

B-9 節水策およびディスポーザー導入による下水量および下水水質に与える影響の検討 —東京都区部を対象として—

東京大学先端科学技術研究センター ○ 荒巻 俊也
東京大学大学院工学系研究科 花木 啓祐
東洋大学国際地域学部 松尾 友矩

1. はじめに

都市において健全な水循環を維持するために、下水や雨水の雑用水としての利用や雨水浸透などが注目されているが、都市全体でこのような施策を導入した場合の効果を定量的に評価するためには都市全体における水の動きをシミュレートするモデルを構築する必要がある。われわれのグループでは、東京都区部を対象として建物や土地利用情報と下水の主要幹線データを用いて、都市における雨水や生活排水のフローを再現するモデルを構築し、雑用水供給システムの導入効果の解析などを行ってきた¹⁾。しかし、このモデルはさまざまな水管理施策の導入効果を解析するうえでは、地下水を水循環の要素として取り入れていないこと、水質を考慮していないこと、などの問題を有していた。また、さまざまな水管理施策の環境影響を評価するうえでは下水管路や河川各点の水量や水質が必要ではない場合も多く、より簡易な水収支モデルをベースに評価が可能な場合も多い。

そこで本研究では、これまでに開発してきたモデルを再構築し、雑用水供給システムやディスポーザー、家庭内カスケード利用などの施策シナリオを導入したときの処理場等での水量、水質の変動を定量的に評価することを目的とする。さらに、このように下水量や下水水質の変化がどのような環境影響を与えるかをディスポーザーの事例を対象として評価を行う。

2. シミュレーションモデルによる下水量および下水流入水質の再現

2.1 シミュレーションモデルの概要

モデル構築の対象地区としては、これまでの研究¹⁾と同様に東京都区部を対象とした。モデルにおいては、まず都区部の各 250m メッシュにおける発生源別発生下水量と水質を建物用途ごとの延床面積と用途毎下水発生量原単位と発生源別廃水水質により推定した。さらにメッシュ毎に得られた値を下水処理区毎に合算して、下水処理場ごとの流入下水量とおよび流入水質とした。水質指標としては BOD を用いている。

建物用途毎の延べ床面積については、東京都都市計画局作成の建物情報(1993 年)をメッシュ単位に加工して用いた。建物用途毎の下水発生量原単位については、過去の研究例²⁾³⁾⁴⁾を参考に設定した。廃水水質については一人あたりの BOD 排泄量等を参考に、便所廃水 260(mg/L)、厨房廃水 360(mg/L)、洗面・風呂、洗濯廃水等 75(mg/L)、空調廃水 1(mg/L)と仮定した。この値については更に検討を要するものと思われる。

2.2 下水流入量および流入水質の再現性の検討

下水処理場ごとの、晴天日下水量平均値(1997 年実測値)との比較を図 1 に示す。芝浦や森が崎下水処理区などにおいて、実測値と計算値の間に若干差はあるものの、概ねよい再現結果が得られている。

図 2 に各処理場毎の流入 BOD の計算値と、実測値の年平均値(1989~98 年)の範囲を示す。実測値の方では処理場毎に大きな違いがあるにも関わらず、計算値ではほとんど一定の値となっており、現状が十分に再現されていない状況である。この原因としては、工場廃水、あるいはその他の特異な排出源を計算に含んでいないこと、下水管における収集時の水質変動、原単位自体の精度の問題などが考えられ、今後さらに検討を重ねていく必要がある。本稿では、下水水質の絶対値としての再現性について問題はあるものの、各施策を導入したときの下水量・水質の相対的な変動状況について検討することとする。

