

TSK 技報

2009
SPRING

No.11

月島機械株式会社

TSK 技報 no.11 2009 SPRING

TSK TECHNICAL REVIEW

特集

膜ろ過と活性炭の組合せによる高度な浄水技術の開発

ジメチルエーテルを利用した高水分炭・下水汚泥・PCBs
汚染底質の省エネルギー脱水技術の開発

低動力型高効率遠心脱水機 (CA-G型)

製品紹介

横浜市南部汚泥資源化センターにおける
情報統合システムの運用について

エアモールド装置、アクアモールド装置

キルンガス化炉

TSK 月島機械株式会社

www.tsk-g.co.jp

目次

4	巻頭言 開発雑感	取締役 兼 常務執行役員 産業事業本部長 本橋 時男
6	特集1 膜ろ過と活性炭の組合せによる高度な浄水技術の開発	中山 雄之
15	特集2 ジメチルエーテルを利用した高水分炭・下水汚泥・PCBs汚染底質の 省エネルギー脱水技術の開発	森田 真由美
20	特集3 低動力型高効率遠心脱水機 (CA-G型)	梅染 俊行
25	製品紹介1 横浜市南部汚泥資源化センターにおける情報統合システムの運用について	金井 清貴・林 文憲
31	製品紹介2 エアモールド装置、アクアモールド装置	板倉 正治
36	製品紹介3 キルンガス化炉	阿部 隆一
38	ティーブレイク “月島茶房” リン資源について	
40	月島機械の製品カタログ一覧	
42	会社概要・編集後記	

TSK 技報

NO.11 2009

CONTENTS

4	Foreword	MOTOHASHI Tokio, Board Member, Managing Executive Officer, Senior General Manager, Industrial Business Division
6	Paper1 <i>Development of Advanced Purified Water Technology by Combining Membrane Filtration and Activated Carbon Treatment</i>	NAKAYAMA Tsuyoshi
15	Paper2 <i>Energy-saving Dewatering with Dimethyl Ether for High Moisture Coal and Sewage Sludge and Sediment with PCBs</i>	MORITA Mayumi
20	Paper3 <i>Low Power, High Efficiency Centrifugal Dehydrator (Type CA-G)</i>	UMEZOME Toshiyuki
25	Product1 <i>Operation of Plant Information Integration System of Nambu Sludge Recycle Center of Yokohama City</i>	KANAI Kiyotaka / HAYASHI Takenori
31	Product2 <i>Airmould:Gas-assisted injection moulding process machine Aquamould:Water-assisted injection moulding process machine</i>	ITAKURA Masaharu
36	Product3 <i>Kiln Gasifier</i>	ABE Takaichi
38	Tea Break “Resources of Phosphorus”	
40	List of product catalog	
42	Corporate Profile / Editor's Note	

表紙の写真



古都京都の世界遺産に登録されている
仁和寺の春の風景



本橋 時男

取締役 兼 常務執行役員
産業事業本部長

開発雑感

昨年来の金融危機は、未曾有の経済危機となって世界の経済界を瞬く間に震撼させ、その底の深さと期間の長さは未だ見いだすことが難しい。かつてこの様に世界が同時に、しかもこれだけのスピードを伴って落ち込むことがあったらどうかと、ややもすると悲観的な気持ちに陥りがちになる。しかし、中期的には21世紀社会の有るべき姿への本格的産業構造転換が始まったと考えればどうであろうか。現在の状況をしてこの危機をチャンスに変える絶好の機会と捉えたいものであると思いつつ「巻頭言」の筆を執ることになった。

【技術開発の方向性】

21世紀最大の課題は地球温暖化問題へのソリューションを見出すことにあると言われている。この経済危機下にあってもこの社会の流れは普遍の様に感じている。太陽光・風力等自然エネルギーの有効利用・自動車燃料の転換等「代替エネルギー開発」を始め、工場、オフィスや家庭での節電等の「省エネルギー対策」に至るまで、あらゆる場面でCO₂削減を目指した取り組みが推進されている。新しいビジネスチャンスの到来であり産業構造の転換は既に始まっていると改めて見据える必要がある。

この様に考えると、「環境保全に寄与し、社会に貢献する」との企業理念を掲げ、かねてより「創エネルギー」に焦点を当ててきた当社の開発の方向性は極めて明快であると同時に社会のニーズに合致しているものである。本技報においても紹介されてきた「低炭化技術」は廃棄物としての下水汚泥を発電燃料としての有価物に転換する技術であるし、「エタノール転換技術」は非可食植物や廃棄系セルロースからのアルコール転換技術であり、いずれも当社で言う「創エネルギー技術」に類するものである。また、「過給式流動焼却技術」は従前の流動焼却技術と比し画期的にエネルギー消費量をセーブできる「省エネルギー技術」である

と同時に、温室効果がCO₂の200倍といわれるN₂Oを触媒や吸着に因らずに低減できるという特徴を持っている。これらは、当社の開発技術が新しい社会のニーズと共に着実に変革を遂げてきた或いは遂げようとしている証左でもあり、更に技術の完成度を高め、社会貢献へと繋げていきたいと考えている。

【技術開発での変化】

当社100余年の歴史における技術開発の多くは、長年に渡る豊富な経験を持つ単位操作技術の下で、市場ニーズに合致する商品(技術)をいち早く、主として海外から導入し、それらに改良・改善を加え適用分野の拡大を図るという「適用開発型」の技術開発であった。核となる単位操作技術・機器やプロセスは既に手元にあり、それらを顧客ニーズに合わせてどの様に適合させて行くかを求める技術開発の形態である。技術導入後50年を経ても今尚主力商品であり続けるSTD(間接加熱型回転乾燥機)や流動焼却炉、押出型遠心分離機等はその代表例であり、これらは当社技術史:「月島機械 百年の技術」に詳しく記述されている。

一方、近年の当社の技術開発は、前述の低炭化技術や過給式流動焼却技術、トルネードプレス脱水機等に見られるように、自社での独自開発が多くなってきている。ボーダレスな時代にあって、誰しもが世界各国からより良い商品を購入できる状況を勘案すると当然の帰結ではあるが、独自開発に取り組む際には留意しなければならないことも多い。

第一の留意点は、プロセスそのものや核となる機器そのものを当社が基礎から開発を行わなければならない点にある。顧客ニーズに基づくことや得意な単位操作技術を駆使すること、各種の実験を重ねていく開発手法等は従前と同じなのだが、そのベースとなる基礎理論から築き上げていく(技術オーナーとなる)と言う点で過去のと大きな違いがある。

第二の留意点は、開発に要する時間が長くなると言う点と開発費用も大きくなるという点にある。時間と費用を掛けて開発しても市場要求に間に合わなければ意味がない。タイムリーに開発商品を提供できて始めて収益貢献への期待をもてるのである。いづれも研究開発そのものの有り様を問うものであり、だからこそ研究開発に携わるあらゆる階層がこの変化に心して当たらねばなるまいと思っている。

【『熱意の持続』が大切】

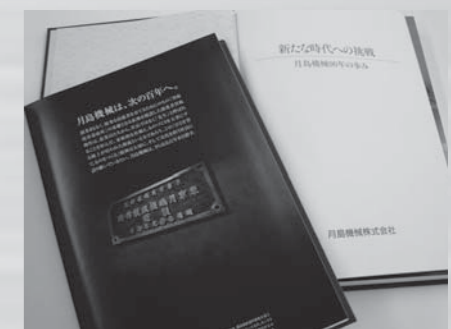
ちょっと古い話で恐縮だが、「熱意の持続が閃きを生む(Serendipity)」と言う言葉が鮮烈に耳に残っている。時期は定かではないが、オイルショック後の著しい経済停滞時期であったか、都市ゴミ熱分解処理設備の後遺症で経営が危機に瀕していた時期に営業部門で多用された言葉であったと思う。目標を決めたらそれを徹底的にやり抜く「熱意」、目標を達成する「情熱」があれば、目の障害を克服する解決策は必ず閃くと言う意味であったと記憶している。情熱だけで全てが解決できる訳ではないが、不可欠な要素であることには違いない。

振り返れば当時当社は、世界初の都市ゴミ熱分解処理装置を受注し手痛い失敗をおかしている。長年の研究開発の成果として、また、受注低迷に喘ぐ経営環境の下での大型受注として期待されたが、試運転当初よりトラブルに継ぐトラブルが発生し、引渡しに至るまで約3年を要した。当社の社史:「新たな時代への挑戦～月島機械90年の歩み」や「月島機械100年の経営」によれば、開発段階における技術的詰めの甘さや経営判断のまずさ等が赤裸々に述べられている。当時の経営的ダメージは筆舌に尽くし難いが、何よりも関係者の昼夜を厭わない解決のための不断の努力、「技術を完成させるという熱意の持続と責任感」が技術を完成させ、設備の引渡しにこぎ着かせたのだと思う。

当時の経営者は、後に「経営はHopeful(希望を持って)で無ければならないがWishful(願望、神頼み)であってはならない」と本件を振り返っている。「経営」と言う文字を「研究開発」と言う文字に置きかえて読めば、研究開発に携わる技術者の戒めともなるし、経営に携わるもの一人として、この反省を次代の研究開発に活かしていきたいと考えている。

「21世紀の新しい時代を担うテーマは『環境とエネルギー』であろうし、当社の技術開発はその方向に向かっている」、「当社を100有余年支えてきた技術開発手法を見直す絶好の機会である。またその必然性が生じている」、「熱意の持続が目標達成には欠かせない」等々、開発に係わる思いを雑感として記した。目前にある未曾有の経済情勢の悪化は危機として捉えざるを得ないが、むしろ新しい時代への幕開けとして認識したいものだ。

「我々の挑戦は新しいものかもしれない。我々がそれに立ち向かう手段も新しいものかも知れない。しかし、我々の成功は、誠実や勤勉、勇気、公正、寛容、好奇心、忠誠心、愛国心といった価値観にかかっている。これらは、昔から変わらぬ真実である。これらは、歴史を通じて進歩を遂げるため静かな力となってきた。必要とされるのは、そうした真実に立ち返ることだ」(訳文はYOMIURI ONLINEより抜粋)とはオバマ米国新大統領の就任演説の一節だが、あらゆる観点から当を得ていると思いがら筆を置くことにする。



膜ろ過と活性炭の組合せによる 高度な浄水技術の開発

Development of Advanced Purified Water Technology by Combining Membrane Filtration and Activated Carbon Treatment



中山 雄之
NAKAYAMA Tsuyoshi
水環境事業本部
ソリューション技術部
上水グループ

技術士
(生物工部門)
(上下水道部門)

日本生物工学会
化学工学会
日本醸造学会

Abstract

TSK has devised new membrane filtration system that can be adopted to the existing building frames of water purification by direct installation of required number of membrane units. The membrane unit is composed of a submerged membrane module stored inside a unit case with an entrance that is open and shut. Installation position of the membrane units is such as the rear-end of coagulation-sedimentation pond or the sand filtration basin.

Inside and outside of the unit case are blocked off by shutting the entrance of the membrane unit at the time of physically washing of the membrane and draining inside the unit case. This function allows the membrane unit to install directly to the existing sedimentation basin and sand filtration basin. So that, new building for the membrane unit is not necessary, and construction of membrane equipment installation can be facilitated. The membrane unit is applied efficiently to the existing building frame.

Continuous demonstrated operation was conducted for over one year with a demonstration test system of membrane unit named "Tsukishima unit type submerged membrane filter system" built inside the water purification plant area. Consequently, system of the membrane unit was certified by a third-party organization, the Japan Water Research Center as filtration system for the drinking water.

Furthermore, advanced water purification process of combing the membrane filtration with active carbon treatment was studied by using "Tsukishima unit type submerged membrane filter system" as follows;

- (1) charging powdered activated carbon into the casing of membrane unit
- (2) setting granular activated carbon cartridge unit before the membrane unit.

The membrane test unit for each method was set on the test plant, and the continuous tests were conducted. For these tests, the improved membrane unit was used. As a result, the character of each method was able to grasp by demonstration tests. And the membrane system has got an additional value by combining the membrane filtration and the active carbon treatment.

キーワード: 膜ろ過, MF膜, ユニットケース, 浄水場, 既設躯体, 粉末活性炭, 粒状活性炭
Keyword: Membrane filtration, micro filtration membrane, unit case, water purification plant, existing building frame, powdered activated carbon, granular activated carbon

1 はじめに

近年、より安全な水への要求が高まっており、信頼性が高く維持管理が容易な浄水設備が求められている。そうした中、浄水の膜ろ過は、クリプトスポリジウムなどの原虫や細菌などを完全に除去することができ、安全な水を安定して供給できる方法として注目されている。

浄水に関する研究プロジェクト「e-Water」(2002-2004)が、厚生労働省の外郭団体である(財)水道技術研究センターの主催により行われた。このプロジェクトは、参加30社という大規模なもので当社も参画した。膜ろ過の浄水への適用に関して、浄水場に実験ヤードを設置して各社持ち込み実験を行った。当社は、他2社とのグループにて大規模浄水場に適用する浸漬型膜ろ過装置の共同実験を行った。

また、「e-Water」とは別にそれと並行して、当社独自の膜ろ過技術、膜ろ過装置の開発を当社単独で行った。当社は、上水膜ろ過の分野においては後発であり、従来の膜ろ過装置での技術では大きく遅れていた。そこで従来には無いコンセプトの膜ろ過装置として、「月島ユニット式浸漬型膜ろ過装置」を開発した。

「e-Water」に続くプロジェクトとして「e-WaterII」(2005-2007)が行われた。当社はこれに参画し、持ち込み実験においても当社単独での実験を行った。「月島ユニット式浸漬型膜ろ過装置」にさらなる付加価値をもたせる目的で、膜ろ過と活性炭処理を組み合わせた高度な浄水プロセスについて検討を行った。

本報告では、「月島ユニット式浸漬型膜ろ過装置」の概要を説明した後に、「e-WaterII」持ち込み実験における膜ろ過と活性炭処理の組み合わせについての検討結果および、実験の中で開発した浄水装置プロセスについて述べる。

2 「月島ユニット式浸漬型膜ろ過装置」概要

2.1 コンセプト

上水に膜ろ過を用いる場合、膜本来の高度なろ過機能を発揮させ膜の寿命を確保する為には、膜ろ過を行う原水の濁質をできるだけ除去しておくことが重要である。特に中空糸膜の場合には、膜束の中に濁質が溜まるとその排出が困難になるからである。

河川表流水、ダム水、湖沼水といった比較的濁質が多く含まれた原水を用いる浄水場に膜ろ過を適用する場合、大量の水から濁質を除去するのに最も合理的と考えられる既設の凝集沈殿池を活用し、砂ろ過池を膜ろ過装置に切り替えることが有効であると考えられた。しかし従来の膜ろ過装置を用いるには、新たなスペースに膜ろ過装置を設置するための建屋を建設しなければならない。

そこで、開閉式流入口を持ったオープンタイプのケーシングに浸漬型膜モジュールを収納して膜ユニットとし、この膜ユニットを凝集沈殿池後端部や砂ろ過池等の浄水場既設躯体に必要な本数だけ直接設置する膜ろ過装置を考案した。膜の物理洗浄時やユニットケース内排水時に、膜ユニットの流入口を閉じユニットケース内外を遮断する。この機能により既設の沈殿池や砂ろ過池に直接設置することができる。そのため新たな建屋は必要無く、また設備設置工事も容易になる。本装置は既設躯体を有効に用いたものである。

図1に膜ユニットのイメージ図を示す。図2には、浄水場の既設躯体へ膜ユニットを設置した場合のイメージ図を示す。浄水場の一般的なフローのイメージ図に並べて、凝集沈殿池の後端部に膜ユニットを設置した場合、ろ過砂と配管等を撤去した砂ろ過池に膜ユニットを設置した場合、それぞれの設置イメージを示した。

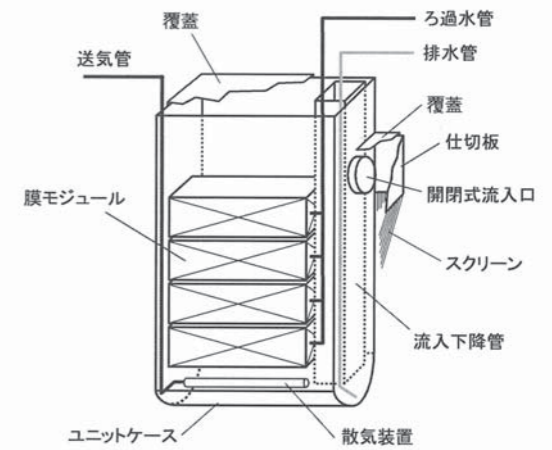


図1 膜ユニット
Fig.1 Membrane unit

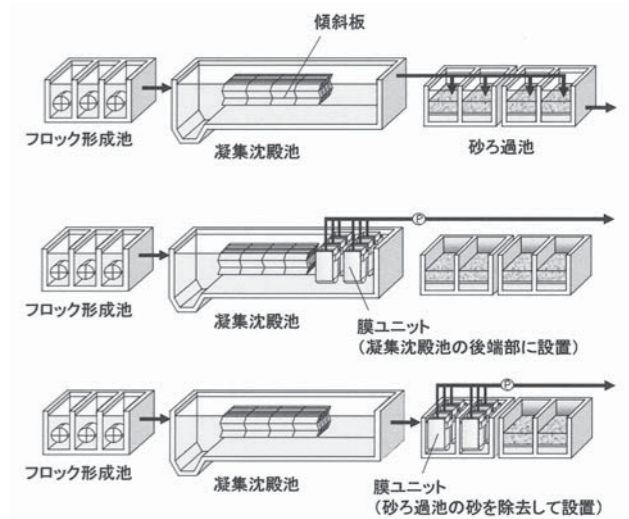


図2 既設躯体への膜ユニットの設置イメージ
Fig.2 Installation image of membrane unit to the existing building frame

2.2 「月島ユニット式浸漬型膜ろ過装置」の開発

図3は、開発実験に用いた実証実験装置である。図4に実証実験装置のフローを示す。膜ユニットを設置した実験水槽は、浄水場の凝集沈殿池後端部より取水した水を通水しており、浄水場の既設躯体を想定している。膜ろ過用原水の実験水槽への通水量は、ろ過水量より僅かに多い水量とした。越流堰でのオーバーフローによって実験水槽の水位を一定にした。オーバーフローとなった水は、返送水タンクを経て着水井に返送した。膜ユニットからの膜ろ過水は、膜ろ過水タンク(5m³)に貯留して逆流洗浄の際には逆流水として用いた。膜ろ過水タンクからのオーバーフローは、返送水タンクへ流下させ着水井に返送した。膜ユニットの物理洗浄を行った際の膜洗浄廃水は、排水ポンプによって浄水場の排水池に排出した。

膜ユニットに内蔵した膜モジュールの仕様について表1に示す。膜モジュールは、膜エレメント(膜面積34m²)を組んで外壁板で囲み接続配管を配置したものである。

図5に膜エレメントと膜エレメント4本からなる膜モジュールを示す。膜モジュールは、6段までの積み重ねが可能であり、曝気装置を持ったベース（設置面積：1200mm×400mm）の上に設置され、ベースごと吊り上げられる。図6に膜ユニット（膜モジュールを4段積んだものを内蔵）の外観を、図7に膜ユニットを実験水槽上に吊り上げた状態を、図8に膜ユニットを実験水槽に設置した状態を、図9に膜ユニットから膜モジュールを引き上げた状態を示す。

1年以上の連続ろ過の実証運転を行い、「月島ユニット式浸漬型膜ろ過装置」として、財団法人 水道技術研究センターによる第三者機関での水道用膜ろ過装置の認定（認定登録番号：装認第1074号）を取得した。

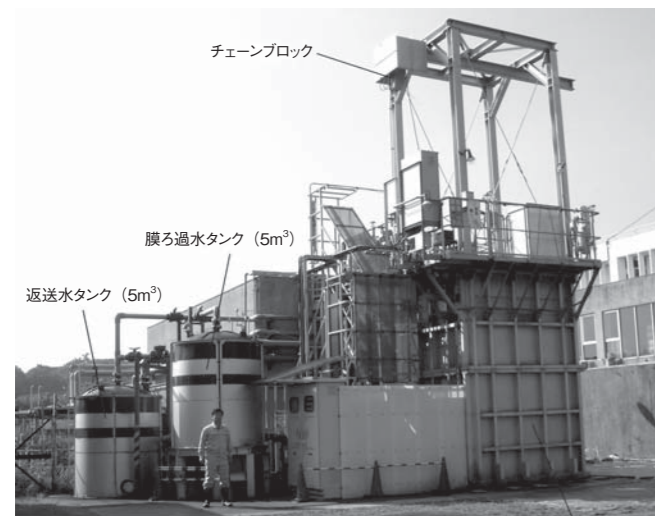


図3 実証実験装置
Fig.3 Demonstration experiment plant

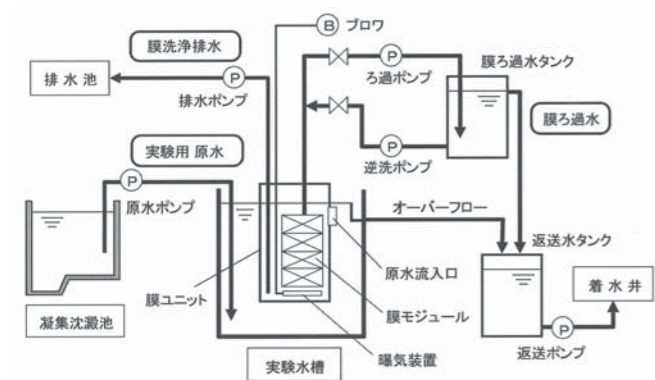


図4 実証実験装置フロー
Fig.4 Demonstration experiment plant flow

表1 膜モジュール仕様
Table1 Specification of membrane module

膜種類	中空糸MF膜（孔径0.1μm）
材質	親水化ポリエチレン
ろ過方式	浸漬型吸引ろ過方式
モジュールサイズ	400 × 840 × 420(H) (mm)

