

1. 装置の詳細説明

(1) はじめに


今日の下水道事業は、少子高齢化による労働力不足や更新時期を迎えた老朽化施設への対応、また処理場内での温室効果ガスの排出削減など様々な課題を抱えている。そのため、使用する機器についても省人化、メンテナンス性の向上、維持管理コストの低減と言った課題解決に資する機能追加と同時に、後段設備の円滑な運転のため汚泥内に含まれる夾雑物を確実に除去し、浚渫等による消化槽の停止期間短縮に貢献するといった機能の高度化も求められる状況にある。

当社が 1977 年に発売した回転ドラムスクリーン/スイングディスクスクリーン(SDS)は、確実な夾雑物の除去性能から、下水処理場やし尿処理場向けに発売以来 500 台を超える納入実績を有する装置である。しかし、前述のとおり新たなニーズや課題に対応するべく、従来の安定的で確実な処理機能に新たな機能を追加して、2018 年にセルフクリーン-スイングディスクスクリーン(SC-SDS、以下本装置)を開発発売した。

(2) 構造

主な構成部品として、回転ドラムスクリーン、3 段回転スクレーパ、駆動装置、洗浄装置及び制御盤などで構成される(図表 1)。回転ドラムスクリーンが回転することによりスクリーン面で捕捉したし渣を回転スクレーパで除去する機構を有している。流入部の水位検知により回転ドラムスクリーンの回転数制御を行い、間欠運転及び低速～高速の変速運転を行う。また、運転停止時に回転ドラムスクリーンと回転スクレーパが正転・逆転することにより自動的に自己清掃運転を行うことで、人力によるスクレーパ部の清掃作業を無くす機能を持たせたものである。

(3) 主な用途

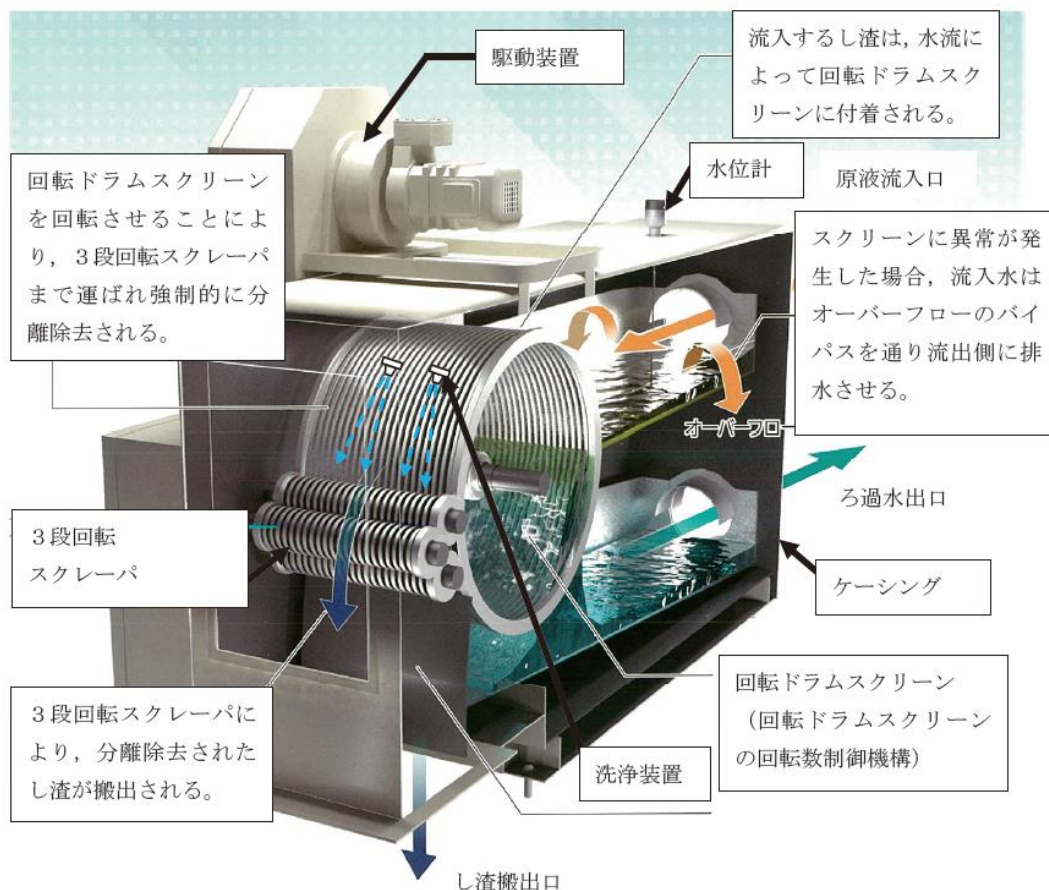
本装置は、主に汚泥処理設備の前処理設備として、汚泥濃縮設備の受入れ部(分配槽)の前段に設置される。(図表 2:  部)

