

# 第44回 優秀環境装置

2018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2017年度「第44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。

米国の政権交代から1年が過ぎ「米国第一主義」の路線は変わらず、懸念されていた貿易摩擦による輸入規制強化で、特に中国との貿易摩擦による影響が二国間に止まらず各国に影響し始めていることは、今後の世界経済の動向に大きな波紋を呼びかねない。

一方、TPP11は3月にチリにおいて協定署名式が行われ正式合意がなされ、来年早々の発効が待たれ、更に、日欧EPAによる新たなバリューチェーンにおける新市場の開拓を進められることは、産業界にとっては明るい材料となっている。

環境面に目を向けると、地球環境問題、資源・エネルギー確保の問題等が上げられる。近隣のアジア諸国では、一時期より経済の発展スピードが鈍化したことによりインフラ整備も進まない状況となっており、環境の悪化が懸念されている。生産に直接関与しない周辺環境整備はどうしても後手となっているのが事実であり、依然として深刻な環境問題を抱えている。

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

本事業は優秀な環境装置・システムを表彰し広く公表することで、環境保全技術の研究・開発を一段と促進し、そうした技術・装置の普及により、地球環境の保全に資することを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、優秀環境装置審査WG委員、並びに関係各位に厚く御礼を申し上げます次第である。

2018年6月

一般社団法人 日本産業機械工業会  
会 長 齋藤 保



## 第 44 回優秀環境装置

### — 目 次 —

・ 第 44 回優秀環境装置審査報告	1
・ 第 44 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 「対向流燃焼方式を適用した廃棄物焼却炉」	5
・ 経済産業省産業技術環境局長賞 「無曝気循環式水処理装置」	13
・ 中小企業庁長官賞 「自動切粉破碎圧縮機」	31
・ 日本産業機械工業会会長賞（応募申請書受付順） 「古紙利用汚泥燃料化システム」	37
「セレン処理装置」	45
「バラスト水処理装置（HK）」	51
「圧入式スクリープレスによる濃縮一体化脱水システム」	63

一般社団法人日本産業機械工業会のホームページでは、カラーにて受賞装置の概要  
をご覧いただけます。

[http://www.jsim.or.jp/news2018/news\\_180621.html](http://www.jsim.or.jp/news2018/news_180621.html)



## 第 44 回 優秀環境装置審査報告

優秀環境装置審査委員会  
委員長 指宿 堯嗣

優秀環境装置の表彰事業は一般社団法人日本産業機械工業会が経済産業省のご後援のもとに 1974 年度から実施しているもので、優秀な環境装置やシステムを表彰することにより、「持続可能な社会の形成」を実現するための環境保全技術の研究・開発及び優秀な環境装置の普及を促進し、我が国環境装置産業の振興を図ることを目的としている。

本年度の表彰事業は、2017 年 9 月 11 日から 2017 年 10 月 20 日までの約 1 ヶ月にわたって公募した。

その結果、全国から水質汚濁防止装置〔8 件〕、廃棄物処理装置〔7 件〕、再資源化装置〔3 件〕、その他の環境負荷低減に資する装置〔2 件〕の応募があった。複数の分野にわたる応募もあったことから、件数としては、合計 19 件であった。審査は、優秀環境装置表彰実施要綱及び優秀環境装置審査要綱の規定に基づいて次のような手順で慎重かつ厳正に行った。

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

次いで、優秀環境装置審査委員会において、審査WGから上程のあった評価報告を総合的に勘案し審査を行い、第 44 回優秀環境装置の経済産業大臣賞 1 件、経済産業省産業技術環境局長賞 1 件、中小企業庁長官賞 1 件、日本産業機械工業会会長賞 4 件を選定した。

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

## 第44回 優秀環境装置審査委員会名簿

### 審査委員会

(委員長)

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

(委員)

多田 明弘 経済産業省 製造産業局長  
末松 広行 経済産業省 産業技術環境局長  
安藤 久佳 経済産業省 中小企業庁長官  
米谷 仁 環境省 大臣官房審議官  
小林 憲明 一般財団法人日本品質保証機構 理事長  
久貝 卓 日本商工会議所 常務理事  
釜 和明 一般財団法人機械振興協会 会長  
大宮 英明 一般社団法人日本機械工業連合会 会長  
黒岩 進 一般社団法人産業環境管理協会 専務理事  
大和田秀二 早稲田大学 理工学術院 創造理工学部 環境資源工学科 教授  
内山 一美 首都大学東京 大学院 都市環境科学研究科 教授  
斎藤 保 一般社団法人日本産業機械工業会 会長  
田中 信介 一般社団法人日本産業機械工業会 専務理事

### 審査WG

(主査)

竹内 浩士 一般社団法人産業環境管理協会 執行理事 環境管理部門長

(委員)

田中 幹也 国立研究開発法人産業技術総合研究所 環境管理研究部門 研究部門長  
辰巳 憲司 国立研究開発法人産業技術総合研究所 環境管理研究部門  
環境微生物研究グループ 客員研究員  
加茂 徹 国立研究開発法人産業技術総合研究所 環境管理研究部門  
資源精製化学研究グループ 上級主任研究員  
名木 稔 一般社団法人産業環境管理協会 資源・リサイクル促進センター 所長  
遠藤小太郎 一般社団法人産業環境管理協会 人材育成・出版センター 所長  
栗山 一郎 一般財団法人日本環境衛生センター 技術顧問  
石田 貴 公益財団法人日本下水道新技術機構 資源循環研究部 部長  
三代川洋一郎 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 環境部 主任研究員  
庄野 勝彦 一般社団法人日本産業機械工業会 常務理事

## 第 44 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 >

「対向流燃焼方式を適用した廃棄物焼却炉」

JFE エンジニアリング(株)

### < 経済産業省産業技術環境局長賞 >

「無曝気循環式水処理装置」

高知市上下水道局  
国立大学法人 高知大学  
日本下水道事業団  
メタウォーター(株)

### < 中小企業庁長官賞 >

「自動切粉破碎圧縮機」

(株)クリエイトエンジニアリング

### < 日本産業機械工業会会長賞 > (応募申請書受付順)

「古紙利用汚泥燃料化システム」

三菱重工環境・化学エンジニアリング(株)

「セレン処理装置」

栗田工業(株)

「バラスト水処理装置 (HK)」

三浦工業(株)

「圧入式スクリープレスによる濃縮一体化脱水システム」

日本下水道事業団  
(株) 石垣

### 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	0	0
水質汚濁防止装置	8	4
廃棄物処理装置	7	3
騒音・振動防止装置	0	0
土壌・地下水汚染修復装置	0	0
再資源化装置	3	0
その他環境負荷低減に資する装置	2	0
合 計	19 <sup>※</sup>	7

※複数の分野にわたる応募申請が含まれるため合計値は合いません。





## 経済産業大臣賞

## 「対向流燃焼方式を適用した廃棄物焼却炉」

JFE エンジニアリング株式会社

## 1. 装置の詳細説明

近年の廃棄物焼却炉には、発電量増加、環境負荷低減、運転コスト低減など、様々な課題への対応が強く要求されている。これらの要求に応えるためには、安定した低空気比燃焼の実現（排出ガス削減による環境負荷低減、低公害化による薬剤コスト低減、熱回収効率向上による高効率発電）が不可欠であるが、低空気比下での燃焼は、廃棄物の多様性・不均一性に起因して、不安定となりやすい。そこで、当社では、低空気比下でも安定した燃焼を実現（本質的な燃焼不安定性の改善）するため、高温空気燃焼技術（HiCOT:High-temperature Air Combustion Technology<sup>1</sup>）を適用したJFE ハイパー21ストーカシステム（以後、従来型装置）を開発し、当社次世代ストーカ炉として多数の導入実績を積み重ねてきた。

従来型装置は、高温混合気（高温空気＋再循環排ガス）を炉の側壁から吹込むことを特徴としている。従来型装置における本要素技術は、低空気比下での空気不足と廃棄物の不均一性に起因した、局所的な高温場や吹き消え状況（図1参照）を解消し、燃焼の安定化を図ることでCO、NO<sub>x</sub>の発生を同時抑制することが可能である。従来型装置における燃焼形態概念図を図2に示す。高温空気燃焼技術により、ごみ層からの熱分解ガスと左右側壁から吹き込まれた高温混合気を衝突させ、安定した平面状燃焼領域がごみ層上部に定在することで、ごみ層への熱輻射により燃焼効率が向上し、不安定となりやすい低空気比下での安定燃焼を可能としている。

一方、処理規模が大きくなると炉幅が大きくなるため、炉の中央付近では、熱分解ガスと高温混合気との衝突が弱まり、炉幅方向の均一性が確保しづらいという課題があった。

それに対し、「対向流燃焼方式を適用した廃棄物焼却炉」（以後、新型装置）は、さらなる安定燃焼と、NO<sub>x</sub>低減及び大型炉への適用性向上を目指し、前述の高温空気燃焼技術を発展させた対向流燃焼方式を世界で初めて廃棄物焼却炉に適用したものである。新型装置における燃焼形態概念図を図3に示す。新型装置では、従来、焼却炉側壁より吹き込んでいた高温混合気を焼却炉天井より吹き込むことで、ごみ層からの熱分解ガスと高温混合気を対向して衝突させ、炉幅方向により均一な平面状燃焼領域の形成、ならびに燃焼安定性の向上（CO、NO<sub>x</sub>の同時低減）を実現している。また、炉幅方向のモジュール化設計が容易となり、小型炉から大型炉まで幅広い範囲での適用が可能である。NO<sub>x</sub>の低減メカニズム詳細は、「3. 独創性」にて説明する。

<sup>1</sup> NEDO, 平成 13 年度高温空気燃焼技術研究開発成果報告書, pp235-295, (2001)

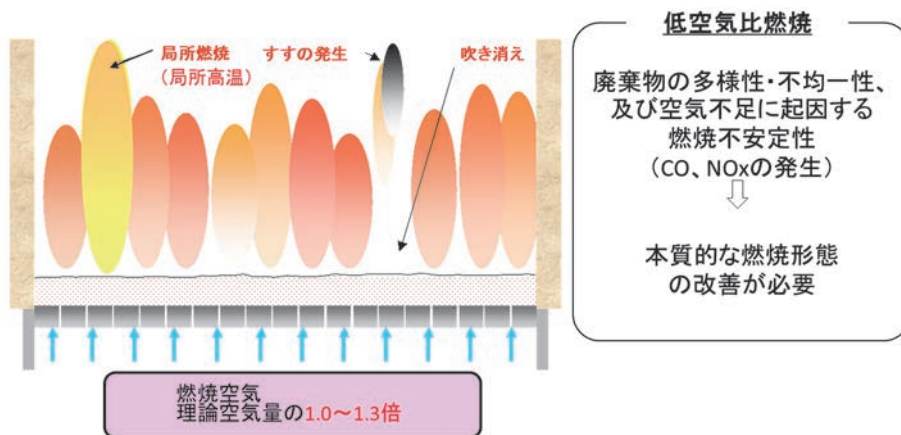


図1 燃焼改善を伴わない低空気比下での燃焼形態概念図

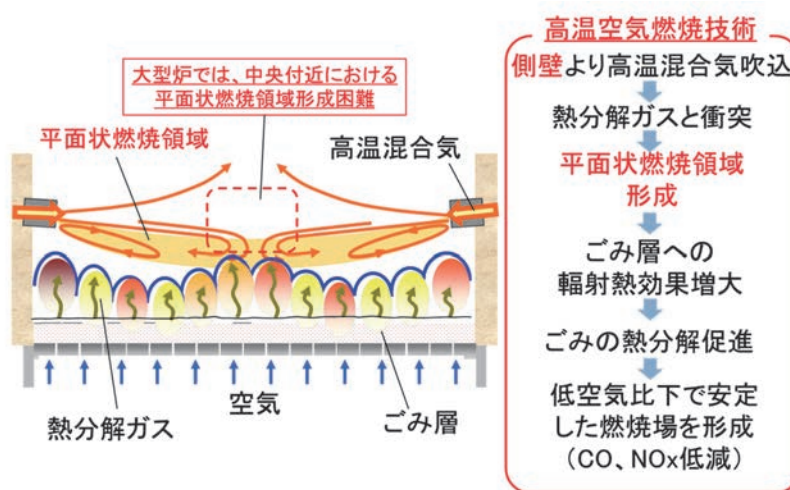


図2 高温空気燃焼技術を適用した従来型装置の燃焼形態概念図

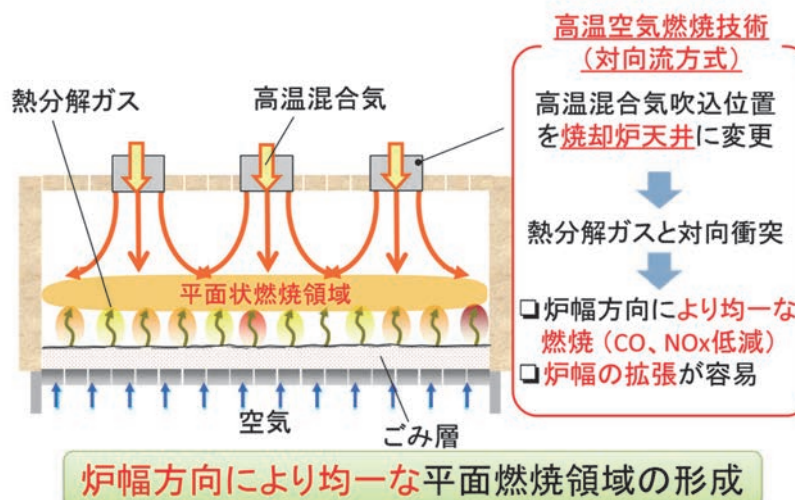
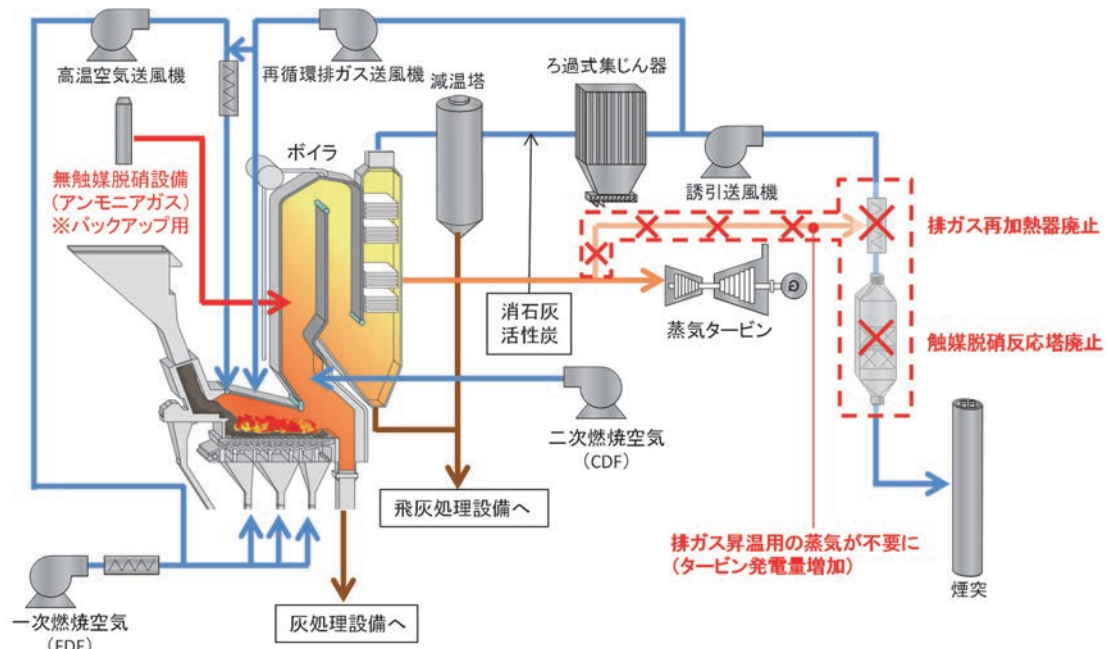


図3 対向流燃焼方式を適用した廃棄物焼却炉（新型装置）における燃焼形態概念図

新型装置を実機化したプラント設備（60t/d）の概要とフローを図4に示す。対向流燃焼方式の要素技術となる焼却炉天井からの高温混合気吹込みを行うため、ろ過式集じん器にて除じんされた排ガスを再循環排ガス送風機により焼却炉へ還流している。本排ガスは2系統に分岐されており、一方は高温空気送風機より供給される加熱空気と混合し所定のO<sub>2</sub>濃度に調整され、蒸気式空気予熱器により昇温された後、高温混合気として焼却炉天井へ吹き込まれる。もう一方は、再循環排ガスとして単独で焼却炉天井へと吹き込まれている。また、本プラントでは、多くの廃棄物焼却施設で採用されている触媒脱硝反応塔を廃止することで、従来、反応塔入口で低温排ガスの昇温に使用していた蒸気が不要となり、余剰蒸気によるタービン発電量の増加を実現している。なお、本プラントの場合、バックアップ用として焼却炉出口に無触媒脱硝設備（アンモニア噴霧）を設置している。



焼却炉形式	全連続式ストーカ炉
処理能力	60 t/day × 2炉
排ガス冷却設備	自然循環ボイラ(3.0MPa,300°C)+減温塔
排ガス処理設備	無触媒脱硝、ろ過式集じん器+消石灰、活性炭吹込み
発電設備	蒸気タービン(2.8MPa,295°C)出力1,550kW

図4 実機化プラントの概要とフロー

## 2. 開発経緯

- 1999年 新エネルギー産業技術総合開発機構（NEDO）の支援を受け、高温空気燃焼技術の基盤研究を実証試験プラント（12t/d）で開始。
- 2002年 高温空気燃焼技術を適用した試験実炉（JFE ハイパー21 ストーカシステム 105t/d）が稼動。
- 2009年 JFE ハイパー21 ストーカシステム初号機（117.5t/d）が竣工。  
以後、計 17 件 39 基を納入（内 4 件 10 基は建設中）。
- 2012年 高温空気燃焼技術を更に発展させた「対向流燃焼方式」の基盤研究を、実証試験プラント（3t/d）で開始。
- 2016年 「対向流燃焼方式」を適用した実炉（60t/d）が稼動。
- 2017年 第 1 号機竣工。

## 3. 独創性

前述のとおり、本装置は、当社次世代ストーカ炉として数多くの実績を有す高温空気燃焼技術を更に発展させた対向流燃焼方式として、世界で初めて廃棄物焼却炉に適用したものであり、従来型装置と同等の低 CO 運転と、更なる NO<sub>x</sub> 低減が可能となっている。従来型装置では、焼却炉側壁より高温混合気を吹き込んでいたため、特に炉幅の大きい大型炉において、炉幅方向の燃焼均一性の確保が難しいという課題があった（図 2 参照）。一方、新型装置では、焼却炉天井からの高温混合気吹込みとすることで、炉幅方向により均一な平面状燃焼領域が形成でき、燃焼安定性を向上（CO、NO<sub>x</sub> の同時低減）させるとともに、大型炉への適用性向上を図っている（図 3 参照）。本対向流燃焼方式での高温空気燃焼技術は、「4. 特許」に記載の通り、特許 10 件を取得済みの当社独自技術である。

以下、燃焼安定性向上により、新型装置で更なる改善が図られた NO<sub>x</sub> 低減機構を示す。

- ① 焼却炉天井より、高温混合気（高温空気＋再循環排ガス）を供給。
- ② 天井からの高温混合気とごみ層から発生する熱分解ガスの衝突（対向流）により、炉幅方向全域に従来型装置よりも更に均一で安定的な平面状燃焼領域を形成。
- ③ 上記によるごみ層への輻射熱増大により燃焼効率が向上し、低空気比条件下での安定燃焼を実現。
- ④ 均一な燃焼領域の形成及び天井からの供給ガス適正化による二段燃焼を実現することで、NO<sub>x</sub> を低減。

上記①～③については、「1. 装置の詳細説明」にて既に詳細を説明している。以下、機構④の「二段燃焼」について説明する。新型装置の焼却炉内における酸素濃度分布及び乱流強度分布（数値解析結果）を図 5、6 に示す。

- a. 焼却炉天井からの高温混合気供給量及び高温混合気酸素濃度を適切に調整することで、焼却炉内上流部（図 5 炉内左側）に還元性雰囲気、炉内下流部に酸化性雰囲気の燃焼場を形成。
- b. これにより一段目の還元性雰囲気の燃焼場で生成するアンモニア、シアンなどの窒素化合物が、二段目の酸化性雰囲気の燃焼場で NO<sub>x</sub> の還元剤として作用することで、二段



燃焼を実現。

- c. 焼却炉内下流部付近の焼却炉天井からの再循環排ガスを積極的に供給し、ここでの排ガスの攪拌・混合を促進させて二段燃焼時の炉内脱硝効果を高める（図6参照）。

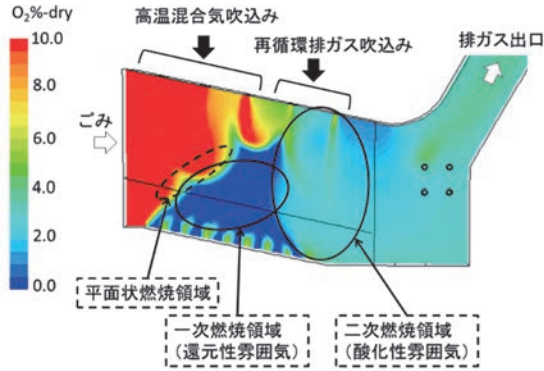


図5 炉内酸素濃度分布

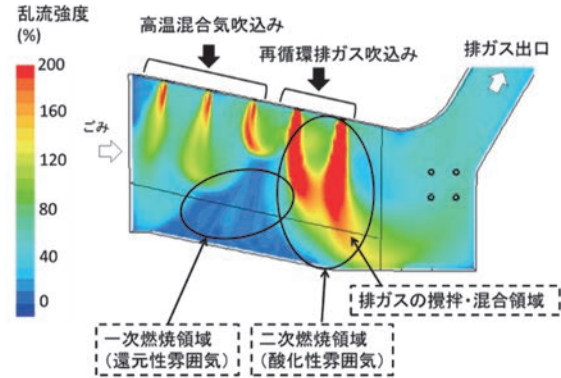


図6 炉内乱流強度分布

#### 4. 特許

本装置の関連特許は次の通りである。

特許番号：第 5861880 号 / 名称：廃棄物焼却炉及び廃棄物焼却方法

特許番号：第 6011295 号 / 名称：廃棄物焼却炉及び廃棄物焼却方法

特許番号：第 6008187 号 / 名称：廃棄物焼却炉及び廃棄物焼却方法

特許番号：第 5892339 号 / 名称：廃棄物焼却炉及び廃棄物焼却方法

特許番号：第 6103471 号 / 名称：廃棄物焼却炉及び廃棄物焼却方法

国際特許：201380012937.4 (中国) / 名称：廃棄物焼却炉及び廃棄物焼却方法

特許番号：第 6090578 号 / 名称：廃棄物焼却炉及び廃棄物焼却方法

特許番号：第 6146673 号 / 名称：ストーカ式廃棄物焼却炉操作 method

特許番号：第 6183787 号 / 名称：ストーカ式廃棄物焼却炉操作 method

特許番号：第 6256859 号 / 名称：ストーカ式廃棄物焼却炉操作 method

#### 5. 性能

以下に、同規模工場における、従来型装置と新型装置の設備概要と運転状況を示す。従来型装置の場合は、CO 濃度 3 ppm、NO<sub>x</sub> 濃度 53 ppm (脱硝前) であるが、新型装置を実機化したプラント設備では、CO 濃度 1 ppm、NO<sub>x</sub> 濃度 41 ppm (脱硝不使用) となっている。すなわち、本プラントでは、触媒脱硝設備の廃止だけでなく、無触媒脱硝設備も使用しない運転を現在継続しており、脱硝用薬剤使用量の大幅な削減を実現している。

	従来型装置	新型装置
焼却炉形式	全連続式ストーカ炉	同左
処理能力	70t/d x 2 炉	60t/d x 2 炉
排ガス 冷却設備	自然循環ボイラ (3.0MPa,300°C) +減温塔	自然循環ボイラ (3.0MPa,300°C) +減温塔
排ガス 処理設備	ろ過式集じん器+消石灰、活性炭吹込、 排ガス再加熱器 触媒脱硝反応塔	無触媒脱硝 ろ過式集じん器+消石灰 活性炭吹込
発電設備	復水タービン 出力 1,990kW	復水タービン 出力 1,550kW
空気比	1.3	1.3
高温混合気吹込み量	1.2 kNm <sup>3</sup> /h	0.9 kNm <sup>3</sup> /h
再循環ガス吹込み量	2.6 kNm <sup>3</sup> /h	1.7 kNm <sup>3</sup> /h
NO <sub>x</sub> 濃度	53 ppm (ろ過式集じん器出口、脱硝前)	41 ppm (煙突、脱硝不使用)
煙突出口 CO	3 ppm	1 ppm
煙突排ガス量	16.5 kNm <sup>3</sup> /h	15.4 kNm <sup>3</sup> /h
脱硝薬剤 使用量	2 炉分 9,400Nm <sup>3</sup> /年 (NH <sub>3</sub> ガス) (触媒脱硝反応塔用)	2 炉分 40Nm <sup>3</sup> /0.5 年 (NH <sub>3</sub> ガス) ※ (無触媒脱硝設備用) ※初期調整時に使用

## 6. 経済性

従来型装置に比べ、触媒脱硝反応塔、排ガス再加熱器廃止による設備費用の低減、タービン売電量の増加、及び脱硝薬剤使用量の削減を実現しており、大幅なコストメリットが見込まれる。

	従来型装置	新型装置
イニシャルコスト		
1. 焼却設備	100	100
2. 廃熱回収設備	100	100
3. 排ガス処理設備 (脱硝反応塔、排ガス再加熱器廃止)	100	70
4. 発電設備 (発電増加による設備費増加)	100	105
ランニングコスト		
1. 点検・補修費 (脱硝反応塔、排ガス再加熱器廃止)	100	99
2. 電力		
発電量	100	108 <sup>8%増加</sup>
場内消費電力	53	53
売電量	47	55 <sup>17%増加</sup>
3. 薬剤費用 (脱硝薬剤削減)	100	97

※ 従来型装置におけるコストを 100 とした場合

## 7. 将来性

環境省の統計によると 2015 年度末の廃棄物焼却施設は 1,141 施設で、発電設備を有する施設は 348 施設に止まっている。廃棄物発電量増加への社会的要求が高まっている中で、このような状況となっている一因としては、約半数ある施設規模 100t/d 未満の小型施設では発電効率が低く、発電設備導入によるメリットが小さいため、発電設備を導入しないことが多いことが挙げられる。本新型装置は、触媒脱硝反応塔及び排ガス再加熱器の廃止により、大幅な発電量の増加が見込めるため、小型施設に対しても発電設備を導入するメリットが増加し、発電設備を有する廃棄物焼却施設の増加が期待される。

