

健全な社会と人を支える 安全安心な水循環系の実現

探索研究 2019～21年度
本格研究 2022～26年度

信州大学工学部特任教授・京都大学名誉教授 田中 宏明



札幌市
City of Sapporo



AdvanSentinel



SHIMADZU
Excellence in Science



SHIONOGI



NEC JEC



株式会社 日水コソ



アウトライン

- プロジェクトの背景
- プロジェクトの目指す未来社会像
- プロジェクトのPOC
- 早期の社会実装が求められる下水疫学の研究成果
- 展示ブースのご紹介

プロジェクトの背景

化学物質に脅かされる水道水の安全性

有機フッ素化合物 PFOS/PFOA (50 ng/L)

- ✓ 沖縄県などの水道水源から比較的高濃度で検出
- ✓ 2020年 水質管理目標設定項目に
- ✓ 通常の浄水処理では除去困難

PFOS ペルフルオロオクタンスルホン酸

PFOA ペルフルオロオクタン酸

PFAS ペルフルオロアルキル化合物

及びポリフルオロア
ルキル化合物の総称

[環境省のPFAS専門家会議 初会合 国内外の最新状況や
対応など協議 \(tv-asahi.co.jp\)](#)

2023年1月30日(月) テレビ朝日ニュース

[有害性指摘のPFAS 血液検査で国調査の3倍余検出 国は対
策検討 | NHK | 環境](#)

2023年1月30日(月) NHKニュース

[化学物質“水汚染” リスクとどう向き合うか - NHK ク
ローズアップ現代 全記録](#)

