

目	次	CONTENTS
1	<巻頭言> 循環型社会における技術とシステム	
2	高速凝集沈殿装置（スーパーシックナー）の最適化 —最適化高速凝集沈殿装置の納入—	Optimization of High Rate Sedimentation Unit “SUPER THICKNER”
8	ニューエアー（低圧力損失散気装置）の実設備での運転と省エネルギー効果	Operation Results of Newair, Low Pressure Loss Diffuser, in Sewage Treatment Plants
15	PCB 脱塩素化プロセスにおけるエマルジョン状物質の生成とその低減	Study of Emulsified Material Formation and Decrease in PCB Dechlorination Process
20	ガス化溶融炉の簡易モデル予測制御	Simplified Model Predictive Control System for Gasification and Melting Furnaces
26	播磨テストセンターのリフレッシュ —設備の安全性と作業環境の改善—	Harima Test Center Refurbishing
33	製品・技術紹介	

## 循環型社会における技術とシステム



京都大学 環境保全センター 教授

工学博士 酒井伸一

Shinichi Sakai

環境と資源、そして経済のあり方に、より持続性のあるモデルが必要であることは共通の認識となってきました。目指すべき方向の一つに循環型社会があることは間違いないのですが、その方向にも本質的課題が横たわっています。つまり、循環型社会に向けて、環境制約・資源制約下での発展モデルを構築できるのか、あるべき循環廃棄フローが用意されていないモノや循環型社会の基盤となるモノのシステムづくりやそのシステムを支える技術開発は可能か、リサイクルや処理処分のための施設立地への満足解は描けるか、の3点の本質的課題があると考えています。

第1の環境・資源制約下での発展モデル構築は、グローバルな課題であるとともに、アジア地域の発展と日本のポジションに深く関係する問題です。21世紀にはいって、アジア地域の急速な経済発展とともに問題構造が明確に表面化してきているわけですが、資源循環や廃棄物管理に関するテーマはこの環境制約や資源制約という本質的課題に極めて密接に関連します。かつてのローマクラブの成長の限界で提起されていた資源制約、そしてIPCCが示した炭酸ガスによる地球温暖化制約、そして地域が直面している廃棄物の受容制約、つまり資源・環境・廃棄制約から循環型社会構築へ向かわざるを得ないわけですが、その時の発展モデルは相当に試行錯誤的にならざるを得ません。

第2のあるべき循環廃棄フローが用意されていないモノへのシステムづくりとは、容器包装や自動車などさまざまな個別リサイクル制度が定められてきましたが、本来あるべきリサイクルや処理のフローが用意されていないモノは、身の回りに意外に多いという問題です。都市のごみ処理の現場でよく事故が起こっているカセットボンベやスプレー缶などは、その代表例です。こうした家庭系有害廃棄物などを含めて、より木目細かなリサイクル対象フローの実態把握とシステム創りが必要です。加えて、循環型社会の基盤システムを支える対象とその技術に、目を配らねばなりません。主たるリサイクル対象の例として、再生可能資源としてのバイオマス、枯渇性資源としてのメタルが挙げられます。バイオマスに対して、ガス化技術は燃料化に通じる基本の要素技術です。レアメタルは、世界の資源戦略から極めて重要な位置にある対象です。メタル取引に関して、2009年になって米欧が中国をWTO提訴へ踏み切ったことから伺える話です。都市鉱山と呼ばれる地上資源に着目することは正しく、日本が力を入れるべき開発の方向の一つですが、日本にある精錬技術は、一定の品位を有する精鉱を対象とした技術で、循環型社会の基盤システムとするには、技術も、モニタリングも高度化が必要でしょう。こうした循環を支える技術分野において、日本が創り上げてきたガス化溶解技術には再度、光が当たる時期がくるとみています。つまり、バイオマスのガス化改質に向けた基盤技術として、都市鉱山のメタル分離の基盤技術として、そして過去の遺産(PCB、アスベスト等)の分解・安定化技術として、基盤技術たりえる要素技術です。社会に受け入れられる経済性をめざさねばならないことには注意が必要ですが……。

第3のリサイクル施設や処分場などの必要不可欠な施設などの立地への満足解という課題は、国や地方政府に期待される最大の課題であるかもしれません。関連して、廃ガス制御技術、廃水処理技術などの環境要素技術の蓄積は日本に多くあります。静脈技術、環境技術を中心に生産技術もパッケージとして、システム価値を高めていくことが期待されます。こうしたシステム技術としての開発と伝承を図ることを目指さねばならない時機とみることで、多くのチャンスが広がっているように思えます。

# 高速凝集沈殿装置（スーパーシックナー）の最適化

Optimization of High Rate Sedimentation Unit “SUPER THICKNER”

## 最適化高速凝集沈殿装置の納入



石井宏樹\*  
Hiroki Ishii



山下哲生\*\*  
Tetsuo Yamashita



村上吉明\*\*\*  
Yoshiaki Murakami



西澤昭彦\*\*\*\*  
Akihiko Nishizawa



平井孝明\*\*\*\*\*  
Takaaki Hirai

高速凝集沈殿装置（スーパーシックナー）を（株）神戸製鋼所に納入した。納入にあたり、集水トラフ・ディストリビュータ等の構造について流動解析による最適化検討を併せておこないつつ、改良等を加え、従来の凝集沈殿装置にくらべて、10～12倍の表面積負荷の達成、設置面積の縮小など設備能力の効率化を達成した。

We delivered a High-rate coagulation/sedimentation unit “SUPER THICKNER” to Kobe steel, Ltd.. When delivering it, we studied the optimization about the structure of Collecting Trough, Distributor and other parts by using computational fluid dynamics (CFD). We made improvements of the unit based on that study. As a result, SUPER THICKNER achieved efficiency of an unit capacity, treating capacity by 10-12 times, minimization of installation space, compared to the conventional unit.

### Key Words :

鉄 鋼 廃 水  
凝 集 沈 殿  
流 動 解 析

Steelplant wastewater  
Coagulation sedimentation  
Computational fluid dynamics (CFD)

### 【セールスポイント】

省スペースで高性能な凝集沈殿装置を提供する。

## まえがき

製鉄所では、集塵機用水処理設備、圧延用水処理設備あるいは冷延表面処理用水処理設備などの水処理設備において凝集沈殿装置が、数多くもちいられている。これらの凝集沈殿装置は、水処理機器の中でも広い設置面積を必要とし、また、設備費が高いという問題点を抱えている。これらの問題を解決するために従来の凝集沈殿装置よりコンパクトで高性能な「高速凝集沈殿装置」を開発し、（株）神戸製鋼所に納入した。さらに納入するにあたり、当該装置のシミュレーションモデルを構築し、数値解析による最適化を合わせておこなったので以下に報告する。

## 1. 高速凝集沈殿装置の概要

### 1.1 フローの説明

図1にフローシートを示す。

原水は、原水ポンプで反応槽へ送られる。ここで中和剤と凝集剤の添加によって、原水中の濁質成分は微細フロックになる。次に、造粒槽に送られた微細フロックは、沈殿槽からの返送汚泥と混合され、高分子凝集助剤の添加により、良好なフロックとなる。そして、水頭差によって高速凝集沈殿槽に送られたフロックは、ディストリビュータから槽内に均等分散され、沈降分離される。その結果、清澄な処理水がえられる。

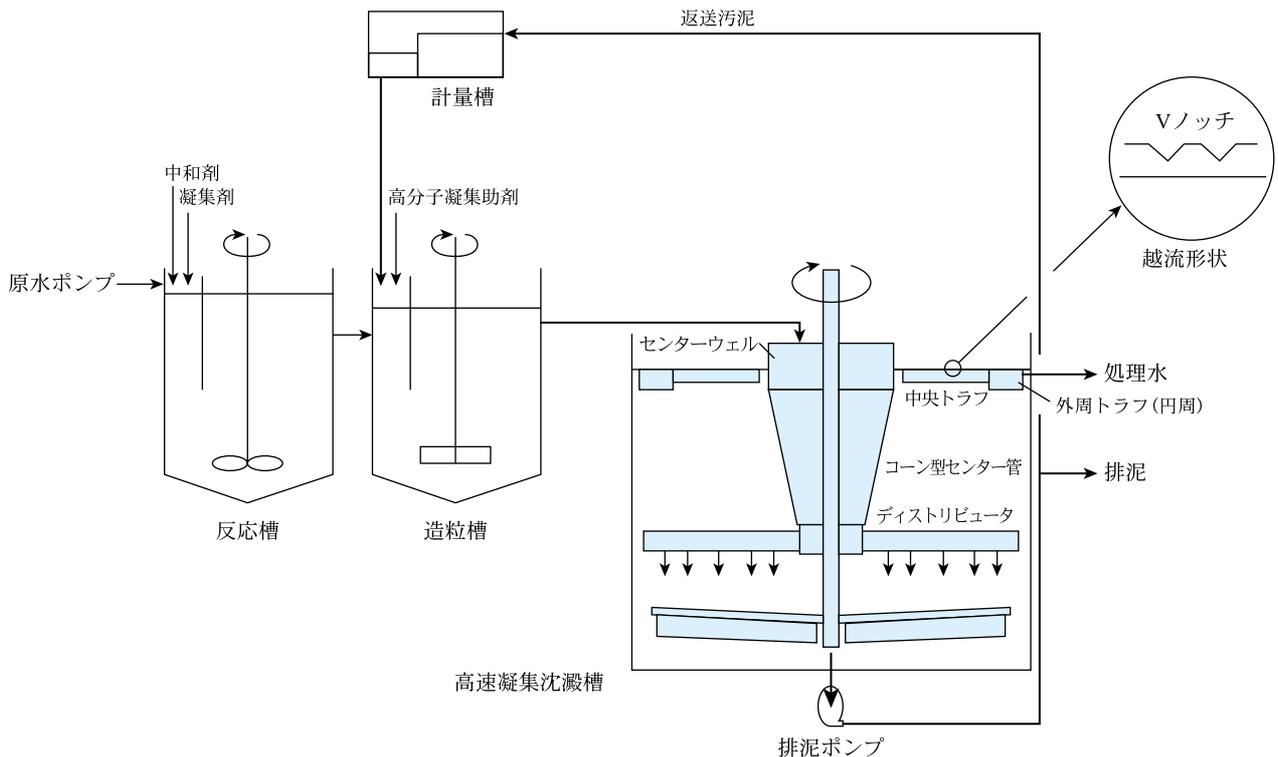


図1 フローシート

## 1.2 機能の説明

高速凝集沈殿装置は、従来の凝集沈殿装置とは異なり、フロックを造粒させることにより沈降速度を増し、また造粒したフロックを偏流させることなく均等に分配できる機能を有している。

### 1) 造粒槽

造粒槽では、槽内のSS濃度を一定に保つために汚泥を返送している。この汚泥と原水のSSに対し、高分子凝集助剤を添加し造粒することでフロックを成長させ、沈降速度を増すことができる。

### 2) コーン型センター管

コーン型センター管は、造粒槽からセンターウェル間の水頭差によって巻込まれる気泡を無くし、ディストリビュータからの吹出量を均等にすることで、槽内への水流の負荷変動を低減し安定した固液分離を可能とする。

### 3) ディストリビュータおよび集水トラフ

ディストリビュータは原水を槽内に均等分散し、また、ゆっくり回転することにより流出した原水の偏流を防止する。集水トラフは、中央トラフと外周トラフで構成され、沈殿槽の表面より均等に集水できるように配慮がなされている。

## 2. 流動解析による沈殿槽構造の最適化

高速凝集沈殿装置の納入に際し、流動解析により槽構造および運転方法の最適化を試みた。ここで作

成したシミュレーションモデルは、実設備での流動状態を精度良く再現できることを流速の実測結果から確認しており、以後の最適化の検討は本モデルを活用しておこなった。

高速凝集沈殿装置の固液分離能力を十分に発揮させるには、ディストリビュータより分配された原水を流れの偏りや乱れが少ない状態で沈降分離をおこなうことが重要となる。ここではとくに沈降分離性能に直接影響する沈殿装置内の鉛直方向の流速に主眼をおいて槽の構造および運転方法を検討した。

### 2.1 解析手法

解析には汎用熱流体解析コード FLUENT6.3 (ANSYS 社) をもちいた。乱流モデルは  $k-\omega$  モデルを使用し、ディストリビュータの吹出し孔に様な吹出し流速を与えて原水の流入を再現した。なお高速凝集沈殿装置は周方向に対称性があるので計算負荷を軽減するために、周方向に1/4または1/2の領域を対象として計算をおこなった。

### 2.2 最適構造および運転方法の検討

#### (1) 集水トラフの配置

集水トラフの形状の検討にもちいた計算領域を図2に示す。ここでは次の2ケースの集水トラフ形状について流動状態を確認した。形状1は外周トラフの外側と内側にVノッチを配置し両サイドからの越流を再現する計算条件とした。形状2は外周トラ

フの内側だけにVノッチを配置し内側のみからの越流を再現する計算条件とした。なお中央トラフは十字に配置して形状1および2ともに同様に両サイドから越流して集水する計算条件とした。図2に示した中央トラフの中間位置にあたる断面Aにおいて鉛直方向の流速 ( $V_z$ ) を比較し、 $V_z$  の均一性から最適な構造を評価した。図3の (a) に形状1の  $V_z$  の計算結果を、(b) に形状2の  $V_z$  の計算結果をそれぞれ示す。なお、図中の黄色から赤色への変化は  $V_z$  が上向きに大きくなり、緑から青色への変化は  $V_z$  が下向きに大きくなり、

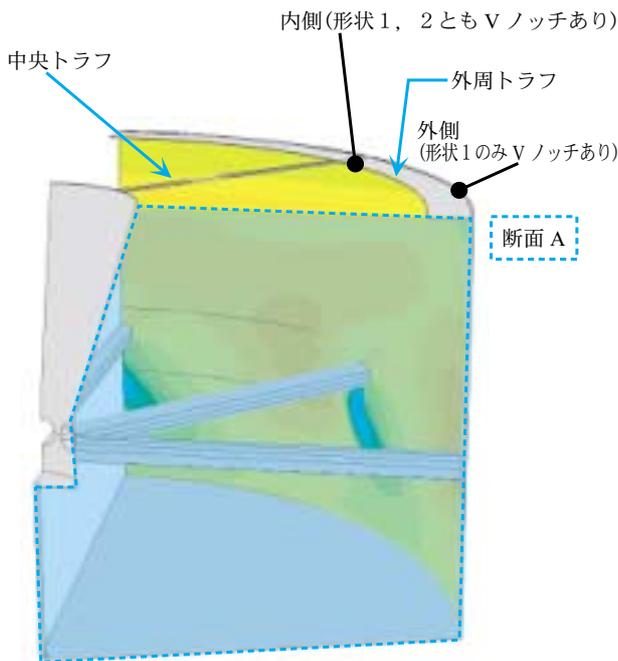


図2 計算領域の概要

は  $V_z$  が下向きに大きくなることを意味している。形状1では沈殿槽の壁面近傍の水深1.3 m 付近に  $V_z$  が上向きに0.025 m/s 以上の領域が大きく広がっているのに対し、形状2ではそれらの流速領域が小さくなっている。また、形状1では水深1.3~0.5 m の間で  $V_z$  が下向きに0.005 m/s 以上になる領域が分布しているが、形状2ではそのような領域は非常に小さくなっている。これは形状1の方が外周付近から流出する処理水量が多くなって壁面近傍の上向き流速が増大し、槽の内側では壁面の流れに引込まれ下向きの流速が発生していると考えられる。これらのことより、各Vノッチの越流負荷を増大させても集水面を均等化することの方がより良い流れが形成されるものと判断し、形状2の集水トラフの配置を採用した。

(2) ディストリビュータ回転速度の検討

ディストリビュータの先端速度については設計基準でおおむね5.0~8.0 m/min を推奨しており、今回、ほぼ最大値の7.3 m/min と最小値の5.0 m/min に設定したケースで流動状態を比較した。槽の壁面から100 mm 内側の面における鉛直方向流速  $V_z$  について、図4 (a) に先端速度7.3 m/min の計算結果を、(b) に5.0 m/min の計算結果を示す。いずれのケースでも流出トラフまで続くような強い流れはないものの、先端速度を5.0 m/min と遅めに設定した方が壁面近傍の  $V_z$  は全体的に低くなっていることが解る。これより先端速度についてはある程度遅い速度 (5.0 m/min) に設定した方が上向きの流れをより均一にできるといえる。

