

# 施設排水調査ガイドンス

---

2022年3月

## はじめに

本施設排水調査ガイドスは、令和 3 年度厚生労働科学研究費「新型コロナウイルス感染症等の感染症サーベイランス体制の抜本的拡充に向けた人材育成と感染症疫学的手法の開発研究」班(研究代表者 鈴木基)の分担研究「環境水を用いた新型コロナウイルス監視体制の構築に関する研究」(分担研究者 吉田弘)により作成したものである。

作成にあたり、施設排水調査実績を有する下記の構成員による「施設排水調査ガイドス資料作成に向けた有識者検討会」を設置し、その検討の内容を取りまとめた。関係各位に心より感謝申し上げます。

令和 4 年 3 月

国立感染症研究所 吉田弘

### 「施設排水調査ガイドス資料作成に向けた有識者検討会」構成員

本原清彦 中外テクノス株式会社

八十島誠 株式会社島津テクノリサーチ

吉田弘 国立感染症研究所

(オブザーバー)

厚生労働省健康局結核感染症課

(事務局)

国立感染症研究所

エム・アール・アイリサーチアソシエイツ株式会社

---

---

## 目次

---

1.	目的	1
2.	施設別の排水調査について	2
2.1	高齢者介護施設	2
2.2	医療施設	2
2.3	特定建築物(学校等)	2
3.	調査実施計画の策定	3
4.	調査実施計画項目の留意点	4
4.1	採水方法・場所	4
4.1.1	採水方法	4
4.1.2	採水地点の検討(排水の配管、汚水桝の蓋、マンホールの形状確認)	4
4.1.3	採水頻度・時間、採水量の決定	6
4.1.4	人員の確保、養成	6
4.2	検体の輸送	7
4.2.1	検体の不活化処理	7
4.2.2	検体の輸送法	7
4.3	バイオセーフティ	8
4.4	排水調査の限界点	9
4.5	排水調査費用の内容と比較	9
4.6	調査事例	10
4.7	検出方法の指定(検出方法)	11
4.8	信頼性の確保	11
4.9	結果の解釈	12
4.10	検出時対応	12

# 1. 目的

---

本ガイドンスは高齢者介護施設、病院、学校やオフィスビルなど特定建築物<sup>1</sup>の管理者、調査実施機関を対象に施設排水中の新型コロナウイルス調査を実施する際に考慮すべき事項を体系的にまとめたものである。

また、施設排水調査にあたっての詳細な留意点と採水法のプロトコルについては、別添の「施設排水調査マニュアル」にまとめている。

新型コロナウイルス感染症は新型コロナウイルスが上気道で感染し主に飛沫感染により伝播する。感染しても、軽症例、不顕性感染が多いため、感染拡大防止のためには、感染者の早期探知と屋内空間の感染管理が必要である。一部の感染者では腸管でもウイルスが増殖し、糞便中にウイルスが排出され下水中でウイルスゲノムが検出されることが報告されている。ウイルスは尿にはほとんど排出されない。ノロウイルスに比べ、糞便中のウイルス量は少ないが、施設排水は雑排水、雨水等の希釈の影響を抑えることができるため、排水中のウイルス調査を通じ、感染者の有無を検知できる可能性がある。

新型コロナウイルス感染症の場合、下水から感染した事例は報告されていない。下水中の新型コロナウイルス調査は顕性、不顕性にかかわらず非侵襲的に、感染者の有無を把握できる利点がある。このため施設排水を用いた新型コロナウイルス検査は従来の鼻咽頭ぬぐい液等の検体を用いた PCR 検査等と組み合わせることで、効果的な感染管理に貢献できる可能性があり、欧米では民間事業者による施設排水調査サービスの提供が行われている。

新型コロナウイルス感染による重篤化リスクが高いのは、高齢者並びに基礎疾患を有するグループとされており、病院や高齢者介護施設内(特別養護老人ホーム、介護老人保健施設等)における早期探知、ゾーニング<sup>2</sup>等は重要である。またオフィスビル、学校等では不顕性感染者の存在の把握やアラート目的に用いることが想定される。ただしこれらの施設では不特定多数の者が一時利用する場合や管理者が複数にわたる場合も考えられ、生活を中心とする施設を対象とする方がより有効性は高いと考えられる。

