

予知保全技術のさらなる可能性～どこまで適応できるのか

【生産現場情報の活用】

操業データ活用による 設備と保全業務の状態把握

大坂システム計画株式会社 大坂 宏

1. はじめに

装置産業において、生産を支える設備の信頼性を維持しアベイラビリティ（可用性）を向上させる保全業務の重要性は極めて高い。1990年代以降、予防保全、状態基準保全の推進とともに、設備状態監視・診断システム、検査データ管理システム、設備管理システム CMMS/EAM などのさまざまな情報システムが生産現場に導入されている。本稿では当社でこれまで導入を携わった生産現場情報システムの経験に基づき、アセットマネジメントの観点から、生産現場に存在する各種操業データを活用した設備と保全業務の状態把握の考え方についてまとめる。

なお、本稿ではプロセス産業の O&M（運転と保全）フェーズを対象とし、設計や建設フェーズのデータ活用は対象外とする。

2. アセットマネジメントにおける設備のパフォーマンス

装置産業では設備を「収益を生むアセット（資産）」と捉え、経営的な視点で設備を管理するアセットマネジメント（設備資産管理）の概念がだいぶ浸透してきている。設備をアセットと捉えた場合、設備のパフォーマンスは、設備の①能力・信頼性（どのように設計されたか）、②運転環境（どのように運転するか）、③保全計画（どのように維持するか）の3つの要素に依存する。そのため、アセットマネジメントでは、図1に示すように操業データである設備、運転、保全業務の状態データ（実績データ）をタイムリーに把握し、アセットとしての設備のパフォーマンスを最大限に引き出すことが求められる。

また、多くの企業ではこれまで「事後保全から予防保全、そして状態基準保全へ」を合言葉に保全方式を見直してきている。予防保全や状態基準保全では事後保全において必要のなかった保全計画業務とスケジューリング業務が新たに必要となる。そこで、図2に示すように操業データを活用し、設備のパフォーマンスを最大化する予防保全、

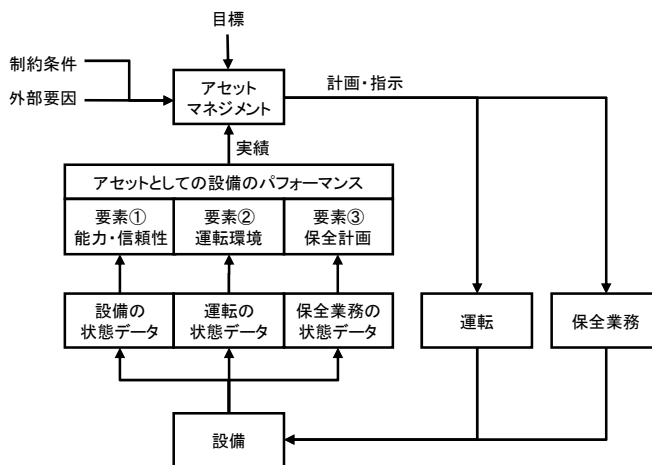


図1 アセットマネジメントにおける設備のパフォーマンス

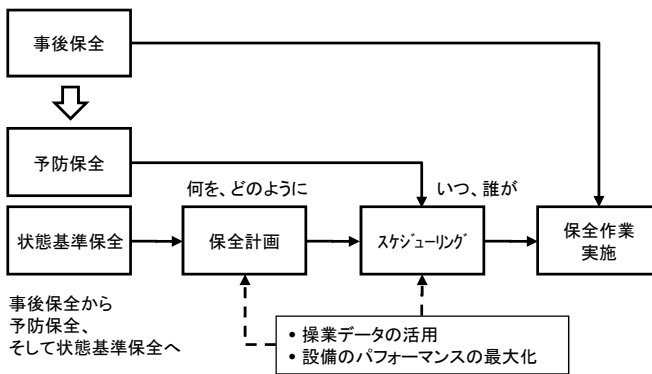


図2 保全業務ワークフローと操業データの活用

状態基準保全の仕組みの構築が不可欠である。

3. 操業データ活用による設備と保全業務の状態把握

プラント操業からの設備、運転、保全業務の状態データは大量かつ多岐にわたるため、生産現場ではさまざまなシステムによる支援が行われてきた(図3、図4参照)。さらに、近年、保全技術や情報技術の進歩により、データ活用(データ収集・加工・蓄積・分析・可視化)はより高度化している。この章ではデータ発生元別に、おもなシステムの概要、操業データ活用とその目的を整理する。

