

## 資料7

### (5) 水処理過程からの $N_2O$ 調査方法の確立 に向けた取組について

# 水処理から排出されるN<sub>2</sub>Oに着目する理由

## 2030年のGHG削減目標・2050年のCN達成に向け各排出源ごとの対応が急務

### - 電力・燃料

省エネ機器の導入や再生可能エネルギーの活用を促進  
水質と曝気風量の2軸管理

### - N<sub>2</sub>O(汚泥処理)

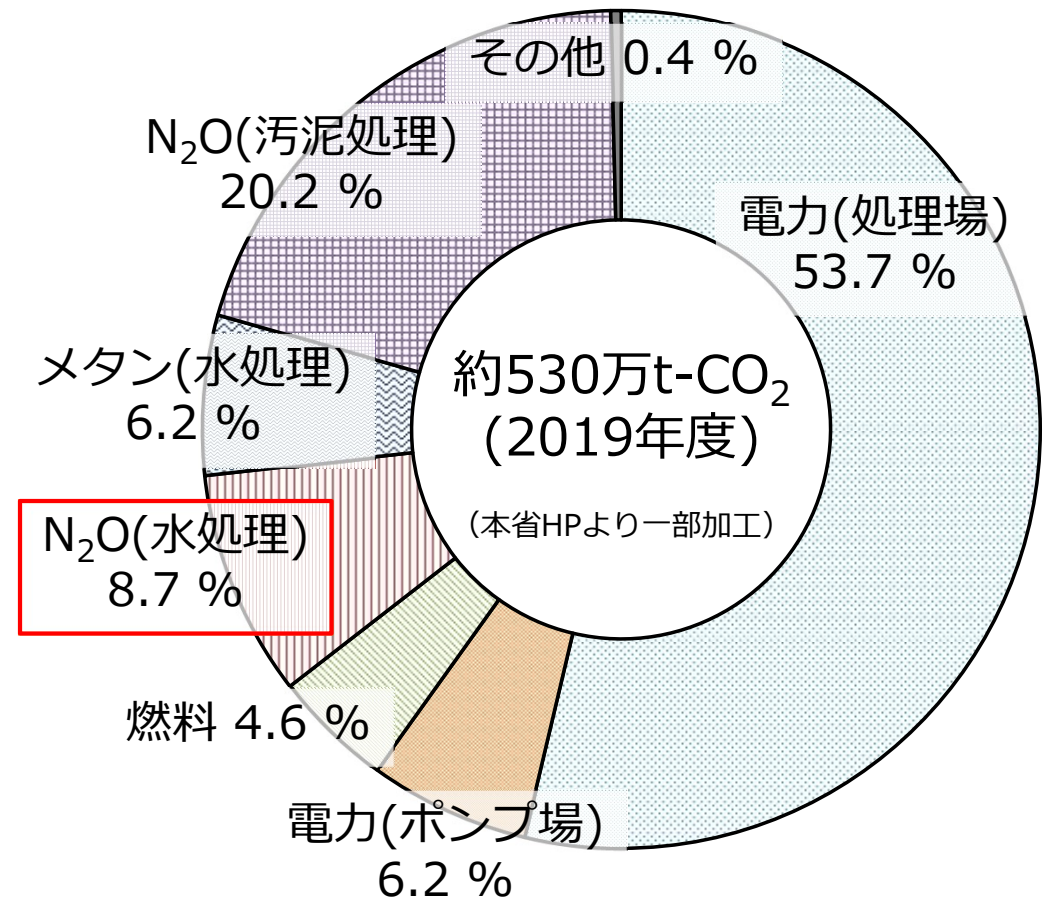
N<sub>2</sub>O排出を抑制可能な高温・高性能焼却炉の導入を促進

### - メタン(水処理)

排出経路が明らかであり，排出抑制が困難であるとされる

### - N<sub>2</sub>O(水処理)

工夫運転等による削減可能性があるが，実態把握も進んでいない



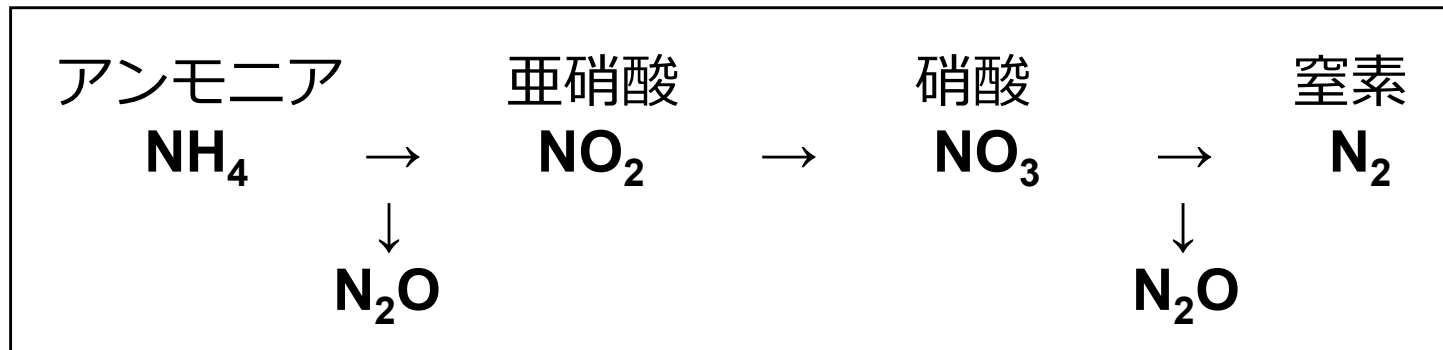
# 水処理から排出されるN<sub>2</sub>Oとは

## N<sub>2</sub>O（一酸化二窒素，亜酸化窒素とも）

- CO<sub>2</sub>の約300倍の温室効果を持ち，人為活動由来の主要なGHGの一つ
- 大気中で安定で，一度排出されると100年以上存在する
- オゾン層の破壊物質でもあり排出抑制が急務

