

下水道技術開発会議 第 1 回 エネルギー分科会
議事要旨

日 時 令和 7 年 10 月 29 (水) 10:00~12:00
場 所 日本下水道新技術機構 中会議室及び WEB 会議システムにより開催
出席者 座 長 山下座長 (国総研)
委 員 堅田委員 (施設協)、齋藤委員 (日本大学)、田中委員 (下水道事業団)、
西村委員 (京都大学)、長谷川委員 (国交省)、原田委員 (大阪市)、
藤本委員 (下水道機構)、前田委員 (下水協)、宮本委員 (土研)、
山田委員 (東京都)、山村委員 (中央大学)
オブザーバ 尾崎課長補佐 (国交省)
事 務 局 国土技術政策総合研究所

□ 議 題 :

議事

1. エネルギー分科会の今年度の取組方針
2. N₂O 発生メカニズム・制御因子解明に向けた調査
3. 将来的な全体最適化に向けた検討
4. 国土交通省からの情報提供
5. 今後の予定・全体質疑

議事 1

資料 3 エネルギー分科会の今年度の取組方針 (案)

質疑応答無し。

議事 2

資料 4 N₂O 発生メカニズム・制御因子解明に向けた調査

○ 委員:

- ・ ばらつきのあるデータを取り扱う際に、まずデータの分布をヒストグラムなどで正確に把握することが重要であると考え。データの取り扱いにあたって、本来どのような分布になるのかを確認し、視覚的に何パーセントできるかといった基準で外れ値を判断することが一般的と考えるため、分布をしっかりと取ってあげるのが良い。
その際、特殊イベント発生時に何があったかが分かれば、その発生確率や状況から、外れた値を無視するか否かの判断ができるのではないかと。日々の変動を一つの分布として捉えることができるため、それを一つのデータとして持っておくべきである。それが、処理ができたか否か、あるいはデータ総数という話を含めて、検討を左右する要素となる。

(回答) 事務局:

- ・ データの分布等については、あまり検討してこなかった。ご意見を参考にし、近年の結果も含めた上で検討する必要がある。

○ 委員:

- ・ 示されたデータには非常に特異的な点がある。このデータはある 1 日のものか、それともある 1 日の平均であるのかを確認したい。「外れ値」という言葉はエラーのような印象を与えるため、適切ではない。これはエラーではなく、特異的な現象である可能性があるという認識で良いか。

(回答) 事務局:

- ・ 示したデータはある一日の平均である。このデータは1年に1回だけ取ったものなので年間でこの日だけ大きな値が出てしまっていた可能性がある。外れ値ではなく特異的な現象である可能性がある。

○ 委員:

- ・ 標準法について、バルキング防止のために第一槽目を嫌気槽にしている、標準活性汚泥法の N_2O 排出量は本調査のデータが区別されているか。過去の調査では嫌気活性汚泥法の排出量と同じレベルであった。事業計画の処理法と実際の処理形態とは分類を分けた方が良いのではないかと考えている。

(回答) 事務局:

- ・ 今回示しているデータの標準法については、反応槽が全て好気槽となっている。

○ 委員:

- ・ 外れ値と表示されている特異的な値について関心がある。結果が得られた処理場を複数回測定し、偶然その時だけ高かったのか、あるいは様々な時期や時間帯を通じて高めにしているのかという情報がないと、議論がしにくい。また、様々な要因が入るとなると、そもそも処理方式だけで分類するという考え方そのものが適切なのかという疑問が生じる。
- ・ 高い値が出たところに特異な事情があったのかを確認する必要がある。他の時点のデータや、調査されている様々な想定要因（運転状況など）の情報も利用可能であれば併せて調査し、要因を特定すべきである。
- ・ MBR が低いこれも一回のみの調査なのか。
- ・ 処理水に含まれる溶存の N_2O は無視できるほどの量なのか。また、排出係数における排出の積算には、処理水に含まれる溶存の N_2O も含めて評価すべきではないかという考えがある。

(回答) 事務局:

- ・ 外れ値について、過去のデータは単発の調査結果であり、ご指摘のとおり議論がしにくい状況である。近年の調査では年間変動も考慮した調査を実施している。
- ・ MBR は5か所の処理場で1回ずつ、1か所だけ2回実施したので6回になっている。
- ・ 処理水に含まれる溶存態 N_2O は、ガス態の排出量に対して無視できる量ではなく、検討を進めていく。

