

# 第42回 優秀環境装置

平成28年6月

主 催 一般社団法人 日本産業機械工業会  
後 援 経 済 産 業 省



## 序

本書は経済産業省の後援のもと、一般社団法人日本産業機械工業会が実施した平成27年度「第42回優秀環境装置の表彰事業」において受賞した優秀な環境装置の概要をまとめたものである。

4年目に入った安倍政権ではアベノミクス第2ステージへと進んでいる。産業界においては強い経済を謳ってGDP600兆円を目指す政策が展開されてきているが、ここへ来て中国をはじめとした新興国の景気減速、円高等により、国内経済は一進一退を繰り返しながらも緩やかな回復基調が続いている。今後はTPPの有効活用、IoT、ビッグデータ、AI等の産業化を実現し、いかにして産業競争力を強化して行くかが課題である。一方近隣のアジア諸国に目を向けると、一時期より経済の発展スピードは鈍化したもののインフラ整備をはじめとした経済成長を第一とした方針に変わりはなく、生産に直接関与しない周辺環境整備はどうしても後手となっているのが事実であり、依然として環境問題はより深刻化している。

我が国では、過去に深刻な環境問題に直面し、国、民間が協力して問題を克服してきた経験を有している。民間企業においては厳しい法規制に対応するため、環境装置の改良・開発に注力し、今日のような住み良い生活環境を作り上げ、持続可能な社会創りに大いに貢献してきた実績があり、この経験と実績が必ずや発展途上国に大いに役立つものと確信している。

本事業は優秀な環境装置・システムを表彰し広く公表することで、環境保全技術の研究・開発を一段と促進し、そうした技術・装置の普及により、地球環境の保全に資することを目指すものである。

本事業の実施にあたり格別のご支援を賜りました経済産業省、環境省、中小企業庁、優秀環境装置審査委員会委員、優秀環境装置審査WG委員、並びに関係各位に厚く御礼を申し上げます次第である。

平成28年6月

一般社団法人 日本産業機械工業会  
会 長 佃 和 夫



## 第 42 回優秀環境装置

### — 目 次 —

・ 第 42 回優秀環境装置審査報告	1
・ 第 42 回優秀環境装置審査委員会名簿	2
・ 表彰装置及び応募数・受賞数	3
・ 経済産業大臣賞 「高効率型二軸スクリープレス脱水機」	5
・ 経済産業省産業技術環境局長賞 「汚泥減量型好気処理プロセス（バイオプラネット®SR）」	13
・ 中小企業庁長官賞 「ハイスピードシリンダーとインバータによる古紙圧縮梱包機の省エネシステム （省エネ油圧ジャンボプレス機 SW770 型 HE）」	21
・ 日本産業機械工業会会長賞（応募申請書受付順） 「汚水沈砂池向けノズル式集砂装置（エジェクタ式集砂装置）」	31
「再生プラスチック原料中のゴム系異物選別装置」	41
「乾式反応集じん装置（プレコートバグフィルタ）」	49
「高負荷生物脱窒素装置（バイオドリスター）」	59
「オイルミスト捕集用電気集じん装置（EM-eⅡシリーズ）」	67
「浮上型チェーンフライト式汚泥かき寄せ機」	75



## 第 42 回 優秀環境装置審査報告

優秀環境装置審査委員会  
委員長 指宿 堯嗣

優秀環境装置の表彰事業は一般社団法人日本産業機械工業会が経済産業省のご後援のもとに昭和 49 年度から実施しているもので、優秀な環境装置やシステムを表彰することにより、「持続可能な循環型経済社会」を実現するための環境保全技術の研究・開発及び優秀な環境装置の普及を促進し、我が国環境装置産業の振興を図ることを目的としている。

本年度の表彰事業は、平成 27 年 9 月 16 日から平成 27 年 10 月 30 日までの約 1 ヶ月半にわたって公募した。

その結果、全国から大気汚染防止装置〔4 件〕、水質汚濁防止装置〔8 件〕、廃棄物処理装置〔2 件〕、土壌・地下水汚染修復装置〔1 件〕、再資源化装置〔2 件〕の応募があった。複数の分野にわたる応募もあったことから、件数としては、合計 16 件であった。審査は、優秀環境装置表彰実施要綱及び優秀環境装置審査要綱の規定に基づいて次のような手順で慎重かつ厳正に行った。

まず、優秀環境装置審査WGにおいて、応募のあった環境装置に関し、その独創性、性能、経済性及び将来性の各指標について一次評価を行った上で、実地調査を行い、評価報告を取りまとめた。

次いで、優秀環境装置審査委員会において、審査WGから上程のあった評価報告を総合的に勘案し審査を行い、第 42 回優秀環境装置の経済産業大臣賞 1 件、経済産業省産業技術環境局長賞 1 件、中小企業庁長官賞 1 件、日本産業機械工業会会長賞 6 件を選定した。

以上の受賞各装置は、いずれも地球環境の保全に極めて有効な優秀装置として高く評価されたものであり、今後の普及を期待すると共に開発にあたられた各社のご努力に心から敬意を表したい。

## 第42回 優秀環境装置審査委員会名簿

### 審査委員会

(委員長)

指宿 堯嗣 一般社団法人産業環境管理協会 技術顧問  
(元、独立行政法人産業技術総合研究所 環境管理研究部門長)

(委員)

糟谷 敏秀 経済産業省 製造産業局長  
井上 宏司 経済産業省 産業技術環境局長  
豊永 厚志 経済産業省 中小企業庁長官  
深見 正仁 環境省 大臣官房審議官  
小林 憲明 一般財団法人日本品質保証機構 理事長  
久貝 卓 日本商工会議所 常務理事  
庄山 悦彦 一般財団法人機械振興協会 会長  
岡村 正 一般社団法人日本機械工業連合会 会長  
黒岩 進 一般社団法人産業環境管理協会 専務理事  
鈴木 孝治 慶應義塾大学 理工学部 応用化学科 教授  
大和田秀二 早稲田大学 理工学術院 創造理工学部 環境資源工学科 教授  
佃 和夫 一般社団法人日本産業機械工業会 会長  
田中 信介 一般社団法人日本産業機械工業会 専務理事

### 審査WG

(主査)

竹内 浩士 国立研究開発法人産業技術総合研究所 エネルギー・環境領域 領域長補佐

(委員)

田中 幹也 国立研究開発法人産業技術総合研究所 環境管理研究部門 研究部門長  
辰巳 憲司 国立研究開発法人産業技術総合研究所 環境管理研究部門  
環境微生物研究グループ 客員研究員  
加茂 徹 国立研究開発法人産業技術総合研究所 環境管理研究部門  
資源精製化学研究グループ 上級主任研究員  
名木 稔 一般社団法人産業環境管理協会 資源・リサイクル促進センター 所長  
遠藤小太郎 一般社団法人産業環境管理協会 人材育成・出版センター 所長  
鈴木 晴光 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 環境部 統括主幹  
栗山 一郎 一般財団法人日本環境衛生センター 技術顧問  
石田 貴 公益財団法人日本下水道新技術機構 資源循環研究部 部長  
庄野 勝彦 一般社団法人日本産業機械工業会 常務理事

## 第 42 回 優秀環境装置 表彰装置及び応募数・受賞数

### <経済産業大臣賞>

「高効率型二軸スクリーンプレス脱水機」 (株)クボタ

### <経済産業省産業技術環境局長賞>

「汚泥減量型好気処理プロセス (バイオプラネット®SR)」 栗田工業(株)

### <中小企業庁長官賞>

「ハイスピードシリンダーとインバータによる古紙圧縮梱包機の省エネシステム (省エネ油圧ジャンボプレス機 SW770 型 HE)」 (株)昭和

### <日本産業機械工業会会長賞> (\*応募申請書受付順)

「汚水沈砂池向けノズル式集砂装置 (エジェクタ式集砂装置)」 アクアインテック(株)

「再生プラスチック原料中のゴム系異物選別装置」 協和工業(株)

「乾式反応集じん装置 (プレコートバグフィルタ)」 (株)プランテック

「高負荷生物脱窒素装置 (バイオドリストア)」 前澤化成工業(株)

「オイルミスト捕集用電気集じん装置 (EM-e II シリーズ)」 アマノ(株)

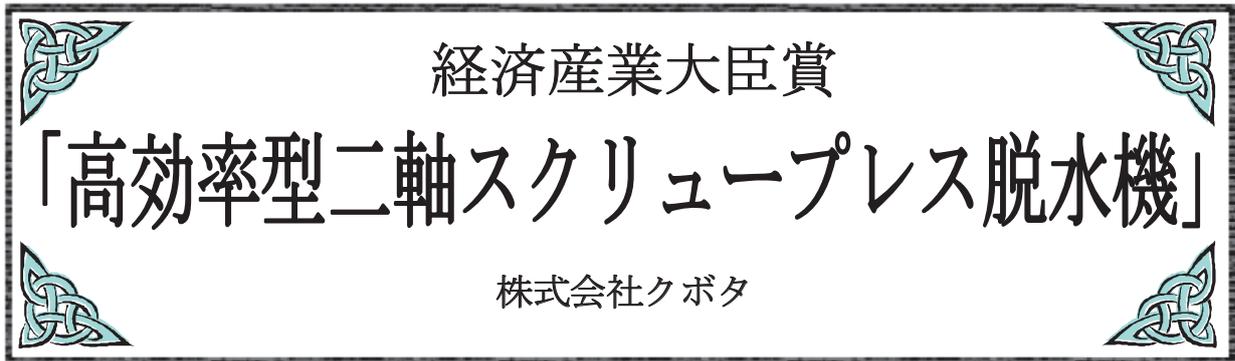
「浮上型チェーンフライト式汚泥かき寄せ機」 月島機械(株)

### 応募数と受賞数

分 野	応募件数	受賞件数
大気汚染防止装置	4	2
水質汚濁防止装置	8	5
廃棄物処理装置	2	0
騒音・振動防止装置	0	0
土壌・地下水汚染修復装置	1	0
再資源化装置	2	2
その他環境負荷低減に資する装置	0	0
合 計	16**	9

※複数の分野にわたる応募申請が含まれるため合計値は合いません。





## 1. 装置説明

高効率型二軸スクリープレス脱水機は、金属ろ材（ウェッジワイヤおよびパンチングメタル）からなる外胴スクリーン、二本のスクリー軸、背圧プレッサ、駆動装置、洗浄装置、及びフロキュレータ（凝集混和槽：図 2 設備フローの記載）から構成される。本脱水機の最大の特徴は、従来 1 本であったスクリー軸を平行かつ縦に 2 本配置し、それらを羽根の噛み合う軸間距離で配列した上で、スクリーを互いに逆回転させた構造にある。

凝集剤と混合されてフロックを形成した汚泥は一定圧力で機内に供給された後、外胴スクリーンでろ過され、低速（ $\sim 1 \text{ min}^{-1}$ ）で回転するスクリーにより搬送される。汚泥は 2 本のスクリーの回転によって中央部に巻き込まれ、強い圧密・剪断脱水効果を受け低含水率化が促進される。加えて、上下のスクリー間での適度な汚泥混合効果により、機内での脱水ムラを無くし脱水効率をさらに高めるとともに、従来のスクリープレス脱水機で見られる汚泥の回り（脱水機内の汚泥がスクリーと一体になって回転し、汚泥を排出部へ搬送できない現象）を防止し、安定した脱水運転が可能となった。

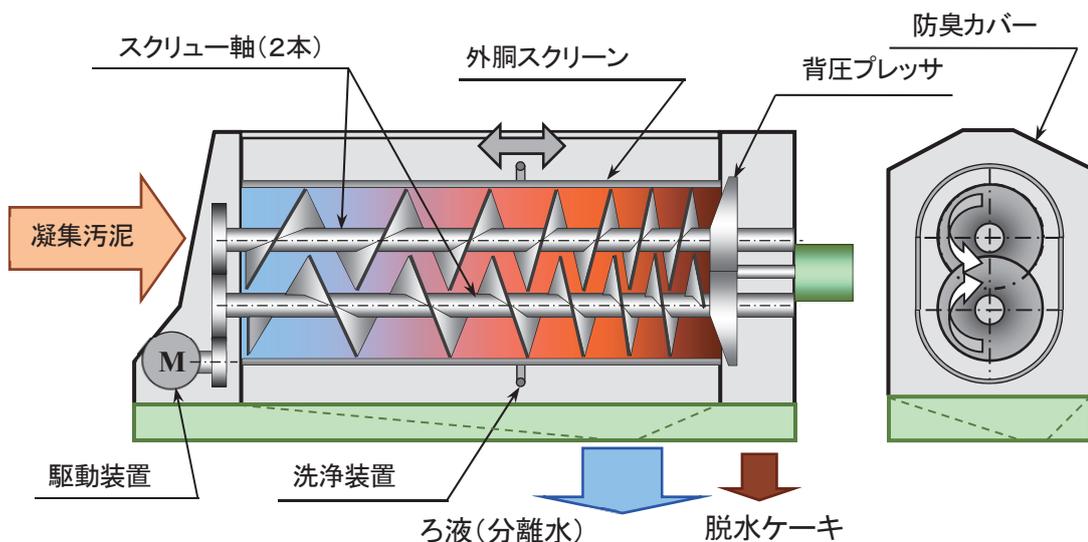


図 1 高効率型二軸スクリープレス脱水機 概略構造図

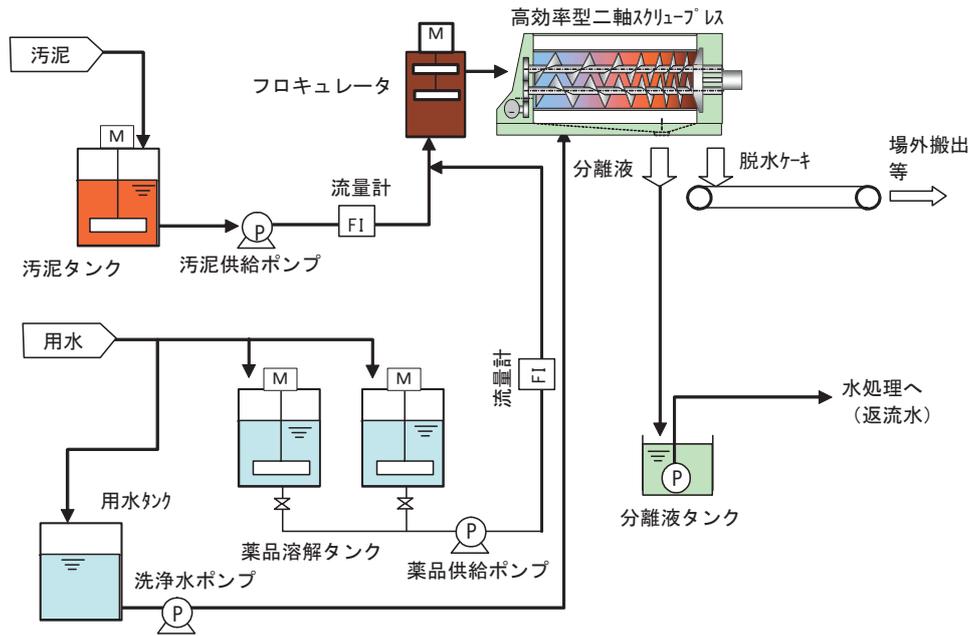


図2 設備フロー



写真1 高効率型二軸スクリーブレスの外観写真  
(※側面防臭カバーを取り外した状態)

## 2. 開発経緯

### (1) 開発主旨

一般的な下水汚泥の脱水機としては、ベルトプレス脱水機、遠心脱水機、スクリープレス脱水機等がある。近年、低動力で低コスト、維持管理性が良好等の理由からスクリープレス脱水機をはじめとする金属ろ材系脱水機の採用が増加してきたが、脱水しやすい混合生汚泥の脱水性能と比べて、消化汚泥等の難脱水性汚泥を対象とした場合の脱水性能が劣り、金属ろ材系脱水機本来のメリットを十分発揮出来ない傾向があった。このため、低動力でありながら難脱水性汚泥に対しても脱水性能が高い脱水機の開発が望まれていた。

高効率型二軸スクリープレス脱水機は、これらの要望を踏まえ、低動力でありながら混合生汚泥はもとより難脱水性汚泥に対しても高い脱水性能を発揮できる脱水機を目指して開発を行った。

### (2) 開発目標

従来のスクリープレス脱水機（一軸式）と比べ、次の脱水性能を満足させる。

消化汚泥：脱水ケーキ含水率を2ポイント以上低減

混合生汚泥：従来と同等の脱水ケーキ含水率

### (3) 開発経緯

年月	概略経過
～平成20年3月	新型スクリープレスの開発に着手。機器改良を重ね、現在の二軸スクリープ構造の採用に至る。
平成20年4月 ～平成22年3月	財団法人下水道新技術推進機構（現、公益財団法人日本下水道新技術機構：以下、下水道機構）との共同研究による性能評価を実施。
平成21年9月	下水道機構より「高効率型二軸スクリープレス脱水機 技術マニュアル（初版）」が発刊される
平成22年3月	下水道機構より「高効率型二軸スクリープレス脱水機 技術マニュアル（改定版）」が発刊される

## 3. 独創性

従来装置である一軸式スクリープレス（以下、「従来装置」）の製造・販売を通じて、脱水ケーキの低含水率化というユーザーの要望に応えるべく、研究開発を続けてきた。その中で、難脱水と言われる消化汚泥に対する脱水性能悪化の原因が、スクリープ羽根から汚泥に効率的に圧力が加わらず、羽根の表裏においてケーキ含水率の大きな差異が生じているためであることを突き止めた。

上記問題を解決するため、本装置は単にスクリープレスのスクリープ軸を2本にただけでなく、以下の工夫を行い、脱水性能の飛躍的向上を果たしている。

- ◆スクリープ羽根を多条化して汚泥と羽根の接触面積を広げ、汚泥への加圧力を増大させた。

- ◆2本のスクリーを羽根が噛みあう軸間距離に配置することで、内部の汚泥は強制的にほぐされるため、従来装置では上記とトレードオフとなる汚泥の搬送性低下（供回り）を完全に回避させた。
- ◆汚泥が適度に混合されることで、羽根表面の汚泥と裏面の汚泥を上下スクリー間で入れ替え、汚泥全体に均一かつ高い圧密力が生じるようにした。
- ◆羽根の多条化の副次的効果として、スクリーン内面に付着した汚泥の緻密層のスクレーピング頻度を高めてろ過抵抗を減らし、スクリーンからのろ過性を高めた。

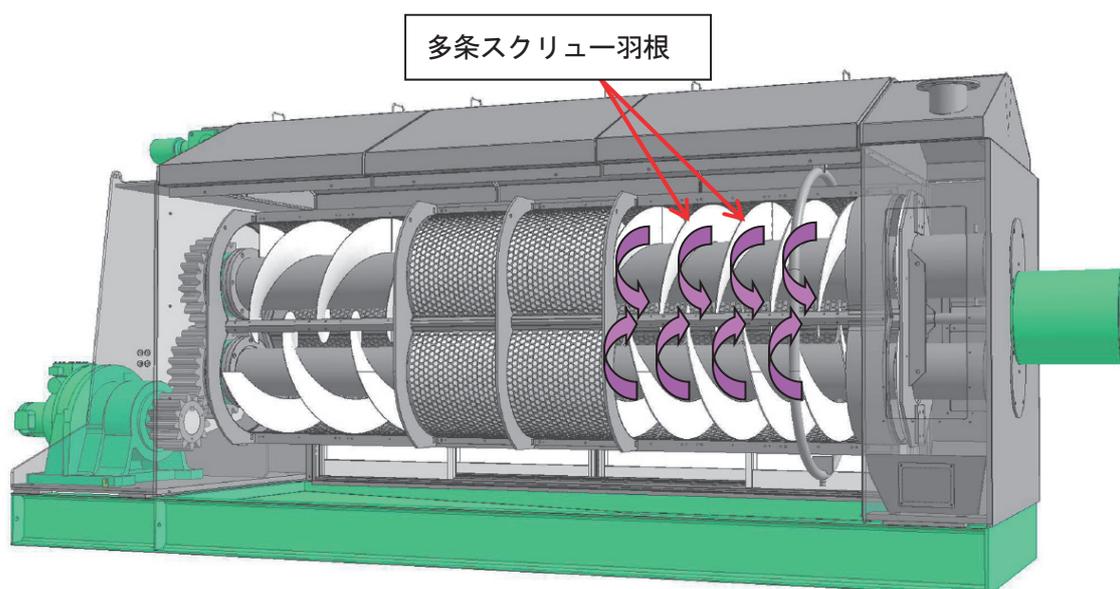


図3 構造図（多条スクリー）

#### 4. 特許

本装置の関連特許は次のとおりである。

- 登録番号：第 5219483 号 / 名称：汚泥脱水機
- 登録番号：第 5518162 号 / 名称：汚泥脱水機
- 登録番号：第 5653005 号 / 名称：多軸スクリープレス
- 登録番号：第 5143091 号 / 名称：凝集混和槽の監視装置
- 登録番号：第 5631067 号 / 名称：スクリープレス
- 登録番号：第 5660928 号 / 名称：スクリープレス
- 公開番号：特開 2014-193437 / 名称：汚泥脱水機

## 5. 性能

### (1) 脱水性能

消化汚泥を脱水している国内某下水処理場における性能試験データの一例を図4に示す。従来装置と比較して本装置のケーキ含水率は、同一の処理量負荷率の運転において2～2.8%低下し大幅な性能改善が図れることを確認した。また四季にわたる性能試験の実施により、年間の汚泥性状変化に対する処理の安定性についても確認した。

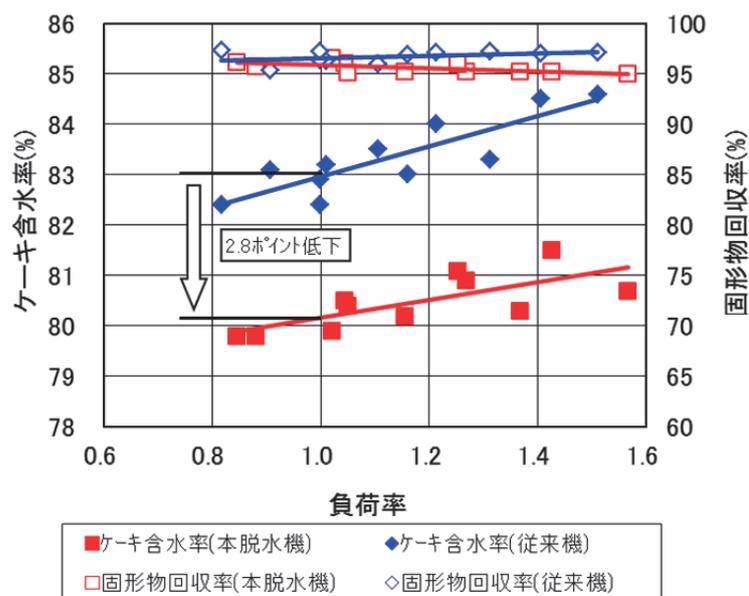


図4 本装置の脱水性能（従来装置との比較）

なお本装置の消費電力については $0.05\sim 0.16\text{kWh/m}^3$ と非常に低く、従来装置とほぼ同等の値となっている。

### (2) 耐久性・安全性

本装置は、スクリーアの回転が $1\text{min}^{-1}$ 以下と非常に低速なため（例えば遠心脱水機などでは $3000\text{min}^{-1}$ 以上）、スクリーア等の汚泥接触部の摩耗がほとんど発生せず、耐久性が良好である。

また、駆動ギヤ等の回転部はカバー内に収納されており安全性が高い上、脱水部は密閉型の防臭カバーで覆われているため臭気対策が容易であり、作業環境が良好である。

### (3) 運転・操作性

本装置は、圧入圧力一定制御<sup>\*1</sup>および薬注比例制御<sup>\*2</sup>により自動運転が可能である。

通常の運転監視においては、フロキュレータにて凝集フロックの状態確認、簡易湿分分析器（ケット式含水率計）による脱水ケーキ含水率の測定、分離液清澄度の観察による回収率の判定を行い、通常と異なる変化が生じた場合は、以下に示す項目の運転調整を行う。

- ①フロキュレータ回転数
- ②薬注率
- ③スクリーア回転数

④供給汚泥圧入圧力

⑤背圧プレッサ圧力

ただし上記の内、日常的に操作・調整する項目は①および②のみであり、③～⑤は納入時に調整すれば、ほとんど変更する必要が無いため、操作は非常に簡易なものとなっている。

※1 圧入圧力一定制御：脱水機への汚泥投入圧力が一定となるように汚泥供給ポンプの吐出量を自動調整する制御。

※2 薬注比例制御：脱水機運転中に汚泥濃度や供給汚泥量の変動が生じて、脱水機に供給される汚泥の固形物量に対し、一定の薬注率となるように薬品供給流量を自動調整する制御。

#### (4) 維持管理

本装置の維持管理には、日常点検・定期点検・オーバーホールの3項目がある。本装置はスクリーの回転が非常に低速かつ構造が極めてシンプルで可動部分が少ないため、維持管理は容易であり費用も安価で済む。またスクリー軸が2本の構造となっているが、駆動装置は1台のため、従来装置と比較して維持管理の手間が増大することはない。

##### ①日常点検

日常点検は、一般的な項目である電動機の電流値確認や運転開始前後の状態確認（目視・聴音）が主体となる。

##### ②定期点検

定期点検は、一定時間ごと（8h/日、5日/週運転の場合、おおむね1年ごと）に、消耗した部品の交換・分解清掃・各部測定を行う。

##### ③オーバーホール

オーバーホールは、一定時間ごと（8h/日、5日/週運転の場合、おおむね4年ごと）に脱水機本体を分解し、定期点検では実施できない内部の消耗部品の点検・交換・各部測定を行い、必要があれば補修も行う。

なお、本装置のオーバーホールは全て現地での作業が可能のため停止期間が短く、処理場の汚泥処理運転への影響を極力小さくすることが出来る。

表 1 維持管理の主要点検項目一覧

点検場所	点検項目	日常	定期	オーバーホール
高効率型 二軸スクリー プレス脱水機	振動・異音の有無	○	○	
	脱水ケーキ排出状況の確認	○	○	
	凝集フロックの状態確認	○	○	
	背圧プレッサの作動状態	○	○	
	スクリー回転数の確認	○	○	
	外胴スクリーンの損傷・目詰まり有無	○	○	
	駆動装置の電流値確認	○	○	
	フロキュレータの電流値確認	○	○	
	脱水ケーキ含水率, 固形物回収率測定	○	○	
	洗浄ノズル詰まりの有無	○	○	
	洗浄水量・水圧の確認	○	○	
	減速機用オイル量の確認	○	○	
	駆動装置の清掃点検		○	
	減速機用オイルの交換		○	
	スクリーン高圧洗浄(必要により)		○	
	消耗部品の点検・交換		○	
	消耗部品・予備品の交換			○
	スクリーン交換(磨耗时のみ)			○
	減速機オーバーホール			○
分解点検・清掃・組立			○	
各部寸法測定, 消耗部品補修・交換			○	
補機設備	振動・異音の有無	○	○	
	オイル量の確認	○	○	
	オイルの交換		○	
計装設備	外観, 周囲状態の確認	○	○	
	検出部異常の有無		○	
	指示値の補正		○	
現場制御盤	現場制御盤の内部状態確認	○	○	
	各表示灯の点灯状態確認	○	○	
	漏電遮断器の動作確認		○	
	VVVF, シーケンスコントローラ整備			○

## 6. 経済性

高効率型二軸スクリープレス脱水機の経済性を、計画日最大汚水量 10,000m<sup>3</sup>/日の下水処理場を想定して評価した。本装置は従来装置と比較して小さいスクリー径の機種を適用できるため、イニシャルコストで約 15%、ランニングコストで約 8%の削減（ケーキ処分費約 9%の削減）が図れる。その他、16%の設置スペースの削減が図れるほか、CO<sub>2</sub>排出量も 11%削減でき、環境負荷も小さくなることを確認した。