## 水処理におけるN<sub>2</sub>O生成

- 流入下水中のアンモニア態窒素を活性汚泥の働きにより硝化・脱窒する過程の副生成物または中間生成物として生成される
- 実験室レベルではN<sub>2</sub>Oの生成機構や関与する微生物の解明が進む
- 実際の処理場では，処理方式・流入下水の水質・水温・活性汚泥中微生物の組成等の影響が複雑に関係し，未解明の部分が多い



# 水処理から排出されるN<sub>2</sub>Oの課題と目的

## (1) 変動が大きく実態調査が進まない

N<sub>2</sub>O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として公表することで，各自治体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) N<sub>2</sub>Oの排出係数が実態と乖離

現状はN<sub>2</sub>O排出係数を用いて各処理場のN<sub>2</sub>O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)のマニュアルを元に各自治体でN<sub>2</sub>O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

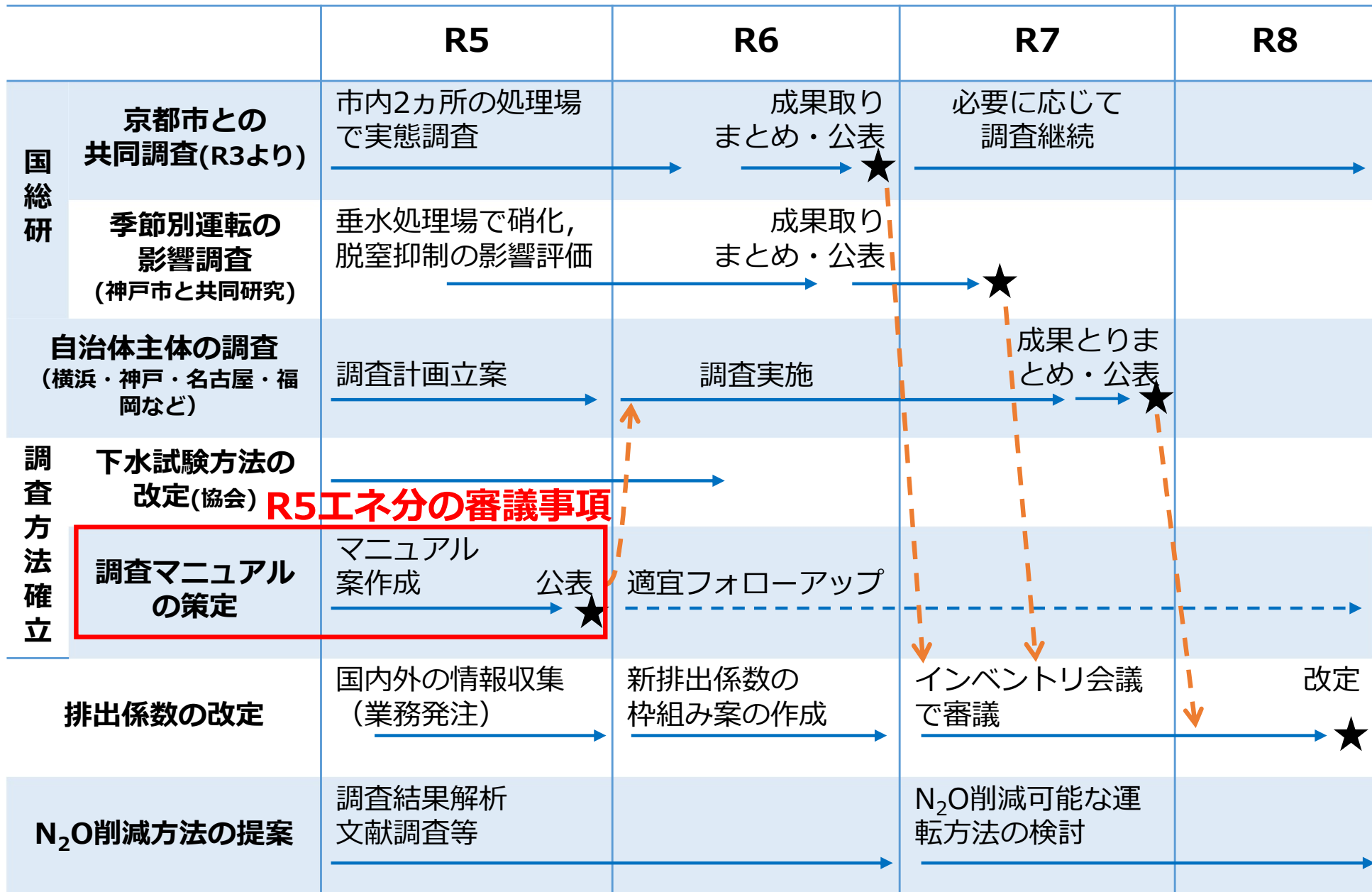
→R7年度インベントリ会議を目標

## (3) ここ20年間排出量を削減できていない

N<sub>2</sub>O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N<sub>2</sub>O排出量の削減方法を提案する

