

〈第34回環境システム計測制御学会 (EICA) 研究発表会〉

セッション報告

セッション A-1 下廃水処理・制御 I

【座長】西村 文武 (京都大学大学院)

【副座長】豊岡 和宏 (㈱明電舎)



発表論文

- ① 下水処理水中の残留医薬品類を対象とした光触媒層/セラミック平膜ろ過処理システムの分解モデルの構築
- ② 下水処理場における AI 予測モデルの自動制御への適用
- ③ アンモニア計を用いた反応タンク風量制御について
- ④ AI による下水の流入水質や必要酸素量の予測とブロー運転計画
- ⑤ 単槽型硝化脱窒プロセスの ICT・AI 制御による高度処理技術における複数池一括制御の検討

本セッションでは、「下廃水処理・制御」をテーマに、①下水処理水中の残留医薬品類を対象とした光触媒層/セラミック平膜ろ過処理システムの分解モデルの構築、②下水処理場における AI 予測モデルの自動制御への適用、③アンモニア計を用いた反応タンク風量制御について、④AI による下水の流入水質や必要酸素量の予測とブロー運転計画、⑤単槽型硝化脱窒プロセスの ICT・AI 制御による高度処理技術における複数池一括制御の検討、の5編の研究発表と質疑応答が行われた。

【ノート】 下水処理水中の残留医薬品類を対象とした光触媒層/セラミック平膜ろ過処理システムの分解モデルの構築

京都大学大学院 本間亮介, 竹内 悠
丹後元秀, 西村文武
㈱明電舎 鮫島正一, 新井喜明

下水処理で分解しにくい化学物質 (医薬品類) を効率良く分解する促進酸化処理の導入が期待されている。本報では、セラミック平膜上に TiO_2 を保持させ、薬

剤の添加を必要としない UV/ TiO_2 による促進酸化処理システムを考案した。本研究では、UV 照射と $\cdot\text{OH}$ による医薬品類の処理特性を定量的に評価し、UV 照射強度を操作因子として、医薬品類の光分解速度と $\cdot\text{OH}$ による酸化分解速度を定量的に評価した。また、医薬品類の分解効率の数理モデルを構築し、本処理システムの有用性を明らかにした。

Q: 分解生成物については解析や評価をしているか?

A: 今回は対象としていないが、有機炭素が生成して分解速度が低下することは把握している。

Q: 膜ファウリングに対する TiO_2 の効果は?

A: 膜ファウリングを抑制するので、薬液洗浄の頻度を低減できることを確認している。

Q: TiO_2 塗布面と光源との距離が触媒効果に与える定量的な効果についてはどうか?

A: まだ知見がない。

【研究発表】 下水処理場における AI 予測モデルの自動制御への適用

安川オートメーション・ドライブ(株) 藤原 翔, 平林和也
日本下水道事業団 山本明広, 糸川浩紀

下水処理場の運転管理に係る職員の減少や技術継承などの対策が課題となっている。筆者らは、この課題を解決する方法として AI の予測アルゴリズムの一つであるランダムフォレスト法を用いて水処理の制御設定値を予測する「水処理制御支援システム」を開発した。本報では、この支援システムをパイロット規模の実験プラントに実装して DO 一定制御における曝気風量を学習させ目標 DO 1.0 mg/L の制御を模倣する制御を実施し、流入パターンによっては自動制御が可能であることを確認した。

Q: 本技術ではフィードバックが働かないので、今回の実験でも見られた低負荷時に最低風量でも DO が上がるといった現象が実機でも起こると思うが、こういったケースにどう対応するか?

A: 低負荷のモデルに切り替えることで対応できるか、検討している。

Q: ランダムフォレストを適用した理由は?

A: 正規化が不要であることと、決定木で原因を追いかけるやすいこと。

Q: 処理水質についてはどうか?

A：スポットサンプルでBOD, SS, 窒素, リンを測定しているが、放流水質の管理基準はクリアしている。

【論文】アンモニア計を用いた反応タンク風量制御について

横浜市環境創造局 近藤 良, 勝木弘樹

横浜市水再生センターでは、DO計を用いて反応タンクのDOに応じて送風機や散気装置による曝気風量を制御しているが、送風機の電力使用量は下水処理施設全体の多くを占めており、省エネルギー化による温暖化対策上の課題となっている。一方で、アンモニア計を用いて反応タンクのアンモニア態窒素濃度を計測し、その濃度に応じた曝気風量を制御することで安定的な水処理を確保しつつ省エネルギー化できることが期待できる。横浜市ではアンモニア計を導入してまだ日が浅いが、データの蓄積を行い適切な制御パラメータの検証を実施することで、下水道事業として脱炭素社会の実現に向けた施策を推進する。

Q：フロー図ではアンモニア計とDO計が二台ずつ設置されているが、どのような活用を考えているか？

A：将来的には、前段／後段のアンモニア計の差分から曝気風量を制御することを考えている。

Q：現在の水再生センターごとのアンモニア計導入方針をご教示いただきたい。

A：センターにより異なる。例えば、系列の片方(2池で1系列の場合など?)に設置して効果を測定するなどしている。水質を維持したまま10%削減との結果も出ている。

Q：アンモニア一定制御と、DOあるいは送風量を調整するのとで、どちらがより良いと考えているか？

A：DOあるいは送風量を調整するほうが良いとの感触を得ている。

Q：硝化抑制物質にはどのようなものがあるか？

A：農薬やフェノール類があると考えている。

【研究発表】AIによる下水の流入水質や必要酸素量の予測とプロア運転計画

(株)ウォーターエージェンシー 柏崎拓成, 湛 記先

酸素必要量計算に基づいて下水処理を自動制御するOR制御は、エネルギー効率と水質をバランスするより良い解法の1つである。更なるエネルギー効率の向上には、将来的なOR値や流入水質の変化に基づいて長期のプロア運転計画を反映させていくことが重要である。本報では既にOR制御が導入されているA処

理場において、AIを用いて反応槽のORの変化の予測や流入下水の水質と水量予測を行い、プロアの運転計画への反映に関する可能性を検証した。AIによるOR予測が概ね24時間先まで可能であることと、OR予測に基づいてプロアの運転計画を立案することが可能であることを確認した。また、出力をより短時間にすることで更に精度を向上させることができ、計画に必要な時間の長さや目的に応じて、最適なAIを構築することも可能であった。また、流入水質や水量の予測についても、良好な結果が得られた。ただし、異常流入の事前予知が可能な時間は、異常流入の継続時間に依存した。予知可能な時間を延ばすためには、施設外の情報を組み合わせることが必要であることが明確となった。

