

資料5

(3) 水処理過程から排出される N_2O の
調査マニュアル(案)の整理状況について

水処理から排出されるN₂Oの課題と目的

(1) 変動が大きく実態調査が進まない

N₂O排出量は時間変動，季節変動，処理場ごとの変動，採取場所による変動が大きく，正確な実態把握のためには各処理場における丁寧な調査が必要
また，調査方法の公定法が存在しない

→調査方法を取りまとめ簡易化・標準化しマニュアル（案）として公表することで，自治体等が調査を進められる環境を整える

→**今年度エネルギー分科会での審議事項**

(2) N₂Oの排出係数が実態と乖離

現状はN₂O排出係数を用いて各処理場のN₂O排出量を推定しているが，流入下水の水質や運転方式による違いが反映されておらず，実際の排出量と推定値が乖離している可能性

→(1)のマニュアル（案）を元に自治体等でN₂O排出量を調査し，これまでの調査も含めた調査結果から排出係数の改定を提案する

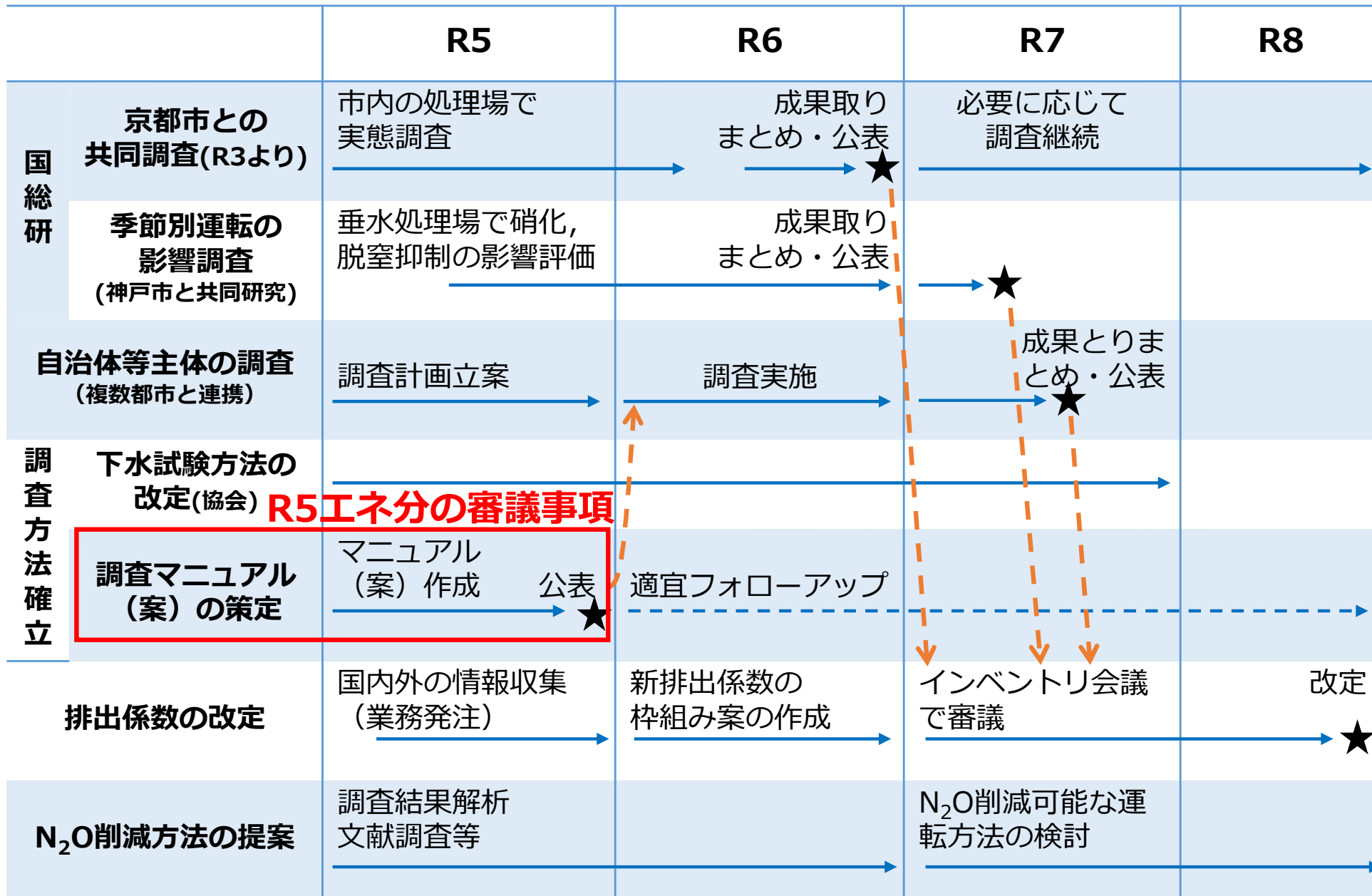
→R7年度インベントリ会議を目標

(3) ここ20年間排出量を削減できていない

N₂Oの排出対策が示されておらず排出量は横ばいで推移している

→(1),(2)の検討を元にN₂O排出量の削減方法を提案する

N₂Oに関する調査等実施予定



N₂O調査マニュアル（案）作成スケジュール

- 9月4日 : 第1回エネルギー分科会（マニュアル（案）作成の確認）
- 10月5~6日 : 有識者の先生（3名）へ意見聴取
- **本日の報告内容**
- 12月14日 : 第2回エネルギー分科会（本日）
- 12月中 : マニュアル（案）の作成（文章化）
- 1月前半まで : 有識者の先生へ意見聴取（第2回）
- 1月26日 : 第3回エネルギー分科会（マニュアル（案）公表可否審議）
- 2月中 : マニュアル（案）の公表
- 自治体等へ説明，調査の準備

