

調査・研究報告書

第9号

高分子凝集剤添加による遠心濃縮機の省エネ運転について

平成23年3月

財団法人 **千葉県下水道公社**

1. はじめに

江戸川左岸流域下水道では、年々、処理人口が増加し平成21年度末には100万人を超え流入水量の上昇によりエネルギー需要も増え続けている状況です。

現在では、年間約1億2千2百万m³の汚水流入量があり、約5,022万kWhの電力量を消費しています。この電力量の内、全体の93%が処理場で消費され、約7%が中継ポンプ場等で使用されています。その電気代は約6億円にも上ります。

当公社では、このような状況の中、平成12年度から維持管理費のより低減化を図っていくことを目的に維持管理費低減化委員会を、平成16年度から「エネルギーの使用の合理化に関する法律」に則り、エネルギー管理の一層の推進を図っていくことを目的に省エネルギー推進委員会を設

置し、照明設備の改良や点灯方式を変更するなど施設の改善を行い、コストの縮減、省エネルギー対策に積極的に取り組んでいるところです。今年度は新たな取り組みとして、高分子凝集剤添加による遠心濃縮機の運転を行いその効果についてとりまとめましたので報告します。



2. 調査概要

当処理場の汚泥処理は、最初沈殿池引抜汚泥を重力濃縮したものと、最終沈殿池の余剰汚泥を遠心濃縮したものとを混合させ、無機凝集剤（塩化第二鉄、消石灰）を添加した後に加圧脱水処理し、含水率約60%の脱水ケーキとしている。

遠心濃縮工程では、高速回転により生じる遠心力を活用し、当初約0.7%で投入した余剰汚泥を約4%まで濃縮している。本調査はこの時にかかる電力量が汚泥処理設備の中では比較的に大きいことに着目し、遠心濃縮機への高分子凝集剤添加により回転数を下げることでの消費電力の低減効果を見極めるものである。

3. 調査内容

机上試験により余剰汚泥に合った高分子凝集剤の選定及び省エネ効果への有効性について確認を行い、机上試験の結果から遠心濃縮機の回転数を変化させた場合の汚泥濃縮濃度と電力量等を測定し、その効果を検証する。

3-1 机上試験

1) 目的

遠心濃縮機の機械濃縮工程において濃縮性の向上が期待できる、余剰汚泥に適した高分子凝集剤の選定を行う。

2) 方法

- ・ 高分子凝集剤に溶解水を入れ 0.05% の溶解液を作り、その時の溶解に要する時間を測定する。
- ・ 余剰汚泥を遠心分離器にかけ固液分離の状態確認及び濃縮汚泥濃度、分離水濃度を分析する。

選定条件

遠心濃縮機を保有する他場の実績から、当処理場の実機条件を想定し、高分子凝集剤溶液添加率 0.05%、相対遠心加速度 700 G（回転数 2,320）とした。

3) 結果

高分子凝集剤選定試験結果を写真 1～3 及び表—1 に示す。

高分子凝集剤選定試験の結果、比較的容易に溶解し、固液分離の状態も良く、高い濃縮性を示したことから液状ポリマー A が最も適していると判断した。

写真 1 固液分離の状態（粉末ポリマー）



写真 2 固液分離の状態（液状ポリマー A）



写真 3 固液分離の状態（液状ポリマー B）



表一 1 高分子凝集剤選定試験結果

高分子凝集剤	粉末ポリマー	液状ポリマーA	液状ポリマーB
溶解時間 秒	5～24時間	15	10
固液分離の状態	良	良	良
濃縮汚泥濃度 %	3.44	3.52	3.40
分離水濃度 TS%	0.046	0.050	0.053
価格 円/kg	700	450	450
評価	×	○	△
選定理由	適切な汚泥沈降性を示したが、溶解に長時間（5～24時間）を要し、価格的に割高である。	短時間（15秒）で溶解し、最も良好な汚泥沈降性を示し、価格的に安価である。	短時間（10秒）で溶解し、良好な汚泥沈降性を示し、価格的に安価である。

