

平成20年度
生産システムの設備診断と
設備保全に係わる国際標準化報告書

平成21年3月

社団法人 日本機械工業連合会
財団法人 製造科学技術センター



この事業は、競輪の補助金を受けて実施したものです。

<http://ringring-keirin.jp/>



序

我が国では、標準化の重要性は以前から十分認識されており、特に機械工業においてはきわめて精巧な規格が制定されてきています。また経済の国際化に伴い、世界的規模で規格の国際共通化が進められております。

しかし、我が国の規格の中には独自で制定したものもあり、国際化の視点での見直しを行う必要性が高まっています。弊社ではこれに対応するため、従来から機械工業に係わる国内規格の国際規格との整合化事業等に取り組んで参りました。

近年、国際標準化にも新しい動きが起こり、製品を中心とした規格に加え、品質や環境などをはじめとするマネジメントに係わる規格などが制定されてきております。弊社においてもこの動きに対応し、機械安全、環境保全など機械工業におけるマネジメントにかかわる規格や、機械工業の横断的な規格についての取り組みを強化しているところです。

具体的には、国内規格と世界標準との整合を目指した諸活動、機械安全規格整備とリスクアセスメント実施のガイド作成、各専門分野の機関・団体の協力による機種別・課題別標準化の推進などです。これらの事業成果は、日本発の国際規格への提案や国際規格と整合した日本工業規格(JIS)、団体規格の早期制定などとなって実を結ぶものであります。

こうした背景に鑑み、弊社では機械工業の標準化推進のテーマの一つとして財団法人製造科学技術センターに「生産システムの設備診断と設備保全に係わる国際標準化」を調査委託いたしました。本報告書は、この研究成果であり、関係各位のご参考に寄与すれば幸甚です。

平成21年3月

社団法人 日本機械工業連合会
会 長 金 井 務

はしがき

これまで、日本の製造業は資源やエネルギーの使用を抑えて付加価値の高い製品を作ってきました。これからはそれ以上に、生産設備、システムを効率良く稼働させて環境負荷を極力少なくして、高付加価値の製品を作って行かなくてはなりません。

装置産業においては、生産性向上や製品の品質向上のみならず、生産設備を効率よく稼働させるための「設備保全」の概念を組み込んだ生産システムの実現が欠かせないものと考えられ、ISOなどの活動においても、環境、資源の再利用、安全、保全などに配慮した生産システムモデル構築への関心が高まっています。

当センターが、社団法人日本機械工業連合会より委託を受けて実施した「生産システムの設備診断と設備保全に係わる国際標準化」は、このような状況を背景にして、FA 国際標準化に我が国のニーズと諸外国の我が国への期待を反映させることを目的にしたものがあります。具体的には、製造業の実態を反映させながら、安全性や経済性に配慮した設備保全手法を検討して、国際標準化を目指すことであり、本報告書にはこれらの検討結果が記載されております。

おわりに、本調査研究を実施するにあたって、経済産業省、社団法人日本機械工業連合会のご指導、ご支援に感謝し、調査研究にご協力いただいた関係各位に厚く御礼申し上げます。

平成21年3月

財団法人 製造科学技術センター
理事長 庄山悦彦

事業運営組織

本事業は次の委員会を設けて実施した。

生産システムの設備診断・設備保全の標準化検討委員会		(順不同、敬称略)
委員長	高田 祥三	早稲田大学 創造理工学部 経営システム工学科 教授
委員	福田 好朗	法政大学 デザイン工学部 システムデザイン学科 教授 大学院委員会議長
委員	荒井 栄司	大阪大学 大学院 工学研究科 マテリアル生産科学専攻 教授
委員	浅井 誠司	(社)日本プラントメンテナンス協会 メンテナンス技術本部長
委員	遠藤 英夫	オムロン(株) インダストリアルオートメーションビジネスカン パニー 技術規格管理部 主幹
委員	外山 久雄	オムロン(株) インダストリアルオートメーションビジネスカン パニー 技術規格管理部 主幹
委員	佐川 浩二	パナソニック電工(株) 制御機器本部 事業戦略企画室 参事
委員	大井 忠	三菱電機(株) 先端技術総合研究所 ソリューション技術部 モデリング基盤G グループマネージャー
委員	塩谷 景一	三菱電機(株) 生産技術センター 基盤技術強化推進プロジェク トグループ プロジェクトグループマネージャー
委員	板倉 浩	横河電機フィールドエンジニアリングサービス(株) フィールド サポート本部 生産技術部 部長
事務局	笹尾 照夫	財団法人 製造科学技術センター 総務部長
事務局	外山 良成	財団法人 製造科学技術センター 国際標準部長

目次

1. 調査概要	1
2. 設備保全技術の現状と課題	2
2. 1 ヒアリング調査	2
2. 1. 1 自動車産業	2
2. 1. 2 総合化学産業	20
2. 2 メンテナンス効果評価	34
2. 2. 1 序論	34
2. 2. 2 O&M を統合した運用計画の策定	34
2. 2. 3 試作システムの重油直接脱硫装置への適用	41
2. 2. 4 結論	52
3. 保全に関する国際標準化活動の状況	54
3. 1 欧州標準化機関とメンテナンス技術委員会について	54
3. 2 調査対象規格名	54
3. 3 調査実施	55
3. 3. 1 保全の重要業績評価指標について	55
3. 3. 2 具体的指標（抜粋）例と各々の意義について	57
3. 3. 3 保全に関する重要評価指標の選択と活用の方法について	69
3. 3. 4 TPM 指標からの考察	71
3. 4 保全作業員の能力要件と認定について	75
3. 4. 1 当該規格設定の趣旨	76
3. 4. 2 適用範囲について	76
3. 4. 3 保全作業員認定に関する3つの能力レベル	77
3. 4. 4 保全作業員必須知識に関する3つのレベル横比較	90
3. 5 調査のまとめ	96
3. 5. 1 保全を取り巻く環境	96
3. 5. 2 保全標準としての意味付け	102
3. 5. 3 保全標準化がもたらす人材育成と人材流動化への影響側面	107
3. 5. 4 国・企業間における情報交換	110
4. ISO18435 の概要	114
4. 1 ISO18435 の開発状況	114

4. 2	ISO18435 パート1 の概要	1 1 5
5.	事例に基づく ISO18435 の有効性評価	1 2 5
5. 1	切断工程	1 2 5
5. 2	水処理プラント	1 3 2
5. 3	ソフトウェアメンテナンスのケース分類	1 3 7
5. 3. 1	日本と欧米のメンテナンス	1 3 7
5. 3. 2	ソフトウェアメンテナンスのケース分類	1 4 0
5. 3. 3	まとめ	1 5 0
6.	まとめと今後の課題	1 5 1

1. 調査概要

わが国の機械産業においては、生産設備の保全性を向上させることで、生産システムの効率化を図る努力が行われてる。このために、故障、事故を未然に予防する予知保全を含む設備診断技術や、生産設備の保全に関する情報を統合し、効率的で、適切な保全活動を実施するシステムの構築が求められる。

生産設備の管理においては、管理に関わる情報の一元化、プロセスの効率化、標準化を図ることや、設備の状態監視、状態診断、信頼性評価等の技術を活用することで、故障の低減や保全コストの削減を図ることが重要であるが、さらには、保全活動が収益にいかに関与しているかが評価されるようになっている。

このような設備の診断、保全活動においては、保全情報の互換性や共通認識が重要であり、このための国際標準の制定が求められている。この分野においては、近年、欧米で積極的に国際標準化を推進しようとする動きがある。これらの動向に対しては、我が国としてもその意向を十分反映させていくことが重要である。また、我が国の企業が有する先進的な設備診断、設備保全技術を盛り込み、製造現場の実態を反映させた国際標準原案を他国に先駆けて積極的に提案することで、我が国の製造業が優位に立ち、引続き発展する基盤を整備することも求められている。

本事業では、生産システムの設備診断および設備保全活動に関して、我が国の製造業の実情に適した技術と主張を盛り込んだ国際標準の提案を実施するため、我が国で行われている設備診断技術を含む設備保全技術の調査を行った。

調査においては、まず、運転と保全の連携等について先進的な活動を行っている自動車製造会社、化学産業会社へのヒアリング調査を行い、我が国の最新の設備診断技術、設備保全技術を把握した。また、このような保全活動の効果を評価するための評価技術と、それに基づいた運転と保全を統合した計画システムの検討を行った。

設備診断・設備保全に係る標準化活動の現状に関しては、欧州の EN 規格について、保全業務の改善に対する効果などについてどのように意義があるかを中心に調査した。

また、ISO 規格に関しては、ISO18435 を審議している TC184/SC5/WG7 の国際会議に出席して検討した結果をまとめた。さらに、ISO18435 Part 2 のユースケース標準原案作成のため、切断工程、水処理プラント、及びソフトウェアの保全について、保全情報の流れの検討を行った。

(注) TC184/SC5/WG7 は、「診断と保守のアプリケーション統合」の国際標準を審議している I S O のワーキンググループ

2. 設備保全技術の現状と課題

2. 1 ヒアリング調査

本調査は、ISO（国際標準化機構）で実施している設備診断と設備保全に関する国際規格作成の事業に我が国の意向を反映させるために行うものである。そこで、我が国における先進（最新）の設備診断技術や設備保全技術を有する事業所をヒアリング調査し、その現状と今後の展開及び要望等を把握する。ヒアリング調査先として次の2つの産業の工場を選択した。

- ・組み立て加工工程がメインの事業所：自動車産業
- ・プラント系の事業所：総合化学産業

2. 1. 1 自動車産業（日産自動車株式会社）

ヒアリング調査時の議題は以下の通りとした。

- ①WG主査から本調査の主旨の説明
- ②日産自動車側からの生産方式、保守・保全活動についての説明
- ③工場見学
- ④質疑応答

(1) 日産自動車株式会社の概要説明

日産自動車は日本を代表する自動車製造会社である。日本を中心に、世界15ヶ国に生産拠点を持っている。

- ・創立 1933年12月26日
- ・資本金 6,058億円
- ・売上げ 104,686億円/年
- ・従業員 国内 約33,000名
グローバル 約16万名
- ・海外工場 15カ国、23拠点

ノックダウン 26工場、パワートレイン 25工場

注記) ノックダウン：部品のまま輸出し、現地で組み立てる方式

パワートレイン：クラッチやトルクコンバーター、ギア、プロペラシャフト、ディファレンシャルギア、車軸などの動力および動力伝達（駆動）駆動系のこと

インド、ロシアに新工場建設中

・国内工場

- ①車両工場・・・追浜、栃木、九州
- ②エンジン・・・横浜、いわき
- ③日産車体
- ④日産工機、愛知機械・・・エンジンを供給

(2) 追浜工場の概要紹介

追浜工場は東京湾に面した神奈川県横須賀市に位置し、わが国初の本格的乗用車工場として1961年に操業を開始した。最新技術の導入に意欲的に取り組み、1970年には業界初の溶接ロボットを導入。さらに多車種同時生産が可能な混流ラインをいち早く採用し、世界でも屈指の自動化の進んだ乗用車組立工場として発展してきた。専用埠頭のほか、さまざまな分野の基礎研究を行う総合研究所やテストコースも隣接している。2006年には世界の生産拠点の人財を育成するグローバルトレーニングセンターも開設した。



図 2.1.1.1 日産自動車・追浜工場の全景

①工場プロフィール (2007年3月現在)

敷地面積	約 1,707,000 m ²
従業員数	4,425 名
生産能力	49 万台/年
生産品目	乗用車 (マーチ、キューブ、キューブキュービック、ノート、 ティーダ、ティーダラティオ、ブルーバードシルフィ)

②沿革

1961年 操業開始 (ブルーバード生産開始)

- 中央研究所（現総合研究所）、テストコース完成
- 1978年 生産累計 500 万台達成
- 1988年 TP (Total Productivity) 賞受賞
- 1992年 デミング賞事務所表彰受賞
生産累計 1,000 万台達成
- 1994年 品質管理および品質保証に関する国際規格「ISO9002」の認証取得
- 1996年 TPM (Total Productive Maintenance) 賞 第1類受賞
- 1997年 環境マネジメントに関する国際規格「ISO14001」の認証取得
- 1998年 「神奈川県地域共生型工場」表彰を受賞
- 2000年 マーチ、キューブ生産開始
- 2003年 キューブキュービック生産開始
- 2004年 ティーダ、ティーダラティオ、ノート生産開始
Bプラットフォーム車に統一
(ティーダ、マーチ、キューブ、ノート、ブルーバードシルフィ)
- 2005年 ブルーバードシルフィ生産開始
- 2006年 グローバルトレーニングセンター開設
- 2007年 累計生産 1500 万台

③生産工場

4つの工場が追浜工場内にある。

- a. 第1工場 マーチ、ノート、キューブ
- b. 第2工場 マーチ、ティーダ、ティーダラティオ
- c. 第3工場 塗装
- d. プレス工場

④組織

工場長をトップに、総務、工務（生産、技術、工務）、品質保証、製造部から構成される。製造部が最大の部門である。

(3) 日産生産方式 (NPW: Nissan Production Way)

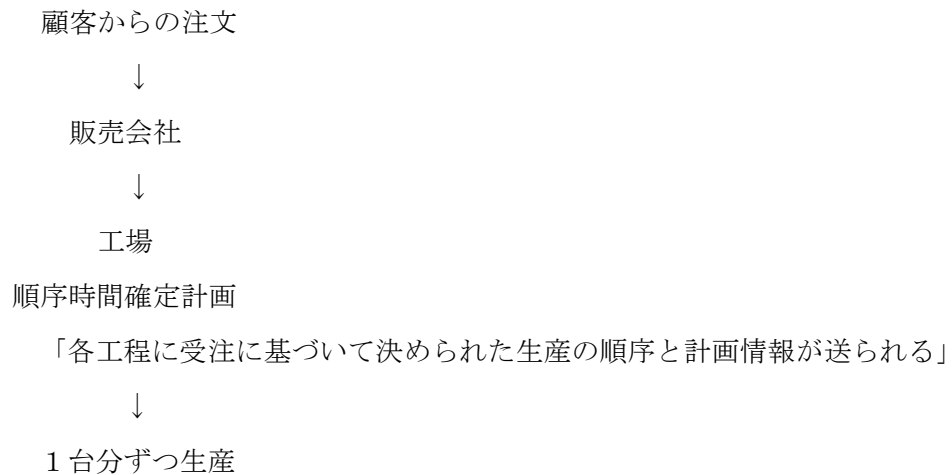
日産自動車が提唱する独自の生産方式の名称である。「限りないお客様への同期」がコンセプトであり、この「限りないお客様への同期」を実現するために、生産のシステムを改善・改革していく考え方や取り組み方の総称として使われている。日産生産方式が目指す

のは高品質な車を効率的に生産し、顧客に約束した短い納期での納品を実現することである。これを具現化したのが、「同期生産」と呼ばれている、全ての工程を順序よく守っていく生産システムである。

期間短縮やタイミングを合わせるなどの「時間に関する同期 (T : Time)」だけでなく、顧客が求める品質を造り込む「品質の同期 (Q : Quality)」や、顧客から対価を得られないムダを徹底排除し付加価値だけを提供する「コストの同期 (C : Cost)」も含んでいる。

①同期生産

「お客様への同期」とは、パイプラインの概念である。開発のパイプライン、生産のパイプラインをイメージし、日産生産方式の目指す姿「同期生産」を実現する。日産自動車における「同期生産」は、顧客の注文を受けてから生産する、いわゆる受注生産を指しており、車両も部品も在庫を極力持たないことを基本的な考え方としている。



②自動車の生産工程

図 2.1.1.2 に自動車が出来るまでの工程を示す。

(4) 自動車産業の特徴

- ・お客様から受注してから3日で生産しなければならないほど短納期である。
- ・新車立ち上げは6ヶ月以上前にわかるので、そのための準備を万全にする必要がある。
- ・組み立て工程では、設備保全は設備状態の現状把握をしながらの地道な改善活動が必要となる。

日産生産方式 Nissan Production Way



図 2.1.1.2 自動車生産工程

(5) 追浜工場の工場活動紹介「追浜チャレンジ」

追浜工場は“生き残り戦略”として「追浜チャレンジ」を実施してきた。

①追浜チャレンジの目的

- ・日本の工場はコスト競争力に対しての問題を払拭し、グローバル NO.1 を目指すこと。世界 No.1 のモノづくりを実現する。
- ・軽自動車や LCC(Low Cost Carrier) 諸国とのベンチマーキングや現場・技術の協働強化により、「モノづくり改革」を迅速に行い、Q(Quality)・C(Cost)・T(Time)で日産自動車グループ世界 No.1 工場を目指す。
- ・社内関連部門や取引先（サプライヤー/物流会社等）と一体となって改革の先陣をきり、素早く国内外の工場へ水平展開する。
- ・本改革により、日本の工場コスト競争力に対する疑問を完全に払拭し、日産全体のモノづくりのレベルアップに大きく貢献する。
- ・“世界No.1 のモノづくり”でグローバル車を呼び込み国内専用工場からの脱却を図る。

②活動概念

日産生産方式である「限りないお客様への同期」と「限りない課題の顕在化と改革」を活動概念にしている。

a. 限りないお客様への同期

(4) に述べた同期生産方式に沿って活動している。

b. 限りない課題の顕在化と改革

- ・QRQC(Quick Response Quality Control)品質検討会
- ・背景・・・工場が生産量奪還をかけた”生き残り戦略”
 - ・中国、メキシコ等が QCT(Quality、Cost、Time)で日本に追いつきつつある。
 - ・日本は引き離さなければ、存在意義がなくなる。
 - ・グローバルでのコスト競争力が生き残り戦略の中心である。
- ・活動の変化
 - ・05 年度まで個別に活動してきた
 - ・部長指導会等の改善マネジメント
 - ・内部、外部とのベンチマーキング（蛸壺ではなく、外を見る）
 - ・あるべき姿ではなく、ありたい姿策定・アップデート
 - ・目標設定
 - ・コミュニケーション

- ・人材育成
- ・06年度から今までの活動を統合した「追浜チャレンジ」を開始した。

③追浜チャレンジの目標

- a. コストについて
 - ・トータル 10%の削減が目標
 - ・償却費以外は30%の削減、償却費はキープフラット
- b. 注力している活動・・・iFA活動
 - ・安価な自動化 工場独自にからくりの導入を実行
 - ・SCMの見直し物流費の削減 イン／オンサイト
 - ・購入部品費の削減： サプライヤーも含めた活動
 - ・直接労務費の削減：これはiFA推進として活動
- c. その他、全部で6つのチームが活動（品質源流チーム、準直労務費削減チーム等）している。

④追浜 iFA(Integrated Factory Automation)

- a. 直接労務費の削減を意図している。
 - ・4つの融合を目指す
 - 1.現場と技術
 - 2.工程と工程
 - 3.同期生産とカラクリ改善
 - 4.人、物、設備と情報
 - ・生産での融合活動
 - 1.生産現場と物流の融合
 - 2.工場とサプライヤーの融合
 - 3.ITと現場の融合
 - 4.ITと設計・生産準備との融合
 - 5.設備づくりと生産の融合
 - 6.プロセスの融合
- b. iFAとは何か？ 図2.1.1.3 参照

モノの流れに着目することで淀みなく清々と流れる状態にする（無駄のない状態）

→モノの流れの整流化＋安価な自動化

iFAとは？

モノの流れの整流化+安価な自動化

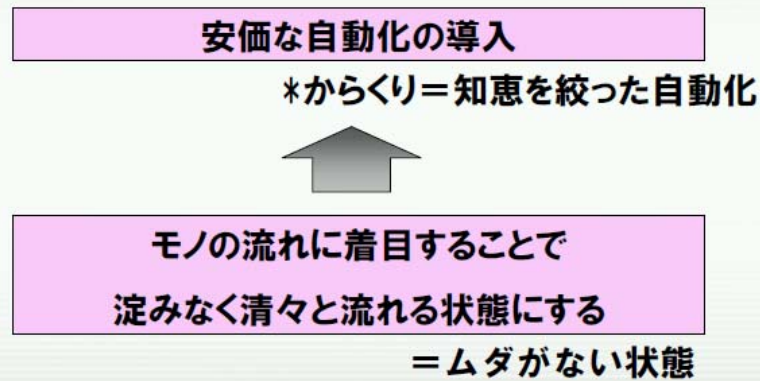


図 2.1.1.3 iFA とは？

c. アプローチ

「ロスを下流から上流へ持ち上げていく」

d. 具体的な活動

・モノの流れの整流化 図 2.1.1.4 参照

1 動線、1 荷姿という形で、モノの流れをシンプルにすることで、簡単に自動化できるようにする。

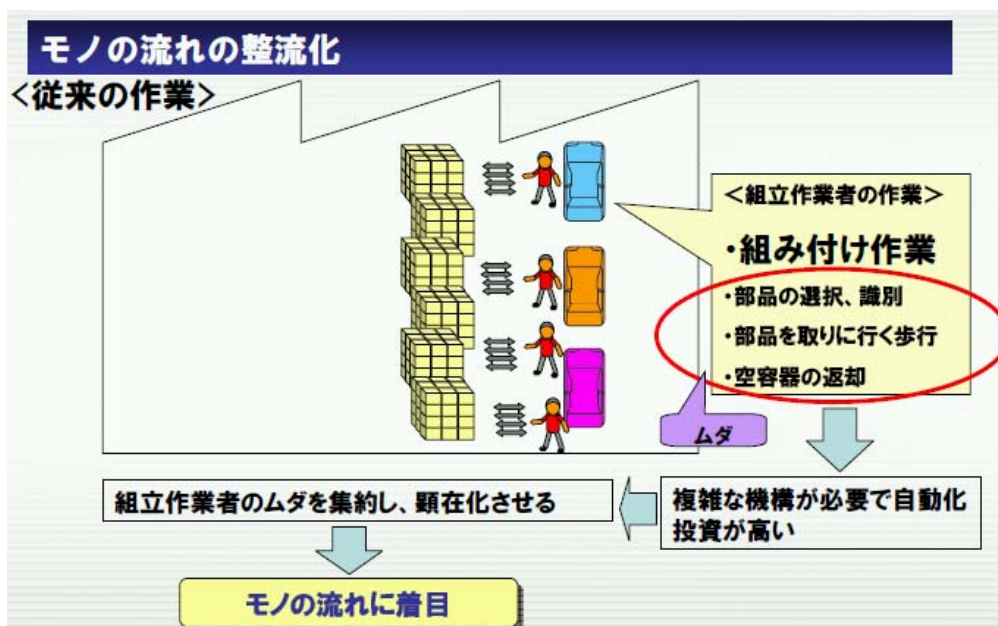


図 2.1.1.4 モノの流れの整流化

・安価な自動化・・・KIT 供給 図 2.1.1.5 参照

ピッキングの無駄を排除するために、キットにして部品を供給する。ピッキングに寄せたロス対策が今後の活動対象になる。

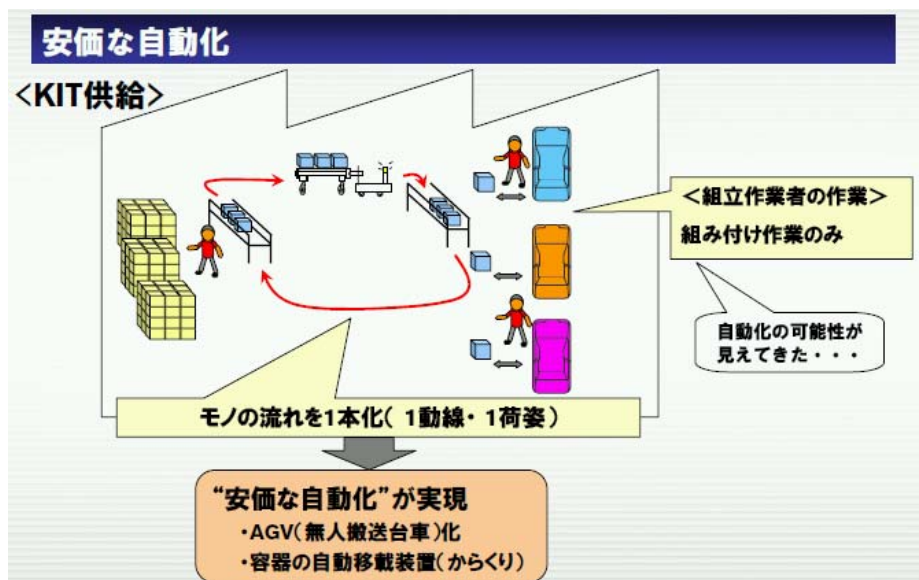


図 2.1.1.5 安価な自動化

・改善 図 2.1.1.6 参照

改善は、下流から押し上げていく。→ “安価な自動化” が実現

- ・ AGV（無人搬送台車）化
- ・ 容器の自動移載装置（からくり＝知恵を絞った自動化）

追浜チャレンジ進捗（iFA改善内容）



図 2.1.1.6 改善

- ・一般自動車鋼材採用によるコスト削減 図 2.1.1.7 参照

テクニカルな低減事例である。今回は安い低グレード材 1 種類を使おうということで、大変早い時期からシミュレーションを行い、造形の R 変更を行って安い材料でも成形できるようなスタイルに設計をした。それによって現行にくらべて 95%の低グレード材を採用することができた。

追浜チャレンジの活動内容

一般自動車鋼材採用によるコスト削減

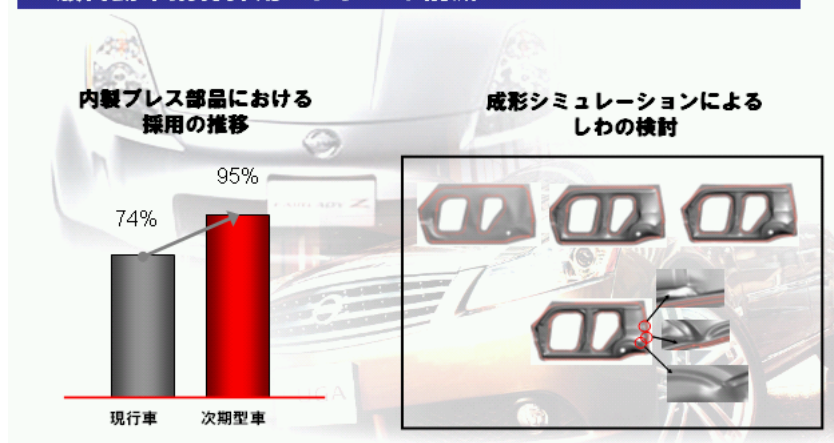


図 2.1.1.7 一般自動車鋼材採用によるコスト削減

- ・トータルコスト(購入費用、調達物流費、内製費)削減 図 2.1.1.8 参照

物流費の削減事例である。従来一体化されていたエアクリナーを設計段階で分割し、荷姿を改善し工場内で組立をすることにした。

追浜チャレンジの活動内容

トータルコスト(購入費用、調達物流費、内製費)削減

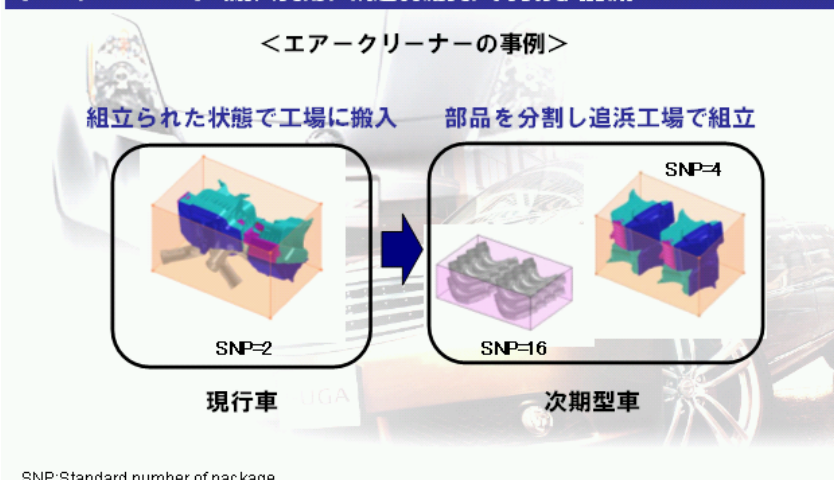


図 2.1.1.8 トータルコスト(購入費用、調達物流費、内製費)削減

・物流の共有化、ダイレクト化によるコスト削減 図 2.1.1.9 参照

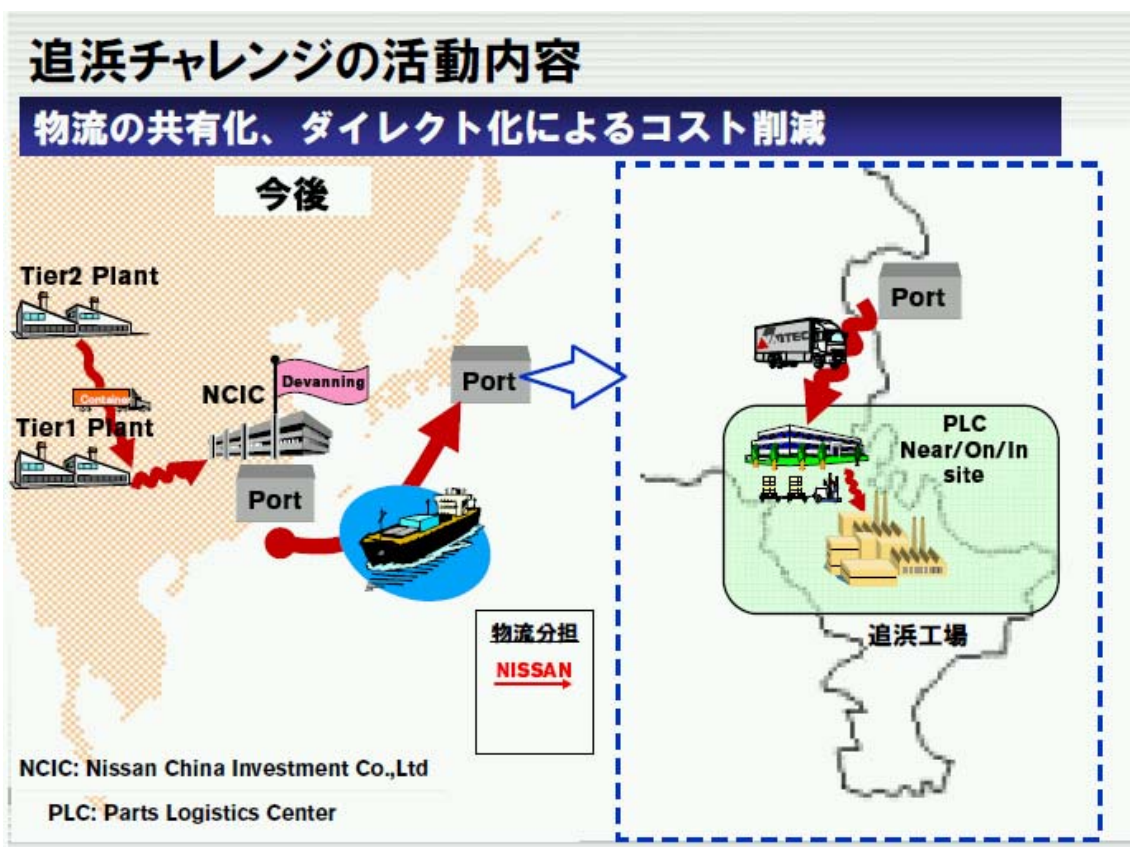


図 2.1.1.9 物流の共有化、ダイレクト化によるコスト削減

(6) 追浜工場での保全

①保全の目標

a. 目標

稼働率向上活動を目指している。稼働率向上の指標として OEE(Overall Equipment Efficiency:設備総合効率)を用いている。工場間で OEE の値を競争させ、対抗意識を持たせている。この OEE の値での勝率を OEE 勝率と呼び、他の工場と競っている。追浜工場は日産自動車グループで No.1 を目指している。

b. 保守活動

毎朝、前日の振り返り会議で行っている。その場で処置を決めている。設備だけで 30 分程度を使っている。

c. 評価指標

評価指標として製造復帰率 (2 級保全者による MTTR 改善) を用いている。

②保全情報

a. PMS(Production Management System)

PMS は日報を集約するシステムで、トラブルも PMS に記入している。

- ・ラインが止まった時に故障情報を入力する。
- ・PMS モニターが工場内に配置されており、作業者は状況を見ることができる。
- ・PMS では保安員が何をしたのかが出力できる。CMMS からも出力できる。それを見て何をするかを判断するのは人間だ。

PMS がシステムとして止まったことは、この 6 ヶ月間にはない。

b. CMMS(Computerized Maintenance Management System)

CMMS は保守作業の集約システムである。故障データの管理・分析を行う。故障の分析は PMS のデータを利用する。

- ・1 週間ぐらいのサイクルで回す必要がある。
 - ・日々、現象が変わる。
 - ・故障の水平展開をどこまで行うかは人の判断である。故障分析して初めて判断できる。
- ・PMS のデータを取り込みグラフ化等の加工をして、見やすくしている。それを分析して、何の保全をするのかは、人間が判断する

例：モーターの故障が多い場合、ケーブルがこすれているという時は、週末に設備改善している。これをしないと同じトラブルを繰り返す。

- ・点検結果は、CMMS に入る。

c. 情報の活用

保守保全情報は保全の外部に伝え、活用している。

- ・メンテの情報を設備標準に落としていく。設備委員会にフィードバックする。デザインレビューを通じて、個別の打合せを通じてやっていく。問題が起きたときに来てもらう対策室がある。
- ・TBM (Time Based Maintenance: 時間計画保全) として、故障状況と運転時間で決まっているのはプレスマシンのモーターとプーリーをつないでいるベルトである。

d. 点検項目

- ・点検は実施している。
- ・点検項目は、定期点検の期間の長短で変化している。
- ・過去からすると、点検項目は増加していて、その反面、省くものは少ない。

1回／年は見直している。

③保全の考え方

保全の業務を製造の中に取り込み、活動している。(製造保全)

a. 考え方

- ・止めちゃいけない。故障と対応がリアルタイムに行われている状態にし続ける。

b. 日々の保全計画

- ・泥臭い活動である。

c. 予防保全

予防保全は TBM (Time Based Maintenance: 時間計画保全) で行っている。

- ・半年先の生産計画を示され、負荷を判断して保守している。
- ・生産計画の隙間を保守作業に使う。
- ・車種変更で旧式化した装置を更新している。サービスパーツがないものが対象である。

d. 保全計画

保全計画は生産計画とリンクしていない。生産の隙間で保全を実行する計画を作る。

- ・生産計画と保全計画は、リンクはされていない。その都度担当者が判断してシステムティックではなく、保全している。例えば、1月～3月は、高負荷となることを、聞き込み等で関連部門から情報収集して、全業務を12月に実施するという判断をしている。
- ・だいたい1ヶ月での期間で保守を具体的に計画している。
 - ・1年計画はあるが、1ヶ月前くらいに精度が上がる。
 - ・1ヶ月でシフト計画は変わらないので、確定する。
- ・土曜日等の隙間時間に生産するかどうかの影響する。保全作業は、土日に行う。または、工程が止まる午前2時から6時の間。土曜生産は、3ヶ月前くらいに決まるので、それに合わせる。
- ・日本は連休が3回ある。ほぼ、等間隔であり、計画しやすい。
- ・基本的に保全のために、生産ラインの休みを伸ばすことはない。
- ・モデルチェンジに合わせて更新する場合と、15年たって老朽化で更新する場合がある。そのような更新は、連休中に行う。冬休み、5月連休、夏休みに行う。
- ・メンテのために、生産計画を変更することは無い。

e. 人材育成

製造保全を実行できる人材の育成を中核にしている。

・保全技術の取組み

MTTR の短縮を狙っている。チョコ停対応を基本にしている。故障内容を見て、自分で直せるようなら、直している。評価指標として製造復帰率を算出して、用いている。手に負えない時には専門保全を呼ぶ。

・保全技術者制度

製造保全者にランクをつけている。保全特級、保全 1 級、保全 2 級、保全 3 級の 4 ランクがある。2 級は 2 週間の工務課による訓練後、実ラインでの試験を行う。3 級の訓練は 2 日間で、1 ヶ月のトレーニング期間で取得できる。このレベルの保全内容はスイッチの位置調整、近接スイッチの交換等である。

f. 設備の特色

- ・機械毎の故障の出やすさの差は減っている。
- ・15 年くらい経過すると、予期しないところで故障する可能性を持っている。

④ロボット

主な保守対象はロボットである。車体ラインは、1 ライン 300 台が 2 ラインで合計 600 台くらいのロボットがある。

a. 保守の考え方

- ・ロボットを改造することはある。制御の改造などを行っている。制御は変化している。
- ・NC ロケータの更新計画は、車体技術部が立てている。
- ・点検の実施率が落ちると生産性に影響が現れる。実際には、点検→対策をしている。例えば、掃除や溶接スパッタを除去している。放置しているとセンサが動作しない、クランプが動かなくなるためである。

b. ケーブルの断線

ロボットの電源ケーブルの切断が多い。溶接電流が流れるケーブルだ。

・対策

- ・保全の周期を変える。
- ・設計を変える（車種、ケーブル自体の改善等）。ロボットの動きが変わる
- ・診断している。
- ・危険性が高い。

- ・多いところで年に1回。1年に1回交換している所と、もっと長い所がある。
ロボットケーブルの交換周期は、紙ベースで担当者が判断して交換している。
- ・1台1台の設備の保全カルテはある。

・Q&A

Q. 情報はあるのだから、システム化したいという要望はあるのか？

A. あると思う。設計は、だんだん変わっていくので、打点が増えたりする。動きの激しい部分があるので、人間の判断となる。

Q. 積み上げたデータはあるか？

A. それは、ある。ロボットメーカーと研究した断線を起こしにくいケーブルはある。 図 2.1.1.10 参照

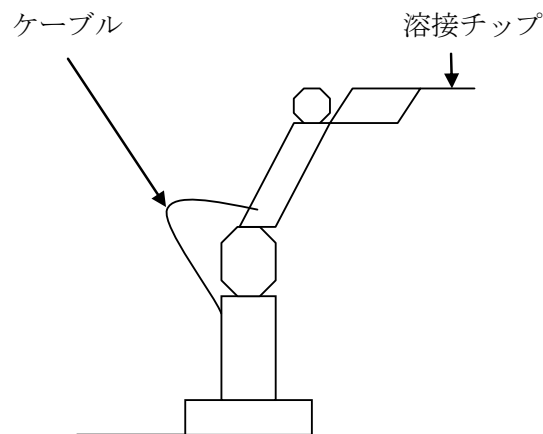


図 2.1.1.10 溶接ロボット

c. 溶接のチップ

- ・クラス分けして交換している。溶接チップの寿命管理は打点数から決めている。
- ・磨耗センサで現物を確認している。

d. ベアリング

- ・ベアリングは、メンテフリーで交換していない。まれなことで、ベアリングが突然こわれて交換したことがある。
- ・音を聞いて保守する話はあるが、価格が高いので検討中だ。

e. その他

- ・ロボットの歯車（ハーモニックドライブ）、軸受けでの故障は無い。

⑤保安全管理

a. 保全予防(MP:Maintenance Prevention)

有効であるが、これだけではアクチュエーターの数が多すぎてひろいきれない。

b. 新車立ち上げ

- ・DR(Design Review)を行い、検討する。
- ・設備が新しくなる。

c. 設備の診断

- ・工場の依頼により、診断技術を開発するチームがある。
- ・ベアリング、チップで実績がある。
- ・プレスマシンは回数をカウントしている。
- ・チェーンの伸び測定などを実施している。チェーンは、状態監視が出来るようになって、切れるという問題は、なくなってくる。
- ・MP（保守プログラム）で対策している。
- ・環境条件（季節）でも変化する。
- ・点検項目
 - ・増える方向である。
 - ・項目を削減するのは難しい。

⑥追浜工場の保全体制

a. 生産・・・2直+夜番

b. 保全要員・・・全体で約30名、2車体Gで14名

c. 海外の工場の保全

- ・日本のやり方を持っていった。例えば、中国には、日本の考えを伝えてきた。中国には、こわれたら直すという考えしかない。
- ・海外工場では大きな保全体制を抱えており、日本の工場での約3倍の人数がいる。中国では、オペレーターに保全をやらせていない。

d. 保全の人数を絞ってきても運営できる理由

- ・システムを入れて異常を早期に掴む。
- ・製造にて保全をしている。例えば、保守部門から現場に走っていくだけで5～10分かかる。時間短縮できている。
- ・単純なものは協力会社に依頼している。

⑦定期保全でやってみたいこと

- a. メインラインは情報を取れるようになった。メインラインの自動化は出来ていて信頼性は高い。
- b. サブラインの情報収集は自動化できていない。サブラインの修復待ちを対策したい。

サブラインの実態はわかっていない。

- c. スパッタが飛び散るので、5S等の清掃が重要。
- d. 点検項目の整理をしたい。故障が起きるたびに、項目が追加されていく。省かれるよりはいいと考えているが、効率に影響する。

⑧その他

a. 制御機器メーカーへの期待

- ・世代交代で保守できなくなる。
- ・トラブルが発生した場合に原因がわからない。診断機能がほしい。
例：エラーメッセージが正しいかどうかかわからない
メインの機器がトラブッタ時に、・・・が分かるような装置があるといい。
- ・車体製作の使用条件の中で信頼性を評価していない。
 - ・ユーザではなく、メーカー独自の中で行う。
 - ・既存のラインでは実験しにくい。
- ・自動車メーカーでは発生している不具合現象は似ている。
- ・メーカー間や業界団体に情報を共有できないか。
- ・各自動車メーカーで出てくる共通問題をひろって来て、対応してくれるといい。

(7) まとめ

日産自動車側の考えは明示されていないが、以下のように設備保全の標準化への期待を持っていると理解した。

a. システムモデル

- ・システムモデルについて、製造ラインとしてコンセプト、I/Fの明確化の為に必要性を認める。
- ・ADID図（アプリケーション統合ダイアグラム）で追浜工場では、特に重点が置かれているのは「D1.2- 状態監視、診断、品質監視」である。保全ではモニターである。デバイスにも関心がある。生産計画とは、受注生産量を関連部門からヒアリングして生産計画を想定して保全計画を立案している。
- ・システムモデルを実現するには、課題がある。
 - ・情報がオンライン化されておらず、入手できない。
 - ・人間系の動きをモデル化が必要である。
 - ・情報及び関連するアクティビティをすることでモデルに近い統合化が可能と思

われる。つまり、意識的に統合化したシステムモデルに基づいた設計、保守を実施していなくても工場の現場レベルでの積み上げとトータル生産計画とのすりあわせを蓄積することにより標準化したシステムに整理されていくと思われる。

b. 制御機器

制御機器は ADID 図 (アプリケーション統合ダイアグラム) で「D0.2 – デバイス、機器、ソフトウェア、ドキュメントなどの同定と配置」に位置しており、トラブル情報の内容、伝達方法の規格化が期待されている。

自動車工場の保全の現場では、現状は、

- ・ 製造現場を中心に回す。
- ・ 生産に支障を与えるという観点でロボットが保全対象の中心である。
- ・ 生産情報を基本に、故障情報が付加されている。

ということがわかった。

しかし、現場の知恵・努力と企業トータルの生産性向上、品質向上、顧客志向の商品開発等が企業目標達成への活動を継続する時、我々が進めている標準化のモデルに近い形に近づくとと思われる。

2. 1. 2 総合化学産業

総合化学産業A社でのヒアリング調査時は以下の要領で行われた。

- ①WG 主査から活動内容と調査目的の説明
- ②A社より、工場概要説明
- ③製造現場調査
- ④WG から事前に提示した質問への回答
- ⑤質疑応答

(1) 会社概要

A社は日本の代表的化学会社として、日本国内だけではなく世界中に製造販売拠点をもち、石油化学から医薬品まで幅広い事業を展開している。

今回訪問した事業所は、主に電子機材製品や自動車関連製品に力点を置き、研究開発にも注力している製造拠点である。

高圧ガス設備 29 設備

主な生産品 石油化学製品

機能化学製品

その他

A社では、化学物質を取り扱う事業者として、化学製品の開発・製造、流通、使用、最終消費を経て廃棄に至る全てのライフサイクルにわたって、「環境・安全・健康」を確保し、活動の成果を公表し、社会とのコミュニケーションを行っており、この活動を RC (Responsible Care : 責任ある配慮) 活動と称している。

A社の RC 活動には、環境保護、保安防災、労働安全衛生、化学品安全、品質保証、RC コミュニケーションを含んでおり、自社内の活動だけではなく地域社会との関わりを重視した活動も行われている。

その成果として、保安事故は9年間ゼロ件、労災や環境トラブルは目標以下に収まる減少傾向にある。

(補足 : RC 活動は、1985年にカナダで誕生し1990年に国際化学工業協会協議会が設立されて以来、共通原則のもとに各国各地域の固有の状況に応じて各国化学工業協会単位で推進され、現在では世界52カ国で展開されている。日本では1995年に日本レスポンシブ

ル・ケア協議会が設立され、本格的に活動が開始され 103 の企業が参加している。)

(2) 生産と保全

A社における、生産計画の流れと保全との関連性を以下に示す。

①生産計画

市場のニーズに沿って、本社事業部から製造に対して年間計画または4半期計画として生産計画が指示される。製造は、計画が実現可能かどうかを判断するため、関係部署との協議を行う。