Q：モデルの精度が高いようだが、どのように調整したのか。

A：構造探索を行い、CNNについてはトライアンドエラーで精度向上を達成した。

Q：分流式でも雨天時に水量・水質が急激に変わることがあるが、そのような場合の予測可能時間についてどのように考えているか？

A：変化の度合いにより予測可能な時間が異なってくる。

Q：OR制御はケルダール性窒素の硝化に必要な酸素量としているが、本解析ではアンモニア性窒素を対象としている。この差分についてはどう考えているか？

A：ケルダール製窒素濃度はアンモニア性窒素濃度から導き出している。詳しくは既往の論文をご参照いただきたい。

Q：何時間先まで予測可能か？

A：目的により異なると思うが、今回は送風機の運転支援が目的であったため24時間先までとした。自動制御が目的なら、たとえば数分先まで、などとなると思う。

Q：雨天時の解析事例はあるか？

A：ある。雨天時も誤差1%程度でおおむね合う。ただし、大雨などはモデルに入っていないため、予測誤差は数%まで悪化する。

Q：最終的な省エネについての見積りはどうか？

A：10~20%程度の省エネが可能と考えている。

【研究発表】 単槽型硝化脱窒プロセスの ICT・AI 制御による高度処理技術における複数池一括制御の検討

メタウォーター(株) 中 大輔, 高橋宏幸
日本下水道事業団 糸川浩紀
町田市 松井 穰

筆者らは、「単槽型硝化脱窒プロセスの ICT・AI 制御による高度処理技術」について実規模での長期間の実証試験を行っており、既報にて、要素技術の一つである統合演算制御システムが、反応タンク中間の NO_x-N 濃度と末端の NH₄-N 濃度を制御目標値の近傍に維持する風量制御性能を有することを示した。本発表では、本技術における水質センサーの設置や維持管理に要する費用の縮減を目的として、反応タンク 1 池を代表池として他の池の曝気風量を一括して制御する「複数池一括制御」を試行し風量制御性能等を検証した。代表池と展開池の反応タンク MLSS 濃度と流入水量がほぼ同等の条件において、過去の風量制御結果から見出した補正乗数を用いて「複数池一括制御」を実施した結果、制御対象である NO_x-N 濃度と NH₄-N 濃度の計測値が代表池と展開池とで概ね同等となることを確認し、限定された条件ではあるものの本検討に用いた乗数補正による「複数池一括制御」の実用性が示された。

Q：乗数補正において、返送ラインが共通で MLSS が同等なのに運転が微妙に異なる。原因は散気効率の違いによるものと考えているが、見解をお伺いしたい。

A：生物活性以外のものによると考えている。ほかの池でも確認したい。

Q：代表池と展開池の水量差がある場合、池ごとに流量計が必要との認識で良いか？

A：その通りである。今回は同等であったが、水量差がある場合の検討も必要と認識している。

Q：実機では乗数補正値の調整が必要と考えるが、頻度について知見があるか？

A：今後の課題としている。

セッション A-2 下廃水処理・制御 II

【座長】 芦澤 謙司 (横浜市環境創造局)

【副座長】 山内 進 (㈱堀場アドバンスドテクノ)



発表論文

- ① 浸水リスク低減とポンプ起動停止回数の削減を図る雨水ポンプ制御
- ② 下水処理場流入水質の連続計測と運転管理への応用
- ③ 汚泥集約処理における分離液処理と凝集沈殿によるりん除去の実験について
- ④ 担体投入型メタン発酵における乳酸処理特性
- ⑤ し尿処理施設における投入量決定シミュレーション

本セッションでは、「下廃水処理・制御」をテーマに、①浸水リスク低減とポンプ起動停止回数の削減を図る雨水ポンプ制御、②下水処理場流入水質の連続計測と運転管理への応用、③汚泥集約処理における分離液処理と凝集沈殿によるりん除去の実験について、④担体投入型メタン発酵における乳酸処理特性、⑤し尿処理施設における投入量決定シミュレーションの 5 編の研究発表と質疑応答が行われた。

【研究発表】 浸水リスク低減とポンプ起動停止回数の削減を図る雨水ポンプ制御

東芝インフラシステムズ(株) 山中 理, 時本寛幸
鳴海啓太

流入量予測を用いて雨水ポンプの起動停止の設定水位を動的に変化させる動的水位設定制御を開発し、その効果を数値シミュレーションにより評価した研究発表であった。従来の水位設定制御に対して、ポンプの起動停止回数を 0.5~0.6 倍程度に削減でき、計画流入量以下の流入量に対して警戒水位を逸脱しないようにピーク値を維持でき、ポンプ起動停止回数的大幅な削減とピーク水位の抑制を両立できる制御であることが示された。流入量予測精度を向上させることで、浸水リスクを大幅に低減できることが期待できる。

Q：揚程によってポンプの突出量が変わると思うが、シミュレーションで加味されているか？

A：シミュレーションでは、ポンプ突出量を計画容量（固定値）として設定している。実際は揚程

によって突出量が変わるため、可変速とした場合についても並行して評価を進めている。

Q：フィールド試験等の今後の展開予定はあるか？

A：今後実施を予定している。

C：多くの評価データを集めて頂いているので、今後の実施への展開に期待する。

【研究発表】 下水処理場流入水質の連続計測と運転管理への応用

メタウォーター(株) 福嶋俊貴
京都大学大学院 西村文武

下水処理場の流入水質 (NH₄-N) の連続計測により、NH₄-N 濃度の時間変動、日間変動、季節変動のパターンを2年間に亘り調査し、アメダスによる気象データも関連付けて、下水処理場の流入負荷変動に対する最適な運転管理の検討及び流入水質の予測を試みる研究発表であった。計測データはモバイル回線を経由してクラウドデータセンターに保存し、遠隔でリアルタイムに確認できる。自己回帰による流入水 NH₄-N の予測では、平日の晴天日に関しては、ある程度の精度で予測が可能と考えられ、今後の運転計画システムへの展開が期待される。

