



TOHOKU
UNIVERSITY

2025年12月19日
水・大気環境連携セミナー2025

下水情報の徹底活用による”街のヘルスケア” を実現する次世代環境モニタリング技術

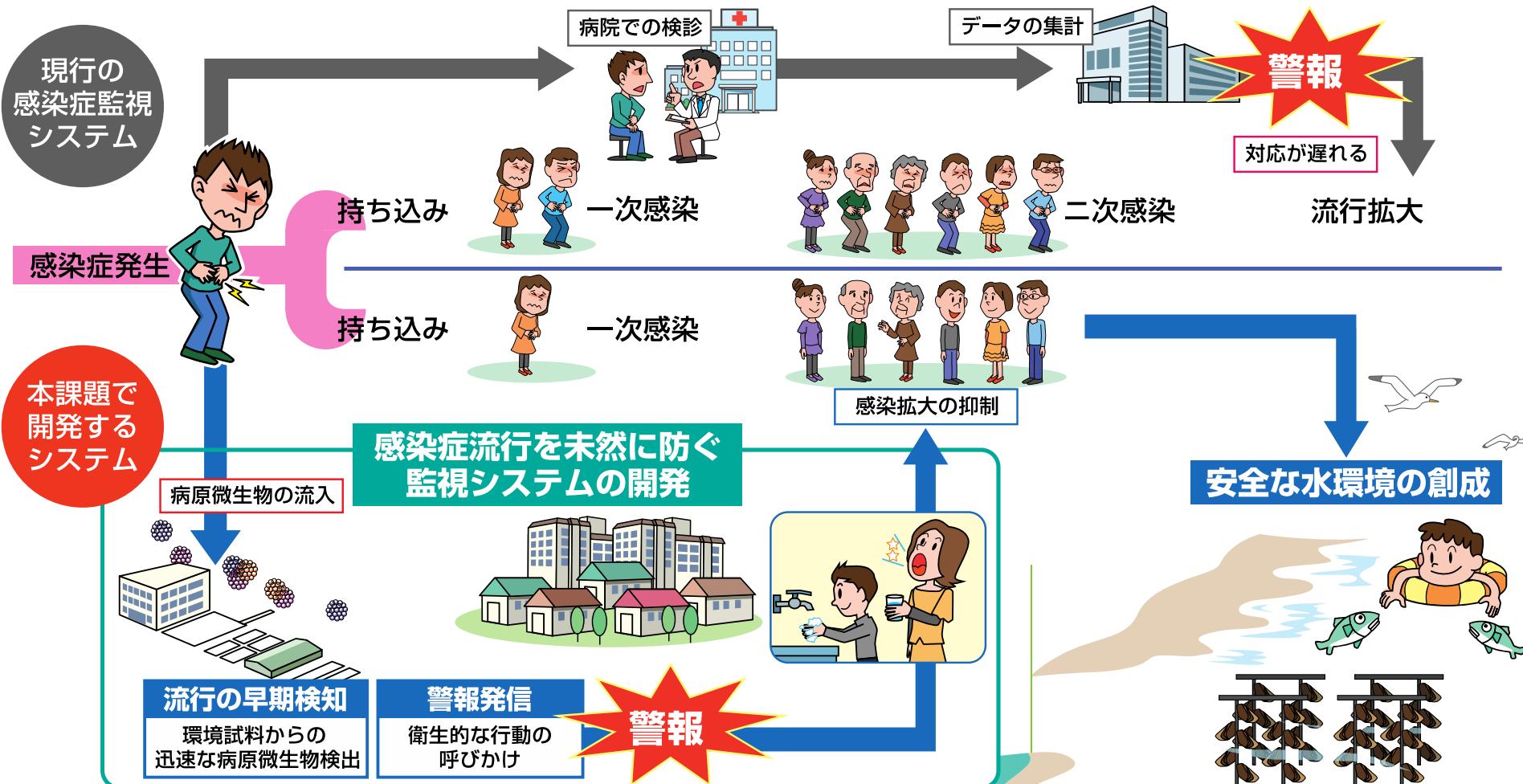
東北大学大学院工学研究科
教授 佐野大輔



本日の内容

1. 下水情報を用いた感染症検知
2. 下水情報を用いた下水管路劣化予測
3. 環境情報データの活用に必要な条件
4. まとめ

水監視システム（ノロウイルス）



JST CREST 「持続可能な水利用を実現する革新的な技術とシステム」
 迅速・高精度・網羅的な病原微生物検出による水監視システムの開発
 代表・大村達夫教授

(2011-2016年度)

水監視システム（ノロウイルス）

iPad 16:44 novinsewage.com 95%

東北大学 山形大学 仙台市 日水コン

ホーム お知らせ ノロウイルス情報
メール紹介 ノロウイルス情報
メール登録 研究紹介 お問い合わせ



下水中
ノロウイルス濃度情報

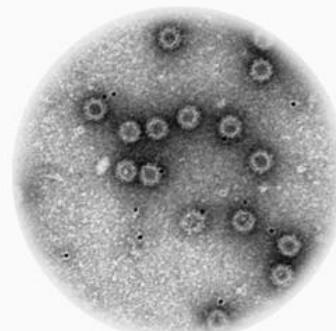
ノロウイルスによる被害

ノロウイルスによる感染性胃腸炎は、毎年冬から春にかけて流行しています。

ノロウイルスに感染すると、主に脱水で入院が必要となったり、高齢者などの場合では最悪死亡することもあります。

しかしながら、ノロウイルスに対しては有効な治療法やワクチンが確立されておらず、自然治癒するまで待つしかないのが現状です。

<https://novinsewage.com/>



水監視システム（ノロウイルス）



山形大学
YAMAGATA UNIVERSITY

仙台市
SENDAI CITY

株式会社 日水コン
NISHIWA CON

下水中ノロウイルス濃度が上昇しています！

仙台市内の下水処理場に流入する下水（処理前）中のノロウイルス濃度が上昇していることが観察されました。市内でノロウイルスによる感染性胃腸炎が拡大しつつあると考えられます。身の回りの衛生に十分ご留意ください。

感染予防対策

1. 手洗いをよく行う。

ノロウイルスに感染した人の手を介して感染が拡大する場合があります。トイレの使用後、オムツ替えの後、調理を行う前などによく手洗いをしてください。

2. 食べ物をよく加熱する。

ノロウイルスはカキなどの二枚貝（貝殻2枚で身を覆っている貝）の体内に蓄積されやすいことが知られています。二枚貝を食べる際には、十分に加熱するようにしてください。十分な加熱は、調理の内容によって異なりますが、身の中心部まで熱がしっかりと通ることが目安です。

