

下水道における新型コロナウイルスに関する調査検討委員会
報告書

令和 6 年 3 月

下水道における新型コロナウイルスに関する調査検討委員会

内容

1	はじめに.....	1
2	下水中新型コロナウイルス RNA 濃度の調査.....	5
2.1	定期モニタリング調査（R2-5 調査結果より）	5
2.2	処理場短期集中調査（R3-4 調査結果より）	33
2.3	ウイルス濃度と新規感染者数の相関関係について（R3-4 調査結果より）	42
2.4	株別（流行期別）のウイルス濃度と新規感染者数の相関関係について（R3-4 調査結果より）	48
2.5	ズレ日数に関する検討（R3-4 調査結果より）	50
2.6	標準化に関する検討（R4 調査結果より）	52
2.7	正規化に関する検討（R4 調査結果より）	61
3	下水処理による新型コロナウイルスの除去・不活化に関する調査.....	67
3.1	処理場内挙動調査（R2-4 調査結果より）	67
3.2	消毒処理による新型コロナウイルスの代替ウイルス不活化に対する検討（R3 調査結果より）	71
4	下水中新型コロナウイルス濃度の測定のあり方等に関する調査.....	73
4.1	採水時間帯に対する調査（R3 調査結果より）	73
4.2	マンホール調査（R3 調査結果より）	75
4.3	マンホール追跡調査（R3 調査結果より）	79
5	下水サーベイランスデータを活用した感染症情報の発信	81
5.1	体制構築	81
5.2	役割分担	83
5.3	下水サーベイランスデータの内容	84
5.4	採水頻度・地点.....	85
5.5	情報発信	86
6	まとめと今後の展開.....	101

1 はじめに

令和 3 年 3 月に「下水道における新型コロナウイルスに関する調査検討委員会」（以下、検討委員会とする）が設置され、下水処理場への流入下水、放流水等における新型コロナウイルス濃度の測定結果に基づき、下水処理場内の処理過程における新型コロナウイルスの挙動実態を整理するとともに、保健衛生部局の感染拡大防止対策に寄与できるよう、下水道部局におけるウイルス濃度の測定のあり方等について検討を行ってきた。第 6 回検討委員会では、当該時点までの検討結果に基づき、国土交通省は「新型コロナウイルスの広域監視に活用するための下水サーベイランスガイドライン（案）（令和 4 年 3 月 22 日版）」（以下、ガイドラインとする）を取りまとめた。

これまで、内閣官房新型コロナウイルス等感染症対策推進室（現在は内閣感染症危機管理統括庁）による下水サーベイランスの活用に関する実証事業により、令和 4 年度に全国の 20 自治体による実証事業が行われた。また、国立感染症研究所では感染症流行予測調査事業（予防接種法）に基づき、全国十数か所の地方衛生研究所や下水処理場と連携し、ポリオウイルス輸入の監視強化として環境水サーベイランスを既に行っており、令和 6 年度より、感染症流行予測調査事業に新型コロナウイルスの下水サーベイランスを追加することとしている。この他、自治体による事業として下水サーベイランスによる新型コロナウイルスの市中感染状況の把握のための取り組みを行っている自治体も存在する。こうした背景を踏まえ、上記ガイドラインについて、各自治体の保健衛生部局が下水サーベイランスを実施する際に、下水道部局が連携・協力する場合を念頭に置き、具体的な連携・協力の手法を整理することを目的として一部見直しの検討が行われた。

また、国土交通省では複数のモデル都市（処理場）を対象とした下水中新型コロナウイルス RNA 濃度（以下、ウイルス濃度とする）の定期モニタリング調査を行っており、調査の実施に関する知見が蓄積されてきている。さらに、一部の自治体では、関係部局が連携し、下水サーベイランスの調査検討を進め、関係部局と連携しながら住民へ感染症情報等を発信し、地域の感染症対策に貢献している事例も出てきている。しかしながら、新型コロナウイルスに関する下水サーベイランスは技術的に発展途上の状況であり、その情報活用に当たっては地域（住民あるいは医療関係者等）に与える影響を慎重に見極めるべきという見方もある。

こうした背景を踏まえ、令和 5 年度には調査対象都市の関係部局（保健衛生部局・危機管理部局・下水道部局等）における下水サーベイランスに係る体制の構築・役割分担を中心に、他自治体が下水サーベイランスを行うにあたって参考となる知見の集積を目的としたヒアリング調査が行われた。

本報告書は、これまでの検討委員会での議論を踏まえ、下水中の新型コロナウイルス RNA 濃度の調査から得られた知見や先行的な取組についてとりまとめたものであり、下水サーベイランスに関する今後の取組の推進の一助になることを期待したい。

委員の構成

委員長	京都大学名誉教授・信州大学工学部 特任教授	田中宏明
委員	横浜市環境創造局下水道施設部下水道施設管理課長	大橋洋明
〃	東北大学未来科学共同研究センターシニアリサーチフェロー	大村達夫
〃	東京大学大学院工学系研究科教授	片山浩之
〃	京都市上下水道局技術監理室水質管理センター水質第2課長	勢川利治
〃	札幌市保健福祉局衛生研究所所長	山口 亮
〃	国立研究開発法人土木研究所流域水環境研究グループ上席研究員	山下洋正
〃	国立感染症研究所ウイルス第二部 主任研究官	吉田 弘

<事務局>

国土交通省水管理・国土保全局下水道部

<オブザーバー>

内閣官房新型コロナウイルス等感染症対策推進室

(現：内閣感染症危機管理統括庁)

厚生労働省新型コロナウイルス感染症対策推進本部（健康局結核感染症課）

(現：厚生労働省新型コロナウイルス感染症対策本部（感染症対策部感染症対策課）)

<旧委員>

(令和2年度)

委員	横浜市環境創造局下水道施設部下水道施設管理課長	平野哲雄
特別委員	国土技術政策総合研究所下水道研究部長	岡本誠一郎

(令和3年度)

委員	横浜市健康福祉局健康安全部医務担当部長（健康安全課長兼務）	船山和志
----	-------------------------------	------

検討委員会の概要

	開催日	主な議事
第1回	令和3年3月5日	1.設置趣旨について 2.諸外国における下水調査概要について 3.国内の既往の下水調査について 4.モデル地区における下水調査について（中間報告）
第2回	令和3年4月28日	1.令和2年度モデル地区における下水調査について 2.令和3年度調査検討計画について 3.有識者等からの情報提供
第3回	令和3年8月24日	1.令和3年度調査中間報告について 2.技術ガイドライン（素案）について 3.諸外国における下水中の新型コロナウイルス検出情報の活用事例について 4.今後の予定について
第4回	令和3年12月20日	1.各種調査の報告について 2.下水PCR調査を活用した広域監視ガイドライン（案）の骨子について 3.有識者からの情報提供
第5回	令和4年2月16日	1.各種調査の報告について 2.下水PCR調査を活用した広域監視ガイドライン（案）の骨子について
第6回	令和4年3月22日	1.各種調査の報告について 2.新型コロナウイルスの広域監視に活用するための下水PCR調査ガイドライン（案）について 3.自治体における下水疫学調査の取組状況について
第7回	令和5年3月9日	1.第6回検討委員会におけるご意見と対応方針 2.各種調査の報告について 3.国内外事例 4.自治体ヒアリング結果 5.下水サーベイランスの今後の方針について
第8回	令和6年3月21日	1.各種調査の報告について 2.ガイドライン見直し案について 3.検討委員会報告書案について

国土交通省において、令和2年度から令和5年度にかけて複数のモデル都市（処理場）における下水中新型コロナウイルスRNA濃度（以下、ウイルス濃度とする）の定期モニタリング調査が行われた。各年度の調査内容を表1.1に示す。

本検討委員会では、これらの調査結果を基に、下水処理場内の処理過程における新型コロナウイルスの挙動実態を整理するとともに、保健衛生部局の感染拡大防止対策に寄与できるよう、下水道部局におけるウイルス濃度の測定のあり方等について検討を行った。

以上を踏まえ、本報告書では以下の通り調査検討の結果を整理する。

- 第2章では、令和2-5年度に行われた定期モニタリング調査の結果と、当該調査結果に基づく各種分析・検討結果を取りまとめる。
- 第3章では、令和3-4年度に行われた下水中新型コロナウイルスの挙動調査の結果を取りまとめる。
- 第4章では、令和3年度に行われた下水中新型コロナウイルスの測定のあり方等に関する調査の結果を取りまとめる。
- 第5章では、下水サーベイランスデータを活用した感染症情報の発信に関する検討の結果を取りまとめる。

表 1.1 各調査年度の調査項目・調査内容

調査項目		調査内容	調査年度			
			R2	R3	R4	R5
下水中新型コロナウイルスRNA濃度の調査	定期モニタリング調査	新型コロナウイルスRNA濃度の測定を定期的に行うことで、市域の新規感染者数の動向と下水中の新型コロナウイルスRNA濃度との関係を把握	○	○	○	○
	処理場短期集中調査	新型コロナウイルス流行期において、短期的に処理場流入水のサンプリング頻度を上げ、濃度上昇と低下の状況を調査し、流行の予兆及び終息を示すと考えられるデータを収集		○	○	
処理場内の下水中新型コロナウイルスの挙動調査	下水処理場内における新型コロナウイルスRNA濃度調査	下水処理場の各処理工程における新型コロナウイルスRNA濃度を測定することでその挙動を把握することを目的とする	○	○	○	
	消毒処理による新型コロナウイルスの代替ウイルス不活化に関する調査	下水処理プロセスにおける新型コロナウイルスの挙動、除去、不活化について調査を実施するため、特に消毒に関する新型コロナウイルスの代替ウイルス不活化調査を行い、通常の下水処理水に対する塩素消毒により、新型コロナウイルスの代替ウイルス不活化が行われていることを確認		○		
下水中新型コロナウイルスRNA濃度の測定のあり方等に関する調査	採水時間帯に対する調査	水処理場流入水の定期調査を行うにあたり、現在は有機物指標（BOD等）の最も流入負荷が高い午前中をターゲットに採水を行っているが、新型コロナウイルスRNA濃度に関しても同様の採水時間帯で問題無いかを確認		○		
	マンホール調査	軽症者療養ホテル排水マンホール及び高齢者施設排水マンホールに対して、下水中の新型コロナウイルス濃度として検出可能であることを確認		○		
	マンホール追跡調査	軽症者療養ホテルなどのエビセンタールから下水処理場までの複数マンホールで追跡採水し、どこまでの流域面積（流量）であれば検知が可能であるかの把握のための調査を実施		○		
下水サーベイランスデータを活用した感染症情報の発信	ヒアリング調査	下水疫学調査を実施している自治体に対して、情報の利用用途（ニーズ）と体制構築や、下水分析データの取り扱い等に係る留意事項、情報発信時の留意事項、関連部署内の情報活用についてヒアリング調査実施				○
	事例調査	下水疫学調査データの活用方法として、住民への情報発信に係る国内の取組事例を整理		○	○	○

2 下水中新型コロナウイルス RNA 濃度の調査

国土交通省において、令和2年度から令和5年度にかけて複数のモデル都市（処理場）における下水中新型コロナウイルス RNA 濃度の定期モニタリング調査が行われた。本章では、本調査の概要と結果を整理するとともに、これまでの検討委員会において得られた種々の知見について整理した。

2.1 定期モニタリング調査（R2-5 調査結果より）

2.1.1 調査目的

長期的視野による新規感染者数又は定点医療機関当たりの報告数と下水中新型コロナウイルス RNA 濃度との関係性を把握し、ガイドラインにおける調査実施要領を確認することを目的とした。

2.1.2 定期調査概要

(1) 調査方法

定期モニタリング対象処理場及びモニタリング頻度、分析手法等を表 2.1 に示す。

(2) 分析手法

新型コロナウイルス RNA 濃度の分析については、q-PCR による分析を行い、プライマーセットとしては CDC-N1 および CDC-N2 を用いる。また、プロセスコントロールとして PMMoV（トウガラシ微斑ウイルス）を同時に検出し、分析手法の妥当性を確認した。

表 2.1 採水対象処理場

調査期間	自治体	処理場名	排除方式	採水曜日	備考	分析手法	採水方法
R3～	札幌市	新川水再生プラザ	合流 (一部分流)	R5.9迄 月、水、金 R5.10～ 水	R4.1より札幌市からの提供データ	EPISENS-S法	コンボジット
	仙台市	南蒲生浄化センター	分流 (一部合流)	火	R4.1～R4.3迄、R5.4～ 東北大学で採水・分析調査を実施	R3.7/2迄 PEG沈殿法 R3.7/3～ 沈殿物抽出法	グラフ
	横浜市	g処理場	分流 (一部合流)	金	R4.4～R5.3迄 厚労省科学研究班からの提供データ	R3.6/14迄 PEG沈殿法 R3.6/15～ 沈殿物抽出法	グラフ
	大津市	h処理場	分流 (一部合流)	火	R4.1～R4.3迄 採水未実施	R3.7/28迄 PEG沈殿法 R3.7/29～ 沈殿物法	グラフ
	大阪市	住之江下水処理場	合流 (一部分流)	水		EPISENS-S法	グラフ
	福岡市	中部水再生センター	合流 (一部分流)	月		EPISENS-S法	グラフ
R5～	養父市	k,l,m,n処理場	分流	月、木		COPMAN法	グラフ
	小松市	中央浄化センター	分流 (一部合流)	月、水、金		PEG沈殿法	グラフ
	埼玉県	荒川水循環センター (流域下水道)	分流 (一部合流)	火		Promega Wizard Enviro Total Nucleic Acid Kitを使用 ※	グラフ
	沖縄県	宜野湾浄化センター (流域下水道)	分流	木		Promega Wizard Enviro Total Nucleic Acid Kitを使用 ※	グラフ
	神奈川県	柳島水再生センター (流域下水道)	分流 (一部合流)	火、金		EPISENS-S法 ※	グラフ
	大分市	o処理場	分流	月、水		PEG沈殿法 ※	コンボジット

2.1.3 調査結果

(1) 定期モニタリング調査結果

令和 3 年 4 月～令和 6 年 3 月の定期モニタリング調査結果を次頁以降に示す。調査結果は、感染者状況の把握方法が変更された五類感染症移行前と移行後で期間を分け、整理した。

五類感染症移行前（R3.4～R5.5.8）における、ウイルス濃度と市域全体の 10 万人あたり新規感染者数との関係から以下に示す結果が得られている。なお、当該市の人口は、R3 年度より調査を継続している 6 都市については令和 3 年 4 月時点、養父市は令和 2 年 10 月時点、小松市は令和 5 年 4 月時点の人口を用いている。

- ・五類感染症移行前の第 7 波から五類感染症移行前の第 8 波（R5.4）までは、人口当たりの新規感染者数と下水中のウイルス濃度の増減傾向は、札幌市、横浜市、大阪市、福岡市、養父市では概ね一致していた。
- ・仙台市、大津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。N1 での検出ができなかった理由として、第 7 波以降に該当プローブ部位の配列に変異があり、分析上の障害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、大津市が第 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は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、大阪市、福岡市においても、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。

五類感染症移行後（R5.5.8～）における、ウイルス濃度と定点医療機関当たりの報告数との関係から以下に示すことがわかった。

- ・五類感染症移行後（R5.5）から第 9 波ピーク付近（R5.8 中旬）までは、定点医療機関当たりの報告数が増加傾向であり、下水中のウイルス濃度も、札幌市、仙台市、大津市、大阪市、福岡市、養父市、小松市、神奈川県、大分市では増加傾向を示していた。
- ・第 9 波ピーク終了後（R5.9）から第 10 波開始時（R5.12 末）までは、定点医療機関当たりの報告数が少なくなったが、下水中のウイルス濃度は、札幌市、仙台市、横浜市、福岡市、埼玉県、沖縄県、神奈川県、大分市では、明確な減少傾向を示さず、両者の傾向が乖離していた。
- ・この乖離の原因は不明確ではあるが、五類感染症移行後の R5.8 中旬以降、新規感染者数の捕捉が困難になった一方、下水中のウイルス濃度は市中の感染動向を表していたことが考えられた。

五類感染症移行前(R3年4月～R5年5月8日)

※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）

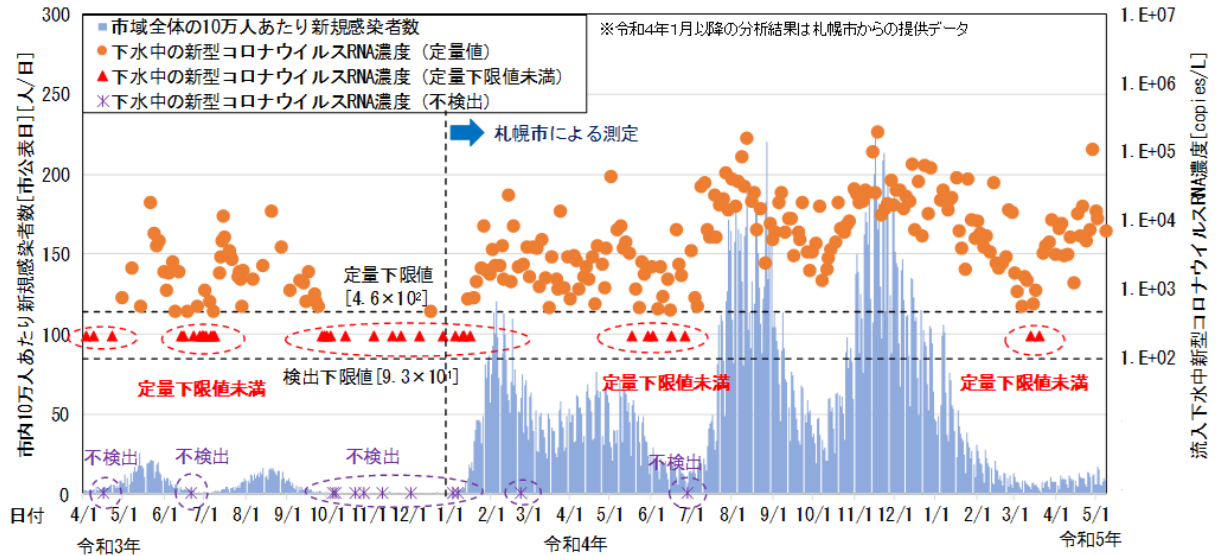


図 2.1 下水中新型コロナウイルス RNA 濃度と市域全体の 10 万人あたり新規感染者数（札幌市、五類感染症移行前）

五類感染症移行後(R5年5月8日～)

※分析手法：EPISENS-S法

下水中新型コロナウイルスRNA濃度と定点医療機関当たりの報告数（札幌市）

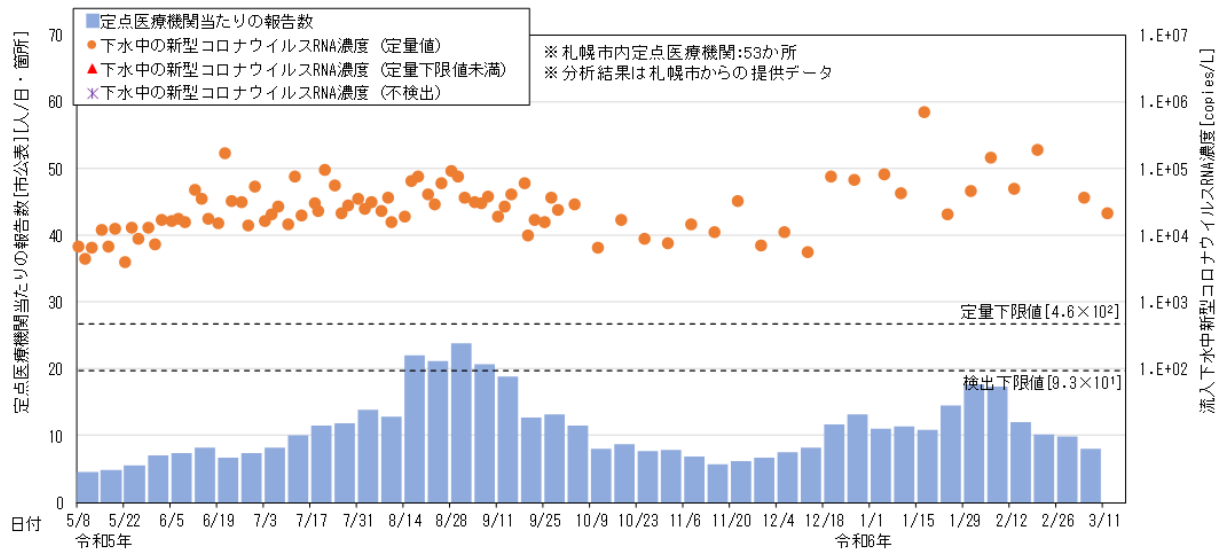


図 2.2 下水中新型コロナウイルス RNA 濃度と定点医療機関当たりの報告数（札幌市、五類感染症移行後）

五類感染症移行前(R3年4月～R5年5月8日)

※分析手法：PEG沈殿法、沈殿物抽出法

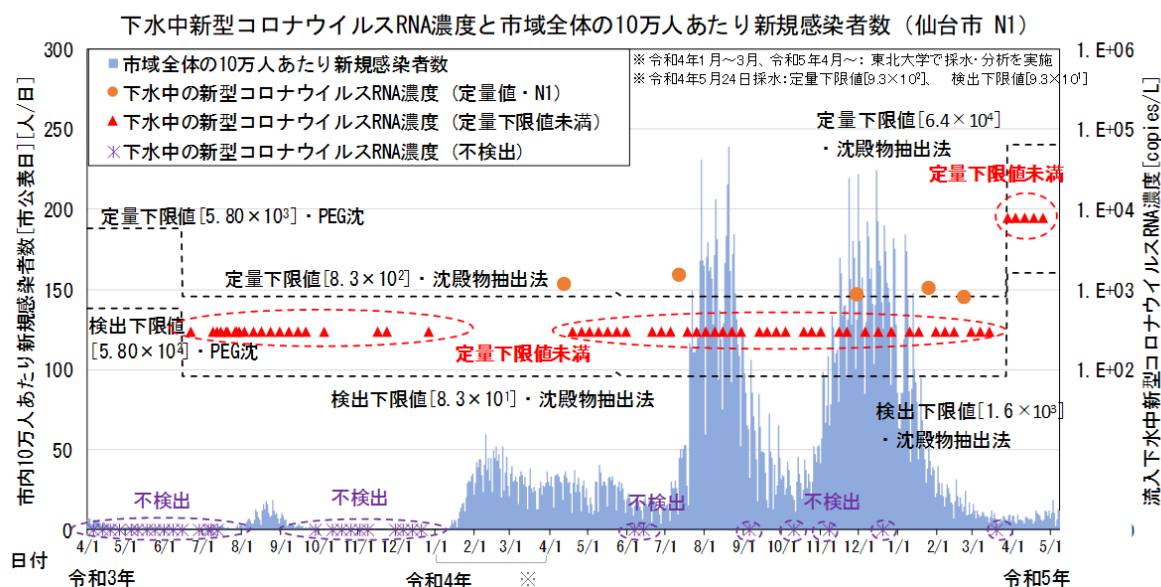


図 2.3 下水中新型コロナウイルス RNA 濃度と市域全体の 10 万人あたり新規感染者数（仙台市、五類感染症移行前）

五類感染症移行後(R5年5月8日～)

※分析手法：沈殿物抽出法

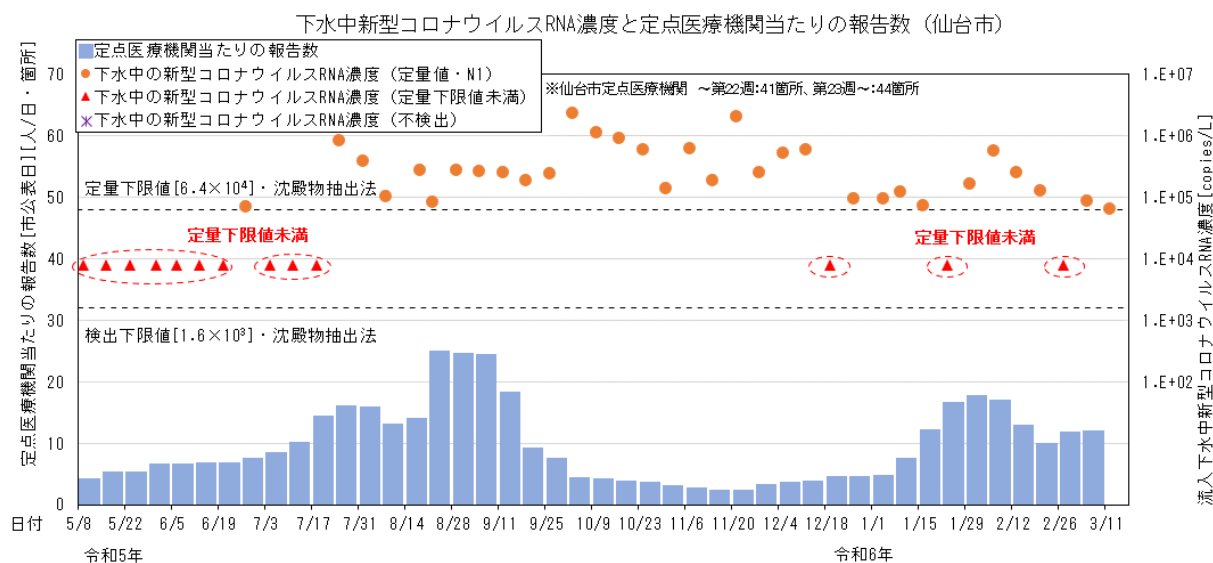


図 2.4 下水中新型コロナウイルス RNA 濃度と定点医療機関当たりの報告数（仙台市、五類感染症移行後）

五類感染症移行前(R3年4月～R5年5月8日)

※分析手法：PEG沈殿法、沈殿物抽出法

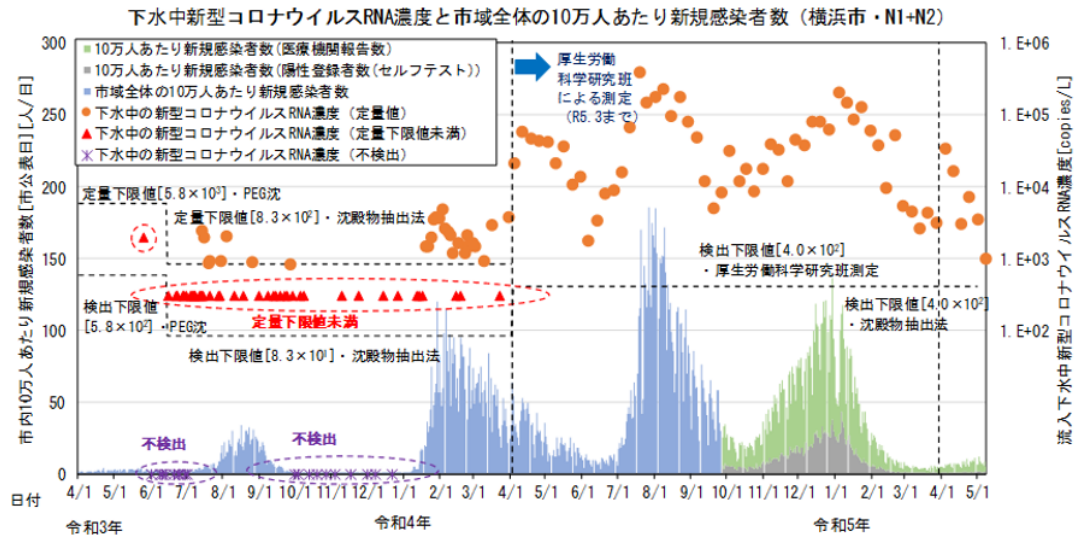


図 2.5 下水中新型コロナウイルス RNA 濃度と市域全体の 10 万人あたり新規感染者数（横浜市、五類感染症移行前）

五類感染症移行後(R5年5月8日～)

※分析手法：沈殿物抽出法

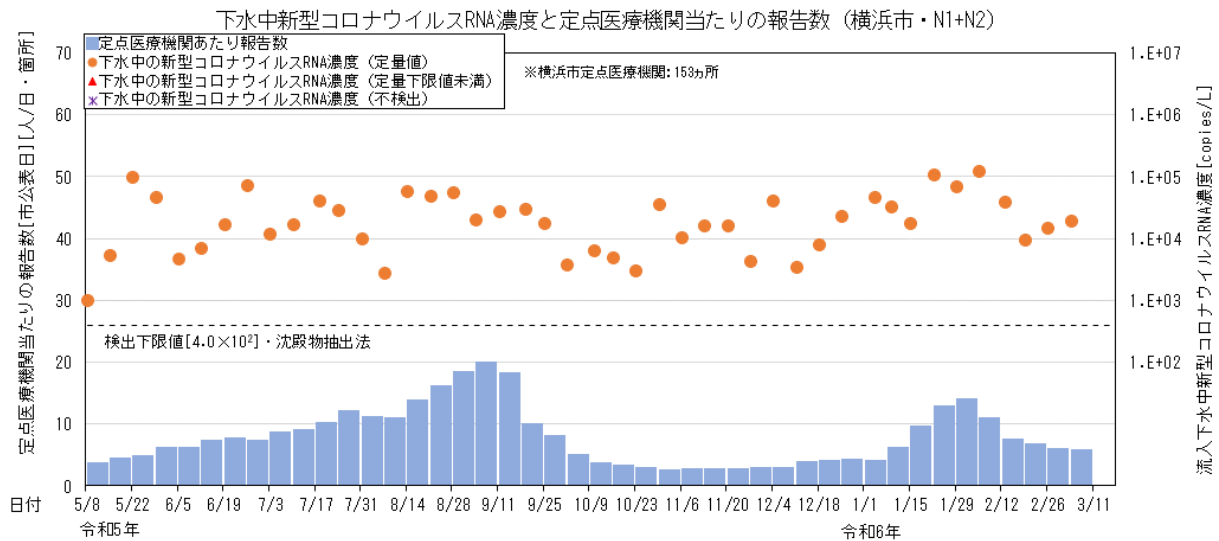


図 2.6 下水中新型コロナウイルス RNA 濃度と定点医療機関当たりの報告数（横浜市、五類感染症移行後）

五類感染症移行前(R3年4月～R5年5月8日)

※分析手法：PEG沈殿法、沈殿物抽出法

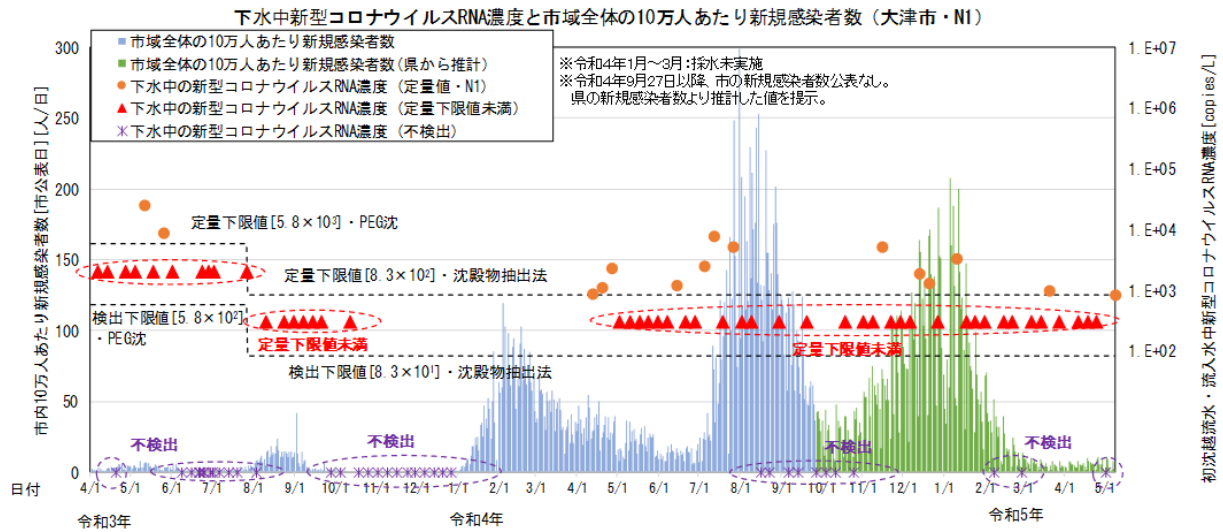


図 2.7 下水中新型コロナウイルス RNA 濃度と市域全体の 10 万人あたり新規感染者数（大津市、五類感染症移行前）

五類感染症移行後(R5年5月8日～)

※分析手法：沈殿物抽出法

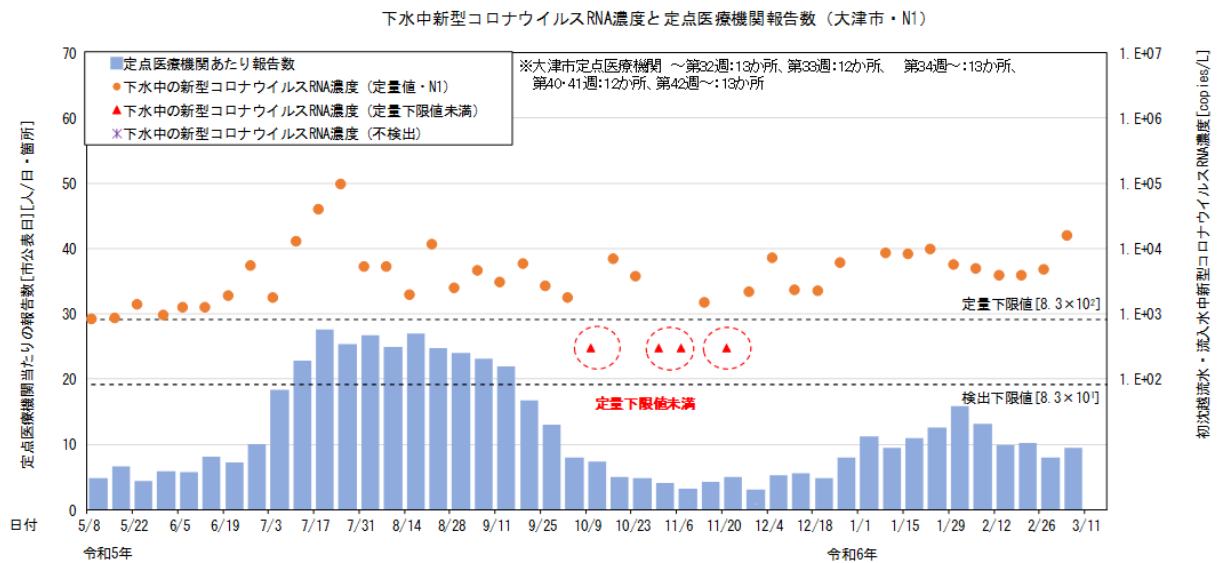


図 2.8 下水中新型コロナウイルス RNA 濃度と定点医療機関あたりの報告数（大津市、五類感染症移行後）

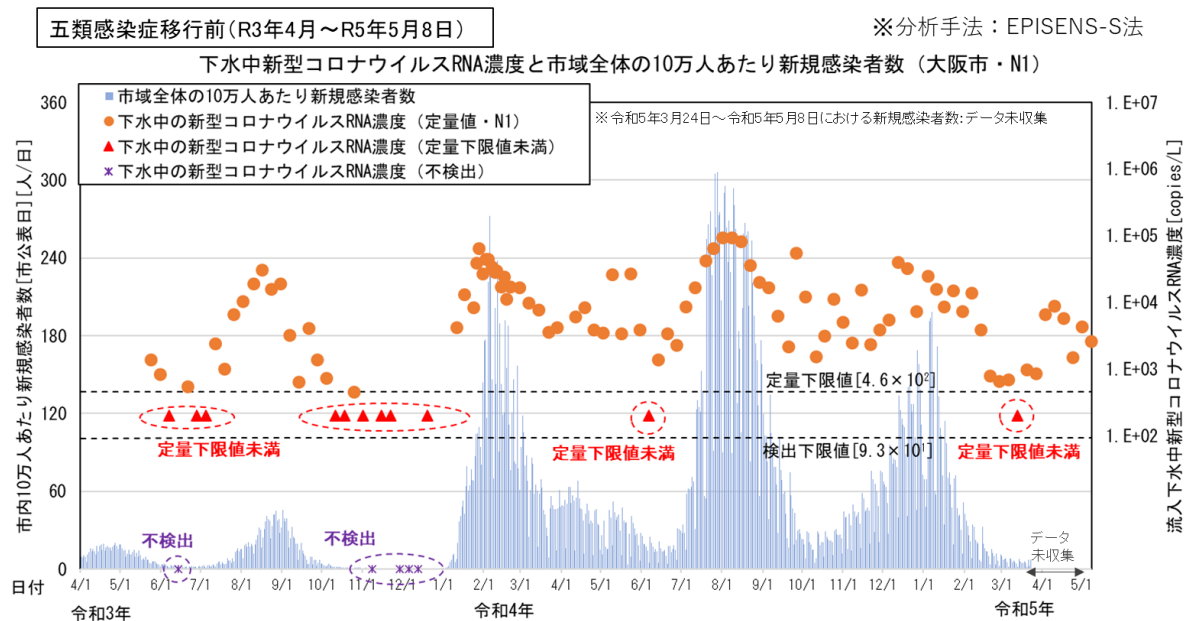


図 2.9 下水中新型コロナウイルス RNA 濃度と市域全体の 10 万人あたり新規感染者数
（大阪市、五類感染症移行前）

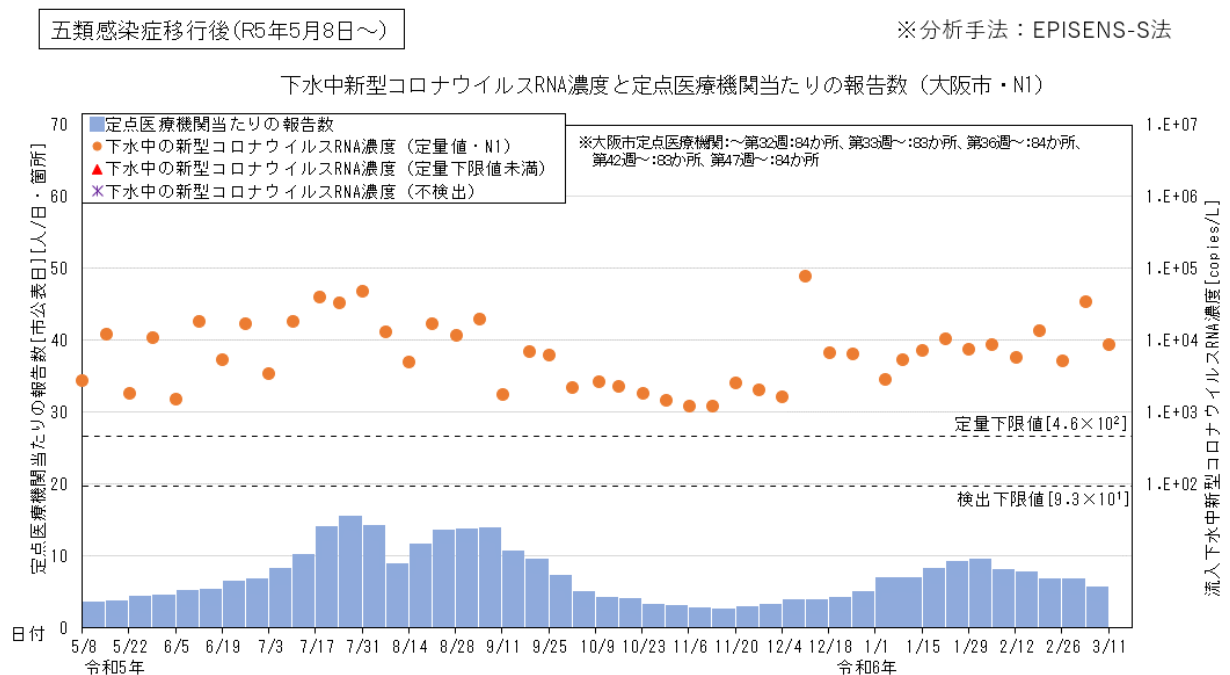


図 2.10 下水中新型コロナウイルス RNA 濃度と定点医療機関当たりの報告数
（大阪市、五類感染症移行後）

五類感染症移行前(R3年4月～R5年5月8日)