3.1 運転員による設備の状態把握

運転員は設備の能力と運転条件を熟知し、管理対象の設備と生産現場の最前線で向かい合っている。運転員の日常点検をとおして、自身の持っている経験とスキルをベースに設備の劣化、故障、トラブルを予測する。設備の周辺を清掃し、異常を探し、異音を聞き、異臭をかぎ分け、手で振動や温度を感じながら設備の状態を把握する。そのためには運転員は運転経験を積むだけでなく、設備の異常検知、異常回復、最適状態維持に関する

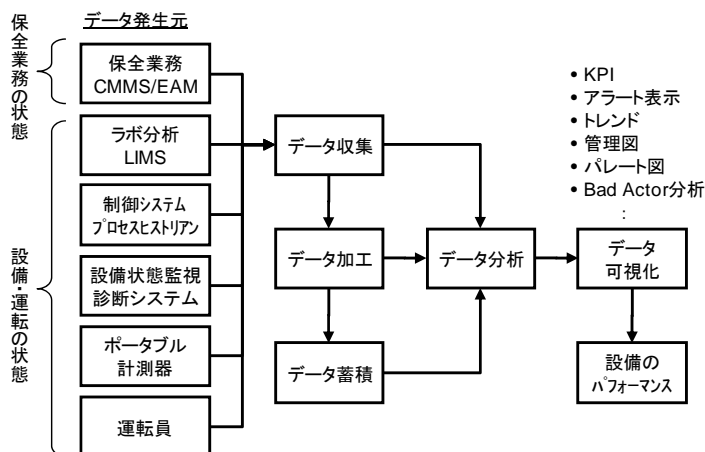


図3 設備、運転、保全業務の状態データの流れ

る能力を養うことが求められてきた。

一方、情報技術の進歩により、巡回点検システムや運転ログシステムなど運転員の作業を支援するシステムが普及し始め、これまで共有が難しかった運転員が保有する貴重な情報を設備の運転、保全業務へ活用できるようになってきている。

巡回点検システムは文字通り、運転員の巡回点検に的確な指示を与えるとともに、フィールドの状況を確実に収集するハンディ端末システムである。巡回点検業務の効率化とともに、ベテラン運転員の巡回点検ノウハウを固定化する目的もあり、設備の状態の正確な把握が期待されている。