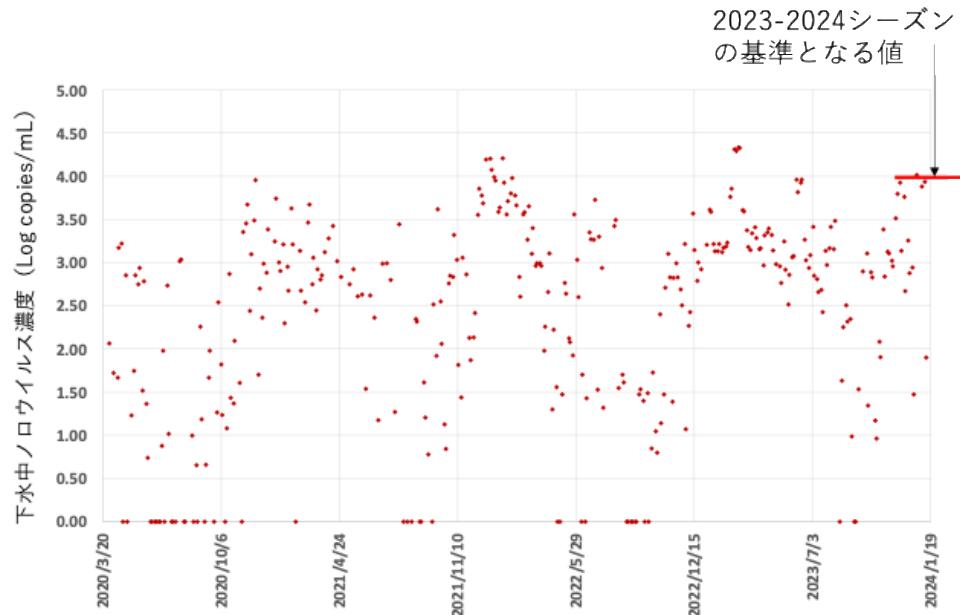
3. ドアノブ、イスなど、手で触れる場所を消毒する。

ノロウイルスに感染した人が触れたドアノブなどを介して感染が拡大する場合があります。家庭内で手でよく触れる場所をアルコールなどでよく拭いてください。

4. キッチンや調理器具を消毒する。

ノロウイルスに感染すると、症状が出る前から排出され始めます。下痢や熱などの症状がなくてもノロウイルスに感染している人が調理をすると、食事をした人に感染する可能性が出てきます。キッチンや調理器具をこまめに（熱湯やアルコールなどで）消毒してください。

2024年1月16日当時の登録者
4,141名へメールを送付
(左画像が実際のメール)



新型コロナウイルス感染症流行予測

下水ウイルス情報発信サイト



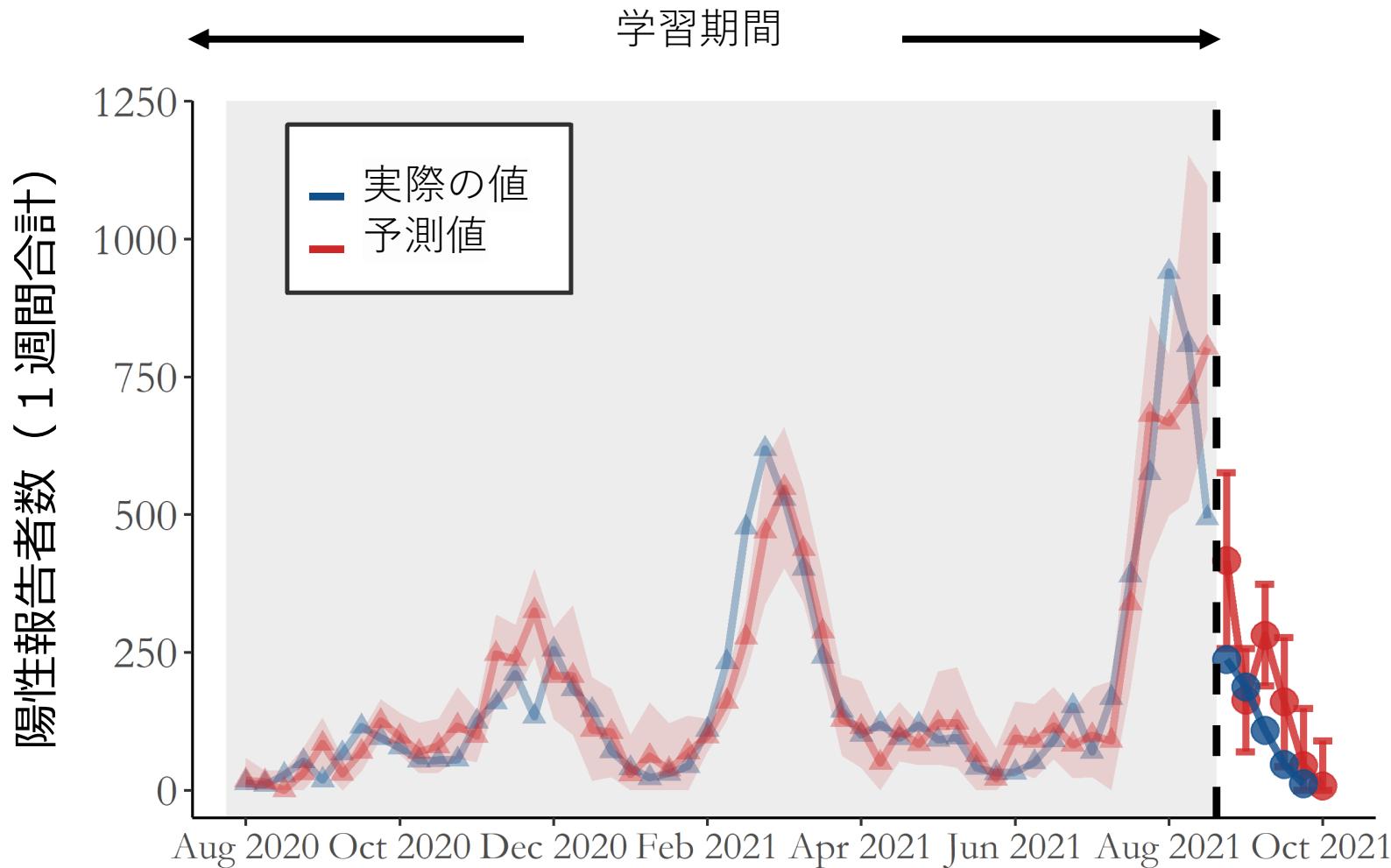
下水ウイルス
情報発信

下水ウイルス情報を活用した感染症適応社会の確立に向けて

大きな混乱を世界中で巻き起こしている新型コロナウイルスによる感染症の例を出すまでもなく、インフルエンザウイルス、ノロウイルス、デングウイルス等、様々な病原ウイルスによる感染症が全世界で多大な被害を生じさせてきています。

