〈研究発表〉

濃縮設備更新における新技術導入と維持管理の省力化および省エネ化の実現

谷口　浩二[1)]，小田　勇次[2)]，畑　尚希[3)]，小田　尚樹[4)]

[1)] 京都府流域下水道事務所施設整備室
（〒617-0836 京都府長岡京市勝竜寺樋ノ口 1 番地，E-mail: k-taniguchi89@pref.kyoto.lg.jp）
[2)] 京都府流域下水道事務所施設整備室
（〒617-0836 京都府長岡京市勝竜寺樋ノ口 1 番地，E-mail: y-oda41@pref.kyoto.lg.jp）
[3)] 株式会社石垣エンジニアリング事業部技術部
（〒762-8511 香川県坂出市江尻町 483-16，E-mail: naoki.hata@ishigaki.co.jp）
[4)] 株式会社石垣エンジニアリング事業部大阪技術部
（〒532-0003 大阪府大阪市淀川区宮原 3-3-31，E-mail: naoki.oda@ishigaki.co.jp）

概　要

京都府木津川上流浄化センターでは、初沈汚泥は重力濃縮、余剰汚泥は機械濃縮の分離濃縮をして混合後に消化、脱水処理している。機械濃縮は遠心濃縮機を使用していたが、濃縮機更新に際しては入札者から新技術の提案を求める「設計付き発注方式」を組み合わせた「総合評価競争入札方式」を試行し、低動力、低コストで濃縮汚泥濃度一定制御ができ、維持管理性、省エネ性に優れ、技術評価の高い「差速回転型スクリュー濃縮機」の導入に至った。約 1 年の稼動となるが、当初提案どおりの実績評価が得られているので運転状況について報告する。

キーワード:濃縮濃度一定制御、汚泥処理の安定化、省エネ、維持管理の省力化、低コスト

1. はじめに

京都府木津川上流流域下水道は、木津川上流域の 1 市 1 町を対象とし、昭和 63 年度に事業着手、平成 11 年 11 月から供用開始している。

この地域では、自然環境に恵まれた京阪奈丘陵において、関西文化学術研究都市として研究型産業の立地や住宅開発が進められており、既成市街地と一体となった良好な生活環境を確保するとともに、木津川等の公共用水域の水質を保全するため、下水道の整備を進めている。

現時点で、京都府木津川上流浄化センターの処理能力は 27,400m³/日となっており、普及率は 89.1%に達している。当時、流入量毎年約 1 千 m³ の伸びに伴い、水処理施設及び汚泥処理施設の段階的建設が進められる中、汚泥濃縮設備増設については新技術開発が著しい分野であることから、平成 19 年 3 月、入札者から提案を求める「設計付き発注方式」を組み合わせた「総合評価競争入札方式」を試行した。これにより低動力、低コストで濃縮汚泥濃度一定制御が可能で維持管理の省力化・省エネ化・低建設費で高い評価を得た「差速回転型スクリュー濃縮機」の導入に至った。

約 1 年間の運転状況を踏まえ、当初提案どおりの実績が得られているか報告する。

2. 濃縮設備増設

2.1 総合評価競争入札

(1) 入札方式

濃縮設備の増設は既設遠心濃縮機（処理能力 10m³/h）2 台の内 1 台のスペースに処理能力 20m³/h の濃縮機 1 台を設置するものとした。この増設工事に当たっては発注者からの標準案を提示せずに入札参加者から新技術の提案を求める設計付き発注方式（デザインビルド）を組み合わせた総合評価入札方式を試行した。

評価方法は技術提案が設計条件（標準条件）と同等の者には標準点を与え、さらに良好な提案に対しては、加算点を算出し与えるものとした。この合計と入札金額より「評価値」を算出し、「評価値」が最も高いものを落札者とする方式とした。

(2) 設計条件

設計条件として以下 8 項目の要求基準を提示した。①濃縮機処理能力（20m³/h 以上、濃縮汚泥濃度 96%以下、SS 回収率 90%以上）、②対象汚泥（余剰汚泥とし、投入汚泥含水率 98.8%（標準値））、③機械重量、④構造上の制約、⑤処理場での採用実績、⑥耐用年数、⑦設計承認、⑧試運転時の性能確認

