

原子力次期プラントの経済性と信頼性向上のための施策の一つとして、情報技術によるエンジニアリングの高度化を積極的に進めている。特に、個々のエンジニアリングの成果を統合管理するための電子的な情報プラットフォームとして、原子力統合情報管理システム NUPDM_{TM}を開発し整備している。NUPDM_{TM}はすべてのエンジニアリング情報の電子化とその統合管理を旨としたもので、ドキュメントやエンジニアリングデータの電子的な管理を実現するとともに、NUPDM_{TM}を通して電力会社やベンダー各社との間での電子的な情報授受も始められようとしている。

Information technology has been applied to next-generation nuclear power plant engineering and many computer support systems have been developed to enhance the economic advantage and reliability of nuclear power plants.

Among these systems, NUPDM_{TM} (Nuclear Plant Product Data Management System) is the most fundamental system which integrates all engineering products. NUPDM_{TM} supports electronic document management and engineering data management. Furthermore, electronic information exchange will start among Toshiba, utilities, and vendors using NUPDM_{TM}.

1 まえがき

世界初の ABWR (Advanced Boiling Water Reactor) である東京電力(株)柏崎刈羽原子力発電所 6 号機 (K-6) が 1996 年 11 月に、同 7 号機 (K-7) が 97 年 7 月に営業運転を開始した。その後両プラントは順調な運転を継続している。

こうした ABWR の成功に続く次期原子力プラントの計画にあたっては、国内では環境問題の重要な解決手段として今後も軽水炉時代の継続が予想されること、また海外ではアジア諸国の電力需要増加による市場拡大が予想されることを考慮する必要がある。したがって、輸出も視野に入れた経済性と信頼性の向上を旨とする必要がある。

このための施策の一つとして、情報技術を利用したエンジニアリングの高度化による、設計効率の向上と設計の品質向上が考えられる。具体的には、K-6/7 を基にした ABWR 標準データベースの確立、CAD データの活用、統合情報管理システムの構築を推進している。

ここでは、現在実施および計画している次期プラントにおける情報の高度化技術について、開発を進めているシステム内容を含めて述べる。

2 情報技術を利用したエンジニアリングの高度化

原子力発電プラントは大規模な工学設備であり、そのエンジニアリングには多くの技術分野および組織の技術者・研究者 (以下、エンジニアと呼ぶ) が関係している。プラント建設にかかわる技術分野、および関連組織の概要を図 1 に

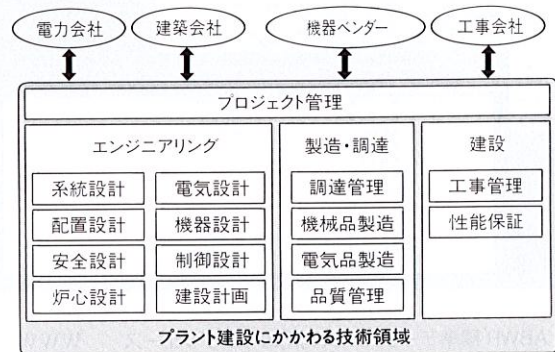


図 1. 原子力プラントにかかわる技術分野と関連組織 原子力発電プラントの建設には多くの技術分野のエンジニアと組織が関係しており、全体としての生産性向上が求められている。

Technical fields and organizations for nuclear power plant engineering

示す。こうしたプラントエンジニアリングの生産性・品質を向上し、プラントの経済性と信頼性を向上させるため、次のような情報技術を活用したエンジニアリングの高度化の施策を進めている。

- (1) 標準的なプラント設計のデータベース化と再利用
- (2) 設計・技術情報の技術分野間での有効利用
- (3) 設計・技術情報の組織間での共有

以下、(1)については ABWR 標準データベースの構築を、(2)については配置設計で作成される CAD データの建設工設計画での活用を、また(3)については系統設計の基本情報である配管計装線図 (P&ID) のベンダー各社との電子的共有という具体的に実施している例により説明する。

