

第51回 優秀環境装置

2026年3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2025年度「第51回優秀環境装置の表彰事業」における受賞装置の概要をまとめたものである。

今回で51回となる本事業は、優秀な環境装置・システムを表彰し公表することで、環境保全技術及び装置の研究開発を一段と促し、これを普及させることで地球環境の保全に資することを目的として、公害が大きな社会問題であった1974年に始まったものである。

環境装置産業は、その後、廃棄物の適正処理、ダイオキシン類問題や循環型社会構築に向けた再資源化への対応、上下水を含めた処理の過程からのエネルギー及び資源回収などに活動分野を広げてきた。さらに、カーボンニュートラルの実現に向けて、バイオマスの利活用、二酸化炭素の回収や有効利用の促進、そして、こうした活動を経済成長の機会へと転換していく「グリーントランスフォーメーション：GX」の実現に向けて取り組んでいる。

地球温暖化については、環境省が取り纏めた「気候変動影響評価報告書」によると、工業化以前からの気温上昇が1.5℃に近づきつつある現状において、評価が行われた全7分野80項目のうちの23項目が、「重大性」において特に重大な影響が認められる「レベル3」とされている。水稻や畜産等の農業、養殖や沿岸域の水産業、淡水や沿岸域の生態系、洪水や土石流等の災害、暑熱による健康への影響等が含まれており、私たちが日々感じている実態に合ったものである。このような状況にも鑑み、環境装置産業は、CCUSや化石資源の代替品製造、災害にも強い持続可能な社会を作っていくための更なる技術革新、様々な業界との協働による社会システム確立等の取り組みを通じて、今後も社会に貢献していくことを確信するものである。

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、資源エネルギー庁、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。

2026年3月

一般社団法人 日本産業機械工業会
会 長 金花 芳則

第 51 回優秀環境装置

— 目 次 —

・ 第 51 回優秀環境装置審査報告	1
・ 第 51 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
・ 経済産業省脱炭素成長型経済構造移行推進審議官賞 「高精度自動供給装置付集中脱油システム（エコロアース）」	5
・ 資源エネルギー庁長官賞 「省エネ型ヒートポンプ式アンモニア回収装置」	15
・ 中小企業庁長官賞 「排水処理機（マジカル・ベコップMB-03TS）」	25
・ 日本産業機械工業会会長賞（応募申請書受付順） 「消臭・油煙・粉塵除去装置（エアークリーンシステム CLCC 型）」	35
「廃油蒸気ボイラー（NBHボイラーシリーズ）」	45
「エマルション分離装置（EBS：エマルションブレイクシステム）」	51

一般社団法人日本産業機械工業会のウェブサイトでは、
カラーにて受賞装置の概要をご覧いただけます。

<https://www.jsim.or.jp/commendation/>

（右の QR コードからもアクセスいただけます。）



第 51 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 竹内 浩士

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 1974 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、「持続可能な社会の形成」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、2025 年 6 月 9 日から 2025 年 7 月 18 日までの約 1 ヶ月にわたって公募した。

その結果、大気汚染防止装置〔1 件〕、水質汚濁防止装置〔3 件〕、廃棄物処理装置〔2 件〕、再資源化装置〔3 件〕、温室効果ガス分離・回収・処理装置〔1 件〕、上記技術に付属したエネルギー・資源利活用装置〔2 件〕、化石資源の代替品製造装置〔2 件〕の応募があった。複数の分野に亘る応募もあったことから、件数としては、合計 8 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、現地調査を行い、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 51 回優秀環境装置の経済産業省脱炭素成長型経済構造移行推進審議官賞、資源エネルギー庁長官賞、中小企業庁長官賞をそれぞれ 1 件、日本産業機械工業会会長賞 3 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環境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ともに開発にあられた各社のご努力に心から敬意を表したい。

第 51 回 優秀環境装置審査委員会名簿

審査委員会

(委員長)

竹内 浩士 一般社団法人産業環境管理協会 執行理事 環境管理部門長

(委員)

伊吹 英明 経済産業省 製造産業局長
伊藤 禎則 経済産業省 脱炭素成長型経済構造移行推進審議官
村瀬 佳史 経済産業省 資源エネルギー庁長官
山下 隆一 経済産業省 中小企業庁長官
飯田 博文 環境省 大臣官房政策立案総括審議官
石井 裕晶 一般財団法人日本品質保証機構 理事長
畠山 一成 日本商工会議所 常務理事
釜 和明 一般財団法人機械振興協会 会長
黒岩 進 一般社団法人産業環境管理協会 専務理事
大和田秀二 早稲田大学 名誉教授
金花 芳則 一般社団法人日本産業機械工業会 会長
秋庭 英人 一般社団法人日本産業機械工業会 専務理事

審査WG

(主査)

遠藤小太郎 一般社団法人産業環境管理協会
環境管理部門 副部門長 兼 人材育成・出版センター 所長

(委員)

田中 幹也 国立研究開発法人産業技術総合研究所
ゼロエミッション国際共同研究センター 招聘研究員
辰巳 憲司 元国立研究開発法人産業技術総合研究所 環境創生研究部門 客員研究員
加茂 徹 早稲田大学 理工学術院総合研究所 招聘研究員
林 直人 国立研究開発法人産業技術総合研究所
サーキュラーテクノロジー実装研究センター 高度物理選別研究チーム
研究チーム長
栗山 一郎 一般財団法人日本環境衛生センター 技術顧問
藤本 裕之 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
森 智和 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
サーキュラーエコノミー部 3R・水・フロンユニット フロン・水チーム
チーム長
星野 岳穂 東京大学 大学院 工学系研究科 マテリアル工学専攻 特任教授
倉持 秀敏 国立研究開発法人国立環境研究所 資源循環領域 副領域長
赤松 史光 大阪大学 大学院 工学研究科 機械工学専攻 教授
永長 大典 公益社団法人日本下水道協会 技術部長
永山 純弘 一般社団法人日本産業機械工業会 常務理事

(最終委員会 2026年2月4日現在)

第51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>

※該当なし

<経済産業省脱炭素成長型経済構造移行推進審議官賞>

「高精度自動供給装置付集中脱油システム（エコロアース）」

(株)そうぎょう

<資源エネルギー庁長官賞>

「省エネ型ヒートポンプ式アンモニア回収装置」

木村化工機(株)

<中小企業庁長官賞>

「排水処理機（マジカル・ベコップMB-03TS）」

(株)オクト

<日本産業機械工業会会長賞>（応募申請書受付順）

「消臭・油煙・粉塵除去装置（エアークリーンシステム CLCC 型）」

(株)クリエ

「廃油蒸気ボイラー（NBHボイラーシリーズ）」

(株)日本汽罐

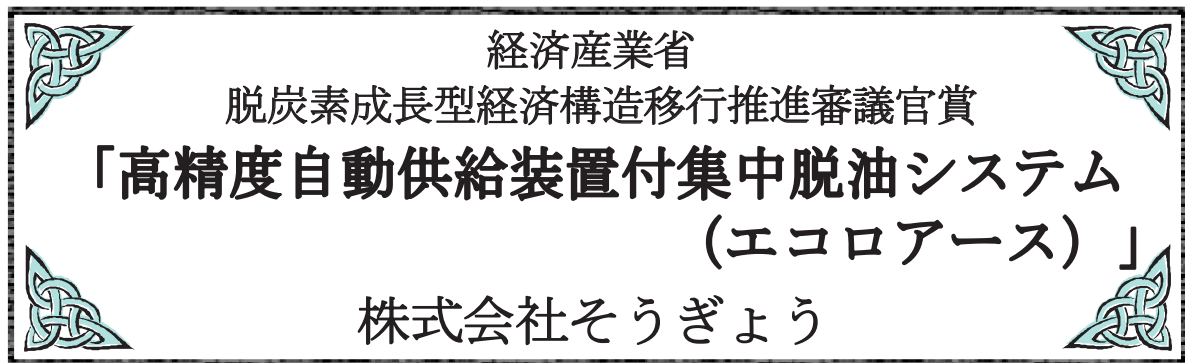
「エマルジョン分離装置（EBS：エマルジョンブレイクシステム）」

中部電力ミライズ(株)
関西オートメ機器(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	1	1
水質汚濁防止装置	3	2
廃棄物処理装置	2	2
騒音・振動防止装置	0	0
土壌・地下水汚染修復装置	0	0
再資源化装置	3	3
温室効果ガス分離・回収・処理装置	1	0
上記技術に付属したエネルギー・資源利活用装置	2	2
化石資源の代替品製造装置	2	1
その他環境負荷低減に資する装置	0	0
合 計	8	6

※複数の分野に亘る応募申請があるため、分野別応募件数及び分野別受賞件数の合計値は、それぞれ応募申請件数及び受賞件数と一致しない。



1. 装置の詳細説明

本システムは、金属加工業において排出される金属切屑と切削油の混合物を遠心力により高精度に分離・回収し、再資源化を可能としたシステムである。

従来、切削加工で発生する金属切屑は廃棄物として処理されていたほか、切削加工時の金属切屑を再生するために融解炉に投入する場合は、油を燃焼させて CO₂ を発生させてしまう課題があった。

本システムは、混合物を連続して定量投入する自動搬送機と、混合物を遠心力により分離する脱油機「マッハセパレータ」で構成される（図表 1）。切削加工機から排出された油分を含む切屑は、自動搬送機により脱油機のロータリーバケット内に投入され、底の R 部に遠心力で沿いながら、側面より上部へ移動する。ロータリーバケットの側面上部には、脱油スリット（切込溝）が設けられており、遠心分離により油のみがスリットを通過することで油が回収される。油分が抜けた上部の切屑は、底から移動して来た切屑により押し上げられてロータリーバケットの外側へ排出される（図表 2）。

以上の独自システムによる連続・自動運転を達成したことにより、従来のバッチ式に比べて省エネの効果が期待でき、省力化・省人化への対応も可能となった。また、回収油の再利用による油購入量の削減が期待でき、高精度の脱油性能（回収率：最大 99%）により、切屑の再生（溶解）時における CO₂ 排出量削減も可能となった。さらに、本システムは小設置面積（畳一畳分）を実現しており、金属加工業者のニーズに合わせ、本システムの前後に破碎機や、回収油のろ過装置を設置してカスタマイズすることも可能である。

図表 3 に本システムの切削加工業種別ターゲット分布を示す。



図表1 本システム外観構造



図表2 本システムにおける脱油機構

図表3 切削加工業種別ターゲット分布

切削業種別				会社規模別			
項目、加工盤種類	自動盤加工	歯切り盤加工	ガンドリル加工	分類\指標	工作機械保有台数	ターゲットカテゴリー	
加工素材	アルミ・真鍮	鉄	鉄	Tier 1	大手加工メーカー	粗導入済	
職種 (業界)	自動車部品系	自動車部品系	自動車部品系	Tier 2	100台以上	集中個別システム導入	
	バルブ系	バルブ系	バルブ系	Tier 3	50~60台	エコアース(複数台)もしくは集中個別システム導入	
加工材量	~φ10前後	指定なし	指定なし	Tier 4	50台未満	エコアース(脱油機)導入(複数台)	
発生切粉	細かい	長い・カール状	細かい	長い・カール状	Tier 5	10台前後	自然落下による脱油
エコアース型式	BH型	CU型	BH型	CU型			

2. 開発経緯

(1) 開発経緯

当社は1982年から環境機器の販売を開始し40年以上『油を回収する』ことをテーマに開発及び商品化に邁進してきた。その一環で遠心脱油機を製造・販売している。

以下に本システムの開発経緯を示す。

1982年	切屑脱油機「マッハセパレータ」を開発・販売開始
1984年	切屑をマッハセパレータへ搬送・投入する自動搬送装置「CB コンベア」を開発・販売開始
1988年	自動・連続・定量にて切屑を搬送～脱油し、混合廃棄物（切屑＋油）を分別（脱油）する高精度脱油システム「エコロアース」を開発・販売開始
1989年	各種形状が相違している切屑を更に細かく裁断する装置「チップカッター」を開発・販売開始
2002年	現行2タイプ仕様の高精度脱油システム「エコロアース」を開発・販売開始
2023年	小規模の加工業者及び加工現場向けに設備の移動が可能な「エコロアース（小型仕様モデル）」を開発・発売開始 第1号機納入
2025年	脱油機「マッハセパレータ」最大処理仕様（300～500 L/h）モデル「MS-501」を開発・発売開始し、申請装置の市場拡張を開始

(2) 共同開発

なし

(3) 技術導入

なし

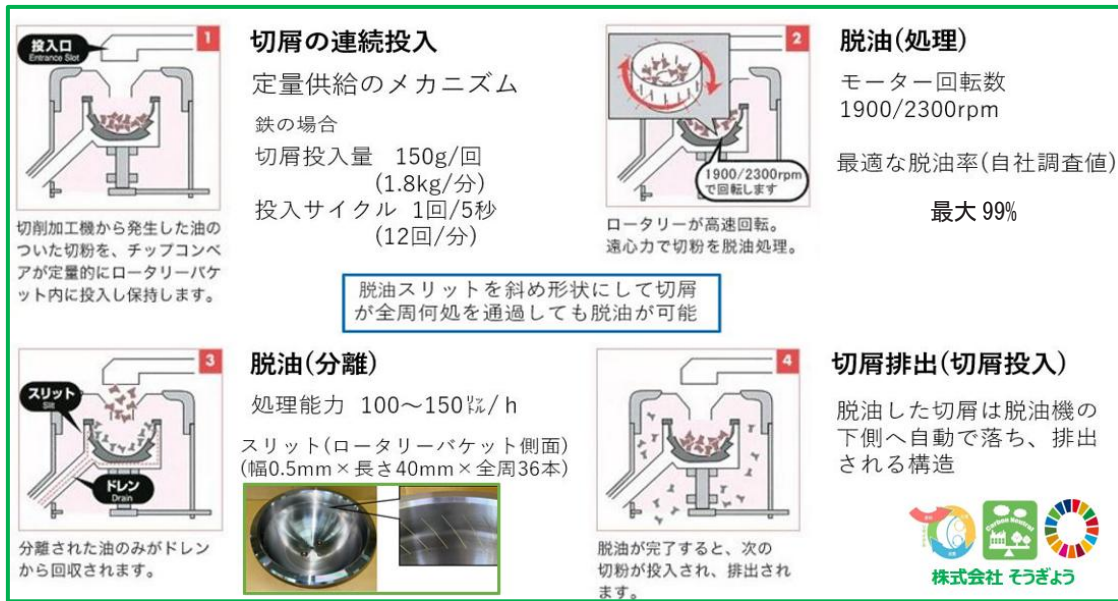
3. 独創性

(1) 連続運転

本システムは遠心脱油機の性能を最大限引き出し、かつ、小設置面積で実現させた切屑脱油システムである。1988年発売以来、幾度の改良を重ねてきた。その特徴は連続運転が可能で、投入、排出時に装置の停止は行わない（図表4）。そのため、バッチ式（一括投入⇒脱油処理⇒排出）では起動・停止を繰り返すことで消費電力量が嵩むが、本システムでは連続運転によって消費電力量の低減を実現し、カーボンニュートラルへの寄与も期待できる。

(2) 遠心脱油機

搭載する遠心脱油機『マッハセパレータ MS-108』は自動車業界で海外含めて幅広く活用されている。脱油機を構成するロータリーバケットは側面上部に脱油スリット切込溝が設けられており、遠心分離により油のみが脱油スリットを通過することで油を回収する。図表5に脱油機の仕様を示す。



図表4 本システムにおける定量連続供給(切屑)と脱油の流れ

型式	MS-50C	MS-108	MS-301	new! MS-501
外観 寸法		エコアース搭載 		
処理能力	10~50%/h	100~150%/h	150~300%/h	300~500%/h
本体重量	約40kg	約100kg	約220kg	約300kg
外観 寸法	513 X 340 X 280	638 X 570 X 340	790 X 790 X 636	1048 X 660 X 520

図表5 脱油機『マッハセパレーター』の仕様

(3) 脱油システム『エコアース』(パッケージと個別カスタマイズ)

基本的なパッケージ脱油システム(最小100~最大150L)を2つの仕様別に設定。当社では、ユーザーの要望に即してカスタム仕様(最小10~50L、150~最大500L)や、前後工程への装置の追加、異形物の除去や回収油のろ過等、個別にカスタマイズを行うことが可能である。

(4) 個別カスタマイズ(事例)

ユーザーの切屑排出量や大きさに応じて個別カスタマイズ対応が可能である(処理能力10~500L/h)。図表8に脱油個別カスタマイズへの追加工程(前/後)選択表を示す。

4. 特許の有無

なし



図表 6 本システム（標準仕様）の切屑用途別タイプ

脱油システム導入事例



図表 7 本システムの個別カスタマイズ事例

図表 8 脱油個別カスタマイズへの追加工程(前/後)選択表

工程	導入事例			加工対象
	どのような時に？	装置追加の理由	装置名称	
前工程	『自動投入』したい	作業者の投入作業負担を軽減	切屑台車自動反転装置	切屑
		設備ラインより切屑を一括搬送	集中コンベア	
	『選別』したい	切屑以外の異形物(端材)混入を防止	異物排出装置	
		『切断』したい	カール状の長い切屑を細かくする	
脱油				切屑：切削油
後工程	『減容』したい	切屑の搬送時と溶解時の効率向上	切屑圧縮機	切屑
		『ろ過』したい	回収油スラッジ除去	マグネットセパレーター
	回収油をろ過し直接、設備へ戻す		不純物ろ過装置(油性/水溶性) 浮上油除去装置(水溶性油)	切屑油

5. 性能

(1) 従来システムとの相違点

図表9に規模別の従来システムの比較及び本システムの対応状況を示す。なお、中型装置のみ当社の従来システムである。本システムは大型のプラント規模（脱油処理能力 1,800L/h 以上）はターゲットとしておらず、中小型（脱油処理能力 500L/h 以下）への適用が可能である。

また、中型に絞って従来システムとの比較を行ったものを図表10に示す。中型脱油機における切屑の定量連続供給の脱油率最大 99%については、図表11の要件を調査し、独自技術で研究開発し製品化した。

(2) 環境負荷低減・資源循環への貢献

本システムを開発する以前は、金属切屑と油の混合廃棄物を廃棄物として処理していたことが課題だったが、切屑と油を分別回収しそれぞれ再資源化できているため、サーキュラーエコノミー（資源循環型社会）への貢献も期待できる。

また、切屑の再融解時に付着した廃油を焼却処分すると発生していた CO₂ の削減効果に繋がることからカーボンニュートラルにも資する（図表12、13）。

(3) 耐久性・安全性

従来、金属切屑は切屑台車などに入れ貯留していたため、台車下に溜まる油を回収することで油を回収しリユースする会社が多かった。この方法では、工場内に2~3日台車を留め置くことで工場のスペースを占有してしまい、工場内の生産性を低下させていた。また、処理量に応じて台車を必要量揃えることも求められる。ほかにも、切屑も油を含んでおり、再融解処理のために社外に運搬する場合は道路などへの油の滴下のリスクもあった。

