

下水道事業における 省エネ・創エネの取り組みについて

須方 勝義

兵庫県 土木部 上下水道課 (〒650-8567兵庫県神戸市中央区下山手通5-10-1)

兵庫県では、下水の安定的な処理を実現するため、老朽化した下水処理施設の改築更新を進めている。一方で、地球温暖化防止の観点から、こうした改築更新を行う際には、設備の省エネ化・創エネ化を検討して消費電力の削減に努めることとしている。本論文では、今後の下水処理施設の改築更新において、どのように消費電力の削減に取り組んでいくかについて述べる。

キーワード 下水処理, 省エネ・創エネ, ストックマネジメント計画

1. はじめに

1980年代に建設のピークを迎えた下水処理施設は、老朽化が進んでおり、兵庫県では、下水の安定的な処理を実現するため、ストックマネジメント計画に基づき、順次これらの施設の改築更新を進めている。一方で、地球温暖化防止の観点から、2021年に閣議決定された地球温暖化対策計画の中で、下水道分野における2030年度の温室効果ガス排出量を2013年度比で208万t削減する目標が掲げられ、消費電力の削減が求められている。そこで、本県における下水処理施設の改築更新を行う際には、設備の省エネ化・創エネ化を検討して消費電力の削減に努めることとしている。

本論文では、本県における今後の下水処理施設の改築更新において、どのように省エネ・創エネに取り組んでいくかについて述べる。

2. 本県の下水処理施設の電力使用状況と電力削減の優先順位

(1) 水処理施設について

本県で管理している流域下水道の水処理施設である武庫川上流浄化センターは、下水道管路を流れてきた汚水を処理し、河川に放流するための施設である。

当該施設では、反応タンクに汚水を流入させ、反応タンク内に存在する活性汚泥と呼ばれる微生物に酸素を供給し、微生物の活動を活性化させることで汚水を処理している(図-1)。

当該施設で使用している電力は大きく分けて、施設に流入してきた汚水を汲み上げる「揚水用」の電力、処理水槽の底面に沈殿した汚泥を掻き寄せる「掻き寄せ機用」の電力、反応タンク内に空気を送るための「送風機

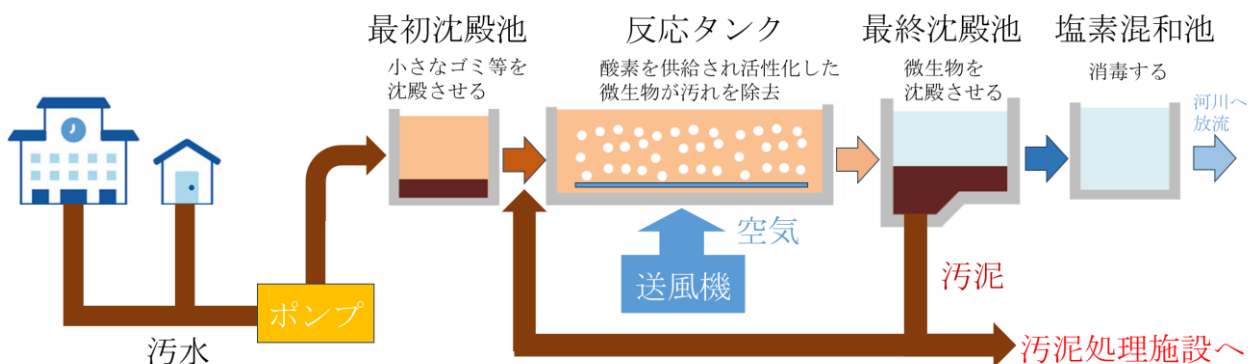


図-1 武庫川上流浄化センターの汚水処理フロー

用」の電力、汚水を処理する際に発生した下水汚泥を汚泥処理施設へ送るための「送泥用」の電力、「照明その他」の電力があり、「送風機用」の電力が46%と最も大きく(図-2)、当該施設の電力削減には「送風機用」の電力の削減が効果的であることが分かる。

