

TSK 技報

2008
AUTUMN

No.10

月島機械株式会社

TSK 技報 No.10 2008 AUTUMN

TSK TECHNICAL REVIEW

TSK 月島機械株式会社
www.tsk-g.co.jp

特集テーマ：分離技術

中空糸気液接触器を用いた
消化ガスからの二酸化炭素除去

押出型遠心分離機

連続イオン交換装置 ISEP[®]
連続クロマト分離装置 CSEP[®]

目次		特集テーマ: 分離技術
4	巻頭言 企業経営と研究開発	代表取締役 兼 専務執行役員 大石 直行
6	特集1 (論文) 中空糸気液接触器を用いた消化ガスからの二酸化炭素除去	澤原 大道
13	特集2 (論文) 押出型遠心分離機	栗田 新平・小島久史
20	特集3 (技術紹介) 連続イオン交換装置 ISEP® / 連続クロマト分離装置 CSEP®	春田智明・松浦牧子
25	ティーブレイク “月島茶房” 私たちの生活と水	
26	設備紹介1 二重円筒加圧脱水機“トルネードプレス®”の運転状況 ～1号機が紋別市で稼働開始～	高尾 大・河野 良輔
31	設備紹介2 (仮称)江戸川浄水場排水処理施設整備等事業(PFI事業) ～拡大する月島機械グループのライフサイクルビジネス～	櫻井 弘信
36	会社概要・編集後記	

TSK 技報

NO.10 2008

CONTENTS		Special Edition : Separation Technology
4	Foreword	Naoyuki OISHI / Senior Managing Executive officer, Representative Director
6	Paper1 <i>Removal of Carbon Dioxide from Digestion Gas using Hollow-fiber Gas-liquid Contactors</i>	Hiromichi SAWAHARA
13	Paper2 <i>Push Type Centrifuge</i>	Shimpei KURITA / Hisashi KOJIMA
20	Paper3 <i>Continuous Ion Exchange system ISEP® / Continuous Chromatographic Separation system CSEP®</i>	Tomoaki HARUTA / Makiko MATSUURA
25	Tea Break “Our lives and water”	
26	Manufacturing & Technology1 <i>Report of Operation of Double-layered Cylindrical Filter Press“Tornado Press®” ~First commercial machine has started to operate in Mombetsu city!~</i>	Dai TAKAO / Ryosuke KOUNO
31	Manufacturing & Technology2 <i>PFI based Design, Construction, Operation and Maintenance of the Sludge Treatment Facility of Edogawa Water Purification Plant(provisional name) ~Tsukishima kikai group expanding “life-cycle business”~</i>	Hironobu SAKURAI
36	Corporate Profile / Editor’s Note	

表紙の写真



2005年に世界自然遺産へ登録された北海道知床半島の秋の風景



大石 直行

代表取締役 兼 専務執行役員

企業経営と研究開発

巻頭言の執筆に当たり、そもそも「技術」とは何かを調べてみた。広辞苑によると「科学を実地に応用して自然の事物を改変・加工し、人間生活に利用するワザ」と定義されている。つまりは、人の生活にとって役に立ってこそ「技術」と言うことらしい。当社100年の歴史は、換言すれば、人の生活や地球環境を豊かにするワザを追求し、世の中に提供してきた技術の歴史である。TSK 技報が「人の生活にとって役に立つワザ=技術」の研鑽の場であるのならば、日頃の成果発表と合わせて当社の技術とその価値を考える絶好の機会である。

私は、かれこれ半世紀近く「技術を売る営業マン」として当社の技術進展を見守ってきた。振り返ると当社技術の進展の根本にある開発手法は、海外技術を探し、取り入れ、日本市場に合うようにカスタマイズする、といったものだったと思う。つまり、一から開発するのではなく、市場の要求に沿って世界各地からよいものを見つけてくるといった、言わばマーケットオリエンテッドな開発手法である。これには日本が高度成長期に海外技術を積極的に取り入れたという時代背景も相まつのことだが、その結果として当社の技術は企業規模のわりには多岐にわたっている。

では、今後もこの手法が通用するのか、という疑問である。ビジネスのグローバル化が進み、各国の事情を反映した商慣習は薄れ、誰もが世界から安価で優秀なものを手に入れられる時代となった。官需でも規制緩和が進んでいる。かつては重点国策であった上下水道事業でも外資が参入など今までに無い競争環境となっている。

このように世の中が大きく変わっていく中で、そもそも研究開発戦略のあるべき姿とは何かを原点に立ち返り考えてみたいと思う。

モノの書によれば、企業の技術戦略とは、端的に言って、What-Who-When-

How だという。つまりは、何を開発すべきか (What)、体制はどうするか、一社か、誰かと組むか (Who)、先駆者となるか、追従者とするか (When)、開発された技術からどのように利益を得るか (How) についての戦略だということだ。そして、この戦略の前提にあるのは、当社で保有する人的資源を含めた技術資源の量と質、当社を取り巻く環境、当社の企業理念である。こうした思考プロセスを経て研究開発の意思決定がなされていくことが肝要である。

【What、Who】

まずは、何を開発すべきか (What)、その体制はどうするか (Who) という点である。ここで検討すべきは、世の中が求める技術は何か (マーケティング)、会社に実力はあるか (会社が保有する「知識資産」の量と質と財力)、その技術は開発可能なものか (実現可能性)、その技術はどれだけ利益を生むことができるのか (市場将来性)、国策による社会システムの整備や優遇措置の見通しはあるか (世の中への期待) に基づいて行われる必要がある。

とりわけ重要なのは、「知識資産」の整備であり、マーケティングによって社会のニーズを先取りしても、それに取り組むための「知識資産」に不足があれば、成果は期待できない。冒頭にも触れた通り、当社はこれまで不足している知識資産は、外部からの購入や他者との共同開発で補ってきた。それとて受入側として外部からの知識の価値を判断し、吸収するといった人材と能力も、重要な知識資産の一つである。

自社単独か、他者と組むか、その場合、相手は誰か、は企業の技術戦略を決定する上で重要な要因である。

また、今始める研究開発は将来にわたってどのような影響を与えるかも留意すべきである。研究開発の成果を得るまでには相応の時間と費用がかかる。しかも、一旦始めた以上は途中でなかなか止められない。

当社に置いても「思ったほど市場が形成されなかった」、「技術的な優位性を得ることが出来なかった」といった声を開発会議で耳にするが、これでは会社の大切な経営資源と逸失時間ももったいない。開発している技術の最終形はどんな姿か、明確な青写真をもって将来を描くことである。

当社の場合、バイオマスエタノール技術がいい例だろう。木質系のエタノール製造技術は現時点では市場は小さい。市場展開を図る上でも、酵素糖化技術など、経済的に優位な新技術確立へ向け、さらなるプロセスのブラッシュアップも必要である。この技術開発を続ける意義は、非食物を原料として (棄てるものを使用して) 実プラント規模でエタノールをつくることであり、将来、そこから得る派生技術に期待して、今から必要な知識資産の蓄積を図っておく戦略である。

【When】

周りがまだ取り組んでいない全く新しい技術を先駆的に開発するか、あるいは、ある程度開発された技術に追従するかといった (When) の戦略もよく考える必要がある。先駆型の戦略は技術的なリーダーシップが取れ、利益の先取りし、ブランドの確立など先駆者としての優位性を得ることができる。前述のバイオマスエタノール技術はこれに当たる。一方、追従型の戦略は、先駆者の開発した技術に相乗りして、利幅は小さくも、技術開発につきものの不確実性や市場形成に要する時間や費用を低減する、といった後発者の優位性を得ることができる。当社においては真空成膜技術がそれにあたるのではない。

【How】

開発した技術を自分で製品化するか、あるいは、ライセンスして技術を売るかという、技術からどのように利益を得るか (How) もまた、技術戦略の重要な要因である。技術から利益を得るためには、技術力だけ

でなく、販売チャネルや生産力といった補完資産をどのように活用するかも重要な要素である。独占力が強い補完資産であればあるこそ、開発した技術から大きな利益を得ることができる。また、反対の発想として、技術を無料化する、あるいは低価格で他者に公開することで、その技術を市場に普及させ、シェアの拡大と技術の発展に繋げ、企業の長期的利益とする考え方もある。私の見方では当社はこの How が部分が極めて弱い。いくら技術的に優れた商品を開発しても、売り方、儲け方が下手では開発そのものの意味は薄れてしまう。研究開発の戦略の中では商売の立ち上げ方も重要な検討材料である。

紙面が許す限り文献を利用しながら、あれこれ論を書いてみた。大雑把な内容は承知の上だが、巻頭言で私が言いたかったことは、要は、研究技術そのものが高度化・複雑化し、コストと必要な知識が膨大化する中で、研究開発のテーマ選定や進め方に関しても今以上によく科学することが肝要だということだ。

「人の生活にとってワザ=技術」を提供する会社である以上、研究開発は当社の生命線であり、今後も必要と思われる投資は積極的に進めていくことには変わりはない。研究開発を一つ一つ科学する積み重ねが当社の次の100年を創るのだと確信している。技術者陣の活躍を期待したい。

中空系気液接触器を用いた 消化ガスからの二酸化炭素除去

Removal of Carbon Dioxide from Digestion Gas using Hollow-fiber Gas-liquid Contactors



澤原 大道
Hiromichi SAWAHARA
水環境事業本部
ソリューション技術部
下水グループ

資源・素材学会

Abstract

Digestion gas produced from the sewage treatment plant generally contains 60% of methane and 40% of carbon dioxide, which results in depression of calorific value and utility value of the gas.

To remove carbon dioxide from the digestion gas, we developed a new system using hollow-fiber gas-liquid contactors consisting of three processes ; refinery, air sweep and vacuum degassing. In the contactors, the gas flows in the lumen side of hollow fibers, and liquid in the shell side. The gas-liquid interface is formed right outside of hollow fibers because the hollow fibers used are hydrophobic and microporous. The contactor contains a lot of hollow fibers whose diameters are about 300μm, and has huge gas-liquid interface area per unit volume. It is so efficient to transfer carbon dioxide between gas and liquid.

We tested the system with digestion gas in a sewage treatment plant. The following conclusions were obtained.

- 1) Methane concentration in refinery gas can be maintained at 90% stably.
- 2) High water temperature disturbs the stability of the refinery process, but it is recovered by appropriate ‘liquid-gas contact ratio.
- 3) The new system enables higher volume load than traditional systems.

キーワード：下水処理場、消化ガス、中空系、濃縮、メタン

Keyword : Concentration, Digestion gas, Hollow-fiber, Methane, Sewage-treatment plant

1 はじめに

地球温暖化防止や石油価格の高騰を背景として、バイオマス資源の利活用が求められており、下水汚泥の嫌気性消化によって得られる消化ガスを化石燃料の代替エネルギーとして用いる技術が注目されている。消化ガスは約60%のメタンと約40%の二酸化炭素が主成分であり、硫化水素を除去（脱硫）した後、消化タンク加温用ボイラや脱水汚泥焼却炉、ガス発電設備などの燃料として利用されてきたが、発熱量が約21[MJ/m³]と比較的低いことやガスホルダの容量不足などによって消化ガスが十分に有効利用されないケースもあり、全国で発生する消化ガスの約1/3が利用されずに燃焼廃棄されているといわれて

いる¹⁾。近年、高効率コージェネレーション（熱電併給）やコンパクトな貯蔵技術¹⁾などが提案されているが、中でも、消化ガスから二酸化炭素を除去することによりメタン濃度を高め（以下、メタン濃縮）、都市ガス代替燃料にする手法²⁻⁵⁾が消化ガス有効利用の促進に大きく寄与すると考えられる。従来のメタン濃縮では、主として充填塔方式による水洗浄が利用されてきたが、従来方式では操作圧力を高めると電力消費量が非常に大きくなり、また、低い操作圧力の場合は二酸化炭素の吸収液である大量の水と非常に大きな設備が必要となるなどの問題があった。そこで、月島機械ではコンパクトな気液接触で二酸化炭素を効率よく除去可能な中空系気液接触器を採用し、新しいメタン濃縮システムを開発した。

2 メタン濃縮の原理

図1にメタン濃縮の原理を示す。

気液接触に多孔質疎水性中空系を束にして充填した円筒形の中空系モジュールを用いるのが特徴である。中空系の内側に消化ガス、外側に水を流すと、中空系が多孔質疎水性のため、消化ガス中のガス成分は中空系壁面を自由に通過するが、水は中空系内部に入り込むことができない状態、すなわち、中空系外壁面において気液界面が形成された状態となる。ガス成分は分圧の差を推進力として水中へ移動（溶解）するが、二酸化炭素はメタンと比較して水への溶解度が非常に大きいため、中空系内部から主として二酸化炭素が水に吸収され、消化ガス中のメタン濃度が上昇する。（この操作を精製と呼ぶ）。中空系はモジュール内部で気液界面を支持する役割を担いガス成分の分離に寄与しないが、水への溶解度の差で消化ガス中のメタンと二酸化炭素が分離される。中空系モジュールは中空系外側を水が直交して流れる構造となっており、均等に高密度の気液界面が形成されるため、効率よく二酸化炭素が分離され、コンパクトな装置設計が可能となる。

3 実証実験

3.1 実験概要

日本下水道事業団殿との共同研究として、真岡市水処理センター（栃木県）敷地内に実験装置を設置した。脱硫消化ガス（メタン60%程度、二酸化炭素37%程度、硫化水素Max.3ppm）を精製する能力の長期安定性に影響を与える因子を明らかにするため、実設備を模倣した装置で長期間にわたる連続運転を実施した。

実験では、精製ガス中のメタン濃度を汎用の都市ガス仕様が採用可能となる90%まで向上させることを目標とした。また、精製工程における水と原料ガスの体積流量の比を接触比[m³-水/Nm³-原料ガス]と定義し、大気圧近傍の加圧環境下で操作する条件で接触比2.0以下を目標とした。従来の充填塔方式で、精製ガス中のメタン濃度が90%以上になる接触比は2.0程度とされている²⁻⁴⁾。

3.2 実験装置

図2に実験装置の概略フローを示す。

原料ガスをブロワーで3.5kPaから10kPa程度に加圧した後、精製モジュールへ導入し、精製ガスを既設のガスラインへ返送した。水は精製に使用した後、二段階の脱気工程を経て、精製に再利用した。脱気一段目では、中空系内側に空気を流し、二酸化炭素が溶解した水から、分圧差を利用して二酸化炭素を空気側へ移動させた（以下、空気流通）。脱気二段目では、中空系内側を真空ポンプで吸引し、溶存する二酸化炭素と空気流通工程で水中へ溶解した空気を水中から取り除いた（以下、真空脱気）。使用する水の種類については後述する。

図3に実験装置の外観を示す。また、表1に実験に使用した中空系モジュールの仕様を示す。

本方式で採用したモジュールは、水流を中空系に直交させるタイプ

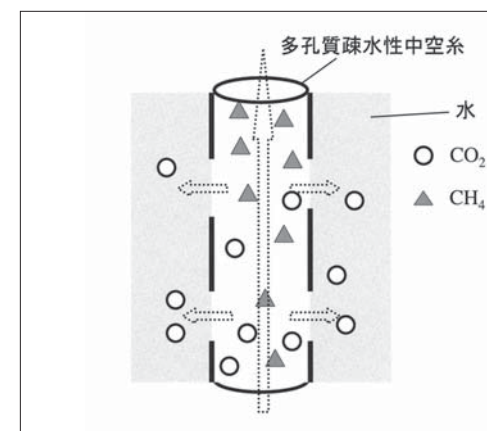


図1 メタン濃縮の原理
Fig.1 Principle of methane-concentration

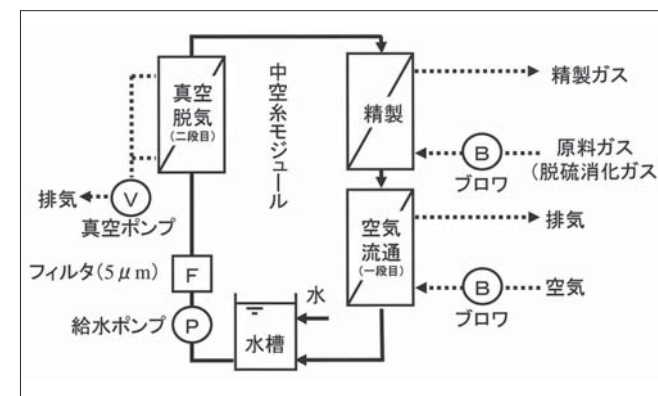


図2 実験装置の概略フロー
Fig.2 General flow sheet of the experiment

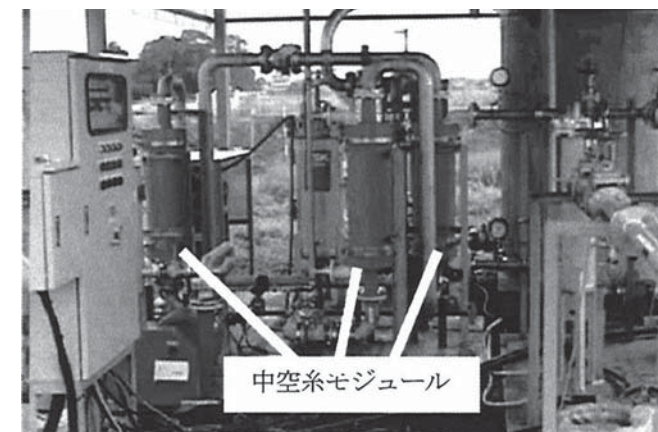


図3 実験装置外観
Fig.3 External of the experiment

表1 中空系モジュールの仕様
Table1 Spec. of the hollow-fiber modules

モジュール内径	284mm
中空系長さ	618mm
中空系膜面積	130m ²
中空系内径	220μm
中空系外径	300μm

であり、超純水製造設備やボイラ設備の脱気工程などで利用されているが、消化ガス精製プロセスにおける有用性はまだ確認されていない。今回の実験では、二酸化炭素の水への溶解度が大きく、他のガス成分を取り扱う場合と比較して中空糸内側を流れるガス量が多くなることを考慮し、中空糸内側の圧力損失を極力低減することを目的として、外径が従来品と同様で、かつ十分な中空糸の強度が得られる範囲で内径が最大となる中空糸を選定した。

3.3 実験方法

表2に示す水質や補給方法が異なる3種類の実験を実施した。全ての実験において原料ガス量を固定し、精製ガス中のメタン濃度が90%以上になるように水流量によって接触比を調整した。また、空気流通工程における空気流量と真空脱気工程における圧力を固定し、水中から二酸化炭素を除去する能力(以下、脱気能力)を一定とした。実験1では、水処理センターの井水(以下、市井水)を実験装置系内へ連続供給し、オーバーフローで排出した。

実験2では、市井水中の溶解物質が系内に蓄積した場合の安定性を把握するため、系内水を引き抜かず、蒸発した量の市井水を補給する運転とした。また、脱気能力が精製ガス組成に与える影響を確認するため、運転期間中の1日間、空気流通工程における空気流量を半減し、脱気能力を低下させる運転(以下、減量運転)も実施した。

さらに、運転終了後、参考として、技術開発実験センターの膜分離活性汚泥法実験設備から排出される処理水(以下、膜ろ過水)を市井水の代わりに用いた運転を実施した。

実験3では、溶解物質が少なく、水由来の物質が系内に蓄積する可能性を無視できるため、上水から製造したイオン交換水を用いた。イオン交換水はアルカリ度が低く、消化ガス由来の物質(硫化水素など)が蓄積し、精製能力に影響を及ぼすことが予想されたため、定期的に水槽内から半量を引き抜いた後、イオン交換水を補給する手法とした。また、水質劣化を防止するため、水中の残留塩素濃度を1ppm程度に維持するよう、適宜、固形塩素(塩素化イソシアヌール酸)を水槽へ投入した。

