

N-4 重力濃縮槽の機能改善による 汚泥処理の定量評価

○佐藤 一行^{1*}・堀尾 重人¹・宮本 豊尚²・桜井 健介¹・岡本 誠一郎¹

¹独立行政法人土木研究所材料地盤研究グループ（〒305-8516茨城県つくば市南原1番地6）

²国土交通省国土技術政策総合研究所下水道研究部（元独立行政法人土木研究所材料地盤研究グループ）

(〒305-0804 茨城県つくば市旭1)

* E-mail: *sato44@pwri.go.jp*

1. 要旨

下水処理場の重力濃縮槽はシンプルな構造で運転経費も安く、古くから広く採用されてきた濃縮方法である。しかし、汚泥性状の変化に伴う濃縮性の悪化などによって十分な濃縮効果を発揮できないことがあり、濃縮性の悪い余剰汚泥では強制的に濃縮する機械濃縮が採用されてきている。

独立行政法人土木研究所では、重力濃縮槽の濃縮効果を高める技術としてピケットフェンスを進化・発展させた「みずみち棒」を開発し、すでに9都市で導入されている¹⁾。本技術ではみずみち棒が污泥層内を通過することによって污泥層内部の水を上方へ導き、下部の污泥濃度を高めることができる。本論文ではみずみち棒によって既存の重力濃縮槽の機能を改善し、それにより後続の污泥処理プロセスの効率化等を達成した例を紹介するとともに、これらの污泥処理システム全体で性能改善効果について定量的な評価を行う。

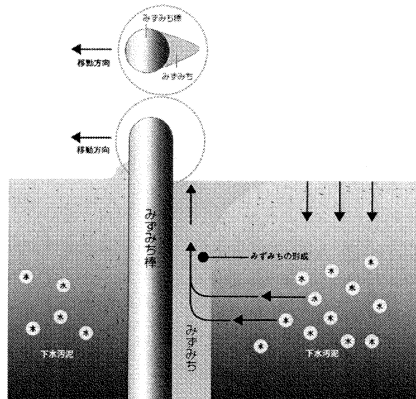


図-1 みずみち棒による濃縮効率向上の機構

2. みずみち棒による重力濃縮槽の機能改善

(1) 重力濃縮について

下水処理場では水処理施設で発生した汚泥を汚泥処理施設に送り、濃縮、消化、脱水等の工程を経て減量化されていく。濃縮は汚泥処理工程の始めに位置し、後続する汚泥処理プロセスの負荷に大きく影響を及ぼす工程である。濃縮設備は重力濃縮と機械濃縮に大別される。重力濃縮はタンク内に汚泥を滞留させ、水と汚泥の比重差を利用して汚泥が重力によって自然に沈降・圧密する。

(2) みずみち棒について

重力濃縮槽に投入された汚泥の汚泥粒子は水よりわずかに重いので沈降し、沈降した汚泥の体積分だけ水は上方へ移動しようとする。この時、汚泥粒子間の間隔が狭いと汚泥中から水が排出されず沈降がスムーズに行われない。そこで濃縮槽のかき寄せ機に垂直な棒を立て、棒が汚泥中をゆっくりと動くことで汚泥中の水の逃げ道を作る。このようにして汚泥中の水の分離と汚泥の濃縮を効率的に行うのがみずみち棒である。

3. 導入事例と効果

土木研究所におけるみずみち棒導入都市のフォローアップ調査結果をもとに、重力濃縮槽の機能改善効果を以下に整理した。

(1) 苦小牧市 (標準法—混合汚泥)

西町下水処理センターは3箇所の処理場から発生する汚泥を「汚泥調整槽→重力濃縮槽→嫌気性消化槽→遠心

脱水機→汚泥の利用」の集約処理を行っている処理施設である。ここでは30年近く稼動した重力濃縮槽の汚泥掻き寄せ機の更新に合わせ、濃縮汚泥の高濃度化を目指してみずみち棒を導入を行った。対象となったのは2槽の円形重力濃縮槽で、いずれの仕様も直径15m、深さ3mである。

導入の結果、濃縮汚泥濃度が導入前の平均3.4%から導入後の平均3.9%と0.5%向上した。その結果、嫌気性消化槽への投入汚泥量が減少したため、加温する熱量が減少しボイラ給水量が削減した。さらに消化槽での汚泥滞留時間が長く取れたことで消化ガス発生量が増加した。また、濃縮汚泥の引き抜き量が減少したことにより遠心脱水機の運転時間が削減され、汚泥処分に係る委託料も削減出来た²⁾。