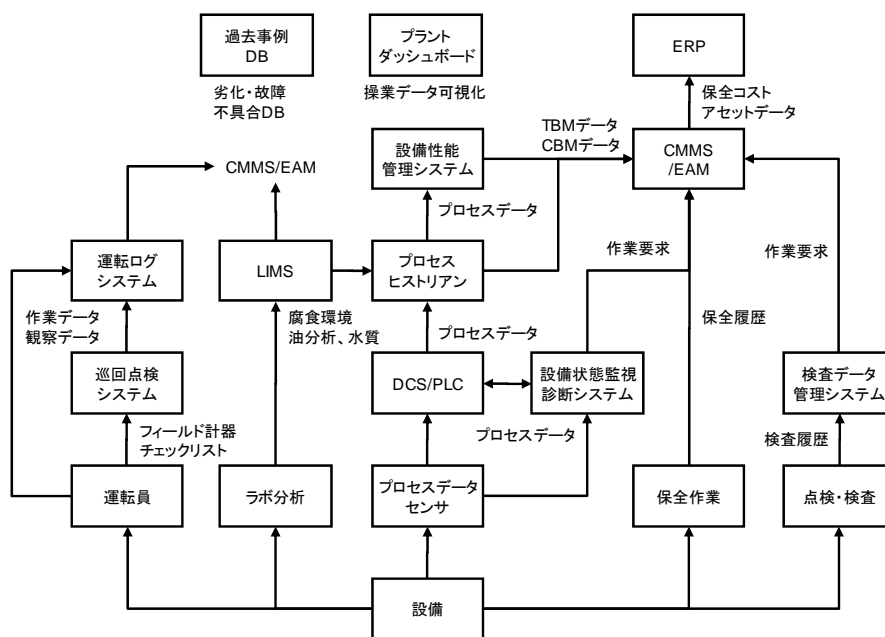


図4 設備の運転と保全業務を支える情報システム

表1 運転員による設備の状態把握

システム	監視対象	目的
運転員の五感	設備状態、設備異常	視覚、聴覚、触覚、臭覚、味覚による設備の観察
運転員の第六感	設備異常	経験と知識の蓄積と深い洞察力による異常発見
巡回点検システム	フィールド計器 現場異常箇所	巡回点検業務の効率化 現場データ収集の容易化
運転ログシステム	設備状態、設備異常 懸案、気づき	設備に関する運転ログの整理・保管・検索・活用の容易化
過去事例 DB	設備異常	劣化、故障、不具合に関するデータベース
SMS	設備異常	監視システムからの設備異常メッセージ受信
PDA	フィールドの状況 DCS データ	フィールドの状況と DCS データの比較によるフィールド作業の高度化

また、運転ログシステムは従来、紙で運用してきた運転ログを電子化するシステムである。運転ログを電子化することで整理・保管・検索・活用が容易になり、運転部門の作業環境の改善とともに、運転や設備の課題の発掘や変化・気がかりの可視化などの効果が上がっている。また、生産現場でしか得られない貴重な情報を、リアルタイムで関連部門に配信することで生産現場のコミュニケーションの改善と業務効率化に大きな効果が期待される。

当社でも St James Software 社製の運転管理システム「j5 OMS」を国内販売しており、その概要と効果を「計装」2010年10月号で紹介している。

さらに、スマートフォンへの SMS (ショートメッセージサービス) や PDA (個人用携帯情報端末) へのプロセスデータ表示などの設備の状態把握に新たなソリューションが提供されている。(表1)

3.2 ポータブル計測器による設備の状態監視

近年、ポータブル計測器はセンシング技術の進歩により市場への新製品の投入とともに計測器の多機能化、小型化そして低価格化を実現している。運転中の設備の状態データを正確かつ適正頻度で計測する環境がこれまで以上に整ってきた。また、ほとんどのポータブル計測器はデータ蓄積やインタフェース機能を有しており、他システムとの連携による設備の状態データの有効活用が可能である。(表2)

3.3 設備状態監視・診断システムを使用した設備の状態監視

2000年代に入って、状態基準保全の普及とともに設備や制御システムからの運転データを使って、設備の状態をオンラインで監視・診断する設備状態監視・診断システムが登場した。プラント設備管理 (PAM) というカテゴリのシステムで、具体的には、コンプレッサなどの重要回転機の振動監視、計装機器の状態監視、配管の減肉や腐食状態監視などがある。(表3)

表2 ポータブル計測器による設備の状態監視

対象	ポータブル計測器	監視データ	目的
全般	ポータブル温度計	温度	温度測定
	ポータブル超音波流量計	流量	流量測定
	赤外線サーモグラフィ	表面温度	表面温度の可視化
	音響診断装置	異音	異常箇所からの超音波
配管・静機器	超音波厚さ計	肉厚	配管・機器の肉厚測定
回転機	ポータブル振動計	振動、加速度	回転機の振動測定
	オイル内水分計	オイル内水分	潤滑油管理
用役設備	ポータブル水質計	水質	水質管理
VOC 発生箇所	ポータブル VOC モニタ	VOC	VOC 発生源の設備劣化