# N<sub>2</sub>Oに関する調査等実施予定



# 水処理N<sub>2</sub>Oの調査方法確立の意義

『下水道における地球温暖化対策マニュアル（環境省・国交省2016）』  
のp.35にて、N<sub>2</sub>Oの排出量算出については  
**「実測等により当該処理施設における排出量を適切に算定することが出来る  
場合には、その値を用いることができる」とされる**

しかし、具体的な調査・算定方法が定められておらず、N<sub>2</sub>Oの排出量を調査したい自治体が調査に踏み出せない

N<sub>2</sub>O調査方法を確立しマニュアル化することで

- ・ **各自治体で調査が実施可能となる**  
→ 排出量の実態把握が進み、各処理場のN<sub>2</sub>O排出量を把握できる
- ・ **全国の比較可能な調査結果データが得られる**  
→ N<sub>2</sub>O排出係数の改定に役立てる
- ・ **多くの自治体においてN<sub>2</sub>O排出量を削減する動機となる**  
→ 今まではどんな運転をしても一律の排出係数なため、N<sub>2</sub>Oを削減する手段や動機が無かった

本分科会でマニュアル案の審議・公表 → 来年度以降も継続審議し改定  
+ 有識者（3名）への個別意見聴取を別途行う予定（第1回後、第2回後）

# N<sub>2</sub>O調査マニュアルの目次案

## 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 →スライド8
- 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 →スライド9,10
- 3.2 ②排気ダクトからの定期サンプリング →スライド11
- 3.3 ③反応槽における連続モニタリング →スライド12
- 3.4 ④反応槽における定期サンプリング →スライド13,14

## 第4章 機器の仕様と分析方法

- 4.1 N<sub>2</sub>O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N<sub>2</sub>O分析方法

## 第5章 排出係数の算出方法

- 5.1 N<sub>2</sub>O測定値からの排出係数算出方法 →スライド16
- 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N<sub>2</sub>Oの分析方法

## 2.1 調査方法の一覧

---

### N<sub>2</sub>Oの測定方法：

- (A) 自動測定機を設置した連続モニタリング
- (B) 空気試料を採取しガスクロで分析

### 空気試料の採取方法：

- (ア) 反応槽が覆蓋であり排気経路が整備されている → 排気ダクトで採取
- (イ) 反応槽が開放系となっている → 反応槽から採取

### 組み合わせにより4種類の調査方法を提示

- ①：(A)×(ア) 排気ダクトにおける連続モニタリング
- ②：(B)×(ア) 排気ダクトからの定期サンプリング
- ③：(A)×(イ) 反応槽における連続モニタリング
- ④：(B)×(イ) 反応槽における定期サンプリング

