様に下水サーベイランスを活用できるのか、引き続き関係省庁と連携して検討していきます。

山本氏

ちよつとも食い違つたと採用できない。しかし、[図-1](#)に示したように、札幌市は下水サーベイランスをすでに実施し、インフルエンザウイルスにも活用できているという点のメリット。その上の新型コロナウイルスに至って

は、正の相関関係、先ほどの厚生労働省の局長さんのお話の様に全く一致という訳ではないが、しかしトレンドが確実に分かります。

こういう様になっているから使える。札幌市では図-1の数値データだけでなく、解釈について簡単なコメントを付けて市のウェブサイトに公表しています。ものすごく役に立っているようです。

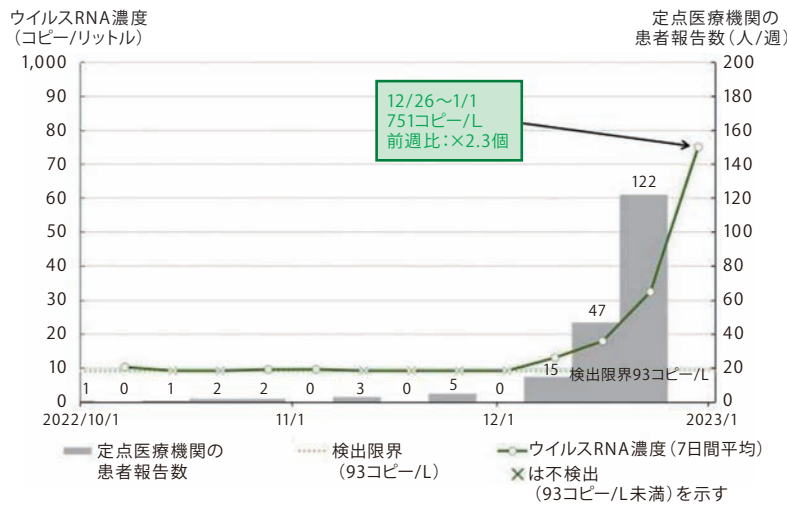
また養父市では、市庁舎を赤くライトアップしています（本誌P22、図-3参照）。これはウイルスの濃度が高濃度で注意してくださいというサインです。緑だと低濃度、黄色もご注意ください。市民本位の情報提供が功を奏しています。

この様に市町村でも頑張ってきていますので、是非厚労大臣にお願いしたいのは、下水サーベイランスについて早く実現対応してもらえないかと考えているところです。

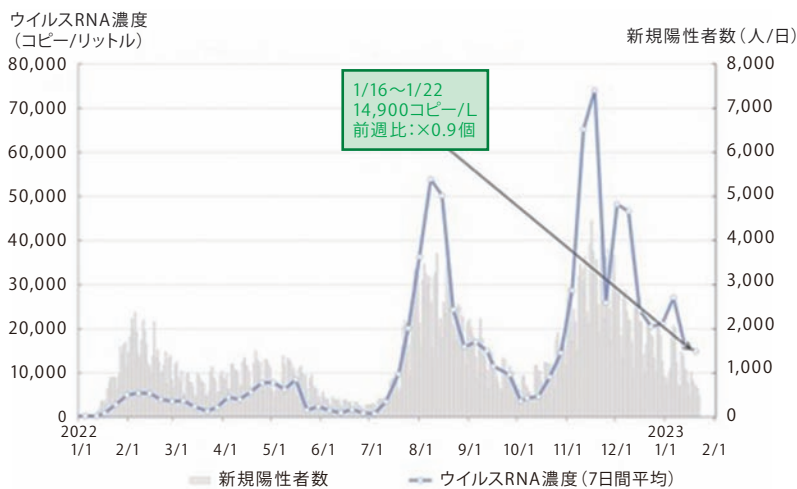
加藤勝信厚生労働大臣
(以下、加藤大臣)

流行状況の把握については定点観測に移行する中でさまざまなデータを活用して感染の実態把握をしていくことが重要です。下水サーベイランスを活用できる可能性がある、下水サーベイランス推進計画に基づいて関係省庁と連携してきている所です。