表 3 設備状態監視・診断システムによる設備の状態監視

対 象	システム	監視データ	目 的
配管 静機器	肉厚データ管理システム	肉厚	肉厚検査データの蓄積・診断
	腐食監視システム	腐食率	腐食環境の連続監視
回転機	回転機監視診断システム	振動、温度	回転機状態連続監視と診断
計装	計装機器オンライン監視	計装機器	差圧伝送器、調節弁診断
	パーシャルストロークテスト	PST	緊急遮断弁の動作確認

3.4 プロセスデータを活用した設備の状態監視

プロセスヒストリアンの出現で制御システムからのプロセスデータを長期間保存できるようになり、各部門のエンジニアに対してプロセスデータを集計、分析、活用できる環境を提供した。特にプロセスデータを活用した設備性能監視はプロセスヒストリアンの最も重要なアプリケーションの一つで、監視データは KOP (主要運転パラメータ) として、運転部門、保全部門において継続的に状態が監視される。(表 4) なお、4 章にプロセスデータを活用した主要回転機状態監視の適用事例を示す。

3.5 ラボ分析データを活用した設備の状態把握

プラントから出るサンプルの分析データは、ラボ情報管理システム (LIMS) に蓄積され、原料や製品の品質管理とともに、工程内流体の分析から設備の状態把握に活用される。運転部門や保全部門は LIMS のラボ分析データから運転中の設備の状態を把握し、運転方法の改善や問題点の発見に活用する。(表 5)

3.6 保全業務履歴データを活用した保全業務の状態把握

通常、設備の保全業務履歴データは設備保全管理システム CMMS/EAM に蓄積され、検査や工事、設備、予備品、保全要員などに関係するヒト、モノ、カネのすべての情報が一元的に管理される。

表 4 プロセスデータを活用した設備の状態監視

対 象	監視データ	目 的
設備全般	設備運転可能範囲	運転条件の逸脱監視
	OEE	総合設備効率の把握
	エネルギー消費指標	設備劣化に伴うエネルギー使用量の把握
	各種環境指標	設備劣化に伴う環境指標の把握
配管・塔槽	蒸留塔、固定床充填物の差圧	詰まり、汚れ、性能監視
	精留度、主要成分濃度	蒸留塔性能の把握
	露点温度	蒸留塔塔頂部腐食環境の把握
触媒	触媒運転時間、触媒層 WABT 触媒活性・選択性	触媒性能の監視
熱交換器	入口・出口温度、交換熱量、U 値	熱交換器の汚れ、性能監視
	クーラー流速、出口温度	腐食とスケール、スライム生成の傾向把握
加熱炉	入口温度	予熱系の汚れ、性能監視
	チューブスキン温度	加熱管のコーキング監視
	材料劣化パラメータ	加熱管材料の高温劣化監視
	炉効率	加熱管の性能監視
回転機	運転時間、起動回数	回転機 TBM 用稼働指標
	モータ巻線温度	モータ使用限界の監視
	軸受・ケーシング振動、軸受温度 エアフィンクーラー用ファン振動	回転機の状態監視
	コンプレッサ効率	回転機性能監視
高度制御	稼働率	高度制御停止要因の監視

表5 ラボ分析データを活用した設備の状態把握

対象	おもな分析項目	目的
用役	冷却水 (pH、電気伝導度、塩化物イオン、硬度など)	腐食とスケール生成の傾向把握
ボイラ	給水性状 (pH、電気伝導度、硬度、油分、溶存酸素など)	給水による腐食と加熱、キャリーオーバー傾向把握
	缶水性状 (pH、電気伝導度、塩化物イオン、鉄分、リン酸イオン、脱酸素剤、シリカなど)	ボイラ缶水による腐食とスケール析出傾向把握
塔槽	塔頂受槽ブツ水性状 (pH、塩化物イオン濃度など)	蒸留塔塔頂腐食環境の把握
	精留度、主要成分濃度	蒸留塔性能の把握
加熱炉	排ガス性状 (NOx, CO, O2)	燃焼設備の健全性把握
回転機	潤滑油性状分析 (粘度、全酸化、水分、金属分など)	潤滑油の劣化、汚染、添加物の消耗の傾向把握
オンライン分析計	オンライン分析計の測定項目に対応したラボ分析データ	オンライン分析計の精度管理