2.3 「月島ユニット式浸漬型膜ろ過装置」の特徴

「月島ユニット式浸漬型膜ろ過装置」は、膜ユニットを用いることで、既設躯体へのろ過膜の直接設置が可能となっている。それにより以下の特徴を有する。

- ① 膜ろ過施設を設置するための大規模な建屋の建設が不要であり、既設施設内へコンパクトに膜ろ過設備を設置することができる。
- ② 従来の装置に比べ、膜ろ過設備の設置工事が容易であり短工期で行うことができる。
- ③ 膜ユニットの基数によりあらゆる規模の浄水場に対応可能である。
- ④ 膜ユニットのケーシングを薬液槽とすることにより、浄水場におけるオンサイトでの薬液洗浄が可能である。

本装置は、従来膜ろ過の対応が困難であった中規模や大規模の浄水場に適用することを容易にした装置である。

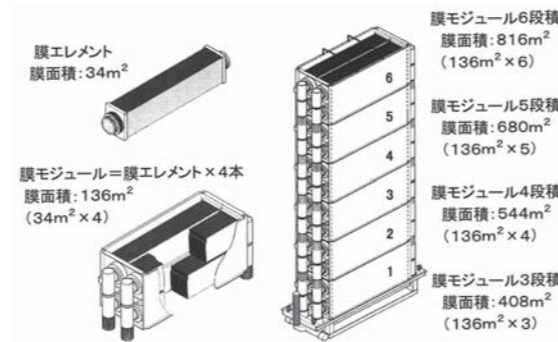


図5 膜エレメントと膜モジュール
Fig.5 Membrane element and membrane module



図6 膜ユニット
Fig.6 Membrane unit



図7 膜ユニット吊上げ状態
Fig.7 Hanging state of membrane unit

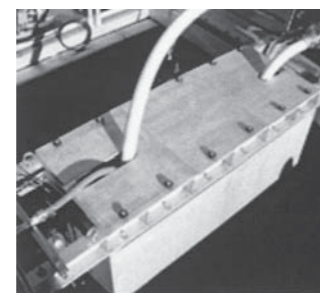


図8 膜ユニット設置状態
Fig.8 Installation state of membrane unit

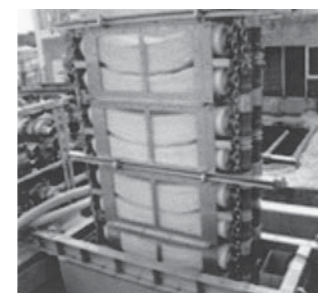


図9 膜モジュール引上げ状態
Fig.9 Lifting state of membrane module

3 膜ろ過と活性炭処理の組み合わせによる高度な浄水技術の開発

3.1 背景

「月島ユニット式浸漬型膜ろ過装置」は中規模や大規模の浄水場に適用することを容易にした装置であるが、そうした浄水場では季節的、恒常的に臭気を問題としているところが少なくない。（財）水道技術研究センターが行った39事業体100浄水場（1万m³/日未満：5ヶ所、1万～100万m³/日：87ヶ所、100万m³/日以上：8ヶ所）に対するアンケート調査において季節的、恒常的に臭気を問題としているのは、76浄水場に及んでいた。そして大半の54浄水場では粉末活性炭の添加が行われており、粉末活性炭の添加が行われていない浄水場においては、粒状活性炭設備やオゾン設備での対応が行われていた。¹⁾

こうした浄水場への膜ろ過の適用を考えた場合、活性炭処理との有効な組合せを検討することが重要と考えられた。

3.2 実験目的

「月島ユニット式浸漬型膜ろ過装置」を用いて、膜ろ過と活性炭処理を組み合わせた高度な浄水プロセスについての検討を行い、装置にさらなる付加価値をもたせることを目的とした。

粉末活性炭および粒状活性炭について、「月島ユニット式浸漬型膜ろ過装置」と組み合わせるのに適した使用方法を考え、実証実験を通して安定した運転方法を確立することにより、膜ろ過と活性炭処理を組み合わせた高度な浄水技術の開発を目的とした。

3.3 実験装置および実験方法

実験は、「月島ユニット式浸漬型膜ろ過装置」を開発した実証実験装置（図3）を用いて行った。膜ユニットを用いた膜ろ過運転において、①膜ユニットのケーシング内に粉末活性炭を投入する方法、②膜ユニットの前段に粒状活性炭カートリッジのユニットを設置する方法、の検討によって膜と活性炭との最適な組み合わせを見いだすこととした。それぞれの実験のための膜ユニット実験装置を実験水槽に設置し、連続膜ろ過運転による膜ろ過と活性炭の組み合わせの実証実験を行った。

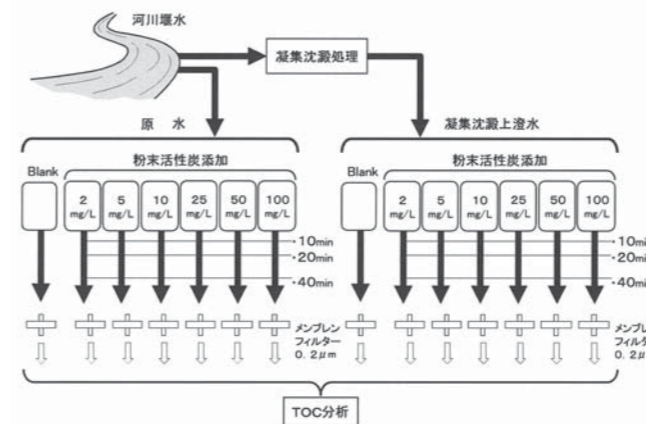


図10 粉末活性炭添加効果の比較実験方法
Fig.10 Comparative experiment method of powdered activated carbon supplemental effect

3.3.1 粉末活性炭添加システムの検討

膜ユニットのケーシング内に粉末活性炭を投入することで、凝集沈澱を行った水の活性炭処理を行うとともに、膜で粉末活性炭を除去する方法について検討した。凝集沈澱を行い懸濁物が除去された水では、原水に比べて活性炭処理に必要な粉末活性炭添加量の低減が期待される。そこで最初にラボ実験にて、凝集沈澱によって粉末活性炭添加量が低減できることを確認を行った。実験方法を図10に示す。原水および凝集沈澱を行った原水に粉末活性炭を2mg/Lから100mg/Lまで変化させて添加し、緩やかな攪拌を行った。10分、20分、40分の各時間にサンプリングを行い、孔径0.2μmのメンブレンろ過を行った後、TOCを測定した。TOCの減少量を比較することで、凝集沈澱により粉末活性炭添加量が低減できることを確認を行った。

図11に粉末活性炭添加システムを示す。検討に用いた実験装置には、膜エレメント4本組の膜モジュール（膜面積：136m²）を4段積（膜面積：544m²）にして内蔵した膜ユニット（図6～9）を用いた。粉末活性炭の添加は濁質を負荷した運転になることから、濁質負荷への対策を検討した後、連続ろ過運転における膜ろ過差圧の変化および水質の確認を行い、システムの検討を行った。

膜ユニット内への粉末活性炭の添加は、粉末活性炭懸濁液を送液する添加装置（図12）にて行った。ろ過運転では、定時間毎に膜の物理洗浄（エアスクラビング&逆流洗浄）を行い、物理洗浄後は排水を行わずそのままろ過を再開した。設定回数の物理洗浄後にユニット内の排水を行った。排水において粉末活性炭を懸濁水としてユニット内から排出した。排水後の新規な原水に対し、粉末活性炭を懸濁液で一定量添加した。添加した粉末活性炭は、次の排出まで膜ユニット内に留まることになる。

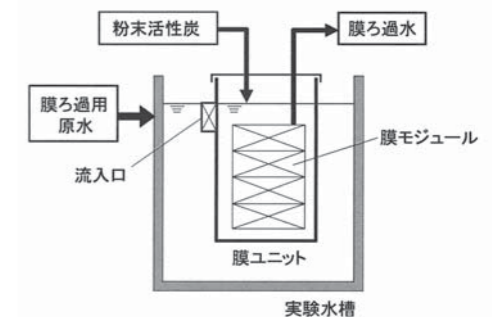


図11 粉末活性炭添加システム
Fig.11 Powdered activated carbon addition system

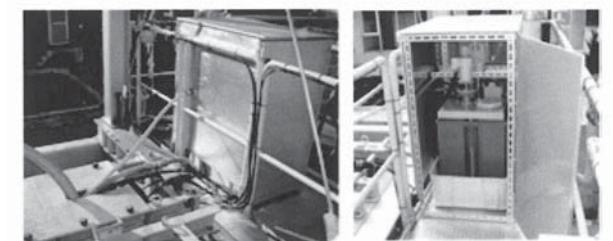


図12 粉末活性炭懸濁液の添加装置
Fig.12 Addition equipment of powdered activated carbon suspending liquid

3.3.2 粒状活性炭カートリッジ設置システムの検討

図13に粒状活性炭カートリッジ設置システムを示す。検討に用いた実験装置では、膜エレメント1本の膜モジュール(膜面積:34m²)を内蔵した膜ユニットの前段に、活性炭カートリッジを内蔵したユニットを設置した。図14に実験水槽に設置した実験装置を示す。図15に粒状活性炭カートリッジ設置システム実験装置の覆蓋を外したところを示す。図16に活性炭ユニットと膜ユニットを接続した構造図を示す。膜モジュールにはろ過ポンプと逆洗ポンプが、曝気装置にはブロワが接続される。連続ろ過運転を行い膜ろ過差圧の変化および水質の確認とシステムの検討を行った。ろ過運転では、定時間毎に膜ユニットと活性炭ユニットの間の開閉装置を閉じて膜の物理洗浄(膜ユニット内エアスクラビング&逆洗洗浄)を行った。物理洗浄後はそのままろ過運転を再開し、膜ユニット内の水位が逆洗前まで低下した後にユニット間の開閉装置を開けた。設定回数の物理洗浄後に膜ユニット内の排水を行った。

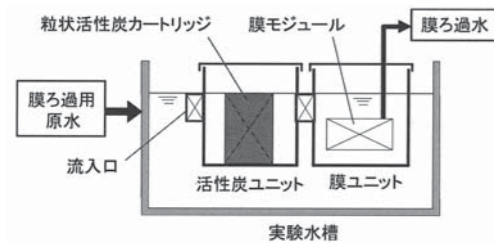


図13 粒状活性炭カートリッジ設置システム
Fig.13 Granular activated carbon cartridge installation system

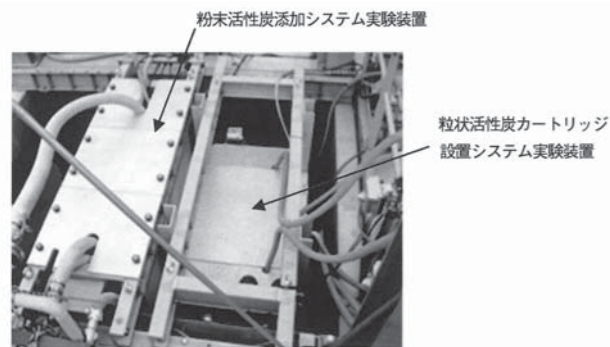


図14 実験水槽に設置した各実験装置
Fig.14 Each laboratory equipment installed in an experimental water tank

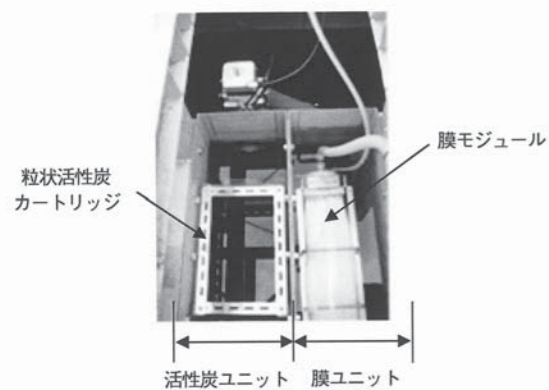


図15 活性炭ユニットと膜ユニット
Fig.15 The activated carbon unit and the membrane unit.

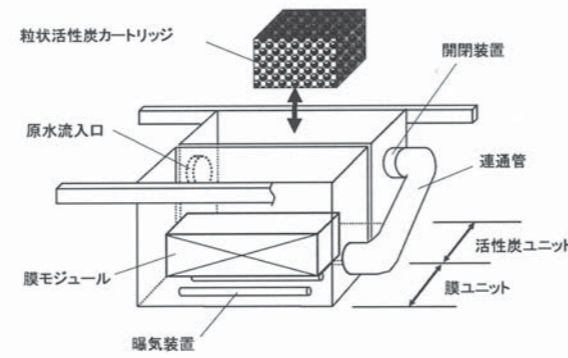


図16 活性炭ユニットと膜ユニットの接続構造図
Fig.16 Connection structural drawing of the activated carbon unit and the membrane unit

4 実験結果

4.1 粉末活性炭添加システムの検討結果

4.1.1 粉末活性炭添加効果の比較実験の結果

原水として河川堰水を用いた。原水は、濁度10.4, pH 7.8, TOC 3.2mg/L (0.2μm メンブレンにて除濁)であった。実験室にて凝集沈殿を行った上澄水は、濁度 0.7, pH 7.6, TOC 2.7mg/L (0.2μm メンブレンにて除濁)であった。

図17に粉末活性炭の添加におけるTOC減少量の経時変化を示す。沈殿処理上澄水に粉末活性炭を5, 25, 50mg/L添加したものと、原水に粉末活性炭を10, 50, 100mg/L添加したものが、それぞれ同様のTOC減少曲線を示している。このことから、沈殿処理上澄水へは原水に比べ約半分量の粉末活性炭添加でのTOC除去処理が可能であることを確認した。

活性炭への吸着においては、吸着平衡から吸着物濃度の高い方が活性炭への吸着量が多くなる。今回は、TOC低減で比較しているが、原水の方が沈殿処理上澄水よりもTOC濃度は高い。このことを鑑みると、濁質の凝集沈殿処理による粉末活性炭量低減効果はさらに大きいものと考えられる。

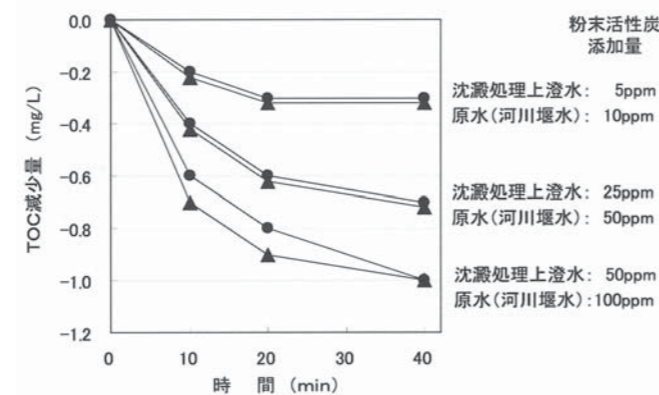


図17 粉末活性炭添加によるTOC減少量の経時変化
Fig.17 Time-dependant change at the TOC decrease by the powdered activated carbon addition

4.1.2 濁質負荷への対策の検討結果

粉末活性炭の添加は濁質を負荷した運転になることから、濁質負荷への対策を検討した。検討の結果、粉末活性炭の添加を行わない通常運転でも、濁質対応の性能が向上した装置となった。

(1) 曝気装置の改良

物理洗浄のエアスクラビングを行う際に、中空糸膜が十分に揺動する様に、曝気装置の改良を行った。図18に改良前と改良後の曝気状態を示す。改良後は、膜モジュールの底面全体に気泡が分散している。

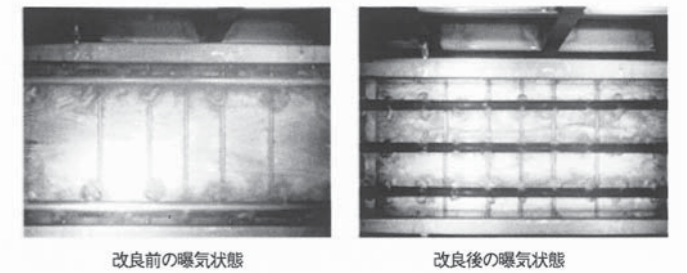


図18 曝気装置の改良結果
Fig.18 Improvement result of the aeration equipment

(2) 膜モジュール端部の曝気

膜モジュールの中空糸膜端部に粉末活性炭が蓄積するのを抑制するために、膜モジュール最下部の端部に独立した散気管を設置して曝気を行い、固定された中空糸膜端部の間に気泡流を発生させた。また、曝気により膜ユニット内の粉末活性炭ができるだけ分散状態になるようにした。図19に膜モジュール端部の曝気のイメージを示す。

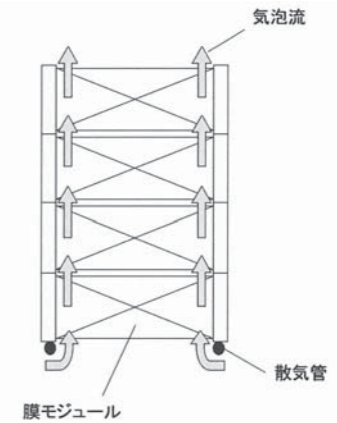


図19 膜モジュール端部の曝気
Fig.19 Aeration at the edge of membrane module

(3) 物理洗浄廃水排出方法の検討

膜モジュールの物理洗浄廃水を排出する方法にて、従来の下部からの全排水の場合(図20)には、水面の低下に伴い中空糸膜の束の中に懸濁物が保持されて残る場合があった。そこで、エアスクラビングを行いながら膜モジュールの上部から排水を行った。流入口より水を流入させ濯ぎ状態になるようにした(図21)。この方法によりエアスクラビングによって上昇した懸濁物の効率的な排出を行うことができた。また、排水時における膜ユニット内への流入を止める必要が無くなったこと、逆洗時の膜ユニットからの逆流を防げばいいことから、膜ユニットの流入口を従来の開閉式から逆止弁とすることで無動力化しシーケンスを不要とすることでコストを大きく下げることができた。メンテナンス等で膜ユニット内の全排水が必要になった場合は、流入口に止水板を設置して下部より排水を行った。

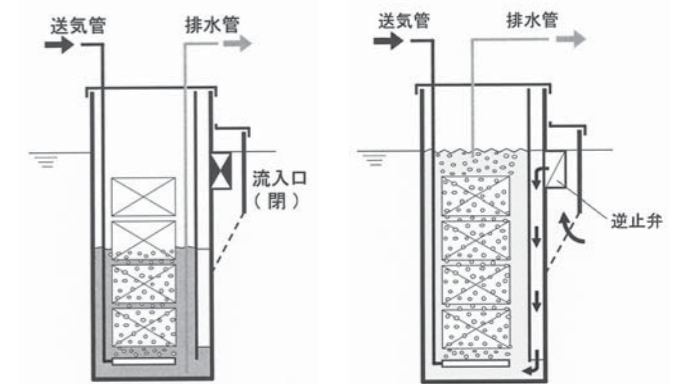


図20 下部排水(全排水)
Fig.20 Drainage from the lower part (whole drainage)

図21 上部排水(濯ぎ排水)
Fig.21 Drainage from the upper part (rinsed drainage)

4.1.3 粉末活性炭添加システムの連続運転の結果

膜ユニットを用いた実験において、膜ユニット内の粉末活性炭の懸濁水は一連の自動運転(ろ過-物理洗浄-排水)で実験水槽側に流出することはなかった。また膜ユニット内の上部排水による連続運転も順調に行うことができた。以下にRun 1からRun 3の結果について報告する。それぞれ約2ヶ月の連続運転である。表2に各Runにおける運転条件を示した。

表2 粉末活性炭添加実験における連続運転条件
Table2 Conditions of continuous operation for the adding powdered activated carbon experiment

RunNo.	膜ユニット内粉末活性炭濃度	膜ろ過流速	逆洗間隔	膜ユニット内排水間隔	膜ろ過装置の原水
Run1	10 mg/L	1.0 m/日	30分	逆洗 8 回毎	山間部河川水の凝集沈殿処理水
Run2	20 mg/L	1.0 m/日	30分	逆洗 6 回毎	山間部河川水の凝集沈殿処理水
Run3	20 mg/L	1.0 m/日	30分	逆洗 6 回毎	ダム水の凝集沈殿処理水

(1)Run1の結果

Run1の結果を図22に示す。膜間差圧は徐々に増大したが、約2ヶ月で10kPa程度であった。Run1の終了時における膜モジュールの状態を図23に示す。主に中空糸膜の端部に粉末活性炭が付着していた。粉末活性炭は、PAC由来の水酸化アルミニウムフロックとの混合状態で付着物となっていた。膜モジュールを0.15%濃度のクエン酸溶液にて薬液洗浄(曝気攪拌10分、静置20分を1サイクルとして6サイクル)を行ったところ、付着していた粉末活性炭と水酸化アルミニウムフロックの混合物は全て除去することができた。図24に薬液洗浄後の膜モジュールの状態を示す。また、図22に示すように膜間差圧もほぼ運転開始時の値に回復した。

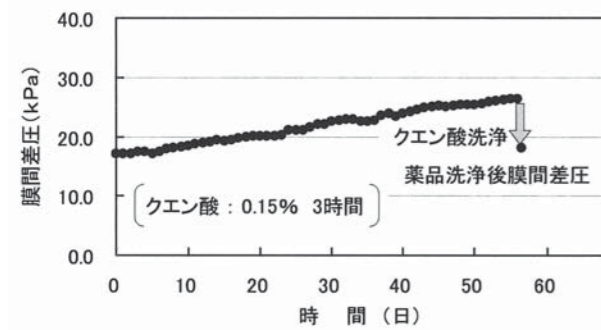


図22 Run1における膜間差圧の変化
Fig.22 Change of transmembrane pressure difference in Run1

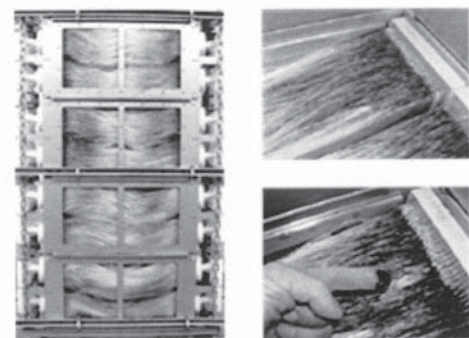


図23 Run1の連続ろ過運転終了時の状態
Fig.23 The condition of after continuous filtration at Run1