Q：流入水 NH₄-N の予測は、前日、前々日等をブレンドした方が良いか？ また、休日はどうのように扱っているか？

A：今回の発表では、平日の晴天時のみで予測の評価を行った。休日や雨天時も過去データの参照方法を工夫することで、平日と同様に予測が可能と考えている。

Q：流入量推定値の妥当性の判断をどのようにしているか？

A：計算手法の検証と、計算結果を施設管理者へ確認することで、妥当性を判断している。

【研究発表】 汚泥集約処理における分離液処理と凝集沈殿によるりん除去の実験について

横浜市環境創造局 和田寛之, 羽柴真人, 小林昌平

下水の高度処理化された汚泥には、生物学的りん除去に由来するりんが多く含まれ、汚泥処理施設で再放出されたりんの除去が課題となっている。特に濃縮・脱水分離液中のりん濃度が著しく上昇していることから、分離液処理施設の処理水にポリ塩化アルミニウムを添加することで、処理水中のりんを低減するプロセスの確立を目指し、これまでテーブルテスト等による研究が行われてきた。今回は、実設備スケールにおける実用性や、施設・設備の諸元等を把握するための現地試験を行った研究発表であった。実機スケールにお

いてもテーブルテストとは変わらない効率でりん除去できることが確認でき、凝集沈殿汚泥の圧密効果はほとんどないことも分かった。今後の実プロセス設計への展開が期待できる。

Q：今後の実用化導入に向けての課題は何か？

A：まだ、未知の部分もあり、設計値にどのような余裕率をもたせて実施に導入していくかが今後の課題と考えている。

【研究発表】 担体投入型メタン発酵における乳酸処理特性

水ing(株) 松林未理, 高時元汰, 小林琢也
新庄尚史, 蒲池一将

今回の研究発表は、人工廃水を用いて機械攪拌式とガス攪拌式の攪拌方式の異なる担体投入型反応槽でメタン発酵連続試験を行い、COD_{Cr}の除去性能を評価した発表であった。機械攪拌式では立ち上げから183日後にCOD_{Cr}除去率は60%、ガス攪拌式では立ち上げから50日後にCOD_{Cr}除去率は80%と、ガス攪拌式の方が高いCOD_{Cr}除去率を得られた。ガス攪拌式は槽内の攪拌や流動を最適化することで、早期の立ち上げや処理能力の向上が期待できる。

Q：機械攪拌式とガス攪拌式で、どのようなメカニズムの違いで差が出ているか？

A：機械攪拌式では物理的に担体の汚泥を剥離しているのに対して、ガス攪拌式では担体の汚泥を維持しながら適切に流動、攪拌が行えたことで、ガス攪拌式の方が担体汚泥の活性度が維持できたためと考えられる。

Q：機械攪拌式とガス攪拌式で、コストメリットはどう考えられるか？

A：ガス攪拌式は循環流量と内部発生ガスで攪拌を行っており、攪拌のための動力を使用しないので、機械攪拌式に比べてコストメリットがあると考えられる。

【研究発表】 し尿処理施設における投入量決定シミュレーション

(株)日吉 田中 駿, 今莊博史, 川壽悦子, 中村昌文

標準脱窒素処理方式のし尿・浄化槽汚泥処理施設は、連続処理で、かつ、搬入量が日々変動するため、貯留設備により搬入物の量と質を調整し平準化している。本研究は、貯留槽から脱窒槽への投入量の決定根拠を定め、模擬投入量によるシミュレーション及び実施での運用確認についての研究発表であった。これまで担当者の経験に頼っていた投入量決定プロセスを定式化、明確化することで、より適切な投入量調整と、後

工程の安定した運転管理が期待できる。

Q：週の中で搬入量に一定のパターンがあるように見えるが、パターンを考慮した上で予測ができないか？

A：今回は搬入量をランダムに発生させてシミュレーションを行った。今後、実際の変動パターンも考慮した上で検討していきたい。

Q：し尿・浄化槽汚泥処理施設では、一旦貯留したものを搬入するが、時間経過により原水水質や負荷量に変化するようなことはあるか？

A：原水水質は1週間ごとに分析を行っているが、今回の評価には活用していない。本来は負荷量を考慮して調整するのが適切と考えるので、今後の課題として取り組んでいきたい。

Q：し尿と浄化槽汚泥の水質の違いより、受け入れ条件を考慮しているか？

A：今回はし尿と浄化槽汚泥の水質の違いは考慮していない。この施設では浄化槽汚泥の割合が約80%あり、し尿の水質影響は受けにくいと考えているが、今後、リアルタイムでの水質測定も含めて確認したい。

セッション A-3 分析・計測

【座長】樋口 能士 (立命館大学)

【副座長】高松 誠昇 (東芝インフラシステムズ㈱)



発表論文

- ① 分離式多機能型マンホール蓋の開発
- ② 連続 EEM 測定装置を用いた浄水処理工程中の有機物モニタリング
- ③ 上下水・産業プラントにおける臭気の計測
- ④ 自治体が提供するごみ分別アプリの使用状況の分析

本セッションでは、上下水道・廃棄物分野における社会課題に対応した4件の研究発表があった。発表①では、多機能型マンホール蓋のアンテナ部と通信装置を分離して保守性向上が図られ、既存蓋への導入拡大が期待された。発表②では、浄水処理過程における有機物の組成や挙動を把握する新手法の提案があった。発表③では、音響波を利用した臭気センサによって機器異常の兆候を検知する手段が示された。発表④では、自治体アプリの利用者アンケートから、ごみ分別に関

する市民ニーズを明確にされた。

【研究発表】分離式多機能型マンホール蓋の開発

東京都下水道サービス(株)	戸叶勝則, 堀口陽子
東京都下水道局	栗原佳弘, 萩原 徹
(株)明電舎	中島満浩, 佐藤克哉
日之出水道機器(株)	山口竜也
ヒノデホールディングス(株)	壺岐尾湧介

Q：水位や硫化水素ガス濃度が異常値を示し、下水道管路の運用に役立てた事例があればご教示いただきたい。

A：今回の実証期間中に、計測値の異常を示すことは無かった。既に導入されている箇所では、計測値に基づき、下水道管路の管理が行われている。

Q：後付型通信アンテナの通信性能を向上させる方法があればご教示いただきたい。

A：メインとサブのアンテナを新たに開発した結果、マンホール下部に配置しても安定した通信性能を確保することが出来た。

Q：実装しているバッテリーは、どのくらいの期間まで連続で利用することができるのか。

A：水位と硫化水素ガス濃度の2項目のみを1時間毎に測定し、1時間周期で通信する条件で、約5年程度のバッテリー寿命が期待できる。大容量かつ長寿命な塩化チオニルリチウム電池を採用した。