また、保全業務履歴データから作業要求・作業指示の遂行状況や事後保全発生状況、そして重要設備のステータスや予備品状況など設備の信頼性に関するデータも把握できる。この保全業務や設備の信頼性に関する状態(実績)は CMMS/EAM や 2000 年代後半から普及し始めたプラントダッシュボード等を介して、保全業務 KPI (表6) として可視化され、日次～月次レベルの目標管理や予算管理のプロセスにのせてコントロールされることが多い。さらに保全業務は年度単位で保全計画が立案されるため、年度レベルで保全業務や設備の信頼性に関する状態(実績)の把握と、計画対比が行われる。なお、4章にプラントダッシュボードを使った保全業務の可視化の適用事例を示す。

アセットマネジメントでは、アセットである設備のパフォーマンスを最大化するために、保全業務・保全方式の最適化や継続的な改善活動が必要となる。海外では保全業務や設備の信頼性の KPI を標準化する議論が進んでいる。標準化された KPI を使って

業界のベンチマークを基準に自社のポジションを把握する。その上で、改善の必要があれば、目標を決めて先進企業や各種団体のベストプラクティスを導入する継続的な改善のアプローチも行われている。一例として欧州 EFNMS と米国 SMRP が共同でまとめている保全業務とリライアビリティに関する KPI を表7にまとめる。

表6 保全業務 KPI の例

対象	項目
全般	計画外停止データ、Reliability Clock
保全作業	未実施 PM、作業指示(WO)ステータス、PM/BM 件数・比率 未解決作業・検査要求(WR)、仮補修リスト
保全費	保全費予算・実績対比、保全方式別保全費分析、Bad Actor 分析、資材費
予備品	重要設備予備品ステータス
設備	設備タイプ別保全実績、Bad Actor 分析 (工事件数、保全費、BM 頻度)、重要設備ステータス (稼働状況、PM ステータス) 信頼性パラメータ逸脱
プロジェクト工事	スケジュール進捗、プロジェクト予算・実績対比

表7 EFNMS/SMRP の Global Maintenance and Reliability Indicators

SMRP 分類	おもな KPI
Business and Management 業務と管理	<ul style="list-style-type: none"> Maintenance Unit Cost Stock MRO Inventory Value as % of RAV Annual Maintenance Cost as % of RAV
Manufacturing Process Reliability 製造プロセスの信頼性	<ul style="list-style-type: none"> OEE Availability Uptime & Idle Time
Equipment Reliability 設備の信頼性	<ul style="list-style-type: none"> MTBF MTTR Systems Covered by Criticality Analysis
Organization and Leadership 組織とリーダーシップ	<ul style="list-style-type: none"> Maintenance Training Cost Maintenance Training Hours
Work Management 作業管理	<ul style="list-style-type: none"> Preventive Maintenance Cost & Hours Corrective Maintenance Cost & Hours Maintenance Material Cost Overtime Maintenance Hours

4. 適用事例

操業データを活用による設備と保全業務の状態把握を具体的な事例を挙げて紹介する。

【適用事例 1】

プロセスデータを活用した主要回転機状態監視

この事例は DCS、振動監視システム、プロセスヒストリアン、設備状態監視・診断システム、CMMS/EAM の連携による主要回転機状態監視の事例である。主要な回転機は高価でかつバックアップ機の存在しない設備もあり、状態基準保全 CBM や運転時間基準 TBM による保全方式が採用される。多くの新設プラントでは保全方式の決定とともに CBM や TBM の仕組みをプラント建設時に設計し構築する。