以上のことから、新型コロナウイルスを対象とした施設排水調査の目的は、集団が同一空間を一定時間以上共有する場合を想定して、1) 早期の感染者探知、2) ゾーニングの評価、3) 感染者の存在に関する注意喚起、に大別される。1) はヒトから直接採取した検体の検査を補完する役割、2) は介入の評価、例えば、病院、高齢者介護施設など感染者居住エリアと非感染者居住エリアに独立したトイレ等の汚水処理設備が設置されている場合のゾーニング評価に用いることができる。3) は生活中心の施設であるならば、不顕性感染者の存在について利用者に対する注意喚起に使うことができる。

なお、施設排水調査の手法については様々な取り組みが国内外で研究報告されており、標準的な手法は確立されていない状況である。今後も施設の規模や種類に応じた調査手法についての知見の蓄積が必要である。

---

<sup>1</sup>特定の用途に使用される相当以上の規模を有する建築物。興行場、百貨店、集会場、図書館、博物館、美術館、遊技場、店舗、事務所、学校(研修所を含む。)、旅館

<sup>2</sup>感染者がいる区域と、いない区域について分け、人の動線が交差しないようにすること

## 2. 施設別の排水調査について

---

施設排水は、下水処理場で採取される下水検体と比較して、様々な生活・工業排水や雨水による希釈の影響が抑えられるため、下水処理場由来の検体よりも比較的高濃度のウイルスゲノム検出が期待される。各施設の排水設備や排水の管理は、関連する法規等に基づき行われているため、施設排水調査の実施にあたっては、事前に施設管理等の関係者間で調査目的を明確にし、目的に応じた計画を策定することが適当である。対象とする施設は次のような施設が想定される。

### 2.1 高齢者介護施設

高齢者介護施設の種類(民間、公的)、提供するサービスの種類、入居者、職員の人数により、持ち込まれるリスクを想定した採水頻度、採水場所を考慮する。排水調査の意義は利用者、職員の感染状況の把握と早期の介入目的が想定される。

関連法規の例:「特別養護老人ホームの設備運営に関する基準」(H11.03.31 厚生省令 46 号)  
「介護老人保健施設の人員、施設及び設備並びに運営に関する基準」(H11.03.31 厚生省令第 40 号)  
「介護医療院の人員、施設及び設備並びに運営に関する基準」(H30.01.18 厚生労働省令第 5 号)

### 2.2 医療施設

多くの医療施設の場合、排水は消毒後、公共下水道に排出される。施設排水には入院患者の他、外来患者、医療従事者、病院職員、業者など多人数の人由来のウイルスが排出されている可能性がある。このため医療施設における排水調査の目的は院内感染を防止すべく、施設内の汚染区と清浄区のゾーニングの評価等が想定される。

一般的に病院の施設管理においては、排水設備管理業者が担っているため、排水調査を実施する際には当該業者と良く調整を行う必要がある。

関連法規の例:医療法、廃棄物処理法、水質汚濁防止法

### 2.3 特定建築物(学校等)

多数の者が利用するホール、百貨店、学校、ホテル、オフィスビル等、特定の利用目的で建設された、比較的大規模な建築物も調査対象として考えられる。大学寮を対象とした排水調査は米国等で調査事例がある。特定建築物の所有者等は法令にもとづき排水設備の維持点検が求められている。不特定多数の者が出入りする特定建築物における排水調査の意義は、感染者の特定よりも、感染者が存在する可能性を施設に出入りする者に対して注意喚起し、個人の感染予防等を喚起することなどが想定される。

関連法規の例:「建築物における衛生的環境の確保に関する法律」昭和 45 年法律第 20 号  
「清掃作業及び清掃用機械器具の維持管理の方法等に係る基準」(H14.03.26 告示 117 号)

### 3. 調査実施計画の策定

---

施設排水調査は、採水作業、検体輸送、検査の3つのプロセスに大別できる。調査実施にあたっては、その実施内容や手法等を定めた実施計画を策定することが望ましい。調査の全プロセスを施設の管理者が自ら実施する場合や、検査や採水作業等の一部プロセスを外部委託する場合が想定される。このため、調査計画策定時には、業務分担など十分な調整が必要である。

調査計画策定には以下のような項目が想定され、状況に応じた計画を策定することが望ましい。各項目の計画策定にあたっての留意点を次章以降に示す。

- 採水方法・場所(4.1)
- 検体の輸送(4.2)
- バイオセーフティ(4.3)
- 排水調査の限界点(4.4)
- 排水調査費用の内容と比較(4.5)
- 調査事例(4.6)
- 検出方法の指定(4.7)
- 信頼性の確保(4.8)
- 結果の解釈(4.9)
- 検出時対応(4.10)