令和4年度末に取り纏められる内閣官房が実施した実証事業の結果を踏まえて、下水サーベイランスの有用課



インフルエンザウイルス



新型コロナウイルス

図-1 札幌市の下水サーベイランスの結果

題性をしっかり調査するための研究を続けていく必要性があると考えています。令和5年度もそうした方向性で調査研究を進めながら、新型コロナウイルスの下水サーベイランスも含めてどういう形でやっていくのが良いのか引き続き検討させていただきたいと思っています。

山本氏

検討だけでは無く、早くやって欲しいと再度申し上げます。
下水サーベイランスのコスト面です

が、これまでPCR検査をやったところだったので、年間どれくらいかかったのか厚生労働省のホームページから推測したところ、年に3600億円かかっていたのではないかなと思います。一方、下水サーベイランスの費用を算出しました。31億円です。これ位費用が少なくカバー率が多いということは、是非早く採用すべきだと思います。

下水道は古くからヨーロッパにはありましたが、世界では先進国以外では

はそんなに普及していません。先進国だからこそ下水がきちんと整備されています。いわゆるストック効果、あるものを活用する。新たに何かする訳ではありません。しかも下水技術は世界トップレベルで、かつ下水サーベイランスの検査技術が精度として日本は世界一だと思います。

これを活用しないと我々国民としてはストック効果をいただけに思いますが、国交大臣のご所見を伺いたいと思います。

下水サーベイランスに関する国会質疑-1

齊藤鉄夫 国土交通大臣

日本の汚水処理のカバー率は90%を超えております。そういう意味で下水を活用するというのはとても有意なことだと思えます。

下水サーベイランスは下水中のウイルスを分析することを通じて、都市域全体の感染傾向を把握するものです。これまで国土交通省では調査検討委員会を設置して下水サーベイランスを活用する際の下水道管理者の役割等を示したガイドラインを作成するなど取り組みをしてきた所です。

国土交通省としてはこの調査検討委員会での議論や現在内閣官房を中心として行われている実証事業の結果を踏まえて、必要に応じてガイドラインの見直しを行う等、下水サーベイランスの活用に向けて積極的に協力して参ります。

山本氏

内閣官房で実証実験を行っている、そして加藤大臣がお答えになりました様に現在は検討して採用するかどうか決めるという時期です。しかし、実証実験に加わった先程の札幌市、あるいは石川県小松市、あるいは兵庫県養父市、全員の皆さんがこれを継続したい。実験だけで終わるのは嫌だ、市民がこれを活用しているの止められない。

例えば、札幌市は令和5年の予算は5600万円の費用を計上しています。市町村が勝手にやっつけていけない

という立場は、私はコロナという感染力に強い、かつ変異する性質のあるものに対して少し丁寧さを欠くのではないかと思っています。そこで厚労大臣、札幌市で5600万円の単独事業をやらせるのでは無くて、例えば2分の1という様な補助事業をやっであげれば良いと思えますがいかがでしょうか。

加藤大臣

現状は、内閣官房の実証研究を踏まえて今後どうしていくのか前向きに検討させていただきたいと思っています。引き続き令和5年度、厚労省と国交省が連携して調査研究をしていきます。

そうした中で札幌市の様なサーベイランスを継続する自治体と協力をしたいしながら、正にそこでデータがとれます。調査研究の中でどういった協力ができるのか、当該自治体や国交省と連携して対応していきたいと思えます。

山本氏

海外の例だとアメリカは令和3年500カ所の下水サーベイランスを実施してありました。それが令和5年1200カ所に増やしました。EUは令和3年300であったものが令和5年1400でアメリカを抜きました。

北海道大学の北島准教授によりますと、アメリカでもEUでも防衛という感覚でサーベイランスをやっていると

のことです。インフルエンザにも使える、薬剤耐性菌にも使える、更に大量破壊兵器の生物化学兵器、サリンや炭疽菌でも応用が認められます。ですので、アメリカやEUは必死になっております。

特にEU加盟国はウクライナ国境と隣接している箇所が沢山あります。その危険においてEUは過敏になっています。令和4年、EU指令ですべてのメンバー国に令和7年までに下水サーベイランスを導入することを求めると徹底しています。