また、従来型装置では、触媒脱硝反応塔がない場合（NO<sub>x</sub> 規制値が比較的高い地域）に、常用設備であった無触媒脱硝設備を、バックアップ設備とすることが可能であり、大幅な薬剤使用量削減が見込まれる。さらに、設備機器点数削減（触媒脱硝反応塔、排ガス再加熱器）による、イニシャル・ランニングコスト低減、ならびに施設機器配置のコンパクト化が可能となる。

一方、焼却炉設計の観点では、本装置には大型化が容易という特徴がある。ストーカ式焼却炉のスケールアップには炉幅の拡張を伴うが、本新型装置は焼却炉天井から高温混合気を供給する吹込みノズルのピッチ毎（炉幅方向）に、炉幅方向のモジュール化設計が可能であり（図 7 参照）、ストーカ炉の大型化が容易となる。

以上のように、本新型装置は、当社の主力装置となるだけでなく、今後の廃棄物処理業界に多大な貢献が期待できる装置である。

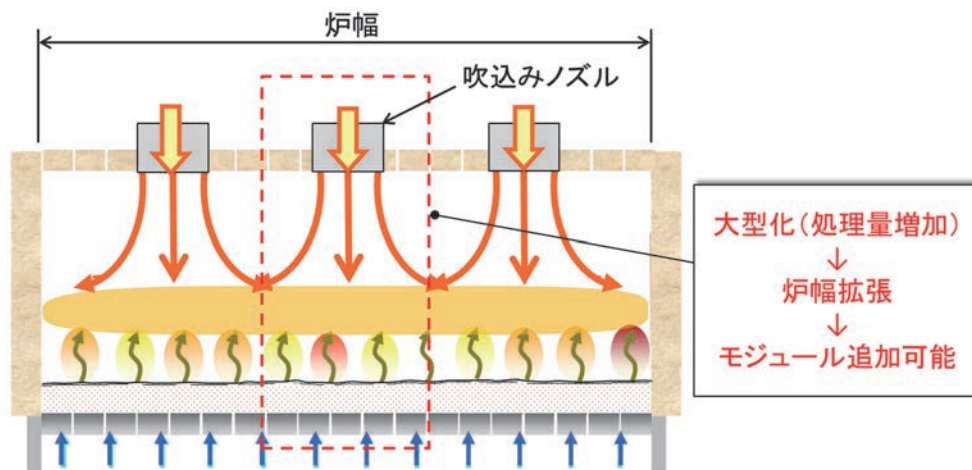


図 7 大型化の容易性





経済産業省 産業技術環境局長賞

# 「無曝気循環式水処理装置」

高知市上下水道局  
 国立大学法人 高知大学  
 日本下水道事業団  
 メタウォーター株式会社

## 1. 装置の詳細説明

本装置は、下水道において主流となっている標準活性汚泥法（以下、標準法とする）と同レベルの処理水質で、電力使用量を半減（電力消費量原単位：標準法  $0.222\text{kWh}/\text{m}^3 \Rightarrow$  本装置  $0.105\text{kWh}/\text{m}^3$ ）<sup>1</sup>する装置である。

本装置の処理フローを図1に示す。本装置は、前段ろ過施設、散水担体ろ床、最終ろ過施設、一次濃縮施設（=洗浄排水の濃縮）の異なる4施設から構成される。なお、循環水を散水担体ろ床あるいは前段ろ過施設の前段にも循環する方式をとる。

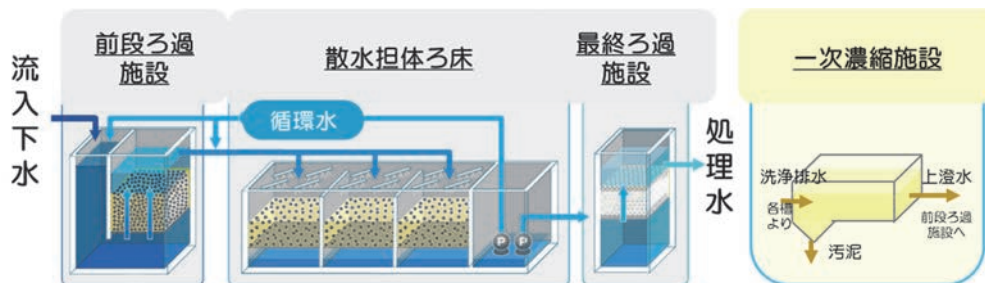


図1 処理フロー

また、本装置（処理能力  $6,750\text{m}^3/\text{日}$ 、高知市下知水再生センター東7系無曝気循環式水処理装置）の下水処理場における配置場所を図2に、全景を図3に示す。

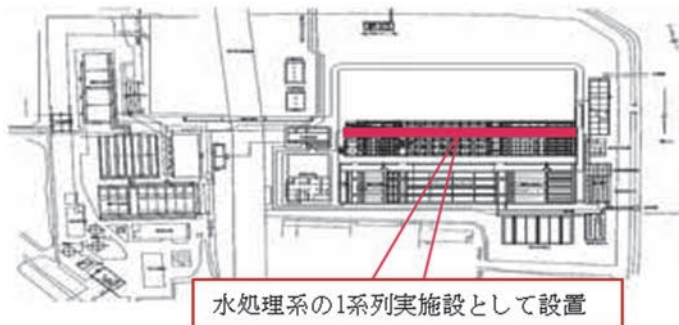


図2 本装置が設置された高知市の水再生センター



図3 実施設の全景

<sup>1</sup> B-DASH プロジェクト No.12 無曝気循環式水処理技術導入ガイドライン（案）、平成29年2月、国土交通省国土技術政策総研究所

### (1) 従来の散水ろ床法との違い

従来の散水ろ床は、「1 槽目：沈殿、2 槽目：礫充填の散水ろ床、3 槽目：沈殿」であった。

一方、本装置は全槽を改良し、「1 槽目：ろ過、2 槽目：樹脂担体の散水ろ床、3 槽目：ろ過」としている。散水担体ろ床流出水が、1 槽目（前段ろ過施設）前段に循環する点も初の事例である。

技術的開発（改良）のポイントは、1 槽目（前段ろ過施設）で、沈殿より高い除去率を有する「ろ過」の適用とそのろ過効果による散水機（2 槽目散水担体ろ床）の目詰まり防止、2 槽目散水担体ろ床では処理槽のコンパクト化、担体洗浄及び脱臭機能の具備、3 槽目（最終ろ過施設）では沈殿より高い除去効果による処理水質向上と安定化（年間を通じての BOD15mg/L 以下）である。

### (2) 開発経緯の概要

開発経緯については次章にて詳述するが、前段ろ過施設のろ過技術は、下水の合流改善用に独自に開発した技術（平成 16 年度迄に開発）を転用し、平成 22 年度に独自開発した散水担体ろ床と組合せた小型実験に着手した。その後、平成 24 年度よりベトナムで小型実証を行い、平成 26 年度に独自に開発した最終ろ過施設、改良した散水担体ろ床と組合せた実施設を建設し、現在運転を実施している。

### (3) 前段ろ過施設

前段ろ過施設は、上向流式高速ろ過（原水に対するろ過速度 200m/日程度）であり、主として夾雑物、浮遊物質（SS）、SS 由来の固形性 BOD 等を除去する。さらに散水担体ろ床からの循環水の溶存酸素を用いて一定量の溶解性 BOD も除去する。

また、本施設流出水（ろ過水）は次槽の散水担体ろ床にて散水されるが、夾雑物が除去されているため、散水ノズルの目詰まりが発生しないという効果を生む。

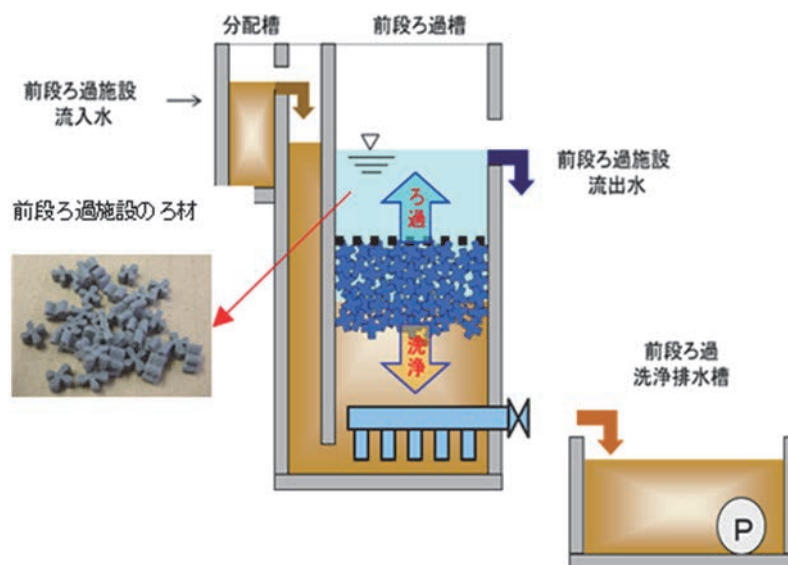


図 4 前段ろ過施設の原理

#### (4) 散水担体ろ床

散水担体ろ床は、自然の大気圧下での酸素溶解がなされるため、曝気設備が不要である（原理は散水ろ床と同一）。本装置では、従来の散水ろ床の礫を微細な樹脂製円筒担体に替えることにより、処理効率を高め、設備のコンパクト化（BOD 容積負荷：最大  $1.6\text{kg}/\text{m}^3 \cdot \text{日}$ ）を図っている。さらに担体比重を調整して浸漬洗浄や空気洗浄を可能とし、処理性の安定化やろ床閉塞の防止、ろ床バエの発生抑制を図っている。散水担体ろ床流出水の循環は、従来より行われていた方式（高速散水ろ床方式）ではあるが、本装置では、散水担体ろ床の前段に加え、前段ろ過施設の前段にも循環（冬季計 200%、冬季以外計 100%）させ、処理水質の安定化と向上を実現している。

散水ろ床では一般に、水温が外気温に比べて低い夏季にはろ床を下向きに、冬期には上向きに空気が流れ、この自然対流により酸素を供給できる。しかし、冬季の低気温の空気による活発な対流は、担体ろ床温度の低下を招き、処理性への影響が懸念される。そのため本装置では一定量の通気（水量の 6 倍程度に制限）を行い、十分な酸素供給を行いつつ、ろ床温度の低下を回避する。なお通気抵抗は  $200\text{mmAq}$  程度で消費電力は、非常に少ない。

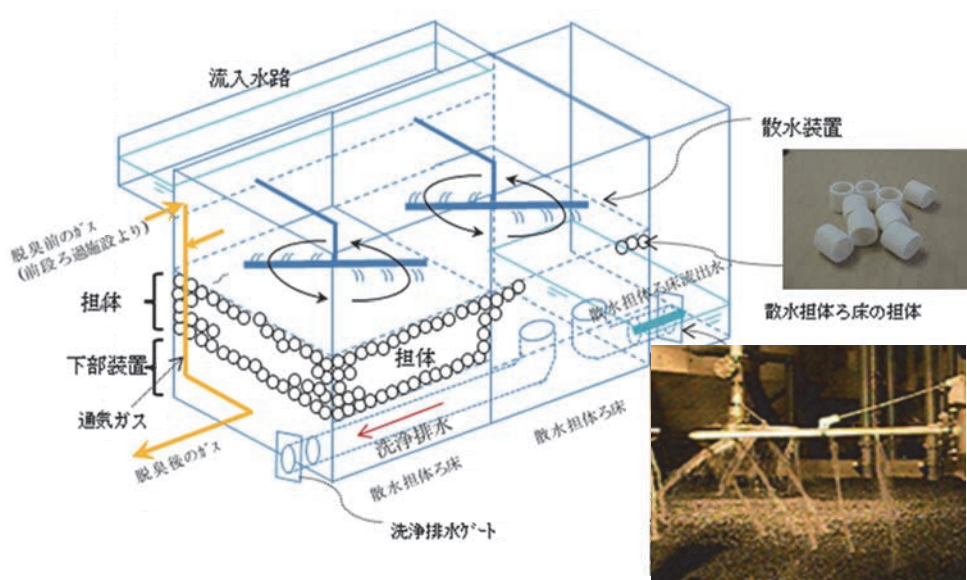


図 5 散水担体ろ床の原理

さらにこの通気は生物脱臭機能も兼ねる。下部から負圧吸引することで、散水担体ろ床、前段ろ過槽の各上部ガス ( $\text{H}_2\text{S}$  等を含む) を担体層に導き、生物学的に酸化脱臭を行う。

散水機については散水形状の工夫により、散水管を細くしつつ、低トルクで均一に分散散水される構造とし、自然水位差を活用して散水機を回転させ、無動力均等散水を行う。

#### (5) 最終ろ過施設

散水担体ろ床流出水には、微細な剥離固形物が含まれ、流出する。そこで従来の最終沈殿池では除去困難であったこの微細固形物を、小型円筒型ろ材により水面積を増加させ沈殿効果により効率的に除去する。なお沈降汚泥もあるので下部から沈殿汚泥の引抜も行う。ろ材層の閉塞によるろ過損失抵抗は最大  $30\text{mm}$  程度であり、1 日 1~2 回、空気洗浄を行う。洗

浄排水は処理水側に流出させた後、一次濃縮施設に送水する。

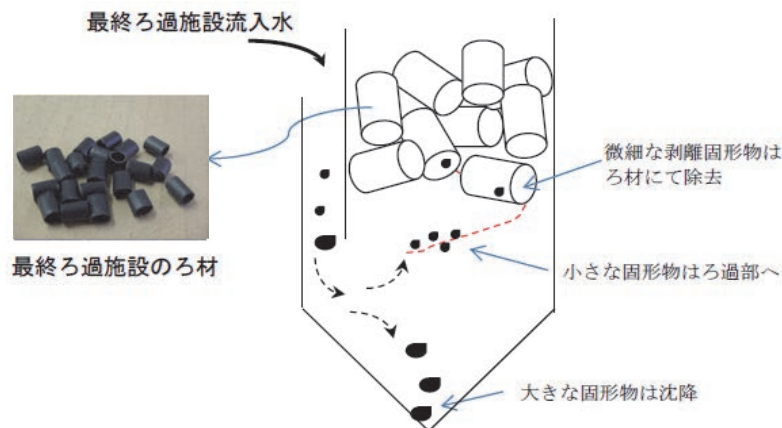


図6 最終ろ過施設の原理

## (6) 一次濃縮施設

本装置では、上記の3施設全てから洗浄排水が発生する。洗浄排水は一次濃縮施設にて濃縮汚泥と上澄水に固液分離される。濃縮汚泥は汚泥処理施設に送られ、上澄水は前段ろ過槽の前の原水槽に返流する。(注：一般に汚泥処理には濃縮施設があるため、ここでは前段として一次濃縮施設と称する。)

## 2. 開発経緯

### (1) 開発趣旨

電力事情が悪く今後新規に下水道が普及する東南アジア等の海外や、電力費削減や地球温暖化防止(CO<sub>2</sub>削減)を推進する日本の下水処理場での普及を目指し、電力消費量増大の最大要因であった曝気動力を不要とする水処理システムを開発する。

(背景) 日本の下水道内容別電力消費量によれば、水処理で最も多く電力が消費され、割合で50%を超えている。処理方式では標準法が665箇所(ステップエアレーション法7箇所を含む)で行われており、処理水量ベースでは75%を占める

### (2) 開発目標

処理水質は標準法と同等で、水処理における消費電力費を標準法の「半減以下」とする技術を開発する。新設に加え、標準法の既存土木施設への設置も可能とする。

### (3) 開発経緯

- |             |   |
|-------------|---|
| 2010年度      | 国内都市下水を用いての実験室規模の基礎研究に着手。前段ろ過と独自開発の散水担体ろ床との組合せを初実証。                               |
| 2012～2013年度 | ベトナム国ダナン市フーロック下水処理場にてパイロットプラント(300m <sup>3</sup> /日)による実証試験を実施。                   |
| 2013年度      | 高知市下知水再生センターにてパイロットプラント(10m <sup>3</sup> /日規模)の小型実証研究を実施。前段ろ過と散水担体ろ床と独自開発の最終ろ過の組合 |



	せを初実証。
2014年3月	上記ベトナム国での実証成果に基づき、日本下水道事業団「海外技術確認」の国内第1号として認証。
2014～2015年度	国土交通省下水道革新的技術実証事業(B-DASH)(国総研委託)に採択、高知市下水道中期ビジョンにも合致する新技術として、高知市下知水再生センターにて実施(6,750m <sup>3</sup> /日)を設置。実施の運転を実施。
2017年2月	国土技術政策総合研究所により「無曝気循環式水処理技術」導入ガイドライン(案)が発刊。
2016～2017年度	実施(6,750m <sup>3</sup> /日)を稼働中。現在に至る。

なお、本装置は、高知市上下水道局、国立大学法人 高知大学、日本下水道事業団、メタウォーター株式会社が共同で開発を行った。それぞれが担当した開発の内容は次の通りである。

- ・高知市上下水道局 : 実施の運転手法の研究と改善、効率的な実運転の確立と実施
- ・高知大学 : 研究計画の立案、実施の水処理機構の解明
- ・日本下水道事業団 : 実証計画の立案、調査研究の主導、システム評価、設計手法開発と標準化
- ・メタウォーター : 基礎原理の確立、研究調査の実施の建設

### 3. 独創性

#### (1) 特徴

主原理は、中級処理 (>BOD15mg/L) の位置づけとされていた散水ろ床法であるが、本装置では全槽に独自の工夫を加えて、処理水質のレベルを標準法と同等レベル(BOD10mg/Lを超え15mg/L未満)に向上させたものである。その成果として「処理水質の安定」に加えて「電力消費の半減」、「発生汚泥の減容化」を図ったことが特徴である。

#### (2) 独創的に工夫した点

従来型の散水ろ床法からの技術面での独自の工夫点を説明する(6. 経済性等においては、普及促進の観点から現在主流となっている標準法との比較を行っている。しかし本項では独創性は、従来型の散水ろ床法から工夫を加えたため、従来型の散水ろ床法と比較して記載する)。

従来型の散水ろ床法には、①維持管理面、②環境・衛生面、③処理水質の安定化の3つの課題があり、以下3課題に分けて課題解決からの独自の工夫点を述べる。なお、従来の散水ろ床法から本装置への独創的な工夫点を表1に、その工夫点を本装置フローに示したものを図10にまとめた

##### ① 維持管理面

従来の散水ろ床では、最初沈殿池上澄水が流入する。そのため、沈殿池上澄水には髪の毛、夾雑物やオイルボール等が混入し、流路の狭い散水管や散水口が詰まることが頻発していた。これを取り除くためには、設備を停止して、散水ノズルを定期的(週に1回程度)

に清掃する必要があった。なお、清掃頻度を減らすために散水口（径）を大きくする等の対策もあったが、散水の分散性が悪く、処理能力が低下し、設備が大きくなる等の課題があった。

- ・ろ過水散水により目詰まりをなくす

本装置では 100 $\mu\text{m}$  以上の固形物が効率的に除去でき、1mm 以上の固形物、夾雑物は 100%除去されろ過水が得られる。このろ過水を散水するため、散水ノズルの目詰まりはなくなり、従来技術での散水ノズルの清掃作業が解消された。なお、本ろ過水質を実現するための前段ろ過施設のろ材は、独自に開発したものである。

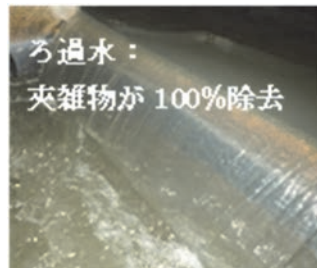


図 7 散水担体ろ床に供給する前段ろ過のろ過水

- ・清掃不要な前段ろ過施設

従来一般的な高速ろ過では、一次側のろ材流出防止スクリーンに、原水中の髪の毛等夾雑物が絡み付き、その清掃等が必要であった。本装置の前段ろ過施設では、「ろ材と夾雑物の比重差による逆洗」を行うことにより、一次側スクリーンを不要とし、清掃作業等の維持管理作業が不要となった。

## ② 環境・衛生面

従来型の散水ろ床法では、ろ床バエの発生、臭気の発生等の問題があった。これらの問題の影響の程度は適用する国により異なるが、日本においては、これらの課題解決は必須である。そのため、最も厳しい日本を想定して独自の工夫による課題解決を図った。

- ・ろ床バエ、ろ床目詰まり抑制のための工夫

ろ床バエは、散水ろ床法では一般に発生する。散水ろ床法では原理的にバクテリアから高次な動物であるろ床バエ迄の食物連鎖が行われるためである。特にその発生は温暖な夏季が最も多い。これはろ床バエの産卵から成虫になる迄の期間が最も短いためであり、25 $^{\circ}\text{C}$ では 15 日程度<sup>2</sup>とされている。

従来型の散水ろ床法では、5~10cm 程度の大きな礫を用いており、湛水して引抜くことはできても、流動洗浄させることは困難であった。このためろ床バエを卵や幼虫の段階で取り除くことができず、成虫の発生を抑止する手段がなかった。なお冬季には生物層（スライム）が形成するため、目詰まり防止の観点からも小さな礫を充填することはで

<sup>2</sup> オオチョウバエの発育に及ぼす温度の影響、森原 修、安江安宣、農学研究 50 : 81-86 (1981)

きず、装置も標準法に比べると大型となっていた。

本装置では、樹脂性（ポリオレフィン系）のろ材に安定な比重調整材を加えて、水の比重に近い担体を独自開発し、ろ床を水没させた後に、空気による担体の流動洗浄を容易に行えるよう工夫した。これにより、微細な担体（φ15×15mmL、円筒型）でも冬季の目詰まり防止、温暖季のろ床バエの発生抑制を行いつつ、生物付着面積の確保によるコンパクト化を実現した。

#### ・処理安定化と生物脱臭の工夫

酸素供給面においては、散水ろ床法は、ブロワを不要とする自然対流を特徴としていた。前述した通り、ろ床内空気は、冬季に散水により暖められ上向きに、また夏季には散水により冷却され下向きに自然対流する。しかし、春・秋季に空気と散水が同一温度となると、自然対流されず、処理に必要な酸素が供給されない。従って、四季を有する日本では「春・秋季には安定処理ができない、冬季には冷空氣が必要以上に対流しろ床温度が低下する」という課題があった。これらの課題を解決するため、本装置では通気ファンを用いて通気（流入下水量の6倍）を行うこととした。これにより酸素供給による安定処理が可能となるが、ろ床の通気抵抗は200mmAqと低圧損であるため電気消費量は少ない（表7参照）。

さらに本装置は、「生物脱臭」（担体に悪臭ガスを通し、散水して生物学的な脱臭をする方式）と機構が同一である。従って、本装置では前段ろ過施設、散水担体ろ床、一次濃縮施設にて発生する硫黄系臭気を本ろ床で生物脱臭させる工夫を行っている<sup>1</sup>。通気を下向流とすれば、ろ床上部は負圧となり、原臭気の漏れも無くすることができる。実証において、処理後のアンモニア、メチルメルカプタン、硫化水素、硫化メチル、二硫化メチル、トリメチルアミン等の濃度は基準の臭気強度2.5を下回った<sup>1</sup>。このように本装置では、通気により、処理安定化と生物脱臭を同時に行う工夫を行った。

## ② 処理水質の安定化

#### ・散水担体ろ床の流出水の循環

従来の散水ろ床においても散水ろ床流出水の散水ろ床前段への循環は行われていた。本装置では、高いろ過速度でも処理できる前段ろ過施設の特性も活かし、散水ろ床流出水の1槽目（前段ろ過施設）への循環も取り入れた。これにより散水担体ろ床流出水に溶け込んだ溶存酸素や生成した硝酸体の酸素を用いて1槽目からのBOD分解や脱窒も可能となり、BOD（主として溶解性BOD）の処理が可能となった。

#### ・円筒型ろ材によるろ過

2槽目の散水ろ床からは、剥離SS（主として微生物の破片）が流出する。従来の散水ろ床法では3槽目でこれを沈殿除去していた。しかしながら、微細SSは沈殿せず流出することもあり、最終的な処理水質悪化の原因となっていた。

本装置最終ろ過施設では、「傾斜板沈殿」と同等の原理で沈殿除去する。また空気による自動洗浄機能も有する、独自に開発した円筒型ろ材（φ7mm程度、円筒型）による高速ろ過（150m/日）を行った。1槽目（前段ろ過施設）が絡み合うろ材に夾雑物を引



っかけて表層ろ過するのに対し、3槽目（最終ろ過施設）では、微細SSを円筒型ろ材で増えた面積に沈め取るイメージとなり、表面積を稼ぐことで微細なSSが沈殿除去されるよう工夫したものである。本装置最終ろ過でのSS除去率を図8に示す。ろ過速度は150m/日で従来の最終沈殿池25m/日と比較してもろ過速度が6倍にも関わらず、流入SS（5～30mgSS/L）に対して75～90%の高除去率が得られ、最終水質の安定化に寄与する。なお本最終ろ過施設では、この微細SSが除去できることで、処理水にNH<sub>4</sub>-Nが残存してもN-BODの発現が抑止される効果がある（図9）。