## 4. 調査実施計画項目の留意点

---

本章では、調査実施計画の項目ごとに留意すべき点を示す。

### 4.1 採水方法・場所

#### 4.1.1 採水方法

採水方法は、Grabサンプリングとトラップ(パッシブ)サンプリングに大別される。

##### (1) Grabサンプリング(Grab法)

Grabサンプリングは、プラスチック製のバケツや柄杓を使って排水を採水するため比較的容易な採水法である。1日のうち、特定の時刻に排水を採水するため、採水のタイミングと容量を適切に選定する必要がある。

##### (2) トラップ(パッシブ)サンプリング(トラップ法あるいはパッシブ法)

特定の時刻で採水を行うGrabサンプリングに比べ、トラップ(パッシブ)法は採水器具を、数時間から最大2日を目安に排水管に設置し、ウイルスを吸着・回収するため包括的にウイルスを検知することが可能である。ただし結果は定性的(新型コロナウイルスの濃度は得られないが、有り無し判定が可能)になることに留意する。

屋外排水管にはトイレ等の使用のたびに排水が流れるため、少量の排水が汚水桝(インバート桝)<sup>3</sup>の底にたまっている状態である。このため、ピストン式の採水用具、柄杓等を用いたGrabサンプリングでの採水は困難である。また入浴等の大量の雑排水により、トイレ由来の排水が希釈されてしまう可能性がある。よって脱脂綿等を一定時間(一晚)浸し、排水を吸着回収する方法が効果的である。なお、トラップサンプリングは、調査ごとに排水の容量が変化するためウイルス吸着の変動が大きく、時系列の調査結果の比較には向かない。

#### 4.1.2 採水地点の検討(排水の配管、汚水桝の蓋、マンホールの形状確認)

採水地点の選定は調査の結果に大きな影響を与えるため、建築物の排水設備(排水管、雑排水管)の仕組みを把握しておく必要がある。小規模な建築物ではトイレ由来の排水と、洗濯、キッチン等からの雑排水が地下で接続し、汚水桝を経て公共下水道に排出される。ビル等の比較的大規模な建築物の場合は、地下に汚水槽と雑排水槽が分かれて設置されており、各々ポンプでくみ上げ、私設の汚水桝を経て公共下水道へ排出される。したがって、建築物の図面をもとに排水設備の維持管理事業者から話を聞く等、事前の確認が望ましい。

採水地点となる汚水槽や屋外の汚水桝には、様々な形状の汚水蓋やマンホールが点検口に使用されている。用いられる汚水蓋やマンホールの形状の違い、汚水槽や汚水桝の構造の違いにより採水方式

---

<sup>3</sup>桝の底に配管と同型の溝を切った桝のこと。管の詰まりを避け清掃や点検のために敷地内の要所に設置されている。

(グラブサンプリング等)の選定、点検口開閉時に用いる工具(マンホールリフター等)、採水器具、マンパワー(作業時間、作業に必要な人員数)等の点を考慮して調査計画を策定する。このため調査計画の検討に当たっては、事前に施設の現場を確認することが望ましい。

また、調査実施前に採水地点に接続する排水の大まかな水量、トイレを利用する施設内の人数を明らかにしておくことが望ましい。これらの情報は新型コロナウイルス検査時の検出下限を検討する時の基礎データとなる。

本章では採水地点の選定時の留意点を排水の配管と汚水蓋の形状の違いで以下のように分類した。

#### ■補足事項:分流式、合流式について

排水の排除方式の種類であり、排水及び雑排水と雨水を分けて管渠系統に排除するのが分流式、同一の管渠系統で排除するのが合流式と呼ばれる。

### (1) 汚水槽のマンホールの場合

トイレ排水のみが排水管から地下に設置された汚水槽を経て最終的に公共下水道に接続している場合である。雑排水槽と別になっており、それぞれの排水管が異なる。糞便由来のウイルスの回収に最も適したマンホールである。

