

リスクベースの設備管理（２） 技術知識基盤の構築

Plant Engineering and Maintenance based on Risk Evaluations (Part 2) Development of the Technology Knowledge Infrastructure

技術知識基盤構築機構	太田 吉美	Yoshimi OTA	Member
技術知識基盤構築機構	好永 俊昭	Toshiaki YOSHINAGA	Member
東京工業大学	仲 勇治	Yuji NAKA	No Member
エー・アイ・イー	芝尾 紘一	Koichi SHIBAO	No Member
	玉木 悠二	Yuji TAMAKI	Member
川中技術士事務所	川中 勉	Tsutomu KAWANAKA	Member

Today, many troubles such as big accidents, human errors, active concealment, etc. are occurring frequently, and have had a bad influence on the reliability and security of a human life. As a cause of these problems, lack of information and knowledge, lack of tactics to safety ensuring, lack of the strategy to safety, etc. are pointed out. To solve these problems as mentioned, the technology concerning risk management immediately needs to be systematized. As such a technical system, we have proposed the continuous improvement (PDCA cycle) of the business process by the Technology Knowledge Infrastructure (TECHNO-INFRA) which accumulates, shares and utilizes the knowledge covering an enterprise life cycle. Especially, this paper reports application of the Technology Knowledge Infrastructure to the process plant maintenance field based on risk management.

Keywords: Technology Knowledge Infrastructure, Risk Management, Plant Maintenance, Generic Information & Knowledge Model

1. 緒 言

大事故や失敗、隠蔽問題などが多発しており、安全・安心に関する信頼が揺らいでいる。これらの問題の原因として、情報の欠如、戦術（安全行為）の欠如、戦略（安全認識）の欠如などが指摘されている。このような課題を解決するためには、リスク（危険）を総合的に管理し、合理的に低減するための経営手法である「リスクマネジメント」（個々のリスクに対して、その発生確率や被害の大きさからリスクを評価し、回避が必要なリスクには対策を施し、全体のリスクを軽減する）に関する技術の体系的な整備が急務である。

筆者らは、このような技術体系として、製品や技術、サービスなどのライフサイクルに互り、情報や知識を蓄積・共有・活用する技術知識基盤（Technology Knowledge Infrastructure、略して TECHNO-INFRA と呼ぶ）[1]を構築し、リスクマネジメントも含めたビジネ

ス・プロセスの継続的な改革（PDCA サイクル）を提案してきた[2-5]。技術知識基盤のベースとなる、知識を蓄積・共有・活用するための知識記述モデル GIM（Generic Information & Knowledge Model）及びその実装手段は、あらゆる産業や技術分野に適用でき、将来への変更や拡張が容易で、柔軟性のあるものである。これは、一般の製品や技術・サービスなどのライフサイクル支援システムが抱える多くの問題を解決できる。本論文では、特に、リスクマネジメントを基本とするプロセス・プラント設備管理分野への技術知識基盤の適用について報告する。

2. 技術知識基盤とは

あらゆる産業分野で、業務の効率化や製品の安全性・信頼性向上などのため、コンピュータを利用した業務支援が広範囲に行なわれている。

しかしながら、従来は都合がよく、効果の大きいところから情報システム開発や導入を推進してきた。こ

連絡先: 太田吉美、〒310-0851 茨城県水戸市千波町
613-9、技術知識基盤構築機構、電話: 029-244-0875、
e-mail: yoshimi-ota@k3.dion.ne.jp

の結果、それぞれ情報を重複して持った情報システムの孤島になってしまった (Fig.1 参照)。現在は、これらの情報システム間を連携する橋 (データ交換) の工事を行っている段階である。

これからは、まず、情報システムの機能と情報を分離する。次に、分離した情報を統合化し、共有化する環境を構築する。さらに、これをグローバル標準にしてしまう。すなわち、情報のオーナーとしての立場を明確にする。製品や技術、サービスなどのライフサイクルに亘り、情報や知識をコンピュータのハードやソフトメーカーに依存することなく、蓄積・活用できる技術知識基盤を構築する。