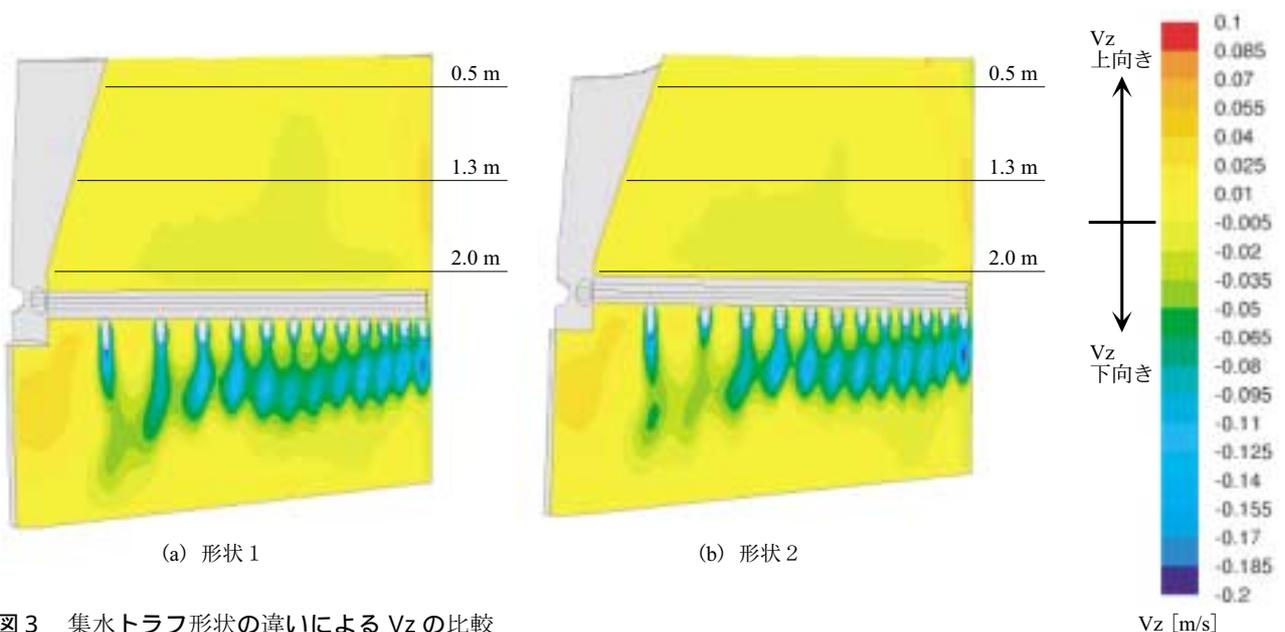


図3 集水トラフ形状の違いによる  $V_z$  の比較

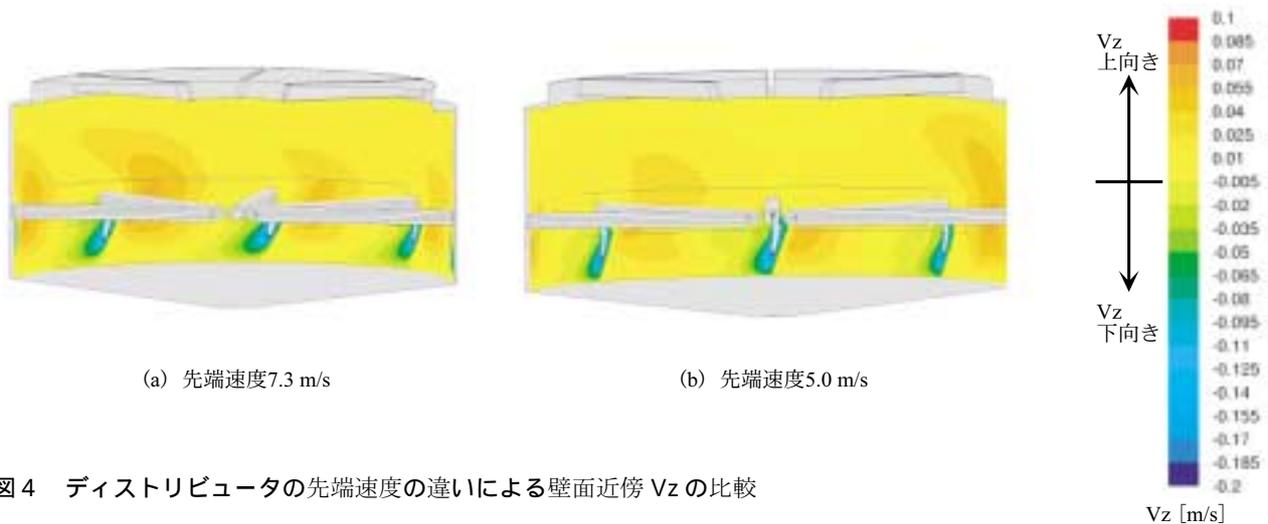


図4 ディストリビュータの先端速度の違いによる壁面近傍 Vz の比較

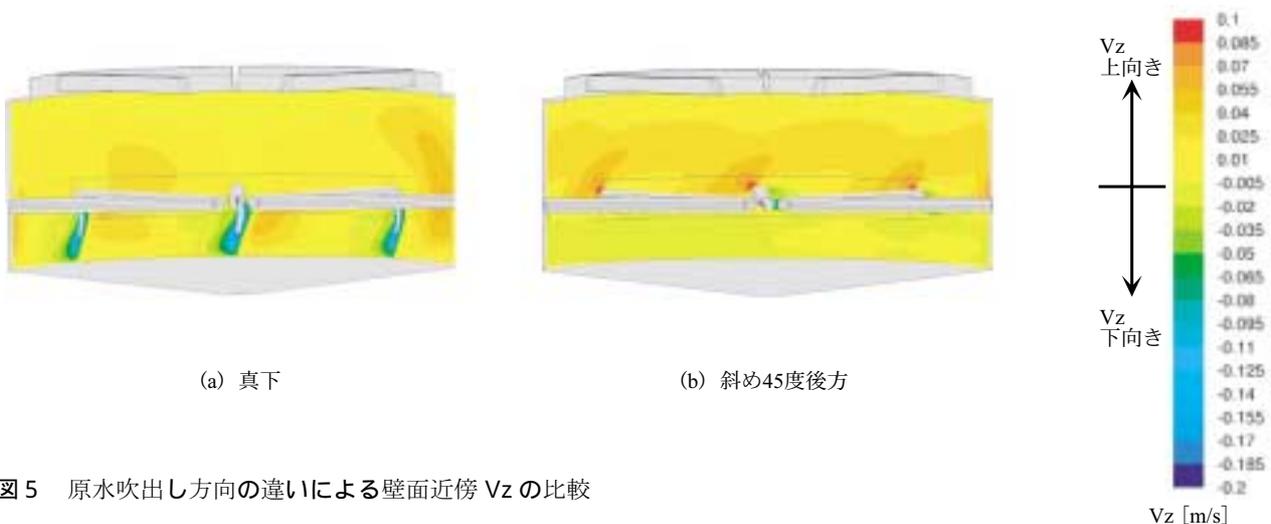


図5 原水吹出し方向の違いによる壁面近傍 Vz の比較

(3) ディストリビュータからの原水吹出し方向の検討

ディストリビュータからの吹出し方向について、真下に向けて原水を吐出した場合、およびディストリビュータの回転方向に対して斜め45度後方に吐出した場合について検討をおこなった。槽の壁面から100 mm 内側の面における Vz について、図5 (a) に真下に噴出した場合の計算結果を、(b) に斜め45度後方に噴出した場合の計算結果を示す。なおディストリビュータ先端速度は5 m/min とした。これらの図の比較からわかるように、斜め45度後方に噴出した場合はディストリビュータの回転方向前方の近傍で局所的に Vz が上向きに大きくなる領域（赤色）が発生し、その影響により壁面近傍の Vz は全体的に大きくなっている。これは原水を斜め後方に噴出することにより、槽全体でディストリビュータとは反対向きの方周方向の流れが発生し、その流れにディストリビュータが衝突することで鉛直方向の流れが



図6 整流バツフルの概要

発生しているものと考えらる。これにより、原水の吹出し方向は真下に吐出する方が適していることを確認した。

(4) 沈殿槽内整流バツフルの取付け

沈殿槽内の周方向の流れを整流すれば上向きの流れを均一にできないかと考え、図6のような高さ1200 mm 幅2200 mm の整流バツフルを中央トラフの下側に設置したケースを解析した。槽の壁面から

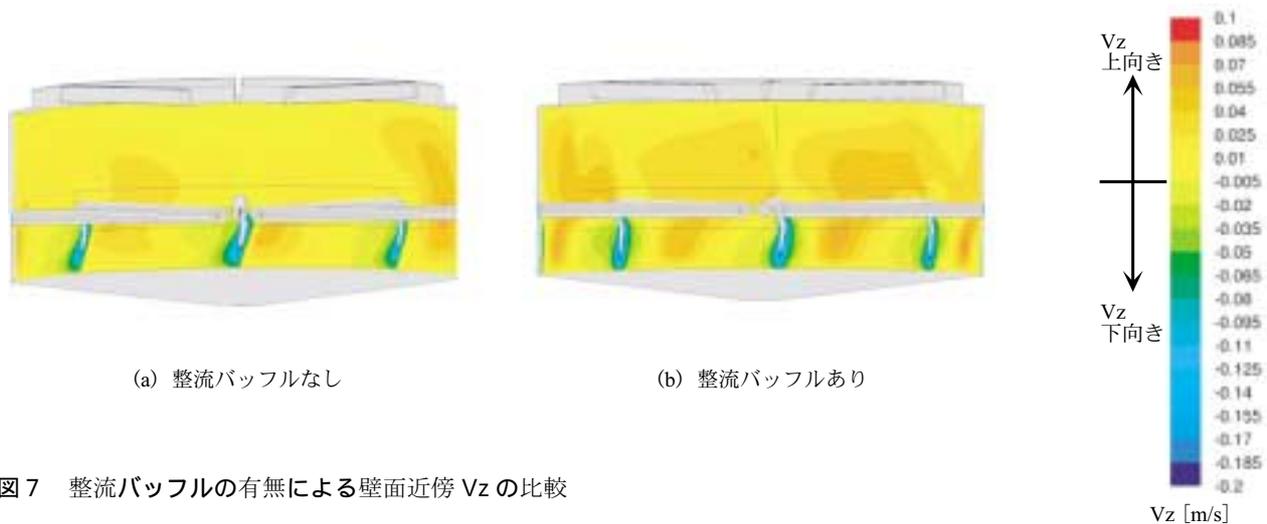


図7 整流バップルの有無による壁面近傍 Vz の比較

100 mm 内側の面における Vz について、図7 (a) に整流バップルを取付けない場合、(b) に整流バップルを取付けた場合の計算結果を示す。整流バップルを取付けた場合は Vz が上向きに大きくなっていることがわかる。これはディストリビュータの回転により発生する周方向の流れが整流板に衝突し、鉛直方向の流れに転換され、結果的に槽内の流れが不均一な状態になったと考えられる。これより整流バップルを取付けても整流効果は期待できず、コストの面からも設置の必要はないと考えられる。

(5) その他の検討

ここで紹介した解析は検討の一例であり、この他にも槽の高さや、集水トラフの配置など各部品の形状や運転方法について評価をおこなった。その結果、

表1 設計条件および既設との比較

項 目		高速凝集沈殿装置	既 設
設計通水量	(m <sup>3</sup> /h)	500	
設計原水 SS 濃度	(mg/L)	<200	(<200)
設計処理水 SS 濃度	(mg/L)	<50	(<50)
沈殿槽の直径	(m)	8	25
表面負荷	(m/h)	10	1
薬品	PAC 注入率 (mg/L)	5	5
	高分子凝集剤注入率 (mg/L)	0.5	0.5

表2 主要機器仕様

項 目	寸 法 (mm)	材 質	表面処理	モータ (kw)	基 数
反 応 槽	φ 3 200 × 3 830SH	SS400	タールエポキシ	5.5	1
造 粒 槽	φ 3 200 × 3 830SH	SS400	タールエポキシ	5.5	1
沈 殿 槽	φ 8 000 × 6 050H	SS400	タールエポキシ	1.5	1

現状の構造が高速凝集沈殿装置に要求される分離性能を発揮する上で最適であるということがわかった。

### 3. 実績紹介

#### 1) 概 要

(株)神戸製鋼所の凝集沈殿装置には、停止できないものが数多くある。古いものでは、40年近く停止することなく、現在も連続運転しているものが見つげられる。本装置は、老朽化したこれらの凝集沈殿装置の補修・点検作業時における代替設備として今回納入した。

本装置は、他の場所へ移設できるように分割搬送できる機能を有している。

#### 2) 設計条件

本装置の設計条件および既設との比較を表1に示す。対象となる濁質成分は、主に水酸化鉄である。既設の沈殿槽の設計表面積負荷は、1 m/h である。これに対して、本装置は10 m/h で沈殿槽の表面積は1/10程度となっている。本装置の主要機器の仕様および外観を表2と写真1に示す。

#### 3) 運転結果

表3に運転結果を示す。中和剤に硫酸を使用し、凝集剤として PAC を使用した。高分子凝集剤としてはアニオン系ポリマーを使用した。PAC の注入率は、事前の処理試験では 5 mg/L が最適であった。実機では、処理の状態に相違がなかったことから無注入とした。ポリマーの注入率は、0.5 mg/L に

表3 運転結果

運 転 条 件						フロック の 状 況	分析結果 (mg/L)			
通水量 (m <sup>3</sup> /h)	表面負荷 (m/h)	制御 PH (-)	高分子凝集 助剤注入率 (mg/L)	PAC 注入率 (mg/L)	造粒槽 SS (mg/L)		原水 SS (mg/L)	処理水 SS (mg/L)	造粒槽 SS (mg/L)	排泥 SS (mg/L)
500	10	6~8	0.5	0	600~1 200	良 好	140	5	740	17 000
							110	6	660	
							140	5	740	24 000
							90	4	580	14 000
							120	4	640	
600	12	6~8	0.5	0	600~1 200	良 好	120	6	640	



写真1 高速凝集沈殿装置の外観

調整した。造粒槽のSS濃度はSS計をもちい1 000 mg/L程度になるように、造粒槽への返送汚泥の水量を調整した。その結果、原水のSS140 mg/Lは、処理水において5 mg/Lと良好な水質となった。また、通水量を600 m<sup>3</sup>/hとした運転も試み、良好な結果をえることができた。

#### 4) まとめ

高速凝集沈殿装置の採用により、従来の凝集沈殿装置に比べ10~12倍の表面負荷をえることができるため、沈殿槽としては、1/10~1/12の設置面積となり、反応槽などの付帯機器を含む凝集沈殿装置としても1/4程度の設置面積に収めることができる。

また、鋼板で製作できる大きさになるため、土木構造物も不要で工期短縮ひいては工事費の低減が可能となる。

維持管理性については、機器点数が増えるため管理項目は若干増加するが、薬品使用量などランニングコストについては、差異はほとんどない。

#### む す び

高速凝集沈殿装置「スーパーシックナー」の納入実績事例と、設備の最適化について紹介した。廃水・用水処理では固液分離操作は基本的な単位操作の一つであり、水処理プロセスでは重要な工程である。「スーパーシックナー」は従来の処理方式に比べ10~12倍の高い処理能力を発揮し、省スペースで低コストな装置であることから、幅広いニーズに応えられると考えている。

また、今回は装置の構造最適化に流動解析を適用し、シミュレーションにより性能の評価をおこなった。各種性能向上の方策を起案し、各案について流動解析で効果を事前に評価することで方策の取捨選択をおこなってきた。沈殿槽内の形状を実際に変更したり、槽内の流速を測定することは非常に難しいため、このような数値実験的な手法をもちいて装置の最適化をおこなうことは非常に有効であると思われる。

#### [参考文献]

- 1) 松井美純：神鋼パンテック技報 Vol.41, No.1 (1997)

\*水環境事業部 テクノサービス室 \*\*商品市場・技術開発センター 水・汚泥技術開発部 汚泥処理室 \*\*\*商品市場・技術開発センター プロセス技術開発部 新規プロセス室  
\*\*\*\*水環境事業部 技術部 加古川プロジェクト室 \*\*\*\*\*水環境事業部 技術部 設計室

# ニューエアー（低圧力損失散気装置）の実設備での運転と省エネルギー効果

## Operation Results of Newair, Low Pressure Loss Diffuser, in Sewage Treatment Plants



三浦雅彦\*  
Masahiko Miura  
(農学博士)



吉田忠広\*\*  
Tadahiro Yoshida



熊野 晋\*\*  
Susumu Kumano

下水処理場の反応タンクでもちいる散気装置として低い圧力損失、高い酸素移動効率の特長を有する樹脂製微細気泡散気装置であるニューエアー（低圧力損失散気装置）をドイツから導入し国内5箇所で稼動中である。

ニューエアーにはディスク型、チューブ型の2型式がある。散気性能の評価は、送風動力あたりの酸素移動効率を示す平均酸素移動動力効率にておこなった。その結果、ディスク型の全面エアレーション式では、標準送風量範囲（5～14 m<sup>3</sup>N/h/個）で平均酸素移動動力効率が3.5～4.2 kgO<sub>2</sub>/kWhであった。チューブ型の旋回流式では、標準送風量範囲（8～14 m<sup>3</sup>N/h/m）で3.1～3.5 kgO<sub>2</sub>/kWhであった。また、両型式とも1年以上の実施設での運転において標準送風量範囲で目詰まり無く運転できることを確認した。さらに、これらの結果をもとにモデルケースでの電力由来のCO<sub>2</sub>排出量を試算し、従来型（散気板・散気筒）にくらべ、約30%のCO<sub>2</sub>削減効果を確認した。

Newair is the diffuser for sewage treatment plants. We introduced it from Germany. At the present day, Newair is operated at the five sewage plants. In this report, we introduce specification and characteristic of Newair. Moreover, we estimate saving energy effect, 30% CO<sub>2</sub> reduction, by Newair using operating data at sewage treatment plants.