2019年5月15日(水) NHK クローズアップ現代

薬剤耐性菌やウイルスは公衆衛生上の脅威

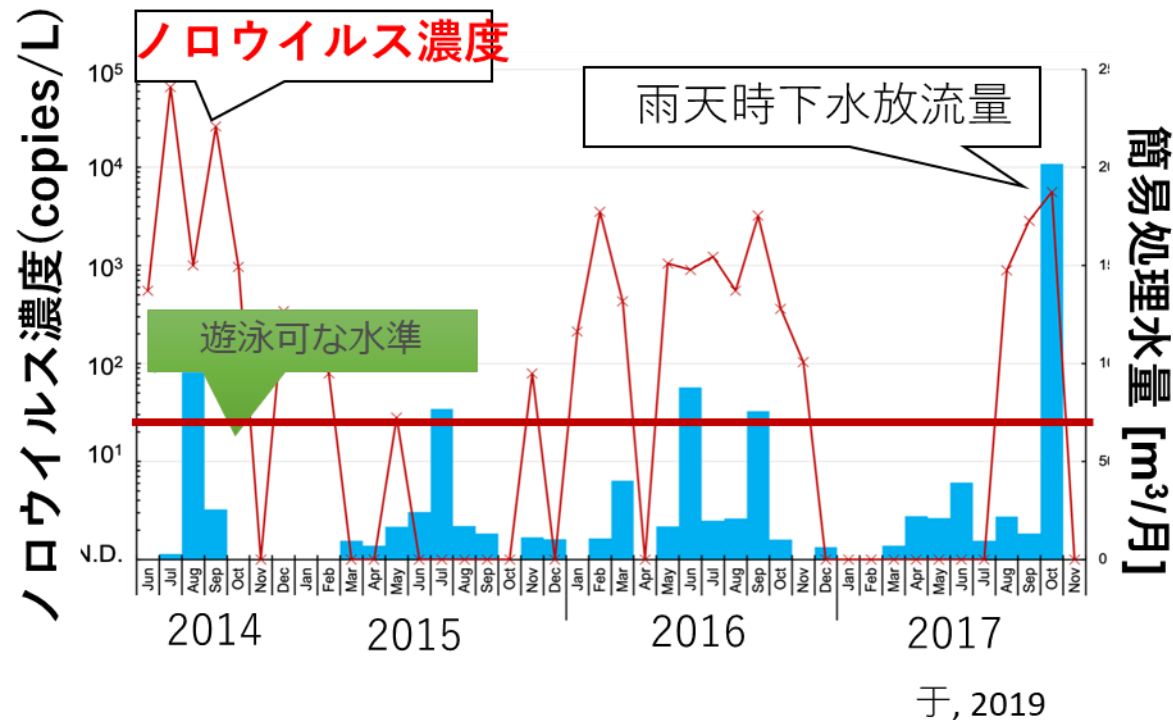
第1回公開
成果報告会
田中課題

AERA 2018年1月29日号
耐性菌が襲ってくる

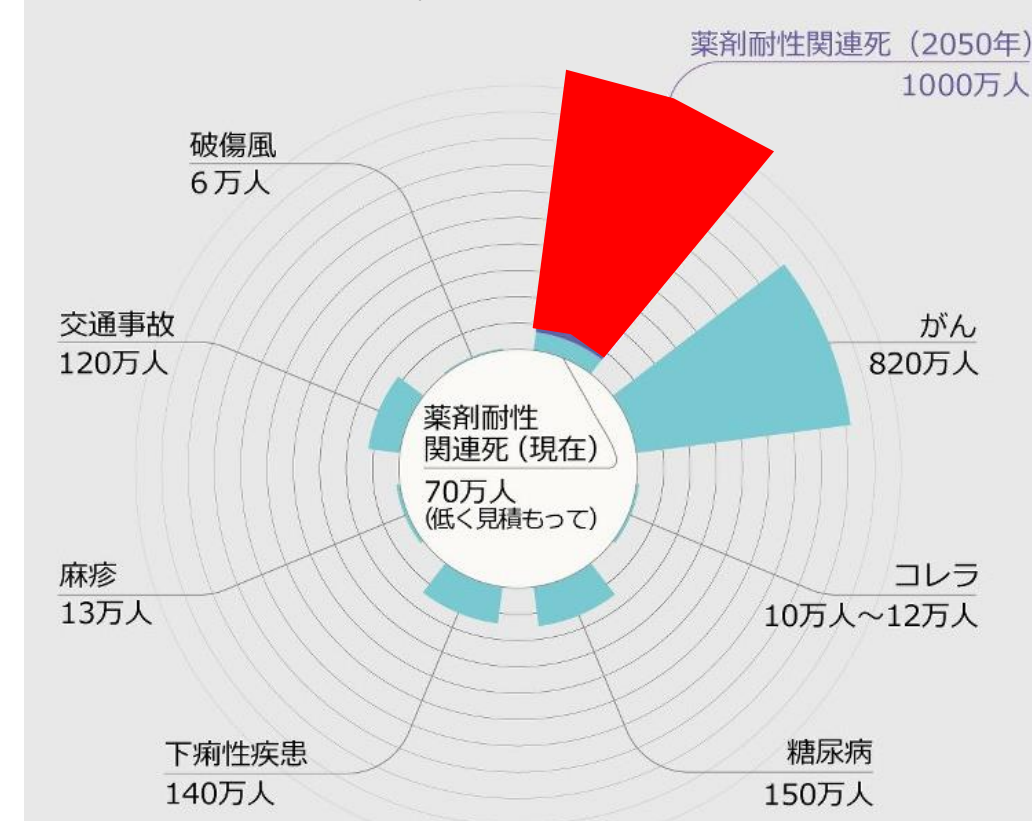
読売新聞2009年8月15日
下水処理水からタミフル成分
インフルエンザウイルス
鳥飲み耐性に変化の恐れ

現状のまま対策を行わない場合2050年には**薬剤耐性関連死者数が1000万人/年**と推定(WHO)
(O'Neill Commission, 2014)

琵琶湖からも検出されるノロウイルス

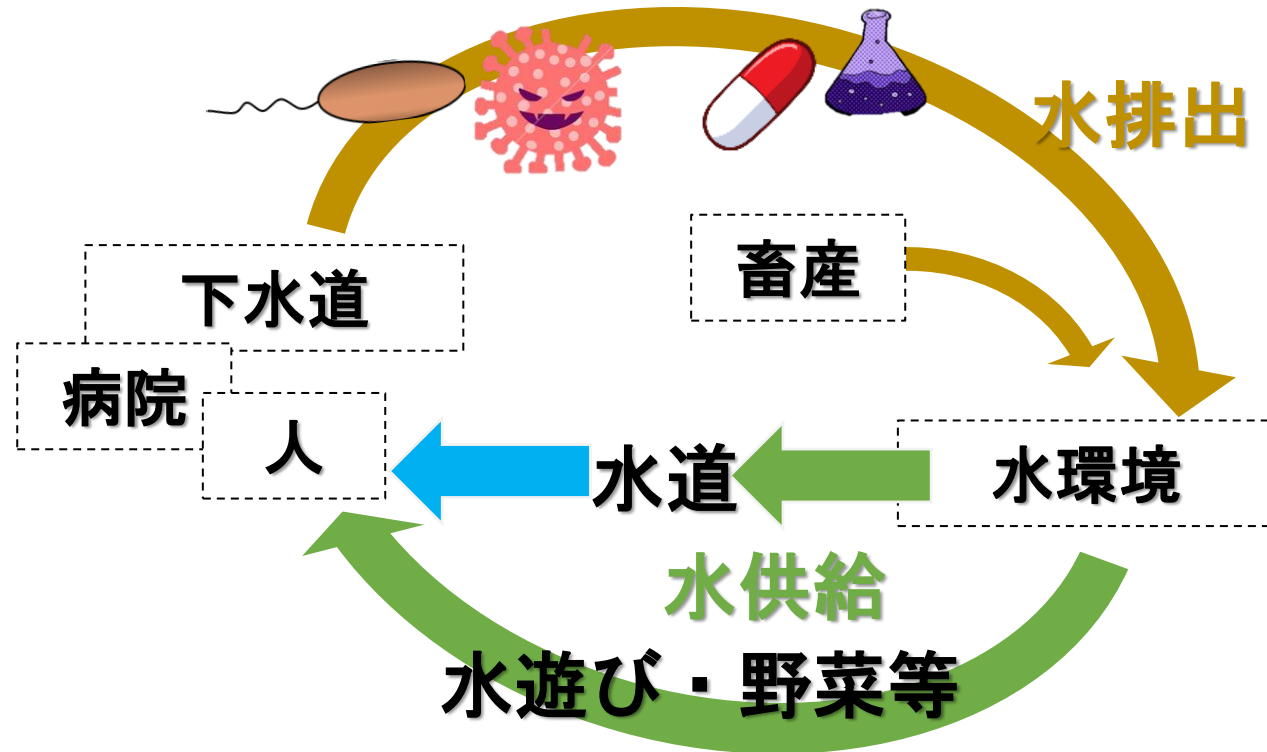


雨天時放流
される未処
理下水に含
まれる多量
のウイルス
が水環境を
汚染



琵琶湖南湖から臨床で問題となっている基質
拡張型βラクタマーゼ(ESBL)産生・多剤耐性
大腸菌を頻繁に検出(馬, 2020)

きれいな日本の水環境に潜む健康リスク



探索研究で
2050年日本では、
**親水利用だけで年
間6700億円以上の
経済損失が懸念**

下水道、病院、畜産から水環境に排出される未規制の**健康リスク要因**

- **薬剤耐性菌・遺伝子**: 薬が効かない感染症世界で2050年毎年10百万人死亡
- **抗生剤や化学物質**: 薬剤耐性菌の出現助長、水道水を脅かす化学物質
- **病原ウイルス**: 日本で8百万人感染するノロウイルス等下痢症原因