これらのウイルス性感染症を制御するために、感染流行期における集会の自粛やうがい・手洗いの徹底、蚊などの媒介生物の除去等が衛生学的対策として取られます。その対策を発動するための根拠として、下水に含まれる疫学情報を活用することを本研究では試みています。

新型コロナウイルス感染症流行予測



新型コロナウイルス感染症流行予測



COVID-19新規感染陽性者数 1週間予測（8月26日-9月1日）（試行版）

登録ユーザーの皆様

下水調査結果をもとに得られた2024年8月26日-9月1日の仙台市内におけるCOVID-19新規感染陽性者数の予測値は **2742人** です。

この値は、新型コロナウイルス感染症発生届の対象の限定が行われていない時期（2022年8月以前）であれば報告されていたであろう新規感染陽性者数の予測値です。

先週の下水中ウイルス濃度は、8月5日の週からほぼ変わっていませんでした。



NEW 最近の投稿

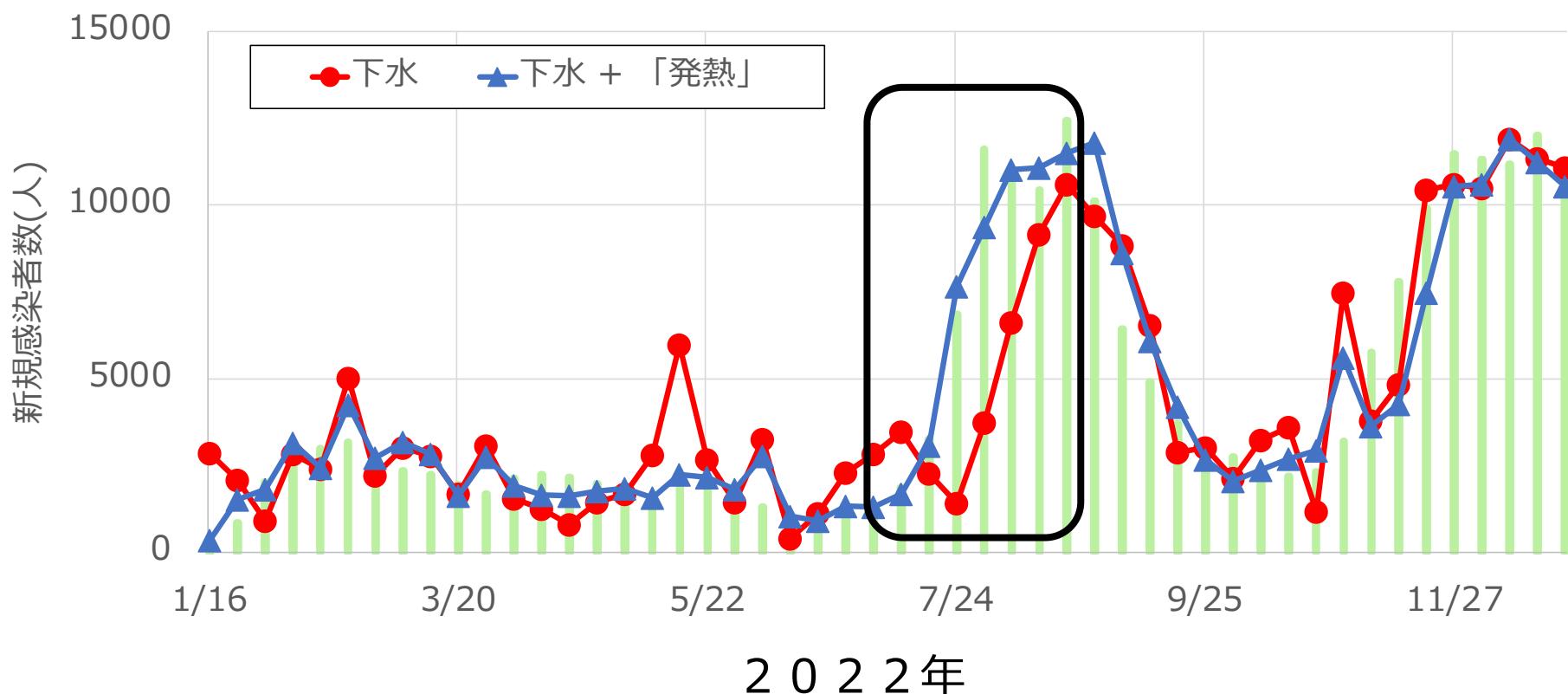
- › COVID-19新規感染陽性者数 1週間予測（6月27日-7月3日）（試行版）
- › 仙台市の下水処理場流入下水に含まれるノロウイルスの濃度変動（2022年6月23日更新）
- › COVID-19新規感染陽性者数 1週間予測（6月20日-26日）（試行版）
- › 仙台市の下水処理場流入下水に含まれるノロウイルスの濃度変動（2022年6月16日更新）
- › 仙台市の下水処理場流入下水に含まれるノロウイルスの濃度変動（2022年6月9日更新）

東北大学・下水情報センター



予測精度の向上：機械学習モデルの更新

「発熱」のキーワード検索頻度を入力データとして追加することによる予測精度の向上



下水ウィルス情報提供に関する費用便益の試算

仙台市的人口：1,097,196人（R2国勢調査速報値）

6種類の下水ウィルス情報の取得は独立に行われ、取得費用に共通費用部分はないと仮定した。

	採水		分析数・費用			データ整理など費用					合計		B/C	
	サイト数	回/週/サイト	検体数	円/検体	円	人/週	円/人	直接人件費	間接原価	一般管理費	計	円/週	円/年	
情報①：市内における下水中ウイルスの検出状況	6	2	12	50,000	600,000	6	51,200	307,200	165,415	254,485	727,100	1,328,000	69,056,000	4.9
情報②：市内における新規感染者数の予測値	6	2	12	50,000	600,000	6	51,200	307,200	165,415	254,485	727,100	1,328,000	69,056,000	4.4
情報③：市内における流行地域	20	1	20	50,000	1,000,000	10	51,200	512,000	275,692	424,142	1,211,834	2,212,000	115,024,000	2.7
情報④：市内における流行株の情報	2	2	4	200,000	800,000	4	51,200	204,800	110,277	169,657	484,734	1,285,000	66,820,000	4.0
情報⑤：市内における収束判定	6	4	24	50,000	1,200,000	12	51,200	614,400	330,831	508,971	1,454,202	2,655,000	138,060,000	1.8
情報⑥：市内における特定施設の感染状況	10	4	40	50,000	2,000,000	15	51,200	768,000	413,538	636,213	1,817,751	3,818,000	198,536,000	1.3