ガス分析は、対象ガスをサンプリングバッグに採取し、ガスクロマトグラフィーを用いてメタン、二酸化炭素濃度を測定する手法とした

4 実験結果および考察

4.1 実験1の結果

市井水を系内へ連続供給した実験結果を図4に示す。横軸は時間[月日]、縦軸は原料ガスおよび精製ガス中のメタン濃度と二酸化炭素濃度である。

実験開始時に接触比を1.3に設定したところ、精製ガス中のメタン

濃度が90%程度、二酸化炭素濃度が10%程度となり、表2に示す運転条件値も含めて安定した結果が得られた。N₂+O₂濃度については精製ガス中の濃度が1%程度であったため、図4での表記を省略する。運転期間を通して精製能力や運転条件値を安定的に維持できたことから、井水はメタン濃縮に好適と考えられる。

なお、精製ガス中のメタン濃度が90%を下回ったため、運転期間終盤に接触比を1.5に再設定したところ、メタン濃度が常に90%を上回る結果が得られた。よって、精製ガス中のメタン濃度を安定的に90%以上とするためには、接触比が1.3では十分でなく、1.5以上が必要と考えられる。

4.2 実験2の結果

市井水を系内へ間欠供給した実験結果を図5に示す。横軸は時間[月日]、縦軸は原料ガスおよび精製ガス中のメタン濃度と二酸化炭素濃度である。

実験1の結果を考慮し、実験開始時に接触比を1.6に設定した結果、精製ガス中のメタン濃度が91～92%、二酸化炭素濃度が7%程度となり、運転条件値も含めて非常に安定した結果が得られた。N₂+O₂濃度については精製ガス中の濃度が1%程度であったため、図5での表記を省略する。実験1と比較すると、実験2では精製ガス中のメタン濃度や二酸化炭素濃度の変動幅が縮小しており、原料ガス組成が変動した影響が見られないことから、接触比の増加が精製ガス組成を安定させる方向へ作用したと考えられる。また、系内から水を引き抜かなかったため、水由来の物質が系内水に蓄積したと考えられるが、精製ガス組成に変動が見られないことから、市井水由来の蓄積物質は精製能力に影響を与えないといえる。

次に、運転期間中の1日間、空気流量を半減し、脱気能力を低下

させた実験結果を表3に示す。

減量運転により、精製ガス中の二酸化炭素濃度が上昇し、メタン濃度が低下した。これは、空気流通工程において水中から空気側へ移動した二酸化炭素をモジュール外に押し出す空気の働きが弱まり、二酸化炭素を系外へ取り除く能力が低下したためである。この結果は、空気流通工程での能力低下を後段の真空脱気工程で補填できなかったことを示唆しており、空気流通工程が重要な脱気操作であることがわかる。

また、連続運転終了後、膜ろ過水を用いた運転を行った。放流水と異なり膜ろ過水にはSSがほとんど含まれないためフィルター閉塞などの問題はなく、運転開始直後は市井水と同等の性能が得られたが、実験開始から一週間程度で精製ガス中のメタン濃度が大きく低下したため運転を中止した。運転条件値には大きな変動がなかったことから、水の種類を変更したことにより、中空糸膜の疎水性が劣化し、気液接触効率が低下したと推察された。実験2における水質分析結果を表4に示す。

表4に示す水質のうち、市井水や系内井水の水質において運転に問題のないことは確認されている。そのため、性能低下の原因は膜ろ過水で顕著に高い値を示すSO₄、T-P、BODと考えられ、特に市井水や系内井水で検出限界以下の有機物(BOD)による膜素材の劣化が疑われる。よって、下水処理水の使用は、通常の放流水、膜ろ過水に関わらず本方式のメタン濃縮には不適であり、溶解物質が精製能力に影響を与えない井水の使用が好適といえる。

なお、膜ろ過水による運転の後、モジュールを市井水で洗浄した後、空気で乾燥し、膜素材の疎水性を回復させたが、市井水を用いた試運転において精製ガス中のメタン濃度を90%以上にするための接触比が1.8となった。水洗浄では中空糸膜に付着した有機物が十分に除去できなかったためと考えられる。

表2 実験条件
Table2 Experimental condition

名称	実験1	実験2	実験3
水の種類	水処理センターの井水(市井水)	市井水	上水から製造したイオン交換水
水の補給方法	系内水容量3.5m ³ に対して4～8m ³ /日(バルブ開度固定)を水槽へ連続供給し、オーバーフローで系外に排出。	約2週間に一度、蒸発によって減少した量を手で補給。	約2週間に一度、水槽から半分ほど水を引き抜いた後、手で補給。
原料ガス量	16.7[Nm ³ /h](設定)	16.7[Nm ³ /h](設定)	16.7[Nm ³ /h](設定)
水量	開始時、精製ガス中のメタン濃度が90%となる水流量を試行錯誤法で決定し、実験期間中に適宜調整。	同左	同左
空気流量	56[Nm ³ /h](設定)	56[Nm ³ /h](設定)	56[Nm ³ /h](設定)
真空脱気圧力	15[kPa(A)](設定)	15[kPa(A)](設定)	15[kPa(A)](設定)
運転期間	5ヶ月間 (2003年7月～11月)	3ヶ月間 (2003年12月～2004年2月)	4ヶ月間 (2004年5月～8月)

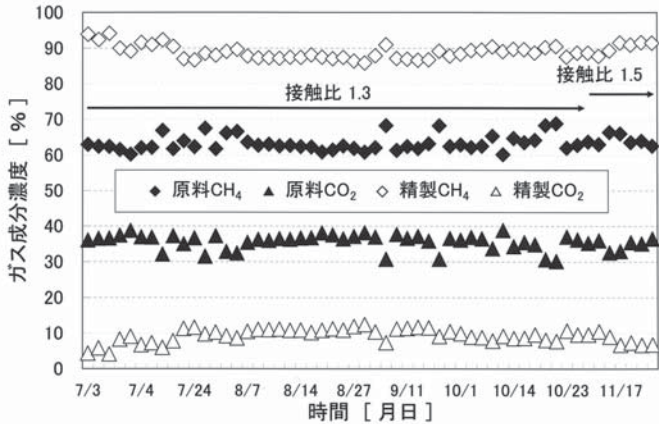


図4 実験1の結果
Fig.4 Result of exp.1

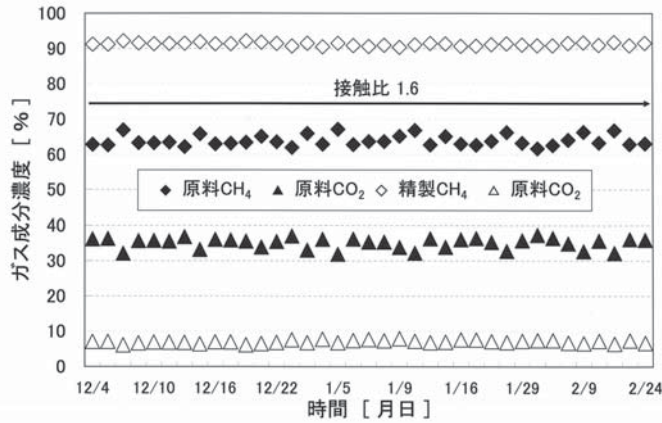


図5 実験2の結果
Fig.5 Result of exp.2

表3 空気流通・減量運転の結果
Table3 result of lower-sweep experiment

	空気流量	精製CH ₄	精製CO ₂
連続運転中	58.1 Nm ³ /h	90.9 %	7.41 %
減量運転中	29.3 Nm ³ /h	88.4 %	9.87 %

表4 水質分析結果(実験2)
Table4 Result of water analysis(exp.2)

測定項目	単位	市井水 (供給)	系内井水 (終了時)	膜ろ過水 (供給)
T-N	mg/dm ³	1.5	2.4	3.9
NO ₃ -N	mg/dm ³	1.2	1.8	3.0
NH ₄ -N	mg/dm ³	<0.2	<0.2	<0.2
SO ₄	mg/dm ³	0.61	7.2	24
T-P	mg/dm ³	0.060	0.060	2.1
アルカリ度(pH4.8)	mgCaCO ₃ /dm ³	56	13	78
pH	-	7.8	6.4	7.9
電気伝導率	mS/cm	0.13	0.21	0.36
TOC	mg/dm ³	0.30	31	3.4
TC	mg/dm ³	13.3	33.6	21.1
IC	mg/dm ³	13.0	3.10	17.7
COD-Cr	mg/dm ³	0.50	51	10
BOD	mg/dm ³	<0.50	<0.50	2.5

(3)実験3の結果

定期的に水槽内から半量を引き抜いた後、イオン交換水を補給した実験結果を図6に示す。横軸は時間[月日]、縦軸は原料ガスおよび精製ガス中のメタン濃度と二酸化炭素濃度である。

膜ろ過水使用の結果を考慮し、実験開始時に接触比を1.8に設定した結果、図6に示すように精製ガス中のメタン濃度が90%程度、二酸化炭素濃度が10%程度となり、運転期間中に適宜調整した接触比は1.8から2.1に上昇した。N₂+O₂濃度については精製ガス中の濃度が1%程度であったため、図6では表記を省略する。運転条件値は安定し、実験装置の運転も良好であったが、運転期間中に精製ガス組成を確認しながら適宜調整している接触比が漸増していることから、運転中に精製能力が徐々に低下したと考えられる。実験1および実験2との違いは水質と運転時期であり、水質は表5に示すようにpHなどが大きく変動していた。また、実験3の運転時期は春季から夏季であったため、系内水温が26℃（春季）から39℃（夏季）へ直線的に上昇していた。よって、本実験の結果から水質および水温の変化が精製能力を低下させたと考えられる。

しかし、膜ろ過水の影響や水温上昇などにより精製能力が低下したにもかかわらず、接触比の上方修正によって精製ガス中のメタン濃度を目標近傍に調整することが可能であった。よって、本研究で考案した精製プロセスは接触比の調整により運転条件の変動や経時的な劣化に柔軟な対応が可能なシステムといえる。

4.4 水温の影響に関する考察

長期安定性確認実験において水温が精製ガス組成に影響を与えることが示唆された。実験1～3における水温と精製ガス中のガス成分濃度との関係を図7に示す。

図7に示すように、水温が高いほど精製ガス中のメタン濃度が低下し、二酸化炭素濃度が上昇することがわかる。水温の上昇に伴い、二酸化炭素の水への溶解度が低下し、原料ガスから二酸化炭素を除去する精製能力が低下したためと考えられる。水温が比較的低い領域では、安定した精製能力が得られているが、水温の低下に伴うメタン濃度の向上や二酸化炭素濃度の低下は明確でない。これは、水温低下により二酸化炭素の溶解度が向上したが、水中に溶解した二酸化炭素の拡散速度が低下し、二酸化炭素が気相から液相へ移動する全体的な速度が向上しなかったためと考えられる。

なお、図7の実験データは全ての水温領域においてメタン濃度を90%以上とするために接触比を調整した結果であることを考慮すると、仮に同一接触比で同様のデータを採取した場合には水温変化に伴う組成変化がさらに大きくなることが容易に想定される。また、図7に示すように、水質、接触比の異なるデータが重なったことから、精製能力に影響を与える因子のうち、水温が最も大きな影響を与えていると考えられる。

4.5 水質に関する考察

表4、表5に示すように、実験2や実験3に用いた市井水やイオン交換水には、長期間の運転により溶解性物質や消化ガス由来の物質が蓄積することがわかる。硝酸性窒素の増加については、消化ガス中の

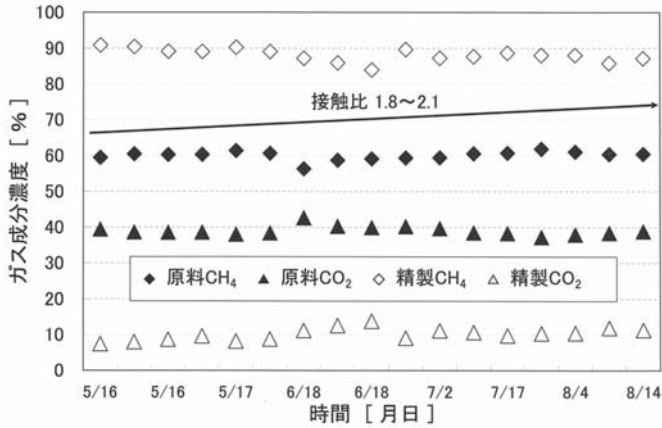


図6 実験3の結果
Fig.6 Result of exp.3

表5 水質分析結果(実験3)
Table5 Result of water analysis(exp.3)

測定項目	単位	イオン交換水(供給)	イオン交換水(排出)
T-N	mg/dm ³	<0.2	0.5
NO ₃ -N	mg/dm ³	<0.1	0.04
NH ₄ -N	mg/dm ³	<0.1	<0.1
SO ₄	mg/dm ³	<0.10	5.2
T-P	mg/dm ³	<0.050	<0.050
アルカリ度(pH4.8)	mgCaCO ₃ /dm ³	2.5	<0.50
pH	-	6.2	3.1
電気伝導率	mS/cm	0.001	0.2
TOC	mg/dm ³	<0.50	23
TC	mg/dm ³	<0.500	28.2
IC	mg/dm ³	<0.500	5.19
COD-Cr	mg/dm ³	<1.0	33
BOD	mg/dm ³	<0.50	<0.50

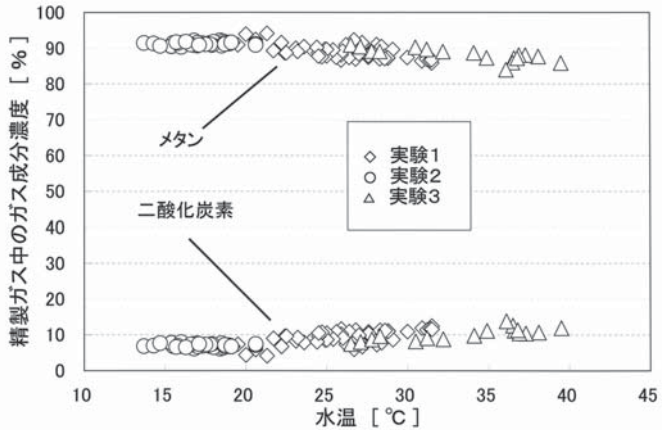


図7 水温の影響
Fig.7 Effect of water temperature

アンモニアが水に溶解し、水中の残留塩素の作用によって酸化されたためと考えられる。硫酸の増加、アルカリ度の低下、pHの低下については、消化ガス中の硫化水素が水に溶解し、水中の残留塩素の作用によって酸化されたためと考えられる。電気伝導度の増加については塩（硫酸塩など）の蓄積が、TOC（TCとICの差）とCODの増加は固形塩素の残留物（イソシアヌール酸）の蓄積が原因と考えられる。よって、運転期間中の管理については、常識的に系内水の定期的な交換が望ましいといえるが、実験結果からは系内水への蓄積物質による障害は明確でない。なお、長期安定性確認実験が問題なく実施できたことを考慮すると、固形塩素の使用は水質維持に有効と考えられる。

また、表5に示すように消化ガス由来のS（硫黄分）が系内水のpHを急激に低下させ、装置の腐食や二酸化炭素溶解度の低下が懸念されるため、供給水にはpH変動の緩衝となるアルカリ度が要求される。上質な井水の使用が最適であることは明白であるが、下水処理場によっては既設で井水を使用していないことや、放流水や膜ろ過水を用いた実験結果よりSSおよび有機物(BOD)の完全除去が必須であることを考慮すると、イオン交換水に上水や薬剤などを添加してアルカリ度を井水程度に調整する手法が好適といえる。

4.5 接触比に関する考察

各実験結果より、精製ガス中のメタン濃度および二酸化炭素濃度が接触比で決定されることは明白である。水温上昇や疎水性の劣化による精製能力の低下に対しても、接触比を1.6以上に設定し、かつ適宜調整することにより精製ガス中のメタン濃度90%以上を達成可能といえる。

4.6 容積負荷に関する考察

気液接触部における容積負荷を単位容積あたりの原料ガス処理量と定義すると次のような式で表される。

$$E = R \div B \quad \cdots \cdots \cdots (1)$$

E:容積負荷 [1/h]

R:原料ガス量 [m³/h]

B:気液接触部容積 [m³]

精製ガス中のメタン濃度を90%以上とする充填塔方式のメタン濃縮プロセスの場合、水温が13～27℃の時、大気圧近傍でEは5.26[1/h]（塔径2.2m、充填高さ7m、原料ガス量Max.140m³/h）となる⁴⁾。本研究では、同様の条件においてEが584[1/h]（気液接触部内径0.245m、中空糸長さ0.618m、実験2より原料ガス量17m³/h）となる。よって、本システムは充填塔方式と比較して100倍以上の処理効率を有しており、コンパクトな設備設計が可能といえる。

4.7 使用水量に関する考察

本研究では、接触比を従来の2.0程度から1.6程度に低減可能であることを確認できた。従来の充填塔方式では、多くの場合、水は使い捨てであるため大量の水が必要となる。砂ろ過水などの安価な水の使用が可能であるが、発生活化ガスの全量を処理対象とする場合、概算で流入水量の約10%が処理場の水処理工程を循環すると見込まれる。一方、中空糸気液接触方式では、水の循環利用が極めて容易なため、系外からの補給水が少量であり、上水を使用する場合でも費用は安価である。実験結果から試算すると、硫化水素濃度1ppm以下の原料ガス2,000Nm³/日に対して必要な補給水の量は平均0.5m³/日となる。

4.8 実設備に関する考察

図8に、原料消化ガス2,000Nm³/日規模を処理できる設備の外観イメージ(3D-CAD)を示す。

充填塔方式と比較して、装置が極めてコンパクトであり、特に高さにおいて、従来の充填塔方式では約11mであったものが2.5m程度と低くなる。試算結果から、建設費(機械設備)は120,000千円程度、ユーティリティを含む維持管理は4,800千円/年程度と見込まれた。

5 数値計算による性能解析

実証実験における中空糸モジュールの性能を把握するためにK_L[m/s]（液相基準の総括物質移動係数：大きいほどモジュールの性能がよい）を解析した。図9に示すような、気相、液相の微小区間に

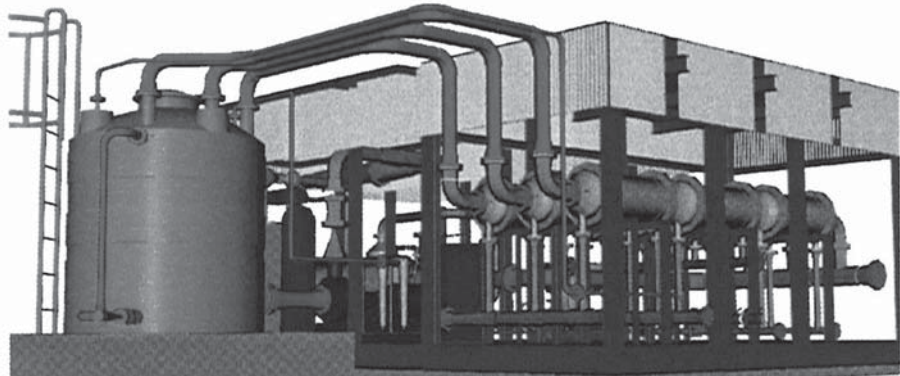


図8 2,000Nm³/日機の外観
Fig.8 External of the actual facility(2,000m³/d)

おける二酸化炭素の収支を表現するモデルからシミュレーター（言語：FORTRAN）を作成し、試行錯誤法で K_L の値を求めたところ、実験1～3において86～116 [$\mu\text{m/s}$]となった。

