

平成21年度  
生産システムの設備診断と設備保全に  
係わる国際標準化報告書

平成22年3月

社団法人 日本機械工業連合会  
財団法人 製造科学技術センター



この事業は、競輪の補助金を受けて実施したものです。

<http://ringring-keirin.jp>



## 序

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

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

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

具体的には、国内規格と国際規格との整合を目指した諸活動、機械安全規格整備とリスクアセスメントの普及活動、機械安全への取り組みが競争力強化につながる方策の検討、各専門分野の機関・団体の協力による機種別・課題別標準化の推進などです。これらの事業成果は、関連業界共通のガイドライン、日本発の国際規格への提案や国際規格と整合した日本工業規格(JIS)、団体規格の早期制定などとなって実を結ぶものであります。

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

平成22年3月

社団法人 日本機械工業連合会  
会 長 伊 藤 源 嗣



## はしがき

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

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

当財団が、社団法人日本機械工業連合会より委託を受けて実施した「生産システムの設備診断と設備保全に係わる国際標準化」は、このような状況を背景にして、国際標準に我が国のニーズと諸外国の我が国への期待を反映させることを目的にしたものであります。製造業においては、生産の効率性への要求が高まっており、本事業では設備保全や運転計画、在庫管理等の情報の一元管理を目指した設備保全手法を検討してきました。本報告書が関係各位の今後の設備保全システム計画の一助になれば幸甚であります。

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

平成22年3月

財団法人 製造科学技術センター  
理事長 庄山悦彦



## 事業運営組織

本事業は次の委員会を設けて実施した。

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





## 目 次

1. 調査概要	1
2. 設備保全と運転の連携のための情報共有の現状と課題	2
2. 1 ヒアリング調査	2
2. 1. 1 電力プラント	2
2. 1. 2 製油所	8
2. 1. 3 製鉄所	19
2. 2 設備保全と運転の連携に向けた課題	22
2. 2. 1 電力プラント	22
2. 2. 2 製油所	24
2. 2. 3 製鉄所	26
2. 3 「生産とメンテナンス統合化」の観点からの考察	29
2. 3. 1 製造業が抱える課題	29
2. 3. 2 生産とメンテナンスの統合化	31
2. 3. 3 保全業務のバリュー向上	33
2. 3. 4 メンテナンス実態調査分析からの考察	34
3. CMMSの現状と課題	41
3. 1 調査対象製品市場の動向	41
3. 2 調査対象パッケージ	42
3. 3 調査結果	43
3. 3. 1 PLANTIA 日揮情報システム株式会社	43
3. 3. 2 Maximo 本アイ・ビー・エム株式会社	47
3. 3. 3 SAP ERP PM SAP ジャパン株式会社	52
3. 3. 4 E-Business Suite EAM 日本オラクル株式会社	62
3. 3. 5 Info EAM 日本インフォア・グローバル ・ソリューションズ株式会社	69
3. 4 各社ヒアリング結果	77
3. 5 調査の総括	93
3. 5. 1 製品の分類	93
3. 5. 2 ADID とのマッピング結果	94
3. 5. 3 インタフェース	95

4. 設備保全と運転の連携に関する研究動向	97
4. 1 O&Mの連携を実現した	
設備運用計画策定のために必要な機能	97
4. 2 O&Mの連携のために求められる各機能に関する研究	98
5. ISO標準化に向けた検討	111
5. 1 設備保全と運転の連携のための	
情報共有のための標準化活動の必要性	111
5. 2 ISOにおける検討状況	112
5. 3 標準原案の開発：ADIDとADMEの	
重油直接脱硫装置への適用	113
6. まとめ	118

## 1. 調査概要

我が国の製造業は、高品質の製品を適正な価格で市場に供給することで発展してきた。製品を製造するための産業機械等は、メンテナンスを実施することでその性能を長期間にわたって維持でき、その結果、生産効率や製品の品質維持が可能となる。

このため、近年、製品製造を行なう企業においては、生産設備の保全性を向上させた生産システムについての要求が高まっており、故障、事故を未然に予知するための設備診断技術などを活用した効率的な保全活動を可能にするシステムの構築が求められている。さらには、メンテナンス活動は、生産設備の運転に影響するとともに、逆に運転もメンテナンスに影響することから、製造企業の競争力強化のためには、生産設備の運転とメンテナンスを統合的に計画・管理することにより、収益に貢献する設備管理の実現が重要な課題となっている。

このような要求に応えるためには、運転とメンテナンスに関する活動を整理し、それらの実施に必要な情報の共有化や相互接続性を確保していくことが必要となる。しかし、これを個々の企業が独自に行うことは効率的とは言えず、国際標準の策定が求められる分野と言える。

このような状況の中で、近年、米国を中心として、運転システムとメンテナンスシステムを統合的に運用するための、情報交換に関する標準化が進められている。これに対しては、我が国の有する優れたメンテナンス技術に基づいて、製造現場の実態を反映させた国際標準原案を積極的に提案することで、我が国の意向を十分反映させた標準案を策定し、我が国の製造業の優位性維持に資することが重要と考えられる。

本事業では、生産システムの設備診断および設備保全活動に関して、保全情報を設備保守部門と運転計画部門とが共有することが重要との認識のもと、電力プラント、製油所、製鉄所のような大規模施設の設備保全状況を実地調査し、そこでの運転とメンテナンスの計画、実施管理、および、それらの間の情報管理の実態と課題をまとめた。また、メンテナンスに関わる各種情報の管理のために製造プラントにおいて最近導入が進められているCMMS（Computerized Maintenance Management System：コンピュータ設備保全管理システム）について、市場にある主なシステムの概要と運転とメンテナンスの連携という観点からの機能を調査した。さらに、運転とメンテナンスの連携に関する各国の研究動向調査を行った。最後に、これらの調査に基づいて、標準化案の評価を行うとともに、今後の標準化活動に対する我が国としての方針を検討した結果を示す。

## 2. 設備保全と運転の連携のための情報共有の現状と課題

### 2. 1 ヒアリング調査

本調査は、ISO（国際標準化機構）で実施している設備診断と設備保全に関する国際規格作成の事業に我が国の意向を反映させるため、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事業所の実態を調査した。調査では、先進技術を有する電力プラント、製油所、製鉄所の関係各位のご協力をいただいた。

#### 2. 1. 1 電力プラント

##### (1) 火力発電所の概要

当該火力発電所は昭和 40 年代はじめに、国の石炭政策に沿って建設され、大都市部に位置する発電所として、日本で初めての公害防止協定を地元市と締結、いち早く排煙脱硫装置を設置するなど環境保全対策に力を入れつつ、30 年以上にわたり電力の安定供給を行ってきた。平成 4 年より次の 3 つの目的のため発電所の更新工事を行った。

- ・ 地元市の 21 世紀プランに基づく環境改善計画への対応
- ・ 首都圏を中心とした地域への電力安定供給と供給信頼度の向上
- ・ 発電設備の老朽化への対応

新発電設備工事期間中も電力供給を維持するため、旧発電設備（53 万 kW）を運転しながら新 1 号機（60 万 kW）を建設し、新 1 号機運転開始後に旧発電設備を廃止・撤去して、その跡地に新 2 号機を建設した。

##### ①設備概要

・ 発電出力	新 1 号機 60 万 kW	新 2 号機 60 万 kW	計 120 万 kW
・ 使用燃料	石炭（国内炭および海外炭）		
・ 貯炭場	屋内式貯炭場（サイロ式）		
・ ボイラー	放射再熱式貫流型		
・ 排煙脱硝装置	乾式排煙脱硝装置 （アンモニア選択接触還元法）		
・ 集じん装置	電気式集じん装置		
・ 排煙脱硫装置	乾式排煙脱硫装置 （活性炭吸着法）		
・ 煙突	200m（2 缶集合型）		
・ 石炭灰利用	有効利用率 90%以上（発生量 38 万 t/年）		

- ・緑地面積率 20%
- ・港湾施設 揚炭岸壁 x 1、石炭灰・揚油栈橋 x 1



図 2.1.1.2 運転センター（中央操作室）

## （2）設備保全

### ①設備保全計画の特徴

#### ・定期点検

発電所は、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う。

#### ・日常補修

発電設備を停止せずに行う保全作業は、発電電力に制約をかける必要があるものと、制約なしに実施できるものに大別できる。前者の場合、突発的な事故以外は定期点検の場合と同様に受電会社と予め調整のうえ実施する。

### 主な質疑応答

Q:設備保全のため発電に制約をかける場合とは、具体的にはどういうケースがあるか？

A:例えば、発電設備を構成する補機に不具合(複数台設置されているものの内1台を停止する必要がある時等)を生じた場合は、発電出力を下げたまま運転継続しながら補修を行う事がある。更に主要な機器（ボイラー、タービン等）に不具合を生じた場合は、状況にもよるが発電を停止し補修を行う事がある。

Q:運転中の設備のメンテナンスはどうするのか？

A:発電所運転中は、発電に制約を掛けずにメンテナンスを行っている。

Q:補機系のメンテナンスも定期点検時に行うのか？

A:主要機器、補機共に定期点検時に必要なメンテナンスを行っている。

## ②設備性能劣化などのコンディション情報

設備の運転状況、状態把握は発電部門が監視・確認を行う。保全部門は、過去の運転・補修実績から各設備の分解点検の周期、部品取り替え範囲などを定め、計画的に設備保全を行う。

## ③計画保全の決定方法

設備保全計画の特徴の項に記載のとおり、発電所の運営計画は「年間停止計画」に集約されており、所内・本店の関係部門のオーソライズを経て、受電会社との調整を行っている。非定常的な保全については、その重要性により対処が異なるが関係部門間の調整により決定される。

## (3) 運転と保守の連携

### ①運転と保守の情報共有

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。

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、設備異常対応をのぞ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。

### 主な質疑応答

Q:劣化モードなど、時間とともに変化するプラント情報の扱いはどこが担当するのか?

A:熱効率管理を始めとするプラント状態値の監視、管理は発電部門が行っている。

Q:配管の減肉管理はやっているのか?

A:保全部門で管理している。

Q:どこで減肉がおこるかはメーカーが管理しているのか?

A:減肉する部位はある程度特定できるので、発電所で管理している。

Q:設備の重要度ランクで保全の方式を変えているのか？

A:設備重要度や、トラブル時のリスク等により使い分けは実施している。

Q:周期の見直しは適宜行われているのか？

A:分解点検の結果や、不具合の発生状況等により適宜見直しを行う。

Q:発電所全体のメンテナンス戦略は？

A:設備保全計画において、時間基準保全(TBM)、予知保全(PdM)、事後保全(BM)等を組み合わせ、最適化に向け PDCA サイクルを回しながら保全計画をブラッシュアップしている。

Q:配管減肉は、劣化メカニズムがわかっている。また電動弁は故障率管理が良いというように機器の特性を考慮した保全が必要になると思うが、そういう仕分けは？

A:機器ごとに重要度分類を行っており、機器ごとに保全戦略は異なる。

Q:保守・保全において装置の更新などの履歴管理（管理数が膨大）はどうなっているか？

また不具合情報の共有はなされているか？

A:設備管理システム Jmax の中に報告書モジュールがあり、電子化された報告書の形で管理している。

Q:オンラインの運転監視で得る情報と、巡回点検で見つかる不具合とどちらが多いか？

A:個々の事例によるので、一概には言えない。例えば、ボイラチューブリークなどは検出器がなく、運転監視のマスバランスで見つけるのには時間がかかる。一方、巡回点検で音を聞いて判断できる場合も有る。

Q:保全の基本データは、電子化データそれとも紙か？

A:完成図書の基本は紙ベースであるが、電子化情報も併用している。

Q:運転データから異常を早期検知するようなケースがあると思うが、メンテナンス側のデータと運転側のデータをつきあわせるようなことがあるのか？

A:あまりない。作業依頼票とその結果報告はまとめて閲覧できるので過去データの検索は可能。

Q:異常の判断はだれがやっているのか

A:発電部門が判断するが、その後の対応についてはその設備が止められるかどうかで対処がかわる。発電に支障を及ぼすような場合は所として会議を開いて対処を決定する。

緊急時は運転長が判断する。

Q:運開してから止めたことがあるか？

A:ある。停止のための所要時間は全負荷から解列まで数時間。受給調整をするしないは、緊急性によってかわる。

Q:メンテナンスの第一の目標は、稼働率、コスト、作業品質？

A:発電所稼働率面で、事故なく安全・安定運転することが第一目標。

Q:メンテナンスコストは、あらかじめ決まっているのか？

A:年度計画で決まっており、年度毎でも平準化した中で品質を保つことが重要。

Q:定検の時期はあらかじめきまっているのか

A:電力需要の増加する夏、冬の定検は無く、春、秋に集中して行う。

Q:定検時期は事業所ごとか、全社で調整しているか？

A:地点ごとに調整。

保全も地点で完結。電力重負荷期を外して定検を行う必要があることから、春秋に作業員を集めるのも難しくなりつつある。

#### (4) 支える仕組み

①運転計画部門と保全計画部門とのすりあわせのためのコンピュータシステム

設備管理システムとして、CMMS ソフトウェアの「MAXIMO(MRO 社製→現在は IBM)」をベースに当社仕様に構築した Jmax を全ての火力発電所で導入、活用している。

主な質疑応答

Q:保全は定時保全が主体か？

A:ブレークダウンメンテナンスもあるが、2年の点検期間が満足できるように見ている。

設備の重要度分類も行っている。

Q:発電所内の Jmax の運用は？

A:Jmax は社内内の各発電所に適用されているが、システム相互の情報交換機能はない。人間系で定期的に情報交換会を行っている。類似事故などはすぐに展開される。

Q:全社共通のトラブル情報の共有化がされているか？

A:本店の火力部で事故を含む情報をまとめており、水平展開される。

#### (5) まとめ

火力発電所では、電気事業法に基づき2年ごとに発電設備を停止して検査を行うことが法定業務として定められている。また、夏期などの電力需要が旺盛な時期にプラントを停止することは、社会的な影響が大きい。そのため、プラント構成機器の部品の検査・交換は部品の交換時期到達度とプラント停止スケジュールを勘案し行われる。プラント全体の発電品質に関わるパラメータ監視は運転部門が担っており、機器の保全を行う保全部門と運転部門が連携して、プラント全体の運転・保全を実施している。

火力発電所の基本機能は、高温蒸気により蒸気タービンをまわし発電することである。



発電効率から蒸気がより高温・高圧のほうが効率がよい。高温・高圧蒸気が接触するボイラー・復水器・蒸気タービン・配管等は、高温高圧による材料劣化は避けられない。そのため保全における状態監視対象は、材料のクリープ、減肉などの劣化の度合いが重要となる。

保全戦略としては、時間評価指標をはじめとして量的基準保守が中心となっている。基本的には、時間基準保全（TBM）であるが個々の設備パラメータの挙動も監視し、状態基準保全（CBM）と組み合わせられ実施されている。発電プラントの運転年数は長いため、長年の設備運転や試験研究により設備更新判断データが蓄積され、これらに基づき、部品等を安全サイドで交換する量的基準保守が行われている。発電プラントでは、運転制御のための計装制御系・センサー系などの情報ネットワークは充実しており、大量の監視データを伝送・処理し運転・保全に役立てている。一方で異常の早期検知のため、人間の五感を使った巡回点検も重視されている。

保全業務の計算機による支援については、最新の設備管理システムが導入され作業依頼票などの保全データが電子的に蓄積されている。これにより過去の不具合事例の共有、検索などが効率的に行える。今後の課題としては、設備管理システムと運転監視システムの連携、発電所間の保全情報の電子的共有の推進などが挙げられる。

## 2. 1. 2 製油所

ヒアリング調査時の議題は以下の通りとした。

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

### (1) 製油所の概要

面積 220 万㎡、周囲 12 k mにおよぶ広大な敷地に展開され、34 万バレル/日の原油処理能力を有している。当該製油所の創業開始は、1964 年である。

その建設にあたり、下記の 3 つの基本思想に従い設計され、首都圏の巨大なエネルギー需要に日々確実に応える日本最大のモデル製油所である。

「公害のない美しい製油所をつくること」

「高品質な製品を大量かつ安定して供給できる日本一の規模にすること」

「設備はできる限り統合化し、集中・自動化をはかる一方、

コンピュータをはじめ最新の技術によって設備を合理化すること」

### ①人員構成

運転部門 549 名

保全部門 107 名

事務 31 名

計 687 名

### ②主要設備

設備名称	数	能力
・原油常圧蒸留装置	3 基	340,000 (バレル/日)
・減圧蒸留装置	3 基	122,000 (バレル/日)
・L P G回収装置	2 基	1,190 (トン/日)
・ナフサ水素化精製装置	2 基	73,000 (バレル/日)
・接触改質装置	2 基	50,000 (バレル/日)
・アルキレーション装置	1 基	9,000 (バレル/日)
・灯油・軽油水素化精製装置	5 基	142,000 (バレル/日)
・減圧軽油脱硫装置	2 基	72,000 (バレル/日)
・流動接触分解装置	1 基	41,000 (バレル/日)

・残油流動接触分解装置	1基	40,000 (バレル/日)
・残油脱硫装置	1基	36,000 (バレル/日)
・水素製造装置	2基	1,592,000 (Nm <sup>3</sup> /日)
・硫黄回収装置	4基	600 (トン/日)
・原油タンク	17基	1,253,000 (キロリットル)
・製品・半製品タンク	318基	2,763,000 (キロリットル)
・ボイラー	8基	858 (トン/時)
・ガス化複合発電設備	1基	431,450 (kw)



#### ■ 常圧蒸留装置

原油を最初に処理する装置。当製油所には3基の常圧蒸留装置があり、常圧蒸留装置では原油を加熱炉で約360℃に加熱し、蒸留塔に張込み、沸点の違いを利用して、ガス留分・ナフサ留分・灯油留分・軽油留分・残油の石油製品のもととなる5つの留分に分けます。

図 2.1.2.1 常圧蒸留装置

#### 設備情報

静機器 3000 基 (塔・槽 1280, 熱交換 1500, 加熱炉 70)

配管 1000km 以上

回転機器 3900 台 (ポンプ 2900, コンプレッサー120, その他 880)

計装電気設備 モーター3800, 電動編 2000, 圧力計 15000, 流量計 3500,

制御システム 15, 調節弁 7500, 温度計 8000

#### ③安全への取り組み

想定される様々な災害に迅速に対応できるよう体制を整えている。

- ・タンカーの荷役時におけるオイルフェンス、タンクにはコンクリートと土の防油堤

での流出油対策

- ・固定式防消火設備の設置と化学消防車など計7台を所有

#### ④環境への取り組み

大気汚染・水質汚染などの対策を徹底し地球環境に配慮している。

- ・SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、ばいじん対策などの大気汚染対策
- ・精製装置からの排水は、アンモニアや硫化水素などを除去した上で、さらに油分、フェノールなどの汚濁物質を除去し、海に排出する。
- ・防音対策、臭気対策も行っている。

## (2) 保守の概念

### 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。

#### a. 保全工事の種類によって計画策定部門部署を分担

- ・運転効率改善工事→運転計画部門

プロセス（トッパー、蒸留装置関連）装置の汚れ清掃や  
触媒取り替えなど

- ・腐食、劣化などの損傷に起因する保全（補修）工事→保全管理部門

#### b. 部門間協議による計画策定を打ち合わせで設備種類毎に実施

#### c. 主な質疑応答

Q：4年に一度の定期保全だと、保全員のスキルレベル維持はどうなるか？保全者の教育をどのようにしているか？

A：製油所は全国にあり、教育の場は多くある。定期保全のタイミングが異なるので、順次巡るという形で教育派遣をしている。また、小工事でもスキルをつけていく。

マニュアルの整備をキチンと行っている。作業の標準化をしている。

資格制度によって資格の取得も行っている。（設備診断士など）

### ②設備性能劣化などのコンディション情報

#### a. オンラインまたはバッチで劣化状況を把握

- ・オンライン・・・重回転機器の軸移動や振動など
- ・バッチ・・・圧力容器の肉厚測定など

#### b. 基本的な保全のPDCAサイクル

運転中の検査の年間計画策定→検査の実施→劣化速度、余寿命の評価

→追加検査、保全計画の見直し要否の検討を反映（フィードバック）

その場合は、これだけではなく使用条件も勘案している

### ③計画保全の決定方法

#### a. 保全計画までのステップ

定期保全工事→3ヶ月以内に次の4年後の保全計画原案策定→保全計画見直し（運転条件などによる）→定期保全計画

#### b. 計画期間

- ・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す。
- ・1、2年で不具合が出る装置は途中でマイナーな保全を実施している。

#### c. 見直しに使う情報

- ・運転中検査情報
- ・水平展開情報
- ・傾向監視情報（汚れ等）
- ・変更管理情報

## (3) 運転と保守の連携

### ①運転の特徴

24時間、365日の4年連続運転が基本である。

シャットダウン 4年に1回

### ②運転と保守の情報共有

#### a. 特徴

- ・過去と異なる操業条件、変化を速やかに把握する。
- ・性能低下の許容値から予測し、次の計画に補修を入れるかどうかを決めている。  
しかし原油が変わって腐食性などが変化した場合には条件が変わる。
- ・運転上でのバラツキなどによる変化（いつもと違う？）は運転員の気づきによる。
- ・過去と異なる操作条件・変化を速やかに把握（＝情報共有）することが健全性維持に重要である。

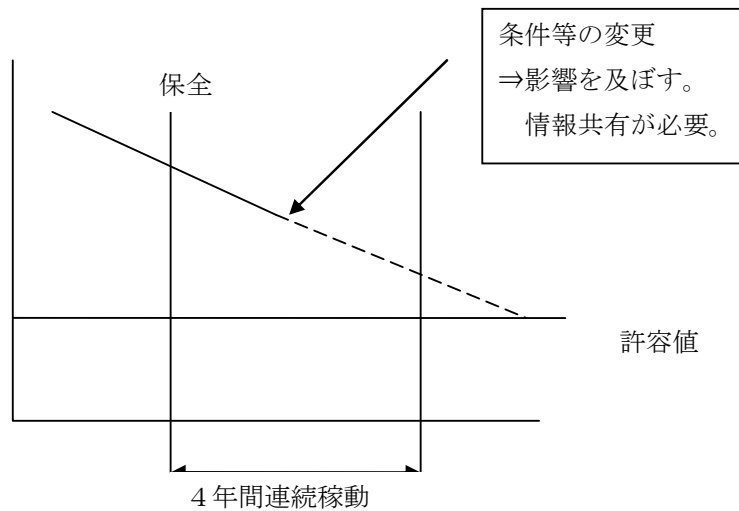


図 2.1.2.2 保全対象期間

b. 共有する情報

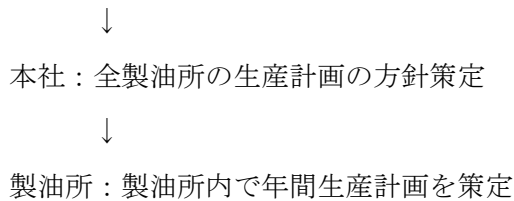
- ・劣化損傷に影響を及ぼすデータを共有する。
  1. 原料油性状、温度、圧力、流速
  2. 点検結果・・・運転方法へのリコメンドなどを実施
  3. 運転効率に関するデータ・・・熱伝達係数、差圧、原単位

c. 共有の手段の方法

1. デイリースタッフミーティング 日・口頭
  - ・稼働状況、日常保全工事の情報を交換する。
  - ・朝礼で運転情報や運転員による現場パトロールなどの情報を共有する。
2. 運転データ傾向監視活動 週・口頭
  - ・損傷に関係のあるデータの推移を異なった視点で確認する（運転と保全など）。
3. 変更管理システム 適宜・書面・協議
  - ・変更内容、問題点有無、フォローアップ要否、内容を関係部門で作成する。
  - 内容：誰が何をどういう頻度でなど・・・
4. 点検結果 適宜・書面、協議
5. 保全計画検討会 3～4回／4年・書面、協議
  - ・設備種類毎に部門間で保全対象、工事内容を協議する。
  - 工事内容：どういう提案に何をやるのかを

d. 年間生産計画と保全計画すりあわせ

製油所：全国7つの製油所から製油所年間保全計画（装置単位の停止予定）



e. 主な質疑応答

Q：運転中に検査をしなければならぬ事があると生産調整は？

A：ほとんどが経験値などから計画的保全で対処可能である。

Q：運転条件の変更に伴う計画の変更はどんな機器で発生するか？

A：毎日条件が変わる物ではないのでリアルタイムではない。文献などの調査によって計画を見直す。運転変更の実績は管理しておき、その結果を点検の際に確認するなどの方法をとっている

Q：運転部門と保全部門で保守日程を調整している。コンフリクトはないか？

A：運転中は多少、あるが、少ない。

C（コメント）：保全の結果が出るまでには長期間かかる（年単位）。日々の記録を残す。変更点、因果関係などをしっかり記録している。そして、4年後にクローズする。

Q：設備の生産量は計画的に変動させることがあるか？

A：変動に関係なく、計画したものは実施する。準備作業が非常に大きいため。

C：運転中に情報をもらって、タイムリーに保全したい。

(4) 支える仕組み

①運転計画部門と保全計画部門とのすりあわせのためのコンピュータシステム

a. 運転情報

1. P I システム

温度、圧力、流量などの装置の状態に関する情報

2. ポータルサイト（イントラネット）

処理量、エネルギー原単位、在庫、品質情報、K P I（業務達成指標） など

b. 保全情報

MAXIMOで保全情報を一元管理している。情報としては、仕様、履歴、計画、検査工事の依頼勧告、検査報告、工事仕様書（計画を入れると仕様書が出る）である。

・日常保全

- ・ 運転部門による保全依頼→保全部門による保全実施→保全部門による結果報告
- ・ 運転員による日常点検は2回／日実施している
- ・ 日常保全では外観目視・潤滑チェックなどを行っている。
- ・ 計画保全  
部門間協議で計画→保全による点検工事→保全実施→結果報告
- ・ 主な質疑応答  
Q：保全システムでMAXIMOをどれくらいの範囲をカバーしているか？  
A：基本的にはすべてである。  
Q：運転情報をMAXIMOに取り入れているか？  
A：いいえ。MAXIMOは運転システムに接続されていない。

## ②緊急時の情報発信と対策

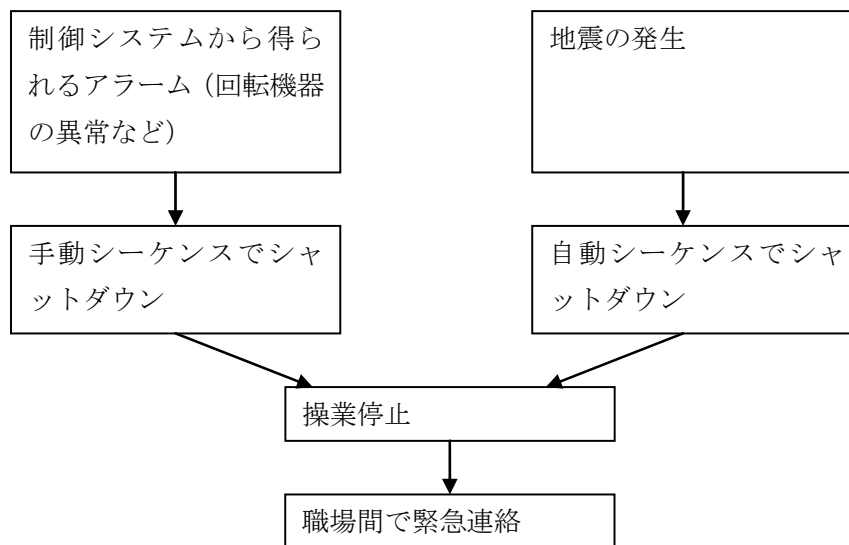


図 2.1.2.3 緊急時の情報発信と対策

### (5) 設備保全の標準化への取り組み

保全に関する規格や標準化は業界として積極的に取り組んでいる。また、設備維持管理士の資格講習等も展開し、技術の伝承に努めている。2002年頃から、メーカーやコントラクターの知見を持って、標準化活動に取り組んでいる。

### (6) その他

#### ①原油タンクの保守



a. 保守の特徴

- ・ 7年～10年周期で、消防法の制約のためである。
- ・ 始めてから終わるまで、全部で長いもので12ヶ月必要である。この期間は前段階の清掃からで、点検そのもので3～4ヶ月。目視検査、溶接部非破壊検査が中心である。
- ・ 全部を変えることはめったに無い。
- ・ 雨による錆び汁はパトロールでチェックし、発見後、保守が点検する。
- ・ 腐食の点検
  - ・ 底部は全部。非破壊検査をする。
  - ・ 側面はポイントのみを点検する。  
側面板はそれほど損傷のモードがないので、必要に応じて保全をする。
- ・ 製作時に放射線検査を行う。
- ・ 大きな地震
  - ・ 通常製品ではタンク内に動くものは無い
  - ・ フローティングタイプ（浮き屋根タイプ）  
・ 揮発性の高い製品用。揮発を防ぐ  
液面が揺れるので、その場合は浮き屋根は動く
- ・ 使い続けられる。痛みは少ない。
- ・ 底部の保守
  - 地盤の上に敷き詰められたアスファルトサンドと底板の間に伏流水が入り、腐食する。底板は交換したことはある。
  - ・ 塩分での腐食に対しては、溶接で盛ったり、あるいは板を交換する。
  - ・ 超音波で連続面を検査する。掃除機のような感じの検査機器である。

b. 主な質疑応答

Q：ハイテン（高張力鋼）を使っているタンクの信頼性、評価は？溶接部の信頼性？

A：設備設計時に決めている。既の実績があるので、傾向を管理している。

②トッパー（常圧蒸留装置）の保守

a. 保守の特徴

- ・ 稼動は4年間
- ・ 汚れ等
- ・ 運転時の保守は限られている。
  - ・ 潤滑の汚れ

- ・外観目視が限界である。
- ・4年周期で全面保守している。

b. 主な質疑応答

Q：加熱炉のデコーキングのタイミングは？

A：シミュレーションしながら決めている。その後、実際に実行した結果をフィードバックし、機器毎に決めている。経験によって何年で必要かはわかっている。

Q：温度の変更はあるか？

A：原油の種類によって変化させている。運転条件を情報システムで回すほどの速いタイミングではない。

Q：設備の状態によって運転の仕方を変えているか？

A：360℃を350℃で使うか、止めて保守するか、を経済性で決める。ロスコストで評価する。

Q：この場合、生産計画に影響するか？

A：影響する。他の製油設備や製油所と調整する。調整は人間系で行う。

③発電施設（スチームタービン方式）の保守

a. 保守の特徴

- ・ボイラーは 重油とガスが燃料である。
- ・ストリップिंगスチームタービン用ボイラーが8ヶ所ある

④配管の保守

a. 保守の特徴

- ・オンサイトでは内面腐食を検査する。
  - ・外側は、オペレータがパトロールして点検している。
  - ・目の数を増やす。
  - ・人海戦術中心（目視）である。
- ・オフサイトでは内外面腐食を検査する。
  - ・オペレータが目視で検査する。
  - ・抜き取りで、非破壊検査も行う。
  - ・保全部門と運転部門がタイアップしている。
  - ・一定以上の温度（例えば150℃）のものを対象にしている。ラインごとに管理している。

- ・ゾーン点検とし、ある周期を決めてTBM(時間管理保全)で行っている。
- ・代表的な部分を検査すれば全体が分かる腐食形態（内面腐食の場合）とそれ以外に分けて検査をしている。

b. 主な質疑応答

Q：配管の系統アイソレーション（検査）はどうやっているか？システム化しているか？

A：損傷の傾向についてはわかってきているので点検マニュアルの中で、対象を横串で見た検査要領を策定している。

Q：静機器が3000箇所以上や長い配管がある。これらを漏れなくチェックする仕組みは何か？

A：どの当たりで、どの程度で何が起きるかはわかっている。XX 腐食マニュアルという横串のマニュアルを作っている。

Q：溶接部の点検の仕方は？

A：設備を作るときの材料で対応している。

- ・有効性の確認が中心である。
- ・コンプレッサー周りの圧力変動を伴う物には疲労があるが、限定されている。

C：静機器は中に入って目で見て、チェックできる。

配管の中に入って見ることは困難である。

配管の測定点はデータベースで管理している。

⑤劣化

Q：設備の劣化傾向によって運転負荷を落とすようなことはあるか？

A：ある。経済特性などで判断する。

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っているため、最終製品の生産量から生産計画を立てることが難しい

設備劣化に伴う負荷調整を行う場合、生産量が変化するので生産調整が発生する。

所内での調整もしくは他の製油所との調整を本社で行う。

経済性が伴うので、最終的には人が判断するが、それに必要な情報はシステムから得ている。

Q：管理している劣化モードは何があるか？

A：劣化モードは6～7程度存在している。腐食、クリープや焼き戻し劣化など。腐食は硫化物と塩化物が主。他には、アンモニア系、窒素系、水（ボイラーでは）

など。多くて10から15種類。

Q：劣化特性は腐食が主なものか？

A：腐食が主な劣化特性である。トッパーなどの装置の高圧部は良い材料（炭素鋼）を使っているので、腐食しにくい。

## ⑥その他

### a. 主な質疑応答

Q：温度計等の保守ルールは？

A：計装電機のグループでルールを決めている。

C：主要なものについては機器ごとにカルテを用意している。何が起きるかの可能性について1枚のシートにまとめている。

C：設備稼働から40年経過している。過去の経験で日々、改善している。良い対応の出来ていない所（残された所）を中心にチェックしている。

C：Bad Action は改善している。

## 2. 1. 3 製鉄所

ヒアリング調査時の議題は以下の通りとした。

- ① WG主査から本調査の主旨の説明
- ② 製鉄所の概要説明
- ③ 工場内調査見学
- ④ 質疑応答

### (1) 設備管理の取組み

#### ① 計画保全の取組み

保全方式の主体は定期保全及び予知保全より構成される。

計画保全は、所要生産量を保証するための計画的な点検・整備工事であるといえる。従って生産計画の前提に保全計画があり、この前提に立って生産計画が立案される。以下に具体的な取組みについて要約する。