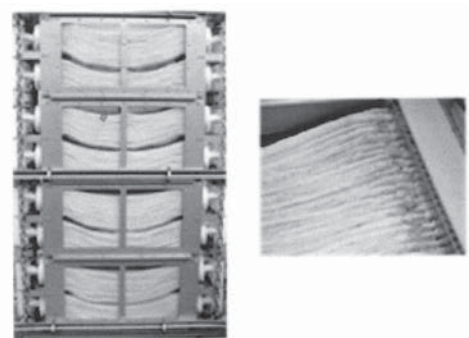


図24 Run1の薬液洗浄後の状態
Fig.24 The condition of after liquid medicine washing at Run1

(2)Run2の結果

Run2の結果を図25に示す。粉末活性炭の膜ユニット内濃度を20mg/Lとしていた。膜間差圧は約2ヶ月で18kPa程度の上昇となった。Run2の終了時における膜モジュールの状態を図26に示す。Run1に比べかなり上回る量の付着がみられた。粉末活性炭とPAC由来の水酸化アルミニウムフロックとの混合物が、端部の中空糸膜の間に充満した状態であった。膜表面の付着物は放水によって容易に除去できた。膜モジュールのクエン酸溶液による薬液洗浄を行った。0.2%濃度にて2回、0.15%濃度にて1回の合計3回の洗浄を行った。曝気攪拌と静置のサイクルは、Run1と同様に行った。薬液洗浄後の膜モジュールの状態を図27に示す。付着していた粉末活性炭と水酸化アルミニウムフロックの混合物は全て除去することができた。また、図25に示すように膜間差圧は回復したが、完全には回復しなかった。

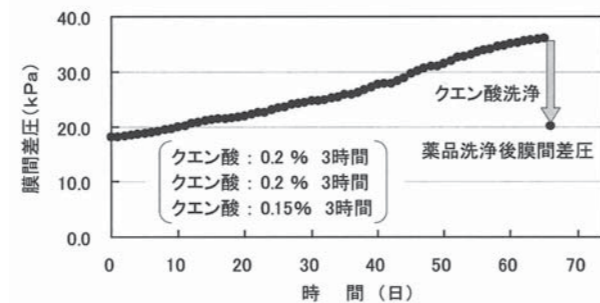


図25 Run2における膜間差圧の変化
Fig.25 Change of transmembrane pressure difference in Run2

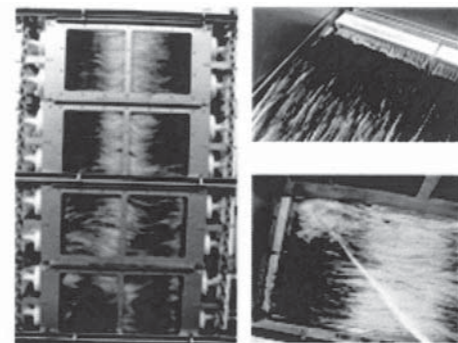


図26 Run2連続ろ過運転終了時の状態
Fig.26 The condition of after continuous filtration at Run2

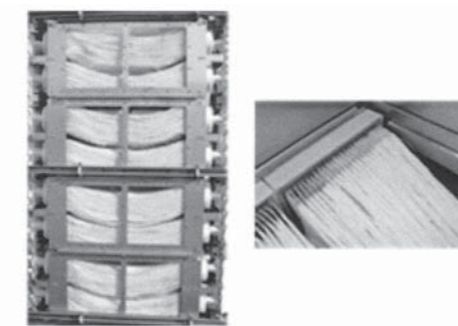


図27 Run2薬液洗浄後の状態
Fig.27 The condition of after liquid medicine washing at Run2

(3)Run3の結果

Run3の結果を図28に示す。Run3では、原水にダム水の凝集沈殿処理水を用いた。膜間差圧の増大は、Run1よりも大きかったが、Run2は下回った。Run3終了時の膜モジュールの状態を図29に示す。中空糸膜全体が黒ずんだ程度で、Run1、Run2と比べると、粉末活性炭とPAC由来の水酸化アルミニウムフロックとの混合物の付着は大幅に減少していた。付着物は散水によって容易に除去された。また、中空糸膜が黄土色に変色した部分が見られた。0.1%濃度のクエン酸溶液で薬液洗浄(曝気攪拌と静置のサイクルは、Run1と同様)を行ったところ、図30に示すように付着していた粉末活性炭と水酸化アルミニウムフロックの混合物は全て除去することができた。また中空糸膜が黄土色に変色した部分も初期の白色に回復した。クエン酸洗浄によって、図28に示すように膜間差圧は回復したが完全には回復しなかった。これはRun2に引き継い

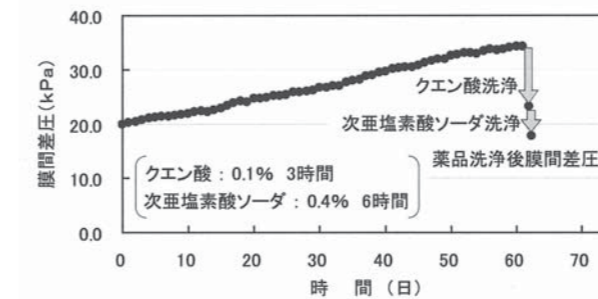


図28 Run3における膜間差圧の変化
Fig.28 Change of transmembrane pressure difference in Run3

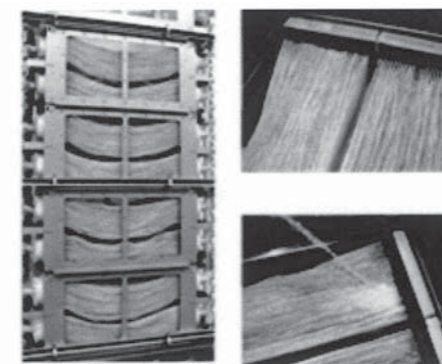


図29 Run3連続ろ過運転終了時の状態
Fig.29 The condition of after continuous filtration at Run3

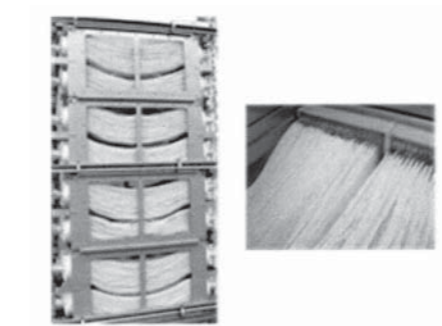


図30 Run3薬液(クエン酸)洗浄後の状態
Fig.30 The condition of after liquid medicine (Citric acid) washing at Run3

ており、そして回復していない値は大きくなっていった。中空糸膜内に有機物が蓄積しているためと考えられたので、0.4%濃度の次亜塩素酸ソーダ溶液による薬液洗浄(曝気攪拌10分、静置50分を1サイクルとして6サイクル)を行った。その結果、膜間差圧はほぼ初期の値に回復した。

Run3では原水がダム水の凝集沈殿処理水でありTOCが溶存していたので、粉末活性炭添加によるTOC除去効果の確認を行った。0.1~0.2mg/LのTOCの低減効果がみられた。

4.2 粒状活性炭カートリッジ設置システムの検討結果

本実験では、粒状活性炭カートリッジ設置による定性的な影響の把握を行った。したがって粒状活性炭カートリッジのサイズ等の定量的な検討は行っていない。

4.2.1 粒状活性炭カートリッジ設置システムの連続運転の結果

活性炭ユニットの設置によって、膜ユニットへの原水は濁度が常に低く保持され安定した水質となった。活性炭ユニットを通過した膜ろ過原水のアルミニウム濃度が低く保たれていた。連続運転における膜間差圧の変化を図31に示す。膜ろ過運転は安定し膜間差圧の上昇も少なかった。活性炭ユニットの設置によって0.1~0.2mg/LのTOCの低減が確認された。

連続運転において、粒状活性炭カートリッジの活性炭層表面に白い堆積物が薄くたまることがあった。この堆積物は、PAC由来の水酸化アルミニウムのフロックであると考えられた。粒状活性炭カートリッジの定期的な物理洗浄によって、水酸化アルミニウムのフロックは比較的容易に排出された。

粒状活性炭カートリッジの物理洗浄においては、微粉炭が発生し膜ユニットへ流出したが、後段の膜ろ過によって完全に除去された。

また、膜ろ過原水の次亜塩素酸ソーダが消失した時期において、活性炭カートリッジの粒状活性炭内に微小な線虫類(nematodes)の生存が確認された。

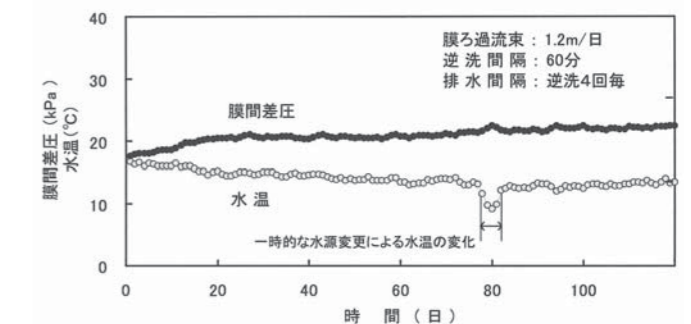


図31 粒状活性炭カートリッジ設置における膜間差圧の変化
Fig.31 Change of transmembrane pressure difference under the granular activated carbon cartridge installation

5 考察

5.1 粉末活性炭添加システムの検討

連続運転において、Run3ではRun1, Run2と比べ膜への付着物が大幅に減少したのは、余剰PAC量が少なかったためと考えられた。浄水場の原水が、Run1, Run2では山間部河川水と比較的清澄なためPACが余剰みだったのに対し、Run3ではダム水で比較的濁質を含んでおりPACが十分に消費された為と考えられた。このことは実験水槽(膜ろ過用原水)のアルミニウム測定値が、Run1, Run2では0.2mg/L付近であったのに対し、Run3では0.05mg/L付近であったことから伺えた。

膜ユニットへの粉末活性炭添加は、中空糸膜の揺動を大きくできる浸漬型膜モジュールの特徴を活かしたもので、溶存物質低減効果も確認された。連続添加を行う場合は定期的な薬洗が必要であった。粉末活性炭添加は、連続添加よりも緊急時添加としての位置付けが適していると考えられた。

5.2 粒状活性炭カートリッジ設置システムの検討

活性炭ユニットを通過した膜ろ過原水のアルミニウム濃度が低く保たれていたのは、粒状活性炭カートリッジが余剰となったPAC由来の水酸化アルミニウムのフロックを除去していた為であり、膜間差圧の上昇抑制に大きな役割を果たしていたと考えられた。

原水の次亜塩素酸ソーダが消失した時期において、粒状活性炭内に微小な線虫類(nematodes)の生存が確認されたことから、粒状活性炭カートリッジの粒状活性炭が生物活性炭化したと考えられた。粒状活性炭カートリッジからは微生物の漏洩が起きていると考えられたが、後段の膜ユニットでの膜ろ過によって完全に除去されていた。

生物活性炭による水質の向上が期待されるとともに、リークする微粉炭や微生物を膜ろ過によって確実に除去できることから、膜ろ過の前段に粒状活性炭を設置することは、浄水において非常に有効な組み合わせになると考えられた。図32に既設砂ろ過池を粒状活性炭槽とし、その後段に膜ろ過設備を設置した施設のイメージ図を示す。

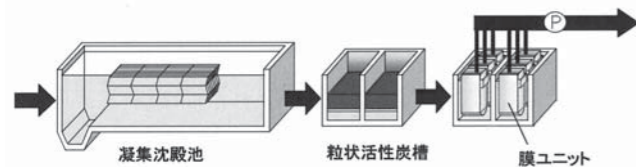


図32 既設躯体を用いて粒状活性炭と膜ろ過を組合せたシステム
Fig.32 The combination system of membrane filtration with granular activated carbon using existing building frame

6 まとめ

膜ろ過と活性炭処理の組み合わせによる高度な浄水技術の開発を行った結果を以下にまとめた。

6.1 粉末活性炭添加システムの検討

- ①濁質を含んだ原水に粉末活性炭を添加する場合、凝集沈殿によりTOC除去に必要な粉末活性炭量が約半分にできることを確認した。
- ②膜ユニットへの粉末活性炭懸濁液の添加によって、粉末活性炭と膜ろ過を組み合わせた連続運転が可能であった。
- ③粉末活性炭の添加は濁質負荷になることから、濁質対策の検討により、粉末活性炭の添加を行わない通常運転でも、濁質対応の性能が向上した装置となった。
- ④PACが余剰になった場合、粉末活性炭とPAC由来の水酸化アルミニウムフロックとの混合物が中空糸膜に付着した。PAC添加量管理の重要性が示唆された。膜への付着物は低濃度のクエン酸洗浄によって容易に除去できた。
- ⑤膜ユニットへの粉末活性炭添加は、連続添加よりも緊急時添加としての位置付けが適していると考えられた。

6.2 粒状活性炭カートリッジ設置システムの検討

- ①粒状活性炭ユニットの設置によって、膜ユニットへの原水水質が向上し膜ろ過運転は安定した。
- ②条件によって粒状活性炭は生物活性炭(BAC)化した。粒状活性炭から漏洩する微生物やリークする微粉炭は、後段の膜ろ過によって完全に除去された。
- ③膜ろ過の前段に粒状活性炭を設置することは、浄水において非常に有効な組み合わせになると考えられた。

7 おわりに

当社は、上水膜ろ過の分野においては後発であり、従来の膜ろ過装置による膜ろ過技術は大きく遅れていた。

しかしながら今回、従来に無い新しいコンセプトでの膜ろ過装置を独自開発して商品化することができた。更には、膜ろ過と活性炭処理の組合せといった付加価値をつけた技術開発を行い、実用化の域に達することができた。こうした一連の開発を通して、上水の水分野における多くの技術を蓄積することができ、上水膜ろ過の分野においては他社と比べても遜色のない技術レベルに達したと言っても過言では無いであろう。

上水の水分野は、月島機械にとって新市場として大きく開拓できる可能性がある。膜ろ過技術は、新市場開拓の非常に有効なツールとして用いることができると考えられる。新市場においては、ユーザーの要望に対応できる技術を常に研鑽しておくことが重要である。

今後は、立ち上げた新商品の受注に向けた注力がポイントである。最後に、本技術開発に当たり多大なご協力を頂いた財団法人水道技術研究センター殿、富津市水道部殿に厚く御礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 安全でおいしい水を目指した高度な浄水処理技術の確立に関する研究(e-Water II) 最終報告書(2/3) 平成二十年七月 財団法人 水道技術研究センター

ジメチルエーテルを利用した高水分炭・下水汚泥・PCBs 汚染底質の省エネルギー脱水技術の開発

Energy-saving Dewatering with Dimethyl Ether for High Moisture Coal and Sewage Sludge and Sediment with PCBs

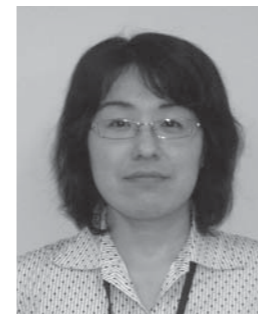
Abstract

For the global warming problem, various processes need to reduce energy costs, and Tsukishima Kikai Co., Ltd. together with the Central Research Institute of Electric Power Industry (CRIEPI) focused on the drying process for sewage treatment. An energy-saving method of water extraction using liquefied dimethyl ether (DME) was developed, which is more superior to traditional drying using heat energy. In this method, water is extracted into liquefied DME and separated from solids. Liquefied DME and water are easily separated by flash distillation. High-moisture coal, dewatered sewage sludge, and sediment containing PCBs were tested.

This achievement was awarded the state-of-the-art technology by Fuji Sankei Business i in 2008.

DME process and test results of the above materials are described. For high-moisture coal, moisture was reduced from 40.6% to 1.3%. For dewatered sewage sludge, moisture was reduced from 78% to 30%. For sediment containing PCBs, 99.1% of its concentration was removed.

キーワード: ジメチルエーテル(DME)、脱水、脱水ケーキ、高水分炭、PCBs含有底質
Keyword: Dimethyl ether (DME), Water extraction, Dewatered sewage sludge, High-moisture coal, Sediment containing PCBs



森田 真由美
MORITA Mayumi
研究開発本部
研究開発部
開発企画グループ
技術士
(上下水道部門)
廃棄物学会

神田 英輝
KANDA Hideki
財団法人 電力中央研究所

大下 和徹
OSHITA Kazuyuki
京都大学大学院工学研究科

1 はじめに

地球温暖化防止対策の一つとして省エネルギー化が求められているなか、月島機械と財団法人 電力中央研究所は、ランニングコストを大幅に削減できるジメチルエーテルを用いた脱水技術の開発を行ってきた。

石炭については(財)電力中央研究所を中心に、汚泥に関する基礎研究は(財)電力中央研究所と月島機械が共同で、PCBs除去に関する研究は京都大学を中心に進めている。これらの成果についてまと

めた論文が、2008年7月にフジサンケイビジネスアイが主催する「第22回 独創性を拓く先端技術大賞表彰制度」においてフジサンケイ・ビジネスアイ賞を受賞した。以下に、受賞論文の概要を記す。

2 背景

2.1 石炭

日本の石炭火力発電所で用いられる石炭は、炭化度が高い瀝青炭であり、水分は約10重量%なので燃えやすく、一般的な発電効率は42%である。しかし、全世界の石炭の可採埋蔵量の4割は高水分炭(亜瀝青炭や褐炭)である。高水分炭は、米国・中国・豪州・ロシア・ドイツで多く産出され、特に褐炭では水分が50～70重量%もある(図1)。高水分炭は、水分重量が多いため輸送費が高くなり、炭坑から遠くに輸送できず炭坑に隣接する発電所で利用される。これらの発電所では、燃焼排ガスの余熱で水分を蒸発させ、その水蒸気が石炭と共に火炉に投入される。この水蒸気により熱密度が低下するので、例えば水分67重量%の褐炭を用いる豪州ビクトリア州の発電所の発電効率は28%に過ぎない。しかし、高水分炭は輸送費を除けば安価なため、発電効率は低いが、多量のエネルギーを使用して脱水するよりも全体的には低コストになる¹⁾。ただし高水分炭を利用すると、同じ発電量でも、CO₂排出量では瀝青炭(低水分炭)の1.5倍に匹敵する。

特に、米国と中国は、この二ヶ国だけで世界のCO₂の4割を排出し、また、多くの高水分炭を消費している。これらの国々で高水分炭を省エネルギー(低コスト)で脱水できれば、発電効率も向上しCO₂排出量を大幅に削減できる。既存技術(UBC法:改質褐炭法)では、高温加熱して水分を蒸発させた後に、水蒸気を再び凝縮させて生じる熱を回収し、省エネルギー化を図っている。しかし、回収効率は、20年以上かけて改善が進められており、これ以上の向上は難しい。また、UBC法の理論上の所要エネルギーは、水の蒸発潜熱とほぼ同じ2,100kJ/kg水である。更に、UBC法では、微粉炭にする必要があるため、脱水後にブリケット加工を要する。

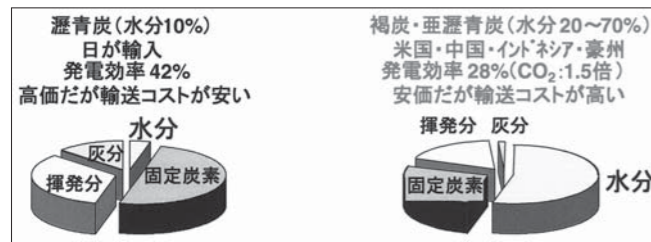


図1 瀝青炭と褐炭との違い(円グラフは石炭中の重量割合)
Fig.1 Components of bituminous coal and brown coal

2.2 下水汚泥

下水汚泥は、我が国で年間4.3億m³発生する、最も多い産業廃棄物である。最初沈殿池および最終沈殿池で発生する下水汚泥は、濃縮された後、圧搾や遠心分離等の機械的脱水によりケーキ状(粘土状)に脱水しても、水分が80重量%残る。脱水された汚泥は、衛生面と費用面から乾燥・焼却により減容化した後に、埋立て処分するのが一般

的であったが近年コンポストや肥料化などの再利用が進められている。日本の下水道の普及率は71.7% (2008年3月末データ)であり、現在も上昇中である。排出量が増加する一方で、下水汚泥は、カーボンニュートラルな非化石燃料であり、バイオマスとして有効利用が期待されている。仮に、省エネルギーで脱水・脱臭できれば、下水処理場外への搬出が容易になり、石炭代替燃料としてCO₂排出量を大幅に削減できる。既に国内でも、下水汚泥を石炭火力発電所の燃料石炭に混ぜる試みが始まっている。現在の下水汚泥の燃料化技術は、ガス化や乾燥・炭化処理であるが、これらの処理でも消費エネルギーの削減や、乾燥処理物の悪臭の軽減など課題は多い。下水汚泥を、カーボンニュートラルな非化石燃料として本格的に利用するためには、省エネルギー(低コスト)で脱水するとともに、脱臭して処理場外への搬出を容易にする技術が必要である。

2.3 PCBs汚染底質

ポリ塩化ビフェニル類(PCBs)は猛毒であり(図2)、過去にカネミ油症事件などの社会問題・環境問題を引き起こし、国際条約で全廃が決まっている。しかし、国内の都市河川や港湾の底質(ヘドロ)は、過去の不法投棄や工場廃水などの人為的由来により、高濃度に汚染されている箇所がある。

底質中のPCBsに関しては、1975年に暫定除去基準の10mg/kgが定められ対策が行われてきた。2000年に施行されたダイオキシン類特別措置法では、PCBsの一部の毒性の高いCo-PCBs(コプラナーPCBs)がダイオキシン類としても含まれ、底質中のダイオキシン類の環境基準が150pg-TEQ/gと定められた。これにより、基準値を上回る箇所の存在が多数明らかになり、PCBs汚染問題が再びダイオキシン類汚染問題として顕在化した。現在、主な処理方法として「原位置固着+封じ込め」処理があるが、これはコンクリートで汚染底質を密閉する方法であり、半永久的なモニタリングが必要となる。このため、汚染底質は浸透し、浄化されることが望ましいが、汚染底質は高水分で量が膨大であるので、浄化方法には省エネルギー化、低コスト化が要求される。