2.1 ABWR 標準データベースの構築

ABWR は国内次期プラントおよび輸出プラントの主力製品と考え、既設の K-6/7 の設計を標準データベースとして整備している。

ABWR ではプラント共通技術領域およびプラント設備が系統的に分類されている。この系統分類に従い、ABWR の基本設計データを標準データベースとして構築した。基本設計データとしては、設計仕様書、系統設計二次元 CAD (2D-CAD) である P&ID、および配置設計三次元 CAD (3D-CAD) から生成されるデータなどを整備した。

図 2 に、WWW (World Wide Web) のブラウザから機器設計仕様書を読み出しているところを示すが、このように標準設計データを系統により分類整理し、エンジニアが再利用できる環境となっている。

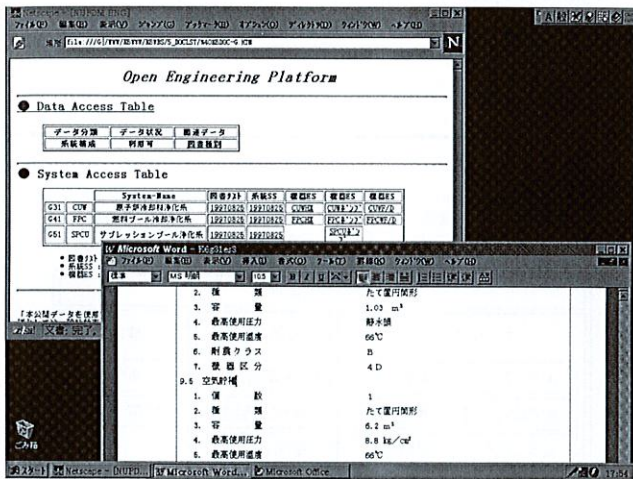


図 2. ABWR 標準データベース利用のインタフェース WWW のブラウザから ABWR 標準データベースにアクセスし、機器設計仕様書が呼び出せる。

User interface for ABWR standard database

2.2 配置設計 CAD データに基づく建設工程計画

配置設計はプラントの基本設計の一つであり、機器配置計画だけでなく、プラント内の配管ルートなどが他の構造物などと干渉していないかどうかチェックする必要があり、そこでは 3D-CAD が有効に利用されている。この配置設計で作成される 3D-CAD のデータを、建設工程の計画立案に有効利用するシステムを開発した。

この建設工程計画システムでは、2D-CAD の機器配置図面上で、建設のための工事区画割りをし、その工事区画ごとに 3D-CAD のデータを利用して工事物量のデータを算出する。工事区画ごとの工事物量データは、工程計画作成ツールに入力され、建設工程計画が半自動的に作成される。この工程計画作成ツールとしては、独自開発した Artemis-Sugar を利用している。このような配置設計用 3D-CAD デ

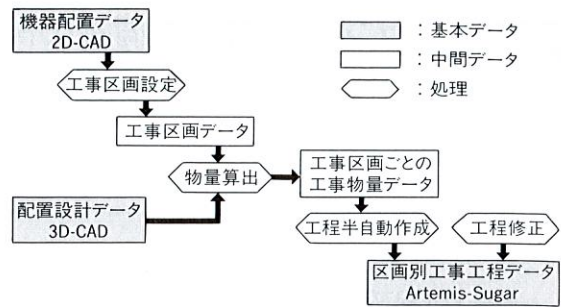


図 3. 建設工程計画作成の流れ 配置設計用の 3D-CAD データから工事物量を算出し、工程計画作成ツールと組み合わせることで精度の高い建設工程計画を効率的に策定できる。

Engineering flow for construction schedule planning

ータを建設工程計画に利用するための流れを図 3 に示す。

2.3 ベンダー各社との P&ID 共有環境の構築

プラントの系統設計の成果物である P&ID は、ベンダー各社へ基本仕様を与えるものとなっている。例えば、配管の詳細設計を担当するベンダー各社では、P&ID から配管の基本設計仕様を読み取り、自社の配管設計用システムに入力している。また、ベンダー各社による配管の詳細設計上出てきた系統設計への変更要求は、当社の系統設計担当により P&ID に反映され、再びベンダー各社に提供される。

