

# 第38回 優秀環境装置

平成24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 23 年度「第 38 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。

世界的に資源枯渇の危機や環境問題が顕在化している昨今、今年も国連持続可能な開発会議がリオ・デジャネイロで開催されたこともあり、世界の注目が資源問題、環境問題に集まっている。環境問題は、地球温暖化対策、安全な水の確保、廃棄物の適正処理等と多岐にわたり、また、資源問題については、資源の有効活用、未利用エネルギーの活用等、その対策は、一段と多様化しつつある。これら環境問題、資源問題に対処するには、優秀な環境装置が不可欠である。

一方、東日本大震災を契機に、廃棄物処理・リサイクル、上下水処理等に係る課題が顕在化したところであり、環境装置の役割と環境技術開発の重要性が再認識されるとともに、再生可能エネルギーの重要度が高まったところである。

このような状況のもと今後の復興と持続可能な社会の構築には、未利用エネルギー利活用技術やリサイクル技術、水処理・利用技術等の継続的な技術革新とそれら技術の継承が重要である。

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旨とするものである。

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、中小企業庁、優秀環境装置審査委員会委員、審査幹事会幹事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 24 年 6 月

一般社団法人日本産業機械工業会  
会 長 佃 和 夫



## 第 38 回優秀環境装置

### 目 次

・ 第 38 回優秀環境装置審査報告	1
・ 第 38 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 「ガソリンベーパー液化回収システム」	5
・ 経済産業省産業技術環境局長賞 「リン酸回収装置」	21
・ 中小企業庁長官賞 「破砕機（エコセパレ <sup>®</sup> 分離・破砕機）」	29
・ 日本産業機械工業会会長賞（申請書受付順） 「電気浸透式汚泥脱水機（スーパーフレイク）」	37
「省エネルギー、低公害 ガス焚き小型貫流ボイラ （ConboGas <sup>®</sup> （コンボガス）」	43
「ジェットフィルム燃焼式高効率・ミニマムエミッションボイラ」	51
「真空揚砂装置」	65
「帯電分離式フロン回収・再生装置（エコサイクルオーロラ）」	73
「下水汚泥減量化システム（メタサウルス）」	81
「下水再生水システム」	87
「ろ過材洗浄機能付水処理用ろ過装置（シフォンタンク）」	99



## 第 38 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 中山 哲 男

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・開発及び環境装置の普及を促進し、わ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 23 年 12 月 5 日から平成 24 年 1 月 20 日までの約 1 ヶ月半にわたって公募した。

その結果、廃棄物処理装置(15 件)、水質汚濁防止装置(10 件)、大気汚染防止装置 (3 件)、悪臭処理装置 (3 件)、騒音・振動防止装置 (1 件) その他地球環境保全に関する装置(5 件)、の応募が全国から寄せられた。2 分野にまたがる応募もあったことから、件数としては、合計 30 件であった。審査は、優秀環境装置表彰制度の実施要綱並びに同運用基準に定められた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、優秀環境装置審査幹事会において、全申請装置についてその独創性、性能、経済性及び将来性に関し予備審査を行い、その中で高位の評点を得た装置について実地調査を実施し、11 件の入賞候補を選定した。審査委員会では幹事会から推薦を受けた各賞候補を参考に、更に総合的に審査を行い、第 38 回優秀環境装置の経済産業大臣賞 1 件、産業技術環境局長賞 1 件、中小企業庁長官賞 1 件、工業会会長賞 8 件を決定した。

以上の受賞各装置は、いずれも環境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とも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 38 回 優秀環境装置審査委員会名簿

### 委員会

(委員長)

中山 哲男 社団法人産業環境管理協会 名誉参与  
(元、資源環境技術総合研究所次長)

(委員)

上田 隆之 経済産業省 製造産業局長  
菅原 郁郎 経済産業省 産業技術環境局長  
鈴木 正徳 経済産業省 中小企業庁長官  
三好 信俊 環境省 大臣官房審議官  
森本 修 一般財団法人日本品質保証機構 理事長  
宮城 勉 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  
伊藤 源嗣 一般社団法人日本機械工業連合会 会長  
鈴木 孝治 慶應義塾大学 理工学部応用化学科 教授  
鍋島 淑郎 元、玉川大学 工学部 教授  
指宿 堯嗣 社団法人産業環境管理協会 常務理事  
佃 和夫 一般社団法人日本産業機械工業会 会長

### 幹事会

(幹事長)

中澤 佐市 一般社団法人日本産業機械工業会 専務理事

(委員)

藤木 俊光 経済産業省 製造産業局 産業機械課長  
植田 拓郎 経済産業省 産業技術環境局 環境指導室長  
増田 仁 経済産業省 中小企業庁 経営支援部 創業・技術課長  
長坂 雄一 環境省 総合環境政策局 総務課 環境研究技術室長  
竹内 浩士 独立行政法人産業技術総合研究所 評価部 首席評価役  
辰巳 憲司 独立行政法人産業技術総合研究所  
環境管理技術研究部門 浄化機能促進研究グループ 招聘研究員  
大木 達也 独立行政法人産業技術総合研究所  
環境管理技術研究部門 リサイクル基盤技術研究グループ 研究グループ長  
加茂 徹 独立行政法人産業技術総合研究所  
環境管理技術研究部門 吸着分解研究グループ 研究グループ長  
名木 稔 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  
池田 茂 社団法人産業環境管理協会 環境管理部門 環境技術・人材育成センター 所長  
奥山 正二 一般社団法人日本産業機械工業会 常務理事



## 第 38 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」

- ・「ガソリンベーパー液化回収システム」 (株)タツノ

#### 「経済産業省産業技術環境局長賞」

- ・「リン酸回収装置」 栗田工業(株)

#### 「中小企業庁長官賞」

- ・「破碎機 (エコセパレ®分離・破碎機)」 (株)エムダイヤ

#### 「日本産業機械工業会会長賞」(申請書受付順)

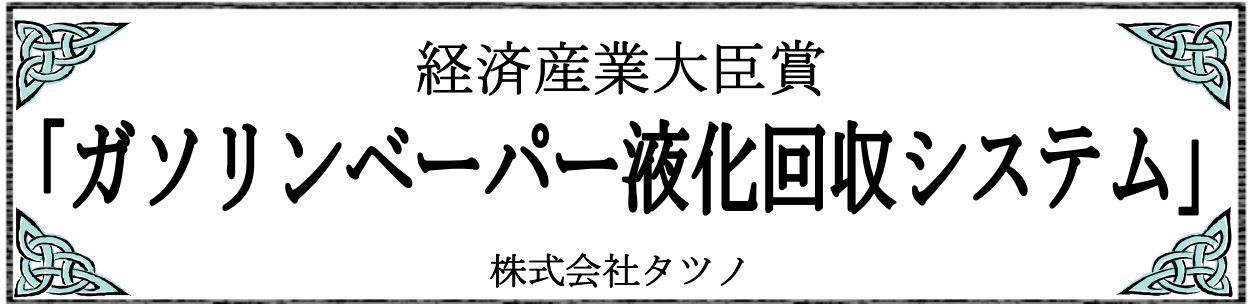
- ・「電気浸透式汚泥脱水機 (スーパーフレック)」 アタカ大機(株)
- ・「省エネルギー、低公害 ガス焼き小型貫流ボイラ (ConboGas® (コンボガス))」 (株)ヒラカワ
- ・「ジェットフィルム燃焼式高効率・ミニマムエミッションボイラ」 (株)日本サーモエナー／(株)タクマ
- ・「真空揚砂装置」 水 i n g (株)
- ・「帯電分離式フロン回収・再生装置 (エコサイクルオーロラ)」 アサダ(株)
- ・「下水汚泥減量化システム (メタサウルス)」 三菱長崎機工(株)／鹿島建設(株)
- ・「下水再生水システム」 東京都下水道局／メタウォーター(株)
- ・「ろ過材洗浄機能付水処理ろ過装置 (シフォンタンク)」 日本原料(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	3	3
水質汚濁防止装置	10	5
廃棄物処理装置 (再資源化装置)	15	3
悪臭処理装置	3	0
騒音・振動防止装置	1	0
その他地球環境保全装置	5	3
合 計	30*	11*

※ 1装置で2分野の申請があったため合計数は合いません。





## 1. 開発経過

### 1.1 開発の主旨

揮発性有機化合物(VOC: Volatile Organic Compound)は光化学オキシダントの原因物質であり、また、最近では浮遊粒子状物質(SPM)生成原因物質の一つとも考えられ、その排出削減技術の開発が重要な課題になっている。平成18年度より改正大気汚染防止法が施行されその削減対策は喫緊な課題となってきた。VOCを含む有機化合物の多くは平成13年度から施行されている「化学物質排出把握管理促進法(PRTR法)」により各事業所から環境(大気、水、土壌)への排出量および移動量が届出されている。VOC排出抑制検討委員会の報告によれば、国内のVOC年間総排出量は約120万トであり、塗装分野が半分程度を占めているが、ガソリン給油所も排出源の一つで、およそ10%の12万トを排出している。特にガソリン給油所は全国に多数分散しており、そのほとんどは市街地や住宅地域に位置し、ガソリンベーパー中の有害VOCとCO<sub>2</sub>排出削減対策を緊急に実施する必要がある。具体的にガソリン給油所では自動車へのガソリン給油時とタンクローリーから地下タンクへの荷卸時にガソリンベーパーが大気へ排出されている。

現在のガソリン給油所におけるガソリンベーパーの排出削減の対策は、法規制の厳しい欧米が先行しており、その技術はベーパーを地下タンクへリターンする方式が主流である。しかし、この方式では、吸引したリターンガス量は給油体積の1.1~1.5倍にもなり、この多量のリターンガスで地下タンク中のガソリンの蒸発が促進されるというマイナスの二次効果が起こるため回収率は低い。そこで本提案では給油時に発生するガソリンベーパーを低減する給油ノズル(ウルトラ給油ノズル)を具備した給油装置と発生したガソリンベーパーを回収する装置(給油機用ガソリンベーパー液化回収装置)を開発した。また、荷卸時に発生するガソリンベーパーを回収する装置については、給油機用ガソリンベーパー液化回収装置の処理能力をアップした装置(荷卸用ガソリンベーパー液化回収装置)を開発し、ガソリン給油所からのガソリンベーパー排出をほぼゼロとすることができた。

## 1.2 開発経緯

2005年11月	NEDO 助成事業に採用され、ガソリン給油所の給油機用ガソリンベーパー液化回収装置の開発に着手。 基礎試験開始 (2007年3月 助成事業終了)
2006年4月	ウルトラ給油ノズルの開発に着手
2007年5月	NEDO 委託事業に採用され、引き続きガソリン給油所の給油機用ガソリンベーパー液化回収装置の開発を続行。各構成機器の開発 (2010年3月 委託事業終了)
2007年10月	ガソリン給油所に給油機用ガソリンベーパー液化回収装置の初号機をフィールド試験用に設置。 (フィールドデータの収集/分析)
2007年12月	ウルトラ給油ノズルフィールド試験開始
2008年10月	ウルトラ給油ノズルの発売開始
2009年1月	ガソリン給油所の地下タンク荷卸用ガソリンベーパー液回収装置の開発に着手。
2009年9月	ガソリン給油所の給油機用ガソリンベーパー液化回収装置の改良版3台をガソリン給油所に設置。ガソリン給油所の地下タンク荷卸用ガソリンベーパー液回収装置の初号機をガソリン給油所に設置。 (フィールドデータの収集/分析)
2010年8月	ガソリン給油所の地下タンク荷卸用ガソリンベーパー液回収装置(エコステージL)の発売開始。
2010年9月	ガソリン給油所の給油機用ガソリンベーパー液化回収装置(エコステージD)の発売開始。

## 1.3 共同開発

本システムは、株式会社タツノと三菱電機株式会社の共同開発品で、株式会社タツノは、システム全体・流体機器部を、三菱電機株式会社は冷却装置部を担当して開発を行った。

## 1.4 開発目標

### (1) 回収性能

- ・ガソリンベーパー排出分の99%以上の回収(ガソリン臭を無くす)
- ・ガソリンベーパー濃度を爆発下限界以下の平均1.0vol%以下  
(爆発領域:1.4~8.2vol%)
- ・ウルトラ給油ノズルの給油時のベーパー混入量:従来給油ノズルの1/6以下

## (2) 施工性

- ・ガソリン給油所のアイランド（給油機が取り付けられている島）上に設置可能な大きさであること。
- ・ガソリン給油所が休業するような大幅な設置工事をともなわないシステムとすること。

## (3) 保守・点検性

- ・日常点検や定期メンテナンスを必要としない機器構成とすること。  
（オイルレス 小型ポンプの開発等）

## 2. 装置説明

### 2.1 原理・構造

ガソリン給油所においてのガソリンベーパーの主な排出源は2つ有り、1つは自動車への給油時に自動車タンクから排出されるもの、もう1つはタンクローリーによる地下タンクへの荷卸時に地下タンク通気管から排出されるものである。前者では給油ノズルが同軸の2重構造を形成し、内筒からガソリン液を給油、外筒からガソリンベーパーを回収し気体のまま地下タンクヘリターンする方法が現在の主流である。しかし1-1項で述べたようにリターンガスが地下タンク内ガソリン液の蒸発を促進するため、蒸発したガソリンベーパーが地下タンク通気管を通じて大気へ排出されてしまう。この結果、総合的な回収効率が低く（回収率：70%程度）、さらに給油機から地下タンクへの埋設配管工事等の大幅な改造が必要となり、既存のガソリン給油所では導入が困難である。また後者では、荷卸したタンクローリーのタンクへホース配管の接続によりガソリンベーパーをリターンさせる方式が実施されているが（主に政令指定都市）、ほとんどの場合タンクローリーが荷積み基地に戻った際にはタンクが開放されてしまうため、本来の回収とは言い難い。

給油時に発生するベーパーの回収はこれらの問題を解決するため、給油時のガソリンベーパー発生を低減させる給油ノズル（ウルトラ給油ノズル）を具備した給油装置と排出されたガソリンベーパーを回収液化させ再びガソリン液として使用できる装置を開発した。回収・液化することにより、従来のベーパーのままでの回収と比較して地下タンク内ガソリン液の蒸発を促進する等のマイナス要素を抑えることができ、大気へ排出されるVOCをほぼ完全に削減することができる。

液化回収したガソリンは、給油機の液配管の一部へ戻すことが可能となり、地下タンクへの配管工事を廃止することができ、既存ガソリン給油所への導入も容易でなお且つ回収効率も高水準（99%以上）を維持することが可能となった。また、荷卸時の場合には回収液化したガソリンを荷卸時の荷卸管（遠方注油口）を通して地下タンクヘリターンさせることができ、ガソリン給油所でガソリンベーパー回収工程が完結で

きる装置である。さらには回収・液化したものを再利用することにより環境装置でありながら利益回収も同時に期待できる画期的な装置と言える。

表 2-1 従来装置と本装置の比較

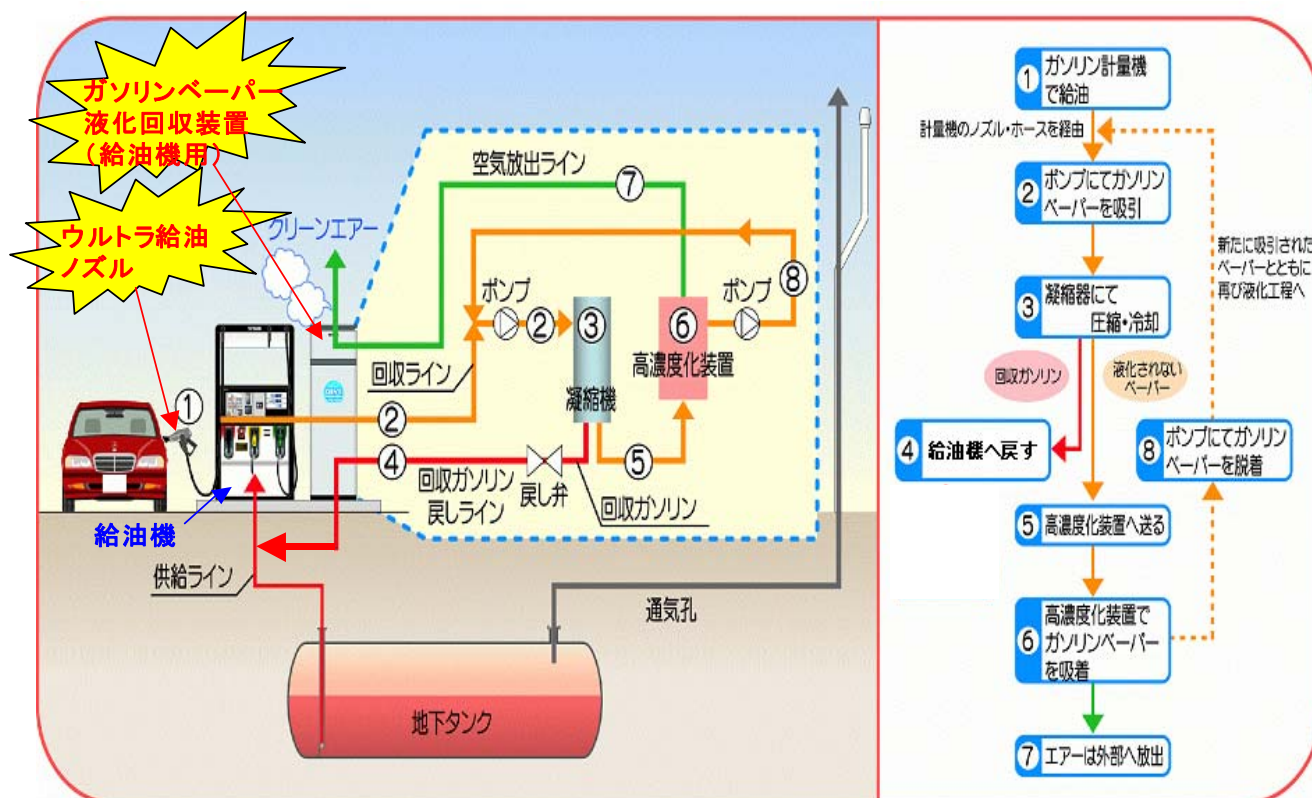
項目	従来の方式	本申請装置
ガソリンベーパー回収率	70%程度	99%以上
大気排出ガソリンベーパー濃度	14vol%程度	1vol%以下
ガソリンベーパー回収の確認	不透明	液回収のため可視化・計量できる
設置工事 * ガソリン給油機用の場合	・大規模な地下埋設配管工事が必要 ・ガソリン給油所の休業が必要	・アイランド上の簡易工事 ・ガソリン給油所の運営が可能
ORVR車への対応 * 1 * ガソリン給油機用の場合	不適	適合可能

\* 1 ORVR車=Onboard Refueling Vapor Recovery

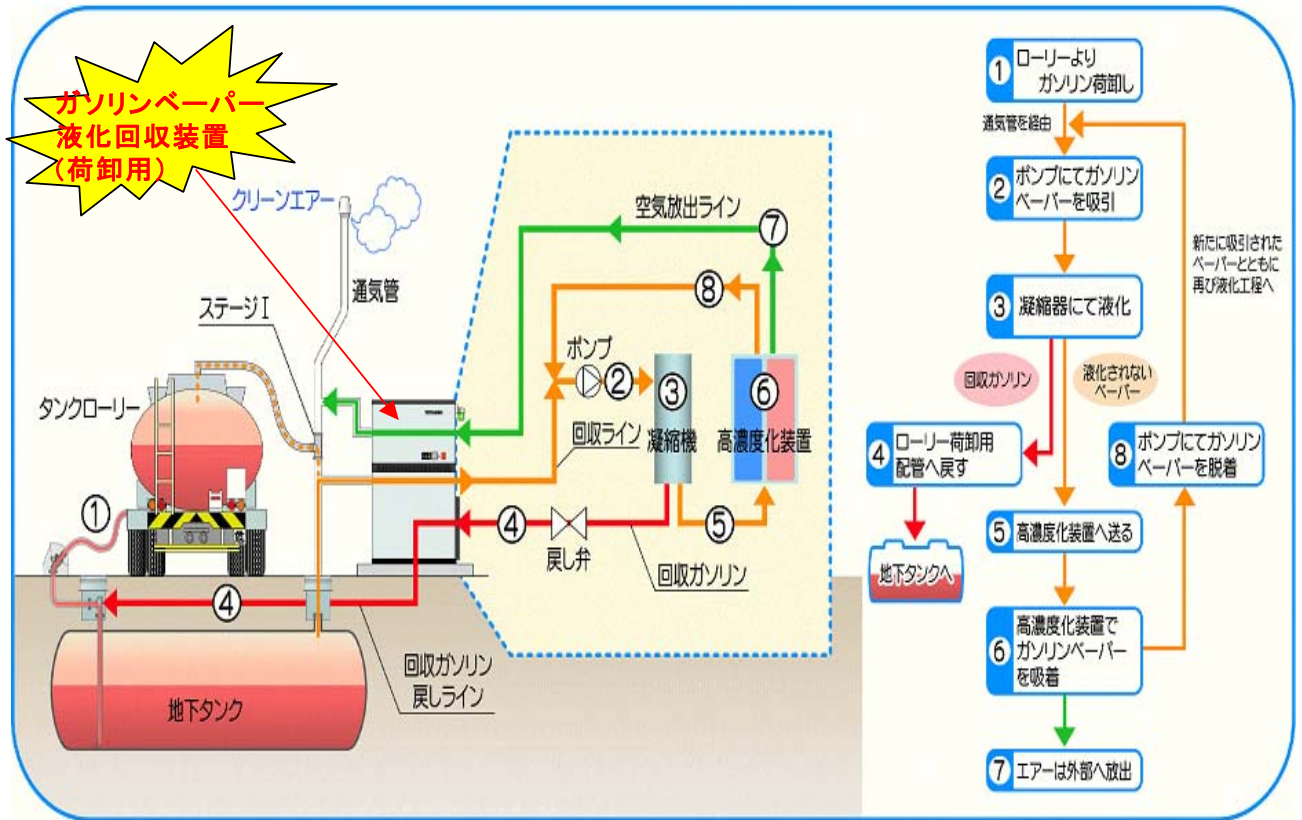
燃料タンクに活性炭フィルターを内蔵し、燃料タンク内のガソリンベーパーを自動車側で回収するもの

(1) 装置のシステムフロー

①ウルトラノズルを具備した給油装置と給油機用ガソリンベーパー液化回収装置（エコステージD）



②荷卸用ガソリンベーパー液化回収装置（エコステージL）



(2) ベーパー発生量の少ない給油装置

給油ノズルの自動停止機能を作動させる負圧発生機構は、従来大型円錐状のチャッキ弁が設けられ、ガソリン液がチャッキ弁を通過した時に流速が上がることで負圧を発生している。しかし給油時は負圧発生部を通過する流量が大きいためノズル先端の検知孔から吸込まれた大量の空気（又はベーパー）が液に混入されることより、燃料タンク内のベーパーがより多く発生するため、ベーパー回収装置が給油量の100%のベーパーを回収しても、空気（又はベーパー）の混入によるより多く発生されたベーパーが大気に排出されることになる。

ウルトラ給油ノズルの負圧発生機構は主チャッキ弁と副チャッキ弁とのダブルチャッキ弁構造とし、負圧発生に必要な流量のみが副流路に流れ、他のガソリン液は主流路に流れる構造とした。この為、副流路を流れる流量が小さいので空気（又はベーパー）の吸い込み量が少なくなり（従来比で1/6）ガソリン液に混入する空気が少なくてきた。従って、給油時に発生するベーパー量を低減させることが可能になった。

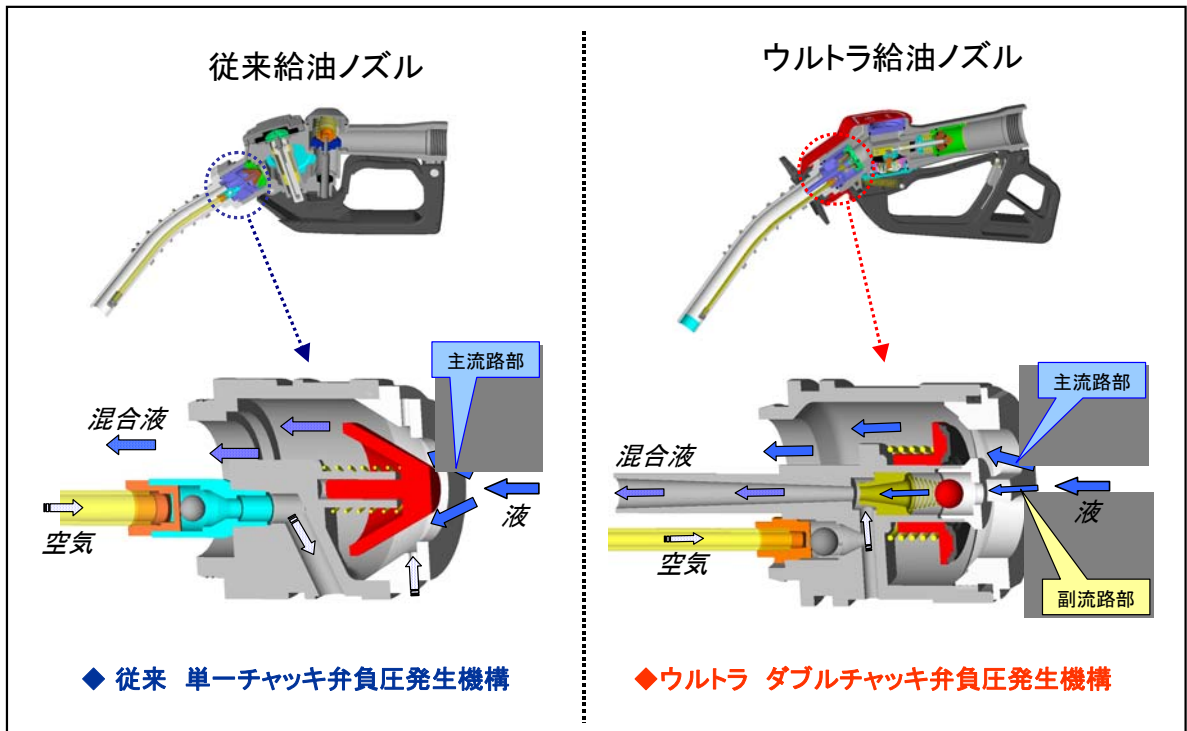


図 2-1 負圧発生機能の構造

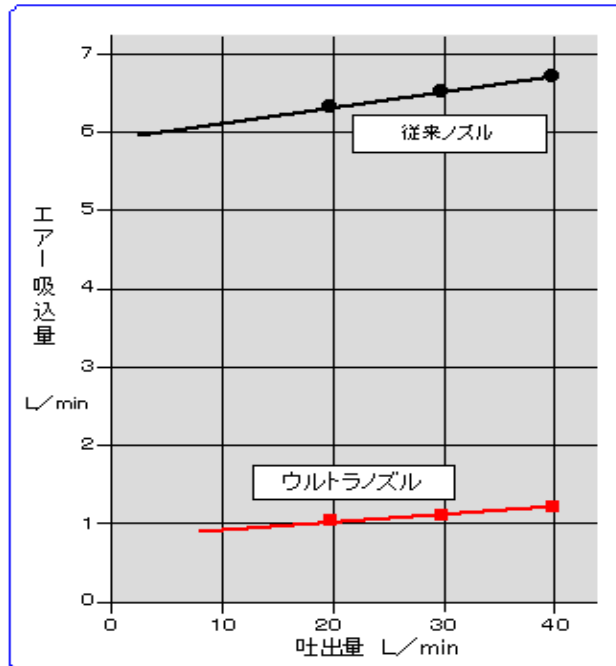


図 2-2 給油時空気吸込み量比較

ウルトラ給油ノズルの場合は、給油時の空気（又はベーパー）吸込み量が従来給油ノズル比で 1/6 に低減されるため、ガソリン液に空気が混入した混合液が自動車の



燃料タンク内に給油されると燃料タンクの上部に形成された燃料タンクのベーパー抜きパイプより押し出されるベーパー量が少なく結果として大気へ排出されるベーパーの量が削減される。

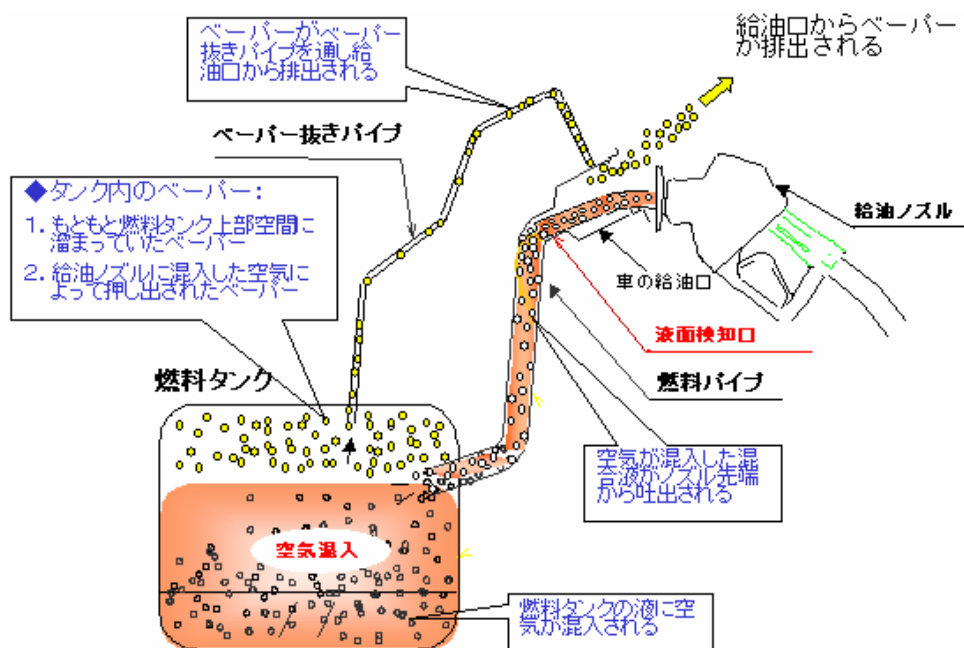


図 2-3 給油時ガソリンベーパーの発生メカニズム

### (3) ガソリンベーパー液化回収システム（給油機用装置・荷卸用装置）

今回開発・発売を開始した給油機用ガソリンベーパー液化回収装置は、自動車にガソリンを給油する際に大気に排出されるガソリンベーパーを回収・液化し、ガソリンとして再利用する目的で開発されたものである。ガソリンベーパーは爆発性がある気体（爆発領域：1.4～8.2vol%）であり、取り扱いが難しく、安全性の要求が非常に高い。また、VOC 排出抑制という大命題はあるものの、エネルギー面を考慮すると、回収のために使用するエネルギーよりも回収したエネルギーが多くなることが必須である。以上のような機能、性能を具備する本装置の構成は以下のようなものとなる。

給油ノズルを同軸円筒構造とし、外筒からガソリン液を給油し、内筒から燃料タンクから排出される給油量と比例したガソリンベーパーを圧縮ポンプによって吸引する。ガソリンベーパー含有空気は、圧縮ポンプによって加圧・圧縮され、凝縮器に供給される。凝縮器はブライン槽内に備えられており、熱交換器によって冷却されている。凝縮器でガソリンベーパーの一部が液化され、凝縮器から液化ガソリンとガソリンベーパーの混合物体が気液分離槽に供給され、気液分離槽において液化

ガソリンとガソリンベーパーが分離される。気液分離槽で分離された濃度の低いガソリンベーパーは、吸着塔に供給され、吸着塔内に充填された吸着剤によって吸着除去される。これにより通常 35～50vo1%で大気に排出されるガソリンベーパー濃度は、平均 1vo1%以下になって大気に放出される。なお、吸着塔内の吸着剤は、ガソリンベーパーの吸着操作の時間経過に伴い、ガソリンベーパーの吸着能力が徐々に低下するために、吸着剤はガソリンベーパーの脱着による再生操作が不可欠となる。このため、吸着塔は二塔備えられており、同時進行で一塔が吸着操作の場合は、もう一塔は脱着操作で運転する。脱着塔では、吸着剤に吸着したガソリンベーパーを真空ポンプによって吸引脱着し、そのガソリンベーパー含有空気を含んだガスを再び圧縮ポンプの上流側に供給する。次の給油時に圧縮ポンプで回収したガソリンベーパー含有空気と混合され、繰り返し液化される。

荷卸用ガソリンベーパー液化回収装置も原理は給油機用と全く同様の構造で、各機器をスケールアップしたものである。

本装置の主な技術ポイントは以下の通りである。

#### ①圧縮冷却による凝縮と吸着濃縮の組合せ方式（図 2-4、図 2-5 参照）

本技術開発では、吸引したガソリンベーパーを圧縮ポンプによる加圧および凝縮器による冷却で液化回収する。液化できなかったガソリンベーパーは吸着塔内の吸着剤に吸着することにより、大気に排出するガス中のガソリンベーパー濃度を爆発領域（1.4～8.2vo1%）以下の平均 1.0vo1%以下、ガソリンベーパー回収率 99%以上を達成した。このように、圧縮冷却による凝縮と吸着濃縮を組合せることにより、高効率で安全性の高いガソリンベーパー液化回収システムを開発することができた。

\* 未回収ガソリン給油所での 排出ガソリンベーパー濃度：35vo1%～50vo1%、  
従来の装置で回収した場合の排出ガソリンベーパー濃度：14vo1%程度

#### ②ブライン冷却方式（図 2-4、図 2-5 参照）

凝縮器の周囲にブライン（冷却液）を蓄えておき、常時凝縮器を冷却する構造とし、そのブラインを循環することにより吸着塔の冷却も同時に行えるようにした。このような蓄熱利用のブライン方式により、蓄熱容量を増やすことができ、低エネルギーで高効率の冷却凝縮を実現することができた。