#### a. 主な計画保全の考え方

##### イ. 短周期保全

狙いは故障ゼロであり、機能が停止する以前に異常を発見することが考えのベースである。製鉄所の所要生産量を保証する計画的な点検・整備工事として位置付けられている。

##### ロ. 長周期保全

10年周期の計画保全がベースになっている。

##### ハ. 改良保全

単に保全費の低減が狙いではなく機能改善であり、具体的には以下の狙いに沿った保全方式と言える。

- ・ 工程能力向上
- ・ コスト改善（長寿命化，メンテフリー化）

#### b. 修繕計画の立て方（操業と修繕計画との整合性）

イ. 年2回生産計画を見直す。主な工事及び設備工事の見直しを2回／年行う。

##### ロ. 3ヶ月計画の立案

3ヶ月前に四半期毎に細かくラインに分けて定期修理計画を立てる。

##### ハ. 月次計画の立案

前月中に次月の保全停止計画を詳細に組み立てる。

c. 現状の取組み実態

イ. 定期保全と生産のバランスについて、

基本的には生産計画より保全計画を優先する。

ロ. 保全の実績管理について

機械データでの計画は行っていない。

コンプライアンスの観点から、受注検収、在庫精度などの管理が主体。

ハ. 保全計画の実施は、基本は TBM で実施する。

周期の延長が技術開発として行われる。

また基準書の見直しも常に行っている。

保全周期延長のための設備改良は行っている。

ニ. 設備診断技術

設備診断センサの異常値を統合した形にしてシステム化している。

配管は肉厚管理などで長周期保全の対象としている。

また、予備機やバックアップラインがあるものは BM にしている場合もある。

新しい新技術の開発として、オンラインで診断する傾向にある。

ホ. 潜在故障への取組み

顕在リスクへの対処から潜在リスクへの対処に移行しようとしている。この考えは基本的には予防保全に繋がってくる。

帰結するところは、仕組みや体制を整えても人が育成できないといけない。

冷延や仕上げ工程において製品品質や歩留まりをあげるためには人に依存する部分も重要な要素であると判断している。

(2) 薄板圧延工場熱間圧延ライン調査

① 熱間圧延ラインの製造工程

製造工程は、スラブを加熱→粗圧延→仕上圧延→制御冷却→捲取の工程を経てホットコイルを製造する。また捲取後→酸銑→熱延鋼板あるいは酸洗なしで熱延鋼板にて構成している。熱延工程は、製鋼工程より送り込まれたスラブを圧延し、ホットコイルを製造する工程である。

熱間圧延ラインは、客先要求に対応して、様々な寸法、強度、加工性の品質を製造しており、更に制御冷却技術によって、高性能ハイテンの製造を可能としている。また厚み寸法精度も高精度で管理されている。

これらの品種は様々な強度、寸法オーダーに対応しており、熱間圧延ラインは多品種混流

生産ラインと言える。

### (3) まとめ

製鉄所の設備管理は、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、現場の保守担当者（委託会社の担当者を含めて）の不足感と、ノウハウの継承の難しさを含めて人（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。

## 2. 2 設備保全と運転の連携に向けた課題

本節では、ヒアリング調査結果および過去に公開された情報などをもとに、設備保全と運転の連携に向けた課題について考察する。

### 2. 2. 1 電力プラント

本委員会が国際標準化検討を担う、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アグラム)に基づいて整理する(図 2.2.1.1)。電力プラントとしての役割に由来する特徴のある設備保全の考え方があり、以下にその内容を示す。なお、電力プラントは、原子力発電所、火力発電所、水力発電所、変電所、電力系統など個々に固有の詳細な設備保全基準がある。

電力プラントは、安定的に負荷側に電力を供給する使命を持つ。設備保全は、別の表現を使えば、必要需要量に見合う電力を確実に負荷側に供給するために実施する。設備保全の重要性は、負荷側には運転状況が社会に大きな影響を与える社会インフラが含まれることを考えれば、容易に理解できる。社会インフラの主要設備の多くは、その機能を発揮するための主要エネルギーが電力である。このように電力プラントは、その停止に伴う社会的な影響が大きい。よって、電力プラントの停止を伴う設備保全の実施は、電力需要の少ない時期に、代替りの電力供給手段も確保した上で、綿密に計画され実行に移される(A4.1→A4.2→A3.3→A2.2/A2.3)。

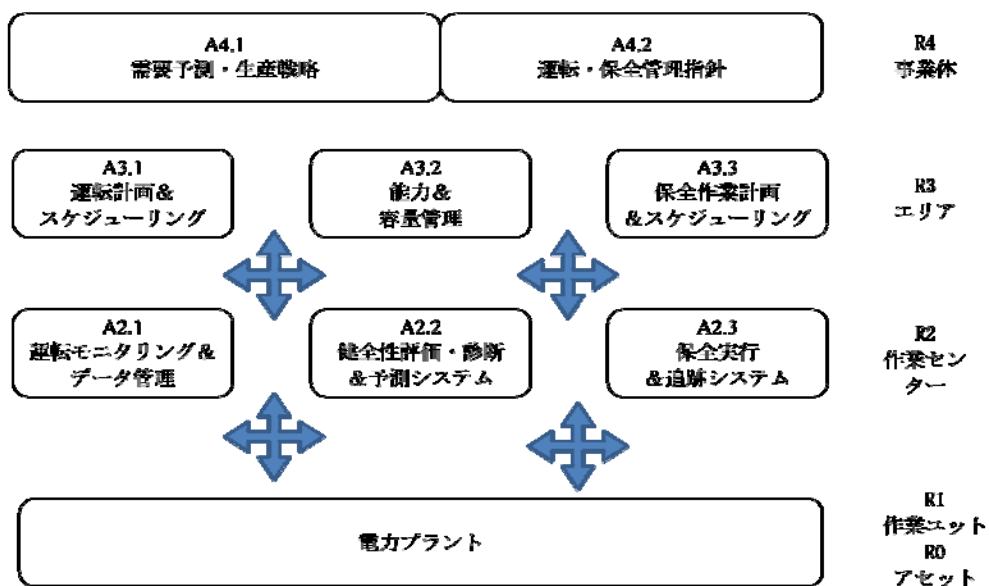


図 2.2.1.1 電力プラントの ADID



電力需要は、季節要因や特殊要因—例えば、夏場の高校野球の好カード時には、テレビ視聴率が高く電力需要が増加する—など、過去の需要記録からそのおおよその傾向を予測できる場合がある。需要予測・生産戦略・運転計画は、事例をあげると需用急増が翌日に予測される場合、それに対応した準備をすることである。この事例では、例えば変圧器内の絶縁油温度を前日から予備の冷却設備をも稼働させ低めに誘導する運転が行われる

(A4.1→A3.1→A2,1)。この際、設備の状態把握は重要である (A2.2→A3.2→A4.2)。電力プラントの状態によって運転方法が決まる。例えば、並列設置されている設備の一ユニットが能力を発揮できない場合、他のユニットで電力生産を増加する運転を行う。あるいは、電力系統上の一つの変電所の状態が悪ければ、送電ルート変更の結果、ある変電所では、通常よりプラント全体で負荷の高い運転が実施され、設備寿命に影響を与える場合もある。

電力プラントの期待寿命は30年の長期に及び、長期的な設備保全計画が立案される。そのため、電力プラントの設備保全では、長年の運転実績と設備の健全性評価結果から、設備保全における明確な指針の文書があり、体系的な設備保全の取り組みが行われる。図2.2.1.2は、電力プラント設備保全の流れの一例である。

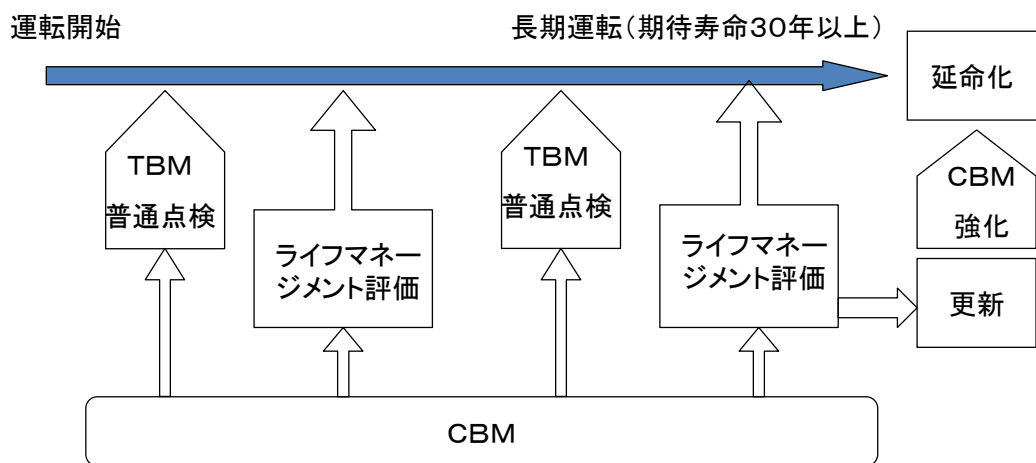


図 2.2.1.2 電力プラント設備保全の流れ

電力プラントは、過去のTBM普通点検記録や運転記録等から「ライフマネージメント評価」が実施される。例えば、ガスケット部品は10年、計器類15年、切換器は切換回数80万回以上で接点交換など、前述した記録から得られる定量データからライフマネージメント評価が行われる。実機のフィールドにおける試験研究により健全性評価に必要な

定量データが蓄積され、定量的判断によるCBMが可能な保全対象品も多くなっている。一方、仮にすべての保全対象品にCBMが適用できたとしても、電力プラントは簡単には停止できないので、TBMのタイミングに合わせた保全作業が実施されるであろう。電力プラントの保全対象品は高価でかつその更新工事の費用も高い。よって、アセットマネジメントの視点も入れ、TBM普通点検時の設備前倒し交換が判断されるのが一般的である。

期待寿命以上に運転可能とライフマネジメント評価が下され、かつ延命化が決定された場合には、CBMが強化される。CBM強化の実際は、センサー等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 製油所

今回のヒアリング結果および過去に公開されている情報などを参考に、石油精製プラントにおける設備保全と運転の連携について整理してみる。

一般的に保全管理システムと生産管理システムを連動させた仕組みが機械的に存在することは確認できていない。おそらく、保全部門と生産部門が連携して設備全体の運転と保全に注力しているため、個々に持つ情報と過去から蓄積された知見などを活用することで、保全計画立案に対する一定の判断が可能になっているからと推察できる。人の連携がシステムチックに稼働していることで、機械的なシステムに頼ることなく適切な生産と保全が実行できていることになる。この仕組みが上手くいくためには、個々の情報システムで基本的な情報が管理されていることと、それを利用する人のスキルが必要になる。日本の場合は、運転オペレータも保全マンも入社してから徐々にスキルを上げていき時間を掛けてスペシャリストになっていくのが一般的だ。一方、諸外国では一つの仕事に従事する期間が短い場合も多々見受けられる。一定の経験でスキルを上げると他の企業（同業の場合もある）に転職して更にスキルを上げる。従って、企業活動の結果得られる知識や経験が人に残ってしまうと企業としてのスキルアップができなくなる可能性がある。その対策にはITを駆使した情報の蓄積と活用は必然性があり、ISO18435の規格案もそのような背景に後押しされているのではないだろうか。日本では、以前2007年問題がクローズアップされ、多くの知見を持ったベテランがどんどん退職してしまうことと、バブル後の不景気時期に新規採用を見送ったことで一定の年齢層が抜けている年齢の空洞があり、技術伝承に警鐘が鳴らされた時期があった。プラントを保有する企業では、情報システムの導入が加速されるとともに、ベテランの再雇用などで技術伝承のとぎれを防止してきた経緯がある。並行して設備管理システムの導入と活用も加速されたが、生産システムとの連携には至って

いないことも前述の通りである。参考データとして、日本プラントメンテナンス協会が毎年実施しているメンテナンス実体調査報告の中から設備管理システムの活用状況データを引用し、2006年度と2009年度の活用状況を比較した結果を図2.2.2.1に示す[1]。

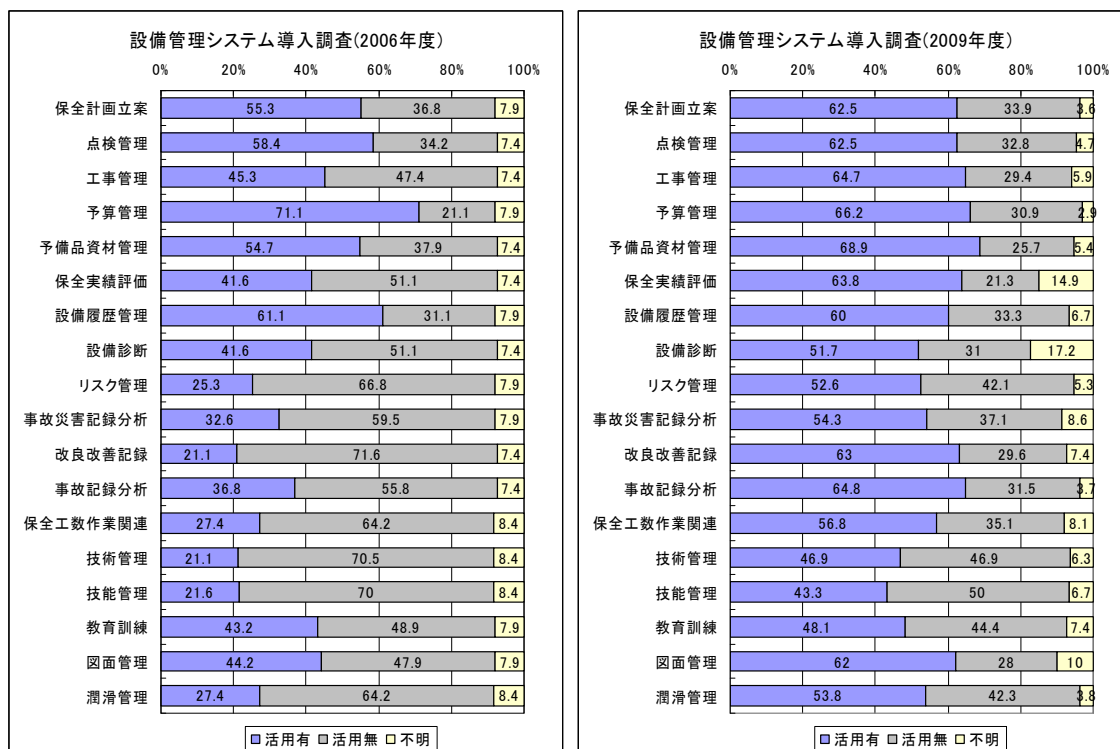


図 2.2.2.1 設備管理システムの活用状況

国内の石油・石油化学プラントでは、高圧ガス保安法に代表される安全法規によって、基本的なメンテナンス周期が決められており、高圧ガス設備では最長でも4年毎にSDM（シャットダウンメンテナンス）を実施しなければならない。従って、基本的にはSDMはTBM（時間計画保全 Time-Based Maintenance）にならざるを得ない。しかし、SDMの際に実施する補修対象箇所や補修内容の選定などは、過去の保守実績や稼働状態監視の結果などから判断しており、この視点で見ればCBM（状態監視保全 Condition-Based Maintenance）を取り入れている。また、SDMまで待てない場合や緊急性があれば、稼働状態に基づいて補修を行うこともあるため、総合的にはコンディションに基づく定期保全の形が取られていると言える。基本はTBMなので、生産との調整はあらかじめ実施することができる。しかし予期せぬ故障などでメンテナンスしなければならない場合は、生産調整が必要になる。これらに備えて、プロセス全体を通して部分的に中間製品のバッフ

アを持っていたり、他工場と生産調整したりすることで出荷に影響がでない工夫がされている。

石油製品の需要が落ち込む傾向にある中、製油所の統廃合・高効率プラントへ転換やグローバル展開などが進んでくると、今までの経験や知見だけではプラント運営が難しくなる可能性も考えられる。さらに、地球環境問題にも積極的に取り組まなければならない、エネルギー産業はいろんな面で方向性が左右されるのではないだろうか。既に実施されているが、一部の石油製品は製油所の企業とは異なるブランドのガソリンスタンドで販売されるなど企業間の製品流通も行われている。

このような背景も考慮した生産と保全の枠組みと情報システムの在り方を検討すべきではないだろうか。

#### 参考文献

- [1] 2006年度メンテナンス実態調査報告書，日本プラントメンテナンス協会
- 2009年度メンテナンス実態調査報告書，日本プラントメンテナンス協会

### 2. 2. 3 製鉄所

製鉄所は、継続した高品質の製品を生産するために設備の維持管理が大きなウエイトを占めてくる。そのために種々のメンテナンスが施される必要があり、日進月歩と鋭意工夫をしている。ここでは、メンテナンスにかかわる情報（特に設備診断情報）を如何に活用していくかについて考察する。

設備診断については、鉄鋼関連は他分野に先駆けて先進的な技術開発に取り組んでいる。その主なものは、振動診断、AE 診断、温度診断、音響診断、超音波診断、電流診断、潤滑油診断等がある。これらの診断として計測と診断の技術開発が図られており、計測技術としては、近年は MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) デバイスを利用し圧力センサーや加速度センサーなどの各種センサーが開発され、小型化と信頼性向上に大きく寄与している。また、異なるセンサーを一体化し、データ処理プロセッサを同一パッケージに組み込み、計測したデータをデバイス内で処理し、結果を情報処理装置に渡すものも開発されてきた。複合化されたデバイスを用いることにより、対象物の動きなどの特徴を瞬時に計測することができる。一方、診断技術としては、統計的手法とモデルベース手法を採用している。これらで処理した情報を以下の保全方式にあわせて活用している。

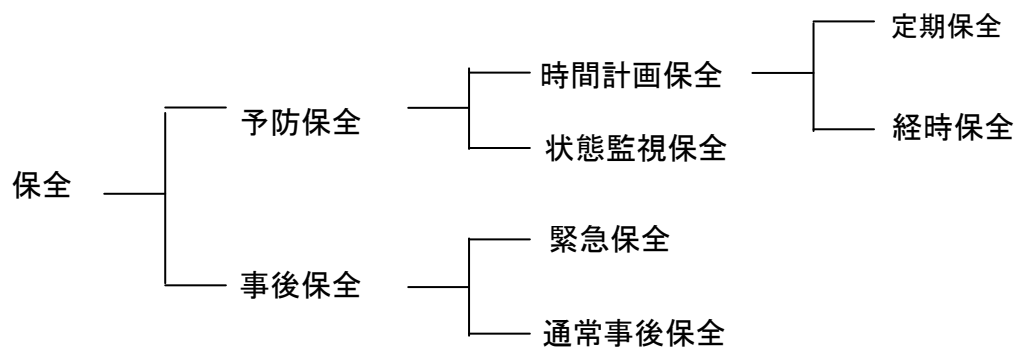


図 2.2.3.1 保全体系

また、診断情報は長年に蓄積された現場のエキスパート情報（職人技とも言うべき感性による診断）も大変重要な情報として存在する。このエキスパート情報と診断情報は確立されたとは言えず、今後も大いに研究開発されることが期待される。

上記で得た知見は、数十万に上る保全に関する規定、手順、要領、チェックシート等として制定され、実際の現場で活用されている。それらは、集中（本社組織）または分散（各事業所、製造現場）されて管理し最低1回／年の見直しがなされているようである。このように製鉄に関しては、適切な保全がなされているように推察される。

しかし、現場では熟練保全者の減少が、2007年問題でも論じられていたように大きな課題となっている。その熟練者を短期で継続雇用したとしても限界が来ている状況に変わらない。また、生産は計画部門と製造現場で調整して実行されているが、この中で設備状況に関する調整は、現状、現場での人による調整で行われている。この点で今後の効率的な生産と製品の品質維持を図る上では、この課題は何らかの解決を要請されている。

企業は、市場からの要求に呼応して高品質な製品を市場に供給するため生産計画を立案する場合、生産設備の状態を考慮していくわけであるが、そのために生産計画と保全計画（設備の経年や使用頻度による変化、設備そのものの状態を考慮してTBM、CBMによる保全を実行）をいかに連携していくかがかぎとなる。つまり企業を永続的に継続・繁栄していくためには、製品を製造するための設備を品質高く、さらにいかに安全に維持確保できるかが大きな課題である。

それらを解決するための方策が模索されているが、一つに標準化とIT技術の活用がある。先に述べた豊富な保全に関する診断と対処の情報をいかに活用するかという点では、①現場作業へのユビキタスIT技術の活用による効率化・簡易化・正確化を目指した取り組み（図 2.2.3.2 参照）[1]、②各事象（トラブル含めた）に対する解析支援システムの導入の取り組みがスタートしている。いずれも熟練労働力減少の対策としても有効と思われる。

また、③以上の有効な情報と、生産計画から操業、保全にいたるシステムにおいてレイヤごとのJOBと情報の受け渡しを標準化する取り組みも必要である。

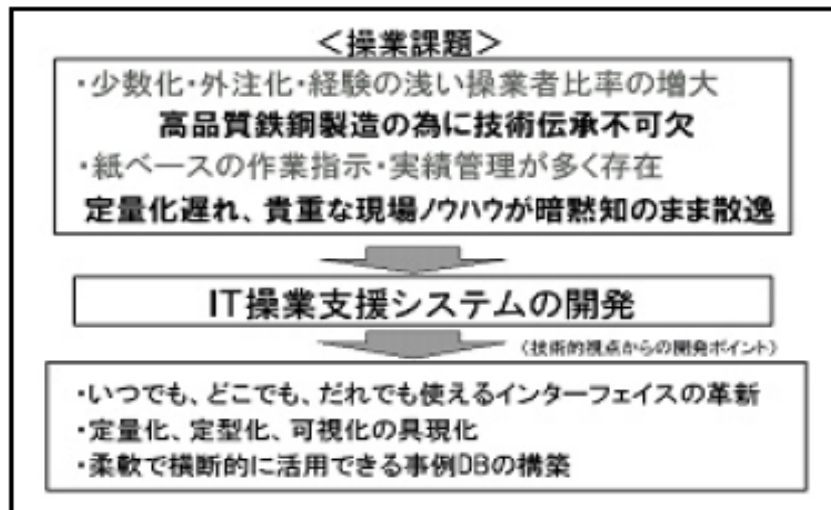


図 2.2.3.2 取り組み方針例

上述したとおり情報の蓄積と活用の観点では、ITが注目されるのは必然性があり、標準化の観点として現在審議中のISO18435の規格案は有効な手立てとなり得るであろう。標準化をする上では、日々の改善とそのメンテナンス、設備のトレーサビリティも可能になるように、スコープも1製造所内に閉じることなく関連するJOBに関しては網羅して検討に入れておく必要がある。

#### 参考文献

- [1] 日本プラントメンテナンス協会，最新保全研究会，2008年3月 第三期報告書

## 2. 3 「生産とメンテナンス統合化」の観点からの考察

### 2. 3. 1 製造業が抱える課題

まずメンテナンス実態調査データの考察に入る前に、製造業における設備保全のありかたについて、その考えを述べたい。

昨今の厳しい経営環境下であればこそ企業の保全への投資に応え、保全業務の価値向上を果たし続けるために、「保全はどうありたいか」を考えることが重要であり、保全の経営への貢献を主眼として記述する。

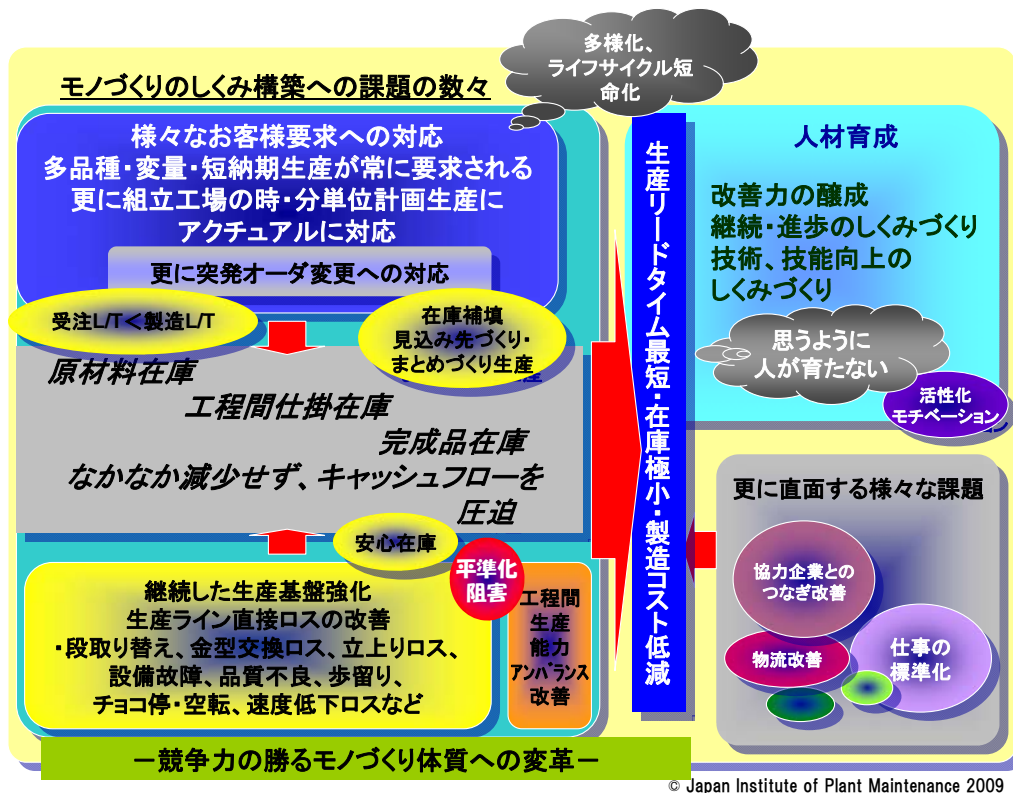


図 2. 3. 1. 1 製造業が抱える課題、その 1 例

市場からの要求はますます多様化し、合わせて製品のライフサイクルも一層の短命化の傾向にある。そしてこれらのニーズの変化に応える製造業が直面する課題もおのずと難易度の高いものとなってきている。

このような市場の変化をもとに、多品種・変量・短納期、そして厳しいコストダウンへの対応力への向上が強く求められている。

製造現場では必然的に製造基盤の一層の強化とその恒常的な改善が求められており、モノづくりの競争力の基本条件として、生産設備の高効率な運転はもとより、品質保証、人の技能の向上、標準化等の推進が地味ではあるが実は大切な課題となっている。

この点の弱みを抱えてのフレキシブルな市場要求への対応は極めて困難と言えるのではないかと。

この製造基盤を支えるコア機能として「保全」が存在し、その役割を果たすことが求められているのである。

図 2.3.1.1 に、モノづくりのしくみ構築への課題の数々として、その一例を示すが（主に加工・組立系企業をモデルとした）、課題解決に向けて生産システムとしてのノウハウの構造化とその強化へ向けて全社の取組みを推進すべきである。

そこで少し視点を変えて、モノづくりと保全の関連付けを生産システムの中で整理してみた。（図 2.3.1.2 生産システム構築とその狙い）

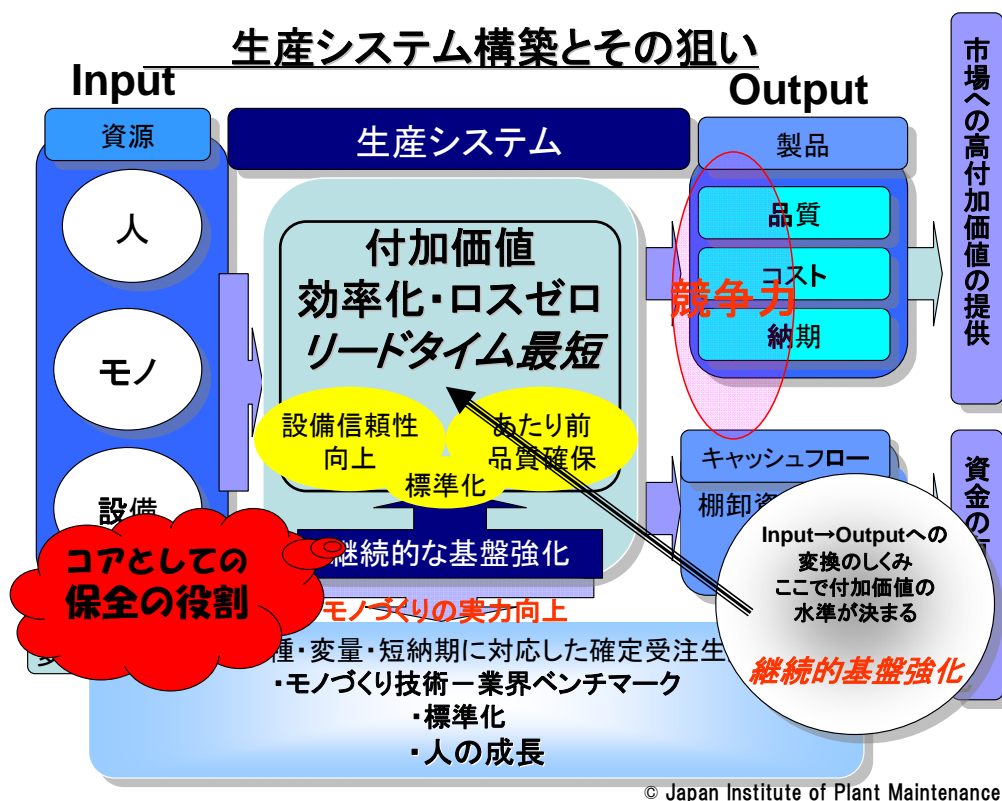


図 2.3.1.2 生産システム構築とその狙い

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

製造業の競争力とは製品の Q・C・D そのものであり、更にこれまで以上にスピードを意識することが重要となっている。この生産システムが企業資源（人・モノ・設備）のイ



インプットをアウトプット（商品・製品）へ変換するしくみと言え。換言すれば、このモノづくりのしくみによってその企業の市場に提供できる付加価値の水準が決まってしまう。競争力とは、この市場ニーズの多様化に対して、生産効率を低下させることなく商品と最大サービスを提供し続ける力そのものである。

この生産システムは、付加価値最大化、効率化徹底追求（ロスゼロの実現）、そして生産リードタイム最短を求め、継続的なレベルアップの PDCA 管理サイクルを廻すこと、あわせて、このしくみの土台ともいえる生産基盤を継続的に強化していくことが必須であり、コアとしての保全の役割がここに存在する。

生産システムのなかで、この基盤をより強固なものとするべく、継続的に改善し続けること。この基盤強化なくして顧客ニーズへの柔軟な生産対応は出来ないと言っても過言ではない。

## 2. 3. 2 生産とメンテナンスの統合化

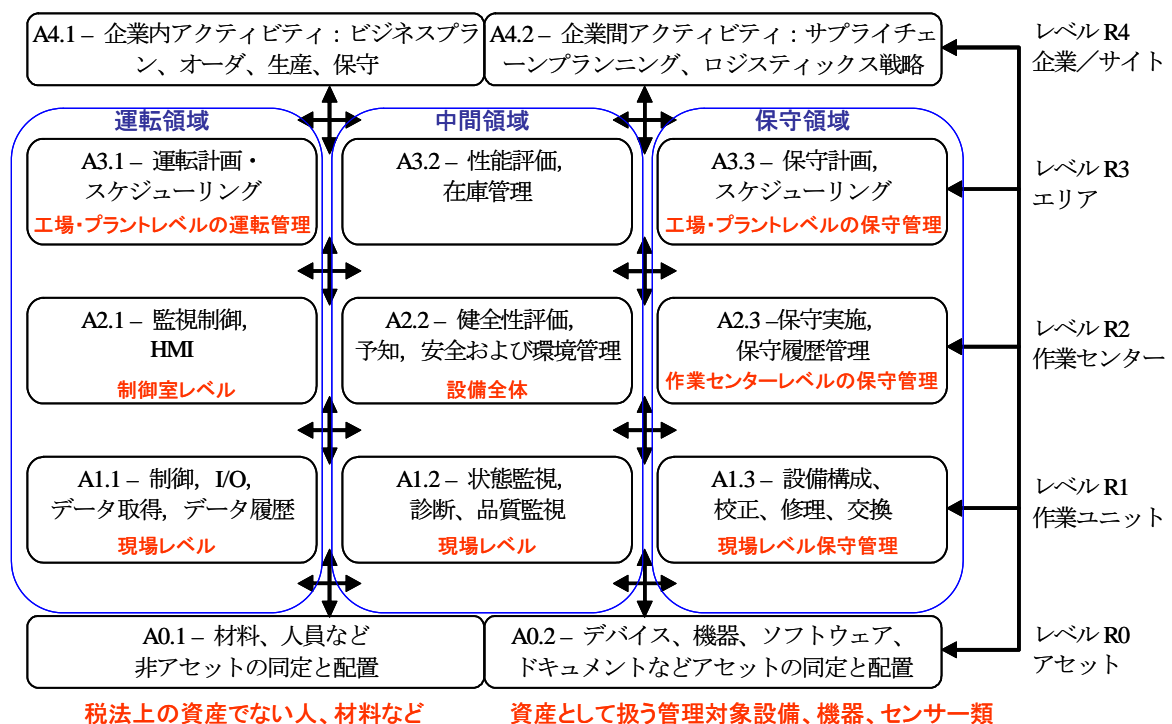


図 2.3.2.1 アプリケーション領域統合プログラム (ADID) ISO/WD-18435part1

保全への投資目的の一つにライフサイクルコスト最小がある。この考えを徹底的に追求して、効率的な設備づくりとその保安全管理、つまり設備管理をその一生涯を通じて真に実践し、ライフサイクルコスト最小のサイクルを廻していかなければならない。

また一方で、ライフサイクルコスト最小の考えのもとに、生産と保全活動の統合が叫ばれている。

故障低減、メンテナンスコスト削減など、保全活動に直結する評価ではなく、アセットマネジメントとして生産と保全を統合的に管理することへのニーズの高まりがあり、生産と保全の両面の効率化を迫る総合的な考えが必要となる。

この考え方を具体化して、企業収益に貢献する保全を実現したい。企業において、常にモノづくりの付加価値および効率化を前提において、その為の保全の位置付けを明らかにすることで、従来の保全活動にのみ直結する評価から脱却し、生産と保全の統合の見地で企業貢献を評価し、且つ両者にとってより効率的なマネジメントを追求することである。