図 5 は 2 系統の回転機状態監視の例である。一つはモータの Run/Stop 信号からプロセスヒストリアンで運転時間を計算する TBM の例で、プロセスヒストリアンからは主要回転機ステータスレポートも出力される。もう一つは回転機の振動データを設備状態監視・診断システムで診断する CBM の例である。回転機の運転時間超過や振動データ異常がある場合には CMMS/EAM に対して作業要求が発行される。

【適用事例 2】

プラントダッシュボードを使った保全業務の可視化

この事例は SIEMENS 社のプラントダッシュボード「XHQ」を使用して CMMS/EAM から保全履歴データを自動収集し、アセットマネジメントの観点で保全業務の状態を可視化した保全ダッシュボードの事例

である。サイト別の保全コスト予算・実績対比、保全方式別の保全コスト、作業指示の遂行状況、そして主要設備の状態監視などを保全業務の KPI として可視化している。予算超過時のアラート表示、トレンド表示、多次元分析による Bad Actor の絞り込みなどの可視化手法を駆使して、ユーザの容易な状況把握とスピーディかつ的確な意思決定を可能にしている。また、保全ダッシュボードから作業指示リストにドリルダウンすることで詳細な工事データも確認できる。(図 6)

Major Rotating Equipment Status Report

Unit	Tag	Service	Load (%)			No. of Starts			Running Hours (hr)			Daily Cycle (%)			
			Target	1 Yr	3 Yr	1 Yr	3 Yr	1 Yr	3 Yr	1 Yr	3 Yr	1 Yr	3 Yr		
101-1	P0600A	Lean Amine HP Pump	62.7	63.7	63.7	0	0	0	453	6391	0.0	62.0	78.1		
101-1	P0600B	Lean Amine HP Pump	67.6	68.2	69.6	0	0	0	58	522	100.0	69.0	79.2		
101-1	P0600C	Lean Amine HP Pump	78.6	78.8	80.3	0	1	60	24	477	5814	100.0	68.2	68.2	
101-2	P0600A	Lean Amine HP Pump	81.4	82.8	84.2	0	0	0	28	241	505	100.0	79.4	79.4	
101-2	P0600B	Lean Amine HP Pump	81.7	82.7	85.1	0	0	2	78	24	407	5919	100.0	69.0	70.5
101-2	P0600C	Lean Amine HP Pump	80.0	84.2	84.2	0	3	39	7	522	5865	29.2	72.5	69.0	
101-3	P0600A	Lean Amine HP Pump	84.5	84.5	85.1	0	3	71	14	659	6381	68.2	77.6	76.0	
101-3	P0600B	Lean Amine HP Pump	80.0	87.3	87.3	0	0	62	15	544	5550	62.0	75.5	69.1	
101-3	P0600C	Lean Amine HP Pump	86.8	87.8	89.3	0	0	53	24	552	5555	100.0	78.1	67.8	
101-4	P0600A	Lean Amine HP Pump	91.0	92.8	94.6	1	7	89	9	89	89	100.0	94.6	94.6	
101-4	P0600B	Lean Amine HP Pump	83.0	81.4	81.7	0	3	89	3	89	89	100.0	81.7	81.7	
101-4	P0600C	Lean Amine HP Pump	81.7	83.7	83.8	0	1	82	0	82	82	100.0	83.8	83.8	