使用用途としては、後段汚泥処理設備(濃縮タンク・消化タンク等)でのトラブル防止を目的として、水処理設備からの引抜汚泥(生汚泥・余剰汚泥)中の夾雑物(し渣)を分離回収することを目的としている。

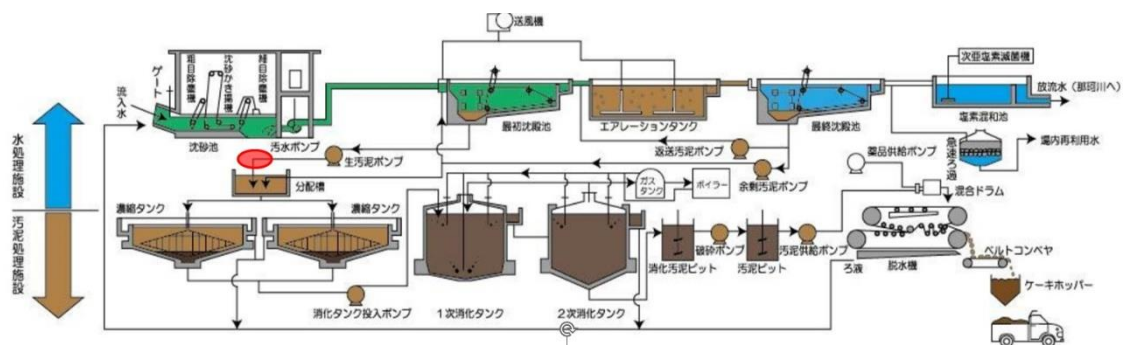
従来型ドラムスクリーンではし渣掻き取りスクレーパ部へのし渣の堆積が発生し、スクレーパの清掃頻度が高まるなど、維持管理上の負担や故障の原因となる懸念があった。また、スク

