

## 〈第24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 運転計画

【座長】井手 慎司 (滋賀県立大学)

【副座長】後藤 久明 (榊東芝)



発表論文

- ① 下水処理場運転計画支援システムの開発
- ② 浄水場における節電要請にむけたピークシフト送水計画
- ③ 環境負荷低減型水運用計画システムの開発
- ④ 配水コントロールシステム導入評価ツールの開発

本セッションでは4件の研究発表があった。

①が下水処理場の、②、③、④は浄水場の運転計画の研究発表であった。いずれも近年の環境問題への関心の高さや、昨今の電力供給が逼迫した事情からそれらを解決しようとした研究であり、浄水場や下水処理場における新しい運転計画に寄与する可能性に期待が持てる研究であった。

今後の運転計画のため、引き続き研究・検討評価を期待していきたい。

## 【論文1】下水処理場運転計画支援システムの開発

メタウォーター(株) 福嶋俊貴  
京都大学・龍谷大学名誉教授 宗宮 功

本年は夏の電力供給の逼迫により、下水処理場ではある程度の処理水質の悪化も許容した節電運転がなされた。そこで処理水質と電力使用量を総合的に評価する下水処理場機能評価システムを活用して、従来の処理水質を維持する「通常モード」、平均値で処理水質の目標値を達成し節電を追求する「省エネモード」、処理水質の最大値でも目標水質を達成する「水質優先モード」の3種類のモードを有する運転計画支援システムを開発し、下水処理量 48,000 m<sup>3</sup>/日の循環式硝化脱窒法のモデル処理場を対象とし、流入水量・水質の

変動パターンとして与えた流入負荷に対応する制御設定値の時間単位での設定により、各モードの制御効果を定量的に評価した研究である。

いままでは制約条件として“水質”は絶対に守らなければならないものであり、その条件の中でいかに節電省エネを達成するかであったが、本研究は“水質”制約条件も柔軟に捉え実行可能領域を広げて運転の最適化を検討しようとしたものであった。

Q: 提案システムは、シナリオとして、いくつかの設定に対するシミュレーション結果を示すことで、最終的には運転管理者が比較考量しながら判断し、対応していくという考え方で、システムが明示的に「こうなさい」と提示する時代ではないとの理解でよいのか?

A: シミュレーションでいくつかのシナリオを検討したうえで、運転管理者が目標(例えば省エネモード)を決めたらシステムが確実に制御を実行すると考えている。

Q: “処理水質”に関する制約条件を変更するというのは、いろいろな事を踏まえたうえでの運営上の「判断」であろう、と思うがいかがか?

A: 処理水質は放流先の条件で変わってくると考えている。実際に、いくつかの事業者では節電のために処理水質の緩和が図られている。今後の電力供給事情を考えてもエネルギー消費を意識した処理目標水質の設定が重要となり、決断の支援としてシミュレーションが力を発揮すると考えている。

## 【論文2】浄水場における節電要請にむけたピークシフト送水計画

徳安川電機 竹田将一, 平林和也, 佐藤明雄

浄水場で使用電力割合が高いポンプの、中でも特に電力消費量が多い送水ポンプに着目し、ピーク時の電力をシフトさせる事で電力が逼迫する時間帯の消費を抑えて節電要請に対応するポンプの運転方法を検討したもの。配水池の水位条件を満たしつつ、ピークシフトが可能かを検討し、実浄水場のデータを基に節電要請の効果度を論じ、簡易的に節電要請にあわせた送水計画を導き出した上で、電力料金を解析しその解析結果を用いて送水計画を立案した研究である。

Q: 3番目の研究発表「環境負荷低減型水運用計画システムの開発」ととても近い内容の研究であった。相手の研究のよいと思った点は。また、参考になるところはどこか?

A：環境負荷削減と安定供給との二者の間には必ずトレードオフ問題があり、その最適化問題をユーザーに重みを置き、条件による絞込みを可能にした点はよいと感じた。送水以外も含んだ複雑な配水系統全体を対象としている点は今後の参考としたい。

Q：ダイナミックプライスという考えは、まだ実験段階かもしれないが、これによって送水ポンプの運転はかなり変わると思うか。また需要予測に基づく運転計画との関連は？

A：ダイナミックプライスによっては、夜間電力を積極的に用いる送水がよい場合や一定流量の送水がよい場合があり、これにより配水池の運用方法が大きく異なってくる。また、翌日の送水ポンプの運用予定を1つの材料としてダイナミックプライシングしているため、ある程度ダイナミックプライスはコントロールが可能である。ただし、あくまでも1つの材料としているだけなので、そのことの限界はある。

**【論文3】環境負荷低減型水運用計画システムの開発**  
 (株)日立製作所 廣政 透, 今井美希, 田所秀之

近年、環境問題への関心の高まりから、水道事業者においても水の安定供給を満たしつつ環境負荷を低減する事が求められているが、これら両者はトレードオフの関係にあり、両立しがたいという難しさがある。この解決策として、トレードオフ関係にある両者のバランスを調整することで水の安定供給を満たしつつ環境負荷低減を実現する環境負荷低減型水運用計画システムを開発し、同システムを大規模な仮想水系に適用したシミュレーションを行いその有用性を示唆した研究である。

Q：2番目の研究発表「浄水場における節電要請にむけたピークシフト送水計画」ととても近い内容の研究であった。相手の研究のよいと思った点は。また、参考になるところはどこか？

A：水運用計画システムは、水系図全体を対象としており、個々の浄水場の運用は考慮していない。2番目の発表は個々の浄水場運用を考慮していく際の参考とさせていただきたい。

Q：環境負荷低減と安定性はトレードオフの関係にあるのは良くわかるが、発表では絞込みが簡単に行われているように感じた。特定の条件やパターンによって限定されるので絞込みが容易になるのか？

A：環境負荷低減は水系図全体のポンプの運用によって決まるが、安定性は現地にてお客様と検証を行い、決定する必要がある。今回は、水源からの取水量としたが、他にも管路の流量変動幅や平均量を指標とすることもできる。

**【論文4】配水コントロールシステム導入評価ツールの開発**

(株)日立製作所 小熊基朗, 宮田 真, 中村信幸  
 井口弘将 田所秀之

水資源の有効活用や省エネの解決方法の一つとして配水コントロールシステムがある。これはリアルタイムに配水圧力をシミュレーションすることでポンプやバルブの操作量を最適化しポンプ動力や漏水を低減しようとするものである。しかし、低減効果は管網の構成や配水設備、および地形により大きく変化するため、適用に際して事前評価が必要である。本研究では構築した事前評価ツールを用いて、導入効果をキャッシュフロー換算によって具体的な金額(NPV)として定量的に評価し、ツールの有効性を検証しようとした研究である。

Q：フィードバック機能をいかに評価するかという研究だと思うが、2番目の研究発表「浄水場における節電要請にむけたピークシフト送水計画」や3番目の研究発表「環境負荷低減型水運用計画システムの開発」を聞いて参考になる点はあったか？

A：本発表は配水池から需要家への配水方法の最適化を評価した研究であるのに対し、2番と3番の研究は取水から配水池までの運転支援を目的とした最適化の研究であった。取水から配水までを全体として捉えた場合についてもシミュレーションによって評価する必要があると考えている。

## セッション A-2 下水処理制御

【座長】 味埜 俊 (東京大学)

【副座長】 森寺 弘充 (東亜ディーケーケー株)



## 発表論文

- ① アンモニア+DO 制御システムの開発
- ② 脱窒性リン蓄積菌を活用した低動力下水処理プロセスの開発
- ③ 流入水質のオンライン測定と酸素必要量 (OR) 計算に基づいた実下水処理場の曝気制御
- ④ 下水処理場における省エネルギー対策の実施例とその効果について