Q：多機能型マンホール蓋の通信機能を、下水道事業以外の分野でも有効利用することは検討されているのか。

A：下水道管渠内の水位や硫化水素ガス濃度などをリアルタイム計測することを目的に開発してきた。下水道事業以外の分野での応用は想定していない。

【研究発表】連続 EEM 測定装置を用いた浄水処理工程中の有機物モニタリング

(株)堀場アドバンスドテクノ	川口佳彦, 小島礼慈
国立保健医療科学院	小坂浩司

Q：EEM 測定の利用方向について教示いただきたい。原水のフミン質濃度を把握して塩素注入量を調整することで、塩素副生成物の発生抑制につながるような利用は可能か。

A：pH, 濁度, アルカリ度, TOC 等のように定量的な数値を示す指標と組み合わせることで、塩素副生成物の抑制に寄与できると考えている。

Q：EEM測定結果は、スコア値として示されていた。このスコア値は対象有機物の濃度とリニアな相関を示しているのか。

A：スコア値が高いほど、蛍光を発する物質が多くなる傾向がある。しかし、物質濃度と蛍光強度との関係が物質ごとに異なっているため、一概にリニアな相関があるとは言えない。低濃度域であればある程度リニアな特性を示す場合もある。

Q：標準物質を用いて検量線を引くことで、特定物質濃度の絶対値を示すことは可能か。

A：蛍光分析は比較的高感度に検出でき、低濃度領域でリニアな特性を示す物質もあるので、検量線を引いて濃度絶対値にすることが可能な場合もあると考える。

Q：タンパク質スコア値とアンモニア濃度を比較すると挙動が異なるため、タンパク質とアンモニアの由来が異なるとの発表であった。どのような由来の違いがあると考えられるのか。生活排水以外に、藻類などが関係しているとは考えられないのか。

A：今回対処とした浄水場の取水口近傍に湖沼がある。雨天時には、この湖沼からの越流水が原水負荷になっていた。冬季のある時点から、湖沼からの越流水が流れ込んでいると推定している。この湖沼には下水処理水が流れ込んでいる。冬季であるため藻類が関係していたとは考えていない。

Q：秋から冬におけるEEM測定であったが、夏季のEEM測定は行っているか。

A：今回は、秋冬の測定のみであった。春夏については、別の機場で評価を始めている。

Q：解析に使用したPARAFACはEEM装置に付属しているものを利用したのか。

A：EEM装置に付属しているものを利用した。

路が処理できない。人が感じる微量な臭気ガスを検出することを目的にしている。

Q：臭気ガスに湿度があっても測定できるのか。

A：湿度80%程度であっても測定可能。ただし、電子回路であるため、結露しないことが条件。

Q：プラントの現場で活用することを考えると、携帯性が求められると思うが、持ち運びは容易なのか。

A：小型なセンサなので可搬性は良いと考えるが、移動中の振動がノイズになるため、静置した状態で利用いただきたい。電源はバッテリーにすることも可能。

【研究発表】自治体が提供するごみ分別アプリの使用状況の分析

立命館大学 湯川 力, 橋本征二

Q：「アクセス数/起動回数」について、A市とB市で差があった。この差は、どのような要因で生じたと考えられるか。

A：B市の方がアプリダウンロード数が多いため、分母（起動回数）が大きくなり、差異が見られたと考えている。

Q：「粗大ごみ申し込み機能」について、アプリ利用者からの要望が高い。自治体側のご意見や考えを聞いていたらご教示いただきたい。

A：自治体側においても、「粗大ごみ申し込み機能」については、アプリ内に決裁機能を設けるなど機能追加の意欲があった。

【研究発表】上下水・産業プラントにおける臭気の計測

(株)日立製作所 隅倉みさき, 三宮 豊
横井浩人, 高武直弘

Q：臭気物質の分子構造によって、測定しやすい場合と、測定しにくい場合はあるのか。

A：臭気物質の分子構造によって、特定の音響周波数が生じる。似た分子構造の異物質が存在していると、臭気物質特定が難しくなる。

Q：人が感じる臭い（嗅覚）と同程度の検出が可能か。

A：濃度の高いガスは、音響信号が強くなり増幅回

セッションB-1 浄水処理・制御Ⅰ

【座長】藤原 健史 (岡山大学学術研究院)

【副座長】山野井 一郎 (㈱日立製作所) (岩井副座長からの交代)



発表論文

- ① 人工知能による浄水場塩素注入管理の最適化 —— トレンドデータの時間間隔の影響 ——
- ② 水道用水の変動供給に関する一考察
- ③ ランダムフォレストを用いた原水水質のリアルタイム推定
- ④ 浄水場における監視点検データを用いた運転支援および設備診断

本セッションでは、浄水処理・制御技術に関して、①人工知能による浄水場塩素注入管理の最適化 —— トレンドデータの時間間隔の影響 ——、②水道用水の変動供給に関する一考察、③ランダムフォレストを用いた原水水質のリアルタイム推定、④浄水場における監視点検データを用いた運転支援および設備診断、の4編の研究発表と質疑応答が行われた。

【ノート】人工知能による浄水場塩素注入管理の最適化 —— トレンドデータの時間間隔の影響 ——

水ing(株) 隋 鵬哲, 島村和彰
 (株)水みらい広島 森次歩人, 山口陽生

浄水場の残留塩素管理最適化を目的とし、1時間間隔や5分間隔など異なる時間間隔のトレンドデータが存在する浄水場の運転データに対して、時間間隔が次亜注入 AI モデルの予測精度に及ぼす影響を検討した。検討結果より、5分間隔のトレンドデータで構築した次亜モデルはそのデータが持つ詳細な情報量のため、1時間間隔の次亜モデルより予測精度が大幅に向上したことが示された。

Q: 5分間隔データは瞬時値か?

A: 平均値である。

Q: 雨量を用いているが水量に対して雨量は少ない。影響はあるか?

A: ニューラルネットワークのモデル化の過程で最適化される。水量よりは時間遅れの点で効果があると考えられる。

Q: データのみからの指示に対して、運転員への信頼性はどのように確保しているか?

A: 上下限界を設定することで対応している。

【研究発表】水道用水の変動供給に関する一考察

(株)日立製作所 藤井健司, 小泉賢司, 小熊基朗
 埼玉県企業局 百海 学, 山内康正, 三澤庄吾

変動供給時の県浄水場からの送水量や受水団体浄配水場の自己水量、受水量等を計画する水運用計画技術をベースとする用水変動供給方式を示し、本方式を埼玉県実証地域に適用したときのシミュレーション評価結果について示した。その結果、受水量の制約条件緩和の可否について慎重に検討する必要はあるものの、本方式により用水変動供給時の各種制約を満たす水量管理を実現でき、用水供給事業における自己水取水設備の最適化に適用できる可能性があることを確認した。

Q: モデル構築上の工夫点について。

A: 朝方の需要の変化を反映させている。

Q: 予測変動の精度の影響は?