表2 経済性比較

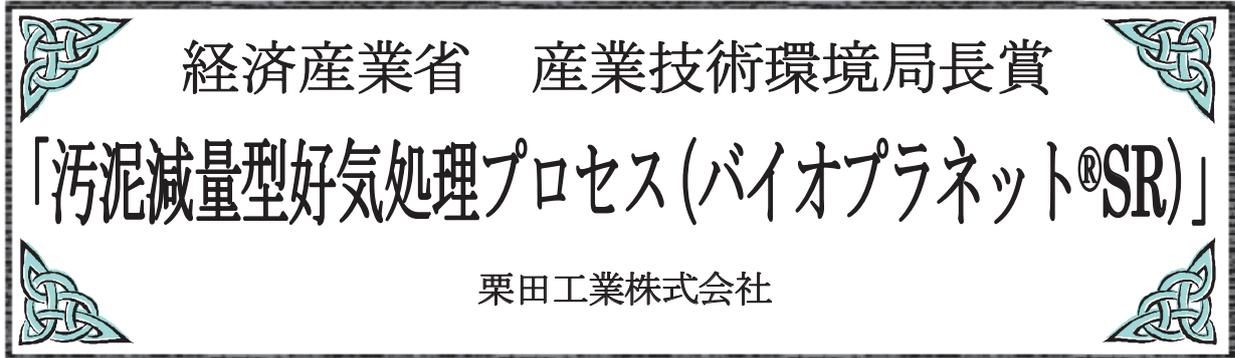
		従来装置	本装置
計画日最大汚水量		10,000m <sup>3</sup> /日	
水処理方式		標準活性汚泥法	
仕様	脱水機型式	スクリーン径φ600	スクリーン径φ500
	設置台数	2台	2台
運転条件	脱水対象汚泥	消化汚泥	
	脱水機運転時間	7h/日、5日/週	
	1台あたり処理量	110kgDS/h	
	薬注率	1.5%	
	脱水ケーキ含水率	80%	77%
経済性	イニシャルコスト	100	85
	ランニングコスト	100	92
	(電力費)	100	98
	(薬品費)	100	100
	(ケーキ処分費)	100	91
	CO <sub>2</sub> 排出量	100	89
	省スペース	100	84

## 7. 将来性

高効率型二軸スクリーンプレス脱水機は、下水汚泥脱水機に求められる、

- ①高い脱水性能
- ②低い消費電力
- ③コスト縮減への寄与

という市場のニーズにマッチした将来性の高い脱水機である。今後は、国内下水分野のみならず、民間排水分野や、近年スクリーンプレスの採用が増えつつある海外の下水処理分野などへも適用拡大を図りたい。



## 1. 装置説明

本装置は、微小動物による細菌の捕食を利用した汚泥減量型好気処理プロセスであり、有機物を微小動物が捕食しやすい分散菌へと変換する分散菌槽と、生成した分散菌を、ろ過捕食型微小動物に捕食させることで汚泥減量する微小動物槽から構成されている。本プロセスを用いることで、処理水質を悪化させることなく、標準的な好気生物処理に比べ、余剰汚泥の発生量を40～75%減量することが可能である。

本装置では固液分離方式によって、異なる3タイプの選択が可能である。

- ・沈殿池返送型(以下、沈殿池型)
- ・膜分離型(以下、MBR型)
- ・流動担体による流動床型

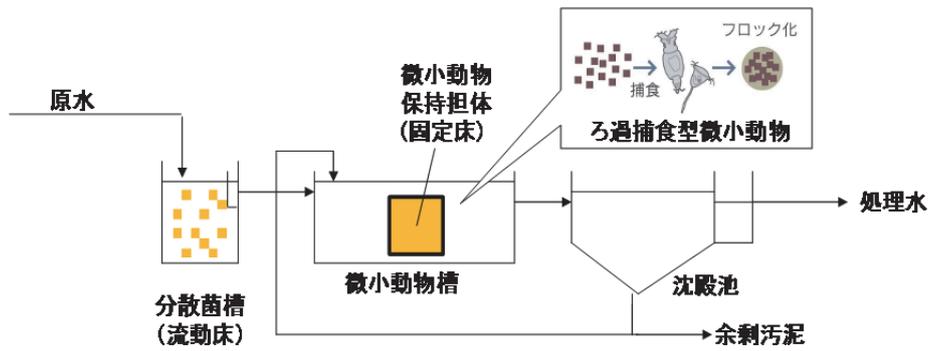
各方式の特徴は以下の通りで、適用時のニーズに応じて使い分けることができる。

沈殿池型とMBR型は、汚泥滞留時間を長く取ることができるため、汚泥発生量を大幅に削減することができる。また、MBR型は処理水へのSSの流出が無いため、高度な処理水質を達成することができる。流動床型は、沈殿池による汚泥返送が不要なため、運転管理の簡素化、高負荷化、省スペース化が可能となる。流動床型では汚泥を含む処理水が流出するため、必要な処理水質にあわせ、後処理設備を設置する。各生物槽には、処理に必要な微生物を安定して維持できるよう担体を添加・設置している。分散菌槽および流動床型の微小動物槽には3～5mmにカットしたポリウレタン担体が添加され、沈殿池型およびMBR型の微小動物槽には板状のポリウレタン担体が設置されている。

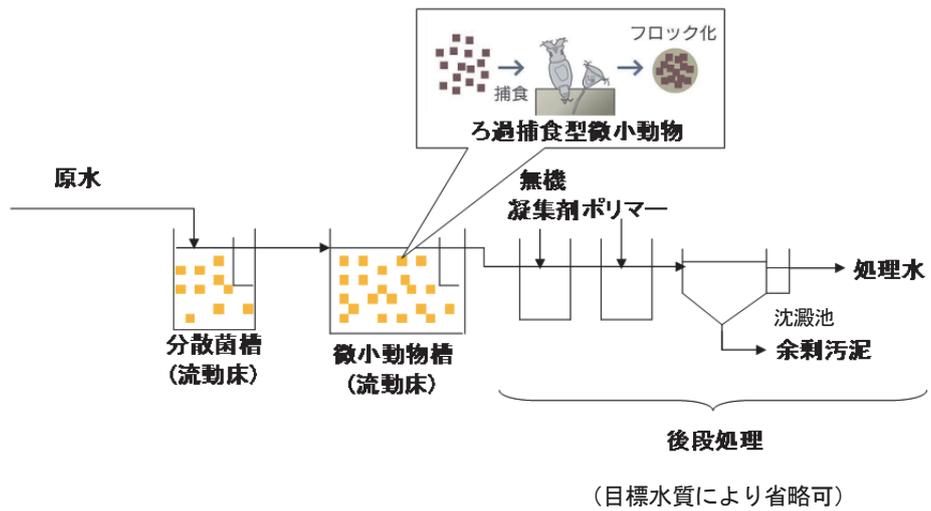
上記の通り、処理方式の選択肢を増やし、処理の安定性を強化したことで、処理設備の最適化、負荷変動や高負荷処理への対応ができるようになり、加えて生物処理に好適な食品工場排水だけでなく、化学工場、液晶工場などの成分が限定され微小動物の増殖が困難と考えられていた排水種への適用も可能にした。

各方式の概略図は図1に、本装置で発生する分散菌および微小動物、担体の様子は図2に示す通りである。

<沈殿池型>



<流動床型>



<MBR型>

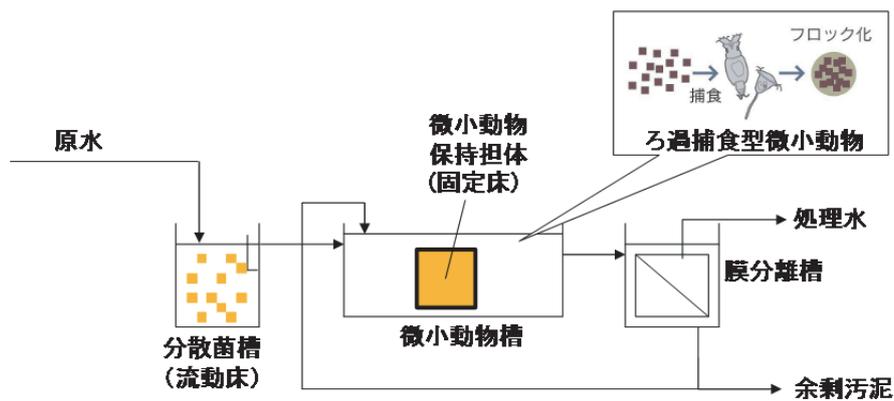
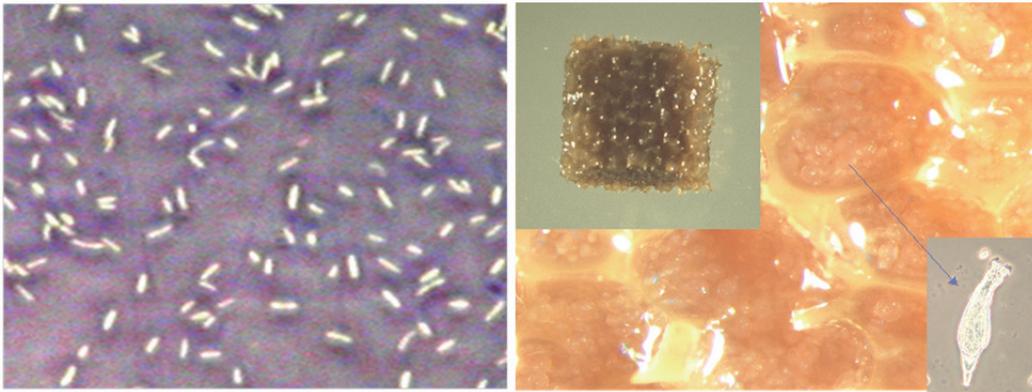


図1 汚泥減量型好気処理プロセスのフロー



<分散菌>

<微小動物槽：流動床型>

図2 各生物処理槽で発生する微生物

## 2. 開発経緯

産業排水等の有機性排水を生物処理する場合に用いられている活性汚泥法は、適用時のBOD容積負荷が $1.0\text{kg}/\text{m}^3/\text{d}$ 程度であるため、広い敷地面積が必要となる。また、分解したBODの30~40%が菌体すなわち汚泥へと変換されるため、大量の余剰汚泥の処理が必要となる。発生汚泥量を削減する方法としては、図3に示すような、汚泥改質方式が近年用いられてきた。これは、発生した汚泥の一部を改質し、生物分解しやすい状態にして、曝気槽に返送し、再び分解することで発生する汚泥の量を削減する方法である。改質方法としては、オゾン、破碎、薬品処理、超音波等、多くの可溶化手段が用いられており、改質の方法や運転条件によっては、高い汚泥減量率を得ることが出来る。しかしながら、改質した汚泥が流入することで、曝気槽への負荷が高くなるため、標準的な活性汚泥法より、大きい曝気槽容積が必要となり、改質設備も含め、イニシャルコスト増大の要因となる。また、改質のためのランニングコスト増大、汚泥減量時の処理水質悪化も汚泥改質型の欠点として知られている。

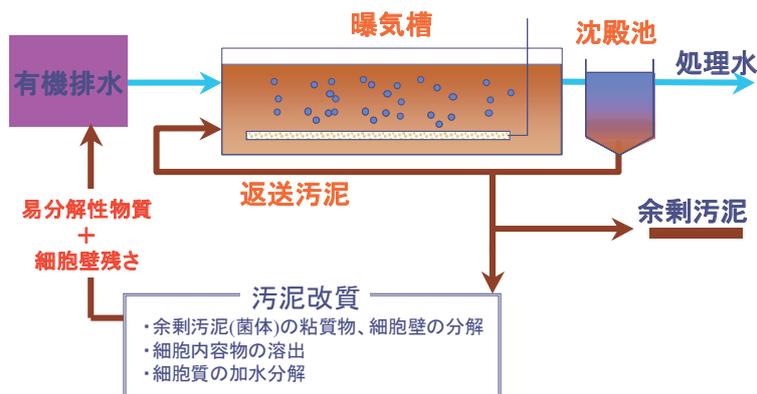


図3 汚泥改質型好気処理プロセスのフロー図(従来技術)

一方、改質設備を必要としない汚泥減量方法としては、微小動物の捕食作用を利用し、食物連鎖を進め汚泥を減量する方法が古くから知られている。生物処理槽内では有機物を細菌が分

解し、その細菌を微小動物(原生動物、後生動物)が捕食する。この捕食作用で生物相が高次化すると各段階でエネルギーが消費され、汚泥減量が進む(図4)。この機構を利用したのが、図5に示すような微小動物利用型好気処理プロセスである。このプロセスは、細菌によって有機物を処理するという点は従来の好気処理と同じだが、細菌を微小動物が捕食し易いよう細菌を分散状態で増殖させる。増殖した分散菌は、後段の「微小動物槽」にて、ツリガネムシやヒルガタワムシなどの分散菌を吸い取って食べるタイプ(ろ過捕食型)の微小動物に捕食されるので、その過程で微生物の活動にエネルギーが消費され、その結果、余剰汚泥量は削減される。この方式は、通常の好気処理では「有機物→細菌」で止まってしまう活性汚泥内での食物連鎖を「有機物→細菌→微小動物」まで進め、微生物の体となる量を減らすため、外部からエネルギーを加えずに発生汚泥量を減らすことができる。そのため、先に述べた汚泥改質型のような設備や改質のための薬剤、電力が不要となり、ランニングコスト、イニシャルコストは安価となる。

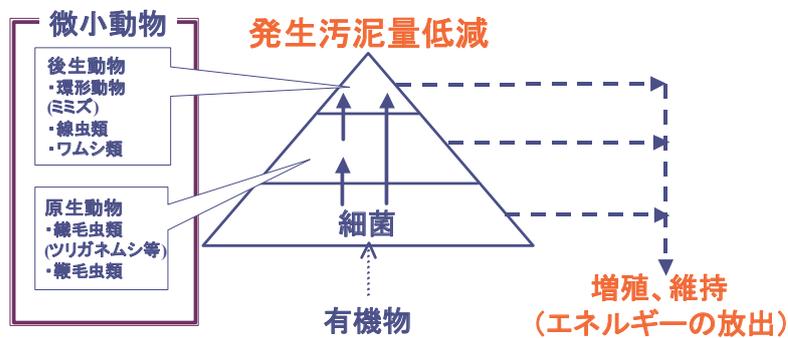


図4 生物処理槽内の食物連鎖の概略図

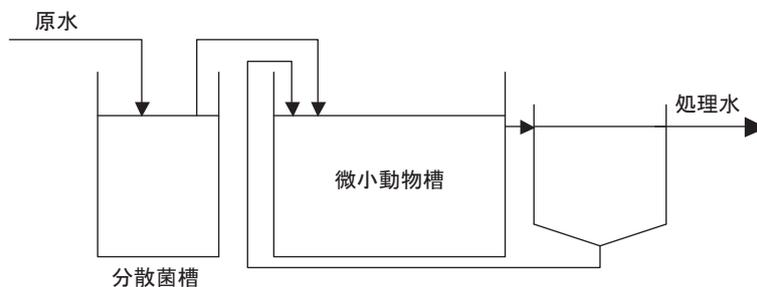


図5 微小動物利用型好気処理プロセスのフロー図(従来技術)

図5のようなフローは、すでに実用化されており、実際の有機性排水処理に適用し、対象とする排水や負荷の条件によっては、平均50%程度の発生汚泥量の減量化が可能となる。しかしながら、この汚泥減量効果は不安定で、排水によっては、減量効果がほとんど出ない場合もある。これは、以下のような課題から、ろ過捕食型微小動物を長期間、維持することは困難だったためである。

- ・排水濃度・負荷変動時の分散菌の安定供給
- ・凝集体捕食型微小動物の増殖による汚泥の解体、処理水質の悪化
- ・汚泥解体時のろ過捕食型微小動物の流出

そこで、分散菌とろ過捕食型微小動物の両者を安定して維持できる担体、運転条件の検討から開始し、微小動物槽用の担体に関しては各方式にあわせ、担体の形状も最適化した。これにより、濃度変動がある排水に対しても、安定して分散菌を生成でき、微小動物槽でも常に一定量以上のろ過捕食型微小動物を系内に維持出来るようになり、上記の課題を解決することができた。その後、30種類以上の様々な業種の実排水を用いた通水試験で、担体の微生物保持能力、処理性能、汚泥減量効果を実証し、汚泥減量型好気処理プロセス(バイオプラネット®SR)として完成させた。

#### <基礎検討>

- 平成 14～15 年 外部エネルギーを用いない汚泥減量技術の調査
- 平成 15～17 年 微小動物を利用した汚泥減量技術の開発
- 平成 18 年～ 旧タイプのバイオプラネット®SR 一号機納入

#### <担体利用法の開発>

- 平成 19～26 年 微小動物を利用した汚泥減量技術の改良改善
  
- 平成 19～24 年 処理の安定性向上
- 平成 19～24 年 沈殿池型高負荷化、流動床型開発.....高負荷処理対応
- 平成 24～25 年 MBR 型の開発
- 平成 25～26 年 タワー型の開発
- 平成 23～26 年 固定床担体の開発
- 平成 24 年 流動床型バイオプラネット®SR 一号機納入
- 平成 26 年 タワー型バイオプラネット®SR (流動床型) 一号機納入
- 平成 27 年 MBR 型バイオプラネット®SR 一号機納入

### 3. 独創性

微小動物を利用した汚泥減量型好気処理装置は公知だが、分散菌の安定生成とろ過捕食型微小動物の保持が困難で処理水質および汚泥減量効果を安定して維持することが困難だった。本プロセスの開発で、各生物槽、各方式に適した担体および適用形状を開発し、パイロット試験、実機での実証を経て、水処理装置として完成させた。本プロセスでは担体だけでなく、各方式に合わせた運転条件、立ち上げ方法、構成機器等、周辺技術も含めた開発を行い、従来の微小動物利用型好気処理装置の課題を解決することができた。

### 4. 特許

本装置の関連特許は次のとおりである。

- 登録番号：第 4967225 号 / 名称：有機性排水の生物処理方法
- 登録番号：第 4581551 号 / 名称：有機性排水の生物処理方法
- 登録番号：第 4892917 号 / 名称：有機性排水の生物処理方法および装置
- 登録番号：第 4821493 号 / 名称：有機性排水の生物処理方法
- 登録番号：第 4821773 号 / 名称：有機性排水の生物処理方法
- 登録番号：第 5092797 号 / 名称：有機性排水の生物処理方法および装置
- 登録番号：第 5170069 号 / 名称：有機性排水の生物処理方法

登録番号：第 5772337 号 / 名称：有機性排水の生物処理方法および装置  
 登録番号：第 5887874 号 / 名称：有機性排水の生物処理方法  
 登録番号：第 5862597 号 / 名称：有機性排水の生物処理方法および装置  
 登録番号：第 5895663 号 / 名称：有機性排水の生物処理方法  
 公開番号：特開 2015-020150 / 名称：有機性排水の生物処理方法  
 登録番号：第 5915643 号 / 名称：有機性排水の生物処理方法および装置  
 公開番号：特開 2015-199049 / 名称：有機性排水の生物処理方法および装置  
 公開番号：特開 2015-186799 / 名称：有機性排水の生物処理方法及び装置

## 5. 性能

表 1 に食品模擬排水での「本装置」と「標準的な好気処理装置」との比較結果を示す。汚泥転換率の減少分から、各方式とも 50%以上の汚泥減量効果が得られた。また、本装置では各方式で、高負荷化(沈殿池型)、後処理用凝集剤の削減(流動床型)、高負荷化・膜フラックスの向上(MBR 型)といった、汚泥減量以外の副次的なメリットが得られることも明らかとなった。

表1 食品模擬排水適用時の各方式の性能比較

	全容積負荷 (kg-BOD/m <sup>3</sup> /d)	BOD 除去率(%)	COD <sub>Cr</sub> 除去率(%)	汚泥減量率 (%-標準活性汚泥を 100 とする)
標準活性汚泥	0.6	>97	>95	100
本装置(沈殿池型)	2.0	>97	>95	40
標準型流動床	3.0	>98 (SS 除去後)	>96 (SS 除去後)	170
本装置(流動床型)	3.0	>98 (SS 除去後)	>96 (SS 除去後)	85
標準型 MBR	1.0	>99	>98	70
本装置(MBR 型)	1.5	>99	>98	30

## 6. 経済性

排水種・処理方式により効果は異なるが、40～75%の汚泥減量効果が可能である。流動床型の適用例では、500m<sup>3</sup>/d、BOD=1,200mg/L の排水を処理する設備において、発生汚泥量を 430t/年削減することができ、後処理の凝集剤、脱水剤費用とあわせ、約 1 千万円/年のランニングコスト削減が可能な見込みである。

## 7. 将来性

好気処理は嫌気処理に比べ、ランニングコストが高いものの、適用範囲が広く、今後も欠かせない技術である。よって、ランニングコストの大部分を占める余剰汚泥を、特別な設備や外部エネルギーを加えず、削減可能な微小動物利用型好気処理は、好気の欠点を補える技術として期待されていたが、安定性に課題があった。本装置により、処理水質と微小動物による汚泥

減量効果の安定性が向上したことで今後、通常の好気処理と同様の適用が可能となり、様々な業種・ニーズに対応できるようなる。

## 8. 市場適用の方向性：標準型排水処理装置の開発

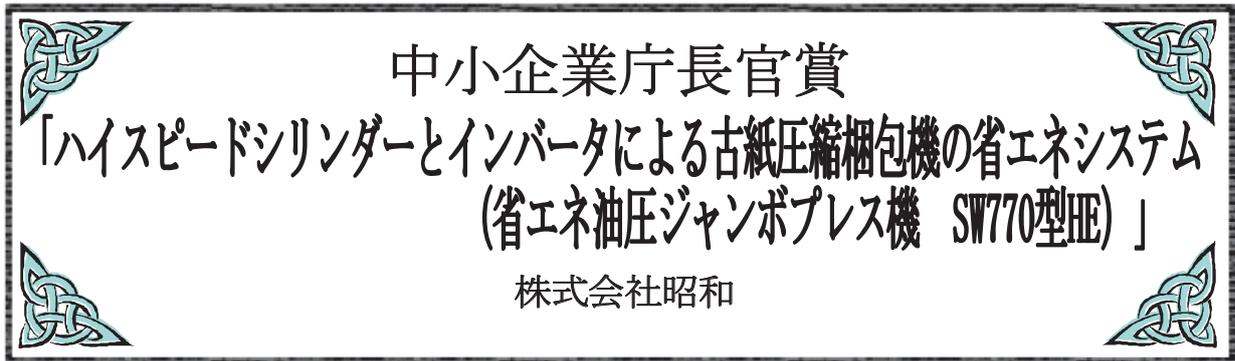
本技術を数百  $\text{m}^3/\text{d}$  以下の中小規模排水処理に適用するに当たり、イニシャルコスト削減、省スペース、短納期の要望に対応する標準型排水処理装置を開発した。従来の生物処理装置は、ブロアの吐出圧力の限界や耐久性の観点から、高さ 4~5m の鉄筋コンクリート水槽であることが常識であった。しかし、本生物処理槽では、水深 10m まで対応可能な吐出圧力を持つブロアを適用し、最大で全長 10m、水深 9m のタワー型水槽を可能にした。また、15 年以上の紫外線照射に対しても劣化しない特殊塗料を適用し、従来にない高さ 10m の FRP(繊維強化プラスチック)製好気生物処理槽を完成させた(図 6)。

FRP 製水槽には従来のコンクリート製水槽に比べて加工がしやすいメリットがある。そのため本装置に必要な配管やバルブ、流動床担体分離スクリーン等を全て本装置の製造工場内で加工し、装置を完成形まで仕上げることが可能である。更に完成した装置を納入現場までトラックで搬送する事により、必要な現地工事は配管と電気配線の接続のみとなり、現地工事費の大幅な削減が可能となった。これにより、従来の当社生物処理装置に比べ、最大 40% のコスト削減、40% の省スペース (ブロアや薬品タンクなど付帯設備も含む)、50% の納期短縮が実現される。このような特長は、国内の中小規模排水処理での様々な要望に対応するものであると共に、海外市場での本技術の適用にも有効な要素となると考えている。



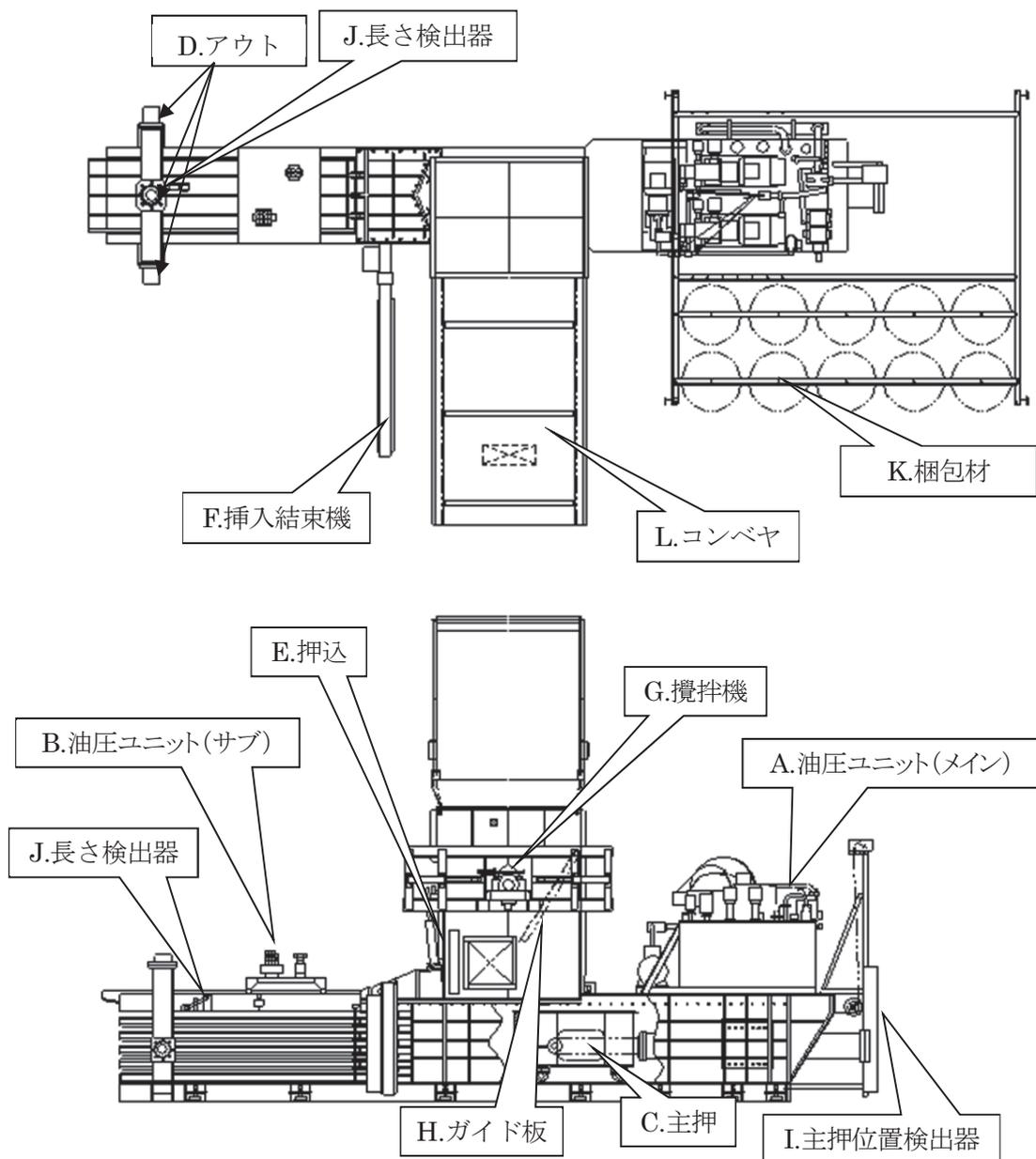
図 6 標準型排水処理装置の外観





1. 装置説明

(1) 古紙圧縮梱包機の基本構造

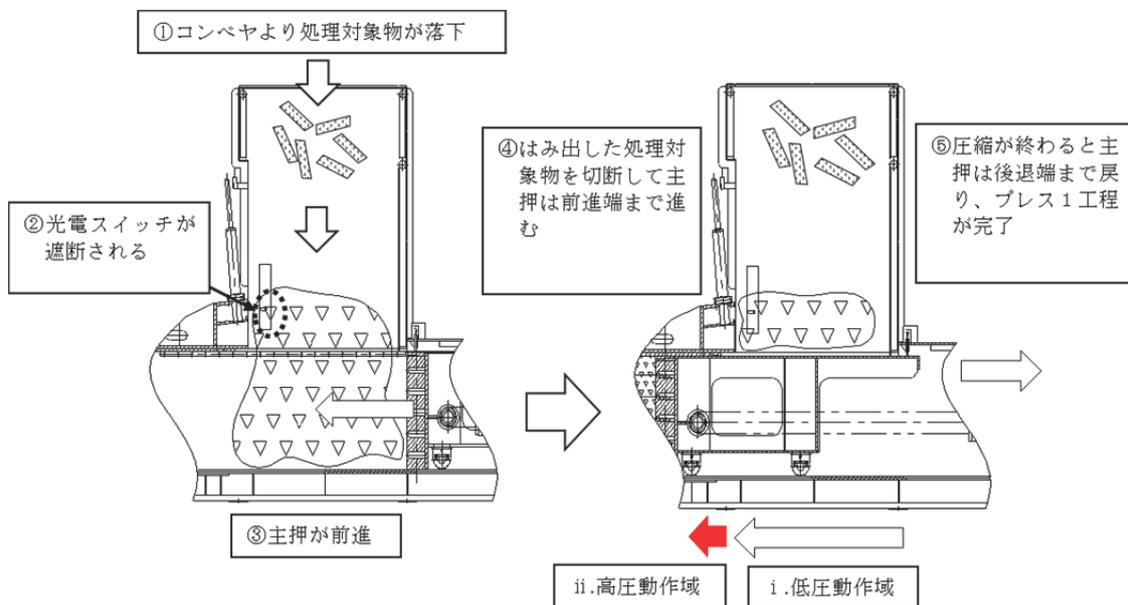




## (2) 装置の概要

コンベヤより投入された原料はプレスケースに落下し、ホップに取り付けられた光電スイッチ（レベルセンサ）が一定時間遮断されるとプレス工程を開始する。主押が前進し、途中プレスケース上部にはみ出した原料を切断して主押前進端に達し、後退動作に移りプレス工程を完了する。