目指すべき社会（ビジョン）

水インフラにより、子供から高齢者まで、日々利用し、触れる水を意識せずとも健康を脅かすリスクから衛られ、**水利用の安全安心が保障される社会の実現**

・ 安心して遊べる水辺



・ 安全な水道水や食品



さらに、**将来出現しうる健康リスク（新興感染症、新たな化学物質等）の脅威に対応でき、レジリエンスに強く、下水に排泄される新型コロナウイルス等の公衆衛生情報も活用できる、世界で初めての高度な水インフラを実装した社会の実現**

プロジェクトのPOC

水循環系における問題とボトルネック

問題とボトルネック

1. 水循環系と衛生の全容把握がない

- ・広範で複雑な水の連関を把握した事例は皆無

2. 対処の目標基準が不明確

- ・ウイルスや薬剤耐性細菌の基準値はない
- ・未だに1938年当時の規制値(下水処理場放流水・事業場排水)

3. 対処に有効な技術がない

- ・機能とコストを両立して目標基準を実現する技術がない

縦割りの水行政

環境省・厚労省・国交省・農水省・経産省

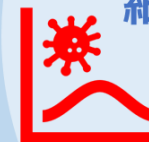
気候変動で豪雨増
水インフラ老朽化

解決策

POC1

リスク管理・評価

- ① 重要管理点の設定手法の開発
- ② 下水のウイルスや細菌等の検出



リスクコントロール

- ③ 水処理技術（オゾン、ナノマイクロバブルMBR、マイクロバブルVUV）の開発と組み合わせによる上下水の処理

POC2

POC1:①リスク管理評価（重要管理点の設定）

- 水循環系での健康リスク要因の**発生源**と**拡散経路**を把握
- 影響が深刻な発生源を「**重要管理点**」として明確化し、制御の有効性を実証
- 琵琶湖流域、札幌市を抱える豊平川流域を対象



探索研究の成果

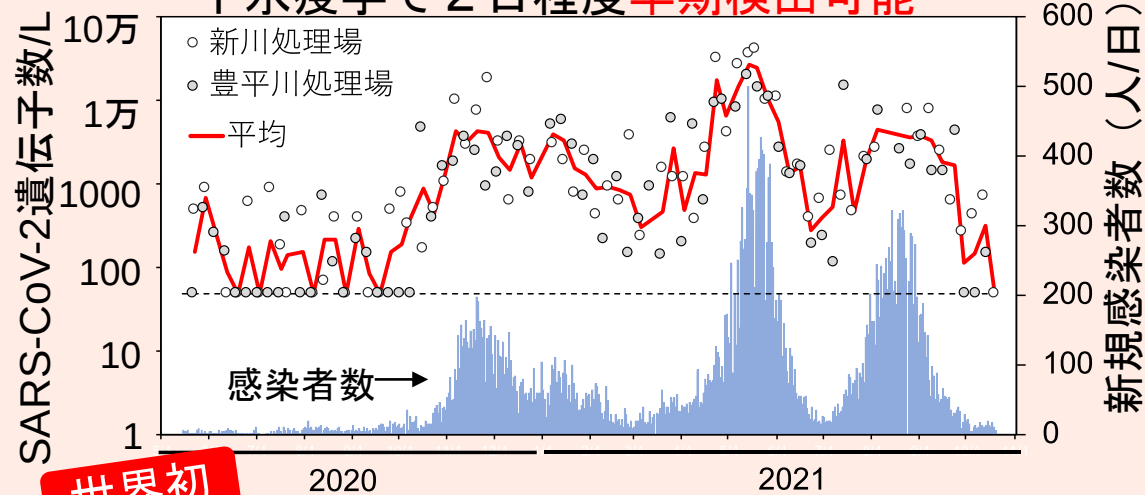
水道水源で親水利用も盛んな琵琶湖南湖からノロウイルスや臨床で問題をもつ**薬剤耐性大腸菌**を頻繁に検出。由来は雨天時下水を含む下水処理場, 病院, 畜産施設が示唆される