本セッションでの研究発表は、下水処理における省エネルギーにフォーカスを合わせ、制御の面からの2件、プロセス設計および設備全体の省エネルギー対策の面からの計4件であるが、それぞれの視野は異なっている。

EICA は計測制御を専門とされる方々の集まりであり、それぞれの視点を深めることは重要であるが、併せて今後、社会的な意義や持続可能性の視点から視野を広げて検討を深めていただくことを期待したい。

## 【論文1】 アンモニア+DO 制御システムの開発

東京都下水道局 長塚洋行, 遠藤和広, 岡村智則

東京都下水道局はアースプラン 2010 を策定し、温室効果ガス (CO<sub>2</sub>) の削減に取り込んでいる。具体的には、当局の水再生センターの使用電力の多くの部分を送風機の電力が占めており、CO<sub>2</sub> 削減に向けて送風用電力量削減の検討を進めてきた。本稿では、処理後の水質を低下させずに送風量を削減する方法として開発した、反応槽途中のアンモニア窒素濃度で最終槽の溶存酸素濃度を制御するアンモニア+DO 制御システムについて、その制御システムと運転実績の評価を報告している。

Q: 3月頃から、対照槽 (2号槽) のD回路DO値が高めであるが、その原因は?

A: アンモニア+DO 制御 (1号槽) では、反応槽

中のアンモニア窒素濃度に応じて、D回路のDO設定値を変更させており、負荷に応じた送風量制御が可能となっている。質問のあったDO一定制御を適用している対照槽 (2号槽) では、流入水質等によりDO設定値を定期的に変更しているが、3月頃からこの設定値が負荷の大きい場合に合わせて高い設定になっており、D回路DO値が高い値となったと推定される。両者のD回路DO値の差が送風量の削減効果として表れている。

## 【論文2】 脱窒性リン蓄積菌を活用した低動力下水処理プロセスの開発

(株)日立製作所 西田佳記, 山野井一郎

脱窒性リン蓄積菌 (DPAOs) は、電子受容体として硝酸を利用できるため、無酸素状態でも脱窒と脱リンを同時に行うことができる。DPAOs が活用できれば、脱リン過程での曝気風量の低減が期待できる。DPAOs を優占化させるシステムとして、硝化過程とDPAOs が関与する脱窒・脱リン過程とを分離した two-sludge system が提案されているが、運転条件は未確立である。本報では、人工下水を用いた脱窒・脱リン過程の連続バッチ実験により、窒素・リン除去およびDPAOs 活性へ与える影響を明らかにし、効果的な運転システムを提案している。

## 【論文3】 流入水質のオンライン測定と酸素必要量 (OR) 計算に基づいた実下水処理場の曝気制御

(株)ウォーターエージェンシー

湛 記先, 小泉栄一, 黛 将志

日本下水道事業団 川口幸男, 橋本敏一

従来の曝気風量の制御方法としてDO一定制御、流量比例制御が行われているが、筆者らは、良好な水質の確保と更なる省エネルギーを目的として、流入水の水量と、流入水のCOD、アンモニア性窒素、反応タンクのMLSSと水温、処理水の硝酸性窒素、アンモニア窒素のオンライン測定結果を基とした曝気風量制御法を開発した。本報は、そのシミュレーションによる検証と実処理場での一年間に渡る実験により実証された酸素必要量制御の効果について報告している。

Q: プロセスの中での酸素消費にうまく追従する制御が仮にできたとしたら何処まで省エネルギーができるか検討されたことがあるか?

A: 簡易的なOR計算モデルに基づいた制御方法を開発したが、これだけでは省エネの限界の検討が難しい。ASMシミュレーションを利用すれば可能性があり、今後の課題として検討を進めたい。

Q：放流水のSSをパラメーターとして制御に組み込むことができるか？

A：SSをフィードバックできる制御にはなっていない。また、放流水のSSは曝気だけでなく、MLSSやSRTなどいろいろな要素に影響される。

**【論文4】** 下水処理場における省エネルギー対策の実施例とその効果について

(株)ウォーターエージェンシー

山下文与, 土屋隆史, 川津利明

筆者らは、これまで下水処理場を維持管理する立場から省エネルギー対策に積極的に取り組んできた。下水処理場のエネルギー使用量を現状把握するための「エネルギー配分表」の作成から始まり、省エネチューニングなどの運用改善を効率的に実施し、低コストながらも大きな省エネルギー効果を上げてきている。本報では、これまでの経験を踏まえ、実処理場で取り組みやすく、かつ効果の大きい具体的な省エネルギー対策の実施例をその効果と共に報告している。

Q：夏季の電力料金は1時から4時までが高目となっており、午前中のピーク電力を午後を持ってきたときにデマンドが抑制できても電力料金が増えるのでは？

A：電力会社との契約で高いデマンド値（最大需要電力）が出た以降は1年間そのデマンドが続くもので、年間を通じてのデマンド低減（基本料金低減）の経済的効果は大きい。

**セッション A-3 監視システム**

**【座長】** 早稲田邦夫（株日立製作所）

**【副座長】** 佐藤 明雄（株安川電機）



**発表論文**

- ① 下水道施設における監視制御システムの現状と今後の方向性
- ② データロガーを活用した故障原因の調査
- ③ 光散乱を用いた微生物群の構成比のモニタリング
- ④ 広域監視用の監視システム開発

本セッションでは4件の研究発表があった。①、④は監視制御システムについての事例発表であり、②は、実処理場におけるデータロギングによる故障解析の事例、③は微生物群のモニタリングの開発であった。

それぞれ有用な研究発表で広域監視・監視制御システムやシステム・処理プロセスの運転管理・維持管理の高度化につながるものであった。このような活動を引き続き研究・開発・評価につないで次世代の監視システム構築に期待していきたい。

**【論文1】** 下水道施設における監視制御システムの現状と今後の方向性

京都府 西田潤司, 小野博成  
横浜市 戸田 剛, 芦澤謙司

横浜市における監視制御システムを更新する際の方針・標準的なシステム構成を示し、最新の更新事例を紹介したものであった。下水処理施設の監視制御システムは、施設の特徴を踏まえて構築されており、システムを更新するには各設備の重要性や特徴を考慮して再度構成を見直す必要が有る。また、更新に当たっては経済性を考慮した標準システムの適用を念頭に、維持管理や運転管理を行っている現場との連携を密にして計画更新された事例報告であった。

Q：監視制御システムの更新については効率化を考慮されておられるが、各現場の意見が違うなどどのような点が苦労されましたか？

A：画面の台数などアンケートにより各現場の意見

を吸い出した。この結果をもとに、個別の事情も勘案しながら決定した。画面については、現場との意見交換を蜜に実施し展開した。

**【論文2】 データロガーを活用した故障原因の調査**  
東京都下水道サービス(株) 高際千映

水再生センターで発生する機器故障の迅速かつ明確な故障原因の特定を実施するための報告である。制御信号変換装置「AC-DCコンバータ」を直営で製作し、そして、このコンバータと既存の記録計を用い詳細なデータ解析を行うことで、迅速かつ確かな故障対応を図ったものであり、その事例報告は実務の方の一助となる報告である。

Q：現場での故障発生で苦労している点は？

A：単品でなくシステムとして機電一括で判断しないといけないこと。最初の切り分け（原因が機械設備か？電気設備か？など）が重要で現場で色々工夫している。また経験則も重要である。この観点から、これまでは「故障したらすぐにメーカーを呼ぶ」という体質を変えて自分たちで調整して技術を上げていくことが肝要。

