

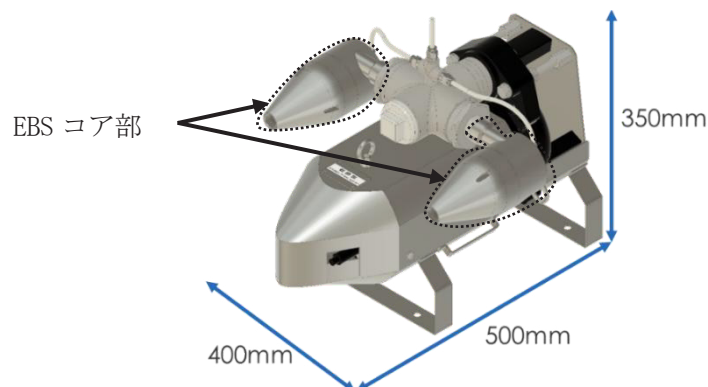
### 1. 装置の詳細説明

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。

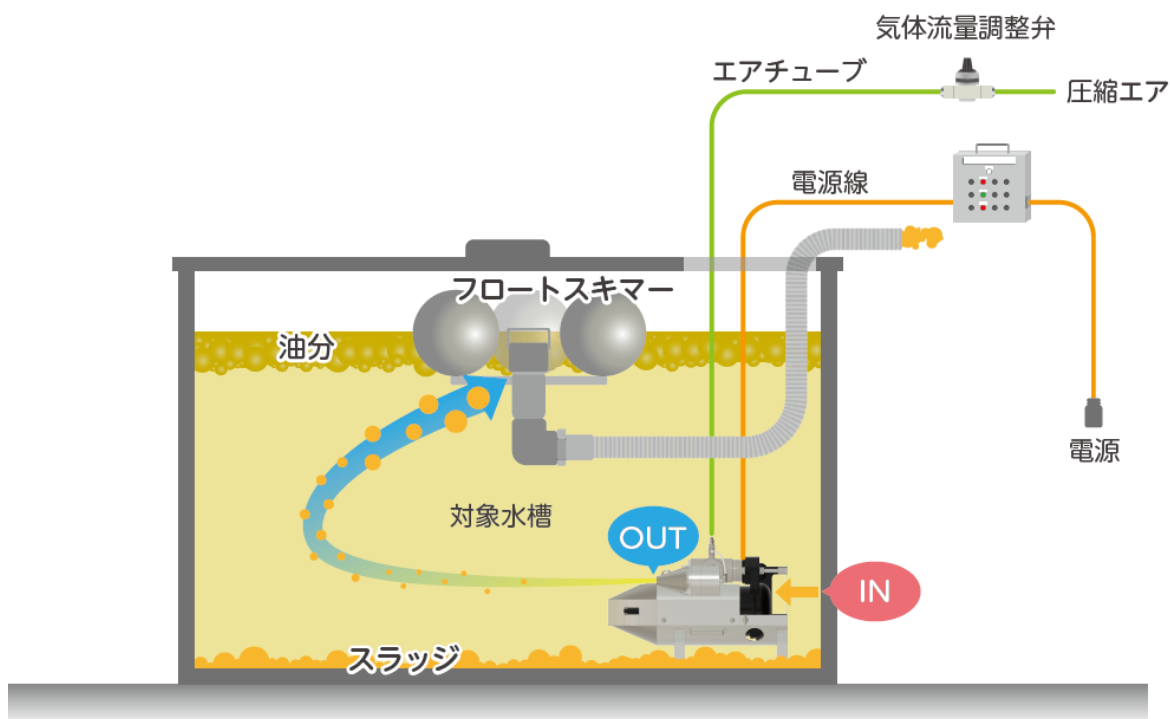
エマルションは、排水処理設備に過剰な負荷を与える要因となっており、従来は無機凝集剤を用いて油滴を凝集・沈殿させる方法が一般的であるが、多量の汚泥が発生するという課題があった。一方、本装置は、薬剤を使用せず、マイクロバブル発生法の一つである高速回転とせん断力を排水に加えることにより、エマルションを破壊（エマルションブレイク）し、水と油滴に分離する。また、同時に発生するマイクロバブルが油滴を捕集し、浮力によって水面に浮上させる。なお、1ターンで大量に分離するのではなく、10～100ターン程度を繰り返すことで多量のエマルション分離を実現している。