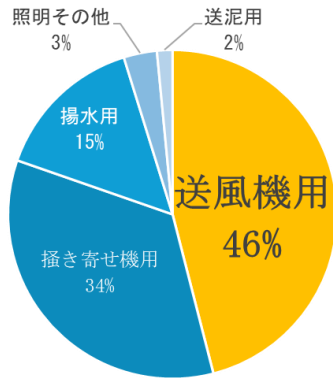


図-2 水処理施設の電力内訳 ¹⁾

(2) 汚泥処理施設について

本県で管理している流域下水道の汚泥処理施設である兵庫東流域下水汚泥広域処理場は、水処理施設で発生した汚泥を濃縮、脱水、焼却する施設である。

当該施設で使用している電力は大きく分けて、汚泥を濃縮・脱水するための「汚泥処理用」の電力、汚泥を焼却するための「焼却炉用」の電力、「照明その他」の電力があり、「焼却炉用」の電力が57%と最も大きく(図-3)、汚泥処理施設の電力削減には、「焼却炉用」の電力の削減が効果的であることが分かる。

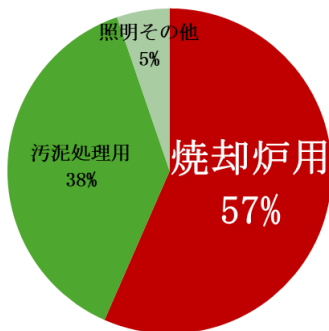


図-3 汚泥処理施設の電力内訳 ¹⁾

3. 省エネ及び創エネについての課題と対応

電力削減の手法として、省エネ・創エネ設備への改築更新とポンプの運転台数の見直し等、運転管理の最適化の二種類の手法がある。電力削減に取り組んでいる他の都道府県では、その二種類の手法を別々に用いて電力削減を行っているケースがあるが、本県では、施設安定稼

働の観点から、老朽化設備の更新を行う際に更新設備の省エネ化と関連設備の運転管理の最適化を併せて行っている。ただし設備の創エネ化については、システムの大幅な変更を伴うため、検討する機会は多くない。

(1) 省エネについての課題と対応

神戸市北部、西宮市北部、三田市の下水処理を担う武庫川上流浄化センターでは、散気装置(図-4)と散気装置に空気を供給する送風機(図-5)が設置後30年が経過し、老朽化していたことから、施設の安定稼働と省エネを両立できる設備に更新する必要がある、更新機種の選定が課題となっていた。

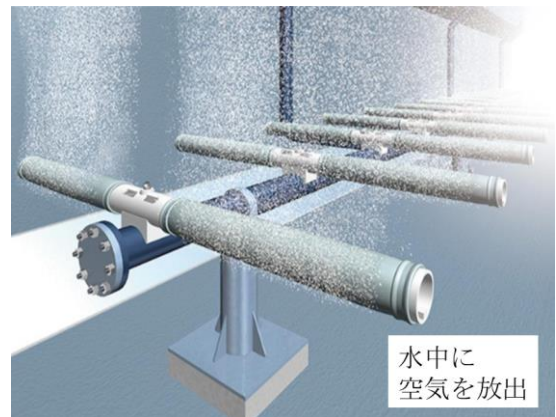


図-4 散気装置 ²⁾

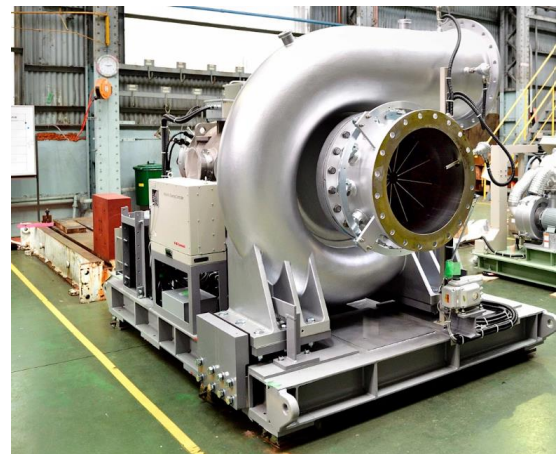


図-5 送風機 ³⁾

a) 散気装置の機種選定

散気装置の機種選定をするにあたり、酸素移動効率、圧力損失、維持管理性、実績の観点から検討を行った。

酸素移動効率は水中に供給された空気のうち、実際に水に溶け込んだ酸素の割合を示す指標であり、酸素移動効率が高ければ、その分送風機から供給する空気を減らすことができ、電力削減につながる。また、圧力損失は散気装置から空気を水中に放出する際の抵抗であり、圧力損失が小さければ送風機の動力を低減でき、省エネにつながる。