連続モニタリングできないか検討 → 難しければ試料採取による調査

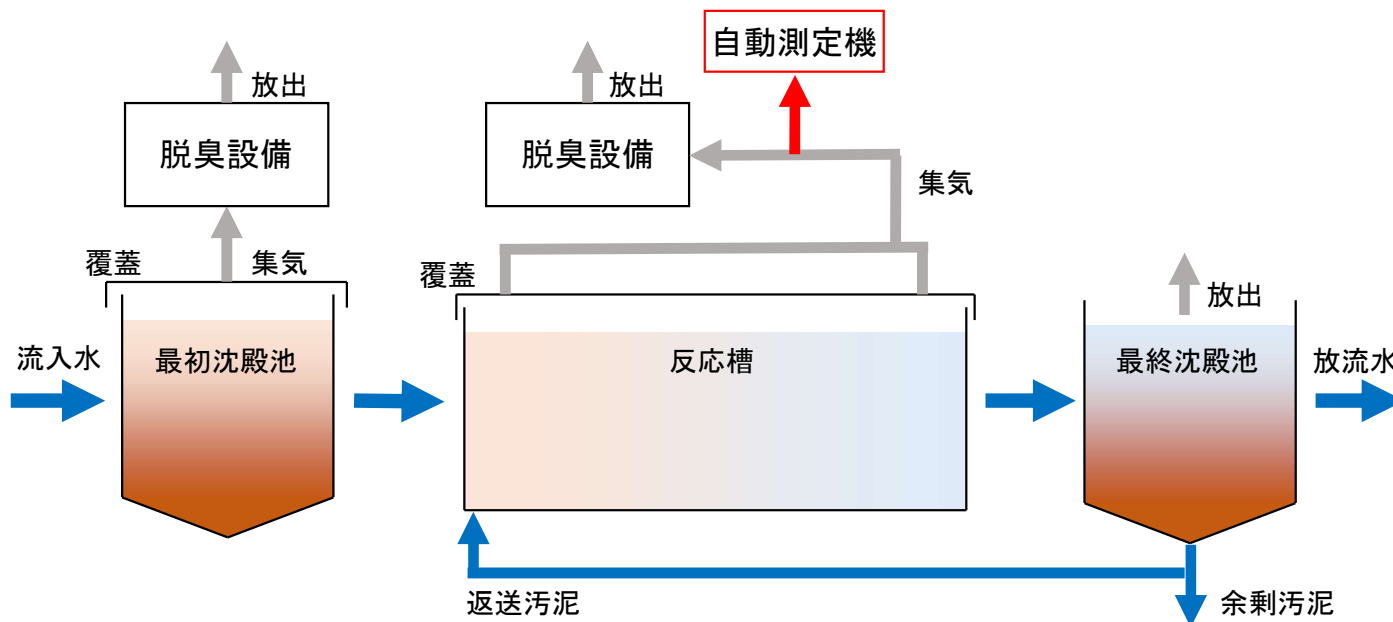


## 3.1 ① 排気ダクトにおける連続モニタリング

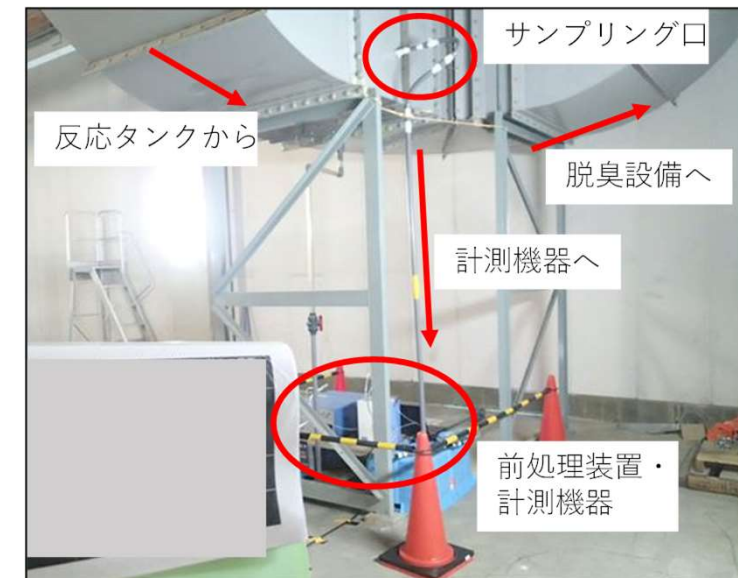
反応槽全体が覆蓋となっており、反応槽から排出される気体が脱臭設備など一箇所に集まっている場合に自動測定機を設置

通年の連続モニタリングが理想だが、現実的には費用等の制約により数週間程度のデータ