汚染底質の分離無害化処理技術のうち、比較的省エネルギーな方法の一つとして「溶媒抽出法」がある。これは常温で有機溶媒を用いてPCBsを抽出する方法であるが、汚染底質に適用された例はほとんど無い。さらに、溶媒抽出法ではアセトン等の有機溶媒を用いるが、これらは有毒である。また、溶媒抽出の前工程としてのPCBs汚染底質の水分の除去と、後工程としての浄化底質中に残留した溶媒の除去が必要である。これらの工程では、加熱して水や溶媒を蒸発させるの

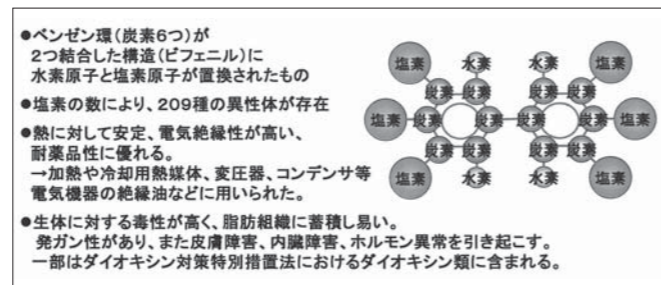


図2 ポリ塩化ビフェニル類(PCBs)とは
Fig.2 Characteristic of Polychlorinated biphenyls

が望ましいが、高水分で量が莫大ゆえに多くのエネルギーを要するため、「原位置固着+封じ込め」法を適用せざるを得ないのが現状である。

2.4 共通項

これらの問題に共通するのは、対象物が高水分であるが故に、脱水・燃料化・浄化が困難な点と、既存技術が高温処理のエネルギー消費型な点にある。

ここで我々は、ジメチルエーテル(以下、DMEと呼ぶ)に着目した。DMEは常温・常圧では気体、常温でも5～8気圧で液化する。液化状態では、水とも油とも混じるので、水やPCBsだけでなく親油性の悪臭成分も抽出可能である。また、DMEは煤を生じないLPG・ディーゼル代替のクリーン燃料として、中華人民共和国では2010年頃には2000万ton/年製造される計画があり、既に輸入LPGより安価に量産され始め、LPGからの切替が急速に進んでいる。環境・安全面でも、DMEは過酸化物質を作らないので、日本の家庭用ヘアスプレー噴射ガスとして普及している。更に、大気中で自然分解し温室効果も無いなどの優れた特性を有する。また、DMEはバイオマス・炭層中メタン等からも製造できる。

このクリーン燃料DMEの特性を活かして、「液化DMEを再生利用する高水分炭・下水汚泥・PCBs汚染底質の常温省エネルギー脱水プロセス」(以下、DMEプロセスと呼ぶ)を考案した。

3 DMEプロセスの開発

3.1 DMEプロセスの概念

DMEプロセスは、(財)電力中央研究所の基本特許^{2,3)}を元に、(財)電力中央研究所と月島機械が考案した応用特許を組み合わせた技術である。その基本概念を図3に示す。

本法では、常温・7気圧程度で、液化DMEを用いて脱水浄化した後に、常温のまま5気圧程度に減圧してDMEだけを蒸発・回収し、DMEガスを凝縮・液化して再利用する。一方で、水や親油性物質は蒸発せずに液体のまま排出される。ここで、DMEを二段階に蒸発させることで、液化DMEへの溶解度に上限(約8wt%)がある水を分離した後に、液化DMEと完全混合する親油性物質を分離することも可能である。

DMEプロセスでは、DMEガスの圧縮に要するエネルギーが、脱水エネルギーの大部分に相当する。脱水エネルギーは、神田らによりDMEの理論上の溶解度を用いて計算すると水1kgあたり1,109kJ(UBC法の半分のエネルギー)に過ぎないことが明らかにされている¹⁾。

3.2 DMEプロセス試作機

このDMEプロセスの妥当性を実証するため、同プロセスの試作機を(財)電力中央研究所にて設計・製作した。試作機は、DMEガスの圧縮機、DMEを液化させる冷却器、DME貯留槽、送液ポンプ、抽出槽、フラッシュ蒸留塔から構成されている(図4)。特別な機器が不要であることを実証するため、圧縮機と送液ポンプは一般的な液化LPG用レシプロ型を用いた。

圧縮機の最大送ガス量は30Nm³/h、送液ポンプの最大送液量は

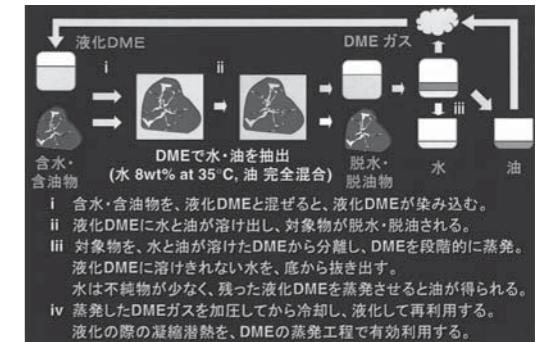


図3 DMEプロセスの基本概念
Fig.3 Basic concept of DME process

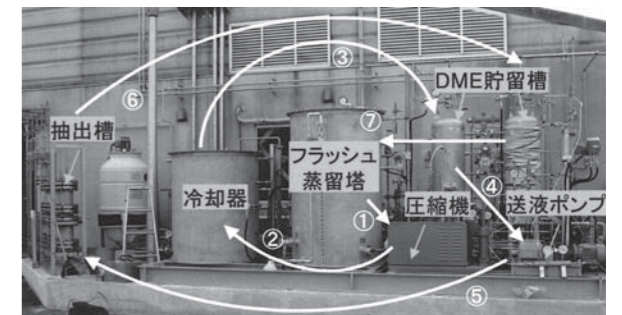


図4 DME常温脱水浄化プロセス試作機(矢印と数字はDMEの循環ルート)
Fig.4 Pilot unit of DME process

0.4m³/h(ガス体積換算134Nm³/h)である。抽出槽は内径15cm、長さ57cm(容積10L)の円筒状である。抽出槽で水分を含んだDMEは貯留槽を経てフラッシュし、蒸発したDMEガスは圧縮機で加圧された後、冷却機で常温の水によって液化して再利用される。

3.3 試作機による高水分炭の脱水

同試作機を用いた高水分炭の脱水試験には、高水分のインドネシア産のワラ炭(粒径4～8mm)を用いた。ワラ炭は炭化度が低いため、水分が40.6%もあり、元素組成では水素・酸素の重量割合が高い。このワラ炭を抽出槽に充填し、脱水試験を6回実施した。平均5.02kgのワラ炭(水分量2.04kg)に、液化DMEを100L/hの流量で90分間、総量150Lを供給した。その結果、平均で2.00kgの水分が除去され、1.3%まで脱水できることが判明した。また、石炭の乾燥減量から測定する工業分析での水分量は13.1%となり、石炭内に残留したDMEを含んだ値として測定された。今後、脱水後の残留DMEの除去方法を検討する必要がある。脱水後のワラ炭の性状を表1に示す。水分の重量を除去した絶乾ベースと比較すると、脱水試験の前後で、性状が変化しないことが明らかになった。さらに、試験後の脱水炭を、再び湿度100%で2週間静置後も、水分は15.3%にとどまり、日本への海上輸送時の課題である、高湿度条件での再湿潤を抑制できることも明らかになった。また、本技術が1cm近い粒状の石炭を脱水できたことは、既存技術にはない利点である。UBC法では、石炭を粉末状にするので、輸送にはブリケット加工が必要であった。この場合、貯炭場での自然発火、発電所のミルでの爆発の懸念があったが、本技術はこれを解決するものである。

表1 DME脱水前後のワラ炭の性状
Table1 the test result of high-moisture coal

測定項目	単位	DME脱水		
		試験前	試験後	
工業分析	灰分	重量%	0.6	0.6
	揮発分	重量%	52.1	51.1
	固定炭素	重量%	47.3	48.3
	燃料比	—	0.91	0.94
元素分析	炭素	重量%	67.8	67.8
	水素	重量%	5.08	5
	窒素	重量%	1.1	1.15
	酸素	重量%	25.3	25.2
	総硫黄	重量%	0.18	0.18
	可燃性硫黄	重量%	0.18	0.17
	不燃性硫黄	重量%	0	0.01
	高位発熱量	cal/g	6,400	6,350
低位発熱量	cal/g	6,120	6,080	

DMEを蒸発させることで分離することが可能であると考えられる。

更に、DME プロセスは、DMEの液化と蒸発を繰り返して脱水を行うため、この液化と蒸発に要する常温での熱交換が重要である。ここで、下水は季節にかかわらず温度変動が小さいため、大気と下水の温度差が大きい真夏と真冬に、この温度差をDMEの液化と蒸発エネルギーとして利用可能となる。すると、DMEの液化時の圧縮機や、蒸発時の減圧の操作が不要になり、理論上、消費動力を大幅に削減できる可能性がある。

表2 臭気成分分析結果(硫化成分および官能試験結果)
Table 2 The test result of odorous components

	単位	DME脱水前	DME脱水後
硫化水素	vol ppm	<0.003	<0.003
メチルメルカプタン	vol ppm	30	0.21
硫化メチル	vol ppm	0.79	0.065
二硫化メチル	vol ppm	0.43	0.35
臭気濃度	—	2,500,000	160,000
臭気指数	—	64	52

3.4 試作機による下水汚泥の脱水

同試作機による下水汚泥の脱水試験の結果を示す。水分78重量%の下水汚泥(図5)を、同機の抽出槽に3.2kg充填し、液化DMEを流速100L/h、供給時間90分間の条件で接触させ、水分を30重量%に低減することに成功した⁴⁾。除去水分量としては初期含有量の88%に達する。

また、脱水以外の効果も確認できた。まず、表2に示す通り、メチルメルカプタンが1/100以下に、硫化メチルも1/10以下に低減された。DMEにより親油性成分であるメチルメルカプタンや硫化メチルが除去されたと考えられる。一方、脱水された汚泥は灰色となり(図6)、悪臭成分は排水中に移行し茶色に濁った(図7)。この排水処理においても、更なる工夫を加えた。下水汚泥をDMEで脱水した後、水を吸収したDMEを水と分離させるために蒸発させる過程で、DMEを蒸発させていくと液化DME中の水の濃度が高くなり、液化DME中に水が完全に溶けない過飽和状態になる。この状態では、同じ液体であっても水と液化DMEの相に分相する。メチルメルカプタンは親油性であるのでDMEに溶けやすく、水相とDME相を分離する事により、悪臭成分をDME相に濃縮することが可能である。さらに濃縮された悪臭成分は、



図6 DME脱水後の下水汚泥
Fig.6 Dewatered sludge cake by DME



図7 DME脱水処理で生じた排水
Fig.7 Separated water

3.5 試験管スケールでのPCBs汚染底質の脱水・PCBs除去

都市河川から採取したPCBs汚染底質を対象に、液化DMEによる汚染底質からのPCBsの除去性能を検討した。毒性が強いPCBsを扱うことから安全性を重視し、試験管レベルの実験装置(図8,9)を用いた。中央のカラム(内径11mm、10cm³)に、直径4mmの球形(図10)のPCBs汚染底質(含水率60.4%)を1g充填し、液化DMEを20℃・0.51MPaで、供給速度4.5mL/minに固定し、供給時間を変えて総流量30~180mLの範囲で流した。汚染底質中のPCBs濃度は8.70mg/kg-dry、ダイオキシン類濃度は630pg-TEQ/g-dryである。PCBsは環境基準濃度10mg/kg-dry未満を満たしているが、ダイオキシン類濃度は環境基準150pg-TEQ/g-dryを超えている。これはPCBsの内、ダイオキシン類にも分類されるCo-PCBsの濃度が高いためである。

液化DMEの総流量と、実験後の底質に残留した水分・PCBsの濃度を図11に示す。図11から、水分とPCBsを同時に抽出することが可能であるとともに、180mL流通させた場合、水分を96.6%、PCBsを99.1%除去することに成功した。PCBsを高濃度の液体の形で分離できたことで、その後のPCBsの分解工程が簡便になると考えられる。また、PCBs問題が再び顕在化した原因である、ダイオキシン類の除去結果

を図12に示す。液化DMEによって、Co-PCBsだけでなく、他のダイオキシン類も除去できた。毒性等量では全体の92.0%除去でき、環境基準150pg-TEQ/g-dryを下回ることに成功した。

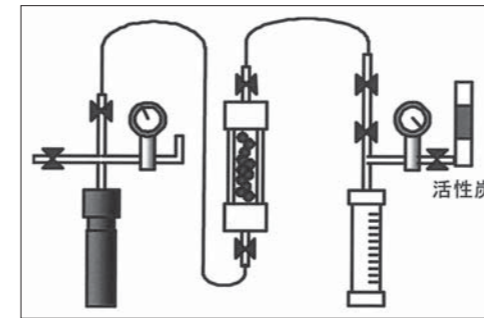


図8 PCBs汚染底質・常温脱水浄化試験装置の模式図
Fig.8 Laboratory test process for PCBs

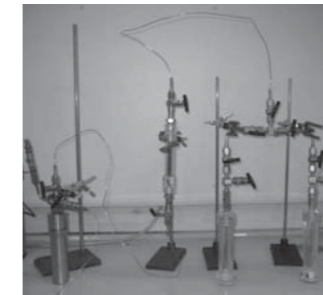


図9 PCBs汚染底質・常温脱水浄化試験装置
Fig.9 The picture of test process for PCBs



図10 PCBs汚染底質充填カラム
Fig.10 Column for sludge included PCBs

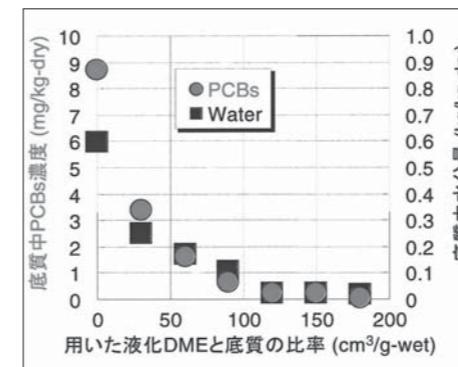


図11 液化DMEによるPCBs汚染底質からのPCBsと水分の抽出特性
Fig.11 Extraction characteristics for sediment included PCBs

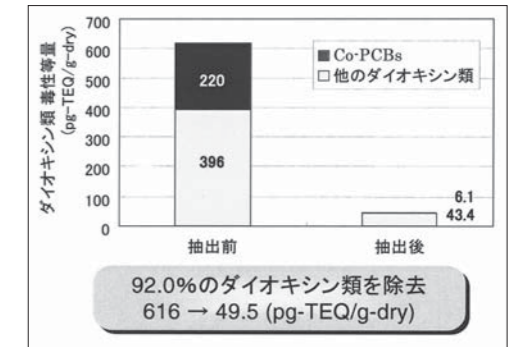


図12 液化DMEによる汚染底質からのダイオキシン類の除去結果
Fig.12 The test result of dioxin

4 結論

高水分炭・下水汚泥・PCBs汚染底質が、高水分であるため、それぞれ脱水・燃料化・浄化が困難な点と、既存技術が高温度処理のエネルギー消費型である共通点に着目し、これを解決するDMEプロセスを考案・開発し、基礎試験を行った。

高水分炭の脱水では、粒状のまま脱水でき、既存の粉末状より安全な脱水炭を作ることに成功した。また、海上輸送の課題である再湿潤性の抑制にも成功した。

下水汚泥の脱水では、水分30%まで脱水することに成功すると共に、悪臭成分の除去に成功した。これにより下水処理場からの外部搬出が容易になり、カーボンニュートラルな燃料としての利用が期待できる。また、下水熱や低温廃熱を熱源としてDMEの蒸発・凝縮を行うことで、圧縮機の投入エネルギーを大幅に削減できる可能性を見いだした。

PCBs汚染底質の脱水・浄化では、既存技術の問題であった高含水状態での浄化に成功した。水分を96.6%、PCBsを99.1%除去でき、Co-PCBsを含む底質中のダイオキシン類の濃度を、環境基準以下にすることができる。

このように、DME プロセスは、様々な高含水物質から常温・省エネルギーで脱水できるだけでなく、高含水物質の脱臭や環境浄化など、既存技術にない応用性があることも判明した。今後、今回の基礎試験結果をベースに、装置設計を行うためラボテストでの知見を拡充し、プロセス実証に向けて進めていく予定である。

参考文献

- 1) H. Kanda, H. Makino, et al., Energy-saving drying technology for porous media using liquefied DME gas., Adsorption, Vol.14, pp.467-473 (2008)
- 2) H. Kanda, H. Shirai, Method for removing water contained in solid in using liquefied material.Chinese Patent 100350996, Indonesian Patent 0018953 (2002)
- 3) 神田, 液化物を用いた含油物質の脱油方法, 特開2007-237129 (2007)
- 4) 神田ら, 液化ジメチルエーテルを利用する下水汚泥ケーキの省エネルギー脱水技術, 廃棄物学会論文集, Vol.19, pp.409-413 (2008)
- 5) H. Kanda, Super-energy-saving dewatering method for high-specific-surface-area fuels by using dimethyl ether., Adsorption Science and Technology, Vol.25, pp.345-349 (2008)

低動力型高効率遠心脱水機 (CA-G 型)

Low Power, High Efficiency Centrifugal Dehydrator (Type CA-G)



梅染 俊行
UMEZOME Toshiyuki
水環境事業本部
ソリューション技術部
下水グループ

Abstract

A low power, high efficiency centrifugal dehydrator was developed to deal with global warming, realizing increased power savings and low-moisture cake at sewage treatment plants where about 800 centrifugal dehydrators have been operating in Japan to date, owing to the large processing capacity per unit, easy odor control and operation.

Features of the developed dehydrator are described including benefits of improved maintenance by on-site dismantling of motors leading to shortened motor overhauling time that took about a month or two, 20~40% less power consumption and 40~50% less installation space.

キーワード：下水処理場、遠心脱水機、低動力、維持管理、省スペース
Keyword: Sewage treatment plants, Centrifugal dehydrator, Low power consumption, Easy operation and maintenance, small space

1 はじめに

我が国の下水処理場において、遠心脱水機は、自動化が容易で運転管理しやすい脱水機として1970年代から採用が増加した。1990年代には、焼却や処分コストの低減を図るために、標準型より含水率を約3～4%低減した脱水汚泥を得る高効率型遠心脱水機が開発されたことで設置台数が大きく増え、現在、約800台の遠心脱水機が稼働中である。また、遠心脱水機は他の脱水機と比較して大型機(処理量:30～80m³/h)が製造可能であり、設置台数を低減できることから、中大規模処理場で普及している。

近年、下水処理場においても、省エネルギー化、コスト削減が求められるようになった。そのため単位処理量あたりで比較すると、消費電力が大きく、維持管理費が高い遠心脱水機の新規採用は減少している。とりわけ、オーバーホールの際、回転体(ボウル、スクリーコンベヤ)を整備工場への持ち帰る必要があり、脱水機の運転停止期間が1～2ヶ月におよぶことは、遠心脱水機の大きな欠点である。

低動力型高効率遠心脱水機(CA-G型)は、これらの欠点を改善したものである。その特徴、性能について以下、報告する。図1に低動力型高効率遠心脱水機の外観を示す。

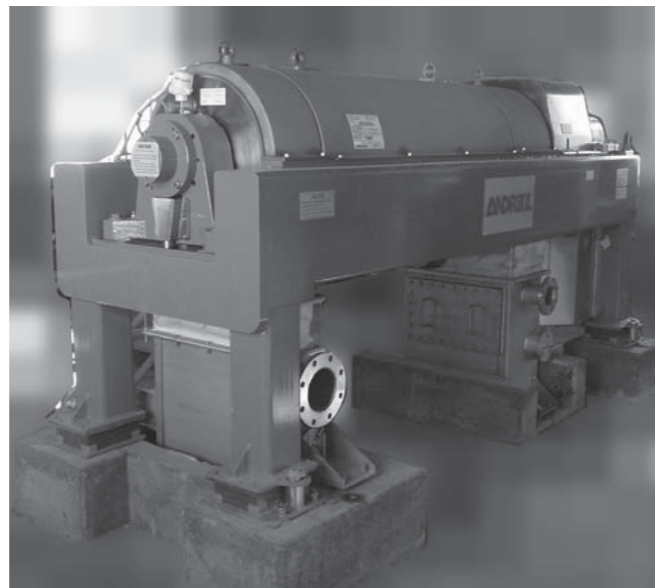


図1 低動力型高効率遠心脱水機外観
Fig.1 Photograph of Low Power, High Efficiency Centrifugal Dehydrator

2 低動力型高効率遠心脱水機の特徴

低動力型高効率遠心脱水機(以下、低動力型とする)の主構造を図2に示す。尚、従来の月島機械製高効率型遠心脱水機(以下、従来型とする)に対する本遠心脱水機の主な特徴は、以下の3つである。

- (1)消費電力の低減(従来型比、20～40%減)
- (2)メンテナンス性の向上(回転体の現地分解が可能)
- (3)省スペース化(従来型比、50～60%減)

(1)消費電力の低減

図3に遠心脱水機の消費動力の概念図を示す。遠心脱水機の動力基本式は式1(図3内)で表され、機械的動力損失、固形物(脱水汚泥)の搬送動力、流体(分離液)の加速動力の3つに分けて考えることができる。ここで、低動力型は、主として以下の2つの工夫で省電力としている。

- ①分離液排出口の小半径化による流体の加速動力の低減
- ②回転体の軽量化による機械的動力損失の低減

①分離液排出口の小半径化

遠心脱水機における流体の加速動力は式2で表される。液体の排出口半径が大きいほど流体の速度は増加し、高い運動エネルギーを持つことになる。つまり、分離液の排出口半径を小さくすることで、流体の加速動力を低下させ、消費電力を低減させることができる。低動力型は、図4に示すように、従来型に比べて、ボウルのL/Dを大きくすることで、分離液排出口半径を小さくしている。

$$P_a = \rho Q r^2 \omega^2 \dots\dots\dots \text{式2}$$

- P_a : 加速動力(kW)
- ρ : 流体の密度(kg/m³)
- Q : 流体の流量(m³/sec)
- r : 流体の排出口半径(m)
- ω : 流体の角速度(rad/sec)