### Key Words :

下水処理	Sewage treatment
散気装置	Diffuser
低圧力損失	Low pressure loss
二酸化炭素削減	CO <sub>2</sub> reduction
省エネルギー	Saving energy

### 【セールスポイント】

ニューエアーは、圧力損失が低く、高い酸素移動効率を有している。したがって、必要風量が増加する高度処理においても、既設の送風機を交換することなく散気装置の更新が可能で、更新需要に相応しい省エネルギー型の散気装置である。

## まえがき

活性汚泥法を採用している下水処理場において、反応タンクへの空気吹き込みに要する電力量は処理場全体で消費される電力量の約3～6割を占めるといわれている。この電力量を削減することは、省エネルギー化とともにCO<sub>2</sub>排出量の削減につながり、地球温暖化の観点からも社会的意義が大きい。これまで、散気装置の高効率化には、散気気泡の微小化による酸素移動効率の向上が指向され、超微細気泡の散気装置が実用化されている。<sup>1)</sup> 一方、我々は酸



写真1 ディスク型ニューエアーの外観



写真2 チューブ型ニューエアーの外観

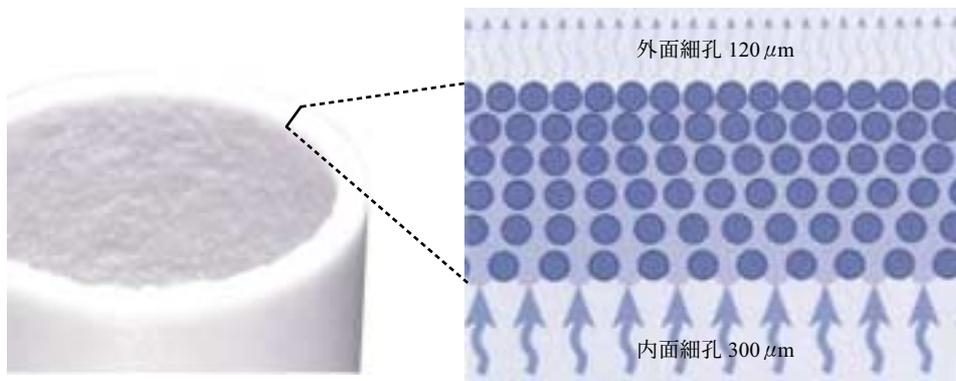


図1 ニューエアー散気部断面の模式図

素移動効率とともに散気動力に大きく影響する因子である通気抵抗の低減に着目し、圧力損失が低く、酸素移動効率が高い散気装置であるニューエアーをドイツから導入し国内での拡販を進めている。

本報では、性能証明のために実施したニューエアーの実設備運転における散気性能評価、圧力損失に影響する目詰まりに関する評価、さらに、それらの結果をもとに試算したCO<sub>2</sub>削減効果について報告する。

## 1. ニューエアーの仕様と特長

### 1.1 形状

ニューエアーは、特殊な細孔構造を持つ、高密度ポリエチレン製の散気装置である。形状は、ディスク型とチューブ型があり、ディスク型を写真1に、チューブ型を写真2に示す。また、両型式の仕様を表1に示す。ディスク型は散気部の直径が240 mmであり、下部に散気配管と接続するコネクターを有している。チューブ型は、散気部の長さが500 mm、750 mmの2種類があり、片側が散気配管と接続できる構造となっている。

### 1.2 特長

ニューエアーの散気部断面の模式図を図1に示す。高密度ポリエチレンを特殊な成形方法により、散気装置内面の細孔を300 μm程度に、散気装置外面を120 μm程度に調整することで、次のような特長を有している。

表1 ニューエアーの概略仕様

型式	ディスク型	チューブ型
散気部寸法	240 mmφ	500 mm, 750 mm長さ, 72 mmφ 直径
標準送風量	5～14 m <sup>3</sup> /h/個	8～14 m <sup>3</sup> /h/m
散気板材質	高密度ポリエチレン	
孔径	外面120 μm, 内面300 μm	

### 1. 2. 1 低い圧力損失

特殊な細孔形状のため、散気装置を通過する際の通気抵抗が小さく、圧力損失は標準送風量条件で約1.5 kPa と非常に低く抑えることができる。

### 1. 2. 2 高い酸素移動効率

外面の細孔が120 μm と非常に小さいため、微細な気泡を発生し、高い酸素移動効率がえられる。

### 1. 2. 3 軽量、高強度

チューブタイプは約700 g (750 mL)、ディスクタイプは約900 g と簡単に持ち運びできる重量である。材質は、高密度ポリエチレン製で、強度も高く、取り扱いが容易で施工性に優れている。

### 1. 2. 4 優れた耐食性、耐久性

高密度ポリエチレン製のため、pH、温度変化など耐食性、耐久性に優れている。

## 2. 実験方法および実験設備

### 2. 1 酸素移動動力効率

酸素移動動力効率 ( $E_p$ ) は散気装置の単位送風動力当たりに溶解供給できる酸素量を示し、式1で定義される。<sup>2)</sup>

$$E_p = \frac{E_a / 100 \times G_s \times \rho \times O_w}{L_s} \quad (\text{式 1})$$

$L_s$  : 送風動力[kW]

$E_a$  : 酸素移動効率[%]

$G_s$  : 送風量[m<sup>3</sup>/h]

$\rho$  : 空気密度(=1.293[kg/m<sup>3</sup><sub>N</sub>])

$O_w$  : 空気中の酸素含有量(=0.233[O<sub>2</sub>kg/空気 kg])

また、算出のもととなる酸素移動効率は下記の2種類の方法で測定した。

清水での酸素移動効率は、2 m<sup>w</sup> × 2 m<sup>t</sup> × 5 m<sup>d</sup> (有効水深) の実験水槽において測定した(写真3)。ディスク型では、水槽底部に4個を全面配置して発泡面積比を4.5%とし、チューブ型では、500 mm長さのもの2本を旋回流配置し5.7%の発泡面積比とし非定常法で測定した。

汚水での酸素移動効率は、実処理場での供給ガスと排出ガスの物質収支から酸素利用率をもとめるオフガス法<sup>3)</sup>により測定した。散気水深の影響は清水実験からもとめた係数で5 m水深に換算した。

ディスク型はM浄化センターで測定した。反応タンクの設備概要を表2に、ニューエアーの配置概略図とオフガス法の測定位置を図2に示す。チューブ型はN浄化センターで測定した。反応タンク設



写真3 清水試験水槽 (2 m<sup>w</sup> × 2 m<sup>t</sup> × 5 m<sup>d</sup>)

表2 ディスク型 性能評価実施の反応タンク設備仕様 (M浄化センター)

処理方式	3段ステップ流入式	
散気方式	全面エアレーション式	
測定箇所	第3ステップ好気槽	
第3ステップ反応タンク形状	幅7m × 長(13.7+20.9)m × 水深4.5m, ハンチあり	
第3ステップ反応タンク容量	1 020 m <sup>3</sup>	
三 一 一 仕 様	形 式	ディスク型
	数 量	240個(96個+144個)
	発泡面積比	4.5%
散気水深	4.05 m	

備概要を表3に、ニューエアーの配置概略図とオフガス法の測定位置を図3に示す。

### 2. 2 圧力損失の測定

清水での圧力損失は0.6 m<sup>w</sup> × 1.0 m<sup>t</sup> × 0.5 m<sup>d</sup> (有効水深) の水槽にニューエアーの発泡面を100 mm水深に設置し測定した。ディスク型では、標準送風量の5~14 m<sup>3</sup>/h/個で、チューブ型では同じく8~14 m<sup>3</sup>/h/mで散気したときの圧力損失を測定した。

実設備における汚水運転の圧力損失は、ライザー管に設置した圧力計で2~3回/月の頻度で測定した。

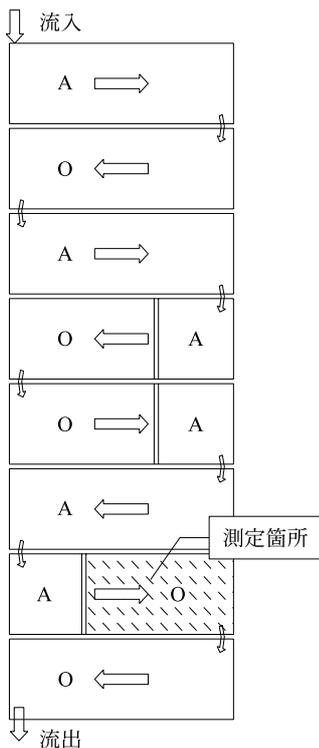


図2 ディスク型ニューエアーの測定箇所と配置写真 (M 浄化センター)

表3 チューブ型実設備運転の反応タンク設備仕様 (N 浄化センター)

処 理 方 式	標準活性汚泥法	
散 気 方 式	旋回流式	
タ ン ク 形 状	幅8m×長6m×水深5.0m×7区画、ハンチあり	
散 気 水 深	4.4 m	
タ ン ク 容 量	1 680 m <sup>3</sup>	
ニ ュ ー エ ア ー 仕 様	形 式	チューブ型(L500 mm)
	散 気 寸 法	φ 72 mm×500 mm
	散 気 面 積	0.113 m <sup>2</sup> /本
	数 量	154本(=22本×7区画)
	発泡面積比	5.2 %

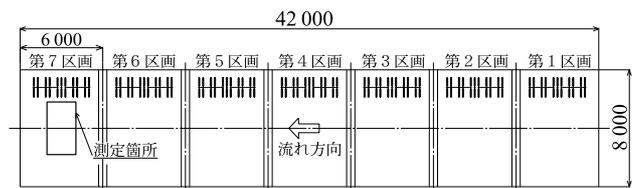


図3 チューブ型ニューエアーの測定箇所と配置写真 (N 浄化センター)

### 2.3 攪拌能力

攪拌能力は3次元電磁流速計をもちいて流速を測定し、各測定点につき3分間の平均合成流速を求めた。

### 2.4 CO<sub>2</sub>削減効果の評価

実規模のモデル設計において、ニューエアーの酸素移動効率、圧力損失をもとにした送風機の消費電

力を試算し、年間CO<sub>2</sub>発生量に換算した。これを、従来型のセラミック散気板<sup>2,4)</sup>の試算結果と比較した。

## 3. 結果および考察

### 3.1 酸素移動動力効率

図4にディスク型の全面配置の酸素移動動力効率の結果を示す。標準送風量の酸素移動動力効率は低

風量条件で上昇する傾向があり3.5~4.2 kgO<sub>2</sub>/kWhであった。汚水の結果を○のシンボルで示す。清水の測定からえられた性能曲線と整合した。

図5にチューブ型の巡回流式の酸素移動動力効率の結果を示す。同様に標準送風量の酸素移動動力効率は低風量条件で上昇する傾向があり3.1~3.5 kgO<sub>2</sub>/kWhであった。汚水の結果を○のシンボルで示す。清水の測定からえられた性能曲線と整合した。

### 3.2 清水での圧力損失

ディスク型では6 m<sup>3</sup>N/h/個で散気時に126 mmAqであった。チューブ型では10 m<sup>3</sup>N/h/個で散気時に124 mmAqであった。

### 3.3 実処理場での送風圧力の推移

ディスク型の送風圧力はM浄化センターにおいて2007年10月~2008年10月までの13ヶ月間測定した。測定期間の送風量は5~6 m<sup>3</sup>N/h/個で標準送風量(5~14 m<sup>3</sup>N/h/m)の範囲内であった。また、送風圧力は横這いであり上昇する傾向は認められなかった(図6)。

チューブ型の送風圧力はN浄化センターにおいて2006年8月~2008年9月までの25ヶ月間測定した。

測定期間の送風量は10~12 m<sup>3</sup>N/h/m程度で標準送風量(8~14 m<sup>3</sup>N/h/m)の範囲内であった。また、送風圧力は横這いであり上昇する傾向は認められなかった(図7)。

### 3.4 攪拌能力

実処理場におけるディスク型、チューブ型の反応タンク底部流速(10 cm水深)と、そのときの曝気風量を表4, 5に示す。ともに汚泥が沈降しない目安とされる底部流速10 cm/secを大きく上回る流速であることを確認した。

### 3.5 CO<sub>2</sub>削減効果

処理水量10 000 m<sup>3</sup>/d, 散気水深5.0 m, 循環式硝化脱窒法をモデルケースとして、年間のCO<sub>2</sub>発生量を試算し、従来のセラミック散気板, 散気筒をもちいたケースと比較した。両型式のニューエアーとも、従来のセラミック散気板, 散気筒ケースと比較して約30%のCO<sub>2</sub>削減効果となった(図8, 9)。

## 4. ま と め

ニューエアーの散気性能評価, 実処理設備での運転結果, およびモデルケースでのCO<sub>2</sub>排出量の試算から以下の結果をえた。

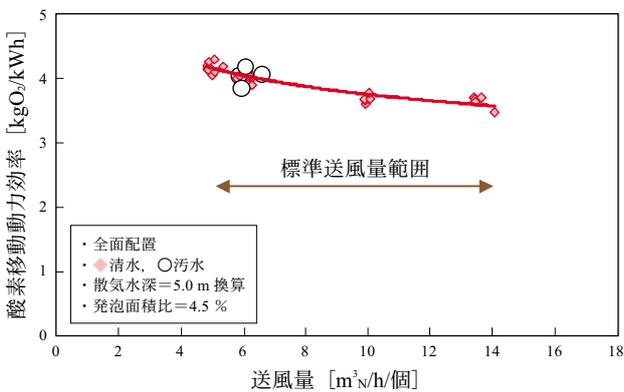


図4 ディスク型送風量と酸素移動動力効率の関係

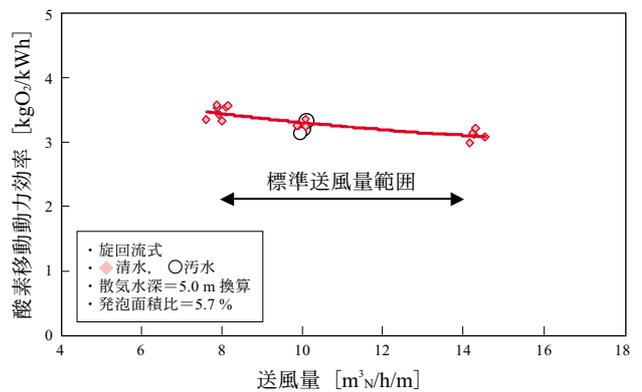


図5 チューブ型の送風量と酸素移動動力効率の関係

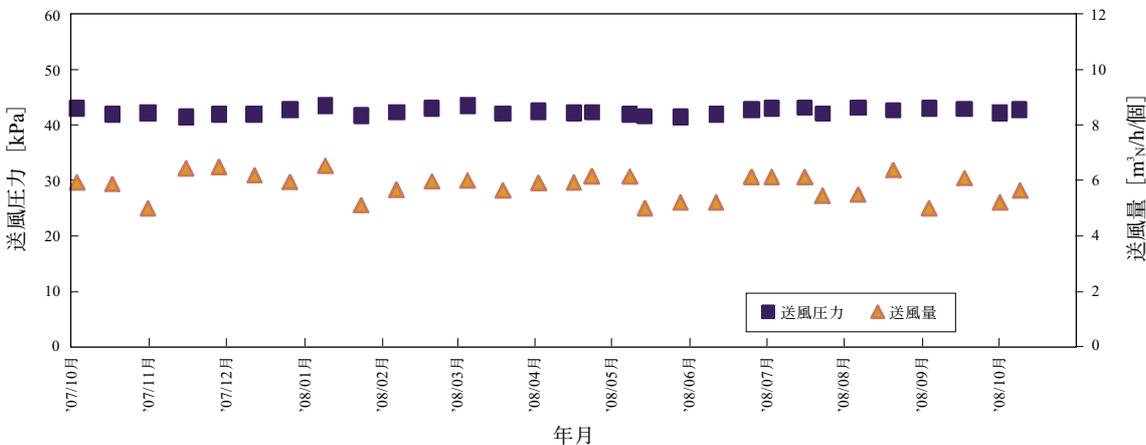


図6 ディスク型の送風圧力と送風量 (M浄化センター)

