

システム技術開発調査研究

22-R-5

保全情報、運転情報の
相互活用システムに関する調査研究
報告書

平成23年3月

財団法人 機械システム振興協会

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

わが国経済の安定成長への推進にあたり、機械情報産業をめぐる経済的、社会的諸条件は急速な変化を見せており、社会生活における環境、防災、都市、住宅、福祉、教育など、直面する問題の解決を図るためには、技術開発力の強化に加えて、ますます多様化、高度化する社会的ニーズに適応する機械情報システムの研究開発が必要であります。

このような社会情勢に対応し、各方面の要請に応えるため、財団法人機械システム振興協会では、財団法人JKAから機械工業振興資金の交付を受けて、機械システムに関する調査研究など補助事業を実施しております。

これらを効果的に実施するために、当協会に総合システム調査開発委員会（委員長：東京大学名誉教授 藤正 巖氏）を設置し、同委員会のご指導のもとに推進しております。

この「保全情報、運転情報の相互活用システムに関する調査研究報告書」は、上記事業の一環として、当協会が財団法人製造科学技術センターに委託して実施した成果であります。関係諸分野に関する施策が展開されていくうえで、本調査研究の成果が一つの礎石として皆様方のお役に立てれば幸いです。

平成23年3月

財団法人機械システム振興協会

はじめに

わが国の機械産業のものづくり現場では、戦後一貫して、製造業による国づくりを目指して、世界に通用する工業製品の生産に努めてきました。資源小国のわが国が、その経済を成り立たせていくためには、工業製品を輸出して外貨を獲得し、原材料を輸入しなければなりません。そのためには、輸出競争力をもった工業製品の生産が必須であり、中でもコスト競争力は重要な要素であります。

工業製品のコスト競争力を向上させるためには、製品設計段階での工夫とともに、製品生産での合理化が求められています。

当財団が実施した「保全情報、運転情報の相互活用システムに関する調査研究」は、このような状況を背景にした、生産設備の保全部門と運転部門の情報連携による生産合理化に関する調査研究であります。本調査研究は、単なる保全コストの削減にとどまらず、保全部門と運転部門の有機的連携により、設備保全の立場から工業製品の国際競争力を向上させ、ひいては企業業績を向上させうるシステム構築を目指してまいりました。

本報告書が、関係各位の今後の設備管理計画の一助になれば幸甚であります。

平成23年3月

財団法人 製造科学技術センター
理事長 庄山悦彦

目 次

序

はじめに

| | |
|--|----|
| 1. 調査研究の目的 | 1 |
| 2. 調査研究の実施体制 | 2 |
| 3. 調査研究の内容 | 5 |
| 第1章 保全情報、運転情報の相互活用の現状と課題 | 6 |
| 1. 1 運転とメンテナンスの連携の技術的・管理的課題 | 6 |
| 1. 1. 1 設備管理の課題 | 6 |
| 1. 1. 2 業種ごとの保全管理の状況調査 | 8 |
| 1. 1. 3 調査結果のまとめ | 12 |
| 1. 1. 4 運転とメンテナンスのシステム連携の課題 | 14 |
| 1. 1. 5 運転とメンテナンスのシステム連携のための IT 技術の活用 | 16 |
| 1. 2 米国における保全管理の現状と保全管理システム Maximo について | 19 |
| 1. 2. 1 保全管理システムが使用される環境および社会的な背景 | 19 |
| 1. 2. 2 IBM の資産管理ソリューション Maximo の機能概要 | 29 |
| 1. 2. 3 米国における EAM の典型的な導入事例と効果 | 38 |
| 1. 2. 4 最近の着目すべき企業の要求事項 | 40 |
| 1. 3 国際動向を踏まえたプラント経営と保全管理システム SAP について | 43 |
| 1. 3. 1 設備保全関連規格に関わる国際標準化の動き | 43 |
| 1. 3. 2 国際標準化傾向から見えてくる設備管理への要件 | 44 |
| 1. 3. 3 設備管理システムに求められる機能例と SAP での対応 | 45 |
| 1. 3. 4 SAP での設備管理システム実現例 | 47 |
| 1. 3. 5 今後の動向 | 55 |
| 第2章 保全情報、運転情報の相互活用を促進するための技術課題の検討 | 56 |
| 2. 1 先進事例と今後の課題 加工組立産業 | |
| 自動車製造業におけるメンテナンスの統合化 | 56 |
| 2. 1. 1 受注確定生産型の生産システムの必要性 | 56 |
| 2. 1. 2 生産システム構築とコアとしての保全の役割 | 57 |
| 2. 1. 3 生産情報・メンテナンスの統合的管理の実現に向けて | 59 |
| 2. 1. 4 設備信頼性向上への取組み | 61 |
| 2. 1. 5 MP (Maintenance Prevention) 標準化と設備設計への反映 | 65 |

| | | |
|----------|---------------------------------------|-------|
| 2. 1. 6 | 技術課題 | 6 8 |
| 2. 2 | 先進事例と今後の課題 プラント系 | |
| | - 電力プラントにおける運転とメンテナンスの情報統合化 | 7 0 |
| 2. 2. 1 | 電力プラントにおける設備運転の特徴 | 7 0 |
| 2. 2. 2 | 電力プラントにおけるメンテナンスの特徴 | 7 1 |
| 2. 2. 3 | 運転・メンテナンスの統合的情報管理に向けて 設備信頼性向上への取組み | 7 3 |
| 2. 2. 4 | 運転・メンテナンス情報の相互活用に関する課題 | 7 7 |
| 2. 3 | 運転とメンテナンスの連携のあるべき姿の検討 | 7 9 |
| 2. 3. 1 | メンテナンスの調査結果の考察 | 7 9 |
| 2. 3. 2 | 運転とメンテナンスの連携のあるべき姿とは | 8 1 |
| 2. 3. 3 | 運転とメンテナンスの連携のあるべき姿の実現への過程 | 8 2 |
| 第3章 | 情報システムの位置づけと ISO18435 とのマッピング | 8 5 |
| 3. 1 | 情報システムの位置づけ | 8 5 |
| 3. 2 | 情報システムの役割 | 8 6 |
| 3. 2. 1 | 保全・運転管理の分野における情報システムの歴史 | 8 6 |
| 3. 2. 2 | 情報システムの二つの役割 | 8 7 |
| 3. 3 | ISO18435 ADID とのマッピング | 8 8 |
| 3. 3. 1 | ADID マクロビュー | 8 8 |
| 3. 3. 2 | ADID ミクロビュー | 9 0 |
| 3. 3. 3 | 産業界で使われているシステムマップ | 9 1 |
| 3. 4 | 情報システムの概要 | 9 2 |
| 3. 4. 1 | 産業分野による特徴 | 9 2 |
| 3. 4. 2 | 保全管理機能 | 9 2 |
| 3. 4. 3 | 設備制御装置 | 1 1 9 |
| 3. 4. 4 | 情報集約端末 | 1 2 0 |
| 3. 4. 5 | プラント／工場内通信バス | 1 2 1 |
| 3. 4. 6 | データヒストリアン | 1 2 1 |
| 3. 4. 7 | 運転管理システム | 1 2 2 |
| 3. 4. 8 | 製造管理システム | 1 2 3 |
| 3. 4. 9 | 原価計算システム | 1 2 4 |
| 3. 4. 10 | 仕掛品/在庫管理システム | 1 2 4 |

| | | |
|-----------|--------------------------|-------|
| 3. 4. 1 1 | 生産計画システム | 1 2 5 |
| 3. 4. 1 2 | 受注／受注計画システム | 1 2 5 |
| 3. 4. 1 3 | 仕訳システム | 1 2 6 |
| 3. 4. 1 4 | 調達システム | 1 2 7 |
| 3. 4. 1 5 | 売掛／買掛管理システム、支払／入金管理システム | 1 2 8 |
| 3. 4. 1 6 | 人事システム | 1 2 8 |
| 3. 5 | 運転・保全統合モデルによる実施例 | 1 3 0 |
| 3. 5. 1 | 基幹システムからの統合実施例 | 1 3 0 |
| 3. 5. 2 | 論理モデルによる統合実施例 | 1 3 5 |
| 第4章 | シミュレーション評価に基づく運転と保全の統合計画 | 1 3 9 |
| 4. 1 | O&Mの統合とO&M統合計画 | 1 3 9 |
| 4. 2 | O&M統合計画の策定手順 | 1 4 0 |
| 4. 3 | O&M統合計画の最適化手法 | 1 4 4 |
| 4. 3. 1 | O&M統合計画問題の分類 | 1 4 4 |
| 4. 3. 2 | 両問題におけるO&M統合計画の最適化方法の提案 | 1 4 5 |
| 4. 4 | 提案手法の事例評価 | 1 5 4 |
| 4. 4. 1 | 半導体製造設備における検証 | 1 5 4 |
| 4. 4. 2 | 石油精製業における検証 | 1 6 4 |
| 4. 5 | まとめ | 1 7 5 |
| 第5章 | 調査研究のまとめと今後の課題 | 1 7 9 |
| 5. 1 | 調査研究のまとめ | 1 7 9 |
| 5. 2 | 今後の課題 | 1 8 0 |
| 資料 | | |
| 1 | 製紙工場調査 | 1 8 5 |
| 2 | 講演資料－I | 1 9 1 |
| 3 | 講演資料－II | 2 0 9 |

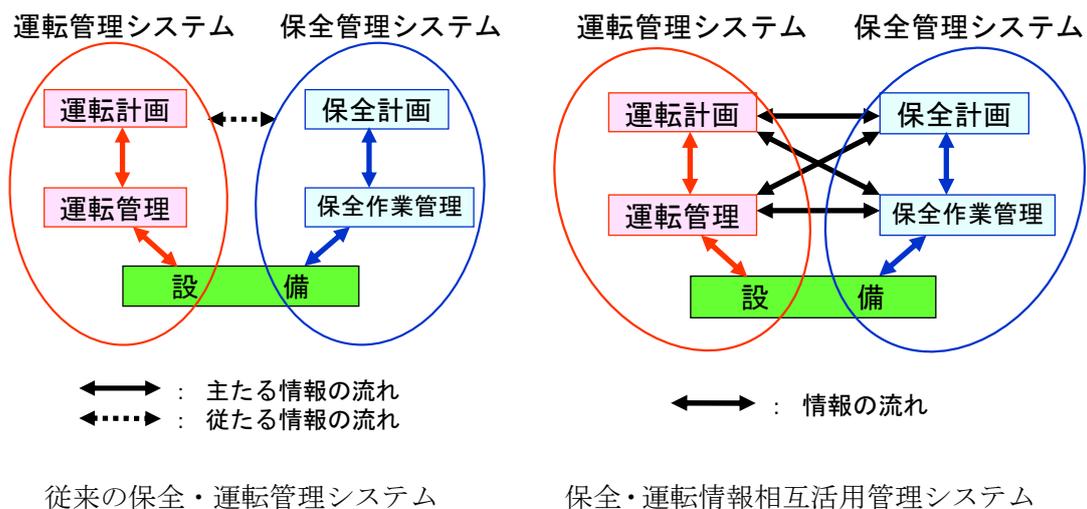
1. 調査研究の目的

わが国の機械産業のものづくり現場では、当該企業の生産計画に基づいて、生産設備を運転する運転部門が製品を製造している。運転部門が重視する任務は、生産計画に基づいた製品の製造を行い、生産計画を達成することである。一方、生産設備の保全部門は、保全計画に基づいて保全作業を実施している。保全部門が重視する任務は、故障の低減や、保全コストの削減である。

運転部門は、生産スケジュールを優先させ、また、保全部門は、メンテナンススケジュールを優先させるという、異なる要求を持っている。

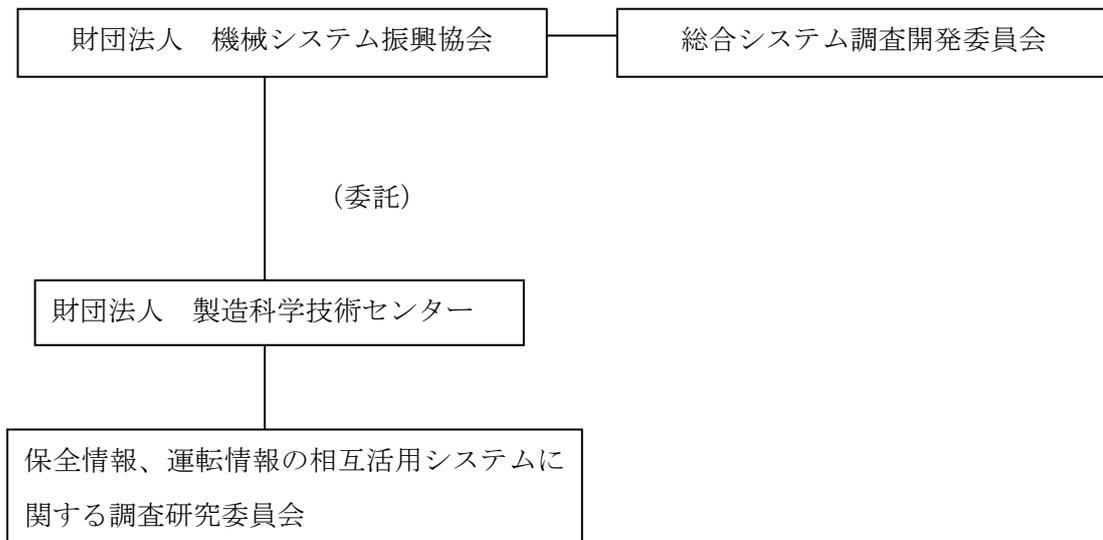
これまで、これらの運転部門と保全部門の関係は意識されてはきたが、それらの連携を常に考慮した、運転と保全の計画へのダイナミックな反映はなされていない。これは、現状の生産設備では、これまでの長い経験から、運転と保全の方法が確立しており、そこでは両者の関係がそれぞれに対する固定的な制約条件として予め考慮されているためと考えられる。

しかし、最近の経済環境や市場の激変、あるいは、厳しいコスト削減の下では、これらの関係を動的に考慮した運転とメンテナンスの統合的な管理が必要となってくることが予想される。例えば、設備に重大な影響を与えない範囲で、運転要求に応じて保全時期を柔軟に調整したり、次期シャットダウンメンテナンスまで設備を持たせたりするために運転条件を緩和するなどの選択肢を考慮することができれば、種々の要因の変化により柔軟に対応できるようになり、企業利益への貢献度合いが高まると考えられる。



2. 調査研究の実施体制

財団法人 機会システム振興協会内に総合システム調査開発委員会を設け、また、財団法人 製造科学技術センター内に、本事業の運営と事業計画作成、調査研究遂行、事業の取りまとめなどを実施するために「保全情報、運転情報の相互活用システムに関する調査研究委員会」を設け、当初の目的を達成すべくこれを推進した。



総合システム調査開発委員会委員名簿

(順不同・敬称略)

| | | |
|-----|--|---------|
| 委員長 | 東京大学 名誉教授 | 藤 正 巖 |
| 委員 | 埼玉大学 総合研究機構 教授 | 太 田 公 廣 |
| 委員 | 独立行政法人産業技術総合研究所 エレクトロニクス研究部門 研究部門長 | 金 丸 正 剛 |
| 委員 | 独立行政法人産業技術総合研究所 先進製造プロセス研究部門 招聘研究員 | 志 村 洋 文 |
| 委員 | 早稲田大学 研究戦略センター 教授 | 中 島 一 郎 |
| 委員 | 東京工業大学大学院 総合理工学研究科 教授 | 廣 田 薫 |
| 委員 | 東京大学大学院 工学系研究科 准教授 | 藤 岡 健 彦 |

保全情報、運転情報の相互活用システムに関する調査研究委員会

(順不同・敬称略)

- | | | |
|-------|-------|--|
| 委員長 | 高田 祥三 | 早稲田大学 理工学術院 創造理工学部 経営システム工学科 教授 |
| 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 | 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 |
| 委員 | 中村 靖雄 | SAPジャパン(株) インダストリー戦略本部 公益産業担当 部長 |
| 委員 | 河村 幸二 | 合同会社 スーパーポイントリサーチ 代表 |
| 委員 | 清野 聡 | 日本アイ・ビー・エム(株) ソフトウェア事業 Tivoli 事業部 ブランド事業推進 |
| 委員 | 外山 久雄 | 日本認証(株) セーフティアセッサ特命担当 |
| 委員 | 浅井 誠司 | (社) 日本プラントメンテナンス協会 研究開発本部 本部長 |
| 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 | 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 | 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 モデリング基盤グループ グループマネージャー |
| 委員 | 板倉 浩 | 横河フィールドエンジニアリングサービス(株) グローバルサービス 戦略本部 マーケティングセンター マーケティングマネージャー |
| オブザーバ | 鈴木 俊吾 | 経済産業省 産業技術環境局 情報電気標準化推進室 課長補佐/工業標準専門職 |
| 事務局 | 笹尾 照夫 | (財) 製造科学技術センター 調査研究部 部長 |
| 事務局 | 外山 良成 | (財) 製造科学技術センター 国際標準部 部長 |

3. 調査研究の内容

以下のような計画に基づき、調査研究実施した。

(1) 保全情報、運転情報の相互活用の現状とニーズ調査

機械産業の生産設備に係わる保全情報には、保全計画、保全履歴、修理交換部品管理データなどがあり、運転情報には、当該企業の生産計画、運転計画、運転履歴などがある。運転部門が運転計画を立案するためには、保全情報を入手することで、また、保全部門が保全計画を立案するためには、運転情報を入手することで、より適切な計画立案が可能となる。本調査研究では、必要とする情報や入手のタイミングなどについて、現在の活用状況と今後保全部門が必要とするニーズを調査する。

(2) 保全情報、運転情報の相互活用を促進するための技術課題の検討

生産設備の保全情報と運転情報の相互活用を行うために、データフォーマット、インターフェースなど技術的な課題が予想される。現在提供されているコンピュータ設備保全管理システムや、コンピュータ事業資産管理システムの現状も参照しつつ、これらの技術課題を検討する。

(3) 保全情報、運転情報の相互活用システムの概念検討

保全計画、保全実施などの各部門は、相互活用システムによって、従来得られなかったデータが入手可能となる。これらのデータを利用することで、効率の高い運転計画、保全計画の立案を可能とするシステムの概念を検討する。

(4) システムの概念検証のためのシミュレーション評価

保全情報、運転情報の相互活用システムの概念を機械設備に適用した場合のシミュレーション評価を実施する。

第1章 保全情報、運転情報の相互活用の現状と課題

1.1 運転とメンテナンスの連携の技術的・管理的課題

1.1.1 設備管理の課題

作業の機械化、自働化や作業環境の整備が進むにつれて、それらの生産手段の管理の重要度が益々増大している。生産設備によって作業の容易化、省力化、労働条件の好適化などの効果が上がる反面、設備投資の資金や維持経費の増加という問題が発生しているのは周知のことである。

設備管理の主体は機械設備の管理にあるが、管理の方法は単なる事後保全（故障の修理）から、事前対策としての予防保全や生産保全へと進み、管理の領域も導入計画や設備配置にまで拡大しつつある。それに伴って機械設備に関連して工具や測定器の管理も重要視されてきている。（図 1.1.1）

設備の管理としては、設備の開発から運用終了まで通した、ハード、ソフト、メカ、文書、テストなどの変更を考慮した機能の一貫性を保証する管理、「バージョン管理」もこれに含まれる。設備のライフサイクルを通しての、ハード、ソフト、メカ、文書などによる変更を制御・記録することも重要な要件といえる。しかし、設備現場では増設、改造、取替えなどが発生するたびに変更を十分に記録更新しているとは言い難い状況も散見される。

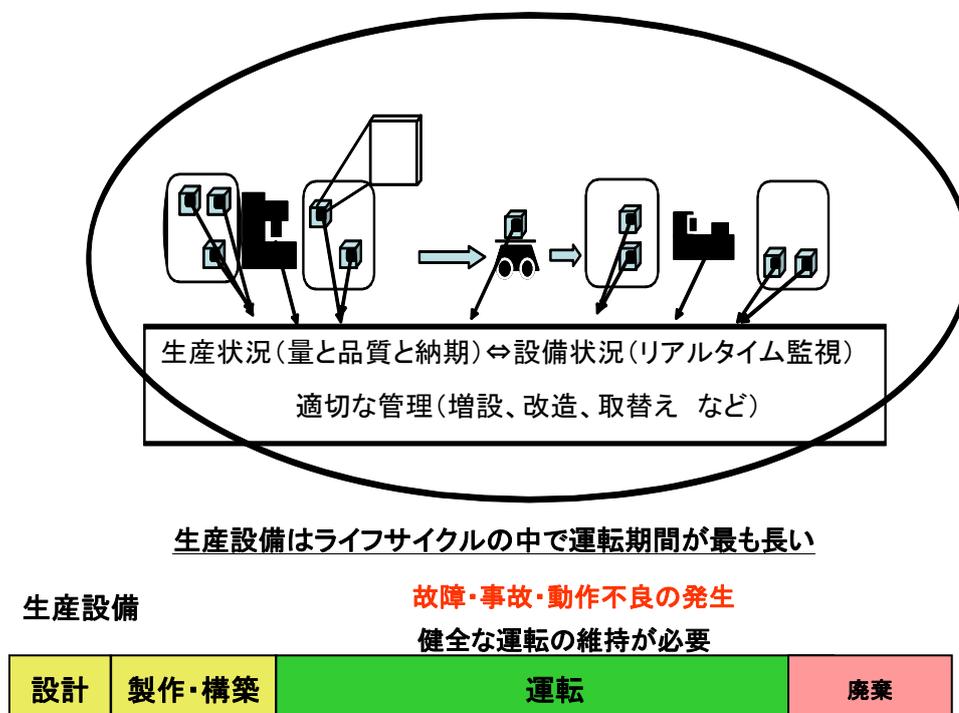


図 1.1.1 生産システムの設備管理

設備の管理をトータルに実施するためには、保守を行う設備データの管理(設備管理)、その設備に対する作業計画、作業の実施、報告を扱う作業データの管理(作業管理)、作業に必要な人材、資材、機械のデータ管理(リソース(材)管理)の機能を有機的に組み合わせる構成することが必要とされる。設備管理、作業管理、リソース管理を連動させて、PDCA サイクルを確立するためには、継ぎ目のない業務環境を構築し、統合化されたデータベースによる文書管理、履歴データベースによる高度な管理が必要である。

それらの管理を実現するために種々のシステムが提案されている。実際に、設備管理のシステムは、各企業の事業体で取組みがなされていることは図 1.1.2 の通りで年々増加しつつある。

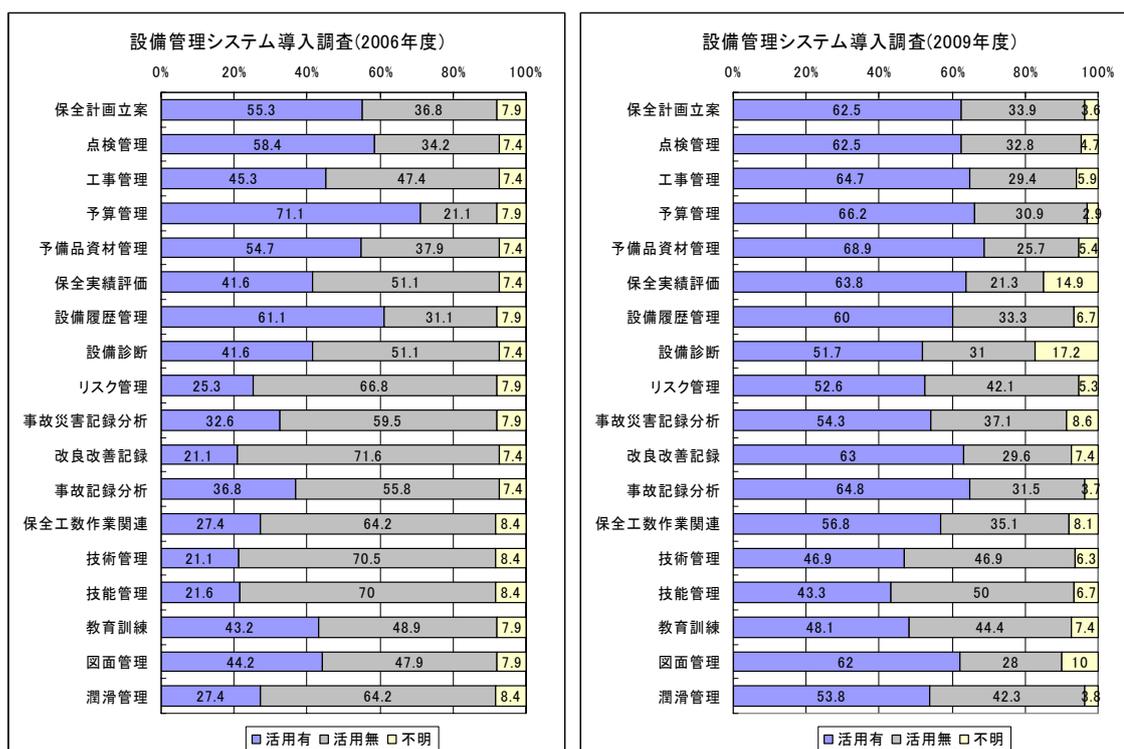


図 1.1.2 設備管理システムの活用状況

1. 1. 2 業種ごとの保全管理の状況調査

保全情報と運転情報の相互利用の規格として検討を進めている ISO18435 の実現可能性を視野に、規格の方向性を確認するとともにアプリケーション事例として当てはめることが可能かどうかを調査するために、文献、講演、現地訪問などを基に日本国内の製造企業の現状把握を行った。

対象企業は、先進（最新）的および設備診断技術や設備保全技術を有する事業所とし、業種に偏ることなく選定した。その結果、自動車製造工場、総合化学工場、火力発電所、石油精製工場、製鉄工場、製紙工場を調査し、6 業種の現状を確認した。

以下は、調査結果を要約したものである。

(1) 調査結果のサマリ

調査は以下のような内容を中心に実施した。

①設備保全を立てる上での特徴

計画的停止時期や傾向監視による保全計画の立て方などを確認した。

②運転計画と保全計画相互で、調整又は相互活用などの実情

運転計画と保全計画を両立するために行っている調整方法などを確認した。

③運転部門と設備部門相互の情報交換方法

定期的な会合、システム活用による情報交換などを確認した。

(2) 自動車製造工場

①設備保全計画の特徴

設備全体の点検や補修は、半年単位の生産計画を考慮し負荷を判断した上で実施時期を決めたり、生産の隙間をうまく利用したりして行われている。大型連休では生産ラインを停止するため、このタイミングで補修に時間がかかる作業が実施されている。

一方、日常保全業務は製造の中に取り込んでいる。自動車の生産は、ほとんどが注文生産でライン上を流れており、基本的に停止させないことで高稼働率維持を目標としている。

②運転計画と保全計画の相互活用

日常保全業務が製造の中に取り込まれていることで、生産と保全は一体化しているといえる。保全を怠りトラブルが発生すれば、その影響は即座に生産に影響を与えることになり稼働率に影響する。注文に対してリアルタイム生産を行っている自動車業界では、両者の密着度は高いといえる。これらは相互のシステム間でも同様に管理されている。

(3) 総合化学工場

①設備保全計画の特徴

コンビナート地区では、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連携で成り立っている。従って、設備停止計画を自社の都合だけで決めることは難しい。同様に自社工場内においても上流・下流プラントとの関係を持っているため、各製造部署間での調整も必要となる。

定期保全は1年に1度、約1ヶ月をかけて一斉に行われているが、化学工業設備では高圧ガス保安法・消防法・労働安全衛生法などの法規を考慮し計画している。

②運転計画と保全計画の相互活用

計画的な保全は、生産計画やプラント間・原料取引先間との関係を考慮して立案されている。

保全と生産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、各部門が常に連携して生産を維持している。また、前述の通りコンビナート特有の事情も常に加味されている。

③運転部門と生産部門の情報交換

部門間では、朝会を毎日、月1回の保全定例会議、定期検査前に実施する定修計画会議、定期検査後に実施する定修結果報告会、年1回の修繕費検討会議、個別工事着工前の安全打合せ、などの場で相互の情報交換が行われている。それぞれ情報共有すべき内容や目的が決められている。

(4) 火力発電所

①設備保全計画の特徴

電気事業法に基づいた定期的な検査の実施が義務づけられており、2年ごとに発電設備を停止して定期事業者検査(2ヶ月程度)を実施し、定期点検のない年には中間点検(2週間程度)を実施し、設備の保全を行う。いずれも電力の安定供給の観点から、予め長期的な「年間停止計画」を策定し受電会社との調整を行っている。

②運転計画と保全計画の相互活用

発電計画と保全計画の実績管理については、発電計画は日常、月間、年間を通し常に計

画／実績を管理している。一方設備保全については、設備異常対応を除く計画分は定められた点検期間の中で実施することとしており、大きく乖離することはない。

③運転部門と生産部門の情報交換

発電計画と原材料搬入計画の連携については、年間の発電計画に基づき、必要な燃料（石炭、軽油）、副資材（薬品など）を明確に数量化し、日常の管理の下で、受け入れ・払い出しを行っている。運転部門と保全部門の情報連携については、運転部門で確認された異常（警報、漏洩など）は、緊急性の度合いにより伝達手法（電話、作業依頼票）は異なるものの、保全部門へ伝達され補修作業が行われる。また、補修作業にあたっては、件名ごとに作業内容の確認がなされ、系統のアイソレーション（隔離）や電源ロックなどの安全措置についても相互に調整を行ったうえで作業に着手している。

（５）石油精製工場

①設備保全計画の特徴

４年連続運転が生産計画の基本であり、これを実現する保守を行う。４年に一度、生産装置を停止して、保全工事を実施する。その他、１又は２年程度で不具合が発生する装置などについては、マイナー点検を個別に実施する。

②運転計画と保全計画の相互活用

石油精製は、原油の性質によって得られるアウトプットが決まるため、最終製品の生産量から生産計画を立てることが難しい。基本は４年計画だが、運転条件などの変化やコンディションなどによって計画を見直している。主に、過去と異なる運転条件や変化の把握、原油の性質の違いによる腐食性などの変化などがそのコンディションに相当する。

③運転部門と生産部門の情報交換

運転情報は PI（プロセス情報システム）や社内ポータルサイトなどを活用し、保全情報は MAXIMO を利用して設備管理とともに運用されている。それぞれは独立して運用されている。

両部門の情報交換手段は、毎日のスタッフミーティング、週次で運転データの傾向監視活動、その他適宜変更管理に関するものがある。また点検整備の計画と実施結果は都度情報共有を行っている。

(6) 製鉄工場

①設備保全計画の特徴

保全計画は、工場ごとに異なる。一般的には、年2回の生産計画の見直しと同時に主な工事と設備工事の計画も行う。ラインによっては、月次の保全停止計画も立案されている。保全方法は、原則 TBM で行われているが、回転機器のオンライン診断や配管の減肉管理などを活用した CBM を並行して活用し、保全周期の延長を行っている。

②運転計画と保全計画の相互活用

基本的に生産計画の中には、定期的な保全計画が組み込まれている。特に圧延ラインのような摩耗系機器の多いラインでは、ロールを一定の生産量を基準に交換するため、計画的な停止と保全を行う必要がある。

また、突発故障に対しても一定の時間内であれば生産に影響が出ないように、ライン制御やストック対応などで調整を行っている。

③運転部門と生産部門の情報交換

日常的な朝礼や会議などで情報交換が行われている。設備診断情報などはシステムで傾向管理しているが、保安全管理をまとめるシステムはヒアリングでは明確になっていない。

(7) 製紙工場

①設備保全計画の特徴

長期一斉休転は年間1から2回あり、7から14日間ほぼ全工場設備を停止して清掃や検査補修を行う。また、圧力容器の官庁検査も行っている。短期休転は月1回あり、主に抄紙機プラントの抄紙機用具を取り替えている。

②運転計画と保全計画の相互活用

毎日の操業会議で保全部門からメンテナンスに関する情報を提供し、逆に操業部門から運転情報を提供する。故障の兆候があり、設備を修理する必要がある場合、両部門間の打合せによって操業計画の見直しを行っている。修理の内容や兆候によっては、次回の計画休転まで抄速を落として運転したり銘柄を変更したりして運転するなどに対応する場合もある。

③運転部門と生産部門の情報交換

操業部門は、操業計画表を保全部門に提供。保全部門は、休転での保全計画表を操業部門に提供している。

1. 1. 3 調査結果のまとめ

調査した6社の保全に対する基本的な考え方は以下のように要約できる。

(1) 保全計画の立て方

保全の基本は定期的なSDM (Shutdown Maintenance)計画に基づき補修を行っている。SDMの際に補修する箇所は過去の経験値やメーカー設計値などと重要度ランク（リスク評価）に基づき要否と周期などを決定している。また、重要設備については運転中のオンライン診断や停止時に非破壊検査などを行い、傾向監視を行っている。これらは経験と診断に基づくCBMと捉えることができる。このように、CBM(Condition Based Maintenance)を取り入れたTBM(Time Based Maintenance)という保全方式が一般的である。業種による違いは、この経験値の積み重ね方とリスク評価による違い、それに加えて生産や関係部署への影響度合いが加味されている。

経験値では、過去の故障修理結果や点検時に分解検査を行った結果から摩耗や劣化度を把握し、これらを的確にデータベース化して管理し利用する方法と、人の知見として保有し活用する方法の二つがあり、これらの組み合わせも存在している。さすがに人の知見だけでプラントを維持管理する手法をとっている業種はほぼないとみられるが、データだけで判断するのも危険であることからデータと人の両方を上手く使い分けるのが一般的で、それらをどう使い分けているかの違いが業種で現れていると見られる。表1.1.1では、計画保全を立案する際の手法として蓄積データや状態データの活用と人の経験値や知見の活用状況をおおまかに示した。

表 1.1.1 調査結果のまとめ

| 業種 | 計画保全立案方法 | 設備管理システム |
|------|----------|------------|
| 自動車 | バランス型 | 導入し、活用 |
| 総合化学 | バランス型 | 導入し、活用 |
| 電力 | データ重視型 | 導入し、活用 |
| 石油精製 | バランス型 | 導入し、活用 |
| 製鉄 | 人間経験重視型 | 導入し、一部活用 |
| 製紙 | 人間経験重視型 | 導入しているが未整備 |

(2) 運転と保全の連携

計画的な保全は、会社規模で生産全体の影響を加味しながら計画されるため、企業の損益には織り込み済みであるが、突発的な故障や日常保全の中で発生する補修はそうでない場合も存在するため、いかに突発故障を少なくするか、もしくは突発故障があったとしても生産に影響を与えないで済ませるかが、日常保全の方法に大きく影響している。そのため製造部門と保全部門との情報連携はどの企業でも当然行われている。情報連携の方法に対しても様々なデータを活用する方法と、経験に基づく人間系による方法があり、その両方を上手く活用することで運用されているのが一般的と見られる。例えば、生産計画や運転情報は、生産する製品や原材料の変化によってプラントの劣化や性能に影響を与える可能性の観点から、保全計画を見直しする要素となる。一方、設備の状態を適時診断技術などで把握し、故障の兆候を発見し保全の要否を判断することは、生産計画に影響を与えることなどから適時情報提供される項目である。これらは調査結果から、情報連携の代表的な実例として挙げられた。

運転状態や保全結果などから緊急に補修が必要と判断された場合で、かつプラントのシャットダウンを必要とする場合は生産に多大な影響が出てしまう。このような場合は、例えば同一プラントが存在する工場は、別のプラントや別工場で生産を補ったり、在庫の活用で時間を稼いだりする方法が取られている。また、本来の性能が維持できない場合や運転に余裕がある場合などは、プラント運転の負荷を軽くし、次回のシャットダウンまで持たせる方法が取られている。このような場面では、生産管理システムや在庫管理システムなどが整備されていないと、管理は容易ではなくなり人の手が多く必要になってしまうため、システムが有効に活用されている。

自動車工場では、生産部門に保全が直接的に組み込まれている。組立産業においては、生産ラインの停止は完成品生産の停止に近い状態になるため、停止時間をいかに少なくするかが生産部署のテーマとなっている。特に自動車産業では、注文仕様に応じてリアルタイム生産を行っており、生産在庫の考え方がないことから保全は常に生産を意識して実施しなければならない点は特徴的といえる。

(3) 顕在化するリスクは何か

企業を運営していくためには、様々な経営ファクターがある。安全と品質を重視し、安定した生産という視点からみると、次のようなリスクを回避することが生産と保全を考える上の要点であろう。

- ・生産停滞による納期遅れや受注売上の減少

- ・保全コストの増加によるコストの増加
- ・公害発生や企業イメージのダウン
- ・コンビナートや周辺工場への受給変化にともなう損失

今回の調査では、全てを確認できていないが、業種の性質などから推定も加え、表 1.1.2 のように整理した。

表 1.1.2 発生リスク例

| 業種 | 受注売上の 減少 | コストの 増加 | 企業 イメージ | 周辺工場 受給変化 |
|------|-------------|------------|------------|--------------|
| 自動車 | ✓ | ✓ | | |
| 総合化学 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 電力 | ✓ | ✓ | ✓ | |
| 石油精製 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 製鉄 | ✓ | ✓ | | |
| 製紙 | ✓ | ✓ | | |

1. 1. 4 運転とメンテナンスのシステム連携の課題

システムの連携は、結果的にその連携の効果が企業の損益に大きく影響し、利益の創出や企業存続などにつながらなければならないが、極端な表現をすればそういう目的意識を持てるだけの認識や活用事例が存在しないことも要因ではないだろうか。では、何故そういう認識や事例に至らないのだろうか。

企業全体の基幹システムは整備されている。ERP は整備されている。生産管理システムも整備されている。設備管理や保全管理システムも導入した。ADID で示されているアクティビティのほとんどは個別又は一部連携でシステム化されている。

生産システムがコンピュータ化されて久しいが、従来は生産管理システムから一方的に生産指示が送られてくる関係のみだったが、その情報量が多くなり通信速度が爆発的に向上したことで、生産管理システムと、制御用システムや上位系システムのデータ連携による相互データ交換は一般的になった。その他の情報システムや基幹システムなどとの連携も含めると、操作性の改善は生産量と生産コストに直接つながり効果ははっきりと可視化できるというメリットがあり情報システム化が進んだといえる。

一方の設備管理システムや保全管理システムも導入は進んでいるが、その活用度合いは

業種や企業によって大きく異なっている。これらのシステムを単純にデータ蓄積としているか、そのデータを分析し活用することで信頼性や可用性の向上につなげる活動を行い、SDM の作業項目整理や予算計画の効率化などを実施しているか否かが問われる。ただ、信頼性や可用性の向上は、その生産システム全体を常に健全な状態で維持管理することにつながるのだが、逆に保全を実施しなかった際に本当に突発故障や機会損失に至ったかどうかは正しく把握することは不可能に近い。従って過去の実績と重要度などからリスクを評価し、必要な保全を選択して実施することになる。そういう意味ではシステム化による恩恵はなかなか直接的に評価することができない。

このことが生産関連のシステムと設備保全関連のシステムとの持つ意味の違いだとすると、その連携を行ったとしても双方のメリットは少ないのではないだろうか。例えば、設備保全のリスクを経済指標も含めて可視化し、そのリスクが適切にリアルタイムに評価できるようになったとすると、双方のバランスがとれ、外乱への対処をどうすることが最適化を評価するような仕組みにつながり、全体をシステム連携する効果が見えてくるのではないだろうか。

また、全てをシステム化するのではなく、人の経験値や判断力を最大限に有効活用しなければ、重大な判断を誤ってしまう可能性もある。そのため人材育成は、重要な企業戦略の一つである。日本国内では、2007年問題に代表されるような年齢構成上の課題や、新設プラントが増えないことによる経験機会の少なさなどがあり育成に苦慮しているが、それを補う育成方法の見直しや技術伝承の重要性の再認識などでカバーされようとしている。加えて、システムを上手く使いこなす術も身に付けば、人と人・人と機械の情報連携が進み、より適切な運転と保全の連携が図れるものと期待する。

1. 1. 5 運転とメンテナンスのシステム連携のための IT 技術の活用

各企業により運転とメンテナンスを統合するシステムの採用は、システムの大小、管理の内容などでばらつきが大きい。また、活用の度合いも企業によりばらつきが大きい。全ての事業体とも必要性については認識が一致している。今後の取り組むべき課題としては以下の事項が挙げられる。

- ・人間系とのインターフェースが難しい。
- ・システム技術との実現コストバランスが取れない。(日本では、新規プラントでなく改造レベルでの件数がほとんどである。)
- ・設備診断の自動化技術(エキスパート頼り)との情報のリンクをどうつなげるか
- ・設備改造のリアルタイム管理ができない。
(最新の工場設備の図書化ができていない。)
- ・使い勝手の改善が必要。
キー・音声・センサなど多様な入力、解析・検索のし易さ、見易さ
- ・設備の属性情報の取得の煩雑さがある。(一貫性もない。)

仕様、バージョン、ロット

これらの課題に対して、現場作業に関しては、IT 技術の活用が始まっている。その背景には、①高度な判断を要求されるシーンでの操業ミス、②高機能化による管理負荷増、③ノウハウを持つベテランの業務範囲の拡大による作業指示(指導)徹底の難しさ、④ノウハウを持つベテランの不足という課題により問題が発生してきたことがある。

このような厳しい環境下において生産活動/保全・保守活動を支援するには、必要な情報を必要な場所で簡単に作成し(電子化・システム化)かつ取り出すことができ、生産活動に携わる様々な人が空間・時間を問わず情報を共有化できる仕組みを提供することが今後の重要な課題となってくる。その課題解決にIT技術を活用する取組みが注目されている。メリットとして、現場点検業務の定型化、定量化、システム化を支援し、若年者や外注者での確実な点検を実現し、時間的余力の創出や上位システムとのスムーズなデータ連携により点検管理や寿命予測などの高付加価値業務へのシフトも支援できるようにすることである。

具体的な例を挙げると、①音声認識技術、②計器ワイヤレス化技術、③電子ペン応用技術、④ID認識技術(タグ)の技術を活用した以下のような事例が試みられている。

① 判断サポート機能

まず現場点検において種々の条件項目の中から点検周期や設備状況に応じて、今やる点検ルート、点検項目を選択するにはベテランといわれる熟練者のノウハウの流用が不可欠である。ベテランのノウハウを定型化し、点検シナリオ・項目としてデータベース化する。点検

ノウハウデータベースは点検サーバー上に構築され、わかり易く追加、改編が簡単にできるインターフェースを提供する。

② 点検サポート機能

点検シナリオを実際の現場で応用する場合、一般的には無線などの通信インフラを整備してハンディな端末を利用して操作および判断・処理のサポートを行う。

③ 点検管理機能

巡回点検終了後、従来は点検簿として紙で記録・保管されていたが、モバイル端末データを点検サーバーにアップロードすることで点検管理、傾向管理を実施する。またシステムとしては、音声メモや画像などの五感的データの収集も容易に収集管理できる。

④ 設備ID認知機能

設備個体管理は、設備そのものの設置時期、仕様、バージョンを管理しなければ機器の交換、改造などは難しい。そのため、近年、種々の用途に適用されているICタグを活用する試みも出てきた。管理の範囲としては設備製造者が提供する製品から廃棄まで適用することを基本としている。利用者は、そのタグを読めさえしたら設備の型式、仕様、製造時などが即分かり容易に管理が可能となる。

現在、上記の各機能の実現を多くの企業が取り組み試行している。しかし、個別の取り組みでは、その開発コスト（人員含め）などが膨大となり。多くの企業、特に中小企業は容易に取り組むことができない。そのため、技術の確立するものから公開し、大いに標準化すべきと考える。

例えば、生産情報と設備情報、設備と操作者とのインターフェースなどは、統一されるべきであり、また個体設備の識別の仕組みも標準化し、業界全体で導入することにより、システム構築コスト、運用の安全コストの簡素化を図るべきである。

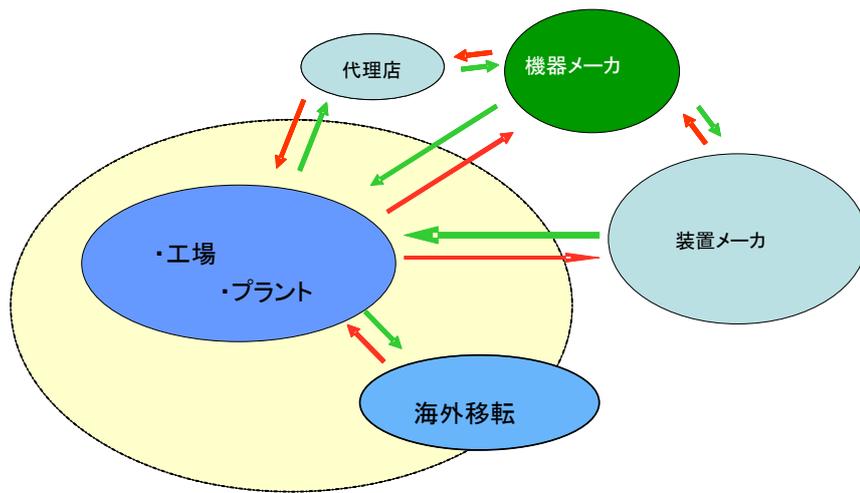


図 1.1.3 製品の流れ

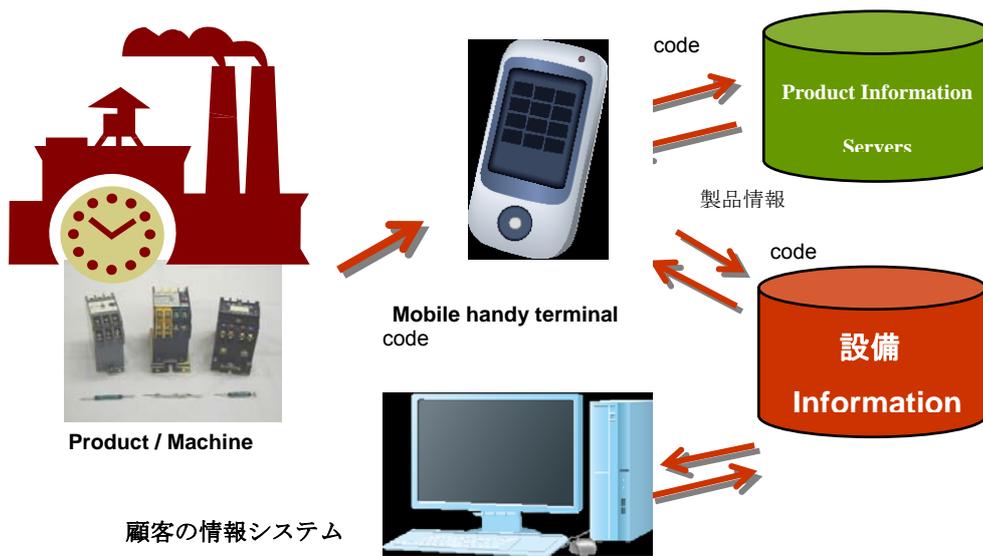


図 1.1.4 設備検索管理

1. 2 米国における保安全管理の現状と保安全管理システム Maximo¹について

本節では現在米国を中心としてグローバルで活動されている保安全管理に関する現状と IBM の保安全管理システム Maximo をグローバルで使用されている保安全管理のシステムの例としてその概要を説明する。

1. 2. 1 保安全管理システムが使用される環境および社会的な背景

はじめに保安全管理システムについて論じる前に海外とわが国の産業構造、文化などその背景に関して言及する。これは制度や習慣、文化的な背景が保全・運転間に対して影響を及ぼすとともに、そのサポートを行う情報についても関連するためである。

わが国では戦前・戦後を通して一つの企業や組織に属して業務を行う終身雇用制度が他の欧米諸国に比べて長期間存続し、社会の安定に寄与してきた。従って作業員は一つの企業に入社すると退社までその企業の業務を行い、企業に貢献を行う。また作業員はこの業務を通して運転や保全に対する技術を取得するとともに、企業文化を継承し企業の安定に貢献する。このため日本における労働流動性は他の諸外国に比べて低い。

また管理職と技術者には明確な区別がない場合があり、技術者や管理職が実際の現場作業に参加したり、外注業者を使用して保全活動を行う場合は技術者がその管理を行ったりする。わが国では「多能工」という言葉で呼ばれる万能な作業員を育てる文化があり、1 担当者が何役もの職責を担当することは珍しくない。この意味では技術者および作業員の中から、人事や組織管理に長けた担当者が管理者となる場合がある。

これに対して海外ではマネージメント層(White Collar)と作業員層 (Blue Collar) には明確な区分があり、管理者は管理業務に徹し、また技術者は技術的な分析や調査、設計など技術的分野で実力を発揮する。管理職は管理を専門に行うために教育を受けていることがある意味で前提となり、Master of Business Administration (MBA) などの教育プログラムについては良く知られている。

更に、企業の業績によってダイナミックに生産計画や拠点変更を行う欧米のビジネスモデルでは、戦略的に企業構造を改革するための Strategic Restructuring にともなう一時解雇 (レイオフ : Lay Off) が行われるために、作業員の労働流動性は高く、組織内の知識を蓄積し、管理プロセスを標準化して、管理者・作業員が仮にレイオフにより解雇され

¹ Maximo®は IBM の登録商標である。

でも組織のオペレーションを継続できる体制をとる必要がある。

この考え方の違いは保全や運転の管理システムにも大きな影響を与えていると考えられる。例えば保全管理システムでは、表 1.2.1 のような違いを見て取ることができる。

表 1.2.1 日本と欧米諸国の保全管理システムに対する違い

| | 日本 | 欧米 |
|--------------|----------------------|------------------|
| 位置づけ | 担当者の作業負担を改善するためのツール | 企業全体としての管理システム |
| 導入 | 部門別 | 企業全体での導入傾向大 |
| システムに対する要求事項 | 非常に詳細で具体的 使い勝手の重視 | 要求事項の一般化 |
| 情報リテラシー | 管理職は強い。作業員は低い場合がある。 | 高い |
| 標準化 | 弱い | 強い プロセス標準化を目的 |

(1) システムに対する位置づけ

先に記述した通り、日本では保全管理を担当する担当者は通常以下の作業を行う。

- 保全計画の作成（大日程作成、予算作成）
- 作業の指示（作業要領の作成、作業員(外注業者を含む)との打合せ、作業指示)
- 保全結果の評価（作業の実施/完了、作業集の問題点の把握）
- 技術的評価（老朽化・劣化分析、改善活動）
- 調達作業（保修資材の調達、外注企業に対する使役業務の調達）
- 在庫管理（保修資材の在庫管理）
- 安全・環境管理

これは「多能工」という考え方により一人の担当者が管理対象のエリア（例：対象工程、対象設備など）が設定されるとそのエリア全体の管理に責任を持つ（「一所懸命」に代表される言葉の通り、地面（領域）を自分の縄張りとして管理する傾向がある）。

また日本の経済バブルの崩壊以降の経済状況の低迷、理工系業務に対する求職者の低下（理工離れ）などの理由により 1990 年代から技術系のエンジニアは減少する傾向にあり、

特にプラントなどの重厚長大産業では団塊世代の大量退職問題と相まって組織内の技術者数の年齢ピラミッドは理想形とは程遠い。従ってプラントの技術者および保全担当者は業務が非常に多忙で、自分の担当する業務の改善および省力化についての要求は非常に強い。

これに対して欧米（特に米国）では、労働流動性が高いゆえの問題点があり、日本のように組織内に全ての知識・経験を持つ担当者が育たないために、情報の記録や管理についてはコンピュータシステムに依存しなければならない。例えば保全管理の作業手順に例をとると、日本では長期に勤務している担当者又は外注業者がその企業の保全のやり方を熟知しており、作業については作業件名のみで指示を行っても正しい仕事を行うことができる。しかし、人材の移動がある米国では仕事の手続きやそのやり方について一挙手一投足について指示を行わないと仕事が完了できない場合がある。

即ち、米国においては作業の標準化を行い、その情報をコンピュータシステムに蓄え、必要な管理プロセスで管理し、作業員に指示を行うことができないとその企業の生産活動に直接影響が及ぶ。従って情報システムの位置づけは企業全体のインフラストラクチャーとして捉えられ、業務の標準化およびプロセスに関する「管理システム」としての位置づけという側面が非常に強い。

（2）導入

上記の理由から、導入の形態はおのずと決定される。日本では保全管理システムは部門の管理下のシステムとして一般的に認識されており、本社の情報部門が主導権を取りシステム構築・導入を行うケースは必ずしも多くない。情報システムの構築や選択は担当者又は担当部門で行うため、他部門の要求事項を加味し、工場全体又は企業全体のシステムに成長することが少ない可能性がある。このためシステム構築に準備できる予算も部門単位となり予算規模は小さくなる傾向にある。この結果社内では、同様の管理を行うにもかかわらず異なる保全管理システムが部門単位や管理対象単位に存在することになる。

これに対して米国でのシステム導入はトップダウン方式が一般的であり、企業全体で統一されたシステムを利用しようとする傾向にある。これを可能にするのは「保全管理システム」は管理システムであり、技術分野をサポートする個別のシステムは別途存在することが挙げられる。管理者は管理視点から共通化され、透明性で堅牢なシステムを好む傾向にあり、米国特有の労働流動性の特徴と相まって企業ワイドで適用される保全管理システムが導入されている。

(3) システムに対する要求事項

日本における保全管理システムの導入の主役は各保全部門の管理者、担当者およびエンドユーザである。従って構築されるシステムについてはエンドユーザの強い意志と要求事項が反映される。本項(1)で記述した通り、担当者は多忙な時間を割いて保全管理システムへデータを入力した情報を参照することから、保全管理システムの機能は担当者の業務を肩代わりして軽減する機能、改善を行う情報を出力できる機能などが非常に重要になる。このため保全管理システムには技術的な分析要素を加えたシステム(例:減肉管理システム、劣化診断機能など)が存在する。

更にシステム導入について本社のIT部門が関与することは必ずしも必須ではなく、情報技術の観点からのシステムアーキテクチャーやソリューションを評価されることは少ない可能性がある。逆に本社の情報部門として、プラント固有の技術に関連したディスカッションを行うことや、プラントや工場で使用する現場のシステムに対して直接的な指示・監督を行うことは、知識や職責(本社部門と各サイトの情報部門・ユーザの間では中央と地方といった物理的な距離も関係して、本社部門が関与を敬遠する場合もある)の関係で少ない場合がある。

日本における保全管理システムの構築・導入は「ボトムアップ方式」である。

もう一つの非常に大きな特徴として、システムをエンドユーザが使用する場合はその「使い勝手」が非常に重要で、この要求事項がシステム構築における導入コストを増加させる一因になっている場合もある。エンドユーザがシステムを使用するが、保全管理の場合エンドユーザは現場の作業員であり、また協力会社の社員である。従ってシステムが使いやすくないと情報の入力に滞り、有効な情報の出力ができなくなることでシステムの陳腐化を生じさせる。

これに対してグローバルでは、保全管理システムは文字通り「管理システム」であり、「トップダウン方法」でシステム導入が決定される傾向にある。また管理面をサポートする設備台帳、作業管理、調達管理、在庫管理、契約管理および安全・環境管理などは管理側面と技術側面でシステムとして分離され導入される。例えば劣化診断を例にとると、以下のシステムの組み合わせで管理される。

- 共通の保全管理システム(情報の収集、管理を担当する。)

- 劣化診断用の専門の技術システム（分析・評価などを担当する）

これは日本では担当者が技術的な評価を含めて作業の全てを管理するのに対して欧米では作業管理の管理者と技術評価を専門に担当する技術者、実際の作業により測定作業を行う作業員の連携（コラボレーション）で実現されるため、管理者は管理の目的に合致した専門のシステムを利用し、技術者は数値計算や統計分析などのシステムを使用して分析・評価を行う。この統計解析システムは別の分析用途にも使用できるため、日本のように具体的な目的に合わせた個別システムを使用するのではなく、システムのコンポーネントを分けて、それぞれに専門のシステムを割り当てる傾向がある。

（4）情報リテラシー

情報リテラシーは情報システムを使用するうえで非常に重要なスキルである。このリテラシーの「ある」「なし」によって情報システムに求められる機能は大きく変わってくる。保全管理の分野でその特徴的な事例をいくつか提示する。

ビジネスインテリジェンス

情報システムでは様々なデータを扱ってはいるが、そのデータが直接的に情報になるかは別次元の問題である。例えば保全管理を行うためには各保全対象の管理者が、円滑に定められた保全作業を滞りなく行っているかを知るためには、「積み残し作業」に関する件数や費用、工数などを集計して保全管理の進捗状況や遵守率を計算することで管理を行うことができる。このような要求事項については所定の分析帳票を作成して週次、月次などのタイミングで分析することで実現できる。

一方、データウェアハウスのような機能を使用して担当者や管理者が自分の要求時応じたデータ分析を提供するビジネスインテリジェンスという機能を使用して情報分析を行うスタイルもある。

所定の分析帳票を用いて情報を出力する場合、その分析軸に従った評価を行うことは非常に簡単で効率的であるが、その分析軸を超えて情報を提供することはできない。これに対してビジネスインテリジェンスは利用者が自由に様々な分析軸を設定できることから、情報リテラシーを持つ担当者や管理者にとっては非常に有益なツールであるが、システムを上手に使用するためには使用するビジネスインテリジェンスの機能を学習し把握する必要がある。この反面、分析方法を誤ると、間違った情報が提供され誤った判断を下す要因にもなる。

日本ではどちらかというと全社の特定帳票による情報分析が好まれる傾向にある。これは保全管理システムがボトムアップ的な手法で導入・運用されていること、また管理職が直接情報システムを使用してデータをダウンロードして情報分析を行うようなスタイルで仕事を行っていないことによると考える。情報は実際の担当者から上司へ報告するようなスタイルが一般的である。

これは興味深い現象である。先に本項（1）システムに対する位置づけで紹介したが、グローバルでは標準化を促進し、人員の可換性を維持することで企業の組織自身の継続性を担保することを紹介したが、この点に関しては、そのような考え方に逆行する。この現象は管理者がその地位を保全し、企業活動に安定的に関与するためには自分の能力を組織内で確立する必要があるため、情報の分析に関するコンピテンスを共通の知識という形で共有することを避けることが一つの要因として考えられる。情報処理のリテラシー能力は管理職としてのコア・コンピテンスである。

星取表

保全スケジュールを、縦軸に設備・作業を並べ、横軸に期日（週・月・年など）を並べ、作業を実行すべき期間のマスに○などの印をつけて管理する表を保全管理の分野では「星取表」と呼ぶことがある。（図 1.2.1）日本ではこの機能に強い要求と執着がある。これに対してグローバルのユーザではこのような星取表に対する要求事項は必ずしも強くはなく（皆無ではない）、むしろガントチャートを中心とするプロジェクト管理の機能を要求する傾向にある。この現象は以下が原因と考える。

日本では保全作業は子会社や協力会社で実施されることがあり、特に発電所や石油化学プラントなど大規模プラント系ではその傾向が顕著である。これはメンテナンス作業が定期点検（Shutdown Maintenance）中心で、定期点検に必要な保全作業員を常時雇用することができないためである。このためプラントを保有する企業では保全計画を立案して、協力会社などの工業者に保全作業を請負委託する形態で管理され、保全管理はある意味調達管理の一つのバリエーションとして捕らえることができる。実際の細かな作業の段取りや作業手順などは長期的に保全サービスを行っている協力企業側がノウハウとして保持しており、工事調達を行う企業側としては具体的な作業の管理を行う必要がない。また下請法などの制約から工事発注元が協力会社の具体的な作業について逐次監視・管理を行うことは法律上の問題になる場合がある。

従って保全作業を管理する企業や組織としては「星取表」レベルの管理で十分な場合がある。

予定 ○
 完了 ●

| 設備管理番号 | 設備名称 | 作業項目 | 周期 | 2010年 | | | | | | | | | | | | 2011年 | | | |
|--------|-------------|---------------|-------|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-------|----|----|----|
| | | | | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 |
| EQ0001 | 冷却水循環用遠心ポンプ | 振動確認作業 | 1回/月 | ● | ● | ● | ○ | ● | ● | ● | ● | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| | | 非常停止ボタン動作確認試験 | 1回/3月 | ● | | | | ● | | | | | | ○ | | | ○ | ○ | |
| | | 簡易分解点検 | 1回/6月 | | | | | ● | | | | | | | | | | | |
| | | 詳細分解点検 | 1回/年 | | | | | | | | | | | ○ | | | | | |
| EQ0002 | 冷却水循環用モーター | 動作確認 | 1回/月 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | |
| | | 接地抵抗測定 | | ● | ● | ● | | ● | ● | ● | | | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

図 1.2.1 星取表のイメージ

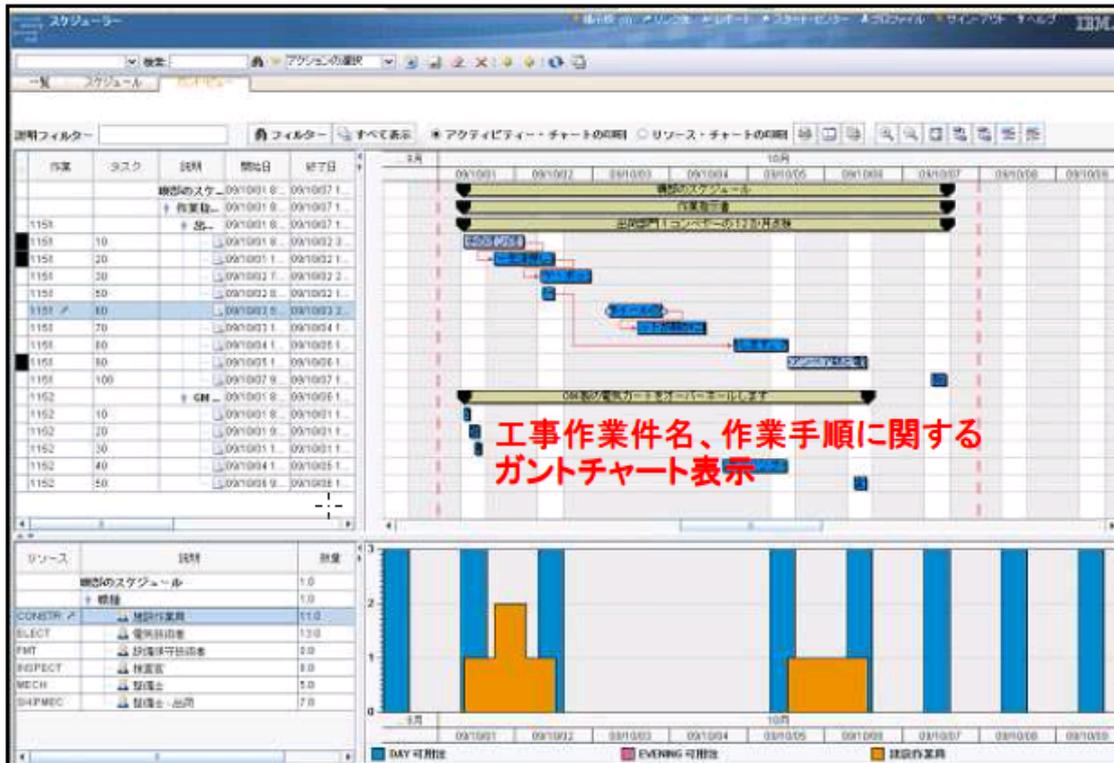
これに対して米国では保全作業自身は外注企業の作業員が行うがその作業自身の管理は、保全作業の調達元の企業や組織の担当者が管理する必要があるため、細かな作業項目、作業の前後関係、作業スケジュールを直接管理する必要が出てくる。つまり保全作業の管理を含めて請負作業契約ではなく、実際の作業および労働力の提供といった使役契約で管理される場合があり、詳細なスケジュール管理が必要になる。

このような管理を行う場合各作業の識別、作業の上下・前後関係の定義、具体的なスケジュール、必要作業員（人的資源）、資源に関連した予算などを統合的に関するためにプロジェクト管理システムを使用するのが一般的である。

このような仕事の上下・前後関係およびスケジュールなどを管理する行為は WBS (Work Breakdown Structure) 管理と呼ばれ、その管理システムとしてプロジェクト管理システムがある。(図 1.2.2)

このプロジェクト管理のコンセプトや意味、実際のプロジェクト管理システムはビジネス関連学部の大学の教育プログラムで紹介されていると思われるが、実際にシステムを活用して仕事を管理しているかについては、欧米と比較すると日本では必ずしも傾向が強い又は同等とはいいいきれない。

これも情報リテラシーを比較する一つの視点としては典型的な例と考えることができる。作業を管理する環境は異なるが、一般的に知られているソリューションや情報システムについての知識や活用方法の模索は重要と考える。



リソースグラフ表示

図 1.2.2 ガントチャートによる WBS 管理画面の一例

(5) 標準化

どの国でも、標準化については総論としては賛成であるが、各論として反対というのが一般的である。その理由は、標準化は組織のために行うもので個人のために行うものではないからである。

この点で、保安全管理システムに限っては作業を行う現場の意見や要求事項を標準化してシステムを構築することは難しい。これは組織のガバナンス管理にも起因している。通常企業を支える情報システムの例を表 1.2.2 に示す。

表 1.2.2 企業を支える代表的な情報管理システムの例

| 情報システム名 | 機能の概要 |
|----------|---|
| 会計システム | 企業会計全般を支えるシステムで貸借対照表／損益計算書を作成するための関連システム全般。現在では工場やプラント単位で独自に会計システムを持って管理している例は少ない。会計コンプライアンスの管理は重要であり、会計システムは本社 IT 部門によって管理される。 |
| 調達システム | 企業活動に必要な資材および使役の調達管理を行う。調達コンプライアンスの管理は重要である。原材料に関しては本社調達システムが管理するが、プラントや工場の保安全管理に関する調達事項は個別のシステムで管理される場合もある。 調達システムは本社 IT 部門によって管理される。 |
| 人事システム | 従業員の人事情報を管理する。人事情報はプライバシーの情報として機密情報を多く含むため企業全体として管理を行うことが一般的である。 人事システムは本社 IT 部門によって管理される。 |
| 物流システム | 物流は製品（および原材料、半完成品など）の流れを管理するもので品物＝お金であり、企業活動を支える重要なシステムである。在庫管理を含めて物流管理は本社 IT 部門で管理される。 |
| 営業管理システム | 受注管理システムを代表とする営業システムは、顧客情報、売上情報を管理するシステムで本社 IT 部門によって管理される。販売する対象によってはシステムが異なる場合がある。 |

このような分類において保安全管理システムが登場することはあまりない。従って主要なシステムとは必ずしも認識されていない可能性がある。また保安全管理システムは先に指摘した通り本社 IT 部門の管理下でない場合がある。

しかし、企業の製造・生産活動を支えるのは製造設備であり、プラント設備であり、また工場施設である。保安全管理をおろそかにすると設備の故障が増加し生産活動に支障をきたすのみならず、事故の発生は周辺住民を含めて安全や環境に大きな影響を与える。

この点を考えると、保安全管理システムに対する評価は実質の役割に比較して低いように感じられる。

また標準化の観点から考えても、ユーザの要求事項に呼応して複数の会計システムや人事システムが導入されることは通常は考えられない。これはシステムの標準化に関連する意識の違いを表していると考えられる。

更に、(1) 情報システムに対する位置づけで記述した保全管理に関する背景やものの考え方の違いにより、日本ではプロセスや情報システムを標準化した形での導入は最近まであまり多くはない。

しかし、プラントにおける重大事故の発生、企業の社会的責任（Corporate Social Responsibility : CSR）の強化などにより 21 世紀に入って以降、企業全体としての保全管理システムの導入が日本でも始まってきている。この一つの典型的な例として原子力発電所での資産・保全管理が上げられる。原子力発電所ではプラントの安全性の更なる確保、プラント寿命の拡張（コマーシャルライセンスの延長）および運転効率の向上を目的として、電気事業法が改定され、従来の定期点検単位での一括管理から、電力会社が個別機器単位での保全計画書の作成、定期事業者検査による監査などの新管理プロセスが導入され、より決め細やかな保全管理の実現と監査可能な証跡の必要性の導入など改革プログラムが導入されつつある。

これは規制緩和にともなう規制強化の側面でもあり、そのバランスを鑑みて効率的な資産・運転・保全活動を行うためには、より標準化の方向性が明確になってきている産業分野である。

この点で企業全体としての標準化とビジネスプロセスの構築や他システムとの連携など、従来の各部門だけでは実現できなかったシステム導入を行うことが必要になると考える。このような企業全体として取り組む資産管理を **Enterprise Asset Management (EAM)** と呼ぶ。図 1.2.3 に EAM の適用分野を示す。

EAMの対象業務 - 部分最適ではなく、全体最適 -

- 業務には多くの「系」があり、多くの部門や担当者が関連するため、「部門一組織一企業」と関連する業務部門間担当者で情報共有(可視化)を推進、全員でPDCAを廻してゆくことが必要

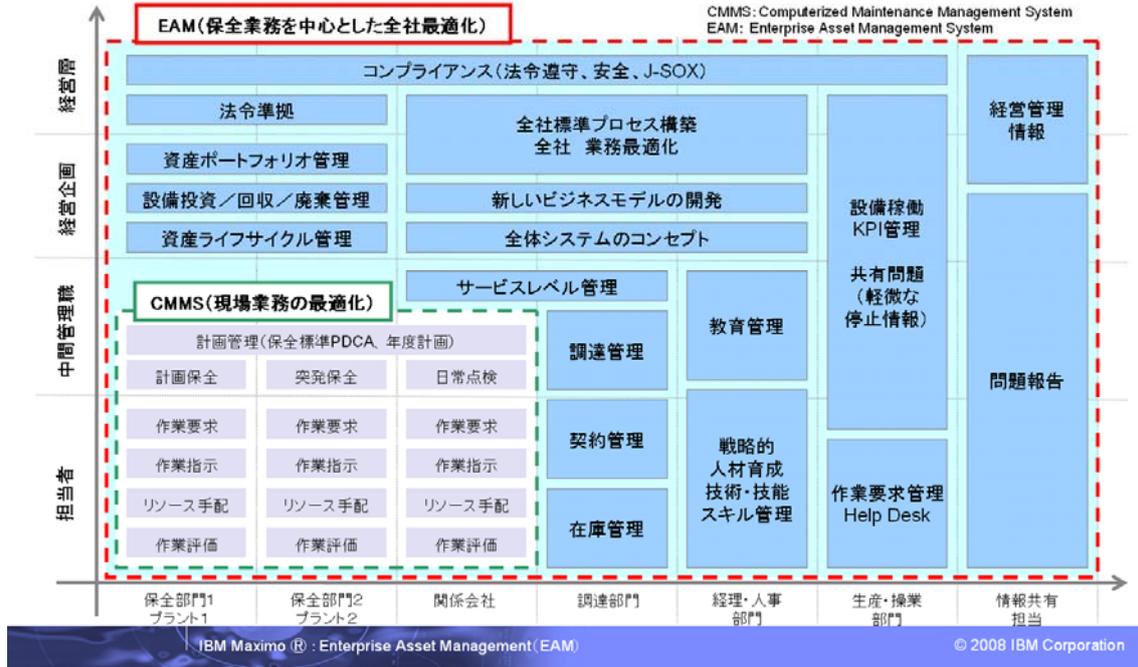


図 1.2.3 Enterprise Asset Management (EAM) の対象分野

1. 2. 2 IBM の資産管理ソリューション Maximo の機能概要

今まで説明してきた企業ワイドでの保安全管理システムとして IBM のシステムを例として保安全管理システムが具備すべき機能を紹介する。本項では具体的な製品の機能について触れるが、運転と保全を管理するシステム構築にあたり、備えるべき機能の一つのモデルとして位置づけ、システム導入や構築に関しての参考になれば幸いである。

(1) 資産台帳機能

一般的に保安全管理の領域では「資産」という呼び方を聞くと金融資産などを含めた一般的な資産を連想するが、企業全体の保安全管理対象物を「設備」と呼ぶと誤解を生じる可能性があるため一般的な用語である「資産」を使用して説明を行う。例えばプラントや工場の製造現場を担当している管理者にとっては「設備」や「機器」といった用語が分かりやすい。一方、ビルや施設を管理する担当者にとっては「機器」という呼び方は適当でない場合がある。更に企業全体としての管理を目指す場合、車両や情報機器なども管理対象となるために「資産」として表現する。

資産台帳を構築する場合、ポンプ、バルブ、計装設備などの種類が異なると管理項目が異なる。また設備は別の小さな設備で構成されていることがあり、この階層を「設備」→「機器」→「部位」などと表現する場合がある。通常の情報システムの設計論ではこのような実際に現実にある事物をモデル化することを物理モデルと呼ぶ。資産台帳の構築にはデータベースが必要なことからこの物理モデルをデータベース上のテーブルと呼ばれる記憶区画にマッピングしてデータベースの定義を行う論理モデルを設計する。

この段階で、正規化（Normalization）を行わないと物理モデル上の1事物に対して一つの論理モデル上のテーブルが割り当てられる可能性がある。この場合ポンプ台帳、バルブ台帳、計装設備台帳などが設計され使用される。

このときの問題点としては無数にある設備の種類単位にテーブルを設計していたのでは標準化を行うことは難しく、またこの理由により、保全部門内で複数の管理システムが存在する理由にもなる。

この問題を解決するために“資産とは、ある特定の場所や機能単位（ロケーション）に配置され、個別管理（1品ずつ個別識別番号を持ち管理する）を行う「物」という定義に基づき、正規化を行うことで、全ての資産の分類に使用できる一般化された資産台帳を作成することができるようになる。Maximo では一般化された資産およびロケーションの概念を導入し、異なる分類の資産を統一データベースで管理できるよう工夫されている。