原料を押し固めるには壁が必要となるが、本装置は先の行程で圧縮された原料にD（アウトシリンダ）により抵抗を掛け、壁として圧縮を行う。これにより1つの動力（シリンダ）で成形と排出を行うシステムとなっている。この圧縮工程を繰り返し圧縮中の梱包物が設定した長さに達すると自動的にK（梱包材）にて結束を行う。



### 主押の制御

- i. 主押の動き始めは原料が固まっていないため、圧縮力はさほど必要がなく速度を重視し低圧で動かす。
- ii. 主押がある程度進むと原料が固まり始めるため、圧縮力が必要となるので高圧へ切替えを行う。

### (3) 各部の説明

#### A. 油圧ユニット (メイン)

各油圧シリンダ及びオイルモータ作動用の油圧発生装置である。

電動機、油圧ポンプ、圧力調整装置、主押切換弁その他油圧動力源として必要な装置が一括して組込まれている。また、作動油の冷却はオイルクーラにて行われる。

#### B. 油圧ユニット (サブ)

油圧ユニットより送られた油圧動力源を利用し、結束装置、押込、アウト等細部の制御を行うための切換弁及び圧力計等より構成されている。

#### C. 主押

ホoppaからプレスケースに落下した原料を、圧縮しながら外部に押し出すプレス機の主要部分である。ピストン及びシリンダより構成されている。

#### D. アウト

プレス圧力(製品の硬さ)を調整する装置である。上部シリンダ及び横部シリンダにより主押前進時に押し出される梱包物に抵抗を加える。

#### E. 押込

切断不能の場合、シリンダにより切断部の塊を押し下げ切断不能を解除する補助装置である。切断不能時を自動的に検知し作動する。

#### F. 挿入結束機

2本の番線をループ状に引き寄せるバンド送り(挿入機)と番線のねじり及び切断を行う結束機から成っている。

バンド送りは結束本数分(通常5本)のシャフトの先端にローラが取付けられ2本のシリンダで作動し、結束機側に番線を引き寄せる。結束機はねじり用ギヤケース5ヶ、連動ギヤ、オイルモータ、鉄線カッター用刃物、カッター用シリンダが1つの箱に収納されている。また、ギヤケースへの給油は、結束動作回数により自動的に注油される。

#### G. 攪拌機

ホoppa内に投入された原料を攪拌し、圧縮室内原料密度を均一にすることで梱包形状を整える装置である。電動機、ギヤボックス、攪拌用プロペラ等より構成され、ホoppaへの出し入れは油圧シリンダにより行い、選択により自動セットされる。攪拌機は使用しなくても圧縮できるが、梱包荷姿が悪く荷崩れ等おこる場合がある。

<形状により以下の2タイプがある>

- ・攪拌Ⅰ型：水平タイプ(動作方式の異なる3種類がある)

全自動タイプ：攪拌機移動、ゲート開閉【油圧式】

半自動タイプ：攪拌機移動【油圧式】／ゲート開閉【手動】

手動タイプ：攪拌機移動、ゲート開閉【手動】

- ・攪拌Ⅱ型：ハンマータイプ

#### H. ガイド板

投入原料種類により、プレスケース容積を調整する装置である。鋼板と移動用シリンダより構成され、プレス選択を行えば自動的に最適位置にセットされる。

#### I. 主押位置検出器

主押の各位置を検出する装置である。主押ピストン後部より接続されたチェーンによりギヤを回転させ距離を測定する。ロータリーエンコーダ、近接スイッチ等より構成される。

#### J. 長さ検出器

圧縮中の梱包物の長さを計測する。円周約50cmのギヤと近接スイッチより構成される。

#### K. 梱包材

梱包材は番線を使用し、#10（φ3.2）なまし鉄線を10巻使用する。

#### L. コンベヤ

原料をホッパに投入する装置である。減速機付モータで駆動しインバータにより制御している。

## 2. 開発経緯

### (1) 開発趣旨

紙は重要な資源であるため、一度使用された紙（古紙）は回収され、加工し、再び紙（再生紙）として再利用されている。

紙は日本全国いたる場所で使用されており、使用済みの紙は様々な場所で回収される。それに対して古紙を再生する場所（製紙工場）は限られているため、集められた古紙は直接製紙会社の工場へ持ち込まれる訳ではなく、一旦貯留する場所が必要となる。

しかし、古紙はかさばるためそのままの状態では、貯留スペースの確保が困難である。

また、運搬する際にも同様に非常の多くの運搬車両を用いることになってしまう。

そこで、考案されたのが古紙圧縮梱包機である。古紙をキューブ状に圧縮成型し、約1/5に減容することが可能である。これにより、貯留と運搬効率が格段に向上する。

しかし、従来の古紙圧縮梱包機は時間あたりの処理能力を向上させるニーズが強く、油圧ユニットの動力が益々大型化し、待機時電力も多く電力使用量は増加する傾向にあった。

本装置は、時間あたりの処理能力を維持しつつ、動力の小型化と待機電力の削減により、電気使用量の削減を目標に取り組んだものである。

## (2) 開発目標

時間あたりの古紙処理能力が同程度の条件で、従来型の古紙圧縮梱包機と比較し、機械の電力使用量を25%削減すること。

## (3) 開発経緯

平成22年～平成23年

- ・当社八街工場にて主動力である油圧モータをインバータ制御で運転しモータ回転数に比例した消費電力値の変動を確認。待機時の回転数制御による節電の方向での回路設計を始める。
- ・負荷に応じた2重構造のシリンダで作動スピードを上げることを発案。
- ・省エネ化に必要なシリンダ構造やインバータ採用による問題点を会議を重ね抽出。検証や基本設計を開始。
- ・従来の主動力37kWを30kWにダウンサイジングしても処理能力の維持が理論計算上可能となったので主動力を30kWに変更した。

平成23年～平成25年

- ・実証機の開発を開始

平成25年 5月

- ・実証機を顧客へ導入し、データ収集と検証
- ・検証の結果インバータ制御により起動電流が発生しないメリットを生かし待機時の周波数制御（モータ回転数）ではなく、停止するアイドルングストップに変更し使用電力量をさらに削減した。

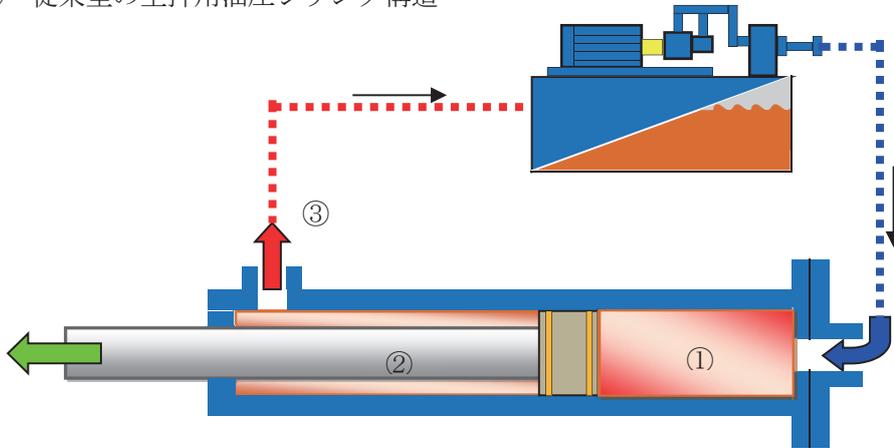
平成25年 9月

- ・1号機納入

### 3. 独創性

#### (1) シリンダ構造

##### ① 従来型の主押用油圧シリンダ構造

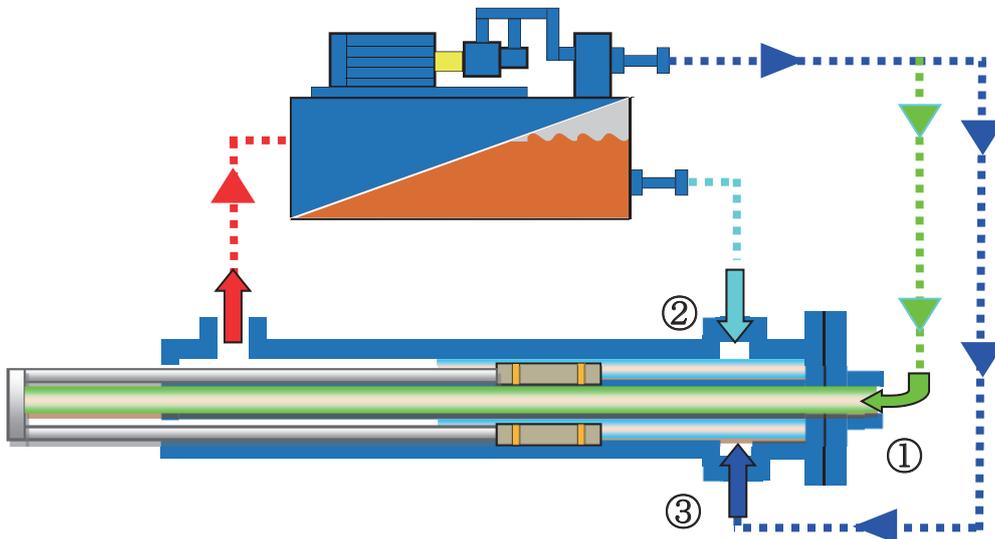


従来機の主押用油圧シリンダ構造図

従来機の油圧シリンダは、圧縮力を得るために圧力をかけた油を①へ流し②の油は矢印③から抜く単純な構造であった。

時間あたりの処理能力を上げるには、シリンダを早く動かす必要があり、それには①に早く油を貯めねばならず、油圧ユニットの動力を増やしポンプ数を増やさざるを得なかった。

##### ② 本装置の主押用ハイスピードシリンダ構造



主押用ハイスピードシリンダ構造図

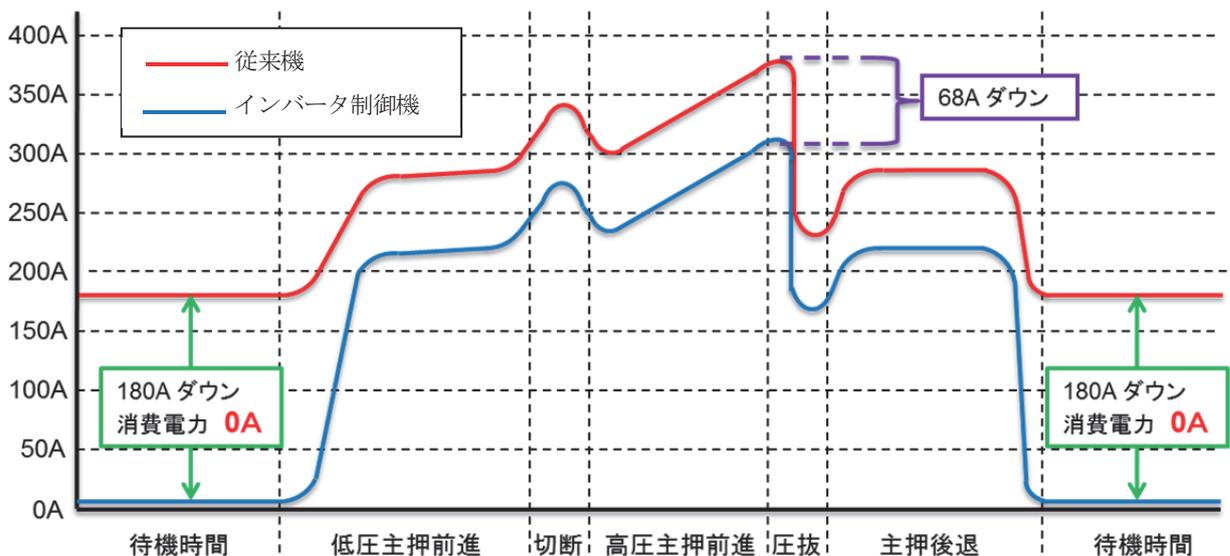
ハイスピードシリンダは、シリンダ内部を二重構造にした2種類の内径を持ったシリンダである。主押の動き始めは処理対象物が固まっていないため、圧縮力はさほど必要がなく、速度を重視し低圧で動かす。この区間は、内径が細いシリンダ①に油を送り、②は真空になり引っ張られることで、タンクより無負荷で油が流れる。内径が細いため、同じ油の量でもシリンダは早く前進する（③は高圧ポートのため閉じている）。

切断付近から前進端までは処理対象物を固める区間のため、圧縮力が必要となる。この区間は、ポンプより高圧（ポンプ吐出量小）にて①及び③に流しシリンダ全体に圧力をかける（②は無負荷ポートのため閉じる）。従来型のシリンダと比べ1ストローク約1.3倍の速さで動く。

油圧ユニットは油を汲み上げるポンプと動力源のモータで構成されており、ハイスピードシリンダを用いることで、従来型のシリンダと比較すると少ない流量で同等の速度を得ることが可能である。そのためポンプ及びモータのダウンサイジングが可能となり、時間当たりの処理量が同等であっても電力使用量が削減できる。

## (2) インバータによる制御

油圧ユニットに使用しているモータには定格電流値があり、この範囲内で仕事を行う。しかし全ての圧縮工程で定格電流まで達する訳ではない。例えば待機中は定格電流には達しておらず約1/3程度の電流値で回転している。また、圧縮工程も動き出し時では電流値は上がり、切断及び押しきり時に定格電流に達する。主押が圧縮工程1サイクルする中で電流値は変動を繰り返している。

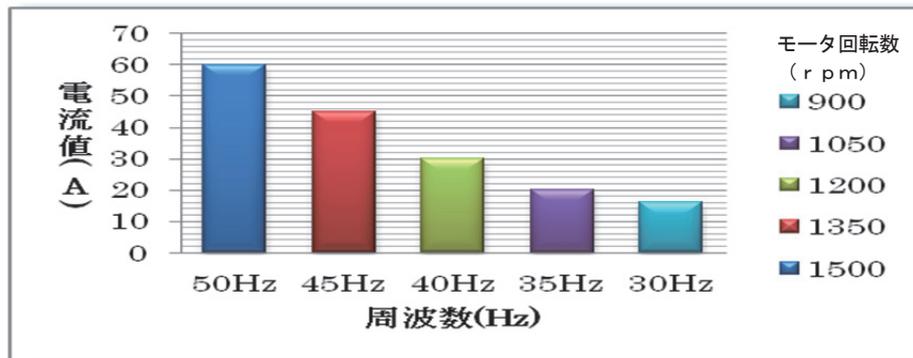


グラフ 1：圧縮工程 1 サイクルの使用電流（実機測定値による）

従来機では、スターデルタ起動を用いており、起動電流は定格の2～3倍と高く、節電のため待機中の電源を切るといった間欠運転を行うと、ある程度長い停止時間が無いと逆に起動電流が停止時の節電を上回ってしまう。

一方、インバータ起動を用いると、周波数変調によるモータ回転数の制御が可能のため、起動時はモータが必要な回転数で動かすことができ、無駄の無い電流値で起動が可能となる。これにより、少しの停止時間でも間欠運転を行うことで、節電効果を得ることができる。

また、従来機のモータの起動は1機ずつ順番に行っていたが、インバータ起動は全モータを同時に起動出来るため、立上りスピードが速く、瞬時に圧縮工程を開始することができストレス無く間欠運転ができる。



グラフ 2: モーターの回転数と電流値及び周波数

#### 4. 特許

本装置の関連特許は次のとおりである。

公開番号: 特開 2014-118981 / 名称: 古紙圧縮梱包機における省エネ油圧シリンダ装置

公開番号: 特開 2014-201327 / 名称: 圧縮梱包装置

#### 5. 性能

時間あたりの古紙処理能力が同程度の従来機と、1t の古紙を処理した場合の消費電力を比較した表を以下に示す。(実機測定値)

表 1 古紙処理における 1t あたりの消費電力比較表

		従来機 SW770 型 D-150HP	申請機 SW770 型 HE-120HP
油圧ユニット動力数		37kW モーター×3 台	30kW モーター×3 台
時間あたりの 処理能力	段ボール	20.5t/h	19.8 t/h
	新聞	15.4 t/h	15.9 t/h
	雑誌	17.2 t/h	17.6 t/h
1 梱包での消費電力	段ボール	6.3 kWh	5.1 kWh
	新聞	3.5 kWh	2.3 kWh
	雑誌	3.6 kWh	2.5 kWh
1 梱包重量	段ボール	0.950 t	
	新聞	1.090 t	
	雑誌	0.990 t	
1t あたり処理する 消費電力	段ボール	6.63 kWh/ t	5.34 kWh/t
	新聞	3.21 kWh/ t	2.15 kWh/t
	雑誌	3.64 kWh/ t	2.52 kWh/t
	平均	4.49 kWh/ t	3.35 kWh/t
1t あたり処理する消費電力削減率		100 %	74.6 %

## 6. 経済性

従来機を本装置へ更新した場合に電気使用料は以下表のとおりとなる。

表2 電気使用料の比較

従来機				基本料金	夏季料金	その他季料金	燃料費調整費
機種				1233.75 円	18.2 円	17.09 円	1.24 円
SW770型 150HP	契約電力値			100 kW			
プレス機出力合計	100 kW	契約電力	100 kW				
134.45 kW	現在の力率	使用電力量		0	12,336 kWh		
	100 %	力率 割引	15 %				合計
		計	104,869 円	0 円	210,822 円		315,691 円/月
申請機				基本料金	夏季料金	その他季料金	燃料費調整費
機種				1233.75 円	18.2 円	17.09 円	1.24 円
SW770型 HE 120HP	契約電力値			85 kW			
プレス機出力合計	85 kW	契約電力	85 kW				
113.45 kW	予想力率	使用電力量		0	9,252 kWh		
	100 %	力率 割引	15 %				合計
		計	89,230 円	0 円	158,117 円		247,347 円/月
申請機導入での電気料金予想削減額							
現在の電気料金	省エネペーラー導入	電気料金削減金額					
315,691	-	247,347	=	68,344 円/月	以上の削減が見込めます。		

※本装置の電気料金は、従来機の電気料金を顧客より提示して頂き、そのデータを基に算出した数値です。

本装置はイニシャルコストが 15%の増加となるが、省エネ効果によりランニングコストで 21.6%の削減が見込めるため、6年以内に回収が可能である。

古紙圧縮梱包機は平均的に 15年以上使用されているため大幅なコスト削減となる。

表3 イニシャルコストとランニングコスト

	従来機	申請機
イニシャルコスト/装置購入費用	100 %	115 %
ランニングコスト/電気料金	100 %	78.4 %

## 7. 将来性

従来型の古紙圧縮梱包機は国内で 1,500 台以上が稼働している。本装置は、平成 25 年 5 月より販売を開始しており、平成 27 年 9 月時点での販売実績は 42 台である。省エネ効果も実機レベルで確認され、顧客への認知度が広がってきており、今後、更新需要にあわせてさらなる普及が予想される。



# 日本産業機械工業会会長賞 「汚水沈砂池向けノズル式集砂装置 (エジェクタ式集砂装置)」

アクアインテック株式会社

## 1. 装置説明

本集砂装置は、下水処理場又は汚水ポンプ場内の沈砂池に設置し、沈殿物（沈砂等）を揚砂ポンプピットまで集める装置である。装置の構成としては、集砂水を供給する集砂配管・池底に設置するトラフ・集砂水を噴射する集砂ノズル・集砂水を噴射する箇所を切替える集砂切替弁（電動ボール弁）・集砂水量を調整する集砂調整弁（手動ボール弁）がある。沈砂池に堆積した沈砂は、池底トラフ内に設置された集砂ノズルより噴射された集砂水によって揚砂ポンプピットまで集められ、揚砂ポンプにて汚水と一緒に揚砂され沈砂分離機で汚水と沈砂に分けられ処理される。集砂ノズルに供給される集砂水は、集砂水ポンプにより汚水を直接汲み上げ供給が可能である。（従来設備である高圧式集砂装置は、ノズル口径が小さいため、ノズル閉塞防止として流入汚水を直接ノズルへ供給する事はできないが、本装置のノズル口径は大きいため、閉塞のリスクが小さく流入汚水を直接ポンプで汲み上げ集砂ノズルに供給可能である。）

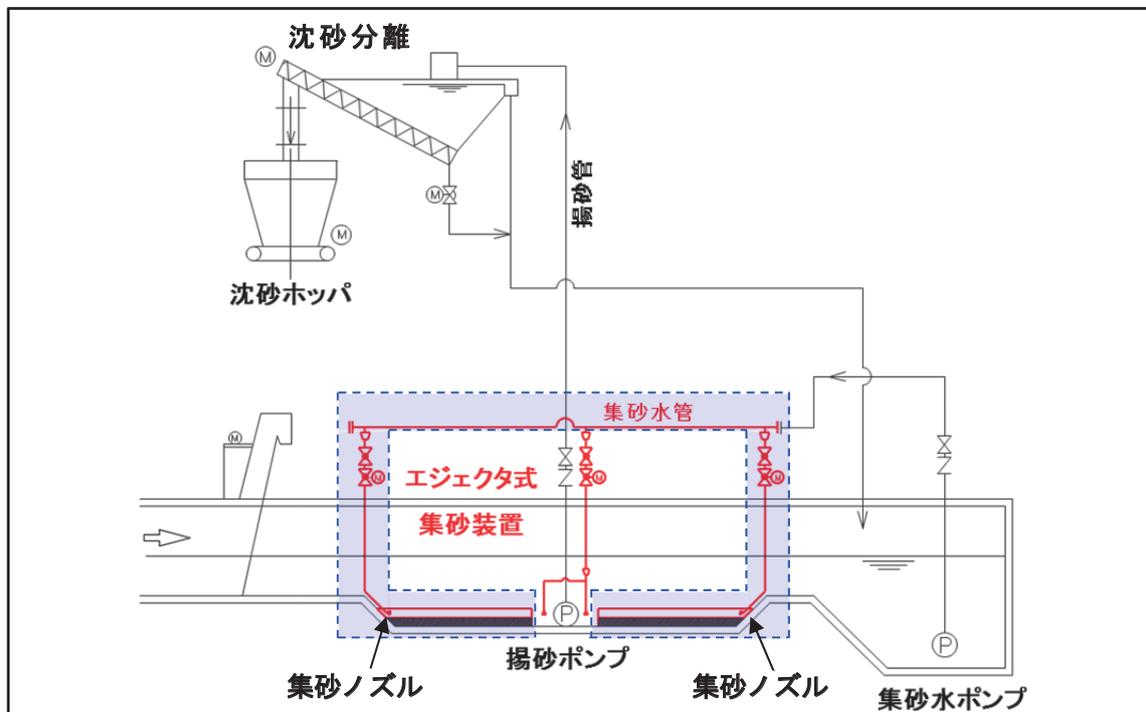


図1 集砂装置概略フロー

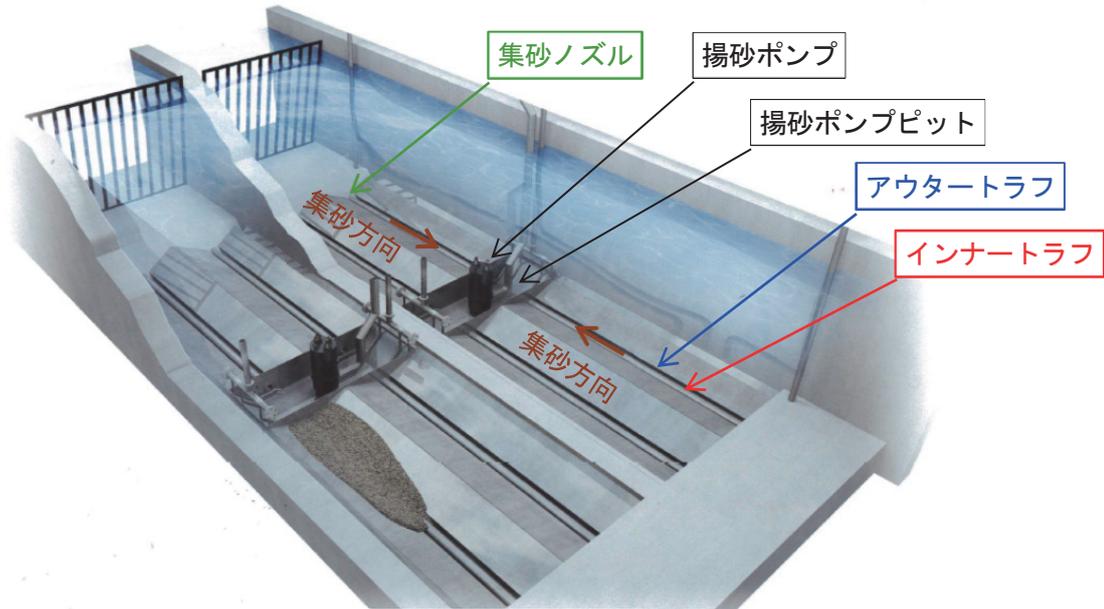


図2 集砂装置概略構成例

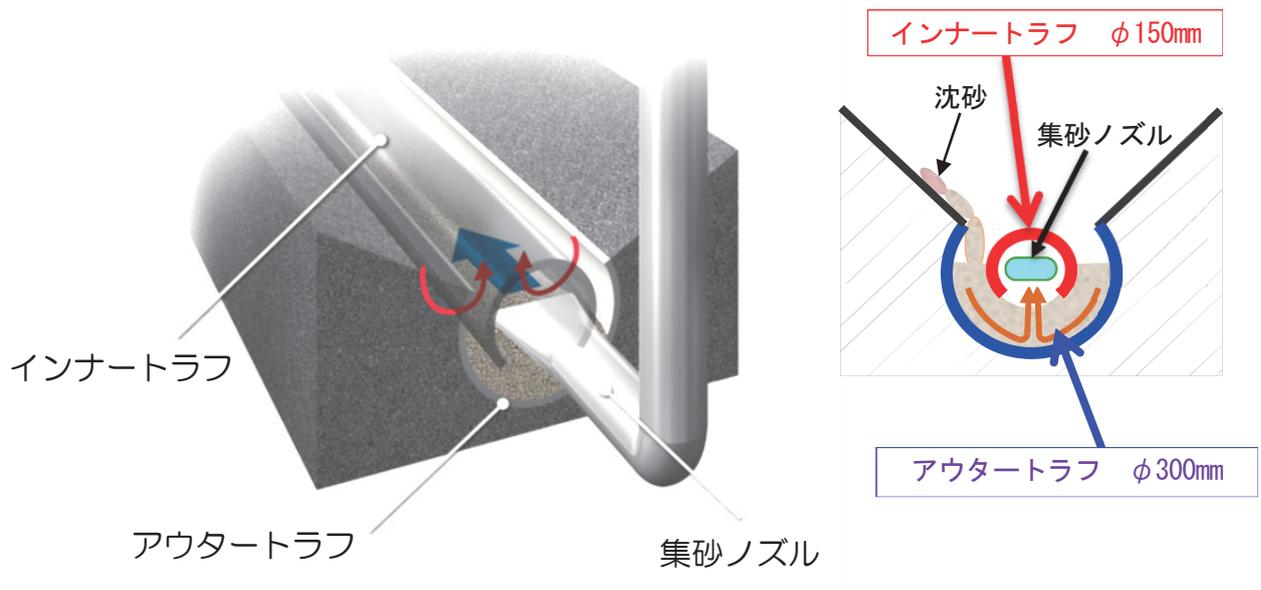


図3 トラフ構造

池底に設置されるトラフは図3の示す通り、インナートラフ（約φ150mm）とアウトトラフ（約φ300mm）から成る二重構造となっている。集砂ノズルはインナートラフ内に設置され、インナートラフ内に流速を発生させる。インナートラフ内に流速が発生することにより、エジェクタ効果が生まれアウトトラフ内に堆積した沈砂はインナートラフ内へと吸い上げられインナートラフ内を圧送される。