例えば、夏、秋、冬のそれぞれ一定期間以上のデータがあれば、その加重平均により年間の排出量を算出できるようにする



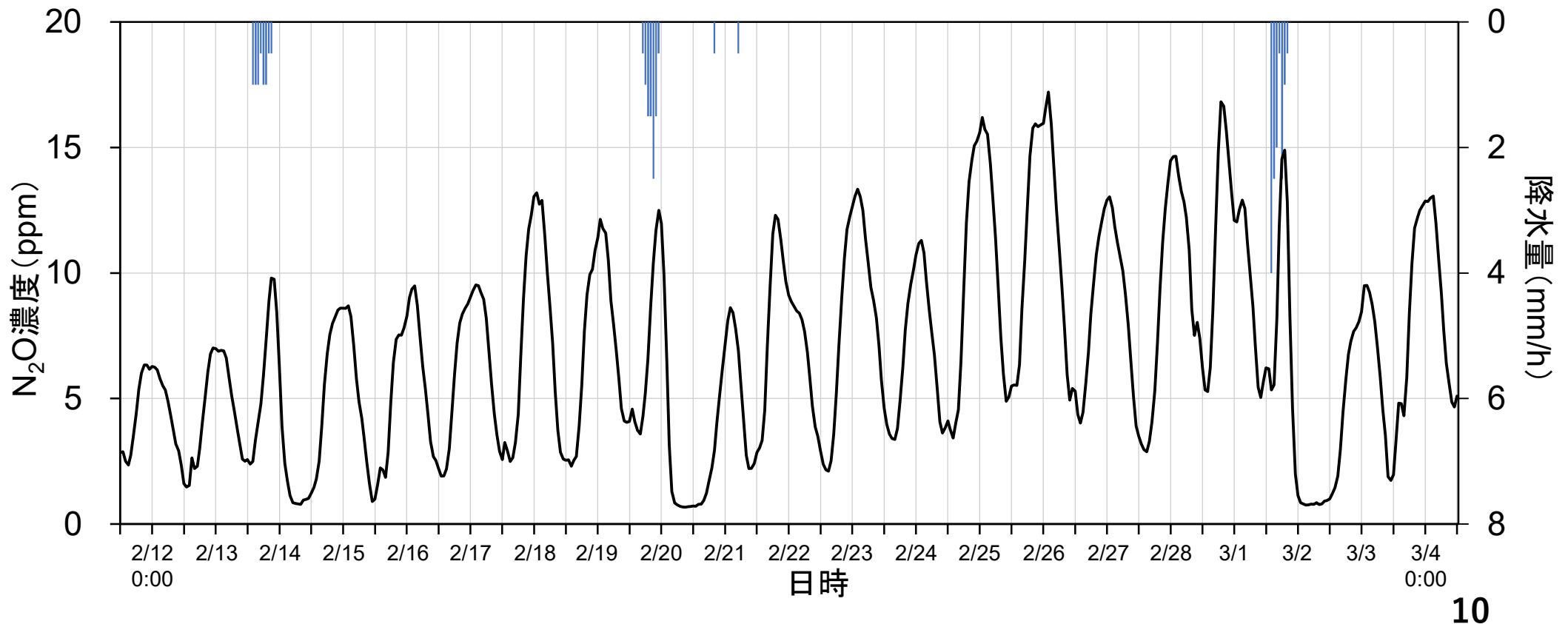
自動測定機設置の例



# 国総研における調査結果の例

排気ダクトから空気を採取し自動測定機で $N_2O$ 濃度をモニタリングすることで、 $N_2O$ 濃度の時間変動や、雨水流入の影響を観測することができる  
 → 曝気風量と処理水量により、 $N_2O$ の排出係数を算出可能

