

# 下水処理場への流入水に対する調査結果 (令和4年度最終報告)

## 処理場定期調査概要

## 調査概要

- ◆ 対象処理場 : 6自治体×1処理場
- ◆ サンプルング方法 : グラブ（スポット）サンプルング又はコンポジットサンプルング
- ◆ サンプルング時間帯 : 自治体の採水するタイミング

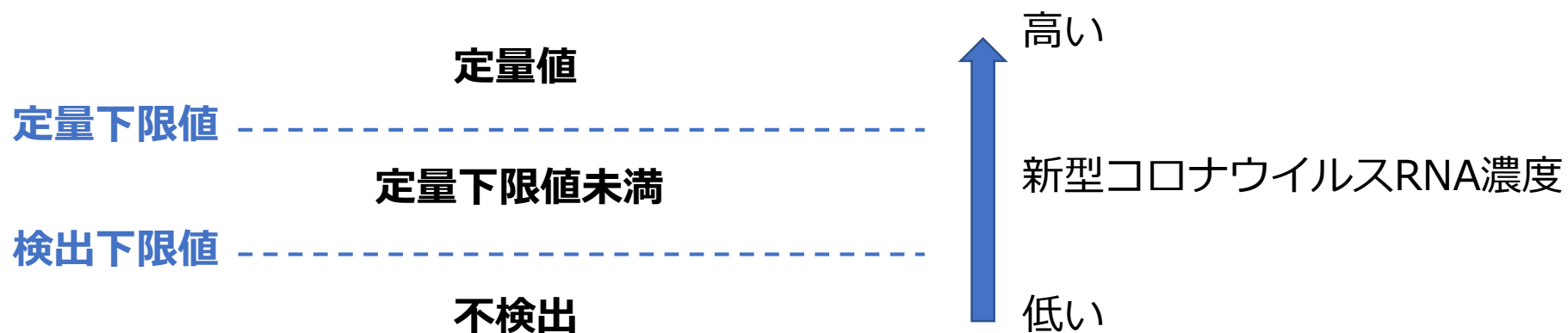
※グラブ（スポット）サンプルング : 一定時（基本的に午前中）に瞬間的に採水。  
 コンポジットサンプルング : 一定時間（1～2時間）ごとの採水試料を混合したもの。

## 対象都市・処理場

対象都市	処理区 面積[ha]	処理人口 (H30)[人]	排除方式	日平均処理水量 (H30) [m3/日]	生活系・営業系の 水量割合（事業計画）
札幌市	3,700	336,000	合流一部分流	152,000	生活系：44%、営業系：43%
仙台市	11,000	750,000	分流一部合流	275,000	生活系：56%、営業系：14%
横浜市	900	112,000	分流一部合流	54,000	生活系：41%、営業系：25%
H市	1,400	107,000	分流一部合流	48,000	生活系：69%、営業系：1%
I市	2,700	365,000	合流一部分流	201,000	生活系：75%、営業系：8%
J市	3,200	341,000	合流一部分流	170,000	生活系：47%、営業系：10%

## 【参考】分析値の表現について

- 下水中の新型コロナウイルスRNA濃度について、定量値で検出された場合は定量値を示すが、定量下限値未満または検出下限値未満であった場合、以下の表現とする。  
定量下限値未満については、陽性ではあるが数値に対する保証がないため、グラフ上は見かけ上一定値で示す。



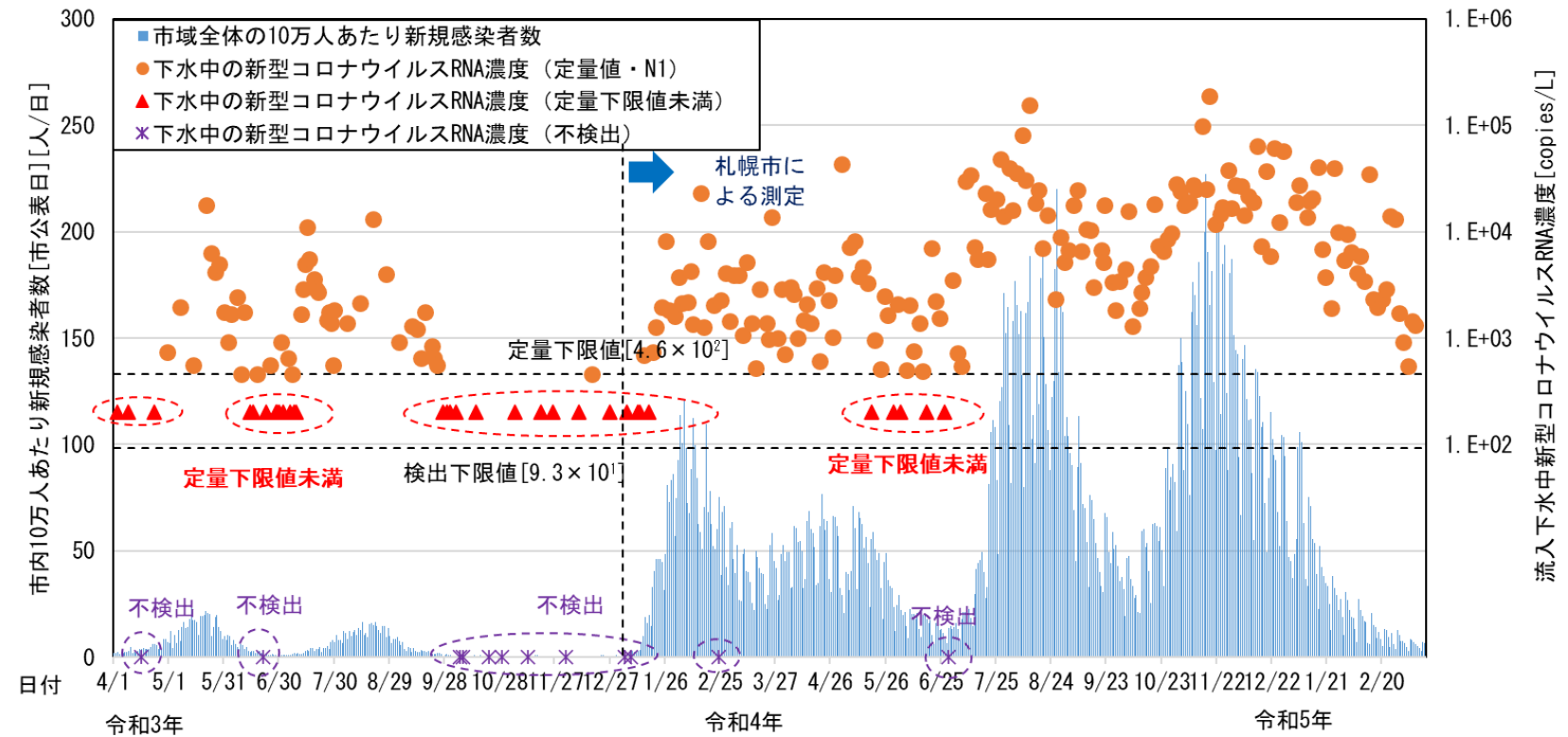
※定量下限値及び検出下限値は、分析手法及び試料容量によって異なる。  
今回分析の定量下限値は、各都市のグラフ上に示した。

※仙台市、H市のみN1,N2の調査を行っており、両プライマーの調査結果を整理した。

# 処理場採水分析結果（札幌市・N1）

※下水中新型コロナウイルス分析手法：EPISENS-S法

下水中新型コロナウイルスRNA濃度と市域全体の10万人あたり新規感染者数（札幌市）



※1月以降は札幌市による測定値（手法は同じ）

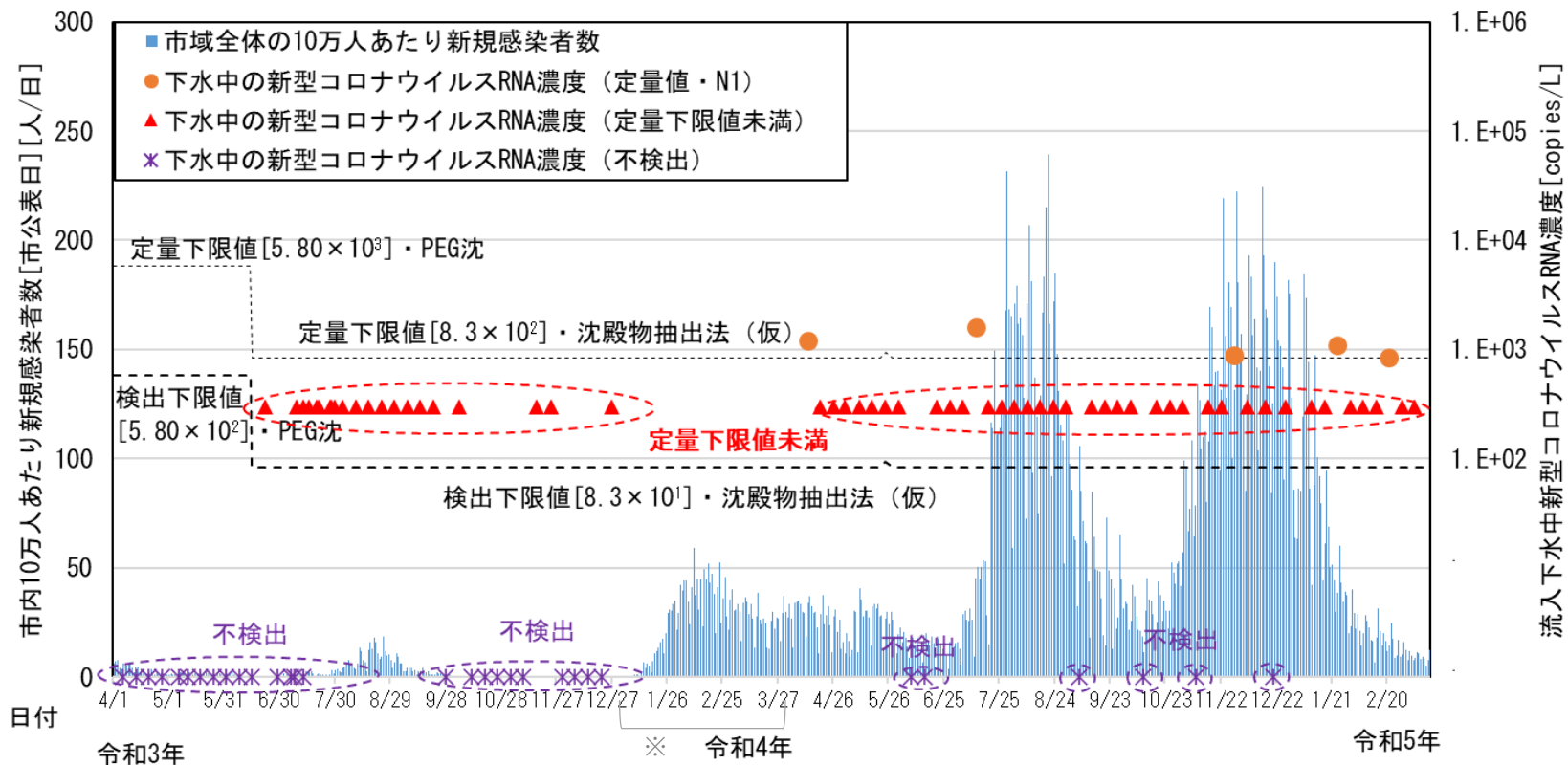
新規感染者数：自治体HPより（市域全体）、R4.9/26の全数届出見直し後も新規感染者数の把握は継続

