

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）
（令和4年3月22日版）

国土交通省水管理・国土保全局下水道部

はじめに

今般の新型コロナウイルス感染症(COVID-19)の原因である新型コロナウイルス(SARS-CoV-2)は、感染者の糞便等からも検出されることが報告されている。世界各国において下水道の有する情報を活用した感染拡大防止対策の調査研究が精力的に進められている。

国土交通省は「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」を令和3年3月に設置し、下水処理場への流入下水や下水道管路等における新型コロナウイルスRNA濃度の測定結果に基づき、下水道における新型コロナウイルスの存在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新型コロナウイルスRNA濃度の測定のあり方等について検討を行ってきた。

これまでの検討結果を踏まえ、

- ・下水中の新型コロナウイルス情報を得るための下水道管理者としての役割
- ・この情報を用いた各地域の保健衛生部局と下水道部局における連携・協力の手法
- ・この情報を用いた地域の感染対策への情報提供や政策決定への支援の方法

について記した、広域監視ガイドライン(案)を作成した。地方公共団体が本書を活用して、保健衛生部局と連携・協力して、下水PCR調査に取り組み、その結果として、新型コロナウイルス感染症の感染拡大防止につながれば幸いである。

なお、国立感染症研究所や学会、大学等における下水PCR調査に関する研究、データの活用方策に関する検討がなされており、随時発表されている。内閣官房新型コロナウイルス等感染症対策推進室においても、下水サーベイランスを新型コロナウイルスの監視体制の強化に活用すべく、下水処理場の下水や施設排水等の検査・分析手法及びその結果の活用方法に係る実証事業に取り組むこととしている。下水疫学についての科学技術的知見の進化は目覚ましいため、本書以外に、それらの情報も活用いただきたい。

最後に、国土交通省による下水疫学調査に協力いただいた自治体、学会、ならびに本書の作成にあたりご協力いただいた委員長、委員各位および関係者各位に、深く感謝の意を表したい。

1 【用語の解説】

3 (1) COVID-19

4 コロナウイルスの一種である SARS-CoV-2 がヒトに感染することにより発症する感染症
5 のこと。新型コロナウイルス感染症と呼ばれる。SARS-CoV-2 は、SARS 関連コロナウイル
6 スに属しており、2002 年から 2003 年にかけて流行した SARS の原因ウイルスである SARS
7 コロナウイルス (SARS-CoV、あるいは SARS-CoV-1) と同種で、SARS 関連コロナウイル
8 ス (SARSr-CoV) の株の一つである。

10 (2) 下水モニタリング

11 下水処理場あるいは管きょ内、排水設備を流れる下水を採取し、その中の新型コロナウ
12 イルス等の感染に関する物質濃度を測定、監視すること。本ガイドラインでは主に下水処
13 理場流入水や下水管きょによる排水区での監視を指す。下水中の新型コロナウイルス情報
14 とは、本ガイドラインの中では、下水処理場流入水や下水管きょを流れる下水に含まれる
15 新型コロナウイルスの RNA 検出・濃度情報を指す。

17 (3) 「下水疫学調査」および「下水サーベイランス」

18 下水モニタリングにより得られた感染に関する物質濃度を活用し、下水集水域での公衆衛
19 生情報を得ること。英語では wastewater-based epidemiology、日本では下水疫学ともいわれ
20 ているが、内閣官房新型コロナウイルス等感染症対策推進室は下水サーベイランス、厚生
21 労働省は環境水サーベイランスと称している。本ガイドラインでは、下水疫学調査で統一
22 し、その中でデータをとる行為を下水モニタリングとし、調査対象を新型コロナウイルス
23 の RNA に絞っている。

25 (4) リアルタイム PCR

26 PCR とは Polymerase Chain Reaction の略で、DNA 配列上の特定領域を複製して増幅させ
27 る方法。リアルタイム PCR とは、PCR による DNA の増幅をリアルタイムに測定する方法
28 である。

30 (5) 検出下限値

31 ある分析方法により検出できる値の最小値のこと。本ガイドラインでは、下水中の新型
32 コロナウイルス RNA 濃度を測定する際に、PCR の増幅繰返し数 (Ct 値) が一定数 (測定
33 事例では 40 程度) を超えても当該塩基配列の増幅が認められない場合、または 1 コピー/
34 ウェルの場合のサンプル中の遺伝子濃度未満を検出下限未満とした。

36 (6) 定量下限値

37 ある分析方法により正確に定量できる最小値のこと。本ガイドラインにおける測定事例
38 では、日本水環境学会 COVID-19 タスクフォースのマニュアル¹⁾に倣い、PCR 測定では、
39 基本的に 5~10 コピー/ウェルの場合のサンプル中の遺伝子濃度を定量下限値とした。検出
40 下限値以上かつ定量下限値未満の場合は陽性とし、定量下限値以上で検出された場合は濃
41 度を提示した。

1 (7) 陽性率

2 検出下限値以上かつ定量下限値未満の陽性サンプルで、相対的な濃度を知るため、同
3 一サンプルに対して、PCR 測定の繰り返し測定を行うことで陽性となる試料数が全ての測
4 定サンプル数に対して占める割合。

6 (8) バイオセーフティレベル

7 世界保健機関（WHO）で定められている細菌、ウイルス等の微生物・病原体の危険度の
8 評価のこと。この評価に基づき、日本では国立感染症研究所病原体等安全管理規定（第三
9 版）にリスクを定めており、微生物・病原体を扱う実験室・施設の格付けを行っている。

11 (9) プロセスコントロール

12 ウイルス濃縮・検出過程における阻害の検出に用いられる代理ウイルスのこと。プロセ
13 スコントロールは、濃縮前のサンプルに既知の濃度を添加（あるいは存在量を定量）し、
14 最終的に回収された濃度を測定することで回収率を算定し、阻害の有無を確認し、分析結
15 果の採用を判断する材料とする。10%以上の回収率が得られていれば大きな阻害は生じて
16 いなかったと判断するが、1%以上の回収率でも問題ないと判断する場合もある¹⁾。

18 (10) 感染症サーベイランス

19 感染症の流行を早期発見するため、感染症の発生状況を把握し、得られた情報を解析し、
20 国民が疾病に罹患しないために還元・活用するもの。日本における感染症サーベイランス
21 は、主に（1）病原体検出報告と（2）患者発生報告から成り立つ。感染症発生動向調査
22 事業は、国内における感染症サーベイランスとして、平成 11 年 4 月 1 日から施行された
23 「感染症の予防及び感染症の患者に対する医療に関する法律」（以下、「感染症法」という。）
24 第 12 条から第 16 条に基づき、国内の感染症に関する情報の収集および公表、発生状況お
25 よび動向の把握を、医師・獣医師の届出に基づいて行っている²⁾。

27 (11) 環境水サーベイランス¹⁾

28 感染症サーベイランスの中で、患者からではなく下水を含む環境水中のウイルスを調査
29 するものを環境水サーベイランスという。ポリオに関して実施しているのがポリオ環境水
30 サーベイランスであり、乳幼児に対するワクチンが生ワクチンから不活化ワクチンに切り
31 替わったことをきっかけに平成 25 年度より定点となる下水処理場を全国で 18 か所（平成
32 27 年度実績）選定し、定期的に下水中のウイルス濃度を測定している。ポリオの遺伝子が
33 下水中から検知された場合には即座に厚生労働省健康局結核感染症課、感染症疫学センタ
34 ーへ連絡し、ウイルス行政検査を感染症研究所で実施することとなっている。（詳細は参考
35 資料編参照）

37 (12) マンホール調査

38 下水道の污水管や合流式下水道の管きょ網にあるマンホールやポンプ場で下水を採取し、
39 その地点よりも管きょ網の上流域での下水疫学調査を実施すること。

1 (13) 定期モニタリング

2 自治体の下水処理場への流入水を対象に行う定期的な下水モニタリングであり、週1～2
3 回程度行うことを想定している。

4
5 (下水道に関する解説)

6 (14) 下水排除方式³⁾

7 処理区内の下水排除方式には、分流式と合流式があり、各々の特徴は以下の通りである。

8 ①分流式

9 汚水と雨水を別々の管きょ系統で排除するもの。

10 雨天時に汚水を公共用水域に放流することがないので、水質汚濁防止上有利である。ま
11 た、在来の雨水排除施設を利用した場合は経済的にも有利であるが、新設する場合には不
12 利となる。

13
14 ②合流式

15 汚水と雨水を同一の管きょ系統で排除するもの。

16 1本の管きょで汚濁対策と浸水対策をある程度同時に解決することが可能で、分流式に
17 比べて施工が容易である。ただし、雨天時の流下流量が晴天時の一定倍率以上になると、
18 それを超過した流入水（汚水＋雨水）は公共用水域に直接放流される構造となっている。

19 古くから下水道の整備を始めた大都市については、都市内の浸水防除と市内の生活環
20 境の改善を行うことが喫緊の課題であったため、大都市を中心に合流式下水道が採用され
21 てきた。しかし、昭和45年に下水道法が改正され、下水道の役割として公共用水質の水質
22 保全が位置付けられた以降は、分流式が採用されるようになった。