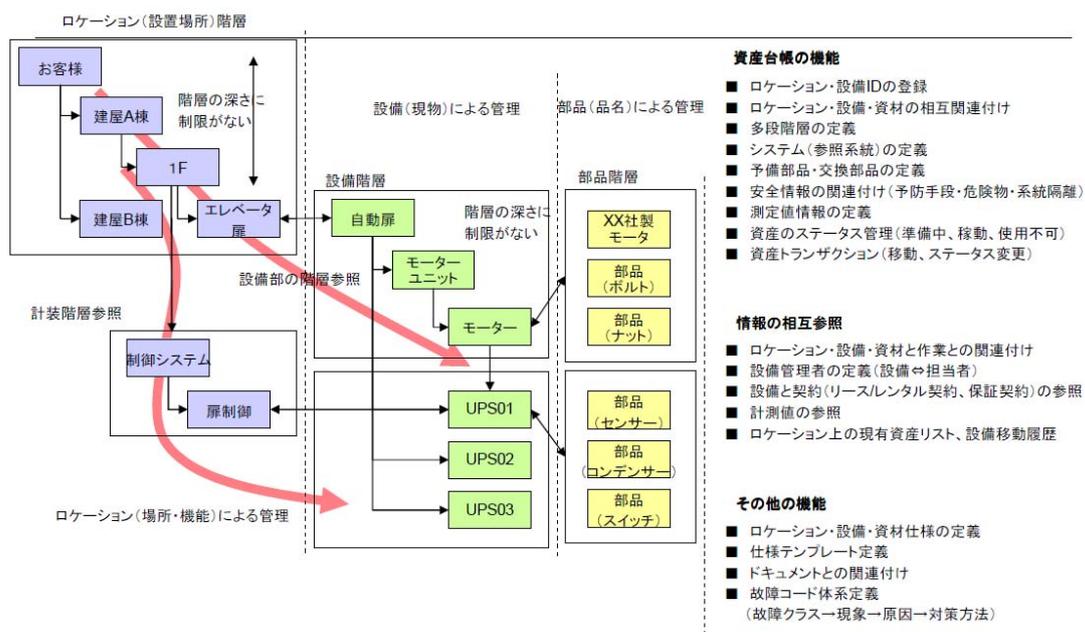


図 1.2.4 資産台帳でのロケーション階層・資産階層・部品との関連付け

(2) 調達管理機能

資産は工事業者によって構築されるか又は外部のメーカーから資材を調達することによって企業や組織内に配置される。この点から考えると資産管理と調達管理は密接に連携する必要がある。しかし、残念なことに調達管理システムは調達部門の観点から設計・導入されることが多く、保全管理の立場にたったサポート機能が十分に実現されているとはいえない場合がある。例えば調達システムでは「XXXX 工事一式」といったような工事案件名で調達要求や注文が管理される場合があるが、保全作業員の立場ではその工事が実際の機器に対して実行されるのかを管理したい。しかし、このような情報を調達システムに入力できるとは必ずしもいえない。

従って、保全管理者や担当者は、また別のデータベース（例：表計算システムなど）やメモなどに記録をとり保全対象資産、保全作業および調達を個別に関連付けて管理している例が見受けられる。

特にプラントなどで発生する調達行為はその件数のほとんどが保全作業に関連して作成される調達トランザクションである。この点をとっても保全管理と調達管理の連携は、情報管理の立場として調達コンプライアンス管理を強化するために重要であるとともに、ユーザの利便性を向上させる働きを持つ。

Maximo では資産台帳・作業管理と連携した形で標準的な調達管理機能を具備し、情報の関連付けを自動的に行う。また実際の調達トランザクションは本社レベルの調達管理システムに自動的に転送され、調達コンプライアンスを遵守できるよう導入を行う。Maximo がサポートする調達機能は以下および図 1.2.5 の通りである。

- 購買要求書管理
- 見積管理
- 注文書管理
- 受領管理（受領および検収）
- 請求書管理

調達管理機能

Maximoでは「購買要求」「見積書」「注文書」「受領」および請求書に関する一般的な調達管理機能がサポートされています。

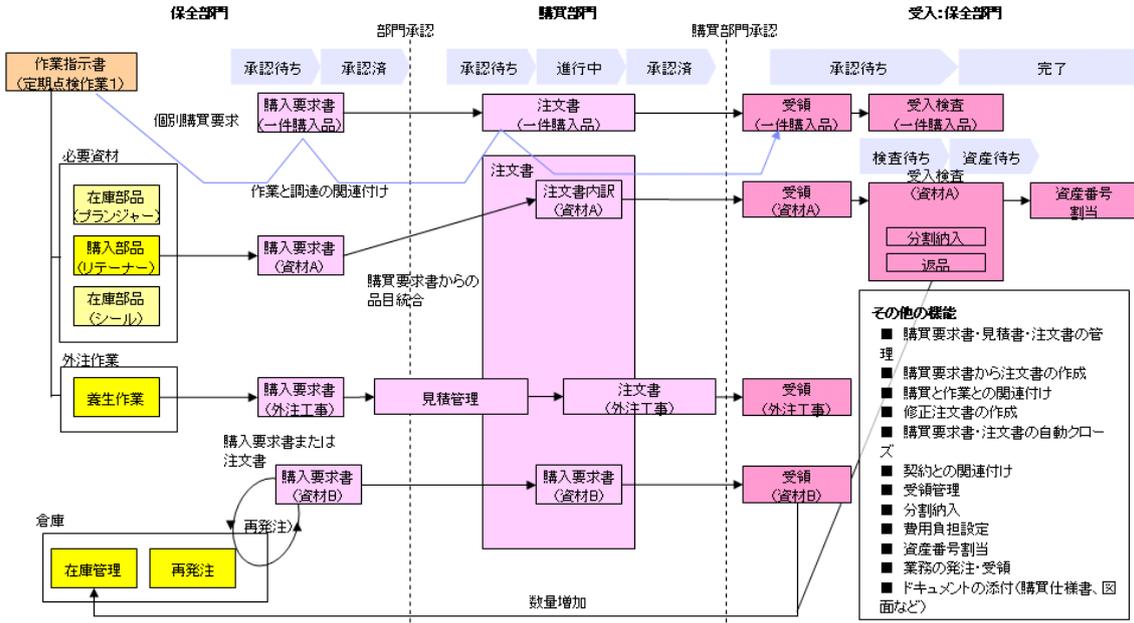


図 1.2.5 調達管理機能

(3) 在庫管理機能

調達された資材は在庫品として管理される場合がある。またプラントや工場内で使用する工具や測定器などの数量管理、貸し出し管理を行う必要がある。この要求事項をサポートするために Maximo では標準的な在庫管理機能を提供する。

Maximo の在庫管理機能は資材や工具の利用証跡管理機能を具備しており、出庫・戻入に際して出庫先の資産、場所 (ロケーション)、担当者、作業指示書などを指定することが出来、その在庫資材や工具が「いつ」「どこで」「だれが」「なぜ」「どのように」使用したのかの証跡を取得することが可能である。

以下に在庫管理の機能を示す。(図 1.2.6)

- 部品マスターの登録・管理
- 在庫数量管理 (品名単位、ロット番号単位)、在庫品予約管理
- 再発注管理 (再発注点、安全在庫数の設定)
- 資材・工具の使用に関する証跡管理

在庫管理機能

Maximoでは保全作業にもっとも必要な交換部品などの在庫品の数量管理を行う「在庫管理機能」が標準機能として具備されています。すべての在庫品の出庫・戻入は「ロケーション」「資産」および「作業指示書」に関連付けて行うことが可能であるため、どの作業にどの資材が必要かを「作業と関連付けて、一つのシステムで管理する」ことが可能です。

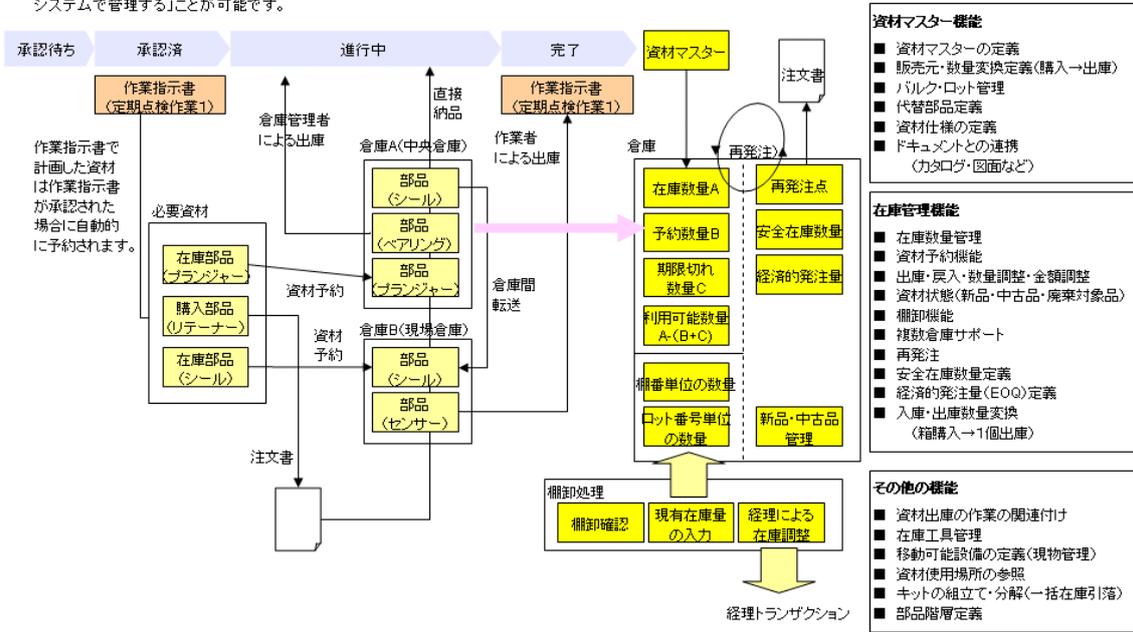


図 1.2.6 在庫管理機能

(4) 作業管理

作業管理は保安全管理システムの根幹を成す機能で、保全作業の計画登録、保全作業指示書の作成、実績の記録を行う。作業指示とは言葉の印象から実際の作業員に対して作業を具体的に指示するというイメージがあるが、実際の保安全管理システムでは保全作業に関連する情報を統一的に管理する「受け皿」であり、保全情報を参照する場合の要である。

作業指示管理には以下の機能がある。(図 1.2.7)

- 作業計画の定義（作業件名、作業内容、作業ステップ、必要資源（作業員、資材、外注サービス、工具）の標準化とテンプレート化
- 作業指示書の登録・管理
- 作業対象資産・ロケーションの特定（1作業複数対象の定義可能）
- 作業責任者・作業スケジュールの定義
- 予防保全定義による作業指示書の自動発行（時間ベース保全、利用度ベース保全）
- 状態監視情報からの作業指示書の作成

- 作業員割当て管理
- 作業実績情報収集
- ステータスによる作業進捗の把握
- 作業指示からの資材・工具予約
- 作業指示からの自動調達作成

工事管理

Maximoでは工事管理および作業管理を「作業指示書管理」アプリケーションを利用して管理します。作業指示書とはその作業について「いつ」「どこで」「だれが」「なぜ」「どのように」「いくらで」の5W2Hを管理します。従って、工事も作業も同じフレームワークで管理します。

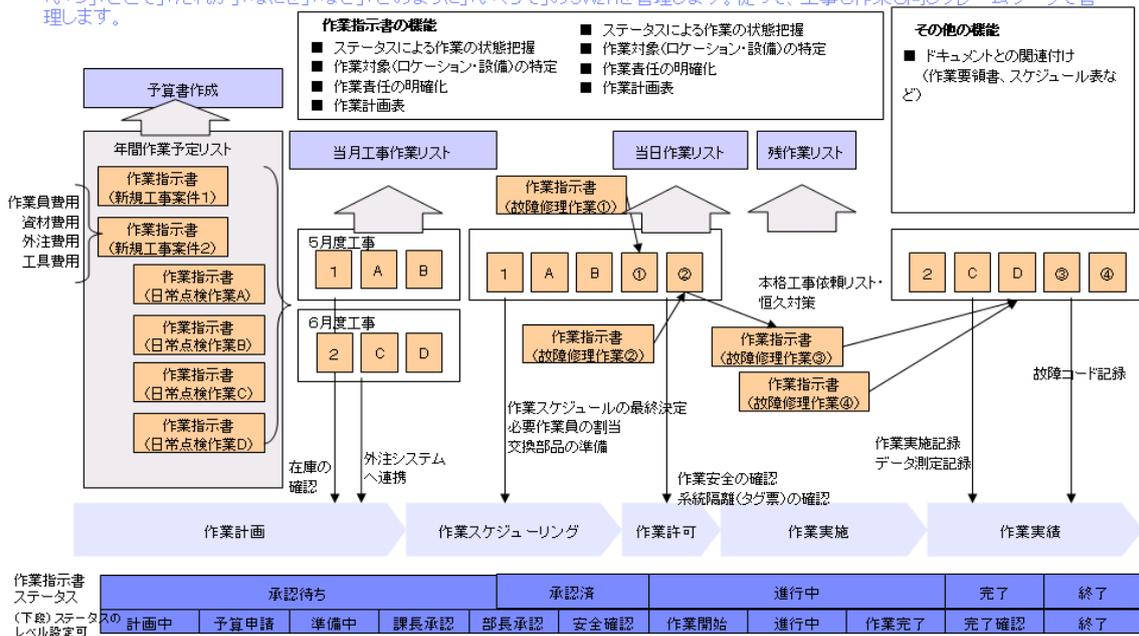


図 1.2.7 作業指示書と作業進捗

作業指示書は、その呼び方は異なっても全ての保安全管理システムにある機能であるため、機能概要については簡単に触れたが特徴のある機能を以下に示す。

【原価計算用の経費トランザクションの作成】

作業指示書では金銭に関連する行為を行う場合（例：作業員の実際の作業時間の登録、在庫品の出庫・戻入、作業に関連した調達行為、工具の使用）にはその費用（原価情報）を経理システムに転送して詳細な原価管理を行うために、借方・貸方の勘定科目および会計期間情報を伴って仕訳トランザクションを自動的に生成する。

勘定科目は実際に作業を行う担当者の分類（例：内部作業員／外注作業員）、資材分類コード、作業対象資産・場所などの情報から自動的に選択されて記録される。これは保全情報を原価情報に関連づけるための重要な機能である。

【作業指示書の階層管理】

ロケーション（場所）や資産には階層があることを先に示したが、作業にも「工事」→「個別工事」→「作業」など階層を持って管理したい場合がある。Maximo では作業指示書を階層化して管理することが可能で、この場合は以下の管理を適用できる。

- 上位作業指示書による一括ステータス管理
- 作業終了条件の設定による作業順序管理（先行作業が完了しないとシステム上、従属作業は開始されないなどの制御）
- 作業指示書から関連作業指示書の作成（例：暫定作業に対する恒久対策作業の作成など）

（5）契約管理

契約管理は調達管理の一環であるが、調達に関する契約を管理する。通常プラントなどでは契約を実際の保全管理者が管理している場合があり、調達はその契約に基づいて作成されなければならない。Maximo ではこの要求をサポートするために以下の契約について管理機能を具備する。

- 主契約（基本契約）
- 購買契約の定義
- リース／レンタル契約
- 保証契約
- 契約条項の管理

（6）その他の機能

Maximo では資産・保全管理を統合化されたプラットフォームで実現するために以下のような補助的な機能を有する。

| 機能名称 | 機能説明 |
|-------------|--|
| データベースの項目管理 | ユーザが独自に管理しているデータ項目を追加、変更を行う。 |
| 画面変更機能 | ユーザの要求事項に従ってある程度の画面のレイアウトの変更、追加データ項目の表示をプログラミングレスで実現 |
| KPI 設定機能 | 主要評価指標（Key Performance Indicator）の設定 |

| | |
|--------------|--|
| ワークフロー設定機能 | 部門内、部門間での承認・決済のためのワークフローの設計機能。 |
| 電子メール送信・受信機能 | イベント発生時点での電子メールの自動送信、電子メールから作業要求を自動作成する。 |
| エスカレーション機能 | 作業の遅れなどを検知して、督促のためのアクションを実行する機能。 |
| セキュリティー設定機能 | ユーザのセキュリティー権限に対して、画面、レコードおよびデータフィールドのアクセス権限の設定（ReadOnly, ReadWrite, Hide, Mask など） |
| インターフェース機能 | 他システムとのインターフェースに定義。以下のプロトコルをサポート <ul style="list-style-type: none"> ● HTTP ● EJB (Enterprise Java Beans) ● ファイル (CSV、XML) ● データベーステーブル間転送 ● JMS (Java Message Service) ● Web サービス ● その他 |

図 1.2.8 に Maximo 機能の全体図を示す。

IBM Maximo Core Asset Managementの機能

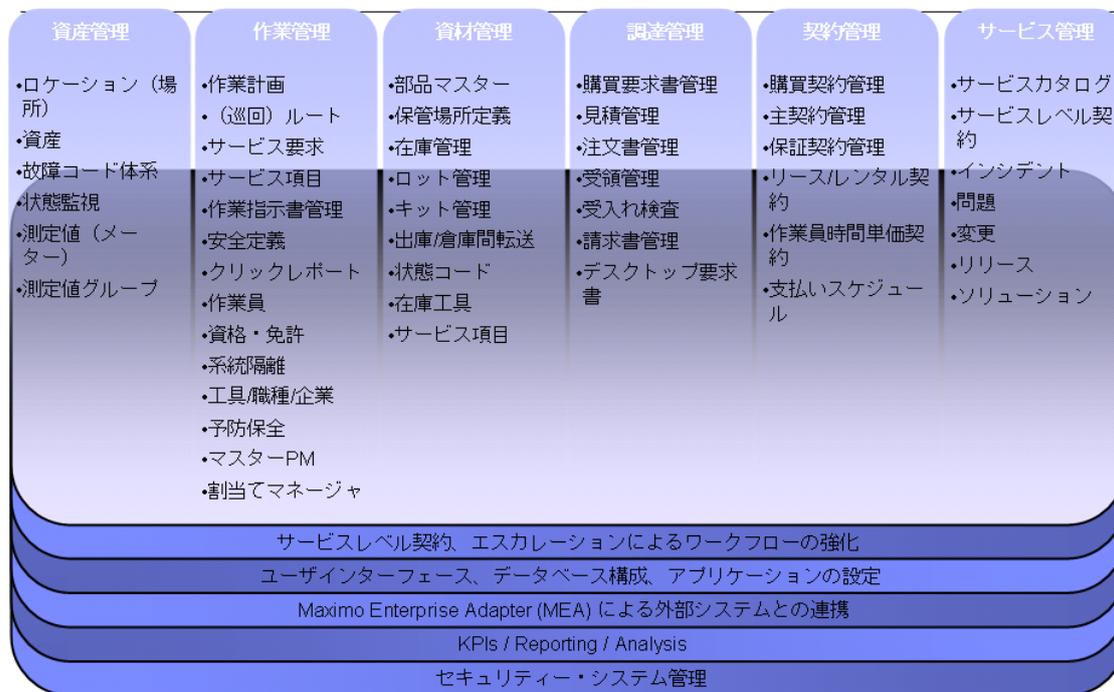


図 1.2.8 Maximo の機能全体図

1. 2. 3 米国における EAM の典型的な導入事例と効果

前項で言及したが 21 世に入って以降、企業全体で資産・保全管理に取り組む企業が出てきている。この具体的な事例について米国の例をいくつか紹介する。

(1) 電力会社での導入事例

米国の電力会社 A 社は Maximo を使用して企業の様々なビジネスに関する資産を、一つのプラットフォームを使用して統一管理を行っている。この企業は火力発電、原子力発電、配電業務を行っている。電力会社のような大規模な企業になると通常事業部門が異なる場合は、各々のシステムを個別の部門が選択して導入するケースが多く見られる。しかし A 社では企業全体の効率向上を目的として 1 システムで統合管理を行うことを模索した。システムの導入の目的は以下の三つの視点に従って以下のように定められた。

- 最適化の実現
 - (ア) 投資金額の抑制による投資効果の相対的な向上
 - (イ) 無駄作業、重複作業、再作業の削減
 - (ウ) 管理面での複雑性の低減
 - (エ) 自動化の実現
 - (オ) 米国電力業界における競争力の強化
- 標準化の推進
 - (ア) ドキュメント化された持続可能な標準管理プロセスの構築
 - (イ) 情報一貫性の確保
 - (ウ) 作業品質の確保
 - (エ) 部門間の壁を越えた標準化の実現
- 対応速度と柔軟性の確保
 - (ア) システムの変更容易性の確保
 - (イ) ビジネス変化への即応性の強化

この導入の実現を支えたコンセプトは、火力発電、原子力発電、配電業務など使用している機器や管理対象をサポートする技術は異なるものの、設備台帳、在庫管理、調達管理、作業管理など共通に適用できる分野は非常に多く、ビジネスレイヤの標準化と個別技術の支えるシステムとの融合を考慮したことにある。この結果、約 500 のシステム間インターフェースを削減し、システム間での独立性を確保するとともに、システムの全体としての

柔軟性を向上させている。

(2) 国際空港での事例

米国の B 国際空港では空港施設、ボーディングブリッジ、昇降機、受電設備、滑走路、誘導灯、下水・雨水パイプラインなど統一管理を行っている。この中には空港セキュリティー関連設備、セキュリティーカメラ、施錠なども含まれる。更に空港の運用に欠かせない情報システムを **Maximo** を使用して管理を行っている。

この組織の最も大きな特徴は情報システムのサービス管理の標準である **ITIL²** (**Information Technology Infrastructure Library**、現在は **ISO20000**) の管理モデルに従って空港全体の管理プロセスを構築しているところである。通常保全管理については **MIL** 標準などで保全の個別プロセスに関する標準を参照することができるが、空港というサービス業としてのサービス管理を中心に捕らえている標準はない。**ITIL** は情報機器管理サービスにおけるサービスサポートの管理方法を記述した規定で、英国商務省で開発され英国標準 (**BS15000**) に登録された管理プロセスである。

この事例の特徴は、プロセスを情報インフラストラクチャーの管理だけではなく、空港の施設を始めとする様々なインシデント管理、問題管理、予防保全管理、変更管理、リリース管理および設備データベースの維持管理に共通に適用していることである。

図 1.2.9 に参考までに **ITIL** のサービスサポートプロセスのダイアグラムを示す。この図を見ると、このプロセスが保全管理におけるトラブル対応プロセスと非常に類似しており共通に適用できることが理解できる。

² **ITIL®**は、英国およびその他の国における英国政府 Office of Government Commerce の登録商標である。

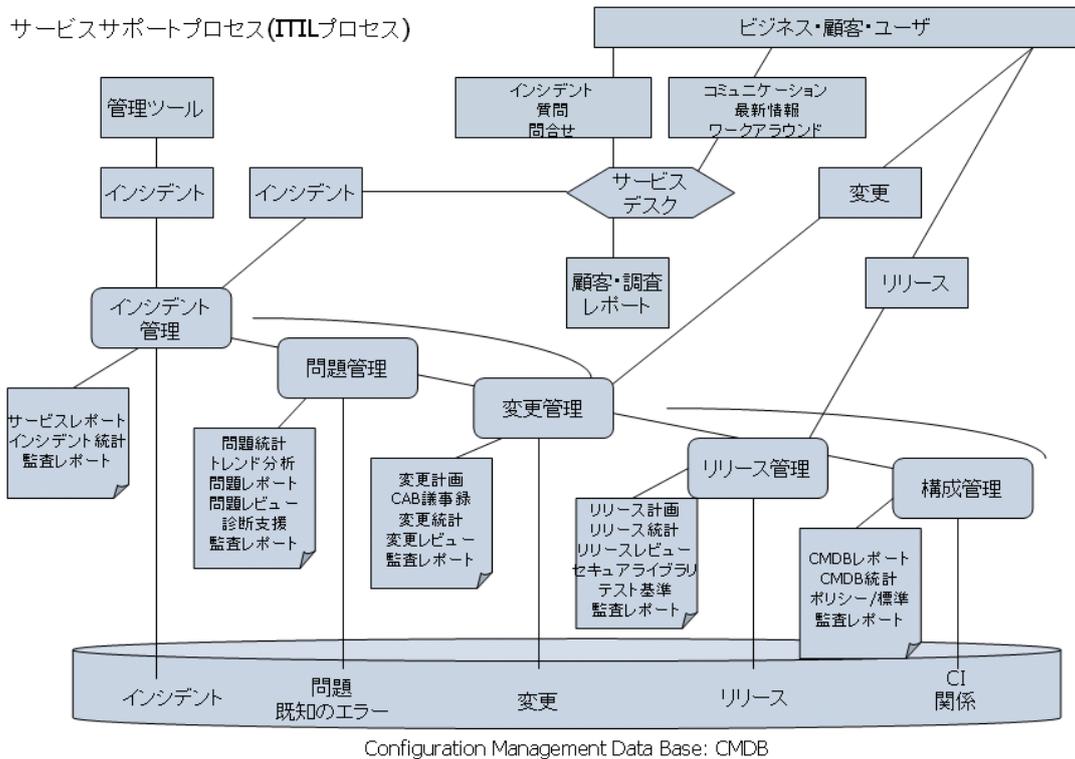


図 1.2.9 ITIL®のサービスサポートプロセス

1. 2. 4 最近の着目すべき企業の要求事項

本節の最後に IBM に寄せられるユーザの要求事項で特に注目すべき内容を紹介する。Maximo では産業分野で特徴ある要求事項がある分野について産業別ソリューションを提供している。その一つに石油・ガスソリューションがある。この製品はグローバルのユーザの要求事項を製品に反映しており、その中には前項で説明した ITIL のサービスサポートプロセスに酷似しているものがある。

図 1.2.10 にそのプロセスを紹介する。

インシデント管理の流れ

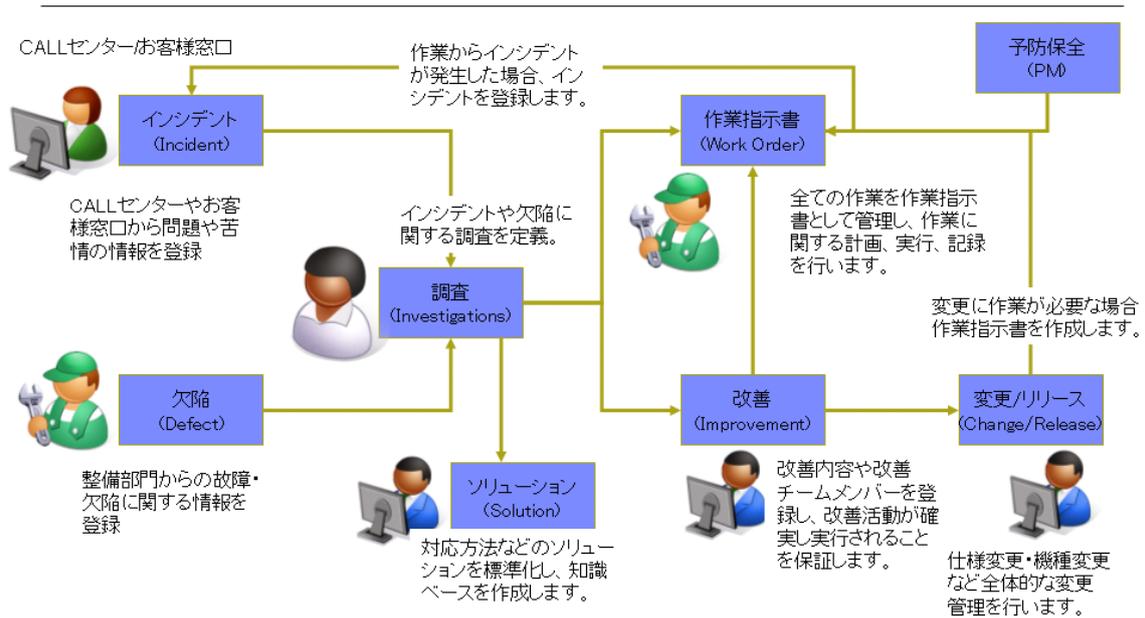


図 1.2.10 石油・ガス産業ソリューションの管理プロセス

このプロセスでは問題が発生した情報を「インシデント」「欠陥」として登録する。このインシデントは「調査」プロセスで原因を調査する。調査結果が明確になると問題を解決するための「改善」活動が行われる。改善の結論によって、対象となる機器の問題を解決するために機器の「変更」を管理する。設備変更は操業などの条件に従って逐次導入されるためにその変更を順次適用する「リリース」管理を行う。

このような管理プロセスは通常、部門内の会議に議事録や電子メールなどで、担当者間で情報を共有され、管理される。しかし、せっかく電子化されている情報もデスクトップコンピュータの記録容量の不足や電子メールサーバーの容量制限などで失われていく結果にある。しかしこの情報はその企業や組織におけるノウハウそのものであり、貴重な情報として次世代の保全担当者でも共有されるべき情報である。この意味で、問題管理プロセスの全般を情報システムでカバーし、情報の有効利用を模索することは重要と考える。

上記のプロセスにおける調査についての画面ショットを図 1.2.11 に示す。

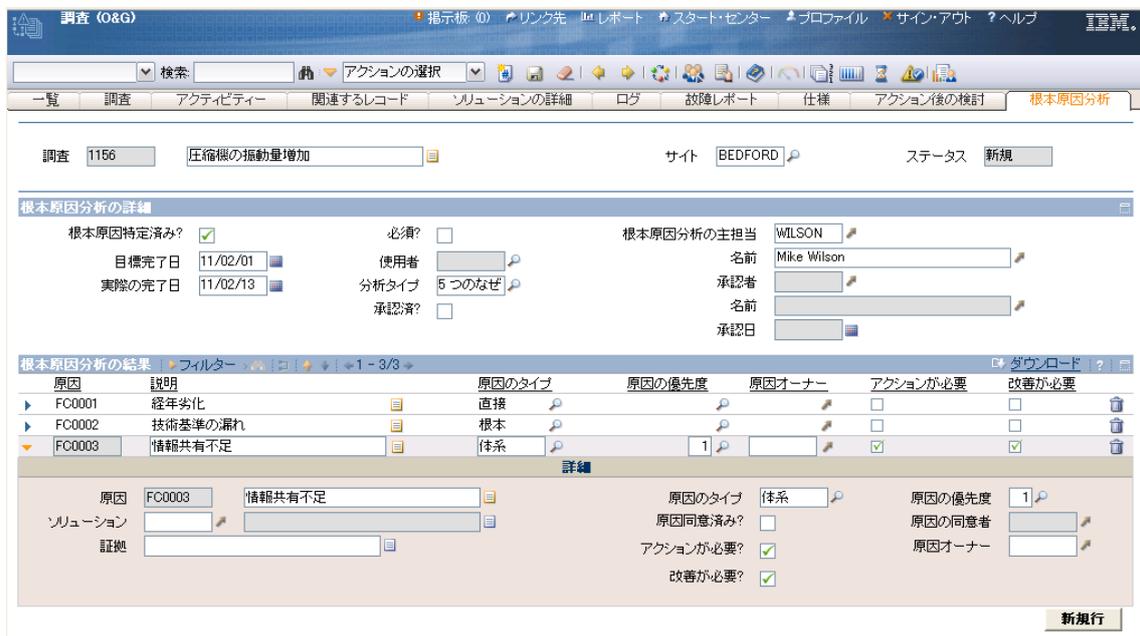


図 1.2.11 Maximo for Oil and Gas ソリューションの調査管理に画面の例

この画面は調査結果をレビューし、問題が発生した根本原因分析についての管理プロセスで使用するもので、問題発生の原因を登録して、その解決のための責任者を明確にするものである。本機能において指摘すべき点は、中央にある分析タイプに「5つのなぜ」という分析手法が掲載されている点である。この分析手法は日本の自動車メーカーが提唱するもので、この分析手法を始めとして改善活動、TPM³活動など日本のお家芸の活動内容は米国やアジア、中東地域などでも広く紹介され、活発に活動している。欧米の文化ではデータの入力担当は担当者・作業員の職責の一部であり、データ入力について日本ほどエンドユーザの抵抗は少ない。このような状況で情報が有効に活用され、日本の得意分野の知見や経験が加味された場合、競争相手である国々の追従は益々厳しくなることが予想される。データの入力が不得手な日本にとっては携帯端末を使用するの効率改善を行うのはもとより、データ入力の重要性などについての教育を含めて、情報リテラシーの向上は急務と考える。

³TPMの商標、ロゴマークは、日本およびその他の国における社団法人日本プラントメンテナンス協会の登録商標又は商標である。

1. 3 国際動向を踏まえたプラント経営と保安全管理システム SAP について

設備保全業務関連の規格に対する国際標準化の動きを踏まえ、設備管理システムに求められる要件（期待を含む）とそれに対するソフトウェアベンダーの対応を、SAP 製品での対応を例に挙げて記述する。

1. 3. 1 設備保全関連規格に関わる国際標準化の動き

工業分野での国際規格としては、国際標準化機構（International Organization for Standardization）が定める ISO と国際電気標準会議（International Electrotechnical Commission）が定める IEC がよく知られている。設備保全業務においては、対象とする設備に求められる要件が、機械や電気、計装などといった機能領域や、法令や業界によって、異なることが一般的である。それゆえに、従来、業界単位、国単位、更には企業単位で、その規準や技術標準が整備されてきたといえよう。しかしながら、1990 年代以降、事業の国際化がより進行するに伴って、各種制度の国際化も促され、設備保全に関わる規格に関しても、国際的に統一しようという動きが見られるようになってきている。図 1. 3.1 に、その一例を示す。米国、欧州、日本という国単位での動き、石油・ガス・化学・電力などのプロセス装置産業、鉄道といった業界での動きの一部を、簡易的に図示したものである。

例えば、ISO14224 では、もともと、複数の石油会社で構成する情報共有の組織からスタートしたもので、石油の発掘から精製に関わる設備保全の情報を広く共有しようという動きであった。ISO として認定後は、その範囲が石油・ガス・石油化学という領域に広げられ、近年、更に範囲を広げていこうという動きもあるといわれている。

IEC 6 2 2 7 8 では、鉄道車両や制御システムなどの信頼性（Reliability）、アベイラビリティ（Availability）、保全性（Maintainability）、安全性（Safety）、経済性（ライフサイクルコスト）について規定している。もともとは、BS（British Standard）規格や EN（European Norm）規格にて利用されてきたものが、IEC の国際規格として認定されたものである。

また、国際的な取引の場においては、WTO（世界貿易機関）の TBT 協定（貿易の技術的障害に関する協定）の存在も無視できない。これは、「正当な理由がない限り、国内規格は、国際規格を基礎として作成しなければならない」ことを意味する。この協定の発効に伴い、わが国でも、今後、この方針に従って、各規格の更新が進められるものと想像される。更には、この協定が、諸外国にて実施される国際入札に与える影響も想定される。昨今話題に上げられる、社会基盤に関わる事業案件への参画時に、これらの規格が引用さ

れる可能性がある。

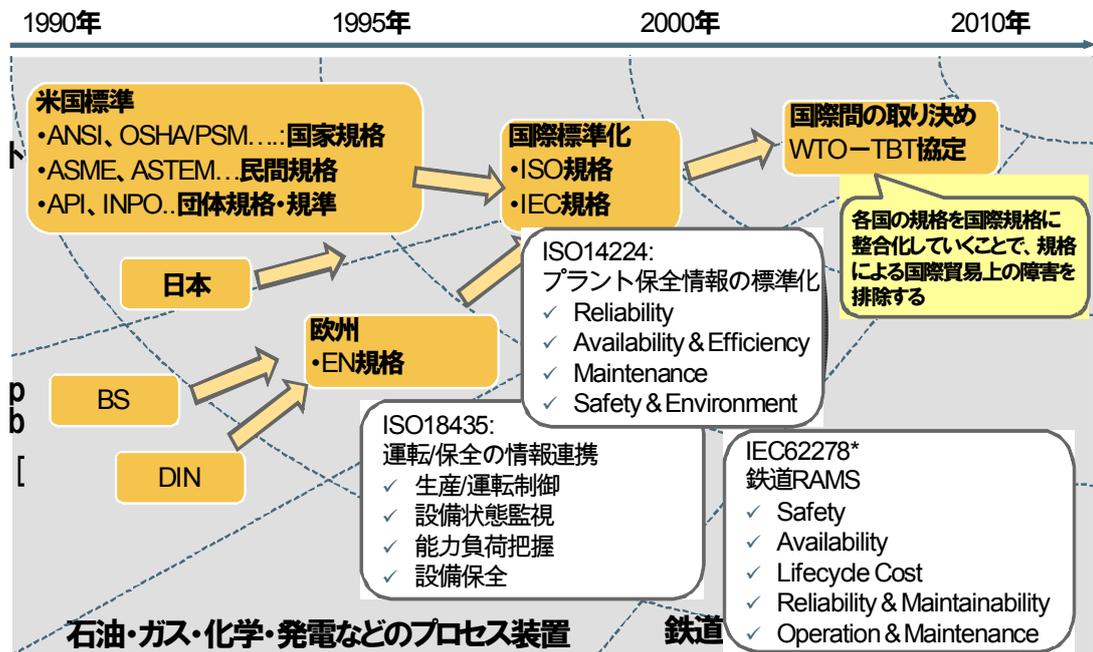


図 1.3.1 設備保全に関わる規格の国際標準化動き

1. 3. 2 国際標準化傾向から見えてくる設備管理への要件

国際標準化の動きを通じて、設備管理業務に対する要件を列記すると、以下の通りである。

- ①情報共有できること
- ②監査対応できること
- ③合理的な判断根拠を提示すること
- ④ライフサイクルの視点から安全性と経済性を評価すること

(1) 情報共有できること

組織かつ地域横断的な事業者内での情報共有はもちろんのこと、事業者とコントラクター間での情報共有、情報の内容いかんでは事業者間更には業界内での情報共有も念頭に置いていると思われる。

(2) 監査対応できること

昨今の監査の傾向として、結果の是非を問うだけでなく、その結果に至る過程をさかのぼることで、そもそもの原因から改善しようという姿勢が見受けられる。結果だけを台帳に記録するだけでなく、計画、実施、結果、その結果に対する改善活動、結果の更新といった、継続的な改善サイクルの過程を追跡できるようなデータの持ち方が問われている。

(3) 合理的な判断根拠を提示すること

統計理論や確率論などを駆使した数理モデルを使ってデータを分析、評価し、利害関係者に納得が得られる形で、判断の根拠が提示されることが改めて求められている。故障や事故のリスクを定量的に捉えて、設備の更新や保全作業内容に反映しようという動きは従来から存在している。ここでは、ある特定の方法論を規定するものではなく、それら方法論を柔軟に適用する際に求められるデータ項目を論じているところに特徴がある。

(4) ライフサイクルの視点から安全性と経済性を評価すること

安全だけを強調するのではなく、その経済性からも評価できるよう、必要なデータ項目が論じられている。設備にかかる費用を、初期費用だけでなく、その維持・運用、更には廃棄の費用にも目を向けることで、工学的な観点に加え、経営的な観点からも評価することが求められている。

最終的にライフサイクルの視点で設備を管理することが求められていると解釈すると、上記の四つの視点が整合性をもっていることが感じられる。設備管理システムのベースとなるソフトウェアを提供するベンダーの立場から考えると、情報システムに求められる機能として、以下を想定している。

①情報共有の基盤→一元管理（一つの事象を一つのデータで、即時性をもって共有）

②関係者が使いやすい仕掛け→ユーザに見合った画面、使い勝手の提供

③監査対応型の仕組み

→業務を予め決めた方法で進める仕組み、その手続き履歴を追える仕組み

④合理的に判断するために必要な見せる仕組み

→視覚的な分析結果をその用途に見合った方法で提示

情報システムに求められる基本的な機能としては、「設備管理業務だから・・・」という特殊なものではなく、いわゆる業務支援システムに求められる内容と大差はないと考えている。次項では、設備管理業務という視点で、主にどのような機能が求められているか、について説明する。

1. 3. 3 設備管理システムに求められる機能例と SAP での対応

本項では、プロセス装置を対象として、設備管理システムに求められる機能例と SAP での対応を例示する。

主要な機能として以下の通りである。

①設備情報管理

- ② 予算管理
- ③ 保全計画管理
- ④ 作業管理
- ⑤ 日常修繕、検討依頼
- ⑥ 購買管理
- ⑦ 予備部品管理
- ⑧ 設計変更管理
- ⑨ 文書管理
- ⑩ 作業安全管理
- ⑪ 従業員管理
- ⑫ 保全評価・分析

上記が、設備管理業務を直接支援し、それを間接的に支援する機能として、財務会計や固定資産管理などといった、いわゆる基幹業務機能が存在する。また、特定業務を支援する機能として、工事積算や工程管理、配管管理、個別の設備の状態監視などといった機能も挙げられる。図 1.3.2 参照。



図 1.3.2 プロセス装置を対象とした設備管理システム機能例

SAP の場合、図 1.3.3 で示すように、これらの機能に対して、PM、PS、DMS などといった製品固有の機能群で対応し、特に、設備管理業務を直接支援する機能群を総称して、EAM ソリューションとして、ユーザに提供している。これらの機能群の使われ方は、ユーザ側の要件によって、それぞれ異なっており、本項で提示した内容が必ずしも全てではない。

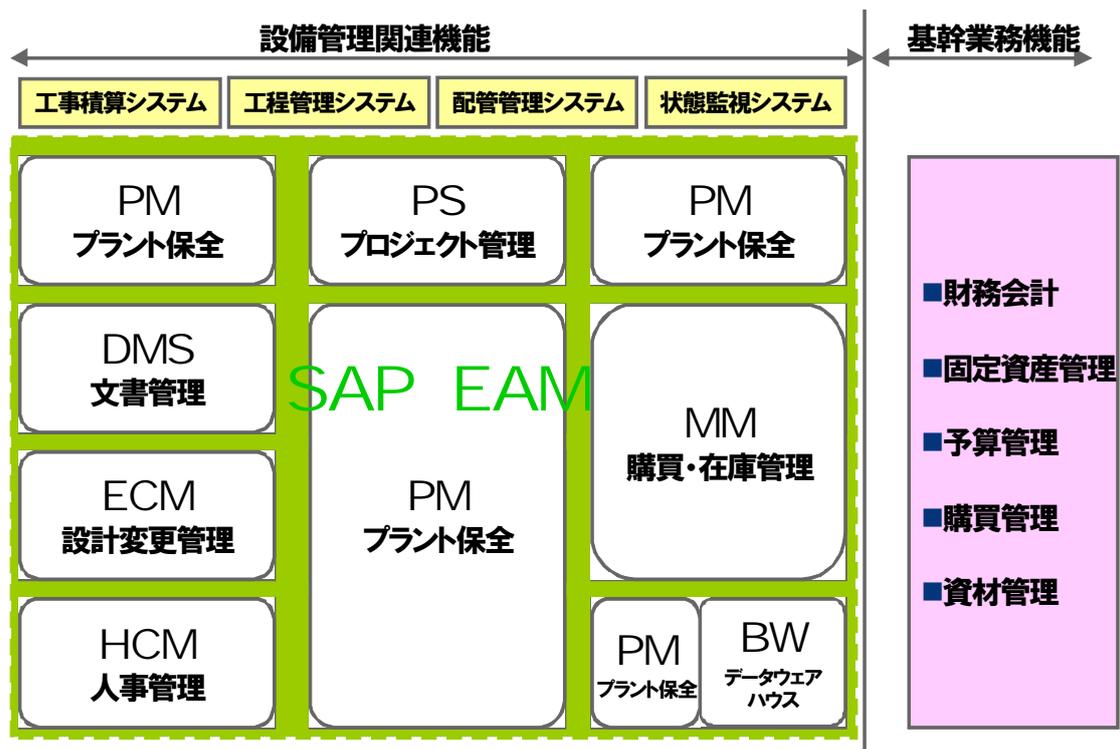


図 1.3.3 プロセス装置を対象とした設備管理システム機能例

1. 3. 4 SAP での設備管理システム実現例

本項では、1.3.2 項で示した以下の四つの視点から、設備管理業務をどのように支援できるのか提示する。

- ①情報共有の基盤→一元管理（一つの事象を一つのデータで、即時性をもって共有）
- ②関係者が使いやすい仕掛け→ユーザに見合った画面、使い勝手の提供
- ③監査対応型の仕組み
→業務を予め決めた方法で進める仕組み、その手続き履歴を追える仕組み
- ④合理的に判断するための見せる仕組み
→視覚的な分析結果をその用途に見合った方法で提示

(1) 情報共有の基盤

いわゆる設備保全に関わる PDCA サイクルを、設備という視点で捉えた「設備管理の

PDCA」と作業 1 件 1 件の視点で捉えた「個別作業の PDCA」の双方を一つの仕組みの中で網羅する。個々の作業を通じて得られた作業履歴や設備の不具合や状態に関わる記録は、その個別作業単位で仕組みの中に取り込まれ、設備台帳と関連付けも同時に行われる。これらの情報は、システムにデータが保存されたと同時に、関係者が参照できる仕組みとなっている。(図 1.3.4 参照) これによって、保全全体の計画から個別作業の管理、保全に関わる各種評価、分析に用いるデータの重複管理を防ぐ。データの正確な管理を実現し、かつ効率的な管理も実現するものである。

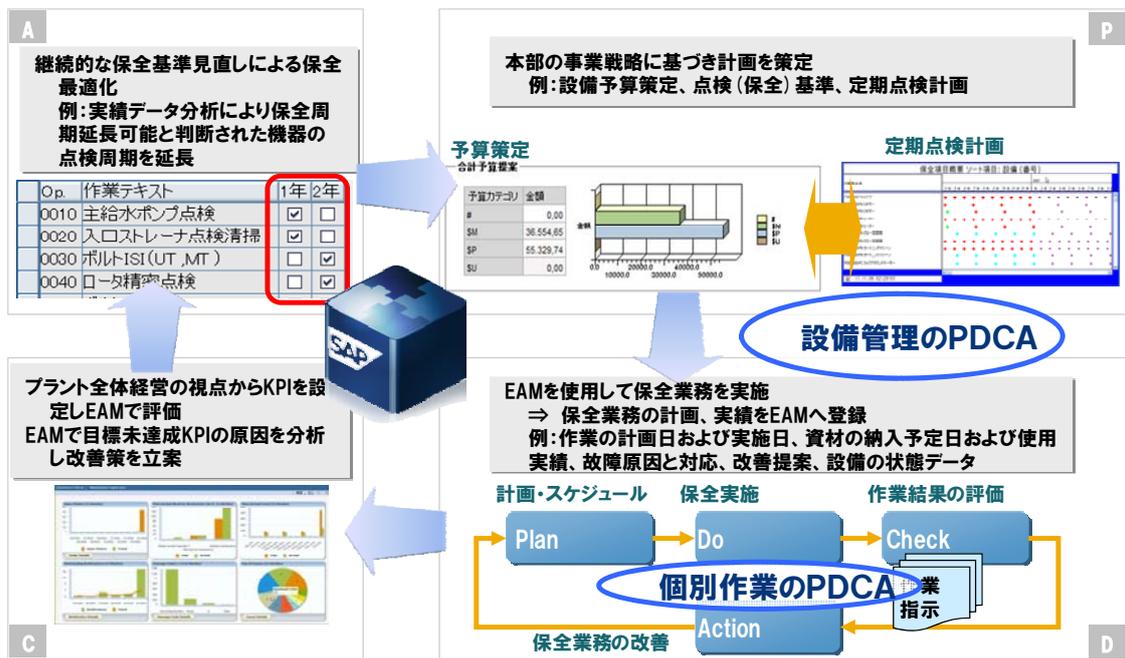


図 1.3.4 PDCA サイクルをカバーする仕組み

更に、図 1.3.5 に示すように、保全関係者だけでなく、会社の経営部門やプラントの経営部門、更には作業を実施する協力企業との垂直な連携を実現することにも寄与することとなる。

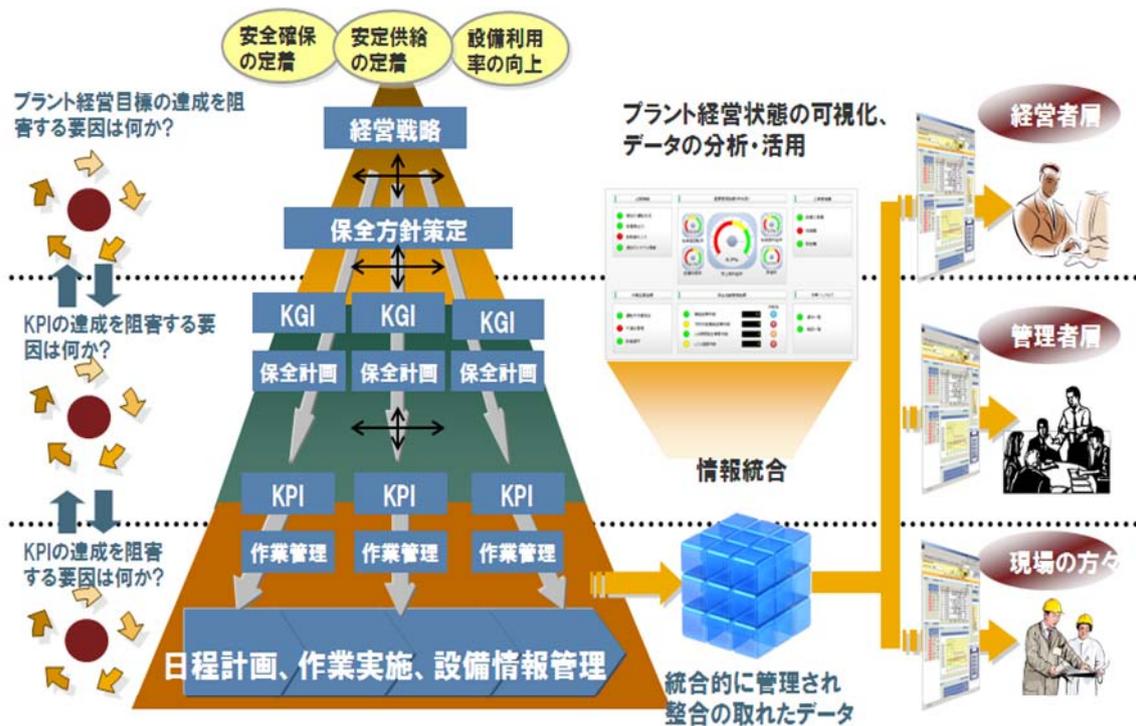


図 1.3.5 関係者全員で情報共有できる仕組み

(2) 関係者が使いやすい仕掛け

前述した情報共有を後押しすべく、ユーザの使用状況に応じて、操作手段や画面、操作手順を変更させることもできる。クライアント・サーバー型システム、WEBシステムといった違いから、携帯端末への対応、音声認識への対応、紙帳票のイメージを再現した入力フォームの実現などといった様々な仕掛けを用意している。図 1.3.6 に一覧として整理した。

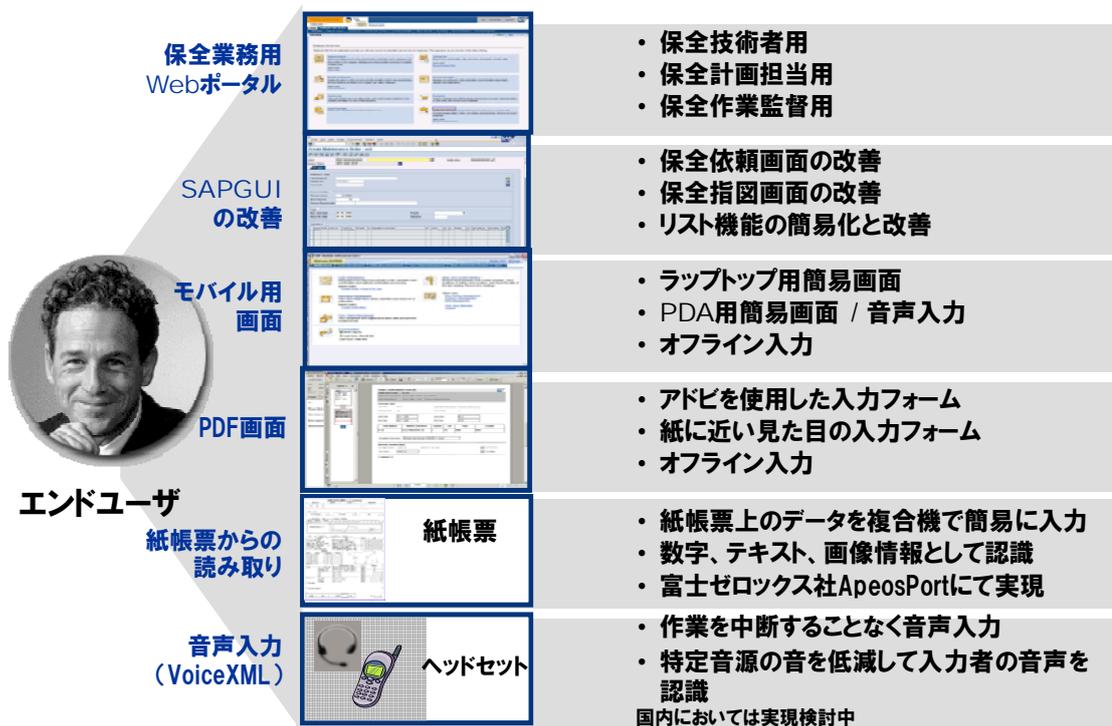


図 1.3.6 ユーザーに応じた使い勝手の提供

特に、作業後の実績データ入力の負荷の軽減、あるいは入力業務を協力企業側にも負担してもらうことを念頭に置いて用意されている仕掛けが図 1.3.7 に示すものである。ADOBE 社と共同で実現した機能であり、入力が可能な PDF ファイルにて、入力フォームを提供し、データ入力者はこれまでの紙帳票のイメージ上で必要なデータを入力、保存することでシステム側に取り込まれる仕掛けとなっている。

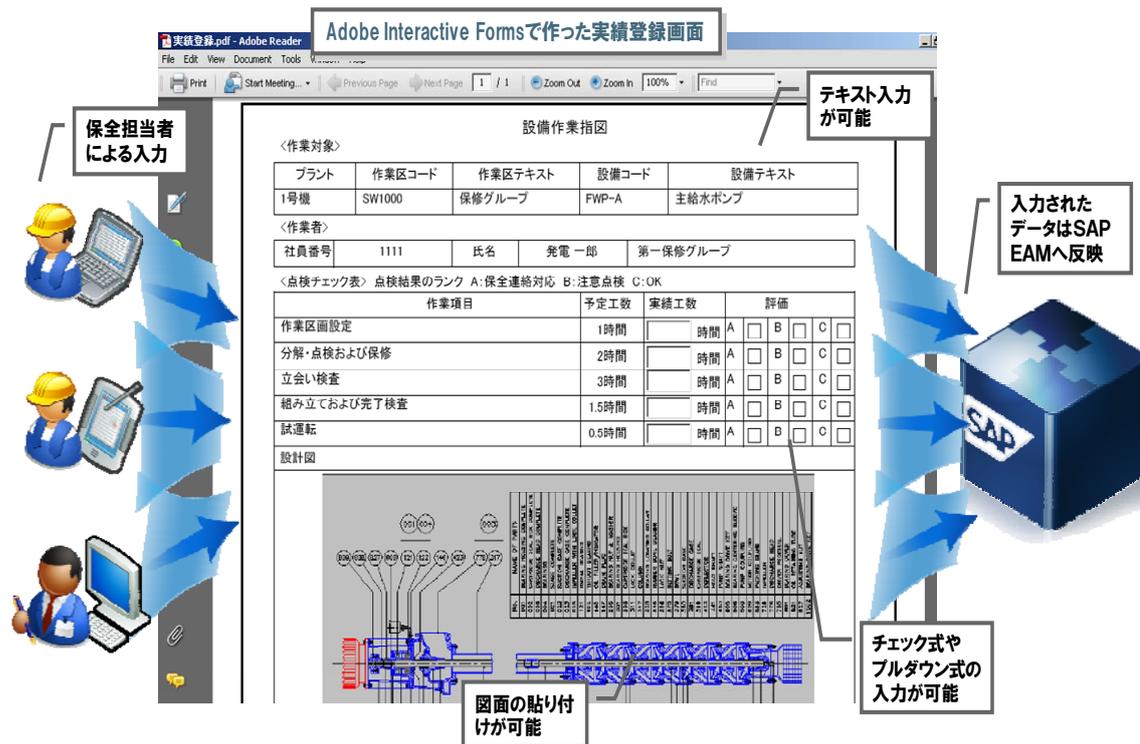


図 1.3.7 紙帳票を再現した入力フォームの提供例

このように、日常的にシステムを利用するユーザから必要な時に決まった機能しか使わない限定的なユーザまで柔軟に対応することで、情報システム利用に対する負担感を軽減し、システム内のデータを共有する環境実現に向けた取り組みも進めている。

(3) 監査対応型の仕組み

予め決められた手順に従って業務を手続きが進められるよう業務の流れを規定し、制御するといった機能も備えている。一般にワークフローと呼ばれる機能となる。図 1.3.8 で示した例は、異なるシステムにまたがって運用される業務を統合したものである。こちらの機能を用いることで、ユーザにとっては、システムの違いを意識することなく、決められた手順に従って、必要なデータを参照したり、更新することになる。手続き上の履歴はシステム内で保持され、監査証跡として活用することも可能である。

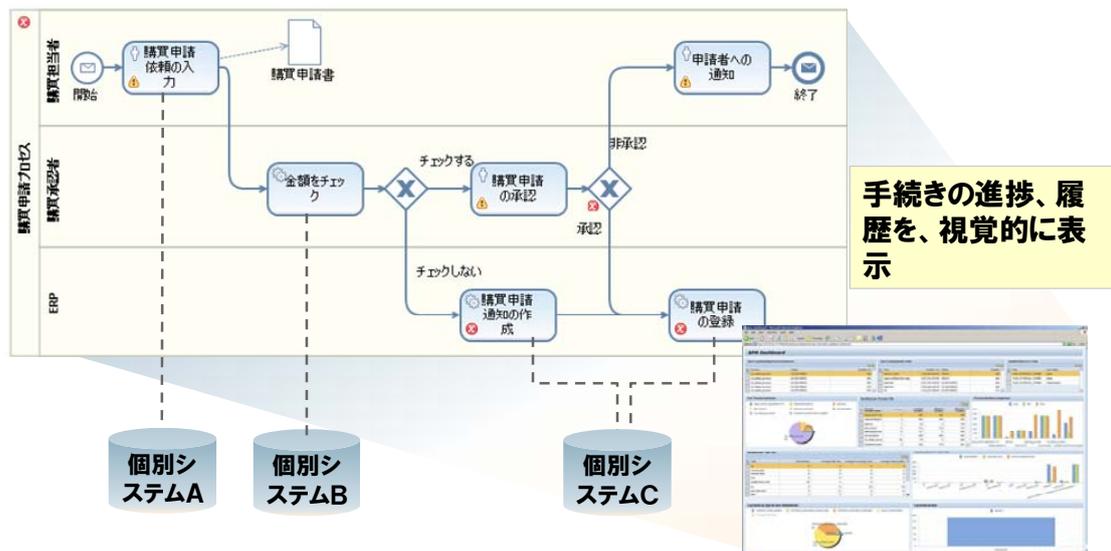


図 1.3.8 複数システムにまたがる業務を統合した例

(4) 合理的に判断するための見せる仕組み

本項 (1) から (3) で記述した機能を活用していくことで、設備管理に関わる技術的あるいは経営的判断 (例えば、点検方法や周期の妥当性に対する判断) に必要なデータが蓄積することが可能となる。ここでは、そのデータを使って、評価や分析をより簡易に実施するための方法の一例を提示したい。

例えば、リスク評価を実施する場合、以下に示すような業務改善手続きをシステム上で実現することで対応できる。

- ① FMEA :Failure Mode Effective Analysis に必要なデータを整理
- ② リスクマトリックス上で評価結果を提示
- ③ 推奨される対応方法の提示と現在予定されている作業一覧の提示
- ④ 関連する保全計画一覧の提示

① FMEA に必要なデータ項目は、設備台帳に相当するマスターデータ内で定義でき、更に、個々の作業実施を通じて、設備の不具合や状態に関するデータも関連付けられて蓄積されているので簡易に整理できる。② 予め定義したリスク分類に従って、得られた結果を分類する。③ 故障モード毎に予め定義された対応策と現時点で当該設備に予定されている作業一覧を提示し、どこで当該対応策を実施すべきか現状に即して判断できる。④ 今回得られた結果に基づき、関連する保全作業の実施方法や実施周期を変更できる。

といった具合にシステムが、ユーザの評価、分析作業をガイドする仕組みである。ここ

での例が最善であるかどうかの議論はさておき、このような機能を設備管理システム上で実現することで、業務改善に対する取組における個人の技量に依存する割合を少しでも減らし、会社としてノウハウを蓄積し、活用することにつながるのではないかと考えられる。海外では実際に取り組んでいる事例も決して少なくない。

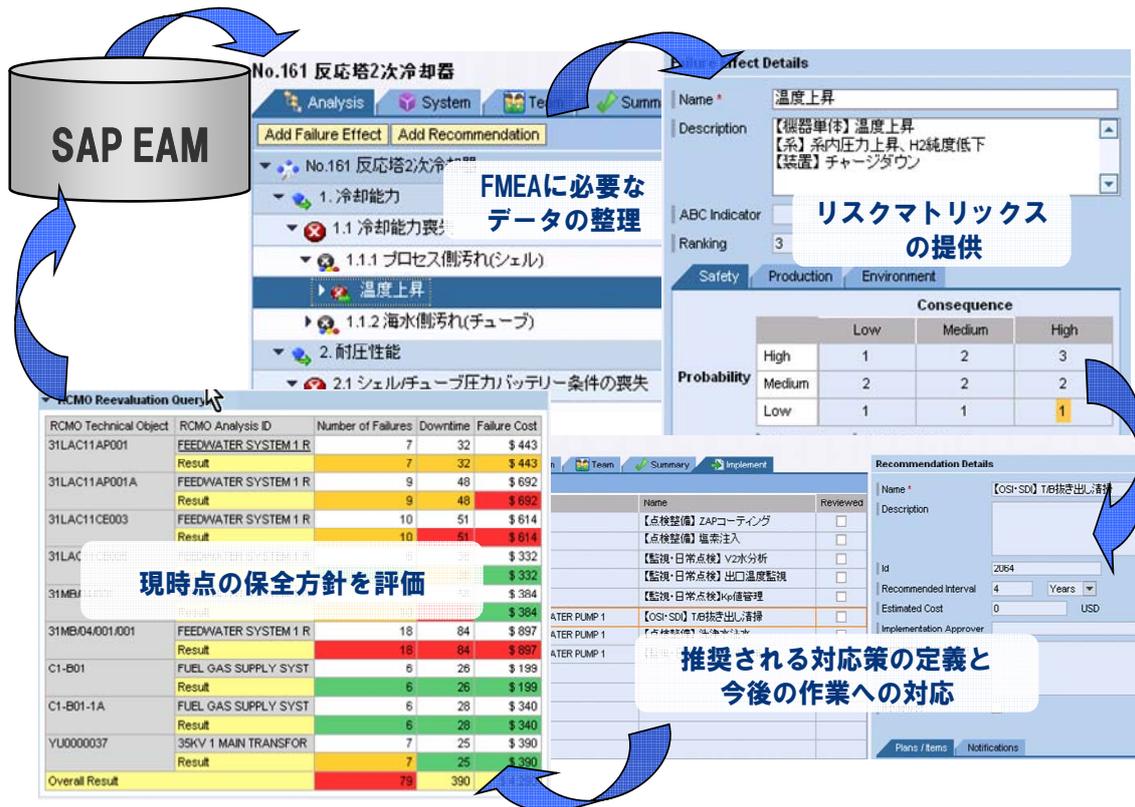


図 1.3.9 リスク評価に基づく改善サイクル例

また、マネジメントダッシュボードとして、プラント経営層、設備関連部門の管理層、現場作業の管理層に対して、プラントの保全現場の現状を簡易に、かつ分かりやすく提供するための取組みも行っている。例えば、図 1.3.10 で示す画面上に、スタート画面として、把握すべき状況を一覧として表示させる。ここでは、各地域の事業所ごとに、売上高利益率のような財務指標から設備稼働率のようなプラント稼働に直結する指標までを一覧で提示し、更に、労働安全にかかわる状況、保全活動（保全作業）に関わる状況、お金に関わる状況を信号機のイメージ（赤:問題、黄色:注意、青:問題なしといった定義）にて提示している。

ここで問題が発生しているのであれば、当該部分の表示項目をクリックすることで、更

に詳しい状況が画面上に現れる。例えば、図 1.3.11 に提示するような分析結果を呼び出すことも可能である。



図 1.3.10 マネジメントダッシュボード例 スタート画面

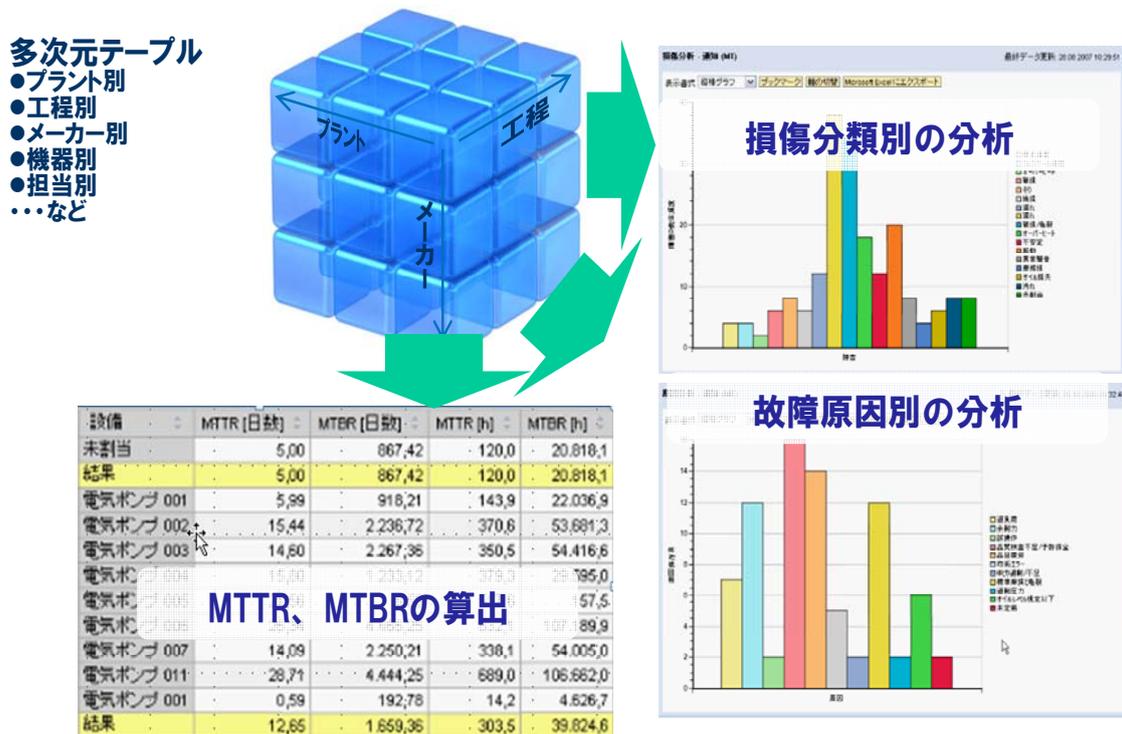


図 1.3.11 マネジメントダッシュボード例 評価分析画面

1. 3. 5 今後の動向

SAP は、ERP というマネジメントの仕組みの中で、機能とアプリケーションを充実させてきた。一方、SAP 以外の周辺システムとの連携、データ活用機能なども充実してきており、現在、「オンデバイス」、「オンデマンド」、「インメモリー」というテーマのもとで次世代の情報システムのあり方を提言かつ実現しようとしている。(図 1.3.12 参照)

従来の PC 端末だけでなく、プラント内のキオスク端末、携帯端末といった様々な装置を通じて、ユーザが必要とするときに必要な情報を提供する仕組みの実現に向けて取り組んでいる。「オンデバイス」、「オンデマンド」に対する執筆者解釈。) 更には、データを特別な圧縮技術を用いてコンピュータのメモリー上に取り込み、大量のデータを瞬時に分析することで、情報の新たな価値の創出を図ることに取り組んでいる。これらは、情報システムが世の中で使われるようになったころから、当たり前のことのように求められるながらも、ハードウェアやソフトウェアの技術的な制約からなかなか実現されてこなかったことの一つである。技術革新を通じて、今まで不可能であったことが現実のものになることで、情報の価値が更に高まり、ユーザにとって多くのメリットが得られることであろう。これは、設備管理の分野においても、他の業務分野と同様にいえることであろう。

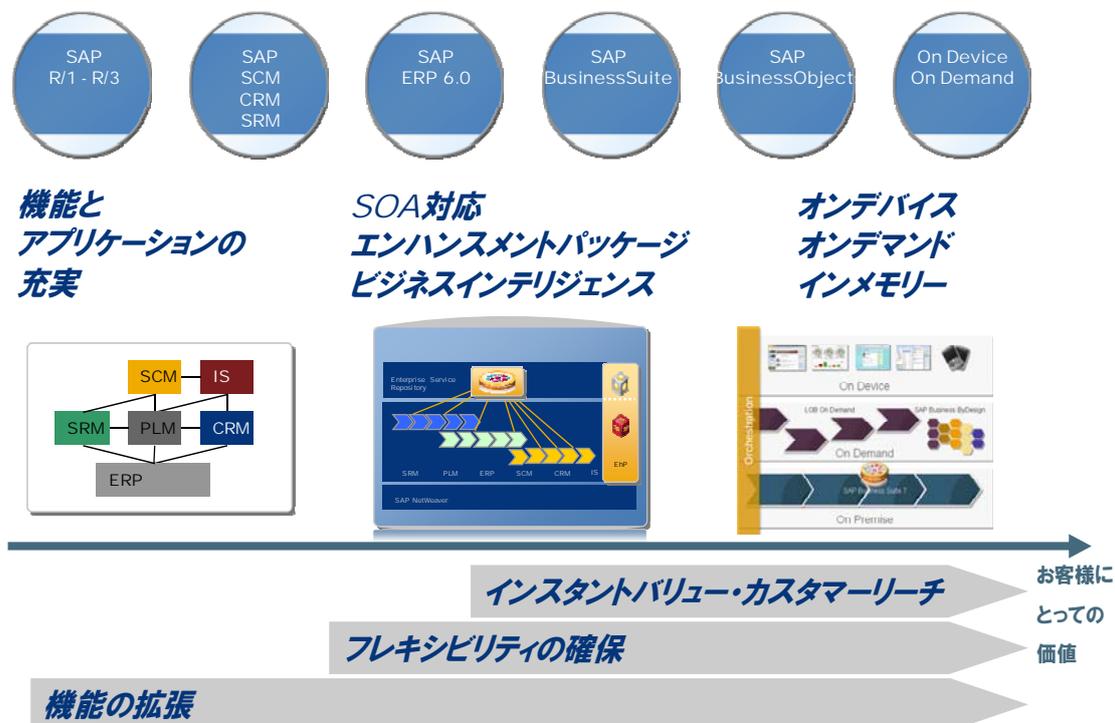


図 1.3.12 SAP の製品開発に対するこれまでの取組

第2章 保全情報、運転情報の相互活用を促進するための技術課題の検討

2. 1 先進事例と今後の課題 加工組立産業

自動車製造業におけるメンテナンスの統合化

2. 1. 1 受注確定生産型の生産システムの必要性

モノづくり効率化の徹底追求の考えから、これまでの見込み生産型の生産形態は、各メーカーの需要予測に基づく月間・旬間の生産計画であったが、当然ながら在庫を持たざるを得ないしくみとなっている。

「多様化」「ライフサイクル短命化」が叫ばれてから久しいが、開発から生産準備、生産そして販売の全てにおいてリードタイム最短への取組が急速に浸透し、顧客満足の上に向けて市場要求へのスピード・フレキシブルな対応力の醸成はもとより、自社の棚卸資産回転率の改善による企業資産の有効活用の面からも、リードタイム短縮や在庫極小が強く叫ばれることとなった。

この具現化の考え方として、BTO (Built to Order)、つまり顧客の注文を日々の生産計画にダイレクトに折込み、短時間で販売会社に出荷するための受注生産型のしくみがあり、それは限りなく無在庫に近い生産の実現に向けた仕組みといえる。

また、上記の生産形態では必然的にフレキシブルさが求められ、多車種・変量の市場ニーズのもとに、製造ラインは多車種混流生産を基本としたものであり、更に車両生産の1台毎の生産順列と1台毎の各工程の通過時刻を確定した計画生産であるといえる。

参考に、日産自動車のホームページ情報より「同期生産」の考えをみると、日産自動車は受注生産型「同期生産」を1997年に導入宣言した。

同期生産とは「お客さま情報(受注情報)を上流工程から下流工程までが同時につかみ、はね出しのない一貫したモノの流れを構築し、おのずと生産順序も乱れない生産状態」と定義された。

従来は、機械加工、プレス、車体溶接、車両組立などそれぞれの工程ごとに進みがちであった生産方式や改善活動を実施していたが、工程間にまたがる「モノと情報の流れ」を軸に、顧客の受注を基点とした全体最適の改善を進めることを明確に打ち出したものと理解することができる。キーは「一つの情報」「同期展開」「リードタイム短縮」である。

しかしながらこの考え方を高いレベルで実現するためには幾つもの生産制約条件を改善し、同期生産達成の要件確立が重要であることは言うまでもない。この確立すべき要件の一つに「高効率な生産設備の運転を条件づける設備信頼性があり、それを戦略的に達成するコアとしての保全の役割がある。」

従来の生産計画指示である月間、週間、デイリーの単位から上記で述べた順序・時間

(時・分) 計画となることで格段に計画遵守のハードルが高くなっており、おのずと高いレベルの設備信頼性が求められるとともに、製造コストにそのつけが廻ることのない効率的なメンテナンスが同時に求められることとなる。