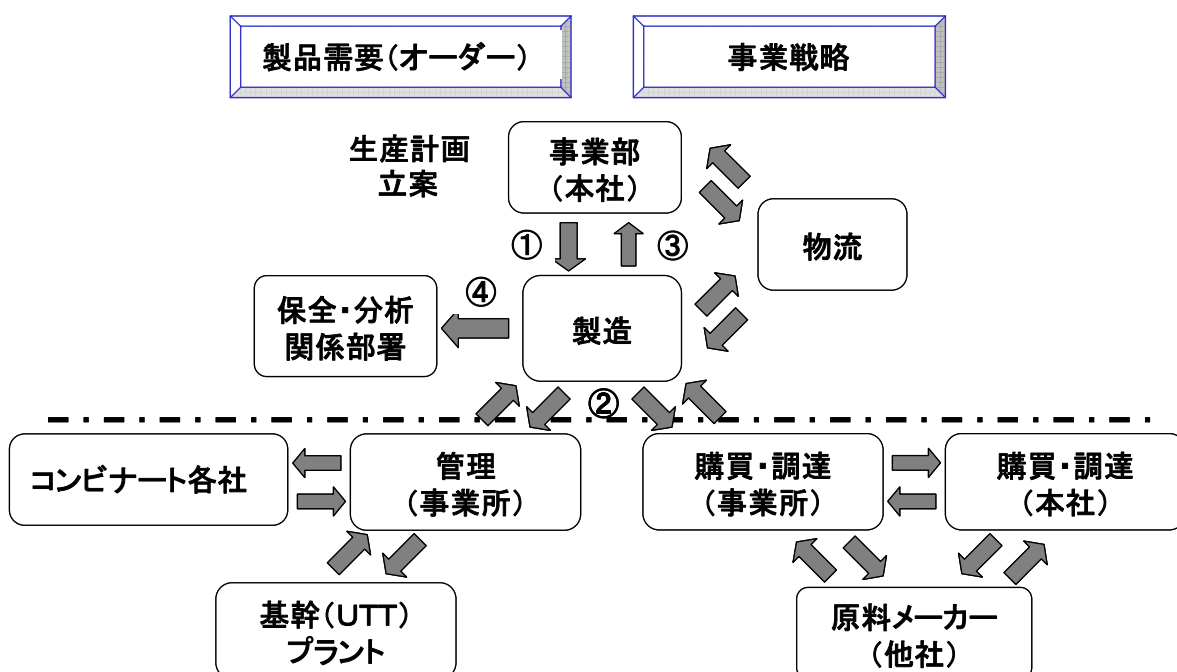


図 2.1.2.1 生産計画立案の流れ

管理部署は、近隣他社と原料の調達が可能かどうかを確認し、購買・調達部署は原料メーカーなどからの材料調達可否について確認を行う。保全部署とは、設備の保全計画について確認を行う。これら関係部署との確認の結果、問題なければ生産計画を了承し、なんらかの不都合があれば可能な生産計画を本社事業部に連絡する。

図 2.1.2.2 に示すとおりコンビナートでは、1社で全ての製品を生産しているわけではなく、コンビナートを構成する各社の特徴を活かしたプロセスの連携で成り立っている。例えば、自社製品を生産するために必要な原材料を、近隣のB社からパイプラインを通して直接調達している場合、自社の都合でその受入量を増加させようとする、B社の生産計画とのバランスが崩れる可能性があり、B社が容認しない場合が考えられる。同様に、自

社の生産物を近隣のC社が原材料として調達している場合、自社の生産量を減らしてしまうと、C社の生産に影響を与えることになる。

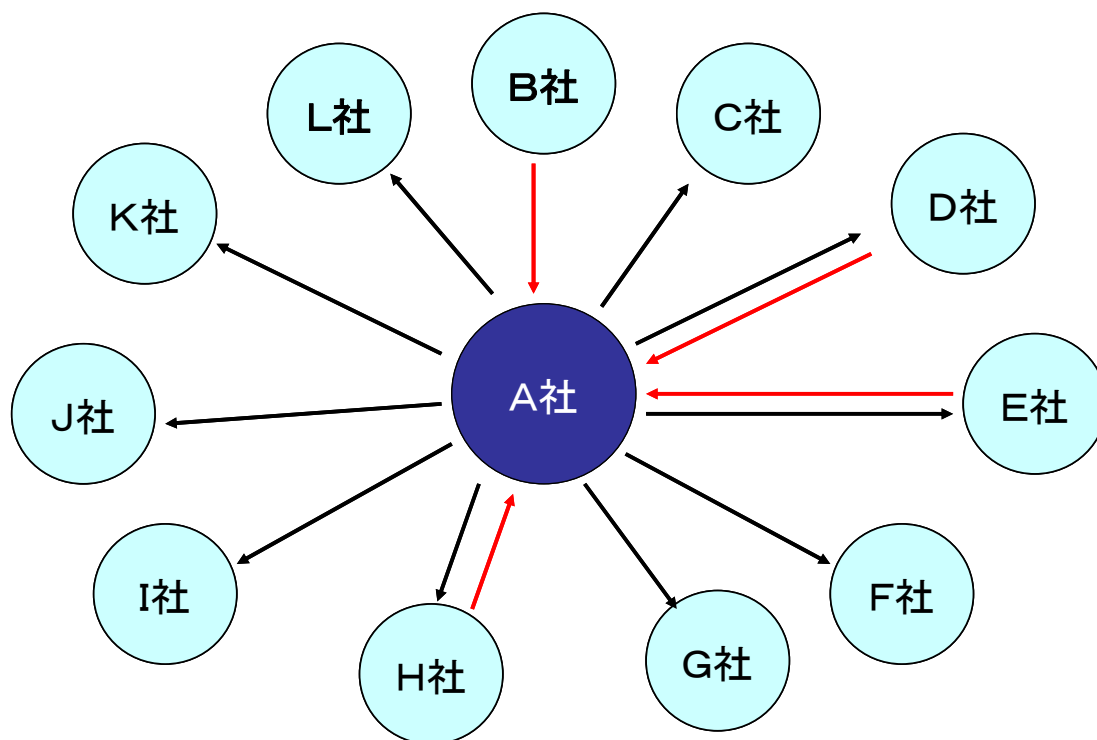


図 2.1.2.2 コンビナート関連図

このことは、保全計画とも関連性を持っており、自社の保全のために他社との原材料取引計画を勝手に変更することはできないため、保全計画自体も用意周到に行わなければならない。従って、コンビナートでは近隣各社を含め連携している部分を一齐に停止して保全を行う傾向が強い。

また、計画調整は他社間取引だけではなく、自社工場内の製造部署間においても同様に行われる。プラントによっては上流または下流のプラントとの関係があることと、電力や蒸気のようなユーティリティの共有にも影響が出てしまうことがあるため、製造部署間での調整が可能かどうかの検討が行われている。

ただ、突発的な故障や緊急の予防保全処置などを行うために一時的にプラントを停止しなければならない場合には、緊急対応的な生産調整を行うか、プラントによっては生産物の一時蓄積（バッファ）などによって対応する場合もある。

②保全計画

保全計画は、A社の設備管理部門の機械・電気・計装・土木の各専門グループが立案する。

定期検査は1年に1度、約1ヶ月をかけて一斉に行われている。事前準備、点検、工事、プラントのリスタートなどを実施している。

化学工業設備における保全計画を策定するには様々な条件があり、それらを考慮しながら計画を立案していく必要がある。例えば、高圧ガス保安法・消防法・労働安全衛生法など日本の法律に基づいて、点検とその周期が決められているものがあり、生産計画より優先しなければならない。また、点検や修繕の対象となる箇所を決定するために、日常実施されている保全情報や設備診断結果を活用している。計画を確定するためには、点検や修繕を行うメーカーや協力会社（約70社）の人手や、補修用部品の調達なども併せて進めなければならない。近隣の工場と時期が重複すると人手が確保できない場合があり、昨今ではコンビナート各社で少しずつ時期をずらすなどし、保全のピークが発生しないようにしながら人手を確保している。

もちろん、前述の生産計画やプラント間・原料取引先間との関係も考慮しながら保全計画を立案している。

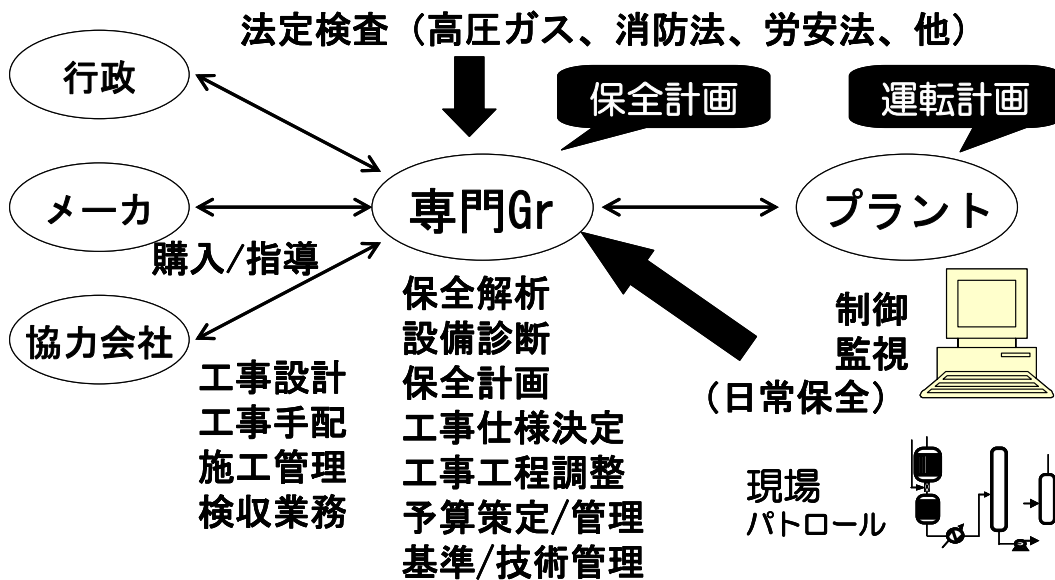


図 2. 1. 2. 3 設備管理概念図

保全業務と生産業務を両立させるためには、相互の情報交換と共有が不可欠であり、更に安全管理は何よりも優先するため、設備管理部門も含めた部署が常に連携して生産を維持していく必要がある。

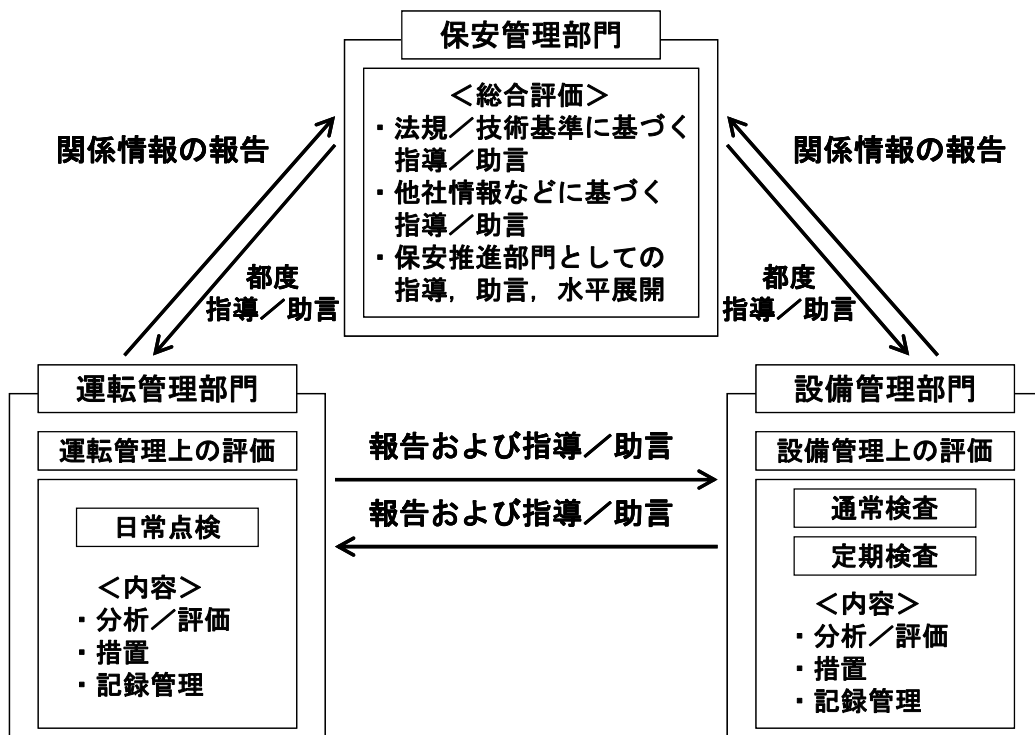


図 2.1.2.4 部門間の関係

運転と保全との間では通常次のような場で情報交換と共有が行われている。

- ・朝会（あさかい）
 運転部門で毎朝行われ、運転状況の確認と引き継ぎ。
 現場パトロールなどで発見された故障や予兆などを共有する。
 ここには設備管理部門のプラント担当者も参加する。
- ・保全定例会議
 月に1度、関係部署が集まって行われる。
 プラントの運転計画、トラブルの有無、相互間の依頼や検討事項、予算実績、法定検査計画などの情報共有が行われる。
- ・定修計画会議
 定期検査前に関係部署合同で行われる。
 主に、工程・安全面の確認が行われる。
- ・定修結果報告会
 定期検査終了後に関係部署合同で行われる。
 主に工事実績・特記事項の報告、次回定期検査に織り込むべき内容の共有が行われる。
- ・修繕費検討会議

年に1度、予算策定期間に行われる。

修繕の必要性や工事内容、摘要すべき法規などを基に予算策定を行う。

- ・安全打合せ

個別工事着工前に工事業者と関係部署で行われる。

工事内容と工程の確認、安全対策や作業の指示が行われる。

表 2.1.2.1 情報交換

	主な情報交換の機会	頻度	主な情報交換の内容
①	朝会ミーティング	毎日	安全・運転情報、修理依頼有無等
②	保全定例会議	毎月	プラント概要(運転計画)、トラブル有無、水平展開、依頼事項・検討事項、予算実績、法定検査計画・実績
③	定修計画	定修前	工事内容、工事工程、安全対策等
④	定修結果報告	定修後	工事实績・特記事項等の結果報告と次回定修への織込み事項
⑤	修繕費検討会	毎年	必要性、工事内容、適用法規、予算等
⑥	安全打ち合わせ	工事前	工事内容、工事工程、安全対策、作業指示等

(4) 保全方式

A社における保全方式について、その概要と流れを以下に解説する。

①保全業務と役割分担

検査の種類と役割分担を表 2.1.2.2 に示す。

検査は大きく3種類に分類され、運転管理部門と設備管理部門は検査種類毎の検査基準と手段に沿って、それぞれの役割を持って運用している。

日常点検は、運転管理部門が担当し製造部署の運転員が直毎（通常は1日3直なので3回/日）に現場パトロールを実施する。パトロールのコースと検査するポイントが決められており、各検査対象の状態を五感または測定器によって観察し記録に残す。静機器では配管やタンク、継ぎ目などからの漏れの有無をチェックし、動機器では回転機などの振動や温度などを測定または異音などを聴音する。また、現場に設置されているゲージ類などの値も読み取り、これらを記録する。パトロールで異常を発見、または傾向分析などによって不適切な状態が顕在化した場合は、設備管理部門に伝達するとともに補修の要否が検討される。

通常検査は、主に設備管理部門が担当する。定例検査では、機器や部位毎に決められた周期に基づいて検査が実施される。ほとんどが運転中に行われるため、分解などを伴う作業ではなく、五感や測定器を使用した観察が主体となる。日常点検との違いは、設備管理部門の専門保全マンが検査を行うことにある。また、臨時検査では、日常検査や定例検査で発見された不調状態を更に詳しく検査する。使用する機材も対象に併せて様々な測定機器があり、より精密な検査を行い不調状態の原因を探る。

定期検査は、プラントを停止して実施される検査で、運転管理部門と設備管理部門が協力して実施する。プラントや対象機器によって検査周期は異なるが、あらかじめ重要度や劣化傾向などによって決められた周期に従って、分解検査を含む精密検査を実施する。

表 2.1.2.2 保全業務の役割

検査の種類	担当部門	検査内容	頻度	検査手段	規程・基準
日常点検	運転管理部門	<点検内容> 日常点検要領に従う 静機器:漏れ有無 他 動機器:振動,異音有無 他	1回以上/直	五感または簡易検査器具 *検査機器例 ・振動計 ・表面温度計 他	製造設備管理基準 一日常点検要領
通常検査 イ. 定例検査	設備管理部門	日常点検と並行して 専門的立場から検査 機械設備通常検査基準などに 従う	予め定めた一定周期	五感または検査機器・器具 *検査機器例 ・振動計 他	設備技術基準 一機械設備 通常検査 (定例)基準
通常検査 ロ. 臨時検査	設備管理部門	設備不調時などに行う 精密診断機器を利用した詳細 検査および原因と対策の検討	随時	精密検査機器など *検査機器例 ・肉厚計 ・解析用振動計 ・赤外線温度計 ・潤滑油分析計 他	設備技術基準 一機械設備 通常検査 (臨時)基準
定期検査	運転管理部門 設備管理部門	法定検査 ・保安検査 ・性能検査 ・定期自主検査 など 自主検査	予め定めた一定周期	目視または検査機器・器具 *検査機器例 ・肉厚計 ・磁粉探傷器 ・浸透探傷剤 ・渦流探傷器 他	設備技術基準 一検査管理基準

先に記述した、3つの関係部署間の情報交換と各種検査の関係を、検査情報共有の視点で整理したものが、図 2.1.2.5 である。

検査計画の立案 (Plan)、日常点検・通常検査・定期検査による点検の実行 (Do)、検査結果の分析やレビューの実施 (Check)、更なる補修や改善などの対策 (Action)、それらを総括し次年度の保全計画に活かす、PDCA サイクルが表わされている。このように、各フェーズにおける各部門の役割や活動が体系的に実施されることで、プラントの適切な維

持と安全な運転を確保している。

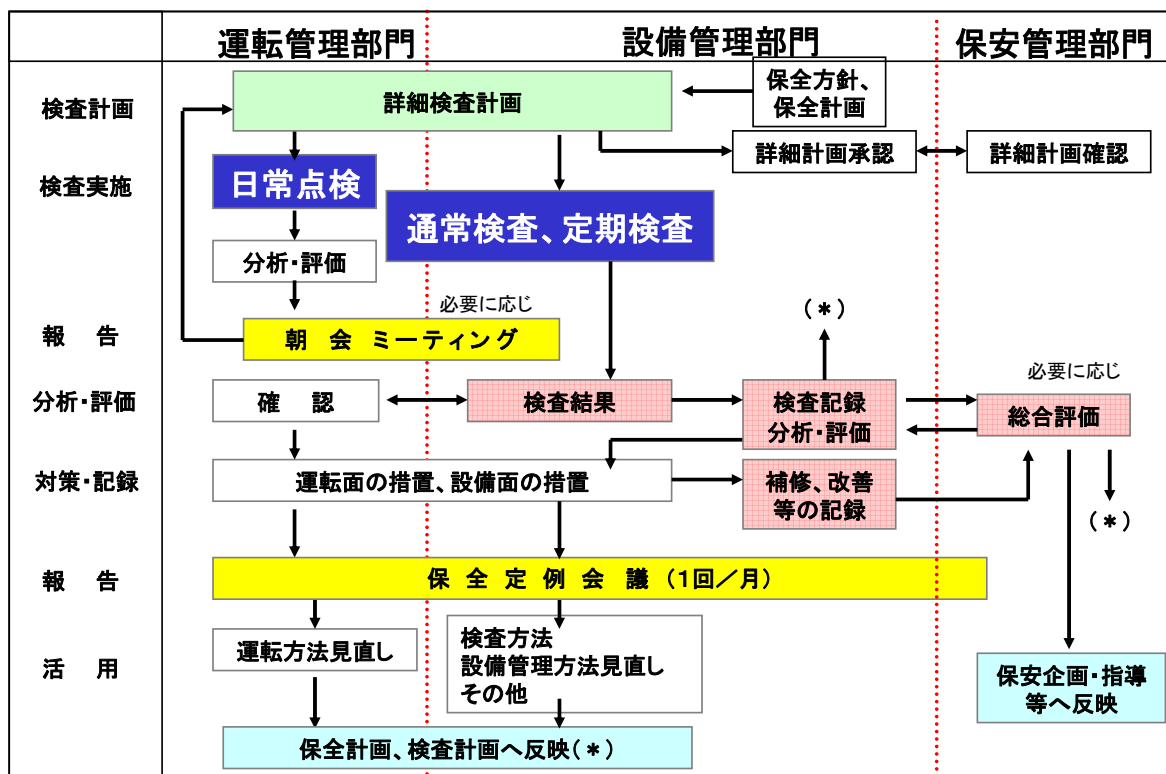


図 2.1.2.5 関係部署間の情報共有フロー

②保全情報の共有

これらの活動の中でも、日常的に行われている情報共有部分をクローズアップしたものが、図 2.1.2.6 である。

これは、ある製造部署が不具合 DB を共有情報として、製造部としての申し送り、および不具合情報の記録を行い、不具合に対する処置の指示・実施、分析結果を保安定例会議に活かす活動を行っている。不具合 DB は製造部署だけではなく、設備管理部署とも共有されているため、担当保全員との情報共有もはかられている。更に、A 社全体の不具合 DB に連携しているため、事業所としてのさまざまな解析や傾向監視とともに改善アプローチにも摘要されている。

図 2.1.2.7 は、実際の不具合 DB のサンプルで、運転員が現場を巡回する日常点検で発見した不具合やその兆候などが登録され、その不具合を保全員がチェックした結果を追記している様子が分かる。また、不具合対象の機器に関する仕様や点検記録なども併せて貼り込むことで、詳細な情報も常に共有でき、更に傾向監視を続けていくことを朝会で双方

が確認している。

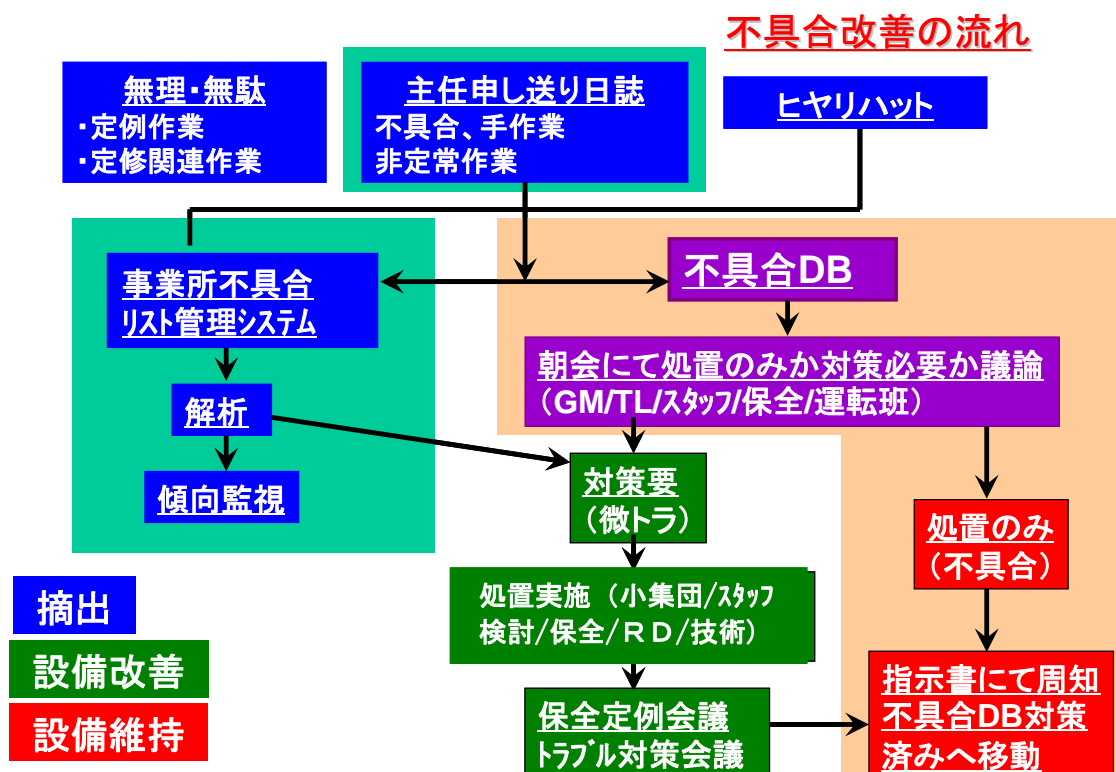


図 2.1.2.6 保全 DB の活用フロー

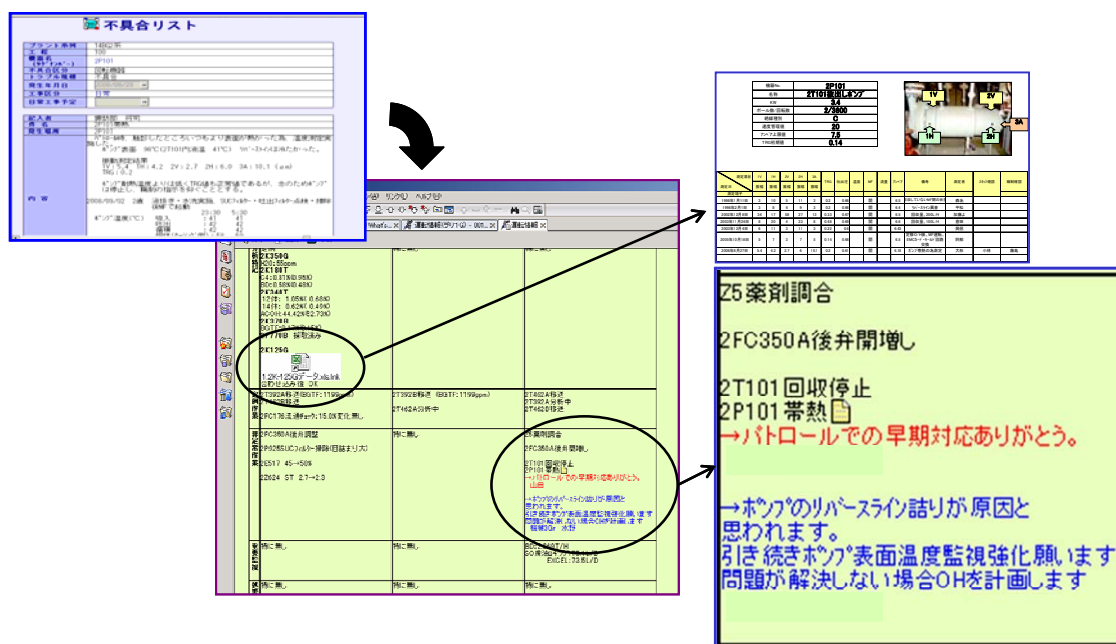


図 2.1.2.7 不具合 DB の活用

③保全に関わる工事の流れと安全管理

プラントではシャットダウン時の定期検査を含め、様々なタイミングで工事が行われる可能性がある。工事は生産や保全との関連性も強く、その管理は運転管理部署・設備管理部署・保安管理部署が連携を取って行われる。特に工事では安全管理が最も重要な管理項目であり、これを怠ると工事中の災害や生産時における故障・事故につながる。化学工場などでは過去の経験を活かした安全に関する取り組みが徹底している。

図 2.1.2.8 は、工事の流れと安全管理をフローで示したものである。工事の進行は設備管理部門が中心となって実施するが、要所要所で運転管理部門が内容や工程の確認を行う。工事はプラント稼働中に実施される場合もあり、操作ミス防止のための養生（縁切り・札掛け・マーキング・ロックアウトなど）を行うことで、安全を確保している。これらは、簡単な工事でも同様に行われており、手間は掛かるが地道な活動によって無災害を継続させている。

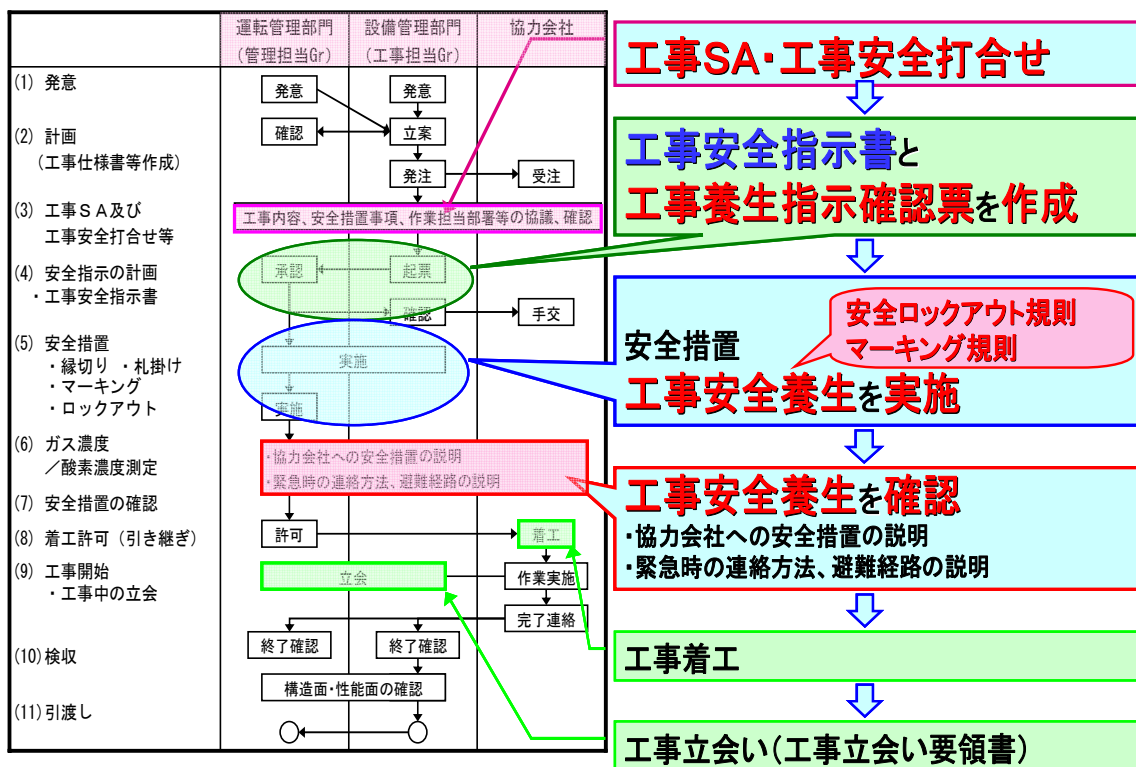


図 2.1.2.8 工事の流れと安全管理

図 2.1.2.9 は、工事着工前に設備管理部門が協力会社との間で行う情報交換の例（工事安全指示書）である。事前のリスク評価とリスクに対する事前対策、対象作業場所の事前養生方法、それらに関係部署間で確認した記録として管理されている。

A社では、これらの工事発注業務の機械化（ワークフローシステム化）を検討されている。工事の記録は、保全記録の一つであり、それらを保全管理システムに履歴として取り込むことも目的の一つとしている。

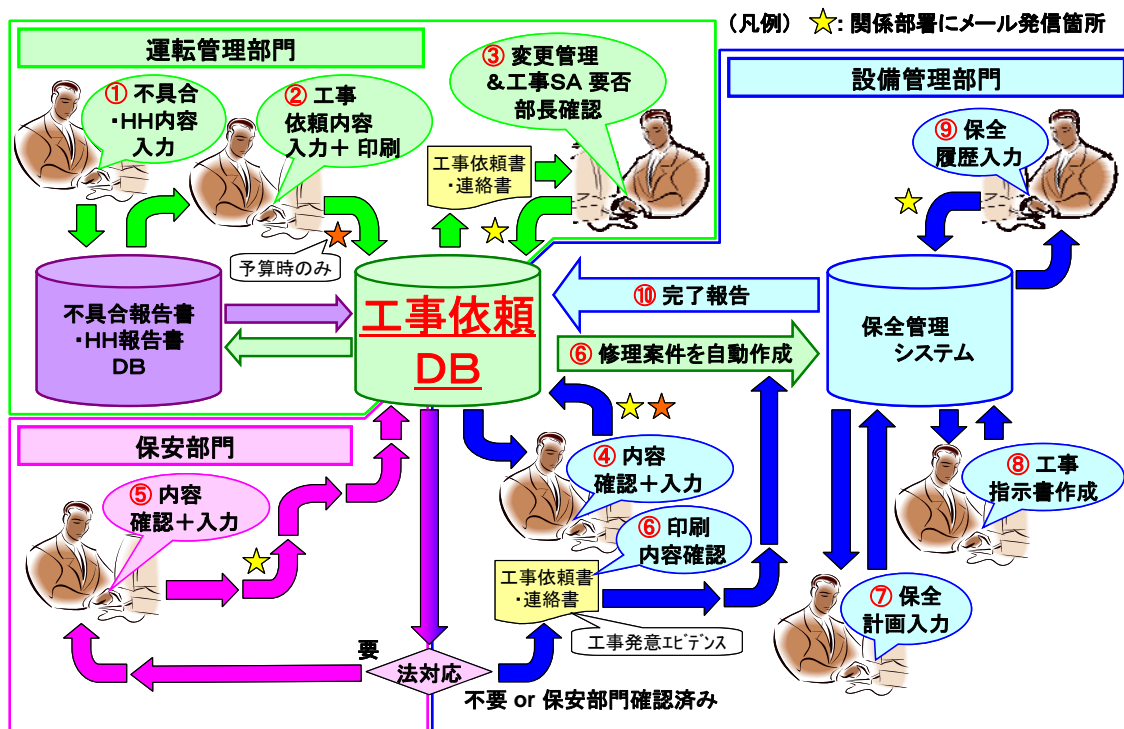


図 2.1.2.9 検討されている工事依頼 DB

④設備管理業務

図 2.1.2.10 は、設備管理業務の基本的なサイクルを示している。プラントの設計に始まり、試運転から本運転、その後の保全や検査によるデータの解析評価を行い、プラントの補修や改修を繰り返し、設備の維持管理を行う。

その中でも保全に関する情報は保全情報システムで一元管理されている。

保全情報システムでは、機械設備（静機器・動機器）・電気設備・計装設備の全ての機器を管理し、機器の情報および故障修理の履歴、定期検査時に実施した診断記録などが保管されている。この保全履歴から機器の故障傾向や劣化傾向を解析し、運転状況なども加味した上で、次回の定期検査の内容を決めたり、設備の更新時期等を検討することに活用されている。

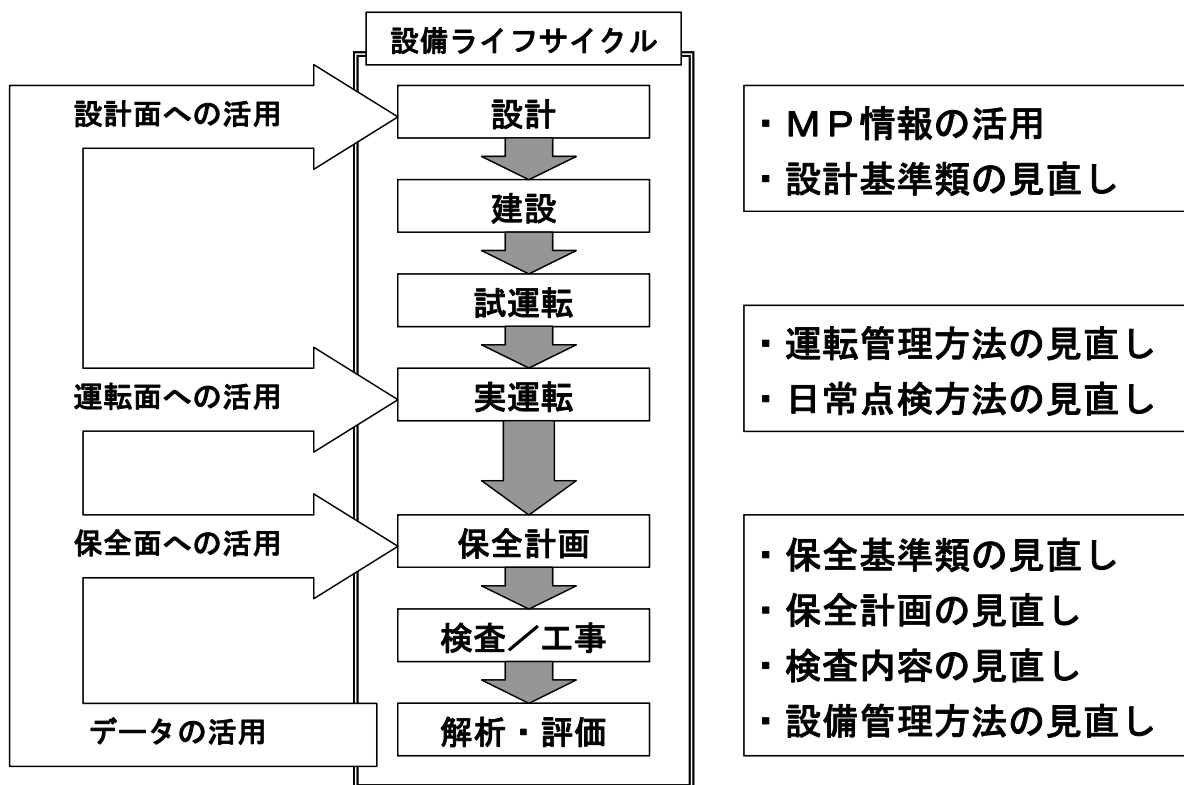


図 2.1.2.10 設備管理フロー

⑤劣化と診断

図 2.1.2.11 は、設備の劣化現象と設備診断の例を表したものである。

化学プラントでは、様々な要因で劣化が進行する可能性を持っている。静機器である、配管・リアクタ・タンクなどは、内部に流れる流体の性質や腐食性物質によって腐食や減肉が進行したり、割れやヒビが発生したりする。これらは、超音波や X 線を使った肉厚測定や探傷検査によって、状況の把握が行われる。動機器では主に回転機を中心に、振動測定などによるベアリングの劣化診断が、オンラインまたはオフラインで行われている。これらの診断技術の詳細は専門書に譲るが、診断で得た結果は保全管理システムに保管されるとともに、解析によって次の保全や補修の意味づけとなる。

診断の対象となる部位は、過去の経験や物理的な理由などから、あらかじめ決められている。特に静機器である配管は、延々とつながっているため、全ての箇所を検査できるものではないので、経験などから得た特定の場所を常に診断することで傾向を管理することになる。

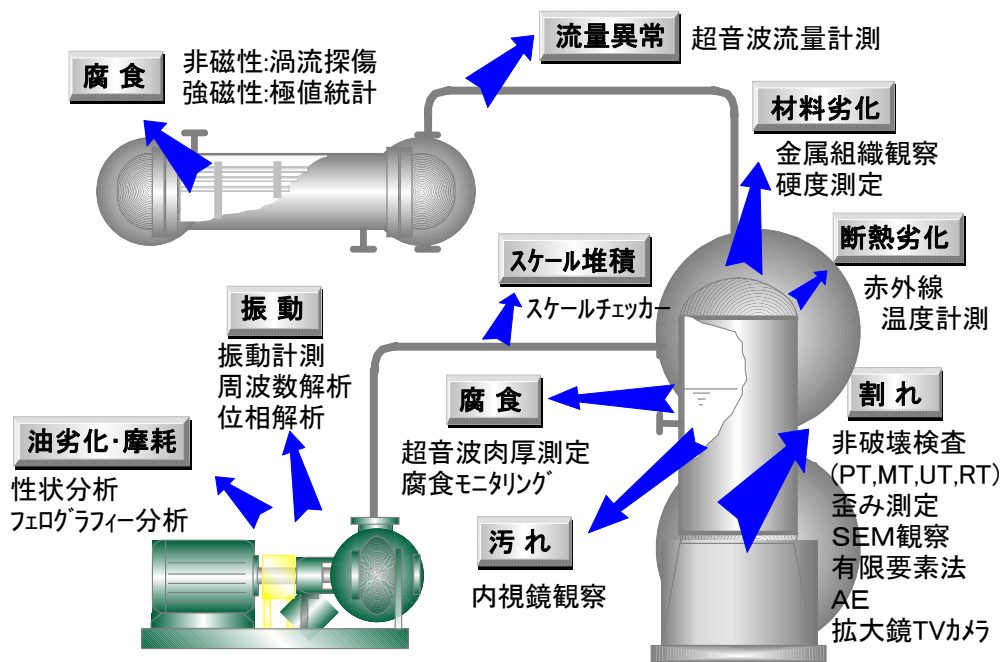


図 2.1.2.11 劣化現象と設備診断技術の例

(5) 生産部署事例 (グリコール工場)

前述した運転と保全の実態の一つである、グリコールプラントの製造現場について紹介する。

ここでは、ブタンジオールを原材料とし、THF (テトラヒドロフラン) を経て PTMG (ポリテトラメチレンエーテルグリコール) を生産している。PTMG は伸縮性繊維 (スパンデックス) の原材料として用いられている。

1,4-ブタンジオール/テトラヒドロフラン誘導体の製造法

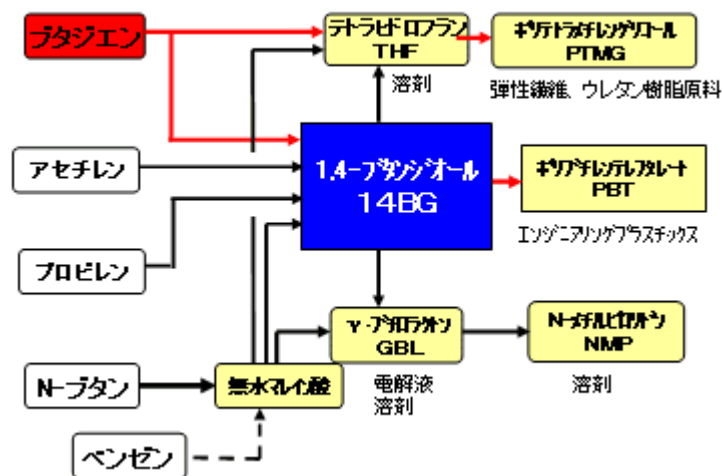


図 2.1.2.12 製造法 (出典: A社 Web サイト)

PTMG の生産能力は 35,000t/年で、設備は反応器などの静機器が約 250 台、その内タワ

一が 20 基。動機器は、ポンプなどの回転機が約 160 台。現場計器類は計装設備含めて約 1,000 台で構成されている。

運転は、5 名 1 組の運転チームが 2 組で行っており、4 直 3 交替の体制となっている。各直で、現場パトロールを定期的に行い、日常保全もパトロールの中で行われる。設備の特性上、ポンプなどの回転機が多く、異音や振動状態を五感で観察する。パトロールや運転でなんらかの異常が発見された場合は、その内容によって対応は異なるものの、一時処理は運転員が行い、必要に応じて設備管理部門の保全担当者に伝達される。同時に不具合 DB に内容を登録し、翌日の朝会で保全員を含めた情報共有がはかれる。

定期検査は 1 年に 1 度行われている。ポンプなどの回転機の劣化傾向は、過去の経験から把握されており、交換部品や交換周期などはあらかじめ機器毎に決めておき、時期に合わせて修理と検査が行われる。



図 2.1.2.13 PTMG 製品の例 (出典：A 社 Web サイト)

(6) まとめ

以上、ヒアリングによって化学工場の運転と保全の一端を確認した結果、以下総括とする。

- ・コンビナートでは原材料の流通を近隣各社で相互に行っているため、生産計画を自社の都合だけで決定することは難しい。
- ・保全計画においても、自社の都合だけでプラントを止める検査を計画することが難しい。
- ・運転管理部門、設備管理部門、保安管理部門は常に連携をとって、安全操業に注力するとともに、運転と保全両面からの PDCA で、無事故無災害の操業に取り組んでいる。
- ・点検は、日常点検、通常検査、定期検査の 3 種類あり、検査する内容や担当者の役割が決められている。
- ・発見された故障や異常などは、不具合 DB に登録することで情報共有と進捗管理が行われ、さらに保全管理システムで一括管理されている。
- ・実績の評価に基づく保全計画や内容の見直しが適時行われている。

2. 2 メンテナンス効果評価

2. 2. 1 序論

近年の、生産の設備に対する依存度の増大にともない、メンテナンス計画を生産活動全体の中で最適化し設備の生み出す利益を最大化する運用への要求が高まっている。このためには、メンテナンスの生産活動全体さらには経営にもたらす影響を定量的に把握し、オペレーションとメンテナンス(以下 O&M)を統合した運用計画を策定することが必要である。しかし、従来の RCM、RBM などの設備管理手法は、基本的にはメンテナンス分野に閉じたシステムであり^[1]、運転とのトレードオフを考慮した運用計画手法が十分に確立されているとは言えない。O&M を統合した運用計画を策定するためには、メンテナンスの生産活動全体への影響度を統一的に評価するための評価体系の確立と、それに基づいて利益を最大化する運用計画手法の開発が必要である。そこで、以下では、生産費コストに対するメンテナンス費用の割合が大きい石油精製プラントの中の重油直接脱硫装置を例にとりあげこの問題を検討する。

次節以降では、O&M を統合した運用計画の策定を支援する提案システム、および、その試作システムを重油直接脱硫装置に適用した例を述べる。

2. 2. 2 O&M を統合した運用計画の策定

本節では運用計画を評価する際に用いる期待影響度評価の方法と、提案システムの概要について説明する。

(1) 期待影響度評価^[2]

期待影響度評価とは、故障・保全作業により発生するさまざまな影響を統合し、故障の発生確率を考慮して損失の期待値を定量的に評価する手法である。期待影響度評価を行う際の影響度評価、故障の発生可能性評価と、その算出に用いる O&M 統合シミュレーションについて以下で順に説明する。

①O&M の統一的な影響度評価

設備の機能を効率的に維持するためには定期的なメンテナンスが不可欠である。しかし、従来のメンテナンス分野に閉じた評価では、生産活動全体さらには経営という視点からメンテナンスの効果を正当に評価できていない。よって、O&M 活動を総合的に評価するために、製造業において最も重要な結果指標であり経営面へ与えるインパクトも大きい利益を共通の評価尺度として影響度評価を行う。以下で、製造業における影響項目の展開例について述べる。