(例)オフィスビル、マンション等の比較的大きな建築物

### (2) トイレ排水管と雑排水管が接続している場合

トイレ排水管と台所排水や浴場排水等の雑排水管が接続して公共下水道に排水する場合である。様々な規模の建築物で見られ、排水管が接続する汚水桝の汚水蓋やマンホールは様々な形状がある。台所排水や浴室洗浄排水に含まれる洗剤及び物質は、ウイルス検査に影響を与える可能性があり、また、PCR検査の阻害要因となるおそれがあるため事前に混入物質の調査を行うことが望ましい。また地下に敷設された排水管には、トイレ由来の排水と雑排水が接続するが、可能な限り雑排水の影響を受けない汚水桝で採水することが望ましい。

(例)小規模の高齢者介護施設等

### (3) 次亜塩素酸接触等の消毒が行われているマンホールの場合

医療施設の排水設備では公共下水道に排水する前に消毒が行われる。用いられる次亜塩素酸ナトリウム等は、その濃度と接触時間によってウイルスの感染価の減少、不活化効果が認められている。このため、次亜塩素酸処理前の排水を採水することが重要である。

(例)医療施設

### (4) 浄化槽が設置されている場合

浄化槽内で処理が進むとウイルスの存在状態が変化し、正しい測定結果が得られなくなる恐れがあるため、施設の排水管から浄化槽へ流入した直後の処理前の排水を採水する。特に消毒槽を持つ場合は、偽陰性の結果を生じる可能性があるため、消毒槽からの採水は行わないように注意する。



## 参考1 人数規模に関する考察

2020年10月から12月にかけて、グラブサンプリング(毎朝、1L施設排水を週5日採水)により高齢者施設の施設排水を調査したスペインの事例では、103~115人規模の5施設において、施設排水からウイルスが検出され、その前後の日において顕性又は不顕性感染者が確認されたと報告\*されている。感染者数が既知の施設排水を調査対象とする場合、何人がその排水管を利用しているかをあらかじめ調べることが重要である。例えば施設内の感染者が1名である場合、感染者以外も施設の水を使用することから、排水中のウイルス濃度は相対的に低くなり、PCR検査にて陽性反応を得ることができなくなる可能性がある。このため採水容量、採水法(グラブ、トラップ)の違いによる感染者数の検出限界に留意して調査を設計する必要がある。

\* Davó L, Seguí R, Botija P, et al. Early detection of SARS-CoV-2 infection cases or outbreaks at nursing homes by targeted wastewater tracking. Clin Microbiol Infect. 2021;27(7):1061-1063. doi:10.1016/j.cmi.2021.02.003

## 参考2 市中マンホールでの適用性についての考察

公共下水道のマンホールは、施設マンホールに比べて大量の下水が流れている。またこれらのマンホールでの採水作業は酸欠や硫化水素等の有毒ガスによる人身事故等が発生する可能性がある。このため労働安全衛生法において酸素欠乏危険場所に指定されており、酸素欠乏等防止規則に基づいた資格者による管理監督のもとでの採水作業が必要となる。さらに、公道上での作業が主となるため、道路使用許可等の各種申請が必要となる。採水にはグラブサンプリング、トラップサンプリングの両方の適用が可能と考えられるが、調査の目的に応じて適切な採水法を選択する。なお、トラップサンプリングを用いる場合、公共下水道のマンホールの流速が高い場合には、サンプラーが流れる恐れがあるため注意を要する。

### 4.1.3 採水頻度・時間、採水量の決定

施設排水の場合、施設利用者や居住者の生活サイクルに合わせた調査をデザインする必要がある。即ち雑排水(キッチン、浴槽)が排水されるタイミングを考慮して採水頻度・採水時間帯を設定することが望ましい。

理想的には採水頻度を増やすことで生活サイクルの中の排水に含まれる糞便量の変動バイアスの影響を小さくできるが、調査コストが増大する要因となる。

採水量は、施設利用者数と検出下限値との関係を考慮し設定する。下水処理場では定量値を得る場合、比較的大容量(200~500ml)が必要となるが、施設排水の場合、グラブ、トラップ(パッシブ)法とも採水できる容量は少ない。採水量(~100ml)が少なくなると、検体処理は容易になるが検出下限値が大きくなるため定性的(排水中のウイルスゲノム断片有無の判定)な調査目的が適当である。

