

中尾 真一

工学院大学 工学部 環境エネルギー化学科  
教授

地域水資源利用システムを構築するための Integrated Intelligent Satellite  
System(IISS)の適用

## § 1. 研究実施体制

平成 25 年度は、(A) MBR+NF/RO システムの検討(MBR; Membrane Bio-reactor(膜分離活性汚泥法)、NF; Nano Filter(ナノろ過膜)、RO; Reverse Osmosis(逆浸透膜))、(B) MBR 膜洗浄技術の検討、(C) 処理水の安全性評価、(D) 運転支援技術の確立、並びに(E) IISS (Integrated Intelligent Satellite System)の構築及び実証の、5 つの研究項目に関する研究を行った。

### (1)「工学院大学」グループ

① 研究代表者: 中尾 真一 (工学院大学 工学部、教授)

② 研究項目

・研究項目(A)

NF/RO 膜ファウリング防止技術の検討

・研究項目(B)

電場利用型 MBR 膜洗浄技術の検討

・研究項目(E)

IISS 実証装置のデータ解析と評価

### (2)「工学院大学」グループ

① 主たる共同研究者: 高羽 洋充 (工学院大学 工学部、准教授)

② 研究項目

・研究項目(A)

(1) 種々の糖ファウラントを対象とする耐ファウリング性の理論的予測

(2) 耐ファウリング性発現機構の理論的解明

(3)「東京大学」グループ

① 主たる共同研究者:船津 公人 (東京大学 大学院工学系研究科、教授)

② 研究項目

・研究項目(D)

(1)膜差圧予測モデルの汎用性の検証と向上

(2)新規 MBR データを活用したモデル更新技術の開発

(4)「(株)日立製作所」グループ

① 主たる共同研究者:中村 裕紀 ((株)日立製作所 インフラシステム社、主管技師)

② 研究項目

・研究項目(C)

継代培養を用いた安全性評価

・研究項目(D)

水運用最適化の検討

・研究項目(E)

(1)MBR+NF/RO システムの中国実証

(2)MBR+NF/RO システムの高機能化中国実証

(5)「四川大学」グループ

① 主たる共同研究者:陳 文清 (四川大学 建築及環境学院、教授)

② 研究項目

・研究項目(E)

MBR+NF/RO システムの運転管理技術の開発および中国における IISS の適用性調査

## § 2. 研究実施の概要

H25年度は、前記の研究項目(A)から(E)に関し、下記の結果を得た。

### ・研究項目(A) MBR+NF/RO システムの検討

#### ①NF/RO 膜ファウリング防止技術の検討

H25年度は、プラズマグラフト重合法を用いて市販膜細孔表面に poly(2-methoxyethylacrylate) をグラフト固定した膜を作製し、汚泥溶液に対するファウリング防止能を明らかにした。

#### ②計算化学手法によるファウリング防止膜の素材ポリマーおよび表面構造設計

耐ファウリング性の理論的予測については、H24年度までに開発した耐ファウリング性予測シミュレーション手法を用いて、糖をファウラントとした場合の各種膜素材の耐ファウリング性を予測し数値化した。また、膜素材の多糖類に対する耐ファウリング性能発現機構の理論的解明に関し、多糖類周囲の水和構造の形成が重要な役割を果たしているという結果が得られた。

### ・研究項目(B) MBR 膜洗浄技術の検討

#### ①電場利用型膜洗浄技術の検討

H25年度の本項目については、電場洗浄技術の検討においては、H24年度まで使用していたカーボンクロス電極に加えて、白金メッシュ電極を用いた電場洗浄性能も評価し、カーボンクロス電極同様の洗浄効果を明らかにした。

### ・研究項目(C) 処理水の安全性評価

#### ①継代培養を用いた安全性評価

中国成都市に設置した IISS 実証試験設備で処理した RO 処理水を用いて、培養細胞による長期継代培養試験法を実施したところ、明らかな有害性は認められなかった。また、今まで行った長期継代培養の増殖グラフを数値化し、コントロールに対する相対的な増殖の割合を算出して比較することで、モデル供試水の有害性を再現性よく評価できるようになった。