現在、より長期間（1年間）の継続モニタリングを実施中

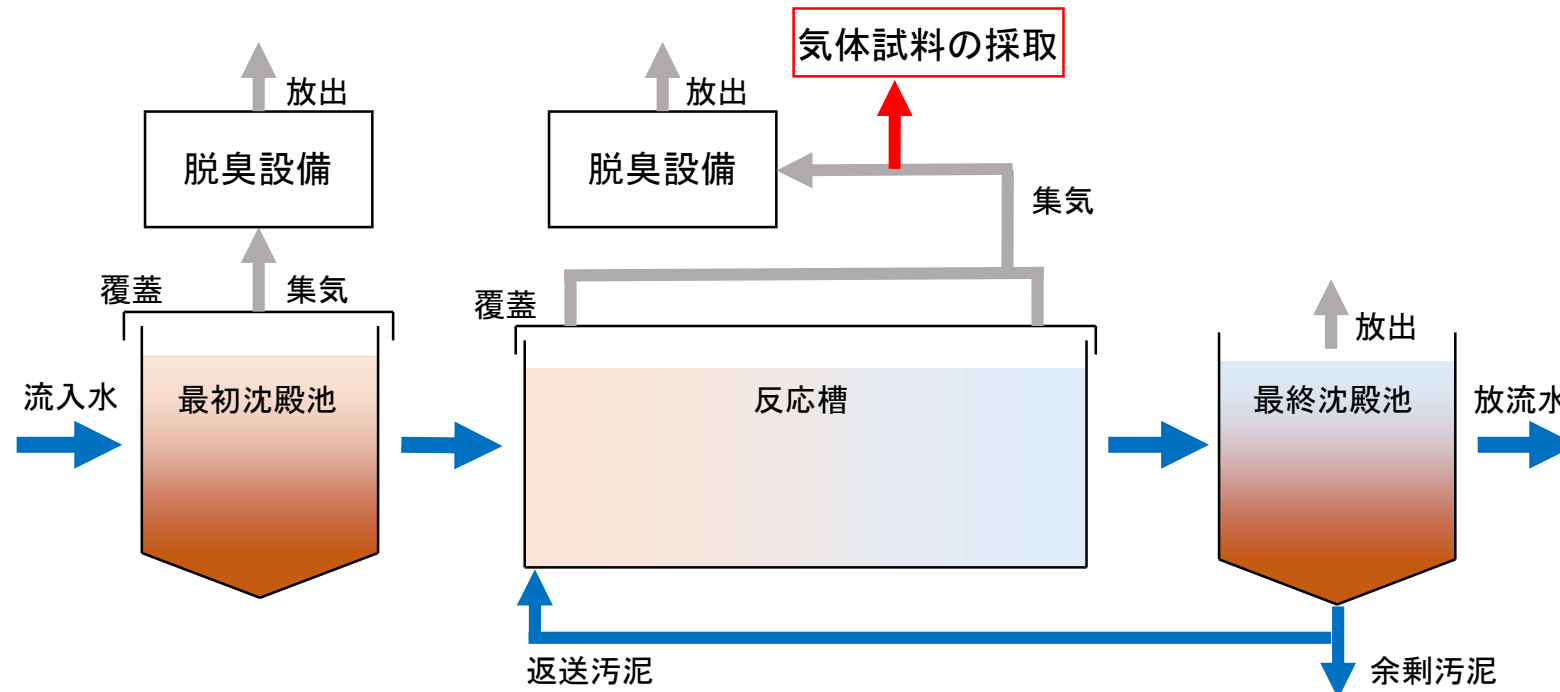


## 3.2 ②排気ダクトにおける定期サンプリング

反応槽全体が覆蓋となっており、反応槽から排出される気体が脱臭設備など一箇所に集まっている場合に、排気ダクトからの空気を定期サンプリング

- ・ 時間変動を考慮し、1日に複数回
- ・ 季節変動を考慮し、1年に複数回

具体的な数値については要検討 → スライド19参照



## 3.3 ③反応槽における連続モニタリング

---

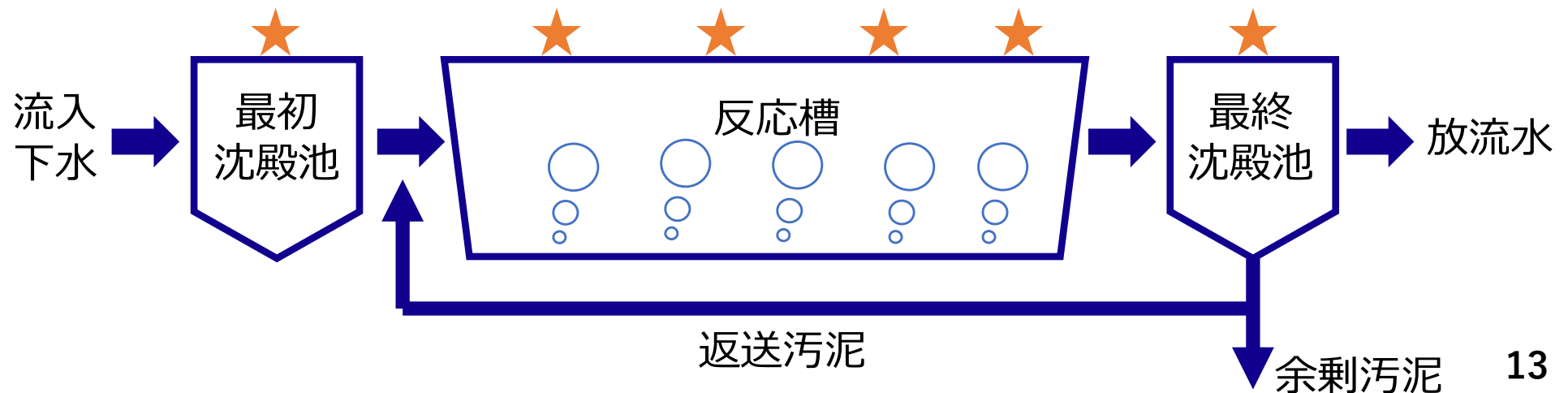
覆蓋が無い処理場において、ガス捕集器と自動測定機を設置

- ・ 槽内変動を考慮し、反応槽の複数地点で実施
- ・ 風雨や水の流れ等による採取容器の移動や大気の混入などに注意

## 3.4 ④反応槽における定期サンプリング

国総研でこれまで継続的に実施してきた調査方法

サンプリングの回数、時期、場所等を検討する必要がある →スライド19,20



# 国総研における調査結果の例

R3,4年度に京都市鳥羽水環境保全センターの一部の系列で調査を実施

- ・ 一度の調査で7回（12, 16, 20, 24, 4, 8, 12時）試料採取
- ・ 初沈、反応槽（4カ所）、終沈で試料採取
- ・ 春夏秋冬に1回ずつ調査