A: 配水池で変動誤差を吸収できると考えている。実運用では残る誤差を考慮して適用する。今回の試算では実績値を利用した。

Q: 浄水場の自己水一定+県で供給水量調整の運用か?

A: 基本的な方向性はその通り。個別の浄水場での変動供給は更新コストがかかる場合がある。ただし災害時など個別対応事項もあるのでそこは事情に合わせた運用となる。

【研究発表】ランダムフォレストを用いた原水水質のリアルタイム推定

東芝インフラシステムズ(株) 松本 隼, 毛受 卓
 小原卓巳, 横山 雄

塩素注入率に対する残留塩素濃度を化学反応に基づき推定する場合、入力情報として原水中の各反応物質の濃度が必要となる。浄水場におけるオンライン測定項目はその一部に限定されるため、筆者らは他のオンライン測定項目から原水水質を推定する手法を提案した。ランダムフォレストを用いて推定を実施した結果、時間遅れなく推定可能で、推定制度は原水 Fe 濃度で 4.2%、原水 Mn 濃度で 3.7%、原水 TOC 濃度で 1.8% の絶対誤差平均となり、前回検討した線形計画法と比較して精度が改善した。

Q: Fe と TOC の挙動は似ている。一方で Mn のピークが少し早い理由は何か?

A: 上流側にダムがありそこでの放流が一因と考えられる。

- Q : Fe, TOC に対しては濁度が相関している。
Mn に対して寄与している変数は何か？
- A : 原水導電率が一つと考える。
- Q : 原水アンモニアをオンラインで計測している浄水場は多くはないのでは？
- A : アンモニアを除いての精度検証も今後の検討課題とする。

【研究発表】 浄水場における監視点検データを用いた
運転支援および設備診断
(株)日立製作所 横井浩人, 栗栖宏充, 中村信幸

監視データや点検データを活用する支援システムの機能の一つとして、ART (Adaptive Resonance Theory, 適応共鳴理論) 手法を用いて重要機器である取水ポンプと配水ポンプを対象に診断を実施した。診断期間中に機器の不具合は発生しておらず診断性能そのものを評価するには至らなかったが、保守作業 (グリスアップ), 配水量の変化や水質悪化に伴うポンプ運用の変更に対して、パラメーターを調整し、状態変化の検出ができることを確認できた。

- Q : 故障事象ごとに前兆は異なるか？
- A : 今回は種類までは特定できていない。ただし軸受け周りに原因があることが多い。そこまで特定した後、軸受けの振動センサ挙動から判断できる。
- Q : パラメーター値の設定はどうするか？
- A : 今回はデータが徐々に増えていく中で手動で設定。他の分野と同様、データの蓄積に基づき今後は自動化をめざす。

セッション B-2 浄水処理・制御 II

【座長】 高岡 昌輝 (京都大学大学院)

【副座長】 平林 和也 (安川オートメーション・ドライブ(株))



発表論文

- ① ニューラルネットワークを活用した凝集剤注入率の予測技術の開発
- ② 画像解析によるフロックの沈降速度と形状の影響
- ③ 急速ろ過プロセスにおけるろ過池損失水頭推定に関する検討

本セッションでは、浄水場の運転管理技術に関する研究発表が3件あった。AIが学習外領域を外挿して凝集剤注入率を予測する技術、フロックの形状によって異なる沈降速度を明確にした技術、ろ過池の損失水頭の推定モデルを構築した技術など多岐に亘る発表があり、議論が活発に実施された。今回の発表は、浄水場の最適な運転を実現するために必要な技術であり、今後の発展が期待される。

【論文】 ニューラルネットワークを活用した凝集剤
流入率の予測技術の開発

(株)日立製作所 渡部亜由美, 三宮 豊
横井浩人, 中村信幸

浄水場の凝集剤注入率の予測モデルに関する報告である。予測に使用したニューラルネットワーク (NN) は学習した範囲内では精度を確保できるが、範囲外では、予測モデルの精度が低下する。そこで、外挿できる近似式 NN を開発して評価した結果、従来の NN の平均絶対精度 20.7 mg/L に対し、3.8 mg/L まで改善した。また近似式の係数から予測への入力項目の影響の感度を評価した結果、知見と一致していることが分かった。

- Q : 学習に使用したデータの周期、データ数はどのくらいでしょうか？
- A : 1分周期の1年間のデータです。
- Q : 水温が低い程、注入率が高い結果が示されているが、実測値と比較するとどうなるのでしょうか？
- A : 今回は、シミュレーションのみでの結果である。

今後実測値との調整が必要になると考える。

C：原水 pH と比較しているが、凝集 pH と比較するとよいと思う。

Q：適用した近似式は、現場の条件と同様と考えてよいでしょうか？

A：現場の近似式を把握していないため、今後現場の条件を確認したいと考える。

Q：他の浄水場への適用は式が変わるのでしょうか？

A：基本的には現状の式で適用できると考える。合わせ込みが必要になった場合は、式の変更も考慮する。

Q：注入率に対してどの因子が重要なのか調査することがあるが、今回はアルカリ度が最も影響が大きいと理解してよいでしょうか？

A：アルカリ度は C1 の値が増加しており、予測値と比較しても影響が大きいことを表していると考えています。

【研究発表】画像解析によるフロックの沈降速度と形状の影響

東芝インフラシステムズ(株) 福田(早見) 美意
松代武士, 毛受 卓
横山 雄

凝集沈殿プロセスにおけるフロックの沈降速度と形状について評価した報告である。従来使用されている沈降速度の算出は球形の剛体粒子を前提としていた。今回は、フロックの形状を考慮した沈降速度式を作成した。フロックの大きさと形状、沈降速度から沈降速度式を立案した結果、沈降速度には形状の影響があり、その沈降速度式により測定値と計算値を近づけることができた。