N₂O調査マニュアル（案）の目次

第1章 はじめに

- 1.1 背景
- 1.2 本調査マニュアルの目的

第2章 調査方法の決定

- 2.1 調査方法の一覧
- 2.2 各処理場に適した調査方法の考え方

第3章 調査方法

- 3.1 ①排気ダクトにおける連続モニタリング
- 3.2 ②排気ダクトからの定期サンプリング
- 3.3 ③反応槽における連続モニタリング
- 3.4 ④反応槽における定期サンプリング

第4章 機器の仕様と分析方法

- 4.1 N₂O自動測定機の仕様と使用方法
- 4.2 ガスクロマトグラフによるN₂O分析方法

第5章 排出係数の算出方法

- 5.1 N₂O測定値からの排出係数算出方法
- 5.2 調査方法および期間に応じた安全率の設定

<参考> 溶存態N₂Oの分析方法

意見聴取の結果報告

1. マニュアル（案）作成の意義について

- 温対法により、水処理 N_2O の排出係数は処理方式によらず $160 \text{ mg-N}_2\text{O/m}^3$ と設定
→より実態に即した排出係数として、環境省・国交省マニュアルが策定
(処理方式ごと、例：標準法は $142 \text{ mg-N}_2\text{O/m}^3$)
→なお、実測した場合はその実測値を排出係数とすることができるとされる
本マニュアル（案）は、その実測方法を提示するもの
- 現状、日本で水処理 N_2O の調査方法に関する公定法が存在しないため、エネルギー分科会で（国主導で）公定法に代わる調査マニュアル（案）を作成する
- 今回作成する調査マニュアル（案）は、**自治体等が活用できるように**作成する
↓
正確な調査結果を得られることを前提として、
多くの自治体等が調査できるように**可能な範囲で簡便性を確保**する
- N_2O の排出係数をより実態に合わせたい自治体等がマニュアル（案）に沿って調査をした場合に、**調査結果を N_2O 排出係数の実測値として公表できる**ようにする
(自治体等が独自に調査した結果でなく国や有識者のお墨付きがある公表結果となる)

以上について、異論が無い事を確認した

2. 調査方法の分類と優先順位について

- 本マニュアル（案）で定めるN₂O調査方法は以下4種類（詳細は19～22ページ）
 - ①排気ダクトにおける連続モニタリング
 - ②排気ダクトからの定期サンプリング
 - ③反応槽における連続モニタリング
 - ④反応槽における定期サンプリング
- より正確な結果を得るという観点から，①→④の順で実施可能か検討する
（排気ダクト＞反応槽，連続モニタリング＞定期サンプリング）
- N₂Oの排出は曝気槽からが主なので，初沈，終沈，嫌気槽は調査の負担軽減のため調査対象外とし，これまでの測定結果からの平均値を一定量加算することとする
なお，初沈，終沈，嫌気槽における調査方法は参考として記載する

以上について，異論が無い事を確認した

ただし，④については①～③と比較して結果の正確性が劣る可能性があるため，①～③を実施できないか検討した上で難しい場合に実施することとする
また④の調査結果の妥当性については継続して評価し，調査方法は随時更新していく

3. 調査時期について

- N₂Oの排出量が季節別に変化する点を考慮し、
年間で4回（春・夏・秋・冬）以上調査を実施することを基本とする
ただし、調査主体側の都合により春の調査が困難な場合は、
年間3回（夏・秋・冬）でも可とする
- 複数回の調査結果の平均値を年間の値とする
- 定期サンプリングの場合は降雨の影響がある日を避ける
連続モニタリングの場合は調査期間中に降雨があってもデータを除外しない
- 工事等の予定がある期間はデータの代表性が確保できないので、調査を避ける

以上について、異論が無い事を確認した上で、下記の助言をいただいた

- 夏期の高水温期と冬期の低水温期はN₂O排出量が比較的安定しており春・秋の水温変動時にN₂O排出量の変動が大きいことを考慮し調査日を決定してはどうか
- 年間の平均値を算出する際には、水温等を参考に加重平均することが望ましい
(単純に春夏秋冬で季毎の平均ではなく、高水温期、低水温期、水温変動期のように)
→国総研の調査結果や自治体等へのヒアリング等を元に検討する

4. 連続モニタリングに使用する機器について

- 自動測定機は非分散形赤外線吸収法の機器を利用し、1～50ppmを定量可能なものとする
- **1回の調査につき、2週間以上連続**モニタリングすることが望ましい
- 自動測定機の使用には下記に留意する
 - 外部からの空気の混入に注意し、管内の結露対策を行って配管する
 - 適切にキャリブレーションを実施する
 - 測定期間中に定期点検を行う（2週間に1回以上を目安）
 - 測定値とガスクロ分析値との比較を行う（特に低濃度の場合）
 - CO₂等による測定結果への干渉を補正する
 - ダクトから空気導入の場合は、ダクト内の圧力を確認し吸引ポンプを使用する
 - 曝気を送風量と脱臭設備の吸引風量の関係に留意する
 - 風量計を用いるなどして、ダクト内の風量を確認する