※分析手法：EPISENS-S法

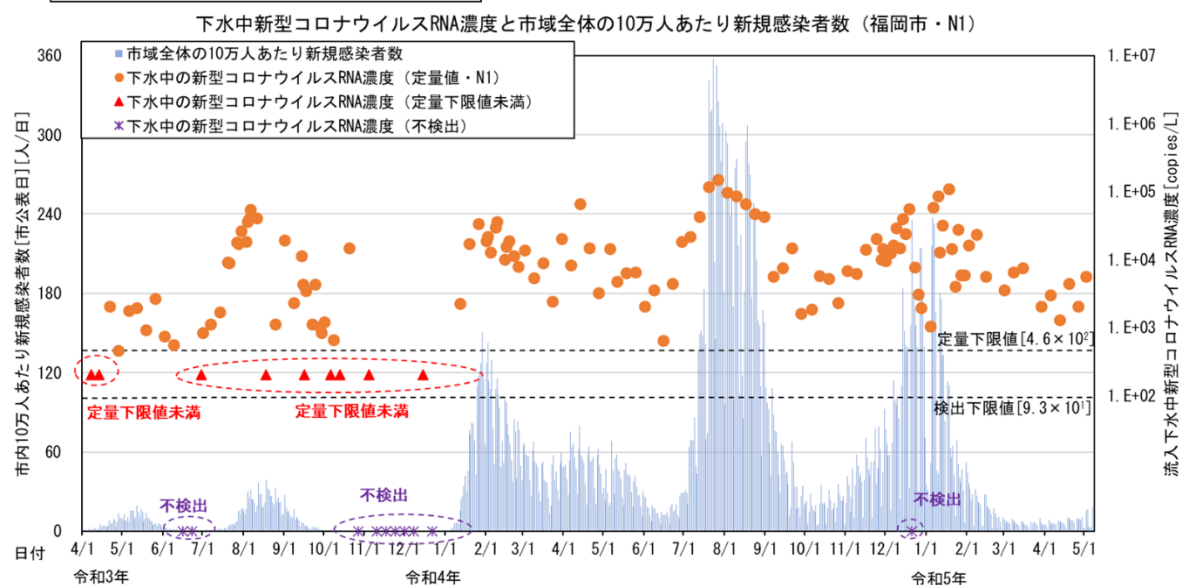


図 2.11 下水中新型コロナウイルス RNA 濃度と市域全体の 10 万人あたり新規感染者数（福岡市、五類感染症移行前）

五類感染症移行後(R5年5月8日～)

※分析手法：EPISENS-S法

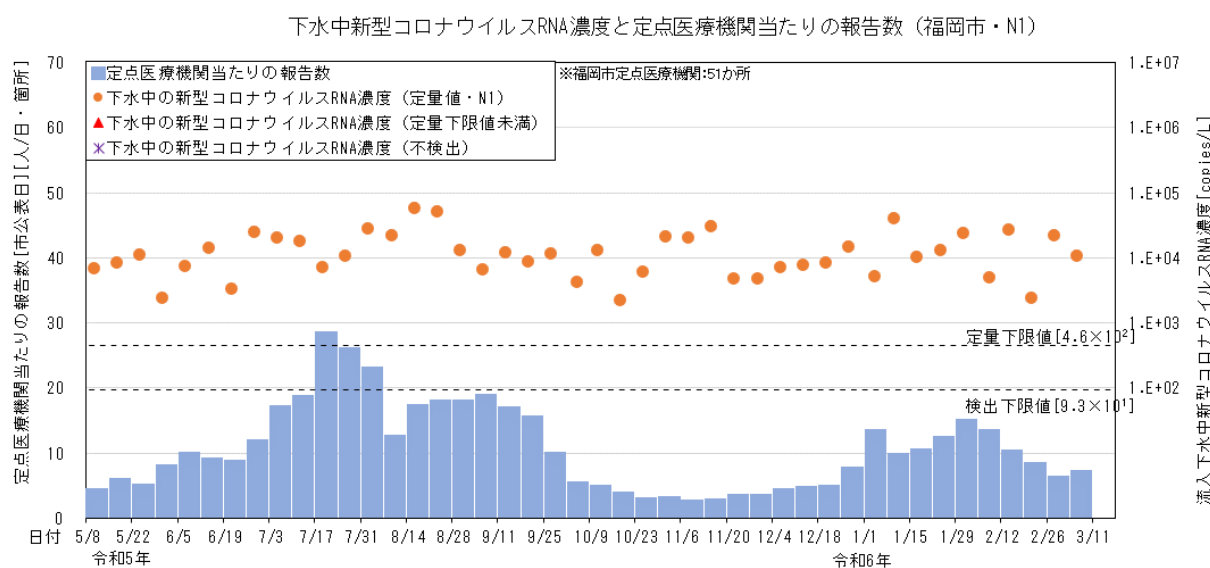


図 2.12 下水中新型コロナウイルス RNA 濃度と定点医療機関当たりの報告数（福岡市、五類感染症移行後）

五類感染症移行前(～R5年5月8日)

※分析手法：COPMAN法

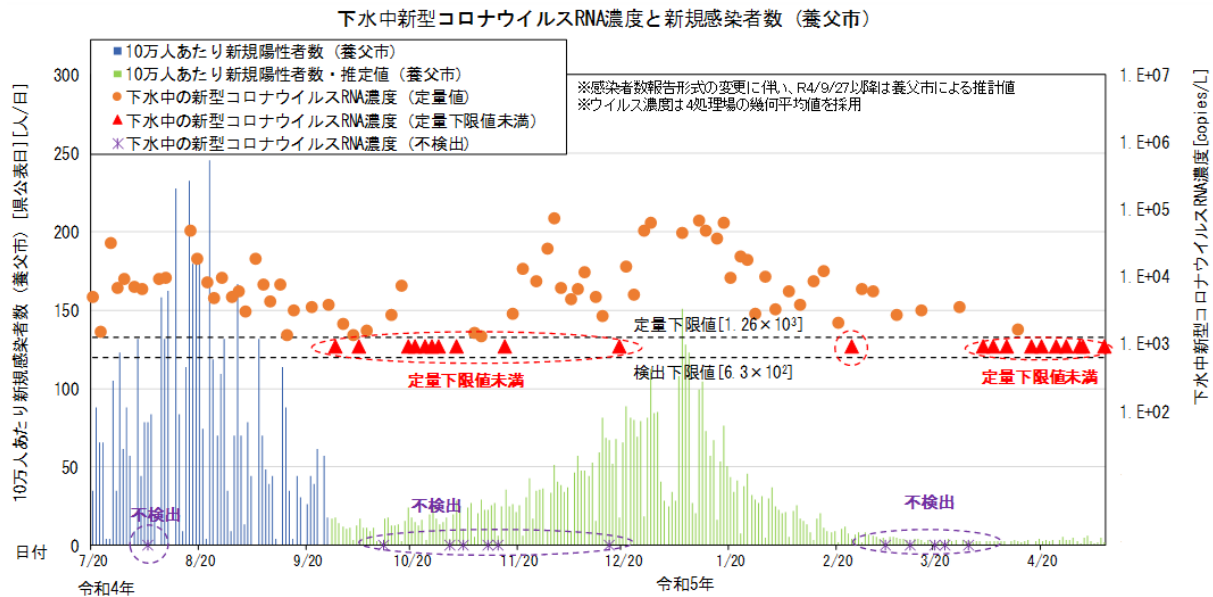


図 2.13 下水中新型コロナウイルス RNA 濃度と新規感染者数(養父市、五類感染症移行前)

五類感染症移行後(R5年5月8日～)

※分析手法：COPMAN法

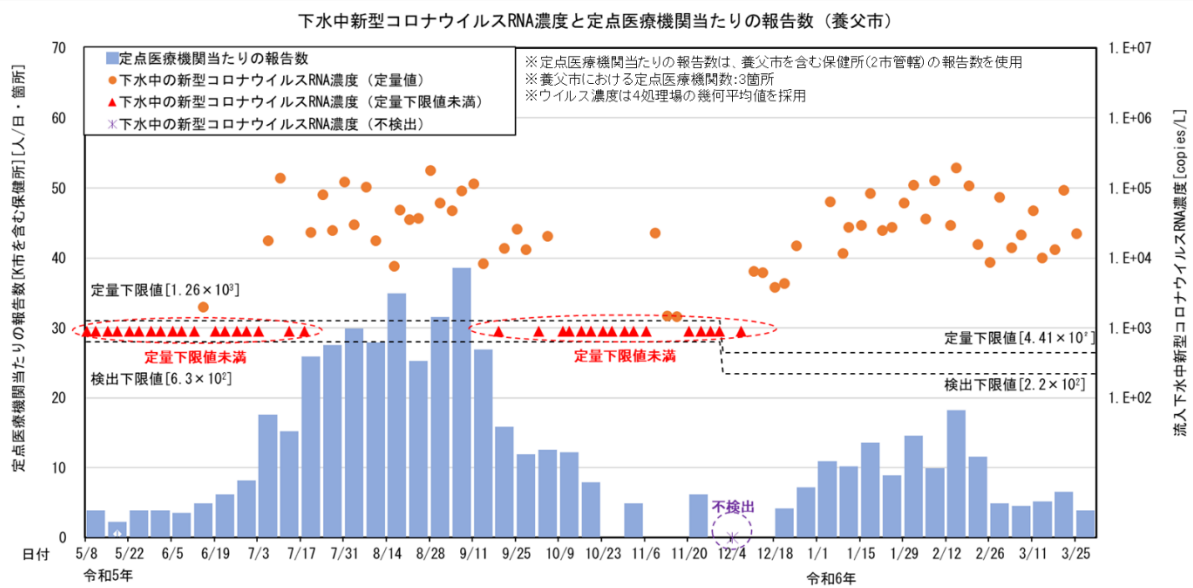


図 2.14 下水中新型コロナウイルス RNA 濃度と定点医療機関当たりの報告数
(養父市、五類感染症移行後)

五類感染症移行前(～R5年5月8日)

※分析手法：PEG沈殿法

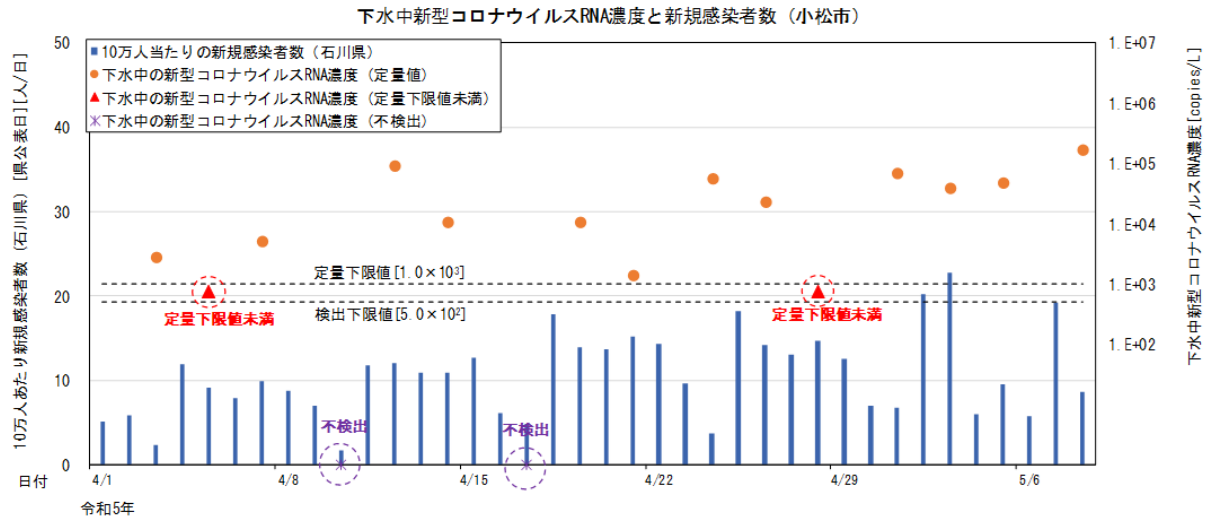


図 2.15 下水中新型コロナウイルス RNA 濃度と新規感染者数
(小松市、五類感染症移行前)

五類感染症移行後(R5年5月8日～)

※分析手法：PEG沈殿法

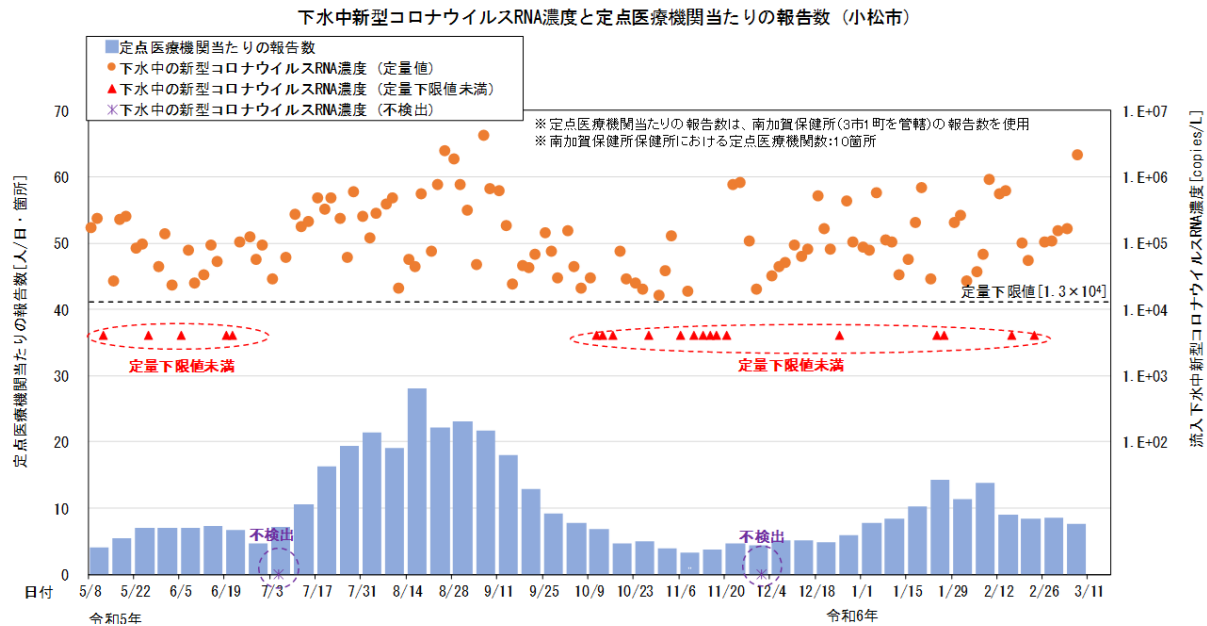


図 2.16 下水中新型コロナウイルス RNA 濃度と定点医療機関当たりの報告数
(小松市、五類感染症移行後)

五類感染症移行後(R5年5月8日～)

※検出手法、使用キット：
Promega Wizard Enviro Total Nucleic Acid Kit

下水中新型コロナウイルスRNA濃度と定点医療機関当たりの報告数（埼玉県・流域下水道）

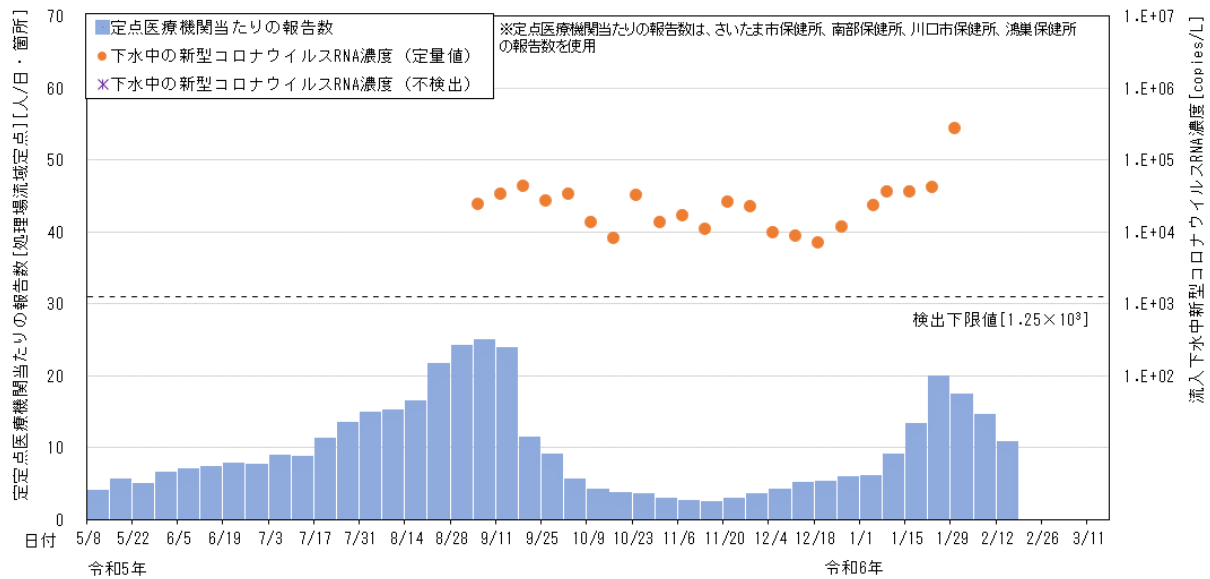


図 2.17 下水中新型コロナウイルス RNA 濃度と定点医療機関当たりの報告数
（埼玉県・流域下水道、五類感染症移行後）

五類感染症移行後(R5年5月8日～)

※検出手法、使用キット：
Promega Wizard Enviro Total Nucleic Acid Kit

下水中新型コロナウイルスRNA濃度と定点医療機関当たりの報告数（沖縄県・流域下水道）

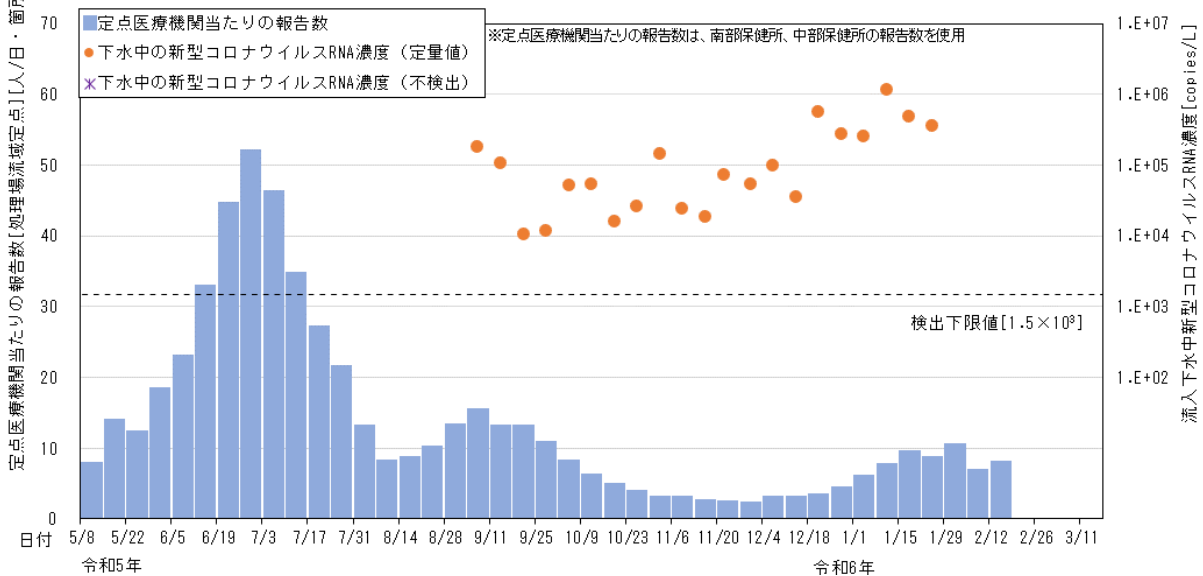


図 2.18 下水中新型コロナウイルス RNA 濃度と定点医療機関当たりの報告数
（沖縄県・流域下水道、五類感染症移行後）

五類感染症移行後(R5年5月8日～)

※分析手法：EPISENS-S法

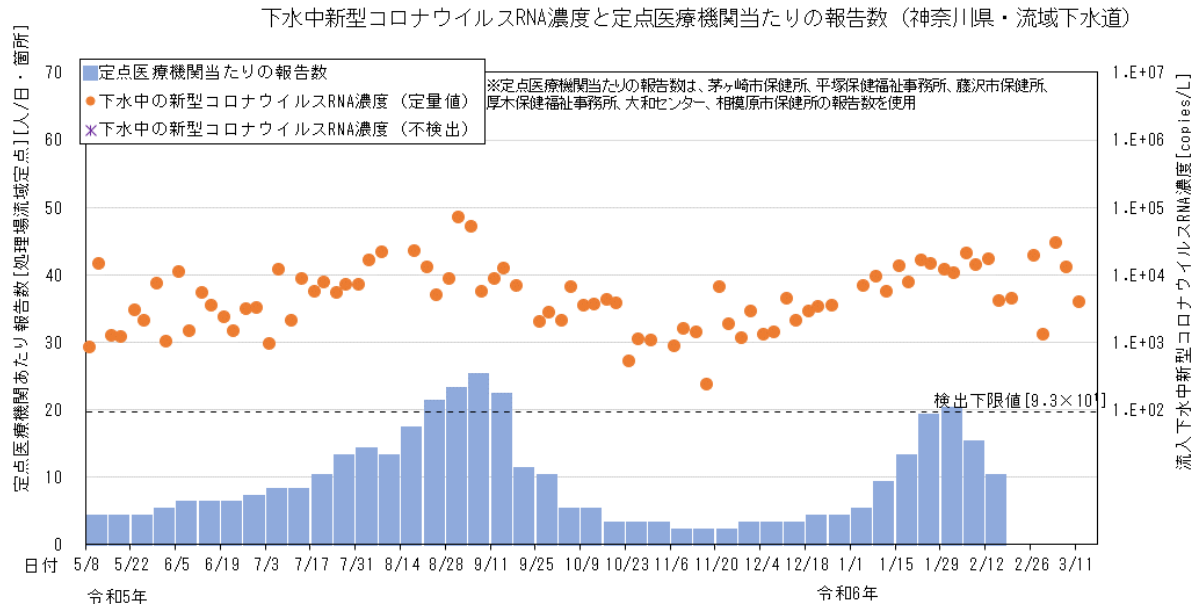


図 2.19 下水中新型コロナウイルス RNA 濃度と定点医療機関当たりの報告数
（神奈川県・流域下水道、五類感染症移行後）

五類感染症移行後(R5年5月8日～)

※分析手法：PEG沈殿法

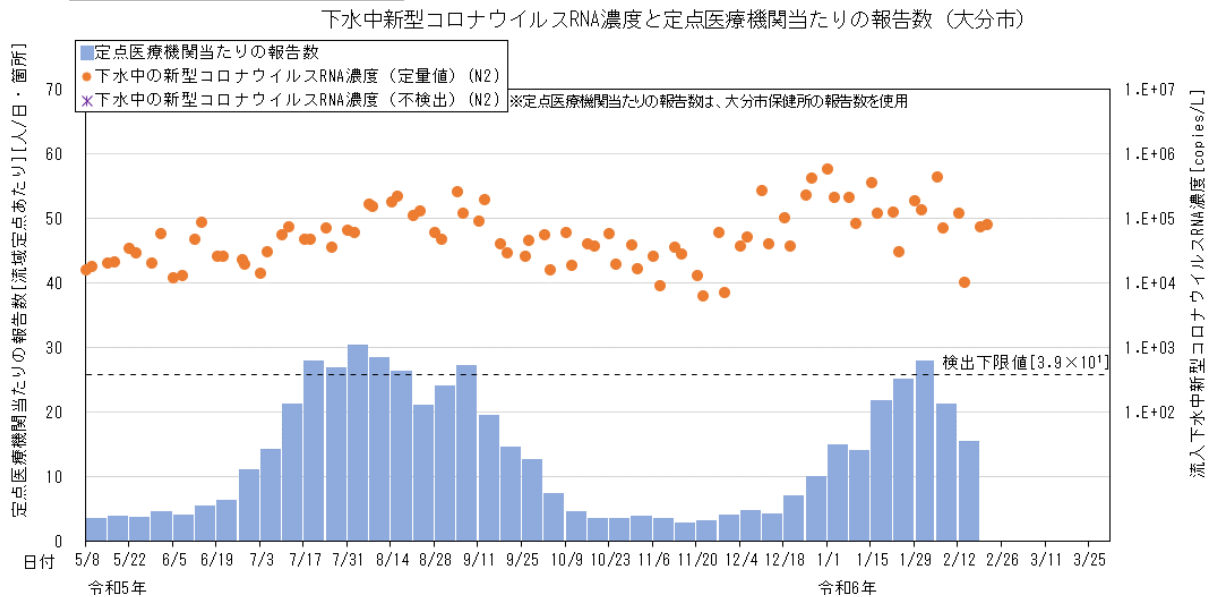


図 2.20 下水中新型コロナウイルス RNA 濃度と定点医療機関当たりの報告数
（大分市、五類感染症移行後）

(2) プライマーの違いによる下水中の新型コロナウイルス RNA 濃度の検出について (R4 調査結果より)

分析手法によって対象となるプライマーの種類が異なる。本項では、CDC-N1,N2 双方のプライマーを用いて測定した仙台市及び大津市における定期モニタリング調査結果を比較する。

図 2.21 及び図 2.22、図 2.23 及び図 2.24 に仙台市、大津市におけるそれぞれのプライマーの定期モニタリング調査結果を示す。

定期モニタリング調査結果より、市内 10 万人あたりの新規感染者数が 50 人を下回る期間では、定量下限値未満若しくは、不検出となることが多い。新規感染者数が少ない時期には、下水中の新型コロナウイルス RNA 濃度が低く、定量値が得られなかったと考えられる。これは、CDC-N1,N2 の双方のプライマーで同様の傾向を示している。

一方で、市内 10 万人あたりの新規感染者数が多い第 7 波以降においても CDC-N1 の定量値が検出されず、CDC-N2 においては、定量値が検出されている。CDC-N1 での検出ができなかった理由として、第 7 波以降に該当プローブ部位の配列に変異があり、分析上の阻害があったためと考えられる。

下水中の新型コロナウイルス RNA 濃度と新規感染者数の相関関係を把握する上では、定量値を用いた解析が必要となるため、本調査では CDC-N2 の定量値を用いて解析が行われた。

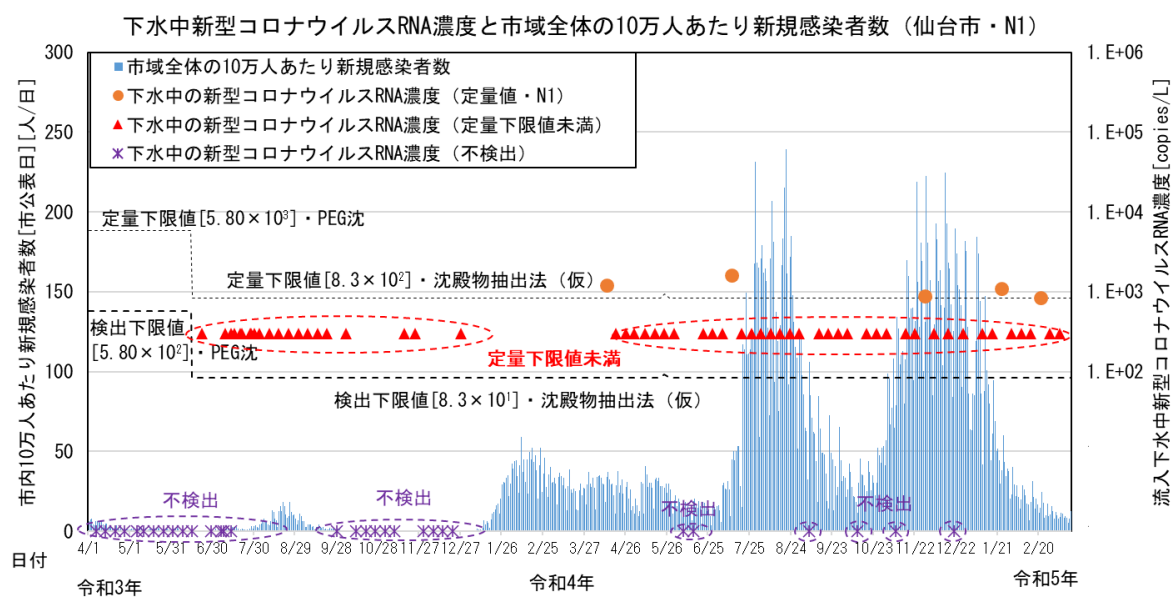


図 2.21 下水中新型コロナウイルス RNA 濃度と市域全体の 10 万人あたり新規感染者数（仙台市・N1）

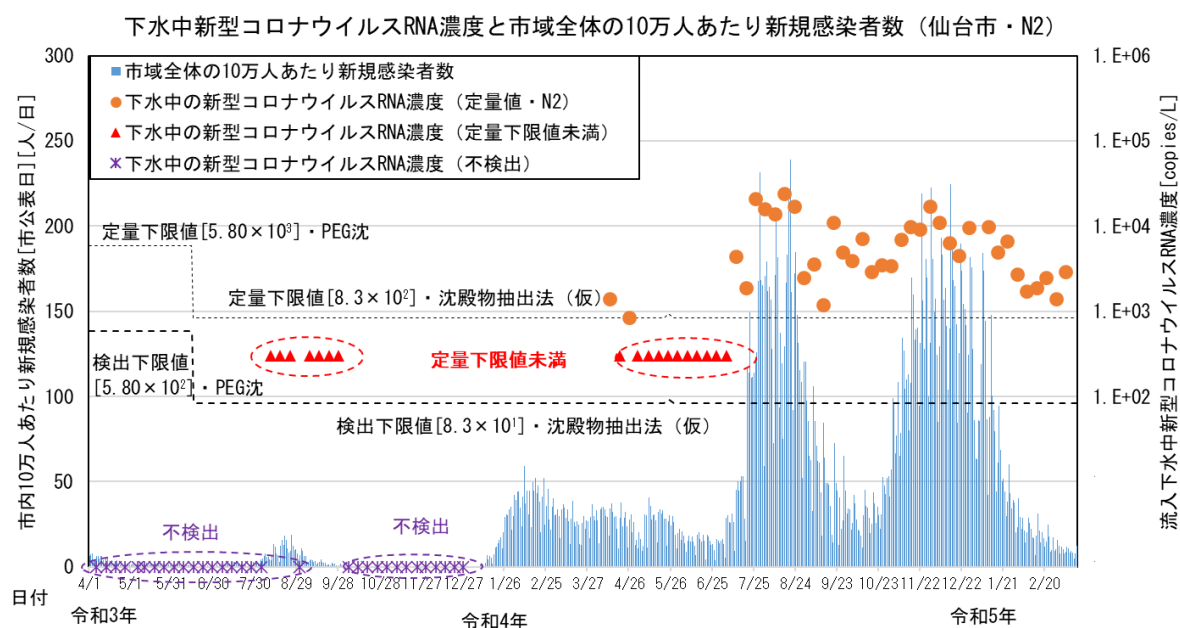


図 2.22 下水中新型コロナウイルス RNA 濃度と市域全体の 10 万人あたり新規感染者数（仙台市・N2）

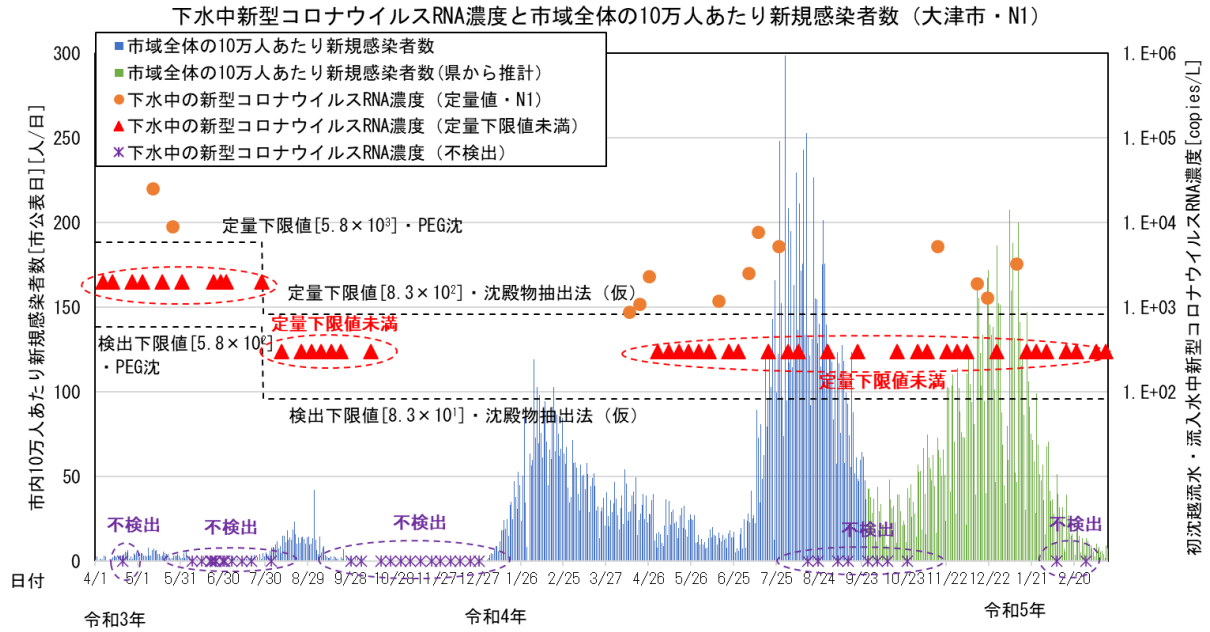


図 2.23 下水中新型コロナウイルス RNA 濃度と市域全体の 10 万人あたり新規感染者数
(大津市・N1)

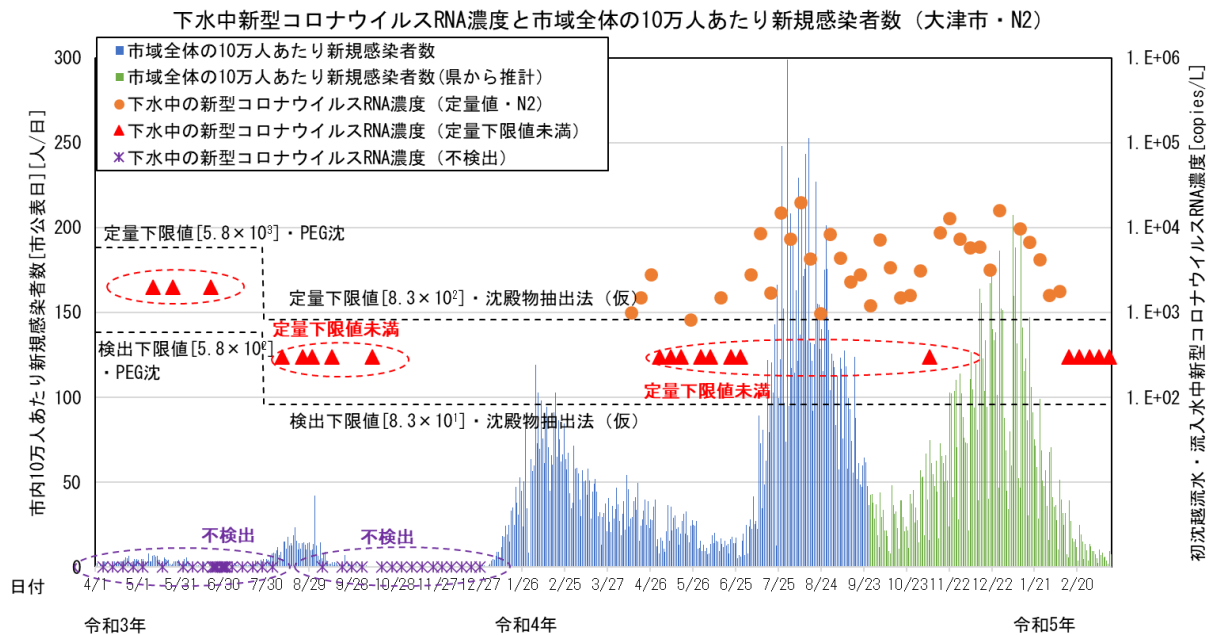


図 2.24 下水中新型コロナウイルス RNA 濃度と市域全体の 10 万人あたり新規感染者数
(大津市・N2)

(3) 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との関係 (R4 調査結果より)

定期モニタリング結果より、仙台市・大津市では第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困難である。

そこで、定量値が検出されない場合の感染動向を把握する手段として、令和3年度調査に引き続き、陽性率を検討した。

- ・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。
- ・一方で、令和4年3月末から第7波流行初期までの10万人あたりの新規感染者数が50人を下回る期間においても、陽性率が 100% となる期間があり、感染動向を把握する上で、正確さに欠ける場合がある。