POC1:②リスク管理評価（病原体の検出）

探索研究の成果

札幌市下水のSARS-CoV-2濃度と新規感染者数

下水疫学で2日程度早期検出可能



世界初
特許出願

ウイルス高感度分析方法・濃縮方法

薬剤耐性大腸菌一斉分析システムの開発 蛍光性基質を用いた迅速測定方法を確立

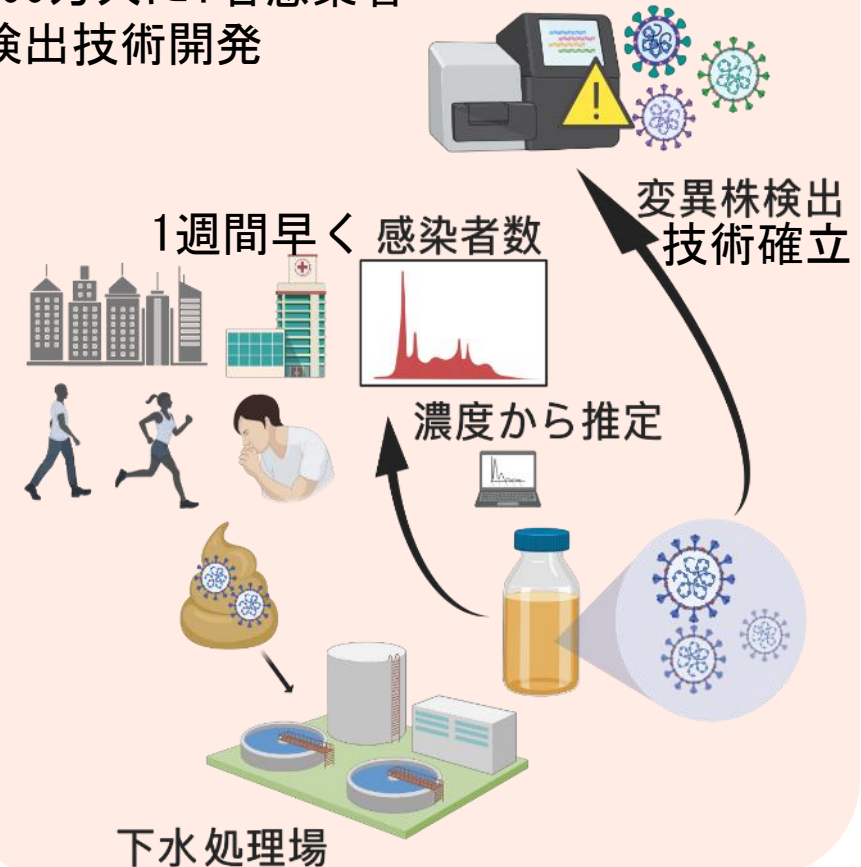
商品化



マイクロプレートリーダー

下水疫学調査を逐次社会実装化

100万人に1名感染者
検出技術開発



下水疫学の社会実装を進めるため、変異株検出、感染者数推定モデルなどを本格研究
健康リスク要因削減達成の確認のためウイルス・薬剤耐性遺伝子の検出感度を100倍に

全ての水利用の安全目標

人為活動による汚染がない水域での水利用の安全
レベル*を目標とする

(* WHOの水道水の目標: 飛行機事故に遭う程度の健康リスク (10^{-6} DALYpppy))

水排出段階から達成

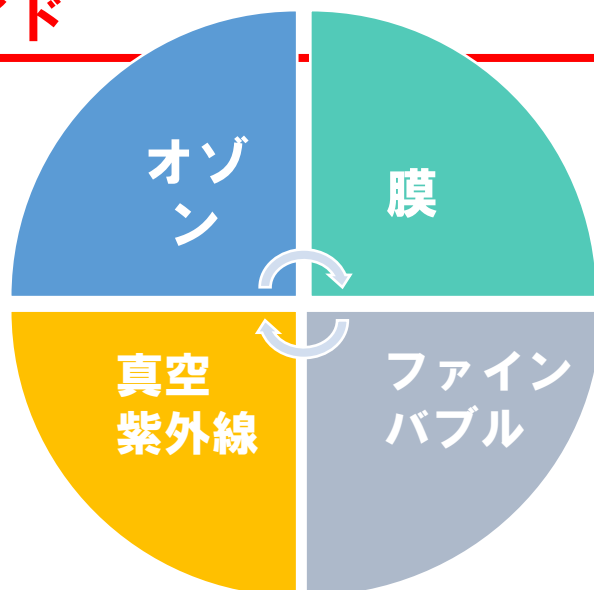
重要管理点での水排出の制御目標

大腸菌数 20/100mL未満(新環境基準AA類型相当) さらに現状の水排出等の
ウイルス・薬剤耐性を1/100未満
薬剤・化学物質を 1/10未満

水排出目標達成のため

健康リスク要因の大幅削減できるオゾン・真空紫外線・膜・ファインバブル水処理技術開発

重要管理点の特徴ごとに革新的な水処理システム
をカスタムメイド



世界初

革新的オゾン技術

特許出願

- ・ オゾン濃縮・貯蔵で75%のコスト削減を確認
- ・ ウイルス・薬剤耐性遺伝子の99%除去を確認

世界初

ナノバブル-MBR

特許出願

- ・ 薬品洗浄なしで目詰まりのない空気量半減
- ・ 低エネルギーの膜分離活性汚泥法を確認

世界初

マイクロバブル-真空紫外線

- ・ MBとVUVを組み合わせた浄水技術で、難分解化学物質を低コストで削減を確認

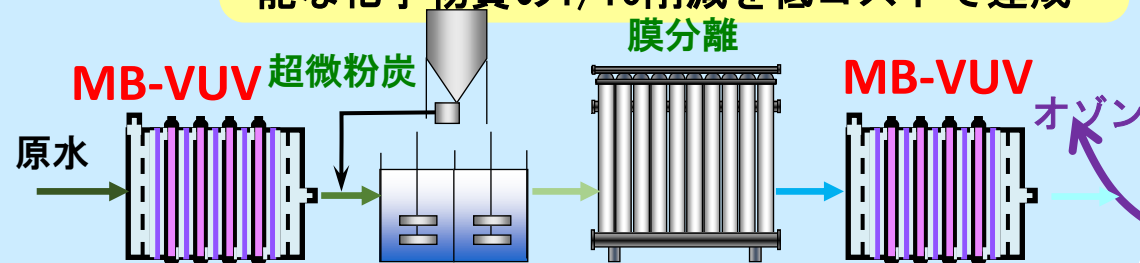
POC2:リスクコントロール(上下水処理例)

