

◆特集：土木研究所における新技術の開発とその活用・普及◆

地方公共団体との連携

－みずみち棒を用いた下水汚泥の重力濃縮技術の普及展開－

菊地 稔* 児玉法彰** 落 修一*** 越智通浩**** 成田 晃***** 三浦 匠*****

1. はじめに

土木研究所の研究成果の多くは、国土交通省の直轄事業や地方公共団体が行う公共事業において使われるが、その中でも特に下水道事業については、その実施者が地方公共団体であり、下水処理技術のクライアントは地方公共団体となる。したがって、下水処理技術に関する成果普及においては、地方公共団体との連携が非常に重要である。

ここでは、下水汚泥処理の初期プロセスであり、後続の処理プロセスを大きく左右することとなる下水汚泥の重力濃縮技術について、技術内容と特徴、現場での活用事例とその効果を紹介するとともに、北海道や苫小牧市及び枝幸町との連携等について紹介する。

なお、本報で紹介する「みずみち棒を用いた下水汚泥の重力濃縮技術」（以下、「本技術」という。）は、第1回ものづくり日本大賞（内閣総理大臣賞（写真-1））及び第7回国土技術開発賞優秀賞（国土交通大臣賞）の受賞技術である。

2. みずみち棒を用いた下水汚泥の重力濃縮技術

2.1 開発の目的

下水処理過程において、汚泥の濃縮プロセスは汚泥処理の最前段に位置し、そこでどこまで濃縮できるかが後続の処理プロセスの成績を大きく左右する。近年、余剰活性汚泥の濃縮性が低下してきており、従前より用いられている重力濃縮法に替わり、エネルギー消費型の機械による遠心濃縮法の導入が進んでいた。

このような中、既設の重力式汚泥濃縮槽（既存社会資本ストック）の有効活用や、汚泥処理に係る処理場の維持管理費の削減等を実現するため、新規設備の導入を必要としない、省エネ型濃縮技術の開発が急務であった。

2.2 本技術の概要

本技術は、下水処理場の重力式汚泥濃縮槽において、高濃度の下水汚泥を得るための技術である。具体的には、重力式の汚泥濃縮槽中において、重力の作用方向に「みずみち棒」が設置された汚泥