- 令和4年1月からの第6波以降において継続して定量値が検出されている。
- 第7波以降においては、10万人あたりの感染者数が50人を下回っても、定量値が検出されている。
- 第7波以降において感染者数が大幅に増加した場合、測定値も1桁上がる傾向がみられる。

# 処理場採水分析結果（仙台市・N1）

※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

下水中新型コロナウイルスRNA濃度と市域全体の10万人あたり新規感染者数（仙台市・N1）



新規感染者数：自治体HPより（市域全体）、R4.9/26の全数届出見直し後も新規感染者数の把握は継続

※令和4年1月～3月：国土交通省としては採水未実施  
東北大学で採水・分析調査を実施  
※令和4年5月24日採水分：定量下限値 $[9.3 \times 10^2]$ 、検出下限値 $[9.3 \times 10^1]$

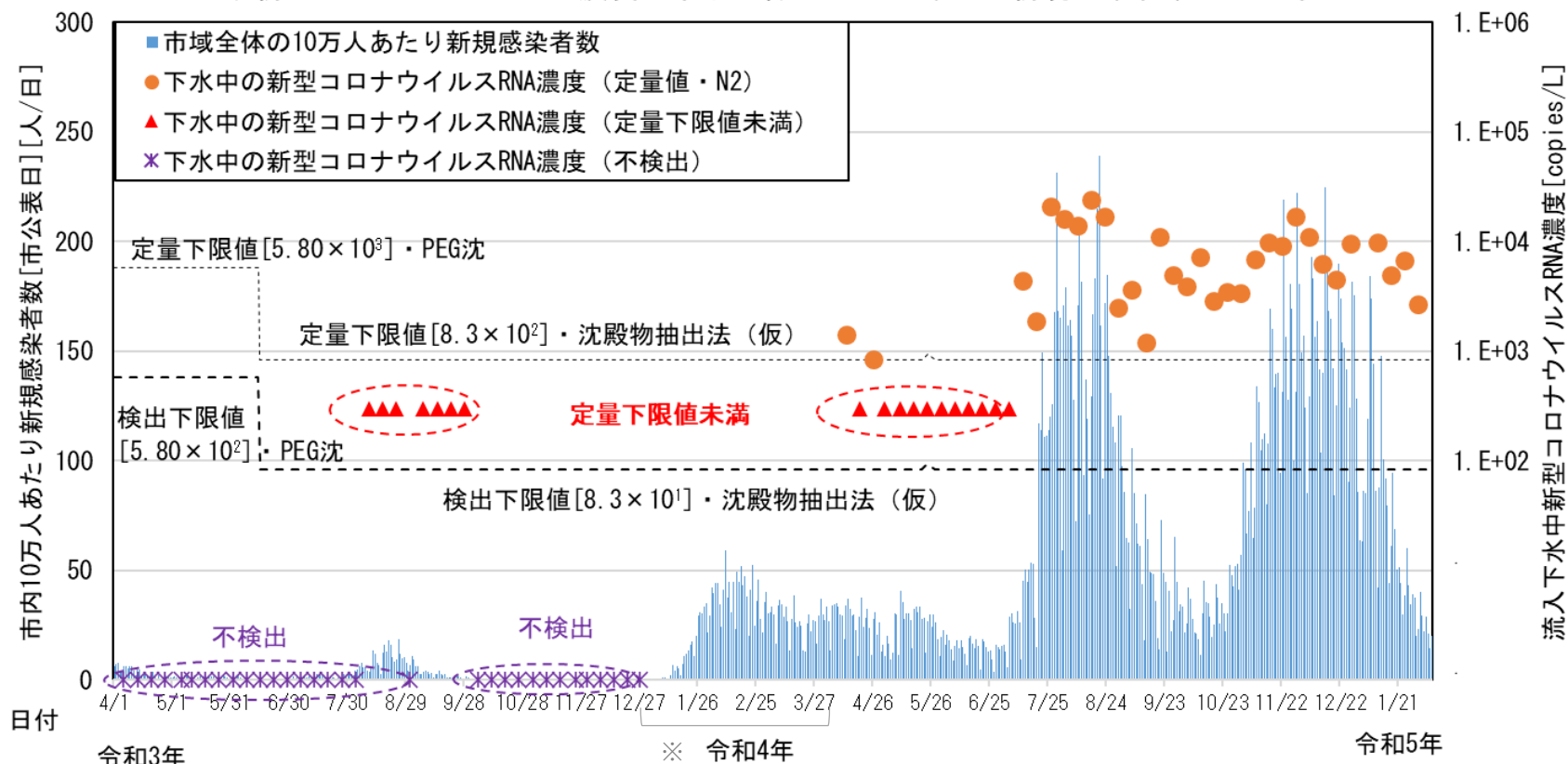
- 10万人あたりの感染者数が50人を越える期間は定量下限値ではあるが、陽性を示している。一方で50人を下回る期間では、不検出を示している場合がある。
- 第7波以降の感染者数が多い期間においても、定量値はほぼ検出されていない。

# 下水処理場への流入水に対する調査結果（令和4年度最終報告）

## 処理場採水分析結果（仙台市・N2）

※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

下水中新型コロナウイルスRNA濃度と市域全体の10万人あたり新規感染者数（仙台市・N2）



新規感染者数：自治体HPより（市域全体）、R4.9/26の全数届出見直し後も新規感染者数の把握は継続

※令和4年1月～3月：国土交通省としては採水未実施  
 東北大学で採水・分析調査を実施

※令和4年5月24日採水分：定量下限値  $[9.3 \times 10^2]$ 、検出下限値  $[9.3 \times 10^1]$

- N1と比較して、第7波以降の感染者数が多い期間は定量値が検出されている。
- 第7波以前の10万人あたりの感染者数が50人を下回る期間は定量下限値未満もしくは不検出を示している。

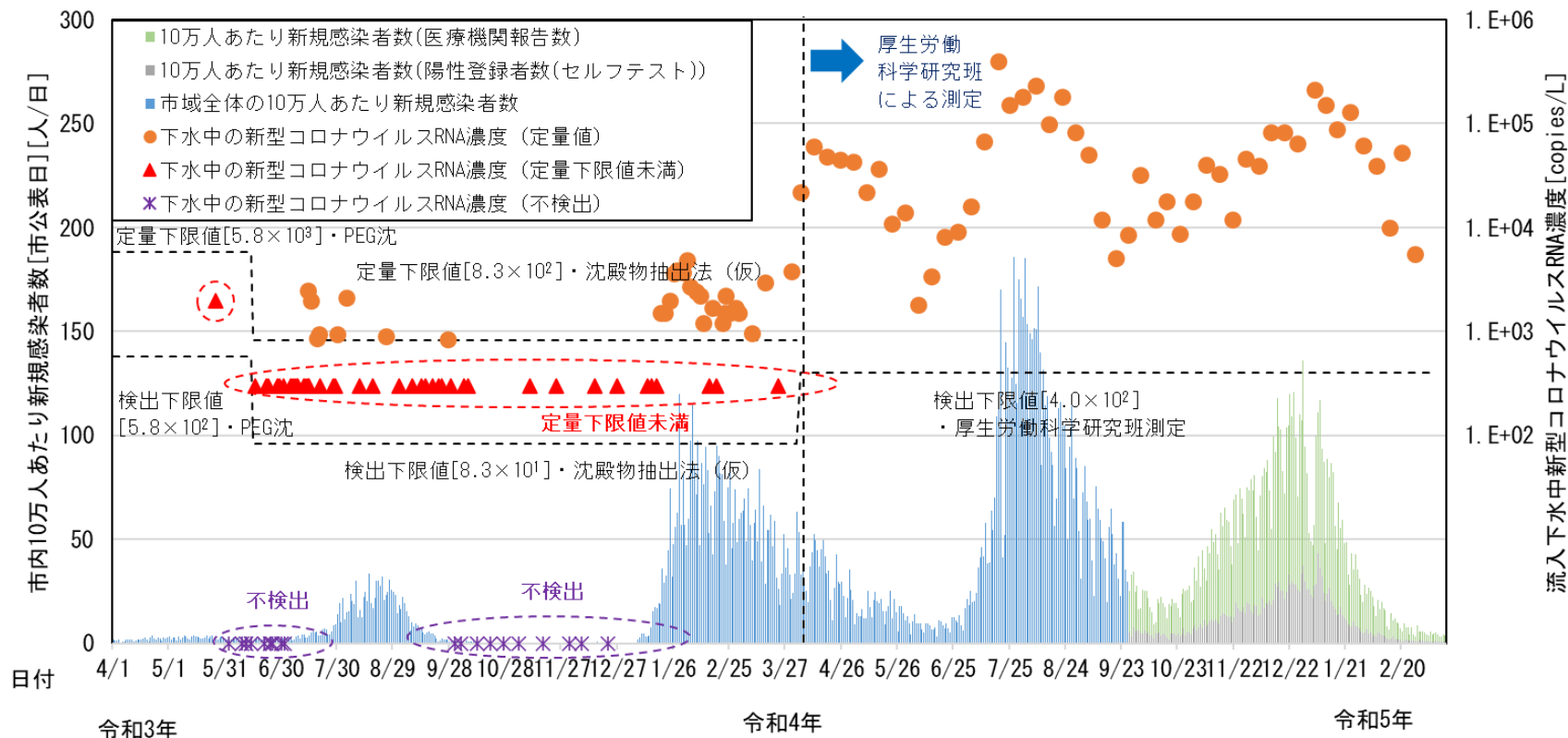


下水処理場への流入水に対する調査結果（令和4年度最終報告）

## 処理場採水分析結果（横浜市・令和3年度：N1,令和4年度：N1+N2）

※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

下水中新型コロナウイルスRNA濃度と市域全体の10万人あたり新規感染者数（横浜市・N1+N2）



新規感染者数：R4.9/26まで自治体HPより（市域全体）、9/27以降医療機関報告数+陽性登録者数（セルフテスト）市域全体

※令和4年4月以降の分析結果は、令和4年度厚生労働科学研究班（「新型コロナウイルス感染症等の感染症サーベイランス体制の抜本的拡充に向けた人材育成と感染症疫学的手法の開発研究」分担研究「環境水を用いた新型コロナウイルス監視体制の構築に関する研究」）からの提供データ

※令和4年4月以前はN1を対象としていたが、4月以降は対象プライマーをN1とN2を同時に測定する手法に変更している。

- R4年4月以降に分析機関が変更となったが、定量値が検出されている。
- 感染者数とウイルス濃度の増減傾向は概ね一致しているが、感染増加時には濃度の増加と減少を繰り返すなどのばらつきがみられる。