(3) 評価項目

総合評価に関する評価項目は以下 5 項目とした。①濃縮汚泥含水率の低減、②SS 回収率の向上、③維持管理費の低減、④大規模地震時における安

定性、信頼性等、⑤非常時対応及び部品の点検・交換作業における作業の容易性等

以上のような手法による入札の結果、「差速回転型スクリュー濃縮機」の導入に至った。

2.2 差速回転型スクリュー濃縮機の概要

(1) 濃縮機構造

濃縮機の構造を **Fig.1** に示す[1]。差速回転型スクリュー濃縮機は、ろ室を形成する金属製外筒スクリーン内に凝集汚泥を投入し、ろ材であるスクリーンを連続的に洗浄するために外筒を回転させるとともに、外筒とは逆方向に回転するスクリュー羽根により凝集汚泥を掻き取りながら出口方向に搬送する間に濃縮を行なうものである。外筒スクリーンを回転させながら運転することにより、汚泥とろ過面が常に入れ替りながら汚泥が搬送されるため、汚泥に転がり作用を与え、ろ液が排出されやすい状態とすることで、濃縮の進行を促進している。これにより効率よく汚泥を濃縮することができるため、機長が短く、濃縮機本体としても非常にコンパクトなものとなっている。

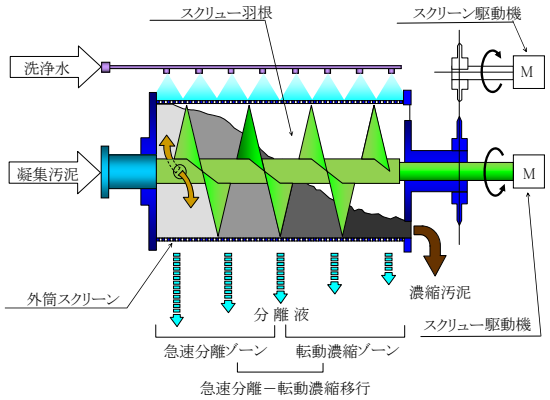

Fig.1: Structure of Differential Rotary Screw Thickener

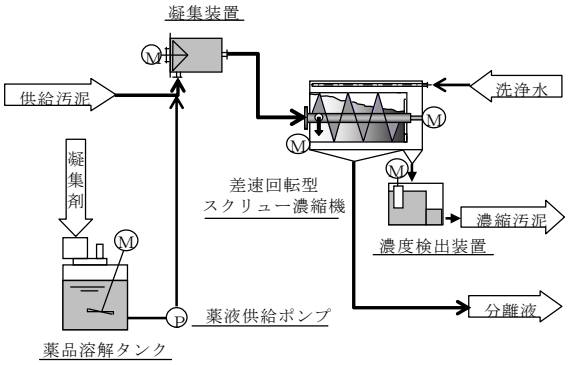

Fig.2: Flow of Differential Rotary Screw Thickener

また、濃縮装置のフローを **Fig.2** に示す。供給汚泥に高分子凝集剤を混合し凝集装置でフロックを形成して濃縮機に供給する。濃縮機でろ過分離された分離液は下部トラフより、スクリーン内に残った濃縮汚泥は濃度検出装置を経て排出される。

(2) 濃縮汚泥濃度一定制御

本濃縮機の特徴としてスクリュー回転数または薬注率を増減することで濃縮汚泥濃度を変化させることが可能である。この特性を活かし供給汚泥の性状が変化して濃縮汚泥濃度が変動した場合、前述の操作因子を自動的に変更することで、濃縮汚泥濃度の変動を抑える運転が可能になる。

この制御で用いる濃縮汚泥濃度の検出機構を **Fig.3** に示す。

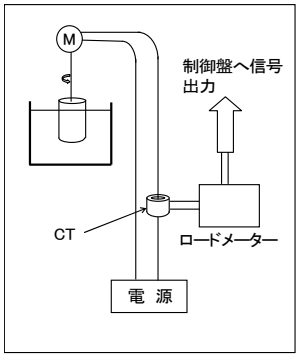

Fig.3: Detection mechanism of the thickening concentration

濃縮汚泥の中に回転体を浸漬し、これを回転させると、回転体の抵抗を表すロードメーターの出力信号と濃縮汚泥濃度の間には **Fig.4** に示すような相関関係が確認できたため、回転体の出力信号を用いて濃縮汚泥濃度を検出することができる。濃縮汚泥濃度一定制御はこの濃縮汚泥濃度検出機構を用いて、濃縮汚泥濃度が設定した範囲内になるように自動制御するものである。[2] [3]