充填塔の性能を表すために一般的に使われている K_La [1/h]（液相基準の総括物質移動係数と比表面積 a [m^2/m^3]の積）に換算すると1.381～1.863[1/h]となることから、従来方式の5～30[1/h]¹⁾と比較して、60～250倍程度の物質移動速度を有する気液接触器であることが明らかとなった。

6 まとめ

消化ガス有効利用の促進を目的として、中空糸気液接触器を用いた新しい二酸化炭素除去技術を考案し、脱硫消化ガスを用いた各種実験により以下の知見を得た。

- ①精製ガス中のメタン濃度を安定的に90%まで向上させることができる。
- ②接触水温度が高くなると精製能力が低下するが、接触比を適切に調整することにより精製ガス中のメタン濃度を維持できる。
- ③従来の充填塔方式と比較して100倍以上の効率を有し、コンパクトな設備構築が可能。

7 謝辞

実証実験に多大なご協力を頂戴した真岡市水処理センター殿へ心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 落修一, et al.:消化ガスの吸着貯蔵法, 土木技術, 第58巻, 第11号, pp93-102 (2003)
- 2) 長部恵介:長岡市における消化ガスの都市ガス原料化について, 環境技術, 第29巻, 第5号, pp.353-359 (2000)
- 3) 大橋晶良, et al.:下水処理場からの消化メタンガス有効利用のためのガス精製, 第53回 土木学会年次学術講演会講演概要集 第7部, pp.116-117 (1998)
- 4) 長部恵介:長岡市における消化ガスの精製による都市ガス原料化について, 下水道協会誌, 第37巻, 第447号, pp.13-20 (2000)
- 5) 河田義則, et al.:消化ガスの「バイオ天然ガス」化と天然ガス自動車燃料としての活用について, 再生と利用, 第28巻, 第108号, pp78-82 (2005)

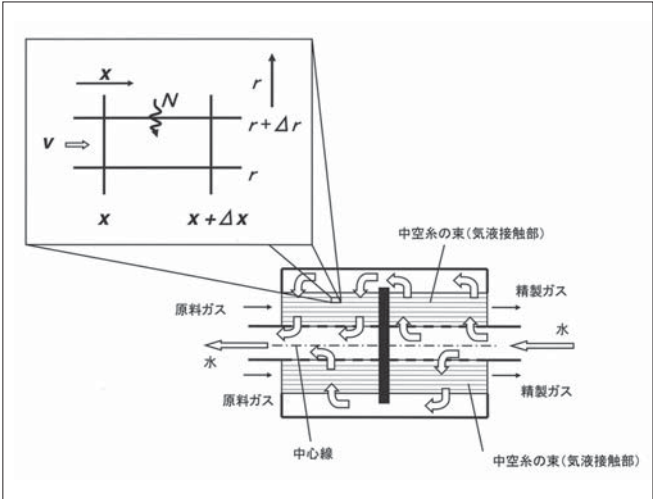


図9 数学モデルの概念
Fig.9 General idea of mathematical model

特集

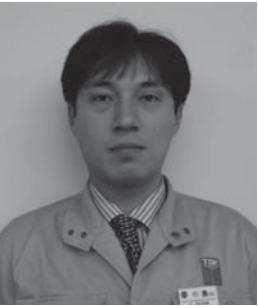
2

押出型遠心分離機

Push Type Centrifuge



栗田 新平
Shimpei KURITA
産業機械計画部
ろ過分離グループ



小島 久史
Hisashi KOJIMA
機器設計部
分離グループ

1 はじめに

化学工業プロセスにおいて、固液分離操作はきわめて重要な単位操作であり、中でも遠心分離機による固液分離操作は、多くのプロセスで採用されている。とりわけ大容量処理が可能である連続式の遠心分離機として、押出型、スクリュウ排出型、デカンタ型等が広く利用されている。押出型遠心分離機（図1）は比較的固形物粒径の大きい処理物に対し、脱液・ケーキ洗浄等で優れた性能を有する装置である。

押出型遠心分離機は1952年にスイス・エッシャ・ウイス社より技術導入し、副生硫酸アンモニウム用として2基納入したのが月島機械としての最初の納入機である。導入当時は無機塩類の脱水用途としての適用が主であったが、現在では幾多の技術改良が加えられ、有機結晶や合成樹脂等、多様な分野での適用が進んでいる。現在までの納入台数は1200台以上、適用処理物質は120種以上に及んでいる。

本稿では、押出型遠心分離機の特長について概説すると共に、合成樹脂用途の押出型遠心分離機における脱液性能の向上やケーキ形成安定化による処理能力の向上について、最近の改良事例を紹介する。

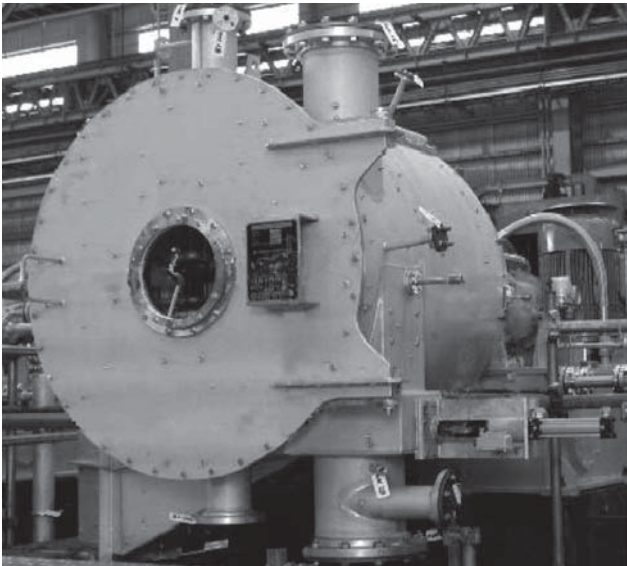


図1 押出型遠心分離機
Fig.1 Push type centrifuge

Abstract

Push type centrifuge is one type of continuous filtering centrifuge used mainly for solid-liquid separation and dewatering of slurry including relatively large-size particles. For more than 50 years, Tsukishima Kikai installed more than 1,200 sets of push type centrifuge for over 120 different products. This centrifuge features high solids capacity, high dewatering performance and high cake washing efficiency. A new mechanism is described using a dewatering cone that further reduces discharged cake moisture for ABS resin application, and a pre-thickening device is described that results in larger feed capacity with stable operation.

キーワード：遠心分離機、連続、押出型
Keyword：Centrifuge, Continuous, Push type

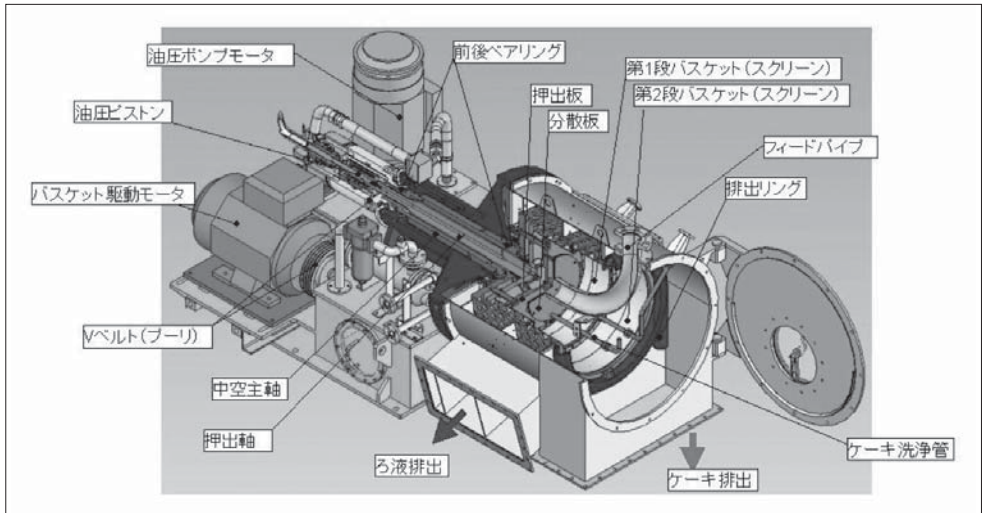


図2 押出型遠心分離機の構造図
Fig.2 Configuration of push type centrifuge

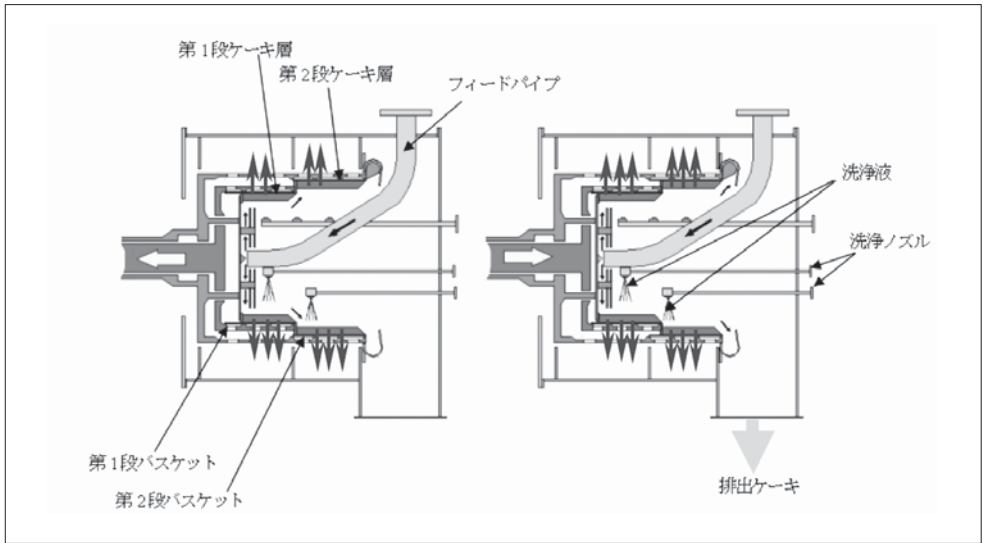


図3 押出型遠心分離機の作動原理
Fig.3 Operation principle of push type centrifuge

2 押出型遠心分離機の概要

2.1 構造

図2に押出型遠心分離機の断面構造図を示す。中空主軸は前後一対のベアリングにより支持され、先端には第2段バスケット、押出板、分散板が装着されている。押出軸は中空主軸内に組み込まれ、先端には第1段バスケットが装着され、他端には特殊切り替えバルブを内蔵した油圧ピストンが装備されている。又、第1段・第2段のバスケット内面には処理物質に対応したスクリーンが装着されている。第1段バスケットは油圧ポンプから油圧ピストンへ送られる油量に応じたスピードで往復動を行う。中空主軸および押出軸に装着された第1段、第2段のバスケットはVベルトにより連結されるバスケット駆動モータにより一定速度で高速回転し、押出軸に連結した第1段バスケットのみが高速

回転するとともに往復動を行う。なお、往復動のスピードは運転中でも変更が可能となっている。

2.2 作動原理

フィードパイプから供給されるスラリは分散板などにて構成される加速ゾーンに流入し、高速回転により加速され、第1段バスケットのスクリーン面上に均一に分散する。スラリはスクリーン上にて遠心ろ過され、直ちにケーキ層が形成される。第1段スクリーン上のケーキ層は遠心力を受けながら、第1段バスケットの往復動により、漸次前方へ押し出され、第2段スクリーンへ移行していく。この間に更に脱液が進み、最終的に排出リングを経て排出される。この繰り返しにより、ケーキが連続的に排出される機構である。図3は第1段バスケットの往復動によるバスケット内のケーキ層の移行を模式的に示したものである。ケーキ洗

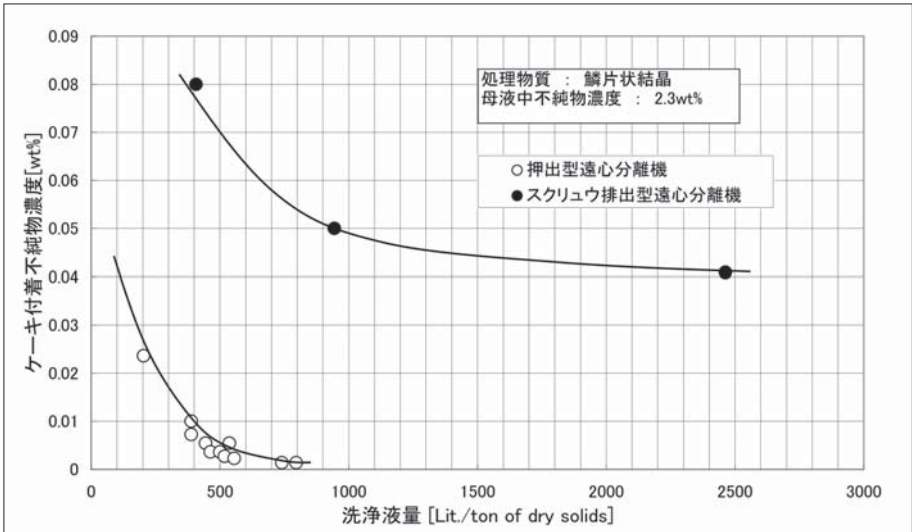


図4 押出型とスクリュウ排出型のケーキ洗浄性能比較¹⁾
Fig.4 Comparison of cake washing performance between push type centrifuge and worm screen centrifuge¹⁾

浄を行う場合は、バスケット内の最適な位置に配置された洗浄ノズルより、スクリーン上に形成されたケーキ層上へ洗浄液を供給し、製品固形物に付着する不純物の置換洗浄を行う。

2.3 技術的特長

上記の様な構造・作動原理により、押出型遠心分離機は以下の特長を有する。

(1)大容量処理

完全連続式の遠心分離機であり、大容量処理が可能である。近年における実績では、第2段バスケット径φ800mm機1台にて、硫酸アンモニウム18ton-dry solid /hrを処理しているケースもある。

(2)高い脱液性能

他の連続式遠心分離機に比較して、スクリーン上での脱液時間を長く取れる為、脱液性能に優れている。スクリュウ排出型およびデカンタ型の場合、ケーキ層が装置内部で滞留する時間(脱液時間)は1～2秒程度であるのに対し、押出型遠心分離機の場合は10～20秒を確保する事ができる。

(3)効率の良いケーキ洗浄

押出型遠心分離機は、スクリーン上に形成される厚い均一なケーキ層上に洗浄液を供給する為、洗浄液のショートパスが無く、かつ洗浄液とケーキ層の接触時間も比較的長く取れる為、効率の良い置換洗浄が可能である。スクリュウ排出型やスクリーンゾーンを有するデカンタ型でもケーキ洗浄は可能であるが、内部のケーキ層をスクリュウで排出する機構では、ケーキ厚が一定で無く、供給される洗浄液がショートパスをしやすい。又、ケーキと洗浄液の接触時間が短く、一般的に高いケーキ洗浄効果は期待できない。図4に押出型とスクリュウ排出

型のケーキ洗浄性能の比較を示す。本図からも押出型遠心分離機は高いケーキ洗浄性能を有していることが分かる。¹⁾

(4)コンパクトスペース

押出駆動用のオイルポンプやオイルタンクも装置に内蔵されており、処理量当たりの設置スペースは非常に小さい装置である。一例として、硫酸アンモニウム18ton-ds / hrを処理する装置(第2段バスケット径φ800mm機)にて、据付面積は1.8mW×3.5mL程度である。

(5)完全密閉構造

有機溶剤や毒性物質を取り扱う際の密閉仕様を簡易かつコンパクトに実現できる。

3 押出型遠心分離機における技術の変遷

押出型遠心分離機は、適用処理物の変遷や各種性能向上の要求により、様々な改良が加えられてきた。

(1)遠心効果

脱液分離性能の向上としては、高い遠心効果(回転数)での運転が可能であることが望まれる。技術の進歩に応じ、機械的に可能な最大遠心効果は徐々に増加してきており、現在ではφ800mmの大型機においても最大遠心効果は1000Gをカバーしている。ただし、遠心分離機の運転回転数は、処理物によるスクリーンの摩耗性、振動の発生、結晶の破碎等を考慮して、処理物に応じた回転数の選定が行われる。

(2)脱液時間の確保

脱液分離性能向上に関しては、遠心効果増大と共に、ケーキ層がスクリーン上に滞留する時間(脱液時間)を増加させる事も大きな効果を持つ。装置を大型化せずに高性能化を実現する為には、同一バスケット

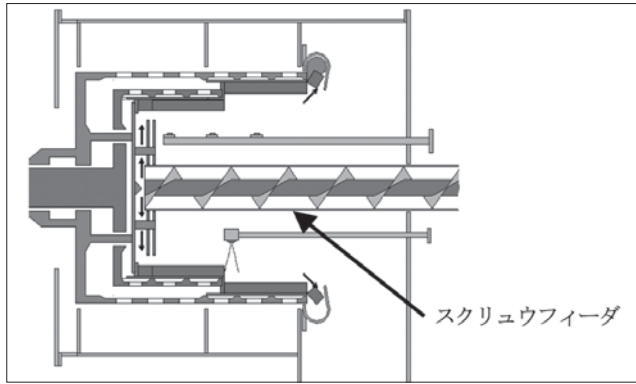


図5 スクリューフィード式押出型遠心分離機
Fig.5 Push type centrifuge with screw feeder

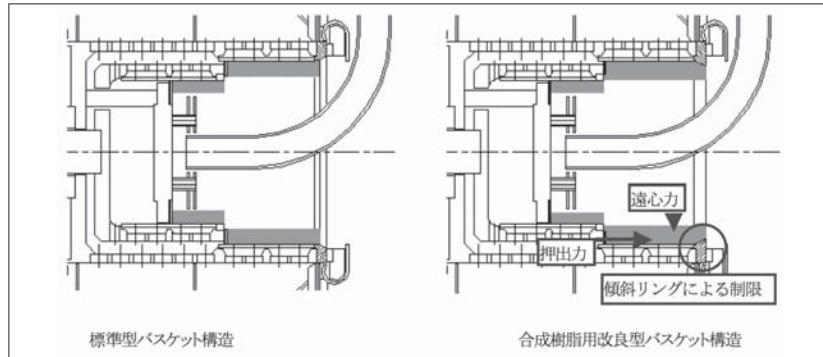


図6 標準型と合成樹脂用改良型バスケット構造
Fig.6 Original basket and improved basket in synthetic resin application

ト径に対して、バスケット(スクリーン)長を長くしていくことが有効である。一例として、φ800mm 機では旧タイプに比較しスクリーン長さが25%延長され、脱液性能の向上が図られている。

(3)押出機構

一方で、大容量処理化、遠心効果の増加、バスケット(スクリーン)長さの延長などによる性能向上は、スクリーンとケーキ層の間に生じる摩擦力の増大を伴う為、結果として、ケーキ層を押し出す為の高い押出力が必要となる。前述の様にバスケットの往復動は油圧ピストンによる駆動であり、機械的に許容される油圧の増大が、処理能力増加の為に不可欠となる。以前は最大運転油圧が2.0MPaGに制約されていたが、技術改良により、現在、φ630mm 機以上のモデルでは最大運転油圧が8.0MPaGまで増大され、性能向上が図られている。

(4)ガスタイト仕様(完全密閉仕様)

有機溶剤系スラリーや毒性物質の処理等の要求に応える為、軸シール性能の向上がなされてきた。密閉圧力は標準で+2.5kPaGまで対応可能である。近年では、特殊仕様を採用する事で、+15kPaGの耐圧密閉構造も採用されており、BPA(ビスフェノールA)用途として、多数の大型機が納入されている。

(5)スクリューフィーディング

流動性の無いウェットケーキ状処理物への対応として、特殊供給方

式も適用されている。押出型遠心分離機は、バスケット回転中心側に大きな空間を有する構造であり、通常のフィードパイプによるスラリー供給方式の他に、スクリューフィーダをこの空間内部に設置し、ウェットケーキ状の処理物を直接加速ゾーンへ供給することが可能である(図5)。