**【論文3】 光散乱を用いた微生物群の構成比のモニタリング**  
大阪大学大学院工学研究科  
吉岡雅也, 本多典広, 粟津邦男  
日新電機(株) 長塩尚之

活性汚泥中の微生物群のモニタリングを目的として、非接触・連続計測法として近年注目されている近赤外光を用いた光散乱計測手法の適応可能性について検討した研究報告であった。独自に開発した光学特性算出システム、多変量解析を用いて各菌濃度の検量線を作成し、結果大腸菌および酵母濃度の体積分率1%まで定量できた。本法により近赤外光の光散乱を用いた、活性汚泥中の微生物群の構成比のモニタリングの可能性が見出された研究報告であった。

座長からは、非破壊・非接触でこのようなモニタリングができるのは現場でのプロセスモニタリングを細かく定量的に実施でき活性汚泥処理におけるプロセス管理が画期的に飛躍するような基礎研究である。このような基礎的研究が水処理の計測・監視制御を支えており更なる進展を期待するコメントがあった。

**【論文4】 広域監視用の監視システム開発**  
(株)明電舎 松本静治

市町村合併を発端に広域に点在する水道、下水道施設の効率的な管理が更に求められている中、複数の既存施設を統合管理するニーズが高まっている。このような要求を受け点在する水道、下水道施設の統合監視が

可能な、遠隔地の状況把握を容易にする画像監視、維持管理に必要な台帳、点検情報を統括管理するシステムの開発報告である。IP網伝送によるITV映像の監視や水運用の効率化などシステムに要求されるニーズとそれを実現する機能の概要が紹介された。

Q：需要予測に関する予測の精度はどの程度なのですか？また、設備台帳機能は監視システムの故障情報などとリンクされて予防保全などに展開できるのでしょうか？

A：予測精度は1時間に1回予測をしておすことで、90%以上は実現できている。また、設備保全については、これまでは故障データしか分からないが、トレンドデータが上昇傾向なのか？下降傾向なのか？といったようなデータリンクも実施し予防保全に展開していくことで考えている。

**セッションB-1 脱臭・汚泥処理**

【座長】小浜 一好 (横浜市環境創造局)

【副座長】山田 顕寛 (株)日立製作所



**発表論文**

- ① 円形加圧浮上装置におけるバツフル設置による水深低減効果
- ② 嫌気性消化後の汚泥処理におけるメタン放散に関する研究
- ③ 生物脱臭設備の維持管理に関する考察
- ④ セラミック膜汚泥濃縮装置による、雨天時活性汚泥法の数理モデルを用いた処理水質評価

本セッションでは4件の研究発表があり、約30名の聴講があり関心の高さが伺えた。

以下に各発表の概要を報告する。

【論文1】円形加圧浮上装置におけるバッフル設置による水深低減効果

栗田工業(株) 寺嶋光春  
北九州市立大学 安井英斉  
東北大学 須藤孝一, 井上千弘

- ・大型の円形加圧浮上装置にバッフルを設置することで、浮上槽の水深を浅くすることができるとの報告。
  - ・水理的性能および気泡付着フロックの除去性に対するその影響と、バッフル設置によるその低減効果をCDF計算で求めたトレーサー流出曲線の解析および気泡付着フロックの流出率から検討。
  - ・加圧浮上槽は水深増加に伴い短滞留時間流出度および分離水槽性能係数が減少し、気泡付着フロックの除去率が向上した。
  - ・バッフル設置によっても水深を深くすることと同様の効果が得られ、アスペクト比を0.29低減が可能。
  - ・半径3500mmの浮上槽の場合、バッフル設置で約1000mmの水深低減が見込まれる。
- Q: CFD計算において、汚泥の形状(性状)は考慮されているか?  
たとえば、汚泥にエア(気泡)が吸着している場合など、影響が考えられるか?
- A: 実際に汚泥にエア(気泡)が吸着していて多少は汚泥のみより比重が重くなる。しかし、空気のみよりはるかに重いので計算上は考慮していない。

【論文2】嫌気性消化後の汚泥処理におけるメタン放散に関する研究

京都大学 奥村拓也, 大下和徹, 高岡昌輝, 水野忠雄

- ・これまでほとんど調査例がなかった、脱水プロセスにおけるメタン放散の調査実施報告。
  - ・嫌気性消化後の汚泥からのメタン放散は、消化ガスエネルギー利用によるCO<sub>2</sub>排出間接削減量に無視できないほどのマイナスの影響を与えることが示唆された。
  - ・大気へのメタン放射量は、消化を有する施設が有しない施設より6倍程度高い。
  - ・今後、メタン酸化菌による生物学的処理プロセスを新たに導入するなどの、対策が必要と考えられる。
- Q: 脱水プロセスにおけるメタン放散の可能性については判ってはいるが、盲点的であり良い着眼点だと言える。

脱臭廃棄ガスについて生物学的処理プロセスについて具体的対策知見はあるか?

A: 現在メタンを分解する微生物は培養されていないため、この点が課題と考えている。

このAnsに対し、「メタンはBODで計測可能(メタンを分解する微生物がいる)」とのアドバイスがあった。

Q: 貯留タンクでメタンが発生しているのか?

A: そう考えている。

なお、貯留槽での滞留時間は24Hr程度。また、脱水への到達途中でも消化が進みメタンは発生していると考えている。

【論文3】生物脱臭設備の維持管理に関する考察

東京都下水道局 青木陽平

- ・近年、生物脱臭を採用している水処理施設において、水処理系からの発生臭気が強くなる事例が見られ、この原因調査結果についての報告。
- ・生物脱臭の能力を最大限に引き出すための、維持管理上の対策のまとめと報告。

Q: 仮説としているが、臭気濃度、気温、放流水温のグラフによると相関性が高いようだ。

A: 十分な相関性があるとはいえない。可能性として考えている。

Q: 充填材料の材質は何か?

A: (発表時) 不明。

このAnsに対し、「臭気が残るのは、生物が吸着できていないわけだが、充填材の選定によっては、適切な生物が生息し、吸着できる可能性がある」とのアドバイスがあった。

【論文4】セラミック膜汚泥濃縮装置による、雨天時活性汚泥法の数値モデルを用いた処理水質評価

京都大学 樋上正晃, 中田典秀  
メタウォーター(株) 古屋勇治  
京都大学 山下直之, 田中宏明

- ・雨天時においてもNH<sub>4</sub><sup>+</sup>-Nを除去するため、コンデンサシステムが効果的であることの報告。
- ・本研究では、標準活性汚泥法、AO法、コンデンサシステムにおける、放流水質中のNH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N濃度を活性汚泥モデルを用いて推定した。

Q: コンデンサシステムの実用化へ向けての課題は何か?

A: 流入側の穴が閉塞する。

セラミック膜2Q通過させようとする、18cm×1.5m×2-300本程度が必要となる。

## セッションB-2 広領域

【座長】倉田 学児 (京都大学)

【副座長】水口 弘幸 (株神鋼環境ソリューション)



## 発表論文

- ① 韓国における交通騒音対策としての防音壁の開発現状および今後の課題
- ② 琵琶湖北湖表層における天然有機物 (NOM) の分解特性
- ③ 移動手段のパーソナル化と自然エネルギー活用によるモーダルシフト
- ④ 火葬炉からの酸性ガス、水銀および微小粒子の排出挙動

本セッションでは4件の研究発表があった。

①は交通騒音対策としての防音壁の開発、②は琵琶湖における天然有機物の分解特性、③は移動手段のモーダルシフト、④は火葬炉からの排ガスの排出挙動と、研究テーマが多岐に亘る発表であった。

それぞれ有用な研究発表で、今後の研究の発展が期待される。

## 【論文1】韓国における交通騒音対策としての防音壁の開発現状および今後の課題

韓国建設技術研究所

IL-HO KIM, GWANG-SOO KIM

韓国の道路環境改善を目指し、交通騒音低減技術の開発の一環として遮音性能、施工性及びデザインを考慮した透明型及び融合型軽量防音壁の開発を行っている。防音パネルの遮音性に関する基礎研究成果として、遮音パネルの間に空気層、あるいは真空層を設けることによって遮音性能が向上すること。防音壁の前面形状を変更することにより道路反対側の反射音を低減することが報告された。今後、防音壁の実用化に向け、研究が発展されることを期待する。

Q: 粉じん対策と防音対策を纏めて研究されているが、どのくらい関連性を持たせて研究しているのか。また、粉塵対策にもなるような防音壁が

あるのか?