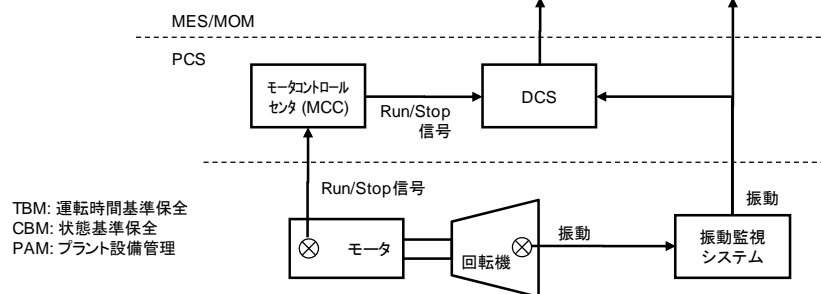


図 5 プロセスデータを活用した主要回転機状態監視

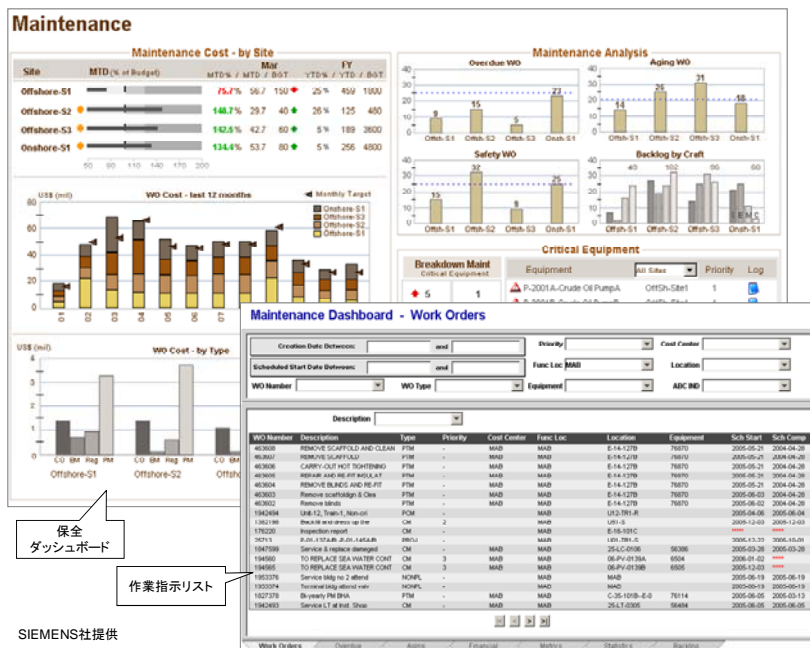


図 6 プラントダッシュボードを使った保全業務の可視化

5. おわりに

プロセス産業の操業データ活用による設備と保全業務の状態把握について紹介した。現在、さまざまな保全技術や情報システムが市場に出回り、技術的には比較的容易に設備の状態データの把握が可能になっている。しかし、導入した保全技術や情報システムが、保全業務の仕組みの中でうまく

機能せず、業務全体に貢献できていないケースもよく耳にする。そこで、アセットマネジメントの観点から、業務と情報の流れを再整理し、操業データを最大限に活用しながら設備（アセット）のパフォーマンスを引き出す予防保全、状態基準保全の仕組みの構築が求められる。

参考資料

- (1) 「生産現場情報化ハンドブック」, 工業調査会 (2004)
- (2) 大坂: 「プロセス産業の生産現場情報化の動向」, 化学装置 2007年9月号/工業調査会
- (3) 今西: 「化学プラントにおこるトラブル事例」, 化学工業日報社 (2008)
- (4) 大坂: 「導入が進む運転部門の高度化ソリューション「運転管理システム」」, 計装 2010年10月号/工業技術社
- (5) 「設備管理・保全の今日的課題の解決に向けて」, 計装 2011年4月号/工業技術社
- (6) Ramesh Gulati, Ricky Smith, “Maintenance and Reliability Best Practice” Industrial Press, Inc. (2009)
- (7) SMRP/EFNMS, “Global Maintenance and Reliability Indicators 4th Edition” (2011)
- (8) SIEMENS 社「XHQ」資料

オオサカ・ヒロシ
大坂システム計画株式会社
〒230-0046
神奈川県横浜市鶴見区小野町 1-1-514
電話: (045)503-4801
E-mail: hiroshi.osaka@osakasys.com