含液率の高いウェットケーキを脱液する事が可能となる為、二次脱水装置として真空ろ過設備等の後段に適用され、乾燥設備等といった後工程での負荷を軽減することができる。

一般に押出型遠心分離機が対象とする固形物粒径は平均粒径にて100μm 以上のものとなるが、本スクリューフィード方式を採用することで、これを下回る粒径範囲の処理物に対しても適用が可能となるケースも有る。

4 高性能化に向けた最近の改良事例

4.1 合成樹脂用途の押出型遠心分離機における

排出ケーキ含液率の低減 (デハイドレーション・コーン)

遠心分離後の排出ケーキ含液率は後段設備(乾燥設備等)の負荷に直結し、大容量処理の場合は特にエネルギーコストに対して多大な影響を持つ。昨今の省エネ対応の必要性から、遠心分離機の排出ケーキ含液率を低減し、後段システムの負荷を低減させることが望まれる。このような背景から、合成樹脂用途の押出型遠心分離機において、排出含液率の低減を目的とし、バスケット構造の改良を試みた。

図6に標準型と改良型のバスケット構造を示す。本改良型において

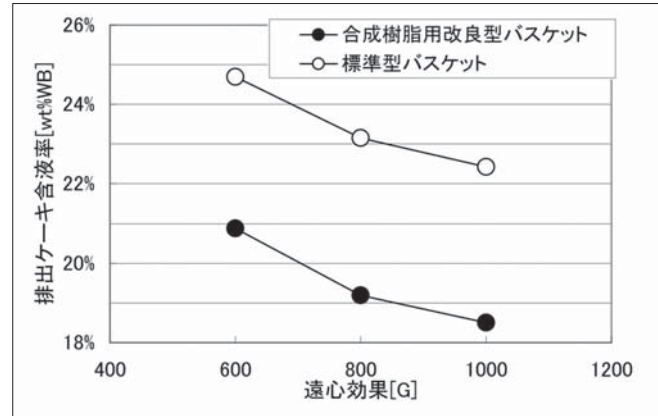


図7 バスケット構造の違いによる性能比較(遠心効果と排出ケーキ含液率の関係)
Fig.7 Comparison of dehydration performance between original basket and improved basket for synthetic resin (G-number vs discharged cake moisture)

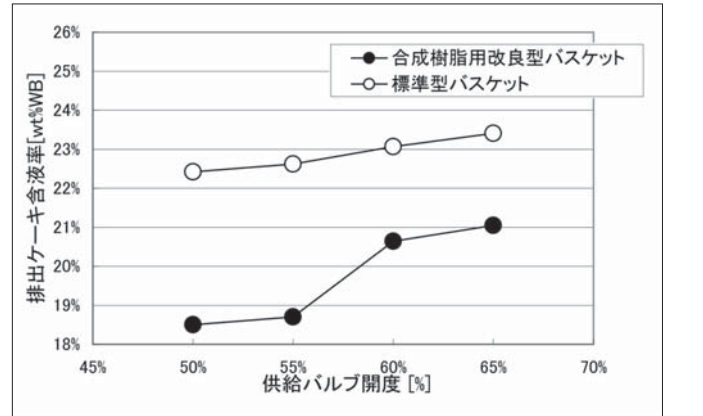


図8 バスケット構造の違いによる性能比較(処理量と排出ケーキ含液率の関係)
Fig.8 Comparison of dehydration performance between original basket and improved basket for synthetic resin (Feed rate vs discharged cake moisture)

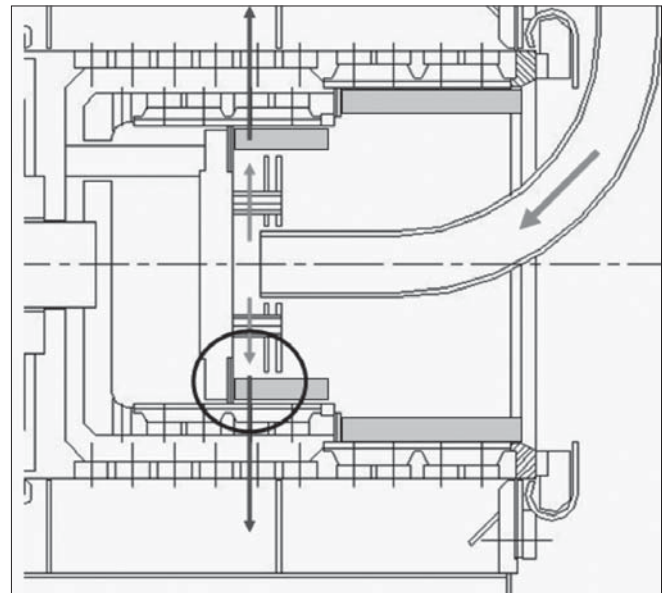


図9 安定運転時におけるスラリー供給部でのろ過・ケーキ形成状態
Fig.9 Filtration and cake formation during normal operation

は、ケーキの進行方向に対し上がり勝手となる傾斜部を設けている。この構造により、スクリーン上のケーキ層は、内面からは遠心力を受け、後方(押出板側)からは油圧による押出力、かつ前方(排出側)からは傾斜リングによる抵抗を受けることになり、ケーキ層はスクリーン上で圧縮される為、従来の遠心力のみによる脱液分離に比較して排出含液率は低減方向となる。また、通常構造に比べ、第2段バスケット上のケーキ厚みが増加する為、スクリーン上での滞留時間増加の点からも含液率は低減する方向と言える。

本バスケット構造を採用した場合、従来の構造に比較し、高い押出力を必要とする為、傾斜角度等の詳細は中型テスト装置によりテスト検討を行った上、大型実機(P60型:第2段バスケット径630mmφ)の設計を行った。

図7、図8は、大型実機における実プラントでの性能テスト結果である。テストを行った際の処理量は最大4.0ton-dry solids/hr、遠心効

果は最大1,000Gにて実施しており、対象とした処理物はABS樹脂である。テストを行った全ての条件において、2.0wt% WB 以上の排出ケーキ含液率低減効果が確認されており、良好な結果が得られている。但し、本機構による排出ケーキ含液率の低減効果はケーキ層の圧縮性等といった処理物の性状に左右される点が大きく、無機結晶用途に対する効果は期待できない。

4.2 ケーキ形成の安定化による処理能力の向上

(プレシクナ装置)

押出型遠心分離機の最大処理量は排出ケーキ含液率の上昇によって制約されるケースの他、装置内部のケーキ形成状態によって限界に達するケースが有る。供給スラリー中の大半の母液分はスラリーがスクリーン上に供給されると同時にろ過分離され、ケーキ層が形成される必要が有る(図9)。スラリー供給部におけるろ過・ケーキ形成が不十分とな

る場合、ろ過しきれなかった母液分は形成されたケーキの表層へ一時的に残留し、直接ケーキ排出側へ流出することになる。母液分の流出は、ケーキ層を部分的に欠落させ、アンバランスによる過大振動の発生と脱液不良状態に至る(図10・11)。これは、ケーキ形成に至るまでのろ過すべき液量が過大で有る場合(低スラリー濃度・大供給流量)やケーキ層形成に至るまでのろ過速度が低い場合(高母液粘度・小固形物粒径)に発生しやすい現象である。

過大振動や脱液不良の発生によって処理量が制約されるケースでは、供給部におけるケーキ形成状態を改善することにより、限界処理量の増大が期待できる。今回改良を実施した構造を図12に示す。改良型構造では、スラリー供給部にバスケットと共に高速回転する円錐形状のスクリーンを設置している。供給スラリーは円錐スクリーン部へと供給され、高速回転により、加速されながら円錐スクリーン上を瞬間的に通過する。供給スラリー中に含まれる大半の母液分は円錐スクリーン上

にてろ過分離され、濃縮スラリーが第1段バスケットスクリーン部へ到達する。本構造を採用した場合、第1段バスケットのスクリーン部における液負荷は標準型構造に比較して、大幅に低減することとなり、結果として、ケーキ形成状態が改善できる。

本円錐スクリーンの傾斜角度によってはこのスクリーン上にケーキ層が形成されてしまい、供給部にて閉塞に至る状況も確認されており、傾斜角度の設定は、種々の処理物での小型パイロットテスト装置によるテスト検討の上、決定している。

図13に標準型構造と本機構を採用した場合における処理量と排出ケーキ含液率の関係を示す。標準型構造では、ケーキ形成不良状態の発生により、2.0m³/hr程度の処理量にて分離不良状態に至っており、排出含液率は急上昇しているのに対し、本機構を採用した場合では、約1.5倍の処理量でも安定的に運転が可能となるデータを得ている。

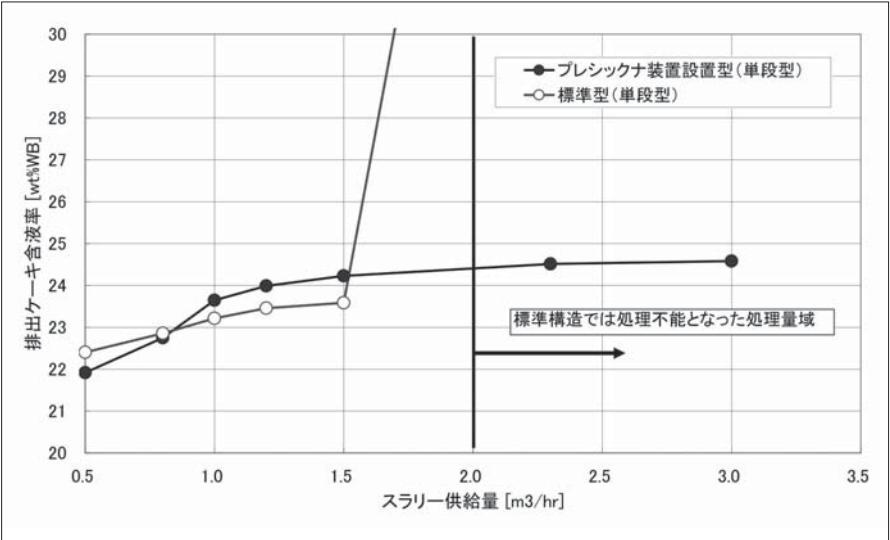


図13 標準型とプレシクナ装置設置型での処理能力比較
Fig.13 Performance comparison between original basket and pre-thickening type basket

5 あとがき

以上、押出型遠心分離機について、機構、特長等を概説すると共に、最近の性能向上に向けた改良事例を紹介した。

押出型遠心分離機は非常に広範囲の適用性を有する固液分離装置であり、今後も更に多様な処理物への対応が必要になると予想される。排出ケーキ含液率の低減や処理能力の増大等といったテーマの他にも、例えばケーキ洗浄能力の更なる向上、固形物回収率の向上、より小粒径固形物への対応等といった改善すべき課題が考えられ、今後、これら項目についての技術改良が望まれる。

参考文献

- 1) 月島機械(株)田所孝哉:最近の連続押出板型遠心分離機について、第49回化学装置懇話会、遠心分離機、P20 - 33 (1969)

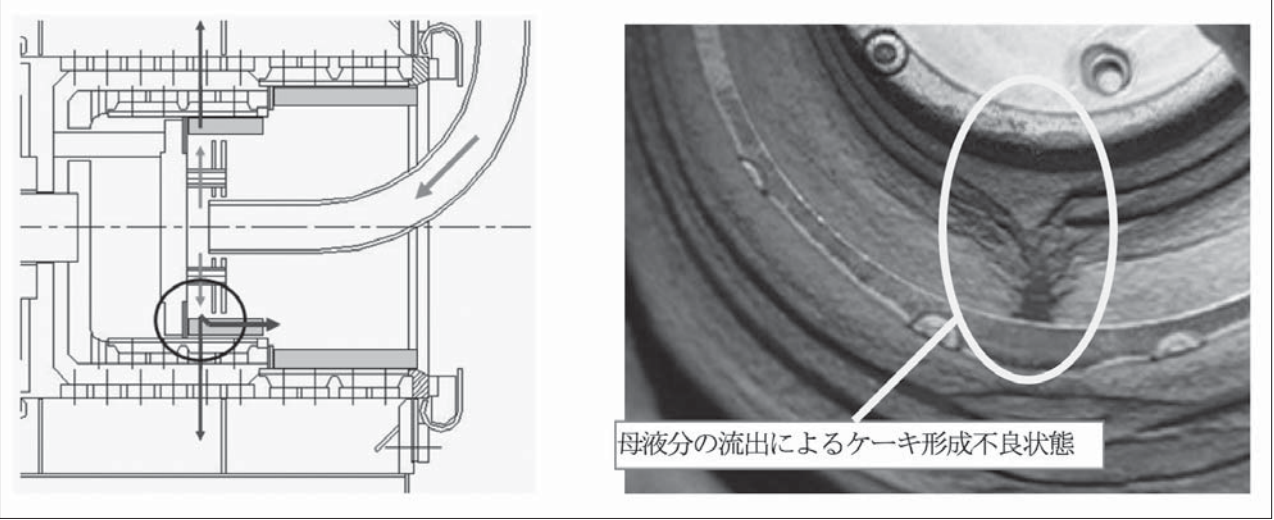


図10,11 限界処理量時におけるケーキ形成不良状態
Fig.10, 11 Abnormal cake formation during over charge operation

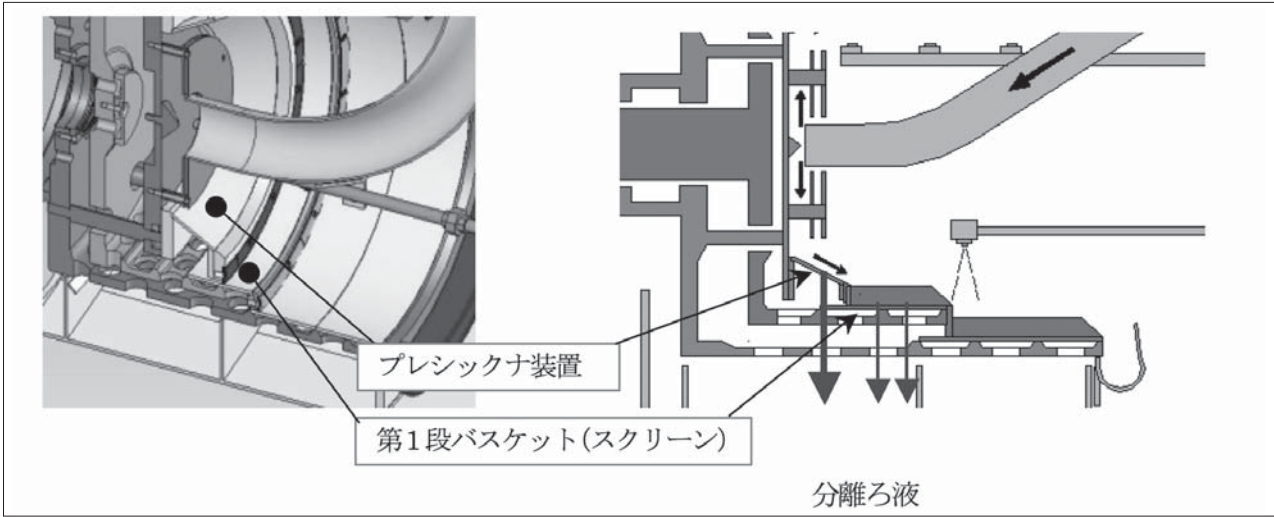


図12 改良型押出式遠心分離機の構造図(ケーキ形成安定化による処理能力の向上)
Fig.12 Push type centrifuge with pre-thickening device (Stabilization of cake layer)

連続イオン交換装置 ISEP® 連続クロマト分離装置 CSEP®

Continuous Ion Exchange system ISEP®

Continuous Chromatographic Separation system CSEP®



春田 智明
Tomoaki HARUTA
プラント計画部
化学プラントグループ

松浦 牧子
Makiko MATSUURA
砂糖・バイオ技術部
砂糖グループ

化学工学会

1 はじめに

ISEP®とCSEP®の技術は、1980年代にAdvanced Separation Technologies Co., Ltd. (以降、AST社)によって改良された。1993年に月島機械とAST社は、販売代理店契約を締結し、Calgon Carbon社 (以降、CCC社) がAST社を買収した1996年から、月島機械とCCC社はその契約を継続している。現在まで全世界で70種以上のアプリケーション、400基以上の納入実績があり、その内、月島機械の実績は生産機4基、パイロット装置3基である。その中のベトナムの製糖工場へ納入したISEP®の実機写真を図1に示す。

ISEP®バルブの特徴は、真の連続処理を可能にした独特の構造・機構である。従来方式のバッチ式の固定床と比較すると水や薬品の使用量を低減できる。また、CSEP®としてのクロマト分離では分離効率を高くできるという利点がある。次章にISEP®の機械構造を説明する。

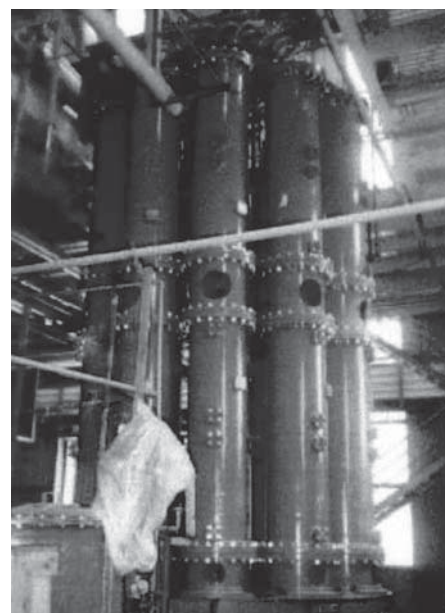


図1 ベトナム納入 ISEP® 実機
(糖液脱色・・・2種樹脂システム)
Fig.1 Our delivery result of ISEP®
commercial unit in Vietnam
(Decolorization of sugar liquor ... 2 resin system)

2 ISEP®の機械構造

開発当初は、充填塔の上下接続部と上下に分けられた2つのバルブを設置したISEP®⁽¹⁾だけの品揃えであった。その後、“2 in 1バルブ (上下充填塔接続部を1つのバルブに集約)”の開発を機にCSEP®の商品化も実現した。

ISEP®とCSEP®は同じ機器構成になっている。ISEP®ユニットを例とし図2にその機器構成を示す。

本装置のターンテーブルは、インバータモータによりゆっくりと連続で回転し、ISEP®バルブは、設定時間毎に1ポート (円周上に等間隔で配された流路) づつサーボモータにより断続的に回転する。ISEP®の回転イメージを図3に示す。30ポート・30カラム (吸着材充填塔) モデルの場合、1ステップの角度は12°になる。ターンテーブル起点とISEP®バルブ起点が6°ずれた状態から回転を始める。動きは「猫と鼠の追いかっこ」をイメージすると分かりやすい。ターンテーブルとISEP®バルブは角度差±6°内を保ちながら回転する。破線矢印がターンテーブル (鼠) の連続低速回転、実線矢印がISEP®バルブ (猫) の断続高速回転になっている。