### ・研究項目(D) 運転支援技術の確立

#### ①膜運転支援モデルの構築

膜差圧予測モデルの汎用性の検証と向上に関し、H24年度構築した膜差圧の急上昇を予測するモデルについて、論文から収集した多種多様な MBR において測定されたデータを用いて予測性能を検証したところ、90%以上の正解率で膜差圧の急上昇を予測できることが確認された。また、新規 MBR データを活用したモデル更新技術開発に関しては、膜差圧を長期的に予測するモデルについて、新しく測定されたデータを用いてモデルを更新することで膜差圧予測の精度が向上することを確認した。

#### ②水運用最適化システムの検討

下水道未整備地域における下水再生処理水の有効活用を目的に、全体コスト(再生水配水コスト+配管敷設コスト)を評価指標とした水処理システム運用計画最適化ツールを作成した。

MBR+NF/RO システムの中国実証に関し、IISS 実証試験設備 (MBR+NF/RO システム、10m<sup>3</sup>/日×2 系列、中国四川大構内設置) による試験運転を継続中である。本設備の活性汚泥は、国内の本ツールを用いて、IISS 導入地域を想定した分散型設備の配置計画ケーススタディを実施し、水需要からみた最適な配置箇所、設備規模、配管経路を算出可能とした。

・研究項目 (E) IISS (Integrated Intelligent Satellite System) の構築及び実証

① MBR+NF/RO システムの中国実証

国内の汚泥に比べ高 MLSS (Mixed Liquor Suspended Solids) 濃度であっても粘度が低い特徴があることを確認し、国内より汚泥 MLSS 濃度が高い条件でも運転が可能な結果を得た。

② MBR+NF/RO システムの高機能化中国実証

MBR+NF/RO 装置の高機能化を目的に、オゾンマイクロバブルによる MBR 余剰汚泥および NF/RO 濃縮水の処理技術を検討。国内実証したものと同等仕様のパイロット装置 (処理流量: 10 m<sup>3</sup>/d) を中国・四川大学サイトの IISS 実証試験設備に組み込み、実証試験を立ち上げた。次年度 (H26 年度) も継続して、長期運転を通じた水処理性能の評価を実施する。

### § 3. 成果発表等

#### (3-1) 原著論文発表

##### 論文詳細情報(国内)

なし

##### 論文詳細情報(国際)

- A-1 Nagumo, R., Akamatsu, K., Miura, R., Suzuki, A., Hatakeyama, N., Takaba, H., and Miyamoto, A. (2013) Computational Chemistry Study on the Microscopic Interactions between Biomolecules and Hydrophilic Polymeric Materials, *J. Chem. Eng. Jpn.*, 46, 421-423. (DOI: 10.1252/jcej.12we212)
- A-2 Akamatsu, K., Okuyama, M., Mitsumori, K., Yoshino, A., Nakao, A. and Nakao, S. (2013) Effect of the composition of the copolymer of carboxybetaine and n-butylmethacrylate on low-fouling property of dynamically formed membrane, *Sep. Purif. Technol.*, 118, 463-469. (DOI: 10.1016/j.seppur.2013.07.034)
- B-1 Kaneko, H. and Funatsu, K. (2014) Model for predicting transmembrane pressure jump for various membrane bioreactors, *Desalination and Water Treatment*. (in press).
- B-2 Kaneko, H. and Funatsu, K. (2013) A chemometric approach to prediction of transmembrane pressure in membrane bioreactors, *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 126, 30-37. (DOI: 10.1016/j.chemolab.2013.04.016)

#### (3-2) 知財出願

- ① 平成 25 年度特許出願件数 (国内 1 件)
- ② CREST 研究期間累積件数 (国内 4 件)