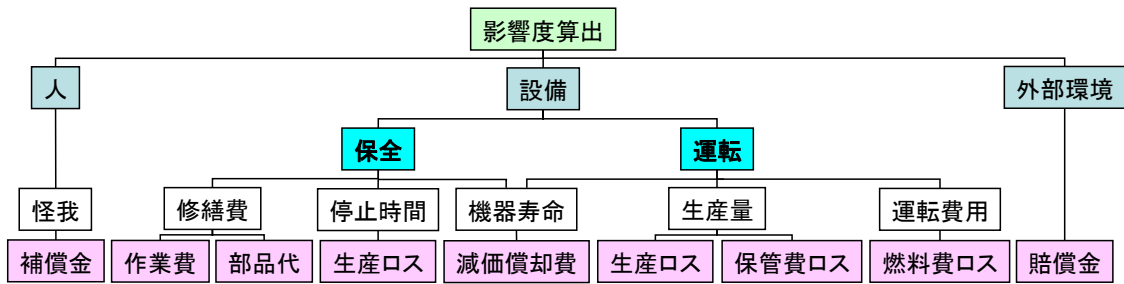


図 2.2.2.1 影響項目の展開例

製造業における影響項目の展開例を図 2.2.2.1 に示す。影響度は人、設備、外部環境の 3 つの側面から算出する。人に対しては作業員や外部の人間が怪我をしたときの補償金、外部環境に対しては火災や環境汚染を引き起こした際の賠償金などが主に考えられる。設備に関して保全と運転の 2 つの側面を考慮する。保全面の影響項目としては、予防保全時や緊急事後保全時の修繕費、そして設備停止をともなう保全作業による生産損失などが考えられる。一方運転面では原料費や燃料費などからなる運転費用と、生産量と要求生産量の差から生じる保管費用・生産損失が考えられる。市場の需要より多量に生産を行えば必要以上の保管費用が生じ、少量の場合は生産損失が発生するためである。そして、運転と保全の両面が関わる影響項目としては、機器寿命を考慮する。機器寿命が長いほど一期当たりの減価償却費が減り、一期当りの利益が増えることになるため、O&M 計画の評価を行うためには、運転レベルと保全内容を考慮した余寿命評価を正確に行うことが求められる。

このように、影響項目は利益という共通の尺度で評価できるように展開する。

②既存のデータ特性と検査技術に基づく故障の発生可能性評価

故障の発生可能性を評価する際には、既存のデータ特性と検査技術を考慮する必要がある。なぜなら、既存データと検査技術の特性によって故障の発生可能性評価に用いることができるアプローチ方法が異なってくるからである。よって、本節では提案システムで故障の発生可能性評価を行う際の分類についてのべる。対象設備で発生する全ての劣化・故障モードにおいて、運転・環境条件と機器寿命の関係が明確になっているのが理想だが、現実にはそうはいかない。その原因としては劣化・故障モードの既存のデータ不足や、検査技術が不十分であることなどが挙げられる。このため、故障の発生可能性評価は既存のデータ特性、検査技術に応じて行う必要がある。そこで、既存のデータ特性から、故障の発生可能性評価を行う際のアプローチを 2 つに分類した。分類の過程

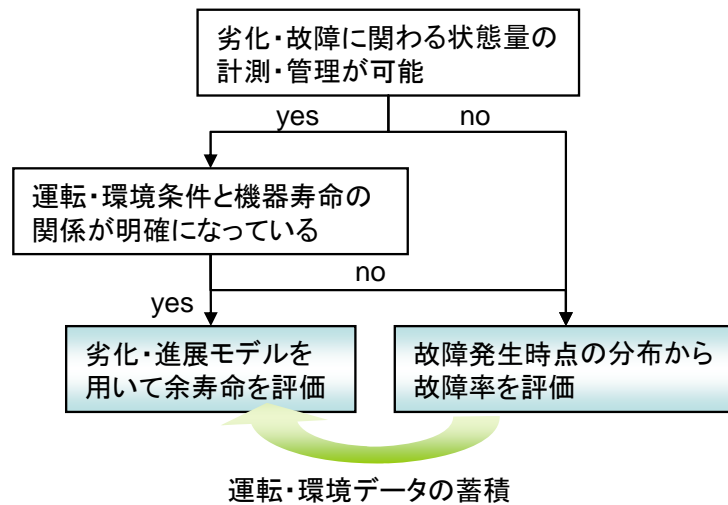


図 2.2.2.2 劣化・故障モードの分類過程

を図 2.2.2.2 に示す。

まず、劣化・故障モードにおいて劣化・故障に関わる状態量の計測が可能であるかどうか、そして運転・環境条件と機器寿命の関係が明確になっているかどうかを判断する。そうである場合は、劣化進展モデルを用いて運転・環境条件を加味した機器の余寿命評価を行う。そうでない場合は、故障発生時点の分布から故障率を評価する。現状では十分なデータがない場合は故障の発生可能性評価の信頼性が低くなり、算出される期待影響度の値の信頼性も当然低くなる。よって、データが不十分である場合は、運転・環境データや機器の使用データを蓄積することで劣化予測精度を向上させ、より正確な故障の発生可能性評価を行えるようにすることが望まれる。

③O&M 統合シミュレーション

影響度評価、故障の発生可能性評価から期待影響度を算出する際に用いる O&M 統合シミュレーションについて説明する。O&M 統合シミュレーションの実行の流れを図 2.2.2.3 に示す。シミュレーションではまず、劣化・故障モードごとに故障発生時点または劣化進展速度を乱数より決定する。つまり、ワイブル故障分布を用いる劣化・故障モードは故障発生時点、劣化進展モデルを用いる劣化・故障モードは劣化進展速度を決定する。また、乱数は断らない限り一様乱数とする。そして、評価期間中の各期の故障および保全・運転にともなう影響度を、保全実施時点の重複を考慮して累積して評価することで期待影響度を算出する。このシミュレーションを O&M 計画の策定範囲内で繰り返し行うことで最小の期待影響度、つまり最大の限界利益を取る O&M 計画を導出する。

評価期間を t' 、評価期間内全ての期に運転したと仮定したときの限界利益を P_{\max} 、評価期間内の想定される生産損失を L_{op} 、運転・メンテナンス費用を M_c として、予測される一期当りの利益 p は以下の式で算出される。

$$p = \frac{P_{\max} - L_{op} - M_c}{t'} \quad (2.2.2)$$

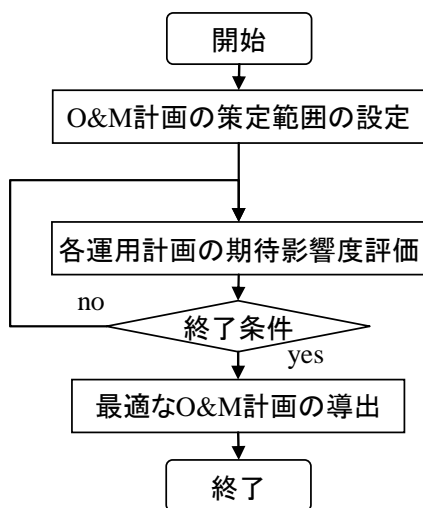


図 2.2.2.3 O&M 統合シミュレーション実行の流れ

(2) O&M 統合計画システム

最小の期待影響度を取る O&M 計画の策定を支援する提案システムの構成とその処理の流れを述べる。

①システムの構成と機能

システムの構成を図 2.2.2.4 に示す。提案システムには、

- 劣化・故障モデル構築モジュール
- リスク評価モジュール
- 期待影響度評価モジュール
- 設備状態判定・更新モジュール
- 設備モデル
- 劣化・故障知識 DB

がある。各モジュール、データベースの機能を以下で説明する。

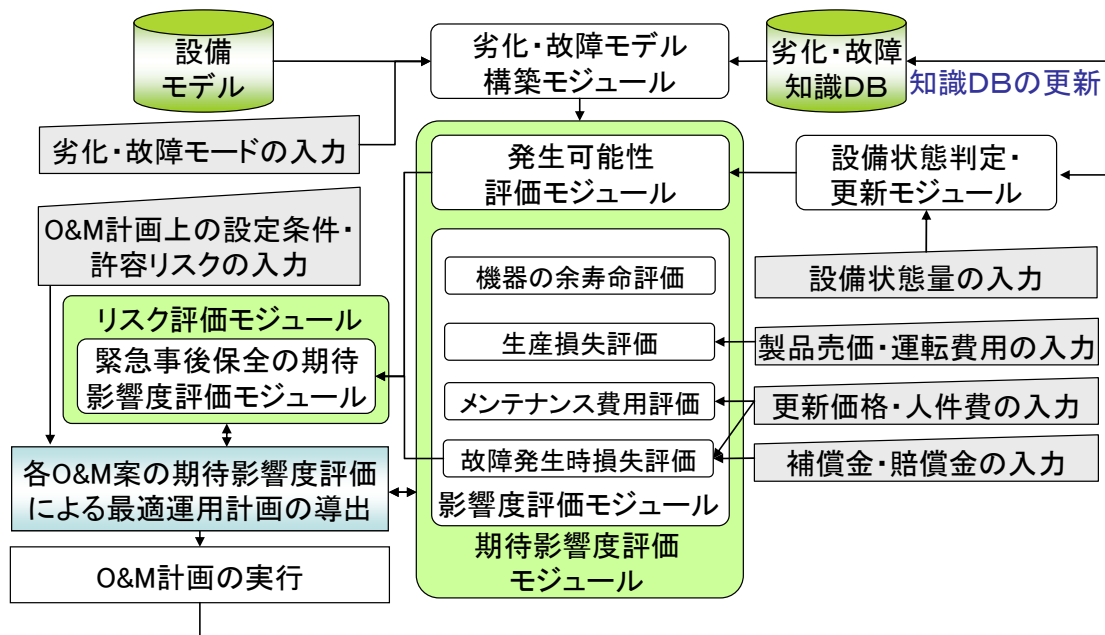


図 2.2.2.4 O&M 統合計画システムの構成

a. 設備モデル

設備モデルには対象設備の構成要素とその接続条件などの設備特性が記録されている。

b. 劣化・故障知識 DB

現在までに発生した劣化・故障モードとその詳細が記録されている。記録内容は、運転・環境条件と劣化・故障に関する各状態量の関係、機器の使用期間などである。

c. 劣化・故障モデル構築モジュール

入力された、保全対象とする劣化・故障モードとその特性からモデル化を行う。劣化・故障モードの特性は、適用できる保全方式、故障の発生可能性、処置・検査実施可能タイミングなどである。

d. 設備状態判定・更新モジュール

劣化・故障モードに関する状態量の値を記録し、その状態量が設定された許容範囲内であるかどうかを判定する。

e. 期待影響度評価モジュール

期待影響度評価モジュールでは、発生可能性評価モジュールと影響度評価モジュールを用いて、O&M計画の影響度の期待値を求める。影響度評価モジュールはO&M活動の効果を評価するための余寿命評価、生産損失評価、メンテナンス費用評価、故障発生時損失評価から成り立っている。また、故障の発生可能性評価モジュールでは入力された劣化・故障特性から故障の発生可能性を評価する。

f. リスク評価モジュール

リスク評価モジュールは緊急時事後保全の期待影響度評価モジュールを用いて、緊急時事後保全による影響度の期待値を求める。緊急時事後保全の期待影響度評価は故障の発生可能性と緊急時事後保全発生時の損失を掛け合わせることで行う。

②システムの処理の流れ

最適なO&M計画導出までの流れを図2.2.2.5に示す。また、以下でその処理の流れの詳細を述べる。

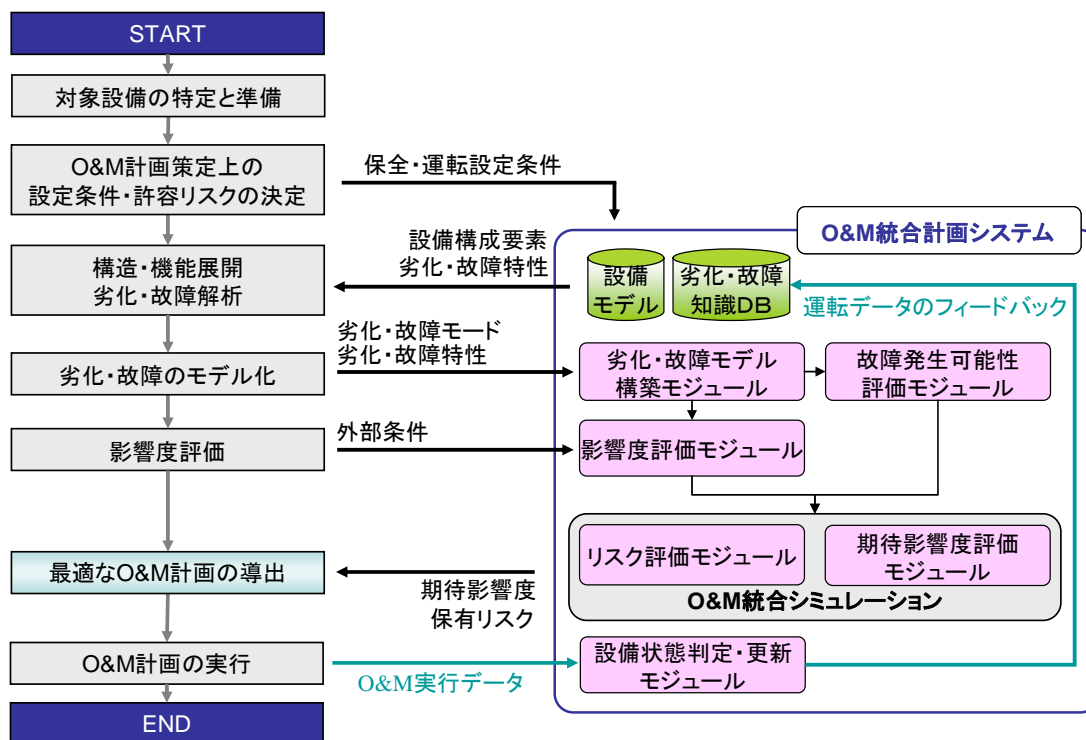


図 2.2.2.5 O&M 統合システムの処理の流れ

a. O&M 計画策定上の条件設定(ユーザー)

保全面では、劣化・故障モードの検査・処置周期の策定範囲を入力する。また、運転面では連続運転可能時間、目標稼働率の範囲を入力する。ここで設定された範囲内で O&M 計画が策定される。

b. 状態量の設定(ユーザー)

劣化・故障モードに関する現在の状態量の値を入力する。

c. 許容リスクの設定(ユーザー)

設備全体として許容する保有リスクを入力する。

d. 構造・機能展開、劣化・故障解析(ユーザー)

設備モデルに記録されている設備特性から構造・機能展開と劣化・故障解析を行い、保全対象となる劣化・故障モードとその発生部位を入力する。また、劣化・故障モードごとに交換や補修など必要な検査・処置内容を入力する。

e. 劣化・故障モードのモデル化(ユーザー)

劣化・故障知識 DB から適用可能な保全方式、ワイブルパラメータなどの劣化・故障特性を入力する。ここで入力された条件から故障の発生可能性が評価される。

f. 影響度評価(ユーザー)

製品売価、人件費、補償費などの外部条件から、緊急事後保全(故障時)と各 O&M 活動の影響度評価値を算出し、入力する。

g. 期待影響度評価(システム)

a,b,c で設定した条件下で最小の期待影響度を取る O&M 計画を導出する。そして導出された O&M 計画の期待影響度、総保有リスク、限界利益の値を EXCEL 上に表示する。

h. O&M 実行データのフィードバック(システム)

実際にオペレーションを実行する際にはその運転・環境データと状態量の変化を劣化・故障知識 DB に随時フィードバックする。これにより、更に精度の高い劣化進展予測を実現する。

2. 2. 3 試作システムの重油直接脱硫装置への適用

本節では、提案システムの一部を試作したものを重油直接脱硫装置に適用した例を述べる。以下、重油直接脱硫装置の特徴、対象劣化・故障モードのモデル化、設定条件、評価結果と考察の順に説明する。

(1) 重油直接脱硫装置

重油直接脱硫装置は、水素と触媒を加え高温・高圧下で分解・脱硫を行うことで、重油中の硫黄分を低下させる装置である。装置は、加熱管内で重油を反応させる伝熱部、バーナーで加熱を行う燃焼部、燃焼用ガスの導入と廃ガスの排出を行う通風装置、そして設備の状態監視を行う計測機器類から成り立っている。

対象装置においては、運転時間の経過にともない炭素化反応が起こり、加熱管内壁に炭素(コーク)が堆積し断熱作用をもたらす。また、触媒効力が低下し製品の収率が下がる。このため、収率を一定に保つためにはコーク堆積量と触媒効力低下に応じたバーナーの燃焼温度の上昇が必要となる。しかし、加熱管を高温下に長時間置くとクリープ劣化が進展し最終的には破断に至る³⁾。また、高温下では炭化水素ガスが加熱管の内壁を侵食し、メタルダスティングによる減肉が進行する。このため、加熱管に付着した炭素を除去するデコーキングあるいは触媒交換を、設備を停止して定期的に行う必要がある。さらに、クリープまたはメタルダスティングの進行が限界値を超えた場合は加熱管の交換が必要である。

(2) 対象とする劣化・故障モードとモデル化⁴⁾

O&M 計画の期待影響度評価を正確に行うためには、実際の状況を的確に表現したモデル化を行う必要がある。以下で対象とする劣化・故障モードのモデル化の詳細を述べる。対象とする劣化・故障モードは加熱管のクリープ損傷、加熱管の減肉、炉内耐火レンガのせり出し・脱落、バーナーチップ破損、バーナータイル破損の 5 つである。

①クリープ損傷⁵⁾

a. 加熱管の表面温度の上昇

クリープ劣化の進行を評価するために、加熱管の必要表面温度の推移をモデル化する。図 2.2.3.1 に実際の表面温度の推移の推移を示す。表面温度の上昇は触媒効力の低下と、堆積した炭素による断熱作用を補うための、バーナー燃焼温度の上昇によって引き起こされる。図 2.2.3.2 に表面温度の推移を定式化したものを示す。加熱管の表面温度の推移の実データから、コークの断熱作用による温度上昇は運転時間の増加にともない直線

的に増加していくものと仮定する。また、触媒効力低下による温度上昇も直線的に増加するものと仮定する。ただし、連続運転 300 日以降は触媒効力低下による温度上昇の速度が上がるものとする。また、バーナーの燃焼温度を上昇させる際には、それによる燃料費の増加も考慮する必要がある。燃料費は加熱管の表面温度の増加にともない直線的に増えるものと仮定して、単位時間当たりの必要燃料費を算出する。

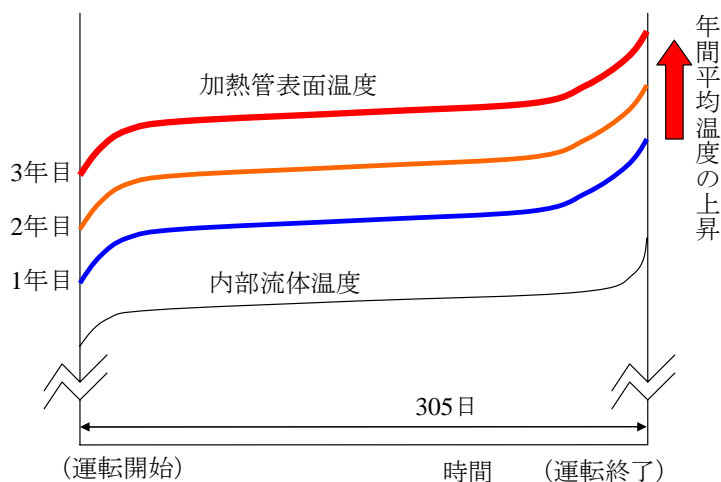


図 2.2.3.1 年間温度トレース

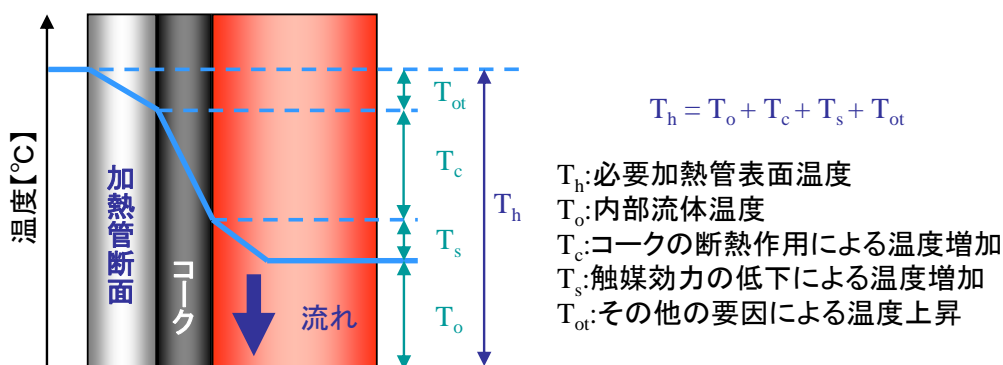
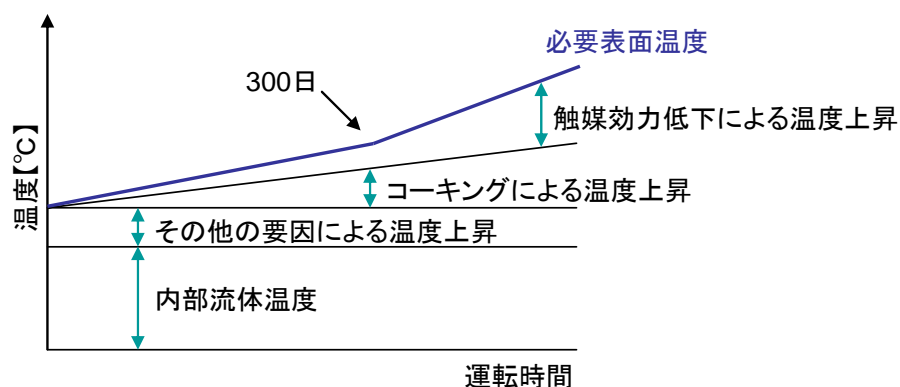


図 2.2.3.2 加熱管表面温度の推移

b. 加熱管の寿命

加熱管の寿命消費を算出する方法として、クリープ破断時間の推定式を利用する。クリープの研究に関しては、Manson-Haferd らによって、長時間におよぶクリープ破断時間を算出する推定式が提唱されている^[6]。以下に示す Manson-Haferd の推定式を用いて、加熱管の寿命消費率を算出する。

$$\log t_R = \log t_a + [(T + 273.15) - T_a] \times \left\{ \sum_{k=0}^5 b_k (\log S)^k \right\} \quad (2.2.3)$$

応力と温度を S [MPa]、 T [°C]、対象設備における使用材質の最適定数を t_a 、 T_a 、回帰係数を b_k とし、クリープ破断の推定時間 t_R を算出する。この式から単位時間当たりの加熱管の寿命消費を算出し、足し合わせることで現在までの寿命消費率を算出する。また、クリープ破断時間の分布は正規分布であると仮定し破断確率を求める。これらの値、および破断時間 t_R の標準誤差としては物質材料研究機構のデータを用いる^[7]。

図 2.2.3.3 は、クリープ寿命の不確定性を示したものである。正規分布曲線全体に対する斜線の部分の面積がクリープ破断の発生確率となる。その値は正規分布の累積分布関数の値より算出する。寿命消費率に対するクリープ破断確率の推移を図 2.2.3.4 に示す。

また、重油直接脱硫装置ではクリープ破断時に多大な損失を招くため、破断予防を前提とした管理を行う必要がある。よって、クリープ破断のリスクを低く抑えるために、許容寿命消費率を運用方針に基づき設定する。ここでいうリスクとは基本的な確率と実際の結果との間に生じる不確定性を指すものとする^[8]。

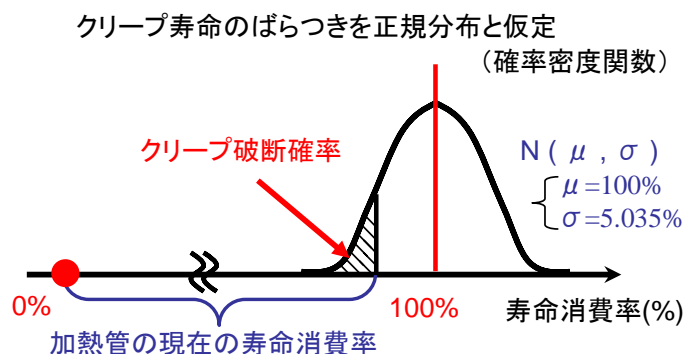


図 2.2.3.3 クリープ寿命の不確定性と破断確率

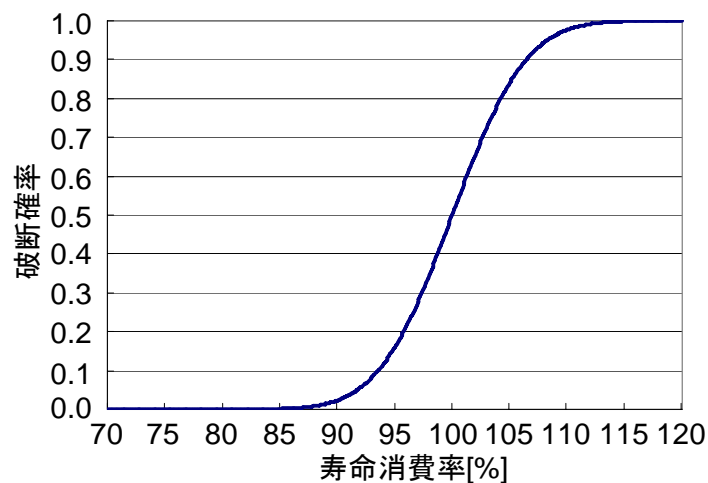


図 2.2.3.4 寿命消費率とクリープ破断確率の推移

②加熱管の減肉

メタルダスティングによる減肉の従来研究は様々なものがある¹⁹⁾。しかし、運転・環境条件、さらには材質を加味した減肉の進行速度の定式化を行うことは現状では容易ではない。よって、加熱管の減肉は運転時間の増加にともない一定の速度で進行するものとし、その進行速度は実データから設定する。さらに、加熱管の減肉率には許容値を設定し、許容値を超えたら加熱管を交換する。

なお、減肉が進むと図 2.2.3.5 に示すように管の断面積が減少するため、加熱管にかかる応力が増加する。Manson-Haferd の式でも示したとおり、応力が増加すればそれだけクリープ進行を助長することになる。よって、クリープ寿命を正確に推定するためには管の減肉による運転圧力の変化も考慮する必要がある。

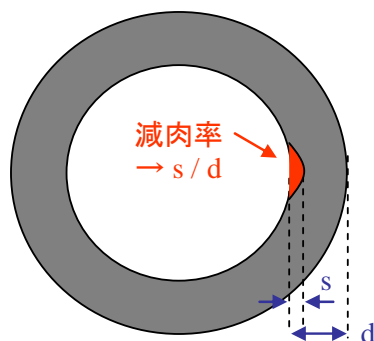


図 2.2.3.5 加熱管の断面

③ 炉内耐火レンガのせり出し・脱落

炉内耐火レンガは炉壁が高温燃焼ガスにより腐食されるのを防ぐ役割を持っている。また、レンガ同士は隙間をモルタルと呼ばれるセメントのような素材で固定されている。炉壁とレンガの位置関係を図 2.2.3.6 に示す。

炉内レンガのせり出し、脱落は以下に述べる過程で進行する。炉内にはバーナーの燃焼によって発生する高温燃焼ガスが充満しており、運転時間の経過とともにモルタルが腐食されヒビが生じる。そして、ヒビから炉壁に到達した燃焼ガスがレンガと炉壁の間にスケール層を生成し、次第にレンガが押し出す。こうして、レンガの傾きが一定値を超えるとレンガが脱落する。レンガが脱落した際には運転を停止してレンガを補修する必要がある。よって、レンガが脱落した際には、多大な予定外の生産損失が発生することになる。

なお、レンガが傾く速度は一定であると仮定し、処置適用値を超えたら補修を施すものとする。

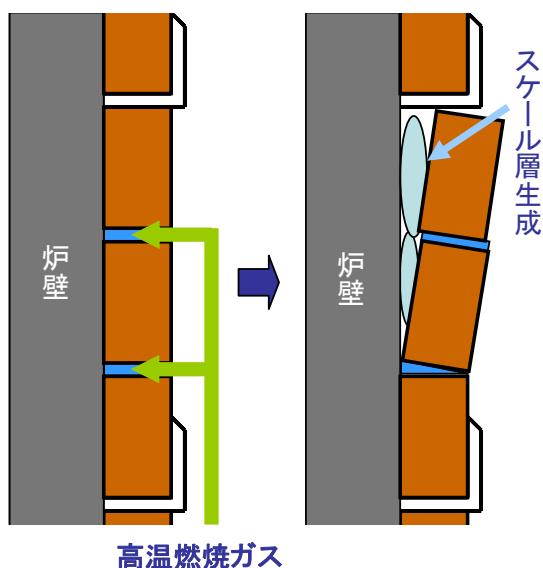


図 2.2.3.6 レンガと炉壁の位置関係

④ バーナーチップ、バーナータイルの破損

バーナーにおけるバーナーチップとバーナータイルの位置関係を図 2.2.3.7 に示す。バーナーチップ、バーナータイルはバーナーから出た炎を適正な形に保ち、加熱管に安定した熱量を供給する役割を持っている。このため、バーナーチップとバーナータイルが破損するとバーナー炎が傾き、加熱管に対して熱が伝わりにくくなる。よって、バーナーチップ、バーナータイルが破損した場合は、他のバーナーの熱量を上げることで熱

量を一定に保つ必要がある。バーナー本体は運転中も加熱管からの取り外しが可能なので、バーナーチップの交換は運転中に行う。バーナータイル破損時は次回の SDM まで待ち、設備停止時に補修を行う。

バーナータイルまたはバーナーチップの破損時には、そのバーナーの熱量の低下を他のバーナーで補う必要があるため、燃料費ロスが発生する。それぞれの燃料費ロスは以下の式で算出する。

- ・バーナータイル

燃料費ロス = 次回の SDM までの日数 × 一日当たりの燃料費ロス

- ・バーナーチップ

燃料費ロス = 破損発見までの燃料費ロス + バーナーチップ交換時の燃料費ロス

バーナータイル破損時は、次回の SDM までの間は補修が行えないため、その日数分の燃料費ロスが発生することになる。それに対して、バーナーチップの燃料費ロスは、破損発見までの時間と交換にかかる時間とで分けて評価する。破損発見まではチップが破損しているバーナーは稼働させておくが、バーナー炎が傾いて失われる熱量の分だけ、他のバーナーでは熱量を上げて補う必要がある。バーナーチップの交換中はそのバーナーを停止させているため、他のバーナーで補う熱量もその分大きくなる。しかし、交換中のバーナーは停止させているので、その分の燃料費を差し引いて考える必要がある。なお、破損発見までの日数の期待値は炉内監視周期の半分の値と仮定する。

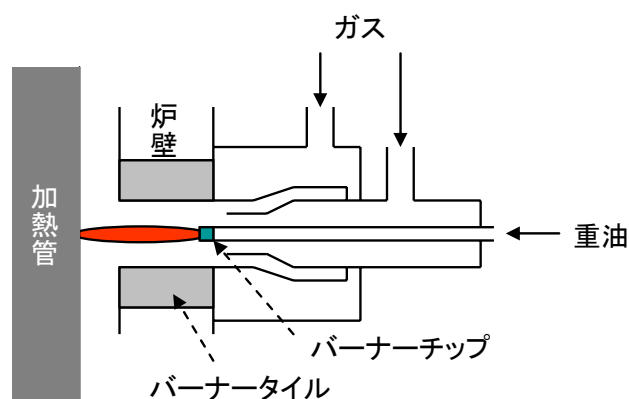


図 2.2.3.7 バーナーの構造

(3) 設定条件

①対象劣化・故障モードの特性

工場のメンテナンス担当者へのヒアリングをもとに、対象とする劣化・故障モードとそのワイブルパラメータ、適用可能な保全方式、検査・処置可能タイミングを表 2.2.3.1 に示すように設定した。なお、表中の TBM、CBM、BM は、それぞれ時間基準保全、状態基準保全、事後保全を表すものとする。

②影響度評価

影響度評価の算出に必要な数値を表 2.2.3.2 に示す。設備停止を要する項目を実施する場合は、設備停止と起動に要する 25 日を含めて所用日数を算出する必要がある。また、SDM 時に要する定期検査の費用について補足する。SDM における検査費用は以下の式で算出する。

$$\text{検査費用} = \text{労務単価} \times \text{作業人数} \times \text{作業時間}$$

また、現実の運用方針に基づき、SDM にかける日数は設備の停止と起動に要する期間も含めて 60 日と固定する。ただし、SDM 中に同時にデコーキングも実施する場合は、通常より 7 日長く SDM 期間 67 日を要するものとする。

表 2.2.3.1 対象劣化・故障モードの特性

劣化・故障モード名	ワイブルパラメータ		適用保全方式	保全可能時点	
	m	η		処置可能時	検査可能時
加熱管	高温クリープ		TBM,CBM,BM	設備停止時	設備停止時
	メタルダスティング			TBM,CBM,BM	設備停止時
炉内耐火レンガのせり出し・脱落	12	40	TBM,CBM,BM	設備停止時	設備停止時
バーナーチップ破損	10	24	TBM,BM	常時	
バーナータイル破損	14	30	TBM,BM	設備停止時	

表 2.2.3.2 影響項目に関わるパラメータの設定値

項目[単位]	数値	項目	所用日数
一日の生産量[KL]	6,400	デコーキング	12
生産量あたりの限界利益[円/KL]	8,440	SDM	35
加熱管の初期表面温度[°C]	380	SDM+デコーキング	42
初期温度における燃料費[円/KL]	1,000	加熱管交換	65
労務単価[円]	20,000	バーナーチップ交換	1
SDM実施可能時間[hour/人・日]	10	加熱管破断	65
SDMにおける検査日数[日]	15	レンガ脱落	5
炉内目視点検周期[日]	2	設備停止	10
バーナータイル破損時の燃料費ロス[円/KL]	10	設備起動	15
バーナーチップ破損時の燃料費ロス[円/KL]	20		
バーナーチップ交換時の燃料費ロス[円/KL]	30		

また、SDM 周期が変われば一回の定期検査での検査量が増えることになる。しかし、1 人が SDM 期間中にこなせる作業量は限られているため、検査に投入する人数を増やすことでこれに対応する必要がある。これより、SDM 周期が長くなるにつれて、1 回当たりの必要検査人数も直線的に増加すると仮定して検査費用を算出する。

これらの値をもとに算出した影響度評価値を表 2.2.3.3 に示す。なお、影響度評価の尺度は利益としている

表 2.2.3.3 影響度評価値 ※1

		生産		保全		補償費	合計影響度	
		生産損失	燃料費ロス	処置費	検査費			
SDM実行時(検査,触媒交換)		3,240,960,000	0	10,000,000	15,000,000		3,265,960,000	
SDM実行時(検査,触媒交換,デコーキング)		3,619,072,000	0	220,000,000	15,000,000		3,854,072,000	
加熱管	高温クリーブ	デコーキング時	1,998,592,000	0	210,000,000	0	2,208,592,000	
		交換時	4,861,440,000	0	2,000,000,000	0	6,861,440,000	
	メタルダスティング	事後保全時	4,861,440,000	0	2,000,000,000	0	3,000,000,000	9,861,440,000
		交換時	4,861,440,000	0	2,000,000,000	0		6,861,440,000
	事後保全時	4,861,440,000	0	2,000,000,000	0	3,000,000,000	9,861,440,000	
炉内レンガの脱落	補修時	0	0	2,003,000	0		2,003,000	
	事後保全時	1,620,480,000	0	2,003,000	0		1,622,483,000	
バーナーチップ破損	交換時	0	0	1,002,310	0		1,002,310	
	事後保全時	0	320,000	1,002,310	0		2,922,310	
バーナータイル破損	補修時	0	0	1,003,500	0		1,003,500	
	事後保全時	0	※2	1,003,500	0		1,003,500	

※1 SDM 時の検査費用は SDM 周期で変化する。表中の数値は SDM 周期が 12 期の場合の検査費である。

※2 バーナータイル破損時の燃料費ロスは次回の SDM までの日数で変化する。

③O&M 計画策定範囲

保全面での設定条件を述べる。保全方式は変化させず一般的に用いられているものを適用するものとし、高温クリーブは CBM、メタルダスティングは CBM、炉内耐火レンガは CBM、バーナーチップは TBM、バーナータイルは TBM を用いるものとする。次に、検査・処置周期の範囲を設定する。1 期を 1 ヶ月とし、SDM(CDM)周期を 10~21 期、TBM 周期は 8~35 期とする。SDM 周期は、触媒効力の特性から 21 期までとした。TBM 周期は、劣化・故障モードの MTTF よりその範囲を定めた。なお、実際の状況に近くするために、デコーキングはコーク量が 3mm 以上のときのみ選択肢に加えるものとする。

運転面では、目標稼働率を 75~100%とし、運転圧力は 13.2[Mpa]で常時一定であると仮定する。目標稼働率は扱う製品の特性から、その最低値を高く設定した。また、運転圧力は実データをもとに設定した。

ここで設定した条件内で O&M 計画が策定される。

④許容状態量

クリープ劣化、メタルダスティングによる減肉、炉内レンガのせり出しの許容状態量を設定する。許容状態量を超えたら処置を実施する。表 2.2.3.4 に各劣化・故障モードの測定状態量と処置を実施する状態量を示す。この値を超えている場合に交換または補修を行うものとする。

許容寿命消費率は、リスクを低く抑えるため、破断確率 0.0001 のときの値を用いた。許容減肉率とレンガの許容傾度は工場のメンテナンス担当者へのヒアリングをもとに設定した。また、一期当たりの減肉進行量は実データをもとに 0.001[mm/期]とした。

なお、検査で得られる状態量は真の値からばらつくものとし、レンガ傾度の測定標準偏差を 0.05、メタルダスティングの減肉量の測定標準偏差を 0.0001 とする。

表 2.2.3.4 測定状態量と処置実施状態量

劣化・故障モード名		測定状態量	処置実施状態量
加熱管	高温クリープ	寿命消費率	81.27 [%]
	メタルダスティング	減肉率	10.0 [%]
炉内耐火レンガのせり出し・脱落		レンガの傾度	3.0 [度]

④O&M 計画策定方針

対象事例では、触媒効力低下による収率の低下を防ぐために、一定期間ごとに必ずシャットダウンメンテナンス(SDM)を行う。この際、触媒交換を実施する。その上で、デコーキング実施時点と各期(1 期:1 ヶ月)の目標稼働率を各時点で予測される限界利益が最大になるように計画する。

デコーキングと運転のどちらを行うか、運転を行うならば目標稼働率をいくつにするかなど、各時点では様々な選択肢が考えられる。よって、選択案ごとに予測される一期当たりの利益 p を算出し、最も高い値を取るものを O&M 計画として選択する。さらに、加熱管以外の劣化・故障モードの検査・処置周期もそれぞれ変化させ、設備全体として期待影響度評価を行い、最小の値を取る周期の組合せを最適な O&M 計画とする。

⑤シミュレーション実行条件

評価期間は 600 期とする。さらに、シミュレーションでは故障分布に基づき乱数で故障を発生させているので、結果は 30 回の試行結果の平均とした。

(4) シミュレーション結果と考察

①シミュレーション結果

設定条件での SDM 周期ごとの期待影響度、限界利益、加熱管寿命、総保有リスクを
図 2.2.3.8、2.2.3.9 に示す。

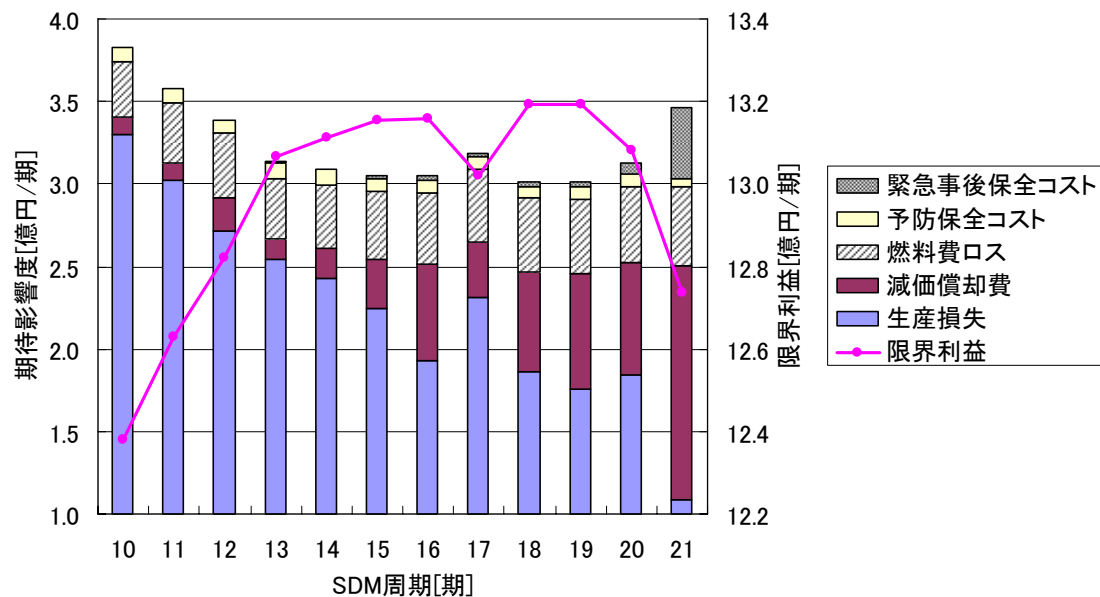


図 2.2.3.8 設定条件における期待影響度と限界利益

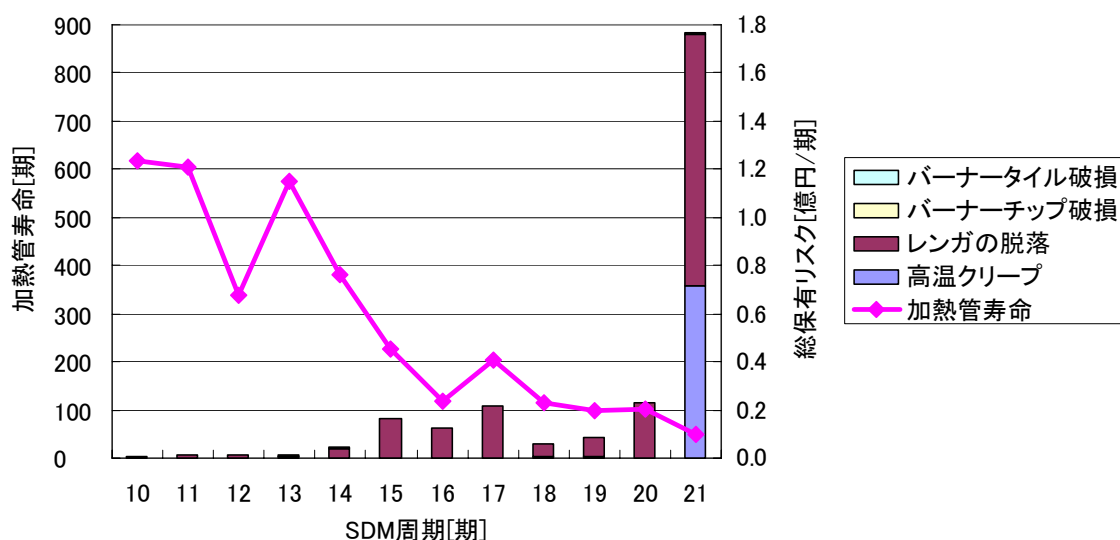


図 2.2.3.9 設定条件における加熱管寿命と総保有リスク

②考察

以下に、評価結果の考察を述べる。

- 図 2.2.3.8 の結果より、期待影響度の大部分を生産損失、加熱管の減価償却費、燃料費ロスが占めていることが読み取れる。燃料費ロスは SDM 周期に関わらずほぼ一定の値を取るが、生産損失と減価償却費は SDM 周期によって大きくその値が変わる。よって、対象事例ではいかに生産損失と加熱管の減価償却費を抑えた O&M 計画を策定するかが重要な要素となる。
- 図 2.2.3.9 の結果より、SDM 周期の長期化にともないクリープとレンガ脱落の保有リスク値が上がることを確認できる。さらに、図 2.2.3.8 の緊急事後保全の期待影響度と図 2.2.3.9 の総保有リスクの推移から、両者の相関性が読み取れる。
- SDM 周期が 10 期・11 期のときのみメタルダスティングによる減肉が原因で加熱管が交換されている。よって、減肉の進行を遅らせる技術が開発できれば加熱管の更なる長期使用が可能になると言える。
- 策定された O&M 計画では、目標稼働率を抑えた運転は実行されていなかった。目標稼働率を抑えて加熱管寿命を長期化することによる減価償却費の減少よりも、生産損失の方が大きい値を取るためだと考えられる。
- デコーキングは生産損失を抑えるために、SDM 期に合わせて実行されている。しかし、SDM 周期が長くなると触媒効力低下による必要表面温度上昇の影響が大きくなるため、通常運転中にもデコーキングを実施して負荷を軽減していた。
- SDM 周期が 12 期のときは 3 回の SDM に 1 回、SDM 周期が 13 期のときは 2 回の SDM に 1 回デコーキングを実施していた。これは、コーク量が 3mm 以上でない場合はデコーキングを実施しないという制約条件を設定しているため、SDM 周期が 12 期のときは 2 回の SDM に 1 回のデコーキングは実施しないからである。よって、デコーキングを行うならば、2 回目と 3 回目の SDM の間の運転中に行うか、3 回目の SDM 中ということになる。今回の条件で、SDM 周期 12 期の場合において運転中のデコーキングを行っていなかったのは、運転中にデコーキングを行って生産損失を出すよりは、加熱管寿命を減らしてでも 3 回目の SDM 中にデコーキングを行う方が限界利益の増加につながると判断されているためである。この結果、SDM 周期が 12 期のときと 13 期のときでは加熱管寿命の値に大きく差が出ている。
- 図 2.2.3.8 より、現在の運転スケジュールに対して SDM 周期を長期化することによる限界利益向上の可能性が読み取れる。しかし、より現実的な評価を実施するには、重油直接脱硫装置に含まれる全ての劣化・故障モードを含めた検討を行う必要がある。

