

TSK 技報

2013
Spring

No. 17

月島機械株式会社

TSK 技報 no. 17 2013 Spring

TSK TECHNICAL REVIEW

TSK 月島機械株式会社
www.tsk-g.co.jp

論文

機内二液調質法による低動力型高効率
遠心脱水機の下水分化技術

納入実績紹介

大阪市舞洲スラッジセンター汚泥溶融炉機械電気設備

製品紹介

新型電動DCフィルタ

サイクロンミル実用化 粉碎技術

浮上型チェーンフライト式汚泥かき寄せ機の紹介

TSK 月島機械株式会社

目次

4	巻頭言 『社会的要請への貢献』 執行役員 水環境事業本部 ソリューション技術部担当 福沢義之
6	論文 機内二液調質法による低動力型高效率 遠心脱水機の下水汚泥低水分化技術 小川 重治
14	納入実績紹介 大阪市舞洲スラッジセンター汚泥溶融炉機械電気設備 遠藤 久・道明 雅史
18	製品紹介1 新型電動DCフィルタ 山根 陽一・青柳 宏紀
20	製品紹介2 サイクロンミル実用化 粉砕技術 森 博・安井 崇
24	製品紹介3 浮上型チェーンフライト式汚泥かき寄せ機の紹介 陳 貴吉
28	コーヒーブレイク“月島茶房” 醤油のはなし
38	会社概要・編集後記

TSK 技報

No.17 2013

CONTENTS

4	Foreword FUKUZAWA Yoshiyuki, EXECUTIVE OFFICER Environmental Business Division, Solution Technology Dept.
6	Paper <i>The Improvement of Dewatering Technology for Sewage Sludge Through the Use of Low-energy and High-performance Decanter Centrifuge Utilizing the New Two-flocculant Conditioning Method</i> OGAWA Shigeharu
14	Installation Result <i>Mechanical and Electrical Facilities for a Sludge Melting Plant at Maishima Sludge Center in Osaka City</i> ENDO Hisashi / DOUMYOU Masafumi
18	Product1 <i>New Electric-motor-driven DC Filter</i> YAMANE Yoichi / AOYAGI Hironori
20	Product2 <i>Realization of a Practical Cyclone Mill Pulverization Technology</i> MORI Hiroshi / YASUI Takashi
24	Product3 <i>Introduction of a floating flight sludge collector</i> CHIN Takayoshi
28	Coffee Break
38	Corporate Profile / Editor's Note

表紙の写真



1999年に世界遺産へ登録された日光二荒山神社・神橋の春の風景

『社会的要請への貢献』



福沢義之

執行役員
水環境事業本部
ソリューション技術部担当

当社の長年にわたる歴史の中で培われてきた一番の財産は、「市場との対話を通じて、そのニーズに応える技術を開発・商品化することで社会的要請に応え、築き上げてきた多くの顧客との信頼関係」であると考えている。そして、我々は今後もその社会的要請に応える新技術を開発し続けることにより、諸先輩方が築き上げてきた大切な財産を若い世代へと引き継いで行かなければならない責任がある。

近年の当社の経営は、水環境事業部門における業績で支えられてきたと言っても過言ではない。そのような意味においてもこの上下水道事業を中心とした水環境分野において、『社会的要請への貢献』を果たしていくことが当社の責務でもあると認識している。

そのような認識のもとで、近年の全世界レベルにおける社会的要請を改めて挙げるとすれば、「環境負荷低減型（自立可能型）社会の構築」ということになるであろう。

この社会的要請に添えていくためには、「エネルギー安定供給と地球温暖化防止」や「人口増加に伴う食料等消費需要の増大と環境負荷の抑制」といったトレードオフの関係にある2つ課題に関して、それに関わりのある利害関係者間の合意形成が可能な解決策を提示する必要がある。そして、このような課題の解決こそ、当社が伝統的に得意と

してきた【摺り合わせ型のエンジニアリング】を生かすことが出来る絶好のチャンスと捉えている。

ここで言う【摺り合わせ型のエンジニアリング】とは、「課題（ニーズ）の把握→解決策の仮説→仮説の実証→解決策の設計→提案」という一連の工程を少々泥臭いくらいに繰り返し行う事によって、客先との対話を積み重ね、最良の解決策を提案していくことを意味する。

当社が得意としてきたこのエンジニアリング手法は、豊富な単位操作機器のラインアップとそれらを組み合わせたプロセスの多くの知見を裏付けとして、技術開発などを含めたさまざまなプロジェクトの中で十分に機能しており、これが当社技術の最大の強みであると考えている。水環境分野においてこの強みを生かして開発された下水汚泥燃料化技術は、産業廃棄物である下水汚泥を固



形物燃料（有価物）として流通させる事業を念頭に開発されたものであり、汚泥排出先である下水道事業者と燃料ユーザである電力事業者の双方のニーズに応える「創エネ技術」として市場の注目を集め、着実に実績を伸ばしている。

このように環境的側面に注目が当たる一方で、社会的要請は当たり前のことではあるが、あくまでも経済的価値との両立を求めている。このような現状認識のもとで、当社が今後も『社会的要請への貢献』を果たしていくためには、今までよりも更に「経済的価値」の創造に重点をおいた技術開発を進めることが重要であると考えている。具体的アクションとして、今期から始まる新中期経営計画の重点施策として、単位操作機械のコストダウンとエンジニアリングの効率化による生産性の向上を実行することを挙げて推進していく。

最後に、我々の世代が月島機械のこれからの新しい100年の歴史を築き上げていくためには、当社の技術者一人一人が市場との対話を通じたニーズの把握に努め、当社の強みを十分に理解し、社会的要請に応えることができる技術を提案するエンジニアリング力を身につけていく必要がある。そのような技術者集団を必ず作り上げていくんだという気概と情熱をもって今後も取り組んでいきたい。

機内二液調質法による低動力型高効率遠心脱水機の下汚泥低水分化技術

The Improvement of Dewatering Technology for Sewage Sludge Through the Use of Low-energy and High-performance Decanter Centrifuge Utilizing the New Two-flocculant Conditioning Method



小川 重治
OGAWA Shigeharu
水環境事業本部
ソリューション技術部
下水グループ

Abstract

As a new technology for dewatering sewage sludge, we applied the new two-flocculant conditioning method in our low-energy and high-performance decanter centrifuge and put it into practical use. The new two-flocculant conditioning method is technique in which poly-ferric sulfate solution is added, inside the decanter centrifuge, to the primary dewatered sludge (sludge cake with a water content of approximately 90%), which is conditioned with a polymer flocculant. The water content-reducing efficiency of the sludge cake is substantial. Approximately a 20% reduction in sludge volume is possible, compared with only polymer conditioning, with the water content of the cake decreasing by 6 to 7 points. The reduction of the running cost of outside disposal is estimated to be about 10%.

This paper thus reports the details of the research and development toward practical use, the introduction of the application examples of the two-flocculant conditioning method, a study of the influence on the subsequent equipment, and the result of the running cost estimation.

下水汚泥脱水の新たな低水分化技術として、低動力型高効率遠心脱水機に機内二液調質法を適用し実用化した。機内二液調質法とは、高分子凝集剤で調質した初期脱水汚泥(脱水ケーキ水分約90%)にポリ硫酸第二鉄を脱水機の機内で添加するものである。脱水ケーキ水分の低減効果は高く、高分子凝集剤一液調質に対し6～7ポイントの脱水ケーキ水分が低減し、約20%の脱水ケーキの減容化が可能である。場外処分の場合、10%程度のランニングコストの削減が見込まれる。

本報では、実用化に至る開発実験の内容、機内二液調質法の適用事例の紹介、後段設備に対する影響検討及びランニングコスト試算結果について報告する。

キーワード：下水汚泥、遠心脱水、機内、ポリ硫酸第二鉄
Keyword : Sewage sludge, centrifuge dewatering, inside decanter, poly-ferric sulfate

1 はじめに

下水処理場に集められた下水は、水処理設備で浄化され河川や海に放流される。水処理の過程で発生する残渣が下水汚泥である。下水汚泥は、汚泥処理設備で減容化処理(脱水や焼却)した後、場外処分される。その処分方法は様々で、単純に埋め立て処分されるだけでなく、建築資材やセメント原料の一部として有効利用されている。近年はバイオマス燃料として汚泥を炭化処理し、火力発電所の燃料の一部として有効利用されている。

汚泥処理の基本は減容化、すなわち「いかに汚泥中から水分を除去するか」である。本書は、遠心脱水機の新しいモデルである低動力型高効率遠心脱水機に機内二液調質法を適用し、脱水ケーキの低水分化について実用化研究を実施した結果を報告するものである。

なお、本技術は2011～2012年度に地方共同法人日本下水道事業団と共同研究を行い、その技術内容と性能を認められたものである。

2 背景

図1に一般的な下水処理フローを示す。水処理設備で発生した汚泥は汚泥処理設備に送られ、「濃縮」、「脱水」と徐々に汚泥を減容化する。この後の工程は、処理場の規模によって異なり、大規模処理場では焼却、中小規模処理場では脱水汚泥を場外処分している。現在、国内で稼働中の処理場数は、約2,000箇所とその内汚泥脱水を行っている処理場は約1,600箇所(80%)である¹⁾。

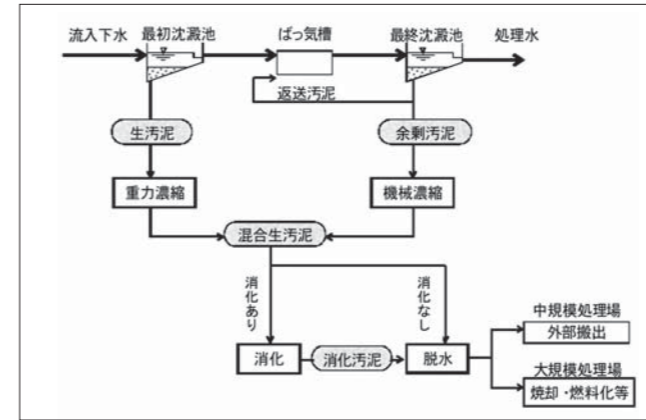


図1 下水処理フロー
Fig.1 Flow diagram of sewage treatment system

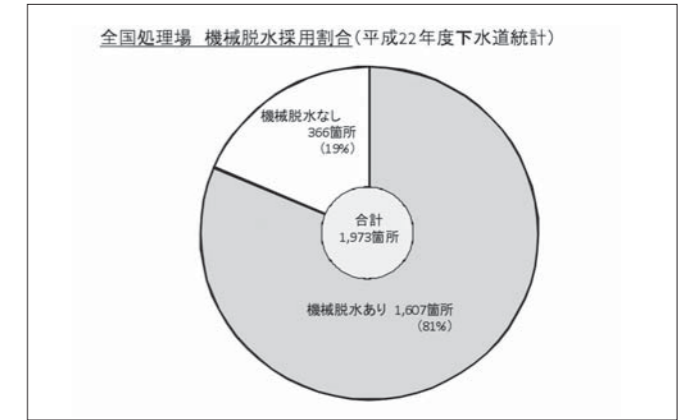


図2 国内における機械脱水の採用割合¹⁾
Fig.2 The ratio of introducing mechanical dewatering on sewage treatment plants in Japan

表1 汚泥脱水機の種類
Table1 Mechanical dewatering machine for sewage sludge

	構造概要	長所	短所
ベルトプレス脱水機	二枚の樹脂製のろ布(ベルト)で汚泥を挟み、複数のローラの間を通過させて脱水する	・低動力 ・開放型のため、脱水過程が目視確認できるので調整がしやすい	・ろ布は常時洗浄が必要のため用役水の使用量が多い ・開放型のため臭気対策が必要
金属ろ材系脱水機(スクリープレスなど)	スクリー等で汚泥をプレスし、パンチングメタル(無数の細孔を開けた薄板)を介して脱水する	・低動力 ・密閉構造で臭気が出にくい	・消化汚泥など難脱水性汚泥に不向き
遠心脱水機	高速(2,000G程度)で回転するボウルに汚泥を供給して脱水する	・大容量処理 ・密閉構造で臭気が出にくい ・汚泥性状の変動に対する適応性が高い	・動力が大きい

表2 下水汚泥の種類
Table2 Kinds of Sewage sludge

汚泥種類	脱水における一般的な特徴
混合生汚泥	生汚泥と余剰汚泥を混合したもの。一般的に生汚泥は、繊維分や砂分を多く含む余剰汚泥と比較して脱水性が高いため、生汚泥の混合比率が高いほど脱水性が高い傾向にある
消化汚泥	混合生汚泥を嫌気発酵させたもの。発酵の過程で汚泥粒子の微細化、繊維分の分解、アルカリ度の上昇が起こるため、混合生汚泥と比較して難脱水性である

3 下水汚泥の脱水

下水汚泥の脱水には様々な方式があり、汚泥の種類や処理場規模に応じ複数の脱水機種が稼働している。主な脱水機種を表1に示す。遠心脱水機は、大容量処理、難脱水性汚泥に適した脱水方式である。

汚泥の種類は混合生汚泥と消化汚泥に大きく大別される。混合生汚泥とは、水処理で発生したままの汚泥で、最初沈殿池で分離した生汚泥(下水中の浮遊固形物主体の汚泥)と最終沈殿池で分離した余剰汚泥(微生物主体の汚泥)を混合したものを指す。消化汚泥とは混合生汚泥を消化槽で消化した汚泥を指す。汚泥の消化とは、汚泥を消化槽で加温しながら攪拌し、半月から1ヶ月程度滞留させて消化菌の作用で消化ガス(メタンガス)を発生させるプロセスである。消化ガスは、消化槽の加温やガス発電機の燃料として有効利用される。

4 低動力型高効率遠心脱水機について

遠心脱水機は、遠心力で汚泥を固形分と水分に分離する機械である。国内の下水汚泥脱水市場では、1990年代初めに高効率型が登場し、省スペース、密閉構造による防臭性の高さ、完全自動運転の取り扱い性の良さなどから、それまでのベルトプレス型脱水機から遠心型に移行し採用は増加した。低動力型高効率遠心脱水機は、従来の高効率遠心脱水機よりも消費動力を20%以上削減したモデルである。

図3に低動力型高効率遠心脱水機の構成を示す。回転体(ボウル、スクリーコンベヤ)、主電動機、差速電動機、減速機で構成する。主電動機で回転体を高速(2,300G)で回転させ、分離した水分(分離液)は分離液排出側よりオーバーフローし、分離した固形分(脱水ケーキ)はスクリーコンベヤで搬送されて機外へ排出される。ボウルとス

クリューコンベヤが同回転数では脱水ケーキはボウルと共回り状態となって排出できないため、差速用電動機と減速機でボウルとスクリーコンベヤの回転差を 5min^{-1} 前後にしている。このとき、差速用電動機は発電機として作動し、制動回生により運動エネルギーを電気エネルギーに変換している。

下水汚泥の脱水は薬剤による調質が必要で高分子凝集剤溶解液（一般的に溶解濃度0.2%）を添加し、汚泥中の固形分をフロック化して予め水分と分離させている。（汚泥の凝集についてはTSK技報第16号²⁾を参照されたい）高分子凝集剤の添加率は汚泥と高分子凝集剤の固形分比で表され、添加率は汚泥により様々で0.2～2%と幅広い。