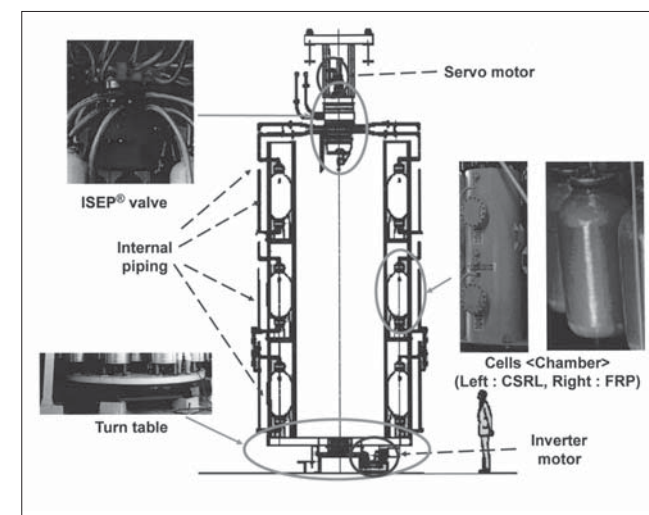


図2 ISEP®ユニット
Fig.2 Unit of ISEP®

運転開始と同時にターンテーブルが起点から回転を始め、設定時間で12°回転する。その12°に達すると同時にISEP®バルブが起点から高速で回転を始め、12°回転した位置で停止する。ターンテーブルが所定時間回転し、且つISEP®バルブと+6°の角度差になると、ISEP®バルブが12°回転する。このターンテーブルとISEP®バルブの追いかっこの繰り返しでISEP®は回転を継続する。

前章で記載した当該装置の特徴であるISEP®バルブの構造を図4に示す。

ISEP®バルブは、回転部 (図4右のRotating Valve Head) と固定部 (図4右のStationary Fixed Valve Head)、駆動部に分かれている。回転部が先述の断続高速回転し、ISEP®バルブの摺動面と側面へ貫通する円周上に等間隔で配された流路 (ポート) が切り替わる。これによって、断続高速回転を繰り返すことで一回転し、カラムの供給・排出する液を切替え、各工程 (吸着・すすぎ・再生・洗浄・液置換など) の処理を完結する。

次章以降にISEP®とCSEP®の原理、適用例を説明する。

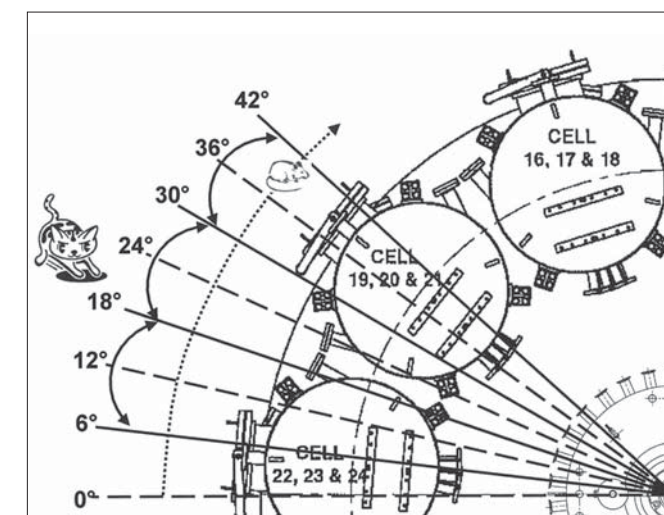


図3 ISEP®回転イメージ
Fig.3 Image of ISEP® rotation

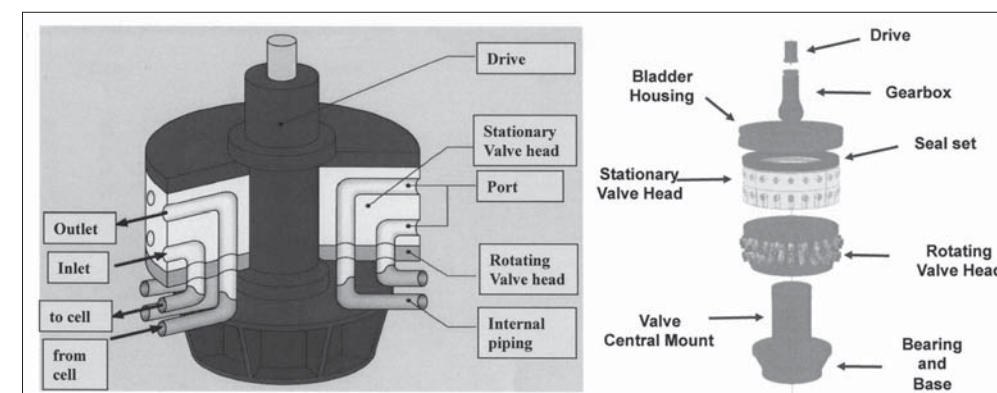


図4 ISEP®バルブ
Fig.4 ISEP® Valve

Abstract

The ISEP® and CSEP® technologies were developed during the 1980's by Advanced Separation Technologies Co., Ltd. (AST). Tsukishima Kikai (TSK) and AST made a sales agreement contract in 1993, and when Calgon Carbon Co., Ltd. (CCC) purchased AST in 1996, TSK and CCC continued this contract.

The main feature is the ISEP® valve, a very unique and convenient technology that allows continuous ion exchange. For ion exchange applications, ISEP® reduces water and chemical consumption more efficiently than conventional fixed bed systems. For chromatographic separations, CSEP® efficiently enhances separation, leading to reductions in both CO₂ and environmental load.

TSK has delivered ISEP® for applications in sugar and amino acids and the customers have been very satisfied with adopting ISEP®. TSK is making efforts for further delivery records of ISEP® and CSEP®, as well as expanding sales into other application fields.

キーワード: イオン交換、クロマト分離、脱色、脱塩、精製、回収
Keyword: Ion exchange, Chromatographic separation, Decolorization, Deashing (Demineralization), Purification, Recovery

3 ISEP®、CSEP®の原理

3.1 ISEP®の原理

ISEP®はIonic Separationの略で、イオン交換を連続で行なう装置である。図5に代表的なISEP®処理フローを示す。図5の右から、20番が逆洗、18、19番が薬液再生、15～17番が再生すすぎ、14番がS-on（置換）、4～13番が吸着、1～3番が水置換となる。カラムは図5右下にあるように、円周上に配列されており、点線の方向に一定時間ごとに回転する。逆洗は圧密されたイオン交換樹脂をほぐし、再生は吸着した物質を樹脂から取り除き、吸着の準備を行う。再生が終わった樹脂は、S-onとして処理液にて置換し、吸着時の処理液がすすぎ水残留で希釈されるのを防止する。吸着部分にて、目的の物質のイオン交換(吸着)を行う。吸着処理を終えたイオン交換樹脂は、洗浄され、もとの逆洗、再生工程へと戻る。このように円周上にカラムを

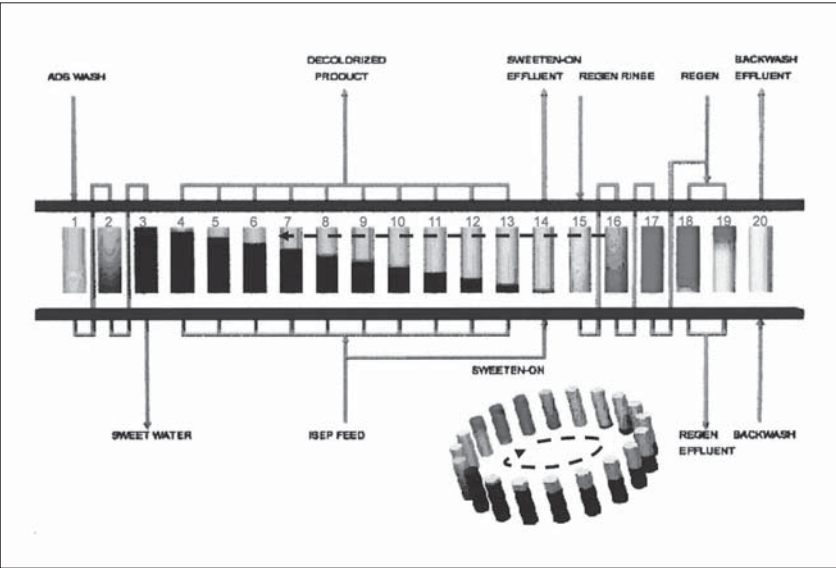


図5 ISEP®の処理概念図
Fig.5 Process flow diagram of typical ISEP®

配列し、運転を周回することから、連続的な処理が可能となっている。また、イオン交換樹脂は、吸着が終わる時点で破過に至るため、効率よく使用される。よって、バッチ式のものに比べて樹脂充填量を少なくでき、また、交流接触を多用できるため薬品、洗浄水の量を低減できるというメリットもある。

3.2 CSEP®の原理

先の2章にも述べたように、CSEP®はISEP®と同じ装置構造であり、クロマト分離用途の場合はCSEP®と称している。この基本的な原理は、疑似移動床 (Simulated moving bed : SMB) であり、原液中の溶解成分と充填材・溶離液との親和性の差を利用して分離する。CSEP®の概略フローを図6に示す。イメージ易くするため絵(コンベア、ペンギン、ダチョウ)を付けた。

各ゾーンでの成分移動の相対速度を異にすることで分離を促進し分画する。

コンベアが充填材流量と溶離液流量を調整した各ゾーンの相対速度を表し、ペンギン、ダチョウは各成分の速度を表している。ペンギンは10、11番の間に供給され、ペンギンは3km/hで移動、ダチョウは5km/hで移動する。ペンギンは4km/hのコンベア上を後退する。逆にダチョウはコンベア上を進んで行く。このゾーンでペンギンとダチョウは分かれる。更にダチョウは6km/hのコンベアに移るが進めず16番に落ちてしまう。ペンギンは2km/hのコンベアに移り進めるが4番に落ちてしまう。

分離された各成分をELUTION-ENRICHMENT (4番)、STRIPING-RELOAD (16番)のゾーン境界にある位置から回収する。

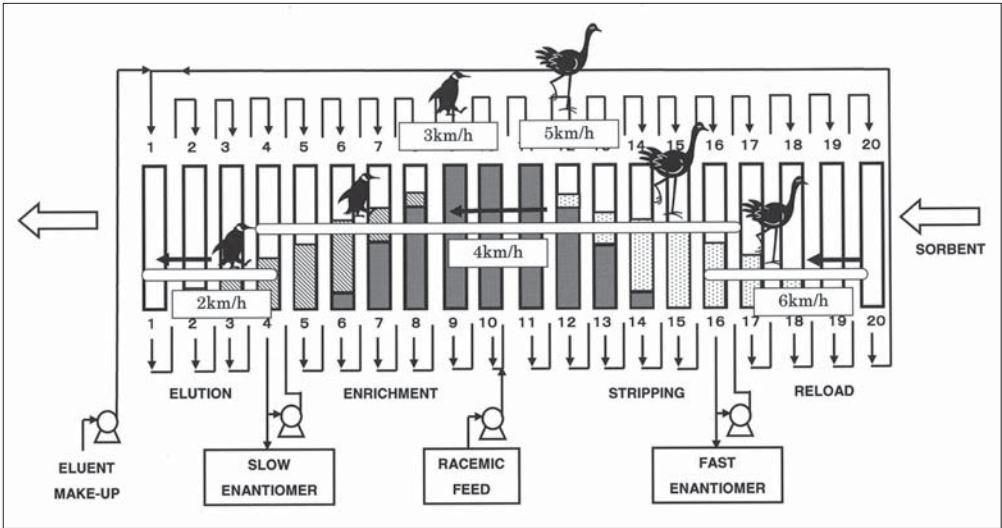


図6 CSEP®概略フロー
Fig.6 Process flow diagram of typical CSEP®

従来の固定床方式疑似移動床とCSEP®を比較すると、分離に要する充填材の接触頻度を上げ、分離に寄与する理論段数を多くできるため、分離効率を高めることができる。

4 ISEP®、CSEP®の適用例

4.1 ISEP®の適用例

ISEP®は精製糖工場にて、脱色、脱塩、軟化処理の目的で使用されている。精製糖製造工程を図7中に示す。図7の二重線で囲まれた部分にISEP®が適用されている。目標とする品質によって、脱塩処理ではアニオン塔、カチオン塔の2基、脱色や軟化処理では1基のISEP®を用い、更にその組合せに応じて1基だけでなく、複数基使用する場合もある。

固定床とISEP®の用役使用量を比較した結果を表1に示す。各運転条件を表2行目に示し、脱色率がほぼ同じ条件で比較した。ISEP®は、固定床と比較し、樹脂使用量、薬剤使用量、水使用量を1/3～2/3に削減した運転が可能である。

その他の分野ではアミノ酸の精製への納入実績がある。某客先は、月島機械が1号機納入後、CCC社がリピートオーダーを受け、現状で5基のISEP®を導入している。

その他、月島機械は、イオン交換樹脂ではない充填材を使用した脱色処理用のISEP®の納入実績もある。

CCC社と月島機械を合わせた、ISEP®適用実績の一部を表2に示す。

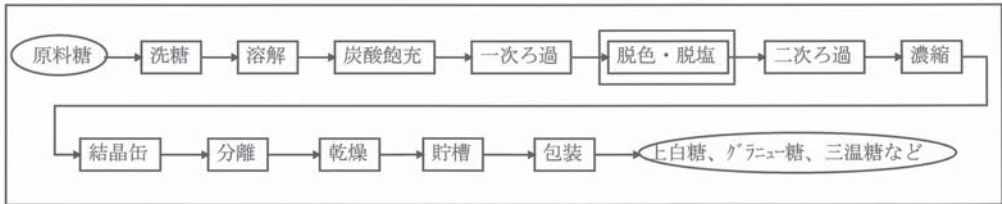


図7 精製糖製造工程
Fig.7 Process flow of refined sugar

表1 固定床及びISEP®の用役使用量比較
Table1 Comparison of resin, chemical and water consumption between fixed bed and ISEP®

	固定床	ISEP®
運転条件	流量：20 m3/Hr BX：63 % 脱色率：90%	流量：20 m3/Hr BX：63 % 脱色率：>84%
樹脂量	3	vs 2
薬品消費量	2	vs 1
水消費量	3	vs 1

BX: 溶解性固形分の重量%濃度
脱色率: 糖液に含まれる色素分の除去率

表2 ISEP®適用実績
Table2 Partial List ISEP® Applications

Application	Application	Application
Acid-sugar Separation	Boiler Feedwater Demineralization	Gallium Recovery
Aluminum Removal	Caffeine	Glutamate Demineralization
Amine Purification	Citric Acid Demineralization	Iron Removal from Cu Electrolyte
Antibiotics	Copper / Vanadium	Isoflavones
Decolorization of Fine Liquor	Deashing of Fine Liquor	Decolorization of Amino Acid
Beet Syrup Impurity Removal	Deashing Dextrose	Lactic Acid Purification
Lysine Purification	Maltose Decolorization	Maltose Demineralization
Mannitol Purification	Metal Recovery	Nickel Removal from Cobalt Electrolyte
Nitrate Removal from Groundwater	Potassium Nitrate Production	Perchlorate Removal from Groundwater
Protein Purification	Fertilizer Manufacture	Removal of Heat Stable Salt from Amines
Softening	Solvent recovery	Sorbitol Deashing
Sweetener Decolorization	Threonine Production	Tryptophan Production
Vitamin C Production	Zinc Removal from Wastewater	Water Demineralization

4.2 CSEP®の適用例

月島機械は、競合他社のクロマト分離方式（固定床疑似移動床）とのコンペティションで行われた、「廃糖蜜からの有価物の回収」²⁾の共同研究を実施した。この共同研究の課題は、クロマト分離を阻害する不純物が多い廃糖蜜から糖成分を分離することと、クロマト分離に付きものの希釈をどれだけ低く押さえるかであった。

この共同研究で報告しているCSEP®の分離結果を表3に示す。

CSEP®は、競合他社で成し得なかった、完全な連続処理で、蔗糖を回収率・純度ともに90%以上で分画できた。また一般的にクロマト分離処理で起こる希釈は4倍以上と言われていたが、1.5倍程に留めることができた。他社の固定床疑似移動床と比較して、回収率・純度ともに10%程度高かったと記憶している。

この成果は、前章のCSEP®の原理で述べている、充填材の接触頻度を上げ、分離効率を高めた事が要因と考えている。

また、その他に糖アルコール分離のパイロット装置の納入実績もある。

CCC社と月島機械を合わせた、CSEP®適用実績の一部を表4に示す。

表3 平成11事業年度砂糖供給構造合理化推進事業「技術開発等推進事業報告」 CSEP®分離結果
Table3 Separation results of CSEP® for 1999 business sugar supply structure rationalization promotion business of fiscal year*Promotion business of technological development report"

項目	供給液	蔗糖画分	還元糖画分	非糖画分
Bx.	50.0	25.4	8.4	0
pH	8	8.5	7.3	6.3
回収純度(%)	—	90～95	80	—
回収率(%)	—	92～99	80	—
蔗糖(g/L)	340	250	1.5	0
還元糖(g/L)	1.3	1.0	8.0	0.1
色価(C.V)	138,500	114,400	32,100	224,400
濁度(-)	3,300	1,700	900	1,000
BOD(ppm)	—	—	—	4,410
COD-Mn(ppm)	—	—	—	16,040

備考：色価＝・1,000 x 希釈度 x log(%T₄₂₀ / 100) / (Bx. x 液比重 / 100)

濁度＝・1,000 x 希釈度 x log(%T₇₂₀ / 100) / (Bx. x 液比重 / 100)

表4 CSEP®適用実績
Table4 Partial List of CSEP® Applications

Application	Application
Betaine Recovery	Sorbitol/Mannitol
Sugar Recovery from Molasses	Sugar Alcohol Separation
Chiral Separation	Sucralose
Glucose – Fructose	Tocotrienol Separation
Itaconic acid	Vitamin E Separation
Protein Separation from Cheese Whey	Mannitol Purification

5 今後の展望

イオン交換樹脂技術は多岐に渡る分野で採用されている。現在まで月島機械は、糖類・アミノ酸分野で多数の実績がある。今後は水処理分野、金属回収、医薬向けなどの他分野・業界への案件発掘、展開を進めていきたい。

環境への配慮が重要になってきている昨今、従来から化石燃料を用いて行われていた処理が薬剤再生処理だけのISEP®で代替が可能であればCO₂削減、環境対応の上で有用と考えている。さらに現行イオン交換で行っている処理が薬剤を用いないクロマト分離の適用が可能であれば、そのニーズも高まってくると予想する。

参考文献

- 1) 月島機械(株) プラント技術部 鶴見隆利 他：「高効率型連続イオン吸着装置ISEP(糖液脱色／脱灰用)」, 精糖技術研究会 第87回精糖技術研究会講演要旨集, pp.1-5 (1995)
- 2) 月島機械(株) 事業企画室 春田智明：<平成11事業年度砂糖供給構造合理化推進事業「技術開発等推進事業報告」> 精糖工業会開発案件 効率的な蔗糖回収技術開発 「ターンテーブル(CSEP)式クロマト分離法による低純度糖液からの蔗糖分回収」

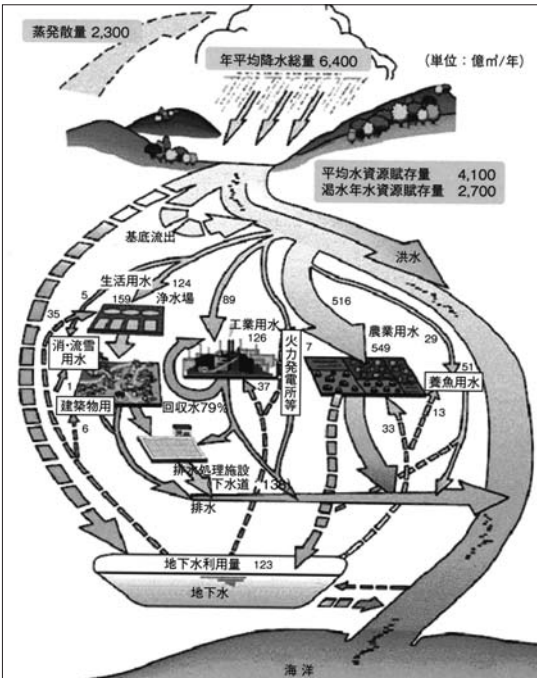
私たちの生活と水

現在、地球は「温暖化」や「世界の人口増加」、「経済成長」による“水不足の深刻化”に直面しています。しかし、現段階では日本に暮らす私たちが“水不足の危機”を実感することはほとんどないのではないのでしょうか。

今回は、そんな私たちが使う水について振り返ってみたいと思います。

数字で見る私たちが使う水

1 日本の水の流れ



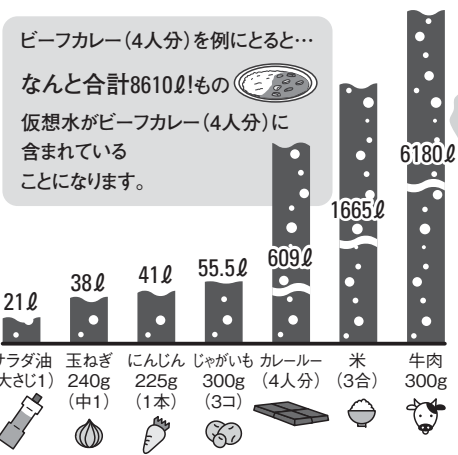
その他にも...