Q：フロックの端ははがれ、小さいと思います。どれくらいのサイズまで測定可能か？

A：解像度は 0.0 何 mm 程度まで可能である。

Q：自動化など実プラントでの実現方法を教えてください。

A：今回は自動化への適用に関する検討ではなく、モデル構築のためのデータ収集と考えています。

Q：粒子が沈降しながら回転して断面が変わる場合、どのような対応が考えられますか？

A：回転するので定義が難しいと考えている。粒子のサイズによって沈降速度が異なるため、サイズによって見分けるなどの方法が必要ではないかと思っています。

Q：個数によって沈降速度は変わるのか？ また、干渉沈降の影響は考えなくてよいか？

A：干渉沈降は下部で発生し、上部では発生しない

傾向があります。沈降していない上部の個数をカウントして速度評価が必要と考えます。

【研究発表】急速ろ過プロセスにおけるろ過池損失水頭推定に関する検討

東芝インフラシステムズ(株) 村山清一, 大澤 俊
山原裕之, 毛受 卓
横山 雄, 金谷道昭

ろ過池の処理能力を正確に把握することによって、適切な凝集剤注入率やろ過池洗浄タイミングの支援が可能のため、ろ過池の損失水頭を推定するモデル立案に関する報告である。ろ過池のろ層を複数に分割し、ろ層ごとに蓄積する懸濁成分に応じて損失水頭を推定する。進行に伴い変化するろ層の空隙率は、濁度や凝集剤成分によって変化すると定義して、損失水頭を推定するモデルを構築した。損失水頭の推定値は検証試験結果を概ね再現できることが分かった。

Q：今回は、PAC 注入率を固定で実験しているが、動的に変化する場合はどのようになると考えますか？

A：固定で試験した目的は、ホワイトボックスモデルが正しいかを判断するためです。今後、変動する水質で検証する予定ですが、合わせ込むことができると考えます。

Q：PAC 注入率が 1[mg/L] の時に差が最も小さくなっています。注入率上昇とともに差が大きくなるのではないかと思います。どのように考えればよいでしょうか？

A：データが不足しているので、データ数を増やして検証を行い明確にしたいと考えています。

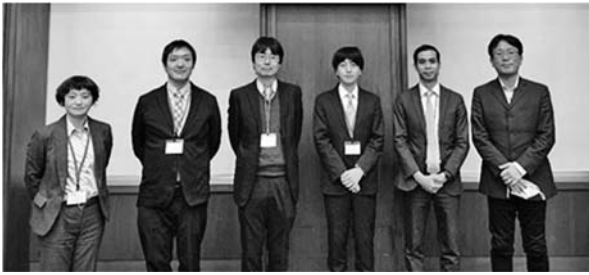
Q：粒径、形状、フロック分布密度が損失水頭に影響があると思いますが、B2-2-2 のモデルへの結合などは検討されているのでしょうか？

A：密度の要素を考えながら 2 つのモデルを結合することも検討していく予定です。

セッションB-3 汚泥処理

【座長】大下 和徹 (京都大学大学院)

【副座長】松田 由美 (㈱タクマ)



発表論文

- ① 可燃性一般廃棄物の下水汚泥焼却炉補助燃料利用に向けた基礎的調査
- ② バッチ式反応器での異なる水素添加量に対する Biological Biogas Upgrading の応答
- ③ 全国の下水汚泥焼却プロセスにおける補助燃料使用およびクリンカ発生状況の把握
- ④ 最初沈殿池における高効率エネルギー回収技術の検討

本セッションでは、「汚泥処理」をテーマに、①可燃性一般廃棄物の下水汚泥焼却炉補助燃料利用に向けた基礎的調査、②バッチ式反応器での異なる水素添加量に対する Biological Biogas Upgrading の応答、③全国の下水汚泥焼却プロセスにおける補助燃料使用およびクリンカ発生状況の把握、④最初沈殿池における高効率エネルギー回収技術の検討、の4編の研究発表と質疑応答が行われた。

【ノート】可燃性一般廃棄物の下水汚泥焼却炉補助燃料利用に向けた基礎的調査

(国研) 土木研究所	宮本豊尚, 谷藤溪詩 桜井健介
国土技術政策総合研究所	重村浩之
京都大学大学院	高岡昌輝
(国研) 土木研究所	岡安裕司

下水道事業における温室効果ガスの排出削減に向け、可燃性一般廃棄物が下水汚泥焼却炉の補助燃料として利用可能であるか検討した。一般廃棄物の収集・処理に関するヒアリング調査の結果、分別が可能かつ既存リサイクルで全量処理されていない利用可能な資源は草木類のみであった。想定される草木類の回収量から、下水汚泥焼却炉の補助燃料である化石燃料の削減効果を試算したところ、枝の想定回収量は合計約 350 t-wet/年であり、化石燃料を枝に代替すると CO₂を 190 t-年削減できることがわかった。

Q：刈り草の重量の評価は？水分量の考え方だが、

持ち込まれてからどのくらい経過しているものか？

A：投入量は発熱量ベースで試算している。刈り取ってから1日程度経過しているため、若干の水分は減っている。

Q：下水処理場内の使われていない資源、例えばスクリーンかす等を利用すれば自立する、というアプローチはどうか？

A：実際し渣が入っている処理場は全体の3分の1くらいあるが、必ずしも自燃出来てはいない。し渣を投入する場合は破碎が必要であり、草木類を投入する場合はその破碎装置の流用はできるだろう。

Q：草木類は発生量の変動に対してはどう対応しようと考えているか？

A：発火する可能性もあるため長期間保管はできない。季節変動も考慮し、安定した処理ができるよう汚泥投入量との比率を考える必要がある。

【研究発表】バッチ式反応器での異なる水素添加量に対する Biological Biogas Upgrading の応答

京都大学大学院	新田大知, 大下和徹 高岡昌輝, 日下部武敏
(株)タクマ	伊藤竜生, 佐藤夏紀
東邦ガス(株)	水野志穂
北海道大学大学院	木村克輝, 羽柴 昭

メタン発酵槽に H₂を注入することでバイオガス中の CO₂のメタン化が進行し、高品質化 (Biological Biogas Upgrading : BBU) できることが期待されている。一方で H₂の添加量が CO₂に対して過剰になると、pHの上昇や有機酸の蓄積といった発酵阻害を生じる。そこで本研究では、下水汚泥を基質としてバッチ式反応器を用いた水素添加メタン発酵を行った。基質にして H₂添加量を変化させたところ、H₂添加量 130 mgL/g-VS_{in} 付近において VS 分解率は低下したものの、CH₄収率や CH₄濃度が増加し、BBU が最も進行することを明らかにした。