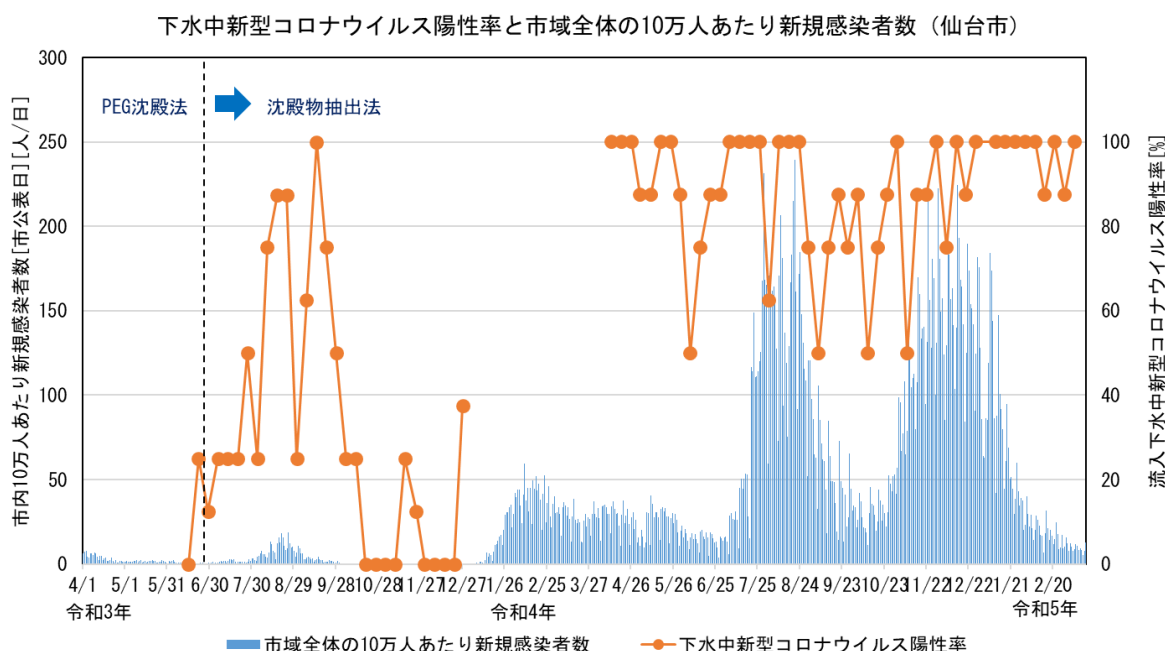
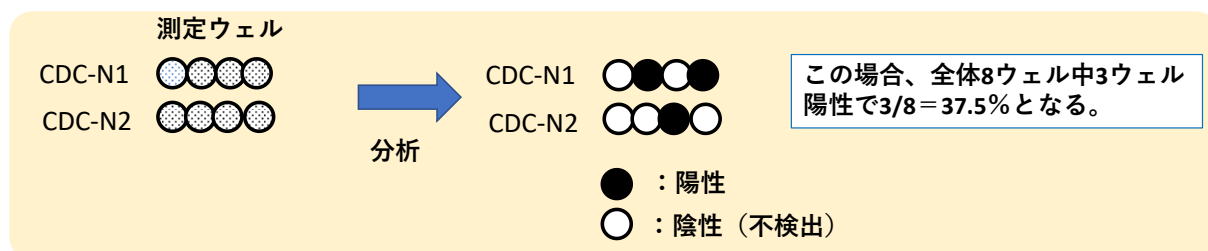


図 2.25 下水中新型コロナウイルス陽性率と市域全体の 10 万人あたり新規感染者数(仙台市)

【参考】陽性率

同一のサンプルに対して複数の測定ウェル（ウェル：PCR 分析機器において遺伝子増幅反応を行うスペース）を用いて分析を行った際に、全測定ウェル数のうち、陽性を示した測定ウェル数の割合等で示される指標



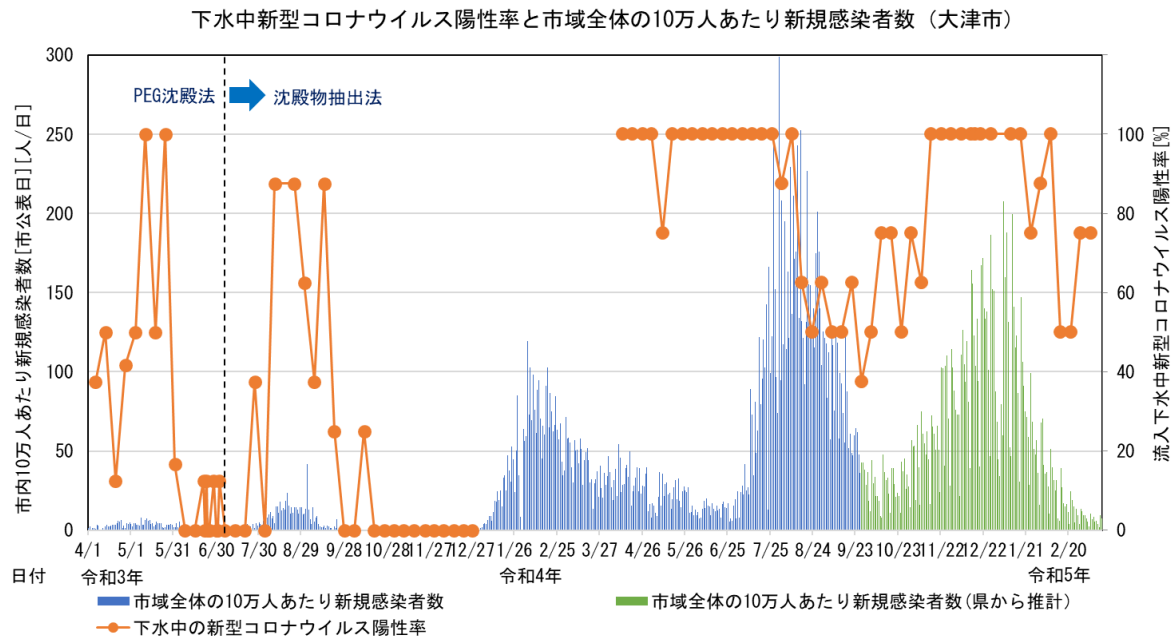


図 2.26 下水中新型コロナウイルス陽性率と市域全体の 10 万人あたり新規感染者数(大津市)

(4) 五類感染症への移行後の変化に関する検討

令和 5 年度より、五類感染症への移行後は定点医療機関当たりの報告数による感染状況の把握となったことを踏まえ、同報告数と下水中の新型コロナウイルス濃度の関連性について比較整理を行った。

調査対象は令和 4 年度より調査を継続している 6 都市とした。令和 5 年度より調査を追加した 6 都市においては、養父市・小松市は、管轄の保健所が複数の都市を含むため、当該市のみの定点医療機関当たりの報告数の把握が困難なこと、また、埼玉県・沖縄県・神奈川県・大分市については、下水中のウイルス濃度を把握している期間が少なく、分析が困難なことから、追加した 6 都市については検討を行わなかった。

図 2.27～図 2.38 において、各都市における五類感染症への移行前後の調査結果について図を 3 つに分け整理、分析を行った。以下に整理方法の詳細を示す。

【図① 都道府県と対象都市における新規感染者数（～R5.5.8 迄）と定点医療機関当たりの報告数の推移】 …定点医療機関当たりの報告数は、表 2.2 に示すように都市によって全県値と当該市データがあり、定点医療機関当たりの報告数と新規感染者数を比較しその傾向を確認する。
【図② 新型コロナウイルス RNA 濃度と定点医療機関当たりの報告数の推移】 …五類感染症以降前後とも得ることができる感染者数情報である定点当たりの報告数によりウイルス濃度との関係を比較確認する。
【参考図 新型コロナウイルス RNA 濃度と新規感染者数（～R5.5.8 迄）の推移】

表 2.2 新規感染者数及び定点医療機関当たりの報告数の把握状況

	五類感染症移行前		五類感染症移行後	
	新規感染者数	定点医療機関 当たりの報告数	新規感染者数	定点医療機関 当たりの報告数
都道府県	○	○	×	○
市町村	○	×	×	△

※五類感染症移行後の市町村における定点医療機関当たりの報告数は、政令市及び県庁所在都市は市毎で、それ以外の市町村は保健所単位での公表。

また、上記の分析に加え、五類感染症移行前後の定点医療機関当たりの報告数と下水中の新型コロナウイルス濃度の関連性について整理し、スピアマンの順位相関にて相関の有無を確認した。

なお、相関係数の算出については、「2.1.3 (1) 定期モニタリング調査結果」より、五類感染症移行後から第 9 波ピーク付近（第 33 週、R5.8 下旬）の前後から、ウイルス濃度と定点医療機関当たりの報告数の傾向に差が生じることが分かったため、五類感染症移行前、移行後から第 32 週まで、第 33 週以降の 3 つの期間に分け、相関係数を算出した。算出結果を表 2.3 に示す。

表 2.3 各期間における新規感染者数及び定点医療機関当たりの報告数とウイルス濃度の相関係数
【スピアマンの順位相関】

赤字：0.7以上→強い正の相関 黄字：0.4以上0.7未満→正の相関
緑字：0.2以上0.4未満→弱い正の相関 青字：-0.2以上0.2未満→相関なし

調査 対象都市	新規感染者数と ウイルス濃度の相関	定点医療機関あたりの報告数とウイルス濃度の相関		
		五類感染症移行前	移行後～第32週	第33週～
札幌市	0.535	0.447	0.556	0.530
仙台市	サンプル数が少ないため計算対象外		0.567	-0.445
横浜市	0.789	0.733	-0.121	0.451
大津市	サンプル数が少ないため計算対象外		0.731	0.301
大阪市	0.505	0.617	0.665	0.569
福岡市	0.683	0.747	0.387	0.119

※緑ハッチ部：都道府県の定点当たり報告数を使用

検討結果を以下に示す。

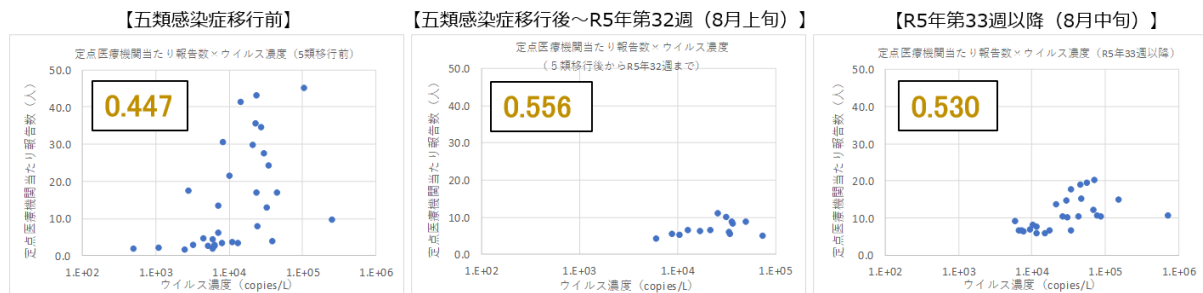
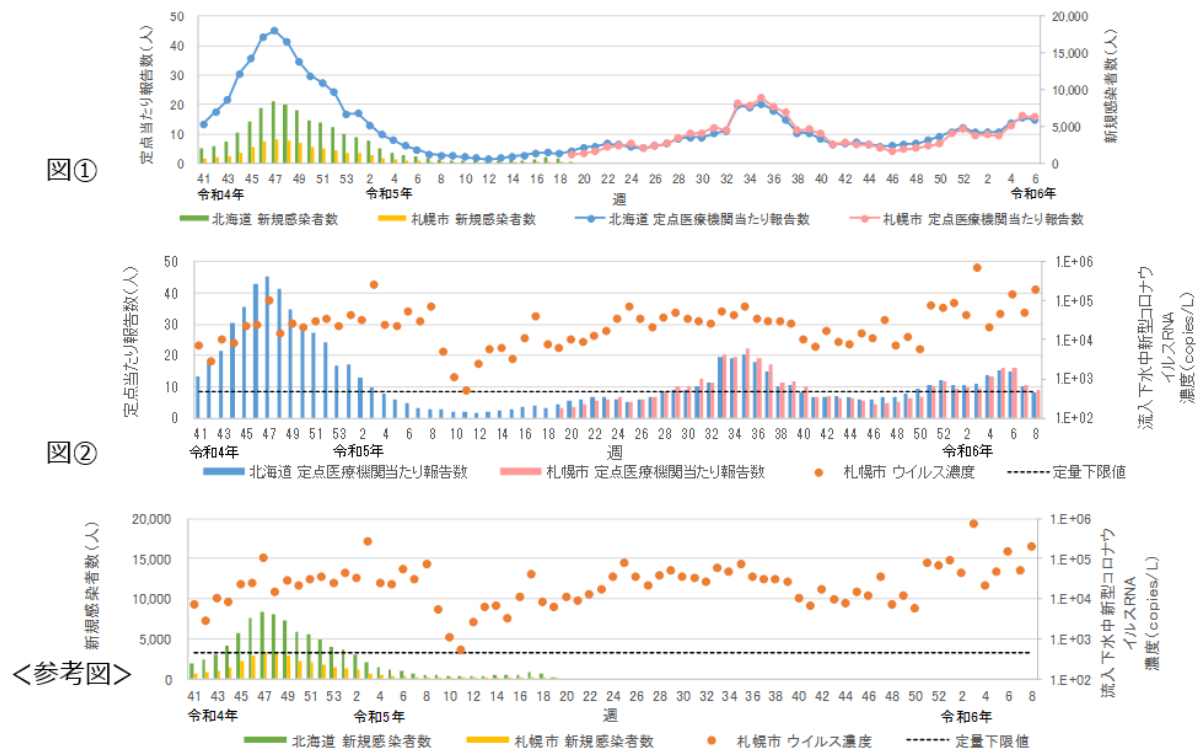
【新規感染者数と定点医療機関当たりの報告数について】

- ・五類感染症移行前において、対象都市の新規感染者数と各都道府県の定点当たりの報告数の増減傾向は連動している。
- ・対象都市は県庁所在地であり、都道府県との数値とも感染状況（感染の動向、ピーク）はおおむね一致している。

【新型コロナウイルス RNA 濃度と定点医療機関当たりの報告数について】

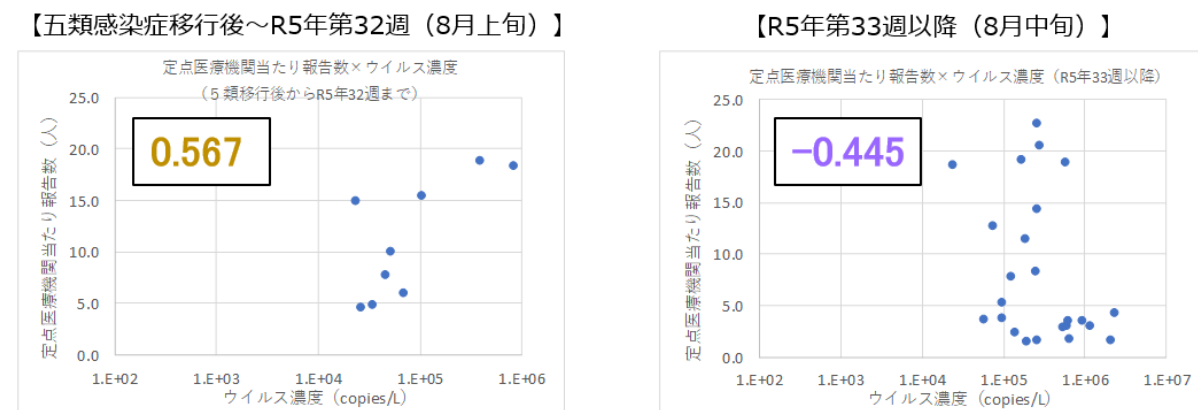
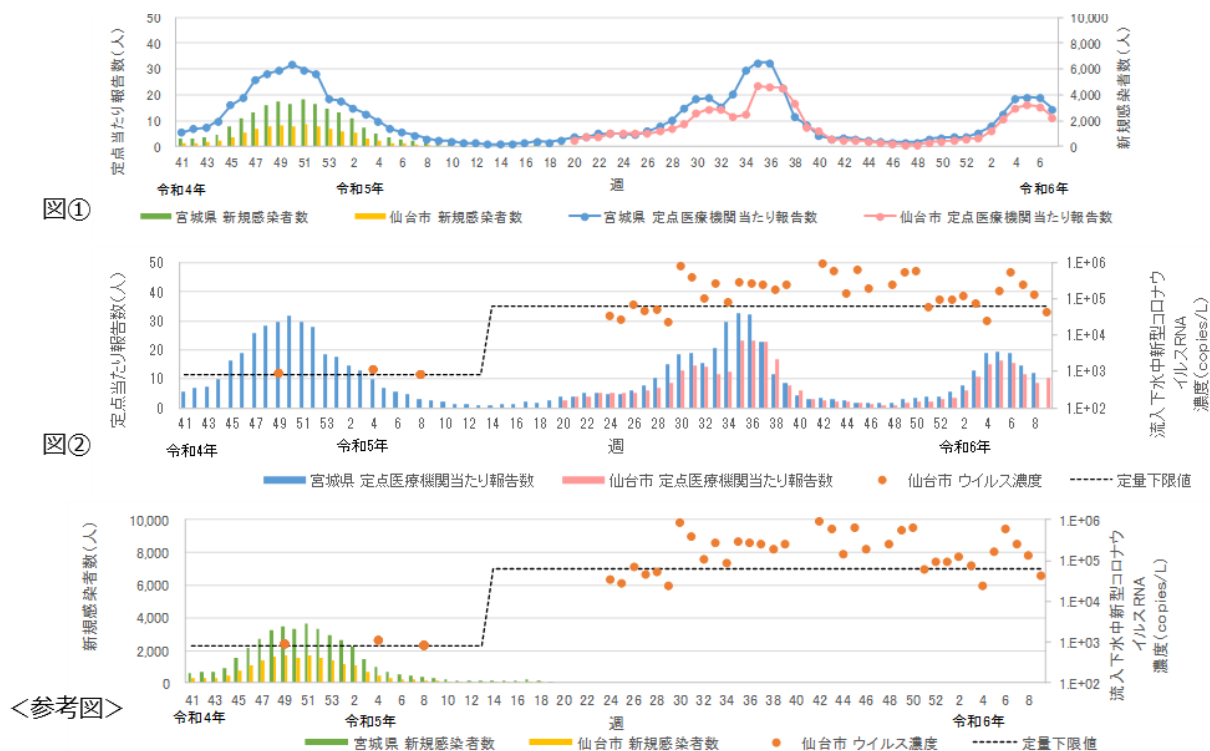
- ・五類感染症移行前後でウイルス濃度と定点医療機関当たりの報告数の傾向を整理すると、五類感染症移行後の方が相対的に相関係数は低下している。
- ・五類感染症移行後の第33週（R5年8月末）の前後から、ウイルス濃度と定点医療機関当たりの報告数の傾向に差が生じる。
- ・特に、第42週目以降（R5年10月以降）の定点医療機関当たりの報告数が小さい時期でも、各都市ともウイルス濃度が高い傾向（定量下限となる時が少ない）にある。
- ・第33週以降、ウイルス濃度と定点当たり報告数の相関が低くなっている理由として、オミクロン株が主流となって以降は病原性が低下し、さらに五類感染症移行後は、重症化リスクの低い方には自宅療養の実施の呼びかけ等も行っていることから、医療機関に受診しない人が増加している可能性が考えられる。

以上の結果より、定点医療機関あたりの報告数とウイルス濃度の相関は、五類感染症移行後低下する傾向にはあるが、下水中の新型コロナウイルス RNA 濃度の測定は、感染者数の動向を掴むツールとして有効であると考えられる。



※定点医療機関当たりの報告数の使用データ：五類感染症移行前…北海道、五類感染症移行後…札幌市

図 2.28 定点医療機関当たりの報告数とウイルス濃度の相関関係(札幌市)



※定点医療機関当たりの報告数の使用データ：五類感染症移行後…仙台市

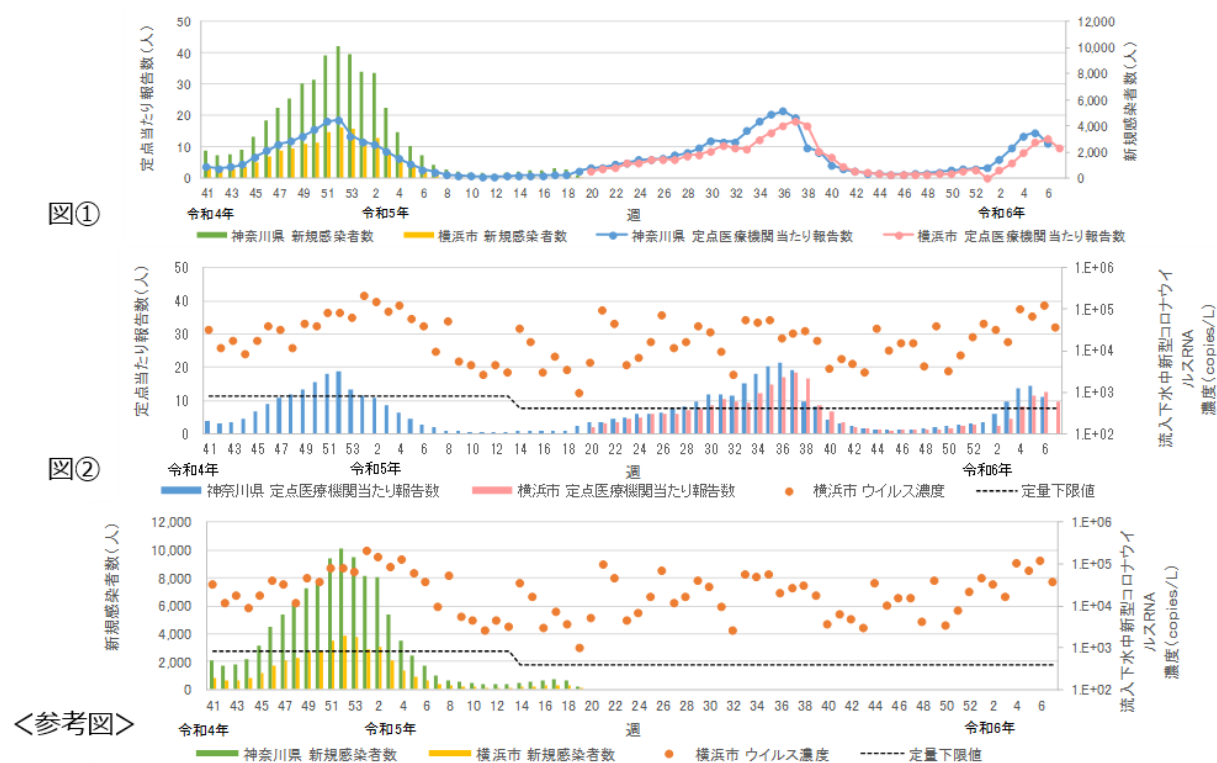
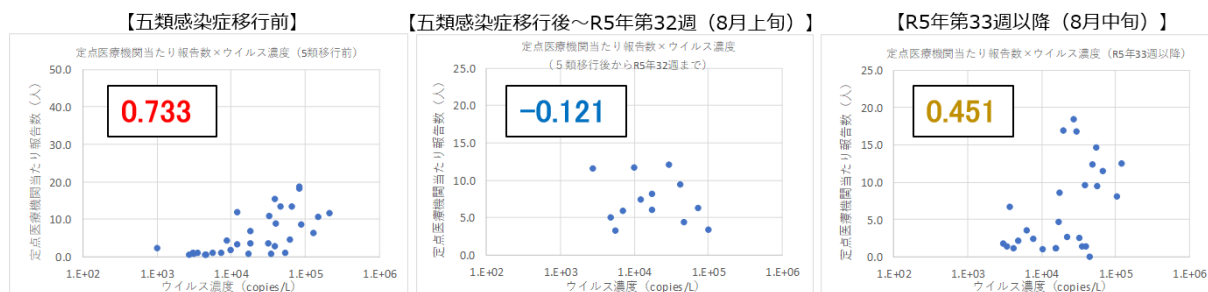


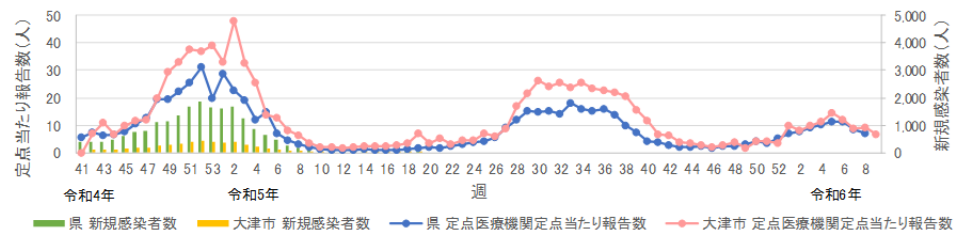
図 2.31 感染者数とウイルス濃度の関係(横浜市)



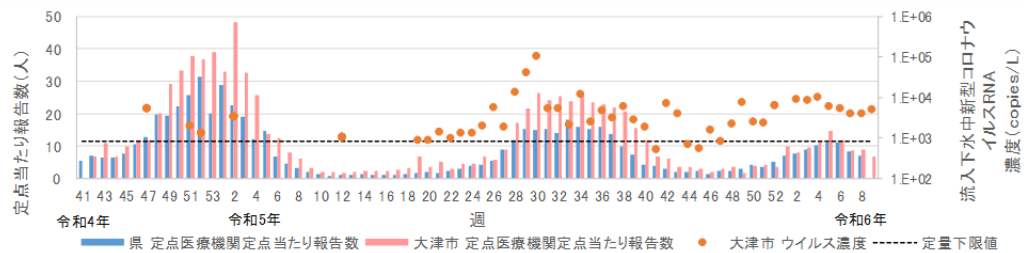
※定点医療機関当たりの報告数の使用データ：五類感染症移行前…神奈川県、五類感染症移行後…横浜市

図 2.32 定点医療機関当たりの報告数とウイルス濃度の相関関係(横浜市)

図①



図②



<参考図>

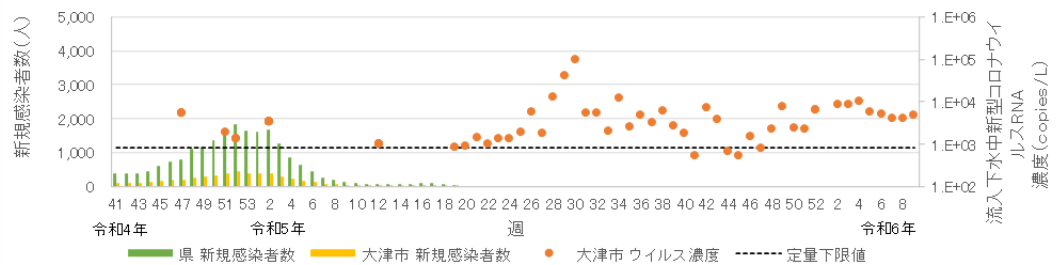
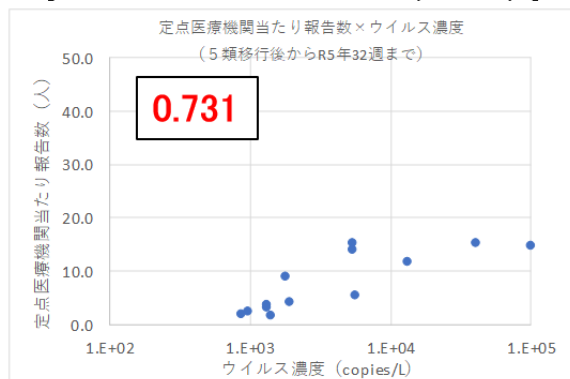
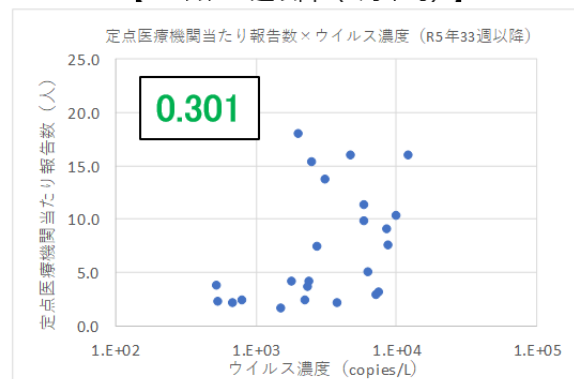


図 2.33 感染者数とウイルス濃度の関係(大津市)

【五類感染症移行後～R5年第32週（8月上旬）】



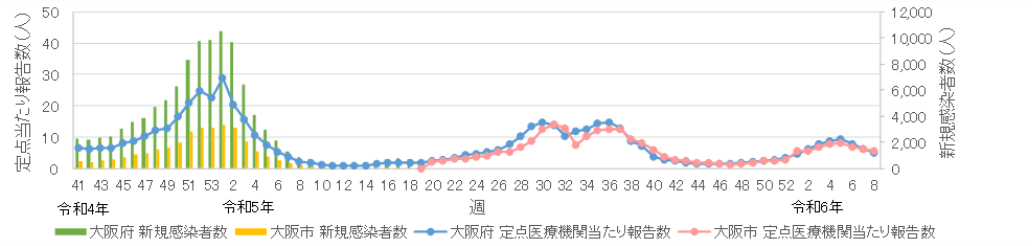
【R5年第33週以降（8月中旬）】



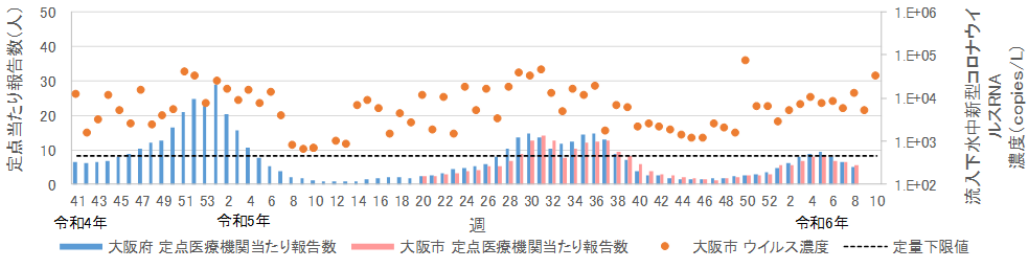
※定点医療機関当たりの報告数の使用データ：大津市

図 2.34 定点医療機関当たりの報告数とウイルス濃度の相関関係(大津市)

図①



図②



<参考図>

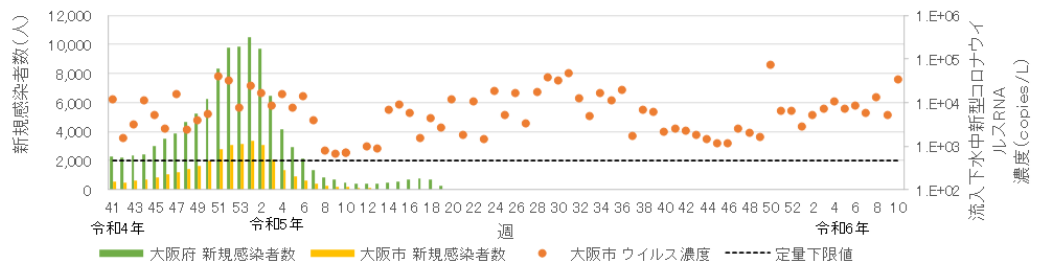
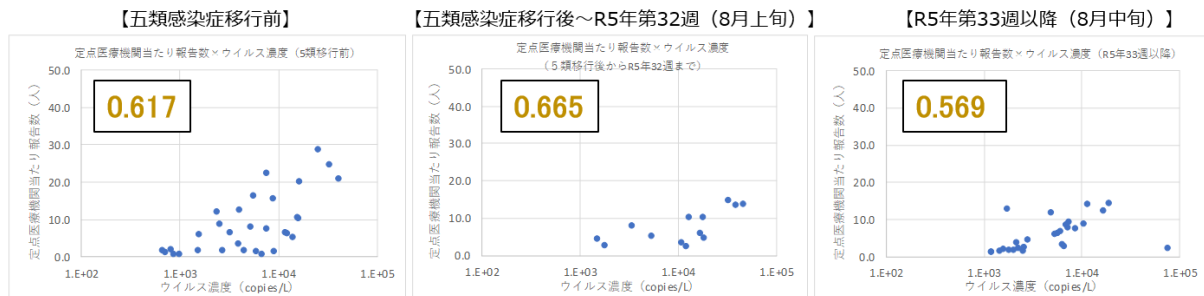


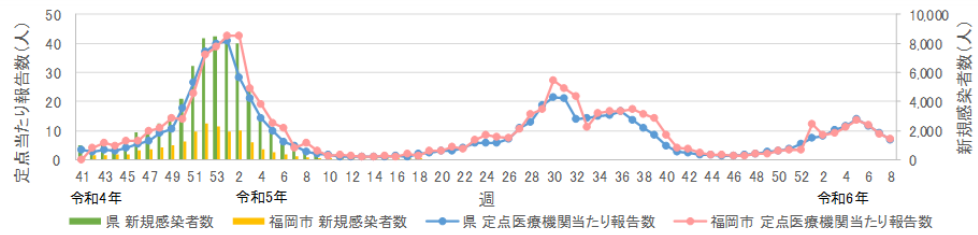
図 2.35 感染者数とウイルス濃度の関係(大阪市)



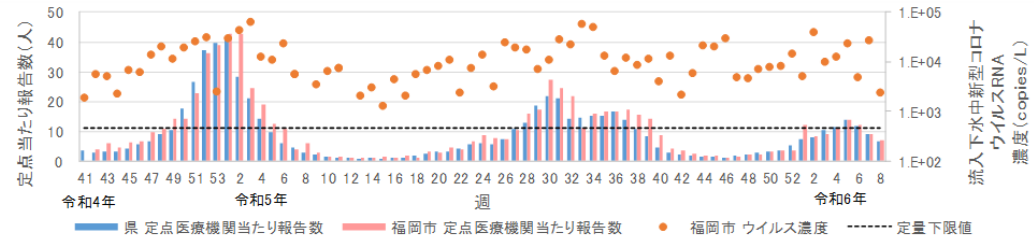
※定点医療機関当たりの報告数の使用データ：五類感染症移行前…大阪府、五類感染症移行後…大阪市

図 2.36 定点医療機関当たりの報告数とウイルス濃度の相関関係(大阪市)

図①



図②



<参考図>

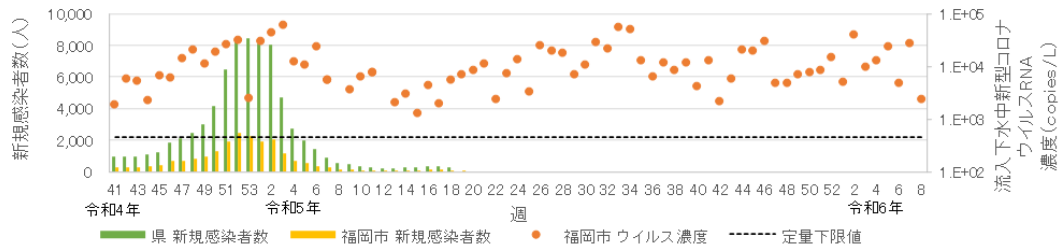
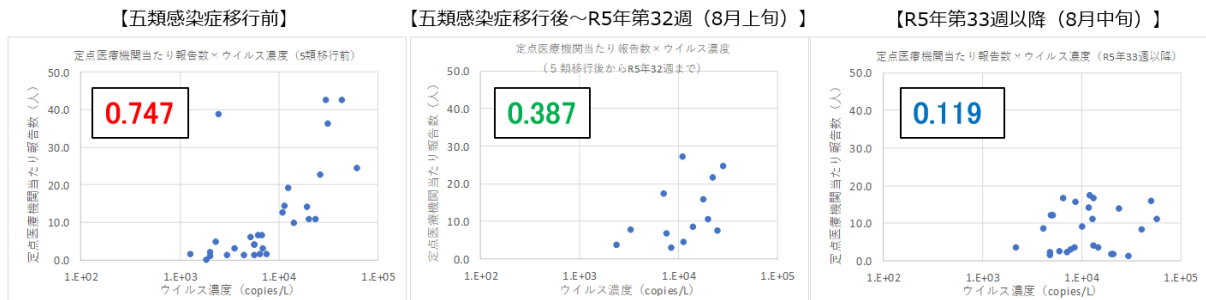


図 2.37 感染者数とウイルス濃度の関係(福岡市)



※定点医療機関当たりの報告数の使用データ：五類感染症移行前、五類感染症移行後…福岡市

図 2.38 定点医療機関当たりの報告数とウイルス濃度の相関関係(福岡市)

2.1.4 留意事項

(1) 全数届出見直し後の新規感染者数について（R4 調査結果より）

令和 4 年 9 月 12 日に厚生労働省新型コロナウイルス感染症対策推進本部より出された事務連絡「With コロナの新たな段階への移行に向けた全数届出の見直しについて」(<https://www.mhlw.go.jp/content/000994436.pdf>)（以下、「全数届出見直し連絡」とする）に基づき、自治体においては発生届の対象を変更し、また全数把握方法について変更がなされた。

本調査対象自治体に対する 9 月 27 日前後における全数把握の情報および全数把握変更による新規感染者数のズレ等の可能性について、表 2.4 及び表 2.5 に示す。

大津市においては市町村別の新規感染者数公表がなくなったため、県の 10 万人あたりの新規感染者数より大津市における 10 万人あたり新規感染者数を推計した。

他の都市は、9 月 27 日公表以降（仙台市は 9 月 2 日公表以降）、発生届の対象を全数届出見直し連絡の通りに限定したが、新規感染者数の全数については従前と変わらず医療機関受診者と陽性者登録窓口登録者の総数として計上している。そのため、9 月 27 日前後において新規感染者数データの扱いを変更することはしていない。

ただし、発生届対象以外の感染者に対し、陽性者登録窓口への登録を推奨している場合と医療機関の受診を推奨している場合があり、前者の場合（本調査対象都市では横浜市）には登録漏れが比較的多い可能性があることに留意が必要である。

表 2.4 全数把握対象の違いと新規感染者数のずれの可能性(1/2)

項目		札幌市	仙台市	横浜市
見直し時期(R4)		9月27日～	9月2日～	9月27日～
全数把握の概要		・重症化リスクの高い方等に発生届を限定 ・保健所の健康観察の重点化(対象者の絞り込み)	・全数把握の見直しにより、発生届の提出が重症化リスクのある方に限定。	・発生届の対象者が限定 ・セルフ検査した自宅療養者は陽性者登録窓口に登録。
感染者数		・市内発生者の公表は継続(年代別の総数のみに省力化) ・発生届対象者＋医療機関受診者＋陽性者サポートセンターの登録者の総数を計上	・市内発生者の公表は継続(年齢区分の変更・疑似症患者数は削除) ・発生届対象者＋医療機関受診者＋陽性者サポートセンターの登録者の総数を計上	・新規感染者数は医療機関受診者(発生届対象者)＋陽性者登録窓口登録者の総数を計上
		全国一律・医療機関からの報告に代わり、HER-Sysのデータを保健所で吸い上げて利用		
陽性者数把握に関する懸念点	陽性者数把握の有無	市町村別の陽性者把握はされている		
	陽性者数漏れ	・センターへの届出をしないセルフ検査者は陽性者として把握されない。(ただし、自主検査を推奨していないため、発熱した人は医療機関に来ると考えられる。 ⇒ずれは少ないと考えられる)	・センターへの届出をしないセルフ検査者は陽性者として把握されない。(ただし、自主検査を推奨していないため、発熱した人は医療機関に来ると考えられる。 ⇒ずれは少ないと考えられる)	・セルフ検査を推奨(協力してほしいというお願い)しており、陽性者登録窓口に登録しない人も多いと考えられるため、陽性者数の把握漏れがある可能性が高い。
	日数のずれ	・従来の登録よりも届が出るまでの期間を短くできる可能性⇒登録日にずれが出る。1週間平均では変わらないと考えられる。	・従来の登録よりも届が出るまでの期間を短くできる可能性⇒登録日にずれが出る。1週間平均では変わらないと考えられる。	・従来の登録よりも届が出るまでの期間を短くできる可能性⇒登録日にずれが出る。1週間平均では変わらないと考えられる。

表 2.5 全数把握対象の違いと新規感染者数のずれの可能性(2/2)