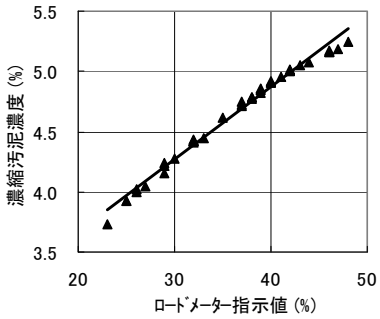

Fig.4: Relations of thickening concentration and load meter value

具体的な制御方法を **Fig.5** に示す。制御方法は目標濃度の上限と下限を設定し、濃縮汚泥濃度がその範囲になるように第一段階としてスクリュー回転数を増減する。それでも目標範囲から外れる場合は第二段階として薬注率を増減するものである。

なお、操作因子の効果としては、**Table.1** に示すように、スクリュー回転数を遅くまたは薬注率を高くすれば濃縮汚泥濃度が高くなる。このような制御を行い、機械濃縮設備における濃縮汚泥濃度を自動で一定にすることにより、後段の消化設備や汚泥脱水設備の処理の安定化を図ることができ、汚泥処理設備全体の安定化につながる技術である。

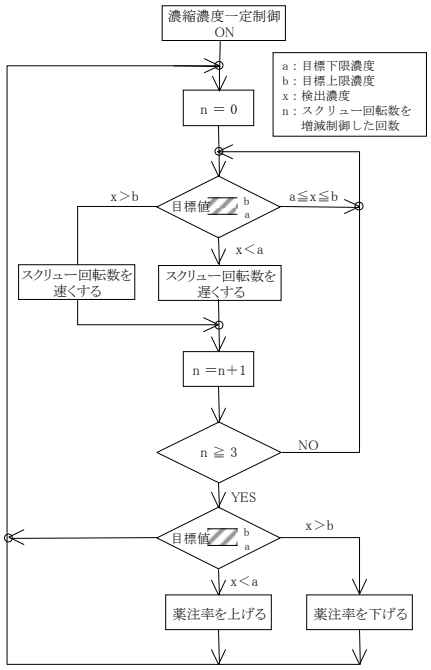

Fig.5: Control block chart

Table.1: Relations of operation factor and thickening concentration

濃縮汚泥濃度	低	⟷	高
ｽｸﾘｭｰ回転数	速	⟷	遅
薬注率	低	⟷	高

3. 濃縮機運転性能

3.1 濃縮機試運転結果

濃縮機の増設工事完了後、年間を通しての処理性能を確認するため、計 3 回の試運転を実施した。試運転結果を **Table.2** に示す。尚、設計条件における濃縮汚泥濃度、SS 回収率は技術提案値を示す。

Table.2: Trial run data

		設計条件	試運転結果			
試験時期		—	1 回目 (H20. 10)	2 回目 (H20. 12)	3 回目 (H21. 3)	平均値
汚泥性状	余剰汚泥濃度 (%)	1. 2	1. 12	1. 18	1. 08	1. 13
	強熱減量 (VTS) (%)	—	75. 5	76. 5	79. 0	77. 0
	繊維状物 (100 ﾒｯｼｭ) (%)	—	2. 5	3. 6	2. 1	2. 7
薬注率 (%/TS)		0. 3 程度	0. 25	0. 24	0. 35	0. 28
濃縮汚泥濃度 (%)		4 以上	4. 03	4. 16	4. 08	4. 09
SS 回収率 (%)		95 以上	95. 2	98	94. 2	95. 8
供給汚泥量 (m^3/h)		20	20			20

濃縮機に投入される余剰汚泥濃度は、3 回の平均値が 1.13%であり、設計条件の汚泥濃度 1.2%より若干濃度が低い汚泥であった。本汚泥に対し、処理量 20m^3/h において、薬注率平均 0.28%、濃縮汚泥濃度平均 4.09%、SS 回収率平均 95.8%であり、全ての項目で設計条件を達成することが可能であった。