Q：汚泥処理設備の設計・運転上、H₂を添加しても VS 分解率の低下は避けたい。どのような対応が考えられるか？

A：pHの影響が大きい。H₂を添加した場合の発酵阻害は pH を調整することで防ぐことができると考える。

Q：pH を調整すれば良いと思うが、例えば CO₂調整すれば pH 調整剤を添加しなくても良いか？

A：CO₂の濃度をコントロールすれば可能だが、より細かなガス分析が必要になると考える。

【研究発表】 全国の下水汚泥焼却プロセスにおける補助燃料使用およびクリンカ発生状況の把握

(国研) 土木研究所 谷藤溪詩, 宮本豊尚
 国土技術政策総合研究所 重村浩之
 京都大学大学院 高岡昌輝
 (国研) 土木研究所 岡安祐司

焼却プロセスは主要な汚泥処理の一つであるが、その補助燃料は下水処理場における温室効果ガス排出の一因となっている。本研究では、従来の補助燃料とは別の廃棄物由来等のエネルギーを利用することを目指し、全国の下水処理場に焼却炉が設置されている公共団体を対象にアンケート調査を実施して焼却炉の現状を調査した。負荷率の低い炉では補助燃料使用量が増加する傾向があった。また、汚水処理において高度処理を行っている処理場のうち、流動床焼却炉フリーボード部を高い温度で運用している炉はクリンカが発生しやすい傾向であった。

Q：補助燃料として消化ガスは使っているか？

A：今回のアンケートでは特に区別なく調査した。

Q：負荷率が小さいと補助燃料の使用量が多い、というのはどういう理由か？

A：負荷率が小さいと汚泥投入量が設計能力に比べて少ないため補助燃料を使っていると考えた。

Q：負荷率を上げると補助燃料の使用量は減るという理解でよいか？

A：そう考えている。

Q：立上げ回数の影響は？

A：アンケートの結果からは傾向を確認できていない。

【研究発表】 最初沈殿池における高効率エネルギー回収技術の検討

(株) 明電舎 Lai Minh Quan, 福崎康博
 松田祐毅, 三溝正孝

下水からバイオマス回収を促進する方法として A ステージの技術がある。バイオソープションと呼ばれる生物吸着反応によって、従来の最初沈殿池では回収が困難であった溶解性の有機物を回収できる特徴がある。しかし従来の A ステージでは最初沈殿池より返送汚泥ポンプなど機械点数が増える点が懸念された。そこで本研究では A ステージとして高効率エネルギー回収技術を適用しパイロット試験を実施したので、技術の該当と試験から得られた結果について報告する。

Q：今後どのような評価をするのか？

A：下水処理場において実下水の一部を用いた試験により評価する予定。

Q：初沈汚泥量が増え生物処理の負荷が低下すると思うが、汚泥消化ガス発生量や生物処理への影響はどのように評価しているか？

A：評価はこれからだが、消化ガス発生量は増えることを確認している。また生物処理については、曝気風量が2割程度の低下が期待できる。

Q：夏場、初沈汚泥の沈降性と余剰汚泥の沈降性への影響はどうか？

A：汚泥腐敗により沈降性が悪化する場合は、汚泥濃縮槽の滞留時間を短くする等で対応する。実験では腐敗による沈降性悪化は見られなかった。

Q：本システムの消費電力は従来法に比べてどうか？

A：まだ検討中であるが、全体的に従来法に比べて20~30%削減できると考えている。

Q：凝集剤を添加している理由は？本システムでは必須となるのか？

A：放出下水処理場は中浜処理場から送泥しているため、スケール対策として凝集剤を添加している。処理場に応じて凝集剤の添加の可否を検討する。

セッション C-1 環境・廃棄物

【座長】 橋本 征二 (立命館大学)

【副座長】 中村 昌文 (株) 日吉



発表論文

- ① ディスポーザー排水流入時の管渠内浄化に関する研究
- ② 施肥管理の適正化を目指した土壌診断システムの開発
- ③ 蛍光染色法による人工芝由来のマイクロプラスチックの環境負荷量の検討
- ④ バイオマス発電プラントにおける燃焼ガス浄化による CO₂ の農業利用

本セッションには4件の研究発表があった。「環境・廃棄物」という課題に対してディスポーザー、土壌診断、マイクロプラスチック、バイオマス発電プラントをキーワードに開発実験報告が行われた。

【ノート】 ディスポーザー排水流入時の管渠内浄化に関する研究

日本大学大学院	鈴木 藍
東京農業大学	吉田綾子
国土技術政策総合研究所	濱田知幸
(株)エックス都市研究所	鶴巻峰夫
日本大学大学院	森田弘昭

ディスポーザー (DP) 導入地域の現地調査から DP 排水の負荷が想定よりも下水処理場に到達していない実態を受けその要因を明らかにする目的で、管渠模型を用いて DP 排水の分解能を検討する。再現された生物膜の影響で有機物量は一定量減少することが示唆された。また、DP 排水は下水と比較して易分解性基質が多く、微生物が分解しやすい有機物に富むことが考えられ、管渠内での分解速度を試算すると下水処理施設の処理槽の推定分解速度の 1/10 程度、河川の事情速度の 10 倍程度。今後の課題では、硫化濃度など有機物量以外の成分変化を把握するなど有機物分解要因の解析や DP 導入は地域社会全体の GHG 排出量が減少する可能性があることから、管渠内分解を考慮した DP 導入時の影響評価の方法を検討していくことを期待する。

【研究発表】 施肥管理の適正化を目指した土壌診断システムの開発

東京農業大学 吉田綾子, 後藤逸男

土壌診断結果を評価・解説する「土壌診断システム」に着目し、施肥管理の適正化に役立つツールを提案する。既存システムをもとに、市販データベースソフト (Claris FileMaker Pro) での「みどりくん[®]」を開発し、分析結果以外に、施肥情報も取り込まれ、より具体的な解説や土壌改良・施肥改善対策、さらに、サンプル管理、請求書発行等関連業務の連携でさらに作業の効率化が図られている。今後、様々な関連機関への情報共有し、土壌診断システムのあり方の協議がされることが期待される。

【研究発表】 蛍光染色法による人工芝由来のマイクロプラスチックの環境負荷量の検討

関東学院大学 鎌田素之
(株)日吉 中嶋真治, 川寄悦子

水環境中へのマイクロプラスチック (MPs) 負荷源として人口芝生に注目し、降雨時の人工芝を使用したグラウンドからの流出実態と紫外線による人工芝の劣化に伴う検討を行う。結果一定の降雨がある場合、人工芝の劣化の進んだグラウンドから大量の MPs が

流出し、環境への大きな負荷源となっていることが判明。流出した MPs は紫外線による劣化が進んでいることから適正な時期に人工芝の取り開けや流出対策を講じる必要性がわかる。一般的には、顕微 FTIR などの分析機器と煩雑な処理が必要だが、夾雑が限られる場合蛍光染色による顕微鏡観察が有効な手法であることが示唆される。