検討の結果、微細な気泡の発生により酸素移動効率を大きくでき、圧力損失も小さく省エネ性に優れ、維持管理性と実績においても優位であり、施設安定稼働につながるとの考えから、低圧損型メンブレンパイプ式散気装置を選定することとした(図-6)。

b)送風機の機種選定

送風機の機種を選定するにあたり、省エネの指標である総合効率、重量、維持管理性、イニシャルコストと20年間のランニングコストを含めたトータルコストの観点

から検討を行った。なお、既設の送風機は単段ターボブロアであり、更新機器の重量が既設よりも大きくなる場合は、別途構造計算により建物の構造が送風機の重量に耐えられるかどうか複雑な検討が必要となる。

検討の結果、羽根車の回転軸を磁気で浮上させて運転を行うことから、軸と軸受けの摩擦によるエネルギー損失が少なく高効率であり、重量、維持管理性、トータルコストも優位となる高速軸浮上式ターボブロアを選定することとした(図-7)。

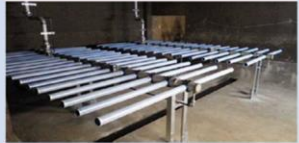
	高密度配置型散気装置		低圧損型メンブレンパネル式散気装置		低圧損型メンブレンパイプ式散気装置	
						
酸素移動効率	23%	△	26%	○	26%	○
圧力損失	8.5kPa	△	6.0kPa	○	6.0kPa	○
維持管理性	・常に送気する必要あり ・目詰まりしやすい	△	・目詰まりしにくい ・交換がしにくい	○	・目詰まりしにくい ・交換がしやすい	◎
実績	・多数採用されている	△	・近年採用が増えている	○	・近年採用が増えている	○
総合評価 ◎；3点 ○；2点 △；1点	△ (4)		○ (8)		◎ (9)	

図-6 散気装置の機種選定

	多段ターボブロア		単段ターボブロア		高速軸浮上式ターボブロア	
						
総合効率	70%	○	67%	△	71%	◎
重量	13,000kg	△	8,400kg (既設と同等)	○	7,600kg	◎
維持管理性	・力率改善対策が必要	△	・補器類が多い ・力率改善対策が必要	△	・補器類が少ない ・力率改善対策が不要	◎
トータルコスト (20年)	905,420千円	○	927,625千円	△	891,635千円	◎
総合評価 ◎；3点 ○；2点 △；1点	○ (6)		△ (5)		◎ (12)	

図-7 送風機の機種選定

(2) 創エネについての課題と対応

武庫川上流・下流域下水道及び尼崎市、西宮市、芦屋市の公共下水道の汚泥処理を担う兵庫東流域下水汚泥広域処理場では、2、3号焼却炉が老朽化しており、汚泥の安定処理及び創エネを目的とした改築更新として、2021年（R3年）より約500億円をかけて消化施設及び固形燃料化施設の建設を行っている。本施設は官民連携により、汚泥から消化ガス（バイオガス）を取り出すとともに固形燃料化を行い発電に利用するものである（図-8）。

本施設の建設は、設計と工事監理を日本下水道事業団に委託し進めているが、更新範囲と工事規模が大きいため、県が直営で管理している他工事へ影響する部分もあり、工事間の調整が課題である。

課題への対応として、今後予定される工事の設計の委託仕様書に本工事との関連する部分について、本工事への影響を十分検討した上で、設計に反映する旨を記載し、関連部署と協力の下、設計を進めることとしている。また、現在進行中の工事については、月に一度の安全協議会で処理場内の通行規制、停電、設備停止に伴う汚泥の受入停止等の情報を共有し、工事間の調整不足によるトラブルを未然に防止することとしている。

4. 今後の方策について

(1) 省エネについて

武庫川上流浄化センターにおける散気装置及び送風機の更新により、汚水1m³あたりを処理するための電力使用量である電力原単位(kWh/m³)が2018年（H30年）に対し2024年（R6年）は8.6%低減できており、省エネ効果があることが確認できた（図-9）。

