

下水処理場のエネルギー自立化 の可能性

(公財)日本下水道新技術機構/
資源循環研究部長

石田 貴



1. はじめに

東日本大震災では、原子力発電所の停止による供給電力不足から、多くの下水処理場で節電が求められました。下水処理場の消費エネルギーの92%が電力であることから、その影響は大きいことがわかります。また、電気料金も大幅に上がり、下水道経営に大きな影響を現在においても及ぼしています。

これまででも、省エネ法により消費エネルギーの削減は義務付けられていますが、省エネ機器の導入や運転管理手法の改善による省エネルギーの取り組みは必ずしも十分とは言えません。

最近、資源循環研究部で取り組んでいる自治体等との下水処理場のエネルギー自立化に関する共同研究や国土交通省受託調査をとおして明らかになった、エネルギー自立化の可能性について以下に述べたいと思います。

2. 消費エネルギー50%削減

平成29年度の国土交通省受託調査「下水処理場におけるエネルギー戦略検討業務」で実施した35箇所の下水処理場の問診票調査によれば、設備別消費電力の割合は図-1のとおりです。主ポンプや送風機は、電動機容量の大きな機器ですが実際の消費電力も大きく、処理場全体の消費電力の約40%を占めます。焼却設備がない処理場ではこの割合が約50%となります。したがって、これら設備の優先的な省エネ対策が必要なことがわかります。

主ポンプに回転数制御を導入しているのは63%

に上りますが、回転速度とポンプ効率との間には図-2に示すような関係がありますので、過度に揚水量を絞ると逆効果になります。高水位一定運転で過度な揚水量の絞り込みが行われていたケースでは、定格運転の水位制御方式に切り替えることで21%の消費電力削減を実現することができました。

送風機については、超微細気泡散気装置のよう

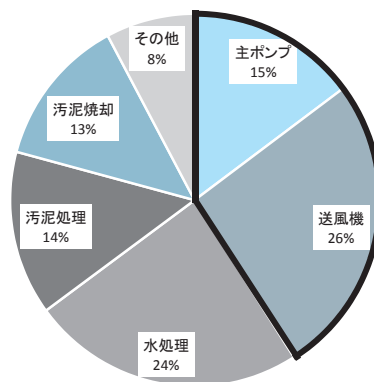


図-1 設備別消費電力の割合

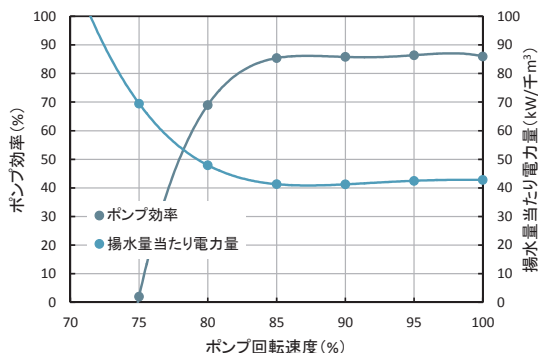
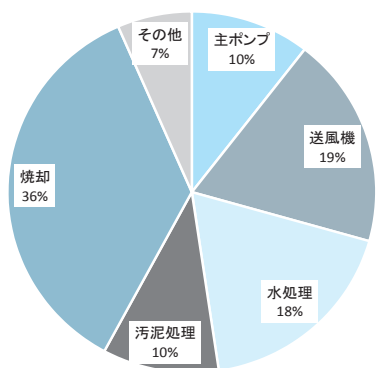


図-2 回転速度とポンプ効率の関係

表一 1 効率的な散気装置への更新による消費電力削減事例

	事例 A	事例 B
更新前 処理水量当たり消費電力 (kWh/m ³)	0.120	0.158
更新後 処理水量当たり消費電力 (kWh/m ³)	0.082	0.109
送風機消費電力削減率 (%)	33	31



図一 3 設備別消費電力の割合 (焼却有)

表一 2 消費電力量削減事例 (単位: 千 kWh/年)

	事例 A	事例 B	事例 C	事例 D
現状の消費電力量	14,769	20,832	4,820	8,646
省エネ機器の導入による削減量	2,557	5,157	1,482	636
運転管理手法の改善による削減量	1,843	5,110	816	1,360
消費電力削減率 (%)	30	49	48	23