### 4.1.4 人員の確保、養成

採水作業については、施設管理者自らが行う場合、調査一式を行う外部の調査実施機関(事業者)が実施する場合、採水作業のみ別の外部事業者に委託する場合が想定される。

### **(1) 施設管理者自ら採水作業を行う場合、外部の調査実施機関が実施する場合**

建築物の構造やマンホールの開閉作業のワークロード等を確認の上、採水作業時の安全対策、役割分担(採水と検体の収容等)を考慮して人員を確保する必要がある。採水作業は1カ所あたり2名以上で実施することが望ましい。特定建築物、病院等の採水作業にはマンホールリフター等の専用工具を用いることが想定され、汚水槽の構造、維持管理、排水についての専門知識に加えバイオセーフティの知識が必要となる。

### **(2) 採水作業のみ外部事業者に委託する場合**

採水作業のみ外部事業者へ委託する場合、採水作業の実績を有する調査実施機関と同等以上の知識、実績を有することを確認し、必要に応じて教育を行うことで、適切な対応が可能となる。

## **4.2 検体の輸送**

### **4.2.1 検体の不活化処理**

採水した検体は、輸送及び操作中のバイオハザード対策のためウイルスを不活化して輸送する場合と不活化せず輸送する場合がある。

検体の不活化の有無に関わらず容器からの検体の漏洩、採水時に容器表面に付着した排水・汚物による汚染への対応が必要である。

不活化においては、熱処理や界面活性剤を用いた処理方法が報告されている。熱処理ではゲノム量の減少、また、界面活性剤の使用では種類や濃度によって不活化の効果が認められないケースもあることに留意が必要である。

### **4.2.2 検体の輸送法**

検体の採水場所から検査する場所まで、安全に効率よく、検体を輸送しなければならない。輸送に係る人や物流に関連するあらゆるものに漏洩して、汚染が広範囲に拡散しないように留意しなければならない。輸送の方法に応じた留意事項を以降に示す。

また、排水中のウイルス遺伝子は常温保存では減衰すると報告されているため、採水した検体は、採水後24時間以内に分析に供する場合には氷上、または冷蔵庫にて保存・輸送する。それ以降に分析を行う場合は冷凍保存を行う。

#### **(1) 検体の漏洩防止**

容器の蓋が確実に締まっていることを確認し、搬送用のケース内に蓋を上にして入れ、急ブレーキ等の衝撃で容器が転倒しないように緩衝材等により固定し、漏洩の防止を図ることに留意する。

教育を受けた者が検体を梱包する。排水を直接入れる 1 次容器、1 次容器を密閉する 2 次容器、輸送中の衝撃等から 2 次容器を保護する 3 次容器の 3 重包装<sup>4</sup>を基本とする。なお、ドライアイス等は 2 次容器の外側で、外装容器の中に入れ、保冷剤等へ付着する水滴が漏れないよう密閉性のある容器に入れる。

## (2) 宅配便を利用して輸送する場合

検査室までの検体の輸送について、公用車や社有車等の自動車の利用が第一選択となるが、採水場所が検査室から遠方の場合、貨物自動車運送事業者(宅配便)に依頼することになる。

検体の発送に際しては、通常の下水検体と同様に、宅配便を利用することが可能である。しかしながら、新型コロナウイルスの有無の検査が目的の検体であり、検体にウイルスが含まれる可能性を念頭に、「漏れない梱包」、「容器表面を汚染しない」、「万一のことを考える」、「ルールを守る」の原則に基づき、検体の漏洩及び感染拡大を防止する措置に留意が必要である。また、宅配便において、梱包の誤りによる事故等の責任は荷送人にあり、不適正な事例が発生した場合には、宅配便システムの利用全体に影響を及ぼすことに留意が必要である。

## (3) 病原体輸送専用業者に依頼して輸送する場合

本ガイダンスが対象としている新型コロナウイルスについて、カテゴリ B<sup>5</sup>に分類される病原体の取扱い可能な輸送業者へ、検体の輸送を依頼することも可能である。

これら輸送専用業者での運搬では、即日の配送に対応し、荷物の管理を個別に行う等のメリットがある。一方で、荷物の受け渡し方法、トラック、鉄道、飛行機の利用等の輸送方法に応じて、運送費が異なり、数万円～十数万円、二十万円を超えるケースもある。

輸送専用業者と、検体の内容、包装方法、費用、検体の受渡と受取の日時と場所について、都度、十分に打合せを行うことが必要である。

## 4.3 バイオセーフティ

作業中、周囲の者、施設外のすべての人が安全でなければならない。下水の曝露により人が新型コロナウイルスに感染した事象は、現在のところ報告されていないが、本ガイダンスで対象としている施設排水は、排出源に近いこと、バイオセーフティへの適切な配慮が必要である。