項目		大津市	大阪市	福岡市
見直し時期(R4)		9月27日～	9月27日～	9月27日～
全数把握の概要		・発生届の対象者が限定 ・対象外の患者は窓口への届け出が必要。	・発生届の対象者が限定 ・対象外の患者は窓口への届け出が必要。	・発生届の対象者が限定
感染者数		・市内発生者の公表は廃止。県全体の発生者に変更。 ・医療機関および検査キット配布・陽性者登録センターからの報告に基づき、日ごとの患者の総数および日ごとの患者の年代別の総数を公表。 ・報告方法が変更されたことに伴い、居住地ごとの集計・自宅療養者数の集計は廃止。	・市内発生者の公表は継続 ・令和4年9月27日以降の新規陽性者数は、令和4年9月12日付厚生労働省事務連絡「Withコロナの新たな段階への移行に向けた全数届出の見直しについて」により、医療機関で新型コロナウイルス感染症と診断、もしくは大阪府陽性者登録センターで登録された総数を計上。	・市内発生者の公表は継続 ・令和4年9月26日診断分より、発生届出の有無にかかわらず、新型コロナウイルス感染症と診断した患者の「年代別の総数」を報告。 ・陽性者登録窓口に登録された人数も合算している。
		全国一律・医療機関からの報告に代わり、HER-Sys のデータを保健所で吸い上げて利用		
陽性者数把握に関する懸念点	陽性者数把握の有無	・市の新規感染者数が分からない。 ⇒9月26日までの県の公表人数との関係から市の新規感染者数を推定する。	市町村別のカウントはされている	
	陽性者数漏れ	・県の全数についても、陽性者登録センターへ登録していないセルフ検査者は陽性者として把握されない。(ただし、自主検査を推奨していないため、発熱した人は医療機関に来ると考えられる。 ⇒ずれは少ないと考えられる)	・窓口への届け出をしないセルフ検査者は陽性者数として把握されない。(ただし、自主検査を推奨していないため、発熱した人は医療機関に来ると考えられる。 ⇒ずれは少ないと考えられる)	・窓口への届け出をしないセルフ検査者は陽性者数として把握されない。(ただし、自主検査を推奨していないため、発熱した人は医療機関に来ると考えられる。 ⇒ずれは少ないと考えられる)
	日数のずれ	・従来の登録よりも届が出るまでの期間を短くできる可能性⇒登録日にずれが出る。1週間平均では変わらないと考えられる。	・従来の登録よりも届が出るまでの期間を短くできる可能性⇒登録日にずれが出る。1週間平均では変わらないと考えられる。	・従来の登録よりも届が出るまでの期間を短くできる可能性⇒登録日にずれが出る。1週間平均では変わらないと考えられる。

2.2 処理場短期集中調査（R3-4 調査結果より）

2.2.1 調査目的

流行開始時から流行収束時まで採水頻度を集中的に上げることにより、新規感染者数と下水中新型コロナウイルス RNA 濃度との関係性を短期的に把握することが可能かどうか確認することを目的として行われた。

2.2.2 調査手法

- ・採水頻度 : 週 3 回
- ・対象試料 : 処理場流入下水
- ・分析方法 : 定期調査と同じ
- ・対象データ

第 6 波（1 月～2 月）のデータ：横浜市、大阪市

第 6 波、7 波、8 波のデータ：札幌市

第 8 波（11 月～2 月）のデータ：福岡市

※調査期間は感染拡大が予想される時期を踏まえて自治体ごとに協議

2.2.3 調査結果

感染動向把握を目的とした場合は、1 回/週の新型コロナウイルス RNA 濃度分析で把握が可能であることが定期調査結果より分かっている。一方で、感染拡大・縮小を早期検知することを目的とした場合に、採水頻度を高くした場合に感染拡大・縮小を示す下水中新型コロナウイルス濃度の増減を早く検知できるかについて検討を行った。

検討方法としては、採水頻度が高い自治体に対し、採水頻度を 3 回/週、2 回/週、1 回/週とした場合の感染拡大あるいは縮小の検知が可能な日の違いを確認した。（オミクロン株対象）

感染拡大の場合に濃度上昇が観察され、感染縮小の場合に濃度減少が観察されることから、感染拡大と縮小について以下の判断基準で判断した場合に、最も早く感染拡大と感染縮小を判断できる日を比較した。

（判断基準（設定））

- ・濃度上昇の判断：今回濃度／前回濃度の比率が 1.0 以上となる場合が 3 回続く
- ・濃度減少の判断：今回濃度／前回濃度の比率が 1.0 未満となる場合が 3 回続く

※濃度上昇の場合は、検出下限未満、定量下限未満からスタートする場合があります、検出限界未満、定量下限値未満は定量値とすることから 1.0 を含むものとした。（定量下限値未満が 2 回継続後、上昇等の場合）

また、生データでは濃度のばらつきがあり増減の判断が難しいため、1 週間平均濃度（3 回/週は 3 回平均、2 回/週は 2 回平均、1 回/週はそのままのデータ）として比較を行った。

① 第6波（R4.1月～2月）に対する採水頻度の違い・濃度増加時（札幌市）

令和4年1月～2月の第6波増加時の札幌市データより、採水頻度の違いによる3回連続増加が観察された日は以下の通りとなる。

- ・3回／週：1月7日
- ・2回／週：1月11日
- ・1回／週：1月17日

なお、このときの臨床検査における新規感染者数の1週間平均の3回連続増加が見られた日は1月4日であり、3回／週頻度の下水データより数日早い。

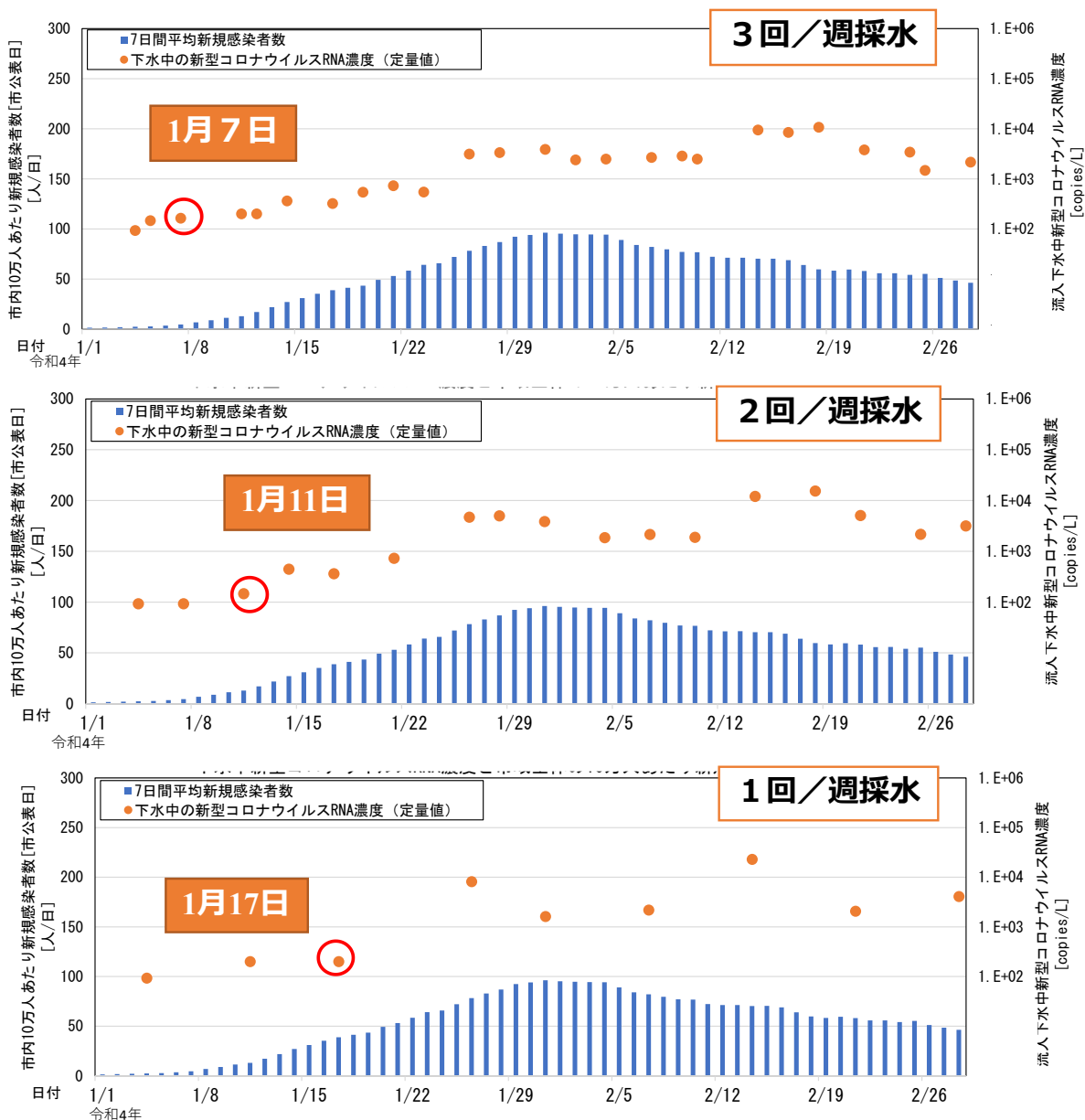


図 2.39 第6波増加時の採水頻度による増加判断日の違い(札幌市)

② 第6波（R4.1月～2月）に対する採水頻度の違い・濃度増加時（横浜市）

令和4年1月～2月の第6波増加時の横浜市データより、採水頻度の違いによる3回連続増加が観察された日は以下の通りとなる。

- ・3回／週：1月17日
- ・2回／週：1月19日
- ・1回／週：1月28日

なお、このときの臨床検査における新規感染者数の1週間平均の3回連続増加が見られた日は1月4日であり、下水データより早い。

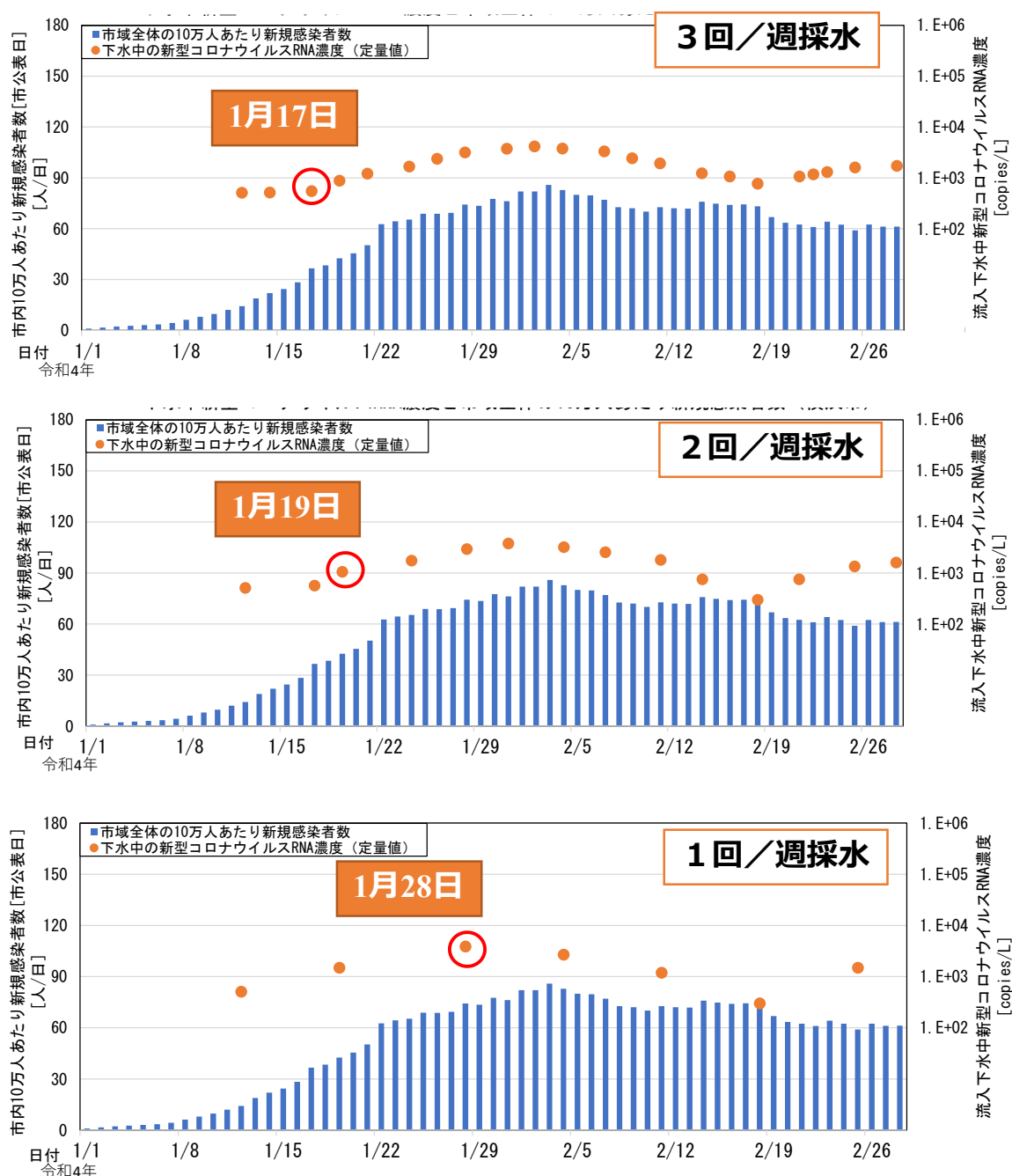


図 2.40 第6波増加時の採水頻度による増加判断日の違い(横浜市)

③ 第6波（R4.2月）に対する採水頻度の違い・濃度減少時（大阪市）

令和4年2月の第6波減少時の大阪市データより、採水頻度の違いによる3回連続減少が観察された日は以下の通りとなる。

- ・3回／週：2月4日
- ・2回／週：2月25日
- ・1回／週：—

なお、このときの臨床検査における新規感染者数の1週間平均の3回連続減少が見られた日は2月3日であり、採水頻度3回／週の場合の下水データと同程度である。

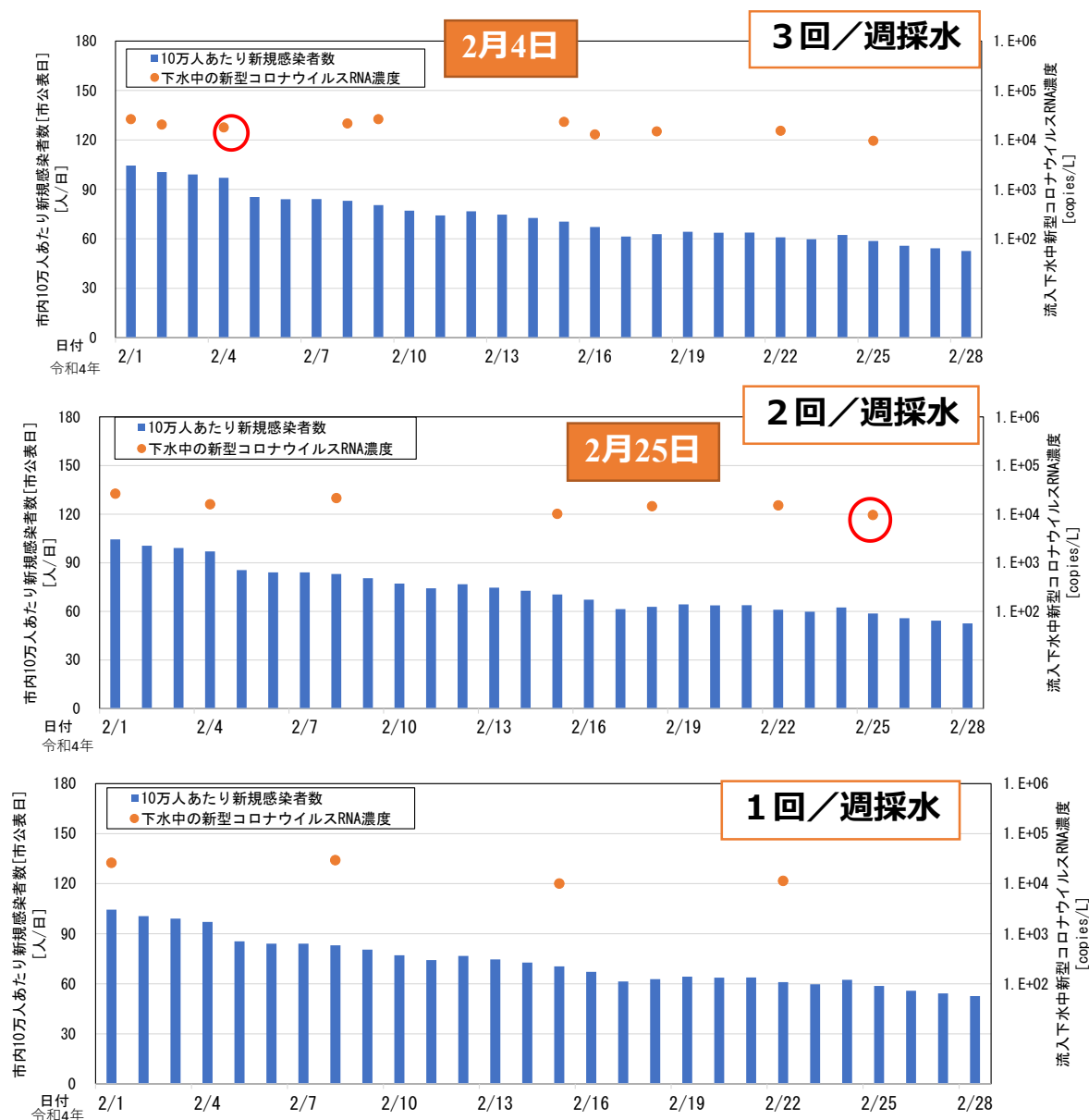


図 2.41 第6波減少時の採水頻度による減少判断日の違い(大阪市)

④ 第7波（R4.6月～8月）に対する採水頻度の違い・濃度増加時（札幌市）

令和4年6～8月の第7波増加時の札幌市データより、採水頻度の違いによる3回連続増加が観察された日は以下の通りとなる。

- ・3回／週：6月22日
- ・2回／週：6月24日
- ・1回／週：7月11日

なお、このときの臨床検査における新規感染者数の1週間平均の3回連続増加が見られた日は6月26日であり、採水頻度3回／週の場合の下水データより遅い。

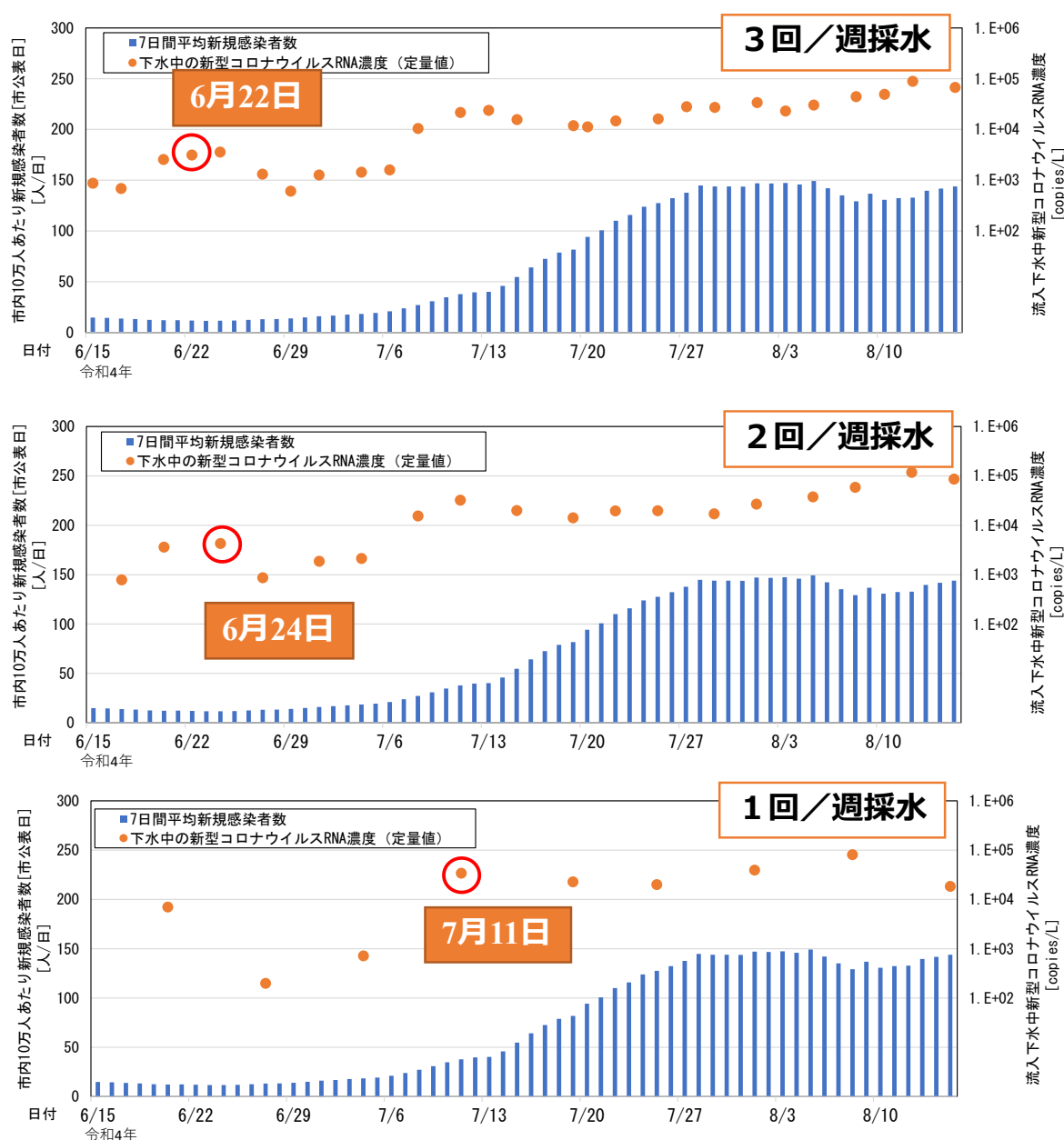


図 2.42 第7波増加時の採水頻度による増加判断日の違い(札幌市)

⑤ 第8波（R4.10月～11月）に対する採水頻度の違い・濃度増加時（札幌市）

令和4年10月～11月の第8波増加時の札幌市データより、採水頻度の違いによる3回連続増加が観察された日は以下の通りとなる。

- ・3回／週：10月5日
- ・2回／週：10月17日
- ・1回／週：10月24日

なお、このときの臨床検査における新規感染者数の1週間平均の3回連続増加が見られた日は10月14日であり、採水頻度3回／週の場合の下水データより遅い。

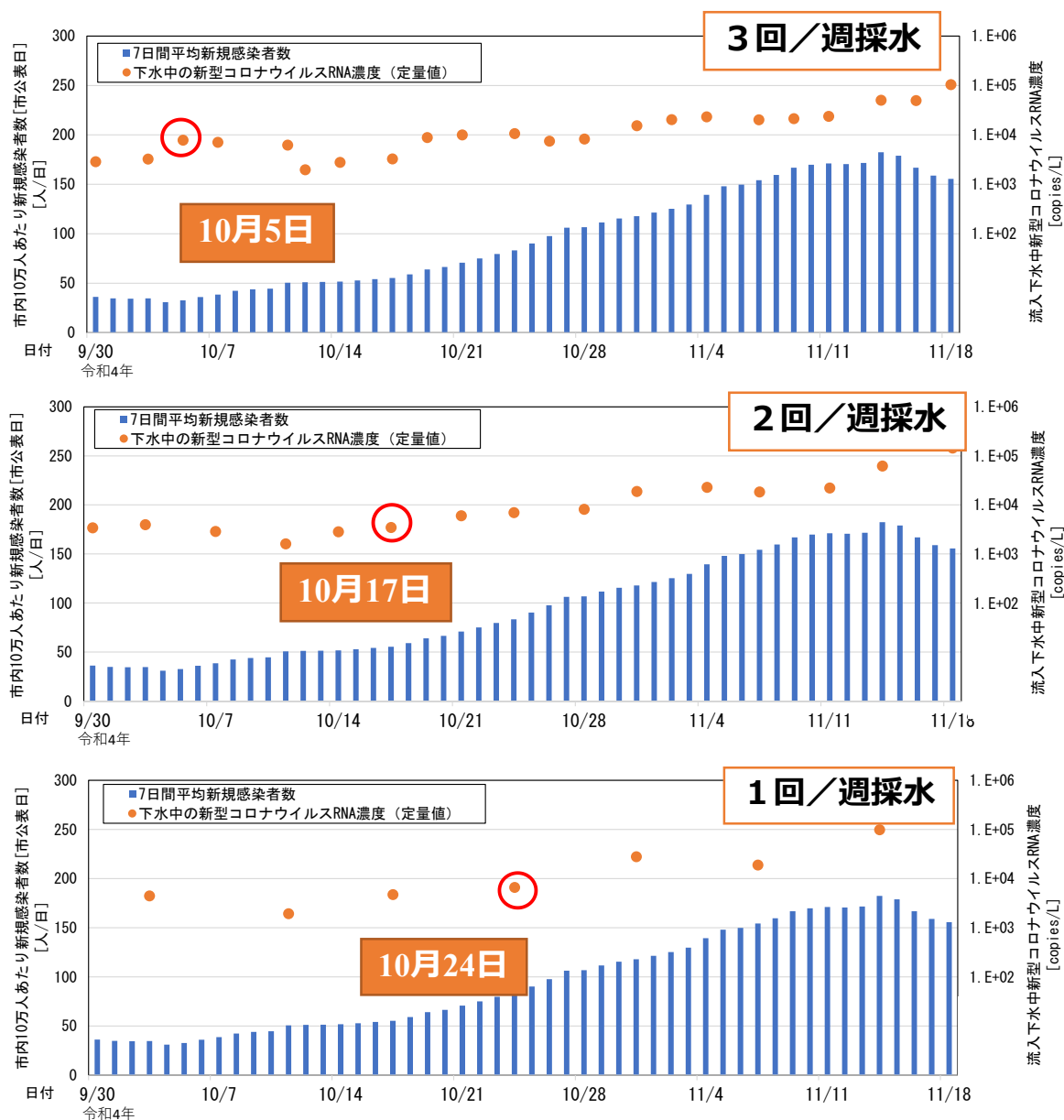


図 2.43 第8波増加時の採水頻度による増加判断日の違い(札幌市)

⑥ 第8波（R4.11月～R5.2月）に対する採水頻度の違い・濃度減少時（福岡市）

令和4年11月～令和5年2月の第8波減少時の福岡市データより、採水頻度の違いによる3回連続減少が観察された日は以下の通りとなる。

- ・3回／週：1月23日
- ・2回／週：1月25日
- ・1回／週：2月2日

なお、このときの臨床検査における新規感染者数の1週間平均の3回連続減少が見られた日は1月6日であり、採水頻度3回／週および2回／週の場合の下水データより早い。

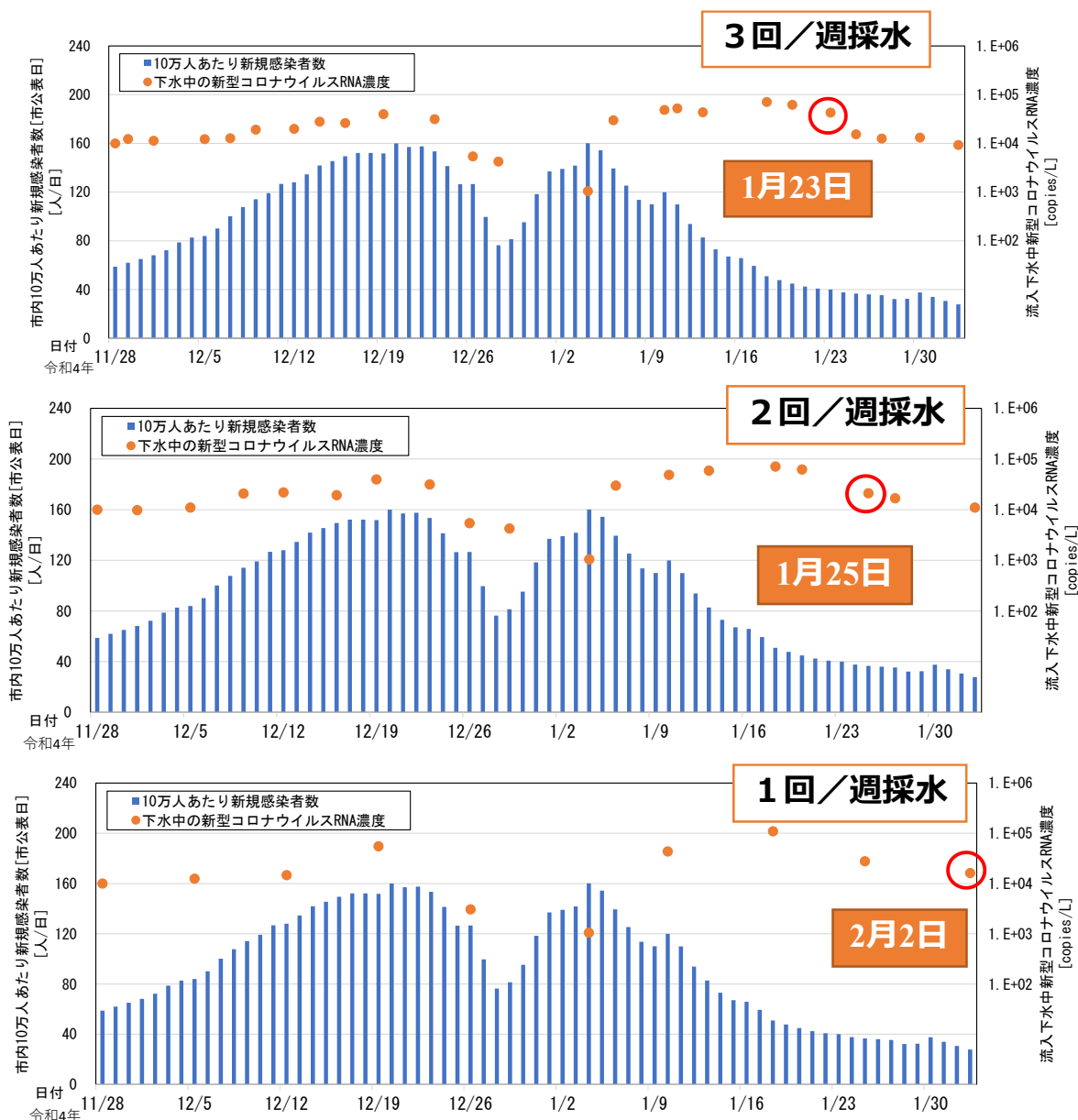


図 2.44 第8波減少時の採水頻度による減少判断日の違い(福岡市)

本調査では、感染拡大・縮小の早期検知を目的とした場合、3回/週または2回/週採水調査を行った場合の方が、1回/週の採水調査と比較して、増加及び減少の判断を早く行うことができ

た。また、場合によっては臨床検査よりも早く感染拡大・減少を把握することが可能となる可能性がある。

五類感染症移行前(R3年4月～R5年5月8日)

※分析手法:EPISSENS-S法

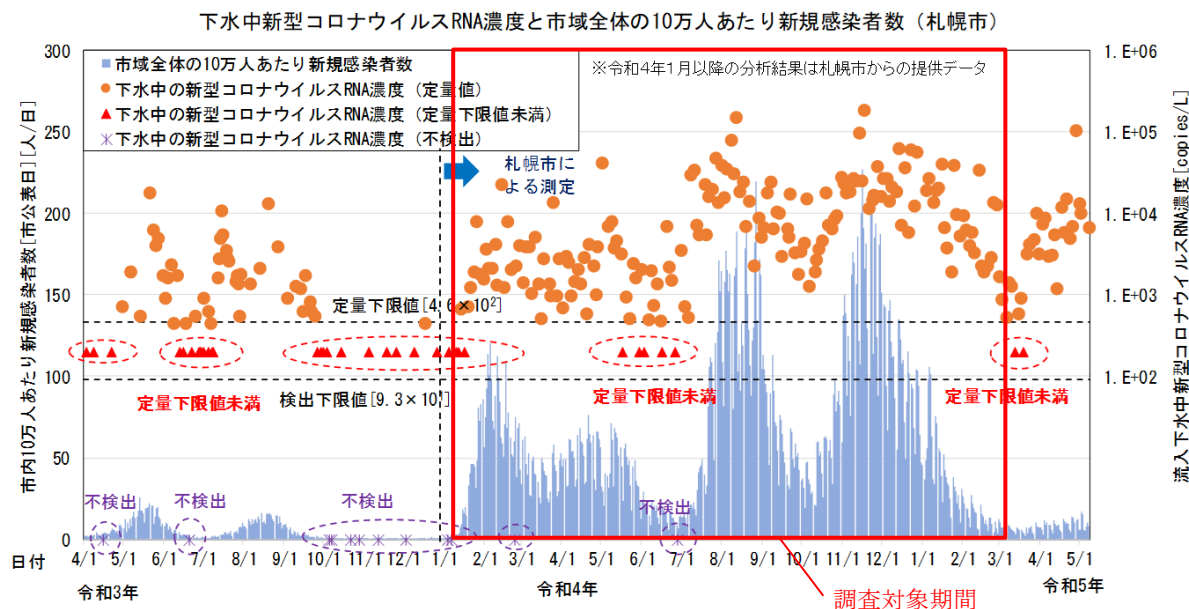


図 2.45 下水中新型コロナウイルス RNA 濃度と市域全体の 10 万人あたり新規感染者数（札幌市）

五類感染症移行前(R3年4月～R5年5月8日)

※分析手法:PEG沈殿法、沈殿物抽出法

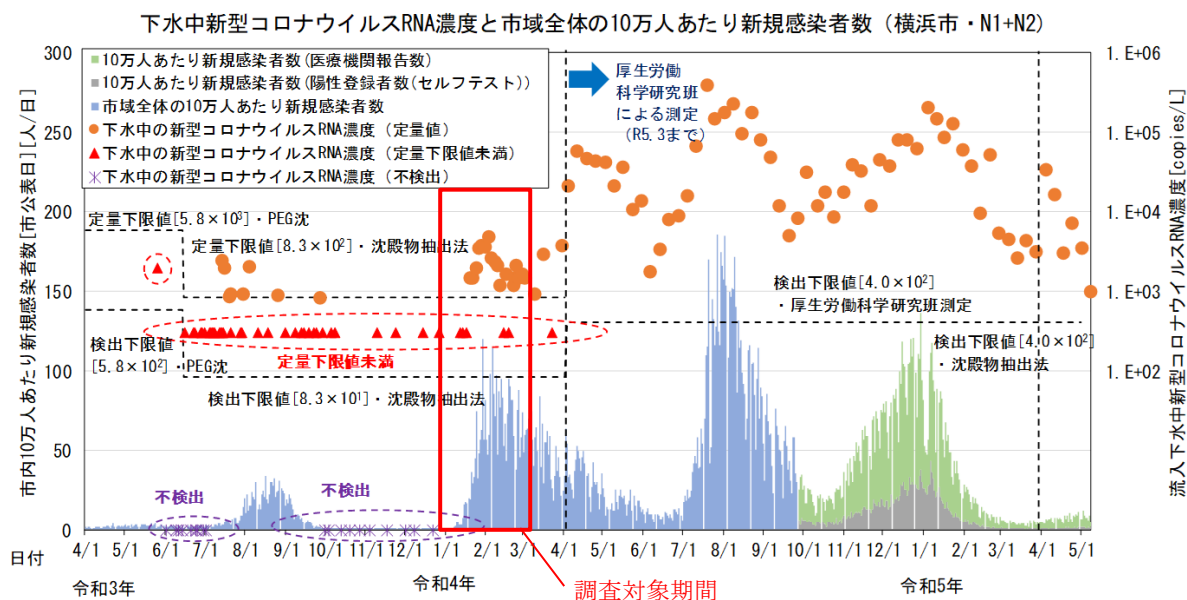


図 2.46 下水中新型コロナウイルス RNA 濃度と市域全体の 10 万人あたり新規感染者数（横浜市・N1+N2）

五類感染症移行前(R3年4月～R5年5月8日)

※分析手法: EPISENS-S法

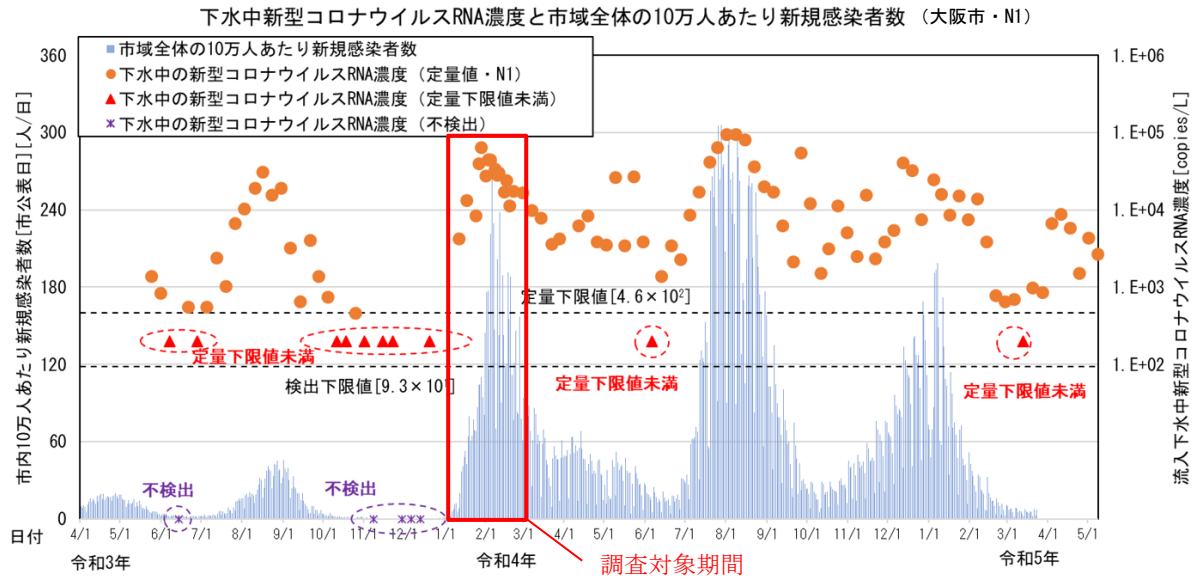


図 2.47 下水中新型コロナウイルス RNA 濃度と市域全体の 10 万人あたり新規感染者数(大阪市・N1)

五類感染症移行前(R3年4月～R5年5月8日)