リーンの回転数が一定速運転のため集中豪雨等で投入汚泥中のし渣量が増えた場合にはオーバーフローが発生することがある。

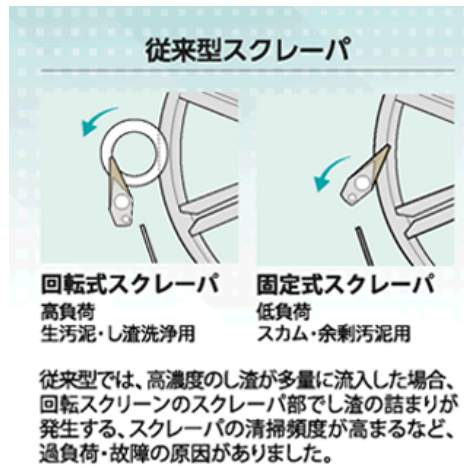
従来型スクレーパの構造を図表3に、従来型SDSの課題を図表4に示す。



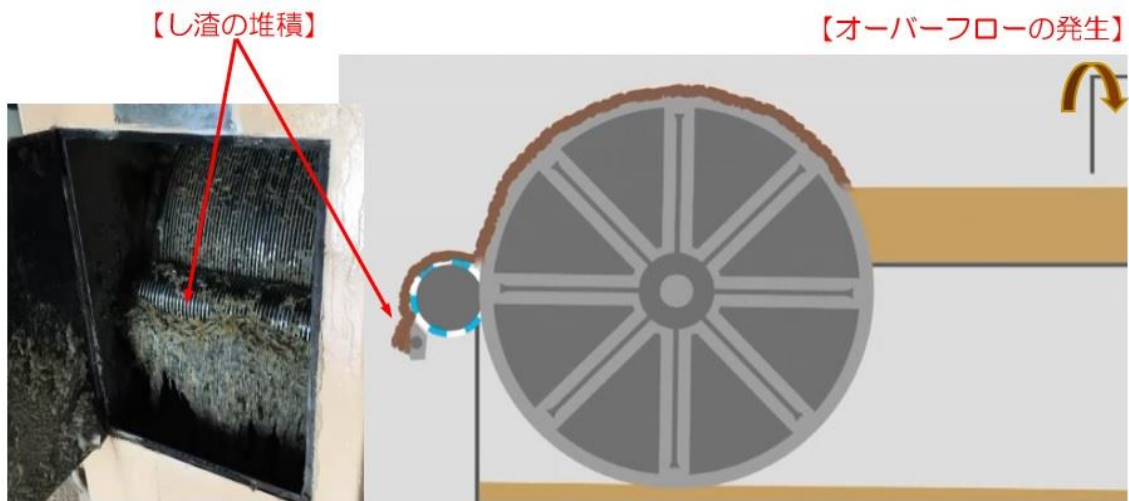
図表1 本装置の構造図



図表2 フローチャート



図表3 従来型スクレーパ図



図表4 従来型SDSの課題

2. 開発経緯

(1) 開発経緯

従来型の回転ドラムスクリーン/スイングディスクスクリーン(SDS)は1977年に当社及び三起鉄工株式会社によって共同で開発し販売をおこなってきた装置である。発売後は当社が主に販売と設計を行い、同社が製造を担ってきた。しかし、汚泥前処理設備に用いられる汚泥スクリーンは、し渣分離除去という用途から苛酷な設置環境にあり、安定的な除去性能確保のために人為的な(し渣除去)清掃作業を必要とする。当社の回転ドラムスクリーンにおいてもスクレーパ部に残るし渣の除去が必要であり、スクリーンドラムの回転数が一定速運転のため、集中豪雨等で流入側高水位時にオーバーフローした場合、し渣の捕捉量が減少するなどの課題があった。

これらの解決方法として、同社において取得した特許(詳細は第4項)を元に、当社と共同で装置化及び性能確認に取り組み、下記4点を開発目標として本装置を共同で開発した。

- ①スクレーパ部に残るし渣を自動的に清掃する機能を追加
 - ②流入部水位による回転ドラムスクリーンの回転数制御でオーバーフローの軽減を実現
 - ③従来型と同等以上のし渣捕捉率を確保
 - ④間欠運転を取り入れた回転数制御により、電力消費量を削減
- 以下に開発経緯を示す。

2016年07月	特許出願(特願2016-143064)
2016年08月	装置の開発開始
2017年08月	下水処理場向けスクリーンとして実証試験開始
2018年06月	特許出願(特願2018-111964)
2018年08月	本装置を販売開始
2019年09月	下水用スクリーンとして初号機納入
2021年06月	日本下水道新技術機構/建設技術審査証明書取得に向け作業開始
2022年03月	日本下水道新技術機構/建設技術審査証明書取得
2023年12月	脱水機構付きタイプを販売開始

(2) 共同開発

本装置は、三菱化工機株式会社、三起鉄工株式会社が共同で開発を行った。それぞれが担当した開発の内容は、次のとおりである。

- ・三菱化工機株式会社：
設計、市場調査(課題抽出、需要把握)、基礎設計、性能試験・評価、フィールド試験・評価、公的審査申請・取得
- ・三起鉄工株式会社：
詳細設計(構造)、仮製作

3. 独創性

(1) 本装置の改良点

自己清掃運転時には、正逆運転+スクレーパ部への洗浄シャワーにて、きれいに清掃され、し渣堆積の防止を実施する。

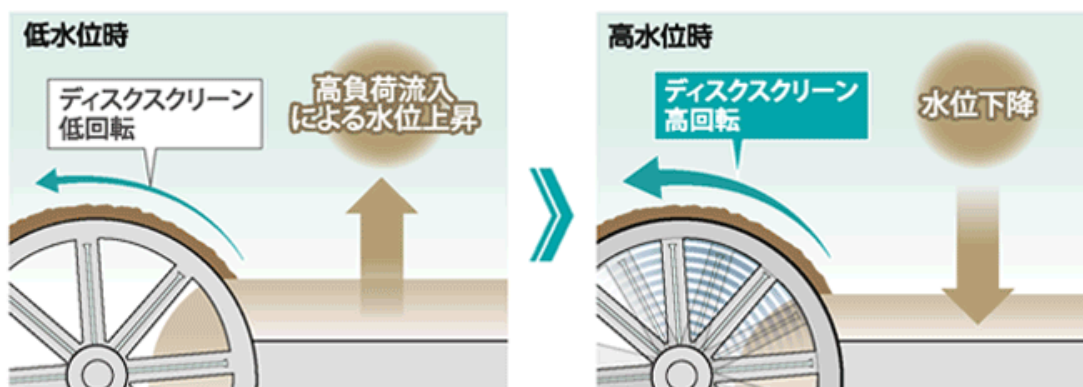
ドラムスクリーンは、流入部水位に応じてインバーター制御による変速運転 ($1\sim 4\text{min}^{-1}$) することで、処理能力を増加させオーバーフロー発生の抑制が行える。

