

巻頭言 タービン&ポンプ小特集号の発行にあたって 保永重治

## タービン&ポンプ小特集

論文・報告	軸流排気型蒸気タービンの開発	加藤俊樹	1
	34MWバイオマス発電用タービンの開発	池内義剛	5
	NewC4 完全標準蒸気タービンの開発	浜田周作, 村上太一郎	9
	タッチパネル式蒸気タービン起動盤の開発	成川修	13
	蒸気タービンの高効率化	井野正徳	17
	オリジナル プロセスポンプの開発	渡辺基, 山代憲治	21
	水封式真空ポンプユニット	枝元隆	25
新製品紹介	軸流排気型蒸気タービンのラインナップ化		29
	ポンプゲート		30

## 論文・報告

公差解析シミュレーションの活用方法	中垣憲人	31
余剰汚泥発生抑制システムの開発	稲葉英樹	35
携帯JAVAによる次世代モバイルツール sMobile	山元達好	39

## 技術解説

PETの遠隔監視システム技術	越智俊昭	43
プラズマコーティング システム	三好陽, 牛神善博, 伊丹哲, 木下公男	45

## 新製品紹介

小型汎用インバータ HF-320		47
CCC(中国強制製品認証制度)対応 ギアモータ		48
4本シリンダトリプレックスマスト		49

On Publishing Special Section of Turbines & Pumps

Shigeharu YASUNAGA

## Special Section of Turbines & Pumps

T/PAPER	Development of Axial Exhaust Type Steam Turbine	Toshiki KATO	1
	Development of 34MW Steam Turbine for Biomass Power Plant	Yoshitake IKEUCHI	5
	Development of NewC4 Complete Standard Steam Turbine	Shusaku HAMADA, Taichiro MURAKAMI	9
	Development of Touch Panel System Turbine Control Panel	Osamu NARUKAWA	13
	Improvement in Steam Turbine Efficiency	Masanori INO	17
	Development of Original Process Pump	Motoi WATANABE, Kenji YAMASHIRO	21
	Liquid Ring Vacuum Pump Unit	Takashi EDAMOTO	25
NEW PRODUCT	Widening Lineup of Axial Exhaust Type Steam Turbine		29
	Pump Gate		30

## T/PAPER

Practical Usage of Simulation for Tolerance Definition	Norito NAKAGAKI	31
Development of Excess Sludge Suppression System	Hideki INABA	35
Next-generation Mobile Tool by JAVA for Mobile Phone "sMobile "	Tatsuyoshi YAMAMOTO	39

## T/Invitation

Remote Monitoring System for PET	Toshiaki OCHI	43
Plasma Coating System	You MIYOSHI, Yoshihiro USHIGAMI, Tetsu ITAMI, Kimio KINOSHITA	45

## NEW PRODUCT

Compact General Purpose Inverter HF - 320		47
Geared Motor for China Compulsory Certification		48
4 Cylinder Triplex Mast		49

# タービン & ポンプ小特集号の発行にあたって

## 成長への取組み

新日本造機株式会社  
代表取締役社長

保 永 重 治



『タービン & ポンプ小特集号』の発行にあたり、関係者各位のご支援とご協力に感謝申し上げます。

さて、この度ご紹介するタービンとポンプは、生鮮商品といわれるIT関連のものとは異なり、その歴史は極めて長く、タービンはワットの蒸気機関に始まり、ポンプに至ってはアルキメデスの時代まで遡ることができます。こうした長い歴史のなかで基本原理・基本構造などの要素技術の大半は公知公開され、特許などで保護されているものは極めて少なく、エネルギー変換回転機器商品としては成熟産業とみなされています。それだけに価格が差別化の柱となり、利益確保が困難な状況に陥りがちです。

こうした状況を避けるべく、商品特性を活かした市場への位置取りを行い、さらに顧客のニーズを取り入れ、商品力の強化を推進しています。新日本造機株式会社の成長にとって、タービンとポンプはいわば車の両輪であり、この両商品のバランスのとれた商品力強化が欠かせません。

成長へ向けての戦略骨子は：

タービン：高効率・高温・長翼化で大型タービン領域まで商品を拡大する。

ポンプ：オリジナル重点5機種を定め、商品力（高効率・高圧化）を強化しグローバル展開を図る。

本小特集号では、決して華々しさはありませんが、顧客のさまざまなニーズに対しての取組みの一部を紹介させて頂きました。

いま、この両商品を取り巻く市場は、一段と高いエネルギー効率を求め、装置の高温・高圧化を要求し始めています。また、プラントの初期投資額の削減だけでなく、さまざまな操業変動に合わせた最適運転と長期にわたる信頼性の確保も求められてくるようになりました。

こうした要求に対応するために、これまで以上に解析力が重要となってきました。高度な解析技術を用いて各要素技術（熱、振動、流れおよび材料など）の分析精度を高め、これを新日本造機株式会社が得意とする経験値に基づいた複合技術力にうまく連携させることができれば、こうした要求にも応じることができるものと思います。

本年、タービンの大型化をさらに促進するために、高度な解析力（蒸気温度変化による応力過渡現象、熱流れおよび長翼の振動応力解析など）に基づく設計開発プロジェクトを住友重機械工業株式会社の協力を得てスタートさせました。この結果、既にガスタービンとのコンバインドサイクルにおける起動時間を実績比20%削減という成果も出始めています。

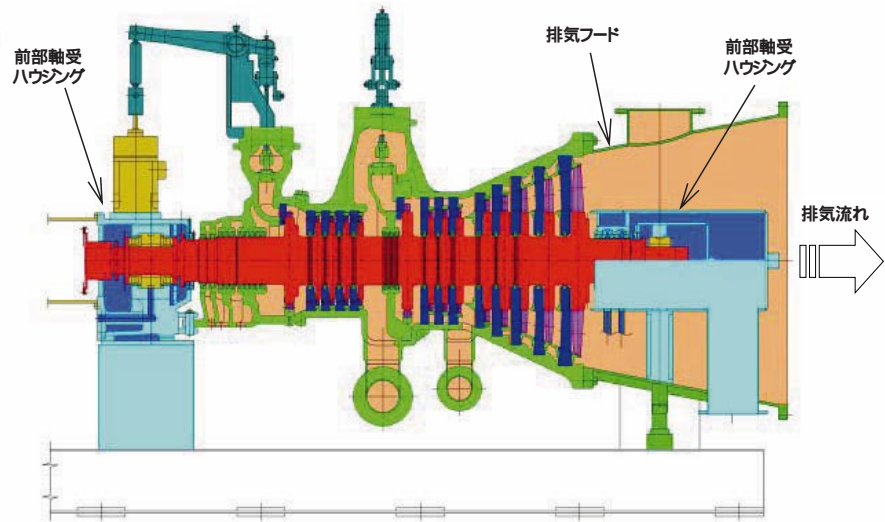
今後とも、この開発を加速していきたいと考えています。

皆様の一層のご指導とご鞭撻を賜りますよう、よろしくお願い申し上げます。

# 軸流排気型蒸気タービンの開発

## Development of Axial Exhaust Type Steam Turbine

加藤 俊樹\*  
Toshiki KATO



軸流排気型蒸気タービン  
Axial exhaust type steam turbine

近年の電力市場のオープン化とピークセービングの観点から、小規模分散型電源の重要性が見直されている。新日本造機株式会社は、この市場のユーザを対象として、中小型軸流排気蒸気タービンの開発を行った。

従来のタービンは上向きおよび下向き排気であったが、軸流排気することによって排気配管が大幅に削減され、メンテナンススペースも縮小し、メンテナンスが容易となった。また、排気損失が低減することにより、機械効率が上昇した。

本報では、軸流排気型蒸気タービンの開発背景、ならびに開発コンセプトについて報告する。

The importance of small-scale distribution-type power supplies is being reaffirmed from the perspective of the increased openness of the electricity market in recent years and the tendency toward peak saving. Shin Nippon Machinery Co., Ltd. (SNM) has developed medium-to-small axial-flow exhaust steam turbines targeted at users in this market. Conventional turbines exhausted air upward or downward. By adopting axial-flow exhaust, SNM significantly reduced exhaust pipes, decreased the maintenance space area and facilitated maintenance. Since the exhaust loss was reduced, the mechanical efficiency was increased. This paper reports the background of how the axial-flow exhaust steam turbine was developed as well as the development concept.

### 1 まえがき

発電機駆動用蒸気タービンは、事業用と一般産業用に大別される。

事業用とは、電力会社などが所有する単機出力が数十万kW級の蒸気タービンが対象で、超大型蒸気タービンが製作され、供給されている。一方、一般産業用蒸気タービンとは、単機出力で類別すると最大で120MW程度となる。新日本造機株式会社が取り扱う蒸気タービンは最大で50MWと一般産業用中小型機種に特化し、狭義の市場での受注競争を展開している。

近年の電力規制緩和に伴う電力市場のオープン化、また、電力ピークセービングの観点から、情報通信分野で始まったオープン化、分散化およびダウンサイジングの流れは、電力分野にも波及しつつある。「売電」、即ち電気を売ることが目的となるガスタービンとのコンバインドサイクル市場は、これまで大規模集約型にて進められてきた。しかし、近年においては、立地の制約や長期建設期間による電力需給対応への硬直性、そして高コスト化などが顕在化し、経済的にリスクのある大型発電設備への投資が回避されつつある。安定した電力需給の確保と低コストの両立は、大規模集約型電源のみでは解決が難しく、これらと対極にある小規模分散型電源と

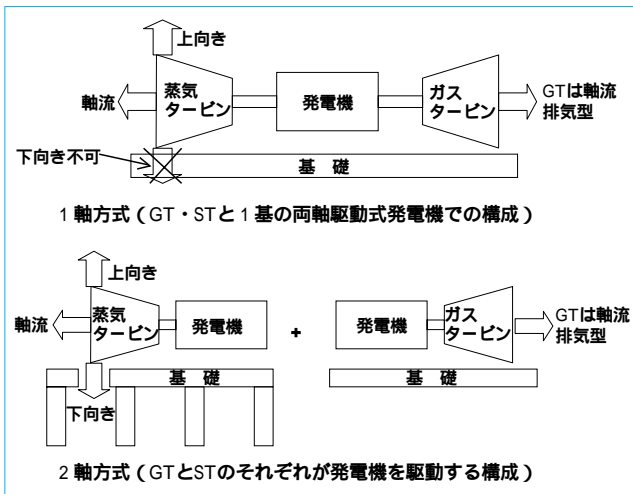


図1 1軸方式と2軸方式の構成比較  
Comparison of configuration between 1 axis and 2 axes system

の相互連携により打開していくことが現実的であると考えられてきている。さらに、この現況に加え、大規模IPP（独立発電事業者）の大手ディベロッパの破綻という事実により、当該市場の小規模分散化に一層の拍車がかかり、新日本造機株式会社の事業領域内へと市場が流れ込んでくる可能性は大きい。これを絶好の商機として捉え、IPPの主流であるガスタービンとのコンバインドサイクル市場の潜在セグメントである中小型軸流排気型蒸気タービンの開発、ならびにラインナップ化に取り組んだ。

## 2 コンバインドサイクルの構成

ガスタービンコンバインドサイクルとは、ガスタービンにて天然ガスを燃焼させて発電を行った後、その排ガスを熱源として排熱ボイラに供給し、蒸気を発生させ蒸気タービンを駆動させることにより、さらなる発電を行う高効率な発電システムを可能にするものである。また、地球温暖化問題、NOxなどの排ガス規制強化および将来のエネルギー安定供給の観点からも、急激な市場成長が期待できる市場の一つである。コンバインドサイクルの構成を、図1に示す。

2軸方式はGT（Gas Turbine）とST（Steam Turbine）ごと個々に発電機を駆動する構成となり、1軸方式はGTとSTで1基の両軸駆動式発電機との構成となる。顧客の差別化戦略として、発電機を1基で賅うコストメリット、また発電機の大容量化に伴う機械損失の低減という観点から、一般産業用コンバインドサイクル市場においても1軸方式の採用が増加してきている。この場合、蒸気タービンの排気方向で「下向き」は不可となり、排気方向は「上向き」、あるいは「軸流」での対応が必要となる。

## 3 顧客のコストを下げる軸流排気型

新日本造機株式会社はこれまでコストダウンの対象は蒸気タービンという製品そのもののみに集約していた。しかしながら、顧客にとって蒸気タービンは発電システムの一つのモジュールに過ぎない。発電システムを立ち上げるために必要な顧客のコストとして基礎・建屋建設費用、配管設計・施工、および架台・配線工事などの付帯設備費用が発生する。従来

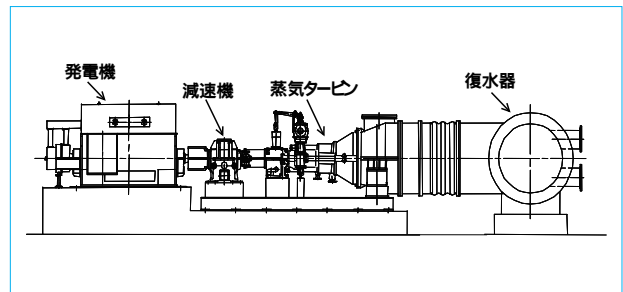


図2 軸流排気型蒸気タービン  
Axial exhaust type steam turbine

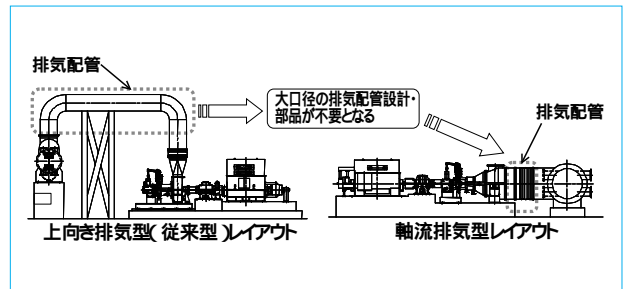


図3 軸流排気型蒸気タービンと上向き排気型蒸気タービンのレイアウト比較  
Comparison of layout between axial exhaust type and upward exhaust type steam turbine

機種である上向き・下向き排気型に対し、この付帯設備費用を大幅に削減することができる軸流排気型蒸気タービンの優位性について記述する。軸流排気型蒸気タービンの外形図を、図2に示す。

### 3.1 上向き排気型に対する優位性

同じく平面設置となる上向き排気型は、図3に示す様に蒸気タービンと復水器の間に大口径の排気配管が必要となるが、軸流排気型の場合は蒸気タービン排気口に直に復水器の設置が可能であり、大口径の排気配管が不要となる。軸流排気型によって顧客に提供できる利点としては、

大口径排気配管設計、配管部品、および配管溶接施工が不要となる。またそれを支持し、メンテナンスするための架台・サポートが不要となり、そして付随する配線、配管およびラックの削減が可能となる。

蒸気タービンをメンテナンスする際、大口径排気配管を取り外す必要がなくなり、また大口径の排気配管を置いておくメンテナンススペースの削減も可能となる。

タービン最終段ブレードを出た蒸気をそのまま真直ぐ復水器へと導かれることから蒸気流れの曲がりがない分だけ圧力回復が大きくなる。それに加え、排気配管圧力損失分の排気損失の低減が図れ、機械効率向上が可能となる。

### 3.2 下向き排気型に対する優位性

2軸方式で用いられる下向き排気型のレイアウトは、図4に示す様に蒸気タービンの下側に復水器を設置する構成となることから2床式の基礎となり、約8mの基礎高さが必要となる。軸流排気は基礎高さ2mのベタ基礎での据付けが可能となる。軸流排気型によって顧客に提供できる利点としては、復水器を含めて平面設置が可能となり、基礎と建屋の建設費用の大幅な削減が可能となる。

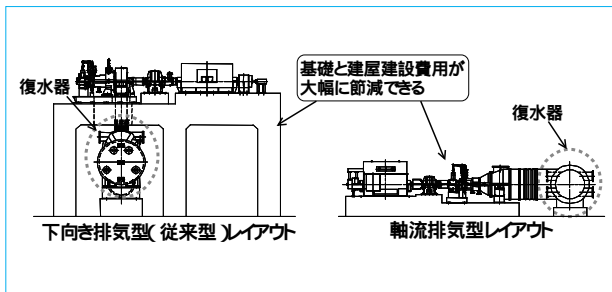


図4 軸流排気型蒸気タービンと下向き排気型蒸気タービンのレイアウト比較  
Comparison of layout between axial exhaust type and downward exhaust type steam turbine

排気口形状が矩形型から丸型にでき、排気フードの幅方向寸法の低減が可能となるので台板付きとしても陸上輸送制限規制内に入ることから台板付きのパッケージ化が可能となる。また、現地搬入後の組立て・芯出し作業が不要となり、現地工事費用および現地工事リードタイムの削減が可能となる。

タービン最終段ブレードを出た蒸気をそのまま真直ぐ復水器へと導くことから蒸気流れの曲がりがない分だけ圧力回復度が大きくなり、排気損失の低減が図れ、機械効率向上が可能となる。

以上より、軸流排気型蒸気タービンは、顧客のコストである付帯設備費用の大幅削減により顧客価値を高める差別化製品になり得ると考えられる。

## 4 開発コンセプト

急激な市場拡大の様相から最も注目を浴びているガスタービンとのコンバインドサイクル市場は、「売電」、即ち電気を売ることが目的のIPPが主流となる。この新市場・新規顧客を開拓していくためには、より一層の高効率化、そして高い信頼性が必要となる。先に開発したC8型軸流排気型蒸気タービンの組立断面を、冒頭の図に示す。

### 4.1 排気フード

排気フードの開発に当たっては、特に次の点について考慮した。

タービン最終段ブレードを出た蒸気をそのまま真直ぐ復水器に導く排気フードは、徐々に圧力回復が可能となるようにディフューザ形状を最適化し、最終段ブレード出口排気流のもつ運動エネルギーを回収しやすくすることによって、排気損失の低減を図るものでなければならない。

軸流排気型特有の構造となる後部軸受は排気流れの中に設置することになるので軸受ハウジングの形状を円筒形としてディフューザの構成を可能とし、また軸受部の点検が容易に行えるよう、分解・組立てしやすい構造とする。

排気フードは真空荷重に対して十分な強度を有し、かつ軸受支持部についてはクリティカルスピード、および定格速度運転時振動応答が大きくならないように十分な剛性をもつ構造とする。

運転監視システムに必要とされるセンサ類はフル装備搭載可能な軸受ハウジングとし、かつ排気フード全体と

して極力コンパクト化を図る。

以上の開発コンセプトから、下記の検証、ならびに対策を実施した。

軸流排気型の排気損失は従来型となる下向き排気型に対し、蒸気流れの曲がりがない分だけ圧力回復度が大きく、下向き排気型に対し、機械効率において最終段ブレード出口速度（軸流速度）がマッハ数0.8（約300m/s）の場合0.2～0.3%の効率向上が見込める。また、上向き排気型に対しては大口径排気配管の圧力損失分も加算すると、機械効率において最終段ブレード出口速度（軸流速度）がマッハ数0.8（約300m/s）の場合0.5%程度の効率向上が見込める。

排気フードの強度検討については、FEM解析を用いて実施した。解析荷重条件としては、真空荷重、ロータ荷重および熱膨張による変位を考えた。解析結果において応力・変位量の大きい箇所については形状変更および補強を追加するなどの設計変更を行い、強度レベル・変位レベルを許容値内に収めた。特に、ロータ支持部となる軸受部の剛性、グランドシール部と軸受部の変位量の差異による芯ズレの極小化について注意した。これらと併せて多くの実績をもつ従来型との強度および変位量を相対比較し、妥当性の確認も実施した。

排気フード内部に装備されるグランドシール配管およびグランドリーク配管の内部流は、排気温度と比べかなりの高温となるため熱膨張量に差異が発生する。この差異によって発生する応力・変位量に関しても、極小となるような対策を実施した。

軸流排気型特有となる蒸気流れのある排気フード内部に装備される後部軸受ハウジング、ならびにアウトカパーのシール特性についてもFEM解析の実施および水圧・気密検証試験を実施し、十分なシール力を有する構造とした。そして、湿り蒸気流れにさらされるため腐食にも配慮した。また、もう一つの軸流排気型特有となる軸方向への巨大なスラスト力については、スラスト荷重を受ける排気フード支持部においても同様の検証を実施し、許容値内に収めた。

低負荷時での連続的な運転においては排気温度が上昇し、軸受ならびにセンサ類に損傷を及ぼす可能性がある。軸受ハウジング内の温度上昇を防止する目的として排気フードにスプレーノズルを装備し、スプレー水を軸受ハウジングに噴射できる構造とした。

### 4.2 高効率・高信頼性

高効率化に向けて改善・改良を加えた実績のあるコンポーネントを軸流排気型蒸気タービンに搭載することで、高効率・高信頼性を実現させた。軸流排気型蒸気タービンに搭載したコンポーネントについて、次に概説する。

#### 4.2.1 高速・高効率最終3段ブレード

蒸気タービンの最終段ブレードは、タービン効率および出力に関わる最も重要なコンポーネントの一つである。また、最終段では、排出される蒸気の数値エネルギーがそのまま損失となるので、熱効率向上のため、できるだけ長い翼を使用することによって蒸気の十分な膨張を可能にすることで排出（リーピング）損失の低減を図る必要がある。

最終3段ブレードの設計に際しては、流体力学的性能および励振力の問題をはじめ、構造、強度および製作方法に関して検討検証を要する。長翼を開発する上で最も問題となる

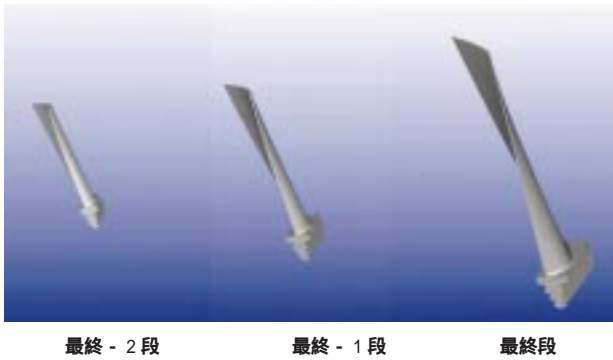


図5 高速・高効率ブレード3次元モデル  
3D model of high speed and high efficiency blade

のは、翼長の増加ならび高速化に伴う翼材の遠心強度である。また、振動に関しては翼剛性の相対的な低下にどの様に対処するかが問題となってくる。

これらの課題を全てクリアし、高効率化の実現に向けて従来のラインナップよりもボス比を大きく（翼ルート径を小さく、翼高さを高く）した。そして従来型のラインナップと同等の最終段環状面積を保持しながら、従来型よりも25%の高速回転を可能にした。それらにより、約1.0%の効率向上を可能とする最終3段階ブレードを搭載した（図5）。

#### 4.2.2 チップフィン ルートフィン

高圧段動翼先端部シュラウドとケーシングとの間隙を吹き抜ける漏洩蒸気の減少対策として、次の事項が考えられる。

漏洩面積の減少

フィン数の増加

シュラウド フィン形状の洗練

漏洩面積の減少は、シュラウドとフィンの間隙を詰めることにより可能であるが、詰め過ぎると運転中に振動を起こす恐れがあることから、おのずと制限がある。そこで、およびについて検討することにした。

リベットタイプ（シュラウドをテノンコーキングにより固定）では、シュラウドの群と群の間に間隙が発生する。止め金部位においては、より大きい間隙が発生し、蒸気の吹抜けが懸念される。また、現形状では、フィン数の増加も望めない。そこでシュラウド一体型ブレードを開発し、蒸気の吹抜けを防ぎ、またシュラウド フィン形状の洗練とチップフィン数をこれまでの2フィンから5フィンに増加させることにより、翼頂部漏洩蒸気を減少させた。そして、ルートフィンによりリーケイジコントロールすることで段落効率向上を実現した。

#### 4.2.3 軸受

従来型においては前側（蒸気入口側）の軸受は通常スラスト軸受とジャーナル軸受は分離型を採用し、出力軸（被駆動機）は後側（排気口側）となる。軸流排気型蒸気タービンは構造上、前側（蒸気入口側）に出力軸（被駆動機）が来る。そのためスラスト軸受とジャーナル軸受分離型ではカップリングまでのオーバハングが増大し、2次クリティカルスピードの低下が問題となる。

そこでオーバハングを軽減するためにレベリングプレートを装備したジャーナル スラスト一体型軸受を新規に採用し、2次クリティカルスピードを十分に上昇させ、回転機として

の高信頼性を確保した。

#### 4.2.4 熱伸び

新日本造機株式会社が取り扱う中小型蒸気タービンにおいても蒸気入口温度が500 を超えるものも珍しくなくなってきており、その場合、蒸気タービンの軸方向の熱伸び量は10mm以上にも及ぶ。この熱膨張による熱伸びの吸収方法についても、十分に配慮した。

## 5 むすび

先に開発に着手した型式C8型をはじめ、C6型、C9型、そしてC10型のラインナップ化が完了した。

軸流排気型拡張の足がかりとして軸流排気型の潜在的ニーズの度合いが圧倒的に大きいガスタービンとのコンバインドサイクル市場をターゲットとしてきた。軸流排気型は全ての市場セグメントにおいても対応可能な機種であり、また、同等なベネフィットも提供できることから、従来型である上向き排気型は極々近い将来、軸流排気型へと移行していく可能性は大きい。

軸流排気型による平面床式基礎は市場セグメントを問わず、2床式配置の下向き排気口に比べ、顧客のコストである基礎工事および建屋建設の費用を含めた付帯設備費用の大幅削減により顧客価値を高める製品になり得ると考えている。

2004年4月現在、市場投入第1号機となったC8型、そしてC6型は既に製作を完了し、納入済みである。また、C9、C10型においても現在製作中である。軸流排気型蒸気タービンの受注拡大の兆候が見え始めてきており、大きな期待を寄せている。

今後も一層の高効率化、信頼性向上および低コスト化を進めていき、軸流排気型蒸気タービンを新日本造機株式会社の主力製品へと育て上げる所存である。

#### （参考文献）

W.A. Ruegger, D.R.Leger. Recent Advances in Steam Turbines for Industrial and Cogeneration Applications. GE Power Generation, p.3-8, p.22-24, 1991.

主要設備の性能および運用改善対策. 火力原子力発電, vol.52, no.2, p.215 ~ 227, 2001.

# 34MWバイオマス発電用タービンの開発

## Development of 34MW Steam Turbine for Biomass Power Plant

池内 義剛\*  
Yoshitake IKEUCHI



図1 34MW 蒸気タービン  
34MW steam turbine

再生可能エネルギーでもあるバイオマス利用の発電が、急速に国内、海外と広がっている。また近年、バイオマス発電が古くから実施されている砂糖工場において、大型化が進んでいる。従来は背圧タービンを使用し排気蒸気をプロセスに利用するため製糖期間中のみ発電を行っていたが、内部制御式抽気復水タービンに置き換えることで、一年中発電を行うことを可能とした大型発電へと変わりつつある。製糖期間中は抽気蒸気をプロセスに利用するが、製糖期間外は全量復水とし発電のみを行う。燃料はバガスであり燃料に費用がかからないため売電することで大きな利益を生み出す新しいビジネスとなっている。

本報では、タイ・砂糖工場向けの新日本造機株式会社最大クラスである34MWバイオマス発電用蒸気タービンの開発を紹介する。

Power generation using biomass, which is a recyclable energy source, is rapidly spreading in Japan and abroad. In addition, the tendency toward larger power generation facilities is progressing at sugar factories, which have used biomass-based power generation for many years. Formerly, those plants generated electricity only during the sugar production period in order to use the discharged steam for the manufacturing process using a backpressure turbine. However, those generators are being replaced with larger generators capable of generating electricity throughout the year by using an internally controlled extraction-condensing turbine, instead of a backpressure turbine. With these large generators, sugar factories use extracted steam for the manufacturing process during the sugar production period. During other periods, however, all steam is condensed into water and used exclusively for generating electricity. Since these generators use bagasse, a byproduct of sugar manufacturing, for their fuel, selling electricity is becoming a new business that earns a large profit for those sugar factories. This paper introduces the development of a steam turbine for 34MW biomass power generation, which is one of Shin Nippon Machinery's largest-class turbines, for sugar factories in Thailand.