## 2. 開発経緯

従来装置として、機械的に集砂を行う搔寄式やスクリーコンベヤ式があった。しかし、機械式は水中部に可動部が必要となり維持管理性に対する課題を抱えていた。また、下水という高腐食環境に加え、沈砂による摩耗により修繕費用が高価になるという問題もあった。そこで高圧力水をノズルから噴射して集砂を行う高圧式集砂装置（ノズル式集砂装置）が導入され始めた。しかし、高圧式集砂装置は、高圧水供給ポンプ動力が大きいことや、砂のまき上がりによる集砂効率の低下という問題が新たに発生した。これらの課題を解決するため、低圧力水をノズルから噴射し、集砂時のまき上りを抑え、効率良く低動力で集砂ができ、維持管理の容易な集砂装置の開発が求められていた。

平成 23 年	現状の把握 データ解析
平成 24 年	社内実験装置による検証
平成 25 年～平成 26 年	川崎市上下水道局殿と共同で実機場による実証実験
平成 27 年	第 1 号機納入 第 2 号機建設中

## 3. 独創性

従来装置である高圧式集砂装置は、ノズルから噴射される水流の力を使って、堆積沈砂を単純に押し流す原理の装置であるが、堆積物の中には砂利や石など砂以外の物も多いため、かなりの高圧水でなければそれらの堆積物を問題なく運ぶことはできない。そのため、高圧な集砂水を供給するためのポンプが必要となり動力が非常に大きくなる。また、集砂水压を高めるため、集砂ノズルの径を小さく絞る必要があり、ノズルの閉塞防止が必要となる。集砂水に汚水を利用する場合は、別途汚水中の夾雑物除去装置が必要である。また、高圧水を噴射することにより池内が攪拌され沈降した沈砂等の沈殿物をまき上げてしまい後段の設備へ沈砂を流出してしまい、後段設備の摩耗等のトラブルを引起している。

一方、エジェクタ式集砂装置は、従来の水流を直接堆積物に向かって噴射して押し流す方式ではなく、インナートラフによって沈砂が堆積していない空間を確保し、その空間に向かって集砂水を噴射し、インナートラフ内に流れを発生させ、その流れによって出来るエジェクタ効果を利用し、アウトートラフ内の沈砂をインナートラフ内へと吸込みながら圧送する全く異なる原理の装置である。また、噴射された集砂水は、インナートラフ内を流れるため、効率が良く、高圧式集砂装置のような高圧水を必要とせず、堆積物のまき上がりも発生しない。低圧力水による集砂なので集砂ノズルの径を小さく絞る必要がなく、ノズルの閉塞リスクが低いため、直接汚水を集砂水に利用することができ、全体設備として機器点数が少なくシステム構成がシンプルである。加えてインナートラフにより沈砂が堆積しない空間を作るため、砂没に対する性能も非常に高く、装置が砂没した状態でも運転が可能である。

## 4. 特許

本装置の関連特許は次のとおりである。

- 特許番号：第 5679365 号 / 移送システム
- 公開番号：特開 2015-00361 / 移送システム
- 公開番号：特開 2015-62907 / 移送システム
- 公開番号：特開 2015-96262 / 移送システム

## 5. 性能

### (1) エジェクタ式集砂装置の運転状況

高圧式集砂装置とエジェクタ式集砂装置による通常運用状態での集砂性能比較試験を行った。比較試験を行った両設備の仕様を表1に示す。エジェクタ式集砂装置は汚水を直接利用可能であるため、高圧式集砂装置では必要となる汚水中の夾雑物を除去する設備（原水ポンプ・し渣分離機・し渣脱水機・圧力水槽）が不要となりシステム構成がシンプルである。

表1 集砂・揚砂装置 構成機器仕様

機器名称	エジェクタ式集砂装置(No.2 沈砂池)		高圧式集砂装置(No.1 沈砂池)	
	仕様	出力	仕様	出力
集砂装置	インナートラフ：150A (SUS304TP) アウトートラフ 300A (SUS304TP)	—	高圧噴射ノズル 6個 約 0.3m <sup>3</sup> /min×6=1.8m <sup>3</sup> /min	—
	集砂弁：電動ボール弁：3台	23W×3	集砂弁：電動ボール弁：1台	150W
揚砂装置	渦流式水中ポンプ 口径 150mm 2.0m <sup>3</sup> /min×15mH	15kW	ジェットポンプ 吸込径 65A 揚水量 0.45m <sup>3</sup> /min (駆動水 1.8m <sup>3</sup> /min)	吐出弁 40W 圧力水弁 40W
集砂水供給 ポンプ	渦流式水中ポンプ 口径 150mm 1.5m <sup>3</sup> /min×13.5mH	11kW	圧力水ポンプ (ジェットポンプ駆動水供給兼用) 横軸片吸込渦巻ポンプ 口径 100mm 1.8m <sup>3</sup> /min×50mH	30kW
原水ポンプ			口径 100mm 2.0m <sup>3</sup> /min×12mH	7.5kW
し渣分離機			連続掻揚式 目幅：3mm	0.75kw
し渣脱水機			スクリーン式 処理量：0.75m <sup>3</sup> /h	3.7kw
圧力水槽			FRP製タンク 容量：6.0m <sup>3</sup>	—
概略フロー				

H25年10月21日～H26年3月6日まで通常運用状態で運転を行い、除砂量を比較した。運転結果を図4に示す。

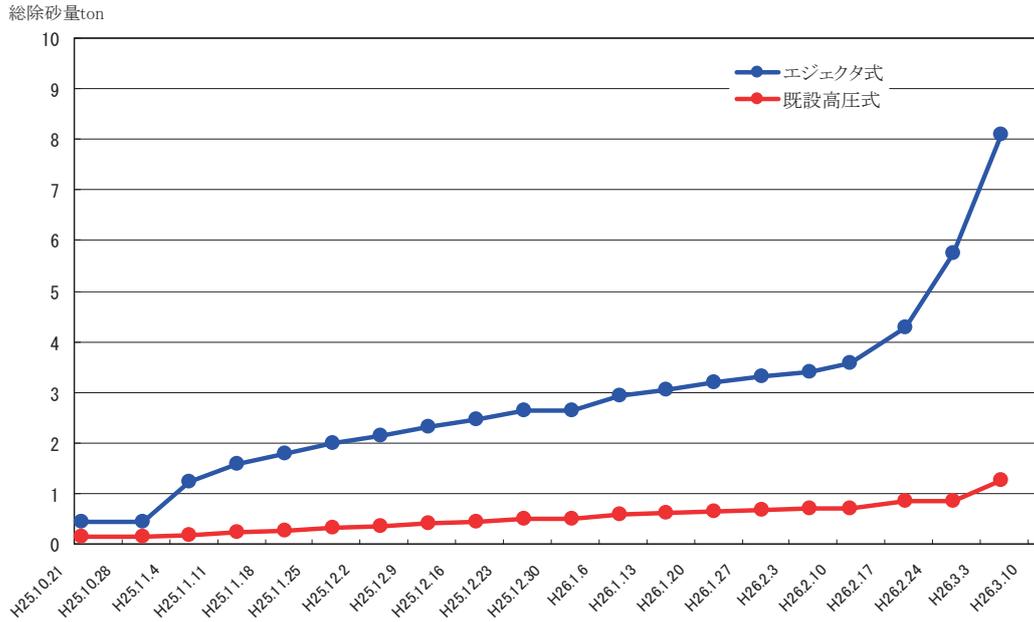


図4 通常運用状態での運転比較 (総除砂量)

期間中のエジェクタ式総除砂量は、高圧式に比べ約6.4倍となった。

また、比較実験の後半(2月14日)に大雪が降り、流入沈砂量が異常に増える事態となったが、エジェクタ式集砂装置はその負荷変動にも対応し除砂量を追従させたが、高圧式集砂装置は、対応しきれずあまり除砂量は増えない結果となった。

## (2) 集砂性能比較実験 (砂撒き実験)

集砂性能を把握するため、高圧式集砂装置とエジェクタ式集砂装置に約 1.0t の沈砂を撒いて集砂能力比較を行った。

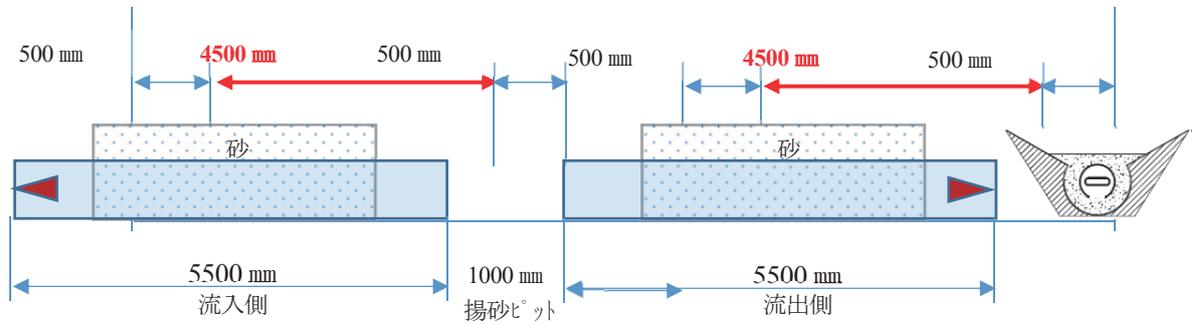


図 5 エジェクタ式集砂装置砂撒き状況

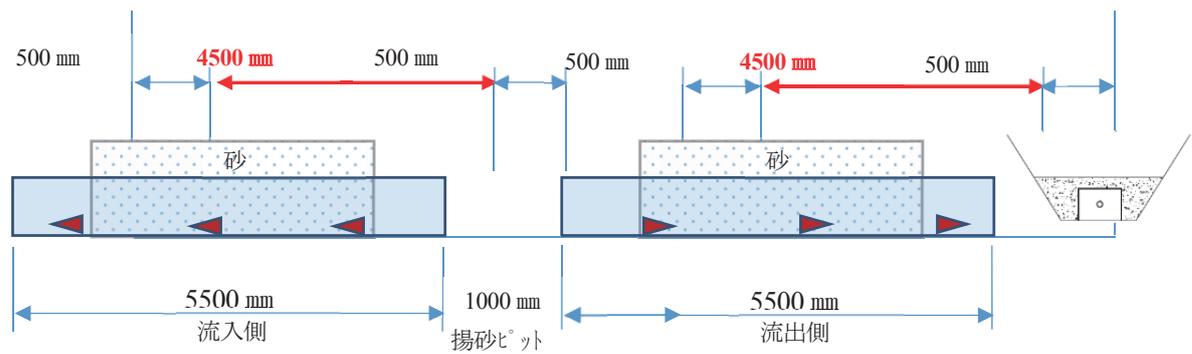


図 6 高圧式集砂装置砂撒き状況

砂撒き状況を写真 1・2 に示す。



写真 1 エジェクタ式砂撒き状況



写真 2 高圧式砂撒き状況

集砂運転中の状況を写真3・4に示す。



写真3 エジェクタ式運転状況



写真4 高圧式運転状況

エジェクタ式集砂装置は、運転中に水面の大きな乱れはなく停止中とほとんど状況に変化は見られなかった。

高圧式は、池全面に渡り流れが発生しており、槽内を攪拌しているように見受けられる。

集砂後池排水状況を写真5・6に示す。



写真5 エジェクタ式集砂後状況



写真6 高圧式集砂後状況

エジェクタ式集砂装置は、揚砂ピット周りに多少砂が流出し堆積した状況であった。一方高圧式集砂装置は、揚砂ピットを中心に池全面に渡り砂が多量に流出していた。

エジェクタ式集砂装置砂撒き集砂実験結果を表2に示し、高圧式集砂装置砂撒き集砂実験結果を表3に示す。

表 2 エジェクタ式砂撒き集砂結果

試験日	集砂量	除砂率
H26年5月28日	670kg	81.7%
H26年5月28日	770kg	82.8%
H26年8月7日	620kg	88.6%
H26年8月22日	810kg	92.0%
H26年9月9日	750kg	84.3%
<b>平均値</b>	<b>724kg</b>	<b>85.9%</b>

表 3 高圧式砂撒き集砂結果

試験日	集砂量	除砂率
H26年6月10日	80kg	7.6%
H26年6月12日	570kg	53.8%
H26年8月12日	290kg	41.4%
H26年8月27日	90kg	12.7%
H26年9月11日	370kg	37.4%
<b>平均値</b>	<b>280kg</b>	<b>30.6%</b>

エジェクタ式集砂装置は、複数回の集砂実験において安定した集砂性能を示した。一方高圧式集砂装置は、エジェクタ式集砂装置に比べ除砂率が低く、また、集砂結果にバラつきがあった。

砂撒き実験により得られたデータより両集砂装置の搬送能力を計算により算出し機械式集砂装置（スクリー式）と合わせて比較を行った。機械式集砂装置（スクリー式）の搬送能力は、『沈砂池機械設備設計マニュアル 東京都下水道局建設部』に記載された値を用いた。

表 4 集砂装置搬送能力

集砂装置	搬送能力
スクリー式集砂装置(理論値)	0.06m <sup>3</sup> /min
高圧式集砂装置 砂撒き実験	0.04m <sup>3</sup> /min
エジェクタ式集砂装置 砂撒き実験	<u>0.28m<sup>3</sup>/min</u>

エジェクタ式集砂装置は、搬送能力が他の集砂装置に比べ非常に高いため、1回の運転時間を短く設定することが可能である。

運転時間が短いこと（又は運転頻度を少なく設定できること）は、運転管理を行う上でも非常にメリットとなる。また、本装置は上記実験結果から分かるように機器が砂没するような負荷変動にも対応が可能であるため、従来機器の運転管理において常に注意が必要であった『機器の砂没＝集砂不能』というリスクを殆ど気にする必要が無くなった。また、日常点検を必要としないため、完全自動化ができ、無人のポンプ場への導入も可能である。

## 6. 経済性

砂撒き実験により得られたデータより両集砂装置の使用電力量を計算により算出した。平均集砂量から単位集砂量当り使用電力量を算出し比較検証を行った。

表 5 使用電力量及び単位集砂量当り使用電力

	エジェクタ式集砂装置 (3 サイクル運転)	高圧式集砂装置 (3 サイクル運転)	備 考
1 回 運転当り 集砂装置 使用電力量	集砂水ポンプ $11\text{kW} \times 3\text{min} \div 60 = 0.55\text{kWh}$ 合計 : <u>0.55kWh/回</u>	圧力水ポンプ : $30\text{kW} \times 4.5\text{min} \div 60 = 2.25\text{kWh}$ 原水ポンプ : $7.5\text{kW} \times 4.5\text{min} \div 60 = 0.56\text{kWh}$ し渣分離機 : $0.75\text{kW} \times 4.5\text{min} \div 60 = 0.06\text{kWh}$ し渣脱水機 : $3.7\text{kW} \times 4.5\text{min} \div 60 = 0.28\text{kWh}$ 合計 : <u>3.15kWh/回</u>	約 17 %
単位集砂量 当り 使用電力量	平均集砂量 : 724 kg 単位集砂量当り使用電力量 $0.55\text{kWh} \div 724\text{kg} = 0.76\text{W/kg}$	平均集砂量 : 280 kg 単位集砂量当り使用電力量 $3.15\text{kWh} \div 280\text{kg} = 11.25\text{W/kg}$	約 7%

エジェクタ式集砂装置の 1 回運転当り使用電力は、高圧式集砂装置に比べ約 17%となるが、エジェクタ式集砂装置の単位集砂量当りの使用電力量は、高圧式集砂装置に比べ約 7%という結果となった。

エジェクタ式集砂装置は、高圧式に比べ 1 回当りの使用電力も少なく、非常に効率良く集砂していることが確認できた。

エジェクタ式集砂装置は、高圧式集砂装置に比べ汚水中の夾雑物除去装置等の関連機器が不要であるため、システム構成がシンプルである。そのため、機器費・建設費（建設工期も短くなる）も安価となる。エジェクタ式集砂装置及び高圧式集砂装置は、機械式集砂装置のように沈砂による摩耗がなく修繕費が大幅に削減できるというのが、大きな長所の 1 つであるが、エジェクタ式集砂装置は、関連機器が少ないため、システム全体としてもメンテナンス費用の面でメリットが大きい。

経済性について表6にまとめる。

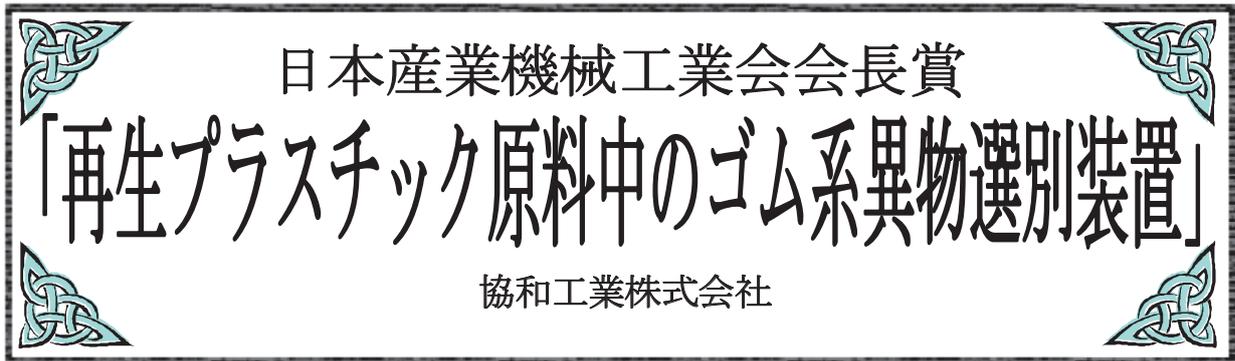
表6 経済性比較

	従来装置 高压式集砂装置	エジェクタ式集砂装置
イニシャルコスト	100	60
機器費	100	60
建設費	100	60
ランニングコスト	100	20
電気代	100	10
メンテナンス費用	100	20

## 7. 将来性

現在は、汚水沈砂池のみをターゲットとして開発を行ったが、下水処理場の汚泥等、更には他分野での沈殿物の輸送にも活用できるのではと考える。

また、システム構成がシンプルであるため、海外導入も可能と考える。



プラスチック製品の原料の一部を担う再生プラスチック原料は、使用済みのプラスチック製品を回収し破碎して断片化した材料から成り、プラスチック、金属、ゴム、布、電気コード、木材、ガラス、接着剤、樹脂フィルム、等の混合物である。

この混合物をプラスチック原料に精製するための従来の選別装置は、

- a. サイズの違い（フルイ選別）
- b. 重さの違い（風力選別、振動フルイ選別）
- c. 色の違い（色彩選別）
- d. 金属非金属の違い（磁力選別）
- e. 比重の違い（液中比重選別）
- f. 帯電性の違い（静電気選別）
- g. エックス線透過の違い（エックス線選別）
- h. 赤外線反射の違い（赤外線選別）
- I. ラマン分光反射の違い（ラマン光選別）

等を指標にしている。

各々のタイプには機能上の特徴や長所短所がある。ユーザーは用途により各タイプから選択して選別ラインを構築して稼働させている。

このラインを通過したプラスチックシュレッターダストからは各装置固有の選別基準に適合した、金属、布、ガラス、フィルム、木片、コード、等が選別される。

しかし前述の各装置の選別基準の指標が、プラスチックとゴム系異物（天然ゴム、シリコンゴム、ウレタンゴム、EPDM スポンジ、接着剤、等）の違いに当てはまらない。

そのため従来の選別工程で処理された、破碎プラスチック材料中にはゴム系異物が残存したままになる。

本装置はこれらのゴム系異物の選別除去を可能にした装置である。

## 1. 装置説明

### (1) 機能原理

選別基準の指標にされる物性の違いを、従来装置では用いられずにいたプラスチックとゴムの双方が他材と接触して起こす動摩擦に着目すると、両者が持つ動摩擦係数の差は著しい開きがある。本装置では動摩擦係数の違いを選別の指標とした。

### (2) 動作原理

- ① 外周にネジレミゾを持つ2本で一对のローラーを設置。
- ② 2本が並列で反対方向に回転する時にネジレミゾのリード進行方向が同じになる様にネジレミゾを形成する。
- ③ 2本を至近距離で平行に設置して、それぞれを上面から見て外向き反対方向に回転させる。
- ④ この回転の時にネジレミゾのリード進行方向が下り坂方向になるように傾斜させる。
- ⑤ 2本一对が回転状態のローラーの傾斜上部の谷間にプラスチック片とゴム片を置く。
- ⑥ プラスチックは滑り易いので回転方向の力を受け難く、傾斜に沿って滑落してローラー端まで進む。
- ⑦ ゴムは滑り難く、どちらかのローラーと接触した時に回転方向の力を受けて、押し出される様に外側にはじかれる。
- ⑧ 滑落しながらローラー端まで進んで落下するプラスチックと、ローラー上ではじかれて途中で落下するゴムをそれぞれの位置で回収すれば、両者を分別できる。

図1に本装置の動作原理、図2に本装置の基本構成要素を示す。

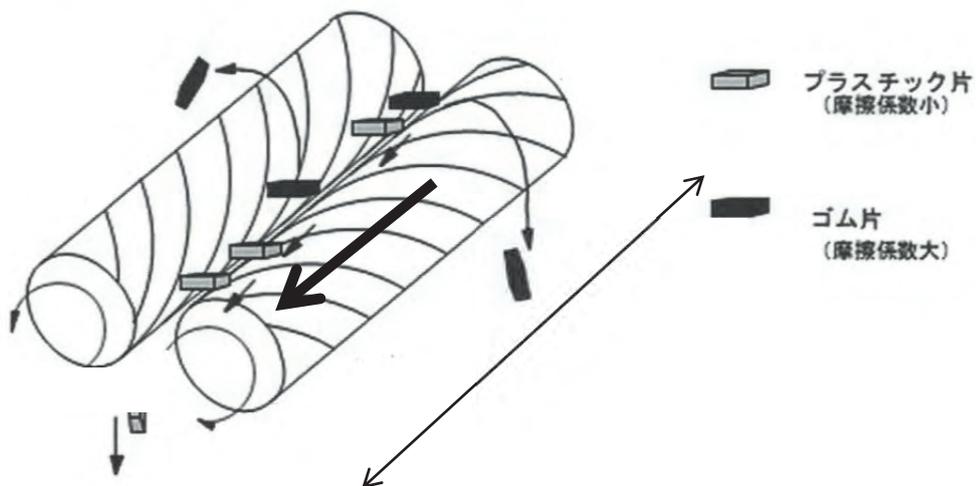


図1 動作原理

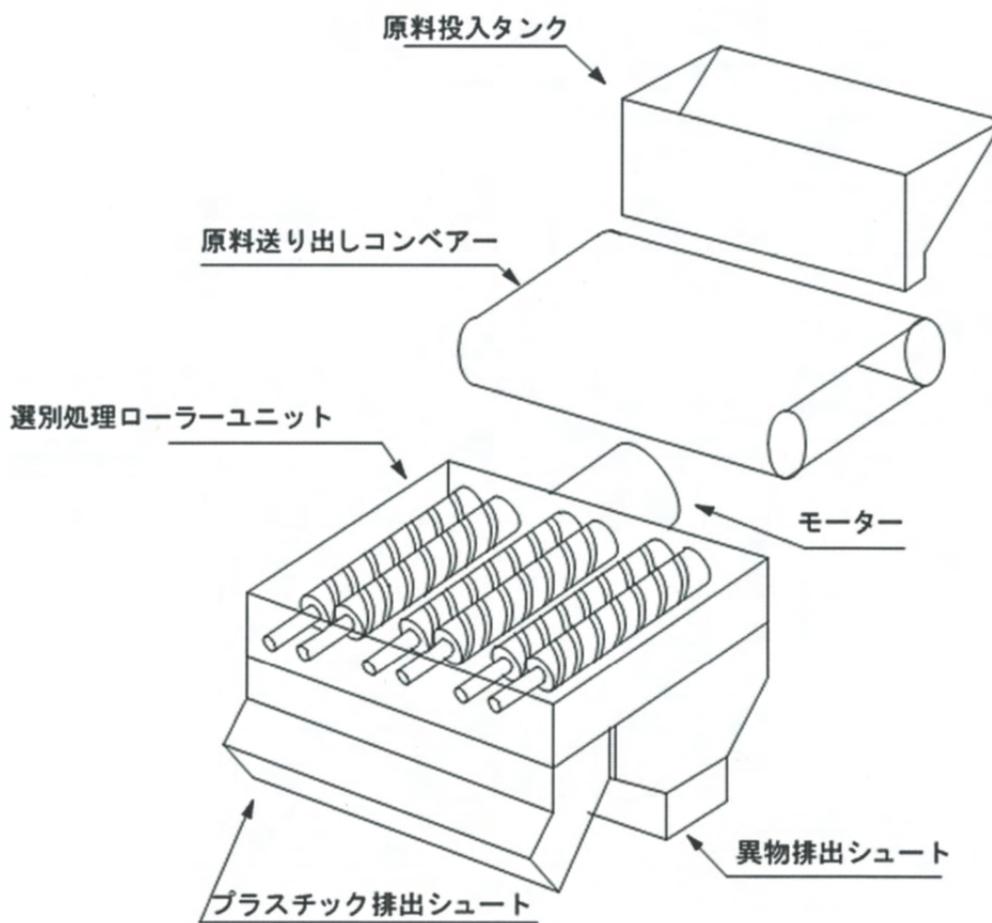


図2 基本構成要素

## 2. 開発経緯

### (1) 開発の趣旨

廃家電、廃車、等からの使用済みプラスチック部品は本体から外し、破砕されてシュレッダーダストになる。従来はシュレッダーダストがサーマルリサイクルとして燃料に利用され、不燃物を除去するだけで使用できるが、リサイクル法が施行されるに至り、マテリアルリサイクルとしてプラスチック製品の原料に再生し、再利用されることになった。

