

スクリープレス脱水工法の開発

-粘性土の連続脱水処理技術-

猪足 昇* 谷 雄一*

要 旨

スクリープレス脱水機はこれまで食品分野や製紙廃液の処理などで使われてきたが、あまり建設分野に使われることがなかった。しかしながら機構がシンプルで維持管理が楽であることなどから、浚渫土砂の減容化や工事発生活污水の縮減が求められている建設分野において、有効な技術と期待される。

技術研究所ではこのスクリープレスに着目し、建設工事に有効な脱水工法として確立するため、開発をおこなってきた。

海域、河川、湖沼などの浚渫土を対象に、スクリープレスの圧搾絞り脱水原理に最適の凝集反応方法を開発するとともに、脱水機自体も土砂の脱水に適した方法を採用することなどにより、従来に比較して大幅な処理性能の向上を実現した。

本報ではスクリープレス脱水機の概要、実験の状況および結果、処理性能などを報告し、これらを基にして大型機に予想される処理性能などについて述べる。

1. はじめに

海域・河川・湖沼などでは水質の悪化原因となる底質の浚渫や、航路の維持浚渫が行われているが、これらの浚渫土は細粒分に富み高含水比であることから、再資源化する場合や処分する場合に取扱いが困難となり、脱水あるいは固化することが必要となる。

しかしながら最近、環境保護気運の高まりからセメント等による固化処理が敬遠され、この問題が無い機械脱水処理が望まれる場合が増えている。また脱水処理は、土砂の減容化がはかれるという大きなメリットを有しており、処分場確保が困難な最近の工事条件において、有効な技術である。

当社では、従来あまり土木工事に使われることがなかったスクリープレス脱水機に着目し、浚渫土や建設汚泥の脱水に適する様、種々の開発を行った。

この結果、あらたな凝集反応システムを開発しスクリープレスに組み合わせることなどにより、従来のスクリープレスに比較し大幅に処理能力を向上させることに成功した。

2. スクリープレス脱水工法の概要

2.1 スクリープレスの構造

スクリープレスは、濾過部を形成する外筒のスクリーン内でスクリー羽根を設けた軸が回転することにより連続的に脱水を行うものできわめてシンプルな構造である。スクリープレスの外観例を写真 - 1 に、概念図を図 - 1 に示す。

脱水の原理は、まず凝集剤によりフロックを形成した泥水を投入し、出口方向に送りながらスクリー軸と外筒との間の容積変化により発生する圧搾力を作用させる。外筒はパンチングメタルを使用したスクリーンになっており、分離水はスクリーンをとおり下部ホッパーに集め排出する。

泥水の投入方法には、写真 - 1 に示す機種のようにホッパーに投入する方式と、図 - 1 の概念図に示すような配管による圧入方式とがあり、土質性状に応じて使い分ける。