こうすることにより、コンピュータのハードメーカーやソフトメーカーは、技術知識基盤と連携せざるを得なくなる。さらに、このような基盤が整備されると、新規参入が起こりやすくなる。この結果、安く、性能のよい最適なシステムを選択できることになる。

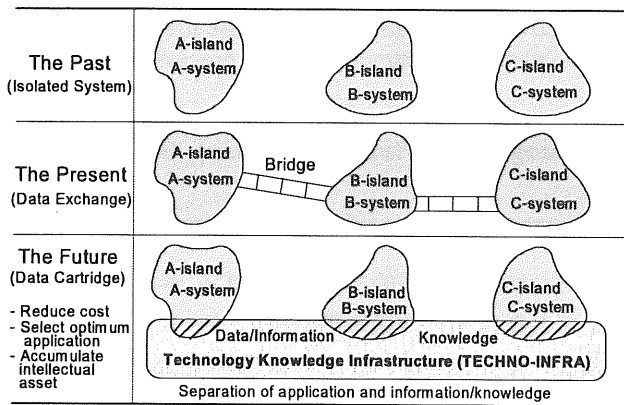


Fig.1 Strategy of TECHNO-INFRA

また、このことは IT の急劇な進展による陳腐化などにも対応できることを示している。自らのコア・コンピタンスとなるような知的資産を、情報システムに依存しない形式で、長期にわたり管理できるようになる。このような戦略は、最近話題となっている EA (Enterprise Architecture) や SOA (Service Oriented Architecture) などの流れにも共通するものである。

このような技術知識基盤を構築するためには、製品や技術・サービスなどについての理論的な体系化及び知識の蓄積・共有・活用の機構化が必要不可欠である。また、技術知識基盤のベースとなる情報や知識を記述するモデル及びその実装手段 (データウェアハウス技術、エージェント技術) を開発することが必要となる。

筆者らは、技術知識基盤のベース技術である、知識

記述モデル GIM や GIM に基づいたデータウェアハウス技術を開発してきた。また、技術知識基盤として、既存システム・アプリケーション群、情報や知識の蓄積層 (知識記述モデル、データウェアハウス技術)、情報や知識の共有・活用層 (Web サービス、エージェント技術)、技術知識基盤適用環境 (オントロジー技術、データ・マイニング技術、安全評価技術、環境への影響評価技術) からなる 4 階層の基本アーキテクチャーを確立してきた (Fig.2 参照)。

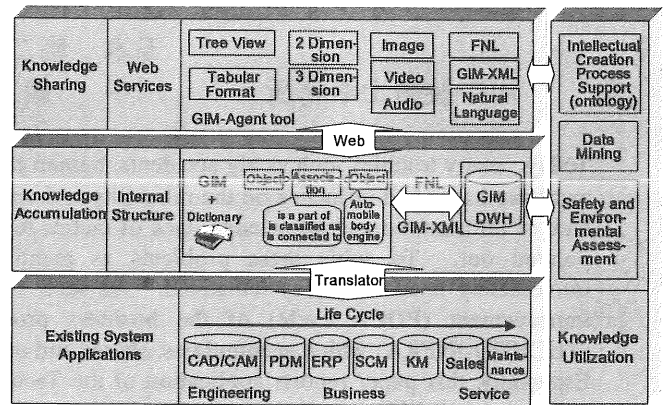


Fig.2 Architecture of TECHNO-INFRA

技術知識基盤をプロセス・プラント分野に適用した場合の戦略を Fig.3 に示す。技術知識基盤を中核として、プロセス設計から基本設計、詳細設計、調達・建設、運転・保全、廃棄に至るまでのプロセス・プラントのライフサイクルに亘る主要なアクティビティ間で情報や知識の共有が行われる。これらのアクティビティを担う組織体として、許認可官庁、プラント・オーナー、エンジニアリング会社、プラント・メーカー、機器・部品メーカーなど多くの企業が関与する。