従来からの手法でゴム系異物が残存したままの材料で再原料化すると、材料をペレット状に加工する過程で熔融した際に、ゴムはプラスチックより融点が高いため熔融せず、装置内の網目フィルターを目詰まりさせてしまう。

熔融せずにフィルターを素通りした細かいゴム系異物はペレット中に紛れ込む。それを原料にしてプラスチック製品を作ると、成形した時に製品に異物が現れ不良品になる。

この問題を抱えたリサイクル事業者から技術開発の依頼があり、再生プラスチック原料を異物の無い高品位にすれば、その利用が促進されプラスチック原料資源の消費削減が図られ、環境保護や温暖化防止等に貢献できると判断した。

## (2) 開発の目標

廃プラスチック部品を再生原料化する際のシュレッダーダストからゴム系異物の除去ができる選別装置の開発。

## (3) 開発経緯

平成 22 年 開発開始、

平成 24 年 技術完成、1 号機を開発依頼先に納入、受注開始。

## 3. 独創性

本装置の独創性は、従来の手法を改善改良するのではなく、プラスチックとゴムが持つ動摩擦係数に着目した点にある。さらに、従来装置では物性を検知する各種のセンサーと、検知後に選別する仕組みや装置が別機構であるために度々起きる mismatch を、回転するローラーの表面で発生する摩擦と回転方向の力を同時に使うことで解消し、選別精度を飛躍的に向上させた。

## 4. 特許

本装置の関連特許は次のとおりである。

登録番号：第 4781553 号 / 名称：異物選別装置

## 5. 性能

プラスチックと他の物を選別する従来装置と、プラスチックとゴムを選別する本装置(摩擦)の技術の相違と特徴。

### ① 風力選別装置との比較

風力：各々の材種の自重や形に大きな差が無いと選別が不正確。プラスチック片とゴム類片にはその明確な差が無い。

摩擦：両者の摩擦係数差は大きく、選別が確実。

### ② 振動選別装置との比較

振動：プラスチック片とゴム類片では重量差が小さく、挙動が似ており選別が不正確。

摩擦：両者の摩擦係数差は大きく、選別が確実。

### ③ 磁力選別装置との比較

磁力：プラ類とゴム類の磁性の差が極小なので選別に役立たない。

摩擦：両者の摩擦係数差は大きく、選別が確実。

### ④ 静電選別装置との比較

静電：静電気を帯びるものと帯びないものを選別するので、プラスチック片とゴム類片はその両方に該当して、分離が不正確。

摩擦：両者の摩擦係数差が大きく、選別が確実。

⑤ 液中比重選別装置との比較

比重：材種の真比重の違いにより選別するので、プラスチック片とゴム類片は真比重差が小さく、液上面にも液中にも漂い選別が不正確。

摩擦：両者の摩擦係数差が大きく、選別が確実。

⑥ 色彩選別装置

色彩：特定の色をセンサーで検出するので、色の違いと材種の違いが一致していれば選別できるが、様々な色が混在すると役立たない。また、検出センサーが正確でも除去ツールのエアージェットが不安定で誤射によるバラツキが多い。プラスチック同士の色違いの選別には有効。

摩擦：プラスチック類とゴム類の摩擦係数差が大きくて選別が確実。また、強摩擦が発生したゴム類にはローラーの表面回転動作が除去作用として働き確実に選別される。

⑦ 近赤外線選別装置

近赤：赤外線の反射率が一定のものに反応させるので、複数の材種を同時に検出し難く複数種が混入しているゴム類等の選別には適さない。また、センサーが正確でもエアージェットが不安定で誤射によるバラツキが多い。複数のプラ材種から特定のプラ材種の選び出しには有効。

摩擦：材種の数に関わらずプラスチック類とゴム類を、摩擦係数の差で選別してローラーの選別動作が確実。

⑧ エックス線選別装置

X線：複数種のプラスチック材と複数種のゴム材では、X線の透過率の差では検知指標が定まらず選別に支障がある。また、エアージェットが不安定。

摩擦：複数材種であってもプラスチック類とゴム類との摩擦係数は微妙な差ではなく単純明快に大差で選別しやすくローラーの選別動作が確実。

⑨ ラマン分光選別装置

ラマン光：波長分析は高機能で応用範囲は広いが、検知後の選別機構は上記⑥⑦⑧と似て選別は検知に比例しない。プラスチック材種の選別分離には有効であるが、光源はレーザー光等の高エネルギーが必要。

摩擦：材種の数に関わらずプラスチック類とゴム類を摩擦係数差の作用で選別してローラーの除去動作が確実。

## (2) プラスチックとゴムの選別精度

廃家電由来の混合プラスチックの選別例を以下に示す。

二段がけによるプラスチック（樹脂）のトータル収率（B+D）/Aは99.5%、選別物（プラスチック側）におけるプラスチック（樹脂）の純度は99.8%であった。

（二段がけとは本装置を二段設置し、一段目で選別された異物側を再度、二段目で選別を行うこと。）

[ 一段がけ ] プラスチック（樹脂）収率（B/A）：91.6%

### ◆投入混合物

混合物	重量(g)	構成比 (wt%)
樹脂	4,796.92 (A)	97.50%
ハーネス・塩ビ	7.73	0.16%
ゴム	113.05	2.30%
金属 (裸銅線・アルミ)	0.48	0.01%
計量異物 (紙・スポンジ)	1.83	0.04%
合計	4,920.00	100.00%

### ◆選別物(プラスチック側)

混合物	重量(g)	構成比 (wt%)
樹脂	4,395.60 (B)	99.90%
ハーネス・塩ビ	1.32	0.03%
ゴム	3.08	0.07%
金属 (裸銅線・アルミ)	0.00	0.00%
計量異物 (紙・スポンジ)	0.00	0.00%
合計	4,400.00	100.00%

### ◆異物側

混合物	重量(g)	構成比 (wt%)
樹脂	401.31	77.18%
ハーネス・塩ビ	6.40	1.23%
ゴム	109.98	21.15%
金属 (裸銅線・アルミ)	0.48	0.09%
計量異物 (紙・スポンジ)	1.83	0.35%
合計	520.00	100.00%

※注1：単位未満四捨五入のため合計値は内訳と一致しない場合がある。

[ 二段がけ ] プラスチック収率（樹脂）収率（D/C）：93.5%

### ◆投入混合物

混合物	重量(g)	構成比 (wt%)
樹脂	401.31 (C)	77.18%
ハーネス・塩ビ	6.40	1.23%
ゴム	109.98	21.15%
金属 (裸銅線・アルミ)	0.48	0.09%
計量異物 (紙・スポンジ)	1.83	0.35%
合計	520.00	100.00%

### ◆選別物(プラスチック側)

混合物	重量(g)	構成比 (wt%)
樹脂	375.40 (D)	98.79%
ハーネス・塩ビ	3.38	0.89%
ゴム	1.03	0.27%
金属 (裸銅線・アルミ)	0.00	0.00%
計量異物 (紙・スポンジ)	0.19	0.05%
合計	380.00	100.00%

### ◆異物側

混合物	重量(g)	構成比 (wt%)
樹脂	25.91	18.51%
ハーネス・塩ビ	3.02	2.16%
ゴム	108.95	77.82%
金属 (裸銅線・アルミ)	0.48	0.34%
計量異物 (紙・スポンジ)	1.64	1.17%
合計	140.00	100.00%

※注1：単位未満四捨五入のため合計値は内訳と一致しない場合がある。

### (3) 耐久性

装置構成要素の動体部は、

- ・選別除去動作をするローラー
- ・ローラーを支持するベアリング
- ・ローラーを回す低速小型モーター
- ・材料供給コンベアーの低速小型モーター
- ・回転部を支持するベアリング
- ・回転伝動の小型ギヤー

等の簡単構造で強い力が必要な部分がなく長寿命ある。

### (4) 維持管理性

風力や液体を用いないので装置周辺は汚れが飛散せず清潔で多量の液体交換のロスもなく、日常メンテナンスは運転終了時に緩いエアブロー程度の清掃をするだけである。

### (5) 操作性

異物検出のためのハイテクセンサーや、強磁力、高電圧がいらずエアガンやピッキングツール等の異物取り出し装置もなく、煩雑な調整が要らない。強振動や高速回転が要らず騒音もなく、故障も殆どない。

### (6) 省エネ性

大きな動力が必要な送風機やポンプを使わず、高エネルギーのレーザー光も要らず省エネ構造である。

### (7) 安全性

高速回転部が無く機体から危険物が飛びださず近づいても危険がなく、可動部は安全カバーで覆われていてカバーを外すと運転が停止する構造になっている。

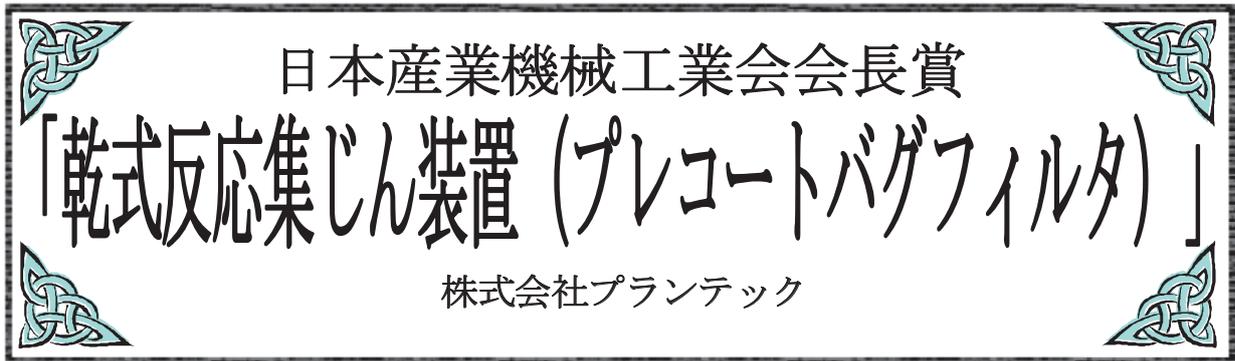
## 6. 経済性

- ・プラスチック製品製造に使われるヴァージン原料に混用される再生原料の使用率が増せば、ヴァージン原料の消費を減らせる。
- ・製品製造の時に原料中の異物が原因で起きる不良率の低下が図られる。
- ・運転に必要な動力が小さいので、選別ラインの終端に設置される本装置に使われるための電源の検討は接続口を準備する程度で済む。(一例：時間当たり処理量が 200kg 型の使用電力が 0.28kW)
- ・他の装置の運転には必要な風力や液体の付帯設備が要らずそのコストが省ける。
- ・選別後の材料を原料化するペレット製造設備のフィルターの負担が減り設備の休止頻度が少なくなり運転効率が改善される。

## 7. 将来性

環境保全のためにリサイクルの必要性が今後はさらに高まり、プラスチックも例外ではない。

これまでの再生プラスチック原料は純度がヴァージン原料より劣るため低級製品の原料に利用されているが、精製レベルが向上し原料の品質が高まれば、高級製品の原料にもなり利用がさらに促進する。



## 1. 装置説明

一般にバグフィルタのプレコートとは使用前にろ布の保護や1次集じん層を形成することを意味するが、当社の乾式反応集じん装置は継続して消石灰の反応層を形成してHCl、SO<sub>x</sub>を高効率で除去するものである。

乾式処理では消石灰をバグフィルタ入口煙道に連続して吹込む方式（以下「連続吹込み」）が一般的であるが、当社は独自技術の乾式反応集じん装置(プレコートバグフィルタ)を開発した。

乾式反応集じん装置（プレコートバグフィルタ）の概念を図1に示す。乾式反応集じん装置はろ布表面に消石灰の反応層を形成し、消石灰が破過するか、バグフィルタの差圧が上昇すると、飛灰を払落し、再び短時間でろ布表面に消石灰層を形成するものである。汎用の連続吹込み式排ガス処理は、煙道での反応が主でバグフィルタろ布上での反応は補足的なものであるが、乾式反応集じん装置はろ布上での反応が支配的である。ろ布表面には均一な厚さの消石灰層が形成され、ばいじんは消石灰層の表面で分離除去される。ろ布に付着した消石灰の層厚は常にほぼ均一であり、排ガスはろ布全体をほぼ均一に通過することから排ガスと消石灰の接触効率が高く、湿式並みの高効率除去性能が得られる。

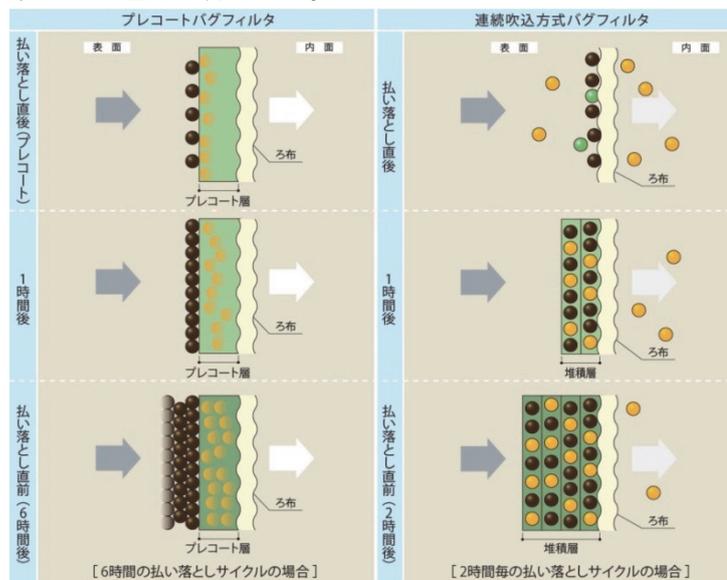


図1 プレコートバグフィルタと連続吹込方式バグフィルタの概念

## 2. 開発経緯

当社は 1967 年の創立以来、多数の焼却プラント、特にストーカ式焼却プラントの設計・施工により数多くの経験と実績を有している。

昭和 58 年秋に、ごみ焼却施設の集じん灰からダイオキシン類が検出されたため、厚生省は専門家会談で検討の結果、平成 2 年 12 月に「ダイオキシン類発生防止等ガイドライン J」（以下「旧ガイドライン」と称す）を通達した。

この「旧ガイドライン」により、全国の一般廃棄物焼却施設は、大・中・小の規模毎に、既設炉及び今後の新設炉に分けて、燃焼設備における「燃焼温度とガス滞留時間及び排ガス濃度等」と排ガス処理設備における「集じん器形式と集じん器入口温度等」が規制された。

平成 9 年 1 月の「新ガイドライン」では、新設全連続炉のダイオキシン類排出濃度は諸外国並の  $0.1\text{ng-TEQ/Nm}^3$  以下とされ、さらに平成 10 年 9 月には、新設設備は処理能力 100t/日以上全連続炉とし、既設炉の排出濃度も同数値に改善を進めるように改められた。

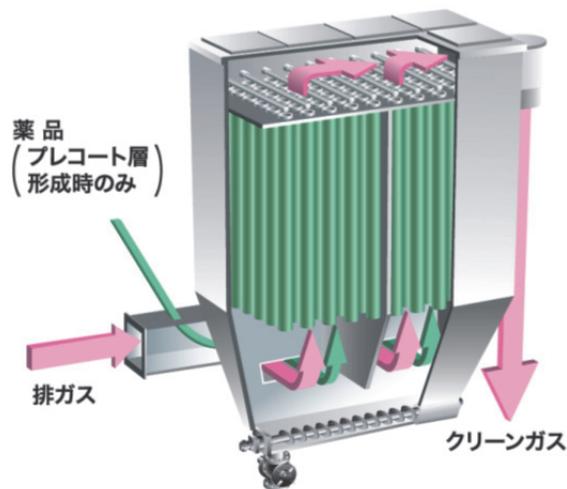
これを踏まえ、焼却炉上流側での対策とともに、排ガス処理設備における対策として、集じん器の低温化、吸着除去法及び分解除去等が提案された。

活性炭吸着塔あるいは触媒脱硝塔等の大掛かりな装置を設置して、低い排出濃度を保証するケースもあるが、初期コストの増大や吸着塔においては活性炭の交換、脱硝塔においては触媒の再生又は取替えなど維持費の増大といった課題がある。

また、大都市を中心に有害ガスの排出規制値が厳しくなり、維持管理が容易な乾式処理での対応が求められるようになった。

そこで、吸着塔又は脱硝塔を設置せず、バグフィルタ（乾式処理）で除じん、酸性ガス処理と DXN を高効率で除去するシステムの開発に着手した。

以下に、「乾式反応集じん装置（プレコートバグフィルタ）」の開発と発展の歴史について簡単に述べる。



- |         |  |
|---------|--|
| 平成 3 年  | 乾式反応集じん装置の原形である「バグフィルタ装置の制御方法」及び「プレコート式バグフィルタ装置」特許出願。<br>プレコート式バグフィルタテストプラントを製作。 |
| 平成 4 年  | 愛知県下と京都府下の 2 焼却施設で実証テストを開始。  |
| 平成 5 年  | 環境技術 1993.5VOL. 22 に「プレコート式バグフィルによる焼却炉排ガス中の塩化水素等の除去について」を発表。                     |
| 平成 6 年  | 官庁向けに納入をはじめ、産業廃棄物分野にも納入。   |
| 平成 7 年  | 高濃度脱硫実験を実施。  |
| 平成 8 年  | 多室に分配できる消石灰噴霧装置を開発。  |
| 平成 23 年 | 消石灰を有効にろ布に付着させる装置を開発、現在の姿に完成。  |

平成 24 年 第 1 号機を納入。

### 3. 独創性

乾式処理での除去性能の高効率化は高反応消石灰やナトリウム系薬剤を用いた従来通りの連続吹込によるものであるのに対し、乾式反応集じん装置はバグフィルタを利用して充填塔と同等の性能を得るもので全く独創的なものである。

### 4. 特許

本装置の関連特許は次のとおりである。

特許番号：第 2518576 号 / 名称：バグフィルタ装置の制御方法

実用新案番号：第 2521837 号 / 名称：プレコート式バグフィルタ装置

実用新案公開番号：実開平 06-019811 / 名称：バグフィルタ装置

公開番号：特開平 06-114222 / 名称：ごみ焼却炉排ガス処理用バグフィルタ装置

公開番号：特開平 06-126114 / 名称：プレコート式バグフィルタ装置のプレコート層形成方法

特許番号：第 2564457 号 / 名称：多室形プレコート式バグフィルタ装置の運転制御方法

特許番号：第 2558048 号 / 名称：プレコート式バグフィルタ装置における薬剤供給方法

特許番号：第 2520558 / 名称：プレコート式バグフィルタ装置の運転制御方法

実用新案番号：第 2556601 号 / 名称：プレコート式バグフィルタ装置

特許番号：第 3136062 号 / 名称：バグフィルタ装置のプレコート層形成方法

特許番号：第 3098936 号 / 名称：プレコート式バグフィルタの薬剤噴射方法

特許番号：第 3074255 号 / 名称：ガイドベーンを備えたプレコート式バグフィルタ装置

特許番号：第 3263352 号 / 名称：プレコート式バグフィルタの運転制御方法（名称変更）

特許番号：第 3423265 号 / 名称：プレコート式のバグフィルタ装置における薬剤噴射・処理方法

特許番号：第 3754689 号 / 名称：バグフィルタ用濾布

特許番号：第 5397967 号 / 名称：濾布の再生方法、及びバグフィルタ装置

### 5. 性能

乾式反応集じん装置（プレコートバグフィルタ）の性能を、平成 27 年 4 月に竣工したクリーンパーク長与の 1 号炉を用いて確認した。その結果を以下に示す。

#### ① HCl、SO<sub>x</sub> 測定位置

施設のフローを図 2 に示す。この施設は 27t/24h×2 炉の連続炉でガス冷却は水噴霧である。バグフィルタ出口常設のイオン電極式 HCl 計と非分散赤外線吸収式 SO<sub>x</sub> 計に加え、バグフィルタ入口にレーザー式 HCl 計を設置し、約 10 日間連続測定した。測定位置を図 3 に示す。

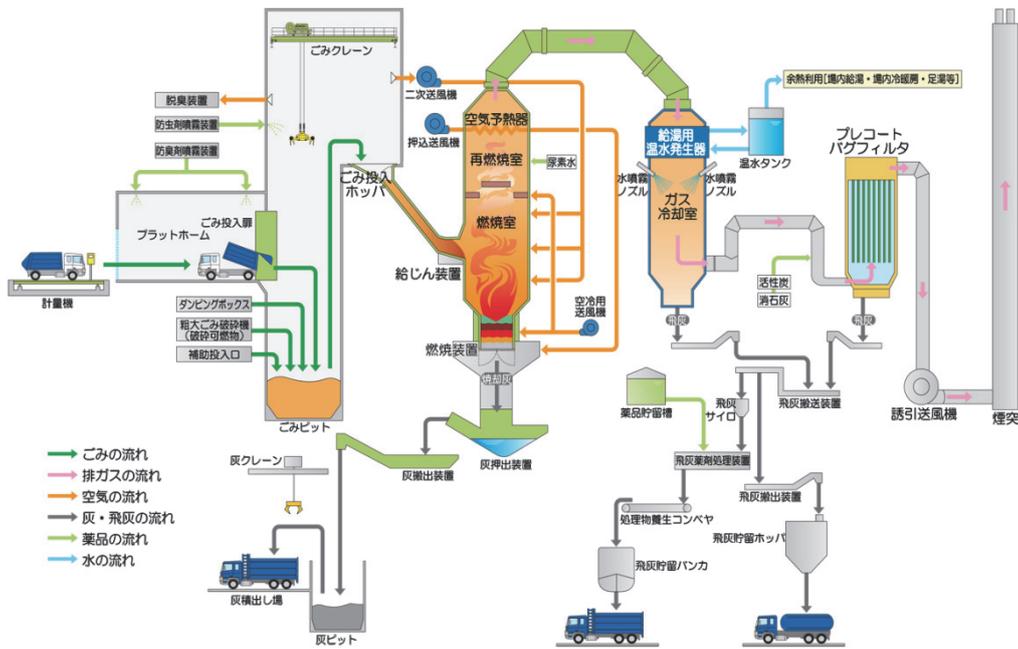


図2 施設フロー

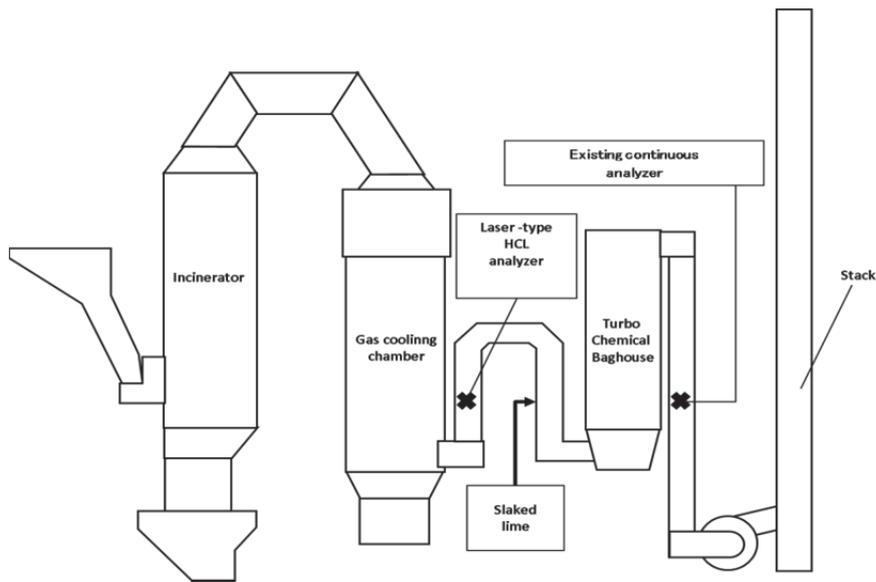


図3 排ガス分析計設置位置

② バグフィルタ出入口 HCl 濃度

バグフィルタ入口の HCl 濃度は 10 日間ほとんど 100ppm 程度と他の施設と比べの低いレベルであった (図 4)。

乾式反応集じん装置によりバグフィルタ出口 HCl および SO<sub>x</sub> 濃度はほとんどの時間帯で 0 を示し、HCl、SO<sub>x</sub> のスパイク値も 40ppm 以下と安定して低いレベルを維持していた (図 5)。

性能試験時のバグフィルタ出口 HCl、SO<sub>x</sub> 濃度を表 1 に示すが、いずれも 2ppm 以下の低いレベルであった。

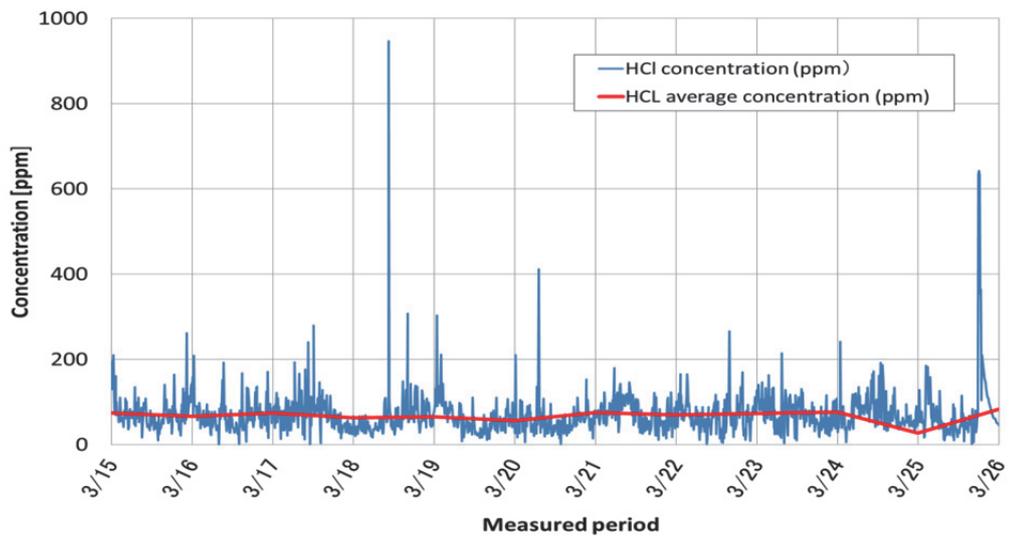


図4 バグフィルタ入口 HCl 濃度トレンド

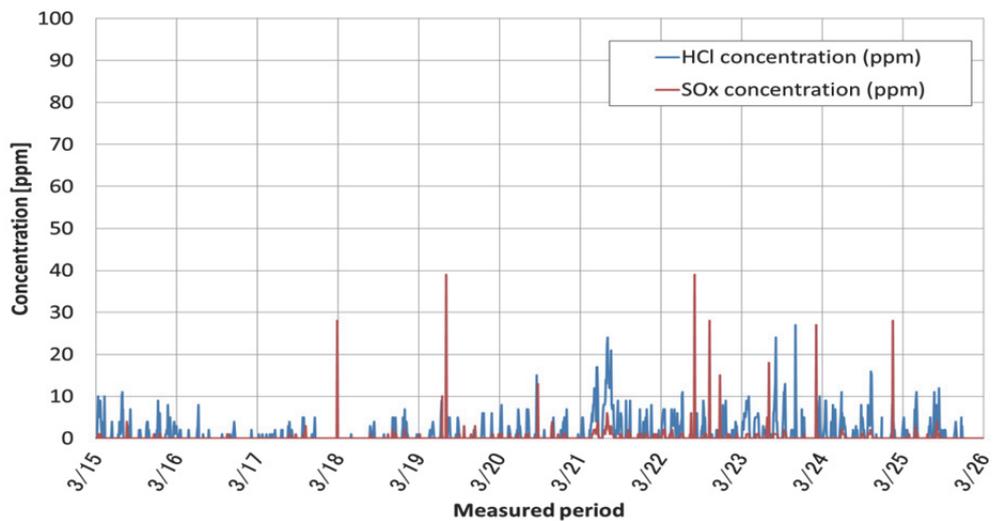


図5 バグフィルタ出口 HCl,SOx 濃度トレンド

表1 性能試験後の SOx、HCl 濃度

Item	Unit	大気汚染防止値	自主規制値	Furnace No1		Furnace No2	
				1st day	2nd day	1st day	2nd day
SOx	ppm	11,282 (K値 17.5)	100	< 1	< 1	< 1	< 2
HCl	ppm	430 (700mg/m <sup>3</sup> N)	200	< 1	2	2	2