また、スクリー軸内に蒸気を送ることで脱水過程の土を加温し、処理効率を向上させる機構を有する。

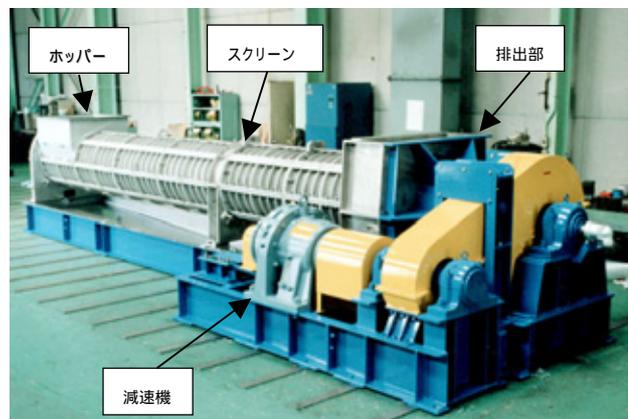


写真 - 1 スクリープレス外観

* 技術研究所

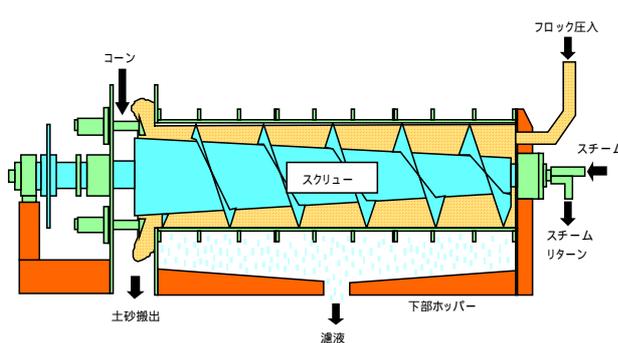


図 - 1 スクリュープレス概念図

2.2 スクリュープレス脱水工法の特徴

スクリュープレス脱水工法は以下の特徴を有する。

- 1) 連続処理のため、バッファタンクを必要とせず、コンパクトなプラントとなる。
- 2) スクリュー回転数を変えることで、脱水ケーキの含水比を変えることができるため、次の処理に合わせた最適な性状に調整ができる。
- 3) 蒸気による加温効果により、脱水性を向上し、高いケーキ強度を発現できる。
- 4) パンチングメタルによる濾過のため、濾布にくらべ目詰まりが少なく洗浄も容易である。
- 5) 構造がシンプルで、低回転であるため消費電力が非常に小さい。

2.3 凝集反応の概要

スクリュープレスは、泥水の凝集フロック性状により処理能力や脱水性などが大きく左右される。このため、大きくて強く水抜けのよいフロックをいかに形成するかということがポイントとなる。

開発した凝集反応システムでは、凝集剤として一般的なアニオン系の高分子凝集剤と、PAC に代表される無機凝集剤を使用している。

またこのシステムは、最初に高分子凝集剤を添加し、その

後形成したフロックの破碎工程と再凝集工程を入れることなどを特徴とした凝集反応手順となっている。

3. 実証実験

スクリュープレス脱水工法の最適な処理条件の把握と処理性能の確認などを目的として実証実験をおこなった。

実験は東京湾の海成粘土を用い、汚泥浚渫船による浚渫土を想定した泥水濃度 20% (含水比 400%) に調整した泥水でおこなった。写真 - 2 に実験設備の全景を示す。

3.1 実証実験の概要

- 1) 実験場所: 千葉県市川市
- 2) 実験時期: 平成 14 年 11 月
- 3) 供試土: 東京湾海成粘土
- 4) 脱水機: 500mm × 4000mmL 型

3.2 浚渫土の物性値

実証実験に使用した供試土の物性値を表 - 1 に示す。

表 - 1 供試土の物性値

土粒子密度 g/cm ³	自然含水比 %	粒度(%)			コンシステンシー			強熱減量 %
		砂	シルト	粘土	液性限界	塑性限界	塑性指数	
2.669	126.96	1.29	15.71	83.00	116.5%	50%	66.5	9.16

3.3 凝集試験

実証実験に先立ち、供試土に最も適した凝集剤の種類と添加量を定めるため、ピーカーによる凝集試験を行った。表 - 2 に実証実験に使用した凝集剤の種類と添加量を示す。

表 - 2 凝集剤と添加量

No.	種類	主成分	溶解割合	対固形物添加量	備考
			w/v%	%/dss	
1	助剤	消石灰	粉体	0.32%	海水溶解
2	高分子凝集剤	中アニオン性ポリマー	0.40%	0.17%	海水溶解
3				0.09%	海水溶解
4	無機凝集剤	塩基性ポリ無機塩	原液	0.43%	