A: 防音壁に粉塵が除去できる装置をつけようとしている。1年目はトンネル内の粉塵除去装置を開発しているが、2年目からは防音壁と組合わせた粉塵除去装置を造ろうとしている。

Q: 透明な防音壁を開発されているが、粉塵やほかの汚染物質除去には、不透明な凸凹したものや、少し透過性があるフィルターのようなものがよいのではないか?

A: 全てが透明ではなく、例えば、運転席から見える箇所だけ透明にするようなものも考えている。

## 【論文2】琵琶湖北湖表層における天然有機物 (NOM) の分解特性

京都大学 日下部武敏, 秋田康典, 大谷壮介  
盛田悠平, 清水芳久, 岡本高弘  
早川和秀, 南 真紀, 奥村陽子

現場に近い条件下において湖沼有機物の分解特性を評価するための長期間分解性試験法を確立し、琵琶湖北湖表層における天然有機物の分解特性を評価している。その結果、琵琶湖北湖の天然有機物の分解には200~450日程度かかり、その分解過程は初期分解過程における粒子態有機物分解と、期間全体を通して進行する溶存態有機物分解で特長付けられることが報告された有意義な研究である。

Q: 南湖辺りの夏場にCODが跳ね上がるようなところの水を試水として実験した場合は、どのような結果になると考えるか?

A: 100%実験している訳ではないが、南湖は北湖と違って浅くて流域からの負荷のインパクトが大きいということと、湖底間の影響が大きいことから、北湖とは別の理由で難分解性有機物が年間を通してあるのではないかと。

Q: 季節変動が少ないということか?

A: 季節変動は少ないと思う。湖内生産が夏は高いというような一時的に増えるものはあると思う。

Q: 湖内生産が非常に高い夏場のものと低い冬場のものと同じように長期の実験をした場合、やはり本実験のようにぴったりと合うのか、夏場の方が少し高くなる可能性があるのか?

A: 内部生産が夏場は増えるとか、冬場は抑えられるということはあると思うが、分解試験の後に残る難分解性有機物は、おそらく年間を通して安定しているのではないかと。

Q: 経年グラフでBODが下がっているが、難分解性有機物は上昇している。その原因は流入水質の影響か、あるいは蓄積物の影響と考えているか?

A: 分かっていないのが現状。BODとCODで指標

の乖離が起こっているが、難分解性有機物といわれているものが本当に増えているのか、まだよく分かっていない状況である。あくまでBODが減ってCODが増えているので、何かしら有機物の質的な変換が起きているだろうという状況証拠があり、調査が行われていく状況にある。

**【論文3】 移動手段のパーソナル化と自然エネルギー活用によるモーダルシフト**

東北工業大学 宮本裕一, 佐々木俊, 柿境健太

人の一日のエネルギー消費に自動車や輸送などの移動に伴うエネルギー消費が40%以上を占めることに着目し、比較的短い距離の移動手段にパーソナルトランスポーターを採用することにより、エネルギー問題を解決しようとする研究である。

パーソナルトランスポーターの電力供給源として太陽光発電パネルによる自然エネルギーの活用を提案している。

Q: パーソナルトランスポーターはセグウェイのようなものを想定されていると思うが、20~30km移動するのに使用するの難しいので、ある程度の距離は鉄道やバスで移動し、そこから先の移動や、あるいは買い物などの近距離の移動に使うことを想定しているのか?

A: 身近な所へ買い物に行くのに4人乗りの車に1人で乗るのではなく、1人乗りのパーソナルトランスポーターで行くとか、駅までパーソナルトランスポーターで移動して、そこからはバス、鉄道を利用するように、1人当たりのCO<sub>2</sub>排出量のできるだけ少ないものを活用してモーダルシフトを推進することを考えている。

Q: 乗車人数と距離によるCO<sub>2</sub>排出量のグラフがあったが、パーソナルトランスポーターが日本の標準的な鉄道の排出量よりも少なかったが、鉄道の値は1人あたりを示しているのか?

A: パーソナルトランスポーターの方は1人あたりを示している。鉄道は乗車人数の設定により変化するが、乗車人数が60人以上になるとパーソナルトランスポーターよりも低くなる。

Q: 鉄道の場合は乗車人数によって変わってくると思うが、グラフは平均的な乗車人数を想定した場合ということか?

A: 平均的な乗車人数を想定した場合である。

**【論文4】 火葬炉からの酸性ガス、水銀および微小粒子の排出挙動**

京都大学 大下和徹, 高岡昌輝, 江口庄司, 塩田憲司

バグフィルターや酸性ガス処理設備を有しない従来型火葬炉の排ガスに含まれる微小粒子、水銀、酸性ガスの調査を実施し、それぞれの排出特性や挙動、排出原単位を明らかにしようとする研究である。

ばいじん濃度に対し、そのほとんどを微小粒子状物質が占め、比較的高濃度で排出されていることから、バグフィルター等の導入が望ましいこと。HCl, SO<sub>2</sub>は都市ごみ焼却炉の実質的な排出基準を超過するケースもあり、集じんと同時に消石灰噴霧などの対策が必要であることが提案されている。

Q: NO<sub>x</sub>については調査していないのか。火葬時の時間トレンドは?

A: 平均排出濃度としては、都市ごみ焼却炉の脱硝を有しない施設と同程度である。時間トレンドもすべての火葬についてとっているが、HCl, SO<sub>2</sub>, Hgだけでも莫大なデータであり、まだ詳細な解析は行っていない、また動的な挙動については本論文の範囲にも入っていない。時間的なトレンドの傾向としては、火葬開始後5~10分にピークがあり、その後、20~50分のところになだらかなピークが生じるのが特徴である

Q: 都市ごみ焼却炉から排出されるばいじんの粒径分布と、火葬炉から排出されるばいじんの粒径分布が異なる点についてはどのように考えているか?

A: 種々の文献を調査したが、類似した報告はなく、詳細はわかっていない。炉構造の違いによる根本的な違いも考えられるが、今回調査した火葬炉は燃焼温度が低く、灰が黒くて未燃炭素が多く残留していると推測されたため、二次粒子が生成しにくいことも一つの原因として可能性があると考えている。

## セッションB-3 シミュレーション

【座長】中里 卓治 (株ティエスジー)

【副座長】環 省二郎 (株東芝)



## 発表論文

- ① 凝集剤添加を含む高度下水処理の非線形 Receding Horizon 制御
- ② CFD による浄水場濃縮槽におけるスロッシングのシミュレーション
- ③ 仮想エリア分割による漏水検知手法の提案
- ④ 制御機能付きゲートシステムによる合流改善および浸水対策

本セッションでは4件の研究発表があった。

いずれも有用な研究発表であり、今後の上下水道等インフラ施設の運転・維持管理の高度化、効率化が期待できる技術として、引き続き研究・検証評価に期待する。

【論文1】凝集剤添加を含む高度下水処理の非線形 Receding Horizon 制御

大阪大学 大西 彰, 大塚敏之

窒素とリンを同時に除去する複雑な非線形プロセスを持つ高度処理 (A2O 法) を対象として、プロセスモデルに ASM2d, 制御モデルに非線形 RH 制御を適用した時の、その制御性をシミュレーション上で確認・検証した研究である。

本発表では、流入水量・水質一定の下で、10h のシミュレーションを行い、4つの水質指標 (TCOD, TN, TP, TSS) すべてにおいて良好な除去率の達成と、実時間での入力更新が可能なことを確認したと報告している。

今後、実プラント運転条件下での制御性の確認、従来制御技術との比較により、本提案制御の有効性の確認、実プラントへの適用が期待される。

Q: シミュレーション結果の5つの入力の内、曝気風量は収束しているが、他の入力では周期的に変動しているものも見受けられる。これに関す

る見解を聞かせて欲しい。

A: プラント内部は定常状態に落ち着いていると考えるが、周期的に変動しているパラメータもある。これについては、その原因を調査中である。

Q: シミュレーション期間を10日とした理由は、シミュレーション環境の制約からか、あるいは何らかの根拠があるのか?