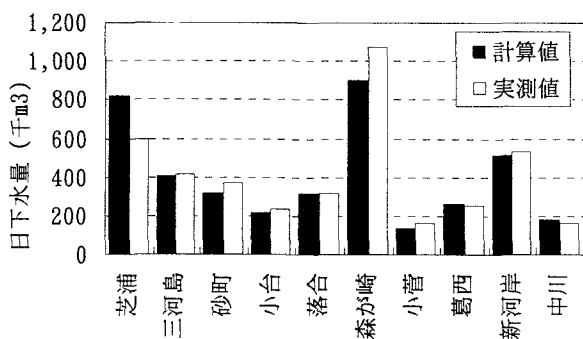


図1 各下水処理場における下水量の比較

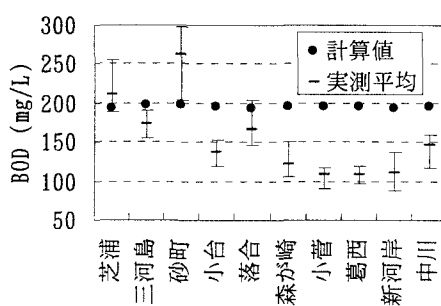


図2 各処理場のBOD計算値と実測年平均値の範囲

3. さまざまな水管理施策の導入に伴う下水処理場流入量および流入水質の変化

3.1 水管理施策のシナリオ

風呂排水の直接利用、雑用水利用、ディスポーザーを対象として、これらを導入したときの各処理場における流入水量および流入水質の変化を推定した。以下に導入シナリオの詳細を示す。

風呂排水利用：風呂の残り湯を洗濯に利用するカスケード利用を想定する。具体的には、住宅系の建物（専用独立住宅と集合住宅）において洗面・風呂排水量原単位が $1.0 \text{ (L/m}^2\text{/d)}$ 削減されるものと仮定した（洗面・風呂排水の $1/3$ 程度）。また、風呂系排水の BOD 濃度についても 30% 上昇するものと仮定した。

雑用水利用：個別あるいは地区循環形式の雑用水供給システムが業務系建物の 50%、住宅系建物の 30% に導入されるものとした。雑用水供給施設では水洗便所排水以外の雑排水を原水として処理を行い、水洗便所用に用いることとした。具体的には、発生下水量原単位について水洗便所排水の分、他の排水が減るものと仮定して水洗便所排水以外の発生下水量原単位を削減した。

ディスポーザー：住宅系建物および商業系（専用商業施設、宿泊遊興施設等）建物に、途中に処理施設を設けず、厨芥を含んだ厨房排水をそのまま下水処理場まで送る形式のディスポーザーが導入されるものとした。具体的には、厨房排水の発生量原単位が $0.2 \text{ (L/m}^2\text{/d)}$ 増加し、BOD 濃度も 30% 増加するものと仮定した。

3.2 各シナリオによる下水量および流入水質の変化

各シナリオについてシミュレーションモデルを用いて計算した結果について、10 の下水処理場の下水量および BOD 負荷量の合計値の変化率を表 1 に示す。総下水量については、風呂排水利用や雑用水利用が現状と比較して 2.6~5.8% の減少となるのに対して、ディスポーザー導入については 1.5% の増加となった。BOD 負荷量については、風呂排水利用についてはほとんど減少せず、雑用水利用については下水量と同程度の減少、ディスポーザーについては 16.2% と大幅に増加した。

個々の処理場の流入 BOD 濃度について、平均、最小、最大を表 2 に示す。平均濃度で見ると、雑用水利用では変化はないが風呂排水利用で 5% 程度、ディスポーザー導入では 15% 程度増加することになる。また、処理区の特性によって導入効果が違っており、ディスポーザー導入においては処理場間の濃度の差が大きくなっており、導入対象となる住居系と商業系建物が多い処理区では濃度の増加率が高く、事務所等の建物が多い処理区では濃度の増加率は低くなっている。

表 1 各シナリオによる総下水量と総 BOD 負荷量の変化

	下水量	BOD 負荷量
風呂排水利用	-5.8%	-0.9%
雑用水利用	-2.6%	-2.4%
ディスポーザー	+1.5%	+16.2%

表 2 各処理場の BOD 濃度 (mg/L) の最小・平均・最大値

	最小	平均	最大
現状	193	195	197
風呂排水利用	198	206	208
雑用水利用	193	195	197
ディスポーザー	214	224	227

4. ライフサイクル CO₂(LC-CO₂)排出量によるディスポーザー導入効果の評価

4. 1 評価の範囲

3.のシナリオのうち水質変動が最も大きかったディスポーザー導入のシナリオについて、水量や水質変動に伴う環境影響を評価した。具体的には、下水量や下水水質の変化は処理場における消費エネルギーやメタン発酵などエネルギー回収プロセスの効率に影響を与えることから、これらの面も含めたディスポーザー導入に伴うライフサイクルでの CO₂ 排出量を算出した。