【研究発表】 バイオマス発電プラントにおける燃焼ガス浄化による CO₂の農業利用

(株)タクマ 松田由美, 藤川宗治
佐藤和宏, 花山勇一郎

バイオマス発電プラントの燃焼ガスを浄化し、グリーンハウスへ CO₂を供給する燃焼ガス設備を開発する。プラントは、排ガスの一部を燃焼ガス浄化設備にて、酸性ガス除去、CO 除去、NO_x 除去後、冷却して浄化ガスとして隣接する約 11 ha のグリーンハウスへ供給される。浄化施設の運転性能として、一酸化炭素、塩化水素、硫黄酸化物、窒素酸化物 ppb オーダーまで低減され、作物および作業員に対し影響がない濃度であることを確認される。グリーンハウスで利用される浄化ガス中の CO₂量は、10,890 t-CO₂/年、浄化装置の電力等の CO₂排出量 44.9 t-CO₂/年であるため、削減効果は、10,845 t-CO₂/年と試算し、温室効果ガス削減と脱炭素社会の実現に貢献できる。

セッションC-2 未来プロジェクト

【座長】清水 芳久（京都大学大学院）

【副座長】入江 和太（㈱堀場アドバンステクノ）

発表論文

- A. 環境意識の変化による水資源の未来
- B. 観光と水の相乗効果
- C. カーボンニュートラルで取り残されるもの

本セッションでは、未来プロジェクト TSUNAGU21-IIIの参加者が3グループに分かれ、「未来像を構築するのに重要な視点」について討議内容を報告いただいた。

【研究発表】環境意識の変化による水資源の未来



グループ A

東芝インフラシステムズ(株)	堀田陽平
横浜市環境創造局	西田智彦
日本大学大学院	鈴木 藍
(株)日立製作所	渡部亜由美

未来を構築するのに重要な視点として、環境意識と水資源と定め、時間・空間的な視点から解析を行うことで、水資源の未来を創造した。

環境意識は年代での関心の違いや、社会情勢での意識の優先度が異なっている。また空間的には環境意識に対する教育、レジリエンスなシステムや水資源の意識の違いが存在している。そのため、地域ごとに合わせた施策を行うことが必要であると考えた。

Q：今回検討した未来像を実現することによるデメリットとその対策はどのようなものを検討したか？

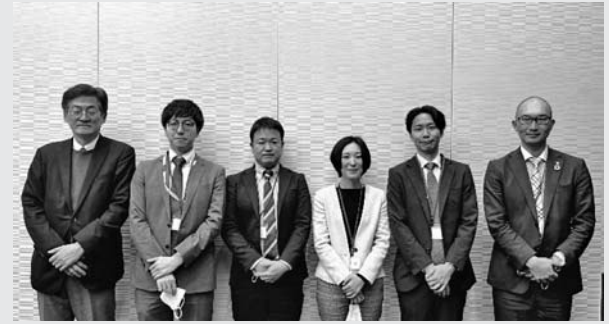
A：空間的視点を世界レベルにしたことによって各地域で顕著に表れる課題について深い議論は出来なかった。

Q：発表内容で洪水については出てきたが渇水についての視点は無かったがなぜか？

今後日本では大きな課題の一つとなりえる。

A：水ストレスを指標に世界を見たところアフリカの水ストレスが高かったため、日本における渇水については検討が出来ていなかった。

【研究発表】観光と水の相乗効果



グループ B

JFE エンジニアリング(株)	黒岩綾子
(株)日立製作所	佐藤亮太
東芝インフラシステムズ(株)	松本 隼
メタウォーター(株)	草野 吏
東京大学	CAO Vu Quynh Anh

観光と水を掛け合わせて未来像の創造を行った。

観光は経済効果を期待できるが、環境への負荷が大きい側面もあるためサステナブルな観光を検討する上で環境・経済・社会の視点が必要となる。

海外での水資源を活用した観光の成功事例を国内へ導入するにあたり課題の抽出と観光未来像について発表いただいた。具体的に東京湾の水質改善を行うことで、納涼船や遊覧船が生まれ出している経済効果に環境・社会の価値向上が図れ、サステナブルな観光資源にすることができるという結論となった。

Q：今回検討した未来像を実現することによるデメリットとその対策はどのようなものを検討したか？

A：水質改善することによりどれだけの経済効果が生まれるかという視点を主に議論していたため議論をしていない。

Q：隅田川の水質を綺麗にすると話されていたが、見た目はどの程度の水質を求めているのか？水質は数値であらわされるが、透明度や臭いなどの新しい指標で定義しても面白いのではないか？

A：見た目では不快感を覚えない程度と考えているので今後の参考にさせていただく。

【研究発表】カーボンニュートラルで取り残されるもの



グループC

立命館大学大学院	笹井貴央
三菱電機(株)	小野 剣
(株)日立製作所	松田芳久
(株)日吉	勝見良太
(株)堀場アドバンステクノ	加藤 誠

カーボンニュートラルを進める中で取り残されるものは何かについて調査を行い、森林伐採という特徴あるブラジルやインドネシアに注目した。森林伐採を進めることで、その国の文化を風化させる可能性がある。これらの点を踏まえ各国の産業と環境のバランスの取れた未来像の検討を行った結果、自然保護を軸とした新しい産業を創造することにより、取り残されるものは無くカーボンニュートラルを進めることができると考えた。

Q：今回検討した未来像を実現することによるデメリットとその対策はどのようなものを検討したか？

A：今回の発表ではカーボンニュートラルで取り残されるものが何かについて議論を行ったので、デメリットへの対策を発表したと考えている。

Q：森林伐採をしてパームオイルを生産している背景を議論はしましたか？

背景を深く知ることで、途上国への支援を今までの方法ではなく、新しい作戦を検討することで未来を創造することもできるのではないかと？

A：深い議論は出来ていなので調査を行う。

全体への質問

Q：未来プロジェクトは結果よりも議論の内容や自分と相手の立場の相互理解が重要だと考えている。

お互いの立場を踏まえて、今までの活動の振り返りと今後どのように繋げていきたいかを産・官・学の立場から意見を貰いたい。

A：(産)

議論を進める中で会社の違いを感じながら議論

を進めることが出来たことと、普段学生の方と関わる事が無いので新鮮であったため、いい経験が出来たと感じる。

A：(官)

未来プロジェクトの議論の時間が、未来に繋がる感覚を覚えたことが印象に残っている。

それぞれの立場から環境の未来を考える上でいろんな視点で見ることが出来たので、今後活かしていきたい。

A：(学)

学生の立場で社会人の方と議論を進める経験は大学の中にいるとチャンスが少ない。

その中で学生と社会人の考え方の違いを感じる事が出来た。