②回転体の軽量化

また、低動力型は新しいボウルデザインを採用したことで回転体全体が軽量化され、機械的動力損失 P_h を低下し消費動力が低減した。なお、低動力型の標準運転遠心効果は2,300～2,600G(型式により異なる)であり、従来型の標準運転遠心効果2,000Gに比べて高く設定している。遠心効果を高くすると消費電力は増加するが、低動力型は標準運転遠心効果で従来型と比較して、消費電力が20～40%低減されている。

(2)メンテナンス性の向上

低動力型では、下記の改良により、メンテナンス性を向上させている。

- ①回転体の現地分解(ボウルとスクリーコンベヤ)を可能とした。
- ②グリース潤滑方式を採用したため、潤滑ユニットと冷却水供給が不要になった。

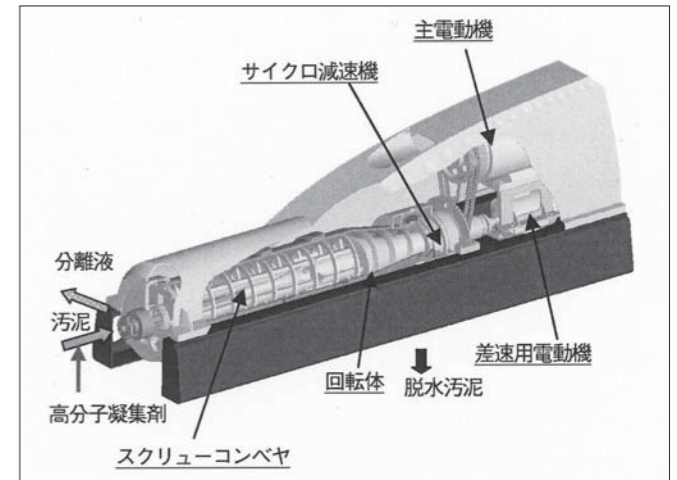


図2 低動力型高効率遠心脱水機(CA-G型)の基本構造
Fig.2 Basic structure of Low Power, High Efficiency Centrifugal Dehydrator(Type CA-G)

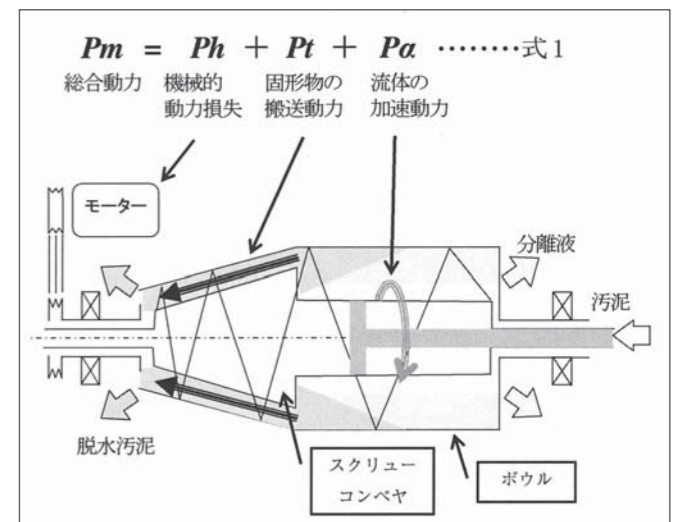


図3 遠心脱水機の消費動力(概念図)
Fig.3 Diagram of power consumption of centrifuge dehydrator

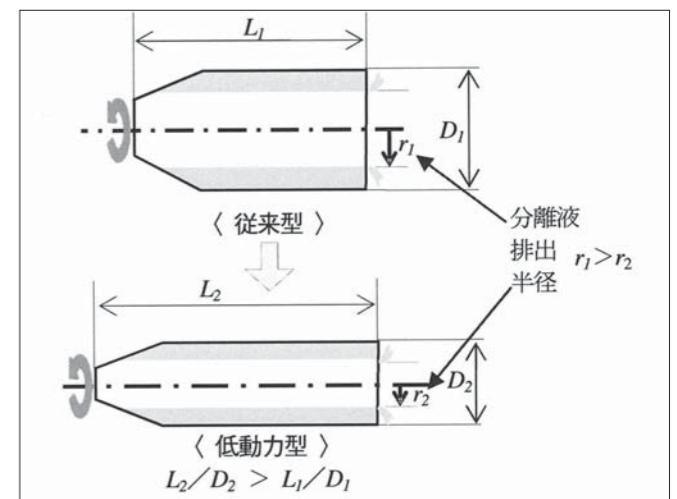


図4 低動力化の原理
Fig.4 Principle of lowering power consumption

①回転体の現地分解が可能

遠心脱水機は、運転状況によって変わるが、運転時間20,000時間または3年毎にオーバーホールを要する。従来型では、その際に回転体全体を整備工場に搬出し、スクリーコンベヤ刃先のチップの交換をおこなう必要があった。しかし、低動力型では、現場でボウルとスクリーコンベヤの分解を可能とした。従って、予備スクリーコンベヤを用意することで、オーバーホール時の設備停止期間を、約2ヶ月から1週間程度に短縮することができる。(交換したスクリーコンベヤは、整備工場にてチップを交換し、バランス調整後、次回オーバーホール時に再使用する。)図5に現場での回転体の分解作業状況を示す。

②グリス潤滑方式

メインベアリングの潤滑について、従来型では強制油潤滑としてい

たが、低動力型ではグリス潤滑とした。潤滑ユニットが不要になったことで、冷却水の供給も不要となり、必要ユーティリティは洗浄水のみとなる。そのため、低動力型は、本体周りがシンプルになり、メンテナンス性が向上するほか、毎年のオイル交換も不要になる。

(3)省スペース化

低動力型は、回転体と差速用電動機を直列に配置し、差速用電動機と同軸直上(または直下)に主電動機を配置することで、本体設置面積が従来型の高効率型遠心脱水機の50~60%となっている。また、従来型では回転体にベルト張力による水平方向の力が加わっていたが、この電動機配置により、回転体に加わる力は軸方向および垂直方向のみになり、異常振動が起きにくい構造となっている。

図6に標準処理量15m³/h機における設置面積の比較例を示す。

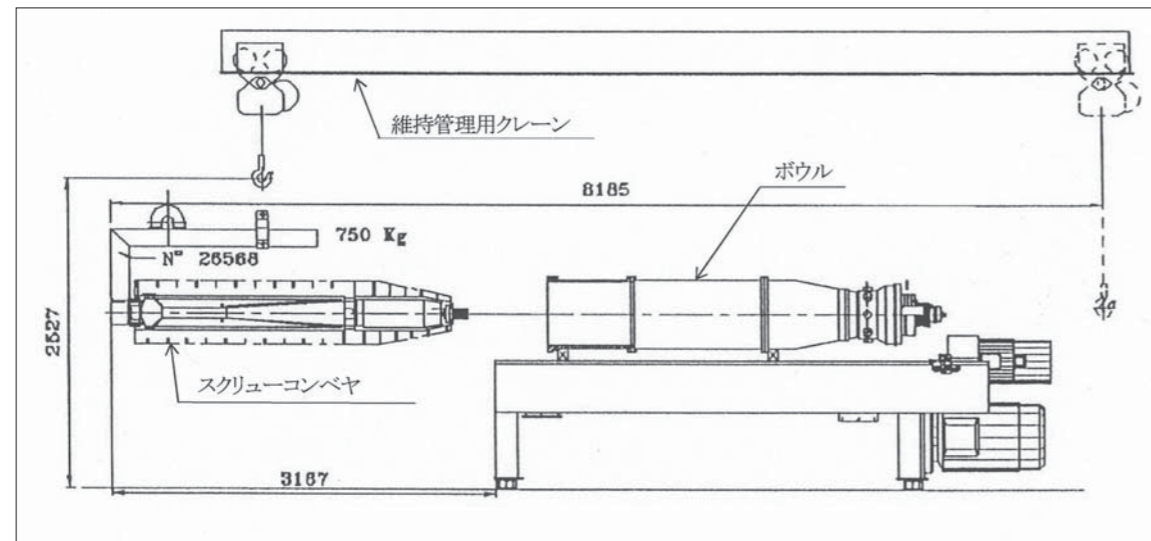


図5 現場での回転体の分解作業状況
Fig.5 Rotor dismantling on site.(ex.CA309G,20m³/h)

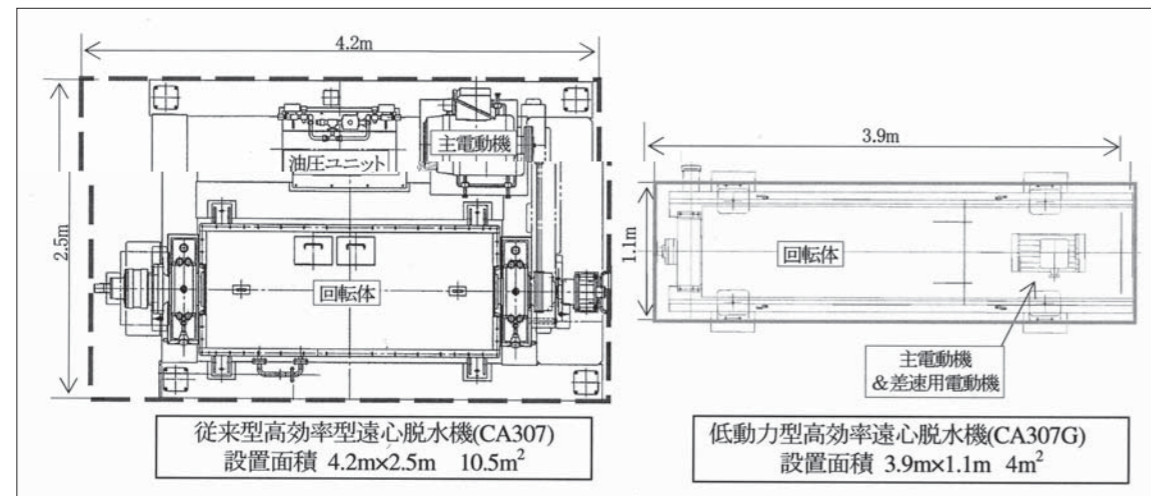


図6 標準処理量15m³/h機での比較
Fig.6 The comparison of space with 15m³/h centrifuge dehydrator

3 脱水性能および省電力性能

低動力型高効率遠心脱水機を処理場に仮設し、既設高効率型遠心脱水機(以下、既設高効率型とする)と性能を比較した。なお、AおよびB処理場共に、凝集剤は既設と同じものを用いて、同程度の薬注率で運転し、同程度のSS回収率(97~98%)で、脱水汚泥含水率および消費電力を測定した。

実験条件を表1に示す。

(1) A処理場(混合生汚泥)の例

A処理場での運転事例を図7に示す。

低動力型は、既設高効率型に対し、脱水汚泥含水率が3~4pt低下した。また、消費電力は、既設高効率型に比べて、標準処理量7m³/hにおいて、約40%低下した。

(2) B処理場(嫌気性消化汚泥)の例

B処理場での運転事例を図8に示す。

低動力型は、既設高効率型に対し、脱水汚泥含水率が2~3pt低下した。また、消費電力は、既設高効率型に比べて、標準処理量7m³/hにおいて、約30%低下した。

A、B処理場ともに、低動力型は、既設高効率型と同等以上の脱水性能をもち、処理量あたりの消費電力が、30~40%削減されることを確認した。また、処理量10m³/hまでは、1m³/hあたりの消費電力は低下している。処理量増加による含水率の上昇は、いずれも1pt以内と小さく、許容脱水汚泥含水率等の条件によっては、処理量を増加させることで、消費電力を下げる事が可能である。

表1 実験条件
Table1 Experimental condition

	A処理場:混合生汚泥	B処理場:消化汚泥
汚泥処理フロー	※水処理:標準活性汚泥法 初沈汚泥 → 重力濃縮 → 脱水 → 焼却 余剰汚泥	※水処理:標準活性汚泥法 初沈汚泥 → 重力濃縮 → 嫌気性消化 → 脱水 → 場外搬出 余剰汚泥 → 機械濃縮 消化方式:嫌気性2段消化(脱離液の引抜き無し)ガス攪拌,消化温度35℃,消化日数27
テスト機仕様	低動力型高効率遠心脱水機 標準処理量:7m ³ /h/主電動機:30kW/差速用電動機:11kW	低動力型高効率遠心脱水機 標準処理量:20m ³ /h/主電動機:45kW/油圧電動機:15kW
比較対照機仕様	既設高効率型遠心脱水機 標準処理量:15m ³ /h 主電動機:37kW 油圧電動機:15kW	既設高効率型遠心脱水機 標準処理量:20m ³ /h 主電動機:45kW 油圧電動機:15kW

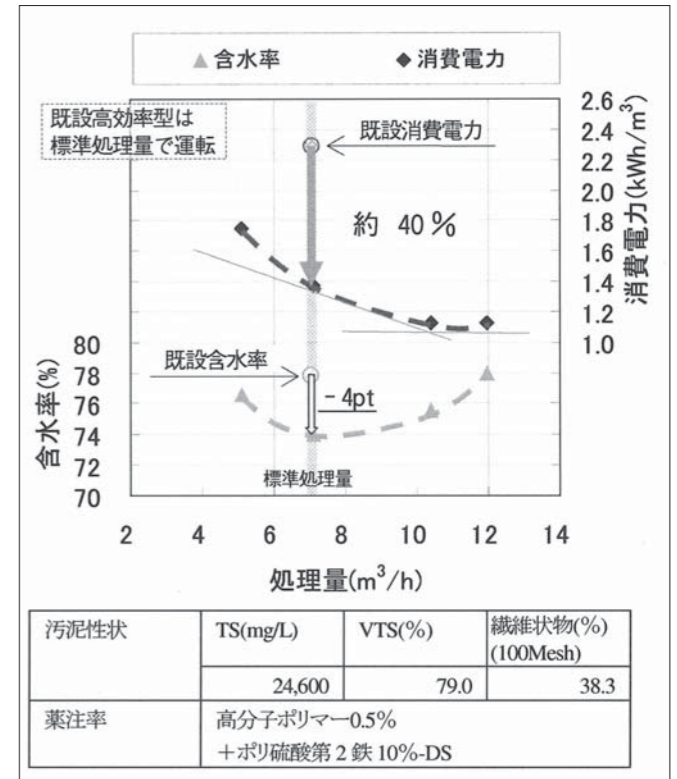


図7 運転事例(A処理場:混合生汚泥)
Fig.7 The Comparison of the dewatering performance with existing machine (Mixed raw sludge)

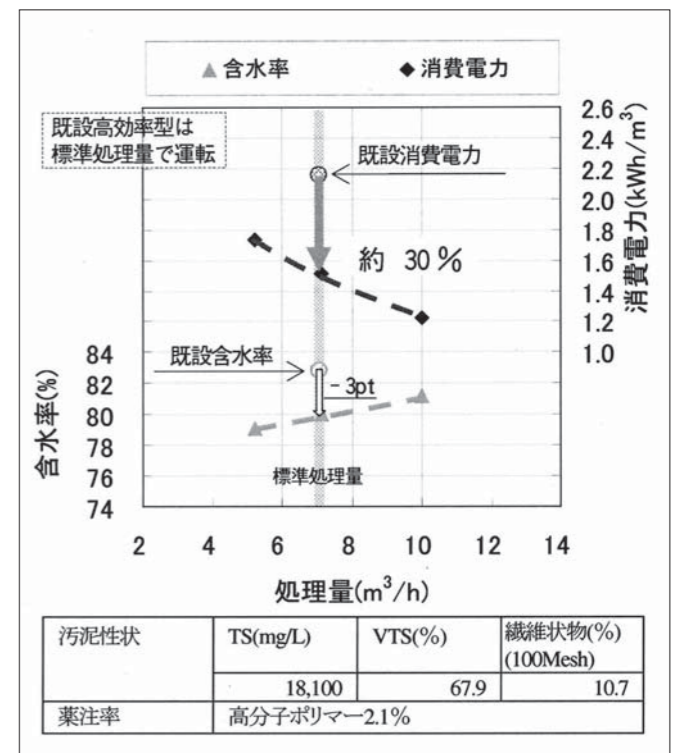


図8 運転事例(B処理場:消化汚泥)
Fig.8 The Comparison of the dewatering performance with existing machine (Digested sludge)

(3) 遠心効果と消費電力の関係

A 処理場において低動力型の遠心効果を変化させたときの脱水汚泥含水率と消費電力の変化を図9に示す。

遠心効果を下げると消費電力も直線的に低下しているが、脱水汚泥含水率は、2,300Gと2,000Gでは変化が小さく、2,000G以下で大きく上昇している。この対象汚泥の場合、遠心効果を2,000Gまで下げて運転することで、性能を維持したまま、省エネルギーをはかることができる。

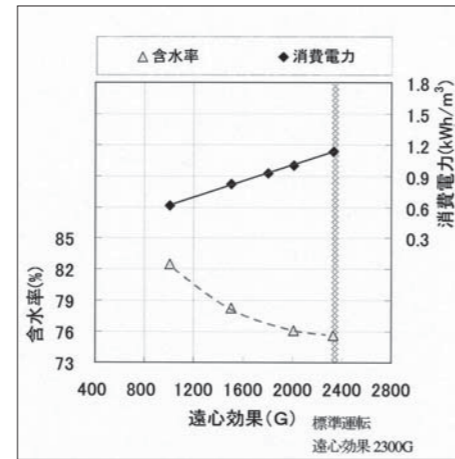


図9 遠心効果と消費電力の関係 (A処理場)
Fig.9 The relationship between centrifugal effects and power consumption

4 温室効果ガス削減効果について

一例として、処理量 30m³/h機において、低動力型高効率遠心脱水機と高効率型遠心脱水機の運転時の温室効果ガス (GHGs) 排出量を試算した結果を、表2に示す。低動力型高効率脱水機は省電力化によりGHGs排出量を19%削減することができる。

5 まとめ

低動力型高効率遠心脱水機は、従来型と比較し、消費電力を20～40%削減できる他、メンテナンス性を大きく改善してあることに加え、大幅な省スペース化もされている。

本遠心脱水機は平成18年4月～平成19年7月に、「新高効率型遠心脱水機に関する研究」として、(財)下水道新技術推進機構殿と共同研究を行い、外部評価を受けている。そして、その内容は「低動力型高効率遠心脱水機 技術マニュアル」(図10参照)として発刊されている。

下水処理場向け受注実績としては、消化汚泥用脱水機として20m³/h機 (CA309G) 1台が2010年度から供用を開始する予定である。今後、消化汚泥のような難脱水性の汚泥や、汚泥集約処理設備のような大規模かつ性状変動の大きな下水処理場を対象に適用を見込んでいる。

また、低動力型高効率遠心脱水機を活かし、下水汚泥以外に新たな適用拡大が期待できる。民間工場等の産業排水処理より排出される汚泥脱水にはもちろんのこと、昨今の地球環境保全、CO₂削減で脚光を浴びているバイオエタノール製造工程への適用、さらには石油化学由来の各種化学品製造工程の固液分離装置として幅広く適用できるものと考えられる。

表2 温室効果ガス排出量比較 (A処理場 流入水量75,000m³/日)
Table2 The Comparison of greenhouse gas emissions (A-plant, influent quantity 75,000m³/d)

	高効率遠心脱水機	低動力型高効率遠心脱水機	備考
処理汚泥量	30m ³ /h	30m ³ /h	
総電動機容量	112.75kW	93.5kW	
消費電力 (設計値)	2.4kWh/m ³	1.7kWh/m ³	-30%
運転時のGHGs排出量 試算条件	汚泥濃度:2.2%、薬注率:0.5% 16h/日、7日/週運転		
温室効果ガス排出係数	電力:0.555kgCO ₂ /kWh ¹⁾ 高分子凝集剤:6.534kgCO ₂ /kg ²⁾		
電力による排出量	233.4tCO ₂ /年	165.3tCO ₂ /年	
薬品による排出量	125.9tCO ₂ /年	125.9tCO ₂ /年	
合計	359.3tCO ₂ /年	291.2tCO ₂ /年	-19%



図10 低動力型高効率遠心脱水機新技術研究成果証明書
Fig.10 The certificate for the research results of "Low Power, High Efficiency Centrifugal Dehydrator"

参考文献

- 1) 経済産業省・環境省令第3号、特定排出者の事業活動に伴う温室効果ガスの排出量の算定に関する省令、第2条第4項 (2006)
- 2) 社団法人日本下水道協会、下水道における地球温暖化防止実行計画策定の手引き、p.23 (1999)

製品紹介
1

横浜市南部汚泥資源化センターにおける
情報統合システムの運用について

Operation of Plant Information Integration System of Nambu
Sludge Recycle Center of Yokohama City

Abstract

Tsukishima Technology-Maintenance Service Co., Ltd. (TTMS) was entrusted by Yokohama City with the inclusive operation management and maintenance of the city's Nambu Sludge Recycle Center. As a result, TTMS developed and introduced "Plant Information Integration System," a tool for monitoring the Center in realizing efficient operation and long life.

The integrated system, composed of three functions that are "Operational Status, Information Management, and Vibration Diagnosis," manages operational status outline and up to details. The system and operating methods have been improved through many discussions with the customers during approximately one and a half years since adopting the system up to now. The system realizes the needs of customers for monitoring of the plant with ease and verifying the status at any time.

Future important task of TTMS is combining "safe and stable plant management" with "efficient operation management" in the inclusive consignment and Private Finance Initiative (PFI). This system will be established and applied as a tool for plant monitoring, efficient operation management and increasing plant life, leading to orders and applications in the inclusive consignments that will increase in the future.