3-2 遠心効果試験（机上）

1) 目的

遠心濃縮機の機械濃縮工程において高分子凝集剤が遠心濃縮機の省エネ運転に有効であるか、遠心分離器の回転数を変化させ確認を行う。

2) 方法

50mlの余剰汚泥が入った遠沈管に選定された高分子凝集剤を0.05%注入し、相対遠心加速度を変化させ固液分離の状態確認及び濃縮汚泥濃度、分離水濃度等を分析する。

選定条件

濃縮汚泥濃度 3.0%以上、分離水濃度 0.075%以下であり固液分離の状態が良好であること。

3) 結果

遠心効果試験結果を表1～2に示す。

机上では、高分子凝集剤注入率0.05%注入、相対遠心加速度700Gの時に薬剤注入の効果があり、省エネ効果が期待できる結果となった。

(高分子凝集剤 0.05%注入)

相対遠心加速度 G	効果	考 察
300	効果なし	界面部、沈殿部の状態は良好であり、分離水濃度 0.053%であるが、濃縮汚泥濃度が 2.38%と低濃度であった。
500	効果なし	界面部、沈殿部の状態は良好であり、分離水濃度 0.052%であるが、濃縮汚泥濃度が 2.8%と低濃度であった。
700	効果あり	界面部、沈殿部の状態は良好であり、分離水濃度 0.049%、濃縮汚泥濃度 3.24%と条件を満足した。
900	効果あり	界面部、沈殿部の状態は良好であり、分離水濃度 0.041%、濃縮汚泥濃度 3.72%と条件を満足した。

表一 1 机上遠心効果試験結果 (薬注率 0.05%)

相対遠心加速度 G	900	700	500	300
時 間 秒	30			
界面部	良	良	良	良
沈殿部	良	良	良	良
投入汚泥濃度 %	0.67			
濃縮汚泥濃度 %	3.72	3.24	2.80	2.38
分離水濃度 TS%	0.041	0.049	0.052	0.053
評 価	○	○	×	×

3-3 実機試験

1) 目的

遠心濃縮機（公称処理能力 7.5 m³/h）の内、No. 5 機（図一 1）を使用し、余剰汚泥に高分子凝集剤を添加した場合における遠心濃縮機の回転数と濃縮効果、電力消費量等の変化について確認を行う。

2) 方法

・高分子凝集剤の注入は、遠心濃縮機手前の余剰汚泥配管に高分子凝集剤注入用の簡易設備を設置して行う。（図一 2）

・遠心濃縮機の回転数は、700Gから100Gずつ減速させ500Gまでのモーター電力量を測定する。併せてその時の投入汚泥濃度、濃縮汚泥濃度、分離水濃度を分析する。なお回転数については、相対遠心加速度を用いる。

$$\text{相対遠心加速度 (G)} = 1,118 \times r \times N^2 \times 10^{-8}$$

r : 回転半径 (cm) N : 回転数 (rpm)

調査に当たっての期間については次のとおりとした。

調査期間：平成22年9月30日から平成22年10月15日

図一1 遠心濃縮機



図一2 高分子凝集剤注入簡易設備



3) 結果

高分子凝集剤無投入(投入汚泥量7.5m³/h)、0.05%注入設定(投入汚泥量7.5m³/h)、(投入汚泥量9.0m³/h)の実機試験結果をグラフ1～3及び表1～3に示す。

グラフ1～3、表1～3及び電力量の削減結果より

「投入汚泥量7.5m³/h」+高分子凝集剤を0.05%注入のケース

余剰汚泥に高分子凝集剤を0.05%注入することで、遠心濃縮機の管理目標値を満足しつつ、相対遠心加速度を500Gまで下げ電力消費量を30%程度削減できる見込みが得られた。

現在の余剰汚泥発生量(約15.5m³/h)を考慮すると、年間18万9千kWh/年の電力消費量の削減が期待できる。ただし、コスト面を試算すると、高分子凝集剤の購入費が電力料の削減見込額を上まわり、金額にして年間231万円の経費増となる。