スクレーパ部の構造イメージ、ディスクスクリーン回転機構を図表5及び図表6に示し、本装置の構造の詳細を図表7、運転制御方法を図表8に示す。

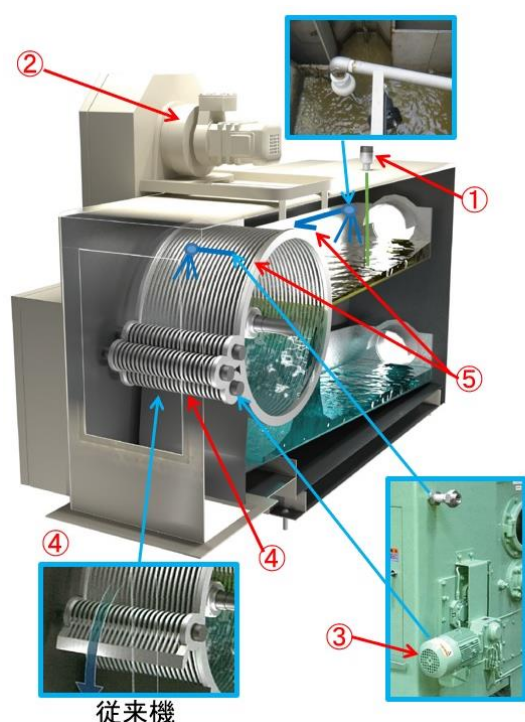
図表7に示すように、回転ドラムスクリーン、3段回転スクレーパ、駆動装置、洗浄装置及び制御盤により構成される。回転ドラムスクリーンが回転することによりスクリーン面で捕捉したし渣を回転スクレーパで除去する機能を有している。図表6に示すように、流入部の水位検知により回転ドラムスクリーンの回転数制御を行い、間欠運転及び低速～高速の変速運転を行う。また、運転停止時に回転スクリーンと回転スクレーパが正転・逆転することにより自動的に自己清掃運転を行うことで、人力によるスクレーパ部の清掃作業を無くす機能を持たせたものである。



図表5 スクレーパ部イメージ図



図表6 ディスクスクリーン回転数制御機構図



	番号	項目	当該機 MH340TR -IAS	従来機 MH340R
回転数制御	①	液位検知	ガイドパルス式液位計	無し
	②	回転ドラムスクリーン用駆動装置(0.4kW)	インバータ駆動(変速可能)	バイエル変速駆動(一定速)
自己清掃機能	③	3段目回転スクレーパ用駆動装置(0.4kW)	インバータ駆動(変速可能)	無し
	④	分離除去の構造	回転スクレーパ(3段式)	回転スクレーパ+固定スクレーパ
その他	⑤	洗浄管(スプレーノズル式)	液位計用(1)+回転スクレーパ用(2)	回転スクレーパ用(1)
	⑥	制御盤	機器付属	別途、電気設備工事

図表 7 本装置詳細構造図

4. 特許の有無

次のとおり、特許 2 件を取得済み（共同開発者の三起鉄工株式会社 中向政彰氏）。

特許番号：第 6673769 号 / 名称：ディスクスクリーン装置及び運転方法

特許番号：第 6795202 号 / 名称：ディスクスクリーン装置の運転方法

5. 性能

(1) 自己清掃機能

自己清掃機能には、運転停止時に回転ドラムスクリーンと 3 段回転スクレーパの正転・逆転動作及び洗浄水噴霧により自動的に清掃を行う。これにより 3 段回転スクレーパ部の間に堆積したし渣を自動的に清掃することができる。