(回答) 座長:

- ・ MBR が低い値である背景には、処理が安定しており、 N_2O の突発的な発生事象が少ないことが考えられる。これは、基本的に循環法であることによっている。

○ 委員:

- ・ 過去の検討の中で、負荷でデータを整理してみるという話があったが、何か試みはあったのか。

(回答) 事務局:

- ・ 負荷による整理については、負荷だけでなく、MLSSあたりの負荷も考えている。過去のデータで入ってくる性質は分かるものの、当時の MLSS などのデータがなかったため、試みることができていない状況である。

○ 委員:

- ・ 持っているデータが少なくて難しいかもしれないが終沈の中での反応がどうなっているのかについても少し違うと考える。反応槽末端での計測はそれなりに有効かもしれない

が、将来的には溶存態 N_2O を測定し、ガス態 N_2O も推定できるようになる必要があるが、現状では厳しい印象である。終沈の中で、どのような運転をするとどれくらいの N_2O が発生するのかという点も、将来的には重要となる可能性がある。

- ・ OD 法の調査結果について、 N_2O の排出量として無視していいぐらいではないかという感覚なのか。

(回答) 事務局:

- ・ 終沈における反応も考えられるため、ガス態 N_2O との関係を見るのであれば、反応槽末端のほうが良い。一方で、系外への排出という観点では、終沈や処理水中の溶存態 N_2O を把握する必要がある。
- ・ 攪拌機から遠いところは、 N_2O 濃度や空気の発生量が低いため、攪拌機に近い箇所だけを測定対象とすれば良いと考える。

(回答) 座長:

- ・ 攪拌機は、流入水量と濃度をかけた負荷量に見合うだけの酸素供給能力で設計・運転されているとすれば、期待されるストリッピング効果はおおよそ一緒であると考え、運転状況の違いは負荷に応じて変わるものの、その関係の違いはあまり大きく影響しないと単純化して考えてはどうか。

○ 委員:

- ・ 物質の移動速度が分子の拡散係数と関連があるという研究がある。これは、酸素供給速度(機械の攪拌強度)のデータと関連付けることが可能であると考え。酸素供給速度に対し DO 値が上がっていれば、分子拡散の係数と関連があるはずである。この関係から、酸素と N_2O の分子拡散係数の比例を利用して、 N_2O の出ていく量を推定できるのではないかという論文も存在するが、運用例が少なく信頼性は低いかもしれない。しかし、このような進め方が OD の方で存在するのなら検討の余地がある。

(回答) 座長:

- ・ 拡散係数について N_2O の発生自体は生物現象であるが、水中からガスへは移行しにくいいため、主に攪拌するところでのストリッピング現象として排出されており、実質的には攪拌しているところで主に N_2O の排出が捕捉されると考えている。
- ・ 溶存態 N_2O とガス態 N_2O として放出されるものの相関は、単純な静的平衡状態ではなく、動的なストリッピング現象を含む複雑な挙動であるため、必ずしもうまく取れない。

○ 委員:

- ・ N_2O の排出係数について、季節変動との関係を明らかにする調査を継続すべきである。一般に冬場は水処理の水質が悪化するため、 N_2O 排出との関係を明らかにする必要がある。調査は、処理場の能力や流入負荷が極端な条件ではない場所で実施することが望ましい。
- ・ 自治体の立場としては水質の総量規制について懸念がある。AO 法は標準法よりも厳しい規制として定められている(基準濃度(C値)が適用される)。段階的高度処理による N_2O 発生が AO 法とほぼ同等になったと仮定した場合、総量規制の面でも AO 法と同じ規制がかけられることが想定される。段階的高度処理は AO 法とは異なりリンの除去能力に差があるため、 N_2O の発生が同等だからといって、AO 法と同じ総量規制(基準濃度)がかけられないような方向に議論を進めてほしい。

(回答) 座長:

- ・ 季節変動は、冬場の水温低下による硝化能力の低下が主な要因であり、その点は考慮すべきである。現在実施中の調査や過去のデータで解析できるものがあれば、季節変動を

含めて考慮していく必要がある。

- ・ 排出係数は自治体独自の調査結果に基づきそれぞれ定めることもできる。年間平均とするのか、独自の調査結果に基づき季節ごとに異なるケースを定めるのか、現時点での考えがあれば示してほしい。