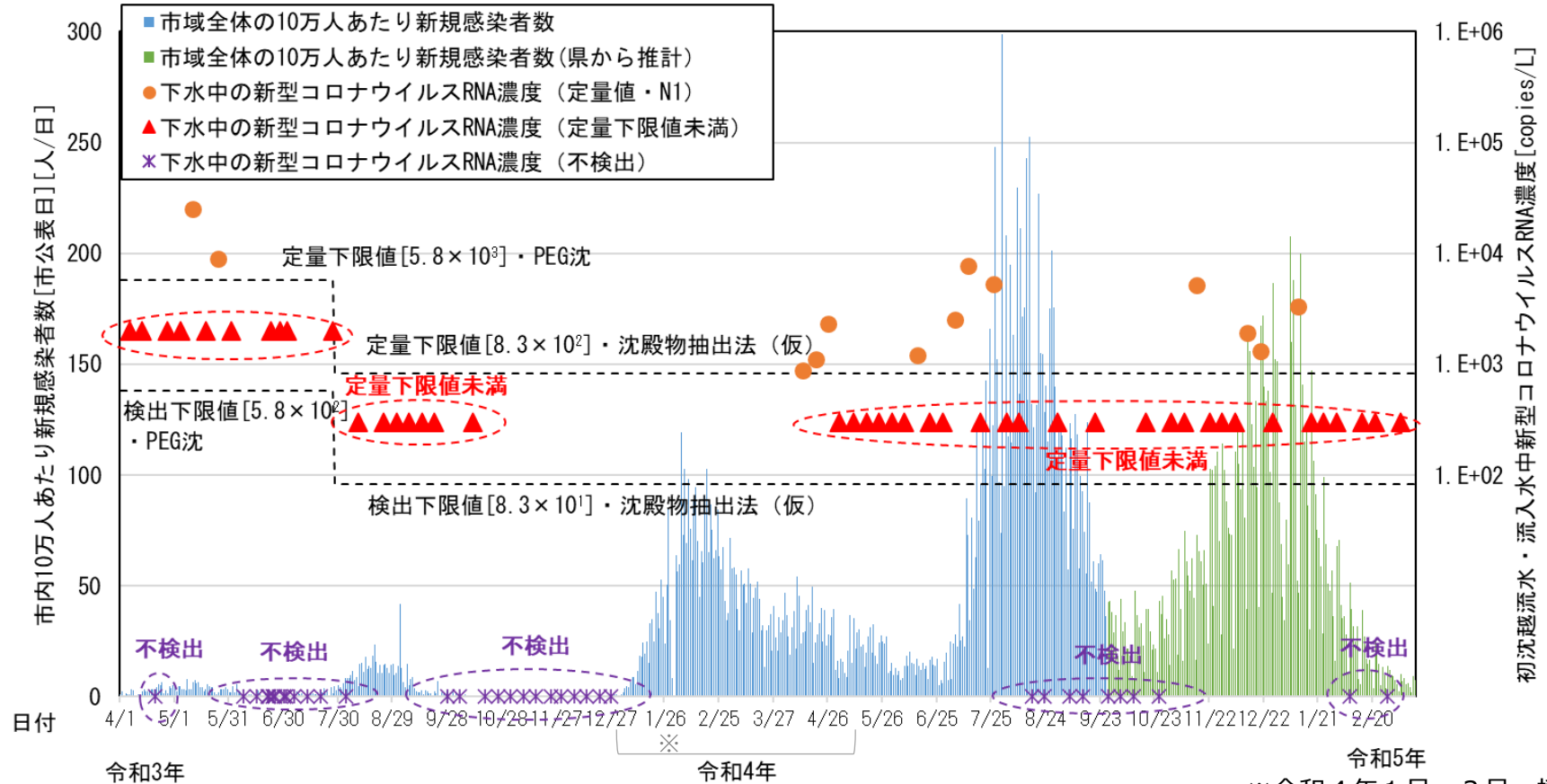
# 下水処理場への流入水に対する調査結果（令和4年度最終報告）

## 処理場採水分析結果（H市・N1）

資料2

※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

下水中新型コロナウイルスRNA濃度と市域全体の10万人あたり新規感染者数（H市・N1）



新規感染者数：R4.9/26まで自治体HPより（市域全体）、9/27以降、県の新規感染者数から市の感染者数を推計

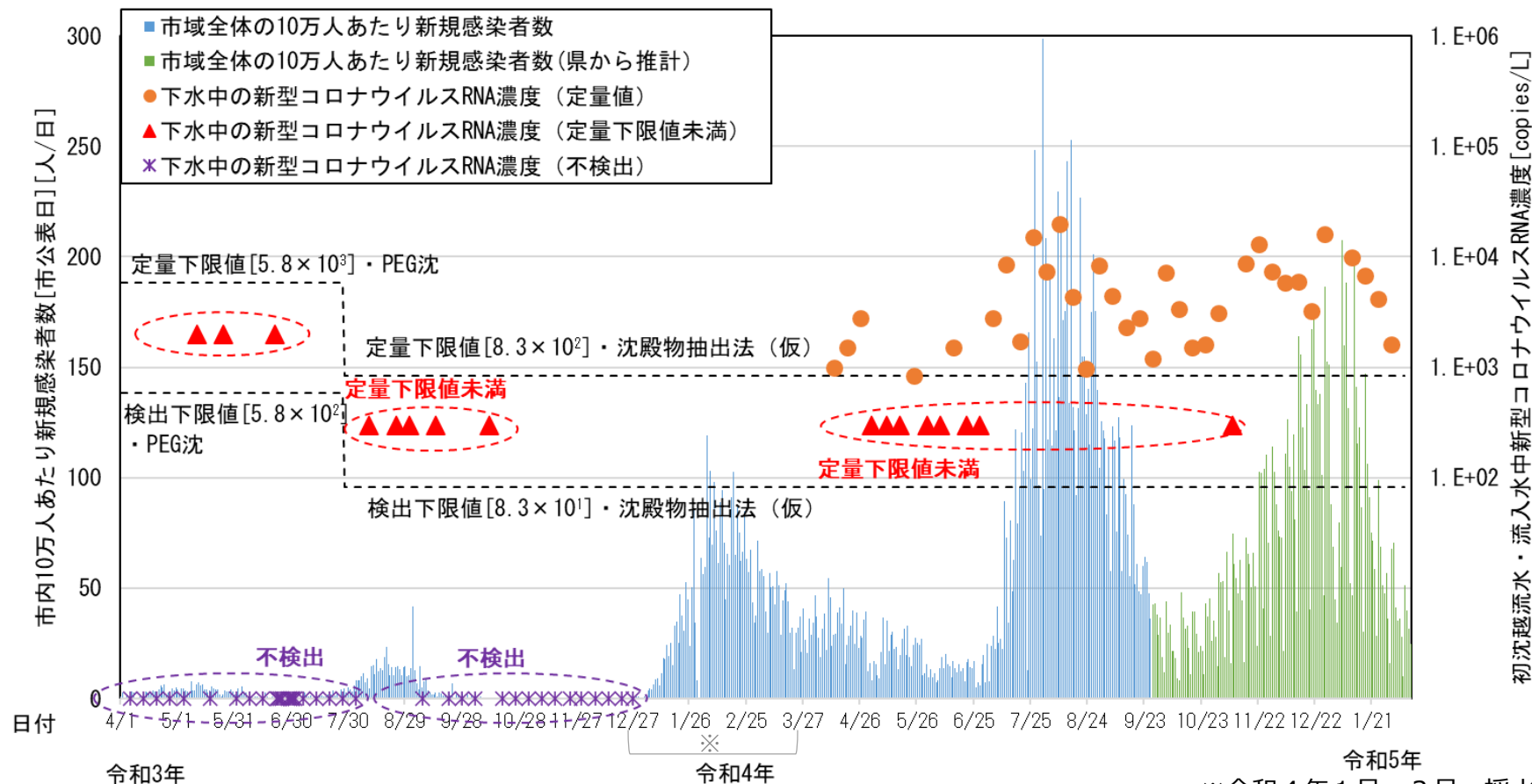
- 10万人あたりの感染者数が50人を越える期間は定量値、定量下限値（陽性）を示している。一方で50人を下回る期間では、不検出を示している場合がある。
- 第7波以降の感染者数が多い期間においても、定量値はほぼ検出されていない。



## 処理場採水分析結果（H市・N2）

※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

下水中新型コロナウイルスRNA濃度と市域全体の10万人あたり新規感染者数（H市・N2）

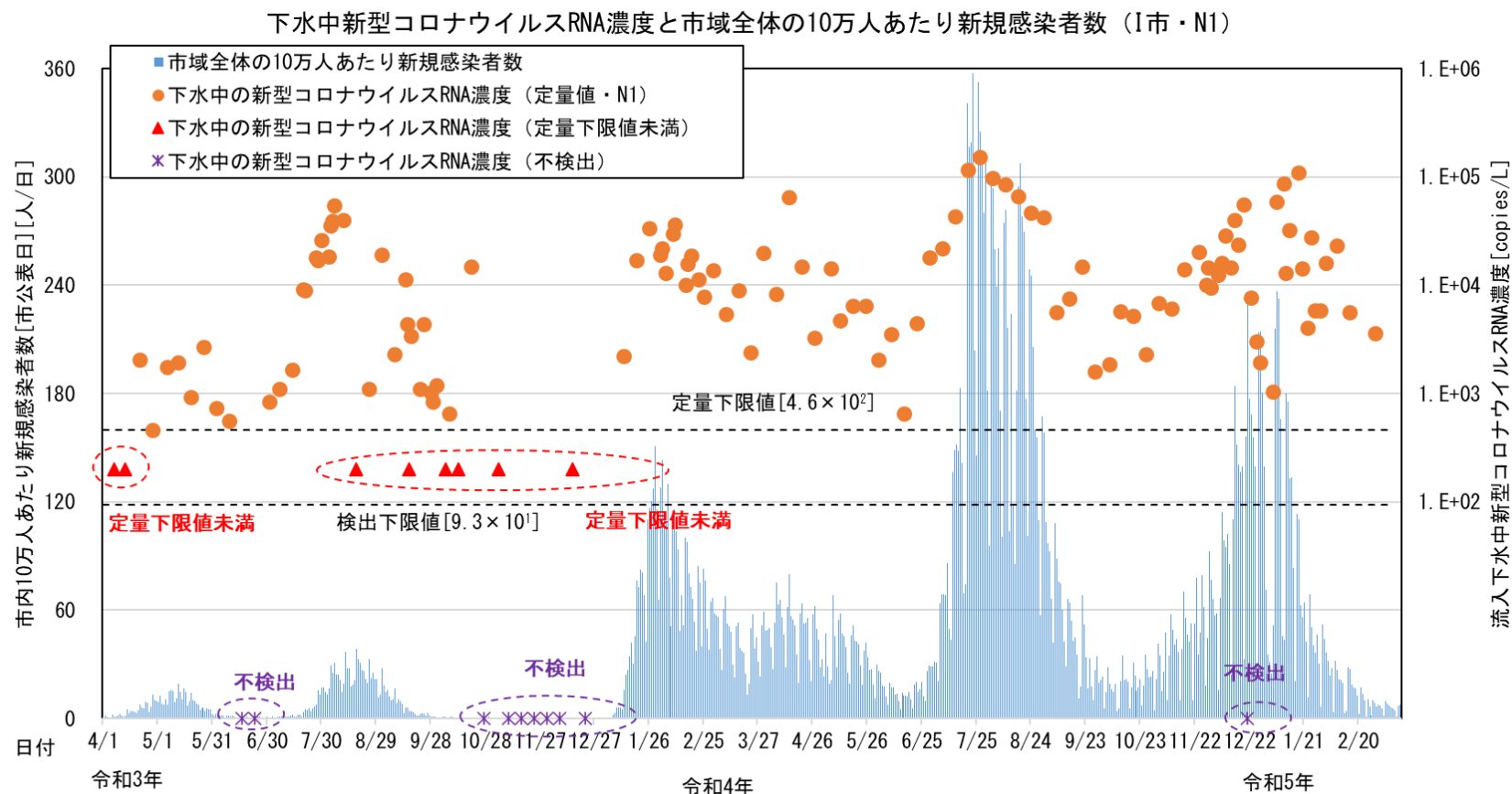


新規感染者数：R4.9/26まで自治体HPより（市域全体）、9/27以降、県の新規感染者数から市の感染者数を推計

- N1と比較して、第7波以降の感染者数が多い期間は定量値が検出されている。
- 第7波以前の10万人あたりの感染者数が50人を下回る期間は定量下限値未満もしくは不検出を示している。