※分析手法: EPISENS-S法

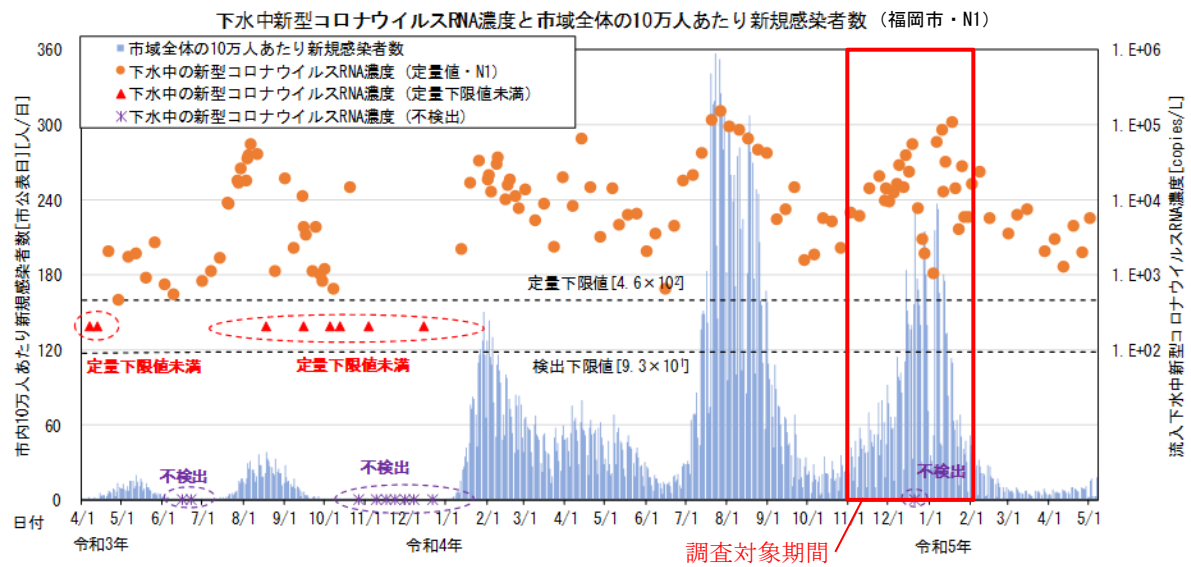


図 2.48 下水中新型コロナウイルス RNA 濃度と市域全体の 10 万人あたり新規感染者数(福岡市・N1)

2.3 ウイルス濃度と新規感染者数の相関関係について（R3-4 調査結果より）

令和3年度、令和4年度の定期モニタリング調査を基に、下水中の新型コロナウイルス RNA 濃度と新規感染者数の相関関係を確認した。

2.3.1 基本条件

- 対象期間

令和3年度調査：令和3年4月～令和4年3月

令和4年度調査：令和4年4月～令和5年3月

令和3～4年度調査：令和3年4月～令和5年3月

- 対象データ

下水中新型コロナウイルス RNA 濃度定量値[copies/L]

新規感染者数1週間平均[人/日]

※曜日ごとに検査数に偏りがあるため、前後3日間を含む7日間平均とした。

2.3.2 相関関係把握方法

下水中の新型コロナウイルス RNA 濃度と新規感染者数の正規分布について確認を行った。

下水中の新型コロナウイルス RNA 濃度定量値と新規感染者数（1週間平均）の実数データ（代表例として令和4年4月～11月横浜市データ：35サンプルを活用）について確率密度関数を算出した結果を図2.49及び図2.50に示す。

両データともに、確率密度関数は正規分布に従わないためスピアマンの順位相関を用いて相関関係の把握を行った。スピアマンの順位相関検討結果は（1）項で後述する。

一方で、対数をとったデータに対して確率密度関数の把握を行った結果を図2.51及び図2.52に示す。

両データともに、対数をとったデータについては、確率密度関数が正規分布に従う結果となった。よって正規分布に従うデータについてはピアソンの積率相関を用いて相関関係の確認を行った。ピアソンの積率相関の検討結果は（2）項で後述する。

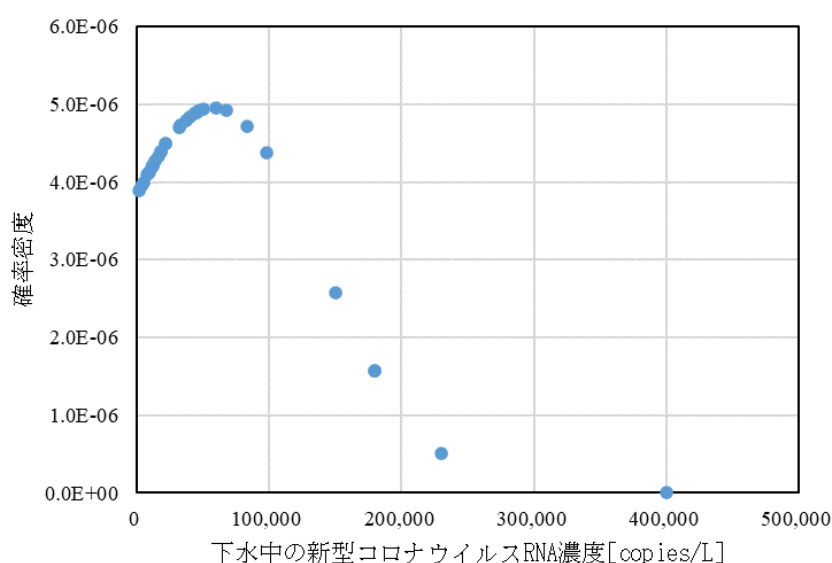


図 2.49 下水中の新型コロナウイルス RNA 濃度(実数)の分布

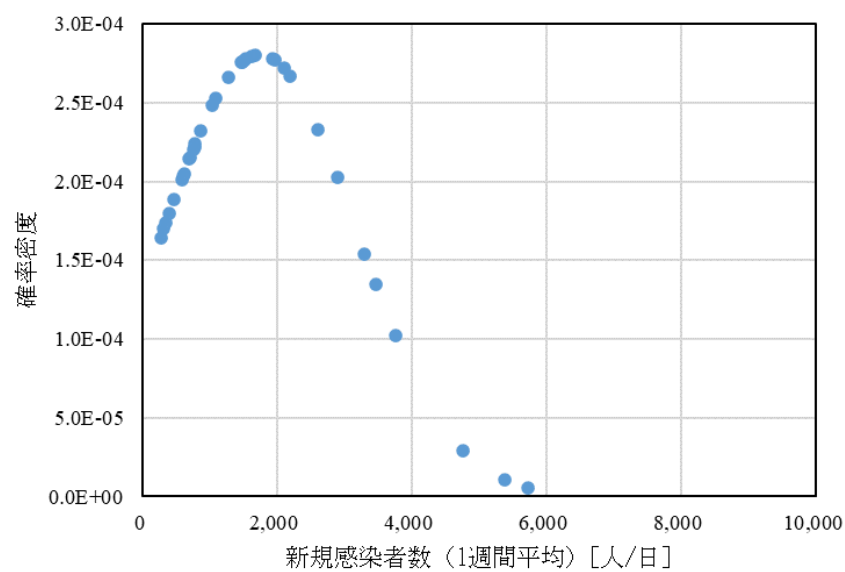


図 2.50 新規感染者数(1 週間平均)(実数)の分布

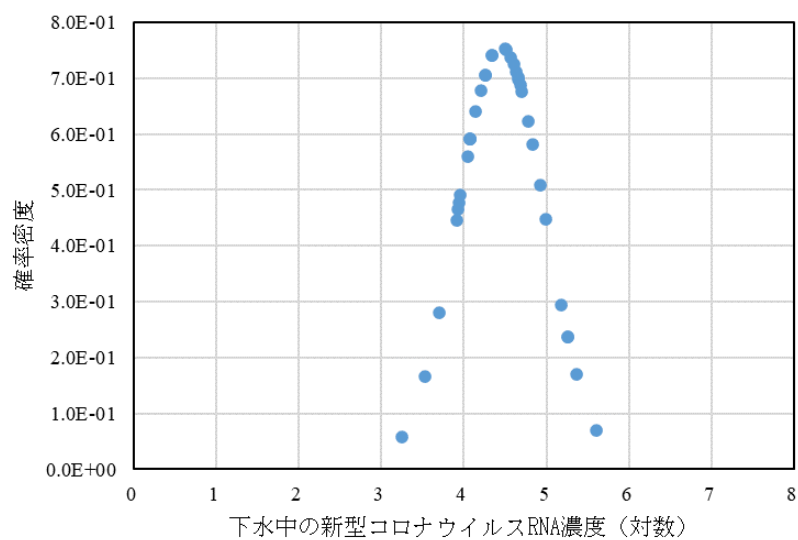


図 2.51 下水中の新型コロナウイルス RNA 濃度(対数)の分布

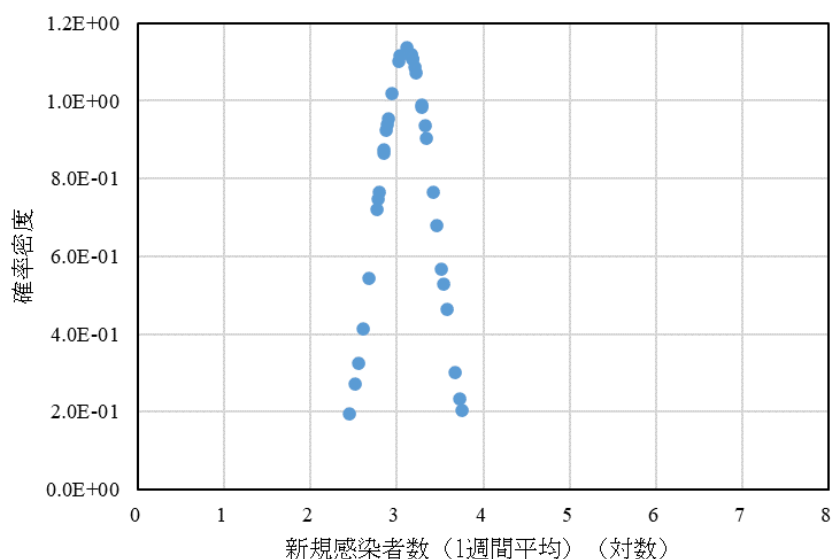


図 2.52 新規感染者数(1 週間平均)(対数)の分布

(1) スピアマンの順位相関

図 2.49 及び図 2.50 より、下水中の新型コロナウイルス RNA 濃度と新規感染者数は正規分布に従わない分布を示した。ノンパラメトリック（母集団が何らかの分布に従わない前提）の相関関係を把握する手法として、スピアマンの順位相関があげられる。

スピアマンの順位相関は 2 種類のデータの順位の一致性を示す指標である。片方のデータを大きい方から順位付けした際に、対応するもう片方のデータの順位も同様であるかを判断し、同様の順位であれば相関関係が高くなる。例えば、下水中の新型コロナウイルス RNA 濃度が高い時に新規感染者数も高ければ順位相関が高い可能性がある。

(2) ピアソンの積率相関

図 2.51 及び図 2.52 より、対数を取った下水中の新型コロナウイルス RNA 濃度と新規感染者数は正規分布に従うことを示した。パラメトリック（母集団が何らかの分布に従う前提）の相関関係を把握する手法として、ピアソンの積率相関があげられる。

ピアソンの積率相関は正規分布に従う 2 種類のデータの直線的な関係の強さを把握するときに使用する指標である。例えば、新規感染者数が増加した場合に、下水中の新型コロナウイルス RNA 濃度も高くなった場合に相関関係が高くなる。

2.3.3 解析結果（スピアマンの順位相関）

令和3～4年度の定期モニタリング調査を基に、下水中の新型コロナウイルス RNA 濃度と新規感染者数（1週間平均）の相関関係をスピアマンの順位相関を用いて把握した結果を表 2.6 に示す。

令和3年度調査では、札幌市、横浜市、大阪市、福岡市の4都市にお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（1週間平均）の間に相関関係があることが分かった。一方で、仙台市、大津市においては相関関係を把握できるほどの定量値が得られなかった。

一方で、令和3～4年度調査全体では、すべての都市にお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（1週間平均）の間に相関関係があることが分かった。これは、令和4年度調査期間中に第7波、第8波といった比較的感染者数が多い期間に調査を実施できたためと考えられる。なお、令和3年度調査から令和4年度調査の間で、新型コロナウイルスの主要な変異株がアルファ・デルタ株からオミクロン株に置き換わっているが、株別の相関関係の違いについては、2.4項に調査結果をまとめる。

表 2.6 下水中の新型コロナウイルス RNA 濃度と新規感染者数との相関関係（順位相関）

自治体	令和3年度調査 (令和3年4月～令和4年3月)			令和4年度調査 (令和4年4月～令和5年3月)			令和3～4年度調査 (令和3年4月～令和5年3月)		
	データ数	相関係数 Rs	p値	データ数	相関係数 Rs	p値	データ数	相関係数 Rs	p値
札幌市	75	0.404	3.E-04	138	0.608	3.E-15	213	0.627	1.E-24
仙台市	-	-	-	36	0.730	4.E-07	36	0.730	4.E-07
横浜市	29	0.378	4.E-02	48	0.759	4.E-10	77	0.359	1.E-03
大津市	-	-	-	35	0.539	8.E-04	35	0.539	8.E-04
大阪市	38	0.849	2.E-11	47	0.752	1.E-09	85	0.799	5.E-20
福岡市	52	0.668	6.E-08	62	0.619	8.E-08	114	0.640	2.E-14

「－」…分析対象期間における定量データが少なく分析不可

2.3.4 解析結果（ピアソンの積率相関）

2.3.3 項と同様に、令和 3～4 年度の定期モニタリング調査を基に、下水中の新型コロナウイルス RNA 濃度と新規感染者数（1 週間平均）の相関関係をピアソンの積率相関を用いて把握した結果を表 2.7 に示す。

令和 3 年度調査では、札幌市、横浜市、大阪市、福岡市の 4 都市にお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（1 週間平均）の間に相関関係があることが分かった。一方で、仙台市、大津市においては相関関係を把握できるほどの定量値が得られなかった。この傾向はスピアマンの順位相関でも同様であり、相関関係を把握するためには、ある程度の定量データが必要であることを示唆している。

一方で、令和 3～4 年度調査全体では、すべての都市にお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（1 週間平均）の間に相関関係があることが分かった。これは、令和 4 年度調査期間中に第 7 波、第 8 波といった比較的感染者数が多い期間に調査を実施できたためと考えられる。株別の相関関係の違いは 2.4 項に調査結果をまとめる。

表 2.7 下水中の新型コロナウイルス RNA 濃度と新規感染者数との相関関係（積率相関）

自治体	令和3年度調査 (令和3年4月～令和4年3月)			令和4年度調査 (令和4年4月～令和5年3月)			令和3～4年度調査 (令和3年4月～令和5年3月)		
	データ数	相関係数 r	p値	データ数	相関係数 r	p値	データ数	相関係数 r	p値
札幌市	75	0.384	7.E-04	138	0.584	5.E-14	213	0.595	9.E-22
仙台市	-	-	-	36	0.715	9.E-07	36	0.715	9.E-07
横浜市	29	0.426	2.E-02	48	0.750	8.E-10	77	0.364	1.E-03
大津市	-	-	-	35	0.557	5.E-04	35	0.557	5.E-04
大阪市	38	0.878	4.E-13	47	0.792	3.E-11	85	0.826	2.E-22
福岡市	52	0.633	5.E-07	62	0.641	2.E-08	114	0.645	9.E-15

「－」…分析対象期間における定量データが少なく分析不可

2.3.5 解析結果（陽性率）

前項までは、新型コロナウイルス RNA 濃度定量値を用いた解析を行ったが、本項では、陽性率と新規感染者数（1 週間平均）の相関関係を把握した。

相関関係の把握手法はスピアマンの順位相関を用いた。表 2.8 に解析結果を示す。

陽性率を用いた相関関係を解析した結果、令和 3 年度の仙台市のみ相関関係を把握できた。他都市、令和 4 年度調査で相関を把握できなかった要因としては、感染者数がほぼいない場合に陽性率が 0%を示し、逆に令和 4 年度調査などの感染者数が増加した場合、陽性率が 100%を示し続けるなど、陽性率の変化が無く、同順位が続いたためと考えられる。

陽性率を用いた相関関係を把握する際は、ウェル数を増やし、陽性率の区分（0～100%の間で）を増やすか、感染者数の増加、減少のタイミングなど期間を狭めて確認するなどの手法が考えられる。

表 2.8 下水中の新型コロナウイルス陽性率と新規感染者数との相関関係（順位相関）

自治体	令和3年度調査 （令和3年4月～令和4年3月）			令和4年度調査 （令和4年4月～令和5年3月）			令和3～4年度調査 （令和3年4月～令和5年3月）		
	データ数	相関係数 Rs	p値	データ数	相関係数 Rs	p値	データ数	相関係数 Rs	p値
仙台市	29	0.687	4.E-05	-	-	-	-	-	-
大津市	-	-	-	-	-	-	-	-	-

「－」…分析対象期間における定量データが少なく分析不可

2.4 株別（流行期別）のウイルス濃度と新規感染者数の相関関係について（R3-4 調査結果より）

前節では令和3年度、4年度調査の定期モニタリング調査を基に新型コロナウイルス RNA 濃度と新規感染者数（1週間平均）の相関関係を確認したが、本節では、新型コロナウイルスの主要な変異株（アルファ・デルタ、オミクロン）の相関関係を確認した。

2.4.1 基本条件

- ・対象期間

アルファ・デルタ株：令和3年4月～令和4年12月

オミクロン株：令和4年1月～令和5年1月末

- ・対象データ

下水中新型コロナウイルス RNA 濃度定量値[copies/L]

新規感染者数1週間平均[人/日]

※曜日ごとに検査数に偏りがあるため、前後3日間を含む7日間平均とした。

2.4.2 解析結果（スピアマンの順位相関）

株別（流行期別）の相関関係について、スピアマンの順位相関を用いて把握した結果を表2.9に示す。

アルファ・デルタ株の仙台市、横浜市、大津市は相関関係を把握できる程度の定量値が得られなかった。一方で、オミクロン株では、すべての都市で相関関係を把握することができた。

また、下水中の新型コロナウイルス RNA 濃度と新規感染者数（1週間平均）の間には、約0.5～0.9までの正の強い相関があり、下水中のウイルス RNA 濃度から新規感染者数の感染動向を把握できる可能性が示された。

表 2.9 株別（流行期別）の相関関係（スピアマンの順位相関）

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	データ数	相関係数 Rs	p値
札幌市	44	0.485	8.E-04	152	0.891	3.E-53
仙台市	-	-	-	31	0.662	5.E-05
横浜市	-	-	-	44	0.784	3.E-10
大津市	-	-	-	34	0.533	1.E-03
大阪市	18	0.837	2.E-05	62	0.762	7.E-13
福岡市	34	0.616	1.E-04	76	0.647	3.E-10

「－」…分析対象期間における定量データが少なく分析不可

2.4.3 解析結果（ピアソンの積率相関）

株別（流行期別）の相関関係について、対数を取ったデータを用いて相関関係を確認した。

スピアマンの順位相関と同様に、アルファ・デルタ株では相関関係を把握できるほどの定量値が得られなかったが、オミクロン株ではすべての都市において相関関係が確認できている。このことより、いずれの手法であっても十分な定量値が必要であることが分かる。

また、下水中の新型コロナウイルス RNA 濃度と新規感染者数（1 週間平均）の間には、約 0.5～0.7 までの正の強い相関があり、スピアマンの順位相関と同様に、下水中のウイルス RNA 濃度から新規感染者数の感染動向を把握できる可能性が示された。

表 2.10 株別（流行期別）の相関関係（ピアソンの積率相関）

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 r	p値	データ数	相関係数 r	p値
札幌市	44	0.486	8.E-04	152	0.587	2.E-15
仙台市	-	-	-	31	0.668	4.E-05
横浜市	-	-	-	44	0.779	5.E-10
大津市	-	-	-	34	0.547	8.E-04
大阪市	18	0.817	3.E-05	62	0.758	1.E-12
福岡市	34	0.520	2.E-03	76	0.677	2.E-11

「－」…分析対象期間における定量データが少なく分析不可

2.5 ブレ日数に関する検討（R3-4 調査結果より）

2.5.1 検討目的

自治体で公表される新規感染者数（市公表日）は、新規感染者数が発症した日と市の公表日にタイムラグがある。また、株によって感染してから発症までの潜伏期間が異なるものの、一般的に感染してから下水中への新型コロナウイルスの排出が始まるとされることから、陽性報告より早く下水からの検出ができると考えられる。

そこで、新規感染者数のブレ日数（※）と下水中の新型コロナウイルス RNA 濃度の相関関係の確認を行った。

※ブレ日数：下水からの検出日から報告日までの（平均）日数

2.5.2 検討手法

検討手法を以下に示す。

- ・対象期間

アルファ・デルタ株：令和3年4月～令和4年12月

オミクロン株：令和4年1月～令和5年1月末（仙台市、大津市は令和4年4月～のデータ）

- ・対象データ

下水中新型コロナウイルス RNA 濃度定量値[copies/L]

新規感染者数1週間平均[人/日]（ブレ日数0日～6日）

※新規感染者数は採水日を0日として、ブレ日数に応じて1日、2日…とずらした日時を起点に前後3日間を含む7日間平均とした。

- ・対象都市：札幌市、仙台市、横浜市、大津市、大阪市、福岡市

- ・対象プライマー：CDCN1、仙台市・大津市は定量値が得られているN2のデータを使用した。

- ・相関関係把握手法：スピアマンの順位相関

2.5.3 検討結果

表 2.11 に株別（流行期別）のブレ日数を示す。アルファ・デルタ株では平均5日程度あったブレ日数がオミクロン株では平均1.8日に減少しており、オミクロン株の感染から発症までの潜伏期間が短い株特性を反映している。

ブレ日数ごとの相関係数を表 2.11 に示す。

表 2.11 株別（流行期別）のズレ日数について（スピアマンの順位相関）

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	相対性の 高いズレ 日数	データ数	相関係数 Rs	p値	相対性の 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
大津市	-	-	-	-	34	0.588	3.E-04	4日後
大阪市	18	0.867	3.E-06	5日後	62	0.766	4.E-13	1日後
福岡市	34	0.672	1.E-05	6日後	76	0.678	2.E-11	5日後
	平均ズレ日数			5日後	平均ズレ日数			1.8日後

「－」 …分析対象期間における定量データが少なく分析不可

2.6 標準化に関する検討（R4 調査結果より）

2.6.1 目的及び概要

現在様々な研究・分析機関が地方都市での下水サーベイランスを行っているが、それらの分析結果は、サンプル分析手法が異なるため定量的な相互比較を行うことが困難であるが、異なる分析機関で測定されたデータを相互に比較できるようにすることが望ましい。

本検討では、図 2.53 に示す下水サーベイランスデータ規格化の第1ステップとなる、分析手法によるバイアスを補正する標準化を目的とした標準化試験を行った。また、標準化の次のステップとして、流量や PMMoV 等による正規化手法の評価、及びその他環境因子等による下水中ウイルス分析手法への影響の評価については、2.7 項にて検討を行った。

下水サーベイランスデータの規格化を以下のように定義する。なお、データの規格化は手法そのものの規制・規格化とは異なり、異なる手法とそれによるデータの違いを許容した上で、その違いを補正し相互比較を可能にする方法である。

標準化（Standardization）：分析手法によるウイルス回収率の違いを補正する方法。

正規化（Normalization）：主に合流、工場排水、人口密度等による下水の希釈率の違いを補正する方法。

規格化（Regularization）：標準化および正規化を合わせた方法

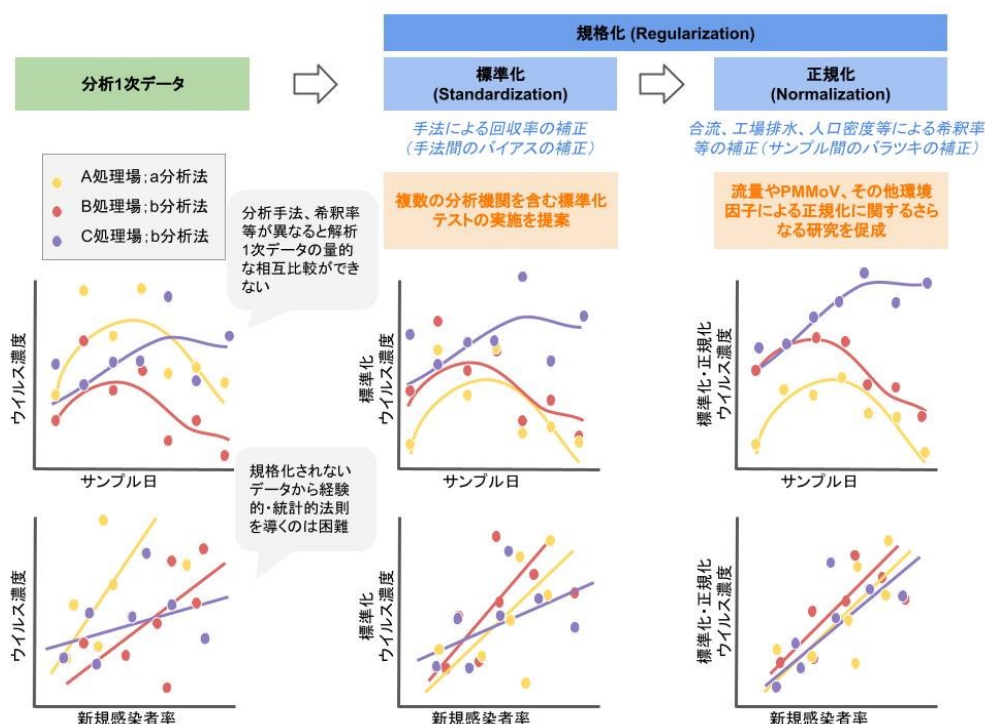


図 2.53 データの規格化がもたらすメリットのイメージ

2.6.2 標準化方法

日本型下水サーベイランスデータの標準化手法として、同一の”参照サンプル”を、各分析機関にて各々の利用する手法で分析することにより、”標準化パラメータ”を算出する。(図 2.54)

”標準化パラメータ”は分析手法による回収率の違いを補正し、ウイルス濃度データを標準化するための係数である。

”参照サンプル”は、ウイルス濃度の高い複数の下水処理場から得られた汚水を混ぜる（匿名的なサンプルを準備するため）ことにより用意する。”参照サンプル”は不活性培養ウイルスを加えて準備する必要はない。また、”標準化パラメータ”はそれらの相対的な値が問題であるから、”参照サンプル”の”真”のウイルス濃度を予め正確に測定することは重要ではない。（参照サンプルの”参照”濃度は真のウイルス濃度である必要はない。）

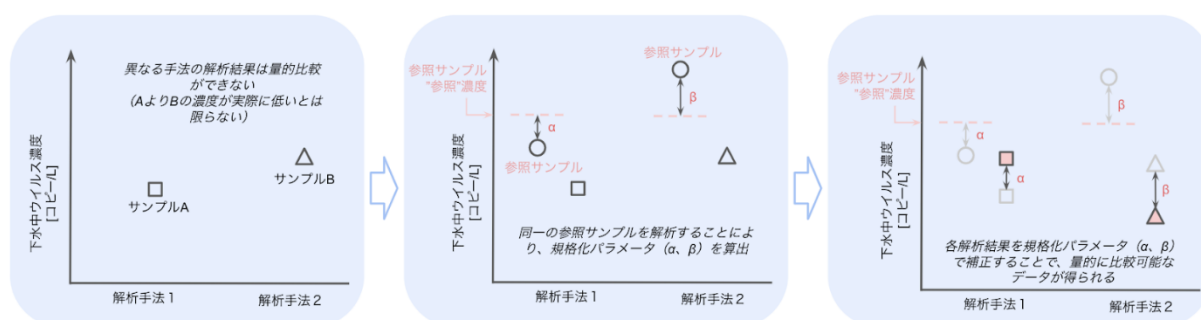


図 2.54 参照サンプルを用いた手法間のデータ標準化

また、同様の標準化手法は将来的に分析手法がアップデートされた際にも利用でき、手法の開発とイノベーション、分析機関の新規参入を阻害することはない。

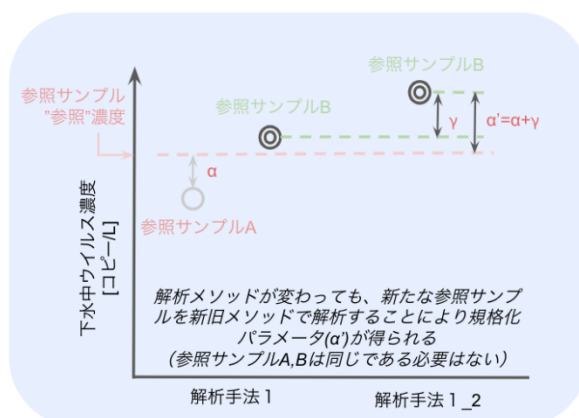


図 2.55 将来の手法のアップデートに対するデータの標準化

2.6.3 標準化試験手法

標準化試験では、対象となる分析機関に対し、SARS-CoV-2 の定量化に使われる手法につき、計6つ（2つの **biological replicates** それぞれにつき3つの **technical replicates**）のサンプル（“標準化試験サンプルセット”）の分析を依頼して行われた。（図 2.56）

各サンプルは、通常の実験手法とおりの手法で分析を行い、1つの分析機関で複数の手法を扱っている場合には、その手法数に合わせて標準化試験サンプルセットを複数個配布した。

標準化試験サンプルセットは保冷剤を入れた冷蔵状態で各分析機関に配布され、受領から分析までの間もサンプルは冷蔵にて保存された（本試験ではサンプルの冷凍を行っていない。）また、サンプルの分析は発送日から1週間以内に実施した。

各分析機関は通常使用している通りの手法でサンプルの分析を行い、サンプルセットの6つのサンプルに対して3ウェル分の繰り返し分析を行い、SARS-CoV-2、PMMoV の濃度を定量化した、Ct 値及びウイルス濃度2種類の分析値を測定した。

分析結果は用意されたデータ提出用フォーマットに則り報告した。また、複数のターゲット（SARS-CoV-2 N1, N2 など）がある場合は、定量値をそれぞれ報告する。

なお、参照サンプルは匿名の国内下水処理場から採取された流入下水を用いた。

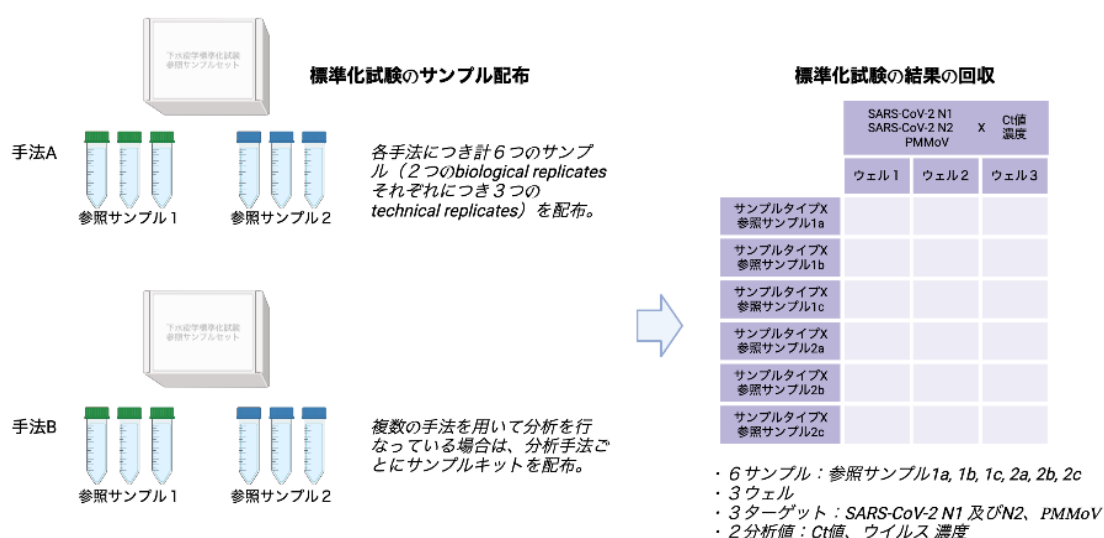


図 2.56 標準化試験で配布されるサンプルと提出を依頼するデータ (Created with BioRender.com)

2.6.4 対象分析手法と分析機関

本試験では、令和3年度～令和4年度の国土交通省の調査において継続して調査が行われた6都市で採用された分析手法及び分析を行った機関を対象とした。対象となった4つの分析手法(ウイルス回収法)と4つの分析機関を表2.12に示す。

表 2.12 対象分析手法と分析機関

サンプル対象	分析手法	分析機関	分析対象
下水上清	PEG 沈殿法	W 社	N 1、N2、PMMoV
下水沈殿物	沈殿物抽出法	W 社	N 1、N2、PMMoV
下水沈殿物	沈殿物抽出法	X 社	N 1 /N2 同時検出、PMMoV
下水沈殿物	EPISENS・S 法	Y 社	N 1、PMMoV
下水沈殿物	EPISENS・S 法	Z 社	N 1、PMMoV
下水沈殿物	EPISENS・M 法	Z 社	N 1、PMMoV

2.6.5 調査期間

標準化試験は以下の日程で実施した。

- ・令和4年12月12-13日：参照サンプルの準備（下水サンプル取得、参照サンプルの作成、サンプルキットの送付）
- ・令和4年12月14-23日：参照サンプルの分析

2.6.6 試験結果

標準化試験で得られた結果をデータ分析し、明らかになった内容を(1)～(6)に整理した。

(1) 分析手法・分析機関によって定量値にかなりの違いがある

同一のサンプルを分析しているのにも関わらず、分析手法・分析機関によって SARS-CoV-2 (図2.57) 及び PMMoV 濃度の算出結果に 10-100 倍もの違いがあることが明らかになった。また、分析手法が同じでも、分析機関が異なれば定量値にかなりの違いが出ることも示された。

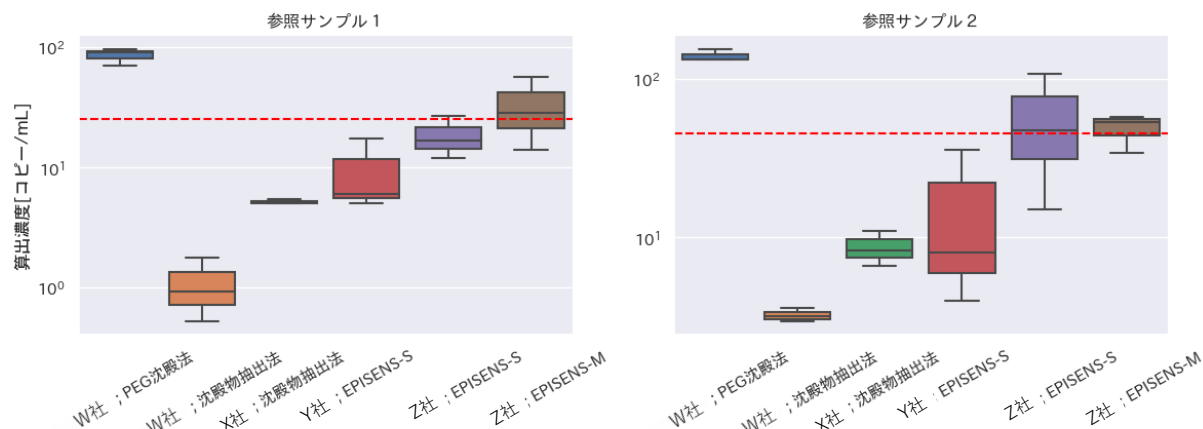


図 2.57 分析手法・分析機関による SARS-CoV-2 定量値の違い

※各分析手法・分析機関が参照サンプル1（左）、参照サンプル2（右）の SARS-CoV-2 ウイルス濃度 [コピー/mL] を算出した結果。検体ごとのウイルス濃度 $c(i,j,k)$ 、つまり参照サンプルごとに3回繰り返し（3検体）ウイルス濃度を算出した結果を箱ひげ図でプロットした。赤点線は6つの分析手法・分析機関での結果の平均 $c(j)$ を示す。W社；PEG沈殿物法及びW社；沈殿物抽出法はN2プライマーによる結果のみを用いた。

(2) 分析手法・分析機関に特有の標準化パラメータを算出することが可能

同じサンプルのウイルス濃度を定量化しても、分析手法・分析機関によってその値が異なることは図 2.57 に示したとおり明らかである。しかし、各分析手法・分析機関がウイルス濃度をどれだけ過大/過小評価しやすいかは、下水サンプルによらず、ある程度同じ傾向であることが示された（図 2.58）。これにより、各分析手法・分析機関に対して標準化パラメータ（定数）（試験全体での濃度平均に対する各分析手法・分析機関で算出した濃度の比）を定めれば、各分析機関で算出される濃度の定量値を統一的に比較することが可能となる。

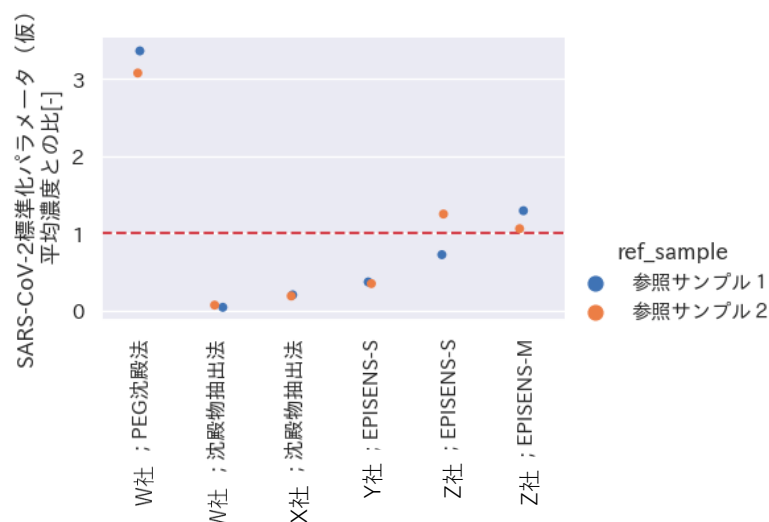


図 2.58 試験全体での各参照サンプル濃度平均に対する各々の分析手法・分析機関で算出した濃度の比

※「試験全体での各参照サンプル濃度平均に対するおのおの分析手法・分析機関で算出した濃度の比」がサンプルに依存しない、手法・分析機関特有のパラメータであり、SARS-CoV-2 標準化パラメータとして利用可能かを検討した。W社；PEG沈殿物法及びW社；沈殿物抽出法はN2プライマーによる結果のみを用いた。

(3) 標準化、正規化、規格化により濃度定量結果を水平比較することが可能

分析手法・分析機関”間”の違いを補正する標準化とは別に、サンプルごとの希釈率や分析の時々ウイルス回収率と行った分析手法・分析機関”内”の違いを補正する正規化の効果も評価した。また、標準化と正規化を組み合わせた規格化の効果も評価した。

正規化には、サンプルごとに測定された PMMoV 濃度の分析手法・分析機関ごとに平均的に算出した PMMoV 濃度からのズレを用いた PMMoV 補正を用いた。

図 2.59 にあるように、標準化では分析手法・分析機関”間”の違いが補正され、正規化では分析手法・分析機関”内”の違いがある程度補正された。さらに、規格化ではそれら両方の違いが補正され、分析手法や分析機関、分析工程への依存が少ない、より一定の濃度が算出できることがわかった。