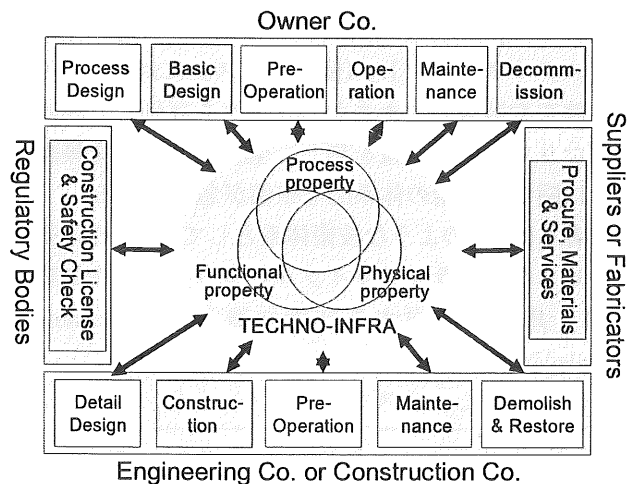


Fig.3 Strategy of TECHNO-INFRA in a plant field

技術知識基盤では、プロセス・プラントのライフサイクルの各アクティビティで必要となる情報を統合的に管理し、業務に関係する人がだれでも、いつでも、どこでも必要な情報を最適な表現形式で共有・活用することができる (Fig.4 参照)。ユーザーID やパスワードなどでセキュリティ管理されていることは言うまでもない。

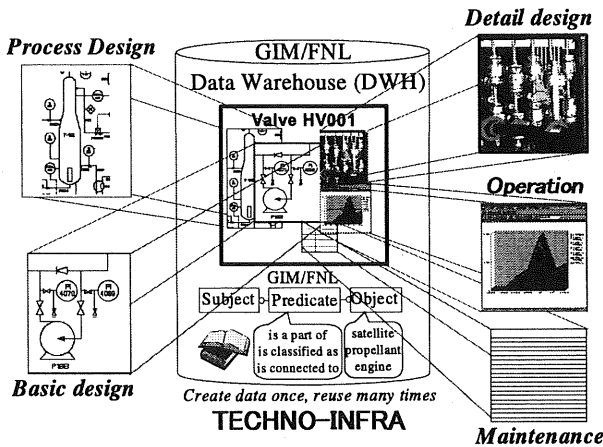


Fig.4 Sharing of Information or Knowledge

以下では、技術知識基盤のベース技術である、知識記述モデル GIM や技術知識基盤のプロセス・プラント設備管理分野への適用について説明する。

3. 知識記述モデル GIM

3.1 GIM の方法論

情報や知識を共有・蓄積するために必要なことは、情報や知識を表す用語 (共通言語) を明確にすることである。このようなことは、ISO (International Organization for Standardization) や IEC (International Electrotechnical Commission) などの国際標準でも認識されている。GIM では、さらに積極的に、このような用語を汎用的に規定することを提案している。

GIM では、対象となる製品のライフサイクル全般にわたり、ワークフローを分析し (各作業の入力情報や出力情報を抽出)、情報モデルを構築し、情報や知識の共有に必要な用語 (用語の持つ概念的意味) や用語間の分類、継承関連、実体 (インスタンス) 間の構成や接続、属性所有などの関連 (これも用語) を規定する。このため、GIM では次の四段階の開発方法を採用している (Fig.5 参照)。

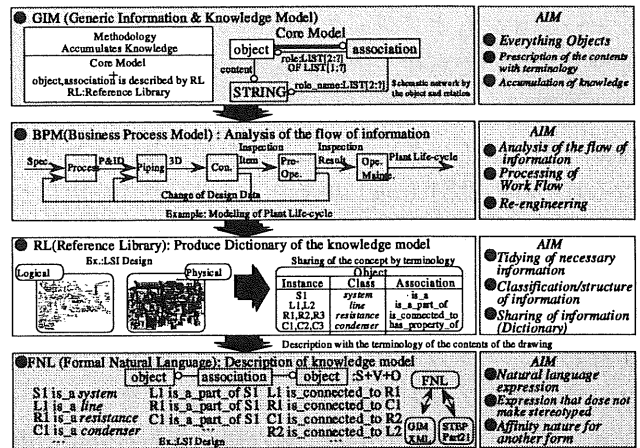


Fig.5 Methodology of GIM

(1) 知識記述モデル GIM

GIM は、いろいろなデータ構造の基本要素 (オブジェクトとオブジェクトの関連 (アソシエーション) という要素) を抽出したもので、この基本要素を組み合わせることにより、複雑な現実世界を記述しようとするものである (Fig.6 参照)。また、GIM は述語 (動詞) を中心にした、意味ネットワークモデルであり、自然言語の構文 (ステートメント) も記述できる重要な特徴がある。

