

新規感染者数と下水中の  
新型コロナウイルスRNA濃度の相関  
(令和3年度最終報告)

# 各処理場データ順位相関について

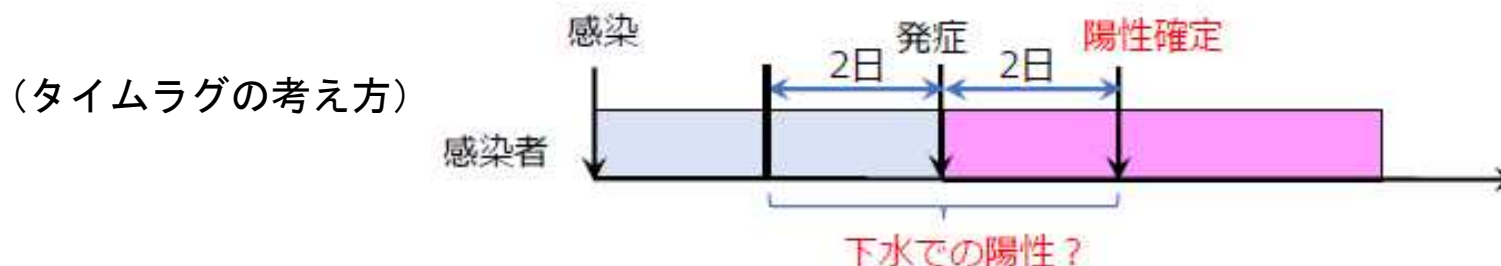
## ◆ 下水中の新型コロナウイルスRNA濃度と新規感染者数の関係

- 両データが同じ分布をしていないため、線形的な関係性は認められない。
- スピアマンの順位相関\*については、非線形であっても求められる。

### 順位相関について検討

※スピアマンの順位相関：2種類のデータの順位の一致性を示す指標。片方のデータの大きい方から順位を付けた際に、対応するもう片方のデータの順位も同様であるかどうかを判断し、同様の順位であれば相関係数が高くなる。例えば、下水中の新型コロナウイルスRNA濃度が高いときに新規感染者数も多ければ、順位相関が高い可能性がある。

- 新規感染者数（市公表日）は、新規感染者が発症した日と市の公表日にタイムラグがある。
- 自治体で公表されている推定発症日と陽性者の公表日の間のタイムラグが長い場合には、下水での迅速検知の意義があると考えられる。



- 感染者の糞便中等に排出されるウイルス量は発症日前後数日に多いと考えられる<sup>1・2)</sup>。  
注) オミクロン株については定かではない

1)井原賢、八十島誠「近畿地方の下水処理場および個別施設を対象とした新型コロナウイルスの下水疫学調査」,水環境学会誌,Vol.44,No.11,2021

2) Bo Zhao, Zaizhi Yu, Tomonori Fujita, Yoshiaki Nihei, Hiroaki Tanaka, Masaru Ihara.

Tracking community infection dynamics of COVID-19 by monitoring SARS-CoV-2 RNA in wastewater, counting positive reactions by qPCR.

medRxiv 2021.12.23.21268343; doi:https://doi.org/10.1101/2021.12.23.21268343 等

# 各処理場データ順位相関について

推定発症日と公表日の差をタイムラグとする。  
 発症日前後3日間の平均新規感染者数とすることで、ウイルス排出している人数を把握する。

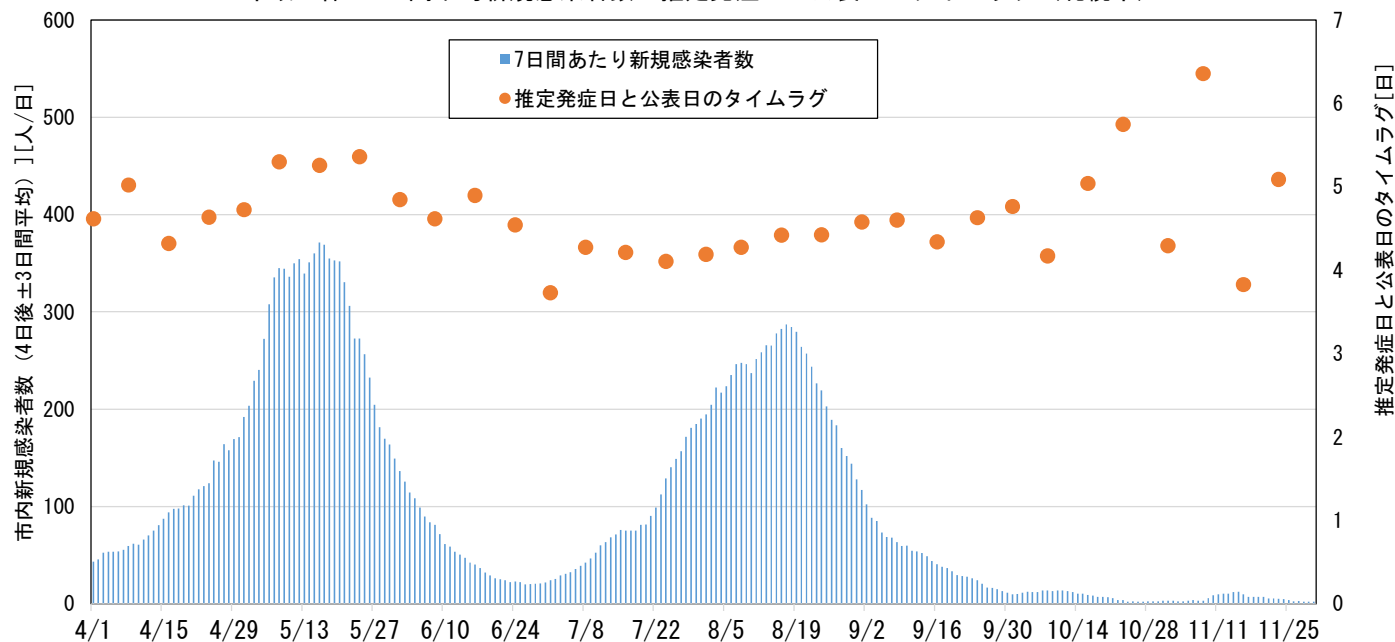
推定発症日と新規感染者数公表日の差※

(2021年4月～11月)