### 1 まえがき

アジア諸国では、古くから砂糖工場バイオマス発電が行われてきた。しかし、そのほとんどが電力会社の系統とは分離した小規模自家発電であった。近年は経済成長による電力消費の急上昇、また電力自由化策により電力会社への売電を目的としているものが増えている。発電は大規模農園の中心にある工場で行うため燃料の集積が容易であり、日本では見られない大型発電が可能となっている。

今回紹介する34MW発電用タービンはタイ・ワンカナイ地区の4万トン/日という世界最大規模の砂糖工場に納入した装置である。砂糖工場での新たなニーズに対応する設備であり、この業界では世界最大級となる34MWのタービンを開発した。本タービンは新日本造機株式会社においては出力的には1996年に製作した48MWに次ぐものであるが、各部位での大きさでは最大であり、実質の最大機の開発となった(図1)。



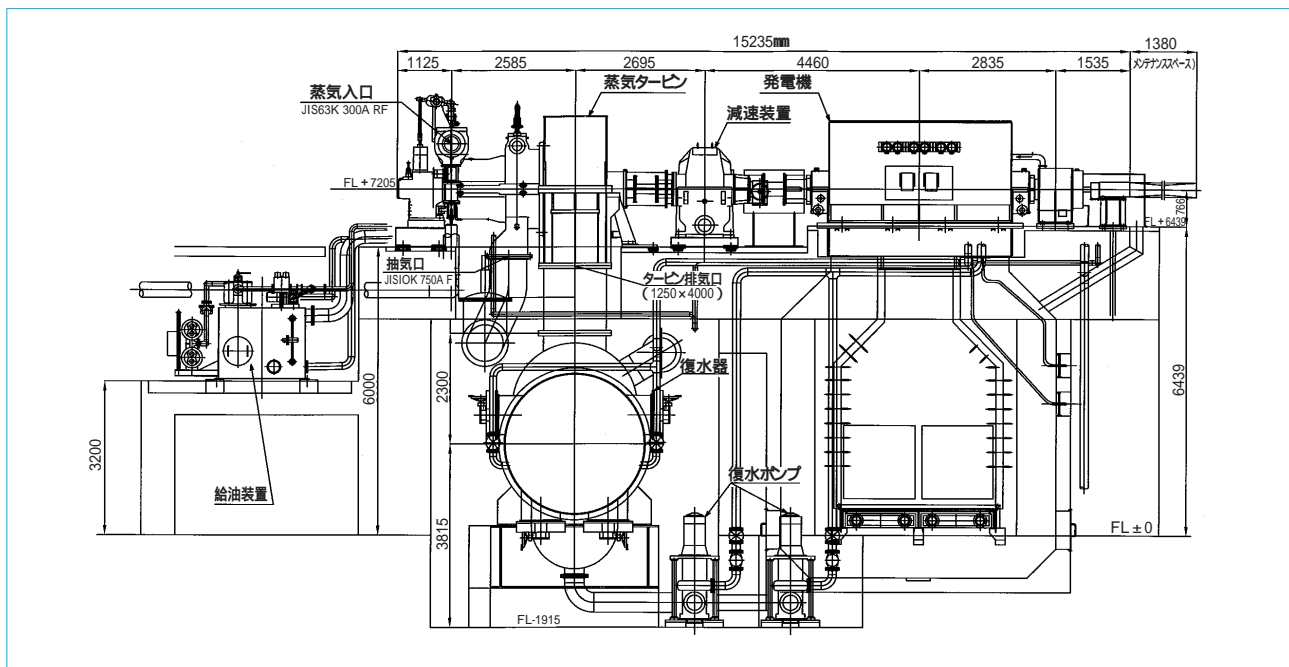


図2 全体配置  
General arrangement

## 2 蒸気タービンの概要

タービン出力としては、台湾・士林ゴミ清掃工場向け48MWに次ぐ第2位の実績であるが、タービンサイズ(大きさ)に関しては新日本造機株式会社で最大のものである。

蒸気タービン本体の大きさ

台湾・士林 長さ4267mm, 幅5120mm

本タービン 長さ4977mm, 幅5910mm

中小型タービンでは、できる限りパッケージング(共通台板)する様に計画している。共通台板上に前後部の軸受台、ケーシング、非常遮断弁、また条件が揃えば減速機までを配置して、タービン周りの配管、電気配線および芯出しなどを工場内で施工、完了させる。それにより、現地では配管および配線もバッテリーリミットまでの施工を行うだけで済み、現地搬入後の据付け、試運転準備までの作業を簡略化できるメリットがある。

しかしながら、このクラスのタービンでは台板サイズが大きくなり過ぎ出荷時の陸上輸送制限幅を超えてしまう。今回は、前部側および後部側に分けて、ソールプレート方式として各構成部品に分解した状態にて出荷することとなる(図2)。

## 3 蒸気タービンの主要仕様

蒸気タービンの構造を、図3に示す。

型式 衝動式抽気復水タービン

モデル C10-R11-E

定格出力 34MW

回転数 3600(タービン)/1500(減速機)min<sup>-1</sup>

入口蒸気圧力 3.54MPa

入口蒸気温度 415

排気圧力 -91.5kPa

最大入口蒸気量 214000kg/h

最大抽気量 160000kg/h

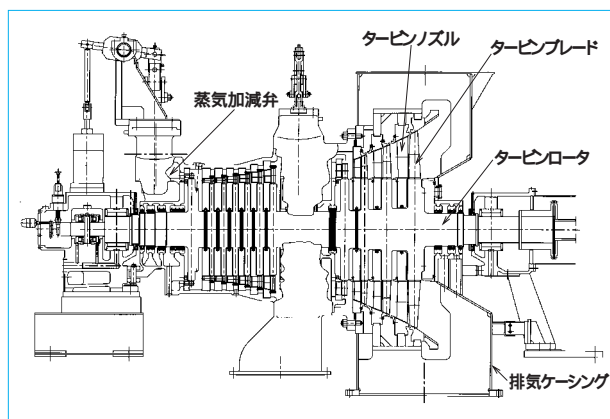


図3 蒸気タービン断面  
Cross section of steam turbine

最大排気蒸気量 147900kg/h

入口口径 300mm × 2組

抽気口径 750mm

排気口径 4000mm × 1250mm

ガバナ ウッドワード505E

本機での特筆すべき開発設計要素を、次に示す。

排気ケーシング

蒸気加減弁

タービンブレード

タービノズル

タービンロータ

### 3.1 排気ケーシング

これまで、排気口サイズは3.2m<sup>2</sup>(3200mm × 1000mm)が最大実績であった。本機では排気真空度が高いことから排気ボリュームフローが増大し、5m<sup>2</sup>(4000mm × 1250mm)の排出流路面積が必要となる。復水タービンの場合、排気圧力が負圧となることからたわみに大きく影響する要因としては、自重だけではなくこの真空荷重があげられる。この排気口サ

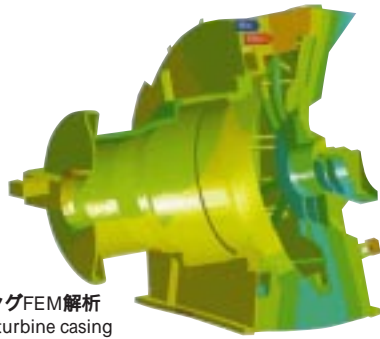


図4 タービンケーシングFEM解析  
FEM analysis for turbine casing

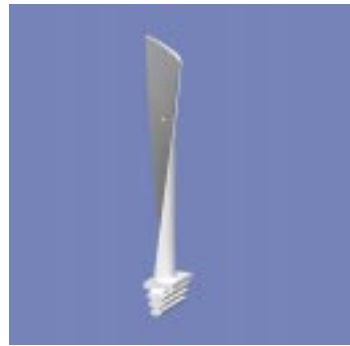


図6 最終段ブレード  
Blade of final stage

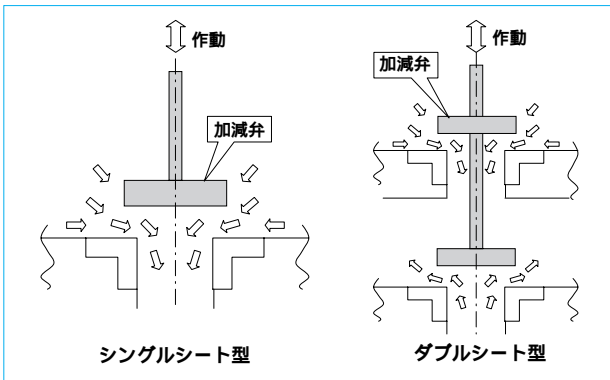


図5 蒸気加減弁構造  
Structure of steam control valve

イズでは、真空による荷重だけでも約50tとなり、タービンの自重以上の力が作用することになる。排気ケーシングは高圧ケーシングとボルト接合され前後部の軸受台にサポートされているが、ケーシング全体でのたわみ量の増大は避けられない。今回、FEM(Design SpaceVer.6)を駆使し压力容器としての強度計算を行い応力の検証は勿論のこと、たわみ量を算出、検討した(図4)。結果として、組付け後の上下半ケーシング重量が47.2tあることも加え、ケーシング全体でのたわみ量が大きい(相対値で5/100mmを超える)。これを抑えるためFEM結果を基に排気ケーシングサポートの全面見直しを行い、新たな高荷重対応型のサポート構造を確立した。

### 3.2 蒸気加減弁

高圧加減弁はボイラからの流入蒸気量を制限し、タービン回転数および負荷(出力)を制御する。加減弁を駆動するアクチュエータには、大きな作動力が得やすい電気油圧式のものを採用している。今回、入口蒸気流量が214t/hと非常に大きいことから、標準の多弁吊上げ式シングルシート弁では弁径サイズが過大となる。加減弁には弁の前後差圧による力が掛かることから弁径サイズが大きくなることは必要制御油圧を増大させ、ひいては給油装置のコストに影響を与えてしまう。

そこで、改良型である高圧圧力バランス型ダブルシート弁の五弁式構造を採用した(図5)。1弁当たり上下2組の弁体を装備し、上下それぞれから蒸気を流入させることにより各弁体の前後差圧による力が打ち消し合うようにして必要制御油圧を軽減させている。また、効率向上のため弁軸の軸貫通部には、標準のシングルシート弁と同様に特殊グランドパッキンを装備できるように改良し、弁棒リークをなくしている。

一方、抽気加減弁は、抽気圧力が一定となる様制御してプロセスラインから要求された抽気蒸気を供給するものであ

る。このプラントでは、製糖期間外は抽気蒸気の送気を止めて全量復水にて発電を行う。その際も定格出力(34MW)出すことを要求され、抽気加減弁通過流量は147.9t/hと多く、圧力バランス型ダブルシート弁としているにもかかわらず弁体径は過去最大実績の200(1弁当たり)を超え250の4弁式とする必要があった。そのため、抽気加減弁流量特性およびサーボ必要油圧の検討を行い制御性の確認をしている。

### 3.3 タービンブレード

最終4段のブレードは、流体力学的性能を追求した高効率新型プロフィール(最終3段までは抜れ翼を採用している)と翼根を開発し、かつブレード高さを高くして環状面積を増大させることで排出(リーピング)損失の低減を図り、効率向上させている(図6)。特に、最終段では排出される蒸気速度エネルギーはそのまま損失となるので、熱効率向上のため、できる限りブレード高さを長くすることで蒸気の十分な膨張を可能にすることが求められる。結果として今回は排気ボリュームフローが最大であることから、これまでの実績の最長翼高さは400mmであったが、本機では450mm(回転数3600min<sup>-1</sup>)必要となり12.5%アップとなった。最終段長翼の設計に際しては、流体力学的性能および励振力の問題をはじめ、構造・強度および製作方法に関して検討・検証を要する。

ブレードに掛かる主な応力を大別すると、以下となる。

回転にて生じる遠心力に依る引張応力

蒸気スラストおよび蒸気力による曲げ応力

回転数のハーモニックおよびノズルウェーク振動数の共振による振動応力

この中で最も問題となるのは、回転体であることからブレード高さの増加に伴うブレード材の遠心強度である。ちなみに、今回のブレード1本当たりの遠心力は61.5tにも達する。また、振動に関してはブレード剛性の相対的な低下にどの様に対処するかが問題であるが、キャンベル(図7)&グッドマン評価を行い共振応力も加味して安全率を求め検証を行っている。

### 3.4 タービンノズル

ノズルに対しては最終段高さが395mmにもなり、曲げ強度およびたわみ量を検証している。ノズルは、ブレードと異なり回転体ではないことから遠心力はない。したがって、引張強度ではなく曲げ強度に依るたわみ量が重要視される。各段のノズルの前後には圧力差および温度差があり、主に圧力差による曲げ力にてノズルダイヤフラムのたわみが発生する。たわみ量が過大となると、回転体であるロータへの接触トラブルにつながるものである。したがって、ノズルプロフィール形状の最適化したたわみ量を軽減させることによって対

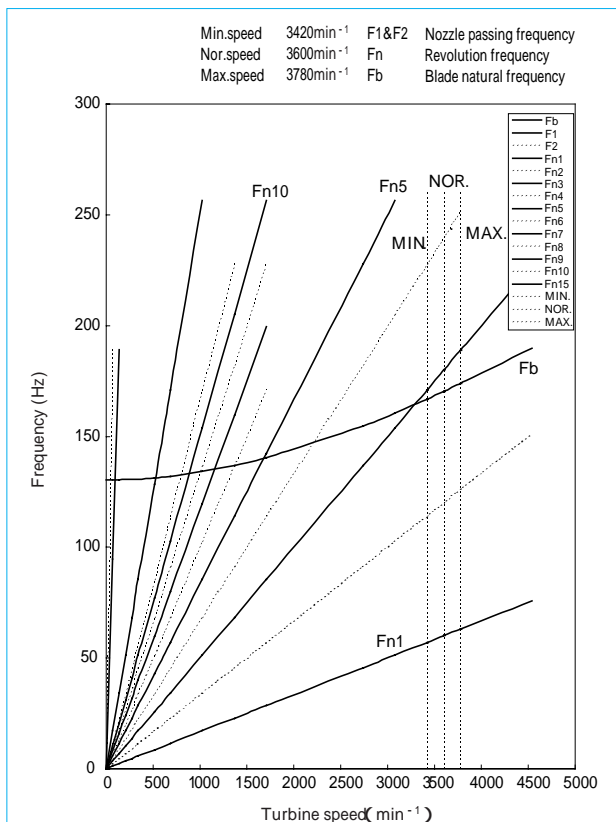


図7 最終段ブレードのキャンベル線図  
Campbell diagram of final blade

応している。結果として最終段板ノズル厚みは10mmのもの  
を採用して、たわみ量は0.21mmに抑えている。

### 3.5 タービンロータ (図8)

ロータ形状に関しては、軸方向長さが最も問題となる。従  
来は背圧タービンを使用し排気蒸気をプロセスに利用してい  
たが、内部制御式抽気復水タービンでは、抽気蒸気をプロセ  
スに利用することとなり、抽気口は750mmの口径が必要と  
なった。この流路および抽気加減弁室のスペースを確保するた  
め、ケーシングに合わせてロータの中間段を伸ばす必要がある。

11段もの段数と合わせてロータ主要寸法は、全長4840mm  
(軸受間距離3600mm)、最大外周径 1900、ロータ重量  
7600kgとなり、クリティカルスピード解析および軸受面圧  
の検証などを行い最適ロータ形状を決定している。

受け側の軸受には、ジャーナルに内径 250のティルティ  
ングパッドを、スラストには軸受径10.5インチのものをそれ  
ぞれ採用している。

クリティカルスピード (図9) の結果を、次に示す。

- 1次 1800min<sup>-1</sup> (定格速度の50%)
- 2次 6552min<sup>-1</sup> (定格速度の182%)

となり、速度調整範囲 (95% ~ 105%) に対して十分離すこ  
とができおり、安定して運転 (回転) させることができる。  
このことは、現地での全負荷運転において軸振動値が10μm  
以下であり問題がないことが立証されている。また、最適形  
状においてもロータ最大たわみは0.307mmにもなり、ケー  
シングもたわむことからある程度相殺はされるが、各部のた  
わみを考慮した芯出しが必要となる。

### 3.6 エンジニアリング

一般的に増設プラントでは、新設プラントとは異なり取り



図8 タービンロータ  
Turbine rotor

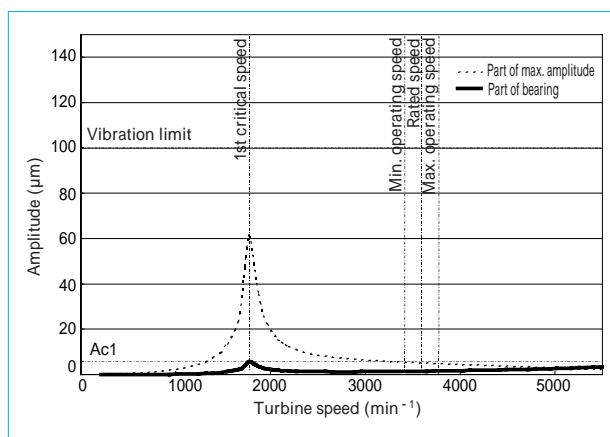


図9 タービンロータの周波数応答解析  
Resonance analysis of turbine rotor

纏めるエンジニアリング会社を介せずエンドユーザからの直  
取引となるケースが多い。したがって、ユーザにて検討、施  
工でき難いものに関しては技術サポートとして所掌範囲に組  
み込まれてくる。今回、発電機メーカーが主契約を交わして  
おり、現地配管 (特に蒸気配管) のデザインまでが所掌範囲  
であった。タービンの各ノズル (蒸気入口、抽気および排気  
口など) の許容応力とモーメントは、NEMA SM24にて規定  
されており、現地にて既設配管の調査 (配管ルート、固定点  
およびサポート点など) から始まり、配管熱膨張・応力解析  
を行い規定値内となる様設計している。配管図面化し、客先  
にて配管工事を施工したが、現地試運転も問題なく終わり配  
管解析結果の正当性は立証できている。

## 4 むすび

産業用タービンにおいては出力として50MW以下が主  
流であり、総プラント数の約90%を占めており、新日本  
造機株式会社はこの市場に注力してきた。近年、世界規  
模での電力市場の開放などで、産業用タービンの出力的  
主流が変わりつつある。産業用タービンの専門メーカーと  
して、この変化に対応し大型機の開発が急務となっている。

本開発の一部は70MWクラスへの転用も可能であり、  
大型機開発の第一歩としたいと考えている。

# NewC4 完全標準蒸気タービンの開発

## Development of NewC4 Complete Standard Steam Turbine

浜田 周作\* 村上 太一郎\*  
Shusaku HAMADA Taichiro MURAKAMI



図1 NewC4蒸気タービン  
NewC4 steam turbine

発電設備，あるいは，石油精製の各種機械駆動機として幅広く利用されている蒸気タービンは，電気事業の規制緩和や産廃処理施設の新設などによって，市場ニーズが広がっている。

本報では，NewC4完全標準機の特長について報告する。本蒸気タービンは，日本国内の小規模自家発電設備にターゲットを絞った，出力2000kW以下の蒸気タービンである。小型/高回転にて高効率化を図っており，給油装置とタービン台板を兼用することによりコンパクトな設計となっている。自動化運転にも対応しており，油圧駆動式の非常遮断弁を装備している。完全標準機としたことで，低価格および短納期を達成した。

Market needs for steam turbines, widely used as drives for power generation facilities and oil-refining machines, are increasing as a result of deregulations in the electric power industry and construction of new industrial waste disposal facilities. This paper reports the characteristics of a "NewC4" completely standardized steam turbine. "NewC4" is a steam turbine with an output power of 2000 kW or less, targeted at small-size private power generation facilities in Japan. To achieve high efficiency, this turbine has a smaller size and higher rotation speed than the conventional type. And, with its oiling device serving also as the turbine bedplate, the "NewC4" is compactly designed. In addition, it is capable of performing unattended operation through a hydrodynamic emergency shut-off valve. By completely standardizing the new steam turbine, a low price and short delivery time were achieved.

### 1 まえがき

発電設備，あるいは石油精製の各種機械駆動機として幅広く利用されている蒸気タービンにおいても，他の製品と同様に価格と性能が拡販の重要な鍵となる。大容量および大出力の多段蒸気タービンは性能重視，小出力の単段汎用蒸気タービンは価格重視という大まかな市場ニーズがあるが，近年では，多段蒸気タービンにおいても性能もさることながら，低価格でないと受注獲得できない傾向が強くなってきた。こうした背景に加え，2000年から2001年にかけて，日本国内においては，電気事業の規制緩和によって電気の小売り事業が

部分的に開放された。これが後押しとなり，小規模ごみ処理施設の新設あるいは更新，さらに産廃処理施設の新設などが活発となり，それに伴って発電機駆動用蒸気タービンの案件も増えてきている。

その市場ニーズの中でも出力を2000kW以下に限定すれば蒸気条件はほぼ同じであり，複数の客先に対しても同一機種を販売することができる。しかし，これまでの設計手法は，個々の顧客に対してそれぞれカスタマイズした蒸気タービンを設計する手法であった。これでは性能こそ十分であってもコストがかかり，ユーザニーズに十分応えているとは言い難い。そこで，これまでの「個」へのカスタマイズから，ある

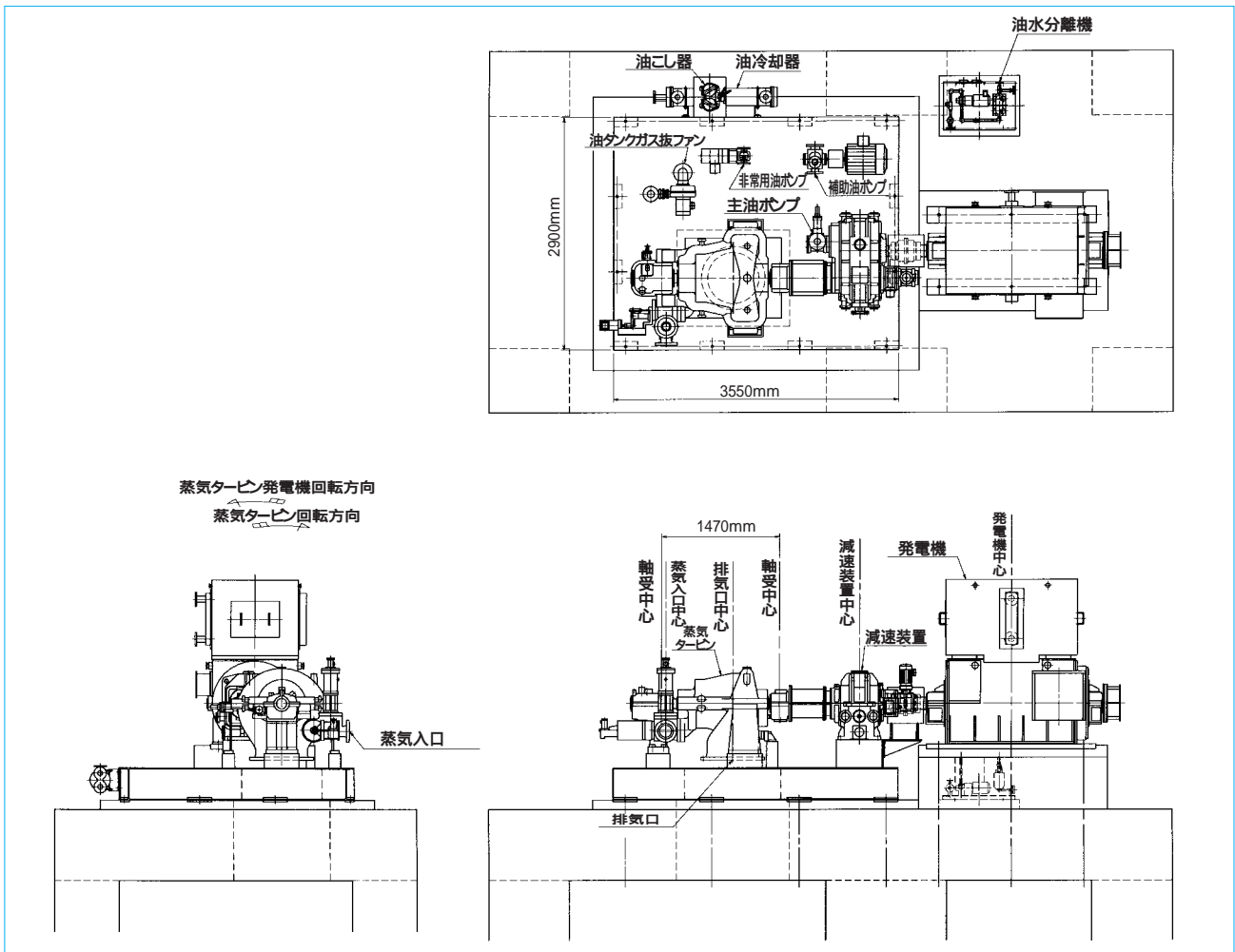


図2 蒸気タービン  
Steam turbine

特性を持つセグメントだけをターゲットとしてその特性に有効な価値の実現に向けて、特定顧客群に共通する「群」カスタマイズとなるべく完全標準機（パッケージ機）を開発した（図1）。

以下に、この開発機の特徴を紹介する。

## 2 製品の特徴

### 2.1 蒸気タービン主要仕様

型式	衝動式横置復水タービン
モデル	C4-R6-R
出力	最大2000kW
回転数	9800min <sup>-1</sup>
入口蒸気条件	JIS40k以下
排気条件	真空
段数	衝動6段
ジャーナル軸受	85, 3円弧プレーン（反カップリング側） 80, 3円弧プレーン（カップリング側）
スラスト軸受	ミッチェルタイプ
ベアリングスパン	1470mm
调速弁	単弁式
潤滑油装置	蒸気タービン台板内蔵式
调速装置	505(電気)ガバナ + TM - 25LPアクチュエータ (いずれも、Woodward Governor Company製)

### 2.2 一般配置

蒸気タービン外形図を、図2に示す。反カップリング側から見て、右側に蒸気入口を有する。後に説明する调速弁一体型の非常遮断弁はケーシング下半にフランジ接続にて装備され、蒸気は非常遮断弁および调速弁を通して、ケーシング内部のノズル前蒸気室へと流入していく。ケーシング材質は高温高压用鋳鋼（SCPH2）で、排気口までを含む一体鋳物である。図2は下向き排気を示しているが、客先要求によっては上向き排気とすることも可能である。この場合、ケーシング底部に発生するドレンの処理が問題となるが、その際でもドレンタンクをタービン台板に横抱きにさせることが可能である。ケーシングの前後にはそれぞれ軸受ハウジングを装備し、ケーシングとともにこれらは全て水平2分割となっており、メンテナンスが容易に行える構造である。

台板は、油タンク兼用となっており、台板上に補助油ポンプ、非常用油ポンプ・モータおよび油タンクガス抜きファンなど潤滑油装置一式が配備される。また、同一台板上には调速装置も装備され、50Hz地区、60Hz地区でそのサイズこそ変わるものの、台板寸法は同一であることから、工事決定と同時に基礎計画がスタート可能である。また、現地納入後も蒸気タービン～调速装置間の芯出し作業が不要となり、現地工事期間の短縮が見込まれる。

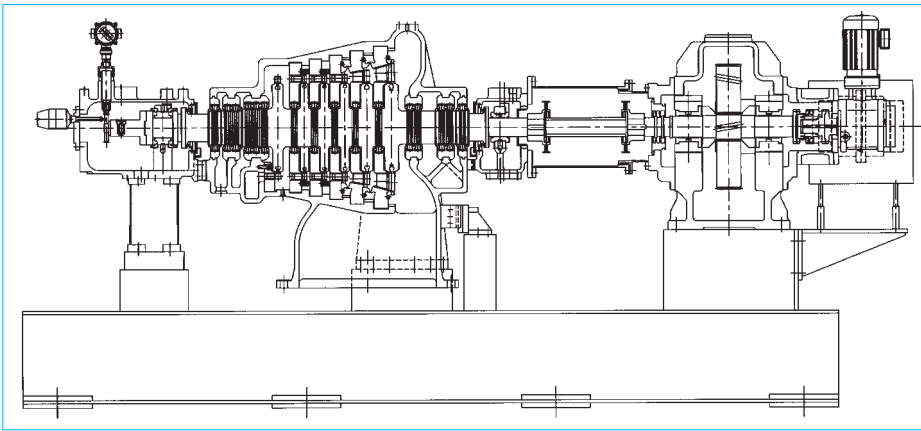


図3 蒸気タービン断面  
Steam turbine sectional drawing

### 2.3 蒸気タービン内部構造

蒸気タービン断面を、図3に示す。ロータはディスク一体鍛造のCr-Mo鋼であり、最適なプロファイルと十分な強度を有するブレードが植翼される。さらにカップリングハブ、過速度遮断用の衝撃棒および速度検出用のピックアップ歯車が組み込まれ、完成したロータのクリティカルスピードは、常用回転数 $9800\text{min}^{-1}$ に対して46%（1次）、190%（2次）と使用回転数から十分離れており、動的釣合い試験を実施したロータは回転体としての信頼性は高い。客先から与えられる蒸気条件あるいは要求出力の仕様の違いに関しては、流路（ノズルおよびブレード）の一部変更で対応し、外観上は全く変更しないこととしている。また、各ディスク間および軸貫通部（グランド部）には蒸気が外部へ漏れることを防止するラビリンスが装備され、最終的には漏洩蒸気としてグランドコンデンサで処理されることから、ケーシング外部への蒸気漏れは発生しない。ケーシング前後の軸受ハウジングには、ジャーナル荷重およびスラスト荷重を受ける軸受の他に、軸受温度計、軸振動計および軸移動計など蒸気タービンの状態監視用の計装品が装備される。

### 2.4 非常遮断弁

多段蒸気タービンに採用される、縦型の非常遮断弁はケーシングに組み込まれる多弁式の蒸気加減弁と組み合わせられ、高性能かつ信頼性に富んでいるが、特に小出力機に搭載する場合においては部品点数の多さから、コストアップの要因となっている。そこで、汎用タービンに採用されている非常遮断弁に着目した。この汎用タービン用の非常遮断弁は弁閉後の手動リセットが必要である。単弁式の调速弁と一体構造となっており、部品点数が少なくコストメリットが大きい。そこで今回、遠隔でのON/OFFも可能となるよう、油筒およびオイルリレーを新規開発した。縦型の非常遮断弁を使用する際には、軸受の潤滑油を含め10k、4k、1kと3種類の油圧を準備しなければならないが、本遮断弁は制御油圧系統を8kに一本化したことから、潤滑油と合わせ2種類の油圧で済む。図4に、非常遮断弁の断面を示す。構造の特徴としては、蒸気の通過する弁囲いの上に、遠隔操作を可能とする油筒を装備することである。この構造では、蒸気が通過する弁囲い廻りに油が漏れ落ちることが最大の懸念事項といえる。油漏れに対する懸念を払拭する機構として、ピストンにオイルリングを2ヶ所設置し、各部に排油口を設けて漏れた油を排油することによって、ピストンロッドへの油漏れはない構造としている。

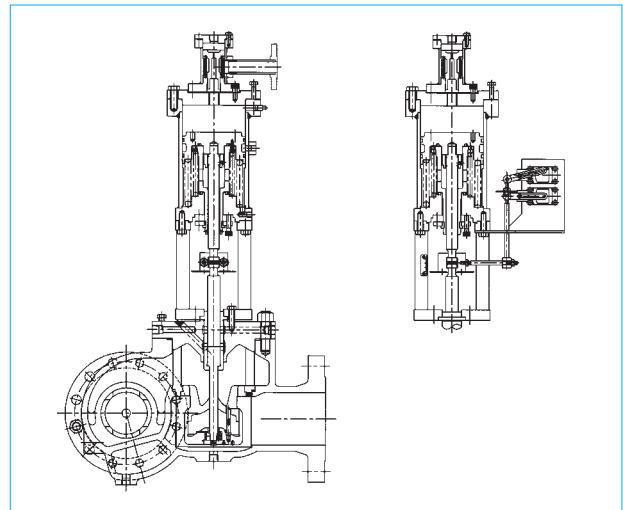


図4 非常遮断弁  
Emergency stop valve



図5 実験装置  
Experimental apparatus

また、蒸気漏れに対しては、弁棒をバックシート構造とすることで、弁全開時に漏れを遮断できる構造とした。

これらの開発要素を持った非常遮断弁の信頼性を確認するために社内試験を実施した。図5に、社内試験の実験装置を示す。試験は、実際の蒸気タービンの使用条件を想定した蒸気条件および給油条件で行った。結果、蒸気漏れおよび油漏れは発生せず機器の健全性が確認できた。さらに重要となる遮断速度においても、従来型である縦型遮断弁の遮断速度以下であることが確認でき、信頼性も十分であることが分かった。

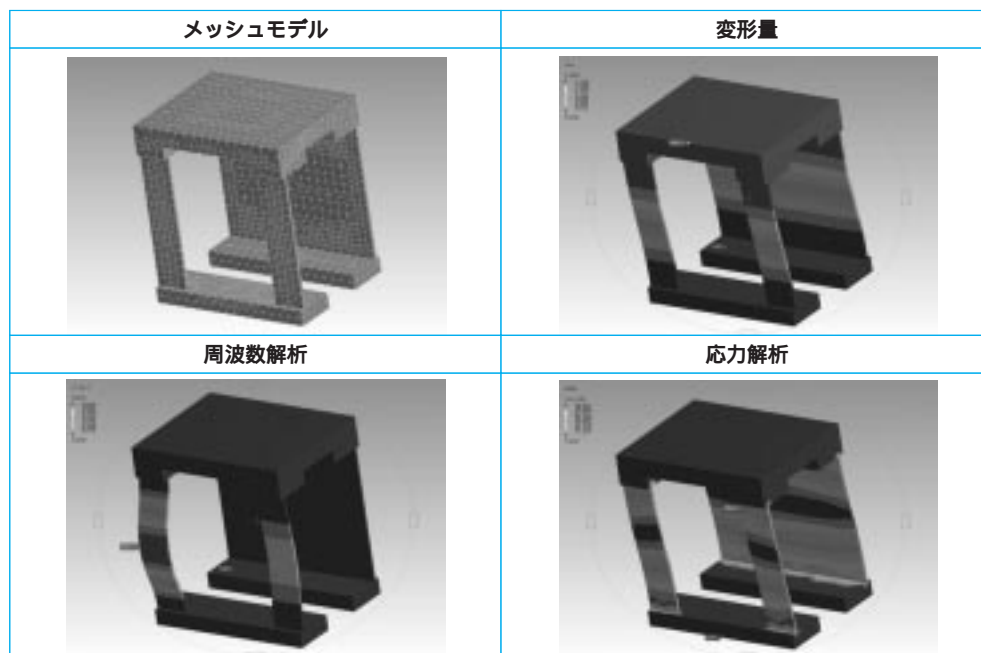


図6 FEM解析例  
Sample of FEM analysis

た。また、試験後に分解点検を行い、摺動部および各部タッチ面のチェックも行ったが、損傷のないことが確認できた。以上より、実機搭載に問題がないことが確認できた。

### 2.5 軸受台

新日本造機株式会社の蒸気タービンは、カップリング側の軸受中心あるいは排気口中心を固定点として反カップリング側（ガバナ側）にケーシングが熱膨張するが、これまでの多段タービンにおいては、この熱伸びを反カップリング側の軸受台をスライドさせることによって吸収させる構造をとっている。この熱伸びは汎用の単段タービンにおいても同様の現象が起こるが、汎用タービンの場合、これを「たわみ脚」とよばれる構造を採用して吸収している。適当な厚みを持った鋼板を1枚あるいは複数枚軸受台下部に装備し、タービン自身の自重、さらには真空荷重に対して十分な座屈強度を有しつつ、かつ軸方向に発生する熱伸び量を弾性変形によって逃がす構造である。軽量化が図れることから、特に熱伸びも小さく、また受ける荷重の小さなタービンには有効なサポート方法と言えるが、設計を誤ると共振を起こして振動発生の原因ともなり、十分な検討が必要である。