それを受けて、G7の保健大臣の声明を出しております。一番最後の所に、下水サーベイランス調査等を通じて、令和6年までに変異型を含むSARS-CoV-2、ポリオ、インフルエンザウイルス等の感染性病原体監視への展開を国際合意するということがありまして、日本もこれに同意しています。加藤大臣、知っておられましたか？署名しているのです。

令和5年広島サミットがあるので、こういうことを考えていきますと、どうしても世界基準に追いつく為には日本でもこの下水サーベイランスをいち早く採用して令和5年5月8日に5類になる訳でありますから、そして広島サミットがあるわけですから、この決断を早くされた方が良いと思います。加藤大臣のご所見をいただきます。

加藤大臣

下水サーベイランスはどう扱えるか関係省庁とも連携して検討していきたいと思っております。令和5年はG7、広島サミットがございます。こういった中で国際保健を重要な課題として位置付けるとしています。

またG7の長崎で保健会合もございませう。サーベイランスに関する課題も含めて議論を行い、将来の健康危機への予防、備え、対応にかかる国際的枠組みの強化についてしっかりと議論をし、日本は議長国ですからその主導を諮っていききたいと思えます。

山本氏

下水サーベイランスはさまざまなメリットが多いと思えます。令和4年の12月に国連の生物多様性条約締約国会議が開かれました。そこで、生物多様性が損なわれれば感染症の脅威が増す。ウイルス等の病原体を持つコウモリの生息域が変化したり、病原体を媒介するネズミやダニが増えたりする。それによって人類は果てしない恐怖にさらされる。

たとえ5類にしましたと言えども、別にこれで感染力が落ちたり毒性が消えたりする訳ではありませんので、私はこれを正しく恐れて下水サーベイランスにこだわっていききたいと思えます。

下水サーベイランスは無症状者を含めて 感染状況を把握できる

Column

下水サーベイランスは、症状の出していない感染者（不顕性感染者）や検査の有無に関わらず感染動向を把握できます。このため、下記のような状況下においても、効率よく感染動向を把握することが期待されています。

- 検査体制が頭打ちになる場合
- PCR 検査を受ける人が少なくなってきた場合
- 感染症法第5類のもとで感染者の全数情報が得られなくなった場合

下水サーベイランスのメリットは、次のとおりです。

- 効率性：一度に集団レベルの疫学情報を取得
- 客観性：受診行動や検査数等の影響（バイアス）無し
- 非侵襲性・匿名性：個人への負担無し
- 先行指標性：発症・報告前から下水中にウイルスが排出されるため、感染動向の早期把握が可能



WHO の新型コロナウイルスの
サーベイランスガイダンスにおける
下水サーベイランスの概念

スイスチーズモデルの考え方

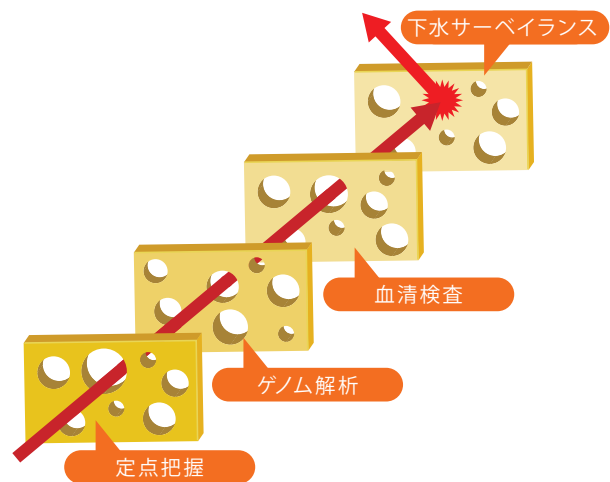
Column

スイスチーズモデルとは、視点の異なる安全対策を組み合わせることで、リスクを軽減させるという考え方です。

穴があいたチーズが並んでいる場合、穴のあき方が異なるチーズを並べることにより、リスクが穴を通り抜けていくことを防げます。

感染の状況の把握についても、定点把握（PCR、抗原検査）だけではなく、ゲノム解析、血清検査、下水サーベイランスなどの観点の違う感染情報を組み合わせることで、正確な把握ができます。