札幌市	4.7 日
仙台市	4.0 日
H市	3.6 日
J市	3.9 日
平均	4.0 日

新規感染者数：  
 公表日とのずれ日数±3日間平均の新規感染者数に  
 対する下水中の新型コロナウイルスRNA濃度との  
 関係を調査

市域全体の7日間平均新規感染者数と推定発症日・公表日のタイムラグ（札幌市）



(参考・  
 札幌市の場合)

※推定発症日と公表日の差は、地方公共団体の業務体制に応じて変化すると考えられる。  
 →新型コロナウイルス感染症対策アドバイザリーボードの資料によると、HER-SYS報告では、2021年1月頃：3日程度のずれ、7月頃：2日程度のずれ に改善されている。

# 解析の前提条件

- 下水中の新型コロナウイルスRNA濃度（または下水中の新型コロナウイルス）に対して、公表日から1日ごとに6日後まで日数をずらした7日間平均新規感染者数について、それぞれ相関係数（順位相関）、 $p$ 値を求め、もっとも相関が高いケースを採用。
- 下水中の新型コロナウイルスRNA濃度について、定量下限値未満のケースでは、定量下限値の約半分の数値を設定
- 不検出の数値も相関分析に採用(H市の一部のデータを除く)

$R_s$ ：両データの順位に対する相関係数。順位が一致しているほど1.0に近くなる

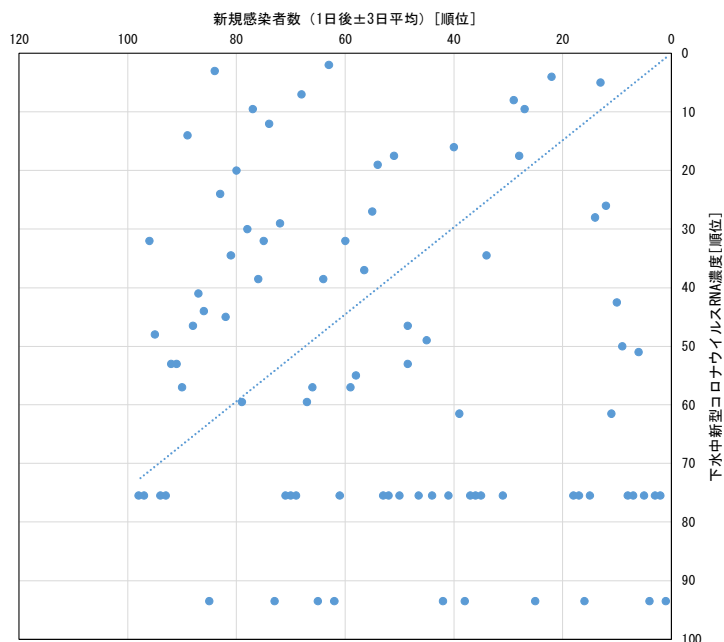
$p$ 値：帰無仮説が正しいと仮定した場合に帰無仮説が生じる確率（帰無仮説：棄却したい仮説）

ここでは相関係数が0である(無関係である)ことを帰無仮説とするため、 $p$ 値が高ければこの相関係数が意味のないものとなる。

# 新型コロナウイルスRNA濃度との順位相関（札幌市）

※下水中新型コロナウイルス分析手法：北大・シオノギ法（仮称）

下水中新型コロナウイルスRNA濃度順位と7日間平均新規感染者数順位の関係（ずれ日数1日）

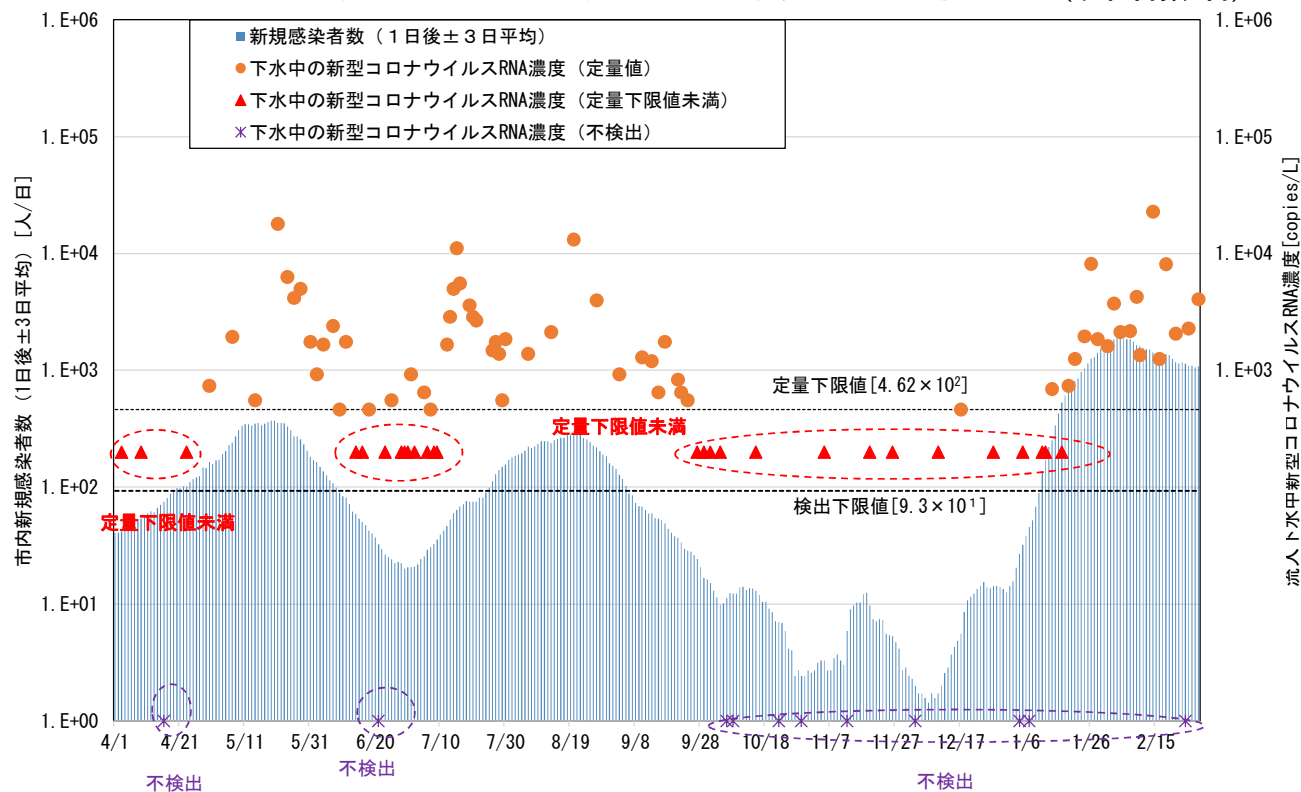


## ●順位相関

ずれ日数	Rs	p 値
1日後	0.666	7.07E-14
2日後	0.656	2.27E-13
3日後	0.640	1.31E-12
4日後	0.615	1.59E-11
5日後	0.596	9.94E-11
6日後	0.564	1.85E-09