#### ③吸脱着切換え制御の最適化（図 2-4、図 2-5 参照）

吸引したガソリンベーパーを凝縮器および気液分離器に通すことにより、吸着塔に浸入するガス中のガソリンベーパー濃度を常に一定値になるようにした。このようにすることにより、吸着塔に供給されるガソリンベーパー濃度を常に一定に維持でき、吸脱着塔の切換えのタイミングを吸着塔に供給される積算ガソリン量（給油

ガソリン量) で制御することができる給油機連動自動運転とすることができた。

#### ④システム運用の最適化

通常、圧縮・冷却する場合は、温度は低いほど、また、圧力は高いほど、ガソリン液化量は増大する。しかしながら、本技術では、空気中の水が凝縮器や吸着塔で結氷することを防止する。これにより、結氷による配管詰まりを防ぐ安全な装置を実現した。また、運転（給油）されていない場合にも、吸着塔の出入り口の弁を閉じて吸着塔内部の圧力を維持することと凝縮器の温度を一定に冷却することによる高効率回収を実現した。

#### ⑤装置の維持管理性と安全性向上（図 2-4、図 2-5 参照）

ガソリンベーパーを装置内に吸引し、圧縮するためのオイルフリーガソリンベーパー用レシプロ式小型圧縮ポンプの開発を行った。オイルフリーにより定期メンテナンスを排除したほか吸引ガソリンベーパー中にガソリン成分以外が混入し、回収液再利用の弊害となる問題も取り除いた。さらに安全確保のため吸排気口にフレームアRESTAを配置し、万が一ポンプ内部で燃焼した場合でも外部への火炎伝達防止する延焼防止措置を講じたこととポンプ圧縮時の圧縮熱による温度上昇を極力抑えるためにポンプボディに冷却フィンをくまなく配置し安全性を向上させた。

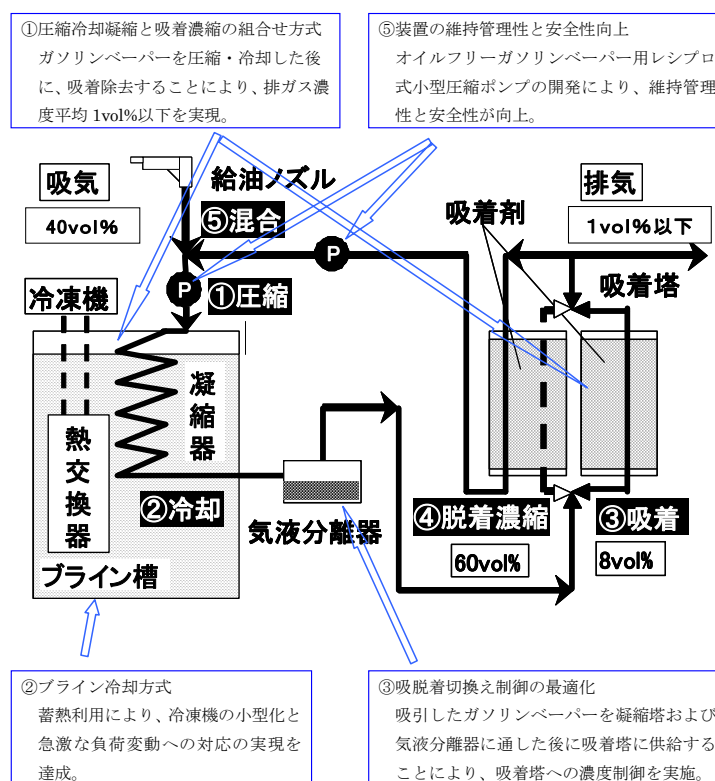


図 2-4 給油機用ガソリンベーパー回収装置の構成



図 2-5 給油機用ガソリンベーパー回収装置  
外観/内部構成



図 2-6 ガソリン給油所設置 (給油機)



図 2-8 ガソリン給油所設置 (荷卸用)



図 2-7 液化回収の様子 (給油機用)

## 2.2 特許の有無

### 【国別出願】

名称	出願国	出願番号	登録番号
ガソリンベーパー回収装置	日本	2003-399994	
ガソリンベーパー回収装置	日本	2003-419223	
ガソリンベーパー回収装置	日本	2004-034538	3843271
ガス炭化水素の処理・回収装置及び方法	日本	2005-170999	4671772
ガス状炭化水素の処理・回収装置及びその方法	日本	2006-117441	4202369
給油ノズル	日本	2007-106818	4462446
ガス炭化水素の処理・回収方法	日本	2008-149325	
ガス状炭化水素の処理・回収装置及びその方法	日本	2008-229690	
ベーパー回収装置	日本	2008-269408	4772848
ガス炭化水素回収装置及び方法	日本	2009-145490	
ガス状炭化水素の処理・回収装置及び方法	日本	2010-251866	
ガス状炭化水素の処理・回収装置及び方法	日本	2010-251944	
ガス状炭化水素の処理・回収装置及び方法	日本	2010-252154	
ガス状炭化水素の処理回収装置及び方法	中国	200510138138.9	ZL200510138138.9
ガス状炭化水素の処理回収装置及び方法	韓国	10-2005-0119362	10-0728451
ガス炭化水素の処理・回収装置及び方法	台湾	94139596	I310785
ガス状炭化水素の回収装置及び方法	台湾	98122370	
ベーパー回収装置	台湾	98124555	
ガス状炭化水素回収装置及び方法	台湾	98135364	
ガス状炭化水素回収装置及び方法	韓国	10-2009-105296	
ガス状炭化水素回収装置及び方法	台湾	2009102525305	

### 【PCT出願】

名称	出願番号	登録番号
ガス状炭化水素の処理・回収装置及び方法	PCT/JP2008/56007	
ガソリンベーパー回収装置	PCT/JP2008/69402	
ガソリンベーパー回収装置	PCT/JP2008/69403	
ガス状炭化水素の回収装置及び方法	PCT/JP2009/56661	

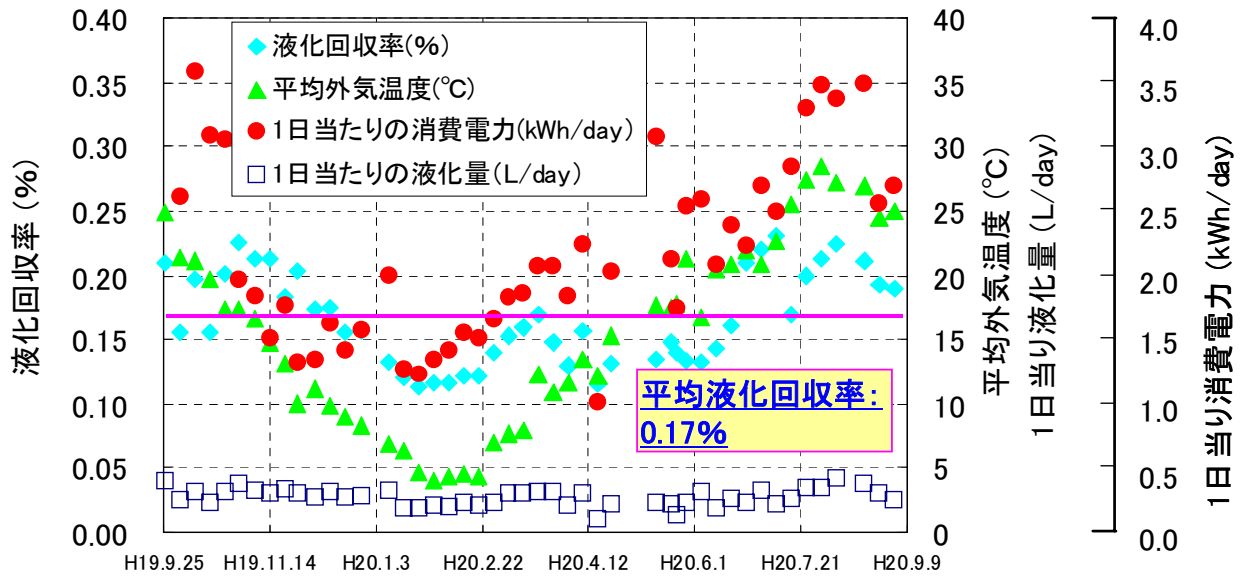
## 2.3 性能

本システムを実際のガソリン給油所に設置し、データ収集を行った結果から各装置のエネルギー回収・CO<sub>2</sub>削減量・VOC削減量の環境貢献度を示す。(表 2-2 参照)

本システムの実フィールドデータ (図 2-9、図 2-10) より、年間を通じて非常に高いガソリンベーパーの回収とエネルギー回収効率を得られることができた。従って本システムがガソリンベーパー中に含まれる VOC・CO<sub>2</sub> の削減に多大に貢献できる装置であることが証明されたことになる。

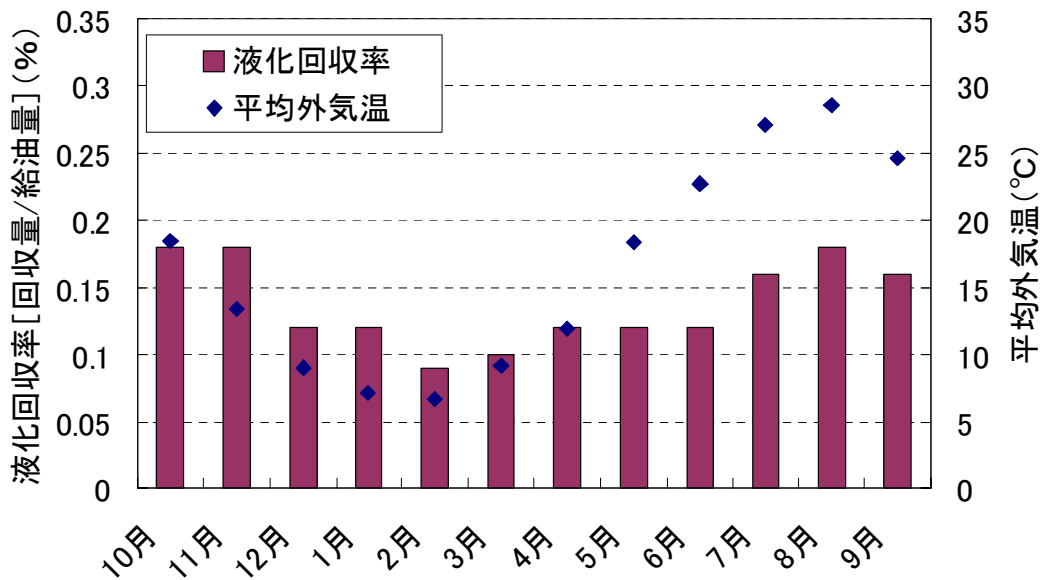
本システムが、全国のガソリン給油所、約 4 万ヶ所に設置されることにより、ガソリン給油所から排出されるほとんどの有害物質が再利用エネルギーに変換され、環境改善に大いに寄与できることになる。

なお、環境貢献度の算出には、本システムが日本全国のガソリン給油所に 60% 普及したことを前提に算出したが、これはタツノ社のガソリン給油所機器のシェアがおおよそ 60%ということを前提としている。



1日あたり平均消費電力 : 2.2kWh/day  
 1日あたり平均液化量 : 2.8L/day

図 2-9 給油機用ガソリンベーパー回収装置のフィールドデータ



1日あたり平均消費電力 : 0.8kWh/day  
 1日あたり平均液化量 : 18.2L/day

図 2-10 荷卸用ガソリンベーパー回収装置のフィールドデータ

表 2-2 環境貢献度

	給油機用 (エコステージD)	荷卸用 (エコステージL)	備考
エネルギー回収 【MJ】	$2.4 \times 10^9$	$1.7 \times 10^9$	年間排出無効エネルギー $4.2 \times 10^9$ 【給油時】 $3.1 \times 10^9$ 【荷卸時】
エネルギー回収 効率	12.4	216.3	ガソリン燃焼エネルギー 34.6MJ/L
CO <sub>2</sub> 排出削減 【トン】	$1.1 \times 10^5$	$1.1 \times 10^5$	年間排出CO <sub>2</sub> $2.3 \times 10^5$ 【給油時】 $2.1 \times 10^5$ 【荷卸時】
VOC排出削減 【トン】	$5.1 \times 10^4$	$3.8 \times 10^4$	年間排出VOC $9.0 \times 10^4$ 【給油時】 $6.8 \times 10^4$ 【荷卸時】

注記

- ①ガソリン販売量:6000kL②ガソリン燃焼エネルギー:34.6MJ/L③回収率:95%  
④回収装置の普及率:60%⑤ガソリン1L回収時のCO<sub>2</sub>回収量:2.32kg

2.4 維持管理性

本システムは、給油機から自動車に給油されると給油機からの信号により給油機と連動して自動運転されるため、オペレーションの必要がない。また、世界一の安全性を誇るウルトラ給油ノズルの使用により、小流量でも確実に自動停止機能が作動するので、油溢れを防止でき、給油自動停止の信頼性も向上できた。

オイルフリーの圧縮ポンプを使用しているため、日常点検は特に必要としないメンテナンスフリーの装置である。さらに取扱い対象が極めて危険性のあるガソリンペーパーのため、不具合を生じた場合には装置内部に設置されている圧力センサー・温度センサー・CPU ボード等により自己診断し装置を自動停止させる安全設計となっている。この場合には装置外面のエラー表示ランプにより装置の不具合を告知する。これは、荷卸用装置も同様である。

2.5 経済性

前述したフィールドデータに基づいて、表 2-3 に示す投資対効果を給油機用ガソリンペーパー液化回収装置を例に算出した場合、装置費用や工事費用から試算すると、月の販売量が 300kL/月の給油所では、ガソリン単価 150 円/Lにならないと経済的に成り立

たないが、セルフ式給油所の平均販売量である 400kL/月を想定するとガソリン単価 110 円/L で経済的にも成り立つことができ、非常に経済的であることがわかる。従って、本装置のオーナーとなるガソリン給油所経営者にも経済的なメリットがあることがわかる。

表 2-3 経済試算

装置費用 : 300[万円/台]  
 工事費用 : 100[万円/台]  
 6年リース : 400[万円] × 0.01655 = 6.62[万円/月]  
 電気代 : 2.2[kWh/day] × 11[円/kWh] × 30[day] = 726[円/月]  
 回収費用[円](回収率0.17%)

	100円/L	110円/L	120円/L	130円/L	150円/L
300kL/月⇒510L	51000	56100	61200	66300	76500
400kL/月⇒680L	68000	74800	81600	88400	102000
500kL/月⇒850L	85000	93500	102000	110500	127500

セルフ式給油所の販売量平均(月)である 400kL をモデルとした場合、ガソリン単価が 110 円/L で利益を確保

## 2.6 将来性

ガソリン給油所業界も厳しい環境化にあり、近年ガソリン給油所数が減少している。しかし全国での 1 年間のガソリン消費量は同様で、1 ガソリン給油所あたりの販売量は増加傾向にある。株式会社タツノ・メカトロニクスは、ガソリン給油所数：全国約 4 万箇所での給油機国内シェア 60%以上の市場占有率を持っていること。また、経済性で記述した通り、本システムは販売量の多いガソリン給油所では投資効果の面で経済的なメリットが大きいことを考え合わせるとガソリン給油所が将来的に大型化していく販売環境からガソリンベーパー液化回収システムのシェアは、給油機と同等以上は確保出来る見込みである。さらにガソリン給油所におけるガソリンベーパーの回収規制は、欧米では数十年前から行われているが、近年アジア諸国の中でも急速に広がっており、国内における規制の動きも加速される方向で、規制が実施されれば本システムは必要不可欠なものとなる。

## 2.7 独創性

本システムでは、以下問題を全て解決した次世代のガソリンベーパー回収システムのデファクトスタンダードにするため、全国 4 万カ所のガソリン給油所への設置を目指している。

- ①空気吸込み量を低減して燃料タンクからのベーパー排出量を削減
- ②ガソリンベーパー液化回収システムは給油機に連動することでエネルギーコストの効率化向上
- ③効率的なシステムによる装置のコンパクト化
- ④回収ベーパーを液化させることによる地下タンクへの配管工事不要化



- ⑤回収ペーパーを液化させることによる有害物質の高効率回収
- ⑥回収ペーパーを液化・再利用可能とすることでイニシャルコストを上回るペーパー回収液化による収益向上

## 2.8 今後の規制に対する対応策

ガソリン給油所におけるガソリンペーパーの回収規制が施行されれば将来性で記述の通り、本システムはガソリン給油所において必要不可欠なものとなる。

給油量・荷卸量に比例した回収率を求められた場合にも給油機メーカーとして給油機に連動したシステムや荷卸速度を計測する装置（流量計等）のノウハウを構築しているため問題なく対応可能である。

## 3. 応用分野

ガソリンペーパー液化回収システムの技術的原理や仕様等をベースに、石油業界以外で当該技術開発成果の適用可能性が期待される業種を抽出した。

具体的には、揮発性が高く、回収再利用のメリットを有する程度に付加価値が高い材料を取り扱う業種という条件を満たすものを対象とし、グラビア印刷業界、クリーニング業界、工業充填業界について検討した。その結果、グラビア印刷業界では複数の VOC が混合した形での回収になるなど導入が難しいと判断されたが、単独溶媒を利用する（場合がある）クリーニング業界、工業充填業界については導入可能性が期待される。なお、実際の導入にあたっては適用条件の精査を行う必要がある。



# 経済産業省 産業技術環境局長賞 「リン酸回収装置」

栗田工業株式会社

## 1 開発経過

液晶ガラス基板製造ではアルミエッチング工程でリン酸を主成分としたエッチング剤を使用しており、数千 mg/L のリン酸を含有する洗浄排水が排出される。この排水は、これまで塩化第二鉄や水酸化カルシウムを添加して、不溶性のリン酸塩を作る凝集沈殿処理を行っており、リン酸は汚泥として産業廃棄物処理されていた。しかし、世界的にリン酸は枯渇資源であることや、開発当時に中国が関税率を引き上げたためリン鉱石が高騰していたことから、リン酸の回収・再資源化が望まれていた。そこで、再資源化を目指してリン酸を回収する技術としてイオン交換法や電気透析法、逆浸透膜法などについて検討した。その結果、逆浸透膜を用いた小型平膜試験装置でリン酸を濃縮しつつ、不純物である硝酸・酢酸を除去できることを見出した。続いて、前処理装置、2 インチ逆浸透膜装置、蒸発濃縮装置からなるミニプラントを製作、実際の排水を用いた現場実証試験を約 1.5 年間実施した。この実証期間中には pH 2 以下の条件でも成長する微生物によるスライム障害が起こったが、それにも対応できる技術を培い、リン酸回収装置を完成させた。

## 2. 装置説明

### 2.1 構造、原理

開発したリン酸回収装置は、リン酸、酢酸、硝酸の混酸にアルミが溶解した液晶ガラス基板製造排水からアルミニウムを陽イオン交換樹脂で除去後、運転圧力 0.7~2MPa と最大 4MPa の 2 段の逆浸透膜装置を用いて、酢酸、硝酸を除去しつつリン酸を 4~7% に濃縮、さらにリン酸含有薬剤の原料として使用できる 50% まで蒸発濃縮するものである。フローを図 2-1 に示す。

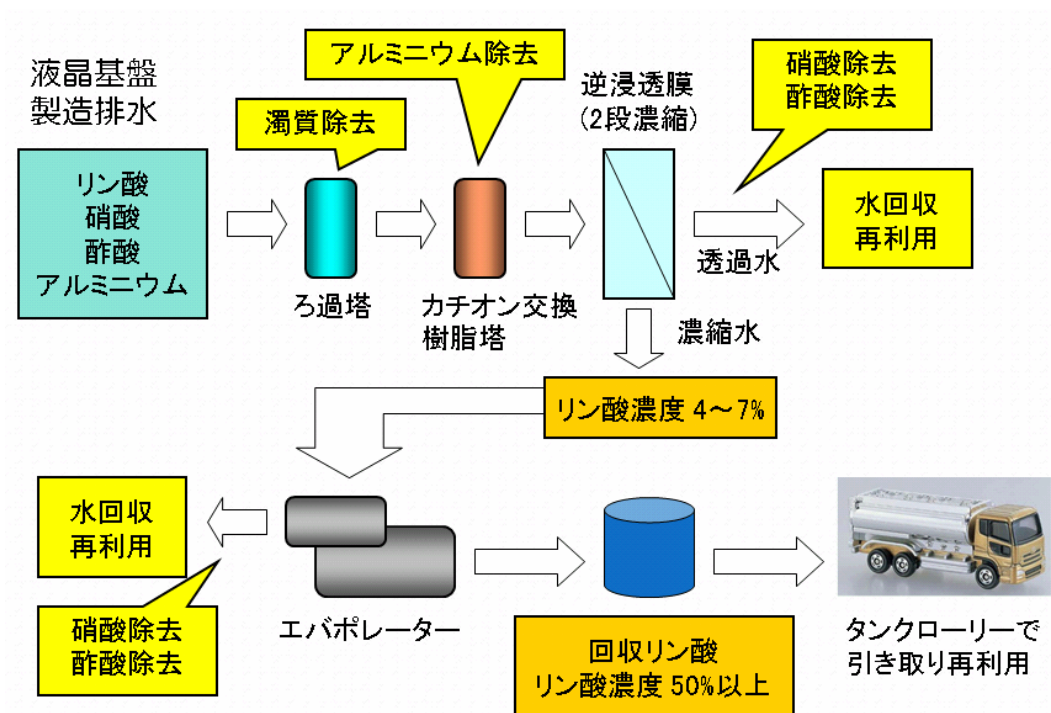


図 2-1 リン酸回収装置フロー

この装置の要は低 pH のまま逆浸透膜処理することである。逆浸透膜装置を低 pH 運転することで、硝酸、酢酸はほとんど濃縮されず、むしろ透過水側に能動的に濃縮される。一方、リン酸は透過水へは殆ど移動しないで濃縮できるため、精製されながら濃縮されることになる。リン酸が濃縮されて高濃度になるにつれて逆浸透膜の硝酸、酢酸阻止率が低下するが、リン酸の阻止率は変化しない。この様子を図 2-2 に示す。

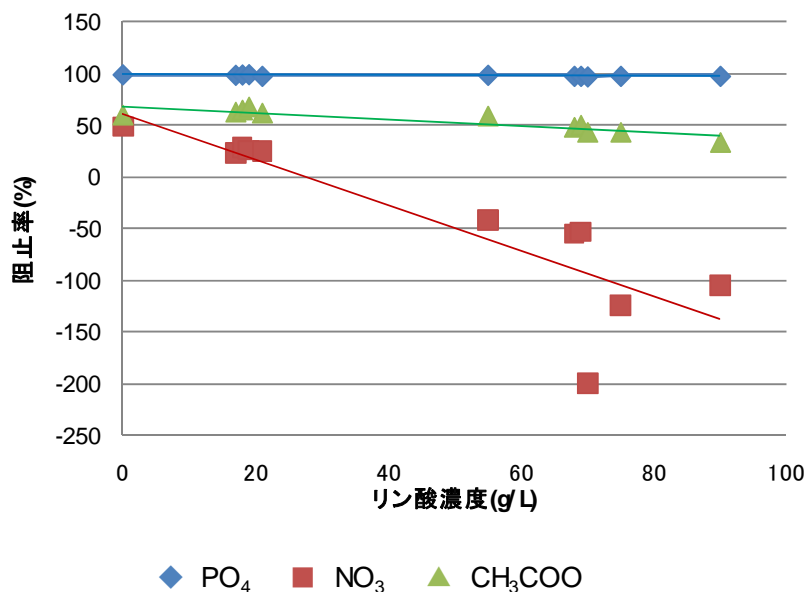


図 2-2 リン酸濃度による逆浸透膜阻止率の変化

一般に、イオンの解離度（各 pKa は、 $\text{NO}_3^- = -1.8$ 、 $\text{H}_2\text{PO}_4^- = 2.16$ 、 $\text{CH}_3\text{COO}^- = 4.78$ ）が高く、分子量（ $\text{H}_2\text{PO}_4^- = 97$ 、 $\text{NO}_3^- = 62$ 、 $\text{CH}_3\text{COO}^- = 60$ ）が大きいほど、逆浸透膜の阻止率は高くなる。そのため、酢酸に比べるとリン酸の阻止率は高く、解離していない酢酸は透過水側に移動する。一方、硝酸の pKa は  $-1.8$  で解離度は高いが、図 2-2 にみられるように阻止率は非常に低い。この原理は、逆浸透膜を透過しやすい  $\text{H}^+$  イオンに引っ張られることによる酸の移動、すなわち、電気的中性条件に基づく逆浸透膜の能動輸送現象によると想定している。この現象は、国内では都留らにより、拡張ネルンストプランク式を用いた数値解析結果として報告されている。<sup>1</sup>

$\text{H}^+$  イオンに引っ張られる強さはイオンの解離度で決まるため、解離度の高い硝酸の阻止率は極めて低くなる。同様に酢酸も解離した状態のものは、この現象により透過側に移動すると考えられる。これらの総合した力が働いた結果として、硝酸と酢酸は透過水側へ移動し、リン酸だけが濃縮されるものと考えている。その模式図を図 2-3 に示す。

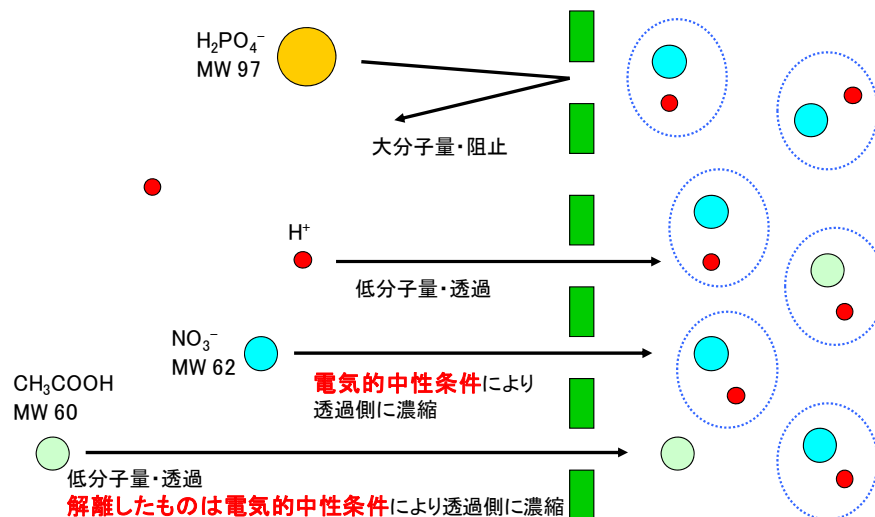


図 2-3 各イオンの逆浸透膜透過モデル

また、本装置のもう一つの要は低 pH にも関わらず系内で増殖する耐酸性糸状菌対策である。この排水は pH 2 以下であるが、一部の糸状菌類が優先的に繁殖、代謝産物として粘性物質を排出し自身を配管等に付着させ増殖する性質をもつため、口径 100mm 以上の配管であっても徐々に目詰まりさせる。

図 2-4 に糸状菌の付着状況、図 2-5 に糸状菌の顕微鏡写真を示す。

<sup>1</sup>参考文献： Tsuru T. et al. "Reverse Osmosis of single and mixed electrolytes with charged membranes: Experiment and analysis", J.Chem.Eng.Japan,24,No.4,1991,pp.518-524



図 2-4 配管に付着増殖した糸状菌塊



図 2-5 糸状菌の顕微鏡写真

また、数センチメートル以上の菌体の塊がろ過器内部に混入すると、マッドボールを生成し逆洗では排出されなくなるため、最終的にろ過器を閉塞させる問題がある。そこで、「コロニーを大きく成長させない」対策をとることとし、原水槽壁面近傍での曝気、配管への定期的な空気吹き込みにより、小さなコロニーのうちに剥がし、排出できる配管システムとした。このシステムにより菌は微細な状態でろ過器に補足され、逆洗により排出されるため、配管の目詰まり、ろ過器内部でのマッドボール生成を防ぐことができ、安定運転が可能となった。

これらの技術の組み合わせにより、薬品を用いることなく、付加価値の高いリン酸を回収できる装置を完成させた。

## 2.2 特許の有無

1. 特願 2006-264640 号  
名称：リン酸含有水からリン酸を回収する方法および装置
2. 特願 2007-093943 号  
名称：リン酸含有水からリン酸を回収する方法および装置
3. 特願 2009-512341 号  
名称：濾過器給水配管の洗浄方法
4. 特願 2009-513910 号  
名称：リン酸含有水からリン酸を回収する方法および装置

## 2.3 性能

液晶ガラス基板製造排水を処理して薬剤の原料として使用できる 50%リン酸溶液にすることができる。また、そのリン酸溶液は有害な重金属類などを含まない。分析結果の一例を表 2-1 に示す。

表 2-1 排水および回収リン酸溶液の各種イオン濃度

	排水中濃度 (mg/l)	回収リン酸溶液中濃度 (mg/l)
リン酸	2,118	929,419
硝酸	140	1.8
酢酸	110	140
アルミニウム	9.4	2以下

#### 2.4 維持管理

糸状菌対策として薬傷の恐れがある薬剤洗浄や制菌剤を一切用いることなく、定期的な配管空気洗浄により、配管、ろ過器、逆浸透膜などの閉塞を防止し、実装置では約3年間安定運転している。逆浸透膜装置は、1段目でリン酸濃度2%程度まで、2段目で4~7%まで濃縮しており、濃縮リン酸溶液はpH2以下となっているが、逆浸透膜の性能低下は観察されず、膜交換は3年間行われていない。排水水質の変動があっても、排水のイオン濃度に応じた透過水が得られるため、操作圧の変更などの調整は行っておらず、ほぼ自動運転ができています。

#### 2.5 経済性

排水中のリン酸処理について従来法とリン酸回収装置を導入した場合のフローの比較及び廃棄物削減効果を図2-6に示す。<sup>2</sup>納入先であるシャープ株式会社亀山工場では、凝集沈殿による従来の排水処理にて、塩化第二鉄と水酸化ナトリウムといった水処理薬品を使用し、リン酸は汚泥として産業廃棄物処理されていた。しかし、リン酸回収装置導入により2009年度には、11,237t/年の廃棄物量を削減できた。

また、水処理薬品を全く使用しないことや、リン酸鉄汚泥の処分費用も発生しないことから、大幅なランニングコスト低減に寄与できている。

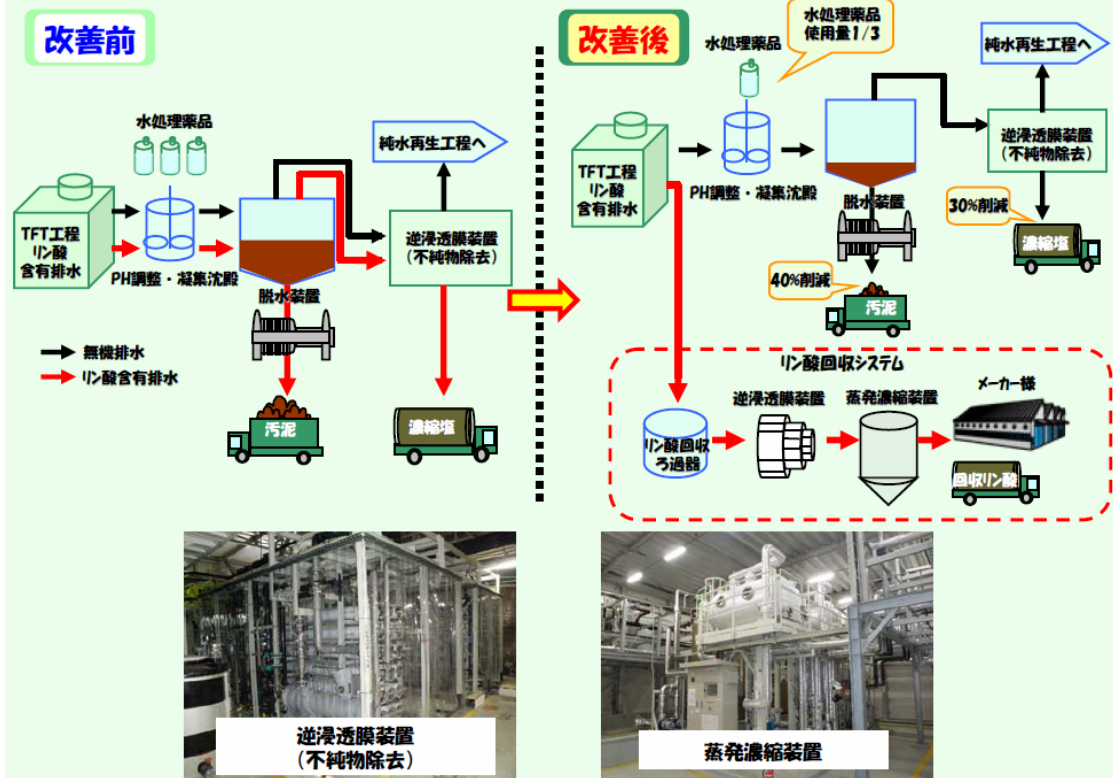
現在、リン酸回収装置は国内外3カ所のプラントで年間約1,000t以上のリン酸を有価物として回収し、リン酸含有薬剤の原料として再利用している。