以下に、本試作システムの改良すべき点を述べる。

- より対応性の高いシステムにするには、既存データが不足している劣化・故障モードの期待影響度評価も含めたシステム作りを行う必要がある。そのような劣化・故障モードを扱う場合には、算出される期待影響度の信頼性も当然低くなるため、その信頼性をいかに評価するかも検討する必要がある。
- 運転中の劣化・故障データを蓄積し、劣化・故障知識 DB へのフィードバックを含めたシステム作りをする必要がある。
- 試作システムでは許容リスク、限界利益のみを評価対象として実行案を策定しており、環境負荷を考慮していない。製造業はその設備規模から環境負荷が大きいものが多く、近年では環境負荷の側面からの法規制も多い^[10]。よって、評価指標として環境負荷も考慮する必要がある。
- より実際の状況に近くするには、外部条件として要求生産量を考慮し、生産損失と在庫費用を加味した評価をシステムに組み込む必要がある。
- 試作システムを用いた O&M 計画の策定においては、探索範囲を狭めて計算を容易にするために設定した条件もあるために、必ずしも最適化を行えているとは言えない。よって、本システムに適切な最適化手法を用いた O&M 計画決定アルゴリズムを組み込む必要がある。
- 対象設備の規模が大きくなり、劣化・故障モードの数が増えるほど O&M 統合シミュレーションにおける O&M 計画決定までの所要時間が増えるため、何らかの対策を講じる必要がある。

2. 2. 4 結論

O&M を統合した設備の運用を行う上での問題点として、①メンテナンス、オペレーション双方で閉じた評価を行っている、②オペレーションとメンテナンスを統一的に評価するための枠組みが確立されていない、という現状を述べ、その解決のために、O&M 活動の影響度を利益という共通の尺度を用いて統一的に評価する枠組みと、O&M を統合した運用計画を策定するための提案システムの構築を目指した。このために、提案システムの一部を試作し、重油直接脱硫装置に適用して検討を行った。内容をまとめると以下のようなになる。

- オペレーションとメンテナンスの統一的な効果評価に基づき、設備の最大活用を実現する O&M 計画の決定を支援するシステムを提案した。

- 提案するシステムの一部を Visual Basic[®] 6.0 を用いて試作した。
- 試作システムを重油直接脱硫装置に適用し、試作システムの有用性と改善すべき点について考察を行った。

参考文献

- [1] 高田祥三：ライフサイクル・メンテナンス，JIPM-S，2006
- [2] 勝田祐司，期待影響度に基づく保全計画評価手法，2007 年度精密工学会春季大会 学術講演会講演論文集，2007，pp.1171-1172.
- [3] 矢川元基：宮崎則幸：有限要素法による熱応力・クリープ・熱伝導解析，サイエンス社，1985
- [4] 重油脱硫装置の加熱炉管理資料.
- [5] 松澤 栄，石油精製業におけるオペレーションとメンテナンス計画の統合，早稲田大学卒業論文，2008.
- [6] 横井信：クリープ試験に利用されている時間－温度パラメータ，熱処理，Vol.1，No.22，1982，pp44-50.
- [7] 独立行政法人物質・材料研究機構，クリープ試験材金属組織データベース，<http://www.nims.go.jp/jpn/>
- [8] 南方哲也：リスクマネジメントの理論と展開，晃洋書房，2001.
- [9] 西山佳孝，浸炭性ガスにおける金属材料のメタルダスティング，材料と環境，Vol.56，No.3，2007，pp84-90.
- [10] 環境省，<http://www.env.go.jp/>

3. 保全に関する国際標準化活動の状況

設備診断・設備保全に係る欧州規格及びメンテナンス活動調査

本件は設備診断・設備保全に係る国際標準と、そのメンテナンス業務の向上と改善に対する効果などについてどのように意義があるか、特に欧州規格を中心に調査した。

メンテナンスの潮流として、メンテナンスがいかに収益に貢献しているかが評価される傾向にある。そこに向けて設備管理においては、管理情報の一元化、プロセスの効率化、標準化の促進、さらには状態監視、保全管理等のメンテナンス機能・要素の組合せによるビジネスの最適化への関心も高まっており、これらを念頭において冒頭の目的に沿って調査を進める。

また、調査対象は直接メンテナンスに係る規格を対象とし、ISO/WD-18435 Part1 のコンセプトである ADID (アプリケーション領域統合ダイヤグラム) で言えば、A1.3、A2.3、A3.3 の各領域内での保全に関する規格である。

3. 1 欧州標準化機関 (Comite Europeen de Normalisation 以下 CEN) とメンテナンス技術委員会について

CEN は 1961 年に欧州の 18 ヶ国の標準化機関が参加して創設された。CEN の現在の参加国は 30 ヶ国である。ISO と CEN の間の技術協力に関する協定にもとづいて、EN 規格がそのまま ISO 規格原案となる。

CEN が保有する Standard database のうち、メンテナンスそのものを扱う技術委員会 (CEN/TC 319-Maintenance) が 6 つ存在する。

そのうち生産設備に直接関係する下記の 5 つの保全規格を対象としたが、内容確認の結果、下記 3. 2 の (1) 及び (2) を重点的に調査を実施した。

3. 2 調査対象規格名

- (1) 保全の重要業績評価指標 BS EN 15341 : 2007
- (2) 保全作業員の能力要件と認定 PD CEN/TR 15628 : 2007
- (3) 保全用語 BS EN 13306 : 2001
- (4) 保全に関する文書 BS EN 13460 : 2002
- (5) 保全契約の作成に関するガイドライン BS EN 13269 : 2006

3. 3 調査実施

前記の対象規格の各々についてその規格内容とその解釈による規格の解説とメンテナンス業務の向上と改善効果への意義などについて考察する。

3. 3. 1 保全の重要業績評価指標について(Maintenance Key Performance Indicators)

(1) 評価指標規定の狙い(活用の目的)

この規定の狙いとして、保全管理者が卓越した保全業務を実現し、競争力ある方法で技術資産を活用することを支援するものであり、これらの指標の大部分はあらゆる産業設備及び関連施設・設備(建物、インフラストラクチャー、輸送、流通、ネットワークなど)に適用される。これらの指標の活用の目的は以下の点が考えられる。

- ①現状(状態)の測定
- ②比較(インターナル及びイクスターナルベンチマーキング)
- ③診断(強み及び弱みの解析)
- ④達成すべき目標の設定とその定義
- ⑤改善処置の計画
- ⑥経時的変化の継続的な測定

これらの目的は、モノづくりの基盤強化、さらには経営への貢献を実践する上で、保全機能の向上と保全活動を通して効果を恒常的に高めるための PDCA 管理サイクルであり、指標の位置づけとその活用について、各国が一層の浸透を図るべく組織的な働きかけとしくみが重要と判断している。

また各指標(スコアカード)は互いに関連し、一貫して、且つ補完的關係を有する一連の指標であって、総合的且つ全体的な情報を与えるものである。そしてこのツールは方針を策定及び実施すること、さらに目標に対する実績の進捗を観察・評価するものとして活かされるべきである。

(2) 適用範囲について

コスト面、技術面、組織体制面などの影響要因の枠組みにおいて、保全のパフォーマンスを測定し、且つ技術資産をもとにした高度な保全を目的として、効率及び有効性を評価・改善するための重要業績評価指標を管理する体系である。

尚、この規格は上記で述べたコスト、技術、組織体制の3つのカテゴリーによって体系的に構成されている。

(3) 保全のパフォーマンスについて

この規格では保全のパフォーマンスを次のように解釈している。

保全のパフォーマンスとはあるアイテム（設備機械等）が常に要求機能を実行できる状態に保持すること、またこのような状態に維持・復元することを目的として、資源を積極的に使用した結果であり、達成結果または期待される結果として表すことが出来る。

この保全パフォーマンスは所在地、国情・文化及び製造工程、規模、稼働率、運転年数などの外部及び内部要因によって異なり、これを達成するには、労働力、情報、材料、体制の方法体系、ツール、操作・運転技術を用いて、改良保全、予知・予防保全などを実施すると記述している。

そして保全パフォーマンスは、実際の結果及び期待される結果の両方を測定する適切な指標によって評価可能な複合的活動の結果であると定義している。

（４）目標としての意義

パフォーマンスの一層の改善に向けて、管理者がコスト、技術、組織体制の各々について方針及び改善目標を示し、改善活動への支援を実践すること。

- ①状態の測定
- ②パフォーマンス評価
- ③パフォーマンスの比較
- ④強み、弱みの顕在化と特定
- ⑤目標達成への進捗及び経時的変化の管理

またこれらの指標の測定及び解析は、管理者が以下の事項を実行する上で必要と判断されるものである。

- ①目標設定
- ②方針及び対策処置の計画
- ③従業員に通知し、意欲を喚起するために結果を共有すること

またこれらの指標は保全業務遂行に対して、以下に記すように活用することが出来る。

①年度予算の策定

経費、戦略更新投資（固定資産予算）などの予算策定及び実態の調査、またはパフォーマンスの定期的評価時に使用。

②その他、特定の監査、研究、ベンチマーキングなどのそれぞれの枠組みの中での使用。

当然、測定の期間については各企業、事業所の方針、判断によって決まるものであり、画一的なものではない。

（５）重要業績評価指標の構成

この規定では、保全パフォーマンス及び３つの重要業績評価（コスト、技術、組織体制）

に与える影響として、外部要因、内部要因について言及しており、この影響要因を前提条件として考慮して評価の誤解を避けるよう考慮している。

しかしながら、この影響要因が指標評価結果にどれほど影響するかは、実際面で具体的に判断すべきである。イクスターナルベンチマーキングで比較分析の際は、これらの影響要因を含めて検討すべきと判断される。

いずれにしろ指標評価結果のイクスキューズとして扱われることは避けるべきである。

外部要因とは企業の管理業務外の変動条件である。

内部要因とは保全管理業務外であるが、企業の管理業務内にあるグループ、企業、工場、プラントを指す。

具体的な外部、内部影響要因について、その代表例を以下に示している。

外部影響要因	内部影響要因
所在地	企業文化
社会の文化	工程の重要度
国家労働力	製品構成
コスト	プラント規模
市場の状況	稼働率
法規制	プラント運転年数
部門	クリティカリティ

図 3.3.1.1 保全の影響要因

3. 3. 2 具体的指標（抜粋）例と各々の意義について

以下に具体的な指標（抜粋）について記述する。

指標はコスト、技術、組織体制の3つのカテゴリーで分類され、その指標を企業/事業所経営レベルと保全実務レベルを階層別けして設定している。

このレベルは重要性の格付けではなく、単に階層識別として認識して差し支えない。

レベル1は企業経営階層に摘要すべき評価指標と認識し、各階層での具体的摘要については、各企業/事業所の判断である。

尚、当然ではあるが、この指標は企業内製保全と外注による保全の両面を指すものである。

(1) コスト面での重要評価指標

レベル1

①総保全コスト/資産再取得価額×100

総保全コストは年間ベースで資産/アイテムに対して実施された保全活動に関するコストである。以下に示すコストが該当する。

- a. 管理、監督、支援スタッフ及び直接スタッフの賃金、給与（含む時間外手当）
- b. 上記スタッフの給与総額の付加コスト（税金、保険、法的賦課金）
- c. 保全の経費となる予備品及び消耗品（運搬コストを含む）
- d. ツール及び装置（資本計上または賃貸されたもの以外）
- e. 請負者、賃貸施設
- f. コンサルティングサービス
- g. 保全の管理コスト
- h. 教育コスト
- i. 生産作業員が実施する保全活動のコスト（TPM で言う製造オペレータによる自主保全コストも含む - - どこまで対象とするかは明確化しておくこと）
- j. 交通費、宿泊費
- k. 文書
- l. CMMS（コンピュータ保全管理システム）及び計画システム
- m. 電力、公共料金などのコスト
- n. 保全関連の資本計上された装置、作業場、予備品倉庫の減価償却費

以下のものは除外する

- ・ 製造品種替えに伴う段取り替え時間コスト（金型交換作業など）
- ・ 戦略上重要な予備品の原価償却費

同様に新製品量産化立上げに向けた保全部署による戦略経費についても性格分上、除外と考えるべきである。

- ・ 故障停止時間コスト

また、分母である資産再取得価額とは、資産を構築するに必要な資本の見積り額と定義している。

②総保全コスト／（保全の付加価値+外部コスト）×100

分母の保全の付加価値+外部コストとは生産価額（原材料・公共料金・サービスの購入価額を控除）+保全の外部（外注）コストである。

③総保全コスト／生産量×100

④総保全コスト／生産物変換コスト×100

分母の生産物変換コストとは、原材料及び梱包補助材料を除いた受入材料を製品/サービスに変換するために各資産/アイテムあたり必要となるコストの合計で表される。

⑤総保全コスト+保全に関連する利用不能コスト／生産量×100

分子で示す利用不能コストは、保全によるダウンタイムに資産/商品アイテムの生産/サービスの損失の時間単位の平均値を乗じた値である。言い換えれば機会損失として解釈できる時間単位の平均値を乗じた値である。

生産損失の時間の単価は、生産のための追加生産コストであり、または保全に起因する資産あるいは商品アイテム生産時のダウン状態時における正常時の生産分の価額または損失利益として説明されている。

これは保全による生産資産の停止（突発故障停止及び計画的なシャットダウンメンテナンス）を、直接保全コストは当たり前として、これらの生産資産停止による機会損失についても明確に顕在化して評価することは、経営的に意義あるものと判断される。

しかしながらここで述べている損失コストを定義付けて、経営と保全を直結して客観的に保全の損失と効果、成果をコストで見るとは十分浸透しているとは言いがたく、保全はもとより企業/事業所経営の課題でもある。

このような点が曖昧であることが、保全の存在意義をなかなか高めることが出来ず、経営から見た保全の位置付けそのものについても、プライオリティーがなかなか高まらない要因ともなっている。

レベル 2

レベル 1 が企業/事業所レベルでのコスト評価指標であったが、このレベル 2 は、保全組織、部署での保全コストとして、内外製、直接、間接と言った切り口で、主に労務費を主軸においたコスト評価指標である。

①保全材料の平均棚卸価額／資産の再取得価額×100

保全の平均棚卸価額とは、各期間における保全材料（予備品、消耗品、各種材料）の平均棚卸価額である。

②保全に費やされた内部人件費総額／総保全コスト×100

まさしく総保全コストに占める内部（内製）保全人件費の割合を示すものであり、下記の費用を対象としている。

- a. 直接保全作業員－事業所ないしは工場に所在し、保全業務を担当する保全作業者の人件費

- b. 間接作業員－保全組織、部署の管理者、保全技術スタッフ、事務員、作業監督者、倉庫担当者、倉庫作業員などの人件費
- c. 生産（製造）部署作業員が実施する保全活動のコスト
但し、製造作業員の総人件費から、この保全分を分離することは事務管理上煩雑であり且つ生産部署作業員の本来業務の一つと解釈すれば、この人件費は計算外としても良いのではないかと判断している。

③保全に費やされた外部人件費総額／総保全コスト×100

上記②の外部（外製）作業員人件費の割合を示すものである。

④総請負者コスト／総保全費×100

総請負者コストとは資産ないしは保全業務を対象とした請負者への請負支払額の総額
上記③はこの中の人件費を抽出したものであり、この総請負額を更に分析して、人件費と材料費ないしは、請負業務の仕事単位に層別して、内製保全費との比較あるいは、請負業者間の発注判断時の見積もり費用比較にも活用できる。

しかし、この指標の求めるべき本質は、効率的な保全を展開する上で、その戦略の一環として外注請負をどのように位置付けるかである。

従って、単に費用の高・低ではなく、この後に述べる技術・技能の向上、技術・技能の伝承、そして生産への寄与を含めて総合的な判断が重要である。

⑤総保全材料コスト／総保全コスト×100

分子の総保全材料コストとは、ある期間内に消費された保全材料（予備品、消耗品、各種材料）コストである。

⑥間接保全作業員コスト／総保全費×100

上記②のb. で説明したコストであり、一般的には総保全コストの低減に対して、事務管理人件費などは事務の効率化を推進して、徹底して削減すべきと判断される。保全を一層機能強化することが重要であり、そこに向けた投資、費用を戦略的に引き充てたい。

レベル3

レベル3では、具体的な保全の直接的な各種作業の実行に伴うコストを指標として設定している。

①改良保全コスト／総保全コスト×100

この保全作業はわが国の製造業で捉えている意味合いと同様の解釈でよい。
従って、設備・部位・部品の各レベルでの信頼性向上を目的とした改善はもとより、保

全性の改善も含むものであるが、対象とする費用範囲を明らかにしておくことが肝要であるが、この後に示す改善保全と以下の規定で区分されている。

「フォールト（故障と捉えて）発生後に実施され、生産設備、設備部位、部品などのアイテムが要求機能を実行できる状態にすることを目的とした保全業務であること」

② 予防保全コスト／総保全費×100

この予防保全コストについてもわが国の製造業の保全作業として認識されているものと同様の解釈でよい。

すなわち、あらかじめ定められた間隔で、規定の基準に従って実施され、製造ライン、個々の生産設備の故障確率または機能劣化を測定、復元することを目的とした保全の総コストである。

③ 状態監視保全コスト／総保全コスト×100

④ 予定保全コスト／総保全コスト×100

この予定保全コストは、事前に状態調査を行わずに、既定の時間間隔または使用単位数（生産実績数、動作回数などと解釈できる）に従って実施される予防保全コストと既定している。またこのことは保全業務（コスト）の生産比例化の一端とも受け取れる。

日本の製造業での保全業務の事態のなかで、このように細分化した考えで保全を区分するケースは稀と思われるが、当該保全業務の目的に踏み込んで、意味のない保全業務の排除、あるいは当該保全業務によって得られた事実、情報などをもとに、分析評価して予防保全への転換ないしは保全方式の選択などに反映することは価値あるものと判断される。

⑤ 改善保全コスト／総保全コスト×100

この改善保全コストも前記の④と同様に、更に効果的、効率的な保全の展開を図る上で改良保全との区分は興味深いものがある。

この規定は「要求機能を変更することなく、生産設備、設備部位、部品など、アイテムのアベイラビリティを改善するために実施された保全」としており、前記で述べた改良保全と区分している。

⑥ 保全シャットダウンコスト／総保全コスト×100

⑦ 保全訓練コスト／保全作業員数 価額／人単位

保全作業員あたりの保全の教育訓練コストである。

ここで言う保全作業員とは、既に説明しているが、直接および間接保全作業員（前記レベル2の②a. b. を指す。

この指標は日本の各企業では人材育成コストのトレンドとして、企業/事業所の人材育

成コストの一環として継続的に指標を管理し、次年度など将来の予算規模決定の資料として活用される面が多いのではないかと判断している。

この指標についても単にコスト面のみ捉えても意味のないものであり、恒常的な人材育成の展開を主軸において、組織、体制のありたい姿を描き、方策としての技術、技能の向上とあいまってコストを観察すべきである。

⑧総機械保全請負者コスト／総保全請負者コスト×100

区分としては、機械の他に総電気保全及び総計装保全で指標化されている。

機械、電気、計装と分けてどれほどの深い意味があるかは疑問である。

これらの外注請負コストについて、どのような考えの下にこのコストを投じたか、または外注請負コストを振り返って、この先将来の保全体制についての検討データとして活用することは可能である。年間ないしは中期の事業計画達成を前提にした保全展開を図る上で、事業計画への寄与、保全技術・技能ノウハウの蓄積と保全人材育成、技術・技能伝承などの戦略とコストの掛け方を関連付けて事業展開すべきと判断している。従って、このような言わば「大雑把な見方」でコスト目標あるいはコスト管理は意味があるとは言いがたい。

当該保全規格制定にあたって、その指標の体系を3つのカテゴリー（コスト、技術、組織体制）で構成されていることはすでに説明しているが、コスト単独ではなくて、これらの関連指標を含めて管理、分析することが必要である。

(2) 技術面での重要評価指標

レベル1（レベルの解釈はコストと同様である）

①総動作時間／（総動作時間＋保全によるダウンタイム）×100

この指標は保全に関連するアベイラビリティとして捉えられる。

分子の総動作時間とは、生産ラインあるいは機械装置（以下アイテム）が要求機能を実行している時間であり、表現を変えれば稼働時間である。従って結果として良品を出しているか、不良品を出しているかは問わない。

また保全によるダウンタイムはアイテムがダウン状態である時間を示す。日本で一般的に使われているダウンタイムと同様の解釈でよい。

日本では時間稼働率の指標が一般的に使われているが、その際の分母は「負荷時間として、計画操業時間－管理停止時間」を指しているが、この点が多少時間の捉え方がアバウトとも感じられる。

②動作必要時間中に達成されたアップ時間／動作必要時間×100

上記の①の捉え方に対して、この指標は運転操作上に価値を置いた評価指標である。

アップ時間及び動作必要時間については、下記の図にて示す。

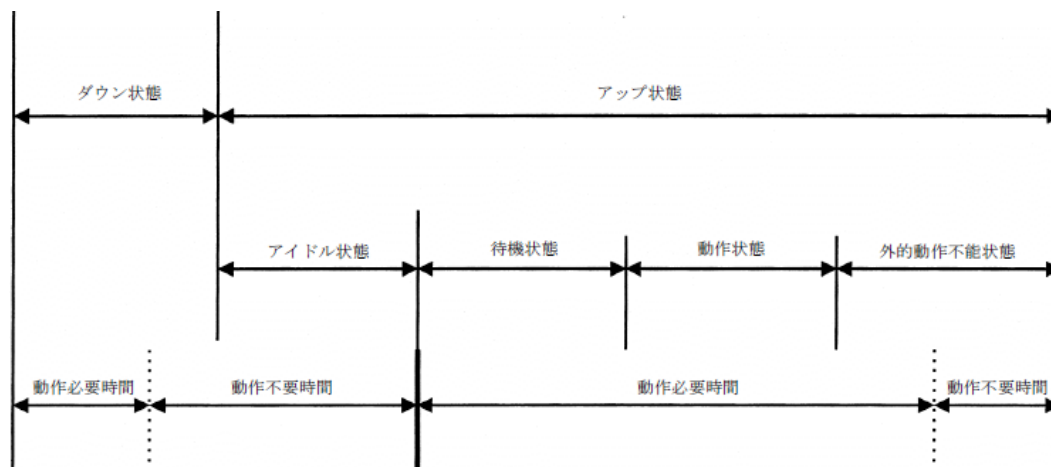


図 3.3.2.1 機械設備の動作時間図

上記の説明で理解できると思うが、日本プラントメンテナンス協会（以下 JIPM）が提唱している「設備総合効率」を阻害する 7 大ロスに包含できるものと判断される。

具体的には、上図のアイドル状態及び待機状態は設備立上りロスとして捉えることができる。また外的動作不能状態とは、当該設備における直接的要因による停止ではなく、例えば当該設備の前後工程設備での各種停止ないしは加工サイクル遅れによって、当該設備が影響を受け満杯停止（満杯手待ち）ないしは加工手待ちなどを生ずるものと同様の意味として解釈できる。

設備効率を最高状態に改善する、またその状態を正しく維持するために、価値稼働時間の阻害要因を顕在化し、改善のサイクルを廻すべきであるが、言葉の表現は異なるが稼働、非稼働を正しく且つ厳格に捉えて、価値稼働時間を高めることは重要である。

③保全による故障のうち環境阻害をもたらしている件数／暦時間

保全責任を環境阻害件数として捉えて評価する点は日本では稀ではないか。この環境阻害をどの範囲まで解釈するかによって、保全の責任の大きさを考えさせられるが、日本では一般的には故障による生産停止によるエネルギーロスとしての捉え方は一般的と判断している。本質は設備に信頼性を確実に高めて、故障停止によるあらゆる影響を最小にすることの重要性を示した指標であり、考えとして納得できる。

④保全に関連する廃棄物または悪影響の年間量／暦時間

これは保全責任によるロスとして、例えば Co2 排出量で捉えて、保全の悪影響として測定するものである。

レベル 2

①総動作時間／（総動作時間＋故障に関連するダウンタイム）×100

分母の故障に関連するダウンタイムとは、故障により損失した総ダウンタイムである。

②同様に分母に故障に変えて、計画・定期保全に関連するダウンタイムを対象とした評価指標も設定されている。

上記の①および②はともに日本で日常的に管理対象としている故障ロス及びシャットダウンロスの大きさを顕在化するものである。

レベル 3

いよいよ保全の直接業務に言及した評価指標について述べる。

①ダウンタイムの原因となる予防保全時間／保全に関連する総ダウンタイム×100

日本流に解釈するとシャットダウンロスであるが、あえて予防保全による生産停止時間を顕在化して、さらに生産効率最大化に向けて付加価値を生む時間（価値稼働時間）を増やすことを狙ったものである。

本指標と予防保全による効果とその方法、費用を合わせて分析評価することが肝要である。

②同様の考えで、予防保全時間の他に予定保全時間（コストの項で述べた予定保全を参照）、および状態監視保全による生産ライン、生産設備などのアイテムの停止を顕在化している。

このことは上記でも述べたが、保全業務の細部についてもその実態を管理し、保全業務を通して付加価値を徹底して高め、生産効率の改善及び、製造コストの低減に寄与する保全を目指した指標であり、目標値でもある。まさしく保全の本質を迫及した考えであると判断できる。

また上記で記した狙いのもとに、件数で示す評価指標も設定されている。

具体的には

③総動作時間／ダウンタイムの原因となる保全作業指示票数であり、改良保全、予防保全、改善保全の各作業のうち、ダウンタイムの原因となる件数の総数である。

また人身災害の再発防止および未然防止にも強い関心を示しており、

④人身負傷の原因となる故障件数／総故障件数×100

これは負傷の原因となっている故障のうち、作業日数 1 日以上の損失を招く件数として規定されている。また潜在的な人身負傷にも着目して

⑤潜在的な人身負傷の原因となる故障件数／総故障件数×100

④及び⑤ともに故障と人身負傷の因果関係をより明らかにして、災害の防止に努める考え方は非常に参考になる。災害ゼロに向けてその要因の芽を摘むことは重要であり、製造作業者及び保全作業者のいずれに対しても、その原因を掘下げて、あるいは現象をケースにして、安全作業要件の標準化へ向けた活動展開は必要であり、この評価指標がこの様に活用すべきところまで考えて規定されたかは不明であるが、是非考えるべきである。

⑥環境損害についても上記の災害防止の考えと同様に、指標からその分析によって環境事故、環境ロスの削減並びに防止を図るための指標として規定されている。

⑦体系的な保全計画作成工程において計画に充てられた工数／内部保全作業員総工数
×100

分子の定義が多少解りにくいが、端的に解釈すれば保全計画に充てられた工数である。定義のなかの保全計画作成工程とは、あらかじめ定められた手順とされているが、この方法が標準化されていればベターである。計画作成には、安全上の考慮、労働力（技能・技術要件、材料、ツール及び機器、装置類、さらに作業完了までの生産ライン、生産設備停止時間（ダウンタイム）及び工数見積りなどが含まれる。またこれらの事前検討情報が作業を実施する第一線の保全スタッフに対して周知される。

当該指標を日本の製造業に当てはめて考えると、どの規模の計画まで当該指標に引充てるかは個別の判断として、保全計画作成のプロセスは当然と判断しているが、この作業時間を顕在化して評価することに意義を感じる。我々の経験では保全計画作成作業単独で工数管理するまでは徹底されていないと判断している。

この作成時間を含めて、間接作業工数なり、準保全工数としてまとめて集計されている。

⑧復元まで要した総修理時間／故障件数

これは平均故障修復（修理）時間であり、日本の製造業の保全性の指標として一般化している。

（3）組織体制上の重要評価指標

内部（社内）及び外部（外注）作業員数、さらにレベル1では具体的保全作業に関する人数及び工数について指標化している。

レベル1

①内部保全作業員数／総内部従業員数×100

これは企業、事業所における総従業員に対する保全作業員比率を示す指標であり、ベンチマーキングによる自社他工場比較あるいは同業他社との内製保全人員比率の比較に

活用されている。特に製造業においてはこの保全員比率の増加は非生産要員の固定費増に直接つながるものであり、製造原価圧迫要因として経営的には神経質にならざるを得ない。同様の見方で、間接保全員比率を見る指標も以下に設定している。

②間接保全作業員数／内部保全作業員数×100

③間接保全作業員数／直接保全作業員数×100

④生産オペレータ保全作業工数／直接保全作業員工数×100

この指標を管理する目的は幾つか考えられる。

設備管理レベルの向上を目指して製造自主保全を積極的に推進する、そのための一つの管理指標として設定するケースと、さらに製造原価低減を狙いにして、専門保全人員（工数）を増やさず設備管理レベルの向上を実践すること。管理指標としてはポピュラーであるが、企業、事業所全体の総保全力を見る指標としても意義があるものと判断する。

⑤計画・定期保全工数／利用可能な総保全工数×100

分母の利用可能な総保全工数とは、外部（外注）を含めた活用できる総保全工数として定義しているが、外部保全工数の定義については明確化を要す。

一般的には保全作業員体制（人数×勤務時間）の中に占める計画・定期保全工数として解釈されるが、生産作業員による当該工数を対象として組み入れることを原則としている。また計画・定期保全とは改良保全、状態監視保全、実施された保全及び改善保全が引き充てられる。

⑥継続的改善に充てられた工数／保全作業員の総工数×100

分子の工数はアベイラビリティ、設備信頼性、保全性、品質、安全性、環境、及びコストの現行レベルを改善することを目的に充てられた工数である。尚、内外を問わず教育訓練指導者として費やした工数及び安全性、品質、環境に関する監査もしくは企画に充てられた工数も該当する。

この指標は保全組織がいかに付加価値を生む業務に従事したかを評価することが可能であり、経営から見た保全の価値を評価する指標の一つとして価値があるのではないかと思われる。

以上の指標の他に保全作業に関する災害度数率、強度率の評価指標の規定化されている。

レベル 2

①生産オペレータの保全工数／生産オペレータの総工数×100

単にオペレータの保全工数が大きければ良いと判断すべきものではないが、製造自主保全の定着に至る推進過程を工数規模比率で見るときに活用できる指標である。但しこの

保全工数が増加すれば労務費増加に転化される。従って専門保全工数とのセットで分析評価することが肝要であることは言うまでもない。保全に費やされるトータルコストが低減ないしは、設備管理レベルの向上とともに、生産効率化がこれまで以上に向上することを戦略的に進めることが前提である。

レベル 3

①即時改良保全時間／保全に関連する総ダウンタイム×100

分子の「即時改良保全時間」が興味深い。これは突発故障損失を回避するために、フォールトが検出された後、遅延なく実施される保全として規定されているが、設備異常による重大事故回避はもとより、故障損失を徹底して削減するための行動評価としては有効と判断できる。本指標と解釈は同様と判断しているが、日本の各製造業においても設備運転における異常の早期検出とタイムリーな復元・改善を進めているが、この指標で目標ないしは作業管理するケースは記憶にない。事故及び故障の分析から処置・改善のタイミング遅れを抽出することは可能であるが、そもそも「フォールトはロス」の認識であれば、おのずと迅速なアクションを保全の体質として日常化することは重要である。

②予防保全工数／総保全工数×100

コスト、技術の項でもこの保全方式を対象にして指標化している。同様に状態監視保全工数および予定保全工数として保全作業の軸をなす保全方式を対象にして指標化している。

③時間外内部保全工数／総保全工数×100

日本の製造業では労務費管理の一環として時間外労働時間を管理し、時間外労働時間の削減、そのための業務効率化の推進、そして更に一步踏み込んで個人レベルの時間外勤務時間分析に基づく問題発掘と対策、結果評価などに使われている。この指標が欧州規格として規定化された狙いについては、上記の日本の製造業における管理目的と同様の考えと判断している。帰結するところは、この指標も保全パフォーマンス測定の一つであり、保全の業務効率を限りなく恒常的に向上させることの必要性を示している。

上記③と同様に、保全組織のパフォーマンス向上の一環として、保全業務の規格から実施、記録・評価、及び狙い及び方策へのフィードバックの各プロセスを通じて業務効率化を推進することを半ば義務付けており、そのためのより具体的な保全業務の実態を測定する指標が規定化されている。(以下④、⑤、⑥)

④日程計画通りに実施された作業指示票数／日程計画された作業指示票総数×100

分子の日程計画通りに実施されたとは、1件単位の保全作業を対象にして、計画時点の保全作業工数見積り（所定の保全作業計画時間）に対して、所定の時間より短時間で技術的に完了した作業件数を示している。

⑤ソフトウェアを使用する内部直接保全作業員数／内部直接保全作業員数×100

分子のソフトウェアを使用するとは、各種保全管理（任意）または資産管理の手段として（作業指示票フロー、保全計画作成、予備部品及び保全用各種材料手配及び倉庫業務など）保全管理のソフトウェア（CMMS—Computerize Maintenance

Management System）を使用する直接保全作業員数を指しており、この作業員としてカウントするには、勤務時間の5%以上は当該ソフトウェアを使っていることが要件としている。

日本では一般的には準保全作業ないしは保全間接作業の区分として、一連の保全業務管理の効率化手段としてコンピュータの導入とコンピュータによる各種管理のしくみの導入が進められてきたが、この欧州規格のように半ば義務的にコンピュータ活用を推し進めるための指標はあまり類例がない。実態としては製造作業同様に保全業務効率化を競争力向上の手段として、企業によっては戦略的にコンピュータ化を推進している事実はある。興味深い指標ではあるが、規定までのニーズには多少疑問が残る。

⑥直接作業員が計画・定期保全活動に費やした総工数／直接作業員に対して計画された保全計画の総工数×100

この計画の定義の明確化が必要であるが、計画ないしは定期保全についても製造の「協力」の枠を越えて、製造業務の一環としてこれらの保全業務が保全+製造部署が一体となって遂行されることは望むべき方向であると思う。

言い換えれば企業、事業所の設備管理が専門保全部署は勿論のこと、製造保全を含めた体制で運営されることであり、これによってもたらされる各種の効果は「大」なるものがある。それは製造原価低減に向けた固定費低減、製造保全員の技能拡大はもとより、製造条件のQCDの製造部署による一元管理の実現など、さまざまが考えられる。

以上、重要業務評価指標としてコスト、技術、組織体制の切り口から規定化された規格のなかから日本のそれと類似、あるいは特徴的な指標を例に上げて活用の意義の視点からその判断を記してきた。

総合的な調査結果の判断については、他の規格の個別調査後にまとめとして記述する。

3. 3. 3 保全に関する重要評価指標の選択と活用の方法について

当該規定の設定の目的を正しく理解し、企業パフォーマンス改善に保全機能として寄与するために、当該規定書のなかで活用方法についても言及している。

(1) 保全管理指標を特徴づける目標の設定について

企業レベルにおいては、全社的パフォーマンス（利益、市場占有率、技術・QDC 競争力など）の改善に対して、経営と保全をいかに関連付けるか、言い換えれば保全をいかに経営に寄与させるかである。そしてそれが管理できるかを特定することが要件となる。従って保全の全ての面で効率化を追及し、そのための保全の改善方策を特定しなければならない。

プロセスを階層別に見れば、生産システムレベル及び生産ラインでは、保全の解析により明確化した特定のパフォーマンスへの影響要因の改善になり得るものと判断できる。

当該規格は以下にその例をあげている。

- ①アベイラビリティの改善
- ②費用対効果の大きく期待される保全業務の改善
- ③安全、衛生、環境保護の維持
- ④保全資材・材料の棚卸価格に関する費用対効果の大きい管理面の改善

ここで言わんとしていることは、在庫対象資材・材料の棚卸、入在庫管理、保管方法、さらに、資材・材料の個々についての持つべき在庫判断、在庫数量、発注点数量など、在庫保有対象品としての判断から、管理方法の効率化改善について、より経済的効果への寄与の視点で当該規格の活用が図られるべきと言っている。

⑤契約サービス管理

さらに一段下げた装置レベルにおいては、そこでの機械類では以下に示す管理の改善向上が望まれると言っている。

a. 信頼性

製造業を対象に考えると、生産の基盤としての代表が設備の故障ロスゼロであり、信頼性の改善が生産計画をバラツキなく達成する必須の条件である。

b. コスト

c. 保全性および保全の支援機能、その他

(2) 適切な指標の選択について

目標を定義して、測定すべきパフォーマンス・パラメータを特定した後は、これらのパラメータを測定できる指標を見出すことが必要である。保全管理の指標を選択するには以下の体系を考慮すること。

①装置の維持管理として、

- ・装置の保全性
- ・保全支援機能（予備品、ツール、文書など）
- ・保全組織の作業体制

②装置信頼性

③保全活動の効率

④安全・衛生・環境、 その他

その指標が適切と判断されるものは、その値または評価と測定すべきパフォーマンス・パラメータの評価との間に相関関係が存在する場合であり、適切な指標は意思決定の一要素でもある。

つまり、その指標を構成するデータは定義された目標と関連を有するものでなければならない。この関連付けを明らかにするには、解析あるいは専門家へのインタビューを実施すること。また統計的手法によって、指標との間の相関関係を確認することも可能である。

3. 3. 4 TPM 指標からの考察

日本プラントメンテナンス協会が提唱する TPM 活動の受賞企業・事業所の活動概況書及び TPM 優秀賞受賞記念資料集をもとに、各企業の活動指標について整理してみた。企業・事業所レベルの経営的指標から生産ラインの設備改善に係る指標について、各社の活用指標を整理し、以下に代表的評価指標とその考察を要約した。

(1) 装置系産業の代表的な評価指標

表 3.3.4.1 に化学など高温・高圧装置産業での代表的な評価指標を示す。

出典、日本プラントメンテナンス協会 TPM 評価指標体系化に関する報告

表 3.3.4.1 化学など高温・高圧装置産業での代表的な評価指標

意図		評価指標	単位
生産性	労働生産性	・労働生産性 ・清掃・点検時間の短縮 ・人員（時間）削減	%、指数 分/日・人 %、人
	設備・工程運用性能	・設備故障件数 ・設備総合効率	件/年、件/月、件/期 %、倍
品質	工程内品質	・品質不良件数（率）	件/年、%
	市場品質	クレーム件数	件/年、件/月、件/期
納期	在庫・仕掛	予備品の削減	BM、%
	リードタイム	リードタイム短縮	日
コスト	各種費用	・費用削減 ・ロス改善	円、% 円、指数
		安全・衛生	労働環境・労働災害 運転事故 交通事故
環境	省エネ・省資源 産業廃棄物 環境・公害	・産業廃棄物削減量 ・環境苦情（トラブル）	トン、指数 件
人材育成	教育訓練	・機械保全技能士（累計）	人
	改善	・改善提案件数	件
経営	—	・収益、改善効果金額	円

(2) 加工組立系産業の代表的な指標

表 3.3.4.2 に自動車・家電など大量生産・加工組立産業での代表的な評価指標を示す。 出典、日本プラントメンテナンス協会 TPM評価指標体系化に関する報告

表 3.3.4.2 自動車・家電など大量生産・加工組立産業での代表的な評価指標

意図		評価指標	単位
生産性	労働生産性	<ul style="list-style-type: none"> ・労働生産性 ・作業総合効率 ・付加価値生産性 ・清掃（点検）時間 ・間接効率化（削減）人員 	%、指数 %、指数 %、指数 指数、分/日、% 人、指数
	設備・工程運用性能	<ul style="list-style-type: none"> ・設備総合効率 ・設備故障件数 ・故障強度率 ・突発故障件数 ・MTBF ・MTTR ・チョコ停件数 ・エフ付けエフ取り ・初期流動期間 	%、BM 件、件/月 % 件/月 Hr、指数 Hr、指数 件/月 %、枚 日
	事務	<ul style="list-style-type: none"> ・書類量 	一、トン、枚/月
品質	工程内品質	<ul style="list-style-type: none"> ・工程不良件数（率） ・良品率 	件/年、% %
	市場品質	<ul style="list-style-type: none"> ・クレーム件数（金額） 	件/期、円/期、%
納期	在庫・仕掛	<ul style="list-style-type: none"> ・仕掛在庫日数（金額） 	日、円
	リードタイム	<ul style="list-style-type: none"> ・リードタイム短縮 	日
コスト	各種費用 ロス改善	<ul style="list-style-type: none"> ・保全費（率） ・物流コスト削減 ・コストダウン金額（合計） 	一、指数、%、BM 円 円
安全・衛生	労働環境・労働災害 運転事故 交通事故	<ul style="list-style-type: none"> ・不休災害件数 ・休業災害件数 ・労働災害 ・ヒヤリハット件数 ・リスクアセスメント数 	件 件 件 件、件/月・人
環境	省エネ・省資源 産業廃棄物 環境・公害	<ul style="list-style-type: none"> ・産業廃棄物削減量 ・環境苦情（トラブル） ・ISO 14001認証取得 	トン、指数 件 一
人材育成	教育訓練	<ul style="list-style-type: none"> ・ワンポイントレッスン件数 ・機械保全技能士取得（累計） ・自主保全士取得 ・プリント配線製造技能士 	件、枚 人 人 人
	改善	<ul style="list-style-type: none"> ・個別改善件数 ・改善提案件数 	件 件
経営	—	改善効果金額	円

(3) TPM自主保全、計画保全活動の評価指標の例

表 3.3.4.3 にTPM活動8本柱展開より自主保全、計画保全に関する評価指標の例を示す。(8本柱とは、自主保全、計画保全、品質保全、個別改善、初期管理、教育訓練管理間接、安全環境の計8活動を指す)

出典、日本プラントメンテナンス協会 TPM評価指標体系化に関する報告

表 3.3.4.3 TPM活動8本柱展開より自主保全、計画保全に関する評価指標の例

結果系指標 (成果指標)		活動系指標		
自主保全	○ 作業総合効率	製造実工数 / (標準時間×生産量)		
	◎ 自主保全率	%、自主保全で実施した件数/総件数		
	○ 技能資格取得(率)	人、%(資格取得者数/取得計画者数)		
			● 自主保全ステップ展開	ステップ、%
			○ 自主保全活動時間	MH、時間/人
			○ 仮基準書作成	枚数
			○ 自主保全基準リスト作成	件
			● 清掃・給油・点検時間	時間/台、時間/人
			● チョコ停件数	件、
			○ 故障ゼロ化	台、件
計画保全			● 創意工夫提案	件
			○ 目で見える管理(事例集)	件
	◎ 保全コスト	円、%		
	○ MTR	停止時間の合計/停止回数、指数、BM		
	○ MTBF	稼働時間の合計/停止回数、指数、BM		
	● 故障強度率	故障停止時間/負荷時間		
	● 故障度数率	故障停止件数/負荷時間		
	○ 保全技能士	人		
			● 計画保全基準リスト作成	件
			● 保全労務費	円
			● 故障停止時間	時間
			● 重大(長時間)故障	件
			● 改良保全推進	件
			○ 部品(予備品)在庫金額	円
			○ 総保全時間	MH、保全員の延べ労働時間
			○ 予防保全時間	MH、予防保全に要した保全工数
		○ 予防保全率	%、予防保全時間/実保全作業時間	
		○ 改良保全時間	MH、改良保全に要した保全工数	
		○ 保全内製率	%、保全労務費/保全費	
		○ 不具合摘出・復元件数	件、工付付けで摘出した不具合の復元実施件数	
		○ 保全費率	保全費/設備取得価格	

凡例の説明 ◎：必ず取り上げたい評価指標

○：企業実態に則して選択し、活用することが望ましい指標

●：TPM展開8本柱活動などの固有の評価に活用できる指標

(4) TPM活動評価指標の考察

以上の産業別及び活動の柱での成果、活動指標から読み取れることは、企業/事業所目標の達成と、その主方策としてのTPM活動の関連付けという点では、当該欧州規格の狙い

とする企業と保全パフォーマンスの向上と改善に共通している。

日本プラントメンテナンス協会の調査結果による、各産業、企業における TPM 活動の展開プロセスと各展開段階における評価指標適用の考えについて、図 3.3.4.1 に一例を示す。

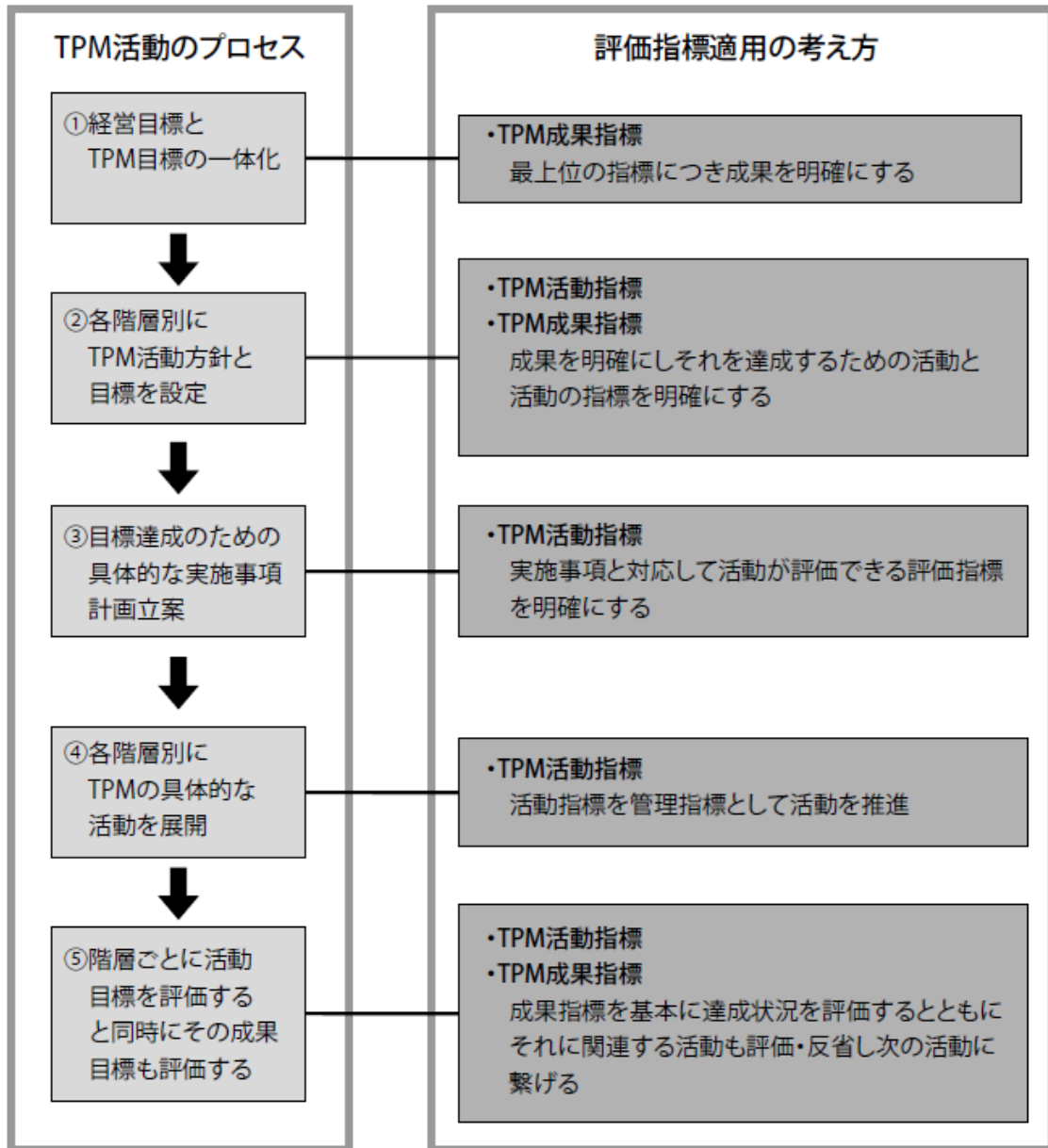


図 3.3.4.1 TPM 活動プロセスと評価指標の適用の考え方について

出典、日本プラントメンテナンス協会 TPM評価指標体系化に関する報告

この図 3.3.4.1 から、企業/事業所目標達成に向けた TPM 活動との関連付けを各プロセス毎に明らかにする考え方の一例を示したが、保全活動の評価についての課題に少し触れて見たいと思う。