以上について、異論が無い事を確認した

機器については農業分野で使用しているものもあるが、非常に高価となる
光音響式の機器もあるが、下水処理場での使用実績はない、と情報提供いただいた

5. 反応槽からの気体採取について

- ・ガス捕集方法については国総研が実施してきた仕様を基本とする
ただし、チューブ等の材質や内径等の詳細までは規定する必要はない
- ・ガスの採取は、可能であれば予め真空状態にしたバイアル瓶への採取が望ましい
難しい場合はガスバッグに採取し、採取後は紫外線が当たらないように留意する
- ・反応槽からの気体採取については、下記に留意する
 - 安全面を最優先とする
 - 捕集器が水面から離れ、外部の空気が入り込まないように留意する
 - 捕集器内の空気が完全に置換されてから採取する

以上について、異論が無い事を確認した

ガスの捕集方法については、水面にフロートを浮かせて採取する方法も候補の一つとした方が良くご意見いただいた

→マニュアル（案）に盛り込む予定

6. 気体採取の場所について

- ・排気ダクトから採取する場合は、**反応槽からの排気ガスが全て集まっている箇所であることを図面等により確認**するとともに、ガスが漏れている箇所（見学用で蓋が開放されているなど）が無いかを確認する
- ・反応槽から採取する場合は、**水流方向に3分割以上して各区間から採取**する
（反応槽の3地点以上から採取する）
1日に複数回サンプリングを実施するので、流下時間は考慮しなくて良い
- ・曝気槽からの採取は、**曝気装置の直上で気泡が出ている箇所**を採取地点とする
（スライド25参考）

以上について、異論が無い事を確認した

7. 試料の採取時間について

- ・ 連続モニタリングの場合は、**24時間継続して**N₂O濃度を測定する
- ・ 定期サンプリングの場合は、N₂O排出量の時間変動を考慮し、**最低でも3回/日、可能であれば6回/日のサンプリング**を行うこととする
(スライド26参考)

以上について、異論が無い事を確認した上で、以下のご意見をいただいた

- ・ 調査の正確性の観点から、**3回/日の場合は、0時、8時、16時のように8時間ごとの**採取が望ましい
- ・ 大規模処理場などでは年に数回通日試験を行っているはずなので、それに合わせて深夜帯のN₂O調査を行う方法もある
- ・ 一度深夜帯も含めN₂O排出量の時間変動パターンを押さえ、それを元に昼間のみの調査（例えば9時、13時、17時）結果の補正を行う方法もある
- ・ 流入の窒素負荷変動からN₂Oの時間変動を予測し補正をかける方法は困難

→それぞれ、マニュアル（案）に反映させる

8. ガスクロによるN₂O測定について

- ・ガスクロ分析方法については、下水試験方法に記載の通りであり、本マニュアル（案）で特段示す必要がある事項はない

以上について、異論が無い事を確認した

なお、N₂O測定用のカラムやキャリアガスについては、下水試験方法以外にもあるためそれらを使用しても問題ないのご意見いただいた

また、低濃度帯では非線形になる可能性に留意する必要があるのご意見いただいた

9. 排出係数の算出方法，変動係数について

- ・測定により得られた N_2O 濃度に曝気風量をかけて単位時間あたりの N_2O 排出量を算出
→ N_2O 排出量を処理水量で割って排出係数を算出
→複数回の算出結果の平均値を年間値とする
- ・ N_2O 調査が年に3～4回のみの実施であっても，
年間の変動や降雨等の影響を反映させるための変動係数は用いない
→現時点では根拠のある数値を示せないため
- ・1度 N_2O 排出係数を算出したら，運転方式や流入水質等が変更無いことを前提として，
3～4年程度継続して使用可能とするが，毎年度調査することが望ましい
なお，調査結果を過去に遡って適用することはしない
(基準年である2013年の N_2O 排出量は変更なし)

以上について，異論が無い事を確認した

10. 溶存態N₂Oについて

溶存態のN₂Oについては、本マニュアル（案）は自治体等での活用を想定しているため、現時点で処理場から排出されるGHGとして勘案されていない溶存態N₂Oの測定は任意とし、参考としての取り扱いとする

以上について、異論が無い事を確認した

なお、溶存態N₂Oや、そのほか窒素等の水質についても、単にN₂O排出量を把握するだけでなく排出量削減に向けた検討を行う上で重要なデータとなるため、積極的に分析してもらいたいというご意見をいただいた