# 処理場採水分析結果（I市・N1）

※下水中新型コロナウイルス分析手法：EPISENS-S法



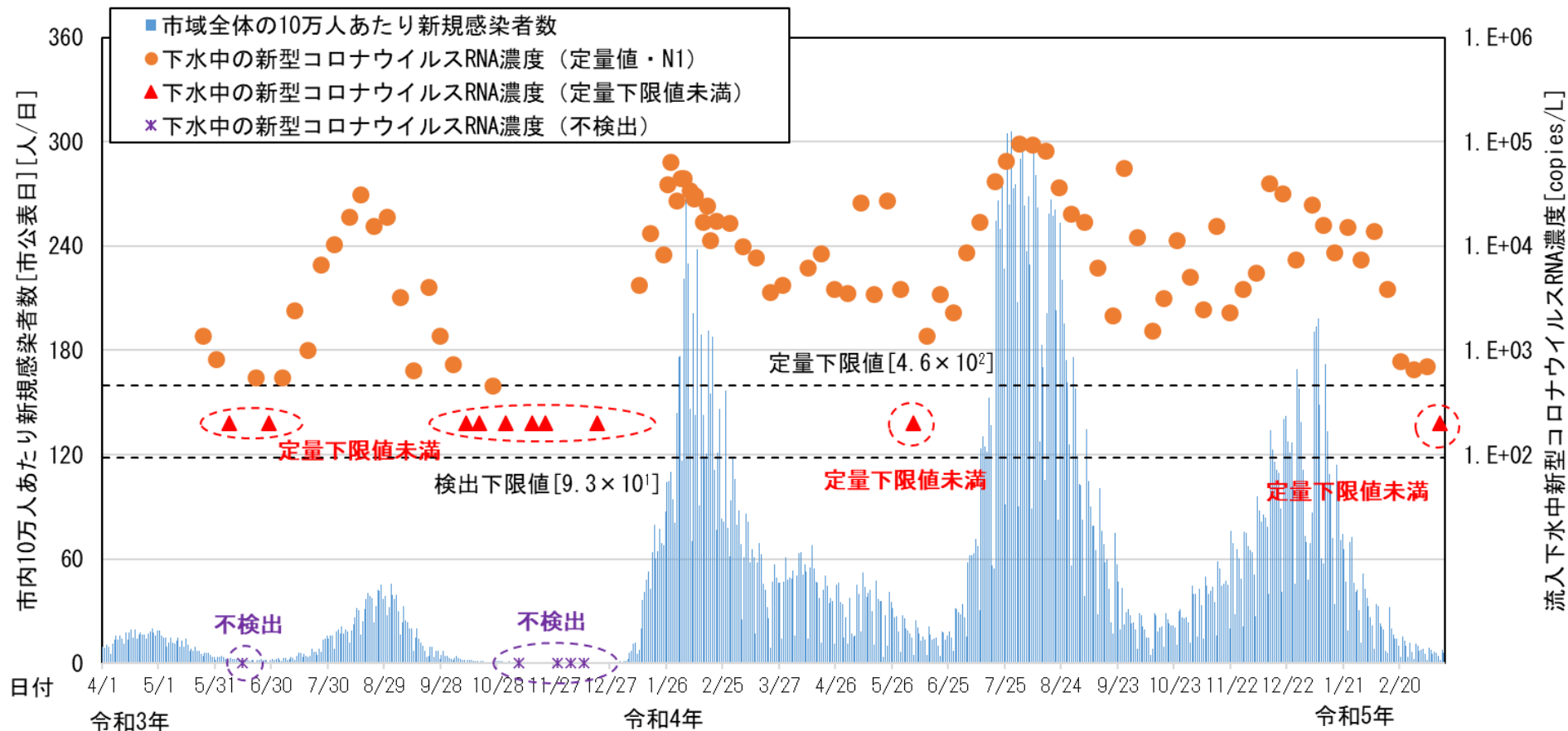
新規感染者数：自治体HPより（市域全体）、9/27の全数届出見直し後も新規感染者数の把握は継続

- 令和4年1月からの第6波以降において継続して定量値が検出されている。
- 第8波のピーク時に、濃度が低下し不検出が出るなど、濃度のばらつきがみられる。
- 第8波においても第7波と同等の定量値を示しており、集計から漏れた感染者数も下水で捕捉している可能性がある。

# 処理場採水分析結果（J市・N1）

※下水中新型コロナウイルス分析手法：EPISENS-S法

下水中新型コロナウイルスRNA濃度と市域全体の10万人あたり新規感染者数（J市・N1）



新規感染者数：自治体HPより（市域全体）、9/27の全数届出見直し後も新規感染者数の把握は継続

- 令和4年1月からの第6波以降において継続して定量値が検出されている。
- 第7波以降の10万人あたりの感染者数が60人を下回る期間では、濃度データにばらつきがみられる。

## 令和4年度定期調査結果のまとめ

- 令和4年度は第7波、第8波と過去と比較しても新規感染者数が多い流行時期を記録している。そのため、札幌市、横浜市、I市、J市などは下水中の新型コロナウイルスRNA濃度定量値が継続して検出されており、札幌市では、ウイルス濃度測定値も1桁ほど増加する傾向を示している。
- 仙台市、H市は感染者数が多い第7波以降においてもN1の定量値が検出されていない。一方で、N2においては、第7波以降の感染者数が多い時期では定量値が検出されている。第7波以降にN1プローブ上に変異が発生し、分析への影響があったためと考えられる。
- 同様の分析手法である横浜市では第7波以前も定量値が検出されており、仙台市、H市が第7波以前に定量値が検出されなかったのは、下水特性（天候、人流、人口カバー率、生活排水流入率など）によるものと考えられるが、下水特性のどの因子が影響を及ぼしているかまで判明に至っていない。
- 定量値が検出されている札幌市、横浜市、I市、J市においても、下水特性（天候、人流、人口カバー率、生活排水流入率など）により、定量値にばらつきがみられる。

## 陽性率について

- 仙台市、H市は第7波以降の感染者数が多い時期であっても下水中の新型コロナウイルスRNA濃度定量値（N1）が検出されておらず、感染動向を把握するのが難しい。  
⇒定量値を検出されない場合の感染動向を把握する手段を検討した。
- 定量値が検出されない場合でも、陽性判断される場合がある。  
測定したウェル数のうち、陽性と判定されたウェル数の割合を「陽性率」として整理した。

測定ウェル

CDC-N1 ●●●●  
CDC-N2 ●●●●



分析

CDC-N1 ○●●●  
CDC-N2 ○○●○

この場合、全体8ウェル中3ウェル陽性で3/8=37.5%となる。

● : 陽性  
○ : 陰性（不検出）

- 本検討では、仙台市、H市に対しN1：4ウェル、N2：4ウェルでの分析を行い陽性率を算出した。  
横浜市は4月以降の分析機関が異なり、定量値が出ているため令和4年度報告は行わない。
- 陽性の判定：Ct値40未満で1コピー以上検出される場合を陽性とした。

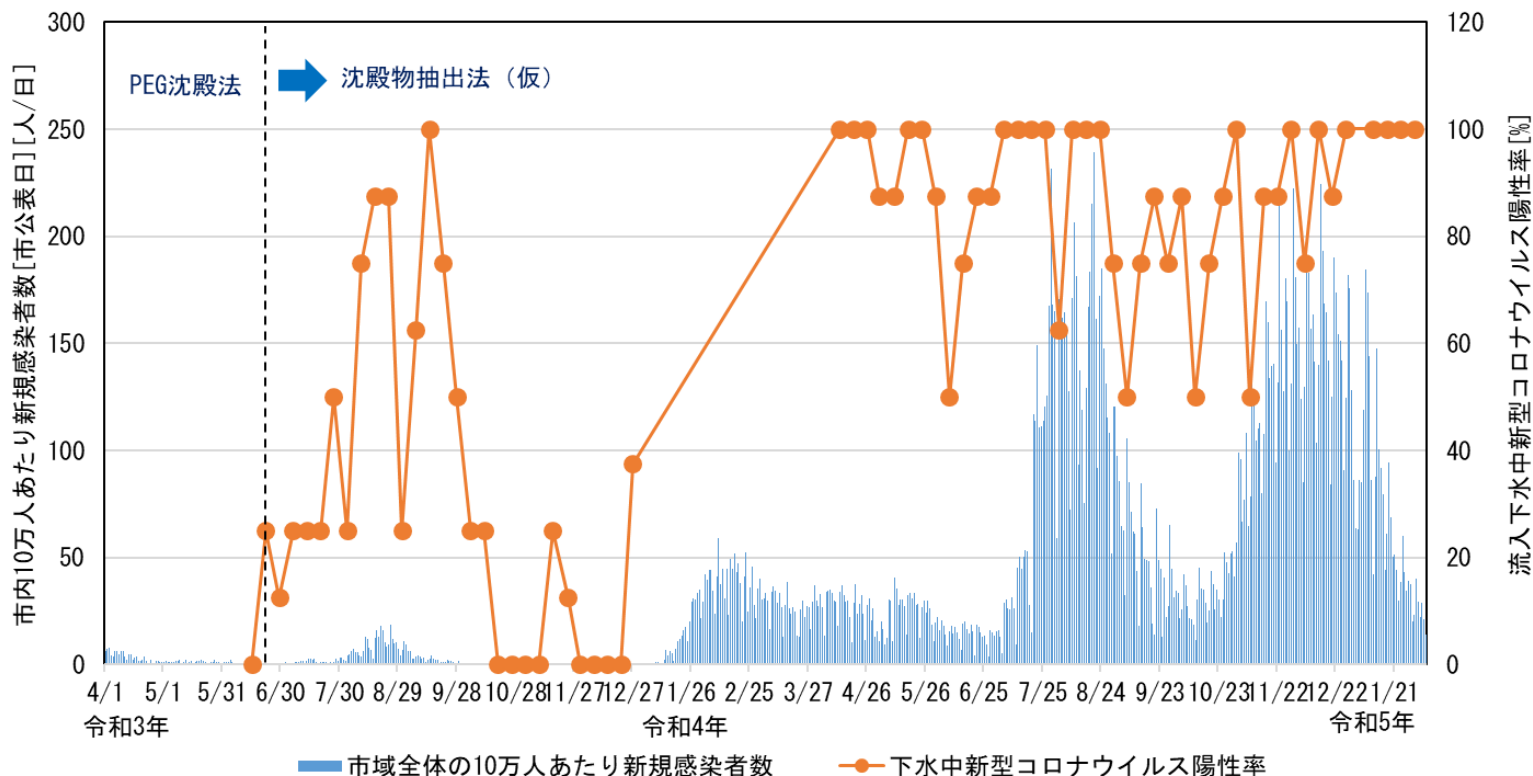
※Ct値：リアルタイムPCR分析におけるサイクル繰返し数  
ウェル：PCR分析機器における分析を行う試料（1つで1ウェル）