今回開発した蒸気タービンにおいても、FEM解析を用いて十分な強度検討を行ったたわみ脚を計画し、従来の脚部まで一体鋳物の構造から重量の軽減を図った（図6）。解析においては、強度検討はもとより固有振動数の解析も行い、タービン回転数（ $9800\text{min}^{-1}$  163Hz）および、発電機回転数（ $1800\text{min}^{-1}$  30Hzもしくは $1500\text{min}^{-1}$  25Hz）いずれとも共振点がないことを確認した。

## 3 運転・制御

今日の発電機駆動用の蒸気タービンは、複雑な制御システムに対応可能な電気ガバナで制御されることが大半である。また、運用においては単独運転、母線との並列運転、また起動方法が全自動あるいは手動、DCSとの信号のやりとりはハードワイヤおよびPLCなどとその要求は多種多様である。本開発機に関しても、全く同じことが言える。特に電力事情

が高度に発達した日本国内の客先要求は、まさに千差万別である。この様な背景からも、ここでは敢えてコントロールパネルの標準化はしなかった。新日本造機株式会社が長年培ってきたノウハウをもとに、顧客との打ち合わせにてその都度運用方法を決め、お互いに満足できるものとしている。

## 4 むすび

本開発機は、2004年4月現在で、製作中のもも含め12台の受注実績となる。これまでの客先はゴミ焼却設備をはじめ、産廃処理、鶏糞処理工場と、用途は様々である。既に8台が順調に稼働し操業運転中と所期の性能を発揮している。その特長は、以下のとおりである。

小型、高回転での高効率化を図り、出力2000kW、回転数 $9800\text{min}^{-1}$ を達成している。

コンパクト化を図り、給油装置はタービン台板兼用であり、タービン、減速機および油冷却器などの給油装置補機類も台板上に設置している。

自動化運転に対応し、小型機の非常遮断弁は従来手動式であったが、油圧駆動にて自動化に対応している。

完全標準機にすることで、短納期および製作コストの削減に成功している。

本報で紹介してきたタービンをそのサイズからNewC4と呼び、それに対しNewC5を次の完全標準機として既に開発している。NewC5の特徴については今回の本題でないので詳しくは紹介しないが、要約すると海外バイオマス発電、特にインド市場を狙い、効率および価格で引けをとらない機種に仕上げた。まだ数台であるが、実績もあげている。

一方で、マーケットに左右されない蒸気タービン作りとして、多様なニーズにモジュール単位の組み合わせで対応できるよう、主要部品のモジュール化も展開中である。

今後とも多種多様なニーズに対応できるようにラインナップの充実にも努め、より良い製品の開発と提供を継続していく所存である。

# タッチパネル式蒸気タービン起動盤の開発

## Development of Touch Panel System Turbine Control Panel

成川 修\*  
Osamu NARUKAWA



図1 蒸気タービン起動盤  
Turbine control panel

近年、ソフトウェアを用いた監視システムが主流になっており、蒸気タービン分野においても顧客ニーズが増加している。このような顧客ニーズに応じたシステムを提供するために、タッチパネルシステムを導入した蒸気タービン起動盤の開発を行った。このシステムを導入することにより、蒸気タービン起動盤の小型化とともに、複雑な蒸気タービンの運転操作への支援および中央DCSのデータ伝送が可能となった。

本報では、このタッチパネルシステムを導入した蒸気タービン起動盤について紹介する。

Recently, software-based monitoring systems have been widely used, and customer needs for such systems are increasing also in the field of steam turbines. To provide a system that meets these customer requirements, Shin Nippon Machinery Co., Ltd. has developed a steam turbine console panel that adopts a touch screen mechanism. Use of this mechanism allows the steam turbine console panel to be downsized, helps the operator perform complex operations of the steam turbine, and enables transmission of data between the panel and the central DCS. This paper introduces the steam turbine console panel adopting a touch screen mechanism.

### 1 まえがき

発電機駆動用蒸気タービンには、蒸気タービン・付属機器の運転、監視、制御および保護装置を組込んだ蒸気タービン起動盤が装備される。

これまでこの運転、監視、制御および保護装置は標準的に全てハード機器（指示計、押しボタン、リレーおよびタイマなど）を組み込むこととしていたが、蒸気タービン起動盤の標準化、コンパクト化、顧客ニーズの多様化への対応、PLC（Programmable Logic Controller）の信頼性向上および他社との差別化を図る目的でタッチパネルシステムを導入した蒸気タービン起動盤の開発を行った。

### 2 タッチパネル式蒸気タービン起動盤

以下に、各主要機器の仕様を示す。

#### 2.1 タッチパネル

12.1型TFTカラー（256色）LCD搭載のタッチパネルを使用し、PLCとの接続は各社PLCとの接続を考慮してイーサネットを採用した。

本タッチパネルでは、蒸気タービンおよび付属機器のオペレーション、運転監視用の各計測値の表示、故障警報表示、PLC内部のパラメータ（警報設定値）設定および運転員のオペレーション支援用のオペレーションフローチャートの表示を可能としている。また、タッチパネル単体故障時には、蒸気タービンを停止させることなくタッチパネル自身を交換可能なシステムにした（図1）。



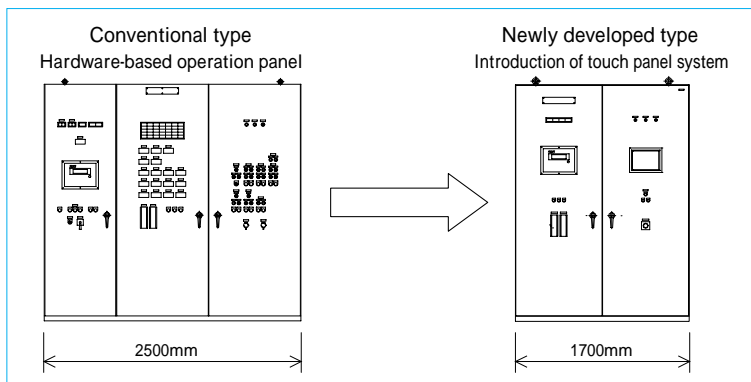


図2 外形寸法  
Outside dimension

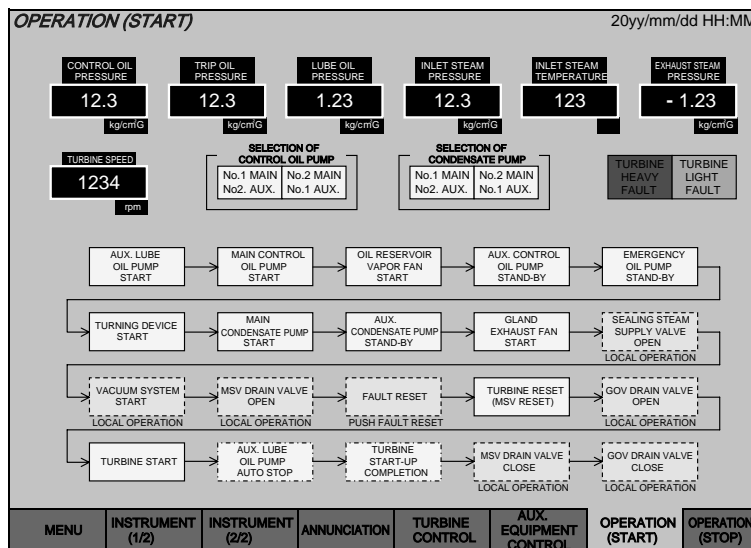


図3 タービン起動操作画面  
Touch panel screen of turbine start operation

このことにより、表示機のみ故障で蒸気タービンを停止させる必要がなくなり、本システムを採用すればプラント運用上の信頼性を上げることができる。

## 2.2 PLC

新日本造機株式会社が標準として使用しているMELSEC Aシリーズ（三菱電機株式会社製）を本システムに採用、また、顧客要求によっては他社PLCも搭載可能としている。なお、CPUおよび電源装置はシングルを標準としているが、顧客の二重化要求にもオプションで対応可能としている。一方、中央制御室へのデータ伝送としてModbus通信を標準としている。

## 2.3 補機動力回路

補機動力回路は全て蒸気タービン起動盤に組み込んでおり、電源供給が一点となるようにし、顧客側での設備計画への便宜性を配慮している。また、顧客要求により、MCCを別に設置する場合への対応も考慮し、補機起動停止信号をModbus通信もしくはハードワイヤでの取合いも可能なように計画している。

## 2.4 設置環境温度への考慮

通常、蒸気タービン起動盤は蒸気タービン機側へ設置されることから、蒸気タービン設置室内の空調がなされていない場合には、外気温度の考慮が必要となる。本開発品を使用する蒸気タービン起動盤の設計条件は最大45℃としており、設置環境温度が本値を超える場合は、オプションでクーラを取り付けることができる様に考慮している。

## 3 従来型との比較

### 3.1 蒸気タービン起動盤外形寸法

従来型で使用していた指示計、警報表示窓および補機操作スイッチをタッチパネルに集約することにより、従来の盤面スペースが不要となり、また、ハードウェアで構成していた盤内部品をPLCに置き換えることで従来の盤内スペースも不要となる。したがって、図2のように従来3枚扉で構成していたものが2枚扉で構成可能となった。

このことにより、盤筐体コストの削減とともに、顧客側での盤設置スペースの削減と言うメリットも生まれている。

### 3.2 蒸気タービン起動盤装備部品

従来型は盤面に指示計、警報表示窓および補機操作スイッチを装備し、盤内にはリレーおよびタイマで構成された制御回路を装備しており、工事ごとに仕様が異なることから、その都度ハードウェアが変更となり図面の作成が必要であった。指示計、警報表示窓および補機操作スイッチをタッチパネルに集約し、盤内の制御回路をPLCで組み込むことにより、ハードウェアの固定および盤内配線の作業削減ができた。

### 3.3 制御回路

従来、リレーおよびタイマのハードウェアで構成していた制御回路をPLCで構築することにより、工事ごとに異なる仕様に対してソフトウェアでの対応が可能となる。また、現地納入後に回路修正が必要となった場合も、ソフトウェアのみの修正で対応でき、ハードウェアの追加は不要である。

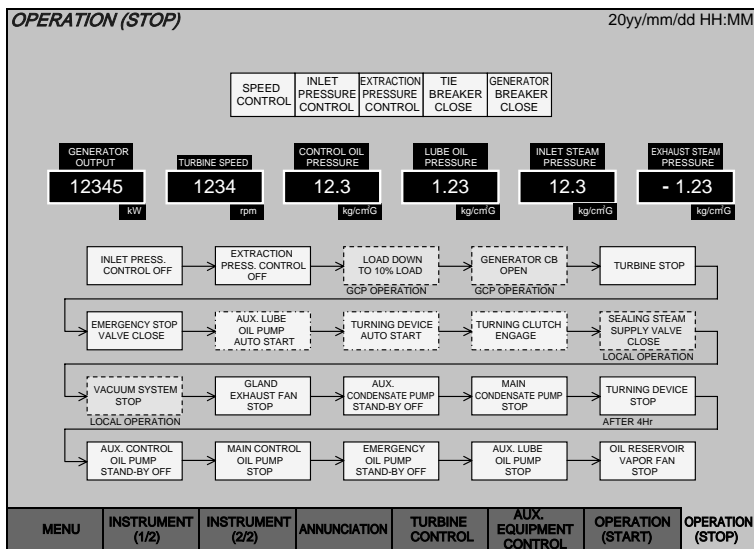


図4 タービン停止操作画面  
Touch panel screen of turbine stop operation

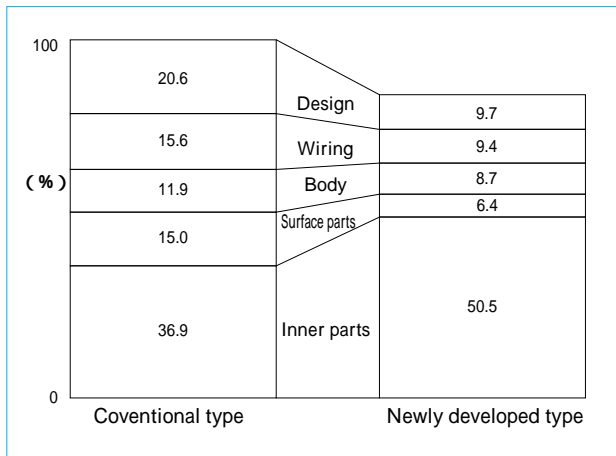


図5 コスト比較  
Cost comparison

### 3.4 現地配線工事

PLCに通信モジュールを装備することでDCSと通信によるインターフェースが可能となり、蒸気タービン起動盤からDCS間の配線が通信ケーブルのみとなり、現地配線工事の削減ができる。

通信形態については海外顧客が最も多く要求しているModbusを標準としているが、顧客の要求によってはPLC各社標準の通信形態をオプションとして選択可能としている。また、通信を行っていないシステムでは、オプションでハードワイヤ接続も可能としている。

### 3.5 運転操作

従来型の盤での操作は運転手順を把握している運転員、もしくは運転要領書を見ながらの操作でないと運転操作することはできなかった。本開発ではタッチパネルにオペレーションフローチャート(図3, 図4)を表示させ、その順序で画面をタッチ操作することで容易に運転停止操作を完了させることができ、従来型では不可能であったオペレータへのオペレーション支援が可能となった。また、蒸気タービン付属機器を全て遠隔操作可能なものにする事で自動運転も可能となる。

### 3.6 コスト

従来型と開発品のコスト比較グラフを、図5に示す。盤内部品費はPLCの使用によりコストアップとなったが、タッチパネルを使用することにより盤内部品費が削減でき、また、ハードウェアを固定することにより設計費の削減ができ、トータルで従来型と比べて15%のコスト削減が可能となった。

開発品はハードウェアを固定していることから、上記コスト削減に加え、レディーメイド化することでさらなるコストダウンが期待できる。

### 3.7 設計作業時間

従来型は、工事ごとの異なる仕様に合致させるためにその都度図面を作成していた。また、見積り時に新日本造機株式会社仕様が明確化されていなかったことから、顧客要求に対して新日本造機株式会社仕様を書面として表すことができなかった。

開発品については、顧客ごとに異なる要求に対して各部位についてオプションを設定することで、顧客ニーズも満足させることができた。また、基本スタンスは固定されているので、見積り時から新日本造機株式会社仕様がオフで、JOBスタート後も停滞することなく製作することが可能となる。

## 4 タッチパネル操作画面

本開発タッチパネルには、メニュー、計器、蒸気タービン制御、付属機器操作、オペレーション支援および警報設定画面を組み込んでおり、以下に各画面の説明を行う。

### 4.1 メニュー画面

タッチパネル起動時に表示される初期画面で、各画面への切替えを行う。なお、警報設定画面は、本メニュー画面でのみ切替え表示可能となっている。

### 4.2 計器画面

蒸気タービンの運転監視に必要な計測点の表示を行う画面で、蒸気/油系統の表示と、軸系統(軸受温度、軸振動)の2画面を組み込んでいる。

### 4.3 警報表示画面

蒸気タービンの重故障、軽故障表示を行う画面で、上段に

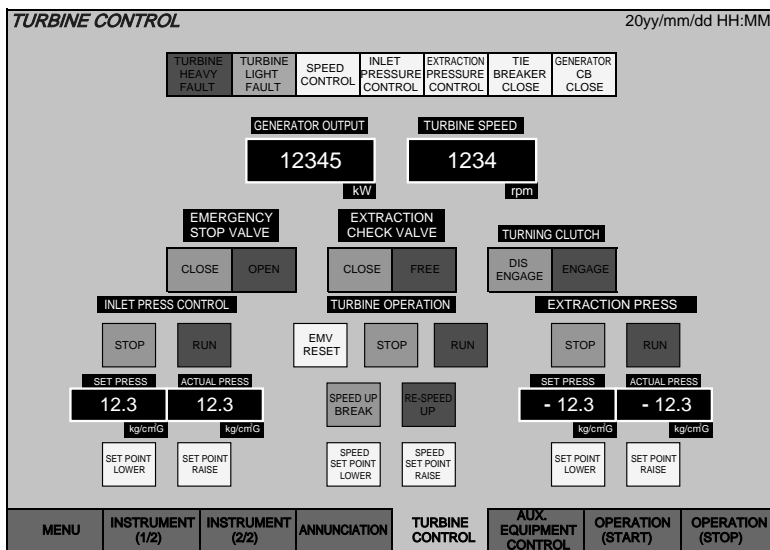


図6 蒸気タービン運転操作画面  
Touch panel screen of turbine control

重故障を下段に軽故障を表示させている。警報表示は工事ごとに異なることから、重故障、軽故障ともスベアを設け、各JOB対応可能としている。

#### 4.4 蒸気タービン制御画面

蒸気タービンの運転操作を行う画面で、蒸気タービンの起動停止操作および蒸気タービン制御の主蒸気圧力制御、抽気圧力制御を行うことができる。この画面には各制御モードの表示および主要弁の状態表示をしている（図6）。

#### 4.5 付属機器操作画面

蒸気タービン付属機器（各油ポンプ、各ファンなど）の操作を行う画面で、本画面のみで蒸気タービン付属機器全ての運転操作ができる。

#### 4.6 オペレーション支援画面

蒸気タービンおよび付属機器の運転停止手順を表示した画面で、通常、取扱説明書に記載している蒸気タービン運転方法をタッチパネルにフローチャートとして表示する（図3、図4）。フローチャートに沿ってタッチパネルを操作することで、蒸気タービンおよび付属機器の起動停止一連の操作ができる。また、本システムを使用することにより、オペレーションを容易にし、ミスオペレーションの防止に役立てることができる。

#### 4.7 警報設定画面

従来型では各計器にて警報設定していたものを、開発品は各計器をタッチパネルに集約し、画面上で各設定値をインプットできるように警報設定画面を組み込んだ。本設定値は、タッチパネルからインプットすることで、PLCメモリに書き込み、タッチパネル故障時においても各警報設定値が有効となるようにした。

## 5 今後の展望

本開発品は既に実JOBで使用しており、第1号機としてマレーシアのバイオマスプラントに納入されている。本JOBでは、顧客特殊要求が数箇所あったが全てソフトウェアで対応可能なものであり、従来品に比べ容易に要求を満足させることができた。

現状での納入実績は上記のもののみであるが、蒸気タービ

ン設置プラントの制御および監視については日々発展しており、本開発品が主流になっていくものと考えられる。この発展に遅れをとらないよう、また、この流れの先端に位置付けできる様、この進展に注視続け本開発品の改良を続けていく所存である。

## 6 むすび

本タッチパネル式蒸気タービン起動盤の特長として、監視計器および運転操作スイッチを集約することができる。

タッチパネルによるオペレータ支援ができる。

ハードウェアを固定することでレディーメイド化することができる。

PLCによるDCSとの通信が可能となり、現地配線工事の削減ができる。

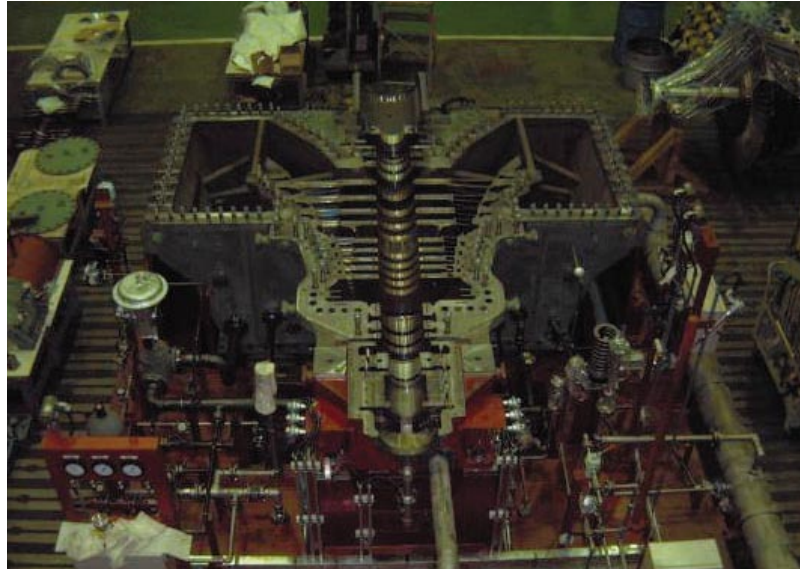
があり、これらの特長により他社との差別化を図ることができる。

今後、本システムをさらに向上させることが顧客のニーズでもあり、技術力の向上にもつながるので、さらなる向上を図る所存である。

# 蒸気タービンの高効率化

## Improvement in Steam Turbine Efficiency

井野正徳\*  
Masanori INO



蒸気タービン  
Steam turbine

近年、環境問題がクローズアップされる中、蒸気タービンの効率アップ要求はますます高まりを見せている。蒸気タービン効率向上対策として、長翼の開発、段落における漏洩損失の低減および排気ディフューザの開発を行ってきた。

長翼の開発においては、捻れ則を適用し最適な流入・流出角にした。また、固有振動数及び強度についても問題のないことを確認している。漏洩損失の低減においてはブレードチップのフィン数増加を行い端漏損を削減し、ブレード ルート フィンにより混合損失を削減している。排気ディフューザの開発においては、最終段からの排出速度エネルギーを適切に圧力回復できるようにしている。

As environmental issues have been attracting increasing attention in recent years, the demand for increasing the efficiency of steam turbines has also been growing stronger and stronger. To increase the efficiency of steam turbines, Shin Nippon Machinery Co., Ltd. (SNM) has developed a long blade, reduced the leakage loss in stages, and developed an exhaust diffuser. In developing the long blade, SNM optimized the entrance and discharge angles by adopting the "twist" rule. SNM has confirmed that the long blade has no problem in natural frequency and strength. In reducing the leakage loss, SNM decreased the end leakage loss by increasing the number of blade tip fins, and reduced the mixing loss by using the blade tip fins. In the development of the exhaust diffuser, SNM has designed it so that the discharge speed energy from the final stage is appropriately recovered in terms of pressure.

### 1 まえがき

わが国では1970年代のオイルショック以来、省エネルギーに対する要求の高まりとともに、活発に蒸気タービンの高効率化が行われてきた。また近年では地球温暖化問題に関連し二酸化炭素などの排出量削減要求が高まり、蒸気タービンに対してはさらなる高効率化のニーズが高まってきている。

蒸気タービンプラントの効率向上には、蒸気条件の高温高压化によるサイクル効率の向上と各種損失の低減による内部効率向上が代表的である。本報では、タービン内部効率向上について実機への適用例を紹介する。

### 2 蒸気タービン内部損失の分類

タービン内部における損失は、いくつかの要因が組み合わさっているが、内部効率の向上を図るには、各損失を正しく計算する必要がある。タービン内部における損失を大別すると、段落損失、排気損失、段落外圧力損失、機械損失、外部漏洩損失および放熱損失などがある。このうち、タービン内部損失のおよそ9割を段落損失と排気損失で占める。段落損失には主なものとしてプロファイル損失、2次損失、漏洩損失および湿り損失などがある。

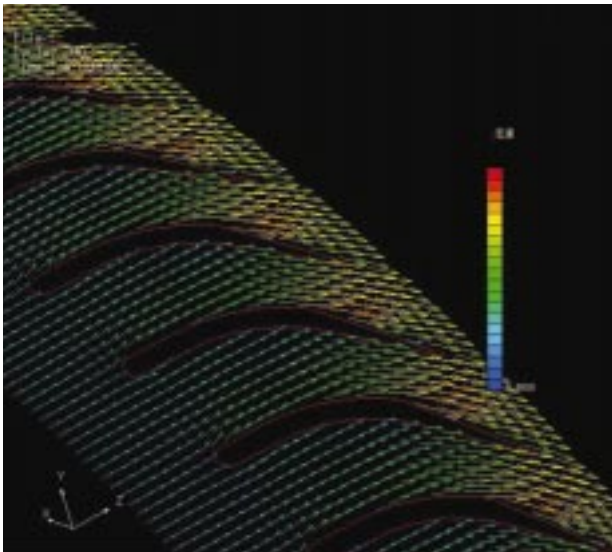


図1 翼列の速度分布  
Flow velocity distribution of turbine stator

### 2.1 プロファイル損失

2次元直線翼列における翼型の損失を、プロファイル損失という。プロファイル損失は、翼表面の摩擦および後縁厚みなどによる後流の混合損失である。また、蒸気流速が音速を超える場合に発生する衝撃波損失も含まれる。プロファイル損失は、2次元翼列風洞試験により実測する方法がとられる。ノズル後縁ではウェークと呼ばれる出口速度が低下する部分が現れ、この速度減少分をプロファイル損失として計測する。図1に、2次元直線翼列の速度分布を示す。

### 2.2 2次損失

2次損失とは、翼の上端および下端での壁面に発達する境界層と、2次流れにより発生する渦による損失を意味する。さらに、ノズルとブレードの相互干渉に基づく非定常流損失も含む。実験により2次損失を直接検出することが困難なことから、実験により計測された全段落損失よりプロファイル損失など直接検出の可能な諸損失を差し引いた残りとして定義する。2次損失は、アスペクト比(翼のコード長さと翼高さとの比)および転向角により大きく影響を受ける。

### 2.3 漏洩損失

ノズラビリンスやブレードチップの隙間を漏洩する蒸気が仕事をしないことによる損失を、漏洩損失という。また、ノズラビリンスを通過した蒸気は、ほとんどがバランスホールを通過して段落後へ吹き抜けるが、ノズルブレードの隙間から再び主流に混合する場合には混合損失が発生する。この混合損失を防ぎ、かつノズルで発生する2次流れを抑制するには、ノズル・ブレードの隙間からバランスホール側に一部の蒸気を漏洩させる方が良い。図2に、段落における蒸気流れを示す。

### 2.4 湿り損失

湿り蒸気域では理想気体には見られない特異な現象が生じ、これにより発生する損失を湿り損失という。湿り損失は、以下に示すようないくつかの現象によって生じる。

- 過飽和損失
- 復水衝撃波による損失

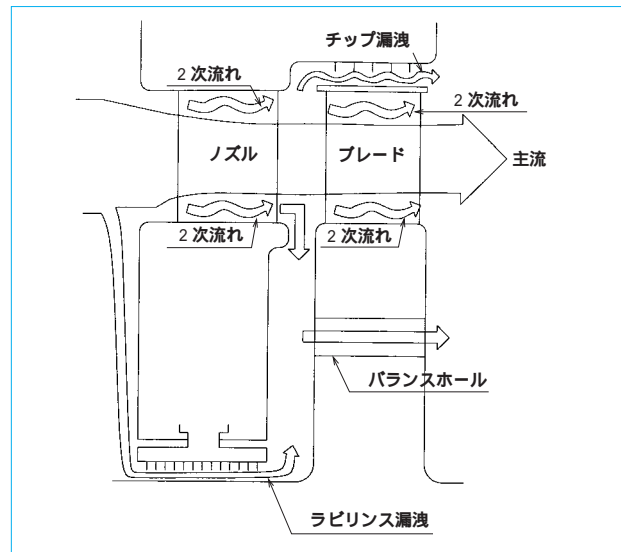


図2 段落における蒸気流れ  
Steam flow in stage

### 水滴を加速する損失

#### ブレードに対する制動損失

過飽和現象に続いて自然凝縮という相変化現象が生じ、その際に潜熱が周囲の蒸気に放出される時に損失が生じる。同時に水滴が形成され、復水衝撃波が発生し、流体的な損失も伴う。蒸気が速度の遅い水滴を加速しながら流れることから、蒸気を持つエネルギーが失われる。ブレードの背面に水滴が衝突することにより、制動損失が生じる。さらに、翼表面に付着した水滴によるプロファイル損失や遠心作用による損失がある。実験により湿り損失を測定することは困難であるが、経験的には段の平均湿り度が1%増すごとに、湿り損失も約1%ずつ増すとされている。

### 2.5 排気損失

ブレードから流出する蒸気は、次の段に流入するか復水器へ流入する。この時に発生する損失を排気損失という。ブレードから流出する蒸気の数エネルギー減少分をリーピング損失と言い、加えて低負荷時において流体をかきまぜることにより発生するターンアップ損失、軸方向速度が音速以上の場合に生じる環状制限損失がある。最終段のように復水器までの蒸気導入部分における流路抵抗により速度エネルギーが減少する場合の損失をフード損失と言い、排気室形状に依存する。

### 2.6 その他の損失

その他の損失としては蒸気加減弁などの圧力損失および軸受などの機械損失、グランドラビリンスからの外部漏洩損失およびタービンケーシング表面からの放熱損失がある。

## 3 効率向上策

損失の種類と効率向上対策を、表1に示す。プロファイル損失の低減を図るには、翼型の高性能化や流入角の精度向上があげられる。2次損失の低減には、2次流れを抑制するリーニングノズルの採用などがあげられる。湿り損失の低減には、水滴除去のためのスリットノズルやドレンキャッチャの採用などがあげられる。

表1 損失の種類と効率向上対策  
Loss and improvement in efficiency

損失の種類	内容	主な対策
プロファイル損失	2次元翼形状に起因する損失	翼形の改良 流入角の適正化
2次損失	内外壁面での流体摩擦や2次流れによる損失	翼高さの増加
		2次流れの抑制
		リークノズル
		リークコントロール
漏洩損失	ブレード先端およびノズルラピリスにおける漏れ蒸気損失	クリアランスの減少
		アクティブクリアランスコントロール
		マルチ チップ フィン
湿り損失	水滴を含んだ蒸気に起因する損失	ドレンの分離および排除
		ノズルブレード間距離の拡大
		スリットノズル
排気損失	タービンを流出する蒸気速度エネルギー損失および排気室の圧力損失	最終段翼長の増加
		排気室およびディフューザ形状の改良