運転と保全の連携として、生産設備の保全性向上と効率的な生産運営を狙いに、アプリケーション領域統合ダイアグラムとして以上の考えを標準化したものを図 2.3.2.1 に示す。

言わば、生産設備の保全に関する情報と生産情報を統合して、効率的で適切な生産運転と保全業務を実施するシステム構築の考えである。

アプリケーションが実行される領域をあらかじめ分類することで、領域内に共通な情報や領域を超えて交換が必要とされる情報の見通しをよくすることが可能となる。

是非、自社の生産運転と設備管理の統合マネジメントシステム構築のため、現状を整理して、ここで示した「ありたい姿」を追求していきたい。

### 2. 3. 3 保全業務のバリュー向上

図 2.3.3.1 は保全のバリュー向上へ向けた企業の保全投資の位置付けを整理したものである。

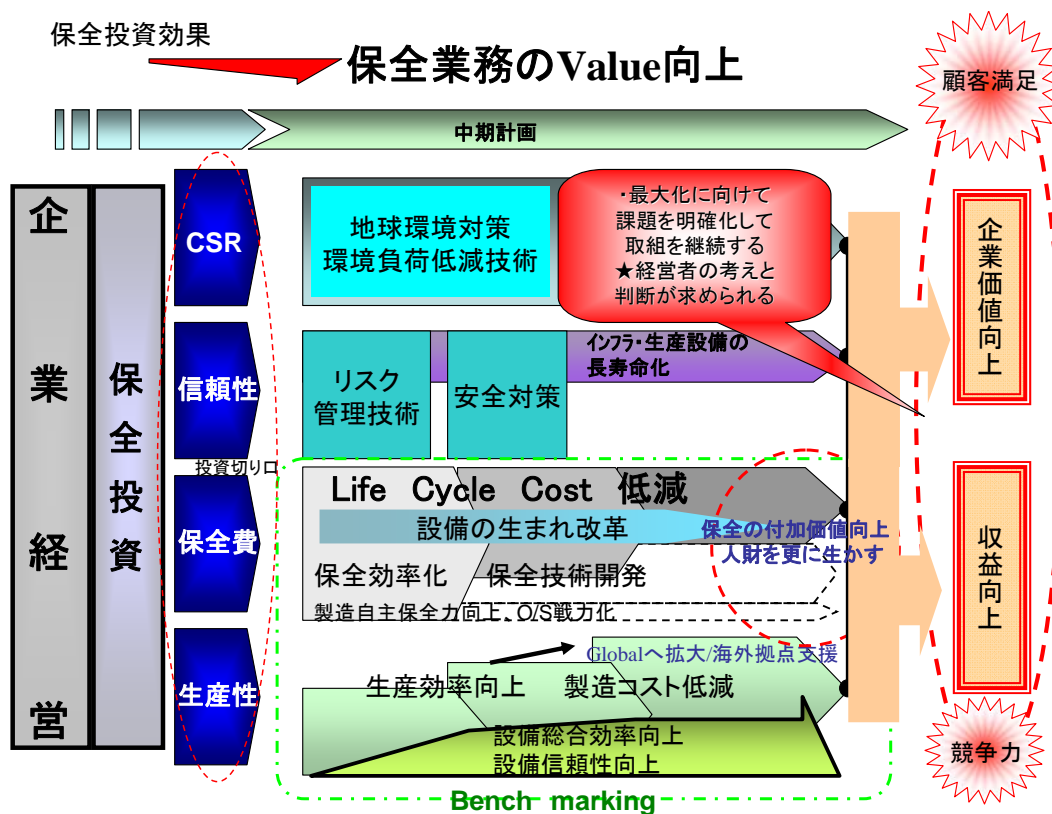


図 2.3.3.1 保全業務のバリュー向上

特別目新しい考えではなく、企業価値向上・収益向上への貢献を狙いにして、保全が向かうべき方向を明確化したものであり、経営と保全の直結を意識したものである。

また、一方では経営に貢献する保全の評価としても捉えることができる。

この図で保全投資の狙いと意義を示したが、保全投資区分とそれによって得られる効果のなかで最も身近な「生産性」「保全性」に着目して説明を加えたい。

生産性においては、生産効率向上・製造コスト低減を果たすべく、設備運転効率向上活動、そのなかで設備信頼性向上・保全性向上を展開し、直接的なロスの排除はもとより、生産性向上が操業度の変動にリンクして製造コストに反映できること。

またこの向上のプロセス・ノウハウが標準化され、グローバルに適用されることで、さらに貢献のマス拡大を可能とした活動展開へと進展させること。

尚、保全費は直接的にはライフサイクルコスト低減及び安全性向上など、リスク低減をもたらし、その結果が生産性向上へも繋がってくる。具体的には保全作業効率化改善、保

全技術開発、製造自主保全力向上、さらにアウトソースの戦力化などの取組である。

これらの実績を的確に示して、是非保全の存在価値向上を恒常的に果たすべきである。

## 2. 3. 4 メンテナンス実態調査分析からの考察

以上の考え方を含みいれて、各製造業のメンテナンスの実態、ないしはこうしたいをもとに、筆者の判断をまじえて以下に考察する。

また分析データとその考察は、「装置系産業」と「加工・組立産業」の2面から記述した。

### (1) 保全コスト面からの考察

#### 生産高当りの保全費比率、維持・更新投資額比率

表 2.4.1.1 に生産高に対する保全費比率と維持管理投資比率を示す。

この表から保全費比率に着目すると、化学、窯業、非鉄及び金属に関するいわゆる装置系企業が加工・組立、食品系企業と比較して、顕著にその比率の高さが見てとれる。

なかでも、化学が突出している。

これらの装置系企業、なかでも化学で代表される保全費比率の高さは、生産設備の高経年化に伴う老朽劣化設備への維持管理保全費と判断される。(表 2.4.1.3 動機械平均経年数区分を参照)

尚老朽劣化の進行規模あるいは設備機能の陳腐化に対して、維持・更新投資が考えられるが、この点もバラツキがあるものの、凡その見方として電気、輸送用機械などで代表される加工・組立系企業の投資額比率に対して、装置系の投資が明らかに高い比率を示している。

装置系企業の設備管理コスト及び更新投資の実態から更に判断されることとして

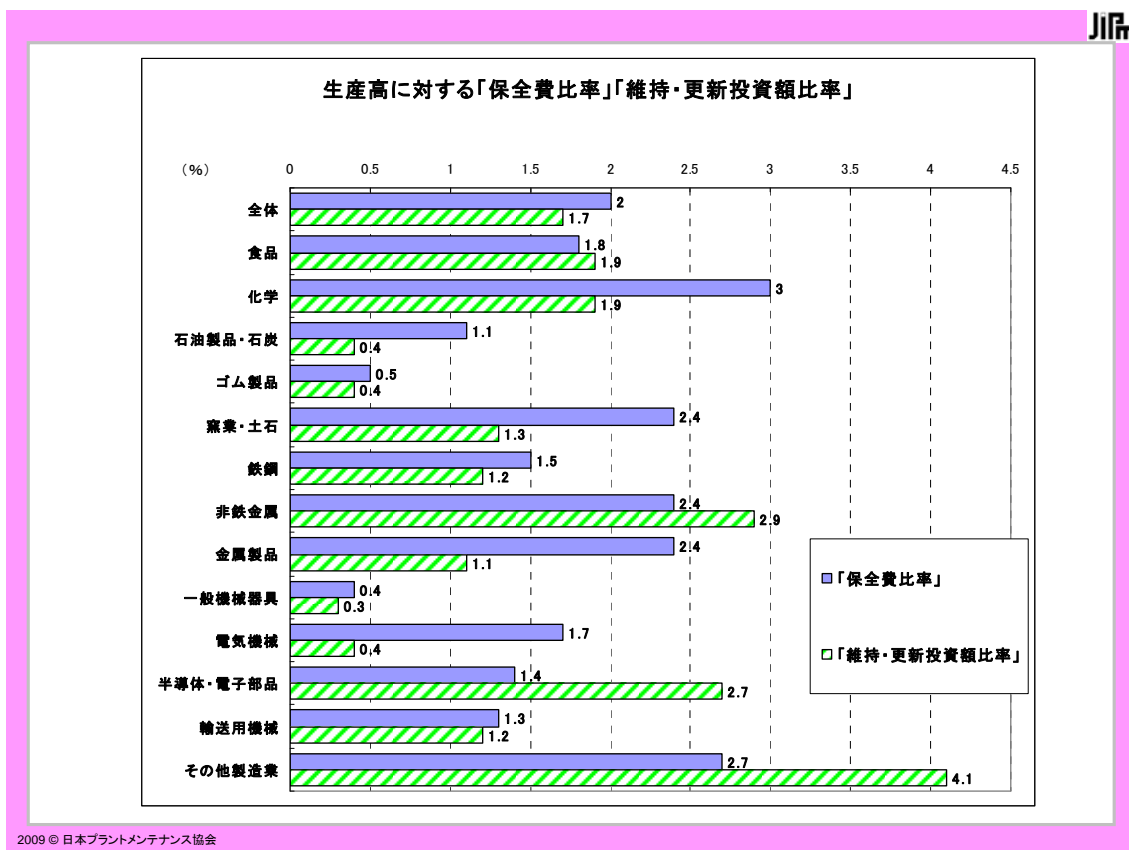
1) 全てとは言えないが、年間を通して保全計画シャットダウン以外は24時間連続操業が基本であり、その運転パターンの踏襲に必要な保全費の投入であると判断される。

つまり、災害・故障停止損失と保全費負担のバランスを考慮した結果の費用投入といえる。

一概には言えないが、上記に関連して装置系企業の設備の劣化進行速度がまさに加工・組立系の設備を上回るものと判断されており、そのリスクをバランスよく回避するためにも、オーバーメンテナンス比率は加工・組立系よりも高いものと判断しているし、上記の運転パターンを考慮すれば、現状ではやむをえない事実とも判断される。

当然、設備信頼性の改善と保全コスト低減は保全にとって大きな課題であることは事実であり、この両立に向けた取組みは保全にとって重要な課題として認識されており、その実現に向けて、設備開発・保全技術開発はもとより、効率的な維持管理方法の検討が継続的に実践されていることを付け加えておく。

表 2.4.1.1 生産高に対する保全費比率、維持・更新投資額比率



## 2) 加工・組立系企業の設備管理より

この産業の命題の一つとして、市場要求の多様化、ライフサイクルの短命化、これらが背景の一つとなって、各企業への注文は「多品種・変量・短納期」が当たり前の実態といえる。

従って、各企業においてはこの市場ニーズに対してこれまで以上に変化対応力を加えた競争力の強化が求められ、それぞれの企業がトータルとしての生産システム構築に大変な努力がなされていることは事実である。このことから、設備管理面の重要性はさらに増しており、装置系設備と同様に災害・故障リスクの縮小に向けた取組みがなされていることは事実である。

保全費の切り口で装置系との違いを掘り起こすと、以下の点があげられる

- ①土曜、日曜に代表される休日の活用による保全の実践
- ②製造自主保全と両軸となつての設備管理の実践

この点は設備の規模、劣化進行速度、運転計画などの違いを判断すれば、加工・組立系企業は、製造部署の運転マンを主体とした自主保全の実践規模とその位置付けは、

装置系企業の取組みとは顕著に異なるものと判断している。

表 2.4.1.2 出荷額に対する保全関係費用の比率

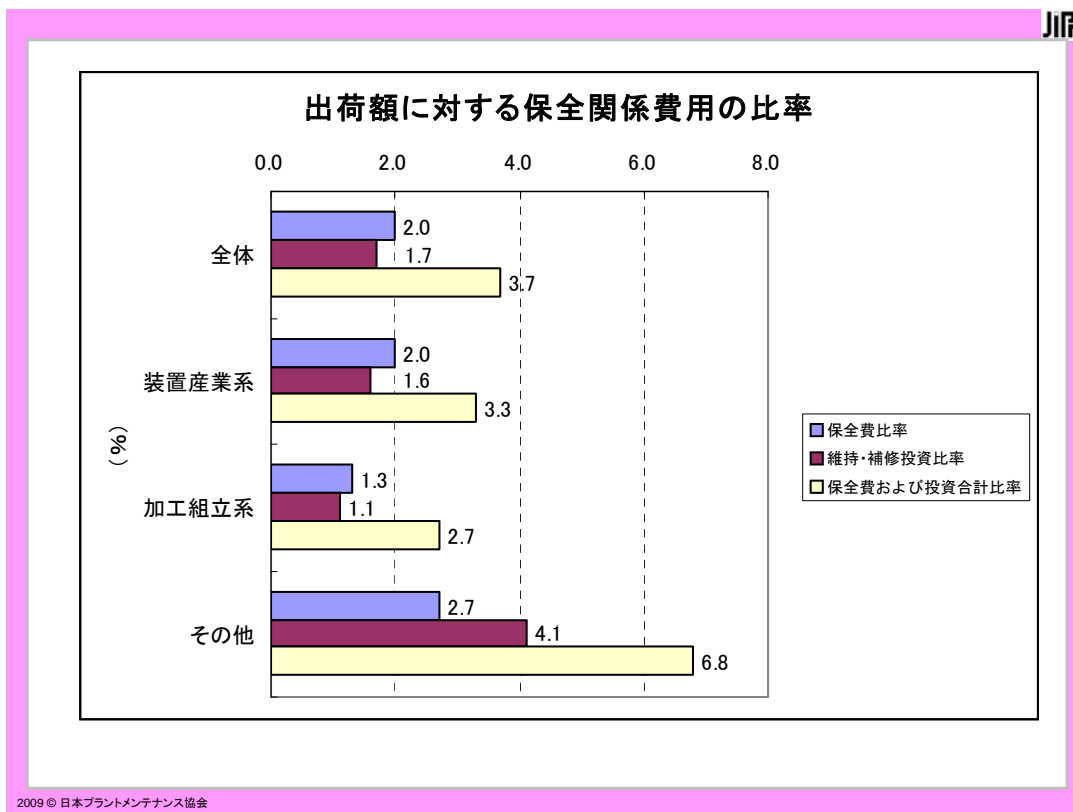


表 2.4.1.2 にて、出荷額に対する保全関係費用の比率を示すが、生産高と同様に装置系産業と加工・組立系産業のその比率の違いがはっきりと示されている。

## (2) 設備の経年数からの考察

前記の 2.4.1 (1) 項で触れたが、生産設備の高経年化について、表 2.4.1.3 に示す。

このグラフは「動機械」を対象としたものであり、他に「静機械」「配管類」の実態調査結果もほぼ同様の傾向と判断して、「動機械」を対象に表示する。

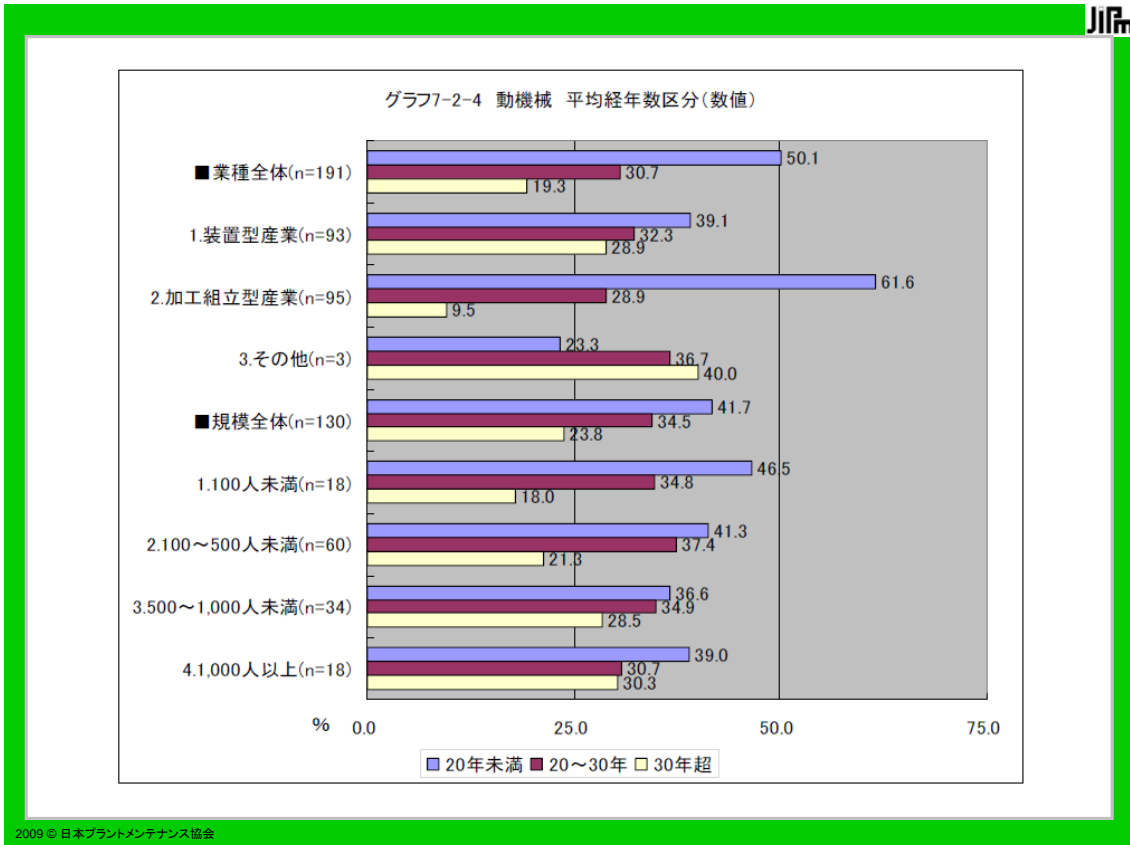
この表から読取れることは、

1) 装置系設備は、20年未満から30年超がほぼまとまって存在しており、30年を超える著しく高経年な設備も約30%と、高い比率を示している。

一方の加工・組立系設備は年代別のバラツキが大きく、なかでも顕著なのは、30年超の設備比率がその率で装置系比率の1/3であり、逆に20年未満の設備は60%を占めている。これらの実態から老朽劣化対策とその維持管理の負担は装置系との比較によれば、

それほど重くはないものと判断される。

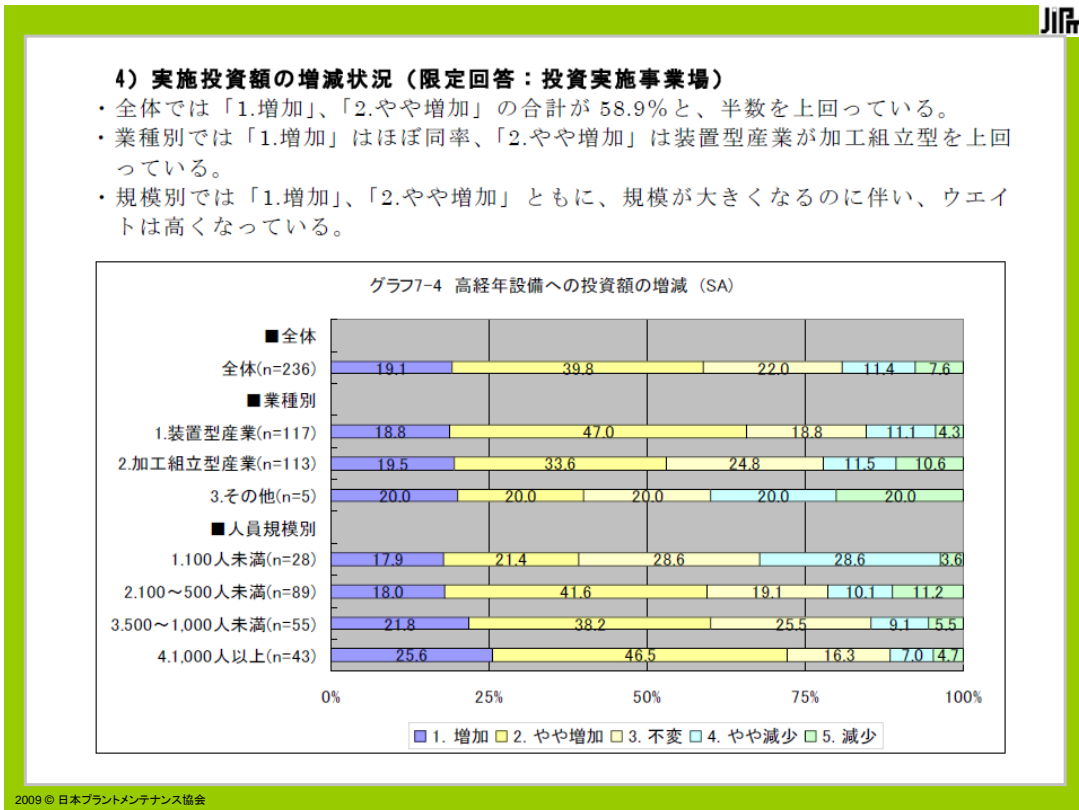
表 2.4.1.3 動機械 平均経年数区分



設備の老朽劣化の進行に対する維持負担増加の傾向と生産計画遵守のバランスをとることの困難性は、この実態グラフから類推すれば装置系にその難易度の高さが伺える。経年数と事故・故障リスクが一概に相関ありとは断定できないが、装置系産業の保有設備の保全費（含む更新投資）>加工・組立系産業設備保全費（含む更新投資）の事実が、この経年数の違いから伺えるとも言える。

尚参考に、各企業における高経年設備への維持・更新投資額の増減状況について、表 2.4.1.4 に示す。

表 2.4.1.4 高経年設備への投資額の増減状況



(3) 保全項目の構成比率からの考察

一歩製造現場に踏み込んで、生産設備に対する保全方式（保全項目）とその費用の掛け方の実態を見てみよう。

表 2.4.1.5 保全費項目の構成比率（全体）

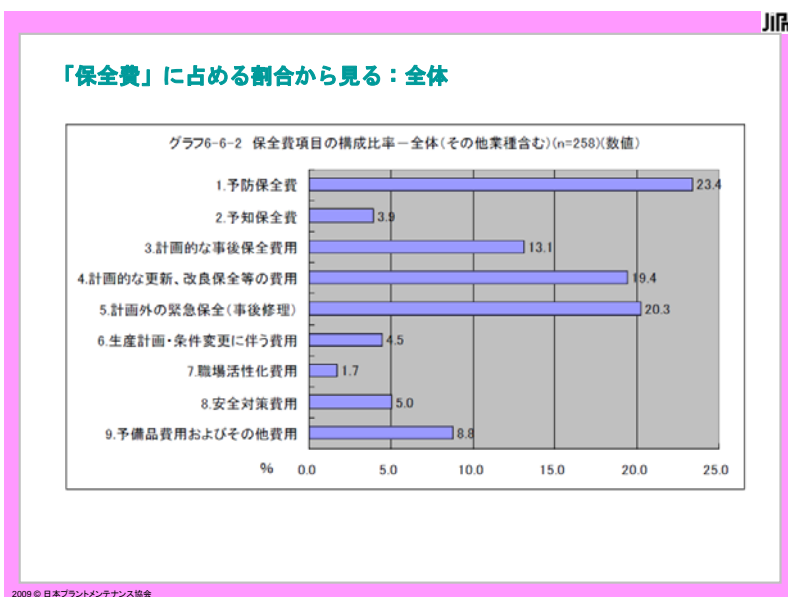




表 2.4.1.6 業種別保全費項目構成比率

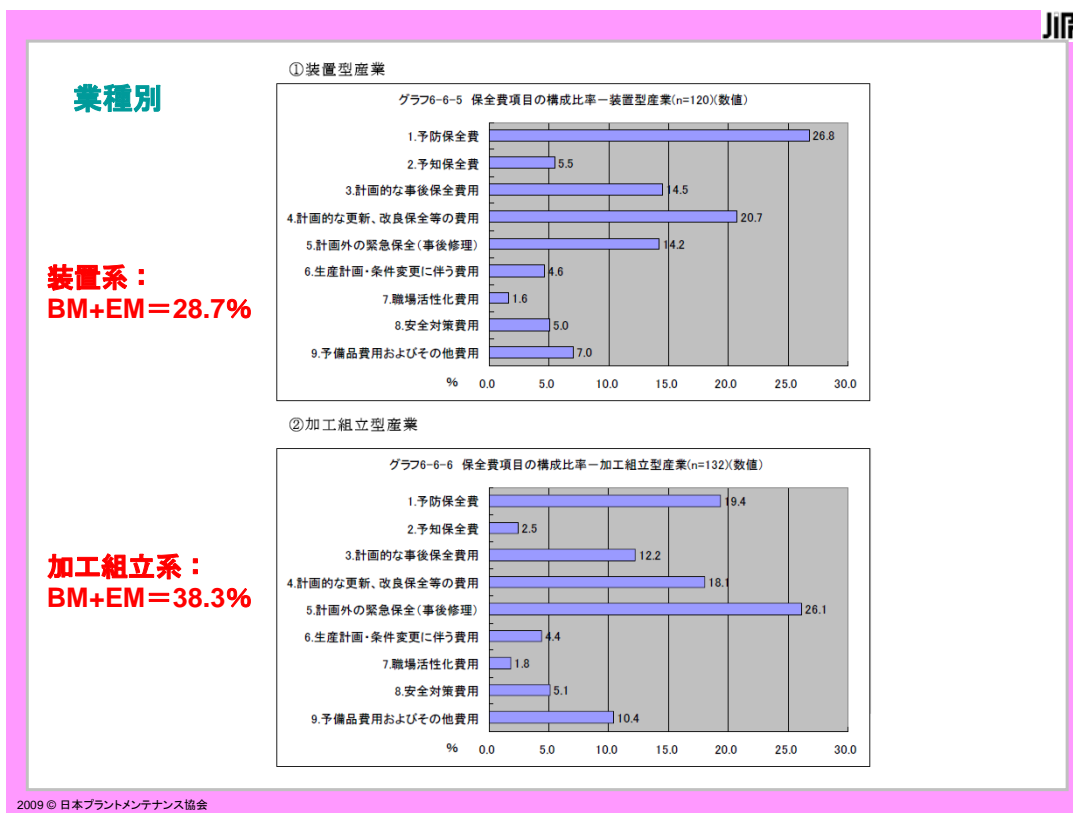


表 2.4.1.6 の業種別保全費項目の構成比率より、グラフから読取れることを整理すると、

1) 装置系産業

① 予防保全費比率（定期保全）が最も高く 27% を占める。

但し、予知保全は 6% であり、上記の予防保全と加えて 33% となる。

② 一方は事後保全及び緊急保全比率で約 29% を占めており、装置系産業の連続操業体制のなかでの故障占有率の高さに驚きを感じる。

2) 加工・組立系産業

① 装置系と最も異なる点として、緊急保全比率が第一位の 26% を占めること。

計画事後保全を加えると 38% と大きな占有率となり、生産計画への影響の大きさに懸念を感じる。

② 反面、予防保全費比率 19%、予知保全費比率を加えても約 23% であり、この比率から伺えることは、事後保全率の高さと生産計画遵守の困難性である。果たしてこの数値占有率をそのまま呑み込んで差し支えないものか多少心配も残るが、今後実態の深掘りを考えたい。また、保全の費用面から見た保全の構成比率であり、一概には判断しづらいが事実の一端として、今後の変化を継続観察していきたい。

#### 参考文献

- [1] 2. 3節で引用するメンテナンス実態調査：社団法人 日本プラントメンテナンス協会が1992年より毎年実施している製造業を対象としたメンテナンスに関するその実態をアンケート形式にて調査分析したものである。本稿では2008年度版データを引用している

### 3. CMMSの現状と課題

#### 3. 1 調査対象製品市場の動向

CMMS (Computerized Maintenance Management System) / EAM (Enterprise Asset Management) は、巨大なプラントや非常に長いライフサイクルで運営される社会的インフラ、および機器のメンテナンス状況が人命を左右するような極めて高い安全性が要求される産業機械、石油化学、電気・ガス・水道・原子力、航空などの産業において、必須のシステムとして導入され、一般的には以下のように定義されるソリューションである。

「製造設備の保全に関わる設備・機器情報、設置情報、工事・点検情報、変更履歴などを収集し、適切なタイミングでメンテナンスできるようにするための管理全般」

CMMS/EAM 製品には、IT 資産 (PC/サーバなど) を管理する機能も備える製品もあるが、本報告書では対象としない。

CMMS/EAM 製品には、基幹業務層における ERP パッケージのサブモジュールや CMMS/EAM に特化した専門製品があり、製造設備層、設備・工程制御層の機器およびシステムとメンテナンスに関するデータ連携を行う (図 3.1.1)。

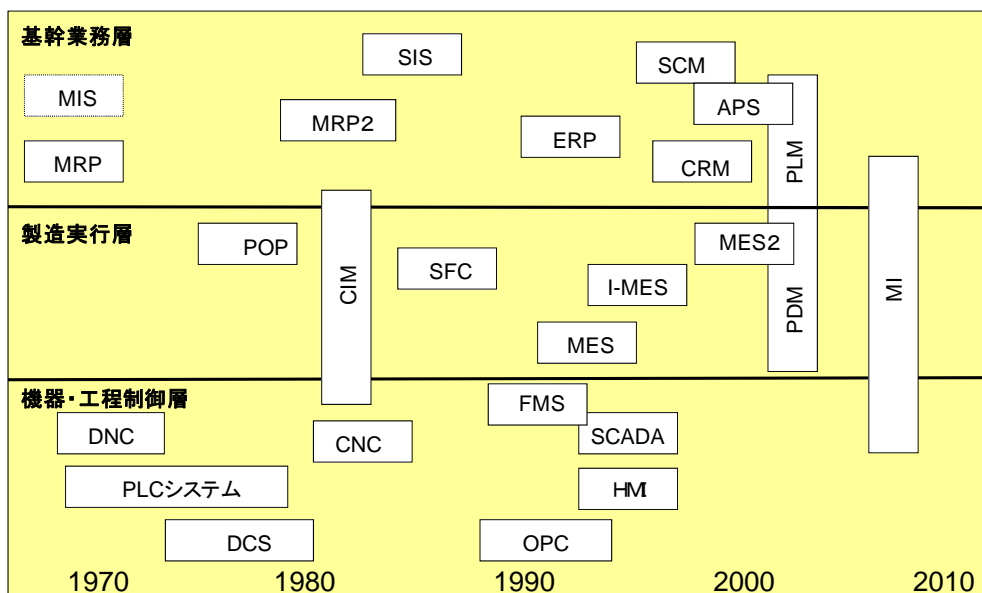


図 3.1.1 階層構造

- ・ APS (Advanced Planning and Scheduling) : 先進的スケジューリング
- ・ BOM (Bill of Materials) : 部品表

- ・ CIM (Computer Integrated Manufacturing) : コンピューター統合生産
- ・ CRM (Customer Relationship Management) : 顧客関係管理
- ・ DCS (Distributed Control System) : 分散制御システム
- ・ DNC (Distributed Numerical Control) : 分散数値制御
- ・ FMS (Flexible Manufacturing System) : フレキシブル生産システム
- ・ HMI (Human Machine Interface) : マンマシンインターフェース
- ・ MI (Manufacturing Intelligence) : 生産データ分析
- ・ MES (Manufacturing Execution System) : 製造実行システム
- ・ I-MES (Integrated Manufacturing Execution System) : 統合製造実行システム
- ・ MRP (Material Requirement Planning) : 資材所要量計画
- ・ MRP 2 (Manufacturing Resource Planning) : 製造資源計画
- ・ PDM (Product Data Management) : 製品情報管理
- ・ PLC (Programmable Logic Controller) : プログラマブル・ロジック・コントローラー
- ・ PLM (Product Lifecycle Management) : 製品ライフサイクル管理
- ・ POP (Point of Production) : 生産時点情報管理
- ・ SCM (Supply Chain Management) : サプライチェーン・マネージメント
- ・ SCP (Supply Chain Planning) : サプライチェーン・プランニング
- ・ SRM (Supplier Relationship Management) : サプライヤー関係管理
- ・ SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) : 生産監視制御システム
- ・ SFC (Shop Floor Control) : 工程管理

### 3. 2 調査対象パッケージ

調査対象パッケージは以下の方針により選択を行った。

- ・ 国内市場において優勢であり、多くの企業で利用されている実績のある製品
- ・ 国内市場だけでなく、グローバル企業で利用されている実績のある製品

上記基準にもとづいて選択された製品は以下のとおりであり、括弧内は開発販売するベンダーである。

- 1 PLANTIA 日揮情報システム株式会社
- 2 Maximo 日本アイ・ビー・エム株式会社
- 3 SAP ERP PM/EAM SAP ジャパン株式会社
- 4 E-Business Suite EAM 日本オラクル株式会社
- 5 Infor EAM 日本インフォア・グローバル・ソリューションズ株式会社

### 3. 3 調査結果

#### 3. 3. 1 PLANTIA 日揮情報システム株式会社

##### (1) 会社／製品概要

所在地	〒220-0012横浜市西区みなとみらい3-6-3 MMパークビル15F		
代表者	中島 昭能	URL	www.jsys.co.jp
資本金	4億円	総従業員数	349人 (2007年9月現在)
設立	1983年7月	決算期	3月
主要株主 (出資比率)	日揮 (100%)		

製品名・最新バージョン	出荷時期	初期出荷時期	製品分類
PLANTIA V3.7	2006年9月	1986年	設備保全管理
<p>■製品概要</p> <p>強み・競合他社との差別化：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・長年の実績から多くのノウハウが蓄えられている。</li> <li>・中堅から大企業まで幅広いユーザーで活用できる。</li> </ul> <p>■ライセンス体系</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・1サーバ、5ユーザーで250万円～。</li> </ul> <p>■保守体系</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・年間保守料金は、基本はライセンス価格の10%。カスタマイズ部分も対象にする場合は20%。</li> <li>・初年度の保守は、ライセンスには含まれない。</li> <li>・一次保守契約先は、販売先パートナーあるいは日揮情報システムのいずれかを選択。</li> <li>・保守には、マイナー・バージョンアップを含む。メジャー・バージョンアップはライセンス価格の35%で新規に購入。</li> </ul>			

CMMS/EAM パッケージは、競合製品間で大きな機能差は無いと見ているが、PLANTIA は、ネットワーク時代の設備保全管理システムと位置付けている。メインフレーム版 PMMS に始まり、トータルで 20 年以上の実績を持つパッケージ。1997 年 Windows 版、2002 年 e-PLNATIA で Web 版となった、完全に自社開発に製品であり、DB 情報を