「投入汚泥量9.0m³/h」+高分子凝集剤を0.05%注入のケース

余剰汚泥に高分子凝集剤を0.05%注入することで、遠心濃縮機の管理目標値を満足しつつ、相対遠心加速度を600Gまで下げ電力消費量を30%程度削減できる見込みが

得られた。

現在の余剰汚泥発生量（約155 m³/h）を考慮すると、年間18万5千kWh／年の電力消費量の削減が期待できる。ただし、コスト面を試算すると、高分子凝集剤の購入費が電力料の削減見込額を上まわり、金額にして年間334万円の経費増となる。

遠心濃縮機の管理目標値
濃縮汚泥濃度 4.0%以上 分離水濃度 0.075%以下

「投入汚泥量75 m³/h」＋高分子凝集剤を0.05%注入のケース

相対遠心加速度 G	効果	考察
500	効果あり	濃縮汚泥濃度は管理目標値の1.05倍の濃度が得られ、分離水濃度も管理目標値以内であった。
600	効果あり	濃縮汚泥濃度は管理目標値の1.03倍の濃度が得られ、分離水濃度も管理目標値以内であった。
700	効果あり	濃縮汚泥濃度は管理目標値の1.05倍の濃度が得られ、分離水濃度も管理目標値以内であった。

「投入汚泥量90 m³/h」＋高分子凝集剤を0.05%注入のケース

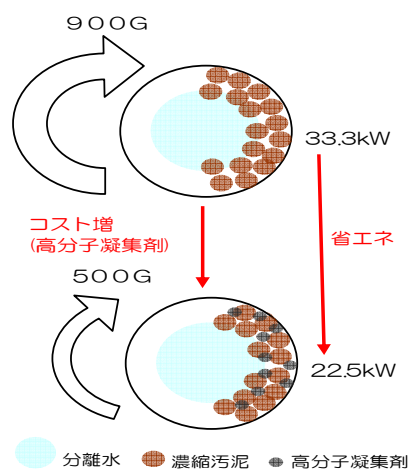
相対遠心加速度 G	効果	考察
500	効果なし	濃縮汚泥濃度は管理目標値の0.98倍の濃度しか得られず低濃度で、分離水濃度も管理目標値を超えてしまった。
600	効果あり	濃縮汚泥濃度は管理目標値の1.03倍の濃度が得られ、分離水濃度も管理目標値以内であった。
700	効果あり	濃縮汚泥濃度は管理目標値の1.10倍の濃度が得られ、分離水濃度も管理目標値以内であった。

実機試験

表一 1 遠心効果試験（無薬注）

相対遠心加速度	900			
実施日	9月30日			
投入汚泥量 m3/h	75			
投入汚泥濃度 %	0.65			
採取時間	9:30	13:30	16:30	平均
濃縮汚泥濃度 TS%	4.5	4.4	4.2	4.3
分離水濃度 TS%	0.072	0.060	0.066	0.068
薬注率 %	—			
電力量 kw	33.3			