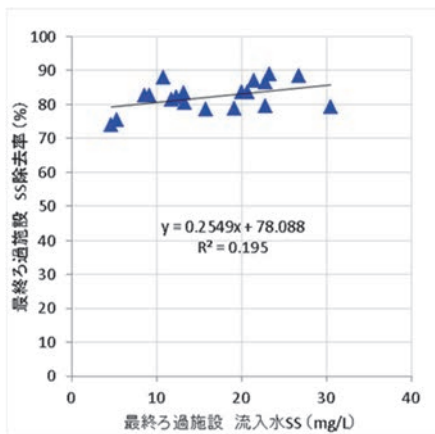


図8 最終ろ過施設でのSS除去率

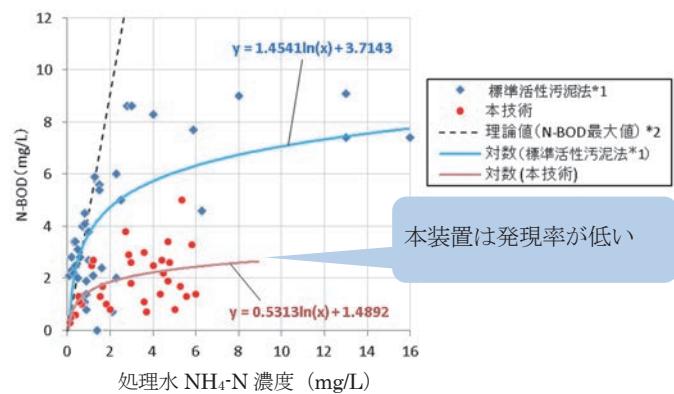



図9 処理水NH<sub>4</sub>-N濃度とN-BOD発現率

表1 従来法からの独創的な工夫点比較

		従来の散水ろ床法		本装置
前段ろ過施設	方式	沈殿	—	高速ろ過
	ろ材	—(なし)	新規	樹脂製/ <b>独自開発</b> 【形状等】  風車型 7.5mm□×4mm、 浮上性 【目的】 夾雑物やSSの除去 【メリット】 比重差で洗浄でき、ろ材流出防止の下部スクリーンが不要。そのため維持管理容易で、後段の処理に好影響
	処理速度	水面積負荷 50m/日	増加	ろ過速度 200~250m/日
	除去性能	SS : 30~50%程度 溶解性 BOD : 除去不可能 夾雑物 : 一部除去 (次槽の散水ノズル目詰まり物質が存在する)	向上	SS : 50~70%程度 溶解性 BOD : 一部除去 (循環水とろ材微生物の効果) 夾雑物 : 100%除去 (次槽の散水ノズル目詰まり物質が存在しない)
	処理速度	水面積負荷 50m/日	増加	ろ過速度 200~250m/日
	スペース	沈殿面積	半減	ろ過面積+洗浄排水槽 +一次濃縮槽
散水担体ろ床	方式	散水ろ床 <sup>3</sup>	—	高性能・高効率型の散水ろ床 (洗浄機能、脱臭機能付き)
	処理負荷	最大 1.2 kgBOD/m <sup>3</sup> ・日	向上	最大 1.6kgBOD/m <sup>3</sup> ・日 (コンパクト化に寄与)
	担体	礫 (5~10cm)	新規	樹脂性/ <b>独自開発</b> 【形状等】円筒型 φ15mm 【目的】BOD 除去 【メリット】比表面積大きく、 処理効率がよく、設備のコンパクト化に寄与
	洗浄	できない	機能付加	可能
	脱臭	機能なし	機能付加	可能 (生物脱臭)
最終ろ過施設	方式	沈殿	—	高速ろ過
	ろ材	—(なし)	新規	樹脂製/ <b>独自開発</b> 【形状等】円筒型 φ7mm ×7mmL 【目的】微細 SS 除去 【メリット】比表面積が大きいため、微細 SS が沈降する沈殿面積を増やす機能を有する。全層ろ過となるためろ過損失水頭があまり上昇せず。処理水質は BOD15mg/L 以下に安定。
	処理速度	水面積負荷 20~30m/日	向上	ろ過速度 150m/日
	除去性能	微細 SS は除去困難	向上	75~90% (図 8 参照)
	スペース	沈殿面積	1/4 に減	ろ過面積+洗浄排水槽

<sup>3</sup> 藤江幸一、守屋博之、久保田宏「砕石をろ材とする散水ろ床の処理水 BOD 値と動力効率」  
水質汚濁研究 第 7 巻第 5 号 310-315 1984

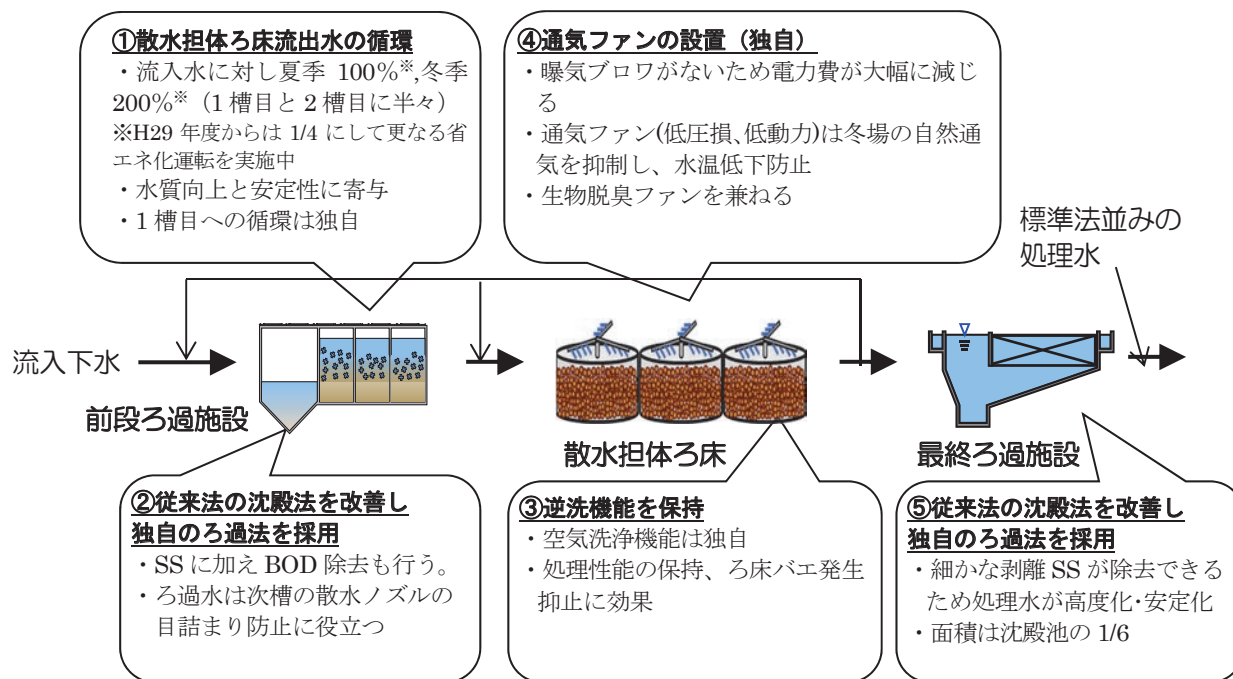


図 10 フローから見た独創的な工夫点 (まとめ)

#### 4. 特許

本装置の関連特許は次の通りである。

特許番号：第 5676757 号 / 名称：下水処理システム

特許番号：第 6117049 号 / 名称：水処理システム

特許番号：第 3853738 号 / 名称：高速ろ過装置及びこれを用いた高速ろ過方法

特許番号：第 6282511 号 / 名称：散水管および散水ろ床装置

公開番号：特開 2017-109195 / 名称：排水処理システム

公開番号：WO15/001708 / 名称：水処理装置

出願番号：特願 2017-185138 / 名称：散水ろ床の洗浄方法および散水ろ床

#### 5. 性能

##### (1) 水処理性能

性能は本装置 (水量 6,750m<sup>3</sup>/日) を導入した下知水再生センター実施設での調査結果である。

##### ① 経時変化の結果

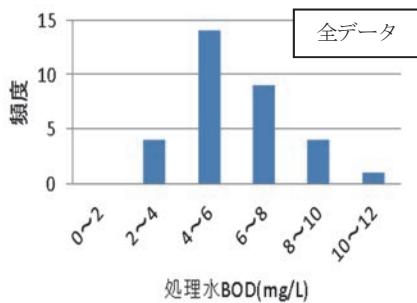
H27年度からの BOD 処理結果を図 11 に示す。本施設は、稼働した全期間にわたり、処理水 BOD は 15mg/L を下回っている。



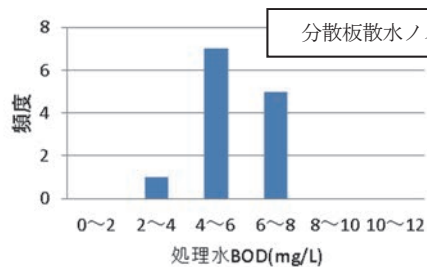
図 11 流入下水と処理水の BOD 推移

② 処理水の安定性

処理水 BOD は平均値 6mg/L、最頻値が 4~6mg/L、標準偏差( $\sigma$ )が 2.0 mg/L と非常に安定し、統計的に年間を通じて 15mg/L 以下 (平均  $6.0+3\sigma=12<15\text{mg/L}$ ) となり、下水道法の順守が可能な処理結果と安定性が得られた (図 12、表 2 の上)。特に散水機散水部に「分散板」を設ける工夫をした分散板散水ノズルでは、分散性が図られ、処理水質もより良好になった(2015年12月より実施し、冬季に流入下水は濃くなったが処理水質は向上)。



項目	最小	最大	平均( $\mu$ )	標準偏差( $\sigma$ )	$\mu+2\sigma$	$\mu+3\sigma$
	mg/L	mg/L	mg/L	—	mg/L	mg/L
流入水BOD	33	260	104	—	—	—
処理水BOD	2.6	12.0	6.0	2.0	10.1	12.1

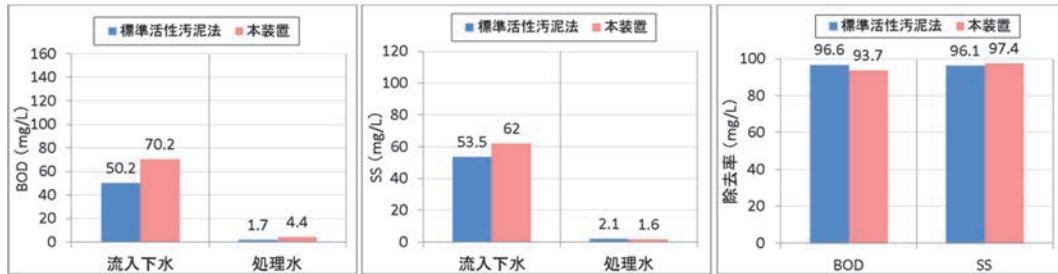


項目	最小	最大	平均( $\mu$ )	標準偏差( $\sigma$ )	$\mu+2\sigma$	$\mu+3\sigma$
	mg/L	mg/L	mg/L	—	mg/L	mg/L
流入水BOD	82.2	260	131.7	—	—	—
処理水BOD	3.7	7.4	5.7	1.2	8.1	9.3

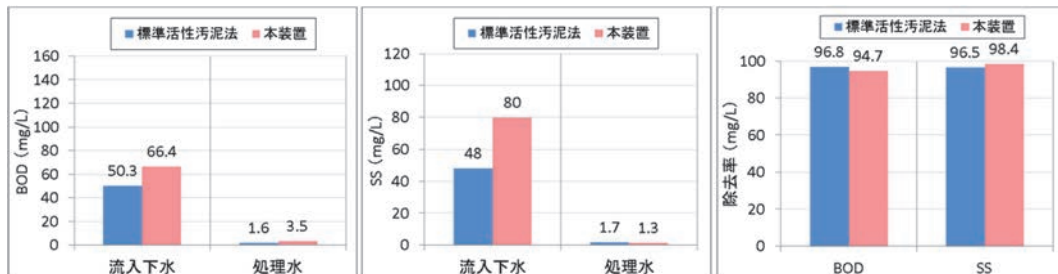
図 12 処理水 BOD のヒストグラム 表 2 流入下水および処理水 BOD の統計データ

③ 標準法との処理水質の比較

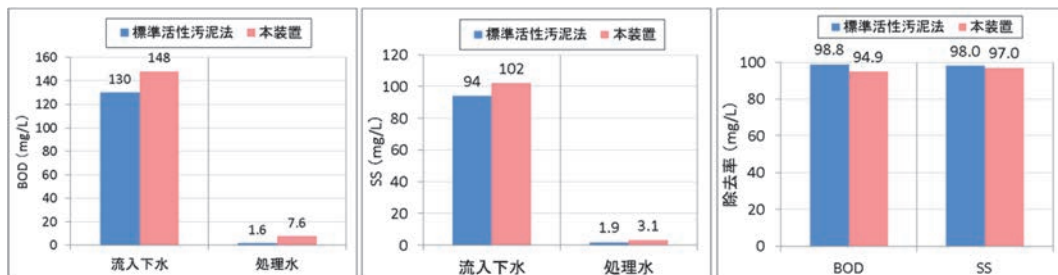
下知水再生センターでの標準法と本装置（本技術）との処理水比較を図 13 に示す。処理水 BOD は標準法よりも若干高かったが SS はほぼ同等であった。



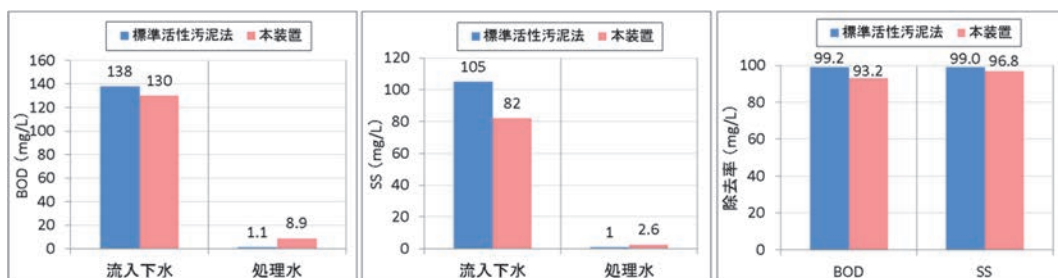
① 調査日 (2015年7月7日)



② 調査日 (2015年7月9日)



③ 調査日 (2015年10月20日)



④ 調査日 (2015年10月22日)

本データは1日12回のコンポジット採水を混合して1データとした

図 13 標準活性汚泥法と本装置の処理水質比較

(2) 汚泥発生量

① 本装置の汚泥発生量

図 14 に流入下水 SS を 100 (DSkg) とした場合の汚泥発生量 (DSkg) を示す。流入 SS に対し、発生汚泥は 20%以上減少している。

(注) 但し、本調査期間中は、散水担体ろ床の洗浄を実施しない運転期間であるため、散水担体ろ床の汚泥量は計測されていない。

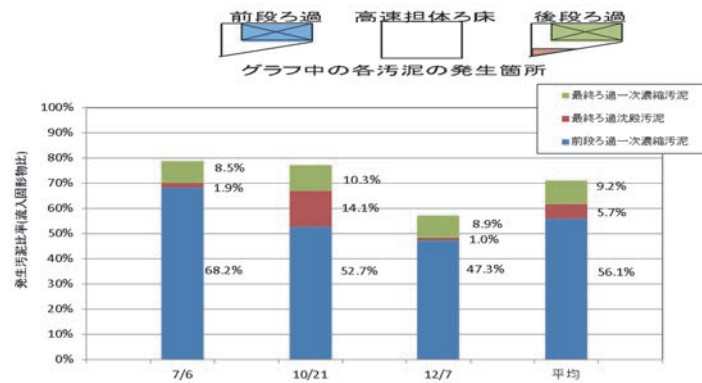


図 14 本装置の時期別の汚泥発生量

② 標準法との発生量比較

処理規模 50,000m<sup>3</sup>/日 (流入下水 BOD 200mg/L, SS 180mg/L と仮定) における汚泥発生量を算出した。

- ・本技術 総汚泥発生量 6,656 (kgSS/日)
- ・標準法 総汚泥発生量 9,460 (kgSS/日)

その結果、本装置は標準法に比べて汚泥発生量が 30%程度少ない結果となった。

(3) 発生汚泥の処理のしやすさ (脱水性評価)

標準法および本装置で実際に採取した汚泥に対して簡易脱水試験を行った。その結果を図 15 に示す。その結果、本装置から発生する混合汚泥の方がケーキ水分で 2~3 ポイント脱水ケーキ水分が低かった。

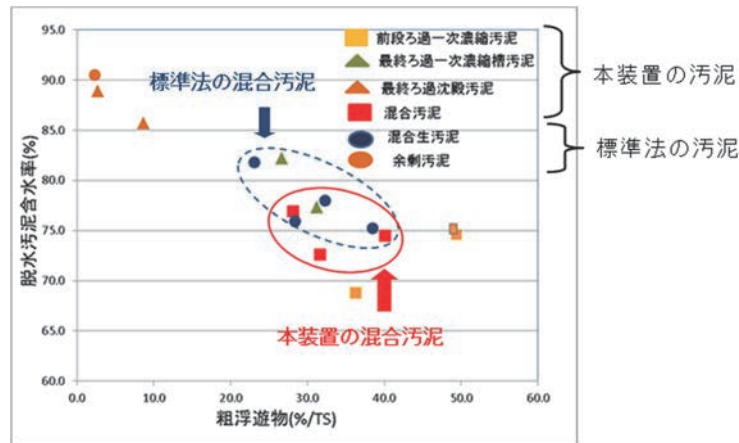


図 15 本装置と標準活性汚泥法から発生する各汚泥の脱水性比較



#### (4) 運転・操作性の比較

本装置と標準法の相違点を表 3 に示す。

本装置では、微生物膜により生物学的処理が行われるため、標準法等の「浮遊法における活性汚泥濃度の調整」<sup>4</sup>を必要とせず、槽内微生物量や流入負荷に応じた送気量の調整等が不要である。ただし、流入下水や散水担体ろ床流出水の処理がろ過操作により行われ、これらの操作の良否が処理水質に大きく影響するため、流入水質に応じた運転条件の設定が重要となる。

表 3 本装置と標準法の運転管理性の比較

項目	本装置	標準活性汚泥法
自動運転	容易	困難(微生物量管理が必要)
要素技術	ろ過+生物膜法+ろ過	沈殿+浮遊法+沈殿
・固液分離	ろ過	沈降分離
・酸素供給	ファンによる低圧の通気	ブロワと散気板による水中曝気
・汚泥濃度管理	不要	必要
汚泥発生量	標準活性汚泥法より少ない	流入下水 SS 量とほぼ同等
・前処理 (一次濃縮)	必要	不要

#### (5) 維持管理性 (保守点検性) の比較

本装置と標準法の相違点を以下に示す。保守点検に関しては、両装置とも汎用性機器と専用設備からなり、各々の特性に応じた作業となる。保守点検性の難易度や作業量は同等である。

##### ・本装置

本装置の保守点検の対象には、コンプレッサ、通気ファン、洗浄ブロワ、ポンプ等の汎用機器と散水機や充填材等の専用機材がある。専用機材については、前段ろ過施設、散水担体ろ床、最終ろ過施設の充填材 (担体、ろ材) の目視確認や散水担体ろ床における散水機の動作確認が定期的に必要である。また、本装置特有の保守点検事項の注意点として、散水担体ろ床の酸欠・硫化水素発生に対する安全性の確保がある。

##### ・標準法

標準法における保守点検の対象は、ブロワ、ポンプ等の汎用機器と標準法専用の搔寄機、スクラムスキマ、散気装置などがある。標準法専用の機材である散気装置については、定期的に散気効率、通気抵抗値のチェック等と目詰まり進行時の取替えがある。また搔寄機、スクラムスキマ散気装置、防泡装置等の機材は水中または水上にあるため、定期点検時の水抜き時や日常点検時の水中への落下防止に対する安全性の確保が必要である。

<sup>4</sup> 下水道維持管理指針 実務編・2014 版、公益社団法人日本下水道協会

## 6. 経済性

処理水質が本装置と同等で、普及促進において競合対象となる標準活性汚泥法との経済性比較を行う。実証研究結果をもとに日最大汚水量 50,000m<sup>3</sup>/日（日平均汚水量 40,000m<sup>3</sup>/日）の場合について試算を行った。

### (1) 試算条件

試算条件を表 4 に示す。日本の下水道はほぼ普及済みの状況であることから、「標準法の耐用年数 50 年の土木施設が既にある」場合に本装置あるいは標準法各施設を導入するとして試算した。仮定する既存土木施設は、標準活性汚泥法で能力 6,750m<sup>3</sup>/日×8 系列（図 16 参照）とし、本装置、標準法ともに同じ処理能力の施設にするという前提で検討を行った。

表 4 比較設定条件

No	項目		本装置	標準活性汚泥法	
1	処理水量	日最大汚水量	50,000 m <sup>3</sup> /日		
		日平均汚水量	40,000 m <sup>3</sup> /日		
2	流入水質	BOD (S-BOD)	200 (80) mg/L		
		SS	180 mg/L		
3	土木施設(標準活性汚泥法)の改造		必要	不要	
4	施設の設計諸元、系列、面積等		<u>前段ろ過施設</u> (ろ過速度) 流入下水として 200m/日 (系列、面積等) 8 池/系列(図 20 参照) ×2 系列 1 池 16m <sup>2</sup> 、トータル 250m <sup>2</sup>	<u>最初沈殿池</u> (水面積負荷) 50m <sup>2</sup> /日 (系列) 8 系列	
			<u>散水担体ろ床</u> (BOD 容積負荷) 高負荷 1.6kgBOD/(m <sup>3</sup> ・日) (系列、面積等) 27 区画(図 20 参照)/系列×2 系列 1 池 93 m <sup>3</sup> 、トータル 4,500 m <sup>3</sup>	<u>反応タンク</u> (HRT) 8hr (BOD-SS 負荷) 0.2kgBOD/(kgMLSS・日) (系列)8 系列	
			<u>最終ろ過施設</u> (ろ過速度) 150m/日 (系列、面積等) 3 池/系列(図 16 参照) ×2 系列 1 池 56 m <sup>2</sup> 、トータル 333 m <sup>2</sup>	<u>最終沈殿池</u> (水面積負荷) 20m <sup>2</sup> /日 (系列) 8 系列	
5	ユーティリティ	電力	15 円/kWh		
		汚泥処分費	16,000 円/wet-ton		
6	脱水汚泥含水率		77%	79%	
7	建設費年価	利子率	2.3%		
		耐用年数	機械・電気	15 年	
			土木	50 年	
8	補修点検費		機器費の 2% (ろ材、担体は機器に不含)	機器費の 2%	



(2) 平面的なレイアウト

本装置の導入後の平面的な全体レイアウトを図 16 に網がけの系列として示す。標準法の既存施設の 8 系列のうち 6 系列を改造して本装置を導入することが可能である。

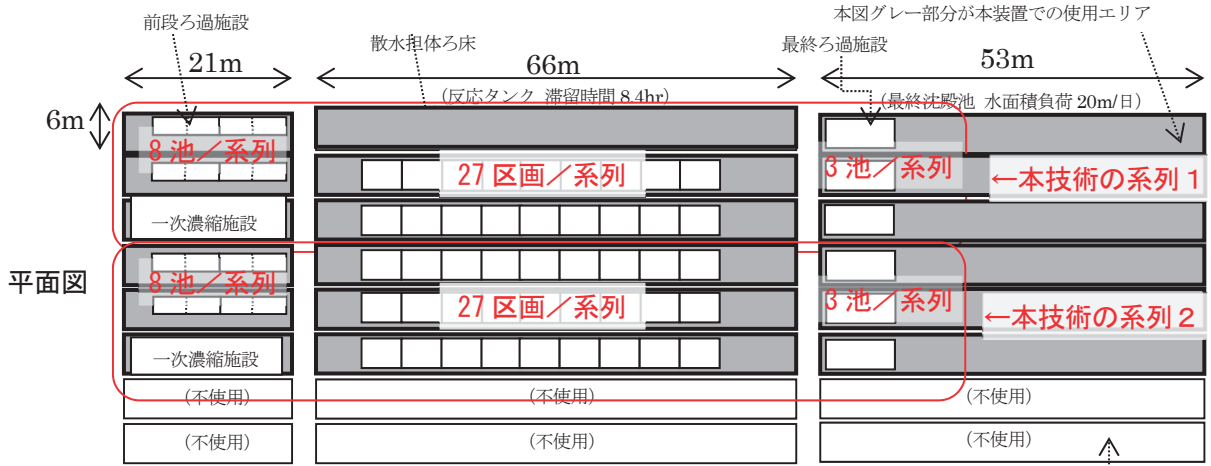


図 16 本装置の既設改造（網がけ部分の系列、赤枠が設備範囲）

標準法では使用するエリア

(3) 水位関係

仮定した既存土木施設と本装置の水位高低を図 17 に示す。

本技術では揚水ポンプの揚程が高くなる。また本装置は、原理的に散水担体ろ床で水位が低下するため、最終ろ過施設への揚水が必要となる。

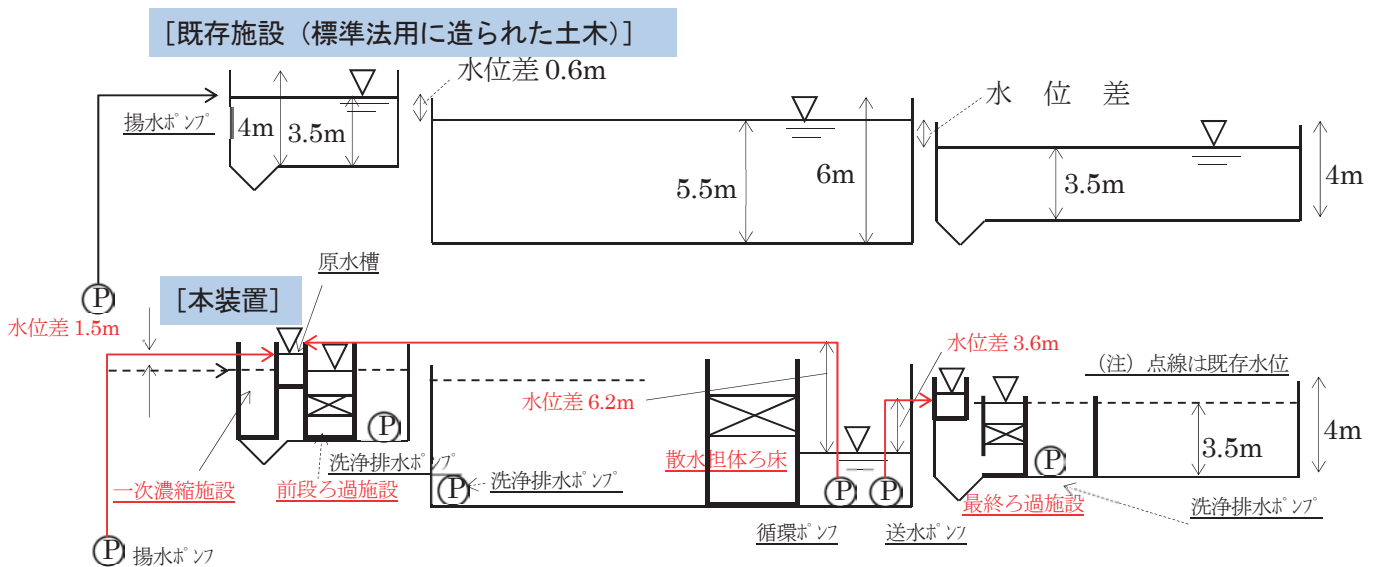


図 17 水位高低図

(4) 建設費

建設費の試算結果を表 5 に示す。本装置は標準法と比べ 5%減(年価で 10%減)となる。

表 5 建設費

項目	単位	本装置	標準活性汚泥法	削減率 (%)	備考
建設費	億円	37.2	39.2	5	—
建設費年価	百万円/年	279	312	10	耐用年数：土木 50 年 機電 15 年と設定

(5) 維持管理費

維持管理費の試算結果を表 6 に示す。本装置は、標準法と比較して 36%の削減となった。

表 6 維持管理費

項目	単位	本装置	標準活性汚泥法	削減率 (%)	備考
①電力費	百万円/年	23	49	53	電力単価 15 円/kWh
②薬品費等	百万円/年	0	13	100	水処理脱臭
③補修・点検費	百万円/年	28	46	39	機器費の 2%
④汚泥処分費	百万円/年	146	200	27	—
合計	百万円/年	197	308	36	—

研究成果に基づき算出した本技術の消費電力量原単位の内訳を表 7 に示す。消費電力量原単位に占める各機器の割合は、循環ポンプが最も大きく、全体の半分弱を占めている。

平成 29 年度夏季より、消費電力原単位をさらに低減させるため循環率を 1/4 (夏秋で循環率 25%) に下げた運転を実施しているが、処理水 BOD は 15mg/L 未満を継続して達成している。本条件にて H29 年度冬季でも処理水質を満足できれば、消費電力原単位は 0.093kWh/m<sup>3</sup>程度となり、さらなる電気代削減となる。