公開している製品である。

PLANTIA は、1999 年（平成 11 年）10 月と 2008 年（平成 20 年）12 月に、日本プラントメンテナンス協会から PM 優秀製品賞（実効賞）を受賞している。

ユーザー・ニーズへの対応としては、以下の 2 点を重視している。

- ・コスト重視、標準的なワークパッケージ・ベース、画一的なサービスを求める欧米と異なり、国内ユーザーは技術リッチであるため、使い易さを重視した機能拡張を行っている。
- ・対応を強化している機能として、キーワード検索の充実化（保全レポートのナレッジ的活用など）、Excel との親和性強化などにより、蓄積したデータをいかに活用していくかを重視している。

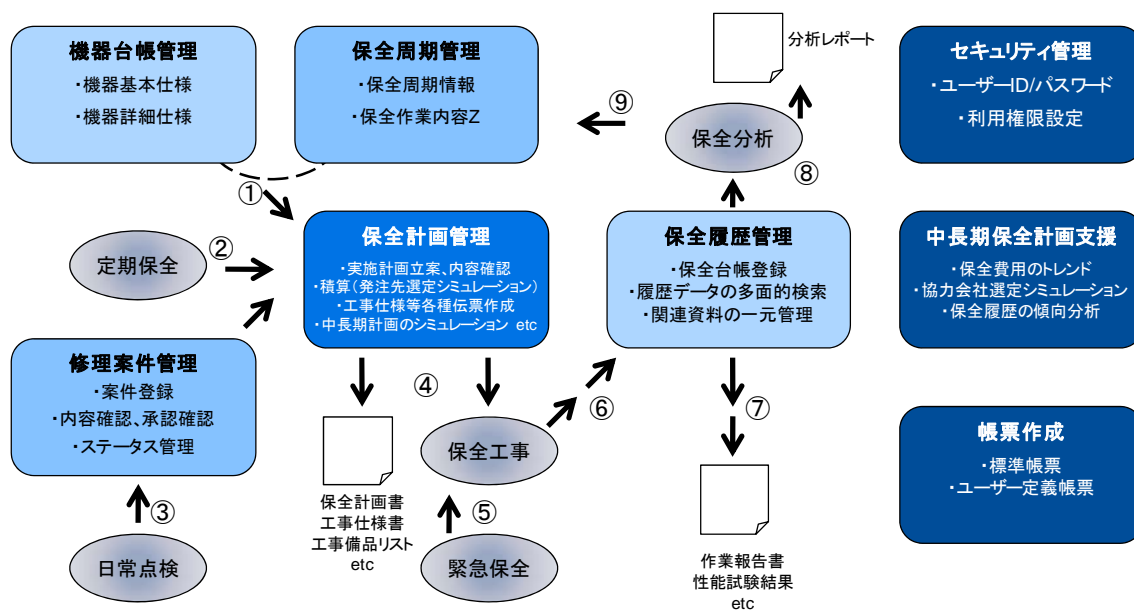
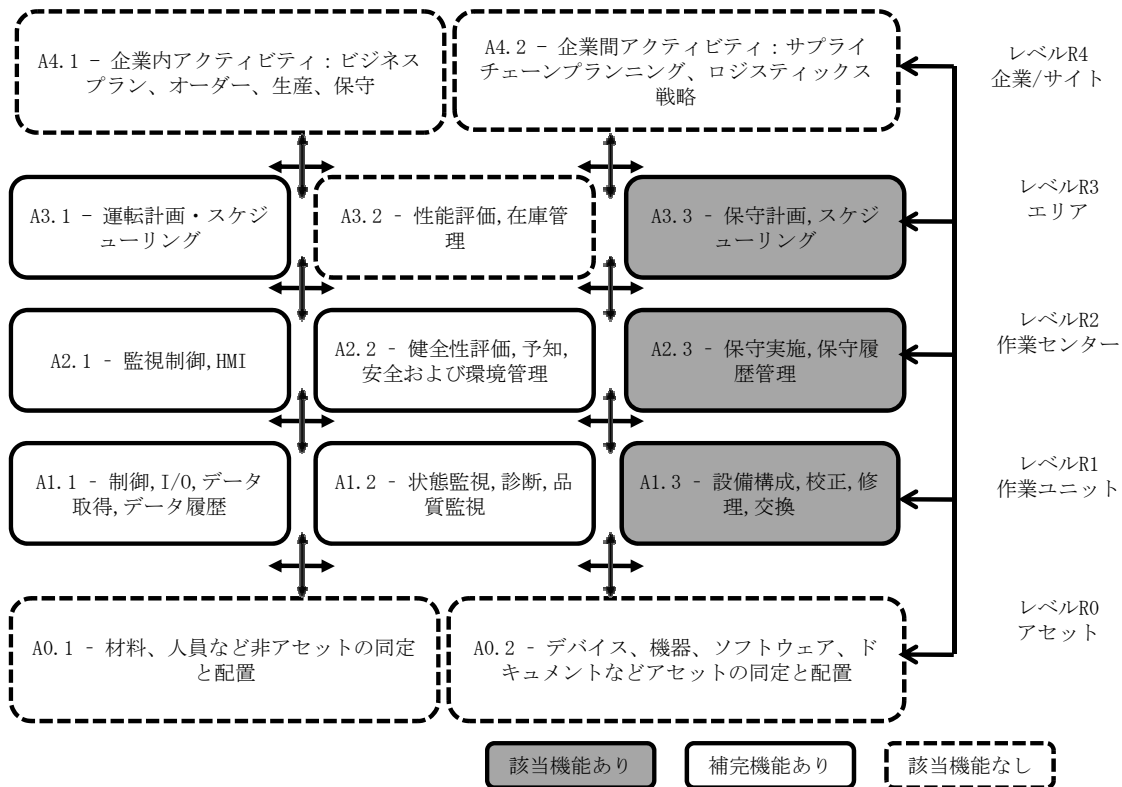


図 3.3.1.1 PLANTIAにおける保全業務ワークフロー

## (2) PLANTIA と ADID のマッピング

### PLANTIA と ADID との関連付け



### (補足) ADID における PLANTIA の機能およびインターフェース

ADID とのマッピングを行った結果、PLANTIA が提供する機能は以下のとおりである。

- ① A3.1「設備の運転計画・スケジューリング」そのものを行う機能は提供されていない。この機能は、ERP パッケージが提供する MRP における CRP (Capacity Requirement Planning : 能力所要量計画) などで集約されたデータをベースに計画されている。リアルタイムベースの運転計画・スケジューリングは、工程側機器を提供するベンダーが提供するか、企業が独自に開発するケースが多いとしている。

ただし、PLANTIA の DB 情報から設備の停止時間を差し引いた運転実績、保全周期、品質のしきい値などを提供できるので、補完機能ありとしている。

- ② A2.1「監視制御、HMI」、A1.1「制御、I/O、データ取得、データ履歴」についても①と同様であり、PLANTIA の DB 情報から運転実績、保全周期、品質のしきい値な

どを Excel にダウンロードして人間がデータを加工して工程制御システム側にアップロードしたりする例はあるので補完機能ありとしている。

ただし、CMMS/EAM である PLANTIA と工程制御システムとの間に人間の判断や意思決定が入ることが前提となっており、実業務における通例でもある。従って、CMMS/EAM としては、今後も完全自動の機能を提供する考えはないとしている。

- ③ A3.2 「性能評価、在庫管理」について、保守部品の入在庫や在庫管理の機能が提供されている。性能評価については、性能そのものを自動的に評価し判断する機能は提供されていないので、その点では該当機能なしとなるだろう。

ただし、保守の周期や交換サイクルの基本データ、または、保守履歴を蓄積すればするほど広範囲な分析データを PLANTIA から提供できる点では該当機能ありといえるだろう。

- ④ A2.2 「健全性評価、予知、安全および環境管理」、A1.2 「状態監視、診断、品質監視」については、評価、予知、監視、診断を自動で行ったり統計解析を行うといった機能は PLANTIA では提供していないが、それらの判断や意思決定を人間が行うにあたり、必要となるデータを提供できるという点で補完機能ありとしている。
- ⑤ A3.3 「保守計画、スケジューリング」、A2.3 「保守実施、保守履歴管理」、A1.3 「設備構成、校正、修理、交換」については、すべての機能を提供している。
- ⑥ A4.1 「企業内アクティビティなど」との連携は、ERP パッケージなどで実装されている購買システムとの、保守部品入在庫、棚卸などである。
- ⑦ A0.2 「デバイスなど」との連携は、Excel や CSV を介して実施される。また、A0.1 「非アセットなど」との連携は、PDA などのモバイル機器に PLANTIA のデータをダウンロードするか、Web を介したアクセスで実施される。ただし、基本的にはレベル R1~R4 までのデータを対象とすることから「該当機能なし」としている。



### 3. 3. 2 Maximo 日本アイ・ビー・エム株式会社

#### (1) 会社／製品概要

所在地	〒106-8711 東京都港区六本木3-2-12		
代表者	橋本 孝之	資本金	1,353億円
設立	1937年6月	総従業員数	1万6,111人（2008年12月現在）
主要株主（出資比率）	アイ・ビー・エム・エイ・ピー・ホールディングス（100%）		

製品名・最新バージョン	出荷時期	初期出荷	製品分類
Asset Management System Maximo v7.1.1.6	—	—	設備保全管理
<p>■価格概要</p> <p>強み・競合他社との差別化：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・グローバルでの豊富な導入実績をもつ。</li> <li>・幅広い機能を提供している。</li> </ul> <p>■ライセンス体系</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・機能およびユーザー数により価格は異なる。1ユーザー ～63万9,300円</li> </ul> <p>■保守体系</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・通常の年間サポート契約は、ライセンス価格（定価）の20～25%。</li> </ul>			

IBM Asset Management Maximo（以下 Maximo）は、米国の MRO Software 社が開発した世界でもっともユーザー数の多い EAM 製品といわれる製品である。2006 年 10 月に IBM による MRO Software の買収手続きが完了して以降、IBM Tivoli ソフトウェア部門に組み込まれている。

Maximo は、DTE エナジー、CINERGY、DUKE エナジー、EDP、Xcel エナジー、BP、エクソンモービル、ハイネケン、ダイムラー・クライスラー、フォード、GM といった大規模装置産業をはじめ様々な業界で利用されており、各産業向けに特化した Industry Solution（IS：産業ソリューション）も豊富に出荷されている。

資産	計画	予防保全	会計
<ul style="list-style-type: none"> <li>資産</li> <li>ロケーション</li> <li>測定値</li> <li>測定値グループ</li> <li>状態モニター</li> <li>故障コード</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>作業標準</li> <li>ルート</li> <li>危険項目</li> <li>予防手段</li> <li>ロックアウト/タグアウト</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>予防保全</li> <li>予防保全マスター</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>通貨コード</li> <li>換算レート</li> <li>勘定科目一覧</li> <li>コスト管理</li> </ul>
作業指示書	在庫	購買	契約
<ul style="list-style-type: none"> <li>作業指示書</li> <li>クイックレポート</li> <li>作業員レポート</li> <li>割当マネージャ</li> <li>サービス要求</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>部品マスター</li> <li>サービス項目</li> <li>工具</li> <li>在庫工具</li> <li>在庫</li> <li>出庫と移動</li> <li>状態コード</li> <li>保管場所</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>購買要求書</li> <li>見積要求</li> <li>注文書</li> <li>受領</li> <li>請求書</li> <li>企業</li> <li>企業マスター</li> <li>契約条件</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>購買契約</li> <li>リース/レンタル契約</li> <li>作業員の支払単価契約</li> <li>主契約</li> <li>保証契約</li> <li>契約条件</li> </ul>
統合			
<ul style="list-style-type: none"> <li>オブジェクト構造</li> <li>パブリッシュ・チャンネル</li> <li>呼び出しチャンネル</li> <li>エンタープライズ・サービス</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Web サービス・ライブラリ</li> <li>エンドポイント</li> <li>外部システム</li> <li>論理管理作業</li> <li>統合モジュール</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>コンテキストでの起動</li> <li>メッセージ・トラッキング</li> <li>メッセージ再処理</li> <li>相互作用/相互作用の作成</li> </ul>	
管理			
<ul style="list-style-type: none"> <li>セット</li> <li>組織</li> <li>カレンダー</li> <li>作業員</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>資格</li> <li>担当者</li> <li>担当者グループ</li> <li>職種</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>掲示板</li> <li>通信テンプレート</li> <li>KPI マネージャ</li> <li>レポート管理</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>条件式マネージャ</li> <li>分類</li> <li>CI タイプ</li> <li>作業ビュー</li> </ul>
セルフサービス			
<ul style="list-style-type: none"> <li>デスクトップ要求書の作成</li> <li>デスクトップ要求書の表示</li> <li>デスクトップテンプレートの作成</li> <li>デスクトップ要求書ドラフトの表示</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>サービス要求の作成</li> <li>サービス要求の表示</li> <li>ソリューションの検索</li> </ul>		
セキュリティ			
<ul style="list-style-type: none"> <li>セキュリティ・グループ</li> <li>ユーザー</li> </ul>			
システム構成			
<ul style="list-style-type: none"> <li>システムのプロパティ</li> <li>ロギング</li> <li>ドメイン</li> <li>データベースの構成</li> <li>アプリケーション・デザイナー</li> <li>通信テンプレート</li> <li>アクション</li> <li>ロール</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>エスカレーション</li> <li>ワークフロー・デザイナー</li> <li>ワークフロー管理</li> <li>クローンタスクのセットアップ</li> <li>電子メール・リスナー</li> <li>Web サービス・ライブラリー</li> <li>コンテキストで起動</li> <li>マイグレーション・マネージャ</li> </ul>		

図 3.3.2.1 Maximo のシステム/サブシステム構成

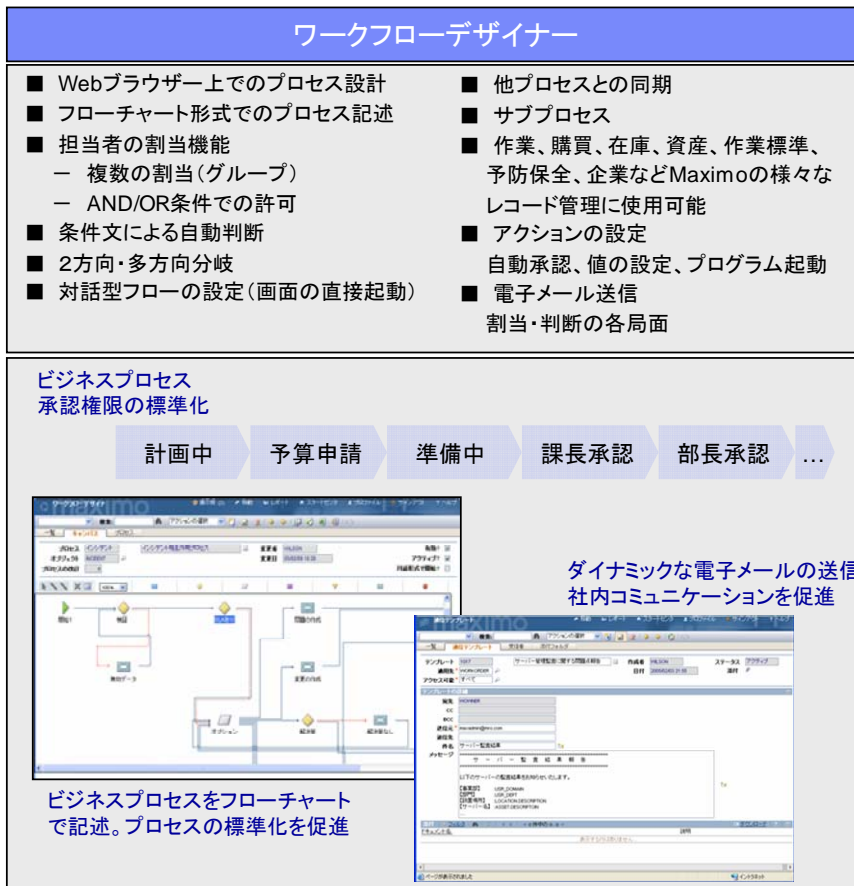


図 3. 3. 2. 2 Maximo における保全業務ワークフローの設計ツール

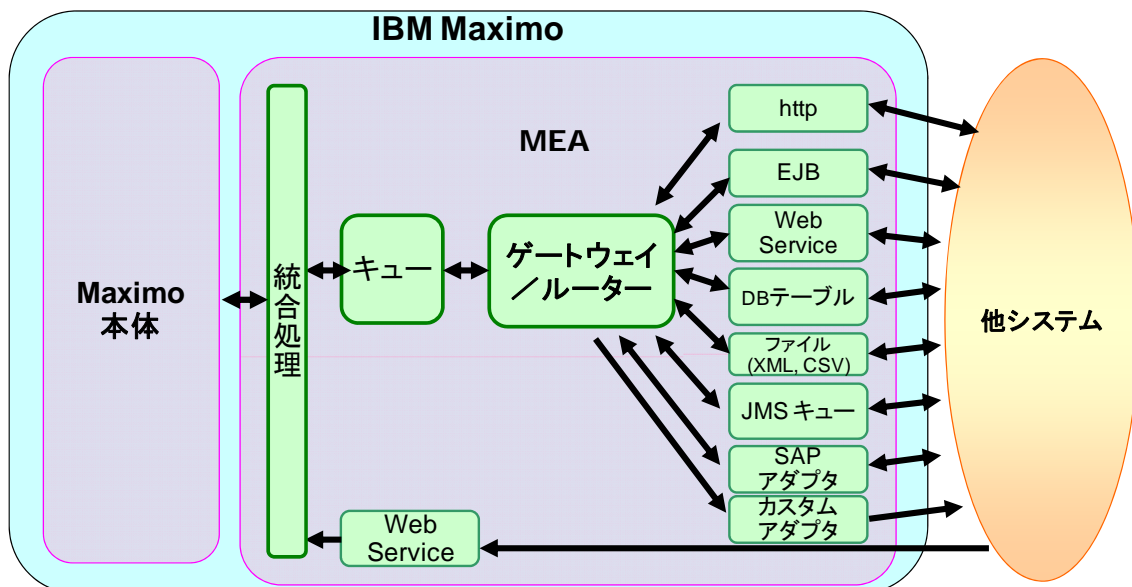
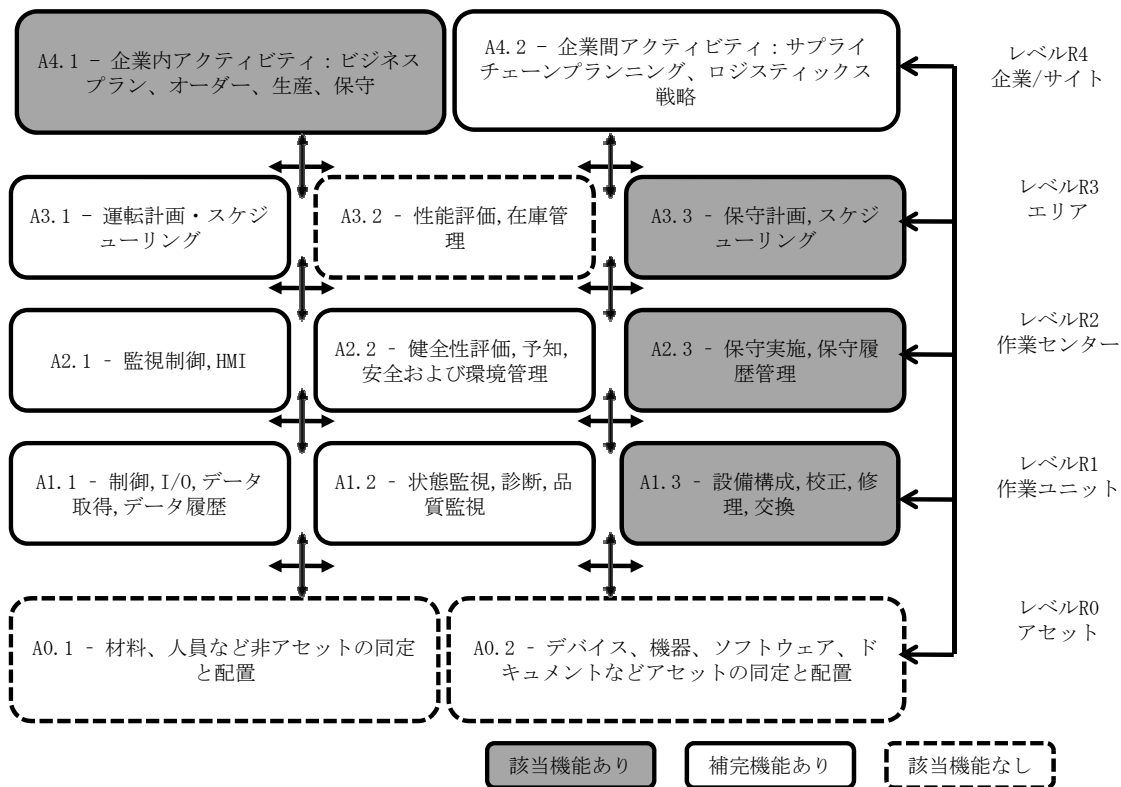


図 3. 3. 2. 3 Maximo Enterprise Adaptor (MEA) の通信プロトコル

(2) Maximo と ADID のマッピング

Maximo と ADID との関連付け



(補足) ADID における Maximo の機能およびインターフェース

ADID とのマッピングを行った結果、Maximo が提供する機能は以下のとおりである。

- ① A3.1「設備の運転計画・スケジューリング」そのものを行う機能は提供されていない。Maximo が作成できるのはあくまで保全計画であり、スケジューリングは、ERP パッケージが提供する MRP における CRP (Capacity Requirement Planning : 能力所要量計画) などで集約されたデータをベースに計画されていることが多い。リアルタイムベースの運転計画・スケジューリングは、工程側機器を提供するベンダーが提供するか、企業が独自に開発するケースが多いとしている。

ただし、Maximo の保全計画からの情報を提供できるので、補完機能ありとしている。

- ② A2.1「監視制御、HMI」、A1.1「制御、I/O、データ取得、データ履歴」については、三菱電機のシーケンサ MELSEC と連携を試行している例はある。Maximo の DB 情

報と連携しているデータは、動作日数、保全周期、温度などである。

ただし、Maximo とは基本的に日次バッチでの連携が多く、オンライン API などを必要とする要件は今のところない。さらに短いインターバルでの連携が必要になれば、**図 3.2.1.3 Maximo Enterprise Adaptor (MEA) の通信プロトコル**に示すとおり、各種の連携方法が提供されている。

- ③ A3.2「性能評価、在庫管理」は、保守部品の入出庫や在庫管理の機能は提供するものの、商品の受注に関わる在庫管理は Maximo のスコープ外であり、ERP パッケージか、サプライチェーン実行系 (Supply Chain Execution) の機能である。

人間の判断を介さずシステムで自動的に判定を行うような性能評価も Maximo で提供しておらず、今後もそのような機能を開発する予定はない。その点において該当機能なしとなる。ただし、性能に関する保守の周期や交換サイクルの基本データや、保守履歴を Maximo から提供できる点では該当機能ありと見ることできる。

- ④ A2.2「健全性評価、予知、安全および環境管理」、A1.2「状態監視、診断、品質監視」についても、上記と同様に、人間の判断が介在しない自動解析、自動制御を行う機能は Maximo のスコープ外である。ただし、それらの判断や意思決定を人間が行うにあたり、必要となるデータを提供できる点で補完機能ありとしている。

- ⑤ A3.3「保守計画、スケジューリング」、A2.3「保守実施、保守履歴管理」、A1.3「設備構成、校正、修理、交換」については、すべての機能を提供している。

- ⑥ A4.1「企業内アクティビティなど」との連携は、ERP パッケージなどで実装されている購買システムとの、保守部品入出庫、棚卸などである。また、Maximo でも、購買、契約に加えて、簡易ではあるが会計の一部機能も提供しているため、該当機能ありとしている。

- ⑦ A0.2「デバイスなど」、A0.1「非アセットなど」との連携も、MEA で各種の連携方法が提供されているが、基本的にはレベル R1～R4 までのデータを対象とすることから「該当機能なし」としている。

### 3. 3. 3 SAP ERP PM SAP ジャパン株式会社

#### (1) 会社／製品概要

所在地	〒100-0004 東京都千代田区大手町1-7-2 東京サンケイビル		
代表者	ギャレット・イルグ	資本金	36億円
設立	1992年10月	総従業員数	1,189人 (2009年9月現在)
主要株主 (出資比率)	独SAP社 (100%)		

製品名・最新バージョン	出荷時期	初期出荷	製品分類
SAP ERP 6.0	2006年5月	1993年10月	大企業向けERP
<p>■価格概要</p> <p>強み・競合他社との差別化：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>グローバルでの豊富な導入実績に加えて、最も早くから国内でビジネスを展開してきたことから、日本企業のグローバル展開の実績も豊富であり、ERPの代名詞となっている製品である。</li> <li>システムは、会計などコア機能のERP6.0、SCMなど拡張機能のBusiness Suites7、PIなど基盤機能のNetWeaver2007で構成されており、アプリケーションのみならずミドルウェアも豊富に提供する。</li> </ul> <p>■ライセンス体系</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>SAP ERP：オンライン・アクセス・ユーザー数および5つのカテゴリ分類（ディベロッパー、プロフェッショナル、リミテッド、エンプロイヤー、エンプロイヤー・セルフサービス）で価格が異なる。</li> </ul> <p>■保守体系</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>年間保守料金は、以下の2種類から選択 <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) Enterprise Support はライセンス価格の22%</li> <li>(2) Standard Support はライセンス価格の17%</li> </ul> </li> </ul>			

SAP PM (Plant Maintenance) は、1990年代後半の R/3 4.0 の時代には基本機能がほぼ確立されていた製品であり、最新の SAP ERP 6.0 に継承されている。SAP EAM

(Enterprise Asset Management) はソリューション名であり、機能としては PM が中核である。また、電気・ガスなどのエネルギー生産企業、配送企業、供給企業といったユーティリティ産業向けに Industry Solution (IS：産業ソリューション) が出荷されている。

SAP PM の最大の特徴は、PM が ECC (Enterprise Core Component 従来からの ERP 部分を総称する名称) を構成する他のモジュール (財務会計、管理会計在庫・購買管理、生産管理、販売管理、倉庫管理、資本投資管理、資産管理、人事管理、プロジェクトシステムなど) と緊密に一体化していることであり、Oracle 社や Infor 社の製品と異なり、システムやモジュール単位で単独にインストールし導入することができない、完全にインテグラルな製品なことにある (図 3.3.3.1)。

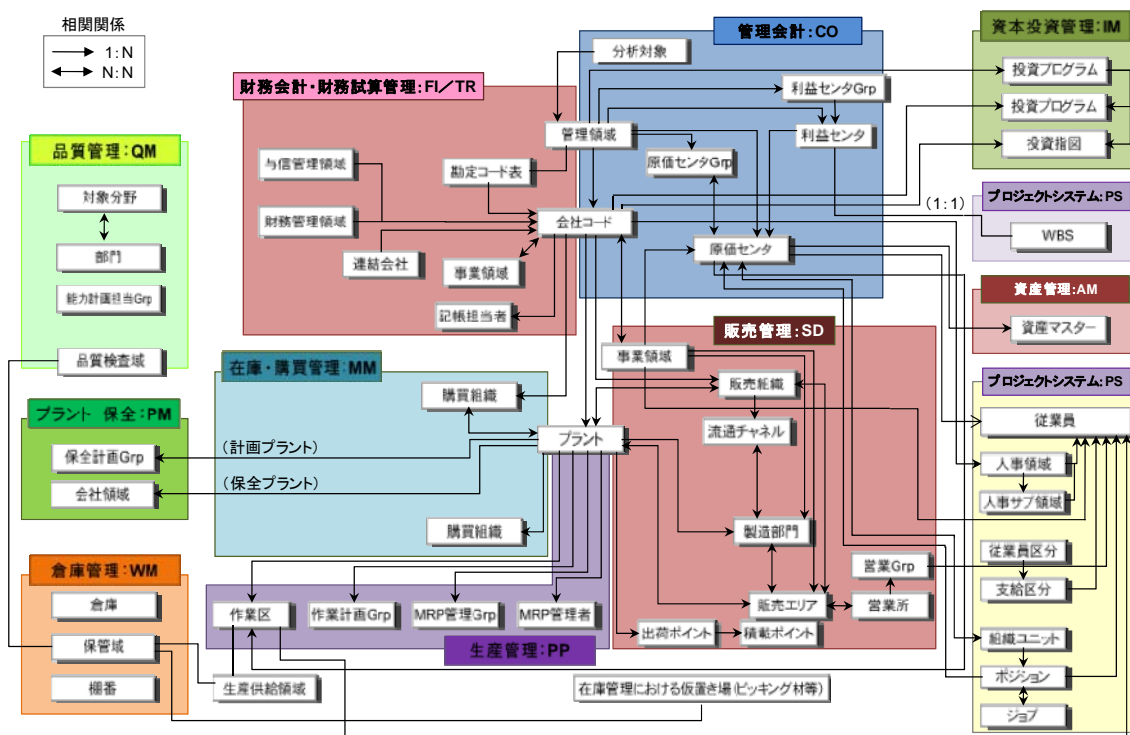


図 3.3.3.1 SAP ECC の企業組織構造

SAP PM の主要機能は以下のとおりである。

#### 保全および運用管理

- ・ 文書および設備のデータ管理を含む技術的な設備管理
- ・ 保全の計画と実行
- ・ 予防保全・予知保全
- ・ 信頼性中心保全 (RCM)
- ・ ワーク・クリアランス・マネジメント (WCM) を搭載した環境・衛生・安全 (EH&S) 管理
- ・ IC タグ (RFID) 機能を組み込んだモバイル設備資産管理
- ・ 整備、修理、運用 (MRO) のための部品およびサービスの調達
- ・ MRO 在庫管理
- ・ 従業員および受託業者の管理
- ・ 統合された固定資産管理と保全予算管理
- ・ 資産パフォーマンス分析

運用終了および廃棄

- ・ 設備資産の移動と廃棄
- ・ コラボレーティブエンジニアリング／コラボレーティブプロジェクト管理
- ・ 廃棄物管理
- ・ コンプライアンス管理
- ・ 設備資産のリサイクル

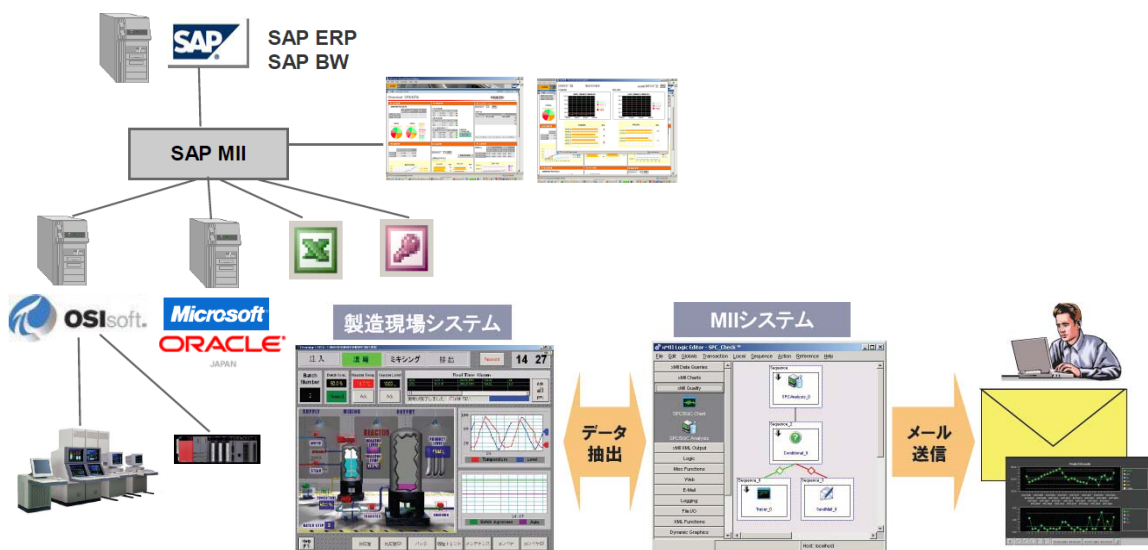


図 3.3.3.2 SAP MII による代表的な利用例

タイプ	名称	備考
ダイレクトインプット	通知登録	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ トランザクションコード（プログラムの呼出単位、T-cd と略す場合もある）IBIP で呼び出す機能。</li> <li>・ 非対話的な取り込みに ABAP レポート RIIBIP00 も利用可能である。</li> </ul>
	設備登録	
	保全指図確認の入力	
	保全指図確認の取り消し	
	測定文書の登録	
バッチインプット／コールトランザクション	設備登録	T-cd IE01
	設備変更	T-cd IE02
	機能場所登録	T-cd IL01
	機能場所変更	T-cd IL02
	対象連結登録（機能場所）	T-cd IN04
	対象連結変更（機能場所）	T-cd IN05
	対象連結登録（設備）	T-cd IN07
	対象連結変更（設備）	T-cd IN08
	保全計画登録	T-cd IP01
	保全計画の日程登録	T-cd IP10



設備タスクリストの登録	T-cd IA01
機能場所タスクリストの登録	T-cd IA11
一般保全タスクリストの登録	T-cd IA05
測定点登録	T-cd IK01
計測文書登録	T-cd IK11
入在庫登録	T-cd MB11

図 3.3.3.3 インタフェース/API 一覧 (ダイレクトインプット/バッチインプット)

基本 IDoc タイプ	名称	関連 BAPI
EQUIPMENT_CHANGE01	PM BAPI: 設備変更	PieceOfEquipment.Change
EQUIPMENT_CHANGE02		
EQUIPMENT_CREATE01	PM BAPI: 設備登録	PieceOfEquipment.Create
EQUIPMENT_CREATE02		
FUNC_LOC_CHANGE01	PM BAPI: 機能場所変更	FunctionalLocation.Change
FUNC_LOC_CREATE01	PM BAPI: 機能場所登録	FunctionalLocation.Create

図 3.3.3.4 インタフェース/API 一覧 (非同期インタフェース IDoc-BAPI : マスタ)