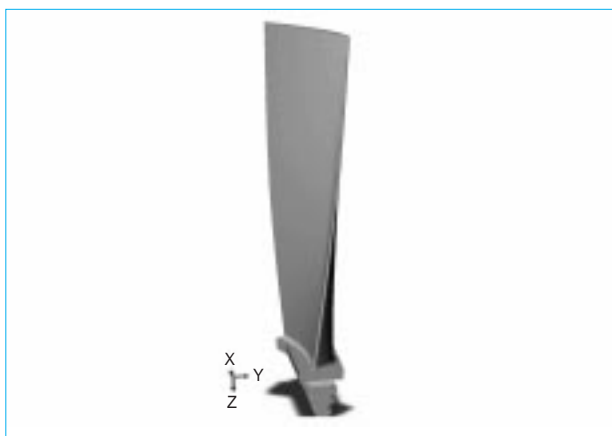


図3 長翼  
Long blade

本報では排気損失を低減させるために排気面積の増大を図った長翼と速度エネルギーの圧力回復を図った排気ディフューザおよび排気フード、漏洩損失を低減させるためのブレードチップフィンおよびブレードルートフィンについて紹介する。

### 3.1 長翼

長翼は、最終段より流出する速度エネルギー損失の低減を図るものである。蒸気は高压段から低压段へと進むに従って膨張することから、低压段ほど流路の環状面積を増大させなければならない。中間段では次段で流出速度エネルギーを回収できるが、最終段では流出速度エネルギーを回収できないため十分な環状面積を取り、最終段からの流出速度を落とす必要がある。長翼においては軸方向だけでなく半径方向でも蒸気の変動が存在するから、この蒸気変動に伴い翼プロファイルも半径方向に変化させ、適正な蒸気流れを形成しなければならない。したがって、長翼は半径方向に抜られた形となる。この抜れ具合、すなわちブレードへの流入角とブレードからの流出角を決めるために抜れ則を適用し、最適なプロファイル形状を決定する。抜れ則は各ブレード断面の反動度を計算し速度3角形を描き、プロファイル形状(抜り)を決

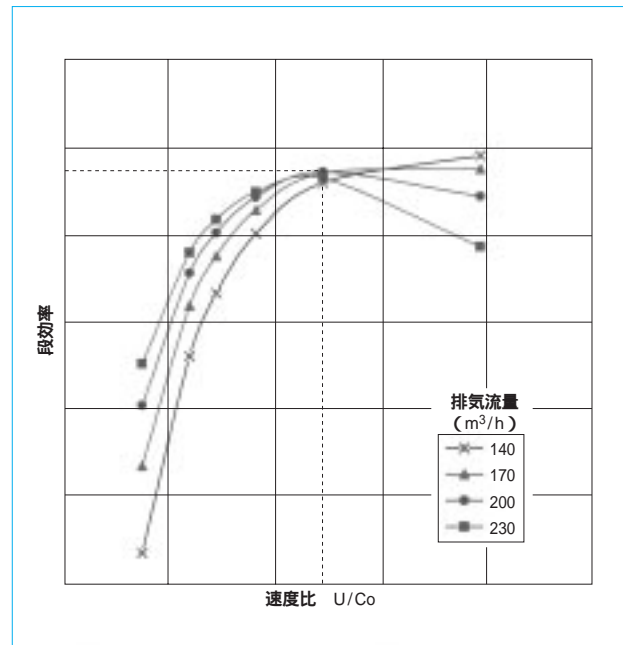


図4 段落効率計算  
Efficiency calculation

める。図3に、最終段長翼の一例を示す。図4は、排気圧力およびエントロピーを押さえ段入口のよどみ点の圧力、エンタルピーおよび蒸気流量を変化させ、抜れ則によるブレード効率計算を行ったものである。図4より効率デザイン点は最大排気ボリュームフローあるいは軸流速度を押さえると、その最大効率点から速度比 $U/Co$ および反動度が決定できる。ルート部からチップ部までの断面について、基本的なパラメータを用いてブレードのプロファイルを設定する。次に、プロファイルおよび翼根強度の検討を行う。長翼は高遠心力となるため、引張強度の優れた翼根形状を採用する必要がある。また、翼長が長いことより蒸気力による曲げ荷重、特に共振時の荷重が問題となることから、ロータディスクに取り付けうる最大の翼根サイズを選択し翼根にかかる曲げ応力を低減させる必要もある。長翼の開発時にはキャンベルダイヤグラムおよびグッドマン線図より共振時を考慮した強度評価を行い、ブレードおよび翼根とも設計基準を満足することを確認している。なお、排気圧力が計画圧力よりも高くなれば同じボリュームフローでも蒸気の質量流量が大きくなりブレードに大きな蒸気力が加わり、翼が破損する恐れがある。そこで各排気圧力で最終段の曲げ荷重を計算しボリュームフローに制限値を設けるなどの考慮が必要となる。

### 3.2 ブレードチップフィンおよびブレードルートフィン

段落内の漏洩による損失を低減する考えは二つある。一つは蒸気流路からの漏れの低減と、もう一つは蒸気流路に漏れ込み主流を乱す蒸気の低減である。ブレード先端部のシールドバンドとケーシングの隙間からの蒸気漏洩を抑制するためにブレードチップフィンを装備しているが、フィン数の増加とフィン形状の改善を実施し漏洩量の削減を図っている。また、ノズル隔壁とブレードルート部間の隙間から蒸気が流入し主流を乱すことにより発生する混合損失を抑制するためにブレードルートフィンを装備している。図5に、ブレードルートフィンの効果を示す。

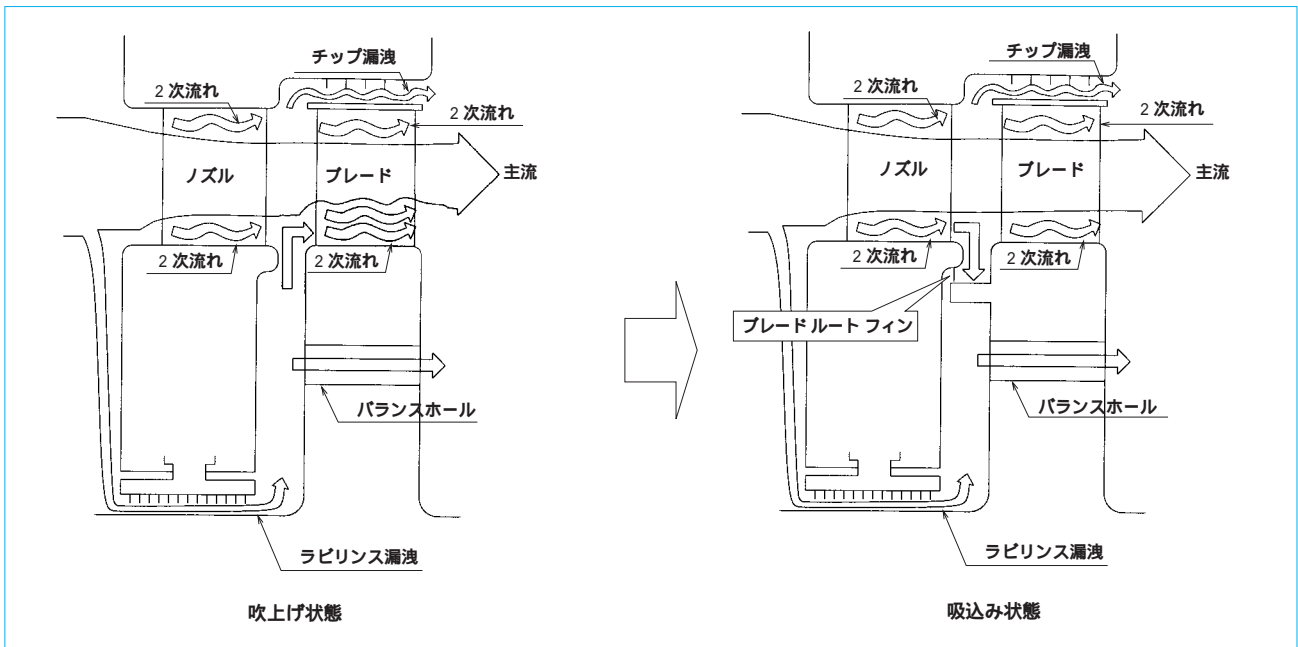


図5 ブレード ルート フィン効果  
Effect of blade root fin

### 3.2.1 ブレード チップ フィン

シュラウドバンドとケーシング間の隙間を吹き抜ける漏洩蒸気（端漏損）削減の改善策として、

漏洩面積の減少

フィン数の増加

シュラウドバンド形状とフィン形状の洗練

の三つがある。「漏洩面積の減少」はシュラウドバンドとフィンとの隙間を詰めることにより可能であるが、詰め過ぎると運転中にラッピングやスチームホワールが原因で振動を起こす恐れがあることからおのずと制限がある。そこで「フィン数の増加（フィン数を従来の2フィンから5フィン）」、「シュラウドバンドの形状とフィン形状の洗練」により翼頂部からの漏洩蒸気の減少を図ることにした。シュラウドバンド形状洗練の目的から一体シュラウド構造を採用した。一体シュラウド構造とは、隣接されている翼相互がシュラウドバンド部で接触し摩擦力により接合されている構造となっている。

### 3.2.2 ブレード ルート フィン

ルート フィンはノズルラビリンスからの漏れ蒸気が主流へ流れ込み、主流の蒸気流れを乱してしまうことを防ぐ目的として取り付ける。また、ノズルで発生した2次流れを意図的に漏洩させることにより、ブレードでの損失を低減し効率を上げることができる。ブレード ルート フィンはノズル隔壁とロータディスク間のクリアランスを狭める構造となっている。

### 3.3 排気ディフューザおよび排気フード

最終段から排出される蒸気は速度エネルギーはタービンの仕事には使われないので、そのまま損失として捨てられることになる。そこで最終段後にエネルギー回収用の円錐ディフューザを設けて、排出速度エネルギーを圧力エネルギーとして回収することで損失を低減する。最適に設計されたディフューザは最終段における熱落差を増加させ、最終段出口圧力を低下させる効果がある。しかし、実際には排気ディフューザだ

けでエネルギー回収できるわけではなく、排気室も含めたディフューザ効果を求めなければならない。排気ディフューザおよび排気フードの寸法を決めるには、以下の点を考慮している。

排気口縦横比

排気口面積と最終段環状面積との比

最終段出口から排気フードの壁までの距離と最終段外径との比

排気ディフューザ軸方向長さとの比

冒頭の写真に、効率向上対策を実施した排気フードを示す。

## 4 むすび

蒸気タービンの効率向上対策として、以下の事例について紹介した。

- 排気損失を低減させるための長翼
- 漏洩損失を低減させるためのブレード チップ フィンおよびブレード ルート フィン
- 排気の流出速度エネルギーを圧力回復させるための排気ディフューザと排気フード

これらの改善を実施したことにより、3%前後の高効率化が図れている。本報で紹介した内部効率向上対策は、ほんの一部分に過ぎない。

蒸気通路部へのスケールの付着やフィンの磨耗による漏洩量の増加など、性能の経年劣化についても対策を実施する必要がある。

今回の成果を基に、さらなる蒸気タービンの高効率化に努めていく所存である。

#### (参考文献)

- 池田隆, 鈴木篤英, 相沢協, 窪田富雄. 蒸気タービンの効率向上. 火力原子力発電, 32-5, p.409~435, 1981.  
 角家義樹, 渡辺英一郎. 蒸気タービンの性能予測. ターボ機械, 15-11, p.688~695, 1987.  
 ターボ機械協会編 蒸気タービン, p.156~183, 1990.

# オリジナル プロセスポンプの開発

## Development of Original Process Pump

渡辺 基\* 山代 憲治\*  
Motoi WATANABE Kenji YAMASHIRO

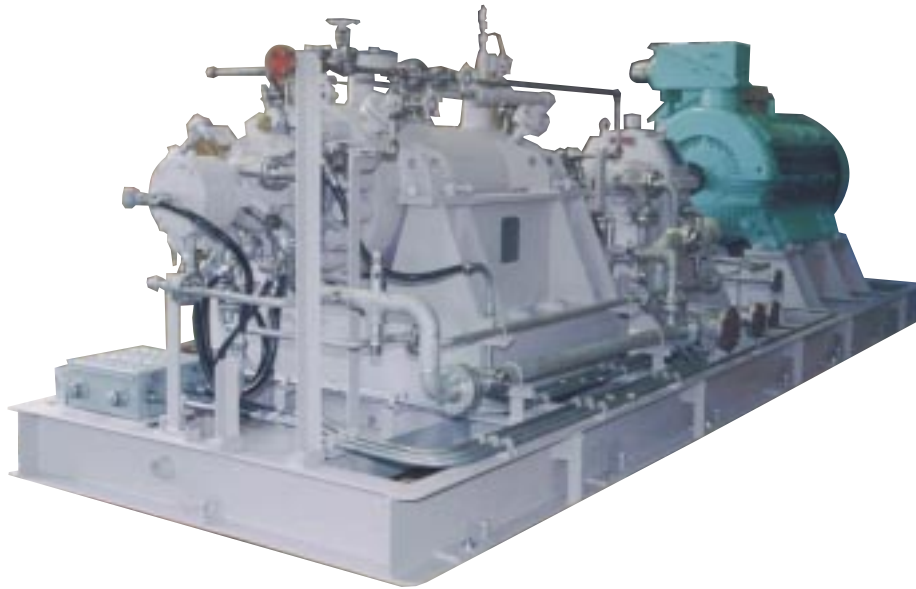


図1 BTBF型ポンプ  
BTBF type pump

一般産業用ポンプを手掛けている企業の数は非常に多いが、他方プロセスポンプメーカーとして認知されている企業の数は世界でも数社に絞られてきている。新日本造機株式会社は1960年代にプロセスポンプの市場へ参入し、国内外の石油精製・石油化学プラントへ数多くのポンプを納入して、国内では同ポンプのトップメーカーとしての地位を確立した。しかし、1990年代後半に入って海外向けに上記のようなプラント輸出が激減する中で、これまでの製品の延長線だけでは環境変化に対応できなくなってきているとの危機感を抱き、これを克服すべくプロセスポンプ事業の抜本的な見直しを行っており、その一環として新シリーズの開発に踏み切った。

本報では、新日本造機株式会社の長年にわたるプロセスポンプ生産の歴史とオリジナル プロセスポンプ開発の経緯を紹介する。

Although there are a large number of companies manufacturing pumps for general industries, only a few makers throughout the world recognized as process pump manufacturers have survived. In the 1960s, Shin Nippon Machinery Co., Ltd. (SNM) entered in the process pump market and established its position as a leading process pump manufacturer in Japan by delivering large quantities of pumps to oil-refinery and petrochemical plants in Japan and abroad. In the late 1990s, however, exports to those plants overseas dropped sharply. Amid these circumstances, sensing the crisis of being unable to respond to environmental changes only by extending its line of existing products, SNM radically reviewed its process pump business, and decided to develop a new series of process pumps as part of the review. This paper describes SNM's long history of process pump production and the background to how the original process pump was developed.

### 1 まえがき

プロセスポンプとは、石油精製および石油化学工業用装置で製造工程中の原料または製品を輸送するポンプの総称である。新日本造機株式会社は、その中でもAPI (American Petroleum Institute) 規格が適用されるプロセスポンプ、いわゆる「APIポンプ」をターゲットとして、幅広い品揃えを有している。

しかしこのプロセスポンプは独自で開発した製品ではなく、海外メーカーとの技術提携によって得た製品であった。したがって、少ない開発投資で市場参入できたのと引換えに、販売テリトリーなどの面では、事業を拡大していく上での足かせも同時に抱え込んでいたのである。近年、プロセスポンプを取り巻く環境が大きく変化し、従来の技術提携品ではこの環境の変化に対応できないという危機感から、新シリーズのプロセスポンプの開発に踏み切った。新日本造機株式会社



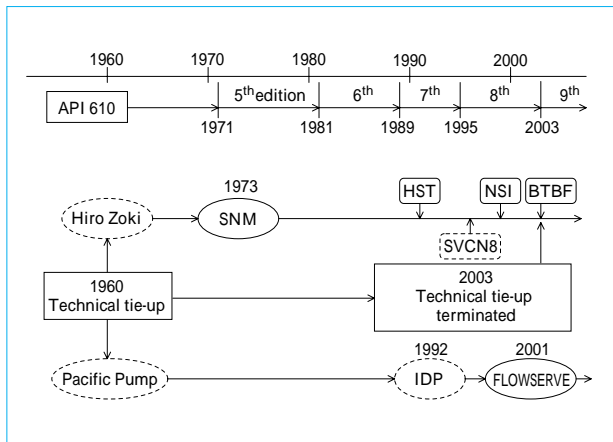


図2 プロセスポンプの歴史  
History of SNM process pump

がこの新シリーズによって今後の事業展開を図ることに関しては、ライセンスとの間で既に合意に達している。

本報では、長年にわたるプロセスポンプ製造の実績と最新技術の融合により開発した同ポンプの新シリーズを紹介する(図1)。

## 2 プロセスポンプの歴史

プロセスポンプの歴史を、図2に示す。

### 2.1 技術提携の始まり

新日本造機株式会社のプロセスポンプの歴史は、前身である廣造機株式会社から始まった。1952年に発足した廣造機株式会社は、主要製品である船用タービンおよびポンプの供給先である造船業界の2度にわたる不況の直撃による経営悪化の教訓から、陸上部門への転換を図った。1960年、米国のDresser Aktiengesellschaftとパシフィックポンプに関する技術提携を行い、本格的に製造を開始した。これが陸上機種種の第1号であり、『Pacific-Hiro』ブランドのプロセスポンプの始まりでもあった。1973年、廣造機株式会社と日本水力工業株式会社との合併により誕生した新日本造機株式会社に受け継がれていった。

### 2.2 トップメーカーへ

1960年代後半から1970年代にかけて、国内では公害防止の観点から重油に含まれる硫黄を少なくすることを要求され、直接脱硫プラントの建設ラッシュが始まった。新日本造機株式会社はこの装置に必要な高温・高圧のパレル型ポンプおよび動力回収ハイドロリックタービンのほとんどを納入し、プロセスポンプメーカーとしての地位を確立した。

### 2.3 大型化

輸出では、中国・ソ連(当時)向け肥料プラントおよび中国向けエチレンプラント用に非常に気化しやすく腐食性の強い特殊液を扱うポンプが多数納入された。この中国のエチレンプラントは日中国交正常化後初めての大型プラントであり、1973年に納入し日中協力の下に1976年稼働した。このエチレンプラントにはクエンチウォーター循環ポンプ(分解炉からの高温流出油を急冷するポンプ)やボイラ給水ポンプなどの大型ポンプが心臓部の機器として採用された。過酷な条件で使用されるプロセスポンプは国内の高度成長期に多くの

実績を作り、信頼性を確立していた。特に、エチレンプラント用では国内最多の納入実績を有した。

### 2.4 高速化

1979年には中国のハイドロクラッキングプラントに設計速度385、圧力302kg/cm<sup>2</sup>G、回転数6100min<sup>-1</sup>の高速回転パレルポンプを納入したのをはじめ、6000min<sup>-1</sup>を越える高速回転の領域の実績も積み重ねていった。

### 2.5 大型受注

1980年代になると中近東および東南アジアを中心とした石油所の近代化投資が活発となった。中国のハイドロクラッキング、クウェートのFCC(流動触媒分解装置)および南アフリカの世界初の商業石炭液化プラント用高温高圧のチャージポンプが多数納入された。特に、クウェートのKNPC(Kuwait National Petroleum)、サウジアラビアのPMY(Petromin Mobil Yanbu)向けの大型プロセスポンプの大量受注は、受注が大型化する契機となった歴史的なものである。

1990年代に入ると韓国向けエチレンプラントの建設ラッシュに乗って大型プロジェクトが多数受注され好景気に沸いたが、1990年後半から2000年にかけてバブル崩壊に伴って、国内石油業界の業界再編が進むとともに、アジア地区の経済情勢が悪化した。そして、石油精製・石油化学プラント建設需要が激減し、新日本造機株式会社もそのような需要低迷の悪影響をまともに受けて、同ポンプの業績は低迷を余儀なくされた。プロセスポンプの需要は低下し、一気に業績が悪化していった。

### 2.6 API610

プロセスポンプに大きく影響を与えるAPI規格も時代とともに変わってきた。1981年に発行されたAPI610 6次版ではポンプの最高効率点を定格点と使用点の間にする規定が加わったように、省エネルギーが改訂のポイントとなっていた。1989年に発行された7次版では、公害問題への取組みを受けてガasketなどの材質をアスベスト品からノンアスベスト品の推奨へと変更された。1995年に発行された8次版では、地球環境問題への配慮が重視され、シールからの漏れを最小限にするために軸シールが収まるスペースの寸法を大きく取るよう改訂された。この改訂では多くの項目で変更があり、ポンプメーカーにとっては製品の基本設計を見直す必要を迫られる厳しい内容であった。

2003年発行された9次版は、8次版に変わった時ほど大きな変更はなかったが、ISO規格との統合化が図られ、事実上の国際規格となった。

## 3 API改訂への対応と自社開発

1995年にAPI610 8次版が発行されたが、この改訂により軸シール部の寸法規定が大幅に変更された。この改訂では軸シール部の軸方向長さが長くなっており、プロセスポンプで最も台数の多い単段オーバハング型の「SVCN」というモデルでは軸回りの基本設計の見直しが必要であった。

当時の新日本造機株式会社において「SVCN」は主力製品であり、最新のAPI規格に対応できないことは死活問題であった。そこでライセンスの了解の下、新しいAPI規格に適合した新しい「SVCN」を開発することとなり、1996年10月に

開発を完了し、開発品の図面と技術データを基にライセンサのデザインレビューを受けた。この結果、新しい「SVCN」は「SVCN8」というモデルとして技術提携品の一つとして承認された。また、その他の技術提携ポンプに関しても、API規格改訂に合わせて新日本造機株式会社で改良された。その後も、以下に述べるような改良開発を継続して行った。

### 3.1 ロータスタビリティ

ロータの判定判別および不釣り合い応答を解析するプログラムを伝達マトリックス法を用いて作成した。この中でポンプのウエアリングやブッシュといった細隙部は差圧を有する軸受として作用する。このため、細隙部の動特性を求めることが重要となる。社内実験を基に、動特性を予測する方法を確立した。

### 3.2 羽根車内部の流れ解析プログラム

日本国内で開発された流線曲率法による準3次元羽根車内部流れ解析法を用いた3種類のプログラム（遠心用、ディフューザ用および軸流用）を自社製品に合わせて1987年に完成させた。これを使ってオリジナルの「HST」モデルを開発した。このポンプは運転流量が大きく変化するボイラ給水ポンプ用途に合わせ、従来製品と比較して広い範囲で高い効率となる特性を持たせることに成功した。運転点によっては最大5ポイントの効率向上を実現した。

上記のような改良開発は、新日本造機株式会社がプロセスポンプ製作実績で積み重ねてきた技術・ノウハウが成果となって結実したものと言える。

## 4 オリジナル プロセスポンプ開発完了までの経緯

### 4.1 オーバハングポンプの開発

1998年にスタートしたオリジナル プロセスポンプの開発は、「SVCN8」で経験のあった単段オーバハングポンプから始まった。単段オーバハングポンプはプロセスポンプでは汎用的にして、ライトデューティなサービスが多いポンプであり、また量産が期待できるポンプでもあり、市場が受け入れ易いと判断したからである。新しいモデルの名前は、「NSI」と決定した。

まずこのモデルのカバーレンジを決定するため、比較的最近の引合いデータよりポンプ仕様点の散布図を作成して、この「NSI」のカバーレンジを決定した。このカバーレンジを一つのサイズのポンプでカバーすることはできないのでいくつかのサイズに分けてカバーするようにした。即ち、基本となる比速度を8種類に決め、それらを比例倍してカバーするようにした。散布図の密度によってはサイズを細かく分けて、常に最高効率点に近い選定ができるように工夫した。比速度（ $N_s$ ）とはポンプの設計や選定の基本の値であり、次の式で表される。

$$N_s = \frac{N \cdot Q^{\frac{1}{2}}}{H^{\frac{3}{4}}}$$

$N$  ポンプ回転数 ( $\text{min}^{-1}$ )

$Q$  ポンプ吐出し量 ( $\text{m}^3/\text{min}$ )

$H$  ポンプ全揚程 (m)

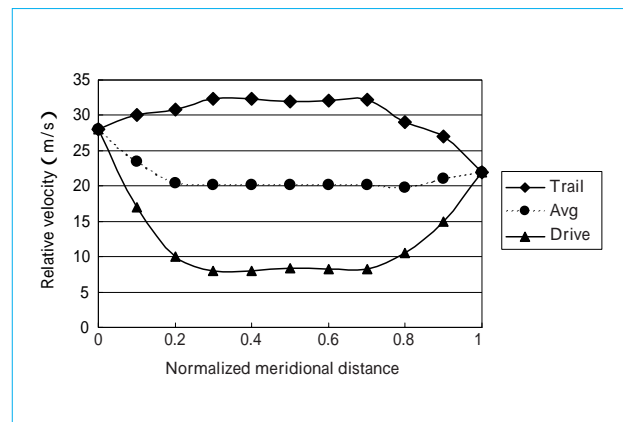


図3 羽根の相対速度  
Relative velocity

比速度が同じであれば、ポンプの内部流れの速度3角形が相似であることを意味している。つまり、比速度が同じ羽根車（インペラ）は相似形であり、ハイドロリック（水力特性）も相似則が適用できる。

こうして各サイズのハイドロリックを決定し、羽根車の設計を行った。与えられたハイドロリックを実現するための羽根角度や羽根枚数など各種パラメータを仮定し、羽根角度変化や流れ解析で羽根裏表の相対速度差（図3）である負荷分布を求め、羽根全体に均等になるように各種パラメータを何度も調整して、最終的な羽根の形状を決定した。こうして、従来機種と比較して、大幅な効率向上を実現することができた。

ハイドロリック以外の構造についても、API610規格を完全に満足した上に、FEM構造解析を使い徹底的にぜい肉を排除することで従来品よりも20%の重量低減を実現した。試作の検証も終わり、こうして開発した「NSI」は1999年に市場投入され、2003年度には単段オーバハングポンプの出荷台数の約75%を占めるまでに至り、「SVCN」に替わって新日本造機株式会社プロセスポンプの主力製品に成長した。この「NSI」の市場投入を通じて、ユーザは『Pacific-Hiro』ブランドではなく『SNM』ブランドを認知していることがわかった。このことは、これ以降行われた新シリーズの製品開発の弾みとなった。

### 4.2 パレルポンプの開発

続いての機種は、高温・高圧・高速回転が可能なパレルポンプの開発となった。パレルポンプは、プロセスポンプ最高のポンプであり技術的にも難しいポンプであるが、高温・高圧化のノウハウは長年の実績から既に確立していた。新しいパレルポンプは「BTBF」と名づけられ、「NSI」と同じ手法で開発を進めていった（図4）。この「BTBF」では、羽根車から出た流体の速度エネルギーを圧力に変換して次の段の羽根車へ導くディフューザという部品を、前述の「HST」で開発したタイプを採用した（図5）。これにより、性能を損なうことなく、ポンプの胴径を従来型と比較して8%小さくすることに成功した。

従来のパレル型ポンプは大きなスラスト荷重を受けるために、ティルティングパッドタイプのすべり軸受を備えていた。

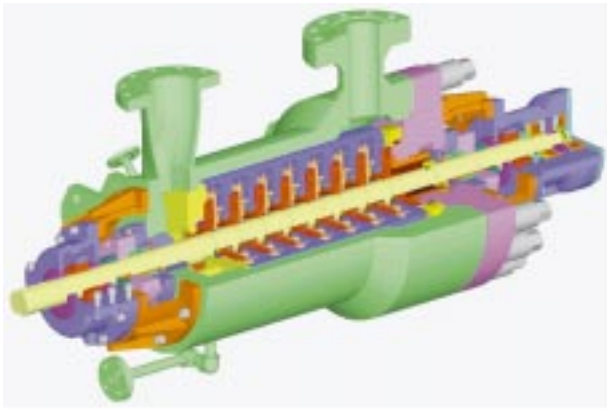


図4 BTBF型ポンプの構造  
Structure of BTBF type pump

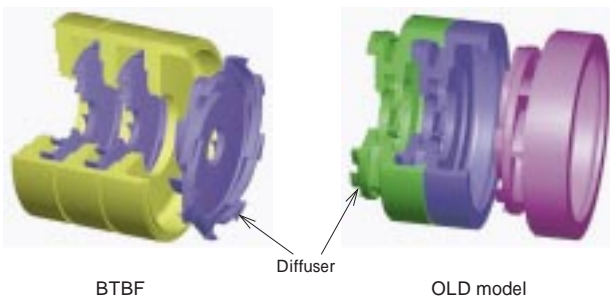


図5 ディフューザ  
Diffuser

インペラ前後の差圧から生じるスラスト荷重を、ウエアリングの漏れ流れを考慮して正確に求めることができるように、理論式を実験によって補正した。これによりスラスト軸受にボールベアリングを使える範囲が広がり、軸受そのものと強制給油装置を廃止することで大幅なコストダウンを実現できた。

こうして開発を終え、2003年には1号機が韓国へ納入され、順調に稼働を続けている。

#### 4.3 その他のモデル

同様な手法でその他の型式の開発を進め、2004年3月には全て開発は完了した(表1)。

現在、見積りの90%以上は新シリーズが占めており、順調に受注が伸びている。

#### 4.4 今後の展望

今後オリジナル プロセスポンプによる事業展開をすることは、既設品のサービスを継続実施することと併せて、ライセンスと既に合意に達しており、ポンプメーカーとしての果たすべき責務の遂行に支障は生じない。

現在このようにして開発したモデルのうち、市場の重要性やニーズから重点5機種を選び、高効率・高圧化とVE手法によるコストダウンを進め、商品力強化を継続している。

表1 オリジナルポンプ一覧  
Original pump list

API 610 specific type	Original pump
OH1 foot-mounted	SI
OH2 center-support	NSI
OH3 vertical in-line	NSIV
BB1 (1st) axially-split	SD-S
BB1 (2st) axially-split	RTH
BB2 (1st) radial-split	HDV
BB2 (2st) radial-split	RTV
BB3 (volute) axially-split	HTB
BB3 (diffuser) axially-split	MTB
BB4 radial-split single-casing	HST-R (ring-section)
BB5 radial-split double-casing	BTBF
VS1 through-column diffuser	CZ
VS3 through-column axial-flow	SPV
VS4 separate-discharge line-shaft	SIW
VS6 double-casing diffuser	BRV (vertical ring-section)

## 5 むすび

これまでオリジナル プロセスポンプの開発経緯を述べてきた。

技術提携により、プロセスポンプ市場へ参入した。

多種多様な仕様の実績を積み重ねて、トップメーカーの地位を確立した。

API 8次版の改訂作業に着手した。

ロータスタビリティおよび流れ解析プログラムの独自開発に成功した。

新シリーズ開発を完了し、新たな事業展開に着手した。

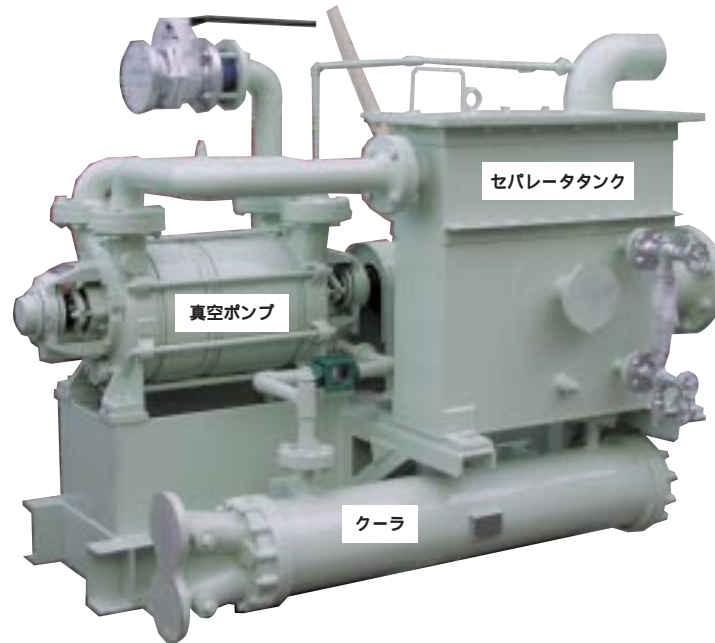
#### (参考文献)

- 井手紀彦. プロセスポンプの現状. 産業機械, no.582, Mar., 1999.  
妹尾泰利, 中瀬敬之. ターボ機械の羽根車内の流れ. 日本機械学会論文集中(第2部), 37巻302号(昭46・10)

# 水封式真空ポンプユニット

## Liquid Ring Vacuum Pump Unit

枝元 隆\*  
Takashi EDAMOTO



水封式真空ポンプユニット (LNG船用)  
Liquid ring vacuum pump unit (for LNG)

本報では、新日本造機株式会社の水封式真空ポンプの特長を紹介し、特定市場 (LNG市場および半導体市場) における水封式真空ポンプユニットの優位性を考察し、今後の市場開拓およびユーザ貢献につながる差別化技術開発の方向性を述べるものである。

なお、今回紹介する水封式真空ポンプは、ドイツ・Sterling SIHI GmbHとの技術提携品であり、水封式真空ポンプユニットとは、ドイツ・Sterling SIHI GmbHとの技術提携によって製作・販売している水封式真空ポンプに新日本造機株式会社のノウハウを加え、ユニット化した製品である。

This paper introduces the characteristics of Shin Nippon Machinery (SNM)'s liquid ring vacuum pump, discusses the superiority of the liquid ring vacuum pump unit in particular markets (LNG market and the semiconductor market), and suggests a direction for the development of differentiated technologies that will lead to future market development and customer benefits. The liquid ring vacuum pump introduced in this paper is a vacuum pump product produced under a technological alliance with Sterling SIHI GmbH of Germany. The liquid ring vacuum pump unit is a pump unit that is based on a water-sealed vacuum pump manufactured and sold through a technological alliance with Sterling SIHI GmbH of Germany and employs expertise of SNM.