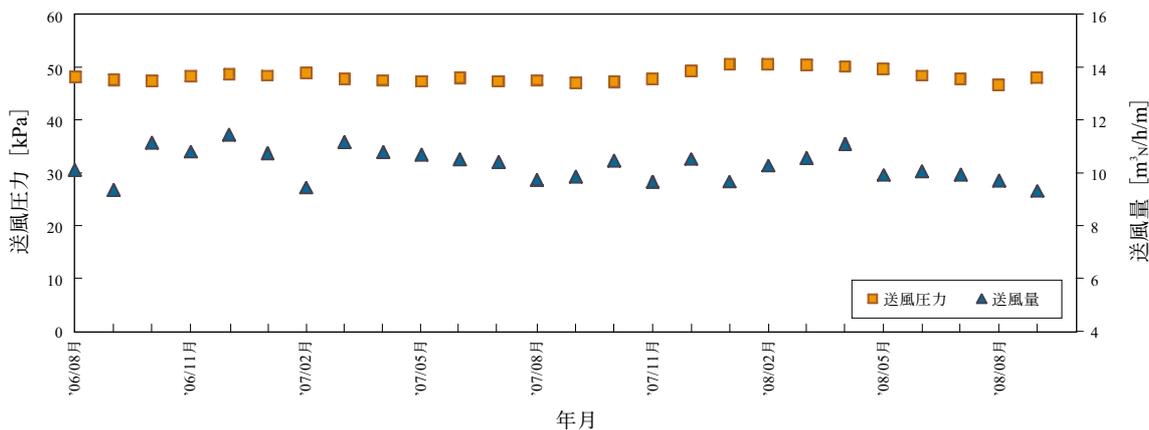


図7 チューブ型の送風圧力と送風量 (N 浄化センター)

表4 ディスク型ニューエアーの底部流速

測定	総合流速 (cm/sec)		送風量 (m³/h/個)
	範囲	平均	
測定1	29.6~45.1	35.9	5.8
測定2	20.7~27.4	24.7	5.5

表5 チューブ型ニューエアーの底部流速

測定	総合流速 (cm/sec)		送風量 (m³/h/m)
	範囲	平均	
測定1	52.3~68.7	60.9	10.2
測定2	49.9~63.8	57.4	9.8

- ① ディスク型、全面エアレーションの清水および汚水での酸素移動効率と圧力損失の測定結果から、標準送風量範囲の酸素移動動力効率が3.5~4.2 kg O<sub>2</sub>/kWhであった。
- ② チューブ型、旋回流式の清水および汚水での酸素移動効率と圧力損失の測定結果から、標準送風量範囲の酸素移動動力効率が3.1~3.5 kgO<sub>2</sub>/kWhであった。
- ③ 両型式のニューエアーとも実処理場の運転において汚泥沈降防止攪拌に必要な10 cm/sec以上の底部流速を確認した。
- ④ 両型式のニューエアーの実処理場における1年間以上の運転において、送風圧力に著しい上昇がないことを確認した。
- ⑤ 両型式のニューエアーの酸素移動効率と圧力損失の測定結果から、モデルケースでの年間CO<sub>2</sub>排出量を試算したところ、従来のセラミック散気板、散気筒にくらべ約30%のCO<sub>2</sub>削減効果があることを確認した。

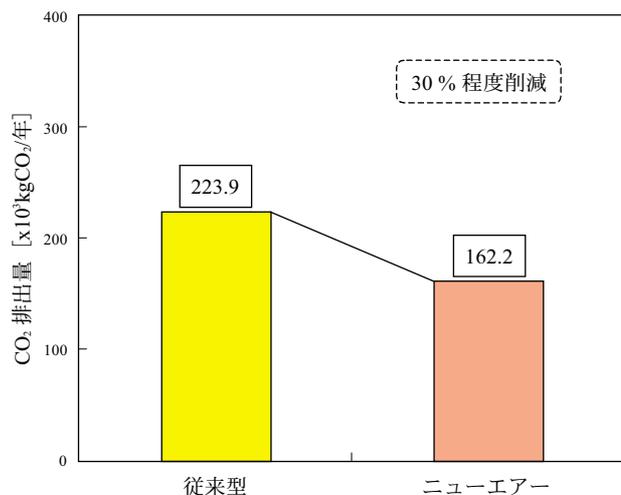


図8 ディスク型、全面エアレーションのモデル設計によるCO<sub>2</sub>発生量の比較

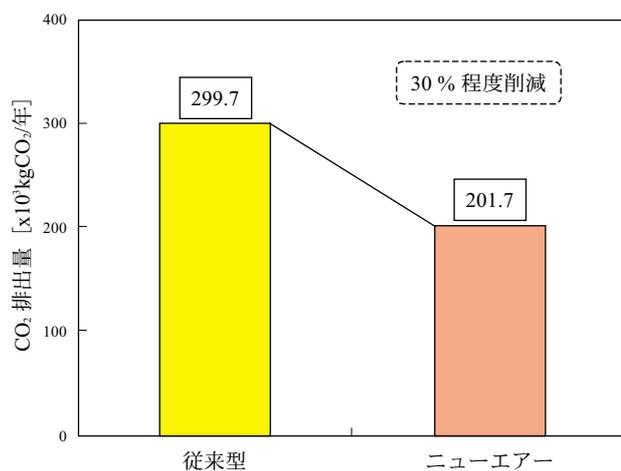


図9 チューブ型、旋回流式のモデル設計によるCO<sub>2</sub>発生量の比較

ることを確認した。  
 なお、2009年3月に、以上の項目に関して下水道新技術推進機構の建設技術審査証明(下水道技術)を取得した。

## む す び

ニューエアーは、国内5箇所の下水処理場で稼動中であり、本報での検討結果よりその省エネルギー性を明らかにすることができた。

下水処理施設は、施設の老朽化や処理水の高度処理化のため、更新、改築が進められている。ニューエアーは、圧力損失が低く、高い酸素移動効率を有していることから、必要風量が増加する高度処理においても、既設の送風機を交換することなく、散気装置の更新が可能である。今後も更新需要を中心に、さらに多くの下水処理場で利用されることを期待したい。

最後に、多大なご協力を頂きました関係各位、業務遂行にご支援頂きました神鋼テクノ(株)小畑聡氏に深く感謝の意を表します。

### [参考文献]

- 1) 伊藤ほか 第39回下水道研究発表会論文集(2002), p.698-700
- 2) 下水道施設設計・設計指針と解説 後編(2001), p.311
- 3) 久保田ほか, 旋回流式エアレーションタンク内散気性能指標の実測, 下水道協会誌, 17, p.31-42 (1980)
- 4) メンブレン式散気装置 技術マニュアル, (財)下水道新技術推進機構 (2004年), p.37

# PCB 脱塩素化プロセスにおけるエマルジョン状物質の生成とその低減

Study of Emulsified Material Formation and Decrease in PCB Dechlorination Process



小倉正裕\*  
Masahiro Ogura



村上吉明\*  
Yoshiaki Murakami



柳原 誠\*\*  
Makoto Yanagihara



和田雅之\*\*\*  
Masayuki Wada

金属 Na 分散体法による PCB 脱塩素化処理において、反応条件によっては無害化処理後の油相と水相の界面にエマルジョン状物質が生成した。本物質は PCB 無害化処理後の物質ではあるが、廃棄物量の増加につながるため、生成量を低減する必要があった。この物質を分析した結果、メタフェニレン型ビフェニル重合体を主成分とする物質と推定され、その生成メカニズムは、PCB の脱塩素化反応により生成したビフェニルラジカルの一部が重合して生成したメタフェニレン型ビフェニルが水和工程で水和されたものと推定された。

エマルジョン状物質の低減方法として、水素供与体の増加により重合体生成量を低減する方法および水和抽出工程での運転条件を変更する方法を検討した。その結果、水和抽出工程でのビフェニル重合体濃度を溶剤で希釈するなど運転条件の変更によりエマルジョン状物質の生成を抑えることができた。

Emulsified material was generated in the interface of oil and water phases obtained in the PCB dechlorination process with sodium dispersion under some conditions. An increase of waste was caused by the formation of the emulsified material. It was presumed that the principal ingredient was meta-phenylene type oligomer from the analytical results. The generation mechanism was presumed that some biphenyl radicals generated by PCB dechlorination had been hydrated in the hydration process. To decrease the emulsified material, the method for decreasing the amount of generated oligomer by increasing hydrogen donor, and that for changing the operational condition in the hydration process were examined. The formation of the emulsified material was decreased by changing the operational condition.

## Key Words :

PCB(ポリ塩化ビフェニル)  
金属ナトリウム分散体  
脱 塩 素 化  
エ マ ル シ ョ ン  
重 合 体

PCB (Polychlorinated Biphenyl)  
Sodium dispersion oil  
Dechlorination  
Emulsion  
Oligomer

## まえがき

PCB (Polychlorinated Biphenyl) は化学的に安定で金属腐食性がなく、耐熱性、電気絶縁性に優れることから、トランス、コンデンサなどの絶縁油、熱媒などに使用されてきたが、その毒性が明らかとな

り、適性処理が求められている。<sup>1)</sup> 日本国内では、大量保管者である各電力会社等による自社処理、そして国の主導による広域処理が進められている。

廃 PCB 処理技術として、当社は金属ナトリウム分散体法を開発した。

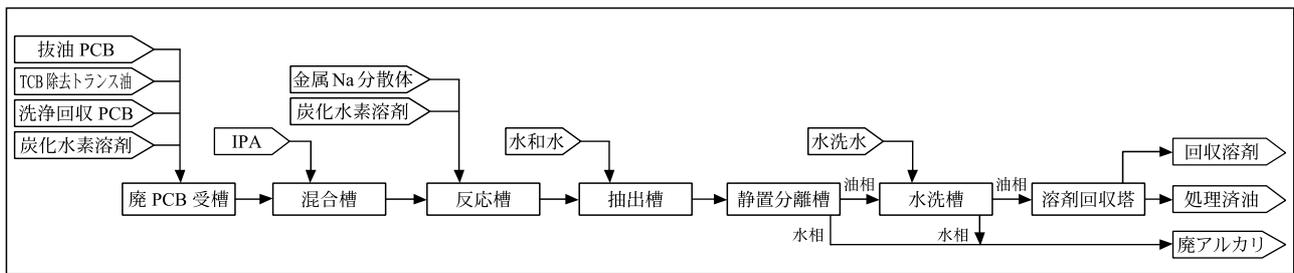


図1 液処理プロセス概略フロー

その過程で、反応条件によっては脱塩素化反応後の水和・抽出工程でエマルジョン状物質の発生が認められた。本報ではその低減方法について報告する。

### 1. 液処理プロセス概要

図1に金属Na分散体法による液処理プロセスの概略フローを示す。液処理プロセスは、PCB汚染油などを受け入れる廃PCB受槽、被処理液を調製する混合槽、脱塩素化反応をおこなう反応槽、余剰のナトリウムを水和抽出する抽出槽、静置分離槽、水洗槽、そして炭化水素溶剤を回収する溶剤回収塔から成る。

廃PCB受槽には、電気機器から抜油したPCB、TCBを除去したトランス油、汚染部材を洗浄した際に回収されたPCBなどを供給する。混合槽では、所定濃度のPCB汚染油に水素供与体（反応促進剤、イソプロピルアルコール、以下IPAとする。）を添加・混合し、被処理液の調製をおこなう。反応槽では、金属ナトリウム分散体と被処理液を所定温度で攪拌混合し、PCBを脱塩素化反応により無害化する。分析によりPCBの無害化が確認された反応液を抽出槽に送り、水和水を添加し反応時に余剰となったナトリウムを水和する。水和抽出液は静置分離槽において油水分離をおこない、油相は水洗槽に送り再度水洗してIPAなどを除去した後、溶剤回収塔において炭化水素溶剤を回収し、処理済油として排出する。油水分離後の水相はPCB分析確認後、廃アルカリとして排出する。

ここで使用する金属ナトリウム分散体は消防法に基づく試験で絶縁油や重油と同じ危険物第4類第3石油類に分類され、常温で液体として取扱いが可能な物質である。

本プロセスは、90～120℃の比較的低温、常圧下、短時間で無害化処理するプロセスであり、以下の特長があり、安全性に優れている。<sup>2)</sup>

- 1) ダイオキシン類等の有害な副生成物がない。
- 2) 排ガス生成量が少なく、排ガスの処理が容易である。

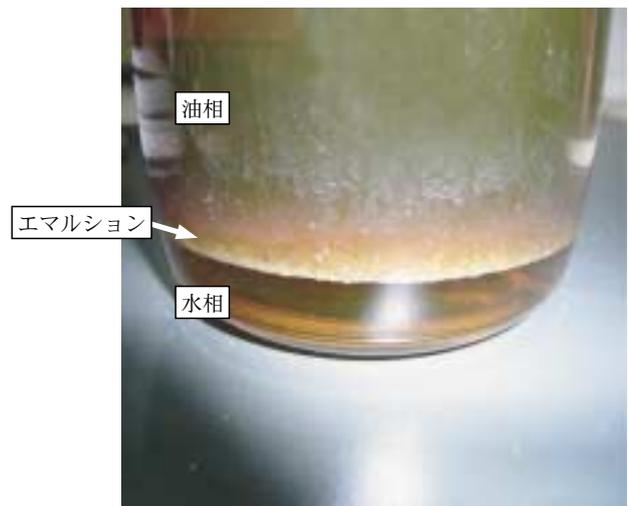


写真1 エマルジョンの外観

3) 高温処理にくらべ絶縁油の劣化が少ない。

### 2. エマルジョン状物質の生成状況

PCBを脱塩素化反応により無害化し、分析によりPCBの無害化が確認された後の後処理工程における静置分離槽および水洗槽において、静置分離した際に油と水の界面に乳濁し分離しないエマルジョン状物質が発生した（写真1）。この物質は、数日間静置しても分離しなかった。エマルジョン状物質を採取し、遠心分離を試みたが分離せず、親油性と親水性の両方の性質を持つ乳化剤のような性質を持つ物質であることが確認された。

このエマルジョン状物質が、処理済油に混入した場合、廃アルカリ量が増加し、処分費用が増加するため、これを低減する必要があった。

### 3. エマルジョン状物質の生成機構

エマルジョン状物質の構成成分を分析し、構造解析をおこなった。試料は静置分離槽の油水中間層より採取した。分析前処理として、ヘキサン洗浄により油を除去し、エチルエーテルなどにより、エマルジョン構成物質を抽出し、乾燥したものをFT-IR（フーリエ変換赤外分光光度計）およびGPC（ゲルパーミエーションクロマトグラフ）分析に供した。