下水サーベイランスは、特定の地域における集団レベルの感染把握が可能であり、多層型の検知モデルには不可欠の手法となります。



スイスチーズモデル

下水サーベイランスに関する国会質疑-2

塩田 博昭

公明党 参議院議員



下水サーベイランスをテーマに参議院予算委員会等において
塩田博昭参議院議員(公明党 比例区)が質問に立たれましたので紹介します。

本質疑は、インターネット国会中継より抜粋

参議院予算委員会
(2023年3月20日)

塩田博昭参議院議員 (以下、塩田氏)

新型コロナウイルスの感染状況を調査分析する下水サーベイランスの取り組み強化についてお伺いをしたいと思います。

下水中には私たちの健康を守るための数多くの情報が溢れております。例えば、アメリカではすでに全米の人口50%をカバーする1250カ所の下水処理施設などにこの下水サーベイランスが導入をされ、アメリカ疾病対策センター(CDC)や連邦政府によって有望なツールとして位置づけられております。

またEUでも欧州委員会が加盟国の人口15万人を超える大都市への導入を推奨し、2022年10月にはコロナウイルスと変異株ポリオウイルス、インフルエンザウイルス、その他新興感染症を監視するため下水サーベイランスを全てのEU加盟国に対して2025年までに導入することを強く求めております。

そこでお伺いします。日本で2022年7月から実施された下水サーベイランスの活用に関する実証事業について、既に各施設からのデータ取得が終わり、事業管理者による分析が行われている頃かと思えます。取りまとめなど分析結果の正式な発表はいつ頃になるのでしょうか。

大西友弘内閣官房内閣審議官

下水サーベイランスにつきましては新型コロナウイルス対策に活用するための検証が極めて重要だと考えておりまして、関係省庁におきまして下水サーベイランスに関する推進計画に基づきまして取り組んでいる所でございます。

内閣官房で実施しております下水サーベイランスの実証事業につきましては、只今委員からご指摘がございましたが2023年の2月末までに得られたデータに基づきまして現在専門家のご意見をいただきながら分析を進めているところでございます。今後その分析結果を取りまとめた上で、それを踏まえ関係省庁間での連携を深めつつ、下水サーベイランスの有効な活用につきましてしっかりと取り組んで参りたいと思っております。

塩田氏

是非、今の分析結果のデータについては詳細に発表することを求めておきたいと思えます。

札幌市はこの実証事業に北海道大学と共に参加をし、2022年8月から市の公式サイトの中に特設ページを開設しております。10月からはインフルエンザウイルスの検出も併せた、コロナウイルスのデータを日々公表することで地域全体の感染実態を見える化するなど、その取り組みの効果を発表しています。

その上で北海道大学の北島正章准教授は、10万人あたり新規感染者がひとりであっても検出できるEPISUN法という手法を用いれば、各自治体で実際の感染状況を知る有用な情報指標となると主張されております。これに対する厚労省の受け止めをお伺いします。

佐原康之厚生労働省健康局長

新型コロナウイルスの感染症法上の位置づけを変更した後の流行状況の把握につきましては、さまざまなデータを用いた重層的な把握体制を構築することが重要であると考えております。下水サーベイランスにつきましては関係省庁において連携して取り組んでおり、厚生労働省においては下水サーベイランスに関する推進計画に基づき、国立感染症研究所等におきまして下水ウイルス濃度と地域の感染状況の相関関係の分析や、それから北海道大学にも参加いただきました下水検体からの新型コロナウイルスの検出方法などの調査研究を行っております。

国立感染症研究所等における調査研究におきましては、感染者数が少なかった流行初期、これは例えば2020年の夏頃でありますけれども、流行初期では下水ウイルス濃度と感染者数の相関は認められなかったが最新の調査研究では両者に有意な相関関係があり、下水流域の感染状況をモニタリングできる可能性が示唆されており、札幌市の結果についても同様の