それに、切屑を融解炉に投入する場合、炉の種類、性能によっても差が生じるものの、通常は、油分を多く含む切屑を投入すると、CO₂排出量が増大するほか、炉中温度の低下や水蒸気爆発などリスクも生じる。

図表9 規模別の従来システムの比較及び本システムの対応状況

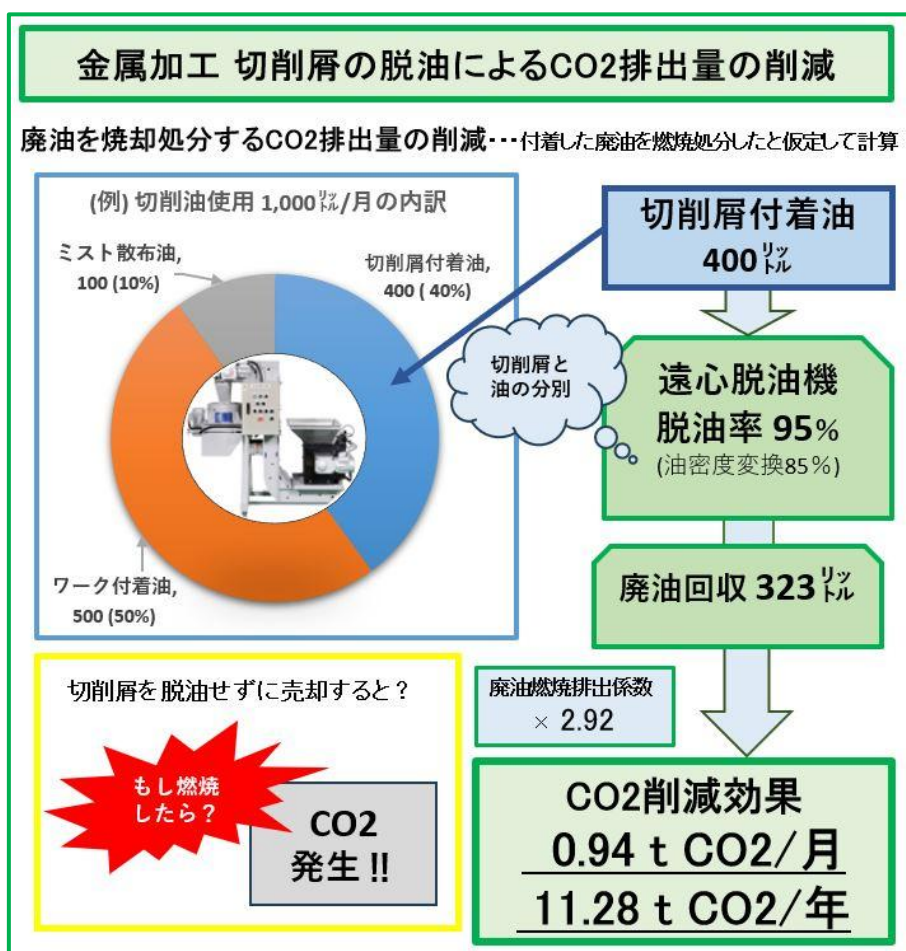
項目\脱油装置の比較	大型(プラント規模)	中型(当社製従来システム)	小型 (パール缶サイズ)
脱油処理能力 [L/h]	1800~5000	30~500	20
脱油率(回収率)	95%以上	最大 99%	95%
市場割合 ※製造業企業規模	1%	45%	54%
製造業の規模割合	大企業	中堅企業	小規模企業
連続運転	◎	◎	不可(単発作動のみ)
本システムターゲット	不可	◎	◎

図表10 本システムと従来システム（中型）との比較

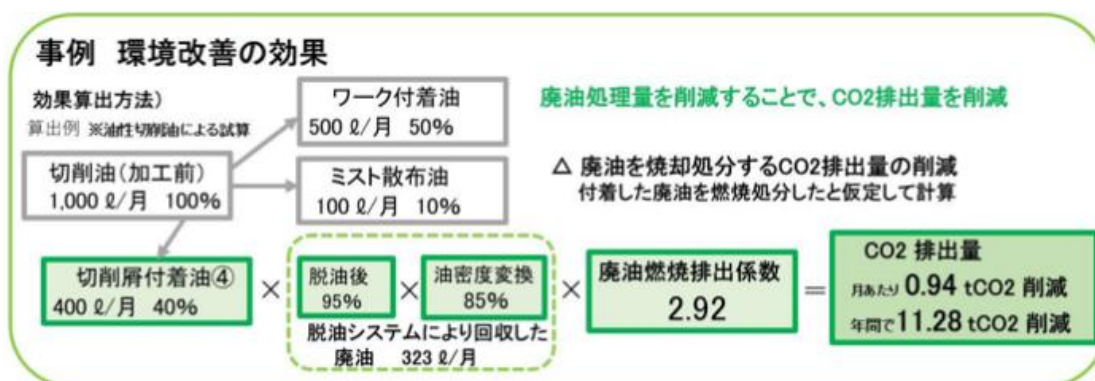
項目\中型市場の競合他社との比較	本システム	従来システム①	従来システム②
脱油処理能力 [L/h]	100~150	100~1,000	100~300
脱油率(回収率) ※自社評価値	最大 99%	99%以上	95%以上
個別システムカスタマイズ可能 (現場・切屑の大きさ・量に合わせた提案)	◎	カタログ 販売のみ	パッケージ 販売のみ

図表 11 中型脱油機の脱油率

条件		区分	項目	脱油条件	脱油率
切屑	材質・大きさ・形状 対象) 鉄・アルミ・ SUS・鋳物・真鍮など	パーツ (マテリアル)	ロータリーバケット	容器) 素材・サイズ・内壁の角度	→ 最大 99%
				スリット) 幅・長さ・角度	
		オペレーション	モーター	回転数	
			制御	切屑投入量(投入サイクル)	



図表 12 脱油による CO₂ 排出量削減の構図



図表 13 脱油による環境改善の効果事例

これらのリスクを解消するため、発生した金属切削屑を瞬時に、再資源化することを可能にしたのが本システムである。

遠心脱油の構造は、回転体中央に切粉を投入し、遠心力で側面移動時に油を回収、その力で中の切粉を押し出し、脱油された切粉を装置外に排出する。そのため、最適な切屑量を供給することが求められる。それを実現するべく、コンベアを搭載し、一括投入された切屑の場合は定量供給機を備え、切屑がスパイラル状など長い切屑の場合や、固まっている切屑場合など状態に合わせて破碎して細かくし、脱油しやすい形状に前処理を行う。

本システムにより、切削屑移送中の油垂れや油漏れによる火災リスクが無くなったほか、油汚れを抑制し工場美化にも繋がる。摩耗や損傷が減りツールの寿命が延びて 4S 定着に結び付く作業者の意識改革に繋がることも期待される。

(4) 運転・操作性

連続運転が可能で、投入、排出時に装置の停止は行わない。そのため、バッチ式（一括投入→脱油処理→排出）の起動・停止を繰り返さないことで、モーターの起動時の電力消費が嵩む課題に省エネ効果をもたらすと期待できる。

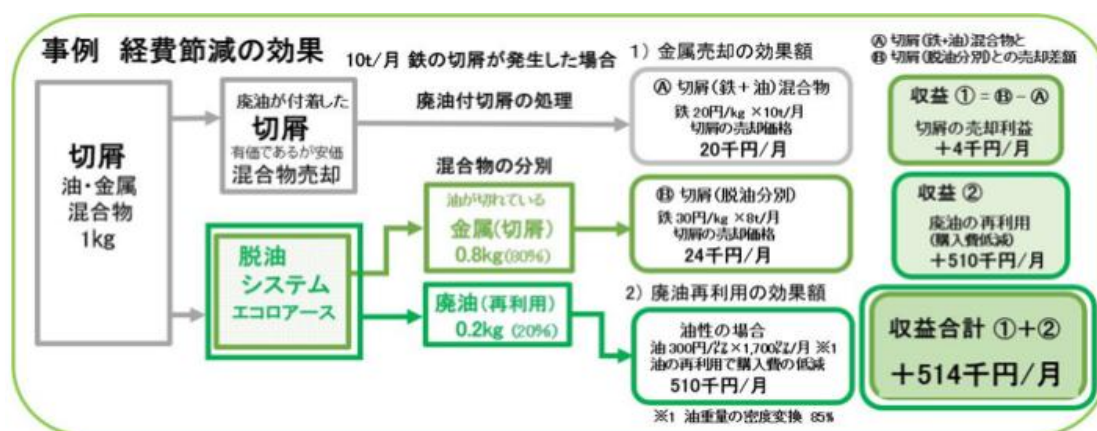
6. 経済性

ランニングコストの面では、電力消費の低減がまず挙げられる。「5. 独創性」でも述べているが、連続運転が可能となり、バッチ式（一括投入→脱油処理→排出）の起動・停止を繰り返さないことで消費電力量の低減を図っている。また、脱油機（遠心分離機）は駆動モーター一つで脱油回収及び切屑排出が可能であるため、省電力が過大とならない。

脱油で回収した廃油の再利用により切削油の新規購入量を削減することが可能となる。さらに、従来発生していた廃棄物（廃油）処理時間の削減により人件費削減も可能である。

これも前項で述べているが、工場美化が図られることで、安全な作業環境による品質の安定と不良率の削減も期待でき、生産性が向上することも期待できる。

本システム導入による経済効果を図表 14 及び図表 15 に示す。



図表 14 脱油による経費節減の効果事例

脱油システム導入による効果

項目	対象	目的	脱油による効果の比較		
			ビフォー(脱油前)	アフター(脱油後)	効果
経費節減	油	①油性切削油(廃油)の再利用	切屑に付着したまま廃棄 事例) 0千円/月	脱油回収し、再利用(リユース) 事例) 510千円/月	新油の購入費削減 事例) 510千円/月の効果
		②水溶性切削油(廃液)の再利用(処分)	切屑に付着したまま廃棄 事例) 0千円/月	脱油回収し、再利用(リユース) 事例) 85千円/月	新油の購入費削減 事例) 85千円/月の効果
	切屑	切屑の脱油による買取価格増	混合廃棄物(切屑+廃油)の買取 事例) 20千円/月	廃棄物(切屑)の買取 事例) 24千円/月	廃棄物(切屑)買取価格アップ 事例) 4千円/月の効果
環境改善	CO2削減	① 脱炭素(廃油) ・カーボンニュートラル ・サーキュラーエコノミー	混合廃棄物(切屑+廃油)焼却によるCO2発生 廃油(切屑付着)をそのまま燃焼 事例) 1.17 tCO2/t 発生/月	廃棄物(切屑)のみ焼却 僅かな廃油の燃焼 事例) 0.23 tCO2/t 発生/月	廃油燃焼の抑制によるCO2削減 CO2排出の削減 事例) 0.94 tCO2/t 削減/月の効果
	安全/CS	② 工場内の環境美化	切屑移送時の床面汚れ 油漏れや垂れによる火災のリスク	油汚れの無い工場美化 油漏れや垂れの無い作業環境	安全な作業環境 火災リスクの回避

図表 15 脱油による各種効果のビフォー&アフター

7. 将来性

(1) 事業実施上の問題点と対応策

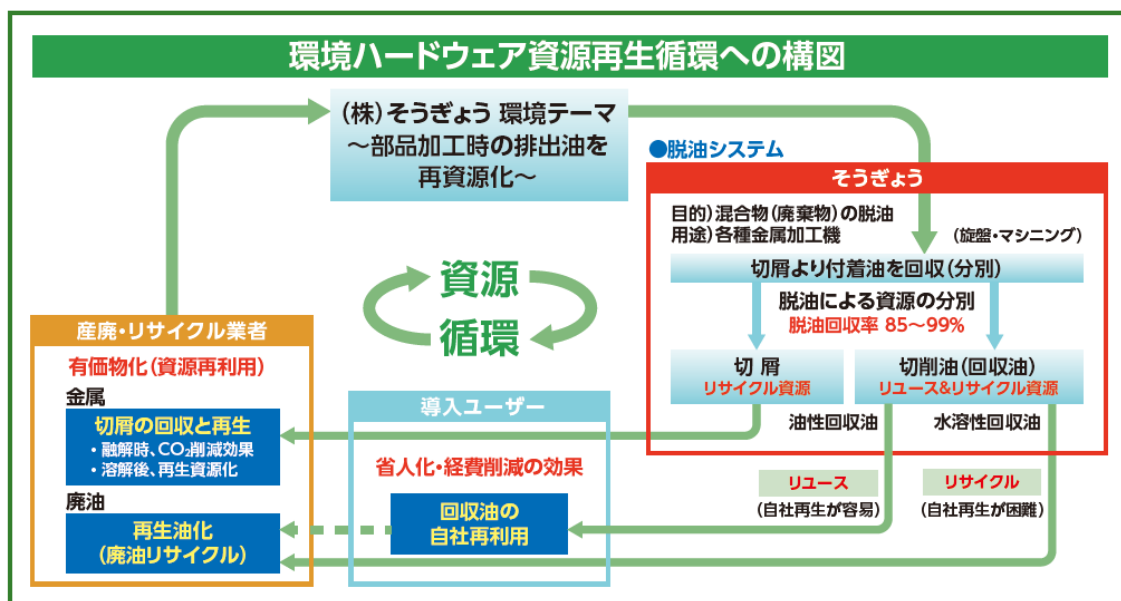
それぞれの金属切削加工業者の加工状況が相違していることから、個別のカスタマイズ対応が必要となる。本システムは混合廃棄物を分離する脱油機とその脱油機に定量投入する搬送機で構成されており、金属切削加工業者の加工状況（切屑の量、大きさ、形状）と要望に応じて、システムの前工程に破碎機やろ過装置などをシステムカスタマイズすることを可能とした。

(2) 将来構想

これまで当社が培ってきた環境改善への積み重ねとその成果を活かして『脱炭素』『資源循環』『自然共生』を相互に協調させた『持続可能な経済社会』への貢献を目指す（図表 16）。

現在は、油の再生（リサイクル）分野は対応出来ていないため、この分野での優れた会社との協業により、油における循環型社会への貢献できる装置（複合システム）を提供できるように開発を進める。

近年、脱油処理量の大きなサイズへのカスタマイズ需要が主流となり、『排出される金属切屑の量や大きさに応じてカスタマイズできる独自の高精度脱油システム』への期待が高まっている。2025年より、更に脱油システムの小型廉価仕様をパッケージ設定して小規模な金属切削加工現場に対しても『省力化・省人化』の側面から、導入効果の提案を可能としている。従来行ってきたカスタマイズ化提案とともに、パッケージ標準品及び小型廉価版の市場拡大化を図る。



図表 16 環境ハードウェア資源再生循環の構図

資源エネルギー庁長官賞

「省エネ型ヒートポンプ式アンモニア回収装置」

木村化工機株式会社

1. 装置の詳細説明

(1) 装置概要

本装置は、化学・食品・半導体工場等のアンモニア含有排水からアンモニアを回収し、再利用することを目的とした装置である。

本装置は主に、第一蒸留塔、第二蒸留塔、熱回収コンデンサ、アフターコンデンサ、リボイラ、ヒートポンプから構成される。アンモニア含有排水は、予熱器で昇温された後、第一蒸留塔の上部から供給される。第一蒸留塔のアンモニア蒸気は熱回収コンデンサに供給され、分縮操作によってアンモニア蒸気が積極的に後段の第二蒸留塔へ抜き出され、更に蒸留される。第二蒸留塔のアンモニアガスはアフターコンデンサにより凝縮されて高濃度のアンモニアガスとなり、吸収塔で濃度調整され 25wt%のアンモニア水として回収される。なお、第一蒸留塔から出るドレン排水は、リボイラで加温されて第一蒸留塔の加熱源となるとともに、一方では予熱用に利用された後、アンモニア濃度約 10ppm の処理水として排出される。

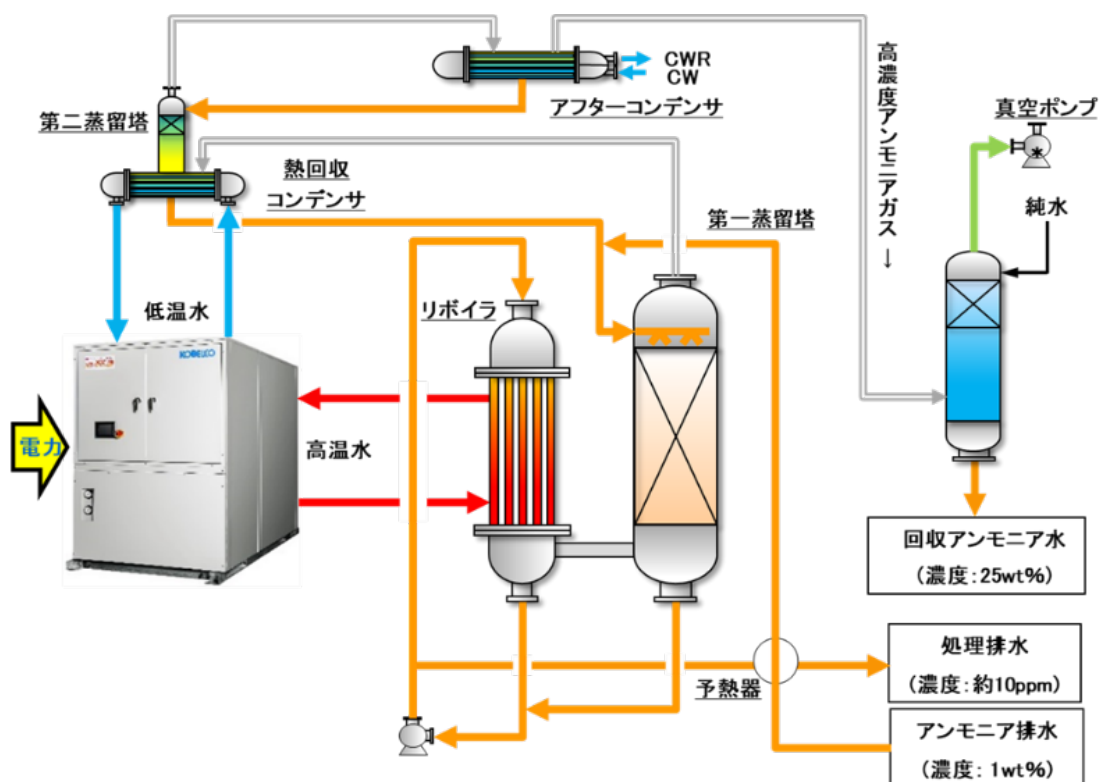
従来、アンモニア回収はスチームストリッピング法が主流であるが、蒸留のための蒸気をボイラ等から外部供給する必要があり、排熱回収もほとんど行われないため、エネルギー消費量が多い。一方、本装置は、COP (Coefficient Of Performance : 成績係数、加熱能力(kW)/投入電力(kw)) の高いヒートポンプを採用することにより、熱回収コンデンサの冷却水から廃熱を回収してリボイラの熱源に再利用し、また、第二蒸留塔では、ヒートポンプの余剰熱を加熱源として利用するためリボイラを必要としない。そのため、1wt%アンモニア含有排水から 25wt%のアンモニア水を回収することを目的としたスチームストリッピング式と比較して、一次エネルギー投入量を 81%、CO₂排出量を 83%削減することが可能となった。