生産とメンテナンスの統合を考える参考として図 2.1.1 に求める生産システムの考えを示す。

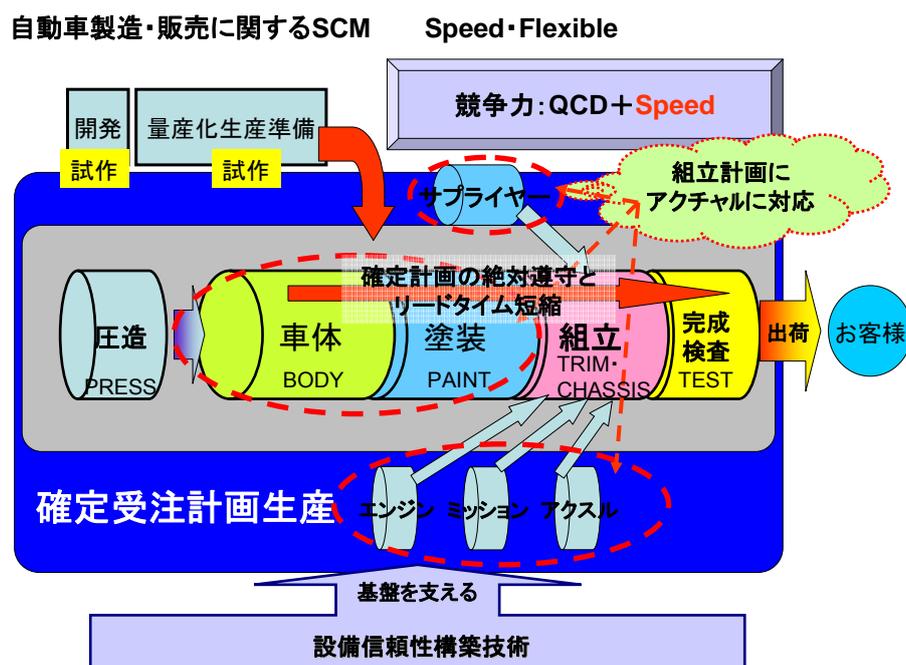


図 2.1.1 自動車製造・販売に関する SCM

2. 1. 2 生産システム構築とコアとしての保全の役割

上記 2.1.1 項で生産システムのニーズについてその考え方の基本を述べたが、この考えを基に生産システム構築とコアとしての保全の役割について述べてみたい。

図 2.1.2 は生産システム構築とその狙いを示しているが、モノづくりに置けるインプットからアウトプットへの変換の仕組みが生産システムであり、この仕組みによって付加価値の水準が決まると考えている。従って仕組み構築に当たっては付加価値徹底追求、効率化改善そしてスピード・フレキシブルを実現するリードタイム最短の考えが重要であり、これらの結果がモノづくりの Q (品質) C (コスト) D (納期) に転化されて、市場での競争力として評価されることになる。

ここで重要なことは、この QCD 水準の継続的改善を図る上において「生産基盤強化」

の活動は必須であり、ここにコアとしての保全の役割が存在するのである。

生産管理に係わる管理指標の代表例を考えると、生産システムの充実度とその実行力を総合的に表した結果系指標として「在庫水準」および「納期遵守率」があげられる。ましてや前記でも述べたが、生産計画は顧客からの注文要求に沿った確定受注型生産であり、計画的な順序、時間（時・分）の高レベルの生産計画達成が要求されているのである。

これらの指標と設備および保全の実力は理屈なしで相関関係にあり、仮に設備故障の発生を想定すれば即その時点で生産計画の乱れを生ずることは必定であり、未達による製造コストアップはもとより、販売機会損失、顧客への信頼の失墜など多くの損失を招くこととなる。従ってこれまで以上に生産と保全の統合的な管理が必要であり、これを生産システム構築の一つの条件としてその仕組みに組込んで管理レベルの向上を図るべきと判断している。

上記の考え方の基本は、従来は保全の直接的な目標を結果系指標に置いて業務を遂行し、生産計画達成に寄与していると言ってきた。また生産計画検討の場で生産負荷と保全計画の整合性を極力図ることは実践されてきたが、はたしてここで述べている企業・事業所のありたい姿達成に向けた生産システム構築の考えに則って情報共有とともに業務管理の統合がなされてきたとはいいがたいのではないだろうか。このことはいわば生産、メンテナンスともにそれぞれの目的達成に向けた従来の固定的な考えに立って行動してきたものであるが、生産・メンテナンスの両機能が共通する狙いとその達成に向けた課題・目標のもとに活動展開がなされることによって、個別最適から全体へ向けた管理の統合化がより進展していくものと判断している。また合わせて生産システムの求める要件を高いレベルで達成するための技術課題も顕在化され、またこの課題達成への PDCA 管理サイクルを廻し続けることによって、生産システムとその中でのメンテナンスの両面がスパイラルアップすることとなる。

一方、何にも増して、生産・メンテナンスの統合がなされることによって「何のためのメンテナンスなのか」がより明確となった業務展開が可能となるといえる。

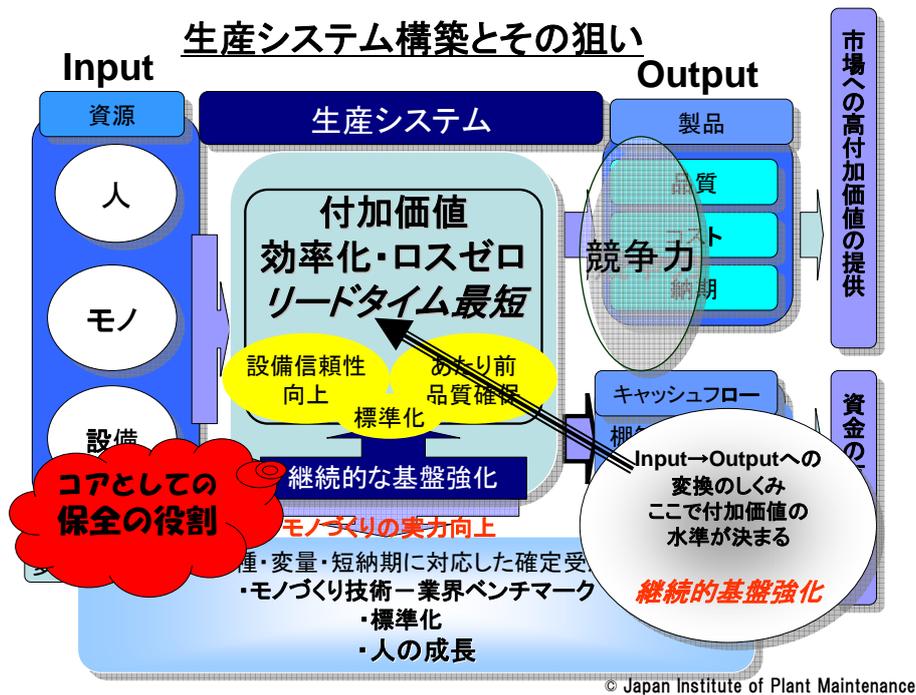


図 2.1.2 生産システム構築とその狙い

2. 1. 3 生産情報・メンテナンスの統合的管理の実現に向けて

(1) 生産・保全情報の相互活用に関する現実的課題

確定受注型生産、多車種混流生産、車両1台ごとの生産順序・時間(時分)計画生産の高いレベルの達成、ここに向けた4Mを基調とした生産条件の確立が求められる。生産設備においてはそのコンディションを安定的に高いレベルで維持することが必須条件であり、設備の劣化進行と機能状態の変化をよりの確に捉えて、設備負荷に応える運転の実現(要求機能に対する設備の適合性)が求められる。

これらの情報の相互活用は、生産・保全の各々の個別最適によって生ずる固定的な相互制約が確定受注型生産の壁になっていたといっても過言ではない。しかしながらこの壁を打破する考えとして、確定受注型生産を実現する生産システムの構築が両者の統合的管理の実践をまさに必要としているのである。

生産計画を日々達成すること、そのための統合的管理の実現を図る上で両者の情報共有がどのように実践されるべきかを考えてみたい。

生産・保全の情報共有と統合的管理

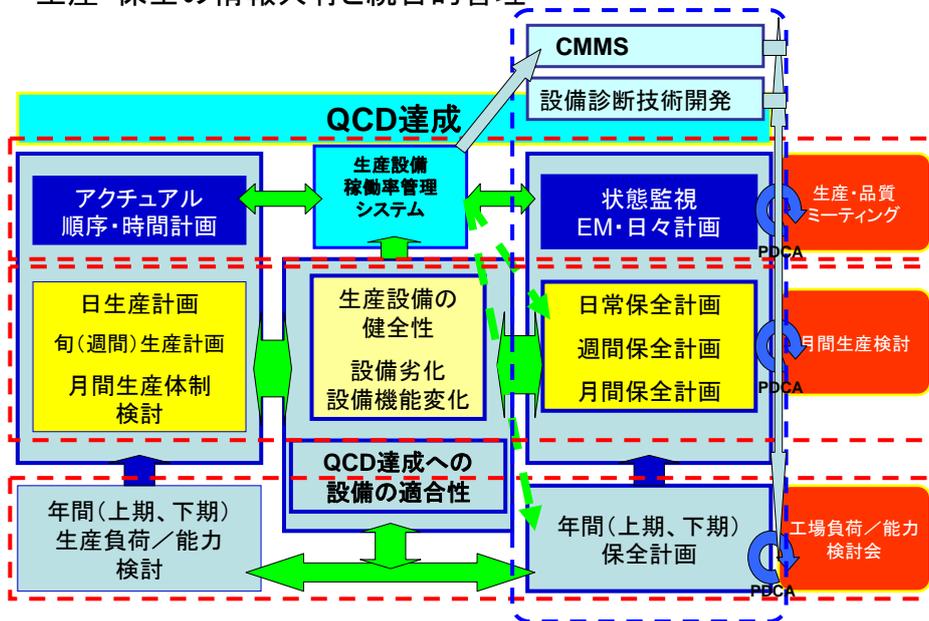


図 2.1.3 生産・保全の情報共有と統合管理

図 2.1.3 に生産・保全の情報共有と統合管理について示すが、年間、月間レベルにおいては、年間生産負荷／能力検討会と月間生産検討会で互いの情報を基に生産計画、保全計画両者の計画を整合性をもって実現するための検討が実施される。

保全においては、日々の生産設備稼働管理システムからの設備故障情報（機能停止・機能低下の両面）を CMMS（Computerized Maintenance Management System）に取り込み、加えて定期、予知両面の保全情報を基に、劣化と機能低下の分析、判断によって保全優先順位と保全時期を判断して保全計画を立案し、生産との検討を基にスケジュールを決定している。

車両生産工場では、需要判断による生産計画とその達成が基本的考えであり、保全はこの計画達成を保証する機能として信頼性と保全精度向上への管理サイクルを廻すこととなる。車両生産工場では、プロセス系企業で実行されているシャットダウンメンテナンスは極めて稀であり、保全タイミングの基本は、週の休日、夏季、冬季などの長期休暇と新車展開による既存ラインの改造停止を利用した保全実行が基本となる。なお、日々の不具合の復元、小改善については、生産シフト間などの非稼働時間を利用しての作業となる。

また、図 2.1.3 で示す日々の生産・品質ミーティングでは、基本的には毎朝に実施し、製造、保全部署はもとより技術、検査の関係部署が集まり、短時間に昨日（昨夜）の生産実績と計画未達情報を共有し、処置・対策を当日完了の考えで実践している。

このミーティングで活用される代表的な情報は、生産設備稼働管理システムより自動集計された生産実績情報および設備停止情報などの生産遅滞情報であり、これらを基に処置・対策検討が実施されている。

車両製造メーカー間によって、ここで述べる生産設備稼働管理システムの呼び名および機能について多少異なることは否定しないが、基本的には生産ラインの稼働管理のもとに、生産計画達成とその阻害要因をタイムリーに発信し且つ記録して、迅速な対策へと繋げる情報共有マネジメントの仕組みであることに相違はないと判断している。

従って、この仕組みこそがモノづくり最前線である製造工場での QCD 目標達成と、これらと同期したメンテナンス精度向上への源であると判断している。このしくみを共有して、日々の中で発生している変化やその事実を捉えて迅速に対応することが生産速度に対応したマネジメントの基本的な要件である。生産順列、時間・分の生産スピードに則した情報収集と、異常あるいは変化に対するスピーディーかつ的確な判断、そして処置・対策へのアクション、このことが統合的管理の原点であるといえる。

車両工場の設備面から見たボトルネックは車体溶接工程が各社の共通した実態ではないだろうか。この車体溶接ラインの生産タクトタイムは負荷によって変化するが、ほぼ1台／1分である。従って1分の設備故障停止で1台の生産未達を生ずることとなり、順序・時間確定計画の100%遵守へのハードルの高さを痛感するものである。

各社の実態はどのレベルか？

これは各社の競争力を示す実績値であり、公開されていないがほぼ100%^{*1}に近い水準で確定生産計画を達成していると判断している。（*1：100%とは、確定した時間計画に対して、進み・遅れの許容値、例えば±1時間の幅の中であれば達成と評価した結果の遵守率である）従って、上記の結果をもたらす設備信頼性についても技術課題解決の継続的取組によって「高いレベル」を実現しかつ維持することが必須であり、その取組みが実践されてこそ、生産・保全の統合的管理を推進するうえでの基盤といえるのではないか。

2. 1. 4 設備信頼性向上への取組み

2. 1. 3 (1) 項で述べた、高いレベルの生産計画を高いレベルで達成するためのメンテナンスの取組みはいかにあるべきか。その一考察として考えを述べる。

設備信頼性向上目標達成のプロセスを大きく分ければ以下に分類される。

- ・新車両生産設備対策
- ・現行車両生産設備対策であり、現行車両は機器信頼性向上を含めて、MTBF 延長対策と MTTR 短縮化対策がある。

いずれも情報の相互活用は課題であり、これまでの経験を基に情報共有と統合的管理について述べるとともに、更に改善に向けた技術課題を挙げる。

(1) まずは新車両生産設備対策について、情報共有と統合管理の面からその要点を述べる。

その基本は、新車両の工場展開あるいは増産対応設備増強計画展開の基本計画段階において設備信頼性目標とその達成への予算の大枠設定を決め、更にそれを具体化した生産工場での量産立上りに至る間での設備信頼性目標達成に向けたプロセス展開（設備、生産両面の初期・流動管理）である。

当然のことながら新車両生産準備展開における初期目標達成に向けて、生産技術・製造・保全・品証などの関連部署が各部署の役割を方策系目標値として明確化し、かつ部署間連携を密接に取って、制約された時間の中で目標通りの量産立上りの業務展開を実施している。従って目標達成に不可欠な関係部署間の情報連携と統合的管理が実践されてこそ狙いに到達するものであり、タテ・ヨコ組織の情報連携と相互活用の仕組みとその運用が重要である。

図 2.1.4 に、目標達成に向けた組織展開を示す。この図が示すように、組織トップの結果系目標（ここでは、新車両生産立上げに関する QCD 目標）と各部署 WG の到達目標（トップ目標に対しては方策系管理項目となる）をトップ目標との関連付けを含めて設定確認し、タテの目標達成とタテ間の進捗を把握して、解決すべき課題に対しては部署間共同での取組みを実施する。また、周期的な全体進行確認の場を設定して、結果系、方策系両面の進捗と問題点の確認と対策推進の検討を実施する。

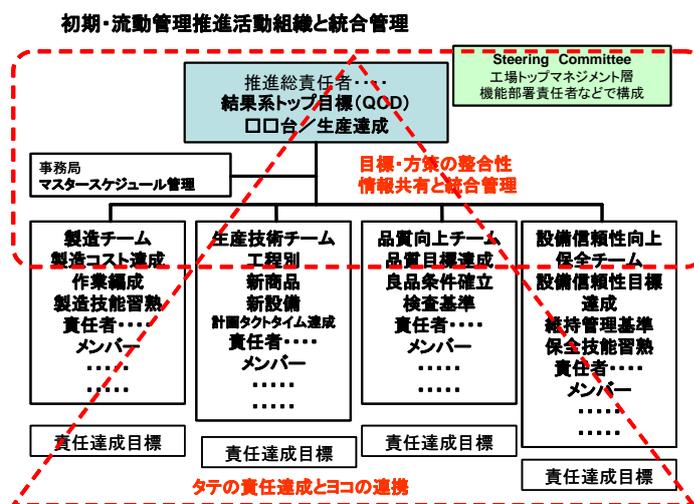


図 2.1.4 新商品生産準備での初期・流動管理推進活動組織と統合管理

(2) もう一つの課題である現行車両生産設備対策についても、情報共有と統合管理の面から、その要点を述べる。

前記の2. 1. 1項および2. 1. 2項では確定受注型生産での生産順序・時間計画達成に対する高いレベルの設備信頼性のニーズ、更に2. 1. 3 (1) 項にて生産・保全の情報共有と統合的管理の取組みから両者の統合への接点を述べた。その具体的な考えとして生産設備稼働管理システム情報を CMMS に取込み、保全計画への反映についても述べてきた。

更に生産設備稼働管理システム情報は生産シフト単位に自動集計されて、日々の生産・品質ミーティングで活用されており、年間計画レベルから日々の生産計画、保全計画とその実践、そしてこれらの過未達分析とフィードバックがなされている。図 2.1.3 に示す各時間階層（年、月、日）の管理サイクルを廻して、生産水準（生産能力、計画遵守率、在庫水準など）と保全管理水準（MTBF、MTTR、健全性評価判断技術、保全コストなど）両面の水準改善を継続的に図り、付加価値追求を限りなく実践することが重要である。

上記の考えと実践そして生産・保全の統合的管理の考えを基に、両者の活動を一体化して、保全においては一層の設備信頼性向上を果たす実践的取組みについて考えてみたい。図 2.1.5 は上記で述べた一体化の取組み事例である。

縦軸に生産計画遵守率、横軸に直毎（生産シフト毎）に達成すべき故障強度率（各生産ラインの実力を基に、ライン単位に個別に設定する）を置いて、両者の相関を取って生産計画達成と設備信頼性向上の関連を明らかにした改善への取組みを示したものである。この取組みによって設備停止リスクを計画的に軽減し、生産計画遵守を安定向上させることが可能となり、この活動結果による波及効果（生産性、製造コスト、設備信頼性技術など）も大いに期待できるものである。

なお、生産シフト毎（直毎）の故障強度率としたことの意義は大きい。その第一は、生産速度に対応した管理、改善が重要であり、生産体制がシフト毎で設定されるのであれば、その単位で管理、改善を実施して、少なくともシフト毎の生産を達成することである。（前月1ヶ月の実績を翌月の月頭に集計して、月の平均遵守率および故障強度率を評価しては、生産速度に対応しているとは言いがたい）

第二は、この取組みによって、設備信頼性の水準をより短期に改善をもたらす活動ができることである。図中の設備信頼性と生産計画遵守率の改善によって、「計画絶対遵守領域」への到達を果たすべきである。

生産計画遵守率と故障強度率、両者の関連づけと改善目標設定の例

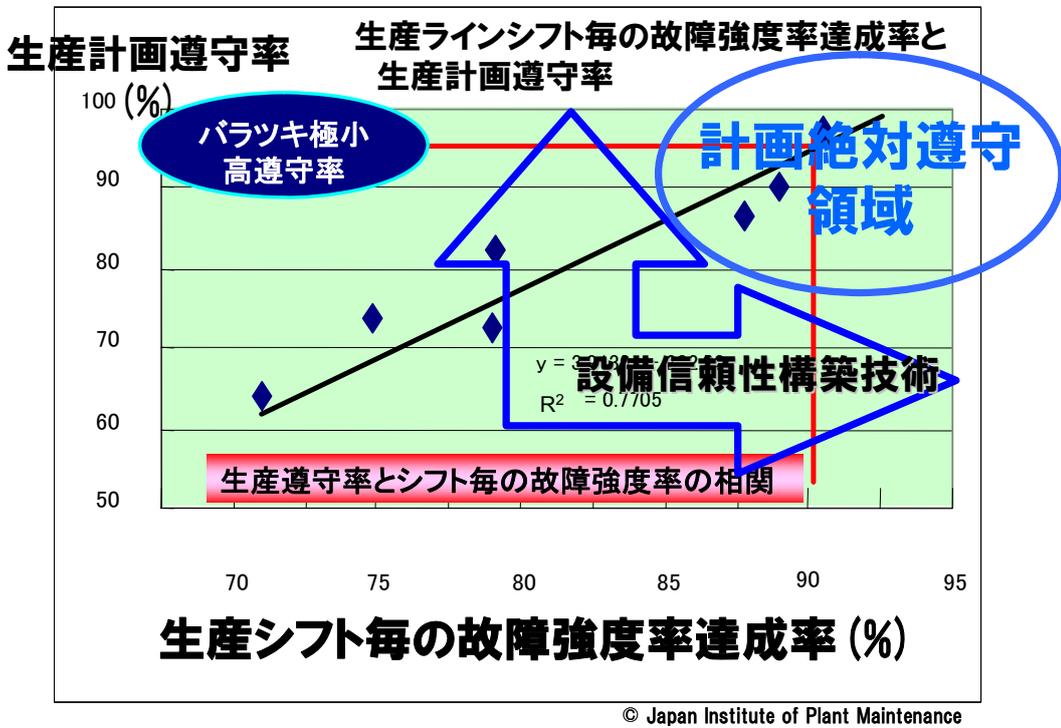


図 2.1.5 生産計画遵守率と関連づけた故障強度率改善の取組み

同様に、図 2.1.6 に設備総合効率改善の取組み例より、生産シフト毎の管理実態を示す。この実績管理は製造部署のライン責任者によって管理されているが、保全を含む関係部署との情報共有は勿論のこと、シフト目標達成に向けた一体化した共同活動である。

シフト目標達成の「勝ちに拘り」未達シフトに対しては、即刻対応の考えで処置、対策を実践することが重要であって、関係部署間の意識・責任、連携が強く求められる。シフト目標を達成することによって、バラツキ幅縮小とライン運転効率の水準向上が図られるとともに、一方は製造、保全の部署間のタテ壁を越えた一体活動が当たり前になるものと判断している。このことが生産と各機能の統合的管理を進めるエンジンなのである。

製造、保全の一体活動 設備総合効率推移(月度)の1例

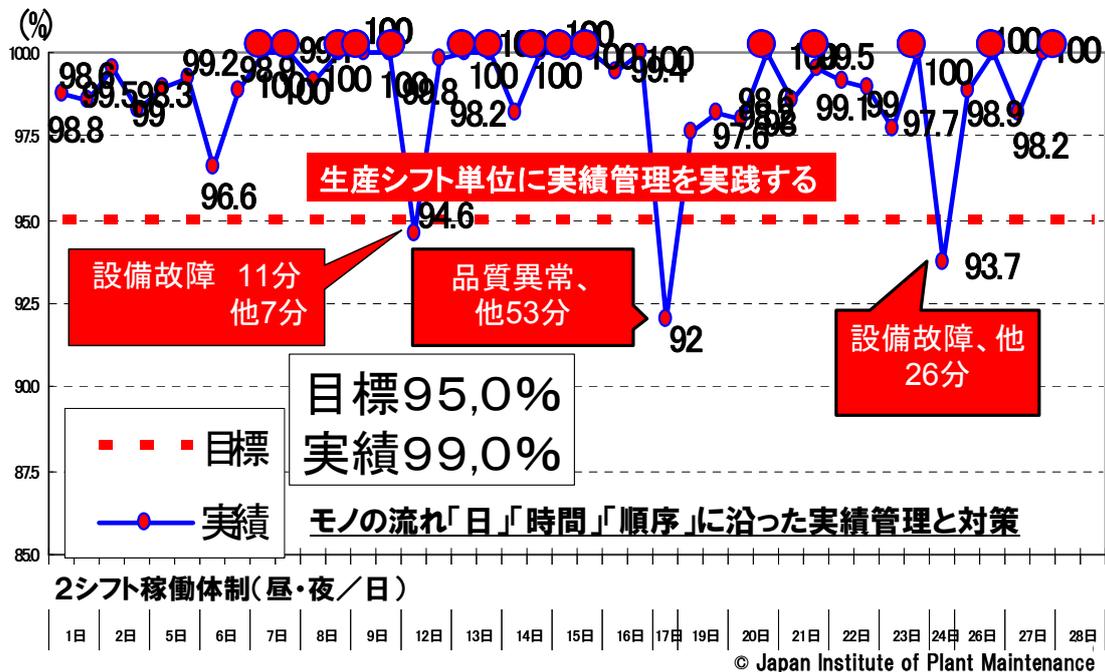


図 2.1.6 製造、保全の一体活動その 1 例

2. 1. 5 MP (Maintenance Prevention) 標準化と設備設計への反映

設備信頼性向上への取組みの一環としての、MP 情報の標準化と設備設計への反映について、企業の取組み実態を踏まえながらこの取組みのありたいとする姿を整理する。

MP とは、保全予防と訳されているが、その定義について、日本プラントメンテナンス協会著作の新 TPM 展開プログラム加工組立編 (1992年初版) によれば、「新設備の計画や建設のとき、保全情報や新しい技術を考慮して、信頼性、保全性、経済性、操作性、安全性、融通性などの高い設計を行い、保全費や劣化損失を少なくする活動をいう」としている。言い換えれば「生まれの良い設備を効率的につくりあげる」と解釈できる。つまり、既設設備の弱点を追及し、それを改善して設計へ反映し、設備の信頼性を高める活動である。

前記の 2.1.4 項で記した、新設設備および既設生産設備の両面を通してここで述べる MP の情報発信と活用がなされるべきである。

(1) MP 情報の標準化と活用サイクルのしくみ

図 2.1.3 の中で生産設備稼働率管理システムと CMMS との関連付けを説明したが、設備故障情報をリアルタイムに CMMS に取込んで、稼働分析、故障分析、各種の設備対策を

することは勿論のこと、保全計画策定、これを基にしたメンテナンスの実行と実績記録がなされるとともに、これらの情報を基に現状のベストプラクティス情報としてMP情報を抽出する。このMP情報を生産技術部署が主体となった技術標準化の仕組みを通じて、MP標準化し、次期設備計画への反映はもとより、企業内他工場への該当設備に改善水平展開を実施し、結果を評価して更に必要であればMP標準を改訂する。このサイクルをしくみとして廻し続けることが重要であり、この機能の中核組織（仮に、技術標準化委員会、あるいはMP標準化委員会）を設けて、MP情報をバリデートしてMP標準へ選別し、常に最新の成功事例が管理されて活用されることを責任部署として実行するのである。

上記の標準化組織メンバーは、生産技術部署、工場保全部署、工場技術部署の専門家によって構成するものである。（図2.1.7）

また、技術標準化の推進におけるキーワードは「作・知・活・訂」である。すなわち、標準を作成し、これをタイムリーに発信して活用を促し、活用して更に最適な標準として改訂する。標準が陳腐化しては全く意義を持たない。従ってこのサイクルを厳格に廻し続け、本来の狙いの達成に向けた標準化の推進と維持を全社の仕組みとして構築し、「失敗をなくす」ことを実践してこそが技術力のキーである。

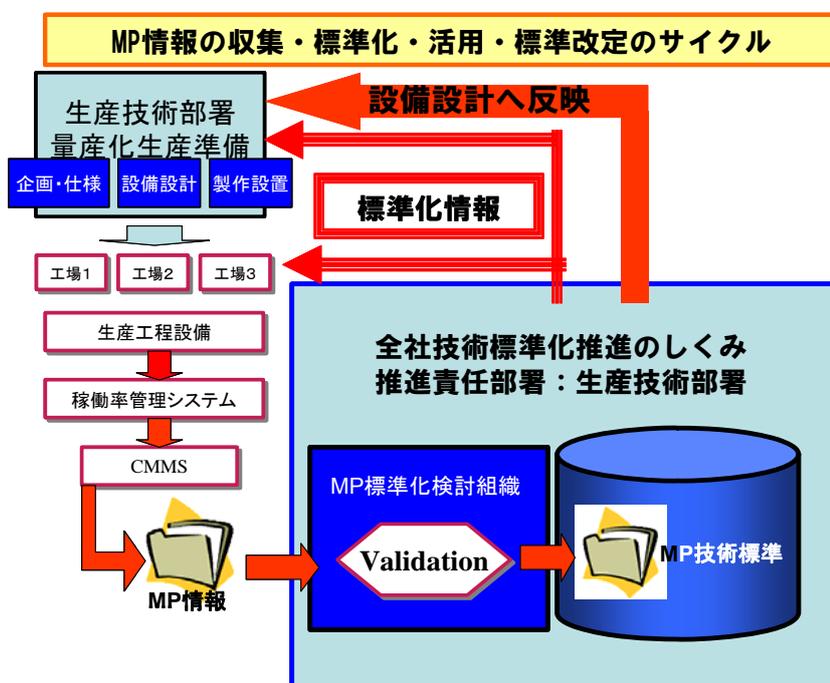


図 2.1.7 MP 情報収集と設備設計への反映サイクル

図 2.1.8 に MP 標準の一例を示す。

| | | | | |
|---------|------------|----------|--------|-------------|
| 設備 | 登録 NO. MP1 | 発行変番 00- | 設備Or機能 | ロボット |
| 設計・施工基準 | 変更理由 | 新規 | 部 位 | ロボットケーブル処理 |
| 課 | 作成日 | 作成者 | 目的 | 保全経費削減&故障削減 |
| | | | 要 領 | ロボットケーブル処理 |

ロボットの可動部に取り付けられてる TB 及びコネクター接続部位付近には、ケーブル引っ張りによる断線を防止するためのサポート（サドル、マルチクランプなど）を設けること。

図 2.1.8 MP 標準 Sample

(2) 設備設計へ反映、その仕組み構築について

新設設備計画の取組み

初期・初期流動管理の実践、MP標準の設備設計への反映

| ステップ ライン | 計画段階 | | | | 設計・製作段階 | | | | 設置・調整 | | | 立上り | | | |
|-------------|-------|----------|----------|--------------|---------|-------|-------|------------|------------|------------|------|---------------|-------|------------|------|
| | 目標値設定 | モニタリング検証 | 達成方策模索上げ | 仕様検討、設備仕様統一化 | MP折込み | 提案図確認 | 設備立会い | 製作後の設備精度確認 | 新機構・新部品の評価 | 設置後の設備精度確認 | 保全教育 | 保全方式設定・点検標準作成 | 予備品準備 | 設備管理システム活用 | 管理基準 |
| #1 | - | - | - | - | ○ | ○ | ○ | △ | × | × | ○ | △ | △ | - | - |
| #2 | - | - | - | - | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | - | - |
| #3 | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ |

MP標準の折込み

約800件

975件

2571件

13件

30件

良い生まれを持つ設備づくり・・・×

☆ ポイント

1) 設備信頼性目標値とその達成方策の明確化

2) #1及び#2ライン設備の不具合フィードバックの徹底 (MP標準折込活動)

3) 設備メーカーを巻き込んだ改善の推進
新機構、新部品の信頼性評価と採用可否判断

© Japan Institute of Plant Maintenance

図 2.1.9 MP 標準の設備設計への折込み

図 2.1.9 は新設設備計画展開プロセス（要約）において、既設設備の不具合フィードバックを示したものである。#1 および #2 号機での失敗の再発防止として、目標を設定し、その目標達成に向けた展開ステップを明確化して、そのステップ単位に仕上がりを確認して次のステップへの移行判断とし、信頼性を始めとした設備の作り込みを推進するものである。

上段横軸に展開ステップを示すが、設計・製作段階で MP 標準の折込みを義務付けし、量産立ち上がりまでの各ステップでその折込み細部を確認・評価して、ステップ移行を判断することが重要である。

表 2.1.1 初期管理不備による故障の層別分析

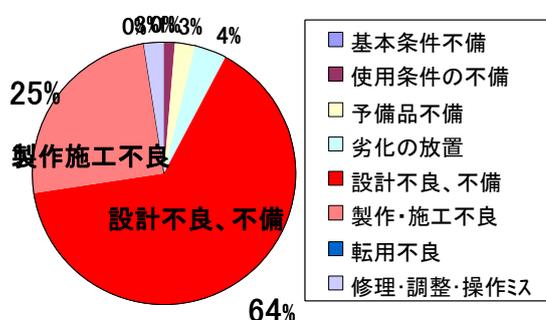


表 2.1.1 に典型的な初期管理の不備による故障の層別分析結果の一例を示す。この層別分析結果は、設備の量産立ち上がり 1 年後の実態を分析したものであり、設計不良による故障が 64% を占め、かつ製作設置不良を含めるとほぼ 90% に及んでいる。また、当該設備の更に 1 年後に故障層別分析を実施したが、設計不良が根絶せず、その影響による故障がしつこく尾を引く事実を確認している。

この事実から、いかに初期段階による設備のつくりこみを誤ると、結局は大きな禍根を残す結果となり、改善には大きな投資が必要となる。

2. 1. 6 技術課題

これまでに生産計画達成と保全の情報共有、統合的管理の取組みについて事例を示して考えを述べてきた。これらの考えと実践的取組みによってそれぞれの水準を向上することは可能であり、ありたい姿を求める一つの方法論であるといえる。

しかしながら更に顧客要求への対応速度と柔軟性、そして製造コスト低減が求められており、4M を基調とした生産条件確立に向けた進화가益々求められる。これに呼応する保全の取組みについて、その代表的な現実的課題を抽出した。

1) 保全精度向上

保全にとっては難題かつ必須のテーマといえる。この点の一層の改善によって、生産リスクが軽減できて、更に QCD 達成への設備条件の適否判断が可能となる。

現状の五感による点検にせよ、診断技術を活用した劣化兆候診断にせよ、MTBF のずっと左側の運転時間間隔で点検・診断が実施されている。特に分解点検の設定においては、分解しても何も発見することができずに、設備の運転機会の損失と点検に伴う費用支出のみが残る事実をなんとかしてもより小さくすべき取組みが求められている。

分解せずにかつ多くの費用を掛けずに、設備劣化と機能変化を捉え、QCD 達成への設備条件の適否判断のできる信頼性技術を開発し、これらの取組みによって潜在的故障要因の摘出をより高めることで、生産と保全の距離が短縮されて効果的な統合的管理の水準が一層改善されると確信する。換言すれば、生産側から見た生産制約条件であった設備（保全）が、その条件解除へ向けて大きく前進することになる。(図 2.1.10)

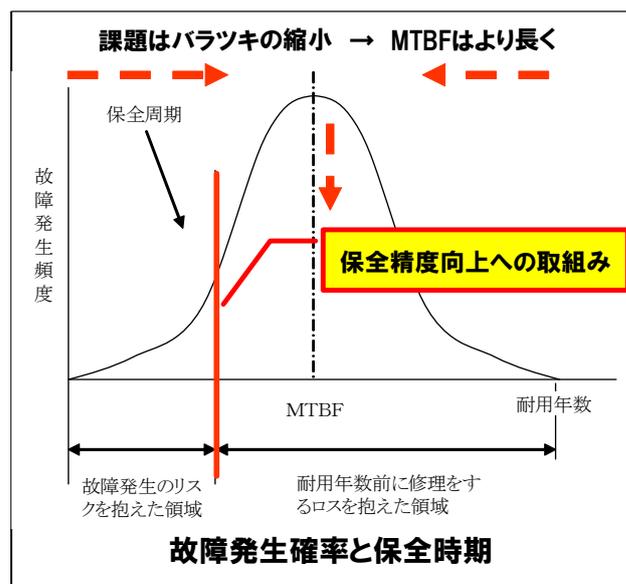


図 2.1.10 故障発生確率と保全時期

参考文献

- [1] 日本プラントメンテナンス協会 浅井誠司、日産自動車 小林洋、鳥飼正、
計画生産を支える、故障ゼロ超保全実践マニュアル、日刊工業新聞社発刊
- [2] 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
- [3] 日産自動車 NPW 推進部 (編)、実践 日産生産方式 キーワード 2 5、
日刊工業新聞社 工場管理

2. 2 先進事例と今後の課題 プラント系 - 電力プラントにおける運転とメンテナンスの情報統合化

2. 2. 1 電力プラントにおける設備運転の特徴

電力プラントに代表される社会基盤を支えるプラントシステムは、その機能が停止すると大きな社会的影響を与えるため、長年にわたり設備運転、保全の自動化、高度化が図られてきている。本節では、発電プラントを例に電力プラントにおける運転とメンテナンスの情報統合化について考察する。

電力プラントは、安定的に負荷側に電力を供給することを目的として建設・運用されている。社会基盤を支えるエネルギー源として電力は非常に重要であり、万一故障などで発電設備が停止した場合、社会的に与える影響範囲が広く、その損害も莫大なものとなる。そのため、発電プラントシステム、変電プラントシステム、電力系統制御システムには多重化など様々な高信頼化技術が適用されており、設備保全についても設備毎に詳細な設備保全基準が設けられている。原子力発電、事業用火力発電に代表される発電プラントは、期待寿命として30年以上が想定されており、ライフサイクルを通じた設備の健全な運転のためには種々の保全戦略が適用される。図2.2.1に電力プラント設備保全の例を示す。発電プラントでは、定期的な検査が法律によって義務づけられ、例えば原子力発電プラントでは13ヶ月以内に一度プラントを停止させ点検を行う。そのため、TBM (Time Based Maintenance) 時間基準保全を基本とした保全戦略をとる。通常は数年に一度、TBMでの点検記録や、運転記録などを基に設備、機器のライフマネジメント評価が実施され、補修、部品交換、設備更新などの選択が行われる。また近年では、実機のフィールドにおける試験研究の積み重ねにより健全性評価に必要な各種データが蓄積され、CBM(Condition Based

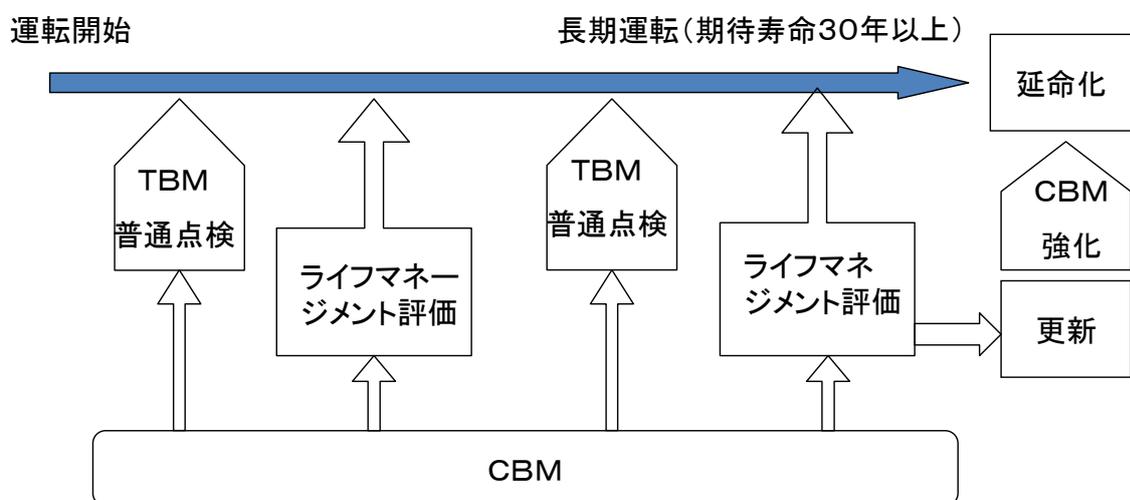


図 2.2.1 電力プラントの保全ライフサイクル

Maintenance) 状態基準保全が可能な対象品も多くなっている。ライフサイクルの後期において、期待寿命以上に運転可能とライフマネジメント評価され、かつ延命化決定された場合には、CBM が強化される。CBM 強化の実際は、センサなどによるモニターポイントが増加されることである。

2. 2. 2 電力プラントにおけるメンテナンスの特徴

本項以降では、電力プラントの代表例として原子力発電プラントのメンテナンスの特徴について述べる。

原子力発電所の設備は原子炉や燃料、制御棒、制御棒駆動装置など原子力発電所特有の設備・機器の他にタービン、熱交換器、配管、弁、タンク、発電機、変圧器、電動機など多数の機器から構成され、更にケーブル、各種センサ・伝送器といった計測制御機器などの種類も数も多く、関連技術も多岐・広範にわたる。また、設備全体の期待寿命が 30 年以上と長期にわたるため、幾世代に渡る技術伝承が必要であり、膨大な記録の保存管理や新しい技術に対する知識も必要となる。

具体的なメンテナンス活動は、日常的に行う運転監視・巡視点検、運転中定期試験とプラントを停止させて行う定期検査の三つに分類される。

(1) 日常点検

プラントの運転手順書に従い、運転員が設備・機器の運転状態の確認を行う。設備・機器が機能を果たしているか、何らかの異常（破損、漏洩、異音、異臭、発煙、異常振動、計器の指示値異常など）がないかを運転員が一日に数度、設備・機器の重要度に応じて巡視点検あるいは制御室・現場の計器類により監視する。点検は、チェックシート・データシートを用いて行い、主要なデータと点検結果は記録する。更に主要な運転データは電算機により定期的に記録する。通常の運転状態から外れた状態にある設備・機器に対しては手順書に従い監視強化を実施し、傾向管理を行う。異常あるいはその兆候が見られた場合は保修担当部門に連絡し、保修部門が修理などの必要な措置を行う。また、運転員のパトロール以外にも保修部門がプラント内のエリア毎に頻度を決めてパトロールを実施する。頻度は対象の重要度に応じて日単位、週単位、月単位などで行われる。点検内容は運転員の点検と同様に対象毎のチェックシートにより決められている。

日常点検では設備診断を行っており、一般的なものとしては加速度センサを用いた振動分析、油中分析、サーモグラフィによる発熱分析、音響モニタなどの設備診断技術を用いて、設備・機器の健全性を診断する。他に電動弁・制御弁の診断技術、アコースティックエミッション、放射線透過試験による診断など機器固有の特性を用いた診断技術も適用さ

れている。現状では発電プラントでは、時間計画保全による予防保全を基本としており、こうした診断技術によって診断しても異常のない膨大なデータを採取することになっている。今後は状態監視保全を取り入れることで一部の機器を時間計画保全から切り離し定期点検の期間を短縮する方式も検討されている。状態監視保全は、設備・機器の運転状態を通常月1回から2回などの頻度で振動などのデータを採取しながら運転を継続し、異常兆候が発見されてから分解点検などの修理を実施する。状態監視保全では、対象、データ採取頻度などにより発見される兆候・異常の度合いが異なり、点検頻度とデータ評価技術がノウハウとなる。また、同じ対象物に対しても異常の進展度合いに対応して点検頻度を変化させることなども必要となる。

(2) 運転中定期試験（サーベイランステスト）

発電所の通常運転中は待機状態で、発電所の停止時や事故・故障時の緊急停止に使用する系統・設備・機器は運転員が月1回など所定の頻度で定期的に作動させ、系統・設備・機器の機能の健全性を試験する。「核原料物質、核燃料物質および原子炉の規制に関する法律」に定められた定期自主検査の対象設備および工学的安全施設などの安全上重要な設備については、検査内容と頻度を原子炉施設保安規定に定めこれに従い検査を実施する。これらの設備に異常が発見された場合は、保安規定に従い機器の隔離や異常拡大防止措置がとられるとともに保修が実施されることになるが、保安規定に定める期間内に復旧できない場合はプラント停止などの措置を講じる。

(3) 定期検査、定期点検（定検）

後述する「新検査制度」が導入される2009年以前は、電気事業法に基づき定検終了後13ヶ月以内に再度発電所を停止して国の定期検査を受けることが義務づけられていた。国の検査項目は、炉型により多少変化するが概ね80項目に及ぶ。国の検査に対する考え方は、プラントの安全機能の重要度に応じた確認であり、設備の機能・性能検査、構造健全性確認検査などである。検査は立ち会い検査・記録確認検査と電力会社が実施した点検結果の確認に分けられる。国の検査は運転・保修・技術などの電力会社の担当部門が受験するが、運転操作を除く受験のための設備・機器の分解点検、手入れ、受験後の復旧などの作業は請負会社が実施する。性能検査などに伴う運転操作と運転中の確認などは事前に役割分担を明確にしておき、運転員と保修員が実施する。また、官庁検査には公的な資格を有する各主任技術者が検査立会責任者として立会う。

上記定期検査およびプラントの燃料交換のため発電所を停止するが、この機会に電力自主で主要設備・機器の定期点検（分解点検、開放点検、外観点検、非破壊試験、特性試験、漏洩試験、機能・性能試験、総合性能試験など）を実施する。この定期点検内容と頻度は、

メーカー提案、長年の運転・保守経験（過去の点検結果）あるいはトラブル経験や他プラントの経験を参考に決定する。プラントの定検期間は点検の実施内容により変化するが、概ね 40 日から 90 日程度を要している。

2. 2. 3 運転・メンテナンスの統合的情報管理に向けて設備信頼性向上への取組み

我が国の原子力発電所では、プラントのより一層の安全性確保と稼働率向上のため国によりプラントの検査制度が 2009 年に改訂された。これは以下の 3 点を特徴とするものである。

- ・プラントの特性に応じた、きめ細かくメリハリのある検査を実施

プラントの高経年化が進む中、プラント毎の特性を踏まえて電気事業者の保全活動の充実を求めることが必要となる。そのためプラント毎の保守管理活動を保全計画の策定などを通じて充実強化させ、検査も一律の検査からプラント毎の特性に応じたきめ細かい検査に移行する。

- ・運転中の検査を充実

プラントの運転中、停止中を問わず、電気事業者の保安活動における安全確保の徹底を求めることが必要となる。そのため、現在プラント停止中に集中している検査に加え、運転中の検査を充実強化する。

- ・ヒューマンエラーや組織の問題による事故・トラブルを減少

電気事業者の人的過誤、組織要因による事故・トラブルを防止するため、事業者による不適合是正の徹底を求めることが必要となる。そのため、事故・トラブルの根本的な原因分析に事業者が積極的に取り組むことができるようにガイドラインの整備などを進める。

従来国の定期検査が前項で述べたように時間基準保全を基本としたものであったのに比べ新しい検査制度では信頼性を重視し、原子力発電施設ごとに設備の劣化状態などを踏まえた適切な点検間隔を設定できるようになり、原子炉は 13 ヶ月、18 ヶ月又は 24 ヶ月毎に停止することを選択できるようになった。信頼性重視保全 (Reliability Centered Maintenance) を実現するためには保全の一層の体系化が必要となり、また運転中検査を充実させるためには状態監視保全の導入が不可欠となる。

この新検査制度では、保全の継続的な改善による信頼性向上を目指すため、

- ・保全の計画 (Plan) : 保全活動管理指標の策定
- ・保全の実施 (Do) : 機器の点検、分解点検、検査の実施
- ・保全の評価 (Check) : 経年劣化の状態などの観点から現状の保全活動を評価

・保全の改善 (Action) : 保全の評価に基づき保全計画を修正のサイクルを確実に実施することが求められる。

新検査制度に基づく原子力発電プラントのメンテナンスについて基本要件を定めた民間規格として、社団法人日本電気協会の制定した「原子力発電所の保守管理規程 (JEAC 4210-2007)」および「原子力発電所の保守管理指針 (JEAG 4210-2007)」がある。この保守管理規程では、保全活動のアクティビティをより詳細化し、その標準的な業務フローを提示している。図 2.2.2 は、ISO-18435 Part-1 コンセプト ADID(Application Domain Integration Diagram:アプリケーション領域統合ダイヤグラム)の電力プラント版である。保全のアクティビティはADIDの中ではD4.2 運転・保全管理指針、D3.3 保全作業計画&スケジューリング、D2.3 保全実行&追跡システムおよびD1.3 設備構成管理の部分に対応する。JEAC4210-2007で示される標準的な保全業務フローをADIDで整理したものを図2.2.3に示す。図2.2.3において小さな長方形で示したのが保全業務をより詳細化したアクティビティである。保全アクティビティの流れとしては、「保全の実施」、「保全結果の確認・評価」といった中核のアクティビティの周りに結果をフィードバックするループ(図中のフィードバック1)、中核アクティビティに対する前提条件となる計画策定、対象範囲などを考慮した更に大きなフィードバックループ(フィードバック2)、更に上位の保守管理の実施方針および目標を考慮したフィードバックループ(フィードバック3)が形成されている。

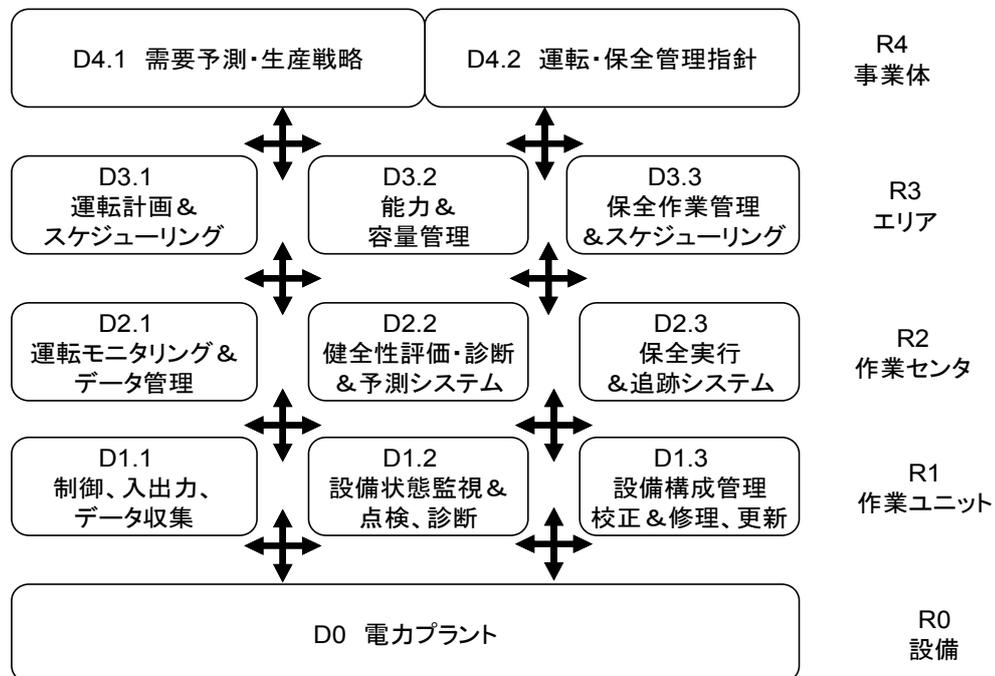


図 2.2.2 電力プラントの ADID

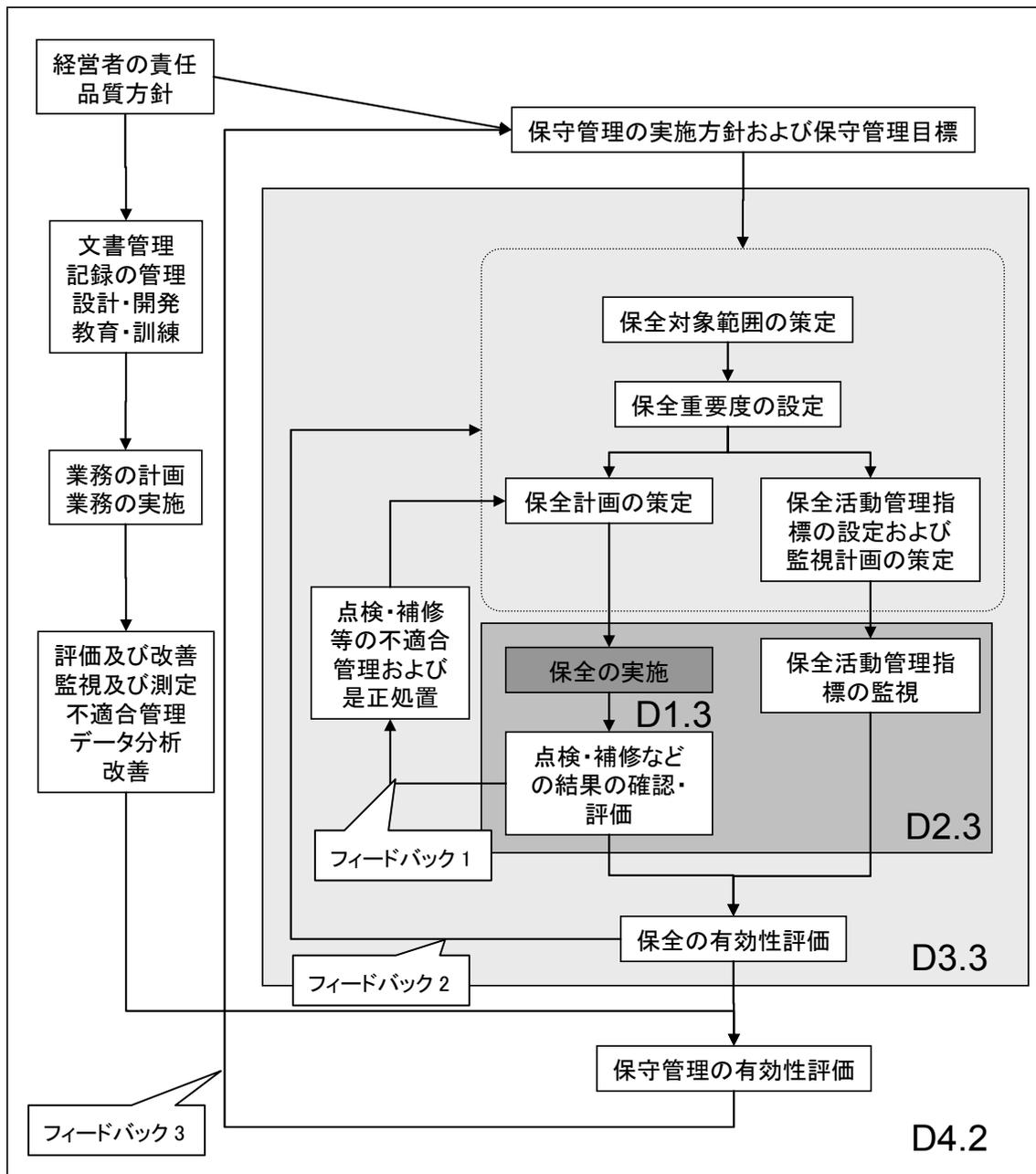


図 2.2.3 発電所保守管理の実施フローと ADID の対応関係

図 2.2.3 において、アクティビティを囲むハッチングエリアで示したのが、ADID との対応関係である。保全活動の中核となる「保全の実施」は D1.3 設備構成管理、「保全結果の確認・評価」、「保全活動管理指標の監視」などは D2.3 保全実行&追跡システムに含まれると考えられる。また、「保全対象範囲の策定」、「保全計画の策定」、「保全活動監視計画の策定」や「保全の有効性評価」などは D3.3 保全作業計画&スケジューリングに対応する。ループの一番外側に位置する「保守管理の実施方針」、「保全管理の有効性評価」などは D4.2 運転・保全管理指針に対応する。

また、JEAC4210-2007 では保全方式（時間基準保全、状態監視保全）の選定について次のように述べている。

- ・保全方式選定の考え方

構築物、系統および機器の故障の原因は、経年に伴い発生する材料劣化、疲労、腐食、摩耗などの劣化事象によるものの他、発生の時期又は部位が予測できない偶発事象によるものがある。点検計画は、これら両方の要因を勘案して策定するが、機器の保全重要度を踏まえた上で、組織の保全実績、一般産業での保全実績、劣化、故障モードなどを考慮して効果的かつ効率的な保全方式を選定することが重要である。なお、保全重要度の低い構築物、系統および機器に故障があった場合においても、原子炉施設の安全性、電力供給信頼性への影響が小さいと判断される場合は、予防保全としなくても良い。

- ・時間基準保全の選定の考え方

- 関係法令、関係規格および基準で時間基準保全が要求されている場合
- 消耗品の取り替えを定期的実施する必要がある場合
- 運転経験、劣化の進展予測などから、定期的な保全が妥当と判断する場合
- 定期的な開放点検などで劣化の進展状況を把握することを決めた場合

- ・状態監視保全の選定の考え方

構築物、系統および機器の運転中の状態監視又は傾向監視により、主要な劣化、故障モードに対応した状態監視データを適切に採取および評価でき、故障の兆候を捉えられると判断し、適切な時期に点検・補修などの処置ができる場合。

これらを実現するためには、運転中の機器データの取得、蓄積、分析などが必要である。これを ADID に対応させると図 2.2.2 の D2.2 健全性評価・診断&予測システムを中心として、D2.1 運転モニタリング&データ管理、D2.3 保全実行&追跡システムが連携する必要がある。

以上述べたように、発電プラントの設備信頼性向上のためには、保全活動の高度化が必要であり、そのためには保全に関するアクティビティの各レベル（D4.2 運転・保全管理指針、D3.3 保全作業計画&スケジューリング、D2.3 保全実行&追跡システム、D1.3 設備構成管理）をまたぐPDCAの実現が必須となる。また保全戦略を拡張し状態監視保全を実現するためには、D2.1 運転モニタリング&データ管理、D2.2 健全性評価・診断&予測システム、D3.2 能力&容量管理といったアクティビティを D2.3 保全実行&追跡システムと連携させる必要がある。

2. 2. 4 運転・メンテナンス情報の相互活用に関する課題

発電所における典型的な計算機システム構成を図 2.2.4 に示す。発電プラントの監視制御システムは、圧力や温度といったプロセス値を計測するセンサ群、弁やポンプといったプラントを制御するアクチュエータ群、センサ、アクチュエータを直接制御する制御装置、プラントの性能計算などを行うプロセス計算機、運転員がプラントの状態を確認、運転操作を行う HMI（Human Machine Interface system）、外部へのデータ伝送を司る GW（Gateway）およびこれらの計算機群を相互に接続するための伝送バス（ネットワーク）から構成される。監視制御システムは発電所内の発電ユニット毎に独立して設けられ、発電所構内を結ぶ構内 LAN へは GW を介して接続される。サイバーセキュリティ上の観点から、通常 GW での伝送は各ユニットから構内 LAN への送信のみで、外部から GW を経由して各ユニットの監視制御システムにアクセスすることはできない。

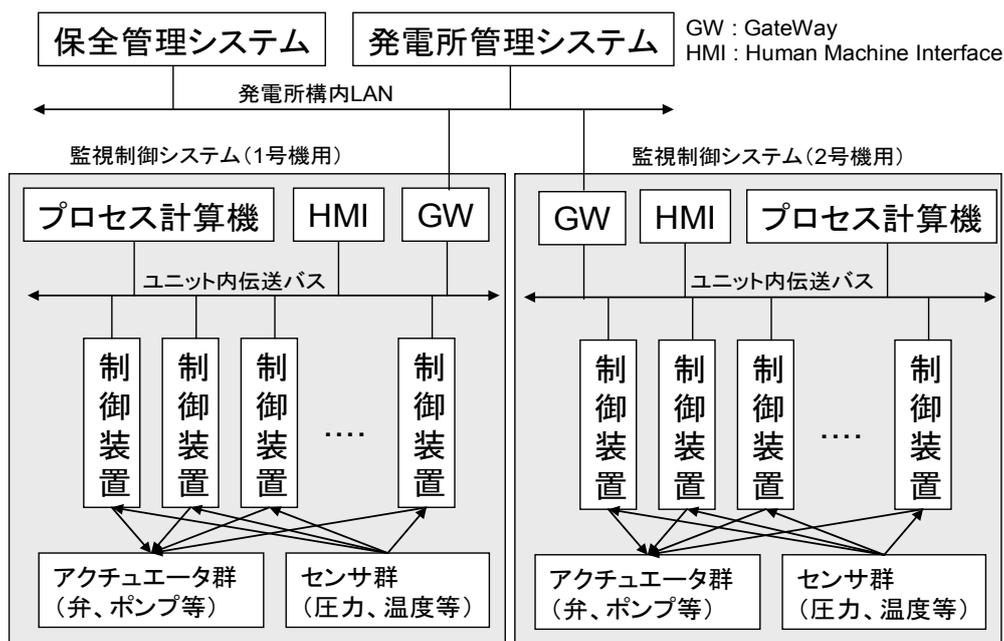


図 2.2.4 発電プラントのシステム構成例

保全業務に関わる情報を管理する保全管理システムや、発電所全体の管理を行う発電所管理システムは発電所構内 LAN に接続される。状態監視保全を行うための各種システムはこの保全管理システムに接続され、運転用のセンサ情報を直接共用するようなことはなく、分離した形で運用される。

プラントの監視制御で扱うデータ量は、アナログ値で数千点、デジタル値で数万点の規模となる。監視制御システムを構成するプロセッサ台数は、制御装置を含め数百台規模になり、前節で述べたアクティビティ間での連携を実現するためには、分散システム内のどこにどういった情報が処理、蓄積されているかを知る手段が必要となる。また、プラントの想定寿命が長い場合、計算機システム自体も何度も更新が行われる。

前項で述べた保全における多層的な PDCA の実現、保全戦略の拡充のためには、システム間でのデータの交換が必要になる。現状で大規模な分散システムである発電プラントの計算機システムにおいてデータ交換を実現するためには、個別のシステムの情報、システム間の接続情報、物理的な構成上の制約を考慮して個別にインターフェース設計、実装を行うことになる。プラント寿命の長さ、計算機システム自体の更新頻度などを考えた場合、具体的な計算機システムの構成上の制約とは切り離し、個々のシステムが保有する情報、システム間で受け渡しするインターフェース情報をより抽象的なレベルで扱うモデルと、それを実装した情報管理の仕組みがあれば、システム間の連携をより容易に実現できると考えられる。更に、将来的には同一発電所内のみならず、発電所間でのシステム間の連携も考慮する必要があり、そのためにもこうした情報管理の仕組みが必要になると考えられる。

2. 3 運転とメンテナンスの連携のあるべき姿の検討

2. 3. 1 メンテナンスの調査結果の考察

(1) 運転とメンテナンスの関係

運転とメンテナンスの関係を一般的に示す。まず、運転計画とメンテナンス計画の相互作用としては、運転を優先させれば、設備の問題が発生し、緊急に停止させなければならない状況となり、設備停止後に保全を行った場合、そこには生産できなかった出荷量や廃棄しなければならない仕掛品などのロスが生じる。無理に使用を続けたため、設備の性能低下が起き、速度低下、不良、品質低下などのロスが発生する。また、設備の不具合が従業員（生産委託業者を含め）に損傷を与える可能性もあり、大きな損害を受け、企業の存続にも影響してくる。逆に、メンテナンスを優先させれば、機会損失という考えのもとでは、当然メンテナンス停止中の生産ロスが生じる。また予防保全費もかさんでしまうことになる。このように一方を優先することは、生産活動を行っている企業（工場）において総合的に無駄を生んでいることになる。そこで、運転とメンテナンスの相互活用を図るために、すでにヒアリングした企業からのこの課題についての抽出を行い、検討を行った。

(2) 課題の抽出

今までにヒアリングした企業の「運転と保全の連携」を見てみると、以下のような点が伺われた。

- ・定期的に設備を停止して行うような保全は会社規模で計画的に行われている。この場合の生産ロスは経営的にもすでに考慮されている。
- ・突発的な設備の故障による停止や、日常保全の中で行われている補修作業による設備停止までは経営的に考慮された生産ロスにまで組み込まれていないことが多い。
- ・設備の信頼性を向上させて、突発の故障を減らすことや、もし故障があっても生産への影響を最小限にとどめるための保全方法が考えられている。

これらのことから、どの企業で運転（製造）部門とメンテナンス（保全）部門との情報連携が実施されているかが分かる。その情報連携の方法にもいくつか特徴が見受けられた。データを重視し、それを活用するタイプや人間の経験を重視しているタイプ、両方を上手く融合させようとするタイプなどがあつた。

見えてきた課題としては、運転とメンテナンスの相互関係は意識されているが、それらの連携を常に考慮して、運転とメンテナンスの計画にダイナミックに反映させることまではしていないことが分かった。なぜなら、これらの企業では、これまでの長い経験から、運転とメンテナンスの連携に関する方法を経験に基づき把握しているため、そこでは両者の関係をそれぞれに対する制約条件として予め考慮されて計画が実施されているからと考

えられる。

しかし、最近の経済環境や市場の激変（急激な需要の拡大や下落など）あるいは、厳しいコスト削減要求の下では、これらの関係を動的（ダイナミック）に考慮した運転とメンテナンスの連携の統合的な管理が必要となってくると思われる。いくつかの企業（プラント、工場）について実情を示す。

（3）車両生産工場の実情

この工場では、情報の共有はどのように行われているのか？

- ・ 年や月レベル・・・年間生産負荷／能力検討会と月間生産検討会にて共有。
- ・ 日常レベル・・・日々の生産設備稼働管理システムからの設備故障情報を既述の CMMS（設備保全管理システム：computerized maintenance management system）に取り込む。既知の保全情報を基にして、劣化と機能低下の分析をする。そして、保全に優先順位と保全時期を判断し、保全計画を立案し、生産との整合性をとる仕組み。

具体的には、需要判断による生産計画とその達成を目的として、保全はこの計画達成を保証する機能として考えられている。保全計画の特徴としては、プラント系に見られる SDM（シャットダウン メンテナンス）は行われず、週における休日や、夏季、冬季などの長期休暇を利用した保全計画が基本である。日常起きている設備の不具合の保全や小改善については、生産シフト間などの、運転休止時間を利用している。

従って、上記の高レベルの生産計画を達成するために、設備信頼性向上への取り組みを実施している。

（4）プラント系工場の実情

プラント系である電力プラントの場合、設備保全管理システムと運転監視システムを含む発電所全体の管理システムはプラント内の構内 LAN には接続されている。しかし、2. 2. 3 項に述べられている状態監視保全を行うための各種システムは設備保全管理システムのみには接続され、運転監視用のセンサ情報と設備保全管理システムとの共用が課題となっている。

やはりどちらの工場でも、信頼性向上のためには、この二つのシステムの連携を実現することは重要であることが判明した。

図 2.3.2 から、生産情報のみでの設備状態の推定に偏ると設備の寿命が短くなり、設備情報のみでの設備状態の推定に偏ると、設備の寿命は延びるが保全時間や回数が増加して、機会損失によるロスが生じることが推察できる。この両方を考慮した柔軟な設備状態の管理方法が必要となる。

2. 3. 3 運転とメンテナンスの連携のあるべき姿の実現への過程

どうすれば、運転とメンテナンスがバランスの取れた管理方法を構築できるのか？

図 2.3.3 に Operation（運転） & Maintenance（保全）を統合した計画策定手順の案を示す。

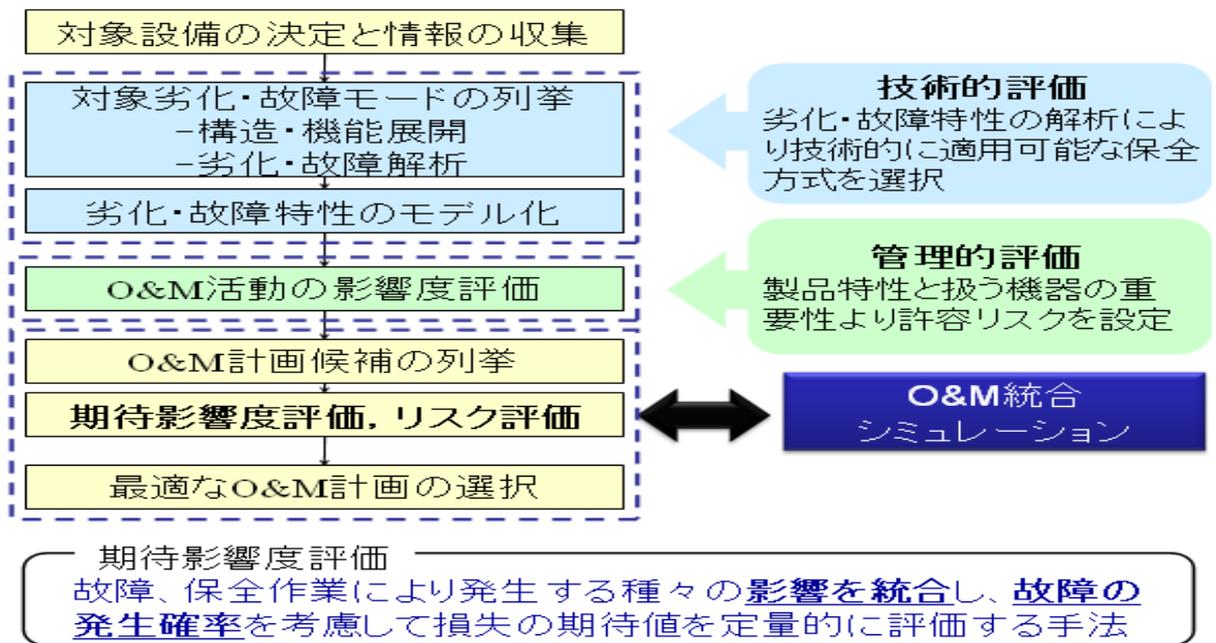


図 2.3.3 Operation（運転） & Maintenance（保全）を統合した計画策定手順の案

対象設備を設定し、技術的評価と管理的評価を行い、最適な O&M 計画を導き出す。このときに O&M 統合シミュレーションでこの評価を行う方法がある。後述の第 4 章でその例を示す。種々の影響を考慮することで、運転と保全の不確定要素を推察、決定することである程度両方の重要度がバランスの取れた計画の策定ができると考える。

次に、運転とメンテナンスがバランスのとれた設備状態の推定をするにはどうするのか。既述の図 2.3.3 の技術的評価の中に故障モードという項目が入っている。実際の工場では、この故障率を下げることで、すなわち設備の信頼性向上の取組みが行われている。車両生産工場の例では、2. 2. 4 項にも述べている通り、各ライン別に生産計画遵守率と生産シ

フト毎の設備故障強度率の相関をとって、生産計画の達成と設備信頼性向上の関連を明らかにする活動が行われている。2. 2. 3項に述べているように原子力プラントでは、より一層の安全性確保と稼働率向上のため、国の検査制度が2009年に改訂され、時間基準保全（13ヶ月毎）を基本にしたものから設備信頼性を重視して、法定点検時期の間隔を13ヶ月、18ヶ月、24ヶ月から選択できるようになった。点検時期の間隔を延ばすためには、保全の一層の体系化により信頼性重視保全を実現する必要がある。

さて、2. 3. 1（2）項の課題でも述べたが、この運転とメンテナンスの連携のあるべき姿を求めるにあたり、経験すなわち人に関係することを考えずに推進することは難しい。つまり、連携をつかさどるインターフェースとしての人材育成の重要性が浮き彫りになってくる。現状での運転とメンテナンスの統合システムの管理では、システムに一任しておけばいいのではなく、それを扱う人の経験値に頼るところが大きい。その各人のスキルに偏ってしまうので再現性に乏しく、レベルにばらつきができ、同じような結果が生まれにくくなる。要するに肝心なところで、人がインターフェースになっていることになる。考えられる解決策としては、生産現場（運転部門）、メンテナンス（保全部門）とシステムインテグレーター（システム設計者）の間で情報をしっかり把握する場を作ることが第一歩であろう。

JRでの一例を示す。図2.3.4に示した線路の状態を点検するドクターイエローという点検車両があり、そのデータは浜松にあるセンターに集められている。そのデータを基に、どの場所が問題かは勿論、修理場所の優先順位も決定し、電車が停止している夜中から朝にかけて、徹夜で保全を行っている。一晩でできるレール下の碎石（バラスト）の交換作業は75mである。1.3kmある電線の交換作業も時間との戦いがある厳しい作業である。朝の始発に間に合うように、このような保全作業をしっかりと遂行できているのは、現場の状況をしっかりと把握して割り出されたデータと訓練された人材が着実にその保全を行っていることの両立に他ならない。

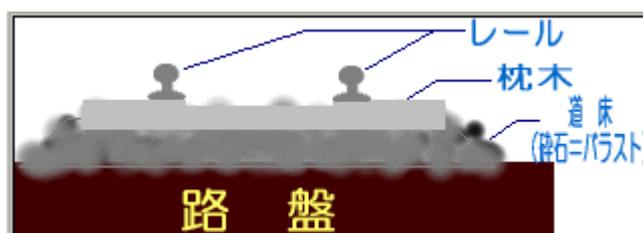


図 2.3.4 線路軌道の概略構造

http://www.geocities.jp/otokiyojp/m_keio_senro_kouzou.htm

そこで、運転とメンテナンスの連携の状況について、第 1 章でも紹介している市販の CMMS（設備保全管理システム：computerized maintenance management system）などのパッケージソフトの調査を行った結果、運転計画とメンテナンス計画の両方の機能を連携まで考えて備えているものは今のところ存在せず、両者の連携の支援という点では、まだ十分でないことが明らかになった。

一方、運転とメンテナンスの統合（O&M 統合）をキーワードに、研究状況の調査も行った結果、数は必ずしも多くはないものの、研究レベルでは、両者の統合的な管理については考慮されていることが分かった。

ただし、それらのアプローチは、運転計画を軸にメンテナンス計画を考慮したもの、あるいはその逆のものが多く、最初から両者の統合を扱ったものはまだ少ないことが分かった。ここで考えられる具体的な課題としては、保全を実施しなかった時に、本当に突発故障や機会損失に至ったかどうかは正しく把握できないことや設備リスクがリアルタイムに評価できていないなどのことがあるが、もしこれが評価できれば、外乱にたいしての対応を最適化できるバランスがとれた仕組みになる可能性がある。

以上、これらの調査結果から、運転とメンテナンスの連携を意識して計画を立て、統合的な実施管理をしていくことは、現状ではまだ明確には示されていないが、今後はその重要性が増していくことが予想される。このような連携を実現する上では、上述した生産現場（運転部門）、メンテナンス（保全部門）とシステムインテグレーター（システム設計者）の間で情報をしっかり把握する場を作ることに加え、運転とメンテナンスに係る活動と活動の間での情報共有や情報伝達がスムーズに行われている必要がある。