※ずれ日数1日が最も p 値が低い

下水中新型コロナウイルスRNA濃度と7日間平均新規感染者数（札幌市）（ずれ日数1日）



結果

順位相関係数  $R_s : 0.67$  ( $p$ 値= $7.1 \times 10^{-14} < 0.05$ )  
⇒ 正の相関有

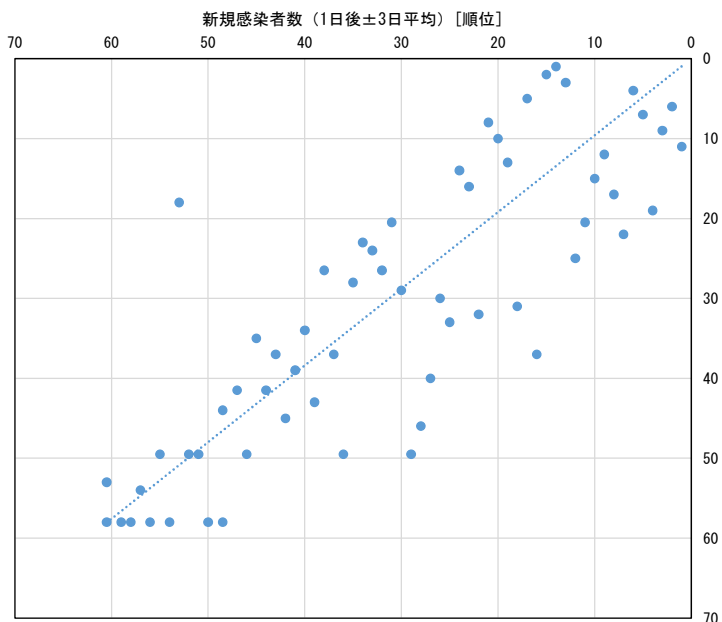
考察

- 下水中の新型コロナウイルスRNA濃度を定量値で得られている日数が多く、新規感染者数の少ない時期に不検出・定量下限値未達が多いため相関が得られていると考えられる。
- 相関係数が他都市と比べて小さい要因として、第5波(7月～9月)に2回の濃度のピークがあることが可能性として考えられる。

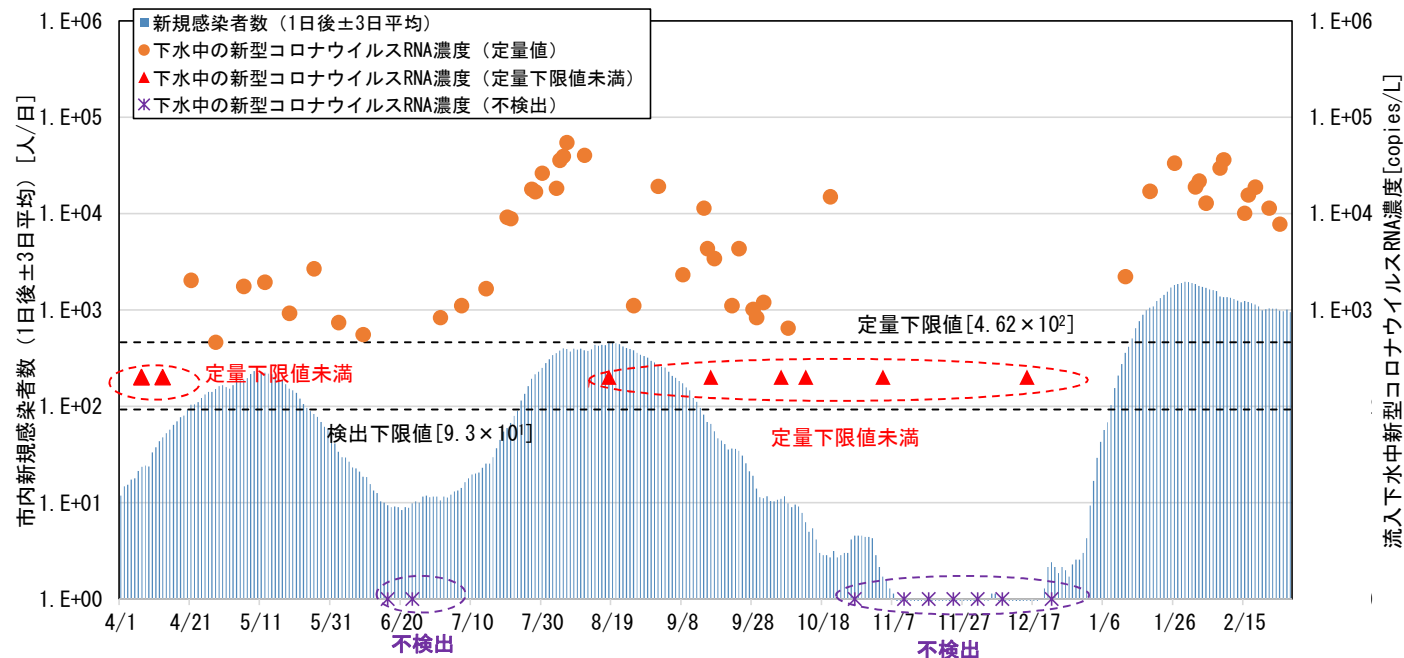
# 新型コロナウイルスRNA濃度との順位相関 (I市)

※下水中新型コロナウイルス分析手法：北大・シオノギ法 (仮称)

下水中新型コロナウイルスRNA濃度順位と7日間平均新規感染者数順位の関係 (ずれ日数1日)



下水中新型コロナウイルスRNA濃度と7日間平均新規感染者数 (I市) (ずれ日数1日)



## ●順位相関

ずれ日数	Rs	p 値
1日後	0.834	6.63E-17
2日後	0.828	1.80E-16
3日後	0.827	2.15E-16
4日後	0.822	4.60E-16
5日後	0.825	3.01E-16
6日後	0.827	2.31E-16