P&ID は 2D-CAD システムで作成されており、この CAD データそのものをベンダー各社と電子的に共有し、系統設計とベンダー各社による詳細設計情報を効率的に連携する環境を構築した。図 4 に共有環境の概要を示す。P&ID の CAD データはネットワークを通してベンダー各社に送付され、ベンダー各社は CAD データから系統設計要求を自社システムに取り込む。また、ベンダー各社による修正要求を反映した P&ID が系統設計担当に返却されると、P&ID の元データとの自動比較により変更点を確認して P&ID を改訂する。このように、P&ID を介したベンダー各社との間の設計調整がすべて電子化され、設計情報の活用によるプラントエンジニアリングの生産性向上が達成されている。

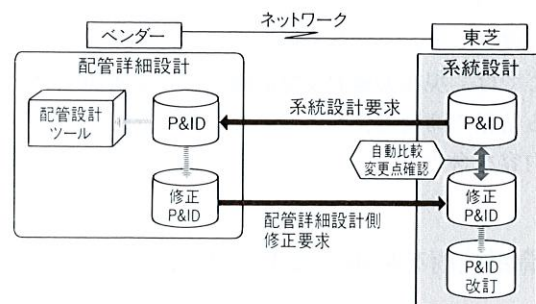


図 4. P&ID データの共有環境 P&ID の CAD データをベンダーと共有することにより、設計調整が電子化されエンジニアリングの効率化が達成される。

P&ID CAD data sharing environment

3 原子力プラント統合情報管理システムの構築

個々に情報技術を利用したエンジニアリングの高度化を進めるとともに、これらのエンジニアリング情報を体系的に管理・共有する原子力統合情報管理システム (NUPDM_{TM}: NUclear plant Product Data Management system) の構築を進めている。NUPDM_{TM}は、プラントエンジニアリングの生産性と品質の向上を目標として、すべての情報を電子化し統合管理する情報プラットフォームと位置付けている。

3.1 NUPDM_{TM}の構成

NUPDM_{TM}は個別業務の電子化システムではなく、原子力発電プラント建設にかかわる EPC、つまりエンジニアリング (E: Engineering)、製造・調達 (P: Procurement)、建設 (C: Construction)、および運転・保守 (O&M: Operation and Maintenance) というプラントのライフサイクルにわたって作成される情報を、統合管理するためのプラットフォームである。

NUPDM_{TM}は、扱う情報を設計図書や図面からなるドキュメントと、CAD やデータベースのデータからなるエンジニアリングデータの二種類に分けて管理する。

さらに、原子力発電プラントに関する情報は、ベンダー各社を含めて、非常に多くの組織の間でやり取りされており、NUPDM_{TM}ではこの部分の効率化のために、電子的な情報連携のための統一的な仕組みを提供している。

3.2 ドキュメント管理の電子化

エンジニアリングの最終成果物は、設計図書や図面などのドキュメントの形で作成される。こうしたドキュメント管理の電子化にあたっては、これまでの単なるプラントの完成図書の光ディスク化ではなく、ドキュメントにかかわるすべての業務を電子化した。図 5 に NUPDM_{TM}によるドキュメント管理電子化の概略を示す。

ドキュメントはその電子的な作成段階で、図書番号の採

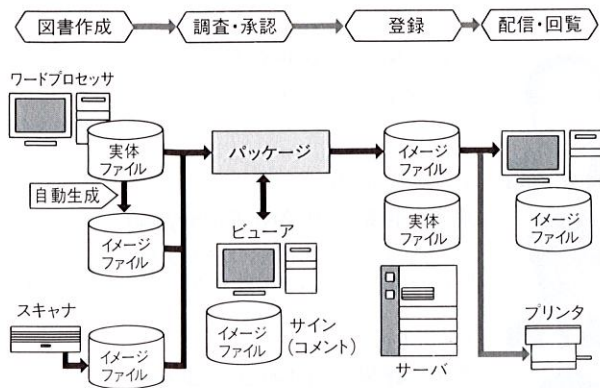


図 5. NUPDM_{TM}におけるドキュメント管理の電子化
ドキュメントにかかわるすべての業務が電子化されている。

Electronic document management in NUPDM_{TM}

番および図書としての属性データのを入力をすることで、初めから NUPDM_{TM}の管理下に入る。作成されたドキュメントは、NUPDM_{TM}の提供するワークフローにより、電子的な承認と配付がなされる。