③ バグフィルタ入口 HCl、SOx 濃度と除去性能の関係

10 日間の内、1 日に数回 300ppm を越える短時間のピークがある程度で、ピーク値は 900ppm 強であった。その際にレーザー式 HCl 計で連続測定したバグフィルタ入口 HCl 濃度のトレンドデータを図 6 に、バグフィルタ出口 HCl および SOx 濃度のトレンドデータを図 7 に示す。

入口 HCl 濃度のピークとバグフィルタ出口濃度のピークは一致しておらず、10 日間の調査で、乾式反応集じん装置は入口の HCl、SOx 濃度が急激に変化した場合においても関係なく高い除去性能が得られていた。

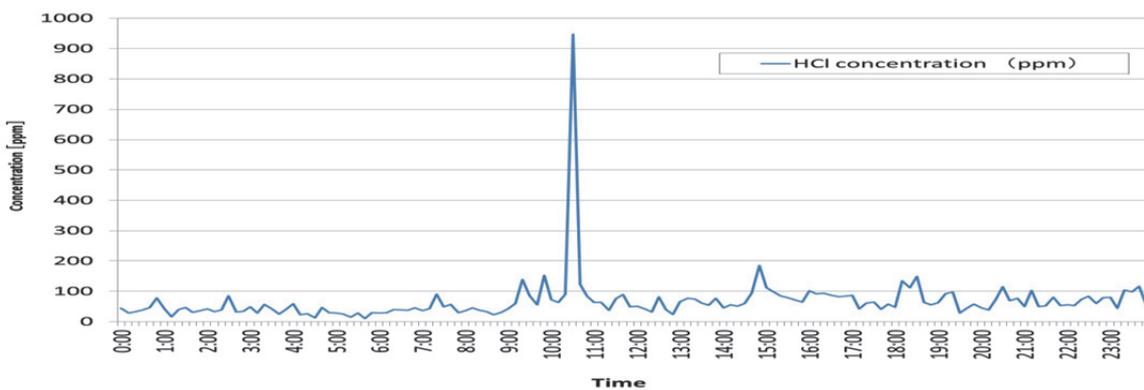


図 6 バグフィルタ入口 HCl 濃度トレンド

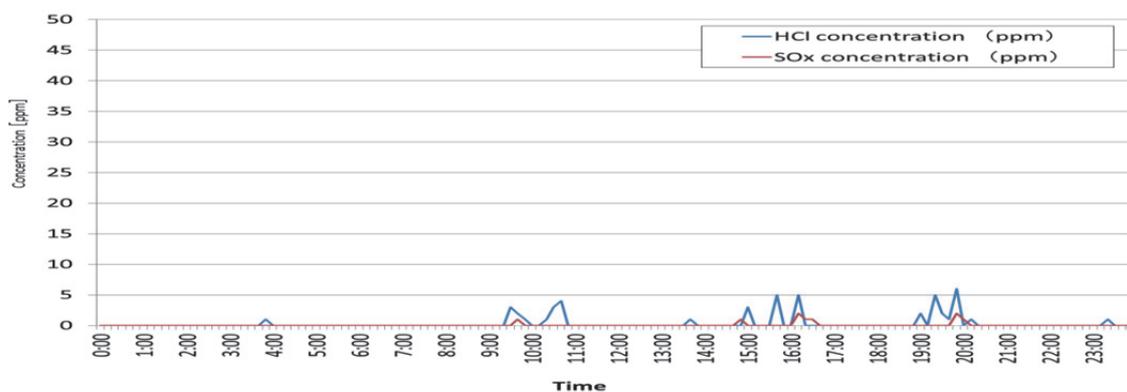


図 7 バグフィルタ出口 HCl、SOx 濃度トレンド

④ 払い落とし、プレコート時の除去性能への影響

バグフィルタ差圧とプレコート時間帯を重ね合わせたトレンドデータを図 8 へ示す。

乾式反応集じん装置においてプレコート期間中は 4~5 時間分の消石灰を 20 分程度の短時間で吹き込むため、吹き込み時間帯は連続吹き込みの 12 倍以上の濃度で消石灰が吹き込まれた直ぐに反応層が形成されるため、煙道およびろ布上で高効率に反応するため払い落とし後、プレコート層が形成されるまでの期間、バグフィルタ出口の HCl、SOx 濃度が上昇する傾向は認められなかった。

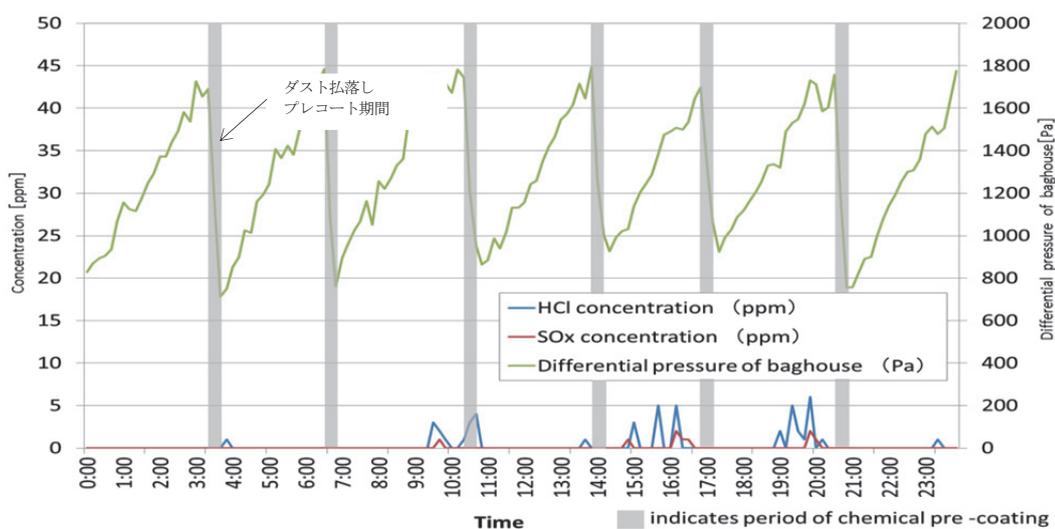


図8 バグフィルタ差圧とバグフィルタ出口 HCl、SOx 濃度トレンド

⑤ 高濃度 HCl 発生施設における乾式反応集じん装置の適用例

乾式反応集じん装置は高濃度の HCl を発生する医療廃棄物焼却施設にも採用している。

表 2 にバグフィルタ出入口の HCl 濃度分析例を示す。

入口で 2,000ppm を超える HCl 濃度に対して 14ppm まで除去できており、99.4% の高い除去効率が示された。

表 2 高濃度 HCl を発生する医療廃棄物処理施設におけるバグフィルタ入口、出口 HCl 濃度

Item	Measured value (O <sub>2</sub> conversion)	Removal rate
HCl concentration at the inlet	2,250 ppm	99.4%
HCl concentration at the outlet	14 ppm	

⑥ 性能実績

ダイオキシン類濃度を含む、最近の性能実績の一覧を下表に示す。

前述の酸性ガスだけでなく、ダイオキシン類も低いレベルに抑制できている。

プレコートバグフィルタ 性能実績一覧表

施設名	D社		W組合		M社		N組合		I市(1号炉)		I市(2号炉)	
竣工年月	平成24年9月		平成24年12月		平成26年4月		平成27年3月		平成27年3月		平成27年3月	
施設規模	95t/24h		13t/16h		30t/24h		27t/24h		71t/24h		71t/24h	
処理能力 (kg/h)	3,958		813		1,250		1,125		2,958		2,958	
処理物	災害廃棄物		一般廃棄物		医療廃棄物、産業廃棄物		一般廃棄物		一般廃棄物		一般廃棄物	
排ガス処理方法	水噴射冷却+バグフィルタ		水噴射冷却+バグフィルタ		水噴射冷却+バグフィルタ		水噴射冷却+バグフィルタ		水噴射冷却+バグフィルタ		水噴射冷却+バグフィルタ	
排ガス測定結果	保証値	実績値 H24.10	保証値	実績値 H24.11	保証値	実績値 H26.4	保証値	実績値 H27.3	保証値	実績値 H26.7	保証値	実績値 H25.8
1)ばいじん量 (g/m <sup>3</sup> (N))	0.08	<0.001	0.01	<0.001	0.08	<0.001	0.01	<0.002	0.05	<0.001	0.05	<0.001
2)硫酸化物濃度 (ppm)	476	<1	100	<1	188	<1	100	<2	20 (K値2)	<1	20 (K値2)	<1
3)塩化水素濃度 (ppm)	94	<1	100	3	430	13	200	2	215	3	215	4
4)窒素酸化物濃度 (ppm)	250	75	150	13	250	74	120	24	100	54	100	71
5)ダイオキシン類濃度 (ng-TEQ/m <sup>3</sup> (N))	0.1	0.000012	0.1	0	5	0.0018	0.1	0.0000012	0.05	0.0000003	0.05	0
6)バグフィルタろ過速度 (m/min)	—	1.2	—	1.1	—	1.2	—	1.2	—	1.2	—	1.2
7)バグフィルタろ布材質	—	ガラス繊維	—	ガラス繊維	—	ガラス繊維	—	ガラス繊維	—	ガラス繊維	—	ガラス繊維
8)消石灰量 (kg/h)	—	71.8	—	9.1	—	38	—	13.1	—	10.8	—	10.8
9)活性炭量 (kg/h)	—	4.5	—	0.8	—	—	—	0.94	—	2.13	—	2.13
10)バグフィルタ洗浄開始差圧 (Pa)	—	1500	—	1500	—	1500	—	1500	—	1500	—	1500

## 6. 経済性

### (1) 設置スペース・イニシャルコスト

乾式処理であり、連続吹込み乾式処理と同様排水処理などの付帯設備が不要である。また、除去率 98%未満とする場合（バグフィルタ入口濃度が低い・公害防止基準値が厳しくない場合）、単段処理が可能であるためイニシャルコスト・設置スペースとも連続吹込み乾式ガス処理と同等である。しかし、除去率 98%以上を求められる場合（バグフィルタ入口濃度が高い・公害防止基準値が厳しい場合）、従来機では単段処理では対応できず、2段バグフィルタが必要となる。そのため、イニシャルコスト・設置スペースともプレコートバグフィルタでは1/2となる。

### (2) ランニングコストを削減

薬品と有害ガスとの高い接触・反応効率により汎用のJIS特号消石灰で高性能が保たれ、未反応薬品は連続吹込みより少なくさらに、薬品使用量の低減により、特別管理廃棄物である飛灰量が低減され、最終処分費も軽減される。また、プレコート層により常にろ布表面が保護されているため、ろ布の長寿命化が図れ維持管理費が軽減される。

### (3) コスト削減比率

従来装置のコストを10とした場合、プレコートバグフィルタにおいては下記の通りの削減比率となる。

	従来装置	プレコートバグフィルタ	
		HCl 除去率 98%未満	HCl 除去率 98%以上※1)
イニシャルコスト	10	10	5
用地	10	10	5
薬品量	10	4	5
消費電力量	10	10	5
ろ布交換費用	10	6	5
合計	10	7.5	5

注 ※1) HCl 除去率 98%以上では従来機を 2 段バグフィルタとして比較

## 7. 将来性

乾式反応集じん装置（プレコートバグフィルタ）は、湿式並みの高い除去率が得られるため、今後ますます厳しくなる排ガス規制に対応できる装置として今後普及が見込まれる。従来、当社が受注した焼却プラントにのみ適用していたが、今後、他社プラントにも適用を検討したい。

また、2 年先に規制される水銀に対しても除去効果が期待でき、現在水銀除去の検証中である。除じん、酸性ガス処理、ダイオキシン類除去に水銀除去が加わることで大幅な需要増が期待できる。

乾式反応集じん装置（プレコートバグフィルタ）は、納入第 1 号機から基本思想の変更はないものの、継続的な技術開発・改良を通じて、品質の向上を図り、将来も変わらぬ需要を維持できるものとする。



日本産業機械工業会会長賞

## 「高負荷生物脱窒素装置 (バイオドリスター)」

前澤化成工業株式会社

## 1. 装置説明

高負荷生物脱窒素装置として開発した本装置は、親水性や微生物との親和性を追求した特殊プラスチック連続発泡担体をリアクターに充填し、この担体の表面・内部に高密度に脱窒素細菌を生息させて処理効率を一気に高めることを第一の特徴としている。

担体内に窒素ガスが存在して脱気不良になると、担体が浮上して流動障害が起こり、処理性能は著しく低下する。そこで、担体浮上を防止し、理想的な担体の流動性を追求したリアクター構造が第二の特徴となっている。

対象排水中の全窒素濃度によって、担体の充填率や全窒素許容負荷の設定を変えることで、性能と同時に、経済性の追求も行っている。

本装置は、新規設備、既設の付加設備としての対応、また、原水中の残存窒素形態によっては脱窒素処理前後の処理（硝化槽や再ばっ気槽）を行うことで、幅広いニーズに対応できる。

脱窒素処理の最大の弱点である、冬期水温低下における性能低下を防止する手法についても評価検証しており、10℃レベルまではヒーターに頼らない性能を実現させている。

本装置で用いる特殊プラスチック連続発泡担体を図1に示す。



図1 特殊プラスチック連続発泡担体

また、流動性を高めるリアクター構造を、図2に示す。

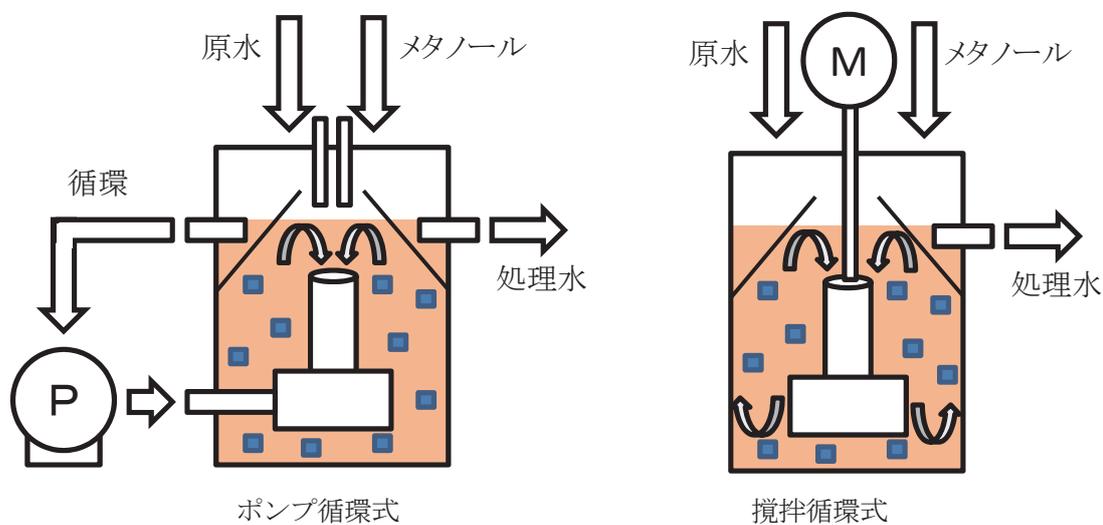


図2 リアクター構造

原水の窒素形態により、処理システムのフローを図3に示す。

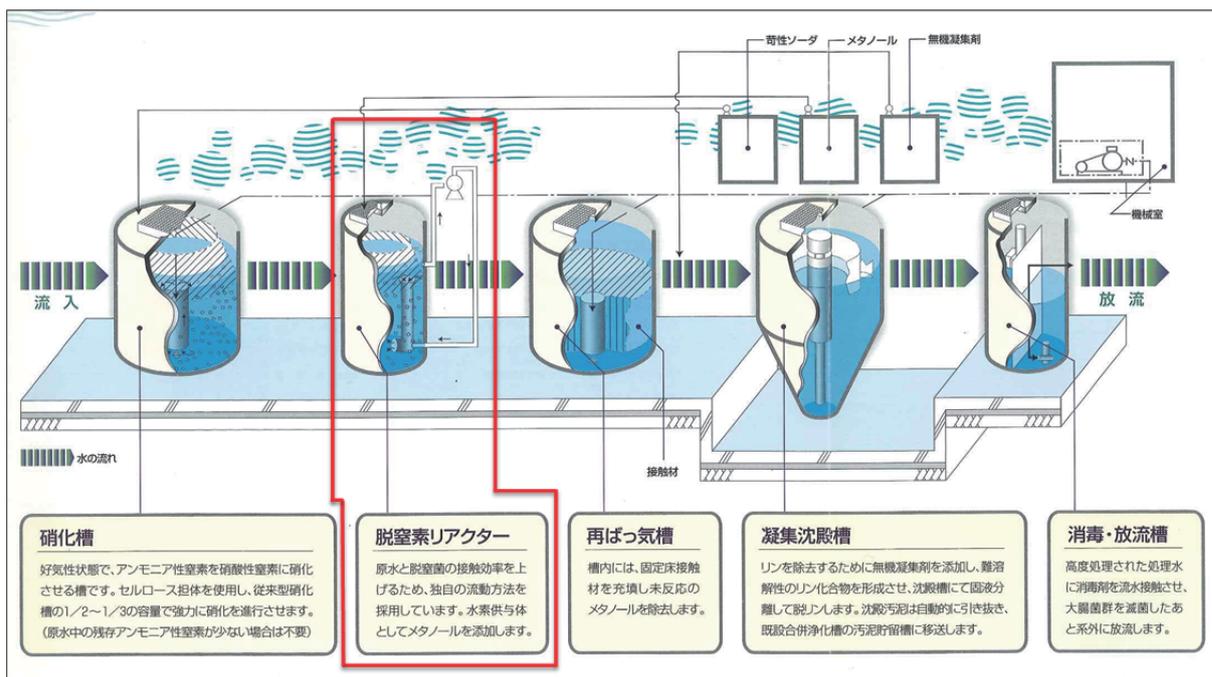


図3 処理システムフロー

設備写真の例を図4に示す。



図4 設備写真

## 2. 開発経緯

水源地域や閉鎖系水域では、窒素およびリンによる環境障害（富栄養化）が深刻化し、水環境の保全措置が喫緊の課題となって久しい。しかし、既設の排水処理施設には脱窒素・脱リンなどの高度処理設備を付帯していない例が圧倒的に多く、新規に高度処理設備を備えた設備と入替えるには、建設費、占有面積および工期等の課題が生じる。そこで、工期を短縮し、建設費および運転費を抑えた設備操作が容易に実施できる装置の開発が切望されている。

このニーズに対し、当社では早くから担体を使用して脱窒素を行うシステムについて研究してきた。

初期段階では、脱窒素細菌を安定的に保持できるよう、セルロースの担体を選択し、規制の厳しい茨城県の霞ヶ浦流域において、試験を繰り返してきた。当社は、浄化槽を製造する会社であるため、浄化槽からの処理水をさらに高度処理し、全窒素のレベルを 20 mg/L 以下にすることを目的に開発を進めた。その結果、「バイオドリスター」という装置名で、高度処理装置として、数基の実績をあげることができた。

しかし、処理性能は得られても、セルロース担体の強度が弱く、消耗が激しいために定期補充が必要な状況で、担体の強度向上(耐摩耗性、耐薬品特性)が早急な課題となった。

そこで、特殊プラスチック連続発泡担体に、親水性や微生物に対する親和性を持たせ、担体サイズを変えて試験を繰り返した結果、安定した性能で、強度の高い特殊プラスチック 10 mm 立方体担体をリアクターに 25% 充填し、簡易攪拌方法で「新バイオドリスター」を製品化し、霞ヶ浦水域の学校を中心とした浄化槽処理水の高度化装置を 6 基、受注施工することができた。

さらに、東日本大震災による装置の改修工事を 2 基受注施工し、生活系の高度処理の実績を 8 基に伸ばすことができた。

最近では、金属加工の工場において、亜硝酸・硝酸を使用した排水の窒素処理というニーズに対し、特殊ポリウレタン 5 mm 立方体担体を 40% 充填することで、1 - 3 kg/m<sup>3</sup>・日という高い

窒素負荷で、80%以上の除去率を継続することができた。

また、冬期の水温低下に対する生物活性機能低下の課題も、微生物の適正保持を行うことで、10℃程度の水温でも処理性能を満足できた。

昨年は、中国の金属加工会社(日系企業)において、硝酸に起因する窒素処理の要請に対して本リアクターを受注し納品した。今後も国内外でのニーズに広く対応させて行く計画である。

平成18年～平成19年	調査開始 (担体の素材等)
平成18年～平成19年	技術開発 (担体の配合、添加剤、塗布剤等の開発)
平成19年	実証実験 (過去、セルロース担体使用現場等)
平成20年	初号機納入 (鹿嶋市T小学校三次処理)

### 3. 独創性

- ・親水性・微生物の親和性を高めた、特殊プラスチック連続発泡担体を使用することで、窒素高負荷処理を実現。担体強度も考慮して追加補充も、約5～7年は不要。
- ・ポンプや特殊攪拌機により、水面から担体を吸い込み、下部から吐出させ、流動効率を徹底的に追求した装置となっている。これにより、担体の浮上停滞はなく、安定した処理性能を保持できる。結果として担体充填率を40%まで高めると1-3 kg/m<sup>3</sup>・日の全窒素負荷に対し、80%以上の除去率を得ることができる。
- ・特殊ポリウレタン担体に微生物を高密度に生息させることで、冬期の水温低下に対しても対応能力が高く、10℃程度までは処理能力が維持できる。
- ・既存設備の高度化としての付加設置、新規の脱窒素設備設置のいずれも対応が可能。省スペース化の実現により、低価格の設備を提供できる。

これらの特徴は、これまでの脱窒素装置と比較して、独創性が高いものと考えている。

### 4. 特許

本装置の関連特許は次のとおりである。

特許番号：第3825496号 / 名称：嫌気性流動床排水処理方法およびその装置

特許番号：第4027217号 / 名称：畜産排水処理装置

### 5. 性能

本法の性能確認については、①生活系の浄化槽処理水の高度化 ②金属加工関係の亜硝酸・硝酸等の排水処理に大別したものを以下に示す。

#### ① 生活系の浄化槽処理水の高度化

担体 : 10mm特殊ポリエチレン担体 充填率=25%

攪拌 : 一般的な攪拌機による攪拌

全窒素負荷 : 0.3 kg/m<sup>3</sup>・日レベル

本法により、T-N=15mg/l以下に処理できた。表1に、学校関係の実例を示す。

表1 生活系排水の浄化槽処理水の高度化 性能確認例

設計 : T-N 50⇒15以下

現場名	採水	BOD (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	特記事項
鹿嶋市立 T 小学校 2008年6月・7月	原水①	22	31	5.4	脱窒素+再ばっ気+凝集 窒素負荷 0.3kg/m <sup>3</sup> ・日 排水量=28 m <sup>3</sup> /日
	処理水②	1.9	3.1	0.81	
	処理水③	1	2.5	0.52	
鹿嶋市立 T 中学校 2008年6月・7月	原水④	5	37	2.1	脱窒素+再ばっ気+凝集 窒素負荷 0.3kg/m <sup>3</sup> ・日 排水量=20 m <sup>3</sup> /日
	処理水⑤	4.8	7	1	
	処理水⑥	1.1	8.9	0.36	
鹿嶋市立 N 小学校 2010年3月	原水⑦	36	22	1.2	脱窒素+再ばっ気+凝集 窒素負荷 0.3kg/m <sup>3</sup> ・日 排水量=14 m <sup>3</sup> /日
	処理水⑧	6.3	1	0.05	
	処理水	—	—	—	
鹿嶋市立 N 小震災改修 2011年10月	処理水⑨	8.4	6.2	1	脱窒素+再ばっ気+凝集 窒素負荷 0.3kg/m <sup>3</sup> ・日 排水量=14 m <sup>3</sup> /日
	処理水⑩	3.1	11	1.2	
	処理水⑪	2.7	7	0.34	

稼働後、約1ヶ月を経過すると、安定的に設計通りの性能を発揮した。

② 金属加工関係の硝酸等の排水処理

担体 : 5mm 特殊ポリウレタン担体 充填率=40%

攪拌 : 特殊攪拌機による攪拌 (水面から吸い込み、下部から吐出できる構造)

全窒素負荷 : 設計 3kg/m<sup>3</sup>・日 実負荷 1.5 kg/m<sup>3</sup>・日水準

表2に、実現場における T-N の除去性能について示す。窒素高負荷設計にもかかわらず、安定的に 80-90%の除去率を達成することができた。

表2 金属加工等の排水 (硝酸使用) の脱窒素 性能確認例

設計 : T-N 100⇒20以下

現場名	採水	BOD (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	特記事項
T 社 石岡工場 2012年9月	原水⑫	19	53	0.15	脱窒素+再ばっ気+凝集 窒素負荷 3kg/m <sup>3</sup> ・日 排水量=60 m <sup>3</sup> /日
	処理水⑬	1.3	3.9	0.22	
	処理水⑭	1.2	4.18	0.2	
T 社 石岡工場 2012年12月	原水⑮	20	90	0.1	脱窒素+再ばっ気+凝集 窒素負荷 3kg/m <sup>3</sup> ・日 排水量=60 m <sup>3</sup> /日
	処理水⑯	1.9	20	0.1	
	処理水⑰	1.6	7.7	0.1	

表 3 に、水温低下における脱窒素能力のレベルを把握するための試験結果を示す。  
水温 10℃までは、80%以上の除去率を示すことを確認している。

表 3 金属加工等の排水(硝酸使用)の脱窒素 水温に対する性能確認試験室での試験

試料名	PH	T-N (mg/L)	T-N 除去率 (%)	特記事項
原水 (2013 年 5/27 現地採取)	8.2	130	—	現地にて原水・担体を採取し試験
水温 30 度での脱窒素試験	8.3	7.9	93.9	30℃
水温 20 度での脱窒素試験	8.2	14	89.2	20℃
水温 15 度での脱窒素試験	8.1	18	86.2	15°
水温 10 度での脱窒素試験	8	20	84.6	10℃

・耐久性

いずれの現場においても、特殊プラスチック連続発泡担体の流出はなく、多少の消耗は観測されるが、性能的に障害は発生していない。従って、実耐久性としては、7年レベル以上で、頻繁な追加補充は不要と考える。