次に全 3 回の試運転時に実施した濃縮汚泥濃度一定制御による連続運転の代表データを **Fig.6** に示す。連続運転時の処理量は 20m^3/h とし、このときの濃縮汚泥濃度、薬注率、SS 回収率を示す。濃縮汚泥濃度一定制御により、自動的にスクリュー回転数、薬注率を自動調整することで、濃縮汚泥濃度は目標濃度 4.2±0.2%（4.0～4.4%）の範囲で安定処理可能であった。

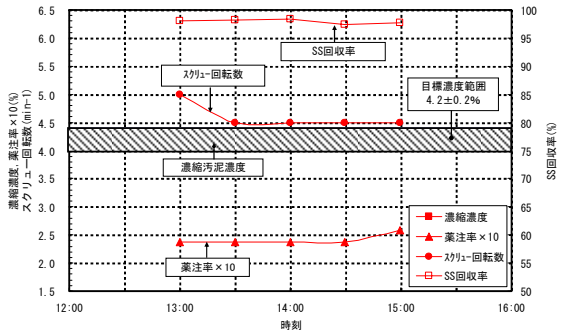

Fig.6: Consecutive test data

以上に示す通り、試運転において設計条件性能を満足することができ、また濃縮汚泥濃度一定制御により自動的に濃縮汚泥濃度の安定化が可能であることを確認した。

3.2 日常運転データ

試運転後の日常運転（H21 年 6 月～H22 年 2 月）における濃縮機実績データの月別平均値を **Fig.7** に示す。

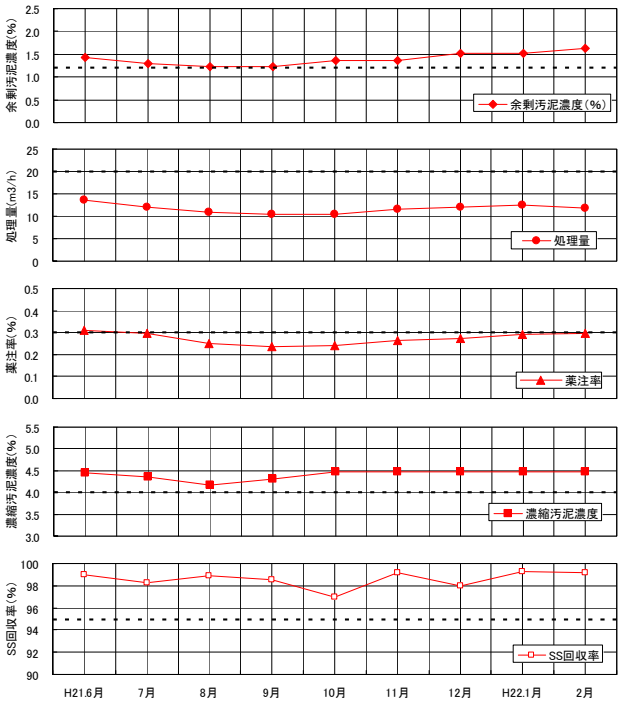

Fig.7: Daily performance

濃縮機処理量は運用上 12m³/h 程度での処理を行っているが、濃縮汚泥濃度は 4～4.5%の範囲で安定的な処理を行うことができている。また、薬注率は 0.3%以下、SS 回収率は 97%以上であり、年間を通して濃縮汚泥濃度、薬注率、SS 回収率は技術提案値を満足していることが確認されている。

また、濃縮濃度一定制御による自動運転の一例として、2009 年 8 月 7 日の運転データを **Fig.8** に示す。また、スクリュー回転数と薬注率を自動調整している 4:00～7:00 の間の拡大部(A 部)を **Fig.9** に示す。

濃縮汚泥濃度設定は、4.2±0.2%（4.0～4.4%）としているが、4:30 頃に制御範囲下限を下回ったためスクリュー回転数が自動的に 1 ランク低下し、その結果濃度が上昇し、制御範囲内で安定した。また 5:20 過ぎに、再度制御範囲下限を下回ったため、スクリュー回転数が 1 ランク低下したが、濃度が上昇しなかったため、次に薬注率が自動的に 1 ランク上昇した。これにより、濃度が 4.0%以上となり制御範囲内で安定した。

