

関西大学工学部 学生員 ○茂木克彦
関西大学工学部 正会員 和田安彦
関西大学工学部 正会員 三浦浩之

1. はじめに

昨年開かれた地球温暖化防止締約国会議では、各国の二酸化炭素排出量を数値的に具体的な目標を設定することにより削減することが議論され、地球温暖化防止策としての第一歩を踏み出したと言える。下水道部門においても太陽エネルギーなどを積極的に効率的に活用し、同時に電力生産等に伴う間接的な二酸化炭素排出量を抑えることによって下水処理に要する消費エネルギー、CO₂ 排出量を抑える必要がある。

この現状を踏まえ、本研究では下水部門における省エネ施策の導入によって、下水処理場でのエネルギー自給、エネルギー消費量削減の可能性について検討する。消費エネルギーの自給、削減量に関しては、太陽光発電、下水熱利用ヒートポンプ、消化ガス発電、ガスエンジン廃熱利用、焼却燃料としての消化ガス利用を行った場合の発電量、燃料削減量を算出し、エネルギー消費量、CO₂ 排出量の削減効果について検討する。

2. 検討手法

検討手法として、エネルギー消費量が比較的高い表-1のようなモデル処理場を想定し、固形物量収支を考慮することにより各処理プロセスでの消費エネルギーを算出する。そこで、固形物量収支より発生汚泥量を計算する場合、汚泥の含水率の決定が重要な要素となるが、この

表-1 モデル処理場の設定条件

計画処理人口	300,000(人)	
処理方式	汚泥処理	濃縮+嫌気性消化+脱水+焼却
計画汚水量	日最大汚水量	180,000 (m ³ /日)
流入SS濃度	250 (mg/ℓ)	
SS除去率	最初沈殿池	0.4
	二次処理	0.75
処理場面積	250,000(m ²)	

含水率はエアレーション方法、処理設備能力などに影響されるため定量することが困難であり、ここでは表-2に示した一般的な値¹⁾を用いる。算出した各処理プロセスでの消費エネルギーと省エネ施策を実施した場合の各処理プロセスでの消費エネルギーを比較し、省エネ効果について検討する。

表-2 処理汚泥含水率

最初沈殿池汚泥	98.0%
余剰汚泥	99.5%
濃縮汚泥	97.0%
消化汚泥	97.0%
脱水ケーキ含水率	78.0%

3. 各処理プロセスでの物質収支によるエネルギー消費量の算出

設定条件より最終沈殿池でのSS濃度は150(mg/ℓ)であり、また消化槽では消化効率を60%、有機物含有率を60%として消化汚泥固形物量を計算した。各処理プロセスでの処理固形物量および発生汚泥量は表-3の値となる。また、汚泥消化を行っている処理場では、最初沈殿池汚泥と余剰汚泥との混合汚泥1m³あたりの水処理に要する電力量は約3~10kWh¹⁾、混合汚泥1m³あたりの汚泥処理に要する電力量は約1~5kWh¹⁾、濃縮汚泥1m³あたりの汚泥消化に要する燃料はエネルギー換算で約10~60Mcal¹⁾、このうち約90%¹⁾は消化ガスにより自給していると考えられ(表-4)、脱水ケーキ1tの焼却に要する燃料は約100~500Mcal¹⁾である。これより、各処理プロセスでのエネルギー消費量はおおよそ表-5の値となる。

表-3 処理固形物量と発生汚泥量

	処理固形物量	発生汚泥量
最初沈殿池	18.0(t/d)	900(m ³ /d)
最終沈殿池	20.3(t/d)	4050(m ³ /d)
濃縮設備	38.3(t/d)	1275(m ³ /d)
消化設備	38.3(t/d)	490(m ³ /d)
脱水設備	24.7(t/d)	112(t/d)

表-4¹⁾ 全国処理場の消化に要するエネルギーの内訳

重油等の化石燃料	78,973(Gcal/y)
消化ガス	841,705(Gcal/y)
合計	920,678(Gcal/y)