(2) 装置詳細

図表 1 が本装置のフローである。高 COP ヒートポンプを用いることで、回収部と濃縮部の中間に設けた熱回収コンデンサの冷却水から廃熱を回収し、リボイラの熱源として再利用が可能である。なお、この熱回収コンデンサ内でアンモニアを含むベーパー全量が凝縮すると露点降下を起し、ヒートポンプの加熱 COP 低下を招く。そこで、熱回収コンデンサで分縮操作をすることにより、アンモニアを積極的に後段へ抜き出して第二蒸留塔で更に蒸留することにした。なお、ヒートポンプの加熱量には、回収熱量に加えてヒートポンプ動力が加わることにより余剰熱が発生する。第二蒸留塔ではこの余剰熱を活用するため、リボイラを必要としない。アフターコンデンサからは、高濃度アンモニアガスで抜き出し、吸収塔で濃度調整して 25wt%アン

モニア水として回収できる。ちなみに、1wt%アンモニア水を蒸留塔に供給し、塔頂から高濃度に濃縮されたアンモニアガス、塔底から約10ppm低濃度排水が出る場合、スチームストリッピング式と比較して、一次エネルギー量およびCO₂排出量が大幅に削減でき、さらに25wt%アンモニア水が回収できる。

なお、一次エネルギー削減率及びCO₂排出削減率については、後の項で説明する。



図表1 ヒートポンプ式アンモニア回収装置フロー

2. 開発経緯

(1) 開発経緯

1999年	内部熱交換型蒸留塔「HIDiC」ベンチプラントによる100時間以上の連続運転に世界で初めて成功
2002年～2005年	内部熱交換型蒸留塔「HIDiC」パイロットプラントによる1,000時間の連続運転、エネルギー使用量60%削減に成功
2010年	ヒートポンプを活用した省エネ型蒸留装置の開発を開始
2019年	ヒートポンプ式アンモニア回収装置の発明 ヒートポンプ式アンモニア回収装置の実証試験に成功
2025年	第1号機納入

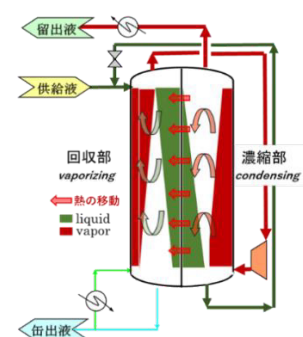
以下に、上記開発経緯の詳細を述べる。

1993年から2000年まで、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）において、国家プロジェクトとしてのニューサンシャイン計画が実行され、その一環として石油化学産業分野を対象に「内部熱交換による省エネ蒸留技術」の基礎研究が開始され、そのプロジェクトに参画した当社と丸善石油化学は、1999年、「究極の省エネ型蒸留装置」とも言える「内部熱交換型蒸留塔、通称「HIDiC」（ハイディック）」のベンチプラントで、世界で初めて100時間以上の安定した連続運転に成功した。

さらに、2002年からのNEDO「内部熱交換による省エネ蒸留技術開発プロジェクト」に、他の機関とともに共同参画し、丸善石油化学構内に建設したパイロットプラントで1,000時間の連続運転を達成し、さらに従来の蒸留塔に比べてエネルギー使用量を60%削減することに成功した（図表2）。

2010年には、HIDiCにおける当社の功績を高く評価した（一社）日本エレクトロヒートセンサーが、ヒートポンプを活用した省エネ型蒸留装置の開発を当社に依頼した。そして、6年間かけて当社はヒートポンプ式メタノール蒸留装置（図表3）の開発に成功し、蒸留工程における大幅な省エネ化を実現した。

化学工学的に理想の蒸留装置 HIDiC（内部熱交換型蒸留塔）



回収部から濃縮部への蒸気を昇圧（昇温）し、濃縮部から回収部へ熱移動させる。理論上、最も省エネルギーとされている。

1999年 世界初 理論実証に成功



ベンチプラント(1999)



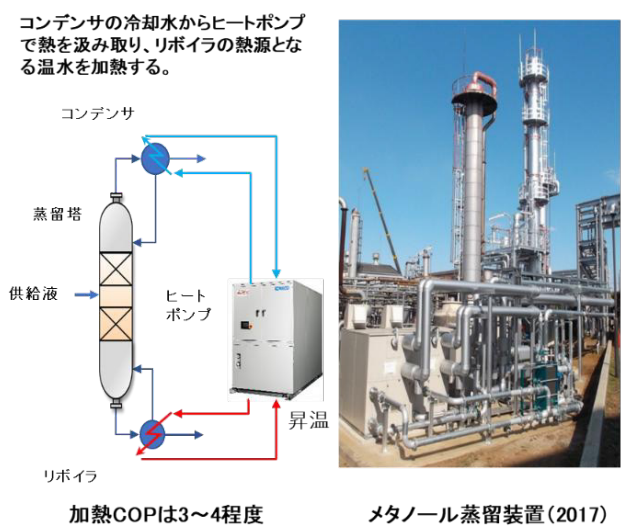
パイロットプラント(2005)

図表2 当社が開発したHIDiC（内部熱交換型蒸留塔）

しかし、この時に採用していたヒートポンプは、加熱 COP が 3~4 であり、省エネ性が十分ではなく、費用対効果を発揮できないという課題があった。

そこで、これまで最高 40℃までの排温水から熱回収して 70~90℃の温水供給に対応していたヒートポンプであったが、60~75℃の高温熱源水から 95℃の高温水を最大加熱 COP 7.5 で取り出せる、新開発されたコベルコ・コンプレッサ製ヒートポンプを採用した。これは、「ヒートポンプ式蒸留装置」の温度バランスに適したものとなっている。そして、当社は、このような高 COP ヒートポンプを用いることで、蒸気の使用量を削減でき、それにより CO₂を大幅削減できる省エネ型ヒートポンプ式蒸留装置を複数発明した。その中でヒートポンプ式アンモニア回収装置も発明された。

そして、ヒートポンプ式アンモニア回収装置については、2019 年秋に実証試験（図表 4）を行い、従来のスチームストリッピング式と比較して、ランニングコストは最大 6 分の 1（当社比）、一次エネルギー削減率 81%以上（原油換算）、CO₂削減率 83%以上と大きい削減効果を出すと同時に、濃度 1~2%の希薄アンモニア水から濃度 95%以上の高濃度アンモニアガスが回収できることを確認できた。



図表 3 当社が開発したヒートポンプ式メタノール蒸留装置



【実証試験装置の概要】

- ・処理量 : max 3t/h
- ・供給液アンモニア濃度 : 1~2 wt%
- ・処理排水アンモニア濃度 : 10ppm以下
- ・塔頂アンモニアガス濃度 : 95wt%
- ・回収アンモニア水濃度 : 25 wt%
- ・ヒートポンプ加熱出力 : max 320kW
- ・ヒートポンプのCOP : max 7.5

ランニングコストは従来型の最大6分の1(当社比)
 一次エネルギー削減率 81%(スチームストリッピング式との比較)
 CO₂排出削減率 83%(スチームストリッピング式との比較)

図表 4 当社尼崎工場内の実証実験装置

(2) 共同開発
なし

(3) 技術導入
なし

3. 独創性

本装置は、アンモニア水の蒸留において熱負荷が大きい回収部から高温の熱源水を回収して高効率ヒートポンプで昇温後、リボイラ熱源に活用するものである。

これにより、大幅な省エネルギー効果と CO₂ 排出削減効果を得ることができた。

本装置における特長的な改善点は、下記のとおりである。

(1) 蒸留プロセスフローの改善

新規開発した高加熱 COP 仕様のヒートポンプを効果的にシステムに組み込むことで、大幅な省エネルギーを達成することを目指し、次の項目に示す“プロセスフローの改善”を行った。

1) 熱回収コンデンサの追加

熱負荷が大きい回収部から高い温度の熱源水回収を目的に、蒸留塔の中間に熱回収コンデンサを新たに設置し、同熱を回収してヒートポンプサイクルで昇温後、リボイラ熱源に活用した。同コンデンサを効果的に追加したことで、ヒートポンプの蒸発と凝縮の温度差が縮まり、高加熱 COP を実現できた。

2) 第二蒸留塔の設置

熱回収コンデンサ内でアンモニアを含むベーパー全量が凝縮すると露点降下を起こし、ヒートポンプの加熱 COP 低下を招くため、同コンデンサで分縮操作することにより、アンモニアを積極的に後段へ抜き出して第二蒸留塔で更に蒸留することとした。なお、ヒートポンプの加熱量には、回収熱量に加えてヒートポンプ動力が加わることで余剰熱が発生する。第二蒸留塔ではこの余剰熱を活用するため、リボイラ自体を必要としない。

(2) 熱回収蒸留プロセスの解析に必要なソフトの自社開発

蒸留プロセスにおいて、任意のヒートポンプと熱回収コンデンサの組み合わせにより、全体の必要エネルギーを解析できるシミュレーションプログラムを開発した。これにより、ヒートポンプと蒸留塔の連動性を向上できる。

(3) 蒸留プロセスに適した新開発ヒートポンプの採用

従来のパッケージ型汎用ヒートポンプは、5～30℃の熱源水（チラー水や機器冷却水を想定）から 30～90℃の温水取出しが可能な高圧縮タイプが主流だった。しかし、新開発された「HEM-HR95-GN」は、50～70℃の熱源水から最大 95℃の温水が取り出せる高加熱 COP のヒートポンプで、本装置の温度バランスに適したヒートポンプである。

1) 対象の業種・プロセス

化学・食品・半導体等の企業からの産業排水、地方自治体の下水、畜産からの廃水、等

2) 従来設備との比較及び本装置の優位性

アンモニアを含む排水の従来の処理方法としては、蒸気による放散塔でアンモニアを除去する、エネルギーを大量に消費する方法である。これに対して、本装置は、高加熱 COP のヒートポンプを蒸留設備に効果的に組み込むことで、高い省エネ効果と CO₂ 排出削減効果が得られる。

4. 特許の有無

次のとおり、特許 1 件を取得済み。

特許番号：第 6681964 号 / 名称：アンモニア水溶液の蒸留装置

5. 性能

(1) 一次エネルギー削減性能および CO₂ 排出削減性能

従来のスチームストリッピング式アンモニア回収装置は、ボイラ蒸気による大量のエネルギーで加熱しアンモニアを濃縮・回収していた。本装置では、ボイラ蒸気の代わりにヒートポンプを適用することにより省エネルギーでアンモニアを濃縮・回収することが可能となった。そのヒートポンプを適用するにあたっては、既に「3. 独創性」で記述したが、熱回収コンデンサの追加、第二蒸留塔の設置のプロセスフローの改善を行った。

従来のスチームストリッピング式アンモニア回収装置と本装置の省エネ型ヒートポンプ式との性能比較ということで、供給液アンモニア濃度 1wt%、処理排水アンモニア濃度 10ppm 以下の場合のエネルギー使用量の比較を行い、図表 5 にまとめた。

アンモニア水の処理量 3.5~35.0t/h の間で、それぞれの原油換算の一次エネルギー使用量を比較し、スチームストリッピング式に比べてヒートポンプ式は、一次エネルギー削減率が 81% を超えており、省エネルギー性が非常に大きい装置であることが分かる。

図表 5 一次エネルギー削減率

型式	ヒートポンプ基数	最大処理量 t/h	ヒートポンプ式			スチームストリッピング式			一次エネルギー削減量 (原油換算) KL/年	一次エネルギー削減率 %
			設備動力 kW	一次エネルギー使用量 GJ/年	原油換算 KL/年	蒸気量 kg/h	一次エネルギー使用量 GJ/年	原油換算 KL/年		
HAR-1	1	3.5	54.3	3,753	97	840	20,230	522	425	81.4
HAR-2	2	7.0	108.6	7,506	194	1,680	40,460	1,044	850	81.4
HAR-3	3	10.5	162.9	11,260	290	2,520	60,690	1,566	1,275	81.4
HAR-4	4	14.0	217.2	15,013	387	3,360	80,920	2,088	1,700	81.4
HAR-5	5	17.5	271.5	18,766	484	4,200	101,150	2,610	2,125	81.4
HAR-6	6	21.0	325.8	22,519	581	5,040	121,380	3,132	2,551	81.4
HAR-7	7	24.5	380.1	26,273	678	5,880	141,610	3,654	2,976	81.4
HAR-8	8	28.0	434.4	30,026	775	6,720	161,840	4,175	3,401	81.4
HAR-9	9	31.5	488.7	33,779	871	7,560	182,070	4,697	3,826	81.4
HAR-10	10	35.0	543	37,532	968	8,400	202,300	5,219	4,251	81.4

また、上記と同様に、供給液アンモニア濃度 1wt%、処理排水アンモニア濃度 10ppm 以下の場合の CO₂ 排出量の比較を行い、図表 6 にまとめた。

アンモニア水の処理量 3.5～35.0t/h の間で、CO₂ 排出量を比較し、スチームストリッピング式に比べてヒートポンプ式は、CO₂ 排出削減率が 83%を超えており、脱炭素に大きな貢献ができる装置となっている。

(2) 耐久性・安全性

本装置は、負圧運転であり、圧力容器はなく漏洩に対する危険性も低い。

また、ヒートポンプは、熱源水と加熱水の水を媒介としており、プロセス流体のアンモニアと接することがないため、プロセス流体に対する危険性はない。

また、スチームストリッピング式は、100℃を超える蒸気で加熱するのに対して、ヒートポンプ式は、95℃以下の温水で加熱するので、温度に対する危険性も低くなっている。

(3) 運転・操作性

本装置は、シーケンサーを用いた自動運転が可能であり、また、上位システムと連携することにより、プラント全体の安定操業が可能となる。

図表 6 CO₂ 排出削減率

型式	ヒートポンプ基数	最大処理量 t/hr	ヒートポンプ式		スチームストリッピング式		CO ₂ 排出削減率 %
			設備動力 kW	動力による CO ₂ 排出量 t-CO ₂ /年	従来法の 蒸気使用量 t/h	蒸気による CO ₂ 排出量 t-CO ₂ /年	
HAR-1	1	3.5	54.3	183	0.84	1,131	83.8%
HAR-2	2	7.0	108.6	367	1.68	2,262	83.8%
HAR-3	3	10.5	162.9	550	2.52	3,392	83.8%
HAR-4	4	14.0	217.2	733	3.36	4,523	83.8%
HAR-5	5	17.5	271.5	917	4.20	5,654	83.8%
HAR-6	6	21.0	325.8	1100	5.04	6,785	83.8%
HAR-7	7	24.5	380.1	1283	5.88	7,916	83.8%
HAR-8	8	28.0	434.4	1467	6.72	9,046	83.8%
HAR-9	9	31.5	488.7	1650	7.56	10,177	83.8%
HAR-10	10	35.0	543.0	1833	8.40	11,308	83.8%

※備考：供給液アンモニア濃度：1wt%、処理排水アンモニア濃度：10ppm 以下

【換算値、係数】

一次エネルギー換算値 産業用蒸気=1.17(GJ/GJ)

一次エネルギー換算値 電気(全日買電) = 8.64×10⁻³(GJ/kwh)

蒸気エネルギー換算値 = 2.573(GJ/ton)

原油換算係数 = 0.0258(KL/GJ)

年間運転時間 = 8,000(h/年)

令和 5 年度実績 電気事業者別排出係数 代替値 = 0.000422(t-CO₂/kWh)

産業用蒸気の CO₂ 排出係数 = 0.0654(t-CO₂/GJ)

また、2019年に実施した実証試験において、供給液の供給量、濃度、温度の変動に対して、ヒートポンプの追随性が非常に良いことがわかった。

さらに、ヒートポンプのターンダウンが約40%まで可能であり、運転範囲が大きく、運転安定性に富んでいる。

(4) 維持管理性

本装置に使用されるポンプ及びヒートポンプは標準品である。したがって、ポンプはシール部品やモーターなどの標準的な保守で充分である。

また、ヒートポンプについては、標準的には、1年毎に定期点検を行い、凝縮器・蒸発器の洗浄、計装品の更新（整備・更新頻度目安：4年毎）及び圧縮機の軸受け・シール部品の更新、膨張弁の部品交換・整備（整備・更新頻度目安：6年または3万時間）を実施することにより、長期間の安定運転が可能である。

6. 経済性

1wt%アンモニアから25wt%アンモニアを回収処理した例で、ランニングコストメリットを算出した。図表7のとおり、ランニングコストが大幅に削減でき、最大処理量が35t/hの場合では、年間約4億5千万円のメリットとなる。

したがって、省エネ型ヒートポンプ式蒸留回収装置が、今後の循環型社会に向けて大きく貢献できると考えられる。

図表7 ランニングコストメリット

型式	ヒートポンプ基数	最大処理量 t/hr	ヒートポンプ式		スチームストリッピング式		ランニングコストメリット 百万円/年
			設備動力 kW	ヒートポンプによる ランニングコスト 百万円/年	従来法の 蒸気使用量 t/h	蒸気による ランニングコスト 百万円/年	
HAR-1	1	3.5	54.3	9	0.84	54	45
HAR-2	2	7.0	108.6	17	1.68	108	90
HAR-3	3	10.5	162.9	26	2.52	161	135
HAR-4	4	14.0	217.2	35	3.36	215	180
HAR-5	5	17.5	271.5	43	4.20	269	225
HAR-6	6	21.0	325.8	52	5.04	323	270
HAR-7	7	24.5	380.1	61	5.88	376	316
HAR-8	8	28.0	434.4	70	6.72	430	361
HAR-9	9	31.5	488.7	78	7.56	484	406
HAR-10	10	35.0	543.0	87	8.40	538	451

※備考：供給液アンモニア濃度：1wt%、処理排水アンモニア濃度：10ppm以下

【換算値、係数】

年間運転時間 = 8,000(h/年)

蒸気単価 = 8,000(円/t)

電気単価 = 20(円/kWh)

7. 将来性

現在、アンモニアは基礎化学品として大量に消費されている一方、特に排ガスの脱硝工程、半導体関連産業、化学繊維産業等から排出される排水には低濃度のアンモニアが含まれており、その総排出量は膨大である。現在、我が国では年間約 80 万トン（資源エネルギー庁、2019 年）、世界ではその 180 倍の約 1 億 5000 万トン（米国地質調査所、2023 年）のアンモニアが製造されており、世界の生産量は増加の一途を辿っている。

国内では、年々、環境基準・排水基準が厳しくなり、また 2050 年温暖化ガス排出実質ゼロの政府方針が出され、今後、その基準・方針に合致した本装置が広く普及していくものとする。以下、今後の見通しを示す。

- (1) アンモニアを含んだ排水を燃焼・希釈等の非効率な方法で放出している装置は、高効率で CO₂ の発生しない本省エネ型ヒートポンプ式蒸留回収装置に置き換えられていくであろう。
- (2) 回収・濃縮されたアンモニアについては、今後、CO₂ を発生しない燃料として、また水素キャリアとして役割を担っていくであろう。
- (3) 化学・食品・半導体等の製造会社だけでなく、エンジニアリング会社・商社へも本装置の理解を深めてもらうことで、普及が拡大していくであろう。
- (4) ヒートポンプについては、さらなる高 COP 化、大型化、防爆化、低価格化が追求されるであろう。