基本 IDoc タイプ	名称	関連 BAPI
IMATIS01	未計画品目出庫	
IMEASR01	計測値 IDOC	
INOTIF01	通知 IDOC	
INTUPD01	通知ステータス更新 IDOC	
IOAUPD01	作業指図割当 IDOC	
IORDER01	SM/PM 指図 IDOC	
IORUPD01	指図ステータス更新 IDOC	
PIECEOFEQUIPMENT_DISMANTLEAT01	機能場所での設備撤去	PieceOfEquipment.DismantleAtFuncloc (廃止)
PIECEOFEQUIPMENT_INSTALLATFU01	機能場所での設備設置	PieceOfEquipment.InstallAtFuncloc (廃止)
SERVICENOTIFICATION_CREATEFR01	サービス通知登録	ServiceNotification.CreateFromData2 (CS モジュール)

図 3.3.3.5 インタフェース/API 一覧 (非同期インタフェース IDoc-BAPI : トランザクションデータ)

BAPI オブジェクト名称	BAPI メソッド (Creat/Change など)
MDM_FuncLoc	Change
MDM 機能場所	機能場所変更
	Create
	機能場所登録
	CreateFromData
	機能場所登録 (IS-U)
	GetDetail
	機能場所読込
	GetList
	機能場所選択 (内部キー使用)
	GetStatus
機能場所の (システム/ユーザ) ステータス読込	
MDM_Equipment	Change
MDM 設備	設備マスタ変更
	Create
	設備マスタ登録
	CreateByReference
	設備参照による設備マスタの登録
	Dismantle
	設備撤去 (機能場所、上位設備)
	GetCatalogProfile
	設備のカタログプロファイル設定
	GetDetail1
	設備一覧選択
	GetList
	設備一覧選択
	GetListForCustomer
	得意先設備の選択
	GetStatus
	設備の (システム/ユーザ) ステータス読込
Install	
設備設置 (機能場所、上位設備)	
PieceOfEquipment	Change
設備	設備マスタ変更
	Create
	設備マスタ登録
	CreateByReference
	設備参照による設備マスタの登録
	Dismantle
	設備撤去 (機能場所、上位設備)
	GetCatalogProfile
設備のカタログプロファイル設定	

	GetDetail1
	設備一覧選択
	GetList
	設備一覧選択
	GetListForCustomer
	得意先設備の選択
	GetStatus
	設備の（システム/ユーザ）ステータス読込
	Install
	設備設置（機能場所、上位設備）
FunctionalLocation	Change
機能場所	機能場所変更
	Create
	機能場所登録
	CreateFromData
	機能場所登録（IS-U）
	GetDetail
	機能場所読込
	GetList
	機能場所選択（内部キー使用）
	GetStatus
	機能場所の（システム/ユーザ）ステータス読込
MaintNotificBAPIs	NotifChangeusrstat
BAPI 保全通知	PM/CS 通知のユーザステータス変更
	NotifClose
	PM/CS 通知完了
	NotifCreate
	PM/CS 通知の登録
	NotifDataAdd
	PM/CS 通知：データの追加
	NotifDataDelete
	PM/CS 通知：データの削除
	NotifDataModify
	PM/CS 通知：データの変更
	NotifGetDetail
	PM/CS 通知：詳細データの読込
	NotifListEqui
	設備による PM/CS 通知の選択
	NotifListFuncloc
	機能場所による PM/CS 通知の選択
	NotifListPartner
	パートナーによる PM/CS 通知の選択
	NotifListPlangroup

	保全計画グループによる PM/CS 通知の選択
	NotifListSortfield
	ソート項目による PM/CS 通知の選択
	NotifPostpone
	PM/CS 通知リセット
	NotifPutinprogress
	PM/CS 通知リリース
	NotifTaskComplete
	PM/CS 通知: タスクの完了
	NotifTaskRelease
	PM/CS 通知: タスクリリース
	NotifTaskSuccess
	PM/CS 通知: タスクを正常終了に設定
MaintenanceOrderBAPI	ComponentGetDetail
保全指図 BAPI	構成品目の詳細データの読込
	OperationGetDetail
	作業の詳細データの読込
	OrderGetDetail
	指図の詳細データの読込
	OrderheadGetList
	選択による ALM 指図一覧の決定
	OrderMaintain
	保全指図/サービス指図の処理
	OrderoperGetList
	選択による作業一覧の決定
MaintOrdConfirmation	Cancel
保全指図確認	保全/サービス指図の確認取消
	ConfCreate
	保全/サービス指図の確認登録
	GetDetail
	保全/サービス指図確認に用いる詳細データ
	GetList
	保全/サービス指図確認の一覧
	GetProp
	時間確認データの提案

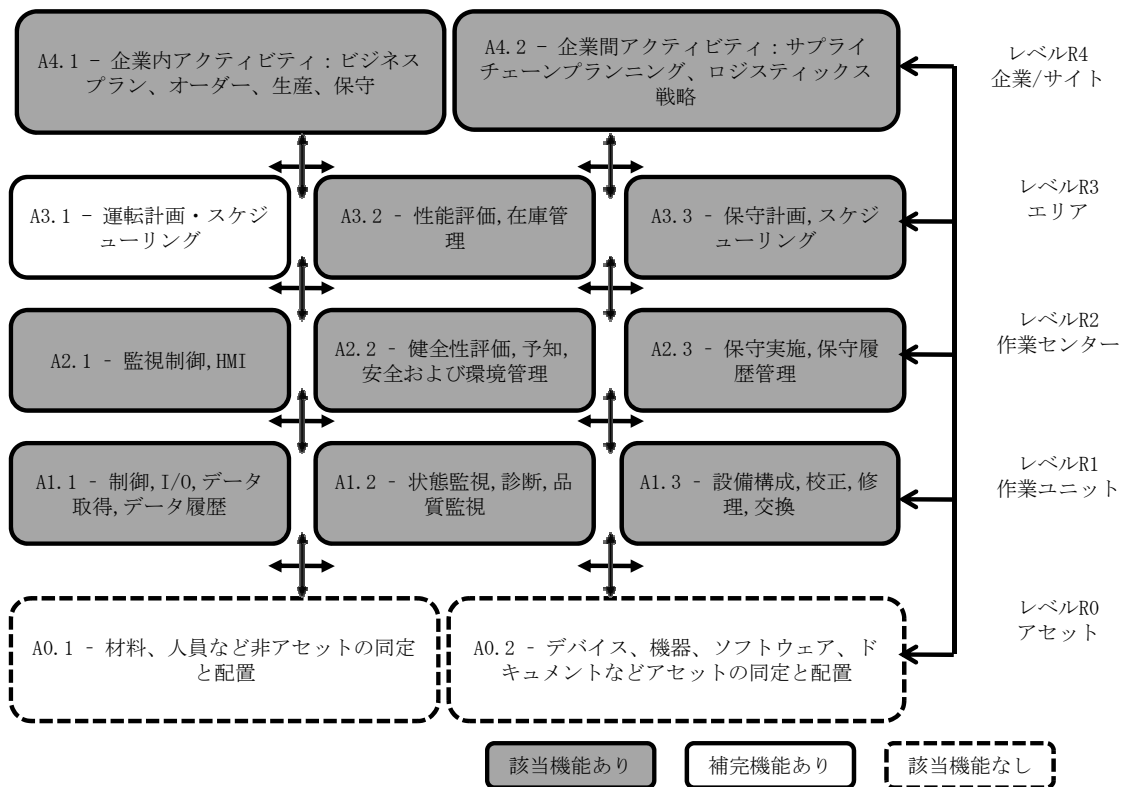
図 3.3.3.6 インタフェース/API 一覧 (同期インタフェース BAPI)

PLC	リレーショナルデータベース	ヒストリアン
Mitsubishi MELSEC, MELQIC	MS SQL Server*	Yokogawa Exaquantum
Omron	ORACLE*	Honeywell
GE Fanuc	Sybase*	Intellution
Siemens	IBM DB2	OSIsoft PI
Rockwell	Informix	Rockwell
Schneider	MySQL	Wonderware
Others	Access	AspenTech
DCS	ODBC or JDBC compliant data sources	MES その他
Yokogawa CENTUM	SCADA / HMI	B2MML
ABB	Yokogawa – ASTMAC	SAP ERP, BIなど SAP API全て
Emerson	Invensys – Wonderware – InTouch	
Invensys	GE Fanuc – Intellution – iFix	Mitsubishi
Siemens	Rockwell Automation – RSView	NEC
Honeywell	Siemens – WinCC	富士通Glovia MES
LIMS	Citect – Citect SCADA	Visiprise
Beckman	規格準拠コネクタ	日立Hitpop2
LabSystems	OPC DA, HDA, UA	プラントメンテナンスシステム
PE Nelson	XML	POPサーバー
others	IDBC	ほか

図 3.3.3.7 SAP MII で連携可能なプラント IT

## (2) SAP PM と ADID のマッピング

### SAP PM と ADID との関連付け



### (補足) ADID における SAP PM の機能およびインターフェース

ADID とのマッピングを行った結果、SAP PM が提供する機能は以下のとおりである。

- ① A3.1「設備の運転計画・スケジューリング」そのものを行う機能は提供されていない。MRPにおけるCRP(Capacity Requirement Planning: 能力所要量計画)などの機能は提供しているが、A4.1「企業内アクティビティ、ビジネスプラン、オーダー、生産、保守」における集約データのレベルとなる。リアルタイムベースの運転計画・スケジューリングは、工程側機器を提供するベンダーが提供するか、企業が独自に開発するケースが多い。

ただし、SAP システムから各種情報を提供できるので、補完機能ありとしている。

- ② A2.1「監視制御、HMI」、A1.1「制御、I/O、データ取得、データ履歴」、A2.2「健全性評価、予知、安全及び環境管理」、A1.2「状態監視、診断、品質管理」について

は、図 3.3.3.2 SAP MII による代表的な利用例のとおり、各種機器との連携が可能である。SAP MII はメモリベースで稼働するシステムであることから、各種インタフェースも基本的にリアルタイムベースとなる。

ただし、SAP MII と各種機器の間に、製造実行システムの PIM-Aid やリアルタイム操業管理システムである米 OSI Software の PI Systems（国内では横河電機などが販売）を配置することもある。

なお、SAP は MES 領域の製品も提供しており、PP-MES（生産管理モジュールである PP のサブモジュール）、2008 年 7 月に買収した米 Visiprise 社の製品を基に開発した SAP ME（Manufacturing Execution）といった選択肢を提供している。

- ③ A3.2「性能評価、在庫管理」については、人間の判断を介さずシステムで自動的に判定を行うような性能評価の機能は提供していないが、PM に限らず、ECC の機能や SCM、PLM、あるいは産業特化型のソリューションなどの機能で対応できると想定している。
- ④ A3.3「保守計画、スケジューリング」、A2.3「保守実施、保守履歴管理」、A1.3「設備構成、校正、修理、交換」については、すべての機能を提供している。
- ⑤ A4.1「企業内アクティビティなど」、A4.2「企業間アクティビティ」についても、ECC、SCM、PLM などに対応が可能である。
- ⑥ A0.2「デバイスなど」、A0.1「非アセットなど」との連携も、SAP MII、SAP ME、あるいは、データおよびプロセス連携を担う SAP NetWeaver により対応は可能と思われるが、基本的には、レベル R1～R4 までのデータを対象とするため「該当機能なし」としている。

### 3. 3. 4 E-Business Suite EAM 日本オラクル株式会社

#### (1) 会社／製品概要

所在地	〒102-0094 東京都港区北青山2-5-8 オラクル青山センター		
代表者	遠藤 隆雄	資本金	222億22万円
設立	1985年10月	総従業員数	2,226人 (2009年5月現在)
主要株主 (出資比率)	オラクル・ジャパン・ホールディング・インク など		

製品名・最新バージョン	出荷時期	初期出荷	製品分類
Oracle EAM	2009年7月	1995年7月	大企業向けERP
<p>■ 価格概要</p> <p>強み・競合他社との差別化：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・旺盛な買収戦略により、製品ラインナップの拡充を強力に推進することで幅広いソリューションを提供。各業務分野のトップ製品を相互に連携させ総合的に提供することで、高い成長性を達成している。</li> <li>・強力な自社製ミドルウェアの Fusion Middleware と各種アプリケーション群が明確に体系化されており、システムの開発から運用に至る幅広いニーズに柔軟に対応できる。</li> <li>・Applications Unlimitedにより、継続的サポートを保障することでユーザーのシステム投資を保護する。</li> </ul> <p>■ ライセンス体系</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・Oracle EAM：以下のモジュールがあり、機能およびユーザー数により価格は異なる。 <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) Asset Lifecycle Management</li> <li>(2) Enterprise Asset Management (オプション：Self-Service Work Requests)</li> <li>(3) Asset Tracking</li> <li>(4) Property Manager</li> </ul> </li> <li>・Hyperion Financial Management：ユーザー数により価格が異なる。</li> </ul> <p>■ 保守体系</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・通常の年間サポート契約 (Standard Products Services) は、ライセンス価格 (定価) の22%。</li> </ul>			

Oracle EAM は、Oracle 社の代表的な ERP パッケージである E-Business Suite のモジュール群を中心に構成されるパッケージであり、2009年7月に出荷された E-Business Suite R12.1 が最新版となっている。

Oracle EAM は、設備、プラント、公共インフラが求める条件に即した高度なメンテナンス戦略のサポートを目指した製品である。最大の特徴は、ビジネス・プロセスの自動化と信頼性の高い情報の配信を単一のインスタンスで実現できる ERP パッケージ、E-Business Suite の一部を構成していることにある。E-Business Suite は単一の DB で稼働する製品でありながら、完全にモジュールが独立した構造になっており、単体モジュール



ルの導入でも、複数の選択モジュールでも、全モジュールの導入でも任意の形態で導入できることである。さらに、データ分析（BI：Business Intelligence）機能も標準で利用できる。

また、E-Business Suite 以外の製品でも、Fusion Middleware、AIA（Applications Integration Architecture）といった広範なソリューションにより連携できる。そういった機能を活用して、もっとも優れた財務管理パッケージのひとつとして知られる Hyperion を Oracle eAM の予算管理機能として利用でき、Oracle MOC (Manufacturing Operations Center) を監視データ、制御データ、実績データなどの収集に利用できる（図 3.4.1.1 参照）。

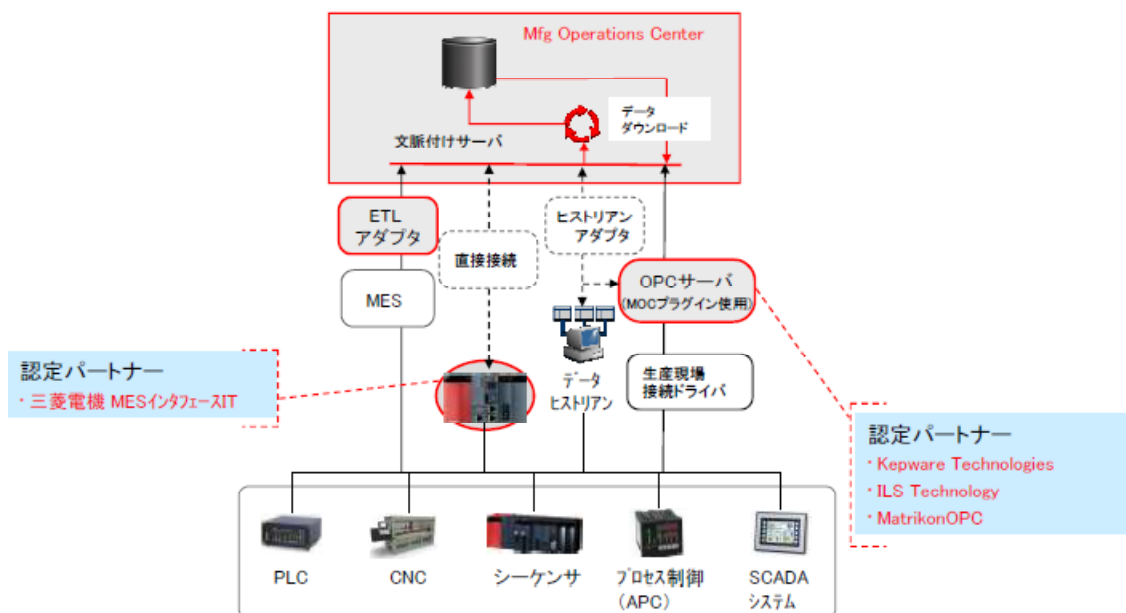


図 3.3.4.1 Oracle MOC (Manufacturing Operations Center) の概要

Oracle EAM の代表的なユーザーは以下のとおりである。

- ・ ALCOA 社（世界最大のアルミニウム製造業、39 カ国に 350 拠点のプラントを展開）
- ・ Korea Telecom 社（5 年間で 233 億ドルのトータル・コスト削減に成功）
- ・ Atmos Energy 社（米国の 12 州で 170 万世帯にガスを供給する企業）
- ・ Al Ghurair Group 社（アラブ首長国連邦の製造業、設備の故障を 40%削減）

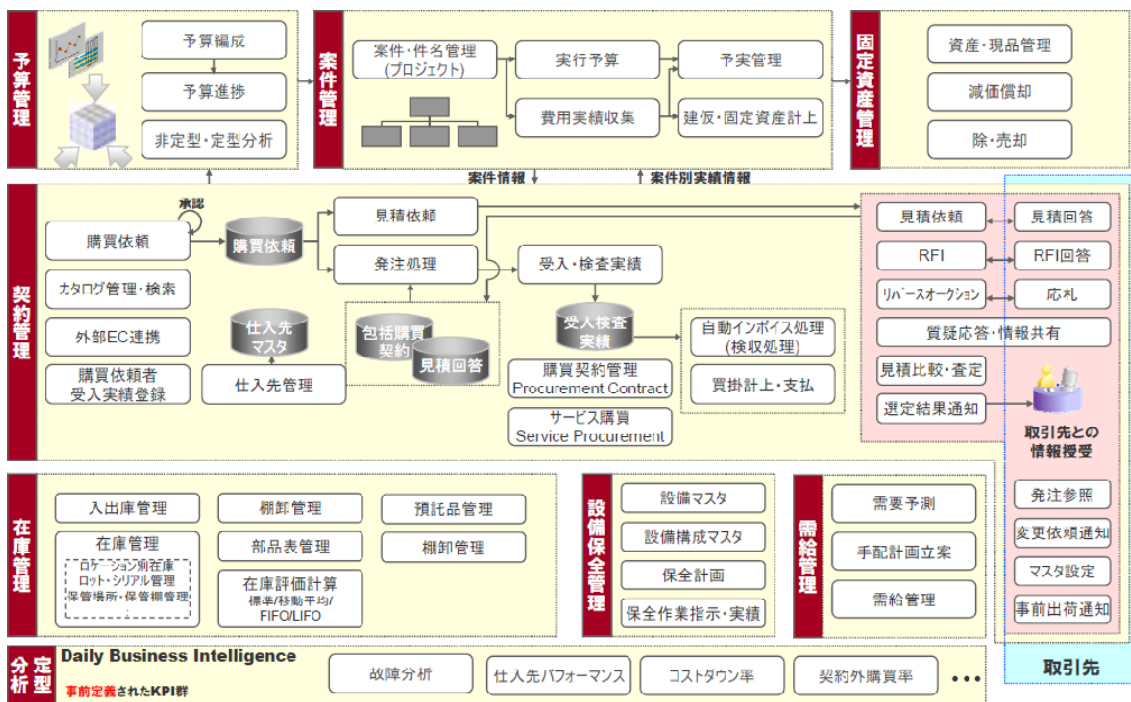


図 3.3.4.2 Oracle eAM の全体構成



図 3.3.4.3 Oracle eAM における設備保全管理のシステム／サブシステム構成

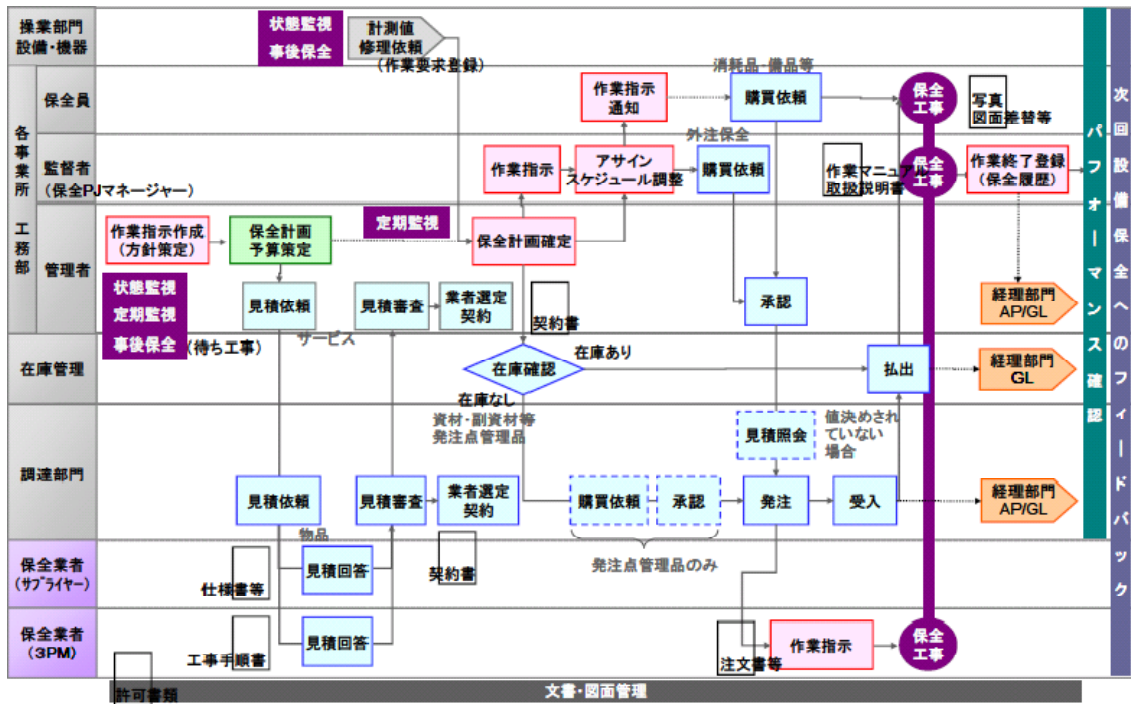


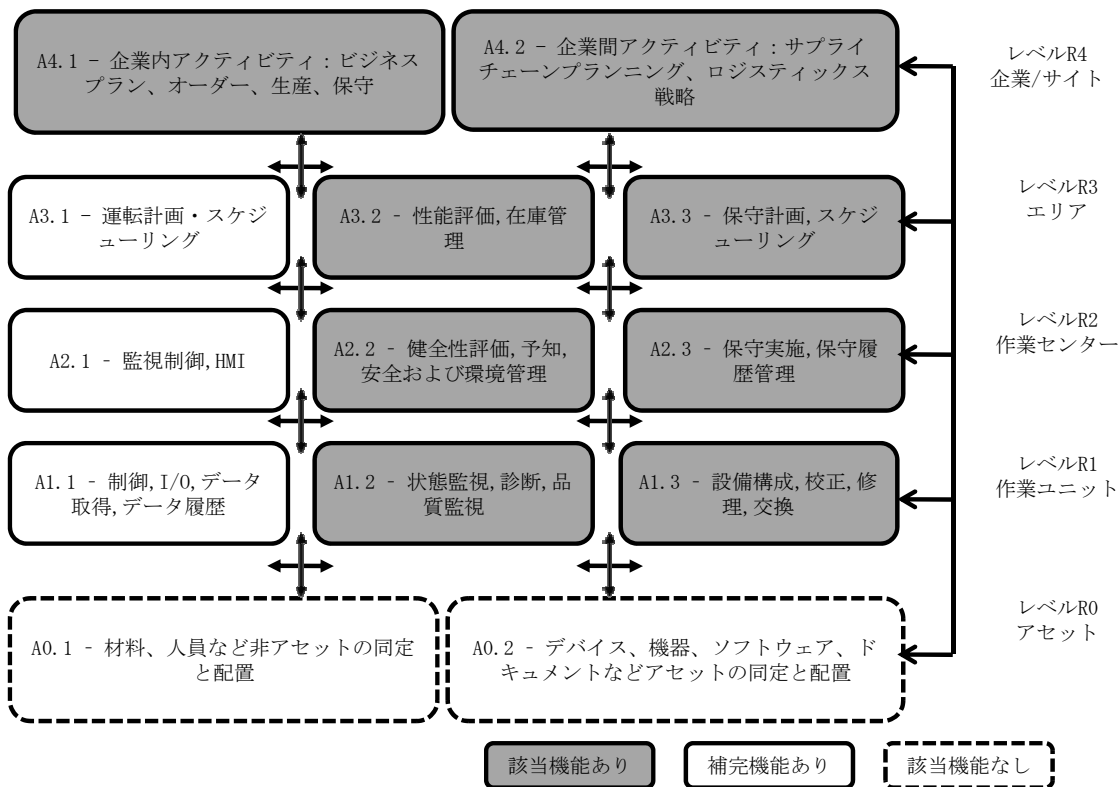
図 3. 3. 4. 4 Oracle eAM における業務フロー概要

API / Open IF 名称	内 容
MTL_SYSTEM_ITEMS_INTERFACE	予備品などの在庫品を追加/更新するためのOpen I/F(Table)
MTL_EAM_ASSET_NUM_INTERFACE	設備番号(設備台帳)データを外部から追加/更新するためのOpen I/F(Table)
EAM_ASSETNUMBER_PUB	設備番号(設備台帳)データを外部から追加/更新するためのAPI
EAM_PROCESS_WO_PUB	保全作業指示を外部から作成するためのAPI
EAM_WORKORDERTRANSACTIONS_PUB	工程や作業指示の完了実績やその戻しをおこなうためのAPI
EAM_MeterReading_PUB	メータ/カウンタ値を外部から取り込むためのAPI
WIP_EAM_WORKREQUEST_PUB	作業要求を追加/更新するためのAPI

図 3. 3. 4. 5 Oracle eAM における主要インタフェース (抜粋)

## (2) Oracle eAM と ADID のマッピング

### Oracle eAM と ADID との関連付け



### (補足) ADID における Oracle eAM の機能およびインターフェース

ADID とのマッピングを行った結果、Oracle eAM が提供する機能は以下のとおりである。

- ① A3.1「設備の運転計画・スケジューリング」そのものを行う機能は提供されていない。MRPにおけるCRP(Capacity Requirement Planning: 能力所要量計画)などの機能は提供しているが、A4.1「企業内アクティビティ、ビジネスプラン、オーダー、生産、保守」における集約データのレベルとなる。リアルタイムベースの運転計画・スケジューリングは、工程側機器を提供するベンダーが提供するか、企業が独自に開発するケースが多い。

ただし、Oracle eAM から各種情報を提供できるので、補完機能ありとしている。

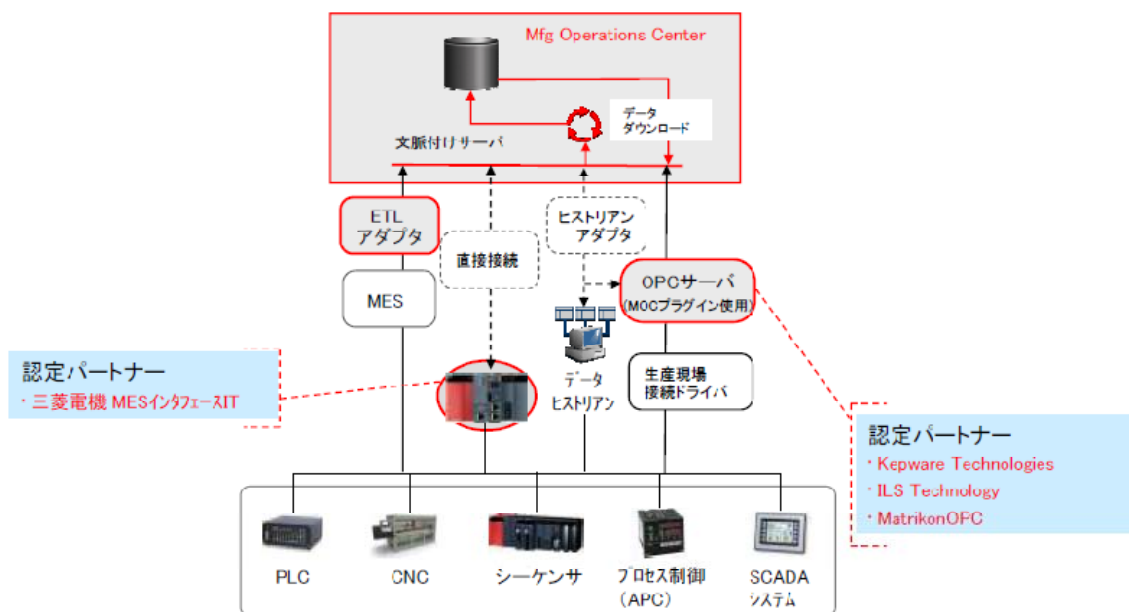
② A2.1「監視制御、HMI」、A1.1「制御、I/O、データ取得、データ履歴」については、

Oracle Application Server の Sensor Edge Server を利用することで、RFID との連携なども可能であり稼働例もある。Sensor Edge Server は、非常に短いインターバルでの膨大なシステム連携を、イベント発生の都度実施できるシステムとして専用設計されている。

ただし Oracle は、MES などのアプリケーションは販売しておらないため、「該当機能あり」ではなく「補完機能あり」としている。

③ A3.2「性能評価、在庫管理」については、人間の判断を介さずシステムで自動的に判定を行うような性能評価の機能は提供していないが、eAM に限らず、ERP パッケージである E-Business Suite の機能や、産業特化型のソリューションなどの機能で対応できると想定している。

④ A2.2「健全性評価、予知、安全および環境管理」、A1.2「状態監視、診断、品質監視」は Oracle MOC で対応できる（下図参照）。



- ⑤ A3.3「保守計画、スケジューリング」、A2.3「保守実施、保守履歴管理」、A1.3「設備構成、校正、修理、交換」については、すべての機能を提供している。
- ⑥ A4.1「企業内アクティビティなど」、A4.2「企業間アクティビティ」についても、E-Business Suite、Oracle SCM、Oracle PLM などで対応が可能である。
- ⑦ A0.2「デバイスなど」、A0.1「非アセットなど」との連携も、Sensor Edge Server を含む Oracle Fusion Middleware で幅広く対応できるが、基本的にはレベル R1～R4 までのデータを対象とすることから「該当機能なし」としている。

### 3. 3. 5 Infor EAM 日本インフォア・グローバル・ソリューションズ株式会社

#### (1) 会社／製品概要

所在地	〒163-1035 東京都新宿区西新宿3-7-1 新宿パークタワー		
代表者	村上 智	資本金	22億3,000万円
設立	1995年10月	総従業員数	150人（2009年11月現在）
主要株主（出資比率）	米Infor Global Solutions社（100%）		

製品名・最新バージョン	出荷時期	初期出荷	製品分類
Infor EAM Enterprise Edition v8.4	2009年7月	2007年1月	設備保全管理
<p>■価格概要</p> <p>強み・競合他社との差別化：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・旺盛な買収戦略で各種ERP製品を取り揃えており、中堅から大企業までの企業ニーズに幅広く対応できる特に、生産管理や倉庫管理を含むサプライチェーン実行系分野で定評がある。</li> <li>・Infor Open SOAで強力にサービス指向を推進しており、各種ERPでのノウハウをベースに開発されるSOAコンポーネントを基本的に無償にするなど、他社に類を見ないソリューションを提供する。</li> <li>・「Model Centrally &amp; Execute Locally」をコンセプトとした製品開発により、サプライチェーン実行系業務や現場業務の自律性を活かしつつ、グローバルの会計や経営管理からの「見える化」を担保する。</li> </ul> <p>■ライセンス体系</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・機能およびユーザー数により価格は異なる。</li> </ul> <p>■保守体系</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・年間保守料金は、ライセンス価格の18～20%。</li> </ul>			

Infor EAM Enterprise Edition（以下、Infor EAM）は、2007年7月に発売された製品であり、もともとは米国 Datastream Systems 社の EAM 製品である MP2、MP5、Datastream7i を、Infor Global Solutions 社（以下、Infor）が 2006 年に買収した後に統合して自社のラインナップに加えたものである。製品の沿革は以下のとおりである。

- ・ 1986 年 米国 South Carolina 州 Greenville に Datastream Systems 設立
- ・ 1994 年 C/S 版の設備保全管理システム「MP2」発売
- ・ 1997 年 エンタープライズ向け設備保全管理システム「MP5」発売
- ・ 2001 年 「MP5」を Web 対応した「Datastream7i」を発売
- ・ 2003 年 日本法人（データストリーム株式会社）設立
- ・ 2004 年 日本で最初の「Datastream7i」システムが稼働
- ・ 2006 年 Infor が Datastream Systems を買収
- ・ 2007 年 Infor の ERP 製品と SOA 連携対応版「Infor EAM v8.2」発売
- ・ 2008 年 グリーン対応版「Infor EAM v8.3」発売

- ・ 2009 年 グリーン対応機能強化版「Infor EAM v8.4」発売

Datastream Systems 社は EAM に特化したベンダーであり、Datastream Systems 社と Maximo を販売していた旧 MRO Software 社（現 IBM）の社員は、相互に転職しあうといった関係でもあった。そういったことから、Infor EAM の設計コンセプトには、Maximo と共通する部分も認められる。たとえば、ロケーションのマスタデータの持ち方や、設備資産管理のワークフローをベースに、システムの設定や導入を行って行く点や、カスタマイズ性の高さなどがそれに当たる。

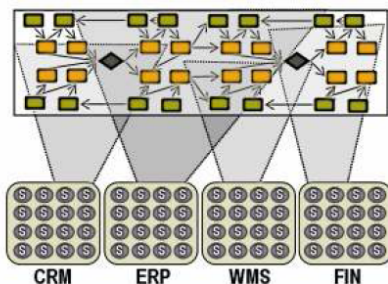
Infor EAM は、車両管理、製造設備管理、施設管理およびライフサイエンス業界向けに開発された機能も特定業界向け機能として搭載されており、今後のリリースでさらに他の業界向けの機能も追加していく方針である。また、従来からあった設備資産管理機能に加え、エネルギー消費追跡、エネルギー効率指標、アラート管理、CO2 管理、冷媒排出管理など、いわゆるグリーン対応の機能強化も図っている。