## 処理場採水分析結果（陽性率・仙台市）

※下水中新型コロナウイルス分析手法：沈殿物抽出法

下水中新型コロナウイルス陽性率と市域全体の10万人あたり新規感染者数（仙台市）



※仙台市における複数ウェル分析による陽性率算定は沈殿物抽出法へ切替以降  
（PEG沈殿法及び令和4年1月～3月は該当データなし）

新規感染者数：自治体HPより（市域全体）、9/27の全数届出見直し後も新規感染者数の把握は継続

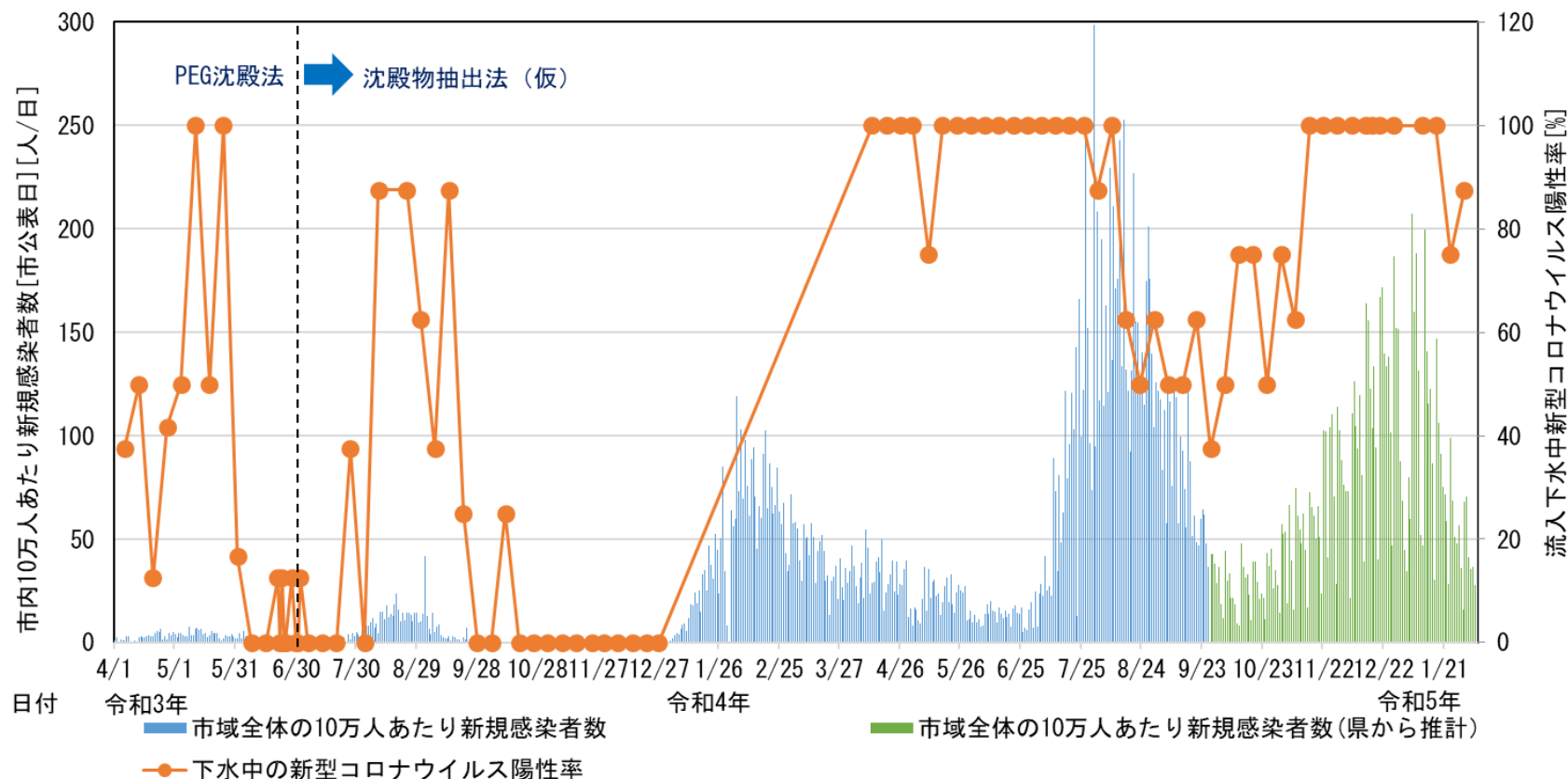
- 第7波以降のピーク時は陽性率100%となり、10万人あたりの感染者数が50人を下回る期間では陽性率が50~100%の間を推移しており、仙台市における定量値での結果に比べ、感染動向をとらえている。



# 処理場採水分析結果（陽性率・H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

下水中新型コロナウイルス陽性率と市域全体の10万人あたり新規感染者数（H市）



新規感染者数：R4.9/26まで自治体HPより（市域全体）、9/27以降、県の新規感染者数から市の感染者数を推計

- 第7波以降のピーク時は陽性率100%となり、10万人あたりの感染者数が50人を下回る期間では陽性率が50~100%の間を推移しており、H市における定量値での結果に比べ、感染動向をとらえている。

## 令和4年度定期調査結果（陽性率）のまとめ

- ・陽性率を用いた場合、感染者数のピーク時などは陽性率が100%となり、感染流行のピークを表している。また、10万人あたりの新規感染者数が50人を下回る期間では陽性率が50~100%の間を推移しており感染動向をとらえている。

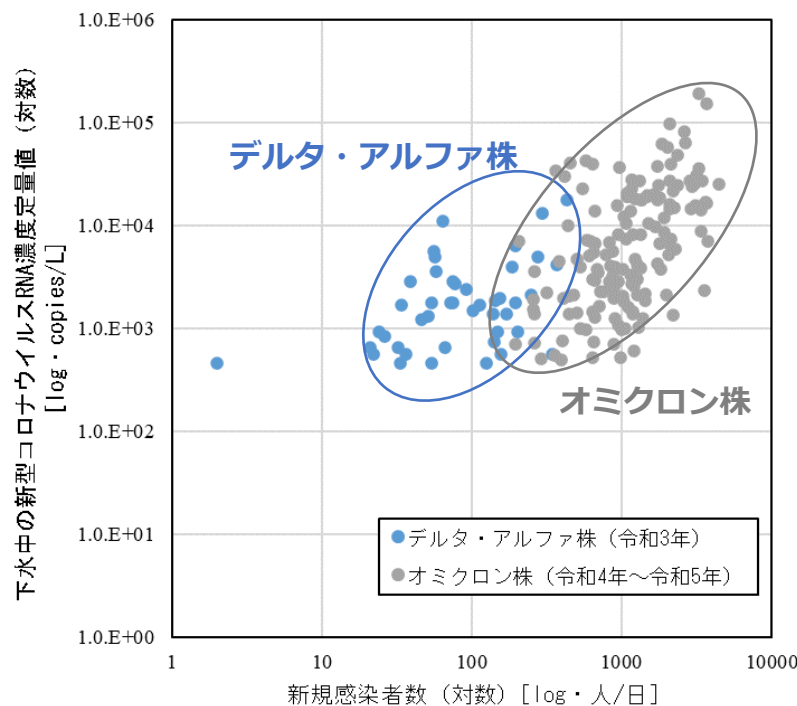
# 株による違い（下水中新型コロナウイルスRNA濃度と新規感染者数）

## ●下水中新型コロナウイルスRNA濃度（対数）と新規感染者数（対数）の関係

オミクロン株では、新規感染者数と新型コロナウイルスRNA濃度との関係性が変化している可能性がある。両対数をとることで、グルーピングの可能性を検討する。

（定量値が比較的とれていて分析機関に変更のない札幌市、I市、J市の3都市）

### 札幌市

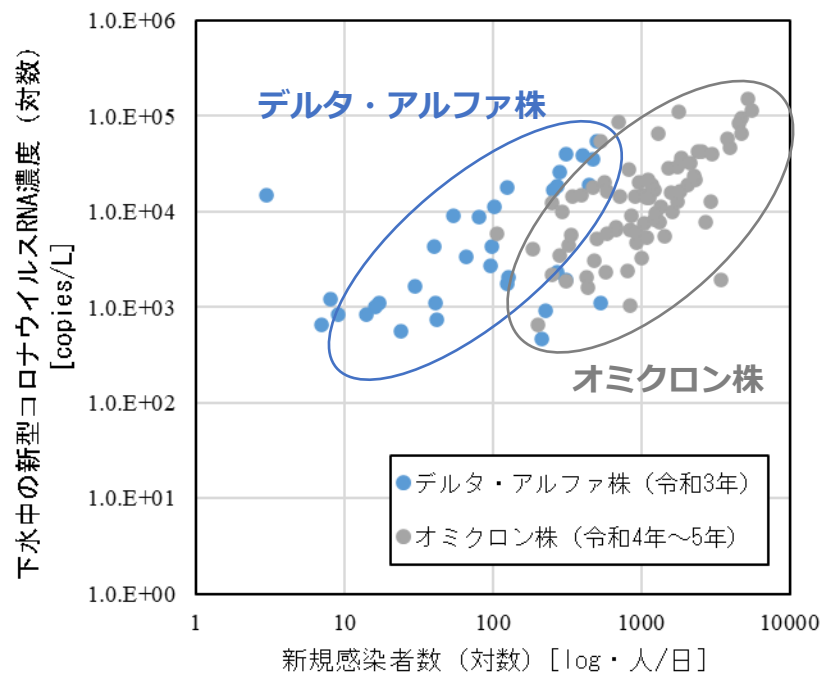


●札幌市は新規感染者数と新型コロナウイルスRNA濃度の対応が株別に異なる。

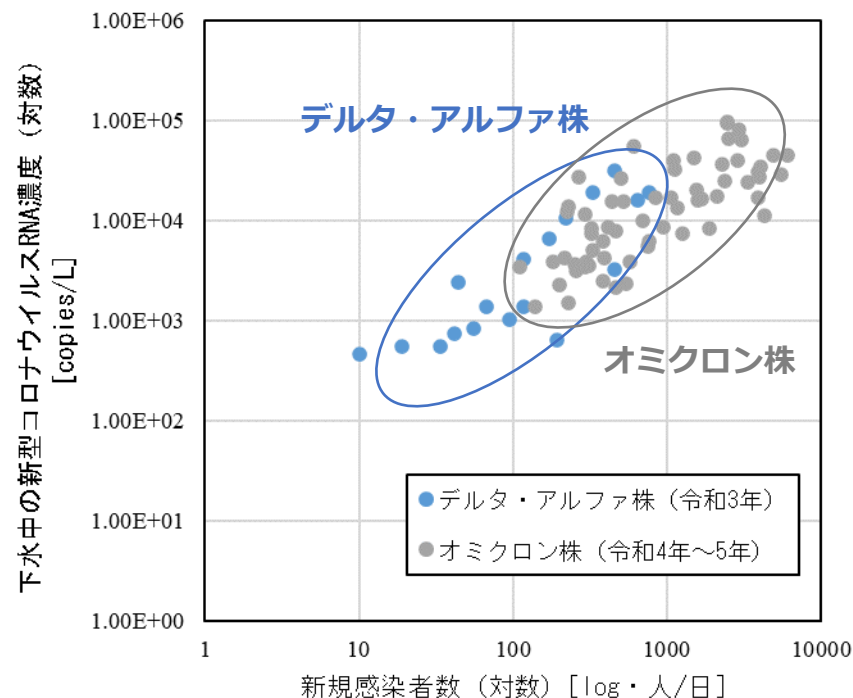
●オミクロン株はグラフ右側に位置する（新規感染者数の桁が大きくなる一方で新型コロナウイルスRNA濃度の桁はほぼ変わらない）