傾向が示唆されていると承知しております。

厚生労働省としては現在内閣官房が26自治体の協力を得て実施している2022年度の実証事業の結果がまともなことも踏まえ、新型コロナウイルスの監視体制の強化にどのように下水サーベイランスを活用できるか、引き続き関係省庁と連携して検討してもらいたいと考えております。

塩田氏

この下水サーベイランスは我が国においても新設される内閣感染症危機管理統括庁が司令塔として、下水サーベイランスをどのように活用できるのか検討すべきだと考えますが、後藤担当大臣の所見をお伺いいたします。

後藤茂之國務大臣（以下、後藤大臣）

次の感染症危機に備えて新型コロナウイルスで培った知見や技術を活用することは重要であると考えております。内閣感染症危機管理統括庁は、行政各部の感染症危機への対応を政府全体の見地から各省庁から一段高い立場で統括し、感染症対応の実務の中核を担う厚生労働省との一体性を確保しつつ、感染症における司令塔機能を一元的に担う者として設置されるものでございます。

議員ご指摘の、新型コロナウイルスで培った下水サーベイランスの知見と技術については統括庁においても司令塔機能を発揮し、新たに専門家組織として設置

される国立健康危機管理研究機構から科学的知見を得ながら、関係省庁と連携して今後の感染初期においてどのように活用できるのか検討して参りたいと考えております。

**参議院本会議
（2023年4月7日）**

塩田氏

感染症対応の基本はまず適切な検査を正確に行うことが必要ですが、PCR検査などでは感染者が検査を受けなければ陽性者を特定できません。しかし下水サーベイランスを活用すれば、その地域の見えない感染を見える化できます。感染の初期段階から医療機関の検査報告よりも早く感染の傾向がわかり、その後の感染の規模や増減の傾向も把握できる技術です。

このためEUでは、欧州委員会が新興感染症を監視するため下水サーベイランスを全ての加盟国に対し2025年までに導入することを強く求めています。

我が国においても、2023年2月まで全国26の自治体の下水処理場などで下水サーベイランスの活用に関する実証事業を実施し、まもなくデータが取りまとめられる段階です。関係機関と情報共有し、総合的なデータの活用など今後は統括庁が司令塔として下水サーベイランスをどのように活用できるか検討すべきだと考えます。後藤大

臣の所見を伺います。

後藤大臣

下水サーベイランスの活用についてお尋ねがありました。感染症の流行状況の把握については新型コロナウイルスの対応で培った知見や技術を活用しつつ、下水サーベイランスも含めさまざまなデータを用いた重層的な把握体制の構築が重要な課題と認識しております。

新型コロナウイルスで培った下水サーベイランスの知見と技術については、感染症危機管理における司令塔機能を担う内閣感染症危機管理統括庁においても、国立健康危機管理研究機構や関係省庁と連携して今後の感染症危機においてどのように活用できるのかを検討してまいります。

**内閣委員会、厚生労働委員会連
合審査会（2023年4月18日）**

塩田氏

下水サーベイランスについて改めてお聞きをしたいと思えます。感染症対応の基本は適切な検査を正確に行うことで、感染の動向を把握することがやはり重要であると思えます。PCR検査などでは感染者が検査を受けなければ陽性者を特定できないわけでありませうけれども、下水サーベイランスを活用すればその地域の見えない感染を見える化することができると思えます。感染の初期段階から医療機関の検査報

告よりも早く感染の傾向が分かりますし、その後の感染の規模や増減の傾向も把握できる技術が下水サーベイランスであると思えます。

感染者数の把握が定點把握に変更された後、万が一急激に感染が増加するようなことがあったとしても、下水からはその地域の感染状況が日々反映されて傾向をつかむことができますので、是非厚労省においても新設される内閣感染症危機管理統括庁と連携を図りながら、下水サーベイランスを早急に全国で実施できるよう検討を早めてもらいたいと思えます。厚労大臣の見解をお伺いいたします。

加藤勝信厚生労働大臣

下水サーベイランスについては、関係省庁が連携して取り組むこととしておりますが、厚労省では下水サーベイランスに関する推進計画に基づき、今年度の調査研究として、国立感染症研究所などにおいて下水ウイルス濃度と地域の感染状況の相関関係の分析を引き続き行うとともに、新たにコロナウイルスに限らず下水中の複数の種類のウイルスの同時検査手法の検討も行うこととしております。