本調査方法がマニュアル化されれば、N<sub>2</sub>O排出量を実測値として公表予定

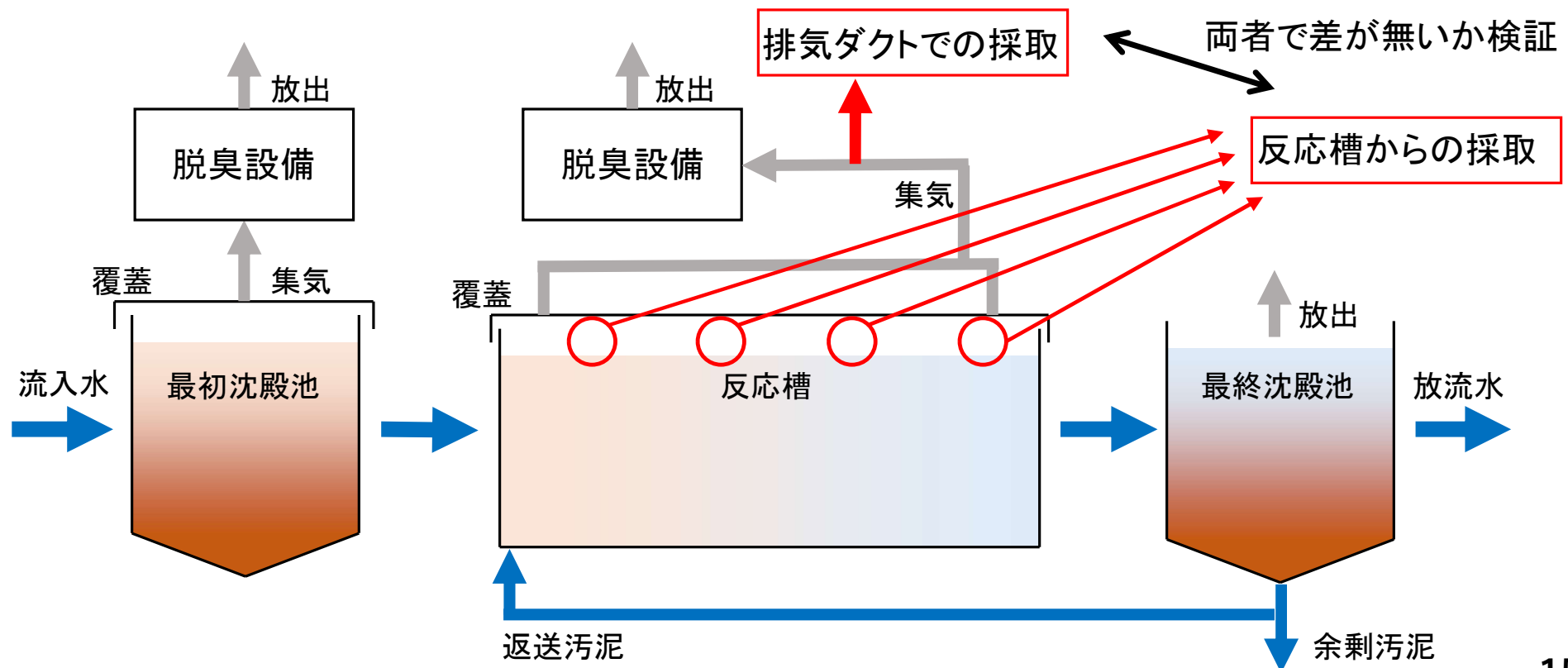
→ 全国初の公表となるため、他自治体でも関心を持ってもらうきっかけに

鳥羽水環境保全センターにおけるN<sub>2</sub>O排出係数の調査結果

	春期	夏期	秋期	冬期	平均	現行値
系列①(標準法)	2.8	0.3	0.5	2.7	1.6	142.0
系列②(AO法)	6.8	3.6	8.2	76.6	23.8	29.2
系列③(A2O法)	6.1	3.6	6.3	19.3	8.8	11.7
系列④(ステップ法)	3.4	0.4	3.1	7.5	3.6	11.7

# 排気ダクトでの採取 vs 反応槽からの採取

- ・ 排気ダクトの場合、反応槽から排出される空気が全て集まる  
(漏れ等が無いかの確認は必要)
- ・ 反応槽からの採取の場合、4地点からの採取で十分か検証が必要  
→ R3年度の調査結果(1回のみ)では約1.7倍の差  
→ 反応槽の後段に偏った配置だったため、差が生じたか



## 5.1 N<sub>2</sub>O測定値からの排出係数算出方法

- ・測定により得られたN<sub>2</sub>O濃度に曝気風量をかけて単位時間あたりのN<sub>2</sub>O排出量を算出 → N<sub>2</sub>O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
- ・初沈、終沈、嫌気槽からの排出は全体の1 %以下
  - 気体採取に手間とコストがかかるため、調査不要とするか  
(溶存態のN<sub>2</sub>Oは存在しているが、曝気がないため大気に放出されない)

## 5.2 調査方法および期間に応じた安全率(変動係数)の設定

N<sub>2</sub>Oの年間変動をどう考慮するか

雨の時期や工事期間中など

算出結果に一律の安全率をかけるなどで対応か

→現在実施している通年モニタリングの結果から検討

→今年度は仮の値で、来年度以降にフォローアップ



# N<sub>2</sub>O調査方法の標準化に向けた検討事項一覧

## N<sub>2</sub>Oの測定方法：

- (A) 自動測定機を設置した連続モニタリング
  - ・自動測定機の仕様、校正、定期メンテナンスの頻度
- (B) 空気試料を採取しガスクロで分析
  - ・ガスクロ分析の仕様、試料の採取、保管方法

## 空気試料の採取方法：

- (ア) 排気ダクトで採取
  - ・曝気風量と脱臭機の吸気風量との関係、空気漏れ有無の確認
- (イ) 反応槽から採取
  - ・採取箇所、頻度の検討

## 排出係数の算出方法

降雨時や工事時などの異常の際のデータをどう取り扱うか  
→そのままの平均値とするか、安全率をかけるか

# まとめと今後の予定

- ✓ 各自治体でN<sub>2</sub>Oの実態調査が進められるように、R5年度はN<sub>2</sub>O調査方法のマニュアル化を行い公表することを目指す
- ✓ N<sub>2</sub>Oの調査方法は、試料の採取方法と測定の方法により4種類設定する
- ✓ それぞれの調査方法について、調査地点や調査回数などの詳細を、これまでの調査結果や有識者へのヒアリングにより決定していく