4 仮想水

バーチャルウォーターという言葉聞いたことがありますか？日本は農畜産物を通じて、年間約640億m³の水を輸入しているといます。これは国内の年間灌漑用水使用量590億m³を上回っていることになります。

ビーフカレー(4人分)を例にとると...

なんと合計8610ℓもの仮想水がビーフカレー(4人分)に含まれています。

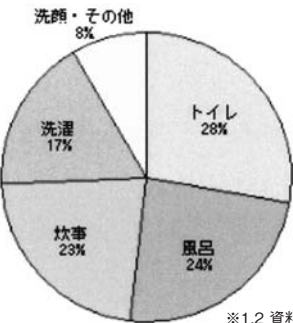


※全ての具材を海外産と仮定する
※上記の仮想水量は環境省「仮想水計算機」にて算出

2 生活用水

日本の一人一日平均水使用量は307ℓです。
(国土交通省水資源部2005年度調べ)

家庭での水の使われ方^{※1}



日本全国で計算すると、一日に東京ドーム約30杯分の生活用水が使用されていることになります。
＝3684万m³

3分間シャワーを流しっぱなしにするだけで、約36ℓの水が使われています。^{※2}

※1,2 資料:東京都水道局

3 産業用水

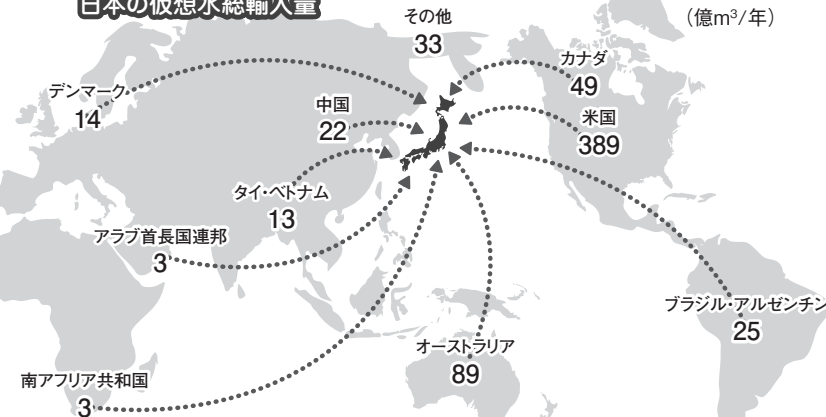
私たちが普段何気なく使っているモノを作るのに、もたくさんの水が使われています。

この量は黒部ダムの有効貯水量分強に相当します。

産業	用水量合計 (千m ³ /日)
食品品製造業	5006
パルプ・紙・紙加工品製造業	14669
化学工業	62580
石油製品・石炭製品製造業	15586
鉄鋼業	54650
輸送用機械器具製造業	10211
その他	20763
合計	183463

資料:経済産業省経済産業政策局調査統計部

日本の仮想水総輸入量



資料:東京大学 沖 大幹「世界の水の危機、日本の水問題」2003年修正版

まとめ

このように、私たちの生活はたくさんの水によって支えられています。しかし、冒頭にも述べた通り、世界は深刻な水不足に瀕しています。水の量は太古から変わりませんが、人の数は増え続けており、水の需要は人口の2倍の早さで増大するといえます。そんな中、私たちが日々の生活を振り返り、節水をするなど一人一人の心がけが必要となるのではないのでしょうか。

二重円筒加圧脱水機 “トルネードプレス®”の運転状況報告

～1号機が紋別市で稼動開始～

Report of Operation of Double-layered Cylindrical Filter Press “Tornado Press®”

~First commercial machine has started to operate in Mombetsu city!~



高尾 大
Dai TAKAO
研究開発本部
研究開発部
プロジェクトグループ

環境システム計測制御学会



河野 良輔
Ryosuke KOUNO
産業事業本部
機器設計部
ろ過グループ

Abstract

Belt press filters and centrifugal decanter dewatering machines have been applied widely for dewatering thickened sewage sludge. In recent years, the social needs are strong demands for cost reductions and energy-savings in the overall sewerage works that led to much-needed development of models for dewatering processes as well. As a result, applications of alternative dewatering machine models using metal filtration materials requiring no filter-cloth replacements have spread rapidly such as Screw Press and Rotary Press Filter. To further reduce moisture by filtration and compression mechanisms not available by conventional methods, the Tornado Press®, a double-layered cylindrical filter press was developed. Its structure is simple, applying advantages of these metal mesh filter. Tsukishima Kikai has delivered Tornado Press® to Mombetsu city, Japan for the Mombetsu Acqua Center, and its construction has been completed in March 2008. This is the first commercial machine operating in Japan with 259 kg-ds/h dry-solid throughput and 79% moisture content in dewatered sludge (TS 2.2%-ds). The introduction, control method, operating conditions and actual performance records of the Tornado Press® (actual plant No. 1) are described.

キーワード：脱水、二重円筒加圧脱水機“トルネードプレス®”、紋別市
Keyword : Dewatering, Double-layered Cylindrical Filter Press“Tornado Press®”, Mombetsu city

1 はじめに

下水汚泥の脱水にはベルトプレス脱水機や遠心脱水機が広く用いられている。昨今では、下水道事業の全般においてコスト低減や省エネルギー化が強く求められ、脱水工程においてもこれらの社会ニーズに対応する機種の開発が切望されており、スクリュープレス脱水機やロータリープレス脱水機といった金属ろ材系脱水機が代替機種として急速に普及している。これは、構造が簡素でろ布の交換を必要としないことから維持管理性に優れていることが客先のニーズに適合したためと言える。

筆者らは、こうした金属ろ材系脱水機の利点を生かし、更に従来には無いろ過・圧搾メカニズムにより更なる低含水率化を図れるトルネードプレス®脱水機を開発した。¹⁾

本稿では、平成20年3月に紋別市紋別アクアセンター殿に納入したトルネードプレス®脱水機（実設備1号機）の紹介と稼動状況について報告する。

2 トルネードプレス®脱水設備について

2.1 設備概要

図1に紋別アクアセンター殿に納入したトルネードプレス®脱水機の全体写真を、表1に設備仕様を示す。設備全体の特徴として、従来の脱水機とは異なり、本脱水機は縦型配置を採用しFLレベルに設置されている点が挙げられ、省スペース化はもとより設備の簡素化が図れ

ている。また、脱水機の維持管理スペースは、本体正面のスペースと脱水機上部にて本体を取り囲むように設置された点検歩廊から構成されている。

表1 トルネードプレス®の設備仕様
Table1 Specification of Tornado Press®

項目	御発注仕様
機器 型式	二重円筒加圧脱水機 10m ² 型
汚泥性状	汚泥種類；嫌気性消化汚泥（高温）TS；2.3%、VTS；51% 繊維状物；4%
薬注率	1液調質 高分子凝集剤 2.2%以下（対TS）
固形物処理量	259kg/h（乾燥固形物換算）
ケーキ含水率	79%以下
電動機出力	総合 14.9kw 以下
電源	400V×50Hz×3φ
数量	1台



図1 10m²型トルネードプレス®
Fig.1 Tornado Press® (10m² type)

2.2 トルネードプレス®の構造・原理について

2.2.1 トルネードプレス®の構造

図2に概略構造を示す。本脱水機は同心に配置された大小2つの金属製円筒ろ材（以降、単に内外筒）、スパイラル板及び背圧板の4つの主要部品から構成されている。また、機器の上部には内外筒を回転駆動するモーターと背圧板駆動モーターが配置されている。基本的な汚泥のフローとしては、汚泥は脱水機下方の汚泥投入管より内外筒で構成されるろ室に投入され、ろ過濃縮・圧搾脱水作用を受けながら、上方に搬送され機器上部より排出される。

2.2.2 トルネードプレス®の脱水原理

図3にトルネードプレス®の脱水原理を示す。以下に、脱水機内における汚泥の脱水過程を示す。

①凝集汚泥が汚泥供給ポンプによりろ室下部の汚泥供給管から連続圧入（25～30kPa）される。

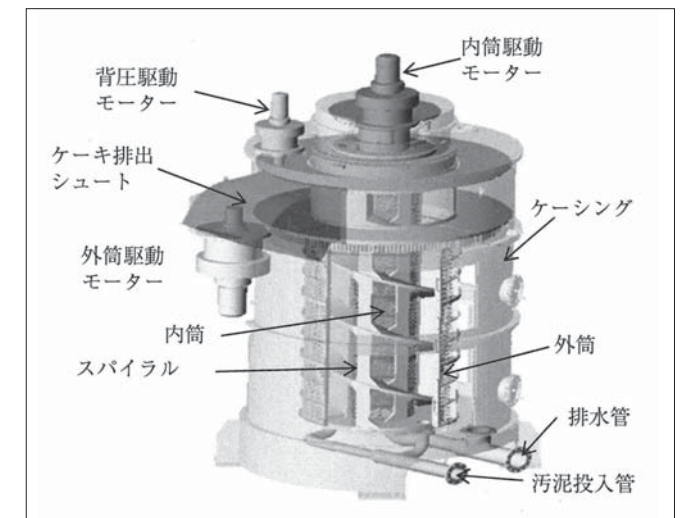


図2 トルネードプレス®概略構造
Fig.2 Configuration of Tornado Press®

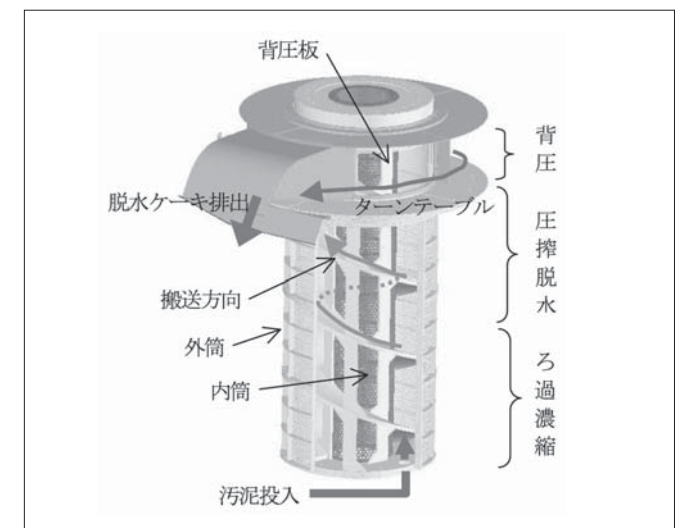


図3 トルネードプレス®脱水原理
Fig.3 Principal of dewatering of Tornado Press®

- ②ろ過濃縮ゾーンでは汚泥の濃度は低く流動性が高いため、ろ室内を流動しながらろ過濃縮が行われる。
- ③ろ過濃縮ゾーンから圧搾脱水ゾーンに移行する過程で汚泥は、濃度と共に粘度が上昇し内外筒のスクリーン面との摩擦力が生じる。その際、内外筒の回転に伴い円周方向の搬送力が生まれる。
- ④円周方向に搬送された汚泥はスパイラルに干渉し、垂直方向への搬送力が生じる。その結果、汚泥は、ろ室内を旋回しながら上方へ搬送され、固液分離が進行する。
- ⑤背圧板により排出口面積を調整することで、更に圧搾脱水が進行した脱水ケーキが排出される。
- ⑥排出された脱水ケーキはターンテーブルにてシュートまで搬送され、機外へと排出される。

2.3 トルネードプレス®の脱水フロー及び制御方法について

2.3.1 トルネードプレス®の脱水フロー

図4に脱水設備のフローと脱水機の制御系を示す。通常、下水汚泥は、マイナス(－)に荷電し分散安定状態にあるコロイド粒子で構成され、直接ろ過・脱水することは困難である。このため凝集混和槽にてカチオン性高分子凝集剤と混合し、2～3mm程度の凝集体と遊離水から構成される状態(以降、凝集汚泥)に調質する。

凝集汚泥は脱水機の下部から投入され、先述したろ過濃縮・圧搾脱水作用を受けた後、脱水ケーキとして機器上部から排出される。当センターでは、機器上部から排出される特徴を利用し、搬送設備を設けず直接貯留ホッパーへ投入することで設備の簡素化を図った。

また、脱水機の洗浄は1日の運転終了時に10分間のみ行われるが、洗浄水は洗浄水ポンプにより供給(圧力0.3MPa)され、内外筒のスク

リーン表面及びケーシング内面に付着した汚泥が洗浄除去される。ろ過濃縮・圧搾脱水作用の際発生した分離液や洗浄排水は機器の下方より排出される。

2.3.2 トルネードプレス®の制御方法

トルネードプレス®は①薬注比例制御及び②内外筒スクリーン回転数制御の2つの自動制御系を有し、脱水運転の安定化が図られている。

①薬注比例制御

薬品の供給量は対象汚泥によって最適な注入率(以降、薬注率)があり、事前の調査により対象汚泥毎の最適薬注率を把握し制御に反映させる必要がある。本制御では運転中の汚泥流量を連続計測し、設定された薬注率から演算される薬品流量になるように薬品供給ポンプ回転数が制御される。汚泥処理の都合上、汚泥流量を変化させた場合でも薬注率は最適条件に保たれ凝集状態の安定化が図れる。

②内外筒回転数制御

凝集汚泥の投入圧力は脱水性能において最も重要な操作パラメータであり、事前調査により把握された最適投入圧で運転するのが望ましい。本制御では運転中の汚泥の投入圧力を連続計測し、最適値に保持するように内外筒の回転数が制御される。例えば、汚泥流量を増加させた場合、脱水機の固形物量負荷の上昇により投入圧力が上昇する。この投入圧上昇を検知し、内外筒の回転数を増加させ、搬送速度を速めることで、投入圧力の安定化が図られる。なお、トルネードプレスではスクリーンの回転数を固定とし、汚泥供給ポンプ回転数を調整し投入圧力の制御(汚泥供給ポンプ回転数制御)を行う方式もあり、処理場の運用状況に合わせた最適な制御方式を選定することができる。

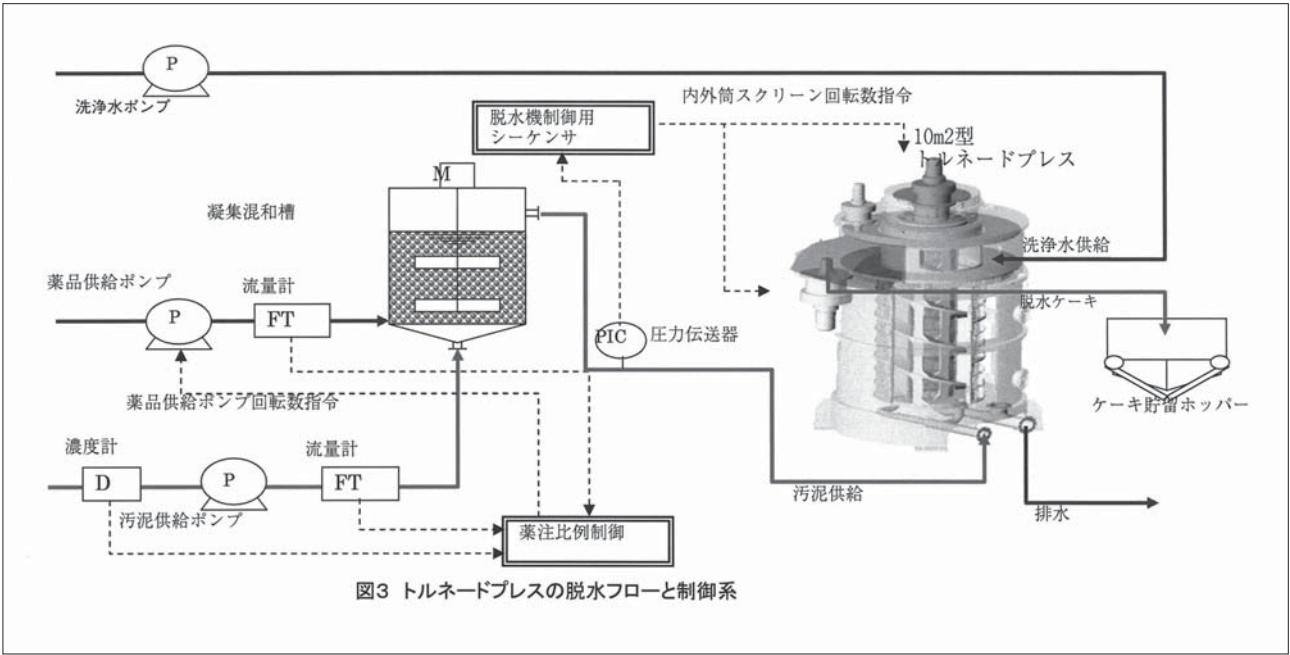


図4 トルネードプレス®の脱水フローと制御の考え方
Fig.4 Flow sheet and control system of Tornado Press®

3 稼働状況について

3.1 紋別アクアセンター殿の概要と処理フローについて

紋別アクアセンター殿は昭和49年12月に供用開始した市内唯一の下水処理場である。

図6に紋別アクアセンター殿の概略フローを示す。水処理方式は標準活性汚泥法を採用し、現有水処理能力は14,130m³/dである。汚泥処理は初沈汚泥と余剰汚泥を重力濃縮(30,000～40,000mg/L)後、嫌気性消化処理を行い汚泥濃度15,000～20,000 mg/L程度の汚泥を脱水処理している。脱水した汚泥は場外へ搬送され、埋立処分を行っている。

対象汚泥の大きな特徴として、消化工程において高温消化(消化温度55℃)を採用しており、中温消化と比較して、汚泥の無機化が進行している点2)が挙げられる。一方、その副次的な現象としてM-アルカリ(pH4.8に中和処理するための必要CaCO₃換算量)、アニオン度(汚泥粒子の持つアニオン電荷量)が大きく、脱水工程で使用される高分子凝集剤の薬注率が高まる傾向にある。