回転体の断面構造は図4に示すとおりで、脱水機へ供給された汚泥は重力の2,300倍の遠心力を受けて固形分と水分が分離する。分離した水分（分離液）は分離液排出口よりオーバーフローし、分離した固形分（脱水ケーキ）は、遠心力とスクリーコンベヤ搬送力とパッフルコーンによる搬送量制限によって圧密と圧搾力を汚泥に与えて脱水が進行する。

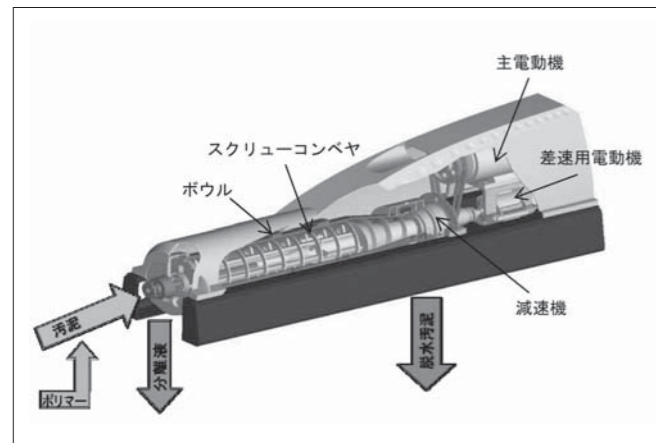


図3 低動力型高効率遠心脱水機の構成
Fig.3 The structure of low energy and high performance decanter centrifuge

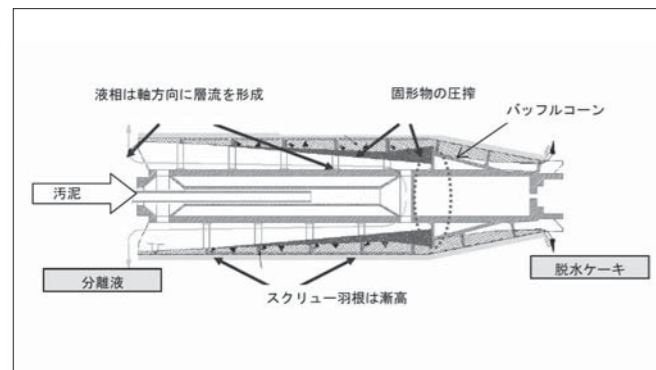


図4 回転体の断面構造図
Fig.4 Cross section of rotating assembly

5 機内二液調質法について

機内二液調質法とは、高分子凝集剤とポリ硫酸第二鉄の2種類の凝集剤を用いて脱水する方法である。表3にポリ硫酸第二鉄の成分を示す。この2種類の凝集剤を用いた脱水法は従来から行われているが、従来法はポリ硫酸第二鉄を脱水機供給前（機外）の汚泥配管中に添加していた。機内二液調質法は、図5の通りポリ硫酸第二鉄を機内で添加しているので“機内”と称して区別している。

ポリ硫酸第二鉄を機内で添加する位置は、高分子凝集剤一液で調質した水分90%程度の初期脱水汚泥付近である。脱水ケーキ水分は高分子凝集剤一液の脱水ケーキ水分に対し、機内二液調質により6～7ポイントの水分低減が可能である。この水分低減効果は図6に示すとおりで、ケーキ水分80%の脱水ケーキ1tonが74%になると、その量は0.77tonとなり、23%の減容化を図ることができる。

図7に高分子凝集剤一液脱水と機内二液調質脱水それぞれの脱水ケーキの外観写真を示す。一液脱水が塊状であるのに対し、二液脱水の方はサラサラとした砂粒状を呈し、脱水ケーキの形状に相違がみられる。

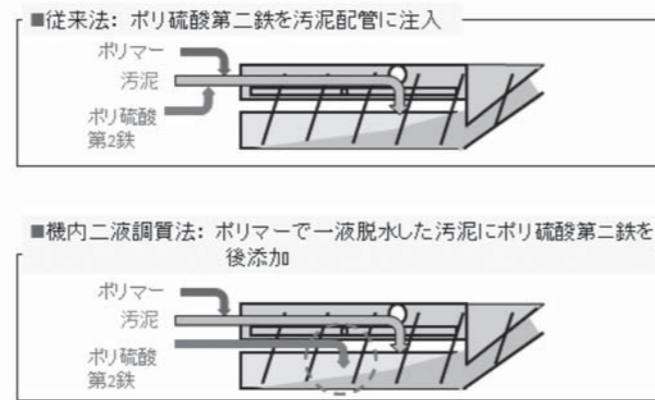


図5 二液調質法の比較（従来法と機内二液調質法）
Fig.5 The comparison of two-flocculant conditioning method (conventional method and new method)

表3 ポリ硫酸第二鉄の成分表³⁾
Table3 Properties of poly-ferric sulfate solution

外観	赤褐色の液体
比重 (20℃)	1.45～1.49
粘度 (20℃)	10～30cps
pH	2 以上
全鉄 (T-Fe)	11%以上
第一鉄 (Fe(II))	0.07%以下
硫酸イオン (SO ₄ ²⁻)	24～29%
塩素イオン (Cl ⁻)	0.05%以下
一般式	[Fe ₂ (OH) _n (SO ₄) _{3-n/2}] _m

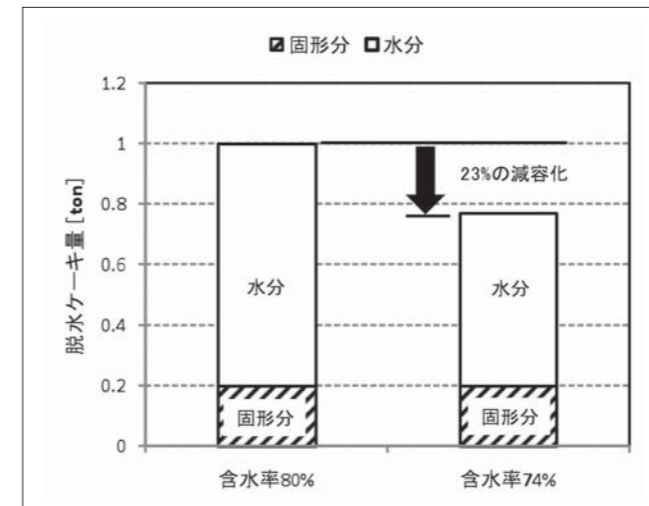


図6 脱水ケーキ水分低減による減容効果
Fig.6 Reduction in sludge volume



図7 脱水ケーキの外観比較
Fig.7 Comparison of cake in appearance (Polymer flocculant conditioning vs Two-flocculant conditioning)

6 機内二液調質法の含水率低減のメカニズム

機内二液調質法による脱水ケーキ水分低減のメカニズムは次の様に推察される。

まず、高分子凝集剤の添加によりフロックが形成される。これは、高分子凝集剤による荷電中和と架橋作用によるもので、脱水前の汚泥は濃度数%の汚泥粒子の懸濁液（消化汚泥は墨汁のようなイメージである）で、汚泥粒子が10mm前後のフロックを形成する。これにポリ硫酸第二鉄を添加し攪拌したものが、図8の右の写真である。数mmの細かいごま粒状のフロックに変化した。これは無機系凝集剤の凝結作用によるもので、高分子凝集剤で形成したフロック中の汚泥粒子を荷電中和し、汚泥粒子が再凝集したものと考えられる。その際に汚泥粒子間の間隙水が放出され、脱水ケーキの低水分化につながるものとする。

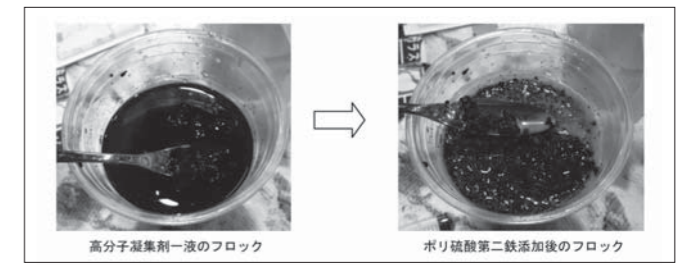


図8 一液と二液のフロック形成の違い
Fig.8 The difference of floc formation between using polymer flocculant and adding poly-ferric sulfate solution

7 実用化研究の結果

7.1 ビーカー試験の結果

機内二液法による低含水率化の効果を卓上遠心分離器を用いて検証した。①高分子凝集剤とポリ硫酸第二鉄を同時に加えたもの（従来法）、高分子凝集剤一液で調質した初期脱水汚泥（水分90%程度）にポリ硫酸第二鉄を添加し②攪拌しないもの、③攪拌したもの、それぞれ5分間遠心分離した結果を図9に示す。最も水分が低下したのは、ポリ硫酸第二鉄を後から添加し攪拌したもので、実機へ展開するに当たり機内での攪拌混合の必要性を示唆する結果を得た。

図10は、ポリ硫酸第二鉄を後から添加する二液調質法と高分子凝集剤のみの一液調質の遠心分離後の状態を比較したものである。分離液層とケーキ層の高さが明らかに異なり、二液調質による脱水効果の高さが理解できる。

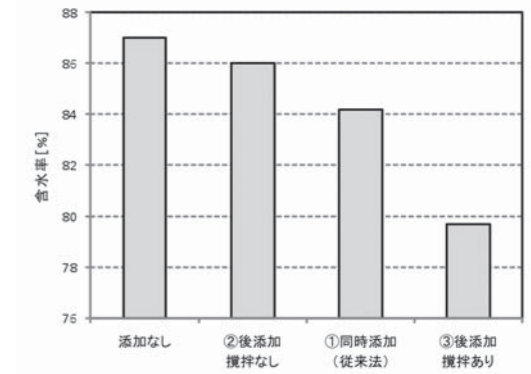


図9 ビーカー試験による二液法の比較
Fig.9 The results of spin tube test using two-flocculant conditioning method

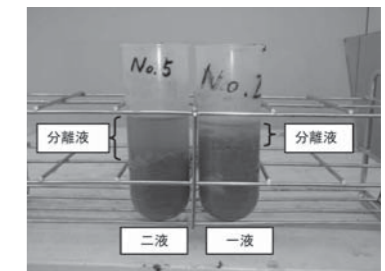


図10 一液と二液の脱水性の差異
Fig.10 The difference of dewatering performance between using polymer flocculant and two-flocculant conditioning by spin tube test

7.2 実機試験の結果：ポリ硫酸第二鉄の添加位置の検討

デモ実験機用に機内二液調質用スクリーコンベヤ(図12)を製作し実験に使用した。

スクリーコンベヤハブに沿ってポリ硫酸第二鉄の供給管を取り付けた。ポリ硫酸第二鉄を任意の位置で添加できるように供給管には複数箇所に添加口を設け、未使用箇所はプラグ止めとした。



図11 デモ実験機の外観
Fig.11 Demonstrating unit

表4 デモ実験機の仕様
Table4 Specification of demonstrating unit

型式	D3LL 型
標準処理量	10 m ³ /h (混合汚泥)
電動機	メインモーター : 30 kW 差速モーター : 11 kW
寸法	3,400 L × 1,000 W × 1,500 H
質量	約 2.0 ton

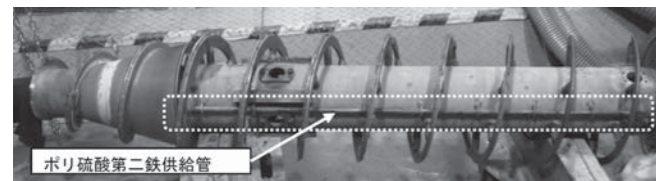


図12 機内二液調質用スクリーコンベヤ(実験機)
Fig.12 Screw conveyor for two-flocculant conditioning

①パッフルコーン近傍

ピーカー実験の結果からポリ硫酸第二鉄添加後は攪拌混合が必要であることがわかった。機内で攪拌混合の効果を得るには、パッフルコーンの近傍で添加するのが良いと考えた。パッフルコーンとは図4に示す円錐状のスクリーコンベヤハブであり、ボウル直胴部からボウル円錐部に切り替わるところで汚泥の搬送量を制限し、汚泥を滞留させることにより“脱水時間の増大”、“汚泥の圧密・圧搾”を汚泥に与え脱水ケーキ水分を低減するためのものである。

実験の結果は予想に反するもので、パッフルコーン近傍ではケーキ水分の低減効果を得られなかった。この場所は、ポリ硫酸第二鉄を攪拌混合するほどの汚泥の動きはないものと判断した。

②フィードポート近傍

添加位置をフィードポート近傍に変え、更に滞留時間を稼ぐために処理量を定格の半分程度まで下げた。その結果、脱水汚泥に変化が見られた。ケーキの形状が一液薬注の様な塊状ではなく、砂粒状のケーキに変化し、脱水ケーキ水分が低下した。パッフルコーン近傍よりもポリ硫酸第二鉄が上手く汚泥に混合したものと考えられる。ただし、脱水ケーキ水分は所定の性能(日本下水道事業団標準性能)を満足するものではなかった。

③フィードポートより分離液側

上記②よりも汚泥とポリ硫酸第二鉄との混合効果と混合時間を確保するため、フィードポートより分離液側でポリ硫酸第二鉄を添加し、その効果を確認した。結果は図14に示すとおりで、フィードポート近傍よりも分離液出口側の方が脱水ケーキ水分は2~4ポイント低く、SS回収率も良好であった。

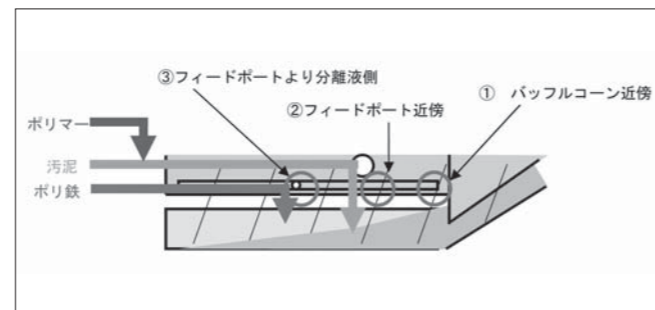


図13 ポリ硫酸第二鉄添加位置の検討
Fig.13 Study of injection point of poly-ferric sulfate solution

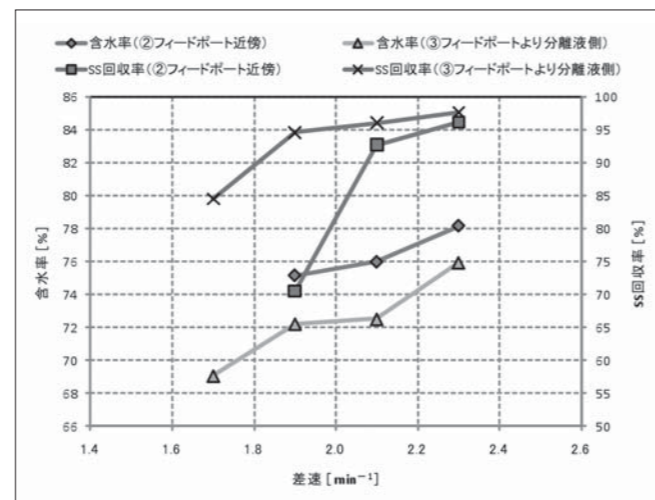


図14 ポリ硫酸第二鉄の添加位置と脱水性能
Fig.14 The effect of injection points on dewatering performance

