

下水処理施設における処理の高度化に対する未利用エネルギーの活用

関西大学大学院工学研究科 学生員 ○松本由紀子
 関西大学工学部 正会員 三浦浩之
 関西大学大学院工学研究科 正会員 和田安彦

1. はじめに

都市内の水質保全をさらに効果的なものとし、処理水の価値を高めるものとして、下水道の高度処理化には大きな期待が寄せられている。一方、エネルギー利用の面では、エネルギー資源の枯渇や地球温暖化等の地球環境問題の深刻化を受け、都市のもつ未利用エネルギーを効率的に回収・活用し、省エネルギー化を図る動きが活発になっている。今後、下水の高度処理は普及が予想されるが、本論文では高度処理によるエネルギー消費量・環境負荷の増加を、下水処理施設内にて回収可能な未利用エネルギーの有効活用により抑制することを検討する。

2. 評価方法

処理人口 25 万人の下水処理施設を設定して検討する(表-1)。処理水量等の設定は平成 10 年度版下水道統計を用い、各月の水量は平成 9 年度大阪府流域下水道維持管理報告書より既存施設における各月の割合を元に設定した。

本論文では、修景用水としての処理水再利用を目的とし、二次処理水を対象にオゾン処理にて消毒、脱色、脱臭を行う。また、回収する未利用エネルギーは以下の 3 つである。

- ① 水処理施設の上部及び空地における太陽光発電
 - ② 燃料電池を用いた下水汚泥消化ガス発電
 - ③ 下水の位置エネルギーを用いた小規模水力発電
- 未利用エネルギーの活用方法と下水処理の流れを図-1 に示す。

高度処理によるエネルギー消費量増加は電力消費が中心となっていることから、評価する項目は電力消費量およびそれに起因する CO₂、NO_x、SO_x 排出量とした。環境負荷原単位を表-2 に示す。

3. 下水の高度処理

高度処理の流れを図-2 に示す。目標水質が再利用水水質基準(表-3)を満たすことに加え、修景用水として不快でないように、高度処理の事例^{3,4)}を参考にしてオゾン注入率 10mg/l とした。また、高濃度汚濁への対応のため、オゾン濃度 120g/Nm³ の F 社オゾン発生システムを利用する。オゾン処理以外の処理に関する電力消費はポンプ、ブロワ等であり、これらはオゾン処理システムのモデル設計⁵⁾より、オゾン処理の 6割と設定した。

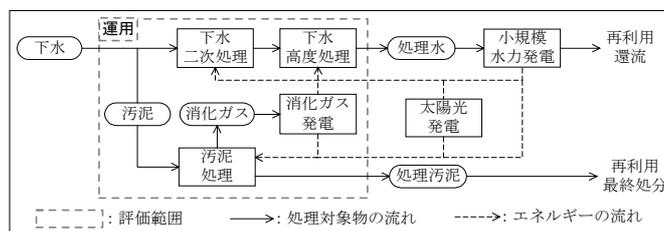


図-1 未利用エネルギー活用方法

表-1 設定条件

処理人口	250,000人
敷地面積	84,400m ²
処理能力	127,000m ³ /日

表-2 電力消費原単位¹⁾

CO ₂ 排出量	0.1035kg/kWh
NO _x 排出量	0.2700g/kWh
SO _x 排出量	0.2250g/kWh

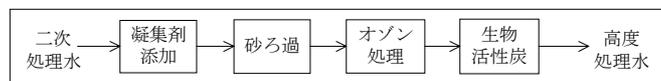


図-2 高度処理の流れ

表-3 再利用水水質基準²⁾

大腸菌群数	1,000個/100ml以下
BOD	10mg/l以下
pH	5.8~8.6
濁度	10度以下
臭気	不快でないこと
色度	40度以下

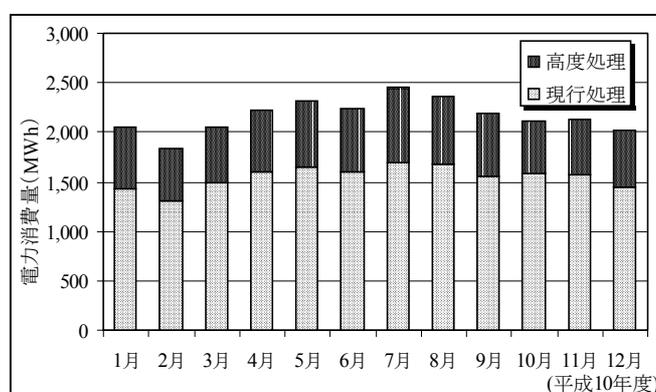


図-3 高度処理導入による電力消費量の増加

キーワード：未利用エネルギー、下水高度処理、電力供給、環境負荷削減

連絡先：〒564-8680 吹田市山手町 3-3-35

TEL 06(6368)1121 内線 (5685)

人口25万人における定量結果を図-3に示す。高度処理を行わない場合に比べ、電力消費量はおよそ1.4倍に増加している。オゾン発生器の電力消費量はスケールメリットがほとんどない⁶⁾ため、どのような人口規模であっても、同様の結果が得られると予想される。