<sup>2</sup> 2010 環境・エネルギー対策技術シンポジウム 資料 pp.17-18 深谷百合子（シャープ株式会社）

◆リン酸回収システム導入による廃棄物排出量の削減

希薄な無機排水から、リン酸含有排水を分離することで、従来排水処理で発生していた廃棄物（汚泥・濃縮塩）排出量を約1/3に削減することができました。

又、分離したリン酸含有排水はリン酸回収システムへ移送し、不純物（微量金属・水分）等を除去後に製品への再使用可能な高精製処理を施し、薬剤原料として売却しています。



SHARP

	導入前	導入後	削減率 (%)
脱水汚泥発生量 (m <sup>3</sup> /月)	890	410	54
濃縮塩廃液発生量 (m <sup>3</sup> /月)	1900	1300	30

図 2-6 シャープ株式会社亀山工場における導入例  
(シャープ株式会社 「亀山工場環境取り組みのご紹介 2010」より抜粋)

2.6 将来性

液晶ガラス基板製造では製造技術の世代交代に伴い、基板が大型化し洗浄排水量も増加したため、経済的にも薬剤使用量、産業廃棄物の削減が必要であった。液晶基板は国内だけでなく韓国、台湾、今後、中国でも多量に生産されると想定でき、リン酸回収技術は将来性大だと期待している。また、排水からリン酸を回収することで貴重な資源を有効利用できるとともに、薬品使用量削減、産業廃棄物削減による装置導入費用以上の経済的価値を創造できる可能性がある。枯渇資源であるリンのリサイクルであり、将来的にもニーズは高いと考えられる。



## 2.7 独創性

都留らが報告していた「電気的中性条件に基づく逆浸透膜の能動輸送現象」をリン酸含有排水に適用できることを見出し、液晶ガラス基板製造排水に応用、硝酸、酢酸を除去しつつリン酸を濃縮・精製できることを実証、実現した。また、微生物スライム障害に対しても、その微生物の生態を十分理解した上での対策を取り、薬傷の恐れのある洗浄薬品や制菌剤を一切用いないで安定運転を実現した。

## 2.8 今後の規制に対する対応策

本装置は水回収システムの一部であり、排水は殆ど排出されないため、規制を受けない。

ただし、リン酸回収のためのエネルギーのさらなる削減や、回収リン酸の純度向上などを課題として対応していきたいと考えている。

## 3. 応用分野

液晶ガラス基板製造排水と類似の排水にはコンデンサー製造排水などがあり、応用展開できるのではないかと考えている。



中小企業庁長官賞  
「破砕機（エコセパレ<sup>®</sup> 分離・破砕機）」  
株式会社エムダイヤ

## 1. 開発経過

現在、複合素材の製品の多くは、まだまだ埋め立てや焼却処分されている。また、古くなった機械の多くは、そのまま廃棄処分される。

エムダイヤのコンセプトを一言で表すと、-「もったいない！」をカタチに<sup>®</sup>する会社である。独自技術をさらに発展させることで、今まで価値が低く廃棄されていた物を価値の高い物へと変化させたり、再生不能とされた機械を、新たに蘇らせることなどが「社会的使命」であると考えている。

どんなに物質的に豊かな社会であろうとも、よりよい地球環境を残せなければ意味がない。未来の子供達が笑顔で遊べる環境を残すこと、守ることが出来るならば、それが最終的な企業としての社会貢献であると考えている。

近年、社会的な環境意識が高まり、資源のリサイクル化の進展により廃棄物の再資源化も進み始めているが、高い経費、多くの手間、広いスペースなどが必要なため、まだまだ十分な取り組みであるとは思えない。このため、エムダイヤでは、破砕・分離を1台で行うことができれば、経費、手間、スペースとも抑えることができ、廃棄物処理業者などの皆様により導入しやすくすることにより、再資源化を促進し、地球環境に貢献できると考え、「エコセパレ<sup>®</sup>分離・破砕機」を開発した。

## 2. 装置説明

### 2.1 構造、原理

「エコセパレ<sup>®</sup>分離・破砕機」は当社が独自に開発した一軸タイプの破砕機で、廃基板や携帯電話、小型家電、廃車両部品等の様々な異素材混合物をリサイクルするため、破砕工程と分離工程を1台の装置内で行う画期的な機械である。従来、産業廃棄物等を分離・破砕するには、破砕機を何台も連結させて破砕と分離を繰り返し、粒度を一定に保ちながら、選別工程を繰り返す工法が一般的であったため、ユーザーにとってランニングコストとイニシャルコストの負担が大きくなっている。

エコセパレは、この何度も繰り返す工程に対して、剥離による独自技術の導入により破砕・分離を1回の工程で行える様にするすることで、ランニングコストとイニシャルコストを飛躍的に抑えることが出来るとともに、精度の高い分離・破砕・選別まで行うことが可能となった。



MTR-1450型(W3000×L3500×H3150)



MTR-850型(W2000×L2350×H2050)

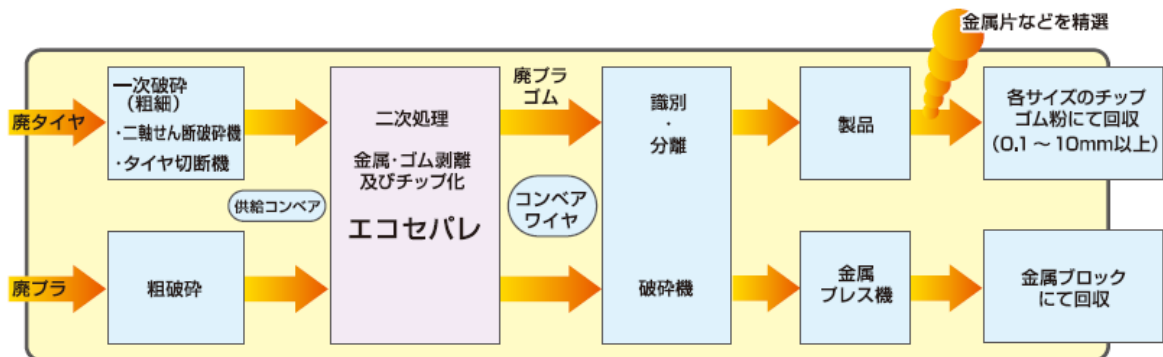


MTR-400型(W1250×L2350×H2050)



MTR-200型の設備事例(必要スペース:W2600×D1700×H2300)

## 【処理システムのフロー例】



### (1) 分離・破砕機構

これまでは粗破砕、中破砕、小破砕、粉碎、振動篩を行った後に、各種選別工程を行ってきたが、エコセパレは、粗破砕から振動篩までの一連の工程を一つの機構で行うことができる。

タイヤの破砕機構は、タイヤに含まれるピアノ線の径より僅かに大きな隙間を開けた状態の回転刃と固定刃で処理物を挟みこみ、ピアノ線、スチール繊維を切断せずにゴムのみをせん断力により切断する。回転刃の回転によってゴムを引き巻くことによってゴムと鉄成分を剥離・分離させながら破砕する。

(2) 分離・破碎例

### 【光ケーブル 分離・破碎】

宅内用 光ケーブル(ドロップ型)



鉄芯



樹脂+光ファイバー



分離・破碎

### 【電線 分離・破碎】

電線



被覆+銅芯



分離・破碎

### 【廃タイヤ 分離・破碎】

廃タイヤ



ワイヤ+ゴム



### 【電子部品 分離・破碎】

電子部品



樹脂+その他+鉄



分離・破碎

## 2.2 特許の有無

ベースとなる特許部は約 10 年前に取得しているが、改良に改良を重ね、実用化、製品化に至ったところである。平成 22 年に入り、さらなる特許の追加出願及び商標登録を行い、また、経済産業省 中部経済産業局 特許室の「平成 22 年度企業知財分析調査事業」にも採択され、今後の知財戦略の強化を図る予定である。

国内特許取得済 3029620

海外特許取得済 アメリカ (U5648165081)・韓国 (10-0677868)・中国 (120494)

商標登録済 第 5447570 号、第 5474701 号、第 5397721 号

## 2.3 性能

エコセパレは処理時に絡みにくく、従来困難だった異素材混合物も簡単なシステム構築により分離が可能になった。これまで困難だった廃プラスチック+金属複合材や、タイヤのゴムとスチールワイヤ等を、効率的に低コストで分離することができ、分離率は概ね 96%以上を確保している。また、後工程にオプションを追加することで、さらなる分離精度の向上が図れる。

### 【分離率】

製品名	投入条件	分離率
廃タイヤ	□250mm 以下、φ30 スクリーン	98%
光ファイバー（ドロップ型）	300mm 以下、φ10 スクリーン	96%
木材パレット	□500mm 以下、φ25 スクリーン	99%

※形状や製品の状態によっては、分離率が下がる場合もございます。

### 【参考処理量】

製品名	モーター仕様	処理能力（樹脂）	処理能力（廃タイヤ）
MTR-200	7.5kw/11kw	0.2～0.4t/H	0.2～0.3t/H
MTR-400	22kw/37kw	0.4～0.8t/H	0.3～0.5t/H
MTR-850	37kw/55kw	0.8～1.5t/H	0.5～1.0t/H
MTR-1450	75kw/90kw	3.0～5.0t/H	1.5～2.0t/H

※処理量は、投入物の形状や種類、製品粒度、品質によって大きく変動します。

## 2.4 維持管理

### (1) ランニングコスト面

2.5 経済性にも詳細を記すが、光ファイバーのような難破砕物においては、従来の破砕機では切断する刃持ちが悪く、1 週間に 1 回程度の刃の交換が必要であるが、エコセパレは、約半年程度は刃交換が必要でなく、飛躍的にランニングコストが削減できる。

## (2) 安全性

製品の特性上、破砕物によっては摩擦が大きいため発熱し、場合によっては発火の恐れがある。それを回避するために、エコセパレの温度をモニタリングし、一定温度以上に上昇した場合に自動停止する機能や断続的に水を噴霧する機能等を追加することで、それらの危険性を回避し安全性を確保できる。

## 2.5 経済性

エコセパレの破砕機構はそぎ取る機構が主であるので刃の寿命が延び、かつ樹脂と金属・ガラスとの分離が容易となる。すべてを一工程の流れで行うため、省経費・省スペースでもある。例えば、廃タイヤの分離・破砕においては、通常ゴムと中に入っている鉄芯の分離・破砕する為の設備を行った場合、最低でも1億円以上の投資が必要になるが、エコセパレを用いれば、最小構成の場合は、2千数百万円で設備できる。

エコセパレと他社品とを比較を以下に例示する。

### (1) 廃タイヤの破砕とゴムと鉄芯の分離

(投入条件や、処理条件によって大きく異なります。)

破砕機	破砕刃の交換時期
エコセパレ (当社品)	1年
他社品	半年

### (2) 光ファイバーを破砕してガラスと樹脂の分離

破砕機	破砕刃の交換時期
エコセパレ (当社品)	半年
他社品	1週間

### (3) プリント基盤、ハイブリッド車モーターの破砕試験 目標粒度 20mmφ

破砕機	パス回数	滞留時間/パス	機械金額の比	機械スペースの比
エコセパレ (当社品)	1パス	数秒	1	1
他社品	3～4パス	数分	5	5

## 2.6 将来性

今後は、家電、自動車などあらゆる製品が再資源化の対象となる。

事例として、今まで埋め立てることしか出来ないとされていた光ケーブルでは、エコセパレを使用することで、再資源化を実現した。これにより国内の各光ファイバーは飛躍的にリサイクルが進むと言われている。また先日、アメリカの大手光ファイバーメ

ーカーと秘密保持契約とサンプル出荷契約の締結を交わしており、今後この市場においては大きなアドバンテージを取れると確信している。

また、2011年の地デジ化移行もあり、家電から出てくる電子基板における分離・破碎を進めている。

今後の大きな展開としては、自動車モーターからのレアアース回収がある。昨年、大手総合商社と代理店契約を締結済みであり、エコセパレを一部改良のうえ大手自動車メーカーとリサイクル推進事業の一環としてエコセパレを活用することを通じ、今後の電気自動車及びハイブリッド自動車の分野に関しても大きくアドバンテージが取れるものと考えている。

販売に当たって大手商社と提携することにより、当然、国内だけでなく、中国、韓国、アメリカなどへの販売も視野に入れている。

また、平成22年度には、APEC横浜に環境機械を代表する機械の1台として参考出展されたり、「第1回富山県ものづくり大賞」特別賞を受賞し、富山県内で初めてJETROから「輸出有望案件発掘支援事業」に採択されるなど、公的な団体からも期待されている。

## 2.7 独創性

従来、産業廃棄物等を分離・破碎するには、破碎機を何台も連結させて破碎と分離を繰り返し、粒度を一定に保ちながら、選別工程を繰り返す工法が一般的であったため、ランニングコストとイニシャルコストのユーザー負担が大きくなっている。

エコセパレは、この何度も繰り返す工程に対して、剥離による独自技術の導入により、1回の工程で行える様にするすることで、ランニングコストとイニシャルコストを飛躍的に抑えることが出来るとともに、精度の高い分離・選別まで行うことが可能となった。

## 2.8 今後の規制に対する対応策

アメリカを中心とした省エネモーターの採用要件があるが、今後は随時対応する予定でいる。また、これまで以上の飛躍的な性能の向上が期待されている状況にある。

## 3. 応用分野

2.6 将来性にも記したが、今後は、家電、自動車などあらゆる製品が再資源化の対象となる。

事例として、以下が挙げられる。

- ・光ケーブル
- ・小型、大型家電の電子基板や携帯電話から出てくるレアメタルの抽出技術の向上



- ・電気自動車及びハイブリッド自動車の分野（レアアースのリサイクルを含む）

このほか、異素材が混合しているためこれまでは分離処理できず、埋め立てしているような製品もすべて処理対象となってくる。



日本産業機械工業会会長賞  
**「電気浸透式汚泥脱水機  
 (スーパーフレーク)」**  
 アタカ大機株式会社

1. 開発経過

汚泥の助燃剤化（汚泥低含水率化）が汚泥再生処理センターの環境省循環型社会形成推進交付金メニューの一つとなったことから、従来の機種より更に維持管理コスト、価格、重量の低減化を目標とした低含水率脱水機を開発。

2. 装置説明

2.1 構造、原理

①【脱水機の構造】

図 2-1 に示すように電気浸透式汚泥脱水機は前脱水部、汚泥供給部、電気浸透部から構成される。

前脱水部に供給する高分子添加量は汚泥固形物量に対して約 1% である。この高分子により成形された汚泥フロックが前脱水部で重力濃縮及び容積圧縮により汚泥含水率約 85% の一次脱水汚泥となる。

次にこの一次脱水汚泥は汚泥供給機を介して電気浸透部へ移送される。脱水汚泥は図 2-3 に示す原理で脱水されるが、この時の操作因子は印加時間（秒）と印加電圧（V）である。

印加時間は汚泥が陽極と陰極に挟まれている時間であり、電極の回転速度に依存する。なお、汚泥の含水率の調整は電圧を変えることで容易に調整することができる。図 2-2 に印加電圧と汚泥含水率の関係のグラフを示す。グラフより、電圧を約 45～50V の範囲で調整することで、汚泥含水率を 70%以下にできることを示す。

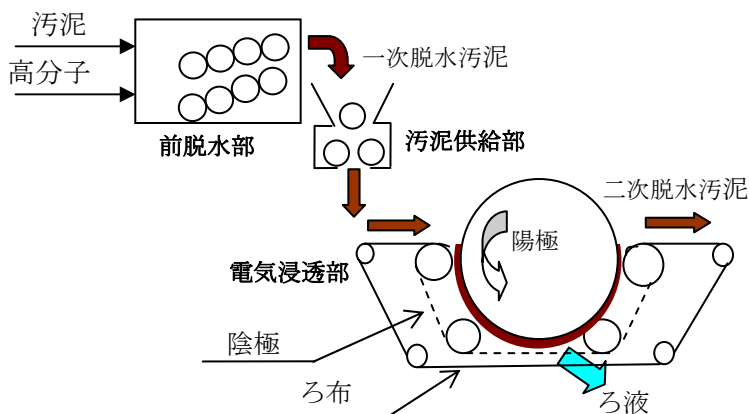


図 2-1. 電気浸透式汚泥脱水機の構造図

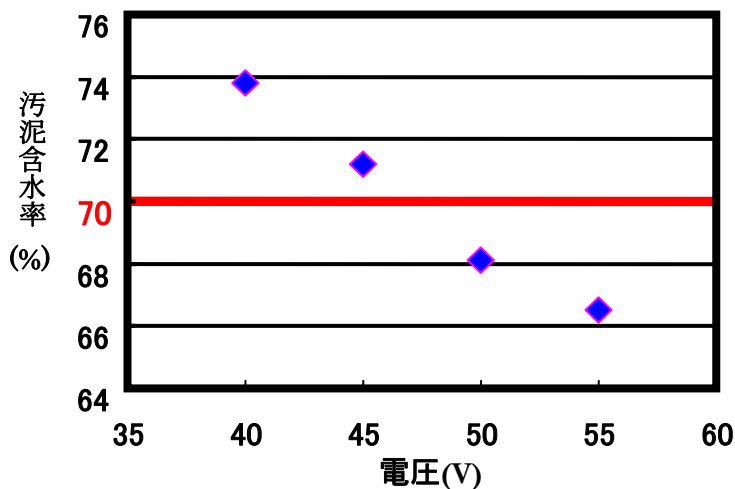


図 2-2. 汚泥含水率と電圧の関係

## ②【電気浸透作用の原理】

右図のように水分を含む汚泥に直流電流を作用させると、負（－）の電荷を帯びた汚泥粒子は陽極付近に集まり、正（＋）の電荷を帯びた水分子は、ろ布を通過して陰極側へ移動する。これを電気浸透作用と呼び「電気浸透式汚泥脱水機」はこの原理を応用している。

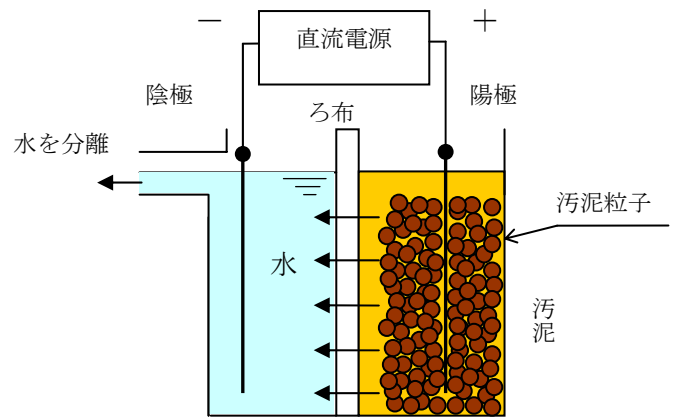


図 2-3. 電気浸透作用の原理

## 2.2 特許の有無

- ①一次脱水汚泥の供給方法について
- ②原汚泥の pH 調整について

## 2.3 性能

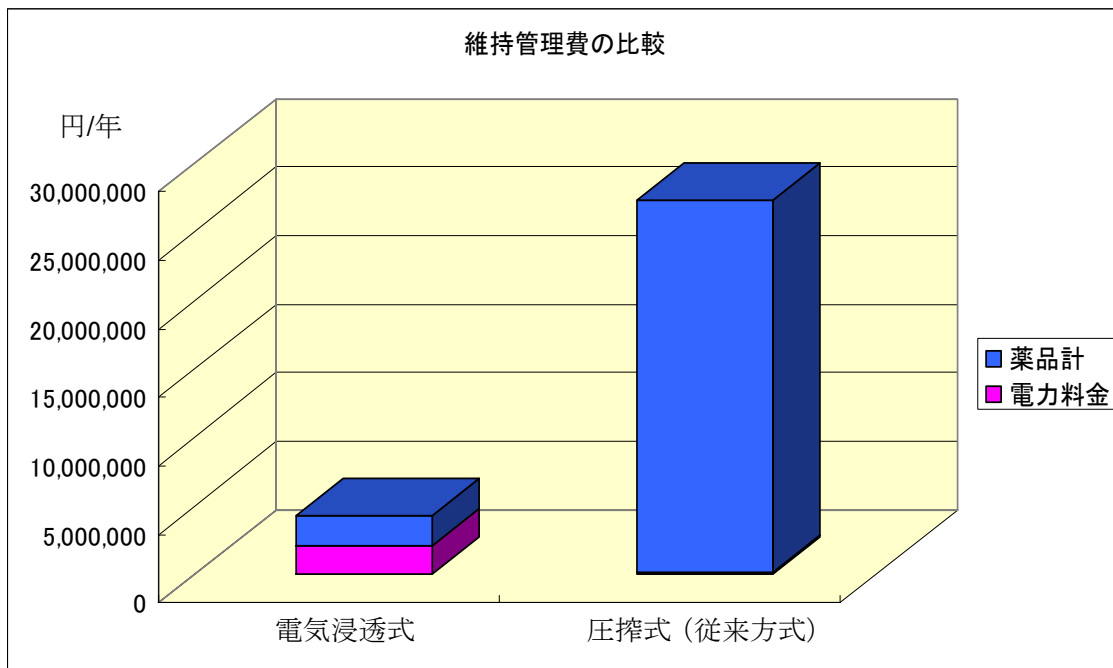
汚泥再生処理センターにおいて発生する生物処理余剰汚泥（無機汚泥を含む）等を含水率 70% 以下まで脱水する。なお、脱水汚泥の含水率は主として、汚泥に電圧をかけることで調整するため、運転管理が容易である。

## 2.4 維持管理

装置は自動化されており、特に難しい運転操作は必要としない。一次脱水機で使用する高分子凝集剤の選定、二次脱水機の印加電圧の調整などにより、流入する汚泥の性状変化に対応できる。汚泥再生処理センター（処理量：80kl/日）における電気浸透式汚泥脱水機と従来方式の圧搾式脱水機の維持管理費の比較を表 2-1 に示す。また、この維持管理費を棒グラフに表す。この結果より、脱水に係わる維持管理費は電力料金より薬品費の占める割合が高いことがわかる。

表 2-1. 低含水率脱水機の維持管理費の比較（当社比）

比較機種	電気浸透式	圧搾式脱水機（従来方式）
運転時間	5 時間/日	
運転日数	5 日/週	
運転台数	S-2000 型×2 台（常用）	EZ800 型×2 台（常用）
設備動力（1 台あたり）	11 kW+印加電力 52 kW	8.5kW×2 台
汚泥含水率	70 %	
脱水汚泥量（週 7 日平均）	3,485kg/日	5,365kg/日
維持管理費	<b>4,317,000 円/年</b>	<b>27,353,000 円/年</b>
電力料金	2,164,000 円/年	223,000 円/年
薬品（高分子）	2,153,000 円/年	5,596,000 円/年
薬品（ポリ鉄）	—	12,113,000 円/年
副資材	—	9,421,000 円/年
備考	<ul style="list-style-type: none"> <li>・電気使用単価：10.1 円/kWh としている。</li> <li>・高分子凝集剤単価：693 円/kg としている。</li> <li>・無機凝集剤（ポリ鉄）単価：99 円/kg としている。</li> <li>・副資材単価：500 円/kg としている。</li> </ul>	



## 2.5 経済性

製品価格はスクュープレス約 90%、フィルタープレス約 70%（当社比）。設置スペースは各々 80%、50% 程度、重量は各々 80%、50% 程度となり、建築設備の点でも経済的である。

## 2.6 将来性

従来し尿処理施設では発生する余剰汚泥等を焼却処理してきたが、助燃剤化することでCO<sub>2</sub>排出量を抑制でき、既存焼却炉の代替或いは脱水汚泥量が従来型の脱水機で脱水した場合の約半分となるため、場外処分費の大幅な低減が可能で今後更に普及することが予想される。そこで、汚泥再生処理センター（処理量：50kl/日）における従来方式の乾燥・焼却方式と電気浸透式汚泥脱水機を用いて助燃剤化を行った時のCO<sub>2</sub>排出量の比較を表2-2に示す。この結果より、電気浸透式汚泥脱水機を用いて助燃剤化を行った時のCO<sub>2</sub>排出量が汚泥を乾燥・焼却した従来方式よりも少ないことがわかる。

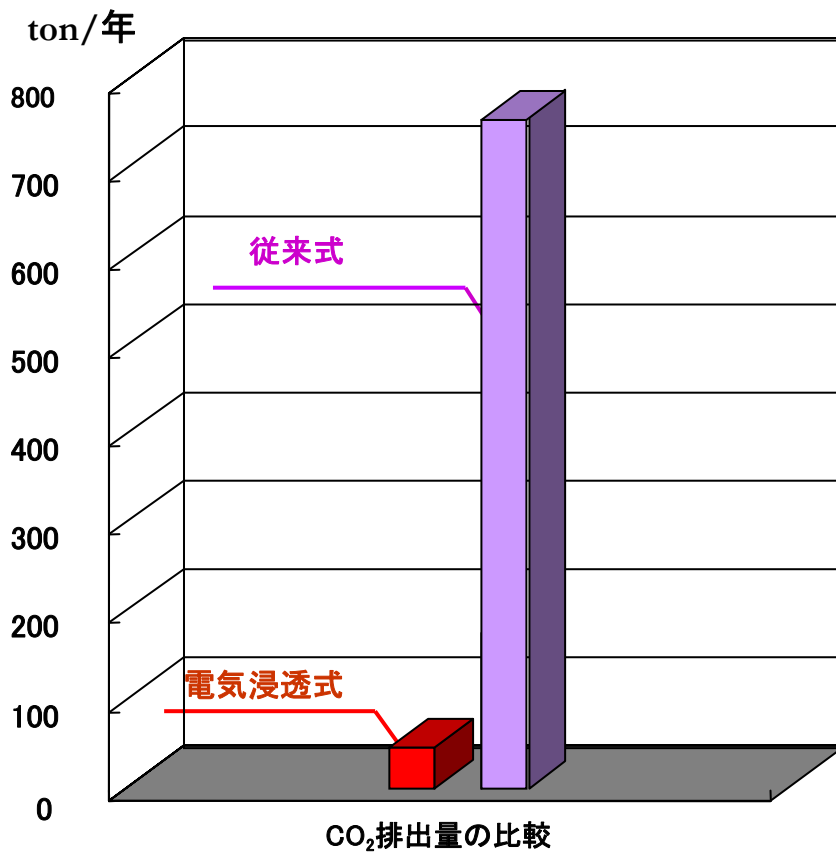
表 2-2. CO<sub>2</sub> 排出量の比較（当社比）

		従来方式	助燃剤化方式
処理内容		汚泥を含水率 85%まで脱水し、専用設備で乾燥・焼却する。	汚泥を含水率 70%まで脱水し、熱回収施設で 15%以下の比率で一般ごみと混焼する。
電力	使用電力量	209,100 kWh/年	101,400 kWh/年※1)
	CO <sub>2</sub> 排出量原単位	0.44 kg-CO <sub>2</sub> / kWh ※2)	
	CO <sub>2</sub> 排出量	92,000 kg-CO <sub>2</sub> /年	44,620 kg-CO <sub>2</sub> /年
重油	重油使用量	870L/日 (稼働日あたり)	—
	CO <sub>2</sub> 排出量原単位	2.71 kg-CO <sub>2</sub> / L ※3)	
	CO <sub>2</sub> 排出量	615,000 kg-CO <sub>2</sub> /年	0 kg-CO <sub>2</sub> /年
計	CO <sub>2</sub> 排出量	707,000 kg-CO <sub>2</sub> /年	44,620 kg-CO <sub>2</sub> /年

※1) 熱回収施設で助燃剤汚泥を焼却した場合の使用電力量が含まれる

※2) 「平成 18 年度の電気事業者別排出係数の公表について」（環境省 2007.9.27）

※3) 「事業者からの温室効果ガス排出量算定方法ガイドライン（試案 ver.1.6）」（環境省 2003.7）



### 2.7 独創性

従来の脱水機は主として遠心力や圧搾力等の機械的な力を利用したものであるのに対し、電気浸透作用を利用している点に特色がある。また、電極に電食しにくい材質を使用していることも特徴の一つである。

### 2.8 今後の規制に対する対応策

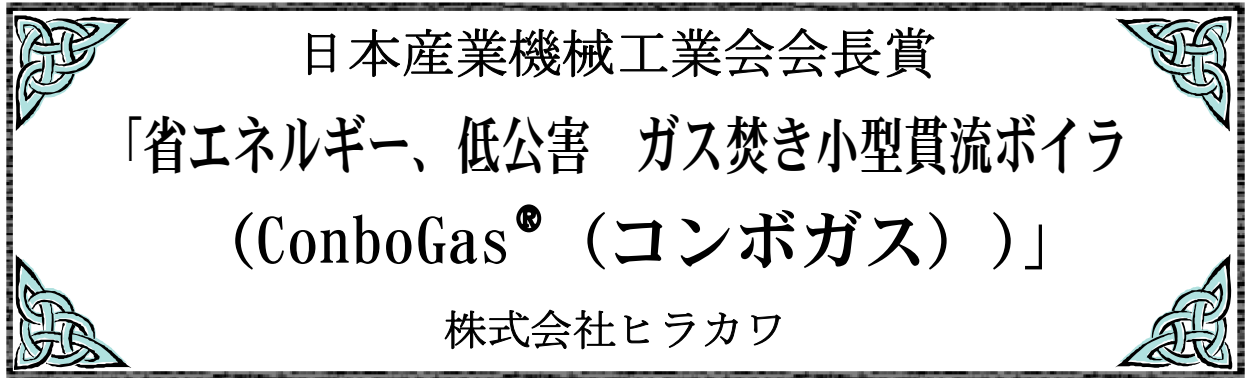
電力規制が懸念されるが、その場合は運転時間の長時間化、或いは夜間運転により装置の小規模化や電力のピークカットなどが期待できる。

## 3. 応用分野

下水道汚泥、民間工場排水汚泥の減容化。







## 1. 開発経過

### 1.1 開発の趣旨

小型貫流ボイラは、取り扱いが容易なボイラで、工場の生産設備やビルの空調設備、給湯設備など、さまざまな施設に導入されているが、負荷要求に対し高燃焼、低燃焼、停止の3段階の使い分け、その燃焼幅は高燃焼100%燃焼量、低燃焼40%燃焼量程度で運転するのが一般的で、複数台数を組み合わせて運転することで負荷に追従させていた。そのため低負荷時には頻繁に発停動作を行うケースがあり、パージに伴う炉内冷却による運転効率の低下は避けられないものであった。

環境負荷の低減を旗印に、燃焼幅(ターンダウン比)を従来よりも広く確保し、かつ比例的に制御させることで更なる熱損失の削減を目指すとともに、ボイラ運転効率そのものの向上、燃焼排ガス特性の改善による省エネルギー、低公害型小型貫流ボイラの開発に取り組んだ。

燃焼器には、燃料ガスと空気を予め混合し、メタルニット表面にて燃焼を行う「完全予混合表面安定燃焼バーナ」を採用し、最適な関連燃焼機器の選定はもちろんのこと、実運転上特に問題となる低燃焼域でのボイラ給水制御との適切な組み合わせにより、小型貫流ボイラとしてはクラス最高の燃焼量100%~10%(ターンダウン比10:1)までの連続運転を達成した。

ボイラ運転効率の向上には、ボイラ本体に燃焼熱を最大限有効に吸収できる拡大伝熱面を採用した構造とし、さらに従来は顕熱のみの回収に終わっていた排熱回収部に潜熱まで回収可能な熱交換器を装備することで、ボイラ効率101~102%(低位発熱量基準)を可能にした。

また「完全予混合安定燃焼バーナ」の採用により、局所的な高温領域の存在がなく、均一な燃焼温度での燃焼が可能となったことで、燃焼排ガス中のNO<sub>x</sub>量は燃焼域全体で25ppm以下(燃焼排ガスO<sub>2</sub>=0%換算値)を達成した。

以上のように、本ボイラは省エネルギー、低炭素化社会、低公害を実現し、環境負荷の低減に寄与できる製品として開発を行ったものである。

## 1.2 開発目標

定格蒸発量 換算蒸発量 2.5t/h

対象燃料 都市ガス 13A

連続燃焼可能範囲 100%～10%の比例運転制御（ターンダウン比 10：1）

ボイラ効率 100%以上（潜熱回収時、低位発熱量基準）

燃焼排ガス特性

NOx 値 25ppm 以下（O<sub>2</sub>=0%換算値）

## 2. 装置説明

### 2.1 構造、原理

本ボイラの全体構造図を図 2-1 に、外観を図 2-2 に示す。

送風機により送り込まれた燃焼用空気は、ミキサー部分で燃料ガスと予め混合されバーナ本体へ供給される。供給された予混合ガスは、バーナ表面全体に均一な短炎火炎を形成しながら燃焼する。