また、ドキュメントが NUPDM_{TM}に登録された段階から、図書の作成ツールによる実体ファイルと画像としてのイメージファイルとが対で管理される。図書が外部から入ってくる場合などでは、実体ファイルはないが図書をスキャナ入力することでイメージファイルを作成することができ、これを NUPDM_{TM}で管理する。

このようにドキュメントを基本的にイメージファイルとして扱うことにより、すべてのドキュメントを統一的に見ることが可能である。また、原子力で作成する図書については、その実体ファイルも管理されているので、つねに最新版からの図書の改訂が系統的に保証され、設計品質の向上に寄与している。

NUPDM_{TM}ではドキュメントに関するすべての業務を電子化しているので、どの段階においても紙を出力しないことが可能である。したがって、電力会社やベンダー各社などとの間で電子的なドキュメントの授受を積極的に進め、全体としての業務の効率化とペーパーレス化を推進している。

図 6 に NUPDM_{TM}でのドキュメント管理の例を示す。

3.3 エンジニアリングデータの統合管理

これまでの設計業務機械化では、CAD、データベース、解析コードなどさまざまなエンジニアリング支援システム (個別 CAE システム) を開発し運用してきた。これらのシステムは、まず固有の設計作業を支援する独立システムとして導入され、続いて関連性の強い業務を支援する特定のシステム間で専用データを直接交換する形で進化してきた。

NUPDM_{TM}では、個別 CAE システムで作成されるあらゆる

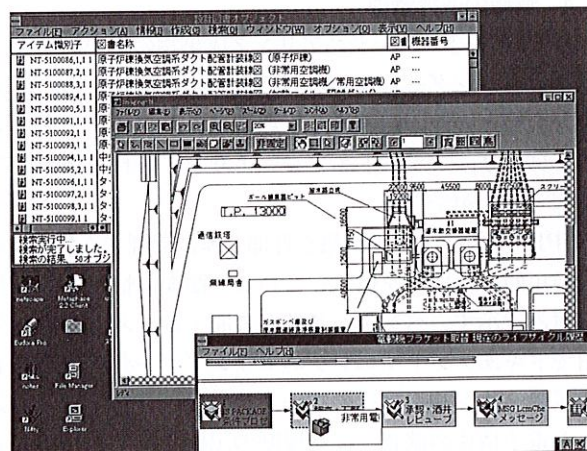


図 6. ドキュメント管理画面の例
エンジニアの PC 上でドキュメントの作成・承認、作成されたドキュメントの検索と表示ができる。

User interface for electronic document management

る設計データをプロジェクト全体として体系的に管理・共有し、エンジニアリングデータのよりいっそうの有効活用を旨としている。図7にNUPDM_{TM}によるエンジニアリングデータの統合管理の形態を示す。

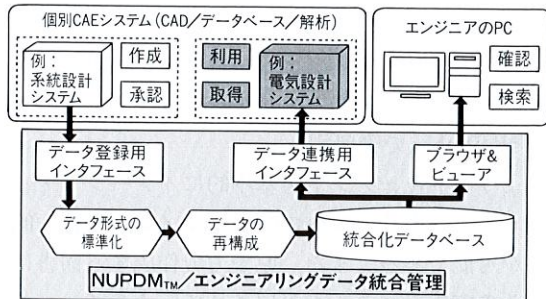


図7. NUPDM_{TM}におけるエンジニアリングデータ統合化 個別のツールで作成されたエンジニアリングデータが、標準形式に変換されて統合管理される。

Engineering data integration in NUPDM_{TM}

各個別 CAE システムで作成されたエンジニアリングデータは、承認プロセスの後に、NUPDM_{TM}の管理下に登録される。登録されたデータは、系統や区画などの設計単位により再構成されるとともに、システムによるデータ形式の違いを吸収して、NUPDM_{TM}標準形式に変換される。変換されたデータはすべてのエンジニアの手元のNUPDM_{TM}用クライアントPC、または任意の個別CAEシステムから、ネットワーク経由で利用可能となる。