遠心濃縮機の省エネ運転イメージ図



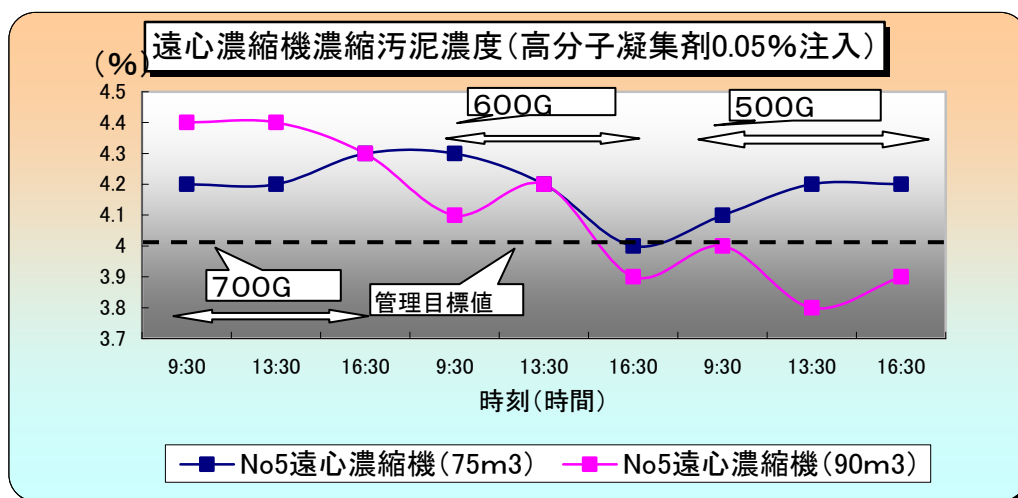
表一 2 遠心効果試験（薬注率 0.05%設定）

相対遠心加速度	700				600				500			
実施日	10月5日				10月6日				10月7日			
投入汚泥量 m3/h	75											
投入汚泥濃度 %	0.68				0.67				0.58			
採取時間	9:30	13:30	16:30	平均	9:30	13:30	16:30	平均	9:30	13:30	16:30	平均
濃縮汚泥濃度 TS%	4.2	4.2	4.3	4.2	4.3	4.2	4.0	4.1	4.1	4.2	4.2	4.2
分離水濃度 TS%	0.070	0.065	0.070	0.068	0.076	0.071	0.074	0.074	0.072	0.071	0.110	0.072
薬注率 %	0.040				0.042				0.049			
電力量 kw	27.0				24.3				22.5			

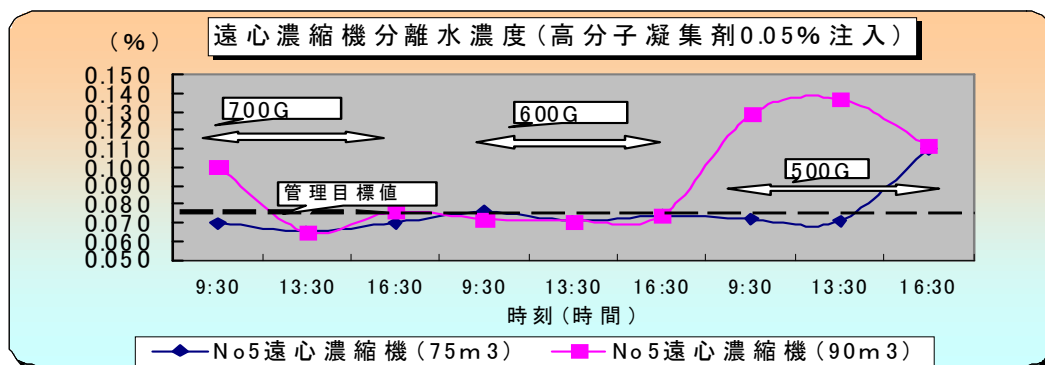
表一 3 遠心効果試験（薬注率 0.05%設定）

相対遠心加速度	700				600				500			
実施日	10月14日				10月8日				10月15日			
投入汚泥量 m3/h	90											
投入汚泥濃度 %	0.67				0.65				0.67			
採取時間	9:30	13:30	16:30	平均	9:30	13:30	16:30	平均	9:30	13:30	16:30	平均
濃縮汚泥濃度 TS%	4.4	4.4	4.3	4.4	4.1	4.2	3.9	4.1	4.0	3.8	3.9	3.9
分離水濃度 TS%	0.100	0.065	0.076	0.071	0.072	0.071	0.074	0.072	0.129	0.137	0.112	0.126
薬注率 %	0.045				0.045				0.043			
電力量 kw	27.1				24.5				21.6			