4. 省エネ施策

4-1 太陽光発電

本研究では、モデル処理場において太陽光発電を導入した場合の年間発電量予測値を、大阪における日射

katsuhiko MOGI, yasuhiko WADA, hiroyuki MIURA

量データ²⁾を用いて次式³⁾により算出した。なお、設置面積については処理場平面図⁴⁾、空中写真⁵⁾から判断して最初沈殿池や沈砂池等の上部、管理棟の屋根部分などに設置すれば、処理場面積の10%程度に設置可能である。

表-5 エネルギー消費量

水処理電力(kWh/d)	14,850~49,500
汚泥処理電力(kWh/d)	4,950~24,750
汚泥消化用補助燃料(Gcal/y)	465~2,792
汚泥焼却用燃料(Gcal/y)	4,088~20,440

$$E_{pm} = P_{as} \times (H_a / G_s) \times d_m \times K \quad (1) \quad E_{pm}: \text{発電量(kWh)}, P_{as}: \text{最大アレイ設備容量(kW)}$$

$$P_{as} = p_{max} \times n \quad (2) \quad H_a: \text{月平均傾斜面日射量(kW/m}^2/\text{d)}, G_s: \text{標準状態の}$$

$$n = S_a / S \quad (3) \quad \text{日射強度(kW/m}^2), d_m: \text{年間日数}, K: \text{総合設計係数}$$

p_{max} : 最大出力(kW), n : モジュール枚数, S_a : アレイ設置面積, S : モジュール面積

これより計算すると、モデル処理場において11,686(kWh/d)の電力を発電できる、

4-2 下水熱利用ヒートポンプ冷暖房

下水熱利用ヒートポンプには、電動式の他にも都市ガスを燃料とするガス吸収式ヒートポンプを利用して、いる処理場もある。都市ガス吸収式ヒートポンプでは、重油燃料による暖房と比べ、冷暖房面積1(m²)あたり約1000(Mcal/y)^{6),7)}のエネルギーを削減可能である。

4-3 消化ガス発電とガスエンジン廃熱の有効利用

汚泥消化により発生する消化ガスを燃料とした消化ガス発電およびそのガスエンジンの廃熱利用による発電量、廃熱量を算出するにあたって、変換効率は表-4のように設定した。モデル処理場において消化ガス発生量の60%をガス発電に利用するとすれば、発電量17,572(kWh/d)、利用可能なエンジン廃熱量が37,973(Mcal/d)、消化槽加温用補助燃料の削減量が2,899(Mcal/d)となった。

表-4 変換効率の設定

ガスエンジン効率	35%
発電機効率	95%
熱交換機効率	50%
ボイラ効率	50%

4-4 焼却燃料としての消化ガス利用

汚泥消化、汚泥焼却を同時に行っている処理場では、消化ガスを焼却燃料として利用することができ、A重油等の化石燃料の使用量を削減できる。モデル処理場において、消化ガス発生量の40%を焼却用燃料に用いるとすれば30,293(Mcal/d)の燃料を削減可能である。

5. 省エネ効果

省エネ施策導入前と導入後のエネルギー消費の内訳を図-1に示す。省エネ施策導入前は、消化ガスを消化槽の加温用燃料としてのみ利用し、エネルギー自給率も20%程度となったが、省エネ施策導入後は、消費エネルギーを10%近く削減でき、エネルギー自給率も50%以上自給可能であることが分かった。

6. まとめ

太陽光発電は、化石燃料を使用しないためエネルギー面のみではなくCO₂排出量の削減という点でも有効であり、大規模な下水処理場では今後、図-1 省エネ施策導入前後の消費エネルギー内訳

7. 謝辞

本研究を進めるにあたり、貴重な資料を提供して下さい下さった各関係者の方々に厚く御礼申し上げます。

【参考文献】1)日本下水道協会:下水道統計-行政編-平成5年度版 2)黒川浩助,若松清司:太陽光発電システム設計ガイドブック,オーム社 3)富士電気株式会社:太陽電池パネルシステム仕様書 4)大和川下流流域下水道組合:今池処理場処理施設概要パンフレット 5)寝屋川流域下水道組合:川俣処理場処理施設概要パンフレット 6)殿村雅弘,中山隆義:下水処理水の熱回収による冷暖房運転の省エネルギー効果,設備と管理,1996.1 7)東京都下水道局:小管処理場ヒートポンプ運転実績