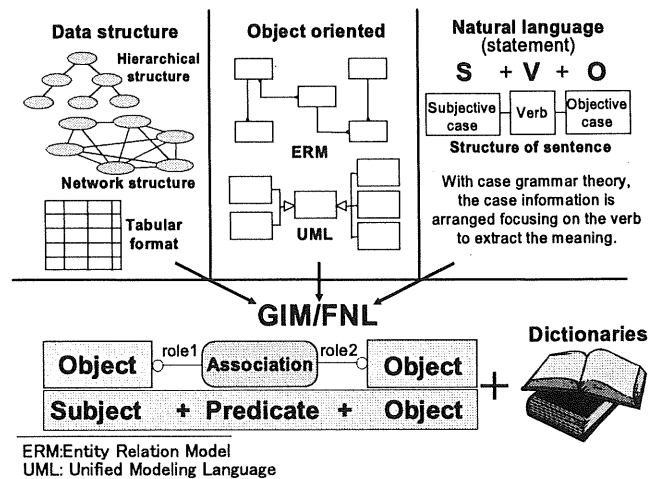


Fig.6 Principles of GIM

GIM は、あらゆる製品や技術・サービスなどのライフサイクルに亘り、情報や知識を蓄積・共有・活用・創出することを支援する知識モデルで、従来のデータ構造やデータベースなどの考え方を革新する技術でもある。

GIM では、対象とするものすべてをオブジェクトとして捉える。オブジェクトは、概念やモノなど定義対象の全てを記述するための入れ物 (器) である。アソ

セッションもオブジェクトの一つ（オブジェクトのサブタイプ）であり、オブジェクト間の関連付けを記述する器で、アソシエーションからオブジェクトには多数の手（ポインタ）を出すことができる。各々手にはそれぞれの役割（role）があり、その役割の内容についても明示的に記述する（Fig.6 参照）。

オブジェクトとアソシエーションの中身は、後で述べる辞書（リファレンス・ライブラリー）で規定する。すなわち、アプリケーション分野ごとのリファレンス・ライブラリーを用意することになる。アソシエーションでは、知識モデルの主要な概念である分類や継承、構成などの用語を規定する。

(2) ビジネス・プロセスの分析

対象となる分野の業務内容や共有する情報や知識について、関係者の間で共通の概念、理解を持つことが必要である。このため、GIM では、ビジネス・プロセスの分析を行う。ビジネス・プロセスの分析では、対象とする分野のアクティビティの分析を行い、各アクティビティと情報の流れを表現し、アクティビティへの入力情報と出力情報を明確にする。

GIM では、ビジネス・プロセスの各アクティビティも一つのオブジェクトとして規定する。すなわち、各アクティビティもリファレンス・ライブラリーとして規定する。これにより、各アクティビティ単位の情報や知識をまとめて表現することができる。

(3) 辞書（リファレンス・ライブラリー）の整備

このステップでは、ビジネス・プロセスで分析した各アクティビティでの入出力情報をまとめ、対象とする分野での情報や知識についての知識モデルを作成し、これをリファレンス・ライブラリーとしてまとめる。

リファレンス・ライブラリーは、さらに概念やモノを規定するリファレンス・クラス・ライブラリー、アソシエーションを規定するリファレンス・アソシエーション・ライブラリー、JIS などの標準部品を記述するエンジニアリング・スタンダード・ライブラリーに分類する。