中小企業庁長官賞

「排水処理機 (マジカル・ベコップMB-03TS)」

株式会社オクト

1. 装置の詳細説明

本装置は、主に道路工事において、舗装されているアスファルトやコンクリートを切断する際に使用されるブレード (刃) 冷却水及び洗浄水を工事現場で回収・ろ過し、循環利用することができる装置である (図表 1)。

本装置は、作業水タンク (470L)、排水タンク (210L)、洗浄/補助タンク (840L)、ダイヤフラムポンプ、脱水槽などから構成される。作業水タンクからカッター機へ作業水が供給され、カッター機内蔵のポンプにより切断後の廃水が本装置へ戻される。排水タンクに回収された廃水は凝集剤と攪拌された後、ダイヤフラムポンプにより脱水槽 (ろ過室) へ圧送され、同時にろ過水を吸引する当社独自開発の構造により、効率よく脱水ケーキが排出される。処理水 (ろ過水) はダイヤフラムポンプにより作業水タンクへ移送され、再び冷却水、洗浄水として利用される。なお、本装置は車載式であるが、作業車両 (3t トラック以上) の約半分程度に納まり、路面カッターや工事関連資材一式と共に積載可能なコンパクトなサイズである (図表 2)。

従来装置による脱水汚泥は含水率が高く、保管や輸送、処理などの面で課題があったが (図表 3)、本装置は、建設汚泥の処理土基準における第 3 種処理土 (コーン指数 400 以上) を実現したことで、汚泥の一時保管や運搬が容易となり、また、発生する産業廃棄物量の削減や中間処理施設の負担軽減が期待できる (図表 4)。



図表 1 本装置の使用例



図表 2 本装置の車載状況



図表 3 従来の排水の回収風景



図表 4 本装置によるカッター排水の処理状況

本装置の特徴を以下に示す。

(1) 車載式でコンパクトである

使用トラックは3t以上が望ましく、この場合のトラック荷台面積に占める装置の占有率は40%であり、作業機械等の積載が可能である(図表5)。

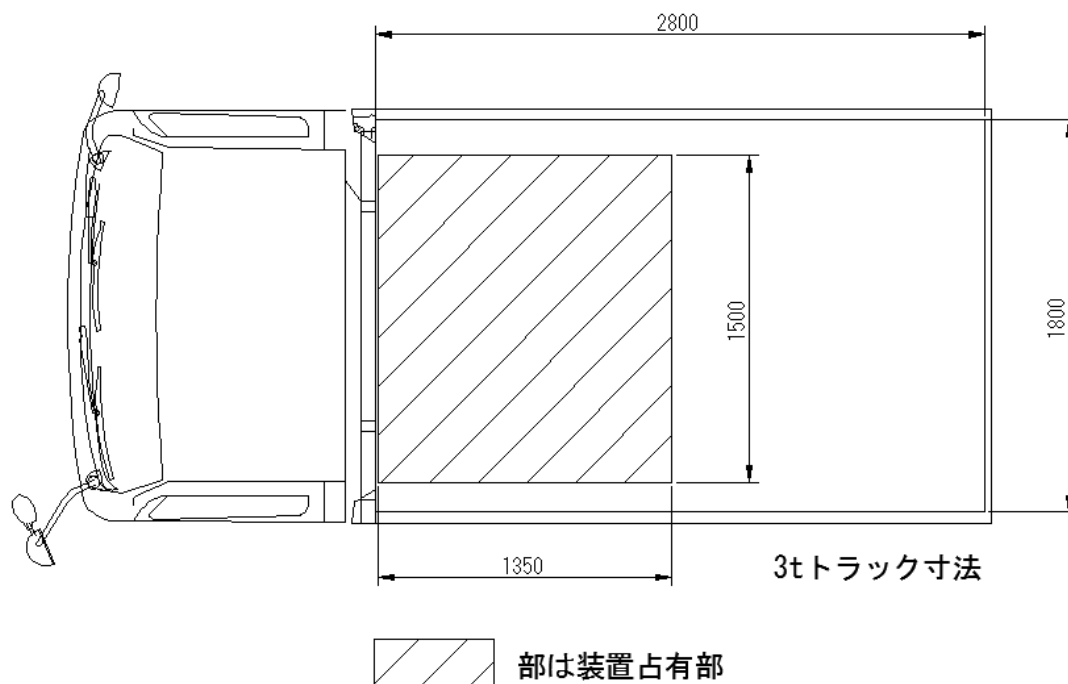
(2) 水タンクのバランスが良い。

道路工事において、水は次の目的で使用される。

- 1) 切断作業水として使用。
- 2) 切断作業後の舗装の洗浄に使用。

上述の目的から、必要な水量は1.5~2.0m³であり、通常、1個の水タンクである。よって、水量により作業時間も制限される。そこで、使用実績の分析をした結果、次のことが分かった。

- 1) 切断作業水の回収率は85%である。
- 2) 1分間の使用水量は4~6L/分である。
- 3) 高圧洗浄機による洗浄水の必要量は10L/分であり、800L以上必要である。



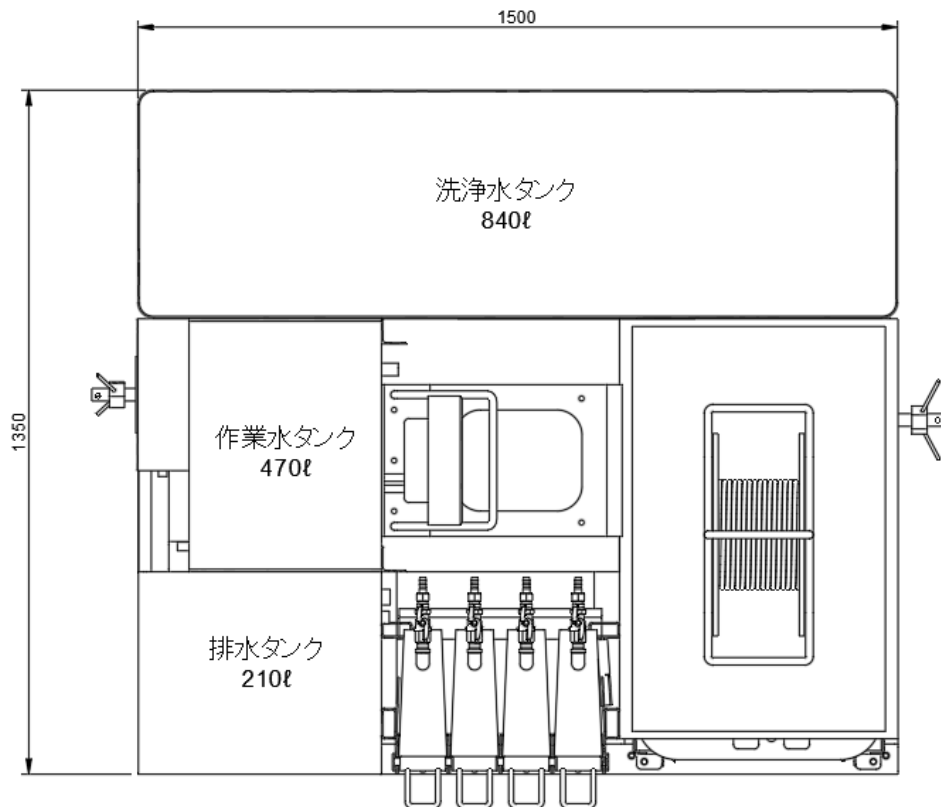
車体床面積	5.04m ²
装置 (MB-03TS) 床面積	2.02m ²

図表5 トラック 荷台面積に占める装置の占有部

この分析結果を踏まえて、最適な設計を行った各タンクの容量とその効果を図表6に、本装置のタンクの配置を図表7にそれぞれ示す。

図表6 各タンクの容量と効果

タンク名	容量 L	効果
排水タンク	210	排水の受入において満水使用中止までのタイムラグが36～55分とれる。 これは切断作業の作業状況を見ながら、装置の管理が出来る効果がある。
作業水タンク	470	切断作業水回収率85%より、6L/分の使用水量の場合、消費水量は0.9L/分である。よって8.7時間の連続作業が出来る水量である。 一般的な水タンク2.0m ³ の場合の連続作業時間(約3.6時間)に比べ2.4倍の効果がある。
洗浄水タンク	840	洗浄水消費水量、10L/分より1.4時間の連続洗浄が可能。また、洗浄不要地域においては、作業水補助タンクとして使用できる効果がある。



図表7 本装置の平面図

(3) 処理能力が高い。

切断作業での使用水量は4~6L/分であることが、当社実績から分かっている。そのため、最大処理能力として、360L/h以上が必要となる。

本装置が脱水完了するまでの1バッチの時間を測定値から算出した結果、排水濃度20%の時は35分、排水濃度10%の時は55分である。図表8に排水濃度に対して、1バッチ処理するのにかかる時間と受入水量を示す。

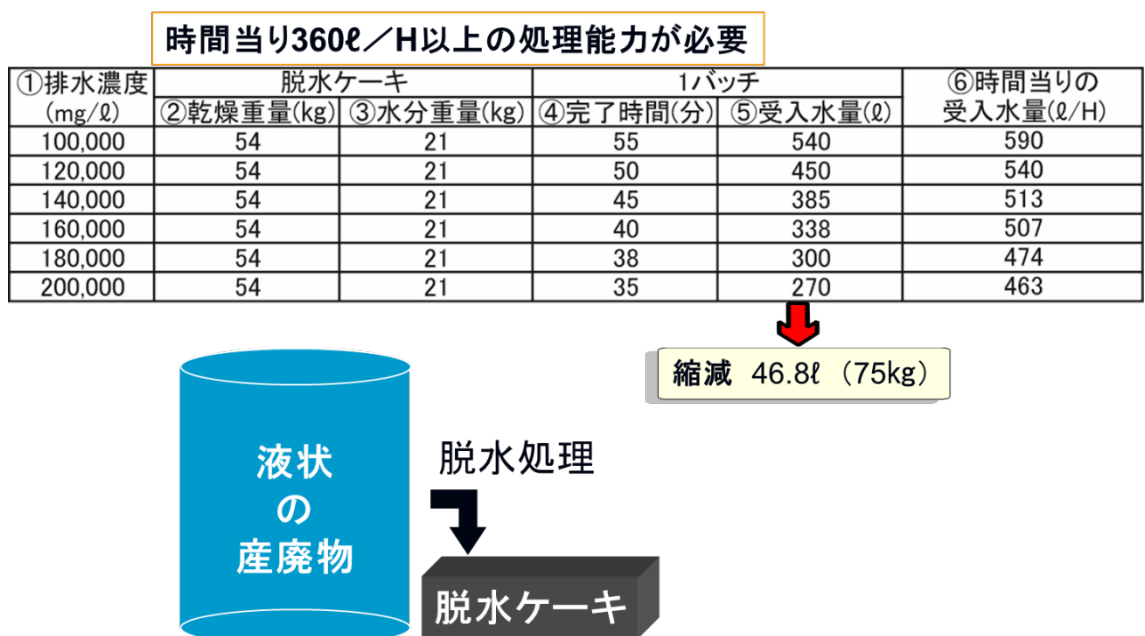
排水濃度の実測値は13%~17%だが、このことから高濃度(20%)を想定しても処理能力は463L/hであり、高い能力を示す。なお、処理後の脱水ケーキは46.8L(重さ75kg)であることから、容積比からみると、排水濃度10%では91%、排水濃度20%では83%の縮減となる。

(4) 処理物の品質が良い。

処理物の品質基準においては、具体的なものは示されていない。そこで、当社は、建設副産物の建設汚泥における処理土基準を参考にし、処理物の品質目標値を第4種処理土(コーン指数200以上)にしたところ、第3種処理土(コーン指数400以上)を実現した(図表9)。

これが可能になったのは、図表10に示す当社独自の脱水方法、プレス&アブソープの採用と使用圧力を0.38MPaへと高くしたことによる。

さらに、環境上、現場内で安全なものに処理して搬出することは重要だと考えているため、処理物の溶出試験を6項目において行い、安全の確認を行っている。



図表8 排水濃度に対して、1バッチ処理するのにかかる時間と受入水量

(d-1) 処理物の品質 強度

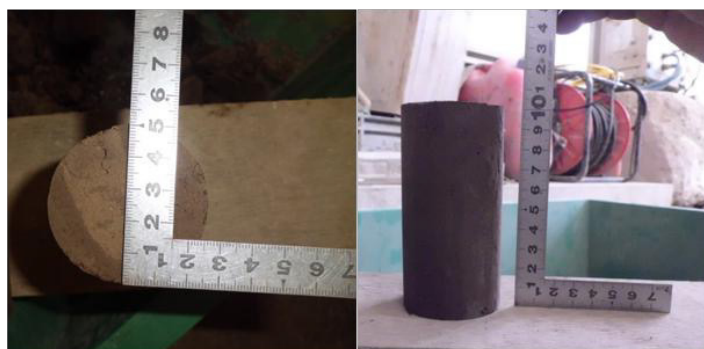
0.182 (N/mm²) = 182 (KN/m²)

⇒ コーン指数 910qc (kn/m²)

(第3種処理土の品質可能)



脱水ケーキ開封状況

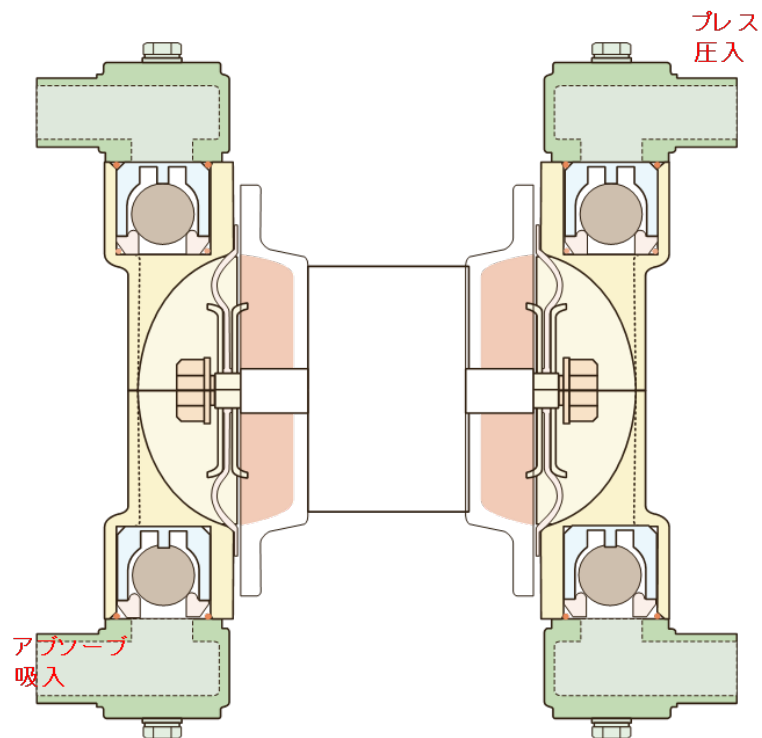
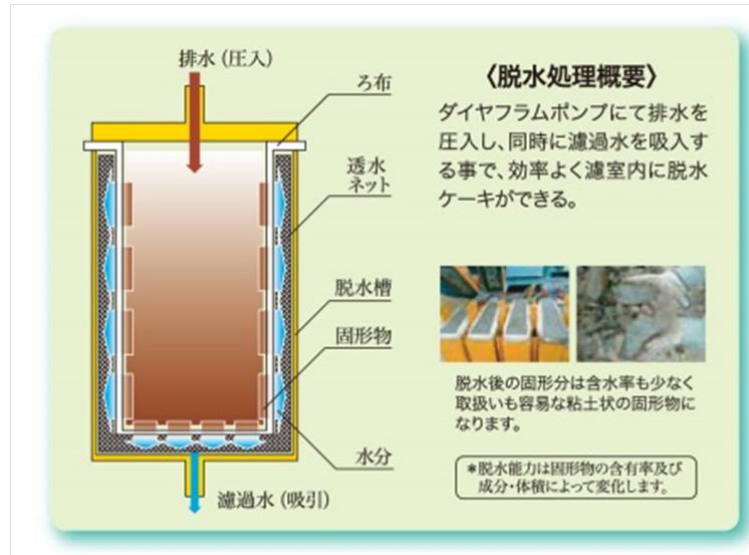


供試体作成状況

図表 9 処理物（脱水ケーキ）の品質強度測定の様子

(c) ポンプと濾室の構造

プレス&アブソープ



図表 10 当社独自の脱水方法プレス&アブソープの図解

2. 開発経緯

(1) 開発経緯

1998年	カッター排水の処理装置の開発開始 脱水及び中和機能を有する装置（型式WR-03）の開発に着手
2002年～2003年	特許出願（2年後、登録）、国土交通省NETIS登録 ※NETIS登録は活用効果評価、事後評価等を経て現在はSK-020016-VE「ウォーター・リサイクル工法」登録
2003年	ウォーター・リサイクル工法協会設立
2012年	都市部で使用可能な機種（型式MB-03TS）の開発
2019年	一般社団法人ウォーター・リサイクル工法協会を設立
2023年	タンクの仕様変更 第1号機納入

(2) 共同開発

なし

(3) 技術導入

なし

3. 独創性

(1) 現場内で作業車上での排水処理の実施

現場内で、しかも作業車上で排水処理を行うことで、以下を実現した。

- 1) 放流ゼロ
- 2) 産業廃棄物の縮減と安全運搬

1) 放流ゼロ

現場内で処理した処理水は作業水として再利用しており、現場外への放流等は発生しない。従来は、河川、水路等に放流していたため、観賞魚の斃死等の問題があったが、放流をゼロにすることで環境への悪影響はなくなった。

2) 産業廃棄物の縮減と安全運搬

産業廃棄物の量を容積比で80%以上縮減できる。

また、処理物の強度を高めたことで、ダンプ等での運搬が可能となった。これにより、輸送途中、排水を撒き散らすこともなく安全運搬ができ、中間処理施設の負荷軽減となり、処理費用のコストダウンが可能となった。

これらは、液体のまま中間処理施設へ運搬し、処理する方法と比較しても大きなメリットである。

(2) 従来どおりの切断作業も可能

舗装版切断工事の全てが現場内で排水処理を行い、処理水を再利用している訳ではない。工

事的设计上の都合で90%以上が従来の切断方法にて、持ち込んだ水量の範囲内で切断している。そのため、排水処理を行う場合と、行わない場合、両方の切断作業に対応できる必要があるが、本装置では両方に対応した。

重要なのは車載できる水量である。現場に持ち込んだ水は、作業用の水と、洗浄用の水として使用され、必要とされるのは1.5~2.0m³であり、一般的には1.5m³である。

従来装置と比較しても、本装置のみがこれを可能としており、脱水装置の仕組みと納入実績から得た水タンクの設計により実現した(図表11)。

4. 特許の有無

次のとおり、特許1件を取得済み。

特許番号：第3510237号 / 名称：脱水装置及び脱水方法、並びに水リサイクル装置

5. 性能

排水タンクと作業水タンクをステンレス製からFRP製に変更したことで装置の軽量化を実現した。合わせて脱水部の外枠の角パイプの厚さを2.0tから3.0tにすることで強度が増し、脱水槽の内圧に対し強靱化できた。