写真-2 実験設備

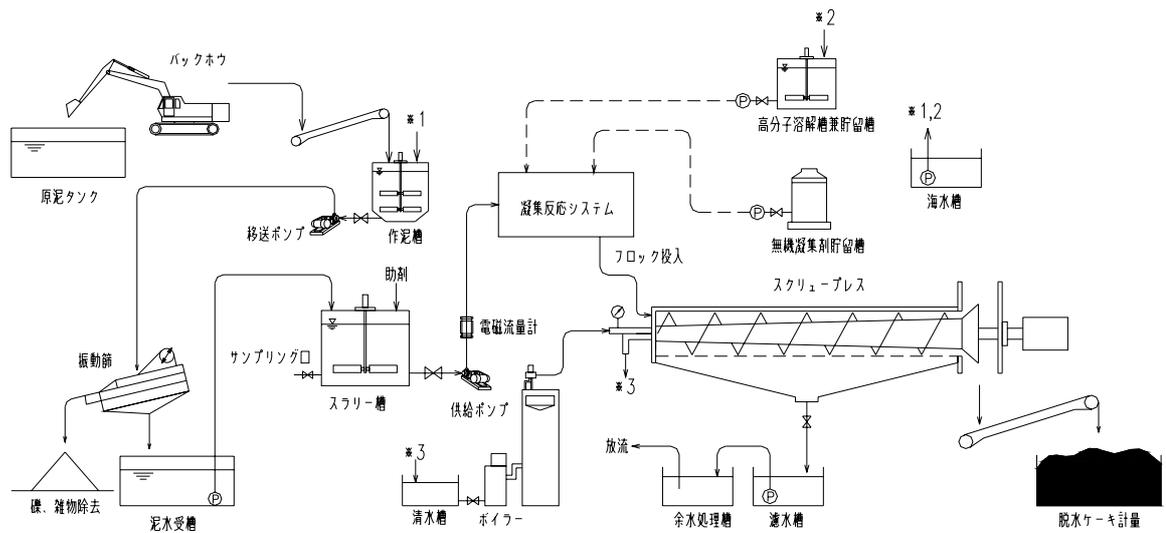


図 - 2 実験処理フロー

3.4 実験手順

図 - 2 に実験プラントの処理フロー図を示す。

実験手順は以下のとおりである。

- 1) 作泥槽にて海水と供試土を調泥し、振動篩にて貝殻等の雑物を除去した後、原水槽に貯泥する。
- 2) 原水槽の泥水に助剤となる消石灰を投入し、凝集反応のための pH 調整を行う。
- 3) 送泥ポンプにて、凝集反応システムに送泥し、高分子凝集剤及び無機凝集剤と攪拌混合しフロック生成後、スクリュープレスに投入する。
- 4) スクリュープレスによる連続脱水を行い、脱水ケーキはベルトコンベアで排出後一定時間容器に貯留し、重量の測定を行う。
- 5) 脱水濾液は、濁水処理を行った後放流する。



写真 - 3 凝集反応装置

3.5 実験用凝集反応システム

開発中の凝集反応方法の有効性を確認し、実機への設計データを得るため、実験用凝集反応装置を作成した。図 - 3 に実験に使用した凝集反応装置の概念図、写真 - 3 に外観、また写真 - 4 に形成したフロックの状態を示す。

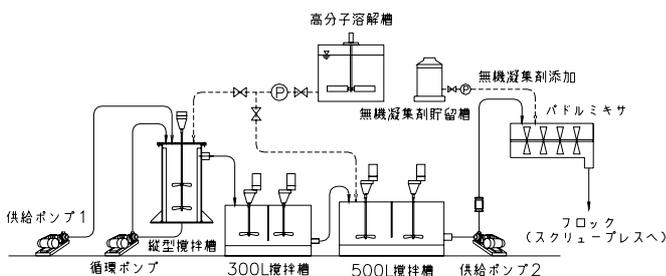


図 - 3 凝集反応システム概念図



写真 - 4 フロック形成状況

3.6 実験機の仕様

表 - 3に実験機の仕様、写真 - 5に外観を示す。実験機は、蒸気によるスクリー加温機能を有し、出口部のコーンは空圧により加圧力の調整ができる。

表 - 3 実験機仕様

型式	500 × 4000L
寸法	6375 × 1720 × 1920 4500kg
材質	接液、接原料部:SUS304 その他:SS400
電動機	7.5kW インバータ制御
処理能力	出口固形物量 1t/h
ボイラー	200kg/h

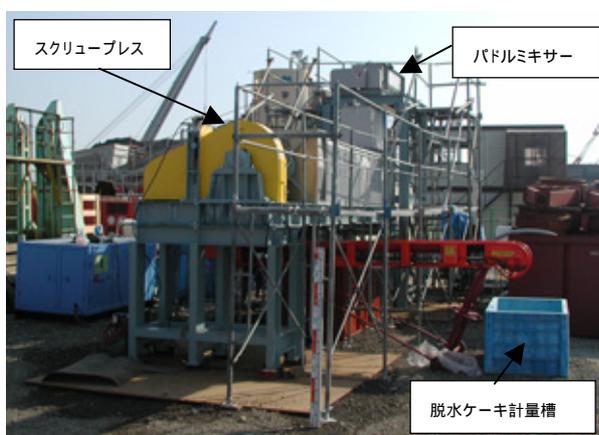


写真 - 5 実験機 (500 × 4000L 型)

3.7 実験の内容

実験では、スクリー回転数および泥水濃度の変化、また蒸気の有無、ホッパー方式と圧入方式の投入方式の比較を行い、脱水ケーキ濃度や強度(コーン指数)、処理能力との関係を求めた。