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

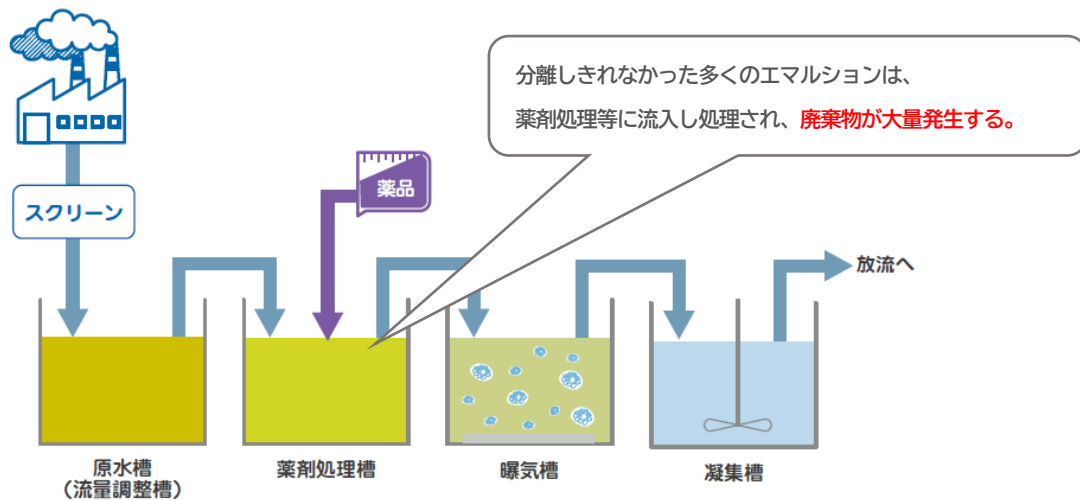
両社は、2010年代から、カーボンニュートラルや循環型社会の実現を目指し、生産プロセスにおける洗浄工程で発生する洗浄液の再利用及び長寿命化を目的とした製品開発に取り組んできた。