そこで次章では、今求められている運転（Operation）& 保全（Maintenance）を推進するためのシステム構成について検討する。

第3章 情報システムの位置づけと ISO18435 とのマッピング

3.1 情報システムの位置づけ

情報システムは近代的な製造管理を行うためにはなくてはならない基盤技術および管理基盤であり、生産・製造活動と保全活動を効率よく運用・改善を行っていくために重要な役割を果たす。これは以下の環境条件により発生する自然な要求である。

- a. 大量生産によって発生する生産、運転、品質データ量の急速な増加とその処理
- b. 管理項目の細分化、実時間処理による大量データの発生
- c. 多品種少量生産における収集すべきデータのパターン増加に伴う複雑性の増加
- d. 多量なデータから意味のある情報を検出するための膨大な数値処理要求と自動化

また情報システムには以下の特徴があり（表 3.1.1）、この特徴を利用することでプラント・生産・保全の管理者にとって有益な情報を提供することができる。しかし同時に問題点をも兼ね備えるためこの点を把握・理解した上で人間系での情報連携およびシステムの適用とシステム間の情報連携を考慮しなければならない。

本章で説明する ISO-18435-1 によって識別されている要求機能は必ずしも情報システム上に構築されることを要請しない。ADID によって識別された要求事項については人間系の情報共有、会議、指示などで実現されるものが含まれることを許容する。

表 3.1.1 情報システムの利点と問題点

| 特徴 | 利点 | 問題点 |
|-------------|----------------------------------|------------------------------|
| 定型処理 | 俗人化されない情報処理による評価メトリクスおよび評価結果の標準化 | 評価結果からの“連想”と“気付き”を阻害する可能性 |
| プロセスの標準化 | ビジネスプロセス、収集データ項目、処理方法などを標準化可能 | 運用の硬直化と柔軟性の後退 |
| 大量データの高速度処理 | 複数の分析軸による関連性分析（例：重回帰分析など） | 統計解析など、手法の熟知が必要 |
| 大量データの保存と蓄積 | 大量の情報記録と瞬時の取り出し | システム破損時のデータ復旧は情報システムの管理状況に依存 |

この結果から情報システムを表 3.1.2 のように位置づける。

表 3.1.2 情報システムに求められる基本機能

| 必要な機能 | 説明 |
|---------|---|
| 情報処理機能性 | 設備で発生・検知される物理量をデジタルデータに変換する機能。またデータを入力、記憶、処理、判断、出力（電子計算機の 5 大要素）できる機能として代表される。 |
| 接続性 | 情報システムは他の情報システムに対してデータを提供するための情報通信能力を保持しなければならない。情報通信はデータの存在を一つのシステムの内部に限定されことを防止し（情報の孤島化）、複数のデータの組み合わせにより新たな情報を創生する働きを持つ |
| データの関連性 | データは単体では意味を成さないが、複数のデータに意味を持たせ、実際の企業や組織の管理に必要な意味づけを行う情報化が必要である。情報化は実際には評価・分析により問題点の検知や改善のために使用される。 |

3. 2 情報システムの役割

3. 2. 1 保全・運転管理の分野における情報システムの歴史

保全や運転管理に関するシステムは 1960 年当初からプラントの生産管理、保全スケジュール管理などで利用されてきた。当時はコンピュータといえば大型計算機を指し、コンピュータを企業の基幹システムとして導入し、バッチやタイムシェアリング機能によって様々なプログラムを動作させ業務の効率化に使用してきた。この時代はコンピュータが非常に高価であったためその資源は貴重で、企業全体のシステムとして利用する形態をとることが一般的であった。また一般の技術者が電子計算機のプログラムを作成して運転情報や保全情報を管理することがあまりなく、原子力発電所、石油化学プラント、製鉄産業など特定の産業分野で利用されてきた。

1980 年代に入ると、パーソナルコンピュータの登場により、比較的安価にコンピュータを使用できる環境が整い、また BASIC 言語でのプログラミングが可能なることから、大きく普及し、プラントや工場における運転管理、データ収集、分析などにパーソナルコンピュータを一般ユーザが使用するようになる。また保全管理のための情報を蓄積して保全改革の立案や劣化の評価などに使用することができるようになった。このことは製品の品質や作業の効率改善に大きく寄与した。しかしこの反面、情報が個人や部門単位の管理になり、また本社部門の責任範囲から各プラント・工場単位の管理になることにより、情報の分散化、管理者の不在、小規模システムの乱立などの問題が発生した。

2001年以降ではパーソナルコンピュータの性能・容量の進歩は劇的で、従来パーソナルコンピュータで使用されたオペレーティングシステムがサーバー用にも利用され、一般ユーザをサーバー環境に取り込む活動が盛んに行われている一方、UNIXなどのオペレーティングシステムをベースに高性能サーバーを構築して、計算機資源の効率的な配分や、仮想化技術によるハードウェア・管理コストの効率などを取り組んできた。21世紀の冒頭ではハードウェアの制限が一般のプラント・工場管理者から解き放たれることで、従来のようにハードウェアやネットワークに制限などによりアプリケーションや利用体系が制約されることがなくなり、どのようなシステムの体系を選択するかはユーザや管理者の姿勢によることとなる。

またこの時代は通信環境が劇的に変化した時代であり、従来のRS-232Cなどにシリアル通信からTCP/IPによるネットワーク通信に変化し、工場単位に設置された技術管理のための個別システムを一つデータセンターへ集約することが可能となり、ユーザが選択するシステムの形態は様々なバリエーションを取ることができる時代になった。

3. 2. 2 情報システムの二つの役割

情報システムには二つの大きな役割がある。一つは一般的に認識されている情報の入力、記憶、演算、制御、出力で、データを蓄え処理を行うことで管理に必要な情報を作成する機能である。この役割は一般的に認知されているもので、情報システムを人間のデータ集計・分析を行うための補助を行うことを「ツールを構築する」と呼ぶ。

もう一つの役割は、情報システムにより管理すべき情報の標準化により、業務プロセスを統一し共有化を行うためのプラットフォームとしての役割である。情報システムでは入力すべき情報のコード体系や情報項目、管理プロセス上の承認フロー（ステータス管理、ワークフロー管理などによる）の管理を標準化でき、担当者がこのシステムへのデータ登録、承認管理を遵守することで定められた情報の収集と管理の証跡を確保することができる。この情報は組織内で行われる内部監査の対象となり、組織内の活動が定められた規則に従って実行されているかを把握し確認することができる。このような規則の制定と実施の強制を行うことを「システムを構築する」と呼ぶ。

つまり、情報システムを上手に活用するためには担当者の作業効率を向上させる「ツール」の局面と、組織内の管理の標準化を行い、規則を遵守させる「システム」の構築の二つのバランスを取ることが必要である。

このバランスはイコール・バランスを行う必要はない。例えば法的規制が厳しい原子力や石油化学の分野では「システム」的な傾向が強く、ディスクリート産業におけるライン生産やセル生産の現場では「ツール」的な傾向が強く現れる。重要な点はそのバランスを見てシステムを設計・構築することであるが、システム論的な評価を行わずに、単なる利便性や予算の制限の観点からシステム構築を行い、データの配置を行うことが見受けられる点である。

例えば、設備データについては、本来保全管理システム上で一元管理されるべき情報と考えられるが、その設備台帳のマスターは個別システム構築の関係上、技術システムや、データヒストリアン、製造・運転管理システム、生産計画システムなどに散在して管理されることが見受けられる場合がある。また設備保全管理に必要な作業員の職種や免許、教育、技術スキル情報は、本来は人事管理システム上にあるべきであるが、保全管理システム上に別の形で存在する場合がある。この理由は、情報の一元化に必要な費用問題や社内の部門の職責に関する変更を行うことができない理由で発生する場合があり、この現象は情報の統一管理・一貫性管理の視点からは好ましくない。

3. 3 ISO18435 ADID とのマッピング

3. 3. 1 ADID マクロビュー

保全活動と運転・生産活動の情報を融合し、強調して企業活動の効率改善を行うためには、両者の情報を電子化し、相互に連携して情報の価値を向上させることを支援する情報システムが必要である。特に近代の大量生産、少量多品種生産においては、保全活動、運転・生産活動で発生するデータ種類・数は膨大で、人間による情報処理ではその価値を十分に発揮できない場合がある。

こうした問題意識を基に ISO18435 では、データ基本構造を ADID(Application Domain Integration Diagram)として提示している。

ADID では図 3. 3. 1 の左側部分に運転・生産に関する情報システムの機能の位置づけを表し、右側では保全活動に関するシステム機能を位置づけている。また中央部分には運転・生産管理と保全管理をつなぐためのシステム機能が配置されている。

表 3.3.1 ADID 機能大分類

| 分類 | ADID 番号 | 説明 |
|-----------|--|--|
| 運転・生産管理機能 | D0.1 D0.2 D1.1 D2.1 D3.1 D4.1 D4.2 | ADID の左側に属するアプリケーションドメインで、主に運転・生産管理に関する要求事項。材料や設備などの台帳を管理する D0.1, D0.2 および企業全体のビジネスを管理する D4.1, D4.2 の一部を含む。 |
| 保安全管理機能 | D0.1 D0.2 D1.3 D2.3 D3.3 D4.1 D4.2 | ADID の右側に属するアプリケーションドメインで、主に保安全管理に関する要求事項を定義する。材料や設備などの台帳を管理する D0.1, D0.2 および企業全体のビジネスを管理する D4.1, D4.2 の一部を含む。 |
| ブリッジ機能 | D0.1 D0.2 D1.2 D2.2 D2.3 D4.1 D4.2 | 「運転・生産管理」と「保安全管理」の機能をつなぐための要求事項。材料や設備などの台帳を管理する D0.1, D0.2 および企業全体のビジネスを管理する D4.1, D4.2 の一部を含む。 |

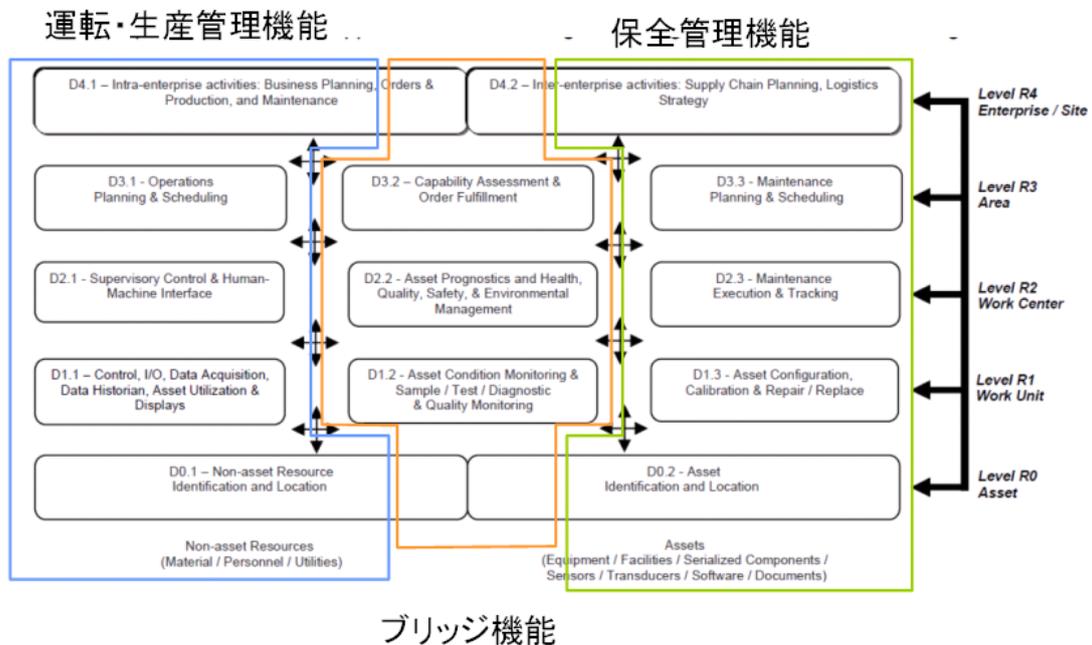


図 3.3.1 ADID の三つの領域マップ

3. 3. 2 ADID ミクロビュー

表 3.3.2 に ADID の項目詳細機能を紹介する。

表 3.3.2 ADID による項目表

| ADID 番号 | 表記 | 説明 |
|---------|--|---|
| D0.1 | Non-asset Resource Identification and Location | 生産に必要な原材料、副材料、燃料、試薬、触媒、潤滑油、パッケージングなど、生産に関連して識別が必要な資源。この対象は生産管理の視点から識別され、管理されている必要がある。(資材管理) |
| D0.2 | Asset Identification and Location | 製造装置、製作装置、デバイス、計装機器、工具、ソフトウェアツール、容器、ネットワーク、施設および再利用可能な資産。この対象は保全管理の視点から識別され、管理されている必要がある。 |
| D1.1 | Control, I/O, Data Acquisition, Data historian, Asset Utilization & Displays | 生産に関連する設備・装置などの制御 (PLC: Programmable Logic Controller や制御ボード)、データ収集、データの蓄積、設備利用状況把握、および装置操作端末など、直接生産・製造設備に関連する情報を管理する機能およびインターフェース。 プラント P&ID およびプロセス制御、ロットのトラッキング、設備ダウンタイム状況把握、品質データ収集など、生産・運転装置に関連して発生する情報を管理する物理的なレイヤである。 |
| D1.2 | Asset Condition Monitoring & Sample / Test / Diagnostic & Quality Monitoring | 設備状態の規格・統計学的モニタリング、統計学的品質管理手法 (SPC: Statistical Process Control)、状態監視、設備のテスト・試験管理、故障情報の検知、劣化予測など設備状態に立脚した技術的な分析。 そのほか設備状態を保管・分析する技術データベースシステム、研究部門での分析システムなど。 |
| D1.3 | Asset Configuration, Calibration and Repair / Replace | 設備構成情報 (設計情報、現物構成情報)、設計変更・構成変更管理、校正 (較正) 管理、修理・交換作業を作業管理プログラムで管理。修理・交換作業で発生して構成変更情報をフィードバック。 |
| D2.1 | Supervisor Control & Human-Machine Interface | 生産活動に関する管理、オペレータ・作業への指示機能。生産量・不良品管理、製造指示書 (トラベラー) 発行・管理。 |
| D2.2 | Asset Prognostics and Health, Quality, Safety, & Environmental Management | 資産の予寿命予測・管理、品質管理、設備状態に関連した安全管理・環境管理。 |
| D2.3 | Maintenance Execution & Tracking | 保全活動の実行とそのトラッキング。一般的にこの要求機能は保全管理システムが担う。 |
| D3.1 | Operations Planning & Scheduling | 運転・生産に関連する生産計画およびスケジューリング。工場・プラント単位での生産計画および材料、副材料、運転員などの所要量管理 (MRP: Material Resource Planning) を行う。 |

| | | |
|------|---|--|
| D3.2 | Capability Assessment & Order Fulfillment | 工程能力計算および生産計画に関連する製造指示の関連付け、生産能力予測、法的制限（運転時間制限、環境負荷制限など）による影響管理、生産量・品質レベル管理、製造コスト（生産量、廃棄品：スクラップ）計算、リスク管理。またシフト、季節変動要因に関する管理。 |
| D3.3 | Maintenance Planning & Scheduling | 保全計画およびスケジュール管理。保全作業全般に関する管理。一般的にこの要求機能は保全管理システムが担う。 |
| D4.1 | Intra-enterprise activities: Business Planning, Order & Production, and Maintenance | 中期・長期を含むビジネス計画、受注予測、中長期生産計画および中長期保全計画（SDM 計画、設備更新計画） |
| D4.2 | Inter-enterprise activities: Supply Chain Planning, Logistics Strategy | 調達システム、在庫管理システムを含む ERP (Enterprise Resource Management) システム。場合によっては会計システムなどを含む。 |

3.3.3 産業界で使われているシステムマップ

図 3.3.2 に実際の産業界で使われている関連システムのマップを表し、ADID との対応関係を合わせて表示した。

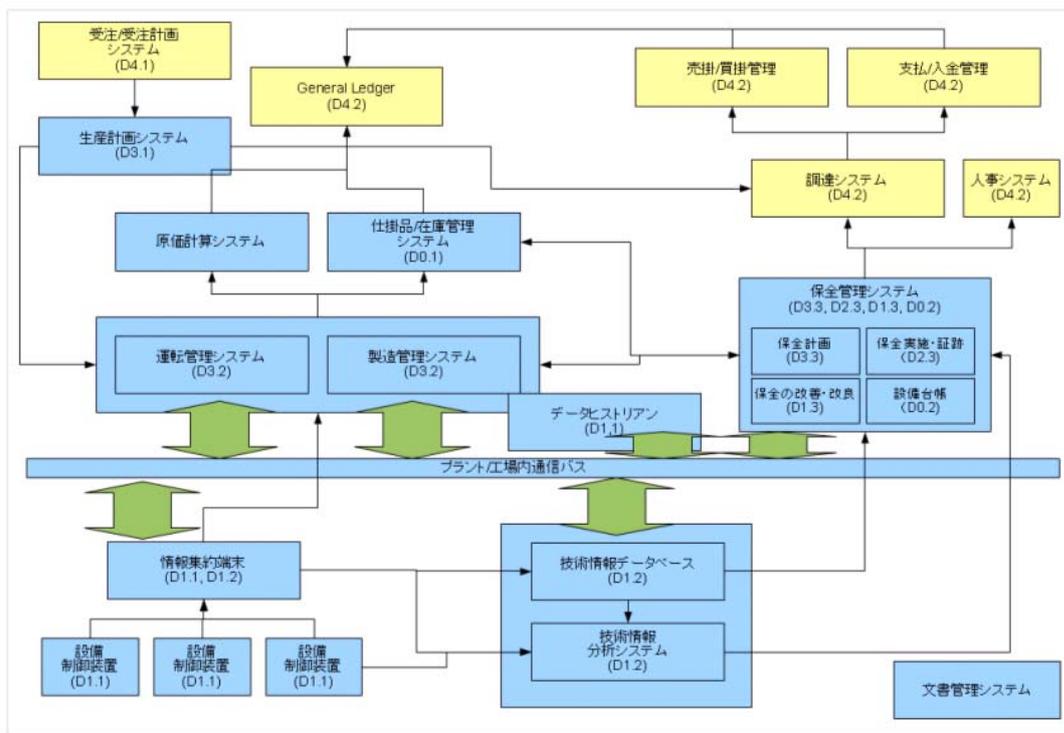


図 3.3.2 実利用の情報システムの例と ADID とのマッピング

図 3.3.2 に示すように、実際の産業界で使われている保全管理システムとしては ADID の縦階層の機能が集約されたものが多い。

3. 4 情報システムの概要

本節ではプラントや工場で現在使用されている実際の情報システムの機能概要を紹介し、各々のシステムの役割、また管理対象の情報、他システムとの連携による効果について解説を試みる。

3. 4. 1 産業分野による特徴

運転・生産管理機能は企業や組織の主な売上げを作り出す製品を生産するための活動であり、その分野に応じて使用されるシステムの内容は異なる。

(1) プロセス産業

プロセス産業は、石油化学や発電所など大規模場プラントにおける運転・生産を行う産業分野でプラント運転は計装システムが自動的にいき、少人数の運転員によって運転・生産が行われる。これに反して保全活動はプラントを停止してのシャットダウンメンテナンス(SDM: Shutdown Maintenance)での保全が中心的でSDMでは非常に大人数の保全活動を行う作業員が必要である。またプラントの構造は大変複雑で、運転・保全活動の両面での安全管理は重要で、事故が発生すると作業員、近隣住民に対する安全および環境に対して大きな問題を発生させる。

(2) ディスクリート産業

ディスクリート産業は自動車、家電製品などライン生産、セル生産などを代表とする産業分野で、一般的に生産に携わる多くの作業員と、ラインのメンテナンスを行う比較的少数の保全作業員で構成されている。ディスクリート産業ではTPM(Total Plant Maintenance)活動の実施などにも関連し、保全作業は製造に携わる作業員も参加して行われる。

3. 4. 2 保安全管理機能

設備保全業務関連の規格に対する国際標準化の動きを踏まえ、設備管理システムに求められる要件(期待を含む)をSAP EAM(以下、SAP社という。)およびIBM MAXIMO(以下、IBM社という。)を例に取りながら、記述する。

(1) 保全業務領域内での情報連携

近年の設備管理システムに求められる要件として、個々の機能要件への対応に加えて、各機能で管理される情報の連携(あるいは統合)が挙げられる。個別の機能に対する実現例を分かりやすく伝えるべく、まず、保全作業の継続的な改善実現に向けて、特に欠かすことができない範囲に限定して、システム上での実現例を記述したい。ここで取り扱う範

図は図 3. 4. 1 に示す通りである。

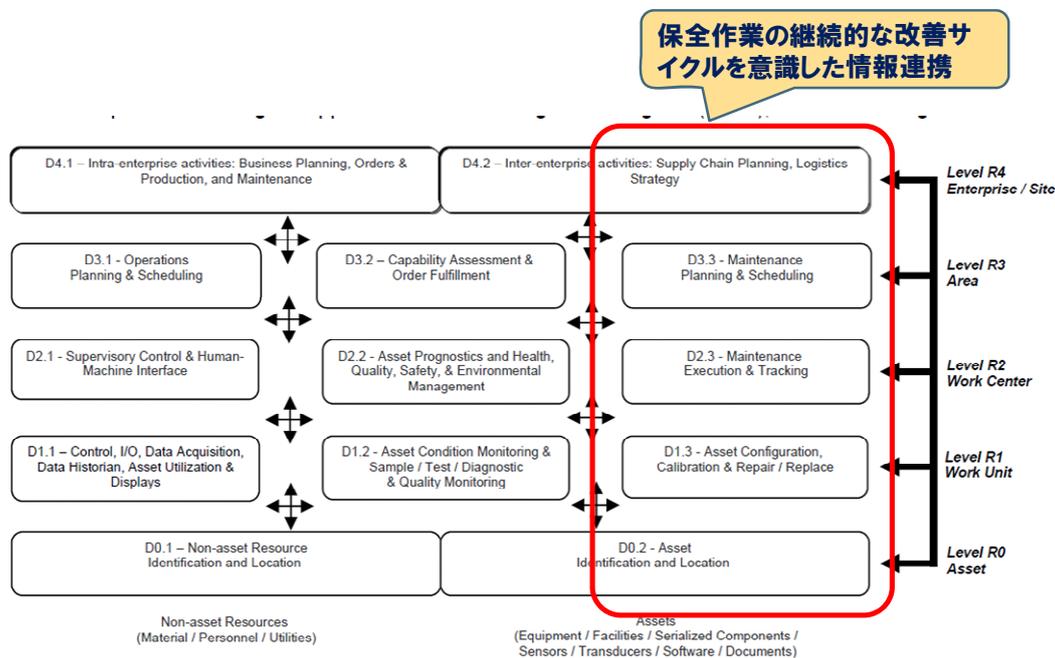


図 3. 4. 1 保全作業の継続的な改善に欠かせない情報連携範囲

保全作業の継続的な改善を図るための情報連携の実現例を、SAP 社での場合を例にとって、図 3. 4. 2 に示す。設備台帳と保全作業情報が常に連携しながら、保全のための計画 (Plan) から評価・改善 (Check および Action) までの各業務過程で情報が効率よく蓄積・更新される姿をイメージしたものである。予防保全を中心とした保全作業の計画は「保全計画」機能上で管理され、そこから、定期的に、あるいは設備の稼働や状態に応じて、作業件名毎に、保全作業の指示がシステムから自動的あるいは半自動的に提案される。ユーザは、その時の状況に応じて、適宜指示の内容を更新し、作業を実施する。得られた作業実績や設備の状態によっては、更に必要な処置を二次対応として実施する。新たな保全作業が発生する場合もあれば、予防保全作業の実施判断基準を変更したり、あるいは作業要領を更新する場合もあるであろう。この一連の業務の流れを、重複管理を排除し、かつデータの不整合を排除するような仕組みが、ソフトウェアベンダーが提供する仕組みの上でも実現可能となってきた。例えば、SAP 社の場合では、計画情報を更新するにあたっては、社内全体あるいは部門単位での予算情報との連携、件名毎の作業計画段階では、資機材の調達や在庫に関わる情報との連携も実現されている。更に、生産管理側の作業との連携を意識して管理すべく、作業に対する指示を、「製造指図」と「保全指図」という機能で使い分けている。

以降では、個別の機能について記述する。

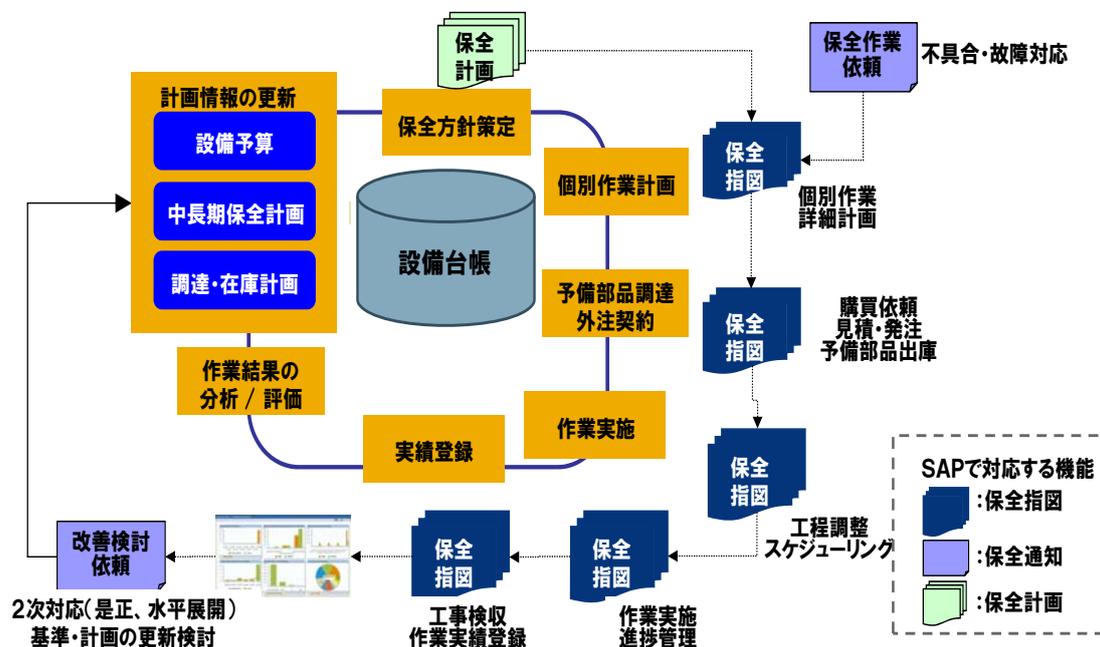


図 3.4.2 保全作業の継続的な改善に欠かせない情報連携例 (SAP 社の場合)

(2) 設備台帳

設備に関わるオリジナルの情報をする役割を担う。図 3.4.1 のレベル R0 の Asset に相当する部分である。設備情報を括るにあたっては、製造プロセスやライン上の機能面から括る場合と設備自体で括る場合の二つの視点が存在する。前者は、一般にロケーションと呼ばれることが多く、後者は機器や設備などユーザ側の事情で呼称は様々であり、当該設備に対する個体管理の目的で取り扱われる。

システム上は、プロセスやラインの構成の都合に合わせて、図 3.4.3 に示すような階層的な関連付けをロケーション上で定義し、個体管理が求められる対象に対しては設備 (図 3.4.3 上の「個体設備」) として、ロケーションと関連付けて定義されることが多い。このように 2 種類の括り方を併用することで、プラントの機能視点からの管理 (ロケーションを適用) と設備の個体視点からの管理 (「個体設備」を適用) の双方を一つの仕組みの上で実現できる。

設備のライフサイクル管理を実現するにあたっては、管理上必要となる、設備の状態値、故障履歴、費用、作業工数などのデータを当該設備と関連付けて管理できることに加えて、システム内での唯一のデータとして、上書きされることなく管理できる仕組みも求められる。これによって、設備が稼働開始、休止、あるいは、他のロケーションでの稼働、廃棄

といったライフサイクルを通じて、各データを蓄積でき、更に、単独であるいは他の設備と比較しながら評価することが可能となる。

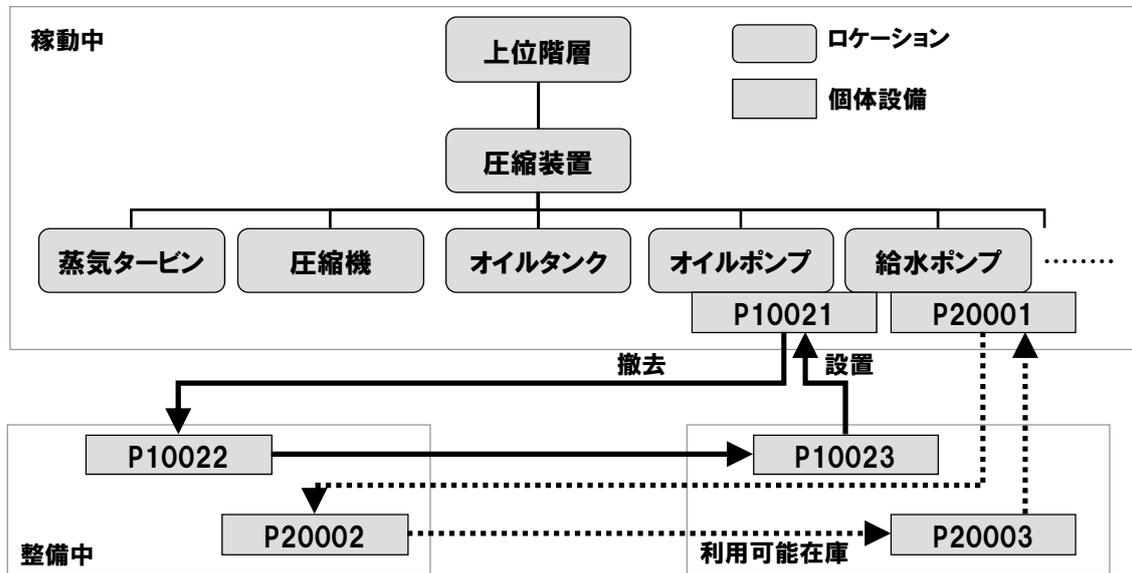


図 3. 4. 3 設備ロケーションと個体設備の関係

以下、当該機能の情報と、他システムおよび保全管理システム内の他機能との情報連携に関して紹介する。システム全体の中の位置づけとしては、図 3. 4. 4 に示す通りである。

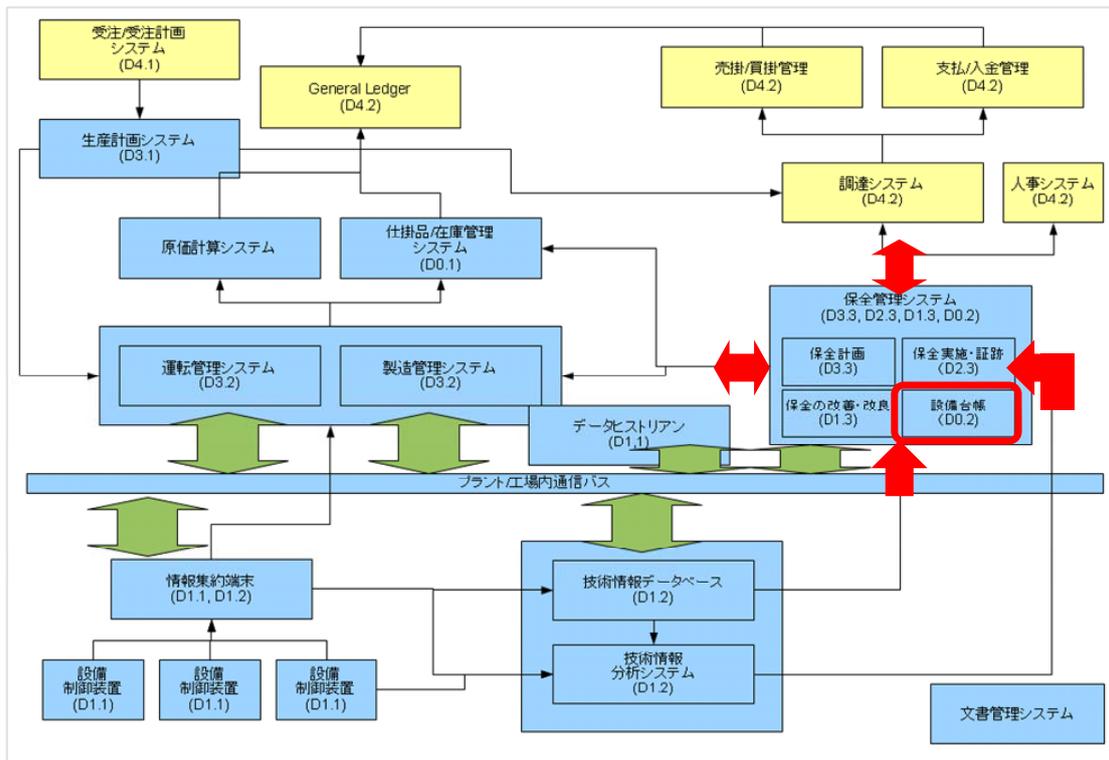


図 3.4.4 「設備台帳」との情報連携

表 3.4.1 設備台帳からの出力情報

| | |
|----------------|---|
| 設備固有名称およびコード | 設備を個体として識別する上での唯一の名称、コードを規定する。設置場所が特定されない場合、寿命により交換される場合を想定して、意味付けしない様式で規定される場合も少なくない。 |
| 設備ロケーションおよびコード | 製造プロセスあるいはラインなどでの機能から規定されることが多い。 プロセスやラインの ID No.などを参照しながら定義づけられることが多い。一般に、意味付けされた名称とコードの双方から整備される。 |
| 銘板関連 | 製造する上で当該設備を規定する主要な情報を示す。例えば、以下のような情報が相当する。 ・製造者名 ・型式 ・製造番号 ・製造年月日 など |
| 技術仕様 | 当該設備上で規定する設計あるいは運転、安全、環境などの管理情報を示す。内容に応じて、ロケーションに対して適用される場合、設備個体に対して適用される場合と別れる。例えば、 ・設備稼働に対する許容条件（温度、速度、動作回数など） ・設備設計上の要求事項（材料規定、設計上の適用規定、設計上の能力など） ・安全、環境上の要求項目（適用法規、自社内の規定など） |
| 担当組織 | 運転、保全などの業務上の管理組織、担当者などを定義する。 |
| 他設備との関連 | 設備構成（あるいは階層）上での他設備との関係を定義する。 |

| | |
|---------------|--|
| | 例階層的に定義する場合で例示すると、階層状の上位対象、下位対象、同じ業務管理下に置かれる設備など。 |
| 稼働や状態に関する監視要件 | 稼働状態、設備自体の状態を監視する上での項目や管理基準値を定義する。例えば、温度を測定する際の測定箇所とそれに対する許容温度が相当する。 |
| 業務管理情報 | 主として、事業経営上の管理目的から必要とされる情報を定義する。例えば、以下のような情報が挙げられる。 <ul style="list-style-type: none"> ・固定資産コードや番号 ・関連する資産や費用の割当先 ・資産としての管理状況（有効、廃止、休止など） など |
| 関連文書 | 上記設備に関連する文書情報を定義する。例えば、以下のような文書情報が挙げられる。 <ul style="list-style-type: none"> ・設計図書（設計図面、構造計算書など） ・運転、保全などに関わるサプライヤーからのマニュアル ・作業許可、安全処置などの社内外申請書類 ・保証書類 など |

一方、設備台帳への入力情報に関しては、表 3.4.1 上で定義した項目に対する更新内容が相当する。

前述した設備ロケーションと個体設備の関係、並びに、各情報は、例えば、SAP 社の製品で実現した場合の例を提示する。

図 3.4.5 および図 3.4.6 にて示す通り、設備ロケーションの関係は、階層構造として表現することが可能であり、その構造の中で、個体設備更には予備部品や消耗品などの資機材も表現される。各項目から、更に、個別の詳細情報（ここでは、「設備仕様」として表示）を紹介し、そこから更に、個別の関連文書情報を開くことが可能である。

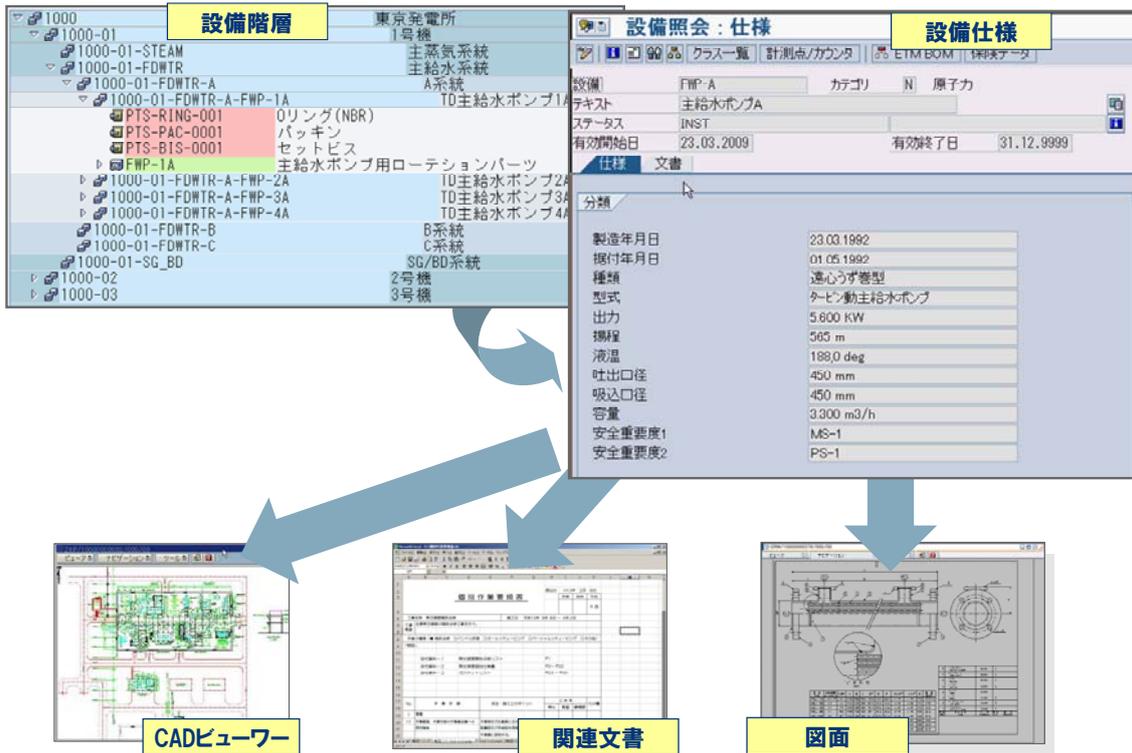


図 3.4.5 設備台帳のシステム実現例 (SAP 社の例)

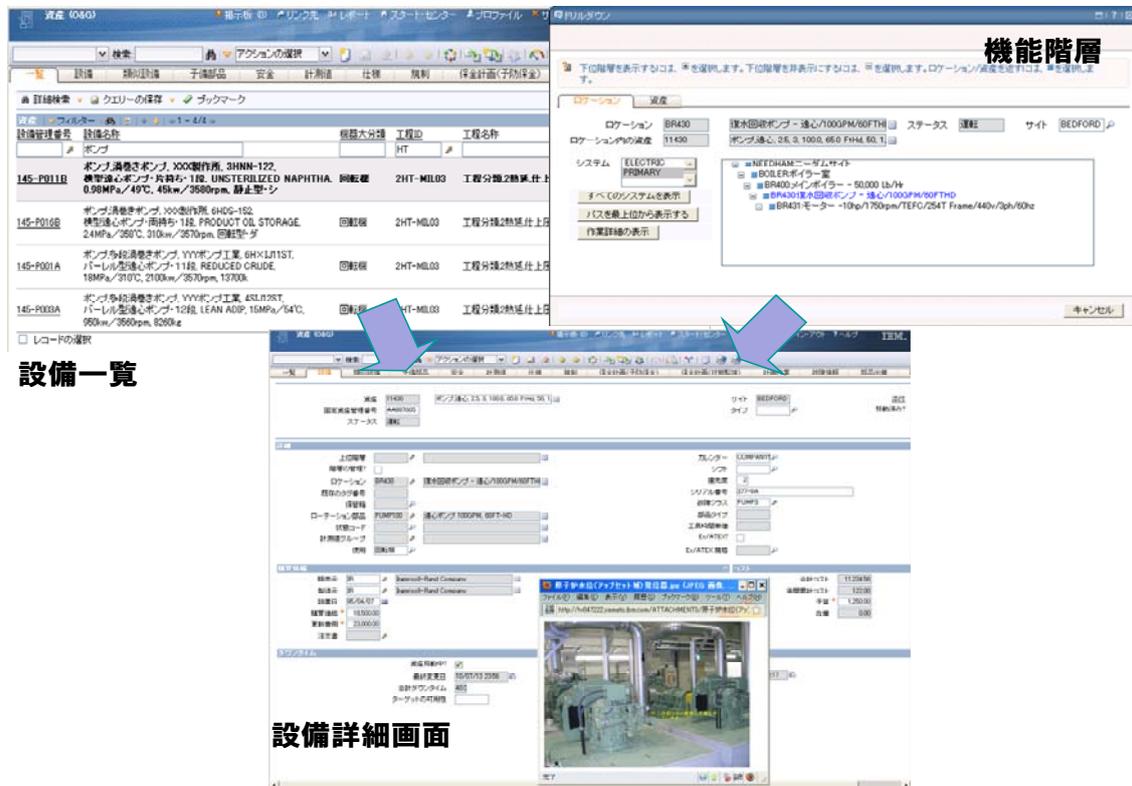


図 3.4.6 設備台帳のシステム実現例 (IBM 社の例)

(3) 保全計画

予防保全の作業を予め定義し、中長期、あるいは年度の大日程レベルで計画する部分である。図 3.4.1 のレベル R3 の Area に相当する。予防保全のための情報は、計画業務を効率よく確実に実施すべく、一元的に管理されることが理想である。SAP 社を例にとった場合は、「保全計画」機能の中で定義される。時間保全、設備の稼働や状態に応じての予防保全作業の実施判断基準もこの中で取り扱われ、稼働を監視するシステム、設備の状態を監視するシステムとの連携を通じて、関連情報が更新されることによって、予防保全作業が自動的にあるいは半自動的にシステムから提案される仕組みである。設備の部分的な停止が許容されないような業界では、プラントの生産活動全体を停止して、保全作業を集中的に実施する場合もある。このような業界では、必要な作業を年次や月次といった期間ごとに表示し、保全作業の抜け漏れを防止しながら、更には作業の集中あるいは平準化を図りながら、作業の日程を調整している場合が多い。その際に用いる一覧表は便宜的に星取表と呼ばれることが多い。この星取表上で作業の日程を調整し、システム上でまとめて、保全作業の指示を発行する仕組みである。(図 3.4.7 参照)



図 3.4.7 予防保全の計画から個別作業の実施計画に至るまでの流れ (SAP 社の例)

それでは、保全計画に関わる情報を、SAP 社の場合を例に取りながら、提示する。SAP 社の場合、「保全計画」という機能の中で、点検や作業の周期や、設備の動作回数、状態といった予防保全作業実施のための判断情報、予防保全の対象となる設備や適用する定型作業仕様 (あるいは標準作業仕様) を定義する。定型作業仕様の中では、更に、

個々の作業内容や使用資機材を定義する。いったん、当該予防保全が必要であると、システム上で判断されると、この一連の情報が記載された保全作業指示が、システムから自動的に提案される。これが作業の計画を実施する上でのたたき台となる。これにより、当該作業を実施する際には、担当者がゼロから計画することなく、かつ、その力量に過度に依存することなく、作業を計画できる。このようにして、作業品質の全体的な向上、作業計画業務の効率化が期待される。ここまで情報を整備しシステム上で定義すると、保全作業（特に予防保全作業）を計画的にかつ確実に実施するために、保全管理システムを有効に活用することが可能となる。(図 3.4.8 参照)

予防保全の実施判断基準 (時間ベース)

| 周期 | 単位 | 保全周期テキスト | オフセット |
|--------|-----|----------|-------|
| 13MON | 1C | | |
| 26MON | 2C | | |
| 160MON | 10C | | |

予防保全の対象設備、担当組織、費用の配賦先等の管理情報

参照対象
 号機/系統 U8-001
 設備 P-201A
 部位

計画データ
 計画プラント 1100 生産工場
 制御タイプ ZM01 ワークオーダー
 保全作業区 MAC-INT / 1100 回転機自営作業員
 優先度 2 緊急
 販売伝票

タスクリスト
 Typ Task LatGrp GrpCr テキスト
 E / 43 / 1 00 再循環ポンプA

対象作業要領

| Op. | SOp | 作業区 | Plnt | 管理 | 作業テキスト | LTI作業 | Un. | 数 | 期間 | Un. |
|------|-----|---------|------|------|------------|-------|-----|---|------|-----|
| 0010 | | MAC-INT | 1100 | PM01 | 分解点検(本格点検) | | H | 2 | 16,0 | H |
| 0020 | | MAC-INT | 1100 | PM01 | 簡易点検 | | H | 1 | 16,0 | H |
| 0030 | | MAC-INT | 1100 | PM01 | 機能試験 | | H | 2 | 8,0 | H |

作業ごとに資料する資機材一覧

| 品目 | 数量 | B | M | 構成部品テキスト | L | 組立品目 |
|----------|-------|----|---|----------|---|-------|
| PU-01-13 | 3,000 | PC | | メカニカルシール | N | PU-01 |
| PU-01-15 | 2,000 | PC | | リング | | |
| PU-01-18 | 1,000 | PC | | 取付ボルト | | |
| PU-01-19 | 1,000 | PC | | 基礎ボルト | L | PU-01 |

図 3.4.8 保全計画に関連する情報定義例 (SAP 社の例)

以下、当該機能の情報と、他システムおよび保全管理システム内の他機能との情報連携に関して紹介する。システム全体の中の位置づけとしては、図 3.4.9 に示す通りである。

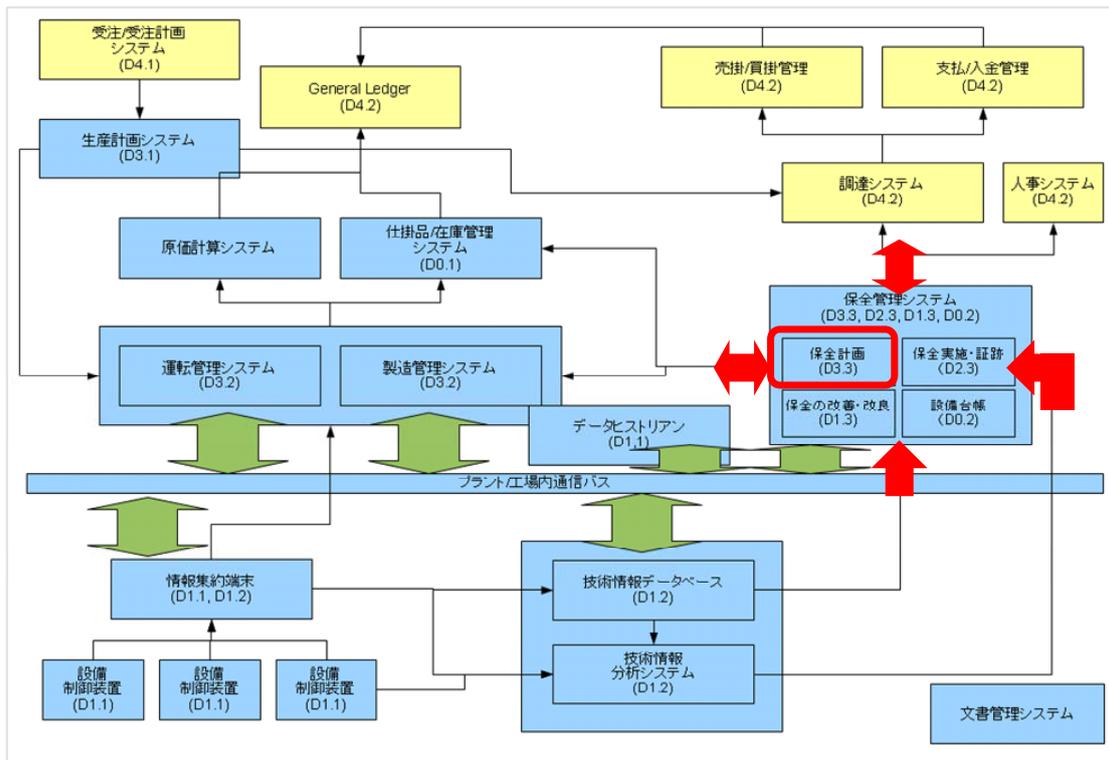


図 3.4.9 「保全計画」との情報連携

表 3.4.2 「保全計画」からの出力情報

| | |
|---------------------------|--|
| <p>予防保全実施判断のための運転情報</p> | <p>予防保全作業の実施判断基準となる設備の運転に関わる情報を管理する。例えば、以下のような情報が挙げられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・実稼働の累積時間 ・カレンダー上の設備稼働時間 ・設備の動作回数 <p>など</p> |
| <p>予防保全実施判断のための設備状態情報</p> | <p>予防保全作業の実施判断基準となる設備の稼働状態に関わる情報を管理する。例えば、以下のような情報が挙げられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・設備の振動値 ・設備の表面温度 ・本体の肉厚 <p>など</p> |
| <p>保全日程計画</p> | <p>保全作業予定の実施時期に関する情報を管理する。例えば、以下のような情報が挙げられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・作業件名 ・作業の計画上の実施時期 ・作業の実際の実施時期（計画通りの実施、例外的な実施など、実施内容の違いがわかるような情報表示が求められる場合もある） <p>など</p> |
| <p>未完了の保全作業依頼一覧</p> | <p>未完了の保全作業依頼に対する対応状況に関する情報を管理する。例えば、以下のような情報が挙げられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・当該作業依頼の件名 ・当該作業依頼の進捗（依頼に対する業務ステータス） |

| | |
|------------|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> ・作業依頼元（依頼組織、担当者など） ・作業指示（保全作業に対する実施が承認されている場合） ・作業実施予定時期 など |
| 定型（標準）作業仕様 | 予防保全作業や特定の事象に対する修理など、予め、作業内容を定義できる場合に、1つの作業仕様としてまとめられたものである。例えば、以下のような情報が挙げられる。 <ul style="list-style-type: none"> ・作業仕様名称 ・当該作業仕様に含まれる作業名称 ・作業ごとに必要な工数、期間、使用する資機材、実施周期など など |

表 3.4.3 「保全計画」への入力情報

| | |
|---------|--|
| 設備台帳情報 | 設備台帳情報 |
| 資材管理情報 | 資材管理情報 |
| 設備の稼働情報 | 設備の稼働に関する情報の中で、特に、予防保全実施のための判断基準として利用できる情報が該当する。例えば、以下のような情報が挙げられる。 <ul style="list-style-type: none"> ・稼働時間（カレンダー上の時間あるいは実際の稼働時間の累積） ・当該設備の動作回数（起動、停止など） など |
| 設備の状態情報 | 現時点あるいは過去や将来予測も含めた、設備の状態を示す情報のなかで、特に、予防保全実施のための判断基準として利用できる情報が該当する。例えば、以下のような情報が挙げられる。 <ul style="list-style-type: none"> ・圧力容器や配管などの肉厚 ・潤滑油中の成分 ・絶縁体を構成する液体や気体の成分 ・稼働中の設備の温度、圧力、振動 など |
| 保全作業履歴 | 作業実績のうち、現行の保全方針（時間基準、状態基準など）、管理基準値（周期や状態ベース保全の基準値など）、作業仕様が適切であるかどうか、評価検討するための各種情報が該当する。例えば、 <ul style="list-style-type: none"> ・作業仕様や工程の変更履歴 ・予定値と実績値（費用、工数、期間、仕様資機材の数量など） ・保全作業実施前の設備の状態情報 ・その他、作業実施過程で発生したトラブル、不具合などの情報 など |

（４）保全作業管理

個々の保全作業を計画、実施、完了するまでの範囲にあたる。図 3.4.1 のレベル R2 の Work Center に相当する。前述した保全計画の過程で生成された保全作業に関する指示内容を引き継ぎ、保全現場の状況を踏まえながら、当該指示内容を適宜更新し、実態に即した形で追加更新された情報が含まれる。保全管理システム上の主要な要件としては以下が挙げられる。

①保全作業情報の登録および更新

特に作業資源（ヒト、資機材、作業要領、お金）に関わる情報を、適切な手段で、照会、

変更できること

②業務プロセスの管理

決められたルールに則って、当該作業の関係者が照会、変更、承認できるよう、当該指示内容を社内外で廻していくこと

③周辺業務との連携

資材の在庫、調達、対象設備や作業周辺エリアでの作業予定などの関連業務の情報を、関連部門との間で受け渡しできること

上記は、保全作業に対する指示（図 3.4.2 にて示した「保全指図」（SAP 社の場合））を通じて、保全管理システム上で実現される。

①保全作業情報の登録および更新という観点からみると、例えば、SAP 社の場合、「保全指図」を通じて、作業の期間や工数（直営、外注）、資機材の割当、日程計画、コスト管理を実現する。（図 3.4.10 参照）予防保全作業の場合、多くは、前述した保全計画で定義された情報がシステムを通じて自動的に「保全指図」に転記され、保全作業に対する指示の初期値として提示される。また、この「保全指図」は、保全作業依頼を参照しながらの作成、過去の類似の指示からのコピーなどといった複数の方法で作成することも可能である。また、IBM 社の場合の画面表示例も併せて提示する。（図 3.4.11 参照）こちらの場合でも、同様の情報が登録、更新される。

②業務プロセス管理の観点からみると、保全作業指示は、多くの場合、登録（あるいは自動生成）してから完了するまで、いくつかの過程を経て、情報の追加、更新が実施される。個々の手続きを、保全管理システム上では、ステータス機能を使って管理する。例えば、計画中、上長承認待ち、上長承認済み、作業着手承認待ち、作業着手承認、作業着手、作業完了承認待ち、検収などといった、業務手続き上の手順を指示のステータスとして表示する。この個々のステータスを使って、業務の進捗を制御し、更に、ステータスを更新するたびにその履歴を記録する。結果として、保全作業を実施する際に、「いつ」「誰が」「どのような判断あるいは手続きをしたのか」を後から追えるようになり、作業の管理に対する透明性が高められるのである。SAP 社の場合（図 3.4.10 参照）、IBM 社の場合（図 3.4.2.11 参照）のいずれにおいても、このステータス機能は整備されている。この機能は、保全作業管理だけでなく、保全業務上の上流側および下流側の業務、更には調達などの周辺業務とも連携して管理されることが多い。

安全作業依頼不具合内容

安全計画定検内容

過去の指図コピー登録

タスクリスト(標準作業手順)

ステータス

安全指図

作業内容(工数)

サービス(工種)

詳細な作業計画の立案

- 定期点検日程の取込み
- 作業手順/工数の入力/取込み
- 資格の割当
- 治工具の割当
- 外注作業
- 保全部品(在庫品/非在庫品)
- 作業者割当て
- コスト負担先割当て

| Op | SO | 作業名 | 作業テキスト(短) | 工作業 | Un | 数量 | Un | 時間 |
|------|--------|------|-----------|-----|----|----|----|----|
| 0020 | SW1002 | ZNS1 | FM01ギヤ交換 | 1H | 1H | 1 | | 1H |
| 0040 | SW1008 | ZNS1 | FM0 | 4H | 4H | 1 | | 4H |
| 0050 | SW1008 | ZNS1 | FM0 | | | | | 1H |
| 0060 | SW1008 | ZNS1 | FM0 | | | | | H |

| 作業者 | 作業 | 作...日付 | 時間 |
|------|-----|--------------|-------|
| 山田太郎 | 8.0 | 2008.11.02 | 08:00 |
| 鈴木一郎 | 8.0 | | 18:00 |
| 田中次郎 | 8.0 | H 2008.11.02 | 18:00 |

| サービスNo | テキスト(短) | 数量 | Un | 基準額 | 意味種 |
|---------|-------------|----|----|---------|----------|
| 3000132 | 部分O/Hタイプ4 | 1 | 器 | 160,000 | サービス(工種) |
| 3000133 | メカシール交換タイプ4 | 2 | 筒 | 180,000 | 000,000 |

図 3.4.10 安全作業に対する指示の管理例 (SAP 社の例)

作業指示書管理 (Cal)

検索: [] アクションの選択

作業指示書: 1155 空電変換機定期精度測定

上位階層作業指示書: []

関連データシート: DS0001 空電変換機定期精度測定データシート(1型)

| 資産機能 | 説明 | タイプ | 校正ポイント? | 機能チェック? | 動的チェック? | 入力単位 | 出力単位 | 未調整? |
|------|--------|--------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|------|------|--------------------------|
| 10 | 空電変換電圧 | ANALOG | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | psi | mA | <input type="checkbox"/> |

| 資産機能 | 校正ポイント | 定格入力 | 目標出力 | 前の As Left 入力 | 前の As Left 出力 | As Found 入力 | As Found 出力 | As Left 入力 | As Left 出力 | 設定ポイント |
|------|--------|---------|---------|---------------|---------------|-------------|-------------|------------|------------|--------|
| 10 | 10 | 150.000 | 187.500 | | | 150.000 | 190.000 | 150.000 | 188.000 | |
| 10 | 20 | 250.000 | 362.500 | | | | | | | |
| 10 | 30 | 450.000 | 712.500 | | | | | | | |

データ・シートは測定の作業指示書に自動的に適用され、データの入力及びその結果の管理 (AS-Found、AS-Left) の管理を行うことが可能

図 3.4.11 較正作業に対する指示例 (IBM 社の例)

また、特定の作業の進捗だけでなく、安全作業全体の進捗状況を管理する上でも活用される。例えば、図 3.4.12 および図 3.4.13 に示す通り、全体管理上で必要な情報だけを、個々の安全作業指示上から抽出して、一覧表示させることも可能である。この例では、作業手続きの進捗状況をステータスとして表現し、更に、作業件名、作業対象、作業予定時

期を記しているが、担当部門、予定費用、実績費用、作業の優先度などをユーザの使用目的に応じて表示させることもできる。また、これらの作業指示の一覧は、作業時期、設備、ステータスなどの情報を検索条件として設定し、絞り込んだ情報だけを提示させることも可能である。

| モータ | ユーザ | Type | 指図 | テキスト | 機能場所 | 機能場所の説明 | 基準開始日 | 基準終 | |
|-------|-----|--------|---------------------|----------------------|--------------|------------|------------|-----|--|
| 指図発行 | UI1 | 800264 | ポンプ故障FK | YU-DB-1000001-1015 | 10KVAサブ母線ループ | 2007.06.14 | | | |
| 指図発行 | UI1 | 800265 | ヒューズボックスの漏電 | YU-DB-1000001-1015 | 10KVAサブ母線ループ | 2007.06.15 | 2007.06.15 | | |
| 再承認済 | UI1 | 800266 | 10KVスイッチギヤ故障1 | YU-DB-1000001-1015 | 10KVAサブ母線ループ | 2007.06.16 | | | |
| 承認済 | UI1 | 800267 | 10KVスイッチギヤ故障 | YU-DB-1000001-1015 | 10KVAサブ母線ループ | 2007.06.17 | | | |
| ステータス | UI1 | 800268 | 作業件名と番号 | YU-I-対象設備コードと名称 | 作業開始予定と終了予定 | | | | |
| 指図発行 | UI1 | 800269 | コンタクトの交換 | YU-DB-1000001-1015 | 10KVAサブ母線ループ | 2007.06.18 | | | |
| 計画中 | UI1 | 800270 | タービン軸のバラシング | YU-01-SYSTURB-TURB | 蒸気タービン | 2007.06.21 | 2007.06.21 | | |
| 計画中 | YU2 | 800271 | 給水ポンプ定期点検 | YU-01-SYSFEED-FDPU | 給水ポンプ | 2007.06.25 | 2007.06.25 | | |
| 指図発行 | YU2 | 800272 | 給水ポンプ定期点検 | YU-01-SYSFEED-FDPU | 給水ポンプ | 2007.06.20 | 2007.06.20 | | |
| 計画中 | YU2 | 800273 | 給水ポンプ定期点検 | YU-01-SYSFEED-FDPU | 給水ポンプ | 2007.07.28 | 2007.07.28 | | |
| 技術完了 | UI1 | 800274 | 10KVスイッチギヤ故障FK TEST | 1000-99-10001-0-1015 | 10KVAサブ母線ループ | 2007.06.27 | | | |

図 3. 4. 12 保全作業指示の一覧例 (SAP 社の例)

| 開始目標 | 作業指示書 | 作業件名 | 作業標準 | 作業標準件名 | 完了目標 | ステータス |
|----------------|-------|----------|----------|-----------------|----------------|-------|
| 00/10/03 15:45 | 40093 | 保全 | JP11430A | 遠心ポンプの点検 - 3 カ月 | 00/10/07 15:45 | 承認済 |
| 00/12/02 15:45 | 40112 | 保全 | JP11430A | 遠心ポンプの点検 - 3 カ月 | 00/12/06 15:45 | 承認済 |
| 00/12/31 15:45 | 40121 | 検査および見廻証 | JP11430A | 遠心ポンプの点検 - 3 カ月 | 01/01/05 15:45 | 承認済 |
| 01/02/04 15:45 | 41013 | R&R | JP11430A | 遠心ポンプの点検 - 3 カ月 | 01/02/09 15:45 | 承認済 |
| 01/03/29 15:45 | 41032 | R&R | JP11430A | 遠心ポンプの点検 - 3 カ月 | 01/04/03 15:45 | 承認済 |
| 01/04/05 15:45 | 41021 | 検査および見廻証 | JP11430A | 遠心ポンプの点検 - 3 カ月 | 01/04/10 15:45 | 承認済 |
| 01/05/28 15:45 | 41052 | R&R | JP11430A | 遠心ポンプの点検 - 3 カ月 | 01/06/02 15:45 | 承認済 |
| 01/07/29 15:45 | 41073 | R&R | JP11430A | 遠心ポンプの点検 - 3 カ月 | 01/08/03 15:45 | 承認済 |
| 01/10/12 15:45 | 41091 | R&R | JP11430A | 遠心ポンプの点検 - 3 カ月 | 01/10/16 15:45 | 承認済 |
| 01/10/27 15:45 | 42001 | 検査および見廻証 | JP11430A | 遠心ポンプの点検 - 3 カ月 | 01/10/28 15:45 | 承認済 |

| | | |
|--------|---------------------------|----|
| 作業指示書 | 40093 | 保全 |
| 作業内容詳細 | 年単位定期メンテナンス作業 | |
| ロケーション | BR430 | |
| 設置場所名 | 取水回収ポンプ - 遠心/100GPM/60FTH | |
| 作業標準 | JP11430A | |
| 作業標準件名 | 遠心ポンプの点検 - 3 カ月 | |
| 開始目標 | 00/10/03 15:45 | |
| 完了目標 | 00/10/07 15:45 | |
| 予定開始 | 00/10/03 15:45 | |
| 予定終了 | 00/10/07 15:45 | |

図 3. 4. 13 保全作業指示の一覧例 (IBM 社の例)

③周辺業務との連携という観点からみると、②業務プロセス観点にて記述した、業務の手続きが連携されることに加え、保全作業指示と関連業務伝票（帳票）との間での情報受

け渡しが自動的にも行われることも求められる。

例えば、保全作業に重要な資材や工事の調達に関する業務との連携を挙げてみよう。作業内容を確定させる段階、あるいは確定した段階で、作業に必要な資材をその指示に割り当てる。この段階で、もし資材の在庫数量が足りない場合には新規に当該資材を調達しなければならない。そんな一連の判断を保全管理システムが、在庫の有無、必要な資材手配のための伝票の準備を自動でやってくるというものである。(図 3.4.14 参照)

また、調達・在庫管理業務だけでなく、予算管理、隔離管理（プロセス産業向け）などの周辺業務とも連携を求められることがある。このような要件に対しても、最近ではパッケージソフトウェア上で対応できる状況となっている。



保全作業指示と調達関連伝票フロー（SAP社の場合）

伝票フロー照会

| 伝票 | 日付 | ステータス |
|---------------------------|------------|-----------------------|
| PM 通知 10000015 | 2003.09.30 | 処理中通知 指図割当済 |
| 事後保全 4000055 | 2003.09.30 | リリース済 事前原価計算済 決済規則登録済 |
| ... 作業 0010 | | リリース済 外注作業の一部引き渡し済 |
| ... 購買依頼 10001550 10 | 2003.09.30 | 購買発注登録済 |
| 購買発注 4500000219 10 | 2003.09.30 | |
| 購買発注入庫 5000000228 1 | 2003.09.30 | 完了 |

資機材の在庫の割当及び調達の進捗管理

保全作業指示単位での購買進捗管理

- 保全指図から購買伝票ステータスの監視
- 伝票フローより各伝票詳細へのジャンプ

保全作業指示への在庫割当

- 保全作業指示から在庫引当(出庫予定作成)
- 保全作業指示からの現在庫照会

図 3.4.14 保全作業指示と他領域との連携例

以下、当該機能の情報と、他システムおよび保全管理システム内の他機能との情報連携に関して紹介する。システム全体の中の位置づけとしては、図 3.4.15 に示す通りである。

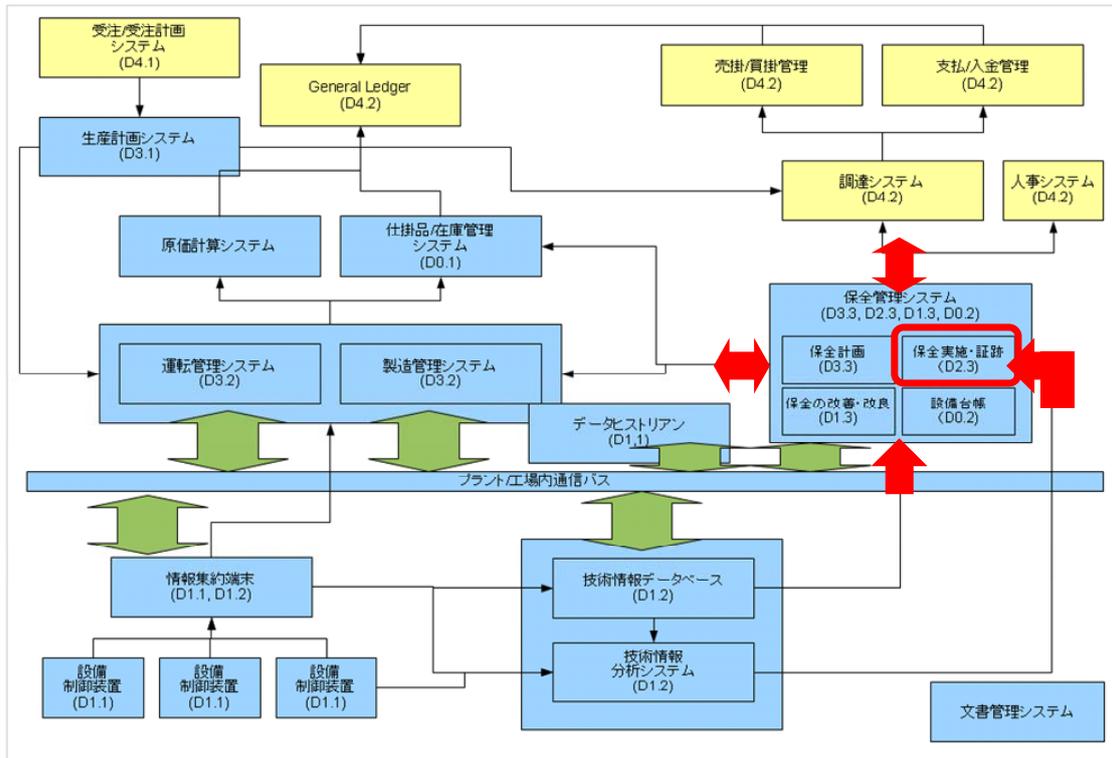


図 3. 4. 15 「保全作業管理」(保全実施・証跡) との情報連携

表 3. 4. 4 「保全作業管理」からの出力情報

| | |
|---|---|
| <p>設備稼働に対する要求事項と予防保全実施のための管理基準</p> | <p>生産・製造設備の稼働を管理するシステムで、設備保全に関わる情報が該当する。特に予防保全実施の判断基準として利用できる情報が該当する。例えば、以下のような情報が挙げられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・稼働時間の制約 ・当該設備の動作回数の制約(起動、停止など) ・設備の起動とインターロックが必要となる作業(設備内の流体を一時的に遮断、排除する操作や電源の遮断などが必要な作業)など |
| <p>設備の状態に対する要求事項と予防保全実施のための管理基準</p> | <p>生産・製造設備の状態を監視するシステムで必要とする情報において、設備保全に関わる情報が該当する。特に予防保全実施の判断基準として利用できる情報が該当する。例えば、以下のような情報が挙げられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・圧力容器や配管などの許容肉厚 ・管理対象である潤滑油中の成分許容値 ・管理対象である絶縁体を構成する液体や気体の成分許容値 ・管理対象である稼働中の設備の温度、圧力、振動の許容値など |
| <p>設備稼働上の理由による作業依頼および作業指示に対する対応進捗情報</p> | <p>設備稼働上の理由による保全作業の依頼と当該保全作業の対応状況が該当する。例えば、以下のような情報が挙げられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・作業依頼の件名、ステータス、対象設備、依頼元、依頼概要 ・保全作業指示の件名、ステータス、対象設備、依頼元の作業依頼など |

| | |
|----------------------------------|--|
| 状態ベース保全に関わる作業依頼および作業指示に対する対応進捗情報 | 設備の状態の異常や経年劣化などに起因する保全作業の依頼と当該保全作業の対応状況が該当する。情報項目としては、前述した「設備稼働上の理由による作業依頼および作業指示に対する対応進捗情報」と同様。 |
| 保全作業履歴 | <p>作業の結果に加えて、作業前の設備の状態に関して検査した結果や類似の不具合や故障の繰り返しを予防するための情報も含まれる。例えば、以下のような情報が挙げられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・作業工数 ・作業期間 ・使用した資材の仕様、数量 ・工事内容（例えば、工種）ごとの仕様と数量 ・点検結果（設備の状態に関わる計測値、状況を示す写真など） ・計測機器などの校正結果 ・設備構成の変更結果 ・各種作業許可の手続き結果 ・品質管理上の不適合情報、是正、予防に関わる提案や依頼のための基礎情報 |
| 定型保全作業指示 | <p>生産管理、設備の運転、更には、製造現場での安全衛生、環境保全といった活動上、共有すべき保全作業の情報が該当する。例えば、以下のような情報が挙げられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・保全作業の対象設備、対象エリア（例えば、製造プラント内のエリア区分など） ・設備あるいは作業の理由から必要となる作業許可 ・作業を準拠すべき法規や社内規準 ・使用する機材（あるいは工具） ・作業上の安全処置内容 <p>など</p> |
| 設備の異常・故障情報 | <p>製造プラント単位での生産計画や各種所要量計画、詳細レベルでの各種能力予測、製造活動上のリスク管理、原価予測などの業務に活用することを念頭に置いた設備の異常や故障の情報が該当する。例えば、以下のような情報が挙げられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・発生した異常や故障を分類するための基礎情報（設備、部位、事象など） ・発生した日時、対応した関係部門 ・状況を表す各種記録（メータ読み取り値、写真など） ・処置内容（応急処置、恒久処置、発生した費用、使用した資機材、資機材や工事の発注先など） <p>など</p> |
| 設備改良のための基礎情報 | <p>設備の更新計画、仕様変更、余寿命診断などといった設備の状態に対する各種判断に活用するための、設備更新に関する情報が該当する。例えば、以下のような情報が挙げられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・設備や予備部品、配管やケーブルなどの資材に関する仕様（設計や材料に関する適用規準など） ・発注先、製造元の企業名や製造事業所 ・受け入れ時の検査記録 ・購入価格 ・品質保証に関わる取り決め（発注元や製造事業者との間） ・更新した際の既存設備の状態 <p>など</p> |

表 3.4.5 「保全作業管理」への入力情報

| | |
|--------------------|--|
| 設備台帳情報 | 設備台帳情報 |
| 資材管理情報 | 資材管理情報 |
| 設備更新あるいは設定に関する変更依頼 | <p>製品の配合や仕上げレベルなどの仕様変更に伴う設備構成の変更や設定変更の依頼が該当する。例えば、以下のような情報が挙げられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・変更対象となる設備 ・変更実施時期 ・変更後の設備の仕様 ・変更理由 ・変更依頼元 <p>など</p> |
| 保全作業依頼 | <p>設備の稼働予定や状態に基づき、生産管理、運転、品質管理などの関係部門から出される保全作業依頼が該当する。このなかには、巡視点検などを通じて発見された保全部門からの依頼も含まれる。例えば、以下のような情報が挙げられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・保全が必要と思われる設備やプラントエリア ・不具合や故障の状況 ・不具合や故障の発生時期 ・現時点での対応状況（運転側で自主的に対応している場合） ・作業の緊急性 ・依頼元 <p>など</p> |
| 不具合や故障対応のための作業要件 | <p>対応上の作業要件が明確である場合に、上記の保全作業依頼とともに提供される場合がある。例えば、以下のような情報が挙げられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・過去の類似の対応履歴（類似保全作業指示の履歴など） ・設備サプライヤーからの推奨マニュアル ・作業実行上の作業区画、時間、防護などの準備要否 <p>など</p> |
| 設備の稼働情報 | <p>生産計画や運転に関わる部門から提供される、設備の稼働予定や状況に関わる情報が該当する。予防保全実施のための判断基準として利用されることもある。例えば、以下のような情報が挙げられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・現在の稼働実績（稼働時間の累積、動作回数など） ・稼働時間の見通し（いつごろ、稼働上の制約となる時間や動作回数を超えそうであるか） <p>など</p> |
| 設備の状態情報 | <p>運転やエンジニアリング部門から提供される設備の状態に関わる情報が該当する。設備の検査を実施した結果を受けて、保全部門から提供される場合も含まれる。予防保全実施のための判断基準として利用されることもある。例えば、以下のような情報が挙げられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・圧力容器や配管などの肉厚 ・管理対象である潤滑油中の成分値 ・管理対象である絶縁体を構成する液体や気体の成分値 ・管理対象である稼働中の設備の温度、圧力、振動の値 <p>など</p> |
| 予防保全作業ステータス | <p>現時点での予防保全作業の状況に関する情報が該当する。作業を実施するうえで、対象設備や作業区画などの干渉がないか、あるいはまとめて作業することで効率よく作業を実施できないかといった目的での活用が期待される。例えば、以下のような情報が挙げられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・対象となる設備やプラントエリア ・作業名称や指示の番号 ・作業指示のステータス ・作業の実施時期 ・作業担当 など |