本件については 1995 年から約 2 年間、設備管理学会「保全活動の評価に関する研究会」主査：吉本一穂氏（早稲田大学教授）の研究会発足趣旨の一篇より引用。

①「拡」の観点からの評価指標と「核」の評価指標の一致がみられなくなってしまう。

経営や生産部門全体からみて、効率的な保全活動が推進できているかどうかを判断出来る指標、評価方法が確立されていないため、トップから保全（製造）部門の活動が正当に評価されない可能性が、また逆に、保全（製造）部門としても経営的貢献度からみた優先順位に従った業務遂行が行えない可能性がある。

②TPM が対象とする「拡」に対し、従来の評価方法・指標がマッチングしていない。

保全を取り巻く環境変化、すなわちコスト削減要求の増大、設備の自動化・高度化、製造/保全/生産技術の業務の融合化、などに対応した保全の評価指標の見直しが図られておらず、現状にそぐわなくなっている。

③絶対的評価指標作成の難しさ

前年比のような形、すなわち相対的な比較はある程度可能であるが、他社との整合性ある比較はあまりされていない。などの問題点が取り上げられている。

以上の保全の評価指標の抱える課題に対して、研究会の結論の一つとしては全ての業種・業態、いかなる状況の設備に対しても適用可能な評価指標を作ることは困難と言っている。この点については当該欧州規格はあらゆる産業設備及び支援設備（建築物、インフラ、輸送、ネットワークなど）に適用されるものとしており、考えに異なりがあるが、いずれも画一的に判断されるべきではなく、一考としてベンチマーキングの手段を活用して、結局は企業/事業所の経営およびそれを支える保全のパフォーマンスを恒常的に改善することに指標としての本質を見出したい。

この点については最後のまとめの項で、さらに言及したい。

3.4 保全作業員の能力要件と認定について (Qualification of Maintenance Personnel)

保全の重要評価指標に関する調査につづいて、保全作業員の認定（15628：2007）規格について調査した。

当該規格は保全作業員の技術・技能に関する要件を規定化したものであり、人材育成と業務目標達成の視点から以下に調査結果を記述する。

尚、タイトルの認定とは、以後に細部について言及するが、マネジメント層から保全技能士に至る各階層での役職認定を指しており、そのためのガイドとして規定している。

3. 4. 1 当該規格設定の趣旨

欧州ではほぼ 20 を超える保全団体が存在しており、各団体は国家レベルで教育活動を実施している。将来欧州統合の動向であり、これを鑑みて保全作業員の訓練及び役職認定について体系的な枠組みにて実践されるべきことを狙いにして当該規定が設定されたものと判断される。

1990 年代当初に当該団体は統一的に欧州における保全作業員を 3 つの階層に分類して、それらのレベルを国家の学校制度に関連付けることを決定したと言われている。

その 3 つの階層（以下レベル）を以下に示す。

①欧州保全技能士（Technician）

保全分野で少なくとも 2 年間の保全実務経験を有し、保全活動の実践を行うに足りる理論的知識を備えた技能職者としている。

②欧州保全監督者（Supervisor）

保全分野で少なくとも 2 年間の実務経験を有し、保全作業・工事の実施及び調整を行うに足りる理論的知識を備えた者としている。

③欧州保全管理者（Manager）

社会が認める技術的経歴を有し、保全の遂行及び調整を行うに足りる理論的知識を備えた者としている。

上記の 3 つのレベルに共通することは理論的知識であり、技能面は実務経験年数で規定していると判断した。しかしながら技能士及び監督者の修得すべき技能についても重きをおいて規定化すべきと判断しているが、細部はこの後の調査結果にて明らかにしたい。

当該規定に基づいて、各国での適用を促しているが、具体的適用の実態はこの調査より除外する。

3. 4. 2 適用範囲について

保全に係る業務遂行に対して、上記で示した作業員の能力レベル及び能力発揮に伴う知識レベルを当該規定の設定範囲としている。

欧州各国のなかば共通とする職能要件として規定しており、当然具体的保全実務及び作業の細目に至るものではないが、欧州感覚にて最も基本となす能力、知識を規定化する意義は多いに感ずるものである。

この規定をガイドとして、各企業での保全業務に対応した技術・技能及び知識要件を体系的に設定し、実践的な育成の管理サイクルを廻すものである。

3. 4. 3 保全作業員認定に関する3つの能力レベル

認定に関しては、保全技能者、保全監督者、及び保全管理者に分けて、それぞれ認定書、教育システム、及び認定にあたっての基本条件、さらに細部にわたる要件が示されている。認定に関する3つのレベル例について下表に示す。

表 3.4.3.1 保全作業員の認定に関する3つのレベル例

役職	欧州保全管理者 European Maintenance Manager	欧州保全監督者 European Maintenance Supervisor	欧州保全技能士 European Maintenance Technician
認定書	学士号又は Postgraduate diploma/修士号	国家レベルの修了書 (Diploma) など	国家レベルの修了書 (Diploma) など
教育システム/学校	工科大学、私立学校 又は講座	理論的知識の向上を 目的とする国立学校	理論的知識の向上を 目的とする国立学校
開始条件	学士号又は 場合によっては 欧州保全監督者	保全分野で 少なくとも2年間の 実務経験を有する者、 又は欧州保全技能士	保全分野で 少なくとも2年間の 実務経験を有する者

上表より、保全管理者に対しては大学ないしはそれに準ずる教育受講歴と合わせて能力を証明する卒業証書等の公の認定を求めている。保全監督者、保全技能者についても同様に国家レベルの教育受講歴と終了認定を求めており、それぞれの水準以上として認められた能力が基本条件であり、これに加えてさらに規定の経験を積むことで初めてそれぞれの役職を得る開始条件としている。

ここまで厳格に必要かどうかは、それぞれの国、地域社会、企業の判断であり、価値観の相違もあり、我々があえて言及することは避ける。

一方の見方をすれば、保全の重要性を明らかな形として位置づけたものであり、社会ないしは企業における保全の位置づけをさらに高め、携わる人々の意識改革に通ずることになるものと考えられる。

この規定が職能別教育訓練プログラムとして、国家、地域、企業で適用されて、国家レベルの体系化が実現され、恒常的な保全の人材育成が図られることの希望を感じるものである。

日本にそのしくみが全くない訳ではないが、前提となす国家レベルの規格・標準設定については、戦略的な人材育成のしくみとして考えるべきではないか。

尚、表 3.4.3.1 の各レベルにはそれぞれ要件が付帯しており、当該規定の意義（メンテナンス業務の向上と改善に対する効果）を判断する上においても、この要件を理解することが必要と判断し調査を実施した。その要件内容についての要約と考察を以下に述べる。

(1) 保安全管理者の能力及び責任に関する要件について

本要件は保安全管理専門家が有すべき最小限の必須と判断される知識に関して要件規定とした。

保安全管理者が備えるべき理論的知識及び実務経験を指定し、それによって保全活動が企業において、最善の方法で実施できることを目指しているとしている。

目標は欧州における保全活動の能力保証として明言している点が多いに期待したい。

知識の最小要件として一般解化しているが、巾も広く、且つ結構な深みも要求されている。

①一般的な方法

これは各業界特有の保安全管理者を対象とするような固有の要件は含まず、保安全管理者として要求される一般的な理論的知識の最小要件である。さらに補足として保安全管理専門家にとって欠くことのできない極めて重要な基本的知識としても述べており、これらの点を十分認識して各国、各企業は教育システムに盛り込むべきとしている。

以下に具体的一般知識の例を抜粋して示す。

この知識は大きく分類すると 4 つあり、この分類に合計 18 アイテムが関連付けられている。

a. 管理及び体制

- ・ 目標、方針、結果
- ・ 体制、能力（深くは読み取れないが、部下の能力管理に関する知識を要求されているのではないか）
- ・ 調達、サービスの販売
- ・ 指導、管理、解析
- ・ コストに係る管理、ライフサイクルコスト、ライフサイクルプランニング
- ・ マテハン、ロジスティックス

b. 生産プラントの信頼性パフォーマンス

- ・ 定義
- ・ 測定、数式
- ・ 要件、管理、解析
- ・ 設計、調達、運転
- ・ 法規制

c. 保全情報システム

- ・ 計画、発注、解析
- ・ 文書

- ・情報システム
- ・技術／経済上の解析
- d. 保全の方法及び手法
 - ・状態監視
 - ・予防保全、修理の手法及び方法

以上が保全管理者の一般的必須知識とされているが、基本的には部署全体を統括する役職者としての業務遂行に焦点を絞って知識要件の規定がなされていると判断できる。

しかしながら、日本の製造業における保全管理者の業務の中から判断すると、当該知識要件は保全業務に偏り過ぎた傾向ではないだろうか。

具体的には、工場・事業所の生産の達成に係る生産計画、生産体制、さらに人を育てる責務を負っており、人材育成システムについても同様に必須と判断される。

また自部署のマネジメントとしては、保全投資及び経費管理（含む労務費）、更に業務全般に係る標準化についても保全管理者の知識要件として規定するべく検討に値するものと判断する。

（２）管理者の知識レベルについて

知識レベルについて３つのレベルで示されている。

- ①レベル１として、非常に優れた知識を有する。
- ②レベル２として、優れた知識を有する。
- ③レベル３として、理解している。

このレベルを見る限りにおいては極、一般的な評価であるため、具体的にレベル１の非常に優れた知識とはどのようなものであるか、さらに規定に踏み込んでみた。

前記の３．４．３（１）で示した一般知識を対象に、知識レベルの解説があり、幾つか拾い出して紹介する。

①管理及び体制面での非常に優れた知識とは、

- a. 企業経営と保全を関連づけて、その管理方策の定義づけに参画できる知識を有すること。

具体的には上記の管理方策設定の理由づけおよびその管理方策の内容について解明できること。さらには管理方策をもとにして、保全の進むべき方向性について具体的に示すことが出来ること。

一言で言うならば、企業経営と関連づけて、企業経営に寄与すべき保全戦略を策定出来ることであり、その業務目標達成に向けた結果系、活動系の管理項目を設定し、

部下を巻き込んで目標達成に向けた業務展開の知識を有することと解釈した。

また、具体的な保全活動面に言及して、

- b. 保全目標を策定する方法として、目標の一般要件の説明、目標策定に当たっての、そのプロセスが説明できること。さらに具体的な目標を提示して、その達成に向けた方策との関連づけを説明できることとしている。

このb. は上記a. で要約した内容に含まれるものである。

その他に幾つか代表例を示す。

- c. 保全活動を系統立てて編成する方法、そのための適切な体制の選択、その体制内での適切な能力確保の方法について。
- d. 上記c. の体制を実施するための人的・物的資源の決定方法。
- e. 保全活動の指導、管理、解析の方法。
- f. 保全活動の結果（効率、経済性など）を測定、解析する方法。
- g. 新たな生産設備の開発及び調達における保全活動。
- h. 企業の将来的な保全のニーズを明確にする方法

保全ニーズは経営と直結した生産システムの構築の中の位置づけとして明確と認識しているが、一方は保全は労働集約型の業務組織であり、固定費の大きな負担であること、さらに目先の保全に追われていて、なかなか保全がもたらす効果について明確化されず、ややもすれば必要悪としての評価を受けて経営的には生かされず、しいては保全の存在価値が見出せない結果となりうる。このh. の保全ニーズの明確化について管理者としてしっかり考えを持ち、それを実行あらしめることは強く望まれるものである。

尚、管理及び体制面での非常に優れた知識について記述したが、管理者として必須と判断していた人材育成が該当からはずれ、レベル2の優れた知識の評価に組み入れられていた。決して軽んじた知識ではないことは確かであるが、判断としては非常に優れた知識として評価すべきではないかと判断している。保全パフォーマンスの目標達成に向けた方策展開と並行して「部下の育成」の責任を全うすべきであり、育成の管理サイクルの廻し方についての行動を前提とした知識重要である。

上記の人の育成については、体系的な人材育成プログラム（技術・技能・管理）の構成要件とそのしくみを活用した育成目標達成の管理サイクルの廻し方、そしてもう一方は業務目標達成に向けた、実務を通しての育成であり、管理者自らが年間を通してその実践に必要な知識もしっかり併せ持つことは極めて重要ではないか。

②生産計画のアベイラビリティ・パフォーマンス

ここでは生産設備の開発、調達、量産準備、運転のフェーズにおいて、生産設備の

ライフサイクル全体にわたって対処する必要がある、あらゆるアベイラビリティ・パフォーマンス活動について、優れた知識を備えることが重要である、と言っている。

本件に関する非常に優れた知識について、その要件規定を幾つか抽出する。

a. 信頼性

設備の故障件数及び動作不能状態の発生については信頼性が深く関係していることを理解しており、信頼性を定義できること。

また故障の原因となるメカニズムを説明できる。さらには故障に関する様々な統計的分布を認識していること（統計的分析手法の各種）

b. 保全性

保全の実働時間に保全性が関係することを理解している。また保全性を定義できること。具体的な保全性指標（例 MTTR など）について説明できること。そして保全時間が長引く原因を分析できること。

c. アベイラビリティについても上記に準じて定義、具体的計算技術と低下原因解析が出来ること。

d. 上記の a～c に関連して、アベイラビリティ・パフォーマンスの改善をあげている。

具体的には、本件が改善できることの理解、そして実務面での信頼性、保全性を改善できる方法を理解していること。

この②の規定では製造現場の保全作業に直接触れる内容であり、この面の実務経験が重要である。保安全管理者がアベイラビリティ改善の実務遂行上の知識を要求されている点に多少戸惑いを感じているが、保全の目的達成に向けた指導力としてこれらの実務面の知識要件の必要性についてあらためて考えさせられた。

③この項の最後に保全情報システムについての非常に優れた知識レベルについて触れたい。

この情報システムの知識要件ニーズとして、システムを活用することを前提としており、この前提に伴って、システムに関しては高い知識を要求している。

システムの活用目的はもとより、システム要件の指定する方法、さらに計画、管理、フィードバック解析及び改善の目的で情報システムを開発・使用する方法についても優れた知識を必要としている。

a. 保全情報システムについて様々なシステムを説明し、それらを組み合わせること、そして情報システムの要件を指定できることとしている。

尚、上記の組み合わせることとは、保全に関する顧客の要件、プラント設備及び機械

効率、保全パフォーマンスに関する様々な契約などを指している。

(3) 保全技能士の要件に関する規定について

紙面制約上、保全監督者の要件には触れず、保全技能士の要件について調査した。

この要件規定の調査に当たっては、日本国内で経験した技能者としての「ありたい姿」を念頭において、必須知識を分析抽出し、業務レベルの改善と技能者育成システムへの反映の可能性についても探してみたい。

管理者同様に必須知識として3つのレベルを設定している。

レベル1として、非常に優れた知識を有する。特別な作業への対応能力を有する。

レベル2として、優れた知識を有する。通常の作業に対処する能力がある。

レベル3として、理解している。保全技能者の作業領域でその計画に参画する能力がある。

また保全の実作業での取組みに際しては以下の要件を十分組み入れて、万全を期するべきとしている。

①安全の確保

②初めての作業においても、適切な方法で実施すること。

③保全のアウトプットを認識して、効率的な保全作業を実践する。

以上の考えをもとにして、具体的な知識要件について整理した。

a. 一般能力と責任

知識カテゴリーは9の大分類にて構成されている。

それは、企業環境を筆頭にして、作業計画、チーム作業及びコミュニケーション、英語（保全用語は英語にて理解できること）、情報技術、訓練及び指導、品質保証、環境、自動化である。これらの大分類はそれぞれ必須知識レベルが前記で示した3つのレベルで設定されている。

また各大分類の下には詳細規定が設定されている。

保全技能士の必須資格要件として、前記3.4.3表3.4.3.1で示しているが、定められた教育修了認定者で且つ、実務経験2年以上の該当者が、技能士資格認定に向けたスタート要件となっているが、この高いイニシャル要件とは言え、要求される知識は非常に幅広いものである。

具体的に幾つか知識要件を抽出して、その解説と意義について述べる。

表 3.4.3.2 保全技能士の一般的能力と責任要件の一例

摘 要	最終到達レベル	必須知識レベル
<p>◆作業計画</p> <p>計画</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 保全作業指示／作業票 ・ 作業員計画 <p>管理及び報告書作成</p> <p>詳細規定</p> <p>保全システム要素</p> <p>生産日程計画／保全</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 見積・日程計画 ・ クリティカル作業の 特定 ・ 作業、解析及び決定の 困難度 ・ 技能要件 <p>管理及び報告と作業指示</p>	<p>自らの保全作業及び一部のチーム業務に 関する準備及び報告書作成を行う</p> <div data-bbox="651 645 1225 837" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: fit-content;"> <p>規格から参考として 1 部抜粋</p> </div>	<p>1</p>
<p>◆チーム作業及びコミュニ ケーション</p> <p>権限と責任</p> <p>基本的管理手法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 作業員管理 ・ チーム編成手法 <p>詳細規定</p> <p>チーム作業の基本事項</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ リーダーシップ ・ イニシアチブ ・ 生産計画の解釈 	<p>チーム内で口頭及び書面で報告する。 生産ライン内、請負者、供給者など チーム内外で作業員とコミュニケーショ ンを取る能力があること。</p>	<p>1</p>
<p>◆情報技術</p> <p>EDP 基本事項</p>	<p>情報システムを使用して、データ入力及 び収集を行う。システムを対話式に使用</p>	<p>2</p>

<p>処理／計算手法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・データベース処理 ・表計算 <p>ワークステーションの編成 とネットワークの利用</p> <p>詳細規定</p> <p>CMMS（保全管理システム）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・実用及び操作、データ入力、コード化、など 	<p>する基礎知識を有する。</p>	
<p>◆訓練及び指導</p> <p>学習過程の基本事項</p> <p>訓練方針の基本事項</p> <p>講義計画の基本事項など</p>	<p>チームメンバーの訓練及び指導に必要な基礎知識を有する。組織内外の訓練設備を熟知している。</p>	<p>2</p>
<p>◆品質保証</p> <p>品質保証の適用範囲及び目標</p> <p>QA 手法及び手順</p>	<p>製品品質に対する保全の影響について基礎知識を有すること。品質チームの活動メンバーとして行動することができる。</p>	<p>1</p>
<p>◆自動化</p> <p>工程管理の基本事項</p> <p>機械自動化の基本事項</p> <p>共通システム設計</p> <p>詳細規定</p> <p>自動化システム</p> <ul style="list-style-type: none"> ・加工工程の編成 ・システムの機能（入出力及びセンサー） <p>インターロック及び安全性</p> <ul style="list-style-type: none"> ・フェイル・セーフ設計 	<p>現行のシステムに関する一般知識を備えること。</p>	<p>1</p>

以上が一般的な能力及び責任に関する要件として一部を抽出したが、ほぼ 100 項目に及ぶ要件とその要件に対する詳細規定によって構成されている。

当該要件及び詳細規定の一つひとつについて、その構成と知識レベルの詳細は明らか

にはなっていない。これらの要件をガイドとして各国の教育機関ないしは企業内教育指導テキストなど、具体的訓練ツールやしくみの構築に活かし、基本的な考えとしてこの規定に準拠することを前提としている。

少し一般的な能力及び責任の各論に触れて、保全目的を達成する上での保全技能者の知識要件としての必然性と一層強化するための視点で考えを述べる。

保全監督者一步手前の保全技能士と言えども、知識の要件規定としては巾の広さを感じずる。合わせて類推となるが、詳細規定の各要件アイテムではその深みも要求されている。保全の小組織（組とかチーム、グループなど）の保全業務運営に係るマネジメントスキルとして、表 3.4.3.2 で示す作業計画が該当するが、保全計画の立案から作業員編成、作業記録、報告、作業の実績評価（計画との差違）、実作業遂行上のリーダーシップとコミュニケーション能力、そして目的達成に欠かせない関連部署との連携についてもしっかり詳細規定の中で明確化している。

この関連部署との連携の点は「対内及び対外」として規定化されているが、特に対外との調整については、重要であり且つ明確に要件設定していることに感心した。このことは保全部署として常に製造部署あるいは技術部署との連携は、保全目的の達成は勿論のこと、不足の事態の発生を事前に予防したり、その被害を最小限に止めるためにも重要であり、当たり前の要件であると判断する。また「対外」のもう一方として、外注業者への作業委託ないしは外注との共同作業であればより一層の事前の調整は欠く事は出来ない。

これらの言わば対外調整能力を技能士の知識要件として規定化することは現実的には「この点を指導しきれるか」との心配が付きまとうが、「使える知識要件」としての規定化検討は保全目的達成と技能士の能力拡大において望まれるものであり、この点での意義を強く感ずる。

保全技能士の育成過程から他部署との連携を必須として育てることの重要性を、組織体系的に要件設定し、知識修得として義務化することを是非具体化すべきと思う。

また上記の小組織運営に関する知識と並列に品質保証、環境に関しても、単なる基礎知識ではなく、改善チームの一員として活動できることを要求している。

この一般知識から感ずることは、保全技能士の要件としては保全の専門性を徹底して追及したスペシャリストではなくて、保全をジェネラルに運営できる人材育成のニーズが感じ取れる。この点は賛成できるが、製造現場での最大効率の追求に於いては、ジェネラルな知識・思考で保全業務展開が必要な面と、一方は技術・技能のスペシャリストとして、問題解決を推進する人材も重要であり、その両人材の育成が必要と判断している。

尚、少し補足として、ここで規定化している「一般知識と責任」を日本における製造業での保全組織に引き充てて見てみると、一般的には小組織の監督者（工長、組長、職長など）の代行ないしは監督者補佐クラスの保全人材に対しては求められている。

また欧州と日本の価値観の相違と判断されるが、当該規定では「人材育成」に関する必須知識レベルが2として規定されている。

人を育てることは保全の目的達成と同列の判断であり、技能士から監督者、管理者の各階層全てに共通する必須要件と判断すべきではないか。

b. 作業に関する能力

作業に関する能力は12のカテゴリーにて分類されている。

それは保全の目的と方策、保全の概念、復元手法、保全用語、契約、法規制、状態監視、フォールト発見手法、改善手法、文書、予備品管理、そして材料技術で構成されている。一般知識と責任と同様に、幾つか代表的な要件規定を抽出してみる。

表 3.4.3.3 作業に関する能力要件の一例

摘 要	最終到達レベル	必須知識レベル
◆保全の目的と方策 保全技術 <ul style="list-style-type: none"> ・ 目標、作業、重要性 ・ 保全に関する方策 ・ ライフサイクルコスト 詳細規定 保全における方針の理解 <ul style="list-style-type: none"> ・ TPM、RCM、PM などに関する方針（狙い） 財務上の方策 <ul style="list-style-type: none"> ・ 予算手配、資本支出 	保全の目標及び方策の重要性を理解している。保全の経済的影響、ライフサイクルコストの枠組み内での運転・資本コストの重要性を理解している。	3
◆保全の概念 保全システム 予防・改良保全の選択	状態監視など、予防保全、改良保全及びチャンス保全の原則を知っている。	1
◆復元手法 技術の基本事項	原則を知っており、実際に応用することが出来る。	1

<ul style="list-style-type: none"> ・ 機械技術／機械装置 ・ 電気技術／電気装置 ・ 油圧、空圧、PLC <p>修理手法</p> <p>◆ 保全用語</p> <p>◆ 契約 契約法の基本事項から実際の適用</p> <p>◆ 状態監視 (コンディションモニタリング)</p> <p>◆ フォールト発見手法</p> <p>◆ 改善手法</p> <p>◆ 文書 技術的図面の基本事項</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 機械設計、電気、電子 <p>詳細規定</p> <p>保全における文書目的</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 管理、変更、技術部門との関連 <p>◆ 予備品管理</p> <p>詳細規定</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 管理目的、管理手法 ・ コスト削減、機械稼働保証、安全性への影響 	<p>保全用語及び規格を知っており、理解している。これらの理解のもとに積極的に活用できる。</p> <p>請負者が遵守すべき要件及び適用範囲を知っている。保全業務に関し、請負者を指導及び監督することが出来る。</p> <p>最も一般的な状態監視方法及び装置を知っている、それらの使用法を熟知している。</p> <p>体系的なフォールト発見に関して最低1つの方法を知っており、その使用方法及び実践的な活用方法を知っている。</p> <p>改善手法に関する基礎知識を有し、指示のもとで、それらの使用方法及び実践的な活用方法を知っている。</p> <p>保全業務に関する全ての文書(含む図面)を理解しており、必要に応じて改善提案を行い、不適合に対処することが出来る。</p> <p>予備品の保管管理に関する基礎知識を有すること。予備品の保管・検索に関する実務について知っている。</p>	<p>1</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>1</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>1</p>
--	--	--

以上、作業に関する能力要件のポイントとなる一例を示したが、12項の大分類とそれを細分化した39アイテムに加えて、更に詳細規定として50余アイテムで知識要件を規定している。この規定のなかで必須知識レベル1として要求している項目は、純粹に技能に傾注したものでもなく、保全の概念、保全用語、予備品管理のしくみと言ったどちらかという将来の監督者を意識した巾の広さを要件として規定化したものと、一方は故障復元手法、フォールト発見手法といった現場技能面での知識も要件としている。

このレベル1の前者、後者の知識要件の共通点を考えてみると、基本的には製造設備の運転効率維持向上を強く意識して、そのためにも計画通りの生産の達成、換言すれば設備停止ゼロを達成するうえでの最小限の必須知識として要求されているものと判断する。

尚、当該規定の知識とは、純然たる知識とそれを現場・現物にて実践活用できることを合わせて要求しているものと判断しているが、現場実践できる実技能力の深さはこの規定からでは理解し得ない。

また当該規定は一般解化した内容であり、本規定の知識能力についてどこまで噛み砕いて解釈し、且つ各企業の中の人材育成のしくみとしてどのように具体化するかが課題であることは明白である。当該規定を厳し目に見れば、平面的でここで規定化した知識能力への到達過程がいかにあるべきかは見えない。

本来、知識、技能両面が体系的にしくみとして構成されて、教育訓練と実践の両輪で技能者の能力向上を図っていくべきであり、この点に触れて考え方を述べてみたい。

保全技能者としては必要な知識・技能及び管理能力を身に付けて、多岐に渡る生産設備に対していかに応用力を発揮して、様々な場面での要求に応えることが出来るか、である。この狙いを考えると必然的に計画的な技能者の育成が重要であり、その計画的育成に対応したしくみと「人のモチベーションを維持・向上」する人事制度との深い関連付けに基づく育成のPDCA管理サイクルを廻すべきべきである。

保全技能者が修得すべき技能について言及したい。

本来技能階層別に必要な技能を明確化すること。その必要な技能は大きく以下の3つから構成されるものと常々考えている。

それは「基礎技能」「基本技能」「設備固有技能」である。

まず、基礎技能については、保全技能者としてはここから入る。保全の初歩でありかつ基礎としての知識・技能を訓練によって身につける。

続いて、基本技能である。この技能の主体は機械及び電気の要素技能によって構成され、各要素技能単位に、種類、構造・機能、使い方は勿論のこと、この要素の原理・原則の理解と将来の応用力を身につけることを念頭において、教育・訓練計画をたてるべきである。

基本技能は後に述べる固有技能との関連性を明らかにして、実践である固有設備の保全において、基本技能で本来身につけるべき知識・技能を明確にして固有設備の保全に生かすことが重要ではないか。言い換えれば基本技能を設備固有技能に応用できるその「仕方」について明らかにすべきである。

すなわち基本技能では先ほど述べた一般知識・技能に加えて設備機構と原理・原則を理解することが重要である。このことは故障解析への取組みにおいて、この原理・原則から故障の真の原因を理屈で引出し、且つ対策案に結びつけることが実践できるように教育指導面で明らかにすることが求められている。

基本技能にて設備要素をもとにして固有設備の保全に応用できる力を修得することが必要であって、そこへ向けた教育訓練に実機による故障解析訓練を盛り込むべきである。

上記の基本技能の説明のなかで固有技能について触れたが、この技能はまさしく実機への保全対応力である。様々な企業で様々な商品、部品をつくり出す固有の設備機械の保全に必要な技能を指し、ここでの各種の保全作業ないしは実機を活用した技能訓練で「当該設備への保全技能」を身につけること、さらには実践的な保全応用技能を身につける。

固有設備と言えども、機械要素、電気要素の集合体であり、この点から基本技能の必要性は認識されるものと思う。

基本技能と固有技能との関連性を十分認識して、固有と応用の両面の技能を修得するよう知識と技能訓練に織り込むことが必要であり、また実機による故障解析訓練を是非盛り込むことが肝要である。設備効率を直接悪化させる長時間停止故障の要因には、これらの知識・技能の不足があり、その影響も大きい。

多少保全知識・技能習得の考え方に深く入ってしまったが、当該規定に戻って位置づけ及び意義について考えてみたい。

上記に必要な技能についてそのポイントを述べたが、当該規定は保全監督者に続く保全技能士の知識要件として位置付けられるものと判断している。

しかしながら技能者が成長する過程で修得すべき知識・技能は具体的にどの様に体系化すべきかは各国の教育機関ないしは企業に委ねられている。言わば技能士としての知識・技能の結論を規定化しており、成長を促す体系化されたありがたい姿の知識・技能要件が見えないのはなんとも残念である。保全技能者の成長過程に於ける必要な技能の体系化とはどのように考えるべきかであるが、修得すべき技能を段階的に基準化しそれぞれの段階毎に必要な知識・技能として規定（基準化）すべきである。欧米の企業では概して技能者の成長を人事制度とリンクさせたクラスないしは等級は存在せず、監督者まではフラットな組織が一般的と認識している。従って日本の企業のようにランク、等級設定とそれに対応した

知識・技能基準の設定は困難であれば、少なくとも技能士への成長過程を幾つかの知識・技能修得ステップに分けて、ステップに関連付けた体系的知識・技能要件規定を設定することが必要ではないか。

ここで述べた知識・技能向上については、全体考察の項にて更に踏み込んで考えを述べたい。

3. 4. 4 保全作業員必須知識に関する3つのレベル横比較

以上で欧州規格化された保全管理職及び保全技能士の能力及び責任に関する要件についての内容調査とそれをもとにした意義ないしは要改善点などについて述べた。この能力・責任要件の調査内容にて、「保全作業員の能力要件に関する規格」の主要について述べたこととなるが、前記3. 4. 3表 3.4.3.1 で示した保全作業員の認定に関する3つのレベルに基づいて、保全管理者、保全監督者、保全技能士の3階層をこれまで述べてきた必須知識を階層横並びで示し、各階層間の必須知識レベルから、能力・責任の相違を見てみたい。

幾つか特徴的な業務について以下に示し、相違点、特徴などの考察を述べる。

尚、当たり前との判断であるが、保全管理者は保全業務遂行上の責任者であり、一言で言えば、保全部署全体を統括し、保全の目的を効率的に達成するためのマネジメント能力面にウエイトを重く置いて必須知識としている。

保全監督者については、管理者を支えて保全業務の目標を効率的に達成する立場であり、且つ保全技能士を直接管理する立場としての必須知識である。また保全技能士は保全監督者の管理のもとで、直接保全作業に従事するに足りる能力・責任を必須知識として規定化している。

以下の表中に示す必須知識レベル1、2、3とは既に説明しているが、下記に要約する。

- ①レベル1とは、非常に優れた知識を有するもので、判断・行動と変更を主導し、作業に対処する特別優れた能力を有する。
- ②レベル2とは、優れた知識を有するもので、変更の影響を理解し、適切な決定を行う能力を有する。
- ③レベル3とは、理解しているとし、チーム内の方針・決定に参加し、作業を実施する能力を有する。

(1) 一般能力

表 3.4.4.1~7 に保全作業員階層別一般能力に関する必須知識とレベルを示す。

①環境、組織、コスト及び作業計画について

表 3.4.4.1 保全作業員階層別一般能力に関する必須知識とレベル (1)

	必須知識のレベル		
	保全管理者	保全監督者	保全技能士
企業環境 企業状況 企業組織 部門組織 コスト	1 自らの組織／企業の社会的／経済的影響を左右する事項に関する知識を有する。	2 自らの組織／企業の社会的／経済的影響に関する優れた知識を有する。	
作業計画 計画 － 保全の要請／工程シート／作業票 － 作業員計画 － 設備計画 － タイム・シート 管理及び報告	1 すべての保全活動を取りまとめ、適切な組織の選択方法及び組織内での適切な能力の確保方法について、非常に優れた知識を有する。	1 チーム保全作業に関する準備及び報告を行い、一部のチーム業務を監督している。シャットダウンの計画、及びグループ計画の調整を行う。	1 自らの保全作業及び一部のチーム業務に関する準備及び報告を行う。自らの作業及び供給者／請負者の作業を計画する。

企業環境からコストの能力については、企業・事業所の経営に係るものであり、保全技能者には必須として求めない。

計画作業については、知識レベルとしては3者ともにレベル1を要求しており、当該作業は保全の高い位置づけとされている。必須知識レベルの内容から、おのずと責任範囲の違いは明確であり、ここでも管理者の保全全体統括の立場での役割を果たすべき知識と技能士の現場における保全計画及びその実施に係る要求知識として、立場の違いが明らかになっている。

②人材開発・育成に関する必須知識について抽出する。尚、表の横軸は上表に準ずる。

また必須知識レベルは管理者がレベル1、監督者についてもレベル1としているが、技能士についてはレベル2として規定している。

表 3.4.4.2 保全作業員階層別一般能力に関する必須知識とレベル (2)

学習過程の基本事項 訓練方針の基本事項 講義計画の基本事項 訓練設備	人材開発方針の設定及び実施に関し、非常に優れた知識を有する。訓練及び指導に必要な、非常に優れた知識を有する。組織内外の訓練設備を熟知している。	チーム・メンバーの訓練及び指導に必要な、非常に優れた知識を有する。組織内外の訓練設備を熟知している。	チーム・メンバーの訓練及び指導に必要な基礎知識を有する。組織内外の訓練設備を熟知している。
---	---	--	---

管理者及び監督者は人材開発・育成は必須業務としてレベル 1 を要求し、技能士との責任の違いを明確にしている。しかし管理者の知識要件の説明の項でも自説を述べたが、人材開発・育成に関してのしくみ構築とその運用に向けた知識要件としては明確さに欠けており、管理者としては人材開発・育成のしくみを構築しその運用を図るにおいて、何が最も重要か、そのキー要件と機能を明確化すべきではないか。それによっておのずと必要な知識が明らかにされる。

③自動化、安全衛生について

表 3.4.4.3 保全作業員階層別一般能力に関する必須知識とレベル（3）

自動化 工程管理の基本事項 機械自動化の基本事項 一般的なシステム設計	1 現在のシステムに関する非常に優れた知識を有する。現代の自動化システム的设计に関する原則を理解している。	1 現在のシステムに関する非常に優れた知識を有する。	2 システムに関する一般知識を有する。
職業上の安全衛生 安全衛生管理の適用範囲及び目標 安全衛生に対する影響 必須知識要件は的確と判断できる。	1 安全衛生問題に関する非常に優れた知識のほか、当該問題に対する影響方を有する。保全の実施によりもたらされる安全衛生上の結果について非常に優れた知識を有する。危険性及び防護・予防手法に関する知識を有する。	1 安全衛生問題に対する保全の影響について非常に優れた知識を有する。安全衛生チームの活動的メンバーとして行動することができる。	1 安全衛生問題に対し保全がもたらす結果、並びに防護装置及びその使用方法について知識を有する。手順及び作業指示、要件及び目的について優れた知識を有する。潜在的危険物の取り扱いについて優れた知識を有する。安全衛生チームの活動的メンバーとして行動することができる。

この表の自動化については、工程管理の基本事項から自動化に関するシステム設計の基本的な知識まで幅広い知識を要求している。上記の必須知識については、企業/事業所の生産システム全体（生産管理面、工程エンジニアリング、現場管理面）の運用に関する基本的な知識と（本来は基本的知識に止まらず、システム運用のありたい姿と現状の運営の実態の両面をしっかりと把握すべきであるが）その中における装置機械の自動化はいかにあるべきかの基本知識、そしてさらに自動化装置機械の設計に関する原則までを、管理者から技能士の全階層に亘って理解すべきではないか。なぜならば、保全は企業/事業所の生産システムのなかの 1 機能であり、おのずとその目的は生産効率向上に他ならない。この考え方があって、保全の具体的業務を展開しており、監督者一步手前の技能士であれば、設備機械稼働計画の前提である生産システムの基本とその現状レベルは

常に把握し、技能士の立場での責任を果たす努力が重要である。

(2) 責任と能力に関する必須知識の3レベルについて

(1) 項同様に特徴点を抜粋して、考察ならびに規定化の意義について述べる。

① 保全の目標、方策、方針について

表 3.4.4.4 保全作業員階層別一般能力に関する必須知識とレベル (4)

	必須知識のレベル		
	保全管理者	保全監督者	保全技能士
保全の目標、方策及び方針 企業の保全技術 - 目標、作業、重要性 - 保全に関する方策 - 投資の考慮事項、ライフ・サイクル・コスト (LCC) - 重要業績評価指標 (KPI) 及び重要な達成目標 (EN 15341 を参照)	1 保全の目標、方策及び方針の重要性ともたらされる結果を熟知している。保全の経済的影響のほか、資産管理の枠組みにおける運転・資本コストの重要性についても認識している。保全の観点から、設計面への影響力を有する。さまざまな寿命延長方法を知っている。保全のニーズ及びゴールを明確にし、策定する方法を知っている。保全管理に関する重要値を知っている。	2 保全の目標及び方策の重要性を認識している。保全により必然的にもたらされる影響のほか、資産管理の枠組みにおける運転・資本コストの重要性についても認識している。	3 保全の目標及び方策の重要性を理解している。保全により必然的にもたらされる影響のほか、資産管理の枠組みにおける運転・資本コストの重要性についても理解している。

上表より、保全管理者は設備導入から、量産化移行後の設備の効率的な維持管理に至る全域に亘って、マネジメント及び専門技術両面の知識を規定化している。尚且つ当該知識を必須知識レベル1とし、保全管理者の役割・責任を明らかにした内容と判断できる。

ミクロの視点でこの必須知識を分析すると、保全の目標、方策、方針とそれによってもたらされる結果については、それぞれの職位階層で「熟知」「認識」「理解」というように使い分けているが、企業そして保全管理者として、この本質を明確化して事業計画達成に向けた知識要件として設定し、修得の手段を講ずることとなるであろう。

また、保全技能士に対しても、資産管理の枠組みにおける運転・資本コストの重要性についても理解を要求しており、この点は一般層からコスト意識の重要性を具体化したものとして判断できる。日本のある企業の一例として、上位者が下位者に対して順次カ

スケードの形態にて、「勉強会」と称して、コストについても企業の置かれている立場、企業/事業所が求めるコストレベル、さらに財務、会計に関する基礎知識教育などを実践されている。企業経営者ないしは事業所トップの考えと行動、そしてありたい姿が非常に身近に感ずることと、自らの行動への変化を起こす動機付けにもなってくる。

②復元手法について

表 3.4.4.5 保全作業員階層別一般能力に関する必須知識とレベル（5）

復元手法	1	1	1
技術の基本事項 - 機械技術/機械装置 - 電気技術/電気装置 - PLC（プログラマブル・ロジック・コントローラー）及び PC のアプリケーション - 油圧式及び空気式 - 建築 修理手法	さまざまな復元手法を知っている。それらの実施方法を知っている。	一般的な復元の原則を知っており、それらを実際に応用することができる。	特定の復元の原則を知っており、それらを実際に応用することができる。

この復元手法は各階層ともに必須知識レベルは1として規定している。

保全部署として、日常的に接する故障ロスに対して、まず短時間で復元するための知識を要求している。この故障復元が出来なくて改善を語ることは困難であり、当たり前を必須知識として全ての階層にレベル1の要件としている。

管理者から保全技能士の各階層に対して、表現を変えてそれぞれの階層に対応した知識レベルとして規定化されているが、内容は機械・電気要素を主体とした基本的な技術知識と、その復元修理方法について要求している。尚、機械・電気要素技術・技能は保全の応用力を培う為の必須知識であり、上表内容だけでは要素技術・技能としては大いに不足の感がある。

③状態監視装置及びフォールト発見手法について

表 3.4.4.6 保全作業員階層別一般能力に関する必須知識とレベル（6）

状態監視保全（CBM）	1	1	2
保全における CBM の重要性 CBM の手順及び手法 測定手法 - 測定ツール及び測定器の校正 - 外乱、干渉及びノイズ	さまざまな種類の状態監視システム、測定手法及びその他の適切な点検システムを知っており、経済的に応用することができる。それらの実施方法を知っている	最も一般的な状態監視方法及び装置を知っており、それらの実際の使用法を熟知している。計画管理及び正確性の保証を行うことができる。	最も一般的な状態監視方法及び装置を知っており、それらの実際の使用法を熟知している。

上表の状態監視保全については、欧州においてもそのニーズが規定化の形で明らかに

なった。CBM そのものの狙いは保全関係者であれば誰しもがほぼ同様の認識を持っているものと判断しているが、更に一步踏み込んで効率的な保全管理の実現と設備診断技術の深堀りによる保全技術レベルの向上が継続的に図られて、インプット最小、アウトプット最大、更には技術の蓄積による標準化のレベルアップと保全技術者、保全技能者の能力開発に寄与することが可能であると判断している。

しかしながら CBM の現実はどうであろうか、もう一度設備診断技術とは、について考えてみよう。

「設備にかかるストレス、故障や劣化、強度や性能など設備の状態を定量的に把握し、信頼性や性能にかかわる異常の有無などを識別し、その将来を予測してとるべき最適な保全アクションを決定する技術」と言われている。

(日本プラントメンテナンス協会、新 TPM 展開プログラム——加工組立編より)

この技術をもとにして、パラメータを選択し、性能劣化状態を定量的に示して、最適なタイミングで保全処置を講ずるしくみが整備されているのか。またこれらが論理的な解析による保全方式として体系づけられて、設備の維持管理・改善の取組みとして運用されるべきである。しかし日本国内の加工組立系企業の実態はというと、この取組による経営的効果の刈取りが実績として明確化されずに、傾向としては縮小ないしは事実上の分散が日々生じているものと判断している。

当該規定が欧州規格として明らかにされたということは、一部の取組から欧州全体に及ぶ広範囲で、国・産業界・企業間での欧州を横串通すような研究、シンポジウム、さらには技術の標準化と適用による改善サイクルへの組み込みなど、CBM の活用オポチュニティーを考えれば計り知れないほどの活性化が期待できる。

表 3.4.4.7 保全作業員階層別一般能力に関する必須知識とレベル (7)

	1	1	1
フォールト発見手法 根本原因解析 - 機能の解析 - 設計フォールトの解析 発見手法	さまざまなフォールト発見方法を知っている (FMEA、フォールトツリー解析など)。それらに応用できる時機、及び使用方法を知っている。フォールト発生原因 (仕様、設計、設置、運転、保全など) を暗示しているものをどのように扱うべきかを知っている。	体系的なフォールト発見に関するさまざまな方法を理解しており、それらの使用法及び実践法を熟知している。さまざまなフォールト発生原因 (仕様、設計、設置、運転、保全など) を記述する方法を知っている。	体系的なフォールト発見に関する適切な方法を理解しており、それらの使用法及び実践法を熟知している。

また一方のフォールト発見手法について言及すると、固有の故障に対する再発防止に向けた真因の追究は勿論のこと、設備機械、システム全てにおける故障不具合を未然防止する発生原因別の要件確率に向けた手法の活用が望ましい。保安全管理職としての本件に関する必須知識として、設備仕様から設計、設置段階、量産化運転、保全に至る全てについて、フォールトとの係りを断ち切る方策の扱いについて要件としている点が、経営との関連付けを明らかにしたものとして評価できるし、フォールトの根源まで遡った対策の実践を期待したい。

以上で設備診断・設備保全に係る欧州規格の調査として、主に保全の重要業績評価指標及び保全作業員の能力要件について、特に特徴的な規格の例をもとに、規定そのものの解釈、その活用によってもたらされる効果とそれらを包含した意義の一考察を述べた。欧州 30 余国に亘る保全規格であり、規格の細目なり、具体的構成の要件・アイテムに及ぶものではないが、欧州の広域をカバーする保全規格化による多岐に亘る可能性について、期待がふくらむ。

3. 5 調査のまとめ

以上の欧州規格を構成する個々の規定毎に考察として述べてきたが、「メンテナンス業務の向上と改善に対する効果」として以下の3つの観点でまとめを記述する。

この3つとは、

- ・保全標準としての意味付け
- ・人材の育成と人材の流動化への影響側面
- ・国・企業間における情報交換にもたらす影響側面

3. 5. 1 保全を取り巻く環境

まず上記の観点でのオポチュニティーを述べる前に、わが国の製造業における保全を取り巻く象徴的な環境について整理した。

(1) コンビナートプラントの現状と産業事故発生件数の推移¹⁾

わが国において石油化学製品がコンビナートの形態をとって本格的に生産されはじめたのは、1958年であり、高度経済成長に向いはじめた時期である。

それから2008年で50年を経過しようとしている。この成長期に建設された石油精製・石油化学コンビナートの生産施設などの構造物は膨大な規模となる。その多くが30年以上を経過して、老朽化が急速に進み石油精製装置では建設後30年を越えるものが、55%と半数以上を占めるに至っている。