従来技術に比べ経済性を向上, 費用を上回る公衆衛生改善の便益を実証

水供給

世界初 マイクロバブル-真空紫外線

- ・ MBとVUVを組み合わせ、従来技術で除去不可能な化学物質の1/10削減を低コストで達成



組み合わせ技術による更なる効率化

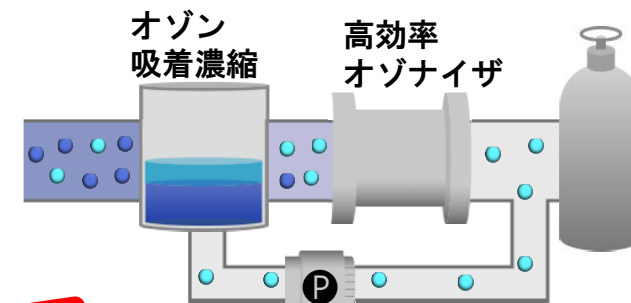
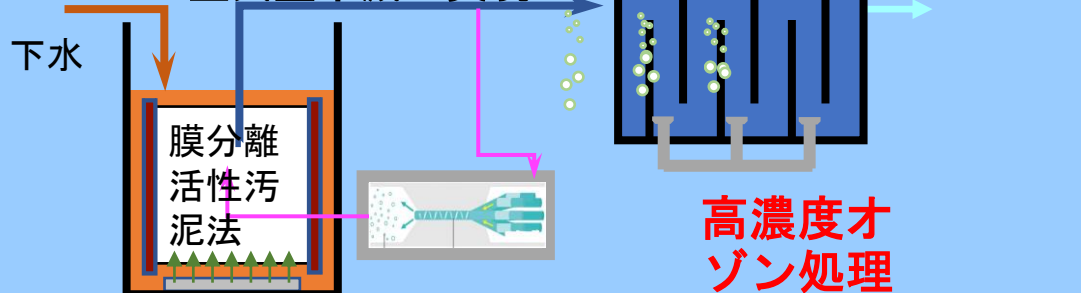
水排出

