

# LCA 手法を用いた流域水資源モデルの開発及び排水処理マネジメントの統合的評価

東京大学生産技術研究所 正会員 ○守利 悟朗  
東京大学生産技術研究所 正会員 沖 大幹

## 1. 目的

本研究では、流域における排水処理システムを対象として、プロセス全体の挙動を動力学的手法に基づいて合理的に表現された流域水資源モデル (IWRES) を開発した。そして、CO<sub>2</sub> 削減を目的とした排水処理システムの最適化が、水質に及ぼす副次的な影響を、ライフサイクルアセスメント (LCA) 手法を用いて統合的に評価した。具体的には、各部分流域 (単位メッシュ) について、洪水、低水、流量変動、水質等を算定すると共に、排水処理による水質改善効果について評価した。また、水質改善の為の排水処理管理施策に伴い排出される CO<sub>2</sub> までを評価対象とし、流域での排水処理システムにおける水質及び CO<sub>2</sub> 排出量について統合的に評価するシステムを構築し、排水処理管理施策の効果について検討した。IWRES は、大きく自然系-水量・水質サブモデル、人間系-水利用サブモデル及び LCA サブモデルに分かれている。

## 2. 流域水資源モデル (IWRES) の概要

### 自然系-水量・水質サブモデル

本研究では、IWRES の再現・予測精度を向上させるために、地理・降水・気温・土地利用などの高解像度の空間分布情報を入力とし、流域内部の様々な地点での水量及び汚濁負荷量を再現・予測する分布型の数値モデルを開発した。空間的には地表面から地下の3次元を、時間的には洪水から低水までを対象に、要素としては、水量及び汚濁物質を対象に、流域内の水質汚染の影響を動的に算定し、都市における生活排水処理システムに及ぼす影響を定量的に示した。

### 人間系-水利用サブモデル

降雨及び生活排水という自然的・人為的外力に対して、下水処理プラント (WWTP) における排水処理の効果を評

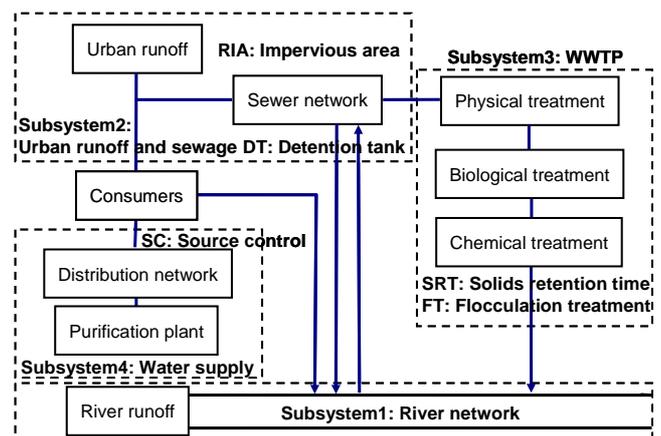


図-1 流域における排水管理のモデリング

価した。その効果を定量的かつ高精度で算定する場合、特に、WWTP への流入水質特性の把握が重要となる。本研究では、排水システムのサブモデルとして、有機物及び SS の物質輸送モデルを構築し、WWTP への流入水質特性について実測データによる検証を行った。そして、自然系-水量・水質サブモデルの出力及び生活排水の流量及び水質の時間的変化の応答を外力条件として、人間系-水利用サブモデルの物質輸送モデル及び活性汚泥モデル (ASM) を用いて、排水処理システムのダイナミックシミュレーションを行うことにより、河川への放流量・水質の時間変化を計算した。そして、晴天時及び雨天時における排水処理プロセスの挙動を再現することが可能なこと、得られた計算結果は過去の観測実績とおおむね一致することを検証した。

### 排水処理システムにおける LCA サブモデル

排水処理システムに対して、ライフサイクルアセスメント (LCA) を行い、環境負荷 (CO<sub>2</sub> 排出量) の側面から評価を行った。LCA については、従来、主に製品等が対象となってきたが、ここでは、排水処理システムそのものを対象とし、都市基盤施設である下水道の建設時および運用時に対して、環境負荷 (CO<sub>2</sub> 排出量) の観点から評価を行った。そして、建設段階における LCA のための原単位として必要なデータについては、下水道

キーワード 環境影響評価, 排水処理, ライフサイクルアセスメント (LCA), CO<sub>2</sub> 排出量, 数値モデル

連絡先 〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1 Be605 東京大学生産技術研究所 E-mail:mouri@rainbow.iis.u-tokyo.ac.jp

統計(2004)を用いるとともに、用途別・時刻別のエネルギー消費原単位などを積み上げて得られた年間の負荷から求めた。一方、運用段階における年間のエネルギー使用量は、下水処理プラントの年間使用電力及び燃料データを用いて算出し、CO<sub>2</sub>排出量の算定には、部門別、用途別の燃料種分担比が与えられた。