FT-IR 分析条件を表 1 に、同スペクトルを図 2 に示す。2 800~3 000  $\text{cm}^{-1}$  に飽和炭化水素の吸収帯、650~900  $\text{cm}^{-1}$  および 1 600  $\text{cm}^{-1}$  に一置換または二置換の芳香族化合物の吸収帯、さらに 3 300~3 400  $\text{cm}^{-1}$  に水酸基の吸収帯がそれぞれ確認され、ビフェニルの一部が水酸基で置換された化合物であることが推定された。

GPC 分析条件を表 2 に、同クロマトグラムを図 3 に示す。エマルション物質の分子量は、ポリスチレン換算で数平均分子量 (Mn) 約 2 100 のオリゴマーであった。

上記分析結果より、このエマルション状物質は、PCB の脱塩素化で生成したビフェニルラジカルの一部が重合し、水和・抽出工程で水酸基をもつ化合物に変性された物質と推定される。

ビフェニル重合体は炭化水素を基本構造とするため親油性であるが、水酸基が付くことにより一部親

水性を併せ持つこととなり、乳化剤のような性質を示し、エマルション生成の原因となっていると考えられた。

金属ナトリウムによる PCB 脱塩素化反応では、水素供与体を積極的に添加しない場合では、PCB の塩素がナトリウムで置換されたビフェニルナトリウムとなる Wurtz 型の反応により重合体が生成するとの報告がある。<sup>3)</sup> 一方、水素供与体を積極的に添加する場合は、主反応はナトリウムにより PCB から塩素が引抜かれて生成したビフェニルラジカルに水素供与体からの水素ラジカルが結合し、ビフェニルとして安定化する反応である。重合体は、水素ラジカルが結合しなかったビフェニルラジカルとの重合反応により生成すると考えられる (図 4)。<sup>4)</sup> したがって、水素供与体の添加量を増加することにより、ビフェニル重合体の生成量は減少し、エマルション生成も更なる抑制が可能と考えられた。

#### 4. エマルション状物質生成量の抑制方法の検討

エマルション状物質の生成原因が水酸基が結合したビフェニル重合体によるものであることを踏まえ、エマルション生成量の低減対策を検討した。主な低減対策案を表 3 に示す。

表 1 FT-IR 分析条件

FT-IR 装置	PERKIN ELMER 社製 Auto IMAGE
測定方法	顕微 ATR 法
分解能	4 $\text{cm}^{-1}$
スキャン回数	16回

表 2 GPC 分析条件

装置	Waters 社製 HPLC
検出器	Waters2410(R1)
カラム	Polymer Laboratories 社製 PLgel3 $\mu\text{m}$ 50 $\times$ 7.5 mm + PLgel3 $\mu\text{m}$ MIXED-E300 $\times$ 7.5 mm $\times$ 2 本
移動相	約 0.03 % BHT 含有 THF
流速	1.0 mL/min (30 $^{\circ}\text{C}$ )
注入量	20 $\mu\text{L}$

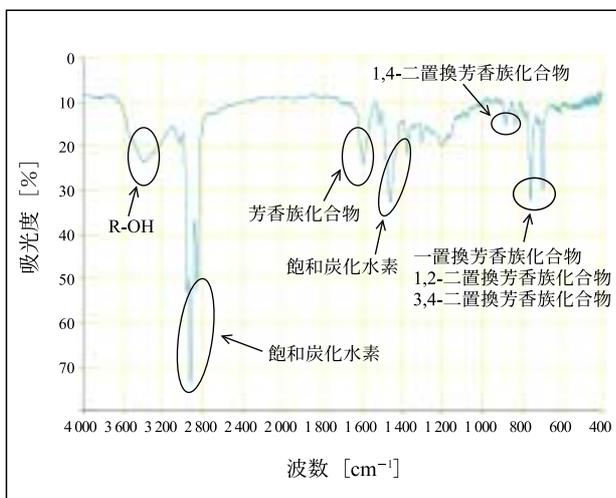


図 2 赤外吸収スペクトル

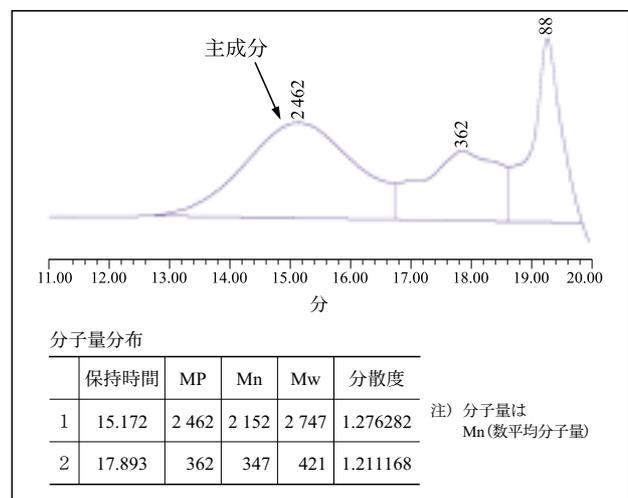


図 3 GPC クロマトグラム

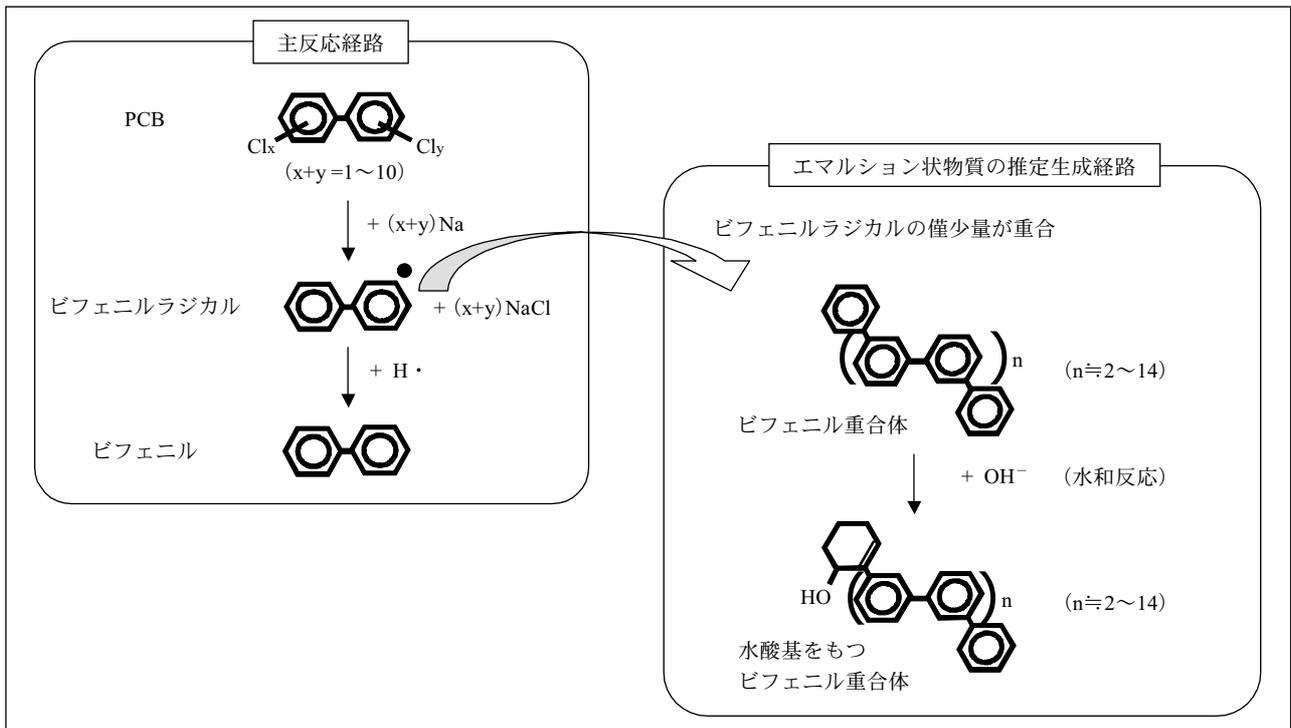


図4 エマルジョン状物質の推定生成経路

表3 エマルジョン状物質の低減対策案

案	A 案		B 案		C 案	
概要	反応工程でビフェニル重合体の生成量を低減		水和抽出工程でビフェニル重合体濃度を溶剤で希釈		水和抽出工程で、水に反応液を制御しながら供給	
反応工程	IPA, 金属 Na 分散体増加		変更なし		変更なし	
抽出工程	抽出水増加		運転条件変更		運転条件変更	
静置分離工程	変更なし		変更なし		変更なし	
水洗工程	変更なし		運転条件変更		変更なし	
エマルジョン量	減少	○	減少	○	減少	○
廃アルカリ量	増加	×	変更なし	○	変更なし	○
IPA 量	増加	×	変更なし	○	変更なし	○
金属 Na 分散体量	増加	×	変更なし	○	変更なし	○
用水量	増加	×	変更なし	○	変更なし	○
装置改造	不要	○	不要	○	一部改造	×
手順変更	不要	○	不要	○	制御システム変更	×
評価順位	3 反応条件変更が必要		1 運転条件変更は比較的容易		2 装置改造が必要	

A 案は、乳化剤の性質を有するビフェニル重合体の生成量を低減することにより、エマルジョンの生成を低減させる方法である。PCB の脱塩素化反応時に添加する水素供与体量を増加することにより、塩素が引抜かれたビフェニルラジカルの重合反応を抑制し、エマルジョン状物質の生成量を低減する方法である。本法は、確実にエマルジョン状物質の生

成量を減少させることが可能であり、廃棄物量もほとんど増加しないというメリットがある。しかし、PCB 脱塩素化反応の条件変更が必要であるため慎重におこなう必要があり、とくに薬剤消費量が増加するため総処理費用が増加するというデメリットがある。

B 案は、水和抽出時にビフェニル重合体を希釈す

ることにより、エマルション生成を抑制する方法である。この方法ではPCB脱塩素化反応条件の変更は必要なく、反応薬剂量も変更する必要がない。水和抽出時の運転条件を変更する必要があるが、これは比較的实施しやすい。

C案は、水和抽出工程で、槽内にあらかじめ水和水を仕込んでおき、反応液を制御しながら供給することにより、未反応の金属ナトリウムの液中濃度を低く保って水和反応をおこなう。ピフェニル重合体に水酸基が付いた物質の液中濃度は徐々に増加するため、水和当初から反応液全量を攪拌混合する場合にくらべ、エマルションの生成を抑制することができる。この方法では、脱塩素化反応条件の変更は必要ない。しかし、装置の一部改造および制御システムの変更が必要である。

その他様々な要因を考慮し、B案を基本とした対策をおこなった。その結果、水和・抽出時に炭化水素溶剤を添加しピフェニル重合体を希釈するとともに、攪拌回転数を下げ液滴微細化を緩和し、水和・抽出温度を下げ界面張力の低下を抑制することにより、新たな重合体の発生がないことを確認した。廃アルカリ総量も増加しないことがわかった。

## む す び

金属Na分散体法によるPCB処理において、無害化処理後の油相と水相の界面に発生したエマルション状物質の生成原因を調査し低減方法を検討した。エマルション状物質を構成する成分を分析した結果、PCBの脱塩素化反応により生成したピフェニルラジカルの一部が重合して生成したメタフェニレン型ピフェニル重合体に水和抽出工程で水酸基が付加されることにより、乳化剤の性質を示す物質が生成し、エマルションを形成したものと考えられた。この低減対策として、水和抽出工程において炭化水素溶媒を増加しピフェニル重合体濃度を低下させることにより、エマルション状物質の生成を抑えることができた。

### [参考文献]

- 1) 環境省, POPs条約に基づく国内実施計画  
<http://www.env.go.jp/chemi/pops/plan/all.pdf>
- 2) 小倉正裕, 井出昇明, 川井隆夫: 神鋼パンテック技報, Vol.45, No.1, p.2-5 (2001)
- 3) 有泉彰, 大塚哲郎, 神山昌士, 細見正明: 環境化学, Vol.7, No.4, p.793-799, (1997)
- 4) 小倉正裕, 井出昇明, 川井隆夫: 第10回環境化学討論会講演要旨集, p.40-41 (2001)

# ガス化溶融炉の簡易モデル予測制御

## Simplified Model Predictive Control System for Gasification and Melting Furnaces



皆川公司\*  
Koji Minakawa



細田博之\*  
Hiroyuki Hosoda



下梨 孝\*\*  
Takashi Shimonashi



友近信行\*\*\*  
Nobuyuki Tomochika

ガス化溶融プロセスに存在するむだ時間や操作量の干渉の問題を解決するために、多変数モデル予測制御を核とした制御系の開発を推進してきた。この多変数モデル予測制御により制御性は格段に改善され、プラントの運転の安定性が向上することを確認しているが、<sup>1, 2)</sup> 多変数モデル予測制御系の設計・調整には専門知識や経験を要するという解決すべき課題があった。

これらの課題を解決すべく、制御系を1入力1出力の簡易型とし、モデリングツールを活用して予測モデルの作成を容易にしたり、モデルの作成時に先験的知識を事前に反映するなどの改善をおこなった。その結果、制御に関する高度な専門知識がなくても迅速にモデル予測制御手法を実機に適用することが可能となり、低コストで高品質な制御が提供できるようになった。

A new simplified model predictive control system, using single-input and single-output model, is developed in order to cut down leading time in implementing into control systems of gasification and melting furnaces. Supporting tools for system identification are also developed, so that the characteristics of the furnace can be modeled by an identification technique using prior knowledge of system behavior. The new system is applied to an actual furnace of 103ton/day capacity, and with carefully choosing parameters, the system proved to have similar stability and effectiveness as the conventional multi-input/output model predictive control system. The leading time of implementation was reduced to one month including evaluation period, which is significantly shorter than that of the conventional system.

### Key Words :

廃棄物処理  
都市ごみ  
ガス化溶融  
モデル予測制御

Waste treatment  
Municipal solid waste (MSW)  
Gasification and melting  
Model predictive control system

### 【セールスポイント】

制御技術に関する高度な専門知識がなくても迅速にモデル予測制御手法を実機に適用することが可能となり、低コストで高品質な制御が提供できる。

## まえがき

ガス化溶融炉は、その開発から10年以上が経過し、全国各地で商業施設が稼働するスタンダードな都市ごみ処理方式の一つに成長した。当社のガス化溶融炉についても、全国で9施設が商業施設として稼働中であり、2施設が建設中という状況にある。

ガス化溶融炉は、図1に示すとおりごみのガス化、燃焼、溶融処理を一貫しておこなうプロセスであり、特に溶融炉の温度をいかに安定に保つかということが重要になってくる。そのため、ごみの供給量（供給熱量）をどう安定させるかが課題となり、各社さまざまな制御を導入し運転の安定化に努めている。

当社においては、給じん外乱（ごみの量や質の変動など）の影響を抑制でき、むだ時間と操作量の干渉に有効な多変数モデル予測制御を適用して、施設の安定運転に有効であることを確認してきた。<sup>1, 2)</sup> ただし、多変数モデル予測制御系は、その導入に高度な専門知識や経験が必要となり、モデリングや調整に試行錯誤を要するという改善すべき課題があった。

これらの課題を解決するために、制御系を1入力1出力の簡易型とし、モデリングツールを活用して

予測モデルの作成を容易にしたり、モデルの作成時に先験的知識を事前に反映するなどの改善をおこなった。その結果、制御に関する高度な専門知識がなくても迅速にモデル予測制御手法を実機に適用することが可能になり、低コストで高品質な制御が提供できるようになった。

本制御を新設および既設のプラントに導入することで、運転の安定化による空気比の削減や中央制御室での運転監視の負荷軽減などの改善効果が期待できる。また、今回はガス化溶融炉の蒸気—給じん系を対象に制御を適用したが、それ以外の制御系にも対象を広げていきたい。