キーワード：情報統合システム、包括委託、モニタリング
Keyword: Plant information integration system, Inclusive private organization consignment, Monitoring



金井 清貴
KANAI Kiyotaka
月島テクノメンテサービス (株)
包括委託管理部



林 丈憲
HAYASHI Takenori
月島テクノメンテサービス (株)
維持管理技術部

1 はじめに

月島テクノメンテサービス (以下、TTMS) では、横浜市南部汚泥資源化センター (以下、南部センター) において包括的管理委託 (以下、包括委託) を受託し、その業務遂行にあたり包括委託向けツールとして開発した「情報統合システム」(以下、本システム) を導入した。

包括委託では、総合的な管理を求められる。その為には各種情報の管理・活用による効率化が必要となる。本稿では横浜市環境創造局殿 (以下、顧客) と共同で特許出願した本システムの概要と導入効果を紹介する。

2 南部汚泥資源化センターの施設概要及び包括委託内容

2.1 施設概要

南部センターは、水再生センター（下水処理場）6箇所及び浄水場1箇所より発生する汚泥を送泥管にて圧送し、集約処理を行っている。横浜市の半分の汚泥を処理しており、日本最大級の汚泥処理施設である。表1に包括委託の範囲を示す。

敷地面積 約123,000m²

処理量 約9,000～10,000m³/日(汚泥濃度1～1.5%)

2.2 包括委託内容

南部センターの主な包括委託業務範囲を以下に示す。

- (1) 対象施設の運転操作及び監視
- (2) 対象施設の保守点検
- (3) 薬品・物品等の調達
- (4) 南部センターの運営に必要な管理業務(庁舎清掃、排ガス分析、電子計算機点検等)
- (5) 軽微な修繕(小規模修繕)
- (6) 場内LANの構築

包括委託は、電力費、薬品費や修繕費などを含めて委託することで、民間の創意工夫による効率的な維持管理が可能となり、人件費削減や調達の柔軟化などによるコスト縮減が可能とされている。(3)～(5)

が包括委託として業務が拡大された部分であり、国土交通省が発表している「性能発注の考え方に基づく民間委託のためのガイドライン」に示されているレベル2に該当する。

この包括委託では運転管理だけでなく、施設の運営管理までをTTMSが行うものであり、運営管理が適正になされているかどうかを顧客に評価(モニタリング)されることになる。前述のとおり南部センターは大規模な施設であり、設備毎に建屋が別れている。「(6) 場内LANの構築」という仕様に対しては、図1のようにネットワークを構築し、データの統一及び情報の共有化を図った。場内LANには、設備の運転状況を閲覧できるツールとして、「運転概況システム」、設備の保守状況を確認するツールとして「設備情報管理システム」を導入し、運転・保守情報を迅速に提供可能な環境を整えた。これらは運転管理やモニタリングを容易にするツールでもある。

3 システム概要

本システムは、3つのシステム(①運転概況システム、②設備情報管理システム、③振動診断システム)から構築されており設備状況の概要から詳細までを管理するものである(図2)。

3.1 運転概況システム

運転概況システムは、南部センターの運営状況の全容をダイジェスト版で報告・確認するものであり、以下の3つの機能からなる。

(1) 各設備の運転概況

日々の監視業務・保守点検業務で得た運転概況情報(表2)の中から特に重要な情報を管理する機能であり、以下の特徴がある。

- ①各設備の異常の有無が一目でわかる(図3)
- ②設備情報管理システムから故障・点検時の異常データを自動で連携させる
- ③設備の運転概況をダイジェスト版で報告する(図4)

運転概況システムでは稼働状況や異常の有無を把握すると共に全体概要が確認でき、さらに詳細情報が知りたい場合は、3.2(1)で説明する設備情報管理システムの故障管理にて発生の日経緯から対応、処置、今後の対策まで細かく確認ができる。顧客と行う毎朝のミーティングで、このシステムに登録された情報を基に日々の運転状況報告を行い、情報の共有化を図っている。

(2) 予定表(図5)

顧客・TTMS双方の予定をカレンダー様式の画面に書き込み、誰でも閲覧が可能となっている。工事や点検・行事・会議等の予定を共有し、詳しい内容については掲示板機能を利用して情報を補填している。

予定表の表示は、2週間及び月間の切替えが可能である。

(3) 掲示板(図6)

予定表からボタン一つで切替えができる。工事の工程表や工事概要・配置図、外部委託点検スケジュールなど 顧客・TTMS双方で情報共有が必要なものをファイル形式で添付できる。掲示する期間が指定でき、掲示期間が終了すると自動的に掲示板より削除される。

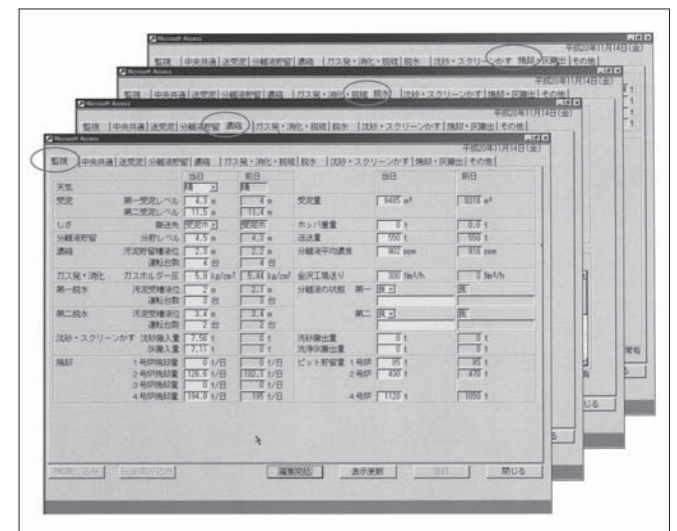


図4 各設備の状況^{※1}
Fig.4 Situation of each plant

表1 委託範囲
Table1 Consignment range

施設及び設備名	主要機器数量等
送泥施設、送泥管路設備	7箇所(水再生センター内 6箇所、ボンプ場内 1箇所)
受泥設備	受泥槽 5槽(計7,560m ³)
濃縮設備	機械濃縮機 8台
消化タンク設備	卵形消化タンク 9基
脱硫設備	4系列
消化ガス設備	乾式ガスホルダー 2基、球形ガスホルダー 2基
脱水設備	ベルトプレス脱水機 8台、遠心脱水機 3台
焼却設備	流動層焼却炉 3炉
ガス発電・配電設備	消化ガス発電機 2基
分離液貯留設備	分離液貯留槽 3槽
沈砂・スクリーン・洗浄設備	2系列
その他受・変電設備等	

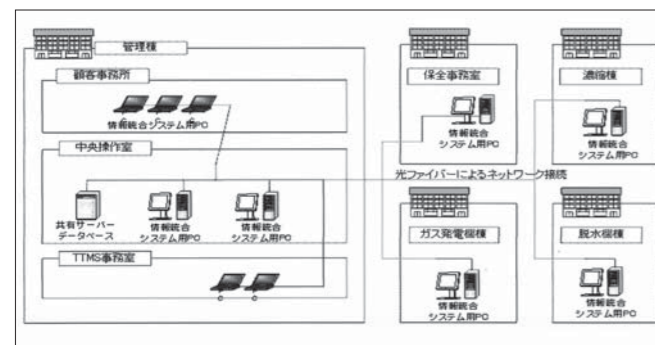


図1 南部センター場内ネットワーク
Fig.1 Local area network in Nambu Sludge Recycle Center

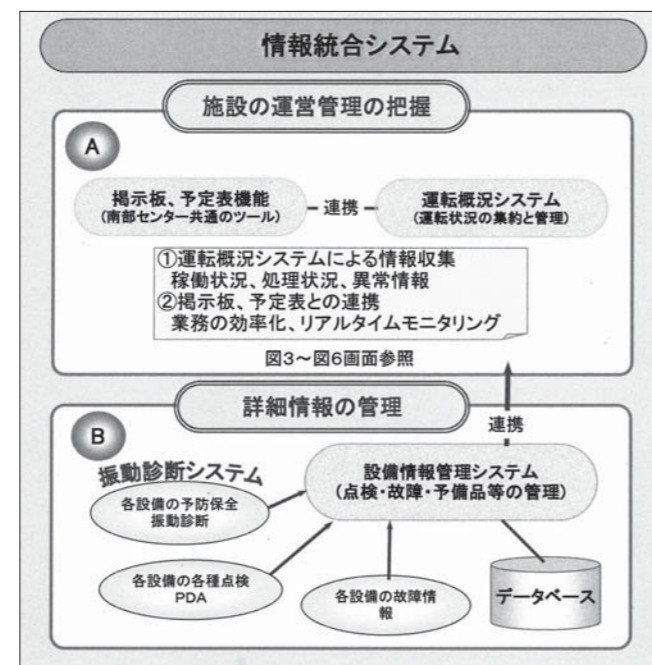


図2 情報統合システム概要
Fig.2 Outline of Plant Information Integration System

表2 運転概況情報
Table2 Operation general-condition information

受泥量
貯留槽レベル
消化ガスホルダー圧
濃縮機・脱水機運転台数
焼却処理量
ケーキビット残量
焼却灰生産量
分離液返送量・濃度
各設備の運転状況・故障・異常情報他



図3 運転概況システム(メイン画面)^{※1}
Fig.3 Plant operation outline system(main screen)



図5 予定表^{※1}
Fig.5 Schedule

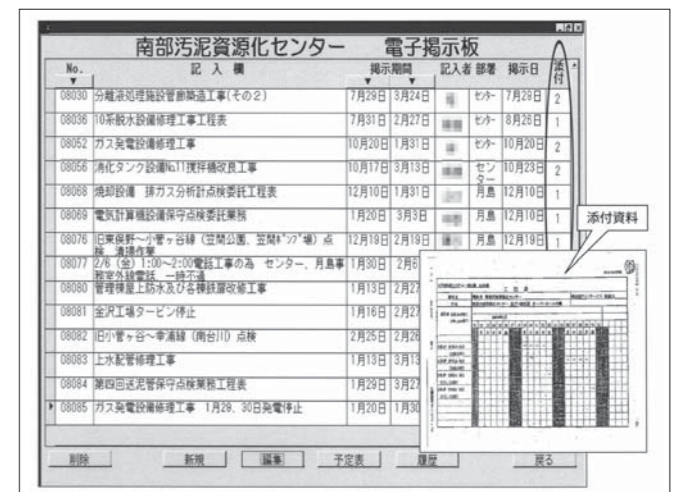


図6 掲示板^{※1}
Fig.6 Bulletin board

3.2 設備情報管理システム

設備情報管理システムはTTMSが従来から開発・活用しているツールで、南部センターでは主に図7の実線枠で示す4つの機能を利用している。

(1)故障管理(図8)

機器の故障情報を発生から対応・完了までをデータベース(以下、DB)化している。発生状況や処置・対応状況はTTMSにて入力、完了確認は顧客で入力し、次に示す手順にて全てシステム内にて実施している。

- ①故障発生報告(TTMS)
- ②対応状況報告(TTMS)
- ③必要に応じて復旧方法等についてコメント(顧客)
- ④復旧・修理報告(TTMS)
- ⑤完了確認(顧客)

※①から⑤の順に業務が流れる

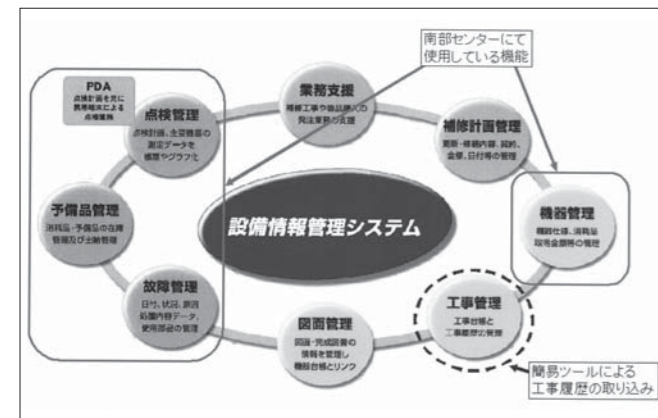


図7 設備情報管理システムの機能
Fig.7 Function of Plant information management system

システムの機能として対応やメーカー調査報告書、故障時の写真を添付・閲覧できるようになっており、類似故障が発生した場合の対応時間の短縮や予防保全・再発防止に活用している。また故障管理機能を利用し、月間報告時に月別の故障完一覽・未完一覽を顧客に提供している。

(2)点検管理

日常設備点検に携帯端末(以下、PDA)を使い、現場で入力した情報をDBに取り込むことで、機器の傾向管理や点検頻度の見直し等に活用する。PDAでは過去13点のデータをグラフ表示する機能があり、機器異常の早期発見ができる(図9)。また相関のある点検データを1つのグラフに出力でき、号機ごとの比較等が可能で、点検データ活用を容易にしている。

(3)予備品管理(図10)

消耗品(予備品)の出入庫情報を管理し年間使用量の把握や在庫管理に活用している。

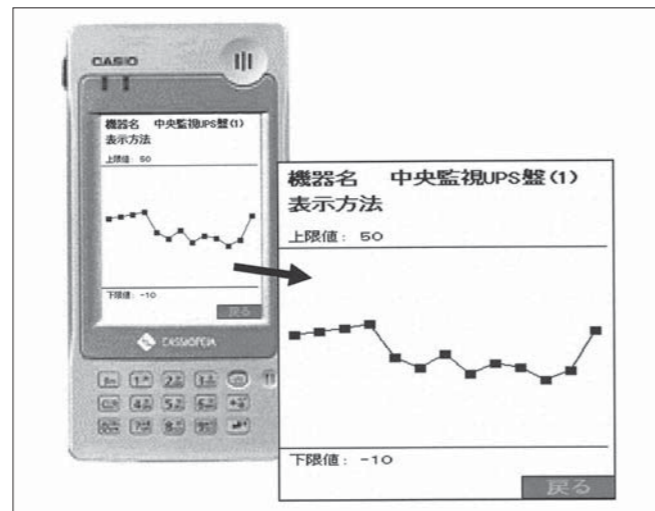


図9 PDAデータのグラフ表示^{*1}
Fig.9 Graphical representation of PDA data

3.3 振動診断システム

設備の運転に重要な高速回転機器の診断として、振動診断システム(JFEアドバンテック製:MK210)を使用し定期的に振動データの測定を行い、傾向管理やベアリングの精密診断を行っている。

振動診断にて未然に故障を防止した事例を紹介する。

昨年11月に焼却4号炉の流動ブロワで異音が発生したため、臨時

に振動測定を行った。このとき振幅・速度は正常であったが加速度のピーク値が異常に高く精密診断で内輪のキズと特定できたため、振動測定を毎日実施し、経過観察を行った(図11)。経過観察の中では加速度のピーク値、平均値ともに徐々に増加傾向にあり、キズが肥大しているのがわかりベアリングの交換(図12)を行うことにより、故障による設備の緊急停止を回避することができた。

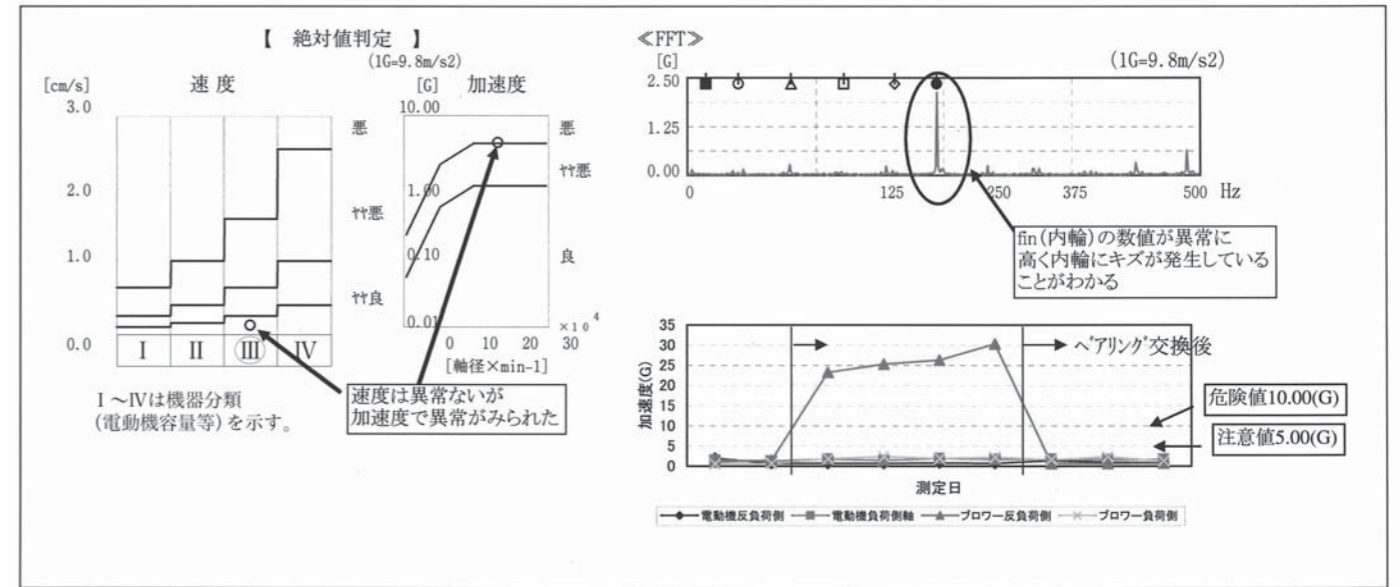


図11 精密診断結果^{*1}
Fig.11 Precise diagnosis result

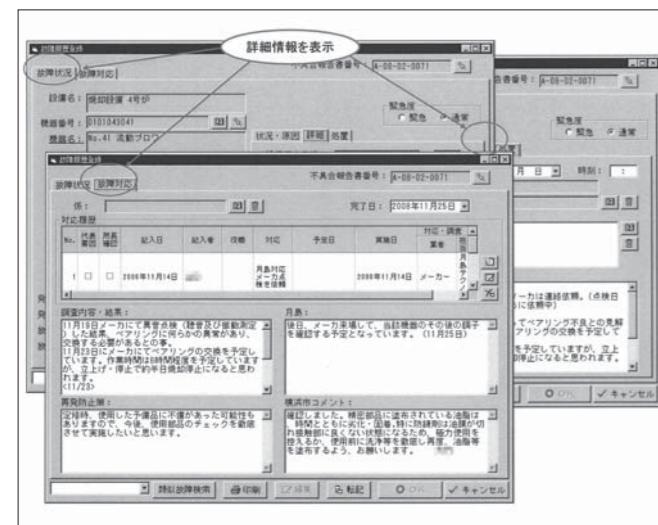


図8 故障管理画面^{*1}
Fig.8 Screen of trouble management

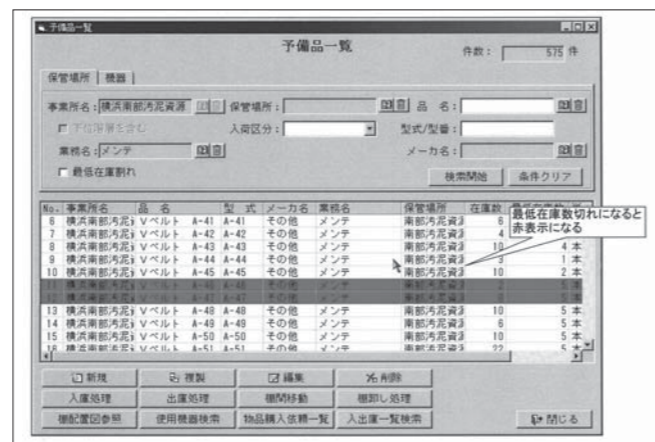


図10 予備品管理画面^{*1}
Fig.10 Screen of spare parts management

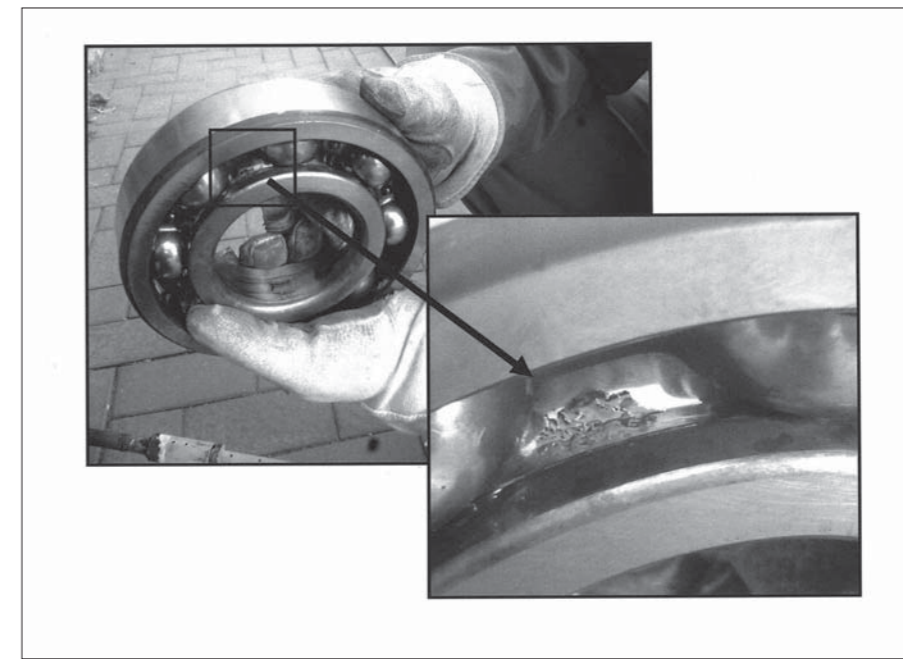


図12 ベアリング写真
Fig.12 Bearing photograph

表3 施設・設備状況の報告・確認方法
Table3 Report and check method of facilities and plant situation

	システム導入前	システム導入後	導入メリット
施設の運転状況 (毎朝の顧客報告)	設備の詳細状況については設備担当者毎に打合せを実施。 報告形式はペーパーによる	報告内容は当日の汚泥処理量、貯留槽のレベル、運転台数、汚泥ピット残量等、南部センターの施設状況を把握する上で重要な情報を運転概況システムに入力する 確認は翌日の朝のミーティング時(顧客内にて実施)にプロジェクターを用いて運転概況システムを表示し、前日の運転状況を確認する	システムを閲覧すれば、施設の運転状況が一目瞭然と判断できる。 日常報告はペーパーレス化
設備の故障状況・対応	故障発生時に随時報告する。故障・修理確認はメーカー等による報告書(各設備にて個別管理)の為、情報が連携しにくい	設備情報管理システムの故障管理にある故障報告フォーマットに報告・確認等、全て記載	現在の故障状況が直ぐに把握できる。メーカー等の故障書も添付し、故障発生から修理対応まで集約(一元管理)