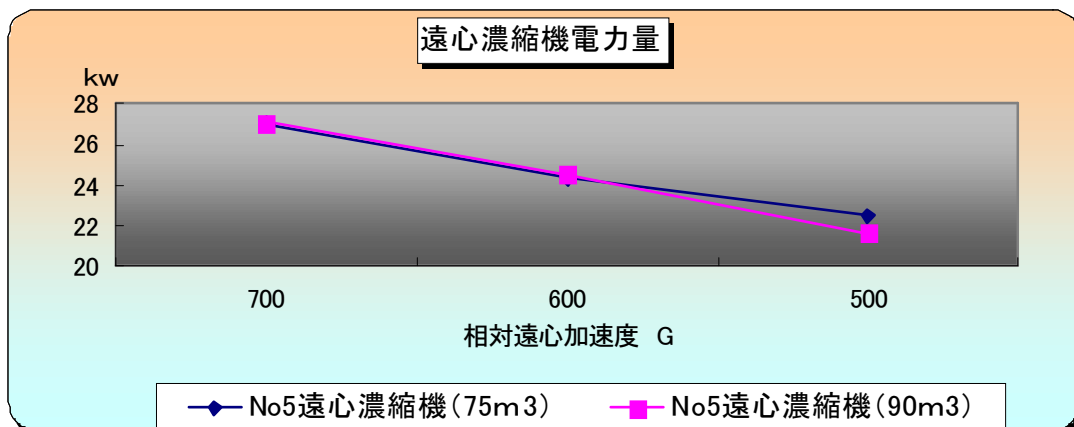
グラフー1



グラフー2



グラフー3



コスト比較

電力量の削減結果から高分子凝集剤無注入（投入汚泥量75 m³/h）900 Gに対して0.05%注入設定（投入汚泥量75～90 m³/h）500～700 Gの範囲内で現在の余剰汚泥発生量（約155 m³/h）を考慮すると、297.6～518.4 kwh/日の電力量の削減が可能となる。

「投入汚泥量75 m³/h」+高分子凝集剤0.05%注入のケースでは実績から1 kwh当り10円で試算すると金額にして1日当り最大で5,184円/日の削減効果が見込まれる。

高分子凝集剤の購入費が11,512円/日かかることから1日当り6,328円の経費増となる。

「投入汚泥量90 m³/h」+高分子凝集剤0.05%注入のケースでは実績から1 kwh当り10円で試算すると金額にして1日当り最大で5,068円/日の削減効果が見込まれる。

高分子凝集剤の購入費が14,212円/日かかることから1日当り9,144円の経費増となる。

「投入汚泥量75 m³/h」+高分子凝集剤を0.05%注入のケース

1日当り電力量の削減見込額

高分子凝集剤無注入（75 m³/h）900 G電力量・・・・・・ ①

高分子凝集剤0.05%注入（75 m³/h）500 G電力量・・ ②

$$\begin{aligned} \text{最大電力削減見込み額} &= (\text{①} - \text{②}) \times 24 \text{ h} \times 2 \text{ 台} \times 10 \text{ 円} \\ &= (33.3 \text{ k w} - 22.5 \text{ k w}) \times 24 \text{ h} = 259.2 \text{ k w / 日} \\ &= 259.2 \text{ k w / 日} \times 2 \text{ 台} \times 10 \text{ 円} = 5,184 \text{ 円 / 日} \text{ となる。} \end{aligned}$$