・維持管理性

学校の場合は、夏休みの長期休暇があるため、登校が始まる 2 週間前頃から、状況に応じて、生物製剤を使用して活性化を図る場合がある。

また、12 月頃から、水温低下が始まるので、冬期は、状況に応じて生物製剤の使用を図る場合がある。

水素供与体として使用するメタノール等の栄養が不足しないよう注意を払う以外には、手がかからず、安定した処理性能を維持できているのが現状である。

## 6. 経済性

全窒素負荷を高くすることが可能となるため、装置が従来の 1/3 - 1/5 程度に省スペース化可能。攪拌装置の動力を最低限にして薬品代も多少低減できるため、表 4 に示す経済比較ができる。従来設備と比較して全体として 75%程度にコスト低減可能と考えている。

表 4 従来設備との経済性比較表

	従来設備	申請設備	備考
1) 建設費	100	65	
設備費用	100	60	装置 1/3~1/5
設備設置費用	100	70	
2) ランニングコスト	100	90	
電気料	100	85	
薬品代	100	90	
維持管理費用	100	90	
3) 総合比較	100	75	

## 7. 将来性

規制強化に伴い、既存施設に脱窒素・リン処理を有しない施設では、高度処理設備が必要となってくる。リン処理は、凝集沈殿処理の付帯により対応できるが、脱窒素設備については、低価格で高効率な設備が少なく、導入にあたり本装置の優位性をPRできる好機となる。

実績としても、浄化槽処理水のように低濃度な排水から、金属加工業界等の高濃度排水まであり、適正な稼働を実施できている点は、評価いただけると考える。

また、従来脱窒素処理の弱点である、冬期の水温低下に伴う処理性能低下（15℃以下で障害が発生しているところが多い。）についても、10℃程度まで対応できる強みを有しており、需要が見込まれる設備である。

さらに、アジア地区においても、脱窒素処理のニーズは高くなる傾向にあり、すでに1基を受注・納入している実績は、高く評価いただけるものと考ええる。





## 1. 装置説明

本装置は、従来機比較で火災リスクを低減して安全性を向上させた電気集塵装置である。

安全性向上を重視する設計に基づき、新構造荷電極、マイナス荷電および新制御方式を採用した。

機器構成は、図 1 に示す様に、主に、①ステンレス製ワイヤーデミスター、②荷電極、③集塵極の 3 つのパートに分類される。ファンモーターは IE3 規格のものを搭載している。

### ①ステンレス製ワイヤーデミスター

ステンレス製ワイヤーデミスターはプレフィルターとして、パンチ孔形状の整流板がついた金属枠にステンレス製のワイヤーデミスターで構築される。ワイヤーデミスターはしぶき状のオイルや切削加工時に発生する金属くずのような比較的大きな粒子を粗取りする。粒子径  $5\mu\text{m}$  以上の粒子はステンレスワイヤーデミスターで捕集される。

### ②荷電極（新構造荷電極）

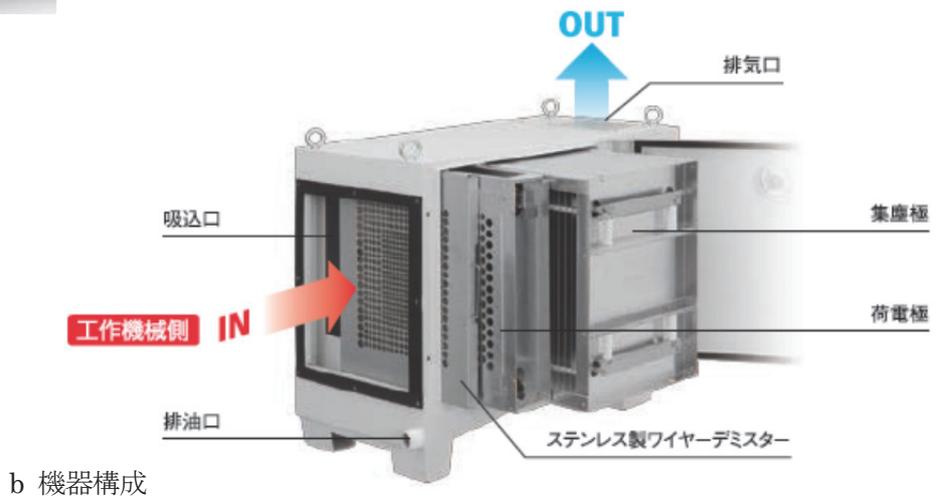
荷電極は、チタン合金製の放電針とアルミ製のアース板で構築され、放電針側に高電圧の直流・10kV の電圧を印加すると、放電針と丸孔を設けたアース板間でコロナ放電が発生する。この放電領域は、マイナスイオンが発生している領域で、オイルミストを含む気流が丸孔を通過する際に中性（電気を帯びてない状態）のオイルミストはマイナスの電荷を帯びた荷電粒子となる。

### ③集塵極

集塵極は電荷を帯びた荷電粒子を捕集する装置で、捕集するアース板と高電圧板の平行平板によって積層した多セルの構造を持ち、アルミ製で構築されている。ここに  $-6\text{kV}$  の電圧を印加して電界を作用させ、通過した荷電粒子をアース板で捕集する。



a 装置外観



b 機器構成

図1 外観及び機器構成

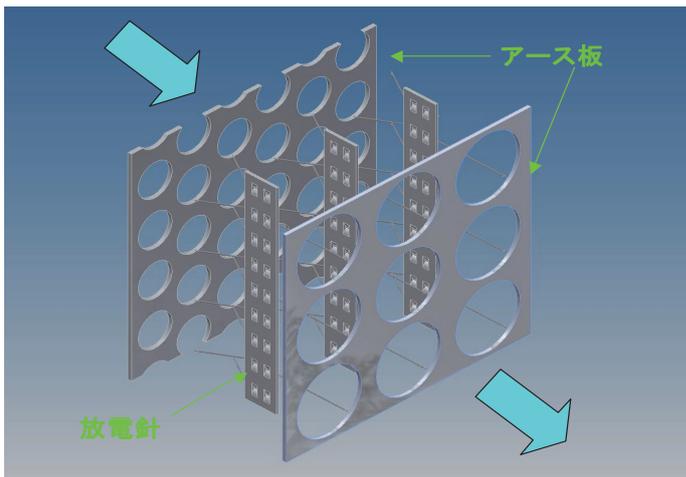


図2 荷電極構造 (新構造荷電極)

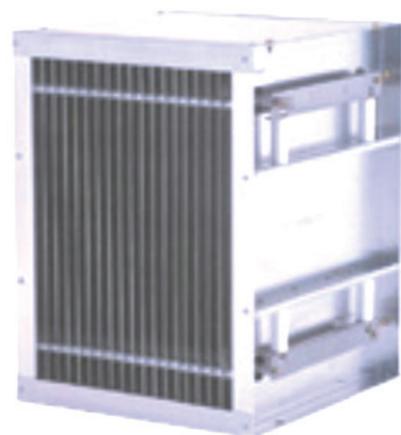


図3 集塵極

以上、3つのパートの構成装置にて、オイルミストを含んだ空気は、ステンレス製ワイヤーデミスターの粗取りと荷電極による荷電を経て集塵極によりオイルミストが捕集される。

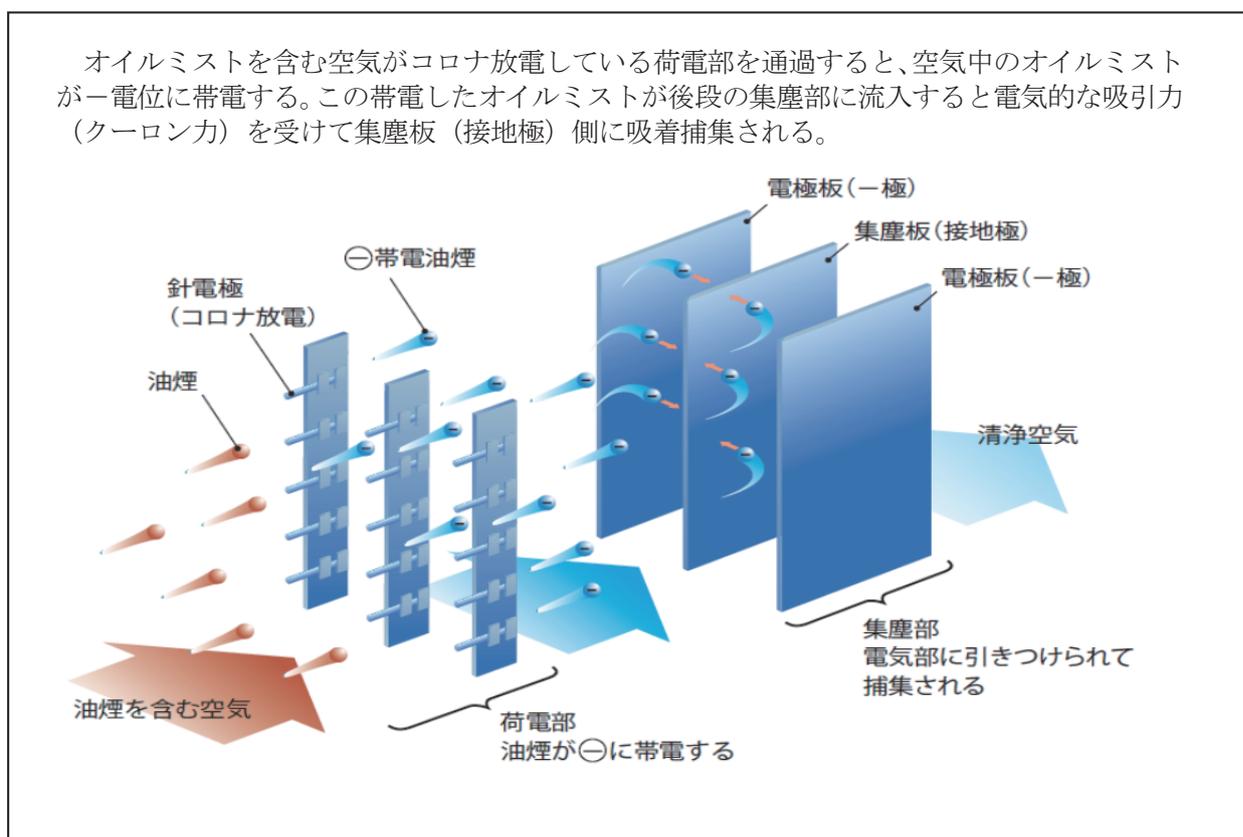


図4 2段式電気集塵装置の原理

## 2. 開発経緯

電気集塵装置の火災リスク低減を目的とし、安全性向上をコンセプトにした新商品として開発した。

平成25年3月～8月 開発

平成25年10月 愛知県岡崎市 A精工株式会社 に第1号機納入

## 3. 独創性

本装置は、(1) 新構造荷電極により汚れ堆積を1/3に低減し、(2) マイナス荷電と(3) 新制御方式による安全かつ安定運転が特徴であり、これにより従来機で課題となっていた火災リスクを低減し安全性が飛躍的に向上した。また、(1) 新構造荷電極は高効率荷電により省エネ30%を実現した。

### (1) 新構造荷電極

従来機の荷電極の構造は、アース板が平行平板であって捕集面積も大きいため、長期間運用すると荷電部に汚れが堆積しやすい欠点があった。新構造荷電極はアース板を丸孔にして面積を減らし、ミストを含む気流を丸孔に通過させることでオイルミストを効率的に帯電でき、放電ポイントも大幅に低減したためにアース板への汚れの堆積が従来機比 1/3 に低減できた。これにより火災の原因である荷電極のアース板汚れ堆積を低減したことで、安全性を向上させることができた。

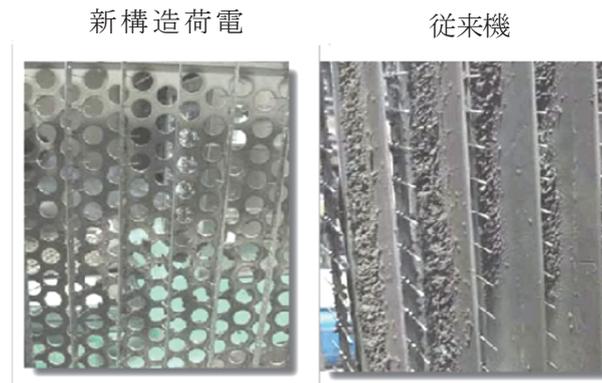
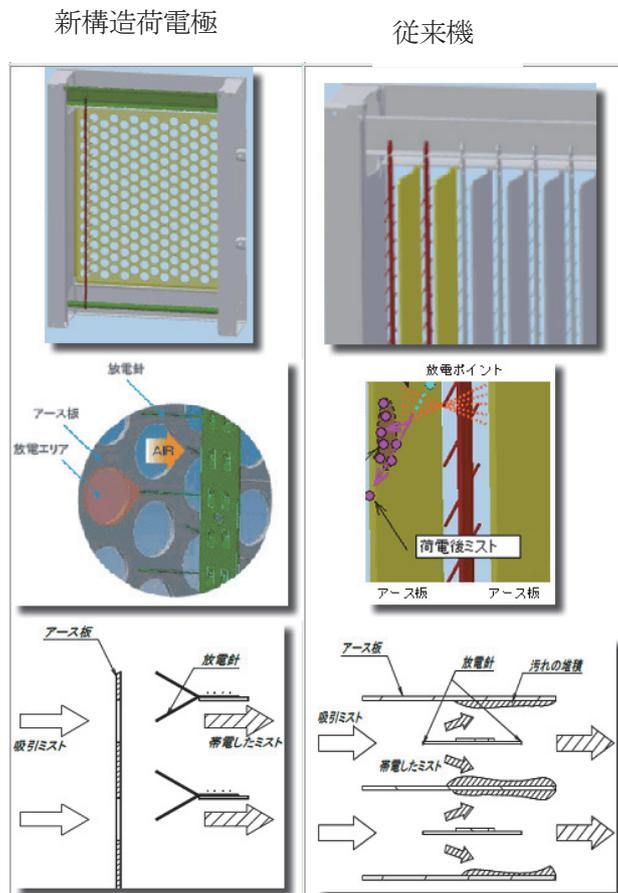


図 5 荷電極アース板汚れ堆積比較



## (2) マイナス荷電方式への変更

主に、屋内で使用する小型の電気集塵装置はプラス荷電が一般的で、従来機もプラス荷電を採用していた。プラス荷電はオゾン発生量が抑えられる反面、放電部の汚れや大気環境の影響で、ストリーマ放電や火花放電が発生し易く、不安定な放電になる欠点があった。マイナス荷電は、これらの不安定な挙動になる欠点がない安定した放電方式であり、マイナス荷電にすることで、異常放電が低減され安全性が向上する。(図6 プラス・マイナスの放電状態の比較図参照)

一般的に、必要な荷電量を確保するためには、マイナス荷電はプラス放電と比較して、オゾン発生量が増加する。新構造荷電極は、ミストを含む気流を丸孔に通過させることで、効率的に帯電する高効率荷電により放電ポイント数を大幅に削減し、全体の印加電力を従来機比 30%削減したことで、マイナス荷電方式においても、オゾン濃度が作業環境濃度値 (0.1ppm 以下) 以下に抑えることが可能となった。

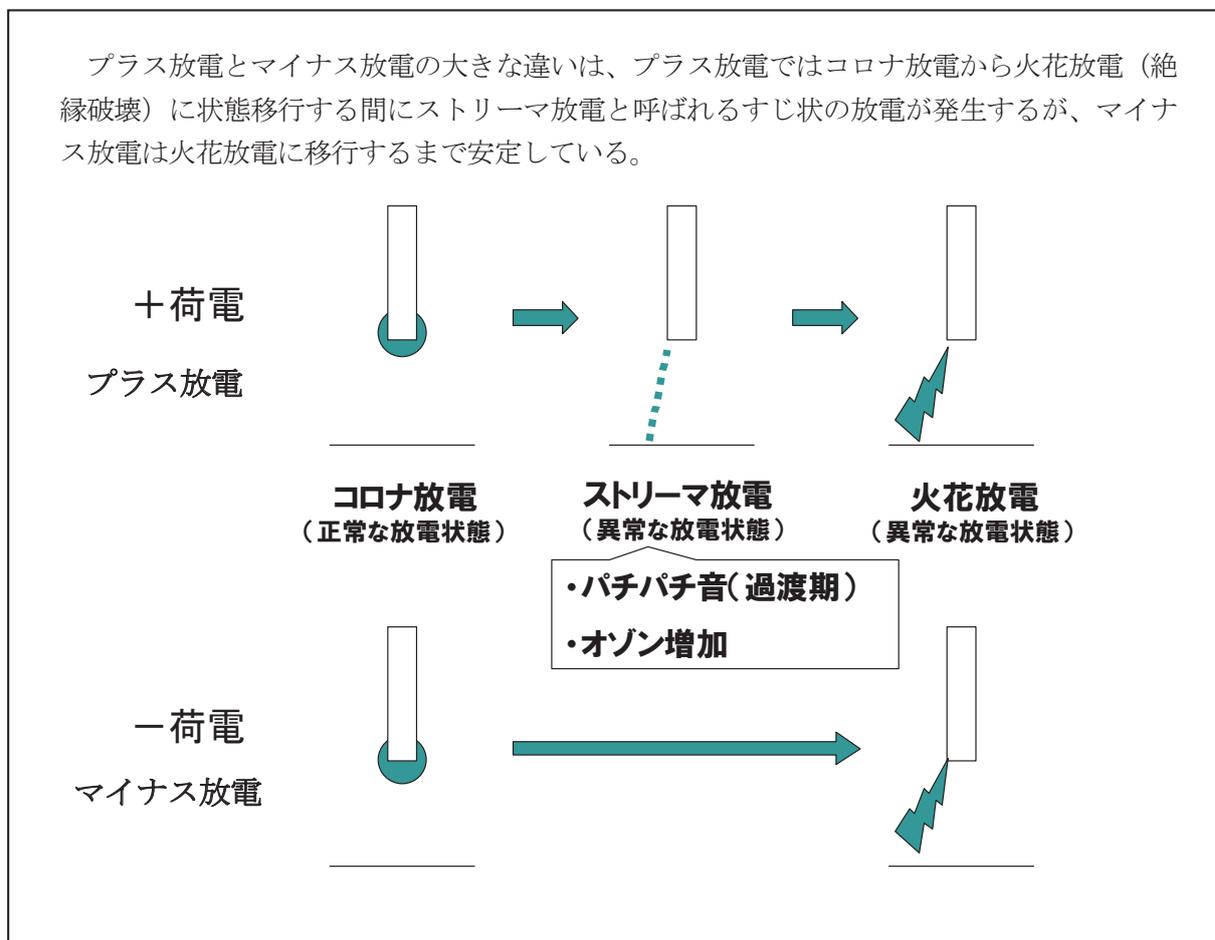


図6 プラス・マイナスの放電状態の比較図

### (3) 新制御方式

従来機は、荷電極に高電圧の印加電力を一定供給する定電力制御であったため、荷電極のアース板に汚れが堆積して正常な放電が阻害される状態においては、過電圧による異常放電で火災リスクが高まり、遮断停止する頻度が高くなる傾向があった。

新制御方式では、マイナス荷電方式による定電圧制御にしたこと、高電圧基板の高速応答回路と協調した遮断制御により、不用意な遮断停止の低減と火災リスク低減を両立した安全かつ安定した運転が可能となった。

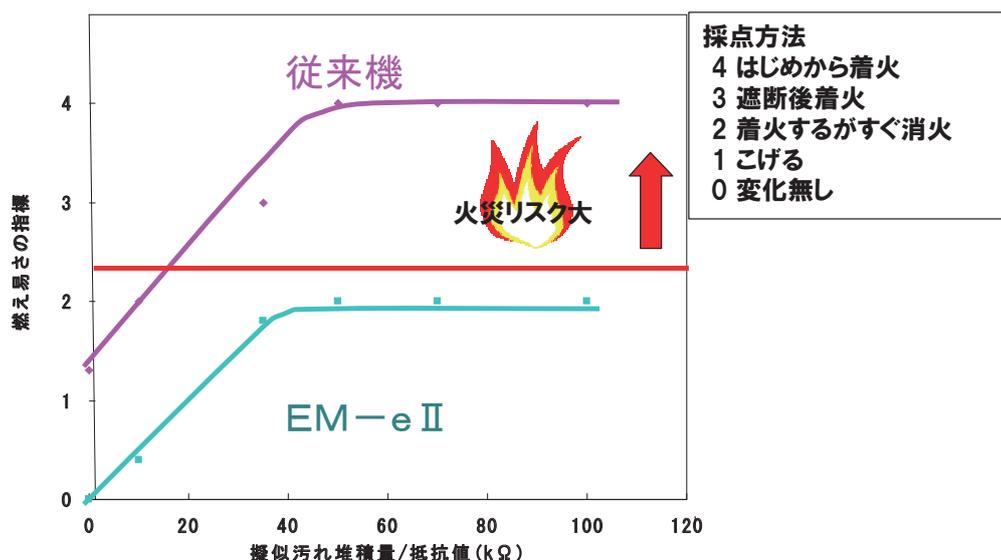


図7 擬似汚れ検体による火災リスク比較結果

## 4. 特許

本装置の関連特許は次のとおりである。

公開番号：特開 2014-87732 / 名称：電気集塵装置

## 5. 性能

### (1) 捕集性能（集塵性能）

表1は、従来機との捕集性能比較結果である。従来機同等の高い性能を有している。図8のろ紙重量法システムでの測定値である。

表 1 捕集性能比較結果

	捕集効率 (%)	
	15 クラス	30 クラス
従来機	99.0	99.0
EM-e II	99.0	99.0

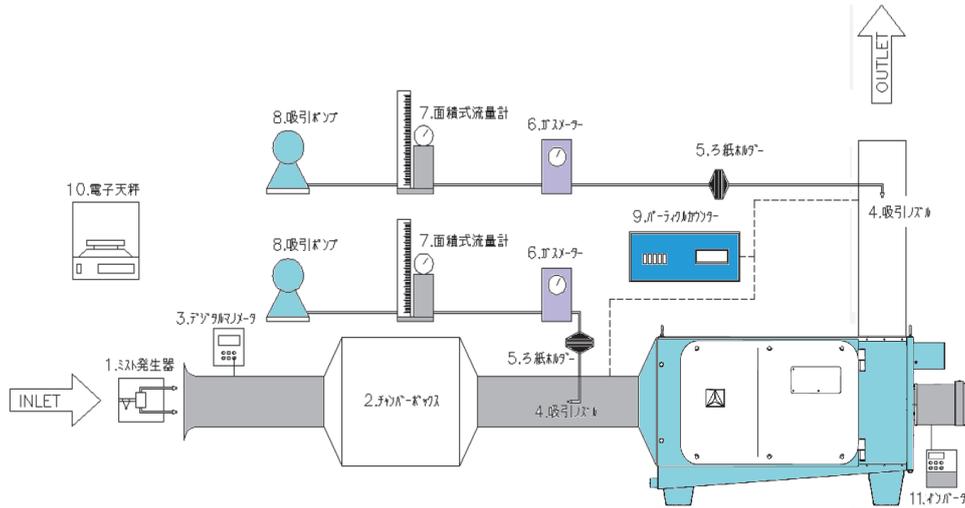


図 8 ろ紙重量法システム

## (2) 耐久性能

図 9 は、フィールド検証の結果である。

耐久性は従来機と同等の結果である。本装置は新構造荷電極の効果で、フィールドでの長時間の検証においても、従来機より荷電極のアース板への汚れ堆積が少なく、火災リスクが低減でき安全性が向上している。

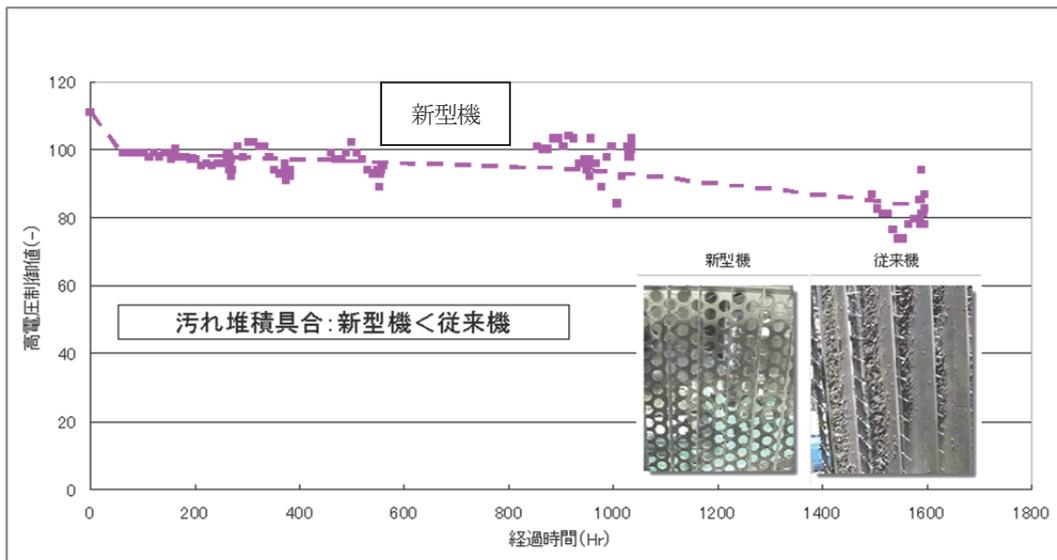


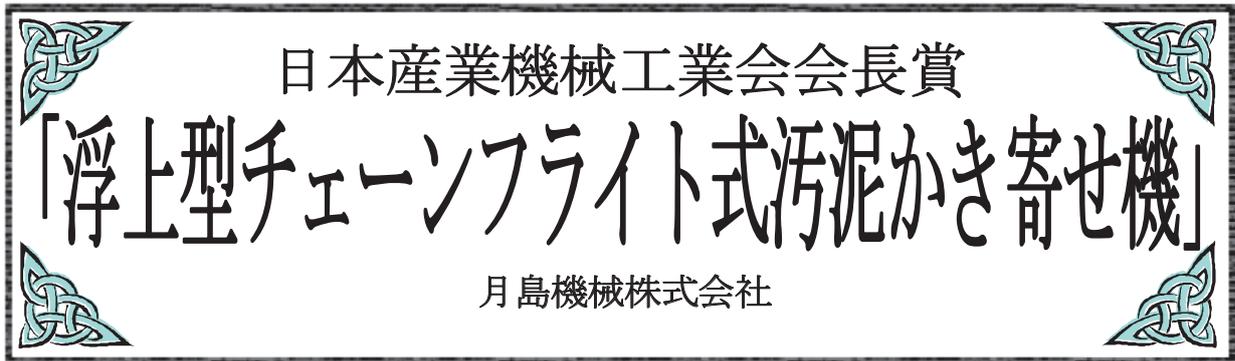
図 9 フィールド検証結果

## 6. 経済性

新型機の荷電極印加電力は構造の見直しにより従来機 35W (DC10kV×3.5mA) に対し 25W (DC10kV×2.5mA) と約 30%の省エネになっている。

## 7. 将来性

国内では、大手自動車会社及び関連工場に多く納入されている。海外においても自動車関連工場を中心に中国、東南アジア、北米への出荷が増えてきている。



## 1. 装置説明

### (1) 浮上型チェーンフライント式汚泥かき寄せ機の構造と原理

#### ① 全体構造と原理

浮上型チェーンフライント式汚泥かき寄せ機は、浮力を利用した樹脂製汚泥かき寄せ機である。構造図を図 1 に、全体写真を写真 1、2 示す。本体チェーンに取り付けられたフライントにより、汚泥を連続的にピット方向にかき寄せている。かき寄せ側のフライントは、池底付近に設置された下部レール下面に接しながら走行する。リターン側は、レールが無いチェーン緊張部（フライント浮上区間）となる。この区間を走行するフライントの浮力により本体チェーンに上向きの力が発生し本体チェーンの緊張が得られる構造となっている。