### 1 まえがき

本報では、新日本造機株式会社の水封式真空ポンプユニットの特長、LNG船用真空ポンプおよび半導体製造装置用真空ポンプの市場とその特長を紹介する。

今回紹介する水封式真空ポンプは、ドイツ・Sterling SIHI GmbHとの技術提携品であり、水封式真空ポンプユニットとは、ドイツ・Sterling SIHI GmbHとの技術提携によって製作・販売している水封式真空ポンプに新日本造機株式会社のノウハウを加え、ユニット化した製品である。

### 2 水封式真空ポンプの特長

#### 2.1 真空ポンプの分類

真空ポンプは真空発生機構から容積移送式真空ポンプ、運動量輸送式真空ポンプおよび気体ため込み式真空ポンプに大別される。さらに、真空用途には低真空から極高真空を必要とする装置があり、必要真空度によっても大別される。新日本造機株式会社の真空ポンプは容積移送式真空ポンプであり、低真空用回転式真空ポンプの水封式真空ポンプに分類される。

水封式真空ポンプの特長は真空用途により異なるが、一般

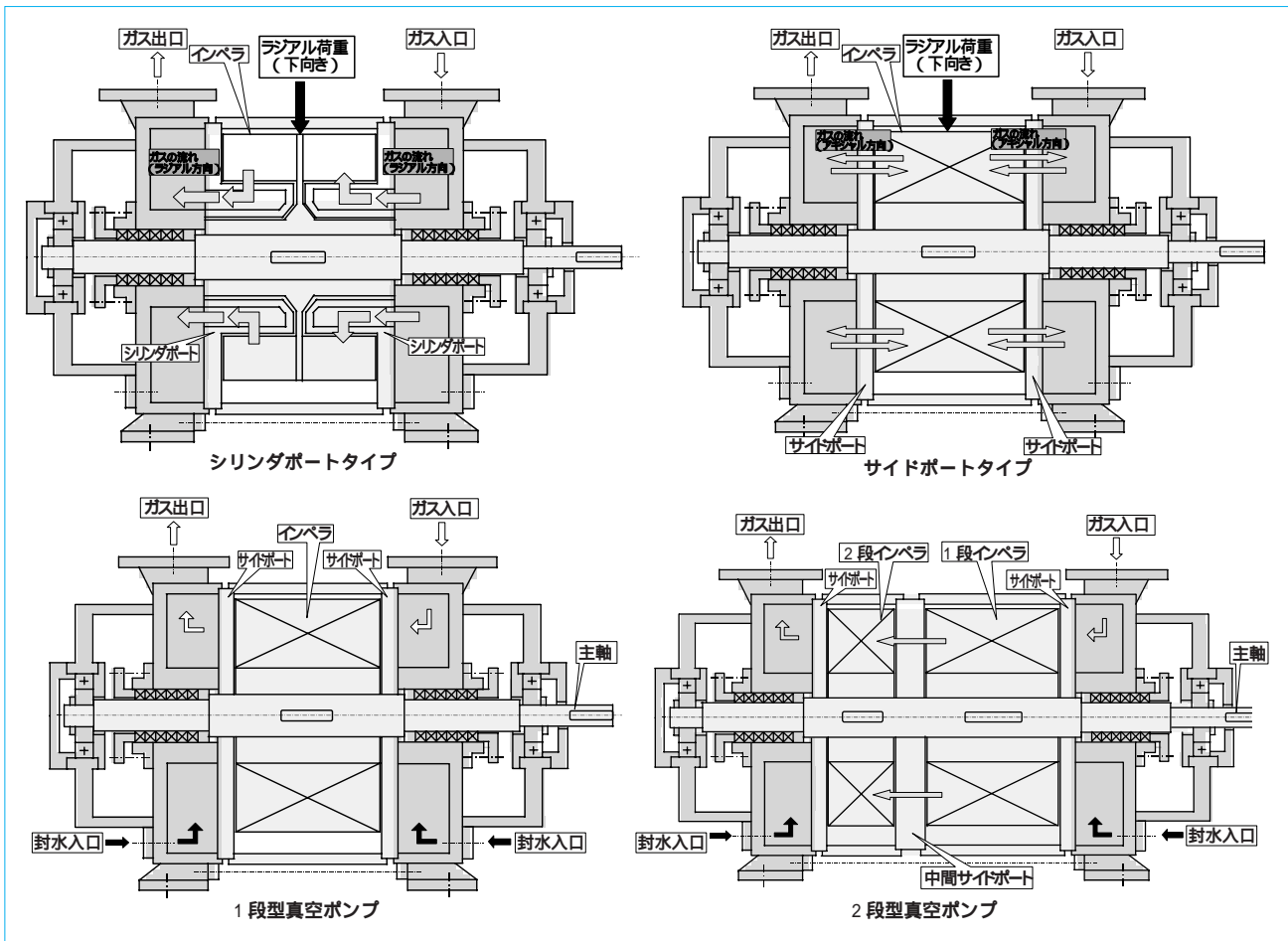


図1 水封式真空ポンプの特長  
Character of liquid ring vacuum pump

的には、蒸気や液滴が吸引可能、潤滑油が不要なことから油による吸引ガスの汚れが着かず、往復動式ではない回転式であることから小型・軽量である。この特長は、船に搭載される蒸気タービン排出側の復水器の真空装置に必要とされる条件になっている。

さらに水封式真空ポンプに必要なユーティリティは、この封水の圧縮熱を取り去る冷却水のみである。この冷却水は航海上では豊富な海水を使用できることにある。また、水封式真空ポンプは封水と軸受の潤滑油の管理が必要であるが、封水は自己循環していることから、特別な管理は必要ではなく、メンテナンス性に優れている。

### 2.2 吸気と排気ポート構造

水封式真空ポンプの吸引ガスの吸気と排気ポート構造にはシリンダポート方式(図1 )とサイドポート方式(図1 )とがある。シリンダポート方式はインペラの内側に吸引ガスの吸気と排気のシリンダが取り付けられ、ガスの吸気と排気が主軸に対してラジアル方向であるのに対して、サイドポート方式はインペラサイドに吸引ガスの吸気と排気のポート(ディスク)が取り付けられ、ガスの吸気と排気が主軸に対してアキシャル方向である。新日本造機株式会社は、サイドポート方式を採用している。

シリンダポート方式はインペラに作用する吸気側と排気側の差圧によるラジアル推力により、インペラとシリンダとが接触し、焼付きが発生し易い。一方、サイドポート方式はイ

ンペラのサイドにガスの吸気と排気のポート(ディスク)が取り付け構造上、インペラに作用するラジアル推力によるインペラとサイドのポート(ディスク)との接触は極めて生じ難く、信頼性に優れている。

次に、サイドポート方式の特長を示す。

インペラとサイドポートとの接触は極めて生じ難く、信頼性に優れている。

回転体であるインペラと固定側のポート(ディスク)とのクリアランスを小さく設定できることから内部漏れが少なくなり、高効率である。

主軸を軸方向に移動することにより組立て時のクリアランスが確認でき、メンテナンス性に優れている。

摩耗による性能低下時には部品の再加工調整で性能復旧が可能であり、新品に取り替える必要がない。

### 2.3 1 段型・2 段型真空ポンプ

新日本造機株式会社の水封式真空ポンプには1 段型(図1 )と2 段型(図1 )とがあり、1 段型はインペラを1 個、2 段型はインペラを2 個持ち、1 本の主軸上に直列に配置したポンプである。

1 段型は真空度が12kPa ~ 90kPaのガスの吸引に適し、運転真空度によりポンプ内部に設けられたチェッキ弁による吸引ガスの無駄な圧縮を防ぎ、ポンプ効率を向上させている。一方、2 段型は真空度が3.3kPa ~ 26kPaのガスの吸引に適し、吸引ガスを2 段に圧縮することにより1 段型では得られな

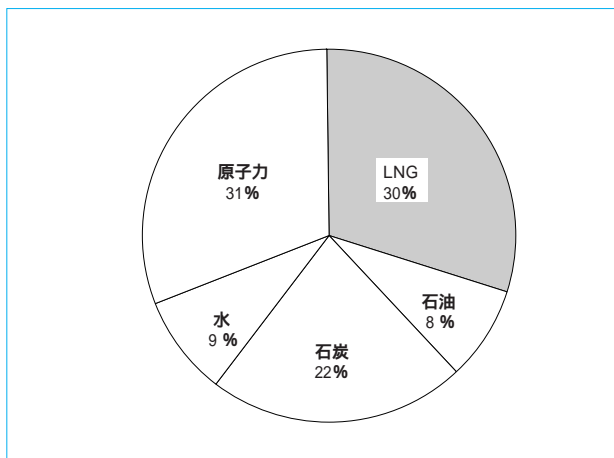


図2 日本の発電燃料の総発電量に対するLNGの割合（2003年3月31日時点）  
Power generation rate of LNG fuel, as of end of March, 2003

い高効率を実現でき、モータ容量を1段階よりも1ランク下げることができる。

この様に2段階は必要真空度に応じたポンプを選定することにより所要軸動力を小さくできて経済的である。

#### 2.4 エゼクタとの組み合わせ

水封式真空ポンプの真空度は封水の蒸気圧力に大きく左右されるが、封水温度が高い場合は、真空ポンプの吸込み側に空気エゼクタを取り付けることにより封水の蒸気圧より低い真空を得ることができる。船用真空ポンプに要求される封水温度と真空度は、正に新日本造機株式会社の空気エゼクタを組合せた2段階真空ポンプに最適である。

#### 2.5 自己吸引機能

真空ポンプのユニット化は、真空ポンプに必要な封液を循環して使用することである。新日本造機株式会社の真空ポンプは、真空側ポート部のシールを兼ねて、低圧部に給水することで封水の自己吸引機能を有する。したがって、封水を供給するための循環ポンプが不要となりユニットをコンパクトに組み込むことが可能である。設置スペースの制限を受ける船の中に設置するには、新日本造機株式会社の真空ポンプユニットは最適である。

### 3 水封式真空ポンプの市場

水封式真空ポンプは、電気、電子、化学、石油、鉄鋼、医薬、医療、食品、プラスチックおよび製紙など様々な業種で使用されている。数年前には、近い将来、封液に水を使用する水封式真空ポンプは、封水を使用しないドライ真空ポンプに置き換わると言われていた。ドライ真空ポンプには不適な分野および水封式真空ポンプでなくてはならない分野も多く存在するので、需要は今後も続くと考え。特に、発電用または船用の復水器真空ポンプおよび半導体産業の純水装置用真空ポンプなどの様に、吸込みガス中に水蒸気が含まれる場合には水封式真空ポンプの適用が大きく有利となる。吸引された水蒸気は、水封式真空ポンプ内で凝縮して封水として用いられ、真空ポンプ内で発生する水蒸気の凝縮熱は圧縮熱とともに封水によって持ち去られるので、ドライ式の様に前段での水分除去およびアフタクーラを必要としない。

この様に水封式真空ポンプを必要とする市場は多数ある

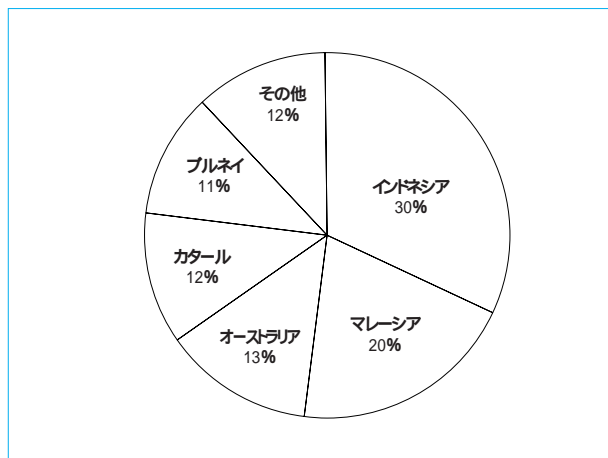


図3 LNG地域別輸入比率（2002年度）  
Import ratio classified by area, in 2002

が、その中でも新日本造機株式会社の得意なLNG船の市場と半導体の市場を紹介する。

#### 3.1 LNG船の市場

LNGは、その主成分がメタンガス（ $\text{CH}_4$ ）で他の燃料と比べて燃焼後に酸性雨の原因とされる硫黄酸化物（ $\text{SO}_x$ ）や煤塵を発生することはなく、また大気汚染などの原因とされる窒素酸化物（ $\text{NO}_x$ ）や地球温暖化の主要因とされる温室効果ガスの大部分を占める二酸化炭素（ $\text{CO}_2$ ）の排出量は石油・石炭燃料と比べても最も少なくなっている。LNGがクリンエネルギーとして注目される理由である。

天然ガスは世界各地に広く埋蔵されており、その埋蔵量は約149兆 $\text{m}^3$ （2000年現在）、採掘可能年数は約62年間（年生産量で割って算出）と石油の約42年間と比較しても長く、現在も各地で新しいガス田が発見されている。今後のLNGの需要は、その資源量も豊富なことから環境にやさしいエネルギーとして伸びるものと期待されている。

LNGは主に火力発電所の燃料として使用されるが、日本の発電所で使用される燃料の総発電量に対する割合は、図2のようになっている。LNGは、総発電量の30%を占める燃料となっており、今後も増大していくものと思われる。

日本では、天然ガスの産出が少ないことから、国内消費量の97%はLNGとして海外からタンカーで輸入している。主な輸入先は、図3のようになっており、その輸送のLNG船の需要は増大し、今後もLNG船の新規建造は続いていくものと予想される。

LNGの輸送には船が利用されるが、その運搬途中に外部から熱を受け、LNGが気化し、外部放出させることになる。LNG船ではその余剰LNGを利用してボイラを焚き、水蒸気を作り、タービンを駆動させて船の推進力としているのは前述のとおりである。

2002年末現在約130隻のLNG船が運航されており、2002年10月時点で2006年までの受注残が64隻（その内日本と韓国の受注残は55隻）と推察されている。主に日本および韓国で建造される船のタービンまわりの製作は、日本の2社がほぼ独占で受注していることから、LNG船に搭載される船用真空ポンプの市場としては、ここ数年は現在の活況を維持するものと予想される。

新日本造機株式会社の船用真空ポンプユニットは、成長市場であるLNG船用真空ポンプ市場にてトップシェアを維持している。全世界のLNG船の主原動機ユニットは現在国内2社の独占状態であり、その主原動機ユニットの補機として新日本造機株式会社の真空ポンプが実質上標準仕様品として組み込まれている。当該市場では船の航海中の修理が難しく、同真空ポンプが停止すると船（タンカー）を漂流させる結果となることから、信頼性最重視が顧客の最重要項目であり、競合他社の新規参入を困難にしている。その基本構造がサイドポート型ゆえの高信頼性、2段型ゆえの高真空適応性（高効率）を有しており、基本構造そのものが有する特長が元来船用ユーザ仕様に適していた。受け入れられた主要因は顧客が求める第2の要求であるコンパクト性に対して競合他社に先んじ差別化技術提案を実施し、それが受け入れられたことにある。差別化技術提案のブレークスルーポイントは、真空ポンプの周辺機器レイアウトをコンパクトにユニット化およびモジュール化した、LNG船専用コンパクト真空ポンプユニット（冒頭の写真）の提案であった。

### 3.2 半導体の市場

半導体製品である携帯電話、デジタルカメラおよび液晶テレビなどといったものが最近急速に普及し、その需要は急上昇の感がある。これら機器は、集積回路および液晶ディスプレイなどで構成され、それらの製造に際しては不純物の除去は不可欠である。そのことから各製造工程で不純物を取り除く洗浄作業が要求され、洗浄に使用する洗浄水には不純物を極限に取り除いた水（超純水）が求められる。超純水には、厳しい水質基準が設けられ、溶存酸素量の規定もその一つとなっている。その水に含まれる溶存酸素を除去する手段として、真空ポンプを用いた真空脱気の方法が用いられる。つまり、超純水の製造に当たっては、水封式真空ポンプが不可欠のものとなっている。

2003年の世界の半導体市場は、前年比14%のプラス成長となっており、2004年は通信機器などの需要が改善され、20~30%のプラス成長となると予想されている。一方アジアに目を向けると液晶市場において台湾および韓国の成長が著しく、新工場の建設が相次ぐ中で国内の純水装置メーカーの各社が厳しい受注競争を行っている。

半導体産業全般として見れば、年ごとに供給不足・過剰を繰り返しており、設備投資については、不透明感があるものの昨今の液晶大型化に代表される様に生産ラインもそれに合わせて更新を行っている。今後、様々な分野において新たな需要の発掘により生産ラインもそれに合わせて更新が必要になると推察される。よって、潜在的に純水装置の需要も続くものと予想される。

半導体関連の設備は、他社に先んじての製品化が要求され、それに伴い、生産決定から実際に生産を行うまでの工期が非常に短く、全ての機器について短納期での対応が迫られる。半導体関連の市場に対しては、低価格への取組みは勿論のこと、短納期での対応に依って行くことが真空ポンプ受注確保の絶対条件となる。

新日本造機株式会社の真空ポンプユニットは、半導体市場では液晶製作プロセスに必要な純水製造装置に使用されている。ここでも顧客である国内純水装置メーカーにトップシ

アとして受け入れられ、広く海外に向けて納入されている。

半導体純水装置メーカーにとって最重要事項は、変化の速い市場特性に起因する短納期対応であった。新日本造機株式会社は豊富な実績に基づくシステムのバリエーションを多数有しており、ユーザが求める様々な要求に最適なソリューションを短時間で提案できる上、機器のモジュール化によりユーザの求める短納期を実現してきた。

## 4 今後の展望

本報では、新日本造機株式会社の真空ポンプの特長について紹介してきたが、今後の展望としては製品特性（高真空、低動力およびコンパクト）を生かした、船用・半導体市場に続く市場の開拓および顧客が認める差別化技術開発を進めていくことがユーザ貢献につながるものと確信している。

## 5 むすび

本報にて述べた新日本造機株式会社の真空ポンプユニットの特長を、以下に示す。

サイドポート方式であることからインペラとサイドポートとの接触は極めて生じ難く機器の信頼性に優れている。

2段型は、真空度が3.3kPa~26kPaのガスの吸引に適し、吸引ガスを2段に圧縮することで、1段型では得られない高効率を得られることにより、モータ容量を1段型よりも1ランク下げることができる。

自己吸引機能を有するため、封水を供給する循環ポンプが不要となり真空ポンプユニットをコンパクトに組み込むことが可能である。

真空の発生機構として水を用いており、吸引ガス中に蒸気や水滴が含まれてきても、真空ポンプ内で凝縮して封水の一部として使用される。このため、蒸気や水滴の直接吸引が可能であり、ドライ式のように前段での水分除去およびアフタクーラを必要としない。

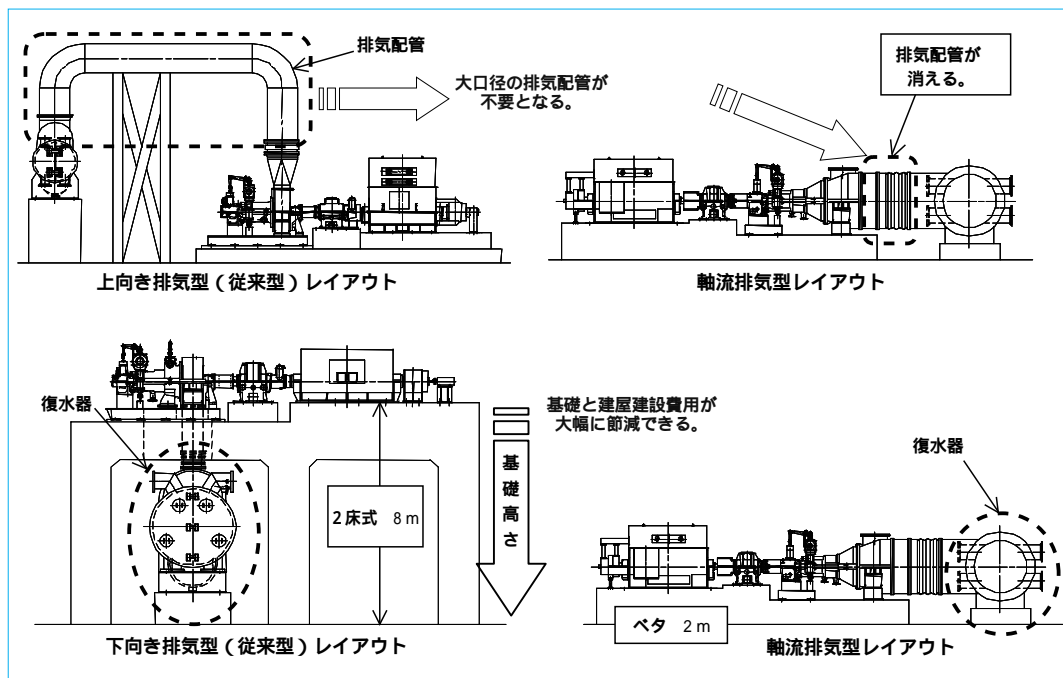
### （参考文献）

中国電力株式会社．入手先<<http://www.energia.co.jp/>>，（参照2004-04-10）．

甘利一郎．液封回転ポンプ．株式会社パワー．

# 軸流排気型蒸気タービンのラインナップ化

## Widening Lineup of Axial Exhaust Type Steam Turbine



近年の地球温暖化問題、NO<sub>x</sub>などの排ガス規制強化および将来のエネルギー安定需給の観点から、急激な市場成長が期待できるガスタービンコンバインドサイクル発電プラント市場をターゲットとした、中小型軸流排気型蒸気タービンのラインナップ化が完了した。市場投入第1号機となったC8型、そしてC6型は製作を完了し、既に納入済みである。また、C9、C10型においても現在製作中であり、完成目前である。

軸流排気型の潜在的ニーズの度合いが圧倒的に大きいガスタービンコンバインドサイクル発電プラント市場をターゲットとしてきたが、最近、バイオマス発電プラント市場においても受注に成功した。軸流排気型による平面床式基礎は市場セグメントを問わず、発電プラント全体のイニシャルコストである基礎工事および建屋建設費用を含めた付帯設備費用の大幅削減という利点を提供できる。軸流排気型蒸気タービンの受注拡大の兆候が見え始めてきており、大きな期待を寄せている。

### 特長

同じく平面設置となる上向き排気型は、蒸気タービンと復水器の間に大口径の排気配管が必要となる。軸流排気型の場合は蒸気タービン排気口に直に復水器の設置が可能であり、大口径の排気配管が不要となり、大口径排気配管設計、配管部品および配管溶接施工が不要となる。またそれを支持し、メンテナンスするための架台およびサポートが不要となり、付随する配線、配管およびラックの削減が可能となる。

蒸気タービンをメンテナンスする際、大口径排気配管を取り外す必要がなくなり、また、大口径の排気配管を置いておくメンテナンススペースの削減も可能となる。

下向き排気型は、蒸気タービンの下側に復水器を設置する構成となるため2床式の基礎となり、約8mの基礎高さが必要となる。軸流排気型は基礎高さ2mのベタ基礎で据え付けられることから、復水器を含めて平面設置が可能となる。また、2階床基礎の削減および天井クレーン吊上げ高さが低い分建屋高さを低くできることから、基礎と建屋の建設費用の大幅な削減が可能となる。

排気口形状が矩形型から丸型にでき、排気フードの幅方向寸法の低減が可能となる。台板付きとしても陸上輸送制限規制内に入ることから、台板付きのパッケージ化が可能となる。また、現地搬入後の組立て作業が不要となり、現地工事費用および現地工事リードタイムが削減される。

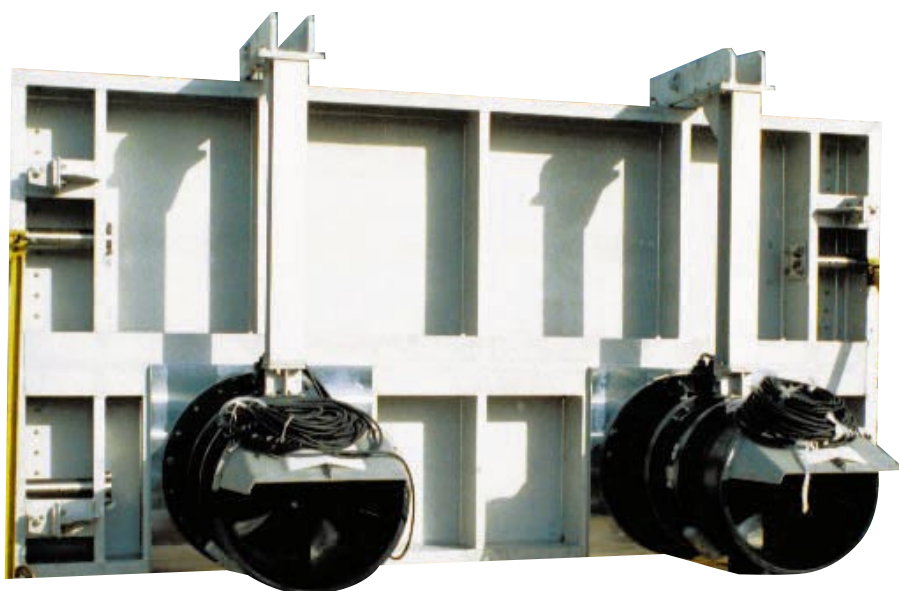
タービン最終段ブレードを出た蒸気をそのまま真直ぐ復水器へと導かれることから、蒸気流れの曲がりがない分だけ圧力回復度が大きくなり、排気損失の低減が図れ、機械効率向上が可能となる。それに加え、上向き排気型の場合は、排気配管圧力損失分の低減が図れ、さらなる機械効率向上が可能となる。また、排気口から復水器間までの蒸気流れの整流化の実現により、騒音も低減される。

(新日本造機株式会社 加藤俊樹)



# ポンプゲート

## Pump Gate



昨今の公共事業の見直しや削減が叫ばれている中、ポンプメーカーも省力化や簡素化を推進している。その中で、ここ数年脚光を浴びているものにポンプゲートがある。新日本造機株式会社もカタログ作成などを通じてPRを続けて来たが、2003年10月に兵庫県・西宮市より受注した。

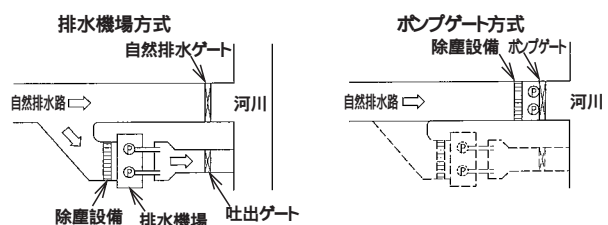
ポンプゲートは小規模な排水を目的とし、ポンプとゲートを一体化したものである。排水機場のスペースがとれない河川の排水に適しており、内水位が外水位より高い時はゲートを開けて自然流下で排水させるが、内水位が低い時はゲートを閉じてポンプで強制的に排水させる。

### 主要仕様

- ポンプ 横軸水中軸流ポンプ 2台  
 600mm × 45m<sup>3</sup>/min × 1.1m × 18.5kW  
 ゲート 鋼製ローラゲート 1門  
 スクリーン ヒンジ式可動スクリーン 2面

### 特長

従来の排水機場とポンプゲート方式の違いを、次の図に示す。



従来の排水機場では、流入水路や吐出ゲートが必要であり設置スペースが大きくなる。ポンプゲート方式では、自然流下水路にポンプゲートを設けることにより、スペースが縮小され用地取得費などのコスト縮減につながる。さらに、システムがシンプルであり、運転操作や維持管理が容易という利点もある。

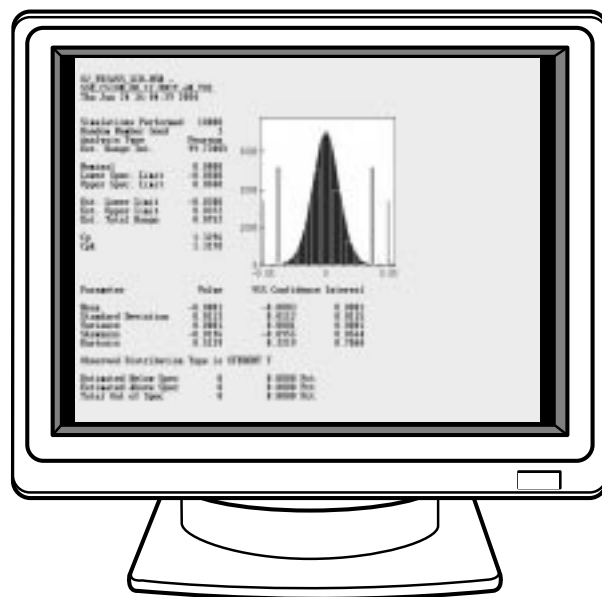
今回の最大の課題は低水位運転が0.92mと通常値(1.05m以上)より低いことから、空気巻き込みによる渦の発生をいかに防止し、異常振動や騒音を起させない点にあった。流れ解析を駆使し、ポンプ吸込部に適正なスロート(帽子の底のようなもの)を設けることで渦の発生を防止できた。

(新日本造機株式会社 花田利喜)

# 公差解析シミュレーションの活用方法

## Practical Usage of Simulation for Tolerance Definition

中 垣 憲 人\*  
Norito NAKAGAKI



公差解析結果モニタ  
Result monitor of analysis for tolerance definition

近年の市場要求の高精度化に伴い、電動射出成形機新機種を中心とした開発における機構部品の最適な公差設定が、機械スペックや製造原価を決定する上で非常に複雑かつ重要な課題として取り上げられている。一方で、従来の試作機依存による確認検証法では設計・製造ともに時間がかかり、かつ要求仕様を満足できない場合の後戻り作業が発生する可能性が高く、開発リードタイムやコストが膨大になる傾向があった。

本報では、これらの多様な問題を解決するための一つの解法の提案に向けて、開発初期段階での3次元仮想部品加工または装置組立てによって、より効率よい設計変更を可能にするツールを導入し、試験的に電動射出成形機の開発機（SE-Dシリーズ）に適用した事例を紹介する。

With the recent market requirement for higher accuracy, the optimal setting of tolerance of working parts in the development of new models of motored injection molding machines has become much attention as a very complicated and important issue in terms of determining their mechanical specifications and manufacturing costs. Meanwhile, with the conventional verification method dependent on prototypes, there has been a tendency that much time is required in designing and manufacturing, retrogressive work is frequently inevitable if the required specifications are not met, and immense development lead time and cost are required. This paper discusses a case in which a tool that enables a more efficient design change through 3-D virtual part machining and machine assembly in the initial development stage was introduced and adopted in a developed model of a motored injection molding machine (SE-D series) on a trial basis, as a possible solution to these various problems.