表 7 本装置の消費電力原単位の内訳

	kWh/m <sup>3</sup>	割合(%)	備考
循環ポンプ	0.050	47	春夏秋 100%、冬 200%循環
送水ポンプ	0.023	22	最終ろ過施設への揚水
洗浄排水ポンプ	0.008	8	3 施設分の合計
通気ファン	0.007	7	水量の 6 倍
揚水ポンプ	0.007	6	前段ろ過施設へのかさ上げ 1.5m 分
送気ファン	0.002	2	前段ろ過施設上層部のガスを散水担体ろ床に移送
その他	0.008	8	—
合計	0.105	100	—

## 7. 将来性

### (1) 国内

下水道は普及率がほぼ上限に達し、今後は人口減少の中、施設・設備の更新の時代を迎える。合わせて豪雨や地震、省エネ、創エネへの対応も行わねばならない。本装置は、日本の下水道のメイン(水量的には全国の75%)であった標準活性汚泥法の改造として設置ができ、かつ日本の下水道が直面する諸課題に同時に対応できる「コベネフィット型」技術である。このため、日本全国(但し、最低水温は15℃以上<sup>1)</sup>)において普及が期待できる。

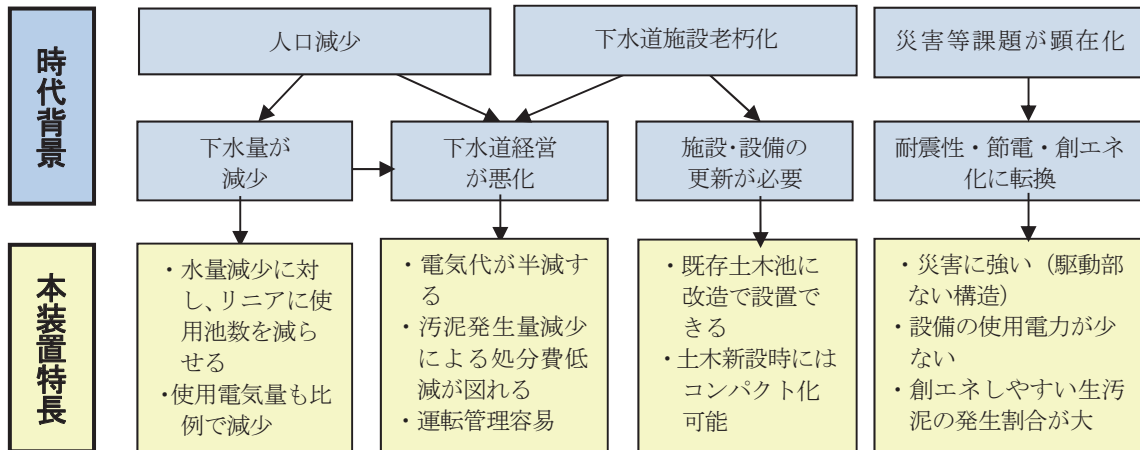


図 18 国内における本装置の将来性

### (2) 海外

従来の日本の下水処理技術は曝気動力を必要とする処理技術であり、そのままでは電力事情の悪い新興国(ベトナム、カンボジア等の東南アジア等)への普及展開を図るのが困難であった。

本技術は無曝気による低消費電力に加え、温暖な気候では循環率を減らしたり、通気ファンが不要になるなど海外の実情に合わせて、さらに電力使用量が減らせる可能性がある。また、これから下水道が普及する国においては、設備がコンパクトで、汚泥発生量も少なく、維持管理性も容易であることから、まさに海外に適した技術として普及が期待できる。

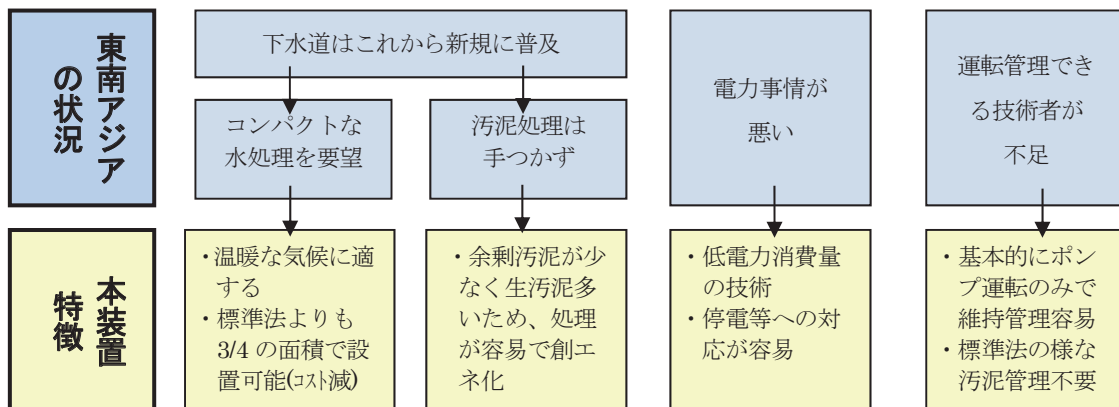


図 19 海外への本装置の将来性

# 中小企業庁長官賞 「自動切粉破碎圧縮機」 株式会社クリエイトエンジニアリング

## 1. 装置の詳細説明

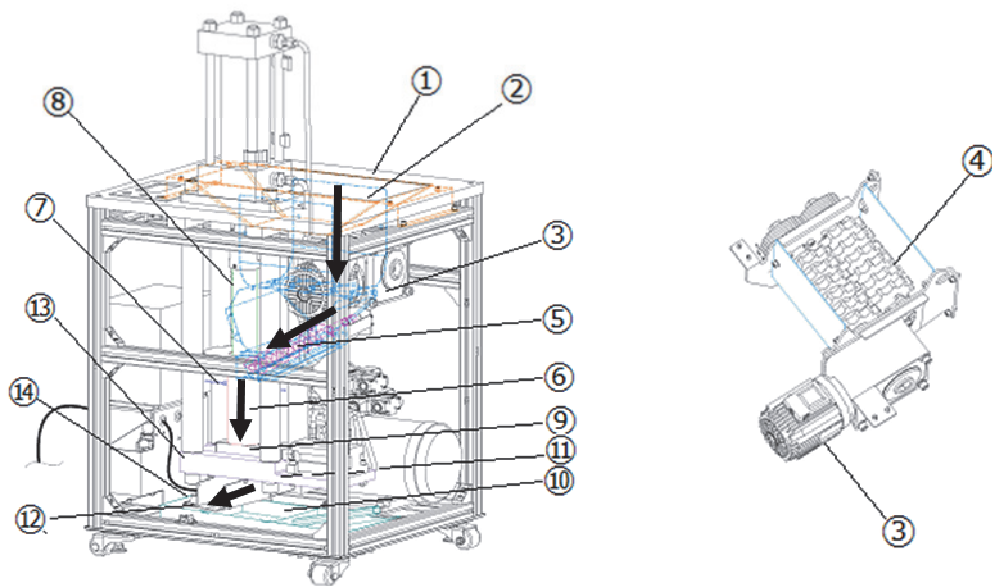
本装置は、旋盤等の切削加工を行う工作機械から排出される切粉（切削屑）を破碎し、圧縮固形化する装置である。

従来装置は成形されるブリケット（圧縮固形化された切粉の塊）の直径が 70～130 mm であったのに対し、本装置は直径 50～70 mm のブリケットを成形することで、装置の小型化（容積 0.64 m<sup>3</sup>）、軽量化、著しい低コスト化を達成している。

本装置に一体化された破碎機には 2 つの回転軸があり、それぞれの破碎刃が内側に回転することで連続的に切粉が破碎される。2 つの回転軸の各ギヤの大きさが異なることで回転数に差が生じ、低動力で大きな破碎力を発揮する。切粉は破碎された後、圧縮スリーブ（筒状の圧縮成形室）に蓄積されて小型の油圧パワーシリンダーにより圧縮され、直径 50～70 mm のブリケットが成形される。切粉が圧縮固形化される際に分離される切削油は回収され、再利用が可能である。



図 1 装置の外観



装置全体

破碎機部分

- |             |              |
|-------------|--------------|
| ① トップパネル    | ⑧ 圧縮プランジャ    |
| ② ホッパ       | ⑨ ブリケット排出ゲート |
| ③ 破碎機       | ⑩ オイルパン      |
| ④ 破碎刃列      | ⑪ 押し出しシリンダ   |
| ⑤ スクリューコンベア | ⑫ 排出口        |
| ⑥ 圧縮スリーブ    | ⑬ センサ        |
| ⑦ センサ       | ⑭ オイルポンプ     |

図2 装置の構造図

ホッパ②に投入された切粉は、破碎機③で小片化される。破碎機③は離間して配置した2軸上に、放射状の突起を有する破碎刃列④で構成し、各々内向き回転する突起の刃底間で、切粉をギロチン様に破碎する。

小片化された切粉は、スクリーコンベア⑤により圧縮スリーブ⑥に蓄積される。圧縮スリーブ⑥に切粉が満杯になると、センサ⑦で検知し圧縮用油圧パワーシリンダに連結されている圧縮プランジャ⑧が下降し切粉を圧縮する。この時に切粉の固形化と同時に切粉に付着した切削油は絞り出される。切削油はブリケット（固形化された切粉の塊）排出ゲート⑨に設けられた切削油用通路を通して下部のオイルパン⑩に溜まる。

圧縮工程が終わると、圧縮プランジャ⑧は一旦僅かに上昇し、ブリケット排出ゲート⑨が開く。同時に押し出しシリンダ部⑪が奥に移動し、ブリケット排出スペースを確保する。圧縮プランジャ⑧は再び下降し、ブリケットを排出口⑫に押し出す。圧縮プランジャ⑧は上昇し、途中で一旦停止し、ブリケット排出ゲート⑨が閉じる。同時に押し出しシリンダ部⑪でブリケットを機外方向に押し出す。

オイルパン⑩に溜まった切削油は、ブリケット排出ゲート⑨の開閉でオイルポンプを駆動し

て汲み上げる。切削油の多い場合には、オイルレベルが上がるとセンサ⑬が反応しオイルポンプ⑭で機外に移送され、オイルレベルが下がるとオイルポンプ⑭が停止するオプションも設定している。

## 2. 開発経緯

### (1) 開発主旨

従来の切粉圧縮装置は、複数の工作機械あるいは工場全体から排出される切粉を集積し処理するため、装置が大型で広い設置スペースが必要であった。

また、切粉は集積すればするほど切粉同士が互いに絡まり、人手を必要とし、かつ、付着している切削油も集積するまでに流れ出すなどの課題があった。

そのため、工作機械の横に設置可能で、小型破碎機を備えた自動切粉破碎圧縮機の開発に取り組んだ。

### (2) 開発目標

- ・切粉を集めずに、工作機械から排出された直後に処理が出来ること。  
→ 投入口の高さ1m以下（主流の工作機械の切粉排出口高さ1m超以下）
- ・工作機械の横に置けるサイズであること。  
→ 1m<sup>3</sup>以下（縦、横、高さが1m以下）
- ・工作機械毎に置くことが出来る価格帯であること。  
→ 300万円以下（自動工作機械の価格帯3,000万円の1/10以下）を目標とした。

### (3) 開発経緯

2011年7月～	本製品の構想、基本設計に着手。
2012年2月	あいち中小企業応援ファンド助成事業に応募。
2012年5月	同助成事業に採択（初期製品の開発）。
2012年5月～2012年7月	破碎機構の構成要素開発。
2012年7月～2012年9月	破碎機構の全体開発、破碎実験の実施。
2012年9月～2013年3月	装置全体の開発。 (切粉の圧縮特性を公設機関で測定、装置全体組上げて切粉の投入実験を実施。)
2014年7月	第1号機納入。

## 3. 独創性




本装置の特徴は、小型化、低価格、軽量という3点である。

切粉圧縮装置のコストは、圧縮用油圧パワーシリンダ、油圧パワーユニット、構造部材、制御系、フレーム&パネルなどで構成される。ここで、圧縮用油圧パワーシリンダのコストは、シリンダの直径が大きくなると急激に高くなる。従って、圧縮用油圧パワーシリンダを小型化すればこのシリンダのコストが抑えられるだけでなく、使用する作動油の量が減り油圧パワーユニットも小型化できる。しかも圧縮力を受ける構造部材も大幅に簡素化できることになる。

直径の小さな圧縮用シリンダで成立させるには、ブリケット（切粉の圧縮成形した塊）の直径を小さくして必要な圧縮力を減らせばよいが、ブリケットに成形するための圧縮スリーブ（成



形用圧縮筒)の直径も小さくなり、そのままでは切粉が集積し難い。そのため、切粉をホッパに投入した直後に破碎機で小片化し、圧縮用切粉集積シリンダに小片化した切粉を集積していく仕組みである。

切粉 (10~15cm)	切粉破碎機で破碎	圧縮された切粉
投入前 	破碎後 	圧縮後 

### (1) 切粉破碎機

切粉破碎機には2つの回転軸があり、それぞれに複数の破碎刃が搭載されている。対向する破碎刃がそれぞれ内側に相対回転し、破碎刃間でギロチン様に切粉を連続的に破碎する。回転軸の端にギヤがそれぞれついており、それぞれのギヤの大きさが違うことで対向する回転軸間に回転数差が生じ、小さな動力で大きな破碎力を生み出すことを可能にしている(特許取得済み)。

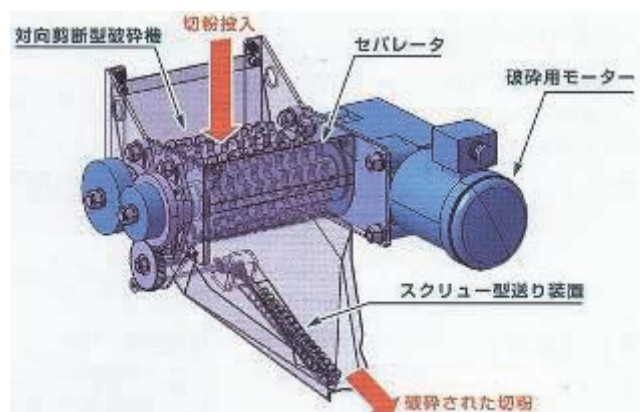


図3 切粉破碎機

### (2) 圧縮装置

切粉破碎機で小片化した切粉が圧縮装置の圧縮スリーブ(筒状の成形室)に送られ、圧縮スリーブに一定量切粉がたまると、油圧パワーシリンダが始動する。

切粉を破碎し小片化してから直径の小さな圧縮スリーブで圧縮するため、圧縮シリンダ、油圧ポンプともに小型化が可能となり、駆動動力を低減できる。

また、切粉に付着した切削油は、切粉の圧縮時に滲出するため、高効率、簡易回収が可能である。圧縮成形品圧縮/排出切り替えシリンダの動力(スライド移動)を流用し、ギヤを介して装置の底部のオイルパンに溜まった切削油を専用タンクなどに移送して簡単に回収する仕組みになっている(特許取得済み)。

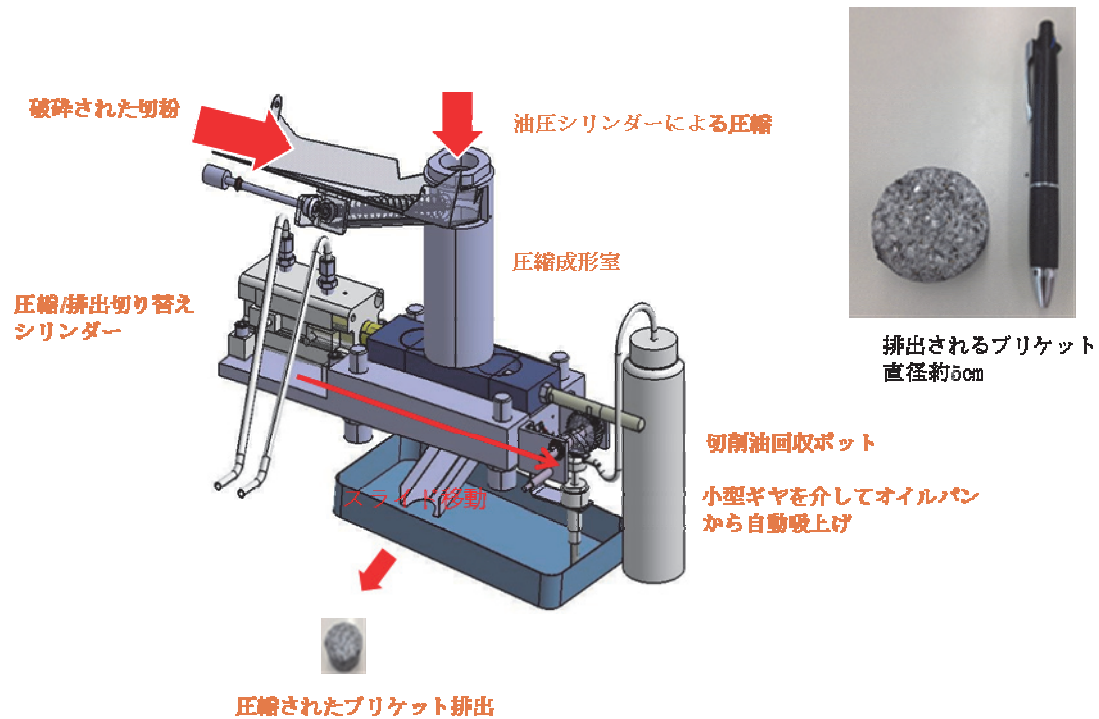


図 4 圧縮装置

#### 4. 特許

本装置の関連特許は次の通りである。

特許番号：第 5407017 号 / 名称：金属切削屑圧縮装置

特許番号：第 5448016 号 / 名称：金属切削屑圧縮装置

#### 5. 性能

本装置は、独自に開発したせん断能力に優れた破碎機を装備することで、カール状の長い切粉でも小さな力で細かくすることができ、また、圧縮成形品の直径を小さくすることで、コンパクトな圧縮成型室を実現している。そして、少ない油量でも高い圧縮能力を確保しながら、圧縮用油圧シリンダや油圧ポンプ容量もスリム化し、装置全体の小型化に成功している。

処理性能は、排出されるブリケット（成形品）の直径に比例するため、当然大型製品のほうに優位性がでるが、ブリケットの直径が大きくなればなるほど圧縮面圧は弱くなるため、ブリケットは圧縮しきれずに、切削油の抽出能力が乏しくなってくる。

メンテナンスでは、切粉の固化時の屑と抽出切削油が、圧縮装置下の二重構造のオイルパンに溜まり、切削油は上部オイルパンの小穴を通して下部オイルパンに移動し、固化時の屑は上部オイルパンに残る構造のため、上部オイルパンに溜まった固化時の屑は、上部オイルパンが一杯になると、装置の外板パネルに設けてある専用の扉を開けて取出し、切粉の投入口に戻す必要がある。この作業は中断なく使用した場合で 1～5 日に 1 回程度の頻度である。また、油圧ポンプの作動油は年に 1 回程度の頻度で交換する必要があるが、通常の油圧機器と同様である。



表1 他社製品との比較

会社名	当社	A社	B社
装置	本装置	a装置	b装置
破砕機搭載有無	有り	無し	オプション対応
装置容積	0.64m <sup>3</sup> 工作機械単体に横付けが可能	3.2~4.8m <sup>3</sup>	1.3~1.8m <sup>3</sup>
価格	270万円~	800~1,200万円	600~1,000万円
重量	0.35ton	1.9~2.0ton	0.7~1.2ton
総電源容量	2.6kw	6.7~8.2kw以下	3.8~5.2kw
成形品直径(mm)	50mm~	70/80/100mm	70/100/130mm
処理性能 (1回の圧縮量)	500g	1kg/1.25kg/2kg	1kg/2kg/3kg
圧縮面圧(MPa)	100が基本	260/200/80 (成形品直径が大きくなるほど圧力は弱くなる。圧力が弱くなると切粉に付着した切削油の回収力も弱くなる)	100/100/30 (成形品直径が大きくなるほど圧力は弱くなる。圧力が弱くなると切粉に付着した切削油の回収力も弱くなる)
切削油回収性能	良い	成形品直径が大きくなるほど悪くなる	成形品直径が大きくなるほど悪くなる
特徴	チップ状、カール状の切粉でも、専用に開発した小型破砕機(内蔵)で破砕することで、コンパクトなスリーブ(圧縮成型室)で切粉の集積を可能にした。小型、安価で切削油の回収性能も可能。	大型油圧シリンダーで圧縮するオーソドックスな圧縮機。切粉は、アルミ、SS材、SUS、銅などに対応可能だが、材質によって処理能力は変化する。導入前のサンプルテストを無料実施。	カール状の切粉に対応するため、ホッパー内に予備圧縮室を設けたタイプや、破砕機付のタイプがあるなど、製品ラインナップは充実している。ただし、1.3m <sup>3</sup> 以上の大型製品になる。

## 6. 経済性

表2 他社製品との経済性比較

	当社	A社	B社
	本装置	a装置	b装置
イニシャルコスト			
装置費用	270万円~	800~1,200万円	600~1,000万円
設置費用	装置費用に含む	重量物のため嵩む	重量物のため嵩む
ランニングコスト			
総電源容量	2.6kw	6.7~8.2kw以下	3.8~5.2kw

## 7. 将来性

工作機械の横に配置できるほどコンパクトで低価格な装置は、当社調査の範囲では類例無く、市場は大きい。

また、韓国、中国、タイ、ベトナム、インドネシア等、東アジア、東南アジアからの引き合いも多く寄せられている。

日本産業機械工業会 会長賞  
**「古紙利用汚泥燃料化システム」**  
 三菱重工環境・化学エンジニアリング株式会社

1. 装置の詳細説明

古紙利用汚泥燃料化システムを導入した汚泥再生処理センターの設備構成を図1に示す。

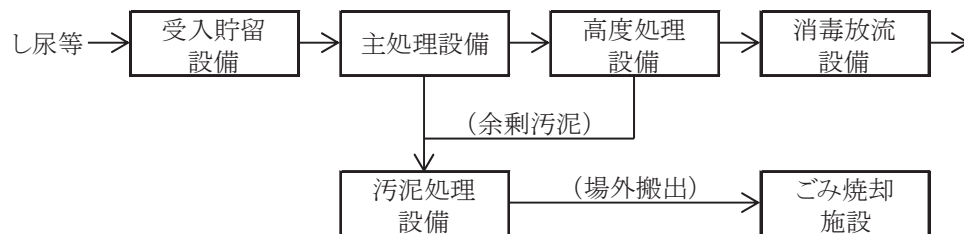


図1 導入施設の設備構成

本施設は、し尿や浄化槽汚泥等を受け入れ、生物処理に適さない不適物（残渣）を除去する受入貯留設備、BOD・COD・窒素・SS等を生物学的方法で除去する主処理設備、主処理設備で除去しきれないCOD・リン・SS・色度等を化学的方法等で除去する高度処理設備、主処理設備・高度処理設備で発生する余剰汚泥を濃縮・脱水する汚泥処理設備等で構成される。本施設では、汚泥処理設備に古紙利用汚泥燃料化システムを採用し、含水率70%以下まで脱水した汚泥（助燃剤）は、場外搬出後、ごみ焼却施設にて熱回収を行っている。

本システムのプロセスフローを図2に示す。

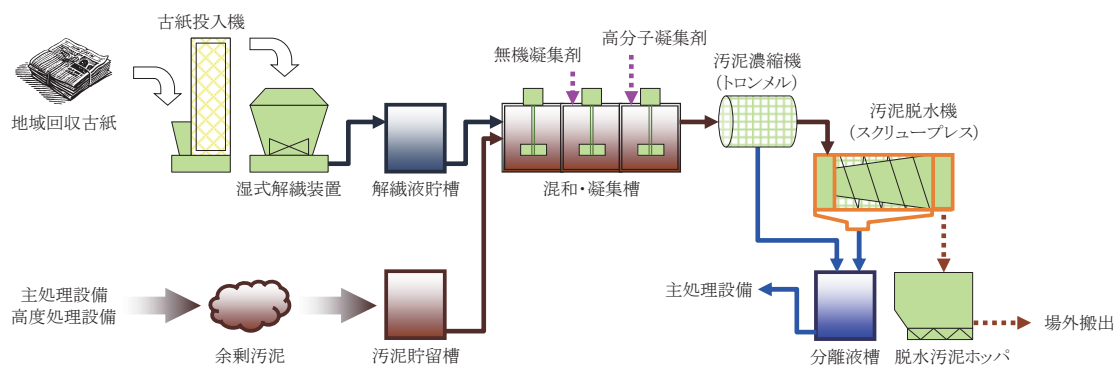


図2 古紙利用汚泥燃料化システム プロセスフロー

本システムのプロセスは、①古紙解繊プロセス、②凝集プロセス、③濃縮・脱水プロセスに大別される。

- ①古紙解繊プロセスでは、地域で回収した古紙を古紙投入機により湿式解繊装置に供給し、解繊した古紙は解繊液貯槽に貯留する。
- ②凝集プロセスでは、混和・凝集槽で汚泥と解繊した古紙、各種薬品を混合し、脱水性を向上させた凝集汚泥を生成する。
- ③濃縮・脱水プロセスでは、凝集汚泥をトロンメルにより濃縮を行い、濃縮汚泥は後段のスクリーンプレス型脱水機にて脱水を行う。脱水分離液は、分離液槽を經由し主処理設備に移送し、脱水汚泥は、助燃剤として場外搬出後、ごみ焼却施設で熱回収を行う。

## 2. 開発経緯

### (1) 開発の趣旨

汚泥再生処理センター（し尿処理施設含む）は多くの施設が更新時期を迎えているが、水槽や建物等は健全で使用可能な施設が多く、機械設備のリニューアルやストックマネジメントの手法を取り入れた施設延命化のニーズは高い。

焼却設備や脱水機の老朽化に伴い、資源化技術としての助燃剤化や堆肥化は、循環型社会の構築やCO<sub>2</sub>削減が可能になるが、低含水率脱水技術が必要不可欠となる。

そのため、資源化技術（助燃剤化・堆肥化）に適用可能な低含水率脱水技術の確立を目的として開発に着手。

### (2) 開発の目標

資源化技術（助燃剤化や堆肥化）に適用可能な低含水率脱水技術の確立。

脱水汚泥含水率 : 70%以下

SS回収率 : 95%以上

### (3) 開発の経緯

2010年～2011年 低含水率脱水技術の調査・開発着手。

2011年～2012年 実証機による試験・検証。

2014年 第1号機納入。

## 3. 独創性

本システムの特徴を以下に示す。

### (1) 脱水補助剤

本システムでは、脱水補助剤として地域回収古紙を採用している。その採用理由は次の通りである。

- ・古紙は、自然界で分解しない化学繊維と異なり、自然循環する際の堆肥化にも利用が可能である。
- ・雑誌などを原材料とした乾式での破碎・解繊古紙製品（市販解繊古紙）を用いた場合、輸送費を含む購入単価が高く、費用対効果が小さくなるが、リサイクル市場に流通する地域回収古紙は、安価であり、自治体の住民を巻き込んだ環境施策ツール及び資源の地域循環が可能である。