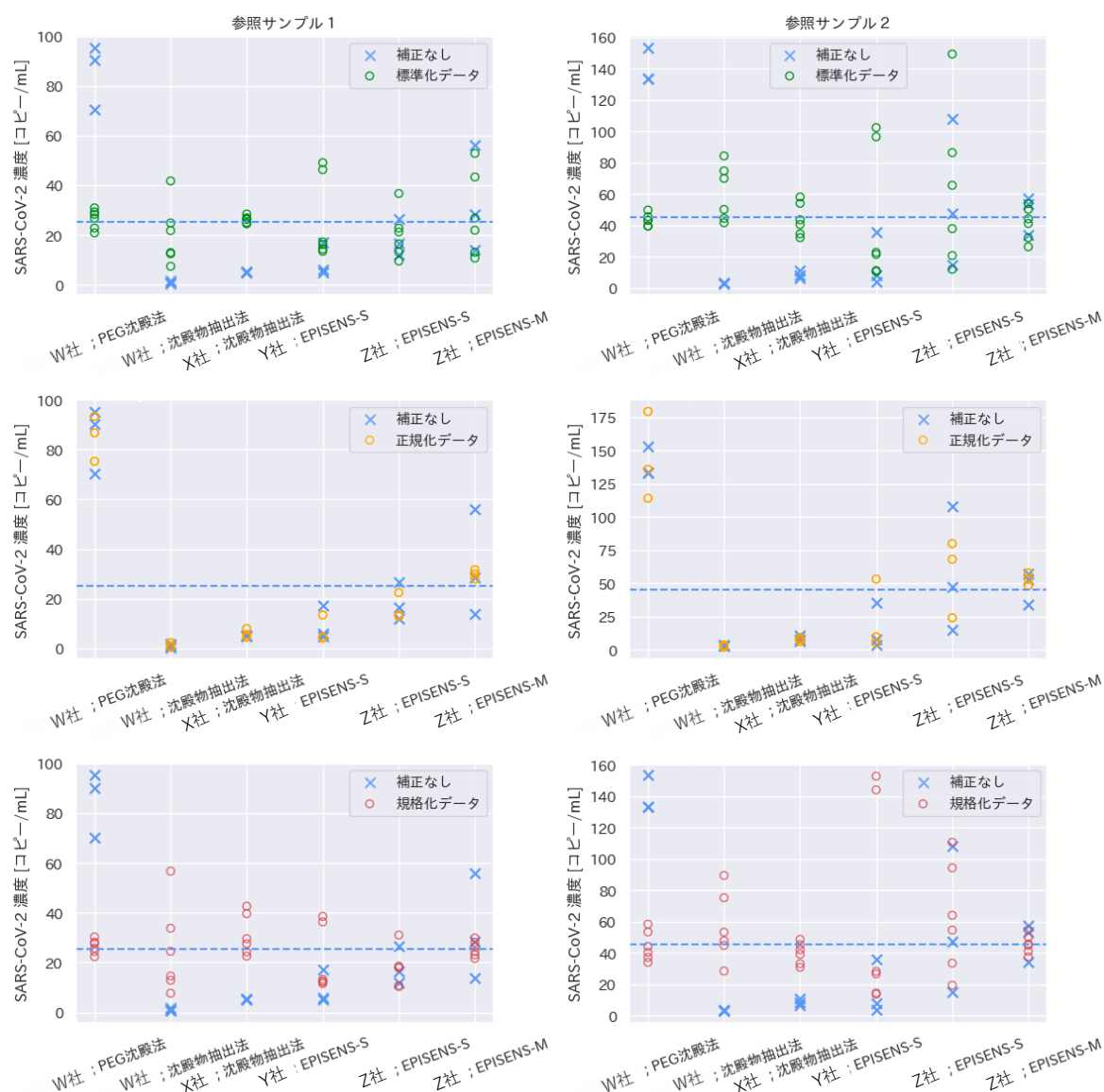


図 2.59 標準化、正規化、規格化の効果

※参照サンプル 1 (左)、参照サンプル 2 (右) を用いて、下水中 SARS-CoV-2 濃度を定量化した生データ (青 x) を標準化 (上; 緑○)、正規化 (中; オレンジ○)、規格化 (下; 赤○) した結果。標準化によって分析手法・分析機関”間”のパラツキは少なくなり、正規化により分析手法・分析機関”内”でのパラツキが若干少なくなったことがわかる。標準化と正規化を組み合わせた規格化ではさらにパラツキが少なくなり、参照値 (全分析手法・分析機関での結果の平均; 青点線) により近づいたことがわかる。W 社の PEG 沈殿法、沈殿物抽出法の定量値は N2 プライマーをもとにしたものを用いた。

(4) RNA 濃縮と抽出におけるウイルス回収のバラツキは手法に依存し、比較的大きい

標準化試験の対象である 6 つの分析手法・分析機関の組み合わせに対し、定量化を行ったプライマーごとに RNA 濃縮・抽出における定量化のバラツキを測定した。

6 サンプルそれぞれにつき RNA 抽出液の 3 回繰り返しの定量結果の平均を取り、その結果の変動係数を参照サンプル 1、参照サンプル 2 ごとに算出。その 2 つの変動係数の平均をとった。RNA 濃縮・抽出におけるバラツキは分析手法によって異なるが、一般的に qPCR 定量化におけるバラツキより大きくなった (図 2.60)。また、RNA 濃縮・抽出におけるバラツキは EPISENS 法では特に大きいことが示された。

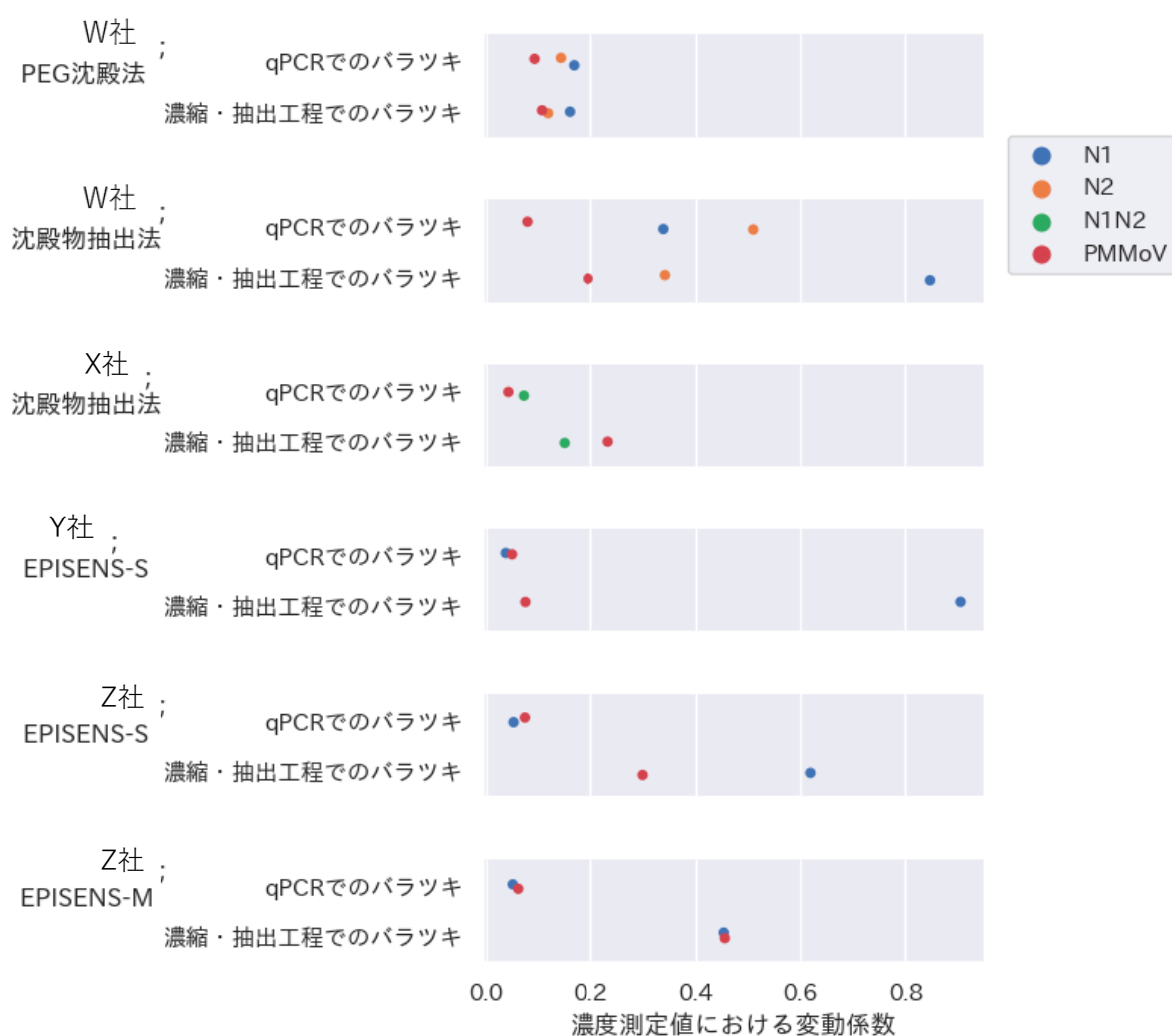


図 2.60 各分析手法・分析機関におけるバラツキの評価

※ 6 つの分析手法と分析機関の組み合わせ (各グラフ) において、qPCR での定量化 (上) 及び RNA 濃縮・抽出 (下) で生じるバラツキを変動係数を用いて評価した。変動係数はさらにプライマーごとに算出した。

(5) qPCR による定量化のバラツキはさほど大きくない

標準化試験の対象である 6 つの分析手法・分析機関の組み合わせに対し、定量化を行ったプライマーごとに qPCR によって起こる定量化のバラツキを測定した。

各分析手法・分析機関にて RNA 濃縮・抽出された 6 つのサンプル（＝ 2 種類の参照サンプル x 各 3 つの technical replicates）は、qPCR にてそれぞれ 3 回繰り返し定量解析を行った。qPCR におけるバラツキは、各サンプルに対して 3 回定量解析を行った結果の変動係数を算出し、6 つのサンプルを合わせた平均を求めることにより算出した。図 2.60 に示すように、qPCR のバラツキは十分に小さいことが示された。

（6）プライマーによって定量化の信頼度が異なる

SARS-CoV-2 の定量化を N1、N2 を両方用いてそれぞれ定量化した 2 つの手法（W 社による PEG 沈殿法と同分析会社による沈殿物抽出法）に対し、プライマーの違いにより SARS-CoV-2 の定量化に与える影響を検討した。

2 種類の参照サンプルを用いて比較をしたところ、N2 プライマーを用いた SARS-CoV-2 定量値の結果に対して、N1 プライマーを用いた定量値の結果は、PEG 沈殿法では約 15% ほど、沈殿物抽出法では約 40% ほどしか検出されなかった（図 2.61）。

オミクロン株に N1 プローブ部位の配列に変異が現れて以来、N1 プライマーを用いた際の PCR 増幅効率の低下が確認されている（2.1 項参照）。本標準化試験においても PEG 沈殿法、沈殿物抽出法共に N1 プライマーを使った際の PCR 増幅効率の低下が原因とみられる濃度の過小評価がみられた。なお、N1 プライマーを用いた際の濃度の過小評価の程度は分析手法によること、また同じ分析手法でも PCR マスターミックスの種類などによっても異なることが本標準化試験以外の研究（論文未発表）において知られている。

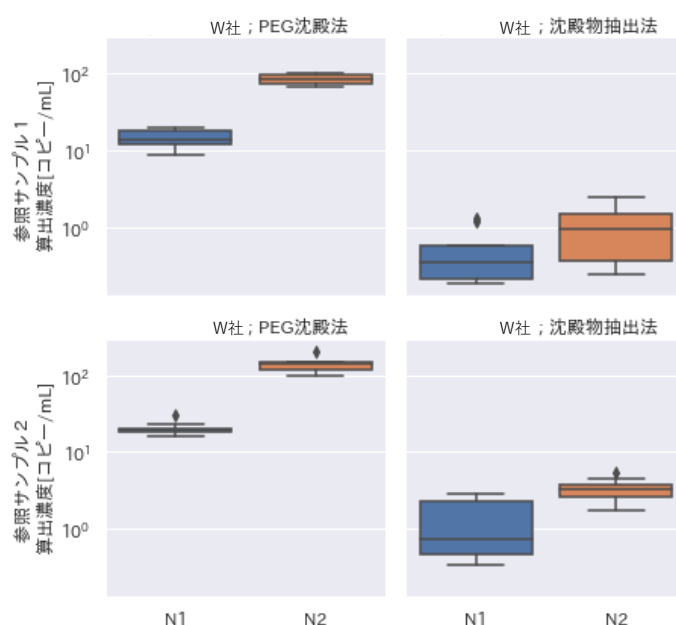


図 2.61 プライマーによる SARS-CoV-2 の定量化に与える影響

※PEG 沈殿法（左）と沈殿物抽出法（右）を用いて SARS-CoV-2 の濃度を N1 プライマー（青）と N2 プライマー（オレンジ）を用いて評価した際の濃度の違い。標準化試験で用いた参照サンプルにおいては、2 種類のサンプル（上段、下段）共に N2 プライマーを用いたときに比べて N1 プライマーでは濃度が統計的に有意に低く算出された。

2.6.7 成果のまとめ

- ・ 分析手法・分析機関によって、同じサンプルを分析してもウイルス濃度測定値にかなりの違いが出る。
- ・ ウイルス濃度をどれだけ過大/過小評価するかは各分析手法・分析機関に特有であり、サンプルには依存しないと考えられる。このことから、本試験で検討したような標準化パラメータを用いることにより分析手法・分析機関によるバラツキを補正できる可能性を示した（標準化）。
- ・ 標準化により分析手法・分析機関”間”のバラツキがある程度補正され、データの相互比較がしやすくなった。また、PMMoV 補正等の正規化により分析手法・分析機関”内”のバラツキも補正しうることが示された。標準化と正規化を合わせた規格化により、下水サーベイランスデータはさらに相互比較がしやすくなったと考えられる。
- ・ 分析手法は感度だけでなく、精度にも注意して検証する必要がある。分析手法によっては RNA 濃縮・抽出時のウイルス回収にバラツキがあり、精度に違いがあった。
- ・ 変異の出現などにより、特定のプライマーによる測定値に大きなバイアスがかかりうることがわかった。この事象は分析手法・分析機関にもよるが、こういった事象にまず気づき、対処するために、N1、N2 プライマー両方をそれぞれ（少なくとも定期的に）定量化することが望ましい。

2.7 正規化に関する検討（R4 調査結果より）

定期モニタリング調査より、図 2.62 に示すとおり、下水中の新型コロナウイルス RNA 濃度は下水道の特性から生じるばらつきなどが存在することが分かっており、新規感染者数との相関関係に影響を及ぼしている場合がある。

ばらつきには以下が考えられる。

- ①非定常的なばらつき（降雨によるウイルス濃度の希釈によるデータの偏在、処理区域内外の人
の移動による濃度の増減などのばらつきを含む）
- ②昼間人口の変動、週内での感染発生状況の変化、市町村の感染者数と処理人口カバー率の違い
からくる定常的なばらつき（行政区域と処理区域の相違、工場排水等の流入が多いなどからくる
ばらつきを含む）

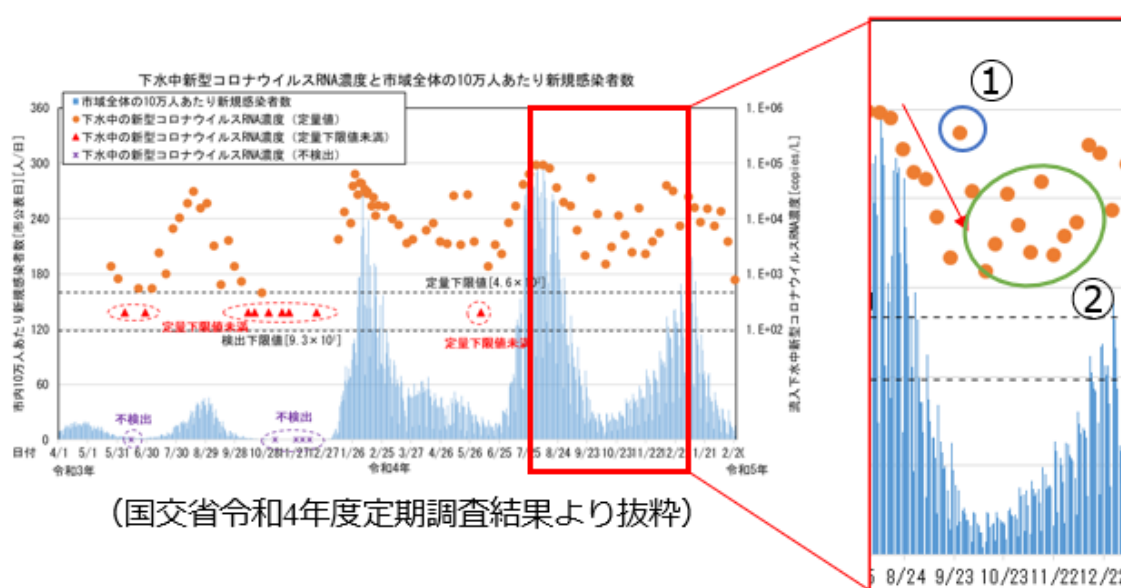


図 2.62 ばらつきの例

表 2.13 にばらつきの原因と対策例について整理した。

本検討では、前項にもあるとおり、濃度データそのもののばらつきを補正する”正規化”について、PMMoV を用いた補正と流量を用いた補正の検討を行った。原因として下水中での PCR 阻害物質の存在もあるが、具体的な対策については今後の検討が待たれる。

表 2.13 下水中の新型コロナウイルス RNA 濃度のばらつきの原因と対策について

原因	対策例	留意点
天候（降雨等）	・ 流量を用いた希釈影響の補正 ・ 糞便指標（PMMoV）を用いた希釈影響の補正	・ 合流式下水道は、簡易放流や雨水貯留などを行っており、正確な水量がわからない。 ・ サンプリングや分析時のロスなどは補正できない。 ・ SARS-CoV2 の挙動と PMMoV の挙動が一致しない場合がある。 ・ 分析手法によっては、PMMoV の回収に適さない手法がある。 ・ PMMoV データの信頼性に疑問が残る。
人流（処理区域内外の人の移動）	・ 糞便指標（PMMoV）を用いた補正	・ SARS-CoV2 の挙動と PMMoV の挙動が一致しない場合がある。 ・ 分析手法によっては、PMMoV の回収に適さない手法がある。 ・ PMMoV データの信頼性に疑問が残る。
人口カバー率	・ 複数箇所の処理場サンプルを平均化	・ 複数処理場を対象とした場合、検体数の増加により費用が増す。
生活排水流入率	・ 生活排水流入率が高い処理場の選定	・ 流入系統によって生活排水の流入率が異なる場合があるため、採水場所には留意する。
サンプルの代表性	・ 週内のサンプルを平均化	・ 採水頻度を高めることによる検体数の増加により費用が増す。
分析ミス	・ 再分析 ・ 分析工程の見直し	・ 行政サイドで対応できない可能性がある。 ・ 即時性がなくなる。

2.7.1 糞便指標（PMMoV）を用いた補正

（1）検討目的

CDC（米国疾病予防管理センター）^[1]によれば、下水中の新型コロナウイルス RNA 濃度は、下水道区域内の人数がモニタリング期間中に変化されることが予想される場合（観光客、平日の通勤者、派遣労働者など）、ウイルス濃度の分析や下水サンプル間の推移を比較する上で、人糞含有量の正規化が重要となる可能性があると考えられている。

人糞含有量の指標には、PMMoV（Pepper mild mottle virus/トウガラシ微斑ウイルス）が代表とされており、正規化されていない下水中の新型コロナウイルス RNA 濃度を PMMoV で割ることで、単位の無い比率となり流量、人流、分析プロセスのばらつきを抑えることができる可能性がある。

そこで、本検討では、定期モニタリング調査で得られた下水中の新型コロナウイルス RNA 濃度に対して、PMMoV による補正を行い、2.4.2 項で検討した新規感染者数（1 週間平均）との相関関係がどのように変化するか把握した。

[1] : National Wastewater Surveillance System (NWSS) - a new public health tool to understand COVID-19 spread in a community | CDC

（2）検討手法

本検討では、測定された RNA 濃度を PMMoV 測定値からの変動率（PMMoV 測定値/PMMoV 平均値（定数）：単位なし）で割ることにより補正した。

- ・下水中の RNA 濃度[copies/L]÷（PMMoV 測定値[copies/L]/PMMoV 平均値[copies/L]）
- ・対象都市 : ウイルス濃度が正規化されていない、仙台市、横浜市、大津市、大阪市、福岡市を対象。（札幌市は流量による補正を行っているため対象外とした）
- ・対象期間 : オミクロン株を対象に検討（令和 4 年 1 月～令和 5 年 1 月のデータ、横浜市、仙台市、大津市は令和 4 年 4 月～令和 5 年 1 月のデータ）
- ・対象プライマー : CDCN1、仙台市・大津市は定量値が得られている N2 のデータを使用した。
- ・相関関係把握手法 : スピアマンの順位相関（下水中のウイルス RNA 濃度と新規感染者数（1 週間平均））

（3）検討結果

糞便指標（PMMoV）を用いた補正を行うことで、5 都市中 4 都市で相関関係が改善された。糞便指標（PMMoV）を用いた補正結果一覧を表 2.14 に示す。

特に、仙台市、横浜市、大津市では 0.06～0.2 ほど相関係数が高くなった。一方で、大阪市、福岡市においては、補正前後で相関関係に大きな変化はなかった。

都市ごとに補正効果が異なる要因として、下水処理場が有する特性（処理面積、処理人口、人口カバー率、雨量など）の違い、当該処理場でカバーできる感染者数と市内の新規感染者数が異なることに起因する相関関係の限界の可能性などが考えられる。一方で、対象とした都市では全国の下水处理場の特性（排除方式、規模等）を網羅していないため、他の事例等の結果を用いて、糞便指標（PMMoV）を用いた補正については再評価を行う必要があると考えられる。

表 2.14 糞便指標(PMMoV)を用いた補正結果

自治体	PMMoV補正前 (令和4年1月～令和5年1月)			PMMoV補正後 (令和4年1月～令和5年1月)		
	データ数	相関係数 Rs	p値	データ数	相関係数 Rs	p値
仙台市	31	0.662	5.E-05	31	0.838	4.E-09
横浜市	44	0.784	3.E-10	44	0.845	6.E-13
大津市	34	0.533	1.E-03	34	0.733	8.E-07
大阪市	62	0.762	7.E-13	62	0.727	2.E-11
福岡市	76	0.647	3.E-10	76	0.664	6.E-11

(4) 糞便指標 (PMMoV) を用いた補正を行う際の留意点

一般的に、下水中に存在する PMMoV は上清 (液相) に多く存在するとされている。そのため、下水中の沈殿物 (固相) を対象とした分析手法と、上清 (液相) を対象とした分析手法では、PMMoV の回収率が異なる場合があるため、留意が必要である。

また、PMMoV は植物性のウイルスであり、下水中の新型コロナウイルス RNA 濃度との挙動が必ずしも一致するわけでは無いため、補正データを用いてデータの評価を行う際は、補正後のデータのみならず、補正前のデータの双方を見比べて総合的に評価を行う必要がある。

2.7.2 流量を用いた補正

(1) 検討目的

下水道は汚水と雨水の排除方式によって、分流式と合流式が存在し、採水した下水は排除方式によって、雨水による希釈の影響が異なる。(図 2.63)

分流式は生活排水などの汚水と雨水を別々の管きよで排除するため、雨天時においても雨水による希釈影響が小さいと考えられる。(一部管きよの劣化部分からの地下水の浸入等が考えられる場合がある。) 一方で、合流式は汚水と雨水を同一の管きよで排除するため、雨天時には処理場に晴天時の数倍程度の下水が流入し、雨水による希釈影響が大きい場合がある。

本検討では、下水中の新型コロナウイルス RNA 濃度の雨水による希釈影響を補正するために、流量を用いた補正方法を検討した。

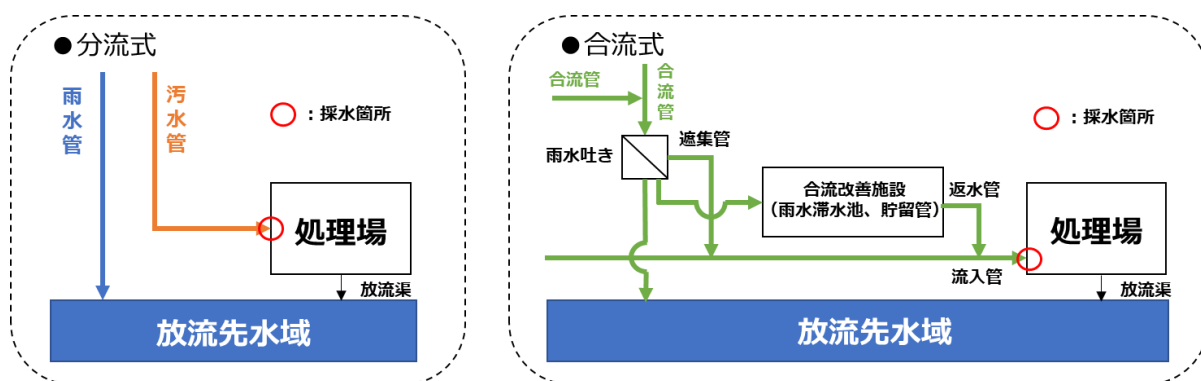


図 2.63 分流式と合流式の違い

(2) 検討手法

流量を用いた補正方法は、排除方式や降雨の状況によって異なる。表 2.15 にケースごとの補正方法（例）と留意点を整理した。

表 2.15 排除方式及び降雨の状況別の補正方法（例）

排除方式	降雨の状況	補正方法（例）	留意点
合流式	降雨が無い場合	$\text{RNA濃度} \times (\text{処理場流入量} / \text{晴天時流入量})$	・ 降雨の翌日、地下水位の上昇による地下水の侵入の有無を確認する必要がある。
	降雨がある場合 (CSOや雨天時貯留が無い場合)	$\text{RNA濃度} \times (\text{処理場流入量} / \text{晴天時流入量})$	・ 雨水吐きの最大遮集水量、合流改善施設（雨水滞水池・貯留管）の容量と運用状況を把握する必要がある。
	降雨がある場合 (CSOや雨天時貯留がある場合)	$\text{RNA濃度} \times ((\text{処理場流入量} + \text{雨水吐き放流量} + \text{合流改善施設貯留量}) / \text{晴天時流入量})$	・ 雨水吐きからの放流量、合流改善（雨水滞水池・貯留管）施設への貯留量を把握する必要がある。
分流式	降雨が無い場合	$\text{RNA濃度} \times (\text{処理場流入量} / \text{晴天時流入量})$	・ 降雨の翌日、地下水位の上昇による地下水の侵入の有無を確認する必要がある。
	降雨がある場合	$\text{RNA濃度} \times (\text{処理場流入量} / \text{晴天時流入量})$	・ 雨天時増水の有無を確認する必要がある。

※CSO：合流式下水道からの越流水

国土交通省調査の対象都市は合流式の下水道が多く、雨水吐きからの放流量や合流改善施設の貯留量を把握することが困難であったため、以下の手法で流量補正方法を検証した。

- ・ RNA 濃度[copies/L] × (処理場流入量[m³/日]/晴天時日平均流入量（月別）[m³/日])
- ・ 対象都市：ウイルス濃度が正規化されていない、仙台市、横浜市、大津市、大阪市、福岡市を対象。（札幌市は流量による補正を行っているため対象外とした）
- ・ 対象期間：オミクロン株を対象に検討（令和 4 年 1 月～令和 4 年 11 月のデータ、横浜市、仙台市、大津市は令和 4 年 4 月～令和 4 年 11 月のデータ）
- ・ 対象プライマー：CDCN1、仙台市・大津市は定量値が得られている N2 のデータを使用した。
- ・ 相関関係把握手法：スピアマンの順位相関（下水中のウイルス RNA 濃度と新規感染者数（1 週間平均））

(3) 検討結果

流量を用いた補正結果一覧を表 2.16 に示す。

流量を用いた補正を行ったが、各都市において相関関係に大きな変化は見られなかった。

これは、検討手法の留意点に示したとおり、雨水吐きからの放流量や合流改善施設の貯留量などの詳細な流量を考慮できなかったためと考えられる。

表 2.16 流量を用いた補正結果

自治体	流量補正前 (令和4年1月～令和4年11月)			流量補正後 (令和4年1月～令和4年11月)		
	データ数	相関係数 Rs	p値	データ数	相関係数 Rs	p値
仙台市	23	0.695	2.E-04	23	0.744	5.E-05
横浜市	35	0.743	3.E-07	35	0.746	3.E-07
大津市	26	0.478	1.E-02	26	0.452	2.E-02
大阪市	53	0.773	1.E-11	53	0.767	2.E-11
福岡市	54	0.813	8.E-14	54	0.819	4.E-14

(4) 流量を用いた補正を行う際の留意点

採水時間と降雨時間のタイミングによって、流入下水の雨水による希釈状況が異なるため、時間毎の流量を測定し、希釈倍率等の算出方法を検討する必要がある。

初期降雨時のファーストフラッシュが流入した場合、採水時の流入下水の濃度が急上昇する可能性がある。一方で、現実的には、ファーストフラッシュ影響の補正は困難であるため、降雨時の流達時間を把握し、採水タイミングなどを検討する必要がある。

雨水吐きからの越流量、合流改善施設の貯留量について正確な流量が分からない場合は、流量計設置や合流改善計画の計画値、降雨量と各流量の相関関係を把握することで、算出することなどが考えられる。これを踏まえ、流量計設置による事業費の増加、一定の流量モニタリングが必要となることに留意して補正の実施を検討する必要がある。

雨水吐きからの越流量や合流改善施設への貯留量により、流入下水の濃度が異なるため、晴天時の流入下水のSS、濁度、塩素イオン濃度などを把握し、採水時の濃度と比較することにより希釈倍率を検討することなどが考えられる。

3 下水処理による新型コロナウイルスの除去・不活化に関する調査

3.1 処理場内挙動調査（R2-4 調査結果より）

3.1.1 調査目的

定期モニタリング調査より、下水中の新型コロナウイルスが下水処理場の流入下水から検出されることが分かっている。一方で、放流水中の検出事例は少なく、処理場内の挙動については未だ不明なところが多いことから、下水処理場の各処理工程における新型コロナウイルス RNA 濃度を測定することによる挙動の把握が行われた。

以下に調査の変遷を示す。

- ・令和 2 年度調査

令和 4 年度と比べ、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、流入下水中の新型コロナウイルス濃度が定量値で検出されておらず、挙動が把握できなかった。（分析方法：PEG 沈殿法）

- ・令和 3 年度調査

第 6 波など、新規感染者数が多い時期（令和 4 年 2 月）に調査を行い、定量値は検出されたが、分析方法が流入下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・放流水中の新型コロナウイルス濃度が検出されず、挙動が把握できなかった。（分析方法：EPISENS-S 法）

- ・令和 4 年度調査

第 7 波、8 波などの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、処理水・放流水中の定量値が検出され、挙動を把握することができた。（分析方法：EPISENS-M 法）

3.1.2 調査手法

令和 2 年度から令和 4 年度調査の対象都市及び採水箇所を表 3.1 に示す。

表 3.1 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p処理場	○	○	○	○	○	○	0.72
	令和3年 3月24日	横浜市 q 処理場	○	○	○	○	○	○	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 g 処理場(3回)	○	—	○	—	○	○	62.68(11/15) 69.2(11/22) 75.24(11/29)

凡例) ○：測定対象、—：測定非対象

※分析手法 令和2年度：PEG 沈殿法

令和3年度：北大-シオノギ法（EPISENS-S 法：処理水分析には不適）

令和4年度：北大-シオノギ法（EPISENS-M 法：処理水分析にも適している）

※採水方法：グラブサンプリング・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）

3.1.3 調査結果

表 3.2 に令和 2 年度から令和 4 年度までの調査結果一覧を示す。

例として、以下に令和 4 年度調査結果を示す。

- ・(札幌市)

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

- ・(仙台市)

最初沈殿池における除去率としては、 $1.0\log$ に満たないが、二次処理において約 $2.0\log$ の除去率が得られた。流入～放流では、約 $2.2\log$ 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、同じ水塊の分析を行っていないため、サンプリング誤差であると考えられる。

- ・(横浜市)

最初沈殿池における除去率としては、 $1.0\log$ に満たないが、二次処理において約 $3.3\log$ の除去率が得られた。流入～放流では、約 $4.1\log$ 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、同じ水塊の分析を行っていないため、サンプリング誤差であると考えられる。

- ・(まとめ)

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）において約 $2.0\log \sim 3.3\log$ （平均 $2.6\log$ ）の除去率が得られた。

ノロウイルスは水処理において約 $2.0\log$ 以上の除去^[1]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。

[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

表 3.2 処理場内挙動調査結果一覧

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	定量下限値未満	ND	定量下限値未満	—	ND	ND	2021/1/28	1.03
	令和3年2月4日		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p処理場	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2021/3/22	0.72
	令和3年3月24日	横浜市 q 処理場	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2021/3/24	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	2.7E+03	4.1E+03	2.6E+03	定量下限値未満	ND	ND	2022/2/9	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※	6.8E+04	—	3.4E+04	—	1.1E+2	8.1E+1	2022/8/9 8/23 9/6	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※	3.7E+04	—	2.6E+04	—	2.6E+2	4.4E+2	2022/11/22 11/29 12/5	131.59(11/22) 131.21(11/29) 85.12(12/5)
	令和4年11月	横浜市 g 処理場※	4.3E+04	—	5.6E+03	—	2.7E+0	6.4E+0	2022/11/15 11/22 11/29	62.68(11/15) 69.2(11/22) 75.24(11/29)

凡例) ND : 不検出、— : 測定非対象

※3 回測定 of 幾何平均値

3.2 消毒処理による新型コロナウイルスの代替ウイルス不活化に対する検討（R3 調査結果より）

3.2.1 調査目的

下水処理プロセスにおける新型コロナウイルスの挙動、除去、不活化について調査を実施するため、特に消毒に関する新型コロナウイルスの代替ウイルス不活化調査を行い、通常の下処理水に対する塩素消毒により、新型コロナウイルスと同様にエンベロープを持つウイルスの不活化が行われていることを確認することを目的とした。

3.2.2 調査手法

塩素濃度及び接触時間に対するケース設定を行い、塩素処理を行った場合のウイルス不活化について調査を行い、適した塩素消毒方法について検討する。

新型コロナウイルスを用いた不活化調査を行う場合、新型コロナウイルスの培養が必要となるが、培養可能な BSL3 以上の施設及び扱う人員が限られるため、新型コロナウイルスと同様にエンベロープを持つ $\phi 6$ （バクテリオファージ）を用いた代替ウイルス不活化の検討を行う。

（1）ケース設定

本調査では、不活化試験における接触時間及び塩素注入率を表 3.3 のとおりに設定し行われた。日平均水量想定時は、十分な接触時間が得られるため除外し、流量が多くなる場合に接触時間が短くなることを想定する。また、新型コロナウイルス流行時等に、処理場において消毒を強化する場合も考えられる。

したがって、ケース設定にあたっては、下水処理場の日最大汚水量と時間最大時について、標準条件と消毒強化の 6 ケースを想定した。

表 3.3 接触時間と塩素注入率の設定

ケース		接触時間 分	塩素注入率 mg/L	備 考
ケース1	標準条件	15.0	3.0	日最大水量時想定
ケース2	消毒強化(1.5倍)		4.5	
ケース3	消毒強化(2倍)		6.0	
ケース4	標準条件	10.0	2.0	時間最大水量時想定
ケース5	消毒強化(1.5倍)		3.0	
ケース6	消毒強化(2倍)		4.0	

3.2.3 調査結果

本調査で得られた結果を以下に示す。

- すべてのケースにおいて、塩素濃度 0.1mg/L 以上が確保された。
- すべてのケースにおいて初期濃度 5.0×10^5 PFU/mL の $\phi 6$ は、 2.3×10^3 PFU/mL 未満となった。
これを $\phi 6$ の不活化率で表現すると、本実験条件では、2 log 以上不活化される事が確認された。
- CT 値が最も小さくなるケース 4（2mg/L 10 分接触）においても 2 log 程度の不活化率が得られた。

一般に消毒効果を見る場合には、消毒濃度と接触時間の積である CT 値とウイルスや細菌等の

除去率である Log 除去率（本実験の場合は Log 不活化率）との関係を検討する。

塩素消毒の CT 値は、塩素濃度と接触時間の積分値であり、CT 値が高い場合には消毒強度が高いと言え、以下の式で示される。

$$CT = \text{塩素濃度} \times \text{接触時間}$$

φ6 の Log 不活化率は以下の式で示され、マイナス絶対値が高いほど不活化率が高い。

$$\log \text{不活化率} = \log(\text{消毒後 } \phi 6 \text{ 濃度} / \text{消毒前 } \phi 6 \text{ 添加濃度})$$

CT と φ6 の Log 不活化率との関係を図 3.1 に示す。消毒後 φ6 濃度が定量下限値未満および不検出の場合は Log 不活化率を計算できないため、消毒後 φ6 濃度が定量値である場合のみグラフに示す。

大腸菌（群）の消毒効果は CT より以下のように示される。

$$\log(\text{消毒後大腸菌（群）数} / \text{消毒前大腸菌（群）数}) = \kappa \cdot CT$$

ここに

κ : 不活化定数[L/mg/min]

（大腸菌群の事例） κ : 0.061、0.084（東京都）¹⁾

κ : 0.038～0.11（国総研）²⁾

本調査における不活化定数は 0.33 程度であり、大腸菌群と同程度以上の塩素消毒効果が得られるという結果となった。

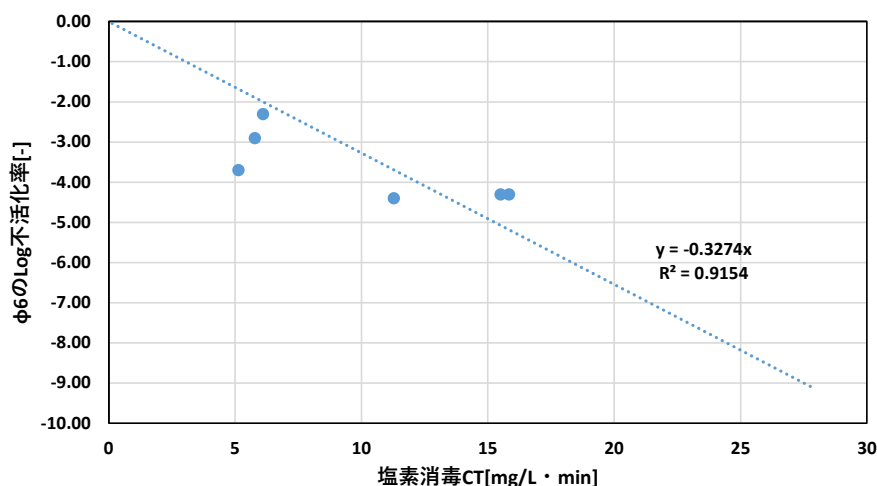


図 3.1 塩素消毒による φ6(新型コロナウイルス代替ウイルス)の Log 除去率

※参考文献

- 1) 青木陽平、和光一紀、河野由美、福田宗昭「下水処理における消毒効果の検証（その1）」東京都下水道局技術調査年報-2018- https://www.gesui.metro.tokyo.lg.jp/business/pdf/2-1-2_2018.pdf
- 2) 山下洋正、重村浩之、小越眞佐司、板倉舞、前田光太郎「処理水・再生水の衛生学的リスク制御技術の評価に関する調査」 <http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryounn/tnn/tnn0950pdf/ks095011.pdf>

4 下水中新型コロナウイルス濃度の測定のあり方等に関する調査

4.1 採水時間帯に対する調査（R3 調査結果より）

4.1.1 調査目的

下水道管理者は流入下水の水質の定期測定を行う際、有機物指標（BOD 等）の最も流入負荷が高い午前中をターゲットに採水を行っているが、新型コロナウイルス RNA 濃度に関しても同様の採水時間帯で問題が無いかの確認を目的とし、流入下水に対する 24 時間調査が行われた。