### 1 まえがき

近年の射出成形業界において、市場の電動機普及率は急速な勢いで拡大してきている（図1）。これは、電動機の特長である、生産性、省エネ性およびクリーン性に対する顧客の注目度が増加してきていることを背景としている。このような顧客ニーズを満足するために、当社は新型電動機種の開発活動を継続してきている。しかし、競合他社との開発競争が

過熱することで、その開発に与えられる期間は年を経るごとに短くなり、熟練の設計者や加工・仕上げ職人に依存する品質の作り込みには限界が見えはじめてきた。さらには、電動機開発の経験不足により、試作段階では想定できなかった不具合が客先で発生し、その後処理に費やされる人材、時間および費用も莫大なものとなってきている。このような開発による悪循環傾向を払拭するために、開発の初期段階での品質確保が必須となった。生産現場の要求としても、試作・量産

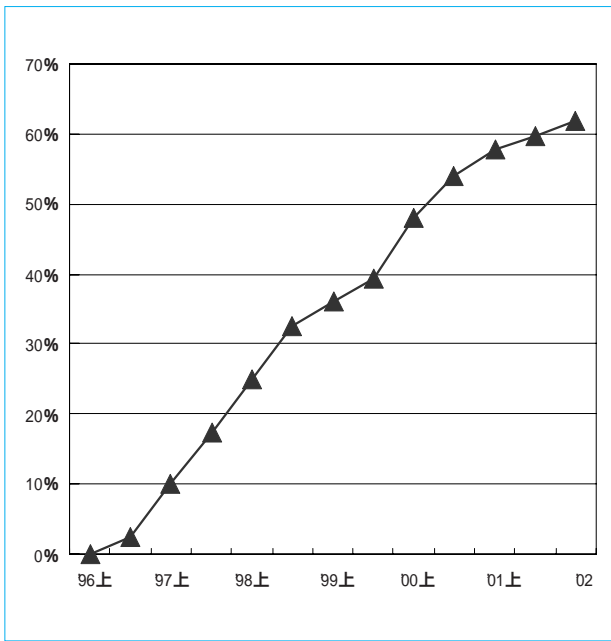


図1 市場の射出成形機の電動化比率  
Market share of electric machine for injection mold machine

機の品質を製作しながら確認する手間を省くために、ある程度の品質の信頼性を擬似的に確認（シミュレーション）したいという提案がなされた。これらを総括して、従来の縦割り役割分担方式開発を否定し、設計・製造混成のフロントローディング方式開発を導入するに至り、まずはその第1段階として、電動機の精度革新（機構部品の最適公差設定）への取組みが2000年6月にスタートした。本報では、この活動について報告する。

## 2 新しい開発フロー導入による精度革新効果

本章では、従来できなかった開発フロー、具体的には公差解析シミュレーションの手順および生産現場での活用方法、およびそれによる差別化につながる項目について述べる。

### 2.1 精度革新開発の概念

簡単に比較するために、従来型および革新型の開発フローを図示する（図2、図3）。従来の縦割り方式によれば、設計部門から与えられた規格値または図面情報の制約の中でしか品質作り込みの自由度がなかった。これが生産現場に最も弊害をもたらしていた。具体的には、加工は図面公差の優先度が不明確ゆえ、全ての公差を満足させながらコスト・製作時間を抑える工夫しかできない。また、組立ては要求精度を満足させるために、精度調整や部品組み合わせの選択を余儀なくされ、最悪初期値で調整限界を超えてしまう場合は、全部品の精度チェックをする。一度ばらばらにする後戻り作業が発生していた。このような工程では、試作段階での完全な品質作り込みは時間の制約から不可能で、量産である程度の不具合を覚悟せざるを得ない状況であった。

これに対して、革新型開発を適用した場合、開発初期段階から全部門参加によるアイデア抽出を実施し、各アイデアについての解析による検証を繰り返し実施するので、試作段階に至るまでの期間が従来よりも長くなる。しかし、バーチャルに実機をイメージして、予測される不具合項目の潰し込み

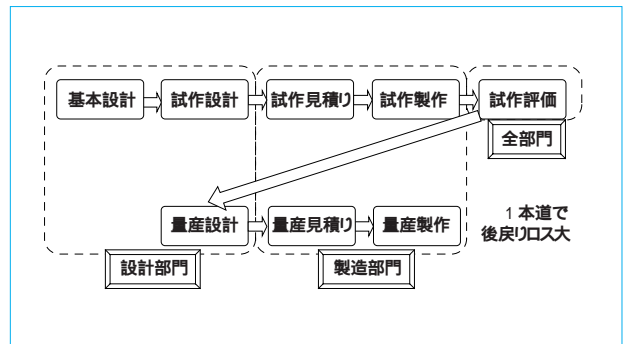


図2 従来型開発フロー  
Flow-chart of conventional development

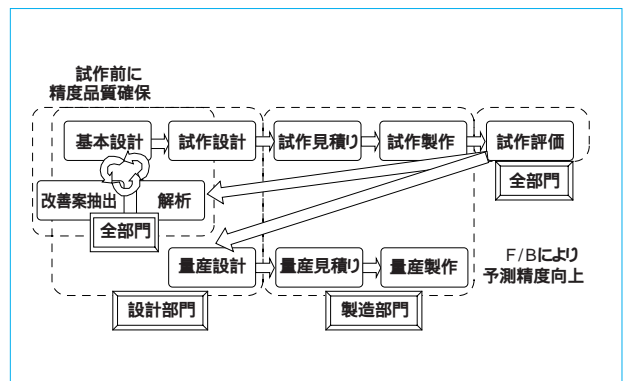


図3 革新型開発フロー  
Flow-chart of renovational development

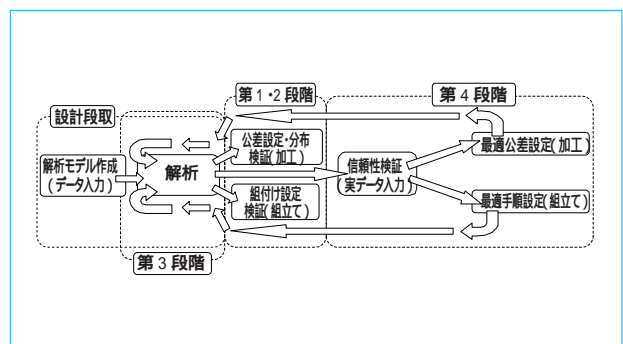


図4 公差解析フロー  
Flow-chart of analysis for tolerance definition

が既になされており、実際に試作機を製作する段階で抽出される品質上の不具合も致命的なものはほとんどなくなる。後戻り工程を発生させないので、結果として従来よりも短期間で量産へ展開できた（第3章参照）。

### 2.2 公差解析シミュレーションの具体的展開

2.1で紹介した基本設計段階でのサブルーチンを、さらに詳細に紹介する（図4）。第1に、従来の設計者主体のモデリング（I-DEAS 3D-CAD）段階で、製造現場からのVOC吸い上げを行った。第2に、装置精度に対して効果があると思われる新しい加工・組立て手順案の抽出を行った。第3に、それらのデータを公差解析ツールへ落とし込み、シミュレーション上で擬似生産を繰り返し、そのばらつきや規格の上

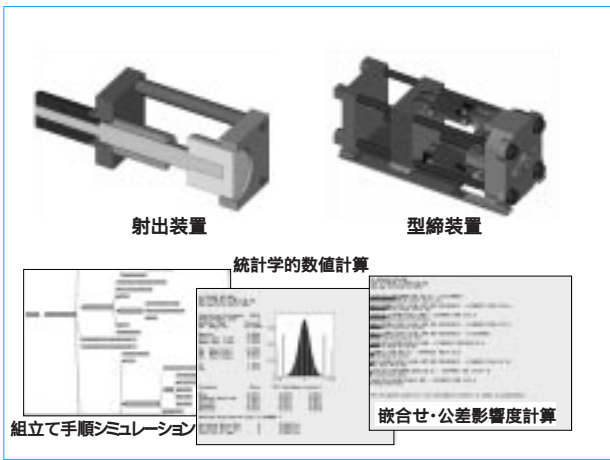


図5 公差解析モデルと解析例  
Models of analysis for tolerance definition and example for result of analysis

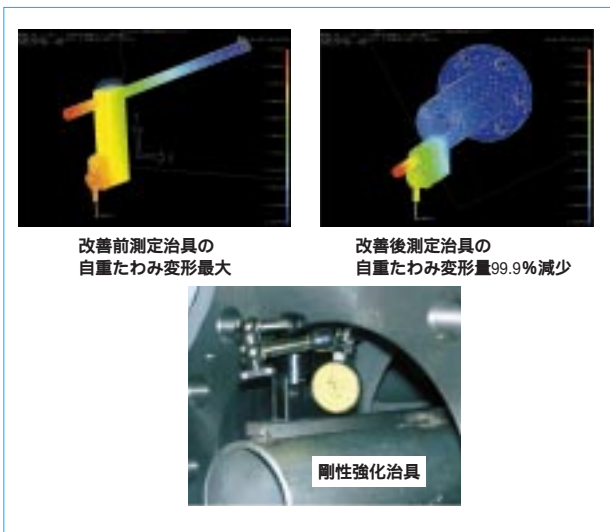


図6 FEM解析による測定系の改善例  
Example for improvement of measurement system by FEM analysis

下限値をチェックし(図5), 設計規格値内へ収める組立て手順・測定要領や(図6), 部品・公差の精度優先度を決定した。最後に, それらの決定事項の信頼性を確認するため, 試作機の実際のデータを解析ツールにF/Bし, 算出される特性値(装置芯振れ値)と, 実際の特性値との乖離や傾向の比較を行った(図7)。これらのトライアルを経て, 従来では全く不確定であった, 装置精度確保の重要部品または公差を提示し, 最適な組立て手順を指示することが, 試作段階で可能になった。

このように, 従来部門間の隔壁を排除することで, 精度品質に対して真に有効な情報を開発上流工程に流すことができた。かつ, 実際の生産現場環境を正確にトレースした境界条件を解析に付加することを可能にし, 結果としてより精度のいい予測を短期間かつ効率よく得ることができた。以上の取組みは, 現在の射出成形機業界で事例紹介はされておらず, 当社において初めて実施された画期的な手法である。また, 本手法をさらに広範囲に水平展開することで, 競合他社の平均開発期間のおおよそ半分の期間で完了することができる。実際にこの開発速度を具現化し, 他社開発機よりも常に先行

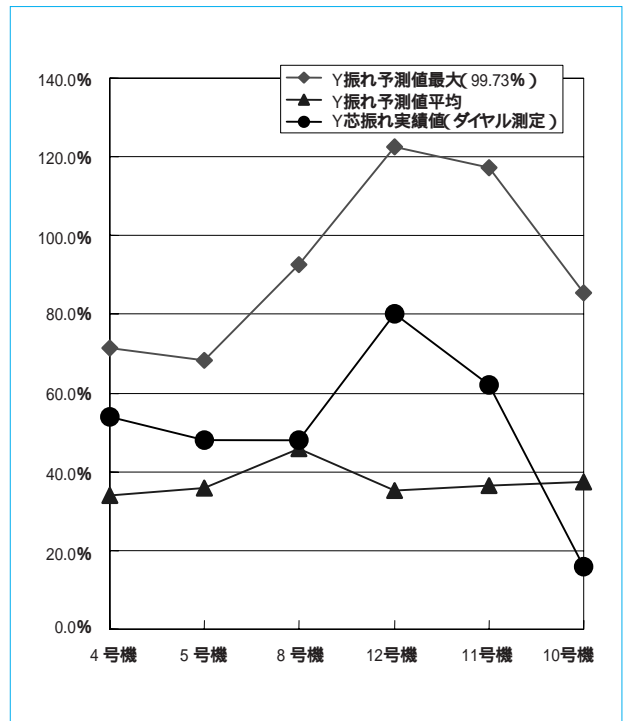


図7 実部品データによる解析予測値と実測値比較  
Comparison for predicted data of analysis by real part's data to experimental data

した技術基盤を維持し続けることが本テーマの最終的な目標であると考えている(第3章参照)。

### 2.3 公差解析の統計学手法を用いた考察

ここでは, 公差解析シミュレーションのアルゴリズムのベースとなっている統計学手法について紹介する。

#### 2.3.1 工程能力指数

部品加工や部品組立てというある確率でばらつきを発生させる工程において, そのばらつき幅の許容範囲を規定するのが公差または製品仕様であると定義できる。図面ではこれらの幅を規定することはできても, ばらつきそのものを規定することはできない。しかし, 製造現場での作業において, このばらつきを無視することはできず, 作業時間や不良品率という指標で直接的に深く関わっている。したがって, このばらつきをコントロールすることができれば, 部品や製品の品質のみならず, 製造コストを自在にコントロールできるといえる。

具体的には, これらの公差に対するばらつきの度合いを表すパラメータの設定が必要となる。統計学や品質工学において, このパラメータを工程能力指数Cpにおいて, 以下の計算式で算出する。

$$Cp = T / 6\sigma$$

T 規格の幅(公差),      標準偏差

は分散の平方根であり, 片側当たり3σ, 両側規格において6σの範囲を外れる確率は約1000分の3である。つまり, Cpは設計された規格幅に対して, 実際の分布が約1000分の3の不良率基準に対してどの程度のばらつきかを無次元で表したパラメータである。一般的には, この数値が1よりも大きくなるような規格幅または分布のコントロールが, 製造現

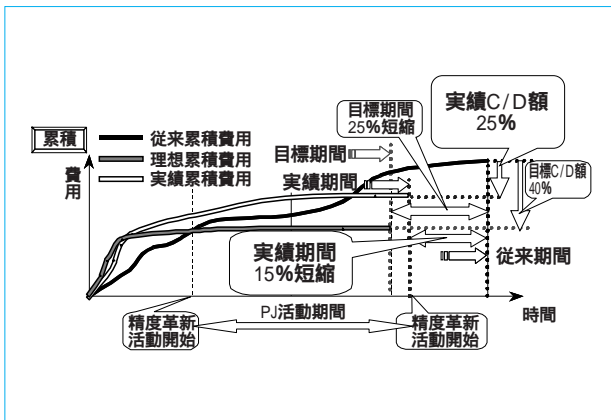


図8 精度革新活動計画および実績  
Action plan for accuracy renovation and actual results

場における歩留りを最良にする工程能力調整の必要十分条件であると言える。ただし、1.67を超える場合は過剰品質になっていることが考えられ、工程簡略化や検査省略などによるコストダウンに目を向けるべきである。

### 2.3.2 モンテカルロ法

2.3.1で述べたCpを用いた管理は重要であるが、実際の分布データを蓄積するとなれば、時間も手間も膨大な量になる。一方、限られたデータ数でCpを算出した場合には、その信頼性が不十分になる。従来の開発では、予測分布を作ることができないので、限られたパラメータによる2次元での自由度1線形シミュレーションによる、特性値の最悪値のみの予測に留まり、統計学的なアプローチはほとんどできなかった。

これらの重大な問題を解消するために、モンテカルロ法による繰返し計算で近似させる方法は、時間や手間を最小限にして、かつ一定の信頼性の下にCpを算出できる画期的な方法である。統計学的にも、約1万回の繰返しにより、誤差を1%以下に抑えることができることが証明されている。

### 2.3.3 3次元モデルと公差シミュレーションの融合

ここまで述べてきた統計学的な計算手法と、3次元モデルデータを融合させて製作されたソフトがeM\_TolMateである。小型電動射出成形機の開発から、本格的に3次元モデルによる設計を導入したことも、本報で紹介している活動の後押しとなった(第3章参照)。製造現場において、部品や製品が所有する形状を表わすデータは全て3次元であり、これらのデータを2次元に変換して簡易的に計算すると、どうしても無視できない誤差が発生する。つまり、現実の非線形問題を机上の線形問題に変換して要求された精度の予測するのは不可能に近い。しかし、3次元モデルを用いれば、少なくとも形状データにおいてはほぼ現実と同一の情報量を持たせることができ、その結果現実の特性値に非常に近い計算予測が成立することが言える。また、本ソフトに付加されている重力方向偏りおよび3次元フロート機能を使うことで、より正確な動きをCAD上で再現することが可能になった。

このように、従来の開発と比較すれば、飛躍的に特性値を予測する精度が上がり、確率論的に表現できるようにもなった。しかし一方で、重力たわみや熱変形といった、複雑な物

理現象をトレースするまでには至っていない。これらの現象も考慮できるようなシミュレーション手法の構築が今後の課題である。

## 3 精度革新開発フロー導入計画と達成スピード

本章では、精度革新開発フローの導入時期およびそのスケジュール、また、その達成までの期間を示す。

本テーマが提案された当初、当社はちょうど小型電動射出成形機の開発初期段階にあった。この時、量産機発売期限までに与えられた期間は従来の約半分であり、試作機による評価期間を除けば従来比40%弱という厳しい設定であった。この工程を成立させるためには、試作機評価を待って後戻りする時間は到底なく、1機の試作で設定された規格値(精度品質)をほとんど全て満足させる必要があった(図8)。

結果としては、当初の目標から約20%遅れての量産展開となったが、従来の開発フローパターンと比べると、約15%の期間短縮となり、かつ製造部門の開発コストを約25%削減する効果が得られた。これは、効率のよいシミュレーション技術による解析により事前に問題点を潰していたことで、後戻り作業が激減したことにも起因している。第2章でも述べたとおり、これらの精度革新技術を水平展開させることで、より短時間で開発完了できる技術基盤を築いていくことが、これからの課題である。

## 4 むすび

本報では、電動射出成形機の新機種開発における精度革新フローの一例を紹介した。

3Dモデリング段階で、設計・製造部門合同で形状・構成の最適化を実施する。

構成部品への任意の公差定義により解析シミュレーションを繰り返し、要求特性値を満足する条件を検索する。

実際の部品・組立てデータを解析ツールに入力し、計算値と実績値を比較し、乖離傾向を検出して補正する。

### (参考文献)

- 川口裕貴. 幾何公差と公差解析の導入による経済効果. 機械設計, 第45巻, 第13号, sep., 2001.
- eM-TolMate機能紹介. Tecnomatix社.
- VALIYSY/ASSEMBLY in I-DEAS. 電通国際情報サービス, 製造システム事業部, June, 2000.
- 養老孟司. 統計学入門. 東京大学教養学部統計学教室, July, 1991.

# 余剰汚泥発生抑制システムの開発

## Development of Excess Sludge Suppression System

稲葉英樹\*

Hideki INABA



汚泥可溶化装置パイロットプラント  
Excess sludge dissolving system (Pilot plant)

産業活動によって排出される排水は、環境保全のため浄化処理を施した後に河川など公共水域に放流しなければならない。この浄化処理技術の代表例として、活性汚泥法が広く普及している。活性汚泥法は排水中の有機性汚濁物質を好気性微生物の呼吸・増殖活動により浄化する技術であり、呼吸による有機物のエネルギー変換と、微生物菌体やそれらが分泌する高分子物質などへの物質変換が起こる。増殖により浄化に必要な微生物フロックが維持されるが、同時に余剰発生分は系外に引き抜き、別途処理しなければならない。この余剰汚泥は、日本国内で年間5000万トン発生すると言われ、地球環境問題の観点からもできるだけ発生を抑えることが急務である。

本報では、従来の活性汚泥設備に付加するだけで余剰汚泥の発生を抑制する新たな技術を開発したので紹介する。

Wastewater discharged from industrial activities must be purified for environmental protection before being released into public waters such as rivers. As a representative example of these purification technologies, the activated sludge method is broadly used. The activated sludge method is a technology to remove organic water pollutants contained in wastewater through the respiratory and breeding activities of aerobic microbes. It activates energy conversion of organic matter through respiration and material conversion to microbial fungus bodies or the high-molecular materials they secrete. Although microbial flocks needed for purification are maintained through breeding, surplus microbes in the form of sludge must be drawn outside the system and purified separately. As 50 million tons of this surplus sludge are produced every year in Japan, there is an urgent need to suppress such surplus sludge in order to protect the global environment. This paper introduces a new technology developed to suppress the production of surplus sludge by simply adding a new system to existing activated sludge facilities.

### 1 まえがき

当社は各種環境保全設備を手がけているが、活性汚泥処理設備はその代表例の一つである。活性汚泥法において働く微生物群には菌体外に高分子物質（多糖類およびたんぱく質など）を分泌するものが存在しフロックと呼ばれる集塊を形成するため、沈殿設備で重力分離が比較的簡単に行え、フロックをエアレーションタンクに返送することで微生物群を高濃度に保つことができる（微生物群はバクテリア、カビ類およ

び原生動物など、複雑な生態系を呈するが、ここでは詳細は省略する）。即ち、汚濁物質の浄化作用を高いレベルで実現できる技術と言える。

一方で、活性汚泥フロックは排水の浄化に伴い増殖するので、余剰汚泥として排出しなければならない。この余剰汚泥は一般に産廃処分（焼却）されるが、この処分費は1トン当たり15000円～25000円のコストがかかり、年間の産廃費用が数千万円に達するケースもある。さらに、昨今の地球環境問題への関心の高まりから、焼却による飛灰がダイオキシン

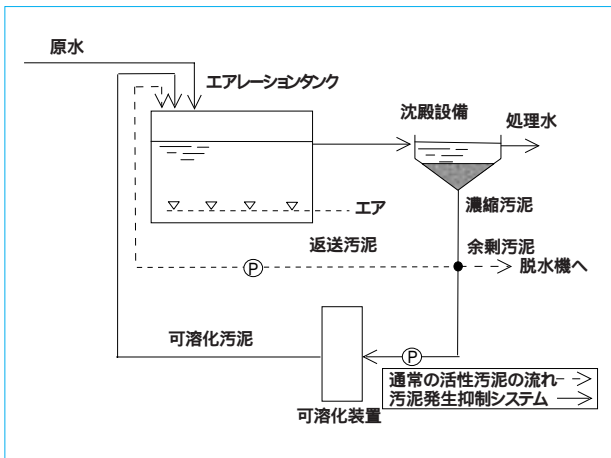


図1 余剰汚泥発生抑制システムフロー  
Flow diagram of excess sludge suppression system

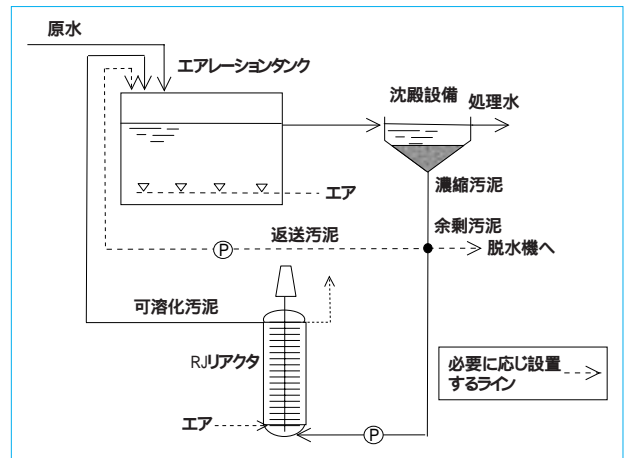


図2 RJリアクタ汚泥発生抑制システムフロー  
Flow diagram of RJ reactor excess sludge suppression system

として問題視されている。このような背景の下、近年いろいろな汚泥減容技術が開発されている。

## 2 新しい余剰汚泥処理技術の概略

余剰汚泥の処理方法は、下水処理場の一部で行われている嫌気消化後の肥料化を除き、産廃処分(焼却)されているのが現状である。そこで近年は発生した余剰汚泥を焼却以外の方法で分解する技術、あるいは余剰汚泥の発生そのものを抑制する技術が開発検討されている。

発生した余剰汚泥を積極的に分解する方法として、高温高压で易分解性有機物に分解し生物処理(主にメタン発酵)する方法や、超臨界水もしくは亜臨界水による酸化分解などがあげられる。また余剰汚泥の発生を抑制する方法としては、汚泥返送ライン途中に可溶化装置を設け、物理的もしくは化学的に処理を行い易分解性有機物にした後、再びエアレーションタンクにて生物的に酸化分解する方法である(図1)。

両者一長一短があるが、最近は後者の余剰汚泥の発生を抑制する技術が注目されており、オゾンや酸化剤による分解可溶化、ピーズミルや超音波による菌体破砕および好熱菌の分泌する酵素による溶解などを用いたシステムが実用化されている。

## 3 レシプロジェットリアクタを用いた汚泥発生抑制システム

既に開発されている余剰汚泥の発生を抑制するシステムとしては前述のようにオゾンおよび超音波などを用いる方法があるが、これらの例の多くは微生物菌体を破壊、もしくは溶解して有機物を溶出させ、エアレーションタンクに返送して再分解している。

このような方法で余剰汚泥の発生を抑制しようとする、微生物細胞中の様々な物質、特に細胞壁を構成するペプチドグリカンと呼ばれる難分解性物質や、細胞内に蓄積される多糖類まで溶出させてしまい、活性汚泥の処理水水質を悪化させる懸念がある。

また、オゾンおよび酸素などを用いて可溶化する場合、通常排水処理で用いられるエアレーションタンクのような装置では気体の溶解効率が低いことから、エアレーション量を大きくしたりまたは濃縮ガスを供給する必要がある、エネル

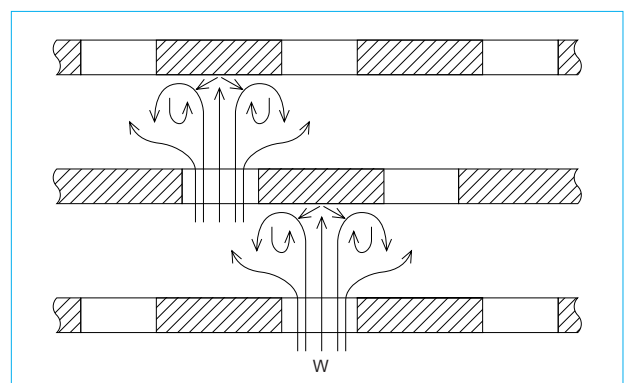


図3 RJリアクタ内の水流状態  
Flow condition in RJ reactor

ギーおよびコスト面で問題が生じる。

活性汚泥フロックの形成に、菌体外ポリマ(多糖類およびたんぱく質など)が関与していること、およびその含有量が多糖類が数%、たんぱく質が10%前後であることに着目し、菌体の溶解よりも主として菌体外ポリマを可溶化、溶出させることで余剰汚泥の発生量を抑制するシステムを考案した。基本フローは図1と同じで、返送汚泥をエアレーションタンクに循環するラインに独自の汚泥可溶化装置を設置したものである(図2)。

システムの中核となる可溶化装置は、レシプロジェットリアクタ(RJリアクタ)という気液混合攪拌機で、複数の穴を開けたシブプレートをドライブシャフトに複数枚取り付けた構造である。上下のプレートの穴の位置関係は重ならないような配置にし、ドライブシャフトを上下動させるとプレート間で図3のような流れが生じる。この気液混相流により、活性汚泥フロックからの菌体外ポリマの溶出が促進され、高い酸素溶解効率による酸化分解が実現できる。

沈殿設備もしくは、汚泥濃縮設備から引き抜いた汚泥の一部を上記RJリアクタに供給し、残分はそのままエアレーションタンクに返送する。RJリアクタに供給する汚泥の量は、汚泥の質および濃度、目標とする汚泥発生抑制率など条件により適正值に設定、制御する。

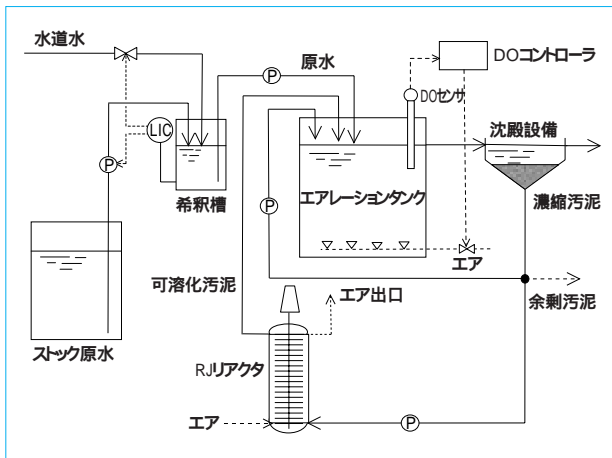


図4 汚泥発生抑制テスト装置  
Schematic diagram of excess sludge suppression system

表1 合成排水組成  
Composition of medium

組成	(mg/ )
CSL	1500
グルコース	1500
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	100
KCl	100
MgSO <sub>4</sub>	50

## 4 実証試験

### 4.1 テスト装置

図4に、テスト装置の概略を示す。主な装置構成は、容量140 のエアレーションタンク、内径300mmの沈殿槽、原水貯槽、原水希釈槽および容量2 のRJリアクタから成る。DOは、DOコントローラ (Mettler Toledo GmbH 型式O<sub>2</sub> 050) にて弁を開閉することで  $2 \pm 0.1 \text{mg/}$  にコントロールした。

原水は、高濃度のもを数日分用意し、冷却用蛇管付きの原水貯槽にストックした。このストック原水を希釈槽で適宜自動希釈し、ペリスタルティックポンプ (Cole-Parmer Instrument Co. 型式PA-21A) にて所定の流量で供給した。

沈殿設備で沈降濃縮した汚泥は、一部はそのままエアレーションタンクへ、一部はRJリアクタに供給した。RJリアクタの運転条件は攪拌数  $20 \sim 100 \text{min}^{-1}$ 、通気量  $0 \sim 10 \text{ /min}$ 、菌体外ポリマの溶解度を上げるため、温度  $40 \sim 60$  で運転した。