(2) 枝幸町(旧歌登町) (OD法-余剰汚泥)

歌登下水終末処理場は日最大計画汚水量：1,230m³/日を2系列のオキシデーションディッチ法で処理し、発生する余剰汚泥は重力濃縮した後、遠心脱水する施設である。濃縮槽は2m x 2m、深さ5.7mの矩形で静置沈降方式により濃縮されていたが、濃い濃縮汚泥が得られず、脱水機が脱水機がフル稼働の状態が続いていた。

そこでみずみち棒を導入したところ、濃縮汚泥濃度が導入前の平均1.2%から導入後の平均が1.8%と0.6%向上した。その結果、脱水回数が減り使用電力量や脱水機の凝集剤量を削減することにより維持管理費を低減することができた¹⁾。

(3) 導入事例まとめ

みずみち棒を導入した施設の濃縮汚泥濃度を図-2に示す。対象の汚泥を初沈汚泥、余剰汚泥、混合汚泥(初沈汚泥+余剰汚泥)に分けると表-1のようになり、一般的(経験的)な範囲⁴⁾と同等かそれ以上の濃縮濃度となっていることがわかる。

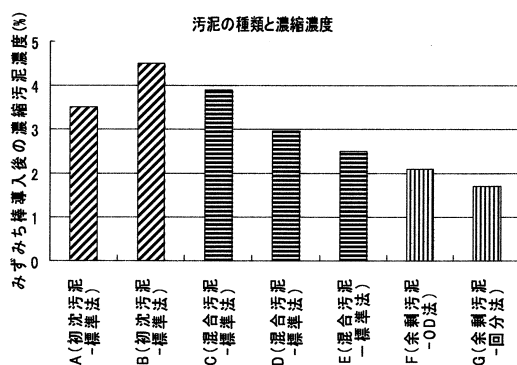


図-2 みずみち棒導入後の濃縮汚泥濃度

表-1 重力濃縮の濃縮汚泥の濃度

	みずみち棒導入事例	一般的範囲 ⁴⁾
初沈汚泥	3.5~4.5	2.0~4.0
混合汚泥	2.5~3.9	2.0~4.0
余剰汚泥	1.7~2.1	1.5~2.0

4. 汚泥処理におけるみずみち棒導入の定量評価

上記の通り、みずみち棒の導入により濃縮槽の機能を改善できることがわかる。そこで、機能の低下した濃縮槽にみずみち棒を導入して機能改善を図ることで、濃縮汚泥の濃度向上が下水処理場における汚泥処理システム全体にどの程度の影響があるか定量評価を行った。

(1) 検討条件

図-3に想定したシステムを示す。設備規模は日最大汚水量50,000m³/day程度として投入汚泥量1,000m³/dayとした。

濃縮槽は苫小牧市におけるみずみち棒導入効果を参考に、濃縮汚泥濃度が2.5%から3.0%に0.5%改善した場合について行った。水面積負荷は60kg-DS/(m²・day)とし濃縮槽直径はφ14.6mとした。また、SS回収率は導入前・後とも85%とした。なお、投入汚泥濃度は1.0%とした。

消化槽はガス発生率が濃縮汚泥の有機物1kgあたり0.5Nm³、消化率50%、1段消化として脱離液を引き抜かないと想定した。また、消化ガスは消化槽自身を加温するために使用され、残りの消化ガスはガスエンジン発電機で発電され場内の電力として利用されるものとした。

脱水機は遠心脱水機を想定し、消化汚泥中の乾物重量に対して薬品添加率は1.2%とした。

なお、設計値は設計指針⁵⁾に準拠した。

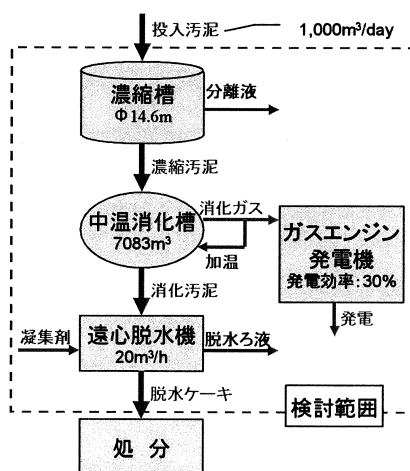


図-3 想定した汚泥処理システム

(1) 濃縮槽の性能改善

性能が悪化し濃縮汚泥含水率97.5%だった重力濃縮槽がみずみち棒の導入により機能を改善し、濃縮汚泥含水率97%まで機能を改善できた場合について検証を行った。汚泥濃度が0.5%改善することにより、導入前に340m³/dayだった濃縮汚泥量が283m³/dayと83%まで減少することができる。なお、SS回収率は導入前・後とも85%となっているため、後続の水処理への固形物負荷は変わらない。