このことよりステンレス製では使用圧力を0.35Mpaに設定していたが、FRP製では0.40Mpaまで上げることが可能となり処理能力が1時間当たり900L/hから1,200L/hに向上した。

6. 経済性

本装置で現場内で排水処理を行い、当該処理物を施設に運搬し再利用する方法(a)と回収した排水を液状のままドラム缶にて運搬し、処理施設にて処理する方法(b)とで経済性を比較した(図表12)。

現場内処理を行うので、カッター切断費用も含めての比較とし、比較対象現場は、アスファルト厚み15cm、切断距離100mとした。

本装置を活用した工法(a)は、従来の工法(b)と比較し、30%以上のコストダウンを実現した。液状のまま、バキューム等によって運搬し処分する方法と比較すると、さらにコストダウンになるのは明らかである。

図表11 車載出来る水の容量比較

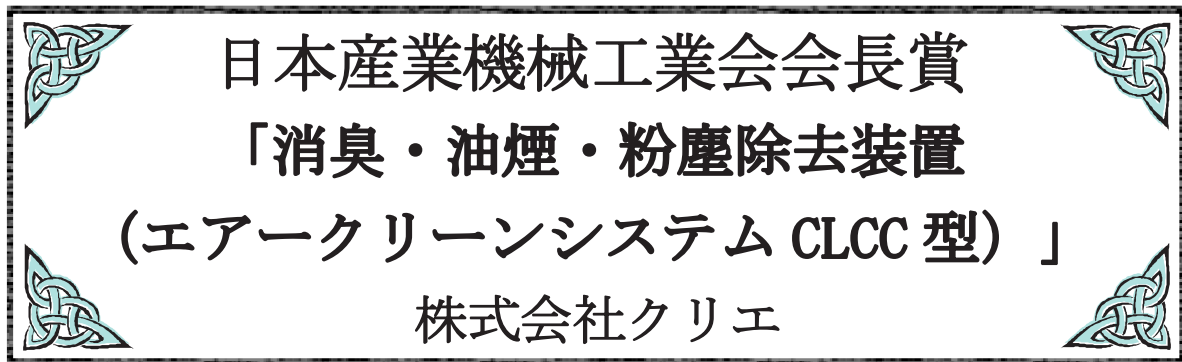
	本装置	従来装置A	従来装置B	従来装置C
タンク容量 L	1,520	700	1200	600
外形寸法 (W×D×H)	1,500×1,350× 1,430	1,480×1,590× 1,460	1,590×1,530× 1,360	1,500×1,100× 1,200
装置床面積 m ²	2.02	2.35	2.43	1.65

図表 12 本装置を活用した工法と従来工法の経済性比較表

	項目	(a) 本装置によるウォーター・リサイクル工法			(b) 従来工法 (ドラム缶による現場内回収)		
		単価	数量	金額	単価	数量	金額
①	カッター費用	700	100m	70,000	700	100m	70,000
②	現場内処理費 (ウォーター・リサイクル 施工費)	282	100m	28,200	—		—
③	回収用容器代 ドラム缶	—		—	7,500	5本	37,500
④	普通作業員	—		—	26,800	1人	26,800
⑤	運搬費、作業車	7,020	1	7,020	—		—
	2t ダンプ トラック	—		—	4,710	1	4,710
⑥	施設処分費	15,600	0.1 t	1,560	18,000	0.81 m ³	14,580
合 計		106,780			153,590		

7. 将来性

国内において舗装版切断を目的とした、カッター搭載の作業車は3,000台以上あるとされている。工事数は、小規模工事が主流で年間数万件に及ぶ。本装置を活用した車載型排水処理機による現場内処理が設計に組み込まれ、一般的となった場合、本装置の利用拡大は大きく期待される。



1. 装置の詳細説明

(1) 装置概要

本装置は、飲食店や工場などから排出される油煙、煤塵、臭気などの汚染物質を除去する湿式の排ガス処理装置である。

本装置は、主に水噴霧部（運転ノズル）、ステンレスフィルター層、セラミックフィルター層から構成される。本装置へ流入した排ガスは、運転ノズルからの水噴霧により水分を含んだ状態となり、網目の大きさが異なる多層ステンレスフィルターを通過することで、油煙や煤塵が吸着除去される。次に、当社が独自に開発した竹炭と陶土を原料とするセラミックフィルター層を通過し、臭気成分などの微細成分が吸着除去され、ファンを経由して排出される。運転停止後は自動洗浄機能（洗浄ノズル）により、フィルター表面や内部壁面の汚れが洗い流される。水噴霧や装置内洗浄に使用された水は、油吸着材（オイルキャッチャー）により油分が除去された後、排出される。

また、本装置は温度センサーにより庫内温度を監視し、異常値（100℃以上）を検知した際には運転ノズル及び洗浄ノズルから緊急散水して冷却することにより、ダクト内の火炎リスク低減を図っている。なお、イニシャルコストは従来装置と比較して高くなる傾向にあるが、部品交換やメンテナンスの頻度は半分程度に低減でき、ランニングコストの削減が期待できる。

(2) 本装置の処理工程

装置本体の処理工程については以下に記載するとともに、本装置の構成及び仕様を図表1及び図表2に示す。また、各部品の詳細及びノズル位置詳細を図表3及び図表4に示す。

1) 水噴霧部（運転ノズル）：

排気が装置へ流入すると、まず運転ノズルから噴霧される水（または湯）により微細な水粒子が吹き付けられる。これによって、油煙や煤塵などが水分と馴染み、後続のフィルター層で捕集されやすい状態となる。この工程で、排気への予備的処理が行われ、後続工程の除去効率向上につながる。運転ノズルの平均粒子径は約140 μ mで、水噴霧量は0.2L/minであり、排気量による水噴霧の比率変動は無い。

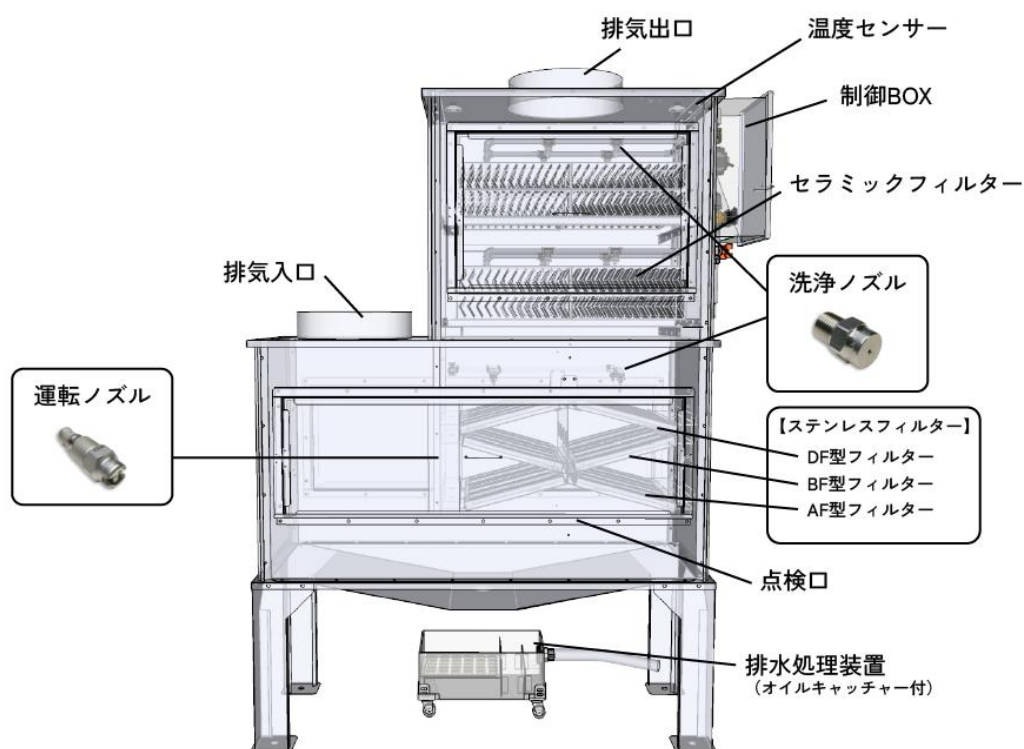
2) ステンレスフィルター層：

次の工程となるのが、複数種類のステンレスフィルター層（DF型フィルター、BF型フィルタ

一、AF型フィルター)である。これらのフィルターはAF型、BF型、DF型の順で網目が細くなり、各フィルターを通過することで水(または湯)によって湿潤した微粒子や煤塵、その他固形の汚染物質を効率よく捕集・除去する。堅牢で耐久性の高いステンレス素材が使われているため、長期運転でも高い性能を発揮でき、過酷な条件の現場でも十分対応できる。

3) セラミックフィルター層

最終段階となるセラミックフィルター層では、臭気成分などの微細成分を確実に除去する。原料となる竹炭と陶土の組み合わせによる特殊素材が、微細孔を通して強力に臭気成分を吸着するだけでなく、不燃性であるため火災リスクもない。さらに、万が一フィルターが破損した際も交換ができ、長寿命で運用できる設計となっている(当社実装機を2014年に導入後、現在まで劣化や性能低下は無い)。



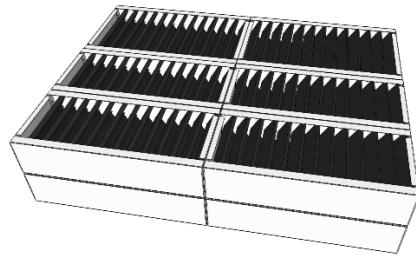
図表1 全体構成図及び詳細仕様

図表2 本装置の仕様

最大処理風量 (m ³ /h)	外形寸法 (mm)	運転時水量 (L/min)	自動洗浄水量 (L/min)	消費電力	製品重量 (kg)	材質
1,000	950×450 ×1,650	0.2	15	Φ1, 100V 6W	124	ステンレス



《ステンレスフィルター》
左から DF 型/BF 型/AF 型



《セラミックフィルター》



《運転ノズル》

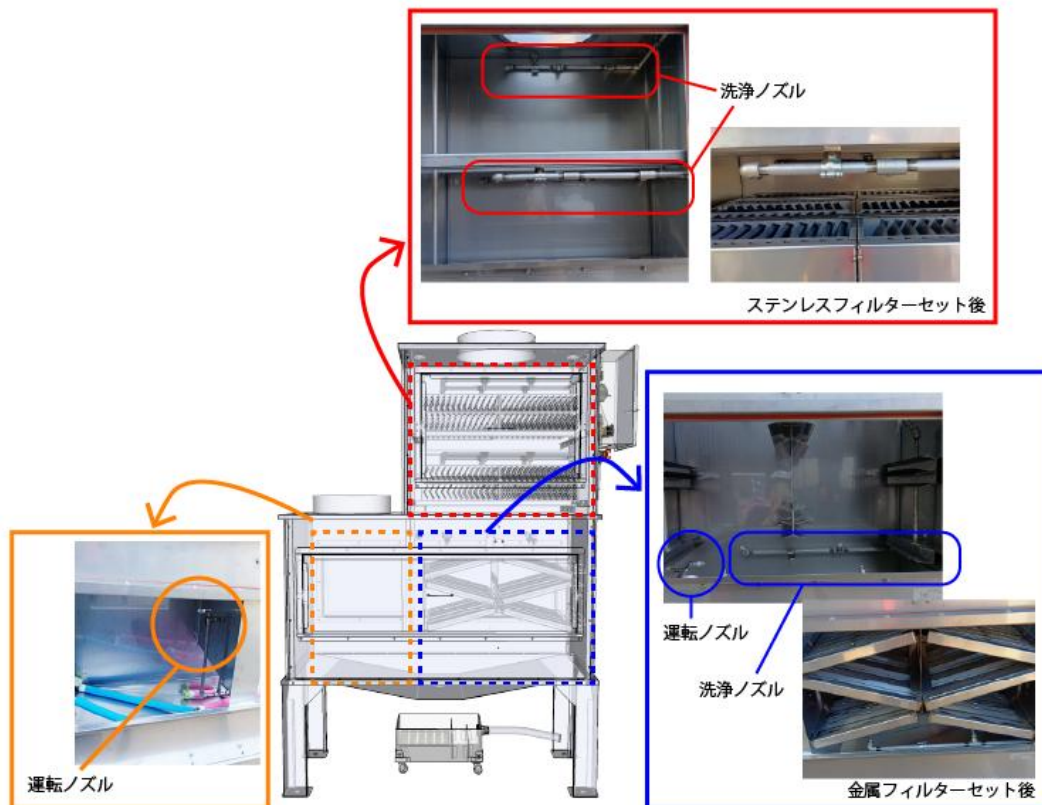


《洗浄ノズル》



《オイルキャッチャー》

図表 3 本装置の部品構成



図表 4 ノズル位置詳細

4) 自動洗浄機能（洗浄ノズル）及びメンテナンス

装置には運転停止後の「自動洗浄機能」が組み込まれている。装置の電源ボタンまたは制御BOX内電源を落とし、まずファンが停止すると、装置内部へ洗浄ノズルから洗浄水が約2分間噴霧され、フィルター表面や内部壁面などの汚れを洗い流すことができる。洗い流された排水は本体下部にある排水処理装置に落ちる構造になっており、その排水はオイルキャッチャーを通りろ過され、排水口などへと流れる仕組みとなる。洗剤やブラシなどを使って毎回洗浄をする必要もなく、必要に応じてオイルキャッチャーの交換をするのみで日々のメンテナンスは解決できるため、メンテナンスの負担・コストも低減される。

なお、オイルキャッチャーは油や汚れのみをキャッチし、水を吸わない油吸着材となっている。また、洗浄ノズルの平均粒子径は約 $290\mu\text{m}$ で、水噴霧量は $15\text{L}/\text{min}$ であり、排気量による水噴霧の比率変動は無い。

さらに、処理対象となる排気の種類や発生状況に応じて、次の追加ユニットも組み合わせ可能となっている（図表5）。

①活性炭脱臭装置（C-Box）：

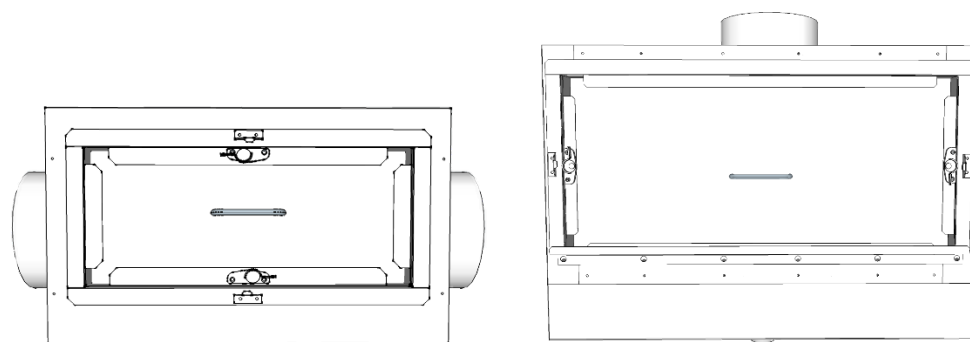
強烈で頑固な臭気（生ごみ発酵臭や化学臭など）をさらに除去できる追加ユニット。

②火炎遮断装置（Bibo）：

火災発生時の炎の逆流を物理的に防止し、設備や建物への延焼を防止できる安全対策ユニット。

本装置は、中小規模店舗から大規模工場、さらには排気ダクトラインへの後付け設置など、多様なユーザーの現場環境・処理風量・設置条件によってフレキシブルに対応・提案が可能である。

また、設置されている温度センサーにより庫内温度が異常値（ 100°C 以上）となれば洗浄ノズル及び運転ノズルから洗浄水が自動噴霧され、庫内温度を低減する。庫内が 70°C 以下となれば、自動で通常運転へ復帰できるという、安全性・運用性の高い管理機能も搭載している。



図表5 C-BOX（左）とBibo（右）

2. 開発経緯

(1) 開発経緯

1999年頃、当社では、飲食店舗・工場から発生する油煙、臭気、煤塵などの汚染問題が増加している現状に着目した。

当時主流となっていた乾式の活性炭フィルター方式は、油分や水分の影響で性能が低下しやすく、頻繁なメンテナンスが求められ、さらには火の粉が混入した際の粉塵爆発など安全性の懸念もあり、様々な改善の余地があった。

そこで、当社は「湿式処理」に着目し、水噴霧と多層フィルターを組み合わせた新たな装置の研究・開発を開始した。

1999年	プロトタイプの研究・開発開始
2003年	意匠登録・実用新案登録取得
2005年	第一世代モデル「エアークリーン」を発表、販売開始
2010年	排気の種類・発生状況に応じた追加ユニット（脱臭強化ユニット：C-Box、火炎遮断ユニット：Bibo）の開発
2014年	竹炭と陶土を融合した独自のセラミック素材の開発・実装
2019年	セラミックフィルターの開発・実装 旧モデルと別モデルとして同年より販売開始 第1号機納入

(2) 共同開発

なし

(3) 技術導入

なし

3. 独創性

本製品は、旧モデルからのバージョンアップにより以下の独創性を持っている。

(1) 独自の湿式処理構造

従来の湿式排気処理装置は水によってバブリング（排気を水中に通す）を起こすことで油煙や煤塵を除去しており、かつ除去率は90%以上を謳っているが、導入しているユーザーによると「想定より除去されておらず、室内に煤塵が戻ってきている」という声があった。