掻寄せ機（図-1）を低速回転させることで、みずみち棒の後部直近に液体が通り易いみずみちを形



写真-1 第1回ものづくり日本大賞 授賞式

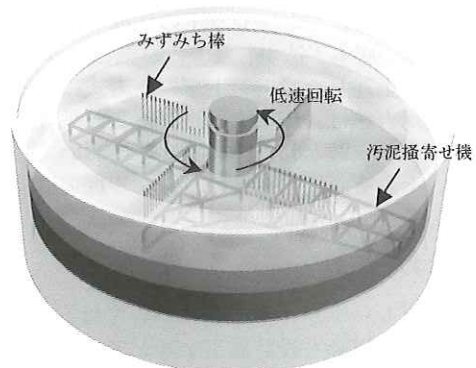


図-1 汚泥濃縮槽の概念図

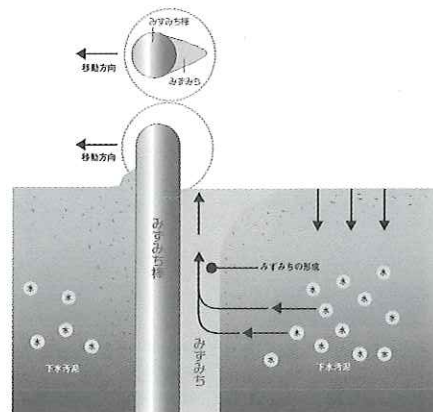


図-2 みずみち棒による汚泥濃縮の概念図



写真-2 みずみちの形成状況

成させ（図-2、写真-2）、汚泥粒子間に存在する水を抜き、汚泥濃縮槽の下層部に高濃度の下水汚泥を沈殿させるものである。

2.3 本技術の特徴と期待される効果

本技術の特徴や期待される効果を以下に示す。なお、これらの根拠については、後述する苫小牧市や枝幸町での導入実績を参照されたい。

- (1) 下水汚泥の濃縮濃度の向上を、機械脱水等の新規の設備導入を必要とせず、かつ、下水処理場の運転を停止することなく、既存の重力式汚泥濃縮槽を改良することで実現できる。
- (2) 汚泥濃縮の効率化により、引抜汚泥量を削減し、後続処理プロセスである引抜汚泥の脱水回数、脱水時に用いる凝集剤投入量、脱水電力量、汚泥脱水の委託費等についてコスト削減を実現できる。
- (3) 脱水回数の低減により脱水に係る作業環境の改善を実現できる。
- (4) 汚泥濃縮プロセスに重力濃縮法を採用している全ての処理場に適用できる。（国内の処理場約1,500箇所のうち95％程度）

3. 導入実績とその効果

3.1 苫小牧市の例

3.1.1 苫小牧市西町下水処理センターの概要

苫小牧市では、表-1に示す計画により、西町下水処理センターにおいて、市内3カ所の処理場（西町地区、高砂地区、勇払地区）から発生する汚泥を集約して処理を行っている。

日々の処理においては、流入汚泥の質や量の変化が大きいため、汚泥沈降性が阻害されやすくなり、濃縮汚泥濃度が安定せず後続の処理工程に支障を来すとともに、脱水汚泥量の削減や維持管理費の低減等も課題であった。

表-1 西町下水処理センターの概要

計画処理人口	: 110,970人
最大計画汚水量	: 92,000m ³ /日
日平均計画汚水量	: 49,800m ³ /日
水処理方式	: 標準活性汚泥法
汚泥処理方式	: 重力濃縮・嫌気性消化・遠心脱水
汚泥処理状況	: 発生汚泥量 1,700m ³ /日 (平成12年度実績値) (固形物量13.6t/日、平均濃度1.8%) 濃縮汚泥量 353m ³ /日(平均濃度3.6%) 脱水汚泥量 25.9m ³ /日(平均濃度21.7%)
汚泥脱水計画	: 50m ³ /hr × 6日/週
汚泥処分状況	: 農地還元、コンポスト化、セメント原料

3.1.2 改修された汚泥濃縮槽仕様、運転状況

苫小牧市では、平成12年と13年の2回に分けて、2機の汚泥濃縮槽を1億3千万円の事業費（国庫補助7,150万円）で改修した。

汚泥濃縮槽は、直径15m、深さ3mの円柱形で、中央駆動型の汚泥掻寄せ機を備えている。“みずみち棒（SUS304 15A × 3t）”は、掻寄せ機の中央から直角方向に伸びた合計4本のアームに、中央付近が200mm間隔、外周付近が250mm間隔で各18本ずつ設置されている。現在、周速約1.0m/minの速度で運転を行っている。（写真-3）

3.1.3 苫小牧市における直接的效果

図-3は、汚泥濃縮槽から引き抜かれる汚泥の濃度であるが、本技術導入以降、汚泥濃度が向上している。また、図-4は、ボイラ給水量の変化であり、本技術導入後に給水量が減少している。

表-2は、本技術導入による直接的效果を一覧にしたものであるが、本技術導入前後における汚泥濃度は、導入前3.4％から導入後は3.9％に向上し、濃縮汚泥の引き抜き量も約35m³/日（12,410m³/年）減量できた。これにより、汚泥処理に係る処分委託費や電気代等、年間で約1,500万円のコストが削減でき、苫小牧市が費やした改