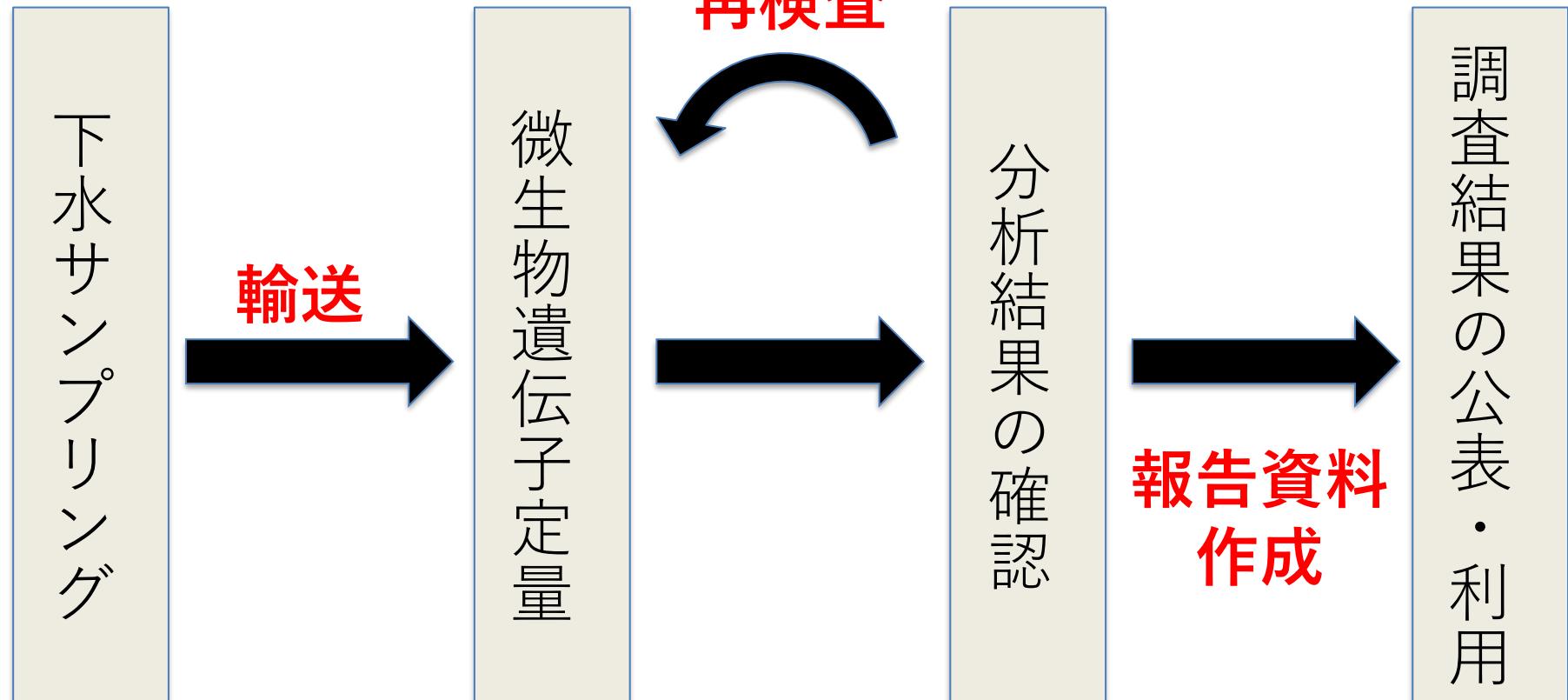
仮に仙台市民全員がグループ1であった場合でも、全ての情報に関してB/Cは1以上となった。

COVID-19に関する下水ウィルス情報に対する市民の支払い意思額

清水丞、大住英俊、森永晃司、吉井啓貴、平山奈央子、大村達夫、河野達仁、佐野大輔
 土木学会論文集G(環境), 2023, 79(25), 23-25055.