→そのようにマニュアル（案）に記載する

調査マニュアル（案）の概要

調査方法の検討について

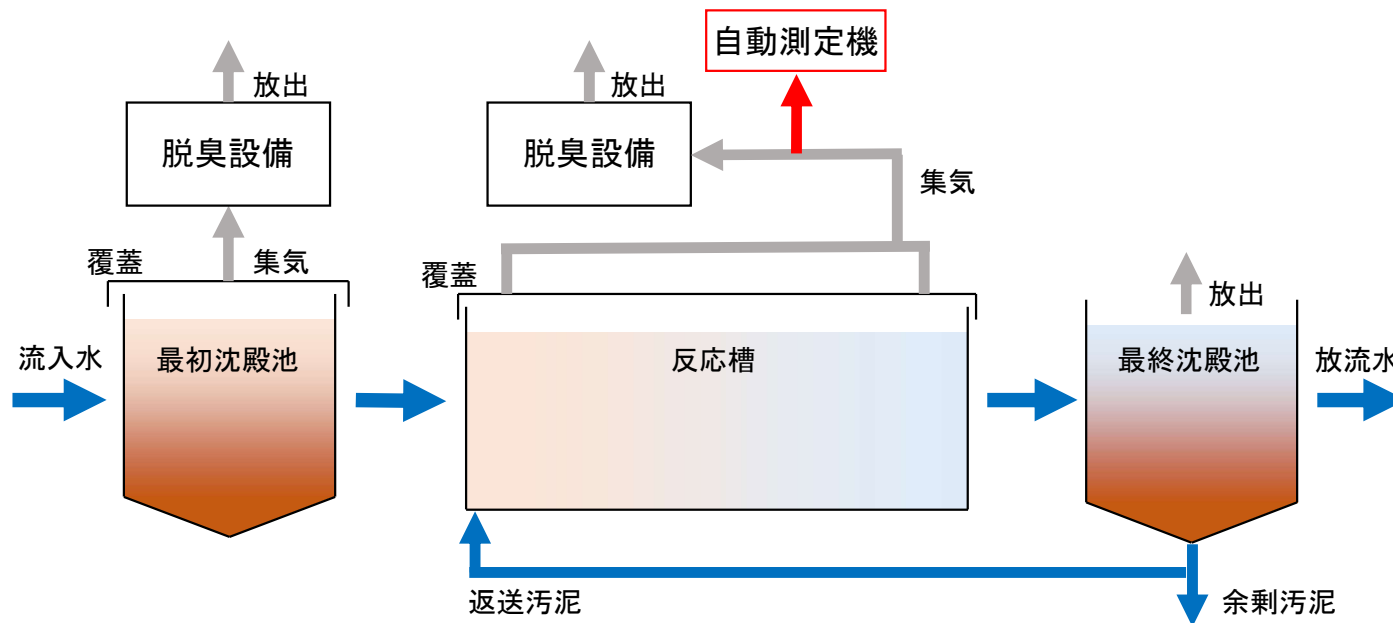
主な記載事項

- ・本マニュアル（案）で定めるN₂O調査方法は以下4種類とする
 - ①排気ダクトにおける連続モニタリング
 - ②排気ダクトからの定期サンプリング
 - ③反応槽における連続モニタリング
 - ④反応槽における定期サンプリング
- ・調査方法の検討の際は、反応槽が覆蓋となっており排気経路が整備されているか否か、連続モニタリングのための自動測定機を入手可能かどうかを検討し
 - ①→④の順に実施可否を検討する

① 排気ダクトにおける連続モニタリング

主な記載事項

- ・ 自動測定機は非分散形赤外線吸収法で1～50ppmを定量可能
- ・ 排気経路を図面等により確認し，結露対策を実施して設置する
- ・ 測定前のキャリブレーション，測定中の定期点検を実施する
- ・ 2週間以上の連続モニタリングを年間4回以上実施する
- ・ 得られた N_2O 濃度 × 排気ダクトの風量により N_2O 排出量を算出する