(5) 設備および保全作業に対する改良と改善

生産管理、運転、品質管理、安全衛生、環境保全などといった部門からの要求事項と保全作業の結果を照らし合わせ、その要求事項を満足させるべく改良あるいは改善を促す活動である。図 3.3.1 のレベル R1 の Work Unit に相当する。保全管理システムに求められる主要な要件としては、以下が挙げられる。

①各部門からの要求事項への対応

保全作業依頼に代表される各種依頼内容を、適切な手段で、登録、照会、変更できること

②設備あるいは保全作業情報の評価支援

保全作業の結果として得られた設備の状態に関わる計測値や保全作業の結果を、用途に合わせた表示形式で提供できること

③保全作業の実行部門や周辺業務との連携

生産管理、運転、品質管理、安全衛生、環境保全などといった周辺部門との情報をやり取りし、かつ、効率よく情報を管理できること

①各部門からの要求事項への対応に関しては、依頼内容、対象設備、依頼元はもとより、運転への影響、依頼対応結果の履歴登録（例えば、設備の不具合や故障であれば、それに関連する履歴）などに対応できるよう求められる。（図 3.4.16 参照）

特に、保全作業依頼においては、

- ・依頼理由
- ・処置前と処置後の状況
- ・停止時間

等を柔軟に登録することで、作業履歴を保全計画に活用するためのデータを蓄積することができます。

故障状態、劣化状態のコード化

| 番号 | コードグル | 対 | 対象部分 | コードグル | 損傷 | 損傷 |
|----|-------|----|----------|-------|----|-------|
| 1 | ZM20 | 40 | メカニカルシール | ZM10 | 20 | 摺動面摩耗 |

図 3.4.16 保全作業依頼の例（SAP 社の例）

また、依頼内容は、その依頼の背景により、記載内容も異なる場合が多い。運転部門、

エンジニアリング部門、安全衛生、保全部門など多岐にわたる。また、一つの依頼が新たな依頼を生んだり、保全作業の結果を受けて発生する依頼もある。これらの状況に対応すべく、下記のような要件が更に求められる。

- ・複数種類の依頼に対応できること
- ・依頼と作業指示を相互に関連付けて管理できること

図 3. 4. 17 に SAP 社の場合の対応例を示す。SAP 社の場合、「保全通知」という機能を使って、複数種類の通知タイプごとに定義することで上記の要件に対応する。通知上では、検討結果の内容を後々に評価しやすいように分類項目を柔軟に定義でき、また、それぞれの結果に対して自由に記述できるような機能も備えている。更に、個々の依頼内容と保全作業指示は関連付けて登録でき、その状況を図 3. 4. 18 に示す通り、グラフィカルに図示することも可能である。このような機能を使うことで、一連の依頼内容を追跡して管理することが可能となり、結果として、確実に依頼内容が実行されることを促すといえる。

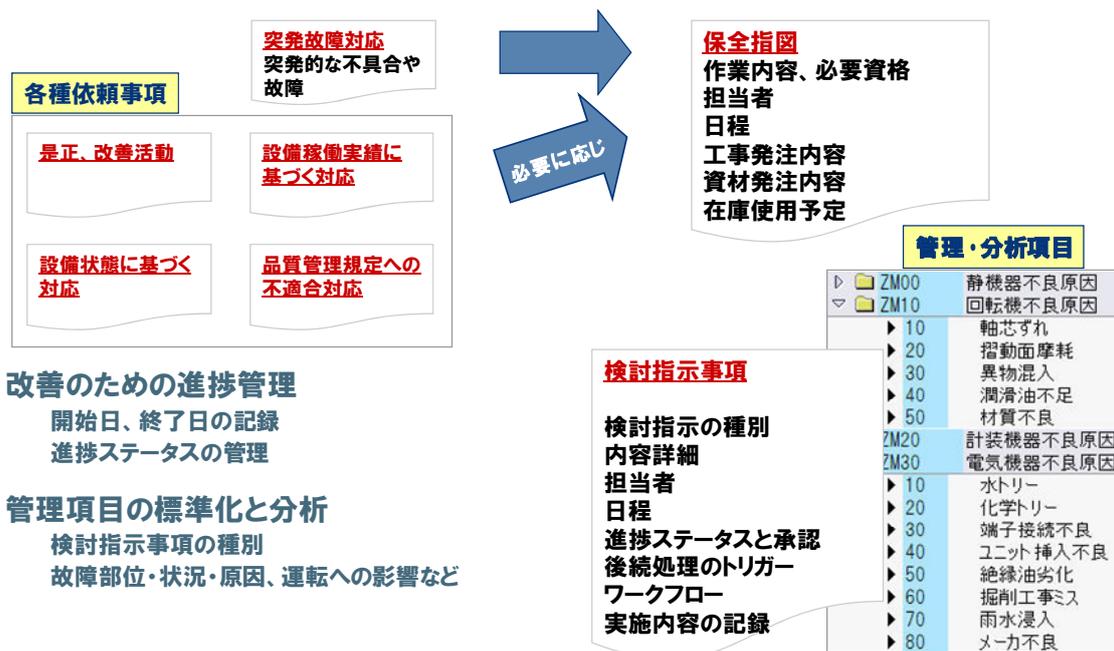


図 3. 4. 17 各種依頼事項と保全作業指示の関係例 (SAP 社の例)

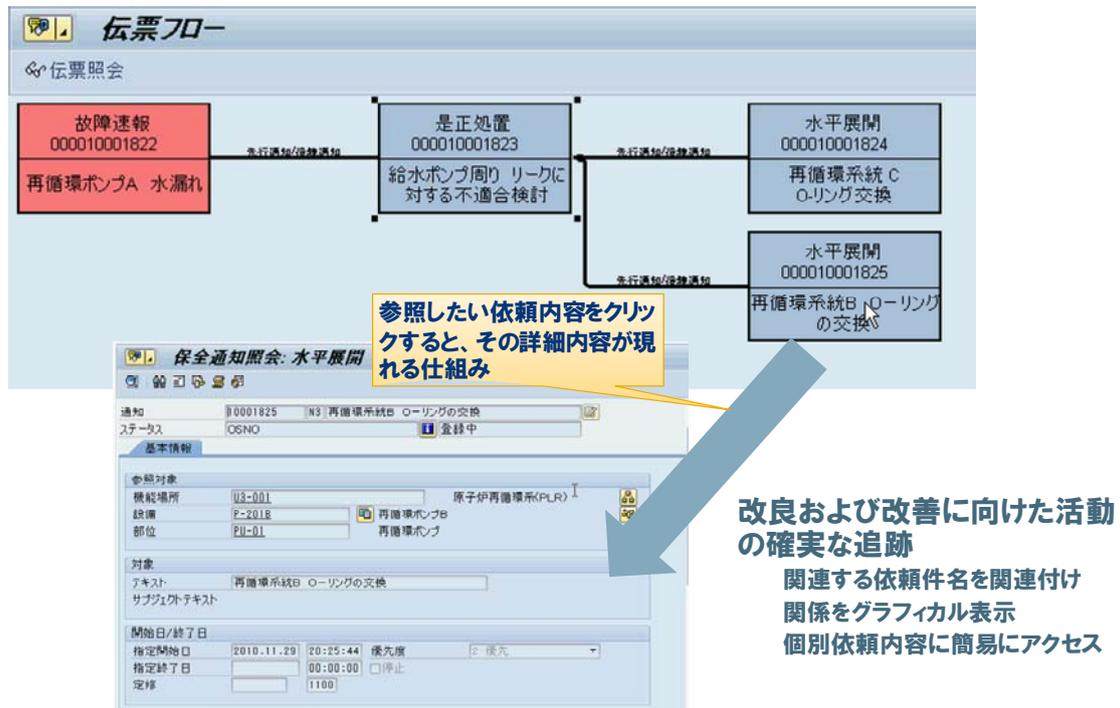


図 3. 4. 18 各種作業依頼の追跡管理例 (SAP 社の例)

また、保全作業指示の場合と同様に、各種依頼内容を、件名単位で、一覧表示させることが可能である。この例でも、依頼への対応手続きの進捗状況をステータスとして表現し、更に、依頼件名、対象設備、依頼登録日などを記しているが、作業担当部門、関連作業指示などをユーザの使用目的に応じて変更することもできる。

| 機能別場所 | 機能場所の説明 | Typ | 通知日 | 通知 | テキスト | ユーザ Sta | 優先度テキスト |
|-----------------|-----------------|-----|------------|----------|----------------|---------|---------|
| P-PE-100-MA-020 | PE-触媒工程-回転機-ポンプ | Z1 | 2006.01.12 | 10000358 | PU101 Aポンプ異常振動 | 受付 | 通常 |
| P-PE-100-MA-020 | PE-触媒工程-回転機-ポンプ | Z1 | 2006.01.11 | 10000346 | PU101 Aポンプ分解点検 | 受付 | SD待ち |
| P-PE-100-MA-020 | PE-触媒工程-回転機-ポンプ | Z1 | 2006.01.11 | 10000347 | PU101 Aポンプメカ漏れ | 受付 | SD待ち |
| P-PE-100-MA-020 | PE-触媒工程-回転機-ポンプ | Z1 | 2006.01.11 | 10000349 | PU101 Aポンプ異常振動 | 受付 | SD待ち |
| P-PE-100-MA-020 | PE-触媒工程-回転機-ポンプ | Z1 | 2006.01.11 | 10000351 | PU101 A動作不良 | 登中 | 通常 |
| P-PE-100-MA-020 | PE-触媒工程-回転機-ポンプ | Z1 | 2006.01.11 | 10000352 | PU101 Aポンプ緊急停止 | 登中 | 通常 |
| P-PE-100-MA-020 | PE-触媒工程-回転機-ポンプ | Z1 | 2006.01.11 | 10000353 | PU101 Aポンプ異音 | 完了 | 通常 |
| P-PE-100-MA-020 | PE-触媒工程-回転機-ポンプ | Z1 | 2006.01.11 | 10000355 | PU101 Aポンプ異常振動 | 登中 | 通常 |
| P-PE-100-MA-020 | PE-触媒工程-回転機-ポンプ | Z1 | 2006.01.10 | 10000344 | PU101 Aポンプメカ漏れ | 製承 | SD待ち |

図 3. 4. 19 保全作業依頼の一覧例 (SAP 社の例)

②設備あるいは保全作業情報の評価支援という観点では、保全業務だけでなく、その周辺業務も含め、様々な視点からの評価が求められ、更に、評価者ができるだけわかりやすい形で表現することが求められる。

例えば、図 3. 4. 20 では、設備の不具合や故障によって発生した損失コストを、発生した製造工程毎に分類し、更に損失内容を色分け表示することで改良あるいは改善の優先順

位づけを容易に判断できるように表現した例である。膨大な履歴および依頼事項に対して、予算や時間的な制約のもと、効果的に対応することを念頭においた評価例である。

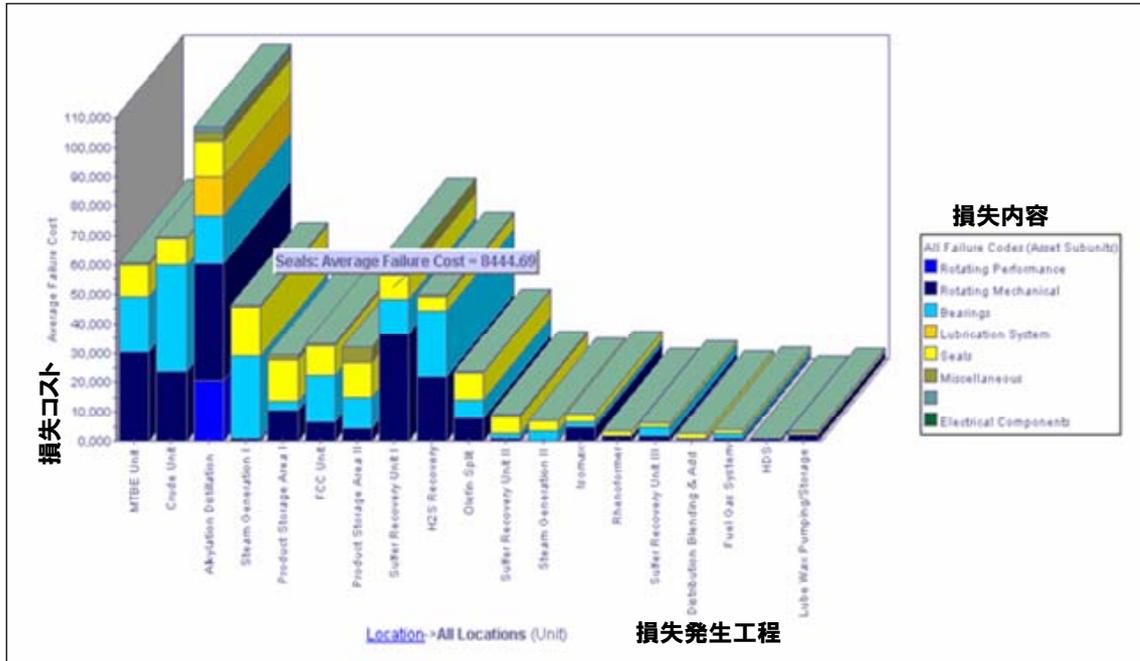


図 3.4.20 保全作業履歴の分析例

また、図 3.4.21 では、個々の保全作業指示を通じて集められた費用情報を、設備や部門の構成に従って、集約できる様を示したものである。個々の設備単位で収集された費用実績が、システムに登録されると同時に、プラントエリアや部門、更にはプラント全体での現状として即時に反映される。図上の表示例などを通じて、都度、予算に対する実績費用の状況を柔軟に把握することで、追加予算処置、あるいは作業実施時期の延期や前倒しといった判断に使えるものと期待される。

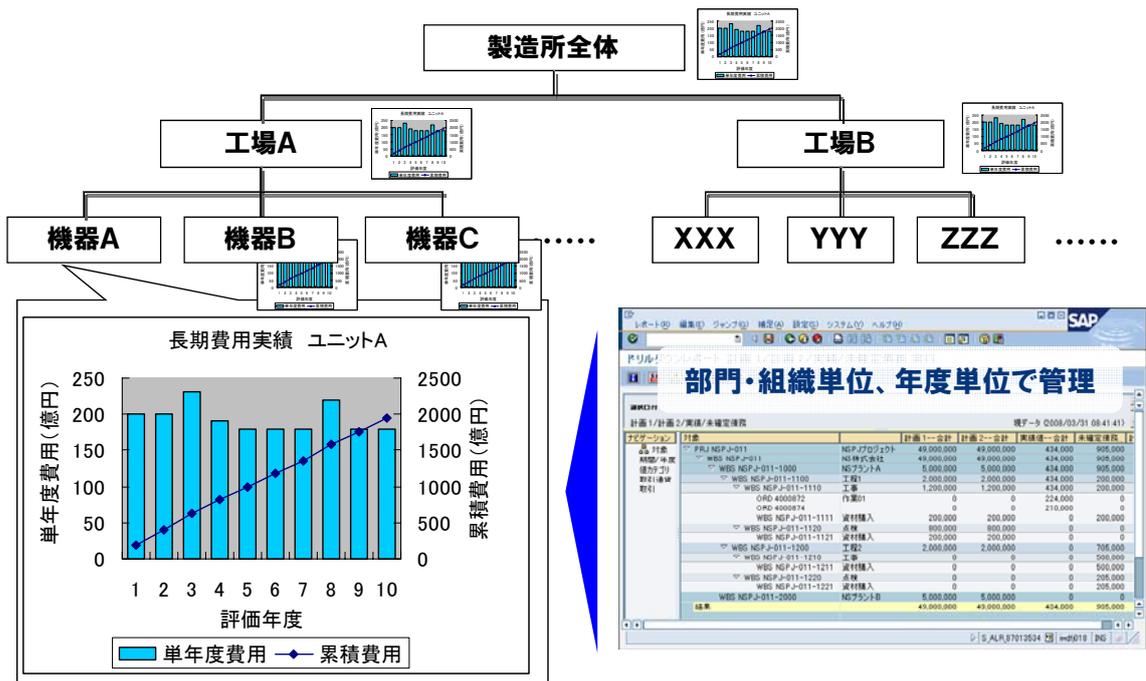


図 3.4.21 保全情報の共有および活用例：部門単位での予実費用（SAP 社の例）

更に、図 3.4.22 では、年度単位の予算と実績、更には保全周期を変更した際の費用推移を併記する形で、過去の保全履歴を参照しながら、保全周期を変更した場合の費用影響度をシミュレーションし、現実的な保全周期の変更値を探ろうというものである。生産計画、運転上の制約、保全上の制約を組み合わせ、各部門の制約条件を満たしながら、もっとも適切な計画内容を模索ための方策の一つといえよう。

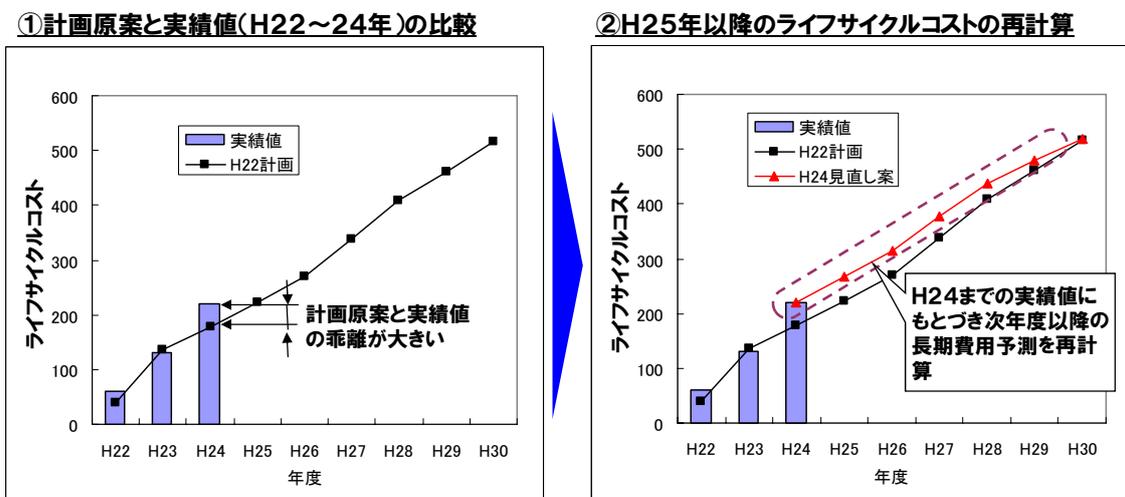


図 3.4.22 保全情報の共有および活用例：ライフサイクルコスト分析例

③保全作業の実行部門や周辺業務との連携という観点では、統合型設備管理システムを前提としたパッケージソフトウェアの場合、通常、図 3.4.23 に適合するような機能が、一つのソフトウェア上で実現されている場合と複数種類のソフトウェアを連携させて実現する場合の双方が考えられる。SAP 社の場合、図 3.4.23 の範囲内の多くに関して、実現できるような機能を備え、連携が実現されている。更に、個々の専門機能を備えたシステムとの連携を図るべく、図 3.4.24 に示すような形で連携を図るようなツールも備えている。ここでの情報連携例は、後述する 3.5 節の例を参照されたい。

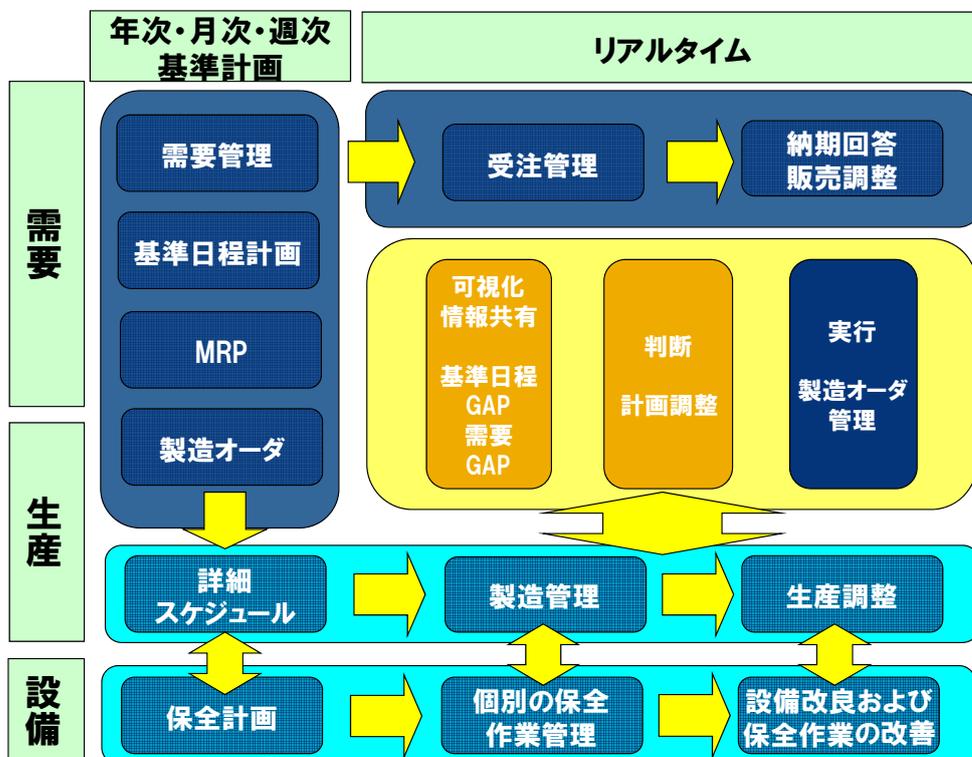


図 3.4.23 統合型システムでの情報連携のイメージ例

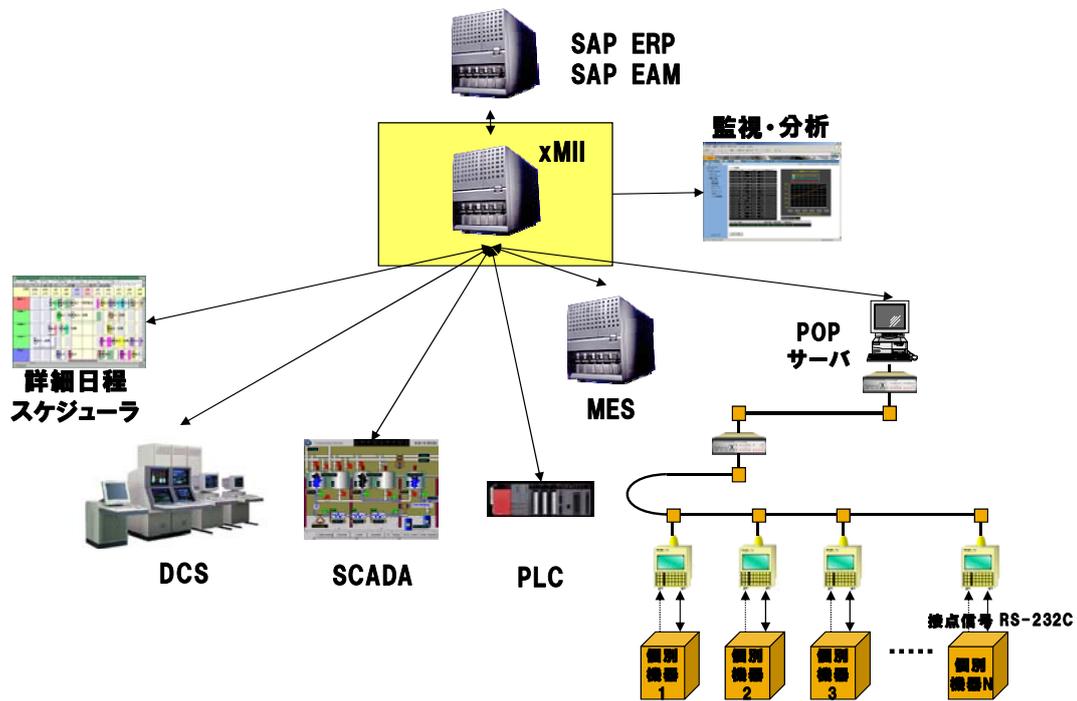


図 3. 4. 24 運転および保全情報の連携例

以下、当該機能の情報と、他システムおよび保全管理システム内の他機能との情報連携に関して紹介する。システム全体の中の位置づけとしては、図 3. 4. 25 に示す通りである。

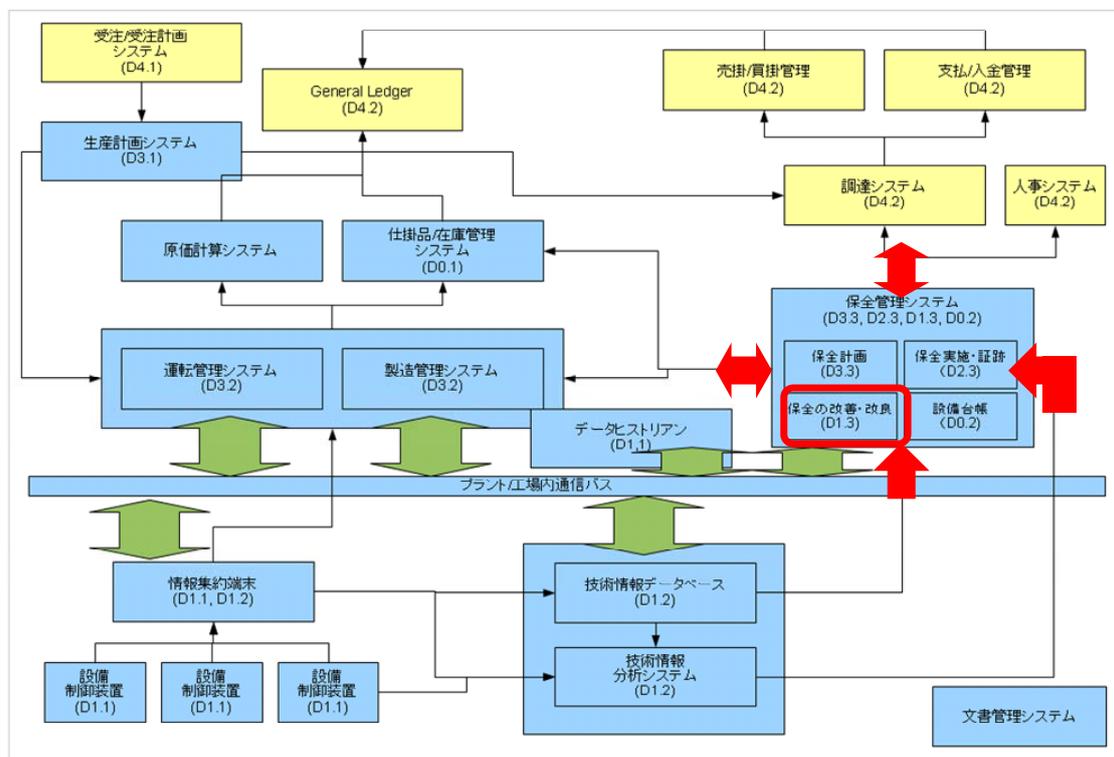


図 3. 4. 25 「改良と改善」との情報連携

表 3.4.6 「改良と改善」からの出力情報

| | |
|--------------|--|
| 設備校正履歴情報 | <p>生産管理、運転、品質管理、環境保全などといった部門への提供を念頭に置いた設備の校正履歴に関する情報が該当する。例えば、以下のような情報が挙げられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・対象設備 ・校正結果（過去の校正履歴を含む場合もある） ・校正実施日 ・校正担当者 <p>など</p> |
| 設備の異常・故障情報 | <p>運転、エンジニアリング部門などといった部門への提供を念頭に置いた設備の異常や故障の情報が該当する。保全作業の過程で得られる情報が該当する。例えば、以下のような情報が挙げられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・圧力容器や配管などの肉厚 ・潤滑油中の成分値 ・絶縁体を構成する液体や気体の成分値 ・稼働中の設備の温度、圧力、振動の値 <p>など</p> |
| 設備改良のための基礎情報 | <p>保全計画やエンジニアリングなどといった部門への提供を念頭に置いた、設備更新計画、仕様変更、余寿命診断などといった各種判断に活用するための情報が該当する。例えば、以下のような情報が挙げられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・設備に関する不具合や故障への分析結果（因子、影響範囲、劣化のタイプなど） ・対応後の既存設備の状態 ・恒久対応の結果（点検や更新の周期の変更、サプライヤーの変更などの推奨） <p>など</p> |
| 保全作業依頼 | <p>設備の稼働や状態情報、保全作業の結果を受けての追加対応、突発的な不具合や故障への対応目的で、生産管理、運転、品質管理などの関係部門から出される保全作業依頼が該当する。この中には、巡視点検などを通じて発見された保全部門からの依頼も含まれる。例えば、以下のような情報が挙げられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・保全が必要と思われる設備やプラントエリア ・不具合や故障の状況 ・不具合や故障の発生時期 ・現時点での対応状況（運転側で自主的に対応している場合） ・作業の緊急性 ・依頼元 <p>など</p> |
| 予防保全作業ステータス | <p>現時点での予防保全作業の状況に関する情報が該当する。作業を実施する上で、対象設備や作業区画などの干渉がないか、あるいはまとめて作業することで効率よく作業を実施できないかといった目的での活用が期待される。例えば、以下のような情報が挙げられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・対象となる設備やプラントエリア ・作業名称や指示の番号 ・作業指示のステータス ・作業の実施時期 ・作業担当 <p>など</p> |

| | |
|----------|--|
| 設備構成履歴情報 | <p>設備計画やエンジニアリングといった部門での活用を念頭に置いた、設備構成に関わる情報が該当する。保全作業に伴う設備更新の結果を、都度、プラントの制御や監視に関わるシステムに提供することが主たる用途と考えられる。例えば、以下のような情報が挙げられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・設備更新に伴う新旧の設備情報 ・設備更新実施日時 ・設備更新に伴って影響をうけるロケーション（更新された設備の上位設備、下位設備） ・設計図書 <p>など</p> |
|----------|--|

表 3.4.7 「改良と改善」への入力情報

| | |
|-----------|--|
| 設備台帳情報 | 設備台帳情報 |
| 資材管理情報 | 資材管理情報 |
| 設備校正仕様 | <p>製造プラント全体を制御あるいは監視するシステムから提供される設備の校正や設定に関わる情報が該当する。保全作業側で対応している校正作業時に参照することが主たる用途として考えられる。例えば、以下のような情報が挙げられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・対象設備 ・通常あるいは停止時の設備の望ましい状態（開閉、流量、圧力、回転数、速度など） <p>など</p> |
| 設備構成仕様 | <p>製造プラント全体を制御あるいは監視するシステムから提供される設備の構成に関わる情報が該当する。保全側で作業結果が確実に反映されているか、保全側で特定した設備が適切であるか、確認が主たる用途として考えられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・製造プラント全体の設備とロケーションの関係 ・個々の設備に適用可能な予備部品や消耗品といった資材 <p>など</p> |
| 計装関連設定仕様 | <p>計装設備や個別監視設備から提供される設備の設定に関わる情報が該当する。警報発信の要否、保全作業依頼の要否などの判断材料としての用途が考えられる。例えば、以下のような情報が挙げられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・対象設備 ・通常あるいは停止時の設備の望ましい状態（開閉、流量、圧力、回転数、速度など） ・警報発信の際の閾値（流量、圧力、温度、速度など） <p>など</p> |
| 稼働情報 | <p>保全作業管理での活用を念頭に置いた設備の稼働情報が該当する。例えば、以下のような情報が挙げられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・実稼働の累積時間 ・カレンダー上の設備稼働時間 ・設備の動作回数 <p>など</p> |
| 設備管理値変更依頼 | <p>製品の配合や仕上げレベルなどの仕様変更に伴う設備構成の変更や設定変更の依頼が該当する。例えば、以下のような情報が挙げられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・変更対象となる設備 ・変更実施時期 ・変更後の設備の仕様 ・変更理由 ・変更依頼元 など |

| | |
|---|--|
| 設備構成、校正、設備の状態に起因する保全作業依頼および作業指示に対する対応進捗情報 | こちらからの作業依頼に対して、どこまで対応されているのか、その対応状況を示す情報が該当する。例えば、以下のような情報が挙げられる。 <ul style="list-style-type: none"> ・作業依頼の件名、ステータス、対象設備、依頼元、依頼概要 ・保全作業指示の件名、ステータス、対象設備、依頼元の作業依頼など |
|---|--|

3. 4. 3 設備制御装置

設備制御装置は、プラントの製造装置に組み込まれた PLC(Programmable Logic Controller)や制御装置であり、個別の機器によってその機能や製品が異なる。設備制御装置は一般的に以下の機能を持つ。

- 設備の動作に必要なシーケンス制御の情報の記憶とシーケンス制御
- 設備状態の情報変換（アナログデータからデジタルデータへの変換）
- 情報の伝達
 - 上位システムからの制御情報の受け取り
 - 設備情報を上位システムへ転送

ADID ではこの機能は D1.1 に分類され、実際の製造装置に対する制御、I/O、データ収集などを担当する。従って、設備制御装置はプラントや製造ラインを構成する物理的なレイアと情報システムを直接接続する基盤である。しかし、通常このような制御装置は装置を製作する装置メーカーがその機種や機能を選択することからプラントや工場側の情報担当者が制御装置を決定することが難しい場合があり、情報通信の標準化を行うことが難しい。

また設備のライフサイクルが長いことから、複数世代のシステムがプラント内で使用されていることが一般的で、統一化されたシステムを構築するためのインフラストラクチャの整備には大きなコストが必要になる。

以下設備制御装置の他システムとの情報連携について紹介を行う。

【出力】

| | |
|--------|--|
| 情報集約端末 | 生産・設備情報 生産状況に関連した情報を上位の情報集約端末へ転送する。転送される情報の例としては以下のものがある。 <ul style="list-style-type: none"> ● 計装情報（温度、振動、流量、電力量などのプロセス情報） ● 設備情報（稼働時間、動作回数、設備停止・再稼働） |
|--------|--|

【入力】

| | |
|--------|---|
| 情報集約端末 | <p>シーケンス制御情報 設備を制御するためのシーケンス情報を上位の情報集約端末から受信する。シーケンス制御情報はオンラインで実行できる場合、オフラインで実行する場合がある。従来の技術ではRS232CやRS422などのシリアル通信を使用してオフラインで行われてきたが、現在の最新制御装置ではTCP/IPを使用してオンラインで行われる場合がある。転送される情報の例としては以下のものがあげられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● シーケンス情報 ● 運転パラメータ |
|--------|---|

3. 4. 4 情報集約端末

情報集約端末は設備制御装置の情報を集約して上位の管理システムなどに情報を伝達する、又は上位の管理システムから情報を受け取り、設備制御装置へ情報を転送する機能を受け持つ。通常設備制御装置はPLCは制御ボードなど設備の制御、情報の収集を主な目的として設計・製造されているため、大量の情報の記憶・分析などを行う処理能力・記憶容量を有していないことが一般的で収集した情報を記憶保管し、処理する機能を外部に持つ必要がある場合がある。また設備制御装置はRS232C, RS422といった低レベルの通信機能しか有していない場合があり、上位の管理システム（TCP/IP ベースにネットワークシステム）と直接通信を行うことができない場合があり、プロトコルの変換も含めて中間に情報を集約するシステムが必要になる場合がある。

情報集約端末は通常パーソナルコンピュータシステムで構築され、設備および製造ラインの管理を受け持つ。通常このシステムは制御・計装系のシステムにより構築される。ADIDではD1.1に分類される。

【出力】

| | |
|-------------|--|
| 運転・製造管理システム | <p>製造実績情報 設備制御装置から転送された製造実績情報を集約・記憶し運転・製造管理システムへ情報を転送する。転送する情報は設備制御装置と同様のものである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 計装情報（温度、振動、流量、電力量などのプロセス情報） ● 設備情報（稼働時間、動作回数、設備停止・再稼働） |
| 設備制御装置 | <p>設備制御情報 製造パラメータなどのレシピ情報、設備を制御するためのシーケンス情報などを各個別の設備制御装置へ転送する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 製造パラメータ、レシピ情報 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 処理時間、設定温度、設定流量、 ● シーケンス情報 <ul style="list-style-type: none"> ➢ ラダー制御情報 ➢ 動作時間、運転・停止情報 |

【入力】

| | |
|-------------|---|
| 運転・製造管理システム | 製造パラメータ ● レシピ情報（製造制御情報（シーケンス情報）、処理時間、設定情報を運転・製造管理システムから受信し、各設備制御装置へ転送する。 ➤ 処理時間、設定温度、設定流量、 ● 動作時間、運転・停止情報 |
| 設備制御装置 | 各設備制御装置からの生産実績情報、設備状態情報を受け取り上位システムのためのデータの集約、転送を行う。 ● 計装情報（温度、振動、流量、電力量などのプロセス情報） ● 設備情報（稼働時間、動作回数、設備停止・再稼働） ● 生産情報（数量、良品・不良品数量情報など） |

3. 4. 5 プラント/工場内通信バス

プラント/工場内通信バスは工場やプラント内の通信を行うための共通通信プラットフォームで製造装置や制御装置、製造管理システム、運転管理システム、技術情報データベース、データヒストリアン、保全管理システムなど様々なシステム間の通信をサポートする。従来はトークンリング方式などを使用して通信速度・容量を確保するためのプロトコルを採用して通信バスを構築することが一般的であったが、現在ではネットワークハードウェア技術の大幅な進歩に伴い、通信速度・通信容量が飛躍的に進歩したため、通信応答時間が保証されないCSMA/CD方式を使用したTCP/IPによる通信インフラストラクチャーを使用して共通通信バスを構築するケースも多く見受けられる。

プラントや工場で使用する共通バスの構築は容易ではない。その理由の一つは、設備制御装置は設備の実際の制御に用いられるため設備と分離して更新することが難しいためである。従って設備のライフサイクル（導入から廃棄までの期間）が長い場合があり、通常の情報通信技術の進歩と設備に搭載されている制御システムが持つ通信機能に大きな規格・機能および性能にギャップがあり、共通通信バスの通信プロトコルに対応できない場合があるためである。

3. 4. 6 データヒストリアン

データヒストリアンはプラント/工場で発生する様々な情報を長期間に渡って記憶し、情報分析を行うためのプラットフォームで通常は計装関連のアナログ情報を記憶する。例えば、回転機器の回転数、温度、圧力、電圧、電流などの情報を測定接点単位に記録するもので、生産を支えるプラント/工場内の各装置が正しく動作しているかの検証情報を記録・管理する。また何らかの障害などの問題が発生した場合に、障害発生時点にさかのぼり、各製造装置がどのように動作していたかを確認し、障害発生の問題を再現・検討する

情報としても使用される。

通常データヒストリアンはセンサなどのアナログ値の情報をビジュアルに表示するためにグラフ表示機能を持ち、簡単な分析機能でデータ解析を支援する。

【出力】

| | |
|------------|--|
| 技術情報データベース | 設備の稼動情報、運転パラメータ、設備状態の情報を転送する。 <ul style="list-style-type: none"> ● 設備稼動情報 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 稼動時間、設備・部位などの動作回数 ● 運転パラメータ <ul style="list-style-type: none"> ➢ 運転温度、処理時間、設定流量など ● 設備状態 <ul style="list-style-type: none"> ➢ センサ接点情報（温度、圧力、回転数、電圧、電流など） |
|------------|--|

【入力】

| | |
|--------|---|
| 情報集約端末 | 設備の稼動情報、運転パラメータ、設備状態の情報を転送する。情報集約端末は設備制御装置から情報を得ているため、基本的な情報項目は設備制御装置と同様である。 <ul style="list-style-type: none"> ● 設備稼動情報 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 稼動時間、設備・部位などの動作回数 ● 運転パラメータ <ul style="list-style-type: none"> ➢ 運転温度、処理時間、設定流量など ● 設備状態 <ul style="list-style-type: none"> ➢ センサ接点情報（温度、圧力、回転数、電圧、電流など） |
| 設備制御装置 | 設備の稼動情報、運転パラメータ、設備状態の情報を転送する。 <ul style="list-style-type: none"> ● 設備稼動情報 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 稼動時間、設備・部位などの動作回数 ● 運転パラメータ <ul style="list-style-type: none"> ➢ 運転温度、処理時間、設定流量など ● 設備状態 <ul style="list-style-type: none"> ➢ センサ接点情報（温度、圧力、回転数、電圧、電流など） |

3. 4. 7 運転管理システム

運転管理システムはプラントの運転情報を集中的に制御するシステムで、通常中央制御室などを中心としてプラントの制御を行う。中央制御室にはプラントの運転状況をビジュアルに表示する制御盤が具備され運転員がプラントの運転状況を逐次確認し運転を行う。運転管理システムは ADID では D3.2 に分類される。

【出力】

| | |
|--------------|---|
| 原価生産システム | 製造結果の情報を原価計算システムへ転送する。 <ul style="list-style-type: none"> ● 製造数量（品名、バッチ数量など） ● 不良品情報 |
| 仕掛品/在庫管理システム | 製造結果の情報を原価計算システムへ転送する。 <ul style="list-style-type: none"> ● 製造数量（品名、バッチ数量など） ● 不良品情報 原材料・副材料使用情報 <ul style="list-style-type: none"> ● 原材料・副材料の使用品名、使用量 |

【入力】

| | |
|--------|---|
| 情報集約端末 | 設備の稼働情報、運転パラメータ、設備状態の情報を受信する。 <ul style="list-style-type: none"> ● 設備稼働情報 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 稼働時間、設備・部位などの動作回数 ➢ 生産数量 ● 運転パラメータ <ul style="list-style-type: none"> ➢ 運転温度、処理時間、設定流量など ● 設備状態 センサ接点情報（温度、圧力、回転数、電圧、電流など） |
|--------|---|

3. 4. 8 製造管理システム

製造管理システムはディスクリット系の製造業で使用される管理システムで、製造ロット進捗管理、レシピ管理、材料管理（Bill Of Material 管理）などを担当するシステムである。

運転管理システムは ADID では D3.2 に分類される。

製造ロット進捗管理とは製造工程を製造プロセスおよび原価計算上の小単位に分割し、仕掛品の製造プロセス上の進捗管理、良品・不良品の数量管理、作業に使用した設備・作業員の証跡管理などの情報を取得・管理するシステムで工場の原価生産の基本情報を取得するとともに、生産の進捗を管理する。

レシピ管理は製造する製品のロット単位に製造に必要な材料、処理時間、製造パラメータなどを管理するシステムでレシピの情報を格納するデータベースとロット管理情報とを連携させて動作する。

材料管理は生産に使用する直接材料および間接材料の仕様、仕様数量、組み合わせなど、製品を構成する原材料および間接材料の情報を管理する。

【出力】

| | |
|--------------|---|
| 原価生産システム | 製造結果の情報を原価計算システムへ転送する。 <ul style="list-style-type: none"> ● 製造数量（品名、バッチ数量など） ● 不良品情報 |
| 仕掛品/在庫管理システム | 製造結果の情報を原価計算システムへ転送する。 <ul style="list-style-type: none"> ● 製造数量（品名、バッチ数量など） ● 不良品情報 原材料・副材料使用情報 <ul style="list-style-type: none"> ● 原材料・副材料の使用品名、使用量 |

【入力】

| | |
|--------|---|
| 情報集約端末 | 設備の生産情報を受信する。 <ul style="list-style-type: none"> ● 生産結果情報 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 品名、ロット番号、生産数量、不良品数量 |
|--------|---|

3. 4. 9 原価計算システム

原価計算システムは ADID では特に記述はされていないが、通常は経理システムとして D4.2 に属するシステムである。製造業では製造途中の半完成品の在庫を集計して製造原価を計算する必要があり、この基礎となる情報は原材料、各工程に投資された設備資産額、製品を製造するために費やされる人件費および半完成品の在庫情報などから計算される。従って正確な製造原価を計算するためには運転・製造管理システムと設備台帳を有する保全管理システムとの連携が必要である。

【出力】

| | |
|---------------------------|----------------------------------|
| 総勘定元帳 (General Ledger) | 原価計算結果情報 各工程ブロック単位での原価情報、仕訳情報 |
|---------------------------|----------------------------------|

【入力】

| | |
|-------------|---|
| 運転・製造管理システム | 半完成品在庫情報 ● 製品名、工程名、数量 ● 不良品数量 ● 生産単位あたりの製造時間 |
| 保全管理システム | 工程を構成する設備資産額 ● 工程番号 ● 設備管理番号 ● 設備評価額 |

3. 4. 10 仕掛品/在庫管理システム

仕掛品在庫/在庫管理システムは ADID における D0.1 に分類されるシステムで以下の情報を管理する。

- 半完成品の在庫数量管理
- 原材料、副材料、保全関連の交換部品などの保修材料の在庫管理

この管理は一つのシステムで行われることを要請しない。企業や組織では上記の情報をいくつかの情報システムで把握し管理を行っている。本項では複数に分散されている在庫情報を仕掛品/在庫管理システムとしてまとめて概念として紹介する。

仕掛品（半完成品）は運転・製造管理システムから各工程単位で品名、数量などが把握される。この情報は在庫管理システムに転送され数量管理が行われる。

【出力】

| | |
|---------------------------|----------------------------------|
| 総勘定元帳 (General Ledger) | 原価計算結果情報 各工程ブロック単位での原価情報、仕訳情報 |
|---------------------------|----------------------------------|

【入力】

| | |
|-------------|---|
| 運転・製造管理システム | 半完成品在庫情報 ● 製品名、工程名、数量、 ● 不良品数量 使用原材料情報 ● 原材料品名、使用量 ● 副材料品名、使用量 |
| 保全管理システム | 保全作業で使用する交換部品などの在庫管理情報 ● 出庫部品品名、数量などの出庫・戻入情報 |

3. 4. 1 1 生産計画システム

生産計画システムは受注/受注計画システムから生産の要求情報を受け取り、工程の生産能力を基に生産計画を作成するシステムである。通常生産計画システムでは生産に必要な直接材料（直材）、間接材料（間材）の展開を行い、生産量に応じた所要量展開作業を行う。

生産計画は各産業分野の応じて月次計画、週次計画、日次計画などに展開され実際の生産指示を行うための情報を提供する。

また材料の所要量展開を行うことから在庫管理システムや調達管理システムとの連携を行い、必要に応じて材料の発注指示を作成する。

【出力】

| | |
|-------------|---|
| 運転・製造管理システム | 生産計画情報 ● 月・週・日単位の生産計画情報（生產品目、数量など生産指示情報） |
|-------------|---|

【入力】

| | |
|-------------|------------------------------------|
| 受注/受注計画システム | 受注計画情報 ● 生產品目、生産量、生産納期 |
| 在庫管理システム | 材料在庫情報 ● 直接材料在庫数量 ● 間接材料在庫数量 |
| 運転・製造管理システム | 製造ライン情報 ● 設備単位の生産能力 ● 歩留まり情報 |

3. 4. 1 2 受注/受注計画システム

受注はお客様からの受注情報を記録し管理するシステムである。受注計画システムは受

注情報、過去の受注情報、季節変動、販売計画などの情報から受注計画を作成する。

受注/受注計画システムでは直接的にプラントや工場の生産設備に対して情報を提供するものではないが、プラント・工場を運営する上で重要な生産計画の基礎となる情報を収集し、管理を行う。

【出力】

| | |
|----------|--|
| 生産計画システム | 受注システムで把握される受注情報 <ul style="list-style-type: none"> ● 受注品目、数量、納期 ● 在庫保有計画情報（在庫管理水準に従って保持する必要性のある在庫量） |
|----------|--|

3. 4. 1 3 仕訳システム

仕訳システム（General Ledger）は企業会計の根本をなすシステムで全ての経済活動の仕訳情報を記録管理するシステムで、経理システムに属す。ADID では D4.2 に属す。従って金銭に関連する全ての行為は仕訳情報として記録されなければならない。仕掛品情報、調達情報、作業員の作業時間、保全作業時間、在庫出庫情報などの経理トランザクションを記録する。

従って金額計上に関する情報は直接又は間接的に全て仕訳システムに転送されなければならない。会計コンプライアンスを遵守し、透明な決算情報を作成するためには情報システムを使用して証跡確保された信頼性のある情報を提供する必要があり、その情報は全て監査可能でなければならない。この観点から情報システムが担う役割は大きい。

【入力】

| | |
|--------------|--|
| 原価生産システム | 各工程で発生する原価情報のトランザクション <ul style="list-style-type: none"> ● 製造原価情報 ● 不良品処理トランザクション |
| 調達システム | 調達情報 <ul style="list-style-type: none"> ● 注文書情報（買掛金） ● 受領情報 |
| 仕掛品/在庫管理システム | プラント・工場内在庫情報 <ul style="list-style-type: none"> ● 仕掛品在庫数量評価額 ● 原材料出庫・戻入情報 ● 副材料出庫・戻入情報 ● 保守部品出庫・戻入情報 |

3. 4. 1 4 調達システム

調達システムはプラントや工場に必要な原材料、副材料、プラント資機材、使役業務などを調達するためのシステムである。ADID では D4.2 に分類され、企業全体で使用するシステムである。

通常どの企業でも調達行為を管理するために調達システムを導入している。

調達システムは調達・資材部門が主導でシステムを導入することが一般的で、保全・運転に関するシステムとの親和性は必ずしも高くない。これに対して原材料および副材料などの材料調達に関しては生産計画システム (D3.1) の所要量展開の情報と連携して調達指示の作成を自動化している例は多く見ることができる。これは原材料・副材料の調達に比べて、保全管理に関連して作成される資材調達ではその種類が膨大且つ複雑で保全管理の担当者の知識・経験が必要な場合が多いからである。本社部門の購買担当者だけでは全ての保全関連資材の調達を一括管理することが難しい現状にある。

また保全関連工事に関する使役業務の調達については地元企業との関係維持、詳細な作業打合せなどの管理的な観点からプラント・工場に属する調達部門、保全部門が直接調達行為を行うことが一般的である。

しかし、調達する資材の種類に応じて複数の調達部門また複数のシステムが介在することは調達コンプライアンス上で問題が発生する可能性があり、調達トランザクションを保全関連システムと連携するかが課題である。

また実際にシステム連携ができない場合は保全管理システムと調達システム間での人手によるデータ入力負荷が増加し、作業員などに大きな負担を担わせる結果となる。

【入力】

| | |
|----------|---|
| 生産計画システム | 生産に必要な材料方法を入力し調達要求を作成する <ul style="list-style-type: none"> ● 所要量展開処理から作成される材料情報 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 原材料品名、要求数量 ➢ 副材料品名、要求情報 |
| 保全管理システム | 保全管理に必要な交換部品および工事に関する使役調達の情報 <ul style="list-style-type: none"> ● 補修部品情報 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 部品名称、数量、対応設備 ● 工事使役に関する情報 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 工事発注情報、発注先企業情報、工期、工事内容など |

【出力】

| | |
|---------|--|
| 売掛/買掛管理 | <ul style="list-style-type: none"> ● 製品の販売に関する売掛金情報 ● 調達に関する買掛金情報 |
| 支払/入金管理 | <ul style="list-style-type: none"> ● 原材料・副材料に関する買掛金情報 ● 保全に関する補修部品に関する買掛金情報 ● 保全に関する工事使役に関する買掛金情報 |

3. 4. 15 売掛/買掛管理システム、支払/入金管理システム

支払い/入金管理は経理関連のシステムであり通常は保全・運転のシステムとは関連しないような印象を受けるが、保全管理を行う作業員の業務に関連性がある場合がある。ADIDではD4.2に分類される。通常、プラントや工場の工事やメンテナンスに関する調達行為で発生する支払いについては作業や資材の検収行為をトリガーとして発生するため、作業遅延や検収行為の遅延は支払いの遅延につながる。また経理部門では作業の完了や検収の結果に関して担当部門や担当者に直接問い合わせを行い確認する必要があり、作業員の作業効率を低下させる場合がある。一方、検収行為などを管理する社内管理プロセス上の承認行為の遅延で支払いが行われない事態が生ずる場合がある。これは調達コンプライアンス上非常に大きな問題となる。

保全管理システムの導入に際して、調達・検収行為を調達システムで管理している場合は、検収トランザクションをキー情報として請求書データを支払い管理システムに転送して、実際の支払いトランザクションを発生させる場合がある。直接材料および間接材料に関しては生産計画システムからの所要量情報を基にして、企業全体で使用するERP (Enterprise Resource Planning) システムの調達システムを通して調達が行われるのが一般的である。しかし、保全作業に関連して必要になる資材・工事関連の調達に関しては各プラントの調達部門により個別に管理される場合があり、その資材および工事の検収作業は各部門の担当者に一任されている場合が多い。従って保全管理作業の一環として検収作業が行われる場合、保全管理システムとの連携が必要になる。

【入力】

| | |
|--------|---|
| 調達システム | <ul style="list-style-type: none">● 検収情報<ul style="list-style-type: none">➢ 支払いを必要とする調達情報 |
|--------|---|

【出力】

| | |
|----------------|-----------------------|
| General Ledger | 売掛金/買掛金に関する仕訳トランザクション |
|----------------|-----------------------|

3. 4. 16 人事システム

人事システムは通常人事系の管理情報を記録するシステムであるが、生産や保全に関する作業員の情報を統合的に関するプラットフォームとして使用することを考える必要がある。保全作業や生産活動を行っていくためには、その従業員がプラントや工場に出社している必要があり、この情報は人事系のタイムカードシステムから取得することができる。また作業員に資格や教育に関する情報は作業の割当てを行う場合に重要な情報であり、作業や現場監督に関して免許の取得が必要な業務については、その取得管理、有効期限管理

などを行う必要があり、このような情報管理は保安全管理・作業管理側のシステムで行うか否かは議論が必要である。一般的には人事に関する情報は人事システム上で管理されるべきものである。

(1) 資格・免許・認証管理

プラント系の作業現場では作業を行うために必要な資格・免許および認証を確認して、適確な作業員を配置する必要がある。この管理を怠ると法律違反になり、厳しい罰則を伴う行政処分が下されることがある。適格な人員を配置することは作業の品質および作業に関する安全を担保することになる。資格などの情報は通常人事考課の対象となり、給与や手当を計算するための基本情報ともなるため、通常は人事システムで管理されている。

資格・免許・認証管理では一定の期間で免許の更新、特定の認証機関による講習などを受講する必要があり、プラントのSDM中に有効期限が切れてしまう場合もあるため、作業の管理部門とは独立して有効期限の管理を行うことが必要である。この点では人事部門による管理が非常に有効である。従って資格・免許・認証に関する情報は作業を実際に管理する保安全管理システムと協調して管理されることが望まれる。

また資格の種類により、作業員のコストが異なることがあり、保全活動の原価を適確に把握するためには作業員の労働時間を把握することが必要で、製造・保安全管理システムからの作業実績時間を取得して詳細な原価計算を行う場合がある。従って製造・保安全管理システムと人事管理システムが協調して動作することが望ましい。

(2) 教育管理

作業員のスキルや社内の規定などを作業員に周知・徹底させることは企業コンプライアンス管理上非常に重要である。このためには教育プログラムを準備し、管理する必要がある。また優良企業におけるベストプラクティスの一つとして40時間/年・人の教育に費やす時間を持つことを一つの評価指標としており、運転・製造・保全管理者は管理下の作業員に関する教育プログラムを管理する必要がある。この教育プログラムが実際の作業の実行に関して、作業員を選定する条件となる場合は、教育実績情報を各システムと連携して管理する必要がある。

(3) 作業員割当て

人事システムでは通常作業員の入社・退社に関するタイムカード情報、年次有給休暇予定情報、出張申請情報など、作業員が特定の日程についての作業割当て可能か否かの基本

情報を有している。製造部門や、保安全管理部門ではこの勤怠管理情報を利用して実際の作業員の割当て管理を行うための基本情報とすることができる。

(4) 社員・組織情報

企業や組織では複数の個別のシステムを使用して管理を行うが、個別の情報システムであるためにユーザ ID の登録や権限管理（例：データのアクセス権限、承認などの実行権限など）を個別のシステムで行う必要があり、その管理負荷は膨大である。特に組織変更に伴う情報システム上の権限管理は非常に大変な作業である。この問題を情報システムの立場から解決するためには組織、ユーザ ID および権限などを統一的に管理するディレクトリーシステムを使用する。各々の情報システムはディレクトリーシステムを参照してシステムへのログイン認証を行うシングルサインオン機能をユーザに提供することが可能である。このようなシステムを使用している場合、従業員、組織情報は人事管理システム上に存在するため、この情報とディレクトリーサーバーを連携させることで効果的な組織・権限・ユーザ ID 管理を行うことが可能となる。

【出力】

| | |
|-------------|---|
| 運転・製造管理システム | <ul style="list-style-type: none"> ● 作業員の資格・免許・認証情報 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 資格・免許・認証種別、有効期限、期限切れ警告情報 ● 教育情報 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 教育種別、教育スケジュール ● 社員入社情報 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 勤怠管理情報、出張・休暇スケジュール情報 |
|-------------|---|

3. 5 運転・保全統合モデルによる実施例

本節では、基幹システムからの統合例と論理モデルによる統合例を紹介する。

3. 5. 1 基幹システムからの統合実施例

製造業の基幹システムとしての代表例である SAP の MII (Manufacturing Integration and Intelligence) をベースとした統合例を紹介する。本項で紹介する画面例は東洋ビジネスエンジニアリングから提供いただいたものある。

(1) ERP-MES 間の統合

基幹システム ERP と製造実行システム (MES) とを統合化することにより、製造現場から企業全体に至る各ビジネスプロセスの相互運用性が飛躍的に向上することで、製造業務データの同期を実現して全社的に「唯一の正しい情報源」を確立するとともに、ERP を基盤とするビジネスプロセスを製造現場のユーザにまで拡張できるようになる。

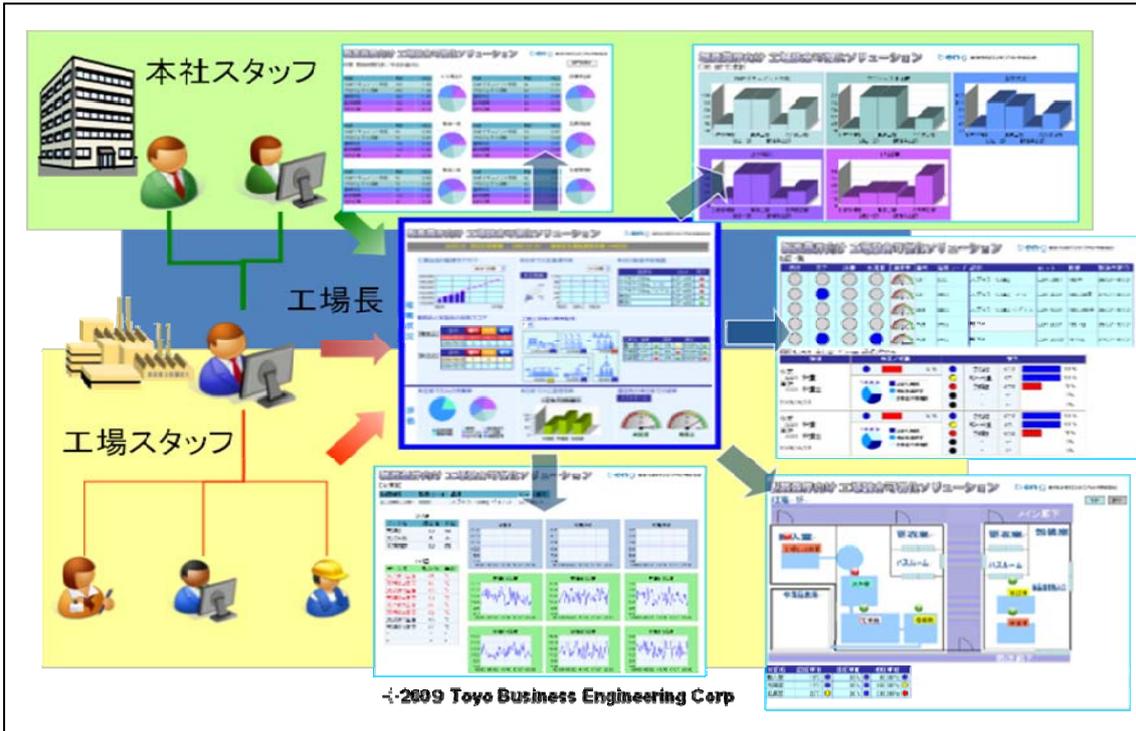


図 3.5.1 各種部門への情報提供イメージ

(2) 工場統合情報の可視化

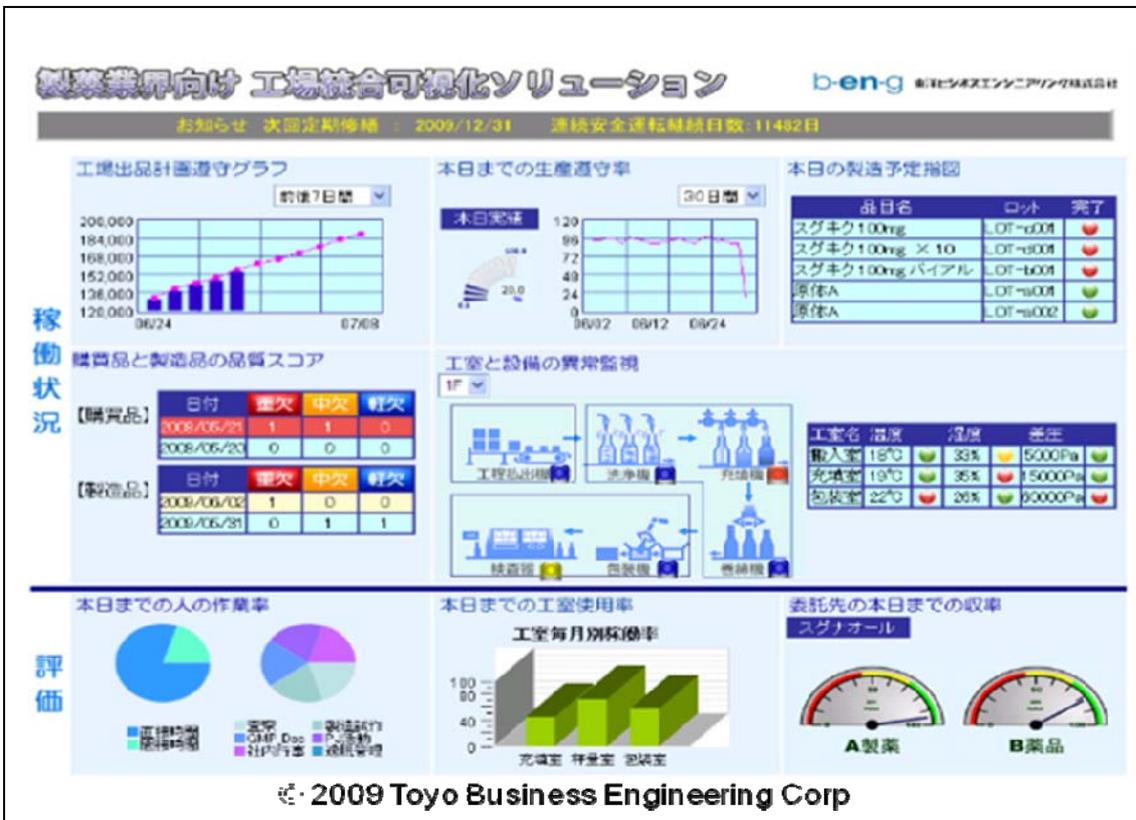


図 3.5.2 設備稼働状態確認や各種評価

工場統合可視化ソリューションの機能により、収集した情報をチャート・表などで、「工場の今」の状況をわかりやすく確認でき、問題点を瞬時に発見できる。

例えば、生産計画の遵守状況、品質や設備の異常状態を確認、作業者の稼働時間、アクティビティの分析（直接時間と間接時間）、委託先毎の収率表示などを確認できる。

（3）統合化実現のための要件

すでにほとんどの工場では、様々な目的ごとのシステムが構築され運用されている。こうした統合化を実現することは多くの困難をともなう。SAP MII では以下のような仕組みが用意されている。

① 単一層のコネクター

SAP MII の提供するコネクターにより、ERP基盤とリアルタイムの製造現場との間を、単一の接続層で連携できる。既存システムというのは、様々な構造とデータ様式が使われているため、その情報連携も多種多様の仕組みが必要となるが、これらのニーズを集約し単一の接続層で連携をとることは、システムのメンテナンスの視点からも極めて重要な要件となる。こうしたコネクターにより、現在の製造現場のITインフラストラクチャーを完全にリプレースすることなく、全体の投資効果を高めることが可能となる。

② リアルタイム性

SAP MIIは、強力なSAP NetWeaverプラットフォームに基づきパッケージ化されたコネクターにより、製造現場と基幹システム間のリアルタイムのトランザクション統合を実現している。また、SAP NetWeaver の機能を拡張して異種混在の複雑な製造環境における様々な課題に対処することで、TCO（Total Cost of Ownership：総保有コスト）の低減と迅速な製造効率の向上を支援している。

③ 世界標準準拠

SAP NetWeaverとSAP MII はISA-95規格をサポートしているため、ERPシステムをMESおよびプロセス管理システムと統合する際の用語/概念/モデルを統一でき、今後益々企業活動がグローバルに展開していく状況の中で、こうした世界標準への対応も重要な要件と言える。

④ ダッシュボードによるインターフェース

状況に応じて、リアルタイムに、データを必要としている人々に提供するために、SAP MII は、製造ダッシュボード機能により統合化実現のための要件に対応する。このダッシュボードは、強力なリアルタイム分析エンジンと豊富な分析コンテンツを活用してデータを集約し、実用性の高いインテリジェンスを、必要とする人々に必要なタイミングで提供できる。ダッシュボードの様々なビューを通じて、製造現場システムを一目で視覚的に把握し、シックス

シグマ違反やその他の例外を監視し、問題を深堀して根本原因を解明し、必要に応じて是正措置を適用できる。またダッシュボードに表示される主要業績指標（KPI）は、企業独自のニーズに合わせて構築できるように用意されている。

（４） 統合化による効果

こうした統合化により、次のような効果が生まれてくるといわれている。

① 製造工程の効率を向上

リーン生産方式、シックスシグマ、ライトファーストタイムなどのパフォーマンス管理イニシアチブや継続的な向上プログラムを、利用者の目的や役割に対応したダッシュボードが提供する高度な分析、警告、レポート機能によってサポートできる。これにより、製造現場の従業員は、統合されたリアルタイムの分析機能/意思決定サポートを活用してKPIを監視、評価、分析、管理、改善することで、生産性、品質管理、安全管理の向上に取り組むことができる。例えば、購買品や製造品の品質を品目単位で評価し、問題がある品目をクリックすることで、原因分析のための情報へアクセスできる。（図3.5.3 および図 3.5.4 参照）

地理的に分散した製造環境でも、ネットワークを通じて資産や工場設備の比較機能を活用することで、ベストプラクティスのベンチマークを実行し、必要に応じて費用対効果の低い資産を合理化することができる。その結果、資産収益率を高め、従業員、製造現場、プロセスにわたる全体的なビジネスパフォーマンスを向上することができる。

購買品 品質管理 2009/07/12 ~ 2009/07/13 検索

| 品目 | 仕入先 | 製造業者 | 伝票番号 | ロット | 搬入日 | 重欠点 | 中欠点 | 軽欠点 |
|-------|-----|------|-------------|---------|---------------------|-----|-----|-----|
| 精製水 | A商事 | Z化学 | P0000000001 | LOT-001 | 06/29/2009 00:00:00 | 0 | 0 | 1 |
| 原料A | C物産 | Z薬品 | P0000000002 | LOT-001 | 06/29/2009 00:00:00 | 0 | 1 | 0 |
| 原料B | C物産 | Y薬品 | P0000000003 | LOT-001 | 06/30/2009 00:00:00 | 0 | 0 | 0 |
| バイアル瓶 | B商事 | Y化学 | P0000000004 | LOT-001 | 06/30/2009 00:00:00 | 1 | 0 | 0 |

仕入先別 品目スコア A商事

| 精製水 | | | エタノール | | |
|-----|----------|-----|-------|----------|-----|
| 欠点 | 検査項目 | スコア | 欠点 | 検査項目 | スコア |
| 重欠点 | 工程一時停止 | 2 | 重欠点 | 工程一時停止 | 0 |
| 重欠点 | 設備一時停止 | 0 | 重欠点 | 設備一時停止 | 0 |
| 重欠点 | 搬送トラブル発生 | 0 | 重欠点 | 搬送トラブル発生 | 0 |
| 中欠点 | 工程異常停止 | 0 | 中欠点 | 工程異常停止 | 0 |
| 中欠点 | 停電発生 | 0 | 中欠点 | 停電発生 | 0 |
| 中欠点 | 容器破損 | 0 | 中欠点 | 容器破損 | 0 |
| 軽欠点 | アルコール規格値 | 0 | 軽欠点 | アルコール規格値 | 0 |
| 軽欠点 | 異物混入 | 0 | 軽欠点 | 異物混入 | 0 |
| 軽欠点 | 塩酸濃度規格値外 | 0 | 軽欠点 | 塩酸濃度規格値外 | 0 |

| アルコール | | | メタノール | | |
|-------|----------|-----|-------|----------|-----|
| 欠点 | 検査項目 | スコア | 欠点 | 検査項目 | スコア |
| 重欠点 | 工程一時停止 | 0 | 重欠点 | 工程一時停止 | 0 |
| 重欠点 | 設備一時停止 | 0 | 重欠点 | 設備一時停止 | 0 |
| 重欠点 | 搬送トラブル発生 | 0 | 重欠点 | 搬送トラブル発生 | 0 |
| 中欠点 | 工程異常停止 | 0 | 中欠点 | 工程異常停止 | 0 |
| 中欠点 | 停電発生 | 0 | 中欠点 | 停電発生 | 0 |
| 中欠点 | 容器破損 | 0 | 中欠点 | 容器破損 | 0 |
| 軽欠点 | アルコール規格値 | 0 | 軽欠点 | アルコール規格値 | 0 |
| 軽欠点 | 異物混入 | 0 | 軽欠点 | 異物混入 | 0 |
| 軽欠点 | 塩酸濃度規格値外 | 0 | 軽欠点 | 塩酸濃度規格値外 | 0 |

図 3.5.3 購買品の品質管理例

製造品 品質評価 2009/07/13 ~ 2009/07/13 検索

| 品目 | 指図番号 | ロット番号 | 製造日 | 重欠点 | 中欠点 | 軽欠点 |
|-----------------|-------------|----------|---------------------|-----|-----|-----|
| スグキク 100mg バイアル | B0000000003 | LOT-b003 | 06/02/2009 00:00:00 | 0 | 0 | 0 |
| スグキク 100mg バイアル | B0000000004 | LOT-b004 | 06/02/2009 00:00:00 | 0 | 0 | 0 |

構成品目 品質スコア

製造 : スグキク100mg バイアル
指図 : B0000000003
ロット : LOT-b003

| 構成品目 | ロット番号 | 重欠点 | 中欠点 | 軽欠点 |
|-------|----------|-----|-----|-----|
| 精製水 | LOT-x011 | 0 | 0 | 1 |
| 原料A | LOT-x012 | 0 | 1 | 0 |
| 原料B | LOT-x013 | 0 | 0 | 0 |
| バイアル瓶 | LOT-x014 | 0 | 0 | 0 |
| キャップ | LOT-x015 | 0 | 1 | 0 |

図 3.5.4 製造品の品質管理例

② 生産性の向上とコストの削減

複数システムの情報を集約し、警告、レポート、KPIを通じて、製造現場の従業員に役立つ有効な情報や指標を提供できる。また情報伝達のコストを大幅に削減しながら、リアルタイムの意思決定を実現できることから、タイムリーに生産性を向上できる。

③ 継続的なビジネスの改善

システムの提供するリアルタイム分析により、製造現場の従業員は、シックスシグマ、リーン生産方式、ライトファーストタイム生産方式など、プロセス改善に向けた様々な取り組みを監視、評価、分析、管理でき、PDCAサイクルをまわすことで継続的な改善を図れる。

④ 資産稼働率の向上

資産間/設備間の比較を実行することで、ベンチマーク、資産稼働率の最適化、費用対効果の低い資産の合理化を実施できる。

3. 5. 2 論理モデルによる統合実施例

東京工業大学・資源化学研究所・仲 勇治研究室では、プラントライフサイクルにわたる設計・建設・製造・保全などの諸問題にコンピュータシステムで対処するための理論体系の研究を進めてきており、プラントライフサイクルにわたる統合モデルにより、効果的かつ技術伝承を含めた高度な維持管理が行えることを実証してきている。この理論をソフトウェアとして実現したのがテクマスナビであり、その要点を紹介する。