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。

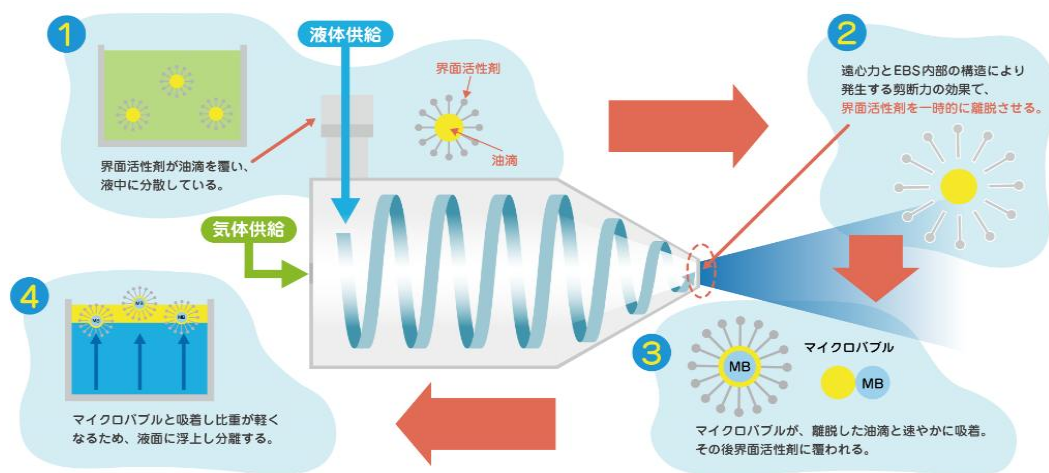
### （2）流体シミュレーションを活用した、装置設計

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）。

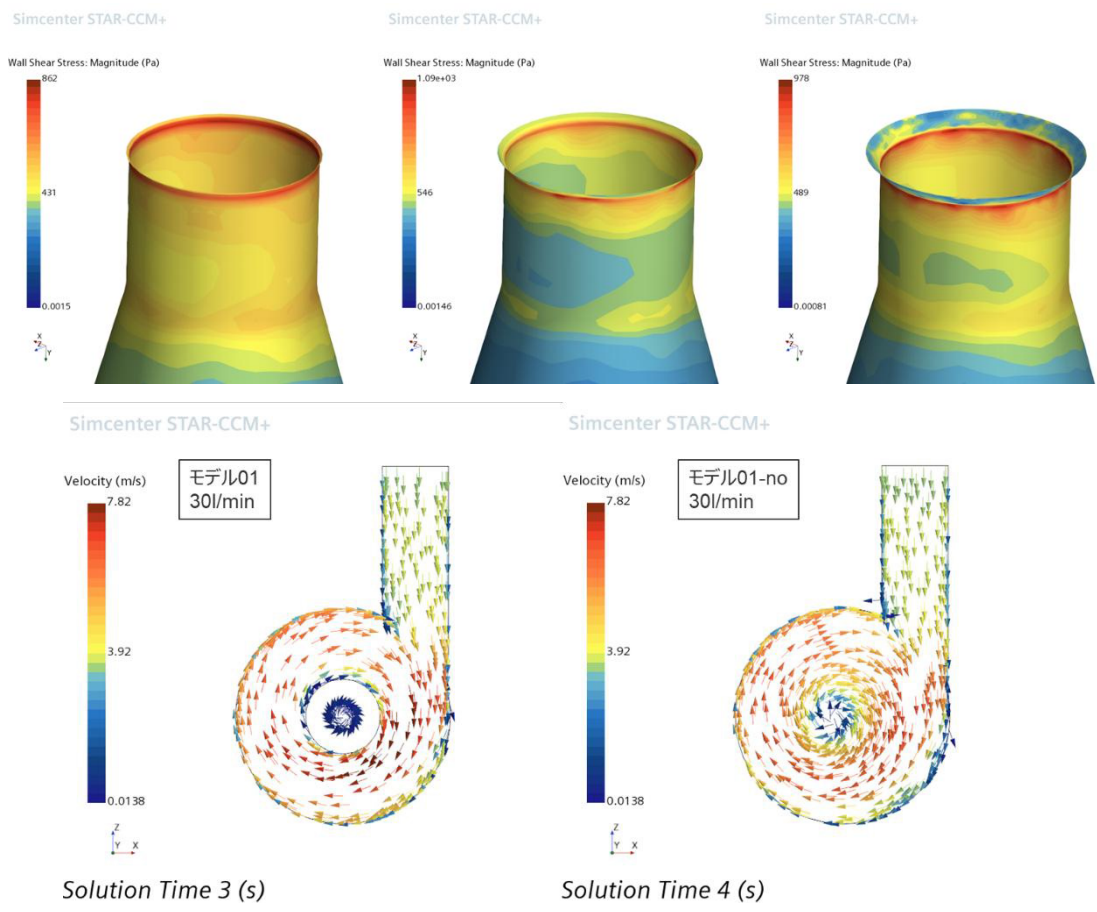
### （3）従来技術との比較

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)
<b>エマルション分離</b>	○	△	○	△	○
<b>発生物</b>	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

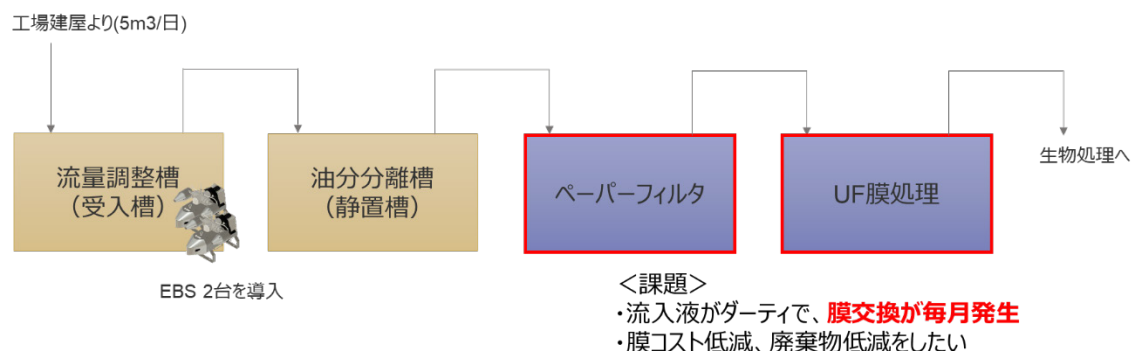
図表7に膜処理排水の実証先①における基本情報を、図表8に排水フローと課題を示す。