遺伝子以外のマーク一検索

場合によっては
再検査



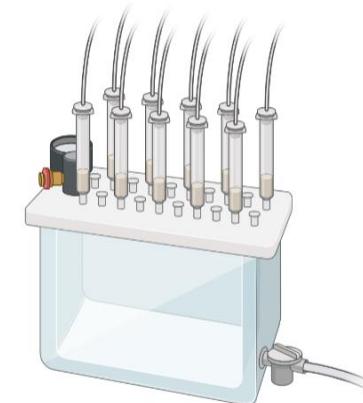
遺伝子抽出
(逆転写) + PCR

下水プロテオーム解析

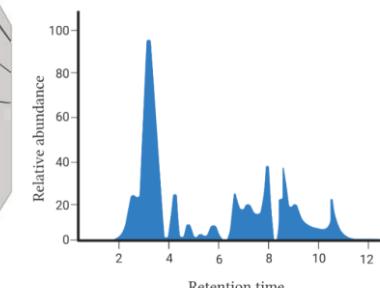
下水サンプル



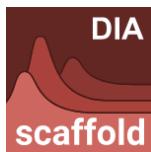
固相抽出



LC MS/MS



データ解析

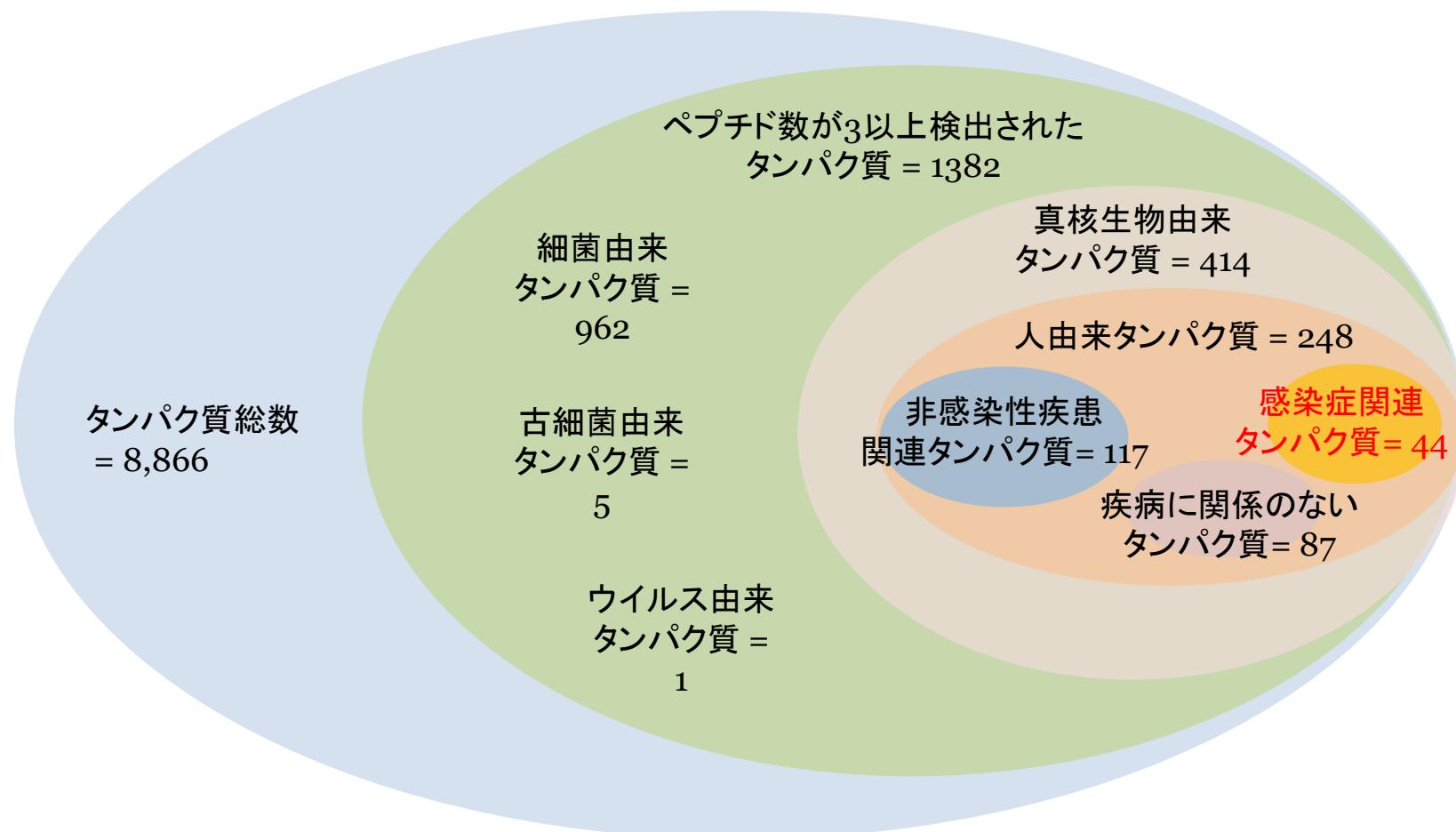


Identification of protein biomarkers in wastewater linked to the incidence of COVID-19

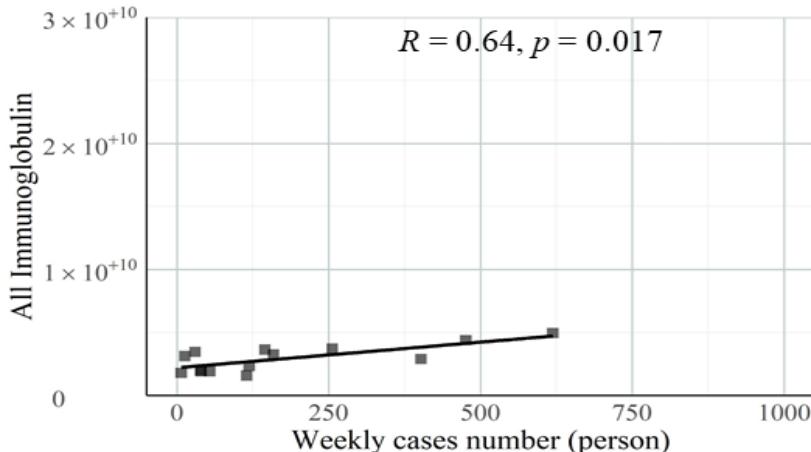
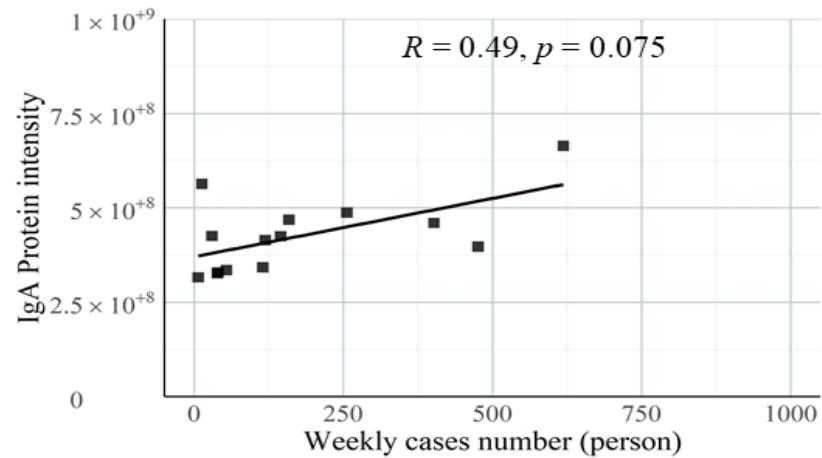
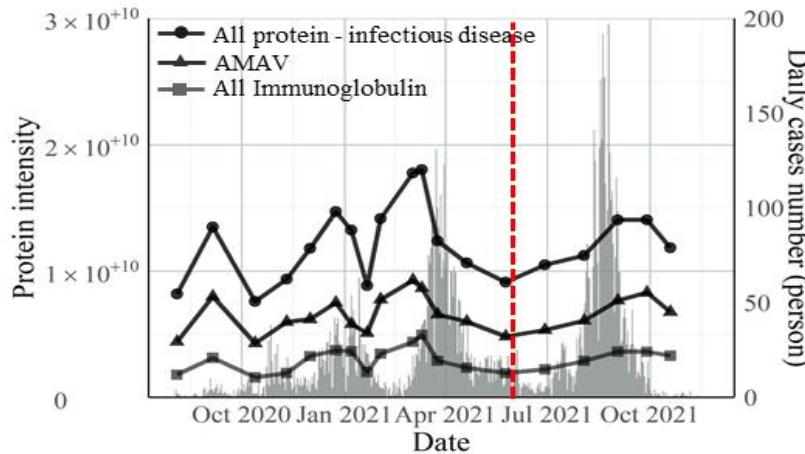
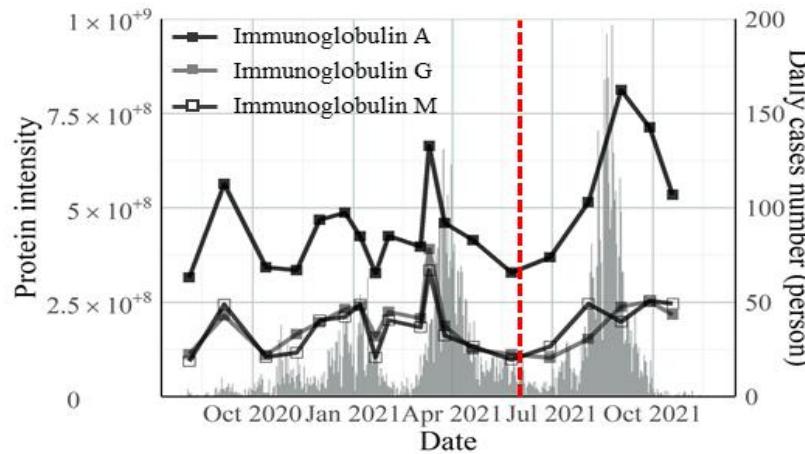
Luhur Akbar Devianto, Mohan Amarasiri, Luyao Wang, Takehito Iizuka, Daisuke Sano

Science of the Total Environment, 951, 175649, 2024.