○ 委員：

- ・ 現時点では具体的な考えを持っていないが、温室効果ガスの計算が複雑になりすぎると、毎年提出する際に非常に煩雑となってしまう。

(回答) 座長：

- ・ 水質総量規制に関する懸念について、AO 法が標準法よりも厳しく定められているのは具体的な C 値として特にリンについてリン除去できる処理方式で厳しくなるということと考えるが、窒素についても AO 法の方が標準法よりも C 値が厳しいという意味か。

○ 委員：

- ・ 窒素はそのようなことはなく、リンであったと記憶している。

(回答) 座長：

- ・ ここでは N_2O の話で関連するものは窒素であり、総量規制の話とは混同されないよう切り分けて議論し、正確な情報提示をしていくことが最も留意すべき点と理解した。

議事 3

資料 5-1 将来的な全体最適化に向けた検討_外部貢献効果定量化

○ 委員：

- ・ 熱源を乾燥熱源で補う等の方法によって、費用が大きく変わると考えるが、今回の設定ではどのような熱源設定で計算されたのかを教えてほしい。また、今回の結果を踏まえて、既存の温対マニュアルのファクトリスト見直しを具体的に行うという考えで良いのか、事務局の考えを聞きたい。

(回答) 事務局：

- ・ 熱源の設定について、全国約 47 の下水処理場のアンケート調査による実績に基づき、処理場がどのような使い方をしているかという部分から集計している。焼却炉の廃熱を処理場内で熱源に回している部分も含まれている。外部貢献として効果を計上できるのは、外部から原油や石炭を使っているものを下水道資源で代替する場合のみとして線引きしている。
- ・ 今回の検討結果では資源有効利用ベースでの比較にとどめている。例えば焼却設備を更新していく等、事業ベースに落とし込んで整理するという課題が残っていると認識しており、今後検討を進めていく。

(回答) 座長：

- ・ 温対マニュアルの議論は別途行われており、本検討と直結する形ではないが、温対マニュアルの WG には、本委員会の委員と重複の方や、別の方でも同じ組織からの参加者が多いため、間接的には同じ考えで議論をいただけている部分が多々あると考える。
- ・ 温対マニュアルは下水道の温暖化対策推進計画の策定と取り組み促進等を目的とし、廃棄物分科会は国際条約に基づくインベントリの確立を目的とするなど、それぞれに目的があるため、本検討会も含めてそれぞれの内容が完全に一致する必要はないが、基本的な考え方、特に科学的な考え方については、できるだけ整合させる形で進めていきたい。

○ 委員：

- ・ 資料 P.12 の左上にある「青の丸」について、大規模な消化ガス発電は一般的に GHG 削減効果があるとされているが、なぜこの図では特に GHG 削減がないという理解になる

のか、計算方法を教えてほしい。

(回答) 事務局:

- ・ この図では、他の有効利用と比べて、差分として出てくる値の桁が違ってくるため、単位を調整している。横軸の GHG は、右側にいくほど削減効果大きいことを示すグラフである。

(回答) 座長:

- ・ 評価軸の見方について、縦軸 (LCC) は、上に行くほど経済面で効果があることを示し、横軸 (GHG) は右に行くほど削減効果大きいことを示す。
- ・ GHG について、従来資源の代替という観点で比較すると、多くのものについて削減効果を上げられる。
- ・ しかし、コスト面ではなかなか厳しく、これは従来資源が安価に入手できているという現状があるためである。
- ・ また、この比較は事業ベースの比較ではない点に留意が必要である。焼却炉を他の炭化や乾燥に置き換えた場合、両方のコストを積んで比較する事業ベースではなく、あくまで従来資源に対する比較となっている。

○ 委員:

- ・ 外部貢献の考え方について、下水道施設として建設されたものが副次的に有効利用できるため、製造元としてもみなせると理解しているが、LCC のコストの中に建設費が入っているのはどうなのかと直感的に感じた。施設は下水処理のためにあるため、建設費を外部貢献の話で前面に出してよいのかが気になった。LCC が悪い方向に寄っている要因として、維持管理費などの内訳がどう影響しているのかを確認したい。

(回答) 事務局:

- ・ LCC は、資源化に伴い追加的に整備する設備 (資料 P.9) の費用を計上している。
- ・ 大規模処理場の試算では、既存の濃縮・消化・脱水・焼却・焼却灰処分フローを置き換える形で仮置きしている。
- ・ 中小規模については、脱水・脱水汚泥処分をそのまま有効利用に置き換えているという大きな前提条件のもとに、追加的設備を入れている。
- ・ 肥料化設備などをご指摘の通り、前提条件のもとで試算している。
- ・ 補足資料の通り、前述の大きな建設費、維持管理費が LCC に大きく影響しているのは事実である。特に中小規模ではスケールメリットの欠如により、維持管理費がかなり大きく出ているという結果である。
- ・ 現在の結果ではコストとして効果が見えていないが、焼却を置き換えて燃料化に変えるといった事業ベースでの評価を入れることで、従来のコストが積み上がってくるため、結果がどう入れ替わるかを今後しっかり検討したい。

(回答) 座長:

- ・ LCC の評価においては、どこに線を引くかという考え方の整理が重要である。具体的には、どこまでを下水処理としての設備とするかという点と、どこから先を資源有効利用のための追加設備とするかという点を区別する必要がある。

○ 委員:

- ・ 資料 P.9 の留意事項のうち、「消化で DS が減少する」ことによる脱水や焼却のスケールダウン効果を考慮しない点や、「リン回収による乾燥負荷の考慮をしない」点は、GHG や LCC の数字に大きく響くのではないか。これらの要因を考慮しないのは、数字として大きく変わる可能性があるため、検討してみるべきである。

- ・ 資料 P.12 に示されたスコープ 3 の GHG 削減分について、現状は環境価値の売却権がない。自治体側が GHG 削減を達成できたとしても、環境価値の売却権がない状況では、メリットとして認められず、投資する価値があるとされるかどうかは厳しいのではないかという意見がある。この図のほとんどのものが第 4 象限にあり、これを進めていくことを考えると、新たな評価軸を今後検討していくべきではないか。

(回答) 事務局:

- ・ 消化によるスケールダウン効果(資料 P.9 の留意事項)については、引き続き検討する。
- ・ リン回収後の乾燥の有無は、自治体によって異なり、アンケートベースで集約している。リン回収後に乾燥を行っている場合は、GHG や LCC の数字が悪くなる方向に行くと思われるため、様々なことを想定して検討を進めたい。
- ・ その他の評価軸については、資料 P.12 に示すとおり現在、3 つほど考えており、今後定量化できるように進めていきたい。

(回答) 座長:

- ・ 第 4 象限の GHG のクレジットについて、第 4 象限のみに記載しているがここに限ったことではない。電力、ガスについてもいくつかの制度がある。クレジットについて下水道事業者は売る側にも買う側にもなり得る。今後は、事業者としての取り組みの観点と国全体としてみた時の観点も含めて整理・検討をしていく。

資料 5-2 将来的な全体最適化に向けた検討_汚泥焼却

○ 委員:

- ・ N_2O 排出係数の設定は燃焼温度 $850^{\circ}C$ で区切られているが、これをさらに細かく分ける調査は検討されていないのか。燃焼温度が上がると、滞留時間とのバランスもあるが、 N_2O の排出は基本的に減少する。
- ・ また、 N_2O 排出係数において、現状の目標値(3 割削減)は焼却炉側もう少し頑張るべき水準ではないかを感じる。 N_2O の排出量という情報は焼却炉側が保有しているデータなのか。

(回答) ○ 座長:

- ・ N_2O 排出係数については、国のインベントリの廃棄物分科会で昨年度整備され、2025 年の国の報告に既に反映されている。排出係数を整理するにあたり、各焼却炉がどのような温度で燃焼しているか、排出がどれくらいかといったデータを整理している。しかし、ご指摘の通り、 $850^{\circ}C$ 以外に細かく温度を分けて表に入れる形にはなっていない。排出係数は、燃焼のタイプ、すなわち焼却炉の種類によって区分されており、「多層燃焼式流動床炉」や「二段燃焼式循環流動床炉」といった分類がされている。排出係数に差があるのは、より高い燃焼温度であるタイプの方が、実測されたデータにおいて排出が少なかったことに基づく。温度では表現していないという認識である。

○ 委員:

- ・ 各自治体に対しては、国交省から毎年 2030 年までの焼却炉の更新計画の調査依頼が出ていると認識しているが、それ以降の更新計画を明確に提示できる自治体は少ないのではないかと考える。焼却炉は高額な費用がかかり、予算や工事案件数、長寿命化の計画なども考慮されるため、すぐに 2030 年以降の計画を出すのは難しい。
- ・ アンケートでは、具体的な「何年に更新予定か」と聞くよりも、「一般的に何年くらいをめどに更新を予定しているか」という聞き方にした方が回答しやすいと考える。
- ・ 2030 年以降の更新計画については、各自治体が出せない可能性が高いという点を留意し

てほしい。

(回答) 事務局:

- ・ おっしゃる通りであると認識している。今回のアンケートは、直近の計画がどのようにされているのか、また有効利用については例年の有効利用調査の内容をさらに深掘りする形で実施することを考えている。長寿命化等により長く使われている実態も踏まえながら、脱炭素化に向けての見通しを整理したいというのが今回の趣旨である。

(回答) ○ 座長:

- ・ 精緻に整理されている自治体と、回答が難しい自治体との間で情報や対応に濃淡があるため、その実態を把握したい意図がある。また実際の運転状況がどうなっているか（長寿命化や改良改造の有無など）を把握したい。区分は変わらなくても、実際の削減量をインベントリや温対計画の目標にどう反映していくかという観点で、実態を把握したい。
- ・ 長寿命化による改良など、実態としてできている部分があるのではないかとはいくつかの観点を含めて、このアンケートで取り組みたい。

○ 委員:

- ・ 国交省から出されている 2030 年目標の 78 万トンという数値に対して、今回のアンケート調査を用いて、どの程度数字が前後するのかといった定量的な解析まで掘り下げて実施する予定なのか。

(回答) ○ 座長:

- ・ まずは調査研究として可能な範囲で定量的な解析を行う方針である。行政的に提示している目標（78 万トン）と、本研究の考え方や背景、ベースにしている情報が全て一致するとは限らないためである。

○ 委員:

- ・ 現在示されている排出係数が、どれぐらいの幅を持った数値なのか分かっているかを問う。焼却の種類によって排出係数は分かるが、運転の仕方によっても値が変わってくると思われるため、その情報が出ているかを尋ねる。排出係数には区分 1～4 で大きな差があるため、今後はタイプ 4 の炉にしていこうという話になるかもしれないが、運転の仕方による努力で対応できる可能性もある。運転の仕方によっても努力できるという指摘については、必ずしも炉を更新しなければならないという話だけではなく、その対応の仕方もあるということを示唆している。

(回答) ○ 座長:

- ・ 排出係数は実測値をベースに検討がされており、実測値には当然ばらつきがある。ただし、個々の施設ごとや運転の変動まで詳細に分けて解析できているかという点と、データの数の問題もあり、難しい点があった。実態としては、データ測定値の幅がある中での代表的な値（平均値など）として整理され、排出係数として与えられている。

資料 5-3 将来的な全体最適化に向けた検討_OD 汚泥脱水

質疑応答なし。

資料 6 下水道行政の最近の動向について

○ 委員:

(情報提供) 資料について説明

質疑応答なし。

議事 5

資料 7 今後の予定

○ 委員:

- ・ 決定された下水道の排出係数を、下水道外に対してどのように伝えるかが重要である。
- ・ 下水道だけでなく、他の産業（例えば農業）も下水道の排出係数を参考に、脱炭素施策を考えているところがある。
- ・ 今回の議論で出た数値を、下水道の中だけでなく、全体に使ってもらうために、どこに数値を登録・公開していくかが重要である。

○ 座長:

- ・ 下水道事業は他の事業者から見るとサプライチェーンの中では下流側に位置すると認識している。排出係数によって下水道か下水道以外かの選択余地がなく、下水道における排出係数を他の事業者にどのように認識してもらうかという点では、特殊性があると考ええる。外部貢献として資源利用でサプライチェーンの上流、下流と広く繋がるため、そのような観点も含めて取り組んでいきたい。
- ・ 日本の他の事業者や産業が国際競争力を持って脱炭素に対応していく中で、下水道もそれに貢献できる部分をしっかりやっていくことが重要と理解した。

以 上