※ずれ日数1日が最も p 値が低い

結果

順位相関係数  $R_s : 0.83$  (p値 :  $6.6 \times 10^{-17} < 0.05$ )  
⇒強い正の相関がみられる

考察

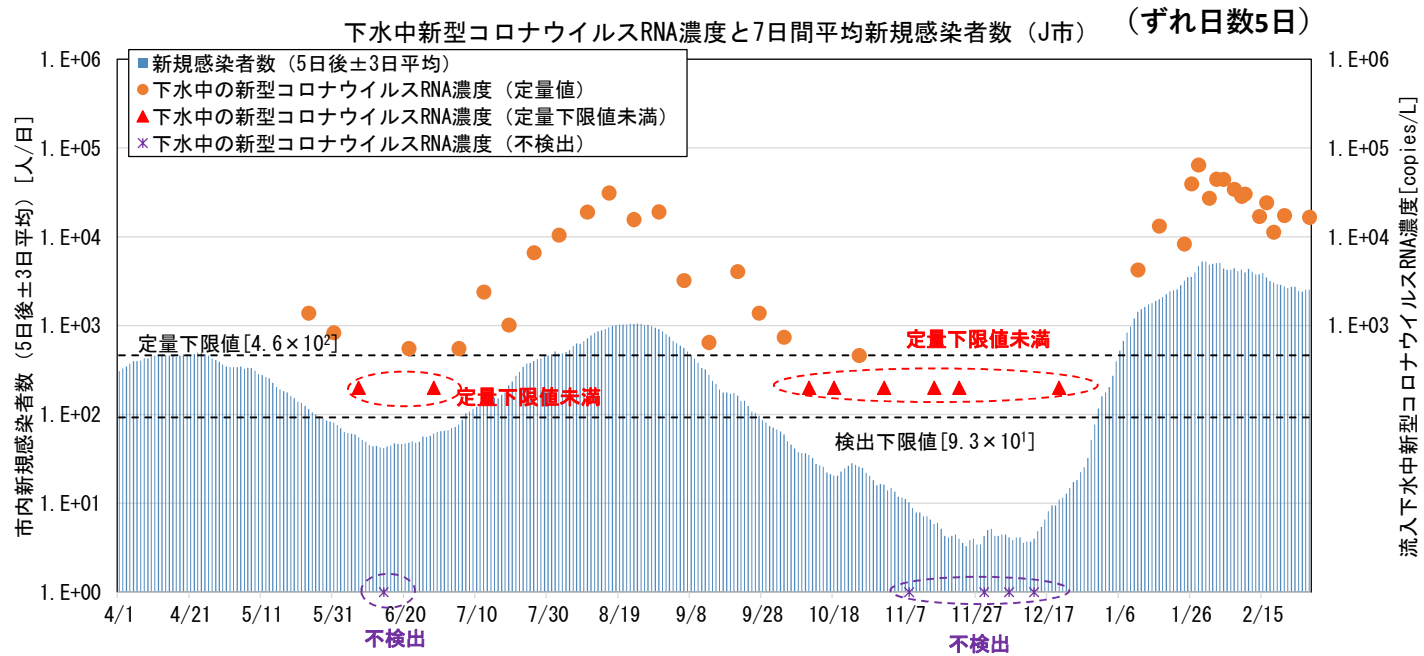
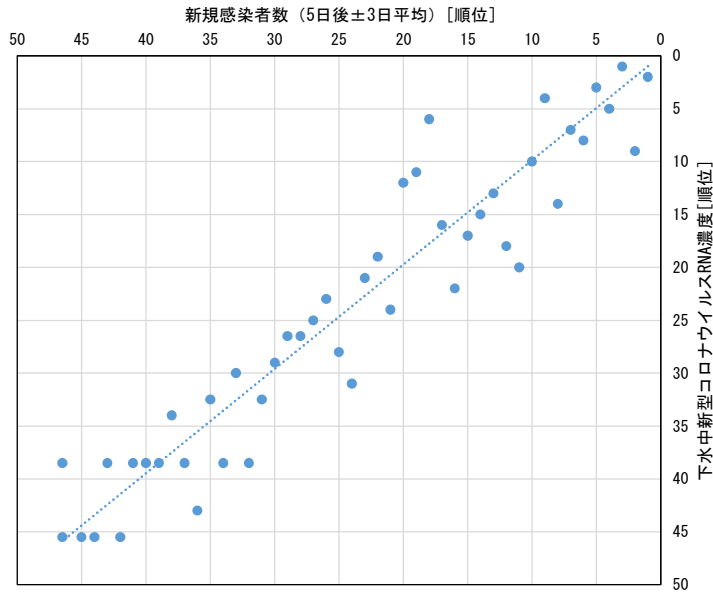
- 下水中の新型コロナウイルスRNA濃度を定量値で得られている日数が多く、第4波、第5波時の7日間平均新規感染者数の動向と下水中新型コロナウイルスRNA濃度の動向が同様であることから高い相関が得られていると考えられる。
- 6月は一定の新規感染者がいるものの不検出が得られており、そのことの要因として、採水における不確実性(試料中のウイルスの有無など)が可能性として考えられる。



# 新型コロナウイルスRNA濃度との順位相関 (J市)

※下水中新型コロナウイルス分析手法：北大・シオノギ法 (仮称)

下水中新型コロナウイルスRNA濃度順位と7日間平均新規感染者数順位の関係 (ずれ日数5日)



## ●順位相関

ずれ日数	Rs	p 値
1日後	0.941	9.90E-23
2日後	0.939	1.82E-22
3日後	0.941	8.77E-23
4日後	0.945	1.62E-23
5日後	0.946	1.08E-23
6日後	0.945	1.88E-23

**結果**

順位相関係数  $R_s : 0.95$  (p値 :  $1.1 \times 10^{-23} < 0.05$ )  
⇒強い正の相関がみられる

**考察**

- 7日間平均新規感染者数と下水中新型コロナウイルスRNA濃度の動向が概ね同様であることから高い相関が得られていると考えられる。
- I市と同様に波の谷間では不検出が得られており、新規感染者数が少なくなることで採水試料からウイルスRNAが検出されないケースは、特定の都市だけに見られる結果ではないと考えられる。