なお脱水ケーキ濃度とは、単位重量あたりの脱水ケーキに含まれる固形物(土粒子)の乾燥重量割合(%)である。

表 - 4に主要な実験ケースを示す。

表 - 4 実験ケース

No.	目的	泥水濃度 %	回転数 rpm	蒸気	投入方式
	基本	20%	1.25		ホッパ
1	回転数の影響	20%	0.40		ホッパ
2		20%	0.80		ホッパ
3		20%	1.25		ホッパ
4		20%	1.60		ホッパ
5	蒸気の効果	20%	0.80	×	ホッパ
6		20%	1.25	×	ホッパ
7	投入方式の比較	20%	0.80		圧入
8		20%	1.25		圧入
9	泥水濃度の比較	10%	0.80		圧入

4. 実証実験の結果

4.1 処理性能

1) スクリュー回転数の影響

図 - 4に回転数に対する脱水ケーキ濃度と固形物処理量の関係を示す。ここに示す固形物処理量とは、単位時間に脱水機を通過する固形物(土粒子)の乾燥重量を表している。(脱水処理の前と後では水分の量だけが変わると考える)

回転数を上げると固形物処理量は増加し、回転数を下げると脱水時間が増加するため、脱水ケーキ濃度が上がる結果となった。これは脱水ケーキ性状を連続的に調整することができるスクリープレスの特徴を表している。

ケーキ強度は、スクリー回転数 0.4rpmにてコーン指数(qc)で約500kN/m²となり、土質区分基準に示す第3種建設発生土¹⁾に相当する強度が得られた。

2) 投入方式の比較

圧入方式は、ホッパー方式と比較し脱水ケーキ濃度、固形物処理量が大きく増加する結果となった。特に固形物処理量は1.25rpmにおいて1.2倍程度まで増加した。

圧入方式の効果は、ホッパー方式に比べ入口部の濾過面積が増加するため、予備的な脱水効果が高まるためと考えられる。

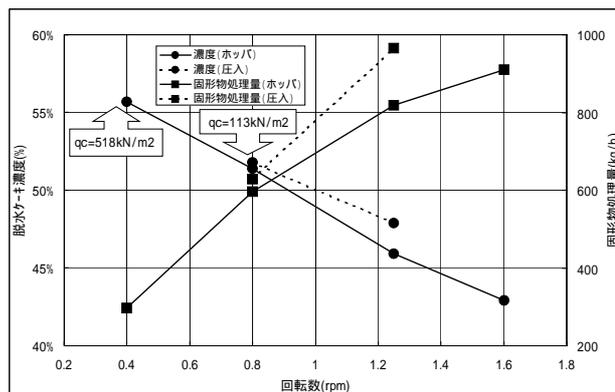


図 - 4 回転数との関係

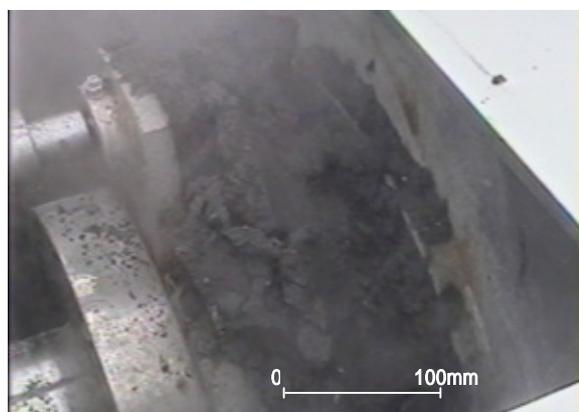


写真 - 6 脱水ケーキ排出状況



写真 7 脱水ケーキ

3) 加温の効果

図 - 5 に脱水ケーキ濃度と固形物処理量に対する加温の効果を示す。加温効果により、脱水ケーキ濃度、処理量共に大きく増加した。特に、固形物処理量は、スクリー回転数 0.8rpm において約 1.4 倍となった。