そのため、本システムでは、自然循環に適し費用対効果の大きい地域回収古紙を脱水補助剤として用いている。

## (2) 脱水機

現在、助燃剤化に適用可能な脱水機としては、フィルタープレスやスクリープレスなどがある。

従来から用いられていたフィルタープレスは、低含水率化が期待できる反面、広い設置スペースを必要とし、本体の他にも多くの補機を必要とするため建設費・設備費が高いなどの理由によりこれまで採用している施設は少ない。

一方、スクリープレスは、フィルタープレスより設置スペースが小さく、新規施設だけでなく既存施設に導入する技術としても適用が容易である。

なお、これまで既存施設に納入した第1・2号機は、24時間連続運転とすることで一層の省スペース化を図っている。

また、本システムで採用しているスクリープレス型脱水機は今後施設にて直接堆肥化する場合や既存施設の設置スペースの制約を考慮し、必要に応じて蒸気による間接加温により更なる低含水率化・省スペース化が可能な構造としている。

本システムでは上記、脱水補助剤（図3参照）とスクリープレス型脱水機（図4参照）を組み合わせることで助燃剤化への適用を可能にしている。



図3 脱水補助剤（解繊古紙）



図4 スクリープレス型脱水機

## 4. 特許の有無

本装置の関連特許は次の通りである。

特許番号：第 5717687 号 / 名称：解繊装置及び汚泥脱水装置

特許番号：第 5905364 号 / 名称：紙類供給装置、解繊システム、及び汚泥脱水システム

## 5. 性能

### (1) 脱水汚泥量

第2号機における本システム導入前後の脱水機の型式及び汚泥処理量、脱水汚泥量の推移と相対比較を表1に示す。第2号機はH27年度期中に導入したため、導入前はH26年度実績、導入後はH28年度の実績を基に比較を実施。

表1 汚泥処理量、脱水汚泥量の推移

項目	脱水機	汚泥処理量		脱水汚泥量			
	型式	年間合計	月平均	年間合計	月平均	発生量	相対比率
	(一)	(m <sup>3</sup> /年)	(m <sup>3</sup> /月)	(t/年)	(t/月)	(t/m <sup>3</sup> )	(%)
導入前	SD※1	4,763	397	783	65.3	0.164	100.0
導入後	SP※2	7,484	624	612	51.0	0.082	49.7

※1:遠心分離機 ※2:スクリーンプレス

本施設は、施設統合によりH28年4月から搬入量が増加し、汚泥処理量も増加しているにも関わらず、脱水汚泥の発生量は減少している。

脱水汚泥の発生量は、導入前を100%とした場合、50%以下に減少しており、場外搬出における輸送費低減が図れている。本施設では、脱水汚泥を場外搬出し、ごみ焼却施設にて助燃剤として熱回収を行っているが、施設内で焼却処分する場合も汚泥処理費用（補助燃料）や温室効果ガスの低減が可能となる。

### (2) 汚泥含水率

脱水汚泥の含水率は安定的に自燃域の70%以下まで低減しており、安定した助燃剤化が可能となっている。

図5に蒸気を用いた間接加温有無による脱水汚泥含水率の比較を示す。間接加温を行った場合、脱水汚泥は一層の低含水率化が図れ、直接堆肥化への適用も可能になる。

尚、本施設は定常的に蒸気による間接加温を行っていないため、間接加温時に合わせた運転条件（スクリーンプレス型脱水機の回転数や排出側コーン圧力）に調整することで更なる含水率の低減が期待できる。

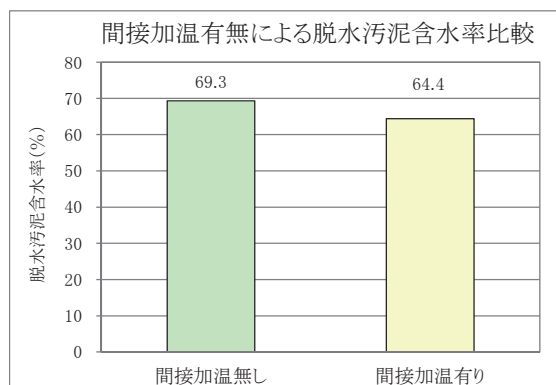


図5 間接加温有無による脱水汚泥含水率の比較

### (3) SS 回収率

第 2 号機における本システム導入時の SS 回収率を表 2 に示す。

表 2 SS 回収率

項目	供給汚泥濃度	分離液 SS 濃度※	SS 回収率
	(mg/L)	(mg/L)	(%)
測定1回目	24,000	150	99.4
測定2回目	24,000	140	99.4

※汚泥濃縮機・スクリーンプレス型脱水機から排出される分離液 SS 濃度

SS 回収率は 99%以上を満足する結果となっている。

### (4) 耐久性・安全性、運転・操作性、維持管理

本システムは、第 1 号機が納入後 3 年以上、第 2 号機が納入後 1 年以上、週 5 日、24 時間（夜間無人運転）の連続運転実績によって、長期の耐久性や安定運転に対する信頼性が確認されている。

また、本システムは関連設備と連動した自動運転が可能であり、安全に起動・停止が行われる。汚泥の飛散や臭気の漏出も無く、一連の工程において汚泥等に直接接触する作業が無い。

運転操作においては、脱水補助剤として不適な異物を取り除くため、地域回収古紙の充填のみ人の手によって行っているが、その他の一連の工程は全てボタン 1 つで自動運転が可能であり、特別なノウハウや技術を必要としない。

維持管理においては、定常的な保守点検及び消耗部品の交換のみであるため、高速回転機器のバランス調整のような専門工場での補修を必要としない。よって、低コストでの維持管理が可能であると考えられる。

## 6. 経済性

### (1) 薬品使用量

第 2 号機における本システム導入前後の汚泥処理量当たりの薬品使用料金及び相対比較を表 3 に示す。前項同様、導入前は H26 年度実績、導入後は H28 年度実績を基に比較を実施。

表 3 汚泥処理量当たりの薬品使用料金

項目	脱水機	薬品使用料金内訳			相対比率
	型式	無機凝集剤	高分子凝集剤	地域回収古紙	
	(-)	(%)	(%)	(%)	
導入前	SD※1	0	100.0	0	100.0
導入後	SP※2	57.9	113.7	0	171.6

※1:遠心分離機 ※2:スクリーンプレス

本システム導入前は、高分子凝集剤のみの薬品添加に対して、導入後は高分子凝集剤の他に無機凝集剤と古紙の添加を行っている。



本施設で使用する地域回収古紙は、リサイクル施設から一部を無償で提供されているため、地域回収古紙の費用負担は無い。また、施設内で使用するプラント用水も井水を使用しているため、地域回収古紙同様、運転管理における費用負担は無い。

本システム導入後の薬品使用料金は、導入前の 100%に対して、170%程度に上昇している。但し、前項記載の脱水汚泥発生量低減に伴う輸送費低減分や脱水汚泥の処理に伴う補助燃料費削減分で上記コストは十分に回収が可能であると考えている。

## (2) 電気使用量

第 2 号機における本システム導入前後のし尿等の処理量と施設全体の電気使用量の推移及び相対比較を表 4 に示す。前項同様、導入前は H26 年度実績、導入後は H28 年度実績を基に比較を実施。

表 4 し尿等処理量と電気使用量の推移

項目	処理量		電気使用量			
	年間合計	月平均	年間合計	月平均	原単位	相対比率
	(m <sup>3</sup> /年)	(m <sup>3</sup> /月)	(kWh/年)	(kWh/月)	(kWh/m <sup>3</sup> )	(%)
導入前	31,040	2,587	1,499,520	124,960	48.3	100.0
導入後	48,041	4,003	1,664,280	138,690	34.9	72.2

本システム導入後、機器点数は増加しているにも関わらず、脱水機の型式変更（遠心分離機→スクリーンプレス）に伴う低動力化により、電気使用量は 30%程度の低減が図れている。

## (3) 従来装置との比較

第 2 号機における本システム導入前後の比較を表 5 に示す。

表 5 本システム導入前後の比較

項目	単位	従来装置	本システム
脱水機型式	(—)	遠心分離機	スクリーンプレス
処理能力	(kgds/時)	140 (施設統合前)	34 (施設統合後)
運転時間	(時間/週)	25	96
脱水汚泥含水率	(%)	85	70
脱水汚泥量	(%)	100	50
脱水汚泥搬送費用	(%)	100	50
設置スペース	(L×W×H)	3000×2200×850	6430×1630×1330
電動機容量	(kW)	37	2.2
薬品代	(%)	100	171.6
電気代	(%)	100	72.2
メンテナンス費用	(%)	100	40

## 7. 将来性

本システムは、汚泥再生処理センターのほか、小規模下水道・コミュニティプラント・生活排水処理施設・農業集落排水処理施設等の汚水処理分野への適用も可能であると考えている。





### 1. 装置の詳細説明

#### (1) 石炭火力発電所におけるセレン処理ニーズ

石炭火力発電では、石炭を燃焼させて得た熱エネルギーで発電を行う。この石炭の燃焼により発生したガスには、石炭の成分である硫黄、窒素、フッ素、重金属、セレン、ホウ素などが含まれるため、ガス処理、脱硫排水処理によって除去される。ガス処理、排水処理を含む、石炭火力発電所の水使用系統の一例を図1に示す。

これらの物質のうち、セレンは1994年2月に水質汚濁防止法で定める排水基準項目に追加され、0.1mg/Lが排水基準値として設けられた。2001年7月には、石炭火力発電所の排ガス処理施設が特定施設に指定され、脱硫排水中のセレンが排水規制対象となっている。

セレンは石炭火力発電所の脱硫排水のほか、金属精錬工業排水、ガラス工業排水、浸出水などに含まれる場合があるが、特に石炭火力発電所では、発電コスト低減のためにセレン含有量の高い廉価な石炭を使用することがあり、セレン処理ニーズが顕在化している。

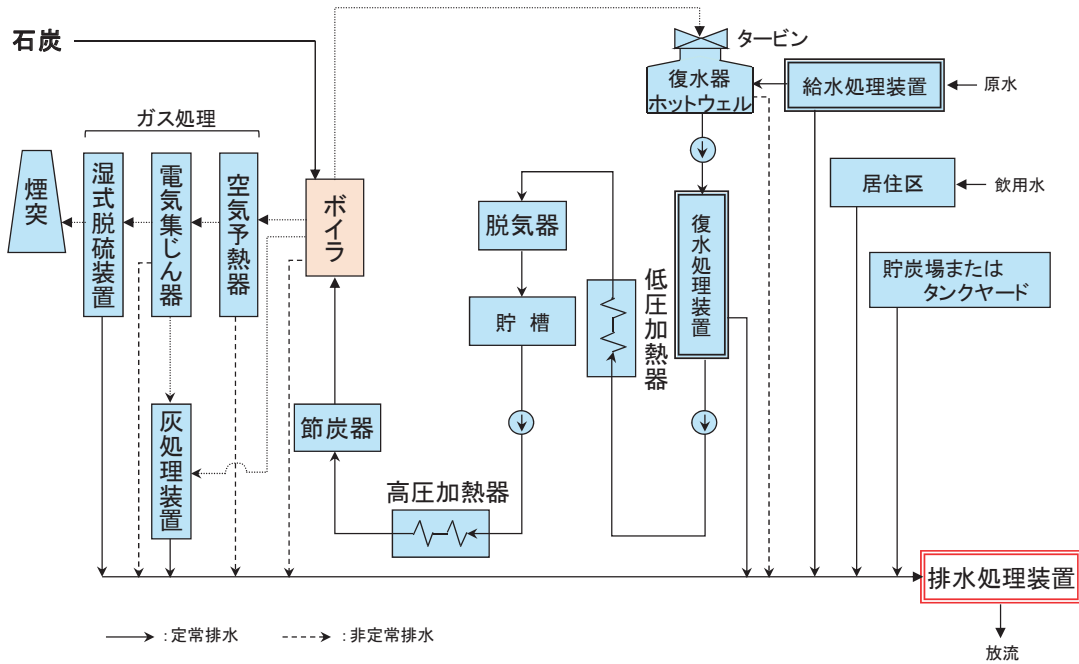


図1 石炭火力発電所の水使用系統の一例

## (2) セレン処理のメカニズム

セレンは、イオンの価数として-2、0、2、4、6の形態がある元素であり、特に6価のセレンは除去困難な物質として知られている。脱硫排水には6価のセレンが含まれることがあり、排水基準である0.1 mg/L以下への処理を難しくしている。

6価のセレンは、0価もしくは4価のセレンに還元されると、排水の一般的な重金属処理である凝集沈殿処理でも除去が可能であるが、従来の還元法には多量の薬品消費、汚泥発生などの課題があった。

本装置では、還元法の性能向上のために2種類の金属還元体を組み合わせる方法を見出し、実用化に至った。2種類の金属還元体によって、排水中にイオン状態で存在する6価および4価のセレンを、水に不溶な0価の金属セレンに還元する。還元メカニズムを図2に示す。酸を添加した排水を還元体に接触させると、還元体Aがイオン化し、その際に電子が発生する。この電子が、還元体Bの表面からセレンに移動することで6価や4価のセレンを0価セレンに還元する。還元体Bは、比表面積が大きい構造をしており、還元反応の性能向上に寄与している。

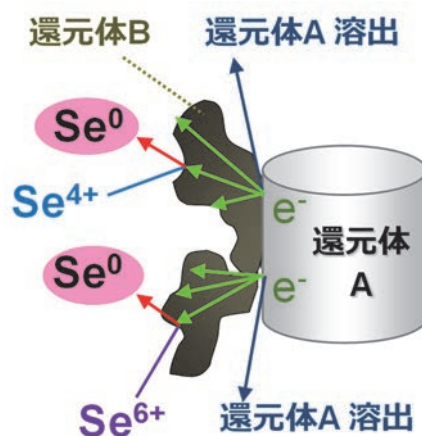


図2 還元メカニズム

## (3) セレン処理のフロー

本装置の基本フローを図3に示す。本装置は、2種類の金属還元体を混合充填した還元塔と凝集沈殿工程からなる。

還元塔では6価および4価のセレンを水に不溶な金属セレン（0価）にまで還元する。後段の凝集沈殿工程では、中和、凝集処理し、還元体A由来の汚泥中に還元されたセレンを取り込むことで排水からセレンを除去する。

還元塔では、還元処理の副生物として水素、硫化水素などのガスが発生する。引火防止のため還元塔上部で空気と混合して希釈し、さらにスクラバーを通過させて臭気成分を吸収処理することで、系外への臭気の漏洩を防止している。

還元塔内で還元された金属セレンの一部は還元体表面に残り、反応効率の低下、還元体のブロック化を起こす恐れがあるため、定期的に還元体を流動化させて洗浄する。

還元塔での還元反応は、塩酸による酸性条件下で金属還元体Aをイオン化させることによって発生させている。このとき、還元体Aのイオン化速度を高め、還元反応を安定させるため、排水を加温している。ただし処理開始時などで水温が低い場合は、水温に応じて塩酸の

添加量を自動補正し、所定量の還元体がイオン化するように制御している。

還元塔内の還元体 A は塩酸との反応によりイオン化して消費されるため、補充する必要がある。還元体 A の消費量は、定期的に還元塔内の還元体充填高さを計測して算出することができる。所定の充填高さにするために必要な還元体を追加投入している。

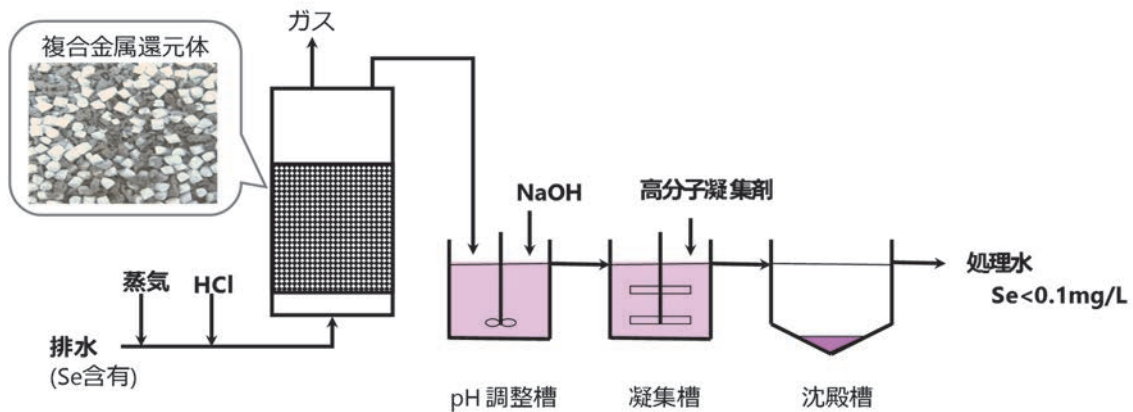


図3 プロセスの基本フロー

## 2. 開発経緯

### (1) 従来方法と課題

排水中に溶存している重金属の一般的な処理方法として、重金属の析出、吸着、共沈作用などによって固液分離が可能となる凝集沈殿処理法があるが、6 価のセレンは処理困難であった。

6 価のセレンは、0 価もしくは 4 価のセレンに還元されると凝集沈殿処理法によっても除去が可能となる。しかし従来の還元法では還元性能が低いために、多量の薬品消費、汚泥発生などの課題があった。以下に従来法の概要を示す。

#### ① 第一鉄塩による還元処理

第一鉄塩を排水に添加し、第一鉄による還元反応を利用して 6 価のセレンを還元する。後段で鉄を凝集処理し、セレンを共沈作用で除去する。既存の凝集沈殿設備を利用して処理可能である。脱硫排水のように共存塩類濃度の高い排水ではセレンに対する薬品（第一鉄塩）の添加量と汚泥の発生量が大きくなる傾向がある。

#### ② 鉄還元体による還元処理（以降、鉄還元体法）

第一鉄塩による還元処理よりも薬品使用量、汚泥発生量を低減させるため、金属鉄を主成分とした金属還元体による処理技術を開発し、石炭火力発電所の脱硫排水向けに実用化した。酸を添加した排水を金属鉄に接触させると、金属鉄がイオン化する際に電子が発生し、セレンを還元する。次にイオン化した鉄を凝集し、セレンを共沈作用で除去する。第一鉄塩による還元法に比べ、汚泥発生量を大幅に削減できるが、還元体が重く、固まりやすいので、開放点検時の取り扱いに労力を要するなどの課題があった。



## (2) 複合金属還元体によるセレン還元装置の開発

鉄還元体よりもセレンの還元性能が高く、汚泥発生量を低減し、軽量で扱いやすい材料を探索、評価した結果、2種類の金属を組み合わせた複合金属還元体を見出し、実用化するに至った。第一号機稼働当初は加温用の熱交換器においてスケール生成の問題はあったが、運転条件の改善と定期的な洗浄メンテナンスにより問題なく運転できている。

2011年に石炭火力発電所の脱硫排水処理で第一号機が稼働し、2017年10月現在5件の実設備が建設されている。

2004年	複合金属還元体の検討開始。
2007年～2009年	実排水による性能確認、設備仕様の検討、運用方法の検討。
2011年	第1号機納入。

なお、本装置は、栗田工業株式会社と電源開発株式会社が共同で開発を行った。それぞれが担当した開発の内容は以下の通りである。

- ・栗田工業株式会社  
複合金属還元体の開発、設備仕様の決定、試験評価、パイロット試験、最適化
- ・電源開発株式会社  
パイロット試験（長期安定性の確認）、最適化（還元体粒径、立上げ条件などの検討、仕様決定の一部）

## 3. 独創性

セレンの還元性能を高めた複合金属還元体を開発し、水処理装置として完成させた。酸でイオン化する際に6価セレンを還元するのに十分な電位を発生させる金属（還元体A）と、酸には溶けにくい6価セレンを還元するための触媒能力を有する金属（還元体B）の組み合わせが有効であることを見出し、応用するに至った。排水と還元体の接触方法、還元体の洗浄方法、装置の立ち上げ方法等、周辺技術も含めて開発した。

## 4. 特許

本装置の関連特許は次の通りである。

- 特許番号：第4771284号 / 名称：セレン含有排水の処理方法及び処理装置
- 特許番号：第5261950号 / 名称：セレン含有排水の処理方法及び処理装置
- 特許番号：第4877103号 / 名称：セレン含有排水の処理方法及び処理装置
- 特許番号：第5109505号 / 名称：セレン含有排水の処理方法及び処理装置
- 特許番号：第6213044号 / 名称：セレン含有水の処理方法及び処理装置

## 5. 性能

排水中のセレンを 0.1mg/L 以下に処理できる。2 種類の金属を組み合わせた複合金属還元体により、還元体消費量あたりのセレン還元効率を向上し、鉄還元体法に比べて汚泥発生量を 30～60%低減できる。申請装置と従来装置（鉄還元体法）の比較一例を表 1 に示す。

また、還元体の嵩比重は鉄還元体法に比べて 60%軽量化し、還元体補充、設備メンテナンスのための還元体抜き出し作業などにおけるハンドリング性を向上した。

表 1 性能比較  
(入口セレン濃度 0.5mg/L の場合)

	従来装置	申請装置
処理水質	0.1 mg/L 以下	0.1 mg/L 以下
還元体消費量	100	20
汚泥発生量	100	40

※従来装置（鉄還元体法）を 100 とした場合の相対値

## 6. 経済性

排水中のセレン濃度および共存物質により効果は異なるが、申請装置と従来装置（鉄還元体法）の比較一例を表 2 に示す。

表 2 経済性比較  
(入口セレン濃度 0.5mg/L の場合)

	従来装置	申請装置
イニシャルコスト	100	120
ランニングコスト	100	60
還元体	100	75
薬品	100	60
汚泥処分費	100	40

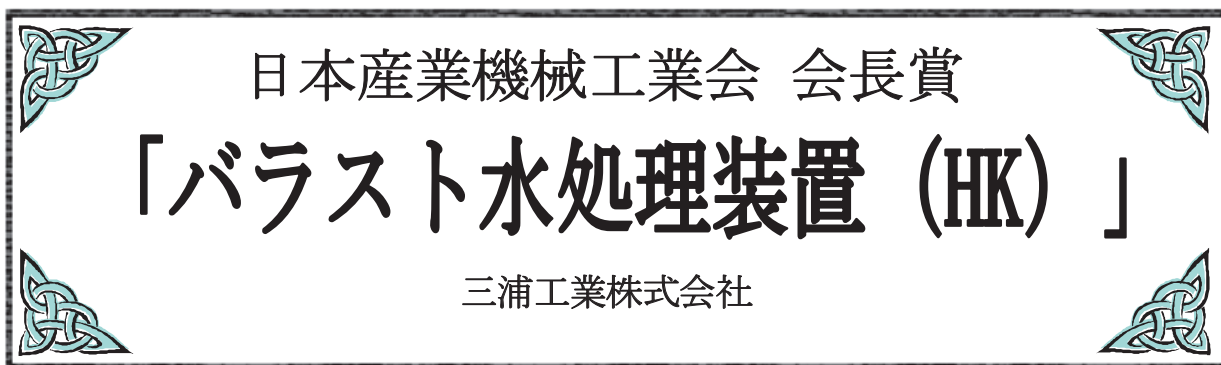
※従来装置（鉄還元体法）を 100 とした場合の相対値

イニシャルコストは増加するが、年間ランニングコスト 40%削減を達成したことにより、イニシャルコストの差は 1.5 年で回収できる。

## 7. 将来性

石炭火力発電所は日本および東南アジアでベース電源として位置づけられ、今後も重要なインフラの一つとして継続・拡大する見込みである。石炭火力発電における発電コストの低減のため、セレンを含む廉価な石炭の利用が拡大する可能性があり、環境負荷低減のために申請装置は導入が期待される装置である。





## 1. 装置の詳細説明

本装置は船舶におけるバラストタンクへの漲水、排水時における水処理装置である。

船舶において積荷を降ろした後、再度目的地に向けて航行する際、航行中の船舶のバランスを取るため、一般的に船舶に設けられたバラストタンク内にバラスト水と呼ばれる水を貯留する。

バラスト水は基本的に荷上港で船内バラストタンクに取水されて荷積港で排出される。そのため、それらの場所が異なればバラスト水中に含まれるプランクトンや細菌類の微生物が世界中に移動することになる。従って荷上港と異なる海域の荷積港でバラスト水を排出すると、その港に別の海域の微生物を放出することになり、その海域の生態系を破壊するおそれがある。

これを受け国際海事機関 (IMO) にて 2004 年に「バラスト水及び沈殿物の規制および管理のための国際条約」(バラスト水管理条約) が制定され、表 1 に示すバラスト排出水の水質基準 (D-2 基準) が設けられた。

表 1 バラスト排出水基準 (D-2 基準)

項目	基準値
50 $\mu$ m 以上の生物 (L サイズ)	10 個/m <sup>3</sup> 未満
50 $\mu$ m 未満 10 $\mu$ 以上の生物 (S サイズ)	10 個/mL 未満
コレラ菌	1 cfu/100mL 未満
大腸菌	250 cfu/100mL 未満
腸球菌	100 cfu/100mL 未満

※cfu (colony forming unit) : 培地で培養した菌がつくる集団 (コロニー) の数

### (1) システム構成、フロー

D-2 基準を満足する為に当社ではバラスト水処理装置 (MiuraBWMS 商品名 HK) を開発した。

HK の主要機器一覧および概要を表 2 にまとめる。またそれらの構成図を図 1 に示す。

表 2 HK の主要機器一覧

区分	機器名	主な機能
標準機器	フィルタシステム	50 $\mu\text{m}$ 以上の水生生物及び粒子を 99.9%以上分離し、エレメントに捕捉された残渣を自動的に洗浄・排出する。
	UV リアクタ	50 $\mu\text{m}$ 未満の水生生物及び細菌類を殺滅する。
	流量計	処理流量をモニタする。
	BWMS 制御盤	HK 全体および各装置の自動制御を行なう。
	UV 電源ユニット	UV ランプへ電源を供給する。
	高圧噴射ユニット	噴射洗浄でフィルタ逆洗をアシストする。
	流量調整バルブ	処理量を適正な値に制御する。
	ON/OFF バルブ	処理ラインの切替を行なう。
オプション機器	遠隔操作盤	BWMS を離れたところから操作する。