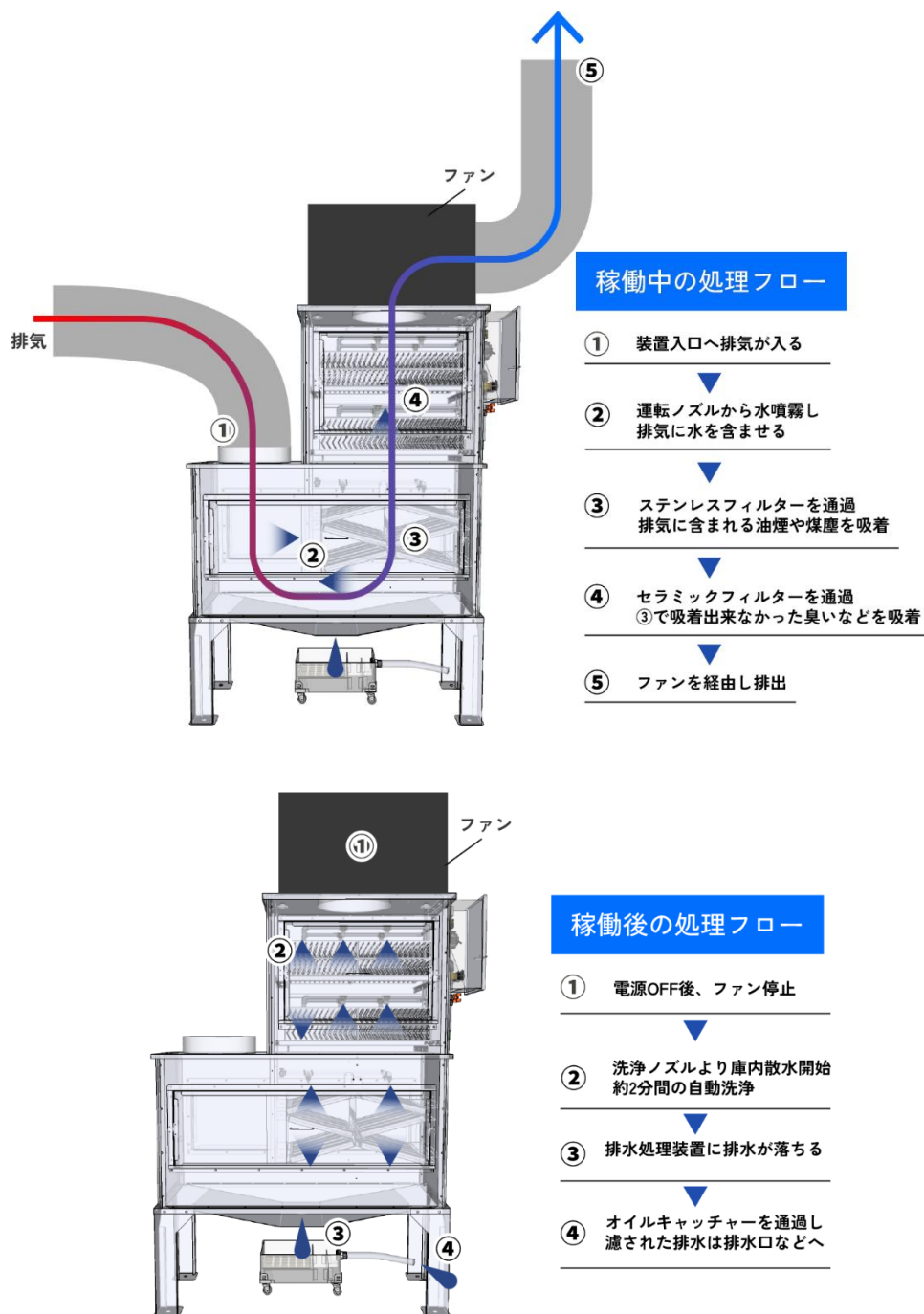
こうした課題を受け、本装置では「水噴霧による予備処理」と「不燃性の多層フィルター（ステンレスフィルター＋セラミックフィルター）」を組み合わせた独自の湿式処理方式を新たに開発し、火の粉が発生する環境下においても、安全かつ安定的な運用を可能とした（図表 6）。

また、対象物によって湯洗浄が必要になる場合には、温水槽や温水器を設置することでお湯洗浄（70℃以上）を行う。例としてピザ窯から発生する煤塵に対してはお湯洗浄が必要になるため、ピザ窯からの排気温度を利用し温水を貯蔵し噴霧に利用する。温水槽を利用する場合は排気温度が70℃以上の場合であり、それ以下でお湯洗浄が必要な場合には温水器を導入する。

本装置は、そうした過去の試行錯誤を踏まえ、脱臭・除塵性能及び安全性を両立する方式として改良を重ねた成果である。

実際に現場からの相談を受け、本装置への切り替えを検討するケースが増加しており、現実の使用環境における性能の高さが高く評価されている。

本装置は、従来装置では対応困難な現場環境にも柔軟に対応できる、安全性・性能・実用性を兼ね備えた、極めて実効性の高い湿式処理装置である。



図表 6 本装置の処理フロー

(2) 独自開発セラミックフィルターの採用

本装置の独自性の一つが、竹炭と陶土を原料とした不燃性のセラミックフィルターを用いている点である。微細孔が豊富で、多様な臭気成分・粉塵を確実に捕集できるだけでなく、不燃性・長寿命という他素材では難しい耐久性・安全性も備えている。

現行バージョンのセラミックフィルターの開発に至るまでには、様々な試行錯誤があった。その中でも特に苦慮したのは、効率的に臭気成分を吸着しつつ、十分な通気性を確保するための最適なフィルター形状の検討である。

板状、ハニカム状など複数の構造を試作・検証した結果、最終的に行き着いたのが、現在採用している「くの字型」構造である。

ハニカム状では排気との接触面が少なく、それは臭いなどの吸着力が落ちることにつながるが、くの字型では接触面がハニカム状の倍、脱臭力も倍になる。またハニカム状は大きさがあため設置する数に制限があるが、くの字型ではハニカム状に比べて設置数も倍以上増やすことができる。

(3) 安全性の独自追求

電気式装置で懸念される感電・発火・粉塵爆発などのリスクを、「湿式処理」というアプローチで排除した。また、火炎遮断ユニット (Bibo) も追加でき、ダクト火災などの事故リスクを大幅に低減できる。

4. 特許の有無

なし

5. 性能

本装置の性能を以下に示す。

(1) 処理性能

複数の処理工程 (湿式処理+多層フィルター) を通じて、最大 68.4% の臭気成分除去率 (生ごみ発酵臭) を達成。煤塵除去性能も、大気汚染防止法施行令の基準値 ($0.2\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$) を大幅に上回る、 $0.02\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$ という低濃度を実現している。

(2) 処理能力

対応処理風量は、 $2,200\text{m}^3/\text{h}$ から $8,700\text{m}^3/\text{h}$ と幅広く、単店舗から中規模・大規模の工場・事業所まで、多様なユーザーのニーズに応えられる。装置のユニット構成の組み合わせ次第で、現場条件や排出種類・風量など、様々な用途へカスタマイズできる。

また、大気汚染防止条例で定められた煤塵濃度基準は「 $0.2\text{g}/\text{m}^3$ 以下」に対し本製品の出口煤塵濃度は「 $0.016\text{g}/\text{m}^3$ 」以下となっており、基準比 92% を達成している。

(3) 維持管理性

本装置は自動洗浄機能を備えており、運転停止時にフィルター及び内部構造を自動で洗浄する。これによりフィルター性能の持続が可能であり、エンドユーザーによる日常的な清掃のみ

で性能を維持できる。定期的なメンテナンスは3年に1回で済むため、メンテナンス頻度を従来比50%以上削減している。

(4) 安全性

筐体及び内部部品全てが不燃材であるため、万が一火気が入り込んだとしても火災の心配がなく、温度センサーにより庫内温度が異常温度(100℃以上)になった場合も各ノズルから緊急散水を行い、庫内温度が60℃になるまで低減させるなど安全性にも配慮した製品となっている。

6. 経済性

本装置は、セラミックフィルターを搭載していることから、本体のみの初期導入コスト(イニシャルコスト)は従来製品と比較して高くなる傾向にある。

しかしながら、一度設置すれば、ほぼメンテナンスフリーで運用が可能であり、ランニングコスト(定期的な交換部材・作業工数等)はほとんど発生しない。

そのため、長期的な視点で見れば、メンテナンスに要する人件費や消耗品費を大幅に削減でき、結果としてトータルコストを抑えられる経済性に優れた装置であると言える。

7. 将来性

本装置の将来性について以下に示す。

(1) 社会的ニーズの高まりへの対応

近年、飲食店や工場からの臭気・煙害に対する周辺住民からの苦情が増加傾向にあり、自治体による規制も強化されている。

本装置は臭気・油煙・粉塵の対策が可能なため、複数の課題を一括で解決できる空気洗浄装置として、幅広い業種からの需要が今後も見込まれる。

図表7 従来装置と本装置のコスト比較

	従来装置	申請装置
イニシャルコスト	100	220
装置費用	100	200
設置費用	100	120
ランニングコスト	100	50
電気代	100	100
部品交換	100	50
メンテナンス費用	100	0

※ランニングコスト：1年単位で計算

(2) 対象業種の拡大

現在は主に工場、産業系施設などで活用されているが、焼き芋店、製パン工場、生ごみ発酵施設などへの導入実績も拡大中である。

ニーズの多様化に応じた仕様変更や機能追加（C-BOX、Bibo など）が可能のため、業種特化型としての展開も視野に入る。

(3) 国内外市場への展開可能性

日本国内では中小規模店舗などの排気対策に特化して普及が進んでいるが、東南アジアや欧米の環境規制強化地域でも応用可能な構造である。

現時点では未定であるが、高温多湿地域への対応や、欧州基準への適合改良によって、海外市場への本格進出の可能性も高い。

(4) 環境対応型製品としての価値

水を利用した処理方式により、電力消費量を最小限に抑えつつ高い除去性能を実現。

感電・火災リスクもなく、エコかつ安全性の高い構造は、環境に配慮した取り組みを評価する企業にも受け入れられやすい。

(5) フィルターの長寿命化と交換コストの低減

セラミックフィルターは実証機に使われた 2014 年から現在までにおいて劣化、機能低下などは起こっておらず、長期的に利用可能なものとなっている。その結果、初期導入コストはかかるが結果的にはコスト削減につながる。

自動洗浄機能により、メンテナンス回数の削減と性能維持が可能で、長期的な運用でも高い経済合理性を持つ。

日本産業機械工業会会長賞

「廃油蒸気ボイラー（NBHボイラーシリーズ）」

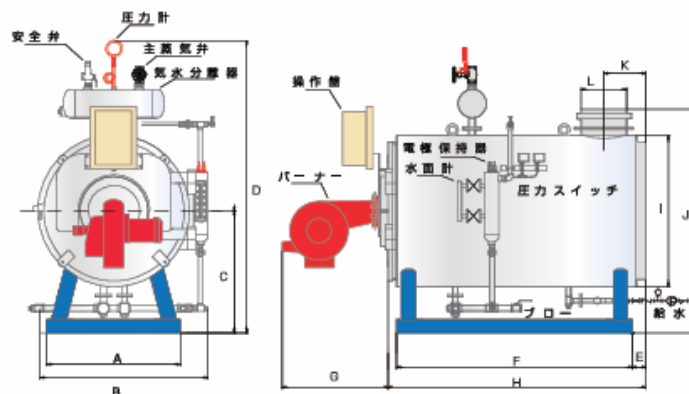
株式会社日本汽罐

1. 装置の詳細説明

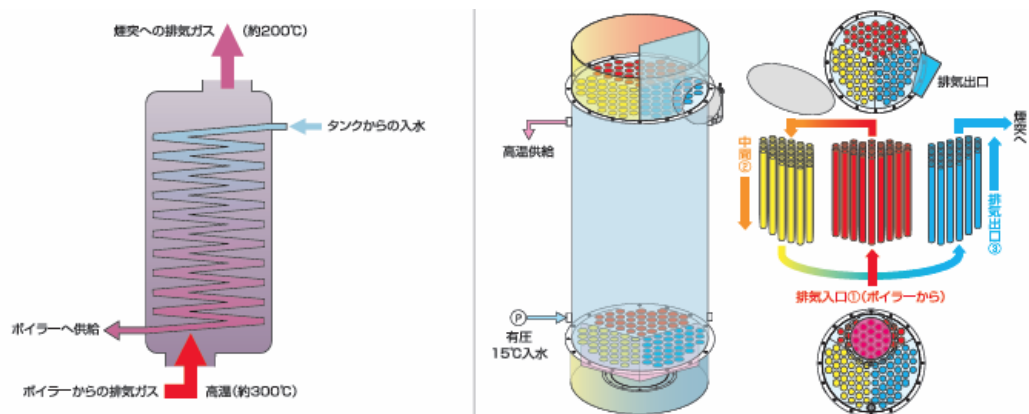
本装置は、廃油（エンジンオイル、動植物油、グリストラップの油など）を燃料とする横型貫流ボイラーである。

本装置の特徴として横型貫流ボイラーという形状（図表 1）が挙げられる。廃油ボイラーは燃料の特性上、灰分が管体内に蓄積されるため、定期的なクリーニングが必要となるが、縦型はクリーニング作業が難しく、経年劣化によるボイラー効率の低下が課題であった。本装置では、造船技術を応用することで横型の形状加工を実現し、メンテナンス性を向上させている。

また、従来型のエコマイザー（節炭器）は、水管 1 パス方式で給水温度 15℃から 40℃程度まで上昇するが、更に過熱させるための温水装置が必要となる。一方、本装置では、煙管の 3 パス方式を採用することにより高効率な熱交換を達成しており、給水温度 15℃から約 100℃まで、ドレン水温度 90℃から 140℃まで上昇させることができ、高温給水が可能となるため、従来型と比較して燃料代を約 10～15%削減できる。図表 2 に従来型と本装置のエコマイザーを示す。



図表 1 横型貫流ボイラー形状



図表 2 従来型エコノマイザー（左）及び本装置のエコノマイザー（右）

2. 開発経緯

(1) 開発経緯

従来の廃油ボイラーは管内のクリーニング作業の難易度と合わせて効率的な熱交換が出来ないために排気の大気放出温度が非常に高い（400℃程度）と言う課題があった。また同様に従来のエコノマイザーについても給水温度を 60℃にするために温水装置の追加が一般的であったことから、管内のクリーニング作業・高効率な熱交換・環境配慮に対応可能な装置を目指して開発に着手した。以下に開発経緯を示す。

2016 年	従来装置の課題解決に向け技術開発開始
2018 年	横型貫流ボイラーの開発成功、特許出願
2019 年	エコノマイザーの開発成功、特許出願 横型貫流ボイラーとエコノマイザーを組み合わせた試作機完成
2020 年	第 1 号機納入

(2) 共同開発

なし

(3) 技術導入

なし

3. 独創性

前述のとおり、従来型の縦型貫流ボイラーの形状では管内のクリーニング作業が難しく経年劣化によるボイラー効率の低下が問題点であったが、本装置は横型貫流ボイラーの形状を採用することにより清掃作業の難易度を下げることが可能となった（図表 3）。

横型貫流ボイラーを製造する際には、従来型の縦型貫流ボイラーと比較して水管の曲げ加工とそれに伴う溶接加工など（図表 4）の高度な加工技術が必要になるが、造船技術を応用することで製造を可能としている。

ボイラーの管体は JIS 規格で厳密に定められているため、工場出荷前に全数検査を行っている。逆説的に言えばボイラーの管体は JIS 規格で厳密に定められているのでメーカー毎で管体

の性能差は存在しない。本装置は従来型の縦型貫流ボイラーと同等のスペックを持ちながら管体内のクリーニング作業を容易に行える点がメリットになる。

また従来型のエコマイザーの1パス方式では給水温度 15℃から 40℃程度まで上昇するが、A 重油を燃料としている場合には排気に硫黄が含まれているため、排気が結露した場合にエコマイザー内で硫酸が発生してしまう問題がある。そのためにエコマイザーへの給水温度を 60℃に加熱する必要があるため、温水装置の追加が必要になる。

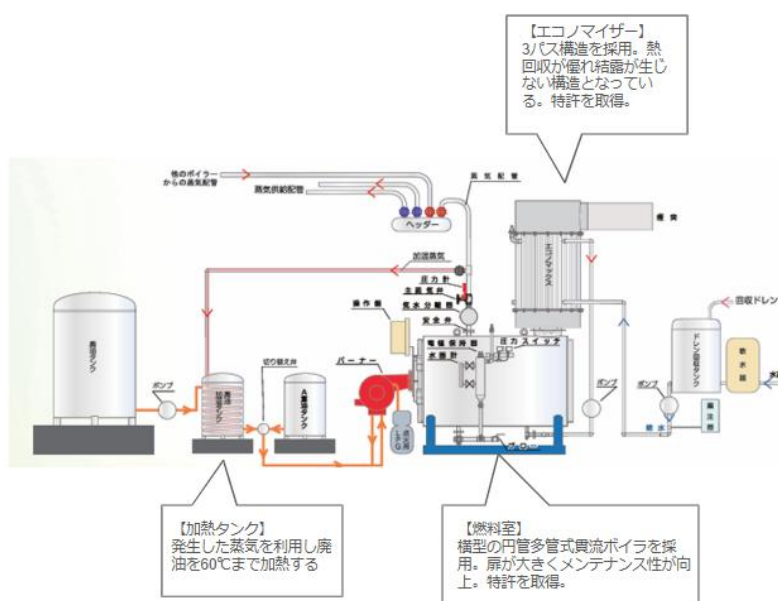
本装置のエコマイザーは3パス方式を採用して高効率な熱交換を実現しているために給水温度を 15℃から約 100℃に加熱するための温水装置は不要になり、また温水装置にかかるエネルギーも不要になるため、従来型のエコマイザーと比較して効率的な運用をすることが可能となった。図表 5 に本装置の燃料フロー図を示す。



図表 3 本装置のボイラー内部



図表 4 本装置のボイラー内水管



図表 5 本装置の燃料フロー図

4. 特許の有無

次のとおり、特許6件を取得済み。

特許番号：第7099864号 / 名称：多管式貫流ボイラー

特許番号：第7128344号 / 名称：多管式貫流ボイラー

特許番号：第7128350号 / 名称：エコノマイザー

特許番号：第7201497号 / 名称：エコノマイザー

特許番号：第7369557号 / 名称：エコノマイザー

特許番号：第7619847号 / 名称：ボイラーシステム及びボイラーの稼働方法

なお、国際特許は米国・中国・韓国・EU加盟国（38か国）で取得済み

5. 性能

愛知県内において令和3年に本装置を導入した際の効果を説明する。

既設の従来設備から本装置への入れ替えを行い、導入前と導入後の年間省エネ量(原油換算)を比較したところ、図表6のとおりとなった。ボイラーで使用する燃料使用量(A重油・廃油)は実績値になるが、本装置付帯設備の電力使用量は個別で集計していないため、計算値で集計している。

6. 経済性

上記の令和3年愛知県内の導入事例のインシヤルコストは47,000千円であり、その詳細と導入前導入後のランニングコスト比較を説明する。

本件では約4年でインシヤルコストを回収完了し、回収後は一カ月当たり約1,000千円のランニングコスト削減になった。ユーザー側の運用でも定期的な管体内のクリーニング作業をしっかりと行っており、高稼働・高効率で特にトラブルなく現在も運用している。

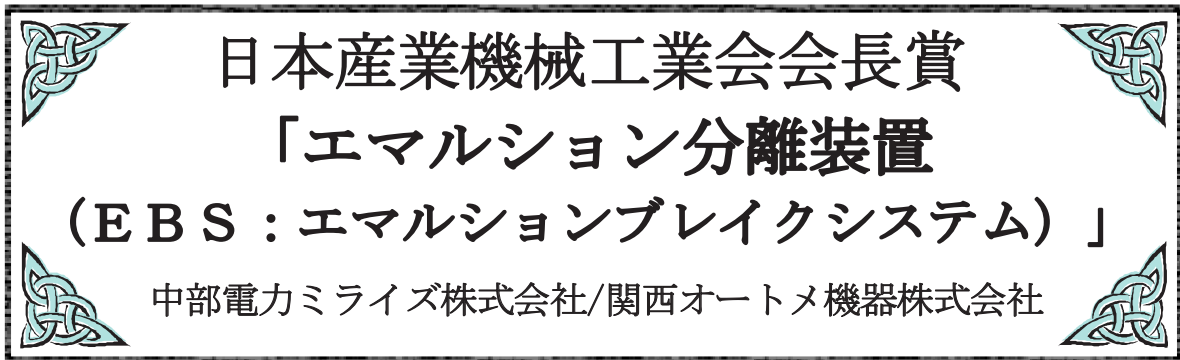
図表6 従来設備から本装置への入れ替えによる省エネ効果

【導入前（従来設備2台）】	【導入後（本装置2台）】
A重油年間使用量(実績値)：213.1t ※原油換算：213.9t 電力年間使用量：不明だが本装置と同程度とみられる	廃油年間使用量(実績値)：191.8t ※原油換算：198.9t 電力年間使用量(計算値)：20,800kWh ※原油換算6.2t
【効果】 年間省エネ量(原油換算)：8.8t ※省エネ率4.1% 非化石燃料割合増加率：66.6% (計算式 工場内年間電力使用量380,000kWh ※原油換算84.7t 198.9t÷(213.9t+84.7t)=66.6%)	