23
24 (15) 下水処理場（終末処理場）について³⁾

25 下水処理場は個々の処理施設を組み合わせた総体であり、個々の処理施設の組合せとその
26 配列は、それぞれの処理場の置かれている諸状況を考慮して決定される。

27 処理施設としては大きく分けると、汚水（合流式では雨水含む）を処理する水処理、水処
28 理において発生した汚泥を処理する汚泥処理に見分けられる。

29
30 ①水処理

31 日本の下水処理はほとんどが生物処理法である。生物処理法は、浮遊生物法と固着生物法
32 （生物膜法）に分けられ、下水処理場の多くでは浮遊生物法（活性汚泥法）を採用している。

33 浮遊生物法は、下水中に浮遊する程度の小さな微生物の塊（活性汚泥）を生じさせて、そ
34 れにより有機物を分解する方法であり、標準活性汚泥法やオキシデーションディッチ法（OD
35 法）等がある。

36 固着生物法は、固体表面に生物膜を発生させ、これに下水を接触させて有機物を分解する
37 方法であり、接触酸化法や好気性ろ床法等がある。

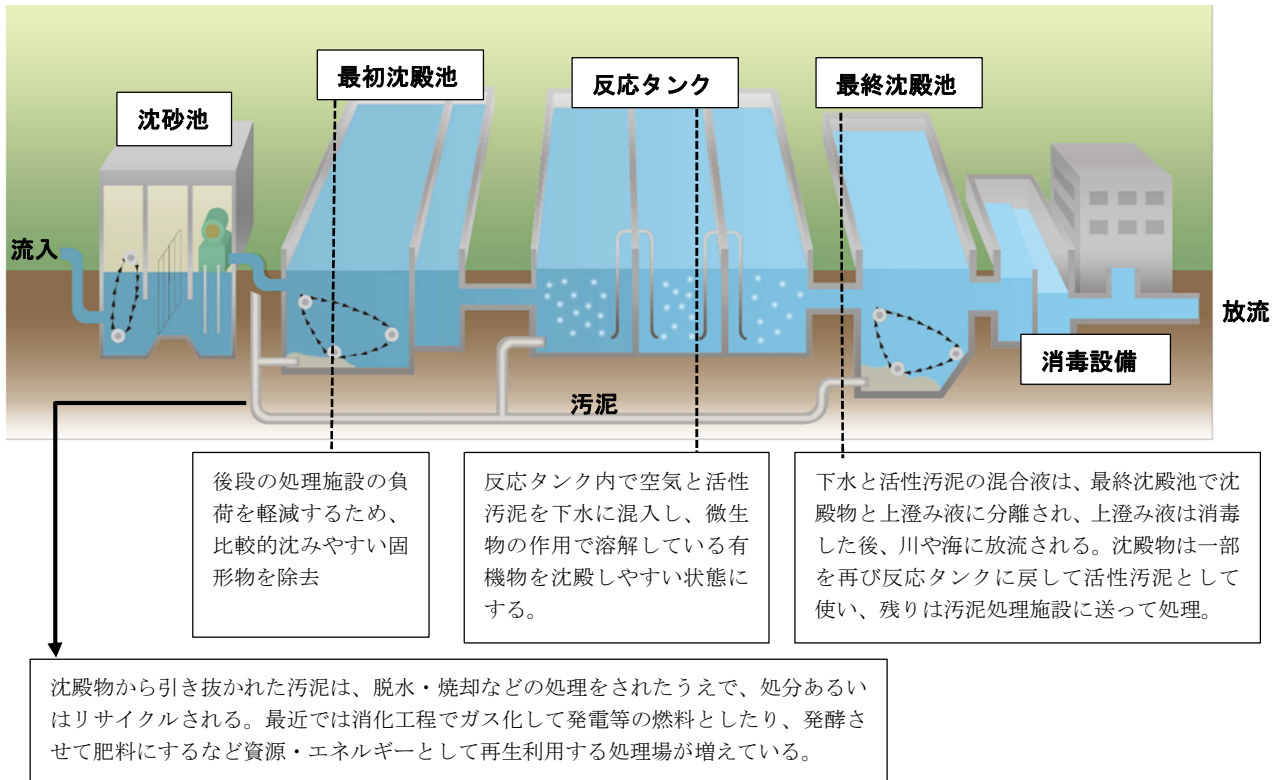
38
39 ②汚泥処理

40 水処理過程で発生する汚泥は、濃縮、消化、脱水、焼却などの処理によって減量化、安定
41 化している。

1

2 < 下水処理場（終末処理場） >

3 例) 標準活性汚泥法



13 (16) 排水区域

14 公共下水道により下水を排除することが出来る地域。

16 (17) 処理区域

17 排水区域の内、排除された下水を終末処理場により処理することが出来る地域。

目 次

第1章	総論	1
1.1	本ガイドラインの背景と目的	1
1.2	下水疫学調査の意義と目的	2
1.3	本ガイドラインの位置づけ	3
1.3.1	本ガイドラインの構成	3
1.3.2	適用範囲	3
1.3.3	実施主体	3
1.3.4	関連機関の役割分担	3
第2章	下水モニタリング	6
2.1	対象施設の設定	6
2.1.1	対象下水処理場の設定	6
2.1.2	排水区を対象とする場合の対象マンホール等の設定	6
2.2	マンホール調査や下水処理場での採水頻度を高める際の事前準備	7
2.3	サンプリング方法	7
2.3.1	サンプリング対象	7
2.3.2	サンプリング方法	9
2.3.3	サンプリングの時間帯	11
2.3.4	サンプル量	11
2.3.5	天候	11
2.4	サンプリング頻度	11
2.4.1	定期モニタリング期間におけるサンプリング頻度	12
2.4.2	分析結果、感染状況等を踏まえたサンプリング頻度	12
2.5	サンプルの保管・輸送	12
2.5.1	サンプルの安全性	12
2.5.2	サンプルの保管	13
2.5.3	サンプルの輸送	13
2.6	下水分析データ	14
2.6.1	収集が必要なデータ	14
2.6.2	新型コロナウイルス RNA 濃度データの加工	14
第3章	下水の分析方法	15
3.1	下水の分析方法	15
3.2	分析結果の扱い	17
第4章	下水分析データの活用方法	18
4.1	下水中の新型コロナウイルス RNA 濃度をもとにした感染動向のトレンド分析	18
4.2	採水頻度を通常時の頻度に戻す際の判断材料	18

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41

第1章 総論

1.1 本ガイドラインの背景と目的

今般の新型コロナウイルス感染症（COVID-19）を引き起こすウイルスは、感染者の糞便等から検出されることがある⁴⁾とされている。このため、国内外で下水からの新型コロナウイルス（SARS-CoV-2）の検出が報告⁵⁾されており、また世界各国では新型コロナウイルスの下水からの検出に対し、保健衛生部局等の各機関と協力をを行い、COVID-19 パンデミックに対応するための方策の研究・国及び地域的な実践が行われている(参考資料参照)。

我が国においては、(公社)日本水環境学会 COVID-19 タスクフォースが「下水中の新型コロナウイルス遺伝子検出マニュアル」⁶⁾、国立感染症研究所が「下水中の新型コロナウイルス検出マニュアル」⁷⁾を策定し、測定方法の規格化の試みが行われており、他にも大学や民間企業による技術開発が行われている。

感染者は症状の有無に関わらず、感染から発症の初期段階に新型コロナウイルスを排泄物中に排出する機会が多いといわれている⁴⁾ため、感染情報流行の予兆を把握できる可能性がある⁸⁾⁹⁾。ただし、変異株に関しては十分な知見が得られていない。また、下水の集水域全体に対する流行動向を効率よく把握できる可能性がある。不特定多数の住民の排泄物を対象とする下水では、無症状感染者や検査を受けていない感染者も捕捉できる可能性がある¹⁰⁾。一方、下水中の新型コロナウイルス RNA 濃度はウイルス排泄量の個人差、排泄行動の有無、感染者の移動等に左右され、時間と空間で変動する。下水の流量や性状も時空間で変化する。また、下水からの新型コロナウイルス RNA の分析方法や試料、試験機関によって検出下限性や定量性に相違やばらつきがある。これらのことから、採水時間と採水地点によって分析結果にばらつきが出る¹¹⁾ことが考えられ、これらを踏まえた下水疫学調査の利用を考える必要がある。

我が国における下水道普及率は約 80%と高く、また COVID-19 が流行しやすい都市域においては、下水道普及率が概成している区域も多く、人や活動の密集度が高いため、特に新型コロナウイルス感染症の発生が集中している地域については、感染状況を示す指標の一つとなり得ると考えられる。昨今は新型コロナウイルスの変異株も見つかっており、下水の活用による変異株の検出も可能といわれている¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾が、まだ十分な知見が得られていないところである。

すでに、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行っている。国内では根絶したが海外から侵入する可能性のあるポリオウイルスを効率よく捕捉するべく、環境水サーベイランスを 2013 年度より感染症流行予測調査事業として開始している。下水中から万が一ポリオウイルスが検出された場合は、速やかに厚生労働省健康局結核感染症課、感染症疫学センターへ連絡し、ウイルス行政検査を感染症研究所で実施するシステムを構築している。新型コロナウイルス感染症について、このようなポリオ環境水サーベイランスを準用することが期待される。