その後、燃焼ガスは拡大伝熱面を採用したボイラ本体内を通過し吸収され、さらに排熱回収部の給水予熱器（エコノマイザ）にて潜熱まで回収した後、燃焼排ガスを排出する。

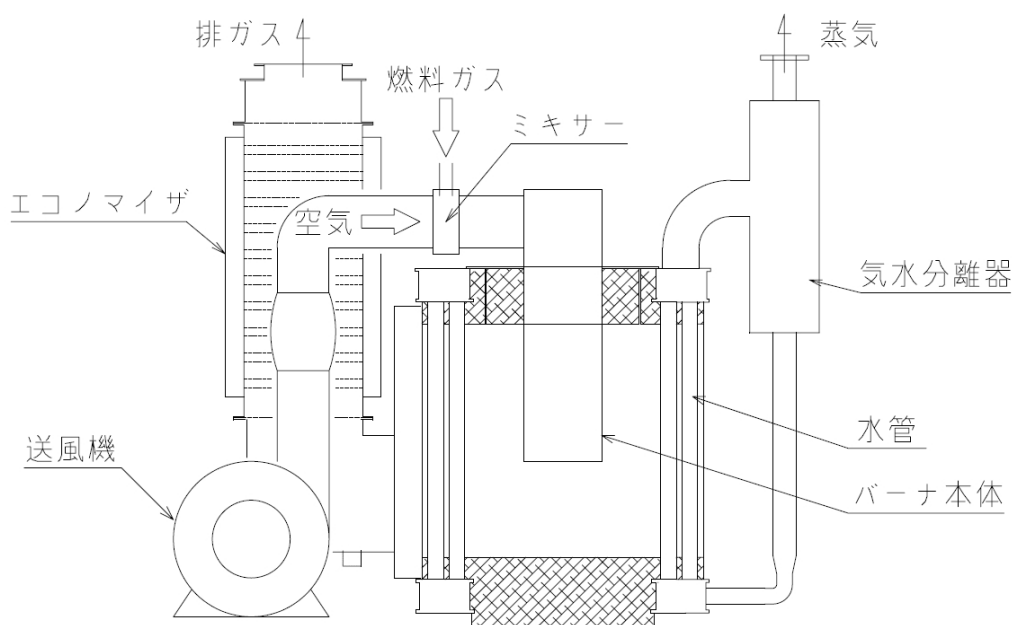


図 2-1. ボイラ構造

ミキサー部の形状は詳細な流体解析と実証試験により、燃料ガスと燃焼用空気の最

適な予混合化を図っている。

図 2-3 に「完全予混合表面安定燃焼バーナ」の燃焼状況を示す。

メタルニットによる円筒状の火炎形成面が燃焼室内に設置されており、その十分大きな表面を均一かつ安定して燃焼させることで、局所的な火炎温度の上昇なしに完全燃焼を可能にし、NO<sub>x</sub> の生成を抑制する。また均一温度燃焼によりボイラ伝熱面に対する熱負荷も均一化され、ボイラの長寿命化も期待できる。



図 2-2. ボイラ外観



図 2-3. 完全予混合表面安定燃焼バーナの燃焼

本ボイラでは、バーナ、ボイラ本体、排熱回収部、燃焼制御、水位制御の最適化により、従来にない広いターンダウン比、ボイラ効率、低 NO<sub>x</sub> を実現させた。

## 2.2 特許の有無

無し

## 2.3 性能

実証試験により、次の結果が得られた。

### (1) ターンダウン比 10 : 1

顧客（化学工場様）における運用データの一例を図 2-4 に示す。

ターンダウン比 10 : 1 の効果として、低負荷時もボイラが停止することなく運転可能となったことで、こちらの工場の場合 1 日あたりの発停回数が従来機での 279 回から 44 回と約 1/6 に減少した。

また、低負荷時において安定した蒸気の供給を行えることが確認できている。

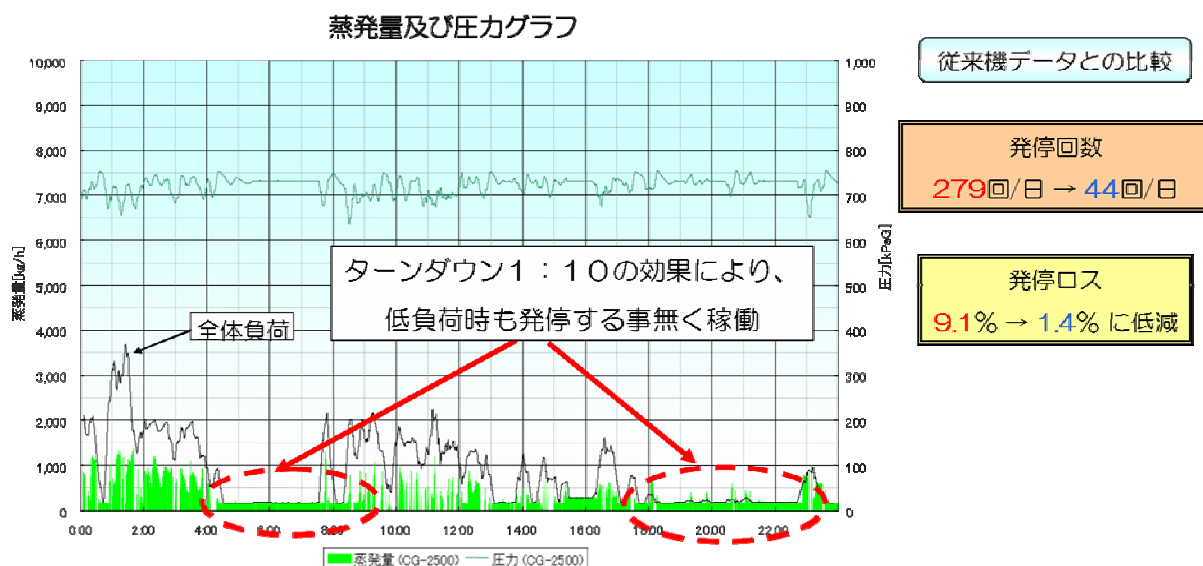


図 2-4. 顧客運転データの一例

(2) ボイラ効率

ボイラの運転圧力、燃焼量に関係なくボイラ効率 100%以上（潜熱回収時）が確認された。

表 2-1. ボイラ運転負荷別のボイラ効率

ボイラ負荷率【%】	10%	10%	50%	100%	100%
ボイラ圧力【MPa】	0.5	0.8	0.8	0.5	0.8
給水温度【℃】	常温	常温	常温	常温	常温
ボイラ効率【%】	102.6	102.3	101.2	101.9	102.3

図 2-5 に当社従来機とのボイラ効率の比較を示す。

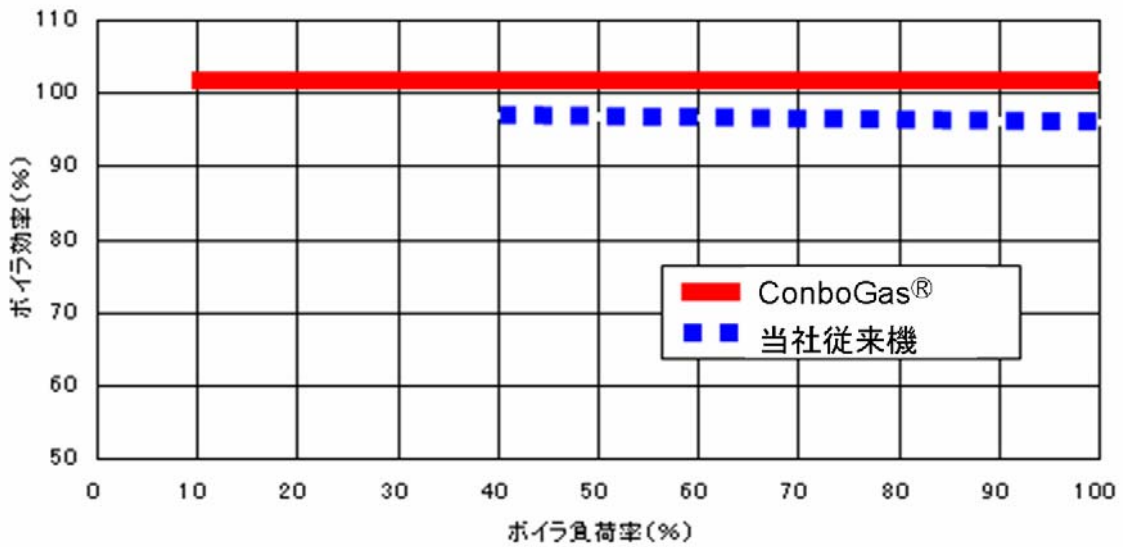


図 2-5. ボイラ効率の比較 (ボイラ圧力 0.8MPa)

(3) 燃焼排ガス特性

図 2-6 に NO<sub>x</sub> 特性を示す。

全燃焼範囲において、NO<sub>x</sub> 値 (O<sub>2</sub>=0%換算値) で 25ppm 以下が確認された。

またこのときの燃焼排ガス中の CO 量は 50ppm 以下である。

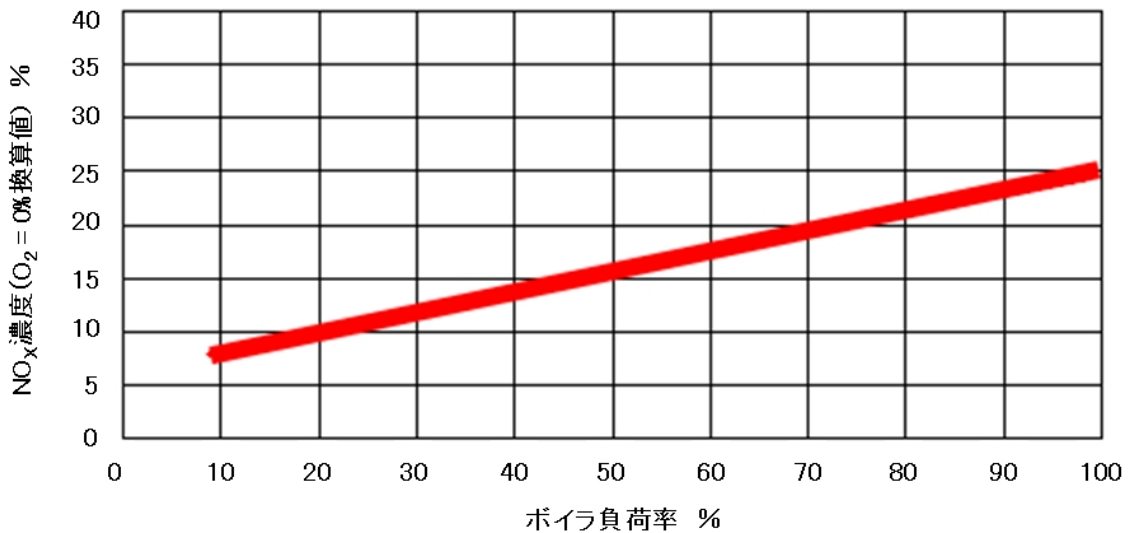


図 2-6. 燃焼排ガス特性

2.4 維持管理

従来のバーナに比べて、燃焼部の部品はメタルニットのみと構造は簡単であり、そのため点検が容易である。ただしメタルニットに異物が詰まった場合に燃焼が阻害される危険があるため、燃焼空気用ファン吸い込み部フィルタならびにメタルニットの

定期的な清掃は必要である。適正な燃焼が維持できている場合、バーナ内は予混合ガスにより冷却されているためバーナそのものの熱負荷は従来型バーナに比べ軽減されている。メタルニット内の温度を監視しており、燃焼中に燃焼ガスがメタルニット内に戻るなど異常な温度上昇を検知した場合は、速やかに燃焼を停止するように安全装置を設けている。

その他については、従来の小型貫流ボイラと同等の運用が可能である。

## 2.5 経済性

先に示した顧客データを基に経済効果を従来機（㈱ヒラカワ製）と比較した結果を表 2-2 に示す。

燃料ならびに電気料金について年間 430 万円削減ができ、CO<sub>2</sub>排出量としても年間 130 t の削減が可能であり、本ボイラは環境負荷の低減に大いに貢献することができる。

表 2-2. 従来機との経済性比較

		従来機	ConboGas <sup>®</sup>	差異
換算蒸発量	k g / h	2,500	2,500	—
ボイラ効率	%	96	102	+6
給水温度	℃	15	15	—
運転効率	%	86.9	100.6	+13.7
定格燃焼量	m <sup>3</sup> N/h	144.7	136.0	▲8.7
燃料単価	円/m <sup>3</sup> N	70	70	—
年間燃料料金	円/年	28,198,017	24,324,262	▲3,873,755
消費電力量	k W h	5.3	2.5	▲2.8
電力単価	円/k W h	20	20	—
年間電力料金	円/年	890,400	420,000	▲470,400
燃料・電力料金計	円/年	29,088,417	24,744,262	▲4,344,155
CO <sub>2</sub> 排出量	t -CO <sub>2</sub> 年	910	780	▲130

※運転条件は、負荷率：30%、1日24時間／年間350日稼動

## 2.6 将来性

昨今問題となっている地球温暖化防止に絡み、エネルギー管理指定工場の枠が広がるなど、今後も CO<sub>2</sub>削減、省エネルギーは避けて通られないものとなっている。また環境面からも更なる低 NOx 対策を講ずる必要がある。

本ボイラより小容量となる、換算蒸発量 2.0t/h、1.5t/h の小型貫流ボイラへの適用のほか、炉筒煙管ボイラへ応用することで更なる環境負荷の低減に向けて製品展開を行っていく予定である。

## 2.7 独創性

メタルニット型表面燃焼バーナの貫流ボイラへの装備、小型貫流ボイラでのターンダウン 10 : 1 の比例燃焼制御方式の実現はともに業界初である。

## 2.8 今後の規制に対する対応策

本ボイラの性能は、業界トップレベルであり現行の規制値には十分対応可能である。しかしながら、環境問題等さまざまな要因により、更なる規制がかかることは常に念頭においておく必要がある。本ボイラに用いた技術をさらに高め、さらに環境負荷の低減に役立つ製品開発を進めてゆく。

## 3. 応用分野

将来性でも触れているが、本ボイラよりも小容量ボイラ及び、炉筒煙管ボイラへの展開を進める予定である。





日本産業機械工業会会長賞  
**「ジェットフィルム燃焼式  
 高効率・ミニмумエミッションボイラ」**  
 株式会社日本サーモエナー／株式会社タクマ

## 1. 開発経過

### 1.1 開発経過

産業界で活躍中の小規模ボイラは、機器単体の規模は小さいものの日本国内だけで年間1万台程度が出荷されている。すなわち、環境への影響は決して小さなものではなく、低 NOx 化による環境負荷の低減と省エネ化による CO<sub>2</sub> の低減はボイラ製造メーカーの責務と言える。

図 1-1 に小規模ボイラの模式図を示す。ボイラは大きく分けて水管で構成される燃焼室を有する缶体とバーナ及び気水分離器、また、排ガスによって給水を予熱するエコノマイザにより構成される。

この小規模ボイラにおいて一般的に採用されている低 NOx 化方法を表 1-1 に、省エネ方法を表 1-2 に示す。

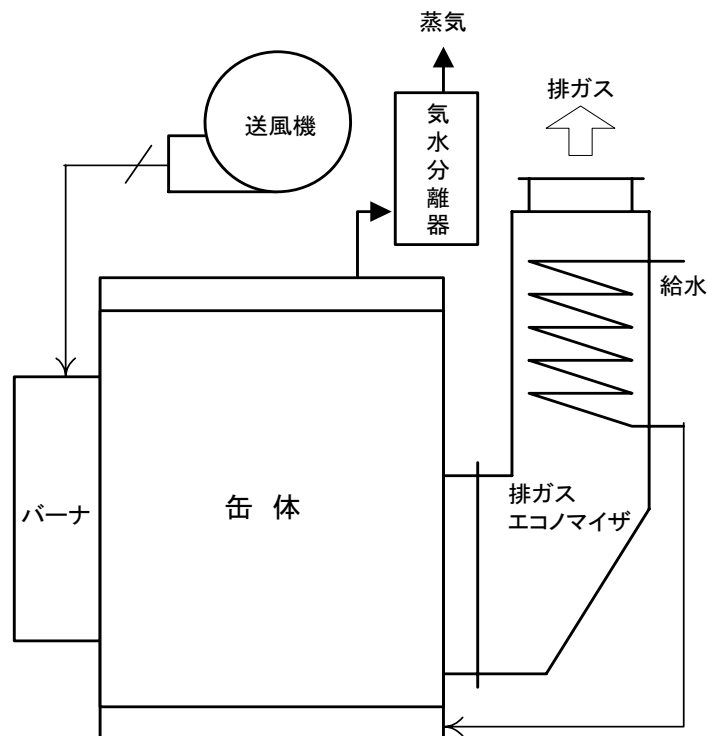


図 1-1 小規模ボイラの模式図

表 1-1 一般的な低 NOx 化方法

名称	内容
分割火炎燃焼	拡散燃焼バーナにおいて、燃料を不均一に投入することで、火炎温度の局所的な上昇を防ぐ。濃淡燃焼とも言うが、NOx 低減効果は小さい。
二段(多段)燃焼	
EGR	排ガスを再循環させることで火炎温度上昇を抑制する。再循環ガス量が増加すると燃焼が不安定になる。
蒸気 or 水噴霧	火炎温度を下げ、サーマル NOx を低減する。蒸気または水の噴霧量が増えると燃焼が不安定になる。
完全予混合	空気とガスをバーナ内部で混合し、多孔質セラミックやメタルファイバーにより広い面積で燃焼させる。燃料吹き出し孔が小さいため、詰まりによる燃焼不良や逆火トラブルの恐れがある。

表 1-2 一般的な省エネ方法

名称	内容
インバータ化	送風機や給水ポンプをインバータ化することで消費電力を削減。小規模ボイラでは標準化されつつある。
燃焼効率の向上	<b>低空気比燃焼</b> による排ガス持出熱量の低減による効率の向上。
熱回収	缶体での伝熱量を増やすことで熱回収量を増加させる。小規模ボイラは伝熱面積に制約がある。
排熱回収	エコノマイザにより給水を予熱する。効率を上げていくに従い、エコノマイザを大型化する必要がある。

小規模ボイラは、法的に制限された伝熱面積の中でより多くの蒸気を得ようとするため、燃焼室負荷が大きく、投入した燃料を完全に燃焼させるために、一般に空気比を $\lambda=1.3$ 程度（燃料を燃焼させるために必要な空気量を3割増しで投入する）としている。

この空気比を低減すると、排ガスが持出す熱量を低減できるため熱効率の向上に効果的である。しかし、低空気比燃焼時は、バーナ近傍で局所的な高温部を生じるためにサーマル NOx が増加する。また、前述の通り不完全燃焼による CO の上昇を招くという問題があり、省エネと低 NOx 化を両立させることは困難であった。

この課題を克服するために、低空気比燃焼時に燃焼室内の局所的な高温部の生成を抑制し、火炎冷却を促進してサーマル NOx を大幅に低減すると共に、燃焼室内への高速噴射による自己攪拌効果を高めることで CO の抑制を行う方式を考え、縦長で薄膜状の火炎を形成するジェットフィルムバーナとこれに対応した燃焼室構造の燃焼装置を開発した。

この新しい燃焼装置を伝熱面積 10m<sup>2</sup>未満の小型貫流ボイラ EQi-2000/2500 と 30m<sup>2</sup>未満の小規模ボイラ EQi-6000 の 2 機種に搭載することにより、従来技術では困難であった空気比  $\lambda=1.17$  (排ガス O<sub>2</sub>=3%) で NO<sub>x</sub>=25ppm (O<sub>2</sub>=0%換算)、CO=30ppm を達成した。また、同じボイラで従来の空気比  $\lambda=1.3$  (排ガス O<sub>2</sub>=4.9%) で運転すると、NO<sub>x</sub>・CO 共に 10ppm 以下と極めて低いレベルを達成でき、NO<sub>x</sub> は、従来の業界トップレベルに対して約 60%の低減を実現した。また、低空気比で燃焼にすることでボイラ効率を 1.5%向上、送風機消費電力を 22~45%削減した。

EQi-2000/2500 は、2009 年に発売を開始し、同年に各 1 号機を納入、また 2011 年 12 月には EQi-6000 の 1 号機を納入し、現在シリーズ販売数は 100 基以上となった。

この新しい燃焼装置を採用したボイラは、NO<sub>x</sub>・CO の環境負荷をミニマムとしつつ、低空気比によるボイラ効率向上(燃料の節減)と消費電力の削減により、現在稼働しているもので年間 2000ton 以上の CO<sub>2</sub>削減 (負荷率 50%として) に貢献している。

尚、EQi-2000/2500 は、2010 年度に一般社団法人日本機械工業連合会より独創的な燃焼装置による省エネ性が評価され「優秀省エネルギー機器表彰・日本機械工業連合会会長賞」を受賞し、また、2011 年度には燃焼技術が評価され、一般社団法人日本燃焼学会より「技術賞」を受賞した。

## 1.2 共同開発

### ① 株式会社タクマ

ガスバーナの開発

### ② 株式会社日本サーモエナー

(株)タクマが開発したガスバーナを用いた燃焼装置とボイラの開発

## 2. 装置説明

### 2.1 構造、原理

#### (1) ガスバーナ

ガスバーナは、(株)タクマ特許の高速噴射ノズル技術を応用したものである。高速噴射ノズルの構造を図2-1に、噴射時の高速カメラ映像を図2-2に示す。

本ノズルは、ごみ焼却炉等で使用するバグフィルタのダスト払い落とし用に開発したもので、低圧損の超音速ノズルであるラバルノズルの後段を若干拡大し、整流孔より外部の気体を吸い込むことで噴射流の拡がりを抑えつつノズルから噴出する空気量を増やし、バグフィルタ内部に払い落とし空気を供給するものである。

このノズル技術を基にガスバーナとして開発したものが図2-3に示すジェットフィルムバーナである。

本バーナは、縦長で薄膜の火炎を形成することを目的とした構造で、バーナ内部で燃料ガスと一次空気を急速混合しながらノズル最狭部に導入し、縦方向の左右から二次空気を導入することで、高速噴射ノズル同様に噴射ガスの拡がりを抑えた噴射を行う構造である。本バーナの特長を以下に示す。

- 薄膜火炎を形成することで、火炎の冷却を促進する。
- 縦長状の火炎とし、火炎を分散することで、局所高温部を抑制する。
- 高速流でボイラ内部の燃焼ガスの混合を促進する。

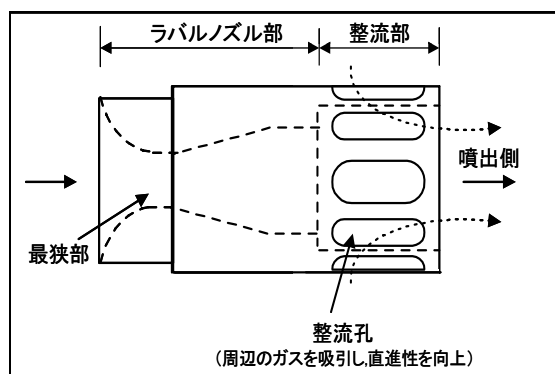


図 2-1 高速噴射ノズル構造



図 2-2 高速カメラ映像

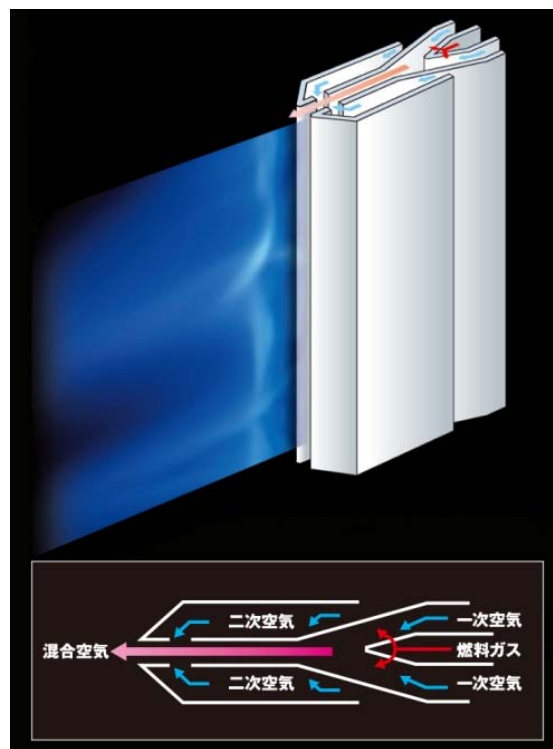


図 2-3 ガスバーナ構造

## (2) ボイラ

図2-4にボイラ水管構造を示す。小規模ボイラは複数台を隣接設置することが多く、設置スペースを最小限にするために角形に水管を配置した構造である。伝熱面積  $10\text{m}^2$  未満で蒸気量(換算蒸発量)が2000及び2500kg/hの機種と伝熱面積  $30\text{m}^2$  未満で蒸気量6000kg/hの2機種があるが、6000kg/hの場合は、燃焼室を2分割してバーナを2本設置した。

本ボイラにジェットフィルムバーナを取り付けた状態を図2-5に示す。

バーナは燃焼室内で循環流を形成するよう火炎が片壁に偏るように中心からずらして設置する。

バーナは縦長状の薄膜火炎であり、火炎の局所高温部を生成せず、さらに片壁に向かって高速噴射することで伝熱管による火炎冷却を促進させる。

図2-5右の写真はバーナ噴射口正面と大気開放状態での燃焼状態を示す。細い縦長のスリットから噴射された燃料ガスが火炎の裏側が透けて見えるほど薄く燃焼する。

図2-5上の写真は燃焼室の上部から撮影した火炎で、片壁に対して高速噴射している状況を示す。この高速流れにより、燃焼室内で大きな循環流を形成する。この循環流は、狭い燃焼室内での燃焼ガスの攪拌及び滞留時間の確保により完全燃焼を行う効果と排ガスの自己再循環による低 $\text{NO}_x$ 効果を併せ持つ。

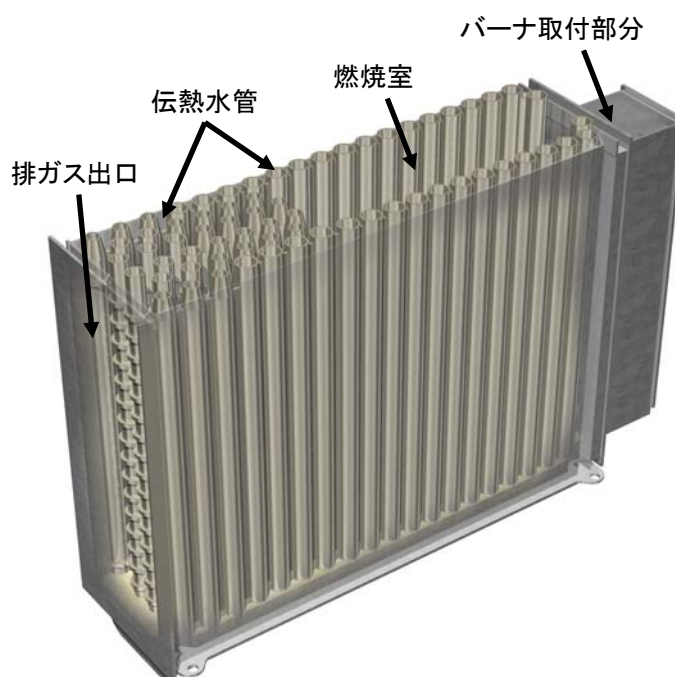


図2-4 ボイラ水管構造

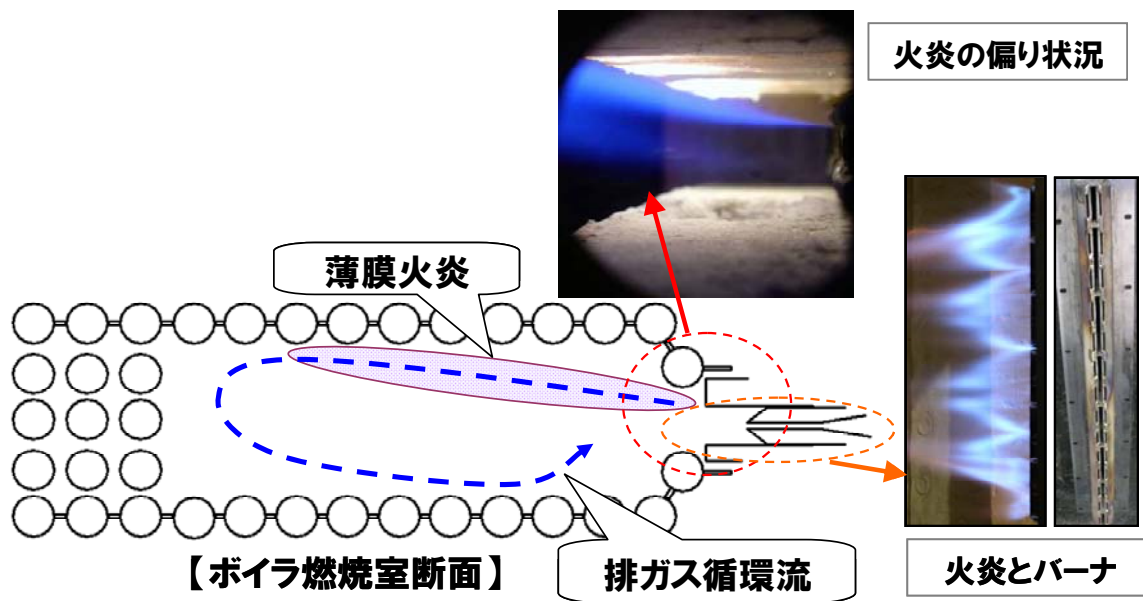


図 2-5 燃烧室断面構造と火炎写真

(3) 外観及びパッケージ

図 2-6 に EQi-2000/2500 及び EQi-6000 の外観図を、図 2-7 に EQi-2000 の納入写真を示す。また、表 2-1 に EQi-2000/2500 及び EQi-6000 の外形寸法を示す。

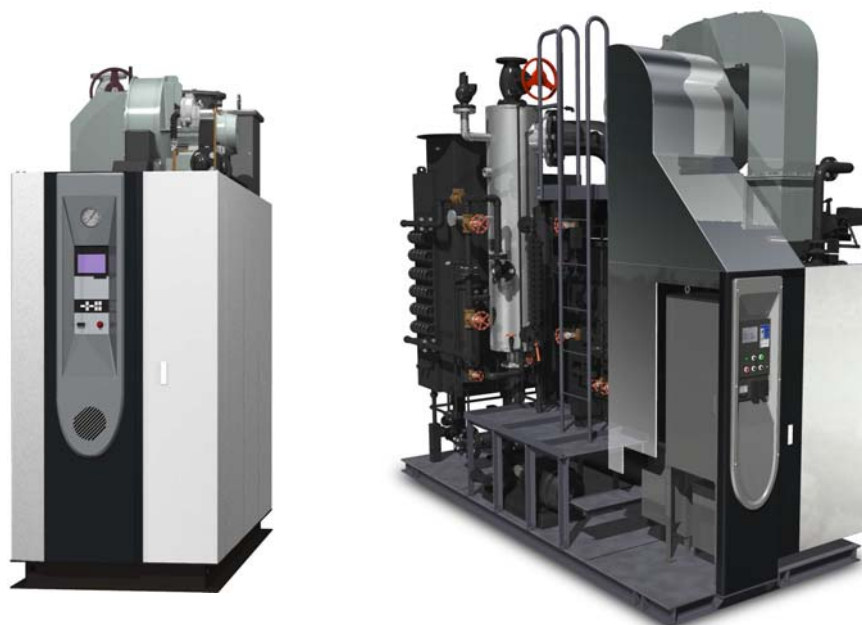


図 2-6 外観図 (左:EQi-2000/2500、右:EQi-6000)



図 2-7 EQi-2000×7 台納入写真

表 2-1 外形寸法(単位 mm)

名称	全幅	奥行き	高さ
EQi-2000	900	2,590	2,434
EQi-2500	900	2,590	2,434
EQi-6000	1,956	3,755	3,392

## 2.2 特許の有無

表 2-2 に本バーナおよびボイラに関する出願済み特許リストを示す。

表 2-2 特許取得・申請リスト

No.	登録番号 (公開・出願番号)	名称
1	特許 4808031 号	ガスバーナ
2	特許 4808133 号	ガスバーナ
3	特許 4857025 号	多管式貫流ボイラ
4	(特開 2010 - 25443)	低 NOx 燃焼装置及びこれに用いるバーナ
5	(特願 2011 - 178730)	ガスバーナ

## 2.3 性能

### (1) 排ガス性状

当社従来機種（業界トップレベルの完全予混合バーナ）と EQi-2000/2500 の燃焼性能の比較を図 2-8 に示す。

横軸に排ガス  $O_2$  濃度と空気比を示し、縦軸に CO 及び  $NO_x$  排出値 ( $O_2=0\%$ 換算値) を示す。矩形の燃焼室と薄膜火炎バーナの組み合わせにより、定格燃焼時では空気比  $\lambda=1.17$  (排ガス  $O_2=3.0\%$ ) にて、 $NO_x$  排出値 25ppm 以下、CO 排出値 30ppm 以下の超低エミッション燃焼を達成した。また部分負荷燃焼時でも、 $NO_x$  排出値は変わることなく、CO 排出値をさらに低く抑えることが可能となった。この空気比では、従来機種と比較して CO は約 50%、 $NO_x$  は約 75%の低減を実現した。

また従来機種の設定値である空気比  $\lambda=1.3$  (排ガス  $O_2=4.9\%$ ) とした場合、 $NO_x$ 、CO 排出値は共に 10ppm となり、CO は約 50%、 $NO_x$  は約 60%の低減を実現した。

未燃分である CO を多量に排出する事は、燃焼装置として十分な燃焼が出来ていない事を示し、特に低空気比では火炎下流域において未燃燃料に対する空気の比率が低く、滞留時間のとれない小さい燃焼室では CO の排出が多くなる。薄膜火炎バーナは、高速噴射であるが故に乱流度が高いため燃焼ガスの混合が良く、CO から  $CO_2$  への酸化を素早く完結できる効果があることと、高速噴射であるが故に燃焼室奥から焚き口へと生じる強い再循環流内においても燃焼ガス中の CO の酸化が継続されることから、低空気比で燃焼させても CO の残留を大幅に抑えることができる。またこの再循環流が焚き口にてバーナ噴流に合流することで、燃焼初期段階での燃焼を緩慢に開始させることにより、火炎の温度が抑えられて、温度起因で発生するサーマル  $NO_x$  を大幅に抑えることができる。