(1) システム基本構造

理論体系として基本となるのが、図3.5.5の第3層で示した PROSEG (Process Operating Sequential Graph)、CGU (Controlled Group Unit)、MDF (Multi Dimensional Formalism) の三つの理論である。PROSEGはプロセスの配管や信号線による接続関係や伝播経路をグラフィカル表現したものであり、テクマスナビではフローシートそのものからデータを抽出しモデル化し、このグラフ表現を実現している。CGUは「複雑なプロセスであっても、設備領域ごとに独立して制御されている」との仮説を基に、制御弁を中心とした領域分割部品を所定のアルゴリズムで切り出したものである。これまでエンジニアが経験的に x x 工程のように切り出していた領域分けの考えを、論理的に裏付けたものといえる。MDFについては次項で解説する。

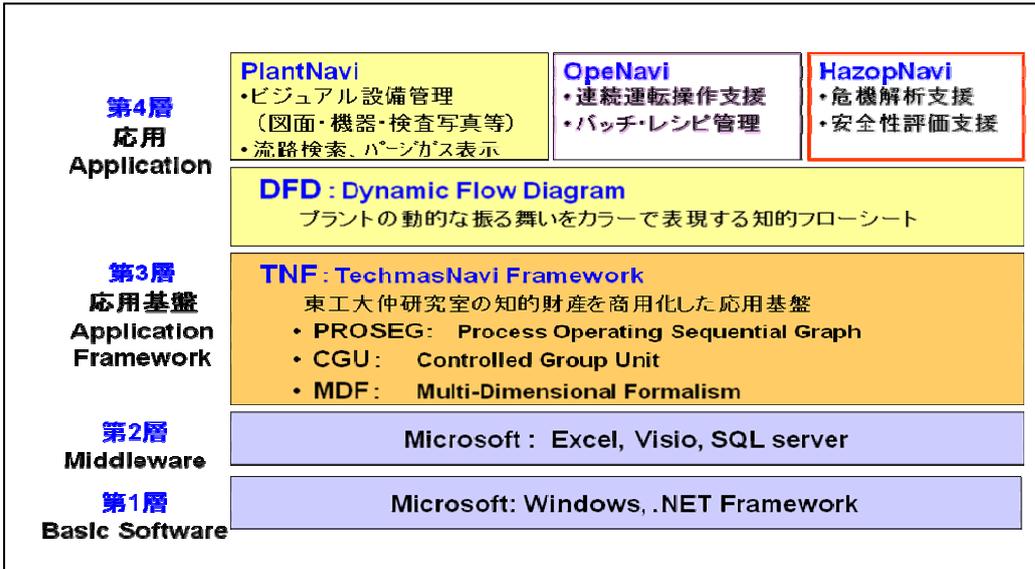


図 3.5.5 テクマスナビのシステム基本構造

(2) ポータルとしてのDFD

DFD (Dynamic Flow Diagram) は、通常エンジニアリングで使われているP&ID (EFD)、PFD、ISOME図などをユーザインターフェースとして利用し、構造モデルの機能を担うとともに、各種検索やプロセス状態のダイナミックな変化状況を表示するものである。

また様々な既存のシステムとの接続インターフェースが用意されており、部門間コミュニケーションのツールとして、組織間をまたがって業務革新を図ろうとするときの強力なツールになる。

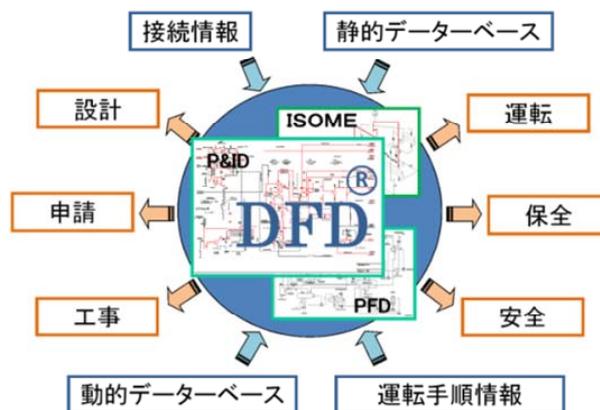


図 3.5.6 DFDによる情報共有

(3) 多次元統合モデル (MDF)

テクマスナビでは図 3.5.7 に示すように多次元的に運転管理 (operation and management

model)、物理的構造 (physical model)、プロセス挙動 (behavior model) の三つのモデルを統合した論理で体系化している。これにより設備改造を行ったときの運転手順の適正な変更、設備異常が起こったときの対処方法、設備の仕様限界を踏まえた最適運転方法の探索、運転履歴・保全履歴の設備改造へのフィードバックなど、様々な効用が期待できる。

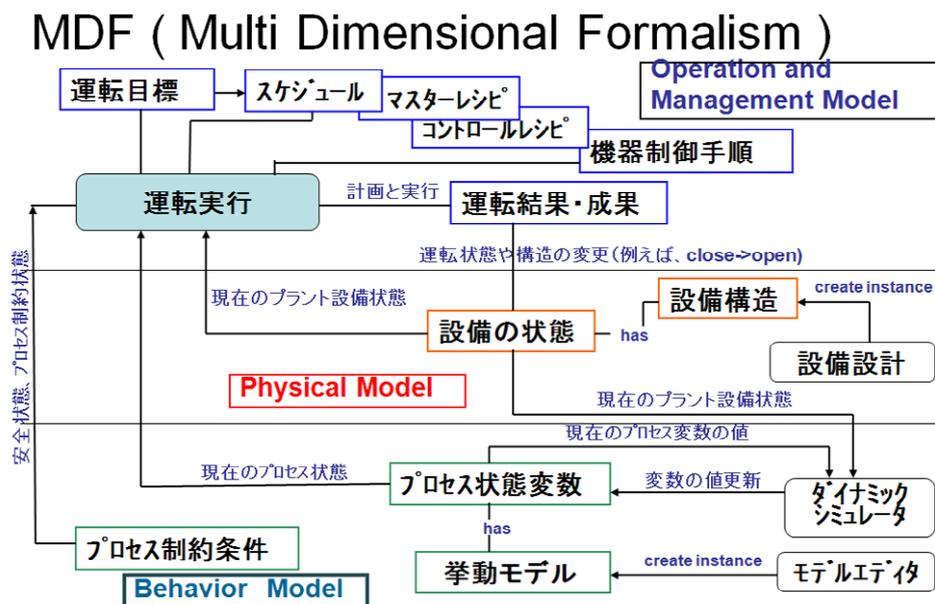


図 3.5.7 多次元統合モデル

(4) 統合モデル適用画面例

図 3.5.8 は、運転支援サブシステム OpeNavi の画面例である。プラントの運転手順を世界標準である ANSI S88 に準拠した構造で表現し、その手順に従って、バルブの開閉、ポンプの起動停止、配管の中の流動状態などを定性的にシミュレーションするものである。

通常の運転手順だけではなく、保全改造工事のための非定常操作で、一部の領域の機器や部品、配管などを取り換える作業で、仕切り板などで完全に遮断して安全性を確保できることを確認する時などにも使われている。

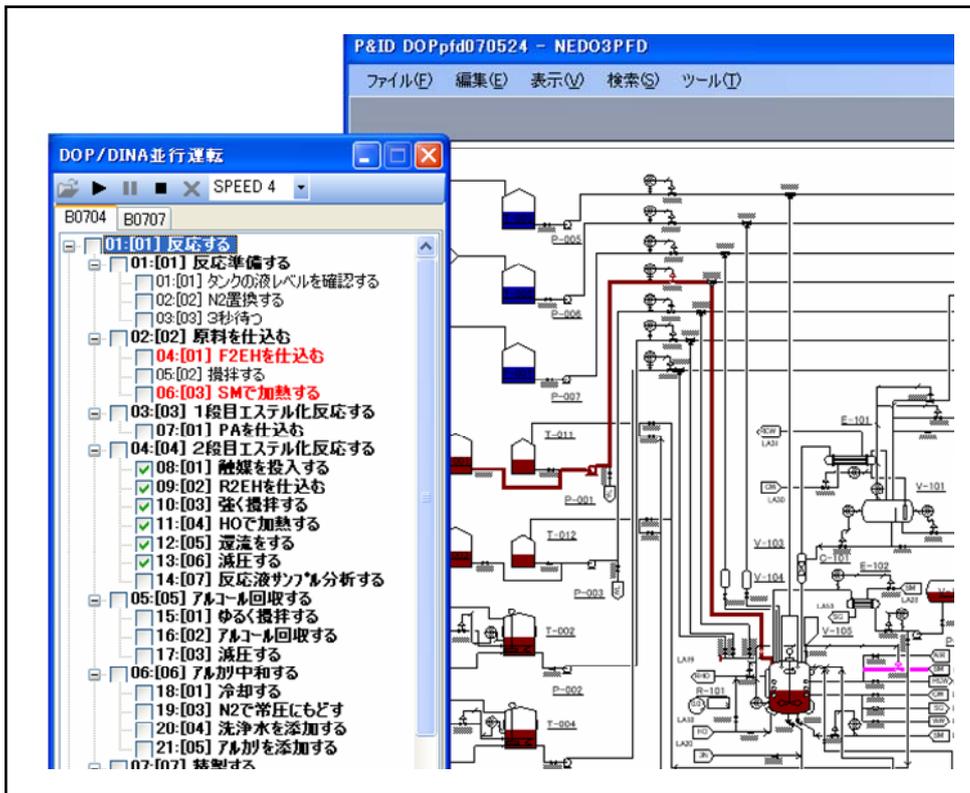


図 3.5.8 OpeNavi の画面例

図 3.5.9 は、プラント危険解析として HazopNavi は、ベテランの安全解析エンジニアの知識を挙動モデルおよびガイドワードとして格納し、DFD 構造モデルとの連動により解析を効果的に支援するシステムである。またその検討経過や結果を残し、データベースとして様々な利用が可能となっている。

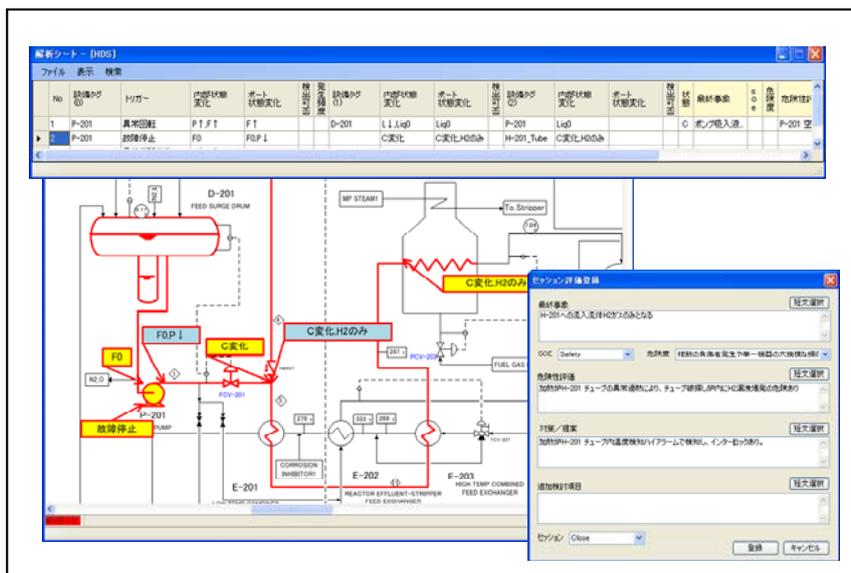


図 3.5.9 HazopNavi の画面例

第4章 シミュレーション評価に基づく運転と保全の統合計画

これまでに述べてきたように、設備の運転とメンテナンスの相互関係の考慮の仕方は、業種によって異なる。しかし、相互関係として考慮すべき項目は、業種によらず共通していると考えられる。そのため、運転とメンテナンスを統合的に考えて計画を立てるための枠組みを一般的に論じることは可能と考えられる。以下では、運転とメンテナンス(以下、O&M)の統合計画を立案するための、基本的手順を示す。ここでは、運転にせよメンテナンスにせよ、その目的は総合的な利益を最大化することであると見え、可能な計画案の中から、ロスを最小化する計画を選択することとする。更に、その計画手順を、加工組立系の生産と装置系の生産に適用した場合の考慮点を、それぞれ半導体設備と石油精製設備を例にとり議論する。

4. 1 O&M の統合と O&M 統合計画

近年では、オペレーションとメンテナンス(以下 O&M)の統合という考え方が提唱されている[1]。これは、設備運用の一部であるメンテナンス活動をメンテナンスに閉じたシステムとして扱うのではなく、運転と統合した一つのシステムとして管理するという考え方である。例えば、アセットマネジメントにおいては、設備を収益を生む資産(Asset)とみなし、その収益(Return On Asset)を最終的な指標としている[2]。このような見方からは、運転とメンテナンスは別物ではなく、ともに設備の収益に影響を与えるであろう O&M として統合的に管理することが必要となる。

O&M の連携を実現した設備管理を合理的に実施していくためには、以下の前提が必要となる。

- ①メンテナンスと運転に関するデータの収集と管理
- ②劣化進展予測のためのモデル化とそれに基づく機器健全度評価
- ③定量評価に基づく O&M 計画策定

設備にとって合理的な O&M 計画を策定するためには、その効果を定量的に評価することが必要であり、そのための手法の確立が求められる。また、このような効果の定量評価には、設備の健全性の評価が欠かせないが、そのためには、計画段階で将来の設備状態の予測を行う必要がある。このためには、運転などのストレスによる設備の劣化進展の予測を行うためのモデルを構築し、それに基づく評価の体系を構築する必要がある。更に、このような劣化評価モデルを構築するだけでなく、その改善を図っていく必要があるが、そのためには、メンテナンスと運転に関する日々のデータを収集し、活用できるように管理しておく必要がある。このように、両部門の情報の適切な共有に基づき、劣化進展モデル

を構築することで、O&M 計画を策定するまでの一連の仕組みを O&M 統合計画と位置づける。

4. 2 O&M 統合計画の策定手順

O&M 統合計画は図 4.2.1 に示すような手順で策定する。まずは対象設備の特定と準備を行い、次に O&M のそれぞれの特性である劣化・故障現象のモデル化と製品受注量のモデル化を行う。そして、ロス評価に用いるパラメータを取得した後に、定められた計画策定範囲の中で最適な O&M 計画を決定する。以下にその手順の詳細を示す。

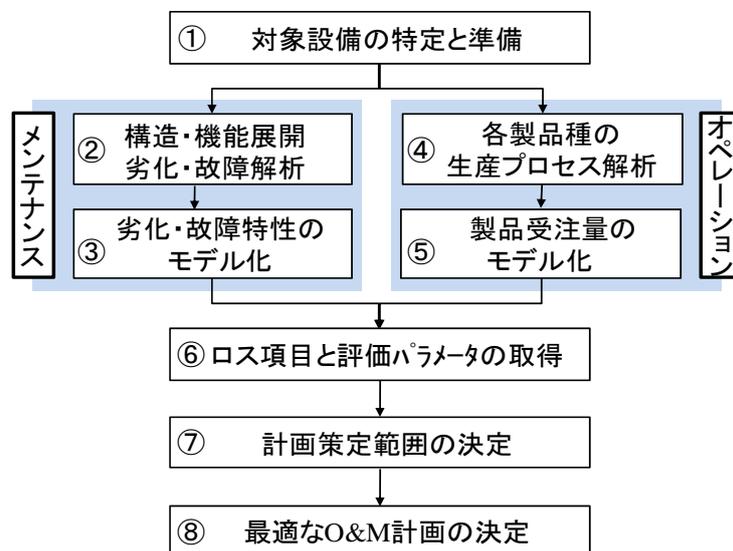


図 4.2.1 O&M 統合計画の策定手順

①対象設備の特定と準備

まず、O&M 計画策定の対象となる設備を特定し、②以降で使用するようになる構造、機能、運転条件、使用環境などに関する資料を用意する。また、対象設備の設備管理に関する法規制などの情報も取得する必要がある。法規制は、⑦で計画の策定範囲を決定する際に制約を与える要因になり得るからである。なお、ここで集められた情報が②以降で行う設定に大きく関わるため、情報の真偽や質には十分な注意が必要である。そして、対象設備の特性から最も重要な設備管理上の評価指標を定める。ここで定められた目的関数に基づいて、⑥ではロス項目を列挙し、⑧で最適な O&M 統合計画の決定を目指すことになる。

②構造・機能展開、劣化・故障解析[1]

設備に発生する劣化・故障を解析するためには、まず十分に設備を調査して理解する必要がある。そのためには、構造と機能の両面から設備を把握する必要がある。以下で、設備の構造と機能の把握のための構造・機能展開とそれに基づく劣化・故障解析の指針を示す。

● 構造・機能展開

設備の構造を把握するために、構造展開においては設備を階層的に分解していく。分解は、修復・交換などのメンテナンスの処置を行う単位まで行う。例えば、パソコンにおけるマザーボードは複数の部品からなるユニットであるが、メンテナンスの際にユニットとして修復・交換を行うのであれば、ユニットレベルまでの展開で十分である。機能展開では、構造展開で列挙された最下位階層アイテムにおいて劣化や故障が発生した際に、設備にどのような故障を引き起こすのかを解析するために、アイテム間の機能的なつながりを明確にする。

● 劣化・故障解析

始めに劣化・故障の定義について述べる。劣化とは設備の構成要素の物理的・化学的変化のことをいい、その発生過程に起因する現象を劣化メカニズムと呼ぶ。一方、故障とは機能的視点からの捉え方であり、設備又はその構成要素の挙動により実現機能に変化し、要求機能を達成しなくなることをいう。

劣化解析では、構造展開で抽出した最下位階層アイテムについて、そこで発生する可能性のある劣化モードを抽出する。そして、それぞれの劣化モードの影響伝播のパターンを明確にする。

③劣化・故障特性のモデル化

②で列挙された劣化・故障現象の進展評価を行うためのモデル化の指針を述べる。

設備で発生する全ての劣化・故障モードにおいて、劣化・故障の進展に関する状態量の値と故障発生可能性の関係が明確になっているのが理想であるが、現実では様々な理由によりそれを行えることは稀である。その主な理由としては、劣化・故障現象の発生メカニズムの知識不足や既存のデータレベルの不十分さなどが挙げられる。これより、モデル化の際には、既存のデータ量のレベルから適切なアプローチを選択する必要がある。

④各製品種の生産プロセス解析

①で収集した資料を基に、受注される製品の生産プロセスを明確にする。そして、各製品を製造する際のプロセスの手順とその所要時間を取得する。また、近年の複雑化する生産システムから、モデル化に際しては装置毎の能力差も考慮した計画策定を行うことが重要である。ここでいう能力差とは、装置毎の実施可能工程の違いのことである。これより、既存の設備で保有している装置又は保有を検討している装置について、それぞれの工程の作業が実施可能かを表 4.2.1 に示すように定める。この際、装置産業のように一つの装置で扱う品種が固定されており、直列プロセスを取る場合には、単位行列のような表が作成されることになる。

表 4.2.1 各製品種の所要時間と生産プロセス解析

| | 装置名 | 工程 | | | | | |
|--------|-------------|----|---|---|---|-------------|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | ... | N |
| | 所要時間 | 4 | 6 | 5 | 2 | | 7 |
| 実施可能装置 | ××× | | | ○ | | | |
| | ××× | ○ | | | ○ | | |
| | ××× | | | ○ | | | |
| | ・ ・ ・ | | | | | ・ ・ ・ | |
| | ××× | ○ | ○ | | | | ○ |

⑤製品受注量のモデル化

④で決定した製品の受注量を製品の特性より決定する。受注は評価期間中で定期的に定量的に発生するものとしている。ここでは、受注を受ける量と周期を決定することで、受注量のモデル化を行う。

⑥ロス項目と評価パラメータの設定

①で決定した目的関数に対して、考慮すべきロス項目を列挙する。ここでいうロスとは、設備において全く故障が発生せず生産が実行できる状態と比較して発生するものと定義している。

ロス項目は人、設備、外部環境の三つの側面から算出する[1]。一般に、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考えられる。設備に関しては保全と運転の二つの側面からロス

を考慮する。保全面のロス項目としては、予防保全時や緊急事後保全時の修繕費、設備停止をとまなう保全作業による待ち時間の発生が考えられる。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、生産量と受注量の差によって生じる生産機会損失などが考えられる。市場の需要より多量に生産を行えば在庫費用が生じ、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ロス項目として、機器寿命を考慮する。機器寿命が長いほど1期当たりの減価償却費を減らすことができ、ロスを低下させることができるからである。

⑦計画策定範囲の決定

⑧で最適な O&M 計画を決定する際の評価期間と、計画の選択肢の範囲を決定する。評価期間は、対象設備で扱っている製品のライフサイクルや、ロス評価に関わるパラメータの変動周期などから適切に決定する。なお、ここで設定した O&M 計画の策定範囲内ではか近似最適解は探索されないため、決定の際には十分な注意が必要である。

⑧最適な O&M 計画の決定

①～⑦で定めた設定条件に基づき、定量的な目的関数の評価により最適な O&M 計画を決定する。

一般に、計画策定が求められるような設備は装置数も多く複雑な生産工程を持つため、O&M 計画の候補の数も莫大になることが考えられる。これより、最適な O&M 計画を決定するには遺伝的アルゴリズム (GA) を用いた探索を実施する。図 4.2.2 に探索の手順を示す。

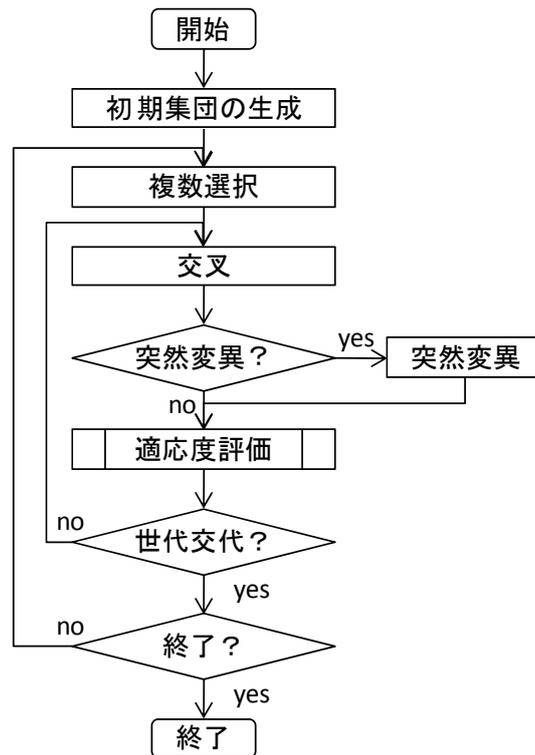


図 4.2.2 遺伝的アルゴリズムを用いた近似最適解の探索手順

4. 3 O&M 統合計画の最適化手法

本節では、O&M 計画問題を各製造業の持つ特性から分類し、問題の性質を明確にする。そして、それらの分類に基づき、O&M 統合計画を最適化するにあたって、どのような差異を考慮すべきかについて説明していく。

4. 3. 1 O&M 統合計画問題の分類

製造業を分類するにあたっては、加工・組立系産業と装置系産業という大別がよく用いられている[3]。加工組立産業は様々な工程で順々に加工を行っていくのに対して、装置産業は簡単には設備の停止・稼働ができないため連続的な運転の実施が基本となる。O&M の視点からは、前者ではどの工程間にメンテナンスを行うか、後者ではどのタイミングで設備を停止してメンテナンスを実施するかが重要な問題となる。また、加工・組立産業は、更にジョブショップとフローショップに分類することができる[4]。前者は、機械設備や装置の利用順序が異なる多数のジョブを対象とし、加工を行う生産形態のことである。それに対して、後者は全てのジョブにおいて、機械設備や装置の利用順序が同一である生産形態のことを指す。

計画策定の観点からみると、加工・組立系産業では各 O&M 工程を実施する装置と時刻を決定する問題であるのに対して、装置系産業では連続作業時間と SDM の実施時刻を決定する。このように、計画問題の性質は対象設備の種類により大きく異なってくる。

4. 3. 2 両問題における O&M 統合計画の最適化方法の提案

最適な O&M 統合計画を導出するためには、両問題の特性を反映させたアプローチをとる必要がある。中でも、各問題で何を変数にして O&M 計画の最適化を行うかは重要な問題である。また、計画の利益の期待値評価を行う際には、各 O&M 工程の実施時刻からなる O&M スケジュールに基づき行う。これより、可能ならば O&M スケジュールを変数に計画の最適化を行うことが望ましい。しかし、O&M スケジュールを変数として最適解の探索を実施することは困難である。よって、何らかの O&M の設定値を変数として定義し、それに対応した O&M スケジュールを導出する仕組みを構築する必要がある。また、遺伝的アルゴリズムでは、それらの O&M の設定値を染色体の構成要素として最適化を行うことになる。その際には、遺伝的アルゴリズムの特性上、染色体の構成要素は以下の条件を満たす必要がある。

- より効率的に良質な近似最適値を探索するために、目的関数への寄与が大きいこと。
- 構成要素の策定範囲からランダムに個体を生成しても、ある程度容易に良質な解候補を探索できること。

このような条件を満たす染色体の構成要素を問題の特性を考慮して決定する必要がある。また、適応度評価は構成要素に基づき行われるため、それぞれの問題に適応した計算手順を構築する必要がある。

両問題における O&M 統合計画の最適化の指針を以下で説明していく。

(1) 加工組立産業

加工組立産業では、複数の品種を扱い、より制約が複雑となるジョブショップスケジューリング問題（以下、JSP）を想定して手法を構築する。JSP では、複数の品種が受注され、それぞれ工程の処理の順序や工程数が異なるという特徴がある。これより、一般に JSP においては工程の前後関係の制約や装置ごとの実施可能工程の違いなどを考慮する必要がある。更に、これに加えて本問題では O&M 間のスケジュール制約も考慮する必要があるため、問題は更に複雑なものになる。なお、手法の構築にあたっては、工程の作業途中の中断はできない設備を対象とする。

また、計画手法では、目的関数を最適化する O&M の工程計画を決定することが目的になる。ここでいう工程計画とは O&M の実施スケジュールのことである。

①O&M 統合計画の決定変数（染色体の構成要素）

O&M スケジュールを染色体の構成要素としては、工程数の多い設備を対象とした場合には、一つ一つの要素のロスへの寄与が小さいことから解の効率的な改善は困難である。これより、ロスへの寄与が大きいことからメンテナンス側はメンテナンス方式とその周期を、オペレーション側はジョブの投入開始期を構成要素とする。メンテナンス周期は、短くすれば良品率を高く保てる反面、設備の稼働率を落としてしまう。一方で投入開始期は、遅くすれば在庫・仕掛ロスが減少する反面、納期遅れリスクが増える。

しかし、これらの構成要素からだけでは、O&M スケジュールを一意に定められないという問題がある。これより、適応度評価を実施する際には、これらの構成要素から O&M スケジュールを一意に定めるための何らかの工夫が必要となる。

②適応度評価

先に述べたように、本問題では計画の構成要素から一意に O&M スケジュールを求めた上で、適応度を評価するという手順をとる必要となる。これより、2 段階の処理からなる適応度評価を行う。第 1 段階では、数理計画法を用いて一意に O&M スケジュールを導出する。その際には、納期遅れ期数を目的関数とすることでより良質の解候補が導かれるようにしている。次に、第 2 段階では、劣化・故障モデルとロス評価のためのパラメータを用いて、導出された O&M スケジュールの適応度を評価する。

提案手法の適応度評価の実施手順を図 4.3.1 に示す。第 1 段階の O&M スケジュールの導出に対しては、動的計画法を適用するが、より高速に実施可能解を導出するためにラグランジュ緩和を用いる。また、第 2 段階の適応度の評価の際には、機器の劣化進展速度の不確定性を考慮するためにモンテカルロシミュレーションを適用する。

● ラグランジュ分解・調整による O&M スケジュールの導出

本項では、問題の O&M スケジュール候補を導出する際に用いるラグランジュ分解・調整の適用方法について説明する。

ラグランジュ分解・調整においては、基本的には実施可能解が導出されるまで求解を繰り返す。そして、その際にはより改善された解が導出されるようラグランジュ乗数をその都度更新する。また、緩和問題では装置の重複使用不可制約を緩和しているため、緩和問

題の最適解は実施可能解でない可能性がある。これより、一定回数の繰り返しを経ても実施可能解が導出されない場合には、緩和問題の解よりリストスケジューリング法を用いて実施可能解を導出する。この方法を用いることで、ジョブの投入開始期とメンテナンス方

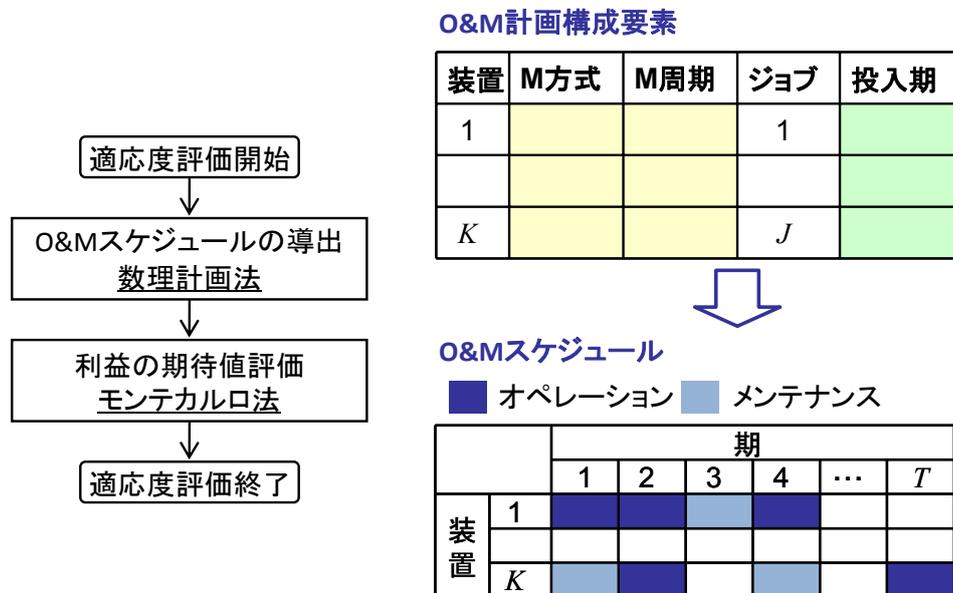


図 4.3.1 適応度評価の実施手順

式、メンテナンス周期から、基本的には納期遅れの出ない O&M スケジュールを定めることができる。

以下でその詳細について説明する。なお、これらの実施に際しては貝原らの方法を改良して用いる[5]。

a. O&M 統合計画問題の定式化

実施可能解の導出の際は、納期遅れ最小化問題とする。ジョブおよびメンテナンス j の納期遅れ時間を L_j とすると、原問題 P0 は以下のようなになる。また、各記号の定義を表 4.3.1 に示す。

なお、式(4-2)は一つの装置 k で同時刻 t に複数の工程は行えないという制約を表している。式(4-3)はジョブ j における納期遅れ期数の算出式である。式(4-4)は装置の使用状況を表しており、工程が割りつけられている装置に関しては 1 の値を取る。式(4-5)はメンテナンスの開始時刻と終了時刻が定められた尤度内で行われるという制約である。式(4-6)はジョブ j における工程 n_j の先行関係制約を表している。最後に、式(4-7)~(4-9)は数値の定義域を表している。また、生産とメンテナンスの工程は O&M 計画の決定変数に基づき行う。

$$\text{P0: minimize } \sum_{j=1}^{J+M} L_j \quad (4-1)$$

subject to

$$\sum_{j=1}^{J+M} \sum_{n_j=1}^{N_j} \delta_{j,n_j,k,t} \leq 1 \quad (4-2)$$

$$(k = 1, 2, \dots, K, \quad t = 1, 2, \dots, T)$$

$$\begin{aligned} L_j &= \max\{c_j - d_j, 0\} \quad (j = 1, 2, \dots, J) \\ L_j &= 0 \quad (j = 1, 2, \dots, J) \end{aligned} \quad (4-3)$$

$$\begin{aligned} \delta_{j,n_j,k,t} &= 1 \\ (k \in B_{j,n_j}, bt_{j,n_j,k} \leq t \leq ft_{j,n_j,k}, j = 1, 2, \dots, J, n_j = 1, 2, \dots, N_j) \\ \delta_{j,n_j,k,t} &= 1 \\ (mbt_{j,n_j,k} \leq t \leq mft_{j,n_j,k}, j = J+1, \dots, J+M, n_j = 1, 2, \dots, N_j) \end{aligned} \quad (4-4)$$

$$\begin{aligned} mt_{j,n_j,k} \leq mbt_{j,n_j,k}, mft_{j,n_j,k} \leq Mt_{j,n_j,k} \\ (j = J+1, \dots, J+M) \end{aligned} \quad (4-5)$$

$$\begin{aligned} ft_{j,n_j,k} < bt_{j,n_{j+1},k'} \\ (k \in B_{j,n_j}, k' \in B_{j,n_{j+1}}, j = 1, 2, \dots, J) \end{aligned} \quad (4-6)$$

$$\delta_{j,n_j,k,t} \in \{0, 1\} \quad (4-7)$$

$$bt_{j,n_j,k}, ft_{j,n_j,k}, pt_{j,n_j} \in \{1, 2, \dots, T\} \quad (4-8)$$

$$mbt_{j,n_j,k}, mft_{j,n_j,k}, mpt_{j,n_j}, mt_{j,n_j,k}, Mt_{j,n_j,k} \in \{1, 2, \dots, T\} \quad (4-9)$$

表 4.3.1 記号の定義

| | |
|-----|--------------|
| T | : 計画期間 |
| t | : 期番号 |
| J | : ジョブ |
| M | : メンテナンスの種類数 |

| | |
|-------------------------|---|
| j | : ジョブおよびメンテナンス番号 |
| N_j | : ジョブ j の工程数 |
| n_j | : ジョブ j の番号 |
| K | : 装置の台数 |
| k | : 装置番号 |
| $\delta_{j, n_j, k, t}$ | : ジョブ j の工程 n_j の t 期の装置 k 使用状況 |
| c_j | : ジョブ j の処理終了時期 |
| d_j | : ジョブ j の納期 |
| $bt_{j, n_j, k}$ | : 装置 k のジョブ j の工程 n_j の開始時期 |
| $ft_{j, n_j, k}$ | : 装置 k のジョブ j の工程 n_j の終了時期 |
| pt_{j, n_j} | : ジョブ j の工程 n の処理時間 |
| $mbt_{j, n_j, k}$ | : 装置 k のメンテナンス j の工程 n_j の開始時期 |
| $mft_{j, n_j, k}$ | : 装置 k のメンテナンス j の工程 n_j の終了時期 |
| mpt_{j, n_j} | : メンテナンス j の工程 n_j の処理時間 |
| $mt_{j, n_j, k}$ | : 機械 k のメンテナンス j の工程 n_j の開始限度 |
| $Mt_{j, n_j, k}$ | : 機械 k のメンテナンス j の工程 n_j の終了限度 |
| B_j | : ジョブ j で使用可能な機械集合 |
| $\lambda_{t, k}$ | : ラグランジュ乗数 |
| L_j | : ジョブ又はメンテナンス j の納期遅れ |

b. ラグランジュ緩和問題、部分問題の生成

原問題 P0 の装置の重複使用不可制約(4-2)を緩和し、ラグランジュ乗数 $\lambda_{t, k}$ とすると、以下の緩和問題 P1 が得られる。

$$\text{P1: minimize } \sum_{j=1}^{J+M} L_j + \sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T \lambda_{t,k} \left(\sum_{j=1}^{J+M} \sum_{n_j=1}^{N_j} \delta_{j,n_j,k,t} - 1 \right) \quad (4-10)$$

subject to (4-3)~(4-9)

次に、緩和問題 P1 の目的関数式(4-10)は以下のように変形することができる。

$$\begin{aligned}
& \sum_{j=1}^{J+M} L_j + \sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T \lambda_{t,k} \left(\sum_{j=1}^{J+M} \sum_{n_j=1}^{N_j} \delta_{j,n_j,k,t} - 1 \right) \\
& = \sum_{j=1}^{J+M} (L_j + \sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T \sum_{n_j=1}^{N_j} \lambda_{t,k} \delta_{j,n_j,k,t}) - \sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T \lambda_{t,k}
\end{aligned} \tag{4-11}$$

ここで、式(4-11)の第2項は定数であるため、ジョブ j に関して加法性を有している。そのため、問題 P1 は以下のようなジョブごとの部分問題 P1' に分解可能である。

$$\text{P1': minimize } L_j + \sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T \sum_{n_j=1}^{N_j} \lambda_{t,k} \delta_{j,n_j,k,t} \tag{4-12}$$

subject to (4-3)~(4-9)

c. 部分問題の動的計画法[6]による求解

動的計画法を用いて部分問題 P1' の最適解を求める。

動的計画法は、解くのに負荷が大きい複雑な最適化問題を複数の部分問題に分割することで効率的に解くアルゴリズムである。1940年代にベルマンが提案したが、今なお盛んに利用されている手法である。

問題 P1' において動的計画法で使用する再帰方程式は、現在までに割付けた全工程にとまって発生するペナルティの和で表すことが可能である。ここでいうペナルティとは、納期遅れ期数と装置の同時刻の重複使用の起こりやすさの和である。その再帰方程式 V_{j,k,n_j} は以下の式(4-14)で与えられる。

全てのジョブ j において、再帰方程式 V_{j,k,n_j} を工程 1 から工程 N_j まで順に解いていく。その際には、式(4-14)を用いてペナルティが最小となるよう装置の使用状況である $\delta_{j,n_j,k,t}$ を定めていく。これにより、全工程の実施時刻と使用装置を確定させ、納期遅れを最小化するジョブ j の最適スケジュールを求める。

$$V_{j,k,0} = 0 \tag{4-13}$$

$$V_{j,k,n_j} = \min(V_{j,k,n_{j-1}} + \sum_{t=bt_{j,n_j,k}}^{ft_{j,n_j,k}} \lambda_{t,k} \delta_{j,n_j,k,t}) \tag{4-14}$$

$$\min(L_j + V_{j,k,N_j}) \tag{4-15}$$

なお、再帰方程式の値が同値になり $\delta_{j, n_j, k, t}$ が一意に定まらない場合は、既に割りつけられているジョブおよびメンテナンスの実施回数が小さい装置から優先的に工程を割りつけていくものとしている。その計算の際には、装置負荷 Ld_k を用いる。 Ld_k はジョブ j の工程 n_j を扱っているとすると、以下の式のようになる。

$$Ld_k = \sum_{j \in P_j^k} \sum_{n_j \in P_{n_j}^k} Pt_{j, n_j} + \sum_{j \in P_j^k} \sum_{n_j \in P_{n_j}^k} mpt_{j, n_j} \quad (k \in B_j, n_j) \quad (4-16)$$

P_j^k :既に装置 k に割りつけられているジョブおよびメンテナンス j の集合

$P_{n_j}^k$:既に装置 k に割りつけられているジョブおよびメンテナンス j の工程 n_j の集合

このような方法をとると、メンテナンスばかりを行っている装置にジョブ工程が割りあてられない可能性もあるが、本問題の設定ではそれは起こりにくいと考えられることから本形式を採用した。

d. ラグランジュ乗数の更新

ラグランジュ乗数を調整するためには、通常は制約違反の量に応じて値を調整する更新ルールが利用される。このルールとしては、劣勾配法が有名である[7][8][9]。しかし、このような問題に劣勾配法を用いると解が振動する危険があることが確認されている[5]。ここでいう解の振動とは、頻繁な解の改悪にともない解が最適解に収束していかないことをいう。よって、本問題では対象とする問題において解の改悪を防ぐのに有効であると言われている単調非減少法を用いて以下の式(4-17)のようにラグランジュ乗数 λ の更新を行う[10]。

$$\lambda_{t,k}^{v+1} = \lambda_{t,k}^v + \max \left\{ 0, \alpha \left(\sum_{j=1}^{J+M} \sum_{n_j=1}^{N_j} \delta_{j, n_j, k, t}^v - 1 \right) \right\} \quad (4-17)$$

v はラグランジュ分解・調整法の繰り返し回数、 α はステップサイズである。上式では、装置の重複使用が起こっている場合に λ の値をより増加させることで次週以降の装置の同時刻の重複使用を起りにくくしている。

定められた数の乗数更新が行われたならば e へ、そうでなければ更新された λ を用いて再び d へ。

e. リストスケジューリング[11]による実施可能解の導出

緩和問題では装置の重複使用不可制約を緩和しているため、部分問題で導出した最適解は実施可能解でない可能性がある。これより、一定回数のラグランジュ乗数更新を繰り返したのちに装置の重複使用が解消されていない場合は、緩和問題の最適解を用いて実施可能解を導出する。実施可能解の導出には、緩和問題を解いて導出した下界値をもとに、リストスケジューリング法を用いることで良好な解が得られることが確認されている。

リストスケジューリング法とは、処理すべき仕事を何らかの基準に基づいて順序づけ、それを一列のリストとして記憶しておき、処理可能となった機械はこのリストの先頭にある仕事から順番に処理することとするスケジューリング法である。リスト構築の方式として、既存のディスパッチング規則を用いるものの他、スケジュールの評価基準に応じたアルゴリズムを用いるものも考えられる。スケジュールの良さはリストをどのような基準に従って決定するか依存する。

各工程の開始時間を基準値に工程を順々に先頭のものから作業が重ならないよう割りつけていく。以下にその手順を示す。

- (i) メンテナンス以外の全作業を緩和問題の解の開始時刻順に並べたリストを作成。
- (ii) 緩和問題の最適解に基づきメンテナンスの実施時刻を先に固定する。
- (iii) リスト内の作業を最早開始時間順に割り付ける。この際、他のジョブの工程やメンテナンスと実施時刻が重なってしまう場合にはその作業の直後に割り付ける。
- (iv) リストが空ならば終了、そうでなければステップ(iii)へ。

● O&M スケジュールの適応度評価シミュレーション

本項では、導出された O&M スケジュールの定量評価を行う際の指針を示す。利益は売上からコストを減ずることにより算出される。これより、利益を算出するためには生産により得られる売上と、O&M 活動により発生するコストを定量的に評価する必要がある。図 4.3.2 に、評価シミュレーションの流れを示す。図 4.3.4 に示すように、利益を評価する際には全ての評価期間における各装置の挙動を追うことで行う。まずは装置において t 期に運転を行っているかメンテナンスを行っているかを判断し、運転を行ったならば装置を劣化させ、運転費を累積する。そして、運転により故障が発生した場合には、他の装置のスケジュールを適切な期数修正し、事後保全コストを累積する。また、メンテナンスを行った場合には劣化状態を回復させ、メンテナンスコストを累積する。ただし、運転もメンテナンスも行っていない場合には、何の処理も行わないことになる。そして、評価期間中これを繰り返す。製品が完成した際には納期を守れているかを判定し、それにともない発

生ずる納期遅れロスや在庫ロスを累積する。このように、列挙されたロス項目に基づき、各装置の挙動や製品の出荷などにより発生するロスを累積していく。

また、より正確な評価を行うために機器の劣化進展速度の不確定性も含めた評価を行っ

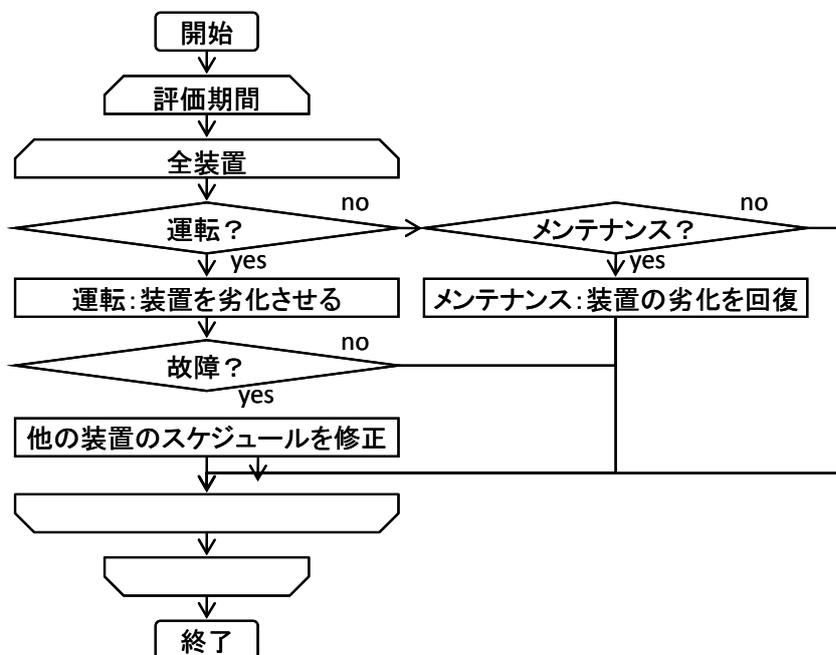


図 4.3.2 利益の期待値評価の実施手順

ている。これより、これらの評価を実施する際にはモンテカルロシミュレーション[12]により算出した評価値の平均値を用いている。

モンテカルロシミュレーションとは、現象の素過程を支配する確率法則が仮定できるときに、これらの素過程をあたかも実際に生起しているように計算機で発生させ、組み立てて、系全体のふるまいを調べる手法である。よって、確率法則からなる不確定性が含まれる本問題のような系を扱うときに用いられる。

(2) 装置産業

本問題では、一つの装置では一つの品種のみが製造可能であると想定する。先にも述べたように、装置産業では容易に設備停止・起動が行えないため、連続運転を基本とした設備運用がなされる。これより、本問題の対象設備では、設備停止をとまなうメンテナンスの実施時以外は運転を行っているものと仮定する。

①O&M 統合計画の決定変数 (染色体の構成要素)

装置産業においても、評価期間の長い設備では、O&M スケジュールを染色体の構成要素としても解の効率的な改善ができない。これより、ロスへの寄与が大きいことからメンテナンス側はメンテナンス方式とその周期を構成要素とする。それに対して、オペレーション側は各品種の毎期の生産レベルを構成要素とする。ここでいう生産レベルとは、時間あたりの最大可能生産量に対する生産量の割合のことを指す。装置産業では、基本的には連続運転が前提となるため、生産レベルの操作による生産損失と機器寿命の変化の影響が大きいことからこれを構成要素とした。生産レベルは、高くすれば生産高が増加し、売上が向上する。一方で、機器寿命が短くなってしまいうというトレードオフが存在する。これより、メンテナンス計画とともに適切な生産レベルを設定することが装置産業では重要となる。

②適応度評価

装置産業においては、メンテナンスを実施している場合を除いては、運転を常に行っていると仮定しているため、染色体の構成要素を用いて直接適応度評価を行うことができる。また、適応度評価に関しては、加工組立産業の問題で示した、図 4.3.2 と同一の方針で行うものとする。

4. 4 提案手法の事例評価

本節では、加工組立産業と装置産業の具体例として、半導体製造設備と石油精製業に提案手法を適用した評価結果例について説明する。

4. 4. 1 半導体製造設備における検証

(1) 特徴

トランジスタが発明されてから 50 年以上が経過し、半導体産業の歴史も半世紀以上に及んでいる。この間の技術進歩はめざましく、IC から LSI、超 LSI へと、高密度化、高集積化が次々と達成されてきた。半導体産業といえは全ての産業の中で最も先端的な製造技術によって製品を生み出す分野であり、それを生み出しているのが半導体製造装置である。以下に、半導体製造装置を他産業と比較したときの特徴を述べる。

- 一貫装置というものは存在せず、今までその開発に成功したことがない。ゆえに複数の異なる能力を持つ装置による加工が必須となる。
- 工程が長丁場であり、例え同一製品を作る場合でもメーカー毎に製造フローが異なる。また、当然製品によって製造フローは大きく異なることになる。

半導体製造工程は図 4.4.1 に示すように、いくつかのグループに区分される。単結晶とマスク製造工程はそれぞれ専門メーカーのテリトリーなので、一般には半導体製造工程といえは前工程と後工程のことを指す。前工程は、シリコン基板に加工処理を施すウェハープロセスと呼ばれる工程であり、後工程はウェハープロセス終了後にチップをパッケージに組み込み、テストする工程である。

半導体製造というのは数百にも及ぶ装置と工程により成り立っており、複雑な工程フローを持つ。これより、様々な工程フローの特性を反映した適切な計画策定が、設備の収益の最大化のためには不可欠である。

本問題では、製品の良品率に大きく寄与する前工程のみを想定し、O&M 統合計画の最適化を目指すものとする。

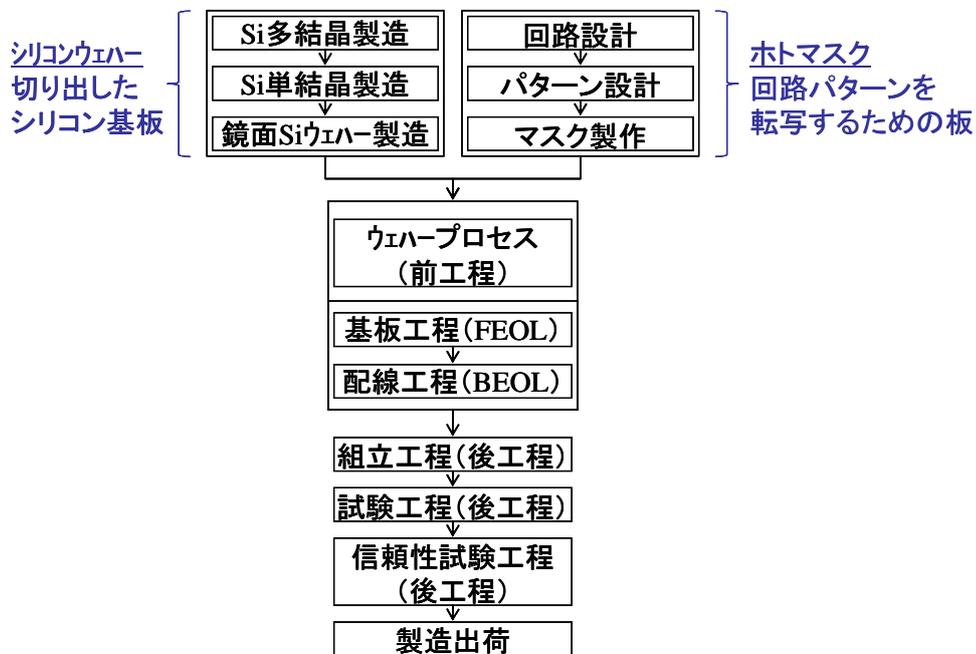


図 4.4.1 半導体の出荷までの製造フロー

(2) 計画策定上の設定条件

本節では、メンテナンス側の特性として、想定する対象設備の装置とそこで発生する劣化・故障モードについて述べる。そして、オペレーション側では扱う製品の特性と、その受注量のモデルについて説明する。

①対象とする劣化・故障モードとそのモデル化

対象設備において深刻な劣化現象であるパーティクル汚染を考慮する。パーティクルは、

装置において回路や化学品を削ったりすることによって発生する。加工を行えば行うほど装置の中にパーティクルが充満していき、それだけウェハーへもパーティクルが堆積しやすくなる。ウェハーにパーティクルが堆積すると、半導体回路が機能障害を起こす可能性が高まり、結果として製品の良品率を下げることになる。これより、対象設備においてはクリーニングと呼ばれる定期的な装置の清掃を行う必要がある。しかし、クリーニングを高頻度で行いすぎると設備の稼働率が落ちてしまうというトレードオフ関係も存在するため、定量的な評価による適切な計画の策定が求められる。

今までにも数多くの半導体製造装置におけるパーティクル現象の研究がなされてきた[13][14][15]。中でも、川崎らの研究[16]によってウェハーへのパーティクルの堆積量は、装置で処理を行った累積ウェハー数に依存することが分かっている。これより、川崎らのドライエッチング装置におけるウェハーへの堆積パーティクル付着量の計測データを対数曲線で近似することで、定式化を行う。近似の結果、 $\alpha_{\text{ドライエッチング}}$ は 97.091 に、 $\beta_{\text{ドライエッチング}}$ は -14.133 となった。以下に、対数曲線を用いて定式化した装置の劣化式(4-18)を示す。

$$PWP_{i,n} = \frac{\alpha_k \log_e Wtotal_k + \beta_k}{S_i} \quad (4-18)$$

($k \in B_{i,n}$)

$PWP_{i,n}$: 製品 i の工程 n におけるパーティクル付着量[mm²]

α_k, β_k : 装置 k における近似曲線の係数

$Wtotal_{i,n,k}$: 装置 k で製品 i の工程 n 実施時の累積処理ウェハー数

S_i : 製品 i のウェハーサイズ[mm²]

$B_{i,n}$: 製品 i の工程 n で使用可能な装置の集合

ドライエッチング装置以外の装置のモデル化に関しては、装置ごとの平均堆積パーティクル量のデータより比例計算を用いて定式化を行う。表 4.4.1 に各装置の平均堆積パーティクル量のデータを示す[17]。なお、現実では洗浄工程において多くのパーティクルが除去されることが予測される。これより、付着したパーティクルの 1%がウェハーに残存して堆積し、良品率に影響を与えるものとしている。

表 4.4.1 各装置の平均パーティクル数

| 装置 | 平均パーティクル数 /ウェハー |
|----------------|--------------------|
| ウェット洗浄装置 | 10 |
| 熱酸化炉装置 | 2 |
| イオン注入装置 | 20 |
| CVD装置 | 10 |
| PVD(スパッタ)装置 | 10 |
| ステツパ装置 | 1 |
| ドライエッチング装置 | 50 |
| アッシャ(レジスト除去)装置 | 10 |
| アニール装置 | 2 |
| CMP装置 | 0 |

また、製品の良品率はウェハーの汚染状態に応じて決定されるため、その定式化を行う必要がある。ウェハーの汚染状態と良品率の関係に関しては、様々な研究がなされている。中でも、Markle et al.の提案する以下の式(4-19)を用いる[18]。

$$y_i = \frac{1}{1 + A_i P_i \sum_n PWP_{i,n}}, \quad P_i = \frac{X_i^2}{W_i(W_i + F_i)} \quad (4-19)$$

- y_i : 品種 i の歩留まり
- A_i : クリティカルチップサイズ[mm²]
- X_i : 品種 i の最小汚染パーティクルサイズ[nm]
- W_i : 加工線幅[nm]
- F_i : パターンピッチ[nm]

この式は、ウェハーの回路設計やサイズの特性を反映させた劣化・故障式となっている。ここでいうクリティカルチップサイズとは、チップ中で、パーティクルが付着した時に機能障害が起こりうる領域のことである。パーティクルはサイズが小さいほど回路に入り込みやすくなる。そして、最小汚染パーティクルサイズ X_i はチップの回路機能を阻害しうるチップサイズのことである。加工線幅は回路設計の幅で、パターンピッチは回路線の間隔のことである。

②各製品種の生産プロセス解析

a. 対象とする製品

ライフサイクルが変動しにくく評価期間を決定しやすいという理由からMPU(Micro-Processing Unit)を対象とする。表 4.4.2 に対象製品とその特性を示す。A~F

の順に高スペックな半導体チップを想定している。なお、表の値のチップサイズ、線幅、ウェハーサイズは製品情報より抜粋した[19]。

表 4.4.2 各製品の特性と受注量

| 品種 | ウェハーサイズ | ウェハー/ロット | チップ面積 | 線幅 | ロット受注 |
|-----|---------|----------|--------------------|------|-------|
| 製品A | 300mm | 48枚 | 296mm ² | 45nm | 4/年 |
| 製品B | 300mm | 48枚 | 296mm ² | 45nm | 4/年 |
| 製品C | 300mm | 48枚 | 296mm ² | 45nm | 4/年 |
| 製品D | 300mm | 48枚 | 81mm ² | 32nm | 4/年 |
| 製品E | 300mm | 48枚 | 81mm ² | 32nm | 4/年 |
| 製品F | 300mm | 48枚 | 81mm ² | 32nm | 4/年 |

b. 対象製品の生産プロセス

高スペックな半導体チップほどチップ層が多くなるため、工程数も多くなると考えられる。これより、製品 A、B、C の工程数を 120 とし、製品 D、E、F の工程数を 100 とした。更に、半導体製造の工程フローの一例を参考に、各製品の工程フローを設定した[20]。また、各工程の所要時間は Akçali et al.の研究より表 4.4.3 のように設定した[21]。各製品の製造のための装置の使用回数を表 4.4.3 に示す。

表 4.4.3 各装置の工程所要時間と総使用回数

| 装置名 | 所要時間 [hour] | 総使用回数 | |
|----------|----------------|---------|---------|
| | | A, B, C | D, E, F |
| ウェット洗浄 | 4 | 25 | 20 |
| 熱酸化炉 | 4 | 12 | 11 |
| イオン注入 | 4 | 11 | 9 |
| CVD | 5 | 13 | 10 |
| スパッタ | 4 | 3 | 3 |
| ステツパ | 5 | 20 | 16 |
| ドライエッチング | 4 | 12 | 11 |
| アツシャ | 4 | 14 | 12 |
| アニール | 4 | 7 | 5 |
| CMP | 4 | 3 | 3 |

③製品受注量のモデル化

通常は、MPU のロットサイズはウェハー48枚であり、工場の半導体チップの最大年間生産量は 360,000 枚であることから[22]、表 4.4.2 に示すような対象製品受注頻度を設定した。また、受注は定期的に定量に発生するものと仮定している。

④ロス項目とパラメータの取得

a. ロス項目の列挙

3. 1節でも述べたように、ロス項目は人、設備、外部環境の三つの側面から算出する。そして、ロス項目は定量的に金額で表せるもので列挙する。図 4.4.2 にロス項目を展開したものを示す。

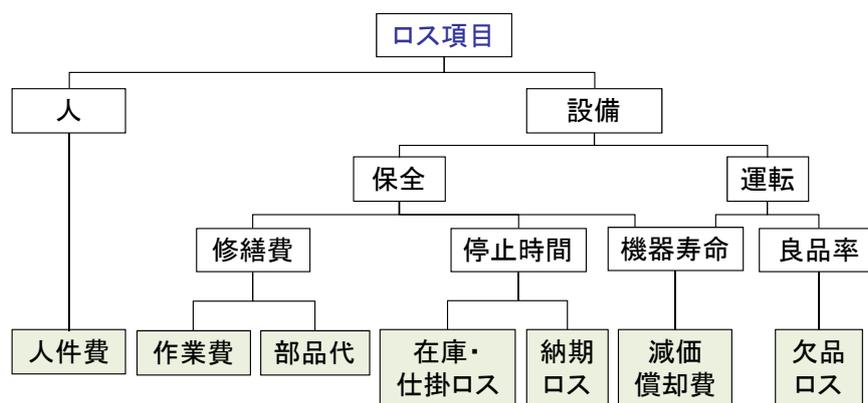


図 4.4.2 ロス項目の展開図

対象とする設備は、外部環境に与えるロスは少ないと判断したため、人と設備に関してのみ展開を行っている。人に関しては、メンテナンスや運転、在庫管理などにもなう人件費を考慮する。設備に関しては、保全と運転の両面からロス項目を展開していく。保全に関しては実施自体に要する作業費と部品代、停止時間により発生しうる在庫・仕掛ロスと納期遅れロスを考慮する。また、運転に関しては良品率の変動により、受注を満たせない場合の欠品ロスを考慮する。また、保全と運転の両者が関わる要因として、機器寿命による減価償却費の変化を考慮する。

なお、想定する装置は、劣化・故障よりも陳腐化が原因により廃棄されることが考えられる。その理由としては、半導体製造装置の活発な中古市場の存在が挙げられる。これは、より精度の低い製品を作っている設備に、自社の設備の装置を売却することによって成り立っていると考えられる。これより、機器寿命は O&M 活動の影響を受けないものとし、減価償却費の変化は考慮しないものとする。

b. 各項目のロスの計算方法とロス評価パラメータ

ロス項目は多岐にわたり、その全てを詳細に評価することは困難である。これより、評

価指標を限界利益とし、設備で発生する代表的なロス項目を変動費として評価するものとする。

(i) 売上

売上は、販売量と販売価格の積によって算出される。表 4.4.4 に各製品の販売価格を示す。

また、製品 i の販売量 Sa_i は以下の式(4-20)によって算出される

$$Sa_i = (S_i / a_i) \times \gamma \times y_i \quad (4-20)$$

なお、 a_i はチップサイズである。また、 γ はウェハーサイズとチップサイズからどれだけの数のチップが取得できるかを算出するための調整係数である。深川らの取得チップ数を最大化するためのウェハーのカッティング手法から、その値を 0.8 と仮定した[23]。

表 4.4.4 各製品種の販売単価

| 品種 | 単価 |
|-----|---------|
| 製品A | 0.103M円 |
| 製品B | 0.053M円 |
| 製品C | 0.035M円 |
| 製品D | 0.032M円 |
| 製品E | 0.023M円 |
| 製品F | 0.013M円 |

(ii) メンテナンスコスト

本問題におけるメンテナンスコストは人件費、クリーニングで使用する薬品代を考慮する。そして、人件費は 5,000 円/hour、薬品代は 10,000 円/回としている。検査実施の所要時間を 2hour、処置実施の所要時間を 4hour とすると、それぞれの作業で発生するコストは以下の表 4.4.5 のようになる。

表 4.4.5 各メンテナンス活動の必要コスト

| 作業 | 必要人数 | 所要時間 | 人件費 | 薬品代 | 合計 |
|---------|------|-------|---------|---------|---------|
| 検査 | 1人 | 2hour | ¥10,000 | 0 | ¥10,000 |
| 処置 | 2人 | 4hour | ¥40,000 | ¥10,000 | ¥50,000 |
| 検査 + 処置 | 2人 | 4hour | ¥40,000 | ¥10,000 | ¥50,000 |

(iii) 在庫・仕掛ロス

本問題における在庫・仕掛コストは、管理に必要な人件費と、資産を眠らせていることで発生する金利ロスを考慮する。人件費はメンテナンスコストの計算の場合と同様に、5,000 円/hour としている。在庫・仕掛の所有による金利ロスに関する研究としては、中谷らの研究がある[24]。この研究では、在庫・仕掛ロス単価は工程を経ることに価値が付加され向上していくものとしている。これより、現在の加工品の価値を原料価格と販売価格から線形的に推定した値を用いて算出する。その算出式(4-21)を以下に示す。

$$s_{j,n} = R_{j,n} \times r^{t_{j,n}}$$
$$S = \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^{N_j} s_{j,n} \quad (4-21)$$

- S : 全てのジョブ j の合計金利ロス
 $s_{j,n}$: ジョブ j の工程 n で発生した金利ロス[円]
 $R_{j,n}$: ジョブ j の工程 n における製品の価値[円]
 r : 1 期当たりの利率
 $t_{j,n}$: ジョブ j の工程 n の在庫・仕掛期間[期]

このように、製品の完成が近ければ近いほど、発生する金利ロスも大きな値になるため、それを考慮した管理が必要である。なお、利率を 0.03[%/month] とし、ウェハの原料価格は 8,000[円/枚]としている。

(iv) 納期遅れロス

納期遅れロスは納期遅れにより発生する違約金の罰金単価と、納期遅れ期間の積により計算する。予め納期遅れが発生するような計画を立てることは考えられないので、納期遅れにより罰金単価は 0.10[M 円/hour] と高めに設定した。

(iv) 欠品ロス

欠品ロスは良品率の低下により発生する欠品の罰金単価と、欠品製品数の積により計算する。納期遅れの場合と違い、欠品の場合は製品を納品すること自体ができなくなってしまいうため、納期遅れの場合より高く罰金ロスを設定した。なお、罰金単価は 1.00[M 円] と設定している。

⑤O&M 統合計画の策定範囲の決定

対象産業の決算報告周期より、四半期を評価期間としている。また、計画の策定範囲であるが、ジョブの投入開始期は受注より 10 日以内としている。メンテナンス方式は時間基準保全と状態基準保全のどちらかを選択するものとしている。なお、時間基準保全では装置のクリーニングを、状態基準保全ではウェハーへのパーティクル付着量の増加分を検査する。メンテナンス周期の策定範囲は次節で行う感度分析の結果をもとに設定する。

(3) 評価結果と考察

基本条件における装置数は 3、納期は 30 日とする。

また、ラグランジュ乗数更新のステップサイズ α は 0.05、最大回数を 10 とする。モンテカルロシミュレーションの試行回数は 100 回とした。

①メンテナンス周期に基づく感度分析の実施

感度分析を行う際には、メンテナンス方式は時間基準保全を用いる。また、ジョブの投入開始期は全て 1 期で統一している。メンテナンス周期を変化させたときの限界利益と変動費項目の評価結果を図 4.4.3 に示す。

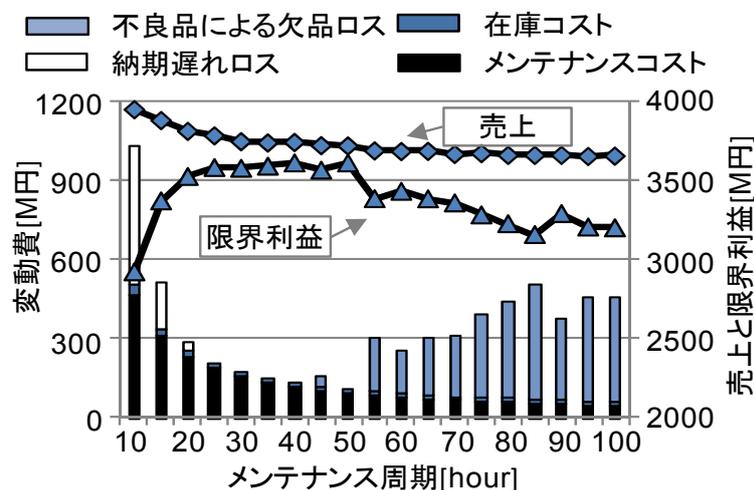


図 4.4.3 メンテナンス周期による感度分析の実施

②遺伝的アルゴリズムによる最適な O&M 計画の決定

メンテナンス方式は時間基準保全、状態基準保全から選択する。また、感度分析の結果よりメンテナンス基本周期は 20~70[hour]とする。各ジョブの投入開始期の範囲は受注を

受けてから 10 日以内とする。染色体数は 200、世代数は 100 とし、CCM による次世代生成のための交叉繰り返し回数は 10 回、突然変異率は 0.05 とする。

最適な O&M 統合計画の限界利益は 3,697[M 円]となった。この場合、劣化進展速度の遅い装置ほど状態基準保全が用いられている。また、工程数の少ない製品は遅く投入される傾向がある。図 4.4.4 に最大値、最小値、平均値の推移を示す。

また、最適な O&M 計画の各装置のメンテナンス方式とメンテナンス周期、そして各ジョブの投入開始期を図 4.4.5、表 4.4.6 に示す。

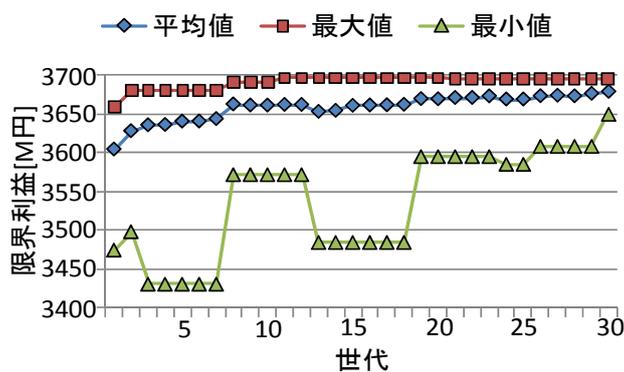


図 4.4.4 遺伝的アルゴリズムによる世代ごとの値の推移

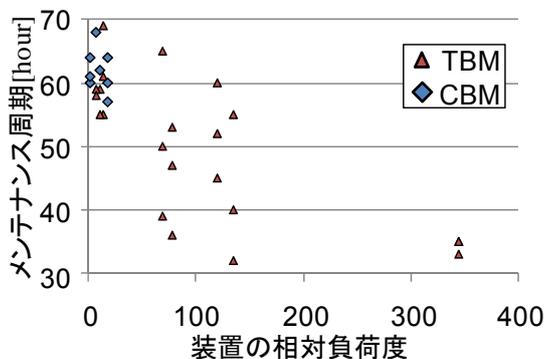


図 4.4.5 最適な個体の計画のメンテナンス周期とメンテナンス方式

表 4.4.6 最適な個体の各ジョブの投入開始期

| ジョブ | ジョブ 工程数 | ジョブ実施の 最低所要時間 | ジョブ投入 開始期 |
|-----|------------|------------------|--------------|
| 1 | 120 | 505 hour | 1 hour |
| 2 | 120 | 505 hour | 3 hour |
| 3 | 120 | 505 hour | 7 hour |
| 4 | 100 | 401 hour | 102 hour |
| 5 | 100 | 401 hour | 133 hour |
| 6 | 100 | 401 hour | 40 hour |

③考察

a. メンテナンス周期による感度分析

- 図 4.4.3 に示すようにメンテナンス周期が長くなるほど、装置への負荷が大きくなるため歩留まり率が低下する。そして、売上高も減少していく。
- また、歩留まり率の低下にともない、欠品による罰金ロスも増加していつている。
- メンテナンス周期が短くなると、設備の稼働率が落ちるため納期遅れ罰金ロスが増加する。また、メンテナンスコストも増加する
- これより、図 4.4.3 ではメンテナンス周期が 50[hour]のときに限界利益は最大値を取っている。

b. 最適な O&M 計画

- 図 4.4.4 より、各世代の最大値が徐々に改善されているのが分かる。また、時折最低値の値が改悪されているのは突然変異が原因である。このように、突然変異により新たな特性を持つ染色体を発現させることで、更なる良解が生まれる可能性を残している。
- 図 4.4.4 より、劣化進展の早い装置ほど、時間基準保全が使用されている。また、使用回数の多く劣化進展が早いほどメンテナンス周期は短くなっている。
- 劣化進展が遅い装置は、メンテナンスコストを少しでも抑えるために状態基準保全が多く適用されている。
- 表 4.4.6 より、ジョブ投入開始期は、工程数の少ない製品ほど遅くなっており、不必要な在庫・仕掛コストを抑えようとしていることが読み取れる。

4. 4. 2 石油精製業における検証

(1) 特徴

石油精製業における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、設備の状態監視を行う計測機器から成り立っている。

本事例の業種は装置工業であり、製油所内は 24 時間稼動し続ける一貫した連続プロセス生産である。対象装置の安全かつ効率的な生産のためにはメンテナンスが不可欠であり、一定期間毎にシャットダウンメンテナンス(SDM : Shutdown Maintenance)を実施している。

(2) 計画策定上の設定条件

①対象とする劣化・故障モードとそのモデル化

本問題では、以下に説明する 7 つの劣化・故障モードを対象とする。また、それぞれの劣化モードは独立ではなく、互いの劣化に影響を与えるものもあるので、注意が必要である。

a. 触媒効力の低下

対象装置では、脱硫反応を起こさせるために触媒が用いられている。触媒は運転時間の増加にともないその効力が低下する。触媒による脱硫の効果は、製品の収率に大きく関わるため、定期的な触媒の交換による収率の維持が不可欠となる。触媒の効力低下の進展速度と、影響についてはクリープ損傷の項で述べる。

b. コーキング

対象装置では、管内で炭素化反応が起こり、加熱管内壁に炭素(コーク)が堆積する。そして、コークは断熱作用をもたらすため、運転時間の増加にともない加熱管内の流体温度が次第に低下し、製品の収率が下がる。よって、収率を一定に保つためには、コークを除去するデコーキングというメンテナンスを実施する必要がある。コーキングの進展速度と影響については、クリープ損傷の項で述べる。

c. クリープ損傷

加熱管の表面温度を上げ続けると、クリープと呼ばれる管の劣化速度が加速する。クリープは高温、持続応力という条件下で発生する劣化であり、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[25]。高温下では加熱管内壁に堆積した炭素が管の内壁を侵食し、メタルダスティングと呼ばれる管の減肉が進行する。減肉により

管の断面積が減少すると、管にかかる応力が増加する。この結果、クリープ劣化の進行が助長される。よって、装置の安全かつ効率的な生産のためには、定期的なメンテナンスの実施が必要となる。

クリープ損傷による加熱管の寿命のモデル化を行うために、まずは触媒効力低下、コーキングと、加熱管の表面温度の上昇の関係について明確にする。そして、次に加熱管の表面温度と加熱管の寿命の関係を明確にすることで、管の寿命評価のモデル化を行う。

(i) 加熱管の表面温度

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。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 4.4.6、4.4.7 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線形的に増加していくものと仮定する。また、触媒効力低

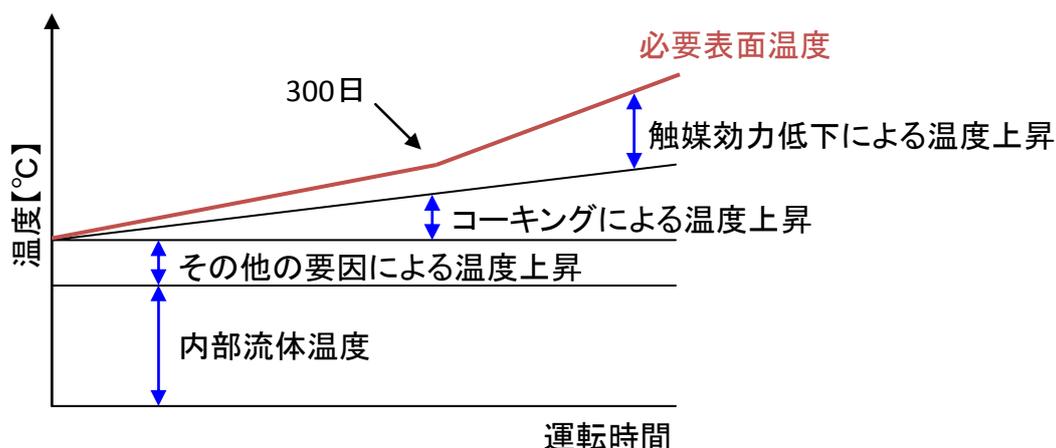


図 4.4.6 加熱管の必要表面温度の推移

下による温度上昇も線形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線形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。また、加熱管の表面温度は部位によって差が出るため、最も温度が高い部位をモデル化の対象としているものとする。