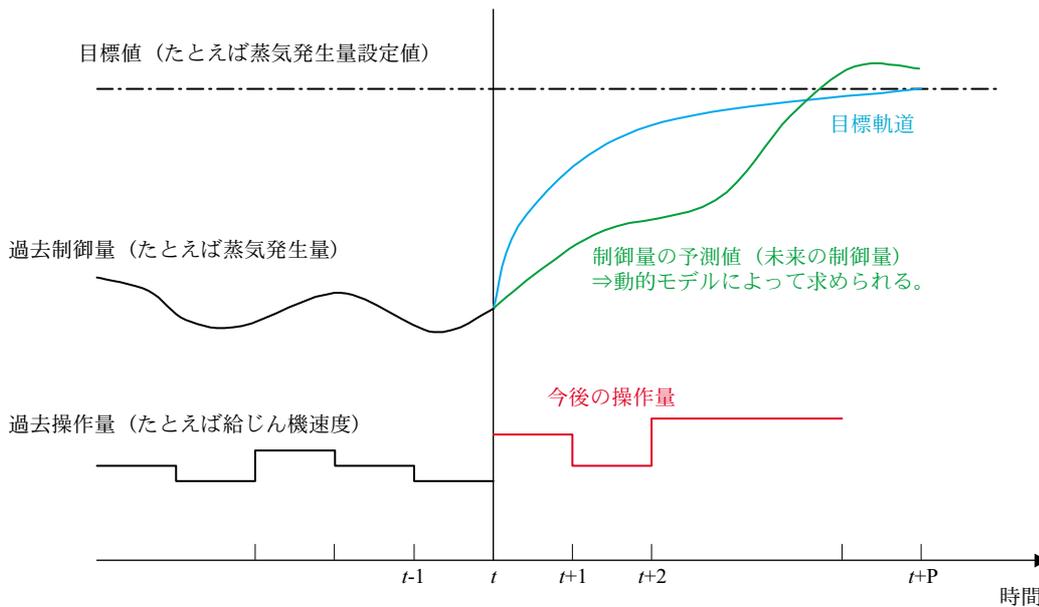
## 1. モデル予測制御

### 1.1 モデル予測制御の概要

産業界で古くから使用されている制御手法のひとつにPID制御がある。PID制御は、比例（P）動作、積分（I）動作、微分（D）動作を利用することで、制御量と目標値の偏差をもとに操作量をフィードバック制御している。しかし、操作量の変化が制御量にすぐに反映されない系（むだ時間が存在する系）においては、そもそも制御量と目標値に偏差が発生するまで時間がかかることから、PID制御などのフィー



図1 流動床式ガス化溶融炉



この評価関数  $J$  を最小化するように操作量を求める。

$$J = \sum \{ \alpha (\text{予測値} - \text{目標軌道})^2 + \beta (\Delta \text{操作量})^2 \} \quad (\alpha, \beta \text{ は重み係数})$$

予測値と目標軌道の差異
操作量の大幅な変更を防止するために追加される項

図2 モデル予測制御の概念図

ドバック制御手法では十分な制御性能をえることは困難である。

一方、モデル予測制御は、図2に示すように、プロセスの動的モデルに基づいて未来の制御量の変化を予測し、求めた制御量の予測値と制御量の目標値ができるだけ近づくよう操作量を決定する手法である。

これは、車に乗っていてカーブに差し掛かった時に例えると、「これくらいのスピードの場合、これくらいハンドルを切ればこのように車の進行方向は変化する：プロセスの動的モデル」に基づいて、「このままハンドルを変化させなければどういった進行方向になるか：制御量の予測値」と「カーブを曲がるためにはどういった進行方向にすればよいか：制御量の目標軌道」との偏差から、「現時点でどの程度ハンドルを切ればよいか決定する：操作量の決定」という手続きをおこなうことに相当する。このように、モデル予測制御の基本的な概念は理解しやすい。<sup>3)</sup>

以下モデル予測制御をガス化溶融炉の制御に導入する過程について説明する。

## 1.2 モデル予測制御の構築の手順

モデル予測制御を構築するには一般的に次の作業が必要になる。

- (1) 操作量，制御量の決定  
何(制御量)を何(操作量)によって制御するか決定する。
- (2) 制御対象の同定実験  
操作上許される範囲内で同定入力をステップ状あるいはランダムに変化させ、制御対象の動特性に関する基礎データを収集する。
- (3) 予測モデルの作成  
同定実験によってえられたデータをもちいて制御対象の伝達関数を求める。
- (4) 予測モデルの実装  
同定した予測モデルのパラメータをモデル予測制御システムに実装する。
- (5) 制御パラメータの調整  
制御ゲインを決定する制御パラメータ(図2の式の $\alpha, \beta$ )や参照軌道などを調整する。必要に応じて予測モデルを見直す。

### 1.3 モデル予測制御の実機適用における課題

多変数モデル予測制御系は安定運転に有効であることはすでに確認しているが、モデリングおよび調整に専門知識と経験を要していた。一般的に多入力多出力系の高精度な予測モデルを同定するには専門知識が必要であり、試行錯誤と時間を必要とする。また、変数が多くなると調整すべきパラメータが多くなるため、精細な調整にも知識と経験を必要とする。とくに、制御性能を確認しながら短時間で調整するには熟練が不可欠である。

とくに、今回のガス化溶融炉においては給じん外乱が比較的大きく、プラントの季節特性も踏まえた制御系の構築に数カ月の期間を要するため、プラントの試運転期間内に十分な調整を完了することができない可能性があった。

これらの課題を解決するために、次の対策を講じることで、高精度で信頼性のあるモデルを短期間で構築する技術を確立することができた。

- ① 1入力1出力の簡易型のモデル予測制御とした。
- ② モデリングツール<sup>注)</sup>を作成することで、制御技術に関する専門知識がなくても取得した入出力データから半自動的にモデリングが可能となった。
- ③ 外乱の大きなデータ、時間の短いデータからでも、高精度で信頼性の高いモデルを作成できるよ

うに、制御対象に対する先験的知識に合致するモデルがえられるようにした(図3)。

注) モデリングツール

モデルを自動的に作成できるソフトで、制御対象に関する先験的知識をモデル作成時に反映させることができるもの。

## 2. 簡易モデル予測制御

次に、今回開発した簡易モデル予測制御について説明する。実機(103 t/d 炉)に適用し、その効果について確認した。

### 2.1 1入力1出力系のモデル予測制御

モデル予測制御を導入する上で、「どの制御量をどの操作量で制御するか」を適切に選択することが重要である。これまでは、蒸気発生量、ボイラドラム圧力、ガス化炉砂層温度を制御量とし、給じん機速度、主蒸気弁開度、押込空気量の操作量で制御する3入力3出力の多変数モデル予測制御を基本としていた。これを給じん機速度とその結果がもっとも顕著に表れるボイラの蒸気発生量の1入力1出力系の簡易モデル予測制御とし、それ以外はルールベース制御やPID制御にて対応することで簡略化を図った。図4にシステム構成を示す。

### 2.2 予測モデルの作成

モデルを作成するため、同定実験により制御対象

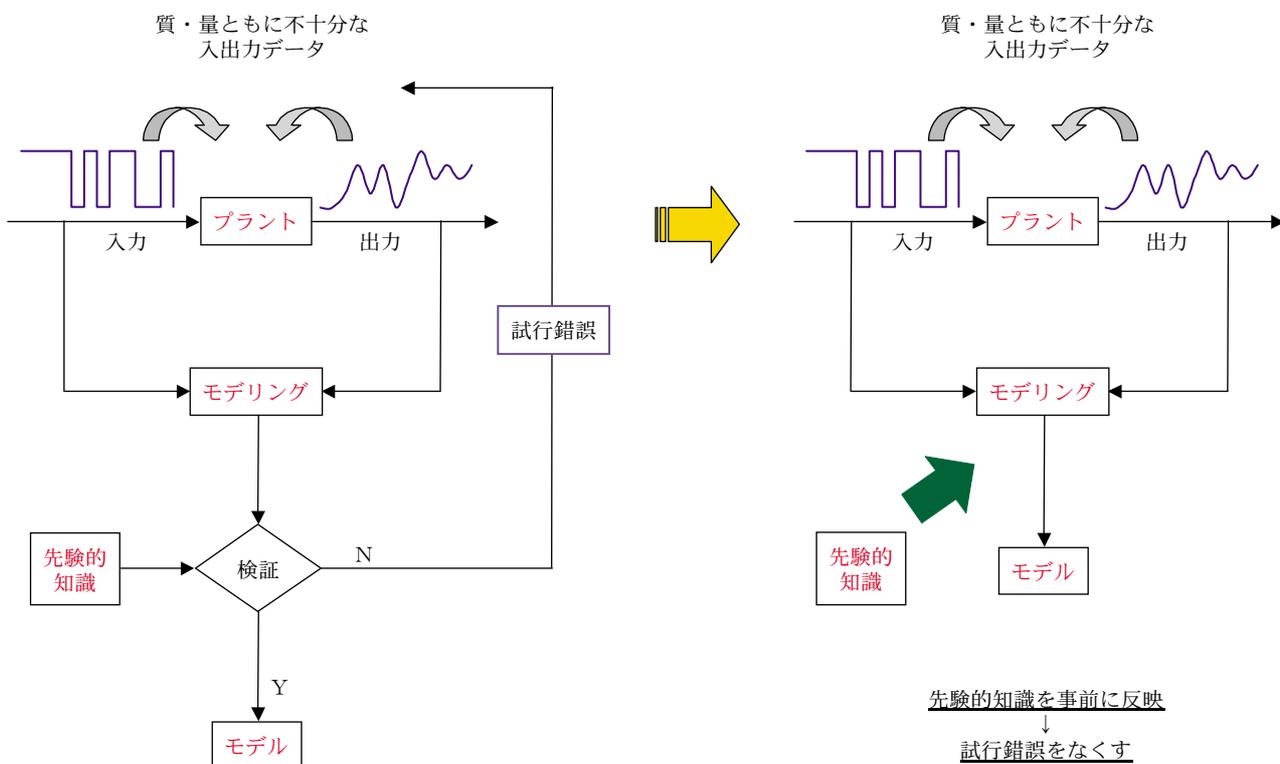
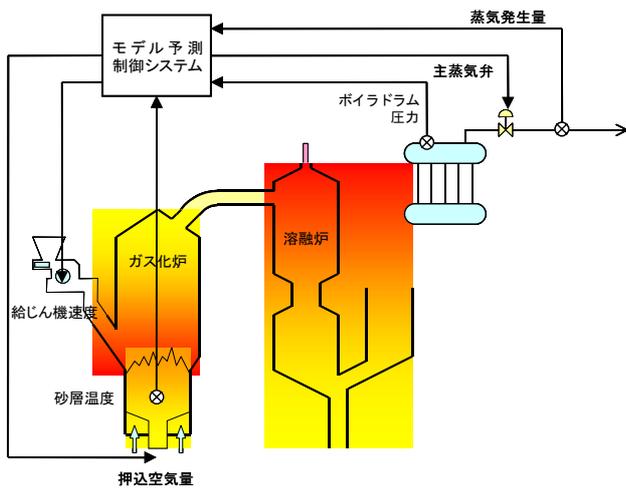
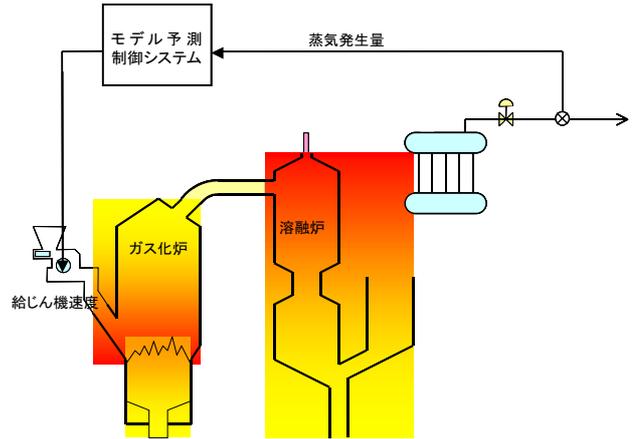


図3 先験的知識の反映



従来:多変数モデル予測制御(3入力3出力)



今回:簡易モデル予測制御(1入力1出力)

図4 制御システム構成

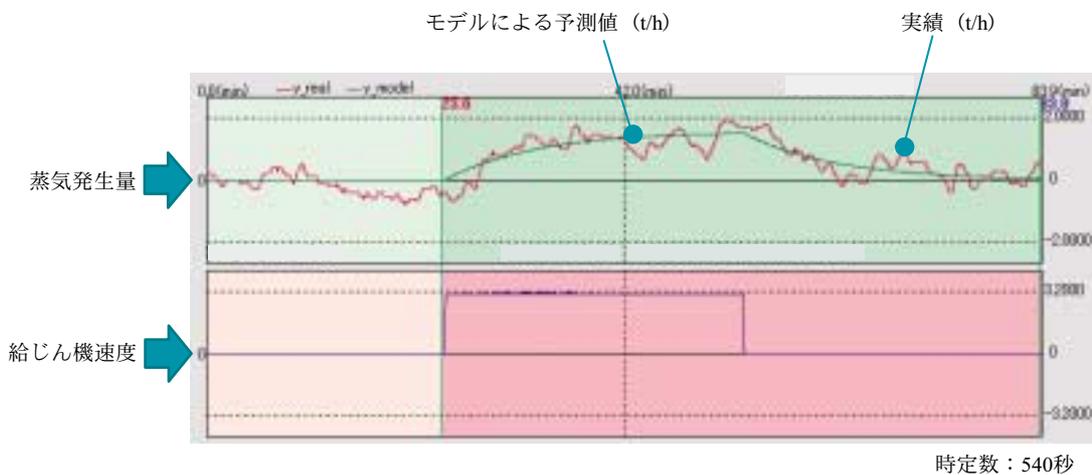


図5 同定実験結果の一例

の入出力データを取得した。その結果を図5に示す。給じん機速度（操作量）をステップ状やランダムに操作した場合の蒸気発生量（制御量）の変化データを取得し、これよりモデルを作成した。モデルの作成はモデリングツールをもちいて実施した。図5には同定実験の結果とあわせて、作成した予測モデルによる予測値を示した。給じん機速度をステップ状に変化させることで蒸気発生量に変化しているが、作成したモデルでその応答を的確に再現することができる。

### 2.3 実機適用例

103 t/d 炉の実機プラントにおいて簡易モデル予測制御を適用する試験運転を実施した。

#### 2.3.1 制御系の構築に要する期間

簡易モデル予測制御導入の目的の一つに調整期間の短縮がある。従来の多変数モデル予測制御は、制

御の専門知識を有した専門員が試行錯誤を繰り返し精細に調整してきたが、今回は専門員の指導を受けながら制御に関する高度な専門知識のない担当者がモデルの作成から運転の調整までを実施した。

導入に要した期間は図6に示すとおりで、実質1カ月に満たない期間で調整ができています。従来は専門員が制御の設計・調整に数カ月かけて実施していたことと比較すると、かなりの改善効果が見られる。これまでの課題であった専門性および調整期間の問題が解消されたことから、実機への適用が容易になった。今後必要になると想定されるプラントの季節特性などを踏まえた調整に対しても、調整が容易になったことで短期間で調整できると考える。

#### 2.3.2 制御性の改善

簡易モデル予測制御を実機に適用して運転した結果を図7に示す。PID制御は給じん機速度が大きく

08年度							
	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
同定実験 データ取得	→ 3日						
モデリング		→ 2日	→ 2日				
制御パラメータ の調整		→ 4日	→ 5日				
運用開始					→		

図6 制御調整に要した期間

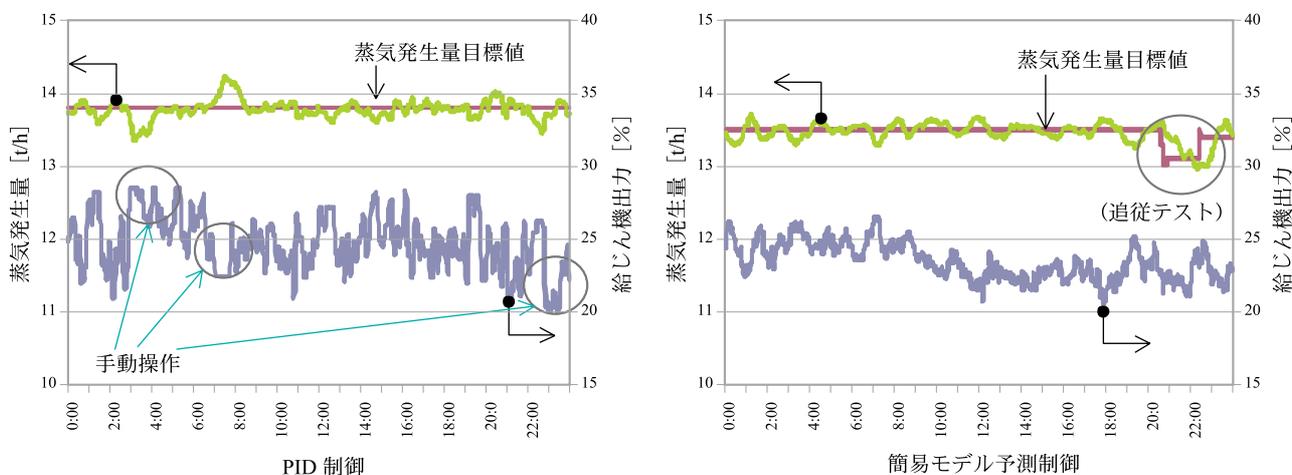


図7 制御性の改善

変化しているが、モデル予測制御ではそれが改善されている。その結果、時々必要であった給じん量の過不足により運転員が給じん機を直接操作する手動介入操作がなくなった。試験期間中に実施した蒸気発生量の目標値変更運転にもよく追従しており、本制御系による変動抑制効果が確認できた。