以上のように日常運転においても自動制御により設定濃度範囲内で安定処理可能なことを確認できた。

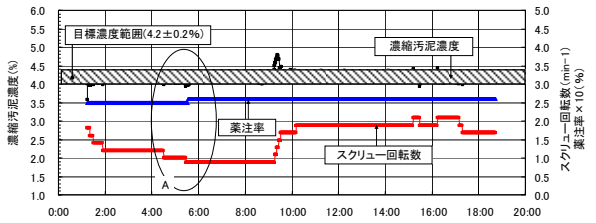

Fig.8: Automatic operation conditions

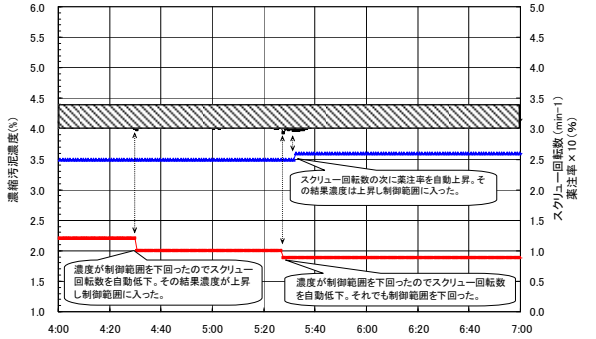

Fig.9: Details of A

3.3 導入効果

(1) 汚泥処理の安定化

差速回転型スクリュー濃縮機の導入により濃縮汚泥濃度一定制御が可能となり、消化槽への投入汚泥濃度が安定化された。これにより後段の消化、脱水設備の処理の安定化が図られ汚泥処理設備全体の安定化が可能と考える。

(2) 省エネ化

既設遠心濃縮機の動力が 15kW であったのに比べ、差速回転型スクリュー濃縮機は処理能力が 2 倍だが、動力 2.3kW と既設機種と比較し 6 分の 1 と低い。省エネ性の高い機器であり、CO_2 削減効果も大きい。

(3) 維持管理性の向上

濃縮濃度一定制御により処理の安定化と維持管理の省力化が図れ、運転管理性が向上している。また、構造がシンプルであり、点検、交換作業が容易であり、維持管理コストも低減可能である。

(4) その他

低速回転機器のため低騒音、低振動であり、また、密閉構造で臭気問題もなく作業環境が改善されている。

また、濃縮機本体がコンパクトで、同じスペースでも処理量が増加可能で、既設濃縮機を予備機として使用でき、設備の安全性が向上した。また低速回転機器であり、地震時の安定性、信頼性も向上した。

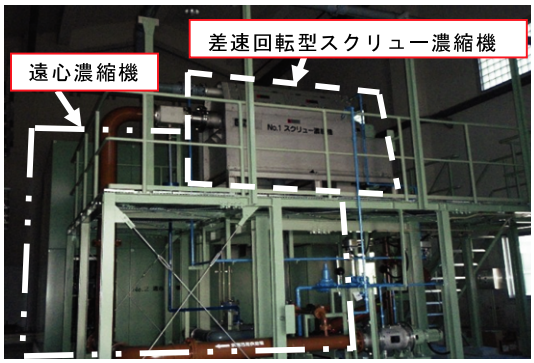

Photo.1: Setting situation of mechanical thickener

4. おわりに

総合評価入札方式により、京都府木津川上流浄化センターに最も適した新技術の導入が可能となり、技術提案値通りの性能が発揮されていることにより、処理の効率化および低コスト化を実現している。また、濃縮濃度一定制御により濃縮濃度が一定化されれば、汚泥処理設備全体の安定化が図られるようになる。

今後はリン回収やバイオマス利用といった、汚泥の有効利用に対する課題に取り組んでいくことが求められるが、コスト面の負担も増大するため、今回のような総合評価入札方式を含め、各浄化センターに最適な技術を検討していく必要がある。

参考文献

1) 松井大悟: 差速回転型スクリュー濃縮機技術資料－2005 年 3 月－, pp6, (財)下水道新技術推進機構, (2005 年)
2) 山本ら: 差速回転型スクリュー濃縮機の濃縮濃度一定制御, 第 44 回下水道研究発表会講演集, pp799-801, (2007 年)
3) 山下ら: 差速回転型スクリュー濃縮機の濃縮濃度一定制御, 濾過分離シンポジウム 2007 論文集, pp66-70, (2007 年)