しかし、1.25rpm では約 1.1 倍と、回転数が大きくなるとその効果は減少する結果となった。

この他の実験結果と合わせて、加温効果を得るためには、ケーキ温度を 60 程度にする必要があることがわかった。

表 - 5 に加温効果に用いたボイラーの運転結果を示す。

また清水の使用量を抑制するため、蒸気を回収し復水した結果、使用水量の 80% 以上を回収することができた。

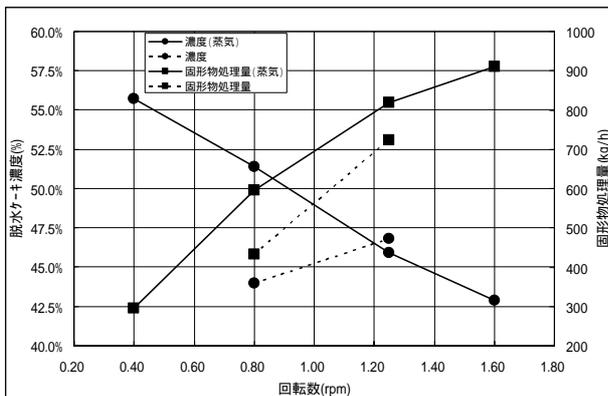


図 - 5 蒸気使用時の回転数の関係

表 - 5 ボイラー運転結果

水量	リターン	回収率	温度	燃料
L/h	L/h	%		L/h
188	155	82.4%	81.5	17.7

4) 泥水濃度の比較

泥水濃度が低くなると、脱水ケーキ濃度、固形物処理量とも大幅に低下した。これは、濃度が低いと入口部での予備脱水が不十分なままスクリーに送り込まれ、圧搾絞りの効率が低下するためと考えられる。このため、低濃度の泥水に対し、入口部での予備脱水による濃縮性を高める必要がある。

5) 凝集剤添加量

表 - 6 に実験における凝集剤添加量の結果を示す。

高分子凝集剤添加量は 0.16 ~ 0.28%/dss であり、事前の凝集試験の結果(表 - 2)と同量もしくはそれ以下であった。

一方、無機凝集剤添加量は 1 ~ 3%/dss と、事前の試験結果 0.43%/dss に比べ多かった。これは、最適な反応槽の形や添加時期に起因する凝集反応効率の問題と考えられる。

表 - 6 凝集剤添加量

消石灰	高分子	無機
% / dss		
0.40%	0.16% ~ 0.28%	1% ~ 3%

4.2 排出物の分析結果

1) 脱水ケーキ

脱水ケーキの埋戻し土などへの再利用において、生活環境保全上問題がないかを確認するため、土壌汚染に係わる溶出試験(環境庁告示第 46 号)を実施した結果、すべての項目について環境基準値以下であった。

2) 濾液

脱水排水の周辺環境へ与える影響を確認するため、排水基準に係わる検定方法(環境庁告示第 64 号)に基づき、脱水機濾液の測定分析を行い、問題がないことを確認した。

5. 実用規模の検討

スクリープレス処理性能の傾向を把握し、実用規模の大型機を設計する際の資料を得るため、各種の底質を使用し小型機(200mm)による実験を行った。

5.1 湖沼浚渫土による実験

供試土は千葉県手賀沼の浚渫土を用いた。土質としては、砂分は 7% 程度あるものの粘土が 60% 以上あり、強熱減量が 14 ~ 15% の湖沼堆積粘性土である。図 - 6 に回転数に対する脱水ケーキ濃度と固形物処理量の関係を示す。

回転数 1.0rpm でコーン指数は約 600kN/m² となったが、2rpm では、300kN/m² を下回った。しかし、蒸気を使用することにより、2rpm では約 900kN/m² と土質区分基準では第 2 種建設発生土¹⁾に相当する強度となり、処理能力も大幅に増加した。

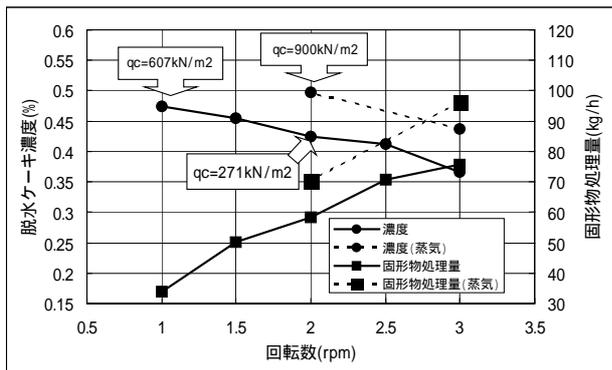


図 - 6 湖沼浚渫土の実験結果

5.2 河川浚渫土による実験

名古屋市内荒子川の浚渫土を用いて脱水実験を行った。実験供試土は、加水された浚渫泥水から砂分を分級除去したものであり、土質性状としてはシルトが 50% ~ 60% 程度、粘土が 40% 程度のシルト質粘性土である。この時の凝集方法はアニオン系、カチオン系の高分子 2 回添加であった。実験結果を図 - 7 に示す。