更に内閣官房が26自治体の協力を得て実施した2022年度の実証事業の結果がまもなくとりまとめられるというのでありますので、これも踏まえ新型コロナウイルスの監視体制の強化を図るためにどのように下水サーベイランス

下水サーベイランスに関する国会質疑-2

を活用していくのか、またそういったことができるのか、関係省庁と連携して検討を進めていきたいと考えております。

塩田氏

ありがとうございます。是非下水サーベイランスについては、例えばEUでも2025年から主要都市においてはもう下水サーベイランスをしっかりと行うということも方針で決めているわけでございますし、アメリカでもそういう実施をしている。そういうことを考えればいざという時のためにも下水サーベイランスが必要であると思えますので、是非早急に下水サーベイランスについても検討を進めていただきたいということを望みまして質問いたします。

内閣委員会

(2023年4月18日)

塩田氏

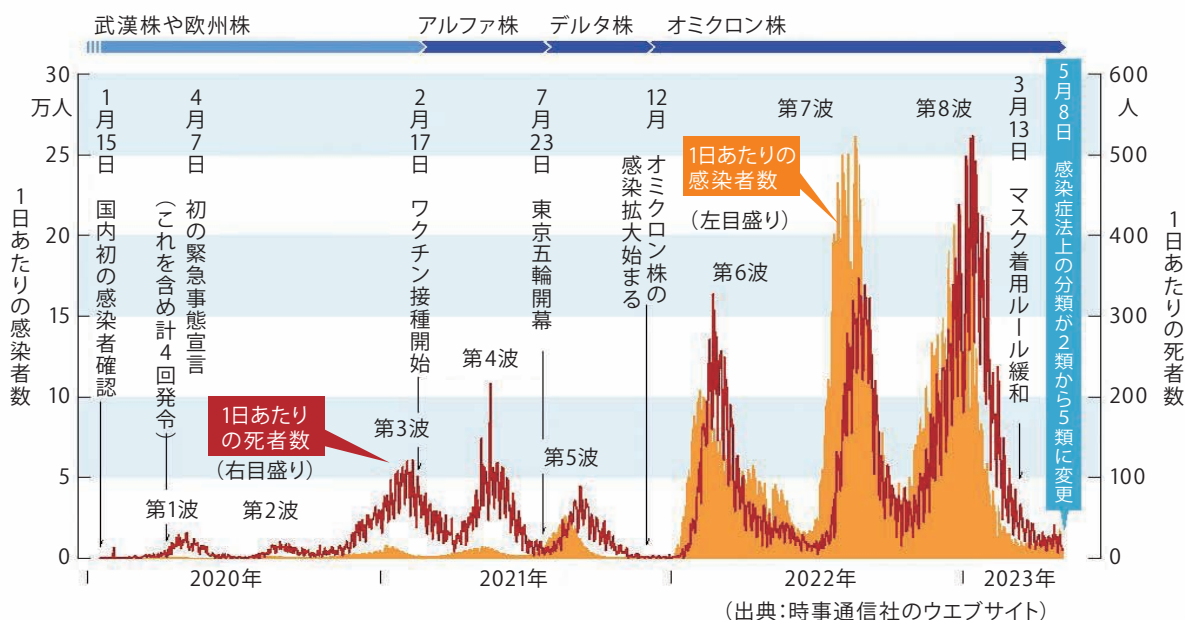
下水サーベイランスの問題については何度もつくづくこだわって質問もさせていただいておりますけれども、今回の実証事業から得られたデータを関係省庁や事業に参加した各自治体で共有して、そのメリットデメリットを検証して今後、下水サーベイランスをどのように活用すべきかをどうしてもやはり見極める必要があると考えているからなのです。

発表の時期はさることながら、今回の実証事業から得られた知見や各データはきちんと公開されるのかという点と、参加した自治体が引き続き下水サーベイランスによるコロナウイルスの感染状況を調査し続けたいとの希望がある場合、もしくは他の自治体新たに下水サーベイランス事業を行いたいなどの要望が出た場合、政府なかならず統括庁においてどのような対応になるのか検討状況について後藤大臣の見解をお伺いいたします。