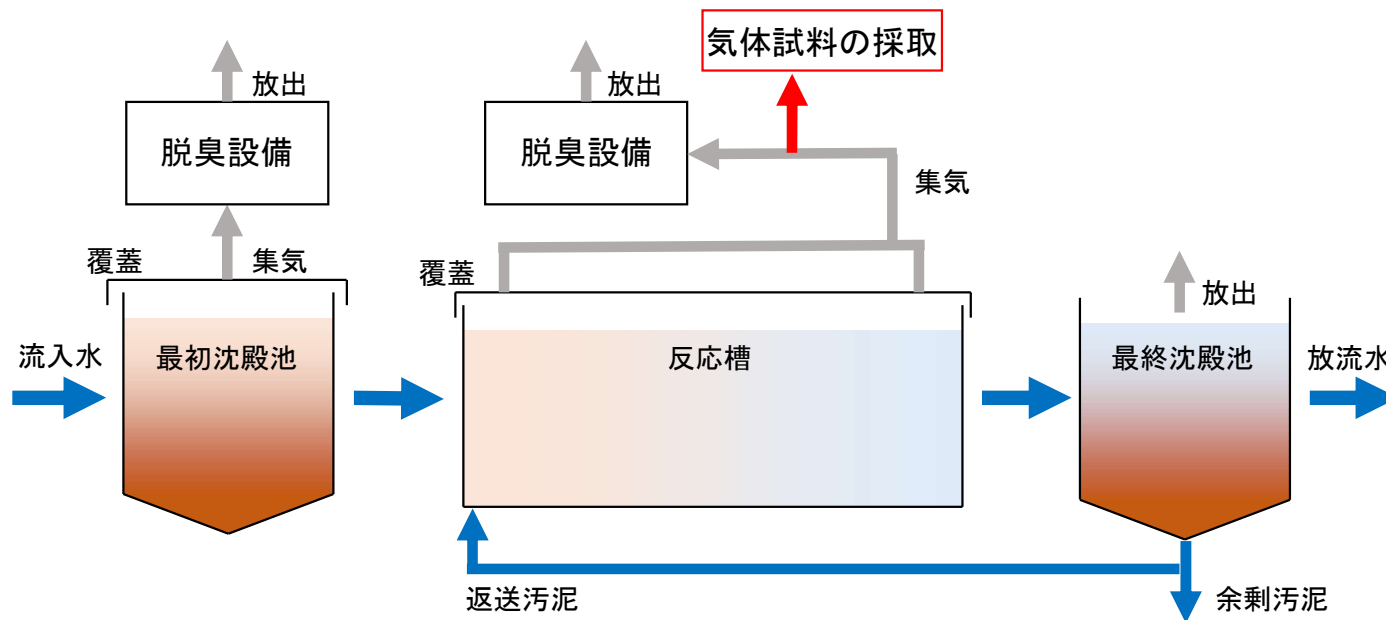


調査方法①のイメージ例

② 排気ダクトにおける定期サンプリング

主な記載事項

- ・ 排気経路を図面等により確認し，サンプリング地点を決定する
- ・ ガスの採取は真空状態にしたバイアル瓶やガスバッグを用いる
- ・ 採取したガスはガスクロで分析する
- ・ 年間に4回以上調査を実施する
- ・ 1回の調査につき，最低でも3回/日の気体採取を行う
- ・ 得られた N_2O 濃度 × 排気ダクトの風量により N_2O 排出量を算出する

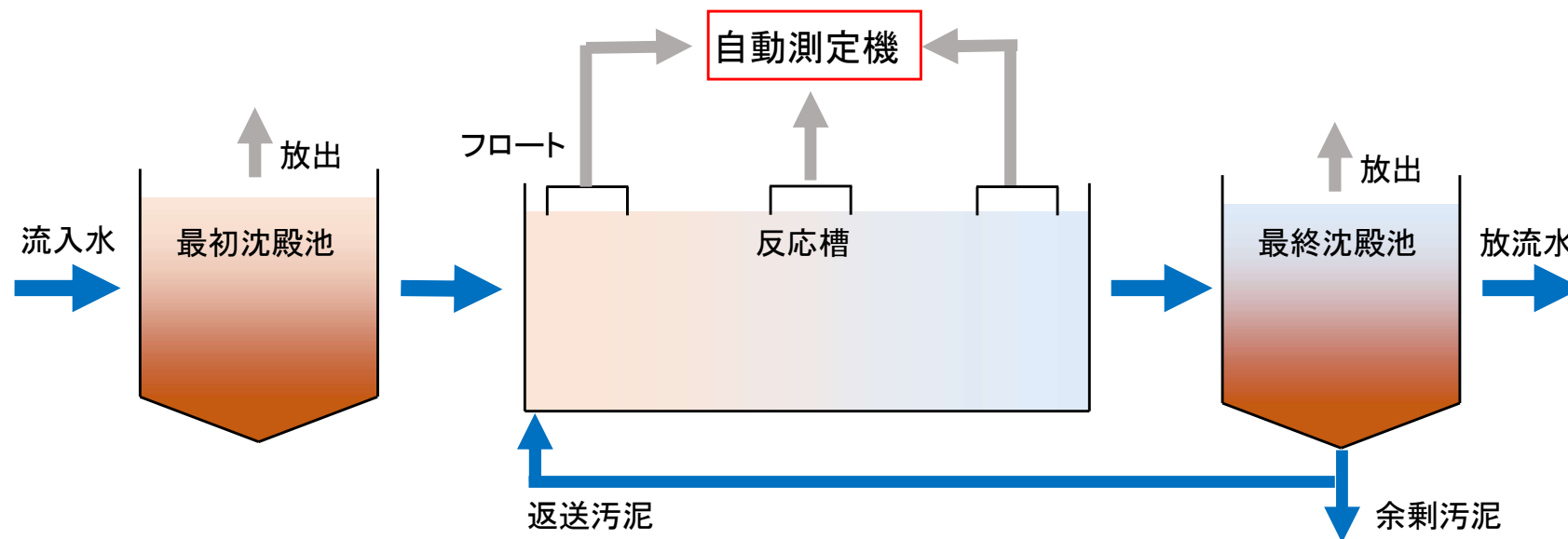


調査方法②のイメージ例

③反応槽における連続モニタリング

主な記載事項

- ・ 反応槽を水流方向に3分割以上し、サンプリング地点を3箇所以上決定する
- ・ 自動測定機は非分散形赤外線吸収法で1～50ppmを定量可能
- ・ 測定前のキャリブレーション、測定中の定期点検を実施する
- ・ 2週間以上の連続モニタリングを年間4回以上実施する
- ・ 得られた N_2O 濃度 × 各分割区間の風量により N_2O 排出量を算出する