### 4.2 合成排水

合成排水はグルコースとCSL (コーンステーパーリカ) を主成分とし、COD<sub>Cr</sub> (2クロム酸カリウムによる酸素消費量) が約  $3000 \text{mg/}$ 、BODが約  $1200 \text{mg/}$  になるよう組成を調整した。組成を、表1に示す。

### 4.3 種汚泥

種汚泥として、食品工場より供与の活性汚泥を用いた。汚泥採取は、沈殿設備の返送ラインから行った。エアレーションタンクにおけるMLSS (活性汚泥浮遊物質) を、約  $4000 \text{mg/}$  になるよう調整して試験をスタートした。

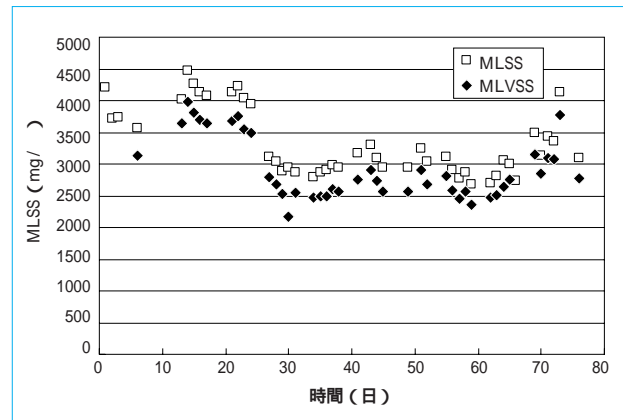


図5 曝気槽MLSS濃度の経時変化  
Temporal change of sludge concentration in aeration tank

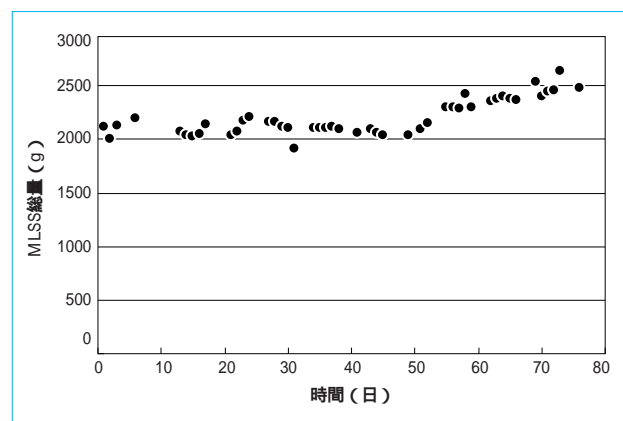


図6 MLSS総量の経時変化 (流出SS込み)  
Temporal change of total amount of sludge in this system (including SS of effluent)

## 5 試験結果

### 5.1 汚泥発生抑制効果

エアレーションタンクの有機物負荷は、COD<sub>Cr</sub>負荷約  $1.0 \text{kg/m}^3/\text{d}$ 、BOD負荷約  $0.4 \text{kg/m}^3/\text{d}$  で一定運転を行った。RJリアクタへの汚泥供給速度は、 $15 \sim 32 \text{ /d}$  の範囲で運転した。図5に、エアレーションタンクのMLSS濃度を示す。汚泥発生抑制運転開始後約80日の運転中、MLSSは運転開始直後  $4000 \text{mg/}$  から30日間で  $3000 \text{mg/}$  まで低下し、その後ほぼ一定の濃度を保った。なお、70日以降は若干増加傾向にあるが、汚泥発生抑制運転開始後50日目よりRJリアクタの運転条件を変えたためである。この結果より、RJリアクタによる汚泥の可溶化が起きていることを示唆する。

一方、活性汚泥は外乱により状態が変化し、粘度の上昇、糸状細菌の増殖による沈殿設備での汚泥濃縮能力の低下 (バルキング現象) が何度か起きている。これは、合成排水が単糖であるグルコース、CSL中の低分子有機酸を含み、上記のようなバルキング現象が起きやすい組成であるという要因が大きい。このような場合は、やむを得ず沈殿設備より汚泥を引き抜いたが、頻度としてはおおむね10日に1度程度であった。

さらに、沈殿設備での汚泥滞留量も汚泥性状変化により変動していること、処理水にSS (懸濁物質) として流出して



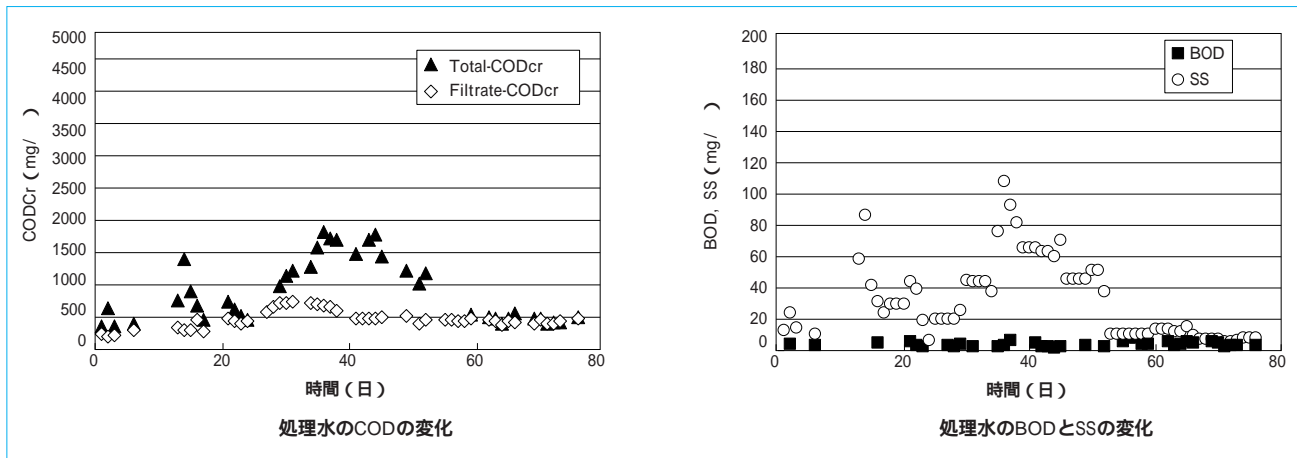


図7 処理水水質のCOD, BODおよびSSの変化  
Changes in COD, BOD and Ss of effluent

いく汚泥も無視できないことを考慮し、装置構成全てに保持されている汚泥および流出SSの量を合算した総MLSS発生量を計算した。結果を図6に示すが、汚泥発生抑制運転開始後約50日間は総MLSS量はほぼ一定値を示しており、RJリアクタを用いた本システムにおける汚泥発生抑制効果を支持する。

この間の汚泥の引抜き量およびサンプリング量の平均値は約6g/dであり、減容運転を行う前の汚泥発生量約24g/dから計算すると、汚泥発生量が約75%削減されていることが確認された。

### 5.2 水質に与える影響

前述のように、RJリアクタによる汚泥発生抑制効果が確認できたが、活性汚泥処理水の水質悪化が懸念事項の一つである。

図7, 図7 に、活性汚泥処理水(沈殿設備越流水)のCOD<sub>Cr</sub>, BODおよびSSの変化を示す。SSは運転当初高めの値を示したが、顕微鏡観察の結果、種汚泥由来のSSが初期段階で流出したためと考えられる。したがって、ろ液のCOD<sub>Cr</sub>はあまり変化がないが、SS込みの分析値は、SSの変動に依存して変化している。また、BODは終始安定し10mg/l以下の水質を維持できた。

### 5.3 菌体外ポリマの溶出

減容化の効果は認められたが、実際に菌体外ポリマの溶出現象があったか否か確認した。松井ら の方法に従って菌体外ポリマを溶出させ、エアレーションタンク汚泥、可溶化処理前汚泥(沈殿設備濃縮汚泥)および可溶化処理後の汚泥(RJリアクタ出口)の汚泥について上記方法で菌体外ポリマを溶出させ、乾燥重量を計測して溶出量を計算した。

その結果、RJリアクタ処理前後で約10%のポリマ溶出が確認できた。

## 6 パイロットプラント

ラボテストにおいて得られたデータ、知見をまとめ、スケールアップ手法を整備した。これに基づき、8m<sup>3</sup>のパイロットプラントを作成し、食品工場の協力を得て、実証試験を行った。冒頭の写真に、パイロットプラントを示す。右の塔がレシプロジェットリアクタで、左が加熱調整設備である。加

熱調整設備は、受け入れ汚泥量の変動や一時的な汚泥保持などを目的に設けた。

約1ヶ月の運転で、減容率約60%、処理水水質COD<sub>MN</sub>(過マンガン酸カリウムによる酸素消費量)0~20mg/l、BOD 5mg/l以下、SS 0~2mg/lという非常に良好な処理が可能であった。なお、今回のパイロット試験は、廃水処理プラント全体の運転上の都合により昼間8時間のみの運転とした。このため減容率は60%に留まっているが、RJリアクタの性能から計算すると1日に10時間前後運転すれば70~80%の汚泥発生抑制効果が可能である。

## 7 むすび

従来の活性汚泥設備に付加するだけで、余剰汚泥の発生を抑制する技術を開発した成果を示す。

主として活性汚泥フロックを形成する菌体外ポリマを溶解することにより、余剰汚泥の発生を抑制できることを見出した。

可溶化装置としてレシプロジェットリアクタを用いた余剰汚泥発生抑制活性汚泥システムを新たに開発し、ラボレベルの実験において約75%の汚泥発生抑制効果を実証した。

実験で得られたデータと知見を基に、スケールアップ手法を確立した。

スケールアップ手法を用いてパイロットテスト機を作成し、食品工場の活性汚泥処理設備において実証実験を行い、約60%の汚泥抑制効果、および良好な処理水安定性を確認した。

### (参考文献)

柘植純一, 渡部和江, 中野益男, 根岸孝. 活性汚泥から得られた細胞外ポリマーの化学的特徴について. 札幌大谷短期大学紀要 20, p.41~48, 1988.

松井三郎, 山本良子. 活性汚泥の多糖類貯蔵能力及びSphaerotilis natansの出現に及ぼす接触負荷量の影響. 下水道協会誌, 社団法人日本下水道協会, vol. 25, no. 286, p.53~63, 1988.

# 携帯JAVAによる次世代モバイルツール sMobile

Next-generation Mobile Tool by JAVA for Mobile Phone "sMobile "

山元 達好\*

Tatsuyoshi YAMAMOTO

新着お知らせ機能  
(テロップ表示とバイブレーション通知)

スケジュール通知機能



図1 sMobile

携帯電話は、日本全国で8500万台（2004年1月末時点）を突破している。総務省が推進しているe-Japan戦略でも日本におけるユビキタス ネットワークの実現には、携帯電話が必須とされている。さらに国内各通信事業者は第3世代の携帯電話に移行しつつあり、携帯電話の高機能化によってJAVAなどのカスタムプログラムが搭載できるようになった。

本報では、当社における業務効率化を目的として開発したアプリケーションパッケージ『sMobile』について紹介する。このソフトウェアは「IBM Lotus NOTES/Domino」をJAVAアプリケーションにより携帯電話から利用可能とするものであり、携帯電話の高度な最新機能と連携することにより、情報システム端末としての活用を実現するものである。

The number of mobile phones across Japan has exceeded 85 million (as of the end of January, 2004). Mobile phones are regarded as an essential factor for achieving ubiquitous networks in Japan in the e-Japan strategy, which is being promoted by the Ministry of Public Management, Home Affairs, Posts and Telecommunications. Also, telecommunications carriers in Japan have been shifting to 3rd-generation mobile phones, and the development of higher-performance mobile phones has enabled them to be incorporated with custom programs such as JAVA. The paper explains "sMobile," an application package developed to increase operational efficiency in our company. This software enables mobile phone users to use IBM Lotus NOTES/Domino through their mobile phones using JAVA. It achieves utilization of the mobile phone as an information system terminal by linking with the latest state-of-the-art functions of mobile phones.

## 1 まえがき

国内における携帯電話を使ったインターネット接続サービスの契約数は、1999年2月に開始されて以来わずか4年余りの間に6000万契約を突破し、2003年度末には6246万契約に達している。携帯電話の契約数に占める携帯インターネット契約数の割合は、2003年度末現在で82.6%と8割を超えている。

携帯電話の契約数は、2003年度末で7566万契約になり、引き続き増加を続けているものの伸び率は低下しつつある。また、加入者1人当たりの月額平均利用金額（ARPU Average Revenue Per User）も料金の低廉化や利用頻度の低い層が新規利用者として加わってくることなどにより、低下傾向にある。しかしながら、特に音声収入のARPUが減少しているの

に対し、データ通信収入のARPUは、増加を続けている。また、インターネット対応型携帯電話・PHSの利用方法として、10回に4回以上インターネットを利用するという人が47.7%（対前年度比13.2ポイント増）となっている。携帯電話は音声端末から、電子メールやウェブ閲覧、最近では写真や動画の伝送なども行う端末に変化しつつある。

また日本の携帯電話のインターネット対応率（79.2%）は世界第1位であることなどから、総務省では世界に先駆けて「いつでも、どこでも、誰でも利用可能なネットワーク」（ユビキタス ネットワーク）社会を実現し、このモデルを世界に向けて発信していくべきとしており、企業利用においても全く同様のことが言える。

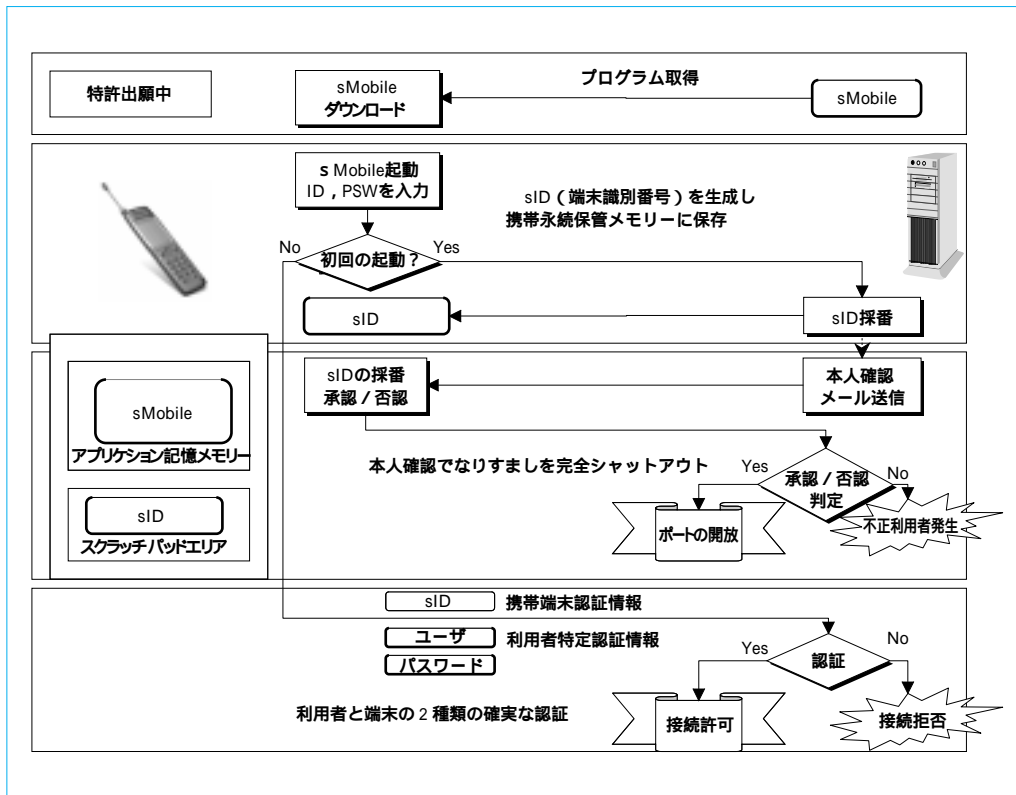


図2 なりすまし防止機能 Preventing "spoofing"

## 2 携帯電話の情報システム端末化への取組み

### 2.1 社内のメールの閲覧

企業内でパソコンを利用するに当たり最も頻度が高い業務は電子メールであり、その利用頻度の占める割合は60%～70%である。社内のメールを携帯電話で利用する方式としては、通信事業者がサービスするメールアドレスに転送する方式が一番簡便でシステム構築にほとんど手間はかからないが、重大な問題が4点ある。

#### 2.1.1 情報漏洩

メールを個人の持つ携帯電話のメールアドレスに転送する場合は、データの暗号化などは行われずインターネットを通過するため、データの盗み見や改竄などの危険性が高い。

#### 2.1.2 文字数制限

通信事業者の運営するメールサービスは携帯電話相互のメールを前提としていることから文字制限があり、制限を越えた場合は転送時に途中で切られる。

#### 2.1.3 メールアドレス

「返信」の場合の宛先の初期表示が送信元とはならないことから、いちいち修正する必要がある。

「送信」の場合には、送信元のアドレスが通信事業者の運営する携帯電話のアドレスになってしまう。

#### 2.1.4 無限ループ発生の危険

設定された転送先へのメール送信がエラーで戻った場合に、エラー通知を再度転送先へ送信し、それがまたエラーで戻る、ということを無限に繰り返す可能性がある。これが発生すると社内のメールシステム全体へ著しい負荷をかけて、最悪の場合はサーバが停止してしまう。このことから、社内メールの転送を禁止している企業もある。

### 2.2 ブラウザ方式の開発

これらの問題を解決する方法として、携帯電話に搭載されたブラウザを利用する方法がある。この方式は企業内のサーバにHTML形式で記述されたコンテンツをブラウザからアクセスする方式である。携帯電話はHTMLのサブセットであるcHTMLなどの表示が可能であることから、メールの内容をHTML形式に変換し利用することが可能となる。

これにより企業のアドレスをそのまま利用でき、メール文章の分割を行うことにより文字制限も解決し、暗号化通信やインターネットを介さない専用線接続方式などを採用することによって、情報漏洩などの問題も解決可能である。

2000年1月より当社では、この方式でIBM Lotus NOTES/Domino（社内メールや掲示板などに対応したグループウェア）を携帯電話で利用するシステム『sMobile』の開発に着手し、3月にはプロトタイプを完成させた。

## 3 JAVA化への取組み

2001年1月には、JAVAアプリケーション（後出 JAVAアプリ）が動作する携帯電話が登場した。これに合わせて、sMobileもJAVAアプリ版を開発した。JAVAアプリに対応することにより、ブラウザ方式に比べて、より強力なセキュリティ、操作性の向上および通信料（パケット代）の節約、そして従来のブラウザ方式では困難であったグラフィカルな表現が可能となり、使い勝手を向上させることができた（図1）。

### 3.1 セキュリティの強化

JAVAアプリ自身が持つ、ネットワークに対するアクセス制限機能を利用した。JAVAアプリは、そのアプリケーション自身をダウンロードしたサーバとしか通信できない、ということを利用したものである。

また、なりすまし防止機能を開発した（図2）。この仕組み

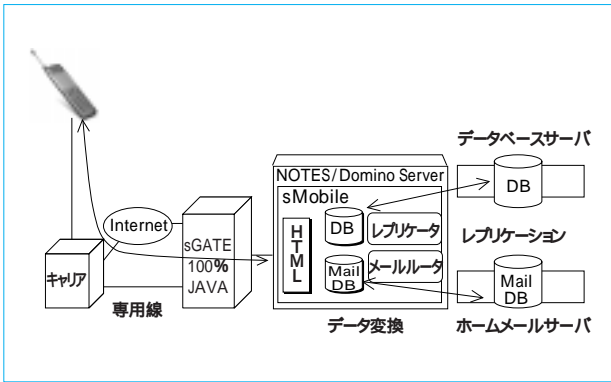


図3 システムの構成  
System configuration

みはJAVAアプリの初回起動時に、独自の端末識別番号(sID)を生成し、スクラッチパッドと呼ばれるJAVAアプリのデータエリアに保存し、以後のサーバアクセスのたびに利用者認証と端末識別番号の2種類の異なる証明情報を使用する。このチェックにより、他の携帯電話からの不正アクセスを防止するものである。スクラッチパッドエリアは、同じ携帯電話内の他のJAVAアプリからはアクセスすることはできない。この仕組みを実現するためにsMobileの専用のセキュリティサーバsGATEをJAVAで開発した。sGATEは通信系路上での情報の漏洩を暗号化によって抑止するSSL(Secure Socket Layer)に対応し、毎回パスワードを変えて侵入を防ぐワンタイムパスワードを使うネットワークにも対応させた。

システム構成図を、図3に示す。

### 3.2 通信費の低減

ブラウザ方式では、全ての画面情報をHTMLタグで表示する。利用者が見たいデータ以外にも画面を生成するための情報と、その時に選択される可能性のある全てのコマンドをリンク情報として、一画面ごとに受信しなければならない。通信回線が低速であることから、表示に時間がかかる上、パケット通信の利用料金の面からも非常に効率の悪い通信と言わざるを得ない。

ところがJAVAアプリでは、携帯電話に予めダウンロードされた画面をプログラムが描画するので、サーバ側からは必要なデータ部のみを受信すればよい。このため、通信効率が非常に良くなり、レスポンスの向上とパケット通信を行う上で最小限のコストでデータを送受信することが可能になる。

### 3.3 通信制御

また、ブラウザ方式ではページ単位の通信になるので、1画面分のデータを全て受信した後に初めて画面に表示される。このことから、待ち時間が常に発生する。

JAVAアプリはスレッドを使えることから、マルチタスクで画面上の動きと、通信を別々に制御できる。画面に表示する微小な単位にデータを分割し、カーソルのスクロールに合わせてデータをキャッシングするデータの先読み機能を実装した。

その結果、待ち時間を最小化し、かつ無駄なデータを取り込まなくてもよくなることから、通信コストも無駄が防げる。

### 3.4 オフライン利用

ブラウザ方式では、通信が確立された状態でしか利用が可



図4 圏外でのオフライン活用  
Off-line use

能という制約から逃れることはできない。JAVAアプリはプログラムそのものがダウンロードされていることから、その制約から開放されオフラインでの使用が可能になる(図4)。

JAVAの実行環境としてのKVM(K Virtual Machine)を拡張したCLDC(Connected, Limited Device Configuration)やMIDP(Mobile Information Device Profile)は、データをローカルに保存することができる。

使用頻度の高いアドレス帳などのマスターデータ系を一度だけダウンロードしておけば無駄なパケットは発生せず、通信ができない場所でもオフライン利用が可能になる。例えば、メール利用においては新規の文章や返信文章を作成しておき、通信可能な状態になった時に送信するといった、時間と場所を選ばない利用が可能になる。

### 3.5 操作性向上

ブラウザ方式ではコマンド群を全てリンクとして表示させることから、カーソルをその場所まで移動させて実行という操作が必要である。ブラウザの場合は利用可能なキーが数字キーを除けば「上」、「下」と「実行」の三つのキーしかない。その結果、実行したいコマンドのところまで何回もカーソル移動キーを押して目的のコマンドを実行させることになる。

また、画面構成が階層構造となることから、TOPメニューへ一度戻らないと必要な機能呼び出せない。この不便さを回避するためには、メニューに冗長性を持たせるなどの工夫が必要である。さらに、このメニューのような静的な情報でさえ都度サーバから呼び出すために、通信時間とコストが発生している。

JAVAアプリの場合は、上下のキーに加えて、左右とソフトキー(左右2個)というキーが四つ提供されている。ソフトキーにメニューを割り当てることにより、TOPメニューに戻る必要もなく、カーソルがどの位置にあっても即座に必要な機能がメニュー形式で呼び出せる。また、キーにメニューを予め割り当てるといったことは通信を必要としないことから、通信コストの削減になる。

### 3.6 グラフィックな表現

データ量やサーバのパフォーマンスの観点から、事実上難しかった画像によるグラフィック表示もJAVAアプリでは可能となっている。sMobileでは、パソコン上のNOTESクライアントでも対応していない、スケジュールのバーチャート表示を可能とした。携帯電話の小さい画面上で、より多くの情

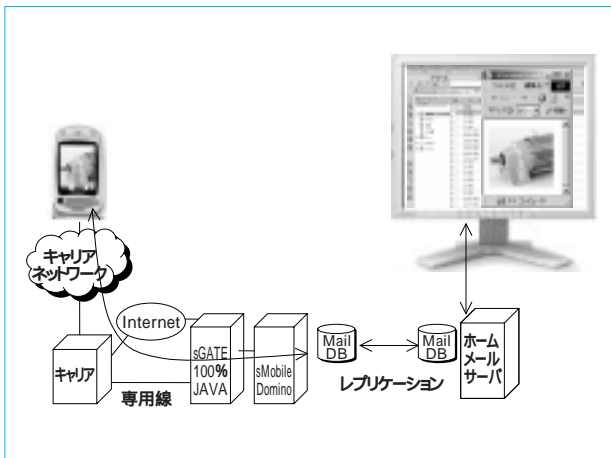


図5 マルチメディア連携  
Multimedia linkage

報を瞬時に把握するためには、このようなグラフィックな表現は非常に有用である。

## 4 最新携帯電話への取組み

### 4.1 自動通知への取組み

キャリアの運営するメールはプッシュ型であり、情報を自ら閲覧せずとも自動的に配信される仕組みが搭載されている。一方、ブラウザおよびJAVAアプリはともにプル型であることから、利用者は自ら情報を取得する必要がある。

JAVAの携帯電話の新機能としてエージェント機能が搭載されたことを利用し、エージェント機能に対応した「リマインダー機能 (= sMinder)」(図1)を開発した。エージェント機能とは、携帯電話の待受け画面上にプログラムを搭載し定期的にプログラムを起動させる機能のことを言う。sMinderはサーバ側にセットしたキーワードから緊急などの件名をエージェント機能により定期的にチェックし、待受け画面の最上部にテロップで表示したり、次のスケジュールを着信音やバイブレーションなどを使用して知らせるとともに画面上に表示する機能である。常にプッシュされるキャリアのメールと比べると、キーワードによるフィルタが設定可能なため必要なものを自動的に取得できるようになった。

### 4.2 3G携帯電話への取組み

各キャリアでは、3G(第3世代)の携帯電話へ移行が始まっている。例えばNTTドコモのFOMAでは、通信速度が従来の9800bpsから384kbpsと高速になる。sMobileもこれに対応することで、従来の約40倍の高速通信が可能となった。FOMAの高速データ通信料金は、従来に比べて1パケット(128バイト)当たり最大で約90%低く設定されていることから、データを送受信するための通信コストは大幅に削減される。

## 5 マルチメディア統合化への取組み

携帯電話の機能はブラウザが搭載されて以降、JAVA、CCDカメラおよびGPSなどモバイルで活用できる機能が次々に搭載されているが、当初のブラウザのみではそれらを活用することはできない。2004年5月現在では、CCDカメラは2メガピクセルと高機能化し動画も撮影できるように

なっている。また、外部メモリーも実装されるようになってきており、撮影画像を保存できるようになっているが、通常のキャリアのサービスは携帯電話相互のやり取りを前提としていることから、ビジネスユースで必要となるサイズの画像は送受信できない。これらを自由に使用するためには、JAVAなどのアプリケーションでアクセスすることが有効である。sMobileの最新バージョンはCCDカメラと連動し、XGAサイズの静止画や動画をメールやNOTESデータベースに送信/受信することも可能にした(図5)。しかもビジネスに不可欠な暗号化通信機能(SSL)を利用していることから、セキュアに画像の送受信が可能である。

## 6 むすび

国内の携帯電話の利用環境は世界でも類にない進展と普及をしており、今後もますます高機能化する。ユビキタスネットワーク社会の情報システム端末として重要な役割を果たすとされている携帯電話は、さらに外部インターフェースを広げ安全かつ使い勝手のよい端末に進化すると考えられる。

当社では他社に先駆け、JAVAアプリによる携帯電話の高い機能の活用に取り組んできた。今後非接触カードや海外でもそのまま利用が可能なデュアルバンドなど、高機能化していく携帯電話を、企業における情報システム端末として最大限活用し、業務の効率化とスピードアップの推進に取り組んでいきたい。

(参考文献)

情報通信白書・総務省, Sep., 2003.

sMobileおよびsGATEは、住友重機械工業株式会社の登録商標です。

# PETの遠隔監視システム技術

## Remote Monitoring System for PET

越智 俊 昭\*

Toshiaki OCHI

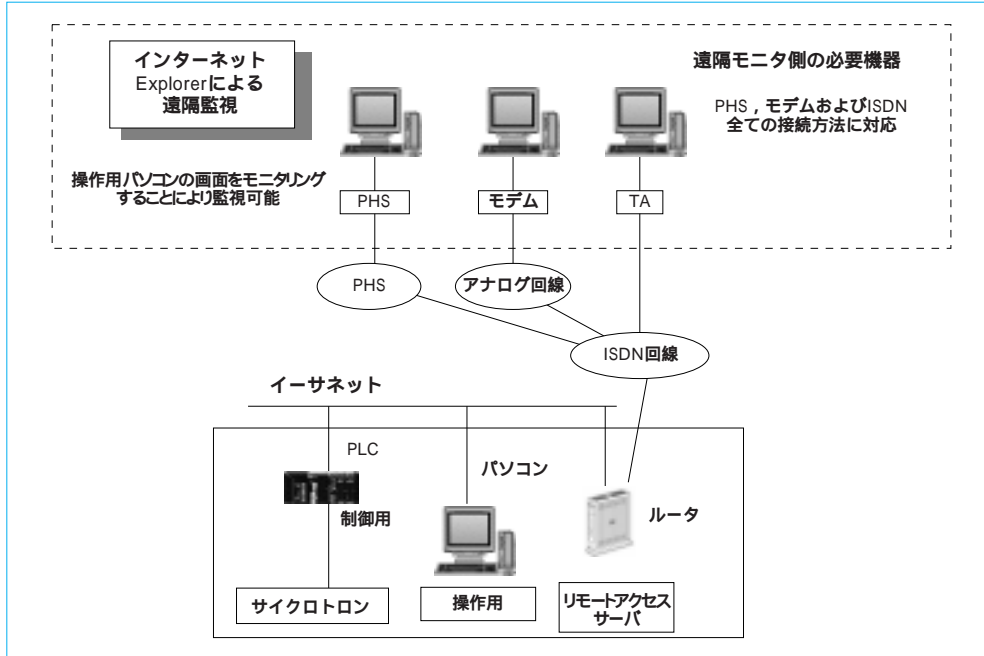


図1 システム構成  
System configuration

## 1 はじめに

当社のPET用のサイクロトロンは、現在までに多くの納入実績を有している。しかし、サイクロトロンの制御を行っているコントローラはスタンドアロンの構成となっており、サイクロトロンが設置されている場所でしか装置の運転状態などをモニタリングすることができなかった。そのことから、装置に異常などが発生した場合異常状態などの把握は電話での連絡方法しかなく、正確な（必要な）情報を収集することが困難であった。

そこで、今回新たに製作したコントローラでは通信回線を利用し、装置が設置されている現場で表示されている画面と同じ画面を遠隔からモニタリングできる機能を準備した。この機能を使用することにより、トラブルが発生した場合の迅速な対応が可能となる。また、定期的に装置の運転状態などを監視することにより、適切なメンテナンスの参考とすることができる。

## 2 機能とシステム構成

### 2.1 システム構成

サイクロトロン コントロールシステムは、図1に示す様に操作用のパソコンと装置の制御用のシーケンサ（PLC）にて構成されている。装置の制御および運転パラメータなどの情報は全てシーケンサ内にあり、イーサネットを介して操作用のパソコンに収集される構成となっている。リモートモニタリングを行う場合は、通信回線で接続されたリモートアクセスサーバを経由し、操作用のパソコンの画面情報をモニタ

リングすることにより可能な構成となっている。（株式会社デジタルのPro-DesignerのPro-eView機能を使用）

また、パソコンの操作スイッチなどの操作に関しても、特別なパスワードにて認証された場合のみ操作可能となっており、遠隔からの運転も可能となっている。

### 2.2 操作用パソコン機能

操作用のパソコンには、通常の運転に使用する画面の他に、リモートメンテを行う場合に有効となる下記の三つの機能を有している。

#### 2.2.1 モニタリング機能

サイクロトロンの状態をリアルタイムで確認できる（図2）。

制御用シーケンサの各入出力信号の状態も画面で確認できる。

実際の運転状態をモニタリングできることから、お客様との連絡のやりとりが確実にかつ短時間にできる。

#### 2.2.2 収集機能（蓄積）

サイクロトロンの様々なデータを収集して蓄積できる。ビーム照射およびRF運転などに関してはトレンドグラフも装備されており、運転中の変化を確認できる。また、本トレンドグラフの情報はパソコン内のハードディスクに保存されており、画面より日付および時間を指定することにより簡単に過去のトレンドグラフを表示可能な様になっている（図3）。

各機器の使用時間等を管理しており、本情報に基づき適切なタイミングでのメンテナンスなどの計画が可能となる（図4）。



図2 ビーム調整画面  
Screen of beam adjustment



図4 メンテナンス画面  
Screen of maintenance



図3 ビームトレンド画面  
Screen of beam trend

### 2.3.1 モニタリングのみ行えるレベル

異常発生時、本機能を使用することにより、装置の状態を画面情報から確認することができる。修理が必要なトラブルが発生した場合など、現場に向向する前にこれらの情報より準備必要機器などの想定が行え、速やかな復旧が可能である。

装置の運転状態等を遠隔からモニタリングできることによりメンテナンスなどの適切なアドバイスが可能である。

### 2.3.2 機器の操作まで行えるレベル

現場にいる人が装置の運転に対して未熟な場合、安全性の確認などは現場で行った上で、遠隔から装置の運転を行うことが可能である。

装置に詳しいベテランが、現場に向向することなく、装置の運転を行い装置の状態の確認が行えることから、少数の人間で多くの装置のメンテナンスなどを行う場合に有効である。

これらのリモートメンテナンス機能を有効に活用することにより、サービスの効率向上やシステムの品質向上などに役立てることができる。

### 2.2.3 異常、操作履歴機能

サイクロトロンが異常が発生した場合、異常の履歴を蓄積し、画面から行った操作の履歴を蓄積する機能を有している。

不具合発生時の履歴を直接確認することが可能である。

## 2.3 遠隔モニタリング

遠隔から装置のモニタリングを行う場合、モニタリングを行う側の必要システムとしては、以下がインストールされたパソコンである必要がある。

- Windows 98, Windows Me, Windows NT SP4, Windows 2000またはWindows XP
- Internet Explorer バージョン 5.5 SP2 以上
- JAVA 2 ランタイム JRE1.4.1\_01

接続方法としては、モニタリングするパソコンから、ISDN回線、アナログ回線またはPHSのいずれかの方法にて装置側のルータに電話回線にて接続する。この時、ユーザ名およびパスワードなどのセキュリティチェックが行われ、接続が完了すれば、Internet Explorerにてサーバのアドレスを指定することにより装置のモニタリングが可能となる。この時のモニタリングできる権限は以下の二つに分けられ、それぞれでユーザ名およびパスワードにて区別されている。

## 3 おわりに

装置の運転状態を現場に行くことなく遠隔にてモニタリング、確認することができる。

各機器の使用時間、運転中のパラメータを定期的に監視することにより、適切なメンテナンスの計画が可能である。

トラブル等発生時、過去にさかのぼって、操作履歴、異常履歴および運転トレンドなどを確認することにより、異常発生の原因の追求に役立つ。

今後は、今回サイクロトロン用で開発したりリモートメンテナンス機能をRI合成装置も含んだ形のリモートメンテナンス機能へと発展させていく予定である。

### (参考文献)

- MN128-SOHO IB3 導入 / 設定ガイド. 株式会社エヌ・ティ・ティエムイー, p.80.
- Pro-Designer オンラインマニュアル. 株式会社デジタル, Pro-eView 項.