今後は散気装置及び送風機の更新が必要な他処理場においても今回の内容を水平展開していき、本県が管理する処理場の省エネを進めていく。

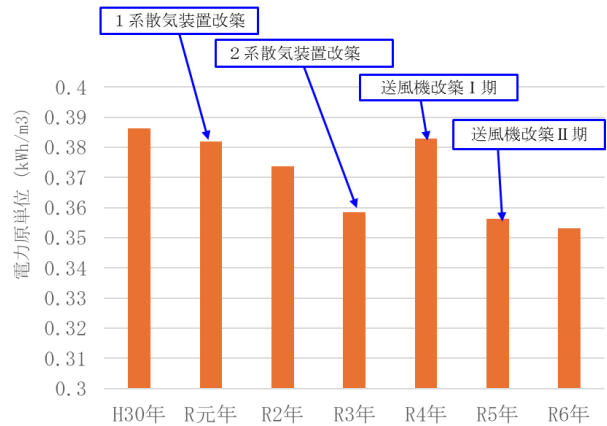


図-9 武庫川上流浄化センターにおける電力原単位

(2) 創エネについて

兵庫東流域下水汚泥広域処理場の消化施設及び固形燃料化施設は2027年（R9年）12月末に本格稼働を開始する予定であり、稼働開始後は、消化ガスを用いた発電により年間15,000MWh（約4,600世帯分）の発電量と火力発電所の補助燃料として9,900t（発熱量；約11MJ/kg）の固形燃料が得られ、年間14,600tのCO₂（22,000世帯分）を削減できる見込みである。引き続き他工事との調整や設計への反映を行っていきトラブルの未然防止に努めるとともに、今後予定している兵庫西流域下水汚泥広域処理場の熔融炉や加古川上流浄化センターの焼却炉の改築工事へ情報共有を行う。

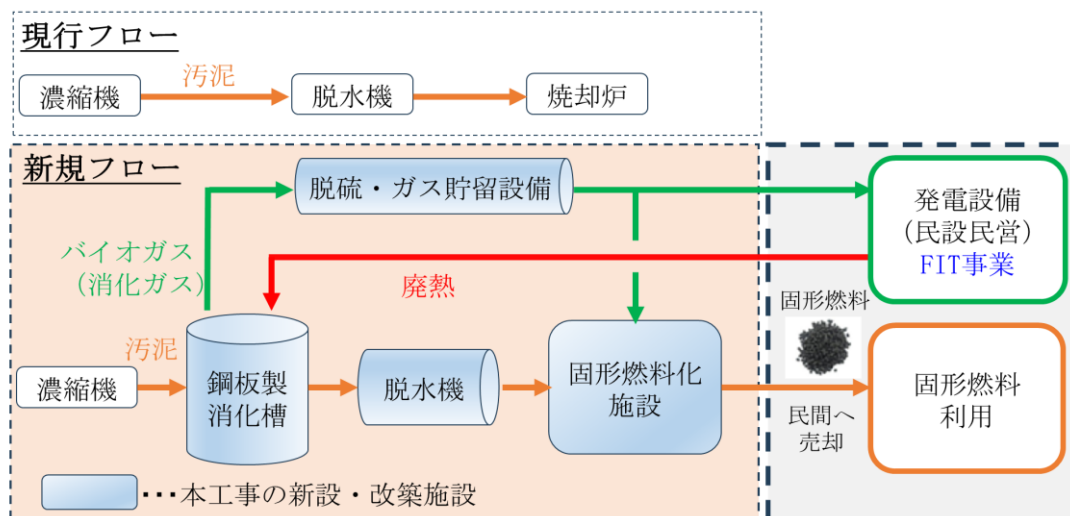


図-8 消化施設及び固形燃料化施設の概要 ⁴⁾

5. おわりに

本論文の作成にあたり，下水処理施設の省エネ・創エネは効果が大きく，まだまだ実施の余地があることを知ることができた．また，下水処理の技術はまだまだ発展途上であり，消化ガスから水素を取り出す技術等，多数の新技術の開発が進められている．このような新技術にもアンテナを張りながら，下水処理の安定処理とさらなる省エネ・創エネに努めていきたい．

6. 参考文献の引用とリスト

- 1) 公益財団法人 兵庫県まちづくり技術センター HP 「下水道事業管理年報」
https://www.hyogo-ctc.or.jp/business/sewer_6/
- 2) 住友重機械エンバイロメント株式会社 HP 「メンブレンパイプ式超微細気泡散気装置「ミクラス」」
https://www.shiev.shi.co.jp/business/sewer/water_treatment/mikurasu.html
- 3) 川崎重工業株式会社 HP 「ANSWERS POWERED BY KAWASAKI」
<https://answers.khi.co.jp/ja/energy-environment/20201031j-01/>
- 4) 株式会社神鋼環境ソリューション HP 「神鋼環境ソリューション技報」
https://www.kobelco-eco.co.jp/development/docs/037_10.pdf