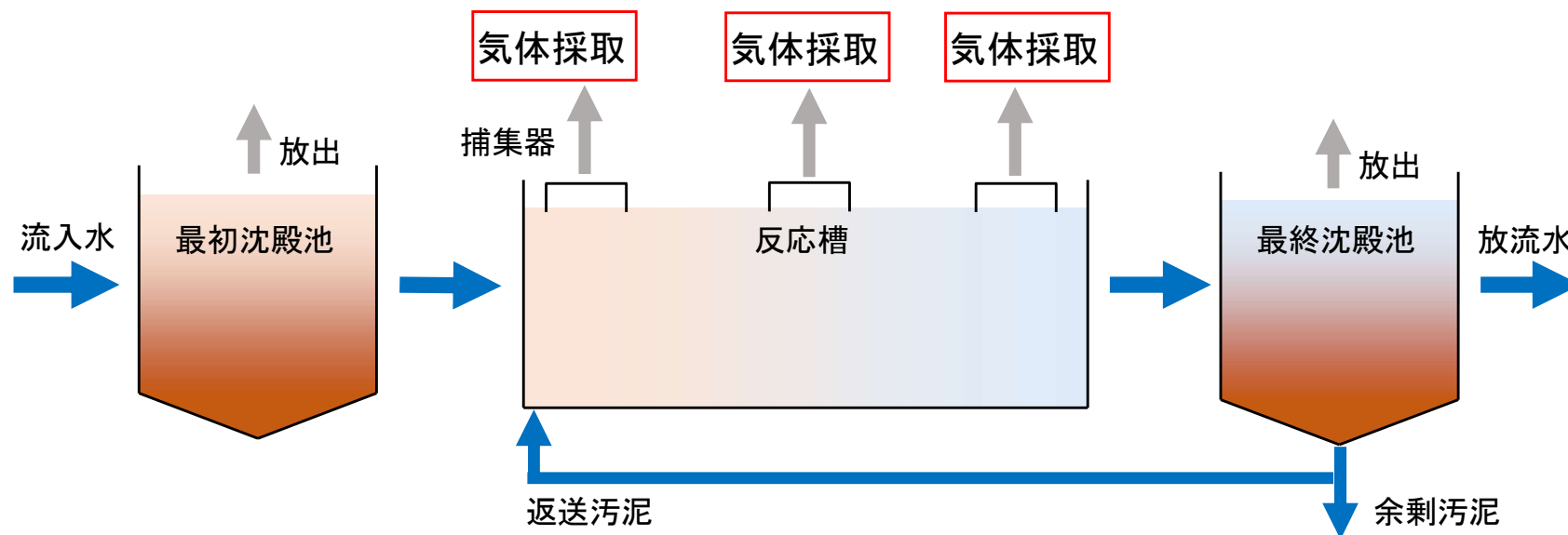


調査方法③のイメージ例

④ 反応槽における定期サンプリング

主な記載事項

- ・ 反応槽を水流方向に3分割以上し、サンプリング地点を3箇所以上決定する
- ・ ガスの採取は真空状態にしたバイアル瓶やガスバッグを用いる
- ・ 採取したガスはガスクロで分析する
- ・ 年間に4回以上調査を実施する
- ・ 1回の調査につき、最低でも3回/日の気体採取を行う
- ・ 得られた N_2O 濃度 × 各分割区間の風量により N_2O 排出量を算出する



調査方法④のイメージ例

排出係数の算出について

主な記載事項

- ・ 得られた N_2O 濃度と、調査実施時の曝気風量および処理水量を用いて N_2O 排出係数を算出する
- ・ 得られた結果に変動係数を設定するようなことはしない
- ・ 算出した排出係数は3～4年は継続して使用可能とする
遡っての適用はしない

まとめ

- ✓ 自治体等でN₂Oの実態調査が進められるように、N₂O調査マニュアル（案）を進めており、有識者の先生方から意見をいただいた
- ✓ 概ね第1回エネルギー分科会で示した内容で整理を進めていくことが確認され、詳細については先生方の意見を反映し文章化を進めていく

今後の予定

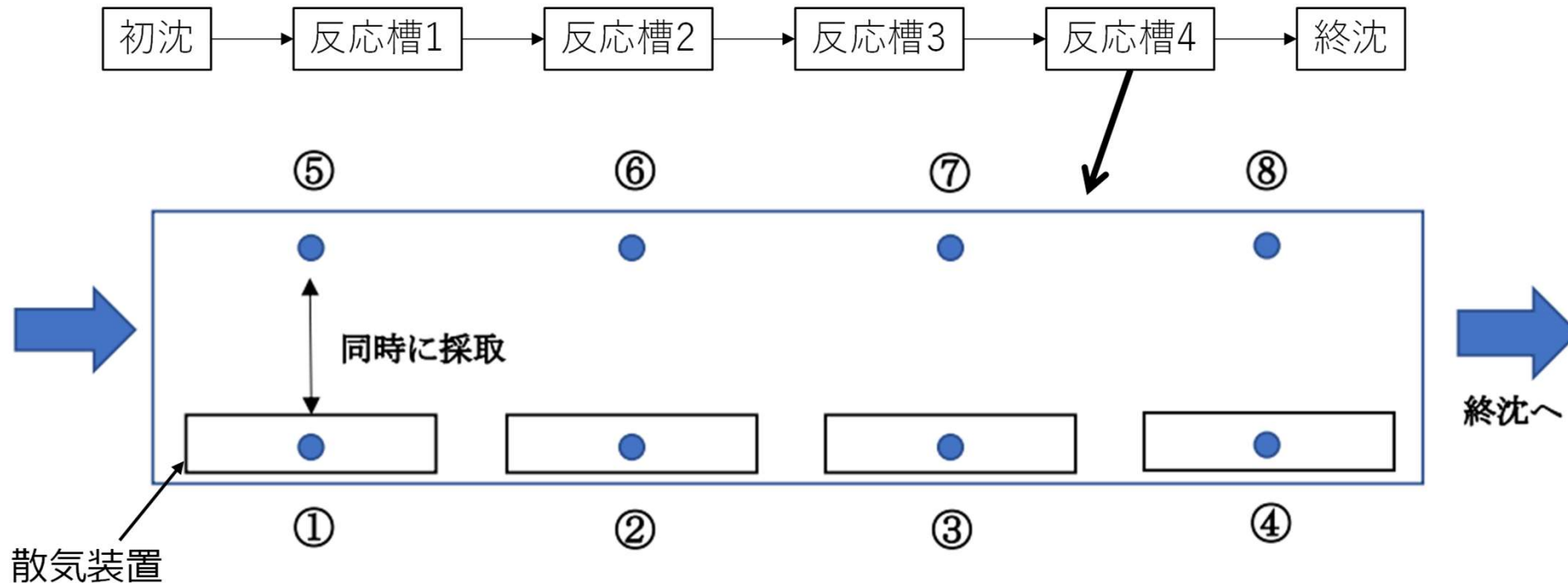
- ・ 12月中 : マニュアル（案）の作成
- ・ 1月前半まで : 有識者の先生へ意見聴取（第2回）
- ・ 1月26日 : 第3回エネルギー分科会（マニュアル（案）公表可否審議）
- ・ 2月中 : マニュアル（案）の公表
→自治体等へ説明、調査の準備