4.1.2 調査手法

流入下水に対する 24 時間調査を行い、1 時間または 2 時間おきのグラブサンプリングによる採水を行った。

・対象処理場

仙台市南蒲生浄化センター

福岡市中部水再生センター

4.1.3 調査結果

流入下水中の新型コロナウイルス RNA 濃度調査結果を図 4.1 及び図 4.2 に示す。

本調査の対象処理場では、いずれも夜中の時間帯にあたる 0 時以降は比較的濃度が低い状況であった。また、濃度のピークがほぼ見られなかった。

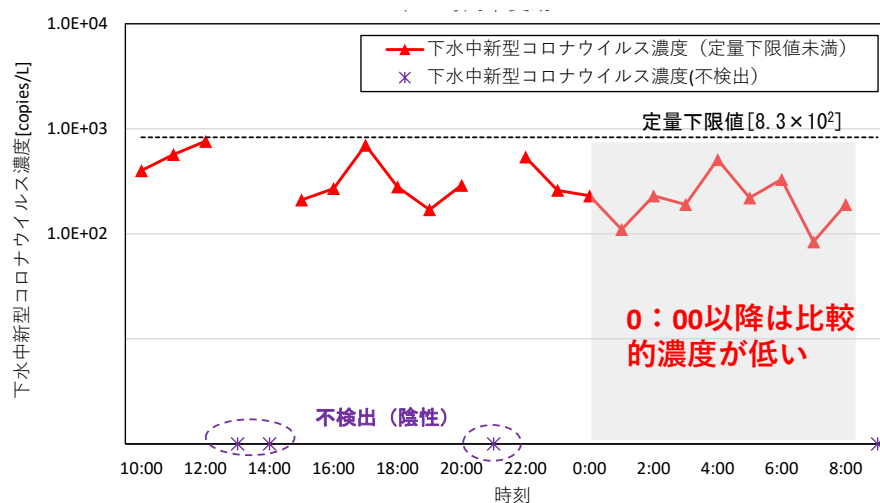
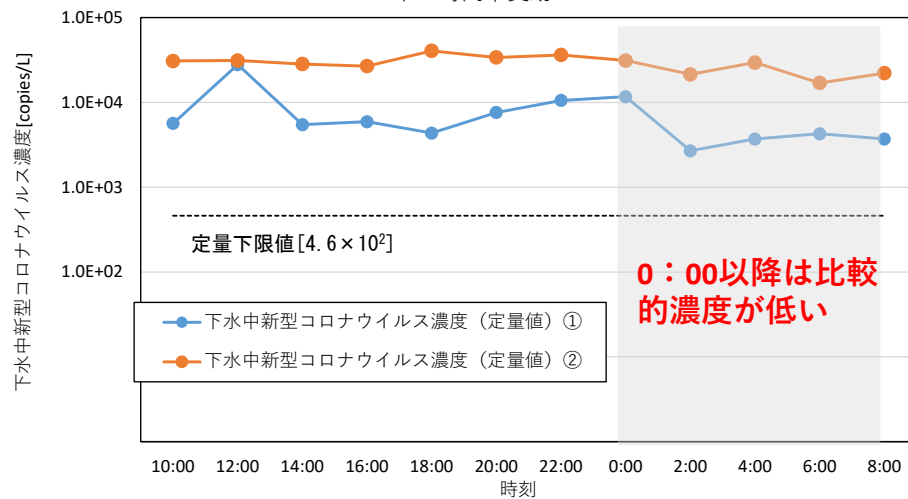


図 4.1 流入下水中の新型コロナウイルス RNA 濃度 (仙台市)

※分析手法：沈殿物抽出法



①: 令和3年7月20~21日、②: 令和3年7月29~30日

図 4.2 流入下水中の新型コロナウイルス RNA 濃度(福岡市)

※分析手法: EPISENS-S 法

従来の有機汚濁指標における 24 時間変動では、日中の時間帯はほぼ横ばいの変動となっており、これに対して新型コロナウイルス濃度も同様に日中の時間帯はほぼ横ばいの変動となった。今回調査が行われた処理場はいずれも中～大規模の処理場であり、処理区が比較的広いため他の水質と同様に時間変動が少ないと考えられる。

4.2 マンホール調査（R3 調査結果より）

4.2.1 調査目的

マンホール採水の目的としては以下の通りである。

（１）軽症者療養ホテル排水マンホール

確実に新型コロナウイルスが含まれている排水に対して、下水中の新型コロナウイルス濃度として検出可能であることを示し、下水データの利用価値があることを確認することを目的とした。

（２）高齢者施設排水マンホール

新型コロナウイルスが含まれているかどうかは不明であるが、上流域の排水を含んでいることから、（１）の調査結果との比較を目的とした。

4.2.2 調査手法

（１）マンホール選定

軽症者療養ホテル排水の排出口に近いマンホールを選定した。

１自治体２か所のマンホール調査を行うものとし、調査対象下水処理場の処理区内に軽症者療養ホテルが２か所存在する場合は２か所選定し、１か所存在する場合は、比較対象としてハイリスク集団となる高齢者の介護施設等を標的とし高齢者施設排水の含まれるマンホールを選定した。

表 4.1 マンホール選定結果

自治体名	マンホール No.	対象施設	備考
札幌市	①	軽症者療養ホテル	排水流入直下
	②	高齢者介護施設	排水流入直下
仙台市	①	軽症者療養ホテル	排水流入直下
	②	軽症者療養ホテル	排水流入直下
横浜市	①	軽症者療養ホテル	排水流入直下より下流
	②	高齢者介護施設	排水流入直下より下流
大津市	①	軽症者療養ホテル	排水流入直下
	②	高齢者介護施設	排水流入直下
福岡市	①	軽症者療養ホテル	排水流入直下
	②	軽症者療養ホテル	排水流入直下
大阪市	①	軽症者療養ホテル	排水流入直下より下流
	②	高齢者介護施設	排水流入直下より下流

（２）マンホール調査

マンホール調査は道路許可申請を取得し、なるべく昼間に行う方針とし、バス通り等、昼間調査が難しい場合は、夜間に行われた。

なお、糞便が含まれることを考慮し、朝の排出を見越した時間帯（9:00～10:00）を基本とした。

4.2.3 調査結果

マンホール採水結果について図 4.3 および図 4.4 に示す。マンホール調査を行った日と同じ日にサンプリングした当該処理区の流入下水中の新型コロナウイルス RNA 濃度を合わせて示す。

処理区内のあるマンホールで新型コロナウイルス RNA 濃度が定量値で検出されるあるいは陽性と検出される場合でも、流入下水は定量下限値未満や不検出となる場合が多い。これは処理場に流入するまでに他の流入下水による希釈があるためと考えられる。また、軽症者療養ホテルの排水直下のマンホールではほとんど定量値が検出されていたことから、あるマンホールにおいて陽性が検出された場合には、そのマンホールの集水域には新規感染者がいることが示された。

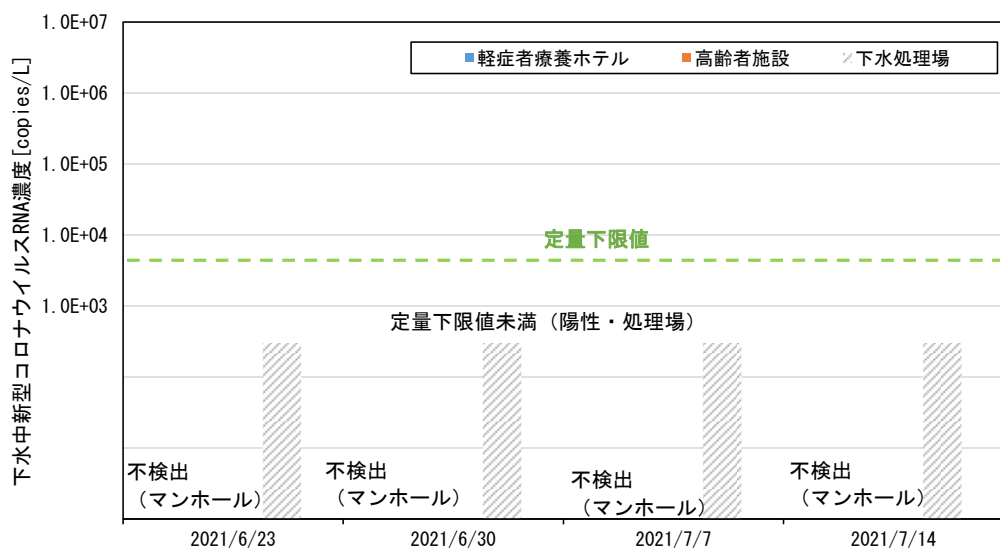
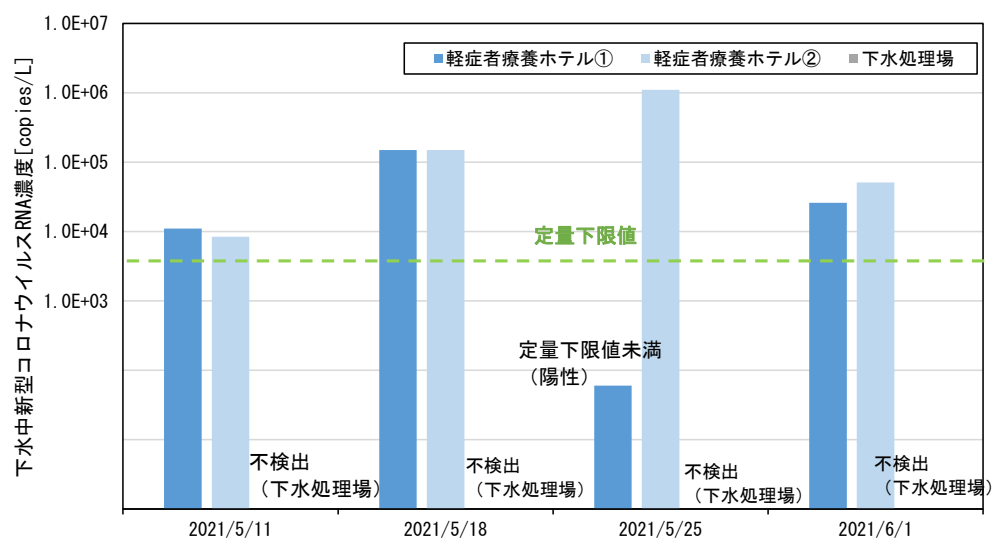
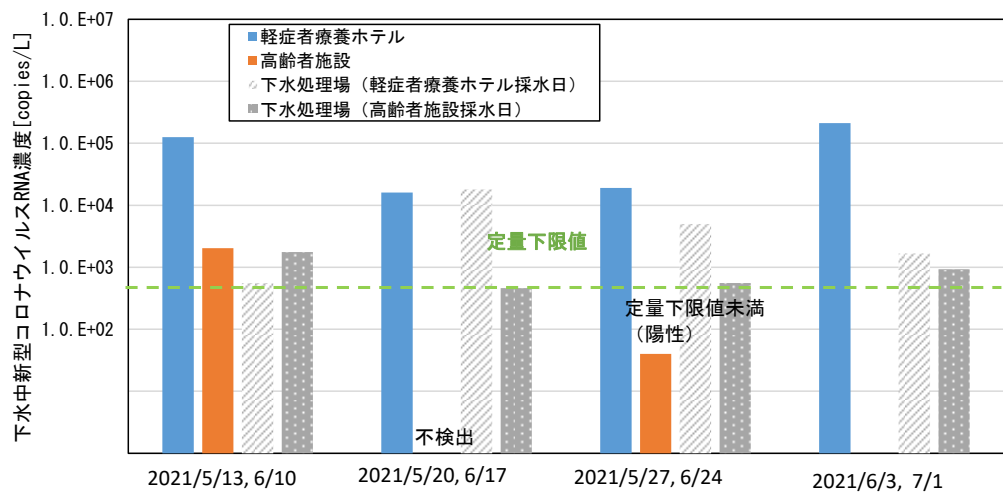


図 4.3 マンホール採水中の新型コロナウイルス RNA 濃度 (1/2)

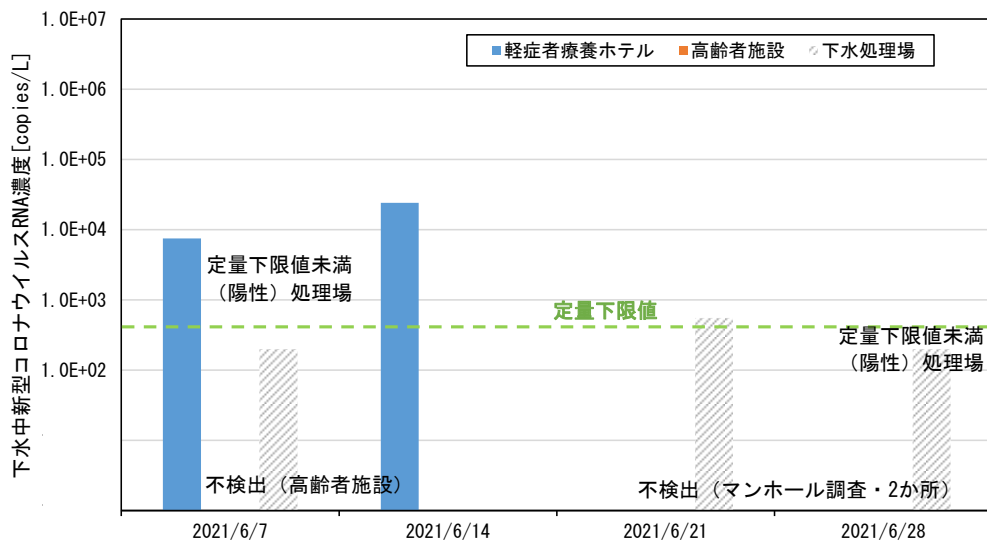
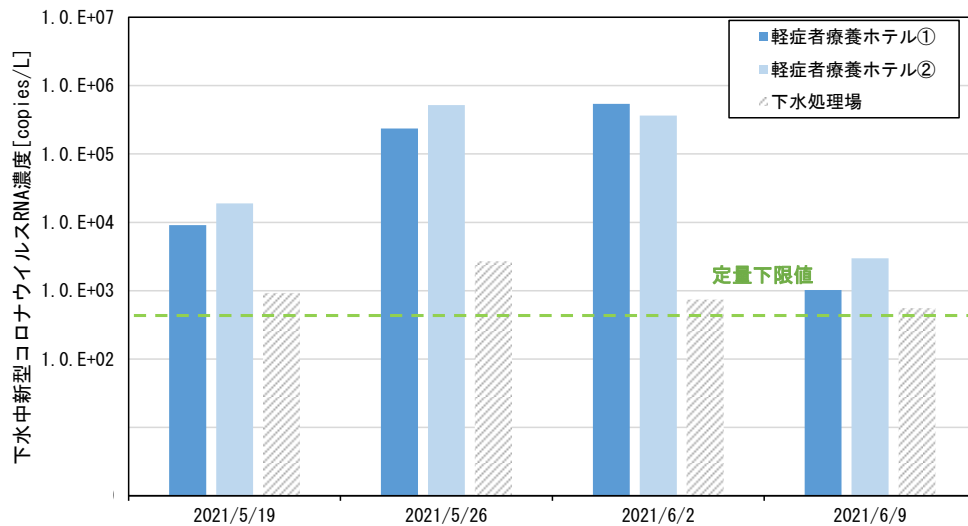
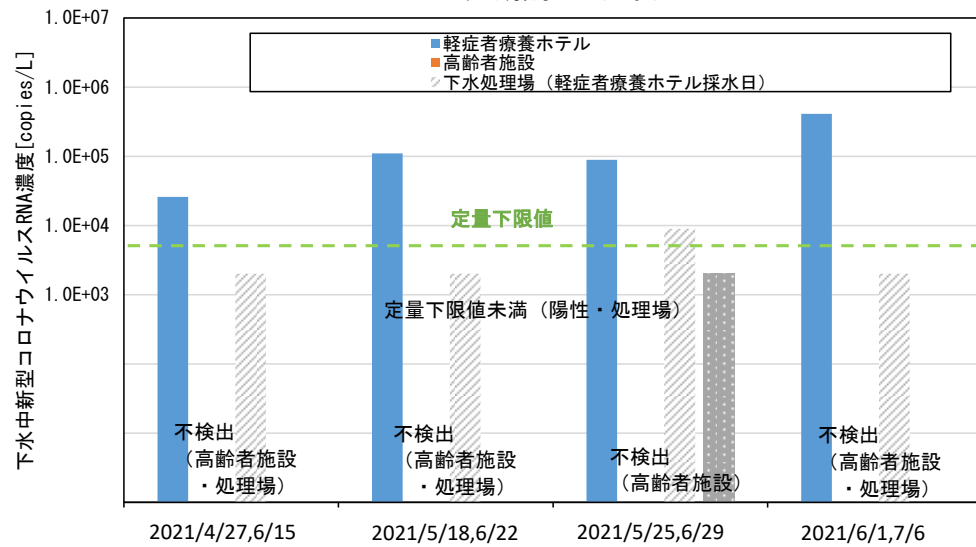


図 4.4 マンホール採水中の新型コロナウイルス RNA 濃度 (2/2)

4.3 マンホール追跡調査（R3 調査結果より）

4.3.1 調査目的

本調査は、軽症者療養ホテルなどのエピセンターから下水処理場までの複数マンホールで追跡採水し、どこまでの流域面積（流量）であれば検知が可能であるか確認することを目的として行われた。

4.3.2 調査手法

（1）調査対象マンホールの設定

調査対象とする処理区内において採水を行うマンホールを 10 箇所程度選定した。なお、汚水中継ポンプ場がある場合には、ポンプ場も採水調査対象とした。

マンホールの選定については軽症者療養ホテルから下水処理場までの間で複数箇所選定を行った（図 4.5 参照）。

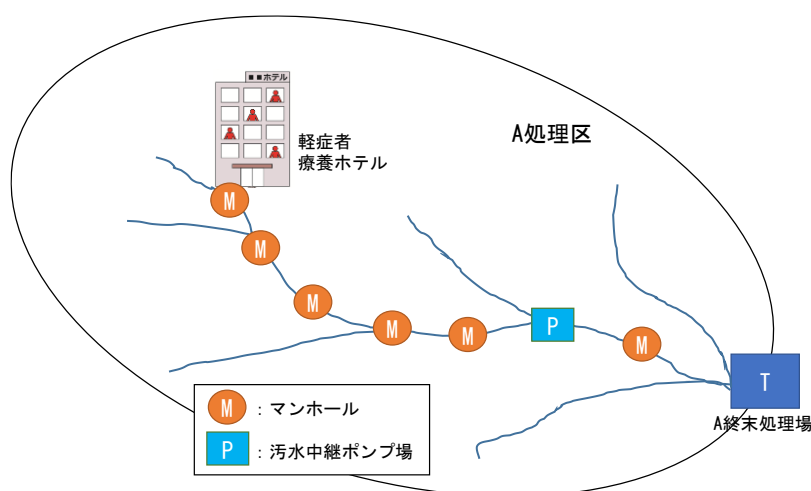


図 4.5 マンホール追跡調査の概念図

調査は A 市および K 市の 2 か所とした。

軽症者療養ホテルから下水管きょルートをとどり、下水処理場まで流入するルート上のマンホールを 10 か所程度選定した。

（2）採水及び分析調査

マンホール調査における採水については PoP-CoV サンプラーによる採水とした。

PoP-CoV サンプラーは、マンホール内にパッシブサンプラー（布のようなもの）を 24 時間設置することで新型コロナウイルスをキャッチできるようにしたものである。マンホール調査は、2 日間にわたり 1 日目に PoP-CoV サンプラーをマンホール内に設置し、2 日目に回収を行った。

4.3.3 調査結果

PoP-CoV サンプラー絞り汁からの新型コロナウイルス RNA 濃度と計画流量について、A 市の結果を図 4.6 に示す。A 市の場合は流域の途中からも新型コロナウイルス RNA が流入していることが考えられ、軽症者療養ホテルから約 6 km 離れた地点までは減少傾向にあるが再び増加しており、どの程度の流量まで検出可能であるかどうかの確認はできなかった。

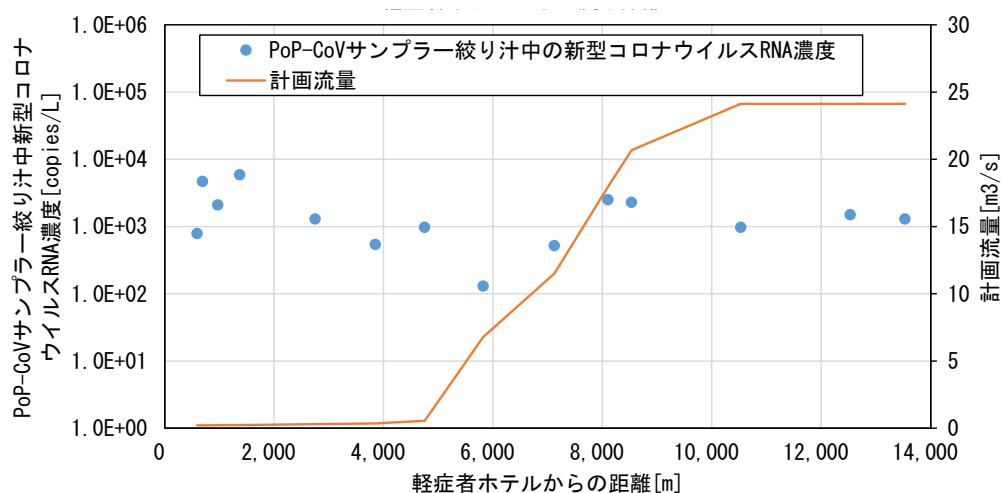


図 4.6 PoP-CoV サンプラー絞り汁中新型コロナウイルス RNA 濃度と軽症者療養ホテルからの流下距離(A 市)

同様に K 市の結果を図 4.7 に示す。K 市の場合は処理場に近づくにつれ新型コロナウイルス RNA 濃度の減少がみられ、計画流量 $3.0\text{m}^3/\text{s}$ 程度の場合には新型コロナウイルスが定量下限値未満となった。よって、流量増加による希釈効果がある可能性があり、K 市の状況の場合、流量として $3.0\text{m}^3/\text{s}$ 程度の流域より小さな流域に対して感染者の検出が可能という結果となったと考えられる。

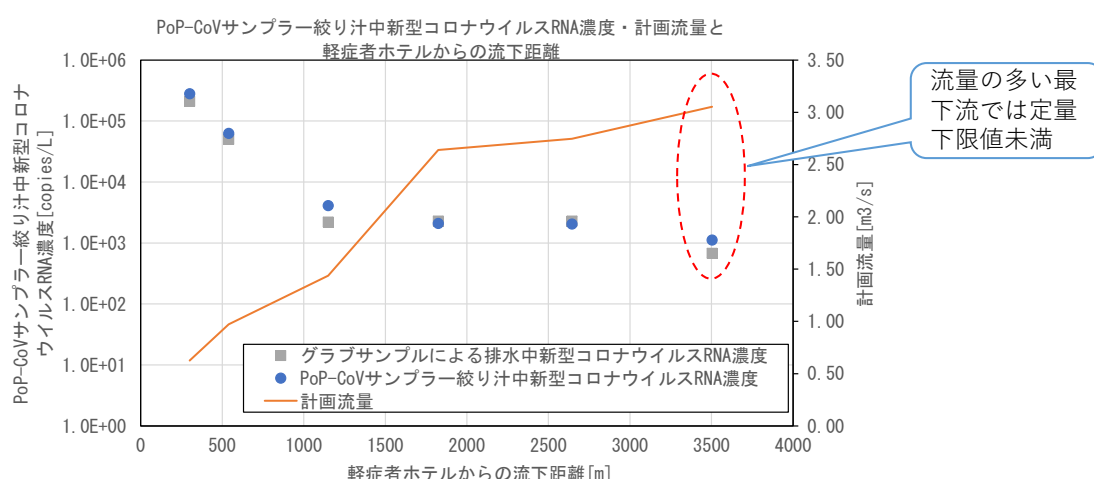


図 4.7 PoP-CoV サンプラー絞り汁中新型コロナウイルス RNA 濃度と軽症者療養ホテルからの流下距離(K 市)

5 下水サーベイランスデータを活用した感染症情報の発信

いくつかの自治体では、先進的に感染症情報の発信に取り組んでいる。これらの取組み事例について役割分担や発信する情報内容、発信方法等を整理した。

5.1 体制構築

下水サーベイランスを推進する体制を構築するために、重要なポイントとして以下4点が挙げられる。

- 各自治体のニーズ把握

各自治体の医療体制や感染症サーベイランス(患者サーベイランス)の状況などの要因により、各自治体のニーズは異なることが想定されるため、各自治体のニーズを把握することが重要と考えられる。

- 関係機関への積極的な情報共有

関係者が下水サーベイランスの内容や有効性を適切に理解するためには、自治体の政策会議、自治体の長に対する説明機会などを活用することが有効である。

- 研究機関の学術的フォローアップ

市民の理解促進を図るための十分な説明や下水サーベイランスの分析精度向上を図るため、研究機関における下水サーベイランスに係る最新情報・技術的進歩等をリアルタイムにフォローアップする体制を構築することが有効であると考えられる。

- 下水サーベイランスに対する住民意見等の把握

首長を始めとする関係機関の連携によって取り組みを行うためには、このような下水サーベイランスに対する住民意見等の把握と継続的な改善活動が重要であると考えられる

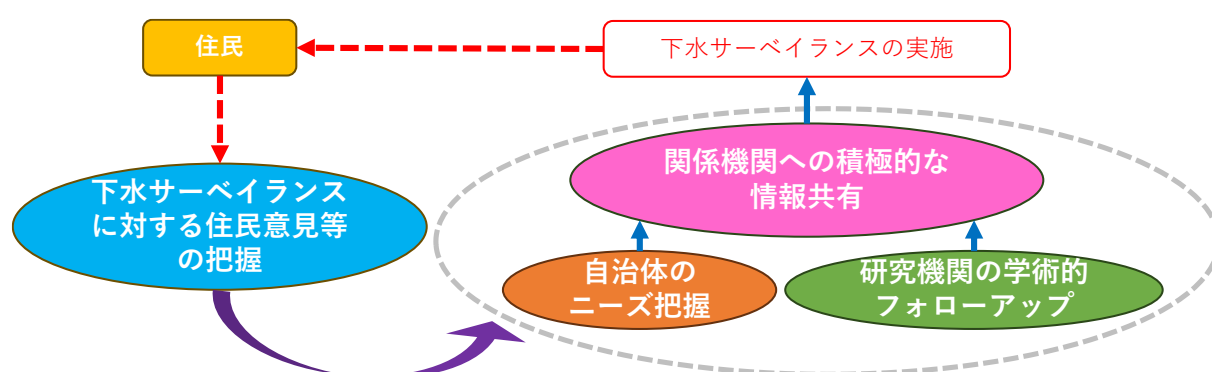


図 5.1 関係機関の体制構築のポイント(イメージ)

【参考】体制構築の例（小松市）

小松市では、大学への研究協力が取組のきっかけとなっており、分析方法を確立する段階から下水サーベイランスに係る最新情報・技術的進歩をフォローできる状況となっていた。また、これら研究機関の学術的フォローアップを得て、各種会議・首長説明の場で下水サーベイランスの内容・有効性を示し、関係機関の理解・協力を得る機会を設けていた。

表 5.1 下水サーベイランスに係る体制構築・連携の経緯(例)

時期	内容	関係機関				
		下水道 部局	市長部 局	保健衛 生部局	危機管 理部局	大学
R2	市の経営会議（現：政策調整会議…各部署が問題課題を共有する場）やコロナ対策本部で、下水疫学調査の可能性・価値観を共有	○	○	○	○	○
R3.1～	日本水環境学会COVID-19タスクフォースのセミナーにおけるK大学の研究に感銘を受け、下水疫学調査の詳細を聞くために先生に連絡を取る （大学は従前より包括連携協定を結んでいた）	○				○
R3.11～	大学及び分析会社と協定締結 下水中新型コロナウイルスRNA濃度の測定開始	○				○
R4.11.18	記者発表および議会説明 （目的）下水疫学調査に対する市民への理解促進	○	○	○	○	○
R4.11.25～	下水中新型コロナウイルスRNA濃度をHPで公表開始	○	○	○	○	○
R5.1～	第1回下水疫学調査に対する市民アンケート （目的）下水疫学調査の効果測定及び改善に向けた情報収集	○	○	○	○	○
R5.10～	第2回下水疫学調査に対する市民アンケート （目的）下水疫学調査の効果測定及び改善に向けた情報収集	○	○	○	○	○

- 各自治体のニーズ把握

先行事例（中小規模都市）では、五類感染症への移行後、都道府県の保健所からの情報公表がなくなり、自治体固有の情報が得ることができなくなったため、下水サーベイランス結果が自治体固有の感染者数や流行状況の指標になったことを挙げている。さらには、情報を受け取る医師によって、下水サーベイランス情報の活用に対する温度感の違いはあるが、否定的な意見は届いておらず、下水サーベイランス情報を作業体制の切り替え等に役立てている病院もあるとのことであった。

- 関係機関への積極的な情報発信

先行事例では、前述の研究機関の学術的フォローアップを得て、各種会議・首長説明の場で下水サーベイランスの内容・有効性を示し、関係機関の理解・協力を得る機会を設けていた。

- 研究機関の学術的フォローアップ

先行事例では、それぞれ大学への研究協力が取組のきっかけとなっており、分析方法を確立する段階から下水サーベイランスに係る最新情報・技術的進歩をフォローできる状況となっていた。

一方で、現在は、下水中の新型コロナウイルス RNA の分析方法については、日本水環境学会 COVID-19 タスクフォースのマニュアル及び国立感染症研究所によるマニュアル等に記載されており、分析業務を始めとする下水サーベイランスの各作業を担うことのできる民間会社も複数あることから、今後下水サーベイランスを実施する自治体において、大学等の研究機関との連携体制を構築することは必ずしも必要条件ではない。

- 下水サーベイランスに対する住民意見等の把握

先行事例では、下水サーベイランスの取組に対する住民の反応（取組の継続を求める声）をアンケート調査により定量的に示している。

5.2 役割分担

表 5.2 に新型コロナウイルス RNA の下水サーベイランスに係る関連機関の役割分担の例を示す。さらに、図 5.2 に下水サーベイランスの実施フロー（イメージ）を示す。

下水道管理者は、下水サーベイランスの目的・必要性を理解し、モニタリング対象の処理場を選定する際の判断根拠となる情報（流域面積、処理人口、処理区の地域特性（工場が多い、観光地等）等）の提供や下水の採取場所の提供などにつき、調査実施主体へ協力することが望ましい。下水サーベイランスを実施する下水処理場や管きょの選定については、調査実施主体と下水道部局で、調査を実施する施設の規模、調査対象とする下水道施設の数などを適切に選定する。

表 5.2 関連機関の役割分担(例)

目的		下水モニタリング対象エリア		採水箇所	
感染動向の早期探知		処理区全体		下水処理場	
無症状感染者を含む処理区内の 流行状況のモニタリング					
地域住民への流行情報提供					
排水区を限定した調査による対象 地域の感染状況の把握		排水区		ポンプ場 ・マンホール	
実施者及び作業者					
実施判断	採水	運搬	分析	評価	情報発信
都道府県知事 （市町村長の意 向を踏まえて） または市町村長	下水道部局 ※下水道管理 者・処理場維持 管理委託事業者 等	下水道部局・保 健衛生部局 ※下水道管理 者・処理場維持 管理委託事業者 等	地方衛生研究 所・民間会社、 大学等	都道府県等の地 方感染症情報セ ンター・衛生主 管課、政策部 局、首長部局等	危機管理部局・ 保健衛生部局・ 下水道部局等

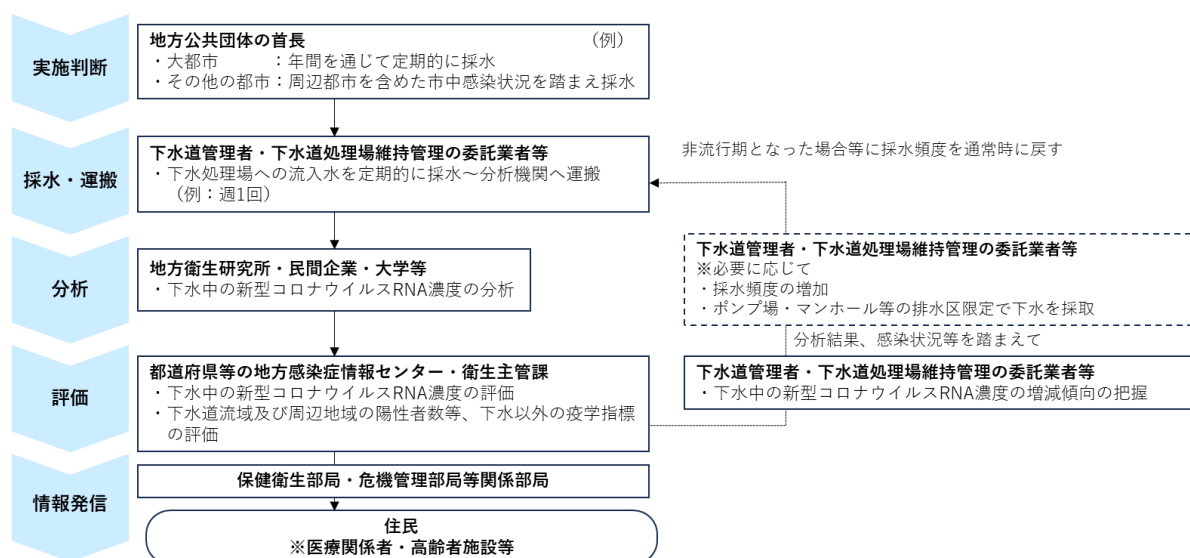


図 5.2 下水サーベイランスの実施フロー(イメージ)

5.3 下水サーベイランスデータの内容

住民に対して下水中新型コロナウイルス濃度の状況を発信すること（短期的活用）と、今後の疫学的研究に活用すること（中長期的活用）を念頭に置き、下水サーベイランスに必要な情報として、下表に示すデータについて、以下の例のように必要に応じて関係機関間で共有する。

- 個別のサンプルに寄らない固定的な情報（施設情報）については下水道部局が収集・整理を行う
- 個別のサンプルに付随する情報については、採水時・分析時に各担当機関が情報の収集・整理を行う

表 5.3 下水サーベイランスデータ

項目		内容	担当機関例
基礎情報	対象処理区の概要	・ 処理区面積 ・ 処理区内人口（昼間・夜間等） ・ 用途地域の割合 ・ 排除方式（分流・合流） 等	下水道部局
	対象処理場の概要	・ 処理能力 ・ 晴天時日平均流入水量 ・ 流入水量・流入負荷量の時間変動 ・ 流入水に占める工業排水・不明水等の割合 ・ 処理プロセス 等	下水道部局
サンプル別情報	採水時	・ 採水日時・場所 ・ 採水方法 ・ 採水量 ・ 採水時の流入水量（コンポジットサンプルの場合は日流量） ・ 採水時の水温・pH	下水道部局 保健衛生部局
	分析時	・ 分析日時・場所 ・ 分析方法 ・ 分析量（濃縮試料量・PCR検液量） ・ PCR検量線の結果・ネガティブコントロールの結果 ・ 下水中の新型コロナウイルスRNA濃度 （定量下限値未満、検出下限値未満を含む） ・ プロセスコントロール用ウイルス RNA 濃度 ・ 供試試料量・定量下限値・検出下限値 ・ 分析ウェル数と陽性判定ウェル数（陽性率） ※太字：狭義の下水分析データ	保健衛生部局
【参考】 保健衛生部局の情報		・ 定点医療機関における新型コロナウイルス感染者数	保健衛生部局

5.4 採水頻度・地点

感染状況や定期モニタリングの分析結果等を踏まえ、下水中の新型コロナウイルスの RNA 濃度の多寡をより詳細に把握するために、採水頻度を増やすことや、採水地点を増やすこと（マンホール調査の実施等）が考えられる。逆に、検出下限値未満の結果が継続している場合や定量下限値未満のデータで陽性率が低い場合などは採水頻度や地点を減らすことも考えられる。

採水頻度や地点をどの程度にするかについては、下水サーベイランスを実施する自治体の採水、分析に伴うリソース、どの程度の量の分析結果を得たいかなどにもよるため、各実施主体において関係機関との調整の上、判断することが望ましい。

採水頻度・地点を増やす場合、調査のための準備の留意点としては下記などが挙げられる。

・人員確保

下水処理場での採水頻度の増加は、通常の下水处理場の維持管理作業に加えて行われるものであるため、採水頻度を一時的に増加させても下水処理場の維持管理作業に支障を生じないように、対応可能な人員配置を考慮する。

また、マンホール調査を行う場合、採水を行うマンホールは、1 処理区あたり複数箇所以上を選定することも想定されるため、通常の管きょや下水処理場の維持管理作業を担っている民間企業などとも日頃から連携し、作業内容を確認しておくことが望ましい。なお、流域下水道においては、流域関連公共下水道との接続点での下水モニタリングにとどまらず、流域関連公共下水道におけるマンホール調査を行うことも想定される。従って、日頃から、流域関連公共下水道を管理する当該市町村との連携にも留意し、作業内容を定期的に確認しておくことが必要である。

・道路使用許可

採水作業をスムーズに行えるように、普段から、マンホール調査が想定される地点の交通管理者（警察）および道路管理者（国道、都道府県道、市町村道、港湾道等の各管理者）との情報連絡及び事前協議を行っておき、道路使用許可を得られる体制を整えておくことが望ましい。

・下水道管理者と保健衛生部局との情報伝達訓練

長期間に亘り、下水処理場で採取した下水から新型コロナウイルス RNA が検知されない場合には、定期的に情報伝達訓練を行い、役割等を確認しておくことが望ましい。

・調査対象のマンホールの事前確認

マンホール調査を行う場合、調査対象のマンホールの選定や情報伝達訓練などの際に、マンホールが開閉できるか、足場に問題は無いか、採水可能な構造となっているか等について、実際に現地へ行って確認を行うことが望ましい。なお、定期的にマンホールの使用の有無や状態について確認することが望ましい。

5.5 情報発信

下水サーベイランスデータについては、地域住民への風評被害が生じないように十分取り扱いには注意するとともに、データの活用にあたってはデータの解釈について誤解を生じる事がないように、関係部局間で十分に意思疎通を図り、正確な情報が共有できるように努める。

また、下水サーベイランスについて、外部から問い合わせがある可能性が高いため、あらかじめ関係部局の対応窓口や想定される質問への回答内容について、関係部局間で調整の上、整理しておく事が望ましい。

住民への情報発信に当たっては、下表のとおり、採水・分析・情報発信の各ステップにおいて様々な事項を設定する必要がある。

表 5.4 住民への情報発信に係る設定事項(例)

設定項目		設定例
採水	場所・地点数	処理場（流入地点）
	頻度	●回/週
分析	対象	新型コロナウイルス 等
	手法	検出の感度が高い手法 (<u>低濃度のウイルスを早期検知するため</u>)
	頻度	●回/週 (複数サンプルをまとめて分析)
情報発信	手法	HP掲載のみ
	頻度	●回/週