本装置の運転制御方法を図表 8 に、従来型（固定速運転）と本装置（自己清掃運転）のし渣堆積状況の比較を図表 9 に示す。

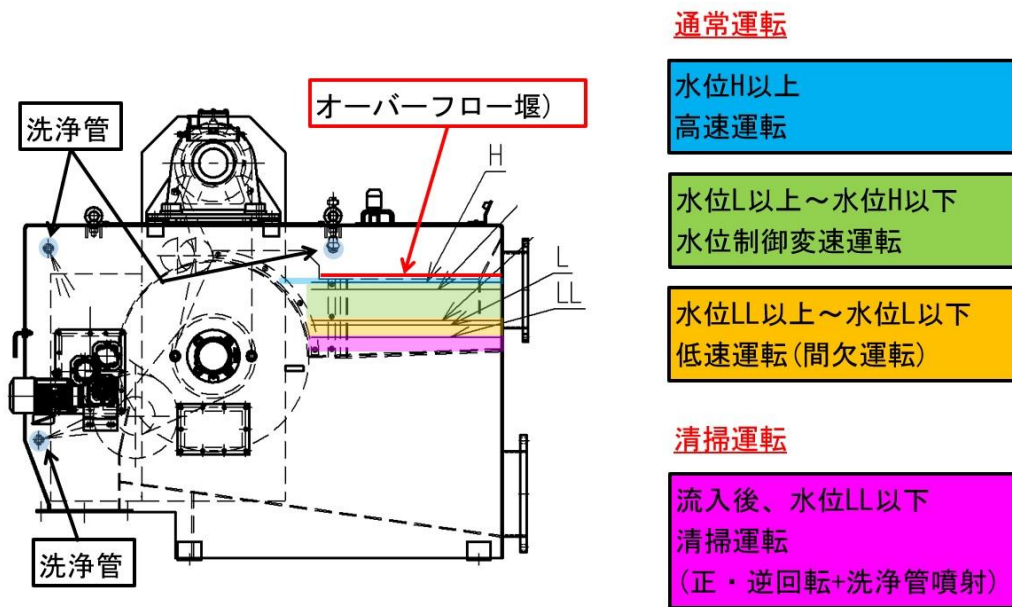
(2) 水位追従運転

流入部に水位を測定する機能を有しており、流入部水位に追従して回転ドラムスクリーンが、流入部の水位により、 0min^{-1} 、 $1\sim 4\text{min}^{-1}$ の低速～高速で可変速運転することで、回転速度を制御し、オーバーフロー発生を軽減することができる。

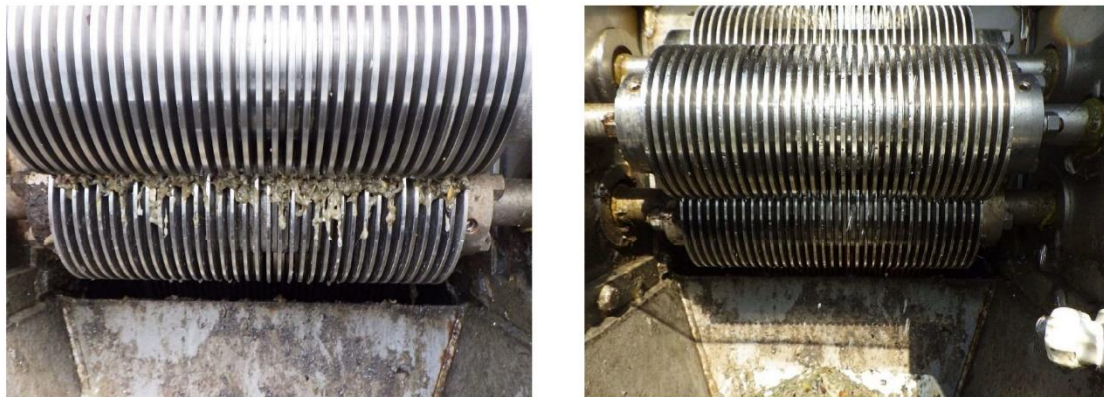
次の条件下での水位追従運転により、オーバーフロー発生を抑制を確認した。

〈条件〉流量： $0.8\text{m}^3/\text{分}$ 、時間：5 分、試験水：汚泥濃度約 1%

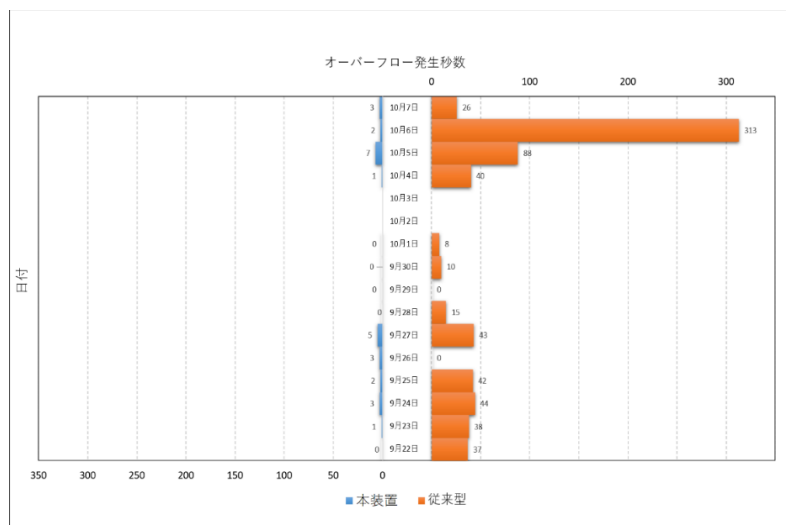
流入水位の上昇に伴い回転ドラムスクリーンの回転速度が上昇することで、オーバーフローの発生を抑制できることを目視により確認した。同じ条件で、従来型（固定速 1min^{-1} ）を運転し、オーバーフロー発生時間の確認をした。オーバーフロー発生秒数比較を図表 10 に示す。