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 <sup>3</sup> /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。

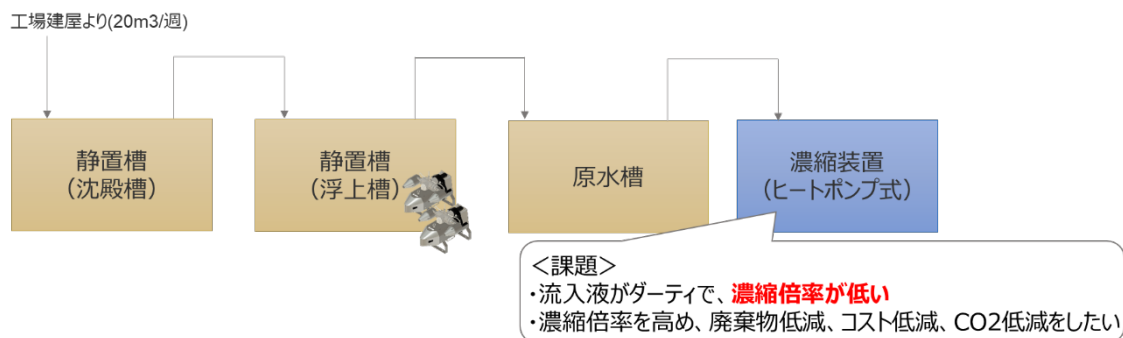
図表 12 の静置浮上槽に対して、本装置を 2 台投入し、現地評価を行った。原水流入が週に 1 度のため、原水流入後から 1 週間の経時変化で評価した。

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。

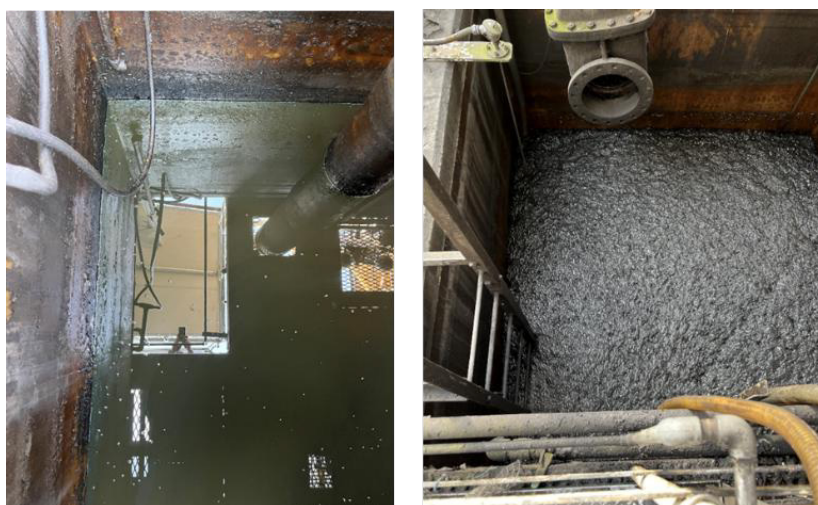
また、図表 14 に水質結果を示す。原水流入後、各水質の数値は数万 ppm と非常に高い数値となっているが、ノルマルヘキサン抽出物質及び懸濁物質 (SS) は、処理時間が増えるにつれ、大幅に減少している。これは、本装置により、液中に含まれるエマルジョンが浮上分離したため、ノルマルヘキサン抽出物質が大幅減少したと考えられる。また、SS 成分もエマルジョン起因の油分とともに浮上分離したと想定される。

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 <sup>3</sup> /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