また、収率を一定に保つための時間当たりの必要表面温度の上昇は、触媒効力低下では $5.1[^\circ\text{C}/\text{ヶ月}]$ 、コーキングでは $2.7[^\circ\text{C}/\text{ヶ月}]$ としている。

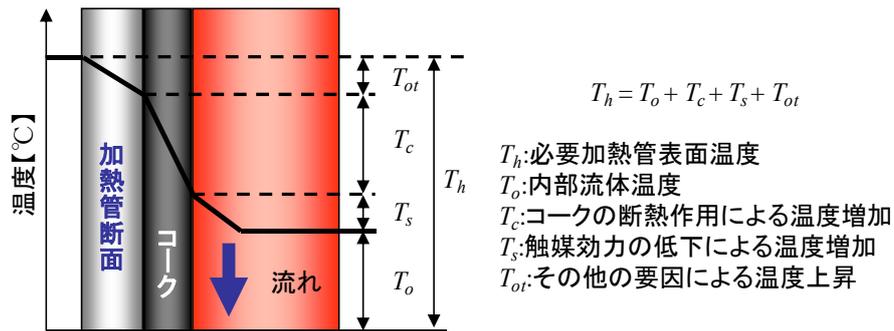


図 4.4.7 加熱管の必要表面温度の定式化

(ii) 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、長時間に及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[26]。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。

$$\log t_R = \log t_a + [(T + 273.15) - T_a] \times \left\{ \sum_{k=0}^5 b_k (\log S)^k \right\} \quad (4-22)$$

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。更に、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[27]。

図 4.4.8 は、クリープ寿命の不確定性と、寿命消費率の推移の関係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。

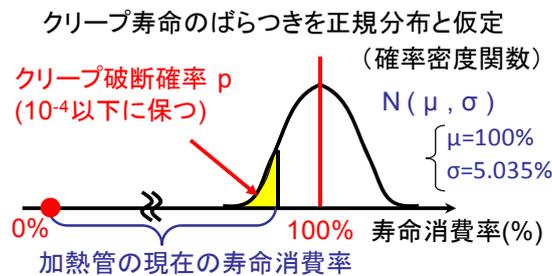


図 4.4.8 寿命消費率と破断確率の関係

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し、その値を基準にメンテナンスを実施する。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[28]。本問題における許容寿命消費率は、加熱管の破断確率が 10^{-4} となる値としている。

d. メタルダスティングによる加熱管の減肉

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。しかし、運転・環境条件、更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。そして、その進行速度を $0.001[\text{mm}/\text{ヶ月}]$ と設定した。更に、加熱管の肉厚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。本問題では、その値を管の厚さの 10% と設定している。

e. 炉内レンガのせり出し・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。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、運転時間の経過にともない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、次第にレンガが傾く。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設備を停止してレンガを補修する必要がある。よって、レンガの緊急事後保全時には多大な生産損失が発生することになる。

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。また、寿命を評価するためのワイブル分布は、形状パラメータ m を 12 に、尺度パラメータ η を 40 に設定した。劣化進展のモデル化を行う際には、ワイブル分布より乱数発生に基づき故障時点を設定し、劣化進展は線形的に進むと仮定して行う。

f. バーナーチップ詰まり、バーナータイル破損

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という役割を持っている。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。バーナー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。また、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。バーナーチップ詰まりのワイブル分布の形状パラメータを 12、尺度パラメータを 24 とする。また、バーナータイル破損の形状パラメータは 14、尺度パラメータは 30 とする。

②各製品種の生産プロセス解析

a. 対象とする製品

本問題では前述の通り、重油を脱硫することによって得られる脱硫重油のみを対象製品とする。

b. 対象製品の生産プロセス

本問題で対象とする設備は、加熱管、脱硫という直列プロセスを取るのので、特に工程ごとの実施可能装置を考慮する必要はない。また、対象は連続プロセス生産であるため、1つのプロセスでの生産量が全プロセスに反映される。これより、工程ごとの所要時間なども考慮する必要はない。

③製品受注量のモデル化

本問題では、受注や納期という概念は導入せず、製造した製品は全て売り切れるという想定で評価を行う。これより、受注量のモデル化については考慮しないものとする。

④ロス項目と評価パラメータの取得

a. ロス項目の列挙

ロス項目を展開したものを図 4.4.9 に示す。本問題では、人に関しては人件費、設備に関してはメンテナンスと運転の両面を考慮する。メンテナンスに関しては、作業費、部品代による修繕費を、停止時間による生産ロスを考慮する。また、運転に関しては、生産量の増減による生産ロスと、運転条件に関わる燃料費ロスを考慮する。また、メンテナンスと運転の両者が関わる要因として、機器寿命による減価償却費の変化を考慮する。そして、外部条件への影響としては、火災事故が発生した際の賠償金などを考慮する。

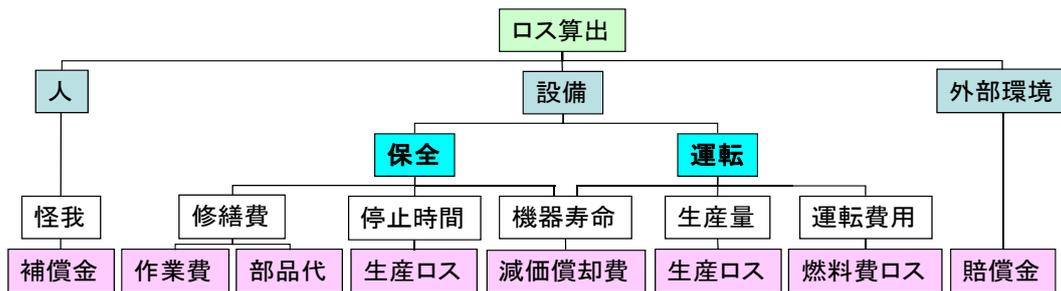


図 4.4.9 ロス項目の展開

b. 各項目のロスの計算方法とロス評価パラメータ

(i) 売上

売上は、販売単価と販売量の積によって算出する。その際の販売による限界利益単価は 8,440[円/KL]である。また、販売量は、生産レベルが 100%のときに 6,400[KL]としている。

(ii) 生産ロス

生産ロスでは、100%の生産レベルで運転を行った場合と比較したときの、生産量の減少分を考慮する。そして、生産ロスはその生産量の減少分と、販売価格の積によって算出する。

(iii) 予防保全コスト

予防保全コストは、人件費、部品代の和によって算出する。

(iv) 燃料費ロス

ここでは、必要表面温度の上昇により余分に発生する燃料費を考慮する。燃料費は、加熱管の表面温度上昇とともに線形的に増加していくと仮定している。そして通常時の燃料費に対するその増加分を燃料費ロスとしている。また、初期温度における燃料費は 1,000[円/KL]としている。

(v) 緊急事後保全ロス

緊急事後保全ロスでは、予防保全コストの場合と比較して、余分に発生するロスを考慮する。それは、加熱管破断時の周囲への賠償金や、バーナーチップ破損による燃料費ロスなどが例に挙げられる。また、燃料費ロスは、時間当たりの燃料費ロス単価と、処置終了ま

での必要時間の積によって算出する。なお、加熱管破断時の賠償金は 3,000,000,000[円]としている。また、バーナータイル破損時の燃料費ロスを 10[円/KL]、バーナーチップ破損時の燃料費ロスを 20[円/KL]とする。

c. ロス評価パラメータ

表 4.4.7 に、各ロス項目の算出方針に基づき決定された、メンテナンス活動のロス評価パラメータを示す。

表 4.4.7 各メンテナンス活動のロス評価値

(k-yen)

| | 運転 | | メンテナンス | | 補償費 | 合計値 |
|-------------------|-----------|-----------|---------|-----------|-----------|-----------|
| | 生産ロス | 燃料費ロス | 処置費 | 検査費 | | |
| SDM | 3,240,960 | 0 | 10,000 | *2 | 0 | 3,250,960 |
| SDM (デコーキング含む) | 3,619,072 | 0 | 220,000 | *2 | 0 | 3,839,072 |
| デコーキング | 1,998,592 | 0 | 210,000 | 0 | 0 | 2,208,592 |
| 高温 クリープ | 交換 | 4,861,440 | 0 | 2,000,000 | 0 | 6,861,440 |
| | 緊急事後 | 4,861,440 | 0 | 2,000,000 | 3,000,000 | 6,861,440 |
| MDによる 減肉 | 交換 | 4,861,440 | 0 | 2,000,000 | 0 | 6,861,440 |
| | 緊急事後 | 4,861,440 | 0 | 2,000,000 | 3,000,000 | 6,861,440 |
| レンガの 脱落 | 交換 | 0 | 0 | 2,003 | 0 | 2,003 |
| | 緊急事後 | 1,620,480 | 0 | 2,003 | 0 | 1,622,483 |
| タイルの 破損 | 交換 | 0 | 0 | 1,002 | 0 | 1,002 |
| | 緊急事後 | 0 | *1 | 1,002 | 0 | 1,002 |
| チップ 詰まり | 補修 | 0 | 0 | 1,004 | 0 | 1,004 |
| | 緊急事後 | 0 | *1 | 1,004 | 0 | 1,004 |

*1 燃料費ロスは運転時間に比例

*2 検査費は SDM 周期に依存

⑤O&M 統合計画の策定範囲の決定

メンテナンス面での計画の策定条件を述べる。メンテナンス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、高温クリープは 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。

運転面では、生産レベルを 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。生産レベルは扱う製品の性質から、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。

(3) 評価結果と考察

①感度分析の実施

まずは、問題の特性を把握するために、SDM 周期と生産レベルという O&M で特に影響力の大きい構成要素に関して感度分析を行う。その評価結果を図 4.4.10、図 4.4.11 に示す。

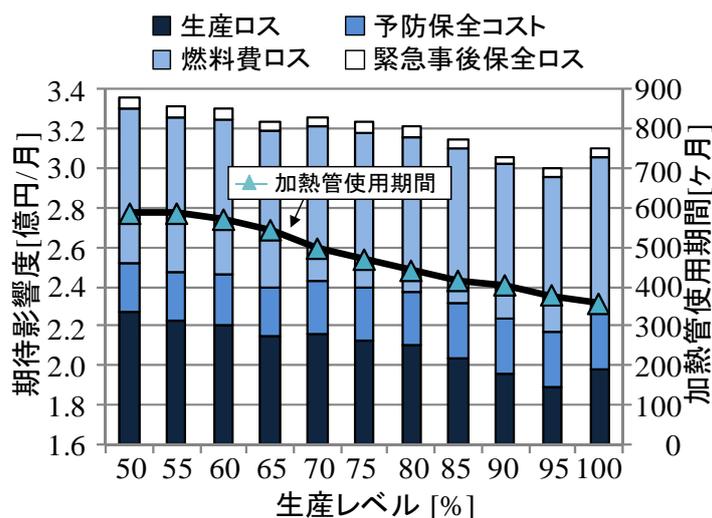


図 4.4.10 生産レベルに基づく感度分析の評価結果

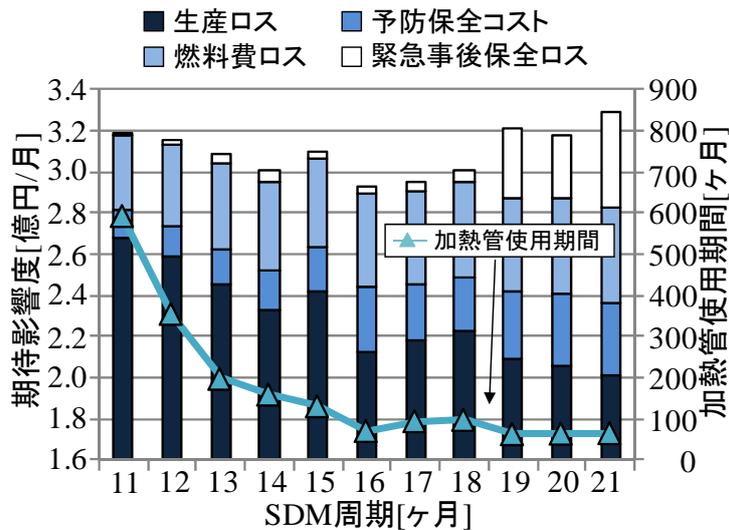


図 4.4.11 SDM 周期に基づく感度分析の評価結果

②最適な O&M 計画の導出

定められた計画の策定範囲の中で、限界利益を最大化する O&M 計画を探索する。なお、遺伝子数は 50、世代数は 30、突然変異率を 0.05 としている。その結果、ロスの期待値は 2.89[億円/月]となった。

なお、更なる解の改善のために、焼きなまし法(以下、SA: Simulated Annealing)による近傍探索を導入した評価を行った。感度分析による影響力の大きさから、近傍探索を適用する変数は SDM 周期とした。SA を実施する際の近傍の定義は、SDM 実施期を前後のどちらかにずらしてできる全ての計画候補であり、遷移先はその中から乱数発生により選択されるものとしている。GA と SA を組み合わせて導入した場合と、GA のみを実施した場合の最適値の世代ごとの推移を図 4.4.12 に示す。なお、最適 O&M 計画の組み合わせを表 4.4.8 に示す。GA と SA を組み合わせた最適化を行った結果、ロスの期待値は 2.88 となり、GA のみのときと比較して 0.1%の改善が行えた。これは 1ヶ月当たり 100[万円]の改善に相当する。

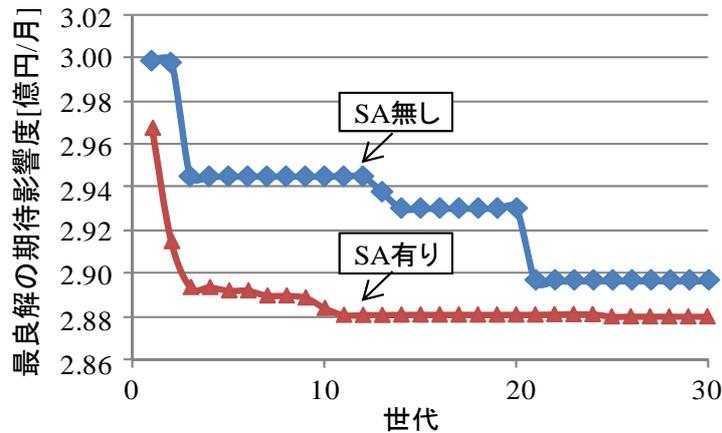


図 4.4.12 世代ごとの最適値の推移

表 4.4.8 最適な O&M 計画の組み合わせ

| SDM周期 | デコーキング | | ノズル交換 | | タイル補修 | | 期 | | | |
|-------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|-----|-----|-----|-----|
| | SDM 機会保全 | 優先 保全 | SDM 機会保全 | 優先 保全 | SDM 機会保全 | 優先 保全 | 1 | 2 | ... | 800 |
| 17 | 26 | 22 | 8 | - | 25 | - | 100 | 100 | ... | 100 |

③考察

a. メンテナンス周期と生産レベルによる感度分析

- 図 4.4.10 より、生産レベルを上げると機器寿命が短くなることが分かる。
- また、生産レベルを上げすぎると、機器寿命が短期化し予防保全による生産損失の占める量が多くなる。
- これより、メンテナンスを適切に組み合わせ、機器の状態を良好に保ちつつ生産レベルを上げていくべきだということが分かる。
- 図 4.4.11 より、SDM 周期を短くすると、メンテナンスによる生産ロスが増加し、緊急事後保全コストは減少していくことが分かる。
- また、メンテナンス周期が長くなると加熱管の使用可能期間は減少していき、一期当たりの予防保全コストは増加する。

b. GA による最適な O&M 計画の導出

- 図 4.4.12 より、SA と GA を組み合わせることで、より解の改善を行えていることが読み取れる。SDM を一定間隔で行わずに、前後に自由度を持たせることでよりロスを改善できることが分かる。
- 対象設備では、生産ロスが大きな影響を持つため、表 4.4.8 では生産レベルはほぼ全て

の期で 100%が採用されていた。

- 最適な O&M 計画で選択されているメンテナンス周期は、感度分析の結果と比較しても妥当な結果になっている。

4. 5 まとめ

生産設備の運用計画策定における特性を、加工組立産業と装置産業という観点から分類し、それぞれの計画策定手法について説明した。ここで、両産業の計画策定を行う際に考慮すべき差異を以下の観点からまとめていく。

- 対象設備の典型的な生産プロセス
- O&M 計画策定の決定変数
- 特徴的なロス項目
- 計画候補の評価方法

これらの観点から見た両者の特徴を表 4.5.1 に示す。

表 4.5.1 両産業の特徴の差のまとめ

| | 装置産業 | 加工組立産業 |
|--------------------|------------------------------|--------------------------|
| 対象設備の想定する生産プロセス | 全プロセスが連動する連続プロセス生産 | 種々のプロセスで処理を繰り返す流れ生産 |
| オペレーション計画の特徴的な決定変数 | 毎期の生産量 | 各工程の開始・終了時刻 |
| 特徴的なロス項目 | 運転費用 機器寿命の変化による減価償却費の変動 | 納期遅れロス 欠品ロス |
| O&M計画候補の評価方法 | メンテナンスの実施時以外は生産を行っていると仮定して評価 | 全てのO&Mの工程をイベントとして発せさせて評価 |

一般に、加工組立産業では複数のプロセスで処理を繰り返すことで製品を製造するのに対して、装置産業では製造は連動した一連の連続プロセス生産で行われる。これより、オペレーションスケジュールを決定する際には、装置産業では全ての装置を一つの生産装置として扱ったスケジューリングが可能であるが、加工組立産業の場合には装置ごとにメンテナンスとオペレーションの実施スケジュールを決定する必要がある。

一方で、O&M 計画の決定変数では、装置産業の場合は全ての装置のメンテナンス方式とメンテナンス周期、そして毎期の生産量により決定される運転スケジュールを考慮した。

なぜなら、先にも述べたように、装置産業では全ての装置を一つの生産装置として扱ったスケジューリングが可能だからである。これに対して、加工組立産業では、メンテナンス実施時以外の全ての時間において生産を実施しているとは仮定できないため、オペレーション計画としては全ての工程において開始時間と終了時間を明確にする必要がある。

次に、各産業の特徴的なロス項目について説明する。装置産業では、一般に収率を保つための運転負荷の操作が頻繁に行われるため、ロス項目としては運転負荷の変化にともなう運転費用や機器寿命の変化に特徴がある。一方で加工組立産業では、ある程度の割合の不良品の発生は予め想定されているため、その中で納期遅れロスや欠品ロスがどのように発生するかという点を評価する必要があるという点に特徴がある。

O&M 計画候補を評価する際には、各装置の工程計画である O&M スケジュールを基に行う。ただし、両産業の特性から、装置産業ではメンテナンスを実施していない時間は生産活動を実施しているという前提を置いて評価を行っている。

このように、両産業の特徴を考慮したロスを最小化した計画策定手法を構築した。なお、両者の問題設定に該当しない特性を持つ生産設備が存在するならば、それを考慮して手法を改良する必要がある。

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] 高田祥三: メンテナンスの新潮流, プラントエンジニア, Vol.38, No.11, pp.1-14 (2006).
- [3] 鈴木徳太郎監修, 日本プラントメンテナンス協会編: 新・TPM 展開プログラム, JIPM ソリューション (1992).
- [4] 村松林太郎: 生産管理, 朝倉書店 (1976).
- [5] 貝原俊也, 藤井信忠, 野中洋一, 蔵野嵩子: リエントラントフローショップにおけるメンテナンス計画に関する研究, 精密工学会誌, Vol.76, No.4, pp.468-473 (2010).
- [6] 黒田充, 村松健児: 生産スケジューリング, 朝倉書店 (2002).
- [7] M. Held, P. Wolfe, H. P. Crowder: Validation of Subgradient Optimization, Mathematical Programming, Vol.6, pp.62-88 (1974).
- [8] A. M. Geoffrion: Lagrangian Relaxation for Integer Programming, Mathematical Programming Study, No.2, pp.82-114 (1974).
- [9] M. L. Fisher: The Lagrangian Relaxation Method for Solving Integer Programming Problems, Manage. Sci, Vol.27, No.1, pp.1-18 (1981).
- [10] アディティア・ワルマン, 村松健児: 段取り時間のある多品目多段工程動的ロットサイズスケジューリング: ラグランジュ分解調整法, 日本経営工学会論文誌, Vol.53, No.5 (2002).
- [11] 社団法人日本オペレーションズ・リサーチ学会 OR 事典編集委員会: OR 事典 Wiki, <http://www.orsj.or.jp/~wiki/wiki/index.php/%E3%83%A1%E3%82%A4%E3%83%B3%E3%83%9A%E3%83%BC%E3%82%B8> (2011年1月20日アクセス)
- [12] James, R. E., David, L. O: Introduction to Simulation and Risk Analysis, Prentice hall, Inc. (1998).
- [13] Andrea Schirru, Simone Pampuri, Giuseppe De Nicolao: Particle Filtering of gamma processes for robust Predictive Maintenance in semiconductor manufacturing, 6th annual IEEE Conference on Automation Science and Engineering, pp.51-56 (2010).
- [14] 石渡裕, 鹿子嶋憲一, 尾保手茂樹, 鈴木功一: プラズマチャンバー内における放電箇所推定法の提案, 電子情報通信学会, vol.103, No.655, pp.81-86 (2004).
- [15] Daren Dance, Karen Gildersleeve: Estimating Semiconductor Yield from Equipment Particle Measurements, Semiconductor Manufacturing Science

- Symposium, pp.18-23 (1992).
- [16] 川崎洋補, 宮下治三, 菊池俊雄: In-Situ 真空パーティクルモニタによるパーティクル計測, 真空, Vol.41, No.9, pp.771-775 (1998).
- [17] Koji Nakamae, Hisanaga Ohmori, Hiromu Fujioka: A simple VLSI spherical particle-induced fault simulator : application to DRAM production process, Microelectronics Reliability, Vol.40, pp.245-253 (2000).
- [18] R. J. Markle, D. L. Dance, V. B. Menon: Employing Yield Models, in Situ Monitoring to Predict and Achieve Defect-Density Goals, Microcontamination, Vol.10, No.2, pp.37-41 (1992).
- [19] モバイル向け新 Core i シリーズの CPU 性能をじっくり調べてみた, +D PC USER, <http://plusd.itmedia.co.jp/pcuser/articles/1001/20/news030.html>, 〈2011 年 1 月 20 日アクセス〉
- [20] 前田和夫: はじめての半導体製造装置, 工業調査会 (1999).
- [21] Elif Akçali, Kazunori Nemoto, Reha Uzsoy: Cycle-Time Improvements for Photolithography Process in Semiconductor Manufacturing, IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing, Vol.14, No.1 (2001).
- [22] 300mm 工場建設・稼働計画, Electronic Journal, Vol.11, pp.52-53 (2010).
- [23] 深川容三, 品野勇治, 和田俱幸, 中森眞理雄, 取得チップを最大化するウェハ配置, 日本オペレーションズ・リサーチ学会春季研究発表会 (2005).
- [24] 中谷俊宏, 浅野誠, 太田宏: 納期厳守型ジョブショップスケジューリングにおける製品と仕掛り品の総在庫コスト最小化問題の最適解法, 日本経営工学会論文誌, Vol.54, No.2, pp.95-103 (2003)
- [25] 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.
- [26] 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.
- [27] 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/>
- [28] 南方哲也: リスクマネジメントの理論と展開, 晃洋書房, 2001.

第5章 調査研究のまとめと今後の課題

5.1 調査研究のまとめ

本調査研究では、運転と保全の統合的な管理の実現に向けて保全情報と運転情報の相互活用システムについて検討した。そもそも設備保全活動とは効率的、継続的な運転を可能にするために行うものであり、その効果は、運転効率の向上を通じて経営に貢献することによって評価されるからである。一般に、運転と保全の関係は2種類に大別される。一つは、それぞれの活動のスケジュール上の制約関係である。例えば、シャットダウンメンテナンス（SDM）を行えば、その間、運転を休止する必要がある。逆に、納期が迫っているなどの理由により運転を優先させなければならない場合は、保全の実施が先送りされることがある。運転と保全のもう一つの関係は、設備状態を通じた関係である。運転は設備状態の劣化を引き起こす一方、保全はそれを回復させる。設備の状態の変化は、一方で状態に応じた運転（CBO: Condition Based Operation）を要求し、また、他方で状態に基づく保全（CBM: Condition Based Maintenance）を可能とする。これらの2種類の相互関係を適切に考慮して、運転と保全を総合的に管理することが求められる。

本報告書では、第1章において、まず、様々な業種における運転と保全の統合に関して、現状と課題を整理するとともに、保全管理システムの機能と活用の現状についてまとめた。

保全の考え方は、業種によって差があり、保全管理のサイクルもそれによって異なってくる。例えば電力施設などでは、比較的長期的な計画に基づき運転と保全が行われているのに対して、自動車工場などでは日々の顧客の注文が直接生産計画に反映され、それを乱さないような保全活動が求められる。

いずれの業種においても、運転管理と保全管理のシステム化はそれぞれ行われているが、両者のシステムの連携は必ずしも進んでいるとはいえない。この原因の一つには、運転については、改善が運転（生産）効率の向上に直結し、その効果が直ちに明らかとなるが、保全の場合は、予防保全の実施が突発故障や機会損失の低減にどれだけつながっているのかが直ちには見えないという両者の特性の違いがあると考えられる。この結果、どうしても運転が優先され、その制約のもとで保全が行われるという一方向の関係になりがちである。

第2章においては、現状においても運転情報と保全情報の相互活用が比較的よくなされていると考えられる自動車工場と電力施設の現状を述べた。前者は、加工組立系の工場の典型例であり、多種多様な設備で様々な劣化・故障モードが発生する。それらに対応するために、運転および保全上の改善を継続的に行い、故障を抑え、高い設備総合効率を達成することで生産要求に応じている。システム的には、製造管理システムの情報が保全管理

システムに入力され、それを基に不具合原因の解析が行われ、種々の改善活動が実施されている。また、このような活動の一環として、工場で発生する不具合情報を設備設計や改善に反映させるいわゆる MP 活動も盛んに行われている。以上のように、自動車工場の例では、日々変化する市場動向に対応するために短い管理サイクルで運転と保全の活動が行われていることもあって、製造現場での運転と保全の連携は比較的良好にとれていると考えられる。しかし、無駄のない予防保全が実施できているかどうかという点に関しては、未だ課題を残しており、例えば運転負荷を考慮した保全の優先度付けなどは、運転と保全の統合の観点からの今後の課題といえる。

一方、電力施設においては、安定的な電力供給という目的を達成するために、長期的な計画の下で運転と保全の管理がなされている。想定される劣化・故障モードは、長年の運転経験と理論解析により比較的良好に把握されており、運転履歴などに基づく設備機器の健全性評価も行われている。ただし、比較的管理サイクルが長いこともあり、運転と保全が予め定められた制約の下でそれぞれ計画を立てている形となっていて、自動車工場などと比較するとより静的な関係の下での連携といえる。今後、運転と保全の管理サイクルの頻度を高め、より動的な連携を可能にしていくためには、運転のための監視制御システムと設備管理システムの情報連携を実現する必要がある。

第 3 章においては、保全情報と運転情報の相互活用のための情報システムについて、現状の設備管理システムと ISO 18435-1 の ADID (Application Domain Integration Diagram) を参照しながら詳しく論じている。

第 4 章においては、保全情報と運転情報の活用のあり方の一つとして、保全と運転にともなうロスを最小化するような統合保全・運転計画の手法について述べている。ここでは、策定可能な計画案について、それを実施した時の保全と運転に関するロスをモンテカルロシミュレーションにより評価し、最適な計画を決定する手法を提案している。また、この手法を半導体製造設備と石油精製設備に適用した例を示している。

5. 2 今後の課題

本調査研究においては、保全情報と運転情報の相互活用を図るという観点から、業種別の保全管理の特徴、および保全管理システムの現状と活用形態を整理するとともに、運転と保全の連携がある程度実現されている先進的な事例を把握することができた。また、保全情報と運転情報の相互活用のための情報システムについて検討を行い、情報連携の具体的なあり方について検討を加えた。更に、シミュレーション評価に基づく運転と保全の統合計画策定手法を示し、適用例によってその有効性を示した。

以上の研究により、保全情報と運転情報の相互活用について、その意義、システムの概念、相互活用による効果評価の方法などが明らかになった。今後は、この研究成果を基にして、相互活用のためのシステムの構築とその具体的な活用を推進していく必要があり、そのための課題として以下のような項目が挙げられる。

(1) 予防保全は、それが有効であるほど、何も起こらなかったという実績しか残さないもので、その効果を定量的に評価することは難しい。しかし、運転と保全を統合的に考え、全体最適化を図っていくためには、運転と保全の改善効果あるいはそれらにともなうロスを同一の尺度で測る必要がある。このためには、保全の効果を推定する仕組みが必要であり、そのための技術として本調査研究では評価シミュレーション手法を提案した。今後は、このようなシミュレーション評価を様々な業種で活用できるようにシステムの汎用化を図る必要がある。また一方では、個々の業種毎に、シミュレーションに必要な劣化・故障モデルなどの整備を行うことによって、評価結果の妥当性を向上させることが必要である。

(2) 企業でのヒアリングの結果によると、現状でも運転と保全の連携はある程度図られているという認識が一般的である。しかし、多くの場合、連携の内容はこの章の冒頭で述べた運転と保全のスケジュール上の関係においてであり、もう一つの関係である設備状態を通じた関係において、運転と保全の連携を図っている例は少ない。例えば、実際の運転負荷と劣化進行や故障発生との相関を定量的に求めた結果を設備診断に役立てることで、保全の実施時期を的確に判断するといったことができれば、より効率的な保全が可能となる。

(3) 以上のようなことを現実に可能にするためには、運転管理システムと保全管理システムとの間の情報交換が容易になっていることが必要である。そのためには、例えば、ISO 18435のような情報交換に関わる標準化の推進は不可欠であり、その実現に向けたさらなる努力が求められる。

資 料

製紙工場調査

1. 製紙工場の保安全管理

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、保全情報や運転計画情報の共有について先進（最新）の設備診断技術や設備保全技術を有する製紙会社の事業所の実態を調査したものである。ヒアリング調査時の議題は以下の通りとした。

- ①WG主査から本調査研究の主旨の説明
- ②製紙工場からの生産方式、保守・保全活動についての説明
- ③工場見学
- ④質疑応答

1. 1 訪問製紙会社の概要

(1) 工場概要

特徴：機械パルプ、化学パルプ、古紙パルプなどの多彩な原料を使い、4台の抄紙機、1台の塗工機により高品質の新聞用紙とコート紙を生産している。

| | | |
|---------|---|--|
| 敷地面積 | : | 623,233 m ² |
| 従業員数 | : | 333 人 (2010 年 4 月 1 日現在) |
| パルプ設備能力 | : | 木材パルプ 1,230 トン/日 古紙パルプ 1,430 トン/日 |
| 抄紙機設備能力 | : | 4 台 1,800 トン/日 |
| 塗工機設備能力 | : | 1 台 400 トン/日 |
| 動力設備能力 | : | ボイラー 5 缶 最大蒸気量 910 トン/時 タービン 5 基 出力 181,000KW (予備缶・予備機を含む) |
| 用水 | : | 阿武隈川 最大取水量 300,000 m ³ /日 |
| 年間生産量 | : | 紙 592,860 トン |
| 主要製品 | : | 新聞用紙、塗工紙、中質紙 |

1. 2 製紙工程

ボイラー、古紙処理設備、調整設備、抄紙機、ワインダーなどを見学した。

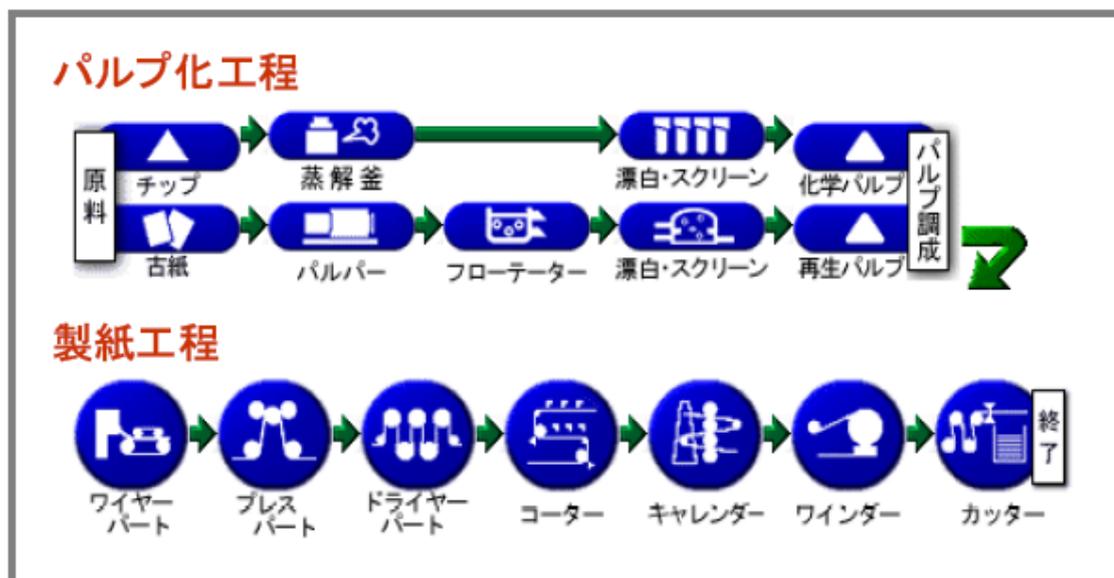


図 1. 2. 1 製紙簡易工程図

1. 3 設備保全の取り組み

(1) 設備の保全計画を立てる上での特徴について

設備は、24時間フル操業している。設備は、月毎の抄紙機の短期休転（0.5～1日間）と、1～2回/年の長期一斉休転（7～14日間）があり、この間で保全計画を立てる。

① 『抄紙機プラント』の抄紙機用具のライフサイクルに合わせて保全計画を立てる。

1ヶ月毎に停機して抄造用具（ワイヤー、プレス毛布、ロール、ドクターなどの消耗品）を取替え、そのタイミングで種々のメンテナンスを行う。

*ワイヤーやロール（ロールの表面性が悪ければ、ロールを換える）の交換を行う。

また、ポンプの調子が悪ければ、ポンプのメンテを行う。

長くても、1日の休転である。

② 『エネルギープラント』、『原質プラント』、『環境プラント』の長期一斉休転に合わせて保全計画を立てる。

1～2回/年ごとに停機し各部の掃除を行い、また各種（圧力容器など）官庁検査を受ける。この間に種々のメンテナンスを行う。

③ 計画では、長期休転計画、工事関係休転計画、現場関係休転計画が作成される。

a. 長期休転計画では、休転の日程と関連する設備の工事計画が示される。

b. 工事関係休転計画では、休転設備の担当部署と工事内容、工事時間割などが示

される。

- c. 現場関係休転計画では、作業項目に応じた担当者と作業ポイント、安全対策、作業時間および必要により応援者などが示される。

(2) 運転計画と保全計画相互で、調整又は相互活用について

製紙プラントは操業部門とメンテナンス部門が別れており、操業情報と保全情報を、各々相互活用して一体となって生産を実行している、というのが製紙会社の特徴である。

① 操業情報の入手と保全情報のアナウンス(保全部門の立場から)

月～金の午前中に開催される操業管理会議(操業・品質・安全・保全・事務などに関する連絡会で、工場内の全部門長が出席)や、保全部門が設備点検の際に運転情報を入手し、保全部門からメンテナンスに関する情報を操業部門にアナウンスする。

管理会議は、報告が中心である。トラブルがあった時は、会議の前までに関係者で調整して、マシンの停止時期、あるいは、スローダウンの実施などを報告する。あるいは、その会議で重要な決定をする場合がある。

② 計画停機と突発停機時

計画停機時は、故障の兆候がありその設備を修理する場合は、操業・保全部門と打合せにより休転修理内容などを決定する。

突発停機時は、突発的に故障が発生し設備を修理する場合も、同様の対応。停機により変更となった操業計画を見直す。

※計画停機の場合は、設備点検で故障の兆候を発見した場合はどのタイミングで修理するかが重要となる。

- 設備診断により余寿命判断を行い、かつ操業負荷の軽い日時を選択し修理を実施する。

※操業現場も計画体転当日までの秒速ダウンや、紙の種類の変更などの調整により停止損失の軽減を図る。

(3) 調整又は相互活用がなされている場合、どのような情報が交換されているか。

① 操業部門→保全部門へ

- a. 操業計画表(抄造予定、休転予定)。
- b. 休転での操業計画表(掃除・洗浄・用具替え予定、保全部門への依頼内容記載…打合せで確定)など。各抄紙機について、何をして、何を止めるという情報を全部門に連絡する。休転での操業計画表が全部門に行く。

② 保全部門→操業部門へ

- a. 休転での保全計画表(操業部門へ伝える修理計画内容記載…打合せで確定)など
長期の休転で1週間～2週間止める時は、予定表を作って保全計画を立てている。

1. 4 その他の質疑応答

- Q. 装置が異常の場合の止める、止めない、スローダウンするなどの判断について。
A. 設備装置の状態により判断している。
機械のスピードを変えて生産量を調整することはない。機械を止めて生産量を調整している。
24時間止めずに、12時間とするのは、人間の配置上の問題もある。
- Q. ロール交換について
A. 今までの経験値でどのくらいの劣化度かみて定期化、即対応化を判断している。
- Q. 軸受けの交換理由は何か？
A. 潤滑不良だ。給排油のライントラブルだ。
温度と振動で捉えている。ベアリングの音も常時診ている。
- Q. 月1回の停止について
A. 本工場では、月2回は止めている。
ロールの表面の状況によって作業する。ロールの面によっては、交換時期を変更する。
- Q. 突発のストップをした時の受注への対応に問題は出ないか？
A. 出る。その場合は、紙の種類にもよるが、他の工場からの製品を出して受注を守る。
- Q. 受注管理は、本社か？
A. そうだ。
- Q. 保全での突発停止と定期保全の割合は？
A. 突発停止の目標を5時間/月以内としている。通常は、メンテナンスで止めるより、製品的に品質が悪くなって止めることが多い。
- Q. パーツを共有化しているか？
A. 3年前はエリアメンテナンス（エリア担当）の形態であったが、今は全体を見ており共通化が進んでいる。あらゆるパーツだ。同じものがなくても、工夫すれば使える。
- Q. 保全の方式は？
A. 今までは、タイムベースでのメンテナンスが主体。現状は、コンディションベ-

スで管理するためにデータを収集中である。

Q. オーバーメンテがないようだが、保全精度を年々上げていくということは、C B Mが基本。タイムベースと比べたときの効果は？

A. 予備品の購入費が大幅に下がった。

配管は経年劣化。配管は肉厚管理している。要所、要所を切って行う。

配管などもC B M化に持っていこうとしている。

Q. 設備の交換などの基準はあるか？

A. 各現場でもっている。それぞれの現場の判断。

Q. それらの知識をデータ化して基準化することは無いか？

A. していきたい。

Q. 全社データベースで共有化しているか？

A. 配管減肉%の基準はある。同じ箇所であくことは、分っているので、そこは、現場で管理している。共有化にもって行きたい。

Q. 日常点検について

A. 外注を含めた人員で音、音度などを見ている。

工場の近辺地域に振動計を設置し、モニターしている。ロールの磨耗の可能としてみている？

Q. 保全の今年度の課題は？

A. 突発故障の減少だ。エネルギープラントは、止めると全プラントに影響が出るので、止められないという事情がある。

Q. 故障情報について？

A. 故障情報は、全社で共有している。本社でまとめている。

Q. データベース化しているか？

A. していない。

ただし、エクセルベースでの故障情報（今まで培ってきた故障上の解析をまとめたもの）として全社展開している。特に、新たな故障情報については展開を重要視している。

保全会議 1回/月での通知も実施している。

Q. 本社の設備技術と工場の保全は、どう関係しているか？本社の横串機能はあるか？

A. メンテに限らず、会社方針が出される。

Q. 本社発のコミットメント目標はあるか？

A. 一部保全に関する部分ある。

Q. 季節変化はあるか？

A. 季節というより、塩害などは大きい←電気関連に影響する。

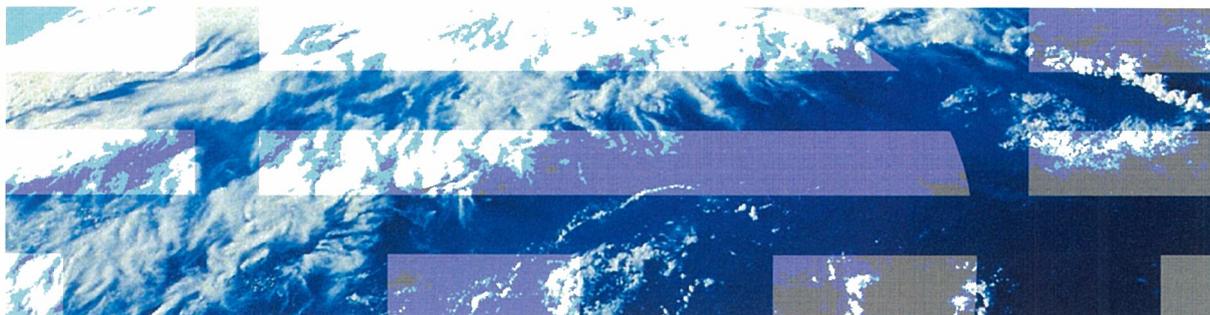
1. 5 まとめ

製紙会社の設備管理は、今まで培ってきたノウハウを積み上げて基準を整備し、それらを効果的に生かすことにより、設備の良好な運転を継続している。今後、他の業種と同様に、現場の保守担当者（高齢化が顕著）と不足感とそれを補う委託会社の担当者を含めて負荷増大と、保全に関するノウハウの継承の難しさを含めて、今後は更に人（熟練経験者）に依存する比率からシステム支援を活用する比率を多くする方向に舵を切ってくるものと思われる。

ただし、現場の知識と知恵のデータは豊富にあるが、まとめ切れていない。また、まとめるための人員も確保できていない、ということも含めてシステム化を容易にするツールなどの提供が望まれる。

講演資料—I

IBM スマートプラネット構想の基盤ソリューション IBM Maximo Asset Managementのご紹介

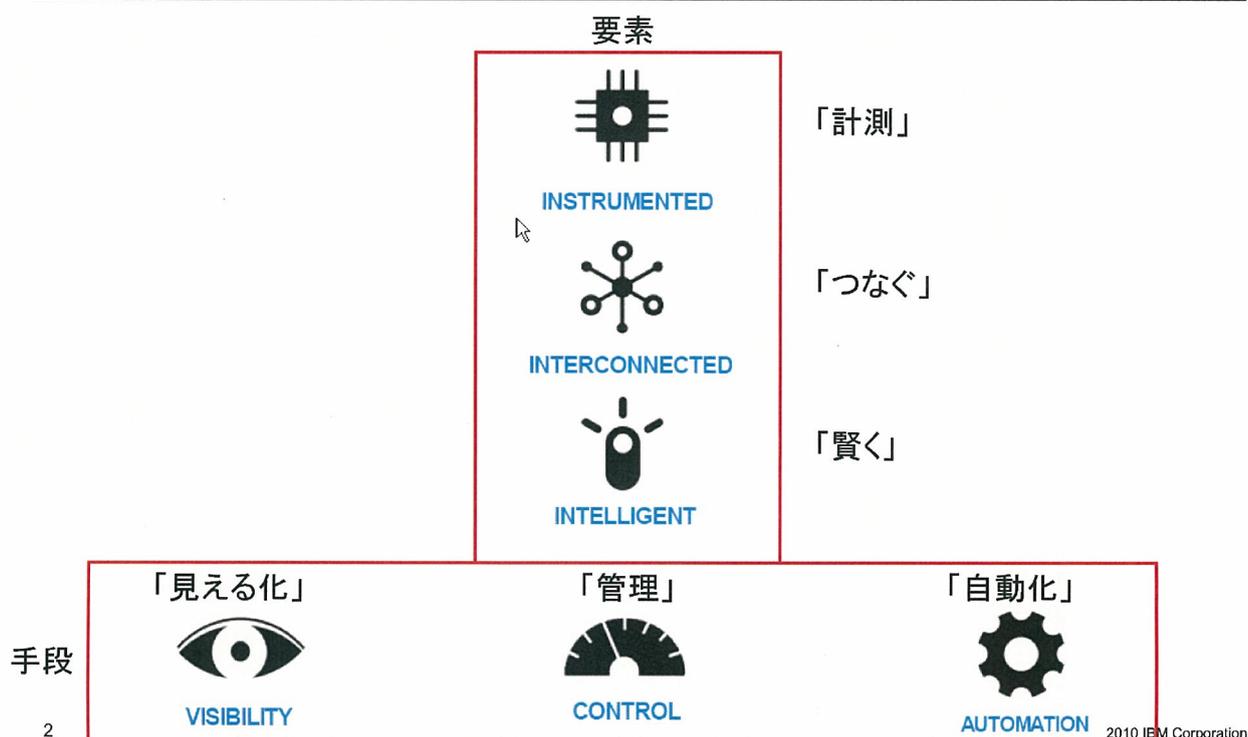


28/07/2010 |

© 2010 IBM Corporation

Maximo, IBM Software Group

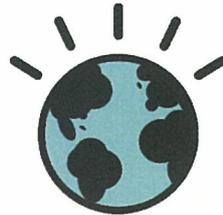
IBM Smarter Planet構想の要素と手段



Something meaningful is happening... - the world is about to get a whole lot Smarter

Every human being, company, organization, city, nation, natural system and man-made system is becoming interconnected, instrumented and intelligent.

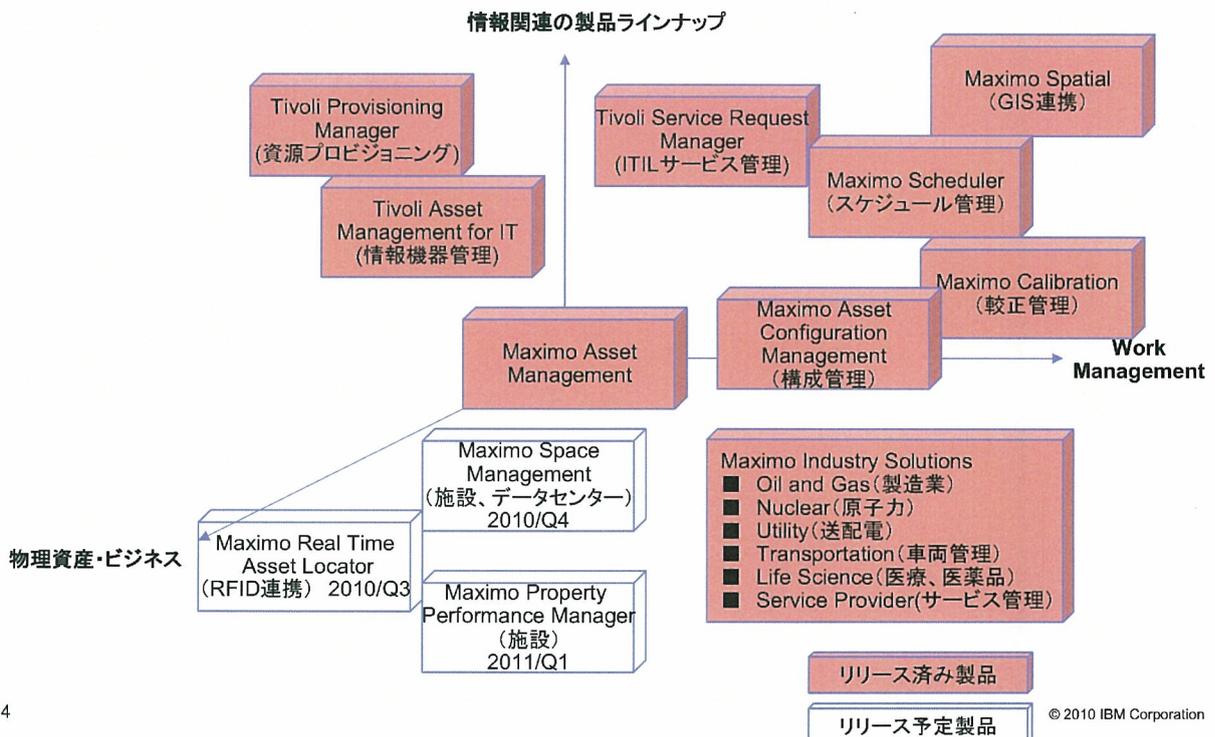
This is leading to new savings and efficiency—but perhaps as important, new possibilities for progress. **Maximo is at the center of IBM's Smarter Planet Agenda**



Recent News

- Smarter Water: LCRA, Australia Power & Water, Fukouka Japan,
- Smarter Transportation: DC Metro, Long Island Railroad
- Smarter Healthcare: Galveston National Labs
- Smarter Reference Presenting @ Pulse: Ling Tung University

Maximo製品の広がり: MaximoはIBMの開発プラットフォーム (Tivoli Process Automation Engineを使用した製品群)



Maximoの空港施設管理の事例

Maximoは米国や欧州の数多くの空港施設で、空港施設(ビル)、設備、誘導等、セキュリティ、情報機器を管理し、管理対象に関する作業、責任、コストなど多くの情報を記録し、改善プロセスのための情報を提供します。

McCarran International Airport (KLAS)

【概要】

全米No1の顧客満足度の評価を得る空港。

【管理対象分野】

- 建屋、昇降機、駐車場
- ボディングブリッジ
- パッケージハンドリングシステム
- 受電・配電システム
- 誘導灯
- セキュリティー関連機器
- 施錠
- 情報機器

ランドサイド(例: 空港ビル、エプロンなど)およびエアサイド(例: 滑走路、誘導灯、無線標識など)の両方を管理し、重要な作業および故障情報はNOTAM(Notice for Air Men)システムと連携。

ITILによる情報システム管理プロセスを全設備管理、建屋管理まで拡張。



5

BAA

【管理対象空港】

-ヒースロー空港、サザンプトン空港、スタンステッド空港、エジンバラ空港、アバディーン空港、グラスゴー空港

【管理対象分野】

- 建屋、昇降機
- 誘導灯: 18,000
- 配電設備: 200
- 消火用給水パイプ: 83Km
- 下水配管: 73Km
- 雨水配管: 300Km
- パッケージハンドリングシステム

Terminal-5は2008年より稼動
200,000を超える設備データの登録
Terminal-2(2013年完成予定)のデータ作成の準備中

【管理内容】

- BAAの全保全作業の管理・記録(全外注作業員を含む)
- No Data Entry = No Payment
- トラブル登録とスケジュール管理
- 各作業員のスケジュール管理
- 非作業時間の集計
- 生産性の把握



Heathrow空港のロケーション階層

© 2010 IBM Corporation

Maximoの公共機関での利用

Maximoは公共機関の統合化資産管理、作業・サービス管理のソリューションとして米国を中心に多くの公共機関で使用されています。

Corps Christi市

【概要】

- 米国テキサスの公共機関
- 人口280,000人
- 予算: 566M\$
- 職員: 2000名
- 管理対象契約者: 80,000

【管理対象分野】

- 上水関連設備: 174
- 下水処理施設: 6
- 上水管路: 1,500マイル
- 下水管路: 1,250マイル
- ガス配送
- 道路: 1,100マイル
- 公園、空港
- 交通システム
- CALLセンター



| Goal | Objective | Metric | Target | Actual |
|---|---|---|------------|---------|
| Provide Excellent Customer Service | Respond to and Resolve Requests in a Timely Fashion | % of Department's Customer Response Time Targets Met | >= 100.00% | 28.57% |
| Exercise Fiscal Discipline | Manage Spending to Meet Operating Budgets | % Expenditures Spent to Date | <= 100.00% | 79.95% |
| Exercise Fiscal Discipline | Manage Spending to Meet Operating Budgets | % Revenues Collected to Date | >= 100.00% | 51.49% |
| Provide Wise Stewardship of Financial Resources | Reduce Unit Cost of Service | % Reduction in the Incurred Cost for this Fiscal Year for Employees Injured This Fiscal Year | >= 7.00% | 74.78% |
| Provide Wise Stewardship of Financial Resources | Reduce Unit Cost of Service | % Decrease in the Number of Injured Employees With 1st Injuries, Compared to Previous Year Period | >= 7.00% | 46.15% |
| Provide Wise Stewardship of Financial Resources | Reduce Unit Cost of Service | % Reduction in preventable vehicle accidents | >= 10.00% | 76.00% |
| Provide Wise Stewardship of Financial Resources | Reduce Unit Cost of Service | Percent of Departments Meeting their Unit Cost of Service Targets (M) | >= 80.00% | 50.00% |
| Effective Internal Coordination and Communication | Provide Responsive, Reliable Internal Services | % of Departments Meeting Internal Business Systems & Equipment Availability Targets (M) | >= 100.00% | 100.00% |
| Effective Internal Coordination and Communication | Provide Responsive, Reliable Internal Services | Percent of Departments Meeting Internal Service | >= 100.00% | 87.14% |

Corpus Christi市バランスカード

6

City of Handerson (米国テキサス州)

【管理対象分野】

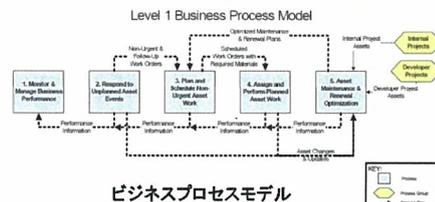
- 上水、下水関連処理施設
- 交通関連機器
- 建屋管理
- 上水供給関連設備
- 下水集積マス
- 洪水対策関連設備
- 道路観覧資産

市全体を巻き込んだプロジェクトとして設立。1999年から構想を検討しMaximoの導入を2009年から開始。現在導入中。

【目的】

- 計画メンテナンス、スケジュール管理の確率
- トラブルイベントの記録とその対応
- 在庫管理
- 保全の最適化と更新計画
- ビジネスパフォーマンス管理
- ES&H管理

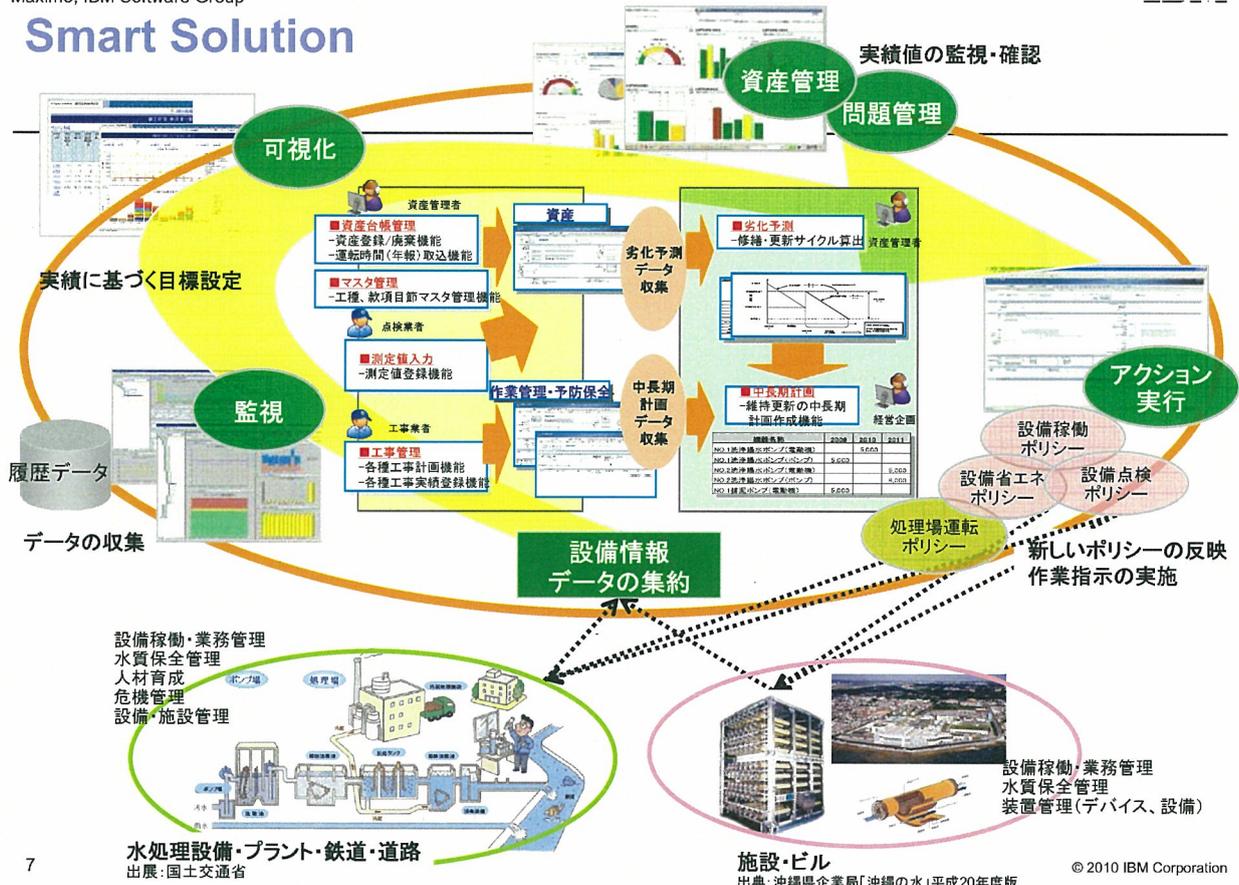
Business Process Scope & Context for the Proposed CMMS System



ビジネスプロセスモデル

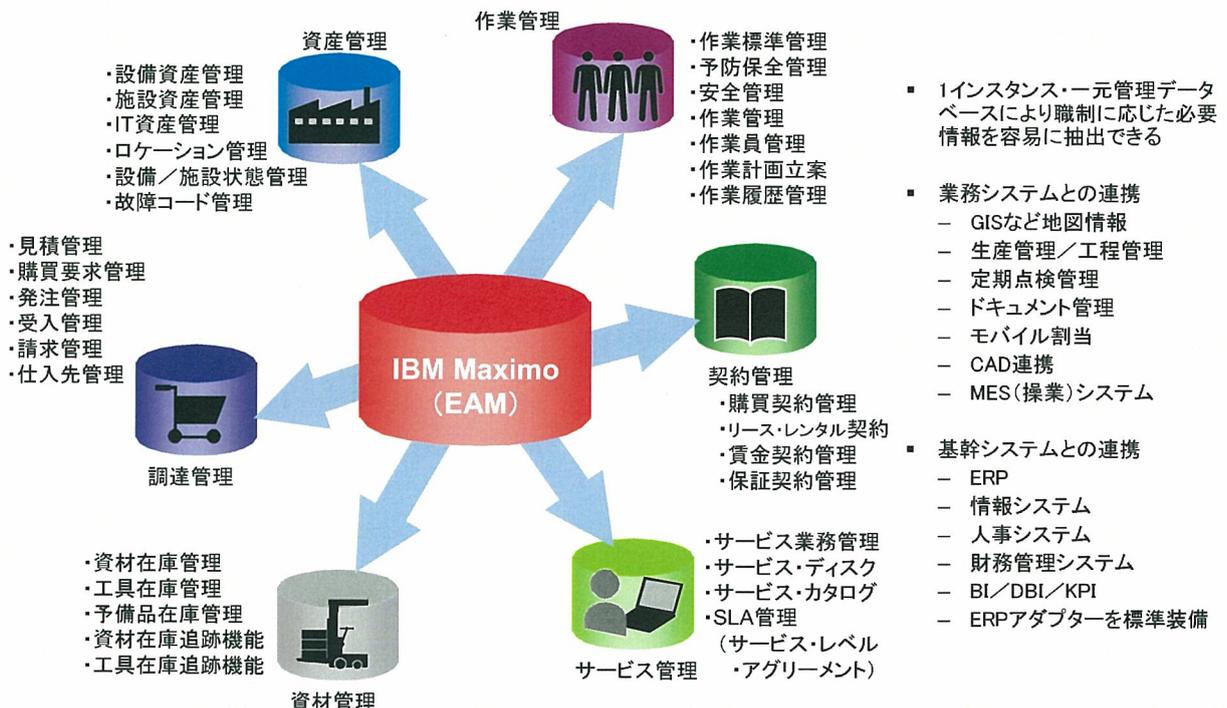
© IBM Corporation

Smart Solution



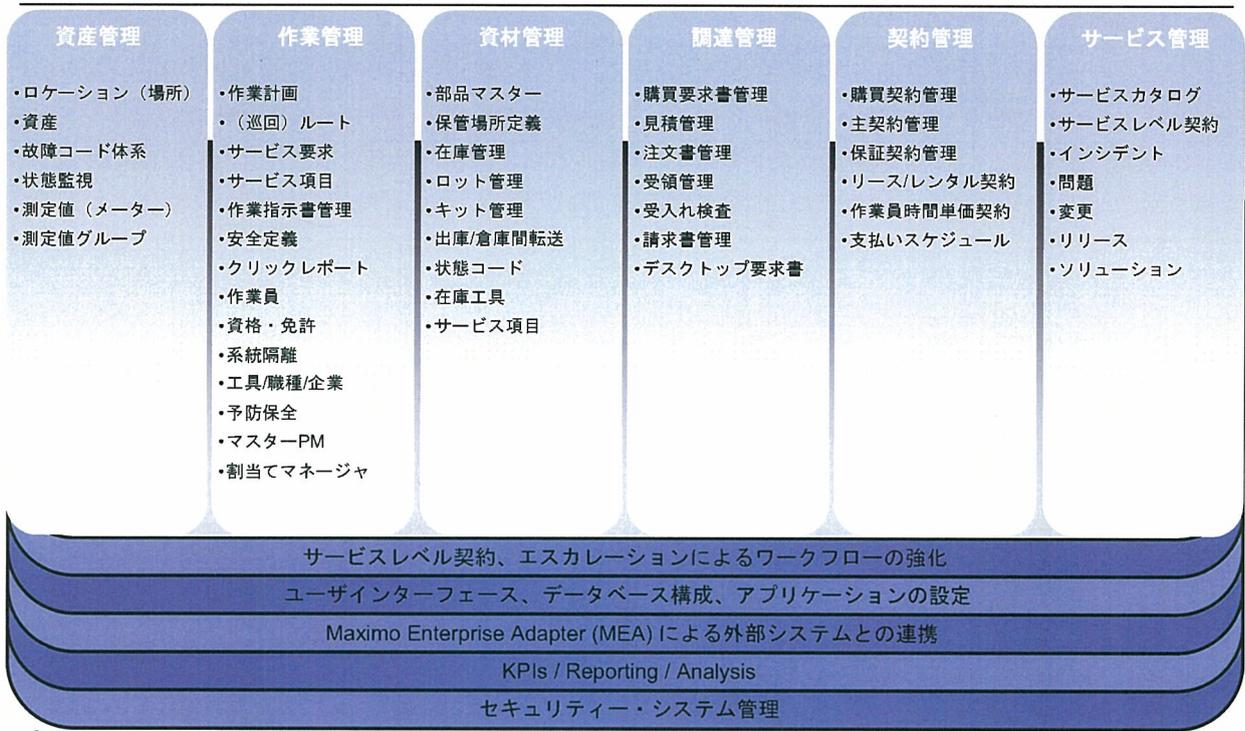
© 2010 IBM Corporation

IBM Maximoの全体機能



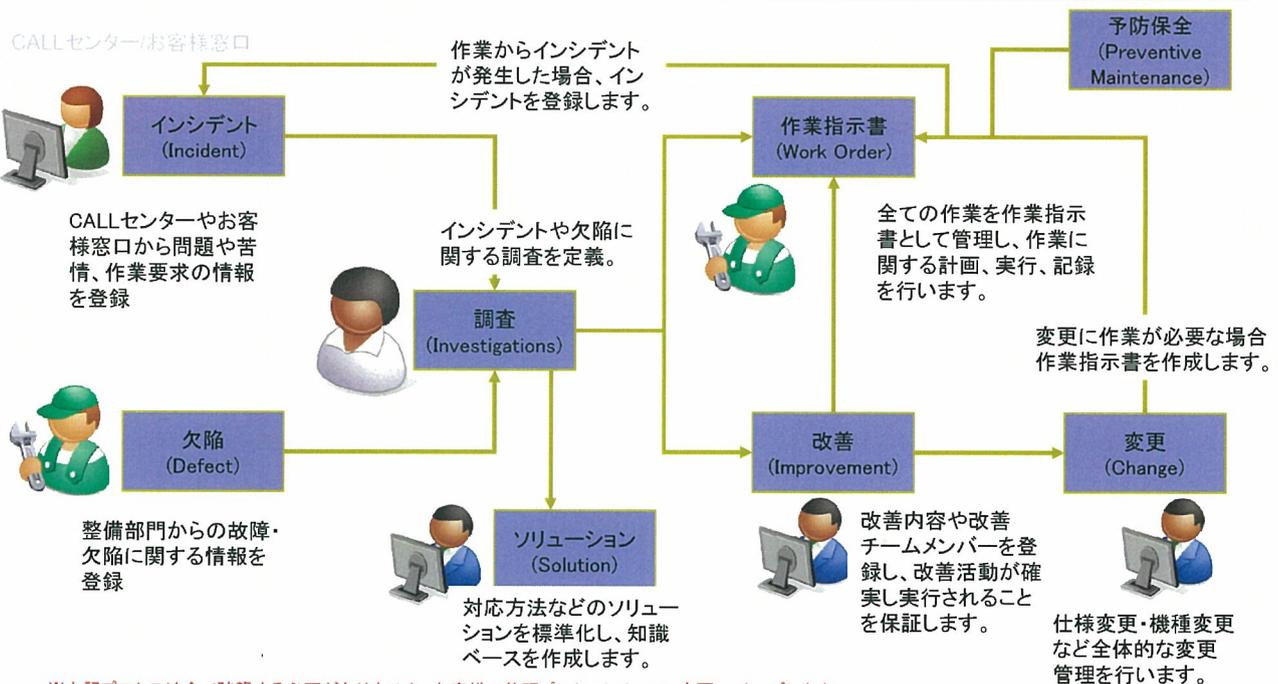
© 2010 IBM Corporation

IBM Maximoの機能概要



仕事の流れ (組織・企業活動を記録、情報化)

苦情や問題、欠陥の発見、情報の記録から、その原因調査、対策方法の策定、改善方針の決定、変更作業、対策作業など問題解決に必要な一連のプロセスを一つのプラットフォームでサポートします。



※上記プロセスは全て踏襲する必要がありません。お客様の管理プロセスによって、変更・スキップします。

コマンドセンターを実現するためにはプラント・施設から「自動的に情報を収集する仕組み」と「人間系で管理される情報を収集し管理する仕組み」の両方が必要である。
日本製品は技術力が高いため自動で詳細な情報を収集するシステムに関しては高い技術力を持つが、その情報を活用してビジネスを展開する能力にはまだ向上する余地がある。

人間系で発生する問題は概して大きな問題に発展する可能性が高い。これは人間の「感情、忠誠心、恐怖、傲慢」などの精神的な現象を発端として発生するもので、この分野を管理する「作業管理」は発達していない。

海外ビジネスを展開するためには文化を含めて人間系の管理プロセスを構築することが重要である。

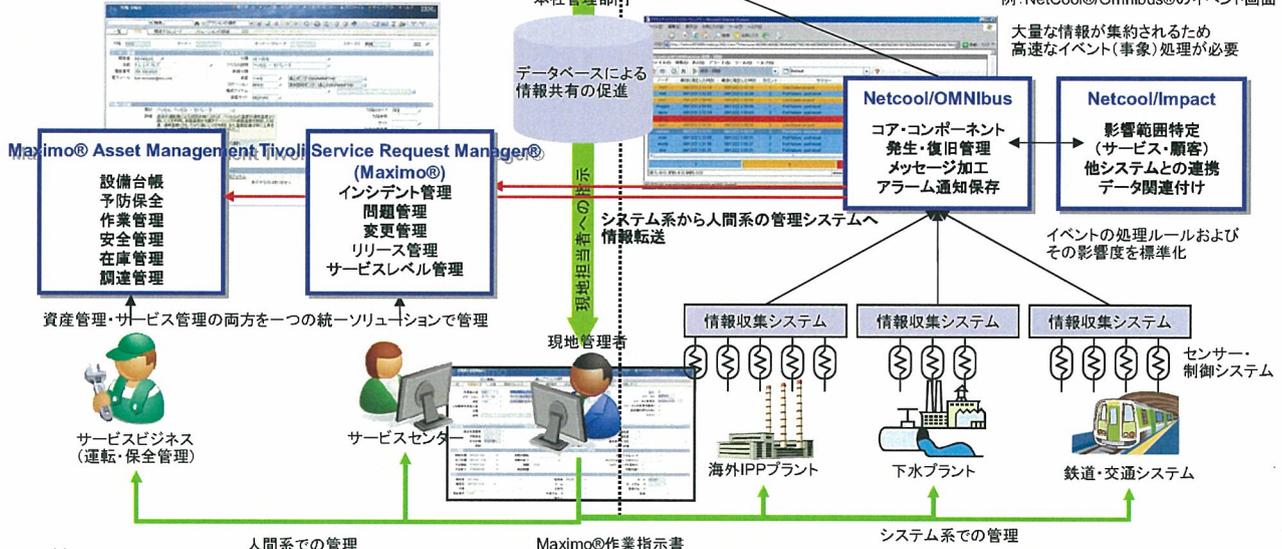


- 【コマンドセンターの役割】
 情報の入力(イン・バウンド)
 ・ビジネスの状態・コンプライアンス・パフォーマンスの監視
 ・ビジュアル表示で管理者の適確な判断を支援
 ・ビジネス・スコアカード、KPIの作成
 情報の出力(アウト・バウンド)
 ・対応策、判断内容の海外担当部署への指示
 ・日本からのリモート制御による適確な管理

IBM Tivoli Business Service Manager
 またはIBM WebSphereポータル画面

例: Maximo®/Tivoli Service Request Manager®のトラブル登録画面

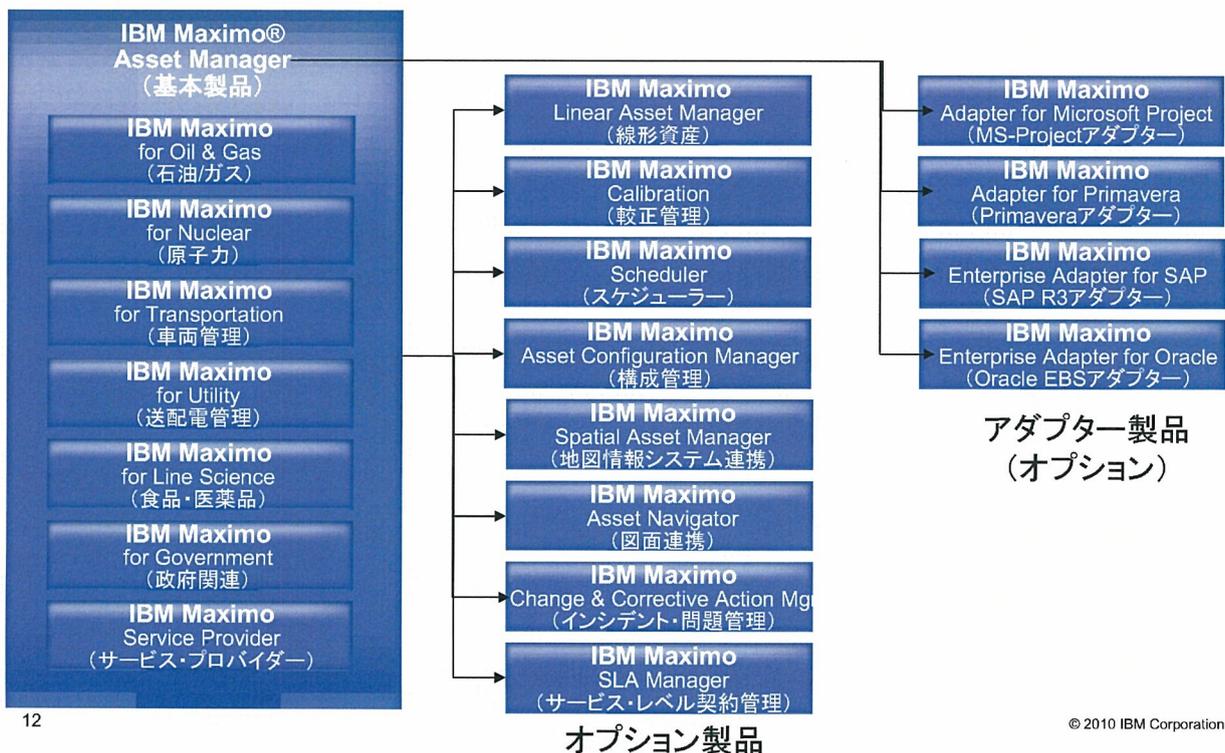
例: NetCool®/Omnibus®のイベント画面



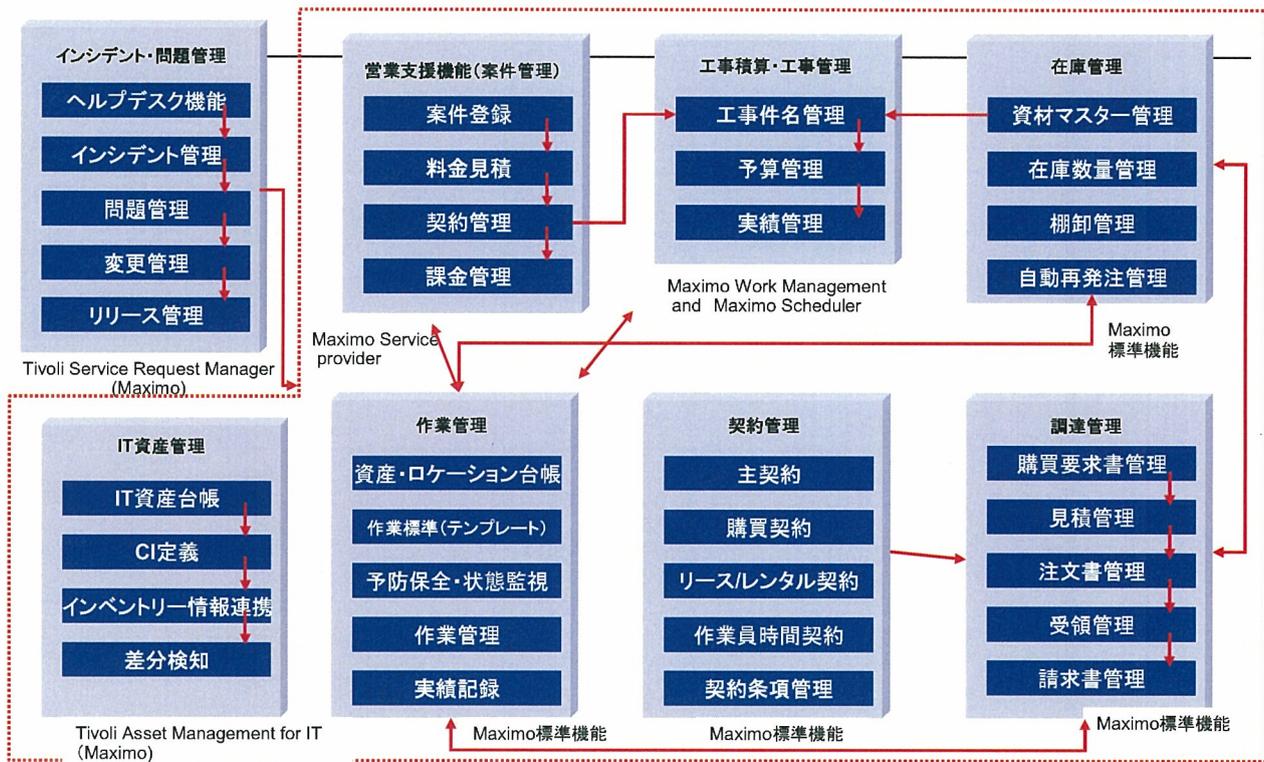
11 連絡先: 日本アイ・ビー・エム株式会社Tivoli事業部 清野 聡(せいの さとし) 電子メールアドレス: SSEINO@JP.IBM.COM