<参考> 反応槽のどこから気体採取するか

※水流と垂直方向（①と⑤など）

→ 全面曝気の場合、右岸左岸で N_2O 濃度に差はない（平均1.05倍）

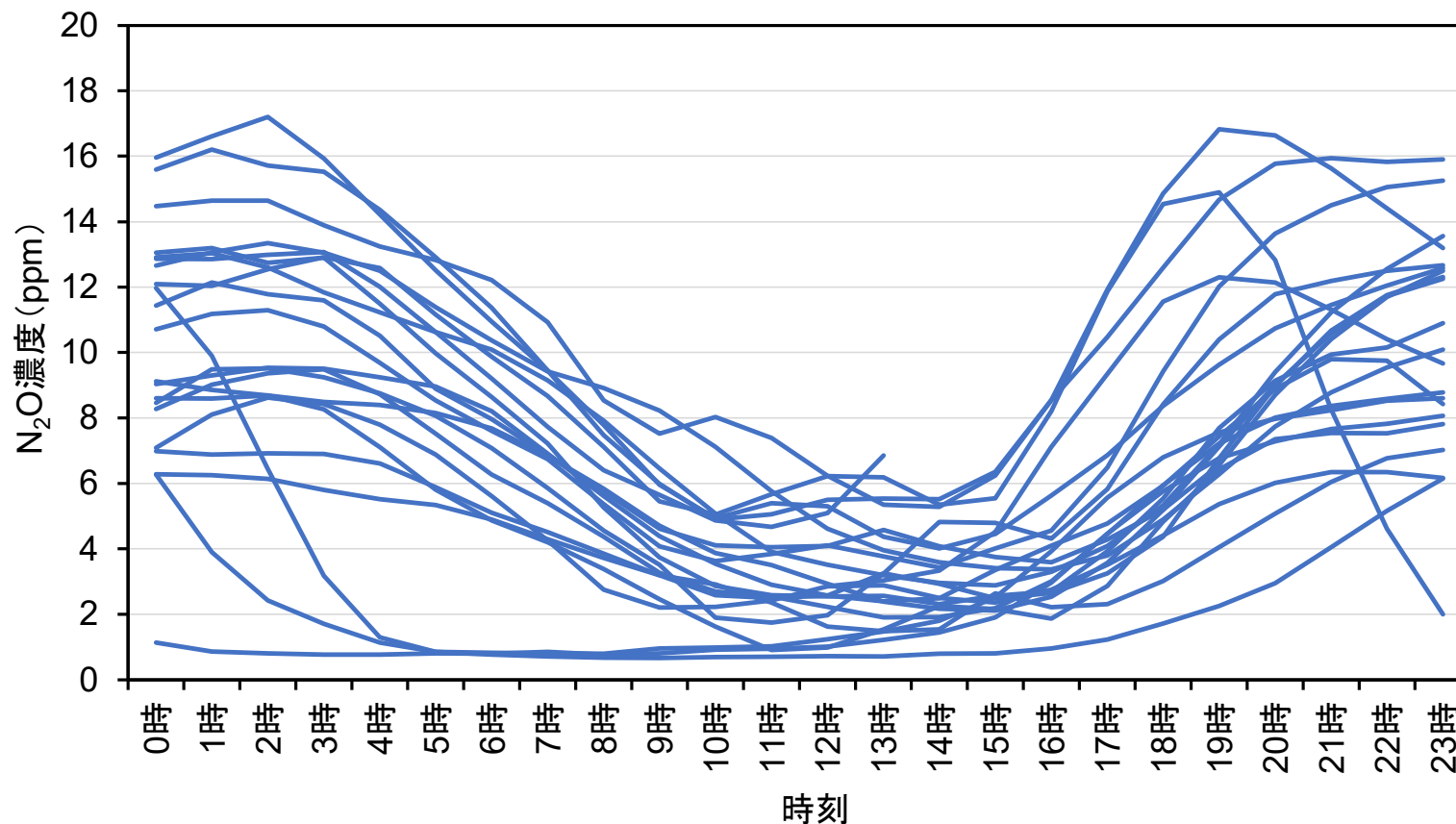
→ 片側曝気（下図）の場合、①側が平均1.4倍 N_2O 濃度が高い



<参考> 何時に何回気体採取をするか

24時間連続モニタリングのN₂O濃度平均値との差がどれだけでるか検討

- ・ 1回/日 (12時) → 平均3.4倍、最大8.0倍
- ・ 3回/日 (9, 13, 17時) → 平均2.1倍、最大5.4倍
- ・ 3回/日 (0, 8, 16時) → 平均1.1倍、最大2.1倍
- ・ 4回/日 (2, 8, 14, 20時) → 平均1.0倍、最大1.3倍



<参考> R4年度指摘事項とその対応

	ご意見	対応
R4 第1回	回分実験を行うなど、N ₂ O発生メカニズムが分かるような研究も行って欲しい	国総研で所有する実規模リアクターを用いて実験を行いたい。現在他テーマで使用中的であるため、その後になる予定。
R4 第1回	学との連携も行って欲しい	活性汚泥中の微生物叢との関係解明やN ₂ O生成メカニズムの把握について、大学等と積極的に情報共有や協力を行っていききたい
R4 第2回	処理場からは溶存のN ₂ Oも排出されると思うが収支の観点から取り扱いについて教えてほしい	現在の枠組みでは、溶存のN ₂ Oは算定の対象外となっている。しかし、溶存N ₂ Oも削減する必要があると考えているため、国総研の24時間調査では溶存態N ₂ Oも測定している。水処理で生成されたN ₂ Oの系外への排出比は平均では概ねガス:溶存=3:1だが、ばらつきが大きい
R4 第2回	窒素以外にBODやリン等の水質を考慮しながら行ったほうが良いと考える	N ₂ Oだけを削減できれば良いわけではなく、電力消費も含めた処理場全体でのGHG排出量を抑える必要があると考える。2軸管理にN ₂ Oも加えたような管理方法が求められると考える。
R4 第2回	測定について季節的には四季を満足するような形で行われているのか	24時間調査は春夏秋冬に1回ずつ実施した自動測定機による連続モニタリングは、1年間継続実施する予定
R4 第3回	「年間の代表値が実測できているかの検討を進め」とあるが、どのような方法か	連続モニタリングを行い、そのデータを用いて年間の代表値が実測できているかの検討を進める。
R4 第3回	溶存態 N ₂ O 測定手法についてどのような形で行ったのか教えてほしい。	基本的には下水試験方法の参考に記載の方法を使用している