特許出願準備

世界初

テノバブル-MBR

- ・ 目詰まりのない膜洗浄と空気量半減の実現



世界初

革新的オゾン技術

- ・ オゾン濃縮・貯蔵で75%のコスト削減
- ・ 高濃度オゾンでウイルス・薬剤耐性遺伝子の99%除去

特許出願

早期の社会実装が求められる 下水疫学の研究成果



京都大学
KYOTO UNIVERSITY



北海道大学
HOKKAIDO UNIVERSITY



高知大学
Kochi University



東北大学
TOHOKU UNIVERSITY



札幌市
City of Sapporo



SHIMADZU
Excellence in Science

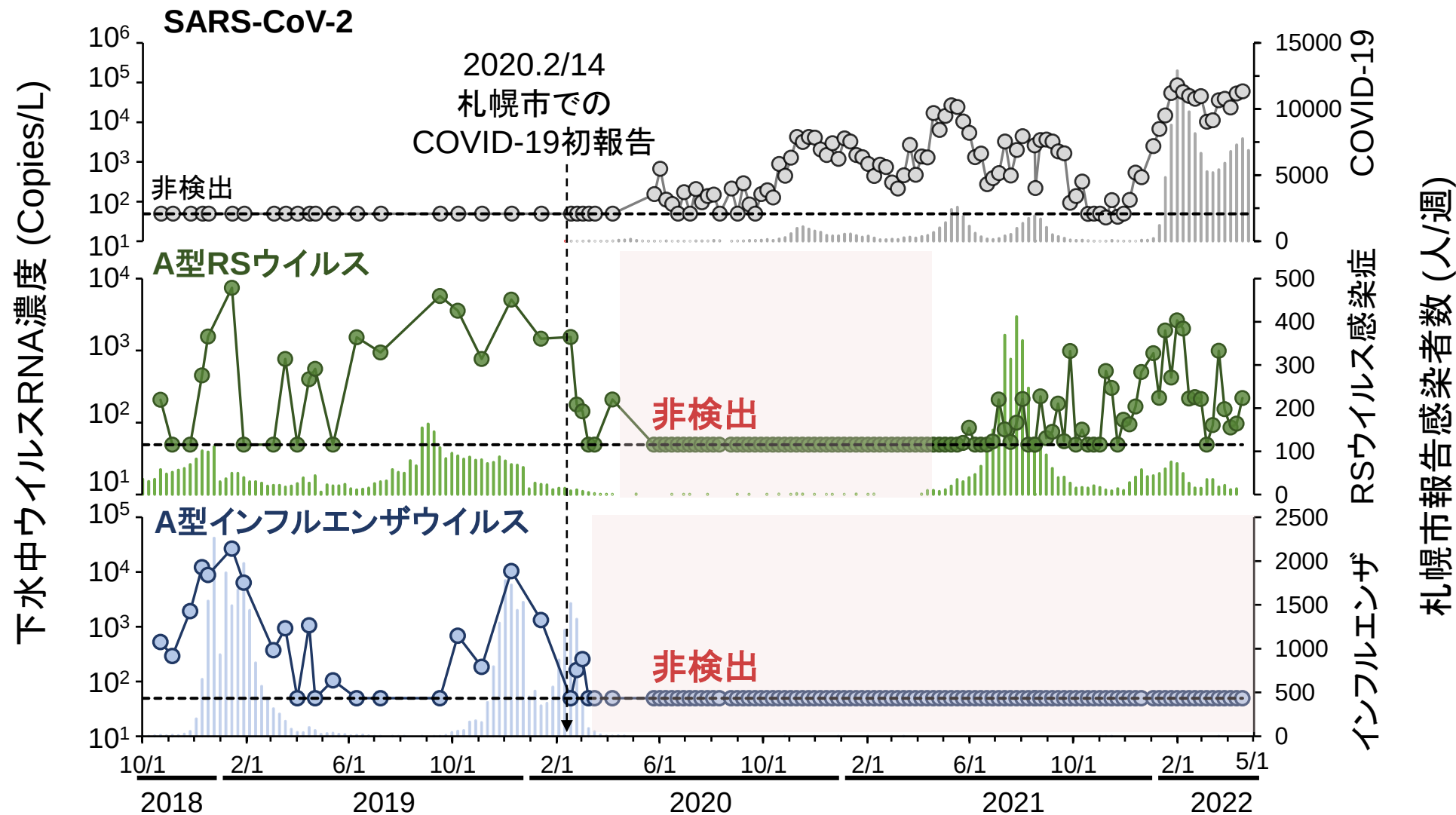
島津製作所島津テクノリサーチ



シオノギ製薬

AdvanSentinel

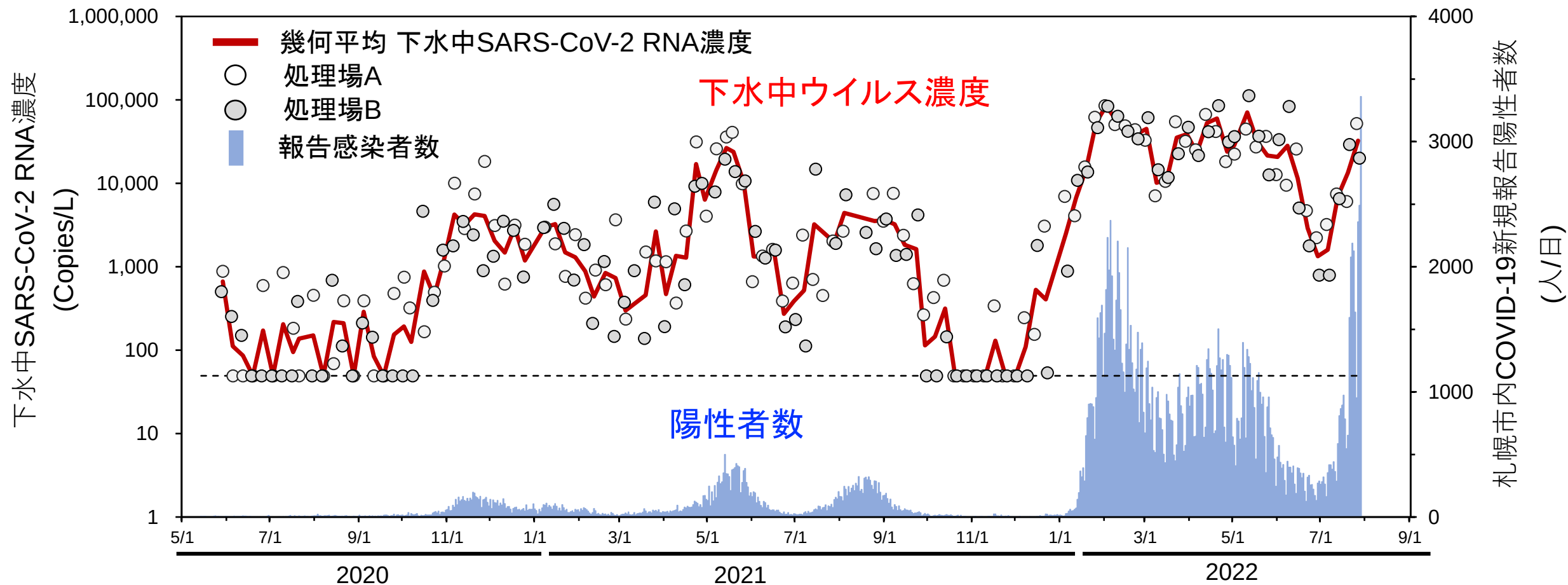
下水疫学・EPISENS™法は他のウイルス感染症にも有効



これまで検出が難しかった下水中の新型コロナウイルスに加え、インフルエンザウイルスも検出可能

下水疫学によるコミュニティの感染者数動向把握

データの一例(札幌市): 下水中ウイルス濃度と陽性者数の増減が概ね合致

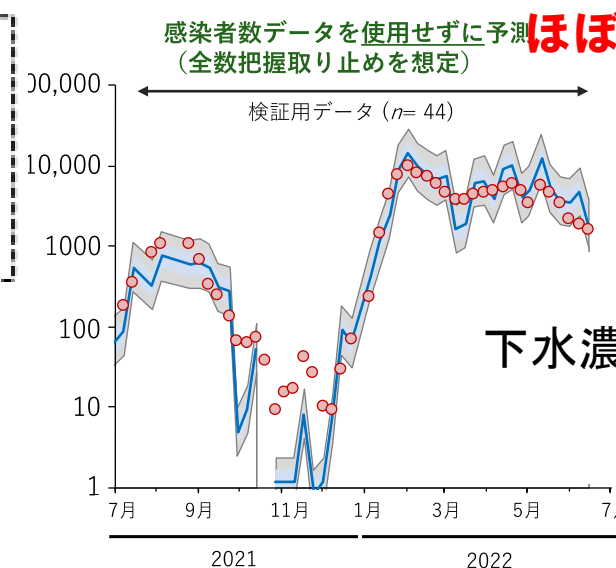
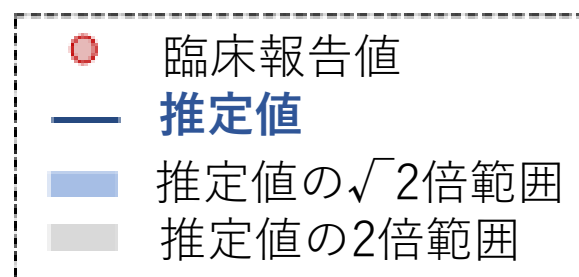
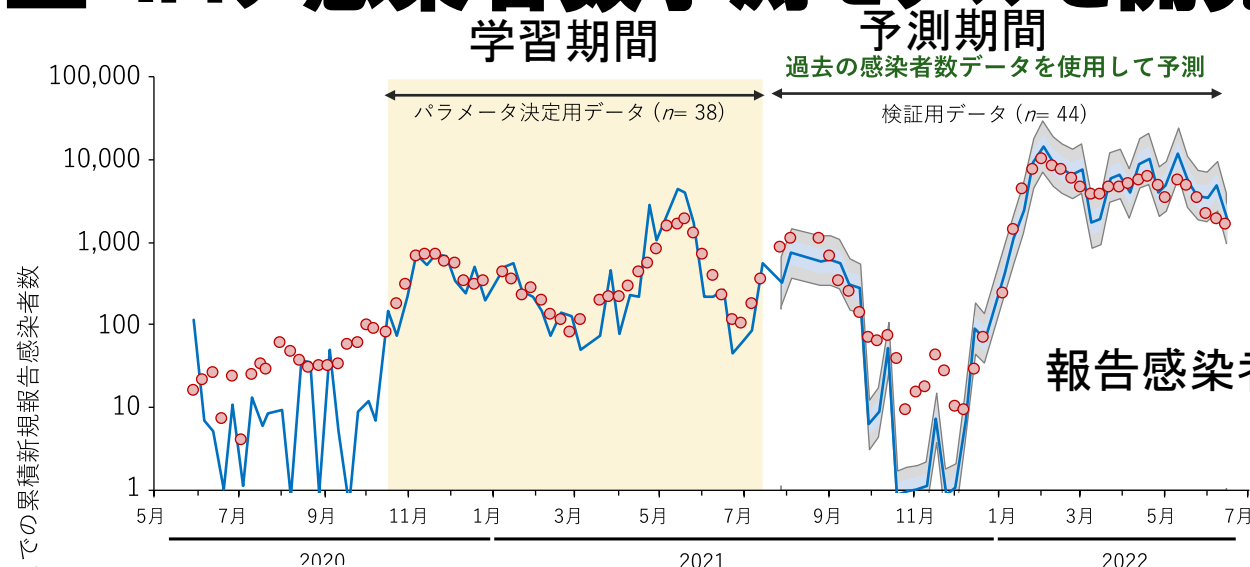