© 2010 IBM Corporation

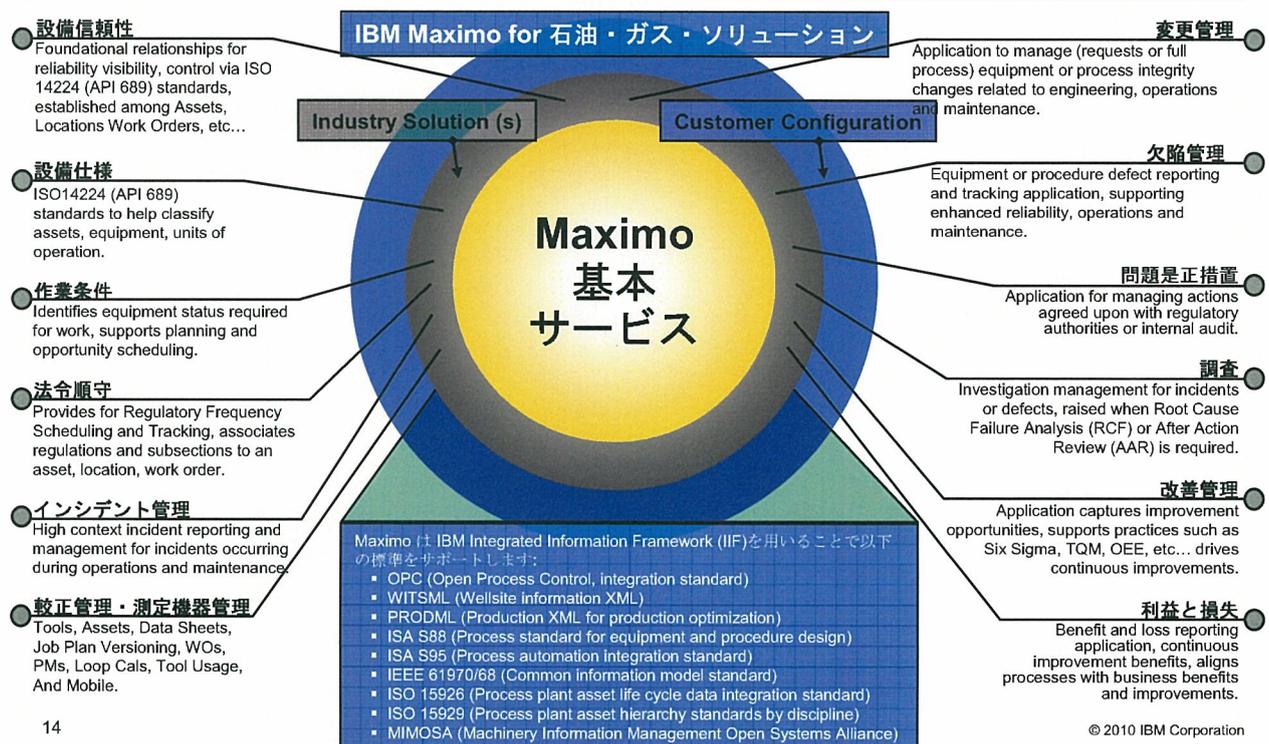
Maximo産業別ソリューション



IBM Maximoによるビジネス管理プラットフォーム構築



IBM Maximoの機能の関連 石油・ガス(製造業)ソリューション



営業支援機能

Maximo Service Providerはお客様へ提供するサービス(データセンターサービス)に関する営業サイドのデータを登録管理します。また実際に行ったサービス(作業要求、作業指示書)からのコスト情報に利益を自動加算し売上げトランザクションを作成します。

| 要求機能 | Maximoの標準画面 | 機能概要の説明 |
|--------|-------------|--|
| 顧客マスター | | 顧客マスターはサービスを提供するお客様マスターです。お客様コード、連絡先およびお客様に関する留意事項など、お客様に関する様々な情報の一元化を行う。 顧客マスターは顧客契約、顧客注文書、顧客請求書およびお客様に関する作業要求、作業指示書などに関連付けられ、サービス料金の請求の金額計算のキーとして活用されます。 |
| 顧客契約 | | 顧客契約は、お客様とのサービス契約を登録する機能で、契約の進行状況をステータスを使用して管理することが可能。 <div style="text-align: center;"> </div> また顧客契約では契約で実行するサービス業務の内容、価格情報をサービスカタログとして登録します。Maximo Service Providerはこの価格契約のルールに基づいてお客様への請求金額を計算し、売上げトランザクションを生成します。 |

15

© 2010 IBM Corporation

営業支援機能

Maximo Service Providerはお客様へ提供するサービス(データセンターサービス)に関する営業サイドのデータを登録管理します。また実際に行ったサービス(作業要求、作業指示書)からのコスト情報に利益を自動加算し売上げトランザクションを作成します。

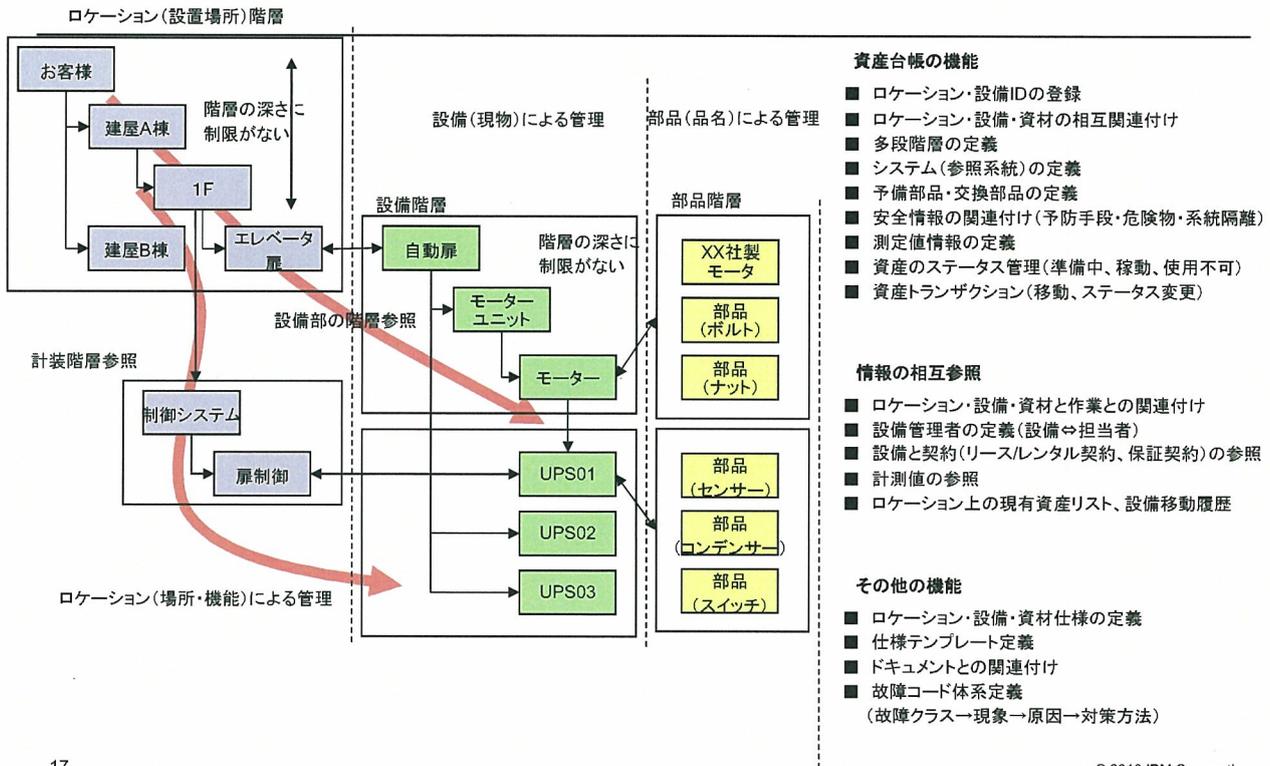
| 要求機能 | Maximoの標準画面 | 機能概要の説明 |
|-------|-------------|--|
| 価格設定 | | Maximo Service Providerはお客様に課金するサービス料金を静的(固定金額)および動的(実際に使ったコスト(作業時間、使用資材など)を基に利益などをマークアップする)に算定することが出来ます。 -内部作業員、外注作業員(企業別)での利益率の設定 -サービス種目によるサービス金額、利益率の設定 -作業場所、作業対象資産別によるサービス金額、利益率の設定 -価格適用条件の設定 またサービス要求の登録時に顧客コードおよび作業分類を設定することで、自動的にそのサービスの金額を算定します。 <div style="text-align: center;"> </div> |
| 請求書作成 | | 請求書作成は作業要求書、作業指示書およびサービスチケットなどを基に請求書を作成する機能で、Maximoに登録されている様々な作業要求、作業指示書、チケットを当該お客様に関して検索し、自動的にサービスに関する請求書を作成する機能です。 |

16

© 2010 IBM Corporation

資産台帳

Maximoでは資産(設備)をデータベース化して管理することが可能です。
資産台帳では以下のような情報が標準化できます。



設備管理機能

Maximoでは資産(設備)をデータベース化して管理することが可能です。資産台帳では以下のような情報が標準化できます。



| データ名 | 説明 |
|-----------|---|
| 資産ID | 資産を現物管理として特定するためのユニークなID番号。Maximoではサイト単位でユニークな番号を設定します。 |
| 資産説明 | 資産の名称や説明情報を設定します。 |
| ステータス | 資産が稼動中かまたは準備中、使用不可などの状態を表すステータスコードです。 |
| タイプ | 資産を分類するタイプ(例: 生産設備、IT機器など) |
| 添付 | 当該資産に関連する文書を関連付けます。 |
| 線形? | 資産が連続してつながっている資産(例: パイプ、レール、道路など)であることをあらわすフラグ |
| 上位資産 | この資産の上位として定義される資産ID |
| ロケーション | この資産が設置されている場所コード |
| ローテーション部品 | 資産の資材ID(この資産が販売業者から部品や資材として購入できる場合) |
| 状態コード | 新品、中古品などをあらわす状態コード |
| 優先度 | この資産の重要度をあらわす優先度コード |
| シリアル番号 | 資産に付けられているシリアル番号 |
| 故障クラス | この資産に関連付ける故障コード |

| データ名 | 説明 |
|---------|---------------------|
| 製造・販売元 | この資産の製造元・販売元コード |
| 設置日 | この資産を設置した日付 |
| 購入・更新価格 | この資産の購入および更新価格情報 |
| 合計コスト | この資産に関する合計の保全コスト |
| 年間累積コスト | この資産に関する年間の保全コストの合計 |
| 予算 | 本資産に関する年間保全予算 |

設備管理機能



予備部品定義



安全情報

Maximoでは資産(設備)に使用する子設備(下位階層の設備)および構成部品・予備部品を定義することが可能です。予備部品は出庫データから自動的に標準化を行うことが(自動登録)を行うことが可能です。

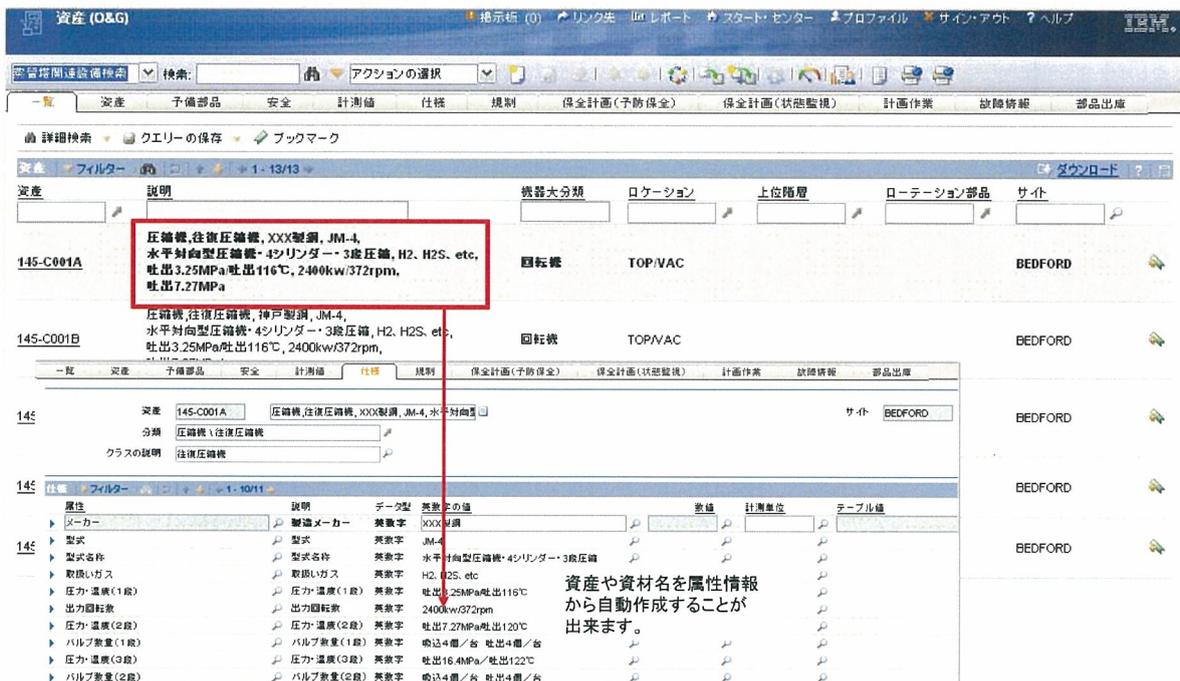
| データ名 | 説明 |
|------|---------------------|
| 付帯設備 | この設備の下位階層の設備コード |
| 部品 | この設備の予備部品・交換部品定義 |
| 説明 | 部品の資材名称 |
| 数量 | 取り付けられている当該部品の数量 |
| 出庫終了 | この設備に出庫された当該在庫部品の数量 |
| 注釈 | 当該部品の使用方法に関する注釈 |

また設備に対して安全情報を設定可能です。安全情報は
 ◇危険項目と防具の定義
 ◇危険物の定義
 ◇系統隔離手順
 を標準化することが可能です。

| データ名 | 説明 |
|---------|---|
| 危険項目名 | この設備で発生する可能性のある危険項目名 |
| タグアウト手順 | タグアウトコード |
| 操作対象 | 系統隔離をおこなう操作対象(資産、ロケーションおよび記述事項(マスターに登録していない項目)) |
| 必要な状態 | 系統隔離に必要な状態(例:バルブ:閉など) |
| 適用作業手順 | 系統隔離順序 |
| 解除手順 | 系統復旧順序 |

設備・資材名の名称の標準化

資産や資材のマスターを作成する場合、情報の登録者のデータ入力の方法により(例:大文字、小文字の違い、全角かな、半角かなの違いなどを含む)で標準化を行うことが難しい場合があります。Maximoでは資産並びに資材の名称を、その名称を構成する属性の情報から標準化して作成することが出来ます。



規制(関連法令)の設定

Oil&Gasソリューションの規制管理の機能では、資産台帳及び作業標準の各々に管理すべき法令の情報を関連付け、作業指示書に対して法令情報を自動適用することが可能です。

設備や施設の側面から適用法令・規則を標準化

設備台帳

作業指示書

作業標準

作業管理の側面から適用法令・規則を標準化

インシデントと欠陥

| 分類 | 対処 | 説明 |
|--------|----|--|
| インシデント | 必須 | インシデントとは設備故障といった明確なトラブルばかりではなく、チョコ停など通常の運転・生産・管理(保全・安全・環境など)を阻害する(いつもと違ったことをする場合)自身が発生した場合にその事象を記録します。 |
| 欠陥 | 計画 | 運転・生産・管理などは正常に行われているが標準を逸脱しているなど、現時点では問題がないように見えるが、長期的または将来を考慮すると大きな損失が発生するようなもの。 |

インシデント

インシデントの記録

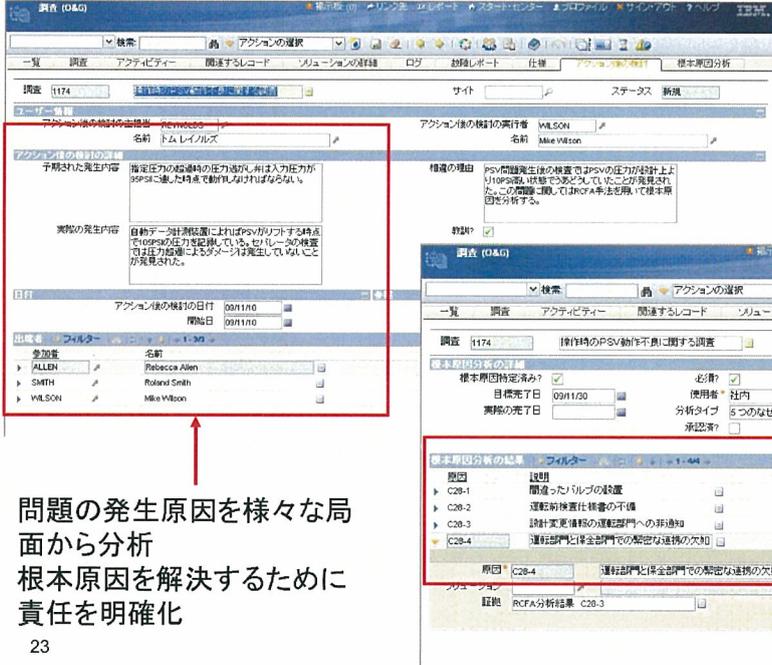
- 現象に中身
- 発見時の動作
- その動作の結果

欠陥

定量・定性的な影響度(利益及び損失)を定義することが可能。

調査(Investigations)

調査を現場で行った後に、その調査結果に関してきちんとした担当者がレビューを行いその結果を記録します。またレビューの出席者を規定し、誰が調査内容を確認したのかを明確にします。また根本原因(Root Cause)分析を行いその結果を知識ベースの情報として記録します。



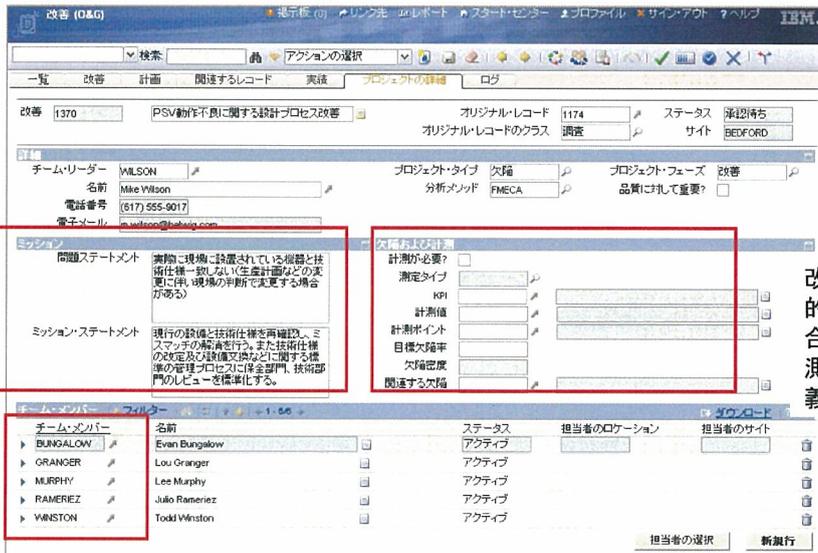
問題の発生した原因を様々な局面から分析し、その内容を記述するとともに、その根本原因を解決するために担当者を割りあて、責任の明確化を行います。

問題の発生原因を様々な局面から分析
根本原因を解決するために責任を明確化

23

改善(Improvement)

改善活動は社内で行われる様々な改善提案活動を記録するアプリケーションです。Maximoで改善は調査結果の改善として定義することが出来ます。逆に改善に必要な調査を関連付ける(改善提案の登録とその評価)ことも可能です。



改善をおこなう方向性を定義・記録します。

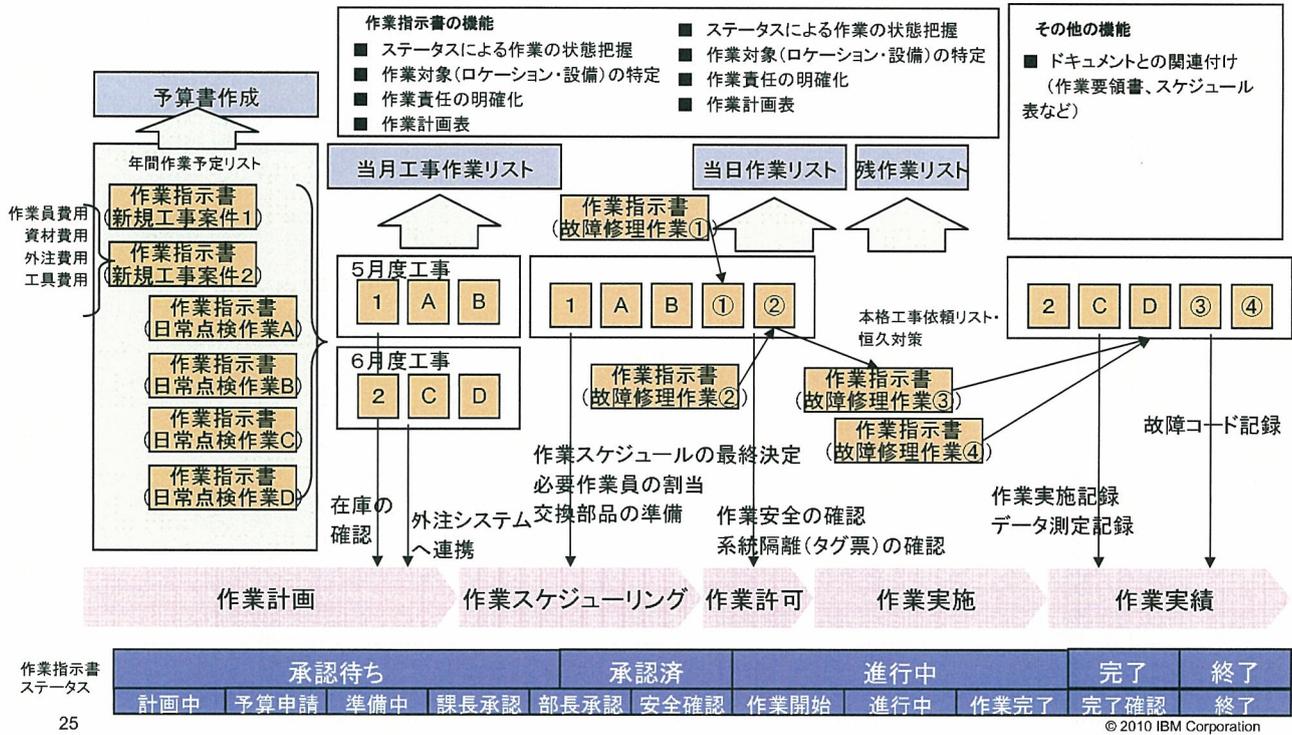
改善の実績が量的に評価できる場合、その評価用の測定項目やKPIを定義します。

改善活動を行うチームメンバーを選定し、各担当者が確実に改善活動に参加できるように管理します。

24

工事・作業管理

Maximoでは工事管理および作業管理を「作業指示書管理」アプリケーションを利用して管理します。作業指示書とはその作業について「いつ」「どこで」「だれが」「なにを」「なぜ」「どのように」「いくらで」の5W2Hを管理します。

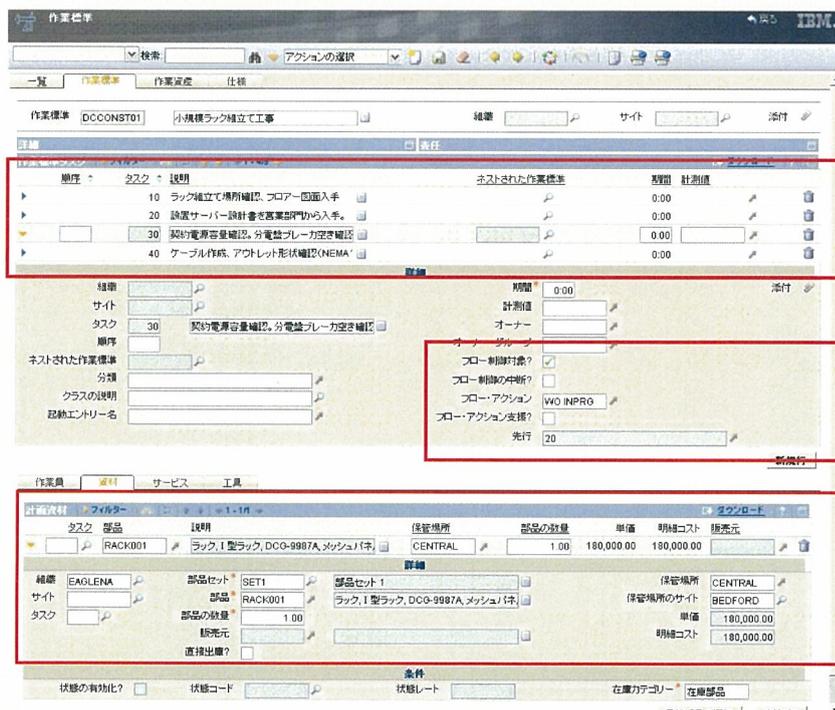


25

© 2010 IBM Corporation

工事・作業標準の定義

Maximo「作業標準」機能は工事や保全作業に必要な手順、必要人員、必要資材などを標準化して作業指示書を作成する場合に自動適用し、情報の標準化を行うとともにデータ入力の手間を軽減します。



作業を効率的に行う手順を定義します。一般的に工事や作業の段取りを間違えると大きなトラブルや仕事のやり戻しが発生し業務に大きな悪影響を与えることを防止します。

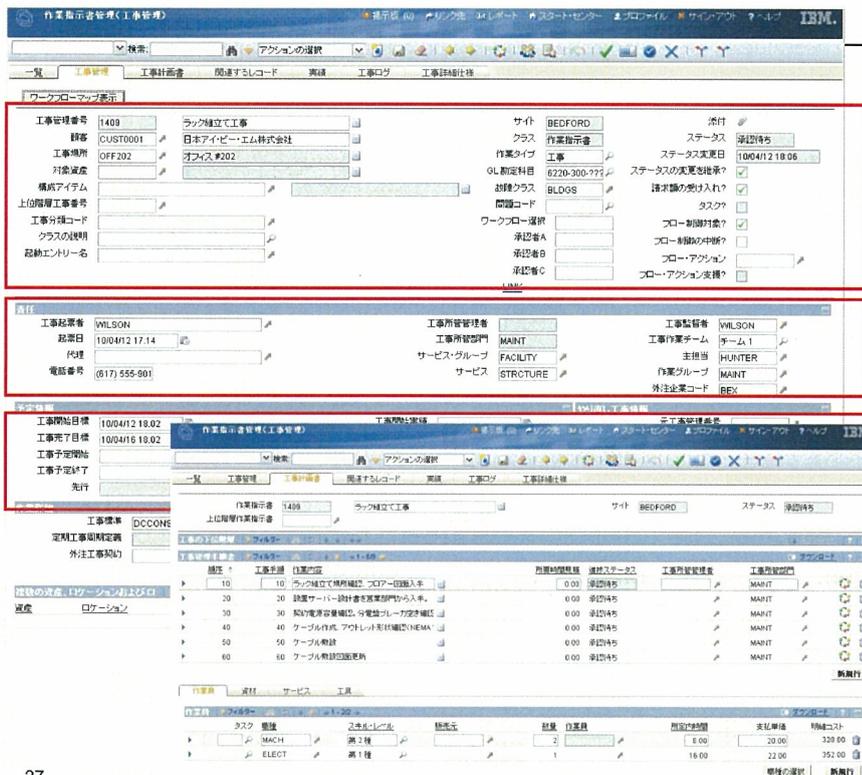
「フロー制御」は作業の順序を規定するもので、この定義では「作業30番は先行作業20番が終了しないと実行できず、またこの作業を完了すると全体的な工事ステータスを「進行中」に自動変更することを定義します。

工事に必要な人員、必要資材、外注サービスおよび工具の情報を標準化します。これらに情報には全てコスト情報が結びつくため、工事や作業に関する見積予算の算定根拠の情報を与えます。

26

© 2010 IBM Corporation

工事管理・作業指示書の詳細



お客様における全ての作業項目は「作業指示書」という概念の中で管理されます。作業指示書は5W2Hを管理するための個別の要求事項によって画面をテラリングで変更します。

工事管理番号、工事件名、顧客ID番号など工事に関する概要情報を定義します。

工事情件の起票者、所管部門、担当者などの責任分担に関する情報を明確にします。

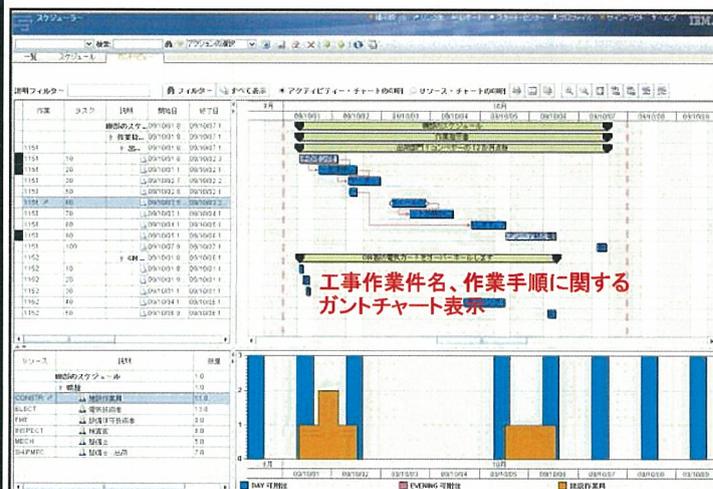
工事のスケジュール情報を記録します。

工事計画、作業計画情報は標準書から自動的にコピーされ作業指示書に適用されます。

工事・作業スケジュール管理

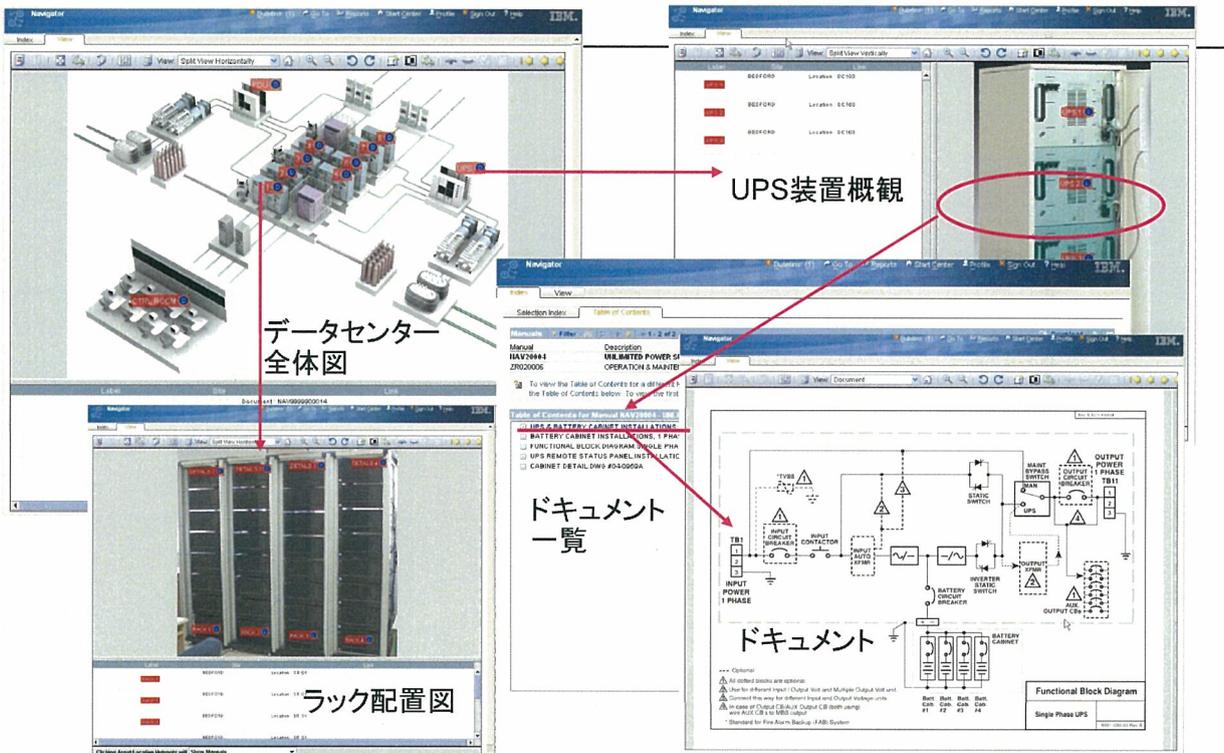
工事や作業管理を行う場合、そのスケジュールをガントチャートなどで表示し、リソースの山崩し作業を行うことが一般的です。Maximo ではMaximo Schedulerオプションを使用してMaximoのWeb画面上でスケジュール管理を行うことが可能です。

| 機能 | 説明 |
|----------------|--|
| 検索 テンプレート | ガントチャートを表示する作業指示書を検索するための条件を設定します。本機能により管理すべき作業群を簡単に特定することができます。 |
| ガントチャート 表示 | 作業指示書とそのスケジュールを示すガント・チャートを表示します。 |
| スケジュール 調整 | ガントチャートをマウスで移動させることによって、その作業指示書のスケジュールを調整できます。 |
| リソースグラフ 表示 | 作業に必要な作業員をリソースグラフとして表示します。 |
| 表示項目 選択 | ガントチャートに表示する、表示項目を選択することが可能です。 |
| 作業指示書へ ジャンプ | 選択したガントチャートの項目から作業指示書画面にジャンプすることが可能です。 |



リソースグラフ表示

Maximo Navigatorによる写真・文書連携



29

© 2010 IBM Corporation

保全(メンテナンス)状況の確認

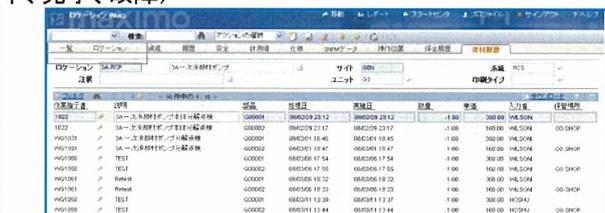
- Maximoの作業指示書を使用して作業を管理することで、「設備をキーとした作業の参照」や「交換部品の履歴」、「ロケーション(例:ビル)からの作業の参照」などを表示することが可能です。

資産(設備)からの作業の参照(計画、作業中、完了、故障)

資産(設備)からの部品交換履歴の参照



ロケーション(タグ・機能単位)からの作業の参照(計画、作業中、完了、故障)



ロケーション(タグ・機能単位)からの部品交換履歴の参照

本ページのサンプル画面はMaximoのテーラリング機能で修正しております。

30

© 2010 IBM Corporation

Maximo地図情報システム連携

非常に広範囲な地域、管理対象を持つ公共機関では、多くの種類の資産を統合的に管理できるとともに、広範囲な地域を効率よくカバーできなければなりません。IBM Asset Management Solution Maximoは地図情報システム(GIS)と連携し、資産の位置、作業の場所など地図上でビジュアルに認識できるほか、地図情報システム自身のジオグラフィクス・プロセスの機能で様々な地図情報と連携し、技術的な分析を支援します。

【機能】

- 資産台帳の構築、地図上の位置のマッピング
- 図面、取り扱い説明書などドキュメントとの関連付け
- 予防保全作業の自動計画
- トラブル情報の登録と、その位置の確認
- 組織内承認管理プロセス構築(ワークフロー機能)
- 調達管理機能、在庫管理機能の融合
- 電子メールの自動配信による情報の共有化
- エスカレーション機能による「遅れ」の防止機能
- 関連システムとの情報連携サポート

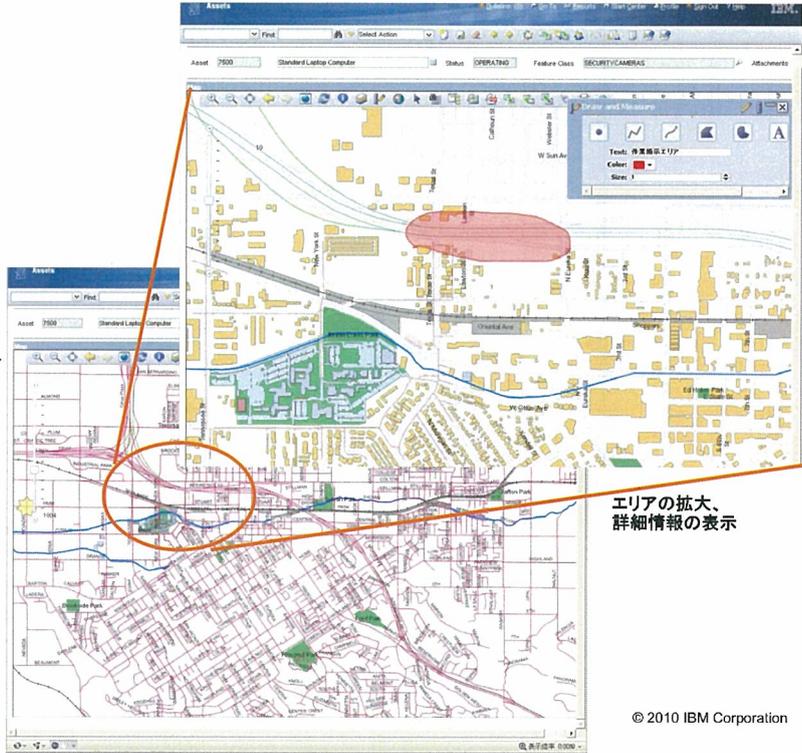
【効果】

- 資産や作業に関する責任分担の明確化
- 作業の進捗状況の正確な把握
- 作業コストに見積と実績の取得
- 組織内管理上のボトルネックプロセスの発見
- 地図情報システムとの連携による技術的・科学的な分析への支援、人間系のAS-IS情報との連携
- ISO9000、ISO14000関連のプロセス標準化と実行エビデンスの取得



【達成目標】

- 公共機関の透明性の確保
- 外注先に蓄積される保全ノウハウの所内への獲得(外注変更時の情報欠落、抜けの防止)
- 公会計への対応準備
- サステイナブルな公共機関への変貌



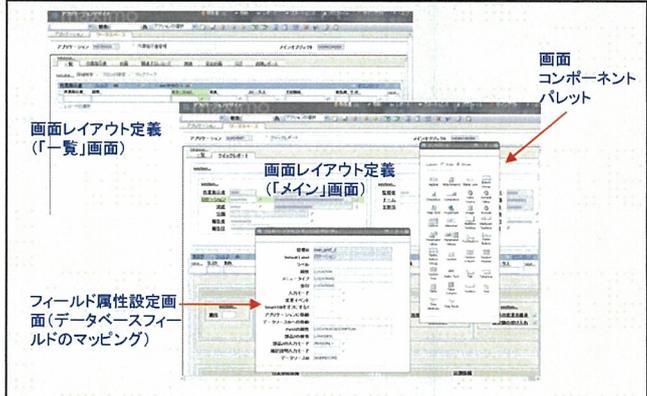
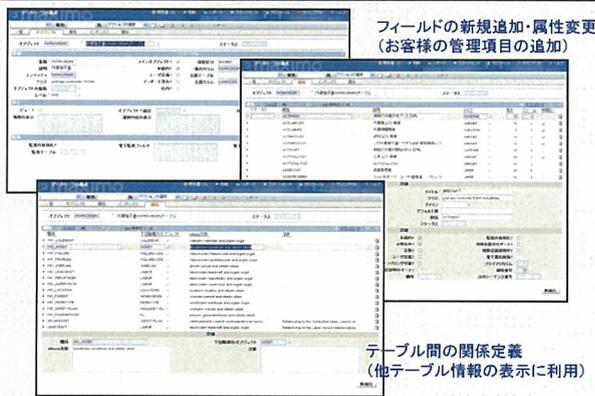
テーラリング機能

データベースの構成変更

- データベースの定義情報の参照(日本語)
- 既存テーブルへの情報の追加・変更
- 検索方式の設定(パターン検索、一致検索、TEXT検索)
- マルチ言語テーブル(翻訳テーブル)の設定
- 電子監査の設定
- 電子署名の設定
- データベース統計情報の更新
- 勘定科目コンポーネントの構成設定
- 値リストの設定
- デフォルト値の設定
- 標準ラベルの定義
- 自動番号付けの設定
- インデックスの設定(性能向上)
- テーブル間の「関係」の定義

アプリケーションデザイナー

- 画面レイアウトの参照
- レイアウトの変更(表示位置、不要項目削除、ラベル名変更)
- 表示項目とデータベースフィールドのマッピング
- アプリケーションの複製と修正(類似機能の作成:例、資産台帳→ロール台帳など)
- 関連テーブルの情報の参照
- 共通値リスト項目の変更
- XMLによる画面定義情報のインポート・エクスポート(システム間移行)
- アクションメニューの変更
- 詳細検索項目の追加
- フィルター項目の追加



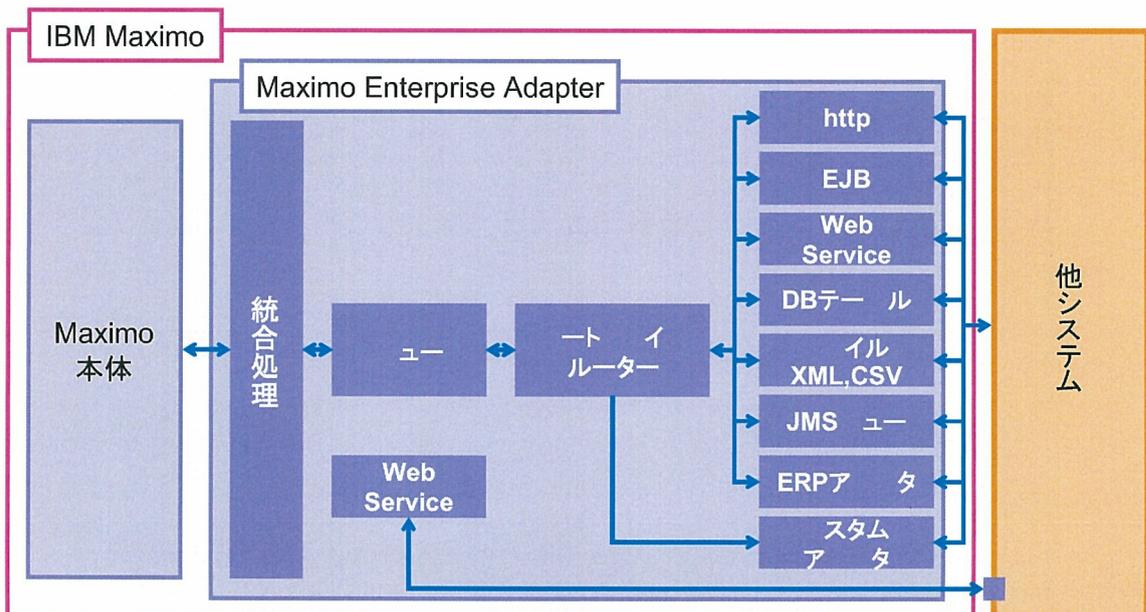
テラリング機能

| KPIグラフの定義 | ワークフローデザイナー |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ■ KPI定義の作成 ■ データの抽出方法・計算方法を指定 (SQLのSELECT文を使用) ■ 評価方式の登録(目標、注意、警告) ■ 履歴方法の参照 ■ 別KPIとの比較表示 ■ ユーザ単位にスタートセンターに表示 ■ グラフ形式(棒グラフ、メータグラフ) ■ 実数およびパーセンテージの表示 ■ データベースの計算関数の利用 ■ Maximo以外の評価も可能(データベースへのアクセス権限が必要) | <ul style="list-style-type: none"> ■ Webブラウザ上でのプロセス設計 ■ フローチャート形式でのプロセス記述 ■ 担当者の割当機能 <ul style="list-style-type: none"> - 複数の割当(グループ) - AND/OR条件での許可 ■ 条件文による自動判断 ■ 2方向・多方向分枝 ■ 対話型フローの設定(画面の直接起動) ■ 他プロセスとの同期 ■ サブプロセス ■ 作業、購買、在庫、資産、作業標準、予防保全、企業などMaximoの様々なレコード管理に使用可能 ■ アクションの設定 ■ 自動承認、値の設定、プログラム起動 ■ 電子メール送信 ■ 割当・判断の各局面 |
| <p>KPIの評価方法・計算方法の定義</p> <p>トレンド情報の設定</p> <p>スタートセンターへ表示</p> | <p>ビジネスプロセス承認権限の標準化</p> <p>計画中 予算申請 準備中 課長承認 部長承認 ...</p> <p>ダイナミックな電子メールの送信 社内コミュニケーションを促進</p> <p>ビジネスプロセスをフローチャートで記述。プロセスの標準化を促進</p> |

他システム連携機能

ERPア タは ション

- Maximoの他システム連携機能 MEAIにより実現
- イベントおよびデータの双方向のインテグレーションを提供
- データはMaximo 形式が基本だが、XSLTまたはコーディング(Java)による変換も可能
- 詳細は製品マニュアル「統合カイト」を参照してください。



講演資料一Ⅱ

保全情報、運転情報の 相互活用システムに関する調査研究委員会

～国際動向を踏まえてプラント経営へのSAPの活用～

2010年09月6日
SAPジャパン株式会社
インダストリー戦略本部
中村 靖雄

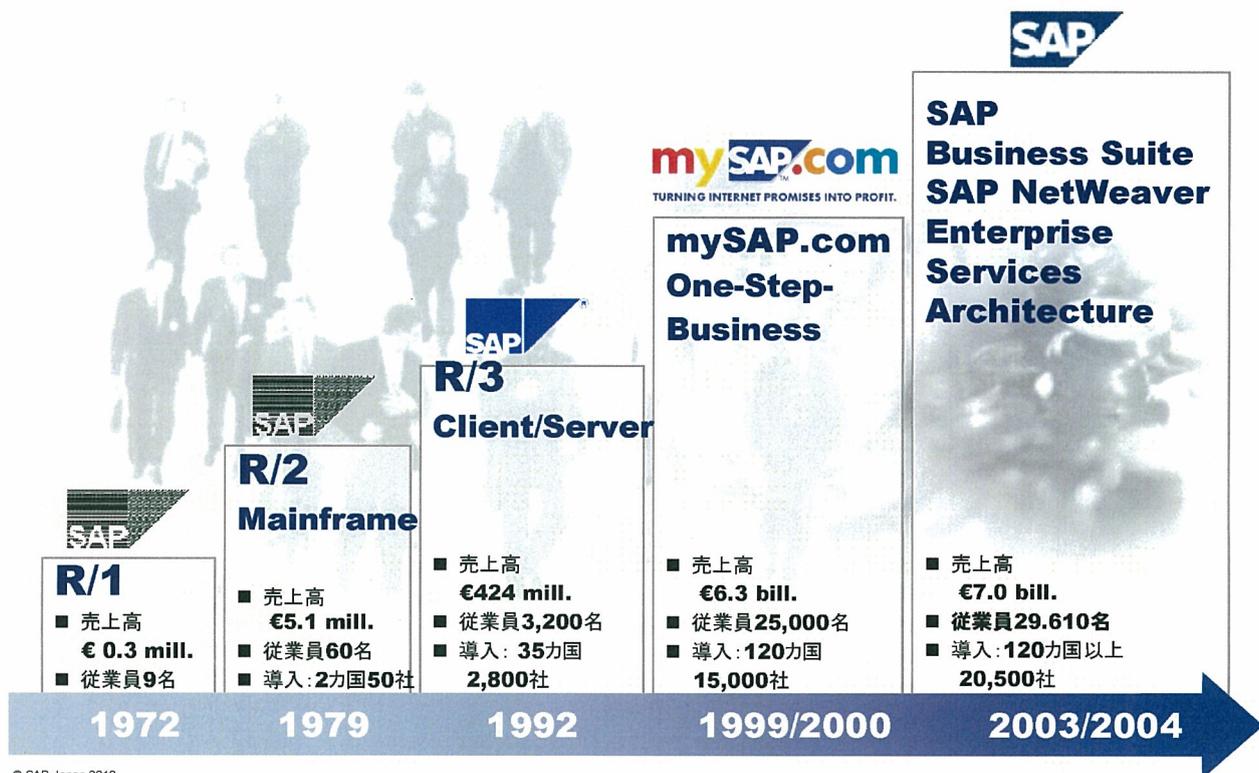
THE BEST-RUN BUSINESSES RUN SAP



アジェンダ



- 1.SAPのこれまで
- 2.ソフトウェアベンダに求められること
- 3.プラント経営への適用例
- 4.例えば、プロセスプラントに適用した場合
- 5.SAP EAMで実現する情報共有のイメージ
- 6.SAP EAMで実現する「見せる仕組み」の実現例
- 7.SAPの製品開発におけるフォーカスポイント



© SAP Japan 2010

国際動向＝「規格、規準の標準化」という視点から、今後、ソフトウェアベンダに求められる役割を考えてみました。

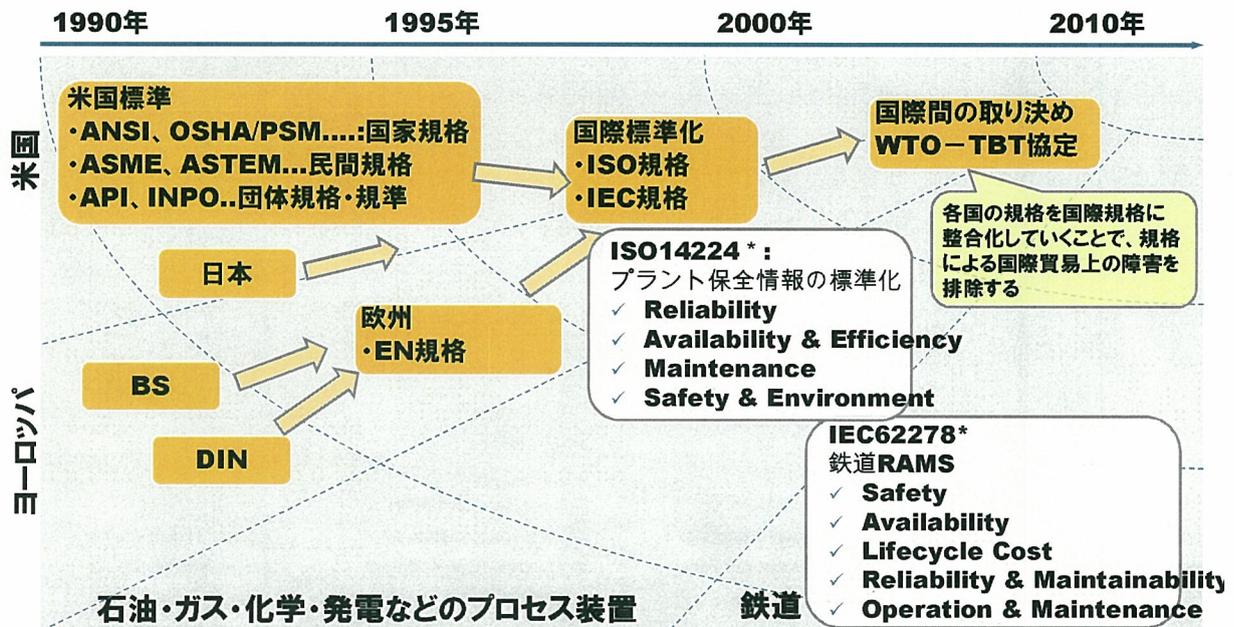
そのうえで、以下の観点から、SAPの今と今後をお伝えします。

- ✓お客様が実際に当社に期待されている一例
- ✓SAP EAM*のでできること(プラント保全管理への支援例)
- ✓SAPの今後

どうぞよろしくお願ひします。

*:Enterprise Asset Management 設備資産管理

ビジネスの国際化が規格、規準の標準化を後押し



© SAP Japan 2010

情報をデータとして残すこと

- オーナーとコントラクタ間の情報共有
- 事業者間の情報共有
- 業界としての情報共有

そして、

監査対応型の仕組みを構築する

安全を合理的に判断する 例:リスクの定量化、業務プロセス

**ライフサイクルから安全と経済性を判断する(初期コスト
だけでなく、運用・保守コストを含む)**

を最終的に目指す

© SAP Japan 2010

1. 情報共有の基盤を提供
2. 関係者が使いやすい仕掛けを提供
3. 監査対応型の仕組みの構築を支援
4. 合理的に判断するために必要な見せる仕組みを提供

© SAP Japan 2010

プラント経営への適用例「四国電力 伊方原子力発電所」 SAPの徹底活用という姿勢

四国電力は、伊方発電所における日常的な保修から定期検査など、原子力の設備保全業務全般の管理をシステム化した。統合型保修管理システム(EAM)を導入し、帳票での作業申請・許可など従来の紙ベースによる業務の流れを電子化。3月に本格運用を開始した。蓄積した情報を活用することで状態監視保全(CBM)など保全業務の高度化に貢献。情報の共有化や可視化により、継続的な業務改善が期待できる。原子力の保全業務全体へのEAM導入は国内の電力会社で初めて。

◆EAM 業務全般に導入

EAMは、会計を中心とした基幹統合業務システム(ERP)に対して、設備やプロセス管理に軸足を置いたパッケージソフト。アメリカでは原子力設備保全への導入は一般的。国内でも一部に適用した電力会社があるほか、今後普及が進むと見られている。

四国電力は06年6月から実業務に使い、今年1月からは伊方2号機の定検に適用。問題がないことを確認して、3月から本格運用を開始した。

導入により保全計画から作業の申請・許可、記録など一連の流れを電子化。膨大なデータを蓄積し、迅速に処理できるため、CBMや信頼性重視保全(RCM)といった高度な保全手法を的確に実施できる。

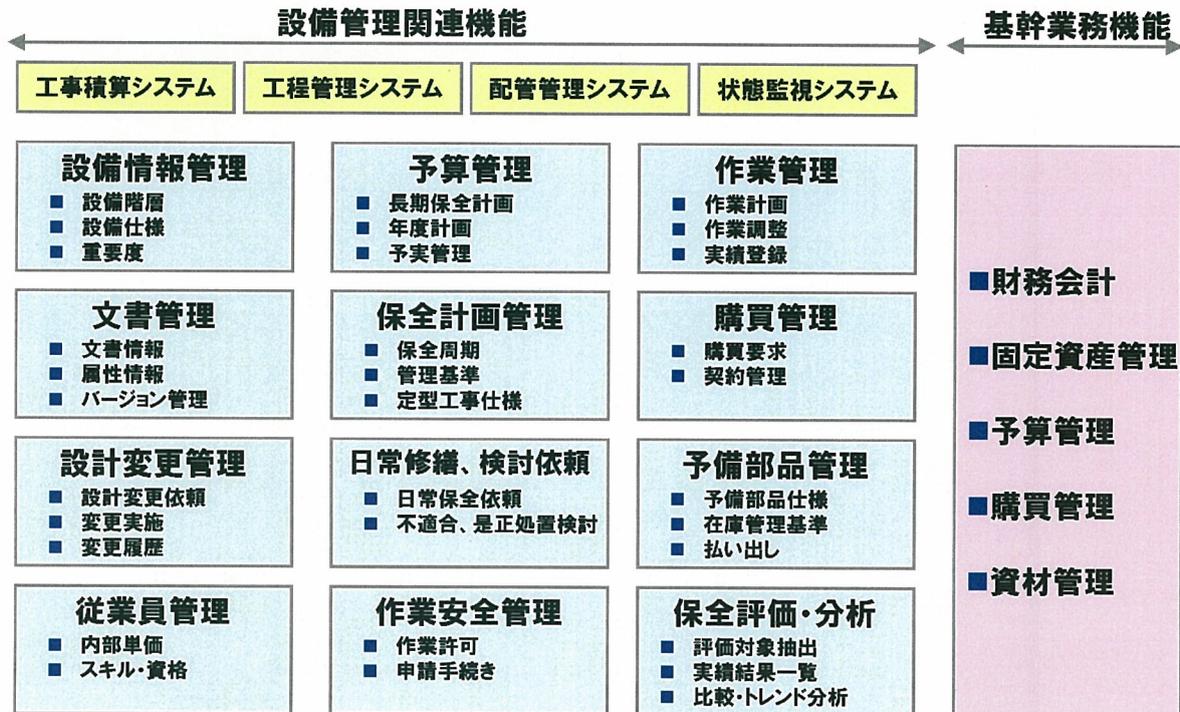
また発電所員をはじめグループ企業、本店などの間で情報を共有化。プロセスの可視化や結果のフィードバックを通じて、より一層の品質向上や業務改善を継続的に図ることができる。

すでに同社で稼働中のERPがドイツ・SAP社の製品だったため、連携を考慮して同社のEAMを採用。社外への作業発注などの情報をEAMから自動的にERPに伝えるため、保全業務に関する予算管理や会計事務処理も効率化した。

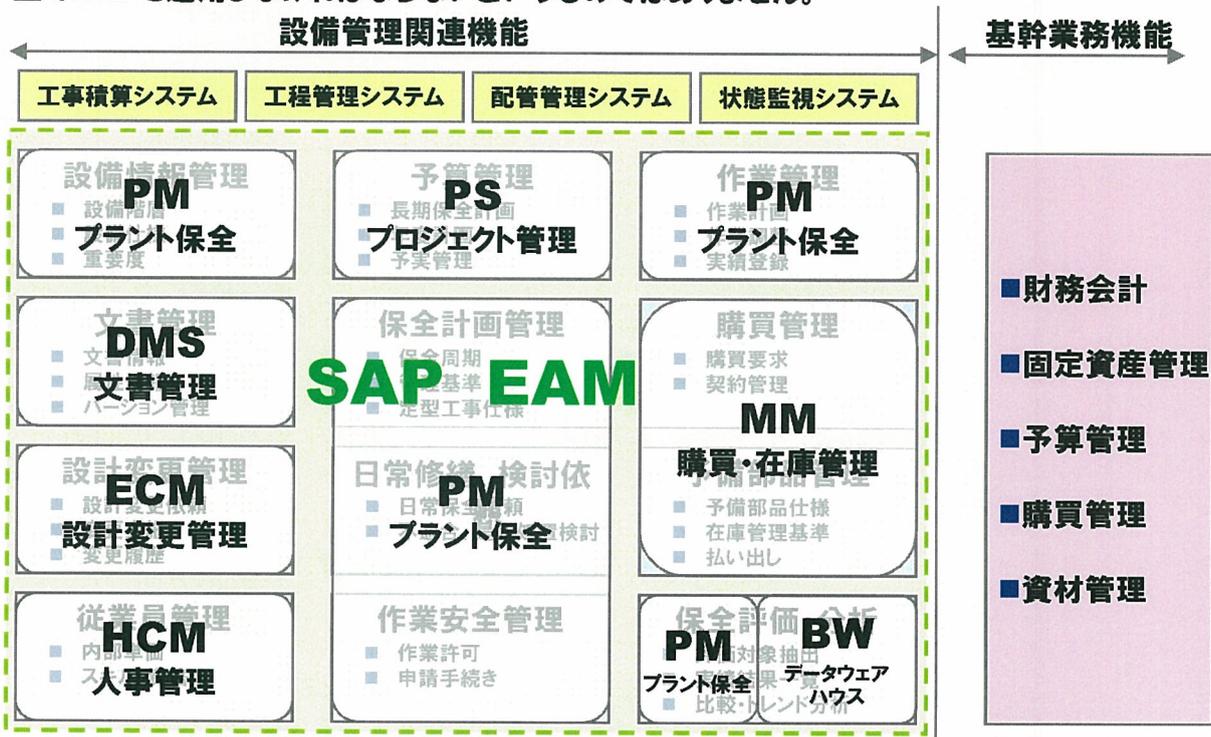
導入後、伊方発電所では日常保修作業に関わる各責任者が毎朝ミーティングを実施。担当分野横断的にEAMを用いて作業実行状況の確認や対応策の検討、作業指示を行い、よりの確かつ効率的な業務運営を進めているという。

導入に当たってのカスタマイズには日本IBMはじめ、グループ企業のSTNetも協力。また保全業務の現場に関わる四電エンジニアリングも、EAMにあわせた効率的で信頼性の高い業務プロセス確立に協力した。

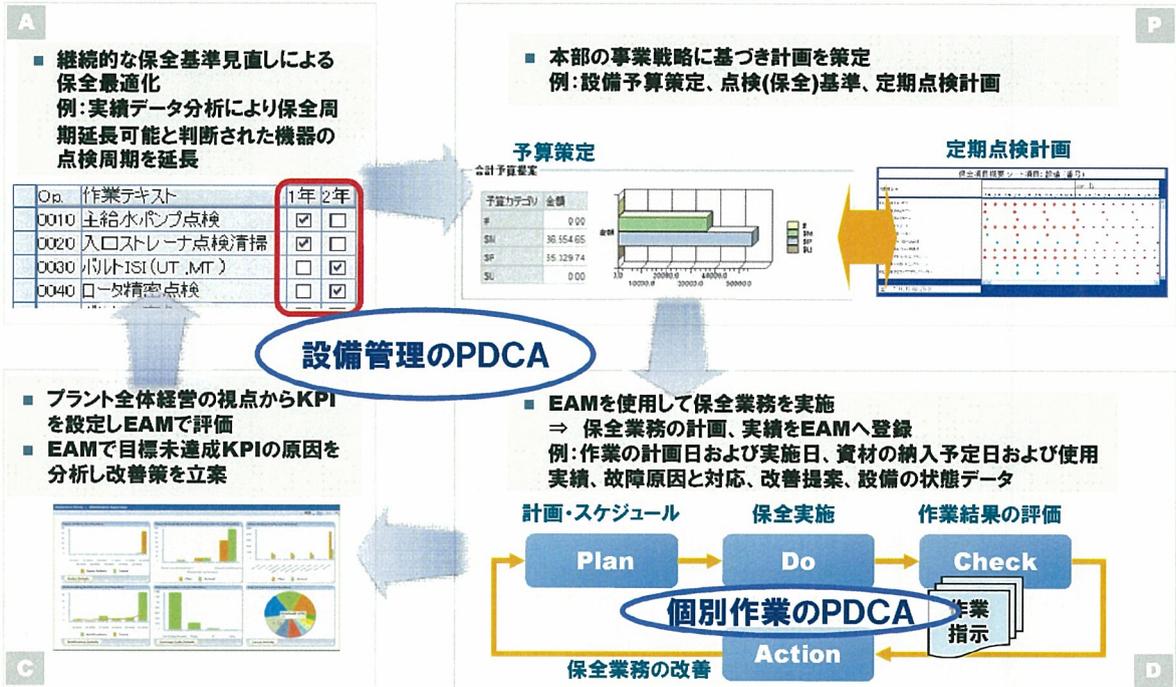




全てSAPを適用しなければならないというものではありません。



保全プロセス全体で整合のとれたデータ管理を行うことで、継続的改善に向けたPDCAサイクルを効率的にまわすことが可能になります。



© SAP Japan 2010

最新の情報を自動的に取得し、可視化するダッシュボードを実現することにより、日々の業務状況の一元的な把握、会議への情報提供を効率よく実現することが可能



© SAP Japan 2010

根本原因分析などの、対象とする事象の内容に応じて、分析視点を試行しながら取り組むような自由分析に対応。分析結果は特定帳票として作成。

多次元テーブル

キーワードで該当する多次元テーブルを自由検索

特定作業に対する
 対応時間分析

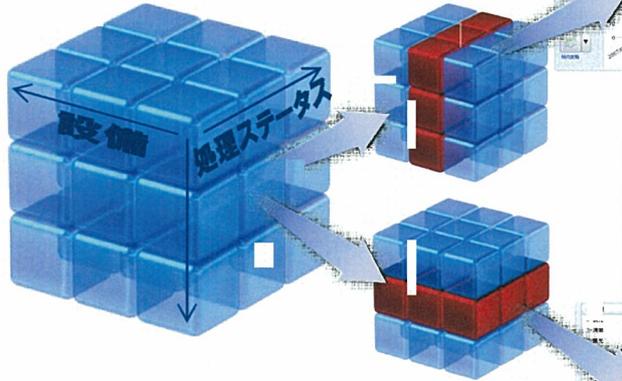
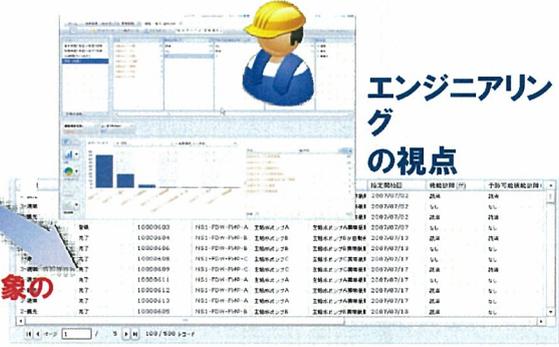
特定機器における懸案事象の
 発生傾向分析



作業効率の視点



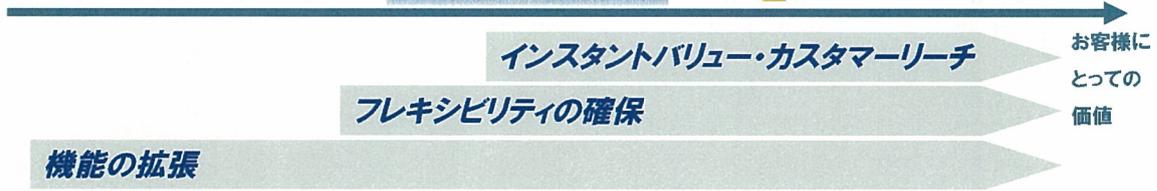
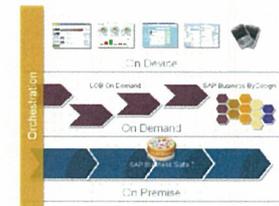
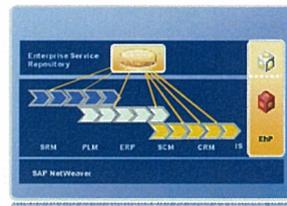
エンジニアリング
 の視点



機能と
 アプリケーションの
 充実

SOA対応
 エンハンスメントパッケージ
 ビジネスインテリジェンス

オンデバイス
 オンデマンド
 インメモリ



オンデバイス



- 様々なデバイス対応
- 様々なビジネスシーン
- 豊かな拡張性

オンデマンド



- 迅速な導入効果
- 業務別とスイート
- オンプレミスとの連携

オンプレミス



- SOAによる柔軟性
- ベストプラクティス
パッケージ
- スムーズな拡張

テクノロジー

No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or for any purpose without the express permission of SAP AG. The information contained herein may be changed without prior notice.

Some software products marketed by SAP AG and its distributors contain proprietary software components of other software vendors.

SAP, R/3, mySAP, mySAP.com, xApps, xApp, SAP NetWeaver, Duet, Business ByDesign, ByDesign, PartnerEdge and other SAP products and services mentioned herein as well as their respective logos are trademarks or registered trademarks of SAP AG in Germany and in several other countries all over the world. All other product and service names mentioned and associated logos displayed are the trademarks of their respective companies. Data contained in this document serves informational purposes only. National product specifications may vary.

The information in this document is proprietary to SAP. This document is a preliminary version and not subject to your license agreement or any other agreement with SAP. This document contains only intended strategies, developments, and functionalities of the SAP® product and is not intended to be binding upon SAP to any particular course of business, product strategy, and/or development. SAP assumes no responsibility for errors or omissions in this document. SAP does not warrant the accuracy or completeness of the information, text, graphics, links, or other items contained within this material. This document is provided without a warranty of any kind, either express or implied, including but not limited to the implied warranties of merchantability, fitness for a particular purpose, or non-infringement.

SAP shall have no liability for damages of any kind including without limitation direct, special, indirect, or consequential damages that may result from the use of these materials. This limitation shall not apply in cases of intent or gross negligence.

The statutory liability for personal injury and defective products is not affected. SAP has no control over the information that you may access through the use of hot links contained in these materials and does not endorse your use of third-party Web pages nor provide any warranty whatsoever relating to third-party Web pages

Weitergabe und Vervielfältigung dieser Publikation oder von Teilen daraus sind, zu welchem Zweck und in welcher Form auch immer, ohne die ausdrückliche schriftliche Genehmigung durch SAP AG nicht gestattet. In dieser Publikation enthaltene Informationen können ohne vorherige Ankündigung geändert werden.

Einige von der SAP AG und deren Vertriebspartnern vertriebene Softwareprodukte können Softwarekomponenten umfassen, die Eigentum anderer Softwarehersteller sind.

SAP, R/3, mySAP, mySAP.com, xApps, xApp, SAP NetWeaver, Duet, Business ByDesign, ByDesign, PartnerEdge und andere in diesem Dokument erwähnte SAP-Produkte und Services sowie die dazugehörigen Logos sind Marken oder eingetragene Marken der SAP AG in Deutschland und in mehreren anderen Ländern weltweit. Alle anderen in diesem Dokument erwähnten Namen von Produkten und Services sowie die damit verbundenen Firmenlogos sind Marken der jeweiligen Unternehmen. Die Angaben im Text sind unverbindlich und dienen lediglich zu Informationszwecken. Produkte können länderspezifische Unterschiede aufweisen.

Die in diesem Dokument enthaltenen Informationen sind Eigentum von SAP. Dieses Dokument ist eine Vorabversion und unterliegt nicht Ihrer Lizenzvereinbarung oder einer anderen Vereinbarung mit SAP. Dieses Dokument enthält nur vorgesehene Strategien, Entwicklungen und Funktionen des SAP®-Produkts und ist für SAP nicht bindend, einen bestimmten Geschäftsweg, eine Produktstrategie bzw. -entwicklung einzuschlagen. SAP übernimmt keine Verantwortung für Fehler oder Auslassungen in diesen Materialien. SAP garantiert nicht die Richtigkeit oder Vollständigkeit der Informationen, Texte, Grafiken, Links oder anderer in diesen Materialien enthaltenen Elemente. Diese Publikation wird ohne jegliche Gewähr, weder ausdrücklich noch stillschweigend, bereitgestellt. Dies gilt u. a., aber nicht ausschließlich, hinsichtlich der Gewährleistung der Marktgängigkeit und der Eignung für einen bestimmten Zweck sowie für die Gewährleistung der Nichtverletzung geltenden Rechts.

SAP übernimmt keine Haftung für Schäden jeglicher Art, einschließlich und ohne Einschränkung für direkte, spezielle, indirekte oder Folgeschäden im Zusammenhang mit der Verwendung dieser Unterlagen. Diese Einschränkung gilt nicht bei Vorsatz oder grober Fahrlässigkeit.

Die gesetzliche Haftung bei Personenschäden oder die Produkthaftung bleibt unberührt. Die Informationen, auf die Sie möglicherweise über die in diesem Material enthaltenen Hotlinks zugreifen, unterliegen nicht dem Einfluss von SAP, und SAP unterstützt nicht die Nutzung von Internetseiten Dritter durch Sie und gibt keinerlei Gewährleistungen oder Zusagen über Internetseiten Dritter ab.

Alle Rechte vorbehalten.

—禁無断転載—

22-R-5

保全情報、運転情報の相互活用システムに関する調査研究

平成23年3月

作成 財団法人 機械システム振興協会

東京都港区三田一丁目4番28号

TEL 03-3454-1311

委託先 財団法人 製造科学技術センター

東京都港区虎ノ門一丁目17番1号

TEL 03-3500-4891