1日当り高分子凝集剤の購入費

高分子凝集剤 0.05%注入 (75 m³/h) 500 G投入汚泥量・・・①

高分子凝集剤 0.05%注入 (75 m³/h) 500 G投入汚泥濃度・・・②

高分子凝集剤 0.05%注入 (75 m³/h) 500 G薬注率・・・③

固形物処理量 = ① × ②

$$= 75 \text{ m}^3/\text{h} \times 0.58\% \times 1,000 = 435 \text{ kgDS/h}$$

高分子凝集剤使用量 = 435 kgDS/h × 0.049% ÷ 40% (濃度) = 0.533 kg/h

高分子凝集剤の購入費 = 0.533 kg/h × 24 h × 450円 = 5,756円/日

$$= 5,756 \text{ 円/日} \times 2 \text{ 台} = 11,512 \text{ 円/日となる。}$$

「投入汚泥量 90 m³/h」 + 高分子凝集剤を 0.05%注入のケース

1日当り電力量の削減見込額

高分子凝集剤無注入 (75 m³/h) 900 G電力量・・・・・・①

高分子凝集剤 0.05%注入 (90 m³/h) 600 G電力量・・・②

最大電力削減見込み額 = (① - ②) × 24 h × 2台 × 10円

$$= (33.3 \text{ kW} - 24.5 \text{ kW}) \times 90 \text{ m}^3/\text{h} \div 75 \text{ m}^3/\text{h} \times 24 \text{ h} = 253.4 \text{ kW/日}$$

$$= 253.4 \text{ kW/日} \times 2 \text{ 台} \times 10 \text{ 円} = 5,068 \text{ 円/日となる。}$$

1日当り高分子凝集剤の購入費

高分子凝集剤 0.05%注入 (90 m³/h) 600 G投入汚泥量・・・①

高分子凝集剤 0.05%注入 (90 m³/h) 600 G投入汚泥濃度・・・②

高分子凝集剤 0.05%注入 (90 m³/h) 600 G薬注率・・・③

固形物処理量 = ① × ②

$$= 90 \text{ m}^3/\text{h} \times 0.65\% \times 1,000 = 585 \text{ kgDS/h}$$

高分子凝集剤使用量 = 585 kgDS/h × 0.045% ÷ 40% (濃度) = 0.658 kg/h

高分子凝集剤の購入費 = 0.658 kg/h × 24 h × 450円 = 7,106円/日

$$= 7,106 \text{ 円/日} \times 2 \text{ 台} = 14,212 \text{ 円/日となる。}$$

次に各ケースの電力削減量を算出すると以下のとおりとなった。

「投入汚泥量75 m³/h」+高分子凝集剤を0.05%注入のケース

高分子凝集剤無薬注900Gの電力削減量

(遠心濃縮機の測定電力)

$$\text{遠心濃縮機の電力量} = 33.3 \text{ kw} \times 24 \text{ 時間} = 799.2 \text{ kw} \dots \textcircled{1}$$

(a) 700Gの電力削減量

(遠心濃縮機の測定電力)

$$\text{遠心濃縮機の電力量} = 27.0 \text{ kw} \times 24 \text{ 時間} = 648.0 \text{ kw} \dots \textcircled{2}$$

$$\textcircled{1} - \textcircled{2} \times 2 \text{ 台} = 302.4 \text{ kw} \text{ となる。}$$

(b) 600Gの電力削減量

(遠心濃縮機の測定電力)

$$\text{遠心濃縮機の電力量} = 24.3 \text{ kw} \times 24 \text{ 時間} = 583.2 \text{ kw} \dots \textcircled{3}$$

$$\textcircled{1} - \textcircled{3} \times 2 \text{ 台} = 432.0 \text{ kw} \text{ となる。}$$

(c) 500Gの電力削減量

(遠心濃縮機の測定電力)

$$\text{遠心濃縮機の電力量} = 22.5 \text{ kw} \times 24 \text{ 時間} = 540.0 \text{ kw} \dots \textcircled{4}$$

$$\textcircled{1} - \textcircled{4} \times 2 \text{ 台} = 518.4 \text{ kw} \text{ となる。}$$

「投入汚泥量90 m³/h」+高分子凝集剤を0.05%注入のケース

高分子凝集剤無薬注900Gの電力削減量

(遠心濃縮機の測定電力)

$$\text{遠心濃縮機の電力量} = 33.3 \text{ kw} \times 24 \text{ 時間} = 799.2 \text{ kw} \dots \textcircled{1}$$