4 活用状況及び今後の課題

4.1 導入状況

4.1.1 システムの導入

現在、導入後約1年半を経て、不具合や画面表示の修正・操作性等について顧客と協議を重ね、改善を行い、システムとしての完成度を高めてきた。また改良と並行してシステムの運用方法についても、顧客との定例会にて構築を図ってきた。表3にシステム導入前後の報告及び確認方法の変化を示す。

4.1.2 蓄積データの活用

各システムの蓄積データは日常報告・月間報告及び提案書評価報告(年間報告)の資料作成に活用している。システム導入2年目の今年度は、蓄積したデータを分析し、業務の効率化を図った。以下に事例を示す。

(1) 点検頻度の見直し(点検データの活用)

毎日点検を実施している機器について数値・状況に変化がないものは、点検回数を減らし週1回または月1回の点検に変更した。但し、点検回数を見直しは、設備が故障しても施設の稼働に問題がないもの(例：予備機があるもの)について実施している。

見直しを行ったことで削減できた時間は、予防保全等、必要な保守に時間を割くことが出来るようになった。

(2) 定期修理・更新の要望(故障報告データ・振動診断データの活用)

2007年7月～2008年7月までの1年間に発生した故障原因・内容をとりまとめ、経年劣化が原因である故障や部品の供給が終了しており修理が困難である機器を抽出した。

抽出した機器は、顧客にて計画・実施している定期修理(大規模修繕)や更新の要望事項として、次年度計画に反映してもらうよう要望書を顧客へ提出した。

振動診断データについても予防保全への活用だけでなく、定期修理実施時期を見極め、顧客へ提案していく予定である。

4.2 今後の課題

(1) 運用方法について

導入当初はシステムの活用徹底を図ることが第一になり、通常行っていた顧客とTTMSの日常報告(朝のミーティング)を実施せず、システムに記載することが日常報告となっていた。しかし、システム閲覧だけでは、

細かい運転や故障の状況を伝えることは難しく、双方の解釈が異なることがあった。現在は朝のミーティングを実施し、問題は解消している。

今後も日常や月間にて報告する事項、情報統合システムに掲載する事項それぞれを活用し、業務履行状況報告及び確認を迅速に進めていく予定である。

(2) システムのスピード

運転概況システムは、マイクロソフト社のAccessにてプログラムを製作している。日々のデータ(1日のデータ約250点、年間約9万点)が蓄積されるとデータの読み出し及び閲覧に時間が掛かる問題点があり、システム改良を検討している。

(3) 設備情報管理システムの更なる活用

設備管理の情報で重要なものに補修履歴がある。現在の設備情報管理システムにはTTMSによる小修繕のみ履歴登録しているが、毎年行われる大規模修繕や設備更新の情報と図面類が簡単に活用できれば設備管理上の利便性は格段に向上する。これを実現する機能として工事発注時に簡易ツールを使った工事情報の提出と工事資料の(図面類)の電子化を含めることで、これらの情報取り込みを容易にできる。今後は、外部発注仕様上記を活用することにより情報取得するよう顧客に提案していきたい。

5 おわりに

TTMSにとって重要な課題は包括委託やPFI等において「設備管理の安全・安定」と「効率的に運転管理すること」を実現することである。本システムはこれらを実現すると共に、顧客のニーズである「モニタリングの容易性といつでも確認できること」を実現することができる。これは今年度の下水道研究発表会にて横浜市殿にて発表した「モニタリングの現状と課題」¹⁾の中で、情報統合システムをそのツールとして紹介していることから推測できる。今後は、本システムをモニタリングだけでなく、施設の効率的な運転や設備の延命化を図るツールとして活用し、これから益々増えるであろう包括委託の受注・活用につなげていきたい。

最後に、システム開発・改良にご協力いただいた横浜市環境創造局殿へ心より感謝申し上げます。

※1 掲載図上のデータは現地情報を参考に作成したもので実運転データではありません。

参考文献

- 1) 横浜市 堀 義彦：<横浜市南部汚泥資源化センター包括的管理委託「モニタリングの現状と課題」> 社団法人日本下水道協会 第45回下水道研究発表会講演集,P.365 (2008)

製品紹介

2

エアモールド装置、アクアモールド装置

Airmould: Gas-assisted injection moulding process machine

Aquamould: Water-assisted injection moulding process machine

Abstract

Airmould, a nitrogen gas-assisted plastic foam injection molding process machine is described, developed by Wittmann-Battenfeld GmbH based in Austria/Germany, and which Tsukishima Techno Machinery Co., Ltd. (TSTM) has been a distributing agent of Airmould for about 20 years.

The Airmould system features advantages in quality, quantity and cost of production:

- 1) No visible moldings, and less warpage.
- 2) No visible sink marks of moldings.
- 3) Reduced production cost with less material used.
- 4) Reduced cycle time realizes increased production capacity.

Aquamould, a water-assisted system with more benefits than Airmould is described with such advantages as shorter cycle time and improved inner surface condition, further expanding its application to automotive products process. From the middle of 2009, TSTM will start distribution of Aquamould.

キーワード：発泡成形、ガス成形、水成形

Keyword: One of the foamed plastic injection moulding process, TSTM is distributing Airmould process

はじめに

樹脂の射出成形に於ける成形上の諸問題解決方法として、この十数年、ガスアシスト法が採用されている。ガスアシスト法の採用は、成形品の外観向上、強度アップ、中空化による軽量化及びコストダウン、型締力を低め設定可能による設備投資の軽減など、多くの利点を生み出している。近年ガスの代わりに水を用いた水アシスト法が開発

された。月島テクノマシナリーはガスアシスト法をドイツ・オーストリアのWittmann-Battenfeld社より輸入、営業・メンテナンス活動を通して約20年になる。水アシスト法は今年より販売開始を予定している。

ガスアシスト法(成形)を採用した成形装置を『商品名:エアモールド装置』、水アシスト法(成形)を採用した成形装置を『商品名:アクアモールド装置』と言う。

それぞれの特長を以下に述べる。

1 エアモールド装置(ガスアシスト成形)

1.1 概要

ガスアシスト成形とは、金型への樹脂(材料)充填の適当な時(一般的には樹脂射出に続きノズルから、又は金型の製品部に直接)に成形厚肉部に高圧不活性ガスを注入、中空部を持つ製品を成形する技術である。高圧不活性ガスはその圧力で樹脂の流動を支援し、冷却時の保圧を行う。従って中空部大きさは、製品設計と最初に射出する樹脂量で決まる。(図1)

1.2 ガスアシスト成形の特長

ガスアシスト成形は、従来の射出成形に比べて、

1) サイクルタイムの短縮

内部のプラスチックがガスによる中空になることで冷却時間が減少して、サイクルタイムの短縮がなされる。

製品形状に対するガスアシスト成形の優位性は、

2) 固化迄の間の保圧/圧力での金型への押し付けでヒケを解消

3) 中空部分の材料の減少による軽量化と強度のアップ

ガスの分布が棒状成形品においては優れる為、ハンドル状成形品に対して50%の重量軽減、冷却時間の短縮、ヒケ・反りの解消が可能となる。例として車のアシストグリップやドアハンドル、冷蔵庫ドアハンドル等がある。

4) 薄板状成形が可能

残留応力が大きく歪みが発生しやすい薄板状成形には、適度なリブ部分を設けてガスを注入することにより、ヒケの防止のみならず低圧による樹脂充填が可能になった。例として大型テレビ、パソコン、プリンター等の外枠。

5) 不均衡な肉厚部ある板状成形が可能

金型を加工・細工し部分的に厚い処へガスを注入して、肉厚部のヒケを防止することが可能となった。例としてパチンコ台の外枠。

6) パイプ形状の成形品の軽量化

ローラーシャフトの中空化と軽量化が可能となる。例としてプリンター紙送りや自動販売機商品送りシャフト。

1.3 エアモールド装置の構成(以下の5つのユニットにより構成)

- 1) コンプレッサーユニット(ガスを常用圧力29.4Mpa迄昇圧する)
- 2) ハンドヘルドコントローラ又はモービルコントロールユニット(昇圧したガスを成形機からの信号により5段階迄の成形条件;時間・圧力設定可能)
- 3) 圧力調整器(ハンドヘルド等にて設定されたプログラムに従いノズルやニードルへの高圧ガスを注入)
- 4) ノズルやニードル(金型に取付られガスをプラスチック内へ注入)
- 5) 窒素発生装置(オプション)(図2)

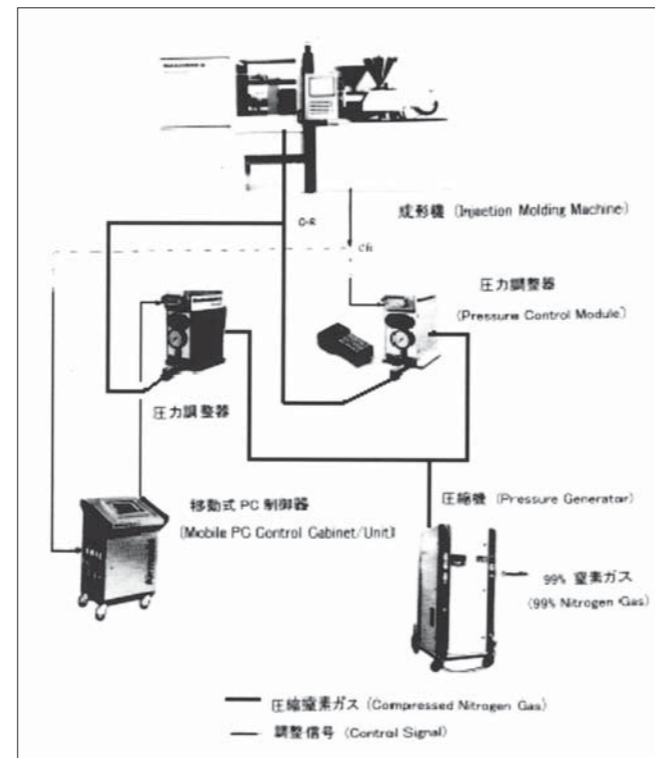


図2 エアモールド・システム構成
Fig.2 System Configuration of the Gas assist injection

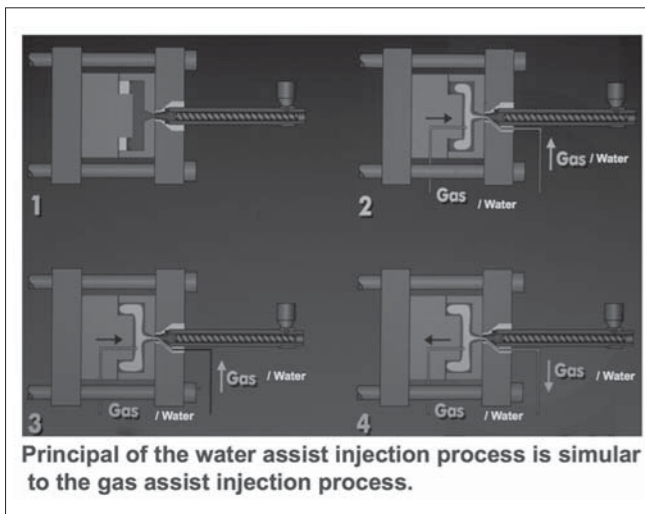


図1 エアモールド(ガス)・アクアモールド(水) 原理/概念図
Fig.1 Conceptual figure of water / Gas assist injection process

1.4 エアモールド装置の特長と役割

1) ガスユニット: 連続方式で37L アキュムレータ(気蓄器)に蓄圧されるので、中・大容量の時でも複数台の成形機に対してもガスの不足なしで良好な成形が可能である。

2) 圧力調整器: 5段階の圧力と時間をデジタルハンディパネル(ハンドヘルドコントローラ)で各々設定が可能であり、多様な成形パターンに適合させる事が出来、良好な成形が可能である。外形寸法が、W200×D120×H270mmと小さく設置場所を問わず成形機機側(内)に設置も可能。(消費するガス量は配管が短くなり、少なくなる。)

1.5 適用材質

PC、PP、PE、PS、ABS、PMMA、PBT、PA等耐熱・耐衝撃など用途に応じ殆どの材質に適用可能。

2 アクアモールド装置(水アシスト成形)

2.1 概要

アクアモールド装置はアーヘン工科大学プラスチック研究所 (IKV)

で開発された基本プロセスをBattenfeld社が、成形機とガスインジェクション装置を長年にわたり市場に送り出して来た実績と豊富なノウハウを基に実用化した装置であり、下記の特長を持っている。尚1号Battenfeld社デモ機は2001年K展に展示され又2002年にはIKVに納入され多くのテストが行われた。2007年K展や2008年ドイツKMO展でも良好なデモが行われた。

2.2 水アシスト成形の特長

水はガス(窒素ガス)と比較して熱伝導率(約40倍)、熱容量(約4倍)、密度(約500倍)、粘度(約30~50倍、温度・圧力による)等の値が大きく異なり、その為にガスインジェクションでは得られない多くの特長がある。

上記比較について水とガスの数値を記す。(表1)

1) サイクルタイムの短縮

内部のプラスチックが水により直接冷却される為、サイクルタイムの短縮がなされる。(図3)

表1 熱伝導率と熱容量等についてのガスとの比較
Table1 Comparison table between water and gas

	水 Water	窒素ガス Nitrogen gas	
熱伝導率 Thermal conductivity	0.604w/m,k	0.0142w/m,k	約40倍 (40 times)
熱容量 The quantity of the heat value	4182j/kg,k	1038j/kg,k	約4倍 (4 times)
密度 Density	1000g/l	1.88g/l	500倍以上 (500 times)
粘度 Viscosity	0.01P	0.00019P	30~50倍 (30 to 50 times)

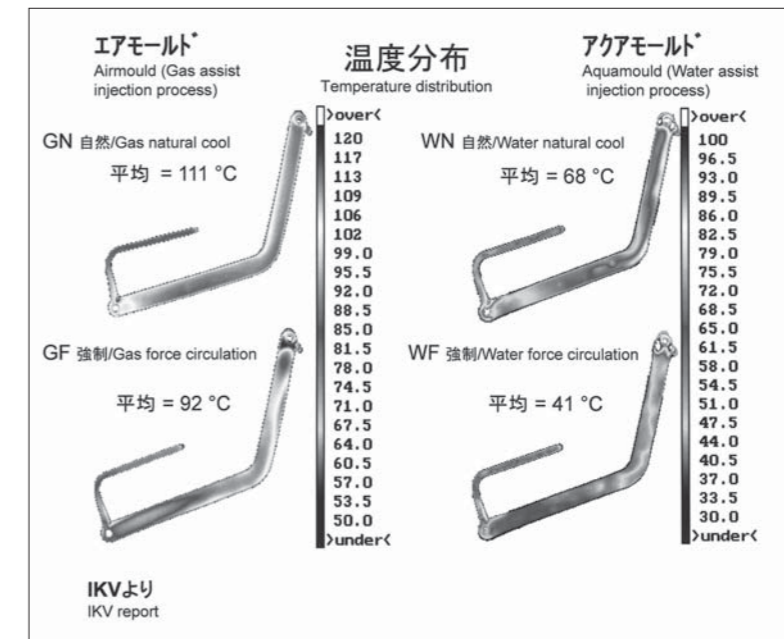


図3 50秒冷却後の温度分布
Fig.3 Temperature distribution figure after 50 seconds cool down

2) 均一な肉厚

ガスインジェクションにおいては均一な肉厚成形品を得る事は大変難しく、特にパイプのバンドにおいては顕著に現れる事は良く知られている。

IKVのテスト結果によると、アクアモールドを使用した場合肉厚分布はガスインジェクションに比べて遙かに均一で有ることが証明されている。

ガスに比べて均一な肉厚が得られる理由については以下の様に考えられる。

(1) 2色成形の経験にてコア材の粘度がスキン材質より大きい場合、コア材の均一な分布によりスキン材質の均一な分布が得られることはよく知られている。コア材の粘度が小さい場合コア材の均一分布は難しいことも知られている。

スキン材に比べてコア材の粘度が小さい場合、コア材は容易にフローパスの終点まで達し、スキン材を充分押し広げることは出来なく、このような現象はガスインジェクションでは経験済みである。

以上に記したことから、アクアモールドプロセスでは水がコア材となりガスより高い粘度の為ポリマーの中心を流れ、ポリマーを均一な速度で前に押す事になり均一な流動分布を得やすく、その結果均一な肉厚を得やすくなる。

(2) ベントのあるパイプの肉厚分布

ベント状のパイプの場合、内側部分は外側部分より冷却され難く、ポリマーの温度は高くなる。

この状態でガスが注入されるとガスは内側に流れ易く薄肉になり易い。水が注入された場合はプラスチックの熱をより多く吸収し、ガスに比べて内側部分の厚肉が得られる。(図4)

(3) 肉厚の調整が可能

決められた肉厚を得るには、フルショット法(材料を金型に100%充填させる)を使用しオーバーフロー(水によって材料を押し出す/中空にす

ることとそこにあった材料:余剰となった材料を金型の別に設けた箇所に流す)させるプロセスか、ポリマー材をスクリュウへ戻すプロセスが有効である。

ディレイタイム(遅れ時間)を調節する事は決められた肉厚を得る有効な手段であり、水圧の調整よりも肉厚の決定に大きな影響をもたらすと言える。

3) きれいな円筒内面

高い粘度の水がポリマーの中心から注入され均一にポリマーを押し広げながら前進してゆくためにきれいな内面が得られる。これは特に流体を流す配管やダクト形状の製品を作る場合必要となる。

4) 外観(型との当たり面)の仕上がりの良さ

ショート、ショート成形の場合ガスインジェクションでは、ポリマーの注入後高圧低粘度の窒素ガスが注入されると、ポリマーの流動速度が突然上昇することがあり、ヘジテーションマーク(ポリマーの速度の変化による表面のしわ)の原因となる。

アクアモールドプロセスは高い粘度(ポリマーよりは低い)の為ポリマーの流動速度が突然上昇する現象はガスインジェクションに比べて少なく、ヘジテーションマークが起こるの少ないといえる。

5) 厚肉と薄肉の組み合わせが容易に得られる

2つのウォーターインジェクター(水注入器)を制御して注入する事とウォーターチャンネル(水路)を適切に設計することにより得られる。

6) 適用分野

アクアモールドはあらゆる産業分野において、上記に記した形状に適する製品を得るのに理想的な方法である。

*肉厚ハンドル、パイプ、取っ手。

*流体用各種ダクト。

*パイプ形状の成形品。

2.3 アクアモールド装置の構成(以下4つのユニットにより構成)

- 1) ウォータープレッシャーユニット(水を27.6Mpa迄昇圧し、24.8Mpa以下で使用)
- 2) プレッシャーコントローラ(成形機からの信号とタッチスクリーンにて、9ポイント迄の成形条件:時間・圧力設定可能)
- 3) ウォーターモジュール(プレッシャーコントローラにより制御され、ウォーターニードルへの圧水を注入)
- 4) ウォーターニードル(金型に取付られ、プレッシャーコントローラからの油圧信号で稼働、圧水のシャットオフニードル弁)が成形品の他に必要となる。

2.4 水の排出

- 1) ウォーターインジェクターにて重力により排出
ポリマー流入路の形状、寸法により重力排出が困難な場合もある。
- 2) ウォーターインジェクター 2より圧縮空気(50から150bar)により排出
この場合圧空はガスインジェクションを使用し、圧空注入時ポリマーを突き破る必要があるので水インジェクター 2の位置がポイントとなる。(図5)
- 3) ウォーターインジェクター 2より圧空(3から5bar)にて排出
ウォーターインジェクター 2にてポリマーを突き破る必要があるのでインジェクターの位置、構造がポイントとなる。Battenfed 社にて開発中。
- 4) ベンチュリー、エジェクターにより排出
空気を媒体としての当社の試験・テストでは良好な結果は得られなかった。(ルーラー製作時)

2.5 水アシスト成形に適した製品形状

- 1) ロッド形状の成形
*外径断面は50mm以上も可。内径は20mm以上が適している。最小肉厚2mm、肉厚は外径の10から50%(ガスの場合は外径の15%程度)。円形、楕円形状のもの。
*最短長は断面の5倍。
- 2) パネル形状の成形
*厚さは3.5mm以上。
*厚肉部分はウォーターチャンネルとなる。
*ウォーターチャンネルの大きさは製品に適合させることになる。

2.6 適用材質

PP、PE、PS、ABS、PMMA、PBT、PA等殆どの材質に適用可能。PA+ ガラス繊維の場合綺麗な内面は得られ難い。

3 むすび

エアモールド装置の適応・採用は、ほぼ飽和状態になりつつあるが今まで培った経験、技術を生かして新規顧客を開拓していく。

アクアモールド装置は新たな技術であり、今後適用範囲を追求し得意とする60~80φ三次元型配管やダクト成形への販売活動、エアモールドでの成形より優れた冷却効果の期待できる分野への展開等に向けて営業活動を行っていく。平成21年夏迄には、日本にてデモンストラーション・試作・テストが行える状態となるので、これを機会にサービス体制を強化し広告・販売を進める。