# 株による違い（下水中新型コロナウイルスRNA濃度と新規感染者数）

## I市



## J市



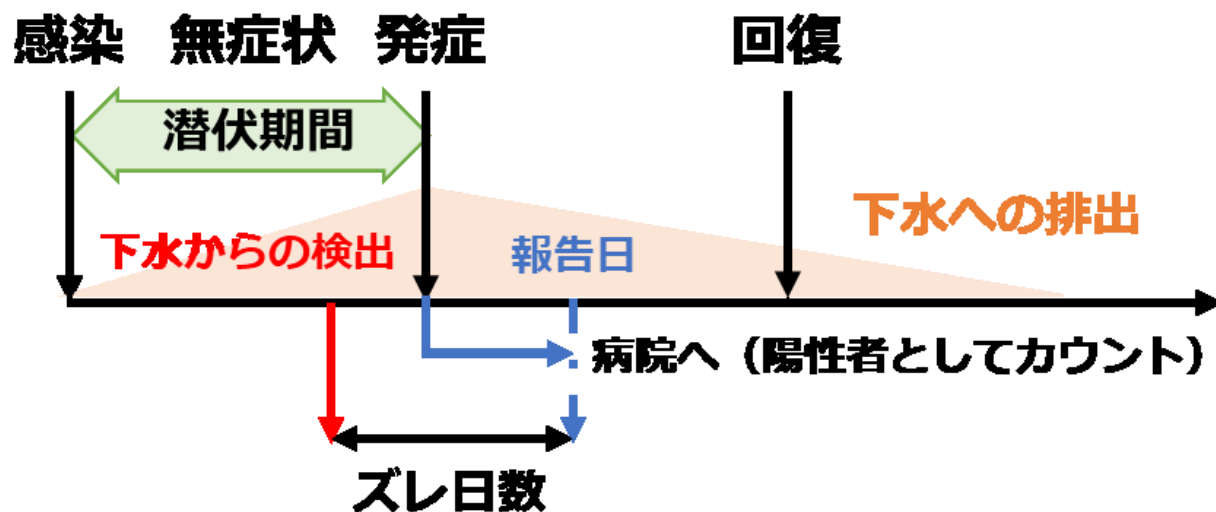
- I市、J市はアルファ・デルタ株の比較的延長線上にオミクロン株のグループが位置する。
- いずれもオミクロン株以降はグラフ右～右上に位置する。（新規感染者数が多くなると下水中新型コロナウイルス濃度が高くなる）

# 下水処理場への流入水に対する調査結果（令和4年度最終報告） 下水中新型コロナウイルス検出と新規感染者数のズレ日数の考え方

## ◆ 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

- 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。
- 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>。そのため、公表される前に下水から新型コロナウイルスが検出される可能性がある。

（タイムラグの考え方）



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

## ズレ日数の違いについて

- ・ アルファ・デルタ株では平均5日あったズレ日数が、オミクロン株では平均2日に減少しており、オミクロン株の感染から発症までのタイムラグが短い株特性を如実に反映している。
- 現在の下水サーベイランスでは現状の感染状況を把握することができると思われる。

自治体	アルファ・デルタ株 (令和3年4月～12月)				オミクロン株 (令和4年1月～令和5年1月)			
	データ数	相関係数 Rs	p値	相関性の高いズレ日数	データ数	相関係数 Rs	p値	相関性の高いズレ日数
札幌市	44	0.513	4.E-04	4日後	152	0.891	3.E-53	0日後
仙台市	-	-	-	-	31	0.662	5.E-05	0日後
横浜市	-	-	-	-	44	0.802	6.E-11	1日後
H市	-	-	-	-	34	0.588	3.E-04	4日後
I市	34	0.672	1.E-05	6日後	76	0.678	2.E-11	5日後
J市	18	0.867	3.E-06	5日後	62	0.766	4.E-13	1日後
	平均ズレ日数			5日後	平均ズレ日数			1.8日後

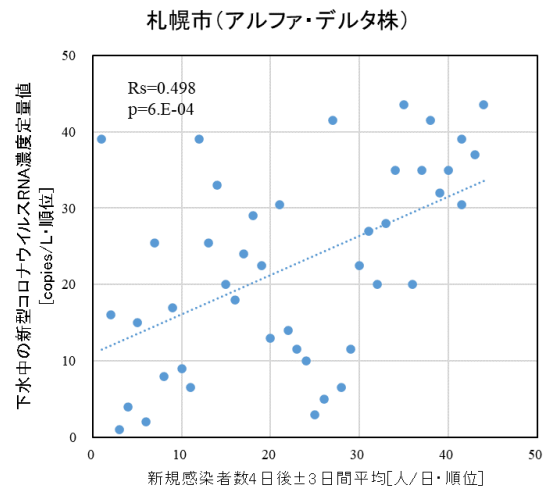
※順位相関を把握（横浜市、仙台市、H市は令和4年4月～のデータを使用）

※仙台市・H市はN2のデータを用いて解析を行った。



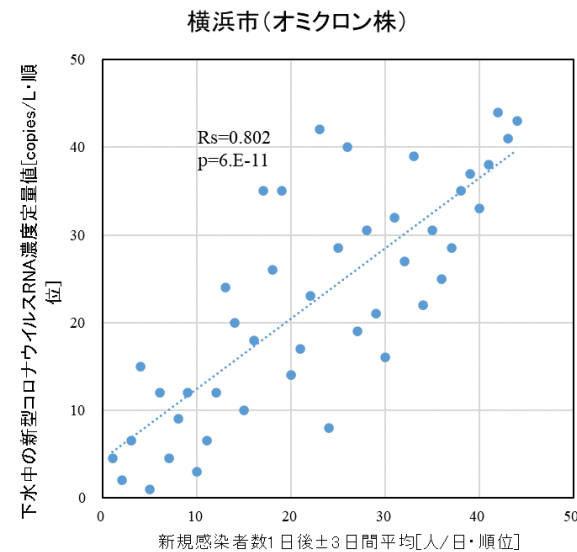
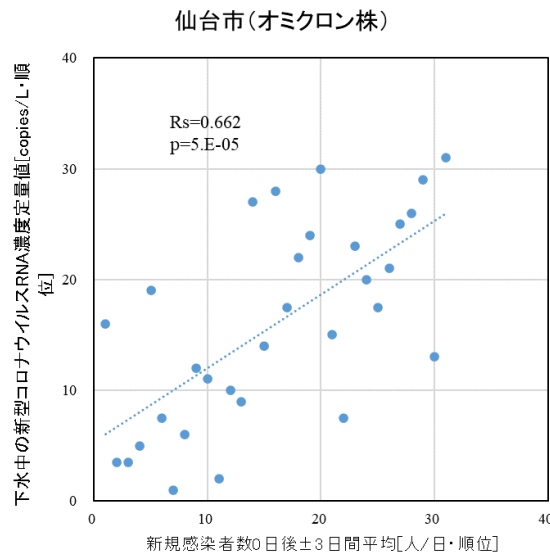
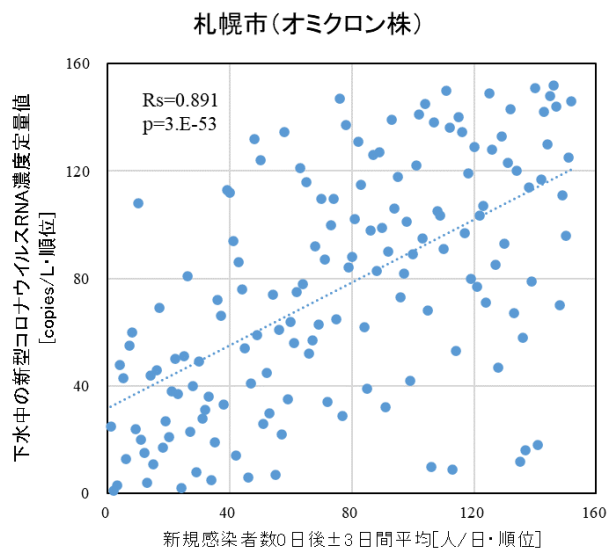
# ズレ日数の違いについて (グラフ)

(アルファ・デルタ株)  
令和3年度



仙台市・横浜市は定量値のデータ数が少ないため相関関係を把握できなかった。

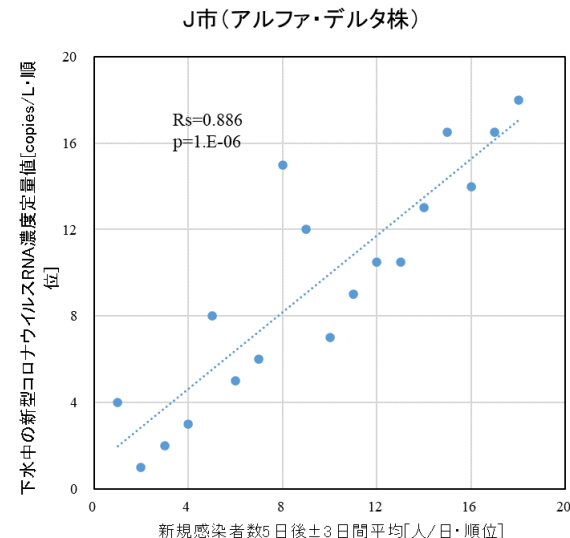
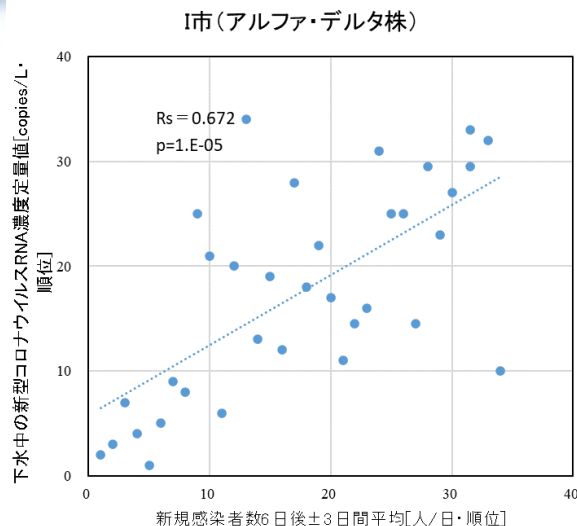
(オミクロン株)  
令和4年度