本ガイドラインは、下水中の新型コロナウイルス情報を得るための下水道管理者としての役割、及びこの情報を用いた各地域の保健衛生部局と下水道部局における連携・協力の手法、地域における地方公共団体での感染対策や下水道管理への活用などについて記したものである。なお、本ガイドラインに示す下水道における広域監視では、下水処理場集水域およびその中の地域的なホットスポットの特定を対象としているが、個別施設の特定までは対象としていない。

1 なお、下水疫学調査については、必ずしも十分な科学的知見が集積されている訳ではない。
2 このため、本ガイドラインは、弊省のこれまでの調査検討の結果や国内外における調査研究等に
3 関する情報を収集するなど、現段階で得られている知見等に基づき作成している。

4 今後の知見の集積や各地域における下水疫学調査の実施状況などを踏まえ、必要に応じて、本
5 ガイドラインを見直すことがあり得ることに留意頂きたい。

6 7 1.2 下水疫学調査の意義と目的

8 COVID-19 の下水疫学調査については、保健衛生部局が公衆衛生上の観点から必要な場合、下
9 水道管理者の協力のもと、自治体単位あるいは関連する自治体を含めて検討することが考えられ
10 る。

11 感染症サーベイランスが全数把握されている時点では、下水疫学調査データの取得の目的は、
12 従来行われている公衆衛生の観点からの新型コロナウイルス感染症対策に必要なとされる情報を補
13 完することである。

14 下水疫学調査によって得られるデータは、以下のような目的を果たすために活用できると考え
15 られる。

16 17 ・感染動向の早期探知

18 感染後、発症前から排泄物等に新型コロナウイルスが含まれる可能性があることから、
19 下水中の新型コロナウイルス情報を速やかに検査報告できれば、早期に市中の感染症の動
20 向を把握できる可能性がある。下水中の新型コロナウイルス情報を使った個別施設での感
21 染者の早期検出の成功¹⁵⁾¹⁶⁾は、すでに国内外で報告されている。

22 23 ・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

24 下水中の新型コロナウイルス情報を定期的に把握することで、感染者数の増減傾向を把
25 握でき、当該地域が感染拡大期にあるのか、流行終息期にあるのかの判断材料とすること
26 で、感染症対策の強化策や緩和策などの政策決定に貢献できる可能性がある。下水中への
27 コロナウイルス RNA の存在量は、感染の流行状況の動向を的確に表すと考えられる。

28 29 ・地域住民への流行情報提供

30 下水中の新型コロナウイルス情報により、処理区を含む自治体内に感染者がいる可能性
31 があることが示唆されるため、この情報をいち早く地域住民へ知らせることにより地域住
32 民の自発的な行動抑制による感染対策を促すことができる¹⁷⁾と考えられる。

33 34 ・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

35 処理区内のマンホールやポンプ場における採水などの排水区域を限定した下水調査を行
36 うことで、対象排水区域における下水中の新型コロナウイルス情報が分かるため、その地
37 域の感染状況を把握できる可能性がある。これにより、地域を限定した具体的な注意喚起
38 ができる可能性がある。

39
40 下水疫学調査で用いる下水のサンプリング方法や分析方法、分析結果の利用方法等については、
41 利用可能な装置や検査機関の能力、感染状況、保健衛生部局のニーズ等を考慮して決定する必要

1 がある。また、下水疫学調査に関する最新の科学的知見等に応じて、随時見直す必要がある。
2 上記の感染症の流行状況の把握以外にも、下水道施設での定期モニタリングを行うことで、下
3 水道の維持管理作業者に対する安全を担保するための参考とすることも考えられる。

4 5 1.3 本ガイドラインの位置づけ

6 1.3.1 本ガイドラインの構成

7 本ガイドラインは、下水中の新型コロナウイルス情報の取得方法と活用方法について示すもの
8 であり、感染症サーベイランスを補完するものである。

9 本ガイドラインの構成を以下に示す。

10
11 第1章 : 総論

12 第2章 : 下水モニタリング

13 サンプリング方法、サンプリング頻度、サンプルの保管・輸送、下水分析データ等

14 第3章 : 下水分析方法

15 下水分析方法、分析結果の扱い

16 第4章 : 下水分析データの活用方法

17 18 1.3.2 適用範囲

19 本ガイドラインの適用対象は新型コロナウイルス感染症である。

20 a) 対象地域

21 本ガイドラインは、下水道の整備地域を対象とし、主に処理区単位での下水疫学調査に適用す
22 る。また、処理区内の特定の排水区を対象としたポンプ場や、マンホールでの下水モニタリング
23 (以下、マンホール調査)に適用する内容も記述している。

24 25 b) 対象施設

26 本ガイドラインでは下水道施設を対象とし、下水道に接続する個別施設については適用しない。

27 地域を限定して下水モニタリングを行う場合、分析対象は未処理の下水を対象とするため、例
28 えば、以下のような下水は対象としていない。

29 ・病院排水等の消毒を伴う排水(新型コロナウイルスへの消毒効果¹⁸⁾があるとされている)

30 ・糞便含有排水を別途処理した上で下水に放流している施設(空港、工場等)排水

31 32 1.3.3 実施主体

33 国内の一部の自治体において、下水疫学調査の調査検討を独自に進めている事例が見受けられ
34 るが、調査検討の実施主体は、下水道部局の協力のもと、保健衛生部局や知事部局、政策企画部
35 局などの関係部局が参画するなど、地域に応じて様々であり、本ガイドラインに示す下水疫学調
36 査の実施主体については、当該自治体の実情を踏まえ、庁内で十分に合意形成を図り、関係部局
37 が適切な役割分担のもと実施する事が望ましい。

38 39 1.3.4 関連機関の役割分担

40 下水疫学調査の実施判断について、一例として、地方公共団体の首長によってなされることが
41 考えられる。都道府県あるいは地域保健法で保健所を設置する政令指定都市、中核市、その他指

1 定された市が行う下水疫学調査は、感染症が落ち着いている段階から定期的実施されること(定期モニタリング)を想定する。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、
 2 ポリオ水環境サーベイランスに準じて、保健衛生部局と下水道部局で、調査を実施する施設の
 3 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。
 4

5
 6 また、下水道管理者は、下水疫学調査の目的・必要性を理解し、モニタリング対象の処理場を
 7 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
 8 地等）等）の提供や下水の採取など、調査実施主体へ協力することが望ましい。
 9

10 表1に、新型コロナウイルス RNA の下水疫学調査に係る関連機関の役割分担の例を示す。さ
 11 らに、図1に下水モニタリングの実施フロー（イメージ）を示す。
 12

13 表1 関連機関の役割分担の例

目的	下水モニタリング対象エリア	採水箇所	実施者及び作業者			
			実施判断	下水の採取	下水中の新型コロナウイルス RNA 分析	分析結果の評価
感染動向の早期探知	処理区全体	下水処理場	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	各実施者（例） ・下水の採取： 下水道管理者、 下水処理場維持管理の委託事業者等	・下水中の新型コロナウイルス RNA 分析： 地方衛生研究所、民間企業、大学等	・分析結果の評価： 都道府県等の地方感染症情報センター、 衛生主管課
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				

14

15

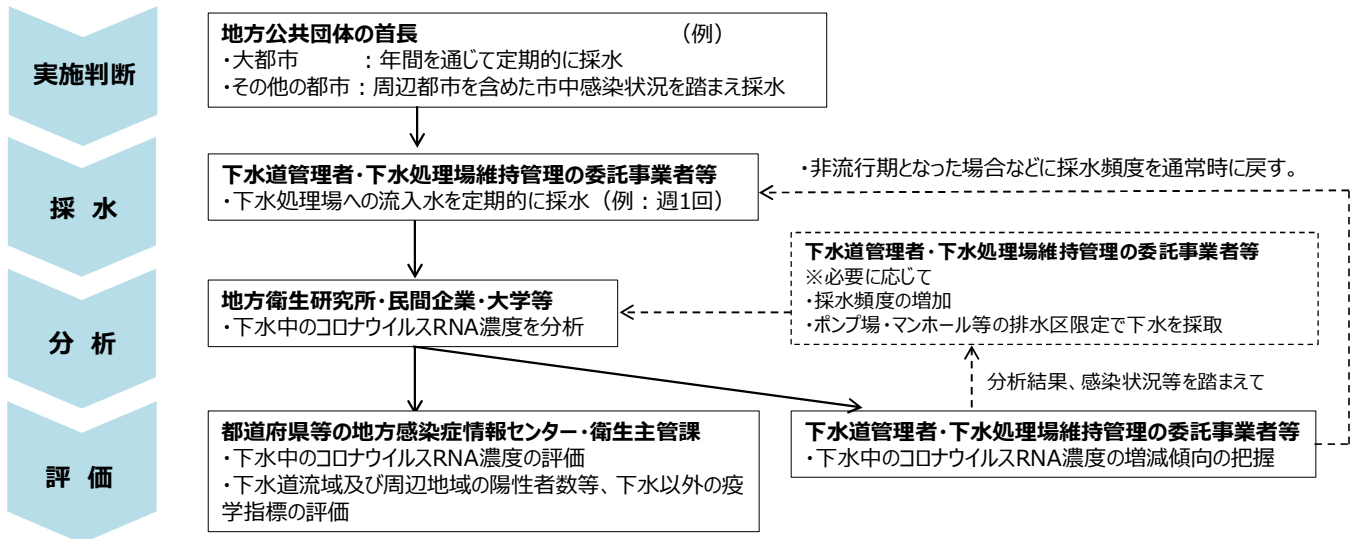


図1 下水道モニタリングの実施フロー (イメージ)