な酸素移動効率の高いものに更新することで、表一 1 に示すように、30%以上の消費電力削減を図ることができます。

図一 1 によれば、水処理設備の消費電力が24%と大きくなっていますが、高度処理などでは反応タンクの嫌気槽や無酸素槽に加えて好気槽にも攪拌動力密度の大きな水中攪拌機が使用されていることが多いためです。特に、好気槽は送風機から送る空気です反応タンクの攪拌ができますので、水中攪拌機の攪拌動力分は全く無駄なエネルギーと言えます。

図一 3 は、焼却有の場合の設備別消費電力の割合を示しますが、焼却設備は36%と非常に大きな割合を占めることが分かります。昨年9月に、廃

熱回収率40%以上かつ消費電力削減率20%以上という焼却炉の性能指標が定められました。誠にとまを得たものと思われます。

表一 2 は、自治体等との共同研究で得られた消費電力削減事例ですが、23~49%の削減率を示しています。運転管理手法の改善も大きな消費電力削減効果があることが分かります。

3. 創エネルギーの取り組み

下水処理場で最も多く取り組んでいる創エネルギー手法は、消化ガスで発電を行うことです。既に100箇所以上で取り組まれています。下水汚泥のみを消化して発電する場合は、消費電力の30~40%を賄う程度です。エネルギー自立化率を高めるためには、地域バイオマスを受け入れる必要があります。機構作成の「下水処理場へのバイオマス(生ごみ等)受け入れマニュアル」(2011年3月)によれば、日平均処理水量26,000m³/日の下水処理場に事業系生ごみ9.2t/日を受け入れた場合、発電量は54%増加します。

下水汚泥の燃料化もエネルギー自立化率を高める取り組みです。炭化炉や造粒乾燥機で固形燃料化し、石炭火力発電所や石炭ボイラの燃料として供給する事業は、16か所の下水処理場で実施されています。下水処理場のみで考えればエネルギー的に不利ですが、エネルギー自立化の考え方では燃料化物は創エネルギーとしてカウントされます。表一 3 に燃料化を実施している下水処理場のエネルギー自立化率を示します。炭化の事例 A 及び B の場合、投入エネルギーのほうが創エネルギーより若干上回りますが、燃料化はエネルギー自立化率で見るとガス発電より有利なことが分かります。

従来の焼却設備は、図一 3 に示すように、非常に消費エネルギーが大きいのですが、最近では、廃熱ボイラで発生した蒸気を市販品の小型蒸気発電機や小型バイナリー発電機を利用してエネルギー回収する乾燥汚泥焼却発電方式の焼却システムが開発されています。表一 4 に小型蒸気発電機を組み合わせた場合の階段式ストーカ炉の廃熱回収率及び消費電力削減率を示します。処理規模100t/

表－3 燃料化の事例のエネルギー自立化率

事例	日平均処理水量 (m ³ /日)	電力使用量 (千 kWh/年)	燃料使用量 (千 kWh/年)	創エネルギー量 (千 kWh/年)	自立化率 (%)
A	34,000	7,300	8,694	10,275	64
B	42,700	11,390	3,732	6,972	46
C	99,900	12,178	3,398	18,929	122

表－4 階段式ストーカ炉の廃熱回収率等

処理規模	50 t / 日	100 t / 日	150 t / 日
廃熱回収率 (%)	81	82	82
消費電力削減率 (%)	86	99	100

日で概ねエネルギー自立化を達成することができません。

増設用地や建物屋上を利用した太陽光発電も有効です。岩手県下水道公社とのエネルギー自立化の共同研究では、省エネで30%消費電力を削減し、水処理施設の増設用地で太陽光発電（118万kWh/年）を行うなどの創エネの取り組みにより、電力自立化率80%。エネルギー自立化率64%を達成できることが分かりました。同様に、長野県との流域下水道スマートエネルギープラン策定に関する共同研究では、省エネの取り組みに加えて、4下水処理場の主要建物の屋根で太陽光発電（955万kWh/年）を行うなどの創エネの取り組みにより、エネルギー自立化率100%を達成できることが分かりました。

4. おわりに

高度処理や焼却を行うことで消費エネルギーは確かに増加しますが、現状の方式に問題があるため必要以上にエネルギーを消費していることがお分かりになったのではないかと思います。

創エネルギーの取り組みとしても、生ごみのようなエネルギー価値の高い地域バイオマスの受け入れは効果があります。また、燃料化や焼却炉の廃熱利用、太陽光発電などの取り組みにより、エネルギー自立化は必ずしも不可能ではないことがお分かりいただけたのではないかと思います。

資源循環研究部では、下水処理場の省エネ診断も行っていますので、省エネやエネルギー自立化にご興味のある自治体等の方は是非ご相談ください。