### むすび

従来の多変数モデル予測制御系にかわり1入力1出力を前提とした簡易モデル予測制御系を開発した。簡易モデル予測制御用のモデリングツールを活用するとともに、制御対象に対する先験的知識をモデリングに反映させる機能を設けたことで、制御に関する高度な専門知識がなくてもモデルの作成が可能になるとともに、モデリングやパラメータ調整に要していた時間を大幅に短縮することができた。ステッ

プ応答などの基礎試験が必要であることを除けば従来のPID制御と同じ感覚でパラメータ調整をすることが可能である。

モデル予測制御は、むだ時間のある制御系や操作入りに上下限のある制御対象に効果を発揮する。今後、今回対象としたガス化溶融炉の蒸気—給じん系以外の制御系への適用を検討していきたい。

### [参考文献]

- 1) 細田ら：神鋼環境ソリューション技報「モデル予測制御に基づくガス化溶融炉制御システム」, Vol.2(1), p.47-53, (2005)
- 2) 友近ら：システム制御情報学会論文誌「ガス化溶融炉におけるモデル予測制御システムの開発」, Vol.17(8), p.26-36, (2004)
- 3) 大嶋ら：システム／制御／情報「モデル予測制御Ⅰ」, Vol.46(5), p.286-293, (2002)

\*商品市場・技術開発センター プロセス技術開発部 廃棄物処理室 \*\*環境プラント事業部 第一技術部 計電装技術室 \*\*\* (株)神戸製鋼所 生産システム研究所 制御技術研究室

# 播磨テストセンターのリフレッシュ

Harima Test Center Refurbishing

## 設備の安全性と作業環境の改善



戸嶋大輔\*  
Daisuke Tojima

テストセンターは、ユーザが製造するプロセスにおいて当社製品が有効か否かを判断するために重要な設備である。そのため、さまざまなテスト装置を備えている。本設備は、ユーザから支給される実製品を取扱うため、安全に立会テストができる設備であることがとくに重要である。テストセンターでは、設備の安全性と作業環境を見直し、より安全にかつ効率良くテストをおこなえるように設備のリフレッシュ工事を実施した。

本稿ではリフレッシュしたテストセンターとテスト装置について紹介する。

A test center is an important facility because it enables end users to judge whether our test equipment is useful for their production. For the purpose various equipment are made readily available in our test center. More importantly it has to be a safe facility. Actual raw materials supplied by our end user are processed as a witness test. We have just refurbished our test center so that safer and more effective tests could be carried out by reviewing its safety and working environment. This report introduces the refurbished test center and test equipment.

### Key Words :

テストセンター	Test center
安 全 性	Safety
効 率 化	Promotion of efficiency
テ ス ト 装 置	Test equipment

### 【セールスポイント】

安全性作業性が向上したテストセンターとテスト装置の紹介

### ま え が き

化成品や医薬品、ファインケミカルなどの実プラントの機器を選定する際、機器の性能確認やスケールアップのための基礎データを採取することが必要になる。そのために、播磨製作所内のテストセンターには、攪拌機、ろ過機、乾燥機、分離精製機器等のテスト装置を設置しており、ユーザの実製品や模擬製品をもちい、試験を実施することができる。

テストセンターは本来当社の製品がユーザのニーズに応える性能を有しているかを確認することを目的としており、保有する各装置の能力を適正に評価して頂ける環境を有していることが重要である。しかしながら、テストセンターは建設後すでに15年以上が経過し、また、阪神淡路大震災の影響もあり、老朽化したテスト装置では各機器の性能が優れていることが確認されても総合的にユーザの満足をいた

だけの結果をえられないとの懸念があった。また、最近の安全基準に照らした場合、改善できるポイントが多く存在していた。そのため、テストセンターの作業効率化と安全性向上を目的とし、3カ年計画でリフレッシュ工事を実施した。

以下にはリフレッシュ工事の内容と各テスト装置について紹介する。

## 1. リフレッシュ工事

作業性、安全性向上、作業環境改善の観点より設備やテスト装置について見直しをおこない、ユーザやテスト作業者が安心してテストを実施できるようにリフレッシュ工事を実施した。リフレッシュ実施事項の一例を表1に示す。

### 1.1 レイアウトの見直し

テストセンターには、乾燥機や蒸発機など多くのテスト装置とそれとともなう温水装置や真空ポンプなどのユーティリティが設置されている。

機器のレイアウトの見直しをおこない、直線的で見通しの良い安全通路を確保し、テストセンターに出入りする立会ユーザや作業者の安全を確保できる

スペースの改善をおこなった。また、テストの準備や洗浄をおこなう広い作業スペースを確保し、安全に効率良く作業できる配置に変更した。さらにミーティングルームに窓を増設し、テスト中の様子をミーティングルームから監視できるように機器の配置を変更した。

### 1.2 ミーティングルームの改築

ミーティングルームではテスト前の事前打ち合わせのほかユーザ製品の製品安全データシート(MSDS)の確認や危険予知活動の確認をおこなっている。写真1にミーティングルーム外観を示す。ミーティングルームの建物は、震災の被害もあり老朽化が進んでいたため改築し、テスト打ち合わせをおこなう部屋と溶剤などを使用して分析する実験室を隔離した。また、打合室のほかにお客様用ロッカールームを新設し、ミーティングルームの環境改善をおこなった。テストは長時間にわたり実施することが多く、ミーティングルーム内で安心して食事いただけるように配膳室と各部屋に手洗い用洗面台を新設し、衛生面の改善をおこなった。

表1 リフレッシュ工事 実施事項

		改善・改良実施事項
第一ステージ	安全性	<ul style="list-style-type: none"> <li>レイアウトの見直しによる、安全な広い作業スペースを確保</li> <li>機器の配置の見直しと直線的な見通しの良い安全通路を確保</li> <li>実験室内の溶剤取扱場所に局所排気装置を増設</li> <li>老朽化設備の廃却と打合室の改築</li> </ul>
	作業性	<ul style="list-style-type: none"> <li>歩廊の撤去と配管ルートの変更より、天井クレーンと台車の作業性改善</li> <li>打合室からテスト状況を確認できるように打合室に窓を増設</li> </ul>
	衛生	<ul style="list-style-type: none"> <li>お客様用ロッカールームの新設</li> <li>各打合室の全室を禁煙室とし、各室に手洗い用洗面台を新設</li> <li>テストセンター内にトイレを新設</li> </ul>
第二ステージ	安全性	<ul style="list-style-type: none"> <li>ワイブレンパイロット設備近傍に窓を設置し、装置周辺の明かりと換気を改善</li> <li>ワイブレンパイロット設備の溶剤取扱場所に局所排気装置を増設</li> <li>全パイロット装置の梯子を撤去し、ステージ昇降用の階段を新設</li> <li>狭いステージの拡張と手すりの増設</li> </ul>
	作業性	<ul style="list-style-type: none"> <li>一斗缶、ペール缶、ドラム缶の取扱は専用リフターを使用し、作業性と安全性を改善</li> <li>ワイブレン、EXEVAパイロット設備の制御盤をタッチパネル式へ変更し、操作性を改善</li> <li>ワイブレン、EXEVAパイロット設備の運転データをパソコンへ直接表示し、テスト結果を迅速に分析することを可能にした</li> </ul>
第三ステージ	安全性	<ul style="list-style-type: none"> <li>ユーティリティ配管を屋外へ設置し、作業スペースを広げた</li> <li>照度と演出性を高めた照明設備に交換し、テストセンター全体の視野性を高めテストサンプルの色による評価の改善を実施</li> <li>天井クレーンのインバータ化による操作性と安全性の改善</li> </ul>
	作業性	<ul style="list-style-type: none"> <li>ユーティリティ配管の見直しを実施。複数機器の同時テストを可能にした</li> <li>配管ルート、保温、保冷の見直しによる断熱性の改善</li> <li>各パイロット設備のユーティリティの切り替え操作等を簡単におこなうため、各機側にバルブステーションを設置した</li> </ul>

### 1.3 リスクアセスメント

リスクアセスメントは、作業場の危険性や有害性を特定し、リスクを見積った上で優先順位を決めてリスクを低減するために措置を講じることであり、テストセンターにおいてもリスクアセスメントを実施し、約150項目の危険要因を抽出し、その対策をおこなった。リスクアセスメントの対策について代表的な事例を紹介する。

- ・ステージに昇るための梯子をすべて階段へ変更し、昇降時の転落リスクを低減した。
- ・狭いステージを拡張することにより、作業性を確保し、転落リスクを低減した。
- ・手すりと幅木を増設し、部品の落下や転落リスク



写真1 ミーティングルーム外観

を低減した。

- ・ユーザの実製品を使用する機会が多く、有機溶剤を取扱う場合も多いため、さまざまなテストの条件に対応できる局所排気装置を増設し、作業環境の改善をおこなった。
- ・爆発防止のための窒素ガスを取扱う際は、アラーム機能付き携帯式酸素濃度計の所持を義務付け、酸欠事故の防止対策をおこなった。
- ・機器の移動や原料などの重量物を移動するための天井クレーンをインバータ駆動方式へ改良し、作業者の操作性の向上と起動、停止時の吊荷の振れを軽減することで物損や吊り荷の落下、挟まれ事故の防止対策をおこなった。
- ・モータなどの回転体を総点検し、露出部にはカバーを設置し、巻き込まれ防止対策をおこなった。
- ・スチーム配管の配管と接続方法を見直し、火傷防止対策をおこなった。
- ・廃液タンクの漏えい防止のため、レベルセンサーを設置し、外部から内容物の液レベルを監視できる表示器を設置した。

上記以外にもさまざまな対策を講じ、テストセンター全体のリスクレベルの低減をおこなった。なお、今後も継続してリスクアセスメントを実施していく。

### 1.4 制御盤の改善

薄膜蒸発機ワイブレン、高粘度液用薄膜蒸発機EXEVAの2台の動力制御盤を1面にまとめ作業スペースを広くした。写真2に制御盤を示す。制御盤



写真2 ワイブレン・EXEVA 共通制御盤



はタッチパネル式へ変更し、操作性の改善をおこなった。また、記録計はパソコンへリアルタイムに表示・入力できるように改善した。これにより、迅速にデータ分析が可能になり、テスト中の条件の変更や問題点を即座に提案できるようになった。また、テスト装置の非常停止スイッチやインターロックなどの整備をおこない、誤操作防止や非常時の対策の改善もおこなった。

### 1.5 ユーティリティ配管の見直し

各テスト装置には温水やスチーム、冷却水などのユーティリティを使用している。以前は、数か所のヘッダーからホースなどで引込み機器へ接続していたが、足元が乱雑になるため作業性が非常に悪く重労働になっていた。そこで、各ユーティリティ配管を鋼管製配管へ変更して機側にバルブステーションを設置した。バルブステーションを設置することにより必要なユーティリティをバルブ操作のみで機器へ供給できるようになり操作性を改善することができた。また、温水／スチームなどのユーティリティの変更もバルブ操作のみでおこなえるように改善した。配管ルートも見直し、配管類はすべて屋外配管とし、テスト装置周辺の作業スペースを広くした。保温や保冷の見直しもおこないユーティリティのエネルギーロスの低減をおこなった。

### 1.6 作業手順書の見直し

テストを安全に実施するため、作業手順書を活用していたが、その内容は簡素化されたものであった。そのため、すべての機器に対し、準備、実施、洗浄、片付けの作業ごとに手順書を整備し、作業の標準化をおこなった。作業手順書は図表や写真など視覚的に理解しやすくなるよう配慮し、また、作業ごとの安全ポイントを明確に記した。

危険物の取扱いは、テストによりさまざまな溶剤や製品がテストセンターへ持込まれるため、その全ての物質に対しMSDS等で危険性の確認することを規定し、保護具の基準の整備もおこなった。

このように、テストセンターのリフレッシュ工事をおこない、設備などハード面と手順書などのソフト面からの作業性、安全性向上と作業環境の見直しをおこない、より安心してテストを実施できる環境へと整備することができた。

## 2. テスト装置

テストセンターは、攪拌テストエリア、分離精製テストエリア、粉体テストエリアの3つのテストエリアとテストの打ち合わせや機器仕様検討などをおこなうミーティングルームがあり、ユーザ立会のも

とテストを実施することができる。図1にテストセンターの概略図を示す。

### 2.1 攪拌テストエリア

当社主力商品の一つである反応機の可視化コールドテスト装置を設置しており、模擬液を使用して攪拌槽内の流動状態を観察することができる。

当社製品である攪拌翼フルゾーン、ログボーン、ツインスターをはじめ、さまざまな攪拌翼を使用した攪拌試験を実施することができる。攪拌槽は透明アクリル製を使用しており、通常は観察することができない攪拌槽内部の流動状態を容易に観察することができる。

各攪拌翼の攪拌トルクデータをパソコンへ直接入力できるようにトルク測定装置を改良したため、迅速に動力データを分析することができるようになった。また、テスト装置に大型モニターと照明を増設したため、より鮮明な画像にて混合確認ができるよう改善をおこなった。図2にテスト装置の脱色反応による混合比較テスト事例を示す。

試験は着脱試験のほか液液分散、固液分散（粒子浮遊）、気液分散（ガス吸収）などさまざまな試験を実施することができる。

このようにコールドテスト装置では各種攪拌翼でさまざまな試験を実施でき、最適な運転条件の選定や攪拌翼、バツフルの改良、改善などにも有効に活用することができる。

### 2.2 分離精製テストエリア

薄膜蒸発機ワイブレン、高粘度液用薄膜蒸発機EXEVAテスト装置と2-03型ワイブレンの小型試験装置を設置している。

ワイブレンの概略図を図3に示す。ワイブレンは処理液を回転するロータに支持されたワイパーで薄膜にし、真空下で沸点の違いにより分離精製をおこなうことができ、精製、濃縮、脱色、脱臭、脱ガスなどのプロセスで使用されている。テスト装置は、原料供給量、真空度などを自動制御でき、スケールアップデータを自動採取できる。

2-03型ワイブレン実験装置は実験室などに設置できる卓上型の小型試験装置であり、実験段階にある少量のサンプルでの試験も可能である。また、実験装置は強化ガラス製であるため、真空下での製品の性状変化や熱影響、蒸発面の状況や蒸発の様子を観察することができる。2-03型実験装置はパイロット装置の事前テストとして実施することにより、短時間で最適な運転条件を推定することができる。