1
2

1 第2章 下水モニタリング

2 2.1 対象施設の設定

3 下水モニタリングの対象施設は、主に下水処理場を想定し、排水区を対象としたマンホール調
4 査は必要に応じて行う。

6 2.1.1 対象下水処理場の設定

7 下水疫学調査を実施しようとする自治体で複数の下水処理場がある場合、下水モニタリングは、
8 以下の条件を満たす処理場から実施する方が感染情報を把握しやすい。

- 9
- 10 ・処理人口規模：当該自治体人口の一定以上の割合をカバーしていること。
- 11 ・処理区：当該自治体で重点的に感染状況を把握したい地区をカバーしていること。
- 12 ・流入水の内訳：工場排水及び不明水等の割合が低いこと

13 工場排水及び不明水等の割合が高い場合は、新型コロナウイルスが含まれる糞便濃度が
14 下がると考えられ、家庭系排水および観光地等における施設排水（トイレ排水）の割合が
15 高い方が下水モニタリングを行いやすい。

16 工場排水及び不明水等の割合が高い場合で複数の流入系統がある場合は、処理場への流
17 入水ではなく、工場排水等がなるべく含まれない排水区に対するポンプ場やマンホールに
18 における下水の採取についても検討する。

19
20 なお、下水排除方式については特に選定条件に定めないが、合流式では後述する天候の影響を
21 受けやすいことに留意する必要がある。

23 2.1.2 排水区を対象とする場合の対象マンホール等の設定

24 マンホール調査を行う場合、処理区内の人口密集地域や集団生活を行っている施設が多い地域
25 等、感染者の多寡を把握する地域を特定し、その地域を監視できるマンホールを選定する。必要
26 に応じて、流行地域をある程度絞るために処理区域内の複数のマンホール等から採水を行う、マ
27 ンホール追跡調査を行うことも考えられる。

28
29 地域を対象とする調査においては、マンホールだけではなくポンプ場も調査対象に含まれる。

30 マンホールは複数選定することが考えられるが、なるべく複数の管きよが合流する箇所を選定
31 することが望ましい。選定のポイントとしては、污水管あるいは合流管とすること、合流貯留管
32 などの、普段、ほぼ流れが無い管きよは避けることなどが挙げられる。

33
34 マンホール調査では、マンホール内の換気や転落防止、周辺交通や環境を考慮、採水時の下水
35 への接触の防止など、下水処理場での採水時よりもさらに十分な安全への配慮が不可欠である。
36 幹線のマンホールについては、深くはなるが、マンホール内の空間が広く、出入りが比較的容易
37 であり、大口径の場合は安全にサンプラーの設置が可能なマンホールを選定することが可能であ
38 る。交通量の比較的少ない道路上のマンホールを選定すると交通規制を軽減できる。また、マン
39 ホール内の段差が少ないこと等、採水の容易性を十分考慮して選定する。

40

2.2 マンホール調査や、下水処理場での採水頻度を高める際の事前準備

感染状況や定期モニタリングの分析結果等を踏まえ、必要に応じて、マンホール調査の実施、もしくは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の下水処理場での採水頻度の増加が考えられる。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、通常の下水処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

下水モニタリング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。

2.3 サンプリング方法

2.3.1 サンプリング対象

選定された下水処理場内において下水の定期モニタリングを行う対象は、流入水あるいは最初沈殿池越流水、最初沈殿池汚泥等が考えられる。

採水作業については、施設管理者が自ら行う場合と施設管理業務の受注者等の外部に委託して実施する場合が想定される。

1 a) 下水処理場流入水

2 下水処理場流入水には、家庭及び商業施設等の民間施設からの排水（トイレ、風呂排水、台所
3 排水等）および家庭以外からの排水（雨水、工業排水等）が含まれる。これらは下水処理場の沈
4 砂池前後あるいは流入きょにおいて採水される。下水処理場流入水における新型コロナウイルス
5 RNA の検出と当該処理区を含む自治体における COVID-19 の新規感染者数との関連を示した事
6 例が国内外の論文¹⁹⁾²⁰⁾等で示されており、下水処理場流入水の分析結果は、当該処理区内の新規
7 感染者数の動向を反映していると言える。

8 ただし、工場排水等のヒトの糞便以外の排水が多い場合には、感染者が処理区内にいたとして
9 も、下水中の新型コロナウイルス RNA 濃度が低く²¹⁾、検出されない可能性がある。その他、下
10 水に含まれる洗剤は、PCR での阻害を起こす可能性がある²²⁾。採水地点の選定にあたっては、事
11 前に糞便に由来する成分の下水の濃度について、これまでの水質データや、実際にサンプリング
12 や分析を行って糞便由来微生物の濃度等確認するなど、より適切な試料を採ることができる場所
13 を選択することが望ましい。

14 また、通常、汚泥処理の返流水が流入下水と合流し、処理系に流入する。汚泥処理の脱水工程
15 などで使用される凝集剤等が分析に影響を与える²³⁾ことが考えられるため、汚泥処理返流水が流
16 入水と合流する地点を確認し、その影響をできるだけ受けにくい地点で採水することも検討する
17 ことが望ましい。その他、下水処理場によっては、再生水処理工程などからの洗浄排水、他処理
18 場からの流入水等の混合も考えられるため、それらの影響を受けずに、当該処理場の流入水を採
19 取できる箇所を確認しておくことが望ましい。

20 新型コロナウイルスは、沈殿物に吸着されやすいとの報告²⁴⁾もあり、沈砂池で固形物が除去さ
21 れると新型コロナウイルスの検知が難しい場合もあることから、サンプリング場所は沈砂池前、
22 あるいは流入きょすぐの箇所が望ましく、流入幹線が複数ある場合には、流域別の状況把握が可
23 能となるため流入幹線別に採水を行うことが望ましい。また、沈砂池前での採水が困難である場
24 合は、沈砂池後で採水することも考えられる。

25

26 b) 最初沈殿池汚泥

27 最初沈殿池汚泥（初沈汚泥ともいう。）は、最初沈殿池にて下水から分離する固形物を指す。最
28 初沈殿池汚泥は、濃縮されているため新型コロナウイルス RNA を比較的捉えやすい²³⁾²⁵⁾と考え
29 られる。また、流入水がある程度混合された状態で測定が可能である。

30

31 ただし、わが国において初沈汚泥に対する新型コロナウイルス RNA 濃度の検知が行われた事
32 例は確認できておらず、汚泥中の新型コロナウイルス RNA 濃度がどの程度なのかはよく分かっ
33 ていない。

34 また最初沈殿池汚泥については、最初沈殿池からの汚泥引抜が断続的に行われている場合が多
35 く、汚泥引抜開始時と終了時では最初沈殿池汚泥の濃度が大きく異なる。そのため、新型コロナ
36 ウイルス RNA 濃度については採取のタイミングに合わせた汚泥の濃度変化に留意する必要があ
37 る。

38 サンプリング場所は最初沈殿池汚泥引抜部分であり、複数の池がある場合は、混合後の初沈汚
39 泥を採取することが望ましい。また生物処理系の余剰汚泥は、新型コロナウイルス RNA の含有
40 量は少ないと考えられるため、採取位置が初沈汚泥と余剰汚泥が混合する前であることを確認す
41 ることが必要である。

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41

c) その他

サンプル採取から分析結果報告までを迅速に行うことが重要であるため、原則として流入水を採取することとするが、流入水の採取が物理的に困難である場合など、最初沈殿池流出水を試料とすることも考えられる。最初沈殿池流出水は、流入した下水が一旦最初沈殿池で滞留した後の水であり、ある程度混合されているため時間的な変動を考慮する必要がなく、また夾雑物や比較的大きな固形物が沈殿していることから、採水試料の分析にあたり阻害を受けにくいとも考えられる。井原らのデータからは、流入下水よりも最初沈殿池越流水の方が新型コロナウイルスのRNAの検出頻度は上昇するとの報告²⁶⁾もある。

ただし、下水処理場への流入後に最初沈殿池の滞留時間というタイムラグが生じること、および下水処理場の処理方式によっては最初沈殿池前に汚泥処理返流水が入る場合があり、その際は採水時に流入してきた下水そのものに対する検出結果とは異なることに留意が必要である。

d) マンホール及びポンプ場での採水

マンホール及びポンプ場での採水では、マンホール内を流れる下水やポンプ場内の下水をサンプリング対象とする。ポンプ場では、ポンプ井や沈砂池などにある短い時間滞留した下水を採取することができる。マンホール採水については、管きよの起点など場所によっては流れが断続的であり、また溜まった状態の下水は避けるなど採水方法を考慮する必要がある。また、自動採水器を使う場合には、採水口にトイレットペーパー等の夾雑物が絡まり、採水できなかつたり、グラブサンプリングでも多量の夾雑物が含まれる場合は、分析に支障をきたす場合があるため、注意が必要である。