ジェットフィルム燃焼は、一部を瞬間的に予混合するが、燃焼方式としては安全性に優れる拡散燃焼である。この燃焼方式は、完全予混合バーナに比べて遙かに優れた低エミッション性を示し、完全予混合が優位とされた低  $NO_x$  方法を覆すものである。



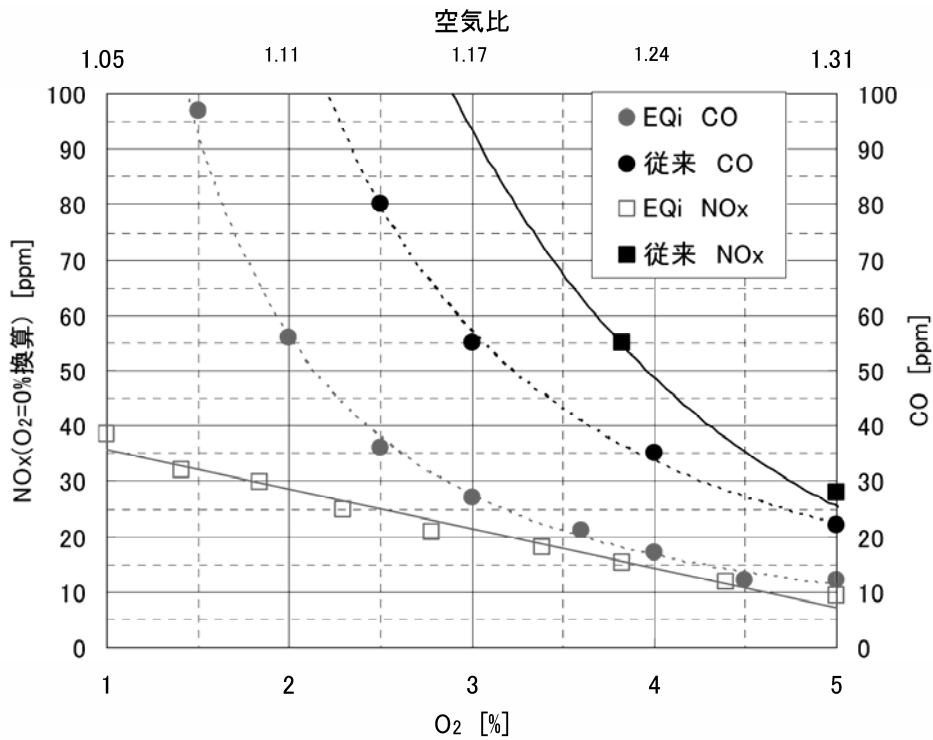


図 2-8 従来バーナとの比較

(2) 効率

図 2-9 に同じボイラ水管構造の当社従来機種(赤波線)と EQi-2000/2500(青線)の負荷率に対するボイラ効率を示す。一般にボイラ効率を向上させるためには、表-2 に示したエコノマイザの大型化などで対応することがあるが、本図は同じ構造のエコノマイザ面積としたボイラでの効率比較である。

応募装置は、低空気比運転を行うことで全負荷域に渡って効率を向上させることが可能となり、特に負荷率が高い場合は 1.5%の向上を確認した。尚、最新型の EQi-2000/2500 及び 6000 では、ボイラ効率 98%を達成している。

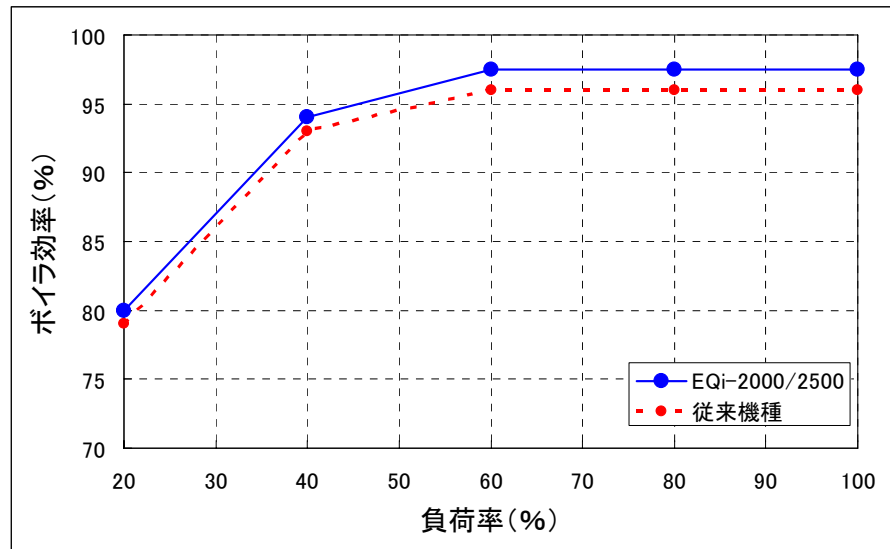


図 2-9 負荷率に対するボイラ効率  
 (測定条件は給水温度 25℃、蒸気圧力 0.7~0.9MPa)

## 2.4 維持管理

### (1) 運転管理

運転は蒸気の設定圧力による自動運転

### (2) メンテナンス性

応募装置独自の運転管理項目、メンテナンス項目は無いが、従来の小規模ボイラと同様に、日常点検や定期点検は必要

#### 【日常点検】

- ・ 軟化水チェック (軟化器出口での硬度判定試薬による確認)
- ・ ボイラ水 pH 確認 (ボイラ水 pH が 11.0~11.8 であることを試験紙で確認)
- ・ その他異常が無いこと

#### 【定期点検】

- ・ 食塩補充 (週一回)
- ・ 火炎検知器受光面清掃、ストレーナ清掃 (月 1 回)
- ・ バーナ関連部品、バルブ類の点検・交換 (年 1 回)
- ・ ボイラ缶体、エコノマイザ、パイロット及びメインバーナの点検・清掃 (年 1 回)

(3) バーナ寿命

予想耐用年数は3年。1号機納入以降、納入した100基で補修実績はない。

2.5 経済性

(1) 消費電力

図2-10に当社従来機種とEQi-2000の50%負荷時と100%負荷時の消費電力の比較を示す。

EQi-2000では、低空気比燃焼により燃焼用空気量を8~14%低減できたことから、送風機動力の低減寄与が大きく、50%負荷運転時で45%、100%負荷運転時で22%の消費電力低減を達成した。

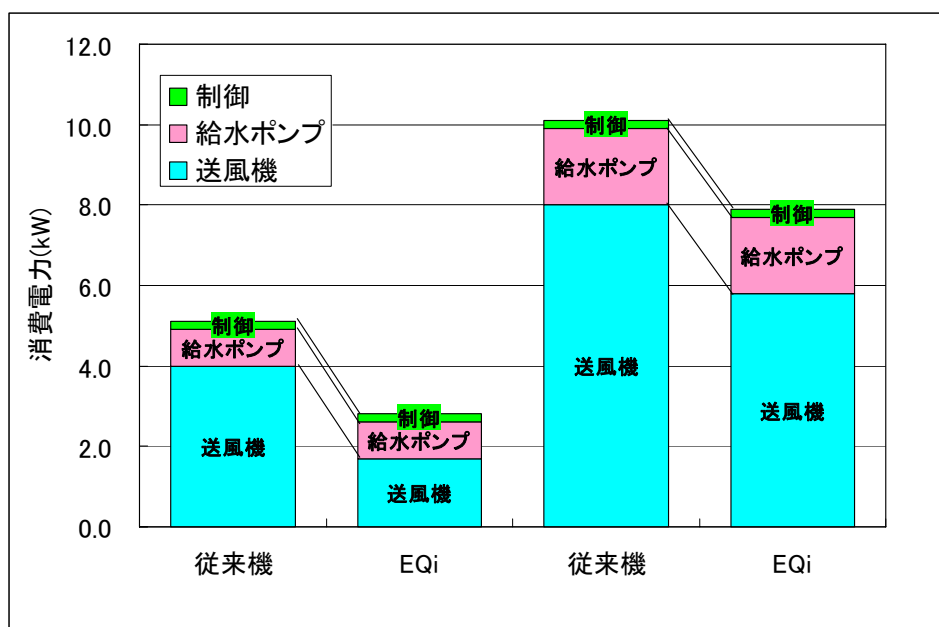


図 2-10 消費電力の比較

(2) コスト

蒸気量 2000kg/h のボイラにおいて、従来装置と比べた応募装置のランニングコストメリットを示す。

<条件>

- ・ 運転時間：全負荷相当運転時間 3,000h/年
- ・ 燃料単価：55 円/m<sup>3</sup><sub>N</sub>-都市ガス 13A
- ・ 電気料金：11 円/kWh
- ・ 従来装置（効率 96.5%）：燃料消費量=115.1 m<sup>3</sup><sub>N</sub>/h、送風機消費電力 5.1kW

・応募装置（効率 98%）：燃料消費量=113.4 m<sup>3</sup><sub>N</sub> /h、送風機消費電力 2.8kW  
[燃料コスト差]

$$(115.1-113.4) \times 3,000\text{h/年} \times 55 \text{ 円/ m}^3_{\text{N}} = 280,500 \text{ 円/年}$$

[電気コスト差]

$$(5.1-2.8) \times 3,000\text{h/年} \times 11 \text{ 円/kWh} = 75,900 \text{ 円/年}$$

$$\underline{\text{合計 : 356,400 円/年}}$$

応募装置の販売価格は従来機と同じである。従って、同じ導入価格で 1 台当たり年間 35 万円強のランニングコストを低減することができる。

## 2.6 将来性

ジェットフィルム燃焼による低空気比・低 NO<sub>x</sub>・低 CO 燃焼技術は、蒸気量が 2000kg/h と 2500kg/h の小型貫流ボイラとしての実績を基に 6000kg/h の小規模ボイラまでスケールアップに成功した。従って、ガス焚きボイラにおける更なる大容量化や小容量化への展開が期待できる。

また、燃焼装置は均一に加熱する乾燥装置にも適用できるもので、ボイラ以外の展開も期待できる。

## 2.7 独創性

表 2-2 の通り、ジェットフィルム燃焼に関連する特許は既に 3 件成立しているが、特に以下の 3 項目の独創性は極めて高い。

### (1) 超低エミッション燃焼

小規模ボイラ業界では初となる低空気比燃焼（空気比 λ=1.17）による低 NO<sub>x</sub>・低 CO を実現した。特に NO<sub>x</sub> 値は、従来と同じ空気比 λ=1.3 で比較した場合、60%の低減となる。

### (2) 高効率化への手段

一般的に小規模ボイラで効率を向上させる場合、エコノマイザを大型化することが主流であったが、当社は燃焼技術による効率向上を達成した。

### (3) バーナ構造

縦長薄膜火炎を形成するため、バーナの縦方向及び噴射口の高い製作精度が求められるため、精密鑄造（ロストワックス製法）によるブロック構造をバーナ内部装置に採用した。

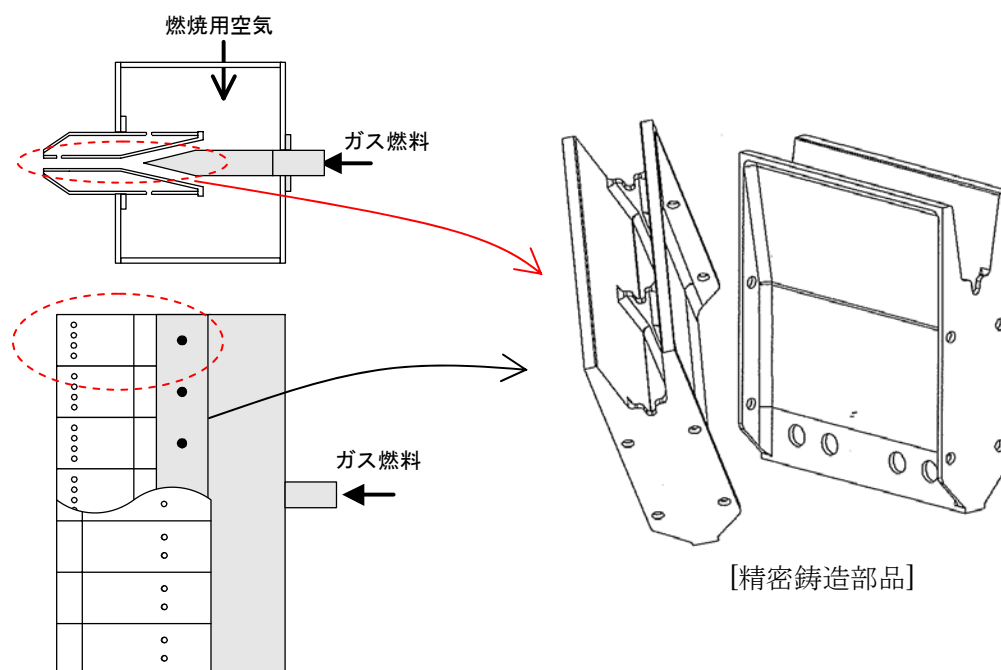


図 2-11 バーナ内精密铸造部品

## 2.8 今後の規制に対する対応策

小規模ボイラにおいて、大気汚染防止法に対する上乗せ基準として東京都の「低NOx・低CO<sub>2</sub>小規模燃焼機器認定制度」があり、O<sub>2</sub>=0%換算 NOx 値で 60ppm 以下、効率 95%以上が超高効率燃焼機器として認定される。本制度は平成 20 年 6 月に創設されたが、応募装置は初年度に認定済みである。



また、平成 22 年 5 月には、川崎市告示第 281 号において、小規模ボイラに対して国内で最も厳しい O<sub>2</sub>=0%換算 NOx 値 30ppm 以下が指針として定められたが、応募装置は既に 25ppm を達成しており、新たな対策は不要である。

### 3. 応用分野

低 NOx・低 CO 燃焼装置、低エミッション燃焼技術として、各種加熱炉や工業炉への応用展開も大いに期待できる。尚、当社では既に二流体噴霧式油焚きバーナへの展開も実施しており、以下に実施例を示す。

図 3-1 に油バーナノズル構造図を示す。本バーナは、圧縮空気を作動媒体とする二流体噴霧式である。現在、油バーナでの縦長薄膜火炎は実現できていないが、長炎バーナとしては実用化済みである。

図 3-2 及び図 3-3 は、都市ごみ処理施設（ガス化溶融炉）のスラグ出湯口を加熱するバーナでの使用例である。従来バーナは、空間全体を加熱するのに対し、本バーナは出湯口の近傍を局所的に加熱することで、時間当たり 30%の燃料使用量の削減を達成した。

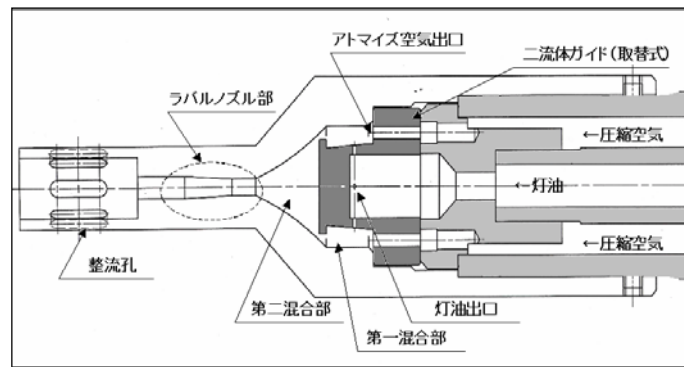


図 3-1 油焚き高速バーナノズル構造



図 3-2 既設バーナ (13L/h)



図 3-3 高速バーナ (8L/h)

# 日本産業機械工業会会長賞 「真空揚砂装置」

水 i n g 株式会社

## 1. 開発経過

### 1.1 開発経過

近年下水処理施設の沈砂池では、従来のバケット形式の沈砂掻揚機とコンベヤを組み合わせた揚砂搬送方式から、維持管理や衛生面で有利な配管輸送方式が主流となってきている。

配管輸送方式は配管径以上の物の搬送が出来ないため、沈砂池流入部には 20mm～50mm 程度の自動除塵機（自動バースクリーン）が設置されているものの、バースクリーンを通過する薄物や棒状のものが流入するため、その搬送のためには輸送管の口径は 80～100A 程度、管内輸送スピードにおいても 2m/s 以上を確保する必要がある。さらに沈砂池は地底に設置されることが多いため高揚程対応が求められる。

配管輸送方式としてサンドポンプが採用されるケースもあるが、砂によるポンプの消耗が激しく、ポンプや配管の閉塞が度々発生し復旧作業も大変であるため、エジェクタの原理により吸引輸送を行う噴射式揚砂装置が近年主流となってきている。

しかしながら、噴射式揚砂装置は大型の水エジェクタ原理を使用し吸引輸送を行う設備のため、大動力高圧ポンプと、多量の水を使用し、揚砂量を考慮すると大掛かりな設備となっていた。

そこで、低動力で、高揚程輸送に対応するための設備として本設備の開発を行った。

### 1.2 開発目標

- ・噴射式揚砂装置より低動力あり、揚程 25m 以上の対応が可能なこと
- ・口径 80A～100A 程度の輸送管で、吸引及び輸送スピードが 2 m/s 以上あること。  
（閉塞無く運転が可能なこと）
- ・自動運転が可能なこと
- ・バケット形式の沈砂掻揚機より維持管理性が良いこと

### 1.3 開発経緯

- ・2005 年 4 月～：実験設備で輸送方法、必要動力など基礎実験を行い、真空プラグ輸送方式を開発。
- ・2007 年 2 月～：下水ポンプ場の沈砂池で実証実験を開始。  
（約 1 年半のポンプ場での運転により装置の信頼性を確立）

- ・2008年1月：雨水貯留管からの揚砂実験を行い、60mの高揚程に対応可能なことを確認
- ・2008年3月：建設技術審査証明(財団法人 下水道新技術推進機構)の取得
- ・2009年3月：1号機の稼動開始(釧路市/古川終末処理場 し渣移送設備)
- ・2010年3月：雨水貯留管用真空揚砂設備の稼動開始  
(川崎市/渋川雨水貯留管(揚程60m))

## 2. 装置説明

### 2.1 構造、原理

真空揚砂装置は主に下水処理場施設の沈砂池に堆積した沈砂などを水中から水と共に引き上げ、輸送先に設置したレシーバタンクまで配管輸送を行う装置である。

輸送方法を下記に示す。

- ① 真空ポンプの吸引圧力により沈砂を含む水柱を輸送管内に形成する。
- ② 水柱下部に圧縮空気を瞬間的に注入して水柱を水面より切り離す。
- ③ 水柱は圧縮空気の膨張により上方へ押し上げられる。
- ④ 水柱下部を大気圧とすることで水柱上部の真空圧との圧力差により輸送先に設置したレシーバタンクまで配管内プラグ輸送を行う。
- ⑤ この工程を繰り返し、レシーバタンクの規定水量まで沈砂水の輸送を行う。

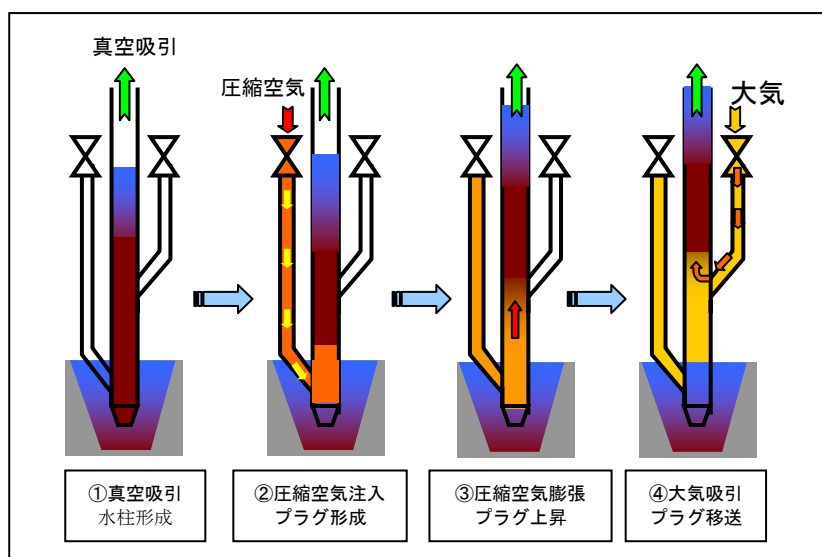


図 2-1 真空揚砂設備輸送工程概念図

真空揚砂設備は、本輸送設備を中心に沈砂池内の砂を集砂ピットに集める集砂装置や、レシーバタンクから排出した沈砂水から沈砂の水切り分離を行う沈砂分離機等と組み合わせられ下水沈砂池に設置される。



また、自動除塵機で掻き揚げたし渣の輸送にも対応でき、し渣を破碎した後に、し渣流動化槽で水と混ぜた後、し渣レシーバタンクまで配管輸送を行い、輸送先で分離脱水を行う。

これらの設備はオプションとして組み合わせることができ、運転は真空揚砂設備の動力制御盤から全自動運転を行うことができる。

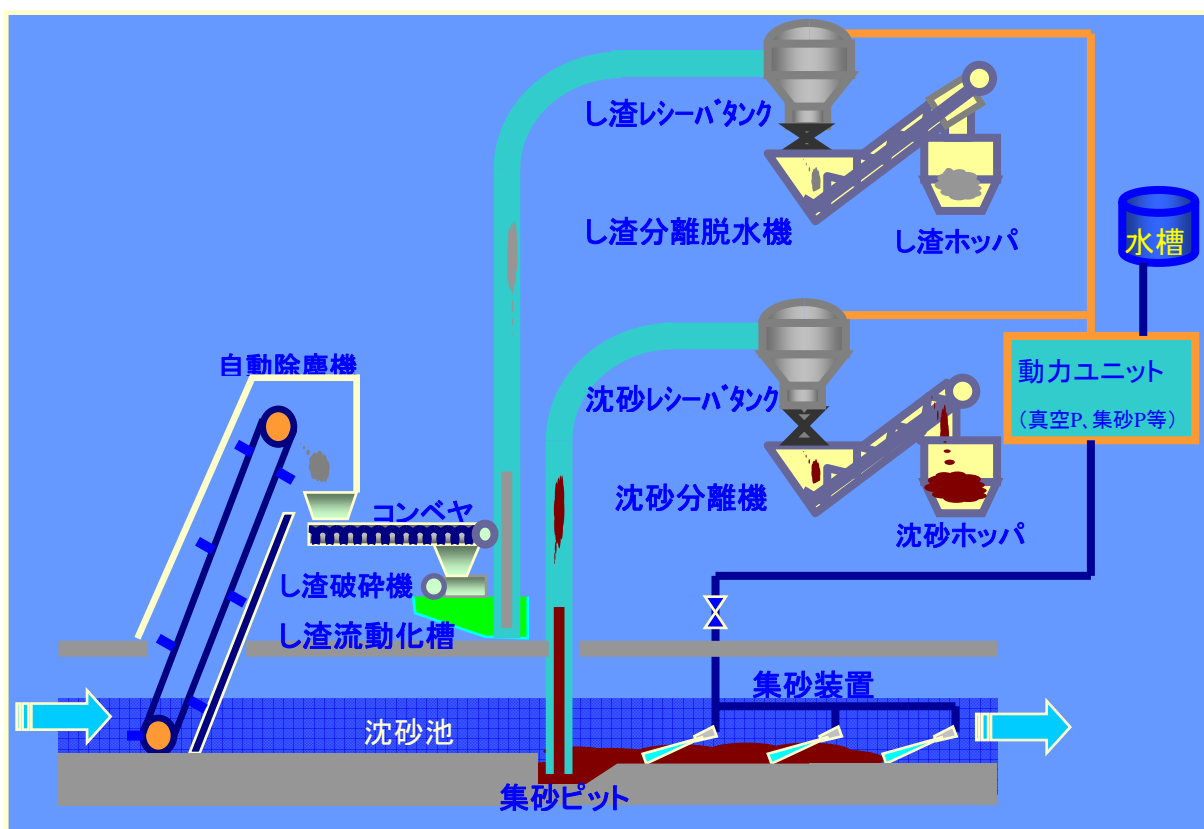


図 2-2 真空揚砂設備による沈砂池設備構成図

## 2.2 特許の有無

特 許)・特許 4782059 揚砂輸送装置および揚砂輸送方法

出願中)・出願番号 2007-340599 揚砂輸送装置および揚砂輸送方法、並びに中継ポット

## 2.3 性能

揚砂輸送管の径を 80A としたとき、揚程 15m、配管輸送距離 35m の条件における、噴射式揚砂装置と性能比較を表 2-1 に示す。

表 2-1 揚程 15m、配管総延長 35mにおける噴射式揚砂装置との比較

方 式	噴射式揚砂装置	真空揚砂装置
口 径	80A	80A
揚砂水量 (揚砂濃度 10%)	600L/分	170L/分
実揚程(全揚程)	15m(18m)	15m
使用動力	加圧水ポンプ (2.1m <sup>3</sup> /min×75m) <b>45kW</b>	真空ポンプ+集砂ポンプ 給水ポンプ+空気圧縮機 <b>13.8kW</b>
備 考	「集砂ノズルを用いた揚砂ポンプシステム技術マニュアル」より	揚程 15m 配管総延長 35mの時の計算値(社内データ)

真空揚砂装置の特徴は低動力で80A以上の配管輸送を行うことが出来ることである。

輸送能力が噴射式と比較すると少ないが、一般的に沈砂の発生量は50~100kg/日程度であり、10%濃度で揚砂を行うと5~10分/日程度の運転時間で輸送できるため、十分な能力である。

一般的な沈砂池での参考工程を以下に示す。

(想定設備概要：揚程 23m、配管総延長 55m、沈砂池幅 2.0m×長さ 10m)

ピット内洗浄	・・・集砂ピット内に堆積した汚泥等を除去 (工程時間：0.5分)
集砂	・・・沈砂池全体の堆積沈砂を集砂ピットに収集 (工程時間：1.5分)
真空形成	・・・真空ポンプを運転し、レシーバタンク及び揚砂管内を真空にする (工程時間：0.5分)
揚砂	・・・真空ポンプを運転した状態で、空気注入弁、大気吸引弁の開閉により沈砂水をレシーバタンク規定量まで移送する (工程時間：約10分)
沈静	・・・レシーバタンク内の沈砂水を沈静させ、砂を沈降させる (工程時間：約0.5分)
排水	・・・レシーバタンク内の上澄水を排水する (工程時間：約1分) (これにより沈砂分離機の入受槽容量を小さくすることが出来る)
排出	・・・レシーバタンクから沈砂分離機へ沈砂水を排出する (工程時間：約1分)
全工程時間 (約 15分/池)	

## 2.4 維持管理

- ・ 運転・操作は機器付属の動力制御盤による全自動運転となる。
- ・ 機械部品のメンテナンスは主要機器が全て地上にあり、メンテナンス性は良い。
- ・ 維持管理についても日常的なメンテナンスは必要なく、機器の点検頻度も1年に1回消耗部品の点検・交換程度である。
- ・ 作業環境の悪い箇所での定期点検項目はバケットコンベヤと比較すると大幅に軽減されている。

表 2-2 バケットコンベヤと真空揚砂装置の作業環境の悪い場所での定期点検項目比較

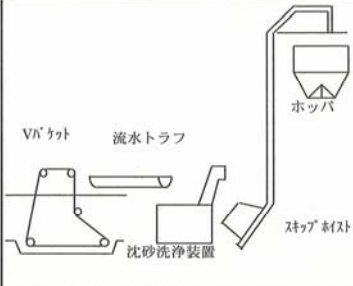
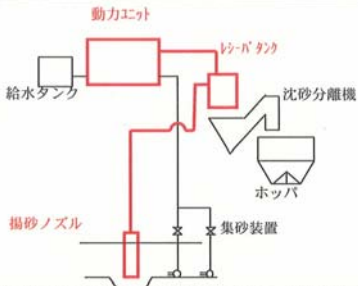
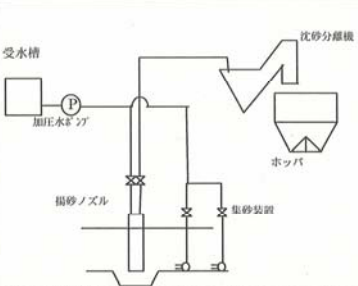
技術名称	定期点検項目
バケットコンベヤ	① 掻き揚げチェーンの張り，磨耗，ピンの確認
	② スプロケットホイール磨耗確認
	③ バケットの蛇行，変形，腐食，チェーンからの離脱
	④ バケットシューの磨耗，破損確認
	⑤ 軸受の破損，スリーブ，ブッシュの磨耗確認
	⑥ レールの浮上がり，沈下確認
	⑦ 塗装剥離や錆，腐食確認
	⑧ ボルト・ナットの緩み
真空揚砂装置	① 揚砂ノズルの破損，変形
	② 集砂ノズルの破損，変形
	③ ボルト・ナットの緩み

## 2.5 経済性

設備を導入（更新）するに当たって、同じ配管輸送方式である噴射式揚砂装置の場合、使用動力が従来のコンベヤ方式と比較し大幅に大きくなるため、受電容量を上げる等電気設備の改造が必要となるケースが多い。真空揚砂設備の動力はコンベヤ方式と同等のため電気設備の改造はほとんど必要なく、設備導入にかかるコストは噴射式揚砂装置と比較すると少ない。

沈砂処理の各方式による比較を行った結果を表 2-3 に示す。

表 2-3 沈砂処理方式別の比較

型式	従来型 (バケットコンベヤ+搬送コンベヤ)	真空揚砂装置	噴射式揚砂装置(ジェットポンプ式)
			
処理説明	Vバケット式沈砂掻揚機により沈砂が掻き揚げられる。流水トラフで移送し、沈砂洗浄装置で洗浄・分離した後のスキップホイストで移送され、ホッパに貯留される。	噴射式集砂装置で集砂ピット部に集められた沈砂を真空揚砂装置でレシーバタンクまで配管移送し、沈砂分離機で分離してホッパに貯留する。	噴射式集砂装置で集砂ピット部に集められた沈砂をジェット式揚砂装置で沈砂分離機まで配管移送し、沈砂分離機で分離してホッパに貯留する。
輸送方式	コンベヤ等による輸送	80A配管輸送	80A配管輸送
輸送揚程	23m	23m	23m
沈砂発生量	0.08m <sup>3</sup> /日・2池(A処理場での実績値)		
揚砂能力	2m <sup>3</sup> /時	0.3m <sup>3</sup> /時	3.6m <sup>3</sup> /時
総合動力	23.5kW	19.3kW	61.6kW
1日の消費電力量	4.7kWh	5.5kWh	13.8kWh
対象池数	2	2	2
動力機器	バケットコンベヤ 2.2kW×2 沈砂洗浄装置 3.7kW+5.5kW 沈砂スキップホイスト 5.5kW 沈砂ホッパ 2.2kW×2	真空揚砂装置 13.4kW (今回対象機器、コンプレッサ含) 沈砂分離機 1.5kW 沈砂ホッパ 2.2kW×2	エジェクタ用加圧水ポンプ 55kW 沈砂分離機 2.2kW 沈砂ホッパ 2.2kW×2
機器費	100	80	90
維持管理性	× 水中部に塗装、回転部あり	○ 水中部に塗装、回転部なし	○ 水中部に塗装、回転部なし
設置スペース	大 コンベヤ類がならび、作業導線確保が難しい	小 機器類がコンパクトで、設置自由度が大きい	中 大型水槽、大型分離機が必要であり、設置できない場合がある。

## 2.6 将来性

高揚程対応が可能なこと、閉塞に強い特性より、環境の悪い箇所からの配管輸送方式として普及の可能性がある。

## 2.7 獨創性

真空吸引に少量の空気注入を行いながら見掛の比重を軽くし、輸送を行う連続配管輸送方式は従来もあったが、真空吸引により引き上げた水柱下部を圧縮空気注入により水面と切り離し、以降の輸送を圧力差を利用したプラグ輸送とすることで沈砂水の吸引及び輸送スピードが上がり、低動力でも高濃度の沈砂を閉塞なく輸送することが可能となった。また、プラグ輸送を効率よく行うために適所にプラグ再形成装置(中継ポット)を設置することで高揚程(60mの実績あり)にも対応可能となった。

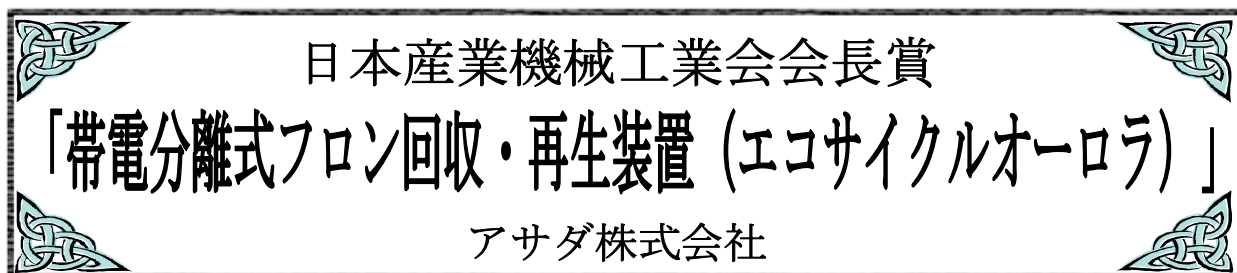
## 3. 応用分野

大深度雨水貯留管からの揚砂設備としての60mの高揚程揚砂の実績がある

雨水貯留管揚砂設備仕様

- 真空ポンプ動力：30 kW
- 輸送管口径：100A
- 総輸送距離：100m
- 能力：50L/分以上（沈砂水）





## 1. 開発経過

### 1.1 開発経過

冷凍空調機等に冷媒として使用されているフロンはオゾン層破壊問題、地球温暖化防止の観点から、平成 19 年に改正フロン回収・破壊法の施行によって、業務用冷凍空調機器の修理時、廃棄時に回収、破壊が義務付けられた。しかしフロンの廃棄時の回収率は 30%と横ばいに推移している。これは、京都議定書目標達成計画で挙げられた 2010 年度までに回収率 60%の半分しか達成していない。この一因として、廃棄者の経済的負担が考えられる。回収したフロンは破壊処理され、その費用は約 600 円/kg であり、フロンを 20kg 回収した場合は 12,000 円となる。