# プラズマコーティング システム

## Plasma Coating System

三好 陽\* 牛神 善博\* 伊丹 哲\* 木下 公男\*  
 You MIYOSHI Yoshihiro USHIGAMI Tetsu ITAMI Kimio KINOSHITA



図1 成膜装置  
Plasma coating system

## 1 はじめに

プラズマコーティングシステム（PCS Plasma Coating System）は、圧力勾配型プラズマガンを利用した反応プラズマ蒸着法（RPD Reactive Plasma Deposition）で、成膜特性と実用性を当社で開発・実用化した特徴ある成膜システムである。

本報では、PCSの現状とその特長について紹介する。

## 2 PCSの特長

RPD法は従来の蒸着法、スパッタ法およびCVD法などの成膜法とは異なる成膜法で、蒸発源の直上に高密度プラズマを集束することで、蒸発材料を昇華し、かつイオン化することで反応性を高めたプラズマ蒸着法である。PCSはRPD法を実現する成膜システムで、圧力勾配型プラズマガンと当社独自のプラズマビームコントローラの組み合わせで構成される。その原理は、プラズマにより活性化され、適度な運動エネルギーをもつイオン化された粒子が基板上で結合して積層成膜するもので、以下の特長がある。

100 以下での低温成膜， 高緻密膜， 平滑な表面， 強配向性， 低ダメージおよび 高再現性。

## 3 PCSのアプリケーション

### 3.1 液晶ディスプレイ用途

#### 3.1.1 液晶用カラーフィルタ(CF)上のITO成膜装置

LCDは、パーソナルコンピュータや携帯電話に代表される表示装置用として多用されている。LCDのCF上に成膜されるITO膜は低抵抗と精密なエッチング性が要求され、さらには基

板の大型化対応と高生産性が求められ高度な技術が要求される。

PCSは、低抵抗とエッチング性を両立させるITO膜をCF上に高速で成膜することを実現している。大型基板の対応は、プラズマガンを複数並べることで実現した。装置（PCS）の外観を、図1に示す。この装置は高品位のITO成膜を高稼働率および低ランニングコストで実現しており、量産機で4年間以上の稼働実績を有している。

### 3.2 有機ELディスプレイ用途

#### 3.2.1 パッシブタイプ有機EL用ITO成膜装置

単純マトリックスで駆動するパッシブタイプの有機ELディスプレイは、既に自動車用カーステレオの表示装置および携帯電話のサブディスプレイなどで実用化されており、ガラス基板上にITO膜を成膜し、その上に有機膜が蒸着される構造である。要求されるITO膜特性としては、低抵抗、高透過率およびバターンニング性の他、表面平滑性が重要である。特に、表面平滑性は有機ELの発光寿命に影響すると言われており、重要な項目である。このため、スパッタによるITO膜は成膜後に表面を研磨して表面を平滑にして使用する。

一方、PCSによるITO膜では、図2に示すように非常に平滑な表面が得られるので表面を研磨することなく使用できる。パッシブタイプ有機EL用ITO成膜装置は、量産機で4年以上の稼働実績を有している。

#### 3.2.2 アクティブタイプ有機EL用ITO膜成膜装置

有機EL素子を低温ポリシリコンTFTで素子ごとに駆動するアクティブタイプの有機ELには、有機EL素子上にITO成膜するトップエミッションタイプがある。このタイプのITO成膜では成膜中の素子に対する低ダメージ性が特に要求される。

スパッタ法では、反跳Arや負イオンなどの100eVを超える高エネルギー粒子が存在し、これらが基板に到達し基板にダメージを与えることが報告されている（図3）。

一方、RPD法はスパッタ法のように高電圧の印加がないため、20eV程度のエネルギーをもった粒子しか存在せず、適度なエネルギー（成膜圧力などの成膜条件でコントロール可能）を持つ粒子で成膜させることが可能である。このため有機素子にダメージを与えることなく高品位な膜が得られる。トップエミッションタイプ有機ELディスプレイの実現には有効な成膜方法として期待され、評価と開発を進めている。

#### 3.2.3 有機EL封止膜用SiON膜成膜装置

有機EL素子は水分に非常に敏感で、水と反応すると未発光箇所（ダークスポット）の発生原因となる。このための有機ELの封止方法を、図4に示す。現状では図4のようなガラスや金属缶でデバイスを密封し、その中に吸湿材を入れる封止法が用いられているが、ディスプレイの大型化や生産性の向上から薄膜を適用した封止方法が求められている。これに応えるため、図4に示すPCSによるSiON膜を用い



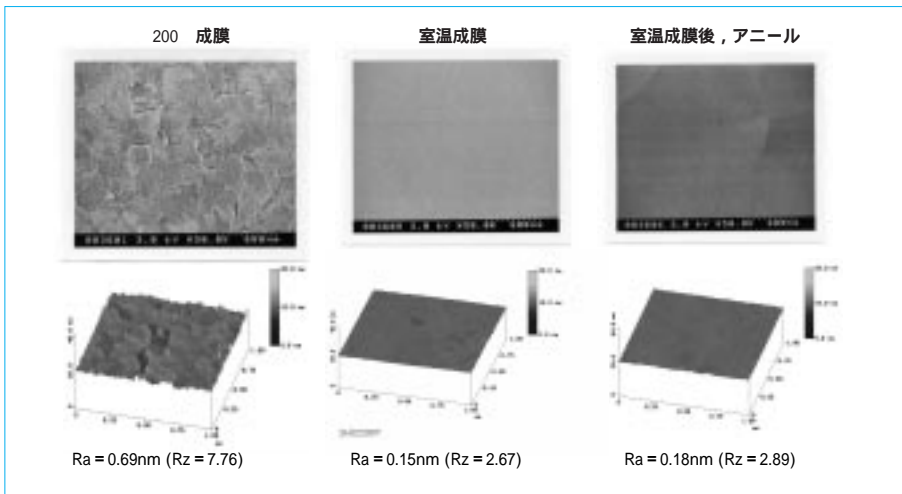


図2 PCSによるITO膜の表面平滑性  
Surface flatness of ITO film by PCS

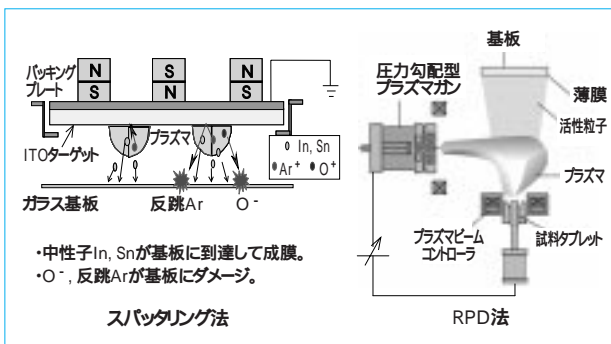


図3 RPD法とスパッタ法の比較  
Comparison of RPD and sputtering system

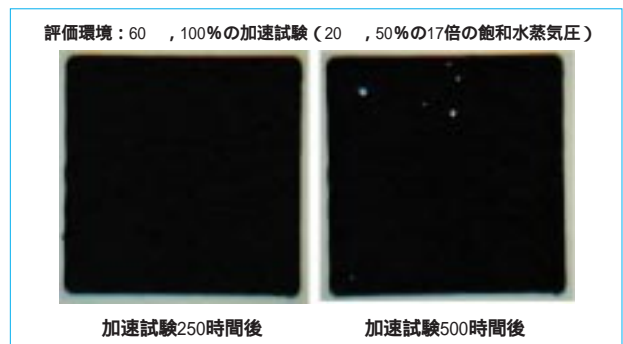


図5 封止システムのCa腐食試験結果  
Result of evolution Ca test by PCS encapsulation

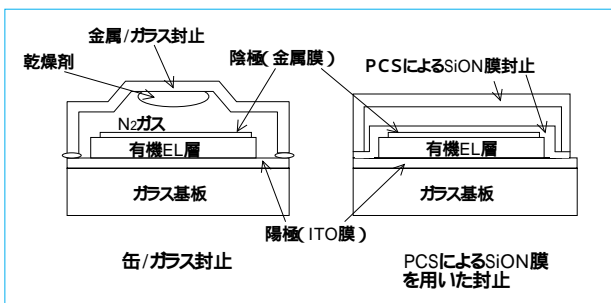


図4 有機ELの封止方法  
Method of OLED encapsulation

た封止システムを開発，評価中である。

PCSで成膜されたSiON膜は，表面が平滑（Ra 0.2nm以下），膜が緻密（膜密度 2.9g/cm<sup>3</sup>）および高い封止性（水蒸気透過度 0.01g/m<sup>2</sup>・day以下）を有しており，封止システムに適している。

PCSを用いた封止システムの性能評価の一例として，Ca腐食法により評価した結果を図5に示す。Ca腐食法は，Ca薄膜がEL素子と同様に水分に対して非常に敏感に反応することを利用した評価手法であり，これより求められた水蒸気透過度は  $1 \times 10^{-5}$ g/m<sup>2</sup>・day以下を達成している。その寿命時間は1000時間を越えたものもあり，有機EL封止用として実用化が期待されている。

### 3.3 太陽電池電極用ZnO膜成膜装置

液晶や太陽電池の電極には，透明導電膜としてSnO<sub>2</sub>，

ZnOおよびITO膜などが使用されている。発電効率の向上，生産性の向上および発電コストの低減で，原材料費が安価な酸化亜鉛を用いた低抵抗の透明導電膜の実現が期待されており，RPD法の特長を生かしたPCSにより，大型基板上に比抵抗  $2.8 \times 10^{-4}$  cmのZnO膜を均一に高速で成膜できることが開発試験機で確認できた。この技術の実用機への適用が期待されている。

## 4 おわりに

RPD法は低温および低ダメージで成膜することができ，得られた膜は平滑性，緻密性および密着性に優れている。

RPD法を実現したPCSは装置基本構成を変えることなく，様々なアプリケーションに対応できる。

PCSに今後期待されるアプリケーションとして，次世代用の有機EL用途，太陽電池用途およびプラスチック基板用などがあげられ，現在開発中である。

### （参考文献）

- 浦本上進. イオンプレーティングのための大電流，長寿命陰極の研究. 真空, 25, p.66, 1982.
- 田中勝, 牧野博之, 筑後了治, 酒見俊之, 粟井清. 高安定プラズマイオンプレーティング装置による各種成膜技術への応用. 真空, 44-4, 435, 2001.
- 石橋啓次. スパッタリング法による薄膜形成, セラミックス. 33-10, 801, 1998.
- 清田淳也. 透明酸化物光・電子材料第166委員会第6回研究会資料. 1, 1998.

# 小型汎用インバータ HF-320

Compact General Purpose Inverter HF-320



モータ可変速駆動に用いられる汎用インバータに対する市場要求は、小型化および高性能化に加えて、海外規格、ネットワーク対応、長寿命化やメンテナンス性の向上などにシフトしてきている。

これらの市場ニーズに対応するため、ギヤードモータの可変速にマッチングした小形高性能インバータHF-320シリーズを開発し、販売を開始した。

本製品は、センサレスベクトル制御による高性能なモータ駆動が可能で、パラメータ調整に関してはユーザの使いやすさを追求したインバータである。

## 主要仕様

### 適用モータ電圧、容量

200V級0.2～7.5kW（入力3相200V級）

0.2～2.2kW（入力単相200V級）

400V級0.4～7.5kW（入力3相400V級）

### 制御方式

センサレスベクトル制御、自動トルクブースト制御、自動省エネ制御およびV/f一定制御などから選択可能。

### 制御性能（センサレスベクトル制御時）

始動トルク 200～250%

速度制御精度 ±0.5%以内

速度制御範囲 1:60

### 保護構造

IP20

## 豊富なモニタ機能

出力周波数、電流、トルク、電圧、電力、累積稼働時間およびコンデンサ寿命警報など。

## その他の機能

オートチューニング機能、PID制御、冷却ファン制御および多機能入出力端子など。

## 特長

ノイズフィルタを標準内蔵しており、単相200V級および400V級はインバータ単体で欧州EMC指令（クラスA）に適合可能である。

センサレスベクトル制御により、高トルクおよび高精度な運転が可能であり、各種ギアモータ駆動に適している。

標準機種でUL規格、CSA規格およびEN規格（CEマーキング）に対応している。

また制御ロジックのシンク/ソースも、スイッチにより簡単に切替えが行える。

冷却ファンの自動ON/OFF制御の採用と主回路コンデンサ仕様の見直しを行い、長寿命化を実現している。

冷却ファンはワンタッチ交換が可能な構造であり、着脱式制御端子台構造とともに、ユーザでのメンテナンスを簡単にしている。

（PTC事業本部 伊藤 勲）

# CCQ(中国強制製品認証制度)対応 ギアモータ

Geared Motor for China Compulsory Certification



CCC認証マーク(安全)

中国では、2001年12月のWTO(世界貿易機関)の加盟に伴い、製品の安全に関する中国強制製品制度(CCC China Compulsory Certification)が実施された。

CCCの対象品目で、CCC認証が取得されていない製品に対しては中国への輸出および中国からの輸出、中国国内での販売が禁止されている。

当社では、他社に先駆け、対象品目である小形ギアモータのCCC認証取得を実施し、豊富な減速機と組み合わせたギアモータとして2003年11月より対応を開始した。

## CCCの概要

### CCC認証

中国では、従来から実施されていた二つの安全性認証制度「CCIB認証」と「CCEE認証」の統一化が図られ、CCC認証制度が2003年8月1日より新しく実施された。

CCCの対象品目は、19種類132品目に拡大され、中国国家認証許可管理委員会(CNCA)による製品と工場の認証が必要となる。

### 小電力モータ(小形モータ)

小形モータでは、1.1kW以下の容量がCCCに該当し、中国のGB規格が適用される。(GB12350-2000) CCC認証の製品には、中国語の銘板が必要となり、CCCマークの表示が義務付けられる。

## 主要仕様

### 対象機種

単相モータ

容量 15W~750W

電源 200/220V 50Hz

### 3相モータ

容量 40W~1100W

電源 220/380V 50Hz

### インバータ駆動用モータ(AFモータ)

容量 100W~750W

電源 220/380V 50Hz

モータ構造 フランジ付きモータ

脚付きモータ(AFモータのみ)

保護方式 IP44(屋内用) IP55(屋外用)

絶縁クラス E種 B種(単相モータ)

E種 F種(3相モータ)

F種(AFモータ)

時間定格 連続(S1)

対象減速機 サイクロ アルタックス

ハイポニック減速機

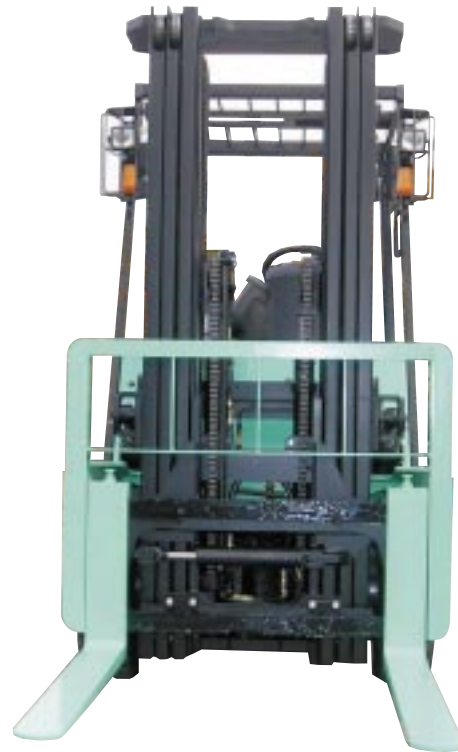
## 特長

単相モータ、3相モータおよびインバータ駆動用モータ(AFモータ)と、対応機種が豊富である。

モータ単体にてCCC認証取得していることから、各種減速機と組み合わせることでギアモータとして幅広い対応が可能である。

# 4本シリンダトリプレックスマスト

## 4 Cylinder Triplex Mast



本機は、高積み用マストとして需要が多い運輸・倉庫業のお客様への拡販をターゲットに開発した、高視界型の「フルフリー3段マスト」である。リフトシリンダが合計4本になることから、「4本シリンダ3段マスト」と称する。

従来型のフルフリー3段マストは、マスト中央部に視界の妨げとなるフリーリフトシリンダ、チェーンおよびホース類があるため前方視界が狭かった。4本シリンダ3段マストにおいては、コンパクトなマスト構造を維持した上で、中央部のフリーリフトシリンダを左右に分割する。また、チェーンおよびホースなどは柱の後部に移設し、大幅に前方視界を改善した。

### 主要仕様

機種	51-FB25PE
マスト種類	3STG-FFL
許容荷重(サイドシフト付き)	2000kg
荷重中心	500mm
最大揚高	4540mm
マスト最下降時全高	2170mm
全高(オーバヘッドガード)	2090mm
フロントオーバハング	560mm

### 特長

従来、3段マストではフルフリー機能用のフリーリフトシリンダがマストの中央に1本配置されていたことから、中央の視界の妨げとなっていた。このフリーリフトシリンダを2本にし、マスト内側の左右に配置し、中央部視界を大幅に確保した。

マスト支柱の間隔を従来比約50mm拡大し、マスト内側のスペースを大きくし、視界を確保した。

リフトチェーンおよび油圧配管をマスト支柱後方に横向きに配置し、チェーンや配管をマストの陰に隠すことにより、マスト内側への配管の飛出しをなくした。

アタッチメント装着時に追加する油圧配管も同様にマスト後方に配置することにより、配管追加の視界への影響を最少とした。

フリーリフトシリンダに掛かるアタッチメント配管は、ホースを二重配管とし、ホース1本分のシルエットになるように配慮した。

4連バルブ付きアタッチメント配管の場合、従来、4連目はホースリールによるマスト外置き配管であった。これを全てマスト内配管とした上で、さらにマスト後方配管、フリーリフトシリンダ二重配管を行い、最良の視界を実現した。

(住友ナコ マテリアル ハンドリング株式会社 若尾直人)

## 主要営業品目

**変減速機**、**インバータ**

**機械式減速機** : [ 同心軸 ]サイクロ減速機,サイクロギヤモータ、アルタックス、精密制御用サイクロ減速機,プレストギヤモータ,コンパワー遊星歯車減速機、[ 平行軸 ]バラマックス減速機,ヘリカルパディボックス、[ 直交軸 ]バラマックス減速機,ハイボニック減速機、ベベルパディボックス,ライタックス減速機,HEDCONウォーム減速機,小形ウォーム減速機　**変速機** : [ 機械式変速機 ]バイエル無段変速機、バイエル・サイクロ可変減速機、[ 電気式変速機 ]インバータ,インバータ搭載ギヤモータ,サーボドライブ,DCドライブ、サイクロ、アルタックス、コンパワー、バラマックス、パディボックス、ハイボニック減速機、ライタックス、HEDCON、バイエル及びバイエル・サイクロは、住友重機械工業株式会社の登録商標です。

**プラスチック加工機械**

**プラスチック加工機械** : 射出成形機,射出吹込成形機,ディスク成形機,セラミックス成形機　**フィルム加工機** : 押出機,フィルム製造装置,ラミネート装置　**IC封止プレス**　**ガラスプレス**　**成形システム**・**金型** : 射出成形用金型,PETシステム,インジェクションフロー成形システム,インモールドラベリング成形システム　**シート成形機** : 圧空真空成形機,真空成形機、パンチャ、その他周辺機器

**レーザ加工システム**

**レーザドリルシステム**　**レーザアニーリングシステム**　**YAGレーザと加工システム**　**エキシマレーザと加工システム**　**YAG高調波レーザと加工システム**

**半導体・液晶関連機器**

**イオン注入装置**　**放射光リング**・AURORA,放射光ビームライン　**成膜装置** : ( 液晶フラットパネル用 )プラズマ薄膜形成システム　**精密XYステージ**Nanoplaneシリーズ　**リニアモータ** Nanoplaneシリーズ　**マイクロマシン**　**エキシマレーザアニーリングシステム**　**ウエハ研削装置**　**ウエハ洗浄装置**

AURORA及びNanoplaneは、住友重機械工業株式会社の登録商標です。

**環境施設**

**環境・エネルギー関連プラント** : 都市ごみ焼却施設,リサイクル施設、流動層ガス化熔融炉、産業用廃棄物処理施設　**大気関連プラント** : 電気集塵装置、灰処理装置,乾式脱硫・脱硝装置　**水関連プラント** : 上水処理施設,下水処理施設,浸出水処理施設　**し尿処理施設**　**産業廃水処理装置**

**加速器**、**医療機器**、**精密機器**、**極低温機器**、**超電導磁石**

**イオン加速器** : サイクロトロン,ライナック,シンクロトロン　**電子線照射装置**　**医療機器** : PET診断用サイクロトロン・CYPRIS、標識化合物合成装置、がん治療用陽子サイクロトロン、治療照射装置　**精密XYステージ**Nanoplaneシリーズ　**リニアモータ**Nanoplaneシリーズ　**冷凍機** : パルスチューブ冷凍機,4KGM冷凍機,スター

## 事業所

<b>本社</b>	〒141-8686	東京都品川区北品川5丁目9番11号(住友重機械ビル)	新居浜製造所	〒792-8588	愛媛県新居浜市惣開町5番2号
<b>関西支社</b>	〒541-0041	大阪市中央区北浜4丁目7番26号(住友ビル2号館)	<b>東予製造所</b>	〒799-1393	愛媛県東予市今在家1501番地
<b>北海道支社</b>	〒060-0042	札幌市中央区大通り西7丁目1番地(千代田生命ビル)	技術開発センター	〒237-8555	神奈川県横須賀市夏島町19番地
<b>東北支社</b>	〒980-0811	仙台市青葉区一番町3丁目3番16号(オー・エックス芭蕉の辻ビル)	技術開発センター	〒792-8588	愛媛県新居浜市惣開町5番2号
<b>中部支社</b>	〒461-0005	名古屋市東区東桜1丁目10番24号(栄大野ビル)	(新居浜)		
<b>中国支社</b>	〒730-0015	広島市中区橋本町10番10号(広島インテスビル)	技術開発センター	〒188-8585	東京都西東京市谷戸町2丁目1番1号
<b>四国支社</b>	〒760-0023	高松市寿町2丁目3番11号(高松丸田ビル)	(田無)		
<b>九州支社</b>	〒810-0801	福岡市博多区中洲5丁目6番20号(明治安田生命福岡ビル)	<b>海外事務所</b>	London, New York, Singapore , 上海	
<b>田無製造所</b>	〒188-8585	東京都西東京市谷戸町2丁目1番1号			
<b>千葉製造所</b>	〒263-0001	千葉市稲毛区長沼原町731番地1			
<b>横須賀製造所</b>	〒237-8555	神奈川県横須賀市夏島町19番地			
<b>名古屋製造所</b>	〒474-8501	愛知県大府市朝日町6丁目1番地			
<b>岡山製造所</b>	〒713-8588	岡山県倉敷市玉島乙島新湊8230番地			

**リング冷凍機**,**クライオポンプ用冷凍機**,**MRI用冷凍機**　**人工衛星搭載観測装置冷却システム**　**超電導磁石** : ヘリウムフリー超電導マグネット

CYPRIS及びNanoplaneは、住友重機械工業株式会社の登録商標です。

**物流システム**

**自動倉庫システム**　**高速自動仕分システム**　**FMS/FAシステム**　**無人搬送システム**

**金属加工機械**

**鍛圧機械** : フォージングプレス,油圧プレス,フォージングロール、**超高压発生装置**　**工作機械**　SPS(放電プラズマ焼結機)

**運搬荷役機械**

**連続式アンローダ**,**港湾荷役クレーン**( コンテナクレーン、**タイヤマウント式ジブクレーン**,**タイヤマウント式LLC** )、**トランスファクレーン**,**ジブクレーン**,**ゴライアスクレーン**,**天井クレーン**,**製鋼クレーン**,**自動クレーン**,**ヤード機器** ( スタッカ,リクレーマ,スタッカノリクレーマ )、**シップローダ**,**ベルトコンベア**及び**コンベアシステム**

**船舶海洋**

**船舶** : 油槽船,撒積運搬船,鉱石運搬船,鉱油兼用船,コンテナ船,自動車運搬船,LPG船,LNG船,カーフェリー,ラッシュ船,作業船,大型洋式帆船,巡視船,他　**海洋構造物** : 海洋石油生産関連構造物,浮体式防災基地,浮体式海釣施設,その他海洋構造物　**海洋開発機器** : 各種パイ,船用環境機器

**インフラ整備関連**

**橋梁** : 一般橋,長大橋　**水門** : 各種ゲート　**海洋・港湾構造物** : 沈埋函,ケーソン　**シールド掘削機**　**生活関連設備** : 機械式駐車場,動く歩道　**空港関連設備**

**化学機械**、**プラント**

**一般プラント** : 紙・バルブ製造装置,化学装置,原子力装置　**発電設備** : 循環流動層ボイラ　**圧力容器** : リアクタ,塔,槽,熱交換器　**攪拌混合システム** : マックスブレンド攪拌槽,スーパブレンド( 同心2軸型攪拌槽 )**バイボラック**( 横型2軸反応装置 )

マックスブレンド及びバイボラックは、住友重機械工業株式会社の登録商標です。

**製紙機械**

**抄紙機**,**ワインダ**,各種製紙関連設備

**建設機械**,**産業車輛**

**油圧式ショベル**,**移動式環境保全**及び**リサイクル機械**,**クローラクレーン**,**トラッククレーン**,**ホイールクレーン**,**杭打機**,**道路舗装機械**,**フォークリフト**

**その他**

**航空用機器**,**精密鑄鍛造品**,**防衛装備品**( 各種機関銃,機関砲及びシステム )

### 技報編集委員

<b>委員</b>	<b>渡辺哲郎</b>	<b>委員</b>	<b>李瑞彦</b>
	<b>小林克行</b>		<b>松崎敏彦</b>
	<b>増田雅之</b>		<b>小島宏志</b>
	<b>玉井文次</b>		<b>太田朝也</b>
	<b>平田徹</b>		<b>井辻孔康</b>
	<b>高倉一香</b>		<b>佐渡賢治</b>
	<b>西原秀司</b>		<b>土居砂登志</b>
	<b>野原彰人</b>		<b>日南敦史</b>
	<b>川井浩生</b>	<b>事務局</b>	<b>技術本部</b>
	<b>村野賢一</b>	<b>アシスト</b>	<b>SNBC</b>
	<b>荒居祐基</b>		<b>千代田プランニング</b>

### 住友重機械技報

第155号 非売品

2004年8月10日印刷　8月20日発行

<b>発行</b>	<b>住友重機械工業株式会社</b>
	〒141-8686　東京都品川区北品川5丁目9番11号 (住友重機械ビル)
<b>お問い合わせ電話</b>	<b>横須賀</b> (046)869-2300
<b>発行人</b>	<b>吉井明彦</b>
	文章中のソフトウェア等の商標表示は、省略しております。 <b>無断転載・複製を禁ず</b>