下水プロテオーム結果



COVID-19患者数との関係



Proteins linked to COVID-19 prevalence

Identification of protein biomarkers in wastewater linked to the incidence of COVID-19

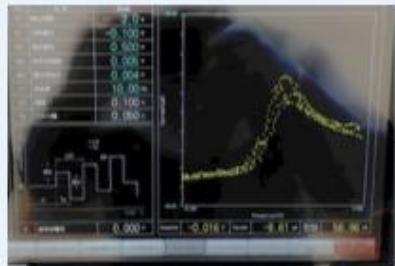
Luhur Akbar Devianto, Mohan Amarasiri, Luyao Wang, Takehito Iizuka, Daisuke Sano

Science of the Total Environment, 951, 175649, 2024.

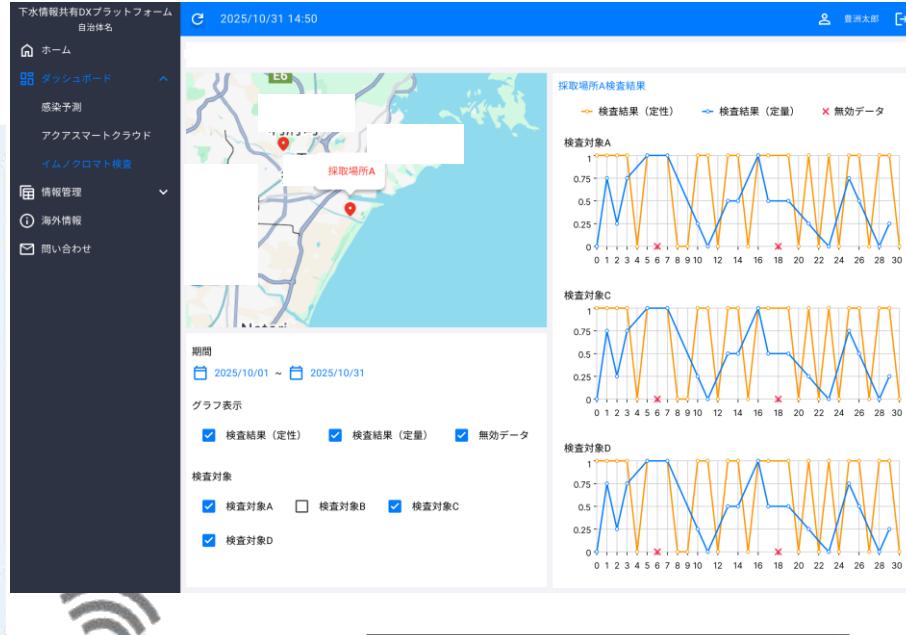
R6-7年度国土交通省B-DASH(FS)



バイオマーカーセンサー
(写真:下水道応用研究成果物)



現地で取得したデータ



遠隔型監視装置による
計測データのリアルタイム伝送
(B社保有技術)

通信技術を用いて
水処理場で得たデータを即座に
インターネットから閲覧可能にする

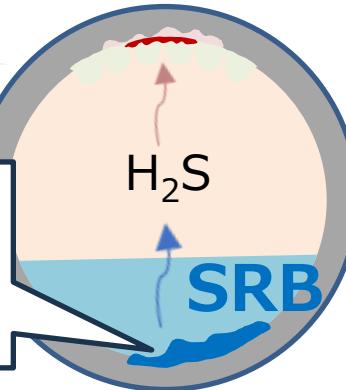
ユーザーフレンドリーな形で
「下水中の感染情報」を
届けることが可能となる



コンクリート腐食メカニズム

腐食発生

管底に生息する
硫酸塩還元細菌
による硫化水素生成



コンクリート腐食に関する下水中微生物
情報を用いた腐食リスク推定手法の開発

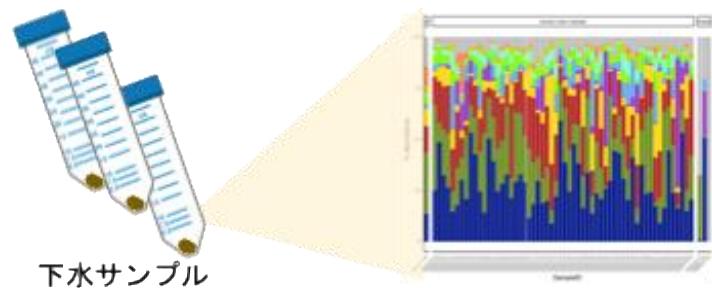
点検データ



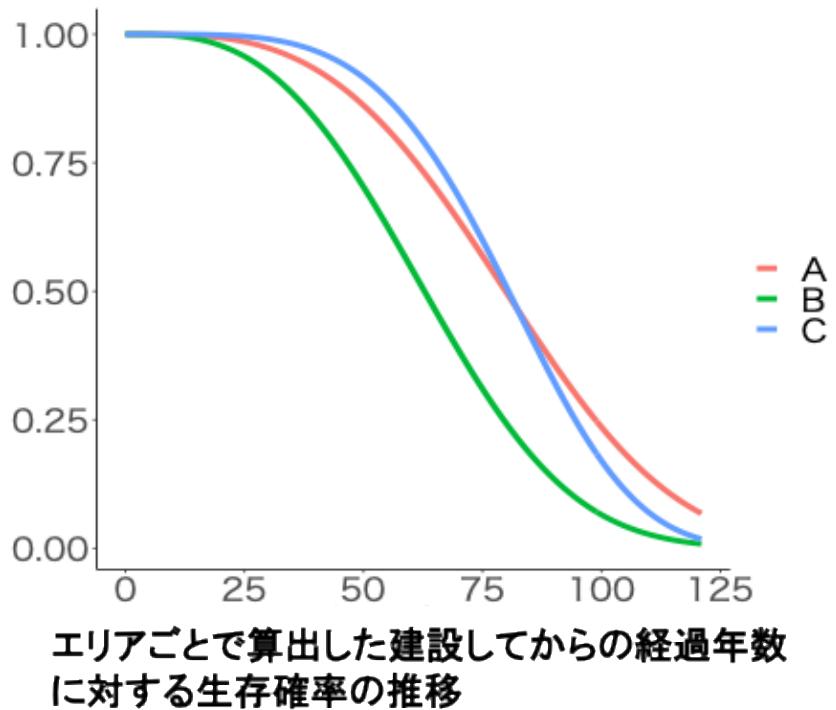
菌叢解析



(日本下水道管路管理協会)