R4 第3回	深夜頃にN ₂ O濃度が最大となっているが、N ₂ と比較してN ₂ Oが重いため下部に溜まっっていて、濃度が濃く測定されることはないか	脱臭機に集められた排気ガスを測定しているため、N ₂ Oの滞留はほとんど起きていないと考えている

<参考> R5年度第1回指摘事項とその対応

	ご意見	対応
R5 第1回	標準法の現在の排出係数は142 mg-N ₂ O/m ³ とされているが、当時どのように算出したのか分かれば伺いたい。	当時あった調査結果を用いて全てのデータの平均値を取った結果が142 mg-N ₂ O/m ³ となっている。当時のデータはばらつきが大きかったため、排出係数が処理場によって低いところは低く、高いところは高くなるといった結果になる。
	処理場独自調査により排出係数を設定したり、これまでの排出係数の見直しが行われたりしたとして、同じ処理法をずっと使っているとするのであれば、2013年の基準年の排出係数も少なくなるのではないか。	2013年については相対目標のため指摘の通りであり、今後数値の取り扱いについて検討が必要と考える。2050年のカーボンニュートラル目標達成に向けては、絶対量の削減に繋がるため、有効と考える。
	昼間と夜間で曝気風量が異なる一方で、脱臭ファンは一定で運転しているので、風量の少ない時は初沈や終沈から空気を引っ張っているのではないかと考えられるが、どのように考えているのか。	脱臭設備の処理風量が測定しづらいものである。正確に測定するのであれば、脱臭ダクトに風量計を設置して測定するべきであると考えているが、実施できていない。
	「<参考>溶存態N ₂ Oの分析方法」についてどの程度掘り下げて書くのか。	今回のマニュアルの目的の一つが自治体に測定してもらうことなので、気体のN ₂ Oを想定している。溶存態については希望があれば参考にできる程度で想定している。下水試験方法の巻末資料に記載の方法を膨らませるような形で検討する。
	スポットサンプリングの場合、1日に何回試料採取すべきか、どのタイミングで採取するのかが非常に重要である。流入水の時間変動の話や滞留時間等で推定できるようなことができればどのタイミングで採取すべきか示すことができるので検討をお願いしたい。	24時間のデータがあまりないので国総研で測定したものをまとめるしかないという状況である。順番は前後するが、自治体による調査結果が集まってきたら、改めて採取タイミングの検討を実施し、マニュアルのブラッシュアップをしていきたい。