採水方法や採水器具の使用法の不備による容器の汚染や破損、汚染された手を介した接触感染、ルールの逸脱等によって、感染のリスクが増大する。

採水作業時には、通常の下水を取扱う際と同様の保護具の装着に加えて、作業後の手洗いや消毒を

<sup>4</sup>病原体等の輸送を安全に行うための基本的な包装の方法であり、1 次容器(病原体等を入れるための強固な防漏性容器)、2 次容器(1 次容器を入れるための防漏性かつ気密性の高い容器)、3 次容器(2 次容器を入れて輸送時の衝撃から保護する壊れにくい容器)を用いて包装する。

<sup>5</sup>世界保健機構(WHO)の「感染性物質の輸送規制に関するガイダンス」においてカテゴリ A の基準に該当しない感染性物質。カテゴリ A とは、その物質への曝露によって、健康なヒトに恒久的な障害や生命を脅かすような、あるいは致死的な疾病を引き起こす可能性のある状態で輸送される感染性物質。

行う。また、周囲に対して目立つ装備の場合、周辺住民に不要な不安を与えてしまうことに留意し、必要に応じて、事前に周辺住民へ説明すること等を検討する。

排水を採水場所に漏洩し、それを放置することは、通行人、居住者、従業員等に感染リスクが生じるため、採水場所において、排水の漏洩防止対策も必要である。

採水作業によって本来存在しないところへ排水を漏洩し、感染リスクを増大させないように採水に使用した器具を採水場所にて洗浄し、移動時に作業員、車両及びその他機器等へ汚染を拡大させない等の配慮が必要である。

#### 4.4 排水調査の限界点

海外の研究報告では、集団が同一空間を一定時間以上共有する施設(大学寮、介護施設等)において、約 100 人中 1 名(週 1 回から複数回の採水頻度)の感染者がウイルスを排出している場合において、下水からのウイルスの検出事例が報告されているが、対象人数及び調査頻度とも標準的な調査手法が確立されているわけではない。

施設内感染者の有無を検知可能かどうかは、調査の方法(PCRの方法、採水量、採水頻度等)、施設利用人数、施設の種類(特定建築物、高齢者介護施設の別など)にも影響されることから、調査計画時に慎重に検討する必要がある。

糞便が直接あるいは間接的に排水管に排泄されるかどうかにより、糞便量が異なることが下水中のウイルス量に影響を与える。なお、一部の要介護度の高い入居者がいる高齢者介護施設では、おむつ等の対応が行われるため排水中に流れ込まない場合も想定される。一方ホテルなど特定建築物においては利用者がトイレで排泄するため、直接汚水槽に流れ込むと考えられる。

理想的には採水頻度を増やすことで生活サイクルの中の排水に含まれる糞便量の変動バイアスの影響を小さくでき、採水量を増やすことで検出下限値を引き下げることができる。しかしいずれも調査コストが増大する要因となる。

施設排水中の感染者由来のウイルスは、糞便中のウイルス量の変動以外にも様々な要因により分解希釈され、検出結果に影響を与える可能性(偽陰性)がある(例 洗剤、アルコール等の有機溶媒、排出時期、施設内における入浴等の雑排水の影響)。

また糞便中へのウイルス排出期間は鼻咽頭ぬぐいより長いことが知られており、施設利用者の中に過去に感染の履歴がある者がいる場合は、調査排水からその人由来のウイルスが検出される可能性がある。このため計画策定時には施設利用者の感染履歴の情報と組み合わせた排水とヒトの検査計画を策定することが望ましい。

集団が同一空間を一定時間以上共有する施設ではない、不特定多数の人間が利用する施設の場合については、上記の点がより不確実となるため、計画する排水調査が、その目的(アラートの発出等)を達成することが技術的に可能であるかについて、計画策定段階において十分に留意する。

#### 4.5 排水調査費用の内容と比較

## (1) 排水調査費用の構成

施設排水調査に関わる費用は1)採水作業、2)輸送、3)検査に大別される。

採水作業に関わる労力は、マンホールの形状や排水設備の構造(汚水槽、汚水枡の設置場所や構造)により大きく異なるため、外部委託する場合は、受託者と調査内容について十分に相談することが望ましい(例えば、採水作業を外部委託する場合は、～20万円程度/採水作業毎の費用が発生する可能性がある)。