近年しばしば産業事故等の発生が報じられているが、その原因はこうした老朽化した設備が多くを占めるようになったことと関係するものと判断している。

従って設備・構造物の信頼性確保が益々注目されるようになってきている。これらの設備・構築物のメンテナンスには多大な費用が必要となり、産業事故の発生状況によっては、石油精製、石油化学工業などコンビナートの企業経営を圧迫することにもなりかねない状況に至っている。このようなことから効率的なメンテナンスが重要課題となっている。

(2) 一方は 2007 年問題が存在する。

① 高圧ガス保安法関係事故件数の推移と退職者数推移²⁾

高圧ガス保安協会が公表している高圧ガス保安法に係る事故件数の推移を表 3.5.1.1 に示す。この表は事故件数の推移と、退職者異常増分の二つのかたまりを重ね合わせたものである。

2007 年より団塊の世代が大量に退社を迎えるとして、象徴的に 2007 年問題と称されているが、すでに 2000 年よりその兆候が現れ始めている。

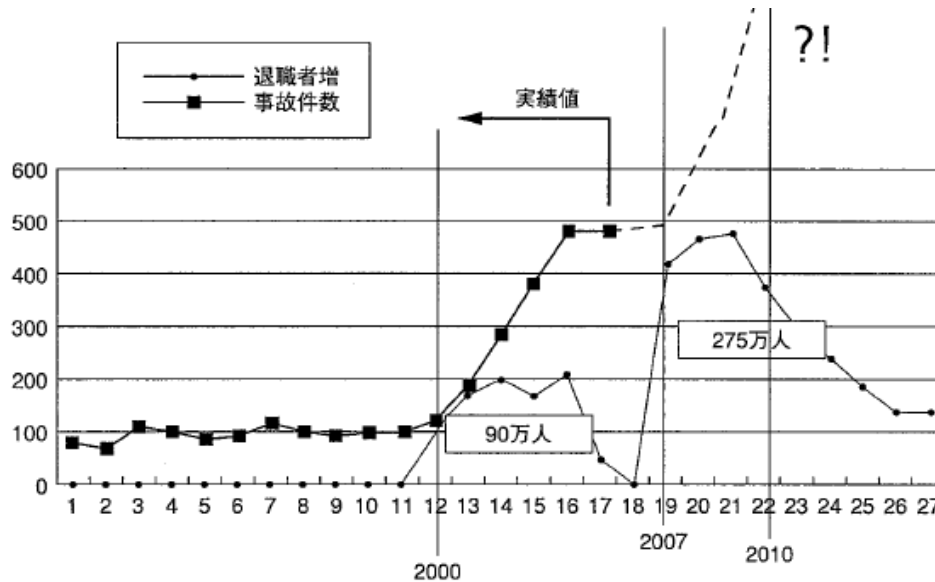
この表の事故件数に着目すると、この 5 年で 2~3 倍に急増している。これは 2007 年以降の大きな社会問題といわれることを示すデータと言える。また単に人数の問題ではなく、昭和 40 年代に採用した優秀な技術・技能者が、現場で築きあげてきた経験と知恵の貴重なノウハウが失われていく問題であるといえる。事故増大の原因はこの表 3.4.4.1 から 2007 年から急増のデータを見る限り、人的要因が大きな原因であることは明白である。

このことから、人と技術に関する解決への対応の必要性が読み取れる。人の育成（技術とノウハウの伝承）と新技術（オペレーションの容易性と安全の実現）の開発は緊急に進める必要を認識し、容易からず課題ではあるがしっかり取り組むことが要請される。

また一方で、上記を強力に支えていく駆動源の役割を担う共通な課題としてメンテナンスの効率化、迅速化、コスト低減、見える化を達成するためには、標準化も必須となる。

表 3.5.1.1 高圧ガス保安法関係事故件数の推移

出典：URL www.sparj.com 資料「B1」2007 - 01



②製造業の保全及び製造部門の年齢構成調査結果より

社団法人 日本プラントメンテナンス協会による 2007 年度設備管理実態調査結果（以下、実態調査結果）より、製造業の保全及び製造部門の年齢構成調査結果で示されているが、表 3.5.1.2、表 3.5.1.3 からその傾向をみると、50 歳代及び 60 歳代の合計比率がいずれも約 28%を占めており、特徴としては 2003 年からの当該年齢層が 2006 年をピークに増加の傾向が顕著であること。

また 2007 年に 50 歳代の減少が見られること、そして 60 歳代の従業員比率が多少拡大していること。

50 歳代の減少は言うに及ばないが、2007 年問題に象徴される大量退職によるものである。

一方の 60 歳代の若干の増加傾向は上記の大量退社による技術力・技能力の低下を何とか避けるための退職者の再雇用の結果と判断している。

また上記の 50 歳代、60 歳代の従業員比率について 2003 年からの推移を見ると 2006 年にをピークに増加傾向を示し、2007 年でその比率は減少したとは言え、上記に示す高い構成比率となっている。

このことは、依然としてわが国労働人口構成は少子高齢化の傾向が今後も続くことであり、中長期的にも経営の重点課題の一つとして「人材育成」の継続的な取組が重要であることが明確である。

表 3.5.1.2 保全部門年齢構成推移 (2003~2007)

出典：日本プラントメンテナンス協会 設備管理実態調査 2007 年度

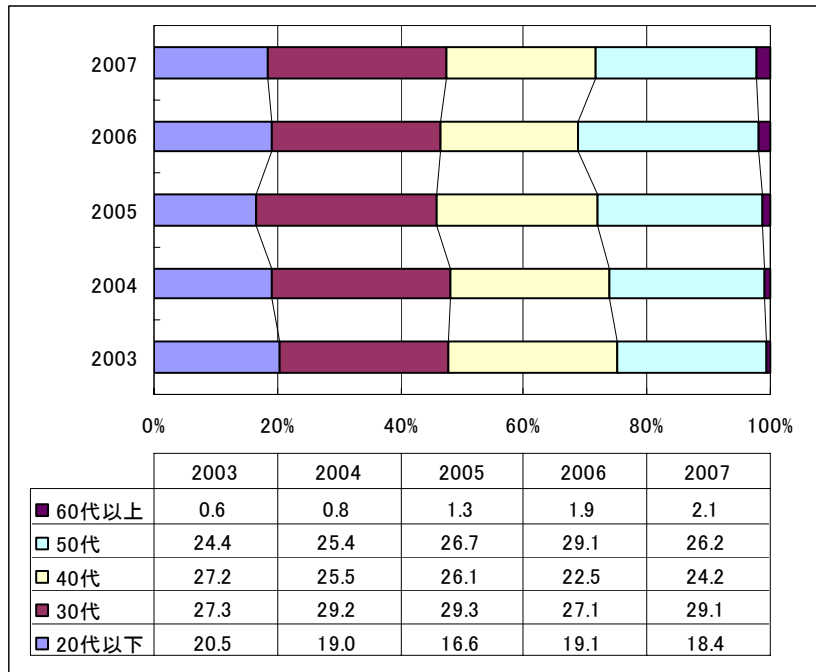
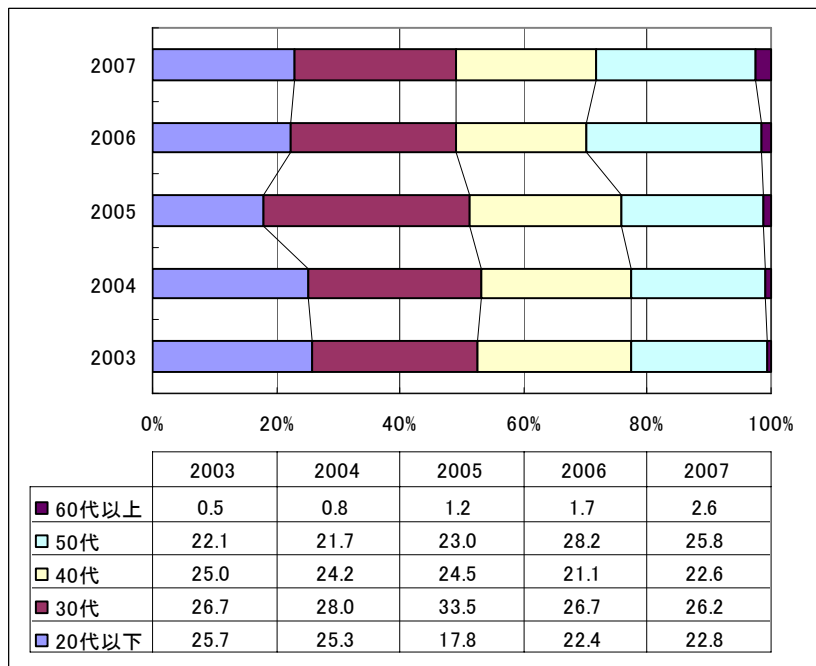


表 3.5.1.3 製造部門の年齢構成の推移 (2003~2007)

出典：日本プラントメンテナンス協会 設備管理実態調査 2007 年度

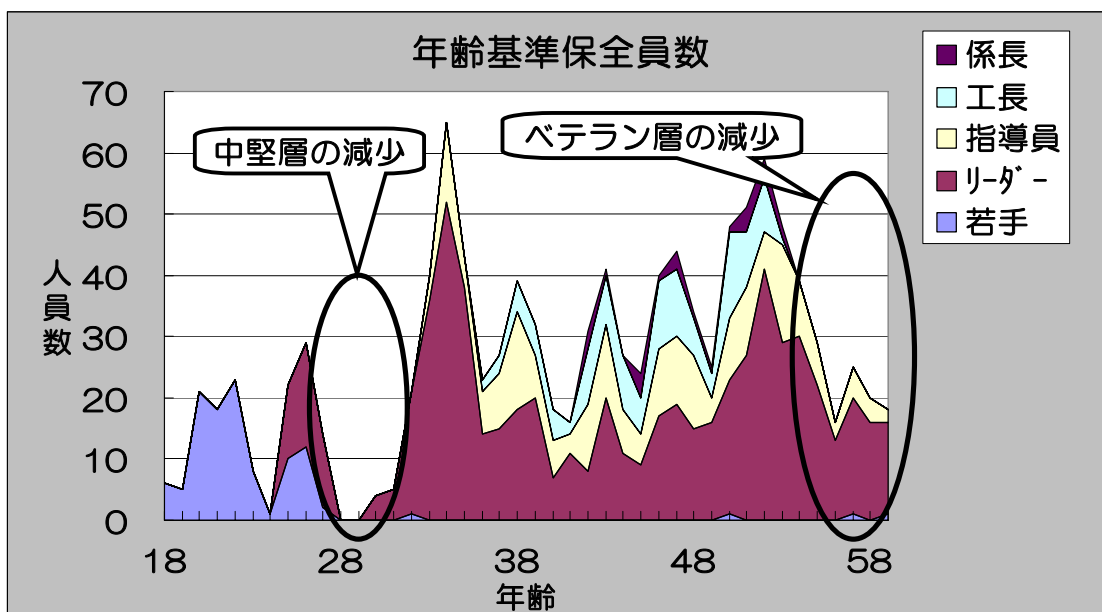


また表 3.5.1.4 に特徴的な年齢別人員構成のグラフを示す。

このグラフは金属加工業大手企業設備保全部署の実態を示したものであるが高齢熟練技能者層の減少とバブル崩壊後の新人採用抑制による年齢構成の歪が表れており、まさしくこのグラフから「技能伝承と中堅、若手の育成」の必要性を強く感じさせられるものである。企業の現場力を維持し更に高めていくために中堅層と、さらにはそこにつながる若年層の早期育成が求められており、企業のモノづくりの基盤としてその取組みの必然性は言うまでもない。一方業種業態の異なる製造業であるにせよ、この年齢構成は相似の傾向として判断しているが、はたしてこの実態を直視して経営として継続的且つ短期での育成に取り組まれているだろうか。中長期的な視点での企業、製造現場のありたい姿の具現化に「人の育成」を一時でも外して考えることは出来ない。

表 3.5.1.4 金属加工業企業設備保全部署、技能員の年齢層別の現状

出典：日本プラントメンテナンス協会 PLANT ENGINEER 2007-4 月号



(3) 加工組立産業、競争力が常に求められる生産システムの構築

図 3.5.1.1 に生産システム構築とその狙いのイメージを示したが、各製造業の競争力は止まることなく向上へ向けた改善・改革の全社活動が展開されているものと判断している。多様化する市場からの要求に対して、製造業が直面する課題はますます厳しさを増し、難易度の高いものになってきている。中でも多品種・変量・短納期（更に提示納期）への対応、品質保証、そして売価は市場が決める、その原理に対応して限りないコストダウンの

実現、これらの経営課題は数え上げれば枚挙に暇がない。産業界で常に優位に立って市場要求にフレキシブルに応え、継続的に商品（製品）を提供し、且つ最大のサービス提供をし続ける使命を背負ってモノづくりが展開されている。企業でのモノづくりにおいて上記に示す課題を常に克服して、競争力に優れた製品の提供が求められている。まさしく量より質に対する取組みが企業経営の重要な課題となっている。

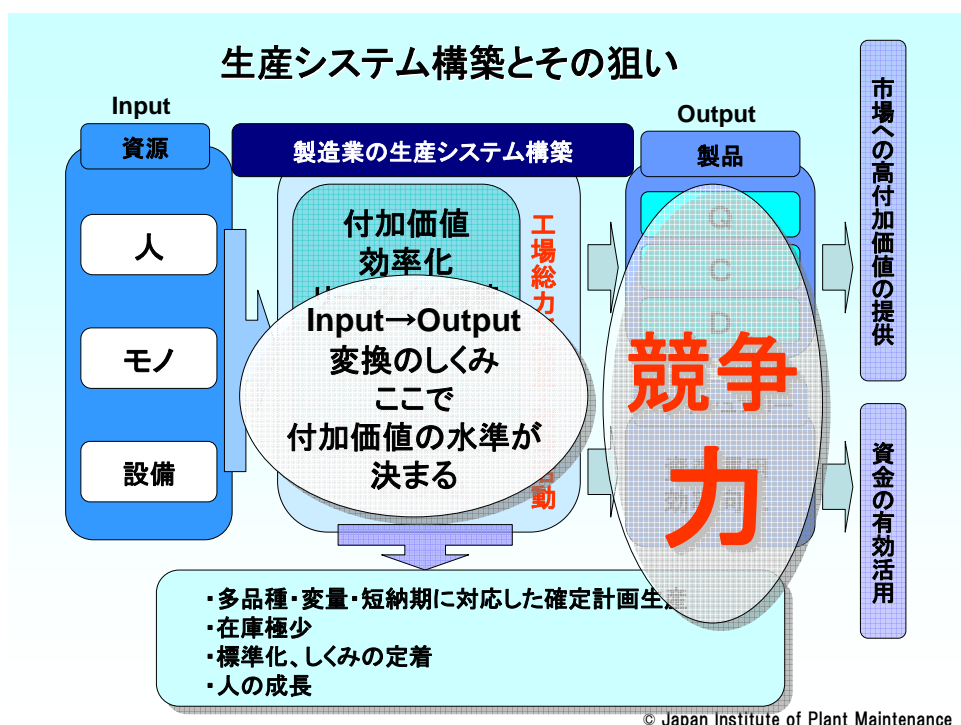


図 3.5.1.1 生産システム構築とその狙い

出典：日本プラントメンテナンス協会

多様化に対応した製品企画、生産構造とは、多様化した製品を標準化された生産方式のなかで製造できるよう、工程設計とともに生産システムを構築することである。

モノづくり競争力をつくり上げるのは各企業の生産システムであり、企業資源のインプット→アウトプット（商品・製品）へ変換するしくみと言える。

換言すれば、このモノづくりのしくみによってその企業の市場に提供できる付加価値の水準が決まってしまう。この市場ニーズの多様化に対して生産効率を低下させることなく、商品と最大サービスを提供し続けるための基本的考え方に標準化がある。

①標準化設計技術の確立

②多品種の製品を標準化した生産ラインで効率的に生産する生産技術、技能と現場管理そして生産管理の確立である。

標準化はすべての企業活動の基盤となる普遍的活動であるが、市場ニーズの多様化に於いては、生産効率化の有効な手段として、その重要性が認識されているものと判断している。

上記の生産システムの基盤のひとつに高いレベルでの設備の安定稼働が必須となる。市場要求に対応したハイレスポンスの稼働を保証する生産設備の維持管理体制の構築が重要であることは言うに及ばない。優れた品質の製品を効率良く生産し、生産能力、工程能力を維持するために、事業所全体の生産性に対する十分な管理が前提となる。対象とする要素の一つに生産設備があり、製造能力維持の機能として保全が大切となる。設備管理とその領域にある保全管理に関する効率的な業務展開に対して、製品製造条件としての保全管理に関する規定の整備すなわち標準化が同様に重要なのである。

以上、保全を取り巻く象徴的な環境と、明確化した課題、さらにモノづくりのしくみ構築と連動した保全の位置付けを整理したが、メンテナンスの益々の経営への貢献度の向上を期して、業務の標準化をベースに、課題を具体化して取り組むべきである。

3. 5. 2 保全標準としての意味付け

本題に入る前に、助走として標準及び標準化について若干おさらいをしてみた。

標準化とは、幾つもの解釈があるが日頃より常識的に感じている意味合いを述べると、それは、利害関係者間における利便性や意思疎通を目的として、物事や事柄を統一したり、単純化、秩序化したりすることであり、無秩序化や多様化、複雑化を防止する規格を定めることである。

標準化することにより、教育が簡単になり、誰がしても、いちいち考えなくとも、素早い処理ができ、且つ結果も期待できる。またデファクトスタンダードも標準化の一例と言える。さらに標準化の目的については、品質の安定向上、そのための4M管理であり、この均質化に向けた標準化が必要である。

さらには、コスト低減における部品の互換性、そして保全に対しても直接的に関係する、能率向上と業務・作業の統一化については、グローバル企業であれば必須としての、世界の全ての生産拠点における製造品質の均質化はもとより、生産性の改善・維持への寄与等、モノづくりの全ての根幹であり、その充足は企業の競争力である。

以上の様に標準化の意義は明白であるが、実は本件の設備診断・設備保全に係る欧州規格の調査によって、まさしく「目から鱗が落ちる」心境であった。

本件調査の冒頭の1.項でも述べたが、今回の調査対象は、企業/事業所における保全業務

に直接係る標準を抽出した。

前項 2. 1 及び 2. 2 でその内容を記述したが、わが国の製造業（広義の）で日常的に使われている、用語、評価指標項目とその定義、保全技術者・技能者能力開発及び技術・技能向上に向けた知識要件等々についてなれば保全の常識と言える内容のものが、なんと欧州の主要各国を巻き込んで規格化されていることには単なる驚き以上の意義、大きな飛躍への可能性を感じさせられた。

（1）欧州各国間、企業間における保全水準向上への加速化の期待

この後にのべる人材育成と流動性、国・企業間における情報交換に対しても多大な影響を及ぼすとともに、企業の成長に対するオポチュニティーを強く感じ取った。

欧州大陸という地域特性からも保全標準化の意義は大きい。

言葉の違いは勿論のこと、文化、宗教、生活信条など陸続きと言えども多様な国々が欧州と言うまとまりで、連携と競争そして成長へのスパイラルを考えると壮大であり且つ大きな力の可能性を生み出すものと判断出来る。反面ややもすると、各国が独自の規格化を進めることによって、欧州と言うまとまりの可能性を打ち消すことになりかねない。

従って、欧州という大陸の国々が結束して、且つ横で連携をとり、参加各国が標準を生かすしくみを造り、充足し、競合から生まれるベストプラクティスを活用し、その活用によって更なるベストプラクティスへとスパイラルアップする可能性を生み出すことの可能性が求める本質ではないであろうか。

欧州国家間、国内の各企業、そこを支える教育・訓練機関など、縦糸・横糸を有機的に関連づけて、この保全標準の意義を現実のものとするべきである。

しかし、当該欧州保全規格について、その「徹底」の度合いは図りかねない。

冒頭の欧州保全規格について、MAINTENANCE そのものを扱う技術委員会（CEN/TC 319-Maintenance）は 6 委員会存在し、そのうち製造業の保全に直結する委員会の保全規格が 5 規格制定されている。欧州という広域での規格であり、数々の制約のなかで標準化を推進した意味付けは大きいですが、保全のキー業務をカバーするにはまだまだ課題が遺されている。当然「固有」に係る規格化は各国→各企業→職種・工程→技術あるいは業務処理基準・標準の体系にて制定されるべきであるが、保全力の向上、企業/事業所経営への貢献を狙いとした規格化を推進する上での欧州統一ガイドとしての位置づけと認識した。

（2）保全標準化によって期待される可能性について

例えば「重要業績評価指標－KPI」マクロでは以下の可能性が考えられる。

①収益を生み出す構造を明確にして、目標達成に向けた現場活動指標への落とし込みが具体的に可能となる。

②パフォーマンスでマネジメントが可能となる

人、組織のパフォーマンスを定量化して測定し、業績評価に基づく処遇とダイレクトにリンクさせて、結果としてモチベーション向上のサイクルとして機能する。

本質は業務運営におけるマネジメント機能の改善によって、より組織の活性化を図ることが可能となる。

③組織内及び部門間コミュニケーションの活性化

上記以外においても幾つか考えられるが、これらの期待、可能性をしっかりと引き出すためには、おのずと規格の有効活用と改訂のサイクルが重要であり、規格化されたものが100%生かされ、さらに標準化が促進しなければならなくなるようなバックグラウンドの形成を考えなければならない。

それでは保全標準の具体的な例をもとに期待値実現のアプローチについて触れてみたい。尚、以下に述べることは筆者の経験をもとにした例であり、当該欧州規格に直接該当する、ものではないことを承知願いたい。

④ライフサイクルコスト最適化を狙った設備管理業務の標準化

ここで述べる設備管理とは、設備開発から量産化移行後の維持管理全てを包含した業務プロセスにおける、保全標準である。

また上記の設備開発の前提は製造業における新商品量産化ないしは増産計画に基づく、設備増強計画に伴うものと認識してほしい。

一般的に上記に該当する生産部門の計画としては、「製品製造計画」を最上流として、経営者の計画の意思決定によって、以後のキーとなるプロセスを以下に示す。

尚、最上流の製造計画段階で、生産部門としての量産化計画基本予算は決まると認識してほしい。この基本予算の決定が非常に重要であり、実はこの段階で予算が決まるということは、製造ボリュームの決定を前提にして生産設備能力も決まり、且つ能力要件の重要な付帯要件事項もほぼ枠組みとして決まってくる。従って、生産設備の信頼性に関しても当然細部は困難といえども、予算に大きく影響を及ぼす信頼性機能は、予算をもとにしてその機能付加の限界がここでほぼ決まってくると言って過言ではない。

各事業所における生産条件確立から設備引渡しまでの責任は一般的には生産技術部署の責任であり、量産化移行後の計画生産の達成と生産設備の維持管理は事業所の責任として市場要求に沿った運用が行われる。実は上記の計画から量産化確立、そして維持管理の予算は一本ものではなく、生産技術部署の計画予算と事業所の維持管理予算は、予

算管理責任上は、財布は別々となっており、全体最適またライフサイクルコスト最適の設備づくりとその維持とはなかなかかなりにくいのが現状である。

しかしながら上記の運営責任の区分けがあるものの、設備管理の上流から下流を一本でつなぎ、生まれの良い設備造りから、より手のかからない効率的な維持管理の実現に向けたキーとなるマネジメントのひとつが標準化と判断している。

設備管理全領域の業務プロセスに具体的に触れてみたい。このプロセスを以下のフェーズにて示す。

製造計画承認以後のフェーズとして、①製造工程設計→②設備仕様決定→③設備設計→④設備製作、製作メーカーないしは製作工場内での無負荷、負荷試運転→⑤事業所への設置→⑥試運転、調整→⑦試作及び能力 100%負荷掛け試運転→⑧量産化条件確立総合判断→⑨量産化運転開始、事業所への引渡し確認→⑩設備維持管理、となる。

生産設備の機能要件のなかから、設備信頼性、保全性の確保と標準化について考えを整理する。既に用語としては誰しもが認識しているが、MP 設計が上記フェーズの①～⑩までの全てに関連付けられて、信頼性・保全性目標の達成に向けたマネジメントサイクルが廻らなければならない。そのためには MP 規準のしくみ構築が重要であり、工場操業と設備づくりが続くかぎり、このしくみを廻し続けることである。尚、この MP 規準は製造計画時点からの折込みが本来必要であり、細目は別途としても、信頼性・保全性目標はこの段階からその達成に向けた展開が必要なのである。

一方、新たな設備づくりには設備投資のコストダウン、生産性向上、品質工程能力改善、安全性向上 等々性能・機能アップが前提となるが、そのために新機構、新要素部品の採用が必然的に生ずる。実はこの新たに採用した機構・部品の信頼性実証確認が不十分であるケースが多々あり、設備故障などのロスへと発展する。

この新機構・新部品の信頼性評価のしくみについても上記の設備管理サイクルにはしっかり標準として組み入れることが重要である。

以上の MP 設計及び新機構・新部品の信頼性評価、採用可否判断のしくみの重要性とともに、保全として上記の設備管理全領域業務プロセスの①～⑩に至る全てのフェーズで、その目標達成に向けた PDCA 管理サイクルを廻すこと。厳格に言えば、各フェーズの目標達成をもって、次のフェーズへの移行判断が可能となるのである。また量産化移行後の維持管理領域での問題点は、その解決後に MP 情報として、MP 規準化に向けたフィードバックを常に実践し、MP 規準の拡充と改訂を行うこと。この MP 規準を計画部署が計画段階に活用する義務を仕組みとして構築することが重要である。業務プロセスと標準化に関する上記の取り組みの一例にて、ライフサイクルコスト最適の考えに基づいて、設備管理

全領域に亘る効率的な業務展開と標準化との関連について理解されたものと判断する。

また合わせて、保全標準化は生産システム Q（品質）・C（コスト）・D（納期）の改善をもたらす基盤としても明確である。

さらにもう一言加えれば、上記の標準化の推進によって、新商品量産化展開、あるいは増産計画に基づく設備増強計画展開に対して、計画から製品製造までの量産化展開リードタイム短縮の機能も十分そなえたしくみと判断される。

⑤欧州保全標準化の今後の課題

欧州という広域をカバーする当該規格化の歩みについては、今後も拡充に向けた継続的な展開が図られるものと期待したい。規格の一項一項については更に掘下げて、具体的保全業務標準として設定され、且つ生かすためのしくみについても、更なる拡充が必要である。

標準化を推進するうえでのキーワードについて、以下に述べる。

それは、「作」、「知」、「活」、「訂」、であり、その実現に向けた組織的活動である。

「作」は標準の策定、「知」は作られた標準を素早く効率的に周知させる。「活」は標準の100%の活用であり、実はこの活用が常に課題である。そして「訂」は業務実績評価後のフィードバックの一環として、標準の見直し・改訂で、常に新鮮で最高レベルの規格、手順とし、いつでも業務のスタートに活用可能なものとしておく。

標準化は仕事そのものとの認識のもとに、業務展開サイクルと標準化は常にセットとして、そのPDCA管理サイクルを廻すことである。

欧州保全標準化がどこまで徹底を求めて、保全業務の規格化を進めようとしているか、その到達点は見えないが、上記に示す標準化のあり様について「欧州標準化活動」に折込んで取組んでほしい。筆者のこれまでの経験の一つに、2001年から2004年の間、ヨーロッパの自動車製造会社のエンジン、ミッション製造工場での製造原価低減に向けて、TPMを手法として改善活動を指導した経験がある。製造工場内のエンジン、ミッション部品加工ラインにおける自主保全、計画保全を柱とした改善活動のなかで、専門保全部署に対する計画保全体制づくりの指導の場で、設備の維持管理の実態、保全部署での業務の進め方、改善の取り組み方、保全技能者の実力と育成のしくみの実態等を知った。

実態は道半ばとは言えども、標準化とは随分距離の隔たりを感じ、体系的な整理の考えは残念ながら未整備であり、加えて保全技術・技能者に対する教育訓練のしくみも乏しく、具体例を出せば、分析手法の修得実態は著しく低いものと感じた（製造現場で、設備故障に関するパレート分析が出来る監督者及び技能者はほんの一握りであったように記憶している）。当該欧州保全規格調査のなかで、上記の工場保全部署の取り組みの実

態を思い浮かべ、反面この大陸での保全の規格化計画とのギャップを感じ取りながら、上記の課題認識について感じ取って貰えることを期待したい。

3. 5. 3 保全標準化がもたらす人材育成と人材流動化への影響側面

保全標準化がもたらす人材育成と人材の流動化への影響側面について考えてみた。

(1) 人材育成への影響側面

ここでは保全技能者（士）を例にして、標準及び標準化の意義に触れたい。

筆者の考える保全技能者の育成については、単に必要な技能を植えつけることではなくてその修得した知識、技能を活かして、仕事の成果を通じて企業に貢献する。またその正当な評価をもとにモチベーションを向上し、更にレベルアップに挑戦する。このサイクルをしくみとして構築することである。このしくみは保全技能者としての知識・技能を含めた要件と、その修得に向けた教育訓練計画、訓練の実践とその技能評価、一方は製造現場での実践的訓練と保全の実践経験、さらに専門固有技能修得を目指した外部教育等々で構成し、年間のサイクルの中で技能と仕事の両面の評価とフィードバックのサイクルを、管理・監督者の責務にて実行する。

また必要な知識・技能のベースに言及すれば、入社間もない新人教育としての「基礎技能」それを足場にして、「基本である機械・電気要素技能」この基本技能の修得は保全技能者の各種の設備保全を実践する上での応用性を培う源となる。これらの基本的な技能と、いよいよ個々の各種設備に対する保全の「固有技能」の合計3技能が保全の必須修得技能であり、より短期間に効率的に修得するしくみ構築が求められる。

またこれらの技能向上のしくみと人事評価のしくみを直接的に関連付けて、人のモチベーション向上をさらに促すことも重要である。

以上の一連のしくみは全て「標準」として構成し、人材育成マネジメントとして、管理・監督者の責務と本人の努力の両輪でPDCA管理サイクルを廻し続けることが肝要である。以下の図3.5.3.1に特徴的な分析グラフを示す。

紙面の関係上、細部の解説は省略するが、図3.5.3.1に示すような点を育成の管理サイクルのなかで評価して、本人と職場組織の両面の弱点改善に取り組むこと。

この表は設備の長時間停止故障の要因を層別分析したもので、いくつもある要因のうち、技能不足と判断されたものが最も大きな比率を占める一例である。

この表から幾つかの問題点と改善すべき課題が見えている。技能不足は帰結するところは「個人」ではすまされない。しくみであり、上位者の指導力・熱意が大きい。このしくみの点に着目して、原因を徹底的に掘下げてほしい。またこの問題点を改善する保全の教

育訓練はどうあるべきか、この点も明らかにして「しくみ・指導・本人」の3要素の改善に取り組むことである。この「しくみ」はまさしく「標準」であり、この「標準」がベースとなって、人材育成のサイクルを廻している。

欧州規格「CEN/TR 15628：2007、保全作業員の能力要件と認定」の必須知識として、保全管理者、監督者、保全技能士の各階層別に「訓練及び指導」として学習過程の基本事項、訓練方針の基本事項、講義計画の基本事項、設備訓練の4アイテムとその必須レベルについて知識イメージとして受取られる概要が記述されている。

この記述内容からは、上記に述べた人材育成サイクルとは随分距離のあるもので、果たして機能することが可能か懸念が残るが、思いは感じられる。あわせて保全標準の人材育成に関する意義についても考えたものであることが伺える。

人材育成戦略の一環として、欧州規格を位置づけて、具体的育成に向けた各国での体系的な取組が展開すれば、我々にとっては脅威である反面、日本企業の将来の欧州進出の機会、下限バラツキの少ない欧州の保全人材獲得と戦力化が期待できる。

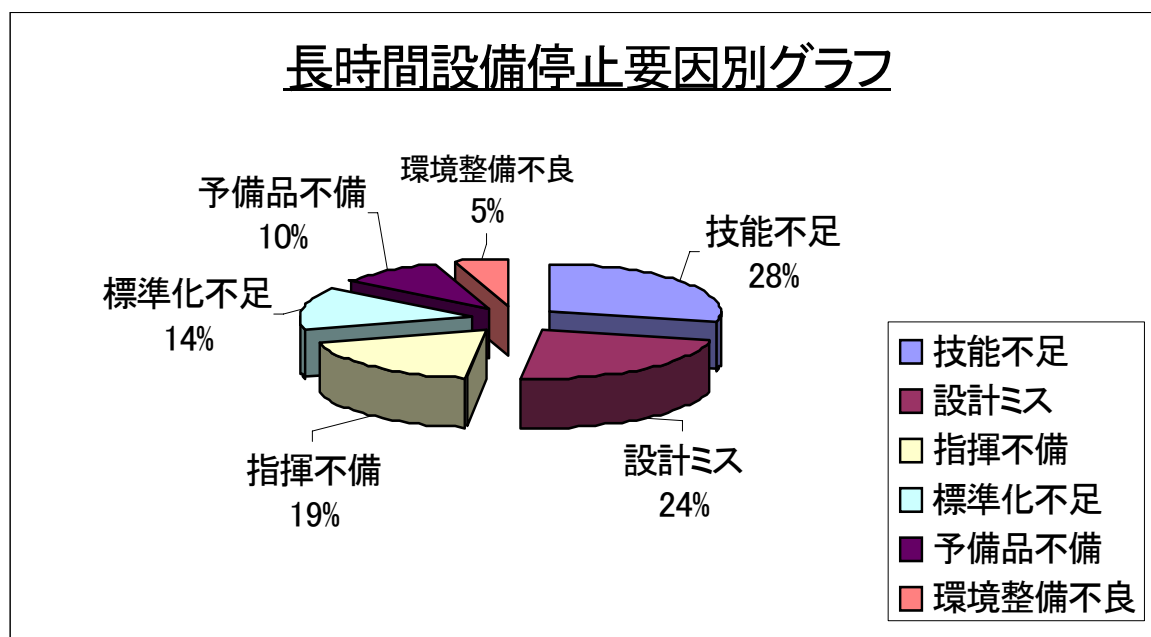


図 3.5.3.1 長時間停止要因別グラフ（金属加工業、加工設備）

出典：日本プラントメンテナンス協会

グローバル企業における海外製造拠点拡大計画の展開について、基本的には製造部署にせよ、保全部署にせよ現地の人材活用を中心として計画展開する。その際に現地化商品、その生産規模、正規生産開始時期などの前提条件をもとに、工場建設計画、設備建設計画とともに生産開始時期に合わせた量産化準備業務の一環としての製造条件確立へ向けたプ

ロセス展開、並行して製造及び生産技術とそれらを支える各機能の条件づくりが進められる。

当然これらの部署に所属する人材の採用と教育が実践されて、現地の新たな生産工場のアウトプット（商品、製品とその Q・D・C）を創出するインプット資源の確保、そしてインプット→アウトプットに変換する生産システム構築と人材育成が、工程軸と機能軸の両軸にて、互いに有機的に関連性を強めて且つ効率的に推進される。以上海外生産拠点建設における主要なプロセスについてその概要を記した。続いて上記の中で並行して進められる保全機能の一人立ちに向けた要件確立について触れ、特に保全人材育成と流動化について以下に言及する。

海外生産拠点が目指す保全の機能レベル目標（生産設備パフォーマンスを含む）については、業界ベンチマークないしは日本本社の実力をベンチマークとして設定するケースが多い。その一つに保全員の修得すべき技術・技能の目標設定がある。

この「必要な技術・技能の修得」目標に対して、現地の実力を把握して、目標とのギャップを明確化して、個人単位に育成計画を立案し、育成の PDCA 管理サイクルを廻すことが必要である。一般的に筆者の経験及び認識するところでは、欧米圏にしるアジア圏にしる概して日本の様な体系的な教育・訓練のしくみが希薄で、一概に言い切るべきではないが、技術・技能格差が見られ、特にアジア圏の発展途上国においては、日本のそれと比較すると、おおいに改善の余地ありと判断している。

従って、おのずと日本本社より指導者を送り込み、上記の目標に対する現状実力値の把握をもとに、知識・技能教育と現場・現物での実践的な保全訓練の指導を展開することとなる。この際のツールが日本本社で活用している保全マニュアルであり、保全技能訓練指導書、更に訓練機器なのである。これらはいずれも「標準」として、使い込まれ且つ、より実践的に改訂され、効率的な保全を実行する上での重要なノウハウツールなのである。特に現地の保全員が修得すべき保全技術・技能に触れて、そのレベルアップの指導について言及したが、保全業務のそれぞれについても同様に「標準」の活用による、現地の保全業務の取組み指導が実践される。標準書は必須であり、標準及び標準化なくして短期間で効率的な目標達成は困難である。また一方は海外現地生産拠点より保全監督者層ないしはリーダー層を日本本社に送り込み、教育センターと製造現場の両面で技術・技能修得への教育訓練が実践されているものと判断している。この教育訓練においても上記で述べた保全マニュアル類は、まさしく標準であり、現地語に翻訳して海外生産拠点で継続して活用すべきツールである。

以上、海外生産拠点及び日本本社における保全の技術・技能の教育訓練の取組みと標準

としての教育ツールについて述べたが、上記の取組みと人材流動性について整理したい。

流動化をそのまま現象として捉えれば、

一つは海外生産拠点開設の拡大に伴って日本国内より、指導者層を中心にした流動現象が上げられる。この原因は日本と海外との技術・技能格差と企業ニーズによる生産システム移転の両面がある。

この両面いずれにも介在する基本的考えが、標準の活用であり標準化の推進である。

また二つ目に、海外新生産拠点開設に伴う人材の流動である。

欧州を例にして、理想を言えば仮に欧州の全域で欧州統一保全標準化の気運の高まりと共に、国間の横断的な保全標準の体系化によって、保全技術・技能及び保全業務の求めるべき最低水準は確保可能となり、国間の技術・技能格差が圧縮され、人材流動化への対応策としても有効と判断される。さらにキャリア開発のサポート機能とも判断される。

尤もこのような柔軟性を持った標準の活用の前提条件として、言語の共有が重要な要件となる。欧州規格の一つとして保全作業員の能力要件と認定をあげたが、この規格のなかでも、保安全管理者および保全監督者は「英語の保全用語の理解」を必須要件としており、また保全技能士については、「技術英語での指示を理解することができる」と規定している。このことは保全の専門的知識要件とともに、共通要件として言語要件も規定して欧州圏での「標準化の基盤づくり」の一環としての機能と判断した。

多少一般論的となるが、もはやわが国と言えども終身雇用制をはじめとする旧来の日本の雇用慣行は変貌しつつある。外部環境への即応が求められる成果主義及び業績重視の経営では、人材流動化がひとつのキーワードとなる。

人材の流動化を促進する要因として、労働者の意識の変化にも注目しなければならない。労働者の仕事や働くことについての意識が多様化していることから、個人のキャリア開発を重視した働き方をサポートするマネジメントスタイルが求められている。

欧米の労働環境では更にその意識が強く、人材の流動化はさらにその傾向が強まるものと判断するが、この環境変化に「標準化」を抱き合わせて、個人と企業、国、地域の発展へと、その連鎖が生ずることを期待したい。

3. 5. 4 国・企業間における情報交換

(1) 標準化と保全・企業パフォーマンス改善のオポチュニティーについて

標準化の側面の一つに情報交換への意義を外して考えることは出来ない。

欧州保全規格に「保全の重要業績評価指標」(以下 KPI) が存在し、当該欧州規格調査に於いても個別に意義について述べたが、この KPI を活用し保全機能の向上と保全活動を通

して、経営への貢献を果たすこと、同時に競争力を改善して優位を実現することである。

言い換えれば、総合的な経営全般の革新を図る指標としての位置づけは明らかであり、その具体的な革新行動のひとつにベンチマーキングが存在する。

ベンチマーキングをより効果的な方策とするためには情報開示が重要であり、この情報がどこまで開示されるかが大きな課題でもある。そのひとつの解決策に標準化があるものと判断している。但し標準化と情報開示がイコールで進むとは言いがたいが、その礎として広大な欧州地域の主要国が参画して保全技術委員会を通じて具体的テーマで規格化の一端を果たしたが、この規格化のもたらすオポチュニティーを考えると、「成長に向けた情報交換の活発化」の拡大と充実が期待される。

筆者の経験したベンチマーキングをもとに、さらに情報交換の意義について掘下げていく。

(2) ベンチマーキングを通して、パフォーマンスの改善と情報交換のしくみ

企業競争力強化への革新を狙いにして、これまでの改善レベルから改革レベルへのチャレンジが強く求められているなかで、グローバルな全社活動として、いかに改革テーマを短期間にグローバルに展開し、その実力を向上させて業界ベンチマークとしての力を達成し、継続的に持続するか、このしくみづくりが必要と認識している。

経営やパフォーマンス、業務プロセスの弱点、非効率な点を改善・改革するため、他社、他分野におけるベストプラクティスを探し出して分析し、それをベンチマークにして自社の活動を計測・評価して、変革への活動を進める。

この活動の特徴は、改善・改革活動を進めるうえで、最高水準の企業、組織、工程の業務プロセスをベストプラクティスとして設定し、自社、自組織、自工程の現状や「こうありたいとする目標」を数値化し、継続して計測してその実力を把握する。

このベストプラクティスとの比較分析によって得られる一面として、業界他社とのポジショニングを明確にすることが可能となる。このポジショニングによって、その後の改善・改革活動の動機付けとなり、明確な改善目標のキーとなってくる。

また、業界・企業・組織が生み出す価値は違っても、保全と言う機能プロセスは十分に共有することは可能であり、広い目と積極性をもって優れた点を学び、強化活動の実践へと結び付けたい。言い換えれば広義の情報交換が保全業務改善に寄与することは十分可能と判断出来る。

保全の求める結果系指標と各種の活動系指標規格化の国際的な進展により、情報交換の制約が一つひとつ解決され、さらに業種・国・地域へと情報交換が広がるに連れて、保全

によるアウトプットと保全業務プロセス両面の水準向上へと繋がるのが期待できる。尚、他社 KPI 情報を自社に適用するに際して、その容易でないことは十分認識している。相手とする企業が競争力データを根こそぎ提示することはまずありえないであろう。

しかしながら、この保全の規格化による「標準」・「共有」のもとに、情報交換はより一層戦略的且つ計画的に、互いのニーズを接点として活発化するであろうし、そのための動機付け情報ないしは改善のトリガー情報であっても良いのではないか。ここでは情報交換の土壌が「標準」というキーで整備され、さらに企業経営成果の拡大と保全水準向上の「実」を付け、熟すことが大事なことではないのか。

すでに周知の事実であるが、自社、自職場への情報の適用に際して、そのデータはもとより、関連する情報分析の重要性は言うまでもないが。また「情報開示」については、情報交換、ベンチマーキングを進める上での制約事項であり、大きな課題でもある。この点の前進が国際標準化による努力で改善されることを希望する。

① インターナルベンチマーキングでアクティブな情報活用を学ぶ

これまでにアクティブな情報交換の視点で、ベンチマーキングの狙いと進め方の重点を述べたが、足元を見つめて、グローバル企業での全社的改善活動の推進について考えてみたい。ここでの視点は勿論、企業の競争優位に向けてこの項で述べた自社のポジショニングの明確化の認識をもとにして、目標達成に向けた全社の改善活動展開での留意すべき点について、以下に整理した。

一国内の各地区の事業所/工場に加えて、海外に点在する事業所/工場を含めたグローバルな改善展開として、インターナルベンチマーキングを実践する。

- ・当該企業の KPI と、そのベストプラクティスをもとに、
- ・いかにスピーディーに且つ効率的に全事業拠点に標準化して情報発信し、
- ・自事業所/工場の現状との差違分析に基づく改善活動の展開を実践し、
- ・その結果を評価して、全事業所/工場にその結果とそのプロセス（改善技術、手順、要領など）を上記の標準化に倣って情報発信する。
- ・各事業所/工場の改善実績とそのプロセスから、インターナルなベストプラクティスを抽出し、それを活用してさらに改善のスパイラルへと繋げる。

上記のしくみ化と改善サイクルの実践によって、「パフォーマンスに劣る事業所/工場の支援」はもとより、この支援を足場にして、この事業所/工場からベストプラクティスが生まれて、全世界の拠点に向けて発信されることが期待される。

この情報発信と活用のスパイラルが拠点間の実力差を改善し、且つ全社のレベルアップと同業他社に対する競争力向上を実現するものとなる。このことはグローバル拠点間における情報発信とその有効活用のプロセスの一端を述べたものだが、この全社改善活動のしくみと、その中で発信・活用される情報が標準であり、この組織的活動の基本として標準化が存在する。

②以上、ベンチマーキング活動を通じて、「標準化」と情報交換によるパフォーマンス改善の可能性について述べたが、欧州地域における保全規格化推進と情報交換の影響側面について述べてきたが、

前向きに捉えれば、国情の異なる欧州の国々が、「規格あるいは標準」という共通の考えと狙いに基づく、用語、指標、あるいは要件を意識的に管理・統制して、規格あるいは標準を設定し、この取り決めを積極的に活かして情報交換が国の壁を越えて、企業グループ内・企業間で実践され、これによって保全のパフォーマンスの改善を図ることが出来てくる。

標準を設定し、これを活用すべく、欧州の各国々を巻き込んだ組織的な標準化活動は、企業のあらゆる面の効率化改善活動の基本原則として認識を強くした。

参考文献

- 1) 産業資本施設メンテナンスの投資効果、評価手法に関する調査研究 2007 年度
財) 機械振興協会 経済研究所
- 2) 生産システムの環境および設備保全活動の国際標準化報告書 2007 年度
社) 日本機械工業連合会、財) 製造科学技術センター

4. ISO18435 の概要

4. 1 ISO18435 の開発状況

設備診断とメンテナンスの規格である ISO18435 は、MIMOSA の活動をもとに ISO/TC184/SC5 に提案され、2004 年 4 月に NP が承認された。ISO/TC184/SC5/WG7 では、2004 年 6 月に米国ロックウェル オートメーションで開催された第 1 回会議から、本規格案を審議している。