写真-3 みずみち棒が設置された汚泥掻寄せ機

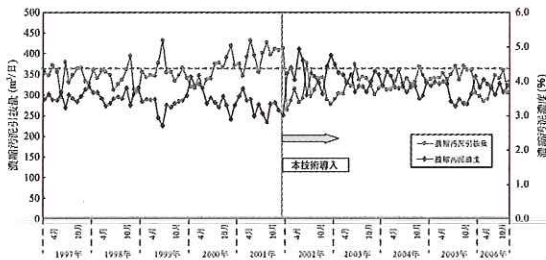


図-3 引き抜き汚泥濃度の変化

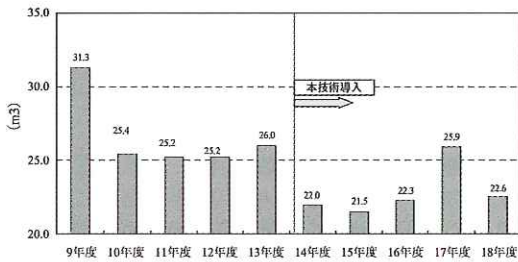


図-4 ボイラ給水量の変化

表-2 本技術導入前後の運転結果

	導入前 (H9-H13)	導入後 (H14-H18)	効果
汚泥濃度 (%)	3.4	3.9	0.5 濃度上昇
汚泥引抜き量 (m³/日)	361	326	35 減少
脱水機電力量 (kwh/年)	967,275	919,164	48,111 減少(39万/年)
ボイラ給水量 (m³/年)	9,730	8,350	1,380 減少(28万/年)
汚泥脱水費(委託) (万円/年)	14,300	12,100	2,200 減少

修費用は、約3.5年で回収できた。

なお、従前の設備を本技術で改修する場合と遠心濃縮技術で更新する場合について、バイオソリッド利活用基本計画策定マニュアル¹⁾に基づいて試算した結果、両技術の設備耐用年数期間中(共に15年)の維持管理費も含めたコスト総額は、前者が約2億円、後者が約24億円となり、本技術はトータルコストの大幅な縮減も可能とするものである。

3.1.4 苫小牧市における間接的効果

苫小牧市においては、下水汚泥の消化も行っており、消化過程で得られるメタンガスを貯蔵し処理場の運転燃料に用いている。この消化ガスの生産についても、本技術によって汚泥濃度が向上し引き抜き汚泥量が減量したことによって、消化タンク内における投入汚泥の十分な嫌気処理時間を設けることができ、効率的に生産できるようになった。

その生産量は、図-5に示すように本技術導入前後で6,500Nm³/日(ガス倍率で15~20倍(m³/m³))から7,500Nm³/日(ガス倍率で23~30倍(m³/m³))に増加した。また、投入有機物量当たりの消化ガスの生産量については、図-6に示