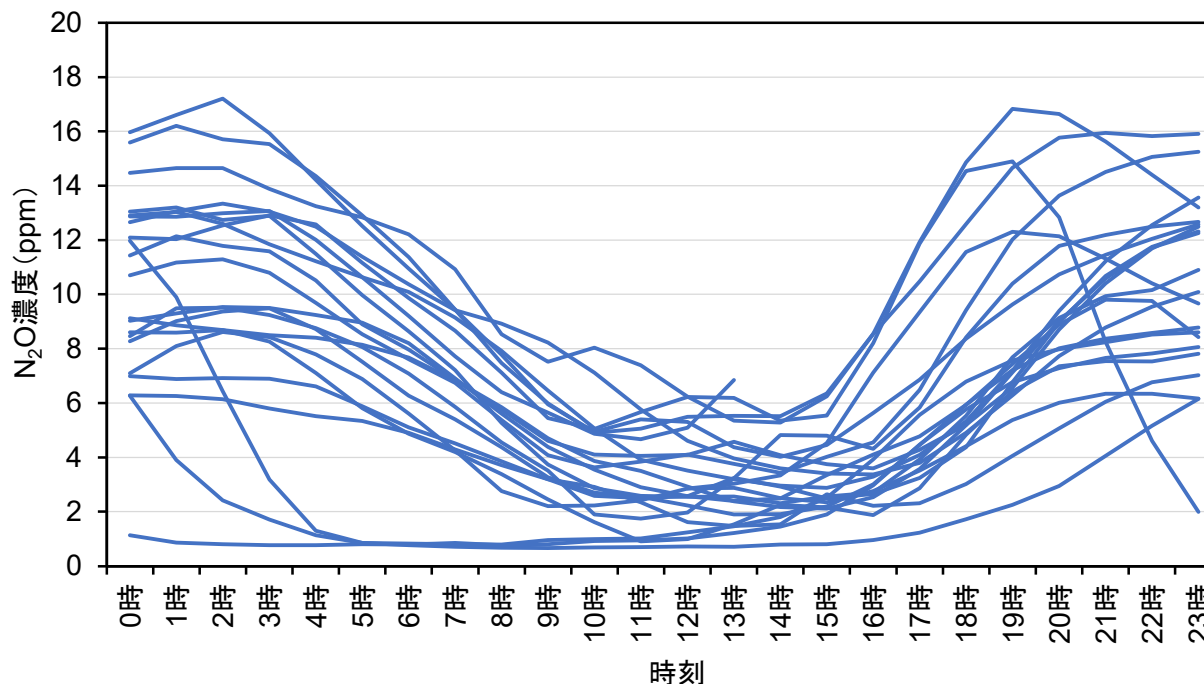
## 今後の予定

- ・ 9～10月：有識者の先生方へ意見聴取
- ・ 10～11月：マニュアルの素案について第2回エネルギー分科会で審議
- ・ 1～2月：再度有識者の先生方へ意見聴取
- ・ 2～3月：マニュアル（案）として公表可能か第3回エネルギー分科会で審議
- ・ 3月末：マニュアル（案）の公表
- ・ 4月以降：各都市でマニュアル（案）に従い調査実施

## <参考> 試料採取を1日に何回行うべきか

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  
24時間連続モニタリングのN<sub>2</sub>O濃度平均値との差がどれだけでるか検討

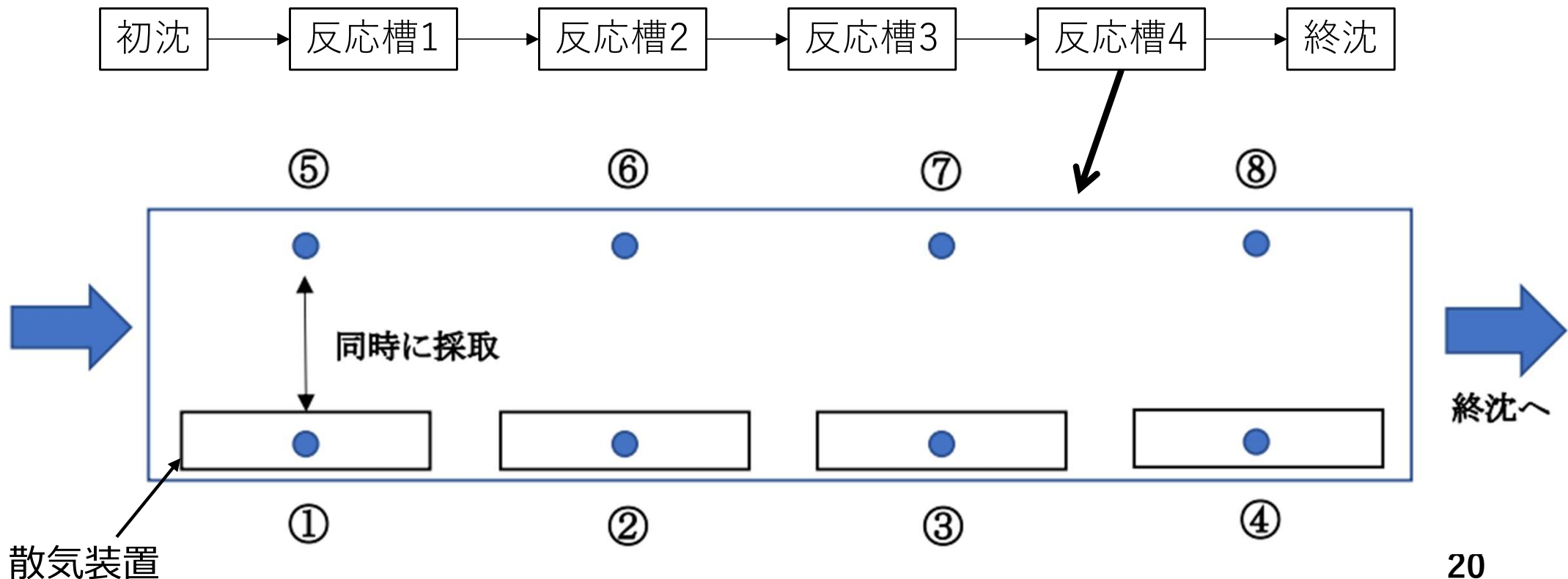
- ・ 1回/日 (12時) → 平均3.4倍、最大8.0倍
- ・ 2回/日 (10, 16時) → 平均2.4倍、最大6.1倍
- ・ 3回/日 (9, 13, 17時) → 平均2.1倍、最大5.4倍
- ・ 3回/日 (0, 8, 16時) → 平均1.1倍、最大2.1倍
- ・ 4回/日 (2, 8, 14, 20時) → 平均1.0倍、最大1.3倍
- ・ 6回/日 (0, 4, 8, 12, 16, 20) → 平均1.0倍、最大1.3倍



## <参考> 反応槽のどこで試料採取すべきか

反応槽の1つの池の中で、どこで採取すればよいか

- ・ 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
- ・ 水流方向 (①と④など)
  - 平均で1.4倍変動している→他の槽も含め、最低4カ所から採取



## <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 <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> Oは算定の対象外となっている。しかし、溶存N <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> Oも測定している。水処理で生成されたN <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> O濃度が最大となっているが、N <sub>2</sub> と比較してN <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> Oの滞留はほとんど起きていないと考えている