7. 将来性

本装置はリネンサプライ業界の中心とした納入実績を有するが、補助金への採択を通じて様々な業界から本装置への照会がある。ニーズとしてコスト削減を前提として、2050年のカーボンニュートラルの実現に向けた企業としての取り組みの一環に本装置の導入検討を考えている傾向が有る。

従来は産業廃棄物業者に回収・処分依頼をしていた工場内の廃油・副生油を燃料転換することで、従来の廃棄処分費用の削減というコスト面だけでの導入検討だけでなく、新しい熱エネルギーの創出や CO₂ 排出規制などの省エネ・環境面の法整備への対応と言った、環境配慮の面からの問い合わせも増えており今後の需要拡大も見込まれる状況にある。



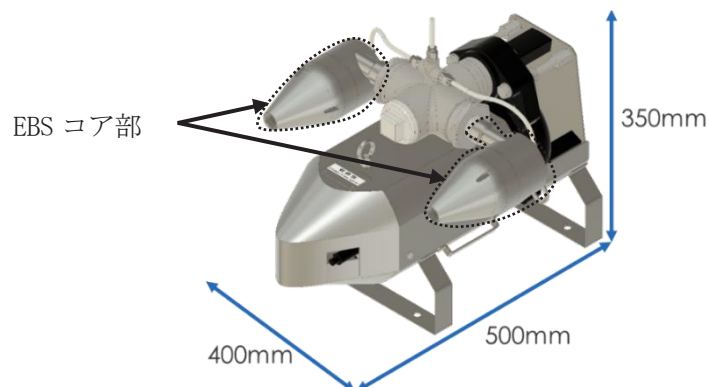
1. 装置の詳細説明

本装置は、工場などの排水に含まれるエマルションを油分と水に分離させ、油分のみを浮上させる機能を備えた装置である。

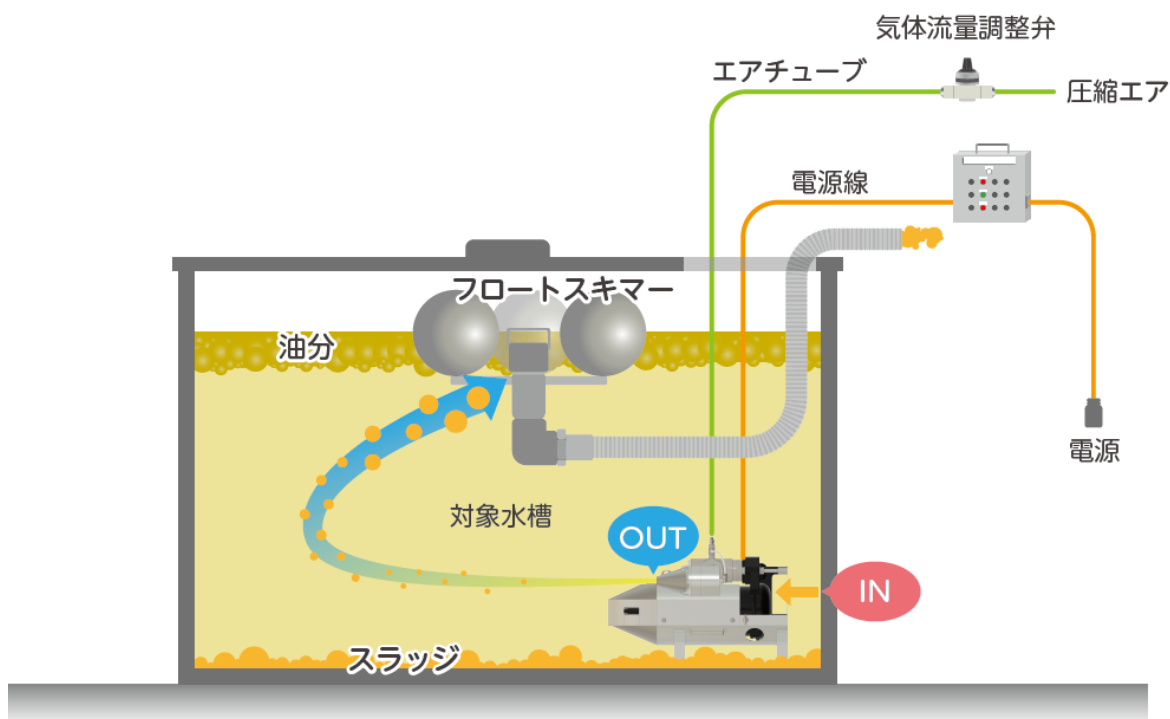
エマルションは、排水処理設備に過剰な負荷を与える要因となっており、従来は無機凝集剤を用いて油滴を凝集・沈殿させる方法が一般的であるが、多量の汚泥が発生するという課題があった。一方、本装置は、薬剤を使用せず、マイクロバブル発生法の一つである高速回転とせん断力を排水に加えることにより、エマルションを破壊（エマルションブレイク）し、水と油滴に分離する。また、同時に発生するマイクロバブルが油滴を捕集し、浮力によって水面に浮上させる。なお、1ターンで大量に分離するのではなく、10～100ターン程度を繰り返すことで多量のエマルション分離を実現している。

本装置は、従来法と比較して、後段へ流出するエマルション量を約 50～90%以上削減することが可能となり、油分起因の廃棄物量の低減とともに、生物処理・膜処理・減容濃縮といった排水処理設備への負荷を軽減することができる。また、回収した浮上油は薬剤利用の場合と異なり、無機物との混合物ではないため、有価物として再利用することも期待できる。

図表 1 に本装置の外観、図表 2 に装置の設置例を示す。本装置は小型かつ投込式の構造を採用しており、配管工事が不要なため、新設・更新時はもちろん、既存設備への追加も容易で、取り扱いの簡便さが特長である。必要となるユーティリティは、三相 200V の電源及び圧縮エア（0.2MPa 程度）のみで動作でき、既存設備の制約に左右されることなく本装置を追加することで、エマルションブレイクの効果を得ることができる。



図表 1 本装置の外観



図表 2 本装置の設置例

2. 開発経緯

(1) 開発経緯

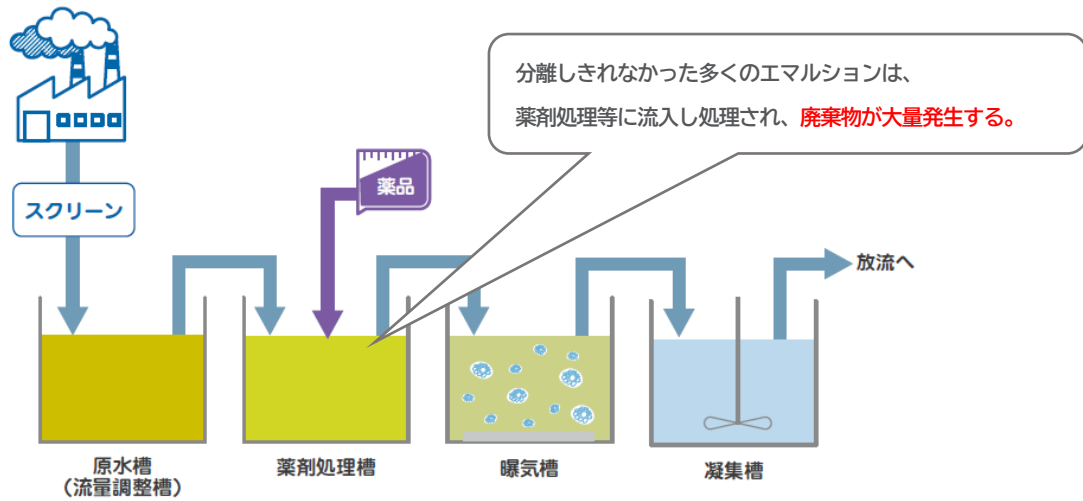
両社は、2010年代から、カーボンニュートラルや循環型社会の実現を目指し、生産プロセスにおける洗浄工程で発生する洗浄液の再利用及び長寿命化を目的とした製品開発に取り組んできた。

両社は、日々顧客と対話しながら営業活動を展開しており、生産工程の改善にとどまらず、排水処理に関する改善ニーズも数多く寄せられていた。

顧客の多くは排水処理設備を保有しているが、油分やエマルジョンが原因となり、廃棄物の発生に繋がっているケースが多いことが明らかとなってきた。

なお、「令和5年度事業 産業廃棄物排出・処理状況調査報告書 令和4年度速報値（概要版）」によれば、国内で発生する産業廃棄物の約4割を汚泥が占めており、排水処理は廃棄物発生の主要因となっている。このことから、排水処理は廃棄物の低減に向けた重要な社会課題を抱えていることが明らかである。

図表3に示すように、従来のエマルジョン除去技術では凝集剤を用いた薬剤処理手法を用いられるが、多量の汚泥が発生するという課題がある。



図表 3 従来のエマルション除去技術

そこで、両社は、汚泥の発生を抑制し、廃棄物低減へのニーズに対応するため、排水が薬剤処理や生物処理に流入する前段階に、エマルションを高速・高効率で分離する装置の開発に着手した。

以下に開発経緯を示す。

2022年9月	解乳化技術の開発開始
2023年12月	解乳化技術のテスト装置による実験
2024年8月	解乳化技術の実証機による実証
2025年3月	第1号機納入

(2) 共同開発

本装置は、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。

- ・中部電力ミライズ株式会社：要件定義、流体シミュレーション技術、フィールド検証
- ・関西オートメ機器株式会社：ファインバブル技術、装置設計及び製作、性能評価

(3) 技術導入

なし

3. 独創性

(1) 機械力を利用した、オンリーワンのエマルションブレイク技術

前述のとおり、エマルションは水中に分散しているため、静置によって除去することは難しく、排水処理工程では、従来、薬剤による凝集沈殿や、膜処理などの手法が利用されていた。しかし、これらの手法は、ランニングコストが高く、廃棄物も多く発生する課題がある。

本装置は、マイクロバブル発生手法の一つである、巡回せん断方式を応用し、エマルションに対して大きな機械力を与えることで、エマルションブレイク効果を得ている。また、エマル

ションブレイクした油滴を、エマルションブレイクと同時に発生するマイクロバブルが吸着することで、油滴をエマルション状態に戻すことなく、浮上分離を行っている（図表4）。

なお、本装置は、図表4に示す1ターンで、多くのエマルションが油滴となり浮上分離するのではなく、10～100ターン程度を繰り返し行うことで、多くのエマルション分離を実現している。分離するエマルション量は、成分等の液質により変化するものの、含まれるエマルションが、約50～90%以上を分離が可能であることを確認している。

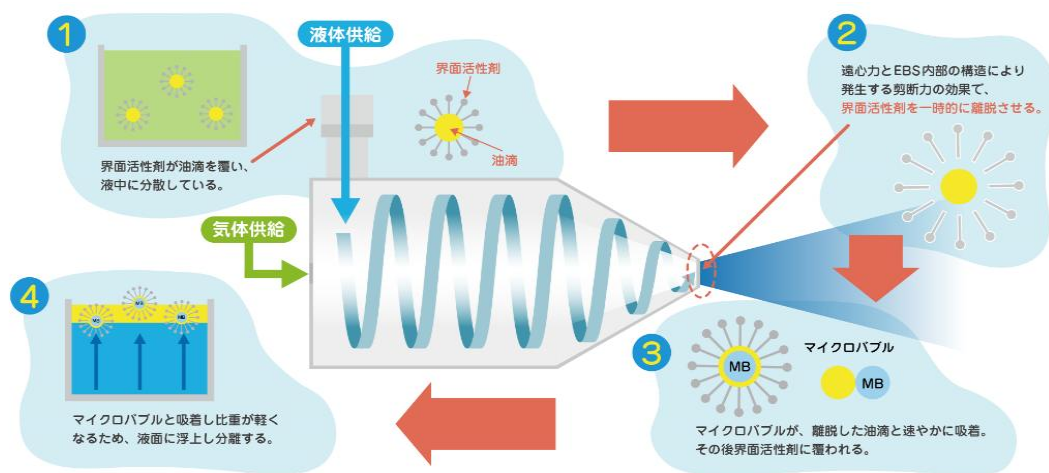
（2）流体シミュレーションを活用した、装置設計

マイクロバブルを旋回せん断方式で発生させる際、過去より、わずかながらエマルションブレイク効果を得られることがわかってきた。しかし、エマルションブレイク効果を最大限発揮するための最適構造にたどり着けていなかった。そこで、流体シミュレーションを活用することで、装置出口付近で、流体に対し大きなせん断力を与える構造を解明し、エマルションブレイクを最大限発揮できる設計を取ることができ、本装置の開発に至ることができた（図表5）。

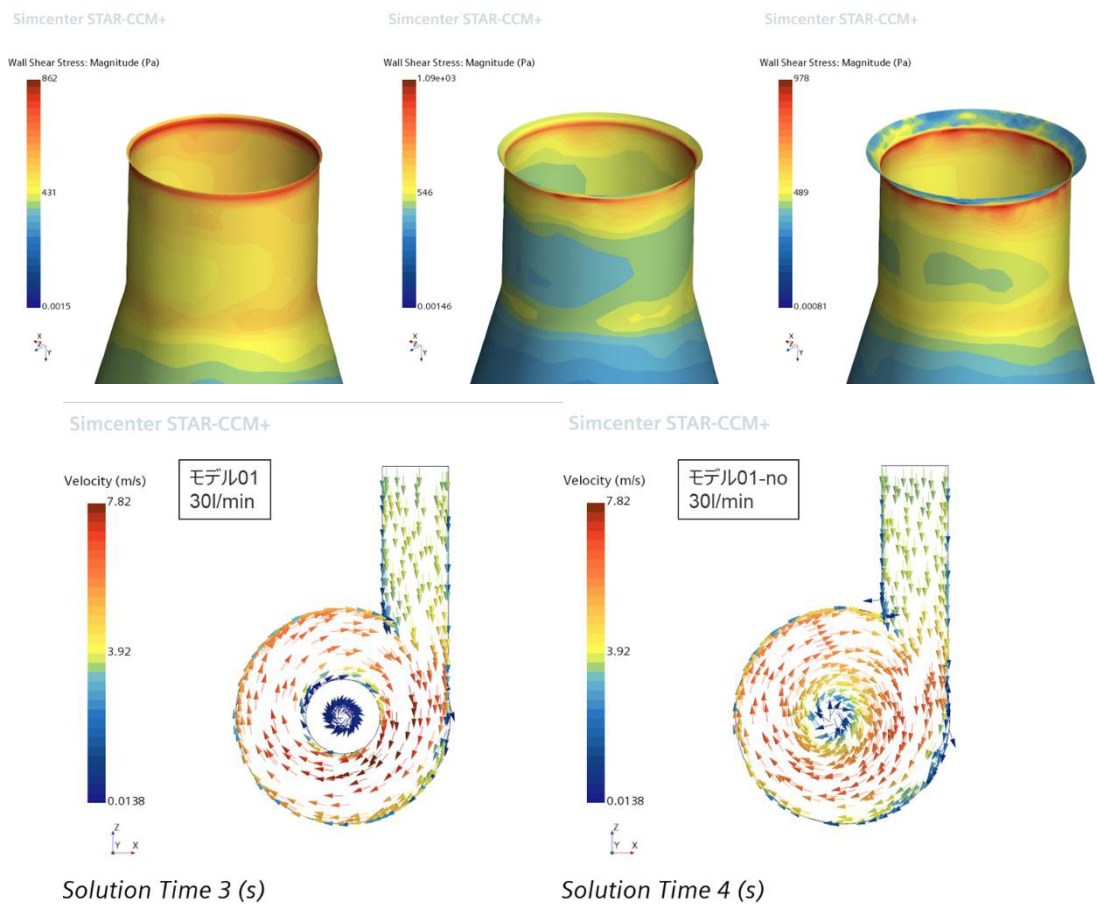
（3）従来技術との比較

本装置は、大量のエマルションを、薬剤（無機凝集剤）を使わず、ポンプ動力と圧縮エアのわずかなエネルギーのみで、効率よくエマルションを分離できる。また、薬剤利用の場合と異なり、無機物との混合物とならず、油分が浮上するため、回収した浮上油は、有価物として再利用することも期待できる。

本装置と従来方式とを比較すると、図表6のとおりとなる。多量のエマルションを効率よく分離できるほか、従来方式に比べ、低メンテナンス、低コストも特長となっている。



図表4 EBS コア部によるエマルションブレイクの処理メカニズム



図表 5 流体シミュレーション

図表 6 エマルション分離方式の比較

	薬剤処理	浮上分離	膜処理	遠心分離	本装置 (EBS)
エマルション分離	○	△	○	△	○
発生物	排水由来物と無機凝集剤との混合物	排水由来物	排水由来物、利用済膜カートリッジ	排水由来物	排水由来物
適用処理量	小～大	小～大	小～中	小～中	小～大
メンテナンス	中程度	難しい	難しい	難しい	易しい
初期コスト	安い～中程度	高い	高い	高い	やや安い
ランニングコスト	高い	中程度	高い	中程度	安い

4. 特許の有無

次のとおり、特許 1 件を出願中である。
 出願番号：特願 2024-150281 / 名称：旋回剪断式のノズル、エマルション分離装置、エマルション除去装置および排水処理装置

5. 性能

フィールド検証を通して本装置の性能評価が可能なることから、主な適用先として検討される、膜処理・減容濃縮の実績を紹介する。さらに、食品工場の排水サンプルでの実証についても紹介し、生物処理の適用拡大の根拠としたい。

(1) 膜処理に対するエマルション分離性能

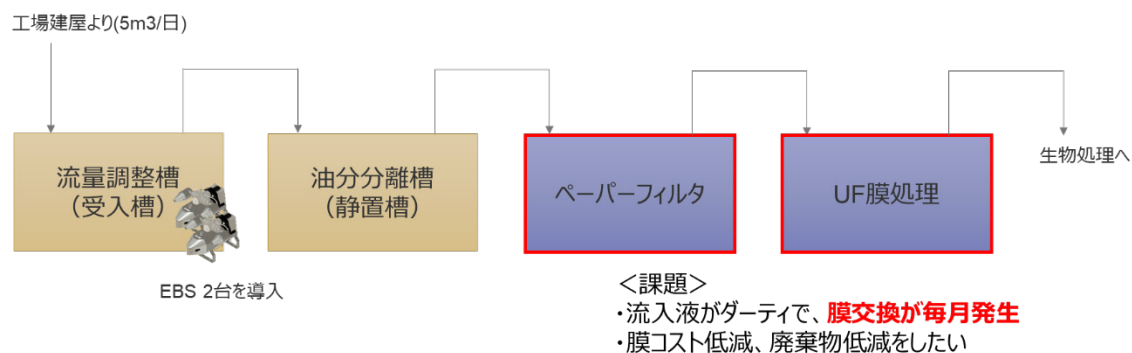
図表7に膜処理排水の実証先①における基本情報を、図表8に排水フローと課題を示す。