輸送に関しては調査実施機関が独自に採水・運搬する場合は、その費用を要さないが、専用業者、或は宅配便を利用する場合は、別途その費用を考慮する。

検査に関しては、排水調査の場合、そのプロセスは検体処理(濃縮、核酸抽出工程)、及び検出(リアルタイム PCR)に大別される。これらの検体処理法、検出法は様々な手法が存在しており費用が異なる。また検査の信頼性確保のためにプロセスコントロールを測定する場合は PCR 検査を追加する必要がある。

## (2) 臨床検査との比較

臨床検体を用いた検査の行程は1)検体採取、2)輸送、3)検査に大別され、自費検査(含む POCT: 臨床現場即時検査)、行政検査の別により、各々選択肢が存在し、結果判明の時間、感度が異なる。

施設排水調査、臨床検査とも偽陰性の結果を得る可能性があるため、両方の検査を組み合わせることが望ましい。

## 4.6 調査事例

### (1) 事例1(令和3年11月時点)

PCR 法による施設排水調査に要する費用は、民間事業者が実施するサービスを例にすると、7万円/検体とされており、これに施設ごとに異なる採水作業費用が加算される。1施設あたりの採水作業費用を15万円/回、唾液等の臨床検体を用いた PCR 自費検査費用を1万円/検体と仮定すると、1回(1検体)の施設排水調査は、22人相当の臨床検査費用に相当する。施設排水は前述の海外の報告事例も含め、経験上、約100人中1人の感染者を特定できる可能性があるため、施設排水調査の対象人数が23人を超える場合は、排水調査のほうが安価となる。また、施設排水調査では、対象者(施設利用者)から唾液等の生体試料を収集する必要がないため施設管理者の負担、施設利用者の負担が少ない点も特徴である。海外での事例においても、施設排水を用いた新型コロナウイルス検査は費用対効果が高い事が報告されている。

実際には、施設ごとに採水作業の困難さが異なるため採水作業費用が変動することから、臨床検査と施設排水調査の費用対効果については施設ごとに判断する必要がある。

### (2) 事例2(令和3年11月時点)

施設排水における新型コロナウイルスの検査の費用については 5.5 万円/検体である。検査の 1 ロット内の検体数によって、単価が変動するケースもあるため、調査実施機関との日程調整、または、他の施設と相談して日程を合わせて実施することにも考慮する。採水作業では、調査実施機関の検査室から近傍であれば 4 万円/施設/検体である。

臨床検査(PCR 法による)が 1.2 万円/検体であり、8 人以上がトイレを利用する施設であれば、唾液による検査よりも、費用的なメリットが生じる。唾液検査では個人の感染状況の判別が可能、排水調査では集団を一度に評価出来る、身体的負担がない、定期的にモニタリングが出来る等、特性がある。

## 4.7 検出方法の指定(検出方法)

排水中の新型コロナウイルス検出には様々な手法が提案されているが、ウイルスゲノム領域の一部分を対象として検出する点で共通している。排水に含まれる物質や、温度の影響を受け、排水中のウイルスは壊れやすいため、複数の領域(2 或は 3 領域)を標的とした検査を行うことで偽陰性を防げる可能性がある。同時に信頼性確保のための検査(例 トウガラシ微斑ウイルス<sup>6</sup>の測定)を行うことが重要である。

## 4.8 信頼性の確保

施設排水調査結果に与える要因はいくつか考えられるが、排水の特性(水温)と測定系について記載する。

### (1) 温度

排水中のウイルス遺伝子は常温保存では減衰すると報告されているため、採水作業後の輸送は冷凍が望ましい。検査室や検査機関では速やかに検体を処理し、温度によるウイルスの減衰の影響を最小限にすることが必要である。長期保存が必要な場合は、 $-20^{\circ}\text{C}$ 以下、可能な限り $-75^{\circ}\text{C}$ 以下で凍結保存する。

### (2) 測定系

下水からのウイルス核酸抽出法、リアルタイム PCR法による新型コロナウイルスのゲノム検出には様々な手法が報告されており、施設排水調査においても、新型コロナウイルスゲノム検出用の商用キットを用いて、検査することが想定される。この場合、商用キットによる測定結果の妥当性を評価するため、検査室は添加試験による濃縮効率の測定や、核酸検出系に対する定期的な外部精度調査に参加することが望ましい。また、グラブサンプルまたはトラップ(パッシブ)サンプルにおける定量下限値、検出下限値を設定する。