2.3.2 サンプリング方法

サンプリング方法には、グラブサンプリング（スポットサンプリングとも呼ぶ）、コンポジットサンプリングの2種類²⁷⁾²⁸⁾がよく用いられるが、この他にマンホールや個別施設での採水のように、流量や水質の変動が大きい場合にはトラップ（パッシブ）法を用いることもある。各手法の概要およびメリット・デメリットは以下の通りである。

a) グラブサンプリング

グラブサンプリングは、その場で瞬間的に行うサンプリングであり、専用の機器を必要とせず迅速かつ簡単に採水を行うことができる。

また、当該処理区内の感染者数がある程度多い場合には、グラブサンプリングとコンポジットサンプリングで同程度の濃度が得られる可能性がある³²⁾。ただし、そのようになる新規感染者数10万人あたりの条件や流域面積の条件等は分かっていない。

- ・メリット：採水に時間がかからない。

- ・デメリット：採水時刻が感染者集団の排泄物の流達時刻に合致しないと試料から新型コロナウイルスRNAが検出されにくい（または濃度が過小評価となる）可能性がある。

このため、グラブサンプリングでも採水頻度を増やす、あるいは事前に日間の下水性状や流量の変動を調べ、ふさわしい採水時間帯を検討しておく必要がある。

1 b) コンポジットサンプリング

2 コンポジットサンプリングは、一定期間に一定あるいは異なる時間間隔で、複数のグラブサン
3 プルを収集し、混合して一つの試料とする方法である。一定期間とは、処理場の場合には日平均
4 は24時間を指す場合が多いが、曜日によって性状も異なる場合があることにも注意が必要であ
5 る。連続したコンポジットサンプリングはグラブサンプリングよりもヒト糞便の含有率が高いと
6 考えられている³²⁾。

7 コンポジットサンプリングは、人が採水する場合もあるが、一般的にはオートサンプラーによ
8 り、1~2時間毎のグラブサンプルとして自動採水を行い、24時間後に集約し、実験室などでコン
9 ポジットする場合が多い。他方、15分間隔あるいはそれよりも短い時間間隔で採水し、直ちにコ
10 ンポジットサンプルを作成していく場合や、流量比例で採水量を決め、コンポジットサンプルを
11 作成するなど、様々なサンプラーが作られている。日本水環境学会 COVID-19 タスクフォースの
12 マニュアル⁶⁾によると、サンプルの保存は10℃以下の冷蔵保存を行う必要があるため、冷媒を収
13 納する、あるいは冷蔵機能付きのオートサンプラーを使用することが必要である。

14

15 ・メリット：新型コロナウイルス RNA 濃度の日内変動をある程度反映した下水を採取できる。

16 ・デメリット：オートサンプラーを使う場合、その導入に費用と設置等の手間がかかる。手動
17 で行う場合も含めて、試料採取に時間がかかる。また、設置場所によっては物理的
18 にオートサンプラーが設置できない場合もあり、その場合は人力で採取する必要がある
19 ため、手間が大きくなる。

20 また、新型コロナウイルス RNA の濃度が低下すると考えられる時間帯の下水も
21 混合させるため、新型コロナウイルス RNA 濃度がグラブサンプルよりも低くなる
22 可能性もある。

23

24 c) トラップ（パッシブ）サンプリング法

25 トラップ（パッシブ）サンプリング法とは、一般に水相に含まれる汚染物質は水中に存在する
26 固相に分配するため、水相濃度が時間変動している場合でも、ある時間がたつと固相の汚染物質
27 が平衡状態に近づき濃縮される原理を利用した方法で、固相濃度から水相濃度を推定するための
28 サンプリング方法である。下水中の新型コロナウイルス RNA は、水相に分散しているほか、懸濁
29 物に多く存在すると考えられているため、類似の概念から、新型コロナウイルス粒子やその RNA
30 あるいはそれを収着する懸濁物を付着できる材料をある期間、下水に浸漬させ、その後、回収し、
31 その材料から絞り出された懸濁液相を試料として分析する方法である。マンホール内等の採水対
32 象箇所新型コロナウイルスやその RNA を付着させるような装置を設置し、24時間程度経過後、
33 取り出して付着した汚水を採取するものである。

34 原理としてはコンポジットサンプリングと同様に、一定時間分の新型コロナウイルス RNA を
35 回収可能と考えられるが、新型コロナウイルス RNA の捕捉が問題無くできるサンプラー（トラ
36 ップ）の開発が必要となる。民間企業による開発や海外における開発¹⁵⁾²⁹⁾が進められている。

37

38 ・メリット：一定時間分の新型コロナウイルス RNA を収集可能である。試作されているサン
39 プラーは安価に作成でき、多地点に設置しやすい。

40 ・デメリット：市販されている既製品のサンプラー（トラップ）が少ない。また、測定された
41 濃度は、新型コロナウイルス RNA が多く含まれた固形物を捕捉（トラップ）し

1 ている可能性や、新型コロナウイルス RNA が流出してしまっている可能性も
2 あり、測定値から下水の濃度を推計することが難しい。また下水中の新型コロ
3 ナウイルス RNA 濃度と脱着された懸濁液中の濃度との定量的な関係が十分に
4 は分かっていない。

6 2.3.3 サンプルングの時間帯

7 グラブサンプルングの場合は、下水に含まれる新型コロナウイルス RNA 濃度の時間変動を考
8 慮し、ヒト糞便の含有量が多いと推定される時間帯の採取が考えられる³⁰⁾。

9 特に、下水処理場流入水の大腸菌群の時間変動などから、ヒト糞便が流れてくる時間帯を推定
10 してサンプルングを行うことが望ましい³¹⁾。地域を限定したマンホール採水の場合も同様に上流
11 からの流下時間を加味した採水が望ましい。

12 なお、コンポジットサンプルングの場合は、一般的に 24 時間採水を行うことが想定されるが、
13 生活排水中心の下水処理場については、流入水量の多い時間帯（例えば午前中）に集中して 30 分
14 毎等の短い時間間隔で採水を行い、短時間でのコンポジットサンプルングを行うことも考えられ
15 る。

16 また、マンホール採水において、自動採水器を使って行うコンポジットサンプルングやトラッ
17 プ（パッシブ）サンプルングは、交通量の多い道路であっても夜間設置・夜間回収が可能である
18 と考えられる。ただし、夜間作業を行う場合には作業員の安全に留意することが重要である。

20 2.3.4 サンプル量

21 採取すべきサンプル量については、サンプルの種類（下水処理場流入水、最初沈殿池汚泥、マ
22 ンホールでの採水）によって異なり、また分析方法によっても異なる。分析方法を定めた日本水
23 環境学会 COVID-19 タスクフォースのマニュアル⁶⁾及び国立感染症研究所が公表しているマニ
24 アル⁷⁾によると、下水処理場流入水あるいは初沈流出水の場合で 100～250mL、最大でも 0.5L 程
25 度とされ、初沈汚泥についてはアメリカ疾病対策センター（CDC）ガイドライン³²⁾によると、
26 100mL あれば良いとされている。マンホール採水の場合も下水処理場流入水と同様と考えられる
27 ため、100～250mL 程度以上はあることが望ましい。

29 2.3.5 天候

30 自治体によっては、降雨時においては、採水時の安全性の確保の観点から、下水の採取等の作
31 業が中止となる規定がある。合流式下水道はもとより、排除方式が分流式である処理区について
32 も、雨天の影響を受ける場合がある。雨天時における雨水の混入により、流入水量が増加するた
33 め、下水中の新型コロナウイルス RNA 濃度が下がる恐れがあり³³⁾³⁴⁾、検出されない可能性があ
34 る。

35 したがって、採水は晴天時など降雨の影響を受けない時期に行うことが望ましい。ただし、降
36 雨が続く場合はその限りではない。

37 また、地域によっては春先に融雪水による流量増加が発生する場合があります、その際も新型コロ
38 ナウイルス RNA の検知に支障をきたす場合が考えられるため留意が必要である。

40 2.4 サンプルング頻度

41 ここでは下水処理場の定期モニタリングでのサンプルング頻度について記載する。

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40

2.4.1 定期モニタリング期間におけるサンプリング頻度

海外の事例では以下のようなサンプリング頻度が挙げられる。
EU：最低でも1週間に2回以上³⁵⁾。ただし、状況に応じて見直すことが必要としている。
米国 CDC：目的が下水中の SARS-CoV-2 の有無を確認することであれば1週間に1回。感染傾向の早期把握が目的であれば、モニタリングの対象となる期間内に少なくとも3回のサンプリングが必要としている³²⁾。

2.4.2 分析結果、感染状況等を踏まえたサンプリング頻度

定期モニタリング時の下水中の新型コロナウイルス RNA 濃度の分析結果、感染状況等を踏まえて、調査実施主体は下水道管理者と協議の上、必要に応じて採水頻度を上げて新型コロナウイルス RNA 濃度の増減を把握し、データを保健衛生部局へ提供する。増加後の頻度としては、例えば、1週間に3回以上程度などが考えられるが、下水道部局・分析機関・保健衛生部局との連携を密にして、頻度の決定を速やかに行う。
分析結果については陽性検出の有無、定量値や陽性率の増減等に関し、下水道部局と保健衛生部局が連携して判断する。人に対する PCR 検査結果や下水中の新型コロナウイルス情報等をもとに、保健衛生部局等と下水道部局が協議を行い、採水頻度を非流行期のものまで下げる等、連携して対応する。