なお、Infor EAM は、Infor Open SOA のコンセプトに沿って、モジュール／コンポーネントの単位で導入することが可能な製品となっており、新たに機能追加を行う際にもすべてのモジュールを同時にアップグレードする必要はない。



## Traditional SOA (従来のSOA)

1. Single engine that solves everything  
(すべてを解決するための単一エンジン)
2. High complexity in modeling, customizing and deploying the solution  
(ソリューションのモデル化、カスタマイズ、展開する上での複雑性)
3. Processes are not partitioned to fit the heterogeneous nature of IT  
(異なるIT環境への部分適応のしにくさ)



## Infor Open SOA

1. Smaller and distributed (sub-)processes  
(より細かく、部分適用可能な処理形態)
2. Services for internal flows and roles  
(内部処理、役割ベースのサービス)
3. Business Events drives orchestration across software component boundaries  
(ソフト間の境界を越えたビジネスイベントの連携)

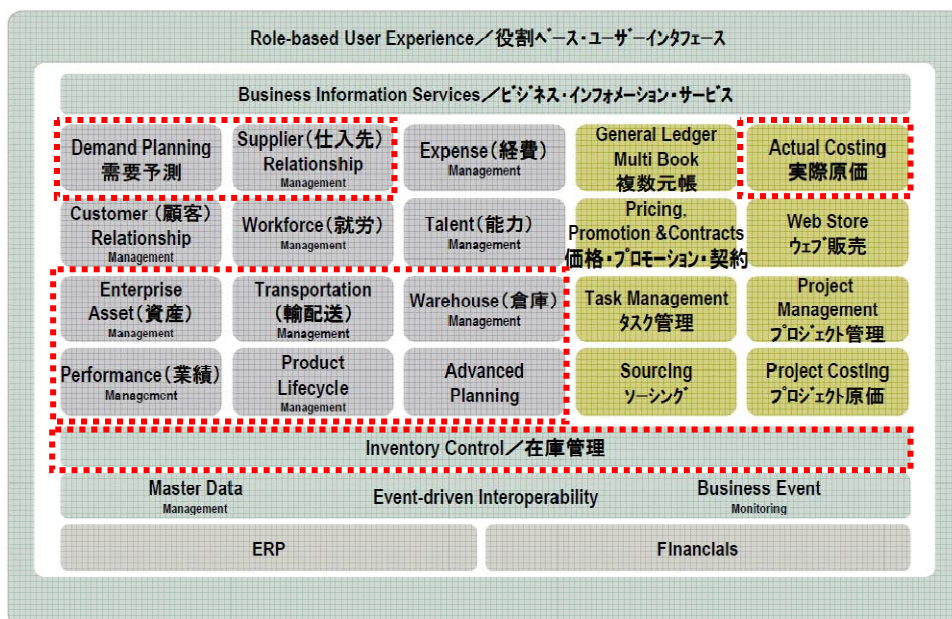
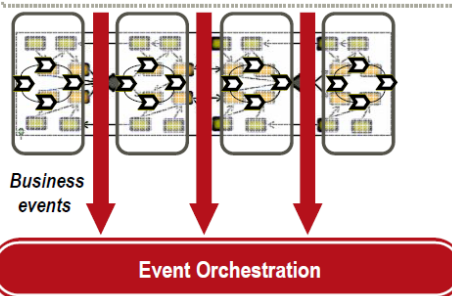


図 3. 3. 5. 1 Infor Open SOA とソリューション概要

     生産システムと関連性が高いコンポーネント

注1) ERP とは、旧 Baan (現 Infor LN)、旧 BPCS (現 Infor LX) などのように、既存のパッケージ単位で単独の製品を指す。

注2) 上図で在庫管理より上に配置されているのが SOA における最上位のコンポーネントであり、今後もコンポーネント単位での新規追加や機能強化が継続的に図られていく。



図 3.3.5.2 Infra EAM モジュール全体構成図

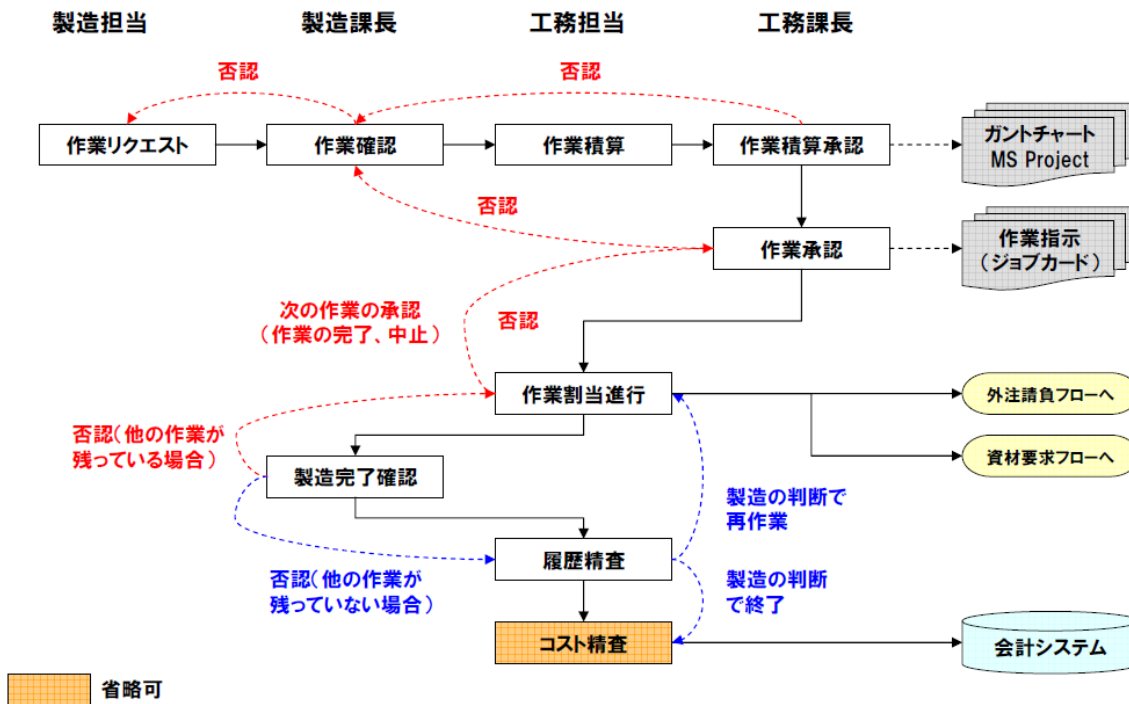


図 3.3.5.3 Infra EAM のサンプル業務フロー 事後保全 (BM)

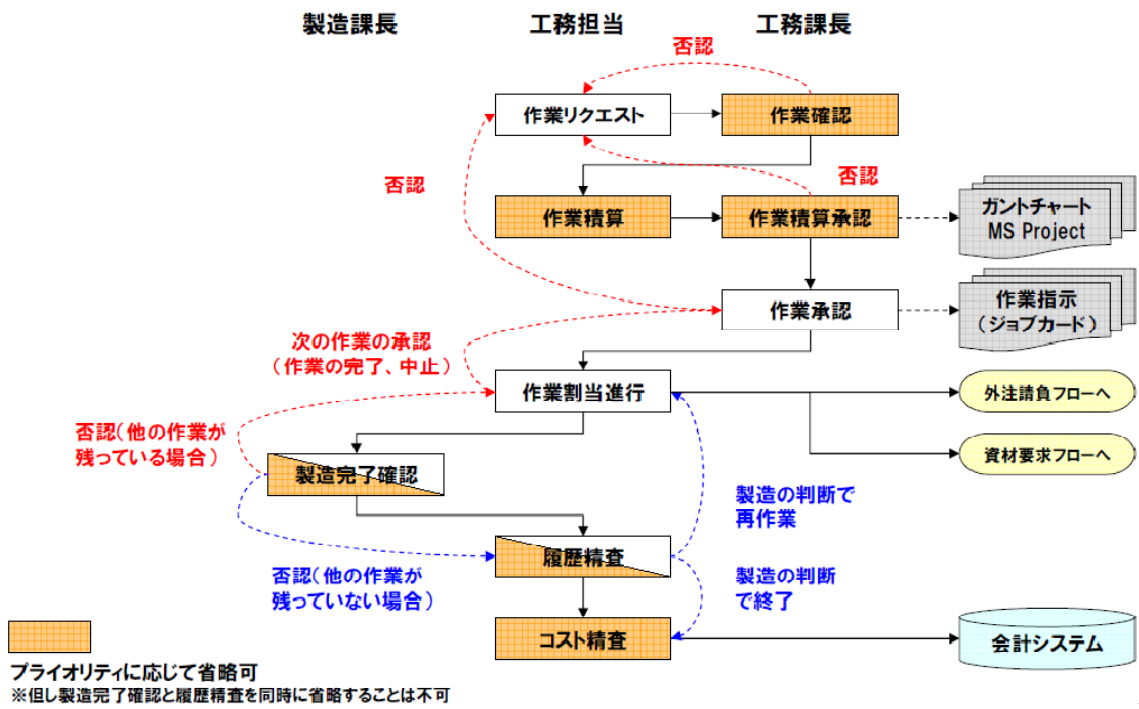
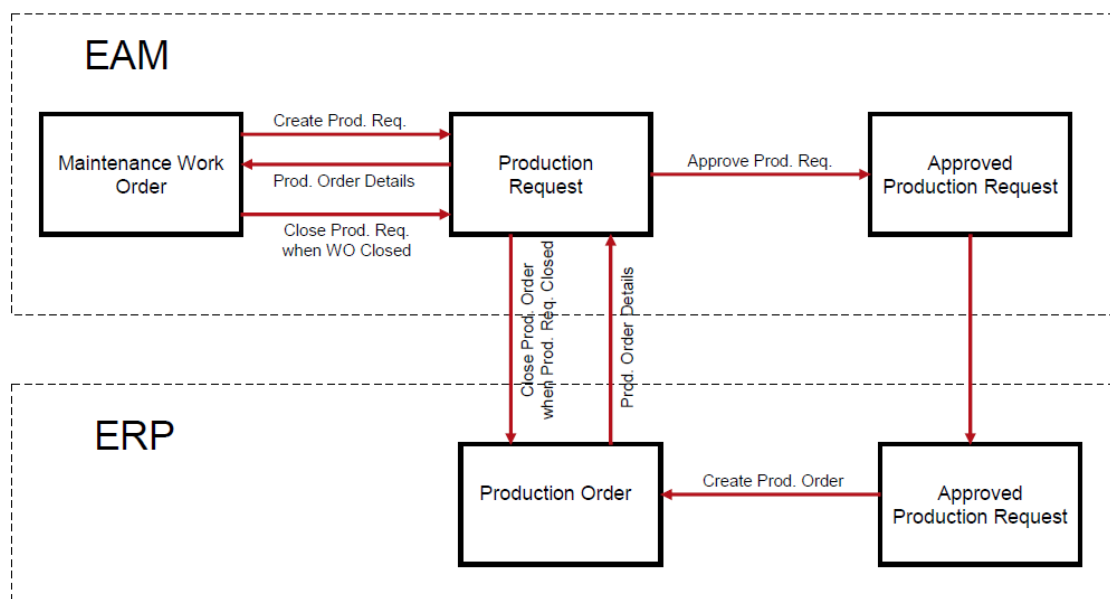
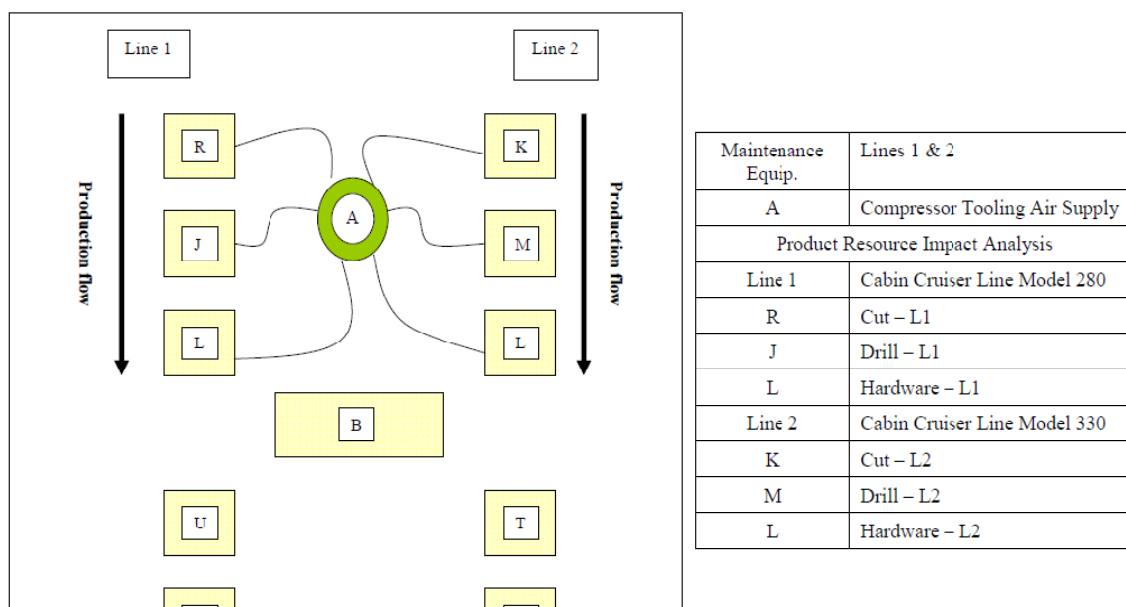


図 3. 3. 5. 4 Infor EAM のサンプル業務フロー 予防保全 (PM)



**【コンセプト】**  
 EAMで保全作業が計画された際に、その情報を一つの「Production Request(Order)」として、ERPに送信する。この中には関係する設備Resource及び必要期間の情報が全て含まれる。ERP側では、この保全用の仮想的「Production Request(Order)」によって保全期間の生産計画が占有され、実際の生産はそのスロットでは計画できなくなる。(つまり保全できるようになる)

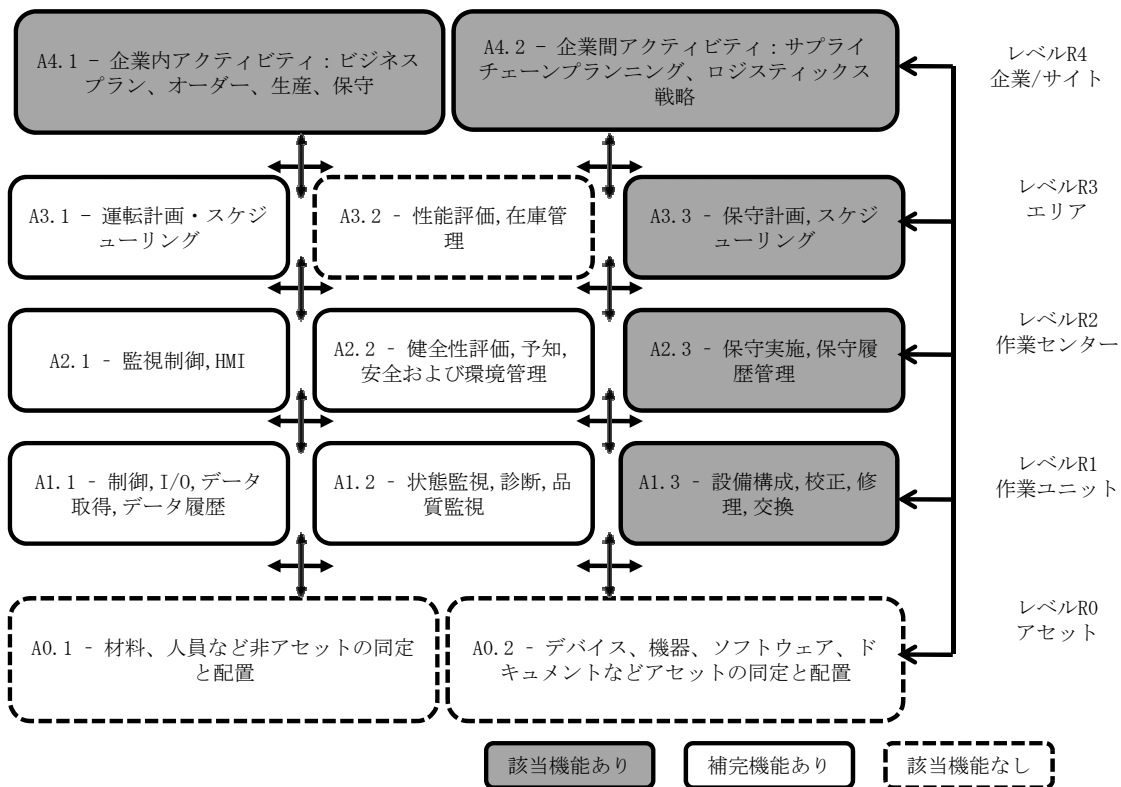


**【コンセプト】**  
 上記のように Line 1 でR、J、Lという設備の順で工程が進む場合、Line1のメンテナンスは、R、J、L全てを行う形になる。したがって、EAM側にLine1には、設備R、J、Lがあるという形でデータを保持することになる。こうすると、Line1に予防保全を行う場合には、影響を受けるR、J、Lの装置全てに対して保全用の仮想的「Production Order」が作成され、通常の生産用の「Production Order」が計画できないようになる。

図 3. 3. 5. 5 Infor EAM における ERP（生産管理の製造指図）との連携例

## (2) Infor EAM と ADID のマッピング

### Infor EAM と ADID との関連付け



### (補足) ADID における Infor EAM の機能およびインターフェース

ADID とのマッピングを行った結果、Infor EAM が提供する機能は以下のとおりである。

- ① A3.1 「設備の運転計画・スケジューリング」 そのものを行う機能は提供されていない点は、これまでの製品と同様である。Infor SCM Advanced Planner (AP) における生産スケジューリングも、設備のスケジューリングそのものではない。

ただし、Infor EAM や ERP 製品、SCM 製品からの情報を提供できるので、補完機能ありとしている。

- ② Infor EAM の DB 情報から運転実績、保全周期、品質のしきい値などを Excel にダウンロードして、人間がデータを加工して工程制御システム側にアップロードしたりする例があるので補完機能ありとしている。

また、よりインターバルの短い連携が必要な場合は、Infor Open SOA を活用することで対応は可能である。

- ③ A3.2「性能評価、在庫管理」については、人間の判断を介さずシステムで自動的に判定を行うような性能評価の機能は提供していない。Infor EAMに限らず、ERPパッケージであるLN、LXなどの機能や、産業特化型のソリューションなどの機能で対応はできるが、基本的にはEAM独自で導入されることが多いことから「該当機能なし」としている。
- ④ A2.2「健全性評価、予知、安全および環境管理」、A1.2「状態監視、診断、品質監視」についても、上記と同様に、人間の判断が介在しない自動解析、自動制御を行う機能はInfor EAMのスコープ外である。ただし、それらの判断や意思決定を人間が行うにあたり、必要となるデータを提供できるという点で補完機能ありとしている。
- ⑤ A3.3「保守計画、スケジューリング」、A2.3「保守実施、保守履歴管理」、A1.3「設備構成、校正、修理、交換」については、すべての機能を提供している。
- ⑥ A4.1「企業内アクティビティなど」との連携は、ERPパッケージなどで実装されている購買システムとの、保守部品入出庫、棚卸などである。また、Infor EAMでも、資材管理、購買管理の機能も提供しているため、該当機能ありとしている。
- ⑦ A0.2「デバイスなど」、A0.1「非アセットなど」との連携も、Infor Open SOAで対応は可能と思われるが、基本的にはレベルR1～R4までのデータを対象とすることから「該当機能なし」としている。

### 3. 4 各社ヒアリング結果

No	分類	内 容	ヒアリング結果
1	アーキテクチャ	製品のアーキテクチャは、クライアント・サーバー型であるか、Web 型であるか。	<p>&lt;PLANTIA&gt;</p> <p>ピュア Java による Web であるが、顧客の要望があれば旧版の C/S 型も提供する。また、C/S 型での継続利用を望む顧客のサポートは打ち切らない。ただし、C/S 型といっても、Citrix を利用したシンクライアントで運用しているケースが多い。</p> <p>&lt;Maximo&gt;</p> <p>JRE (Java Runtime Environment) の完全 Web で稼働する。</p> <p>&lt;SAP PM&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・カーネルは C++ でプログラミングされており、全てのビジネスアプリケーションは ABAP もしくは Java によって開発されている。</li> <li>・ただし、ECC の開発言語は ABAP (画面記述は Dynpro) であるため、ECC のコンポーネント (PM も該当する) の画面アクセスは SAP Gui による C/S 型となる。</li> <li>・Web でのアクセスは可能であるが、インターネット通信マネージャ (ICM) を通じて、ABAP などを HTML や Java にエミュレーションする方式である。</li> </ul> <p>&lt;Oracle eAM&gt;</p> <p>画面開発は Forms Builder、Jdeveloper (J2EE 準拠)、データ操作は PL/SQL (一部バッチ処理は C 言語) であるが、Web による 100%インターネットに対応した環境を提供しており、ブラウザおよびブラウザへのプラグインソフトのみで動作可能である (プラグインソフトはサーバからの自動インストール可能)。</p>

			<p>&lt;Infor EAM&gt;</p> <p>J2EE で開発された、完全 Web 型のパッケージである。</p>
2	システムの構成	<p>製品のシステム／サブシステム構成（運転計画・スケジューリング、保守計画・スケジューリング、監視制御、健全性評価、保守履歴管理、状態監視、品質管理、設備構成管理など）はどうか。何階層で構成されているか。</p>	<p>&lt;PLANTIA&gt;</p> <p>基本的には、以下の例のように 2 階層程度でメニュー体系を設定している。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 機器台帳管理 <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 1 機器基本仕様</li> <li>1. 2 機器詳細仕様</li> </ol> </li> </ol> <p>&lt;Maximo&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・図 3.2.1.1 「Maximo のシステム／サブシステム構成」を参照されたい。Maximo の全ての機能を記述している。</li> <li>・資産から契約に至る 8 機能が業務機能であり、統合からシステム構成に至る 5 機能がシステム機能である。</li> <li>・スイート（統合）製品であり、分割したり部分的に導入したりすることはできない。</li> </ul> <p>&lt;SAP PM&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・機能を設定する階層は 11 階層までであるが、PM のビジネスロジックとしては、以下のサンプルのようなレベルで 7 階層程度である。</li> </ul> <p>設備予算</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>－ 設備予算階層 <ul style="list-style-type: none"> <li>－ マスタデータ</li> </ul> </li> </ul> <p>予算枠申請</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>－ マスタデータ <ul style="list-style-type: none"> <li>－ 制御データ</li> </ul> </li> </ul> <p>計画</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>－ 原価計画</li> <li>－ 収益計画</li> </ul>



		<p>設備投資案件としての内部指図</p> <p>設備投資案件としてのプロジェクト</p> <p>・機能を一部抽出した例としては、図 3.3.1.1 「SAP ECC の企業組織構造」、および同図下部の主要機能の記述を参照のこと。</p> <p>&lt;Oracle EAM&gt;</p> <p>・図 3.4.1.2 「Oracle eAM の全体構成」、図 3.4.1.3 「Oracle eAM における設備保全管理のシステム／サブシステム構成」を参照のこと。</p> <p>・予算管理が Hyperion のモジュールである以外は、定型分析 (DBI : Daily Business Intelligence) を含め、すべて E-Business Suite のモジュールで構成される。</p> <p>&lt;Infor EAM&gt;</p> <p>・Infor のパッケージ製品は、独自の SOA 戦略「Infor Open SOA」により、コンポーネント化されている (図 3.5.1.1 「Infor Open SOA とソリューション概要」参照)。</p> <p>・各コンポーネント内も細分化されたサービスで構成されており、サービスに上下関係はないが、モジュール構造としては 2 階層で整理できる。</p> <p>・すなわち、設備資産管理、資材管理、購買管理、作業管理、検査管理／プロジェクト管理／予算管理が第 1 階層のモジュールとなり、各モジュール内に第 2 階層のサブモジュールが含まれていると見ることができる (図 3.5.1.2 「Infor EAM モジュール全体構成図」参照)。</p>
3	<p>製品で利用される主要なマスタにはどのようなものがあるか。</p>	<p>&lt;PLANTIA&gt;</p> <p>・機器台帳と保全周期が 2 大マスタである。</p> <p>・2 大マスタ以外では在庫マスタが重要である。</p> <p>・その他一般的なコード類のマスタは 30 以上ある。</p>

			<p>&lt;Maximo&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・資産、計画、予防保全、作業指示、在庫、購買、契約が主要マスタである。</li> </ul> <p>&lt;SAP PM&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・SAP PMでは、設備マスタ、ロケーション、品目、作業区、従業員マスタが主要マスタとなる。</li> </ul> <p>&lt;Oracle eAM&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・EAMの範囲では、設備マスタ、設備構成マスタ、保全計画、保全作業指示、監視項目マスタ、しきい値マスタ、メータマスタなどが主要なマスタとなる。</li> <li>・ADID A4.1とA4.2の範囲では予算（計画・実績）、プロジェクト、資産マスタ、契約マスタ、仕入先マスタ、在庫マスタ、需給計画マスタ、人事マスタなど。</li> </ul> <p>&lt;Infor EAM&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・第一階層のモジュールに対応するマスタが設定されている。たとえば、設備資産管理モジュールに対応した設備資産マスタ、作業管理モジュールに対応した作業マスタである。</li> <li>・第二階層のサブモジュールに対応するマスタとしては、たとえば設備資産管理のメータ管理サブモジュールにおけるメータ・マスタがある。なお、ドキュメントマスタのように、モジュール横断的に対応するマスタもある。</li> </ul>
4		製品における一般的な業務フローはどのようになっているか。	<p>&lt;PLANTIA&gt;</p> <p>図 3.1.1.1 「PLANTIA における保全業務ワークフロー」のとおりである。</p> <p>&lt;Maximo&gt;</p>

・図 3.2.1.2 「Maximo における保全業務ワークフローの設計ツール」を参照されたい。Maximo は、ワークフローを始めとする柔軟性の高いテーラリング（アドオンではなく機能のセットアップに該当する）・ツールにより、企業毎に最適な画面、データ項目、業務フローを機能追加できる製品である。

・テーラリングはコンサルティングをベースに企業毎に実施することから、一般的な業務フローという概念はない。

#### <SAP PM>

・プロセス産業向けと組立産業向けで大別されるが、基本的には・状態監視保全（CBM）、計画保全（TBM）、事後保全（BM）の3つを軸として業務フローが構成されている。

・なお、ECC には PP-MES も含まれているので MES に関する業務フローもある。

・また、NetWeaver のコンポーネント（MII、BW など）を利用することで監視、診断、品質に関する業務も可能となる。

図 3.3.1.2 「SAP MII による代表的な利用例」を参照されたい。

#### <Oracle eAM>

・図 3.4.1.4 「Oracle eAM における業務フロー概要」を参照のこと。

・状態監視保全（CBM）、定期保全（TBM）、事後保全（BM）の3つの大分類で業務フローが構成されている。

#### <Infor EAM>

・共通基盤の機能であるワークフローを用いて、企業毎の要件を柔軟に実現していくことができる。

・ワークフローを組み上げていくにあたり、主要な業務についてはサンプルを用意している（図 3.5.1.3 「Infor EAM

			のサンプル業務フロー 事後保全 (BM)、図 3.5.1.4「Infor EAM のサンプル業務フロー 予防保全 (PM)」参照。
5	システム／データ連携	<p>他パッケージや手組システムが混在した環境で、どのような情報 (データ) 交換やアプリケーション間連携機能 (CSV 入出力、製品固有／業界標準の API、製品固有／他社製品の連携ツール、Web サービスなど) があるか。</p>	<p>&lt;PLANTIA&gt;</p> <p>CSV 形式での連携であり、PLANTIA には連携ミドルウェアの機能がないため、Hulft などのツールが利用される。</p> <p>&lt;Maximo&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・図 3.2.1.3「Maximo Enterprise Adaptor の通信プロトコル」を参照のこと。XML、Web サービスが基本である。</li> <li>・Maximo Enterprise Adaptor (MEA) はオプション機能であり、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している。</li> <li>・データは Maximo 形式が基本だが、XSLT またはコーディング (Java) による変換も可能である。</li> <li>・DB 連携も可能である。</li> </ul> <p>&lt;SAP PM&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・EAI ツールとして、SAP NetWeaver Process Integration (SAPNetWeaver PI) をご提供している。</li> <li>・XML、固定長、CSV 等各種フォーマット、HTTP(S)、SOAP (Web サービス)、Mail (SMTP/IMAP)、JDBC (DB 接続)、JMS (MQ) などの標準的な通信に対応している。</li> </ul> <p>&lt;Oracle eAM&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・すべてのデータ構造が公開されており、システム連携設計を効率的に進めることが可能である。また連携ポイントをまとめた、リポジトリ情報 (Integration Repository) も公開している。</li> <li>・インタフェースには、専用の DB テーブルを用意しており、プログラム言語やシステムに依存しない容易な連携機能を提供できる。</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ CSV、XML など外部システムからデータを取り込むためのバッチプログラムや API も提供。Oracle BPEL Process Manager を利用することで、さまざまなデータ形式を変換して連携させることが可能である。</li> </ul> <p>&lt;Infor EAM&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ Infor Open SOA では、Web サービスのアダプターが提供されており、XML、SOAP といった標準的な技術が利用できる。CSV、API、DB 連携などの各種タイプを用意している。</li> <li>・ SOA の標準的な技術を利用することで、インタフェース元とインタフェース先の差分となるデータ項目やセマンティクスの違いなどを吸収することができる。</li> </ul>
6	<p>オペレーション系との連携についてはどうか。CBO、CRM との連携は意識しているか。人手で対応している場合が多いと思われるが、システム対応を検討したことはあるか。</p>	<p>&lt;PLANTIA&gt;</p> <p>データを集約して Excel などを介して CSV データで連携することが多い。レベル 1 の作業ユニットでは、現場作業員が PDA などの機器を利用して台帳からデータをダウンロードして利用するケースもある。最近では、安価なネットブックや iPhone などの利用も検討されてきている。</p> <p>&lt;Maximo&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 作業センター、作業ユニットの層の両方で連携が求められており、作業ユニット層では三菱電機の MELSEC との連携が行われている実績がある。</li> </ul> <p>&lt;SAP PM&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 図 3.3.1.7 「SAP MII で連携可能なプラント IT」を参照されたい。</li> <li>・ インテル、デュポン、メルク、シェブロン始めグローバルで 700 社 2000 拠点以上、国内でも東レ、出光など 30 社以上に導入されている。</li> </ul>

		<p>&lt;Oracle eAM&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・PLC、DCS、SCADA などの工程制御装置との連携については、Oracle MOC (Manufacturing Operarion Center) で行う。</li> <li>・MOC と EAM を効果的に連携させることで、設備稼働状況のリアルタイム把握、設備障害で影響を受ける受注の即時確定、設備障害の状況を生産スケジュールに反映することが容易になる。</li> </ul> <p>&lt;Infor EAM&gt;</p> <p>操業などオペレーション系との連携において、顧客から要望の多いインタフェースのトップ3は以下のとおりである。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>①設備保守履歴</li> <li>②設備保守作業指示</li> <li>③ドキュメント（点検データ、故障など）</li> </ol>
7	<p>上記において、情報（データ）交換やアプリケーション間連携機能とシステム／サブシステム、マスタとの関係性（システム／サブシステム／マスタ別のインタフェース一覧、API 一覧など）はどのようなになっているか。</p>	<p>&lt;PLANTIA&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・標準化された API というものは特になく、基本的には CSV データや Excel を介した連携である。</li> <li>・PLANTIA では、導入した顧客企業に対して DB 情報を公開しており、必要となるインタフェースは顧客側で構築することも多い。</li> </ul> <p>&lt;Maximo&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・MELSEC との連携は CSV 形式であり、設備の動作日数、温度、処理回数などのデータを交換している。</li> <li>・<u>インタフェース、API などは、機能がシステムに関係するため、詳細な説明は割愛する。</u></li> </ul> <p>&lt;SAP PM&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・主要なビジネスデータに対しては、BAPI とよばれるプロ</li> </ul>

		<p>グラミングインタフェースや IDOC とよばれるメッセージングインタフェースを標準で多数用意している。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・図 3. 3. 1. 3 「インタフェース/API 一覧」 参照のこと。</li> </ul> <p>&lt;Oracle eAM&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・EAM に装備されている外部システムとの IF の抜粋は、図 3. 4. 1. 5 「Oracle eAM における主要インタフェース (抜粋)」を参照のこと。</li> <li>・購買管理や在庫管理を含めた ERP 全体の多数の API や Open IF (Interface Table) があり、API をベースとした Web サービスも用意されている。</li> </ul> <p>&lt;Infor EAM&gt;</p> <p>ERP の生産管理との連携例を示す (図 3. 5. 1. 5 「Infor EAM における ERP (生産管理の製造指図) との連携例」参照)。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・インタフェースの一覧などについては、顧客の要望に基づいて適宜提供していく方針である。</li> </ul>
8	<p>上記において、情報 (データ) 交換やアプリケーション間連携機能と機器・工程制御層、製造設備層 (図 1 参照) との連携タイミング (リアルタイム、バッチなど) はどうなっているか。</p>	<p>&lt;PLANTIA&gt;</p> <p>基本的にはバッチによる日次ベース、あるいは半日に一度レベルのインタフェースである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・最短では、5 分に 1 回 ERP パッケージの購買モジュールとインタフェースしている事例もあるが特例といえるだろう。</li> </ul> <p>&lt;Maximo&gt;</p> <p>バッチによる日次ベース、あるいは半日に一度レベルのインタフェースが基本であり、API によるオンラインに向かう方向性はない。</p> <p>&lt;SAP PM&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・他システムからのインターフェースは、レガシーシステ</li> </ul>

ムからの初期データ移行等でバッチインプットプログラムを自動生成するツールや「LSMW」と呼ばれるデータ転送ツールを提供している。

・各種インタフェースを分類すると以下の手法で実行される。

- バッチインプット/ダイレクトインプット
- 非同期インタフェース (Idoc-BAPI)
- 同期インタフェース (BAPI)
- EAI/BPM ツールでのインタフェース