ディスポーザー導入に伴い固形廃棄物発生量が減少することにより一般廃棄物の収集処分システムも影響を受けるため、一般廃棄物の収集処分のプロセスも評価の範囲とした。なお、ここでは厨芥系廃棄物の 90%が削減されるものと仮定した。また、ディスポーザー本体による電力消費についても評価対象とした。

なお現存の下水処理場や清掃工場等ではさまざまなシステムにより処理が行われているが、ここではディスポーザーを導入する場合に望ましいシステムという観点から、下水処理場では汚泥の全量消化と消化ガス発電が、清掃工場においては焼却熱を用いた発電が行われているものと仮定して評価を行った。

4. 2 ライフサイクル CO₂排出量の算出

ディスポーザー導入に関する LC-CO₂の算出については、我々のグループにおいて以前行われた研究成果⁵⁾によった。なお、清掃工場などでの発電により代替される系統電力の CO₂ 排出係数については関東地区の全発電所の平均値 (81g-C/kWh) を用いて評価を行っている。

表 3 にディスポーザー導入による CO₂ 排出

表 3 CO₂ 排出削減量の変化 (t-C/y)

削減量の変化を個々のプロセス毎に示す。清掃工場の発電量については、ディスポーザー導入により減少することとなった。ただし、補助燃料の使用量も減少するため、清掃工場内で考えると CO₂ 排出量は削減された。下水処理の方では、補助燃料の使用量が増加するためそれに伴う CO₂ 排出量は増加するものの、発電量増加に伴う CO₂ 排出の削減量がそれを大きく上回っており、下水処理システムにおいても CO₂ 排出は削減されることとなった。合計では CO₂ 排出が約 5 千 t 削減されており、排出削減に最も大きく寄与していたのは下水処理場での発電量の増加に伴う排出量の変化であった。

清掃工場での発電量変化によるもの	-1,268
清掃工場での補助燃料使用量の変化によるもの	2,349
可燃ゴミの収集量変化によるもの	68
下水処理場での発電量変化によるもの	7,709
下水処理場での補助燃料使用量変化によるもの	-3,750
ディスポーザー使用時の電力消費によるもの	-173
CO ₂ 排出削減量合計	4,935

ディスポーザー導入の是非を問うには、CO₂ 排出以外にもさまざまな角度からの検討・評価が必要であり、また CO₂ 排出についても下水管渠の維持管理・更新やディスポーザー本体の製造・廃棄などを評価対象としていないなどの不十分な面があるため、この結果の解釈には注意を要するが、下水汚泥からの効果的なエネルギー回収によりディスポーザー導入に伴って CO₂ 排出が削減される可能性があることが示された。

5. まとめ

本報では、東京都区部を対象として下水の水量・水質を下水処理区単位でシミュレートするモデルを構築し、それを用いて雑用水供給システムやディスポーザー、家庭内カスケード利用などの施策シナリオを導入したときの処理場等での水量、水質の変動を定量的に評価した。さらにディスポーザー導入については、水量や水質の変動による環境影響を LC-CO₂ により評価した。ただし、今回示したシミュレーション結果は本モデルの利用例を示すための暫定的なものであり、特に下水処理場への流入水質の再現性など精度の改善が必要となっている点が多く、これからの課題と言える。

参考文献：1) 荒巻俊也ら(1999), GIS を用いた東京都区部における人工系水循環モデルによる雑用水供給システムの導入効果の検討, 環境工学論文集, 36, 341-352, 2) 尾島研究室(1995), 建築の光熱水原単位, 早大出版会, 3) 空調・衛生工学会(1996), 空気調和衛生工学便覧, 4) 空調・衛生工学会(1997), 雨水利用システム設計と実務, 5) 荒巻俊也ら(1999), CO₂ 排出量削減のための東京都区部における生活系廃棄物管理施策の評価, 第 7 回地球環境シンポジウム講演論文集, 107-112