また、(社)日本冷凍空調設備工業連合会の調査によると、冷凍空調設備工事会社の 75%以上が新品フロンの入手難に直面していることがわかった。この入手難の背景にはフロンの原材料で、レアアースである蛍石の世界的な需要の高まりとレアアースの輸出規制があげられる。これに伴いフロンの価格 (R410A) も、過去 1 年間の平均は約 1.5 倍に上昇している。

今後高騰しつつある新品フロンの入手に費用を割かなければならないユーザーとしては、フロン破壊費用が負担となってくる。そこで、安価で、小型、移動式のフロン回収・再生装置をユーザー所有できれば、フロン破壊費用が不要となり、自身で再生することができ経済的負担が軽減される。そして破壊という念头にあるフロンが、再生という循環型社会の形成の認識に切り替わることで、フロンの回収率を高めていく効果も考えられる。この相乗効果によるフロン回収率の増加がオゾン層保護に繋がっていく。ユーザーの経済面と地球環境保護の手助けを目的とし、フロン回収・再生装置の開発が着手されることとなった。

さらにただ安価、小型というわけではなく再生純度が高く、再生速度も速い回収・再生装置をという最終目標が掲げられた。そこで、導入されたのが、世界初の特許技術帯電分離である。帯電分離技術は当社が行っていたプラズマの研究から派生したものであり、豊橋技術科学大学と研究開発を重ね、ついに、帯電分離式フロン回収・再生装置 (エコサイクルオーロラ) が完成した。

### 1.2 共同開発

本研究開発は、平成 18 年度中小企業地域新生コンソーシアム研究開発事業 (管理法

人：中部科学技術センター）に採択され、豊橋技術科学大学大学院工学研究科水野彰教授とともに、基礎技術となる帯電分離技術の研究を行った。帯電分離技術の製品化、設計、改良は弊社でおこなわれた。また再生したフロンは独立行政法人産業技術総合研究所に分析を依頼し、フロンが新品同様に再生できることを確認した。

## 2. 装置説明

### 2.1 構造、原理

冷凍空調機器から回収された使用済み冷媒には劣化したオイル（圧縮機の潤滑を目的として冷媒と共に封入される冷凍機油）、水分等が含まれており、これらを除去することでフロンは新品時の性能に戻すことができる。

フロン再生の手順は、まず液状フロンを油分離装置（オイルセパレータ）にてガス化することでオイル等を除去する（図 2-1 ①部分）。その際ガス化したフロン中には僅かなオイルミストや水分が 1%(w/w)ほど含まれている。帯電分離技術ではこれらの不純物を管路に設置したニードルバルブとの摩擦によって帯電させ、電界集塵装置で除去する（図 2-1 ②部分）。電界集塵装置通過後、水分が高性能フィルタドライヤ（吸着剤）で除去され、フロンは新品同様に再生される（図 2-1 ③部分）。



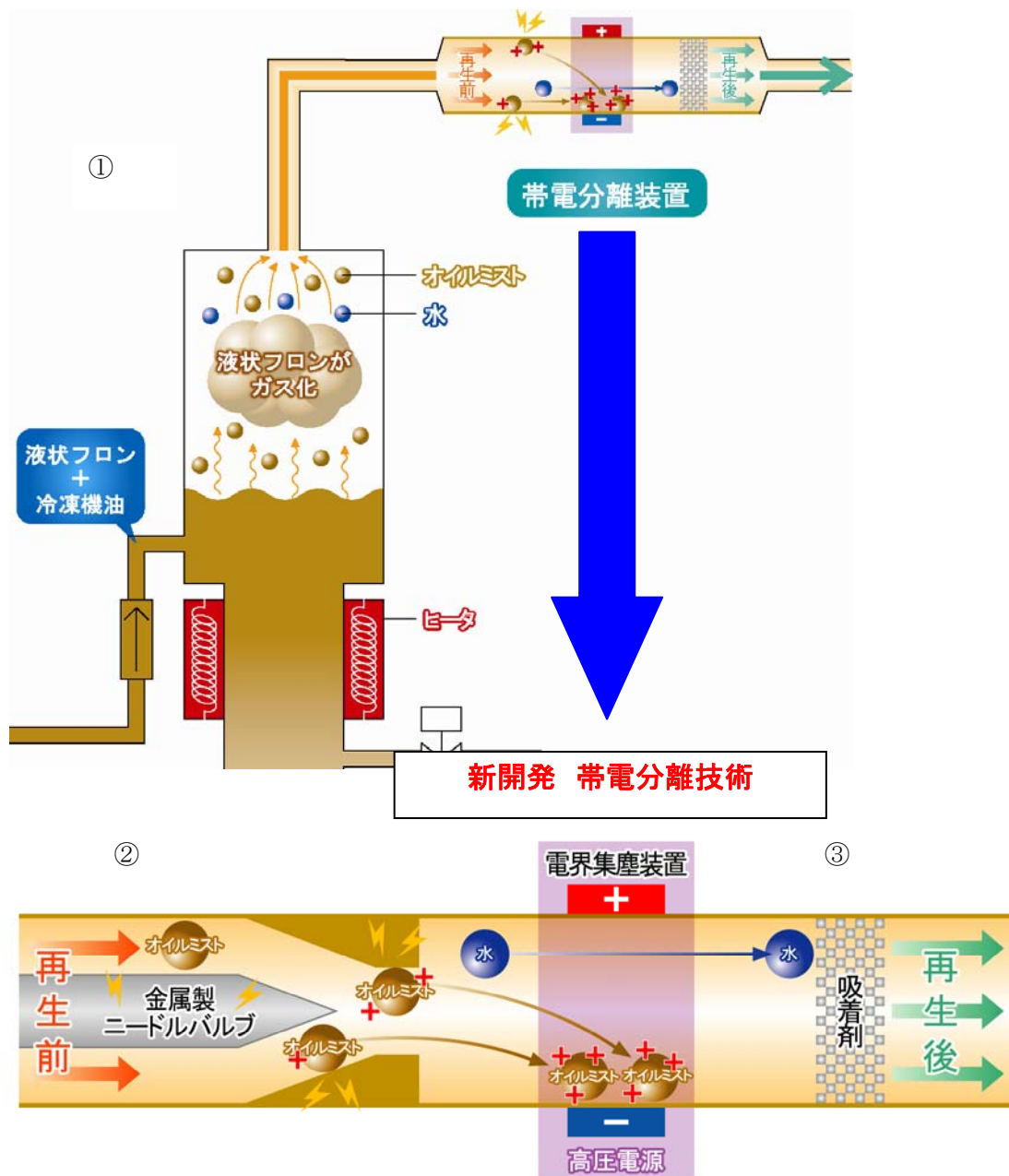


図 2-1 フロン再生機構のイメージ図

## 2.2 特許の有無

発明者氏名	発明考案の名称	登録番号 (出願番号)	登録年月日 (出願年月日)
大野 誠 水野 彰	静電式フロン再生装置	4486584 (2005-343031)	2010. 4. 2 (2005. 11. 29)
大野 誠 水野 彰	フロンの再生装置	4972573 (2008-25826)	(2008. 2. 6)
大野 誠 水野 彰	フロンの再生装置	(2008-60646)	(2008. 3. 11)

## 2.3 性能

(エコサイクルオーロラ) は帯電分離技術を採用したことにより、R22 再生冷媒のフロン品質基準値 (RRC1001) に達する高純度再生が可能である。R22 再生冷媒のフロン品質基準値 (RRC1001) が水分(wt)0.002 以下、蒸発残分(wt%)0.01 以下、オイル分 0.01 以下に対し、(エコサイクルオーロラ) では水分(wt%)0.0007、蒸発残分(wt%)0.005、オイル分 0.005 まで再生できる。

再生速度に関しては、従来の回収・再生装置よりも高速である。従来の回収・再生装置は油分離装置 (オイルセパレータ)、フィルタドライヤを使用した簡易再生法である。この方式だと、完全にオイルを除去するためには、回収・再生装置を 2 回以上通す必要があるため、全体の作業時間が長くなり、再生速度が遅くなる。帯電分離技術では、オイルセパレータを通しただけでは逃してしまうオイルミストを確実に除去できるため、回収・再生装置にフロンを 1 回通すだけで高純度にフロンを再生することができ、再生速度は速い。

また今後世界規模での普及が予想される混合冷媒フロン R410A は沸点の近い二種類のフロンによって構成されている擬似共沸冷媒であり、再生を適切に行い、組成の変化を最小限に押える必要がある。(エコサイクルオーロラ) は液状フロンを直接吸引し、液状でポンペにフロンを充填するため、組成の変化を最小限に抑えた R410A が再生可能である。小型で移動式であり、比較的安価なフロン回収・再生装置を開発することで、中小規模の冷凍空調設備会社やメンテナンス会社も自社でフロンの再生が行なえるようになり、よりフロン再生に対する意識を高めることができる。さらに、ユーザーの使い易さを考慮し、フロン再生の操作は 3 つのバルブを使用するのみであり、フロン再生完了時には自動で停止するようになっている。これは、ユーザーが日頃使用しているフロン回収装置と同じ操作方法であり、フロンを再生するにあたって、新規に操作方法を習得する必要はない。

## 2.4 維持管理

メンテナンス性は良く、オイルセパレータに溜まったオイルはバルブの開閉で排出することができ、高性能のフィルタドライヤ（吸着剤）も工具を必要とせずケースの蓋を外すだけで交換できる。

また R22 と R410A では使用している冷凍機油の種類が異なるため、オイルインコンプレッサを使用する機器の場合、オイルの入れ替えを行わなければならない。（エコサイクルオーロラ）はオイルレスコンプレッサを使用しているため、フロンの種類によってオイルの入れ替えが不要であり、作業時間が短縮できるという点でも評価を得た。

さらに、現場での作業性にも優れている。冷凍空調機器のコンプレッサが焼損等し、オイルや酸分が配管内に残った場合の冷媒配管を洗浄する必要がある。この際現場に回収・再生装置を持ち込み、汚染されていないフロンを機器内に循環させ、フロンに汚れを吸収させるのだが、2～3 回循環させるため、汚れたフロンを再生し、すぐにまた機器内に流さなければならない。主にこの作業がおこなわれるのは、室外機が設置してある屋上である。（エコサイクルオーロラ）は丈夫な大型キャスターがついているため回収現場への移動が簡単であり、丸みを帯びたデザインであるため、運搬時に壁や床を傷つけることがない。

## 2.5 経済性

エコサイクルオーロラを使用した場合、数ヶ月で初期投資分の費用を回収することが可能である。例を挙げると、エアコンに R410A の冷媒が 20kg 充填されていた場合、この冷凍空調機を修理する場合を想定すると、フロン回収、フロン破壊処理、新品フロンを機器充填する必要がある。回収は自社で行うとして、フロンの破壊費用は 600 円/kg、現在のフロン R410A の価格は約 2,500 円/kg であるため、破壊に 12,000 円、新品フロンに 50,000 円かかり、計 62,000 円の負担となる。一方フロンを再生すれば、破壊費用と新冷媒費用が不要になるため、理論上費用はかからない。機器の標準価格は 670,000 円を想定しているため、216kg のフロンを再生すれば採算がとれることになる。これまでにエコサイクルオーロラを購入したユーザーの内 1 社は、年間 2t のフロン再生を行なっているため、数ヶ月で採算がとれる。

フロン回収・再生装置を購入されたユーザーの中には、再生処理事業を新しく開始した方もいる。フロンの再生がユーザーにとっても新しいビジネスチャンスのきっかけとなっており、このような新規ビジネスモデルが更に普及していく可能性がある。

## 2.6 将来性

オゾン層を破壊する R22 から非破壊の R410A への転換が今後進むと、混合冷媒 R410A の回収が増えてくるため、R410A も再生可能なフロン回収・再生装置の必要性が高まってくる。組成の変化を最小限に抑えることのできる（エコサイクルオーロラ）は将来的

なニーズにも応えているといえる。

この転換は日本のみならず、ヨーロッパは R410A への切り替えが大幅に進んでおり、今後は中国においても、R410A の需要の増加が予想される。既に価格が高騰しつつある R410A の需要がさらに世界規模で拡大していくことが想定されるため、R410A を積極的に再生していく必要がある。

R22 に関しても、発展途上国にはまだ多く流通しており、使用可能なフロンについては現地で高純度に再生可能なフロン回収・再生装置で再生し再利用していくことが望ましいと考えられている。

またフロンの再生は破壊に比べて環境負荷が低いことが確認されている。冷媒回収推進・技術センターが発表した「冷凍空調用冷媒の RRC における再生利用と破壊処理の LCA 比較」によると、回収したフロン 1t 当たりの再生処理における CO<sub>2</sub> 排出量を LCA 手法で比較したところ、再生処理が破壊処理に比較して、CO<sub>2</sub> の排出量が 12 分の 1 であることがわかった。また同じく「RRC における回収冷媒の再生利用と破壊処理の LIME 手法を用いた LCA 比較」では、CO<sub>2</sub> に加え、NO<sub>x</sub>、So<sub>x</sub>、排水、廃棄物等が LIME で比較されたが、結果、再生処理は破壊処理と比較して、環境的被害額は 24 分の 1 となることが判明した。フロンの大気放出によるオゾン層破壊、地球温暖化のみならず、フロン破壊にかかる CO<sub>2</sub> を削減できるため、地球環境の保護に大いに貢献ができる。

## 2.7 独創性

現在フロン再生方法は、蒸留塔を使った蒸留再生法と油分離装置（オイルセパレータ）、フィルタ（吸着剤）を使用した簡易再生法の 2 つがある。蒸留再生法はフロン再生のプラント設備であり、能力は 100kg/時と高いが、数千万円の費用を要する。一方、簡易再生法の装置は価格が数百万円であり、蒸留再生法と比較して安価ではあるが、再生能力が低く、高純度に再生する場合は、オイルセパレータで取り除くことのできなかつたオイルミスト等を除去するため、フロンを回収・再生装置に 2 回以上循環さなければならない。

これに比べ、（エコサイクルオーロラ）は従来に比べ、比較的 low 価格で、世界初帯電分離技術を採用したことにより、回収・再生装置にフロンを 1 回通すだけで R22 再生冷媒のフロン品質基準値に達する高純度再生が可能である。また帯電分離技術を採用することで、コンパクトな回収・再生装置を実現したため、従来の大型機械というイメージから、ユーザーが日常業務で取扱いができる小型装置というイメージに転換ができた。

また、フロン回収、破壊、再生装置の全てを開発、販売しているのは、世界でも弊社のみである。回収、破壊、再生機器の長年の開発によって得られたノウハウを生かして（エコサイクルオーロラ）の設計を進めていった。技術だけが突出するのではなく、実用性も考慮されたのが（エコサイクルオーロラ）の特長である。

## 2.8 今後の規制に対する対応策

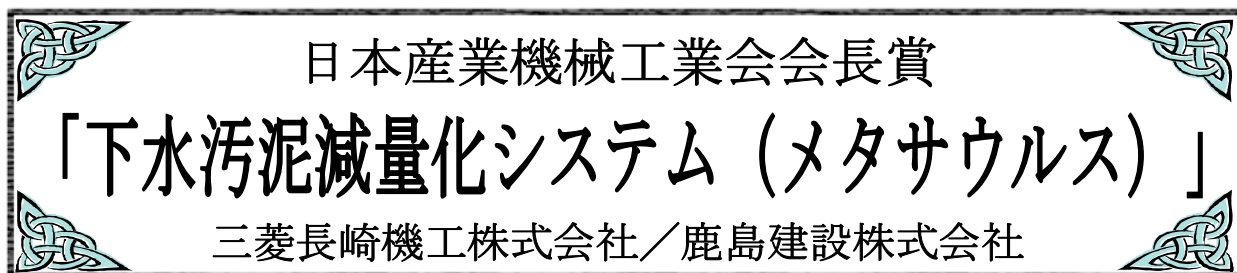
今後 R22 は先進国で 2020 年に生産が全廃されるので、代わりに R410A が増加していくことが考えられる。R22 の生産が規制されると、現存の R22 の機器を使用し続けたいユーザー向けにフロンを確保しておく必要があり、新品ではなく再生フロンの需要が高まっていくと考えられる。そのためにも、更に安価で、新規参入業者でも簡単に使用できる装置を設計し、またランニングコストが負担にならない消耗品を開発していく必要がある。

## 3. 応用分野

以下の分野でのフロン回収・再生への応用が可能と考えられる。

- ・冷凍、空調機メーカー製造ライン
- ・冷凍空調機器修理、メンテナンス業者
- ・フロン回収業者
- ・産業廃棄物処理業者
- ・自動車修理業者
- ・自動車解体業者





## 1. 開発経過

### 1.1 開発経過

- ・平成17年8月に「**メタサウルス**」のコア装置である「循環型連続式水熱反応器」の社内開発を開始し、平成18年11月に完成。
- ・これを受けて平成19年4月から「**メタサウルス**」の社内実験設備の設計・建設を開始し、平成19年10月より下水汚泥を用いた実験を開始。
- ・社内実験の成功を受けて、平成20年10月に独自予算で10T/日規模の実証プラント建設に着手し、平成21年4月に長崎市西部下水処理場内に完成。
- ・平成21年5月～平成23年1月まで約14,000時間強にも及ぶ24時間連続運転でデータを採取し、平成23年3月に（財）下水道新技術推進機構殿より「新技術研究成果証明書」を受領した。

### 1.2 共同開発

- |                |   |   |
|----------------|---|---|
| 三菱長崎機工(株)      | : | <ul style="list-style-type: none"> <li>・全体設計調整</li> <li>・前処理から、水熱処理までの詳細設計</li> <li>・工事管理、運転、設備維持管理</li> <li>・技術マニュアルの原案作成</li> </ul>       |
| （財）下水道新技術推進機構殿 | : | <ul style="list-style-type: none"> <li>・実施設計での助言・指導</li> <li>・運転時の助言・指導並びに評価</li> <li>・最終技術評価、マニュアル作成、普及活動</li> <li>・地方自治体との交渉窓口</li> </ul> |
| 鹿島建設株式会社殿      | : | <ul style="list-style-type: none"> <li>・高速高効率メタン発酵から、バイオガスの精製までの詳細設計</li> <li>・技術マニュアルの原案作成</li> </ul>                                      |

## 2. 装置説明

### 2.1 構造、原理

下水処理の過程で排出される汚泥（生汚泥、余剰汚泥）に、前段で連続水熱処理（図 2-1 の②）を施し、下水汚泥中の有機物を、酢酸を中心としたカルボン酸類濃度が最も高くなるように加水分解し、後段の高速高効率消化処理（図 2-1 の⑤）にて、この分解液を僅か5日という、従来の 1/6 程度の短期間で高速高効率にバイオガス（メタン 65vol%、二酸化炭素 35vol%）転換する全く新しい下水汚泥の処理技術である。

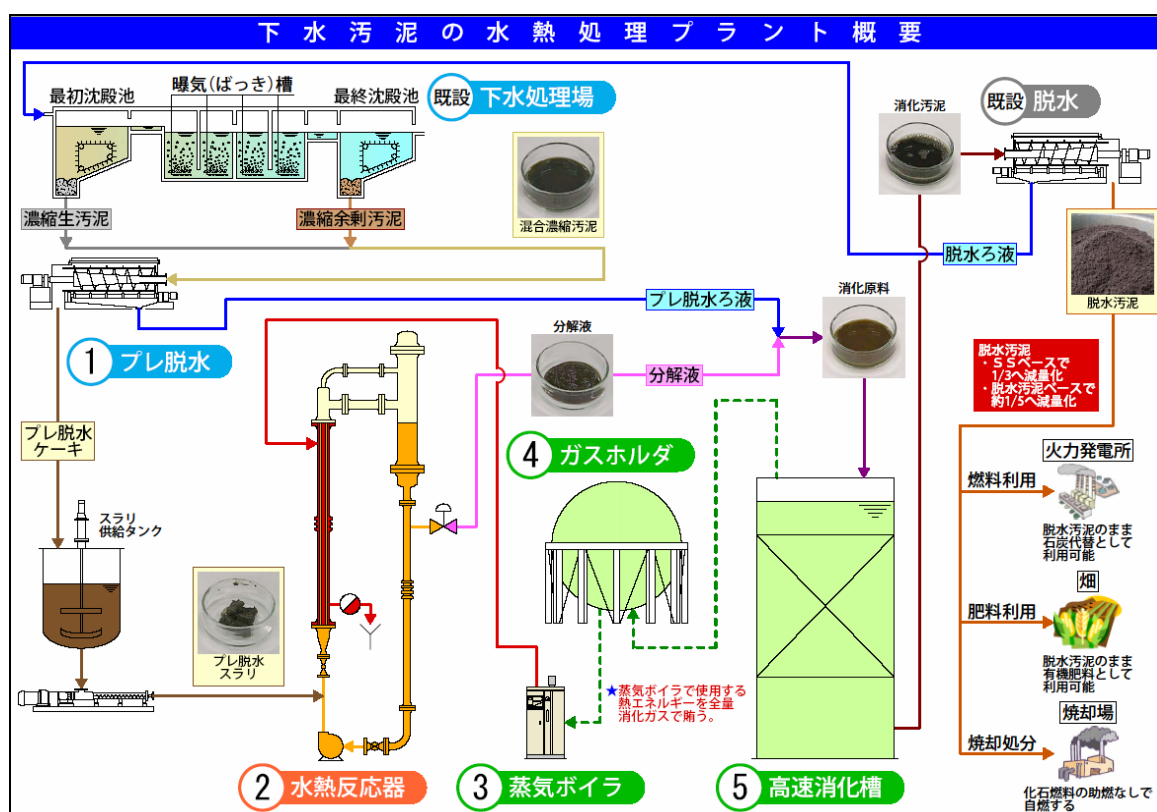


図 2-1. メタサウルの概略フローシート

### 2.2 特許の有無

- ・ 特許出願 2 件

- ① 特願 2011-69046 汚泥の亜臨界水反応利用型メタン発酵処理方法及びシステム  
提出日 平 23. 3. 27
- ② 特願 2011-69047 亜臨界水反応利用の汚泥メタン発酵処理方法及びシステム  
提出日 平 23. 3. 27

### 2.3 性能

以下 4 つの性能（特徴）から、これまで産業廃棄物として処理されてきた下水汚泥を、



ゼロ・エミッション化させることが可能となり、引いては汚泥処分費の大幅削減が図れる。

(1) 熱源に化石燃料を用いないで、脱水汚泥を 1/5 に 減量化する

- ① 連続水熱処理で使用するエネルギーは、高速高効率消化処理にて発生したバイオガスのみで賄うことができるため、原則、化石燃料を用いない。
- ② 最終の脱水汚泥は、従来の脱水汚泥に比べ1/5に減量化されている。

(2) 温室効果ガスの大幅削減が図れる

- ① メタサウルスによって産み出されるエネルギー量（バイオガス及び残渣）は、メタサウルスで消費される熱エネルギーを上回っている。
- ② しかも産み出されたエネルギー自身は、カーボンニュートラルエネルギーであるため、従来処理（焼却、炭化）に比べて温室効果ガスの排出量が大幅削減できる。

(3) 最終残渣（脱水汚泥）は、そのまま燃料として利用可能である

- ① 汚泥をバイオガスに転換させた後の残渣は、燃料処理を施すことなく、そのまま燃料として利用可能な状態になっている。

(4) 脱水汚泥は、そのまま肥料としても利用可能である。

- ① 同様に、汚泥をバイオガスに転換させた後の残渣は、コンポスト処理を施すことなく、そのまま肥料として利用可能な状態になっている。
- ② このことで、下水汚泥の中からリンを抽出しなくとも、リンのリサイクルが可能となった。

## 2.4 維持管理

- ・ 運転・保守が容易で、設備稼働率が高い。
  - ① プラント自身がシンプルなプロセスで構築されているため、適正な予備機を配置しておくことで、ほぼ100%の設備稼働率が達成できる。
  - ② メタサウルスの導入による人員の増加も原則必要ない。

## 2.5 経済性

- ・ 新技術として認証される指標として、『従来の脱水汚泥 1 t 当たりの処理単価が、16,000 (円/ t)』以下というものがあるが、メタサウルスでは販売対象の規模であれば、8,000~12,000 (円/ t) 程度を達成できる見込みであり、他の汚泥処理技術を大きくリードしている。

- これらの規模であれば、導入自治体が投資した資金（国の補助金を除く）を、数年～10年以内に投資回収できる経済性がある。

## 2.6 将来性

- これまで述べてきた『汚泥処理単価が類似技術の中で最安クラスであること』、『温室効果ガスの削減量が類似技術の中では最大であること』、『運転保守が容易であること』等々から総合的に判断しても、これから数年～十数年の間は最も普及が進む技術であると確信している。
- 既に、九州経済連合会が進めている「アジア環境技術輸出研究会」の中でも「コア技術」に採用されている。

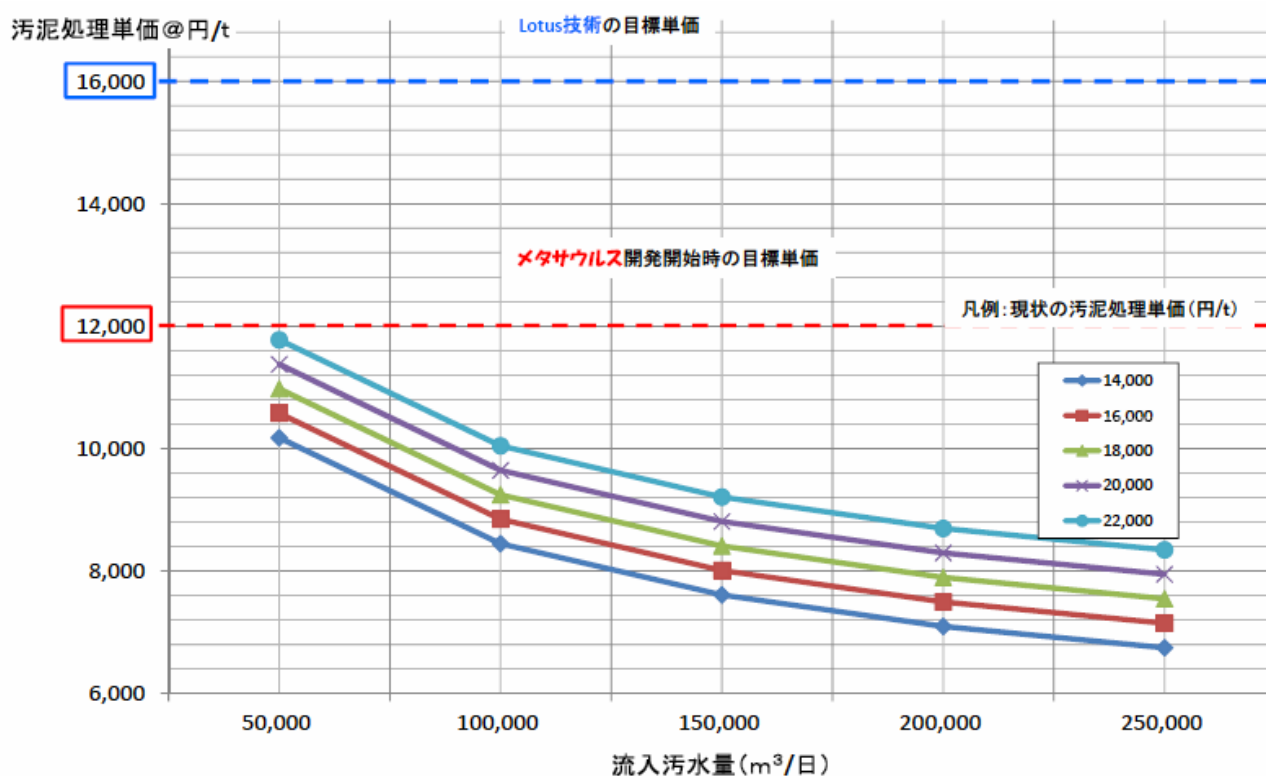


図 2-2 メタサウルスの汚泥処理単価

## 2.7 独創性

- メタサウルスのコア装置である「循環型連続式水熱反応器」は、これまでの水熱反応器の欠点であった「焦げや付着、閉塞」等々の問題を解決する画期的なもので、当社独自のものである。
- また、エネルギー化・減量化処理を施した後の最終残渣は、通常であれば産業廃棄物であるが、この時点で既に「燃料」「肥料」の有価物になっているプロセスは、

これまでの「燃料化」「肥料化」のプロセスと全く真逆の発想である。

## 2.8 今後の規制に対する対応策

- ・現状、各種の国内法規・規制に照らし合わせてみた場合、未解決の部分はない。

## 3. 応用分野

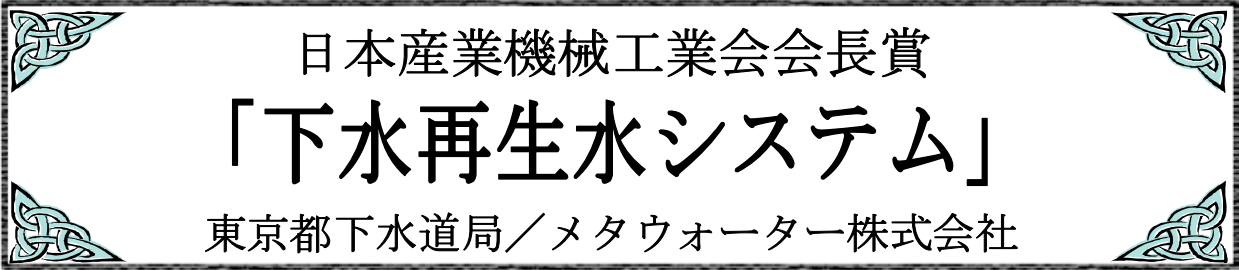
- ・ メタサウルスは、下水汚泥以外でも「有機物スラリー」（例：し尿処理汚泥、家畜糞尿、生ゴミ、精肉後の屠畜残滓、賞味期限切れ食品、規格外野菜）であれば、同様の処理が可能である。
- ・ メタサウルスは「温室効果ガスを排出しない次世代型下水汚泥固形燃料化技術」というテーマで、平成 24 年度国土交通省の下水道革新的新技術実証事業(B-DASH プロジェクト)に採択された。

実証フィールドとなる長崎市東部下水処理場は「東長崎エコタウン構想」の主要施設の1つでもある。

「東長崎エコタウン構想」とは文部科学省「緑の知」拠点事業ならびに経済産業省の「次世代エネルギー技術実証事業」より採択を受けている。この地域をフィールドとした総合的エコ事業の名称である。地域内には、中央卸売市場や熱電併給施設、野菜の生産地域もあり、隣接する中央卸売市場で発生した規格外野菜を、下水汚泥と一緒に処理を行って、固形燃料を製造する。この固形燃料を、熱電併給施設で利用して発電することでCO<sub>2</sub>を排出しない循環型エコタウンを実現する。また固形燃料は肥料としても利用され、そこで生産された馬鈴薯等が中央卸売市場を経由して、各家庭で消費されるなど、メタサウルスを導入することで、地域の有機資源としてのリサイクルも可能となる。

このようにB-DASHプロジェクトでメタサウルス技術を中心に実証研究を行って得られた成果は、市民生活に密着した地域施設を有機的に連携させ、理想的な循環型社会の構築に活用される。





日本産業機械工業会会長賞  
「下水再生水システム」  
東京都下水道局／メタウォーター株式会社

## 1. 開発経過

### 1.1 開発経過

我国は、比較的水資源に恵まれている。しかし、近年地球温暖化に起因する気候変動により、降水量の変動が大きくなっており、極端に小雨な年が増加している。一方、都市化の進展等により都市部の水辺空間が失われてきたが、近年市民の憩いの場として水辺空間の存在が再認識されるようになってきた。また、都市部の新規大規模施設への中水道利用やヒートアイランド対策のための道路散水など、都市部での水需要が多くなっている。

下水処理水は、比較的水質変動が小さく、水量も多量で安定している。また、下水処理場は水需要の多い都市部に隣接しており、長距離を輸送する必要もない。さらに、新たな水資源開発による生態系への影響が小さい。そのため、都市内部の貴重な水資源として下水処理水の再利用が注目されている。東京都は『2020年の東京』で、世界で最も環境負荷の少ない都市の実現をめざし、下水処理水を都市の貴重な水資源として活用することを掲げており、都市開発等に併せて再生水の利用拡大を推進している。

下水再利用設備としては、砂ろ過を利用した設備などがあったが、着色や臭気等の問題があった。

そこで、東京都下水道局とメタウォーター（株）（当時・日本ガイシ（株））は、平成18年度から3年間共同で下水再生水システムの開発を行った。その結果、オゾンとセラミック膜の特長を生かした新しいシステムを開発した。

### 1.2 共同開発

共同開発者：東京都下水道局、メタウォーター株式会社

役割分担：東京都は下水処理に関して多くの知見を有しているが、下水への膜ろ過設備導入に対する知見が少なかった。一方、メタウォーターは、上水を中心にセラミック膜ろ過設備を導入しており、上水に対するセラミック膜ろ過設備の設計思想は有していたが、下水に適用する場合の知見に乏しかった。そこで調査結果を双方が得意とする見地から議論することにより、双方が不足する知見を補完し合いながら再生水造水システムの開発を行った。また、費用は折半とした。