この遠心脱水機は図15に示すように現地分解が可能であるため、ポリ硫酸第二鉄の添加位置の変更を現地で行うことができ、効率よく開発実験を進めることができた。このように、現地分解が可能であることから、回転体ごとメーカー工場へ持ち帰る必要が無く、実設備においてはスクリーコンベヤのオーバーホールの際の停止期間を10日程度に短縮できる。従来は、回転体ごとメーカー工場に持ち帰り1~2ヶ月程度の期間を必要としていたが、本機は付属の予備コンベヤと現地交換できるため、短期間での脱水運転の再開が可能となった。



図15 現地分解の様子
Fig.15 The situation of disassembling decanter on site

8 脱水実験の結果

機内二液調質による脱水ケーキ水分の低減効果を複数の処理場で確認するため、前述のデモ機を仮設し脱水実験を行った。

8.1 消化汚泥に対する機内二液調質法の効果

A, B, C, D処理場の消化汚泥を対象に実施した脱水実験の結果を図16に、汚泥性状分析結果を表5にまとめて示す。何れの汚泥もポリ硫酸第二鉄の薬注率を増加するに従い、脱水ケーキ含水率が低下する傾向を示した。一液脱水では80%前後であった脱水ケーキ水分が、ポリ硫酸第二鉄の機内二液調質により、ケーキ水分は70%前半まで低下した。

ポリ硫酸第二鉄の添加率と脱水性能は比例するものではなく、D処理場の結果のようにポリ硫酸第二鉄の最適添加率が存在し、最適点を越える過剰添加は、脱水ケーキ水分の上昇、SS回収率の低下が起きた。これは、ポリ硫酸第二鉄の過剰添加による汚泥粒子の分散現象によるものと考えられる。

表5 消化汚泥の性状分析結果
Table5 Properties of anaerobic digestion sludge

	A 処理場	B 処理場	C 処理場	D 処理場
TS [mg/L]	13,480	17,450	16,150	19,600
pH [-]	7.32	7.14	7.85	7.31
M-アルカリ度 [CaCO ₃ mg/L]	3,210	2,920	2,380	3,690
アニオン度 [meq/g-TS]	0.61	0.58	0.52	0.60
Ig. loss [dry%]	65.07	75.76	62.87	74.02
繊維状物 100Me' [dry%-SS]	7.22	10.21	6.05	9.55
砂分 100Me' [dry%-SS]	3.23	1.53	1.84	1.71

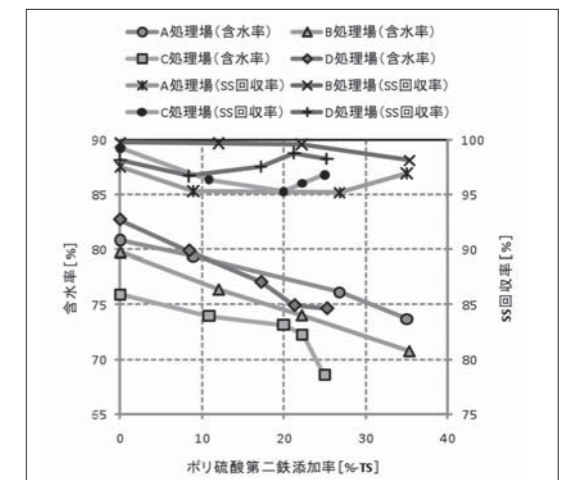


図16 機内二液調質法実験結果(消化汚泥)
Fig.16 Test results of two-flocculant conditioning method (anaerobic digestion sludge)

8.2 混合生汚泥に対する機内二液調質法の効果

E, F処理場の混合生汚泥を対象に実施した脱水実験の結果を図17に、汚泥性状分析結果を表6に示す。何れの処理場の汚泥もポリ硫酸第二鉄の薬注率を増加させると脱水ケーキ含水率が低下し、消化汚泥と同様の傾向を示した。混合生汚泥の方がケーキ水分低下に要するポリ硫酸第二鉄の添加率が低いのは、消化汚泥のpHがアルカリ性を呈しているためで、添加したポリ硫酸第二鉄の一部が中和反応で消費されているためと考えられる。

表6 混合汚泥の性状分析結果
Table6 Properties of mixed raw sludge

	E 処理場	F 処理場
TS [mg/L]	34,430	25,610
pH [-]	5.06	6.13
M-アルカリ度 [CaCO ₃ mg/L]	270	930
アニオン度 [meq/g-TS]	0.22	0.45
Ig. loss [dry%]	89.45	77.70
繊維状物 100Me' [dry%-SS]	42.86	24.35
砂分 100Me' [dry%-SS]	1.28	1.15

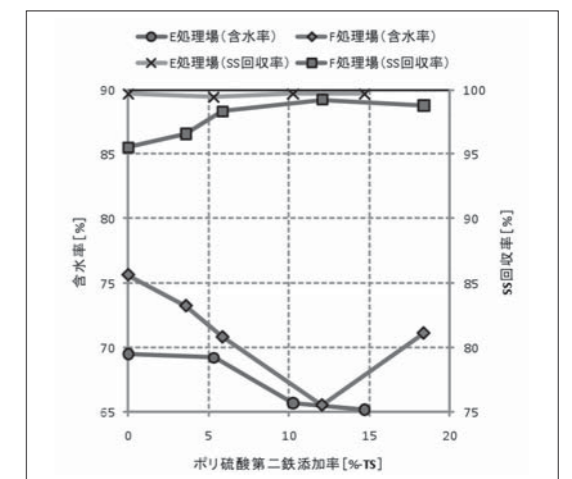


図17 機内二液調質法実験結果(混合生汚泥)
Fig.17 Test results of two-flocculant conditioning method (mixed raw sludge)

9 後段設備への影響

9.1 ケーキ貯留設備への影響

図7に示すとおり、機内二液調質法の脱水汚泥は砂粒状を呈している。一般的に貯留容量10m³のカットゲート式のホッパが用いられており、ケーキ形状の変化が貯留容量に影響無いかケーキの安息角とかさ比重を調べた。結果は表7の通りで、一液ケーキとの間に大きな差は認められず、特に設計上考慮する必要のないことが判明した。

表7 安息角とかさ比重の比較
Table7 Angle of repose and Bulk density
(Polymer flocculant conditioning vs Two-flocculant conditioning)

項目	消化汚泥(B処理場)				混合汚泥(E処理場)			
	一液		機内二液		一液		機内二液	
	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季
安息角 [°]	38	38	40	38	39	41	42	41
かさ比重 [g/mL]	0.49	0.58	0.45	0.47	—	0.40	0.39	0.44
ケーキ含水率 [%]	79.4	80.5	71.3	72.5	73.6	69.1	70.0	65.2

9.2 焼却設備への影響

焼却設備への影響を検討するため、脱水ケーキの発熱量、可燃組成、鉄分の分析を行った。表8に分析結果を示す。

- ・ポリ硫酸第二鉄の添加により、硫黄濃度が消化汚泥では約3倍、混合汚泥では約2倍となった。硫黄分の増加により、焼却した際のSO_x量が増加する可能性がある。
- ・灰分や可燃組成に大きな差は見られなかった。

表8 脱水ケーキの発熱量、可燃組成、鉄分の比較
Table8 Lower calorific value, composition of combustibles, iron content
(Polymer flocculant conditioning vs Two-flocculant conditioning)

項目	消化汚泥(B処理場)			
	一液ケーキ		機内二液ケーキ	
	冬季	夏季	冬季 (ポリ鉄 30%)	夏季 (ポリ鉄 35%)
含水率 [%]	79.0	80.6	71.7	70.0
低位発熱量 [J/g-dry] (乾重量当たり)	17,900	15,700	15,400	14,100
低位発熱量 [J/g-wet] (湿重量当たり)	3,686	3,041	4,238	4,226
灰分 [dry%]	20.83	25.84	20.94	28.51
C [dry%]	42.3	37.6	36.0	32.9
H [dry%]	6.10	6.02	5.58	5.54
N [dry%]	6.22	5.71	5.85	5.17
S [dry%]	1.10	1.35	3.11	3.85
O [dry%]	23.50	23.48	28.50	24.03
鉄分 [mg/kg-wet]	5,090	5,230	13,900	19,180

9.3 乾燥特性

機内二液調質の脱水汚泥は砂粒状であるため、一液調質の脱水ケーキに比べ比表面積が大きく乾燥に適しているものと考えられた。そこで、赤外線水分計を用いて乾燥時間の比較を行った。

完全乾燥(含水率0%)までに要する時間は、機内二液ケーキが最も短く、一液ケーキと比較して約半分の乾燥時間であった。機内二液ケーキは一液ケーキと比較して、粒径が小さいため比表面積が大きく、ケーキ内部に存在している水分が外部へ蒸発しやすいためと考えられる。

ケーキ移送ポンプにより混練を行った機内二液ケーキは、完全乾燥までに最も時間を要した。混練を行ったことでケーキの塊が大きくなり、ケーキ内部に内包している水分が蒸発しにくくなったためと考えられる。乾燥設備が後段にある場合には、混練を行わずに搬送した方が機内二液調質ケーキの形状のメリットが生かされ、乾燥の効率は高くなると考えられる。

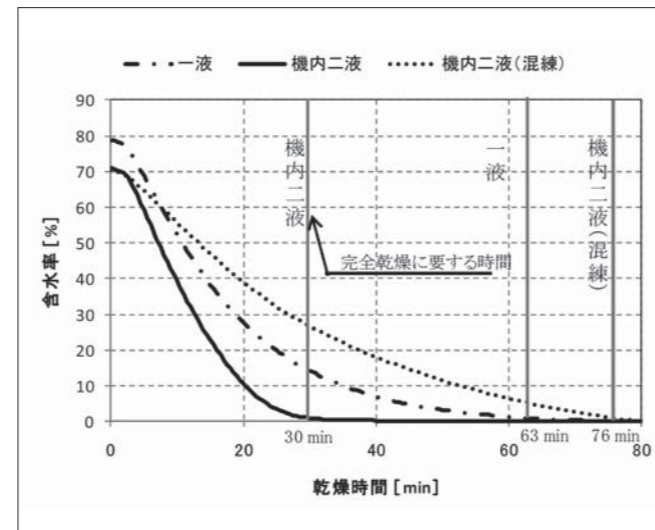


図18 一液ケーキと二液ケーキの乾燥特性の違い
Fig.18 Difference of drying time
(Polymer flocculant conditioning vs Two-flocculant conditioning)

10 ランニングコストの比較

B処理場(消化汚泥)及びE処理場(混合汚泥)の一液脱水と機内二液脱水の結果を基に、計画1日最大汚水量50,000m³/日規模(場外処分)と150,000m³/日規模(焼却処分)を想定し、ランニングコストを試算して機内二液調質のコスト優位性を確認した。

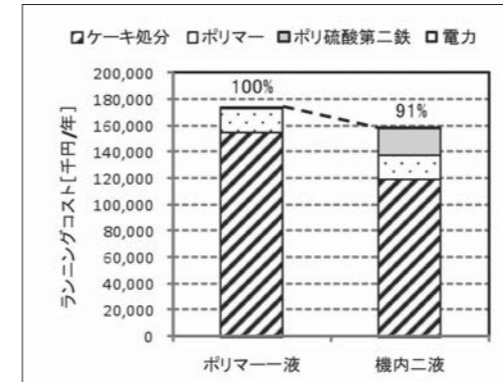
10.1 場外処分の場合

図19に場外処分の場合のランニングコストの試算結果を示す。機内二液薬注は、一液薬注と比較して消化汚泥で9%、混合汚泥で10%のランニングコスト削減となった。機内二液薬注では、汚泥処分費の削減量が薬品費の増加量を上回るため、ランニングコストは削減となった。

10.2 焼却処分の場合

図20に焼却処分の場合のランニングコストの試算結果を示す。機内二液薬注は一液薬注と比較して、消化汚泥で24%、混合汚泥で

消化汚泥(場外処分)



混合汚泥(場外処分)

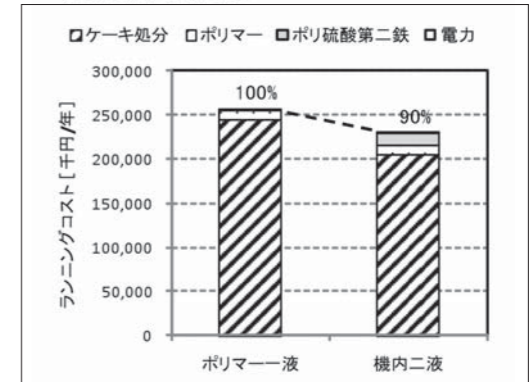
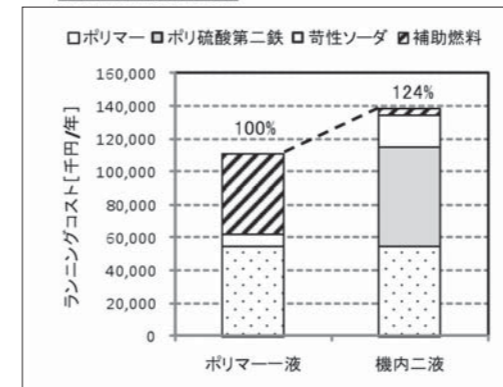


図19 ランニングコストの比較(処理場規模50,000m³/日、場外処分)
Fig.19 Comparison of running cost (Plant scale 50,000m³/day, outside disposal)
(Polymer flocculant conditioning vs two-flocculant conditioning)

消化汚泥(焼却処分)



混合汚泥(焼却処分)

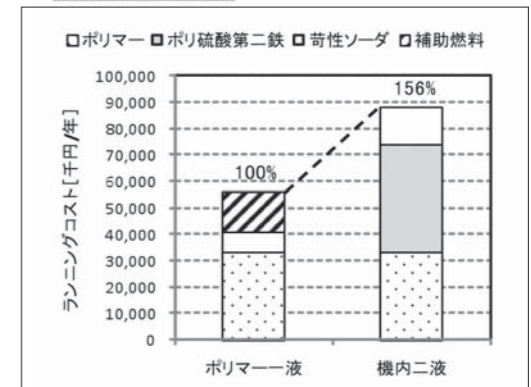


図20 ランニングコストの比較(処理場規模150,000m³/日、焼却処分)
Fig.20 Comparison of running cost (Plant scale 150,000m³/day, incineration disposal on same site)
(Polymer flocculant conditioning vs two-flocculant conditioning)

56%、ランニングコストが増加する結果となった。二液薬注では、汚泥含水率の低下により補助燃料費は安価になるが、ポリ硫酸第二鉄、苛性ソーダの使用により薬品費が上昇するため、ランニングコスト全体では増加となる。

11 おわりに

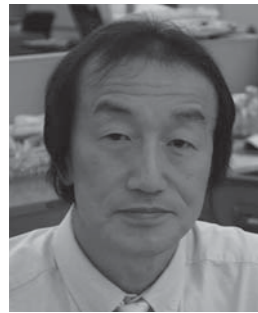
遠心脱水機の新たな低水分化技術である機内二液調質法について実用化研究を行い、その成果を報告した。脱水機内の初期脱水汚泥にポリ硫酸第二鉄を機内で添加する方法は、従来の高分子凝集剤のみを使用した脱水に比べ、6~7ポイントもの脱水ケーキの大幅な水分低減を可能とし、脱水ケーキの容積は約20%減少する。特に、脱水ケーキを場外処分している場合は、維持管理費の削減につながる有効な手段であると考えられる。この技術を広く紹介し、お客様の一助となれば幸いである。

参考文献

- 1) 社団法人日本下水道協会 平成22年度版 下水道統計 第67号
- 2) TSK技報 2012 No.16 “下水汚泥処理における凝集剤の役割について”
- 3) 日鉄鉱業株式会社：ポリテツカタログ

大阪市舞洲スラッジセンター 汚泥溶融炉機械電気設備

Mechanical and Electrical Facilities for a Sludge Melting Plant at Maishima Sludge Center in Osaka City



遠藤 久
ENDO Hisashi
水環境事業本部
海外水インフラ室



道明 雅史
DOUMYOU Masafumi
水環境事業本部
ソリューション技術部
熱技術第1グループ

Abstract

Tsukishima Kikai (TSK), NGK Insulators, Ltd. (“NGK”, presently METAWATER), and TOSHIBA CORPORATION (TSB), in a joint venture, received orders to construct five lines of 33 tons-ds/day (150 tons-wet/day) for a sludge melting plant at Maishima Sludge Center, located at Maishima Island in Osaka City, for treating sewage sludge collected from all Osaka City sewage treatment plants.