図表8 本装置の運転制御



図表9 従来型(左)、本装置(右)のスクレーパ部し渣堆積状況の比較



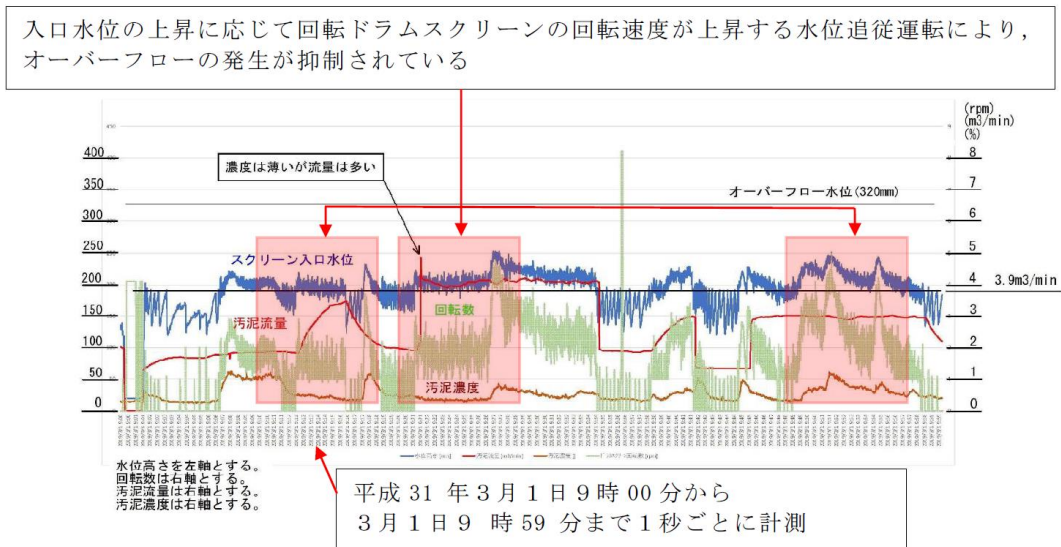
図表10 オーバーフロー発生秒数比較

(3) 省エネルギー

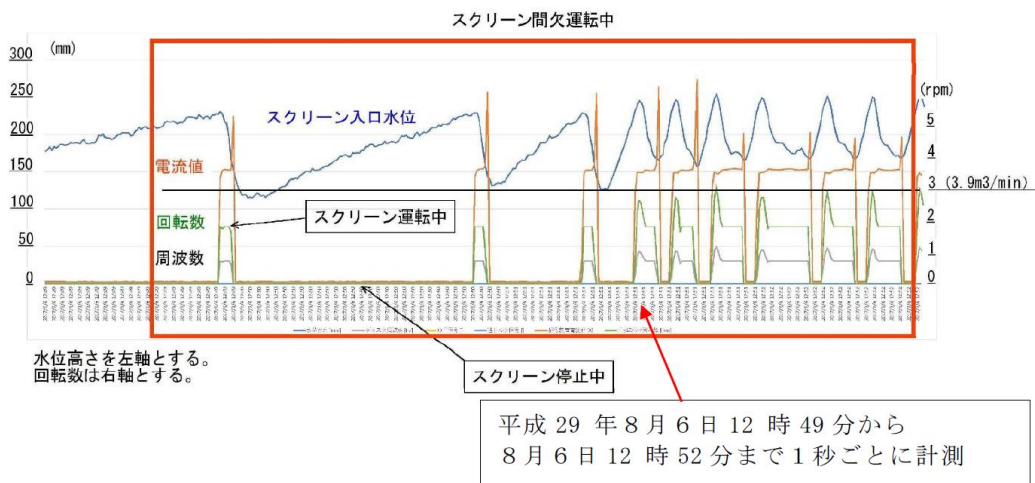
消費エネルギーは、従来型では投入汚泥ポンプと連動した連続運転が行われるため、運転時間に応じたエネルギー消費となっていた。