(a) 700Gの電力削減量

(遠心濃縮機の測定電力)

$$\text{遠心濃縮機の電力量} = 27.1 \text{ kw} \times 24 \text{ 時間} = 650.4 \text{ kw} \dots \textcircled{2}$$

$$\textcircled{1} - \textcircled{2} \times 2 \text{ 台} = 297.6 \text{ kw} \text{ となる。}$$

(b) 600Gの電力削減量

(遠心濃縮機の測定電力)

遠心濃縮機の電力量 = $24.5 \text{ kW} \times 24 \text{ 時間} = 588.0 \text{ kW} \dots \textcircled{3}$

① - ③ \times 2台 = 422.4 kW となる。

(c) 500Gの電力削減量

(遠心濃縮機の測定電力)

遠心濃縮機の電力量 = $21.6 \text{ kW} \times 24 \text{ 時間} = 518.4 \text{ kW} \dots \textcircled{4}$

① - ④ \times 2台 = 561.6 kW となる。

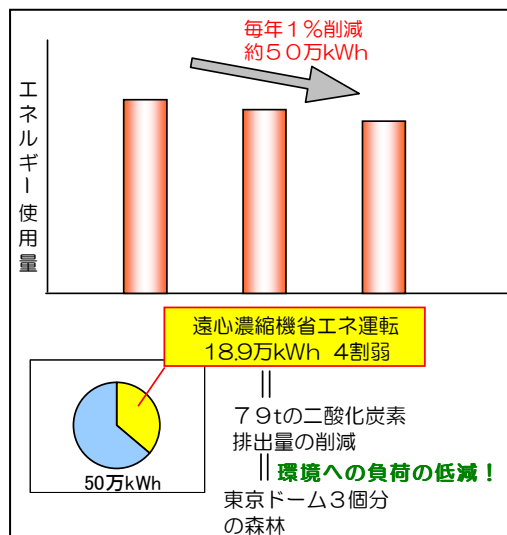
4. まとめ

今回の調査により、遠心濃縮機に高分子凝集剤を投入することで相対遠心加速度を下げることが可能となり、電力消費量の削減が期待できることが確認されました。

江戸川第二終末処理場は、エネルギーの使用の合理化に関する法律（省エネ法）の対象施設になっており、前年度のエネルギー使用量原単位実績に対して1%以上削減する努力が求められています。

処理場で使用するエネルギーは、電力、重油、都市ガスなどがありますが、大部分は電力です。年間約5,022万 kWh の1%である約50万 kWh を毎年削減していくことは、容易なことではありません。高分子凝集剤投入による省エネ運転効果は、約18万9千 kWh であり、1%削減のための50万 kWh の4割弱を賄えることとなります。

今回の調査を踏まえ、①凝集剤の選定見直し②注入率の見直し等によりコスト面の改善を図るとともに、年間を通しての効果を見極めるためデータの蓄積を行って、さらに省エネ対策の検討を進めていきたいと思います。



5. おわりに

江戸川第二終末処理場におけるエネルギー管理と環境負荷の低減は大きな課題である。その対応として省エネを推進した汚泥処理を行っていくためには、高速回転機器である遠心濃縮機の管理は重要であり、本調査の結果は今後の維持管理に大きく有益なものであった。

最後に本調査に当たり、ご指導、協力いただきました千葉県江戸川下水道事務所、クボタ環境・和合エンジ・日本ヘルス J V の皆様に深く感謝申し上げます。

参考—1

遠心濃縮機		半径 約 52.75cm
相對遠心加速度 (G)	回轉數(rpm)	
1000	1305	
900	1240	
800	1165	
700	1090	
600	1010	
500	925	
400	820	
300	710	
200	580	
100	410	

遠心分離器		半径 約 11.7cm
相對遠心加速度 (G)	回轉數(rpm)	
1000	2760	
900	2630	
800	2470	
700	2320	
600	2150	
500	1950	
400	1750	
300	1520	
200	1250	
100	900	

$$\text{相對遠心加速度 (G)} = 1,118 \times r \times N^2 \times 10^{-8}$$

r : 回轉半径 (cm)

N : 回轉數 (rpm)