At the end of 1999, the Japan Sewage Works Agency opened the bidding for the design-build (DB) project regarding the above sludge melting plant, and this joint venture of TSK, NGK and TSB received first prize in the design competition.

Finally, in March 2010, the construction and commissioning of the final fifth line was completed, and presently, the plant has been operating under the Osaka City government.

月島機械 (TSK)、日本碍子 (NGK、現メタウォーター)、および東芝 (TSB) からなる特定建設共同企業体 (JV) は、日本下水道事業団から合計5系列の33ton-ds/日 (150tons-wet/日) 汚泥溶融設備を受注した。プラントは、大阪市舞洲に建設され、大阪市のすべての下水処理場の汚泥を集約して処理するものである。

1999年末に日本下水道事業団はこのプラントのデザインビルド(DB)方式の公募を行った結果、TSK、NGK、TSB、JVの方式が採択された。

最終的に2010年3月、最後の5系列目の建設と試運転を完了し、現在プラントは大阪市の管理の下で稼働している。

キーワード：舞洲、溶融設備、下水汚泥、水砕スラグ、日本下水道事業団、大阪市
Keyword : Maishima, melting plant, sewage sludge, granulated slag, Japan Sewage Works Agency, Osaka City

1 はじめに

舞洲スラッジセンターは、大阪湾の埋立地のひとつである舞洲に建設された大阪市の汚泥集中処理場であり、市内9カ所の処理場で発生した汚泥をパイプラインで送り、舞洲スラッジセンター内で脱水した後、溶融処理して水砕スラグとして有効利用するための施設である。

初報でも紹介したが、建物はオーストリアのフンデルトバッサー氏の斬新なデザインにより、建設は大林組・奥村組・西松建設JVが行った。機械設備は、遠心脱水設備および脱臭設備を(株)クボタ、脱水排水処理設備(脱水ろ液から窒素を除去し、排水を此花処理場に返流するための施設)を三菱化工機・日揮JV、建築機械を新菱冷熱工業(株)が施工した。そして溶融機械、電気設備を月島機械・日本碍子(現メタウォーター)・東芝JVが施工した。溶融以外の電気設備は、(株)明電舎、(株)日立製作所、(株)きんでんにて施工しており、文字通り国内の有数メーカーが共同で建設した。

溶融処理能力は、33ton-ds/日(150ton-wet/日)が5系列あり、合計165ton-ds/日(750ton-wet/日)を有する日本最大級の設備である。

溶融設備は日本下水道事業団(JS)からDB方式の公募があり、月島機械・日本碍子(現メタウォーター)・東芝JVの提案が採用され、建設したものである。設備は次のように段階的に建設された。

その1工事 平成12年5月～平成16年3月3系列分を建設
その2工事 平成15年12月～平成19年3月1系列分を建設
その3,4工事 平成19年12月～平成22年3月1系列分を建設
合計5系列を建設完了

2 設備概要

2.1 設備能力

対象汚泥 : 消化汚泥(水分75～80%、代表水分78%)
設備処理量 : 33ton-ds/日×5系列=165ton-ds/日
(150ton-wet/日×5系列=750ton-wet/日)
稼働日数 : センターの溶融稼働率は365日/年、
各炉は315日/年
排ガス規制抜粋 : 窒素酸化物 80ppm(O₂=0%)
硫黄酸化物 30ppm(O₂=12%)
ばいじん 0.01 g/m³N(O₂=12%)

2.2 設備

溶融炉設備1系列分のフローを図1に示す。乾燥設備、溶融設備、熱回収設備、排ガス処理設備、スクラバ排水処理設備、ダスト処理設備およびスラグ搬送設備から成り、その詳細は初報に掲載したので今回は割愛する。

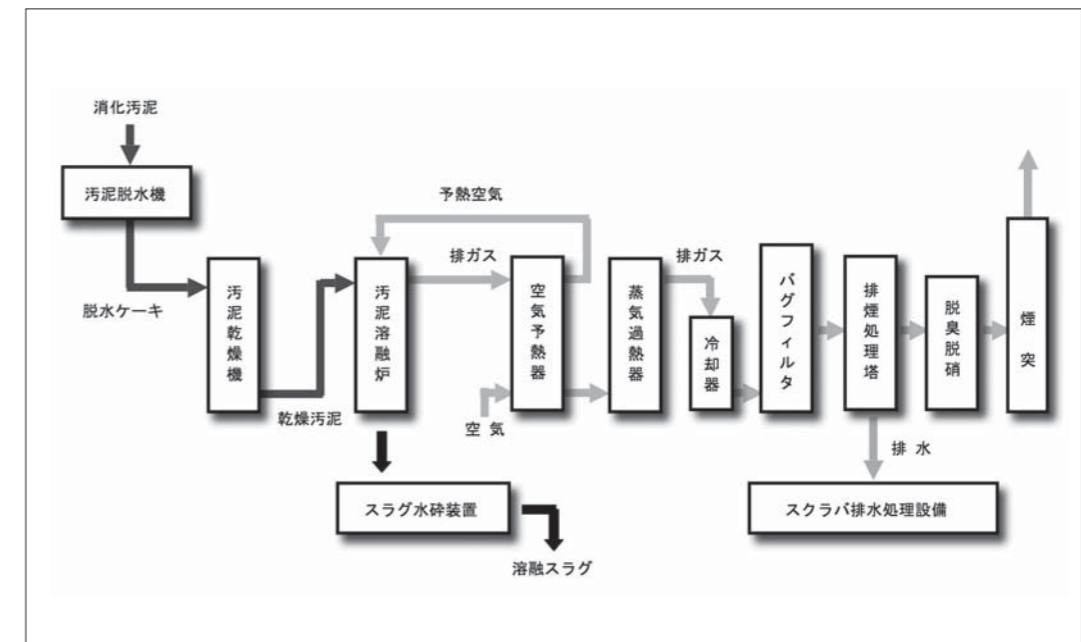


図1 舞洲スラッジセンター汚泥溶融設備フローシート
Fig.1 Schematic Process Flow of Melting Plant

2.3 採用した新しい技術

(1) 乾燥機

- ・溶融炉は旋回溶融炉を採用しており、汚泥を微粉碎しノズルから吹き出して燃焼、溶融するため汚泥は絶乾状態（設計水分10%以下）まで乾燥する必要があった。このため、絶乾まで乾燥し、かつ溶融廃熱を効果的に利用できる機種として多段乾燥機を採用した。概略構造を図2に示す。
- ・乾燥機は9段の棚に仕切られ、各段の端部には落とし口が設けられている。最上部に供給した汚泥はレーキで攪拌されながら移動し徐々に下段へ落下してゆく。この際、約400℃の過熱蒸気（乾燥機で蒸発した水分であり、圧力は大気圧）で汚泥は乾燥し10%以下（実際の運転では概ね5%以下）の絶乾状態で抜き出される。
- ・乾燥機内部のレーキは極低速で回転しており、摩耗が少ない。

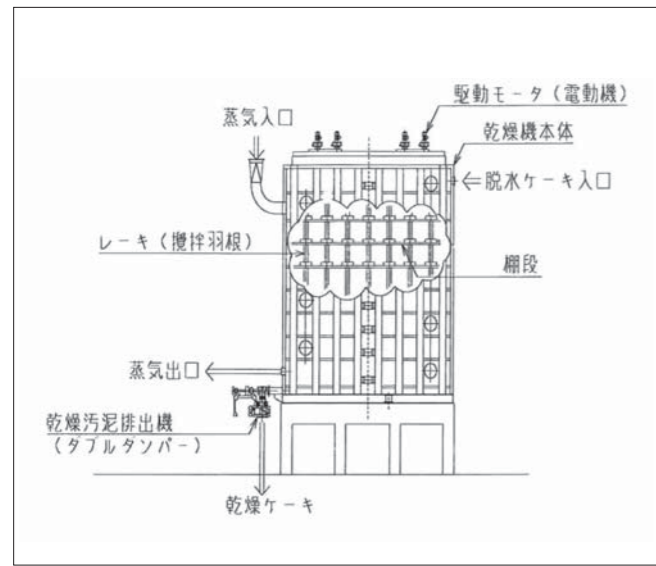


図2 乾燥機概要図
Fig.2 Dryer Configuration

(2) 溶融炉耐火材

- ・効率的な燃焼を行うため、溶融炉は旋回溶融炉が採用された。汚泥の溶融点は1,260℃程度の高温であり、炉内温度から耐火材を保護するために従来の旋回溶融炉の耐火材は高融点のアルミナ系耐火材が採用されていた。しかし、アルミナ系耐火材は汚泥中に含まれるシリカ、アルミナ、カルシウムと反応して融点が低い化合物を生成して損耗が激しいことから、耐火材を効果的に冷却しスラグ固化層を形成させて耐火材を保護する方法（セルフライニング）が採用されていた。
- ・舞洲スラッジセンターではクロム系耐火材を採用し、汚泥中成分とクロムが反応して生成する高融点化合物で耐火材を保護することにより、強制的に耐火材の冷却を行わなくてもよい方法（自然放冷）を採用した。このことにより溶融炉は自然できることになり、全体熱効率は従来よりも大きく向上した。

- ・月島機械はその1工事の後もさらに耐火材の開発を続け、(株)TYKと共同で高性能の耐火材の開発を完了した。補修工事にこの耐火材を採用し、効果が確認できたため現在ではすべて新しい耐火材を採用している。耐火材の主要成分を表1に示す。

表1 耐火材主要組成
Table1 Compositions of Refractory

成分	含有量 w/w %
Al ₂ O ₃	約 30
Cr ₂ O ₃	約 50



図3 舞洲スラッジセンター外観
Fig.3 Overview of Maishima Sludge Center

2.4 参考建設費

汚泥溶融設備及び機械電気設備工事の下水道事業団発注金額を示す。

・その1工事(3系列)	20,630,222千円
・その2工事(1系列)	6,457,027千円
・その3、4工事(1系列)	6,581,400千円
合計	33,668,649千円



図4 5号炉溶融設備
Fig.4 5th Line of Melting Plant

2.5 スラッグの有効利用

- ・舞洲スラッジセンターで製造された溶融スラッグは水砕スラッグであり、50%通過粒径は約2mmである。
- ・スラッグは建設資材としての有効利用が可能である。大阪市殿のウェブサイト上にスラッグの販売価格と販売量が公開され、改良土に混合させた製品の製造目的であれば購入が可能である。スラッグを試験・研究材料として利用する場合は無償で提供されている。

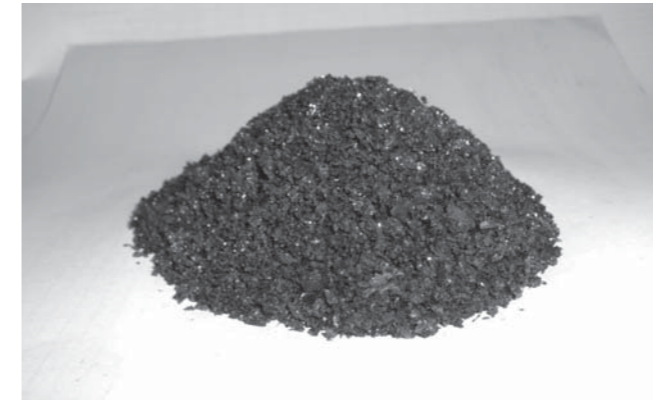


図5 溶融スラッグ(水砕スラッグ)
Fig.5 Water Cooled Slag

は廃止している。舞洲スラッジセンターの設備規模は平野処理場で処理している汚泥も受け入れられるだけの処理規模を持っており、大阪市殿の主要な最終処分場である。

- ・舞洲スラッジセンターから発生する溶融スラッグは前述のように有効利用され、平野処理場においても溶融設備が稼働中である。また今後は平野処理場に汚泥燃料化設備（炭化設備）が建設予定であり、炭化汚泥は火力発電所の燃料として有効利用される予定である。このように、大阪市殿においては今後とも汚泥有効利用が継続されてゆくため舞洲スラッジセンターの担う役割は大きい。

3 設備データ

- ・今回の溶融炉は耐火材の冷却を行わずに炉の補助燃料を最小限とし、ほぼ自然溶融状態としており消費燃料は温度保持のためだけである。乾燥用熱源は溶融排ガスから回収した熱および補助炉で焚いた熱でまかなっている。試運転時の補助燃料および消費電力を紹介する。

運転実績（1炉当たりの量）

・汚泥処理量：通年	ほぼ33ton-ds/日
・都市ガス消費量	
溶融炉	約19m ³ N/h (456m ³ N/日)
乾燥用補助炉	約33m ³ N/h (792m ³ N/日)
脱硝用加熱炉	約57m ³ N/h (1,368m ³ N/日)
合計	約109m ³ N/h (2,616m ³ N/日)
・消費電力量	約18,000kWH/日

4 おわりに

- ・設備は平成12年末から1～3号炉の建設を開始し、平成22年3月の5号炉完成まで無事故で建設を遂行することができた。
- ・維持管理は現在、大阪市からの包括委託を受けて月島機械・メタウォーター・東芝特定建設工事共同企業体が行っている。
- ・大阪市殿は従来各処理場で行っていた汚泥最終処分の集約をほぼ完了しており、現在汚泥は沿岸部の舞洲スラッジセンターと内陸部の平野処理場の2カ所でのみ処理され、他所にあった焼却設備