### (3) プロセスコントロール等による測定系の妥当性評価

---

<sup>6</sup>PMMoV(Pepper mild mottle virus)。ピーマン・トウガラシ類やタバコに感染する 300nm の棒状のノンエンベロープウイルス。葉や果実に不明瞭なモザイク斑や退緑症状を生じる「モザイク病」になる。糞便中に多く含まれる。

排水は一定のコンディションでないため、測定結果が大きく変動することが一般的である。このため抽出－測定系の妥当性評価試験を同時に実施することが望ましい(例 野菜に含まれ糞便を通じて下水中に多く検出されるトウガラシ微斑ウイルス(PMMoV)をプロセスコントロールとして測定することが広く用いられている)。また濃縮操作における回収率を評価することを推奨する(例 φ6<sup>7</sup>等の代理ウイルスを用いた回収試験)。

## 4.9 結果の解釈

施設排水調査では、感染者の有無の早期探知につなげることを目的とする場合、必ずしもウイルスの濃度を必要とせず、定性的な結果(陽性/陰性)により評価を行い、感染者を特定するための検査(臨床材料による検査等)を速やかに実施することが適当と考えられる。これは新型コロナウイルス感染者のすべてが糞便中にウイルスを排出するわけではないこと、また発症日からの経過日数ごとに糞便中のウイルス濃度は異なることが報告されていることから、施設内の感染者数が少ない場合は、ウイルス量も相対的に少なくなり、日ごと変動が大きくなる可能性があるため、測定時の採水量から算出された検出下限値と比較して結果を判断することが必要である。

## 4.10 検出時対応

施設排水からウイルスを検出した場合の対応について、関係者とも協議の上、予め計画に明記しておく。計画作成時には、施設の利用者(一次利用者を含む)、入居者及び職員の感染履歴も考慮した結果の解釈、及びその対応を記載する。また、4.9に記載しているとおり、すべての感染者が糞便中にウイルスを排出しないこと、調査手法ごとに基づいた検出下限値で判定されること等に留意した結果の解釈及び対応を実施することが重要である。

---

<sup>7</sup>エンベロープウイルスであり、新型コロナウイルスに構造が類似した二重鎖 RNA バクテリオファージ。グラム陰性菌 *Pseudomonas phaseolicola* を宿主とし、25℃を最適温度として感染、増殖する。

## 参考資料

---

- 厚生労働省, 2021. 厚生労働科学研究成果データベース. 令和2年度厚生労働科学研究費補助金「環境水を用いた新型コロナウイルス監視体制を構築するための研究」. <https://mhlw-grants.niph.go.jp/project/148380> (2021年10月時点)
- 「介護現場における感染対策の手引き(第2版)」<https://www.mhlw.go.jp/content/12300000/000814179.pdf>
- 国土交通省 下水道施設の構成と下水の排除方式 <https://www.mlit.go.jp/crd/sewerage/shikumi/kousei-haijo.html>
- World Health Organization. (2003). Guidelines for environmental surveillance of poliovirus circulation. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/67854>
- 厚生労働省医薬・生活衛生局生活衛生課、建築物衛生のページ <https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000132645.html>
- 厚生労働省健康局生活衛生課建築物環境衛生維持管理要領等検討委員会建築物における維持管理マニュアル 平成20年1月 <https://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/seikatsu-eisei09/pdf/03a.pdf>
- 国土交通省下水道部 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, [https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewerage/mizukokudo\\_sewerage\\_tk\\_000708.html](https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewerage/mizukokudo_sewerage_tk_000708.html)
- USCDC National Wastewater Surveillance System(NWSS) <https://www.cdc.gov/healthywater/surveillance/wastewater-surveillance/wastewater-surveillance.html>
- Davó L, Seguí R, Botija P, et al. Early detection of SARS-CoV-2 infection cases or outbreaks at nursing homes by targeted wastewater tracking. Clin Microbiol Infect. 2021;27(7):1061-1063. doi:10.1016/j.cmi.2021.02.003
- Liu P, Ibaraki M, VanTassell J, et al. A sensitive, simple, and low-cost method for COVID-19 wastewater surveillance at an institutional level The Science of the Total Environment. 2021 Oct. PMID: PMC8522675. (in press)