EXEVAは高粘度液用薄膜蒸発機であり、ワイブ

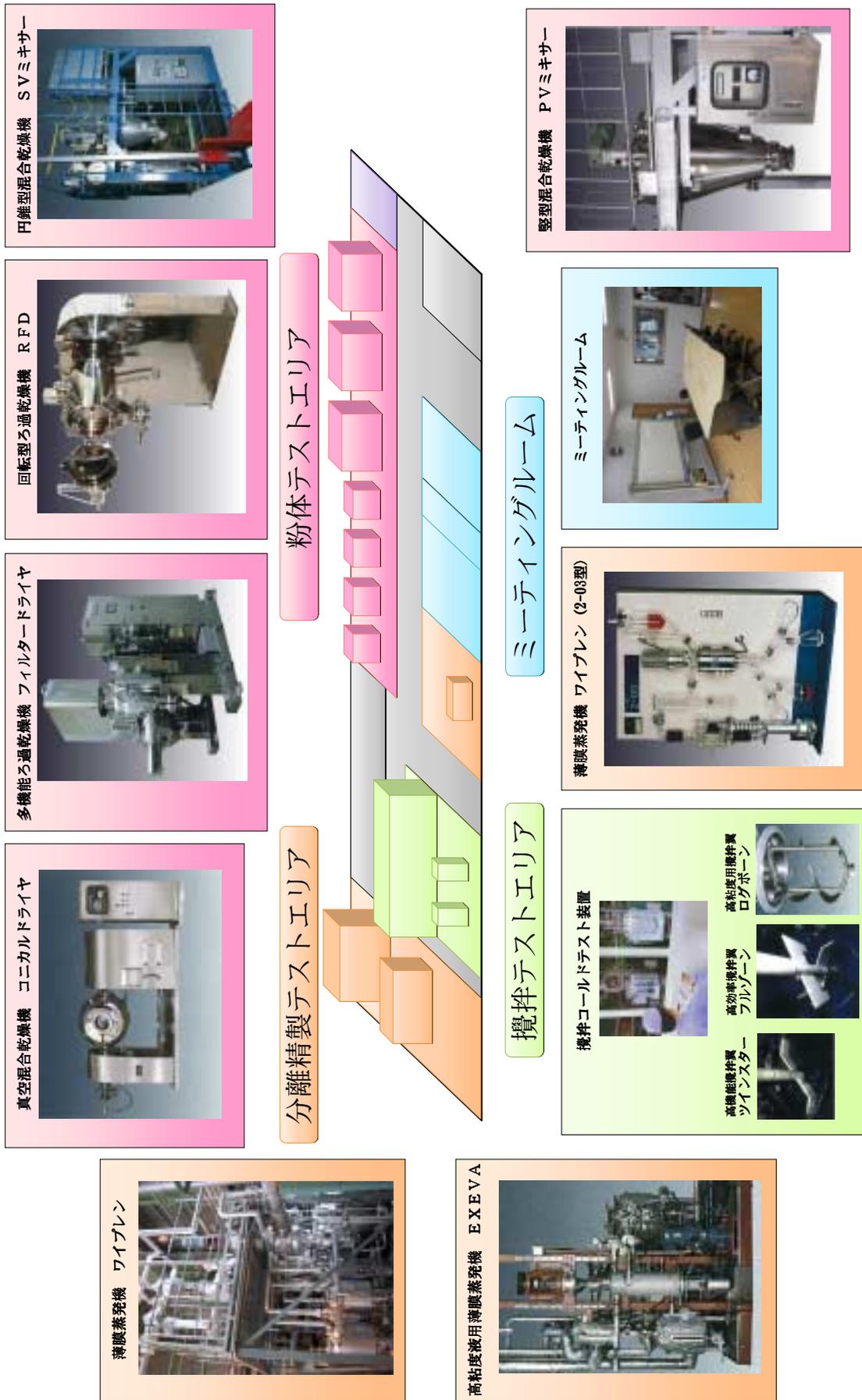


図1 テストセンター概略図

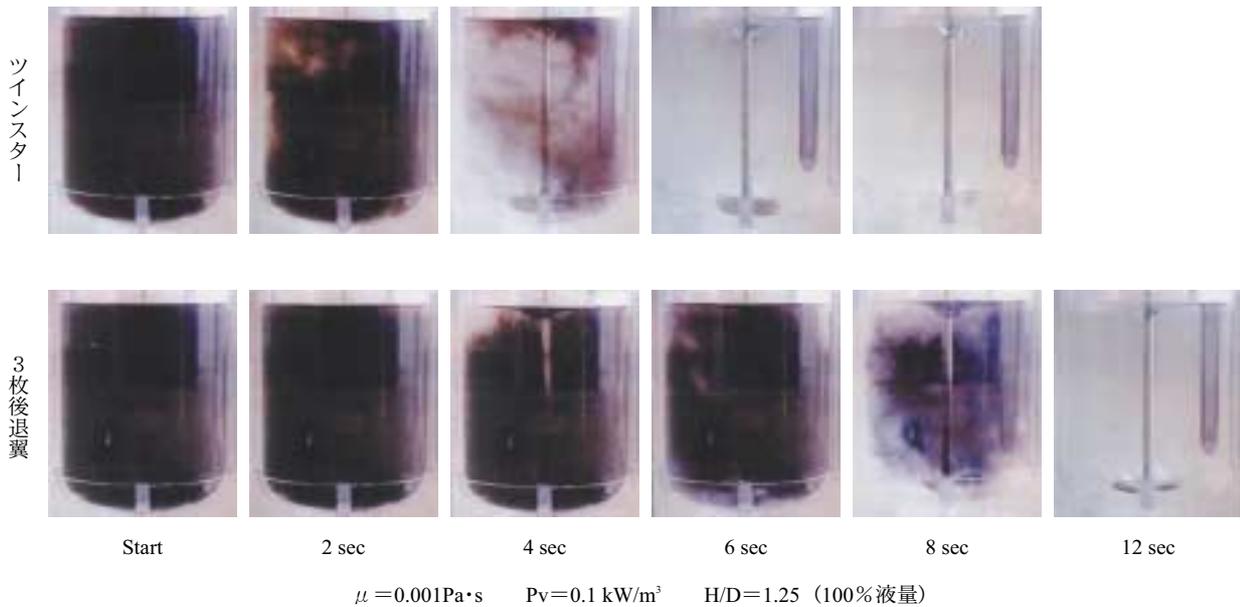


図2 脱色反応による混合比較

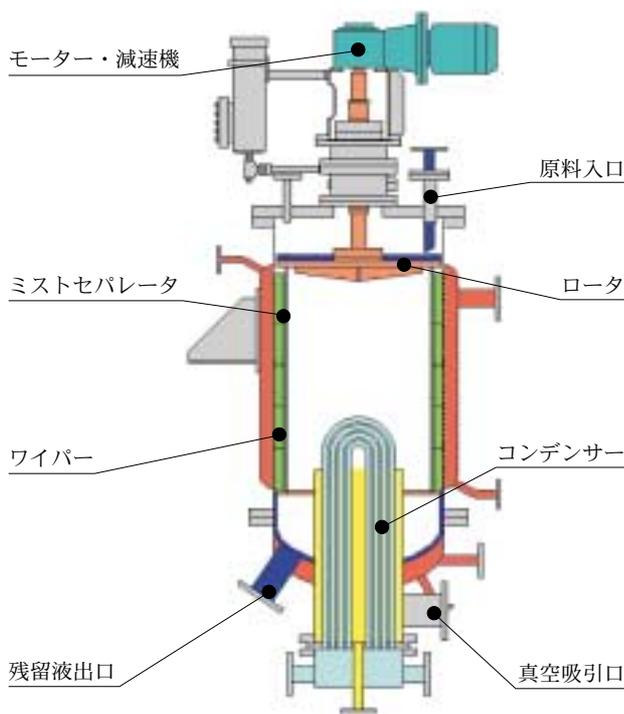


図3 ワイプレ

ンで処理困難な超高粘度物質の脱溶剤，脱モノマー，脱揮などをおこなうことができる。

リフレッシュ工事では，ワイプレと EXEVA の原料供給槽および供給ポンプを新製したため，一方のテスト装置が洗浄中であっても他方でテストがおこなえるようになり，効率的なテストを実施することが可能になった。また，制御盤の操作性も向上し，

より効率良くテストを実施することができる。

### 2.3 粉体テストエリア

粉体機器の選定は，処理粉体の粒子径，比重，形状により流動性や付着性などが異なり，液体の攪拌機と比較して機器の選定が非常に困難である。したがって，テスト装置で実粉体による可否検討試験をおこなうことが必要である。

粉体テストエリアでは，SV ミキサー，PV ミキサー，コニカルドライヤなどの乾燥機とフィルタードライヤ，RFD などの過乾燥機のテスト装置を設置している。テスト装置はそれぞれ加圧，真空下での操作が可能であり，圧力条件，温度条件などから実機の処理時間や動力を推定することができる。

フィルタードライヤは医薬分野や電子材料分野で多く使用されており，非常に多機能な機器である。テスト装置は，ユーザのニーズにお応えするため開発したオプション類を多く装備している。その一例として急速開閉装置と全量回収機構がある。図4にフィルタードライヤの急速開閉装置の概略図を示す。テスト装置は，本体フランジを自動開閉できる急速開閉装置を装備しており本体フランジの取外しを自動で瞬時におこなうことができる。また，乾燥後の製品を自動回収できる全量回収機構を装備している。急速開閉装置は，ヘルール式を採用しており非常にシンプルな構造である。また，全量回収機構も缶体の傾斜とろ板の振動のみで自動で製品を回収できるシンプルな機構である。テスト装置では，このような装備についてもご確認して頂くことができる。

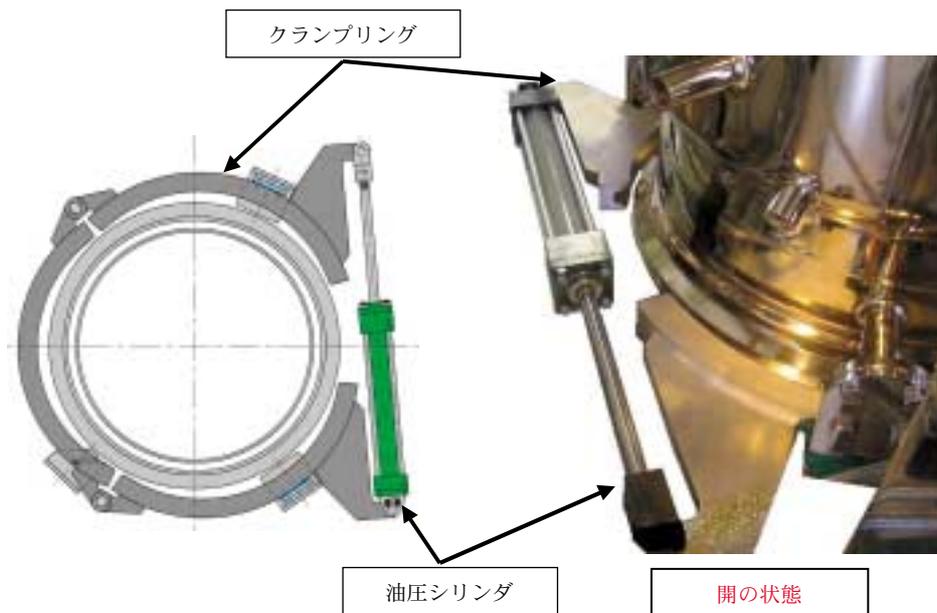


図4 フィルタードライヤ 急速開閉装置

## む す び

リフレッシュ工事を実施することにより、テストセンターおよびテスト装置の安全性、作業環境を改善することができ、ユーザに快適にテストしていただける設備になったと考える。なお、当テストセンターは実機を製作している製造工場に隣接しており、テストで来社されるお客様に製造工程を実際にご覧

頂くことができ、実機を想定して頂きながら試験や実機の打ち合わせをすることができる。今後もテストセンターを新製品の開発やブラッシュアップに活用していくと同時に、作業性、操作性、安全性に優れ安心してご利用頂けるテストセンターへと改良改善していきたいと考えている。

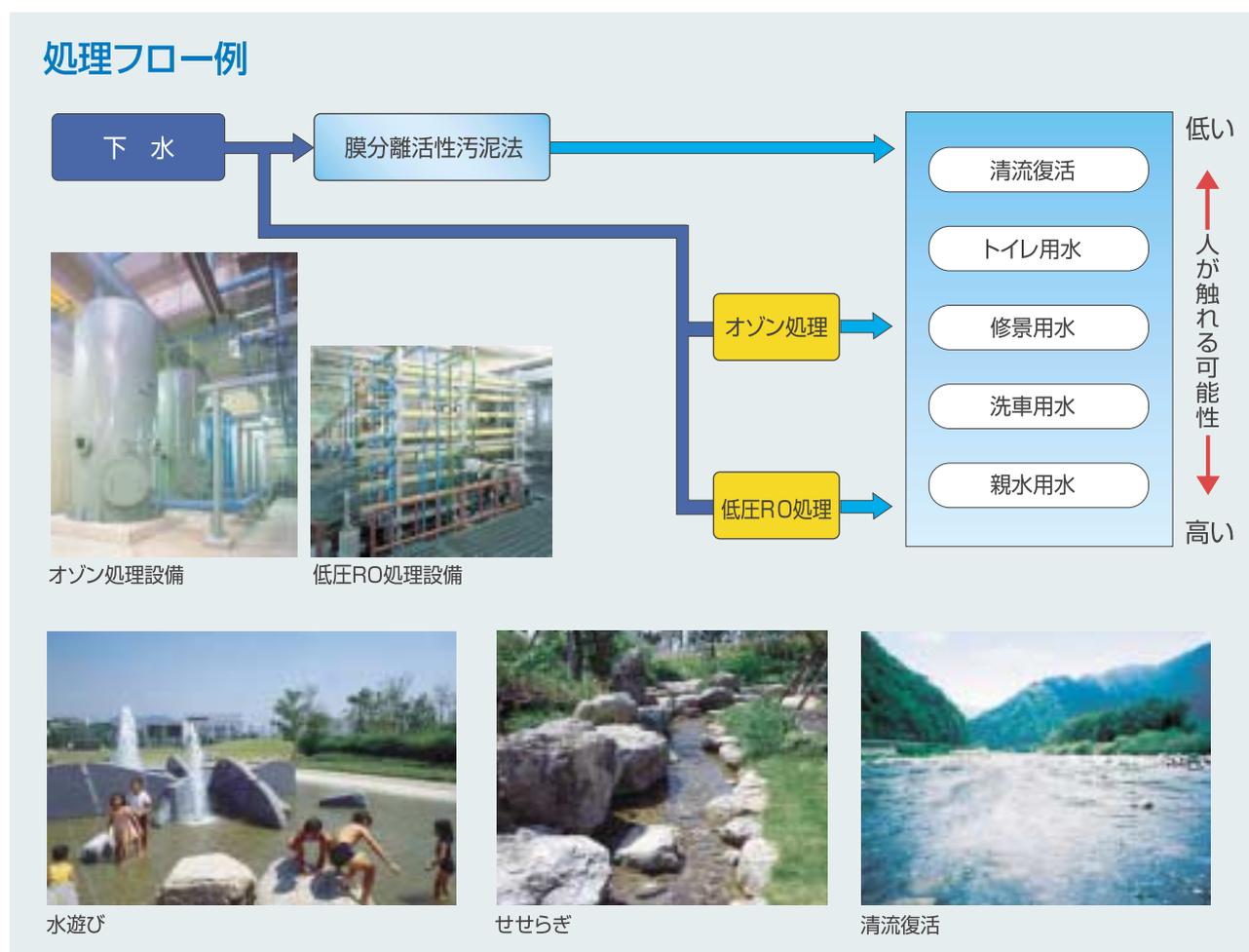
\*プロセス機器事業部 技術部 装置設計室

## 下水再利用高度処理システム せせらぎプラント「見る」水から「触れる」水まで...

近年、下水道の多目的利用およびアメニティ（快適性）向上の一環として下水処理水の中水道利用、親水用水利用等のニーズが高まっています。

河川の清流復活、中水道利用、あるいはせせらぎ、滝、噴水等親水空間の形成など下水処理水を利用する場合、その用途はさまざまであり、また求められる水質もそれぞれ異なります。

当社では、「見る」水から「触れる」水まで、用途に応じ、膜分離活性汚泥法、オゾン処理、低圧逆浸透処理（RO 処理）などを組合せた高度処理設備「せせらぎプラント」を提案、提供します。



資源循環型社会・低炭素社会実現の切り札

流動床式ガス化溶融炉

当社のごみ処理施設「流動床式ガス化溶融炉」は日々進化を続けております。

施設のライフサイクルコストを軽減するためにもっとも重要なポイントは安定した連続運転性能。当社は同機種最長の228日連続運転記録（ 1 ）を達成し、施設の高い信頼性を証明しました。

生成される溶融スラグは高品質であり、道路用骨材などの有効利用を実現しております。

資源循環型社会，低炭素社会をサポートする最新ごみ処理技術です。

（ 1 ） 福井県 ビュークリーンおくえつ（平成20年5月時点）