※ずれ日数5日が最も p 値が低い

# 解析結果のまとめ（RNA濃度と新規感染者数の関係）

## 下水中の新型コロナウイルスRNA濃度と7日間平均新規感染者数の関係・解析結果のまとめ

自治体	下水中の新型コロナウイルスRNA濃度 2月時（前回）					下水中の新型コロナウイルスRNA濃度 3月（今回）				
	データ数 ※1	順位相関 係数 Rs	p値※2	相関の有無	相関性の 高いずれ 日数※3	データ数 ※1	順位相関 係数 Rs	p値※2	相関の有無	相関性の 高いずれ 日数※3
札幌市	90	0.68	$1.1 \times 10^{-13}$	正の相関	1日	98	0.67	$7.1 \times 10^{-14}$	正の相関	1日
I市	54	0.83	$7.6 \times 10^{-15}$	強い正の 相関	1日	61	0.83	$6.6 \times 10^{-17}$	強い正の 相関	1日
J市	37	0.94	$3.7 \times 10^{-18}$	強い正の 相関	2日	47	0.95	$1.1 \times 10^{-23}$	強い正の 相関	5日

赤字：今回更新箇所

※1：いずれのデータ数も不検出を含むデータ数。

※2：相関係数の信頼を示す値。今回、 $<0.05$ （5%棄却）であれば解析上問題ない。

※3：P.4～P.6参照

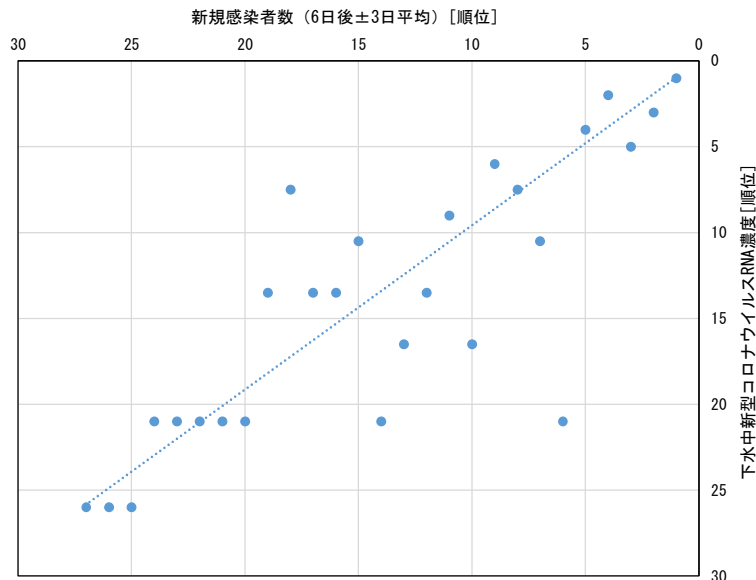
相関の解析に用いている新規感染者数は公表日ベース



# 令和3年12月以降 新型コロナウイルスRNA濃度との順位相関（横浜市）

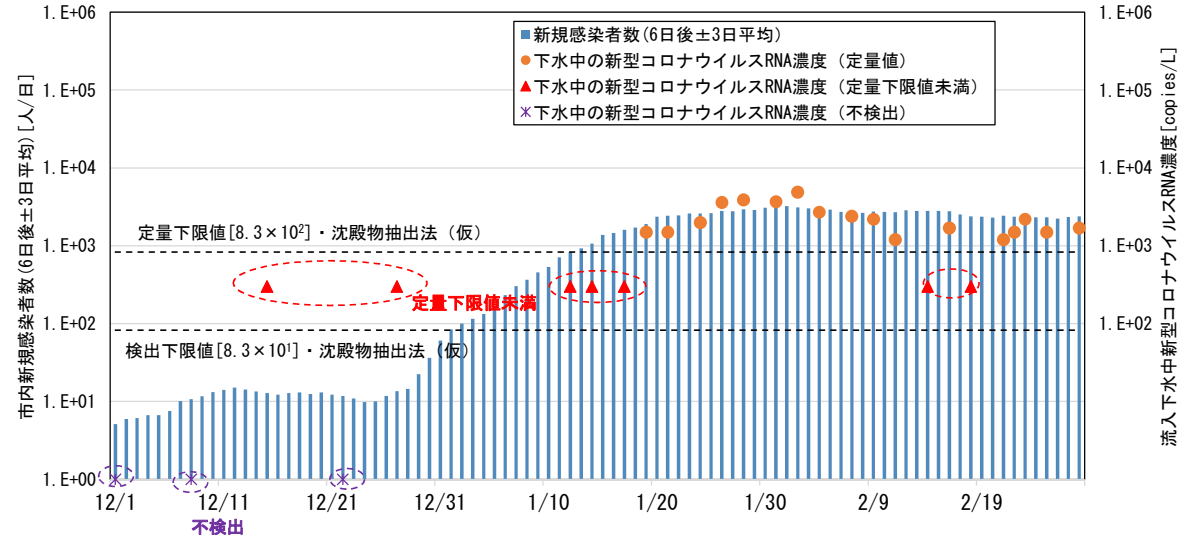
- 令和4年1月以降、定量値の検出結果と陽性率100%の結果が増加し、令和3年度全体を通じて陽性率、濃度のどちらかで順位相関をとることが困難
- 令和3年12月以降の新型コロナウイルスRNA濃度との順位相関を確認

下水中新型コロナウイルスRNA濃度の順位と7日間平均新規感染者数順位の関係（ずれ日数6日）



※下水中新型コロナウイルス分析手法：PEG沈殿法、沈殿物抽出法（仮）

下水中新型コロナウイルスRNA濃度と7日間平均新規感染者数（横浜市・第6波のみ）（ずれ日数6日）



## ●順位相関

ずれ日数	Rs	p値
1日後	0.685	8.00E-05
2日後	0.710	3.39E-05
3日後	0.741	9.82E-06
4日後	0.765	3.41E-06
5日後	0.786	1.16E-06
6日後	0.827	1.03E-07