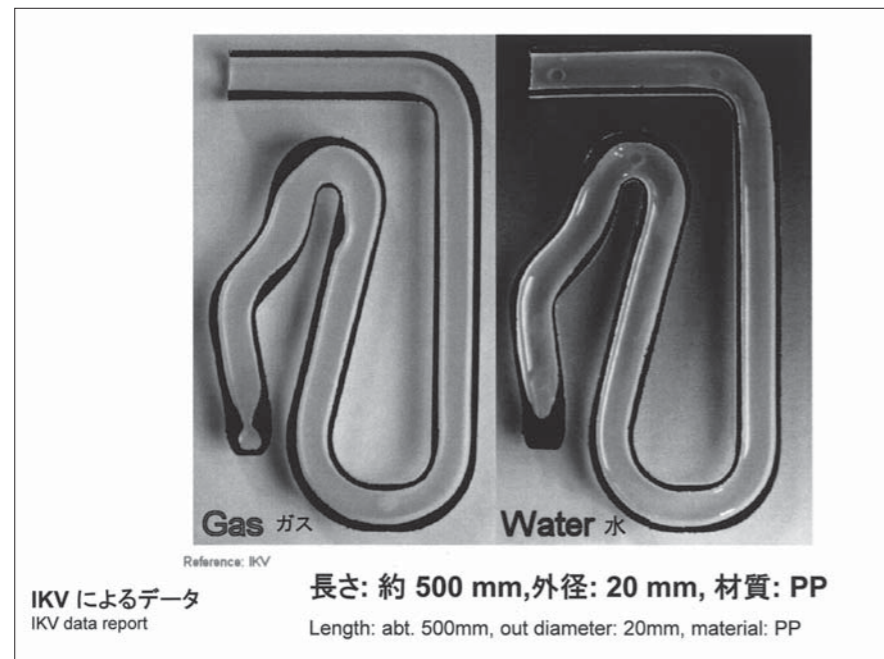


図4 エアモールド・アクアモールド
Fig.4 Airmould / Aquamould

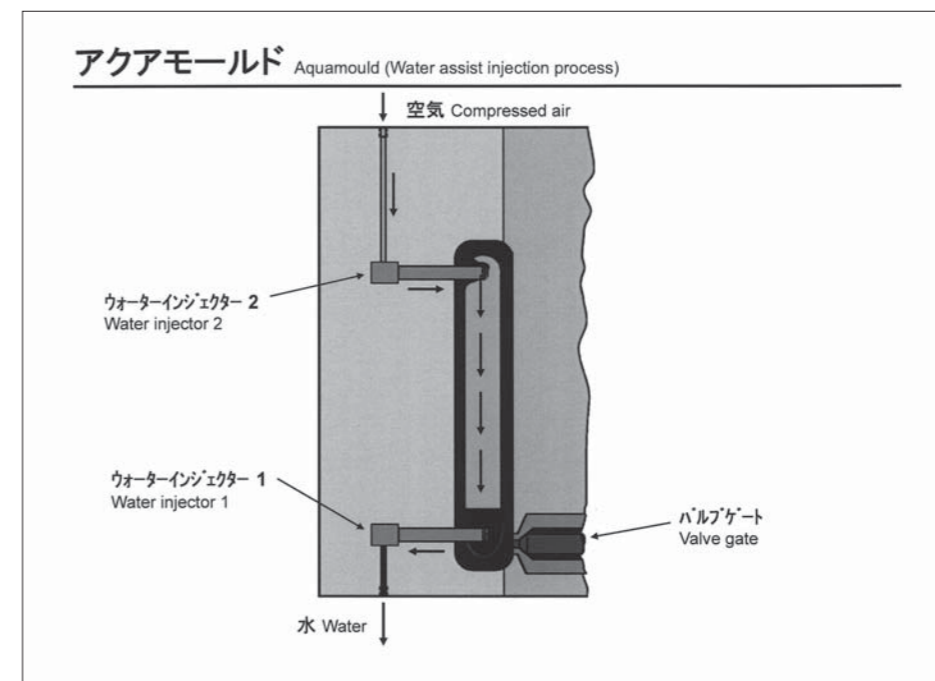


図5 ウォーターインジェクターより圧空にて排出
Fig.5 Water drainage by compressed air from the water injector 2

キルンガス化炉

Kiln Gasifier



阿部 隆一
ABE Takaichi
月島環境エンジニアリング株式会社
執行役員
プロジェクト本部
プロジェクト第2部

技術士
(機械部門)
(化学部門)
(衛生工學部門)

Abstract

Industrial wastes in Japan are classified into 19 items under the Waste Management and Public Cleaning Law, and further classified into five items that include Specified Toxic Industrial Wastes (PCB, asbestos and specified dust, etc.) as Industrial Wastes Subject to Special Management.

Although properties of municipal wastes are comparatively stable, both chemical and physical changes in the properties of these industrial wastes are large. Therefore, as intermediate treatment of industrial wastes is technically difficult due to the large property changes, selective incineration and mixed incineration based on operating know-how, as well as pretreatment such as crushing and volume reductions are conducted normally.

In response, a compact kiln gasifier has been developed and commercialized by Tsukishima Kankyo Engineering Ltd. (TSKE) that can efficiently treat various types of industrial waste properties. A rotary kiln is used as a gasifier and equipped with gas seal units and an agitating device. Heat volume of partial combustion is used as driving force of pyrolysis. Clinker generation is controlled under reducing atmosphere. The size of the stoker is compact made possible with highly efficiency gasifier and generates very little carbon residue. Secondary combustion furnace realizes very high efficiency combustion with its fuel gas combustion furnace, generating very low levels of dioxins and NOx. The compact sizes of kiln and stokers allow space-savings for installation and cost-savings.

キーワード：キルン、ストーカ、ガス化、2次燃焼、水性ガス反応、ガスシール、ダイオキシン
Keyword: Kiln, stoker, gasification, gasifier, secondary combustion, water gas shift reaction, gas seal, dioxin

1 概要

産業廃棄物は廃棄物処理法により19品目に分類され、さらに特別管理産業廃棄物として特定有害産業廃棄物(PCB、アスベスト、特定ばいじん等)を含め、5品目に分類されている。

これらは一般廃棄物が比較的安定した廃棄物性状を示すのに比べ、化学的にも物理的にもその各々の性状が大きく変化する。このことが中間処理を行う上で技術的に難しく、選択的な焼却処理や運転ノウハウによる混合焼却処理、および破碎や減容等前処理が一般的になされている。

ここでは月島環境エンジニアリング株式会社(TSKE)が多様な産業廃棄物性状に適合する、コンパクトで高性能ガス化を特徴とするキルン焼却システムを商品化したので紹介する。

2 システムの構成

以下設備より構成される。

ガス化(還元)キルン(図1) + 炭素残渣ストーカ炉 + ガス化ガス燃焼2次燃焼炉

また、システムフローを図2に示す。

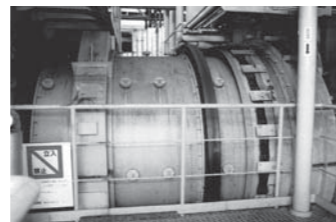


図1 ガス化キルン炉
Fig.1 Kiln gasifier

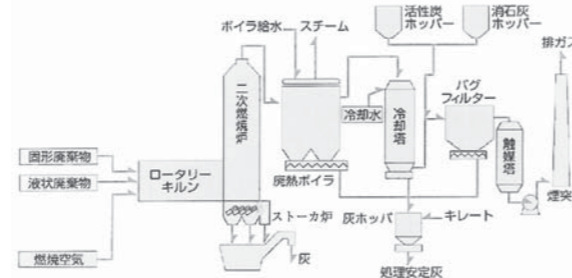


図2 システムフロー
Fig.2 Schematic flow sheet

3 ガス化キルンの特徴

3.1 形式

内熱式部分燃焼ガス化方式

3.2 ガス化性能

部分燃焼率

廃棄物低位発熱量8,380kJ/kg程度以上の廃棄物において
15～35%程度

冷ガス効率 60～70%程度

チャー化率 10%程度以下

3.3 クリンカ防止性能

酸化キルンにおけるクリンカの発生メカニズムは、燃切点(揮発分のガス化終了点)以降に於いて灰分と共存する炭素が燃焼し灰分を融点以上に加熱することによる。

TSKE式ガス化(還元)キルンにおいてキルン内は還元雰囲気下であるために残留炭素の酸化は生じない。また酸化炉に比較してピーク温度が発生しないので残留炭素量が少ない。

3.4 廃液混焼性能

廃液はキルン炉内温度維持と2次燃焼炉安定燃焼の2条件で決まる量まで安定して噴霧処理できる。

蒸発した水蒸気はガス中に飛散する固定炭素と水性ガス反応を生じガス改質効果が生じる。

3.5 構造

3.5.1 キルンシール構造

ローラーチェーントレースシールを採用している。フリーエアの洩れ込みをほぼ0に制御できる。

消耗部品の金線入り耐火ジョイントシートにはメカニカル上無理な外力が負荷されないよう工夫しており、通常の使用であれば寿命は2～3年以上の耐久性がある。また、1日で取替が可能で、費用も安価である。なお、シール装置が消耗した場合は、漏洩量が多くなると共にキルン内温度が高くなるのでシールの保守は重要である。

3.5.2 廃棄物攪拌構造

単時間にガス化反応を終了させるためには廃棄物を攪拌し内部の未反応可燃物を常に高温に晒す必要がある。

このため特殊な攪拌装置を内装することにより、投入された廃棄物とキルン内壁との滑りを防止し、廃棄物が回転と共に内部から崩れるよう工夫している。

4 ストーカ炉の特徴

4.1 形式

水平階段ストーカ炉

4.2 焼却性能

熱灼減量は、通常の産業廃棄物の場合、熱負荷が全熱量の5～10%であり、滞留時間を制御すれば2%以下になる。

4.3 構造

4.3.1 火格子面積

ストーカ炉の熱負荷は小さく、コンパクトなストーカ炉となる。火格子面積は残渣の被り厚みを適性にとり、火格子の焼損防止を図る必要がある。

寿命延長のため強制空冷装置を設置する。

4.3.2 クリンカ防止

ストーカ炉は燐燃焼が主体であるため、穏やかな燃焼状況呈する。ただし剥離効果の高い壁面構造としている。

5 2次燃焼炉の特徴

5.1 形式

ガス化発生ガスのガス燃焼炉

5.2 燃焼性能

5.2.1 燃焼室負荷

「ガス化ガス + チャー」相当熱量

5.2.2 滞留時間

2秒

5.2.3 2次燃焼炉出口温度制御性

800℃以上の任意の温度制御が可能である。

その効果として、2次炉出口温度を上げれば廃熱ボイラ温度効率が向上し廃熱回収率が增大する。

5.2.4 残留未燃分

CO濃度は通常0レベルでダイオキシンの生成量が非常に少ない。

5.2.5 窒素酸化物生成量

2段燃焼により通常は50～60ppm以下である。

有機窒素含有廃棄物の熱分解により発生するアンモニアが還元剤として作用している。

5.3 構造

5.3.1 燃焼空気吹き込み構造

1次空気、2次空気によるマルチノズル多段燃焼、および旋回燃焼により燃焼安定(内圧の安定、燃焼効率UP)を図る。

5.3.2 炉形状

円筒縦型自立構造により、クリンカ付着トラブルを防止する。

6 産業財産権

以下の産業財産権を権利化している。

①シール装置、②攪拌装置+水性ガス反応ガス改質、③シール装置+部分燃焼ガス化

リン資源について

今回はリン資源問題についてご紹介致します。窒素、リン酸、カリは肥料の三大要素と言われ、植物の生育に欠かせないものであります。

その中で、リンは生物のDNA、RNA等の遺伝情報の要であり、エネルギー代謝、脊椎動物では骨格形成に重要な元素です。

リンは生命維持元素とも言われており、人体の構成比においても微量元素に含まれるナトリウムや硫黄分等よりも多く含まれています。(表1)



表1 人体中の元素の割合

酸素	炭素	水素	窒素	カルシウム	リン	微量元素等
65	18	10	3.0	1.5	1.0	1.5

リンは、肥料をはじめ、食品、飼料、工業薬品、医薬品などに多用されていますが、日本はリン(リン鉱石、黄リン)を全量海外輸入に依存しています。

その中で、発展途上国の爆発的な人口増加・経済成長から生じる食糧増産からの肥料需要の急増問題、それに伴う肥料資源の枯渇問題などが生じるとともに、1998年アメリカの国策としてリン鉱石の輸出を規制、さらに、

2008年5月に中国はリン鉱石の輸出関税100%の措置を講ずるなど、今後、世界の肥料資源の需給バランスが壊れ、我が国が調達できない状況がくることも予想されています。(日本の肥料原料(尿素、リン鉱石)の輸入先としては中国への依存が高い。)もし、リン鉱石が高騰を続ければ日本のリン肥料、リン酸製造業は消滅し、国内農業、化学産業への相当なダメージが予測されます。

図3は日本におけるリンのマテリアルフローを説明しているものですが、リン鉱石の輸入量11万トンに対し、下水汚泥で1.5万トン、鉄鋼スラグで9万トンもリンが廃棄されています。下水処理、鉄鋼業でのリサイクルが進むだけでも国内リン鉱石の輸入を減らす事が可能となります。

一方で、リン資源の環境負荷も問題となります。下水(尿尿)から1.6万トンのリンが河川・沿岸に放出され、農地による土壌蓄積としては37万トンにも及び、その過剰な濃縮のみならず地下水等への流出も懸念されるところであります。

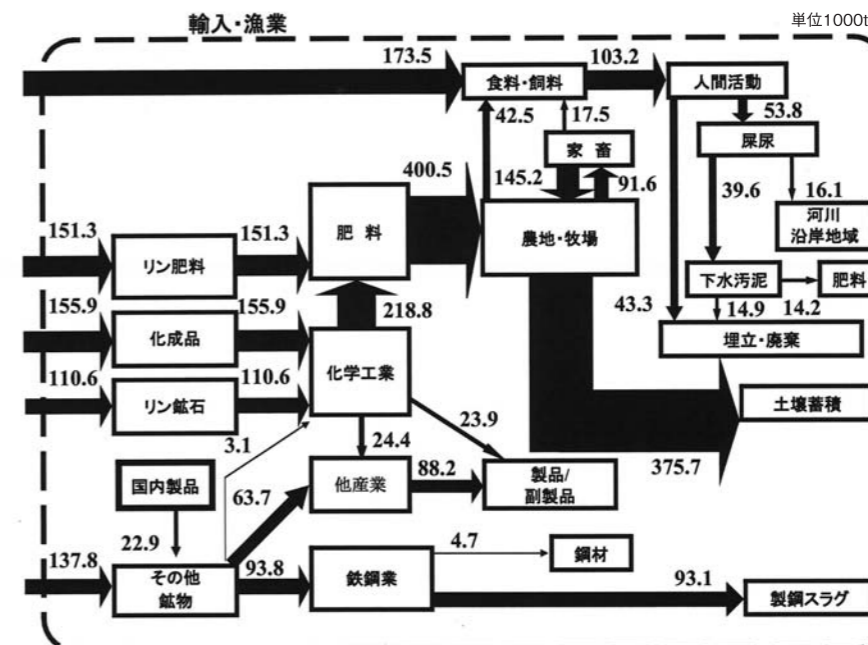


図3 日本におけるリンのマテリアルフロー(2000年)¹⁾

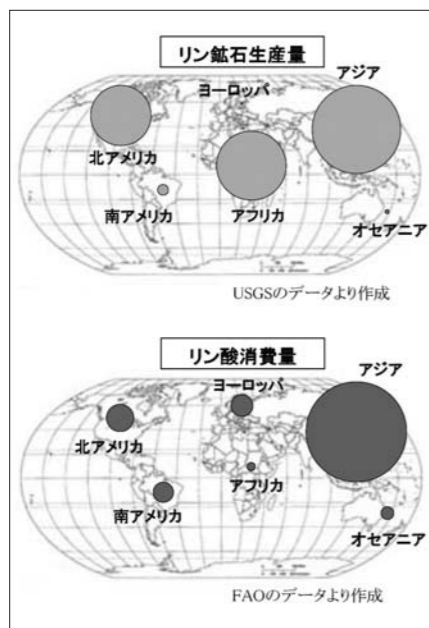
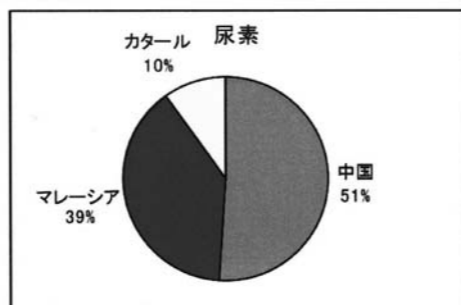
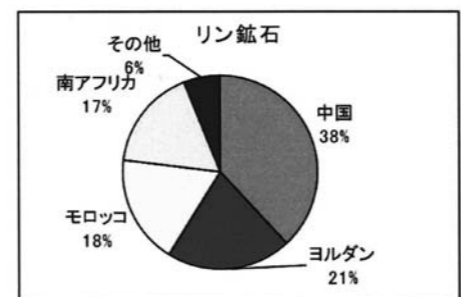


図1 リン鉱石生産量とリン酸消費量(2005年)¹⁾

※1)、※2) 総務省統計局資料(FAO, FAOSTAT:Resources)



総量(2007年)
2694千トン^{※3)}



総量(2007年)
7224千トン^{※4)}

図2 尿素とリン鉱石の輸入先(2008年)²⁾

※3)、※4) 財務省貿易統計資料

これまで日本国内で発生する副産物などの未利用資源からのリンの回収技術開発は多くなされています。下水からのリン回収の開発は20年以上前から実施されており、ほぼ出尽くしている状況にあります。現状においてはそれらが普及しているとは言えず、その普及阻害原因としては次のものが挙げられています。

- ①含有廃棄物の性状変動に追従できない
- ②回収技術の実証性、普遍性が乏しい
- ③低回収効率、高回収コスト&低省エネルギー性
- ④回収物の低品質、低有価性

環境負荷の問題と併せ、再生リン資材利用の義務化等も検討せねばならぬ事項とも言え、今後の政策展開、リンの回収技術の発展、その事業支援は重要度を増すものとなります。



図4 下水処理におけるリン資材回収の一例

参考文献

- 1) 廃棄物からの人工リン資源回収、社会技術研究論文集 Vol.5.106-113, (2008)
- 2) 農林水産省生産局資料 肥料価格の現状等について 平成20年7月
- 3) 元素資源の濃縮と活用のエンジニアリング講演要旨集 2008 SORSTシンポジウム

1 概要



会社案内



研究所・環境プロセス開発センター



市川工場

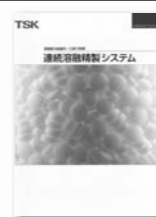


主要機器一覧

2 蒸留・晶析



晶出装置



連続溶融精製システム

3 遠心分離



セントリエース



セントリホープ



低動力型高効率遠心脱水機



エッシャーウス押出式遠心分離機



ハードデカンタ遠心分離機



模型挿取式遠心分離機



液体吸着分離装置

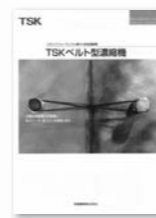
4 ろ過



スクリーブレス



高速繊維ろ過装置



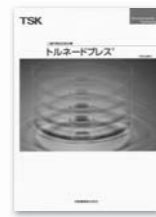
TSKヘルト濃縮機



乾燥一体型フィルタプレス



ろ過濃縮乾燥装置(まっくろ君)



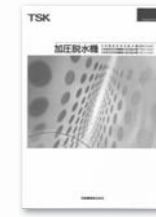
トルネードプレス



プレスロールフィルタ



スーパープレスロールフィルタ



加圧脱水機



遠心濃縮機

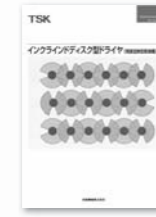


水平ベルトフィルタ(向流多段洗浄炉過)



クリフケットフィルタ

5 乾燥



インクラインドディスク型ドライヤ



スチームチューブドライヤ



クリーンフラッシュ



たて型攪拌乾燥機



ろ過乾燥機



スイング式ドライヤ



乾燥装置

6 貯留・サイロ



鋼鉄製配水タンク



ガスホルダ

7 計量



粉体ハンドリングシステム



液体ハンドリングシステム

8 製造



電子ビーム溶接

9 環境保全 (焼却)



流動焼却設備



高効率流動焼却



排煙脱硫

10 環境保全 (水処理)



浄水場沈殿池機械設備



浄水脱水ケーキ有効利用システム



ロープ式掻き機



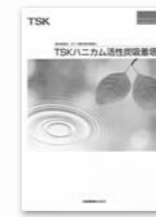
ドライ粉末活性炭注入設備



オキシデーションディッチシステム



ロマガろ過スクリーン



ハニカム活性炭吸着塔



生物脱臭装置



下水汚泥炭化処理システム



合流改善



上水処理設備



ライフサイクルビジネスモデル



下水処理設備(水処理設備)



下水汚泥過給式流動燃焼システム



紫外線消毒装置 センチネル



月島ユニット式浸漬型ろ過装置

11 プロセス



木質バイオマスガス化システム



バイオマスエタノール技術

会社概要

名称	月島機械株式会社 (TSUKISHIMA KIKAI CO.,LTD.)	設立	大正6年5月
取締役社長	山田 和彦	資本金	66億4680万円
創業	明治38年8月	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	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	〒541-0043 大阪市中央区高麗橋3-5-12(東京海上日動ビル) 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<TJO> 22nd Floor, Plaza DM, Jl. Jend. Sudirman Kav. 25, Jakarta 12920, Indonesia 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<THO> Unit202, V-Tower, 649 Kim Ma Street Ba Dinh District, Hanoi TEL. 84-4-7669965,7,8 FAX. 84-4-7669969	
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 115, Bajaj Bhavan, Nariman Point, Mumbai 400021, INDIA TEL. 91-22-6610-2507/2508 FAX. 91-22-6610-2510	
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		

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	〈海外関連会社〉	
※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	月島エンジニアリングシンガポール(株) TSUKISHIMA ENGINEERING SINGAPORE PTE. LTD. <TES>	
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	
※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(ハトライトビル) TEL.03-6386-3964 FAX.03-3537-8764	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	
※サンエコサール(株)	〒322-0017 栃木県鹿沼市下石川737-55 TEL.0289-72-0371 FAX.0289-72-0381	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	
※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			



編集後記 Editor's Note

高橋 正純 編集副委員長

TSK技報も10号という節目を終え、第11号の発刊である。
 未曾有の経済危機の中、逆にこれを機会として生かしていくkeyは、やはり技術へのこだわり、開発への熱意である。
 今後も、本技報を通して、TSKの技術・商品、社会や地球環境への貢献事例を具体的に紹介していきたい。

TSK技報 NO.11 2009
 年2回(4月・10月)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:西田 克範
 編集委員長:吉越 昭雄
 編集委員:高橋 正純 荒井 健
 佐藤 教子 小野 基巳
 佐藤 剛 加藤 善二
 近藤 洋正 千代島 有里
 山口 彩子