期間：平成18年7月～平成21年3月

## 2. 装置（システム）説明

### 2.1 構造、原理

本システムは、生物処理・オゾン処理・凝集・セラミック膜ろ過の四工程からなる。  
図 2-1 に概略システムフローを示す。

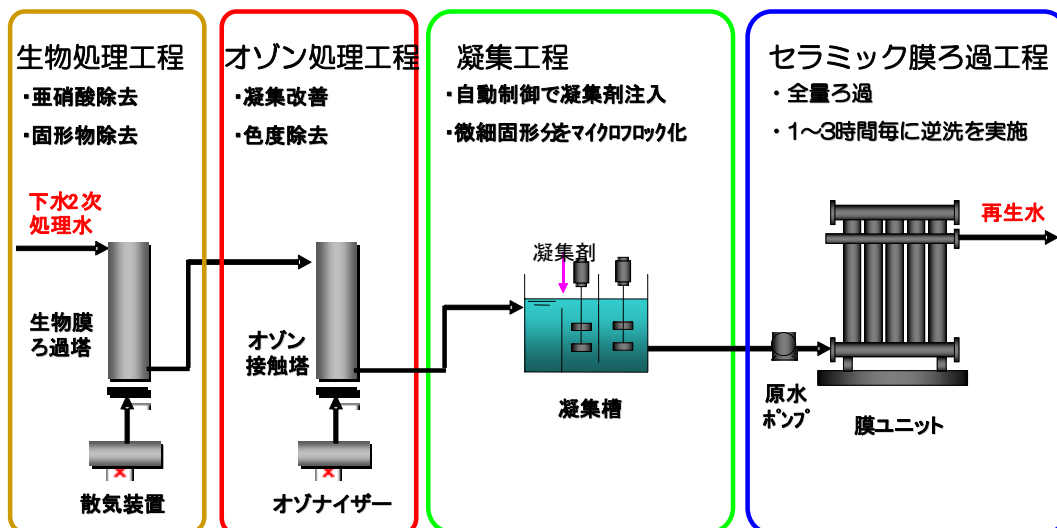


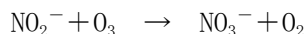
図 2-1 概略システムフロー

#### (1) 各工程の役割

各工程の役割は以下の通りである。

##### ①生物処理工程

原水中に亜硝酸が存在すると、亜硝酸は次式の反応により、オゾンを多量（3.4mg-O<sub>3</sub>/1mg-N）に消費する。



そこで、生物処理により亜硝酸を除去し、オゾン処理工程での亜硝酸によるオゾン消費を防止する。

また、固形物および有機物質（BOD）等を除去し後段のオゾン注入量や凝集剤添加量を削減する。

##### ②オゾン処理工程

オゾンは強力な酸化剤であることから、色度成分や臭気成分の分解も可能である。また、殺菌作用により細菌等を死滅させることができる。さらに、原水中の微細固形物は、オゾンにより表面性状が改質され、凝集が容易となる。

##### ③凝集工程

オゾン接触後の水に凝集剤を加え原水中の微細固形物を粗大化し、セラミック膜内部での膜閉塞を防止する。

後段のセラミック膜との組み合わせにより、有機物・リン・ウィルスが除去できる。

#### ④セラミック膜ろ過工程

膜ろ過は、再生水利用で一般的に用いられる砂ろ過に比べてはるかに高い除濁、除菌効果を有している。セラミック膜ろ過は膜孔径が  $0.1\mu\text{m}$  と微小な孔であるため、 $0.1\mu\text{m}$  以上の大きさの細菌・原虫及び夾雑物や懸濁物質の除去が可能である。

膜材としてオゾン耐性、薬品耐性及び高強度のセラミック膜を用いることにより、再利用水としての水質面の向上、オゾンと凝集による膜目詰まりの抑制および膜の高フラックス化を実現して、低廉で高品位な再生水を製造できることが期待できる。

表 2-1 にセラミック膜の仕様を、図 2-2 と図 2-3 にセラミック膜の構造を示す。

セラミック膜は二種類のチャンネルからできている。一つは原水チャンネル、もう一つは処理水チャンネルである。セラミック膜孔径は  $0.1\mu\text{m}$  の精密ろ過膜 (Microfiltration=MF 膜) であり、原水チャンネルの壁面に設けられている。原水チャンネルは、 $\Phi 2.5\text{mm}$  径で約 2,000 個の穴からなり、セラミック膜面積は  $24\text{m}^2$ /本である。

原水はまず原水チャンネルに導入され、原水チャンネル壁面の分離膜を通してろ過される。膜ろ過水は処理水チャンネルに集められ、処理水集水スリットを通して得られる。

表 2-1 セラミック膜の仕様

膜孔径	$0.1\mu\text{m}$
材質	セラミック
大きさ	$\Phi 180\text{mm} \times 1.5\text{mL}$
原水チャンネル径	$\Phi 2.5\text{mm}$
ろ過面積	$24\text{m}^2$

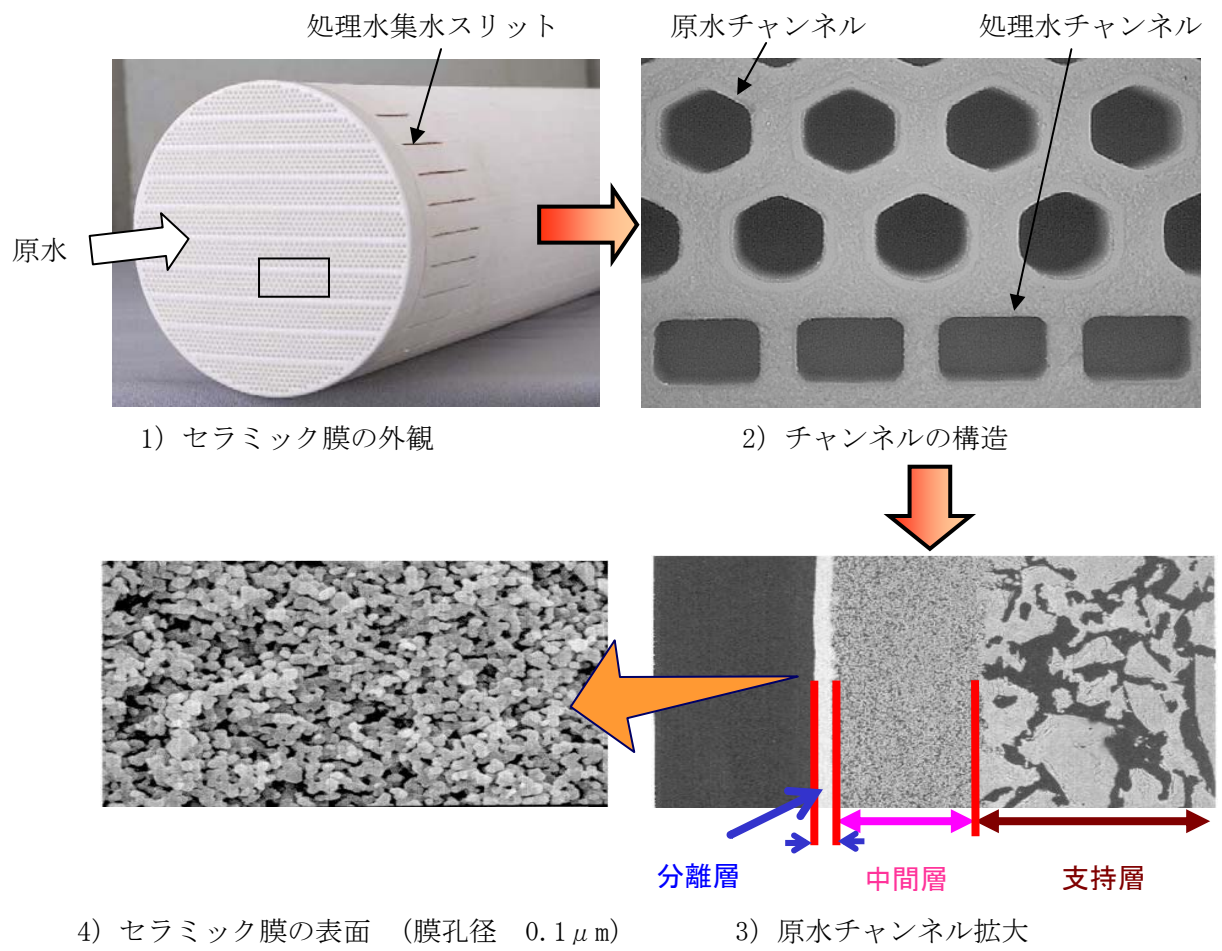


図 2-2 セラミック膜



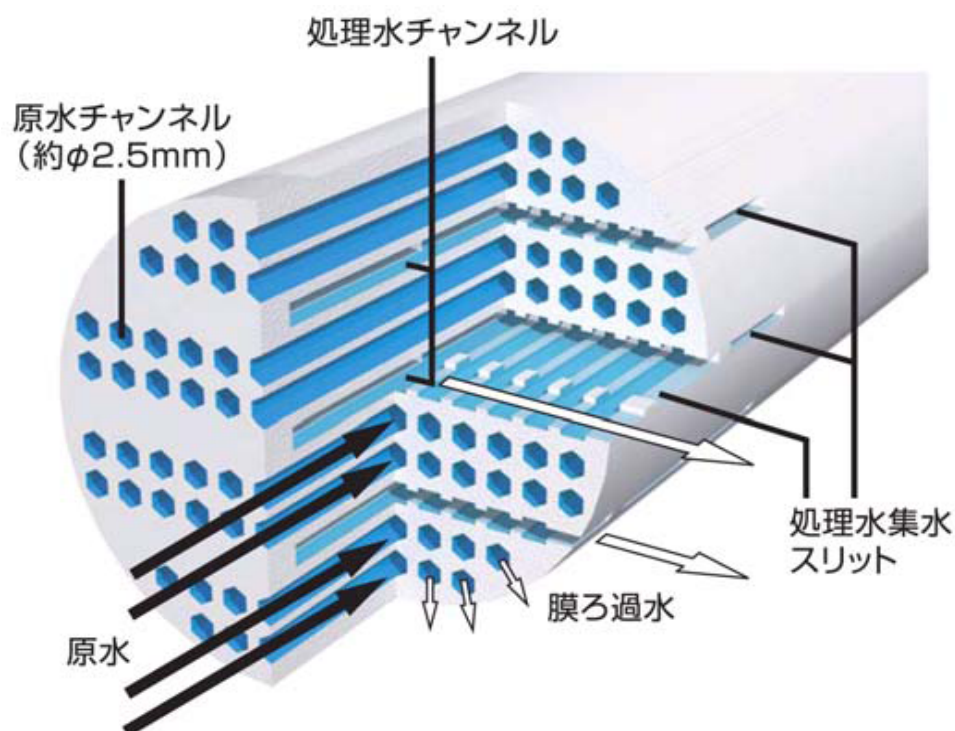


図 2-3 セラミック膜の膜ろ過経路模式図

## (2) セラミック膜の特徴

### ①機械的強度が強い

内圧破壊強度が 2MPa 以上と極めて高い。そのため、高い圧力による強力な逆圧洗浄を行っても、膜は破損しない。

### ②化学的安定性が高い

無機材料を用いているため、使用開始直後でも不純物の溶出がなく、すぐに膜ろ過水が得られる。また、無機材料は化学的に安定なため、耐薬品性も高い。そのため、薬品を用いた洗浄も高濃度で行うことが可能であり、膜ろ過流束を回復できる。

### ③膜交換周期が長い

下水処理場へのセラミック膜の導入実績はない。しかし、浄水場においては、最長約 12 年間、膜交換もなく安定して連続稼働している。このことから下水処理場においても膜交換を行わず 10 年程度の長期間連続運転が可能であると考えられる。通常の機械設備の寿命は 20 年程度であり、この間の膜交換は 1 回であるため、膜交換に伴う設備停止や膜交換費用が少なくて済む。

### ④透水能力が高い

セラミック膜の純水透過性能は  $40\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$  ( $25^\circ\text{C}$ 、 $100\text{KPa}$ ) と高分子系の MF 膜や UF 膜と比較して 2~3 倍高い。そのため、同じ膜ろ過流束においては、よ

り低い膜ろ過圧力下で運転可能である。また、消費電力も少なくできる。

### (3) セラミック膜のろ過方式と逆洗方式

セラミック膜ろ過装置は、デットエンドろ過（原水を全量ろ過する方法）のため、原水中の固形物が全量セラミック膜表面に堆積し、徐々に膜ろ過性能が低下する。そのため、定期的に膜面を洗浄する必要がある、下記工程にてセラミック膜ろ過運転を行っている。

セラミック膜ろ過→（薬品逆洗→）水逆洗→ブロー→セラミック膜ろ過

セラミック膜ろ過工程は、セラミック膜ろ過水を得る工程である。この工程では、一定流量にてろ過を行っている。1回のろ過継続時間は、原水水質によって異なるが、下水再生水の場合1～2時間程度である。

逆洗工程は、薬品逆洗工程（CEB：chemical enhanced backwash）と水逆洗工程とブロー工程からなる。

薬品逆洗工程は、低濃度の酸または次亜塩素酸ナトリウム溶液により膜面を洗浄する工程である。本工程は、セラミック膜ろ過工程後に毎回行わず、必要に応じて行う。本工程では、まず処理水中に酸または次亜塩素酸ナトリウムを所定濃度で投入し、そのまま数分間セラミック膜の表面を薬液に浸漬させ、セラミック膜を洗浄する。

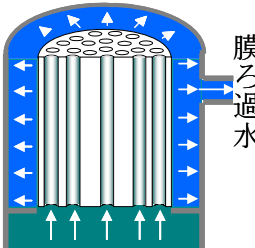
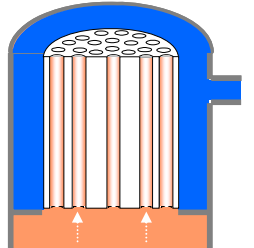
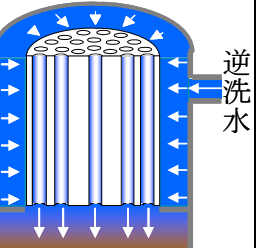
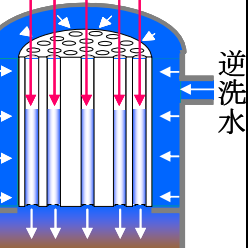
水逆洗工程は、膜面に堆積したケーキ層を膜面から剥離させる工程である。本工程では、セラミック膜の原水側よりセラミック膜ろ過水を高圧で流すことにより、膜面に堆積したケーキ層を膜面から剥離する。

ブロー工程は、セラミック膜のチャンネル内の汚泥を系外に排出する工程である。本工程では、セラミック膜の上部より圧縮空気を噴出させ、水逆洗にて膜面から剥離した汚泥（ケーキ層）をセラミック膜の下部から系外に排出する。

ブロー工程が終了すると、セラミック膜ろ過工程に戻る。

なお、上記膜面洗浄を行っても、徐々に膜閉塞が進行するため、薬品逆洗工程（CEB）とは別に高濃度の薬品を用いた手動薬品洗浄（CIP:cleaning in place）を数ヶ月から数年に1回行う必要がある。

表 2-2 セラミック膜ろ過装置の膜ろ過サイクル

モード 図	膜ろ過工程	逆洗工程		
		酸/次亜逆洗 (CEB)	水逆洗	ブロー
	 原水	 酸/次亜水	 排水	 排水
動作 内容	デットエンドろ過 (全量ろ過)	硫酸/次亜塩素酸ナトリウムによる膜面洗浄	膜ろ過水による 水洗浄	圧縮空気による 汚泥排出
圧力	5-100kPa	—	最大 500kPa	最大 200kPa
保持 時間	1-2 時間	2-5 分	2-20 秒	数秒

## 2.2 特許の有無

全部で 5 件。(名称/出願番号)

- ・再生水製造方法：特願 2008-016213
- ・再生水製造方法：特願 2008-074969
- ・再生水の製造方法：特願 2009-066066
- ・排水再利用方法：特願 2008-527712
- ・再生水製造方法、及び再生水製造システム：特願 2011-505966

## 2.3 性能

本システムの 1 号機は、平成 22 年 4 月より稼働している。

図 2-4 にセラミック膜ろ過設備の稼働状況を示す。図より、平成 22 年 10 月から平成 23 年 6 月下旬まで、膜ろ過流束 4.2m<sup>3</sup>/日以上で稼働していることが判る。この間、セラミック膜は 6 モジュール中、4 モジュールを使用し続け (2 モジュール停止)、膜ろ過流束が 5.6m<sup>3</sup>/日の条件の際には 6 モジュール中、3 モジュールを使用 (3 モジュール停止) した。

またこの間手動薬品洗浄を行わなかった。

従って、約 9 ヶ月間膜ろ過流束 4.2m<sup>3</sup>/日以上で安定的に連続稼働が行えた。

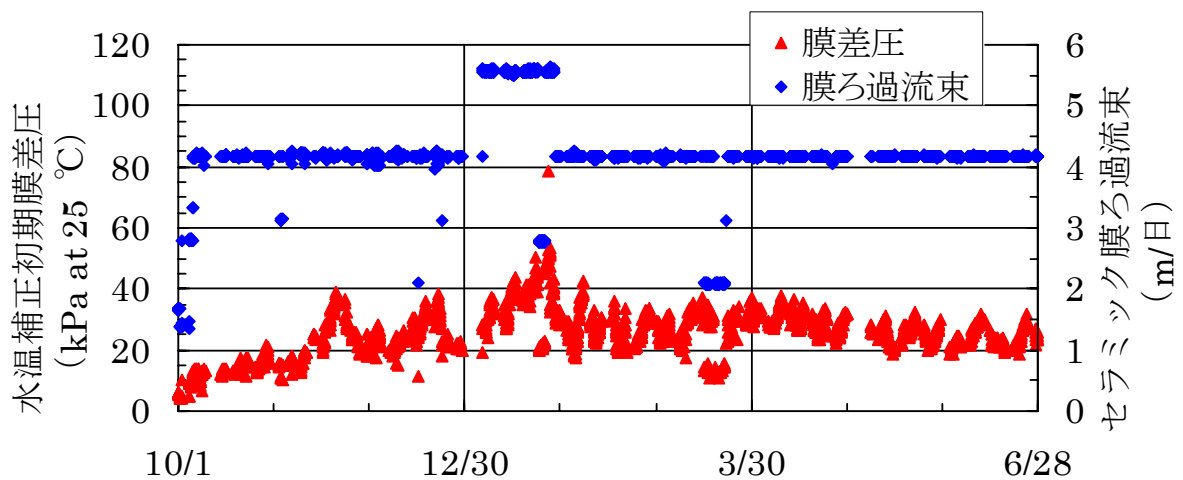


図 2-4 セラミック膜ろ過設備の連続稼働状況

また、表 2-3 に原水と各工程の処理水質の平均値を示す。( ) 内は最小値と最大値を表している。濁度・色度・pH (\*印) は 4 月から 1 月までの毎日の分析データ、それ以外の項目は 4 月から 1 月まで毎週 1 回採取したスポットデータである。以下に各項目の結果について列記する。

- ・SS : 検出限界以下の 1mg/L 以下まで除去できた。
- ・ATUBOD : 原水 (二次処理水) とセラミック膜ろ過水はほぼ同じ値であった。
- ・NH<sub>4</sub>-N : 生物膜ろ過でほぼ除去できた。
- ・NO<sub>2</sub>-N : 生物膜ろ過でほぼ除去できた。
- ・T-P : 原水の 8 割程度を除去できた。
- ・濁度 : 定量限界以下の 0.1 度以下まで除去でき、目標値を達成した。
- ・色度 : セラミック膜ろ過水は 1 度程度であり、目標値の 3 度を達成した。
- ・pH : セラミック膜ろ過水は 6.1~7.5 であり、目標値の 5.8~8.6 を達成した。
- ・大腸菌 : セラミック膜ろ過水では検出されず、目標値を達成した。(採水 1 回/月)

表 2-3 原水と各工程の処理水質の平均値

	原水 (二次処理水)	生物膜ろ過	オゾン	セラミック膜ろ過水	目標値
SS mg/L	1.0 (1-4)	0.1 (0-1)	—	<1	基準無し
ATUBOD mg/L	2 (1-3)	1 (1-2)	—	2 (1-3)	基準無し
T-N mg/L	15 (5-23)	15 (5-24)	—	15 (5-23)	基準無し
NH <sub>4</sub> -N mg/L	3.9 (0-14)	0.7 (0-6)	0.7 (0-6)	0.7 (0-7)	基準無し
NO <sub>2</sub> -N mg/L	0.2 (0-1.2)	<0.1 (0-0.6)	<0.1	<0.1	基準無し
T-P mg/L	0.4 (0.2-0.7)	0.4 (0.1-0.7)	—	0.1 (0.0-0.1)	基準無し
濁度 度	1.6 * (0.3-7.7)	0.4 * (0.1-2.4)	0.2 (0-0.4)	<0.1 * (0-0.6)	<1
色度 度	15 * (4-22)	15 * (4-20)	2.6 (0.9-4.2)	1.0 * (0.1-2.8)	3
pH —	6.8 * (6.2-7.4)	7.0 * (6.5-7.6)	—	6.7 * (6.1-7.5)	5.8-8.6
大腸菌 MPN /100mL	330-2800	70-240	<1.8	<1.8	否検出

( ) 内は最小-最大値、\*印は毎日のデータ、他は週1回採取スポットデータ

## 2.4 維持管理

### (1) 運転・操作性

本システムは、全自動運転となっており、凝集剤注入量や pH 調整等の薬品注入量及びオゾン注入量は、開発時のノウハウ及びこれまでの運転実績から、より最適な制御が行われるように設定がされている。

また、水量及びオゾン注入方法の変更等を含め制御を中央監視室から行えるようになっており、操作性に問題はない。

### (2) メンテナンス性

懸念されていたセラミック膜の手動薬品洗浄周期 (CIP) が運用の結果、3 ヶ月に一度から1年に一度程度と大幅に軽減されたことから、メンテナンス性は良好である。

## 2.5 経済性

表 2-4 に建設費と維持管理費の概略コストを示す。表より設備運転結果からの実績値は、開発時の試算値よりも安価となっており、初期目標を達成できた。

表 2-4 再生水システムの概略コスト

	開発時の試算値	実績値
維持管理費＋償却費 (円/m <sup>3</sup> )	49.8	48.5

## 2.6 将来性

本システムの特長は、オゾン凝集改善に活用する点である。凝集改善とは、オゾン少量添加することにより、原水中に含まれる微細な固形物の表面性状を改質し、固形物が容易に凝集することである。オゾンの使用により、従来の二倍もの膜ろ過流速にて安定したMF膜ろ過運転ができるようになった。このため、設備費を大きく低減することができた。また、オゾンにより、色度や臭気の除去や殺菌もできる。さらに、セラミック膜はオゾンや凝集剤との相性も良く、膜が破損する可能性も極めて小さいので疫学的にも優れている。処理水質についても、濁度 0.1 度以下、色度 3 度程度、無臭、細菌類の除去も可能であり、親水用水基準を十分に満足する極めて良質な水質である。

これらの良質な再生水は、工業用水、中水や洗車用水等、様々な用途に使用することが可能である。

また、国内では瀬戸内海沿岸や四国及び九州等の慢性的な水不足地域や、世界的には北米、北アフリカ・中近東、インド、中国、豪など渇水地域が広く存在する。

本下水再生水システムのように低コストで維持管理が容易であると共に良質な水質を提供できる設備は他にないことから、これら地域での利用が期待される。

このように本技術は世界に貢献できる日本固有の技術であることから、国内だけでなく海外へも積極的に導入を進めていく予定である。

## 2.7 独創性

図 2-5 に再生水システムのコンセプトを示す。本再生水システムの特徴は、前オゾンと凝集とセラミック膜が持つ各々の特長を効果的に組合せた点にある。つまり前オゾンの凝集改善効果、凝集剤の膜閉塞防止、セラミック膜の耐オゾン性、耐薬品性を組合せている。また、前オゾンの色度・臭気除去、凝集剤の微細有機物の吸着、セラミック膜の固液物除去と除去対象が各々異なる。

以下にセラミック膜の安定運転に与えるオゾンと凝集剤の効果を述べる。図 2-6 (a) にセラミック膜ろ過性能に与えるオゾンの効果を、図 2-6 (b) に凝集剤の効果を示す。図 2-6 に記載した数字は、セラミック膜の膜差圧上昇速度 (水温 25℃補正值) である。この値が大きいほどセラミック膜ろ過の安定運転が難しくなり、値が小さいほど安定運転がし易いことを表す。図 2-6 より、オゾンを添加や凝集剤を添加することによりセラミック膜差圧上昇速度が各々1/4 と 1/10 と小さくなることが判る。この結果は、オゾンや凝集剤をしない時よりも高い膜ろ過流束で安定した膜ろ過運転が可能であることを示している。従って建設費の低減にも役立っている。

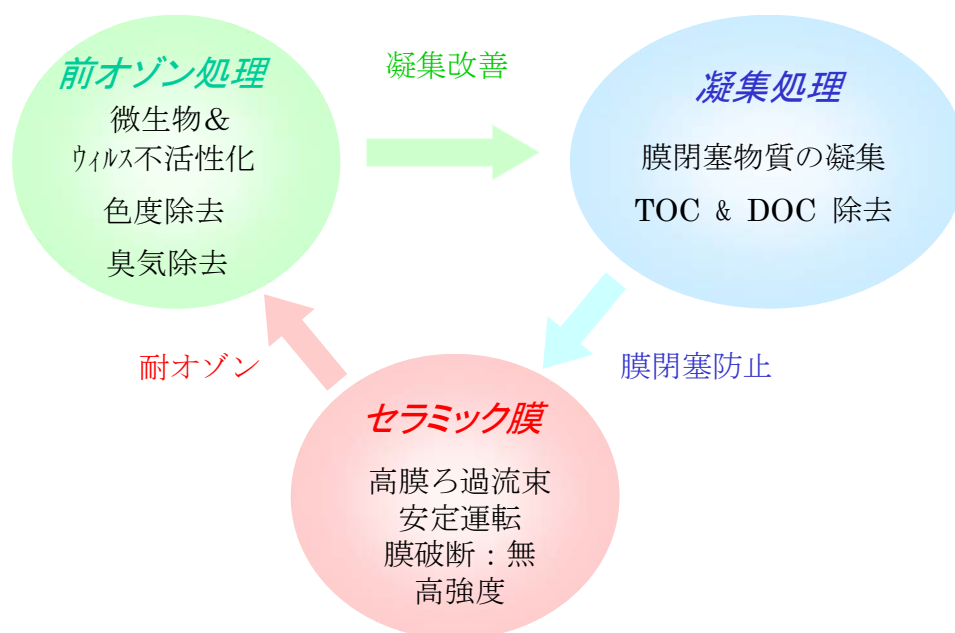


図 2-5 再生水システムのコンセプト

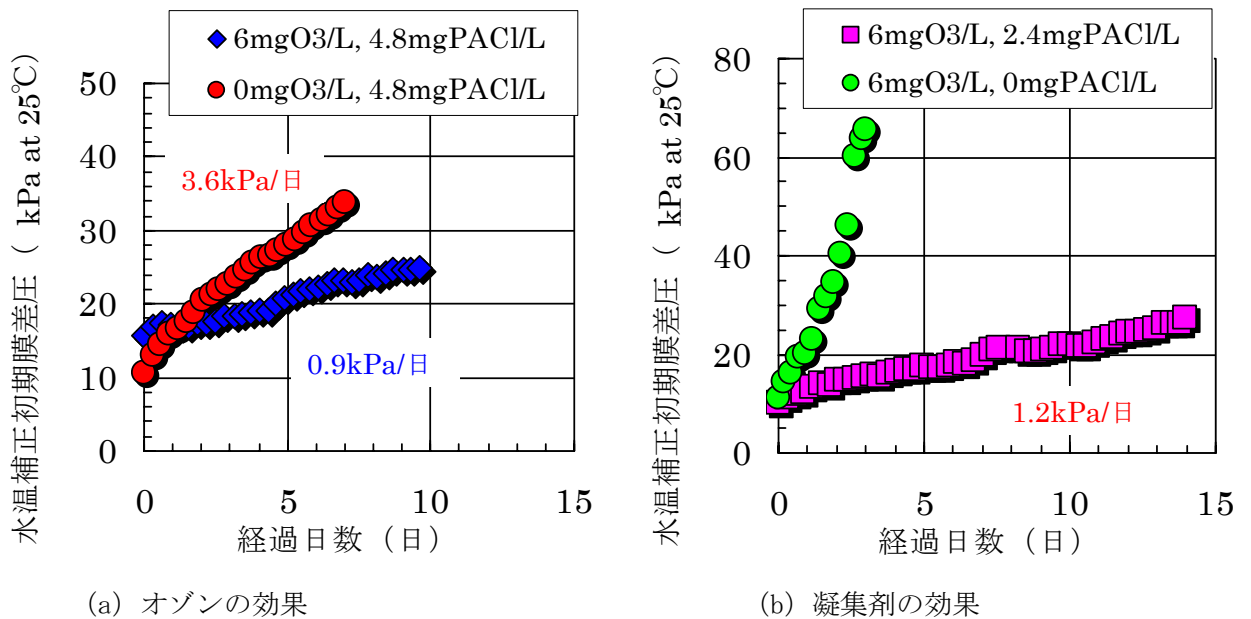


図 2-6 セラミック膜の膜ろ過安定性

### 2.8 今後の規制に対する対応策

本下水再生水システムは、現状においても高度な処理水を供給しているが、更に用途に応じて、RO 膜と組合せることで、より幅広いニーズに対応することが可能である。

## 3. 応用分野

—上水処理への適用—

セラミック膜を使用した水処理は、上水設備を中心に国内外に普及している。

上水設備の一般的な概略フローは、

原水 ⇒ 凝集処理 ⇒ セラミック膜処理 ⇒ 処理水

下水再生水システムより得られた知見から、オゾン少量添加することによる凝集改善効果により、大幅に膜ろ過流速が向上するため、上水処理に本システムを適用することが可能である。

下水再生水システムは、上水処理から応用された技術であるが、さらに、本システムを応用することで、上水技術の向上が期待される。



# 日本産業機械工業会会長賞 「ろ過材洗浄機能付水処理用ろ過装置 (シフォンタンク)」

日本原料株式会社

## 1. 開発経過

### 1.1 開発経過

弊社は昭和 14 年、全国の浄水場で使用されている「ろ過材（汚れた水をろ過する、砂を中心に構成された粒状のフィルター）」メーカーとして創業開始した。今日、全国の浄水場の 80%以上で弊社ろ過材が使用されている。また、ろ過材の開発・製造・販売と共に、浄水場で汚れた水を濾して汚れが溜まってしまったろ過材を、きれいに洗浄して再利用する工事（更生工事）を提案し、施工も行っている。

平成当初、水道原水の水質悪化等により水道水質に対する規制が厳しくなり、ろ過材に対する負担が大きくなっていった。そのため、従来の洗浄方法ではろ過材の汚れを完全に落とすことができなくなり、試行錯誤を重ねた結果、弊社独自のろ過材洗浄技術「シフォン洗浄（揉み洗い洗浄）」の開発に至った。

従来の洗浄装置では解消出来なかった問題は、①汚れがこびりついてしまったろ過材は産業廃棄物として処分するしかなく、②強い力を加えてろ過材を洗浄しようとするろ過材が破砕してしまい、当初の設計通りのろ過効率・効果が望めない、という点である。

これに対しシフォン洗浄は、①使用中ろ過材を新砂の品質規定以下まで洗浄することができ、②ろ過材の粒の大きさを崩すことなく洗浄ができる、という技術である。

その結果、産業廃棄物処分されたり不十分な洗浄でろ過池に戻されていたろ過材を新砂と同程度までの状態にして再利用できるようになった。またろ過材という貴重な天然鉱物資源を守り地球環境への配慮を実現した他、ろ過材の維持管理や産業廃棄物処分にかかるコストを大幅に削減可能となった。

開発後、当洗浄技術から生まれた「シフォン式ろ過砂洗浄装置（特許番号 3020452 号、3020464 号「砂洗浄装置」）を浄水場に持ち込み、プラントを設置し、ろ過材の洗浄を施工し、多くの実績を培うことができた。しかし、現状に甘んじず、その実績をもとに、更にシフォン洗浄技術の可能性を模索してきた結果、「ろ過材洗浄機能付水処理用ろ過装置（シフォンタンク）」の開発につながったのである。

小規模な簡易水道や民間企業で用いられているろ過装置は半年から 2 年ごとにろ過材交換工事が行われている。この使用済のろ過材は、きちんと洗浄・更生すれば再利用できるにもかかわらず、洗浄機械等設置するスペースの問題やろ過材を洗浄する施工コスト等の問題から産業廃棄物として処理されている。このように地球の限られた資源であ

ろ過材が産業廃棄物として処理されている現状がここにもあったのである。

この解決策として、浄水場の更生工事で実績をあげている弊社のシフォン式ろ過砂洗浄装置の洗浄原理をろ過装置に組み込むことによってこの課題を解決できないかと考え、ろ過材交換が不要になるろ過装置「ろ過材洗浄機能付水処理用ろ過装置（シフォンタンク）」が誕生した。

#### (1) シフォン洗浄技術開発のプロセス

洗浄技術の開発に際しては、元々は浄水場で使用する水道用ろ過砂であるため、薬品類は一切使用できず、大量のろ過砂を短時間で処理し、使用水量も極めて少ないという厳しい条件の中で開発が進められた。