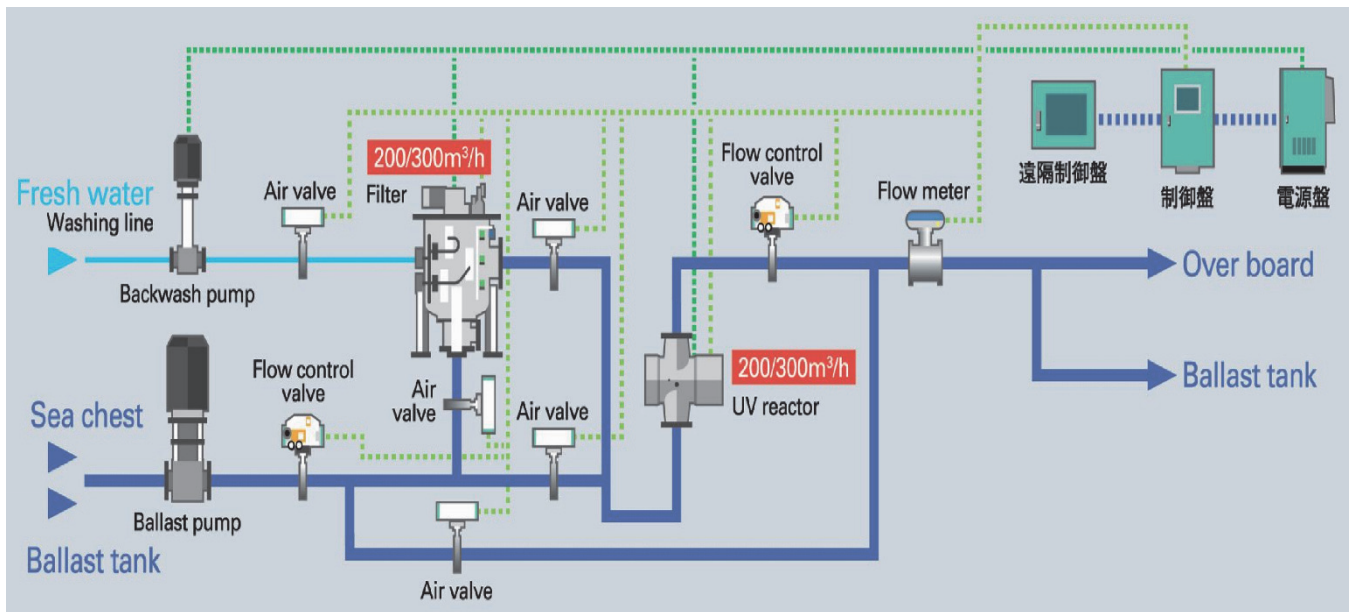


図 1 MiuraBWMS の主要機器構成図

図 2 に HK の配管系統図を示し、図 3 に漲水時の処理フロー、図 4 に排水時の処理フローを示す。漲水時は、フィルタシステムで L サイズ (50 $\mu\text{m}$  以上生物類) をその他のきょう雑物と合わせて除去した後に、UV リアクタで紫外線を照射してバラストタンクへ供給する。排水時は、UV リアクタのみ通過させて再度紫外線照射して船外にバラスト水を排出する。HK では、漲水時および排水時の計 2 回紫外線照射を行うことでより確実な処理を実現している。

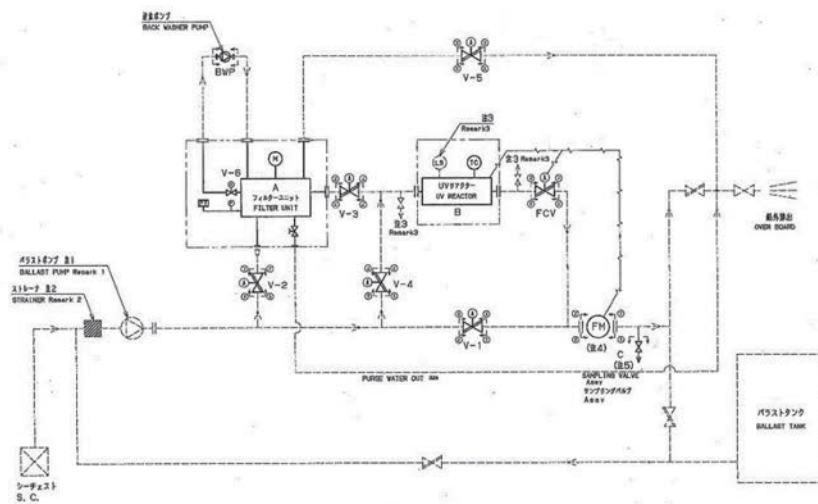


図2 HKの配管系統図

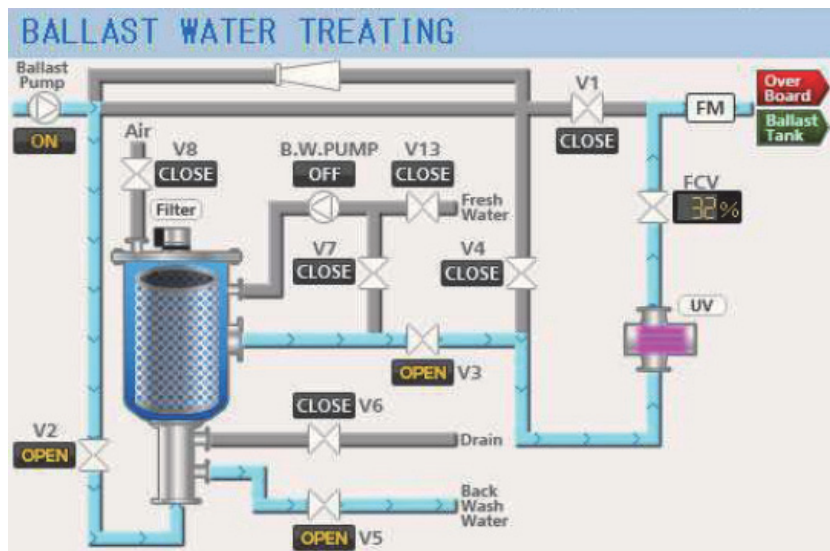


図3 HK処理フロー（漲水時）

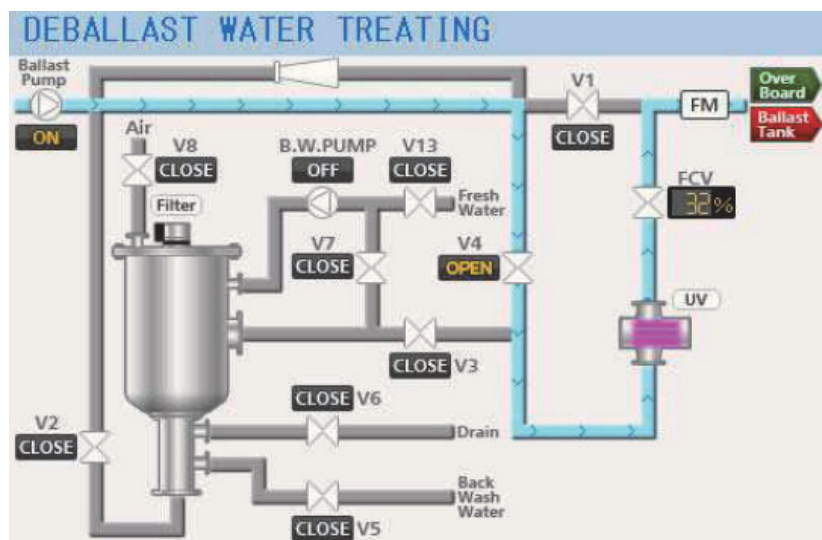


図4 HK処理フロー（排水時）



## (2) フィルタユニット

HKのフィルタシステムは、漲水時に50 $\mu\text{m}$ 以上の水生生物を除去する装置であり、エレメント内に捕集される水生生物を含む粒子状物質は逆洗機構によってシステム外に排出される。本フィルタシステムとエレメントの外観を図5に示す。基本となる吸引式の逆洗はエレメントの差圧によらず稼動中は常時行なわれる。

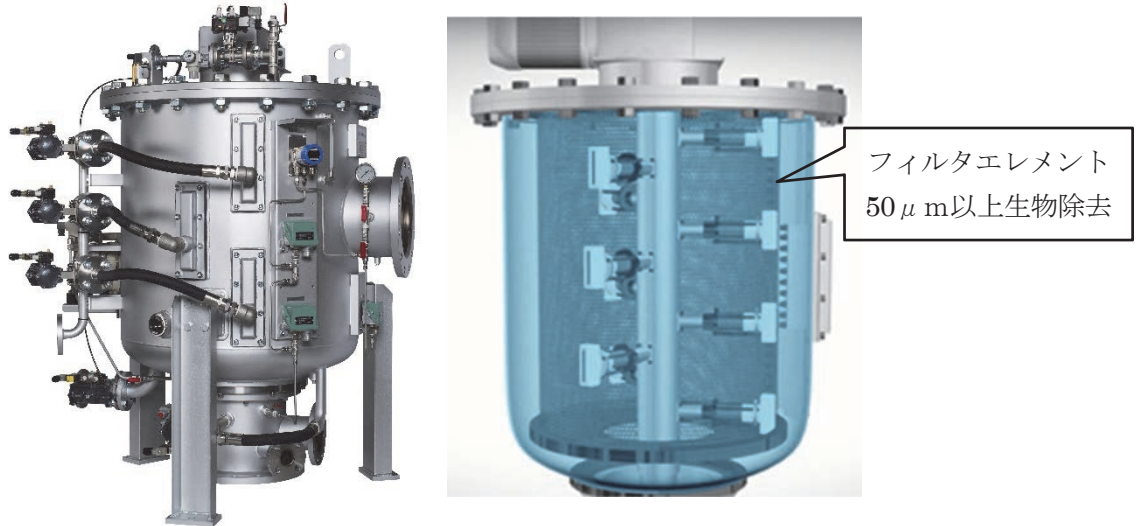


図5 HK フィルタシステム外観とエレメントモデル図

### ① 逆洗機構（ノズル吸引式）

逆洗方式はノズル吸引式を採用している。図6にその動作図を示す。ノズル吸引式は、回転するエレメントにノズルを密着させて捕集された水生生物や粒子状物質を吸引してシステム外に排出する機構である。HKではエレメントに対して処理水は内側から外側に流れるため、吸引ノズルはエレメント内部に設置されている。

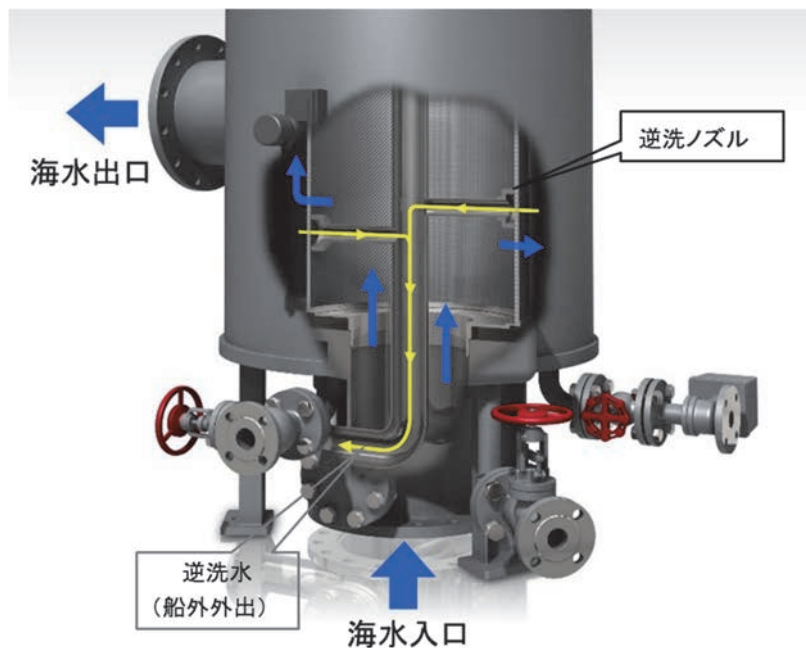


図6 ノズル吸引逆洗動作図

② 洗浄機構（高圧噴射）

HKにはもう一つの洗浄機構として、噴射ノズルを用いた高圧洗浄機構を搭載している。図7にその機構を示す。この高圧水中噴射は処理中に行なわれ、ノズル吸引式逆洗をアシストして逆洗力を上昇させる機構である。フィルタ二次水をエレメントに向けて高圧噴射し、上記のノズル吸引式で取れない、エレメントに絡みついた生物や物質をせん断あるいは吹き飛ばして処理中に汚れを除去する。

本機構については設定差圧を超えた場合に開始するよう制御されているが、その数値については海域の負荷に合わせて乗組員等の使用者が任意に変更できる。

ノズル吸引式と高圧洗浄機構を組み合わせることでエレメントを清浄な状態が保つようにしている。

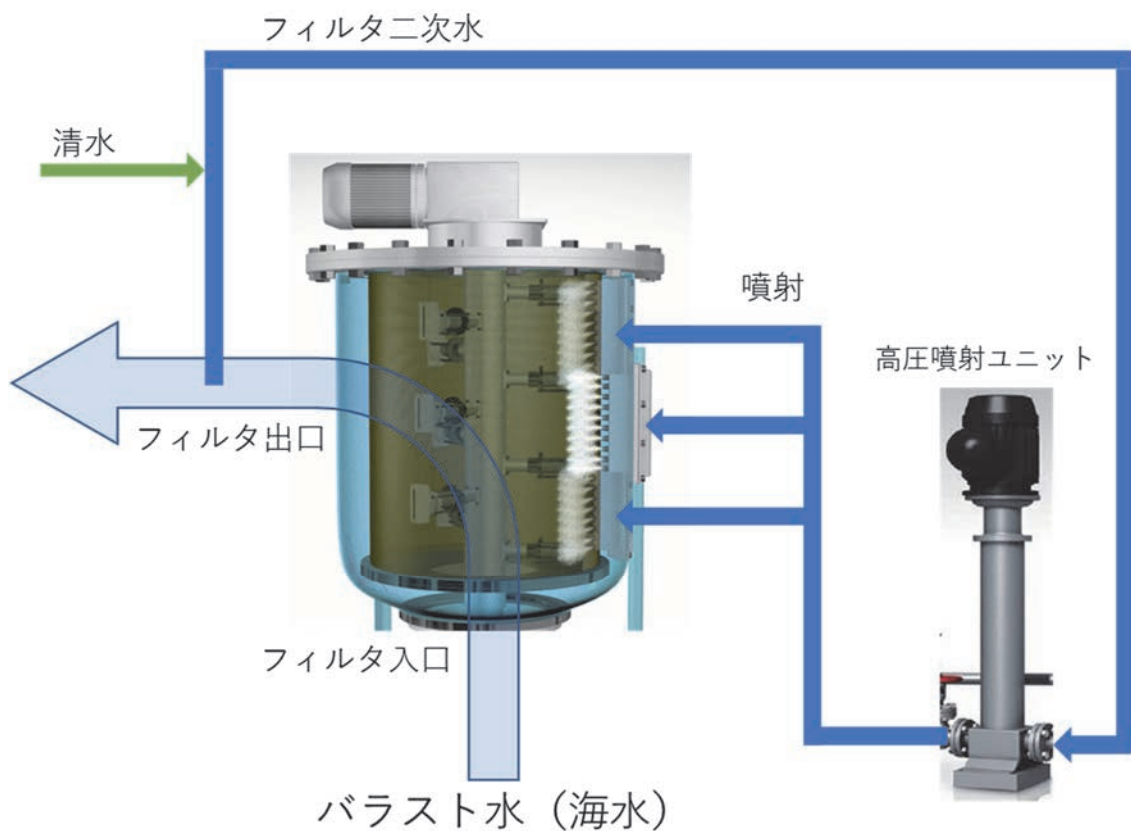


図7 高圧噴射機構

### (3) UV リアクタ

HK における UV リアクタは、UV ランプを内蔵し 50 $\mu\text{m}$  未満の水生物及び細菌類を殺滅する装置であり、漲水時および排水時の両方で稼動する。

UV リアクタには搭載される UV ランプは、設置面積を削減し、その効率を最大化するため 1 本あたりの強度を高く取れ、殺滅に適する波長を比較的多量に放出する中圧紫外線ランプを採用している。

図 8 にその外観を示す。UV リアクタを通過する水生物は、殺滅に必要な目標照射量を受けよう設計されており、水質や流量の変動があった場合にも目標とする照射量一定に保たれるように制御を行なっている。

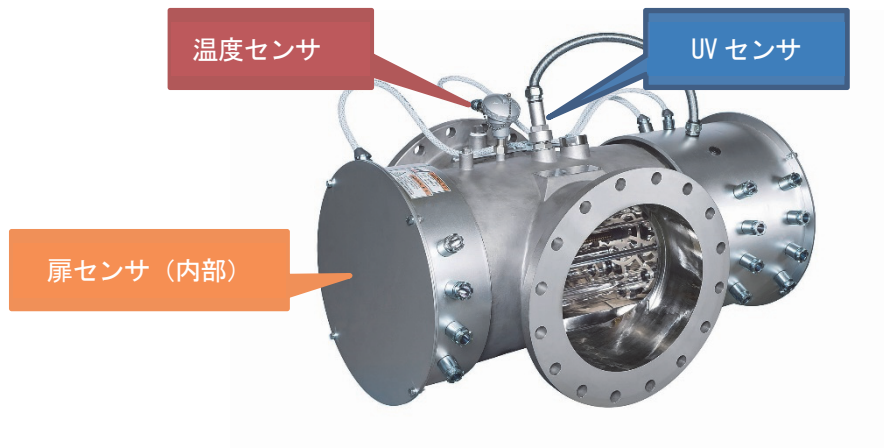


図 8 UV リアクタ外観

#### ① 照射量制御

HK の UV リアクタは、UV ランプをリアルタイムかつリニアに調光して、目標とする照射量を必要最低限の電力で達成している。本制御を可能にするために、UV センサによって UV 強度を流量計によって処理流量を常時モニタリングしており、これらの値から HK 制御盤において最適な UV ランプ出力としている。

また、UV リアクタには複数の UV ランプが設置されているが、UV 強度は一箇所で測定しており、その値に基づいて出力を調整する。全てのランプにおいて出力は同じになるように制御され、均等な照射を実施するものとなっている。

#### ② 洗浄機構（ワイパ駆動式）

紫外線を照射すると UV ランプ保護ガラスには、様々な汚れが付着するため UV ランプの出力が余分に必要になる。そのため、HK の UV リアクタには UV ランプの保護ガラスを掃除するワイパ機構を設けている。図 9 にその外観を示す。これは、機械的な洗浄機構でスクレーパ（かきとり部）を取り付けたプレートを駆動させることで保護ガラスに付着した汚れを除去する。この動作は、処理開始時、終了時行なわれる他、処理中実施される。

なお、処理中の動作間隔は海域の負荷に応じて乗組員が任意に設定できるようになっている。

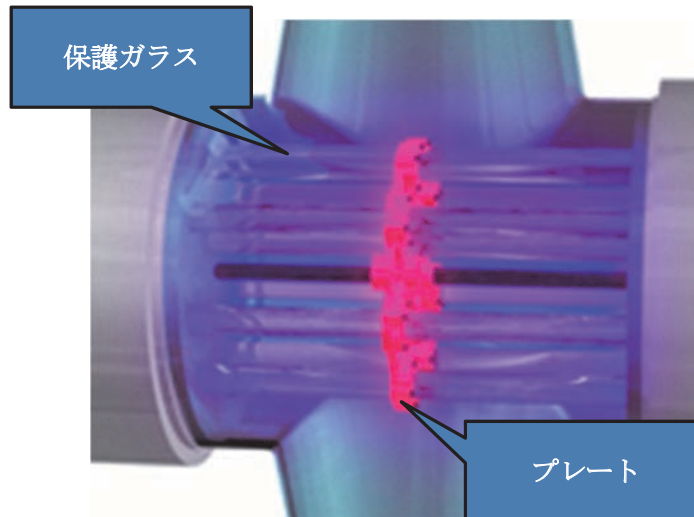


図9 ワイパ機構

③ 安全制御 (UV ランプ点灯制御)

安全面については、UV ランプが高エネルギーなことから様々な項目をモニタリングして点灯制御を行なっている。内容については下記の通りで、この内どれか1項目でも異常判断をすれば即停止状態に移行するようになっている。

- ・ UV センサ  
UV 強度値をモニタリングすることで、UV ランプの点灯有無を検知する。
- ・ 温度センサ  
UV リアクタ内の温度を監視する。(高温異常検知)
- ・ 流量計  
UV リアクタに処理水が供給されていることを検知する。
- ・ リアクタ扉センサ  
UV リアクタ開放時に UV ランプが点灯しないように、リアクタカバー取り外しを検知する。(UV 光を直視したり、暴露したりすると失明、火傷の恐れがあるため)

(4) 仕様一覧 (容量)

HK においてフィルタ、リアクタを表 3、4 に示すラインナップしている。

これらを複数台設置することシステム容量として 200~6,000m<sup>3</sup>/h に対応できる。

また防爆仕様もラインナップしており、ケミカルタンカー等の船舶の防爆区域に設置することも可能である。

表3 フィルタユニット仕様一覧

型式	HK-200F(E)	HK-300F(E)	HK-450F(E)	HK-600F(E)	HK-900F(E)
標準処理水量 【m <sup>3</sup> /h】	200	300	450	600	900
設計圧力	0.7MPa				

(E) は防爆仕様を示す。

表 4 UVリアクタ仕様一覧

型式	HK-200U (E)	HK-300U (E)
標準処理水量【m <sup>3</sup> /h】	200	300
設計圧力	0.7MPa	
最大温度	50℃	

(E) は防爆仕様を示す。

## 2. 開発経緯

当社では従来から船舶向け蒸気ボイラ、造水器、焼却炉等の製造、販売を行っており、船舶における新しい提供商品としてバラスト水処理装置の開発を開始した。

表 1 に示すバラスト排水の水質基準 (D-2 基準) の性能を満足すること、また実運転における性能の維持、容易な操作を行える機器として開発を行い、バラスト水管理条約ガイドラインに則った陸上試験、船上試験を行い日本国での型式承認を取得にいたった。

2010 年～2011 年	ラボテストでの評価。
2012 年	開発機での実機評価。
2013 年	IMO 認証取得のため陸上試験 (試験サイトでの実機試験)。 IMO 認証取得のため船上試験 (船舶へ実機搭載し運転試験)。
2014 年	IMO 認証 日本国の型式承認取得。
2014 年	第 1 号機納入。

## 3. 独創性

フィルタユニットにおいては濾過性能を満足することと同時にその性能を維持することが重要となってくる。そのため当社では以下の 3 段階のフィルタエレメントの洗浄機構を設け、フィルタの性能維持を図っている。それぞれの洗浄イメージ図を図 11 に示す。

### (1) 吸引洗浄

図 6 に示すノズル吸引にて運転を行いながら洗浄を実施する。通水中にフィルタユニット内部のフィルタエレメントを回転させ、L サイズ生物類捕捉と同時にフィルタエレメントに付着した生物類を吸引、排出する吸引洗浄を行う。

洗浄水はバラストポンプ圧力を用いてフィルタ内圧力を一定に保ち、船外排出口との圧力差を設けることで、専用ポンプ類を使用することなく、排出を行うことができる。

### (2) 水中洗浄

図 7 に示すように吸引洗浄中にフィルタエレメントの差圧を監視し、差圧上昇した際処理水を専用の洗浄ポンプを用いてフィルタエレメント外側へ噴射することにより、フィルタ内側に付着した生物類を浮かすことで吸引洗浄の能力を UP させている。



### (3) 空間洗浄

使用後またはフィルタ差圧が上昇した場合においては、本洗浄を実施する。

フィルタユニット内部の水を排水させた状態で、フィルタエレメント外側より清水を専用洗浄ポンプで高圧噴霧させることでフィルタエレメントの洗浄を行う。

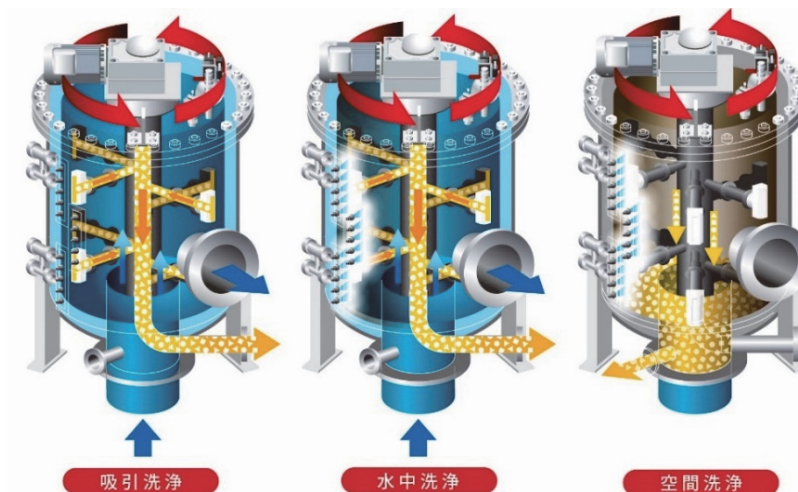


図 10 洗浄イメージ図

## 4. 特許の有無

本装置の関連特許は次の通りである。

特許番号：第 5517113 号 / 名称：バラスト水処理装置

特許番号：第 5692652 号 / 名称：バラスト水処理装置

特許番号：第 6168388 号 / 名称：バラスト水処理装置

## 5. 性能

### (1) 処理性能

表 5、6 に陸上試験結果、船上試験結果を示す。表 1 に示す D-2 基準を満足するものとなっている。

表 5 陸上試験結果

種類	サンプル	テスト 1	テスト 2	テスト 3	テスト 4	テスト 5
L-size 生物類 (inds/m <sup>3</sup> )	処理前	2.7×10 <sup>5</sup>	3.3×10 <sup>5</sup>	3.7×10 <sup>5</sup>	2.9×10 <sup>5</sup>	4.1×10 <sup>5</sup>
	処理後	<1	<1	N.D.	<1	N.D.
S サイズ 生物類 (inds/mL)	処理前	1.91×10 <sup>3</sup>	1.86×10 <sup>3</sup>	1.71×10 <sup>3</sup>	1.99×10 <sup>3</sup>	2.31×10 <sup>3</sup>
	処理後	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

※ N.D. (Not Detected 未検出)



表 6 船上試験結果

種類	サンプル	テスト 1	テスト 2	テスト 3
L-size 生物類 (inds/m <sup>3</sup> )	処理前	515,867	150,500	61,900
	処理後	<1	1	4
S サイズ 生物類 (inds/mL)	処理前	338	111	126
	処理後	<1	<1	<1

(2) 運転・操作性

制御盤のタッチパネルで運転操作が可能な装置となっており、機器の状況やメンテナンスの情報が確認可能となっている。(図 11 参照)。さらにオプションで遠隔操作盤を設置することで、他の場所から操作やモニタリングも可能としている。