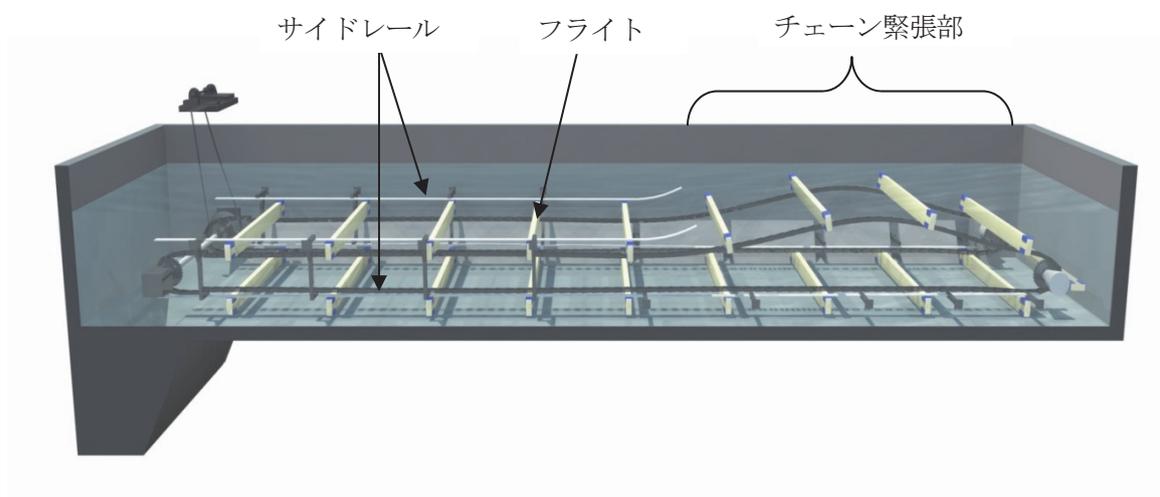


図 1 浮上型チェーンフライント式汚泥かき寄せ機



写真1 浮上型チェーンフライト式汚泥かき寄せ機実機1



写真2 浮上型チェーンフライト式汚泥かき寄せ機実機2

② 部品類について

浮上型チェーンフライト式汚泥かき寄せ機に使用しているフロートを写真3、図2に示す。フロートは塩化ビニル樹脂製の発泡体であるため、表面に体積に影響を与えない程度の傷がついても浮力低下は発生しない。

なお、フロート以外のフライト、チェーン、スプロケット等のその他部品は、従来型樹脂製チェーンフライトかき寄せ機と同じ部品を使用しているため、従来製品と同等のかき寄せ機能を有している。

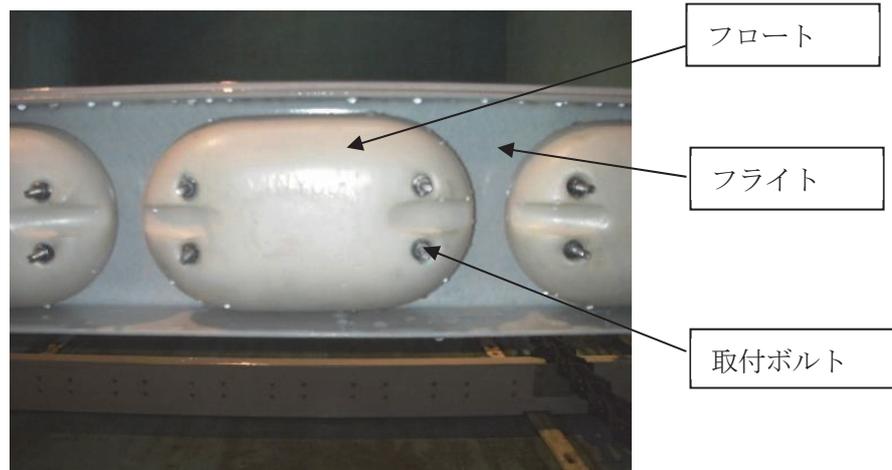


写真3 フロートとフライト

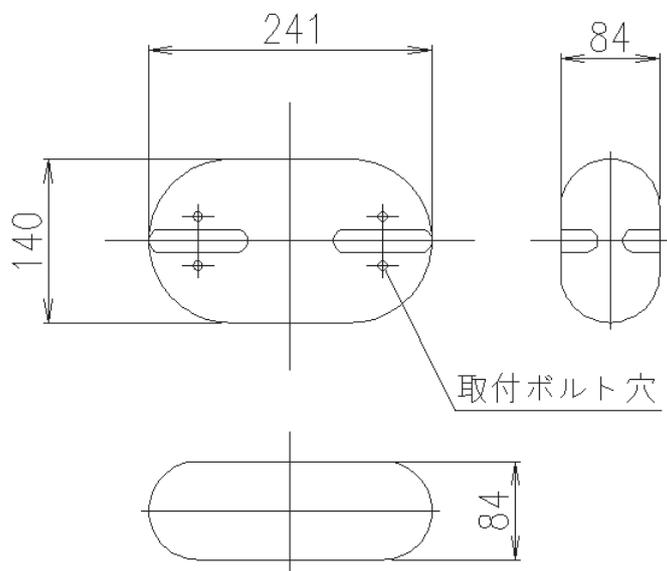


図2 フロート詳細図

## (2) 浮上型チェーンフライト式汚泥かき寄せ機の特徴

### ① チェーン張力調整頻度について

浮上型チェーンフライト式汚泥かき寄せ機は、浮力で本体チェーンを緊張しているため、チェーンが伸びてもチェーン初期張力の低下が従来機より小さく、運転に必要な張力を維持できる。このため、チェーン調整頻度が少なく、結果として沈殿池の水抜き点検頻度を低減することが可能である。

この理由を図3にて説明する。これまでの従来技術（当社の樹脂製チェーンフライト式かき寄せ機）では、チェーンが伸びるとチェーン緊張部長さ（カタナリー長）が短くなるため、下向きの自重が小さくなり、チェーン初期張力が著しく低下する。これに対して、浮上型チェーンフライト式汚泥かき寄せ機の場合、チェーンが伸びても、チェーンが上側に浮上し膨らむだけで、チェーン緊張部長は変わらない。このため、チェーン

に発生している上向きの力は変わらないため、チェーン緊張部張力の低下を抑えることができる。

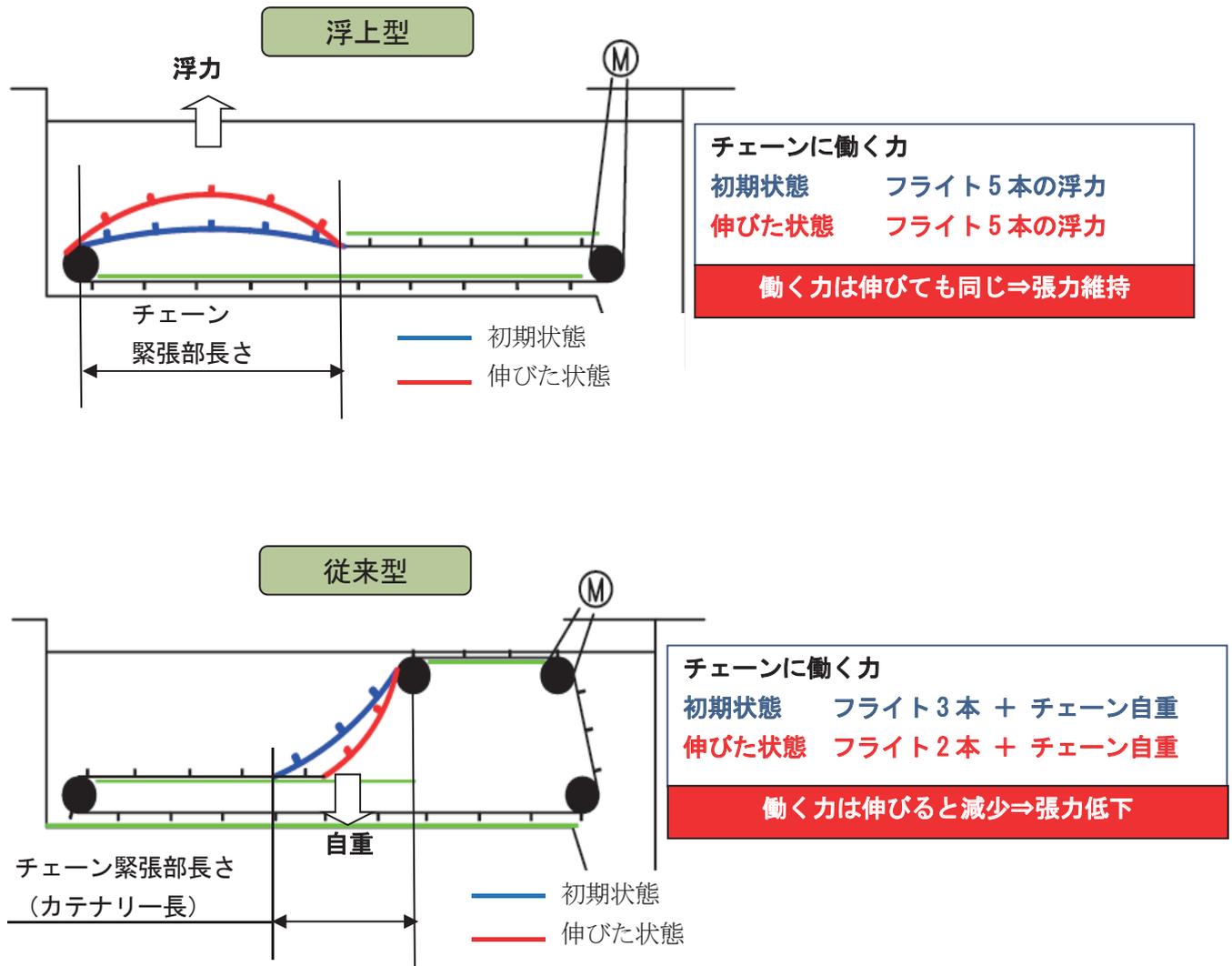
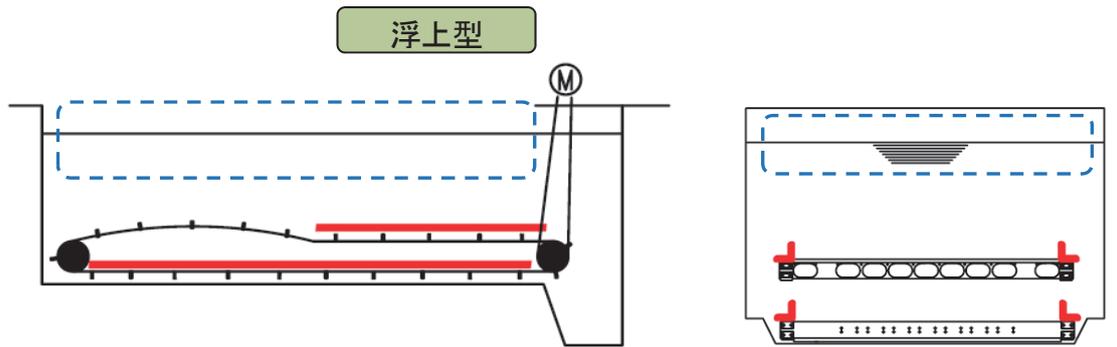


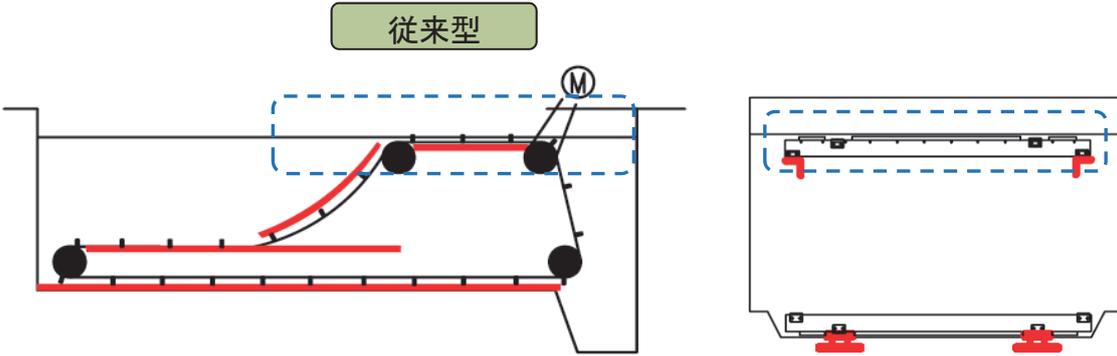
図3 チェーン伸びとチェーン緊張部長の関係

② 耐震性について

浮上型は2軸構造のため、すべてのレールや軸が池底付近にあり、水面付近にレールや軸がない。(図4参照) このため、水面に揺れ等が発生してもフライトやチェーンへの影響が小さく、レールからのフライト脱落やチェーン脱輪が発生しにくい構造である。



水面付近にチェーン・フライトが無い  
⇒チェーン・フライトが脱落しない



水面付近にチェーン・フライト有る  
⇒チェーン・フライトが脱落しやすい

図 4 耐震性の比較

また、浮上型は、チェーンとスプロケットの巻き付け角が大きいいため従来型よりスプロケットから外れ難い構造となっている。(図5 参照)

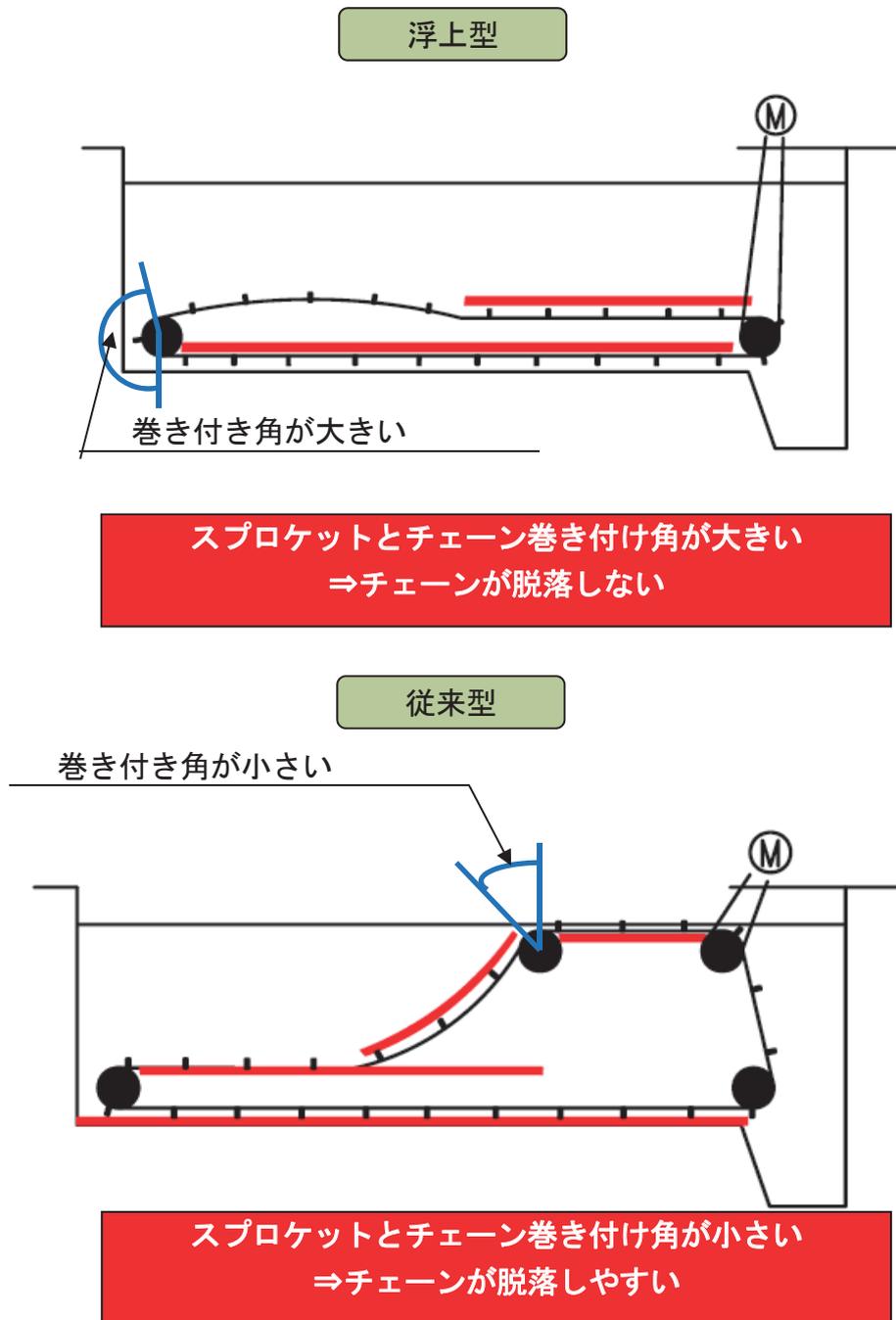


図5 スプロケットへの巻き付け角の比較

③ 施工性について

従来技術では、フライトが池底上を走行するため、池底にフライト走行用のレールが必要である。このため、池底レール埋設のために、池底仕上げ用コンクリート工事が必要となる。

これに対し浮上型は、フロートの浮力により浮上しているフライトが、下部レール下面に接しながら走行しているため、池底レールを必要としない。したがって、従来型であれば池底レールの仕上げ用コンクリート工事が必要であるが、浮上型は池底仕上げ用コンクリート工事が不要である。走行時のフライトの状態を写真4、図6に示す。また、従来型との比較を図7に示す。

従来型汚泥かき寄せ機からの更新時も、既設池底レールと浮上型かき寄せ機のフライトが干渉しないため、既設池底レールを撤去することなく機器を設置することができる。

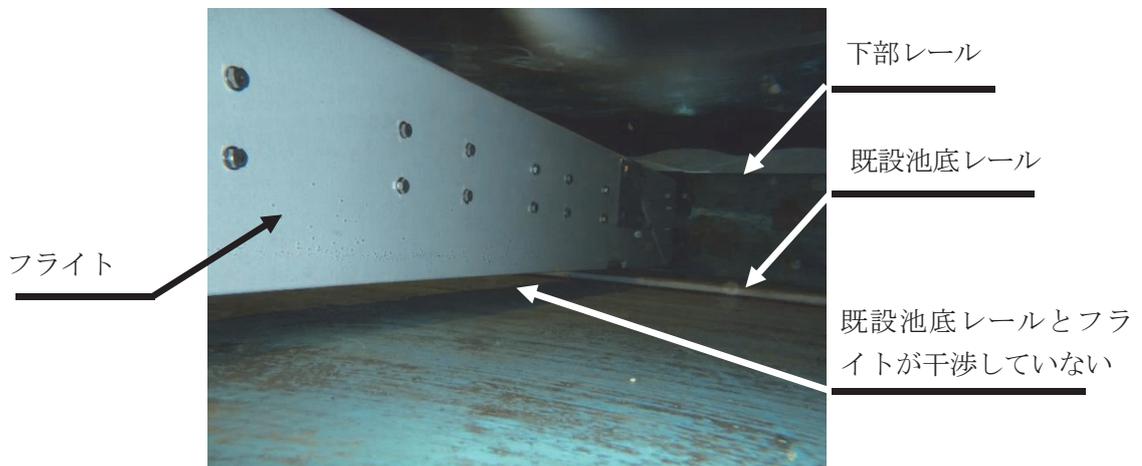


写真4 走行中のフライトの写真（池底レールは既設レール）

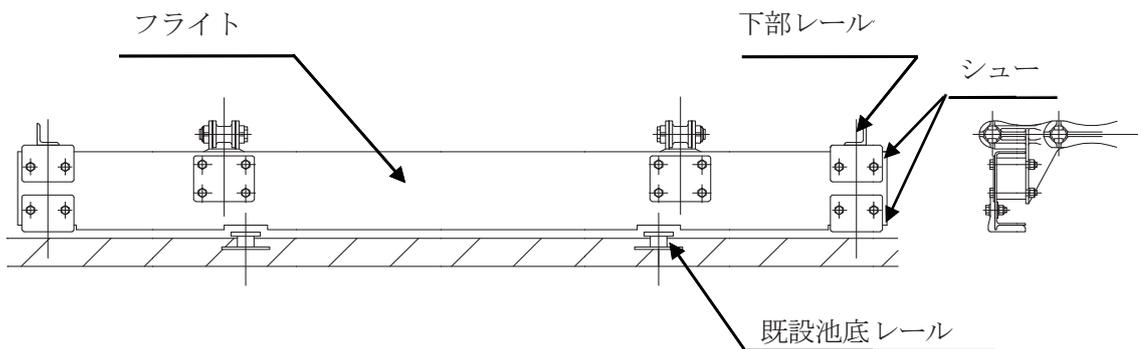


図6 既設池底レールを残した状態

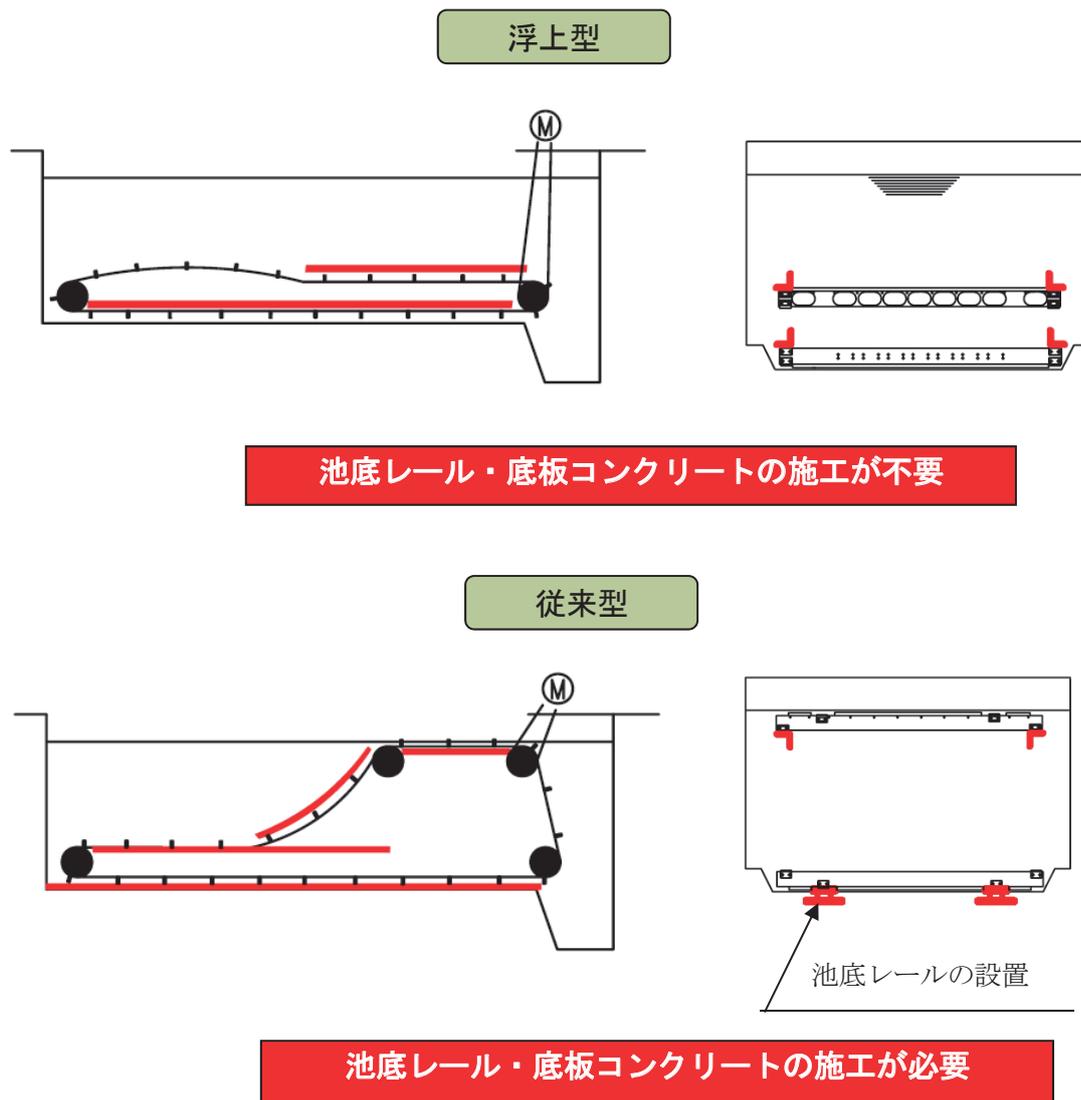


図7 池底レール施工性の比較

## 2. 開発経緯

東日本大震災では、多くの樹脂製チェーンフライント式汚泥かき寄せ機でチェーン脱落が発生した。地震発生時でもチェーンの脱落が発生しないかき寄せ機の開発を行った。

また、チェーンフライント式汚泥かき寄せ機のチェーン張り調整は、池の水抜き等で時間と手間がかかっていた。チェーンの張り調整頻度を低減することにより池水抜きの時間と手間の削減を行った。

平成 22 年度	機器構想・特許申請
平成 23 年度	構造検証・社内試験
平成 24 年度	実証試験（現在も稼働中）
平成 25 年度	日本下水道新技術機構 建設技術審査証明書 取得
平成 26 年 3 月	宮城県石巻浄化センターに第 1 号機納入

### 3. 独創性

従来機は、チェーンの自重でチェーンに張力を与えていたが、浮上型では、浮力によりチェーンに張力を与えることを特長としている。

フライトに浮力を与えることによりチェーンに張力を与えているため、チェーンが伸びてもチェーン張力の低下が少ない。このため、従来機よりチェーンの張り調整頻度が低減できる。

また、チェーンが水面付近にないため、地震発生時のスロッシングの影響を受けない構造となっている。

### 4. 特許

本装置の関連特許は次のとおりである。

特許番号：第 5743527 号 / 汚泥掻寄機

### 5. 性能

本装置と類似装置との比較を表 1 に示す。

表 1 類似装置との比較

項目	本装置	従来装置
	浮上型チェーンフライト式 汚泥かき寄せ機	当社 4 軸樹脂製 汚泥かき寄せ機
チェーンの張力調整頻度	チェーン伸びによるチェーン緊張部張力の低下が小さいため、張力調整頻度が少ない。 通常 8 年に 1 回	チェーン伸びによるチェーン緊張部張力の低下が大きいため、定期的な張力調整を必要とする。 通常 2 年に 1 回
池底レール施工の有無	フロートによりフライトが浮上しているため池底に接触しない。従って、池底レールや池底仕上げ用コンクリート工事が不要である。	フライトの自重によりフライトが池底に接触するため、池底レールが必要である。このため、池底仕上げ用コンクリート工事が必要である。
フライト脱落やチェーン脱輪の発生	2 軸構造のため、フライト脱落やチェーン脱輪が発生しやすい水面付近にレールや軸がない。	フライト脱落やチェーン脱輪が発生しやすい水面付近にレールや軸がある。

## 6. 経済性

耐震化のためには、従来機は耐震装置が必要であるが、本機は、特別な装置を付加すること無く耐震性を保持している。

また、浮上型は池底レールが不要となるため、機器設置の施工期間が短くなる。

	従来装置	本装置
イニシャルコスト	100	80
装置費用	100	80
設置費用	100	80
ランニングコスト	100	80
ユーテリティ	100	100
チェーン張り	100	50
補修工事費	100	80

## 7. 将来性

東日本大震災では、樹脂製チェーンフライント式汚泥かき寄せ機のチェーン脱落が多数発生した。今後、樹脂製チェーンフライント式汚泥かき寄せ機の耐震化が必要となるため、浮上型かき寄せ機の導入が増加すると推定する。

—非 売 品—  
禁無断転載

第 42 回  
優秀環境装置

発 行 平成 28 年 6 月

発行者 一般社団法人 日本産業機械工業会  
〒105-0011  
東京都港区芝公園三丁目 5 番 8 号  
電話 03-3434-6821