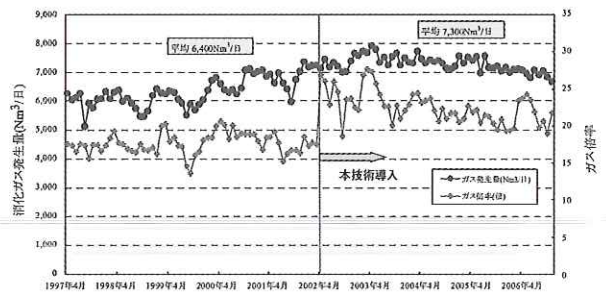


図-5 消化ガスの生産量とガス倍率の経年変化

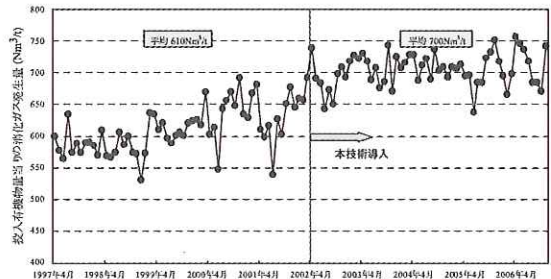


図-6 投入有機物量当たりの消化ガス生産量

すように本技術導入前後で、約650Nm³/VS-tから約770Nm³/VS-t(約1.2倍)に向上し、安定した消化ガスの生産を実現している。

そして、消化ガスを用いた安定したガス発電により、処理場の運転に要する電気料も約1,000万円/年が削減でき、間接的効果を發揮している。

3.2 枝幸町の例

3.2.1 枝幸町歌登下水終末処理場の概要

枝幸町では、表-3に示す計画により事業認可を受けた、全体計画面積の110haから発生する汚泥を重力濃縮方式で処理を行っている。

計画濃縮汚泥の濃度が1.7%であるのに対し、日々の処理では、年平均で約1.2%の濃縮汚泥しか得られず、このことが原因で、重力濃縮以降の

表-3 枝幸町歌登下水道終末処理場の概要

計画処理人口	: 2,320人
最大計画汚水量	: 990m³/日
日平均計画汚水量	: 680m³/日
水処理方式	: オキシデーションディッチ法
汚泥処理方式	: 重力濃縮・遠心脱水
汚泥処理状況	: 計画余剰汚泥量 30.2m³/日(濃度0.6%) 計画濃縮汚泥量 7.8m³/日(濃度2.1%) 計画脱水汚泥量 0.9m³/日(濃度16.5%)
汚泥脱水計画	: 2.5m³/hr × 6hr/日 × 5日/週
汚泥処分状況	: 脱水後、南宗谷クリーンセンターにてメタン発酵処理、乾燥後コンポスト化

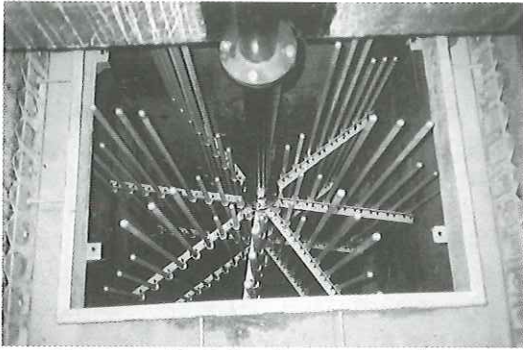


写真-4 みずみち棒が設置された汚泥濃縮槽

脱水プロセスにおいて脱水機がフル稼働である等、後続の処理プロセスに支障が生じており、濃縮汚泥濃度の向上、脱水作業環境の改善、維持管理費の低減が課題であった。

3.2.2 改修された汚泥濃縮槽仕様、運転状況

枝幸町では、平成14年に、1機の汚泥濃縮槽を1千万円の事業費（国庫補助550万円）で改修した。

汚泥濃縮槽は、縦2.0m×横2.0m×深さ5.7mの角柱形で、中央駆動軸より8方向に伸びたアームに、“みずみち棒（SUS304 20A×3t）”を100mm間隔で9本ずつ設置し、周速約0.08m/minの速度で運転を行っている。（写真-4）

3.2.3 枝幸町歌登処理区における効果

図-7は、汚泥濃縮槽から引き抜かれた汚泥の濃度であるが、本技術導入以降、汚泥濃度が向上している。図-8及び図-9は、それぞれ、使用電力量及び凝集剤投入量の経時（年）変化であり、本技術導入後に電力量及び凝集剤投入量ともに減少している。

表-4は、本技術導入による直接的効果を一覧にしたものであるが、本技術導入前後における汚泥濃度は、導入前（平成12、13年度の平均値）の1.2%から導入後（平成14～17年度の平均値）は1.8%に向上し、濃縮汚泥の引抜き量も約11m³/日（4,015m³/年）減量できた。これにより、汚泥処理に係る凝集剤投入量や電気代等、年間で約55万円のコストが縮減でき、毎年同じコストが縮減できると仮定すれば、枝幸町が費やした改修費用は約8年で回収できると考えられる。