2.5 サンプルの保管・輸送

ここでは、下水処理場にて採取した試料の保管および輸送を行う際の留意点について、日本水環境学会 COVID-19 タスクフォースのマニュアル⁶⁾を参考に記載する。

2.5.1 サンプルの安全性

今まで、全世界的に下水に触れたことが原因で新型コロナウイルス感染症に感染した事例等は報告されておらず³²⁾、下水処理施設の維持管理に伴う標準的な安全対策を行っていれば、下水道作業員が新型コロナウイルス感染症に罹患する確率は低いと考えられるが、調査実施主体は、常に安全性に関する最新の情報を収集しておくことが望ましい。

ただし、未処理の下水中の新型コロナウイルス RNA が全て不活化していて安全であるという報告もないため、未処理の下水を扱う場合には、手袋、ゴーグル等の個人用保護具の利用や、未処理の下水を扱った後の手洗い・うがい等の徹底等、基本的な安全対策を行うものとする。また、現場作業終了後は、その場で速やかに手指の洗浄等を行い、オフィスや店舗等の立ち寄り先に新型コロナウイルスを持ち込まないようにする。

一般的には感染者が多い程、また、下水の排出場所に近い程（マンホール等）、安全面に注意が必要である。

なお、下水試料の採取時の安全管理に関しては、(公社)日本下水道管路管理業協会「下水道管路管理業務における新型コロナウイルス感染症対策ガイドライン」³⁶⁾、及び(一社)日本下水道施設管理業協会「下水道施設運転管理業務における新型コロナウイルス感染予防ガイドライン」³⁷⁾を参照されたい。

1 2.5.2 サンプルの保管

2 採取したサンプルは、すぐに 10℃以下の冷蔵保存あるいは氷上にて保存を行い、原則として
3 24 時間以内に分析開始できるよう分析機関へ送付を行う。24 時間以内に送付ができない場合は、
4 -80℃以下の冷凍保存を行うことが望ましいが、-20℃もしくは家庭用冷凍庫で保存する場合は、
5 なるべく早く分析機関に送付し分析を開始する⁹⁾。あるいは、すぐに分析が開始できない場合な
6 どは、試料を冷凍保存しておき、後から下水中の新型コロナウイルス RNA 濃度を分析すること
7 も考えられる。

8

9 2.5.3 サンプルの輸送

10 病原体に準じた輸送になるため、荷送り人にて責任をもって対応されたい。梱包方法について
11 は、三重梱包の上で冷蔵または冷凍輸送を推奨する。また、適切に三重梱包が行われる場合は、
12 他の荷物と同様に扱って差し支えない⁹⁾。

13

14 ●三重梱包の手法

15 ・一次容器：下水試料を入れて密閉する。容器は、密閉可能な滅菌済のプラスチック製容器ま
16 たはガラス瓶を用いる。

17 この容器は、破損した場合や漏れた場合に液体全部を吸収できる緩衝材・防漏用
18 吸収材（ペーパータオルなど）とともに梱包し、二次容器に入れる。

19 ・二次容器：一次容器を入れ保護するための耐久性があって防水性で防漏型の容器（バイオパ
20 ウチなどのビニル製密閉袋など）。

21 吸収剤で包んだ複数の一次容器をひとつの二次容器に入れることが可能である。
22 ただし、複数の一次容器を入れる場合、一次容器が破損した場合や漏れた場合に
23 液体全部を吸収するために十分な吸収剤を追加することが望ましい。

24 ・外装容器：二次容器は、適切なクッション材とともに輸送に耐える強度を持つ外装容器（堅
25 牢な段ボール箱、クーラーボックスなど）に収める。

26 この外装容器は輸送時に、物理的な損傷などの外部からの影響から内容物を防護
27 するものである。

28

29 なお、クーラーボックスで外装した場合であっても、輸送時に 10℃以下の状態を守るため、試
30 料の保存状態に合わせて冷蔵または冷凍で輸送業者には送付を依頼することが望ましい。

31 また、金曜日や休前日の輸送を行う場合には、翌日の分析機関等の受け取りができないことが
32 考えられるため、原則として休前日の輸送は行わない。なお、輸送業者への依頼、配送日時の指
33 定等については、部局間で連携し、事前に調整を行うこととする。

34 なお、輸送および保存時の安全性に万全を期す必要がある場合は、下記の不活化処理を施す。

35 ・恒温槽にて 56～60℃で 30～60 分間の熱処理³⁸⁾。

36 ・界面活性剤を用いた処理^{39)・22)}

37 ただし、熱不活化処理は潜在的な感染リスクの低減に一定の効果があると考えられるが、完全
38 な不活化を保証するものではないため、輸送時や試料分析時の取り扱いについては、不活化を行
39 っていない試料と同様の安全管理を行うこととする。

40

1 2.6 下水分析データ

2 2.6.1 収集が必要なデータ

3 調査実施主体は対象処理区及び下水処理場の概要を把握しておくことが望ましい。

4 必要データの一例を以下に示す。

5

6 表2 必要データの一例

項目	必要データ	備考
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	
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 流入水に占める工場排水・不明水等の割合 処理プロセス 等	
サンプリング時の情報	サンプリング日時・場所 サンプルの種類 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 等	

7

8 2.6.2 新型コロナウイルス RNA 濃度データの加工

9 各下水処理場でサンプリングした試料については、PCR 測定を行い、下水中の新型コロナウイルス RNA 濃度が定量下限値以上で存在すれば、RNA の濃度情報として提示でき、また、定量下
10 限値未満の場合でも、繰り返し PCR 測⁴⁰⁾されている。

11 陽性率とは、定量下限値未満の場合でも陽性と判断される場合に、同一の PCR 試料を繰り返し
12 測定した分析回数のうち、陽性と判断された分析数の割合のことを指す。

13 また、各下水処理場の新型コロナウイルス RNA 濃度（または陽性率）の経時的変化を観察する
14 ことで、各処理区内における感染状況が把握できると考えられる。CDC³²⁾によると、データの標
15 準化とは、下水の新型コロナウイルス RNA 濃度の時間系列や他の処理区と比較する際に、変動
16 する下水量や下水性状を考慮した、新型コロナウイルス RNA 濃度とすることである。異なる処
17 理区の新型コロナウイルス濃度レベルを比較するには、下水処理人口当たりの新型コロナウイルス
18 量を標準化することが多い。下水処理人数や下水中の便量が調査期間に変化する場合、人の便
19 量あたりの新型コロナウイルス量が重要となる場合がある。この比率には、下水道での新型コロ
20 ナウイルス RNA の減衰と実験室のプロセスでの新型コロナウイルス回収率の相違も含まれてい
21 る可能性がある。

22

23

24

1 第3章 下水の分析方法

2 3.1 下水の分析方法

3 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
4 フォースのマニュアル⁶⁾及び国立感染症研究所によるマニュアル⁷⁾等に記載されており、詳細は
5 各ガイドラインを参照されたい。

6 ここでは、令和4年2月時点で公表されており、自治体や大学・研究機関において実績のある
7 分析方法を表3に示す。他に、民間企業による高感度・高速⁴⁾の分析手法も開発されており、民
8 間企業との連携を図ることも考えられる。

表3 下水中の新型コロナウイルス RNA 分析方法一覧

濃縮手法	水環境学会タスクフォースマニュアル、感染症研究所マニュアル(②)			感染症研究所マニュアル	(マニュアル等への記述なし)
	①ポリエチレングリコール沈殿法 (PEG沈殿法)	②陰電荷膜破砕型濃縮法 (EMV法)	③限外ろ過膜法 (UF膜法)	④沈殿物抽出法 (仮称) (沈渣分析用)	⑤北大-塩野義法 (仮称) (沈渣分析)
試料容量 (採水量)	240mL程度 (国交省下水調査時)	200mL程度 (流入下水:ろ過可能な水量として)	120mL程度	~500mL程度	40~45mL
濃縮液量	約0.5~1.0mL	約0.5~数mL	約0.4~0.7mL	試料最大2g	—
所要時間 (濃縮作業のみ)	9時間~	1~2時間	30分	— (濃縮作業無し)	— (濃縮作業無し)
概要	<ul style="list-style-type: none"> ●タンパク成分の濃縮法として広く用いられる手法であり、ウイルスの濃縮法として古くから用いられている ●水溶性ポリマーのPEGと水試料を混合し、PEGを試料中のタンパク質に会合させ、遠心操作により沈殿し、上清を捨てた後に少量の緩衝液で再浮遊させる ●効率的なウイルス濃縮法として、PEGの種類や、PEG・塩化ナトリウムの添加量(濃度)、混合条件(温度や時間)、遠心条件等が検討されている 	<ul style="list-style-type: none"> ●腸管系ウイルスの濃縮に広く使用されてきている陰電荷膜を用い、陽イオンの共存下でウイルスを静電的引力によって膜を吸着させ、誘出液中で膜を激しく攪拌して破砕することで、濁質と共にウイルスを回収する ●遠心後の沈渣を用いることで、ウイルスのみならず、原虫(クリプトスポリジウム、ジアルジア等)や細菌も同時に濃縮・検出することが可能である 	<ul style="list-style-type: none"> ●分画分子量10~100kDa程度のUF膜を使用した”ふるい効果”によりウイルス粒子を濃縮する ●商品化された限外ろ過膜ユニットを使用するため操作が比較的簡便 ●下水中の夾雑物も同時に濃縮してしまうため、検出阻害の影響を受けやすい面もある 	<ul style="list-style-type: none"> ●沈渣(沈殿物)からRNAを抽出する場合は、RNeasy Power Soil Total RNA Kitなどを用いる。 ●粗遠心により上澄みを捨て、沈殿物に対してウイルス回収を行う。 ●上澄みに関しては左記の分析方法等を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> ●沈渣に対する分析であり、試料に対しPreampを行い、RNA抽出およびRT-qPCRによる分析を行う。 ●詳細な分析方法は未公表(総説は、「水環境学会誌」Vol.44、No.11(2021)等に記載されている)
実績	ウイルスの濃縮法としても、Lewis and Metcalf (1988)らの報告をはじめ、未処理下水試料の1次濃縮法やその他水試料の2次濃縮法として用いられている。振とう時間や遠心時間等の条件を変更した変法が試みられている。	下水や河川水、地下水等の様々な水試料中のノロウイルス等の腸管系ウイルスやプロセスコントロールの一つであるPMMoVの濃縮に使用されてきた実績がある。	下水中の新型コロナウイルスの検出にあたっては、オランダや米国などにおける調査で使用された実績がある。	「下水中の新型コロナウイルス検出マニュアルver1.1」に示される分析方法。検査機関でも本手法で検知されない場合は左記の手法も組み合わせている。	自治体との共同研究や国土交通省の下水調査において実測結果を示している。企業によるとプロトコル自体は一般的な手技であり、通常の技術者による分析可能とのことである。