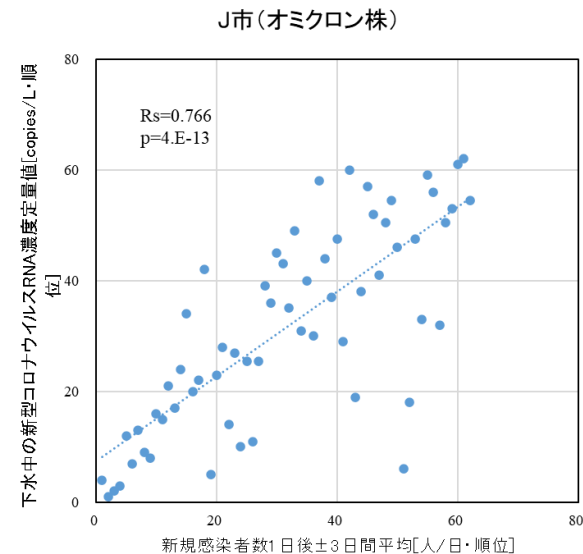
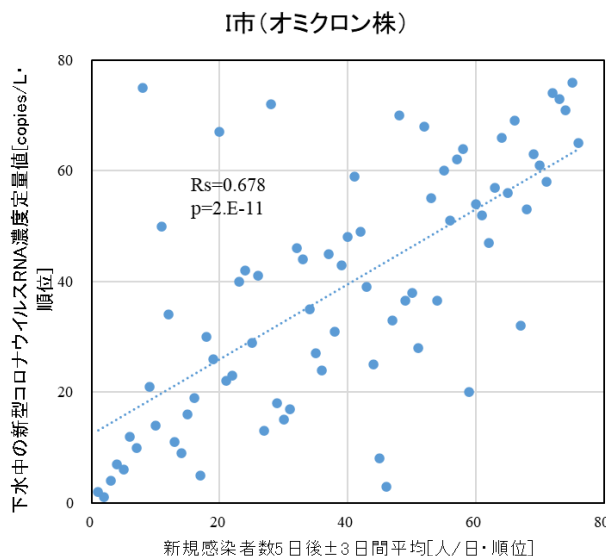
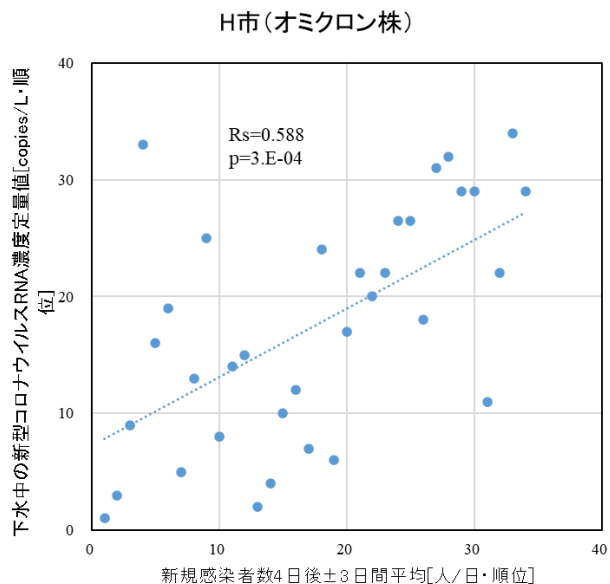
# ズレ日数の違いについて (グラフ)

(アルファ・デルタ株)  
令和3年度

H市は定量値のデータ数が少ないため相関関係を把握できなかった。



(オミクロン株)  
令和4年度



## 処理場挙動調査・対象処理場と調査時期

採水日	対象処理場	サンプリング箇所						市域全体の10万人あたりの新規感染者数 [人/10万人]	
		流入水	初沈汚泥	初沈越流水	余剰汚泥	処理水(消毒前)	放流水(消毒後)		
令和2年度調査	令和3年1月28日	仙台市南蒲生浄化センター	○	○	○	—	○	○	1.03
	令和3年2月4日		○	○	○	—	○	○	0.47
	令和3年3月22日	横浜市金沢水再生センター	○	○	○	○	○	○	0.72
	令和3年3月24日	横浜市神奈川水再生センター	○	○	○	○	○	○	1.17
令和3年度調査	令和4年2月9日	札幌市新川水再生プラザ	○	○	○	○	○	○	88.33
令和4年度調査	令和4年8月～9月	札幌市新川水再生プラザ(3回)	○	—	○	—	○	○	80.02(8/9) 88.13(8/23) 45.29(9/6)
	令和4年11月～12月	仙台市南蒲生浄化センター(3回)	○	—	○	—	○	○	131.59(11/22) 131.21(11/29) 85.12(12/5)
	令和4年11月	横浜市中部水再生センター(3回)	○	—	○	—	○	○	62.68(11/15) 69.2(11/22)
			○	—	○	—	○	○	75.24(11/29)

※分析手法 令和2年度：PEG沈殿法

令和3年度：EPISENS-S法（処理水分析には不適）

令和4年度：EPISENS-M法（処理水分析にも適している）

※採水方法：Grabサンプリング・採水タイミングはほぼ同じ（自治体における処理場採水タイミング）

※令和3年度までは処理水の濃度が検出されず、水処理における除去率が不明であったため令和4年度に処理水測定を含めた調査を3か所で行った。処理水に対しては対象水量を増やすことで定量値を測定した。（汚泥は対象外）

凡例) ○：測定対象、—：測定非対象

## 調査結果

## ● 処理工程ごとの下水中の新型コロナウイルスRNA濃度

採水日	対象処理場	サンプリング箇所[copies/L]						採水日	市域全体の10万人あたり新規感染者数[人/10万人]
		流入水	初沈汚泥	初沈越流水	余剰汚泥	処理水(消毒前)	放流水(消毒後)		
令和2年度調査	令和3年1月28日 仙台市南蒲生浄化センター	定量下限値未満	ND	定量下限値未満	—	ND	ND	2021/1/28	1.03
		ND	ND	定量下限値未満	—	ND	ND	2021/2/4	0.47
	令和3年3月22日 横浜市金沢水再生センター	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2021/3/22	0.72
		ND : 5.8E+2[copies/L]							
令和3年3月24日 横浜市神奈川水再生センター	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2021/3/24	1.17	
		ND : 5.8E+2[copies/L]							
令和3年度調査	令和4年2月9日 札幌市新川水再生プラザ	2.7E+03	4.1E+03	2.6E+03	定量下限値未満	ND	ND	2022/2/9	88.33
ND : 9.3E+01[copies/L]									
令和4年度調査	令和4年8月～9月 札幌市新川水再生プラザ※	6.8E+04	—	3.4E+04	—	1.1E+2	8.1E+1	2022/8/9	80.02(8/9)
								8/23	88.13(8/23)
								9/6	45.29(9/6)
	令和4年11月～12月 仙台市南蒲生浄化センター※	3.7E+04							2022/11/22
							11/29	131.21(11/29)	
令和4年11月 横浜市中部水再生センター※	4.3E+04							2022/11/15	62.68(11/15)
								11/22	69.2(11/22)
								11/29	75.24(11/29)

※3回測定の平均値

令和4年度調査・定量下限値：7.4E+0[copies/L]

凡例) - : 測定非対象

● 令和4年度は適した分析手法の開発・利用ができるようになり、処理水濃度を適正に測定できるようになった。

(令和2年度、3年度の結果は参考として扱う)

## 調査結果

### ●令和3年度以前と令和4年度調査方法の違い

#### ●令和2年度調査

新規感染者数が少ない（10万人あたり50人未満）状況であり、流入水中の新型コロナウイルス濃度が定量値で測定できておらず、挙動が把握できなかった。

#### ●令和3年度調査

新規感染者数が多くなった時期（2月）に行い、定量値は出ていたが、分析方法が流入水等の濃度の高い試料を対象とした方法であり、処理水には不適であった。

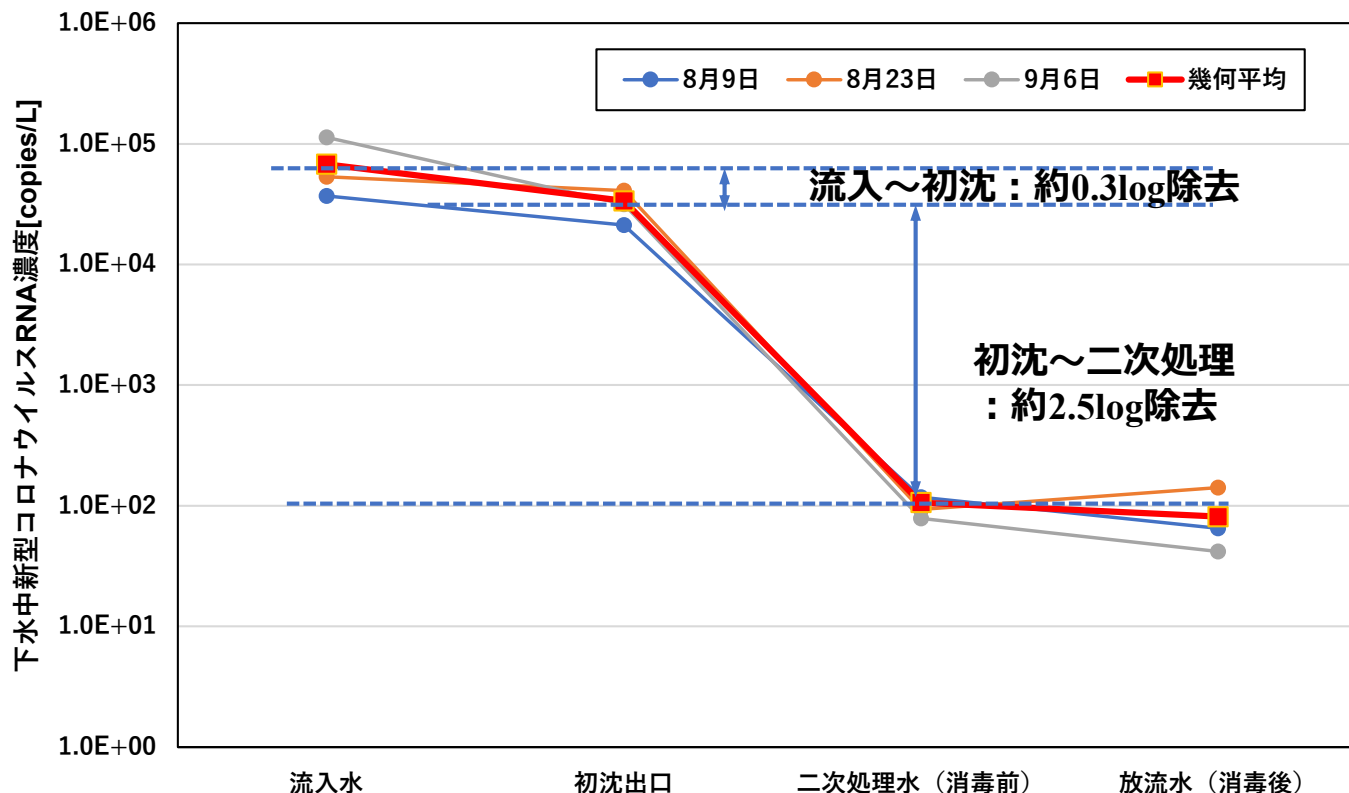
そのため、処理水中新型コロナウイルス濃度の把握ができず、挙動が把握できなかった。  
（分析方法：EPISENS-S法（沈殿を用いる濃縮方法））