リファレンス・ライブラリーは、人間が理解できる電子ドキュメント（テキスト・ファイル）として自然言語形式で記述する。

リファレンス・ライブラリーでは、記述対象となるオブジェクトの構成要素やその分類についての用語（クラス）や、そのプロパティ（形状、材質、物理単位など）、アソシエーション（述語）を定義する。分類

や継承、構成、属性所有などの関係は、アソシエーションとして記述する。

(4) 制約自然言語 FNL (Formal Natural Language)

先にも述べたように、GIM には自然言語の構文も記述できる特徴がある。GIM を自然言語の構文で記述するのが制約自然言語 FNL である。Fig.7 で、主語、述語、目的語の順につなげると一つの文章（Regulating valve is classified as valve.）となる。文章や文書を組合せることにより、知識を記述することができる。

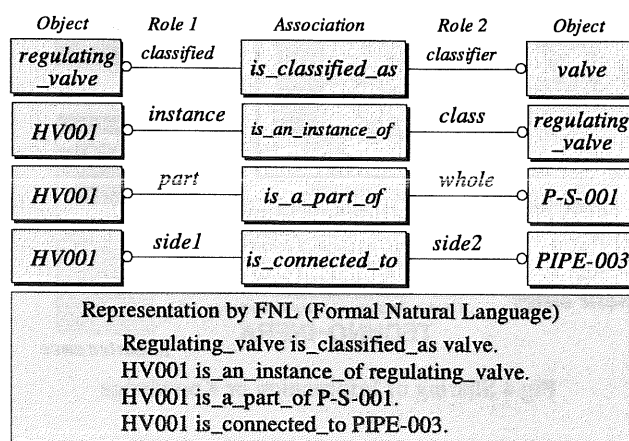


Fig.7 Example of GIM and FNL

制約自然言語の基本構造は、主語＋述語＋目的語で、主語や述語、目的語の取り得る内容をリファレンス・ライブラリー（辞書）で制限する。これにより、一般の自然言語処理の難しさを排除する。辞書は、英語、日本語、中国語、韓国語などの多言語に対応できる。

FNL は、情報システム間で情報や知識を共有するため、リファレンス・ライブラリーとインスタンス（実体で固有名称や具体的な数値を表す）をコンピュータ内で処理するための外部表現形式である。FNL は、コンピュータだけでなく、人間にも理解できる自然言語形式である。

GIM では、人間の世界で規定したリファレンス・ライブラリーから自動的にコンピュータが解釈できる表現形式（FNL で記述したクラス・ライブラリー、アソシエーション・ライブラリー）に変換される仕掛けになっており、用語や用語間の関連について、その矛盾や誤りをパーサーでチェックする。

実体（インスタンス）は、各種情報システムのトランスレータを介して、FNL として出力または、入力される。インスタンスに対しても同様なチェックを行うことができる。

3. 2 GIM の特徴

GIM は、情報や知識を共有するための知識記述モデルである。GIM は、情報や知識の表現方法（オブジェクトとアソシエーションからなるシンプルな構造）を共通にし、オブジェクトやアソシエーションの内容をライブラリー（情報や知識を共有するための用語辞書）として規定（標準化）することにより、情報や知識を表現するものである。このライブラリーを拡張・拡充することにより、情報や知識を体系的に「積み上げる」（オントロジー）[6]ことができる画期的な技術である。

GIM は、オブジェクトとアソシエーションから成る意味ネットワークモデルであり、人間の頭脳のように、ニューロン（オブジェクト）とニューロンをシナプス（アソシエーション）で結合する単純なモデルと類似している。このことはニューロンやシナプスを増やすことで、将来の発展や拡張に対応できる可能性を秘めた、成長モデルと見ることもできる。

GIM は、リファレンス・ライブラリーを替えることにより、他の産業分野でも利用できる。他の分野に適用するには、その分野固有の辞書を追加することになる。この辞書を豊富にすることにより、知的資産の相互運用性（Interoperability）が可能となる。

4. プロセス・プラントへの適用

技術知識基盤の基本アーキテクチャーに基づき、GIM や FNL、GIM-XML (eXtensible Markup Language)、GIM データウェアハウス技術などを、リスクマネジメントを基本とするプロセス・プラントの設備管理分野に適用した。