後藤大臣

次の感染症危機に備えて新型コロナウイルスで培った知見や技術を活用することは重要であると考えておりまして、今回の下水サーベイランス実証事業から得られたデータや分析結果については公開する方向で検討しています。

また今後の下水サーベイランスについては、今回の実証事業の結果や自治体のニーズを踏まえつつ関係省庁と連携して検討してまいりたいと思えます。更に今後の感染症危機については、感染症危機における司令塔機能を一元的に担う内閣感染症危機管理統括庁において、それまでの取り組みを踏まえ、国立健康危機管理研究機構や関係省庁と連携してどのように下水サーベイランスを活用できるのか検討して参ります。



参考資料: 新型コロナの流行と主な出来事



協会概要

JWSA

一般社団法人
日本下水サーベイランス協会
Japan WasteWater Surveillance Association

一般社団法人日本下水サーベイランス協会
105-0023 東京都港区芝浦 1-1-1 浜松町ビルディング(株式会社 NJS 内) 14 階
Tel: 03-6373-6847 Fax: 03-6373-6848
URL: <https://www.jwwsa.or.jp>
E-mail: association-info@jwwsa.or.jp

正会員 (21社)

(50音順)

株式会社 AdvanSentinel
ヴェオリア・ジェネッツ株式会社
株式会社 NJS
一般財団法人沖縄県環境科学センター
管清工業株式会社
株式会社クボタ
株式会社建設技術研究所
JNC 株式会社
塩野義製薬株式会社
株式会社島津製作所
株式会社島津テクノリサーチ

株式会社水道アセットサービス
中外テクノス株式会社
株式会社東京設計事務所
東芝インフラシステムズ株式会社
東洋テックビルサービス株式会社
株式会社日水コン
株式会社日吉
株式会社 FINDi
株式会社三井開発
横河電機株式会社

2023年7月1日現在

特別会員 (5名)

(50音順)

井原 賢 高知大学 農林海洋科学部 農林資源環境科学科 生産環境管理学領域
水環境工学研究室 准教授
北島 正章 北海道大学 大学院工学研究院 環境工学部門 准教授
館田 一博 東邦大学 医学部 医学科 微生物・感染症学講座 教授
原本 英司 山梨大学 大学院総合研究部附属 国際流域環境研究センター 教授
本多 了 金沢大学 地球社会基盤学系 教授

2023年7月1日現在

特別顧問

山本 有二 衆議院議員 自由民主党政務調査会
下水道・浄化槽対策特別委員会 委員長

2023年7月1日現在

理事 及び監事

会長	村上 雅亮	副会長	谷戸 善彦	理事	古賀 正敏	理事	本多 了
副会長	小林 博幸	理事	伊藤 万葉	理事	那須 基	監事	川崎 達
副会長	的場 俊英	理事	大塚 信之	理事	服部 博光		
副会長	八十島 誠	理事	大月 伸浩	理事	北島 正章		

設立経緯

下水サーベイランスとは、下水など環境水の測定により感染症などの流行状況を把握し、市民の感染対策や医療機関の対策に活用することにより暮らしや健康を守っていく取り組みです。日本下水サーベイランス協会は、下水サーベイランスの社会実装を目的として 2022 年 5 月に設立されました。

事業内容

- 下水サーベイランスの社会実装に関する調査・研究・支援
- 下水サーベイランスの社会実装に資する指針の策定、基準の策定、資格の制定等
- 下水サーベイランスの全国的展開の体制整備と普及推進方策の確立・実施
- 下水サーベイランスに関し、関係官庁の施策等に対する協力、要望提出、具申等
- 下水サーベイランスに関する国内外の情報の収集と会員への提供、機関誌の発行等
- 下水サーベイランスに関する研究発表会、講習会等の開催
- 前各号に掲げる事業に付帯又は関連する事業



JWWSA

一般社団法人

日本下水サーベイランス協会

Japan WasteWater Surveillance Association