下水管路点検データの解析

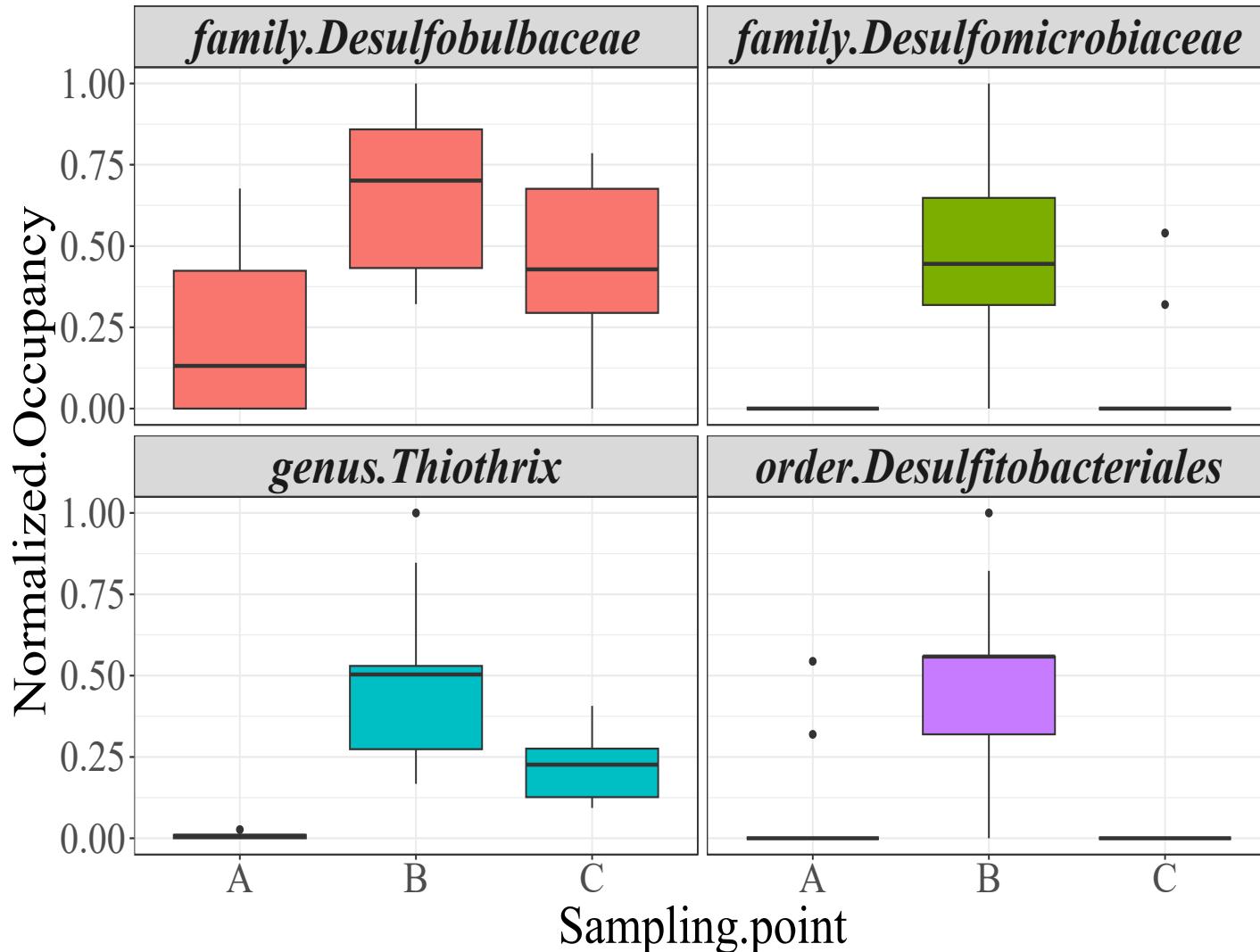


腐食スコア30未満を
生存と定義

経過年数に対する生存確率
の推移をワイブル劣化
ハザードモデルで算出

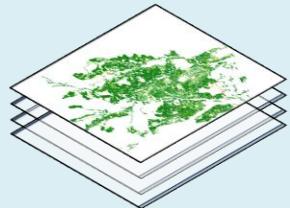
エリアBの下水管路は腐食が
速く進行する傾向

下水中硫黄関連微生物

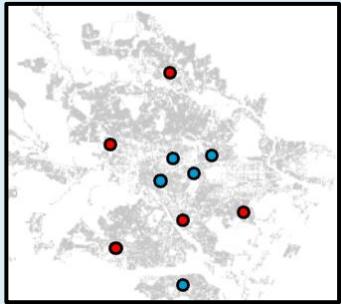


令和7年度国土交通省・上下水道科研費

Input

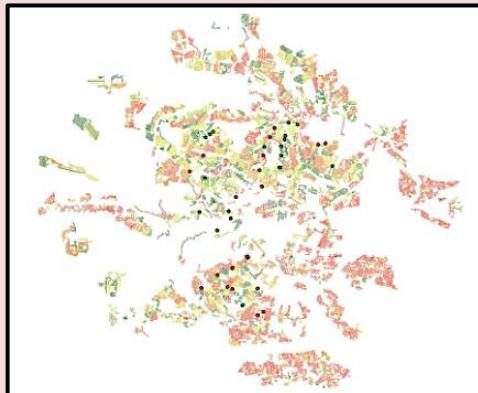
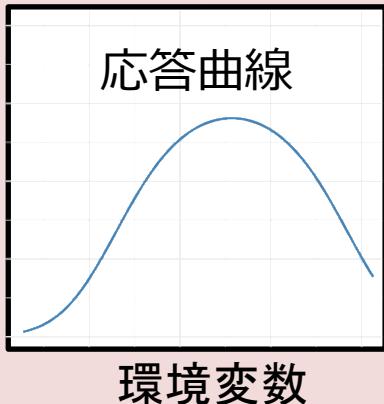


マッピングされた環境変数



Output

生息ポテンシャル



環境変数(説明変数)と生息ポテンシャルの関係を推定し、ポテンシャルマップを出力

従来のSDM:



- 目撃情報を使用し、動物をターゲットとする
- 環境水から検出されたDNAを使用し、魚類などをターゲットとする



下水中DNAへの応用:

下水中から検出されたDNAを使用し、硫酸塩還元細菌をターゲットとしたSDMを構築



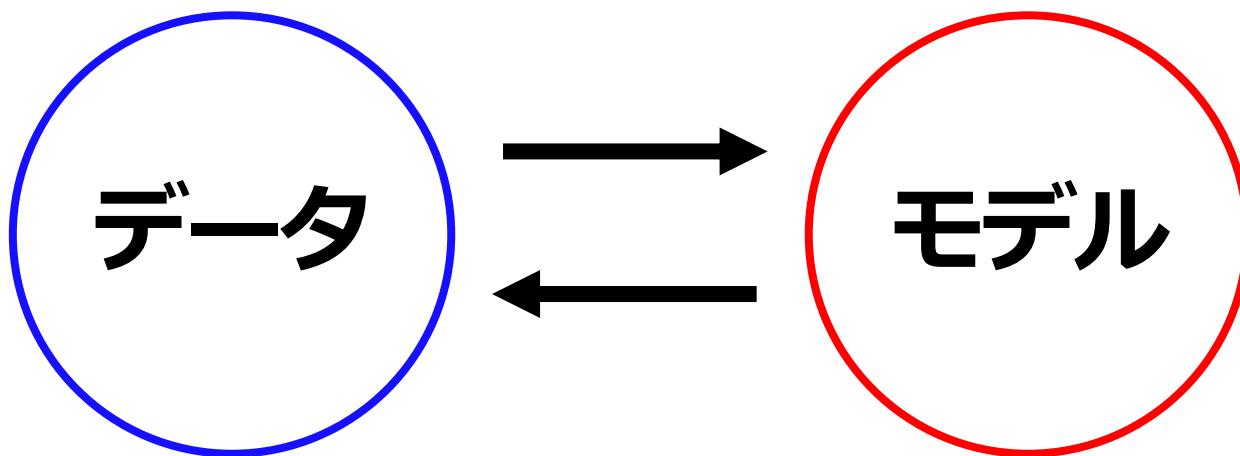
データとモデルは科学の両輪

下水情報を用いた感染症感知：

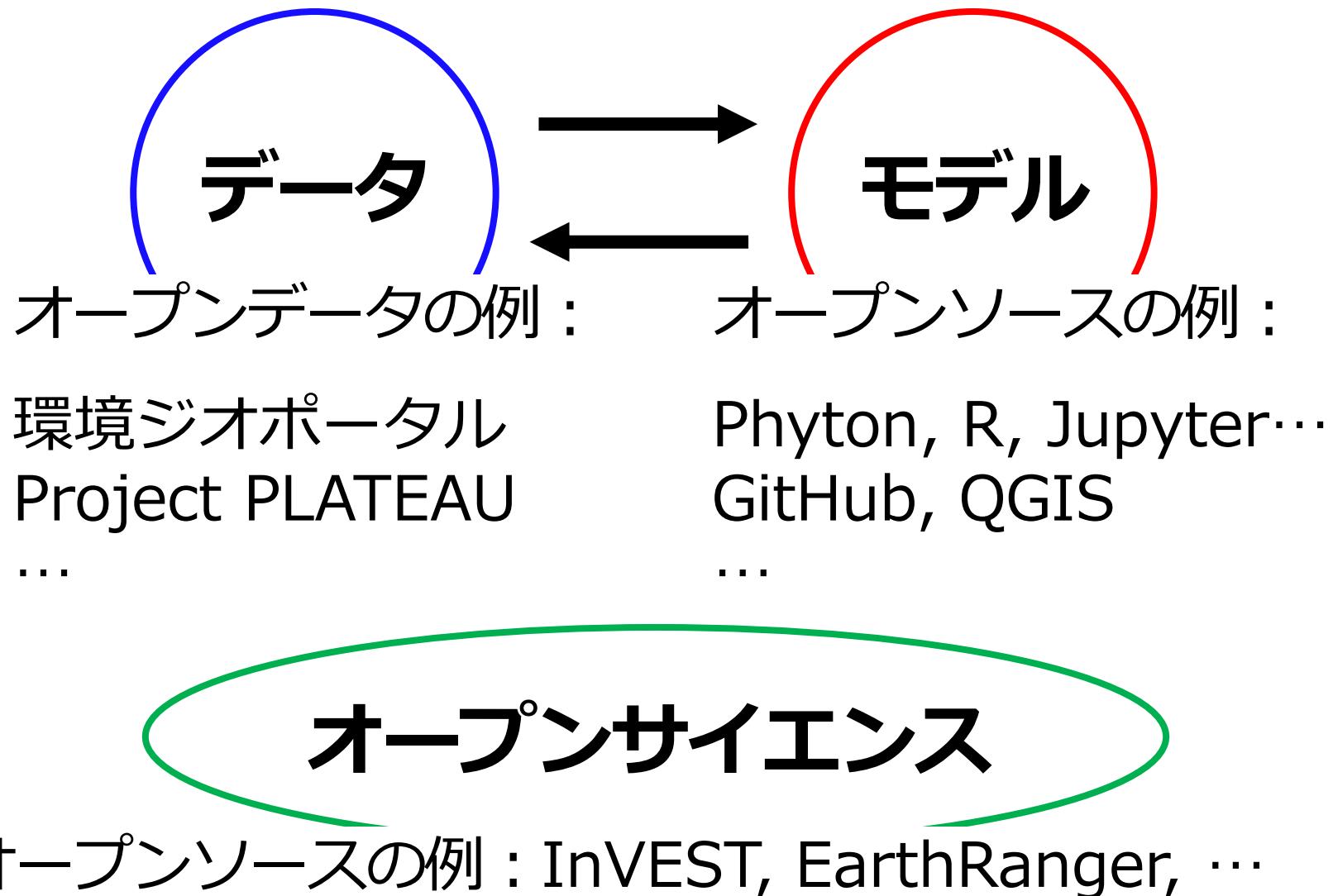
機械学習モデルを用いた感染者数予測

下水情報を用いた下水管路劣化予測：

種の分布モデルを用いた劣化ポテンシャルマッピング



オープンデータ、オープンソース、オープンサイエンス



水環境デジタルツイン研究委員会（設立準備中）

WATER ENVIRONMENT DIGITAL TWIN RESEARCH COMMITTEE



IOT SENSOR



OPEN SCIENCE



CLOUD



4. まとめ

- ・下水中新型コロナウイルスの検出陽性率等をデータとして用い、機械学習モデルによる翌週の感染陽性数を予測し、その結果を発信
- ・下水タンパク質濃度をデータとして用いたリアルタイム疾病追跡技術の開発に挑戦中
- ・下水中の硫酸還元細菌濃度をデータとして用い、種の分布モデルを適用した下水管路腐食マッピングに挑戦中
- ・水環境分野のオープンサイエンスを推進するため、水環境デジタルツイン研究委員会の設立準備中



研究室ホームページ
<https://waterqualitytohoku.com>

E-mail
daisuke.sano.e1@tohoku.ac.jp