また、引き抜き汚泥の脱水回数が5.2回/週から2.6回/週に減少できたことにより、作業環境が改善され、作業員が処理場の他の施設も十分に管理できるようになった。

4. 特許権の運用

本技術には、2件の特許権が設定されている。1件が濃縮方法（方法の発明）であり、他の1件は

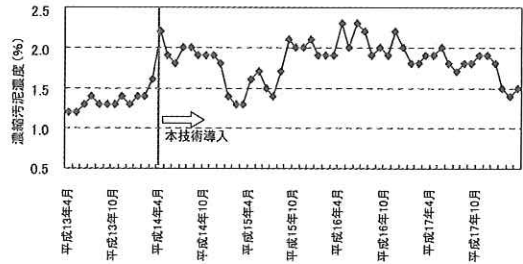


図-7 引抜き汚泥濃度の変化

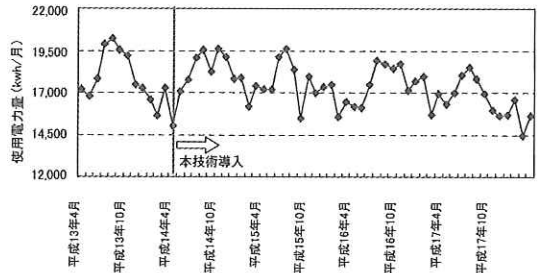


図-8 使用電力量の変化

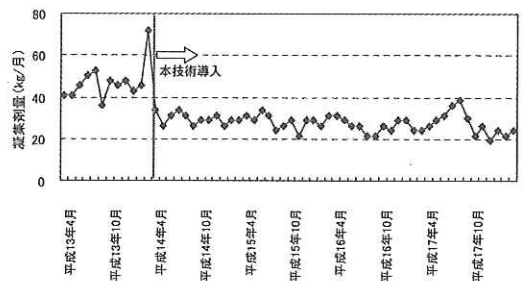


図-9 凝集剤投入量の変化

表-4 本技術導入前後の運転結果

	導入前 (H12-H13)	導入後 (H14-H17)	効果	
汚泥濃度(%)	1.2	1.8	0.5	濃度上昇
脱水回数(回/週)	5.2	2.6	2.6	減少
汚泥引抜き量(m ³ /日)	23	12	11	減少
凝集剤投入量(kg/年)	564	334	230	減少(38万円/年)
電力量(kwh/年)	219,015	208,013	11,003	減少(17万円/年)

濃縮装置（物の発明）であるが、何れの特許も土木研究所が単独で権利を所有している。特許登録番号と発明の名称は、「特許第3321606号；スラリーの重力濃縮方法」及び「特許第3521232号；スラリーの重力濃縮装置」である。

特許権は、その法制度の趣旨にあるように、技術情報の公開の代償として一定期間（出願から20年間）の独占や排他性を保障するものであるが、土木研究所では適正な対価をもってライセンス契約を行っている。

土木研究所のような公的機関が技術の根幹となる方法とそれを実現する物に関する基本特許を単独で所有することは、当該技術を必要とする地方公共団体の要請に応じて、常に技術提供（特許権に係るノウハウを含む。）ができることとなる。この意味においても、方法と物に関する特許権をセットで単独で所有することは、権利者である土木研究所や利用者である地方公共団体の双方において大きな意義がある。

5. 地方公共団体との連携

5.1 連携スキーム

本技術の普及展開においては、汚泥濃縮槽の改修等を予定する市町村等が本技術の導入を検討するに当たり、導入実績のある市町村等による導入効果等の実績紹介や技術紹介が重要と考えている。また、導入予定のある市町村等に対する導入の際の土木研究所による技術サポートも重要である。

このため、図-10に示すスキームにより、苫小牧市や枝幸町及び北海道等との連携を図っている。

5.2 苫小牧市、枝幸町との連携

苫小牧市や枝幸町は、図-10のうちの導入市町村等に位置付けられる。このため苫小牧市や枝幸町においては、本技術の導入を予定している市町村等（以下、「導入検討市町村等」という。）に対して、それぞれの運転実績や導入効果等の紹介を行っている。また、導入検討市町村等が施設見学を希望する場合には、現場見学の対応も行っている。これまでに、68機関延べ約140人と情報交換を行っている。

その他、地方整備局等で開催する建設技術フェア等のイベントにおいても、可能な限り両市町職員や道庁職員の協力を得て、現地会場において運転状況やその効果等について広く紹介を行っている。

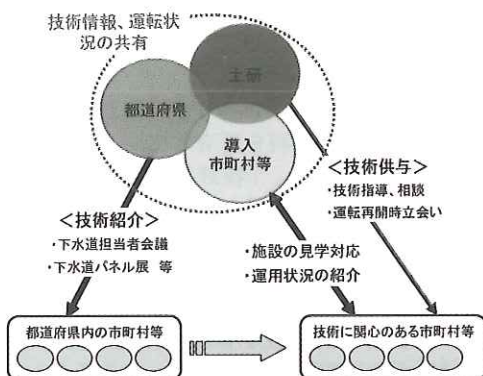


図-10 普及のための連携スキーム

5.3 北海道との連携

北海道は、図-10のうちの都道府県に位置付けられる。

道内では、平成17年末時点で189の下水処理場が稼働している。また、北海道における下水道の人口普及率は87.3%であり、古くから供用開始している市町村が多く、近年は施設の新・増設事業から改築・更新事業に予算がシフトしてきている。