提案当初の ISO18435 の構成は、以下の 3 部構成とされた。

ISO18435-1 Industrial automation system and integration – Diagnostics and maintenance applications – reference integration models and interoperability schemas ; Manufacturing operations and control level

ISO18435-2 Manufacturing operations and management level

ISO18435-3 Enterprise and Manufacturing Operations Management Levels

日本は、本規格のユースケースを担当することとなった。

2004 年 11 月にロスリン/アメリカで開催された ISO/TC184/SC5/WG7 において、日本より水処理プラントのユースケースの説明を行った。その結果有効なケーススタディであるとして、パート 1 の構成の参考とすることとし、アプリケーション領域統合ダイアグラムの修正も行った。

ISO/TC184/SC5/WG7 会議は、蔚山/韓国、フランクフルト/ドイツ、ミルフォード/アメリカ、モンテレイ/メキシコ、東京/日本、デイトナビーチ/アメリカ、ロングビーチ/アメリカ、ウィーン/オーストリア、デイトナビーチ/アメリカ、ルイスビル/アメリカ、ソフィア/フランス、ミルフォード/アメリカで開催されている。

現在の ISO18435 の構成は、以下の 3 部構成とし、引続き内容の審議を行っている。

ISO18435-1 Industrial automation systems and integration — Diagnostics, capability assessment, and maintenance applications integration — Part 1: Overview and general requirements

ISO18435-2 Descriptions and definitions of application domain matrix elements

ISO18435-3 Applications integration description method

日本提案のユースケースは、パート 3 に掲載される予定である。

ISO18435 は、2004 年 4 月に NP が承認されており、ISO のルールでは、それから 48 ヶ月で IS にする必要があるので、2009 年 4 月までにパート 1 は、終わらせなければなら

ない。また、たとえ最初のNPのときにISO18435を複数のパートで構成するとしても、各パートは独立したプロジェクトとして扱われるので、パート2、パート3についてもNP投票が必要となる。パート2、パート3については、現在文案が検討されており、CD案が完成した段階で、CD+NP投票を実施する計画である。

4. 2 ISO18435 パート1の概要

国際標準案 ”Industrial automation systems and integration — Diagnostics, capability assessment, and maintenance applications integration — Part 1: Overview and general requirements” (ISO/DIS 18435-1) は診断、能力評価、保守アプリケーションと、生産、制御、他の製造作業のアプリケーションを統合する際に用いられる統合手法の集合を定義するものである。特にこの国際標準案では下記のようにアプリケーション統合モデルと、相互利用プロファイルに関する共通要求事項について記述している。

- ・ 設備、オートメーションデバイス、ソフトウェアユニットなどの製造アセットに関する診断、能力評価、保守アプリケーション統合のリファレンスアーキテクチャを提供
- ・ 診断、能力評価、保守アプリケーションと他のアプリケーションの統合が可能
- ・ アセットマネージメントライフサイクルを扱う際のシステムビューコンテキストを提供

アプリケーション統合モデルは、診断、能力評価、保守アプリケーションと生産、制御アプリケーションを統合する際に、産業仕様や標準のユーザをガイドすることを想定している。これらの統合モデルでは、企業の機能階層やリソース階層内あるいは異なるレベルでアプリケーションを統合するのに必要なインタフェースを識別し、選択するのを助けるために、要素やルールを定義している。



図 4.2.1 生産システムのライフサイクルにおける ISO18435 のスコープ

想定される国際標準のユーザは、診断、能力評価、制御、生産、保守アプリケーション

を統合する立場の産業オートメーションアプリケーションの開発者、特に、必要なシステムを設計、実装、配備、操作する人である。

この国際標準の主な目的は、製造アセットやリソースが、ライフサイクル図で示すシステムの運転と保守のフェーズをサポートするのに満たすべき相互利用要求事項を記述することである（図 4.2.1）。

図 4.2.2 において、診断と保守の関連アクティビティは、次のようなフレームワークで示される。それは、楕円によって区別されたアクティビティのいくつかの組合せが、保守戦略を製造作業における様々な変化に適応させるために、効果的なメカニズムを提供する。変化とは例えば、生産要求における変化、運転状況や環境における変化、ライフサイクルを通じて製造アセットを継続的に改善するための変化などである。

例えば、第 1 の活動の組み合わせは保守タスク実行の操作上のフェーズを説明している。それは、保守タスク計画、設備点検関係、監視と診断、必要な場合の処理か修理、そしてメンテナンス結果の評価の終了から成っている。これらの活動は、主として通常のメンテナンスタスクを制御することに関係している。

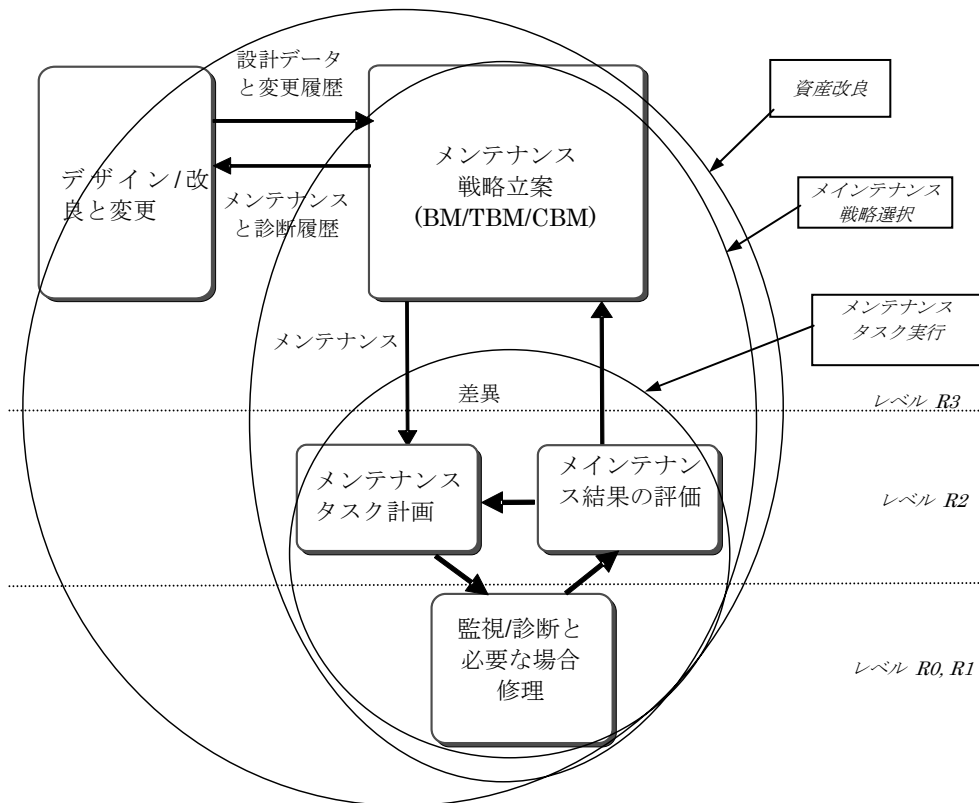


図 4.2.2 製造の資産のメンテナンス管理のためのフレームワーク

第2の活動の組み合わせは、ブレイクダウンメンテナンス（BM）、タイムベースドメンテナンス（TBM）、コンディションベースドメンテナンスなどのオプションを含んだ各資産に適切なメンテナンスを実行するためのアプローチの選択に係わるメンテナンス戦略計画に焦点を合わせている。診断能力査定とメンテナンスの履歴に基づいてメンテナンス戦略を改良できる。

第3の活動の組み合わせは、メンテナンス戦略計画からのインプットによって動かされた製造資産のデザイン改良を含んでいます。この3番目のサイクルは、資産の改良によってメンテナンスコストを最小にしたり、メンテナンスの労力と時間を短縮しようとする。

状態基準保全は先進的な戦略であるとされているが、常に最も費用対効果の高い手法であるとは限らない。マシンやコンポーネントの故障が緊急を要しない場合は、ブレイクダウンメンテナンスの方が望ましい。またマシンやコンポーネントの有用な余寿命が推定できる場合、時間基準保全の方が望ましい。

この国際標準は主に第1のループに焦点を当てており、特に状態基準保全の場合に、保守アプリケーションと他の製造アプリケーションとの統合を扱う。以下は、品質、コスト、出荷の面に関わる統合の問題の例である。

- a) 品質面：保守により保持され、製品品質保証で用いられる製造アセットの状態
- b) コスト面：保守コストと、設備の機能不全による生産ロスとのトレードオフ
- c) 出荷（時間）面：保守スケジュールと生産スケジュールとの調整

この国際標準では、アセットマネージメントを実行するために、様々な診断、保守サブシステムに情報を伝達するプロセス、設備、作業員、材料、他の製造アセットに関する情報を収集するのに用いられる機能とインタフェースを記述するのに IEC62264、ISO15745、ISO13374 のフレームワークが用いられる。情報交換は要求されるインタフェースの使用法を記述するスキーマのセットによって表される。

特に、次のような標準規格において提供される適用可能なコンセプトや定義が参照される：

ISO 15745 – Open system application integration framework

ISO 13374 – Condition monitoring and diagnostics of machines – Data processing, communication, and presentation

IEC 61499 – Function blocks for industrial-process measurement and control systems

IEC 61131 – Programmable Controllers – Requirements, Languages, and User Guidelines

ISO/IEC 62264-1, Enterprise – control system integration Part1: models and terminologies

ISO/IEC 62264-2, Enterprise – control system integration Part 2: Model object attributes

MIMOSA OSA/CBM and OSA/EAI – Open system architecture – Condition-based maintenance and enterprise application integration

製造企業において、適切に統合されたアセットマネジメントシステムは、配備された製造アセットの生産性を改善するために、主要な情報を提供する。理想的には、これらのアセットの効果的でタイムリーなメンテナンスにより、生産システムが要求するサービスを提供することが可能になる。

過去に、多くの産業オートメーション・システムと制御装置によって既に供給されるプロセス、設備、オペレータ、および材料の情報は、製造プロセスで完全に利用されていなかった。今日では、これらのデバイスにおけるデジタル信号処理の利用拡大で、入手可能な情報を製造プロセスの、より近くで、より効果的に分析して、診断、能力査定、コントロール、およびメンテナンスアプリケーションで使用できる。

さらに、これらの情報の中には、製造プロセスにセンサを追加することなく、制御システムに既に存在するインタフェースから引き出せるものもある。このような処理能力の増加には、プロセス、材料、設備の問題を診断する他の分析ツールに対して、うまく定義されたインタフェースを通じて、標準化されたフォームで情報を伝達することが必要である。

他に以下のような利益が得られる：

- a) 以前に定義された診断、保守アプリケーション相互利用プロファイルを参照することによって、エンドユーザはオープンで統合化されたシステムの詳述や購入を促進できる。
- b) システムインテグレータは、この規格に基づく一般的なツールを使用することによって診断とメンテナンス解決策を見いだす時間を短縮できる。
- c) 診断や保守の製品やサービスの供給者は、この標準に基づく一般的なツールを用いることによって、新しい提供物を提供、開発することができる。

d) 重要情報への簡単なアクセスで安全管理のシステムの状態を改良できる。

統合はある機能のプロセス最適化、アプリケーションの容量目標、及び費用、安全、セキュリティ、環境の互換性などのビジネス要件を実現するためにシステムの可能性を広げる。

アプリケーション統合モデルと相互利用スキーマは、必要な状態監視、保全スケジューリング、アセットマネジメントシステムと他の製造アプリケーションとを統合する際に、設備やフィールドデバイスの供給者、システムインテグレータ、アプリケーション設計者に対して、適切な診断や保守コンポーネントにアクセスするために、何らかの手法を提供する。

この国際規格のパートの簡単な説明は、表 4.2.1 で列挙し、図 4.2.3 で示す。

表 4.2.1 - ISO 18435 各パートの説明

パート	記述内容
1	選択されたアプリケーションシナリオに関する、統合アプローチと統合モデル要素、それらの関係の概要と、一般的な要求事項の記述
2	アプリケーションからアプリケーション統合への要件を表すアプリケーションドメインマトリクス要素とアプリケーション間連携マトリクス要素の説明と定義
3	相互運用性プロファイルテンプレートに関するアプリケーション統合記述手法

ISO18435 のこのパートは、要素の概要と製造アプリケーションの統合要件について説明する手法の規則を規定する。重要な特徴の他のアプリケーション及びリレーションシップと製造アプリケーションを統合するとき、要素は重要な特徴を含んでいる。規則は、アプリケーションとアプリケーションの間の相互運用性をサポートするために情報交換に関する事項を含んでいる。

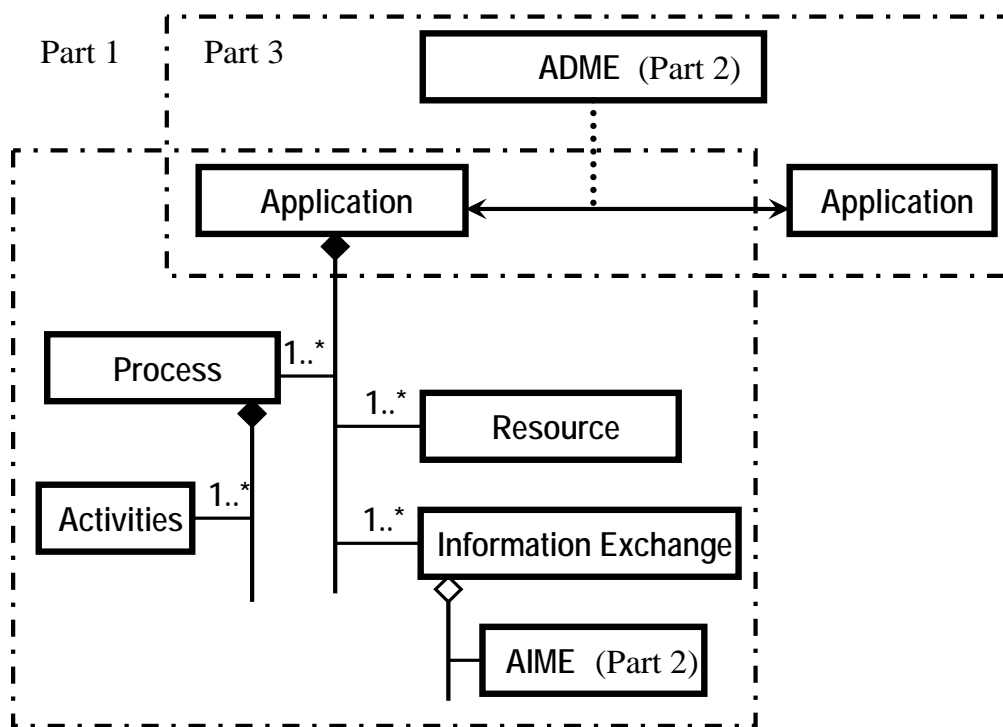


図 4.2.3 この国際標準のパート間の関係

ISO18435-2 は、Application Interaction Matrix Element (AIME)と Application Domain Matrix Element (ADME)の詳細な定義とそれらの関係を規定する。特に、AIMEs の 1 セットから ADME を構成するためのステップが説明される。

ISO18435-3 は、製造業者の中の 2 つ以上の製造ドメインのアプリケーションの間の相互運用性について説明する推奨メソッドと統合要件を定義する。中心は、生産作業とメンテナンスオペレーションドメインにある。

次に、ISO/WD-18435 Part1 の中心的なコンセプトである ADID (Application Domain Integration Diagram : アプリケーション領域統合ダイアグラム) とアプリケーション統合モデルについて説明する。

図 4.2.4 に ADID を示す。図の右端に示されているレベルはアプリケーションが実行される場所を示しており、レベル R0 がアセット（機器や計装設備など管理対象物そのもの）、レベル R1 が作業ユニット（現場の作業単位）、レベル R2 が作業センター（制御室など）、レベル R3 がエリア（工場など）、レベル R4 が企業/サイトとなる。アプリケーション領域は A0.1-A4.2 までの 13 個が定義される。レベル R0 の A0.1 と A0.2 にはリソースそのものが配置され、いわゆる固定資産として扱われ管理対象となる機器、設備、センサ、ソフトウェアなど（A0.2）と、税法上の資産ではない材料、人間など（A0.1）がある。レベル R1 から R3 には、図左側に運転に関連した領域（グループ A）AX.1(X=1,2,3)があり、図右側に保守に関連した領域（グループ C）AX.3(X=1,2,3)が配置される。この 2 つの領域を結ぶものとして中間的な領域（グループ B）AX.2(X=1,2,3)が設定されている。具体的には、運転領域の A1.1 は現場レベルの運転に関連するアクティビティ-制御、入出力、データ取得など、A2.1 は制御室レベルの運転に関連するアクティビティ-監視制御、ヒューマンマシンインタフェースなど、A3.1 は工場、プラント全体レベルの運転に関連するアクティビティ-運転計画立案、運転スケジューリングなどである。保守領域の A1.3 は現場レベ

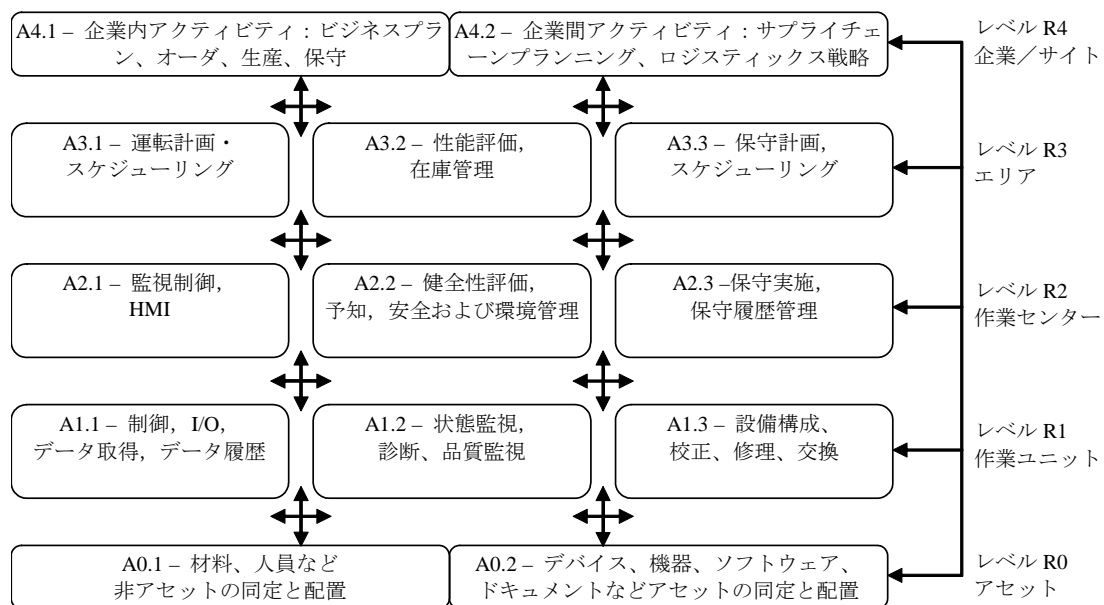


図 4.2.4 アプリケーション領域統合ダイアグラム (ADID)

ルの保守に関連するアクティビティ-設備構成、機器ごとの校正、修理、交換など、A2.3 は作業センターレベルの保守関連のアクティビティ-保守の実施、保守履歴管理など、A3.3 は工場、プラントレベルの保守関連のアクティビティ-保守計画の立案、保守スケジューリングなどがある。中間領域の A1.2 は現場での状態監視、診断、品質監視など、A2.2 は設

備全体の健全性評価、安全および環境管理など、A3.3 は工場、プラント全体レベルでの性能評価、在庫管理などがある。レベル R4 には、企業レベルの活動が該当し、A4.1 は企業内のアクティビティであるビジネスプラン立案、オーダ、生産、保守など、A4.2 は企業をまたがるアクティビティとしてサプライチェーンプランニング、ロジスティックス戦略などがある。このようにアプリケーションが実行される領域をあらかじめ分類することで、領域内に共通な情報や、領域を超えて交換する必要がある情報の見通しを良くすることができる。

アプリケーション領域のアプリケーションインスタンス間の相互作用は、アプリケーション領域マトリクス (Application Domain Matrix : ADM) という形でまとめることができる。ADM は一連の行列要素によって構成され、行列の各要素は2つのアプリケーションインスタンス間の情報交換のセットを表す。行列の各要素は、対応するリソースのインスタンスと情報交換の特徴を表現する。この要素をアプリケーション領域マトリクス要素 (Application Domain Matrix Element : ADME) と呼ぶ。

この国際標準では、アプリケーション領域内およびアプリケーション領域間の複数アプリケーションに関して必要な相互利用インタフェースが ISO 15745 リソースと関連する情報交換に関する相互利用プロファイルとして示される。いくつかのプロセスからなるアプリケーションに関して、相互利用プロファイルは、プロセス内及びプロセス間相互利用に関するインタフェースを含む。プロセス内、プロセス間フローに関する相互利用テンプレートの詳細な定義は、ISO 15745 プロセス相互利用プロファイルをベースとしており、ISO 18435 の他のパートで提供される。

ADID の内部に存在する個々のアプリケーションの構造をモデル化したのが図 4.2.5 である。これは、アプリケーションの統合に必要となる構成要素を UML のクラス図として表現したものである。アプリケーションは、プロセス、リソースから構成される。アプリケーション間の統合とは、アプリケーションのプロセスとリソースの統合として記述されるべきである。個々のプロセス間のトランザクションをサポートするためには、プロセスに使用されるリソースが、他のアプリケーションとやりとりするための適切なインタフェースを備える必要がある。そのため、このインタフェースの部分をリソースとは分離し情報交換のための要素として定義する。この情報交換のための要素が ADME であり、その詳細については Part2 で詳しく述べられる予定である。またプロセス統合のための完全な相互利用インタフェースについては、ISO15745 で述べられている。

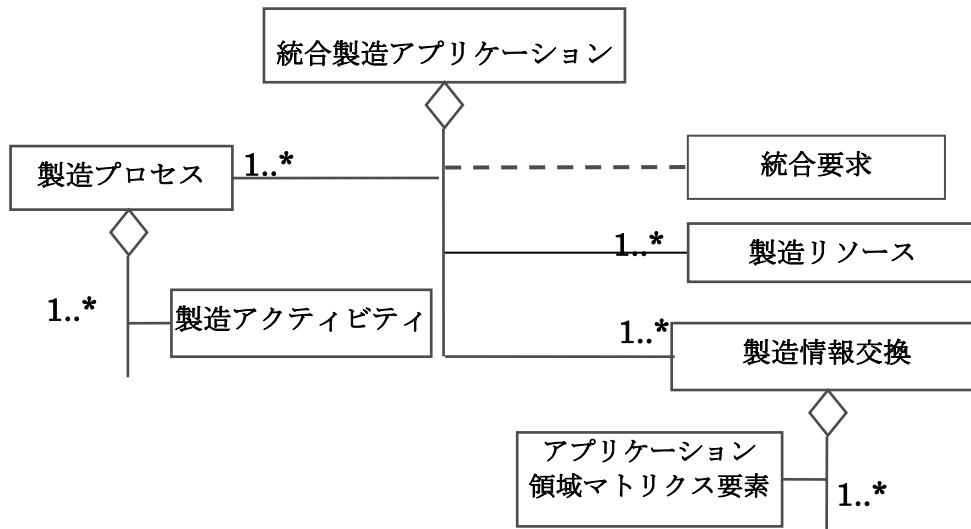


図 4.2.5 アプリケーション統合関係ダイアグラム

アプリケーションの統合すなわち、リソースが相互利用できるとはどういう状態を示すかを以下に定義する。ここではソフトウェアに限定せず、一般的な定義として考える。

次の場合、2つ以上のリソースは相互利用可能であると考えることができる：

- ・タスクを実行するために、いくつかのリソースが情報、材料、エネルギーを伝達、交換でき
- ・やりとりを行うリソース内に実装されるルールやメカニズムなどのインタフェースにより、アイテムが交換でき
- ・リソース同士が、交換されたアイテムの属性を共通に理解できる場合。

リソース間の伝達は、伝達に関連するリソースが持つインタフェースの形と関連がある。プロセス内でリソースを相互利用するためには、プロセスに対してコンパチブルなインタフェースを使用することが要求される。典型的なインタフェースのタイプは、物理的な信号獲得のためのセンサのインタフェース、材料のハンドリングのための機械的インタフェース、オペレータのコマンドや表示のためのヒューマンマシンインタフェース、電源供給のための電氣的インタフェース、デバイスのためのネットワークインタフェースなどである。必要なフローをサポートするために、各インタフェースは、各サービスがあるグレードのある品質のサービスを提供するような必要なサービスのセットをサポートする。

さらに以下のような場合、2つ以上のリソースは、統合されたシステムを形成すると考えられる：

- ・それぞれ異なる構造、振る舞い、境界を持つリソースが、異なる独自の構造、振

る舞い、境界を示すシステムを形成し

- ・個々の役割を実行する統合されたコンポーネントリソースによってではなく、システムによってタスクが達成されると認められ
- ・システムのタスクを実行するのに必要とされる情報、材料、エネルギーを交換するために、コンポーネントのリソースが共同、協調、相互利用できる場合。

コンポーネントリソースの相互利用を可能にするインタフェースは、例えばアイテムの量、質、始点、終点、伝送頻度など交換されるフローの特徴をサポートするように調整される。各フローは含まれるリソース、これらのリソース間で伝送されるアイテム、各伝送の時間に関する属性（例えば、開始、調整、同期、完了）を示す詳細な UML 図としてモデル化される。リソース間の情報フローは、ソフトウェア、ハードウェアインタフェースのセットによって扱われるデータ型、意味、構造、処理シーケンス、交換のタイミングを含む。これらのインタフェース仕様や必要な設定は、情報交換相互利用プロファイルのセットに集約されている。リソースと情報交換に関する相互利用プロファイルの組み合わせは、製造プロセスに関する ISO 15745 相互利用プロファイルを形成する。プロセスにおけるフローのセットは、リソースの振る舞いの組み合わせによって可能になり、情報交換の順序やタイミングによって調整される。より高次のリソースの統合により、例えば、コスト、安全、セキュリティ、環境のコンパチビリティなどのようなアプリケーションやビジネス要求のパフォーマンスや容量目標に従って、システムがプロセスのフローを実現する可能性が増加する。

5. 事例に基づく ISO18435 の有効性評価

5. 1 切断工程

加工物をコンベアにのせて、カッターで 2 つに切断する切断機を事例として作成し、ISO18435 で定義される AIRD(Application Integration Relationship Diagram)と AIME(Application Interaction Matrix Element)に適用して有効性を評価した。

ISO/TC184/SC5/WG7 会議で紹介し、意見交換を行った。

(1) 切断機の例

加工物をコンベアにのせて、設定された位置にてカッターで切断する切断機の例である。

①構成

ベルトコンベア（駆動はモータ利用）、カッター、切断位置に加工物が来ていることを検知するセンサーがある。また、これらの制御にコントローラを用いる。

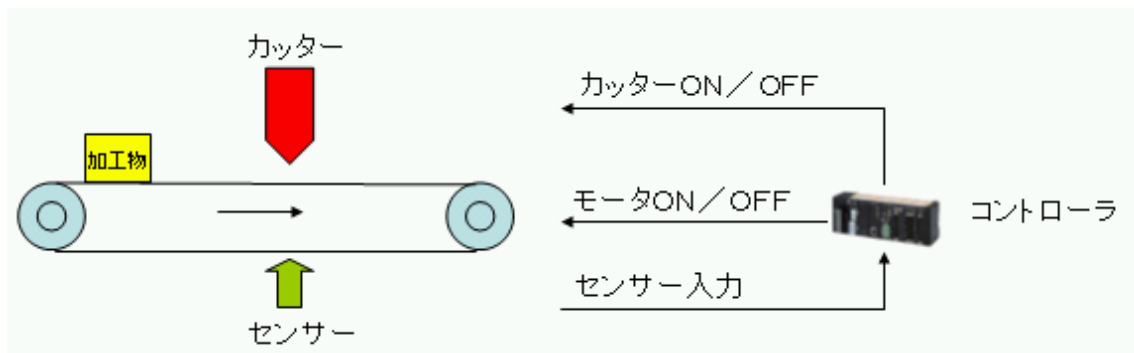


図 5.1.1 切断機の構成

②ISO18435 での表現

AIRD(Application Integration Relationship Diagram)で表現すると図 5.1.2 のようになる。①物をカット位置まで移動、②正常かどうかの判断、③カッターを ON/OFF して切断、④カットされたものを移動して、一連のプロセスを完了する。リソースは「図 5.1.1 切断機の構成」のように、切断位置に加工物が来ていることを検知するセンサー、動作を制御するコントローラ、コンベアを動かすモータがある。

本事例でのアクションとデータを AIRD 及び AIME に展開すると以下の図で表すことができる。情報交換は表 5.1.1 のように、センサーが入手する位置情報と、モータ/コンベアの ON/OFF 情報のみである。

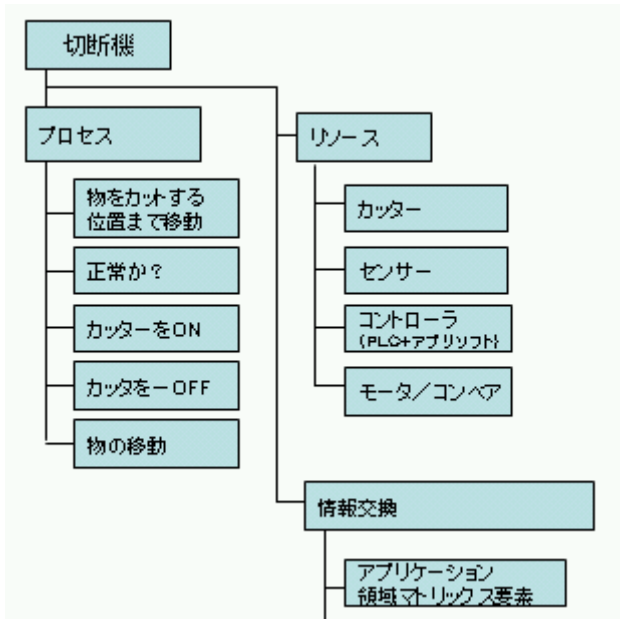


図 5. 1. 2 切断機の AIRD(Application Integration Relationship Diagram)

表 5. 1. 1 切断機の AIME(Application Integration Matrix Element)

A→B		B			
		カッター	センサー	コントローラ	モータ/コンベア
A	カッター	-----	-----	-----	-----
	センサー	-----	-----	位置	-----
	コントローラ	ON/OFF	-----	-----	ON/OFF
	モータ/コンベア	-----	-----	-----	-----

(2) 複雑な切断機の例

さらに複雑な装置として、上記の事例に切断の工程後に検査のアプリケーションを追加した。加工物をコンベアにのせて、カッターで2つに切断する切断機の例である。

①構成

ベルトコンベア、カッター、切断位置に加工物が来ていることを検知するセンサーがある。ベルトコンベアを切断と検査に分割した。

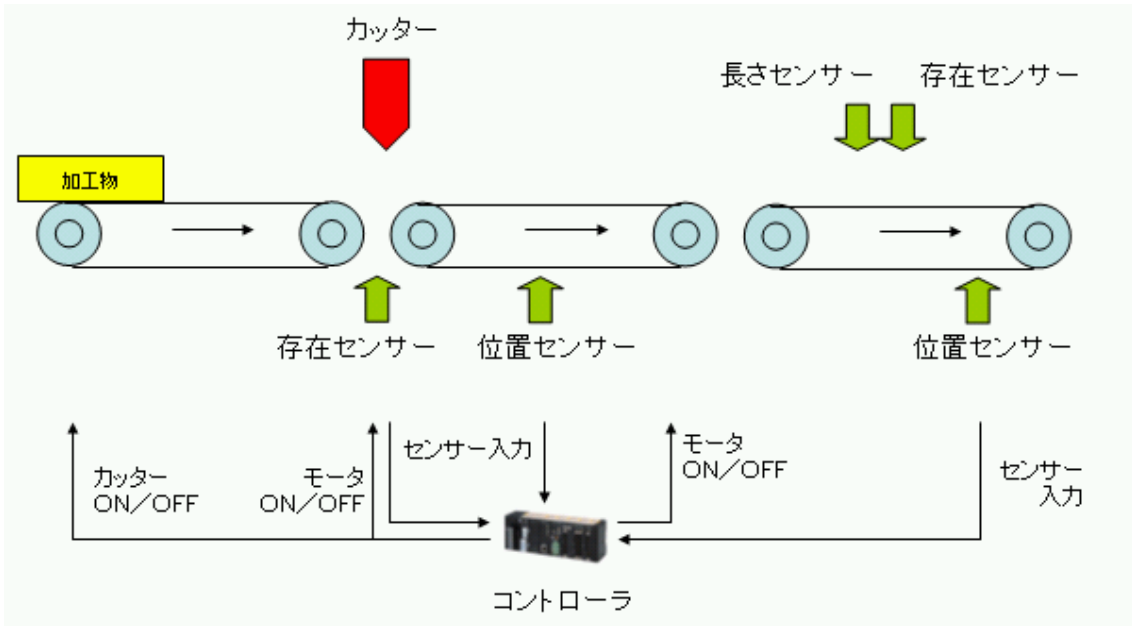


図 5.1.3 複雑な切断機の構成

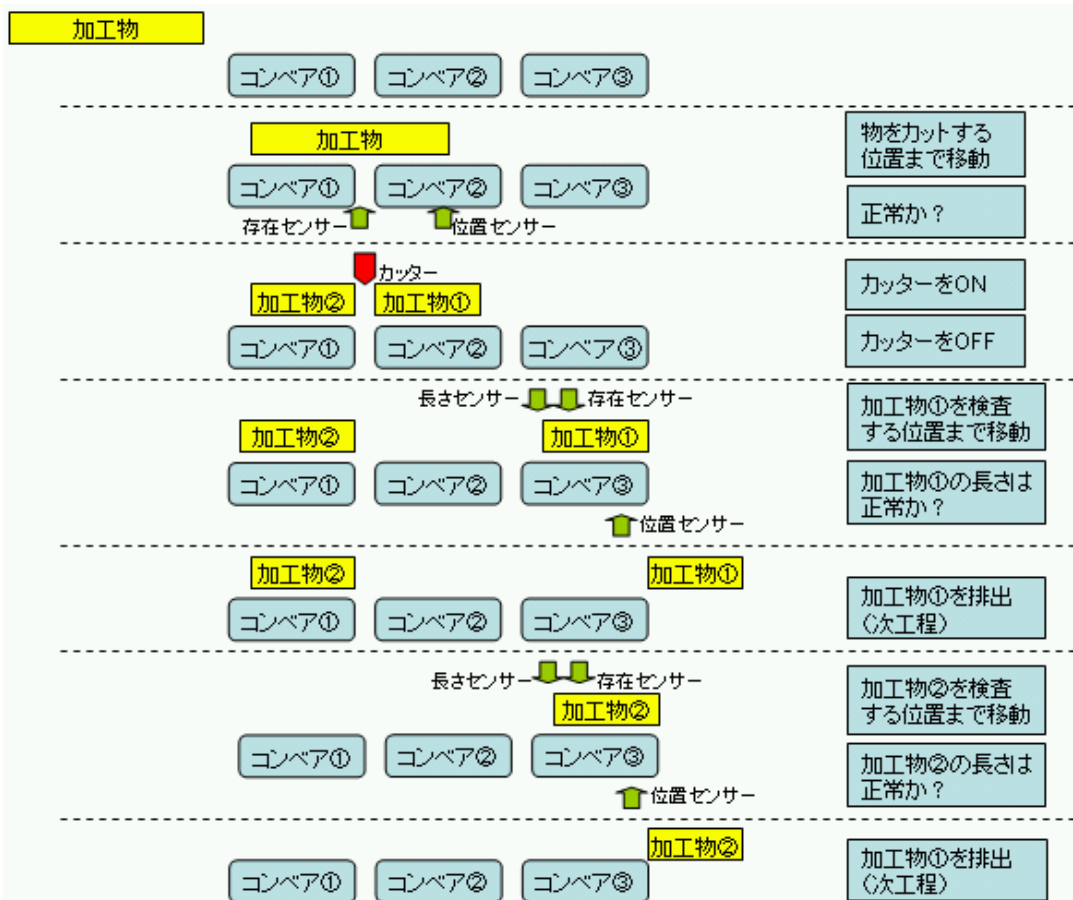


図 5.1.4 タイムチャート

②ISO18435 での表現

AIRD(Application Integration Relationship Diagram)で表現すると図 5.1.5 のようになる。基本動作は、単純な切断機と同じだが、切断と検査のアプリケーションを分けたためにプロセス、リソースともに、単純な切断機よりは複雑になっている。

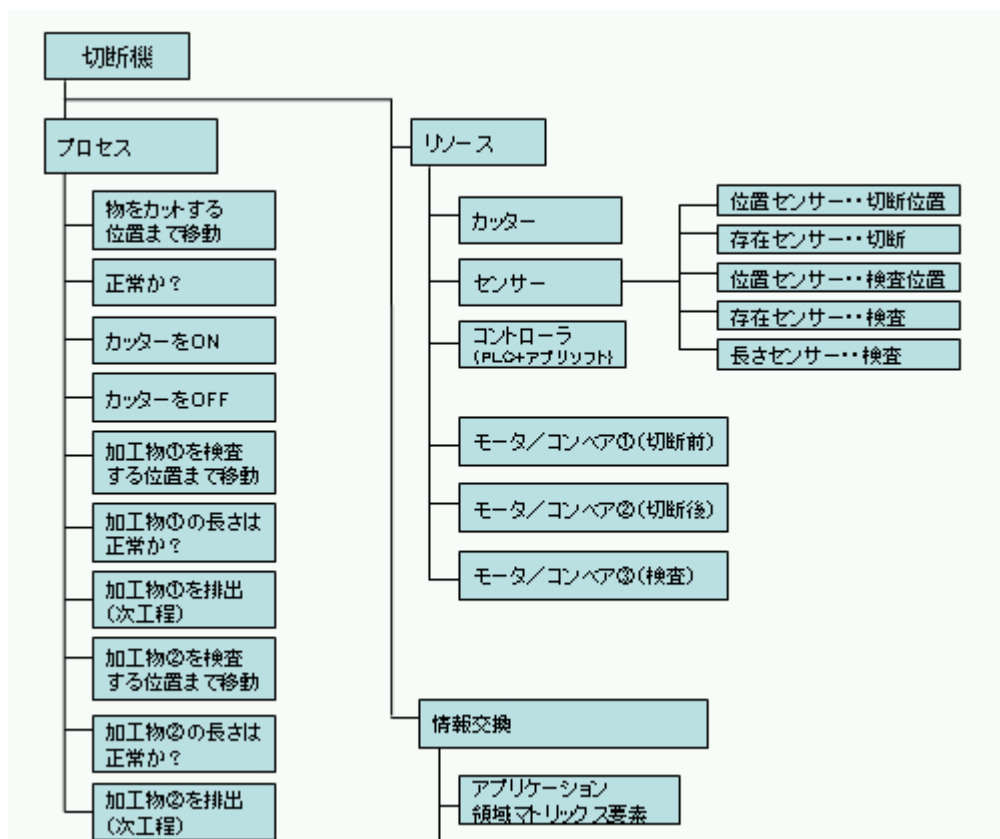


図 5.1.5 複雑な切断機の AIRD(Application Integration Relationship Diagram)

表 5.1.2 複雑な切断機の AIME(Application Integration Matrix Element)

A→B		B									
		カッター	センサー					コントローラ	モータ/コンベア		
			切断位置	存在切断	検査位置	存在検査	長さ検査		①切断前	②切断後	③検査
A	カッター	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	位置センサー・切断位置	-----	-----	-----	-----	-----	位置	-----	-----	-----	
	存在センサー・切断	-----	-----	-----	-----	-----	存在	-----	-----	-----	
	位置センサー・検査位置	-----	-----	-----	-----	-----	位置	-----	-----	-----	
	存在センサー・検査	-----	-----	-----	-----	-----	存在	-----	-----	-----	
	長さセンサー・検査	-----	-----	-----	-----	-----	長さ	-----	-----	-----	
	コントローラ	ON/ OFF	-----	-----	-----	-----	-----	ON/ OFF	ON/ OFF	ON/ OFF	
	モータ/コンベア①(切断前)	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
	モータ/コンベア②(切断後)	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
	モータ/コンベア③(検査)	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	

(3) 考察

①ISO/TC184/SC5/WG7 会議でのコメント

ISO/TC184/SC5/WG7 会議(9/17-19)で事例研究として紹介し、意見交換した。保守機能を追加すべき等のコメントを得た。

- a. 監視や保守機能を足してみると面白い。切断の回数を数えて刃の交換を TBM (Time Based Maintenance 時間基準保全) で行う場合や、切断力をモニタして CBM(Condition Based Maintenance 状態改善保全)を行う場合を入れてみると良い。
- b. AIME はリソース関係を示しているが、アプリケーションに関係するリソースは多数になる可能性があり、それらの全てのインターフェースを網羅するのは大変である。リソースをまとめて扱う方法があると良い。

②今後の発展のための検討結果

本委員会でレビューした結果、今後、故障について改善すべきという結論であった。

- a. 異常があったら、どうなるかを考えたらよい。
 - ・作業者を呼ぶ。
 - ・「保守が必要」という情報を伝える。
 - ・「再開」させる。

- b. 確実に切断できたかのセンサーが必要である。
- c. 加工物は流れていく。並行処理する部分に工夫が必要である。
 - ・シーケンシャルな処理を並列処理する部分の表現方法を改良する必要がある。
 - ・タイムチャートにダイナミックに動くものは書きにくい。
- d. カッターそのものの診断センサーを追加すると良い。
 - ・カッターの周りにセンサーが増える。
 - ・加工機（カッター）そのものセンサーと、ライン（ベルトコンベア）のセンサーがある。
- e. ベルトが滑って、走行総距離が短くなり、結果、生産数量が少なくなるというケースも考えられる。

③保守という観点

- a. 不良品を出さない。
 - ・長さセンサーを設備センサー情報に置き換えることが出来る。
 - ・適当なシナリオを入れれば、全体マトリックスを作ることが出来る。
- b. 不良品が出れば
 - ・制御と設備の劣化/不良の問題を検討する。
 - ・生産性に影響する。
 - ・保全性の要素を追加し、設備保全を行う。
- c. センシング情報を蓄積して、設備診断に使う。二次情報として品質情報として使う。
 - ・シナリオを想定して情報を作る。例えば、カッターが欠けるというものがある。
 - ・長さセンサーをアナログセンサーにする。カッターの切り具合をセンサー、モータ電流を測る。劣化情報を取るようにしてみるとよい。
- d. 設備メンテナンスのために、品質関係の情報を設備保全に出すことはある。品質情報は、運転用とメンテナンス用と両方に使用する。
- e. カッターの切れ味をモーターセンサーでセンシングするとか、長さセンサーをアナログにすることで、メンテ情報に使える。
- f. 自動車製造ラインのアプリケーションへの適用
 - ・自動車ではエラーが出れば、止めるように作らなければならない。
 - ・自動車生産ラインの場合は不良品を出さないための情報も必要になる。
 例えば、位置センサーの位置精度がある。

④AIME

- a. リソースをどれくらいのレベルで描くかによって書きやすさが変わる。
- ・ 情報のやり取りを記述したい。
 - ・ 細かくしすぎるとダイナミックになりすぎる。
 - ・ AIME で空欄が多いと、細かすぎるかもしれない。

(4) まとめ

インテグレーションのために AIME 情報を使用することがよいことがわかった。

この事例研究により、AIME のメリットがあることがわかった。

- ・ インターフェースが明確になる。漏れ、抜けはなくなる。
- ・ 考え方を一律にできる。
- ・ 違う階層の動作を理解しやすくなる。
- ・ 運転期間中の長期にわたるときに、プレイア(設計、操作、エンジニア、保全)間のわかりやすい表現方法となりうる。
- ・ 但し、種々のデータの記述の詳細さについては、アプリケーションごとまたは、設備ごとの検討が必要である。

今後は事例研究の中でわかってきた検討点を用いて事例を充実させて ISO 規格の完成度向上に貢献していきたい。

5. 2 水処理プラント

ISO18435 で提案されている Application Domain Integration Diagram (ADID)、Application Integration Relationship Diagram (AIRD)とこれらに基づく AIME、ADME を用いて実際のプラント保全タスクの記述が行えるかどうかの検討を行った。

水処理プラントの運転保全タスクを ADID で記述すると図 5.2.1 のようになる。レベル 0 は、アセットとして A0.1 材料、作業員、A0.2 デバイス、機器などが該当する。レベル R1 の作業ユニットとしては、プラント現場が該当し、A1.1 制御、I/O、データ収集、A1.2 状態監視、A1.3 アセットの調整などのアクティビティがある。レベル R2 の作業センターとしては、制御室などが該当し、アクティビティとして A2.1 監視制御、HMI、A2.2 健全性評価、A2.3 維持管理などがある。レベル R3 はプラント全体が該当し、アクティビティとして A3.1 運転計画、A3.2 設備の可用性評価、A3.3 維持管理計画などがあり、最上位レベル 4 の企業レベルでは A4.1 需要予測、A4.2 設備維持管理指針などが該当する。