- さらに高感度なEPISENS-M法で下水のSARS-CoV-2濃度把握し、コミュニティの感染動向を把握可能
- 10万人に一人の新規感染者でも検出可能なレベルは現時点で世界で一番高感度

下水濃度から新型コロナ感染者数予測モデルを開発

第1回公開
成果報告会
田中課題

- 感染者からのウイルス排出メカニズムを考慮した**独自の数理モデル** (PRESENSモデル)を構築
- 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結果、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
- 新型コロナの5類移行にともなう新規感染者の定点報告に備えた下水濃度からの新規感染者数把握への社会実装期待



ほぼ同じ 予測精度



Ando H, Murakami M, Ahmed W, Iwamoto R, Okabe S, Kitajima M*. Wastewater-based prediction of COVID-19 cases using a highly sensitive SARS-CoV-2 RNA detection method combined with mathematical modeling. *Environment International*, in press.

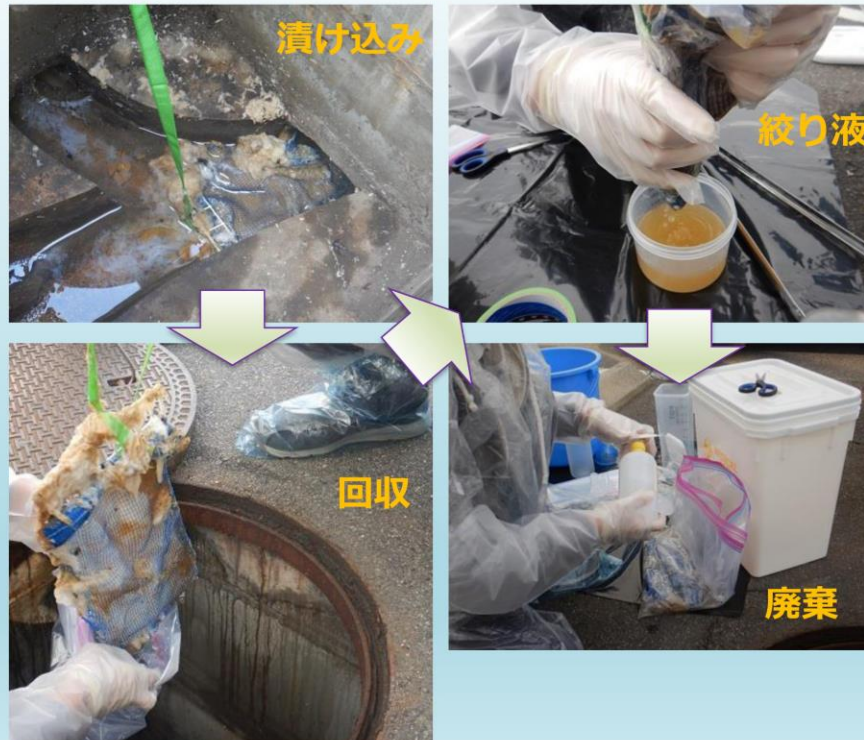
[北大・阪大プレスリリース、JST未来創造事業HPで紹介]

- **個別施設**やマンホールでの採水に使えるパッシブサンプラー(PoP-CoVサンプラー)を開発し、**人検査と施設排水での検査の2段階の検査体制で、すでにビジネス展開中**

SHIMADZU

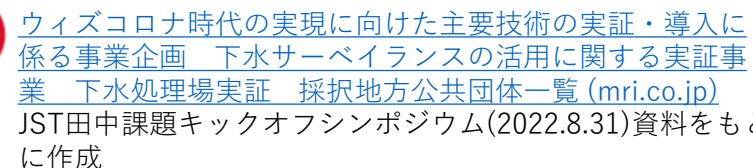
個別施設下水サンプリング

サンプリングの流れ



- ・ 1日浸漬後、数百mLの絞り液を得る事が可能。
- ・ 絞り液を新型コロナウイルス検査試料とする。

- 個別施設での実証試験で、感染者からのウイルス排出を迅速・高感度に検出に成功
- 高齢者施設などでのクラスター発生未然予防に期待が高まっている
- トイレ排水を対象とする事で、**施設利用者を包括的に検査可能**
- **定期的**に実施し、安心・安全を長期的に確保可能
- **無症状陽性者の発見**にも寄与
- 唾液検体採取困難な**高齢者等**にも適用可能