ろ過砂の洗浄方法として、曝気・オゾン・超音波などさまざまな手法を用いた洗浄方法で検証実験を行う一方、攪拌機方式、ゆりかご式、サイクロン式、回転式といった機械動力による物理的な方法（図 1-1）など、想定でき得るあらゆる手段を用いて開発を進めた。



図 1-1 検証実験・開発方式例

#### (2) 洗浄方式の選定

洗浄機の開発時における各種洗浄実験結果の抜粋を表 1-1 に示す。ゆりかご式、エア式、サイクロン式は洗浄度合いの指標である洗浄濁度の数値が高く、洗われていないことがわかった。攪拌式は洗浄効果が見られるものの、破碎によって均等係数の数値が悪くなっていた。

いずれの洗浄機実験でも良い結果は得られなかったことから、いかに砂の粒を壊さずにろ過砂の表面についた凝着物、付着物だけをそぎ落とすかにテーマが絞られた。

研究・開発の結果、完成したものが「シフォン洗浄」である。開発に至るには前述の様なさまざまな試行錯誤を繰り返したが、自然界にある「鳴き砂」の生成プロセス

にヒントを得て開発に至った。踏みしめると「キュッ、キュッ」と音が鳴る「鳴き砂」という砂がきれいな海岸に存在する。この砂の表面を見ると不純物が一切なく、きれいな状態の砂同士が踏みしめられ、互いにこすれあって音が鳴るという仕組みであった。鳴き砂は、波打ち際で寄せては返す波に砂が巻き込まれ、渦流の中を同じ硬さの砂同士が揉み洗われ、表面に付いた不純物が剥離されてきれいになるという原理である。ちょうどお米を研ぐように波の渦の中で汚れた砂がきれいな水で揉み洗われる自然の洗浄原理だ。この鳴き砂ができるプロセスを応用した洗浄システムの実験を連日行った。(図 1-2)

寝かせた円筒に水と使用中ろ過砂を入れ、ローラーで回転させる方法で試みたところ、砂から濁質が落ちてきた。波打ち際の縦の渦流によるろ過砂の洗浄は効果を発揮したが、洗浄濁度 30 度以下にまで洗浄するには時間がかかりすぎた。

回転式洗浄機は波打ち際を再現し、その洗浄効果は確認できたが、縦の渦流だけでは洗浄に要する時間が課題であった。そこで縦の渦流に横の渦流を加え、2次元から3次元の渦流を作り出すことにより短時間で洗浄する技術を開発した。これが「シフォン洗浄技術」である。

表 1-1 洗浄機別実験結果 (表 1)

		洗浄濁度 (度)	塩酸可溶率 (%)	ふるい分け		
				有効径(mm)	均等係数	
ろ過砂の設計値		-----	-----	0.60	1.30	
使用中ろ過砂		730.0	11.80	0.73	1.28	
同上 (酸洗浄品)		2.2	0.03	0.61	1.28	
洗浄 方法	ゆりかご 式	洗浄 5 分	445.1	6.63	0.71	1.28
		洗浄 10 分	420.5	6.46	0.70	1.28
		洗浄 15 分	384.2	6.32	0.69	1.28
	エア式	洗浄 5 分	402.5	6.18	0.70	1.28
		洗浄 10 分	388.9	5.86	0.69	1.28
		洗浄 15 分	315.0	5.56	0.68	1.28
	サイクロ ン式	洗浄 5 分	430.4	5.78	0.71	1.28
		洗浄 10 分	410.7	5.42	0.70	1.28
		洗浄 15 分	386.3	5.11	0.69	1.28
	攪拌式	洗浄 5 分	104.1	4.88	0.65	1.33
		洗浄 10 分	78.0	3.51	0.58	1.48
		洗浄 15 分	34.1	2.81	0.51	1.55



図 1-2 砂のもみ洗いに関する原理および検証機

## 2. 装置説明

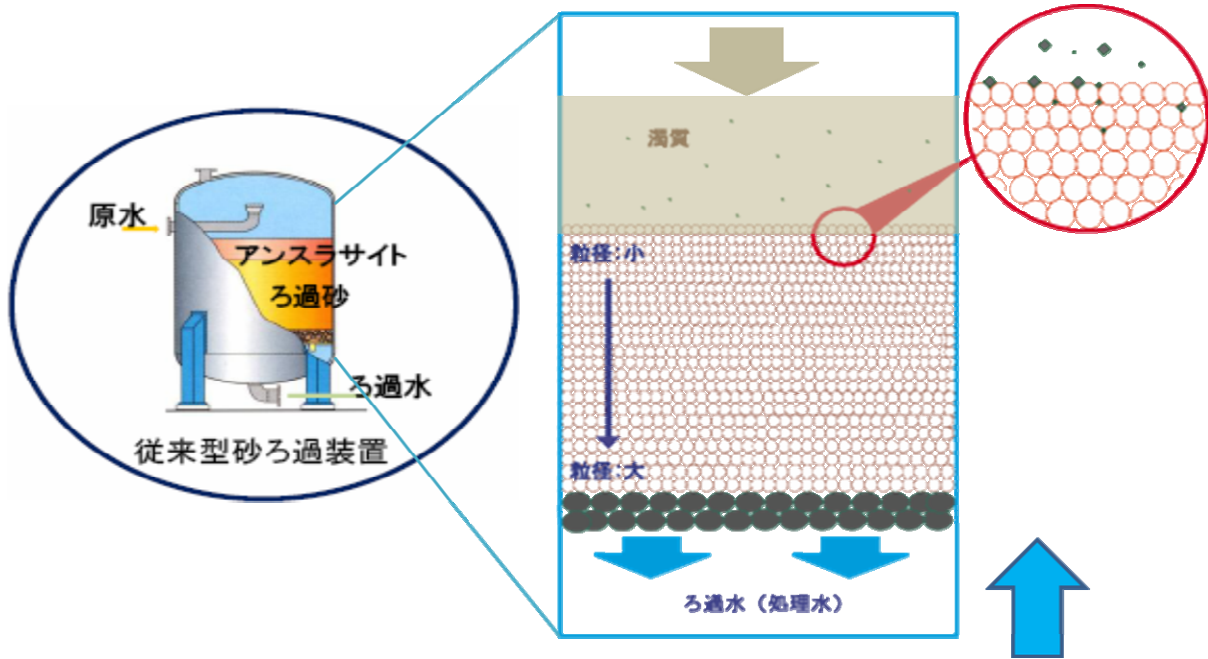
### 2.1 構造、原理

ろ過装置は、タンク内部に天然資源である「ろ過材」が敷き詰められており、このフィルターを通して上部から下部方向へ水をろ過する仕組みとなっている。従来型のろ過装置は、ろ過工程で捕捉した汚れを一定間隔で下部から清浄な水を吹き上げる「逆流洗浄」でろ過材を洗浄する。しかしこの洗浄方法だけではろ過材はきれいになりきらず、経年使用でろ過能力が低下するためろ過材交換が必要となっているのが現状である（図 2-1 従来型砂ろ過装置の構造と仕組み、図 2-2 逆流洗浄の限界）参照。

ろ過材洗浄機能付水処理用ろ過装置（以下：シフォンタンク）は、ろ過装置に独自の技術「揉み洗い洗浄（以下：シフォン洗浄）」を組み入れたものである。シフォン洗浄はスクリーンを通過する中で3次元の揉み洗いを行い、表面の汚れ分のみを剥離洗浄する技術である。砂同士は同じ硬さであるため粒径を壊すこともない。ろ過材を常に清浄な状態に維持できるためろ過材の半永久的な使用が可能となる（図 2-3 シフォン洗浄技術）、（図 2-4 シフォンタンクの構造・効果）参照。

シフォンタンクは逆流洗浄課程にシフォン洗浄を行うのでろ過材は常に清浄を維持する。またシフォン洗浄は従来のろ過装置よりも逆流洗浄時間を短縮し、使用水量も削減できる（図 2-4 シフォンタンクの構造・効果）、（図 2-5 シフォンタンクのフロー）参照。

(通常ろ過) 上層部のろ過砂等の層が水中の汚れを捕捉する



(逆流洗浄) 下から吹き上げる水の勢いで汚れの溜まった砂を洗う

図 2-1 従来型砂ろ過装置の構造と仕組み

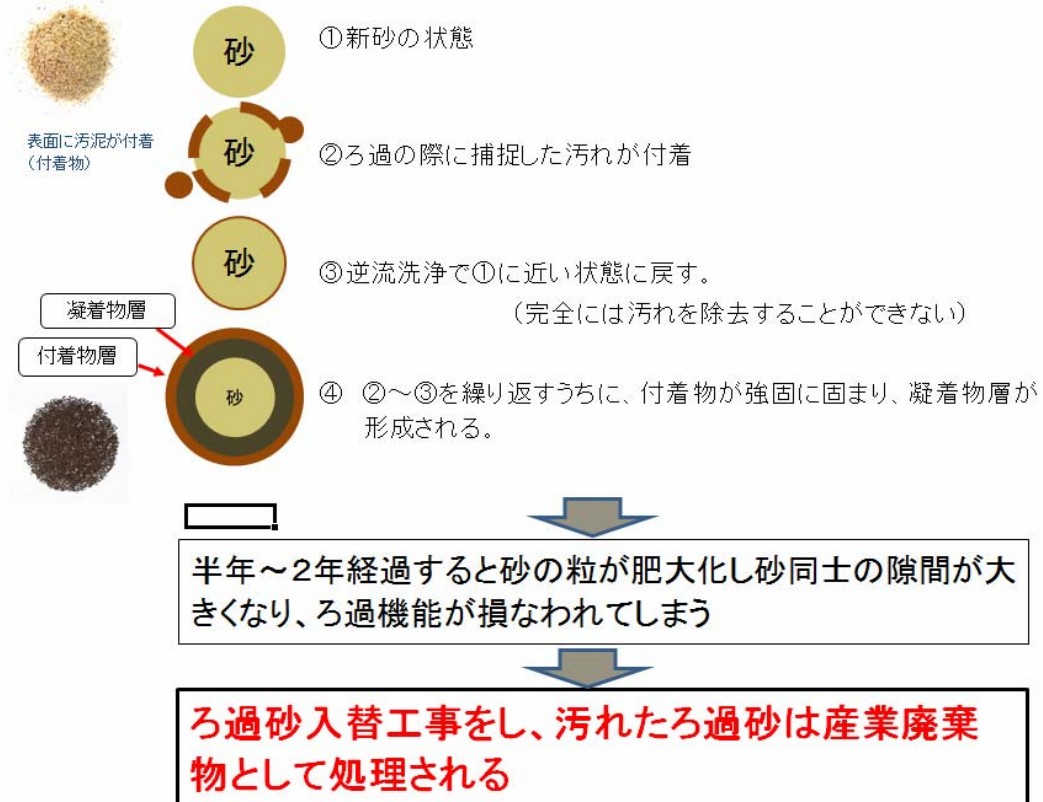
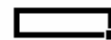
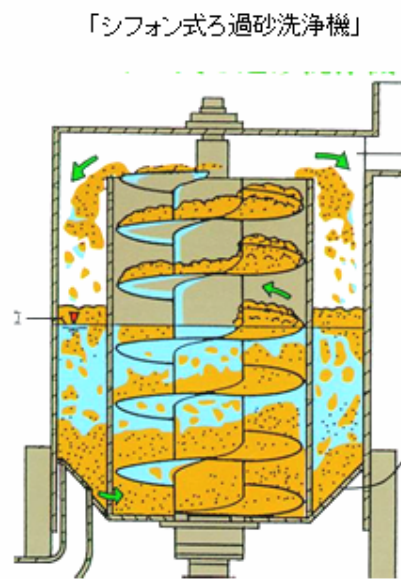
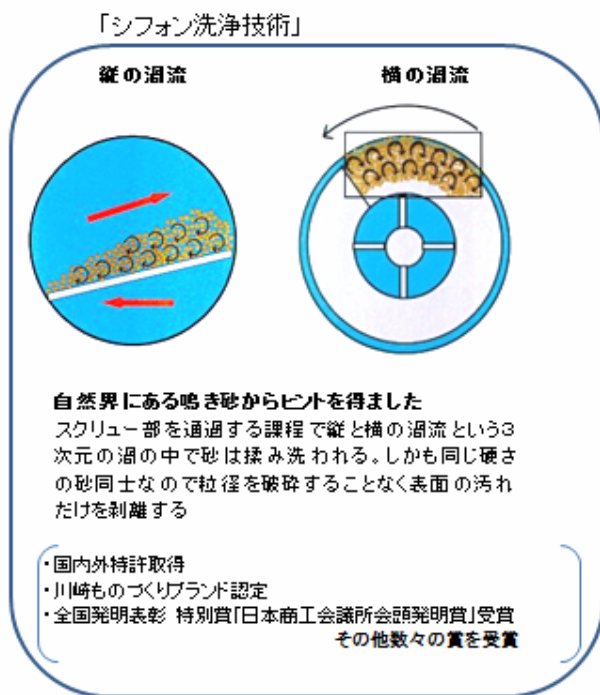


図 2-2 逆流洗浄の限界



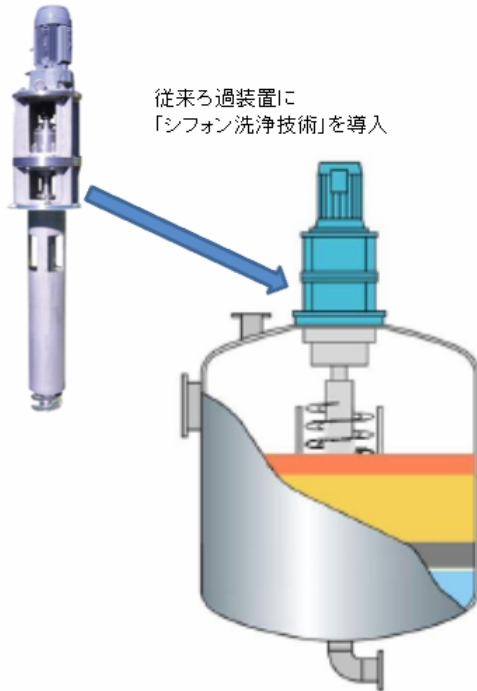
「シフォン洗浄により生まれ変わるろ過砂」



安定した水処理と資源の有効利用が可能となる

図 2-3 シフォン洗浄技術（揉み洗い洗浄）

シフォンカートリッジ



従来ろ過装置に  
「シフォン洗浄技術」を導入

**効果①**

ろ過材(フィルター)は特殊な洗浄機能により常に清浄な状態を維持するため、ろ過材交換が不要となり産業廃棄物を出さない。

**効果②**

ろ過材の洗浄時間を従来のろ過装置より大幅に短縮できるため、電気使用量や洗浄時の洗浄水量も削減できる。

洗浄機別実験結果比較：洗浄 15 分後

	洗浄濃度 (度)	塩酸可溶率 (%)	ふるい分け		
			有効径(mm)	均等係数	
ろ過材の設計値	----	----	0.60	1.30	
使用中ろ過材	730.0	11.80	0.73	1.28	
向上(酸洗浄品)	2.2	0.03	0.61	1.28	
洗浄方法	ゆりかご式洗浄機	384.2	6.32	0.69	1.28
	エア式洗浄機	315.0	5.56	0.68	1.28
	サイクロン式洗浄機	386.3	5.11	0.69	1.28
	攪拌式洗浄機	34.1	2.81	0.51	1.55
	回転式洗浄機	87.0	3.15	0.65	1.28
	揉み洗い式洗浄機	<b>14.4</b>	<b>1.80</b>	<b>0.61</b>	<b>1.28</b>

<シフォンタンク>

図 2-4 シフォンタンクの構造・効果

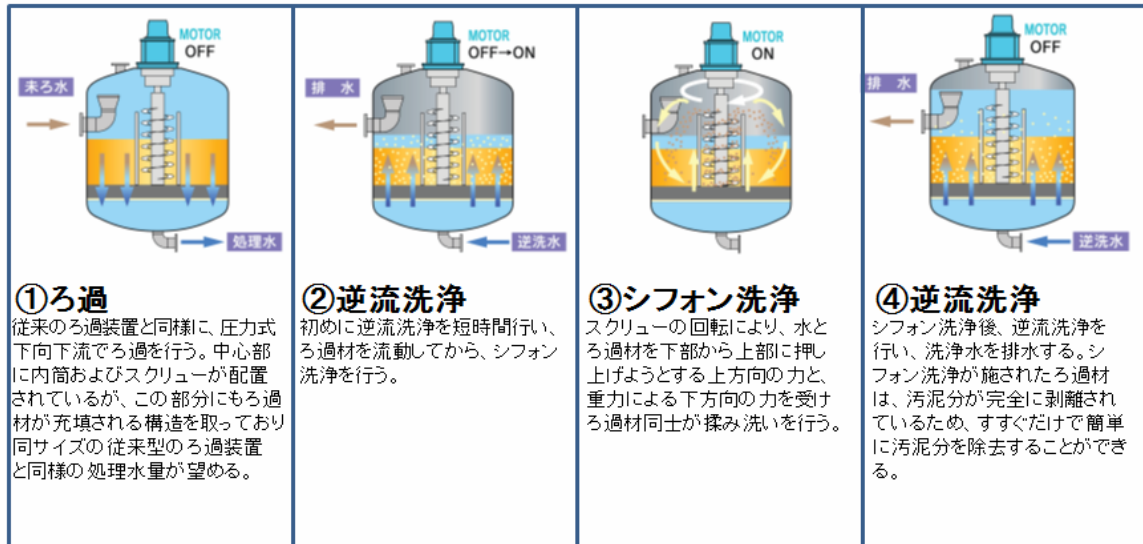


図 2-5 シフォンタンクのフロー

## 2.2 特許の有無

特許番号 3919098 号、3959036 号 発明の名称「濾過装置」

## 2.3 性能

シフォンタンクは洗浄力が高いため、ろ過材が固着せず半永久的にろ過材を使用きる。従来型ろ過装置では経年使用でろ過材が岩のように固着し、ろ過材交換が必要となるが、シフォンタンクは常に清浄な状態を維持する（図 2-6 ろ過装置内部状況比較）参照。また、その洗浄方法がろ過材にとって最適であることを示した（図 2-7 シフォンタンクろ過材抜き取り検査結果推移）参照。経年使用でもろ過材が清浄かつ粒径も崩れず、半永久的に使用可能でろ過材交換が不要であることが分かる。

またシフォンタンクは逆流洗浄の時間・水量が従来型の 1/2 以下で済む。これはシフォンタンクが必要とする逆洗水はすすぎだけの目的であるためである。そしてこれに伴う電気使用量も削減できる（図 2-8 洗浄水の大幅な削減効果）参照。そして、以上のシフォンタンクの性能から、従来型と比較すると 9%の CO2 削減を達成できる（図 2-9 CO<sub>2</sub> の削減）参照。

### <従来タンク内部>



①岩のように固着したろ材



② PAC がこびりついてろ過不能になってしまったタンク内部

\*従来ろ過装置を使用してろ過を継続する場合、逆洗だけでは除去できない汚れが徐々にろ材に付着し、正常なろ過が行えなくなりろ材交換が必要となる。

写真①：ろ材の固着が進行して岩ようになった従来タンク内部  
写真②：PAC（凝集剤）がろ層表面にベタベタに固まってしまった従来タンク内部

### <シフォンタンク内部>



③非常にきれいなタンク内部とアンスラサイトの表面



④新砂同様のろ過砂表面

\*シフォンタンクでは、ろ材は強力なシフォン洗浄で常に清浄な状態で新砂同様に保たれるため、ろ材交換が不要になった。

写真③：設置後 1 年以上経っても、きれいなタンク内部とアンスラサイト表面  
写真④：新砂同様のろ過砂表面アップ

図 2-6 ろ過装置内部状況比較



試験方法：日本水道協会規格 JWWA A103-1988により試験

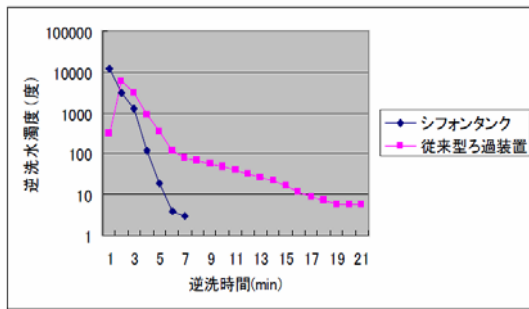
年次	ろ材洗浄方法	試験項目	洗浄濁度(度)	付着物濁度(度)	凝着物率(%) (塩酸可溶率)	均等係数	実施年月
1年次	逆流洗浄 + シフォン洗浄	アンストラサイト	2.7	17.9	0.30	1.298	平成18年8月
		ろ過砂(上層)	1.0	3.2	0.40	1.237	
		ろ過砂(中層)	0.8	3.1	0.25	1.232	
		ろ過砂(下層)	0.7	3.0	0.45	1.233	
2年次	逆流洗浄 + シフォン洗浄	アンストラサイト	1.4	6.2	0.95	1.253	平成19年8月
		ろ過砂(上層)	0.9	1.5	0.30	1.253	
		ろ過砂(中層)	0.6	1.5	0.40	1.252	
		ろ過砂(下層)	0.8	1.7	0.25	1.251	
3年次	逆流洗浄 + シフォン洗浄	アンストラサイト	1.6	12.3	1.15	1.257	平成20年8月
		ろ過砂(上層)	0.6	1.5	0.35	1.235	
		ろ過砂(中層)	0.6	1.5	0.45	1.249	
		ろ過砂(下層)	0.6	1.9	0.60	1.232	
4年次	逆流洗浄 + シフォン洗浄	アンストラサイト	8.8	52.5	1.55	1.242	平成21年8月
		ろ過砂(上層)	1.0	1.9	0.20	1.252	
		ろ過砂(中層)	0.8	1.5	0.40	1.253	
		ろ過砂(下層)	1.0	1.9	0.45	1.250	
5年次	逆流洗浄 + シフォン洗浄	アンストラサイト	5.0	26.3	1.35	1.267	平成22年8月
		ろ過砂(上層)	2.0	1.7	0.85	1.253	
		ろ過砂(中層)	0.7	1.5	0.50	1.254	
		ろ過砂(下層)	1.3	1.7	0.55	1.250	
6年次	逆流洗浄 + シフォン洗浄	アンストラサイト	2.7	13.4	1.75	1.263	平成23年8月
		ろ過砂(上層)	3.1	2.6	0.55	1.246	
		ろ過砂(中層)	0.8	2.2	0.55	1.245	
		ろ過砂(下層)	0.6	2.6	0.60	1.246	

新ろ材	未使用	アンストラサイト	—	—	—	—
		ろ過砂(上層)	7~10	30~60	1.0~0.5程度	1.4以下
		ろ過砂(中層)				
		ろ過砂(下層)				
1年次	逆流洗浄のみ (他社参考値)	アンストラサイト	220.0	2093.0	5.85	1.418
		ろ過砂(上層)	96.0	990.6	3.75	1.432
		ろ過砂(中層)	46.7	150.6	2.00	1.425
		ろ過砂(下層)	12.9	58.6	1.05	1.422

- ・ 洗浄濁度  
濁質が持っている汚れの度合いを最も顕著に表わす指標。新砂時の洗浄濁度は7~10程度だが、従来ろ過装置ならばろ過砂上層で100程度までろ材の汚れが進行する。しかし、シフォンタンクなら1年経過しても、**1.0~0.7度**と新砂以上にきれいで清浄だった。
- ・ 付着物濁度  
ここで示す濁度は、洗浄濁度とは異なり、砂と砂を摺り合わせてろ材から汚泥を強制的に落として汚泥水を作り、その濁度を測定したもの。従来型ろ過装置なら上層で1000度位に汚れるものだが、シフォンタンクなら**3.2~3.0度**と圧倒的にきれいな数値となる。
- ・ 凝着物率(塩酸可溶率)  
付着物試験でも取れなかった強固な汚れを塩酸で浸漬し、どれだけの汚れが蓄積されているかを調べる。新砂でも1.0~0.5%程度なので、シフォンタンクの**0.45~0.25%**は新砂以上にきれいな状態と言える。
- ・ 均等係数  
この数字が1.0に近いほど粒径が均一に揃い、ろ過能力が高いことを示す。従来型ろ過装置の場合、均等係数は新砂時で1.4以下程度でこれが1.4以上へと悪化する。しかしシフォンタンクでは新砂時で1.25以下と、ろ過能力の非常に高いろ過砂を使用しており、1年経過しても均等係数に変化はなく安定し、高いろ過能力を維持している。

※以上のことから、**ろ材が清浄かつ粒径も揃い、ろ材交換が不要**であることが分かる。  
そして、6年経過後もろ過材交換せずに、その性能を維持している。

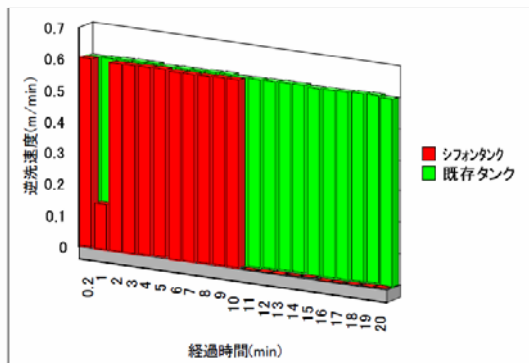
図 2-7 シフォンタンクろ材抜き取り検査結果推移



従来型ろ過装置：20分以上の逆洗でも清浄になりきらない

シフォンタンク：10分以内の洗浄により十分清浄に洗浄

シフォン洗浄により、従来型の約1/3の時間の逆洗で清浄な状態を維持可能



従来型ろ過装置：逆洗により「汚れ」を剥離させるために水が必要

シフォンタンク：シフォン洗浄により「汚れ」を剥離させるため、逆洗ではすすぎだけとなり少量の水で十分

逆洗時間の削減により、「逆洗水」の使用量が従来型の1/2以下で済む

図 2-8 洗浄水の大幅な削減効果

シフォンタンクは2011年2月に「低CO<sub>2</sub>川崎パイロットブランド'10」に認定。

**低CO<sub>2</sub>川崎パイロットブランド'10** 【製品・技術部門】

企業名：日本原科株式会社  
Nihon Gensho Co., Ltd.

製品・技術名：「シフォンタンク」  
～ろ過材交換不要の水処理用砂ろ過装置～  
Sabo Tank

製品・技術の概要・特徴

- これまで定期的なろ過材交換が必要であった水処理用砂ろ過装置に、「シフォン洗浄」機能を付加することにより、ろ過材交換が不要になり、産業廃棄物を削減し、その交換工事にかかるCO<sub>2</sub>排出量を削減。
- 同時に、逆流洗浄時間を短縮するため、洗浄時の電力消費量や洗浄水量・排水量も削減。

川崎市内で開発されました

ライフサイクルCO<sub>2</sub>削減効果

ベースライン(従来の水処理用砂ろ過装置)と比較し、9%のCO<sub>2</sub>削減効果(ST-2200で算定)。

原材料調達 → 生産 → 流通・販売 → 使用・維持管理 → 廃棄・リサイクル

高付加価値化のため若干増加 | ろ過材交換不要 | 逆流洗浄水・排水の削減、電気消費量の削減

ろ過材交換不要  
使用水量・電気量削減等

で従来型よりも9%のCO<sub>2</sub>を削減する。

川崎市HPより抜粋

図 2-9 CO<sub>2</sub> の削減効果

## 2.4 維持管理

運転・操作に関しては、基本的に自動制御である。図 2-10 にシフォンタンク導入による

るメンテナンス、維持管理コストを示す。ここに述べているように、シフォンタンク導入による直接的な効果のみならず、後工程のメンテナンス・維持管理コストも軽減されることが分かる。

## 2.5 経済性

図 2-10 にシフォンタンク導入によるメンテナンス、維持管理コストを示す。図中①H社について検証する。シフォンタンクを導入することで、3年に1回のろ過材交換が不要になり、後段階活性炭塔の活性炭交換頻度が1年に3回が3年に1回となった。

年間メンテナンス・維持管理コストを見てみると、シフォンタンク直接的効果で413,000円、後段階活性炭塔への波及効果で2,133,000円、合計2,546,000円の年間コスト削減を達成している。シフォンタンクをシステムに組み入れたことによりシステム全体が安定し、全体のコストが削減されている。

①H社(メッキ排水処理設備の砂ろ過装置として採用)



シフォンタンク導入前	シフォンタンク導入後	備考
従来ろ過装置: 3年に1回ろ過材交換が必要	シフォンタンク: ろ過材交換なし	砂ろ過でSSを完全に除去できるため
後段階活性炭塔: 1年に3回活性炭交換が必要	後段階活性炭塔: 3年に1回活性炭を交換	

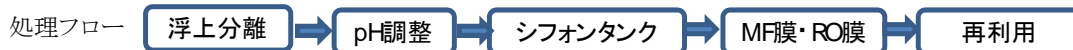
年間メンテナンス・維持管理コスト 単位:円

	シフォンタンク導入前	シフォンタンク導入後
ろ過材交換費用	333,000	0
産業廃棄物処理費	535,000	55,000
シフォンタンクメンテナンス※	0	400,000
活性炭交換費用	2,400,000	267,000
年間合計	3,268,000	722,000

※シフォンスクリーがカートリッジ式のため、メンテナンスが容易

シフォンタンク導入によるランニングコスト削減額…… -2,546,000

②M社(生産ラインから放流される排水処理設備に採用)



シフォンタンク導入前	シフォンタンク導入後	備考
従来ろ過装置: 原水中に含まれるスケールによりろ過砂が目詰まりを起こしていた	シフォンタンク: 目詰まり無し	ろ過砂の目詰まりを解消できるため
後段階MF膜ろ過装置: 砂ろ過装置が機能しきれていないため、膜ろ過装置のメンテナンス回数増の原因	後段階MF膜ろ過装置: メンテナンス回数減	

年間メンテナンス・維持管理コスト 単位:円

	シフォンタンク導入前	シフォンタンク導入後
ろ過材交換費用	2,000,000	0
産業廃棄物処理費	200,000	0
シフォンタンクメンテナンス	0	400,000
MF膜メンテナンス費用	2,000,000	1,600,000
年間合計	4,200,000	2,000,000

シフォンタンク導入によるランニングコスト削減額…… -2,200,000

∴後工程も含め、メンテナンス・維持管理コスト共に軽減される。

図 2-10 シフォンタンク導入によるメンテナンス、維持管理コスト

## 2.6 将来性

従来のろ過装置は上水・中水・下水・排水処理・循環処理等に設置され稼働している。シフォンタンクはこのすべてに取って代わることができ、その性能を発揮する。この使用範囲を超えた展開として次の製品がある。

- ・災害時等にも使用できる移動式「モバイルシフォンタンク」

従来の設置型シフォンタンクをコンパクトにしてユニット化し移動可能としたもの。移動可能なので緊急災害時の飲料水確保用浄水装置として最適で、シフォン洗浄のため被災地の原水水質に左右されず水を浄化することが可能である。2005年9月に台風被害に遭った宮崎市富吉浄水場の復旧作業時、2008年6月に岩手・宮城内陸地震時、それぞれにモバイルシフォンタンクが出動し、被災地にて飲料水の供給に貢献した。当装置は水を必要とする場所に持ち込むことができるため、この機能を最大限に生かし「世界の水不足問題」の解消に貢献していきたい。

次に、既存のろ過装置にシフォン洗浄機能を持たせる製品がある。

- ・既存ろ過装置に取り付ける外付型「SWS」

SWSは高い洗浄機能を持ったシフォンタンクのシフォン洗浄部分を応用し、既設のろ過装置に後から簡単に取り付けることでシフォンタンクと同等の性能を持たせるものである。環境対策やランニングコストの削減はもちろん、インシヤルコストも抑えることができる画期的な製品である。

また、浄水場の急速ろ過池の大規模な更生工事を取ってかわるシステムがある。

- ・浄水場ろ過池システムへの導入「シフォン K3 システム」

飲み水を供給する浄水場の急速ろ過池も、既に述べてきたろ過装置と同様にろ過材によりろ過をし、逆流洗浄によりろ過材を洗浄している。洗浄方法が逆流洗浄のみなので7年～10年周期で大規模な更生工事（ろ過材洗浄リサイクル）が必要となっている。この工事は数カ月に亘るものもあり、多大なエネルギー・労力・コスト等がかかる。また工事期間中のろ過池は水の供給が停止する。この更生工事を不要とするために「シフォン K3 システム」を考案した。このシステムは急速ろ過池内の使用中ろ過材を逆流洗浄ごとに一定量吸い上げ、シフォン式ろ過砂洗浄装置に搬送してシフォン洗浄し、再びろ過池に戻すという工程を繰り返すものである。逆流洗浄ごとにシフォン洗浄することにより、ろ過砂やろ過池を常にベストな状態に維持することが可能となり、大規模な更生工事が不要となる。安定した飲み水の供給・地球環境の保護・コスト削減を可能とするものである。

## 2.7 独創性

シフォン洗浄はろ過材を破碎せず、粒径を保ち、新砂の状態に維持できる洗浄方法で、他にはない。また、薬品を一切使わず、水と物理の力だけで新砂状態まで洗浄するので環境にやさしい。

シフォンスクリーはカートリッジ式なので、様々な装置と融合でき、発展性が高い。

## 3. 応用分野

シフォンタンクは水をろ過し、汚れを捕捉し、清浄な水をつくる装置である。このシステムを利用し、「汚れ」ではなく水中の「有価物」を捕捉し収集できる機能の活用が期待できる。また、シフォンタンクが粒状の砂を洗浄する機能を応用し、砂以外の粒状物の洗浄が考えられる。

—非 売 品—  
禁無断転載

第 3 8 回  
優秀環境装置

発 行 平成 2 4 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 0 3 - 3 4 3 4 - 6 8 2 1