新型電動DCフィルタ

New Electric-motor-driven DC Filter



山根 陽一
YAMANE Yoichi
水環境事業本部
ソリューション技術部
上水グループ



青柳 宏紀
AOYAGI Hironori
エンジニアリング本部
機器設計部
ろ過グループ

1 はじめに

国内の浄水場では、排水を原水に返送するクローズドシステムが採用されるため、排水処理では無薬注脱水が可能なフィルタプレスが採用されている。当社は締付装置を従来の油圧シリンダー方式から電動リンク方式に変更した電動式フィルタプレスの初号機を2000年に東京都金町浄水場に納入した。浄水場では深刻である油流出リスクが無く、油圧式よりも省電力であることを評価頂き、現在までに40台以上の電動式フィルタプレスを他社に先行して納入してきた。

本稿では、現行の短時間型フィルタプレス(DCフィルタ)をモデルチェンジし、より軽量、コンパクトな電動DCフィルタを開発したので製品紹介する。

2 短時間型脱水方式

DCフィルタは高速大量処理を目的としたフィルタプレス(加圧脱水機)で短時間型と呼ばれる。ろ板を締め付け、ろ室を形成し、ろ板に取り付けたろ布によりスラッジを加圧ろ過して脱水する。10分程度のろ過工程後に圧搾工程を経て3mm程度の脱水ケーキを形成する。ろ板開板後、ろ布を上下に走行させて強制的にケーキを排出する。1サイクルは1時間程度であり、1日に複数サイクルの運転をすることで大量処理が可能である。

3 新型電動DCフィルタ

新型電動DCフィルタは締付装置をリンク式からネジ式に変更し軽量・コンパクト化した。また、排出方式を従来の一斉排出から2段階排出に変更することで、設置スペースを低減した。従来の電動式と比べて設置面積を20%程度低減した。脱水機本体の省スペース化により、同一スペースにろ過面積のより大きな脱水機を設置でき、処理面でも従来型より能力アップとなる。以下に新機構について述べる。

4 締付装置

新型電動締付装置を図1に示す。締付用ジャッキでろ板(ルーズヘッド)の初期締め付けを行ない、その後、ルーズヘッドが後退しないようにスクリーシャフトでルーズヘッドをロックする。動荷重で大きな力が必

要なる板締付時は、効率の良い締付用ジャッキを使用し、電動機容量の低減を図る。ろ過、圧搾中は静荷重でろ板締付時よりも大きな力がかかるため、荷重負荷能力が大きいスクリーシャフトにて支持する。従来式電動締付装置と比較すると、リンク部を無くすことによりコンパクト化し、締付時間も短縮できた。

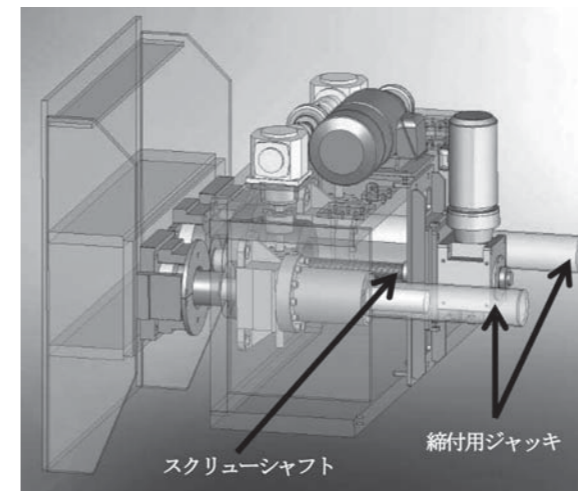


図1 新型電動締付装置
Fig.1 New Electric-Motor Driven tightening device

5 2段階排出

2段階排出による省スペース効果を図2に示す。新型排出機構は、ろ室を2ブロックに分け、各ブロック毎にケーキを排出する。一度に開板するろ室は、全ろ室の半分となるため、従来の一斉排出方式よりも開板寸法を小さくすることができ、脱水機の省スペース化が図れる。省スペース化により設置面積あたりのろ過面積を増やすことが出来るので、既設更新時に新型にすることで15%程度のろ過面積増大、つまり能力アップが図れる。

2段階排出方式は2回の排出動作を行うため、一斉排出する従来型よりもケーキ排出工程が長くなる。排出工程は長くなるが、前述の締付工程を短縮することで、サイクルタイムは従来型と同等となる。

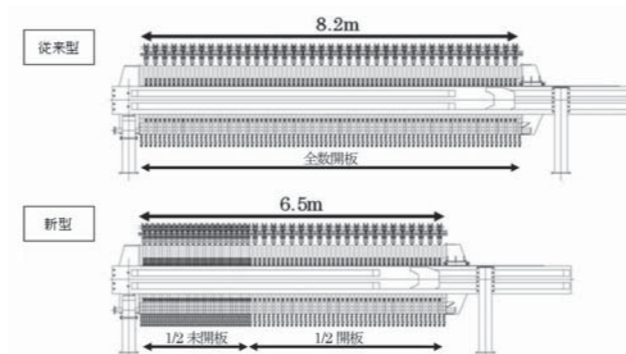


図2 2段階排出による省スペース効果(ろ過面積400m²)
Fig.2 Space-saving Effect of Two-stage Discharge (filtration area 400m²)

6 現地実験

現在、新型電動DCフィルタ(ろ室数10室、ろ過面積約40m²)の上水スラッジによる繰返し耐久運転を実施中である。図3に設備写真を示す。現在大きな問題は無く順調に処理を続けている。この運転で得られた知見を今後の実機設計に反映し、完成度を高めていく所存である。

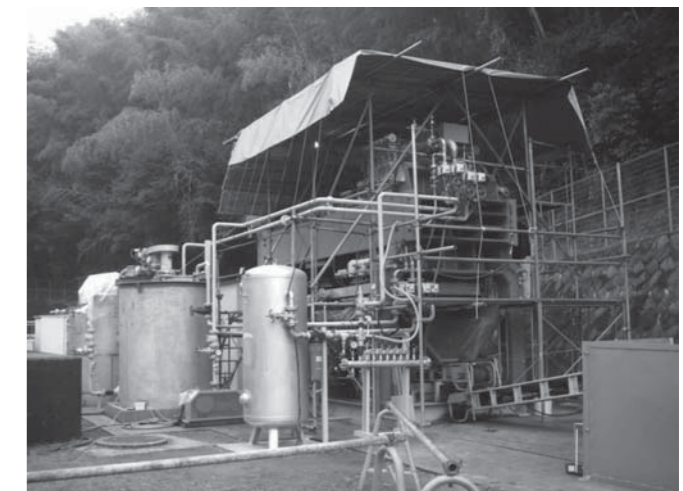


図3 実験プラント写真
Fig.3 Photo of Experiment plant

7 おわりに

図4は従来の電動DCフィルタと新型DCフィルタの全体イメージ図である。新型電動式脱水機は、従来機にくらべて軽量・低重心で省スペースとなる。耐震性と処理能力の向上により、今後の脱水機更新需要に応えることができると考えている。今後も改良を加えより良い脱水機を顧客に提供し、浄水場排水処理設備の効率化に貢献出来るように開発に取り組む所存である。

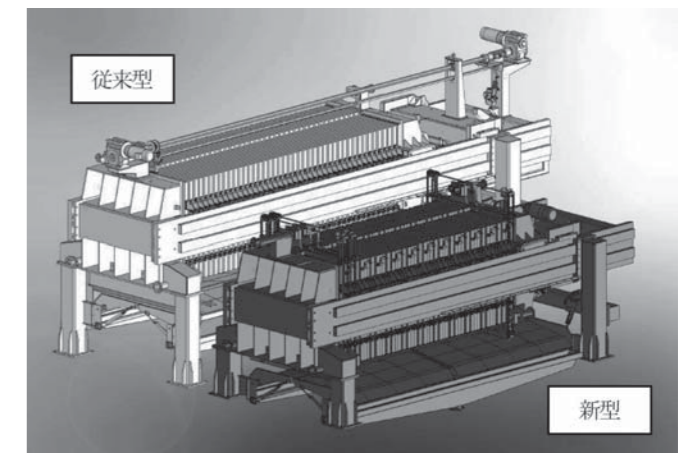


図4 従来型と新型DCフィルタの全体イメージ
Fig.4 Comparison of New and Conventional DC filter

Abstract

This new electric-motor-driven filter press (a short-cycle-time-type DC filter) has been improved to be lighter and more space-saving. The weight of the tightening device was reduced by means of changing from a link type to a screw type. Further, the installation space was also reduced by means of a change from an all-at-once discharge to a two-stage discharge. The cycle time of this new DC filter is equal to conventional equipment as a result of the shortening of the tightening and extension of the discharge. Filtration performance has also been improved, as a larger filter press with more filtration area in the same footprint can be installed.

現行の短時間型電動式フィルタプレス(DCフィルタ)を軽量、コンパクトに改良した。締付装置をリンク式からネジ式に変更し、軽量化した。また、一斉排出から2段階排出に変更し、設置スペースを低減した。締付工程の時間は短縮するが、排出工程の時間は延長するので、全体のサイクルタイムは従来型と同等となる。同一スペースにより大きなろ過面積の脱水機を設置できるため、設置面積あたりの処理能力は向上したことになる。

キーワード：フィルタプレス、脱水、電動締付、省スペース、2段階排出
Keyword：Filter press, dewatering, electric-motor-driven tightening, space-saving, two-stage discharge

サイクロンミル実用化 粉砕技術

Realization of a Practical Cyclone Mill Pulverization Technology



安井 崇
YASUI Takashi
(株) 静岡プラント

森 博
MORI Hiroshi
月島マシンセールス(株)
産業機械事業部
営業グループ

Abstract

The cyclone mill is a versatile airflow pulverizer that can be used for all types of materials. It is used on production lines for making powders that are approximately diameter 0.5 to 100 μm. The cyclone mill has long been in used in a wide range of fields, such as the food product field, industrial product field, and medical product field. In recent years this device has been successfully applied in the pulverization and cracking of materials for secondary batteries in line with a nationally implemented policy.

This paper will prove that the basic features of the cyclone mill have earned it an established measure of recognition as a pulverizer in this rapidly growing field. It will also describe the way in which this technology is implemented and applied.

サイクロンミルは対象物を選ばない万能型の気流式粉砕機である。粒径0.5～100μm程度の粉体製造ラインに活用されている。食品、工業品、医薬品と幅広い分野のなかでも近年は、国の施策と相俟って二次電池素材の粉砕および解砕の工程にて大きな実績を挙げている。本稿では、サイクロンミルの特長を踏まえ、これら成長分野で粉砕装置として一定の評価を受けていることの検証を行い、その活用技術および応用について述べる。

キーワード: サイクロンミル、粉砕機、粉体、二次電池
Keyword: Cyclone mill, pulverizer, powder, secondary battery

1 はじめに

月島マシンセールス(株)が代理店を務める技術ベンチャー企業(株)静岡プラント製の「微粉砕機サイクロンミル」を紹介する。

近年、食品、医薬品をはじめ二次電池材料等様々な分野で微粉末のもつ機能と可能性が注目されるようになっている。微粉化技術は、その素材を均一な粉体として取扱いを容易にするという従来の粉体のメリットに加え、素材のもつ本来の特性を最大限引き出す技術として、さらには新たな機能と物性を与える技術として多方面で研究が進められている。なかでも二次電池素材については新規の材料開発をはじめ、品質および性能の向上を目的として、微粉末を利用した研究開発が活発に進められている。

そのなかで、微粉末の製造装置は、基礎研究から大型事業化までの一連のプロセスの中でも、早い段階で事業収益性を視点を据えた実用的装置を求められる傾向にある。微細化性能や磨耗による金属コンタミ(不純物の混入)の低減等は勿論、生産設備自体の低価格化、より低いランニングコストといった、より一層の収益性確保が求められている。

サイクロンミルは、その開発原点より、従来の機械式ミルの粉砕原理を踏襲せず、高速気流のもつせん断力に着目し、製造機械としての実体化のための理論研究と開発を進めてきた。その結果、サブミクロンオーダーの微粉末を、非常に効率よく、かつ高精度に製造できる粉砕装置となっている。また、生産プロセスの大幅な簡略化が可能ことから、装置の初期導入コストの低減、ランニングコストの低減等、微粉をより現実的なコストで生産できる機械として、二次電池素材を含む各分野より高い評価を受け、産業分野における微粉末の利用、高付加価値商品化に貢献するに至っている。以下にその詳細を述べる。

2 粉砕原理

サイクロンミルの主となる粉砕メカニズムは以下の点が挙げられる。

- (1) 気流の高速回転に伴う粒子同士の圧縮・衝突・せん断力による粉砕
- (2) 高速な流体(空気等)そのものの衝撃、せん断力による粉砕

図1にサイクロンミルの粉砕室内の構造を示す。粉砕室に投入された材料は、高速旋回気流に乗り粉砕室内で高速に回転しながら、気

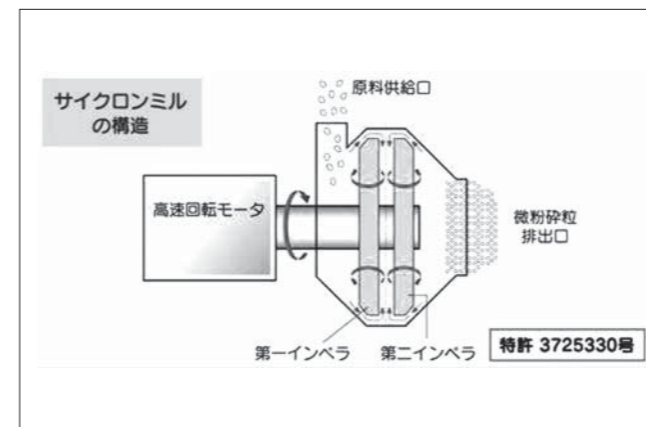


図1 サイクロンミルの構造
Fig.1 The structure of cyclone mill

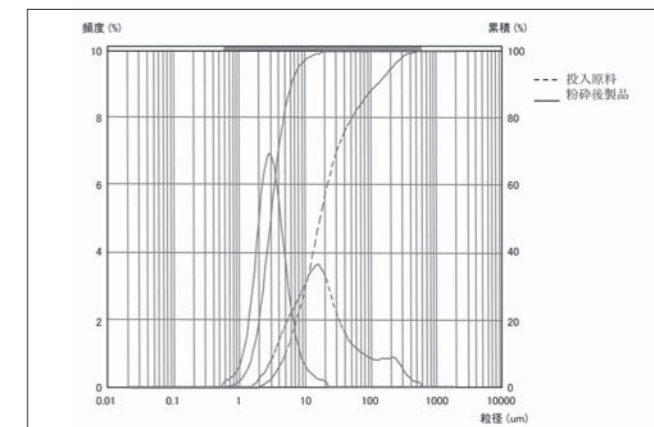


図2 酸化チタン系材料の粉砕前後の粒度分布
Fig.2 Particle size distribution before and after pulverized TiO₂-based material