A: これ以上のシミュレーションを実施すると、計算が失敗することがあり、10日以上でのシミュレーション期間を取れなかった。

【論文2】CFD による浄水場濃縮槽におけるスロッシングのシミュレーション

(株)新日本エグザ 土屋 玄, 谷口文武  
横浜市 道路局 河川事業課 石川 眞

浄水場の濃縮槽を対象に、解析モデルの構築には、対象施設のジオメトリとメッシュの作成にオープンソースの salome-meca を用い、ソルバーと基本方程式には、それぞれ VOF, RANS を用い、さらに、地震時のスロッシングについての CFD ソフトにオープンソースを用いて PC 環境上で解析を試みた研究である。

発表では、投稿時には採用されていなかった乱流モデルとして  $k-\epsilon$  を適用したときの、スロッシングの一次固有周期、液面の挙動、平面方向の流速分布の解析結果を紹介し、ある程度の精度での再現結果が得られたと報告している。

本研究は、水理実験との比較等による解析と現実との差異や許容誤差を把握しシミュレーション精度を向上させると共に、水圧による施設への影響、実際の被害の推定を行うことにより、施設の震災対策への活用が期待される。

Q: 最終的には水理実験による確認が必要とのことだが、同一モデルでの実験が必要なのか、あるいは類似する条件での実験でシミュレーション精度を検証できるのか?

A: 水理実験はすべてに亘ってやるのが好ましいが、CFD は近似式を用いないでダイレクトに実施しているので、類似の水理実験を小規模で実施すれば精度は担保できると考える。当面は、幾つかのケースで実施して精度の担保を取りたい。

Q: 現状の CFD の精度の実用化への時間的・技術的見通しについて教えて欲しい?

A: 当社は、従来から流出解析等を実施している。それらの解析結果と見比べると実用上はかなり再現できると考える。学術レベルでは色々問題はあと思うが、産業界では従来から使われている技術であり、今すぐでもある程度の答えは出せると思う。

Q: 地震動の入力について、地震波形によって被害

状況が変わると思われるが今回のケースはどうしたのか？

A：今回はレベル2の地震動で、実際の情報が無かったため、波形はサインカーブで実施している。実際は地震・地盤条件で波形が変わってくるので、機能する情報があればキャリブレーションによる確認は出来る。

Q：過去の地震の波形をそのまま入力した場合、CFDへの影響はあるのか？

A：サインカーブの条件でも今回、30秒間の解析に15時間の計算時間がかかっている。入力波形を複雑化すると計算負荷が増大するため、複数計算機による並列計算等ハードウェアに費用をかける必要が出てくる。

Q：CFDの今後の展開、課題等について聞かせて欲しい。

A：被害の推定、圧力の視点で機械に対する影響を推定していきたい。

Q：汚泥を扱った場合、粘度や性状が変化してくる。この場合のシミュレーションは可能か？

A：多層流のソルバーの使用、初期の汚泥界面の分布条件、汚泥の動粘性係数の入力等により可能と考える。

#### 【論文3】仮想エリア分割による漏水検知手法の提案

(株)日立製作所 宮田 真, 藤井健司

管網に設置したセンサーの計測データを活用し、管網の仮想的なエリア分割と最適化手法による漏水位置の推定手法の開発に関する研究である。

発表では、水道管網の幹線のエリア毎に設置した流量計と、各エリア内の複数ポイントに設置された圧力計の計測データを用いて、隣り合う流量計ペアの流量差による漏水エリアの推定、圧力データを基に遺伝的アルゴリズムによる漏水位置の推定の二段階推定手法により、効率的な漏水調査が可能であると報告している。

本研究は、二段階の手法という斬新なアイデアの提案であり、漏水調査の効率化に有効な手段となる可能性を秘めている。

Q：漏水位置検知手法にGAを用いているが、同一条件で異なる回答を出してくることが有り得るのでは無いか？

A：始めにエリア毎の漏水量を推定し、その結果をGAの初期条件とする組合せ推定のため、異なる結果は出ない。

Q：段階的推定の場合、広域的な検知・エリア推定が出来ても、次の段階の漏水位置は分からないという事があるのではないのか？

A：エリア内の推定は圧力計の計測値を使用しているので、幹線の近くで漏水が発生している場合には圧力が殆ど下がらないため漏水位置が出てこないが、逆に言えば漏水位置が幹線の近くであると推定できる。

#### 【論文4】制御機能付きゲートシステムによる合流改善および浸水対策

前澤工業(株)

中町和雄, 島の江優征

(株)安川電機 平林和也, 佐藤明雄, 上野和博

合流式下水道の雨水流入ゲートに親ゲート・子ゲート構造のゲートシステムを適用した場合の、既設管渠への効率的雨水貯留に関する研究である。

本システムを適用した時の合流改善効果を評価するため、既存のポンプ場をモデル機場として、同機場における過去の降雨量データによるシミュレーションを実施し、未処理放流回数及び未処理放流量を比較した結果、放流回数で30%、放流量で14%削減されたと報告している。

国の指導により合流改善対策は一通り実施されているが、更なる改善が期待されている。本研究は、下水道合流改善における更なる改善の一手として期待される技術である。

Q：ロングスパンで考えた場合、砂没の影響、堆積物の影響による管渠の劣化等の影響の有無について教えて欲しい。

A：砂没の問題については、今回のゲートは全開が出来るので、定期的に全開にすることで掃流されるため、定期的な全開操作で堆積の問題は回避できる。管渠の劣化については、今後別の視点での検討が必要と考える。

Q：ゲートの前後に水位計を設置するとの事だが、ポンプ運転台数決定、自家発運転等には、さらに上流に水位計を設置する必要があるのではないのか？

A：今回はスタンドアローンでのゲート制御の検討であったが、当然、レーダ雨量計、上流のマンホール水位等、他のネットワーク情報を利用した複合的制御も可能である。今後の検討課題と考える。

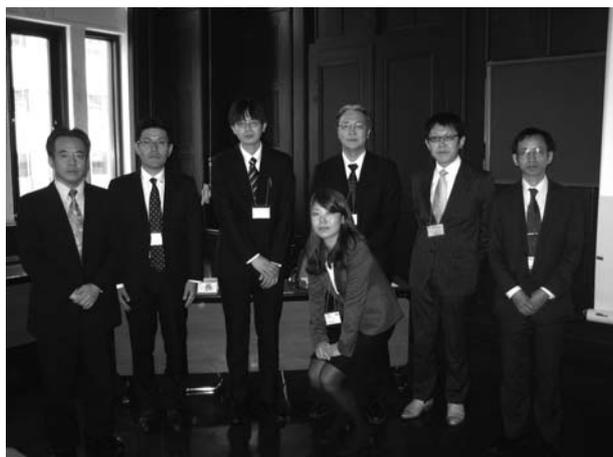
Q：水位計を2台付けているが、動作不良時のフェールセーフの考え方、トラブル回避について聞かせて欲しい。

A：雨水ゲートで一番の問題は、肝心なときに動かないことであるが、このゲートは待機状態で上部が開放状態であり、動かなくても自然に越流する。水位計の異常については、運転方案で回避することが可能である。