結果

順位相関係数  $R_s : 0.83$  (p値 :  $1.0 \times 10^{-7} < 0.05$ )  
⇒正の相関がみられる

考察

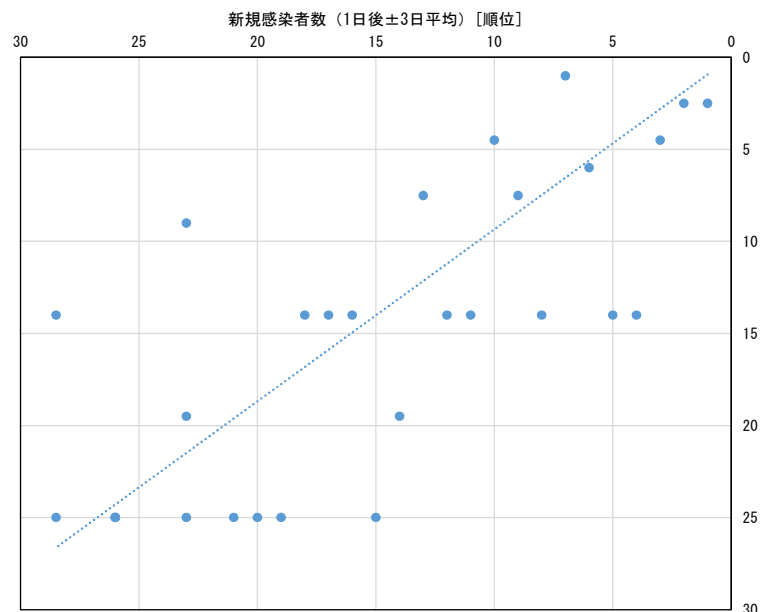
新型コロナウイルスRNA濃度の増減動向と7日間平均新規感染者数の動向について、第6波時には定量値が多く検出されており、定量下限値未満及び不検出時を考慮すると、両者の増減動向が同様であることから正の相関が得られたと考えられる。

※ずれ日数6日が最も p 値が低い

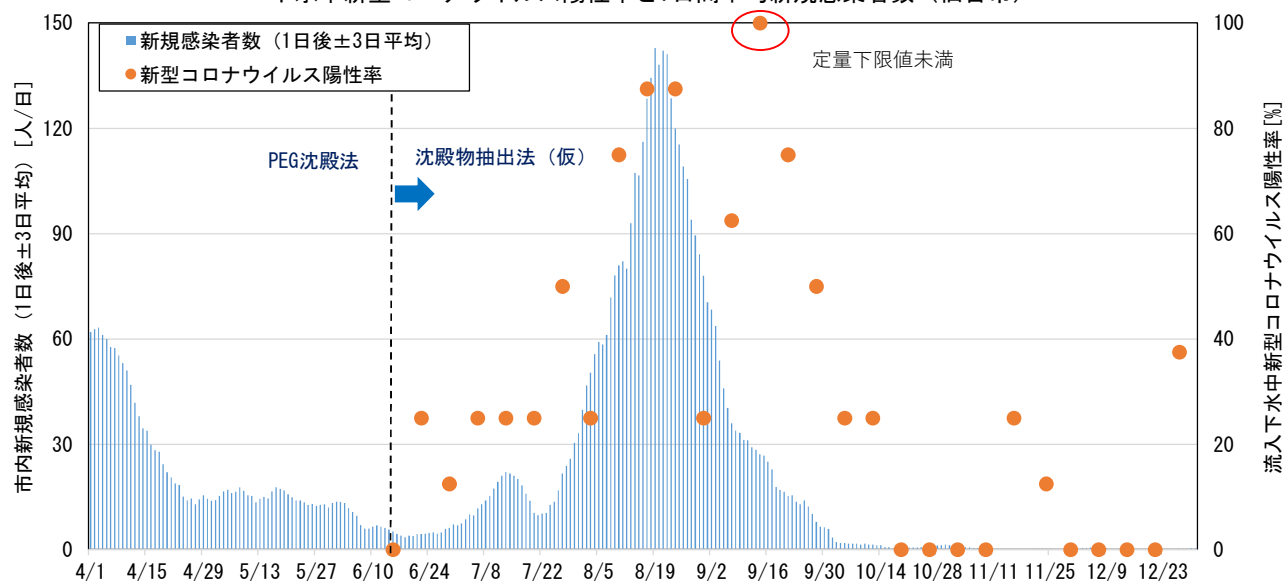
# 陽性率との順位相関（仙台市）

※下水中新型コロナウイルス分析手法：PEG沈殿法、沈殿物抽出法（仮）

下水中新型コロナウイルス陽性率順位と  
7日間平均新規感染者数順位の関係（ずれ日数1日）



下水中新型コロナウイルス陽性率と7日間平均新規感染者数（仙台市）（ずれ日数1日）



陽性率：測定ウェル数のうち、陽性と判定された（1コピー以上検知された）ウェル数の割合  
 今回調査では、仙台市、横浜市、H市に対し、N1：4ウェル、N2：4ウェルの複数ウェル測定を実施  
 ※N1,N2はプライマーセットのCDC-N1、CDC-N2

## ●順位相関

ずれ日数	Rs	p 値
1日後	0.708	1.748E-05
2日後	0.704	2.043E-05
3日後	0.689	3.566E-05
4日後	0.687	3.811E-05
5日後	0.651	1.301E-04
6日後	0.668	7.626E-05