表1 サイクロンミルとジェットミルの比較
Table1 Comparison of cyclone mill and jet mill

項目	ジェットミル	サイクロンミル 600S 型
粉砕原理	同体摩擦粉砕	同体摩擦粉砕
粉砕能力	1～5mmの原料を粗粉砕機にて前処理粉砕したうえで、5～10μmに粉砕	1～5mmの原料を投入し、全量を5～10μmに粉砕
処理能力	最大処理能力は75kWコンプレッサー使用で50kg/h	最大処理能力は55kW/h主軸モーター使用で350kg/h
システム構成	微粉砕工程のほか、粗粉砕工程が必要	微粉砕工程のみ
初期導入コスト	1,000kg/hにするには20台必要。多額の投資	1,000kg/hにするには3.3台。小額の投資
消費電力	消費電力に対する処理量は0.5kg/1kWh	消費電力に対する処理量は5～8kg/1kWh

流の持つせん断力による破砕と高速で回転する粒子同士の衝突による破砕を繰り返すことで、より細かな粒子に粉砕される。このとき、未粉砕の質量の大きな粒子は遠心力により粉砕室の外周方向に誘導され、反対に粉砕の進んだ質量の小さな微粒子は軸方向に集合する。粉砕機の排出口側に設けられたブロワーの吸引力とインペラの回転による遠心力を排出口側粉砕室の傾斜壁でコントロールすることにより、極めてシンプルな機構ながら、非常に高い分級精度で効率よく連続処理を行うことができる。

粉砕粒径はインペラの回転速度、寸法、間隔およびブロワーの吸引力等のパラメータを適切に与えることにより制御が可能である。

3 特長

3.1 導入コスト、ランニングコストの低減が可能

サイクロンミルは乾式粉砕でありながら、図2に示すような分布幅の狭い非常に微細な領域の粉末を低コストで生産することができる。乾粉を製品とする場合においては、プロセスに液化工程を含んだ時点で脱液・乾燥などの処理工程が必要となる。ゆえにコスト面においては可能な限り乾燥雰囲気ですべての工程の処理を行うことが最善である。この意味

において粉砕工程が乾式にて処理可能であるということは設備投資費用・運転経費の面で非常に有利である。

また数mmの原料をμmオーダーの微粉末にワンパスで処理することができるため、原料前処理工程の省力化にも貢献が可能である。

さらには、微細な粒径を生産可能でありながら、同等能力を示す従来の粉砕機装置と比較してコスト面において非常に有利である。サブミクロンオーダーの微粉砕領域において、しばしば比較されるのがジェットミルといわれる圧縮エア源を用いた粉砕装置である。表1に一般的な二次電池材料の大量生産を目的とした場合のジェットミルと、サイクロンミル600S型装置との比較を示す。ジェットミルの稼働には、高速な気流を作り出すために外部に大型コンプレッサー等の高圧空気源を必要とする。サイクロンミルの場合、高速気流はモーターで駆動されるインペラにより発生する構造である。またモーターの仕事は原料の破砕を直接行うことなく、インペラの回転を維持することに使われる。この原理の違いが、大きなコストメリットを生み出している。

以上のことからサイクロンミルは、サブミクロンオーダーの微粉砕領域において設備の導入からランニングコストまで、トータルでのコスト低減が可能である。従来、粉砕コストの問題で適用が困難であった原料の微粉砕処理にも有効なソリューションを提供可能である。

3.2 機械的磨耗、コンタミ(不純物)が少ない

サイクロンミルの粉碎メカニズムは粒子同士の衝突と流体(空気等)のせん断力を利用している。従来の機械式高速回転ミルと異なり、粉碎物を運動媒体であるインペラおよびインペラ周囲のケーシング内壁に衝突させる粉碎機構ではないため、粉碎室中の運動媒体であるインペラやケーシングの磨耗を極めて小さく抑えることができる。粉碎室内部構造の磨耗が少ないことは、機械そのものの寿命、保守に対して優位性を示すばかりではなく、微粉末製造装置の本来的な性能要求である不純物コンタミを最小限に抑えることについても大きなアドバンテージとなっている。

この特長によりサイクロンミルは、高い安全性や衛生面を求められコンタミを嫌う食品の粉碎、機能性微粉末としての性能を求められ高い純度を要求される各種化学薬品粉体、および二次電池向け粉体等の粉碎設備として多くの実績を持つに至っている。

3.3 幅広い材料特性に対応が可能

3.3.1 水分、油分

乾式微粉碎処理においてはその含水率、含油率が常に問題となる。特に食品原料の場合は、十数パーセントの水分、油分を含有していることがある。従来の機械式粉碎機の場合には、水分、油分を多く含む原料を粉碎すると粉碎過程で原料がペースト状になり、粉碎できない、または粉碎品を取り出すことができないという問題がある。

サイクロンミルは、粉碎過程において分離した水分はミルを通過する大量の空気と共に外部に排出されるため、乾燥した微粉末が得られる。また油分の多い原料あるいは付着性の強い原料で、例えば大豆やコーヒー豆といった場合も、その粒子同士の衝突による粉碎機能と高速な空気流により、原料組織から分離した油脂分の飛散と内部構造への付着を抑制することが可能である。

3.3.2 低融点・熱変質性

材料のなかには、粉碎時に生じる熱によって変性するものや、溶融するものがある。従来の機械式粉碎機の場合には粉碎時の温度上昇が避けられないものが多い。

サイクロンミルは、従来の機械式粉碎機のように、密閉した空間内で粉碎物をインペラやケーシング内壁に衝突させたり摩擦させる粉碎方式ではなく、粒子同士の衝突および気流のせん断力により粉碎された粒子が常に原料供給口から供給される大量の空気と共に排出される構造のため、粉碎時の発熱自体が少なく、なおかつ放熱自体が極めて容易な粉碎方法である。これらの特徴を活かし、低分子アミノ酸や熱硬化性樹脂といった、従来では材料処理なしでは乾式粉碎処理が困難であった材料においても、微粉化処理が可能である。

3.3.3 硬度、比重

従来の機械式粉碎機では、柔らかい原料や比重の軽い物質は粉碎に必要なエネルギーの伝達が困難であるため、粉碎効率を極端に落とす必要がある上に、非常に微粉末化が難しいという難点があった。

サイクロンミルは高速回転する気流を利用し粒子同士の衝突エネルギーおよび気流のせん断エネルギーを利用するため、気流に乗りさえすればあとは速度エネルギーに大きく依存され微粉化される。このため、比重が軽く、軟質性の麻、綿といった各種繊維系のもので微細化が可能である。

3.4 温度・湿度・ガス濃度等の粉碎処理環境に柔軟な対応が可能

目的の製品の特徴によっては、材料段階から化学反応の防止、酸化防止、脆化処理、熱変性の防止といった様々な目的で、システム全体のプロセス雰囲気制御が必要となる場合がある。その場合、プロセス環境をより効率良く安定化させる必要がある。加えて、処理環境が変化することによって機械の耐性、能力に大きな変化があってはならない。

サイクロンミルは構造的にもシステムの的にもシンプルであり、なおかつ豊富な実績と多彩なアプリケーションを備えているため、処理雰囲気コントロールといった付帯的要素に対しても柔軟な対応が可能である。これにより、プラント全体の一部としても容易に組込むことができる。

図3はその一例である。通常ブロワーの排気はプロセス系外へ排出されるが本図は粉碎プロセス内のガスを置換し、循環させることで規定されたガスを使用し、能力を低下させることなく一定の濃度で粉碎処理が可能である。

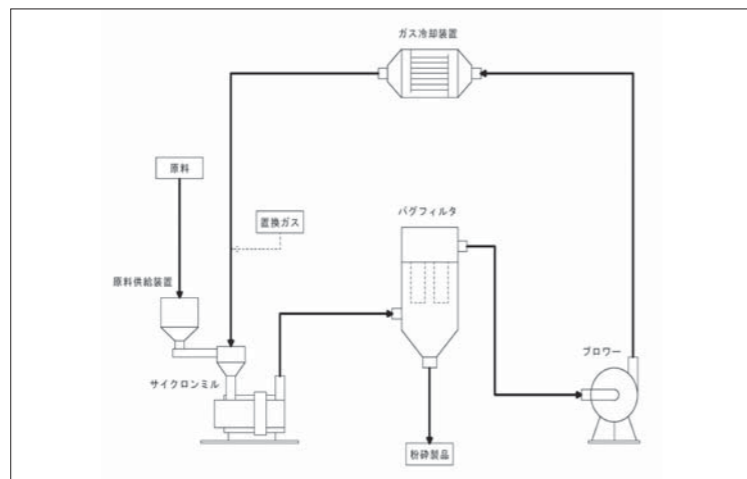


図3 ガス循環型粉碎システムフロー Fig.3 Flow sheet of the pulverizing of gas circulation

同様に温度、湿度等についても同様なフローを用いてシンプルに条件の構築が可能である。

3.5 シンプルな構造で保守が容易

図4にサイクロンミル分解時の粉碎室の開放状態を示す。サイクロンミルの粉碎室はスライド式分離構造(W シリーズ)あるいはヒンジ式開閉構造(S シリーズ)、大型機は吊り上げ式分離構造(600S型)を採用しており、容易に分解が可能である。また、粉碎室の分解、内部インペラの取り外し等は、他の機械式ミルやジェットミルと異なり、内部構造は極めてシンプルで平滑なため、食品や医薬品のように頻繁に内部の洗浄や清掃が必要な分野への適用で高い作業効率を発揮する。

これら高い洗浄性と容易な分解作業は、多品種小ロット生産や様々な条件を変えての試験粉碎等の用途で品種切り替えを容易にしている。また、ケーシングに設置されている開閉スイッチにより、粉碎室開放時にはインペラが起動しない二重化インターロックが常設されており、洗浄・清掃などで開閉頻度の多い運転環境でも安全に作業ができるような設計としている。

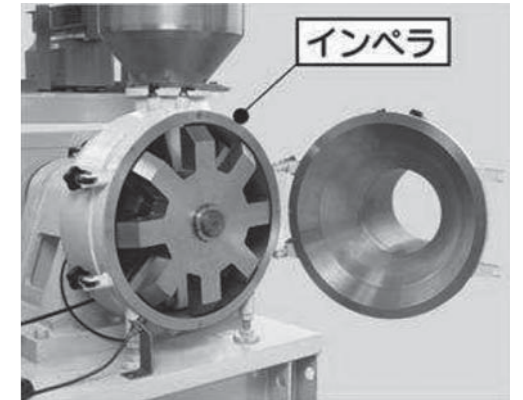


図4 サイクロンミル 分解時の様子 Fig.4 Cyclone mill state during disassembly

4 仕様

小ロット多品種生産から大容量の微粉末生産への対応を目的とし、時間処理能力数kg/h ~ 300kg/h までの各生産能力に応じた機種を展開している。そのなかにも、対向逆回転方式(W シリーズ)と同一軸同回転方式(S シリーズ)の機種がある。その代表としてS シリーズの最小と最大サイズの機種仕様を表2に示す。

5 まとめ

本稿ではサイクロンミルの特長を経験値により検証することで、現状の微粉末製造システムにおける本装置の優位性が確認された。今後も、開発原点である製造機械としての実体化というテーマを中心に据え、装置の改良および粉碎エネルギーの効率化はもとより、前段、後段に続く付帯装置を含むシステム全体の効率化についても改良を進め、各産業分野における微粉末の利用に貢献していきたい。

なお、製造コスト低減を目的とした装置の大型化(800S型)の開発も具体的に進めており、実証実験の結果等が確認され次第販売していく計画である。

表2 主要諸元 Table2 Cyclopedia mill specification

	150S型	600S型
インペラ径 mm	150	600
処理量 kg/h	2~30	100~300
モータ容量 kW	2.2×1台	55×1台
寸法 mm	W350×D773×H1,058	W1,650×D1,440×H1,575
重量 kg	84	2,800
概観		

浮上型チェーンフライト式 汚泥かき寄せ機の紹介

Introduction of a floating flight sludge collector



陳 貴吉
CHIN Takayoshi
月島テクノメンテサービス(株)
エンジニアリング本部
技術部
水機械技術課

Abstract

We have developed a floating flight sludge collector for use in the rectangular sedimentation tanks of sewage treatment plants. This system consists of two axis and resin chain and resin flight with the chain held taut by the buoyance force of the floats fixed to the flights.

Unlike a conventional resin chain flight sludge collector, the chain and flights travel along the bottom of the tank, and thus are not affected by the sloshing that occurs during an earthquake. In addition, because the chain is held taut by buoyancy force, the tension in the chain does not decrease. As a result, there is no need to adjust the chain tension even if the chain is stretched.

Many resin chain flight sludge collectors were damaged by the Great East Japan Earthquake. In light of this damage, there is a pressing need for earthquake-proof sludge collectors. We believe this floating type sludge collector fulfills this need, and thus aim to promote the use of this product.

下水処理場の矩形沈殿池用として、浮上型チェーンフライト式汚泥かき寄せ機を開発した。本開発機は、フライトに取り付けたフロートの浮力で本体チェーンを緊張させる2軸の樹脂製チェーンフライト式かき寄せ機である。

従来の樹脂製チェーンフライト式かき寄せ機と異なり、本体チェーンやフライトが池底を走行するため、地震時のスロッシングの影響を受けない。また本体チェーンを浮力で緊張しているため、本体チェーンが伸びてもチェーン張力が低下しにくく、チェーン張力調整を必要としない。

先日の東北地方太平洋沖地震時に樹脂製チェーンフライト式が地震により被害を受けてから、現在かき寄せ機に耐震性が求められている。この要望に見合う耐震性を高めた製品として、本かき寄せ機の普及に努めたい。

キーワード：浮上型、チェーンフライト式汚泥かき寄せ機、下水処理場、沈殿池
Keyword: Floating type, chain and flight sludge collector, sewage treatment plant, sedimentation tank

1 はじめに

下水処理場の矩形沈殿池の汚泥かき寄せ機には、一般にチェーンフライト式の汚泥かき寄せ機が用いられる。近年は、金属製チェーンフライトかき寄せ機と比べて耐食性の高い樹脂製チェーンフライト式かき寄せ機が主流である。

しかしながら、過日の東北地方太平洋沖地震時に水面の揺れによりチェーン脱落が発生しており、樹脂製チェーンフライト式かき寄せ機の耐震性が問題視されている。樹脂製チェーンは金属製チェーンと比べて軽いため、スロッシング(振動による水の揺動)の影響を受けやすい。また樹脂製チェーンは金属製チェーンと比べて伸びやすく、定期的に池を空けて調整が必要なため以前より調整頻度を低減する要望が出ていた。このため、月島機械では、耐震性が高く、維持管理性の良好な浮力を利用した樹脂製の浮上型チェーンフライト式汚泥かき寄せ機を開発した。本稿ではこの新型かき寄せ機について紹介する。

2 構造概要

浮上型チェーンフライト式汚泥かき寄せ機の構造図を図1に、写真を図2、図3に示す。

図に示すように、フライトに取り付けたフロートの浮力により、本体チェーンを緊張させている2軸タイプの樹脂製チェーンフライト式かき寄せ機である。

池上部にある駆動装置によりかき寄せ機は駆動されており、本体チェーンおよび本体チェーンに連結されたフライトが池底を走行し、池底に沈殿した汚泥を汚泥ビットにかき寄せる。フロートにより浮力を持ったフライトはかき寄せ側およびリターン側共に池底付近に設置されたサイドレールで上方から押さえられており、本体チェーンに連結されたフライトはサイドレールに沿って走行する。なお、リターン側にはサイドレールが無くフライトが浮上するチェーン緊張部があり、この箇所を走行するフライトの浮力でチェーンが緊張する。