プロセス設計システムや基本設計システム、詳細設計システム、保全システムなどのデータベースの内容と GIM の辞書（リファレンス・ライブラリー）を参照し、マッピングテーブル（対応関係を記述する表）を作成する。この場合、データベースにある内容が GIM の辞書にない場合は、GIM の辞書に新しい用語として追加する。できあがったマッピングテーブルに基づき、各データベースとデータウェアハウスとの GIM-XML トランスレータを開発した。GIM-XML トランスレータにより、各種設計情報を既存のシステムから GIM データウェアハウスに登録し、GIM による表現に統一し蓄積した (Fig.8 参照)。

データウェアハウス内の GIM で統一された内容は、

いろいろな視点から論理検索でき、2次元表示機能や3次元表示機能、自然言語的表示機能などにより閲覧できる。図形表示された内容は、Web 上で、コンポーネント単位で指示（ピック）ができ、関連する情報を検索・閲覧、加工することができ、Web 上での応用範囲が飛躍的に拡大する。

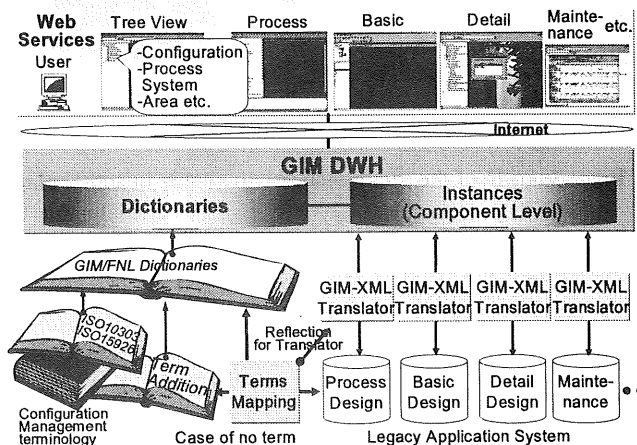


Fig.8 Implementation Method of GIM

Fig.9 はデータウェアハウス内に蓄積した各種設計情報を、インターネットを介してデータウェアハウス内の情報を Web サービスであるエージェント基本ツールで検索・閲覧したものである。辞書（リファレンス・ライブラリー）で規定した用語（プロセス・プラントの構成を表す用語）を表示(1)し、これをベースとして、ライフサイクルに亘る情報や知識を検索・閲覧できる。例えば、(1)から系統名をピックして、プロセス設計情報である PFD (Process Flow Diagram) を表示(2)し、次に、PFD に対応した基本設計情報である P&ID (Piping and Instrument Diagram) を表示(3)し、さらに、その系統の3次元の詳細設計情報や施工図を表示(4)し、また、(4)のある機器をピックして、その機器に関する保全管理密度 (Concentration rate of maintenance considerations) [7]を決定することやその仕様情報を確認すること(5)が容易にできる。

以上、説明した以外にも図形に対する基本機能や機器間の接続関係、保守点検時に必要となる系統隔離、バルブ開閉時の流体可視化、関連法規の対応機器の色分け表示、保全管理密度の色分け表示、減肉監視状況の把握などの機能がある。

技術知識基盤の構築により、プロセス・プラント設備管理の情報や知識を一元的に蓄積、共有・活用でき、設備管理業務支援の高度化を図ることができる。

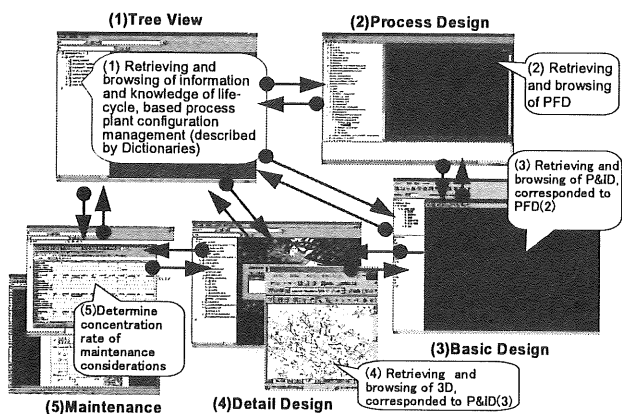


Fig.9 Sharing of the maintenance knowledge in actual plant

技術知識基盤のベースとなる、GIM やその実装手段は、あらゆる産業や技術分野に適用でき、将来への変更や拡張が容易で、柔軟性のあるものである。これは、一般の製品や技術・サービスなどのライフサイクル支援システムが抱える多くの問題を解決できることを意味している。