(2) 消化槽への影響

濃度の濃い濃縮汚泥を消化槽に投入できれば有機物が消化槽内に滞留する時間を長くでき、十分な消化が行われてガス発生量が増加する。導入前21日だった消化槽での滞留時間が25日にまで長くできる。消化日数あたりの投入有機物あたりガス量を10L/kg・dayと仮定すると⁹⁾、ガス発生量が2922Nm³/dayから3188Nm³/dayに増加し、消化槽へ投入する濃縮汚泥量が340m³/dayから283m³/dayまで減少することでガス発生倍率(=ガス発生量÷濃縮汚泥量)が9倍から11倍に回復する。

また、通常消化槽は35℃程度に加温されており、濃縮汚泥量が減ると加温に必要な熱量も減少する。消化槽で発生した消化ガスで加温しているものとする、発生した消化ガスの内、加温に使われるガス量の割合は35%から27%に減らすことができる。その結果、有効に使える消化ガスの量が増え、余剰ガスをガスエンジン発電機で電力に変換したとすると、33kWに相当し29万kWh/年の電力削減となる。

(3) 脱水機への影響

濃度の濃い濃縮汚泥を消化槽に投入することで十分に消化され導入前に337m³/dayだった消化汚泥が280m³/dayまで減少できる。その結果、処理能力20m³/hrの脱水機の場合、一日の運転時間が17hrから14hrに短縮でき、運転電力の削減につながる。

(4) 汚泥処理システムへの影響

以上の検討の結果から、みずみち棒による機能改善により濃縮汚泥含水率が97.5%から97%～0.5%改善した場合についてランニングコストと電力量削減によるCO₂削減効果をまとめた。なお、ランニングコストは汚泥処分費、薬品使用量、電力料の合計とし、電力料は濃縮槽掻き寄せ機、脱水機と付属機器の負荷を想定した。また、消化ガス発電量が増えた分、買電を削減できるものとした。

表-2 濃縮汚泥が0.5%改善した時の効果

	みずみち棒導入後	導入前(100%とする)
濃縮汚泥量	283m ³ /day (83%)	340m ³ /day (100%)
消化汚泥量	280m ³ /day (83%)	337m ³ /day (100%)
脱水ケーキ量	29.7m ³ /day (96%)	30.9m ³ /day (100%)
ランニングコスト	94%	100%
消化ガス発電量	148kW (129%)	115kW (100%)
CO ₂ 削減量*	110t-CO ₂ /年	—

*CO₂排出係数は0.339kg-CO₂/kwh(東京電力平成20年報告用)

5. まとめ

(1) みずみち棒導入都市の重力濃縮槽のフォローアップ調査結果から、みずみち棒により重力濃縮槽の濃縮濃度を一般的な範囲と同等かそれ以上にできることが分かった。

(2) モデルケースにおける導入効果の定量評価の結果より、直径15m程度の重力濃縮槽で、消化→脱水を行っている処理場では濃縮濃度を0.5%改善することによって濃縮汚泥量を83%に削減し、ランニングコストも94%に抑えることが確認できた。

(3) 発生量が増加した消化ガスを発電することでCO₂削減効果も期待できることを示した。

参考文献

- 1) 独立行政法人土木研究所HP：
<http://www.pwri.go.jp/jpn/seika/newtech/mizumiti/index.html>
- 2) 成田 晃：みずみち棒を用いた汚泥処理コストの削減とエネルギー利用，土木技術，64巻3号。
- 3) 落 修一，鈴木穰，平岡直輝：重力濃縮槽の理論と実践 第41回下水道研究発表会講演集，2004。
- 4) 社団法人日本下水道協会；小規模下水道計画・設計・維持管理 指針と解説—1996年版—。
- 5) 社団法人日本下水道協会；下水道施設計画・設計指針と解説—2009年版—
- 6) 社団法人日本下水道協会；下水道維持管理指針 後編—2003年版—