#### ●令和4年度調査

新規感染者数が比較的多い（10万人あたり50人を超える）状況であり、処理水中の新型コロナウイルス濃度測定に適した濃縮方法を用いたため、挙動が把握できた。

（分析方法：EPISENS-M法（膜を用いる濃縮方法））

# R4・札幌市の処理場内挙動調査結果

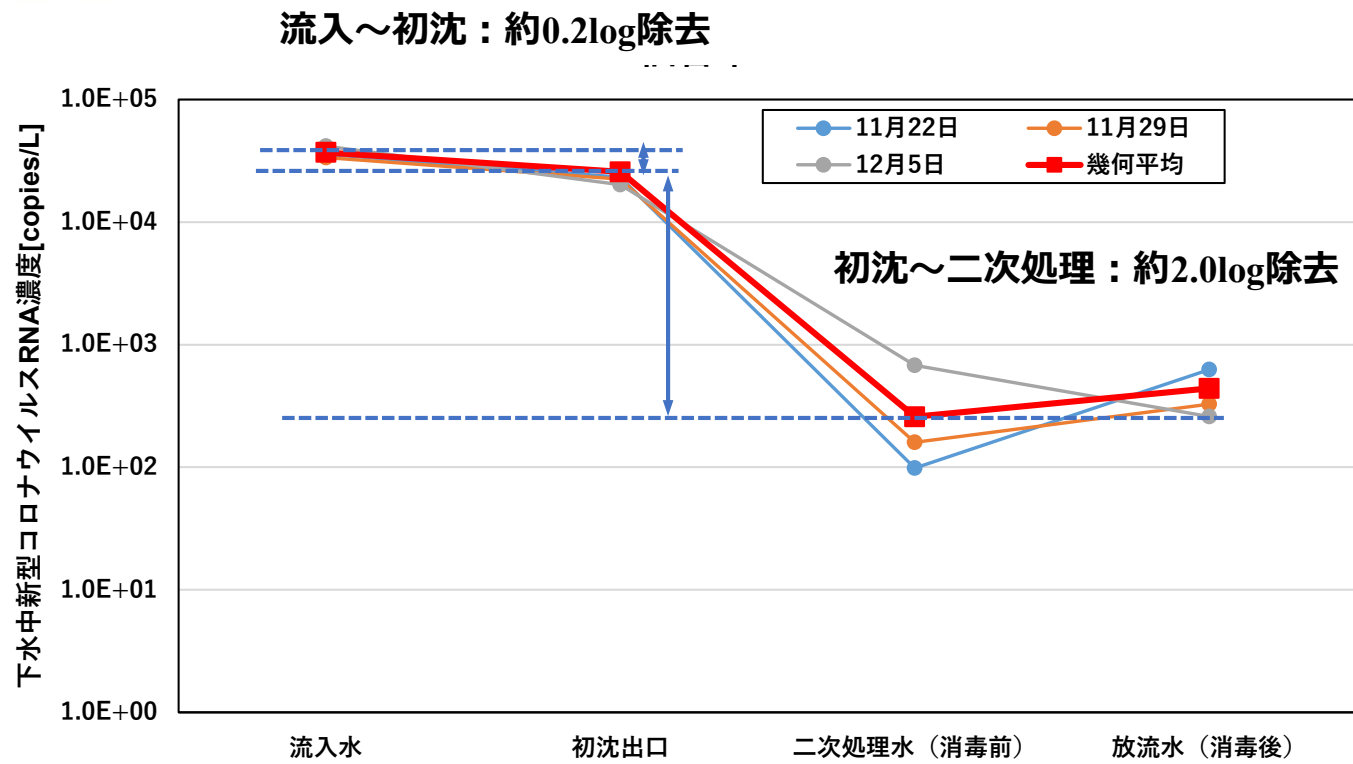


※幾何平均：流入水中新型コロナウイルス濃度に対する変化率の3回分の幾何平均として算出  
(流入水中濃度のみ算術平均)

- 最初沈殿池における除去率としては、1.0logに満たないが、二次処理において約2.5logの除去率が得られた。流入～放流では、約2.8logの除去がみられた。

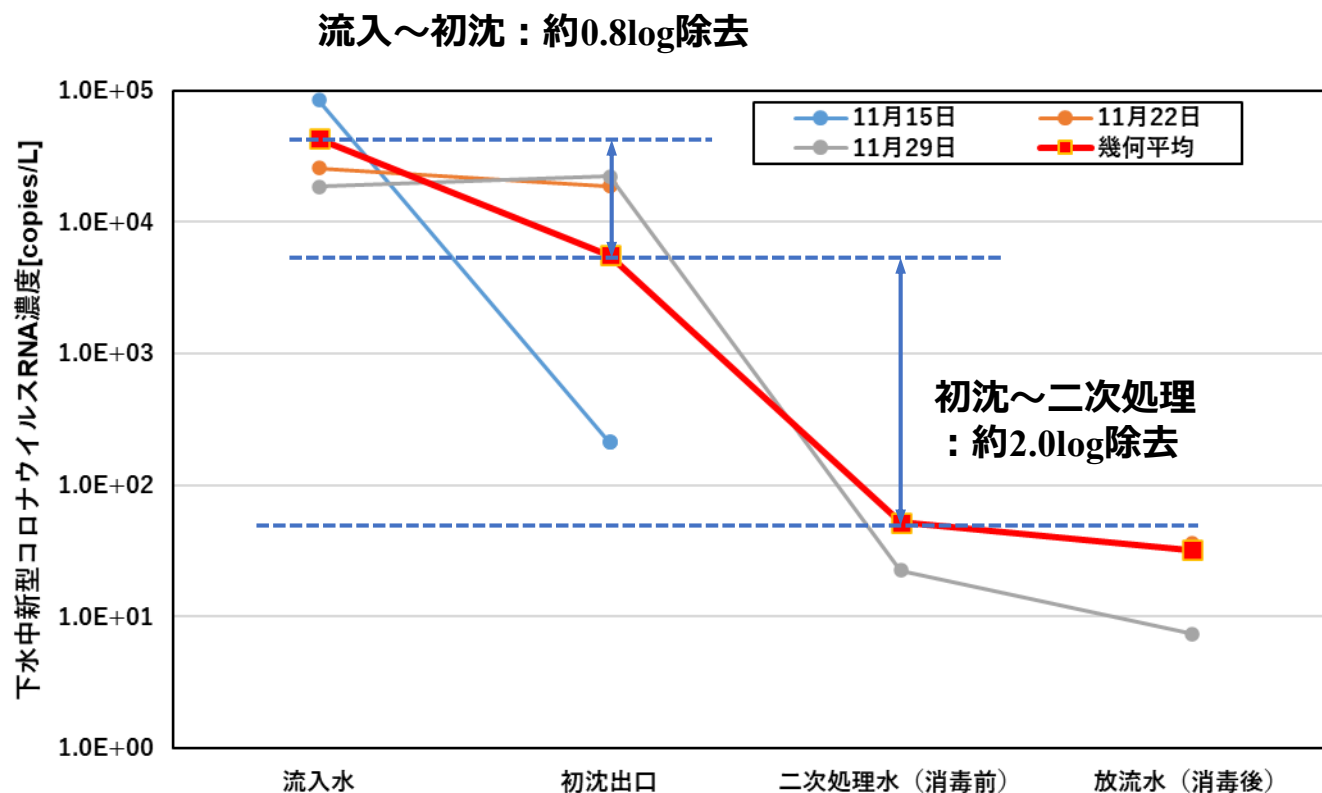


# R4・仙台市の処理場内挙動調査結果



- 最初沈殿池における除去率としては、1.0logに満たないが、二次処理において約2.0logの除去率が得られた。流入～放流では、約2.0logの除去がみられた。
- 消毒前後で若干の濃度上昇がみられるが、これは消毒工程における上昇ではなく、サンプリング誤差である。（同じ水塊の分析を行っていない）

# R4・横浜市の処理場内挙動調査結果



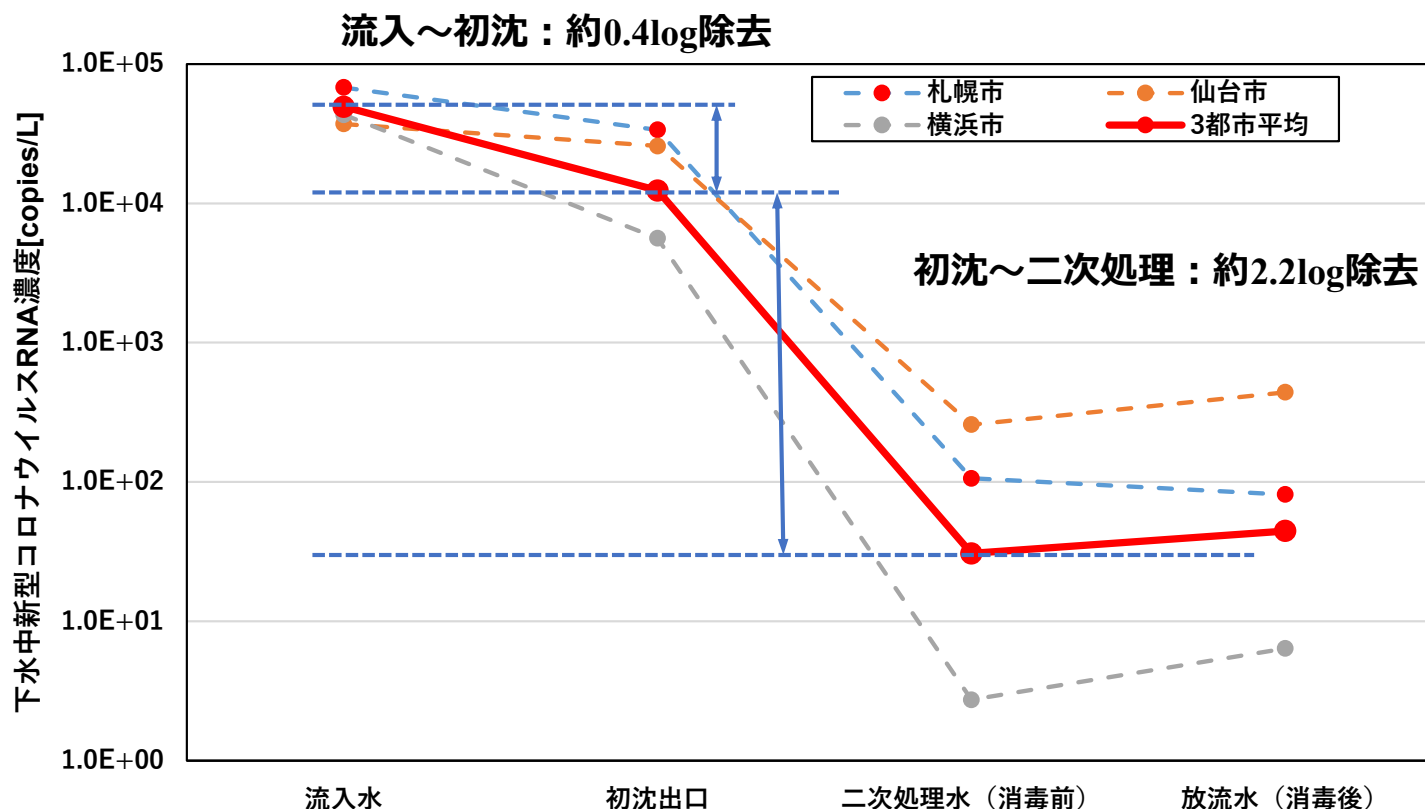
※11/15の測定結果として、二次処理水及び放流水は検出下限値未満。

※11/22の測定結果として、二次処理水は定量下限値未満

- 最初沈殿池における除去率としては、1.0logに満たないが、二次処理において約2.0logの除去率が得られた。流入～放流では、約3.1logの除去がみられた。

# 処理場内挙動調査結果（まとめ）

## 各工程における下水中新型コロナウイルス濃度（3都市平均）



- 令和4年度の3処理場に対する調査結果より、水処理（反応タンク・標準活性汚泥法）において2.0Log～2.5Log（平均2.2log）の除去率が得られる。
- ノロウイルスは水処理において2.0Log以上の除去<sup>1)</sup>が得られるが、ノロウイルスと同等の除去効果があると考えられる。

出典 1) 下水道におけるウイルス対策に関する調査委員会（国土交通省水管理・国土保全局下水道部）「下水道におけるウイルス対策に関する調査委員会 報告書」平成22年3月