1 3.2 分析結果の扱い

2 分析を行う機関として、各地域の衛生研究所や民間企業と連携することが考えられる。特に、
3 感染拡大期には、人対象の PCR 検査量も急増する可能性があり、下水疫学調査の迅速性を確保す
4 ることが重要である。

5 分析を行う機関の条件としては、日本水環境学会 COVID-19 タスクフォースのマニュアル⁶⁾を
6 はじめ、流行状況に応じ、各業界団体等の指針に応じた対策を取る必要がある。その際の分析に
7 おける操作上の注意事項としては、国立感染症研究所「2019-nCoV 病原体検出マニュアル (Ver.
8 2.9.1)」⁴²⁾等を参照されたい。

9 分析機関は、下水サンプルを分析後、保健衛生部局及び下水道部局に結果を報告する。
10 報告事項の一例を以下に示す。

- 11 ・サンプル採取日
- 12 ・サンプル採取時間
- 13 ・サンプル量
- 14 ・サンプル水温 (採取時)
- 15 ・サンプル pH (採取時)
- 16 ・分析日
- 17 ・分析方法
- 18 ・濃縮試料量、PCR 検液量
- 19 ・PCR 検量線の結果、ネガティブコントロールの結果
- 20 ・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)
- 21 ・プロセスコントロール用ウイルス RNA 濃度
- 22 ・供試試料量・定量下限値・検出下限値
- 23 ・分析ウェル数と陽性判定ウェル数

24
25
26

1 第4章 下水分析データの活用方法

2

3 下水分析データについては、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
4 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
5 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。

6 また、下水PCR調査について、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
7 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
8 く事が望ましい。

9 以下には、下水分析データが活用できると考えられる方法のうち、下水中の新型コロナウイルス
10 RNA濃度をもとにした感染動向のトレンド分析と採水頻度を通常時の頻度に戻す際の判断材
11 料としての2つの事例を紹介するが、参考資料に示したように様々な解析や活用法があるので、
12 これらも参考にし、常に最新の科学技術や社会活用事例に触れることが望ましい。

13

14 4.1 下水中の新型コロナウイルス RNA 濃度をもとにした感染動向のトレンド分析

15

16 1) 都道府県等の地方感染症情報センター・衛生主管課は、プロセスコントロールの値等より
17 分析結果が妥当なものであるか評価を行う。

18 2) 調査実施主体は、新型コロナウイルス RNA 濃度の分析結果より、流入下水中の新型コロナ
19 ウイルス RNA 濃度及び人口 10 万人あたりの新規感染者数を経時的に並べ、トレンド分析
20 を行う。

21 3) 調査実施主体は、新型コロナウイルス RNA 濃度のトレンド分析結果を保健衛生部局へ提
22 示する。

23

24 なお、国土交通省の調査において、推定発症日と公表日のタイムラグを考慮するとともに、新
25 規感染者数の7日間移動平均値を用いた順位相関により分析した結果、以下のことが分かった。

26 ○濃度

27 解析を実施した5つの都市の内、4つの都市において、7日間平均新規感染者数と下水中の新
28 型コロナウイルス RNA 濃度との間に有意な相関があることが確認できた。

29

30 ○陽性率

31 解析を実施した3つの都市の内、2つの都市において、下水中の新型コロナウイルス陽性率と
32 7日間平均新規感染者数との間に有意な相関があることが確認できた。

33

34 4.2 採水頻度を通常時の頻度に戻す際の判断材料

35 一時的に採水頻度を高めていた場合に、採水頻度を通常時の頻度に戻す際の判断材料として、
36 下水分析データは活用できると考えられる。例えば、検出下限値未満の結果が継続している場合
37 や定量下限値未満のデータで陽性率が低い場合などが挙げられる。また、感染状況の動向は、下
38 水の分析結果のみならず、報道などで公表されている新規感染者の増減によっても把握できると
39 考えられる。採水頻度をどの程度にするかについては、下水疫学調査を実施する自治体の採水、
40 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もよるため、各実施主体におい
41 て判断されたい。

1 参考文献

- 2 1) 吉田弘「ポリオの環境水サーベイランス」平成 27 年度感染症危機管理研修会、
3 <https://www.niid.go.jp/niid/images/idsc/kikikanri/H27/15-6.pdf>
- 4 2) 国立感染症研究所ホームページ <https://www.niid.go.jp/niid/ja/nesid-program-summary.html>
- 5 3) (公社) 日本下水道協会「日本の下水道 令和 2 年度」2020 年 12 月
- 6 4) Y. Wu, C. Guo, L. Tang, Z. Hong, J. Zhou, X. Dong, H. Yin, Q. Xiao, Y. Tang, X. Qu, L. Kuang, X.
7 Fang, N. Mishra, J. Lu, H. Shan, G. Jiang, X. Huang: Prolonged presence of SARS-CoV-2 viral RNA
8 in faecal samples, *The Lancet Gastroenterology & Hepatology*, Vol. 5, Issue 5, pp.434-435, 2020,
9 [https://doi.org/10.1016/S2468-1253\(20\)30083-2](https://doi.org/10.1016/S2468-1253(20)30083-2)
- 10 5) Kumar, M., Alamin, M., Kuroda, K., Dhangar, K., Hata, A., Yamaguchi, H., & Honda, R. (2021).
11 Potential discharge, attenuation and exposure risk of SARS-CoV-2 in natural water bodies receiving
12 treated wastewater. *Npj Clean Water*, 4(1), 8. <https://doi.org/10.1038/s41545-021-00098-2>
- 13 6) (公社) 日本水環境学会 COVID-19 タスクフォース、(公財) 日本下水道新技術機構「下水中
14 の新型コロナウイルス遺伝子検出マニュアル」、2021 年 3 月
- 15 7) 国立感染症研究所「下水中の新型コロナウイルス検出マニュアル Ver.1.1」2021 年 6 月
- 16 8) G. Medema, L. Heijnen, G. Elsinga, R. Italiaander and Anke Brouwer: Presence of SARS-Coronavirus-2
17 in sewage and correlation with reported COVID-19 prevalence in the early stage of the epidemic in the
18 Netherlands, *Environ Sci Technol Lett.*, 2020, 7, 7, pp.511-516, doi: 10.1021/acs.estlett.0c00357
- 19 9) Peccia, J., Zulli, A., Brackney, D. E., Grubaugh, N. D., Kaplan, E. H., Casanovas-Massana, A., Ko, A.
20 I., Malik, A. A., Wang, D., Wang, M., Warren, J. L., Weinberger, D. M., Arnold, W., & Omer, S. B.
21 (2020). Measurement of SARS-CoV-2 RNA in wastewater tracks community infection dynamics.
22 *Nature Biotechnology*, 38(10), 1164–1167. <https://doi.org/10.1038/s41587-020-0684-z>
- 23 10) Honda, R., Murakami, M., Hata, A., & Ihara, M. (2021). Public Health Benefits and Ethical Aspects in
24 the Collection and Open Sharing of Wastewater-Based Epidemic Data on COVID-19. *Data Science*
25 *Journal*, 20(27), 1–6. <https://doi.org/10.5334/dsj-2021-027>
- 26 11) 本多了「COVID-19 下水疫学研究の現状と展望」、水環境学会誌、Vo.44,No.11,2021
- 27 12) Rios, G., Lacoux, C., Leclercq, V., Diamant, A., Lebrigand, K., Lazuka, A., Soyeux, E., Lacroix, S.,
28 Fassy, J., Couesnon, A., Thiery, R., Mari, B., Pradier, C., Waldmann, R., & Barbry, P. (2021).
29 Monitoring SARS-CoV-2 variants alterations in Nice neighborhoods by wastewater nanopore
30 sequencing. *The Lancet Regional Health - Europe*, 10, 100202.
31 <https://doi.org/10.1016/j.lanep.2021.100202>
- 32 13) Graber, T. E., Mercier, É., Bhatnagar, K., Fuzzen, M., D’Aoust, P. M., Hoang, H.-D., Tian, X., Towhid,
33 S. T., Plaza-Diaz, J., Eid, W., Alain, T., Butler, A., Goodridge, L., Servos, M., & Delatolla, R. (2021).
34 Near real-time determination of B.1.1.7 in proportion to total SARS-CoV-2 viral load in wastewater
35 using an allele-specific primer extension PCR strategy. *Water Research*, 205, 117681.
36 <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117681>
- 37 14) Heijnen, L., Elsinga, G., de Graaf, M., Molenkamp, R., Koopmans, M. P. G., & Medema, G. (2021).
38 Droplet digital RT-PCR to detect SARS-CoV-2 signature mutations of variants of concern in wastewater.
39 *Science of The Total Environment*, 799, 149456. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149456>
- 40 15) 八十島誠、友野卓哉、醍醐ふみ、嶽盛公昭、井原賢、本多了、端昭彦、田中宏明「個別施設
41 での SARS-CoV-2 感染者の早期発見に適したパッシブサンプラー開発と有効性の検証」、土木