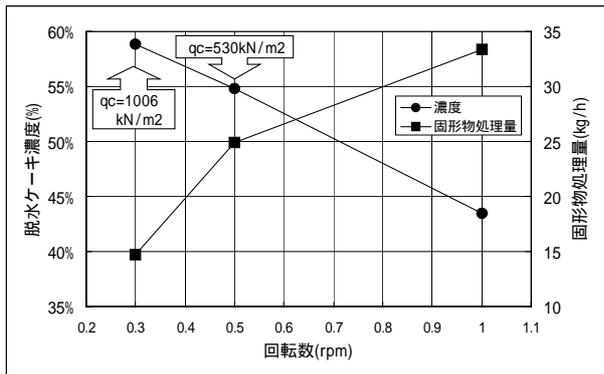


図 - 7 河川浚渫土の実験結果

この実験ではスクリー軸径とスクリーピッチによる圧縮比の違い、排出部ケーキ厚の違いなどを比較したが、圧縮比を上げることで脱水ケーキ濃度が大きく増加した。スクリー回転数 0.3rpm では脱水ケーキ濃度 58.8% で、コーン指数も約 1000kN/m² と高いものとなった。

アニオン・カチオンの 2 回添加方式でも脱水ケーキ濃度を高くできる反面、開発した凝集反応システムに比較してフロック強度が低いため、処理量を上げることはできなかった。

5.3 海成粘土による実験

実証実験をおこなったものと同じ供試土を用いて 200mm の小型試験機で脱水実験を行い、500mm の中型機での実証実験結果と比較することで、最終的なスケールアップの検討を行った。

実験では中型機と小型機の処理土に与えるせん断力をで

きるだけ近づけるためスクリーの周速をそろえた。実験結果を表 - 7 に示す。

実験結果から同周速における脱水ケーキ濃度は、ほぼ同じ値となった。

中型機における 0.8rpm と小型機における 2rpm は設計上の脱水ケーキ排出量が 7.0 倍となるようスクリーの設計がされているが、中型機での 1.25rpm では設計以上の処理量 (7.9 倍) を得ており、スクリープレスは、大型になると設計値より処理能力が上がる傾向が見られる。

表 - 7 海成粘土による小型機実験

脱水機	回転数 rpm	泥水濃度 %	脱水ケーキ		500/ 200		
			ケーキ量 kg/h	濃度 %	固形物処理量 kg/h	ケーキ量	乾物量
200	2.0	20.2%	172	52.4%	90	-	-
	3.0	20.2%	254	49.6%	126	-	-
500	0.80	21.5%	1212	51.8%	628	7.0	7.0
	1.25	21.4%	2016	47.9%	966	7.9	7.7

以上から、圧縮比、層厚、ピッチに示されるスクリー形状などを適正に選定することで、大型機においても小型機と同様な性能を確保し、処理能力を推定できることがわかった。

なお現在計画しているスクリープレスの大型機 (1350mm) では、固形物処理量は 9 ~ 10t/h と推定される。

6. おわりに

小型機および中型機による各種底質を用いた実験を行った結果、開発した凝集反応システムの有効性を確認するとともに、建設向けに改善を加えたスクリープレス脱水機において、従来の処理性能をはるかに上回る結果が得られた。

また最適なスクリーの形状を選定し、回転数を変化させることにより、連続大量の脱水処理から脱水ケーキ含水比を低くしケーキ強度を確保する処理まで、幅広く適用できることが確認できた。

このことにより、すでに当社が開発した汚泥リサイクルシステムとの効率的な連動運転も可能である。

今後大型機の製作を通じ、脱水工法として確立を目指すとともに、シンプルであることから建設工事向きであるスクリープレスの種々の工事への適用をはかっていく所存である。

なお、本脱水工法の開発は五洋建設 (株)、富国工業 (株)、(株)テルナイトの 3 社共同で実施した。

参考文献

- 1) (財) 先端建設技術センター：建設汚泥リサイクル指針 1999.11