・工程制御層、製造設備層との連携については図 3.3.1.7 「SAP MII で連携可能なプラント IT」 参照のこと。

#### <Oracle eAM>

・外部システムからのデータ取り込みは要件により、リアルタイムおよびバッチ処理のいずれかまたは両方を提供。

・またバッチ処理はバッチの起動間隔をコンカレントに調整可能である。従って、リアルタイムに近いタイミングで更新することも可能である。

#### <Infor EAM>

・Infor Open SOA を展開するにあたり、いくつかの原則を定めているが、Model Centrally & Execute Locally もその1つである。

・つまり、アプリケーションのモデルや構成（実態としてはコンポーネント）は集中管理するが、処理は局所（ローカル）において適切かつ最適に処理する原則である。

・この原則に基づいて、システム間連携は基本的にリアルタイムではなく非同期の SOA ベースで処理される。インターバルは要件しだいであるが、日次レベルでの連携が多い。



9	<p>上記において、連携に異常が発生した場合、どのようにリカバリーされるか。</p>	<p>&lt;PLANTIA&gt;</p> <p>パッケージ側で特に API を用意していないので、リカバリーは連携ミドルウェア (Hulft など) で行う設計がほとんどだろう。</p> <p>&lt;Maximo&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・連携の異常であれば、Maximo Enterprise Adaptor (MEA) を介してリランを行う。</li> <li>・連携元、連携先の異常であれば、それぞれのモジュールやシステムにおいてリカバリーを行う必要がある。</li> </ul> <p>&lt;SAP PM&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・前述の手法に基づいて、それぞれのリカバリポイントが設定されている。</li> </ul> <p>&lt;Oracle eAM&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・DB を Real Application Clusters (RAC) として複数台稼働させることが可能。RAC を構築することにより、システム全体の高可用性と高拡張性を両立することが可能である。</li> <li>・個々の連携については、API や Web サービスの単位でリカバリポイントの設定が可能である。</li> </ul> <p>&lt;Infor EAM&gt;</p> <p>Infor Open SOA における ESB (Enterprise Service Bus) と、On-Ramp と呼ばれる一種のゲートウェイ機能によるリカバリーが可能である。</p>
10	<p>上記において、各ベンダー同士で標準化の動きがあるか。また、それは ISO の思想から外れていると考えているか。</p>	<p>&lt;PLANTIA&gt;</p> <p>ベンダー同士では標準化の動きはない。CMMS/EAM 分野のパッケージは、機器台帳の項目も似通ってきており、標準化により差別化できなくなることを懸念するベンダーが多いだろう。</p>

<Maximo>

- ・EAM文化の啓蒙、推進についてはベンダー同士でやっているが、それ以外に標準化活動はしていない。
- ・標準化はベンダーではなく、企業側、業務側から推進していかないとまくいかないだろう。

<SAP PM>

- ・ベンダー同士では特にそのような動きはないし、SAP ジャパンが独自で行うつもりもない。
- ・コンソーシアム形式のPSLX（ものづくりAPS推進機構）はうまくいっていると思うので、EAMでもやそのような運営形態が適していると思う。

<Oracle eAM>

- ・製品ベンダー同士が独自で標準化を進めることはない。
- ・顧客から故障コードに世界標準はないのか、なぜないのか、なければひな型になる体系を提示してくれとの声はある。
- ・SCC (Supply-Chain Council) のSCOR (Supply-Chain Operations Reference-Model) のようなリファレンスモデルがあればEAMの啓蒙やシステム化の推進にも役立つだろう。

<Infor EAM>

- ・5の回答のとおり、Infor Open SOAによりインターフェースの差分を吸収できる。また、インターフェースは公開するので、他パッケージや手組のシステム、およびオペレーション系との連携でも、業界標準の必要性を強く感じることはない。従って、ベンダー間で独自に標準化活動をすることはないだろう。

			<ul style="list-style-type: none"> <li>・ただし、故障コードを標準化して欲しいという顧客からの要望はよくある。</li> <li>・なお、全米トラックの VMRS (Vehicle Maintenance Reporting Standards  <a href="http://www.truckrealm.com/vmrs.html">http://www.truckrealm.com/vmrs.html</a> 22万5千のパーツ No を標準化している) のパーツ No などのデファクトには対応している。今後もこのようなデファクトには随時対応していく。</li> </ul>
11	ライフサイクルへの対応	<p>全般にわたり、情報(データ)交換やアプリケーション間連携データの件数やサイズ、および連携履歴の保存などに制約があるか。</p>	<p>&lt;PLANTIA&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・履歴の保存に制限はない。</li> <li>・もっとも長く利用している企業では、30年間分の保全履歴を管理しているケースもあるが、基本的に図面データを管理しないシステムであることから、DBの容量はそれほど大きくならない。</li> <li>・最近のデータベースは性能もよくなってきていることから、容量の問題が生じたことはない。</li> </ul> <p>&lt;Maximo&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・履歴の保存に制限はない。</li> <li>・Maximo は、Z シリーズでも動かすことができるため、事実上、容量や性能で問題になることはない。</li> <li>・ピクチャー、図面など容量を多いファイルについても Web サービスで外部システムと連携して参照する形式が可能であるため、Maximo 内に蓄積しておく必要がないことから、Maximo 内のデータは基本的にはテキストデータとなる。</li> </ul> <p>&lt;SAP PM&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・履歴の保存に制限はない。</li> <li>・安定稼動した後は、大部分の作業が自動化されているため、また、管理・監視すべき項目が明確なため、一般的に SAP を利用すると、それ以前より作業ボリュームは減るとす</li> </ul>

		<p>る企業もある。</p> <p>&lt;Oracle eAM&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・特に制限はない。</li> <li>・EAM システムになかの画像データが全くない訳ではないが、基本的にテキストデータ中心のシステムである。図面など容量が大きなデータは別のシステムで保存されているので、長年使い続けても、問題になるような容量にはならない。</li> </ul> <p>&lt;Infor EAM&gt;</p> <p>特に制約は設けていない。容量の大きい画像などは URL でリンクする形式としているため、EAM のデータはテキストデータが主となることもあり、容量の肥大化に悩まされることは基本的にはない。</p>
12	<p>全てのデータをバックアップ、アーカイブできるか。また、アーカイブした過去データを簡単に参照できるか。</p>	<p>&lt;PLANTIA&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・基本的にはアーカイブでデータを削除することなく、蓄積させていくシステムである。</li> <li>・バックアップについては、DB の性能が良くなってきているので問題はない。</li> </ul> <p>&lt;Maximo&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・全バックアップ、差分バックアップ、アーカイブ機能がある。</li> <li>・長年 Maximo を利用している企業でも、データの総容量が T (テラ) Byte に届くことはないので、処理時間などが問題になることはない。</li> </ul> <p>&lt;SAP PM&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・各種モニタリング、バックアップは、ほぼ自動化したり、必要なタイミングでの運用が可能となっている。</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>・データをアーカイブすることが可能であり、SAP Document Access by Open Text を使い、 帳票イメージやPCファイルのような文書ファイルをSAP内の伝票データと関連付けて管理・保管できる。さらに、帳票アーカイブ、データアーカイブも可能である。</li> <li>・アーカイブ・ツールの利用により、以下のメリットがある。 <ul style="list-style-type: none"> <li>－ データと文書を紐付けて管理・保管</li> <li>－ データ表示画面上で関連文書の表示</li> <li>－ 電子帳票保存によるコンプライアンス</li> <li>－ 本番機でのディスク容量増加の抑制</li> <li>－ 本番機でのCPU、メモリ性能向上</li> </ul> </li> </ul> <p>&lt;Oracle eAM&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・Oracle eAMのデータはOracle DBMSに格納されているので、DBMSの最新技術がフルに活用でき、いずれのニーズにも問題なく対応できる。</li> </ul> <p>&lt;Infor EAM&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・バックアップ、アーカイブ共に可能である。ある製薬メーカーでは、8世代前のデータまで参照可能としている例もある。</li> </ul>
13	<p>たとえばプラントは30年間動かすことが前提と考える企業が多いと思われるが、パッケージのライフサイクルをどう設定しているのか。また旧バージョンから継続する手当（マイグレーションなど）はどのように対応しているのか。</p>	<p>&lt;PLANTIA&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・古いC/S型の製品を使い続けるのであればサポートは打ち切らない。</li> <li>・アップグレードをしても、DB情報の基本的な部分はほとんど変わっておらず、最小限の検証で済むので、顧客側でアップグレード予算を計上してもらい対応している。</li> <li>・PLATIAをSaaSで提供するサービスも開始しているが、顧客側のシングルサイオン・システムとの連携やパフォーマンスなど基本的な部分で課題がある。</li> </ul>

<Maximo>

・Maximo は、通常の IBM のサポートが 3 年であるのに対し、プラス 5 年のサポート期間を設定している。

・IT トrend に追いついていかないと製品の競争力が失われるので、今後もアップグレードによる機能強化は行われていくだろう。

・アップグレード・キットを提供しており、データのマイグレーションが可能となっている。

・ハードウェアをリプレースするタイミングでアップグレードの検討を行うのが通例と思われる。

<SAP PM>

・ECC は現在 6.0 が最新版であるが、今後のバージョンアップについては、顧客資産保護の観点から凍結されており、現時点では ECC の機能拡張をメジャーなバージョンアップで実施する考えはない。

・ただし、スイッチテクノロジーによる EhP (エンハンスメント・パッケージ) という機能強化については、半年から 1 年の期間で最新版を出していくことで、機能優位を保っていく方針である。

・なお EhP では、ECC だけではなく、産業に特化した機能、国別の機能も提供する。

<Oracle eAM>

・Oracle には、Applications Unlimited という制度があり、数年前から全世界の顧客に向けて発信している。

Applications Unlimited とは、顧客が使い続ける限り無期限でサポートするプログラムである。

・ただし、ハードウェアの老朽化によるリプレース、リプレースによる OS やブラウザの刷新などを行う必要があるこ

			<p>とはもちろんである。</p> <p>&lt;Infor EAM&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・メジャーなアップグレードを1回／年程度で実施しており、今後も製品の競争力を強化していく。</li> <li>・カスタマイズやアドオンなどの追加開発もメタデータとして管理でき、アップグレードの際も継承できる仕組みとすることで、古いバージョンでの塩漬けをできるだけ避けられるようにしている。</li> <li>・またサポート期間を、最新から2バージョン前までなどと限定しておらず、顧客の要望に沿って解決策を提示していく方針である。</li> <li>・しかし、IE5.5を前提に開発された機能がIE6.0以降では動かないなど、利用する技術でなんらかの依存性が生じることは避けられないため、定期的なインターバルでアップグレードを推奨している。</li> </ul>
--	--	--	--

### 3. 5 調査の総括

#### 3. 5. 1 製品の分類

各製品の会社／製品概要における製品分類でも記述したとおり、今回の調査対象は以下の2つに大きく分類できる。

##### (1) 設備保全管理

- ・ PLANTIA 日揮情報システム株式会社
- ・ Maximo 日本アイ・ビー・エム株式会社
- ・ Infor EAM 日本インフォア・グローバル・ソリューションズ株式会社

##### (2) 大企業向け ERP

- ・ SAP ERP PM／EAM SAP ジャパン株式会社
- ・ E-Business Suite EAM 日本オラクル株式会社

さらに、ヒアリング結果から得られたベンダー／製品特性から分類すれば、以下の3分類と見ることもできるだろう。

(1) CMMS

・ PLANTIA 日揮情報システム株式会社

(2) EAM

・ Maximo 日本アイ・ビー・エム株式会社

・ Infor EAM 日本インフォア・グローバル・ソリューションズ株式会社

(3) 大企業向け ERP

・ SAP ERP PM／EAM SAP ジャパン株式会社

・ E-Business Suite EAM 日本オラクル株式会社

CMMS と EAM を分類する基準としては、今回の調査でマッピングを行った ADID をベースとしている。PLANTIA には、「レベル R4 企業／サイト」の機能が含まれておらず (図 3.1.2.1 参照)、Maximo と Infor EAM には含まれている (図 3.2.2.1、図 3.5.2.1 参照)。ただし、同じ分類に属するとはいっても、共通項だけでなく、ベンダー／製品の設計方針や製品戦略は異なる部分の方が多い。たとえば、Maximo と Infor EAM は、ワークフローをベースとした柔軟性の高い製品ではあるが、Maximo がスイート (統合) 製品であるのに対し、Infor EAM は SOA によりコンポーネント単位での導入が可能である。また、SAP と Oracle の関係も同様であり、大福帳型の SAP とモジュラー型の Oracle と正逆のコンセプトであることを指摘しておきたい。

### 3. 5. 2 ADID とのマッピング結果

今回の調査結果では、「レベル R0 アセット」で「該当機能あり」となった製品は1つもなかったが、CMMS の代表的な機能である「A3.3 ー保守計画、スケジューリング」「A2.3 ー保守実施、保守履歴管理」「A1.3 ー設備構成、修理、交換」の機能を持たない製品は皆無であった。この範囲で比較する限り、各製品の機能差は僅差になってきているといえよう。



ADIDにおける「該当機能あり」の網羅性はSAP ERP PMがもっとも高く、Oracle EAMが次いで高い。一方、「該当機能あり」の網羅性がもっとも低いのはPLANTIAであるが、網羅性の高さが製品の優劣を直接左右するものではないことは指摘しておきたい。設備保全の業務をどのような範囲で、どのようなシステムにおいて実現するかは、企業の要件や方針によるものであり、対象範囲が広範であるからといって設備保全の業務プロセスが優れている保証にはならない。

ただし、生産システムとしての全体像を前提にすれば、「レベルR1 作業ユニット」から「レベルR4 企業/サイト」までの各層を横断的に網羅できる製品であれば、インタフェースやマスタデータなどが、それぞれの機能別に分散しない一元的なシステムとできる可能性は高くなる。

なお、各ベンダーから、「製品は、いわゆるフルターンキー型の全自動を目指してはおらず、健全性評価、監視、診断、品質についての判断情報は提供するが、最終判断は人間が行う設計思想としている。ただし、保全の結果を履歴として永年的に蓄積することで、生産システムの中核となる設備の状況を最適にフィードバックすることを重視している」との、共通的な主張があったことを付け加えておく。

### 3. 5. 3 インタフェース

インタフェースに関わる情報は、自社の情報公開ポリシーに沿わないといった理由から公開を控えたベンダー、限定的な公開に留まるベンダーが多かった。そういったなかで、SAPについては、導入企業の協力を得て、SAP ERP PMが有するインタフェースを網羅的に調査し、その結果を記述している。前項で述べたとおり、SAP ERP PMは、ADIDにおけるマッピング結果がもっとも広範なベンダーであることから、その他の製品がどのようなインタフェースを持つかを考察する際の参考とできるであろう。

ただし、そのSAPにしても、会計など早い段階から多くの企業で利用されてきたモジュールに比べると、EAMに関わるインタフェースの種類や数はまだ少なくシンプルといってよい状況であった。インタフェースは、導入企業が個々に開発している可能性も高いが、一定以上同様の要件や導入事例がある場合は、顧客である企業側からの開発要求で増えていくのが一般的である。そのことから推察すると、企業におけるEAMの導入は、まだあまり広い範囲の機能を対象とするに至っておらず、発展途上であると見るべきかもし

れない。従って、今後、企業が EAM をより広範かつ深いレベルで導入するに先駆けて、インタフェースを標準化する意義が現在より大きくなり、付加価値が高くなる可能性はある。

インタフェースのタイミングやインターバルについては、製品の基本機能としてはリアルタイムや非同期リアルタイムなどの API や連携手法を提供する製品がほとんどであった。また、SAP や Oracle のように製造工程側機器からデータを取得する製品を提供し、MI (図 1.1 参照) を実現できるベンダーも見られた。MI に属する製品は、日揮情報システムが販売する SIEMENS 社の XHQ などもあり国内でも導入されているが、EAM とは基本的には別の製品として販売していることから今回の調査対象には含めていない。

MI では、リアルタイム操業管理システムである米 OSI Software の PI Systems (国内では横河電機などが販売) などからデータを即時に取得するケースが、プロセス産業を中心に広がってきており、今後も拡大していく傾向にあると見ている。EAM もその一環として、よりインタフェースの範囲を拡大し、インターバルにタイミングも短くなっていく可能性はある。

#### 4. 設備保全と運転の連携に関する研究動向

本章では、運転とメンテナンス（以下 O&M と略称）の連携に関する海外における研究動向について述べる。保全と運転の連携と一口に言っても、運転やメンテナンスの計画策定、設備状態のモニタリング、データ管理、資産管理など様々な側面が存在する。そこで、本調査では設備管理において最も重要であると考えられる設備運用計画策定という機能に焦点を当て、そのために必要な O&M の連携という観点から文献を調査・分類する。そのために、まず、設備にとって適切な運用計画策定に必要な機能を整理し、それらの観点から研究の動向と課題について述べる。

##### 4. 1 O&M の連携を実現した設備運用計画策定のために必要な機能

設備保全と運転の連携を実現した計画策定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、運転等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。さらに、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、O&M の連携のために必要とされるこれらの三つの機能は、互いに関連性を持っている。図 4.1.1 にその各機能間の関係の概略図を示す。エリアレベルでは、ワークセンターレベルで管理される劣化モデルを用いて故障リスクを評価することで、O&M 計画案が設備に対して与える効果を定量的に評価する。そして、最終的に最も適切であると判断された計画案をワークユニットレベルに送る。この際、計画案の適切な効果評価を行うためには、ワークセンターレベルにおいて正確な劣化進展モデルを構築することが不可欠である。そして、そのためには図に示すように O&M 活動の実施記録やモニタリングした設備状態量などのフィールドデータを O&M 知識データベースとして一元的に管理し、その情報を常に活用できる体制を整えておく必要がある。以上が、メンテナンスと運転を

連携させた設備運用計画策定のための、機能間の情報のやり取りを示した基本的フレームワークとなる。

そして、実際にメンテナンスと運転が連携した設備運用計画策定のためには、図 1 に示したフレームワークにおいて以下の 2 点を明確にする必要がある。

- 各レベルで必要となる機能を様々な特性を持つ設備に対して具体的にどのように実施すべきか
- 各レベル内、そして各レベル間では具体的にどのような情報のやりとりが必要か

これらの面から既存研究を調査したときに、それらがどのように分類され、現状においてどのような課題点が挙げられるかを次節以降で述べていく。

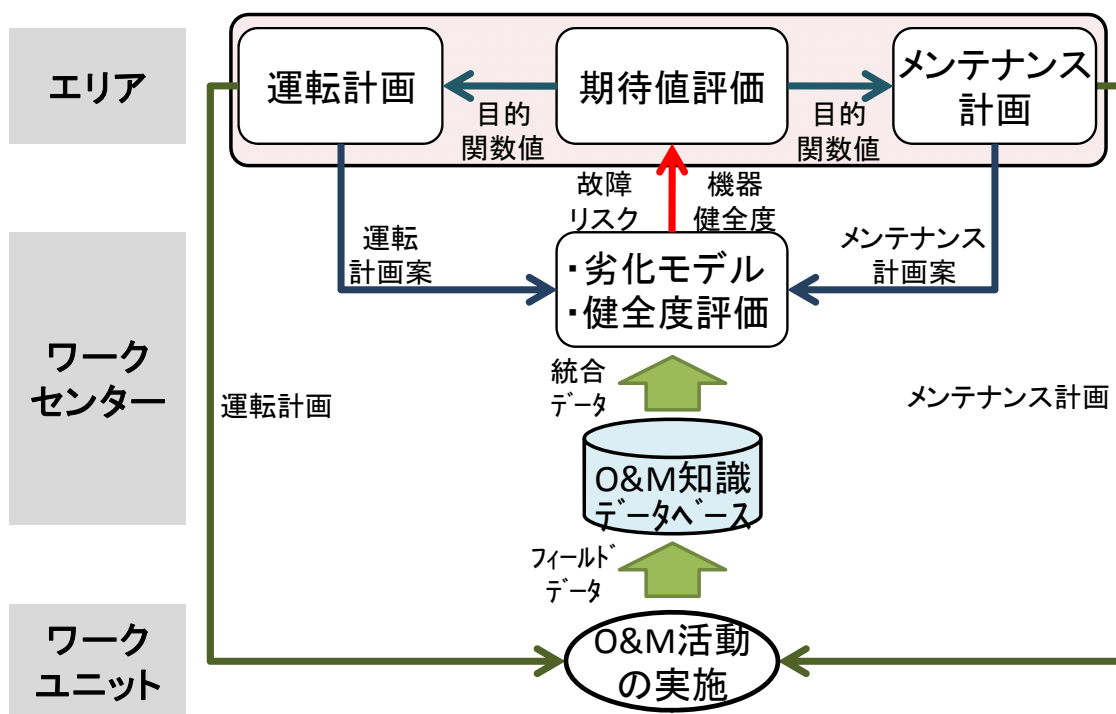


図 4.1.1 O&M が連携した運用計画策定を行うためのフレームワーク

#### 4. 2 O&M の連携のために求められる各機能に関する研究

ここでは、O&M の連携のために必要とされる機能に関する研究をその研究方針から分類する。また、先にも述べたように、それらの機能を実現していくために機能間の情報のやり取りによる連携が不可欠であることから、各機能間の情報のやり取りに関する研究動向についても後に述べていく。

##### (1) O&M の連携のために必要とされる各機能における研究動向

#### ①メンテナンスと運転に関するデータの収集と管理

データの収集、管理、活用体系の構築には以下の2つのアプローチが考えられる。

- **実際に現場でモニタリングした状態量や検査データなどのフィールドデータをどのように統合的に管理し活用するかを考えるボトムアップ的なアプローチ**
- **ライフサイクルの各段階で必要となる意思決定支援を行うためにはどのようなデータが必要かを整理し、収集すべきデータとその管理方法を考えるトップダウン的なアプローチ**

前者に関する研究としては Moore と Hall らの研究が挙げられる[1, 2]。Moore らは、適切な設備管理のための機器健全度、コスト、保全・生産活動の影響度などの情報の統合の必要性を提唱しており、それを実現するためのデータ管理体系を示している。そして、これらの統合的に管理されたデータと実際にモニタリングした状態量を用いて状態基準保全を行うための方針を示している。また、Hall は様々な状態量モニタリングにより得られるデータを統合して管理するためのデータベースモデルを提案している。そして、それらの統計的な解析に基づき、医療分野や設備管理分野において診断を実施することを推奨している。

モニタリングした状態量やデータを具体的にどのように活用するかという観点からの研究では高田と Scarf らの論文がある[3, 4]。高田らは得られたフィールドデータや設備モデルから具体的にどのような手順で劣化・故障解析を行うかの指針を示している。それに対して Scarf は、モニタリングした状態量を用いて劣化進展予測のためのモデルを統計的手法により構築する指針を示している。

また、モニタリング技術に関する最近の研究としては、RFID (Radio Frequency Identification)を用いたデータ収集を応用したものが盛んになっている。Chien-Ho Ko らは、RFID を用いて得られたデータをネットワークを通じて蓄積・管理し、その情報をもとに適切なメンテナンスと運転スケジュールを決定するという一連の流れを提案している[5]。そして、そのためにはどのようなデータが必要かについて、詳細なデータモデルを記述している。

一方、トップダウンアプローチに関する研究としては、ライフサイクル全体での意思決定のためにはどのような情報を収集すべきかという観点からデータ管理の在り方を整理している PLM (Product Lifecycle Management)の分野がある。Kiritsis らは既存研究における様々なデータ管理の考え方の特徴を整理し問題点を分析している[6, 7]。そして、それらを踏まえてライフサイクル全体を考慮したデータ管理の必要性を示している。また、

適切なライフサイクル管理を実施するために求められるアクティビティを列挙し、そのために必要なデータ管理の在り方を示している。

同様にデータモデリングを用いて PLM のために必要なデータ体系を整理している研究としては Sudarsan らの論文がある[8]。Sudarsan らは PLM の観点から全てのライフサイクルで得られる情報を一元的に管理するコアデータベースの必要性を主張しており、そのために必要となるデータの関係性を記録するためのデータモデルを示している。

一方で、Sudarsan らは PLM を実現するための支援システムの必要性についても言及している[9]。Sudarsan らはいくつかの現状の支援システムの特徴を分類したうえで、情報の相互利用性を実現した支援システムの在り方を提案している。そして、それに基づく情報の一元管理の必要性を主張している。

ライフサイクル全体ではないが、MOL におけるメンテナンス戦略決定のためのデータ管理の在り方について言及している研究も数多く存在する。Kans はメンテナンス戦略策定のための設備情報の IT 管理の必要性を主張しており、そのために必要なメンテナンス管理システムの在り方を示している[10]。また、Hassanain らはメンテナンス管理のためのデータ管理の在り方を示しており、メンテナンス方針決定のために必要な各アクティビティにおいて求められるデータを整理することで、それを明確にしている[11]。また、Abudayyeha は、橋のメンテナンス管理を例にとり、メンテナンス管理のために必要なデータモデルを示している[12]。

アセットマネジメントの観点からデータ管理の在り方を研究している例としては Hwang らの研究がある[13]。W. T. Hwang はアセットマネジメントのためのメンテナンス管理システムを提案している。そして、メンテナンス管理を行う際に必要なアクティビティ間の情報のやり取りを明確にしている。

## 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

劣化進展予測のためのモデル化のアプローチとしては以下の2つが考えられる。

- **機器の故障分布から各時点の故障率を推定する統計的アプローチ**
- **劣化・故障プロセスを考慮した劣化進展モデルから故障時点を推定する故障物理的アプローチ**

前者のアプローチの場合は、何らかの確率分布を仮定して故障の発生をモデル化することになる。しかし、統計的アプローチでは、例えば使用時間に着目した故障率分布をサンプルデータより求めようとしたときに、各データの温度や圧力などの他の要因の変化の影響までを含めた評価は行うことはできない。よって、保全と運転の両者の影響を考慮した

より現実に近い機器寿命評価を行いたいのであれば、後者のアプローチを用いる必要がある。しかし、後者のアプローチを実施するためには、時系列を含めた運転・環境データや保全・運転記録などの情報が十分に揃っていることが前提となる。また、場合によってはそもそも現状の機器の設計上の問題から、劣化進展に関わる状態量が計測できないという可能性もある。

このように、それぞれのアプローチのどちらを適用していくかは対象機器の構造特性と既存の取得データ特性によって決定される。対象機器の構造によっては、劣化進展に関わる状態量を検査によって取得できない可能性もあるからだ。また、例え劣化進展に関する状態量が取得できたとしても運転・環境条件と結びつけるためのデータが十分に揃っていないければ、運転・環境条件を反映したモデル化を実施することはできない。そのため、物理的アプローチを実施したいのであれば逐次新たなデータを収集、記録することで十分なデータ量をそろえることが必要となる。また、将来的には全ての機器において物理的アプローチを用いるために、コスト対効果の面で可能であるならば新規検査技術を導入することが望まれる。つまり、機器寿命のモデル化のアプローチは対象機器の既存のデータ特性と検査技術特性によって決定されるべきであり、場合に応じて統計的アプローチと物理的アプローチを適切に選択する必要がある。

ここからは両アプローチの既存手法、研究について述べていく。統計的アプローチの代表例としてはワイブル分布を用いた評価がある[14]。このアプローチの長所としては、機器の故障時間を収集するだけで比較的容易にその故障時間密度分布を推定できる点が挙げられる。また、その他の分布モデルとしてはガンベル分布、ガンマ分布、ポアソン分布、ガウス分布(正規分布)、Cox 比例のハザードモデルなどの分布がある[15]。しかし、先にも述べたようにこれらのアプローチでは故障発生に関わる要因を一つのみしか反映できず、様々な要因の影響を受ける劣化・故障現象のモデル化を正確に行うことはできないという欠点がある。

統計的アプローチを用いて機器寿命を評価して保全方針を決定している既存研究も数多く存在する。田村らはシステムの状態が連続時間マルコフ連鎖に従うと仮定した故障モデルを構築しており、それを基に期待コストを最小化する保全方針を決定する指針を提案している[16]。また、Jianga らもマルコフモデルを用いて故障発生の有無を評価しており、その時点での機器の故障率から健全度を判断して保全の意思決定に活用する手法を提案している[17]。

また、その他の統計的アプローチとしては、今後の機器の状態量の変化を現在までの推移データから予測する手法が提案されている。Brint と Hoskins らは統計的な観点から状

態量の推移を予測し、それに基づき保全実施の有無や次回の保全実施時点を決定する手法を提案している[18, 19]。また、Brint は単回帰分析と二次回帰分析を組み合わせた状態量推移の予測方法を提案しており、そのためには十分な状態量データの蓄積が必要であることを示している。Hoskins も同様に状態量推移の予測方法を示しており、その際に劣化が一定速度で進むものとそうでないものを分類した予測方法を提案している。

物理的アプローチによる劣化進展予測のモデル式としては、アレニウスの式が有名である[20]。アレニウスの式は使用温度に依存する機器の寿命を推定する式である。また、複数の劣化プロセスが関わり合って発生する故障現象の確率評価を行っている研究としては Celeux らの研究がある[21]。Celeux らは機器の故障プロセス間の因果関係を確率的な視点から評価している。そして、ある故障が発生する確率をその因果関係からベイジアンネットワークを用いて評価する指針を示している。

その他の保全と運転を連携させた劣化進展モデルの構築を行っている既存研究としては、Saassouh らの論文がある[22]。この論文では機器のライフサイクルの終盤にその機器の劣化進展速度が増加することを考慮した劣化進展モデルを構築し、それに基づき適切な保全活動を実施することを試みている。また、舟木らは Eyring の絶対反応速度論を基にした反応論モデルを用いた状態基準保全手法を提案しており、ストレス量を考慮した劣化進展モデルの構築を試みている[23]。

### ③ 定量評価に基づく O&M 計画策定

適切な計画を策定するための定量評価のアプローチとしては以下の2つの方針が考えられる。

- 数理モデルによる目的関数の最小化(最大化)
- シミュレーション評価と近似最適化手法の組み合わせによる最適値の探索

前者のアプローチを実施するためには、目的関数、制約条件などが数理モデルとして定式化できるということが条件となる。解法としては、線形計画問題、凸計画問題、整数計画問題、非線形計画問題などが挙げられる。これらの問題では O&M 計画に関わる要因を変数として、目的関数の最小化(最大化)を目指すことになる。

しかし、劣化・故障の因果関係がより複雑になってくると、数理モデルとしての定式化を行うことが困難になってくる。例えば、劣化進行が他の劣化モードの進展速度に影響を与える場合などにおいて、両者の劣化進行の相互作用を考慮した定式化を数理モデルとして行うことは容易でない。このため、このような特性を持つ問題に対してはシミュレーションを用いて評価を行い、目的関数値を得るというアプローチがよく用いられる。



ところで、劣化現象の進展を評価するに当たっては、その進展の不確定性も含めた評価を行う必要がある。このような不確定性を含むモデルを評価する際によく用いられるのがモンテカルロシミュレーションである[24]。モンテカルロシミュレーションでは、不確定性を持つ値を一様乱数に基づき何度も計算を行い最終的にその平均値をとる手法である。これにより、試行回数を増やすことで、最終的には近似的な期待値を算出することができる。しかし、設備構造が複雑になり考慮すべき劣化・故障現象や制約が増えれば増えるほど、考えるべき計画候補案の数も増加していつてしまうため、モンテカルロシミュレーションにおける期待値算出のための試行回数も含めるとシミュレーションで評価を行うための計算量が莫大な数になってしまうという問題がある。これより、このような問題に対しては遺伝的アルゴリズムや多スタート局所探索法などの、より短時間で近似解を探索するためのアルゴリズムが組み合わされて用いられることが多い。

以上のような解法による分類の他に、O&M 計画策定の方針から計画策定方法を分類することができる。すなわち、計画策定の方針を、1) 保全計画は決定されているという前提で運転計画を変化させて計画を策定しているもの、2) 運転計画は決定されているという前提で保全計画を変化させて計画を策定しているもの、3) 保全・運転の両者に自由度を与えてそれらの組み合わせとして評価しているものの3通りに分類することができる。

既存研究を以上の2つの観点から6つにグルーピングしたものが表4.2.1である。以下では、これらの各グループにおける研究を紹介していく。

表 4.2.1 評価アプローチと計画策定方針による分類

		評価アプローチ	
		数理モデル	シミュレーション
計画策定方針	保全 → 運転	①	②
	運転 → 保全	③	④
	全ての組み合わせを評価	⑤	⑥

①、②のグループは保全計画を決定されているという前提のもとで生産計画を決めていくという問題設定なので、これは通常の生産管理分野における課題と同一である。その典型的な研究としては Olhager と Adamopoulos らの論文がある [25, 26]。Olhager はその研究の中で需要量を考慮した生産計画策定のためのフレームワークを整理している。また、

Adamopoulos らは適切な生産計画を決定するための支援システムを提案しており、支援システムの中でシミュレーションを用いた評価を実施するための評価の考え方を示している。他にシミュレーションを用いて実際に生産計画を策定している研究としては、Osareh、Watanabe、Sahin らの論文がある[27, 28, 29]。Osareh と Watanabe らはジョブショップスケジューリングの観点からの生産計画策定について言及している。それに対して Sahin らはサプライチェーンマネジメントも考慮した中でどのような生産計画を策定すべきかをシミュレーションを用いて決定する指針を示している。次に、数理的アプローチから生産計画を決定している研究としては、Badell と Aghezzaf らの論文がある[30, 31]。両者とも需要量と在庫量の変動とそれにとまなうロスを考慮しており、特に Badell らは ERP (Enterprise resource management) に焦点を当てて問題の解決に取り組んでいる。このように、生産管理の視点から設備管理計画を策定している研究は多く存在するが、それを保全と結びつけて評価している既存研究は少ない。そのような中で、筒井らは取り得る保全計画の組み合わせを全て列挙し、その各々の保全計画の中で最適となる運転計画をシミュレーションを用いて導出することを試みている[32]。

③のグループは、現在さかんに研究が行われている領域である。これらの研究では、保全を一定周期で行うものと仮定して、単一機器を対象にして目的関数であるコストを最小化する保全周期を導出している [33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40]。