図表8の流量調整槽に対して、本装置を2台投入し、現地評価を行った。原水が常時流入するため、本装置の導入前後の変化で評価した。

図表9のとおり、処理時間の経過とともに、排水サンプルの色度が低下していることが確認できた。これは、本装置によりエマルションブレイクが起こり、エマルションが分離された結果、外観上の清浄度が向上したと考えられる。

図表7 膜処理排水の実証先①の基本情報

排水発生工場	機械加工工場
原水流入量	5m ³ /日（常時流入）
UF膜処理までの排水フロー	流量調整槽→油分分離槽→ペーパーフィルタ→UF膜処理



図表8 実証先①の排水フローと課題



図表9 流量調整槽のサンプル液外観

また流量調整槽の水質結果は、図表 10 のとおり、油分濃度が処理時間の経過とともに減少している。本装置の導入前後で比較すると、油分濃度は約 50%低減していることが定量評価で実証された。本データからも、エマルションが分離されていることが分かる。

さらに、後段の膜処理の負荷についても評価した。本装置導入前は、排液中のエマルション起因の油分量が多かったため、膜の交換頻度が毎月発生していた。一方、本装置導入により、排液中のエマルション起因の油分量が減少したことから、UF 膜の交換頻度は 50%低減、ペーパーフィルタは 75%低減を達成し、膜処理の負荷低減が実現できた。

図表 10 導入前後における水質データ（油分濃度）及び対比表

	導入前	導入後
装置仕様	—	EBS2 台
平均油分濃度	10, 500ppm	5, 400ppm
油分除去率	—	▲48. 5%
ペーパーフィルタ交換回数	週に 1 回	月に 1 回
UF 膜交換回数	月に 1 回	隔月に 1 回

(2) 減容濃縮に対するエマルジョン分離性能

図表 11 に減容濃縮排水の実証先②における基本情報を、図表 12 に排水フローと課題を示す。

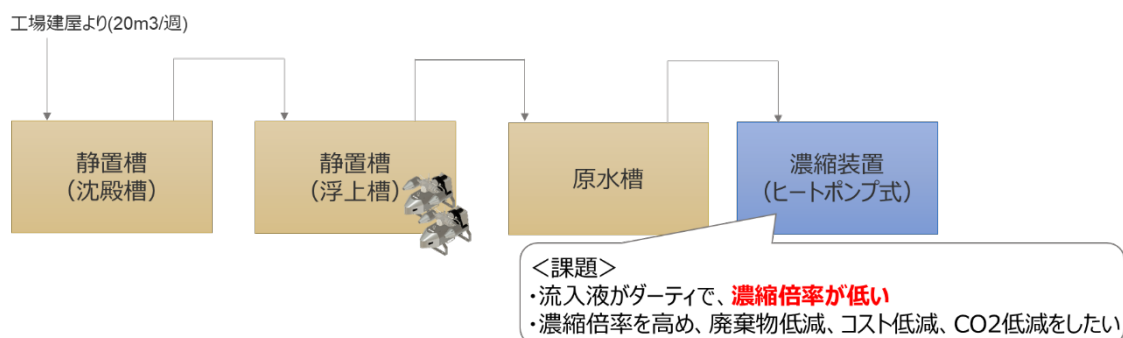
図表 12 の静置浮上槽に対して、本装置を 2 台投入し、現地評価を行った。原水流入が週に 1 度のため、原水流入後から 1 週間の経時変化で評価した。

図表 13 に装置導入前後の水槽表面の比較写真を示す。本装置導入前は、エマルジョン状態で浮上油が観察されなかったが、本装置導入後は、浮上油が多く発生した状況が観察できた。

また、図表 14 に水質結果を示す。原水流入後、各水質の数値は数万 ppm と非常に高い数値となっているが、ノルマルヘキサン抽出物質及び懸濁物質 (SS) は、処理時間が増えるにつれ、大幅に減少している。これは、本装置により、液中に含まれるエマルジョンが浮上分離したため、ノルマルヘキサン抽出物質が大幅減少したと考えられる。また、SS 成分もエマルジョン起因の油分とともに浮上分離したと想定される。

図表 11 減容濃縮排水の実証先②の基本情報

排水発生工場	鍛造工場
原水流入量	20m ³ /週 (週に 1 度流入)
減容濃縮装置までの排水フロー	沈殿槽→静置浮上槽→原水槽→濃縮装置

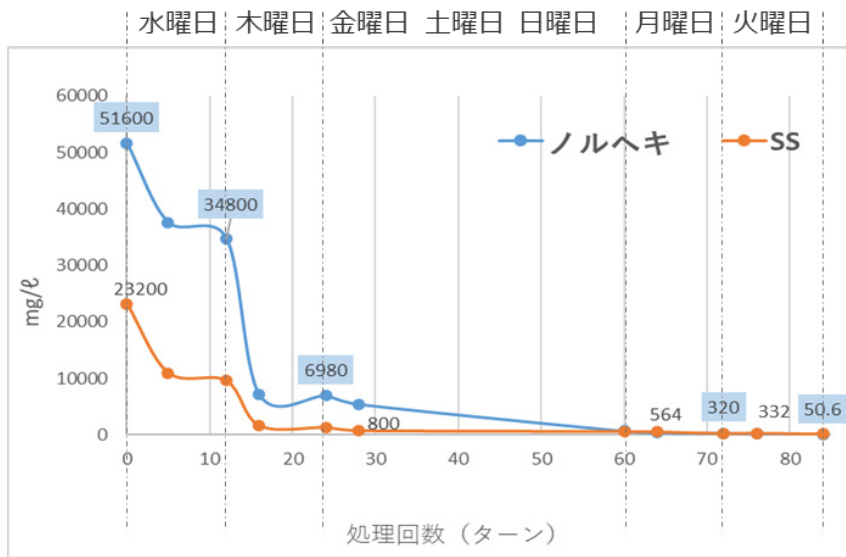


図表 12 実証先②の排水フローと課題

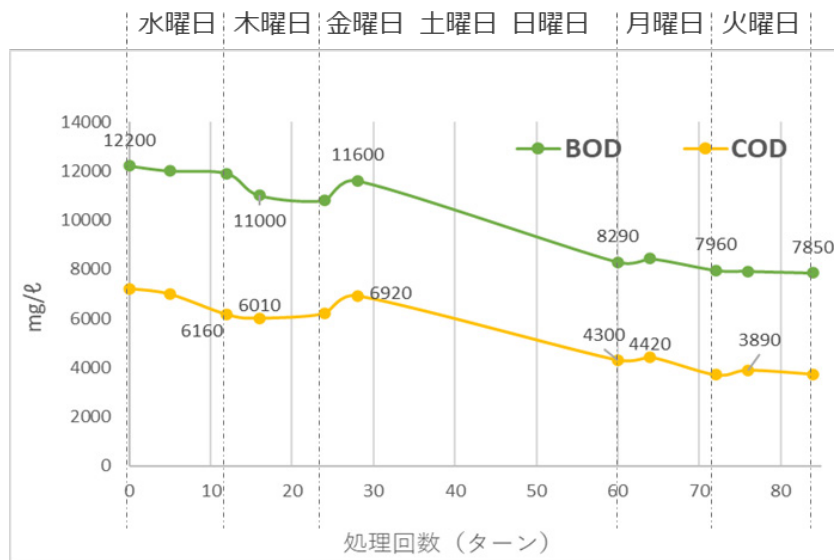


図表 13 本装置導入前後の静置浮上槽の表面状態 (左: 導入前 右: 導入後 48 時間後)

廃液投入



廃液投入



図表 14 本装置導入後の静置浮上槽の水質データ

※処理回数 (ターン) とは、本装置を何回通過したかのサイクル数を示しており、ターンが増えるほど、処理時間が長いことを示している。

なお、BOD、COD は減少率が大きくはないものの、時間経過とともに減少している。これは、エマルジョンや SS が除去されたことにより減少したが、本装置では除去できない溶解性の有機物が多く存在し、減少率が大きくなかったと想定される。

さらに、濃縮装置の濃縮倍率の変動についても評価した。本装置導入前は、排液中のエマルジョン起因の油分量が多かったため、濃縮装置の濃縮倍率が 8 倍程度であった。一方、本装置導入により、排液中のエマルジョン起因の油分量が減少したことにより、濃縮倍率を 15 倍まで高めることができた。この結果、濃縮後の残渣 (廃棄物量) を 40%低減することができた。

(3) 生物処理のエマルジョン分離性能

図表 15 に食品工場排水の実証先③における基本情報を示す。図表 15 の流量調整槽より、排水サンプルを採取し、本装置のラボスケールテストを実施した。

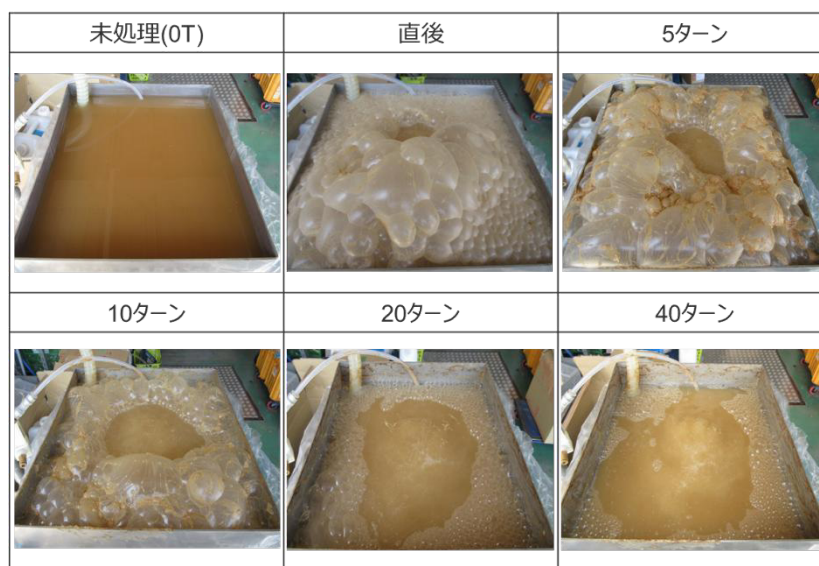
図表 16 に処理ターン数毎の表層外観写真を示す。EBS 処理直後から水槽表層に油分が浮上し、分離が促進された。5～10 ターン程度まで浮上油が多く発生したが、20 ターン以降は徐々に減少した。これは、本装置によりエマルジョンブレイクが起こり、エマルジョンが分離され、処理前の排水から油分量が減少したと想定される。

また、水質結果は図表 17 のとおり、ノルマルヘキサン抽出物質、懸濁物質 (SS) は、処理時間の経過とともに減少している。このデータからも、エマルジョンが分離されていることが分かる。また、過去の経験から、SS 成分は、油分との吸着性が良いことが分かっており、エマルジョン起因の油滴が媒体となって、SS も分離したと想定される。

なお、COD は減少率が大きくはないものの、時間経過とともに減少している。これは、エマルジョンや SS が除去されたことにより減少したが、本装置では除去できない溶解性の有機物が多く存在したためと想定される。

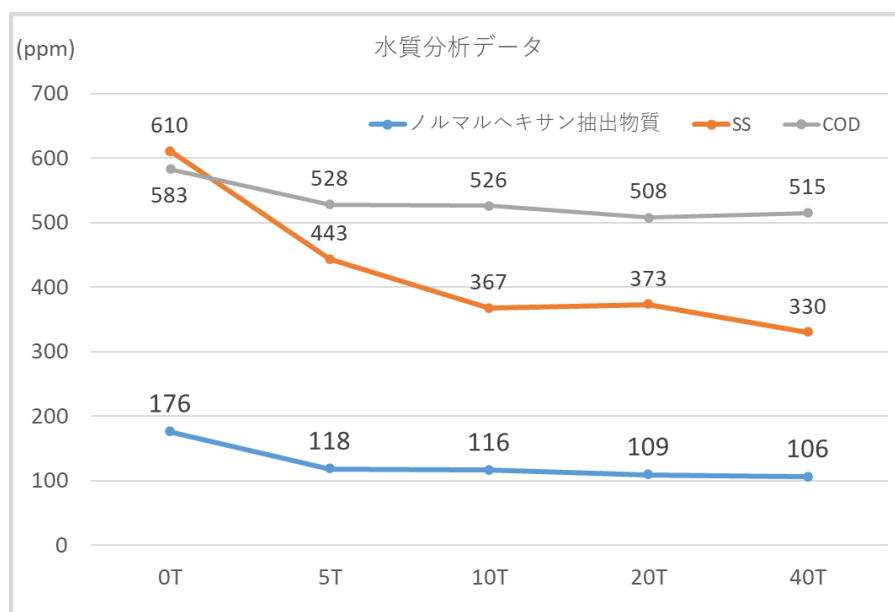
図表 15 実証先③の基本情報

排水発生工場	食品工場
生物処理までの排水フロー	原水槽→油脂分離槽→流量調整槽→薬剤処理→生物処理



図表 16 処理ターン数ごとの水槽表層の外観

※処理回数 (ターン) とは、本装置を何回通過したかのサイクル数を示しており、ターンが増えるほど、処理時間が長いことを示している。



図表 17 水質分析データ

(4) 耐久性・安全性

本装置では、動力となる部分に水中ポンプを採用しており、水槽内での処理が完結し、水槽外へ液漏れすることなく、安全に扱うことが可能である。また、本体部分の材質をステンレス製にしており、排水中に長時間使用しても腐食しない、耐久性の高い装置である。15 mm以下の異物であれば、詰まることなく使用できる。

(5) 維持管理性

本装置は、EBS コア及び水中ポンプの構成となっている。EBS コアはステンレス製のため、耐磨耗性が非常に強くメンテフリーである。また、水中ポンプは、一般汎用品を活用しており、維持管理が容易であり、メンテナンス費も安価で済む。

6. 経済性

本装置のエマルションブレイクの効果によって、生物処理工程や減容濃縮工程で発生する廃棄物が、1台あたり数t～数十t/年低減することが期待される。これにより、廃棄物量が低減する環境価値だけでなく、処理費が低減するコストメリットも得ることができる。

また、生物処理で利用する曝気エネルギーや、減容濃縮で利用する蒸気エネルギーの低減効果もあり、CO₂低減、コスト低減効果も得ることができる。

また、流量調整槽が清浄化されることで、流量調整槽を含めた下流側水槽の清浄度が向上するため、清掃等の管理費低減にも貢献できる。

これらの効果により、コスト回収3年以内の投資が十分期待でき、それと合わせ廃棄物低減やCO₂低減といった環境価値も得られるため、経済的な恩恵を享受できると考える。

以下は減容濃縮の実証先での効果試算の結果である。

(1) コストメリット

本装置の導入前後の処理コストを比較すると、濃縮倍率の向上による壁物低減や、濃縮効率の向上によるエネルギー費の低減により、導入前と比べ、39%/年のコスト削減ができた。

(2) 廃棄物の削減効果

エマルション除去により、蒸発濃縮装置の濃縮効率が向上したことで、廃棄物が34%/年低減できた。更なる効果の期待として、他事例では、浮上油を有価物として売却しているケースもある。浮上油の油分濃度によっては廃油から有価になる可能性も期待できる。

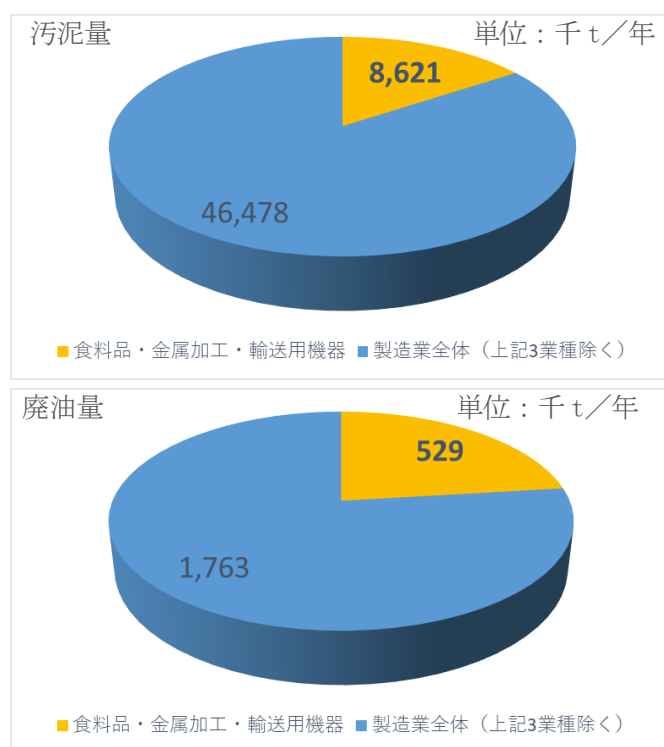
7. 将来性

当面は、製造業における生物処理、膜処理、減容濃縮といった排水処理分野への事業展開を進めていく予定である。現在、「輸送用機器」メーカーからの関心が高いが、油分由来の廃棄物が多い食料品業界や金属加工業界においても、本装置の活用が期待されており、日本国内における廃棄物低減に大きく貢献できると考えられる。

なお、図表 18 に示す「令和 5 年度事業 産業廃棄物排出・処理状況調査報告書 令和 3 年度実績（概要版）」によれば、日本の製造業における汚泥発生量のうち、食料品、金属加工、輸送用機器の三業種が製造業全体の 15.6%（日本全体の 5.5%）を占めている。また、廃油発生量においては、同三業種で製造業全体の 23.1%（日本全体の 18.0%）を占めている。このことから、食料品、金属加工、輸送用機器の各業種における廃棄物低減は、社会的に大きな影響を与えることが明らかであり、本装置の普及が十分に見込まれる。

さらに、本装置は、「既存設備に追加しやすい」「スモールスタートをしやすい（1 台導入で効果を見て、徐々に台数を増やせる）」という特長を持つことから、多くのユーザーが抱える廃棄物低減の課題に対し、チャレンジしやすく普及しやすい技術と考えている。

また、将来的には、産業用以外の業務用や自治体向けの適用も検討していく予定であり、国内の産業や生活に役立つ技術開発を続けていきたいと考えている。



図表 18 製造業における汚泥発生量（左）・廃油発生量（右）

出典：令和 5 年度事業 産業廃棄物排出・処理状況調査報告書 令和 3 年度実績（概要版）

— 非 売 品 —
禁無断転載

第 51 回
優秀環境装置

発 行 2026 年 3 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 03-3434-6820