### 3. 排水処理システムへの適用結果

LCA 手法を用いた解析の結果、排水処理システムにおける建設・運用段階を通じたエネルギー消費量及びCO<sub>2</sub>排出量は、表-1及び表-2の通りとなり、約3割がWWTPの運転に伴うものであった。そして、WWTPの運転に伴うCO<sub>2</sub>排出量削減を目的とした各排水処理管理施策の効果について検討した結果、凝集剤等を併用し、WWTPの曝気エネルギーを削減させた場合(例えば、FT\_eco ケース等)に大きな効果が示された(図-2)。また、その評価において重要となるWWTPへの流入水質特性の検証結果は、図-3の通りであり、SSや有機物の供給は、主に生活排水により支配されており、比較的粒径が大きい固形有機物が主体であった。

表-1 施設整備及び運用段階におけるCO<sub>2</sub>排出量

Component	CO <sub>2</sub> Emission (T-C/y)	%
drainage pipe construction	7982.5	27.9
drainage pipe maintenance	32.1	0.1
pumping station construction	399.3	1.4
pumping station operation	2468.6	8.6
water treatment plant construction	8776.2	30.7
water treatment plant operation	8910.0	31.2

表-2 単位処理水量当たりのCO<sub>2</sub>排出量

	Pumping Station	Wastewater Treatment Plant
annual treatment quantity (×1000m <sup>3</sup> )	5938	48584
energy consumption (kcal/m <sup>3</sup> )	815	381
CO <sub>2</sub> emission (kg-C/m <sup>3</sup> )	0.416	0.183

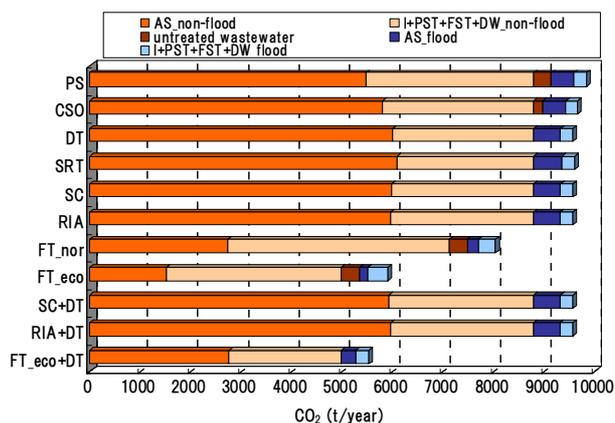


図-2 各排水処理方法によるCO<sub>2</sub>排出量の比較

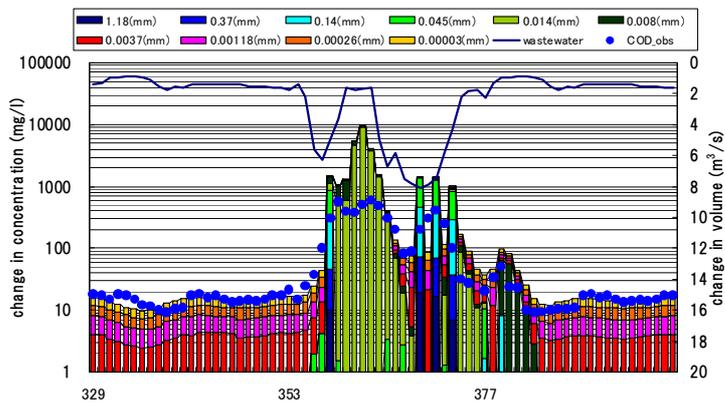


図-3 WWTP 流入水の有機物濃度の検証結果

### 4. まとめ

流域における水資源管理のひとつである都市の生活排水処理について、プロセス全体の挙動を動力学的手法に基づき合理的に表現された数値モデルを開発し、水質改善効果及びCO<sub>2</sub>排出量を統合的に評価するモデリングシステムを構築した。そして、このシステムを実際の排水処理システムへ適用し、晴天時及び洪水時等に卓越する現象を再現することを確認するとともに、水質改善とCO<sub>2</sub>排出量削減を両立する排水処理管理施策を数値実験的に示した。その効果について、統合的に評価した結果、WWTPの運用時において、凝集剤等を併用することにより、曝気エネルギーを低減しCO<sub>2</sub>排出量削減に有効であることが示された。

なお、本研究は、NEDO 技術開発機構(平成19年度産業技術研究助成事業)による支援を受けた。また、松山市中央浄化センターの関係者の方々に、快く、資料を提供していただいた。ここに記して感謝申し上げます。

### 参考文献

- Entem, S., Lahoud, A., Yde, L. and Bendsen, B. (1998). Real time control of the sewer system of Boulogne Billancourt – a contribution to improving the water quality of the seine. *Wat. Sci. Tech.*, **37**(1), 327-332.
- (社)日本下水道協会 下水道統計 2004.
- Mouri, G. and Oki, T. (2009). Modeling the catchment-scale environmental impacts of wastewater treatment in an urban sewage system for CO<sub>2</sub> emission assessment, *8th International Conference on Urban Drainage Modeling*, Tokyo, Japan, 2009.9.(accepted)