その中で Aghezzaf らはラグランジュ法に基づくヒューリスティックを用いた手法を提案している。そして、それに基づき、様々な異なる故障分布を反映したコンピュータ解析を用いた評価を行っている。また、Kianfar らはハミルトン・ヤコビ・ベルマン方程式を用いた数理モデル解析を試みている。しかし、前述の方程式だけでは分析的に最適解を得ることはできないため、この研究では準最適解を導くために離散解析に基づく独自の確率論的最適化モデルを提案している。

④のグループの研究としては山崎らの論文がある[41]。この論文では遺伝的アルゴリズムを用いてある期間の中でどのような間隔で保全を実施すれば最もコストが低くなるかを、シミュレーションを用いて算出している。また Cassady と Macchi らも保全を一定周期で行うという仮定の下で、シミュレーションを用いて総コストを最小化する保全方針を決定することを試みている[42, 43]。

⑤、⑥のグループに関しては、現状では十分に研究が行われているとは言えない。というのも、既存研究では生産管理または保全管理という視点から発展して O&M 計画策定を試みているものが多く、保全・運転計画の全ての組み合わせや両者の相互関係を評価して計画策定を試みている研究は十分には行われていないと言える。

(2) 管理階層間で求められる情報のやりとり

設備において適切な計画策定を実施するためには、機器の劣化・故障の進展を正確に評価するためのモデル構築体系と、そのモデルを適切に構築するためのデータ管理体系が必要である。また、4.1節の図4.1.1でも示したように、設備にとって適切な計画策定を行うためには各機能間での連携のための情報の授受が不可欠である。各管理階層間で求められる情報の流れを示したのが表4.2.2である。ここでは、図4.1.1と同様に、設備にとって適切な計画策定を行う上で不可欠な各機能が含まれる、エリア、ワークセンター、ワークユニットの三つの管理階層でやり取りされるべき情報を列挙した。

表 4.2.2 管理階層間で必要な情報のやりとり

	ワーク ユニット	ワークセンター		エリア
		O&M知識 データベース	・モデル構築 ・健全度評価	
ワークユニット	—	◆フィールドデータ —各種状態量 —保全記録 —運転記録		
ワークセンター	O&M知識 データベース	◆取得すべきデータ —各種状態量 —保全記録 —運転記録	—	◆統合データ —各種状態量 —保全記録 —運転記録
	・モデル構築 ・健全度評価	◆取得が不十分な データ	—	◆機器健全度 ◆故障リスク
エリア		◆O&M計画 —保全計画 —運転計画	◆運転計画案 ◆保全計画案	—

エリア層では、定量的評価を行うことで設備にとって適切なO&M計画を決定する。そのために、エリア層はワークセンター層に含まれる劣化モデル構築層に保全計画案、運転計画案を送り、運転活動にともなう故障率や故障リスクを随時得ることで、計画案が設備に対して与える効果を定量的に評価する。そして、設備にとって最も有益であると判断された計画案をワークユニット層に送る。

ワークセンター層に含まれる劣化モデル構築層では、より正確な計画評価を行うための適切な劣化モデルの構築を行う。そのために、O&M知識データベースから時系列も含め

た統合データを受け取り、それに基づき統計的アプローチもしくは物理的アプローチを用いて劣化・故障現象のモデル化を行う。この際、取得が不十分であると判断されたデータがあり、そのデータが揃ったならば更に設備にとって有益なモデル構築が行えると判断した場合は、その旨をワークユニット層に伝える。

ワークセンター層に含まれる O&M 知識データベースでは、ワークユニット層で実際に実施された保全・運転記録や、検査状態量、モニタリング状態量を時系列データとして記録・管理する。そして、その統合データを随時モデル構築層と共有することで、より正確な劣化・故障現象のモデル化を行えるよう支援する。

ワークユニット層ではエリア層からフィードフォワードされた計画に従い、実際にその保全・運転活動を実施する。そして、そこで行われた保全・運転の実施記録や、検査により取得した状態量、モニタリングした状態量などのデータを逐次 O&M 知識データベースに渡す。

メンテナンス管理のために必要な、各アクティビティ間での情報のやり取りを整理している研究としては Hassanain らの研究がある[11]。この研究ではメンテナンス方針の決定というアクティビティを実行するためには、どのようなアクティビティが実際に必要であるかを示し、それらの間での必要な情報のやり取りを IDEF (Integrated Definition Method)を用いて整理している。しかし、このように大枠として必要な情報を整理しただけでは、様々な対象設備において実際にどのような情報を収集すべきかが不明瞭である。よって、様々な特性を持つ業種から成る製造業において、どのような特性を持つ設備においてはどのような情報を収集すべきかを様々なケーススタディを基に整理することが望まれる。例えば、人体に有害な製品を取り扱っているようなプロセスを含む設備においては、経営層から送られてくる「許容リスク」などの情報を遵守した設備運用を行う必要がある。しかし、現状では様々な特性を持つ設備においてどのような情報を具体的にやり取りすべきかといったことは十分に体系付けされていない。

## 参考文献

- [1] W.J. Moore, A.G. Starr, An Intelligent System for Continuous Cost-based Prioritisation of Maintenance Activities, Computers in Industry, Vol.57 (2006), pp.595-606
- [2] David L. Hall, James Llinas, An Introduction to Multi-sensor Data Fusion, Proceedings of the IEEE International Symposium on Circuits and Systems, Vol.6

- (1998), pp.537–540.
- [3] 高田祥三, 設備ライフサイクル・データ・マネジメント, 日本設備管理学会誌, Vol.14 (2002), pp.35–40.
  - [4] Philip A. Scarf, On the Application of Mathematical Models in Maintenance, *European Journal of Operational Research*, Vol.99 (1997), pp.493–506.
  - [5] Chien-Ho Ko, RFID-based Building Maintenance System, *Automation in Construction*, Vol.18 (2009), pp.275–284.
  - [6] Hong-Bae Jun, Dimitris Kiritsis, Paul Xirouchakis, Research Issues on Closed-loop PLM, *Computers in Industry*, Vol.58 (2007), pp.855–868.
  - [7] Dimitris Kiritsis, Ahmed Bufardi, Paul Xirouchakis, Research issues on Product Lifecycle Management and Information Tracking Using Smart Embedded Systems, *Advanced Engineering Informatics*, Vol.17 (2003), pp.189–202.
  - [8] R. Sudarsan, S.J. Fenves, R.D. Sriram, F. Wang, A Product Information Modeling Framework for Product Lifecycle Management, *Computer-Aided Design*, Vol.37 (2005), pp.1399–1411.
  - [9] Sudarsan Rachuri, Eswaran Subrahmanian, Abdelaziz Bouras, Steven J. Fenves, Sebti Foufou, Ram D. Sriram, Information Sharing and Exchange in the Context of Product Lifecycle Management: Role of Standards, *Computer-Aided Design*, Vol.40 (2008), pp.789–800.
  - [10] Mirka Kans, An Approach for Determining the Requirements of Computerized Maintenance Management Systems, *Computers in Industry*, Vol.59 (2008), pp.32–40.
  - [11] M. A. Hassanain, T. M. Froese, D. J. Development of a Maintenance Management Model Based on IAI Standards, *Vanier, Artificial Intelligence in Engineering*, Vol.15 (2001), pp.177–193.
  - [12] Osama Abudayyeh, Taimoor Khan, Sherif Yehia, Dennis Randolph, The Design and Implementation of a Maintenance Information Model for Rural Municipalities, *Advances in Engineering Software*, Vol.36 (2005), pp.540–548.
  - [13] W. T. Hwang, S. W. Tien<sup>1</sup> and C. M. Shu, Building an Executive Information System for Maintenance Efficiency in Petrochemical Plants——an Evaluation, *Process Safety and Environmental Protection*, Vol.85 (2007), pp.139–146.
  - [14] 真壁肇, 信頼性工学入門, 日本規格協会(2001).

- [15] 中村孝明, アセット・マネジメント : 確率統計手法による資産管理運用, 鹿島出版会(2003).
- [16] 田村信幸, 不完全修理を考慮した連続時間マルコフ的劣化システムにおける最適保全政策の単調性, 電子情報信学会技術研究報告, Vol.106 (2006), pp.1-6.
- [17] R. Jianga, A.K.S. Jardine, Health State Evaluation of an Item: A General framework and Graphical Representation, Reliability Engineering and System Safety, Vol.93 (2008), pp.89-99.
- [18] A.T. Brint, Sampling on Successive Occasions to Re-estimate Future, Asset Management Expenditure, European Journal of Operational Research, Vol.175 (2006), pp.1210-1223.
- [19] R.P. Hoskins, A.T. Brint, G. Strbac, A Structured Approach to Asset Management within the Electricity Industry, Utilities Policy, Vol.7 (1998), pp.221-232.
- [20] 塩見弘, 信頼性工学入門, 丸善(1972).
- [21] G. Celeux, F. Corset, A. Lannoy, B. Ricard, Designing a Bayesian Network for Preventive Maintenance from Expert Opinions in a Rapid and Reliable Way, Reliability Engineering and System Safety, Vol.91 (2006), pp.849-856.
- [22] B. Saassouh, L. Dieulle, A. Grall, Online Maintenance Policy for a Deteriorating system, Reliability Engineering and System Safety, Vol.92(2007), pp.1677-1685.
- [23] 舟木謙一, 石館達二, 吉本一穂, 劣化型故障をするシステムの定期状態監視による予防保全政策モデルの制定, 日本経営工学学会誌, Vol.45 (1994), pp.308-316.
- [24] James RE, David LO, Introduction to Simulation and Risk Analysis, Prentice hall, Inc. (1998).
- [25] Jan Olhager, Martin Rudberg, Joakim Wikner, Long-term Capacity Management: Linking the Perspectives from Manufacturing Strategy and Sales and Operations Planning, Int. J. Production Economics, Vol.69 (2001), pp.215-225.
- [26] G. Adamopoulos, N. Karacapilidis, S. Pantazopoulos, Production Management in the Textile Industry Using the "YFADI" Decision Support System, Computen them. Engng, Vol.18 (1994), pp.S577-S583.
- [27] A.R. Osareh, J. Pan, S. Rahman, An Efficient Approach to Identify and Integrate Demand-side Management on Electric Utility Generation planning, Electric Power Systems Research, Vol.36 (1996), pp.3- 11.

- [28] T. Watanabe, H. Tokumaru and Y. Hashimoto, Job-Shop Scheduling Using Neural Networks, *Control Eng. Practice*, Vol.1 (1993), pp.957-961.
- [29] Funda Sahin, E. Powell Robinson, Li-Lian Gao, Master Production Scheduling Policy and Rolling Schedules in a Two-stage Make-to-order Supply Chain, *Int. J. Production Economics*, Vol.115 (2008), pp.528-541.
- [30] M. Badell, L. Puigjaner, Advanced Enterprise Resource Management Systems for the Batch Industry. The TicTacToe algorithm, *Computers and Chemical Engineering*, Vol.25 (2001), pp.517-538.
- [31] El-Houssaine Aghezzaf, Production Planning and Warehouse Management in Supply Networks with Inter-facility Mold Transfers, *European Journal of Operational Research*, Vol.182 (2007), pp.1122-1139.
- [32] 筒井誠, 高田祥三, オペレーションとメンテナンスを統合したメンテナンス計画システム, 精密工学会春季大会学術講演会講演論文集 (2009), pp.1017-1018.
- [33] El-Houssaine Aghezzaf, Najib M. Najid, Integrated Production Planning and Preventive Maintenance in Deteriorating Production Systems, *Information Sciences*, Vol.178 (2008), pp.3382-3392.
- [34] Farhad Kianfar, A Numerical Method to Approximate Optimal Production and Maintenance Plan in a Flexible Manufacturing System, *Applied Mathematics and Computation* Vol.170 (2005), pp.924-940.
- [35] OE.H. Aghezzaf, M.A. Jamali, D. Ait-Kadi, An Integrated Production and Preventive Maintenance Planning Model, *European Journal of Operational Research* Vol.181 (2007) pp.679-685.
- [36] Gilles Cormier, NidhalRezg, An Integrated Production Planning Model for Molds and End Items, *Int. J. Production Economics*, Vol.121 (2009), pp.68-71.
- [37] I.T. Dedopoulos, N. Shai, Preventive Maintenance Policy Optimization for Multipurpose Plant Equipment, *Computers them. Engng* Vol.19(1995), pp.S693-S698.
- [38] Toshio Nakagawa, Sequential Imperfect Preventive Maintenance Policies, *IEEE TRANSACTIONS ON RELIABILITY*, Vol. 37 (1988), pp.295-298.
- [39] Shey-Huei Sheu, William S. Griffith, Toshio Nakagawa, Extended Optimal Replacement Model with Random Minimal Repair Costs, *European Journal of Operational Research* Vol.85 (1995), pp.636-649.

- [40] Hongzhou Wang, Hoang Pham, Availability and Maintenance of Series Systems Subject to Imperfect Repair and Correlated Failure and Repair, *European Journal of Operational Research*, Vol.174 (2006), pp.1706–1722.
- [41] 山崎伸晃, 手塚大, 故障シミュレーションと遺伝的アルゴリズムによる設備保守計画の最適化, *日立 TO 技報*, Vol.9 (2003), pp.41–46.
- [42] C. Richard Cassady, Royce O. Bowden, Leemin Liew, Edward A. Pohl, Combining Preventive Maintenance and Statistical Process Control: a Preliminary Investigation, *IIE Transactions* Vol.32 (2000), pp.471–478.
- [43] Marco Macchi, Marco Garetti, Information Requirements for e-maintenance Strategic Planning: A Benchmark Study in Complex Production Systems, *Computers in Industry*, Vol.57 (2006), pp.581–594.



## 5. ISO 標準化に向けた検討

### 5. 1 設備保全と運転の連携のための情報共有のための標準化活動の必要性

第2章における調査結果とその考察より、運転とメンテナンスは相互に関係することは確かであるが、実際の運転計画とメンテナンス計画においては、そのような相互関係を考慮して統合的な計画を立案するというよりは、制約条件をそれぞれに対して設定することで、両問題を分離していること分かった。このような方法は、運転計画問題とメンテナンス計画問題のそれぞれにおいて、複雑な相互作用を考慮して問題を解く必要がなくなるという点で効率的である。ただし、この方法が適用できるのは、制約条件が比較的固定的に設定しうるか、あるいは、より上位の計画で制約条件が固定されてしまうという場合である。前者は、例えば、石油精製プラントのように、安定した計画生産を続けることが求められるような場合や、自動車生産のように、生産が優先されていて、まとまったメンテナンス作業はお盆休みや、正月休みに行うしかないなど、優先関係が明確な場合である。また、後者は、電力ネットワークを維持するために、個々の発電所プラントのメンテナンスのタイミングが決められてしまうというような場合を指す。

しかし、今後は、上記のような固定的な制約条件を設定することでは、効果的な運用計画が実現できないような場面が出てくると考えられる。この理由は、一つには、外的要因の変化が激しく、固定的な制約により運転とメンテナンスを分離することでは対応できなくなっていることがある。実際、経済状況の激変や、市場の急速の変化などにより、年単位の計画を守ってられない状況が発生している。もう一つには、競争の激化によって、より厳しいコスト削減圧力が働き、余裕を持ったメンテナンスができなくなっていることがある。これまでは、設備の補修や交換を余裕をもって行っていたために、運転条件に多少変化があっても、それらの余裕の中で吸収でき、メンテナンス計画に逐次反映する必要がなかった。しかし、厳しいコスト削減が求められると、設備を限界まで使用することで設備コストを削減することが求められるために、設備を安全に故障なく運用するためには、運転や環境条件の変化にきめこまかく対応したメンテナンスの実施や、設備状態を考慮した運転条件の設定が必要になると考えられる。

以上のことから、運転とメンテナンスの相互関係を考慮した統合的管理を実現する必要性は今後高まっていくと考えられる。このためには、メンテナンスと運転を連携させるための情報交換や情報共有を可能にする基盤の整備が必要となる。しかし、このような情報基盤の整備は容易なこととは言えない。第3章でみたように、メンテナンスにおいてですら、例えば、設備台帳管理、メンテナンス作業管理、設備診断データ管理などの様々な業務が、必ずしも統合的なシステムの下で行われていない。まして、これまで連携が積極的

に図られてこなかった運転関係のシステムとの情報連携を実現することは容易でないと考えられる。

このような場合、標準化のアプローチが有効と考えられる。すでに運転とメンテナンスに関わる様々なシステムが利用されている中で、両者の連携を図っていくためには、その基本となる標準を定めることは意義が大きいと考えられる。特に、今後、運転とメンテナンスの連携の必要性が高まると考えられる状況においては、先取的に標準化の作業を進めることが重要と考えられる。

## 5. 2 ISO における検討状況

運転とメンテナンスの連携を図り、効果的な設備運用を実現することを目的とした標準化活動については、特に情報連携の面から 2004 年より ISO/TC184/SC5/WG7 において開始された。この標準化作業の提案は、米国における MIMOSA の活動を背景として行われたもので、標準の開発も米国主導で行われている。タイトルは、ISO18435: Industrial automation systems and integration — Diagnostics, capability assessment, and maintenance applications integration —とされ、以下の 3 部構成として開発されている。

ISO 18435-1 Part 1: Overview and general requirements

ISO 18435-2 Part 2: Descriptions and definitions of application domain matrix elements

ISO 18435-3 Part 3: Applications integration description method

Part 1 は、すでに開発が終わり、2008 年に DIS 投票が行われ、2009 年 8 月 13 日に ISO 18435-1:2009 として発行されている。Part 2 と Part 3 については、2008 年 9 月の Sophia-Antipolis (France) での会議から本格的に開発が行われており、Part 2 については 2009 年夏に CD 案がまとめられ、2009 年 10 月から 2010 年 1 月までの期間、NP (New work item Proposal) および CD (Committee Draft) の同時投票が行われた。この結果、NP としては賛成多数であった（我が国は、コメント付き賛成）。投票結果に対しては、3 月末に行われる TC184/SC5 の Plenary Meeting の際に WG の会議を開催し審議することになっている。

ISO18435 の Part 1 では、運転とメンテナンス、およびそれらの連携に関わる活動領域を ADID (Application Domain Integration Diagram) と呼ばれるモデルで示している。このモデルは、この標準のベースとなっているもので、O&M 統合の枠組みを明快に示したという点で高い価値がある。しかし、ADID は、その名の通り運転とメンテナンスに関わる活動領域を示したものであり、それらの領域内、領域間でどのような情報がどのよう

にして交換されるかについては、何も示していない。ISO 18435 は、個々の情報交換の内容や方法をどのように規定するかについての標準案であるので、これは当然のことである。しかし、個々の情報の内容や交換の方法は標準対象外としても、具体的な設備、運転の場面を想定し、どのような情報交換が発生するかを調べ、それを基に、標準で定める情報交換や内容の規定が適切であることを示すと同時に、標準の使い方を例示することは重要と考えられる。

特に、Part 2 において定める、アプリケーション間および領域間の情報交換を規定するための、Application interaction matrix element (AIME)、および Application Domain Matrix Element (ADME)については、具体例がないとその意義が理解しにくいということと、記述方法の妥当性の検討もしにくい。これについては、昨年度までの研究において、水処理プラントと切断工程を例にとって検討を行った。これらは、社会インフラ系の設備と加工組立系の設備の例といえるので、今年度は、装置産業系の設備として重油直接脱硫装置をとりあげ、運転とメンテナンスの連携を考慮した計画策定システムにおいて必要な領域間の情報交換を整理した。なお、これは、ISO 18435 の Part 2 ないし Part 3 に盛り込むことを想定して検討したものである。

### 5. 3 標準原案の開発：ADID と ADME の重油直接脱硫装置への適用

ISO18435 では O&M 統合モデルとして図 5.3.1 に示すような ADID と呼ばれるモデルが提唱されている。この図は左列が運転にかかわるアクティビティ、右列がメンテナンス

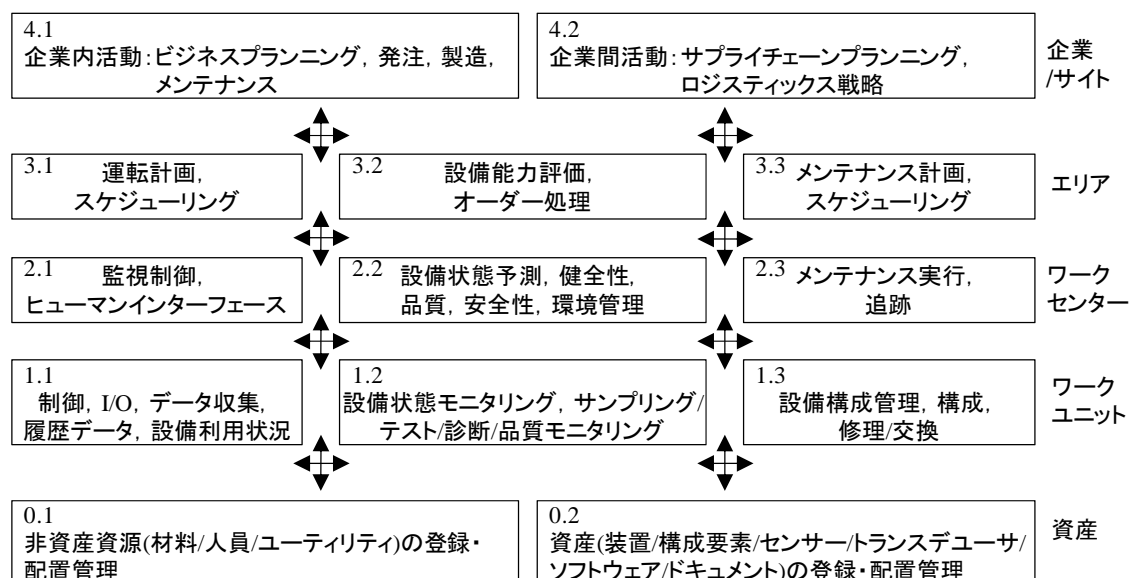


図 5.3.1 ISO18435 における ADID

に関わるアクティビティを表しており、中央の列が両者の統合のためのアクティビティとなっている。また、各行はアクティビティを実施する管理階層を表しており、現場側から順にワークユニット、ワークセンター、エリア、企業/サイトとなっている。

レベル4は企業内活動と企業間活動から構成されている。企業内活動では経営層が自社における発注、メンテナンスなどの方針を決定する。それに対して企業間活動ではサプライチェーンを運営する上で守らねばならない制約や、製品の物流・輸送計画などの企業外に対する方針を決定する。レベル3は計画策定を行う層である。アクティビティ3.2における設備能力評価に基づきアクティビティ3.1と3.3で設備にとって最も適切であると判断されるO&M計画を決定する。そして、その計画をレベル2のアクティビティ2.1、2.3に渡す。なお、アクティビティ3.2では、2.2と連携して設備状態予測に基づく設備能力評価を行い、候補となったO&M計画に対して、運転にともなう機器の故障発生可能性や故障リスクなどを評価する。レベル2では与えられたO&M計画に基づきワークユニットであるレベル1に実際に作業実施の指示を出す。そして、実際に行われたO&M活動の実施記録をレベル1から受け取って活用し、機器や設備の状態予測モデルを構築するのもレベル2の役割である。他のレベル1の役割としては状態基準保全を実施する上で必要な機器状態量の取得のための監視や診断などが挙げられる。これらのレベル1~4に対して、レベル0では非資産資源と資産の登録・配置管理を行っており、生産ラインの設計や、人的資源の導入などの役割を担っている。また、同時にこのレベルでは設備で有している各資産、資源情報の一元管理を行っており、データベースに近い役割も担っていると言える。

ADIDはアクティビティ間でやり取りされるべき情報を定義するための参照モデルであるが、それらの間でやりとりされる具体的な情報についての整理は行われていない。ADIDがO&M統合における情報の授受を整理するためのモデルとして適当であるかどうかは、ケーススタディにより必要な情報のやりとりを具体的に検討してみる必要がある。

そこで、石油精製プラントにおける重油直接脱硫装置を例にとり、O&Mの連携を考慮した計画策定システムを試作した結果に基づいて[32]、ADIDに対応させた各アクティビティの役割とそれらの間の情報の動きをまとめてみたものを図5.3.2に示す。また、各アクティビティ間での情報のやり取りをより具体的に示したのが表5.3.1である。なお、これらの図表は重油直接脱硫装置を例にとった計画策定におけるO&M統合に焦点を当て、そのためには各層でどのようなアクティビティと情報のやりとりが必要かを示したものである。

図5.3.2のデータ管理層の役割は、作業実行層において保全・運転活動で得られた情報を収集・管理するとともにそれらを活用することである。つまり、アクティビティ2.2は

2つの役割を持っている。1つ目はO&M実施記録、および測定状態量を時系列も含めて統合的に管理すること、そして2つ目はその管理しているデータを活用し、劣化・故障特性のモデル化を行うという役割である。そして、そこで算出された劣化・故障特性パラメータに基づき、アクティビティ3.2では故障確率や故障リスクを評価することになる。

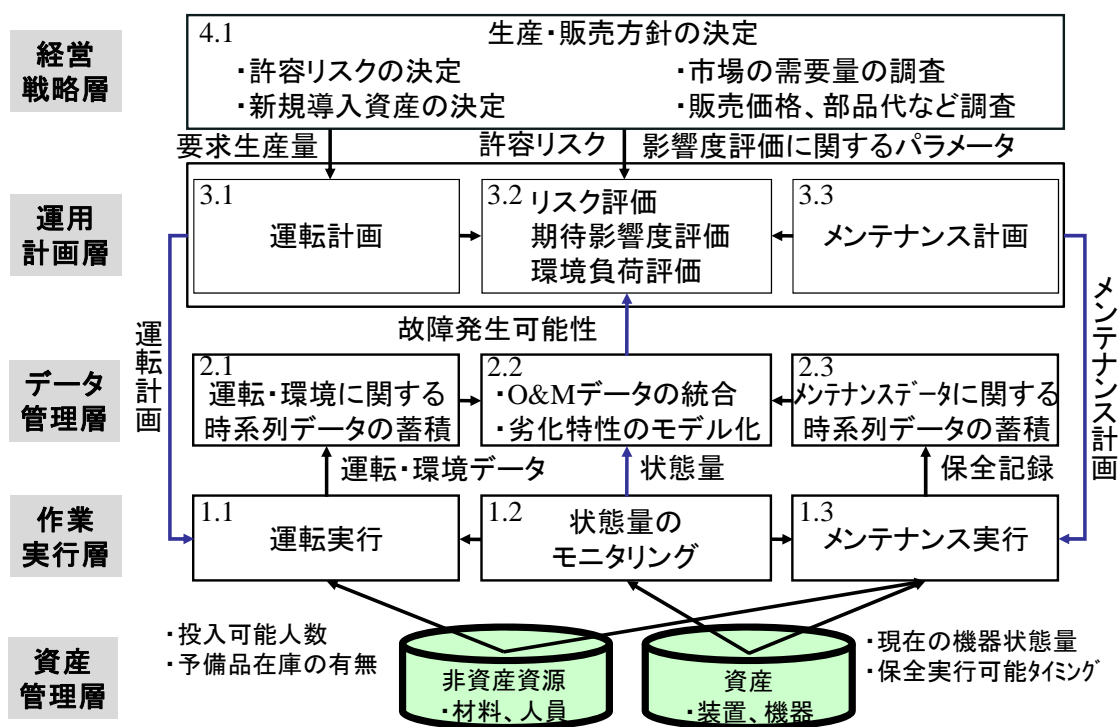


図 5.3.2 重油直接脱硫装置を例にとった O&M 統合モデル

また、経営戦略層は設備における許容リスクの決定や新規設備導入の有無などの意思決定を行う。今回の適用例である重油直接脱硫装置においては加熱管の破断時に多大な損失が発生するため、個別にリスク管理を行う必要があり、その具体的な値は経営戦略層の方針によって決定されるものとしている。また、運転計画の策定範囲は経営戦略層が決定する要求生産量により制約を受ける。

計画策定層であるアクティビティ 3.2 では得られた影響度評価値に基づき、故障や保全・運転活動により発生するロスをシミュレーションを用いて累積し評価する。これを基に、アクティビティ 3.1 および 3.3 でロスを最小化する計画を策定し、作業実施層に送る。

また、資産管理層では、O&M 活動を実際に実施する際の投入可能人数や、予備品在庫の有無などの資源的制約を与える。また、装置・機器などの保全可能タイミングなど技術的な制約を管理しているのもこの層である。

今回のケーススタディでは、特に、アクティビティ 2.2 の役割の重要性が示された。図

3 を見ればわかるように、作業実施層で実際に収集されたフィールドデータはデータ管理層において、全てアクティビティ 2.2 に一旦集約されることになる。また、データ管理層において運用計画層のアクティビティと実際に情報をやりとりしているのはアクティビティ 2.2 だけである。これより、この統合モデル内の情報のやり取りにおいて、アクティビティ 2.2 が大きなウェイトを占めていることが読み取れる。また、表 3 から、実際に作業実施層とデータ管理層の全てのアクティビティを含めても、運用計画層と情報のやり取りを行っているのはアクティビティ 2.2 だけである。これより、これだけの多種類の情報が入力され、多くの必要な情報を出力するアクティビティ 2.2 をシステム化するに際しては、この部分をさらに細分化したアルゴリズムや処理フローを定義する必要があると言える。また、それを実現することで、フィールドデータの適切な活用による、より精度の高い計画候補の効果評価が可能になり、メンテナンスと運転を連携した設備管理が実現できると言える。

また、今回のケーススタディでは連続プロセス生産を行うプラントを対象としているが、これが加工組立系の設備や社会基盤系の設備になれば必要な情報や制約なども変化することが考えられる。したがって、今後さらに様々な特性を持つ設備のケーススタディを行うことで、O&M 統合モデルの妥当性を検証していくことが望まれる。

表5. 3. 1 重油直接脱硫装置を例にとった各アクティビティに必要な情報のやりとり

情報 の 出し 手	層	No.	名称	情報の受け手														
				No.	0.1	0.2	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3	4.1		
情報 の 出し 手	資産	0.1	非資産資源						投入人数									
		0.2	資産				レンガの傾度 クリープ寿命消費率	保全実施可 能タイミング					レンガの傾度 クリープ寿命消費率	保全実施可能タイミ ング				
	作業 実行	1.1	運転実行						運転温度・ 圧力									
		1.2	状態量のモニタリング							レンガの傾度								
		1.3	メンテナンス実行									保全実施 記録						
	データ 活用	2.1	運転・環境データの整理							運転・環境に関する 時系列データ								
		2.2	機器状態の予測・管理											故障の発生可能性	ワイブル故障分布 Manson-Hafardの式			
		2.3	メンテナンスデータの整理							メンテナンスデータに関する 時系列データ								
	運用 計画	3.1	運転計画												稼働率策定可能範囲			
		3.2	期待影響度評価			運転 計画			メンテナンス 計画		メンテナンス計画案 運転計画案							期待影響度 総保有リスク
		3.3	メンテナンス計画											SDM周期の範囲 保全実施周期範囲 予防保全実施基準値				
	経営 戦略	4.1	生産・販売方針の決定										要求生 産量	許容保有リスク 影響度評価パラメータ	許容保有リスク			

## 6. まとめ

本調査研究では、運転とメンテナンスの連携をテーマに、まず、その現状と課題を探るために、発電、石油精製、鉄鋼の各プラントにおいて、実態調査を行った。その結果、それぞれのプラントにおいて、運転とメンテナンスの相互関係は意識されているが、それらの連携を考慮して、運転とメンテナンスの計画に随時反映させてはいないことが分かった。これらのプラントでは、これまでの長い経験から、運転とメンテナンスの考え方が確立しており、そこでは両者の関係がそれぞれに対する制約条件としてあらかじめ考慮されていて、それを守ることで、両者の整合性を保つことができるようになっている。しかし、経済環境や市場の激変、あるいは、きびしいコスト削減の下で、今後は、運転とメンテナンスの関係を固定的にとらえた管理では対応できなくなり、両者の関係の変化を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。

つぎに、運転とメンテナンスの連携を支援するためのシステムの現状を把握するために、市販の CMMS (Computerized Maintenance Management System) のパッケージの調査を行った。その結果、運転とメンテナンスの連携という視点から支援機能を提供している例は多くなく、また、それらについても、スケジュール調整などの一部の機能に限定されていることが明らかになった。今回は、ソフトウェアパッケージの機能構成とそれらの連携の状況を見たわけだが、現実には、運転とメンテナンスで異なったシステムが、しかも複数導入されていることが多いと考えられるので、今後、ISO 18435 が目指しているような、これらの連携を実現するための基盤整備の重要性がますます認識されていくものと考えられる。

さらに、運転とメンテナンスの連携・統合 (O&M 連携・統合) をキーワードに、研究状況の調査を行った。その結果、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がある程度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た計画を立案し、統合的な実施管理をしていくことは、現状では未だ明示的に行われていることは少ないが、今後はその重要性が増すことが予想された。そのような連携を実現する上では、運転とメンテナンスに関わるアクティビティ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が、そのような情報基盤を個々のプラントで開発していくことは困難と考えられ、標準化が強く期待される分野であることが分かった。そのような標準化活動として、

ISO/TC184/SC5/WG7 において開発を行っているのが ISO 18435 である。Part 1 が 2009



年に発行し、現在、Part 2 と Part 3 の開発が行われている。これに対して、我が国としては、特にユースケースでの標準の有効性確認が重要であるとの認識から、これまで検討を進めてきたユースケースの標準案への反映を推進することが必要と考えられる。また、今回は、ユースケースの幅をさらに広げるために、石油精製プラントにおける重油直接脱硫装置を例にとり、運転とメンテナンスの統合計画策定システムを想定して、各種活動間の連携のために必要とされる情報交換の内容を抽出する作業を行った。この結果を、ユースケースとして標準案に盛り込むとともに、情報連携に関する具体的なニーズや課題を抽出し Part2 と Part3 へ反映していくことが重要である。

さらに、今後、運転とメンテナンスの統合的な計画手法の開発を進める中で、情報連携の在り方を整理し、我が国の実情にも適応できる、より具体的な標準案を作成していくことも必要と考えられる。

非 売 品

禁無断転載

平 成 2 1 年 度  
生産システムの設備診断と  
設備保全に係わる国際標準化報告書

発 行 平成22年3月

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

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