図5 紋別アクアセンター
Fig.5 Mombetsu Aquu center

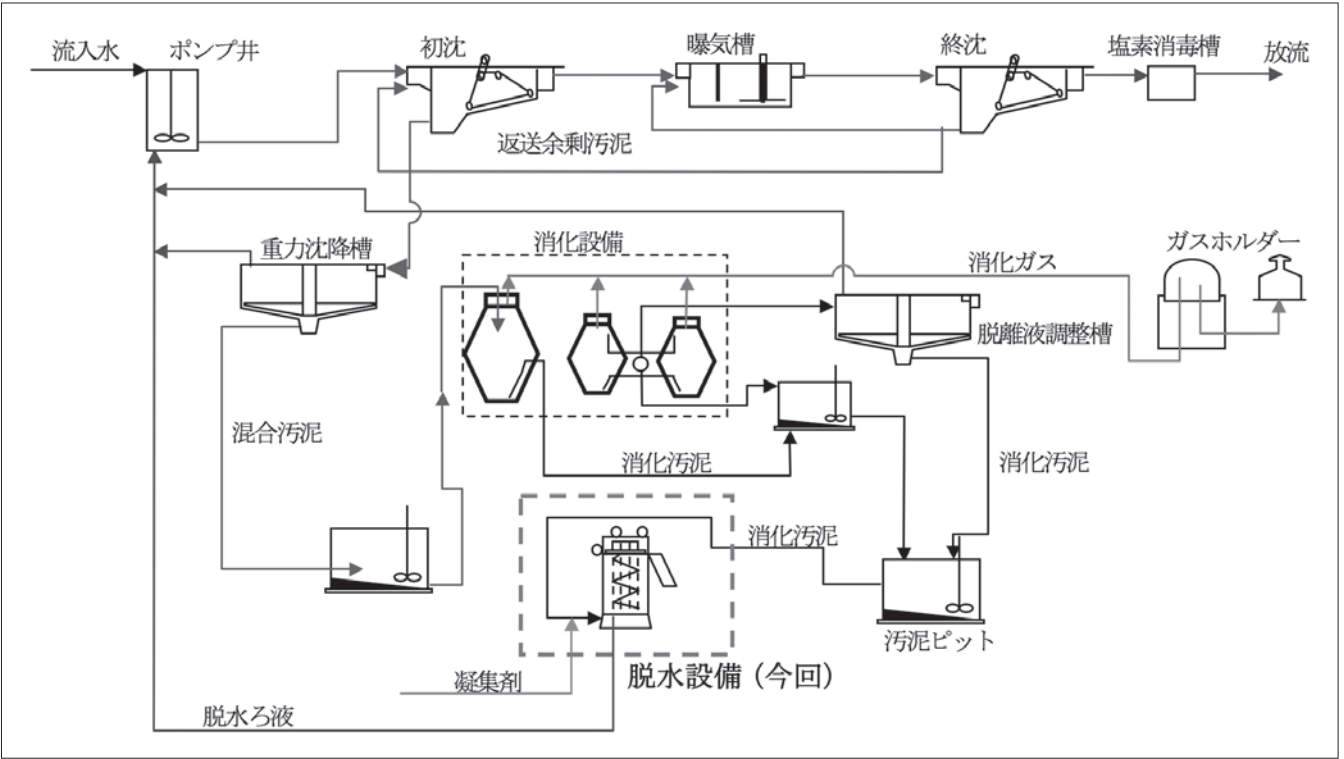


図6 紋別アクアセンター殿 概略フロー
Fig.6 Overall flowsheet of Mombetsu Aqua center

3.2 運転実績について

3.2.1 連続運転における安定性

表2及び図7に汚泥濃度が変別アクアセンター殿では通常、汚泥濃度は1.5～2.0%程度で安定しており、図示したような汚泥濃度の変動は無い。本調査日では運転開始6h後から意図的に高濃度汚泥を混合し濃度(図中、TS◇)を上昇させたが、先述した内外筒の回転数制御により含水率(図中、◆)については安定していた。

3.2.2 運転実績

表3に4、5月時の運転実績を示す。概ね特記仕様を満足する結果が得られているが、薬注率が高い傾向にある。本傾向は対象汚泥の性状に起因したものであると推察されるが、今後は薬注率の低減が図れる凝集剤及び凝集方式を提案していきたいと考えている。

4 おわりに

紋別アクアセンター殿では問題なく1号機が稼働し現在も安定運転が行われている。今後は、顧客へのアフターケアはもちろんであるが、実験機では得られない長期運転データの取得や維持管理性の向上を図り、商品としての完成度を高めていきたい。最後にトルネードプレス1号機の受注、設計、施工、試運転に関わった全ての方に本書を借りて謝辞を申し上げたい。

参考文献

- 1) 高尾ら、二重円筒加圧脱水機トルネードプレス®の開発、2008、TSK 技報第7号、p4～11
- 2) 李ら、下水汚泥嫌気性消化のシステム評価及びプロセスの効率化、月刊水、2008 夏季増刊号 VOL.50-9 (NO.719)、p20～34

表2 連続運転調査 調査条件
Table2 Condition of continuous operation

試験実施日		平成20年4月25日
対 象	対象汚泥	二次消化汚泥
	投入汚泥TS	2.06～4.68 (%)
調 査 条 件	薬品種	カチオン性
	薬品溶解濃度	0.2%設定
	薬注率	2.0～3.5 (%)
運 転 条 件	ろ過速度	22～32 (kg-ds/h/m2)
	含水率	77～78 (%)
	回転数	0.18～0.34 (rpm) 可変
	圧入圧	SV値：25 (kPa)

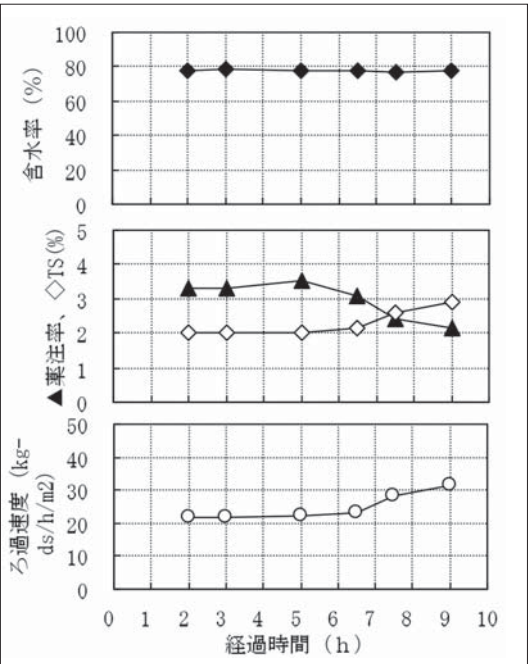


図7 連続運転結果
Fig.7 Result of continuous operation

表3 運転実績(平成20年4、5月 月平均)
Table3 Operation result(average of April and May of 2008)

運転期間		4月	5月
汚 泥	対象汚泥	二次消化汚泥	
	投入汚泥TS	2.1 (%)	1.9 (%)
運 転 状 況	薬品種	カチオン性	
	薬品溶解濃度	0.18	0.14
	薬注率	2.89 (%)	2.41 (%)
	含水率	77.9 (%)	78.7 (%)

設備紹介

2

(仮称) 江戸川浄水場排水処理施設
整備等事業 (PFI 事業)

～拡大する月島機械グループのライフサイクルビジネス～

*PFI based Design, Construction, Operation and Maintenance of
the Sludge Treatment Facility of Edogawa Water Purification
Plant(provisional name)*

～ Tsukishima kikai group expanding “life-cycle business” ～

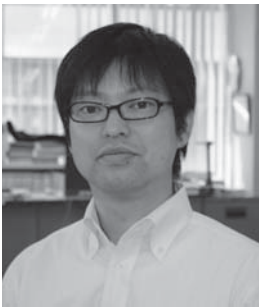
Abstract

Private Finance Initiative (PFI) based design, construction, operation and maintenance of a sludge treatment facility of Edogawa Water Purification Plant (provisional name) is the second commitment to a PFI project by the Tsukishima Kikai Co., Ltd. group, actively promoting “life-cycle business,” in which PFI is one of its major business. The project follows build-transfer-operate (BTO) plan under which the facilities are privately managed but owned publicly. Chiba Prefectural Waterworks formed the basic agreement, a project contract and a monitoring contract with a consortium, a Special Purpose Company (SPC), and financial institutions, respectively and in that order, clarifying each responsibility.

Tsukishima Technology Maintenance Service Co., Ltd., METAWATER Co., Ltd. and Electric Power Development Co., Ltd., (J-POWER) jointly established Edogawa Water Service Co., Ltd., which is the SPC running this project. Tsukishima Kikai took charge of equipment works and Tsukishima Technology Maintenance Service handled operation and maintenance for stable working.

In this report, the project is outlined and the basic consideration of process design based not on conventional publicly-run and owned specification design, but based on performance orders are described, as well as recycling applications of dewatered cake.

キーワード：PFI 事業、浄水場排水処理施設、加圧脱水機、発生土の再生利用
Keyword：PFI, Sludge treatment facility, Filter press, Recycling sludge



櫻井 弘信
Hironobu SAKURAI
水環境事業本部事業推進部
事業推進グループ

1 はじめに

月島機械グループが参画した2件目のPFI事業である、「(仮称) 江戸川浄水場排水処理施設整備等事業 (以下「本事業」という。)」の運営が平成19年10月1日より開始された。

本事業は、メタウォーター (株)、電源開発 (株)、月島機械グループの月島テクノメンテサービス (株) が出資して設立された特別目的会社 (以下「SPC」という。) である、江戸川ウォーターサービス (株) (代表企業:メタウォーター (株)) が実施しており、月島機械グループとして様々なフェーズに関与し、事業の安定運営に努めているところである。

本稿において、本事業の概要及び当社の役割について紹介する。

※PFI事業は、PFI法 (民間資金等の活用による公共施設等の整備等の促進に関する法律) に基づき実施される公共事業であり、設計・建設・維持管理運営・資金調達を包括的に民間事業者 に委託するものである。通常、構成員がSPCを設立した上で、発注者と当該SPCが事業契約を締結する。但し、実際の業務は、SPCから再委託された企業 (出資構成員及び出資をしない協力企業) が行う。SPCは、発注者に事業契約に規定された「サービス」を提供する見返りに、「サービス購入料」を受取り、資金回収をしていくものである。従来の公共事業とは違って、事業のライフサイクルに渡って民間事業者が一括して業務を請け負うことで、公共サービスが効率的かつ効果的に行われることが期待できるとともに、民間事業者は従来よりもリスクを多く引き受ける代わりに長期間に渡って、収益を確保する機会が与えられる。

※「(仮称)江戸川浄水場」は、千葉県水道局が県民に名称を公募し、「ちば野菊の里浄水場」と決定された。

2 本事業の概要

2.1 本事業の内容と収入について

本事業の概要は、表1のとおりである。

本事業の業務を大まかに述べると、

- ①設備の設計・建設（千葉県が設定した要求水準を最低基準として事業者が提案する。）
- ②設備の維持管理（同上）
- ③上澄水の返送（上澄水の濁度を30度未満とする。）

④発生土の再生利用（事業者の提案による。埋立等の最終処分は不可。）

である。契約期間が約23年間（建設3年間、維持管理・運営20年）と長期間であり、運営開始後四半期毎に契約期間満了まで「サービス購入料」が支払われる。「サービス購入料」とは、事業者が事業の目的（設備の建設自体は目的ではない。）である、排水処理業務というサービスに対する対価を意味する。従って契約上のサービス水準である、要求水準や事業者の提案を満足しなければ千葉県からSPCへの支払が減額される可能性がある。一般的なPFI事業の形態ではあるが、庁舎、宿舍、学校等の案件と比較すると維持管理・運営部分でのリスクは高く、従って事業収入の下ぶれリスクも高い。安定した事業スキームをつくるのが事業の成否を左右するといえる。（図2 スキーム図参照）



図1 江戸川ウォーターサービス建屋外観
Fig.1 Appearance of Project office

発注者	千葉県水道局
事業者	江戸川ウォーターサービス株式会社
構成員	メグウウォーター株式会社(代表企業)、電源開発株式会社、月島テクノメンテサービス株式会社
事業場所	千葉県松戸市下矢切(ちば野菊の里浄水場内)
事業期間	新設施設の整備等 :平成 17 年 3 月～平成 19 年 9 月 既存脱水設備等の撤去 :平成 19 年 10 月～平成 20 年 9 月 既存施設に付属する設備の更新 :平成 19 年 10 月～平成 21 年 9 月 維持管理・運営 :平成 19 年 10 月～平成 39 年 9 月(20年間)
事業方式	BTO方式(新設施設及び更新施設を設計・建設した後、施設の所有権を千葉県に移転し、既存施設と合わせて維持管理・運営を行う)
総事業費	約 89 億円
整備対象	・排水処理施設の新設 ・既設施設に付属する設備の更新 ・既存脱水機および付属設備の撤去
事業概要	排水処理施設の整備等業務 新設施設の設計及び建設業務 既存施設に付属する設備の更新等業務 既存の脱水設備等の撤去業務 排水処理施設の維持管理及び運営業務 全体施設の維持管理業務 排水処理業務(上澄水の返送業務) 発生土再生利用業務

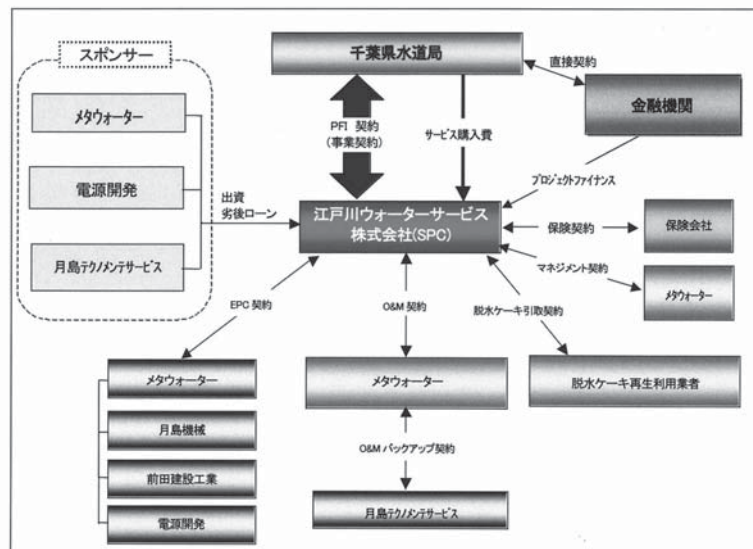


図2 事業スキーム
Fig.2 Project scheme

2.2 施設のフロー

本事業の対象となる施設のフローは、図3のとおりである。

2.2.1 汚泥の受入から濃縮工程

ちば野菊の里浄水場からの排泥（高濃度汚泥）は排泥池に受入れ、今回新設の濃縮槽にて重力濃縮を行う。また、既設である栗山浄水場の排泥（低濃度汚泥）を排水排泥池（既設汚水池を転用）に受入れ、一次濃縮槽にて重力濃縮を行う。二次濃縮槽は一次濃縮汚泥の貯留槽として使用する。なお、ちば野菊の里浄水場からの汚泥を一次濃縮槽に受け入れるための連絡配管を設置している。

2.2.2 濃縮汚泥引抜きから脱水工程

低濃度汚泥の濃縮汚泥については、汚泥濃度や固形物負荷に応じて、ろ過濃縮設備又は汚泥混合槽へ送泥する。混合槽に送泥された汚泥は、攪拌し均一化した後、オーバーフローにて汚泥供給槽へ送る。高濃度汚泥は濃縮槽より汚泥供給槽へ送泥し、低濃度汚泥と混合したのちに脱水機に供給する。脱水機で加圧、圧搾脱水された脱水ケーキは、コンベアにてケーキヤードへ搬送される。

2.2.3 上澄水集水から返送工程

脱水工程にて主じるろ液や排水は、排水受槽に設置された油膜検知器にて監視したうえで排水排泥池に排出される。脱水ろ液、排水及び各濃縮槽上澄水は上澄水槽（既設沈砂池を転用）に集水される。返送水は上澄水槽からちば野菊の里浄水場の沈砂池へ返送される。

2.2.4 発生土貯留工程

ケーキヤードに搬送された脱水ケーキは、一時貯留された後、再生処理委託業者へダンブトラックにて搬送される。

2.3 設備仕様の決定について

本事業の特長として、河川原水濁度(濁度:水の濁り度合い)を示すもの。既設栗山浄水場取水口付近の原水濁度の平均は17.7度[平成4年度から平成14年度実績])の2日間の平均濁度が240度を超え

る場合に千葉県との協議事項となるほかは、事業者が受入れるべき固形物の上限値が定められていない。また、新設の野菊の里浄水場で発生する汚泥（高濃度汚泥）と既設栗山浄水場で発生する汚泥（低濃度汚泥）の２種類を受入れることがあげられる。排水処理にあたっては、無薬注処理であること、発生土の含水率を65%以下にすること、返送水濁度は30度以下とすることが求められている。

本事業の提案にあたっては、技術的に以下のような課題があった。

- ①事業者が受入れるべき固形物量が設定されておらず、過去の実績値及び将来の予測に基づき、設計をしなくてはならない。
- ②2種類の汚泥を受入なければならないこと。特に、新設の野菊の里浄水場で発生する汚泥は、栗山浄水場と水処理の方式が違う(野菊の里：横流式沈殿方式、栗山：高速凝集沈殿方式)上、汚泥性状について実績値がない状況で、適切に設備のスペックを定める必要があった。

上記課題をクリアするため、低濃度汚泥の過去の実績値、千葉県水道局の高濃度汚泥の計画値、同一水系(江戸川水系)の浄水場汚泥の脱水データ等を解析することにより、リスクを最小限におさえかつ過剰な設備とならないように配慮し、設計能力を設定した。脱水機の機種選定にあたっては、河川濁度やその他原水の水質やその季節変動を考慮し、主として大規模浄水場向けに豊富な実績のある、ろ布走行形圧搾機構付加圧脱水機を採用することとした。本脱水機は脱水工程のサイクルタイムが60分程度と短く、運転時間を変えることで処理量調整することができるため、高濁度時、脱水機の補修時の対応が容易である。また、脱水機のみで発生土の含水率を65%以下にすることが十分可能であると判断した。

設備概要を表2に示す。なお、月島機械は、SPCが整備すべき施設のうち、脱水機3台の設計・建設、既設の撤去工事及び更新工事の一部を請け負っている。

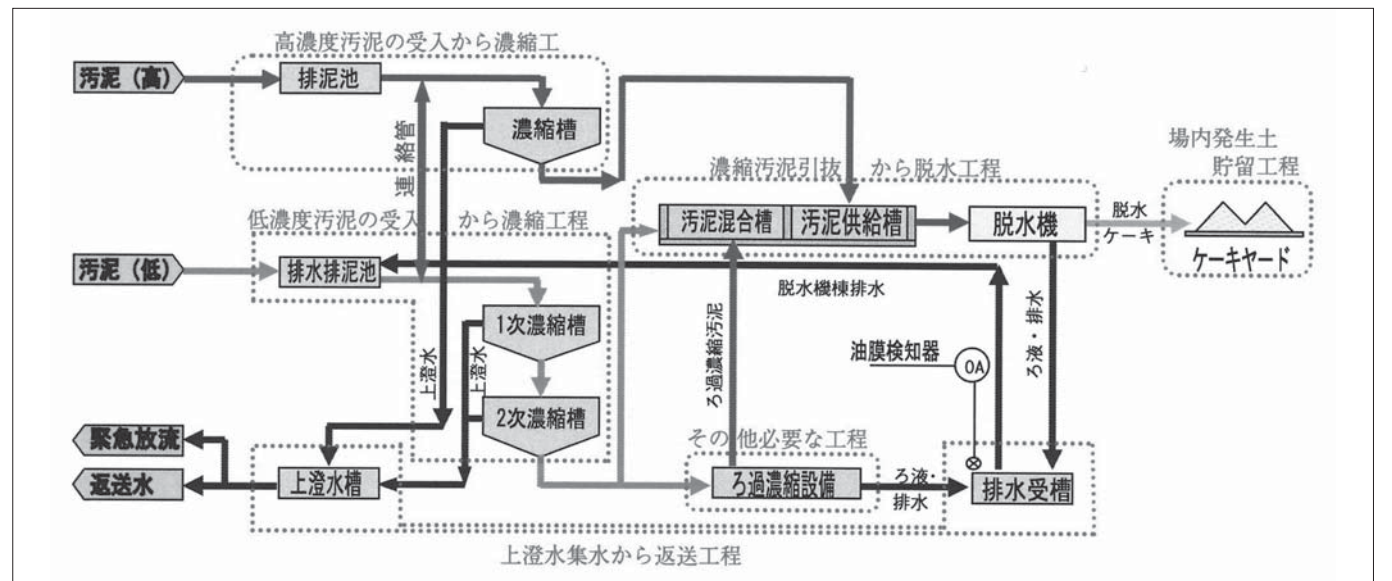


図3 本事業の施設フロー
Fig.3 Process flow of Sludge treatment

2.4 発生土の再生利用

排水処理にともなって発生する発生土をどう処理するかは、特に大規模浄水場や原水濁度が高い浄水場において、重要な課題である。従来、発生土の処分（埋立処分、セメント原料）は、自治体が行ってきた業務であるが、その処分コストは高額となっていた。