- 1 学会論文集 G (環境)、Vol.77、No.7、III_179-III_190、2021
- 2 16) L. Davó et al., Early detection of SARS-CoV-2 infection cases or outbreaks at nursing homes by
3 targeted wastewater tracking, *Clinical Microbiology and Infection*, Vol. 27, Issue 7, 2021
- 4 17) 平山奈央子・森永晃司・大村達夫・渡部徹(2021)下水モニタリングに基づく感染拡大予測情報
5 が個人の感染症対策に与える影響. 第 58 回土木学会環境工学研究フォーラム.
- 6 18) 厚生労働省「新型コロナウイルスの消毒・除菌方法について」(厚生労働省・経済産業省・消
7 費者庁特設ページ) https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/syoudoku_00001.html
- 8 19) A. Hata, H. Hara-Yamamura, Y. Meuchi, S. Imai, R. Honda: Detection of SARS-CoV-2 in wastewater
9 in Ja-pan during a COVID-19 outbreak, *Science of The Total Environment*, Vol. 758, 1, March 2021,
10 143578, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143578>
- 11 20) P. M. D'Aoust, et al., Catching a resurgence: Increase in SARS-CoV-2 viral RNA identified in
12 wastewater 48 h before COVID-19 clinical tests and 96 h before hospitaliza-tions, *Science of The Total*
13 *Environment*, Vol. 770, 20 May 2021, 145319, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145319>
- 14 21) Cluzel N, Courbariaux M, Wang S, Moulin L, Wurtzer S, Bertrand I, Laurent K, Monfort P, Gantzer C,
15 Guyader S Le, Boni M, Mouchel JM, Maréchal V, Nuel G, Maday Y. 2022. A nationwide indicator to
16 smooth and normalize heterogeneous SARS-CoV-2 RNA data in wastewater. *Environ Int* 158.
- 17 22) 新型コロナウイルスに対する代替消毒方法の有効性評価 (最終報告) : 新型コロナウイルスに
18 対する代替消毒方法の有効性評価に関する検討委員会、令和 2 年 6 月、
19 <https://www.nite.go.jp/data/000111315.pdf>
- 20 23) Graham KE, Loeb SK, Wolfe MK, Catoe D, Sinnott-Armstrong N, Kim S, Yamahara KM, Sassoubre
21 LM, Mendoza Grijalva LM, Roldan-Hernandez L, Langenfeld K, Wigginton KR, Boehm AB. 2021.
22 SARS-CoV-2 RNA in Wastewater Settled Solids Is Associated with COVID-19 Cases in a Large Urban
23 Sewershed. *Environ Sci Technol* 55:488–498.
- 24 24) Gerrity D, Papp K, Stoker M, Sims A, Frehner W. 2021. Early-pandemic wastewater surveillance of
25 SARS-CoV-2 in Southern Nevada: Methodology, occurrence, and incidence/prevalence considerations.
26 *Water Res X* 10:100086
- 27 25) Li B, Di DYW, Saingam P, Jeon MK, Yan T. 2021. Fine-Scale Temporal Dynamics of SARS-CoV-2
28 RNA Abundance in Wastewater during A COVID-19 Lockdown. *Water Res* 197
- 29 26) 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
30 の下水疫学調査」、*水環境学会誌*、Vol.44、No.11、2021
- 31 27) Wade MJ, et al. 2022. Understanding and managing uncertainty and variability for wastewater
32 monitoring beyond the pandemic: Lessons learned from the United Kingdom national COVID-19
33 surveillance programmes. *J Hazard Mater* 424:127456.
- 34 28) Gerrity D, Papp K, Stoker M, Sims A, Frehner W. 2021. Early-pandemic wastewater surveillance of
35 SARS-CoV-2 in Southern Nevada: Methodology, occurrence, and incidence/prevalence considerations.
36 *Water Res X* 10:100086
- 37 29) C. Schang et al., Passive Sampling of SARS-CoV-2 for Wastewater Surveillance, *Environ. Sci. Technol.*
38 2021, 55, 15, 10432–10441
- 39 30) Wade MJ et al. 2022. Understanding and managing uncertainty and variability for wastewater monitoring
40 beyond the pandemic: Lessons learned from the United Kingdom national COVID-19 surveillance
41 programmes. *J Hazard Mater* 424:127456.

- 1 31) Giacobbo A, Rodrigues MAS, Zoppas Ferreira J, Bernardes AM, de Pinho MN. 2021. A critical review
2 on SARS-CoV-2 infectivity in water and wastewater. What do we know? *Sci Total Environ* 774:145721.
- 3 32) Centers for Disease Control and Prevention (CDC)“National Wastewater Surveillance System”、2021.7.
4 <https://www.cdc.gov/healthywater/surveillance/wastewater-surveillance/wastewater-surveillance.html>
- 5 33) Wade MJ et al. 2022. Understanding and managing uncertainty and variability for wastewater monitoring
6 beyond the pandemic: Lessons learned from the United Kingdom national COVID-19 surveillance
7 programmes. *J Hazard Mater* 424:127456.
- 8 34) Cluzel N et al. 2022. A nationwide indicator to smooth and normalize heterogeneous SARS-CoV-2
9 RNA data in wastewater. *Environ Int* 158.
- 10 35) EUROPEAN COMMISSION “on a common approach to establish a systematic surveillance of SARS-
11 CoV-2 and its variants in wastewaters in the EU”、 COMMISSION RECOMMENDATION of
12 17.3.2021
13 https://ec.europa.eu/environment/pdf/water/recommendation_covid19_monitoring_wastewaters.pdf
- 14 36) 公益社団法人 日本下水道管路管理業協会「下水道管路管理業務における新型コロナウイルス
15 感染症対策ガイドライン」令和3年3月8日、
16 https://www.jascoma.com/topics/2020/coronavirus_disease/images/20210308/information_1.pdf
- 17 37) (一社) 日本下水道施設管理業協会「下水道施設運転管理業務における新型コロナウイルス感
18 染予防ガイドライン」令和2年5月14日、
19 https://www.gesui-kanrikyo.or.jp/pdf/news_2020051401.pdf
- 20 38) Bogler A et al. 2020. Rethinking wastewater risks and monitoring in light of the COVID-19 pandemic.
21 *Nat Sustain*.
- 22 39) Matsuura, K., Hasegawa, S., Nakayama, T., Morita, O. and Uetake, H. (1984), Viral Pollution of the
23 Rivers in Toyama City. *Microbiology and Immunology*, 28: 575-588. [https://doi.org/10.1111/j.1348-](https://doi.org/10.1111/j.1348-0421.1984.tb00710.x)
24 [0421.1984.tb00710.x](https://doi.org/10.1111/j.1348-0421.1984.tb00710.x)
- 25 40) Bo Zhao、 Zaizhi Yu、 Tomonori Fujita、 Yoshiaki Nihei、 Hiroaki Tanaka、 Masaru Ihara、 ”
26 Tracking community infection dynamics of COVID-19 by monitoring SARS-CoV-2 RNA in
27 wastewater、 counting positive reactions by qPCR”、 medRxiv、 2021.12.23
- 28 41) High-Throughput Wastewater SARS-CoV-2 Detection Enables Forecasting of Community Infection
29 Dynamics in San Diego County, Smruthi Karthikeyan, Nancy Ronquillo, Pedro Belda-Ferre, Destiny
30 Alvarado, Tara Javidí, Christopher A. Longhurst, Rob Knight, *Msystems*, 6, 2, 2021,
31 <https://doi.org/10.1128/mSystems.00045-21>
- 32 42) 国立感染症研究所「2019-nCoV 病原体検出マニュアル (Ver. 2.9.1)」令和2年3月19日、
33 <https://www.niid.go.jp/niid/images/lab-manual/2019-nCoV20200319.pdf>