セッションC-1 浄水制御

【座長】佐久間 勝 (東京都)

【副座長】湛 記先 (㈱ウォーターエージェンシー)



発表論文

- ① アルミニウムを用いた PAC 注入制御方式の実証
- ② UVT 監視が不要な紫外線消毒装置の照射量監視・制御技術の開発
- ③ 逆浸透膜のファウリング要因物質に関する一考察
- ④ 最適制御による浄水場薬品費の低減
- ⑤ 水道水源におけるモニタリング農薬の選定

本セッションでは5件の研究発表があった。

①, ④は、浄水場における新しい薬品注入制御方式であり、浄水水質の確保と薬品コスト削減の可能性に期待が持てる研究であった。

②は、新しい監視・制御技術の開発であり、大幅なコストダウンに繋がる研究であった。

③は、明快なアイデアに基づいた手法であり、上下水処理における膜分離のファウリング対策に繋がる研究であった。

⑤は、水道水源の安全性の確保に繋がる重要なテーマであった。

それぞれ有用な研究発表であり、水道水質の管理とコスト削減のため、今後の研究・検討評価に期待していきたい。

【論文1】アルミニウムを用いた PAC 注入制御方式の実証

(株)日立製作所 三宮 豊, 横井浩人  
田所秀之, 舘 隆弘

浄水場の原水水質急変時にも処理水質を確保することを目的とした、PAC 注入制御技術の研究である。

PAC の主成分であるアルミニウムに注目し、混和水に含まれる微小なフロック中のアルミニウムをフィードバック指標として注入技術を開発した。ベンチスケール装置実験を実施し、従来技術より原水濁度の変化に対して反応が速く、処理水質の安定化に繋が

ると報告された。

今後は、パラメータの調整方法などについてさらなる工夫することで、現場で実用的な技術になると期待したい研究である。

Q: 本システムは既設にも適用できるのか。コスト面での追加はいくらか?

A: 既設にも適用可能。コストの追加分は、AI 計測装置と状況によっては試料水サンプリングのための工事で数100万円オーダーと思われる。

Q: フィードフォワードとフィードバックの重みは原水水質で変更しているか?

A: 特に重みは変更していない。

Q: フィードフォワードのチューニングはどんなタイミングでしたか?

A: フィードフォワードについては、原水温度が上昇するとき数回実施。

【論文2】UVT 監視が不要な紫外線消毒装置の照射量監視・制御技術の開発

(株)東芝 阿部光法, 小林伸次, 出 健志  
藤田晃治, 竹内賢治

浄水用紫外線消毒装置に使用される中圧ランプの調光制御を低コスト化するための研究である。

本発表では、CFD シミュレーションと実験検証を行い、UV センサーの位置を最適化することで、高価なオンライン UVT (紫外線透過率) 計が不要な紫外線照射量監視・制御技術を開発した。

今後は、いろいろな構造の装置に対応できるように工夫すれば、幅広く適用できる技術になると期待したい研究である。

Q: 発表の成果を実現するためには、UV センサーとランプの距離を合わせる事が重要と考えるが、そのためには、UV センサーを照射装置内部に深く挿入させる必要があるのか?

A: 御指摘のとおり、UV センサーとランプの距離を適正にすることが最も重要になるため、装置構造によっては、UV センサーを装置内に深く挿入する必要がある場合もあると考えられる。当社製品では、UV センサーの固定位置と角度を調整することで挿入深さを小さくし、照射槽壁取付けを実現している。

【論文3】逆浸透膜のファウリング要因物質に関する一考察

(株)東芝 石塚美和, 松代武士, 山中 理  
栗原潮子, 黒川 太  
北海道大学大学院 木村克輝

逆浸透膜のファウリングの要因物質の推定手法についての研究である。

本発表では、逆浸透膜付着物と抵抗の関係性を化学分析と数値統計の二つの観点から評価し、酸性多糖類などの影響物質を見出した。

今後は、更に実機に近い運転条件での実験を行うことで、さらに精度の高い結果が得られると期待できる研究である。

Q：今回、要因物質の推定を行ったが、その対策についてはどう考えているか？

A：今回推定した要因物質のうち、特に膜への影響が考えられるのが多糖類であり、中でも酸性多糖に着目している。対策については検討途中だが、酸性多糖に特化した対策を立案したいと考えている。

#### 【論文4】最適制御による浄水場薬品費の低減

メタウォーター(株) 野網都夫

浄水場の凝集・ろ過工程における薬品費を低減するための自動制御方法に関する研究である。

本研究では、ニューラルネットワークによりろ過水質を予測し、薬品使用量の削減と浄水水質の確保の両立を目指す最適制御を試みた。

今後は、予測制度の向上と評価関数の工夫により、早期の自動制御手法の確立が期待できる研究である。

Q：予測モデルの予測対象としては、ろ過水の色度を選定している。濁度の方が妥当だと感じるが、色度とした理由があれば教えて欲しい。

A：私も当初、予測対象は濁度とし、高感度濁度計を設置したが、今回の原水を膜ろ過すると、濁度値は測定下限値以下となり、予測対象として不適切となった。そこで測定可能で反応の成否を表す指標として、色度を採用した。

#### 【論文5】水道水源におけるモニタリング農薬の選定

関東学院大学 鎌田素之、端山翔平

(株)日吉 中村昌文、中田俊芳、川寄悦子

水道水において農薬濃度の管理を確実にするため、比較的新しい農薬類の監視プライオリティーを検討し、実態調査と浄水処理性の評価を行い、今後の対策について検討した内容である。

比較的新しい農薬に関する監視体制や分析方法が確立されていない現状を踏まえて、農薬の出荷量に関する統計情報に基づいて監視プライオリティーを決め、ターゲット農薬について調査・実験を行った。

このような研究は、水道水質の安全性を確保するために大変重要であり、今後は技術の確立と共に学・官の連携体制の確立に期待したい研究である。

なお、座長佐久間様の総括の発言趣旨の概要は、以下のとおりです。

・浄水制御をテーマとした本セッションでは、薬品注入制御や紫外線消毒技術の改善やコスト縮減、膜ろ過ファウリング要因物質の考察、水源汚染原因物質としての農薬モニタリングの現状と課題など、幅広い分野から有益な情報に富んだ発表があった。

・一方、全国の事業者は、日々、安全で良質な水を安定的に供給しながら老朽化施設の更新やCO<sub>2</sub>削減などの環境問題、コスト縮減、人材育成などの課題に対応していくことが求められている。

・本日の発表を通じて情報共有化できた研究成果については、今後、民間企業の皆様には課題の解決に向け、ますます研究や技術開発を推進していただくとともに、事業者の皆様には施設更新等の機会をとらえ、積極的に新技術の導入と活用を努めていただくことをお願いし、私の総括とさせていただきます。

・発表者の皆様、ご苦労様でした。

#### セッションC-2 計測・監視

【座長】久野 清人 (東京都下水道サービス(株))

【副座長】山崎 実 (JFEアドバンテック(株))



#### 発表論文

- ① オゾン発生装置の分光によるガス濃度測定とオゾン発生特性
- ② 光遮断フローサイトメーターによる耐塩素性病原虫の測定法の開発
- ③ 多波長励起蛍光光度計の開発
- ④ 徳島県内事業所排水の TRE/TIE 事例

本セッションでは4件の研究発表があった。

①では、オゾン発生装置におけるオゾン発生特性の正確な解析方法が検証され、今後のオゾン発生装置の改善への適用が期待される研究であった。

②では、水系病原微生物を自動測定する装置の開発

における検証結果が報告され、短時間に容易に検出できる実用可能な段階にあることが報告された。早期の実用化が期待される。

③は既に製品化段階にあり、植物プランクトンの種組成と濃度を測定できる高感度の現場型測定器で、外洋だけでなく湖沼やダム等での適用も期待され、漁業被害や生態系監視等幅広い活用が見込まれる測定器の開発であった。