札幌市 City of Sapporo

お探しの情報は何か。

救急当番医 緊急時の連絡先 避難場所

文字サイズ 縮小 標準 拡大 色合いの変更

ホーム 防災・防犯・消防 くらし・手続き 健康・福祉・子育て 教育・文化・スポーツ 観光・産業・ビジネス 市政情報

ホーム > 新型コロナウイルス感染症について > 新型コロナウイルス感染症の市内発生状況 > 新型コロナウイルス感染症の市内発生状況（統計情報） > 下水サーベイランス

いいね! 101 シェアする ツイート LINEで送る イイネ! B! 9 更新日: 2023年1月6日

下水サーベイランス

ページ内リンク

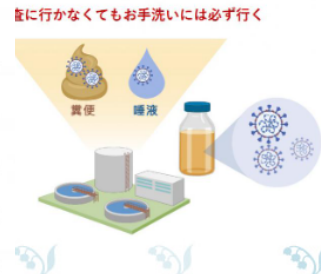
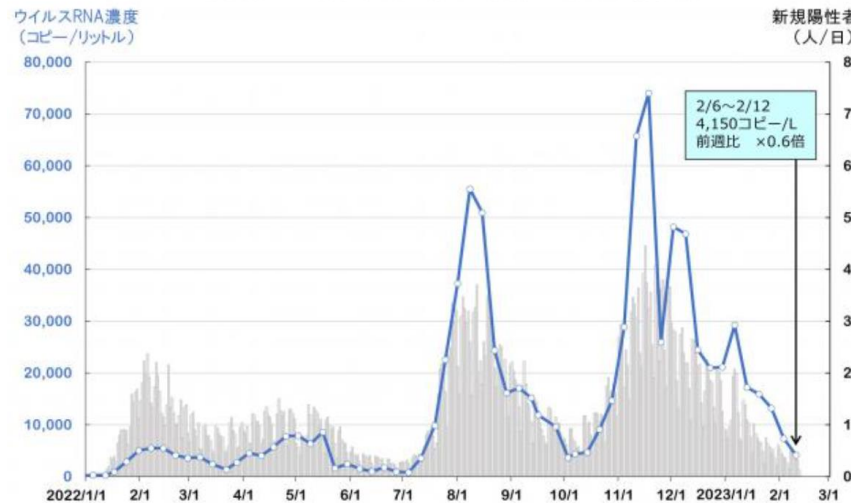
- 新型コロナウイルスの調査結果
- インフルエンザウイルスの調査結果

下水サーベイランスとは

- 新型コロナウイルスやインフルエンザウイルスの感染者は症状の有無にかかわらず、糞便や唾液中にウイルスRNAを排出することが知られております。
- 下水中のウイルスを検査・監視する下水サーベイランス（下水疫学調査）は、受診行動や検



下水サーベイランスの結果（新型コロナウイルス）



本文 Foreign Language 背景色変更 黒 青 白 文字サイズ 標準 拡大 拡大方法の説明 組織から探す

子育て・教育 医療・健康・福祉 養父市 Yabu City 観光・イベント 事業者の方へ 行政情報

【2月15日現在】市内新型コロナウイルス感染情報

更新日: 2023年02月15日

新型コロナウイルスの感染者は、症状の有無にかかわらず、糞便や唾液中にウイルスRNAを排出することが知られています。

下水中のウイルスを検査・監視する下水サーベイランス（下水疫学調査）は、受診行動や検査数等の影響を受けることなく、無症状感染者を含めた感染状況を反映する客観的指標としての活用が期待されています。

養父市では、市中の感染状況を把握するためのひとつの指標として、感染症対策への活用、可能性について検討を行うことを目的とした下水サーベイランスで得られたデータを市民へ情報として提供しています。

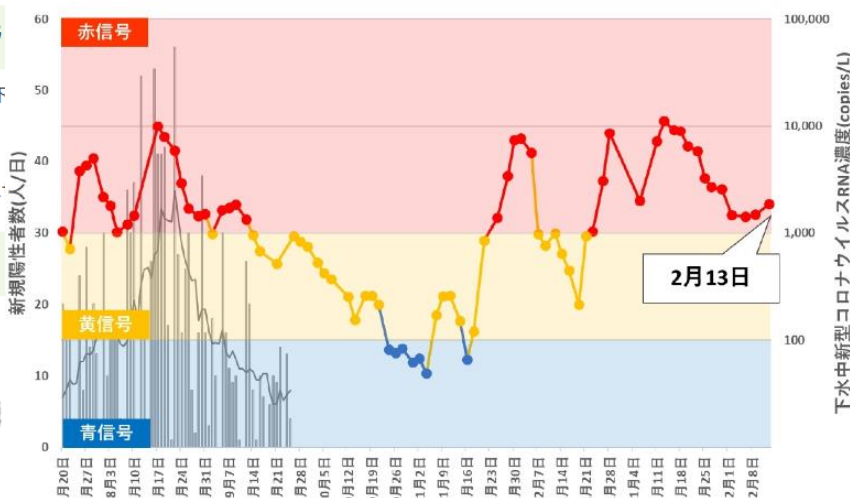
新規陽性者数 7日間移動平均陽性者数 養父市全体

養父市単独 下水サーベイル

内閣官房がウイズコロナ時代の実現に向けた下で終了となりました。

養父市には重症化リスクの高い高齢者が多く、引き続き養父市の単独事業として3月末まで下水

現在の養父市の状況



展示ブースのご案内

マイクロバブル・vUV

オゾン発生器・反応器

ナノバブル・MBR

社会実装検討



重要管理点の探索

濃縮・検出技術

下水疫学・ウイル
ス検出

下水疫学

田中宏明(PL:信州大学)、松井佳彦(SPL:北海道大学)、西村文武(京都大学)、佐藤久(北海道大学)、井原賢(高知大学)、北島正章(北海道大学)、林東範(京都大学)がお待ちいたしております。