なお、フライトが浮上するため、池底レールは不要となる。

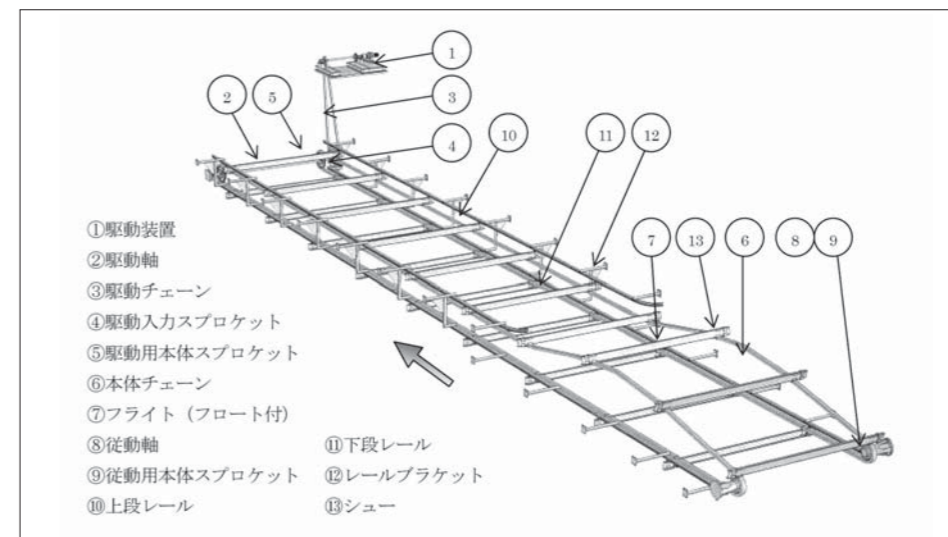


図1 浮上型チェーンフライト式汚泥かき寄せ機 外形図
Fig.1 The outline drawing of the floating chain flight sludge collector

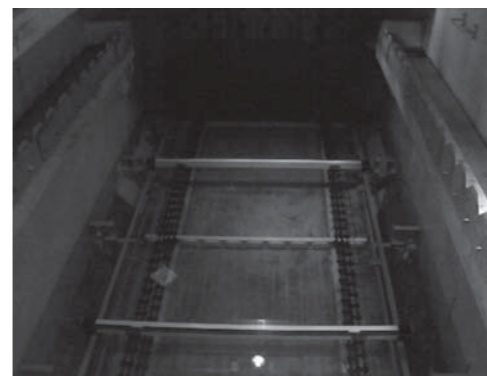


図2 浮上型チェーンフライト式汚泥かき寄せ機 実機設置例
Fig.2 The photo of the floating chain flight sludge collector

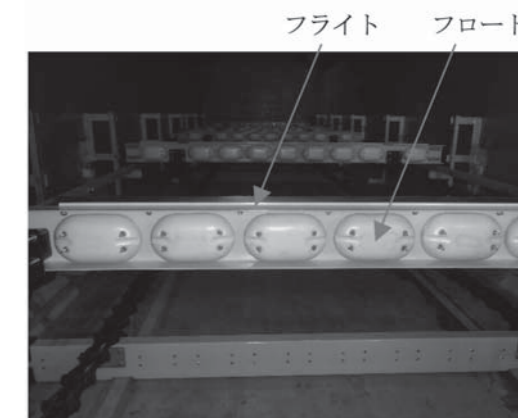


図3 浮上型チェーンフライト式汚泥かき寄せ機 フライト拡大図
Fig.3 The close-up Photo of the flight.

3 特徴

浮上型チェーンフライト式汚泥かき寄せ機は以下の特徴を有する。詳細は、4章に記載する。

- 1) 耐震性が高い
チェーンやフライトが池底付近を走行しているため、地震発生時のスロッシングの影響を受けない。また本体チェーンとスプロケットとの巻き角が大きいため、チェーンが外れにくい耐震性が高い。
- 2) 維持管理性が良い
フライトの浮力にて本体チェーンを緊張しているため、本体チェーンが伸びても張力の低下が小さく、チェーンの張力調整が不要である。そのため、池開放点検の頻度が少なく、維持管理性が良い。
- 3) 施工性が良い
池底レールがなく、従来の樹脂製4軸チェーンフライト式かき寄せ機より施工性が良い。特に既設の撤去・更新工事では、レールを撤去せずに本機が据付可能であり、工期の大幅な短縮を見込める。
- 4) スカムかき寄せは別機構で行う
水面部にフライトが走行しないため、リターン側のフライトでスカムパイプまでスカムをかき寄せることができない。スカムの発生状況に応じて、スプレー式、機械式のスカムかき寄せ機構を設置する。

4 従来の樹脂製チェーンフライト式かき寄せ機との比較

4.1 耐震性

東北地方太平洋沖地震時に樹脂製4軸チェーンフライト式かき寄せ機はスロッシングの影響を受け、水面近くを走行するチェーンやフライトの脱落が発生した。一方、浮上型チェーンフライト式汚泥かき寄せ機では、チェーンやフライトが池底を走行しているため、地震時のスロッシングの影響を受けない。

地震発生時の水面付近と池底付近の処理水の移動量をシミュレーションで解析した。この結果を図4に示す。なお、地震の大きさは震度6の地震を想定し、最大速度を1m/sec(100kine)とした。

解析結果より、池底付近は水面付近と比較して水の移動量が約1/15であり、チェーンが池底付近を走行している浮上型チェーンフライト式汚泥かき寄せ機は、従来技術に比べて耐震性が高いことが分かる。

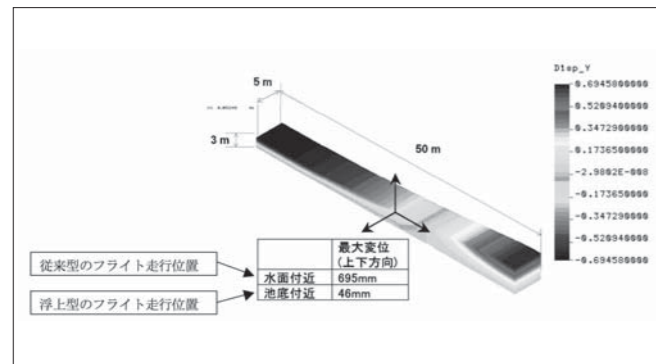


図4 水の移動量のシミュレーション解析結果
Fig.4 The simulation analysis result of the momentum of water

また浮上型チェーンフライト式汚泥かき寄せ機は、2軸構造のため、チェーンのスプロケットとの巻きかけ角が従来の4軸かき寄せ機に比べて大きく、チェーンが外れにくい構造になっている。(図5、図6)

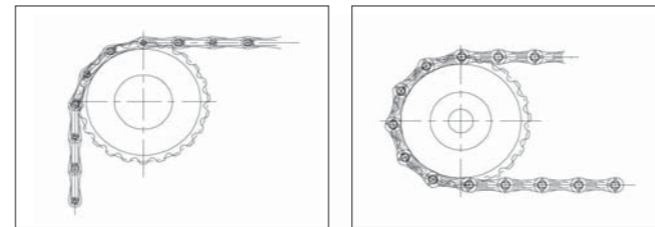


図5 従来型チェーン巻き付き状態
Fig.5 The chain volubility state of the conventional type
図6 浮上型チェーン巻き付き状態
Fig.6 The chain volubility state of the floating type

4.2 維持管理性(本体チェーンの張力調整頻度)

浮上型チェーンフライト式汚泥かき寄せ機は、チェーンが伸びてもチェーン張力の低下が少なく、運転に必要な張力を維持できるため、張力調整の頻度が少ない。従来技術(樹脂製4軸チェーンフライト式かき寄せ機)と浮上型チェーンフライト式汚泥かき寄せ機の本体チェーン伸びを比較した結果を図7に示す。従来技術では、本体チェーンが70mm伸びると本体チェーン張力が必要張力以下になったが、浮上型チェーンフライト式汚泥かき寄せ機は本体チェーンが70mmの4倍以上の300mm伸びても必要張力を維持できる。このため、従来技術では約2年に1回の本体チェーンの張力調整を必要としたが、浮上型チェーンフライト式汚泥かき寄せ機では、8年間に1回の本体チェーンの張力調整で充分である。

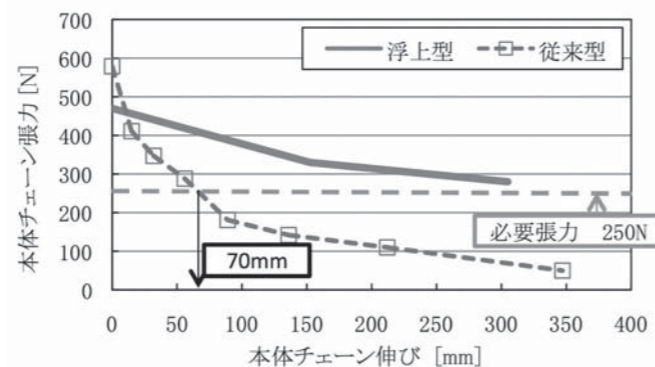


図7 本体チェーンの伸びと本体チェーン張力
Fig.7 The relationship between the extension and the tension of the chain

浮上型チェーンフライト式汚泥かき寄せ機の本体チェーン張力が低下しにくい理由は、フライト浮力により本体チェーンを緊張しているからである。本体チェーン張力発生機構を図8に示す。これまでの従来技術(樹脂製4軸チェーンフライト式かき寄せ機)はチェーンの自重で本体チェーンを緊張しており、チェーンが伸びるとチェーン緊張部長(カタナリー長)が短くなるため、下向きの自重が小さくなりチェーン張力が著しく低下する。一方、浮上型チェーンフライト式汚泥かき寄せ機の場合、

チェーンが伸びてもチェーンが上部に膨らみ、チェーン緊張部長は変わらないため、チェーンを上部に引っ張る力は一定であり、チェーン張力の低下を抑えることができる。

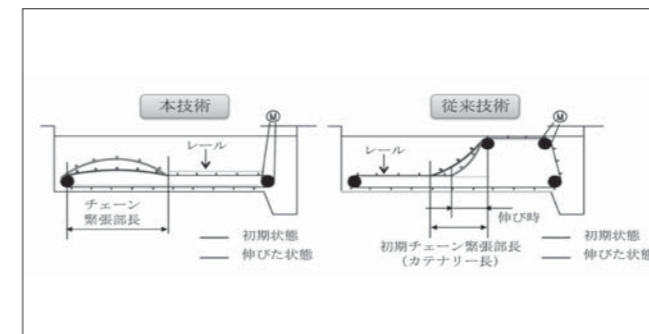


図8 本体チェーン張力発生機構比較
Fig.8 The comparison of the chain tension development mechanism

4.3 施工性

浮上型チェーンフライト式汚泥かき寄せ機は、フロートの浮力により浮上しているフライトが、下部または上部レールに接しながら走行しているため、池底レールを必要としない。このため、池底のコンクリート工事が不要である。また、2軸構造のために軸やレール等が全て池底近くにあり、高所作業がなく、据え付けが容易である。このため、従来技術(樹脂製4軸チェーンフライト式かき寄せ機)に比べて施工性が良い。

4.4 スカムかき寄せ機構

浮上型チェーンフライト式汚泥かき寄せ機は、図9に示すように、フライトが水面を走行しないため、リターン側のフライトでスカムをかき寄せることができない。このため、別途スカムかき寄せ機構が必要となる。初沈、終沈の違いや処理場によりスカム発生量が大きく異なるため、処理場に合わせたスカムかき寄せ機構を設置する。スカムの発生量の少ない場所にはメンテナンスが容易なスプレー式のかき寄せ機構が適し、スカム発生量の多い場所には機械式のかき寄せ機構が適している。

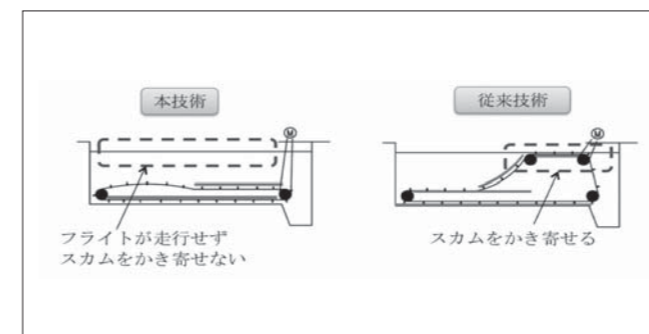


図9 フライトの走行位置とスカムのかき寄せについて
Fig.9 The position of flights and scum collection

5 まとめ

従来の樹脂製のチェーンフライト式かき寄せ機は、多くの実績を持つかき寄せ機である。しかしながら、過日の地震でチェーンの脱輪やフライトの脱落が多数確認されてから、耐震性の改善が求められている。この改善策として、浮力を利用した新発想の浮上型チェーンフライト式汚泥かき寄せ機を開発した。耐震性だけでなく、維持管理性や施工性に優れており、今後の普及に努めたい。



醤油のはなし

技報14号より身近な食品を取り上げて性質、製法について紹介してきた。
今回はこれまでの純粋物質系と異なり複雑な組成をもち独特の風味を醸し出す醤油を取り上げる。

1 醤油の概要

日本の醤油はアジア圏の醤油と異なり独自の発展を経て明治時代に完成されている。大豆、小麦、塩を主原料として麹菌、酵母、乳酸菌による複雑な発酵や分解工程を経て製造される。大豆由来のアミノ酸(窒素分)が多量に含み、その旨味や消臭作用、小麦由来の甘みをもつ独特な食品である。醤油は、その製法により醸造醤油(濃口、淡口、たまり)、化学(アミノ酸)醤油および半化学醤油の3つに分けられる。

2 醤油の主な種類^{1),2),3)}

(1) 醸造醤油

醸造醤油の中の濃口醤油は全生産量の90%を占める醤油の中心となる製品である。その原料は大豆、小麦、種麹、塩および水である。原料の窒素利用率は65-75%である。

(2) 化学醤油

化学醤油は脱脂大豆、小麦またはトウモロコシのグルテンなどのたんぱく質を、微生物を全く使わずに18-22%の塩酸により80-90℃で48-72時間加水分解し、残留する塩酸を炭酸ナトリ

ウムで中和、ろ過し、食塩を添加したものである。原料の窒素利用率は高く、旨味はあるが、アミノ酸臭が強い醤油である。

(3) 半化学醤油

醸造醤油と化学醤油の長所をそれぞれ取り入れた製法によるもので窒素の利用率は両者の中間的な80%前後である。脱脂大豆を6%の塩酸で分解し、続いて炭酸ナトリウムで中和したものにふすまなどの麹を添加して1-2ヵ月間熟成させたものである。

3 醤油の組成

醤油は複雑な工程や複数の微生物を介して種々の成分を生成している。その代表的な組成を表1⁴⁾に示す。

4 製法と微生物

4.1 製法

代表的な醸造醤油の製法を図1に示す。

4.2 工程概要

醤油製造は、以下の工程を経て行われる。

表1 醤油の組成(100g当たり)