④は、国内に導入検討されている米国の WET (全排水毒性) に準じた水生生物への毒性試験では、TRE/TIE 手法が有効で今後のデータベースや診断手法作りが望まれる研究成果であった。

それぞれ有用な研究発表で今後の環境モニタリングのため、引き続き研究・検討評価を期待したい。

**【論文1】 オゾン発生装置の分光によるガス濃度測定とオゾン発生特性**

株東芝 村田隆昭, 雨森清行, 中嶋可南子, 久保貴恵

高度浄水処理に用いられるオゾン発生装置における誘電体バリア放電では、マイクロ放電による局所的短時間のガス温度上昇が認められている。実験による検証で分光によりガス温度の測定を行い、このガス温度上昇について温度拡散モデルによりガス温度の緩和時間求める手法でオゾン発生特性を把握する研究である。

この研究成果として実験結果とよく一致したオゾン発生特性が得られ、オゾン発生特性の検討においては、ガス温度上昇を考慮する必要があることが分かった。得られた知見を基に今後のオゾン発生装置の改善への応用が期待される意義ある研究である。

**【論文2】 光遮断フローサイトメーターによる耐塩素性病原虫の測定法の開発**

メタウォーター(株) 金京柱, 山口太秀, 田中良春

水系病原微生物であるクリプトスポリジウムとジアルジアを迅速に且つ再現性高く自動測定する装置を開発し、その評価を行った研究報告である。

レーザー光を試料に照射し光遮断信号と蛍光信号を検出する光遮断フローサイトメーターを開発し、標準物質を用いて検証した結果、耐塩素性病原虫のクリプトスポリジウムとジアルジアのサイズである 3~15 μm の範囲で粒径と高い相関関係にある出力を得られ、識別可能な同時測定もできることを確認した。

顕微鏡検査から自動検査へと道を拓き、早期の実機化が期待される有望な研究開発である。

Q: 試料に他の物質等が混入していた場合はどうなるのか?

A: 今後の研究課題である。

**【論文3】 多波長励起蛍光光度計の開発**

JFE アドバンテック(株) 吉田光男, 長澤泰宏

海洋の植物プランクトン群集の蛍光励起スペクトルを測定する現場観測型計測器を開発し、植物プランクトンの種組成と濃度を高精度にリアルタイムで計測可能か評価した報告である。

3種類の植物プランクトン混合試料を用いて多波長励起蛍光光度計の種組成推定性能を評価し、植物プランクトンが有する色素組成に依存して変動する蛍光励起スペクトルを前処理もなく、自動連続測定でき、種組成の推定と濃度測定が出来ることが報告された。

赤潮による漁業被害や生態系監視、湖沼やダム等への適用が期待される研究開発である。

Q: 評価に用いた珪藻と言っても色々あるのでは?

A: 評価では珪藻類の中の代表的な一つのものを用いたが、大抵の珪藻のスペクトルは似ているので問題ないと考えている。

Q: この計測器の価格は? また、製造元は御社? 長期間の観測実績はあるか?

A: 価格は、営業部門にお問い合わせ下さい。自社開発しており、製造も弊社で行っている。観測実績は、外国で2年間位の観測実績がある。

Q: 有機物の測定実績はあるか?

A: 有機物の評価テストはしたことはあるが、その時は検出できなかった。検出しようとするれば、短波長領域を測定する必要がある。その場合は励起光波長と重複することになり、測定が難しい。

**【論文4】 徳島県内事業所排水の TRE/TIE 事例**

徳島大学大学院 山本裕史, 池幡佳織  
安田侑右, 田村生弥  
国立環境研究所 鎌田典久

徳島県内の事業所において、米国の WET に準じた水生生物3種(魚, ミジンコ, 藻類)を TRE/TIE の手法を用いて毒性試験を行った結果の先行的研究報告である。

顕著な結果が得られた2事業所において、ミジンコに対する毒性繁殖試験を実施し、特定の処理剤において毒性影響があることが分かった。国内での WET 導入検討において、TRE/TIE が重要であることが分かり、今後のデータベース作りや診断手法作りが重要なポイントということが認識された意義のある報告である。

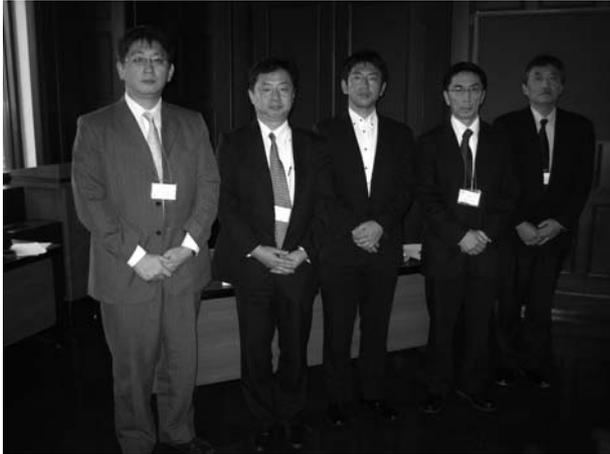
Q: C イオン, D イオンとなっているが、無機系でも鉄系なのかアルミ系なのかその分類だけでも公開できないのか?

A: 概ね正しいが、今は言えない。

## セッションC-3 震災対応

【座長】高岡 昌輝（京都大学）

【副座長】後藤 雅史（鹿島建設）



## 発表論文

- ① 視体積交差法を用いたがれき堆積廃棄物の計測手法の開発
- ② 地図情報を用いた災害廃棄物の発生量予測と収集輸送計画
- ③ 光ファイバーケーブル耐震化敷設技術調査-2
- ④ 数値解析シミュレーションを用いた下水道施設の耐津波対策

本セッションでは、震災対応をテーマとする4件の研究発表があった。本研究発表会の最後のセッションであったが、とりまとめのQ&Aでは予定時間を超過して議論が続くほどの熱心なセッションとなった。

①および②では災害で発生したがれきや津波堆積物に関する計測/推計手法や仮置場設置場所の選定手法、③では災害に強いレジリエントな情報インフラの敷設技術、④ではシミュレーションによる下水道施設の津波被害予測に関し、それぞれ新しい手法や開発事例の報告があった。いずれも、2011年3月11日の東日本大震災での経験、情報に基づくものであり、将来の震災対策計画の策定や施設の強靱性の確保の観点から重要かつ関心の高いテーマである。

## 【論文1】視体積交差法を用いたがれき堆積廃棄物の計測手法の開発

岡山大学 藤原健史

現在においても被災地各所の仮置場などに集積、山積みされているがれき堆積廃棄物の体積を、廃棄物を撮影した数枚のデジタル写真を画像解析することで、迅速に推定する技術である。災害復旧事業としてまず実施されなければならないのは、がれきや津波堆積物の迅速な処理・処分である。そして、合理的な処理・処分計画を立案するためには、これらの廃棄物の発生量を正確に推定することが必要である。本発表では、

視体積交差法による廃棄物の三次元形状と体積を再現する手法が提案された。必要な機材は、デジタルカメラ、距離計およびコンパス程度であり、被災現地における適用事例も含め、本手法により簡便かつ精度の良い体積推定が可能であることが示された。

Q：結果を出すの必要な計算量・作業量はどれほどか？

A：がれき堆積廃棄物の体積を求める作業については、廃棄物の輪郭を決める部分は手作業であり、PC画面上で廃棄物の高さなどのポイントを決めている。PCによる計算は、実際の対象についてはたくさんの多角形について計算を実施するが、必要な演算能力・時間は大したものではない。