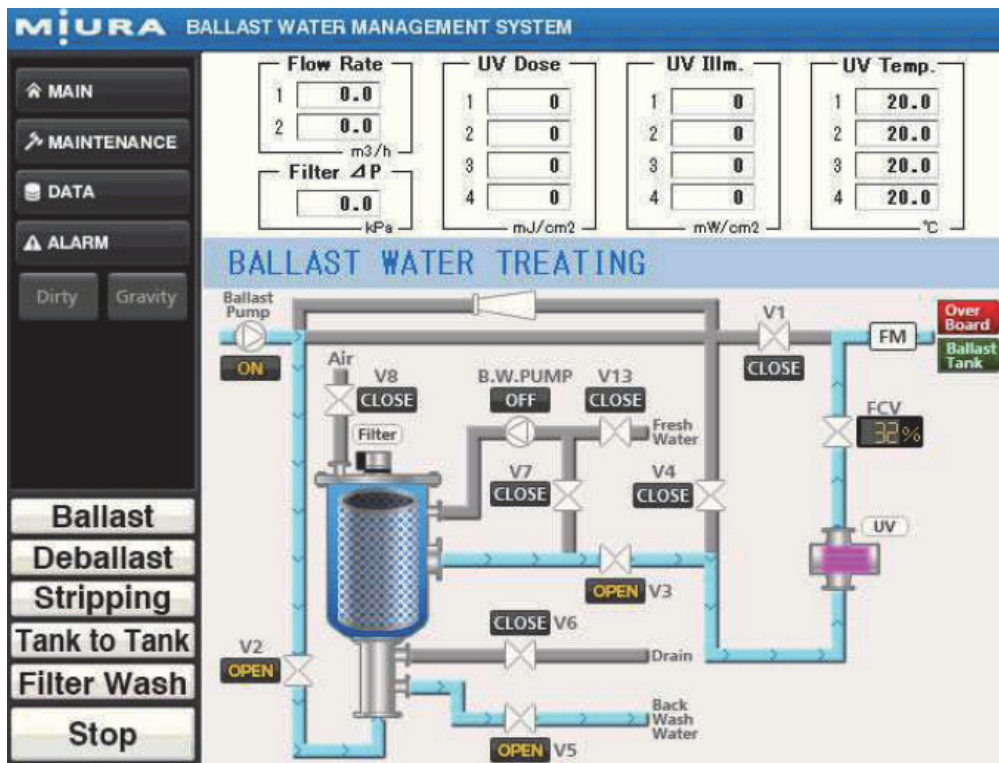


図 11 ディスプレイ表示画面

6. 経済性

本装置は独自開発フィルタにより L サイズ (50 $\mu$ m 以上の生物類) を確実に捕集分離する。それにより UV リアクタは S サイズ (50 $\mu$ m 未満の生物類) に特化した処理となるため、省電力で UV 処理が出来るシステムとなっている。表 7 に UV リアクタの電力を示す。

表 7 UV リアクタ電力

型式	HK-200U (E)	HK-300U (E)
標準処理水量【m <sup>3</sup> /h】	200	300
消費電力【kW】	29	39

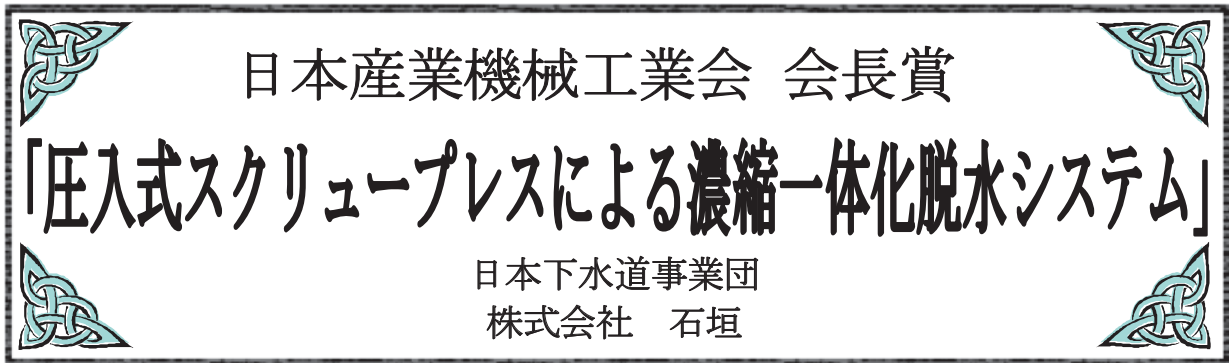
※ (E) は防爆仕様を示す。

## 7. 将来性

「バラスト水及び沈殿物の規制および管理のための国際条約」(バラスト条約)は発効条件を満たし2017年9月8日に発効となった。これにより新規製造船また既設の就航船についても搭載を義務付けされている。

そのため本バラスト水処理装置については今後継続的に新規製造船には設置必要となり、また就航船についても対象船が全体で約2万隻と推測されており需要が見込まれている。





### 1. 装置の詳細説明

#### (1) 濃縮一体化脱水システムについて

「濃縮一体化脱水システム」は、下水処理場における汚泥処理フローの簡略化を実現した新しい汚泥処理システムである。下水処理場の水処理施設から発生した汚泥の処理フローとしては、濃縮設備を経由して脱水する「濃縮・脱水システム」が一般的に広く採用されている。これに対し、「濃縮一体化脱水システム」は、濃縮設備を経由せず、未濃縮の状態の汚泥をダイレクトに脱水する汚泥処理システムである。システムフローを図1に示す。

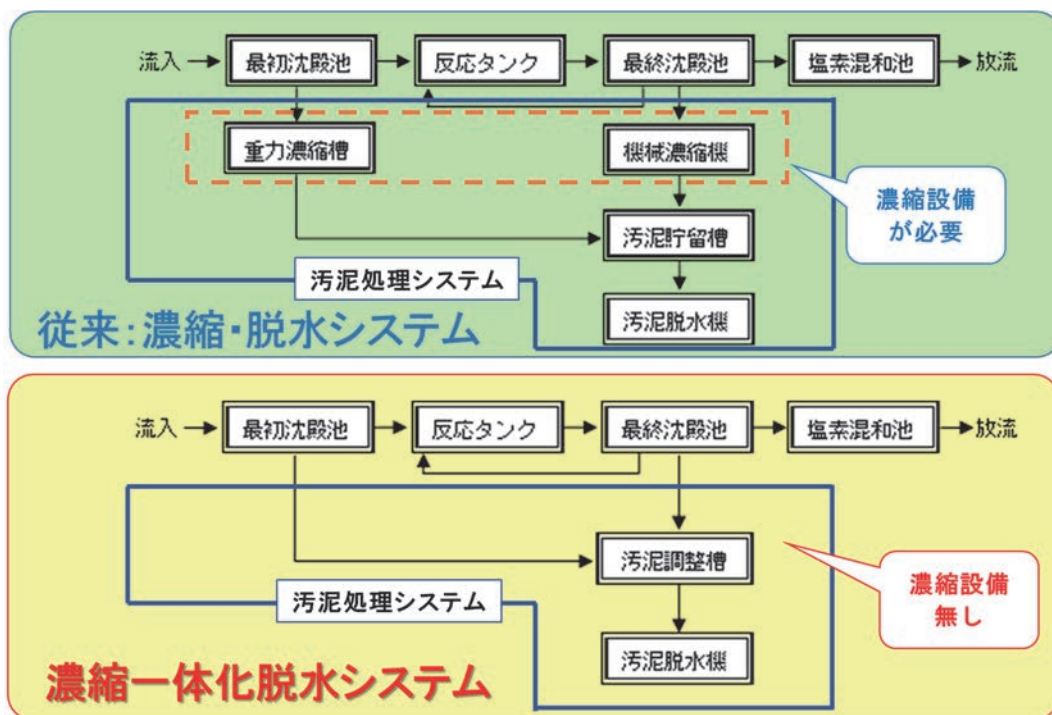


図1 システムフロー（濃縮一体化脱水システム）

従来の「濃縮・脱水システム」は、最初沈殿池より発生する初沈汚泥を重力濃縮槽により2倍程度まで濃縮し、最終沈殿池より発生する余剰汚泥を機械濃縮機で5倍程度まで濃縮した後、汚泥貯留槽において各汚泥を混合し汚泥脱水機により処理していた。

これに対し「濃縮一体化脱水システム」では、従来の脱水機よりも濃縮機能を強化したダイレクト型圧入式スクリーブレス脱水機（以下、ダイレクト型 SP）を開発し採用することで、未濃縮の初沈汚泥と余剰汚泥を効率的に処理することが可能である。

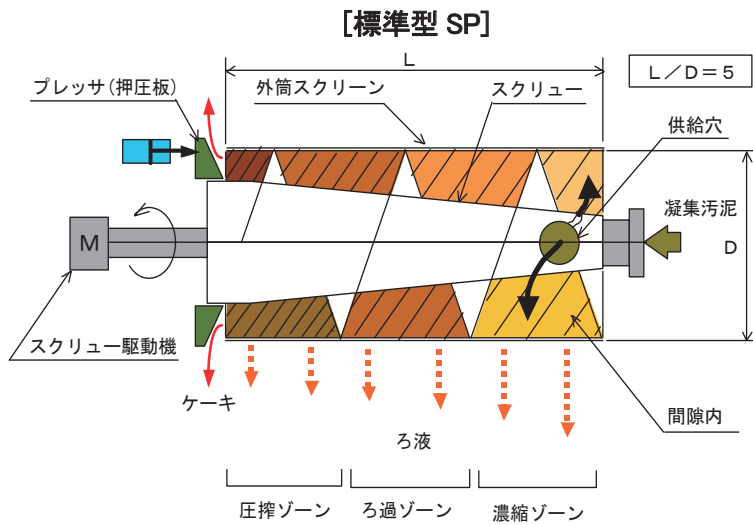
従来の脱水装置で未濃縮の汚泥を脱水する装置という点では、主に小規模下水処理場に適用される水処理方式である低負荷型の活性汚泥法（オキシデーションディッチ法等）から発生する余剰汚泥を対象とした汚泥脱水機がある。これに対し、本システムが対象としているのは小規模から中・大規模まで幅広く適用されている水処理方式である高負荷型の活性汚泥処理法（標準活性汚泥法等）から発生する汚泥であり、処理対象は初沈汚泥と余剰汚泥という性状の異なる2種類の汚泥が混合された汚泥である。

前述の低負荷活性汚泥法から発生する汚泥を対象としている脱水装置は、余剰汚泥という1種類の汚泥のみのため、性状変動が比較的少なく安定処理しやすいと言える。しかし、本システムが処理対象としている汚泥は2種類の汚泥を混合した汚泥のため、混合比率等により性状変動しやすいという点において、安定処理が難しい。このような、初沈汚泥と余剰汚泥を混合した汚泥を対象として濃縮一体化脱水処理するシステムはこれまで実用化されていなかった。

ダイレクト型 SP を汚泥処理システムに組み込み、脱水処理することにより、従来の「濃縮・脱水システム」では必須の濃縮設備を省略でき、設備簡略化とコスト縮減が可能な「濃縮一体化脱水システム」を実用化した。

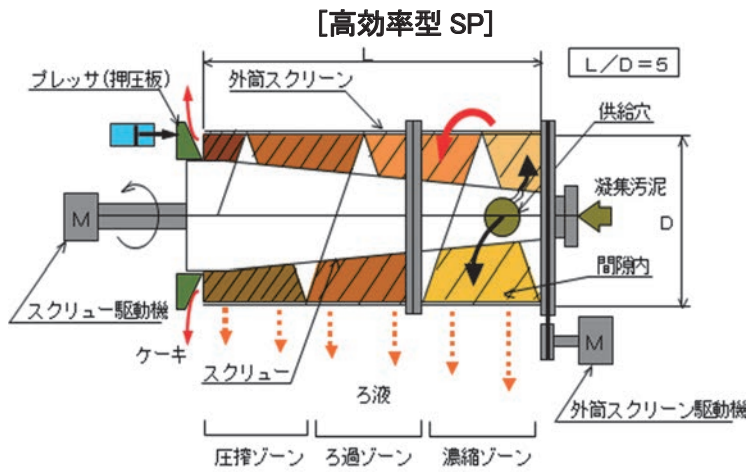
## （2）適用する汚泥脱水機

下水処理場にて適用する汚泥脱水機としては、ベルトプレス脱水機（以下 BP）が最も稼働台数が多く、次いで遠心脱水機、圧入式スクリーブレス脱水機（以下、SP）が採用されている。「濃縮一体化脱水システム」に適用する汚泥脱水機は SP を採用しており、従来の SP 機種としては図 2 に示す通り標準型 SP、高効率型 SP、ハイブリッド型 SP があるが、これらはいずれも濃縮汚泥を対象として開発された汚泥脱水機である。



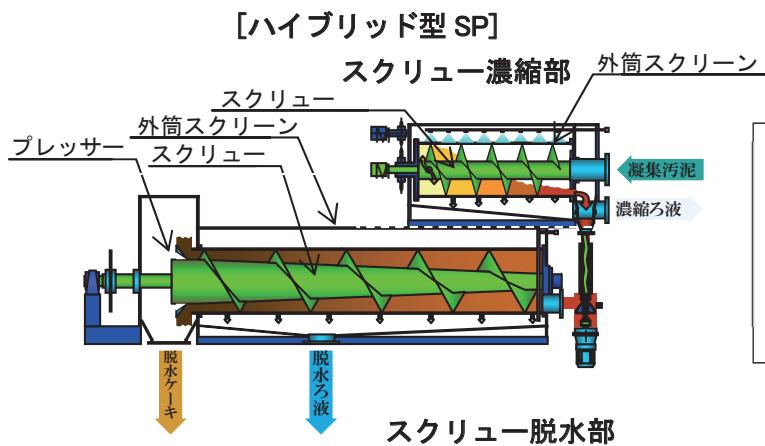
圧入圧力一定制御により安定した脱水性能を有し、スクリュー回転操作により任意に処理量と含水率を調整可能である。またスクリュープレスの特性として、スクリューが低速回転のため、動力が小さく使用電力量が少ない。

濃縮外筒回転等により性能向上



圧入式スクリュープレス脱水機の特長を継承しながら、濃縮ゾーンの外筒スクリーンをスクリュー回転方向に対して、逆方向に回転させる機構を採用し、濃縮効率を高め、脱水性能の向上を図っている。

濃縮部を独立し低含水率化、処理の安定性向上



濃縮部・脱水部をそれぞれ強化し、一体型の専用圧入ポンプで連結することにより、圧密度を高め脱水性能の向上を図っている。

図2 圧入式スクリュープレス脱水機の種類



濃縮汚泥を対象とする SP の内、ハイブリッド型 SP は標準型 SP ・ 高効率型 SP に対し処理性能向上および処理の安定性向上を図った低含水率型の汚泥脱水機であり、高効率型 SP と同等の固形物処理量の条件でケーキ含水率を 2 ポイント程度低減可能である。このハイブリッド型 SP は独立した濃縮部を搭載した機種であるが、本機を「濃縮一体化脱水法」に適用しようとした場合、汚泥濃度が低いため、濃縮部の負荷が高くなり脱水部へ圧入する段階で十分な濃縮濃度を確保することが難しい。そのため、脱水処理はできて処理効率が低く、濃縮汚泥を脱水した場合のような低含水率のケーキの生成ができず、処理量も大幅に低下する。

そこで、ハイブリッド型 SP をベースに本システム用に最適化したダイレクト型 SP を開発した。ダイレクト型 SP は低濃度汚泥に対しても濃縮部で十分な濃縮濃度が得られるよう、ハイブリッド型 SP の濃縮部のろ過面積を増大させている。これにより、低濃度の未濃縮汚泥についても、濃縮部で高濃度に濃縮し脱水部へ供給できるため、濃縮設備で濃縮した汚泥を脱水する場合に近い状態で脱水処理できる点が特徴である。ダイレクト型 SP の構造概要を図 3 に示す。

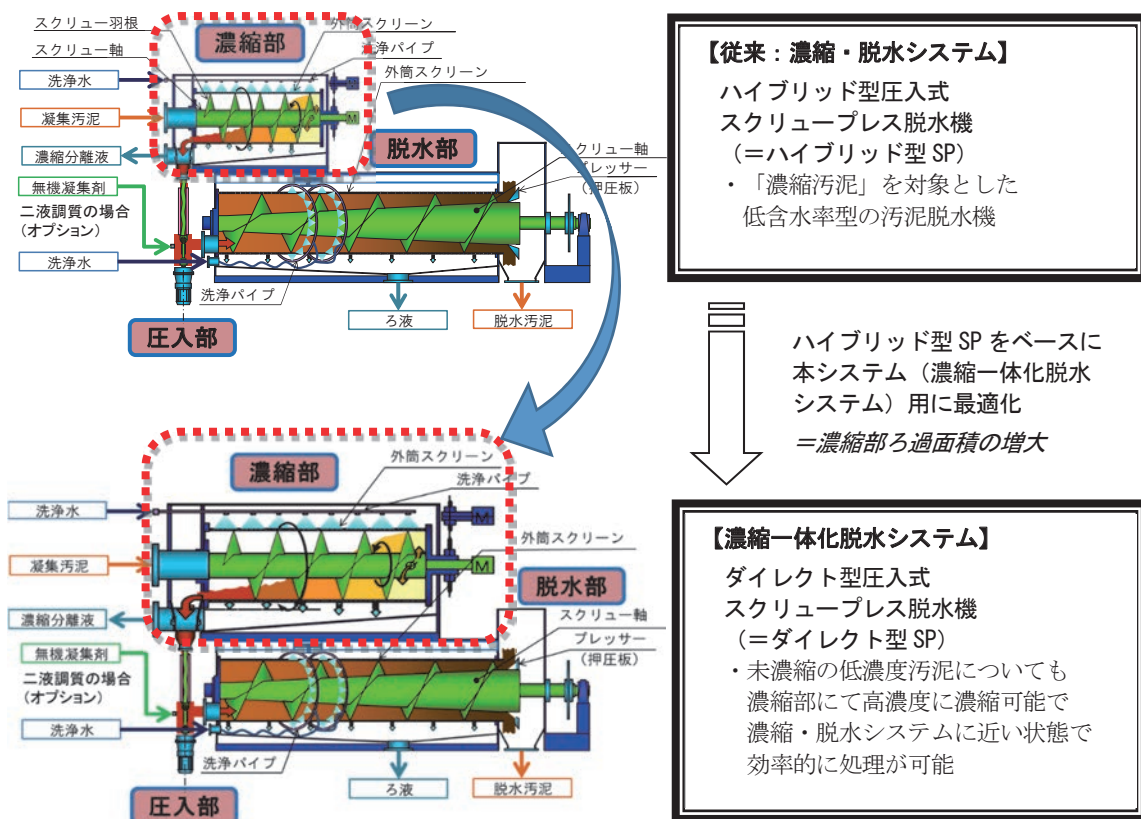


図 3 ダイレクト型圧入式スクリープレス脱水機の構造概要

### (3) システムの機構

本システムの主要機器はダイレクト型 SP であり、図 3 に示す通り、「濃縮部」「圧入部」「脱水部」により構成される。各部の機構の詳細を示す。

濃縮部：主要構成部品は「外筒スクリーン」と「スクリュウ軸」である。外筒スクリーンはろ過面であり、ステンレス製のパンチグメタルで構成されている。またスクリュウ軸はストレート状の軸にスパイラル状の羽根が取り付けられた部品である。ろ過面である外筒スクリーンの内側に設置したスクリュウ軸が回転することで、汚泥を搬送する。搬送される間に、重力の作用でろ過面からろ液が排出され、濃縮される。

圧入部：濃縮部で濃縮した汚泥を脱水部へ圧入する「圧入装置」により構成される。圧入装置は一軸ねじ式ポンプで、濃縮タンクの汚泥を脱水部へ圧入供給する。

脱水部：主要構成部品は「外筒スクリーン」と「スクリュウ軸」および「プレッサー」である。外筒スクリーンはろ過面であり、濃縮部と同様にステンレス製のパンチグメタルで構成されている。またスクリュウ軸は出口側に向かって太くなるテーパ状の軸にスパイラル状の羽根が取り付けられた部品である。スクリュウ軸が回転することで、汚泥を出口側へと搬送する。プレッサーは脱水ケーキ出口部に取り付けられており、機内に背圧を掛けるための装置である。脱水ケーキはプレッサーを押しつけて機外へと排出される。

#### (4) システムの原理

本システムの主要機器であるダイレクト型 SP の脱水原理について記載する。

まず、処理対象の未濃縮汚泥に高分子凝集剤を注入し、凝集混和槽にて混合することで凝集フロック化した後、ダイレクト型 SP の濃縮部へ供給される。

濃縮部のろ室内へと供給された凝集汚泥は、スクリュウ軸が回転することでろ室内を搬送される。このとき、スクリュウ羽根の先端がろ過面を連続的に掻き取りながら汚泥を搬送することで、ろ過面をクリーニングしている。これに加えて、ろ過面である外筒スクリーンをスクリュウ軸とは逆方向に回転させ、汚泥とろ過面の位置関係を連続的に入れ替えることで、ろ液の排出を促進する効果が得られる。これらにより、効率的にろ液を排出し汚泥の濃縮を進行させることができ、濃縮部供給時には 1%以下であった汚泥濃度を、濃縮部排出時には 6～8%程度まで濃縮することができる。

濃縮された汚泥は圧入部の濃縮タンクに一旦貯留され、同じく圧入部の圧入装置により 10～100kPa 程度の圧力で脱水部に圧入供給される。

圧入された汚泥はスクリュウ軸が回転することで出口側へと搬送される。このとき、スクリュウ軸が出口側に向かって太くなっていくことより、ろ室内容積が漸減していくことで、汚泥に与える圧力を連続的に上昇させ、汚泥を圧搾脱水する。さらにケーキ出口部分に設置したプレッサーにて背圧を掛け、更にもろ液の排出を促進している。

#### (5) システムのフロー

本システムの汚泥処理フローを図 4 に示す。

まず汚泥は汚泥供給ポンプにより凝集装置に送られる。これと同時に薬品供給ポンプに

より高分子凝集剤を汚泥配管および凝集装置に注入する。汚泥と高分子凝集剤は凝集装置にて混合し凝集ブロックを形成する。凝集ブロック化した汚泥はダイレクト型 SP にて脱水ケーキとろ液に固液分離される。なお、無機凝集剤を併用した処理も可能であり、その場合は、高分子を添加する前に無機凝集剤を添加する前添加、または高分子を添加後に脱水機内に添加する後添加のいずれでも処理可能である。

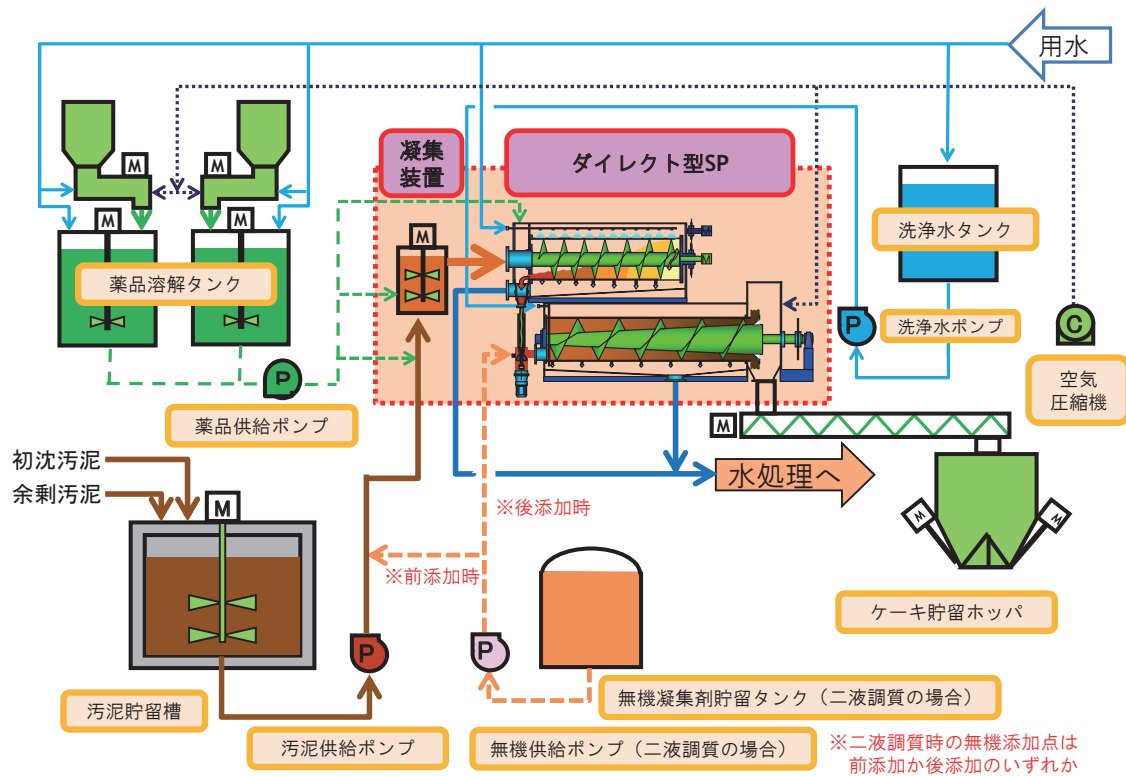


図4 汚泥処理フロー

## 2. 開発経緯

### (1) 開発趣旨

汚泥処理プロセスにおいては、水処理施設から引抜いた汚泥を濃縮するための濃縮設備を設け、後段の汚泥脱水設備等の処理効率向上を図ることを標準としている。

しかしながら、近年、重力濃縮槽での濃縮の進行が遅く、濃縮濃度が低下している処理場が多く見られる。また、汚泥が浮上分離するなどにより、水処理施設へ逆流する水質が悪化し、水処理に悪影響を及ぼす場合があることが課題として挙げられる。

一方、濃縮濃度の向上を図るために、機械濃縮設備を導入する下水処理場も多いが、機械濃縮設備を設置する場合、設置スペースやコスト及び維持管理負荷が増大することが課題として挙げられる。

このような背景に対し、問題を抱える「濃縮設備」自体を省略できれば、上記課題を解決することが可能である。濃縮設備で濃縮していない低濃度汚泥を汚泥脱水機のみで脱水処理すること自体は、従来の装置でも不可能では無いものの、濃縮汚泥を脱水する場合よりも大幅に処理効率が低下し、経済的な観点から実用的では無かった。そこで、未濃縮汚泥を脱水

処理することを前提とした汚泥脱水機の開発を含め、濃縮設備を省略した汚泥処理システムの開発を行うものとした。

未濃縮の汚泥を効率的に処理することが可能となれば、汚泥処理施設の処理フローが簡略化され、大幅なコスト削減が可能となる。また、濃縮設備が抱える課題を解決することができるとともに、維持管理業務の省力化も図ることができる。

## (2) 開発目標

未濃縮の汚泥を効率的に処理することを開発における主眼としており、処理が効率的であることを判断する指標としてイニシャルコストとランニングコストが従来技術よりも削減できることとした。なお、初沈汚泥と余剰汚泥の混合汚泥を未濃縮のままダイレクトに脱水する汚泥処理システムは既存技術には無いため、従来技術である「濃縮・脱水システム」との比較により評価するものとした。

具体的な目標としては、従来の「濃縮・脱水法」において実績の多い汚泥処理設備の機器構成である「重力濃縮槽＋遠心濃縮機＋BP」で処理した場合に対し、以下のコスト削減率を開発目標とした。