主要組成		ミネラル類	
水	71.15 g	カルシウム	33 mg
タンパク質	8.14 g	鉄	1.45 mg
全脂質	0.57 g	マグネシウム	74 mg
炭水化物	4.93 g	リン	166 mg
繊維	0.8 g	カリウム	435 mg
全糖類	0.4 g	ナトリウム	5493 mg
エネルギー	53 kcal	亜鉛	0.87 mg
ビタミン類		脂質類	
チアミン	0.033 mg	飽和脂肪酸	0.073 g
リボフラビン	0.165 mg	不飽和脂肪酸	0.351 g
ナイアシン	2.196 mg		
ビタミンB6	0.148 mg		
薬酸	14 μg		

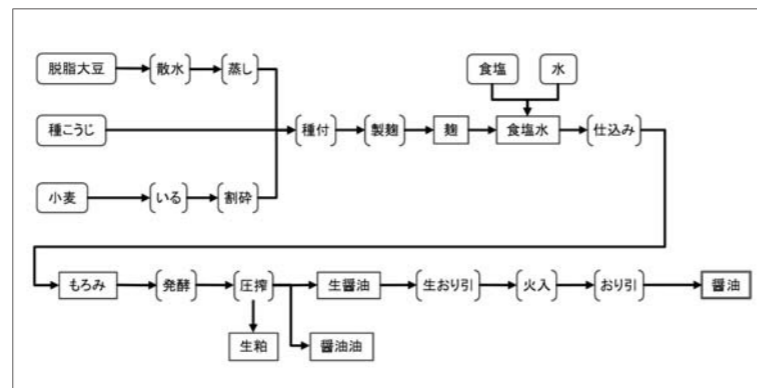


図1 醸造醤油の製法¹⁾

(1) 原料工程

大豆(または脱脂加工大豆)を浸水して水分を吸収、膨潤したところで加圧蒸煮する。小麦は焙煎し、デンプンをα化するとともに適当に着色させて荒めに割砕する。

(2) 製造工程

① 製麹工程

蒸煮大豆と割砕小麦を混合し、種麹(*Aspergillus soyae*等)を種付けして自動製麹機により温度と湿度を調整して約3日間で麹を作る。

② 仕込工程

醤油麹に塩水を加え、麹の塊を崩して混合しながらこのもろみを約1年間発酵、熟成させる。この過程でたんぱく質はアミノ酸にデンプン質は糖に分解される。微生物は先ずもろみ内で乳酸菌(*Tetragenococcus halophilus*)により乳酸が生成して酸性になり、続いて酵母(*Zygosaccharomyces rouxii*)によりアルコール発酵がおこり、香りの成分の生成がこの工程でおこる。

③ 圧搾工程

ナイロン等の圧搾ろ布でもろみを包み、加重して固体と液体を分離する。液体が「生醤油」、固体が「醤油粕(生粕)」である。

④ 火入工程

圧搾工程で得られた生醤油には、醸造工程での各種酵素などのタンパク質が多く含まれている。これを加熱することでタンパク質は熱変性して不溶化し沈殿する。また、製品に焦げた臭い(焦げ香)をつけ、微生物を殺菌する。一般的にはプレートヒーター等が用いられる。熱履歴が高い場合は製品の色が黒色を呈し、焦げ香が強くなりすぎることになる。

⑤ 清澄・ろ過工程

沈殿除去(おり引き)、珪藻土ろ過や精密ろ過などを用いて醤油に含まれる変性タンパク質など不溶性固形分を除去する。ここで生醤油は、「火入醤油」と沈殿物をろ過除去された「おり」に分けられる。

⑥ 詰工程

火入醤油に適切な成分調整剤を加えて容器に詰めて製品とする。

4.3 醤油と微生物

(1) 麹菌

カビの中で、麹を作る際に用いられる菌が麹菌である。*Aspergillus oryzae*および*Aspergillus sojae*は、ともに醤油醸造に用いられているが、分類学的にはそれぞれ*Aspergillus flavus*と*Aspergillus parasiticus*とに分類される。*Aspergillus flavus*、*Aspergillus parasiticus*はともに猛毒のアフラトキシンを生産する有毒なカビとして知られ、産業に用いられている*Aspergillus oryzae*および*Aspergillus sojae*は、長い歴史の中で選抜されて醸造工程中にアフラトキシンを生産することはない。

(2) 酵母

仕込中期にアルコール発酵を行う酵母は耐塩性の*Saccharomyces*属と分類されていたが、現在は*Zygosaccharomyces rouxii*と分類されている。古くなった醤油に生える白いカビも同種のものである。また、仕込後期に穏やかに香気成分を生産する酵母は*Candida versetilis*等の主に*Candida*属の酵母である。

(3) 乳酸菌

過去*Pediococcus*属の乳酸菌と考えられており、*Pediococcus halophilus*や*Pediococcus sojae*と分類されていたが、DNA相同性による分類の結果、アンチオピヤキムチから分離された耐塩性乳酸菌と同種であることが判明して現在では*Tetragenococcus halophilus*と分類されている。

5 醤油の生産量

国内の醤油生産量の経過を図2に示す。食生活の多様化で醤油の生産量や一人当たりの消費量は減少している。これは醤油に付加価値をつけた「だししょうゆ」や「ぼんずしょうゆ」等の加工品が増えていることから簡便な利用方法が普及していることにもよる。一方、世界での日本食ブームにより、世界各国への醤油の輸出や海外の工場での生産が増加している点も日本の食文化である醤油の特徴といえる。

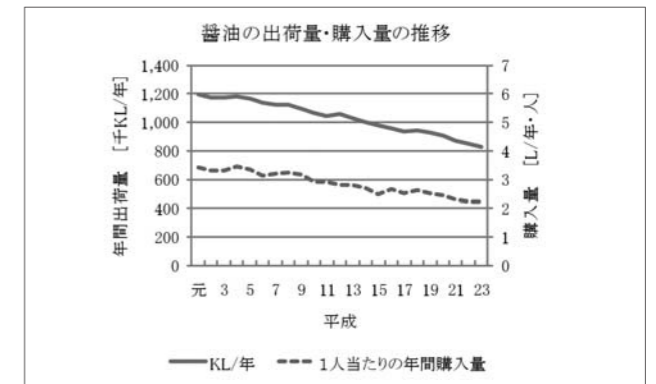


図2 年間出荷量と購入量の推移⁵⁾

6 醤油製造技術

醤油の製造は微生物を利用した変換プロセスであり、更に長期の熟成期間があることから当社技術とのつながりは少ない。工程中には固液分離や熱処理技術(火入、製麹)など単位操作や温度制御、混合といったいくつかの要素技術が含まれている。直接の参入の機会が少ないが、マテハンや微生物処理という点で参考になる部分もある。

参考文献

- 1) 天羽幹夫、小石川仁治、"精説 応用微生物学"、(株)光生館、1978
- 2) 有藤和雄、"増補 新食品微生物"、農業図書株式会社、1989
- 3) ウィキペディア <http://ja.wikipedia.org/wiki/> 2013年3月現在
- 4) USDA, National Agricultural Library, National Nutrient Database より
- 5) (財)日本醤油技術センター 統計資料

会社概要

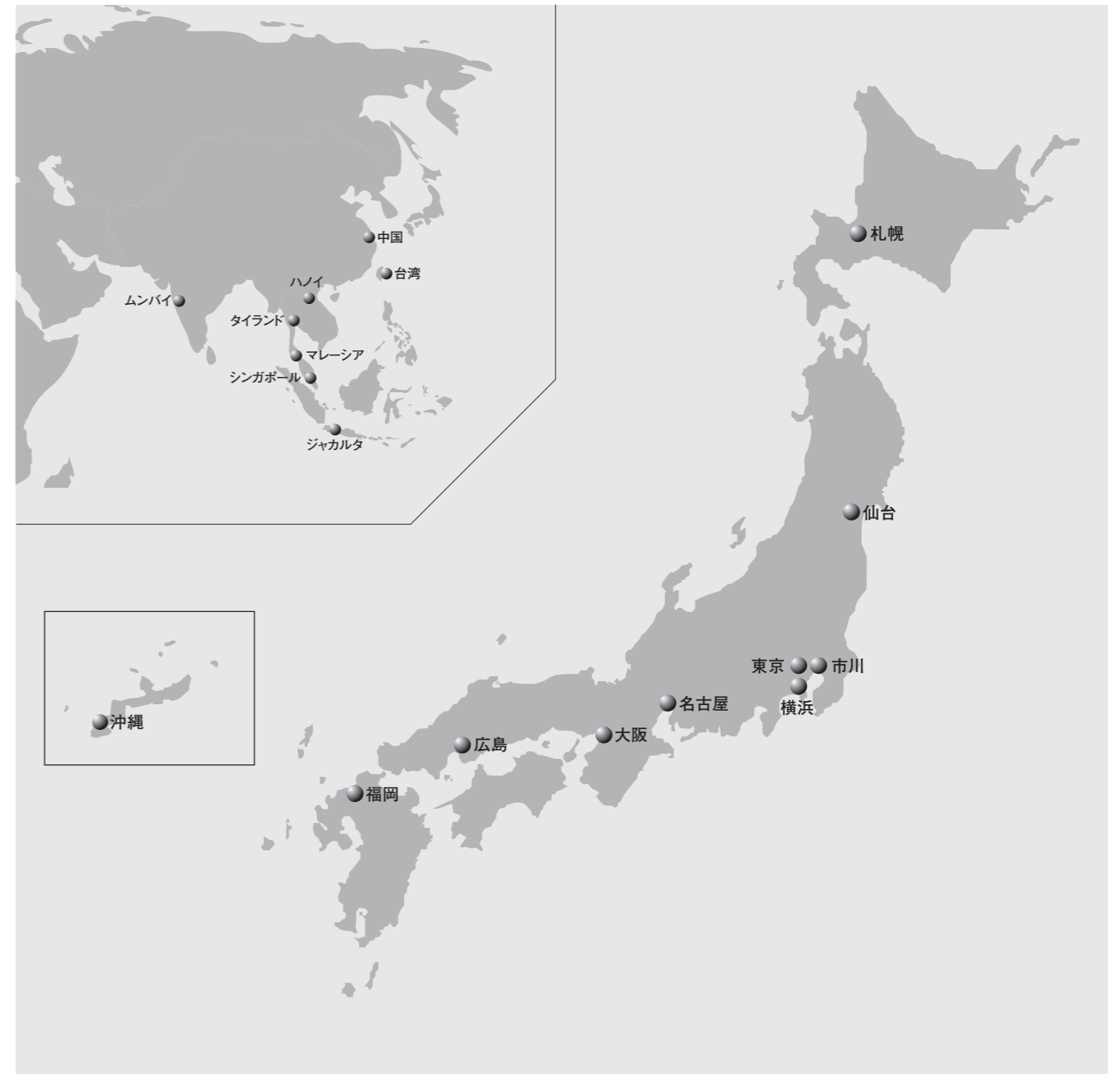
名称	月島機械株式会社 (TSUKISHIMA KIKAI CO.,LTD.)	資本金	66億4680万円
代表取締役社長	山田 和彦	従業員数	643名(グループ2,190名)(平成24年3月末現在)
創業	明治38年8月	売上高	単体：475億円 連結：724億円(平成24年3月期)

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	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
東京支社	〒104-0051 東京都中央区佃2-17-15 TEL.03-5560-6541 FAX.03-5560-6593	(研究所)	〒272-0127 千葉県市川市塩浜1-12 TEL.047-359-1651 FAX.047-359-1661
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	(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
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	〈海外〉	
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	TSKジャカルタ駐在員事務所 Tsukishima Kikai Co.,Ltd.Jakarta Representative Office Sequis Plaza 22nd Fl.Suite 2203 Jl. Jend. Sudirman Kav. 25 Jakarta Selatan 12920 TEL. +62-21-526-7732/7734 FAX. +62-21-526-7790	
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	TSKハノイ駐在員事務所 Tsukishima Kikai Co.,Ltd.Hanoi Representative Office Unit 13-03A, Prime Centre, 53 Quang Trung Street, Hai Ba Trung District, Hanoi, Viet Nam TEL. +84-(0)4-3766-9965/9967/9968 FAX. +84-(0)4-3766-9969	
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	TSKムンバイ駐在員事務所 Tsukishima Kikai Co.,Ltd.Mumbai Liaison Office 602 B, Excel Ark, Mercy Nagar, Ramdev Park Road, Mira Road (E), Thane - 401 107, Maharashtra, India TEL. +91-9967645572	
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		
沖縄営業所	〒901-2131 沖縄県浦添市牧港2-54-2(沖縄土木設計ビル) TEL.098-874-5793 FAX.098-874-6262		

関連会社

月島テクノメンテサービ(株)	〒104-0052 東京都中央区月島4-8-14 TEL.03-3533-6271 FAX.03-3533-2588	〈海外関連会社〉	
月島マシンセールス(株)	〒104-0051 東京都中央区佃2-17-15 (月島機械(株)内) TEL. 03-3533-1818 FAX: 03-3533-0606	月島エンジニアリングマレーシア(株) TSUKISHIMA ENGINEERING MALAYSIA SDN. BHD. <TEM> 月島エンジニアリングシンガポール(株) TSUKISHIMA ENGINEERING SINGAPORE PTE. LTD. <TES> SUITE16, 04-05, 16th Floor, Wisma Mca, 163 Jalan Ampang, 50450 Kuala Lumpur, Malaysia TEL. +60-3-2162-8679 FAX. +60-3-2162-8377	
月島ビジネスサポート(株)	〒104-0051 東京都中央区佃2-17-15 (月島機械(株)内) TEL.03-3533-4824 FAX.03-3536-0968	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	
月島環境エンジニアリング(株)	〒104-0053 東京都中央区晴海3-12-1 (KDX晴海ビル) TEL.03-6758-2310 FAX.03-6758-2324	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	
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) お問い合わせ先： 月島機械株式会社 水環境事業本部 事業推進部 TEL.03-5560-6530 FAX.03-3533-4103	月島環保機械(北京)有限公司 TSK ENGINEERING CHINA CO., LTD Unit2205-2206, Block A, ZhuBang 2000 Business Center No.100 Balizhuang Xili, Chaoyang District, Beijing 100025, P.R.China TEL. +86-10-8590-6595 FAX. +86-10-8590-6593	



編集後記

Editor's Note

佐藤 正則 編集委員長

円安、株価の回復とアベノミクス効果が期待される中、グローバルな製造業の棲み分けやエネルギー原料の見直し等、月島機械を取巻く外部環境は常に変化している。その中で装置技術の開発やコア技術の応用は時代の要請に応える形での展開が必要とされる。本技報で取り上げる技術が今後当社の技術力を支えるひとつとなることを期待したい。

TSK技報 NO.17 2013

年1回発刊
問い合わせ先:giho@tsk-g.co.jp

発行:月島機械株式会社 技報編集委員会

総責任者:佐野 広

編集委員長:佐藤 正則

編集委員:荒井 健 高橋 正純
加藤 善二 佐藤 教子
近藤 洋正 橋口 秀之
佐藤 剛 石井 究
石山 恵

13061823GMW