また、機械濃縮が進んでいるものの、道内は小規模な処理場が多いため、機械濃縮のスケールメリットが働きづらいといった特徴がある。

このため、北海道としては、本技術は限られた予算で施設改修の効果が得られる有望な技術の一つであると考え、写真-5に示すように、道が主催する各種会議（下水道工事報告会、全道下水道事業担当者会議、全道下水道主管部課長会議）等において事例報告やパンフレットの配布等を行っている。加えて、道内市町村に対して、予算要望ヒアリング時や更新協議時に事例紹介を行っている。

6. 土木研究所による導入市町村等への技術指導

平成18年度には、新たに遠軽町の下水処理センターと小樽市の銭函下水処理場（ともに北海道）において、本技術が導入された。

両市町の導入の意思決定においては、これまでに実績を有する苫小牧市や枝幸町の下水道担当者との情報交換が大きな役割を果たしている。

加えて土木研究所においては、導入検討の初期段階から両市町を訪問し、下水処理場の運用実態や日々の運転上の課題等について直接担当者と意見交換を行い、本技術の基本的原理や運転上の留意点等について指導した。また、装置の設計段階においては、ノウハウであるみずみち棒の設置間



写真-5 全道下水道事業担当者会議での事例報告



写真-6 設置されたみずみち棒の点検（銭函下水処理場）



写真-7 導入市町村等への技術指導の状況

隔や汚泥掻寄せ機のアームの方向等について、設計の指導を行った。

更に、改修後の汚泥濃縮槽の運転再開時に処理場を訪問し、汚泥濃縮槽内に改修・設置された濃縮装置の確認を行うとともに、運転再開にあたり、汚泥掻寄せ機の回転速度、汚泥引き抜きのタイミング（汚泥界面の管理方法）等、運用面からの技術情報の交換や指導を実施した。

運転再開後には、みずみちが形成されている様子を担当者と一緒に確認している。現在は、汚泥

濃縮の状況等の定期報告を受け、適宜、運転上のアドバイスを行うなど、適切な導入効果が得られるような体制を設けて支援を行っている。

7. おわりに

本報で紹介した地方公共団体との連携は、本技術が北海道で初めて導入されたことを切掛けに確立できたものである。

現在、汚泥濃縮プロセスに重力濃縮法を採用している国内の処理場は約1,500カ所ある。このうち、汚泥の濃縮が効率的に行われていない処理場に本技術が適用されると仮定した場合、その維持管理費用をはじめ全国規模で大幅なコスト縮減が期待されるものである。

今後とも地方公共団体との連携をさらに進め、研究開発成果のより効率的・効果的な普及に努めていきたい。

謝辞 平成18年度に本技術を導入した小樽市及び遠軽町においても、苫小牧市や枝幸町と同様に、施設見学への対応や運転状況の紹介について協力を頂いている。ここに感謝の意を記します。

参考文献

- 1) 国土交通省都市・地域整備局下水道部、社団法人日本下水道協会、「バイオソリッド利活用基本計画（下水汚泥処理総合計画）策定マニュアル」、平成16年3月

菊地 稔*



独立行政法人土木研究所
つくば中央研究所技術推進本部上席研究員
Minoru KIKUCHI

児玉法彰**



独立行政法人土木研究所
つくば中央研究所技術推進本部研究員
Houshou KODAMA

落 修一***



独立行政法人土木研究所
つくば中央研究所材料地盤研究グループサイクルチーム総括主任研究員、工博
Dr. Syuichi OCHI

越智通浩****



北海道建設部まちづくり局
都市環境課主査（下水道計画）
Michihiro OCHI

成田 晃*****



苫小牧市下水道部建設課建設第2係技師
Akira NARITA

三浦 匠*****



枝幸町歌登総合支所建設水道課上下水道係主任
Takumi MIURA