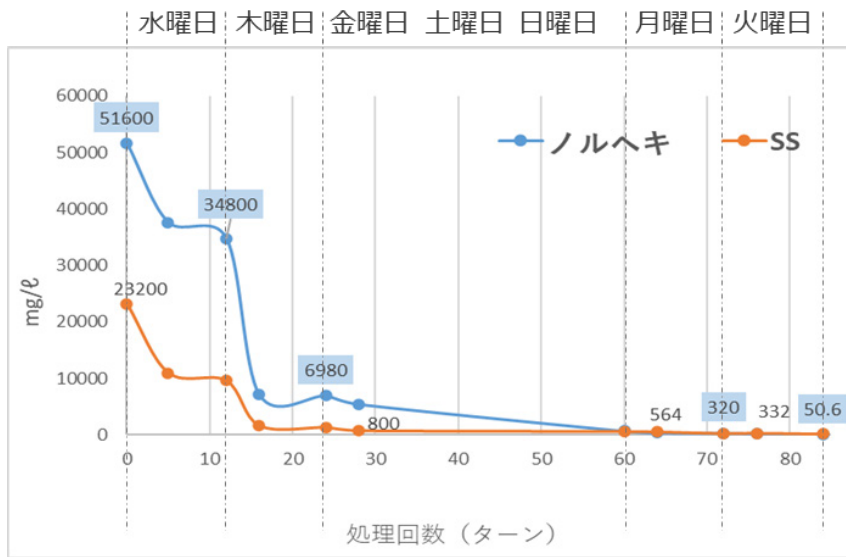


図表 12 実証先②の排水フローと課題

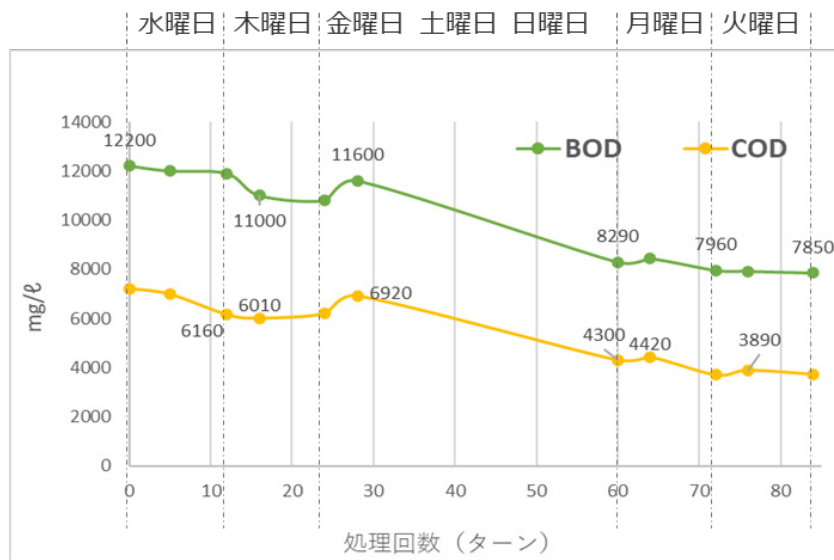


図表 13 本装置導入前後の静置浮上槽の表面状態 (左: 導入前 右: 導入後 48 時間後)

### 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。

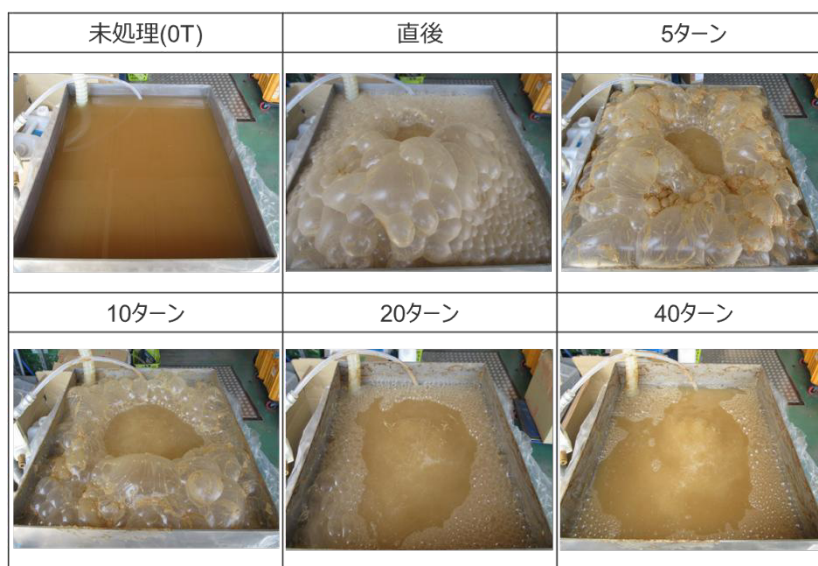
図表 16 に処理ターン数毎の表層外観写真を示す。EBS 処理直後から水槽表層に油分が浮上し、分離が促進された。5～10 ターン程度まで浮上油が多く発生したが、20 ターン以降は徐々に減少した。これは、本装置によりエマルジョンブレイクが起こり、エマルジョンが分離され、処理前の排水から油分量が減少したと想定される。