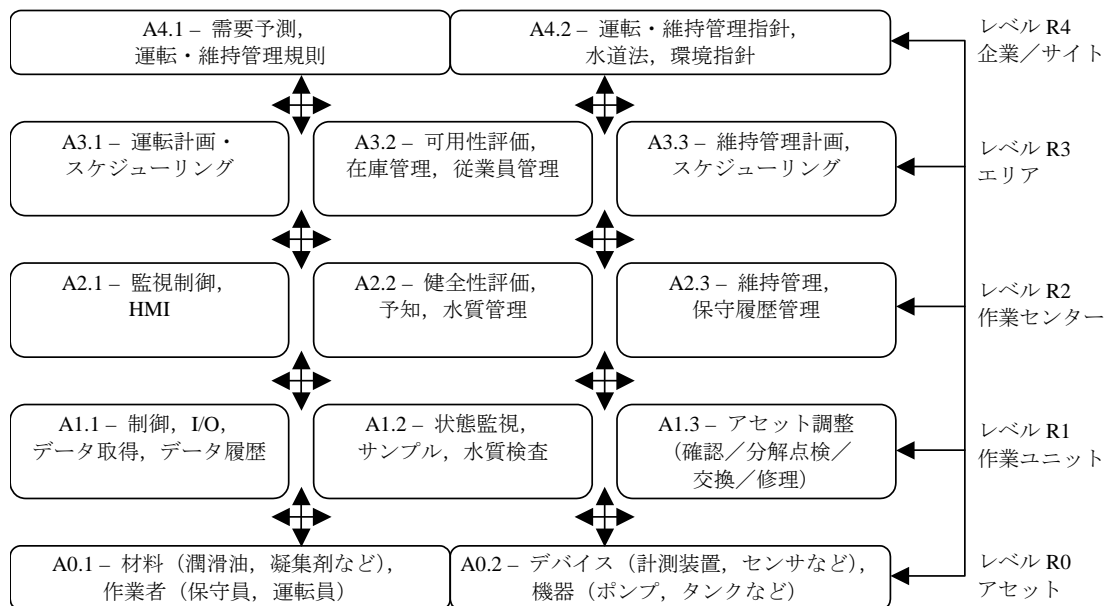


図 5.2.1 水処理プラントにおける ADID

水処理プラントの運転保全戦略としては、時間基準保守 (Time Based Maintenance : TBM)、状態基準保守 (Condition Based Maintenance : CBM)、状態基準運転 (Condition Based Operation : CBO) などがあるが、ここでは代表的な CBM を例に説明する。

(1) プラント保全 (CBM) の例

CBM は、アセットの状態により予防的に保守を実行すべきかどうか、いつ実行すべき

か、実行すべき保守の種類を決定するという維持管理方策である。保守の対象機器として送水ポンプを想定する。オンサイト作業員は1日に3回巡回点検を実施する。作業員はポンプの振動、騒音、温度計を確認し、摩耗測定器を監視する。異常値や異常な振る舞いが示されると、羽根車の摩耗が疑われる。オンサイト作業員が望ましくないポンプ状態を検知すると、作業員/技術者は状態監視や分解点検による異常の程度により健全度を診断し、余寿命を予測する。維持管理部門は、全体コストを最小化し、安全性を最大化するために可用性評価に基づいて、羽根車/ポンプを調整/交換すべきかどうかを決定する。羽根車/ポンプを交換すべきであれば、リソースの可用性（スペア部品の在庫、資格のある保守員のスケジュール）を調べ、需要予測、余寿命、スケジュール更新による給水への影響を考慮して、維持管理計画及びスケジュールを更新する。羽根車/ポンプの交換時期になれば、割り当てられた保守員が交換し、保守履歴を更新し、維持管理レポートを出力する。

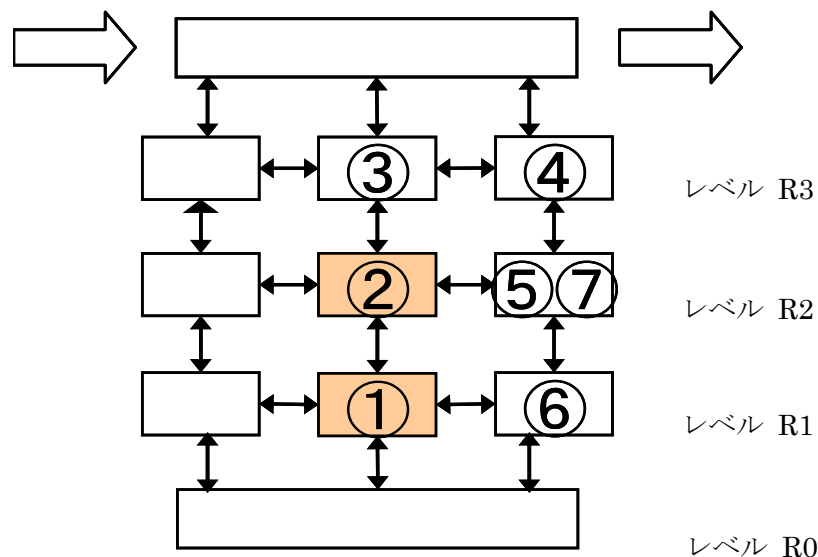


図 5.2.2 CBM アクティビティの ADID との対応

以上のアクティビティを ADID 上に対応づけたものが図 5.2.2 である。

- ① 現場の作業員による巡回点検（3回/日）あるいは、振動計の監視(A1.2)
- ② ポンプ振動の周波数解析等に基づく、ポンプ状態診断、余寿命予測(A2.2)
- ③ 余寿命予測により交換が必要であると判断された場合、部品在庫および作業員の作業計画の検索(A3.2)
- ④ 交換時期に関する計画の立案(A.3.3)
- ⑤ 交換時期になれば、交換の実施指示(A2.3)
- ⑥ ポンプ部品の交換実施(A1.3)

⑦ 交換の実施記録を保全履歴に入力，帳票の出力(A2.3)

これらのアクティビティのうち、アプリケーション間の情報のやりとりについて検討するため、①、②をさらにシステムイメージで詳細化する。

レベル R0 のアクティビティ①の現場作業員による巡回点検、軸振動の監視を支援、実行するシステムとしては、デスクトップ PC と携帯用端末 (PDA) から構成される巡回点検記録管理システムが想定できる。巡回点検記録管理システムの構成要素を AIRD で記述したものが図 5.2.3 である。アプリケーション「巡回点検記録管理システム」は、リソースとして計算機システム、作業員から構成され、計算機システムはさらに PC、PDA から構成、作業員としては保守員、現場パトロール員などがある。システムのプロセスとしては、点検項目の選定、PDA のデータダウンロード (DL)、現場での点検データ収集、PC へのデータアップロード (UL)、点検データの管理などがある。このアプリケーションでの情報交換の対象となるものとしては、点検項目データ、点検結果データ、機器点検データ (生データ、統計処理後の加工データ)、機器診断結果などがある。

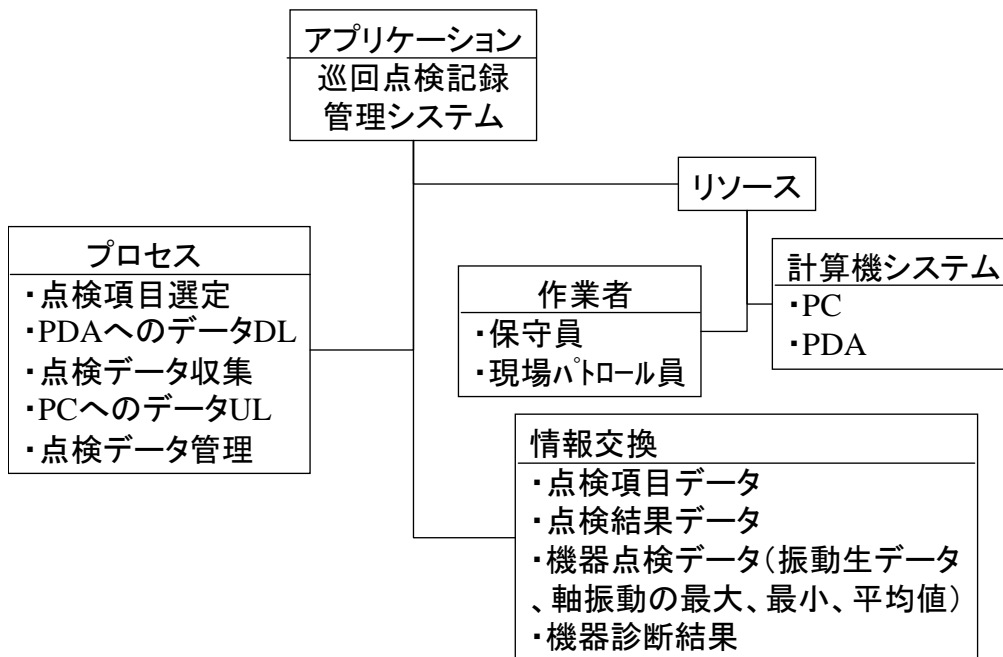


図 5.2.3 巡回点検システムの AIRD 記述

レベル R1 のアクティビティ②のポンプ振動の周波数解析等に基づく、ポンプ状態の診断、ポンプの余寿命予測を実行するシステムとしては、機器保全管理システムが想定できる。アプリケーション「機器保全管理システム」は、リソースとして計算機システム：PC、作業員：保守員から構成される。システムのプロセスとしては、振動の周波数解析などに基づく回転機の診断、モータ絶縁診断などを実行する。このアプリケーションでの情報交換対象となるものとしては、機器点検データ（振動の生データ、軸振動の最大、最小、平均値）、オンライン監視データ（電気特性データ）、機器ごとの個別診断結果などがある。これらを AIRD として記述したものを図 5.2.4 に示す。

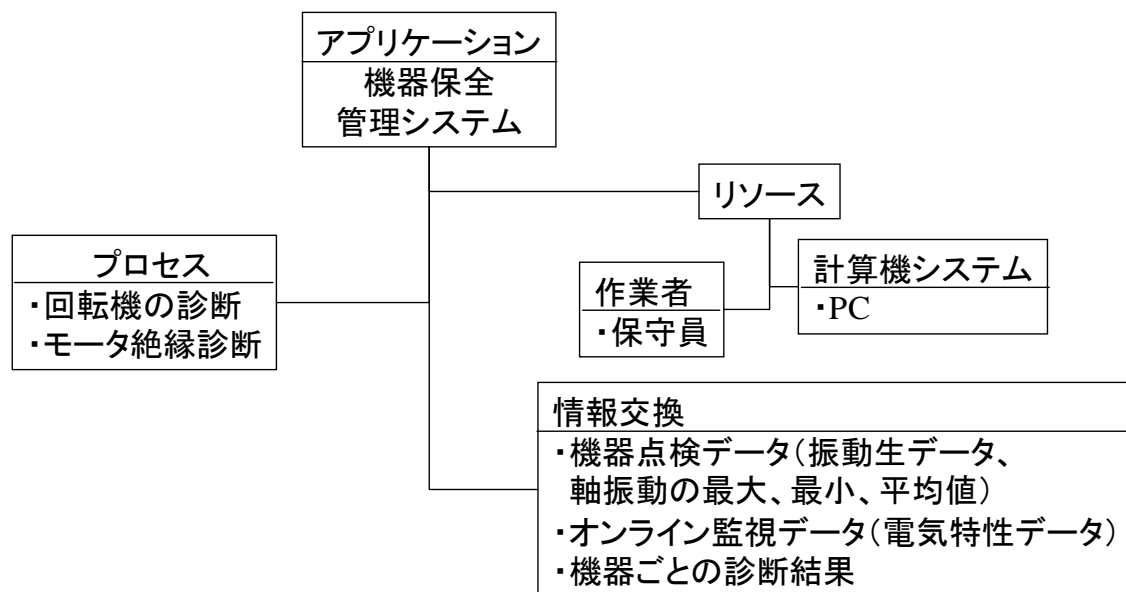


図 5.2.4 機器保全システムの AIRD 記述

これまでに説明した二つの異なったドメインに属するアプリケーション間での情報交換を考える。巡回点検システムを Application X、機器保全システムを Application Y と記述する。Application X には図 5.2.3 に示したように二つの計算機リソース (Resource X.1=PC、Resource X.2=PDA) がある。また Application Y には図 5.2.4 に示したように一つの計算機リソース (Resource Y.1=PC) がある。これらのリソース間での情報交換を図 5.2.5 に示す。Application X の 2 つのリソース間では情報交換が行われる。まず PC から PDA に点検すべき機器、機器ごとの点検項目データが送られる [AIME(X.1,X.2)]。また PDA から PC に点検結果データが送信される [AIME(X.2,X.1)]。また、Application X,Y の間では、まず Resource X.1 から Resource Y.1 へ現場で収集した機器の点検データが送信される [AIME(X.1,Y.1)]。また Application Y からは機器の診断結果が Application X へ送信され

る[AIME(Y.1,X.1)]。

このようにアプリケーション間の情報のやりとりをマトリックス形式で表現することで複数のアプリケーションから構成されるソフトウェア全体を非常に把握しやすくなる。

		Application X (巡回点検記録管理システム)		Application Y (機器保全管理システム)
		Resource X.1 (PC)	Resource X.2 (PDA)	Resource Y.1 (PC)
Application X (巡回点検記録管理システム)	Resource X.1 (PC)		AIME(X.1,X.2) ・点検項目データ (対象機器、機器ごとの点検項目)	AIME(X.1,Y.1) ・機器点検データ(振動生データ,軸振動の最大、最小、平均値)
	Resource X.2 (PDA)	AIME(X.2,X.1) ・点検結果データ(機器ごと、目視点検、異音有無、振動計測データ)		
Application Y (機器保全管理システム)	Resource Y.1 (PC)	AIME(Y.1,X.1) ・診断結果データ		

図 5.2.5 AIME と ADME の例

(2) まとめ

ISO18435 で提案されているアプリケーション統合のための情報モデル記述について、水処理プラントの保全システムの一部を例に有効性評価を行った。ADID に対応づけることで個別のアクティビティの関連が見通し良く把握できる。AIRD で個別のアプリケーションを記述することで、アプリケーションの構造、動きを把握することができる。さらに AIME で各アプリケーションのリソース間インタラクションを詳細に記述することでやりとりする情報の流れを明確にすることができる。

ISO18435 で提案されている情報モデルによりシステムを記述する場合、どのシステムを独立したアプリケーション、リソースとして見るかは複数の解釈が可能である。複数のドメイン間での統合を考える場合には、システム記述の粒度を揃える必要があり、この点は今後継続して検討すべきと考える。また、AIME を用いたインタラクションの記述にはインタラクションの順序などは記述されないため、システム全体の動きをより正確に把握するためには UML のシーケンスダイアグラムなどとの併用が必要になる。

5.3 ソフトウェアメンテナンスのケース分類

5.3.1 日本と欧米のメンテナンス

日本と欧米ではメンテナンスに対する考え方に少なからず相違点が存在する。この相違点が今後議論を進める中で重要となるため、ここでまとめておく。以下の内容は、実際にプラント等工場用の計装機器を扱う企業3社からのヒアリングを基にしたものである。

歴史的な背景として、幾度となく欧米で画期的な技術が生み出され、それまでの常識を覆した新たな製造業の形を築いてきたことは否めない。日本は欧米で開発された画期的な技術を応用することで今日までの発展を見せてきたといえる。そのせいか、「設備更新」という行為に対する考え方そのものが異なるようである。欧米が「古くなったものは、画期的なアイデアにより新たな技術で作り変える」といういわば「金持ち型」の意識であるのに対し、日本は「既存の設備を調整して使い続ける」という「貧乏型」の意識が強い。この根本的な意識の相違から、メンテナンスに対する認識も異なるようである。

日本では、故障や事故というものに対して必ずといってよいほど「ゼロ」を目標とする。「ゼロ」という数字の実現に対しては論理的裏付のような背景はなくとも、全ての故障や事故は起きないようあるべきだという考え方のもと、理想的な目標を追い求める傾向にあるといえる。「ゼロ」という大目標を立てるものの、論理的、体系的な裏付は存在しないため、その手段は圧倒的に人手に頼ることが多い。やるだけやったらあとは「神頼み」という考え方が強く、KKD（経験と勘と度胸）という言葉が存在するほどに、その場の保守、作業員の技能に掛かっているといえる。このせいか、日本の生産システムにおいては、「生産技術者」「保守員」「作業員」と呼ばれるような現場に近いレベルの人間が強い意思決定権と責任を持っており、非常に特徴的な部分となっている。これは、現在注目されているトヨタ改善方式に見られるような現場主体の「ムダの徹底的排除」を実現させ、今日の日本の優れた生産システムの在り方を支えている根本であるといえる。その一方で、有能なメンテナンス技術者が一斉にいなくなる状況を迎えたときに、その知識、技術体系を残すことができるのかという問題を抱えているともいえる。

これに対して、欧米では基本的に「事故は起きるもの」として考える姿勢が強く、事故発生率等のリスク管理が重点的に行われている。事故時、問題発生時における補償の額が日本に比べて非常に膨大であり、大抵製造側の企業は保険に入っている場合が多い。保険会社にしてみれば、支払いリスクを明確に判断した上で契約を行う必要があるため、より明確で定量的な判断基準が必要であるといえる。そのため、技術知識のない保険会社でも有効な判断材料として利用できるように、安全性評価のための一般的基準、標準を求める傾向にある。例えば IS061508 においては、自動車等の組み立てにおいて、制御系とセー

フティ系を共存させることのないように定められている。またコネクタ等のケーブルの色分け等の標準化も進んでいる。よってより体系的、論理的にメンテナンスというものに向き合っているといえる。しかし、日本のように現場の人間主体に行動を起こすことは少なく、現場の人間は上からの指示として与えられた仕事のみを行い、現場の判断で行動をとるようなことはしない。そのため、日本のようなボトムアップでムダを排除するような生産の効率化を図ることは難しい。また、既に述べたような根本的な設備更新に対する考え方から、既存のものを長く使い続けられるように調整することはしない。これまでの日本、欧米の設備メンテナンスに対する考え方の相違をまとめると次の表 5.3.1.1 のようになる。

表 5.3.1.1 日本と欧米における設備メンテナンスの特徴

	設備に対する考え方	故障、事故の考え方	手段	流れ	責任	現場の行動	メンテナンスのフレームワーク
日本	既存設備を調整して長く使用する。	論理的背景はない。「ゼロ」が理想。「起きないだろう」の神頼み。	人手に頼る。KKD(コツ、勘、度胸)の精神。	現場からのBottom UP型が多い。	現場がとることが多い。	能動的で現場が発言権等の力を持っている。	1st ~ 3rd Loop 広義メンテナンス
欧米	画期的アイデアにより新たな技術でつくりかえる。	故障、事故は「必ず起きるもの」である。	論理的背景をもとにリスク評価。	経営層からのTop Down型が多い。	管理職がとることが多い。	受動的で現場は上からの指示通り動くのみ。	1st, 2nd loopのみ。狭義メンテナンス

ここにおける、日本の生産システムにおけるリスクマネジメントの弱さは、今日のサプライチェーンマネジメントに代表される効率向上技術が発達した結果、生産活動と顧客の結びつきが強くなって、生産活動における障害が生活の利便性や安全に即影響するようになってきており、今後の大きな問題点として浮き彫りになってきている。しかも、近年の製造業の競争激化により、生産システムの効率化を極限まで推し進める結果、システム内に余裕がなくなってきたといえる。そのため、一旦問題が発生すると、その影響が速い速度で波及する恐れがある。また、生産のグローバル化により、生産拠点が世界中に広がることで、リスク要因が多様化するとともに、影響範囲も拡大している。このような問題に対応するためにも、日本的な生産システムは欧米のようなリスクマネジメントの導入が必要であると考えられる。

また、同様に欧米型の生産システムにおいても、近年の環境問題への注目が高まる中で、

その在り方を見直すべき段階であると言える。

従来の製造プロセスにおいては、Q(Quality)、C(Cost)、D(Delivery)の観点から、徹底的なロスの削減を行ってきたが、今後はこれに、E(Environment)の観点を加える必要がある。近年多くの工場においてゼロエミッションの取り組みが行われており、特にリサイクルの促進や廃棄物削減が進められているが、従来から行われている改善活動によるロスの削減も、多くの場合環境面での改善につながると考えられる。また、適切なメンテナンスによる機能維持と物理寿命の延長も重要である。さらに、ユーザニーズの向上に伴う機能アップグレードもモノの機能寿命を延ばし、環境効率を改善する効果的な方策であるといえる。

以下に生産現場情報化ハンドブックより、日本と世界における設備保全管理システムの考え方の違いを載せる。

日本と世界（特に欧米）では、設備保全作業に関する業務のやり方が異なっていることから、日本で開発された設備保全管理システムパッケージと欧米の設備保全管理システムパッケージとは、そのシステムの設計思想が大きく異なっている。一言で言うと、日本のシステムは設備を中心としたデータ構造となっており、欧米のシステムは作業を中心とした構造となっている。イメージで表すと図 5.3.1.1 のようになる。

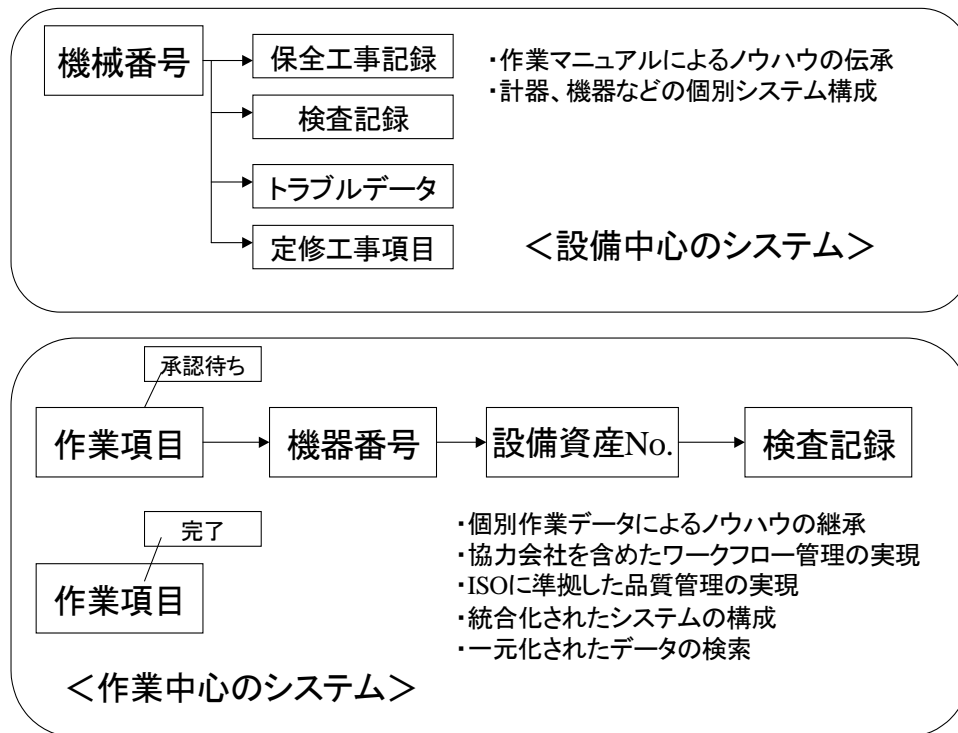


図 5.3.1.1 設備中心のシステムと作業中心のシステム

日本の設備保全担当者は、設備に対してすべての情報を見るという視点で、設備保全業務を実施しているため、設備に対してどのような保全履歴があるとか、検査履歴があるとか、設計仕様はどうなっているという面からアクセスしやすいようなシステム構造となっている。しかしながら、欧米においては、監督者から見て作業者に対する的確な指示を行うという面からシステムを設計しているため、作業を中心としたシステム構造となっている。作業をどの設備に対して実施するという見方になる。その作業を進めた結果としての保全履歴であり、検査履歴となる。

(1) 日本における設備保全管理システムの考え方

：設備に対する保全履歴、検査履歴、更新履歴、改造履歴、事故履歴などの情報を管理するという考え方でデータベース構造が設計されている。熟練者を育てていくということにより、設備保全を実施していくことが最適であるとの認識をもって設計されている。熟練者が多くいる場合には、もっとも効果的な設備保全方法であるが、近年の要員の削減および熟練者の減少という状況にある日本で、従来の設備保全方法が今後も最適であるかどうか、検討すべき余地がある。

また、特に損傷、安全性評価技術の確立を目指したシステム化が進んでおり、高度な診断技術が販売されている。

(2) 欧米における設備保全管理システムの考え方

：欧米では、必ずしも熟練者がいるとは限らず、また要員が代わっていくという社会条件から、設備保全管理システムに求められるもっとも重要な機能は、誰でも正確な作業内容を的確に指示できるという機能である。このため、作業指示を中心としたシステムが設計され、発展してきた。

このように、生産システムのメンテナンスを考える上では、国ごとに異なる生産システムに対する考え方、特性を考慮する必要があるといえる。

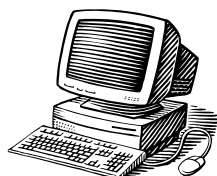
5.3.2 ソフトウェアメンテナンスのケース分類

最初に考えなければならないのが、メンテナンス対象としてのソフトウェアとハードウェアという問題である。近年の生産システムにおいては大規模な情報管理システムが導入されることによって大きな成果を生んできたといえ、それだけに生産現場においては多くのソフトウェアが動作している。そしてそれらソフトウェア上で処理した情報をネットワークで結び分析、管理するのもまたソフトウェアである。つまり今後の「生産システム」のメンテナンスを考える上では、「部品交換」など、これまで一般的に考えられてきた物理

的な「ハードウェア」に対するメンテナンスのみならず、この「ソフトウェア」に対するメンテナンスも大きなポジションを担っているといえる。

そこで、まずソフトウェアという対象の特徴について考えてみる。以下は、実際のソフトウェアのメンテナンスの実情についてプラントの電装系の機器を扱う企業2社（ディスクリット系プラント設備を主とするA社とプロセス系プラント設備を主とするB社）に行ったヒアリングの結果を含め述べる。

生産システムというものを考える上でのソフトウェアは大きく次の図5.3.2.1に示すような、①制御用PC(Personnel Computer)、制御用PLC(Programmable Logic Controller)のソフトウェア、②実際の機器に組み込まれている組込みソフトウェアとの2種類に分類できる。



①制御用PC、PLCのソフトウェア



②実際の機器に組み込まれている組込みソフトウェア

図 5.3.2.1 生産システムにおけるソフトウェアの分類

一般的にはソフトウェアというと①のようにアーキテクチャに分類でき、OS上で動作するものを指すことが多いが、近年では機器内に組み込まれ動作する②のような組込みソフトウェアと呼ばれるソフトウェアが大きな市場となっており、経済産業省「2005年版組込みソフトウェア産業実態調査報告書」によれば、現在日本における組込みソフトウェア技術者数は17万5000人にもものぼっている。

両者の違いとしては、①のほうが比較的体系化、標準化が進んでおり、表5.3.2.1に示すようなソフトウェアに対する基本的なアーキテクチャが成り立つ。それに対し、②のほうの組込みソフトウェアにおいては、あまり体系化、標準化が進んでおらず、近年の要求機能の増加に対してその開発速度、品質が大きな課題となっている。

表 5.3.2.1 ソフトウェアの基本的なアーキテクチャ

Level 3	プロセス制御用パラメータなど
Level 2	基本アプリケーションやデータベースシステム
Level 1	OS・ドライバ・インタフェース機能
Level 0	ハードウェア

そのため、②のような組込みソフトウェアにおいても今後アーキテクチャ化が進むと考えられ、今後①②の差はなくなってくると予想される。そのため本研究では現状の差異はあるものの基本的には①②を含めてソフトウェアとして扱うこととする。

次に、ソフトウェアとハードウェアのメンテナンスにおける違いであるが、最も大きな相違は、ソフトウェアは劣化しないのに対し、ハードウェアは劣化をするという点である。それによって定期メンテナンスが存在するかないかという相違が生まれる。

表 5.3.2.2 ソフトウェアとハードウェアのメンテナンスの大きな違い

ソフトウェア	劣化しない。陳腐化するのみ。 ⇒定期メンテナンスはない。
ハードウェア	劣化する。計測精度が落ちる。 ⇒定期メンテナンスが存在する。

この他に、以下のような特徴があるものの、基本的にはソフトウェアのメンテナンスはハードウェアのメンテナンスと同様に扱えるのではないかとのコメントを2社からきくことが出来た。

- ・開発環境：ハードウェアの開発に比べ、ソフトウェアの開発においては開発環境の変化が大きく、メンテナンス時に当時の開発環境が残されていないことが多い。
- ・作成者：プロジェクトごとに多くのシステムエンジニアが取り組むため、プログラムを書いた人が分からなくなることが多い。
- ・言語の変化：PLC はラダー言語が用いられることが多く、これに関してはメーカー側も7年保障対象としているほど頻繁な技術更新は少なく、その分バグも十分にとられており、エラーが少なく安心である。これに対して、PC では用いる言語の変化が早いため、保障期間も短い。またOSの変化も激しく、バグがあ

って当たり前のスタンスであり、信頼性を求められる生産現場では使用が怖い。しかし、操作監視パネルのような利用者の利便性を重視する場合は、windows上で動作させるものが非常に多くなってきている。

上記のような理由からソフトウェアとハードウェアを同様に扱うとした上で、以下の3つの視点から生産システムにおけるメンテナンスを分類した。

①スコープ：「Operation」or「Development」

②種類：「Top down」or「Bottom up」

③要求度：「High」or「Low」

この3つの視点それぞれの説明と、なぜこの3点を選んだのかについて以下に述べる。

①スコープ

この視点は、「Operation」のフレームワークと、「Development」のフレームワークとに分類するための項目である。この項目により、現在の生産システムが求められている広義のメンテナンスを狭義のメンテナンスと明確に切り分けて扱うことが可能になる。

②種類

この視点では、メンテナンスのきっかけが下位レベルから生じる「Bottom up」タイプなのか、上位レベルから生じる「Top down」タイプなのかを分類するための項目である。この項目により、活動ブロック間の流れで見た場合に、大きく下から上へ向かうか、上から下へ向かうかの2パターンに分類することができる。これは、現場主体のメンテナンスか、経営層主体のメンテナンスかを分類することを意味する。

③要求度

この視点は、日本独自の特徴であるといえる「改善」といったタイプのメンテナンスと、一般にメンテナンスと呼ばれる上からの指示や定期的な点検等によるルーチン作業で行われるメンテナンスとを分類するための項目である。日本的な「改善」というタイプのメンテナンスは、そのスタートとなるきっかけに義務が存在しないという特徴がある。この項目により、現場作業員による主体的な改善活動を明確に分類し広義メンテナンスとして扱うことが可能になる。

ただし、ここでいう「要求度」という言葉は非常に曖昧さを含んでおり、以下のように定義する。

要求度は「目標設定」に対して「強制的」に目標が与えられるか「自発的」に目標を設定するのかのどちらか、また「実行の決定」に対して「強制的」にやらされるのか「自発的」な判断として委ねられるのかのどちらかという更に2つの視点で分類できる。そのうち、目標設定にも実行の決定に対しても強制的であるもの、目標設定にのみ強制的

で実行の決定は自由なものを「要求度が高い」とし、目標設定、実行の決定共に自由なものを「要求度が低い」とし、改善活動の特徴とする。また、目標設定は自由であるが実行の決定は強制的であるというのは矛盾するので対象としない。まとめると以下表 5.3.2.3 のようになる。

表 5.3.2.3 要求度の高低の定義

要求度	目標設定	実行の決定
高い	強制的	強制的
	強制的	自発的
矛盾	自発的	強制的
低い	自発的	自発的

分類の視点の設定において最も重要視したことは、あくまでメンテナンスの「流れ」を活動ブロックとその間の情報の流れで表現する上で、その「流れ方」を明確に分類できるかである。

一般によく企業では「品質」に関するものなのか、「安全」に関するものなのか、「生産性」に関するものなのかといったような「目的」を明確にするための分類を行うことが多いようであるが、目的が品質向上であっても安全性向上であっても、その活動ブロック間の情報の流れ自体が同様であれば、それはあるひとつのメンテナンスケースとして分類されたほうが生産システムにおけるメンテナンス活動のモデル化には適切であると考えられ、それが今後のメンテナンスの体系化を踏まえた効率化、有効化に繋がればより大きな効果を生むことになる。むしろそのような目的別のみの分類が、メンテナンス活動の体系化を複雑化させている要因とも考えられ、ここでは目的という項目を分類の視点から外すこととした。

これ迄に述べた3つの視点において生産システムにおけるメンテナンスを分類すると、以下のように各項目あたり2つの選択肢があるため8通りのケースが理論体系上考えられる(表 5.3.2.4)。しかし、この8つのケースのうち、表中ケース7、8は、スコープとし

て「Operation」、要求度として「Low」となるケースであり、ルーチンの作業、監視に基づいた設備維持管理に対して目標設定もやるかやらないかの決定も自由であることはあり得ないと考えられる。そのため、ケース7、ケース8についてはケースから除外し、ケース1～ケース6の6つのケースに分類することとした。

表 5.3.2.4 メンテナンスケースの分類

O:Operation T:Top down H:High
 D:Development D:Bottom up L:Low

	スコープ	種類	要求度
CASE 1	O	T	H
CASE 2	O	B	H
CASE 3	D	T	H
CASE 4	D	T	L
CASE 5	D	B	L
CASE 6	D	B	H
CASE 7	O	T	L
CASE 8	O	B	L

ここで提案した「スコープ」、「種類」、「要求度」の3つの項目の説明と共に、表5.3.3.4のような6つのメンテナンスケースへの分類の妥当性について、プラントの電装系の機器を扱う企業2社（ディスクリート系プラント設備を主とするA社とプロセス系プラント設備を主とするB社）に対してヒアリングを行った。

A社、B社のコメントからは、ディスクリート系、プロセス系のプラントにおける以下のような相違点が見られたが、基本的にはどちらのタイプのプラントにおいてもケース1～6について分類できるとのコメントを得た。

『ディスクリート系プラントとプロセス系プラントの相違点』

- ディスクリート系のプラントでは、工程ごと、エリアごとに区切って考えることができ、また区切った工程ごとに非常に特徴的であるのに対し、プロセス系のプラントでは、明確な工程ごとの区切りが難しく、また区切ったとしても中身は非常に類似していることが多い。このため、プロセス系のプラントにおいては、工程ごとに区切るのではなく、全体を制御するシステムの構成として区切ったほうが上手くメンテナンスの違いを表現できるといえる。この特徴を踏まえ、各ケースのメンテナンス例では、ディスクリート系のプラントでは工程ごとに区切り、プロセス系ではシステムの構成ごとに区切って表記した。
- ディスクリート系のプラントでは、その製造工程において、組み立てなど人間の作業の介入が多い。それに対して、プロセス系のプラントでは、製造工程に人手が介入することは少なく、基本的に触らないのがベストという状況がある。この相違により、ディスクリート系のプラントにおいては、現場作業における改善活動といったメンテナンス事例が多い、ライン変更が多いといった特徴が生じる。逆に、プロセス系プラントにおいては、人手の介入が少ないため現場での改善というタイプのメンテナンスは少ないが、そのぶん管理制御システムが発達しており、コンピュータシステム上のメンテナンスケースが増える。このプロセス系プラント用管理制御システムにおいては、以前は専用の OS が用いられており組み込みソフトウェア的な要素が強かったのに対し、近年では9割以上が windows 上で動くソフトウェアとなっている。
- また、プロセス系のプラントにおいては、流動物を扱うため外乱が非常に変動的であり、ディスクリート系のプラントに対して、シミュレーションの実行が難しいといった特徴がある。このため、プロセス系のプラントにおいては、実際の製造工程中に調整しながら試験を行なうことや、実機を使って試験することが多いといった特徴がある。

上記のような特徴を踏まえたうえで、以下表 5.3.2.5 にケース 1～6 についてどのようなメンテナンス例があるか聞き取り調査を行った結果をまとめる。

表 5.3.2.5 各ケースにおける A 社 B 社のメンテナンス例と考察

ケース1	
A 社 ディスクリート系	機器点検・・・検品、部品検査(チェッカー、目視)、マウンタ機器、半田付け機器、全社的な設備の一斉点検、他社での事故を受けての予防保全
B 社 プロセス系	定期点検・・・物理量の測定誤差を直す、精度点検、校正、清掃、目視観察、動作試験、ソフトウェアのバックアップ
考察	このケースにおいては、両タイプの大きな相違はないといえる。
ケース2	
A 社 ディスクリート系	制御エラー修正・・・マウンタ機器、半田付機器
B 社 プロセス系	日常点検・・・正しく動いているのを見て確認 日常的に交換しなければならないもの(フィルタ等) 消耗品の交換
考察	このケースにおいては、両タイプの大きな相違はないといえる。
ケース3	
A 社 ディスクリート系	・法律改正によるシステム変更 食品業界におけるトレーサビリティ、鉛フリー半田の使用義務に基づくメンテナンス ・製造ラインの変更
B 社 プロセス系	・監視作業員の削減 ・鉄鋼用加熱炉などの燃焼制御改善
考察	B 社から頂いた人員削減のメンテナンス事例は、監視作業の多いプロセス系ならではのメンテナンスといえる。
ケース4	
A 社 ディスクリート系	QC サークル・・・強制ではないがやることによって成果に応じた褒賞があるなど、エンジニアとしてのキャリアスキルを見せる場として存在するのではないか。

表 5.3.2.5 のつづき

B 社 プロセス系	<ul style="list-style-type: none"> ・チャレンジ的な試みで行なってみるメンテナンス指示 ・事例は少ない
考察	<p>このケースの事例は少ないようである。分類体系上は存在するが、具体的な例を挙げるとなると難しいといえる。</p> <p>QC サークルのようなタイプのメンテナンスは、実際の機能向上を目的とした意味以外に、従業員のモチベーション UP に繋がる。</p>
ケース5	
A 社 ディスクリート系	<p>一般的な作業現場での改善活動</p> <ul style="list-style-type: none"> ・・・作業ミスを減らすために部品ごとに色分けをする等
B 社 プロセス系	<p>計測設備のハードウェアの劣化防止 (設備設置現場の汚れ、湿度、腐食ガスによる劣化を防ぐ)</p>
考察	<p>このケースにおいては、両タイプの特徴がよく出ている。A 社のコメントからは、ディスクリート系特有の作業員による改善活動が見られ、B 社のコメントは設備の設置現場の環境による腐食といったプロセス系大規模プラントならではのメンテナンスといえる。</p>
ケース6	
A 社 ディスクリート系	<p>目標値のみ経営層から与えられて、その達成手段は現場に任せられるといったタイプのメンテナンス</p>
B 社 プロセス系	<p>現場でないと気付かない問題点の抽出 :KYT(危険予知トレーニング)活動等</p>
考察	<p>このケースに関しても、分類体系上は存在するが、実際のところは的確に当てはまるものは少ないようである。</p> <p>A 社のコメントにあるようなケースの場合、基本的にはケース3と同様であると考えられそうだが、ケース3ではある程度のガイドラインがあらかじめ用意されており、上位レベルの意見の比重が大きいのに対し、このケース6ではガイドラインがない場合が多く、そのぶん現場作業員、保守員の比重が大きいといえる。</p>

以下に、上記の内容を基に、ディスクリット系プラントにおける各工程でのメンテナンスとメンテナンスケースの対応、プロセス系プラントにおける制御システム上でのメンテナンスとメンテナンスケースの対応について表5.3.2.6及び表5.3.2.7にまとめる。

表 5.3.2.6 ディスクリット系プラントにおける工程とメンテナンスケースの例

組立工程 ケース	検品 部品検査 (チェッカー、目視)	マウンタ機器 による実装	半田付機器に よる半田付け	手作業による 半田付け	組立作業 (ケース、ねじ締め)	製品検査 (チェッカー、目視)	箱詰め
1 OTH	○ 機器点検	○ 機器点検	○ 機器点検		○ 機器点検	○ 機器点検	
2 OBH		○ 制御エラー 修正	○ 制御エラー 修正				
3 DTH	○ 検査基準の 変更		○ 鉛フリー半田 への移行				
4 DTL					○ QCサークル	○ QCサークル	
5 DBL			○ 改善活動	○ 改善活動	○ 改善活動	○ 改善活動	
6 DBH	○	○	○	○	○	○	

表 5.3.2.7 プロセス系プラントにおけるシステム構成とメンテナンスケースの例

組立工程 ケース	ハードウェア + ファームウェア 発信器 操作端	制御システム				特徴的な活動
		ハードウェア	OS/ドライバ	基本 アプリケーション	プロセスパラメータ	
1 OTH	○ 点検作業	○ 点検			○ バックアップ	
2 OBH	○ 日常点検	○ 日常点検	○ バグ修正	○ バグ修正	○ バグ修正 バックアップ	
3 DTH	○ 高精度化 機器変更	○ 速度UP メモリ増設	○ Microsoftの UP DATE	○ 制御性改善 生産性改善	○ 制御性改善 生産性改善	
4 DTL						○ TPM
5 DBL	○ ハードウェア 劣化防止対策	○ ハードウェア 劣化防止対策				○ QCサークル
6 DBH				○ 新機能導入提案	○ ボトムアップの 改良提案	○ KYT

5.3.3 まとめ

生産ソフトウェアは、生産システムハードウェアのメンテナンスと同様にメンテナンスが行われる。特に生産システムの機能・性能向上や設備更新などに応じたメンテナンスが不可欠であり、それらは広義のメンテナンスに関連するものが多い。

今回の調査研究では、生産ソフトウェアのメンテナンス事例をまとめるために必要な、メンテナンスのケース分類をヒアリングを中心として行った。その結果、特に重要な6つのケース分類を抽出することができた。今後はこれらのケースに対して具体的なメンテナンス活動をモデル化していく必要がある。

6. まとめと今後の課題

本調査研究においては、生産システムの設備診断と設備保全に関して、まず国内の先進的な工場として加工組立系の代表である自動車組立工場と、装置系の代表である総合化学工場の実態を調査した。加工組立系の特徴は、その劣化・故障モードおよびその原因の多様性にある。設備のストレス耐性と運転負荷の関係から、設備には年齢を経るにつれて様々な劣化・故障モードが現れる。加工組立系の設備は、装置系に比べて一般に構造が複雑であり、また設備の寿命も比較的短いために、設備ライフサイクルの中で、同様の問題が繰り返し現れるというより、新しい問題が次々に発生する傾向がある。これに対応するためには、設備の稼働状況を常に把握し、不具合の兆候を速やかに検知し、その根本的な原因を究明し、対策を打っていけるような体制を構築することが必要である。その中心となるのは、設備の稼働状況から設備の状態を的確に判断するための情報システムであり、特に、設備の運転情報と保全情報を統合的に管理し、迅速な問題の発見につなげていくためのシステムの構築がキーとなる。

一方、装置系の生産設備においては、もちろん時間を経る中で新たな劣化・故障モードが現れてくるということもあるが、加工組立系と比較すると発生する劣化・故障モードはある程度予測し管理することができる。しかし、問題は劣化進行速度の予測である。遅すぎて事後保全にならないような、かつ早すぎて無駄が出ないようなタイミングで処置を行うことが課題となる。このためには、計画的に保全を実施する中で、その時々々の設備の状態を把握し、それから劣化進行速度を予測し、次の保全計画につなげていくことが重要となる。これには、運転と設備状態の変化を蓄積するとともに、顕在化する不具合をデータベース化し、劣化進展予測や保全計画に活用できるようするための情報システムが重要である。

このように、劣化・故障への対応という観点から、運転情報と保全情報の統合的管理の重要性が指摘できるが、運転計画と保全計画の調整という面でも運転と保全の情報交換は重要である。ヒアリング調査では、加工組立系においても、装置系においても、基本的には生産スケジュールが優先され、その制約の元に保全計画が作成される。特に装置系では、プロセスが連続しているために、個別に設備を停止することができず、また、コンビナートでは、製品を供給している他社への影響も考えると、保全のタイミングには、強い制約が出てくる。いずれにせよ、保全計画は、運転管理部門、安全管理部門との密接な連携の基に作成されており、そのための情報交換が重要となる。

ところで、上記のような先進的な工場においては、保全の重要性が十分認識され、生産効率化のために運転と一体となって行われるべき活動として保全が位置づけられるように

なっている。このような中で、保全の効果を経営面から評価することの重要性も指摘されるようになってきた。本調査においても、そのような議論の一例として、石油精製プラントにおける重油直接脱硫装置を例にとり、保全の効果を評価するためのシステムと、それに基づいた運転と保全を統合した運用計画の策定例を示した。

このように生産システムにおける保全の重要性が理解されるようになり、またその管理技術も確立してくる中で、標準化の必要性も高まっている。本調査では、保全に関する標準化活動について、まず、EN 規格の調査を行った。EN 規格には、保全に直接関係するものが 5 種類制定されているが、本調査では、そのうち保全の重要業績評価指標（EN 15341：2007）と保全作業員の能力要件と認定（CEN/TR 15628：2007）について、保全業務の改善に対する効果の視点から検討をおこなった。本規格の内容は、実務的かつ基本的なものであるが、これらをあえて規格にするということは、EU 全体の生産技術のレベルアップに取り組む姿勢として学ぶべき点と思われる。

最後に、保全情報に関する標準である、ISO1845 について、その開発状況、パート 1 の概要、および、この規格の有効性を評価するために作成したユースケースについて述べた。すでにヒアリング調査の部分で述べたように、生産の効率化のためには、運転と保全を統合管理することが重要性であり、そのための情報交換の仕組みに関する基本的な枠組みを与えるものとしてこの規格は意義がある。現在、パート 1 がようやくまとまった段階で、具体的な内容の評価については、パート 2、パート 3 の完成を待つ必要がある。

以上のように、本調査研究では、生産システムにおける設備保全の現状調査から、運転と保全に関わる情報の統合的管理の重要性を明らかにし、また、生産システムにおける保全の重要性の認識から標準化活動が広がりつつあることを確認し、さらに、その中の ISO18435 については、標準化活動への積極的な関与の状況を示した。保全に関する ISO 規格としてはこの他にも、例えば、ISO13374 として機械の状態監視と診断のためのデータ処理と通信および表示に関するものもあるが、これまで、保全に関する標準の数は非常に少ないのが実情である。したがって、現段階としては、まずは保全に関する標準の開発を積極的に推進していくことが必要と思われる。しかし、これらの ISO は、それぞれ異なった TC で個別に審議されていて、保全技術に関する規格を統一的に扱うような体制になっていない。今後、保全技術の体系が確立していく中で、標準がばらばらに作られていくとその整合性が問題になる可能性がある。生産システムの設備保全について、保全技術体系に沿った標準化が行えるような体制作りも今後検討していく必要がある。

非 売 品
禁無断転載

平 成 2 0 年 度
生産システムの設備診断と
設備保全に係わる国際標準化報告書

発 行 平成21年3月

発行者 社団法人 日本機械工業連合会
〒105-0011
東京都港区芝公園三丁目5番8号
電 話 03-3434-5384

財団法人 製造科学技術センター
〒105-0001
東京都港区虎ノ門三丁目11番15号
電 話 03-5472-2561