このように、NUPDM_{TM}により承認されたエンジニアリングデータが元のCAEシステムから分離された形ですべてのエンジニアが利用できる。これは、ドキュメント管理の電子化により発行された図書が机上から電子的に閲覧・再利用できるのと同等である。

3.4 情報の連携管理

NUPDM_{TM}によりエンジニアリング成果物の電子的な管理が進むと、ベンダー各社との間の電子的な情報連携、および電力会社との間の電子的なドキュメントの授受を実現することにより、プラントエンジニアリング業務全体の効率化を図ることができる。

NUPDM_{TM}では、電子情報を外部と連携管理するための汎（はん）用的な仕組みを提供している。図8に情報連携管理の仕組みを示す。ベンダー各社との間では、ネットワーク経由でドキュメントやエンジニアリングデータなどの電子情報授受、エンジニアへの電子情報授受の自動通知、授受された電子情報の確認、授受履歴の記録、授受された電子情報のNUPDM_{TM}への登録を実現している。ベンダー各社とのネットワーク接続では、セキュリティの確保に配慮している。

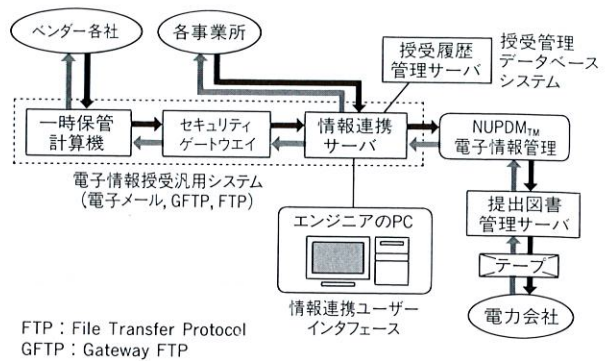


図8. NUPDM_{TM}における情報連携管理 電子情報を外部と連携管理するための汎用的な仕組みを提供する。

Information exchange management in NUPDM_{TM}

一方、電力会社との間ではドキュメントの電子的な授受が進められようとしており、具体的な電子情報交換のプロトコルが定められている。当面はテープという媒体による電子情報の授受を想定しているが、将来的にはネットワーク経由での情報授受に移行するものと予想される。

4 あとがき

次期プラントの経済性と信頼性向上に向けて情報の高度化技術を適用し、プラントの標準データベースの整備や、個々のエンジニアリングの高度化を進めている。また、NUPDM_{TM}により、エンジニアリング情報の電子化と統合管理を推進してきた。NUPDM_{TM}という情報プラットフォームを通して社内外との情報共有および情報連携を積極的に推進することで、エンジニアリング業務全体の生産性と品質の向上を旨としている。

今後は、コンカレントエンジニアリングの実現、EPCの有機的な連携の推進、および情報技術によるプラントのライフサイクルサポートを旨としている。



志甫 栄治 SHIHO Eiji

原子力事業部 原子力技術部部长。
BWR 原子力発電所プロジェクトのとりまとめ業務に従事。
日本機械学会会員。
Nuclear Energy Div.



荒木 恒恭 ARAKI Tsuneyasu

原子力事業部 原子力情報システム部グループ長。
原子力 CAE システムの開発に従事。情報処理学会、IEEE 会員。
Nuclear Energy Div.



清水 建男 SHIMIZU Takeo

原子力事業部 原子力技術部担当部長。
原子力 CAE システムの開発に従事。
Nuclear Energy Div.