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。

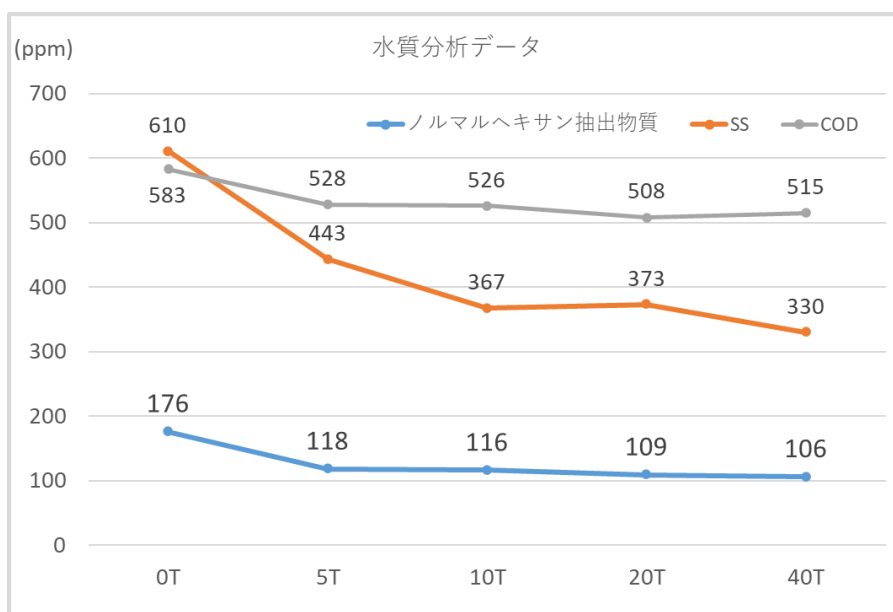
図表 15 実証先③の基本情報

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、CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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。

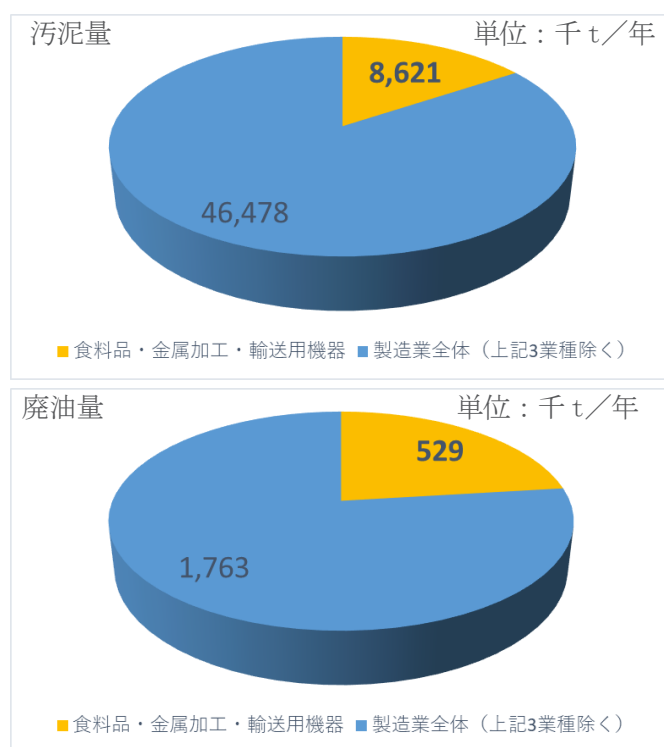
## 7. 将来性

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）