技術知識基盤のプロセス・プラント設備管理への展開では、既存のオントロジーとして、ISO10303 (STEP: Standard for the Exchange of Product Model Data) に注目した。STEP では、製品や技術についての用語の整備が既に行われており膨大な知的資産となっている。そこで、STEP の基本リソースの部分、GIM のリファレンス・ライブラリーとして展開している。現状では、形状や物理単位などの共通化できる用語を中心に約4,000語の整備が進んでいる。

GIM は、述語を中心とする知識モデルであり、知識処理の理論である述語論理として取り扱うことができる。また、GIM は一つのオントロジーであり、知識としての意味を表現できる。論理学に「意味の理論」[6]であるオントロジーを加えることにより、様々な問題解決を試みることの可能性が広がる。今後は、GIM の応用としてこれを検討したい。

5. 結 言

リスクマネジメントを基本とする設備管理のための技術知識基盤として、設備のライフサイクルに互る情報や知識を体系的に蓄積・共有・活用する技術フレームワークを実現した。これにより、業務をシームレスにつなげることが可能となり、情報の重複入力やミス、業務間で情報の欠落などを防ぐことができる。また、

設備の網羅的な管理が可能となり、信頼性・安全性の飛躍的な向上を期待できる。さらに、作業の効率化や作業期間の短縮、これらを通じた大幅なコスト低減などが期待できる。

また、関係者間で設備のライフサイクルに互る情報や知識を体系的に共有できることにより、日常の設備管理が効率化されるだけでなく、事故・トラブルに際しても、関係者間での一貫した対応やその迅速化、水平展開、原因究明の促進などにも役立つ。さらに、故障やトラブルの事例を蓄積することにより、各種管理指標の精度向上を図ることができ、リスクマネジメントに基づいた設備管理の継続的な改革が可能となる。

リスクマネジメントを基本とした設備管理の導入は、現在分断して行われている設計や運転、保全などの関連業務に共通の価値観を与え、部分最適化の域を出ない現在の効率化を全体的な最適化に導くと共に、専門家も含め、専門家でない市民や関係者にも理解できる形で設備の運用実態を提示する透明性のある方法としても期待できる。

謝 辞

「技術知識基盤」に関する技術開発は、IMS (Intelligent Manufacturing Systems、経済産業省が実施している国際共同研究開発プログラム) の「仮想企業体ネットワーク (VIPNET: Virtual production Enterprise Network)」(2000~2004年度)プロジェクトを推進したものであり、この間、多くの方々のご協力、ご支援がありました。ここに、感謝の意を表します。

参考文献

- [1]仲: 技術情報基盤構築へ向けて, 化学工学会, Vol.62, No.4(1998)
- [2]太田,好永: IT による情報・知識の共有と蓄積, 日本機械学会誌, Vol.103, No.977(2000)
- [3](財)製造科学技術センター IMS センター, 仮想企業体ネットワークに関する研究成果報告書(2001)
- [4]好永,太田ほか:仮想企業体ネットワーク, 平成 13 年度 IMS 研究成果報告会論文集(2001)
- [5]太田,好永ほか:技術情報基盤のための情報・知識記述モデル, 平成 13 年度 IMS 研究成果報告会論文集(2001)
- [6]溝口: オントロジー研究の基礎と応用, 人工知能学会誌, Vol.14, No.6(1999)
- [7]玉木: 設備運用のトータル最適化, オートメーション, Vol.47, No.51(2002), ~Vol.48, No.2(2003)