## 【論文2】地図情報を用いた災害廃棄物の発生量予測と収集輸送計画

岡山大学 藤原健史  
浜松市役所 中村彰太

震災によるがれき・廃棄物の発生量を、住宅情報と被災マップを基に、GISと画像処理を援用することによって市町村単位で正確に推計する手法である。さらに、本手法によって推計された廃棄物量と地図情報を用い、被災地と廃棄物仮置場（一次）設置場所間の距離から輸送適正度を評価し、仮置場の設置場所の適正度を評価する手法も併せて提案された。廃棄物発生量の推計手法については、本研究による推計値と環境省や県の発表値は良い一致を示している。また、仮置場設置場所の適正度評価については、設置場所の選定に合理的な根拠を与えることのできる手法として注目される。

Q：重み係数( $\alpha$ )に関して、廃棄物の運搬では移動距離とともにコストが発生するが、コストも係数 $\alpha$ の設定値に含まれていると考えられるのか？

A：そのとおりである。なお、コストは廃棄物の量と移動距離の積で与えられるものなので、量の多・少と距離の近・遠が異なった組み合わせでも、同じコストになる場合がある。本研究では、移動距離の短い方が有利になるように $\alpha$ を設定した。 $\alpha$ を小さくすれば、ある距離までのスコアの累積値が大きくなること、すなわちより近い仮置場に多くの体積廃棄物を運び込むことになる。これが、発表者らが考える $\alpha$ の持つ意味である。

C：(コメント)  $\alpha$ にはより高度な意味もあると思う。例えば、5tトラック、10tトラックなど輸送車両の大きさが違う場合の評価にも拡張できる可能性があるのではないかと。

Q: 実際に津波被害が生じた場合、客観的な観点からは堆積物仮置場の選択はある場所に一義的に決まると思うが、例えば社会的要因を加味した $\alpha$ を設定することによって、別の解が与えられる可能性があるのではないか?

A: 異なった $\alpha$ に対して計算を実施して、どのような解になるかを比較検討することを考えたい。ご示唆に感謝する。

Q: 今回の検討は大船渡市を対象に実施されたが、現地では実際の仮置場はどこに設定されたのか?

A: 実際の仮置場は学校の校庭や広い敷地を持つ施設などに設置されている。今回の研究でも、2 km 以内であり標高差 100 m 以内などの条件の他に、衛星写真・航空写真などを参照して 500 m メッシュの中に校庭などの適切場所があり、かつ住宅地に囲まれていないなどを勘案して設置可能場所を選んでいる。その結果、実際の仮置場の設定場所は、今回適正と評価されたメッシュに含まれている。2 km 以内、標高差小の条件だけでは設置場所の選定はできない。

Q: 大船渡市の二次仮置場がどこか一つの場所に設定されると、その設定場所によって一次仮置場の位置が決定されるように思うが、いかがか?

A: そのとおりである。実際の大船渡市のケースでは、二次仮置場からの堆積廃棄物の搬出を考慮して港の近傍に二次仮置場を設定し、それに基づいて一次仮置場の場所を選定している。しかし、現在の配置は発災後かなりの時間を経てから選定されたものであり、将来の災害発生に備えた計画策定に際してはより合理的な場所の選定を検討しておく必要があると考える。

C: 今回の提案手法は、一次仮置場の非常に論理的な根拠を迅速に与えるものだと考える。しかし、二次仮置場、分別・処理/処分場などの立地を考える際には、別の次元の配慮が必要となると思う。

Q: 結果を出すの必要な計算量・作業量はどれほどか?

A: がれき廃棄物発生量推計計算では、500 m メッシュすべてについて計算を行う必要がある。また、インターネットに掲載された浸水深さデータなどを GIS に取り込むために手作業でベクトル化する必要がある。これらの作業にパワーが必要である。その後の適正度評価計算については、大きな演算能力は必要ではない。

### 【論文3】光ファイバケーブル耐震化敷設技術調査-2

東京都下水道サービス(株) 中村俊男

日本下水道光ファイバ技術協会 原田敏郎, 藤平貞義

大震災発生が懸念される東京都区部を対象に、下水処理関連施設の遠隔制御化や、情報ネットワークシステムの重要施設である総延長 800 km に及ぶ東京都下水道局光ファイバ網の発災時における強靱性、信頼性を確保することを目的とする防災敷設技術に関する技術調査報告(その2)である。

本研究では、模擬下水道管路を用いた昨年の東日本大震災の実態や首都圏直下型地震で想定される状況を模した実験を実施し、光ファイバケーブル敷設工法を評価している。その結果、下水道光ファイバケーブルネットワークに、地震動などによって断線が生じないあるいは過大な応力がかからない耐震化敷設工法が確立された。本研究で明らかにされた耐震化敷設工法の主要な要素は、平常時においては堅牢な保持力を維持するが、発災時には容易に固定を解除する固定金具ならびに地震時の影響を最小限に留めるマンホール部での敷設仕様の2点であると報告された。

### 【論文4】数値解析シミュレーションを用いた下水道施設の耐津波対策

下水道新技術推進機構 土手一郎, 中村匡史, 尾崎正明

横須賀市上下水道局 成田 肇, 長谷川浩市

防衛大学 藤間功司

東日本大震災で、下水処理施設が津波による甚大な被害を受けた現実を鑑み、津波対策の策定が急がれている。しかし、一方で、地方自治体の財政状況は厳しく、下水道機能の重要度ならびに緊急度を考慮した合理的な津波対策が求められるが、その実現には信頼度の高い被害予測が不可欠である。本研究は、横須賀市が進めている「横須賀市津波対策基本計画」の合理的な立案を目的として、シミュレーションを用いた被害予測手法ならびに対策効果の確認手法を開発したものである。本発表では、開発した基本モデルの下水道施設への適用性評価結果、津波対策計画の検討対象となる下水処理場の数値解析結果および津波被害想定のお考え方が報告された。

二次元非線形長波理論に基づくモデルによるシミュレーションでは、今回の大震災で観測された津波による下水処理施設の浸水深や浸水範囲を概ね再現できることが確認された。しかし、碎波の衝突が生じる場所などは二次元モデルでは再現性が乏しく、三次元解析の導入が必要と考えられ、二次元モデルと三次元モデルの使い分けをどのようにすべきかが今後の検討課題であると報告された。

Q：解析対象を全国的に展開していくのに必要なデータはどのように整備すれば良いか。また、シミュレーションを実施するのに必要な作業量、演算能力はどれくらいか？

A：シミュレーションの基礎情報としては、国土地理院のデータを用いている、主要な都市については概ね2mメッシュのデータが既にあるので、準備に多大な時間・労力は必要ではない。また、二次元データを扱っているので、高度な演算能力も不要である。今回の報告事例の場合、データの作成に3週間程度、1回の計算に約6時間であった。

Q：管路の中の逆流状況や海岸・河川部の開口部に関するシミュレーションについてはどうか？

A：下水道分野では、既に管路計算を実施できるようになっているので、両者のモデルを合体させることで対応できると考える。ただし、モデルを合体させることでどのようなメリットを出せるかについてはまだ明確ではなく、実際の作業

には着手していない。河川については、地勢条件として考慮しているので計算できていると考える。

Q：非線形性を持つ水深係数の概念は、新たに提案しているものか、あるいは、一定の適用基準が既に決まっている概念なのか？距離の閾値を境に係数の値が非連続に変わるのにはやや違和感があるので、さらに新たなパラメータを導入するなどして、より妥当な設計概念を提案されてはいかがか？

A：水深係数は、現在、既定手法になりつつある概念である。展開・改善については、今後の実験データなどの解析を通じて検討していきたい。

以上で時間超過となり、「本日まで発表いただいた4件の研究成果は、いずれも、今後の震災・津波対策として大きく期待されているテーマです。今後、一層研究を進めていただきたいと思います」との座長発言で、セッションC-3を終了した。