浄水場排水処理施設のPFI事業においては、発生土の再生利用業務も事業者委ねられる。自治体処分のコスト低減、業務効率化、新しい再生利用方法の提案を求めていることであると考えられる。

無薬注脱水ケーキを安定的に受け入れる引取先（調質改良土の原料として利用）が確保できたため、別途複数のバックアップ先を確保した上で提案することとした。本事業において提案した有効利用方法である調質改良土は、安定的な需要があることと、引取先が十分な営業基盤と実績を有していたことより、従来メインであったセメント原料の代替受入先として適正と判断した。

※調質改良土とは？
建設汚泥を安定処理した改良土と浄水発生土を混合処理することにより再改良したもの。pH7 ～ 8.6の中性領域化が図れ、植物に適した改良土である。主として、土地造成等の材料として使用される。

2.5 運転管理について

運転管理については、メタウォーター（株）及び月島テクノメンテサービス（株）にて行っている。運営開始後から約一年であるが、特段の問題は生じておらず、計画通り運転されている。また、発生土についても、品質未達による引取拒絶等はなく、全量が有効利用されている。

今後、台風や大雨などにより、原水濁度が極端に高くなった状況においても、安定稼働ができるかどうか、発生土が全量有効利用できるかによって真価が問われることとなろう。

3 むすび

本事業は、コンソーシアムメンバーのご支援もあり、概ね順調に運営されている。もちろん提案当初と想定外の事象が生じることはあるが、お客様との協議やコンソーシアム間での協議に基づき対応することで、問題解決を図っている。20年という長期間の事業において、お客様やコンソーシアム間の信頼関係の構築が必要不可欠であることを痛感する次第である。また、実際に私がPFI事業に携わっている感覚としては、PFI事業においては、プラント建設は目的ではなくあくまで前提条件にすぎないこと、維持管理・運営、発生土の有効利用を含めた事業のマネジメントが重要であることを改めて認識している。

当社は、「ライフサイクルビジネス」の積極推進を掲げており、本事業の類似の事業ですでに運営開始から3年目に入った寒川浄水場排水処理PFI（当社が代表企業）のような先行案件もある。ノウハウの蓄積はまだ始まったばかりであり、十分とは言えないが、今後この2事業を確実に実施していくこと、これら事業から得られた貴重な教訓を新規案件の提案にも反映させることで、提案の実力をつけると同時に、受注案件も増やしていくよう努力していかなければならないと考えている。

最後に、本事業に関係された方々に、深く感謝するとともに、今後とも事業の安定運営にご協力をお願い申し上げる次第である。

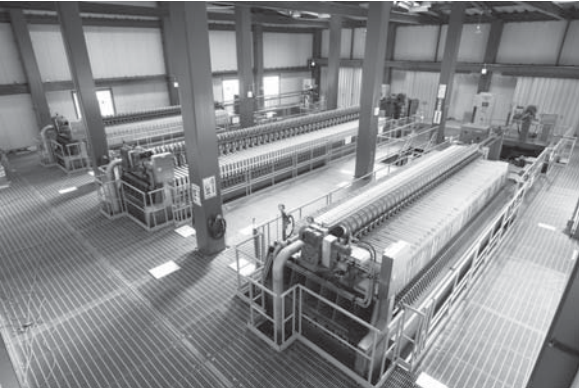


図4 DCフィルター (600m²x3台)
Fig.4 Filter press (DC type)



図5 ストックヤードに保管されている脱水ケーキ
Fig.5 Dewatered sludge in stock yard

表2 設備概要 Table2 Summary of main facility	
設備名	機器仕様
脱水設備	ろ布走行形圧搾機構付加圧脱水機（DC フィルタ）
	設備容量：600㎡x3 台
	処理方式：無薬注加圧脱水方式
	脱水ケーキ含水率：約 50%～65%
ろ過濃縮設備	サイフォン式ろ過濃縮機
濃縮設備	設備容量：300㎡x1 台
	重力式濃縮槽
	設備容量：□17.7m×5mH×2 槽

Corporate Profile

会社概要

営業品目

事業内容

関連会社

会社概要

名称	月島機械株式会社
	(TSUKISHIMA KIKAI CO.,LTD.)
取締役社長	山田 和彦
創業	明治38年8月

設立	大正6年5月
資本金	66億4680万円
従業員数	648名(平成20年3月末現在)
売上高	466億円(平成20年3月期)

事業所

本社	〒104-0051 東京都中央区佃2-17-15 TEL.03-5560-6511 FAX.03-5560-6591
東京支社	〒104-0051東京都中央区佃2-17-15 TEL.03-5560-6541 FAX.03-5560-6593
大阪支社	〒541-0045 大阪市中央区道修町2-6-6(塩野日生ビル) TEL.06-6229-1331 FAX.06-6229-1415
札幌支店	〒060-0807 札幌市北区北七条西1-1-2(SE山京ビル) TEL.011-726-0510 FAX.011-726-0520
仙台支店	〒980-0014 仙台市青葉区本町1-11-2(SK小田急ビル) TEL.022-227-9267 FAX.022-223-0316
横浜支店	〒231-0015 横浜市中区尾上町4-47(リスト関内ビル) TEL.045-651-7331 FAX.045-664-5086
名古屋支店	〒045-0003 名古屋市中村区名駅南1-17-29(広小路ESビル) TEL.052-581-2378 FAX.052-581-1624
広島支店	〒730-0015 広島市中区橋本町10-10(広島インテス) TEL.082-227-3093 FAX.082-223-8771
福岡支店	〒810-0062 福岡市中央区荒戸2-1-5(大濠公園ビル) TEL.092-741-5736 FAX.092-761-4806
和歌山営業所	〒640-8343 和歌山市吉田432(シティビル太田) TEL.073-427-6085 FAX.073-427-6085

沖縄営業所	〒901-2131 沖縄県浦添市牧港1-5-12 TEL.098-874-5793 FAX.098-874-5793
市川事業所(工場)	〒272-0127 千葉県市川市塩浜1-12 TEL.047-397-6111 FAX.047-397-3354
(研究所)	〒272-0127 千葉県市川市塩浜1-12 TEL.047-359-1651 FAX.047-359-1661
(環境プロセス開発センター)	〒272-0011 千葉県市川市高谷新町6-4 TEL.047-328-8761 FAX.047-328-8789

〈海外〉

TSKジャカルタ駐在員事務所
TSUKISHIMA KIKAI CO., LTD. JAKARTA REPRESENTATIVE OFFICE《TJO》
22nd Floor, Plaza DM, Jl. Jend. Sudirman Kav. 25, Jakarta 12920, Indonesia
TEL. +62-21-526-7732/7734 FAX. +62-21-526-7790

TSKハノイ駐在員事務所
TSUKISHIMA KIKAI CO., LTD. HANOI REPRESENTATIVE OFFICE《THO》
Unit202, V-Tower, 649 Kim Ma Street Ba Dinh District, Hanoi
TEL. 84-4-7669965,7,8 FAX. 84-4-7669969

TSKムンバイ駐在員事務所
TSUKISHIMA KIKAI CO., LTD. MUMBAI LIAISON OFFICE
115, Bajaj Bhavan, Nariman Point, Mumbai 400021, INDIA
TEL. 91-22-6610-2507/2508 FAX. 91-22-6610-2510

連結会社及び主な関連会社

※月島テクノメンテサービス(株)	〒104-0052 東京都中央区月島4-8-14 TEL.03-3533-6272 FAX.03-3533-2588
※月島テクノマシナリー(株)	〒272-0127 千葉県市川市塩浜1-12 TEL.047-397-6111 FAX.047-397-3354
月島テクノソリューション(株)	〒272-0127 千葉県市川市塩浜1-12(市川事業所) TEL.047-701-0221 FAX.047-397-6201
※月島環境エンジニアリング(株)	〒104-0033 東京都中央区新川2-12-15(ハトリイトビル) TEL.03-6386-3964 FAX.03-3537-8764
※サンエコサーマル(株)	〒322-0017 栃木県鹿沼市下石川737-55 TEL.0289-72-0371 FAX.0289-72-0381
※寒川ウォーターサービス(株)	〒253-0106 神奈川県高座郡寒川町宮山4058-6(事業所) TEL.0467-72-0862 FAX.0467-72-0863
※連結子会社	

〈海外関連会社〉

月島エンジニアリングシンガポール(株)
TSUKISHIMA ENGINEERING SINGAPORE PTE. LTD. 《TES》

月島エンジニアリングマレーシア(株)
TSUKISHIMA ENGINEERING MALAYSIA SDN. BHD. 《TEM》
SUITE16, 04-05, 16th Floor, Wisma Mca,
163 Jalan Ampang, 50450 Kuala Lumpur, Malaysia
TEL. +60-3-2162-8679 FAX. +60-3-2162-8377

TSKエンジニアリングタイランド(株)
TSK ENGINEERING (THAILAND) CO., LTD. 《TET》
United Center Building 14th Floor, Room1404,
323 Silom Road, Bangrak, Bangkok 10500, Thailand
TEL. +66-2-231-1726～30 FAX. +66-2-231-1731

TSKエンジニアリング台湾(株)
TSK ENGINEERING TAIWAN CO., LTD. 《TETA》
6th Floor, No.24, Min Sheng, W.Road, Taipei, Taiwan R.O.C.
TEL. +886-2-2523-6975～6 FAX. +886-2-2521-1429



営業品目

■上下水道設備および機器

I 設備

ポンプ場機械設備、沈砂・沈澱池設備、曝気設備、汚泥濃縮設備、汚泥消化設備、消化ガス貯留・発電設備、薬品注入設備、汚泥脱水設備、汚泥乾燥・焼却設備、汚泥溶融・結晶化設備、脱臭設備、高度処理設備、汚泥有効利用設備、脱水ケーキ貯留・搬送設備

II 機器類

① 上水道・工業用水道関係

DCフィルタ(横形加圧脱水機)	DMフィルタ(横形加圧脱水機)	TMフィルタ(横形加圧脱水機)
オートサンドフィルタ	ウクライナフィルタ	ろ過濃縮機
ろ過濃縮乾燥装置	フロキュレータ	リンクベルト式汚泥掻寄機
水没式クラリファイヤ	消石灰空気輸送装置	薬品注入用各種機器
銅板製配水タンク	ドライ粉末活性炭注入設備	膜ろ過設備
紫外線消毒装置		

■産業用設備および機器

I 設備

① 化学肥料

硫酸、塩安、硝安、過燐酸石灰、尿素、高度化成肥料製造プラント

② 合成繊維

DMT、カプロラクタム、その他各種溶剤、副生化成品製造プラント

③ 合成樹脂

ビスフェノールA、ポリカーボネート、テレフタル酸

④ 鉄鋼・金属

高炉水砕スラグ処理、コークス原料炭調湿、有効金属回収プラント

⑤ 石油化学工業

エチレン、ブチレン、スチレンその他およびそれらの誘導体プラント

⑥ 石油および瓦斯工業

原油、石油分留、ガソリンペーパー回収装置、メタノール、ホルマリン、各種貯槽

⑦ 工業薬品

硫酸、燐酸、苛性ソーダ、ソーダ灰、染料中間体、過酸化物、界面活性剤プラント、溶剤回収装置

⑧ 食品工業

製糖、製塩、グルタミンソーダ、コーンスターチ、でんぶん、食用油プラント

⑨ 製紙、パルプ

連続苛性化、黒液蒸発、白水回収、酸素漂白プラント

⑩ 製薬

局方糖、抗生物質、医薬品

⑪ 原子力工業

放射性廃棄物の処理プラント

⑫ 各種廃水および廃酸処理装置

工場排水、工業用水、チタン廃酸、ピッキング廃酸プラント

⑬ 廃ガス処理装置

COGまたは脱硫ガスのアンモニア回収、重油ボイラ、回収ボイラ、その他各種排ガスよりのSO₂吸収およびそのあと処理プラント

⑭ FAシステム

粉体、液体、樹脂成形物等ハンドリングプラント

■焼却設備

焼却設備

活性炭、石膏、水酸化マグネシウム等、各種物質の焙焼・煅焼パルプ、紙工場汚泥等各種物質の焼却プラント

焼却炉

旋回流廃液燃焼炉、堅型廃液燃焼炉、高速流動焼却炉、多目的焼却炉、溶融キルンシステム

② 下水・し尿関係

メタン濃縮スクリュープレス脱水機	ベルト型濃縮機	トルネードプレス
スーパープレスロールフィルタ	DCフィルタ(横形加圧脱水機)	プレスロールフィルタ(ベルトプレス型脱水機)
オートサンドフィルタ	セントリホープ(遠心濃縮機)	セントリエース(遠心脱水機)
流動焼却炉	ウクライナフィルタ	インクラインドディスク型ドライヤ
結晶化炉	回転炉床式焼却炉	旋回溶融炉
オールプラスチック製リンクベルト	D P 型クラリファイヤ	超微細気泡散気装置
沈砂掻寄装置	オールプラスチック製円形掻寄機	ローブ式掻寄機
汚泥攪拌装置	振動スクリーン式沈砂洗浄機	デュアルエース(自動水分・濃度測定装置)
薬品注入用各種機器	特殊型定量フィーダ	活性炭再生装置
スレーエース(大型ケーキ貯槽定量供給装置)	嫌気性消化槽	銅板製卵型消化槽
高効率流動焼却炉	ハイメタダイジェスタ(バイオリアクター)	脱水ケーキ形ダブルストロンゴ(TSK-GEH067)
	焼却灰溶融炉	汚泥燃料化装置

II 機器

① ろ過機

水平ベルトフィルタ	ロータリープレッシュフィルタ	ベルトフィルタ
高炉水砕インバフィルタ	プリコートフィルタ	トレイフィルタ
ドラムフィルタ	プレスロールフィルタ	D C フィルタ
デワキシング(脱ろう)フィルタ	クリケットフィルタ	セラミックフィルタ

② 遠心分離機

EW押出式遠心分離機	コニカル型遠心分離機	コニック型遠心分離機
吊下型遠心分離機	バードデカンタ	GMP対応遠心分離機(横型)

③ 乾燥機

スチームチューブドライヤ	ホッパードライヤ	インクラインドディスク型ドライヤ
流動層乾燥機	ろ過乾燥機	クリーンフラッシュ
外熱キルン		

④ 蒸留・晶析

キューニー型規則充填物(ロンパック)	蒸発缶	連続溶融精製装置
D P 型晶出機	掻取型晶出機	成長型(オスロ型)晶出機
間接冷却式晶出機		

⑤ 精製・クロマト分離

アイセップ (I S E P)	シーセップ (C S E P)	
-------------------	-------------------	--

⑥ FA機器

自動計量システム	ポリ袋挿入・シール機	自動開袋機
薬液自動充填装置	ドラム反転計量システム	減容装置
設備保全システム		

⑦ 貯槽

フローティングルーフトank	固定屋根式タンク	球形タンク
ドライシールガスホルダ	高圧サイロ	

⑧ 混合・成形

MTIユニバーサルミキサ	MTI 堅型高速ミキサ	MTI 横型ミキサ
SMCスーパーインブリ	真空・圧空成形機	

⑨ 振動機械

ボールトン振動研磨機	ボールトン振動ふるい	ボールトン振動ミル
------------	------------	-----------

■バイオ設備

バイオマスエタノール製造設備、メタンガス製造・貯蔵設備、消化ガス貯蔵設備

事業内容

●以下の各種機械・装置の計画、設計、製造、据付工事、修理、賃与、並びに保守管理(産業用機械、化学機械、動力機械、運搬機械／廃水・汚泥・排ガス用の処理装置／化学プラント／医薬製造装置、食品加工機械／廃棄物処理機械・装置／合成樹脂・石材の成形装置・加工機械／半導体製造装置、真空成膜装置、及び関連機器／その他各種機械・装置、及びそれらの関連機器・装置)

●工業溶炉・焼却炉・溶融炉の設計、設計、製造、建設、据付工事、修理、保守管理並びに廃棄物の処理事業

●土壌汚染・地盤環境の調査、診断、コンサルティング並びに土壌浄化の計画、設計、施工

●油槽・ガスホルダー・鉄構工作物の計画、設計、製造、建設、据付工事、並びに保守管理

●土木・建築・機械・電機・計装・配管等の各種設計・工事、並びに関連機器の保守管理、修理

●工業薬品、各種機械、装置の輸入販売、輸送、梱包、保管

●各種公害防止機械、各種産業用機械、化学機械に関する試験・研究、並びに科学研究分析

●人材派遣による廃棄物の処分、上下水の処理、及びそれらの設計、試験又は研究

●電子計算機のプログラムの設計、保守管理、並びにデータ通信事業及び関連機器の賃与

関連会社

月島テクノメンテサービス株式会社

上下水道処理設備の運転・保守管理並びに補修改善工事、工業薬品の販売、環境設備に関する機器・備品の販売

月島テクノマシナリー株式会社

産業用機器の製造請負、選別機・研磨機・ろ過機の設計製造、射出成形機・ガスインジェクション装置・研磨材の販売、電子ビーム溶接受託加工

月島テクノソリューション株式会社

各種実験・試験評価サービス、解析・技術コンサルティングサービス、検査サービス

月島環境エンジニアリング株式会社

環境改善および各種化学工業・一般産業装置・機器の設計、製造、販売

サンエコサーマル株式会社

産業廃棄物、一般廃棄物の中間処理業(焼却)

寒川ウォーターサービス株式会社

神奈川県企業庁よりPFI事業として発注された、寒川浄水場排水処理施設の整備、維持管理・運営、浄水発生土の有効利用

テーエスケープリント株式会社

図書、図面および一般文書の複写印書の製本装丁

月島不動産株式会社

不動産の売買、賃借、仲介、管理ならびに土地の造成分譲

編集後記

Editor's Note

吉越 昭雄 編集委員長

今回で初刊から数えて10回を迎えることが出来ました。
読者の皆様のご支援を感謝致します。
10号は、当社が得意とする、プロセス単位操作の中から、ガス分離、固液分離、クロマト分離の代表的な分離技術とその実例を紹介します。
当社は、単位操作において、お客様のニーズにあった機器の

改良、そして、新たな発想の装置やプロセスの提案を行ってまいります。今後も当社の技術者が、夢のある技術、現実性のあるテーマを持ち開発を進めて参ります。
引き続き、読者の皆様からのご意見並びにご支援をお願い致します。

TSK技報 NO.10 2008 年2回(4月・10月) 発刊

発行:月島機械株式会社 技報編集委員会
総責任者:西田 克範
編集委員長:吉越 昭雄
編集委員:高橋 正純 荒井 健
迎 崇博 佐藤 教子
佐藤 剛 加藤 善二
近藤 洋正 小野 基巳
千代島 有里 山口 彩子

38 TSK 技報 2008 no.10