4. 未利用エネルギーの回収

太陽光発電では敷地面積の40%に太陽光パネルを設置すると仮定し、発電効率は10%とした。燃料電池を用いた消化ガス発電は横浜市において実施例があり、発電効率はこれに従い38%とした⁷⁾。小規模水力発電は、処理水の放流吐き口に設けられた落差を用いて発電する。有効落差を5mと設定した。

定量結果を図-4に示す。太陽光発電と消化ガス発電で全体の約95%を占めており、太陽光の入射エネルギーが減少する冬季は若干減少しているものの、年間を通して安定した電力供給を行うことが可能である。

5. 高度処理技術導入と未利用エネルギーの活用

(1) 電力消費量と発電量

高度処理における電力消費量と未利用エネルギーの発電量を図-5に示す。未利用エネルギーによる発電量は、高度処理による電力消費増加量のおよそ1.1~1.6倍であり、未利用エネルギーの活用によって、処理の高度化に伴う電力消費量の増加を抑制することが可能である。

(2) 環境負荷削減効果

環境負荷削減効果に関して、電力消費に起因するCO₂年間排出量と削減量を図-6に示す。未利用エネルギーの活用で、高度処理によるCO₂排出増加を抑制しており、さらに高度処理および未利用エネルギーの活用を行った場合、現行の下水処理と比較してもCO₂排出量が15%削減されている。NO_x, SO_xの排出量と削減量についても同様の結果が得られた。

6. おわりに

下水処理の高度化に伴うエネルギー消費量および環境負荷の増加量と、未利用エネルギー回収量および環境負荷削減量を定量した。その結果、未利用エネルギーの活用によって下水処理の高度化に伴うエネルギー消費量および環境負荷排出量の増加を抑制することが可能であり、さらに現行処理に比べても年間で15%環境負荷が削減されることが明らかとなった。なお、本研究では文部科学省科学研究費 基盤研究(C)(2)の補助を受けて行ったものである。ここに記して感謝の意を表す。

【参考文献】1)環境庁企画調整局環境研究技術課監修：ライフサイクルインベントリー分析の手引き，1998。2)建設省高度処理会議：下水処理水の修景，親水利用水質検討マニュアル（案），1990。3)日本下水道協会：下水道施設計画・設計指針と解説（後編）1994。4)高田昌男：装置の導入で「水辺がいきかえったよ」，月刊地球環境，Vol.29，No.8，pp.89-92，1998。5)（財）下水道新技術推進機構：二次処理水を対象としたオゾン処理システム技術マニュアル，1997。6)野口基他：上下水道におけるオゾン応用技術，東芝レビュー，Vol.55，No.6，pp.20-24，2000。7)町井光吉他：汚泥消化ガス燃料電池発電システムの開発と実用化，環境研究，No.119，pp.31-35，2000。

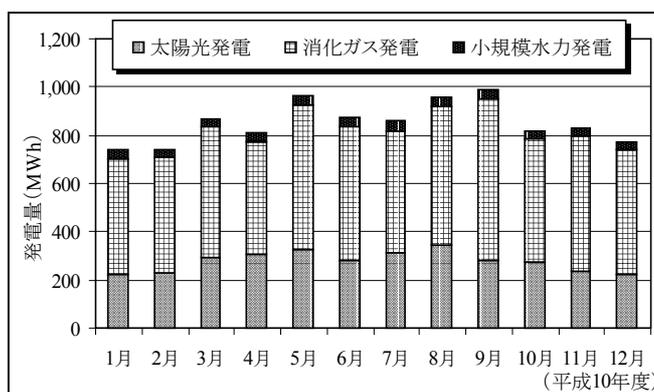


図-4 未利用エネルギー回収量

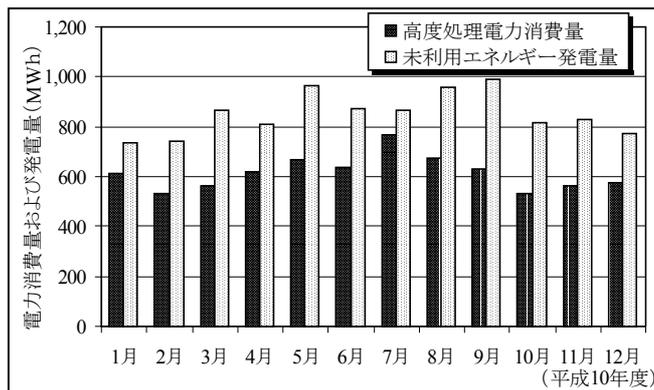


図-5 電力消費量と発電量

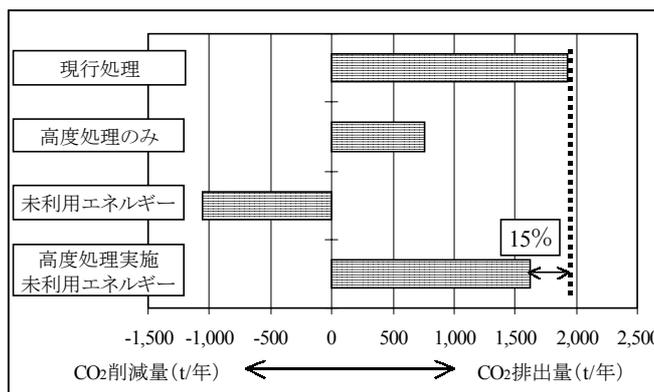


図-6 処理技術導入による環境負荷排出量の変化