※注)「平常時」と「感染拡大時（蔓延時）」で設定内容を変更することも考えられる

下図に示す通り、住民に対して情報発信を行った結果に対して、ホームページアクセス数等により住民からの反応（関心度の高さ）を定量的に把握することが可能である。これらを踏まえて、地域特性や住民のニーズに応じて、採水・分析・情報発信の手法・頻度等について見直しを図っていくことが望ましい。

なお、一部自治体では、一度の採水（サンプル）から複数の情報を効率的・効果的に取得する観点から、新型コロナウイルスの他、同サンプルを活用してインフルエンザウイルスの分析・情報発信を行っている。

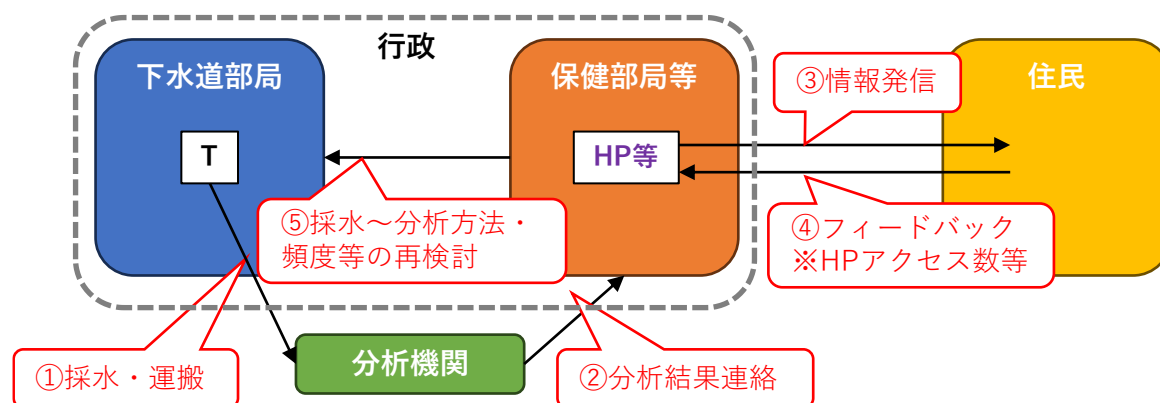


図 5.3 情報発信～フィードバックのイメージ

（事例）

令和 2 年初頭に新型コロナウイルス感染症が確認されてから、これまで様々な主体において下水サーベイランスデータの活用方法が模索されてきており、データの取り扱いに係る知見が蓄積されてきた。

本章では、下水サーベイランスデータの活用方法として、住民への情報発信に係る国内の事例を紹介する。

【札幌市】

（1）概況

- ・札幌市は令和 3 年 2 月から、市内 3 カ所の下水処理施設に流入する下水から新型コロナウイルスの遺伝物質を検出するモニタリング調査を実施している。
- ・モニタリング対象は、市内 10 カ所の下水処理施設のうち創成川水再生プラザ、豊平川水再生プラザ（2 系統）、新川水再生プラザ（2 系統）の 3 カ所である。

（2）公表

札幌市は 2021 年 2 月から、市 HP で調査結果を公表している。

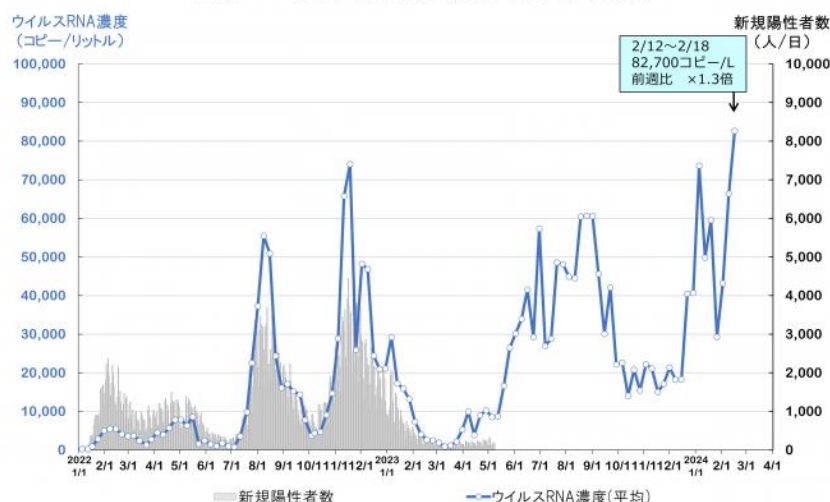
URL : <https://www.city.sapporo.jp/gesui/surveillance.html#flu>

（3）内容

新規感染者数と下水中の RNA 濃度（7 日間平均）を公表し、前週比を示すことで感染拡大状況を記載し、注意喚起を行っている。（令和 3 年 2 月より）

下水中インフルエンザウイルス RNA 濃度も公表している。（令和 4 年 10 月より）

下水サーベイランスの結果（新型コロナウイルス）



新型コロナウイルス	2月12日～2月18日	前週比
下水中のウイルスRNA濃度※ ¹	82,700コピー/リットル	×1.3倍
下水からの検出率※ ²	100%（5検体/5検体）	±0ポイント

・ウイルス濃度は3週連続で増加しており、引き続き警戒が必要です。

下水サーベイランスの結果（インフルエンザウイルス）



インフルエンザウイルス	2月12日～2月18日	前週比
下水中のウイルスRNA濃度※ ¹	523コピー/リットル	×0.7倍
下水からの検出率※ ²	100%（5検体/5検体）	±0ポイント

・下水中のウイルス濃度は減少傾向ですが、検出率は100%で感染者は広範囲に存在していると推察され、引き続き注意が必要です。
※本調査では、インフルエンザA型を分析対象としています。

出典：札幌市 HP（2024 年 2 月時点）

図 5.4 【札幌市】下水モニタリング結果情報発信事例

【小松市】

(1) 概況

- ・小松市は令和3年10月から調査を開始した。
- ・令和4年7月から令和5年3月まで行われた内閣官房による実証事業における調査は、金沢大学、富山県立大学、クボタが共同で実施し、小松市中央浄化センターにて採水を行っている。

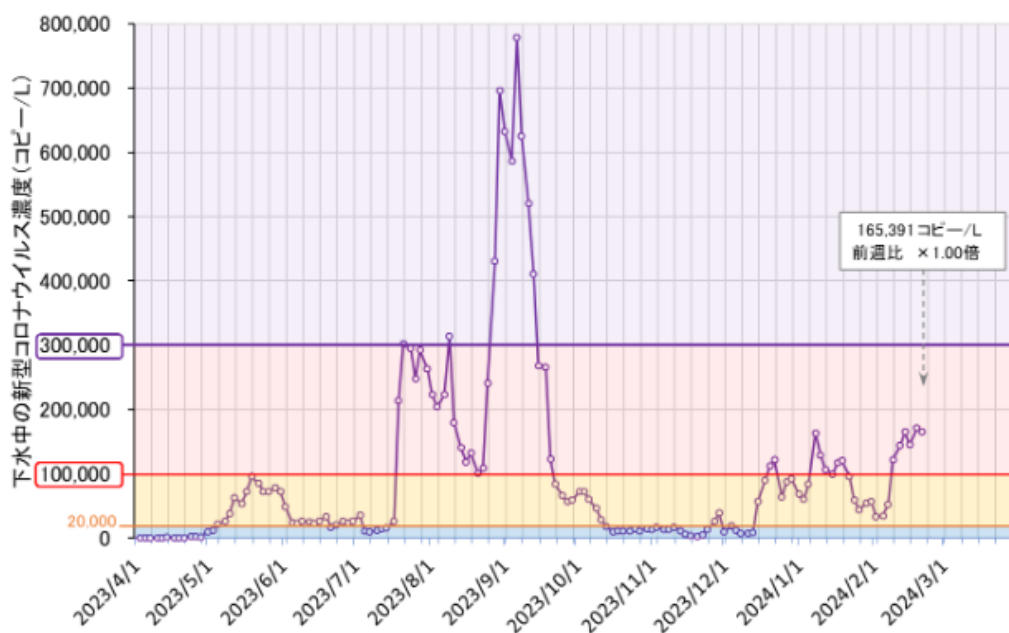
(2) 公表

令和4年11月25日から、市のLINE防災情報を通じて、下水モニタリングの結果や感染警戒レベルを発表している。

URL : <https://www.city.komatsu.lg.jp/soshiki/jougesuidoukanri/surveillance/14588.html>

(3) 内容

7日間移動平均感染者数（10万人当たり）、下水中のRNA濃度（直近2週間平均）をグラフにて公表し、アラートレベルと先週比率を示すことで感染拡大状況を記載し注意喚起。



コロナウイルス分析結果

モニタリング項目	下水中のウイルス濃度（※）	先週比	今週のアラートレベル
新型コロナウイルス	165,391コピー/リットル (検出限界：約1000コピー/リットル)	1倍	ほぼ横ばい レベル3高水準

(注釈：データの傾向を把握するため、直近2週間のデータの平均値とする)

出典：小松市 HP（2024年2月時点）

図 5.5 【小松市】下水モニタリング結果情報発信事例



出典：小松市 HP（2024 年 2 月時点）

図 5.6 【小松市】アラート内容

【養父市】

(1) 概況

- ・養父市は令和4年7月から令和5年1月に内閣官房による実証事業に参加し、その後は自治体単独で調査を継続している。
- ・内閣官房による実証事業においては、株式会社 AdvanSentinel（アドバンセンチネル）、シオノギテクノアドバンスリサーチ株式会社が参画。採水は、市内5カ所（八鹿、養父中央、大屋、関宮中部、関宮東部）の処理場で、概ね週3回実施した。

(2) 公表

市中の感染状況を把握するための一つの指標として、感染対策への活用、可能性について検討を行うことを目的にHPで市民へ公表。

URL：<https://www.city.yabu.hyogo.jp/soshiki/seibi/jogesuido/9978.html>

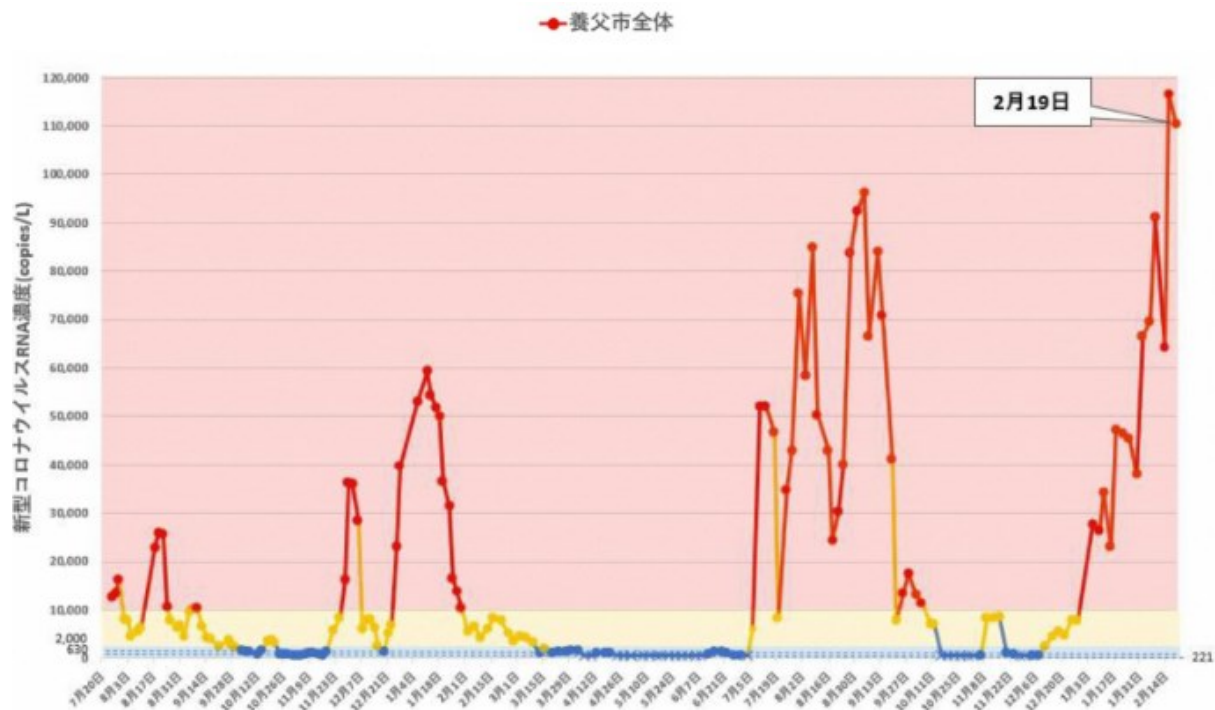
(3) 内容

- ・7日間移動平均陽性者数、下水中のRNA濃度をグラフにて公表し、アラートレベルを信号機の色で公表している。
- ・令和4年12月9日から市役所本庁舎にも警戒レベル投影（午後6時～午後10時ころまで）



出典：養父市 HP（2024年2月時点）

図 5.7 【養父市】アラート情報発信事例



- 養父市の約50%（人口カバー率）に当たる4カ所の浄化センターから採水した下水中に含まれるウイルスの遺伝子を検査し、計4検体の幾何平均値（相乗平均値）を示しています。
- このデータは、3点（当日の幾何平均値＋直近過去2回分）平均法を使って作成したグラフデータです。

出典：養父市 HP（2024 年 2 月時点）

図 5.8 【養父市】下水モニタリング結果情報発信事例

【仙台市】

(1) 概況

- ・仙台市では、令和3年11月から東北大学大学院工学研究科環境水質工学研究室と連携して、下水中の新型コロナウイルス遺伝子の検出による新規感染者数の予測を実施。
- ・対象処理場は、公共下水道1施設（南蒲生浄化センター）

(2) 公表

東北大学の「下水ウイルス情報発信サイト」で結果を発信。

URL：https://novinsewage.com/

(3) 内容

- ・週次で下水中の新型コロナウイルス遺伝子量に基づく新規感染者数（予測）を公表。



出典：東北大学 HP（2024年2月時点）

図 5.9 【仙台市】下水モニタリング結果情報発信事例

【香川県】

(1) 概況

- ・香川県は令和3年10月25日から令和4年9月まで調査実施。このうち令和4年7月からは内閣官房による実証事業において下水サーベイランスを実施。
- ・採水は、中讃流域下水道大東川浄化センター（香川県管理）、高松市東部下水処理場（高松市管理）の2つの処理場。

(2) 公表

分析で得られた採水日毎の新型コロナウイルス RNA 濃度データと当日の新規感染者数(関係市全体)のみを公表している。

URL : <https://www.pref.kagawa.lg.jp/gesuido/gesuido/ekigaku.html>

(3) 内容

- ・調査は令和4年9月で終了、これまで得られた結果をもとに、流行の早期検知への活用可能性について検討を進めるとしている。

下水疫学調査を始めます

1 趣旨

新型コロナウイルスは、発症までに糞便中への排泄が始まることから、下水中のウイルス濃度を測定することで、無症状でPCR検査等を受検していない陽性者も含めて、早期に流行を検知できるのではないかと考えられています。

この下水中に含まれる新型コロナウイルスの検出については、昨年の5月から日本水環境学会が研究を開始し、今年3月には「下水の新型コロナウイルス遺伝子検出マニュアル」がとりまとめられています。

国土交通省においても、今年3月に「下水道における新型コロナウイルスに関する調査検討委員会」を設置し、保健衛生部局の感染拡大防止対策に寄与できるよう、下水中の新型コロナウイルスの濃度測定のあり方等について、検討が進められています。

本県においても、下水中に含まれる新型コロナウイルスの濃度を測定することにより、流行の早期検知への可能性を検討するため、本調査を実施するものです。

2 調査内容

毎週定期的に下水処理場に流入する汚水を採取し、これに含まれる新型コロナウイルスの濃度を測定します。

この濃度測定は、下水中に含まれる新型コロナウイルスの濃度が非常に薄いため、高度技術が必要であり、この技術を確立している塩野義製薬(株)に委託しています。

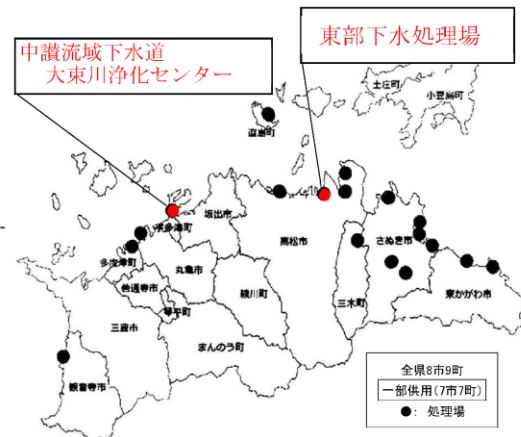
3 調査期間

令和3年10月25日(月)～令和4年3月

4 調査場所

調査場所は、次の2つの下水処理場です。

- ・県管理：中讃流域下水道大東川浄化センター
- ・高松市管理：東部下水処理場



出典：香川県 HP

図 5.10 【香川県】調査概要

下水処理場における流入下水の新型コロナウイルスRNA濃度について

香川県大東川浄化センター

箇 所	採 水 日	新型コロナウイルスRNA濃度 (copies/L)	分析手法	備 考	(参考)
					新規感染者数 (関係市町全体)
香川県 中讃流域下水道 大東川浄化センター (坂出市、丸亀市、 宇多津町、綾川町)	令和3年10月25日	未検出	北大-シオノギ法(仮称)		25日:0人
	令和3年10月27日	未検出			27日:0人
	令和3年11月1日	未検出			1日:0人
	令和3年11月4日	未検出			4日:0人
	令和3年11月8日	未検出			8日:0人
	令和3年11月10日	未検出			10日:0人
	令和3年11月15日	未検出			15日:0人
	令和3年11月17日	定量下限值未満			17日:0人
	令和3年11月22日	定量下限值未満			22日:0人
	令和3年11月24日	未検出			24日:0人
	令和3年11月29日	定量下限值未満			29日:0人
	令和3年12月1日	未検出			1日:0人
	令和3年12月6日	未検出			6日:0人
	令和3年12月8日	未検出			8日:0人
	令和3年12月13日	未検出			13日:0人
	令和3年12月15日	未検出			15日:0人
	令和3年12月20日	未検出			20日:0人
	令和3年12月22日	未検出			22日:0人
	令和3年12月27日	定量下限值未満			27日:0人
	令和4年1月4日	未検出			4日:2人
	令和4年1月6日	定量下限值未満			6日:5人
	令和4年1月11日	定量下限值未満			11日:13人
	令和4年1月13日	648			13日:31人
	令和4年1月17日	1,480			17日:30人
	令和4年1月19日	定量下限值未満			19日:52人
	令和4年1月24日	463			24日:37人
	令和4年1月26日	定量下限值未満			26日:119人
	令和4年1月31日	5,190			31日:74人
	令和4年2月2日	463			2日:106人
	令和4年2月7日	1,670			7日:79人
	令和4年2月9日	定量下限值未満			9日:91人
	令和4年2月14日	556			14日:110人
	令和4年2月16日	1,480			16日:67人
	令和4年2月21日	3,890			21日:93人
	令和4年2月24日	2,960			24日:83人
	令和4年2月28日	定量下限值未満			28日:97人
	令和4年3月2日	定量下限值未満			2日:117人
	令和4年3月7日	定量下限值未満			7日:133人
	令和4年3月9日	3,610			9日:91人
	令和4年3月14日	1,200			14日:89人
	令和4年3月16日	3,520			16日:53人
	令和4年3月22日	2,040			22日:82人
	令和4年3月23日	3,800			23日:81人

※定量下限值未満:定量値は得られていないが陽性の分析結果
・関係市町への直接のお問い合わせはお控えください。

出典:香川県 HP

図 5.11 【香川県】下水モニタリング結果情報発信事例

【神奈川県】

(1) 概況

- ・神奈川県では、神奈川県立保健福祉大学大学院ヘルスイノベーション研究科と連携して、新型コロナウイルス感染症対策におけるデータ分析を行う「感染者情報分析 EBPM プロジェクト」を実施し、その一環として下水中の新型コロナウイルス遺伝子の検出による感染状況把握、変異株の把握を実施。
- ・対象処理場は、相模川流域下水道 2 施設（柳島水再生センター、四之宮水再生センター）

(2) 公表

神奈川県の「新型コロナ・下水疫学調査について」で結果を発信。

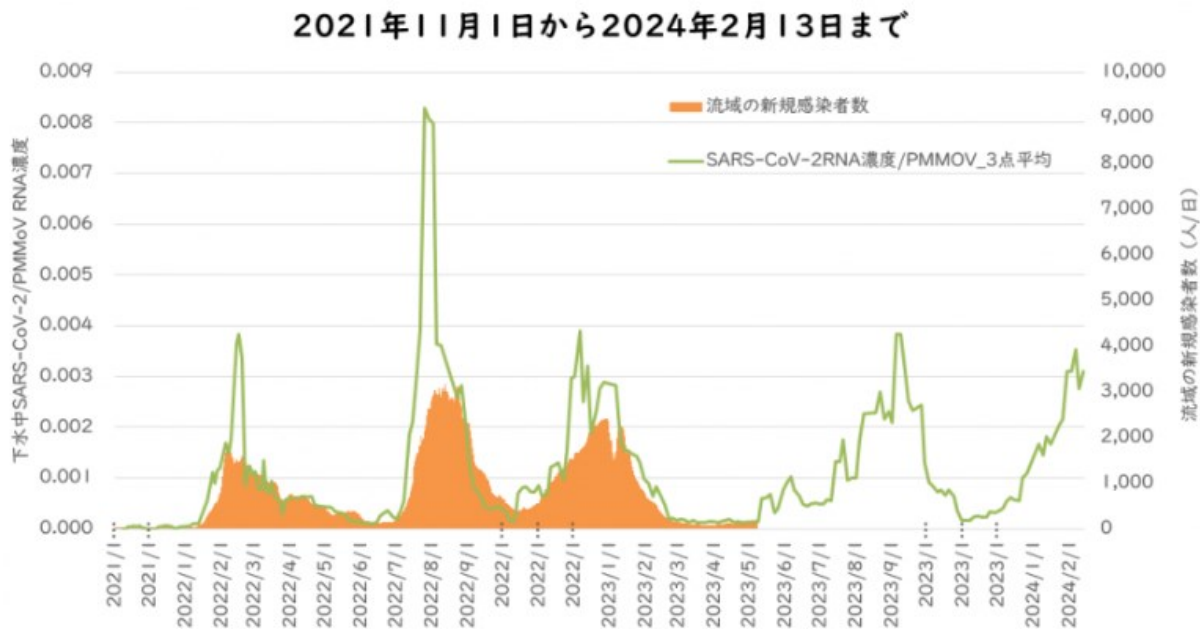
URL : <https://www.pref.kanagawa.jp/docs/ga4/covid19/simulation.html>

(3) 内容

- ・週次で下水中の新型コロナウイルス遺伝子量と流域感染者数（推定）、時系列調査としてウイルス量と新規感染者の比較グラフ、変異株の存在割合を公表。
- ・令和 4 年 12 月からインフルエンザの調査結果も HP 上で公表。

相模川左岸・右岸

- ・ 期間 2021年11月1日から2024年2月13日



出典：神奈川県 HP（2024 年 2 月時点）

図 5.12 【神奈川県】下水モニタリング結果情報発信事例

【滋賀県】

(1) 概況

- ・滋賀県では、令和4年1月から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と連携して、下水中の新型コロナウイルス遺伝子の検出による感染状況把握を実施。
- ・対象処理場は滋賀県内複数の下水処理施設

(2) 公表

京都大学の「滋賀県における新型コロナ下水サーベイランス」で結果を発信。

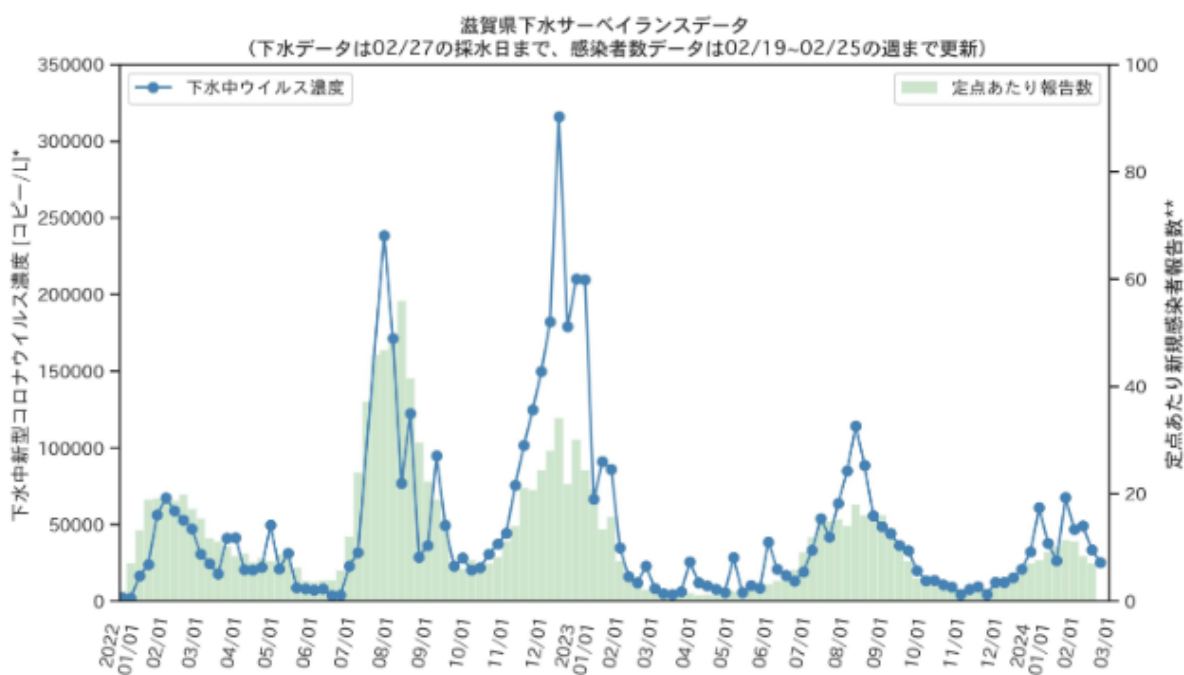
URL：<https://www.eqc.kyoto-u.ac.jp/surveillance/>

(3) 内容

- ・週次で下水中の新型コロナウイルス遺伝子量と流域感染者数（推定）、時系列調査としてウイルス量と定点あたり新規感染者の比較グラフを公表。

下水中ウイルス濃度は減少傾向を示し、感染者の減少が予想されます。

（データ更新：2月27日採水日まで。サイト更新：2月29日）



*「下水中新型コロナウイルス濃度 [コピー/L]」（青色実線）は週ごとに県内複数の下水処理場から得られた下水サンプルを繰り返し分析をした濃度データ（下水1LあたりのRNAコピー数）の幾何平均を表示。

**「定点あたり新規感染者報告数」（緑色棒グラフ）は滋賀県定点医療機関（60医療機関）から報告された新型コロナウイルス感染症新規感染者数の定点あたり1週間合計を記載。データは滋賀県 健康医療福祉部 健康危機管理課より取得。

出典：流域圏総合環境質研究センターHP（2024年2月時点）

図 5.13 【滋賀県】下水モニタリング結果情報発信事例

【NIJIs 事例】

個別自治体における情報発信の他、厚生労働行政推進調査事業の研究班を主体とする NIJIs (New Integrated Japanese Sewage Investigation for COVID-19) プロジェクトでは、ウェブサイト上において、サーベイランスの普及・推進に寄与することを目的として、2023 年度における国土交通省と厚生労働省との連携による下水サーベイランスの取組状況をまとめ、協力自治体における下水サーベイランス情報を提供している。

埼玉県

大分市

沖縄県

神奈川県

札幌市

仙台市

福島県

富山県

小松市

横浜市

養父市

岐阜県

愛知県

大津市

大阪市

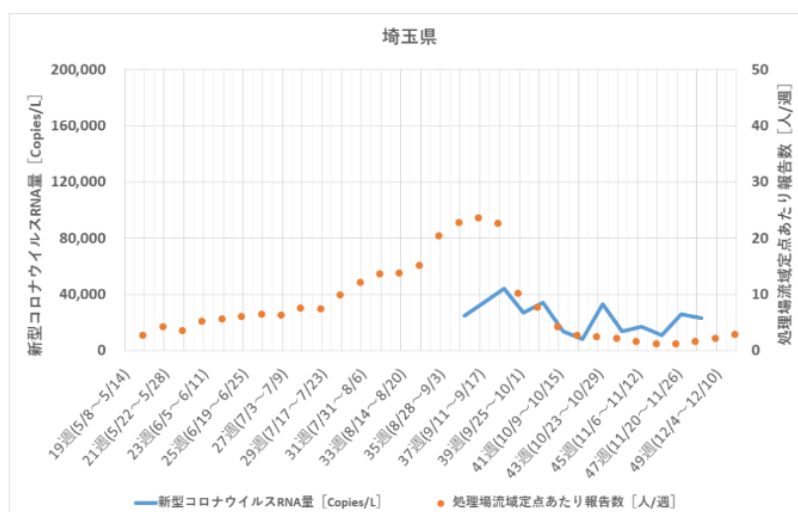
福岡市

一括ダウンロード

埼玉県

更新：2023年12月21日

Excelファイルをダウンロード



グラフの見方

グラフは調査を実施した自治体の採水地点（下水処理場）におけるウイルス量と処理場周囲の感染動向（定点あたりの報告数）を示したものです。

自治体全体の新型コロナウイルス感染動向を示すグラフではなく、処理場周囲の保健所で把握している定点あたりの報告数（例：下水処理場の処理区が、複数の保健所にまたがる場合、各保健所に報告された定点あたり報告数を集計したもの）を比較したものです。

縦軸（右側）：オレンジ色の点 ●

定点あたりの報告数＝処理区を含む各保健所に報告された総数/保健所管内の定点数の総数

縦軸（左側）：青色の線 —

下水中の新型コロナウイルスRNA量の測定結果を示しています。下水中のウイルス量は調査地点の数値は下水固有の要因が影響するため、測定結果が処理場毎に異なることに留意ください。

横軸：

感染症発生動向調査事業による患者報告週*に対応します。

*報告週対応表（国立感染症研究所HP） <https://www.niid.go.jp/niid/ja/calendar.html>

出典：NIJIsHP（2024年1月時点）

図 5.14 【NIJIs】下水モニタリング結果情報発信事例

6 まとめと今後の展開

本報告書は、これまでの検討委員会での議論を踏まえ、下水道部局におけるウイルス濃度の測定のある方等についてとりまとめた。

第2章では、令和2年度から令和5年度に行われた定期モニタリング調査の結果と、当該調査結果に基づく各種分析・検討結果を取りまとめた。その結果、主に以下の知見を得た。

【ウイルス濃度と新規感染者数の相関関係】

- 定期モニタリング調査を基に、ウイルス濃度と新規感染者数の相関関係を、スピアマンの順位相関あるいはピアソンの積率相関を用いて把握した結果、令和3～4年度調査全体では、すべての都市においてウイルス濃度と新規感染者数（1週間平均）の間に相関関係があることが分かった。
- 陽性率を用いた相関関係を解析した結果、令和3年度の仙台市のみ相関関係が確認できた。他都市、令和4年度調査で相関を確認できなかった要因としては、感染者数がほぼいない場合に陽性率が0%を示し、逆に令和4年度調査などの感染者数が増加した場合、陽性率が100%を示し続けるなど、陽性率の変化が無く、同順位が続いたためと考えられる。

【株別（流行期別）のウイルス濃度と新規感染者数の相関関係】

- 定期モニタリング調査を基に、株別のウイルス濃度と新規感染者数の相関関係を、スピアマンの順位相関あるいはピアソンの積率相関を用いて確認した結果、アルファ・デルタ株の仙台市、横浜市、大津市は相関関係を確認できる程度の定量値が得られなかった。一方で、オミクロン株では、すべての都市で相関関係を確認することができた。また、ウイルス濃度と新規感染者数（1週間平均）の間には、約0.5～0.7までの正の強い相関があり、ウイルス濃度から新規感染者数の感染動向を把握できる可能性が示された。

【ズレ日数に関する検討結果】

- ズレ日数（下水からの検出日から報告日までの（平均）日数）について、アルファ・デルタ株では平均5日程度であったがオミクロン株では平均1.8日に減少しており、オミクロン株の感染から発症までの潜伏期間が短い株特性を反映している。

【標準化に関する検討結果】

- 分析手法・分析機関によって、同じサンプルを分析してもウイルス濃度測定値にかなりの違いが出る。
- ウイルス濃度をどれだけ過大/過小評価するかは各分析手法・分析機関に特有であり、サンプルには依存しないと考えられる。このことから、本試験で検討したような標準化パラメータを用いることにより分析手法・分析機関によるバラツキを補正できる可能性を示した（標準化）。

- 標準化により分析手法・分析機関”間”のバラツキがある程度補正され、データの相互比較がしやすくなる。また、PMMoV 補正等の正規化により分析手法・分析機関”内”のバラツキも補正しうることが示された。標準化と正規化を合わせた規格化により、下水サーベイランスデータはさらに相互比較がしやすくなると考えられる。
- 分析手法は感度だけでなく、精度にも注意して検証する必要がある。分析手法によっては RNA 濃縮・抽出時のウイルス回収にバラツキがあり、精度に違いがあった。
- 変異の出現などにより、特定のプライマーによる測定値に大きなバイアスがかかりうることがわかった。この事象は分析手法・分析機関にもよるが、こういった事象にまず気づき、対処するために、N1、N2 プライマー両方をそれぞれ（少なくとも定期的に）定量化することが望ましい。

【正規化に関する検討結果】

- 濃度データそのもののばらつきを補正する”正規化”について、PMMoV を用いた補正と流量を用いた補正の検討を行った
- 糞便指標 (PMMoV) を用いた補正を行うことで、5 都市中 4 都市で相関関係が改善された。特に、仙台市、横浜市、大津市では 0.06~0.2 ほど相関係数が高くなった。一方で、福岡市、大阪市においては、補正前後で相関関係に大きな変化は無かった。
- 流量を用いた補正を行ったが、各都市において相関関係に大きな変化は見られなかった。これは、検討手法の留意点に示したとおり、雨水吐きからの放流量や合流改善施設の貯留量などの詳細な流量を考慮できなかったためと考えられる。

第 3 章では、令和 3 年度から令和 4 年度に行われた下水処理による新型コロナウイルスの除去・不活化に関する調査の結果を取りまとめた。その結果、主に以下の知見を得ることが出来た。

【処理場内挙動調査結果】

- 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）において約 2.0Log～3.3Log（平均 2.6log）の除去率が得られた。

【消毒処理による新型コロナウイルスの代替ウイルス不活化に対する検討結果】

- 代替ウイルス φ6 を用いた実験では、大腸菌群と同程度以上の塩素消毒効果が得られるという結果となった。

第 4 章では、令和 3 年度に行われた下水中新型コロナウイルスの測定のあり方に関する調査の結果を取りまとめた。その結果、主に以下の知見を得ることが出来た。

【採水時間帯に対する調査結果】

- いずれも夜中の時間帯にあたる 0 時以降は比較的濃度が低い状況であった。また、濃度のピークがほぼ見られなかった。
- 従来の有機汚濁指標における 24 時間変動では、日中の時間帯はほぼ横ばいの変動となっており、これに対して新型コロナウイルス濃度も同様に日中の時間帯はほぼ横ばいの変動となった。今回調査した処理場はいずれも中～大規模の処理場であり、処理区が比較的広いため他の水質と同様に時間変動が少ないと考えられる

【マンホール調査結果】

- 処理区内のあるマンホールで新型コロナウイルス RNA 濃度が定量値で検出されるあるいは陽性と検出される場合でも、流入下水は定量下限値未満や不検出となる場合が多い。これは処理場に流入するまでに他の流入下水による希釈があるためと考えられる。また、軽症者療養ホテルの排水直下のマンホールではほとんど定量値が検出されていたことから、あるマンホールにおいて陽性が検出された場合には、そのマンホールの集水域には新規感染者がいることが示された。

【マンホール追跡調査結果】

- A 市の場合は流域の途中からも新型コロナウイルス RNA が流入していることが考えられ、軽症者療養ホテルから約 6km 離れた地点までは減少傾向にあるが再び増加しており、どの程度の流量まで検出可能であるかどうかの確認はできなかった。
- K 市の場合は処理場に近づくにつれ新型コロナウイルス RNA 濃度の減少がみられ、計画流量 3.0m³/s 程度の場合には新型コロナウイルスが定量下限値未満となった。よって、流量増加による希釈効果がある可能性があり、K 市の状況の場合、流量として 3.0m³/s 程度の流域より小さな流域に対して感染者の検出が可能という結果となったと考えられる。

第5章では、下水サーベイランスデータを活用した感染症情報の発信について役割分担や発信する情報内容、発信方法等を整理し取りまとめた。その結果、主に以下の知見を得ることが出来た。

【下水サーベイランスデータを活用した感染症情報の発信】

- 下水サーベイランスを推進する体制を構築するために、重要なポイントとして、「各自治体のニーズ把握」「関係機関への積極的な情報共有」「研究機関の学術的フォローアップ」「下水サーベイランスに対する住民意見等の把握」の4点が挙げられる。
- 下水モニタリングを実施する下水処理場や管きょの選定については、保健衛生部局と下水道部局で、調査を実施する施設の規模、調査対象とする下水道施設の数などを適切に選定する。
- 住民への情報発信に当たっては、採水・分析・情報発信の各ステップにおいて様々な事項を設定する必要がある。住民に対して情報発信を行った結果に対して、ホームページアクセス数等により住民からの反応（関心度の高さ）を定量的に把握することが可能である。これらを踏まえて、地域特性や住民のニーズに応じて、採水・分析・情報発信の手法・頻度等について見直しを図っていくことが望ましい。
- 下水サーベイランスデータの活用方法について国内の取組事例を取りまとめた。

上記の他、検討委員会では以下の論点・課題についても言及があった。

- ウイルス濃度と感染者数との関係性に係るばらつきについては、流入下水中の阻害物質が要因となっている可能性がある。阻害物質の影響は処理場の大きさによって変わり、大都市の方が過小評価されている傾向がある。こうした現象があることは今後の検討課題である。
- 本検討成果を他の既往の感染症・次の感染症（あるいは新型コロナウイルスの変異株）への対応に活用する観点では、個別のウイルスを対象とした検出手段ではなく、網羅的な検出手段（次世代シーケンサーの技術）の活用等、新規技術の利用可能性について継続的に検討していくことが重要である。

本報告書は新型コロナウイルスに関する下水サーベイランスを対象としているが、下水サーベイランスの対象は新型コロナウイルスに限らないため、本検討委員会における成果は、他の既往の感染症や次のパンデミックへの対応に貢献しうることが期待される。感染症対策を念頭に置いたサンプル及びデータの蓄積は、中長期的に下水サーベイランスの更なる精度向上に寄与することが期待され、また感染症対策以外の分野においても活用しうることが期待される。

下水サーベイランスを実施している自治体に対するヒアリング結果では、下水サーベイランスを行うモチベーションとして、「コロナ禍で社会が混乱している際に下水道で貢献できることがあると感じたこと」が挙げられている。下水道の新たな価値を創造し、下水道のポテンシャルを

示していく一つの手段として下水サーベイランスがあり、関係機関が適切な役割分担のもとに連携して展開される取り組みが、感染症に対して安全・安心な社会の構築に寄与していくことが期待される。