本装置では、水位検知による間欠運転により、消費電力を大幅に削減できる。

実証試験を行った処理場でのスクリーン入口水位、回転数等の経時変化を示す。間欠運転によりスクリーン停止時間を長く確保できる場合には消費電力が最大でほぼ半減することを確認した。



図表 11 実証試験時の推移高さと回転数、汚泥流量、汚泥濃度の相関一例



図表 12 間欠運転の状況一例



図表 13 電力量削減状況の一例

(4) し渣捕捉率

従来型では投入汚泥の負荷変動(流入当初の濃い汚泥やし渣の塊の流入)によりオーバーフローするとし渣捕捉量が減少するが、本装置では回転ドラムスクリーンの回転数制御を行うことはし渣の補足を阻害しない。

次の条件下において、本装置は従来型(固定速)と同等以上のし渣の捕捉を確認した。

〈条件〉汚泥濃度約1%、約4m³の汚泥にし渣を1、2、4kg-dryをそれぞれ追加した同一の試験水を、流量0.8m³/分で5分間、個別に本装置と従来型に流入させたときのし渣捕捉率を比較し、本装置は従来型と同等以上のし渣を捕捉できることを確認した。

ケース1：追加投入し渣無し。

ケース2：1 kg-dry (ケース1+1 kg-dry)

ケース3：2 kg-dry (ケース2+1 kg-dry)

ケース4：4 kg-dry (ケース3+2 kg-dry)

「試験回数および試験順序」

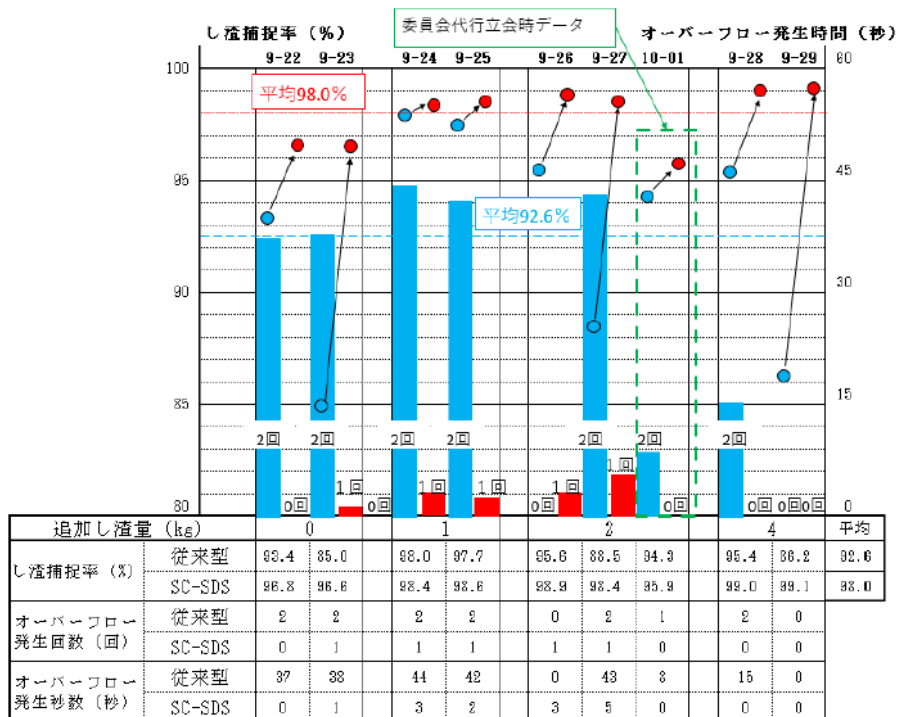
試験回数：本装置、従来型を各々2回、同一試験水にてし渣量を変え4試験水で計8回実施した。

図表14に示すとおり当社試験では、従来型に比べオーバーフロー発生時間を大幅に短縮することができ、し渣捕捉量の結果から求めたし渣捕捉率も向上する結果を得ている。

(5) 保守性

本装置では回転ドラムスクリーンとスクレーパ部の間に堆積したし渣の人力による清掃作業を軽減できる。

維持管理者へのヒヤリングにより、従来型では日常点検において1日複数回、人力によるスクレーパ部のし渣の除去作業が必要であったのが、本装置では除去作業を行う必要が無いことを確認した。