※ずれ日数1日が最も p 値が低い

## 結果

順位相関係数 Rs : 0.71 (p値 :  $1.75 \times 10^{-5} < 0.05$ )  
 ⇒ 正の相関がみられる

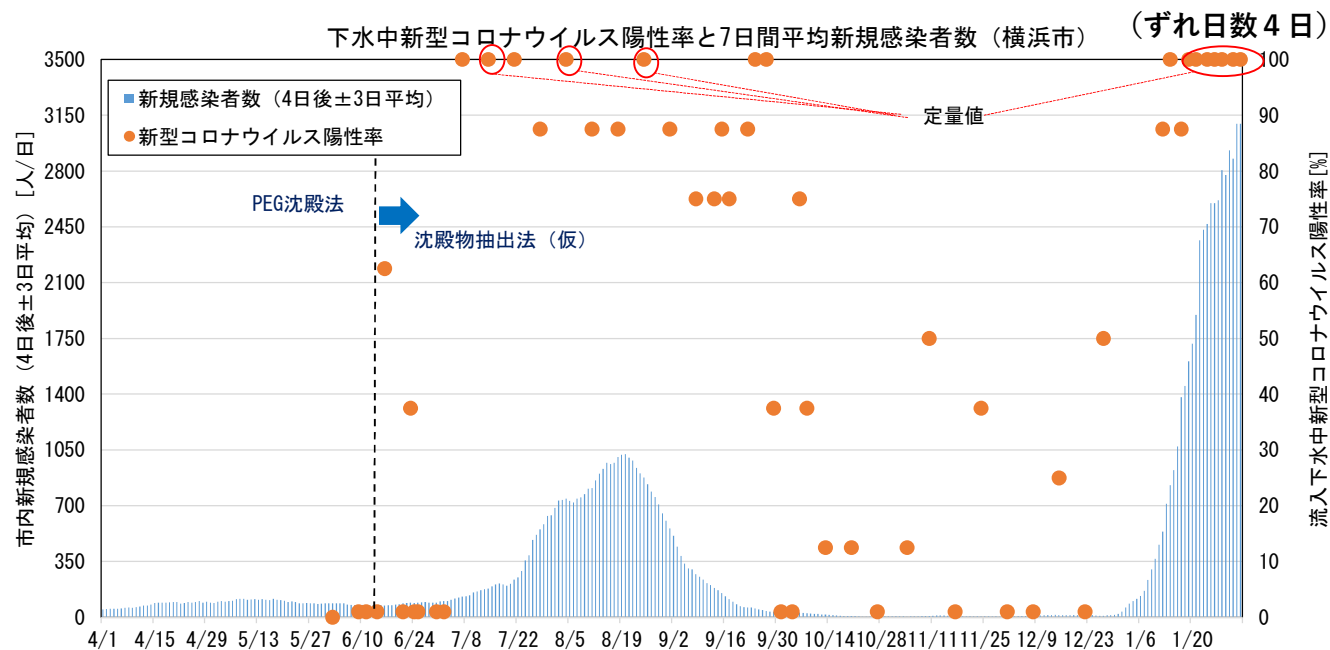
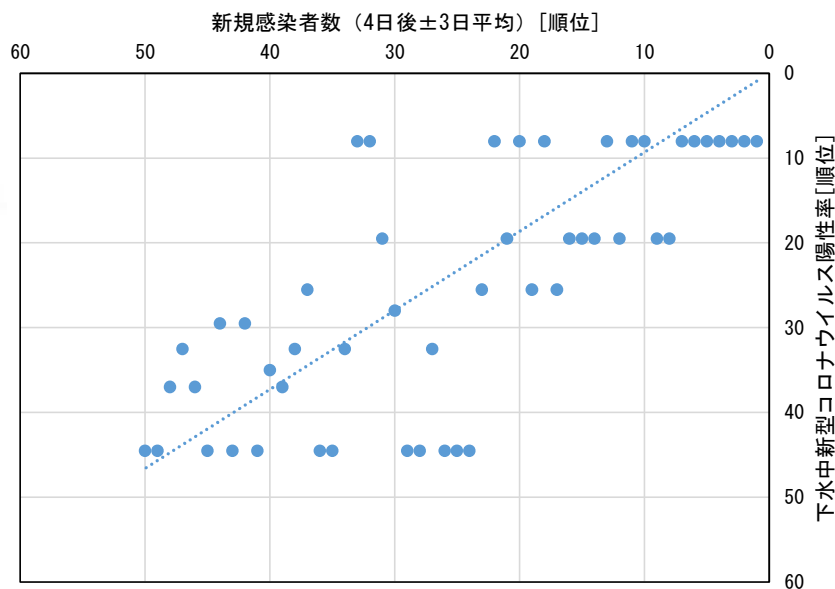
- 6/15以降、複数ウェルデータを測定

## 考察

- 陽性率の増減動向と7日間平均新規感染者数の動向について、7月～8月の第5波の際に比較的合致していることから、正の相関が得られたと考えられる。

※下水中新型コロナウイルス分析手法：PEG沈殿法、沈殿物抽出法（仮）

下水中新型コロナウイルス陽性率順位と  
7日間平均新規感染者数順位の関係（ずれ日数4日）



●順位相関

ずれ日数	Rs	p 値
1日後	0.692	2.58E-08
2日後	0.692	2.60E-08
3日後	0.698	1.76E-08
4日後	0.703	1.27E-08
5日後	0.695	2.16E-08
6日後	0.691	2.80E-08

結果

順位相関係数  $R_s : 0.70$  (p値 :  $1.27 \times 10^{-8} < 0.05$ )  
⇒ 正の相関がみられる

考察

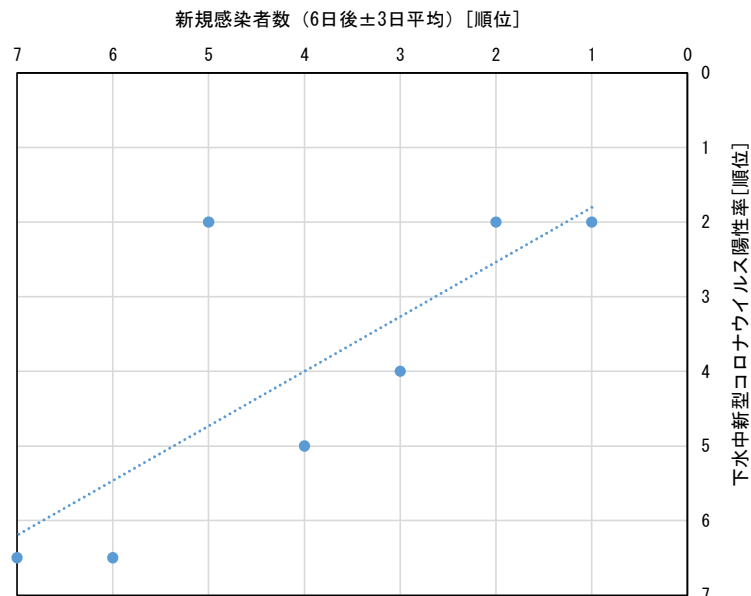
- 6/15以降の沈殿物抽出法（仮）以降
- 陽性率の増減動向と7日間平均新規感染者数の動向について、7月～8月の第5波時、1月以降の第6波時には陽性率100%が複数検出されており、両者の増減動向が同様であることから正の相関が得られたと考えられる。

※ずれ日数4日が最も p 値が低い

# 陽性率との順位相関 (H市)

## ※沈殿物抽出法 (仮) の結果

下水中新型コロナウイルス陽性率順位と  
7日間平均新規感染者数順位の関係 (ずれ日数6日)



### ●順位相関

ずれ日数	Rs	p 値
1日後	0.493	0.260
2日後	0.402	0.371
3日後	0.402	0.371
4日後	0.402	0.371
5日後	0.485	0.270
6日後	0.753	0.051