- ・イニシャルコスト 50%以上の削減
- ・ランニングコスト 40%/年以上の削減

## (3) 開発経緯

2013年9月～2014年3月 脱水機の開発、システムの構築。

2014年4月～2015年2月 実機による実証試験・データ解析。

2015年3月～2015年5月 システム導入効果検証・評価。

2017年2月 第1号機納入。

なお、本装置は、日本下水道事業団と株式会社 石垣が共同で開発を行った。それぞれが担当した開発の内容は次の通りである。

- ・日本下水道事業団：システムの構築、機能・導入効果の評価。
- ・株式会社 石垣：汚泥脱水機の開発、実証試験、データ解析、導入効果の検証。

## 3. 独創性

今回開発した「濃縮一体化脱水システム」は、従来の汚泥処理システムにおいて必須である「濃縮設備」自体を設けず、「脱水設備」のみで汚泥処理を行う処理システムである。濃縮設備を設けないため、未濃縮の汚泥をダイレクトに脱水することとなるが、これを可能とするために、システムの主要機器であるダイレクト型 SP を本システム用に開発した。ダイレクト型 SP は濃縮部にて濃度 1%程度の未濃縮汚泥を 6～8%程度まで濃縮できるように、最適な濃縮部のろ過面積を実証実験にて検証し、既存のハイブリッド型 SP の濃縮部のろ過面積を増大させた。しかしながら濃縮部のろ過面積を増大させるだけではハイブリッド型 SP と同等のケーキ含水率を得ることができなかつたため、同等なケーキ含水率とするために必要な薬注率の検

証および凝集装置の最適な滞留時間を検証した。また、検証は春夏秋冬と季節毎に実施し、年間を通じて安定的に処理できることも確認した。以上の通り、最適な濃縮部ろ過面積、最適な凝集状態を作りだすための改良や工夫を施し、本システムの実用化が可能となった。

上記工夫を施した本システムは、従来システムには無い、多くの特長を有している。

- ① イニシャルコストの縮減  
濃縮設備設置コストが不要となり設備導入時のイニシャルコストを縮減できる。
- ② ランニングコストの縮減  
設備数が減少することで、維持管理における機器補修費や保守点検費の低減によりランニングコストを縮減できる。
- ③ 水処理施設への返流水負荷の低減  
SS回収率の低い濃縮設備を省略できるため、濃縮施設と脱水施設を個別に設ける場合に比べ、返流水のSS濃度を低減できる。また、水処理施設から引抜いた汚泥をダイレクトに脱水するため、汚泥貯留時間を短縮でき、汚泥からのリン再放出が抑制され返流水のリン濃度を低減できる。これらより、汚泥処理施設からの返流水負荷が低減し、水処理施設の処理効率向上および処理の安定性向上が期待できる。
- ④ 汚泥処理施設の簡素化による維持管理業務の省力化  
汚泥処理施設の簡素化により、機器点数が減少し、機器の日常点検における管理項目や点検箇所を減らすことができ、維持管理業務の省力化が図られる。

#### 4. 特許

本装置の関連特許は次の通りである。

特許番号：第 6309883 号 / 汚泥脱水処理方法および汚泥脱水処理システム

#### 5. 性能

##### (1) 汚泥脱水機の処理性能

ダイレクト型 SP の処理対象汚泥は未濃縮汚泥であり、従来装置が対象としている濃縮汚泥では無いため、処理対象物が異なるが、ここでは濃縮汚泥を脱水処理する従来装置との性能と対比し処理性能を示す。

比較対象としては、近年開発がなされ従来の SP の中で最も性能が高いハイブリッド型 SP にて濃縮汚泥を脱水した場合の処理性能とし、その性能対比を表 1 に示す。

表 1 ダイレクト型 SP 処理性能

項目	対 ハイブリッド型 SP の濃縮汚泥に対する処理性能
固形物処理量	×0.7 倍
薬注率	+0.15 ポイント
ケーキ含水率	同等
SS 回収率	同等



表 1 より、濃縮汚泥をハイブリッド型 SP で脱水処理した場合に比べると、ダイレクト型 SP の処理性能は以下となる。

- 処理固形物量はハイブリッド型 SP の 7 割程度で処理可能である。汚泥脱水機のみを比較すると、濃縮・脱水システムより濃縮一体化脱水システムの方が大きくなり、脱水設備のイニシャルコストはアップする。ただし濃縮設備が省略できることから、汚泥処理設備全体のイニシャルコストは低減可能である。
- 汚泥脱水機の必要薬注率は 0.15 ポイント高くなる。しかし、「濃縮・脱水システム」で機械濃縮設備にて薬品を使用する場合と比べると、汚泥処理設備全体での薬品使用量は同等となり、薬品費も同等とできる。
- 性能対比対象のハイブリッド型 SP は高効率型 SP よりもケーキ含水率を 2 ポイント程度低下できる低含水率型の汚泥脱水機である。ダイレクト型 SP は低濃度汚泥であってもハイブリッド型 SP と同様にケーキ含水率が 70～76%程度で処理可能である。なお、設備の状況等によりケーキ含水率の低下が好ましくない場合には、ケーキ含水率を高くし処理量を上げるといった運転も可能である。この場合は脱水機を小さくしイニシャルコストを低減させることも可能となる。後述の納入実績の処理場では脱水ケーキの受け入れ先の都合によりケーキ含水率は 80%程度で処理しているが、ケーキ含水率が高い分、標準的な性能より処理量が高い設定となっている。
- SS 回収率は汚泥脱水機単独では同等である。ただし、SS 回収率の低い濃縮設備を省略しているため、汚泥処理設備全体としては SS 回収率が向上する。一般的に、濃縮設備の SS 回収率は重力濃縮設備が 85%程度、機械濃縮設備が 90～95%程度である。これらを加味すると、従来の「濃縮・脱水システム」の汚泥処理設備全体での SS 回収率は 85～90%程度である。これに対し「濃縮一体化脱水システム」では SS 回収率を 95%とでき、「濃縮・脱水システム」に対して返流水負荷を低減可能である。

## (2) リン除去効果

汚泥処理設備におけるリンの除去率の向上効果について、四季の実証試験データを表 2 に示す。四季を通じて「濃縮一体化脱水システム」の方が全リンの除去率が高い結果となっている。これは、水処理設備から引き抜いた汚泥を濃縮設備で濃縮することなく、未濃縮の状態で素早く脱水処理したことにより、余剰汚泥中のリンが再放出される量を抑制したことによるものと考えられる。そのため、本システムは返流水のリン濃度を低減できる処理方式であり、水処理施設の処理効率向上に寄与できる。

表 2 全リン除去率

	全リン除去率			
	春季	夏季	秋季	冬季
濃縮・脱水システム（従来システム）	29.7 %	53.4 %	69.6 %	71.7 %
濃縮一体化脱水システム（本システム）	72.6 %	61.4 %	73.5 %	78.8 %



### (3) 耐久性と安全性

本システムの主要機器は、ダイレクト型 SP である。ダイレクト型 SP の主要部分は「濃縮部」と「脱水部」であり、この「濃縮部」と「脱水部」はいずれもろ過面である外筒スクリーンと、その内側に設置したスクリー軸により構成されている。このスクリー軸の回転数が1分間に1回転未満から10数回程度と非常に低速での回転により脱水を行う。そのため、部材の摩耗が起りにくい。これに加えて、「濃縮部」は内圧が掛かっておらず、「脱水部」についても内部圧力は最大0.1MPaと低圧であることから、シール部分への負荷も低い。以上より、機器としての耐久性は非常に高い。この特徴は既存の SP と共通している部分であり、既存の SP が長期間の稼働実績があることから実証されていると言える。また、前述の通り、機器の回転数が低いことから安全性も高い。さらに、可動部であるスクリー軸と外筒スクリーンの外側にはカバーを設けているため、容易に触れることができないよう配慮している。

これらより、耐久性が高く、安全性についても十分確保されている。

### (4) 運転・操作性

- 濃縮設備が無い場合、重力濃縮設備や機械濃縮設備に関わる運転・操作は一切不要であり、脱水設備のみの管理で対応できる。
- 脱水設備の主要機器であるダイレクト型 SP の運転管理は日常的には薬注率の設定を含めた凝集状態の調整、汚泥供給量の設定を行う。ダイレクト型 SP の操作因子である濃縮スクリーン回転数、濃縮スクリー軸回転数、脱水スクリー軸回転数は、機器に搭載したセンサーにより自動調整されるため、手動での設定は不要である。
- 季節的な汚泥性状の大幅な変動がある場合、薬注率、汚泥供給量の調整以外に、脱水部への汚泥の圧入圧力の設定変更、プレッシャー圧力の設定変更を行う。また凝集状態が悪化する場合は高分子凝集剤の選定試験を実施し適正な高分子に変更する。
- 1日24時間で脱水処理する場合は、夜間に初沈汚泥濃度が低下し、混合比率が変化する可能性があるため、事前に処理場の流入特性を把握した上で、必要に応じて初沈汚泥を一旦貯留する槽を設けておき、余剰汚泥との混合比率を平準化するよう混合操作を行う。

### (5) 維持管理性

- 濃縮一体化脱水システムは、濃縮設備が不要なため、設備の機器点数が濃縮・脱水法に比べて非常に少ない。そのため、定期的なメンテナンスも容易である。
- 主要機器であるダイレクト型 SP の回転部としては、濃縮部のスクリーンとスクリー軸、および脱水部のスクリー軸があるが、これらは1分間に1回転未満から10数回程度と非常に低速である。そのため、部材の摩耗が少なく長寿命である。さらにオーバーホール時にも工場への持ち帰り整備が不要で現地作業にて対応できる。

## 6. 経済性

### (1) イニシャルコスト・ランニングコストの低減効果

#### 1) 比較ケース分類と比較範囲

イニシャルコスト、およびランニングコストの低減効果について、従来システムとの比較を行った結果を示す。コスト比較におけるケース分類は図5に示す通りとする。また比較検討範囲を図6に示す。

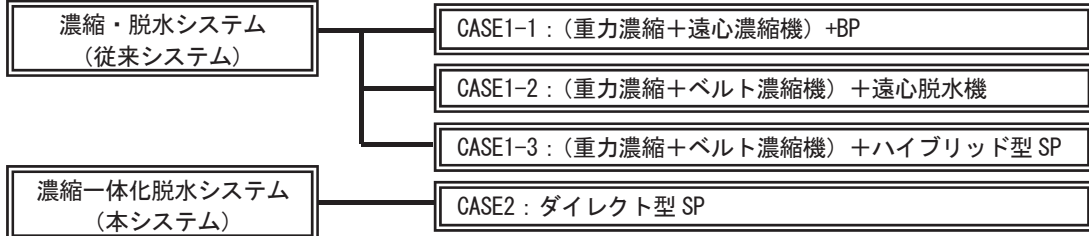


図5 ケース分類

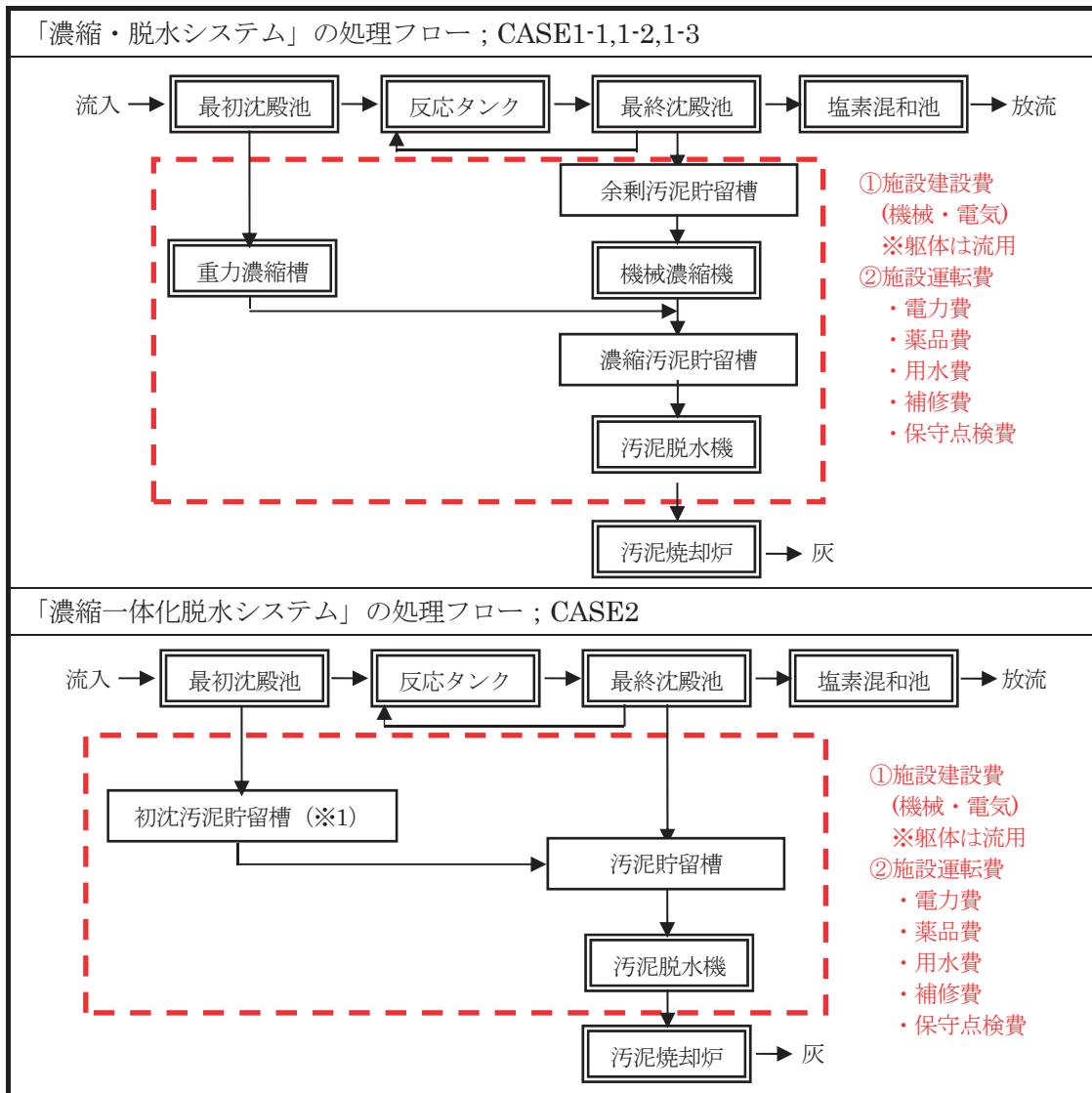


図6 比較検討範囲

- 「CASE1-1～1-3」の3ケースは、従来の「濃縮・脱水システム」とする。
- 「CASE1-1」は濃縮設備を「重力濃縮槽」と「遠心濃縮機」とし、脱水設備は「BP」とする。本ケースを開発目標であるイニシャルコストとランニングコストの低減効果の基準とする。
- 「CASE1-2」はCASE1-1の「遠心濃縮機」を近年実績が増加している「ベルト濃縮機」とし、また「BP」を「遠心脱水機」とした場合のケースとする。
- 「CASE1-3」はCASE1-2の「遠心脱水機」を近年開発された「ハイブリッド型SP」とした場合のケースとする。
- 「CASE2」は本システムである「濃縮一体化脱水システム」のケースとする。

なお、コスト試算は以下の条件にて算出した。

#### 【建設費】

##### ①土木工事費算出について

本検討では、躯体は基本的に既設流用として試算し、土木工事費は計上しない。

##### ②機械設備工事費算出について

機械設備工事費＝機器費×1.5 とする。

##### ③電気設備工事費算出について

電気設備工事費＝機械設備工事費×0.6 とする。

##### ④年当たりの費用算出について

建設費年価＝建設費× $\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n-1}$  とする。

i：利子率（＝2.3%）、n：耐用年数（＝15年）

なお、建設費には、国庫補助（50%）を見込む。

#### 【維持管理費】

##### ①電力費について

電力単価＝15円/kWh とする。電力使用量の算出に使用する負荷率＝0.7 とする。

##### ②薬品費について

高分子凝集剤単価＝500円/kg とする。

##### ③用水費について

用水単価＝20円/m<sup>3</sup> とする。

##### ④補修費について

補修費＝設備工事費×2.4% とする。

##### ⑤保守点検費について

『下水道施設維持管理積算要領 終末処理場，ポンプ場施設編 2011年版』公益財団法人日本下水道協会を基に算出する。保守点検費とは平均的な技能を有する従事者が1日の所定労働時間（8時間）内で行うことが可能な作業量に基づいて「1日の作業工数」を算出したものである。労務単価は21,400円とする。

## 2) コスト削減効果の試算結果

流入下水量が 50,000m<sup>3</sup>/日の場合の条件にて試算したイニシャルコストの比較結果を図 7 に、ランニングコストの比較結果を図 8 に示す。

試算の結果、開発目標におけるコスト低減効果の基準として位置付けた「CASE1-1」の指数を 100 とした場合の、「濃縮一体化脱水システム」の CASE2 のイニシャルコストの指数は 46 となり、削減率は 54% で、開発目標である「50%以上」の削減率を達成した。また、ランニングコストについても、「CASE1-1」に対し「CASE2」の指数は 57 となり、削減率は 43% となり、開発目標である「40%以上」を達成した。

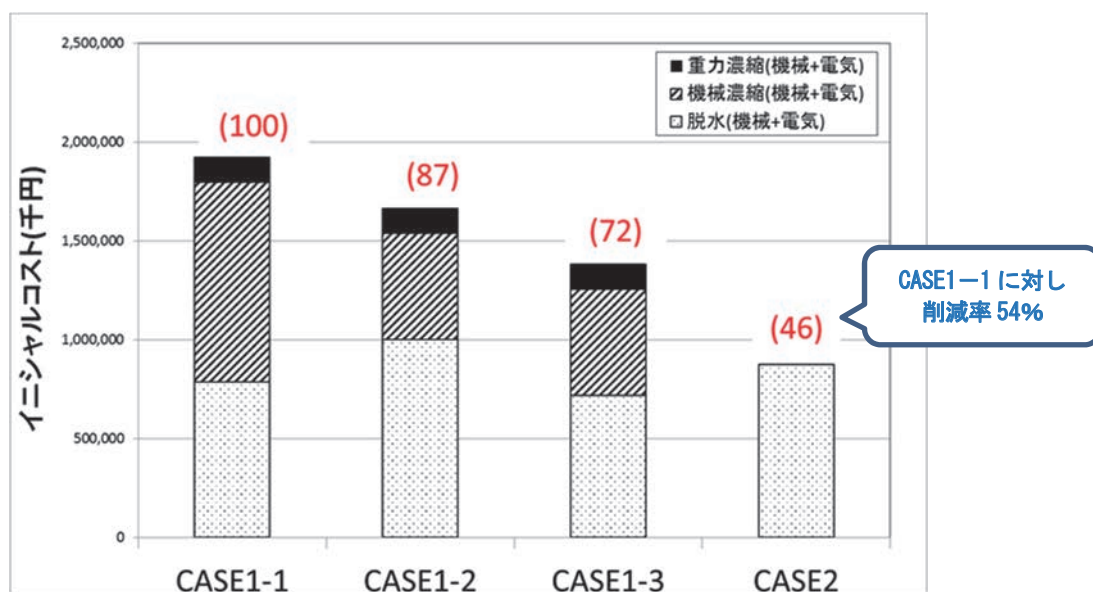


図 7 イニシャルコスト試算結果 (50,000m<sup>3</sup>/日)

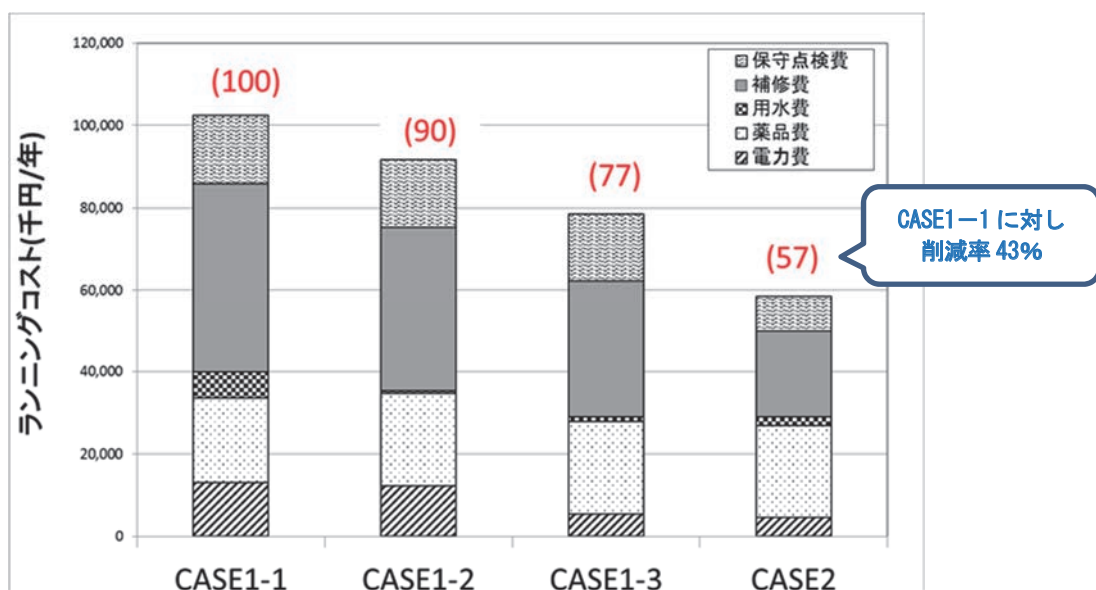


図 8 ランニングコスト試算結果 (50,000m<sup>3</sup>/日)

## (2) CO<sub>2</sub> 排出量削減効果

### 1) 比較ケース分類と比較範囲

従来システムに対する CO<sub>2</sub> 排出量削減効果の試算ケースは、前項のコスト比較と同様のケース分類とする。また、試算に使用した CO<sub>2</sub> 排出係数は以下とする。

- ①電力 0.550kg-CO<sub>2</sub>/kWh
- ②高分子凝集剤 6.5t-CO<sub>2</sub>/t

### 2) CO<sub>2</sub> 排出量の試算結果

流入下水量が 50,000m<sup>3</sup>/日の場合の条件にて試算した CO<sub>2</sub> 排出量の比較結果を図 9 に示す。

試算の結果、「CASE1-1」の指数を 100 とした場合の、「濃縮一体化脱水システム」の「CASE2」の CO<sub>2</sub> 排出量の指数は 61 となり、削減率は 49%であり、大幅な削減が可能な処理システムであると言える。

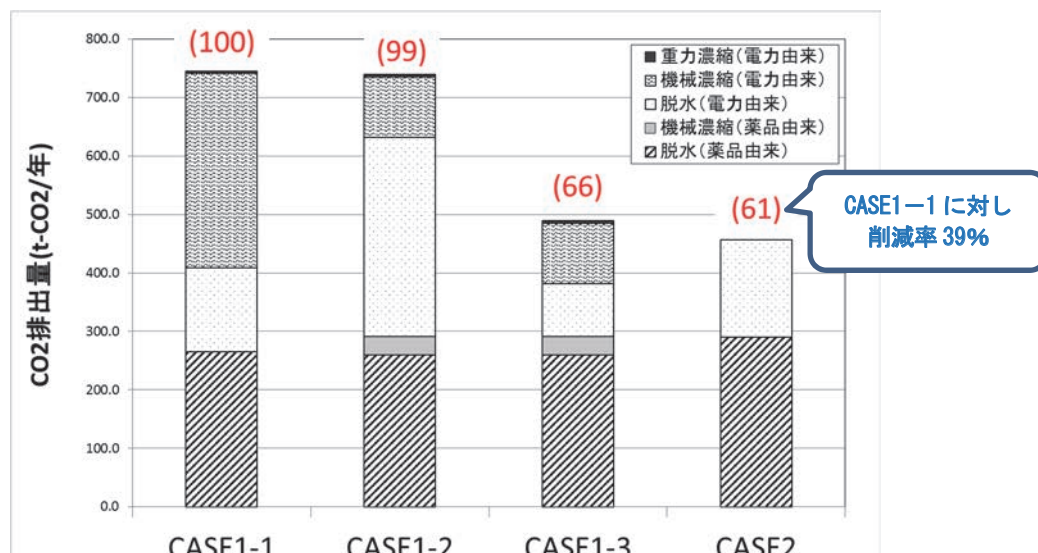


図 9 温室効果ガス排出量の試算結果 (50,000m<sup>3</sup>/日)

### (3) 経済性と CO<sub>2</sub> 排出量のまとめ

前項、前々項において、流入下水量が 50,000m<sup>3</sup>/日規模の場合での試算結果を示したが、流入下水量がより大きな規模の場合として 100,000m<sup>3</sup>/日の場合、およびより小さな規模の場合として 10,000m<sup>3</sup>/日の場合についても試算を行った結果、表 4 に示す通り、いずれの流入下水量の場合においても、「濃縮一体化脱水システム」はイニシャルコスト、ランニングコスト、および CO<sub>2</sub> 排出量が従来の「濃縮・脱水システム」よりも低減する結果であり、下水処理場の規模によらず、コストと CO<sub>2</sub> 排出量の削減に効果的な処理システムであると言える。

表 4 濃縮・脱水法に対する削減率（コスト、CO<sub>2</sub>排出量）

		コスト削減率		
		CASE1-1 (重力+遠心濃縮) +BP	CASE1-2 (重力+ベルト濃縮) +遠心脱水機	CASE1-3 (重力+ベルト濃縮) +ハイブリッド型 SP
目標値		イニシャルコスト削減率		
		50%以上削減	—	—
結果	10,000m <sup>3</sup> /日	51%削減	38%削減	32%削減
	50,000m <sup>3</sup> /日	54%削減	47%削減	37%削減
	100,000m <sup>3</sup> /日	58%削減	44%削減	32%削減
目標値		ランニングコスト削減率		
		40%/年以上削減	—	—
結果	10,000m <sup>3</sup> /日	44%/年削減	34%/年削減	30%/年削減
	50,000m <sup>3</sup> /日	43%/年削減	36%/年削減	26%/年削減
	100,000m <sup>3</sup> /日	43%/年削減	34%/年削減	22%/年削減
目標値		CO <sub>2</sub> 排出量削減率		
		—	—	—
結果	10,000m <sup>3</sup> /日	29%/年削減	29%/年削減	15%/年削減
	50,000m <sup>3</sup> /日	39%/年削減	38%/年削減	6%/年削減
	100,000m <sup>3</sup> /日	40%/年削減	39%/年削減	8%/年削減

## 7. 将来性

下水処理場は、人口減少に伴う維持管理面での技術者不足、一方で都市部では人口集中による流入水量の増加に対して敷地面積に制約があるなど改築・更新が難しい状況にある。本システムは、処理場の規模を問わず適用可能で、汚泥処理システムの簡素化によるコストや CO<sub>2</sub> 排出量の削減効果が高く、現有の設置スペースにて設置可能であり、運転管理面での負荷の低減が可能である。よって、今後の事業計画を立てる際の有効な手段の1つとなる技術である。



— 非 売 品 —  
禁無断転載

第 44 回  
優秀環境装置

発 行 2018 年 6 月  
発行者 一般社団法人 日本産業機械工業会  
〒105-0011  
東京都港区芝公園三丁目 5 番 8 号  
電話 03-3434-6821