【凡例】

- : 従来型のし渣捕捉率
- : SC-SDS のし渣捕捉率
- : 従来型のオーバーフロー発生時間
- : SC-SDS のオーバーフロー発生時間

【追加し渣量補足説明】

- (1) 追加し渣量は9月22日実施状態を0とし、追加投入した累計し渣量を示す。
- (2) TS濃度は、9月22日

図表 14 し渣捕捉率とオーバーフロー時間

6. 経済性

本装置においては、従来機種に比較して自己清掃機能などを追加し高機能化を図ったため、導入機器費については約20%程度価格アップとなり、据付工事費についても従来機器と同程度になると試算する。しかし納入後に間欠運転により運転時間が最大で約50%減になると試算した場合には装置の動力アップ（回転スクレーパー用動力）を考慮しても約60%の動力費となると試算しており、部品の長寿命化による交換部品費の縮減（85%）を考慮して、15年間の使用期間で比較を行うとトータルコストで約85%の導入コストとなると試算している（図表15）。

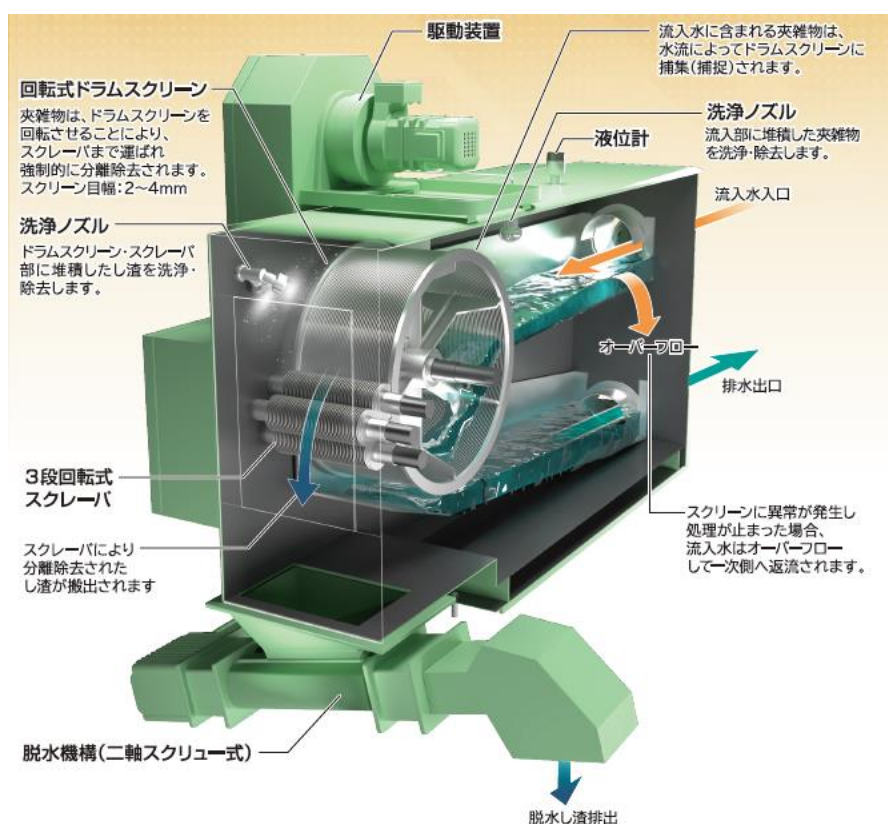
また、数値的な試算に織り込むことは困難であるが、従来機に要していたスクレーパー部の清掃作業やオーバーフローした際に要する対応費用が大幅に縮減されることを考慮すると、実際には数値的試算以上の経済上のメリットがあるものと考えられる。

図表15 従来機種と本装置の経済性比較

		従来機種(SDS)	本装置(SC-SDS)
イニシャルコスト	機器費用	100	120
	設置費用	100	100
ランニングコスト	電気代(間欠運転により運転時間を半分になると想定)	100	60
	部品交換費用	100	85
トータルコスト(15年)		100	85

7. 将来性

下水道施設を中心として既に7件の納入実績を有するが、本装置の更なる用途拡大や多様なニーズに対応するため、2023年に脱水機構を追加したモデルをラインナップへ追加した（図表16）。これはし尿処理場や、今後需要増が見込まれる下水処理場でのし尿受け入れ設備においては、その使用環境から臭気対策などを理由に分離除去した夾雑物を速やかに脱水する必要があるためである。また、従来型及び他のスクリーンの場合には、スクリーンのほかに別途脱水機を設置する必要があったが、ユニット化を実現したことにより、大幅な設置スペースの削減も可能にした。このモデルの追加により、これまで納入実績の多い下水処理場のみならず、し尿処理場や下水処理場でのし尿受け入れ設備への納入増が見込まれ、高い将来性を有していると考えられる。



図表16 脱水機構付きセルフクリーニングディスクスクリーン