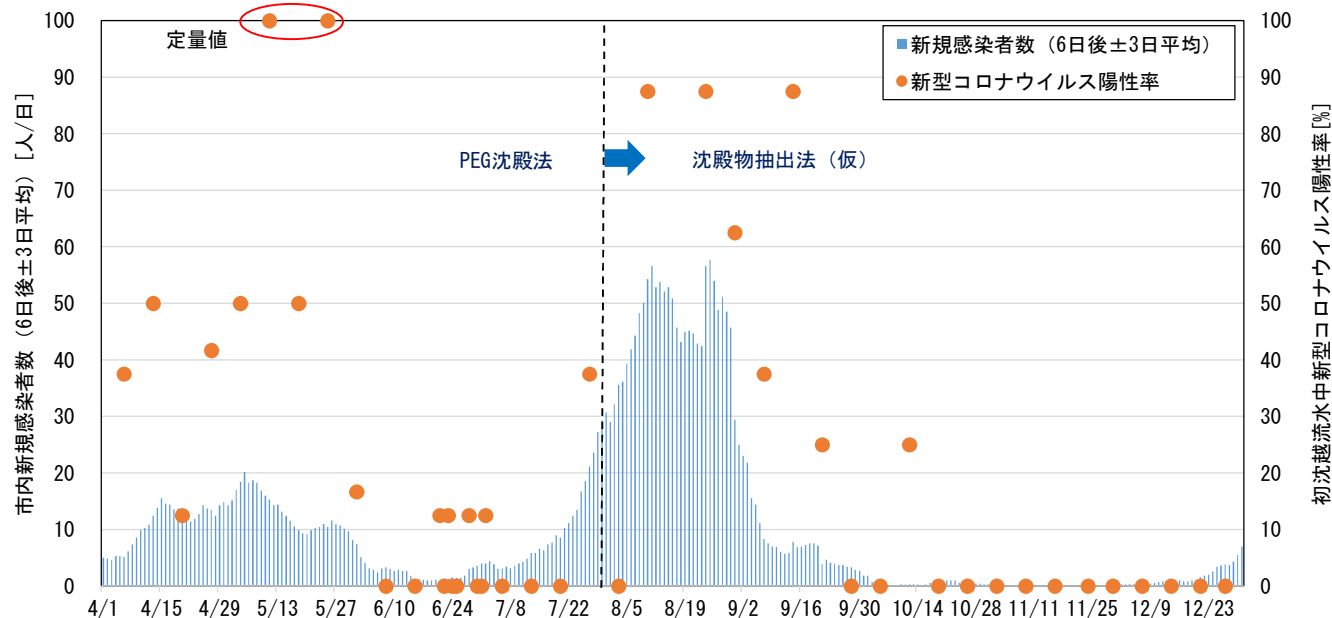
※ずれ日数6日が最も p 値が低い  
※p値がいずれも0.05を上回っている。  
(PEG沈の結果も同様)

**結果**

**考察**

※下水中新型コロナウイルス分析手法：PEG沈殿法、沈殿物抽出法 (仮)

下水中新型コロナウイルス陽性率と7日間平均新規感染者数 (H市) (ずれ日数6日)



順位相関係数  $R_s : 0.75$  (p値 :  $0.051 > 0.05$ )  
⇒ 相関なし (p値高い)

- 7月～8月の第5波時に分析手法を切り替えたため、第5波後半からの相関関係を検討

- 第5波後半における陽性率の減少と7日間平均新規感染者数の動向は比較的合っているものの、その後不検出が続いたため、相関が得られにくい状況となったと考えられる。

# 順位相関（陽性率と新規感染者数の関係）

## 下水中の新型コロナウイルス陽性率と7日間平均新規感染者数の関係・解析結果のまとめ

（相関の解析に用いている新規感染者数は公表日ベース）

自治体	陽性率 12月公表時					陽性率 2月				
	データ数 ※1	順位相関 係数 Rs	p 値※2	相関の有無	相関性の 高いずれ 日数※3	データ数 ※1	順位相関 係数 Rs	p 値※2	相関の有無	相関性の 高いずれ 日数※3
札幌市	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
仙台市	25	0.75	$1.9 \times 10^{-5}$	正の相関	1日	29	0.71	$1.8 \times 10^{-5}$	正の相関	1日
横浜市	26	0.35	0.028	弱い正の 相関	4日	50	0.70	$1.3 \times 10^{-8}$	正の相関	4日
H市 ※4	11 7	0.56 0.75	0.076 0.051	相関なし	— —	11 7	0.56 0.75	0.076 0.051	相関なし	— —
I市	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
J市	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

- ※1：いずれのデータ数も不検出を含むデータ数とするが、H市のみ陽性率がプラスとなっているデータ数。  
（H市は分析法が感染傾向情報の途中で変わっているため、p値が極端に高くなり、関係性が得られないため）
- ※2：相関係数の信頼を示す値。今回、 $<0.05$ （5%棄却）であれば解析上問題ない。
- ※3：P.9～P.11参照
- ※4：上段：PEG沈殿法、下段：沈殿物抽出法 による結果



# 資料4のまとめ

## ●結論

推定発症日と公表日のタイムラグを考慮するとともに、新規感染者数の7日間移動平均値を用いた**順位相関**により分析した結果、以下のことが分かった。

### ○濃度

- 解析を実施した5つの都市の内、4つの都市において、7日間平均新規感染者数と下水中の新型コロナウイルスRNA濃度との間に有意な相関があることが確認できた。【P.7,8】  
(※内1都市の検討結果については非公表であるが、相関が得られなかった。)

### ○陽性率

- H市を除く2つの都市において、下水中の新型コロナウイルス陽性率と7日間平均新規感染者数との間に有意な相関があることが確認できた。【P.12】

## ●考察

- 公表日から日数をずらした新規感染者数について、下水中の新型コロナウイルスRNA濃度あるいは下水中の新型コロナウイルス陽性率との順位相関があることが分かったため、下水の分析を速やかに行うことで、新規感染者数の公表に先立ち、新規感染者数の動向を捉えられる可能性があるのではないか。
- 年間を通じた下水の分析結果を用いて解析を行い、上記の相関性があることが分かったが、波ごとに相関性を検討することで、波ごとの特徴を掴むことができるのではないか。



# 謝辞

本資料の作成にあたり、下水の採取にご協力いただいた自治体、下水の分析結果をご提供いただいた札幌市、東北大学 佐野教授に感謝申し上げます。